

RAPPORT

Collectieve warmtevoorziening RES Rotterdam Den Haag, verdieping en verkenning met scenario's

Werkpakket 3 Warmte RES 1.0

Klant: Samenwerking Invest-NL & EBN

Referentie: BH5461IBRP2012231233

Status: Definitief/P01

Datum: 31 maart 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Collectieve warmtevoorziening RES Rotterdam Den Haag, verdieping en
verkenning met scenario's
Ondertitel: WP3 warmte RDH RES 1.0
Referentie: BH5461IBRP2012231233
Status: P01/Definitief
Datum: 31 maart 2021
Projectnaam: WP3 warmte
Projectnummer: BH5461
Auteur(s): Edward Pfeiffer

Opgesteld door: Edward Pfeiffer

Gecontroleerd door: Kees Everse

Datum: 31-03-2021

Goedgekeurd door: Jacco Goedegebuur

Datum: 31-03-2021

Classificatie

Open

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

Leeswijzer	1
Management samenvatting	3
1 Opdracht en aanpak onderzoek	11
1.1 Het Klimaatakkoord en de RES	11
1.2 RES Rotterdam Den Haag	11
1.3 Opdracht vanuit samenwerking Invest-NL & EBN en RES RDH	14
1.4 Aanpak van het onderzoek	15
2 Warmtevraag	19
2.1 Relevante warmtevraag	19
2.2 Gebouwde omgeving	20
2.3 Glastuinbouw	24
2.4 Totale warmtevraag en geaggregeerde warmteclusters SETuP	26
2.5 Warmtevraagpatroon, aggregatie jaarduurcurves en volloop	28
2.6 Koudevraag	31
3 Warmtebronnen	32
3.1 Relevante warmtebronnen	32
3.2 Geothermie	33
3.3 Restwarmte	37
3.4 Aftapwarmte	40
3.5 Biowarmte, groen gas en waterstof	43
3.6 Opslag en andere bronnen voor de piekvoorziening	45
3.7 Overzicht belangrijkste bronnen CWS	46
4 Collectief warmte systeem	48
4.1 Samenhang warmtevraag, -bronnen en -netten	48
4.2 Warmtenetten	51
4.3 CWS vergeleken met de gasreferentie en het duurzame alternatief	52
4.4 Bestaande CWS en lopende projecten en initiatieven	54
5 Verkenning met scenarioanalyse	56
5.1 Doel, uitgangspunten en werkwijze scenario's	56
5.2 Beschrijving en inrichting van de drie scenario's	59
5.3 Deelanalyses als onderdelen van de scenarioanalyse	62
5.4 Toelichting uitwerking Samenland scenario	65

6	Resultaten verkenning scenarioanalyse	76
6.1	Resultaten technisch economische analyse	76
6.2	Resultaten vergelijking met de gasreferentie en duurzame alternatief	79
6.3	Resultaten gevoeligheidsanalyse	82
6.4	Resultaten analyse publieke waarden	87
6.5	Reflectie op bestaande CWS, lopende projecten en initiatieven	89
6.6	Reflectie vanuit gemeenteperspectief	89
	Literatuurlijst	93

Bijlagen

A1	Kengetallen warmtebronnen
A2	Warmtepotentieel HIC Rotterdam
A3	Overzicht van regionale CWS-projecten en initiatieven
A3.1	Warmte Systeem Westland (WSW)
A3.2	Warmte Samenwerking Oostland (WSO)
A3.3	Gasunie WarmtelinQ
A3.4	Geothermie Alliantie Zuid-Holland
A3.5	Warmtealliantie en warmterotonde in Zuid-Holland
A3.6	Warmte-eiland Haaglanden
A3.7	Trias Westland
A3.8	Trias Westland 2
A3.9	Aardwarmte Polanen
A3.10	Aardwarmte Maasdijk
A3.11	Overige initiatieven
A4	Overzicht van bij het onderzoek betrokken partijen
A5	Overzicht energie intensieve bedrijven HIC Rotterdam
A6	Overzicht transitievisies warmte gemeenten
A7	Register conclusies, uitgangspunten en aandachtspunten

Website

Nadere informatie over het onderzoek, waaronder de deelrapportages van Gradyent en Fakton, is te vinden op de projectwebsite met de volgende link:

<https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/projecten/collectieve-warmtevoorziening-res-regio-rotterdam-den-haag/12188>

Overzicht van de informatie die te vinden is op de projectwebsite:

- Eindrapport Collectieve warmtevoorziening RES Rotterdam Den Haag, verdieping en verkenning met scenario's;
- Literatuurlijst;
- Royal HaskoningDHV GIS webviewer met SETuP analyse warmtevraag en GIS plotting van Samenland en Eiland scenario;
- Gradyent deelrapportage Technische analyse Samenland scenario met Digital Twin;
- Gradyent webviewer met ontwikkeling backbone infrastructuur in de tijd voor Samenland scenario;
- Fakton deelrapportage Economische analyse;
- Samenwerkingsovereenkomst Invest-NL & EBN;
- Samenwerkingsovereenkomst Invest-NL & EBN en RES Rotterdam Den Haag;
- Projectplan samenwerking Regionale Energiestrategie Rotterdam Den Haag, Invest-NL & EBN;
- Links naar bestaande transitievisies warmte van gemeenten in RES Rotterdam Den Haag;
- Links naar bestaande infrastructuur, lopende projecten en initiatieven in RES Rotterdam Den Haag;
- Links naar opdrachtgevers Invest-NL & EBN en RES Rotterdam Den Haag;
- Excel-spreadsheet technische analyse van Gradyent;
- Excel-spreadsheet economische analyse van Fakton.

Afkortingen

A.E.	Aardgas equivalent, komt overeen met 1 m ³ aardgas onderwaarde 31,65 MJ/m ³
CWS	Collectief warmtesysteem, kan zowel op regionale als lokale schaal
E	Elektriciteit, ook subscript e
ECW	Expertise Centrum Warmte
EZK	Economische Zaken en Klimaat, ministerie van
GEQ	Gebouw equivalent, gemiddelde warmtevraag van een gebouw in de gebouwde omgeving
GO	Gebouwde omgeving, combinatie van woningen en utiliteit
GTB	Glastuinbouw
HIC	Haven- en industriecomplex, heeft betrekking op Rotterdam
HR	Hoog rendement
HT	Hoge temperatuur, levering van warmte op een temperatuur van 70 tot 90°C
HTO	Hoge temperatuur opslag, opslag van warmte in daartoe geschikte ondergrond
MT	Midden temperatuur, levering van warmte op een temperatuur van 60 tot 70°C
ORT	Onrendabele top, financiële tekort in vergelijking met aardgasverwarming
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
RDH	Rotterdam Den Haag, heeft betrekking op de RES-regio
RES	Regionale Energie Strategie
RSW	Regionale Structuur Warmte
RV	Ruimteverwarming
TEO	Thermische energie uit oppervlaktewater, aquathermie
Th	Thermisch, subscript th
TVW	Transitie Visie Warmte, heeft betrekking op gemeenten
W	warmte
WEQ	Woning equivalent, gemiddelde warmtevraag van een woning
WOS	Warmte Overdracht Station, overdrachtspunt tussen hoofdtransport en lokale distributie
WKC	Warmte Kracht Centrale, produceert elektriciteit en warmte
WKK	Warmte Kracht Koppeling
WKO	Warmte en koude opslag, gebruik van ondergrond i.c.m. warmtepomp
WP3	Werkpakket 3, onderhoudig onderzoek
WTW	Warm tapwater

Definities en symbolen

1 MWh = 1.000 kWh	1 GWh = 1.000 MWh	1 TWh = 1.000 GWh
1 MWh = 3,6 GJ	1 GJ = 0,277 MWh	
1 GJ = 1.000 MJ	1 TJ = 1.000 GJ	1 PJ = 1.000 TJ
1 kW = 1.000 W	1 MW = 1.000 kW	1 GW = 1.000 MW
1 ton = 1.000 kg	1 kton = 1.000 ton	1 Mton = 1.000 kton

- 1 WEQ Woningequivalent, jaarlijks warmteverbruik in GJ van een gemiddelde woning
 1 GEQ Gebouwequivalent, jaarlijks warmteverbruik in GJ van een gemiddeld gebouw
 1 A.E. = 1 m³ aardgas met van onderwaarde 31,65 MJ/m³

Consortium Werkpakket 3 (in het rapport aangeduid als: 'Consortium')

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| ■ Gradyent | Robert Vrancken |
| ■ Fakton | Hans Otten |
| ■ Royal HaskoningDHV | Edward Pfeiffer en Kees Everse |

Leeswijzer

Dit rapport 'Collectieve warmtevoorziening RES Rotterdam Den Haag, verdieping en verkenning met scenario's' dient als achtergrondanalyse voor de RES 1.0 van de RES Rotterdam Den Haag. Het verdiepende onderzoek en de verkenning die deze rapportage weergeeft is samengesteld door Royal HaskoningDHV als projectleider van het consortium met de partners Gradyent en Fakton (hierna: Consortium). In de totstandkoming is samengewerkt met opdrachtgevers Invest-NL & EBN en met het RES-team van de regio Rotterdam Den Haag, verantwoordelijk voor de Uitvoeringslijn Warmte in de RES 1.0.

In het onderzoeksproces zijn ook alle gemeenten, provincie Zuid-Holland en waterschappen en in de regio actieve publieke en private marktpartijen veelvuldig betrokken. Wij willen mede namens de samenwerking RES Rotterdam Den Haag en Invest-NL & EBN graag al deze partijen van harte danken voor de moeite, tijd, informatie en inzichten die zij met ons hebben gedeeld.

Het onderzoek is uitgevoerd in lijn met het vooraf opgestelde 'Projectplan samenwerking Regionale Energiestrategie Rotterdam Den Haag, Invest-NL & EBN'. Het is aanvullend op onderzoeken die in de regio plaatsvinden zoals de gemeentelijke transitievisie warmte en onderzoeken rond initiatieven in de warmtetransitie. Het richt zich op de RES Rotterdam Den Haag waarbij verdiepend is gekeken naar de wijze waarop het beschikbare potentieel van duurzame warmtebronnen zo optimaal mogelijk de te verduurzamen collectieve warmtevraag kan invullen binnen het kader dat de Concept RES aangeeft.

Het onderzoek houdt een eerste integrale verkenning in van de mogelijkheden van het ontwikkelen van regionale collectieve warmtesystemen (CWS). De dynamiek van warmtevraag en aanbod is integraal beschouwd; zo ook de gecombineerde vraag van glastuinbouw en gebouwde omgeving. Deze verkenning is uitgevoerd aan de hand van een scenarioanalyse van voornamelijk technisch-economische aard en doet een eerste toetsing aan publieke waarden. Het onderzoek vraagt in deze fase van de warmtetransitie zonder twijfel nog nader onderzoek naar gehanteerde uitgangspunten en een intensieve dialoog met alle in de regio betrokken partijen. De voor het onderzoek ontwikkelde modellen lenen zich voor vervolgonderzoek en verdere verfijning waarbij, meer nog dan nu het geval is, rekening wordt gehouden met de lokale situatie. Deze rapportage, onderliggende modellen en informatie is transparant gedeeld op de website die bij dit rapport hoort, zodat hier ook in het vervolgproces goed gebruik van kan worden gemaakt.

Doel van dit onderzoek was het onderzoeken en vergelijken van de verschillende manieren waarop in de toekomstige collectieve warmtevraag kan worden voorzien met duurzame warmtebronnen in de regio. De opdracht had als directe tijdshorizon 2030 met een doorkijk naar 2050. Dit is voor zowel de gebouwde omgeving als de glastuinbouw gedaan. Daarbij zijn grootschaligere warmtebronnen als geothermie en restwarmte uit HIC Rotterdam gekoppeld aan gebieden met een grotere en meer geconcentreerde warmtevraag. De nadruk van het onderzoek heeft daarbij op de bestaande bouw in de gebouwde omgeving gelegen, omdat collectieve warmtesystemen hier van grote betekenis kunnen zijn. De mogelijkheden van isolatie binnen wat voor de bestaande bouw redelijkerwijs mogelijk wordt geacht zijn hierin meegenomen. Er is rekening gehouden met de publieke belangen en er is op zoek gegaan naar een warmtesysteem dat in vergelijking met de huidige situatie zo min mogelijk leidt tot verhoging van de woonlasten. Het onderzoek is uitgevoerd op basis van ingeschatte kostprijzen zonder rekening te houden met subsidies.

Hoofdstuk 1 gaat in op de opdracht en aanpak van dit onderzoek. De situatie in de RES Rotterdam Den Haag wordt beschreven. De opdracht vanuit de samenwerking Invest-NL & EBN en het RES-team Uitvoeringslijn Warmte wordt toegelicht. Deze richt zich op het onderzoeken van de mogelijkheden tot ontwikkeling van bovengemeentelijke CWS in een Regionale Structuur Warmte (RSW). De opdracht is door het Consortium vertaald in een aanpak waarbij drie scenario's Eiland, Samenland en Kralenland een belangrijke rol spelen in de verkenning van deze mogelijkheden.

In hoofdstuk 2 is de warmtevraag verdiepend in kaart gebracht. Onderscheid is gemaakt in de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. Nagegaan is hoe de warmtevraag, rekening houdend met energiebesparing, zich de komende jaren mogelijk gaat ontwikkelen. Mijlpalen zijn daarbij het jaar 2030 en 2050. Hoe de relevante warmtevraag voor de ontwikkeling van CWS is geconcentreerd in de regio is geanalyseerd met de door Royal HaskoningDHV ontwikkelde SETuP tool. De hieruit volgende relevante warmtevraag vormt de basis voor de verkenning met de drie scenario's.

In hoofdstuk 3 zijn de warmtebronnen verdiepend onderzocht, met name de grootschalige bronnen die zich bij uitstek lenen voor regionale CWS. Het gaat daarbij om geothermie en restwarmte die voornamelijk in basis- en middenlast in de warmtevraag voorzien. Daarnaast is nader ingegaan op de mogelijkheden van bronnen die een pieklast en back-up functie hebben. Hierbij wordt aandacht besteed aan de rol die warmteopslag op grote schaal kan gaan spelen in de warmtevoorziening en aan innovatieve ontwikkelingen zoals waterstof. Met hoofdstuk 3 wordt duidelijk in welke mate de regionale warmtebronnen in staat zijn om in de regionale vraag naar duurzame warmte te voorzien.

Hoofdstuk 4 gaat nader in op hoe de warmtenetten de relevante warmtevraag en -bronnen met elkaar kunnen verbinden. Het gaat om netten voor het transport van warmte over grotere afstanden via het hoofdtransportnet en om netten over korte afstanden via de distributienetten in de wijk. Er wordt ook stil gestaan bij de reeds bestaande infrastructuur en de lopende projecten en initiatieven voor de collectieve warmtevoorziening op regionale schaal.

Hoofdstuk 5 laat zien hoe een verkenning met drie scenario's Eiland, Samenland en Kralenland is ingericht. Het geeft de beschrijving van ieder scenario, de uitgangspunten en het ontwerp. Daarnaast geeft het de verschillende onderdelen van de analyse aan die in de scenario's worden verkend:

- Een technisch economische analyse hoe relevante vraag en aanbod bij elkaar komt in Eiland, Samenland en Kralenland,
- Een analyse die indicatief de kosten van de CWS in de scenario's vergelijkt met die van de huidige warmtevoorziening op gas en het duurzame individuele alternatief met warmtepompen;
- Een gevoeligheidsanalyse van de aannames die grote technisch-economische verschillen laten zien;
- Een verkenning van hoe de scenario's scoren op het vlak van publieke waarden.

Voorts laat het hoofdstuk een aantal tussenresultaten zien en een deel van de uitwerking van het Samenland scenario, die een meer gecompliceerde opbouw kent dan die van Eiland en Kralenland.

Hoofdstuk 6 presenteert de resultaten van de verkenning met scenario's. Het geeft de resultaten weer van de technisch-economische analyse voor de mogelijke dekking van de relevante warmtevraag met CWS in de Eiland en Samenland scenario's en de kosten hiervoor. Het doet dit mede op basis van een vergelijking met de kosten voor de huidige gasgestookte warmtevoorziening en het duurzame individuele alternatief van de warmtepomp. Dit geeft inzicht in wat er nodig is om van aardgas af te gaan en wanneer CWS de goedkopere duurzame oplossing kan zijn. Daarnaast laat het de resultaten van de gevoeligheidsanalyse zien waarbij in het bijzonder aandacht is voor het volloopprijs. Een Kralenland scenario is in het bestek van dit onderzoek niet meer doorgerekend. Het ligt ergens tussen Eiland en Samenland in. Tot slot volgen de resultaten van de scoring van de scenario's op publieke waarden zoals die door de RES Rotterdam Den Haag zijn geformuleerd. Het hoofdstuk eindigt met een reflectie van de bestaande infrastructuur en lopende projecten en initiatieven en het gemeenteperspectief op de scenario's.

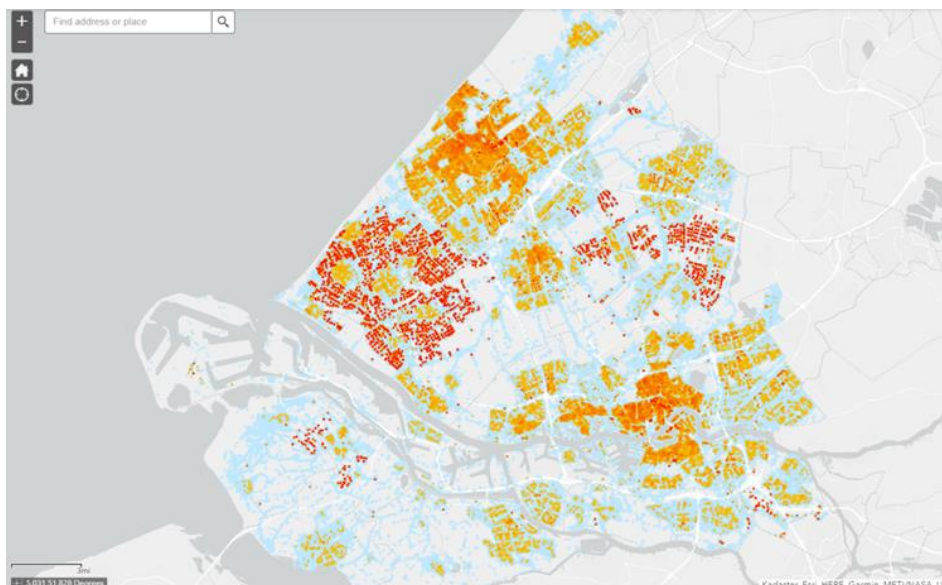
De resultaten van de verdieping en verkenning zijn bedoeld als analyse en inzichten voor de overwegingen van de RES Rotterdam Den Haag. Conclusies en aanbevelingen die hieruit voortvloeien zijn derhalve voorbehouden aan de RES-regio zelf. De management samenvatting geeft met deze analyse en inzichten weer. Voorts geeft het enige algemene conclusies en aanbevelingen op hoofdlijnen.

Management samenvatting

Door het Consortium is in opdracht van Invest-NL & EBN voor hun samenwerking met de RES Rotterdam Den Haag onderzocht hoe in regionaal verband de warmtetransitie vorm kan krijgen met de ontwikkeling van Collectieve Warmte Systemen (CWS). Hierbij gaat het om een verdieping van inzicht in de relevante beschikbare warmtevraag en -bronnen voor de ontwikkeling van collectieve warmtesystemen en een technisch economische verkenning van de ontwikkeling hiervan aan de hand van drie scenario's binnen het kader van de eerder vastgestelde Concept RES. Het verkent daarbij de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een bovengemeentelijke Regionale Structuur Warmte (RSW) voor 2030 met een doorkijk naar 2050 met als uitgangspunten vanuit de Concept RES:

- Het besparen van energie waar mogelijk;
- Optimaal gebruik maken van warmte in de regio om elektrificatie van de warmtevraag te voorkomen;
- Gebruik maken van wat er in de regio al gebeurt, zoals het verder ontwikkelen van warmtenetten;
- Warmtenetten in 2050 zijn CO₂-vrij en dragen bij aan de klimaatdoelen;
- De warmtetransitie dient te voldoen aan de randvoorwaarden van de publieke waarden betaalbaarheid, duurzaamheid, betrouwbaarheid en rechtvaardigheid.

Omvangrijke relevante vraag naar warmte, maar ook een omvangrijk aanbod van grootschalige bronnen
Het onderzoek richt zich op de warmtetransitie in de bestaande bouw in combinatie met de glastuinbouw. Het gaat om aaneengesloten gebieden met hoge warmtevraag (boven de 0,2 PJ) en een hoge warmtevraagdichtheid (boven de 1 TJ/ha). Deze gebieden, warmteclusters genoemd, lenen zich voor een warmtevoorziening op een bovengemeentelijke schaal en hebben daarmee een regionale component. Insteek is om de gebouw gebonden aanpassingen tot een minimum te beperken. Warmte wordt daarom in het begin geleverd op 90°C en daalt richting 2050 tot 60 à 70°C. Isolatie wordt toegepast waar het kan tegen redelijke kosten, zo wordt gestreefd naar Energielabel B/C. Het onderzoek maakt duidelijk dat het combineren van relevante warmtevraag in de gebouwde omgeving en glastuinbouw voor een optimalere benutting van de bronnen zorgt en daarmee lagere kosten. De opgave is om de huidige warmtevraag van 92 PJ verder te verduurzamen. Hiervan is 80 PJ gerelateerd aan het directe verbruik van aardgas (50 PJ gebouwde omgeving en 30 PJ glastuinbouw). Figuur S.1 laat de verdeling van deze vraag in de regio zien.



Figuur S.1 Resultaten SETuP analyse warmtevraaggebieden regio Rotterdam Den Haag
De oranje, geel en rood (puntvraag, waaronder glastuinbouw) gekleurde gebieden hebben een hoge warmtevraagdichtheid en zijn geschikt voor CWS. Deze maken onderdeel uit van warmteclusters, die op hun beurt de basis zijn voor de verkenning met scenario's.

Uitgaande dat het ambitieniveau van verduurzamen naar label B/C in de bestaande bouw leidt tot 27% energiebesparing, en een daling van de vraag naar warmte in de glastuinbouw, daalt de opgave bij een lineair tijdspad in 2030 naar 66 PJ en in 2050 naar 55 PJ voor de regio als geheel. De verdieping van het inzicht van het potentieel van beschikbare grootschalige bronnen leert dat tegenover deze opgave een aanbod staat van naar verwachting 86 PJ in 2050. Diepe geothermie neemt hiervan 31 PJ voor zijn rekening en kent een goede spreiding van het aanbod in de regio. Het haven- en industriecomplex Rotterdam heeft een verwacht bruikbaar aanbod van 55 PJ in de vorm van restwarmte en aftapwarmte. Beide grootschalige bronnen worden in een CWS ingezet als basis- en middenlast bron. Voor de levering van warmte in pieklast en back-up zijn aanvullende bronnen nodig die bij voorkeur lokaal in de warmteclusters worden geplaatst.

Meerdere initiatieven collectieve warmtevoorziening in ontwikkeling

CWS in de regio Rotterdam Den Haag zijn met warmtenetten in o.a. Rotterdam en Den Haag en warmtelevering aan de glastuinbouw in de B3-Hoek inmiddels gemeengoed. Het gaat daarbij om ruim 7 PJ waarbij voor een aanzienlijk deel gebruik gemaakt wordt van duurzame bronnen. Meerdere in ontwikkeling zijnde projecten zijn onderkend waardoor de omvang richting 2030 kan groeien tot in totaal 30 PJ. De meest omvangrijke initiatieven zijn WarmtelinQ, en de warmtesystemen in Westland, Oostland en de omgeving van Den Haag en Delft.

Scenario Eiland en scenario Samenland, twee manieren van regionale warmtetransitie

Om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden die bovengemeentelijke collectieve warmtesystemen kunnen bieden in de verduurzaming van de warmtevoorziening is een verkenning uitgevoerd door middel van een scenarioanalyse. De scenario's zijn uitvergroete en onderscheidende invalshoeken die langs twee dimensies zijn ingericht. De eerste dimensie maakt systeemtechnisch onderscheid tussen de wijze waarop warmteclusters met elkaar verbonden zijn: regionaal via warmtetransportinfrastructuur of op een lokale schaal waarbij alleen lokale bronnen worden gebruikt. De andere dimensie maakt onderscheid hoe de regio samenwerkt: dit kan gecoördineerd plaatsvinden op regionaal niveau of gericht op alleen lokaal niveau. Het onderscheid in deze dimensies leidt tot een Eiland scenario (lokaal systeem, lokale ontwikkeling) en een Samenland scenario (regionaal systeem, regionale samenwerking), de twee scenario's die de verschillen op de beide dimensie het meest uitvergrooten. Figuur S.2 geeft beide scenario's weer en de verdeling van de relevante warmtevraag over de warmteclusters. In het Eiland scenario kan 68% van de regionale warmtevraag met collectieve warmtesystemen worden gedekt, in Samenland 80%.



Figuur S.2 Regionale dekking met warmteclusters in scenario Eiland en Samenland.

- **Eiland scenario:** Omvang 63 PJ (2020), dekt 68% van de totale warmtevraag in 2050. Er worden 27 warmteclusters zelfstandig ontwikkeld met een relevante warmtevraag van 0,4 PJ tot ruim 12 PJ. Dit is mogelijk dankzij het aanwezige lokale geothermie en restwarmte potentieel. Warmte uitwisseling tussen clusters vindt beperkt plaats.

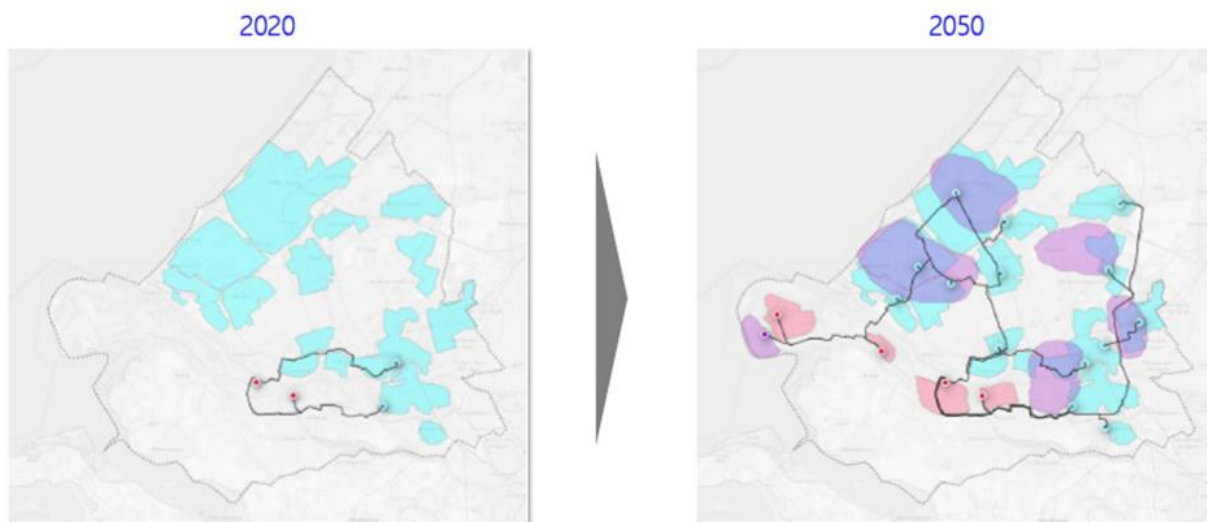
- *Samenland scenario: Omvang 74 PJ (2020), dekt 80% van de totale warmtevraag in 2050. Er worden 13 clusters in samenhang ontwikkeld met een relevante warmtevraag van 0,5 PJ tot ruim 19 PJ. Grootchalige bronnen worden optimaal regionaal ingezet. Dit vereist een transportinfrastructuur over grotere afstanden. De restwarmte HIC Rotterdam (pijlen 1 t/m 3) wordt noordelijk in de regio ingezet.*

Een derde scenario is het Kralenland scenario. Dit scenario opereert in beginsel als Eiland scenario met het potentieel van het Samenland scenario. Het kan op elk moment tot 2050 ad hoc gebruik maken van een deel van het Samenland potentieel om warmtekorten op clusterniveau aan te vullen met warmte van buiten het cluster. Kralenland ligt derhalve op elke mogelijke manier ergens tussen Eiland en Samenland in. In vergelijking met Eiland kent het meer mogelijkheden, in vergelijking met Samenland meer onzekerheden. Kralenland is binnen de scope van dit onderzoek niet doorgerekend zoals Eiland en Samenland. Het theoretisch vierde scenario op de twee dimensies 'Overland' heeft in de praktijk geen relevantie.

De regio Rotterdam Den Haag beschikt over voldoende potentieel aan restwarmte en geothermie om in de vraag naar basis- en middenlast warmte te voorzien in 13 gemeenten bij het Eiland scenario en in 17 gemeenten bij het Samenland scenario. In de vraag naar piekwarmte en back up zal lokaal moeten worden voorzien waarbij op termijn brandstoffen als groen gas of waterstof kunnen worden ingezet. Ook de elektrische boiler, hoge temperatuur opslag en bio-olie uit reststromen zijn hiervoor opties.

Groeipad scenario Samenland

Daar waar in het scenario Eiland de warmteclusters zich autonoom ontwikkelen in de tijd, is het groeipad van het scenario Samenland nauw verbonden met de wijze waarop transportinfrastructuur tot ontwikkeling wordt gebracht. Figuur S.3 geeft aan hoe Samenland er uiteindelijk in 2050 uit kan gaan zien. Hierbij levert het 52 PJ warmte aan de gebouwde omgeving en glastuinbouw.



Figuur S.3 Ontwikkeling Samenland scenario in de tijd. De warmtenetten in Rotterdam e.o. raken verbonden met Den Haag, Westland, Oostland en uiteindelijk Zoetermeer. In gelijke tred hiermee worden de distributie en warmtebronnen ontwikkeld. Uitbreiding vindt plaats in stappen van 5 jaar.

Economische analyse scenario's

Voor zowel een Eiland als een Samenland scenario is een vergelijkbare investering gemoeid van naar schatting € 21 miljard met de realisatie van het gehele warmtesysteem van bronnen, transportnet, distributienetten tot en met aanpassingen aan de huizen en gebouwen. Bij het Eiland scenario is dit inclusief een ophoging met individuele warmtepompen om tot eenzelfde hoeveelheid gedekte warmtevraag te komen als bij het Samenland scenario. Dit is gedaan om een goede vergelijking te maken. In de scenario's is onder aannames de netto contante waarde van de onrendabele top per warmte-equivalent van een gebouw voor

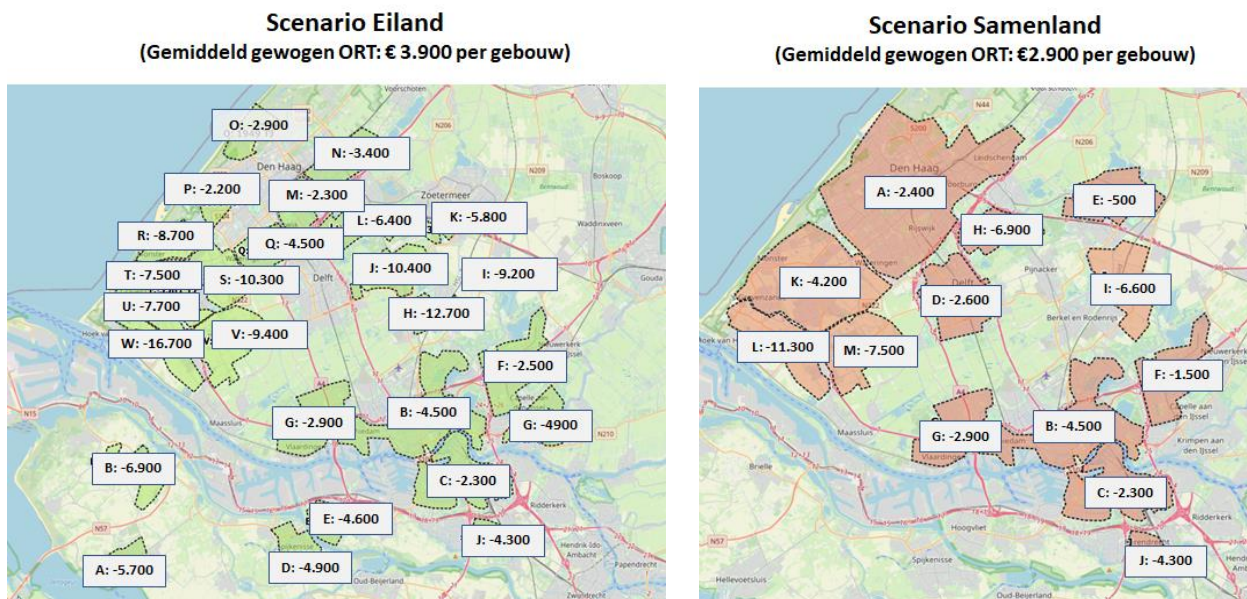
het collectieve warmtesysteem als geheel bepaald. Dit ten opzichte van de aardgas referenties en zonder rekening te houden met subsidies. Voor het scenario Samenland bedraagt de onrendabele top € 2.900. Deze is door de aanzienlijk lagere variabele kosten een stuk kleiner dan de € 5.400 per gebouw voor het scenario Eiland. Dit komt doordat bij Samenland gebruik wordt gemaakt van relatief veel restwarmte waarvan het (gemiddeld) inkooptarief van de warmte (exclusief subsidies, exclusief transport- en distributiekosten) van 9,07 €/GJ lager ligt dan het gemiddelde tarief van 15,61 €/GJ bij Eiland. De transportkosten om restwarmte te vervoeren via de backbone bedragen daarbij in scenario Samenland 4,10 €/GJ. De ophoging met individuele warmtepompen in het Eiland scenario om tot eenzelfde hoeveelheid gedekte warmtevraag te komen, vergroot het verschil in ORT met het Samenland scenario verder. Zonder deze ophoging bedraagt de onrendabele top per gebouw in het Eiland scenario € 3.900. Beide scenario's scoren ieder aanmerkelijk beter dan het individuele duurzame alternatief van een warmtepomp. Die laat een onrendabele top ten opzichte van de gasreferentie zien van zo'n € 12.500 per gebouw. Dit komt vooral doordat de gebouw gebonden investeringen voor een collectief warmtesysteem met € 14.328 fors lager liggen dan de die voor de warmtepomp met € 29.600 per gebouw.

Tabel S.1 Samenvatting economische analyses scenario's

Omschrijving	Samenland	Eiland Zonder WP	Eiland Met WP	Warmtepomp Individueel	Opmerking
Dekking aantal aansluitingen	880.000	705.000	880.000*	880.000	* Incl. 175.000 WP
Investering in miljard €	21,4*	18,8	21,0*	26,0	* Inclusief glastuinbouw
Onrendabele top per gebouw in €	2.900	3.900	5.400*	12.500	* Incl. individuele WP
Inkooptarief warmte in €/GJ	13,17*	15,61	15,61	n.v.t.	* Incl. regionaal transport
Investering per woning in €	14.328	14.328	17.382	29.600	Woning gebonden, excl. BTW

Vereffening van kosten, een wezenlijk verschil tussen Eiland, Samenland en Kralenland

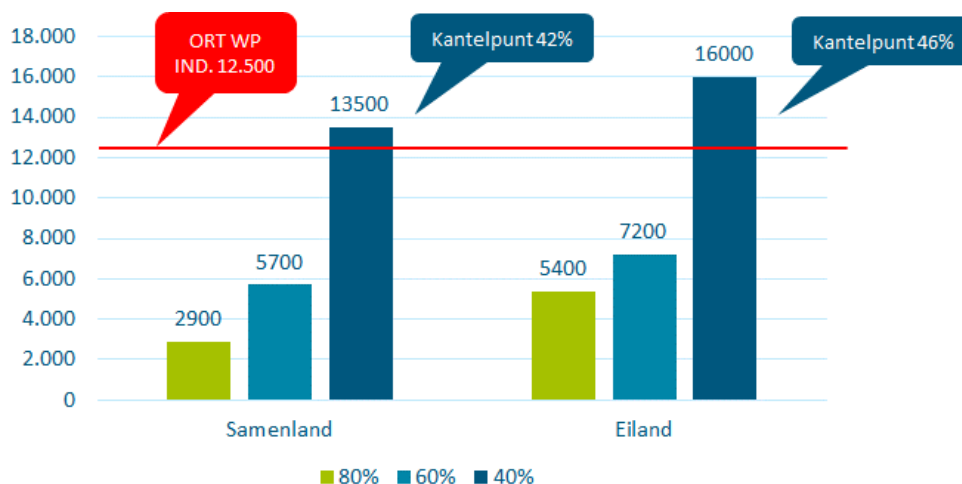
Het scenario Samenland voorziet in een geheel van CWS-projecten dat als één portfolio kan worden gezien. Samenland kan niet los ontwikkeld worden per warmtecluster, dan verwordt het tot Eiland of Kralenland. Deze portfolio benadering maakt dat warmteclusters met hoge kosten en die met lage kosten systeemtechnisch zo optimaal mogelijk met elkaar kunnen worden uitgemiddeld. Ook kunnen gemeenten hier vooraf aan de ontwikkeling nader afspraken met elkaar over maken hoe dit goed in te richten. Bij het Eiland scenario is dit niet het geval. Het betreft hier immers een scenario waarbij geen sprake is van regionale samenwerking dus ook geen uitmiddeling van kosten. Ook in Kralenland zal kostenvereffening door zijn ad-hoc ontwikkelkarakter moeilijker gaan. Figuur S.4 laat de systeemtechnische spreiding van de onrendabele top in Eiland en Samenland goed zien. De spreiding in kosten afgemeten aan de onrendabele top ten opzichte van de huidige gasreferentie ligt in Eiland tussen € 2.200 tot € 16.700. In Samenland ligt deze spreiding tussen de € 500 en € 11.300.



Figuur S.4 De onrendabele top (ORT) verschilt per warmtecluster en per scenario.

Vollooprisico, volloopgraad en volloopsnelheid.

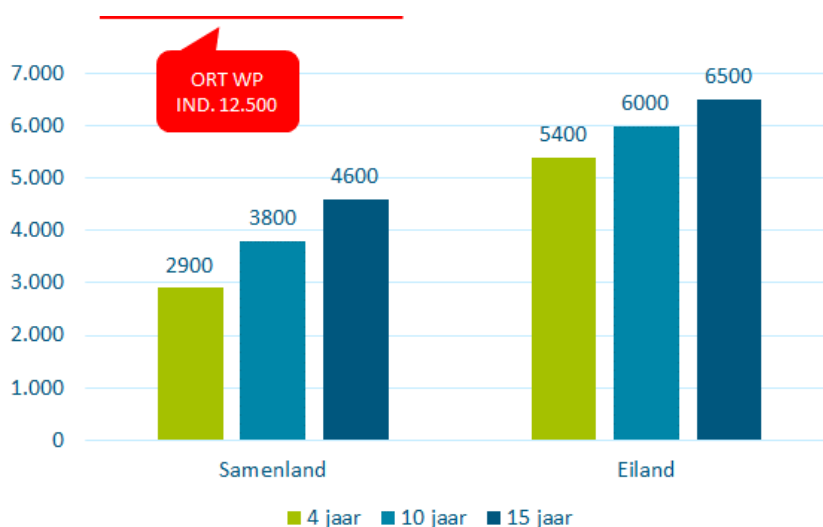
Het grootste risico bij CWS is het vollooprisico. Onderscheid wordt gemaakt tussen volloopgraad (het % in een warmtecluster dat wordt aangesloten op een CWS) en volloopsnelheid (het aantal jaren dat nodig is om dit percentage te halen). Figuur S.5 laat de invloed zien van de volloopgraad waarbij de voltoop tot 80% het vertrekpunt is geweest voor de scenario's.



Figuur S.5 Invloed van de volloopgraad op de onrendabele top (ORT) van het Samenland- en het Eilandscenario. Waarden gelden bij een volloopsnelheid warmtedistributie van 4 jaar.

Aangenomen is hierbij dat 20% van de relevante warmtevraag anders dan door CWS wordt ingevuld. Het kantelpunt in volloopgraad is bepaald waarbij de scenario's duurder worden dan de individuele warmtepomp. Dit kantelpunt is voor Samenland een volloopgraad van 42% en voor Eiland 46%.

Figuur S.6 laat de invloed zien van de volloopsnelheid waarbij 4 jaar het vertrekpunt is geweest voor de scenario's. Ook bij een volloopsnelheid van 15 jaar blijven CWS in beide scenario's goedkoper dan het duurzame alternatief van de individuele warmtepomp.



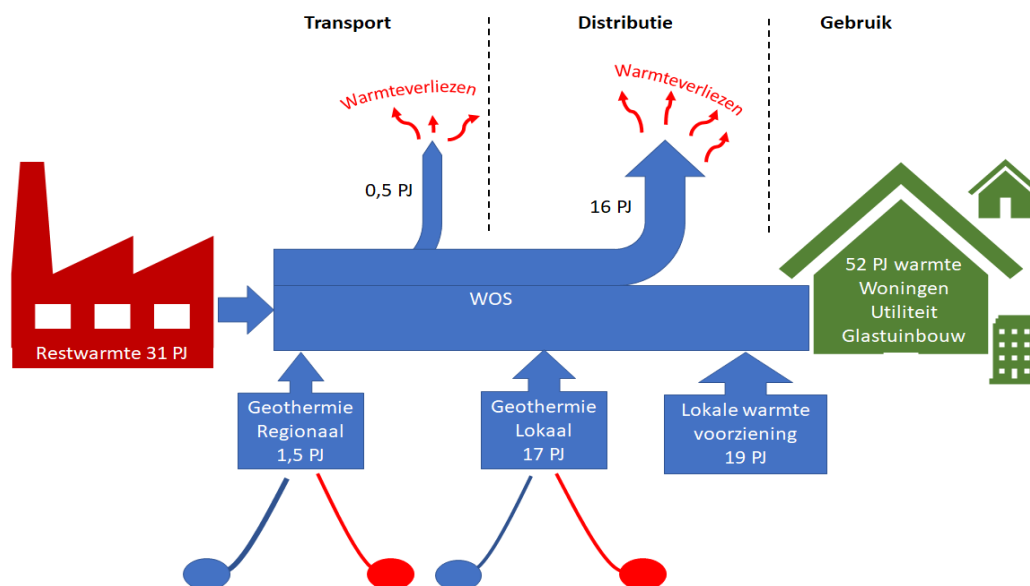
Figuur S.6 Invloed van de voltoopnsnelheid op de onrendabele top (ORT) van het Samenland en het Eiland scenario. Waarden gelden bij een voltoopgraad van 80%.

Toetsing van scenario's aan publieke waarden

Naast de technisch-economische inschattingen zijn de CWS in de scenario's ook indicatief beoordeeld op belangrijke publieke waarden die in het onderzoeksproces met de RES Rotterdam Den Haag zijn geïdentificeerd. De scenario's zijn onderling op dit punt met elkaar vergeleken. Tabel S.2 geeft een kwalitatieve beoordeling hiervan weer. Voor de score op duurzaamheid is onderscheid gemaakt tussen 2030 en 2050. De score wordt vooral bepaald door de mate waarin aardgas nog als brandstof wordt ingezet om in de warmtevraag te voorzien. In 2050 is in elk scenario de warmtevoorziening volledig duurzaam, aardgas wordt dan niet meer gebruikt. De betrouwbaarheid van Samenland scoort hoog, omdat het werkt met meerdere bronnen die elkaar in het systeem op kunnen vangen. Samenland scoort hoger op rechtvaardigheid door de mogelijkheid warmte met elkaar uit te wisselen en kosten te vereffenen.

*Tabel S.2 Onderlinge vergelijking publieke waarden. +: gunstigere score, -: ongunstigere score
Het Samenland scenario scoort relatief goed op publieke waarden.*

Waarde	Eiland	Samenland	Kralenland
Betaalbaarheid	-	+	+ / -
Betrouwbaarheid	+	++	+
Duurzaamheid 2030	-	+ / -	-
Duurzaamheid 2050	+	+	+
Rechtvaardigheid	+ / -	+	+ / -



Figuur S.7 Overzicht energiehuishouding scenario Samenland in eindsituatie 2050. Samenland heeft, naast de grootste dekking van de regio ook met € 2.900 de laagste onrendabele top ten opzichte van de huidige gasreferentie van de beschouwde scenario's. Deze is aanzienlijk kleiner dan die van de € 12.500 van de individuele warmtepomp optie.

Algemene conclusie en aanbevelingen voor vervolg

Het verdiepende onderzoek naar de relevante warmtevraag en -bronnen in de regio en de verkenning aan de hand van een scenario analyse geeft aan dat een Samenland scenario relatief lage maatschappelijke kosten en een goede betrouwbaarheid laat zien. Figuur S.7 laat een beeld van Samenland zien is waarbij aardwarmte lokaal met 17 PJ samen met 31 PJ aan restwarmte vanuit de backbone ingroeien naar een regionaal, robuust verbonden CWS – het geheel representeert een mogelijke RSW. In het verbonden systeem is er behalve restwarmte en geothermie nog 19 PJ aan andere bronnen nodig voor de voorziening in midden- en pieklast. De piekvoorziening wordt in de transitiefase eerst nog met aardgas bediend en na 2030 volledig verduurzaamd. Een dergelijk scenario vraagt een meer proactieve, gecoördineerde samenwerking tussen betrokken gemeenten, provincie en waterschappen in de regio dan het Eiland scenario en afstemming tussen de bestaande infrastructuur en lopende projecten en initiatieven. Omdat een hoge volloopgraad en -snelheid een belangrijke positieve bijdrage leveren aan het laag houden van de maatschappelijke kosten en het een grote dekking oplevert van de te verduurzamen warmtevoorziening, past een dergelijk scenario goed bij de doelen die in het Klimaatakkoord zijn gesteld.

Aanbevelingen op basis van deze verdieping en verkenning voor nader onderzoek zijn:

- Het verder opbouwen en versterken van een transparante informatiebasis over relevante warmtevraag, -bronnen, -netten zowel qua potentieel, technologie, kwaliteit en kosten, nader verbijzonderd naar de lokale en regionale aard en situatie ervan specifiek in de RES Regio Rotterdam - Den Haag;
- Nader onderzoek naar de samenhang van geothermie en restwarmte in de basis- en middenlast in regionale CWS en de mogelijkheden om de pieklast en back-up volledig duurzaam in te vullen;
- Het wederzijds afstemmen van de inzichten in de RES 1.0 met de transitievisies warmte (TVWs) van de gemeenten, zodat de mogelijkheden die regionale CWS kunnen bieden aan de gemeenten goed in beeld zijn bij het opstellen van hun TVWs. Voor bovenregionale CWS geldt dat de ontwikkeling, omvang en inrichting van warmteclusters in de ene gemeente nauw samenhangen met die in andere gemeenten;
- De mogelijkheden tot het nader uitwisselen van informatie over CWS in de regio met betrekking tot uitbreiding van bestaande warmte-infrastructuur in de RES Rotterdam Den Haag en de lopende

projecten en initiatieven op het gebied van regionale CWS van WarmtelinQ, Warmtesysteem Westland, Warmtesysteem Oostland, en Warmtecluster Haaglanden. Doorontwikkeling hiervan biedt de mogelijkheid om de doelen zoals het Klimaatakkoord die stelt voor de regio te benaderen;

- Nader onderzoek hoe om te gaan met de volloopgraad en -snelheid voor de ontwikkeling van regionale CWS, omdat deze de grootste gevoeligheid kennen in de technisch-economische analyse en de resulterende onrendabele top ten opzichte van de huidige gasreferentie;
- Het onderzoeken van de wensen in de regio hoe al dan niet met kostenvereffening tussen warmteclusters om te gaan en het afdekken van de onrendabele top.

1 Opdracht en aanpak onderzoek

Dit hoofdstuk legt de context, opdracht en aanpak van het onderzoek uit. Het beschrijft de samenwerking tussen de RES Rotterdam Den Haag, Invest-NL & EBN. Het hoofdstuk gaat kort in op het Klimaatakkoord en het RES-proces (§ 1.1). Daarna staat het stil bij de regio Rotterdam Den Haag om begrip te krijgen voor de aard en omvang van de warmtetransitie in de regio (§ 1.2). Vervolgens legt het de rol van dit onderzoek uit als onderdeel van het Projectplan van de samenwerking RES Rotterdam Den Haag, Invest-NL & EBN (§ 1.3). Tot slot volgt de aanpak van het onderzoek (§ 1.4) met als basis een verdieping van de relevante warmtevraag en -bronnen en scenarioanalyse die deze op verschillende manieren aan elkaar koppelt en de mogelijkheden verkent voor het inrichten van een Regionale Structuur Warmte.

1.1 Het Klimaatakkoord en de RES

In het Klimaatakkoord zijn doelstellingen vastgelegd voor de warmtetransitie.¹ Het gaat daarbij om het afbouwen van het gebruik van aardgas door een combinatie van energiebesparing en de inzet van duurzame warmtebronnen. Het doel is om nationaal 3,4 Mton CO₂-emissiereductie in de gebouwde omgeving te realiseren, dit over de periode 2020 tot 2030. Woningen nemen 2,4 Mton CO₂-emissiereductie voor hun rekening en de utiliteit heeft een opgave van 1,0 Mton. Het Klimaatakkoord geeft aan dat daarvoor 1,5 miljoen woningen verduurzaamd moeten worden (Klimaatakkoord 2019²). De gemeenten, hebben drie randvoorwaarden gesteld om tot een succesvolle uitvoering te kunnen komen van het Klimaatakkoord:

- De energietransitie wordt voor de samenleving haalbaar en betaalbaar gemaakt;
- Gemeenten krijgen de juiste bevoegdheden om hun regierol te kunnen uitvoeren;
- Voorzien wordt in een vergoeding van de toename in uitvoeringslasten voor gemeenten.

Het streven is om de warmtetransitie in de gebouwde omgeving woonlastenneutraal te doen zijn voor woningeigenaren en huurders. Dit onder meer door in te zetten op innovatie en schaalvoordeel. Om de warmtetransitie voor te bereiden is aan dertig RES-regio's de opdracht gegeven na te gaan hoe dit op bovengemeentelijk, dus regionaal, niveau mogelijk is. Het resultaat van deze regionale verkenning wordt voor warmte vastgelegd in een Regionale Structuur Warmte (RSW). Daarnaast hebben gemeenten de opdracht om een Transitie Visie Warmte (TVW) op te stellen. De combinatie van de regionale en gemeentelijke verkenning maakt duidelijk hoe de warmtetransitie in de gebouwde omgeving tot 2030 gerealiseerd kan worden en hoe het vervolg met een doorkijk eruit kan zien om zo uiterlijk in 2050 tot een klimaatneutrale warmtevoorziening te komen.

Voor de glastuinbouw is de doelstelling uit het Klimaatakkoord een CO₂-emissiereductie van 1,8 tot 2,9 Mton over de periode 2020 tot 2030. Voorgenomen acties om dit doel te halen zijn het vervangen van het gebruik van aardgas door geothermie en restwarmte en de verdere ontwikkeling van het programma Kas als Energiebron op basis van warmtepomp/WKO technologie (Klimaatakkoord 2019³).

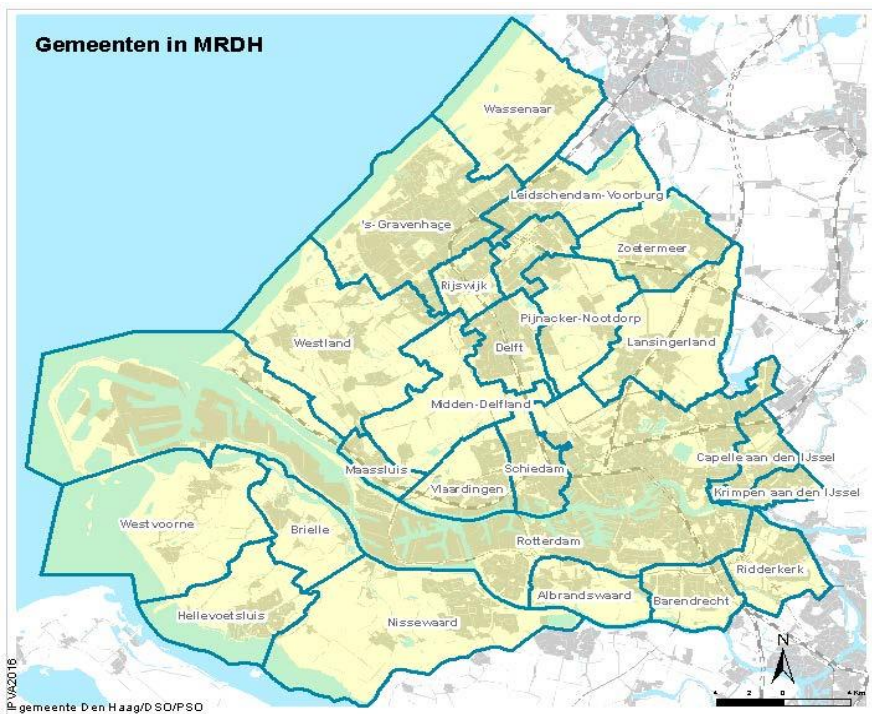
1.2 RES Rotterdam Den Haag

Dit onderzoek ondersteunt de analyse en inzichten voor de ontwikkeling van de RES 1.0 van de regio Rotterdam Den Haag. De bestuurlijke vertegenwoordigers van de RES-organisatie en de regio bestaan uit de 23 gemeenten in de regio, de provincie Zuid-Holland en het waterschap Hollandse Delta en de Hoogheemraadschappen van Schieland en Krimpenerwaard, van Delfland en van Rijnland. De RES 1.0 wordt in juni 2021 door hen bestuurlijk vastgesteld.

² Klimaatakkoord C1.3 aanpak gebouwde omgeving, blz. 16 en 17, september 2019

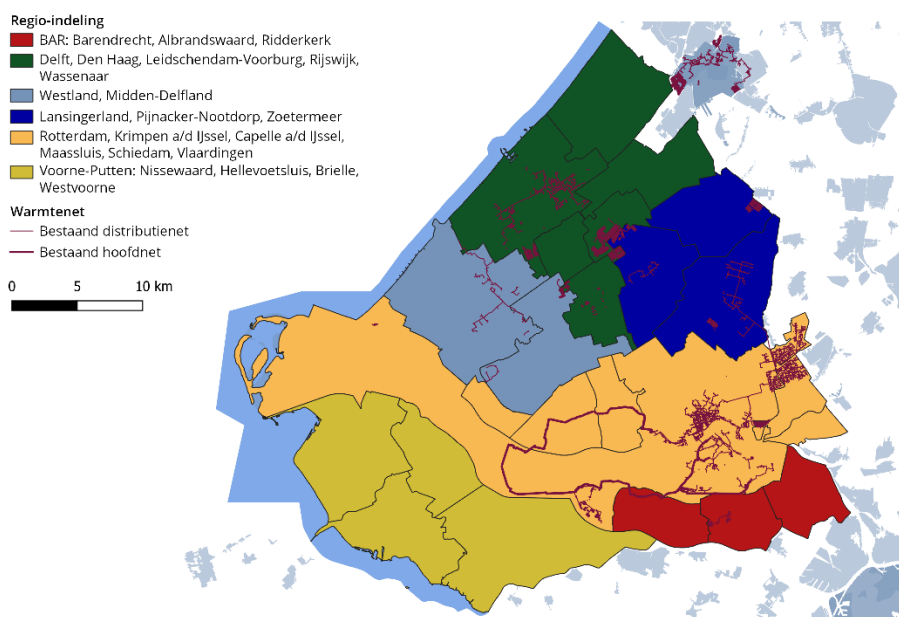
³ Klimaatakkoord C4 aanpak landbouw en landgebruik, tabel C4.2.1 blz. 121, september 2019

De RES Rotterdam Den Haag komt overeen met de Metropoolregio Rotterdam Den Haag. De gemeenten zijn aangegeven in Figuur 1.1.



Figuur 1.1 RES Rotterdam Den Haag, 23 gemeenten.

Op basis van bestaande samenwerkingsverbanden rond warmte en bestaande vormen van bestuurlijke of projectmatige samenwerking heeft de Concept RES de regio verdeeld in 6 clusters zoals in Figuur 1.2.⁴



Figuur 1.2 RES Rotterdam Den Haag, 6 subregio's (RES RDH).

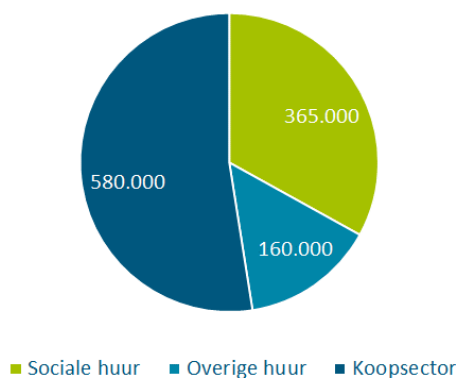
⁴ Concept RES RDH deel A, figuur 5

Van de dertig RES-regio's is dit de regio met de meeste inwoners. Daarnaast is de bebouingsdichtheid hoog en is een groot deel van de Nederlandse glastuinbouw gevestigd in deze regio. Dit maakt dat de regio een hoog aardgasverbruik (3 miljard m³, exclusief industrie) en daarmee grote warmtevraag heeft. Deze warmtevraag is bovendien geconcentreerd, per ha wordt door de regio circa zes keer meer aardgas verbruikt voor de warmtevoorziening dan gemiddeld gangbaar in Nederland. Tabel 1.1 geeft een aantal belangrijke kengetallen van de regio weer.

*Tabel 1.1 Kengetallen RES Rotterdam Den Haag (RDH) in vergelijking met Nederland.
Bron: Klimaatmonitor (KM⁵) RES Rotterdam Den Haag, jaar 2019.
Bron: Energie monitor glastuinbouw, jaar 2018.
Verbruik aardgas is temperatuur gecorrigeerd.*

Omschrijving	Regio RDH	Nederland	Opmerking
Aantal inwoners 2019	2.365.791	17.282.163	Aandeel 13,7%
Inwonersdichtheid in aantal per km ²	2.250	420	
Aantal woningen	1.103.628	7.814.912	Aandeel 14,1%
Gemiddelde omvang huishouden in aantal personen	2,143	2,211	
Gemiddeld aardgasverbruik per woning in m ³	1.080	1.310	Verschil 230 m ³ /jaar
Omvang stadsverwarming in TJ	3.453	17.256	Aandeel 20,0%
Gasverbruik woningen in miljoen m ³	1.116	9.598	Aandeel 11,6%
Gasverbruik publieke dienstverlening in miljoen m ³	188,6	1.612	Aandeel 11,7%
Gasverbruik commerciële dienstverlening in miljoen m ³	336,6	2.208	Aandeel 15,2%
Gasverbruik glastuinbouw miljoen m ³	1.378	3.213	Ook voor elektriciteit
Gasverbruik in GJ per ha, oppervlak regio	756	127	
Oppervlakte in km ²	1.256	41.543	Aandeel 3,0%
Oppervlakte glastuinbouw in ha (2017)	3.895	9.080	Aandeel 42,9%
Oppervlakte bebouwd in km ²	969	13.751	Aandeel 7,0%

De gebouwde omgeving bestaat voor 52% uit koopwoningen en 48% huurwoningen, zie Figuur 1.3. In totaal is 1/3 deel van de woningen in bezit van woningbouwcorporaties.



*Figuur 1.3 Verdeling woningbezit, afgeleid uit data provincie Zuid-Holland (Woonbarometer 2019).
Totaal aantal woningen regio Rotterdam Den Haag: 1.103.628 (2019).*

⁵ Website <https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/>

1.3 Opdracht vanuit samenwerking Invest-NL & EBN en RES RDH

De RES Rotterdam Den Haag geeft uitvoering aan de klimaatafspraken zoals opgenomen in het nationale Klimaatakkoord (2019). De gemeenten, provincie Zuid-Holland en waterschappen hebben hiertoe op 22 april 2020 voor de uitvoeringslijn warmte de Concept RES vastgesteld.⁶ Hierin is het doel van de RES vastgesteld om te komen tot een betaalbare, betrouwbare, schone en veilige energievoorziening voor iedereen in de regio Rotterdam Den Haag in 2050. Hierin zijn ook de eerste uitgangspunten voor de warmtetransitie opgenomen. Het gaat hierbij om het optimaal gebruik maken van de beschikbare warmte in de regio daar waar deze warmte een betaalbare en efficiënte oplossing is, om zo elektrificatie van de verwarmingsvraag voorkomen. Het vertrekpunt is om gebruik te maken van wat er in de regio al gebeurt, zoals het verder ontwikkelen van warmtenetten. De inzet is dat deze warmtenetten in 2050 vrijwel CO₂-vrij zijn en zo aan de beoogde klimaatdoelen bijdragen. De regio wil dit bereiken door richting te geven aan de inzet, verdeling en verduurzaming van regionale warmtebronnen, zowel binnen de regio als met de nabijgelegen RES-regio's. Om dit warmtesysteem te kunnen realiseren dient aan randvoorwaarden te worden voldaan te weten: bevoegdheden en instrumenten om de publieke waarden betaalbaarheid, duurzaamheid, betrouwbaarheid en rechtvaardigheid te borgen, en het vergroten van het vertrouwen in de oplossing van duurzame warmte bij bedrijven, investeerders en eindgebruikers.

Uitgangspunt (U01): Het onderzoek volgt de uitgangspunten van de Concept RES Rotterdam Den Haag:

- Het besparen van energie waar mogelijk;
- Optimaal gebruik maken van warmte in de regio om elektrificatie van de warmtevraag te voorkomen;
- Gebruik maken van wat er in de regio al gebeurt, zoals het verder ontwikkelen van warmtenetten;
- Warmtenetten in 2050 zijn CO₂-vrij en dragen bij aan de klimaatdoelen;
- De warmtetransitie dient te voldoen aan de randvoorwaarden van de publieke waarden betaalbaarheid, duurzaamheid, betrouwbaarheid en rechtvaardigheid.

Belangrijke uitgangspunten, conclusies en aanbevelingen voor de verdieping en verkenning van dit onderzoek worden door de rapportage heen aangegeven in respectievelijk grijze, blauwe en oranje kaders. Zie voor het totaaloverzicht de registers ervan in Bijlage A7.

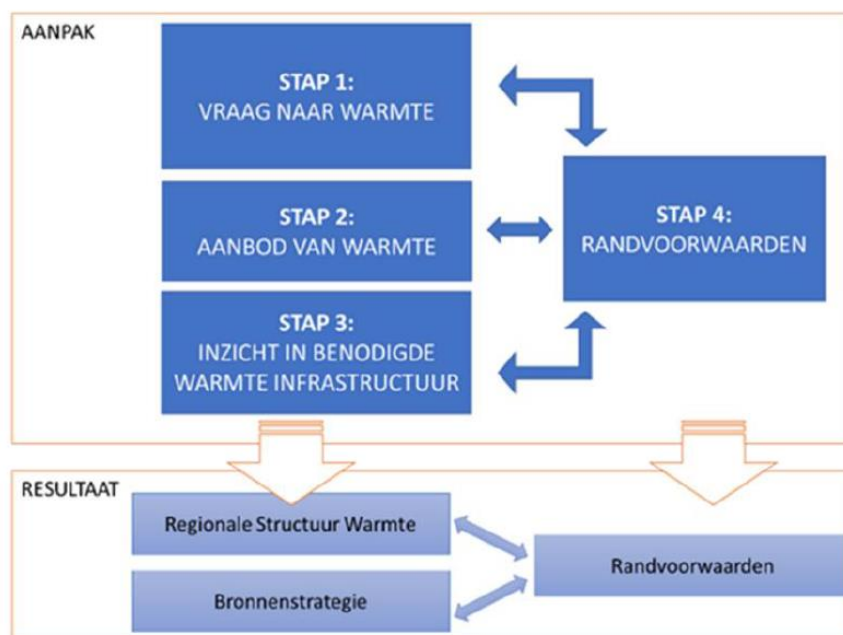
Om van de Concept RES te komen tot de RES 1.0 hebben de RES Rotterdam Den Haag en Invest-NL & EBN in het voorjaar afgesproken samen te gaan werken. Invest-NL en EBN spraken hierbij af het RES-team Rotterdam Den Haag vanuit hun rollen te ondersteunen met capaciteit, kennis en expertise bij de totstandkoming van de RES 1.0. Hiertoe hebben de drie partijen een samenwerkingsovereenkomst afgesloten en een gezamenlijk projectplan opgesteld. Dit projectplan is op de informatiesite van dit rapport beschikbaar. De RES Rotterdam Den Haag werkt op basis van de Concept RES in een aanpak van vier stappen toe naar het eindresultaat voor de RES 1.0 zoals in Figuur 1.4 staat weergegeven. Dit op het gebied van regionale warmtevoorziening.

De stappen van de aanpak uit de Concept RES zijn in het projectplan vertaald naar werkpakketten (WP):

- | | | |
|-------|-----------------|---|
| ■ WP1 | Warmtevraag | Ontwikkeling van de vraag naar aard en omvang in de tijd; |
| ■ WP2 | Warmteaanbod | Potentieel, aard en omvang van warmtebronnen; |
| ■ WP3 | Warmtesysteem | Koppeling vraag en aanbod door een scenario benadering; |
| ■ WP4 | Randvoorwaarden | Voorwaarden die worden gesteld aan regionale warmtetransitie. |

In de samenwerking hebben Invest-NL & EBN zich op WP3 gericht. Hiervoor hebben ze middels een meervoudige aanbesteding het Consortium de opdracht verstrekt voor dit onderzoek. Dit WP3-onderzoek is gestart op 1 september 2020 en afgerond op 31 maart 2021.

⁶ Concept RES Deel A en Deel B, 22 april 2020



Figuur 1.4 Aanpak totstandkoming RES 1.0. Betreft uitvoeringslijn Warmte (bron: Projectplan).

De resultaten zijn door het RES-team Rotterdam Den Haag gebruikt voor het opstellen van de tekstvoorstellen van de RES 1.0 Rotterdam Den Haag. Parallel aan de uitvoering van het projectplan is veelvuldig afgestemd met het 'Project Warmtetransportsysteem Zuid-Holland', het onderdeel 'Integraal Ontwerp, Spoor 4'. Dit project voert Gasunie uit in samenwerking met de Provincie Zuid-Holland en het Ministerie van EZK. De onderzoeksresultaten van de vier werkpakketen en van het Gasunie onderzoek komen samen in de Regionale Structuur Warmte van de RES 1.0 Regio Rotterdam - Den Haag.

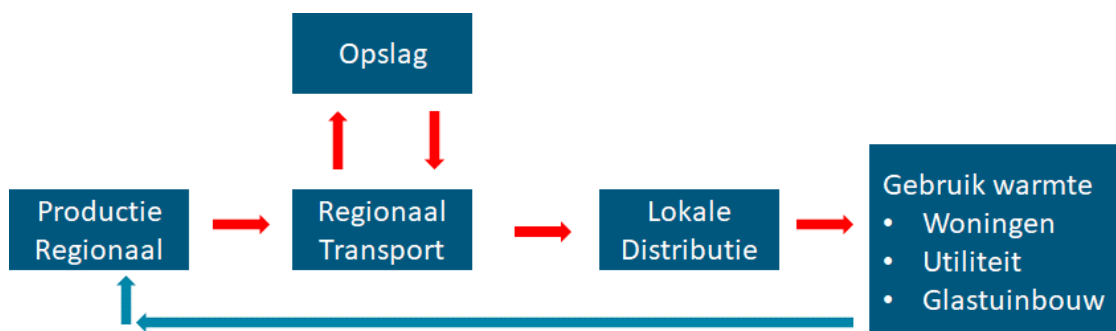
Conclusie (C01): De RES Rotterdam Den Haag heeft als doel om te komen tot een betaalbare, betrouwbare, schone, duurzame en veilige energievoorziening voor iedereen in de regio Rotterdam Den Haag in 2050.

1.4 Aanpak van het onderzoek

Het onderzoek is een vervolg op de eerste verkenning op hoofdlijnen van een Regionale Structuur Warmte (RSW) in de Concept RES. Hierin is aangegeven dat de RES 1.0 Uitvoeringslijn Warmte en de RSW aanvullend werken op de onderzoeken voor en de scope van de Transitievisies Warmte (TVWs) die de gemeenten uitvoeren. Waar de TVWs vooral ook de lokale mogelijkheden verkennen gaat de RES 1.0 en ook dit onderzoek met name in op de bovengemeentelijke regionale mogelijkheden voor de ontwikkeling van collectieve warmtesystemen. Het gaat daarbij om:

- De ontwikkeling van de regionale warmtevraag;
- Het potentieel en mogelijkheden tot inzet van grootschalige bronnen als restwarmte en geothermie;
- Regionale warmte-infrastructuur die vraag en aanbod van warmte aan elkaar koppelt.

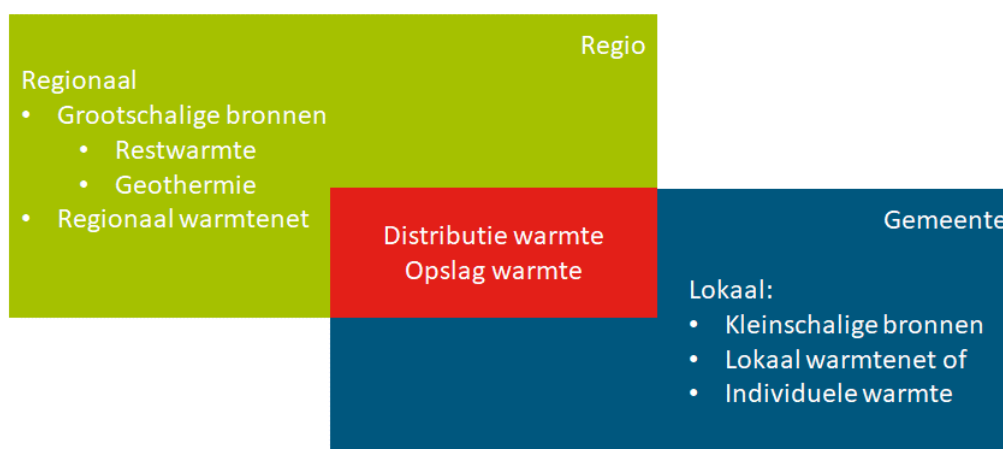
Een collectief warmtesysteem is het geheel van productie, transport, distributie, opslag en inzet van warmte bij de eindgebruiker zoals weergegeven in Figuur 1.5. Het warmtegebruik betreft ruimteverwarming en de productie van warm tapwater. Eindgebruikers in de regio zijn de gebouwde omgeving, bestaande uit woningen en utiliteit, en de glastuinbouw.



Figuur 1.5 Opbouw van een warmtesysteem, rood toevoer warm water, blauw retour koud water. Gebruik warmte, warmtevraag, zie hoofdstuk 2. Productie, duurzame warmtebronnen, zie hoofdstuk 3. Transport en distributie, warmtenetten, zie hoofdstuk 4.

Markante aspecten van collectieve warmtesystemen vormen de omvang en schaalgrootte van de warmtevraag, de mogelijkheden voor energiebesparing en de beschikbare bronnen die kunnen worden ingezet. Voor wat betreft schaalgrootte wordt onderscheid gemaakt in lokaal ofwel gemeentelijk en regionaal ofwel bovengemeentelijk. Lokale systemen kunnen op hun beurt weer collectief of individueel zijn. Van een individuele warmteoplossing is sprake als het systeem één gebouw bedient. Bij een lokaal collectief systeem wordt aan meerdere gebouwen warmte geleverd via een warmtedistributiesysteem. Regionale systemen zijn collectieve systemen waarbij warmtenetten vraag en aanbod van warmte van een grotere omvang over een grotere afstand en bovengemeentelijk bij elkaar brengen. Een regionaal systeem maakt, via lokale distributie van warmte, lokale collectieve systemen beter mogelijk en heeft ze nodig om goed te functioneren. Onder de Regionale Structuur Warmte wordt de samenhangende bovengemeentelijke warmte-infrastructuur verstaan die verschillende CWS-en met elkaar verbindt en die door die verbinding daarmee ook onderdeel worden van de RSW. Figuur 1.6 geeft dit onderscheid en de verbinding tussen regionale en lokale CWS weer.

Conclusie (C02): Onder de Regionale Structuur Warmte wordt in dit onderzoek de samenhangende bovengemeentelijke warmte-infrastructuur verstaan die verschillende CWS met elkaar verbindt en die door die verbinding daarmee ook onderdeel worden van de RSW.



Figuur 1.6 Onderscheid en verbinding tussen lokale en regionale warmtesystemen. Warmtelevering vindt uiteindelijk lokaal plaats aan gebouwde omgeving en glastuinbouw. Regionale- en lokale warmtebronnen en opslag vullen elkaar hierin aan.

In dit onderzoek worden, uitgaand van de huidige stand der techniek, regionale collectieve warmtesystemen in beginsel technisch en economisch kansrijk geacht wanneer:

- Niet of niet volledig in de warmtevraag kan worden voorzien met lokale bronnen;
- Bronnen voorhanden zijn die door hun schaalgrootte voornamelijk regionaal inzetbaar zijn;
- De warmtevraag omvang aansluit bij de omvang van grootschalige bronnen van meer dan 200 TJ/jaar;
- De warmtevraagconcentratie, oftewel de vraag per hectare, boven de 1 TJ groot is;
- De afstand tussen de grootschalige bronnen en de warmtevraag niet te groot is. Denk daarbij aan een range tot 30 km, afhankelijk van schaalgrootte en bronnen;
- De temperatuur van de bronnen aansluit bij de gewenste temperatuur van de relevante warmtevraag.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten richt dit onderzoek zich op het verdiepen en verkennen van de mogelijkheden van een collectieve duurzame warmtevoorziening voor de bestaande gebouwde omgeving en glastuinbouw. Het beoogt inzichtelijk te maken welke meerwaarde de regionale inzet van de beschikbare warmte kan hebben om warmtevraag in de regio in te vullen. Het onderzoek richt zich hiermee op grotere bovenlokale warmteclusters. Het gaat daarbij om levering van warmte uit grootschalige bronnen aan de bestaande gebouwde omgeving en de glastuinbouw op hoge temperatuur van 70 tot 90°C en op termijn op midden temperatuur van 60 tot 70°C. Regionale warmtesystemen richten zich daarbij in beginsel op gebieden met een meer geconcentreerde warmtevraag.

Verdieping

In samenhang met de andere drie werkpakketten als aangegeven in Figuur 1.4 verdiept het onderzoek allereerst het inzicht in de warmtesituatie in de regio via:

- 1 Verdiepende analyse van de meer geconcentreerde relevante warmtevraag in de gebouwde omgeving en de glastuinbouw, zie Hoofdstuk 2;
- 2 Verdiepende analyse van het potentieel van de relevante grootschaligere duurzame warmtebronnen zoals geothermie en restwarmte, zie Hoofdstuk 3;
- 3 Het in samenhang analyseren van de relevante warmtevraag en -bronnen en de mogelijkheden om deze optimaal te verbinden via warmtenetten, zie Hoofdstuk 4.

Het verdiepende onderzoek gaat verder dan de Startanalyse van het Vesta MAIS model (Startanalyse, PBL en Handreiking voor lokale analyse, ECW). Het onderzoek maakt gebruik van technische en economische informatie verbijzonderd naar de regio en de lokale situatie voor zover deze op dit moment voorhanden zijn. De informatie die de publieke en private marktpartijen en de gemeenten hebben verstrekt heeft hier goed bij geholpen. Voorts beschouwt het de gebouwde omgeving en de glastuinbouw op integrale wijze.

Verkenning met scenario's

Op basis van de samenhangende analyse van de warmtevraag, -aanbod en -netten volgt een scenario analyse waarbij drie ontwikkelscenario's zijn onderzocht. De analyse is bedoeld om antwoord te kunnen geven op vier belangrijke vragen:

- 1 Wat zijn de technische en economische consequenties van verschillende ontwikkelscenario's?
- 2 Hoe vergelijken de technische en economische parameters zich ten opzichte van de huidige warmtevoorziening op basis van de gasreferentie en ten opzichte van het duurzame individuele alternatief van de elektrische warmtepomp?
- 3 Wat zijn de belangrijkste gevoeligheden in de scenario's?
- 4 Hoe verhouden de verschillende ontwikkelscenario's zich tot belangrijke publieke waarden?

Hoofdstuk 5 licht toe hoe de verkenning met de scenarioanalyse is ingericht. Hoofdstuk 6 bespreekt de resultaten ervan en geeft antwoord op de gestelde vragen.

Betrokkenheid publiek private marktpartijen, gemeenten, provincie en waterschappen

In de uitvoering van dit WP3 onderzoek zijn de publiek private marktpartijen, gemeenten, provincie Zuid-Holland en de waterschappen veelvuldig betrokken via workshops en ateliers. De betrokken publieke en private marktpartijen staan vermeld in Bijlage A4. De informatie en inzichten die zij ter beschikking konden stellen zijn dankbaar meegenomen in dit onderzoek. Dit betreft met name informatie over de bestaande warmte-infrastructuur, bestaande en in ontwikkeling zijnde projecten, de beschikbaarheid van warmtebronnen en de mogelijkheden in hun ogen voor regionale CWS. In afstemming met Gasunie is ook belangrijke informatie beschikbaar gekomen van de gemeenten en de provincie Zuid-Holland. De tussenresultaten van analyses zijn gedurende de periode oktober, november en december 2020 besproken in drie workshops met de publieke en private marktpartijen, drie ateliers met de gemeenten, provincie en waterschappen en in een gecombineerd atelier met de marktpartijen en de gemeenten, provincie en waterschappen. Alle betrokken partijen zijn in maart in de gelegenheid gesteld het finale concept van de eindrapportage na te gaan op onvolkomenheden of om er commentaar op te leveren.

Gebruik van informatiebronnen

Het onderzoek heeft van de volgende informatiebronnen gebruik gemaakt, in volgorde van belang:

- Specifieke regio informatie volgend uit RES-documenten en beschikbare TVWs;
- Specifieke informatie van de publieke en private marketpartijen en instanties actief in de regio RDH;
- WP3 Consortium informatie met cross check door overheden of bedrijven;
- Openbare bronnen gelieerd aan de overheid zoals Klimaatmonitor, Natuur & Milieu, CBS, PBL;
- Openbare bronnen waar het onafhankelijk opgestelde rapportages met verwijzing betreft;
- Openbare bronnen afkomstig van brancheverenigingen, bedrijven en NGO's;
- WP3 Consortium informatie die als up-to-date en betrouwbaar wordt geacht.

Waar sprake is van een eigen kwantitatieve inschatting op basis van de expertise van het Consortium zonder dat nadere verificatie mogelijk is, is dit in het rapport expliciet gemaakt en *cursief* vermeld.

Informatie die in het kader van het onderzoek is verzameld en gerubriceerd, is opgenomen in de bijlagen van deze rapportage, indien deze direct voor het begrip bij het lezen van dit rapport van belang kan zijn. Daarnaast is alle informatie die is gebruikt, waaronder bijvoorbeeld een GIS webviewer met de warmtevraag en -bronnen in het gebied, het Projectplan van de samenwerking Invest-NL & EBN en de RES Rotterdam Den Haag en de deelrapportages en excel-spreadsheets van Fakton en Gradyent, publiek beschikbaar op de website:

<https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/projecten/collectieve-warmtevoorziening-res-regio-rotterdam-den-haag/12188>

2 Warmtevraag

Het onderzoek heeft de ontwikkeling van de warmtevraag in de regio in kaart gebracht. In dit hoofdstuk wordt eerst kort stilgestaan hoe de voor dit onderzoek relevante warmtevraag voor CWS wordt bepaald (§ 2.1). Hierna wordt de ontwikkeling van de vraag in de gebouwde omgeving toegelicht over de periode 2020, 2030 en 2050 (§ 2.2) en in de glastuinbouw (§ 2.3). Deze komen samen in de ontwikkeling van de totale relevante warmtevraag (§ 2.4). Vervolgens komt het vraagpatroon van warmte van uur tot uur aan bod met het onderscheid naar basis-, midden- en pieklastvraag (§ 2.5). Tot slot, wordt kort aandacht besteed aan de vraag naar koude en de relatie met de warmtevoorziening (§ 2.6).

2.1 Relevante warmtevraag

Voorafgaand aan het bepalen van de warmtevraagontwikkeling die in dit onderzoek is meegenomen, is het van belang eerst een aantal uitgangspunten en aspecten te duiden omtrent het begrip en de kwaliteit van de voor dit onderzoek relevante warmtevraag. Deze zijn ook van belang als uitgangspunten in de technische en economische analyse van de scenario's.

In de analyse van de warmtevraag zijn gegevens uit de Klimaatmonitor⁷ voor de regio RDH gecombineerd met gegevens van de warmtevraag per afnemer zoals bepaald met de SETuP tool van Royal HaskoningDHV. Dit geeft een gecombineerd inzicht in de huidige omvang en aard van de warmtevraag die ruimtelijk kan worden gemaakt en geanalyseerd. Dit maakt het mogelijk om te bepalen in welke gebieden sprake is van een voor grotere collectieve warmtesystemen hogere relevante warmtevraagdichtheid, groter dan 1 TJ/ha. Deze gebieden maken de ontwikkeling van regionale CWS mogelijk. Hierbij wordt rekening gehouden met beoogde energiebesparing voor doorvertaling naar de warmtevraagontwikkeling tot 2050.

Uitgangspunt (U02): De transitie naar een duurzame warmtevoorziening vindt plaats tussen nu en 2050. In dit onderzoek is gekeken naar gebieden met hogere warmtevraag dichtheid, groter dan 1 TJ per hectare, in combinatie met een warmtevraag van 200 TJ of meer.

De warmtevraag is leidend voor de ontwikkeling van CWS. De aard, omvang en ontwikkeling van de warmtevraag bepaalt voor een belangrijk deel hoe hieraan invulling gegeven kan worden. De relevante warmtevraag betreft hier de warmtevraag in de gebouwde omgeving (GO) en in de glastuinbouw (GTB). De omvangrijke, veelal hogere temperatuur warmtevraag in de industrie voor met name proceswarmte met temperaturen boven de 120°C maakt conform afspraken met betrekking tot RES 1.0 buiten beschouwing.

Uitgangspunt (U03): De warmtevraag in de gebouwde omgeving en glastuinbouw worden beide onderzocht.

In de gebouwde omgeving is de relevante warmtevraag die in de bestaande bouw. Nieuwbouwwijken en nieuwe utiliteitsgebouwen maken overwegend gebruik van lokale mogelijkheden voor duurzame warmte. Ze kennen door hun energiezuinigere ontwerp doorgaans een geringe warmtevraagdichtheid en zijn minder aantrekkelijk voor de toepassing van een CWS. Nieuwbouw blijft daarom buiten beschouwing. Bij de glastuinbouw geldt dit onderscheid overigens niet.

Uitgangspunt (U04): De nadruk in de gebouwde omgeving ligt op de warmtetransitie bestaande bouw.

In bestaande bouw gaat het onderzoek ervan uit dat voor hogere temperatuur (HT) en midden temperatuur (MT) CWS de in pandige veranderingen aanzienlijk kleiner zijn dan bij lagere temperatuursoplossingen. Die laatste vragen onder meer vloerverwarming en/of plaatsing van een elektrische warmtepomp in de woning. Levering op lage temperatuur (LT) en bijhorende vraag wordt niet meegenomen omdat de aanpassingen in

⁷ Klimaatmonitor, zie ook <https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/>

de bestaande bouw te ingrijpend zijn de kosten navenant hoog. Bovendien vraagt de Concept RES elektrificatie te voorkomen waar mogelijk. Dit onderzoek gaat ervan uit dat warmtelevering tot 2030 plaatsvindt op een hogere temperatuur van 70 tot 90°C⁸ en waar mogelijk op midden temperatuur van 60 tot 70°C. In het systeem daalt met de tijd de temperatuur overal geleidelijk naar 60 tot 70°C door verschuiving in de bronnenmix naar bronnen met een lagere temperatuur en door regeling op lagere temperatuur. Deze temperatuurverlaging gaat hand in hand met isolatie van woningen en het goed inregelen van de warmteafgifte. Zo kunnen bronnen met een lagere temperatuur tegen lagere kosten worden benut en worden de verliezen van warmtetransport beperkt. De glastuinbouw groeit mee met de verlaging van de temperatuur van warmtelevering. Verwacht wordt dat hiervoor geen ingrijpende aanpassingen nodig zijn.

Uitgangspunt (U05): Warmte wordt op hoge temperatuur geleverd, tussen de 70 tot 90°C, en uiteindelijk op midden temperatuur vanaf 60°C. In het onderzoek is levering op lage temperatuur niet meegenomen.

Conform het uitgangspunt van de Concept RES RDH wordt rekening gehouden met een energiebesparing van 27% tussen nu en 2050 in de gebouwde omgeving (GO). De besparing wordt gerealiseerd door te isoleren tot op het niveau van Energielabel C of beter, dit in combinatie met zuiniger gebruik door bewoners. In de glastuinbouw daalt de warmtevraag met mogelijk 40% tussen 2015 en 2050, deels door energiebesparing en deels door afname van het areaal en verandering in de teelt. De isolatiemaatregelen maken de overstap van HT naar MT-warmtenetten ook mogelijk. Dit heeft meerdere voordelen: MT-netten kennen lagere warmteverliezen en er kunnen meer soorten bronnen worden ingezet.

Uitgangspunt (U06): Door isolatie van gebouwen zal de vraag naar ruimteverwarming in de gebouwde omgeving met 27% dalen tot 2050. In de tuinbouw daalt de vraag tussen 2015 en 2050 met 40%.

Op welke manier de warmtetransitie ook plaats gaat vinden, het koken op aardgas zal worden vervangen door elektrisch koken. Rekening moet worden gehouden met deze transitie die zich inmiddels al autonoom voordoet. Dit leidt tot de daling van de warmtevraag met circa 6%, zie ook § 2.2.

Uitgangspunt (U07): Bij de ontwikkeling van een regionaal CWS wordt uitgegaan van elektrisch koken.

2.2 Gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving is het geheel van gebouwen met als functie wonen en werken. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de aan aardgas gerelateerde warmtevraag in de GO, inclusief het verbruik voor koken. Het gaat daarbij niet alleen om woningen maar ook om utiliteitsgebouwen zoals commerciële- en publieke gebouwen. De warmtevraag bestaat uit ruimteverwarming (RV) en warm tapwater (WTW). De warmte wordt geleverd op een temperatuur die kan variëren van onder de 30 tot circa 90°C. Het warmteafgiftesysteem, al dan niet in combinatie met een warmtepomp, zorgt dat in een gebouw een comfortabele temperatuur van circa 20°C mogelijk is. Warm tapwater wordt geleverd op een temperatuur van minimaal continu 55°C.⁹ Een lagere temperatuur is toegestaan mits de temperatuur van het warmtesysteem regelmatig wordt verhoogd tot boven de 60°C om zo het risico van de vorming van legionella bacteriën te minimaliseren.

Uitgangspunt (U08): Voorzien wordt in warmtevraag ruimteverwarming en warm tapwatervoorziening.

⁸ De temperatuur van levering verschilt tussen zomer en winter. Bij huidige stadsverwarming wordt in de winter warmte geleverd op een hogere temperatuur en in de zomer op een lagere temperatuur. Bij goed geïsoleerde woningen is de noodzaak om dit zo te doen kleiner, ook in de winter bij een lagere temperatuur van de warmtelevering kan dan voldoende warmte worden geleverd om de woning comfortabel te verwarmen.

⁹ NEN 1006, norm voor drinkwaterinstallaties, zie ook <https://www.nen.nl/installatie/waterinstallaties>

Tabel 2.1 *Bruto warmtevraag gebouwde omgeving jaar 2019 regio RDH, bron Klimaatmonitor. Omrekening van m³ aardgas naar warmte gebaseerd op onderwaarde 31,65 MJ/m³. Waarden zijn temperatuur gecorrigeerd. Betreft jaarwaarden.*

Omschrijving	Aardgas	Warmtevraag Bruto	Opmerking
Woningen	1.116,5 miljoen m ³	35.337 TJ	Inclusief koken
Publieke dienstverlening	188,6 miljoen m ³	5.969 TJ	
Commerciële dienstverlening	336,6 miljoen m ³	10.653 TJ	
Totaal gebouwde omgeving		51.959 TJ	Afgerond 52 PJ
Aardgasverbruik per woning	1.080 m ³	34,2 GJ	

Tabel 2.1 maakt duidelijk dat het bij de warmtetransitie in de GO in de regio RDH gaat om het in de loop van de tijd vervangen van 52,0 PJ aardgasverbruik. Hiervan is 35,3 PJ bestemd voor woningen en 16,7 PJ voor het verwarmen van utiliteitsgebouwen.

Conclusie (C03): Voor de warmtetransitie in de gebouwde omgeving zal een direct verbruik van 52 PJ aardgas (2019) moeten worden vervangen door duurzame warmtebronnen. Dit is exclusief het huidige verbruik van aardgas via stadsverwarming en exclusief de positieve invloed van energiebesparing.

Het gemiddelde aardgasverbruik per woning is 1.080 m³ per jaar (KM, 2019). Wetende dat het totaalverbruik een omvang heeft van 1.116,5 miljoen m³ aardgas, maken 1,033 miljoen woningen in de regio RDH gebruik van aardgas als warmtebron. Het totaal aantal woningen is 1,104 miljoen. Het verschil van 71.000 woningen betreft woningen die gebruik maken van stadsverwarming of individuele verwarming met elektriciteit of biomassa als bron.¹⁰

Het verbruik aan aardgas is niet hetzelfde als de vraag naar ruimteverwarming en tapwater, omdat aardgas ook gebruikt wordt voor de bereiding van voedsel. Hier vindt een overstap plaats naar elektrische koken. Van het gemiddeld gasverbruik van 34,2 GJ per jaar per woning is 2,1 GJ bestemd voor voedselbereiding. De resterende warmtevraag is dan 32,1 GJ. Voorts moet nog gecorrigeerd worden voor Hoog Rendement (HR) ketels waarvan het rendement boven de 100% kan liggen en voor het rendement voor de productie van warm tapwater dat lager is dan voor ruimteverwarming. De correctie hierop betreft in totaal iets minder dan 1 GJ per woning.

Conclusie (C04): Het aardgasverbruik per woning voor ruimteverwarming en warm tapwater heeft een omvang van 32,1 GJ in de regio RDH (2019, temperatuur gecorrigeerd). Bij een alternatieve warmtebron zal in een vergelijkbare situatie 31,6 GJ geleverd moeten worden waarvan 5,1 GJ voor warm tapwater en 26,5 GJ voor ruimteverwarming. Dit is de startsituatie, exclusief de invloed van energiebesparing.

Beide correctie-effecten treden bij de utiliteitsgebouwen amper op, mede omdat er bij publieke- en commerciële gebouwen slechts een geringe vraag naar warm tapwater is.

Dit leidt tot een totale netto warmtevraag van de GO die met aardgas verwarmd wordt van afgerond 50 PJ, ingevuld zoals aangegeven in Tabel 2.2.

¹⁰ Aantal aansluitingen woningen stadsverwarming is circa 70.000, grotendeels gebaseerd op Eneco netwerken in de regio.

Tabel 2.2 *Netto warmtevraag gebouwde omgeving jaar 2019 regio RDH, bron Klimaatmonitor. Waarden zijn temperatuur gecorrigeerd. Betreft jaarwaarden in PJ.*

Omschrijving	Aardgasverbruik	Warmtevraag Netto	Opmerking
Woningen	35,34	32,62	Correctie koken en rendement
Utiliteitsgebouwen	16,62	17,35	Correctie rendement
Totaal gebouwde omgeving	51,96	49,97	Afgerond 50 PJ
Verbruik per woning per jaar	1.080 m ³	34,2 GJ	

Conclusie (C05): Uitgaande van een aardgasverbruik van 52 PJ in 2019 voor individueel verwarmen van woningen en gebouwen, heeft een te vergelijken duurzame warmtevraag met een omvang van 50 PJ. Dit betreft de startsituatie, exclusief de invloed van energiebesparing.

Het is de ambitie van de RES Rotterdam Den Haag om alle woningen en gebouwen op termijn te isoleren tot op het niveau van Energielabel C of beter daar waar dit kosteneffectief kan. De verbetering van de isolatiegraad leidt tot een daling van de warmtevraag in de gebouwde omgeving met 27%.¹¹ Het gaat hierbij om de warmtevraag die betrekking heeft op ruimteverwarming. De warmtevraag van warm tapwater zal naar verwachting niet dalen. Zuiniger omgaan met warm tapwater wordt naar verwachting tenietgedaan door de trend waarbij steeds meer warm tapwater voor de persoonlijke verzorging wordt verbruikt. De impact van de energiebesparing van 27% op de ruimteverwarming is weergegeven in Tabel 2.3. Deze energiebesparing is een gemiddelde voor de warmtevraag in de gehele regio. Lokaal kunnen deze percentages verschillen, aangezien niet overal even veel geïsoleerd zal worden. In deze studie is gerekend met dit regionale gemiddelde. Ook is aangenomen dat deze besparing lineair tot aan 2050 zal plaatsvinden.

Tabel 2.3 *Impact energiebesparing gebouwde omgeving periode 2020 tot 2050 in regio RDH. Betreft jaarwaarden in PJ.*

Omschrijving	Besparing	Warmtevraag Na besparen	Opmerking
Woningen	6,96	25,66	27% besparing op 25,77 PJ
Utiliteitsgebouwen	4,68	12,67	27% besparing op 17,35 PJ
Totaal gebouwde omgeving	11,64	38,33	Afgerond 38 PJ

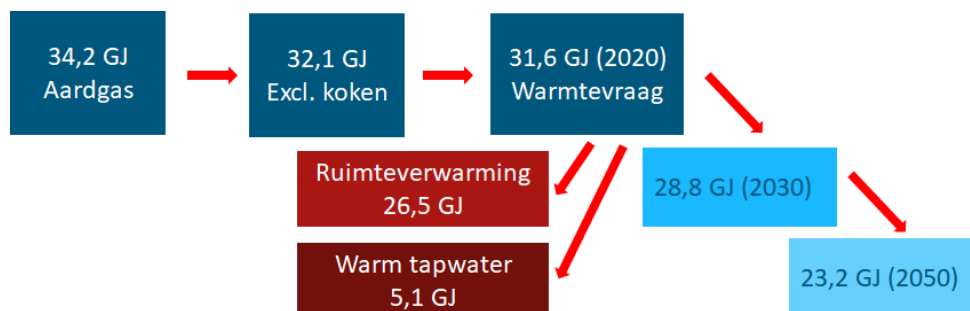
Uitgangspunt (U09): De energiebesparing zal lineair worden gerealiseerd over een periode van 30 jaar.

Voor het rekenen aan warmtesystemen wordt de Woningequivalent (WEQ) als maat gebruikt waarbij 1 WEQ gelijk is aan de warmtevraag van een gemiddelde woning betrokken voor een bepaald jaar. De ontwikkeling van de WEQ-waarde in GJ per woning voor de RES Rotterdam Den Haag is weergegeven in Figuur 2.1. De WEQ-waarden die in de analyse gebruikt gaan worden in 2030 en 2050 zijn 28,7 GJ en 23,1 GJ. Deze volgen logisch uit de uitgangspunten, een lineaire energiebesparing van 27% en het gegeven dat 1,033 miljoen woningen in de regio RDH van aardgas afgaan voor 2050.

Conclusie (C06): In de RES Rotterdam Den Haag heeft 1 WEQ de omvang van 31,6 GJ in basisjaar 2019. Dit betreft de gecombineerde vraag voor ruimteverwarming en warm tapwater van een gemiddelde aardgas woning. Deze waarde daalt door energiebesparing naar 28,7 GJ in 2030 en 23,1 GJ in 2050.

¹¹ *Energieperspectief 2050, ook bijlage 4a Deel B verdieping Concept RES RDH, 22 april 2020*

In het kader van het onderzoek is tot slot verondersteld dat demografische of andere ontwikkelingen zich uitmiddelen en niet leiden tot een significante verandering van de warmtevraag.



Figuur 2.1 Gemiddelde warmtevraag woningen in regio RDH in GJ per jaar. Gebaseerd op het aardgasverbruik in 2019, bron Klimaatmonitor.

Uit voorgaande volgt de opgave voor de warmtetransitie voor 2050 in de gebouwde omgeving. Daarin is het effect van energiebesparing, overstap op elektrisch koken en het rendement van omzetting aardgas in nuttig te gebruiken warmte verwerkt.

Conclusie (C07): De warmtevraag in de gebouwde omgeving in de regio RDH heeft naar verwachting een omvang 38 PJ in 2050, inclusief 27% energiebesparing. Betreft ruimteverwarming en warm tapwater. Hiermee wordt het huidige individuele aardgasverbruik in woningen en utiliteit vervangen.

Vanuit deze warmtevraag voor 2050 is ook die voor 2030 berekend, op basis van lineaire interpolatie. Zo laat zich de opgave warmtetransitie van 16,7 PJ voor 2030 bepalen, zie Tabel 2.4. Ter indicatie bij woningen gaat het om de warmtetransitie van $\frac{1}{3}$ van de woningen die nu nog direct gebruik maken van aardgas als brandstof, in totaal circa 344.000 woningen.

Tabel 2.4 Opgave warmtetransitie van 2020 naar 2030 gebouwde omgeving regio RDH. Op basis van lineaire interpolatie 2050 aardgasloos. Betreft jaarwaarden in PJ.

Omschrijving	Hernieuwbare warmte	Energiebesparing	Totaal interpolatie
Woningen	7,9	2,9	10,8
Utiliteitsgebouwen	4,3	1,6	5,9
Totaal gebouwde omgeving	12,2	4,5	16,7

Ter referentie wordt ook een tweede benadering weergegeven voor de berekening van de te verduurzamen warmtevraag voor 2030, nu naar rato van de doelstellingen in het Klimaatakkoord. Voor de regio Rotterdam Den Haag komt het nationale doel om 1,5 miljoen woningen voor 2030 aardgasloos maken en 2,4 Mton CO₂-emissiereductie te bewerkstelligen neer op ruim 211.000 woningen en een emissiereductie van 0,34 Mton. Voor utiliteitsgebouwen stelt het Klimaatakkoord zich een CO₂-emissiereductie van 1,0 Mton ten doel. Dit komt naar rato voor de regio RDH neer op 0,13 Mton. De vertaling naar PJ, gecombineerd met de energiebesparing intenties van de regio Rotterdam Den Haag is opgenomen in Tabel 2.5. Strikt genomen maakt het Klimaatakkoord geen onderscheid naar productie hernieuwbare warme en energiebesparing, het gaat om CO₂-emissiereductie.

Tabel 2.5 Opgave warmtetransitie van 2020 naar 2030 gebouwde omgeving regio RDH.
Op basis van Klimaatakkoord 2030. Betreft jaarwaarden in PJ.

Omschrijving	Hernieuwbare warmte	Energiebesparing	Totaal Klimaatakkoord
Woningen	4,9	1,0	5,9
Utiliteitsgebouwen	1,7	0,6	2,3
Totaal gebouwde omgeving	6,6	1,6	8,2

Conclusie (C08): Een benadering op basis van lineaire interpolatie om in 2050 klimaatneutraal te verwarmen leidt tot een duurzame verwarmingsopgave van 16,7 PJ voor 2030. De afspraken in het Klimaatakkoord voor de opgave in GO naar rato vertaald voor de regio RDH leiden tot het extra verduurzamen van 8,2 PJ.

Uitgangspunt (U10): Het onderzoek hanteert als warmtevraag in de GO van 50 PJ in 2020, 46 PJ in 2030 en 38 PJ in 2050. Dit betreft de netto vraag bij alle eindverbruikers van aardgas in de GO in de regio RDH.

De Concept RES 1.0 Rotterdam Den Haag rekende eerder met een warmtevraag voor de GO voor ruimteverwarming en warm tapwater van 64 PJ.¹² Dit verdiepende onderzoek rekt nu met een waarde van 50 PJ in 2020. De waarde van 50 PJ is gebaseerd op data uit de CBS Klimaatmonitor. Het gaat daarbij om het aardgasverbruik in de GO zoals opgegeven door de energiedistributiebedrijven.

Aandachtspunt (A01) voor RES 2.0: Onverminderde aandacht voor de warmtevraaganalyse in de GO wordt aanbevolen. Idealiter biedt de nabije toekomst directere, transparantere informatie van het werkelijk huidige warmtegebruik die scherper inzicht biedt in de te verduurzamen warmtevraag voor 2030 en 2050.

2.3 Glastuinbouw

De glastuinbouw (GTB) in de regio RDH brengt een omvangrijke warmtevraag met zich mee. Nu wordt grotendeels in deze vraag voorzien door de directe inzet van aardgas in gasgestookte ketels en gasmotor WKK-installaties. Ook de levering van warmte via een warmtenet komt voor en wordt geothermie in toenemende mate toegepast.

Er zijn geen exacte gegevens bekend van de warmtevraag GTB in de regio RDH, de Klimaatmonitor voorziet hier bijvoorbeeld niet in. De warmtevraag laat zich afleiden uit rapportages waarbij een naar rato vertaling plaatsvindt op basis van de kasoppervlakte. CBS-gegevens geven een totaal kasoppervlakte in de regio RDH aan van 3.895 hectare die over de gemeenten is verdeeld zoals weergegeven in Tabel 2.6.

¹² Concept RES RDH Deel B, blz. 89

Tabel 2.6 *Verdeling glastuinbouw in de regio Rotterdam Den Haag per gemeente (CBS, 2017).
(1): Behorend tot glastuinbouwgebied Oostland (RDH-deel), totaal 988 ha.
(2): Behorend tot glastuinbouwgebied Westland, totaal 2.582 ha.*

Gemeente	Oppervlakte in ha	Bedrijven in aantal	Warmtevraag in TJ/jaar
Barendrecht	8,7	9	80
Brielle	74,1	25	682
Lansingerland (1)	762,5	155	8.543
Leidschendam-Voorburg	10	7	92
Midden-Delfland (2)	196,5	47	1.533
Pijnacker-Nootdorp (1)	225,9	100	2.530
Ridderkerk	56,0	38	515
Rotterdam	81,0	28	745
Den Haag	9,2	5	85
Westland (2)	2.385,4	670	18.600
Westvoorne	86,5	31	796
Totaal glastuinbouw	3.895	1.115	34.197

De Concept RES gebruikte eerder onderzoek Wageningen Economic Research die de verwachte warmtevraag van GTB aangeeft voor Westland en Oostland (Concept RES RDH, deel B) in 2030. Tabel 2.7 geeft deze weer en hoe deze zich naar verwachting ontwikkelt richting 2050.

Tabel 2.7 *Ontwikkeling warmtevraag GTB RES Rotterdam Den Haag in PJ/jaar.
Warmtevraag 2030 mede bepaald op basis van WER-onderzoek, factor 0,71 t.o.v. 2015.
Warmtevraag 2050 gematigde extrapolatie van WER-onderzoek, factor 0,6 t.o.v. 2015.
: Betreft gematigd scenario 2030. Range scenario's ligt tussen 13,4 en 16,4 PJ.

Gebied	2015	2030	2050
Westland, 2.582 ha	20,2 PJ	14,6 PJ*	12,1 PJ
Oostland, 988 ha	11,1 PJ	7,6 PJ	6,7 PJ
Totaal Westland en Oostland	31,3 PJ	22,2 PJ	18,8 PJ
Overig GTB RDH, 325 ha	2,9 PJ	2,1 PJ	1,8 PJ
Totaal regio Rotterdam Den Haag glastuinbouw	34,2 PJ	24,3 PJ	20,6 PJ

Op basis van een gangbaar kengetal voor de warmtevraag in GTB van 29 m³ aardgas per m², ofwel 9,2 TJ per hectare, kan ook de warmtevraag in de overige GTB-gebieden anders dan Westland en Oostland voor het jaar 2015 worden bepaald. Tabel 2.7 leert dat de warmtevraag in de grote GTB-gebieden in de regio RDH een omvang heeft van gemiddeld 7,8 TJ per hectare in Westland en gemiddeld 11,2 TJ per hectare in Oostland. Tabel 2.7 geeft aan dat de totale warmtevraag GTB in 2015 (en daarmee aangenomen ook voor 2020) een omvang heeft van 34,2 PJ. Op basis van een gematigde extrapolatie van de WER-scenario's verwachten wij een verdere, zij het gematigde, daling tot 20,6 PJ in 2050. Voorts is nog een inschatting gemaakt van het te verduurzamen aardgasaandeel in de warmtevraag GTB door de warmte die nu niet wordt ingevuld door aardgas van het totaal van 34,2 PJ af te trekken. Dit betreft de 1,6 PJ van de 100

tuinders aangesloten op Warmteweb B3-Hoek en de RoCa centrale¹³ en de 2,1 PJ aan geothermie die in Westland en Oostland momenteel wordt gebruikt.¹⁴

Uitgangspunt (U11): De aardgas gerelateerde warmtevraag GTB is 30,5 PJ in 2020, 20,6 PJ in 2030 en 16,9 PJ in 2050. Dit betreft de netto vraag bij eindverbruikers in de GTB in de regio RDH.

Aandachtspunt (A02) RES 2.0: Nadere analyse van de huidige vraag en vraagontwikkeling naar 2030 en 2050 in de glastuinbouw regio Rotterdam Den Haag.

2.4 Totale warmtevraag en geaggregeerde warmteclusters SETuP

Op basis van voorgaande analyse geeft Tabel 2.8 de totale warmtevraag voor de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. Het betreft de warmtevraag die gerelateerd is aan het verbruik van aardgas.

Tabel 2.8 Op aardgas gebaseerde warmtevraag ontwikkeling regio RDH in PJ/jaar.

Sector	2020	2030	2050
Gebouwde omgeving	50,0	46,1	38,3
Glastuinbouw	30,5	20,6	16,9
Totaal regio Rotterdam Den Haag	80,5	66,7	55,2

Naast het directe verbruik van aardgas voor de warmtevoorziening wordt de warmtevraag op dit moment deels ingevuld door andere bronnen, zie Tabel 2.9 voor de uitsplitsing van de totale warmtevraag in de regio Rotterdam Den Haag.

Tabel 2.9 Opbouw totale warmtevraag regio Rotterdam Den Haag in PJ, jaar 2019.

*: Warmte van afval- en houtverbranding en aardgas, Warmtemonitor 2019, CBS en TNO.

Omschrijving	Warmtevraag	Opmerking
Aardgas gebouwde omgeving	50,0	Zie Tabel 2.8
Aardgas glastuinbouw	30,5	Zie Tabel 2.8
Stadsverwarming GO, groot*	4,80	Rotterdam en Den Haag
Stadsverwarming GO, klein*	0,10	O.a. Delft, Barendrecht, Zoetermeer
Warmtenet GTB*	2,60	Warmteweb B3-Hoek en Westland
Geothermie GO	0,25	Klimaatmonitor
Geothermie GTB	2,10	Klimaatmonitor
Houtkachels	0,90	Klimaatmonitor
WKO utiliteit	0,94	Klimaatmonitor, incl. koude levering
ISDE warmte opties	0,21	Zie Tabel 2.10
Totale warmtevraag regio Rotterdam Den Haag	92,4	Afgerond 92 PJ

Van de 92,4 PJ aan warmtevraag wordt 80,5 PJ ingevuld met aardgas. Het verschil van 11,9 PJ wordt ingevuld met andere bronnen. Niet exact bekend is in welke mate de warmtevraag wordt ingevuld met zonthermische systemen en met de huidige toepassingen van warmtepompen in de gebouwde omgeving. Een indicatie hiervoor is het aantal verleende subsidies in het kader van de ISDE-regeling, zie Tabel 2.10.

¹³ Warmtemonitor, 2019

¹⁴ Klimaatmonitor, 2018

Tabel 2.10 Overzicht verleende ISDE-subsidies regio RDH over de periode 2016 tot en met 2020. Indicatie warmteproductie toename door ISDE 0,2 PJ. Bron: Klimaatmonitor.

Omschrijving	Aantal eenheden	Productie per eenheid in GJ/jaar	Totale productie in TJ/jaar
Biomassa CV ketels	202	30	6,1
Houtpelletkachels	1.622	15	24,3
Warmtepompen	6.764	25	169,1
Zonneboilers	903	10	9,0
Totaal regio RDH	9.491		208,5

Conclusie (C09): De warmtevraag in de GO en in de GTB heeft op dit moment een omvang van circa 92 PJ, waarvan 80 PJ gerelateerd aan het directe verbruik van aardgas en 12 PJ overige warmtebronnen, inclusief levering van warmte via bestaande warmtenetten.

Voor het identificeren van geconcentreerde warmtevraag vanaf 1 TJ per hectare relevant voor dit onderzoek is SETuP gebruikt. Dit is een op GIS gebaseerde tool ontwikkeld door Royal HaskoningDHV die gedetailleerde warmtevraaganalyse mogelijk maakt. De warmtevraag kan per gebouw of grootverbruiker worden vastgesteld op basis van energiedata tot op postcode 6 niveau van buurten. Het bevat ook de geografische verdeling van de warmteverbruikers in een postcode 6 gebied en kengetallen behorend bij het type gebruiker. Dit maakt het mogelijk warmteclusters te identificeren die qua omvang van de warmtevraag aansluiten bij de uitgangspunten van dit onderzoek en dus passen bij de capaciteit van de beschikbare meer grootschalige warmtebronnen. Omdat het voor de hand ligt dat geothermie gebruikt wordt in een zekere straal van de bron is de geografische match tussen vraag en aanbod hier bijvoorbeeld van belang.

De SETuP analyse is ook qua warmtevraag inschatting vergeleken met bovenstaande analyse en bevestigt het beeld van een totale warmtevraag van de gebouwde omgeving en glastuinbouw in de regio RDH van 92,4 PJ. Deze waarde is in samenspraak met CE Delft vanuit Werkpakket 1 geverifieerd. Tabel 2.11 geeft de vergelijking weer en laat zien dat er binnen de categorieën wel wat verschillen optreden.

Tabel 2.11 Vergelijking warmtevraag analyse via Klimaatmonitor en via SETuP. Betreft warmtevraag RES Rotterdam Den Haag in 2019.

Onderwerp	KM 2019	SETuP
Woningen	38,7	50,2
Utiliteit	18,5	14,3
Glastuinbouw	35,2	27,9
Totaal regio Rotterdam Den Haag	92,4	92,4

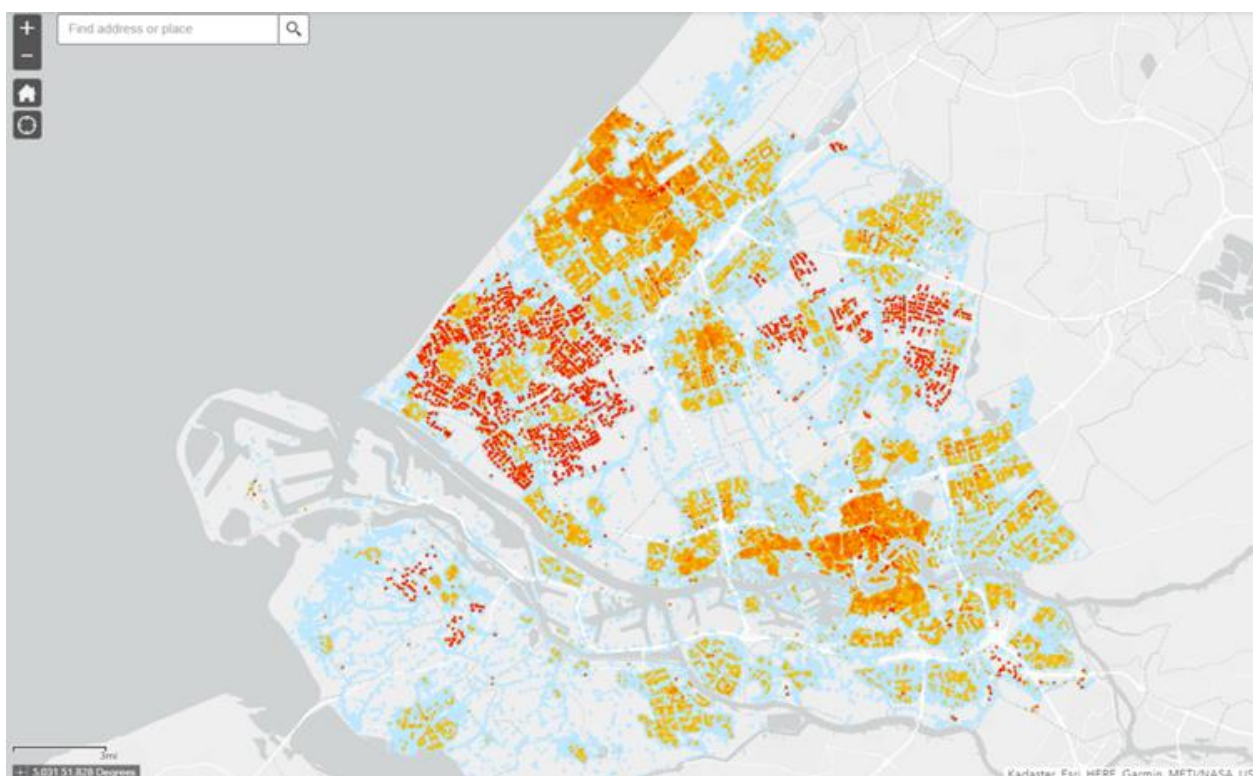
De SETuP data wordt als basis gehanteerd voor verdere analyse. In vergelijking met de benadering vanuit de Klimaatmonitor leidt dit tot een relatief wat grotere levering van warmte aan de gebouwde omgeving en wat kleinere warmtelevering aan de glastuinbouw. Dit maakt de omvang van de distributienetten wat groter, zo ook de hiermee gemoeide investeringen. Overall is het beeld voldoende vergelijkbaar voor de verkenning van de dimensionering van transportinfrastructuur in de scenario analyse.

Uitgangspunt (U12): De geverifieerde SETuP warmtevraaganalyse vormt de basis voor de ontwikkeling van de scenario's. Vertrekpunt is een regionale warmtevraag van 92,4 PJ in 2019. Het betreft de aardgas gerelateerde warmtevraag en de warmtevraag die nu al (deels) gebruik maakt van duurzame warmte.

Figuur 2.2 laat zien hoe de warmtevraag in de SETuP omgeving is verdeeld over de regio RDH. De geel/oranje gemarkeerde gebieden, inclusief de rode punt concentraties, veelal glastuinbouwbedrijven, hebben een warmtevraagdichtheid groter dan 1 TJ/ha. Deze gebieden vormen daarom mede een belangrijke basis voor de ontwikkeling van de scenario's. De lichtblauw gemarkeerde gebieden hebben een warmtevraag die lager is dan 1 TJ/ha. Deze gebieden worden niet meegenomen in de scenario's voor een regionaal CWS. Hier liggen individuele en lokale duurzame warmteopties meer voor de hand.

Uitgangspunt (U13): Op basis van SETuP bestaat de relevante warmtevraag uit warmteclusters van tenminste 200 TJ (0,2 PJ) met een warmtedichtheid van 1 TJ/ha of meer. Voor de andere warmtevraag in het gebied liggen naar verwachting lokale en individuele warmteoplossingen meer voor de hand.

De warmtevraag van 92,4 PJ, ofwel de totale verwarmingsvraag, wordt op dit moment ingevuld met circa 84,5 PJ aardgas (dit moet vervangen worden) en circa 7,9 PJ andere bronnen. Dit zijn deels ook duurzame bronnen die via (circa 3,5 PJ) warmtenetten aan afnemers leveren.



Figuur 2.2 Resultaten SETuP analyse warmtevraaggebieden regio Rotterdam Den Haag
De oranje, geel en rood (puntvraag, waaronder glastuinbouw) gekleurde gebieden hebben een hoge warmtevraagdichtheid en zijn geschikt voor CWS. Deze maken onderdeel uit van warmteclusters, die op hun beurt de basis zijn voor de scenario's.

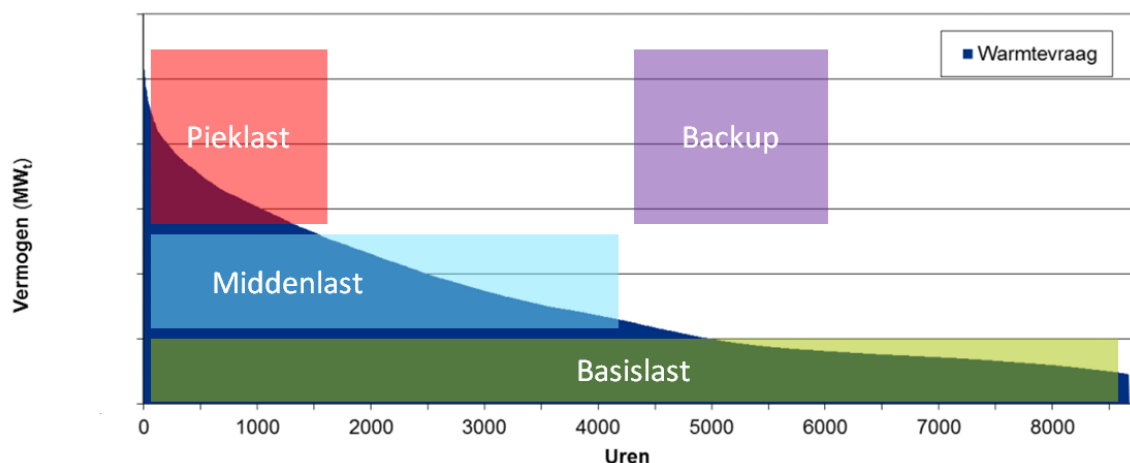
2.5 Warmtevraagpatroon, aggregatie jaarduurcurves en volloop

Om tot een CWS te komen is het kennen van de relevante warmtevraag per jaar alleen onvoldoende. Het is van essentieel belang om te weten wat het warmtevraagpatroon is en het maximaal te leveren vermogen qua capaciteit. Voor de gebouwde omgeving staat dit vraagpatroon voor het seizoen ook wel bekend als 'de badkuip', omdat er in de wintermaanden veel vraag naar warmte is en in de zomer veel minder. Dit kan een factor 7 schelen. Op uurbasis is er per dag ook nog eens een volatiel wisselend vraagpatroon in verband

met de verwarming van ruimten, douchen en de temperatuurverschillen tussen dag en nacht. Deze patronen worden veelal vertaald naar jaarduurcurves. Hierbij worden alle 8.760 uren in een jaar in volgorde gezet van de grootste vraag per uur naar de kleinste vraag per uur. Figuur 2.3 laat zo'n jaarduurcurve zien voor een gangbaar patroon in de gebouwde omgeving.

De jaarduurcurve voor de warmtevraag in de gebouwde omgeving zoals gepresenteerd in Figuur 2.3 kent doorgaans de volgende onderverdeling:

- Basislast Circa 6.500 vollasturen per jaar, bij inzet gebruik van circa 20% van de piekcapaciteit, volumeaandeel in jaarlijkse warmtelevering circa 50%;
- Middenlast Circa 2.500 vollasturen per jaar, bij inzet gebruik van circa 50% van de piekcapaciteit, volumeaandeel in jaarlijkse warmtelevering circa 40%;
- Pieklast Circa 500 vollasturen per jaar, bij inzet gebruik van 100% van de piekcapaciteit, volumeaandeel in jaarlijkse warmtelevering circa 10%;
- Backup Capaciteit komt minimaal overeen met de grootste unit, uitgaande van N-1 leveringszekerheid en gepland onderhoud van installaties in het zomerseizoen.



Figuur 2.3 Jaarduurcurve gebouwde omgeving, gebaseerd op daadwerkelijk warmtevraagpatroon in een stadsverwarmingsgebied waarbij de gebouwen overwegend Energielabel B hebben.

Basislast: bron draait vrijwel continu zomer en winter.

Middenlast: bron wordt aanvullend op basislast bron regelend ingezet.

Pieklast: bron voorziet in piekvraag warmte, draait veelal alleen in de winter.

Back-up: reservebron dit uitval van andere bronnen kan opvangen.

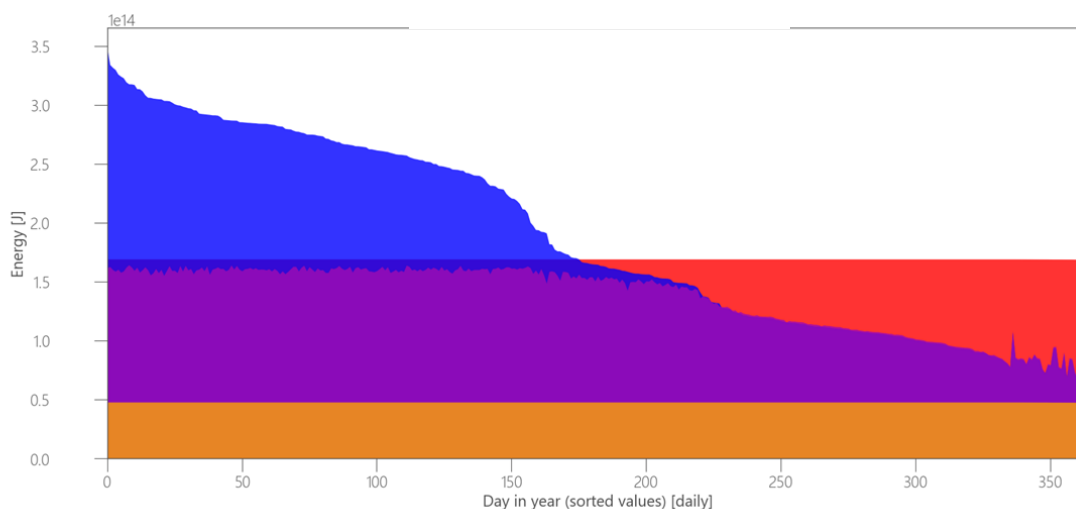
Uitgangspunt (U14): CWS als geheel moeten jaarrond in de warmtevraag kunnen voorzien, capaciteit moet toereikend zijn voor basis-, midden- en pieklast. Back-up voor N-1 is nog niet meegenomen in de verkennende scenarioanalyse.

Uitgangspunt (U15): Hoge mate van leveringszekerheid is een randvoorwaarde in lijn met huidige Warmtewet.

Het combineren of aggregeren van warmtevraag tot grotere warmteclusters maakt een veel optimalere inzet van warmtebronnen mogelijk. Ook wordt de leveringszekerheid zo groter, immers er zijn meer bronnen voorhanden. Daar tegenover staat dat als de afstand tussen vraag en aanbod groter wordt en er meer infrastructuur nodig is voor het warmtetransport met de daarbij behorende kosten en verliezen. Slim aggregeren van warmtevraag gaat vooral op bij relatief nabij gelegen grotere warmtevraagconcentraties. Voor een optimale invulling is het van belang voortdurend te zoeken naar het optimum tussen omvang, afstanden, zekerheid van bronnen en zekerheid van afname. Dergelijke analyse toont ook mogelijkheden

voor zogenaamd demand-side management: het bewust minder gebruiken van warmte in de piekuren. Tot slot leent de analyse zich voor systeemoptimalisatie met warmteopslag in buffers (dag/nacht) en hoge temperatuuropslag (seizoen).

Figuur 2.4, dat de basis is voor een van de onderzochte scenario's, laat een gecombineerd vraagpatroon zien van de gebouwde omgeving met die van glastuinbouw. In vergelijking tot de gebouwde omgeving met ongeveer 2.500 vollasturen heeft de glastuinbouw een groter aantal vollasturen, indicatie 3.500. Figuur 2.4 maakt zichtbaar dat bij een grotere omvang van de warmtevraag meer warmtebronnen meer optimaal kunnen worden ingezet. Dit vergroot de bedrijfszekerheid en maakt een meer optimale bedrijfsvoering mogelijk. Het vraagprofiel van de glastuinbouw maakt de basislastvraag een stuk groter en verkleint in verhouding de relatief dure piekvraaglast. Bij het werken met grotere vraagprofielen zijn in principe ook minder dure pieklastbronnen nodig. De vollasturen voor middenlastbronnen nemen zo toe en het aantal pieklastbronnen neemt af. Dit maakt dat de kosten per GJ warmte afnemen. Pieklast worden idealiter nabij warmtevraagconcentraties geplaatst zodat de transportinfrastructuur meer vollasturen kan maken en de kosten van transport dalen.



Figuur 2.4 *Gecombineerde jaarduurcurve (donkerblauw) gebouwde omgeving en glastuinbouw zoals door Gradyent gebruikt bij de scenario analyse. Jaar 2050. Opgebouwd uit uurwaarden.*
Oranje: inzet van geothermiebronnen in basislast, zie ook hoofdstuk 5.4.
Paars/rood: inzet van restwarmtebronnen in middenlast, zie ook hoofdstuk 5.4.
Verticale as waarden maal 100 TJ/dag. Horizontale as dagen in het jaar, totaal 365.

De jaarduurcurve van een CWS wordt geleidelijk in de tijd gevuld met bronnen en warmte-infrastructuur afhankelijk van het ritme van de ontwikkeling van de aan te sluiten warmtevraag. De geschikte vraagontwikkeling vindt in principe plaats bij woningen die van gas afgaan en waar nodig worden voorzien van isolatie zodat de warmtevraag kan dalen naar een waarde waarop langjarig levering van warmte mogelijk wordt. De lokale vraag wordt zo eerst via een lokaal distributienet ingevuld. In de overgang kan, als de duurzame bron nog niet voorhanden maar in ontwikkeling is, de warmtevraag tijdelijk ingevuld worden met bijvoorbeeld aardgas. Zodra de omvang van de warmtevraag en CWS toenemen wordt het relevant collectieve warmtetransportinfrastructuur en distributiesystemen met elkaar te verbinden. Zo wordt het volloprisico (warmtebronnen en infrastructuur zijn ontwikkeld, maar de vraag is nog beperkt) en de daarmee samenhangende extra kosten van warmtelevering beheerst. Hoofdstuk 4 gaat verder in op deze samenhang en het belang van volloop van duurzame warmtevraag en de benuttingsgraad van CWS.

2.6 Koudevraag

Naast de vraag naar warmte speelt ook de vraag naar koude een toenemende rol in de warmtetransitie. Het gaat daarbij om koude voor het klimatiseren van woningen en gebouwen. Het is momenteel nog niet goed bekend hoe omvangrijk en belangrijk de vraag naar koude is en hoe deze zich ontwikkelt in de tijd.

Collectieve warmtesystemen voorzien in principe niet in de koudevraag. Warmte Koude Opslag (WKO) doet dit wel, met name in utiliteitsbouw. De omvang van warmteproductie met WKO's is momenteel zo'n 0,94 PJ (Klimaatmonitor, 2019) De huidige productie van koude is daarmee vergelijkbaar. Dit is vooralsnog gering ten opzichte van de warmtevraag. In woningen is een stijging van koeling door airconditioning waarneembaar. De verwachting is dat de vraag naar koude gaat toenemen omdat het aantal zomerse dagen toeneemt en de vraag tot klimatiseren in utiliteitsgebouwen en woningen groter wordt. Hoewel een CWS niet direct in koude voorziet, kan het wel een rol gaan spelen bij het balanceren van WKO's. CWS kan de WKO warmte leveren in de zomer om deze op te laden voor zijn warmteaanbod in de winter.

Aandachtspunt (A03) RES 2.0: Nadere analyse van de ontwikkeling koudevraag tot 2050 en hoe deze van invloed is op de aard en omvang van CWS in de regio Rotterdam Den Haag.

3 Warmtebronnen

Het onderzoek heeft het bruikbare potentieel van de warmtebronnen in de regio in kaart gebracht. Het gaat eerst in op de relevante bronnen voor een regionaal CWS (§ 3.1). Vervolgens worden de omvang en kwaliteit ervan toegelicht in volgorde van hun inzet in de merit-order. In de basislast komen geothermie (§ 3.2), restwarmte (§ 3.3) en aftapwarmte uit de industrie (§ 3.4) aan bod. Restwarmte en aftapwarmte vullen ook de middenlast capaciteit in. Vervolgens worden de bronnen biowarmte, groen gas en waterstof (§ 3.5) behandeld. Tot slot, worden opslag en andere bronnen besproken die kunnen zorgen voor de levering van warmte voor seizoen- en pieklast en als back up (§ 3.6). Het hoofdstuk besluit met een overzicht van de belangrijkste basis- en middenlastbronnen voor de RES-regio RDH (§ 3.7). Van de bronnen zijn zowel de technische en economische aspecten zo goed mogelijk in kaart gebracht.

3.1 Relevante warmtebronnen

Voor het bepalen van de relevante warmtebronnen voor dit onderzoek, is het van belang een aantal uitgangspunten en aspecten te duiden omtrent de kwaliteit van deze warmtebronnen. Dit is ook van belang voor de technische en economische analyse van de scenario's.

De warmtebronnen die voor de regio RDH in kaart zijn gebracht betreffen vooral bronnen die grootschaliger van aard zijn en zich lenen voor een regionaal CWS, passend bij de RSW. De bronnen hebben een bovenlokale component. De warmtebronnen kunnen op regionale schaal worden benut waarbij op een of ander manier twee of meerdere gemeenten gebruik kunnen maken van deze bronnen door mogelijke verbindende infrastructuur. Een typische omvang van een dergelijke warmtebron is 10 MW of meer. Een bron van 10 MW is in staat om zo'n 5.000 tot 10.000 woningen van warmte te voorzien, afhankelijk van de wijze van inzet en de aard van de vraag. Tegenover grootschalig staat kleinschalig. Onder kleinschalig wordt in dit onderzoek een schaalgrootte van een woning, gebouw, woonblok of buurt verstaan. Waar de RES 1.0 zich richt op de inzetmogelijkheden van regionale warmtebronnen, richten de TVWs zich ook op de lokale mogelijkheden van een duurzame warmtevoorziening waar ook de kleinschaligere bronnen aan bod komen. Regionale bronnen komen in aanmerking zodra ze een goede aanvulling vormen op wat lokaal mogelijk is.

Uitgangspunt (U16): De relevante bronnen voor regionale CWS hebben een minimale omvang van 10 MW en zijn in staat om zo'n 5.000 tot 10.000 of meer woningen van warmte te voorzien.

De bronnen worden in de jaarduurcurve van de vraag zoals in § 2.5 is toegelicht, ingepast in de volgorde basis-, midden- en pieklast en back up. De technisch economische eigenschappen van een bron maken dat ze ieder een meest optimale plek hebben in deze volgorde, ook wel merit-order genoemd. Doorgaans worden bronnen met een hoge kapitaalsintensiteit die hoge vaste kosten en lage variabele kosten kennen in basislast ingezet. De kentallen van vaste en variabele kosten zijn terug te vinden in Bijlage A1. Warmteopslag of bronnen met hoge variabele kosten worden logischerwijs meer richting de pieklast ingezet. De inzet van de verschillende bronnen in de merit-order, zoals die ook in de verkenning van de scenarioanalyse wordt gebruikt, staat aangegeven in Tabel 3.1.

In het geval van regionale CWS wordt in principe gebruik gemaakt van meerdere grootschalige duurzame bronnen die elkaar in hoge mate aanvullen zodat een betrouwbare levering van warmte mogelijk wordt tegen zo laag mogelijke kosten. Bij het ontwerp van een CWS wordt het N-1 principe gehanteerd om voldoende leveringszekerheid te krijgen. Dit wil zeggen dat de back up capaciteit groot genoeg moet zijn om de grootste bron in het CWS bij onvoorziene uitval te kunnen opvangen op het moment van de grootste warmtevraag. In de technische en financiële analyse van de verkenning met de scenario's is de back up capaciteit nog niet meegenomen. In eerste instantie zal naar verwachting tot 2030 vooral ook de met aardgas gestookte ketel in de pieklast en back up nog een zekere rol in spelen. Naar 2050 toe moet ook

deze volledig duurzaam worden ingevuld. In een volgroeid regionaal warmtesysteem naar 2050 toe zal de pieklast en back-up efficiënter en naar verwachting goedkoper ook duurzaam kunnen worden ingepast dan in de initiële fase van de ontwikkeling van het systeem.

Tabel 3.1 Overzicht toepassingsgebieden duurzame warmtebronnen bij toepassing regionale CWS Betreft bronnen op midden en hoge temperatuur, toepassing tot 2030. Na 2030 mogelijk te combineren met lage temperatuur bronnen zoals aquathermie.

* Zonthermie grondgebonden toegepast in zonnecollectorvelden, omvang < 10 MW_{th}.

De waardering geeft de geschiktheid van de bron aan voor een toepassing:

++: goed geschikt -: niet geschikt

Warmtebron	Basislast 5.000 tot 8.200	Middenlast 1.500 tot 5.000	Pieklast Tot 1.500 vollasturen	Back-up Tot 100 vollasturen
Geothermie	++	+	-	-
Restwarmte	++	++	-	-
Biowarmte	++	++	-	-
Bio-olie	-	-	++	++
Groen gas	-	-	++	++
Zonthermie*	-	+	-	-

Opmerking bij Tabel 3.1: Zonthermie is meegenomen omdat deze als aanvullende duurzame warmtebron in CWS kan functioneren. In de scenario-analyse valt deze optie buiten scope vanwege zijn geringe omvang en alleen aanvullende functie.

Uitgangspunt (U17): Nadruk op de grootschalige inzet duurzame warmte in basislast en middenlast.

Uitgangspunt (U18): In de verkenning van de scenarioanalyse spelen de bronnen zoals aangegeven in Tabel 3.1 een rol. Tot 2030 zijn voor pieklast en de back up nog de mogelijkheden van de uit te faseren aardgasvoorziening ingepast. Voor de analyse naar 2050 moeten duurzame bronnen worden ingezet voor pieklast en back-up. Hierbij is in dit onderzoek nog geen rekening gehouden met de verschillende mogelijkheden voor invulling hiervan, gerekend is met een referentie van inzet van groen gas en biowarmte.

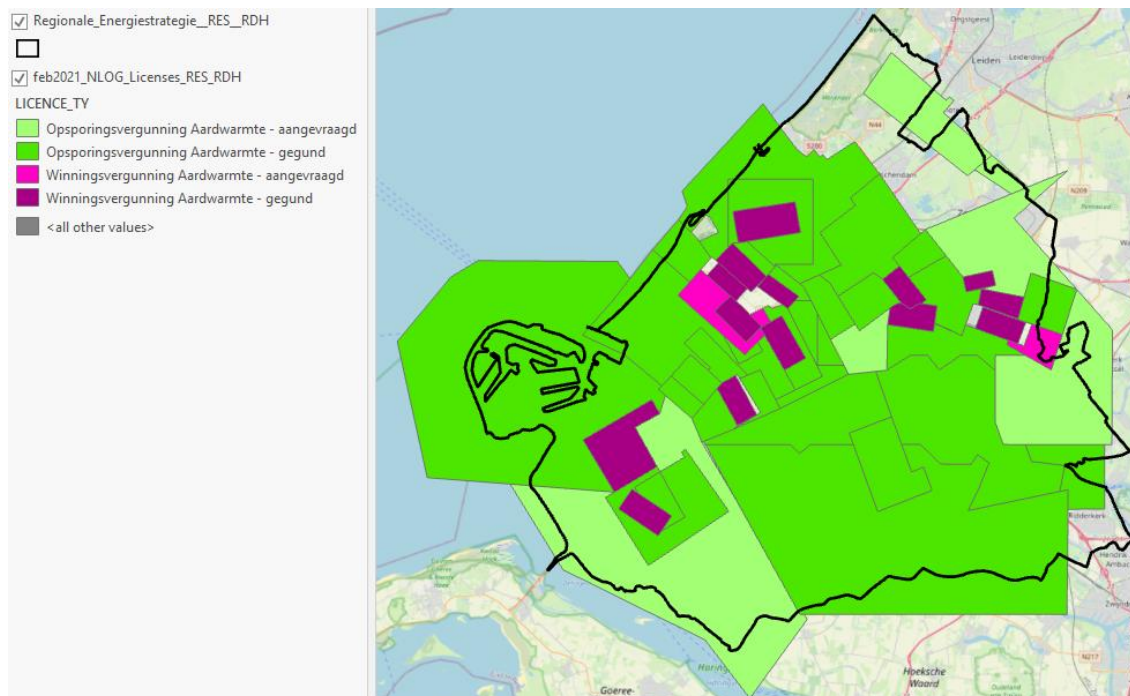
De mobiliteit van warmte is een stuk minder groot dan die voor bijvoorbeeld aardgas en elektriciteit. Dit komt deels door de warmteverliezen bij transport en distributie, maar ook door de plaatsgebondenheid van duurzame bronnen als geothermie en restwarmte. Sommige duurzame bronnen zijn hier flexibeler in zoals biomassa, biogas en waterstof, en (industriële) elektrische warmtepompen. Opslag is ook relatief mobiel en veelal lokaal nabij warmtevraag in te passen.

3.2 Geothermie

Samen met restwarmte en aftapwarmte is geothermie de belangrijkste bron voor grootschalige duurzame productie van warmte voor een regionale CWS. Op dit moment zijn er in totaal 59 vergunningen aangevraagd of vergund in het gebied die de hoge activiteit van bestaande en in ontwikkeling zijnde projecten aangeeft. Begin februari 2020 zijn 6 opsporingsvergunningen in aanvraag, 36 vergund en er zijn 3 winningsvergunningen in aanvraag en 14 vergund.¹⁵ In totaal zijn er de facto 12 bestaande projecten met een SDE++ beschikking (RVO). De warmteproductie volgens de beschikkingen bedraagt 4,7 PJ, de

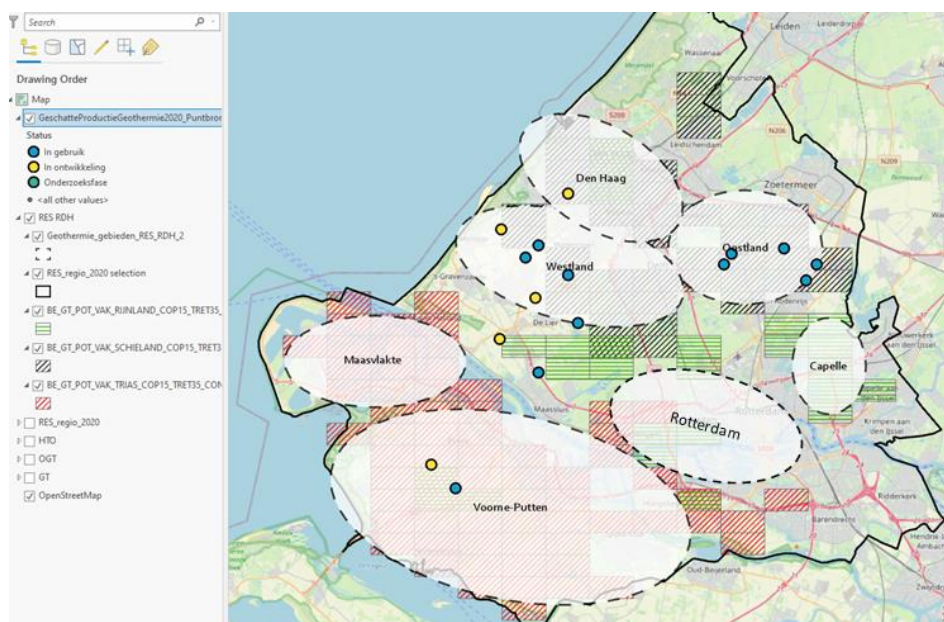
¹⁵ Zie ook www.nlog.nl

werkelijke warmteproductie ligt met 3,2 PJ lager. Figuur 3.1 geeft de actuele situatie weer rond de ontwikkeling van geothermie op basis van aangevraagde en afgegeven vergunningen.



Figuur 3.1 *Overzicht situatie vergunningen aardwarmte regio Rotterdam Den Haag per februari 2021*

Analyse van de potentie van geothermie in de regio laat zien dat deze aanzienlijk is en redelijk goed verdeeld over de regio, zie Figuur 3.2. Dit maakt dat bron en afname bij elkaar in de buurt kunnen liggen en transport van geothermische warmte over grotere afstanden vrijwel niet nodig is.



Figuur 3.2 *Gebieden met potentieel diepe geothermie in regio Rotterdam Den Haag.*
Blauwe cirkels: geothermiebron in bedrijf.
Gele cirkels: geothermiebron in ontwikkeling.

Tabel 3.2 geeft een overzicht van het geothermische potentieel in de regio RDH wat Figuur 3.1 visualiseert. Dit potentieel is gebaseerd op door IF Technology uitgevoerd onderzoek 'Potentieel geothermie Zuid-Holland' (2016). Het potentieel is gecorrigeerd voor de aanwezigheid van breukgebieden en grondwaterbeschermingsgebieden en geverifieerd en aangevuld door informatie van Engie/Hydreco en HVC. Daarnaast is in de analyse deze informatie weer vergeleken met die uit het EBN-onderzoek WARM (2020) en de visie op aardwarmte van de Geothermie Alliantie Zuid-Holland (2018).

Tabel 3.2 Potentieel geothermie regio RDH verdeeld naar vermogensklasse, gebied en aardlaag. Betreft mogelijkheden voor nog te ontwikkelen doubletten, in totaal 98.

Gebied	Capaciteit in MW _{th}	5 tot 10	10 tot 15	15 tot 20	20 tot 25	25 tot 30	Totaal #
	Productie in PJ/jaar	0,16-0,32	0,32-0,47	0,47-0,63	0,63-0,79	0,79-0,95	
Den Haag	Rijnland						
	Schieland		17	4			21
	Trias						
Westland/Delft	Rijnland	3	6				9
	Schieland/Alblasserdam		9	7			16
	Trias						
Oostland	Rijnland						
	Schieland	5	1				6
	Trias						
Capelle/Alexander	Rijnland	6	3				9
	Schieland		2	2			4
	Trias						
Voorne-Putten	Rijnland						
	Schieland						
	Trias				7		7
Maasvlakte	Rijnland						
	Schieland						
	Trias				3		3
Rotterdam	Rijnland	7	7				14
	Schieland		9				9
	Trias						
Totaal geothermie regio Rotterdam Den Haag		21	54	13	10	0	98

Conclusie geothermie (C10): Een groei van het aantal doubletten met 98 wordt mogelijk geacht, dit ten opzichte van het huidige aantal van 12. Het gaat om een potentieel van 22,8 tot 33,2 PJ uitgaande van 6.000 vollasturen per jaar. Het potentieel is gebaseerd op een thermisch vermogen van 1.045 tot 1.540 MW.

Waar de Concept RES uitgang van een potentieel van 35 PJ wordt dit in deze verdieplingsanalyse iets lager. De veranderingen volgen uit de laatste inzichten die zijn gedeeld door betrokken marktpartijen ten opzichte van de eerder uitgevoerde analyse door IF Technology. Er is momenteel een wat lager potentieel voor Voorne-Putten en Maasvlakte ingeschat. Er is een wat hoger potentieel in Rotterdam, Capelle aan den IJssel, Den Haag, Westland en Delft ingeschat.

Geothermiebronnen raken naar mate ze langer gebruikt worden thermisch uitgeput. De mate waarin dit precies plaats gaat vinden hangt af van de ondergrondparameters waar de geothermie in wordt ontwikkeld, het ontwerp van het doublet (of triplet of anderszins), de wijze van reservoir management, vollasturen en mogelijk nabijgelegen aardwarmteprojecten. De thermische levensduur van een bron wordt doorgaans ingeschat op 30 tot 50 jaar. Het doublet kan daarna worden geconserveerd om te recupereren. Een tweede optie is het tijdig verminderen van het vermogen zodat een thermisch evenwicht kan ontstaan. Door optimaal en duurzaam gebruik van de ondergrond kan zo een cyclus worden onderhouden waarbij de ondergrond en de productie van aardwarmte ook op de lange termijn voor het warmtesysteem bruikbaar blijven. De Visie aardwarmte Zuid-Holland van de Geothermie Alliantie Zuid-Holland geeft aan dat het belangrijk is hier nader onderzoek naar te doen, evenals relevante rapporten hieromtrent van TNO en EBN. Om op dit effect te anticiperen wordt in dit onderzoek niet de gehele de beschikbare capaciteit meegenomen om ingezet te worden voor 2050.

Aandachtspunt (A04) RES 2.0: Nader onderzoek naar optimaal en duurzaam gebruik van de ondergrond en de toepassing van geothermie bij intensivering van het gebruik ervan als warmtebron.

Voor de verkenning met de scenarioanalyse is het overzicht uit Tabel 3.2 vertaald naar een veronderstelde ontwikkeling van geothermieprojecten in tijdvakken en energiehoeveelheden als aangegeven in Tabel 3.3. Het totaal aantal mogelijk geachte doubletten, inclusief de al gerealiseerde projecten, is 110. Met deze doubletten kan, uitgaande van 6.000 vollasturen per jaar, naar verwachting 32,1 PJ worden geproduceerd bij een vermogen van 1.455 MWth.

*Tabel 3.3 Verdeling geothermie potentieel in de tijd.
#: aantal doubletten. PJ-waarden bij 6.000 vollasturen.*

Gebied	Huidige projecten		2020-2025		2025-2050	
	SDE+	#	SDE+ ++	#	Rest	#
Productie in PJ en aantal #						
Den Haag			1,13	6	4,97	15
Westland/Delft	1,31	5	3,33	9	3,86	16
Oostland	1,49	6	2,25	6		
Capelle/Alexander					3,09	13
Voorne-Putten	0,37	1	0,39	1	3,01	6
Maasvlakte					1,46	3
Rotterdam			0,33	2	5,15	21
Totaal geothermie per tijdvak	3,17	12	7,44	24	21,54	74

Uitgangspunt (U19): Geothermie wordt toegepast als onderdeel van regionale CWS. Verondersteld wordt dat de warmte uit geothermiebronnen op 75°C beschikbaar is. Om rekening te houden met de gebruikscyclus van geothermiebronnen wordt niet de gehele capaciteit van de ingeschatte 110 bronnen ingezet tot 2050.

Aandachtspunt (A05) RES 2.0: Analyse naar optimale inzet van het geothermie potentieel in de regio RDH, rekening houdend met optimaal gebruik van de ondergrond, positionering van de bronnen, reservoir management, levensduur bronnen en de continuïteit van de warmtelevering over meerdere decennia.

Kosteninschattingen geothermie

Voor de kosteninschattingen van geothermie wordt gebruik gemaakt van het SDE++ eindadvies 2020 (PBL, 27 februari 2020). Voor de GO betreft dat nu de categorie 'Diepe geothermie warmte (geen basislast, 3.500 vollasturen)'. Deze SDE++ categorie is bijvoorbeeld nu representatief voor stadsverwarming in RDH waarbij de capaciteit nog niet ten volle kan worden benut, omdat de hoeveelheid warmtevraag nog niet zo gauw op de basislastbron kan worden aangesloten. In principe werkt geothermie met 3.500 draaiuren niet op zijn optimale plek in de jaarduurkromme. De productiekosten van deze vorm van geothermische warmte zijn daarom relatief hoog met 0,083 €/kWh ofwel 23,05 €/GJ SDE++¹⁶. Als er wel een grotere collectieve warmtevraag bestaat kan de bron op z'n plek in basislast worden ingezet. Dan dalen de productiekosten voor een bron kleiner dan 20 MW_{th} bij 6.000 vollasturen sterk naar 0,044 €/kWh ofwel 12,22 €/GJ. Basislastoperatie, zoals ook beoogd op langere termijn in CWS, is vooralsnog vooral goed mogelijk bij GTB en combinaties van GTB en GO waar een grotere collectieve warmtevraag in een keer ingevuld kan worden of hoge temperatuuropslag mogelijk is. Zoals voorgaande laat zien, is geothermie gevoelig voor het aantal vollasturen. Economische optimalisatie is mogelijk door geothermie in basislast van 6.000 vollasturen of meer te laten draaien waarbij in een situatie van alleen GO een groter gebied bijvoorbeeld van 10.000 tot 20.000 WEQ van warmte wordt voorzien. Als de warmtetransitie in de GO op gang komt en de omvang van de te verduurzamen vraag toeneemt zal geothermie ook daar in de basislast kunnen worden ingezet. Innovatief gebruik in samenhang met warmteopslag en andere innovaties in geothermie kunnen het mogelijk aantal vollasturen nog verhogen en kosten verlagen. Het Masterplan Aardwarmte in Nederland van DAGO, Platform Geothermie, SWN en EBN ziet goede mogelijkheden voor kostenreducties bij opschaling van de ontwikkeling ervan.

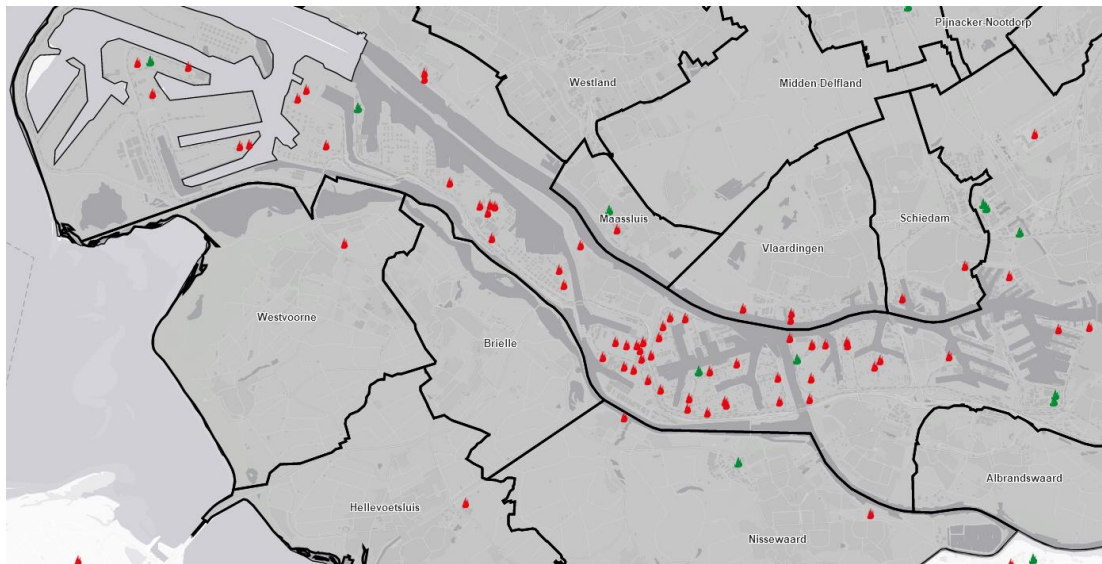
3.3 Restwarmte

Restwarmte is de onvermijdelijke thermische energie die als bijproduct in de bedrijfsvoering van een onderneming vrijkomt en die zonder verbinding met een warmtenet ongebruikt terecht zou komen in lucht of water. Kenmerkend voor restwarmte is dus dat het gaat om warmte die niet meer nuttig toegepast kan worden en die een temperatuur heeft die hoger is dan de omgevingstemperatuur. De temperatuur van restwarmte ligt overwegend tussen de 25 tot 100°C, maar temperaturen boven de 100°C komen ook voor in de industrie. Restwarmte wordt normaliter weg gekoeld via luchtcondensators tot 40 à 55°C of watergekoelde condensators tot 25 à 40°C. Een bijzondere vorm van restwarmte is de warmte die verdwijnt met rookgassen. Hier komen temperaturen tot 160°C of meer voor. Het is niet ongewoon in de industrie om warmte uit rookgassen terug te winnen. Hoe lager de temperatuur hoe hoger de kosten van deze terugwinning en des te moeilijker het is om een goede toepassing te vinden. In cascade met levering van restwarmte aan CWS zijn er wellicht nieuwe mogelijkheden. Innovaties rond warmteterugwinning uit rookgassen vinden plaats waardoor de mogelijkheden toenemen. Een restwarmteoptie voor de toekomst is de warmte die vrijkomt bij de productie van blauwe of groene waterstof.

In het Rotterdamse Haven- en Industrieel Complex zijn een groot aantal potentiële restwarmtebronnen geïdentificeerd zoals Figuur 3.3 laat zien. In hoeverre dit potentieel werkelijk bruikbaar is hangt af van de

¹⁶ SDE++, zie tabel 7-9 blz. 71, 27 februari 2020.

omvang, temperatuur, ligging, uitkoppelkosten en de verwachte continuïteit van de restwarmtebron. Bijlage A5 geeft een overzicht van de 40 bedrijven in HIC Rotterdam waarop een restwarmteanalyse is uitgevoerd.



Figuur 3.3 Restwarmtebronnen HIC Rotterdam (Warmteatlas Provincie Zuid-Holland).
Rood: temperatuur boven de 40°C, groen temperatuur onder de 40°C.

Het Consortium heeft een verdiepende analyse gemaakt mede op basis van door publieke en private marktpartijen aangeleverde informatie van de restwarmte productie bij 40 bedrijven in HIC Rotterdam met een CO₂-emissie van 10 kton/jaar of meer. In Tabel 3.4 is specifiek voor restwarmte uit rookgassen aangegeven hoe per gebied de verdeling is van deze bronnen. In het onderzoek worden kolencentrales niet meegenomen, aangenomen is dat deze waarschijnlijk sluiten rond 2030.

Tabel 3.4 Overzicht bedrijven die zijn beoordeeld op beschikbaarheid restwarmte uit rookgassen. In totaal hebben 40 bedrijven CO₂-uitstoot vanaf circa 10 kton. Bij 31 bedrijven is winning van warmte uit rookgassen mogelijk, waarvan 18 met meer dan 100 TJ bij 45°C.

Gebied	Tankopslag	Energie	Chemie	Raffinaderij	Overig	Totaal	Totaal met rookgaswarmte
Hoogvliet Vondelingenplaat	1	2	2	1	0	6	5
Botlek	2	2	11	2	AVR, Cargill	19	14
Europoort	2	3	4	2	0	11	11
Maasvlakte	0	2	1	0	0	3	1
Totaal aantal bedrijven	5	9	18	5	2	39	31

Uit de analyse die is uitgevoerd volgt dat in totaal 18 bedrijven een potentiële bron kunnen vormen van restwarmte uit rookgassen groter dan 100 TJ. Deze zijn als volgt verdeeld:

- Hoogvliet / Vondelingenplaat 4 van de 5 bedrijven met aanbod rookgaswarmte;
- Botlek 8 van de 14 bedrijven met aanbod rookgaswarmte;
- Europoort 6 van de 11 bedrijven met aanbod rookgaswarmte;
- Maasvlakte 0 van de 1 bedrijven met aanbod rookgaswarmte.

De analyse voor restwarmte leidt uiteindelijk tot een ingeschat potentieel aan restwarmte van 20,9 PJ voor 2030 en 45,5 PJ voor 2050 zoals Tabel 3.5 laat zien.

Tabel 3.5 Overzicht inzetbaar geachte restwarmte potentieel HIC Rotterdam

Bron	2020	2030	2050
Rookgassen		8,1 PJ	15,7 PJ
Lucht of watercondensor		6,0 PJ	12,0 PJ
Restwarmte stoom industrie	0,6	1,8	6,0
Waterstof elektrolyse		5,0 PJ	11,8 PJ
Totaal	0,6 PJ	20,9 PJ	45,5 PJ

Toelichting bij tabel 3.5:

- *Rookgassen: betreft restwarmte die beschikbaar is bij 18 bedrijven met een omvang van 0,1 PJ of meer per bedrijf. Uitkoeling in 2030 tot 80°C en in 2050 tot 45°C inclusief rookgascondensatie;*
- *Condensor: betreft restwarmte die overwegend vrijkomt bij condensatie van stoom. De waarde van 6,0 PJ in 2030 is gebaseerd op 10% van de warmte input bij gasgestookte centrales;*
- *Restwarmte stoom industrie: betreft warmte op hoge temperatuur (stoom) die vrijkomt in het productieproces en die niet nuttig binnen het bedrijf kan worden ingezet. Zo levert Shell 0,6 PJ restwarmte in 2020 aan het Warmtebedrijf Rotterdam;*
- *Waterstof: betreft restwarmte die vrijkomt bij elektrolyse op 70°C. Groeipad is gebaseerd op een capaciteit toenemend tot 2 GW_e elektrolyzer richting 2050.*

De Concept RES RDH gaf aan dat naar verwachting 44 PJ restwarmte beschikbaar is op basis van een schatting afkomstig van HIC Rotterdam. Dit was gebaseerd op een industrieel warmteverbruik van 300 PJ. Deze analyse op basis van nieuwe informatie verkregen van de publieke en private marktpartijen en met name op basis van eigen analyse van het Consortium op basis van de NEa EU ETS data uit 2017 leidt tot een warmteverbruik, inclusief kolencentrales, van 285 PJ. Dit warmteverbruik kan van jaar tot jaar sterk verschillen. Tabel 3.5 sluit met 45,5 PJ restwarmte aan op de Concept RES RDH data.

Conclusie (C11): Op dit moment wordt 0,6 PJ restwarmte ingezet vanuit HIC Rotterdam voor CWS. Een groei tot circa 45 PJ in 2050 wordt mogelijk geacht.

De bedrijven die restwarmte leveren zijn volcontinu in bedrijf. Dat wil niet zeggen dat de hiermee samenhangende capaciteit steeds beschikbaar is. In de industrie is dit afhankelijk van de vraag uit de markt en bij centrales van de vraag naar elektriciteit in combinatie met de positie in de merit-order. Bij AVR is het aanbod van afval in combinatie met de levering van stoom aan de industrie bepalend. De variatie in het aanbod maakt dat, in combinatie met de variërende vraag naar warmte, niet alle beschikbare restwarmte zal worden gebruikt. Verwacht wordt dat bij gepland onderhoud of onvoorzien uit bedrijf de capaciteit binnen HIC Rotterdam opgevangen kan worden, desnoods door gebruik te maken van hogedruk stoom.

Uitgangspunt (U20): Verondersteld is dat restwarmte in basislast beschikbaar is, indicatie van het mogelijk geachte aantal vollasturen is 6.000 met een bijbehorende capaciteit van circa 1.300 MW_{th} bij een potentieel van 21 PJ in 2030.

Kosteninschattingen restwarmte

Lage temperatuur restwarmte onder de 60°C wordt nagenoeg 'gratis' verondersteld, omdat geen derving van inkomsten optreedt zoals dat wel gebeurt bij aftapstoom. De Warmtewet 2.0 (herziening, nog niet vastgesteld) suggereert dat deze warmte om niet aangeboden zou moeten worden. Lage temperatuur warmte komt het best tot zijn recht in midden temperatuur toepassingen. In het havengebied is veel restwarmte aanwezig die direct geschikt is voor toepassing in een midden temperatuur en zelfs in een hoge temperatuur warmtenet. Daarnaast is er nog een groter potentieel aan restwarmte van lage temperatuur. Lage temperatuur restwarmte, zeker in een hoge temperatuur warmtenet, zal in temperatuur verhoogd

moeten worden om tot nuttige toepassing te kunnen komen. De SDE++¹⁷ maakt onderscheid tussen restwarmte die direct inzetbaar is en restwarmte waarvoor een warmtepomp nodig is. De basisbedragen hiervoor zijn respectievelijk 0,033 €/kWh ofwel 9,17 €/GJ en 0,044 €/kWh ofwel 12,22 €/GJ. Deze bedragen worden gehanteerd als inschatting van de maximale reële kosten voor het beschikbaar maken van direct toepasbare, respectievelijk op te waardenen restwarmte – los van wie die kosten draagt.

In de verkenning van de scenarioanalyse is gewerkt met bovenstaande bedragen van 9,17 €/GJ zonder warmtepomp voor levering op 75 °C bij 6.000 vollasturen en 10 MW_{th},¹⁸ In dit onderzoek is aangenomen dat dit met 4.500 vollasturen wat lager ligt in verband met de aangenomen basis- en middenlast levering ervan. Het vermogen zal naar verwachting groter zijn. De werkaanname blijft daarom dat kosten van lage temperatuurwarmte met inzet van een warmtepomp 9,17 €/GJ zijn. Dezelfde redenering geldt voor de inzet van restwarmte met warmtepomp. Ook hier geldt de werkaanname dat de kosten van lage temperatuurwarmte met inzet van een warmtepomp met een stijging dus van 25°C extra 12,22 €/GJ zijn. Ter indicatie, ook hier geldt dat naar verwachting extra inzet van een warmtepomp voor nog eens 25°C extra stijging temperatuur leidt tot 14,20 €/GJ.

Om restwarmte op het juist temperatuurniveau te krijgen is het ook mogelijk aftapstoom in te zetten, zeker in HIC Rotterdam is dit een optie omdat aftapstoom in ruime mate voorhanden is. Dit is een tegenhanger van de combinatie met een warmtepomp. Verondersteld wordt dat 1 deel lage temperatuurwarmte met 1 deel aftapstoom de warmte op de juiste temperatuur kan worden gebracht. De kosten van de midden temperatuur warmte/ aftapstoom combinatie is dan 6,55 €/GJ op basis van 9,17 €/GJ voor de MT-warmte en 3,94 €/GJ voor de aftapstoom. De kosten van de lage temperatuur warmte/ aftapstoom combinatie is dan 8,08 €/GJ met 12,22 €/GJ voor de MT-warmte en 3,94 €/GJ voor de aftapstoom. Dit is minder dan de prijs die volgt uit de inzet van de warmtepomp. Deze variant is daarom leidend voor uitkoppeling restwarmte HIC Rotterdam. Kosten inzet restwarmte met gebruikmaking van aftapstoom:

- In hoge temperatuur net situatie 8,08 €/GJ;
- In midden temperatuur net situatie 6,55 €/GJ.

De ontwikkeling van het restwarmtepotentieel voor de toekomst kent onzekerheden. Verwacht wordt dat er ook richting 2050 voldoende restwarmte beschikbaar zal zijn van een temperatuur die aantrekkelijk genoeg is om toepassing in een regionaal CWS mogelijk te maken. Een belangrijke ontwikkeling om nauwlettend te volgen is bijvoorbeeld de waterstofeconomie. Zo wordt verwacht dat een 2 GW_e elektrolyzer circa 550 MW_{th} restwarmte kan gaan leveren op 70°C bij 6.000 vollasturen per jaar. Daarmee wordt de positie van de huidige elektriciteitscentrales als potentiële restwarmte leverancier deels overgenomen. Ook vanuit de ontwikkeling van de biobased economy wordt een voorzetting van het restwarmtepotentieel verwacht.

Uitgangspunt (U21): Restwarmte wordt toegepast als onderdeel van regionale CWS. Restwarmte wordt daarbij zo nodig bron-zijdig op de juiste temperatuur gebracht om nuttig toegepast te kunnen worden.

Aandachtspunt (A06) RES 2.0: Analyse van de ontwikkelingen in HIC Rotterdam tot 2050 in relatie tot de beschikbaarheid van restwarmte naar aard, capaciteit, volume en kosten voor toepassing in regionale CWS.

3.4 Aftapwarmte

Daar waar bij restwarmte niet altijd directe nuttige toepassing mogelijk is, is dit bij aftapwarmte wel het geval. De herkomst van aftapwarmte verschilt van restwarmte en ook de beprijzing is anders. Bij aftapwarmte gaat het om stoom die wordt afgetapt uit stoomturbines. Door de aftap treedt derving van elektriciteitsproductie

¹⁷ SDE++, zie hoofdstuk 14, vanaf blz. 126, 27 februari 2020)

¹⁸ SDE++, zie tabel 14-2 blz. 132, 27 februari 2020

op. De warmte komt op hogere temperatuur beschikbaar. Gangbaar is 120 tot 130°C. Zo kan de warmte via warmtewisseling direct worden ingezet voor stadsverwarming.

In de regio RDH zijn de volgende aftapwarmtebronnen geïdentificeerd - zoals ook aangegeven in Tabel 3.6:

- AVR afvalverbranding Rozenburg Botlek;
- AVR BioWKK centrale Rozenburg Botlek;
- Gasgestookte elektriciteitscentrales zoals Enecogen, Rijnmond Energie, PerGen, EuroGen, MaasStroom Energie en Europort Utilities in HIC Rotterdam.

Niet elk van deze bronnen is op dit moment al geschikt voor de levering van warmte ten behoeve van collectieve warmte systemen, omdat niet altijd de juiste aftappunten op de stoomturbine aanwezig zijn. Dit is het geval bij centrales die alleen elektriciteit produceren. De kolencentrales op de Maasvlakte zijn buiten beschouwing gelaten als warmtebron vanwege hun onzekere toekomst na 2030. De inzet van aftapwarmte uit elektriciteitscentrales is in de vorm van WKK in ieder geval gangbaar bij stadsverwarming. Deze vorm van warmtelevering vindt momenteel plaats bij:

- Energiecentrale Den Haag, Uniper stadsverwarming Den Haag;
- Roca 1 tot en met 3 Rotterdam, Uniper stadsverwarming Rotterdam.

De inzet van aftapwarmte voor CWS concurreert in HIC Rotterdam met de productie van elektriciteit en ook met de levering van stoom aan de industrie. Overwegend krijgt de productie van elektriciteit en de levering van stoom aan de industrie, vaak op temperaturen boven de 130°C, voorrang omdat dit onderdeel is van het bestaande industriële proces en het bijbehorende energiesysteem. Naar verwachting is meer aftap van stoom mogelijk dan nu gebeurt. Deze reservecapaciteit kan ingezet worden voor CWS.

Naast aftapwarmte uit HIC Rotterdam kan ook aftapwarmte uit installaties die elders in de regio staan opgesteld beschikbaar komen. Het gaat daarbij om installaties die op termijn groen gas of waterstof als brandstof gebruiken. BioWKK installaties op basis van vaste biomassa liggen minder voor de hand vanwege het relatief lage elektrische rendement. Biomassavergassing biedt als innovatie wellicht wel perspectief als BioWKK concept voor de toekomst. Ontwikkeling hiervan zal mede afhangen van de ontwikkeling van de biobased economy (BBE). Duidelijk is dat in 2050 alleen aftapwarmte is toegestaan uit bronnen waarbij geen fossiele CO₂-emissie optreedt.

Zolang warmte op hoge temperatuur nodig is in een CWS zal aftapwarmte in meer of mindere mate worden ingezet. Ook bij levering van warmte op midden temperatuur kan aftapwarmte een welkome bron van warmte zijn vanwege de prijs en/of flexibiliteit. Zo kan het tijdelijk wegvallen van een restwarmtebron snel worden opgevangen door de inzet van aftapwarmte. De warmtelevering in het systeem blijft dan in stand. Inzet voor pieklast ligt minder voor de hand tenzij er sprake is van initiële overdimensionering van het warmtesysteem en het systeem dus nog onderbenut wordt. Centrales in de buurt van warmtevraaggebieden krijgen wellicht wel een rol als nood- en piekvoorziening. Centrales in de haven zijn wel relevant als noodvoorziening, maar minder logisch als piekvoorziening vanwege de extra benodigde transportcapaciteit. Het uiteindelijke streven is om aftapwarmte voor de basislast uit te faseren ten gunste van duurzame restwarmte en geothermie vanwege de elektriciteitsderving die bij aftapwarmte optreedt en omdat de centrales een meer flexibele rol zullen krijgen in de elektriciteitsvoorziening van de toekomst. De beschikbaarheid op termijn is daarom in vergelijking met restwarmte minder zeker.

Op grond van de publiek deelbare informatie verkregen van Warmtebedrijf Rotterdam, Deltalinqs en AVR zijn inschattingen gemaakt voor de hoeveelheden aftapstoom die geproduceerd kunnen worden voor de inzet in CWS. Tabel 3.6 geeft het potentieel weer.

Conclusie (C12): Het bruikbaar potentieel aftapwarmte HIC Rotterdam voor de inzet in CWS wordt ingeschat op 9,2 PJ in 2030, deze waarde blijft stabiel tot 2050.

De bedrijven die aftapwarmte leveren zijn doorgaans volcontinu in bedrijf. Dat wil echter niet zeggen dat de capaciteit steeds vol continu benut wordt. In de industrie is dit afhankelijk van de vraag uit de markt en bij centrales van de vraag naar elektriciteit in combinatie met de positie in de merit-order. De variatie in het aanbod maakt dat, in combinatie met de variërende vraag naar warmte, niet alle beschikbare aftapwarmte zal worden gebruikt. Verwacht wordt dat bij gepland onderhoud of onvoorzien uit bedrijf de capaciteit binnen HIC Rotterdam opgevangen kan worden, desnoods door gebruik van hogedruk stoom.

Tabel 3.6 Overzicht aftapwarmte potentieel HIC Rotterdam.
Waarden 2050 kunnen ook betrekking hebben op vergelijkbaar alternatief.

Bron	2020	2030	2050
AVR Rozenburg	4,6 PJ, waarvan: 3,3 PJ stadsverwarming 1.3 PJ stoom industrie	9,2 PJ	9,2 PJ
Centrales en WKK's	Flexibel, naar behoefte vraag aftapstoom		
Totaal	4,6 PJ	9,2 PJ	9,2 PJ

Uitgangspunt (U22): Verondersteld is dat aftapwarmte in basislast beschikbaar is. Er wordt uitgegaan in de verkenning van de scenarioanalyse van het mogelijk geachte aantal vollasturen van 6.000 uur met een bijbehorende capaciteit van circa 600 MW_{th} wat een potentieel geeft van 9,2 PJ in 2030.

Kosteninschattingen aftapwarmte

Het alternatief gebruik voor aftapwarmte is de productie van elektriciteit. De kwaliteit van de stoom die samen met het koelwater aftapwarmte wordt, heeft een druk van 1,5 tot 2 bar en een daarbij behorende temperatuur van 110 tot 120°C. Echter omdat de aftapstoom van lage druk en temperatuur is, kan hier niet veel elektriciteit mee gemaakt worden. Met circa 5 delen aftapstoom wordt 1 deel elektriciteit gemaakt. Dit betekent dat de brandstofkosten van aftapwarmte als gevolg van de derving van elektriciteitsproductie 2,94 €/GJ zijn.¹⁹ Met de overdracht van aftapwarmte aan transportinfrastructuur zijn ook kosten gemoeid. Deze worden ingeschat op ongeveer 1 €/GJ. Het gaat daarbij om kosten (inclusief verliezen) van warmtewisselaars, pompen en daarbij behorend verbruik van elektriciteit. Dit maakt dat de totaal ingeschatte kosten om tot toepassing van aftapwarmte te komen 3,94 €/GJ bedragen. De werkelijke inkooprij van aftapwarmte volgt uit de levering van dit type warmte door AVR en Shell aan het Warmtebedrijf Rotterdam. Deze informatie is niet openbaar. De SDE++ gaat uit van de kosten voor benutten van restwarmte uit stoom van 2,78 €/GJ voor basislastinzet.²⁰ Het gaat hierbij specifiek om de uitwisseling van stoom tussen industrieën.²¹ Dit onderzoek hanteert voor de ontwikkeling van CWS het gebruik van de waarde van 3,94 €/GJ voor aftapwarmte.

De beschikbaarheid van aftapstoom wordt in hoge mate bepaald door de ontwikkeling van de industrie en de elektriciteitsproductie sector. Duidelijk is dat deze sectoren richting 2050 gaat veranderen. Centrales zullen vooral de stabiliteit in het net moeten helpen realiseren in aanvulling op de onregelmatige productie uit zon en wind. Bovendien moeten de centrales in toenemende mate ook zelf gebruik gaan maken van biobased brandstoffen. Zo wordt aftapwarmte op termijn een hernieuwbare energiebron terwijl dit nu nagenoeg (uitzondering AVR) nog niet het geval is. Onduidelijk is op welke manier en wat de gevolgen zijn voor de beschikbaarheid van aftapstoom op de lange termijn. De noodzaak tot het inzetten van aftapstoom

¹⁹ 14,72 €/GJ gedeeld door 5, waarbij elektriciteit 0,053 €/kWh, dat is 14,72 €/GJ. Zie tabel 16-3 blz. 159 SDE++ 2020

²⁰ SDE++, zie tabel 14-4 blz. 136, 27 februari 2020

²¹ SDE++, zie hoofdstuk 14.4.3, 27 februari 2020

zal afnemen omdat steeds meer restwarmtebronnen gebruikt gaan worden en omdat de temperatuur van warmtelevering daalt. Neemt niet weg dat ook in de toekomst aftapwarmte een rol zal spelen.

Uitgangspunt (U23): Aftapwarmte wordt toegepast als onderdeel van regionale CWS, ook op langere termijn. Wel zal dan de aftapwarmte duurzaam moeten zijn.

Aandachtspunt (A07) RES 2.0: Nadere analyse van de ontwikkelingen in HIC Rotterdam tot 2050 in relatie tot de beschikbaarheid van aftapwarmte naar aard, capaciteit, volume en kosten voor toepassing in regionale CWS.

3.5 Biowarmte, groen gas en waterstof

Geothermie, restwarmte en duurzame aftapwarmte zijn de belangrijkste bronnen voor regionale CWS in de RES Rotterdam Den Haag. Deze bronnen zorgen voor de warmtevoorziening in basislast en middenlast. In aanvulling hierop, afhankelijk van de mogelijkheden op korte en lange termijn, kunnen bronnen zoals biowarmte, groen gas en waterstof worden ingezet. Deze bronnen opereren deels in middenlast, in pieklast en fungeren als back-up.

Biowarmte uit vaste biomassa zoals houtsnippers

Biowarmte vormt een gangbare warmtebron in de transitie bij stadsverwarming van fossiele naar hernieuwbare bronnen. De verbranding van afvalhout bij AVR Rozenburg is hier een voorbeeld van. Geen specifiek onderzoek is gedaan naar de lokale beschikbaarheid in de regio van vaste biomassa (houtsnippers e.d.) om ingezet te kunnen worden als brandstof. Het recente advies van de SER 'Biomassa in Balans' richt zich op het duurzaam eindbeeld 2050 en de rol die biomassa dan speelt. De inzet van biomassa als energiebron tot 2030 zou hierop anticiperen door:

- Voorrang te geven aan het gebruiken van regionaal beschikbare biomassa;
- Bio-energie daar toe te passen waar (nog) geen hernieuwbaar alternatief voorhanden is;
- Bio-energie bij voorkeur in hoge temperatuur processen toe te passen;
- Bio-energie zoveel mogelijk te combineren met het gebruik van biomassa als grondstof.

In dit licht kan de RES Rotterdam Den Haag bio-energie zien als onderdeel van de biobased economy (BBE) en daarmee de ontwikkeling van biobased industrie in de regio die zich naar verwachting vooral in HIC Rotterdam zal manifesteren. Reststromen die vrijkomen uit de biobased industrie en die niet meer bruikbaar zijn als grondstof kunnen zo worden ingezet als brandstof. De inzet voor warmte toepassingen, al dan niet in de vorm van WKK, heeft daarbij de voorkeur omdat dit met een hoger energierendement gebeurt dan bij de productie van elektriciteit. Inzet voor de productie van louter elektriciteit wijst de SER in haar advies dan ook af.

Het biowarmte potentieel zal voor regio RDH en zeker bij toepassing voor regionale CWS naar verwachting nauwelijks gebaseerd zijn op lokaal beschikbare biomassa maar terug te voeren op de import van duurzame biomassa die in de biobased industrie als grondstof wordt gebruikt. Om welk potentieel het gaat is nu niet vast te stellen omdat aard en omvang van de biobased industrie nog onduidelijk is.

Een bijzondere vorm van biowarmte is het gebruik van houtpellets zoals bijvoorbeeld het voornemen was bij het Nuon Vattenfall initiatief in Diemen. De houtpellet is een duurdere brandstof, maar in vergelijking tot houtsnippers of andere laagwaardige biomassa zijn de investeringskosten lager. Deze vorm van biowarmte heeft daardoor een breed operationeel bereik. De industrie overweegt houtpellets in te zetten voor de productie van biostoom.

De productie van biowarmte gaat gepaard met emissies naar lucht. Met stand der techniek rookgasreiniging (dubbele DeNOx en rookgascondensatie) worden de NO_x-emissie per GJ vergelijkbaar met de huidige

aardgasgestookte ketels. Fijn stof emissies zijn door meervoudige doekenfilters dusdanig laag dat verhoging van achtergrondwaarden nauwelijks optreedt. Dit neemt niet weg dat emissies samenhangend met de verbranding van biomassa een aandachtspunt zijn, zeker op die locaties waar de luchtkwaliteit als kritisch wordt aangemerkt.

Aandachtspunt (A08) RES 2.0: Nadere analyse van de mogelijke ontwikkeling BBE in HIC Rotterdam en de daarbij vrijkomende reststromen voor energietoepassingen waaronder regionale CWS.

Kosteninschattingen biowarmte

Biowarmte met vaste biomassa als brandstof is de optie die zich goed leent voor middenlast en mogelijk inpasbaar zou zijn in pieklast. Het zou als bron goed aanvullen op de inzet van geothermie en restwarmte. De kosten van de inzet van biowarmte in de SDE++ (2020) voor een capaciteit groter dan 5 MW_{th} en een aantal vollasturen in de middenlast van 2.000 vollasturen bedragen 0,060 €/kWh of wel 16,67 €/GJ. Biowarmte wordt in de verkenning van de scenario-analyse ingezet als basis- en middenlast van 4.500 vollasturen, wat de kosten doet dalen naar 0,047 €/kWh ofwel 13,06 €/GJ.

Conclusie (C13): Biowarmte is op termijn afkomstig uit reststromen uit de biobased economy en zal in aanvulling op rest/aftapwarmte worden ingezet in midlast en is mogelijk inpasbaar te maken voor verduurzaming van pieklast. Het potentieel is in sterke mate afhankelijk van de ontwikkeling van de biobased economy in HIC Rotterdam, inclusief import.

Biogas en groen gas

Groen gas is biogas van aardgaskwaliteit. Groen gas leent zich bij uitstek voor levering van warmte in pieklast. Omdat groen gas een hoogwaardige brandstof is ligt toepassing op grote schaal in CWS niet voor de hand. Meer waarschijnlijk is de toepassing in zwaar transport en daar waar hoge temperaturen nodig zijn in de industrie of bij de productie van elektriciteit. Biogas wordt geproduceerd door vergisting van mest, RWZI-slib, GFT-afval of organisch afval uit de VGI-industrie. Kenmerkend voor deze stromen is dat het om natte biomassa gaat die zich via anaerobe vergisting laat omzetten in biogas en digestaat. In de regio is zeker potentieel aanwezig. Zie ook Figuur 7 Concept RES Deel B, omvang 4,1 PJ in 2030, waar gesproken wordt van een potentieel van 116 miljoen m³ aardgas equivalent.

Kosteninschattingen biogas en groen gas

Groen gas is primair bedoeld als piekbron of back up in CWS. Het kan ook in basis en middenlast worden ingezet. De productie is dan in basis- en middenlast met gebruik in de pieklast. Het groen gas wordt geleverd via het bestaande aardgasnet of vloeibaar of onder druk in tankopslag. Voor de kosteninschatting wordt hier nu deze basis- en middenlastproductie wordt beschouwd. De goedkoopste vorm van groen gas productie is grootschalige vergisting.²² Dit leidt bij de productie van 8.000 vollasturen tot een basisbedrag voor groen gas van 0,064 €/kWh ofwel 17,78 €/GJ. Daarmee kan groen gas concurreren met geothermie van 3.500 vollasturen. Het groen gas moet om tot nuttige toepassing te komen nog ingezet worden in een gasketel. Wanneer uitgegaan wordt van een opslag hiervoor van 2 €/GJ dan betekent dat voor het toepassen van groen gas voor warmte een prijs 0,071 €/kWh ofwel 19,78 €/GJ. Inzet van groen gas is desondanks vooral voorzien in pieklast en back up, temeer daar het aanbod van groen gas beperkt is en groen gas vooral in meer hoogwaardiger toepassingen moet worden ingezet. Het inzetten van groen gas kan wel voordelen hebben door zijn flexibiliteit en hoge temperatuur om een CWS te balanceren.

Waterstof

Wat voor groen gas geldt, geldt ook voor waterstof. Naar verwachting wordt dit voor hoogwaardige toepassingen ingezet in de industrie, mobiliteit of mogelijk voor de productie van elektriciteit. Als waterstof

²² SDE++, zie tabel 9-3 blz. 90, 27 februari 2020

wordt ingezet voor CWS zou dit als pieklast bron en back-up kunnen zijn. Dit is in deze studie niet verder onderzocht.

Kosteninschatting waterstof

De toepassing voor waterstof in CWS tot 2030 wordt als niet kansrijk gezien vanwege de beperkte beschikbaarheid en de hoge kosten. Uit het SDE++ eindadvies 2020 volgt een basisbedrag van 0,32 €/kWh ofwel ruim 88 €/GJ. De subsidie intensiteit heeft een omvang van 1.064 €/ton vermeden CO₂. Waterstof is daarmee veruit de duurste bron van duurzame warmte voor toepassing in CWS.

Conclusie (C14): Groen gas zal naar verwachting mogelijk ingezet kunnen gaan worden in pieklast en als back up, mits beschikbaar. Inzet van waterstof in CWS is, zeker voor 2030, niet waarschijnlijk.

3.6 Opslag en andere bronnen voor de piekvoorziening

Opslag warmte

Energieopslag zal naar verwachting van groot belang blijken voor een goed functionerend CWS. Door energieopslag is minder productiecapaciteit nodig en wordt de aanwezige productiecapaciteit beter benut. Dit maakt dat de kosten per saldo lager kunnen zijn. Het gaat daarbij om de nu al gangbare opslag van warmte in bovengrondse buffers waarmee wordt ingespeeld op het dag en nacht ritme van de warmtevraag. Met deze opslag worden variaties in de dagelijkse warmtevraag opgevangen. Zo kan bespaard worden op de inzet van regelend en piekvermogen. Een belangrijke nieuwe ontwikkeling is de hoge temperatuur opslag (HTO) van warmte in de ondergrond waarmee vraagvariatie over de seizoenen kan worden opgevangen. Net als bij pieklast en back up wordt de capaciteit voor energieopslag bij voorkeur gerealiseerd nabij warmtevraagconcentraties. Toepassing op grote schaal wordt mogelijk geacht na 2030. Tot 2030 zal ervaring worden opgedaan met HTO. In de regio Rotterdam Den Haag worden twee pilots ontwikkeld, te weten DAP en Rotterdam Nesseland. Ook Trias Westland overweegt HTO toe te passen en is onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van HTO bij de TU Campus Delft. Onderzoek wordt onder de vlag van het programma WarmingUP thema 5 Ondergrondse Opslag uitgevoerd onder de naam WINDOW²³ De voordelen die energieopslag biedt zijn nog niet meegenomen in het onderzoek.

Aandachtspunt (A09) RES 2.0: Met hoge temperatuur opslag (HTO) in de ondergrond wordt het mogelijk grote hoeveelheden warmte op te slaan. Deze opslag kan als seizoens- en piekbuffer fungeren. Onderzoek en pilots zijn nodig om vast te stellen of en hoe HTO het best kan worden ingezet in CWS in de regio RDH.

Bio-olie

Bio-olie is olie gemaakt uit plantaardige of dierlijke vetten of pyrolyse-olie gemaakt uit houtachtige biomassa. Het heeft net als groen gas de eigenschap dat de brandstof relatief duur is maar de investeringen voor warmteproductie relatief laag. Daardoor is bio-olie bij uitstek geschikt voor pieklast en back up. Voorbeelden uit de praktijk zoals bij Nuon Vattenfall Schuytgraaf (Arnhem) zijn bekend. Ook in de toekomst kan bio-olie, mits duurzaam geproduceerd, deze rol spelen. Door toepassing van pyrolyse (Empyro) is het mogelijk om bio-olie uit laagwaardige houtachtige biomassa te maken. Inzet van bio-olie is onder vergelijkbare kostencondities mogelijk als groen gas. Bio olie is net als gas een hoogwaardige energiebron die bij voorkeur hoogwaardig ingezet moet worden.

Elektriciteit

Net als groen gas en bio-olie is elektriciteit een dure 'brandstof' voor warmteproductie, maar zijn de investeringskosten relatief laag. Verwacht wordt dat er tot 2030 geen structurele overschotten aan elektriciteit beschikbaar komen om een substantiële rol te spelen in de warmtevoorziening van een regionaal CWS. Reden is dat het alleen in overschot situaties (negatieve prijzen) lucratief is om elektriciteit in te zetten

²³ WINDOW, zie <https://www.warmingup.info/thema/5/ondergrondse-warmteopslag>

en dat het optreden van deze situaties zich niet laat sturen en zich niet laat afstemmen op de momenten van piekvraag. Mogelijk is dit in combinatie met warmteopslag op te vangen, wat extra kosten voor opslag met zich meebrengt.

3.7 Overzicht belangrijkste bronnen CWS

De belangrijkste basis- en middenlastbronnen voor de ontwikkeling van regionale CWS in de RES regio Rotterdam Den Haag tussen nu en 2050 zijn geothermie, restwarmte en aftapwarmte zoals Tabel 3.7 laat zien, ook in vergelijking met de eerder inschattingen in de Concept RES. In dit onderzoek wordt geothermie in de basislast ingezet en restwarmte en aftapwarmte in de basis- en middenlast. De in de tabel gepresenteerde hoeveelheden zijn meegenomen in de verkenning van de scenarioanalyse. Meer informatie over de beschikbaarheid van bronnen specifiek in HIC Rotterdam is te vinden in Bijlage A2.

Tabel 3.7 Mogelijk geachte ontwikkeling potentieel grootschalige warmtebronnen in regio RDH. Toepassing in basis- en middenlast in regionale CWS. Waarden in PJ/jaar.

Soort warmte	2020	2030	2050	2050 Concept RES
Aftapwarmte	4,6	9,2	9,2	
Restwarmte	0,6	20,9	45,5	
Subtotaal	5,2	30,1	54,7	44 worst, 100 best case
Geothermie	3,2	10,6	32,1	35
Totaal	8,4	40,7	86,8	79 worst case

Uitgangspunt (U24): In de verkenning van de scenarioanalyse wordt gerekend met de hoeveelheden beschikbare aftapwarmte, restwarmte en geothermie zoals in Tabel 3.7 staan aangegeven.

Voor de vergelijking van de belangrijkste warmtebronnen zijn in Tabel 3.8 de kosteninschattingen als voorgaand aangegeven nog eens op een rij naast elkaar gezet op basis van de SDE++ 2020. Dit zijn ook de prijzen voor warmte waarmee in de verkenning van de scenarioanalyse wordt gerekend.

Tabel 3.8 Inkooprijzen warmte afgeleid uit SDE++ advies 2020. Prijs op overdrachtspunt warmtetransport. Levering op 75°C of hoger (HT). Levering MT op 60°C.

Warmtebron	Kosteninschattingen in €/GJ	Aantal vollasturen
Geothermie midlast	23,05	3.500 vollasturen
Geothermie basislast	12,22	6.000 vollasturen
Restwarmte direct	MT 9,17 / HT 12,22	Basis- of middenlast
Restwarmte met warmtepomp	MT 12,2 / HT 14,20	Basis- of middenlast
Restwarmte met aftapstoom	MT 6,55 / HT 8,08	Basis- of middenlast
Aftapstoom	3,94	Basis- of middenlast
Biowarmte midlast	16,67	2.000 vollasturen
Biowarmte basislast	13,06	4.500 vollasturen
Groen gas	19,78	Pieklast of back up
Waterstof	88,00	Pieklast of back up

Het is van belang om aan te geven dat de kosteninschattingen van bron tot bron en van locatie tot locatie voor zowel geothermie als restwarmte in de praktijk behoorlijk kunnen verschillen.

Aandachtspunt (A10) RES 2.0: Nadere analyse hoe geothermie en restwarmte/tapwarmte zich in de ontwikkeling tot elkaar en tot de in te vullen pieklast en back-up verhouden, en wat waar naar verwachting het beste kan worden ontwikkeld verbijzonderd naar de specifieke locatie en investering.

4 Collectief warmte systeem

Dit hoofdstuk legt uit wat een collectief warmte systeem (CWS) is en wat de samenhang is tussen de warmtevraag, -bronnen en netwerken (§ 4.1). Vervolgens wordt ingegaan op de technische en economische parameters van de warmtenetten voor transport en distributie en wat betekenis is voor de ontwikkeling van CWS tussen nu, 2030 en 2050 (§ 4.2). Voorts wordt ingegaan op de vergelijking van CWS met de huidige gasvoorziening en gasreferentie en het duurzame alternatief van de individuele oplossing met een warmtepomp (§ 4.3). Tot slot, wordt stilgestaan bij de bestaande CWS en geïdentificeerde lopende projecten en initiatieven voor CWS in de regio die (§ 4.4).

4.1 Samenhang warmtevraag, -bronnen en -netten

Een collectief warmte systeem (CWS) is een geheel van basis- en middenlastbronnen, transportinfrastructuur zoals leidingen en warmteoverdrachtstations (WOS), opslag, pieklast- en back-up voorzieningen om te zorgen voor een betrouwbare levering waarmee de grootschaligere warmtevraag wordt ingevuld. De eerder gepresenteerde Figuur 1.8 en 1.9 maken dit goed duidelijk en ook Figuur 4.1 verderop. In dit onderzoek gaat het om CWS met een bovenlokale omvang die gebruik maakt van grootschalige bronnen. Deze CWS heeft een gemeentegrens overstijgend regionaal karakter. Onderstaand volgen de belangrijkste bevindingen uit de vorige twee hoofdstukken waarbij de relevante warmtevraag en -bronnen nu in hun samenhang worden beschouwd.

Uitgangspunt (U25): Een collectief warmte systeem (CWS) is een geheel van basis- en middenlastbronnen, transportinfrastructuur zoals leidingen en warmteoverdrachtstations (WOS), opslag, pieklast- en back-up voorzieningen om te zorgen voor een betrouwbare invulling van de grootschaligere warmtevraag.

Zoals aangegeven in de vorige hoofdstukken gelden in dit onderzoek voor het identificeren van mogelijke regionale CWS de volgende uitgangspunten:

- Minimale omvang warmtevraag circa 200 TJ per warmtecluster met warmtedichtheid van 1 TJ/ha;
- Gericht op de warmtetransitie in de bestaande gebouwde omgeving en glastuinbouw;
- Gericht op de gebouwde omgeving die niet geschikt is voor temperatuurnetten onder de 60°C;
- Gericht op woningen van vóór 1990 waarbij verbetering tot een Energielabel C of B mogelijk is, en zo warmtelevering mogelijk wordt op een temperatuur vanaf 60°C;
- De warmtelevering is bestemd voor zowel warm tapwater als ruimteverwarming;
- Geen ingrijpende aanpassingen achter de voordeur zijn noodzakelijk, dus geen warmtepompen of compleet nieuwe warmteafgifte systemen. Wanneer de warmteproductie temperatuur te laag blijkt te zijn, wordt dit bij de bron met een warmtepomp en/of warmtemenging verhoogd;
- Aanvoertemperatuur levering initieel 90 tot 70°C, hoge temperatuur, geleidelijk over naar midden temperatuur 70 tot 60°C;
- Pieklast- en back-up voorzieningen zijn lokale bronnen en worden nabij de vraagaggregatie gerealiseerd als onderdeel van een CWS. Het regionale warmtetransport voorziet hier niet in;
- Basislast en middenlast worden gerealiseerd waar dit het meest zinvol is en tegen aanvaardbare kosten te transporteren is naar de afnemers;
- Duurzame warmte wordt ingezet als de netto productiekosten naar verwachting in de range liggen van de huidige gasreferentie inclusief beschikbare SDE++ subsidie. Dit geldt voor de periode tot 2030.

Deze uitgangspunten gelden als vertrekpunt voor de verkenning van de scenarioanalyse. In de praktijk zullen mee-koppel-kansen kunnen worden benut zoals aansluiten glastuinbouw, aansluiten van relatieve jonge woningen, streven naar een lagere levertemperatuur daar waar mogelijk, inzetten warmte cascadering, etc. Publiek private marktpartijen uit de regio hebben waardevolle informatie aangereikt over de gecombineerde jaarduurcurve in de gebouwde omgeving en in de glastuinbouw die aansluiten bij de genoemde uitgangspunten. Deze jaarduurcurve is de basis voor het dynamisch ontwerp van de CWS zoals

door Gradyent opgesteld. Zo wordt de dimensionering van de regionale transportinfrastructuur en het nader bepalen van de bij de warmtevraag passende mix van warmtebronnen mogelijk. Het volgende hoofdstuk licht dit nader toe.

Uitgangspunt (U26): Representatieve jaarduurcurves uit de sector in de regio worden gebruikt die passen bij de bestaande bouw Energielabel B en aan sluiten bij de huidige generatie glastuinbouw.

Uitgangspunt (U27): CWS wordt daar toegepast in de bestaande gebouwde omgeving waar isolatie maatregelen zijn uitgevoerd die leiden tot Energielabel C en waar mogelijk B.

Zoals in de vorige twee hoofdstukken is aangegeven worden in CWS de beschikbare warmtebronnen afgestemd op het karakter van de jaarduurcurve van de warmtevraag in gebieden met een grote warmtevraagdichtheid. De warmtevraag varieert sterk van uur tot uur per dag, per week en per maand en is in de winter groter dan in de zomer. In een CWS zijn meerdere warmtebronnen in de basis-, midden- en pieklast nodig om op een betrouwbare manier in de warmtevraag in te voorzien en te zorgen voor N-1 back-up. Het totaal aan bronnen voor een CWS wordt de bronnenmix genoemd. Iedere bron heeft zoals aangegeven daarbij zijn eigen optimale toepassingsgebied.

De inzetvolgorde of merit-order van warmtebronnen in CWS tot 2030 in de regio op basis van de technische mogelijke en economisch optimale inzet zijn in dit onderzoek:

- Geothermie, draait zoveel mogelijk in basislast om zo rendabel te kunnen zijn;
- Restwarmte, levering is zo groot mogelijk zodat transportkosten per saldo laag kunnen zijn;
- Aftapstoom, om tot de juiste temperatuur warmte te komen en tekort productie aan te vullen;
- Biowarmte vaste biomassa, aanvullend op geothermie en restwarmte in middenlast;
- Bio-olie en/of groen gas, wordt ingezet in pieklast of back up;
- Aardgas, voorziet in de nog resterende warmtevraag.

Op termijn, indicatie na 2030, kunnen de volgende bronnen en opslag een rol gaan spelen:

- Hoge temperatuur seizoensopslag warmte gericht op maximaal benutten beschikbare bronnen;
- Elektriciteit, overschotten elektriciteit worden direct of via warmteopslag ingezet in CWS;
- Waterstof, wordt ingezet in pieklast of als back up, vergelijkbaar met groen gas;
- Lage temperatuurbronnen zoals WKO, aquathermie en ondiepe geothermie i.c.m. warmtepomp.

De bronnenanalyse uit het vorige hoofdstuk maakt duidelijk dat het potentieel van restwarmte en geothermie in twee gemeenten/gebieden veel groter is dan de lokale vraag. Het gaat om Rotterdam (restwarmte en geothermie) en Capelle aan den IJssel (geothermie). In andere gemeenten is sprake van een tekort aan lokaal beschikbare bronnen zoals bijvoorbeeld Den Haag en Zoetermeer. Hier is het opportuun om warmte te transporteren van gebieden met een overschot naar gebieden met een tekort. In Voorne-Putten is sprake van een balans tussen vraag en aanbod waarbij gebruik gemaakt kan worden van het geothermie potentieel.

Bij CWS treden transport- en distributieverliezen op. Die kunnen tussen de 10% en 30% liggen, waarbij de grootste verliezen in het distributienet voorkomen. Beperken van deze verliezen is van belang. Door innovatie, juiste dimensionering en zorgen voor een goede uitkoeling kunnen de verliezen worden beperkt. Cascadering waarbij de retourwarmte nogmaals wordt benut op een lagere temperatuur helpt hierbij. Ook het optimaal ontwerpen van transport (relatief laag verlies) en distributie (relatief hoog verlies) kan bijdragen aan het voorkomen van warmteverliezen. Vertrekpunt in de verkenning van de scenarioanalyse is een conservatieve benadering van het warmteverlies, waarbij de huidige praktijk als leidend is genomen.

Uitgangspunt (U28): De inzet van geothermie als lokale grootschalige bron heeft in de basislast voorrang op restwarmte gekregen vanuit het uitgangspunt in de Concept RES om lokale warmte eerst te gebruiken en omdat restwarmte door zijn omvang en kostprijs beter is te transporteren over grotere afstanden.

Voor de ontwikkeling van CWS is de volloopsnelheid en de volloopgraad van essentieel belang. Uiteindelijk moet de hoge investering vooraf worden terugbetaald door de hoeveelheid warmte die door de eindgebruikers worden afgenomen. Hoe sneller hoe meer warmte wordt afgenomen hoe eerder en breder de investering wordt gedekt of hoe lager de kosten voor iedereen kunnen worden. CWS vertonen net als alle netwerksectoren sterke economische positieve externaliteiten²⁴, waarvan het voor de betaalbaarheid van belang is deze te benutten. In dit onderzoek wordt in de verkenning van de scenarioanalyse gerekend voor de warmteclusters met een volloopgraad van 80%. De economische analyse is hierop gebaseerd. Dit is gerekend naar de huidige praktijk waarin de aardgasvoorziening domineert nog hoog. Echter, het niet behalen van een dergelijke volloopgraad leidt tot onderbenutting van de capaciteit en verhoogt warmteverliezen aanzienlijk wat weer leidt tot de noodzaak tot lokaal bij-verwarmen. Dit heeft grote economische consequenties voor de kosten van het systeem. Het onderzoek voorziet daarom in een gevoeligheidsanalyse op deze belangrijke parameter voor CWS.

Uitgangspunt (U29): als volloopgraad wordt een waarde van 80% gehanteerd, dit betekent dat uiteindelijk 80% van de woningen/gebouwen in een warmtecluster wordt aangesloten op een warmtenet.

Uitgangspunt (U30): als volloopsnelheid wordt een periode van 4 tot 5 jaar gehanteerd. Op het eind van deze periode wordt de distributiec capaciteit maximaal ingezet.

Het onderzoek richt zich op de levering van warmte aan de bestaande bouw. Bij nieuwbouw wordt verwacht dat lokale oplossingen worden ingezet. Uitgangspunt in dit onderzoek is dat bij regionale CWS de veranderingen in de bestaande bouw aanzienlijk kleiner zijn dan bij lagere temperatuuroplösungen met kleinschaligere netwerken of individuele warmtepompen. Deze vragen bijvoorbeeld vloerverwarming of plaatsing van een warmtepomp in de woning. In dit onderzoek is ervan uitgegaan dat de warmtelevering tot 2030 plaatsvindt op 70 tot 90°C (hoge temperatuur). Geleidelijk aan (en waar mogelijk wellicht nu al) zal de temperatuur dalen naar uiteindelijk tussen de 60°C en 70°C (midden temperatuur). Temperatuurverlaging gaat hand in hand met isolatie van woningen en het goed inregelen van de warmteafgifte. Zo kunnen bronnen met een lagere temperatuur tegen lagere kosten worden benut en worden de verliezen van warmtetransport beperkt. De glastuinbouw groeit mee met de verlaging van de temperatuur van levering. Verwacht wordt dat hiervoor geen ingrijpende aanpassingen nodig zijn.

Voor de bestaande bouw wordt de levering van lage temperatuur warmte via regionale CWS, zeker op de korte termijn (2030), als niet haalbaar beschouwd. De aanpassingen van de woningen zijn daarvoor te ingrijpend en kostbaar. Dit neemt niet weg dat de inzet van lage temperatuurbronnen (onder de 50°C) in een regionale CWS toch mogelijk zijn door de inzet van een centrale warmtepomp of bijverwarming met bijvoorbeeld aftapstoom.

Energieopslag is essentieel voor een goed functionerend CWS. Door energieopslag is minder productie- en transportcapaciteit nodig en wordt de aanwezige capaciteit beter benut. Dit maakt dat de kosten per saldo lager kunnen zijn. Het gaat daarbij om de nu al gangbare opslag van warmte in bovengrondse buffers waarmee wordt ingespeeld op het dag/nacht ritme van de warmtevraag. Een belangrijke nieuwe ontwikkeling is de hoge temperatuur opslag (HTO) van warmte in de ondergrond waarmee vraagvariatie over de seizoenen kan worden opgevangen. Net als bij pieklast en back up wordt de capaciteit voor energieopslag bij voorkeur gerealiseerd nabij warmtevraagconcentraties. Toepassing op grote schaal wordt mogelijk geacht na 2030. De voordelen die energieopslag biedt zijn nog niet meegenomen in dit onderzoek.

²⁴ Elke extra aangesloten eindgebruiker maakt het geheel aantrekkelijk (betaalbaarder) voor de andere eindgebruikers en vice versa.

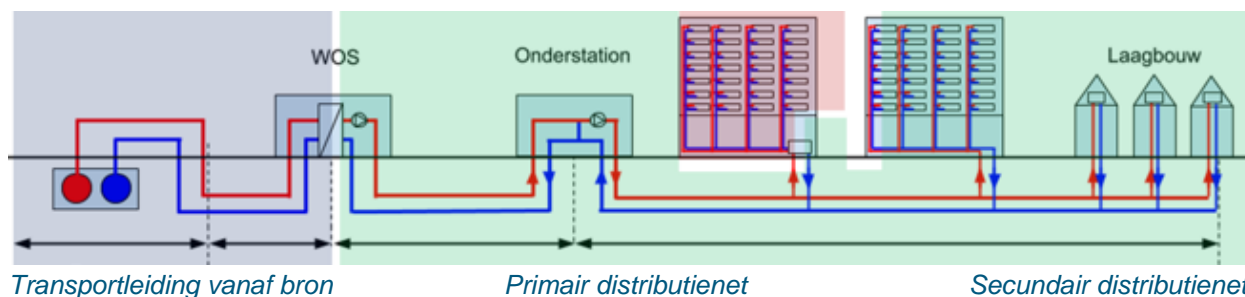
De overgang van de huidige situatie naar een duurzame warmtevoorziening is een geleidelijk proces over een periode van 30 jaar. Wijken zullen op verschillende tijdstippen de overstap maken. Tot het moment van overstap zijn er mogelijkheden om tot CO₂-emissiereductie te komen en tegelijkertijd zich voor te bereiden op de komst van een CWS. Hier is te denken aan, beseffend dat de mogelijkheden sterk locatie en woning/gebouw afhankelijk zijn:

- Isolatie naar label B of C, hoe eerder hoe beter, de energierekening neemt af;
- Inregelen van warmteafgiftesystemen zodat uitkoeling maximaal is;
- Aanleg van warmtedistributienetten in die wijken waar CWS de voorkeursoptie is, tijdelijke warmtelevering vindt plaats met lokaal systeem op basis van bijvoorbeeld gasWKK;
- Inzet van hybride warmtepomp, het aardgasverbruik van een woning daalt drastisch.

4.2 Warmtenetten

Of relevante warmtevraag en warmtebronnen met elkaar technisch en economische verbonden kunnen worden door warmtenetten hangt af van de omvang van de geconcentreerde warmtevraag, de omvang en kosten van de dichtstbijzijnde beschikbare warmtebronnen en de kosten van de warmtenetten zelf.

Bij warmtenetten wordt onderscheid gemaakt in transportleidingnetten, primaire distributienetten en secundaire distributienetten zoals ook weergegeven in Figuur 4.1. Bij een groot regionaal systeem vertrekt vanaf een grootschaligere bron de transportleiding die als functie heeft om de warmte over grotere afstand (indicatie 10 tot 30 km) met minimale warmteverliezen te transporteren. Dergelijke transportleidingen hebben een diameter van 500 mm (DN500) of meer. Het liefst heeft deze zo min mogelijk aftakkingen wat het warmteverlies beperkt.



Figuur 4.1 Systeemopbouw warmtenet, van bron tot aan afnemer

Naast de transportpompen bij de bron is meestal ook halverwege het traject een boosterpompstation noodzakelijk om de warmte uiteindelijk bij de afnemer te brengen. Aan het eind van een transportleiding is een Warmte Overdracht Station (WOS). Dit kan een Exit-WOS of een Bi-directioneel-WOS zijn. Een Exit-WOS levert naar één richting de warmte af. Een bi-directioneel-WOS kan ook warmte terug leveren. Dit kan het geval zijn als er bijvoorbeeld ook lokale bronnen extra warmte kunnen leveren aan het net.

Vanaf de WOS, die tevens als systemscheiding kan worden ingericht, wordt warmte verpompt naar het primaire distributienet. Dit is het warmtenet op wijkniveau. Een primair distributienet heeft een gemiddelde diameter van circa DN300 en verdeelt de warmte binnen de wijk via de Onderstations. Ook hier kan weer sprake zijn van een systemscheiding. Vanaf het Onderstation wordt de warmte verdeeld door middel van het secundaire distributienet (gemiddelde diameter circa DN125) binnen de buurt en vervolgens door middel van het aflever(set)station geleverd aan de afnemer.

Tot een CWS wordt het geheel van regionale bronnen (restwarmte, geothermie of anderszins), de transportleiding, het boosterpompstation en het Warmte Overdracht Station (WOS) en de verbonden distributienetten gerekend. Dit geheel is meegenomen in de economische analyse.

Kosteninschattingen

Op basis van praktijkervaring binnen het Consortium reflecteren de volgende kostenparameters de huidige stand der praktijk:

- De kosten voor transportnetten, ook wel transport backbone genoemd, met diameters van gemiddeld DN500 tot DN1000 zijn 4.500 €/m (\pm 40%). Warmteverliezen liggen in de range van 2% tot 4%;
- De kosten voor primaire distributienetten met een gemiddelde diameter van DN300 zijn 2.000 €/m (\pm 40%). Warmteverliezen hiervan liggen in de range van 10% tot 25%;
- De kosten voor secundaire distributienetten met een gemiddelde diameter van DN125 zijn 650 €/m (\pm 40%). Warmteverliezen hiervan liggen in de range van 10% tot 25%;
- Transport en distributieleidingen hebben een economische levensduur van 30 jaar en een technische levensduur tot 50 jaar.

4.3 CWS vergeleken met de gasreferentie en het duurzame alternatief

De CWS wordt in de economische analyse vergeleken met de nu gangbare praktijk waarbij aardgas de brandstof is voor grootschalige en kleinschalige productie van warmte. Zo kan worden vastgesteld in welke mate er een financieel tekort optreedt ofwel een onrendabele top (ORT) ten opzichte de huidige situatie waarvan wij stap-voor-stap afscheid nemen. De CWS wordt bij de economische analyse ook vergeleken met het toepassen van de meest waarschijnlijke en breed toepasbare individuele optie voor het duurzaam verwarmen van een woning in de bestaande. Het gaat daarbij om de lucht/water warmtepomp. Dit is van belang omdat de kosten voor CWS in de (nabije) toekomst steeds minder vergeleken worden met de aardgasreferentie maar steeds meer met het duurzame alternatief. Naar 2050 toe is het bij volledige verduurzaming van belang de kosten van duurzame alternatieven te vergelijken. Nadat is toegelicht wat de referentieprijzen zijn van aardgas en elektriciteit, wordt ingegaan op de achtergronden van de aardgasreferentie en het individuele duurzame warmte alternatief.

Referentieprijzen aardgas en elektriciteit

De referentieprijzen van aardgas is van belang bij de bepaling van de kosten warmteproductie aardgas en de bepaling van de kosten warmteproductie met stoom, immers bij de productie van stoom is aardgas een gangbare brandstof.

De referentieprijzen van elektriciteit is van belang bij de bepaling van de kosten warmteproductie aftapstoom, immers bij de inzet van stoom die wordt afgetapt uit een stoomturbine treedt derving productie elektriciteit op. Deze derving bepaalt de prijs van aftapstoom op 3,81 €/GJ, zie ook § 3.4.

Het rapport Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020 geeft inzicht in de lange termijn prijzen elektriciteit en gas (periode 2020 tot en met 2034):

- Aardgas 0,024 €/kWh, dat is 6,66 €/GJ;²⁵;
- Elektriciteit 0,053 €/kWh, dat is 14,72 €/GJ_e.²⁶

Gasreferentie grootschalige productie warmte

Wil de productie van warmte voor een CWS onder de huidige condities concurrerend zijn dan zal de warmteprijs gelijk of lager moeten zijn aan die van grootschalige warmteproductie met aardgas. Uitgangspunt is de grootschalige inzet van aardgas in een warmteketel. In de praktijk, juist bij

²⁵ SDE++. tabel 16-5 blz. 161, 27 februari 2020

²⁶ SDE++. tabel 16-3 blz. 159, 27 februari 2020

stadsverwarming, wordt de warmte ook geproduceerd in WKK-installaties, in dat geval is sprake van aftapwarmte en de daarbij behorende inkoopprijs van 3,81 €/GJ, zie ook § 3.4.

Kosten aardgas basis-/middenlast

De aardgasprijs is een belangrijk ankerpunt. Het streven is een warmteprijs (productie, inclusief transport backbone) van 6,66 €/GJ aan kosten voor aardgas plus de kosten van warmteproductie met aardgas. Uitgangspunt is een aardgasgestookte ketel die normaliter wordt ingezet in stadsverwarming met 3.500 vollasturen uur per jaar (combinatie van basislast en middenlast). De kosten van warmteproductie bedragen circa 2 €/GJ. Dit betreft CAPEX-lasten en OPEX. De totale kosten voor productie basis- en middenlast warmte met aardgas in een stadsverwarmingssysteem bedragen daarmee 8,66 €/GJ.

Wanneer het lukt om de kosten van duurzame warmte onder dit niveau te houden, zijn de kosten van warmteproductie vergelijkbaar met een traditioneel stadsverwarmingsnet. Er is dan geen sprake van een ORT en er is geen subsidie nodig, de operatie is marktconform. De kosten van aardgas zullen naar verwachting de komende jaren stijgen als gevolg van een toenemende EU ETS prijs voor CO₂-emissies, door veranderingen in de energiebelasting waardoor ook grootverbruikers meer belasting moeten betalen en/of door verhoging van de Opslag Duurzame Energie (ODE).

Uitgangspunt (U31): bij de financiële analyse wordt een all-in aardgasprijs gehanteerd die gebaseerd is op de huidige langjarige verwachting tot en met 2034 en daarna op hetzelfde niveau blijft met inflatie.

Gasreferentie kleinschalige productie warmte

De gasreferentie voor de kleinschalige productie van warmte is de gasketelconfiguratie zoals die door ACM wordt gehanteerd in het kader van de Warmtewet en waarmee de maximumtarieven worden bepaald voor de levering van collectieve warmte (= stadsverwarming), zie Tabel 4.1. Het consortium hanteert de ACM maximum tarieven van 2020.

Tabel 4.1 *Maximumtarieven warmtelevering afgeleid van gasreferentie, exclusief 21% BTW*

Tariefsoort	Consortium ACM 2020	ACM 2021	Grootverbruik > 100 kW
Warmteprijs in €/GJ	21,54	21,08	22,48
Vastrecht in €/jaar	409,28	395,53	5.000 gemiddeld
Afleverzet in €/jaar	104,29	111,73	In vastrecht
Meettarief in €/jaar	22,00	26,17	In vastrecht
Aansluitbijdrage in €	3.728	4.031	

Kosten exclusief BTW gasgestookt CV-systeem tot 24 kW_{th}, bron ACM en Vastgoed Taxatiewijzer:

- Investeringskosten € 1.584;
- Onderhoudskosten € 160 per jaar;
- Vastrecht aardgas € 150,37 per jaar;
- Variabele kosten aardgas € 0,66 per m³.

Individuele lucht water warmtepomp

Als duurzaam alternatief voor CWS wordt in dit onderzoek de individuele lucht water warmtepomp gezien. Rekening wordt gehouden met de volgende kosten (bron: Milieucentraal, Vereniging Eigen Huis, E-Wacht):

- Investering isoleren € 10.000;
- Investering installaties € 15.000;
- Investering warmteafgifte € 4.000;
- Herinvestering warmtepomp € 7.500, eens in de 15 jaar;
- Onderhoud warmtepomp € 100 per jaar;
- Vastrecht elektriciteit € 190,38 per jaar;
- Variabele kosten elektriciteit € 0,18 per kWh exclusief BTW.

Uitgangspunt (U32): Als duurzaam alternatief voor CWS wordt in dit onderzoek de individuele lucht water warmtepomp als referentie gebruikt.

Kosten gemoeid met eventuele netverzwaring van de elektriciteitsvoorziening (in pandig en daarbuiten) blijven buiten beschouwing, zo ook de kosten gemoeid met de productie van duurzame elektriciteit in eigen beheer (zonPV op dak).

Waar in dit onderzoek is gekozen als referentie voor het duurzame alternatief voor CWS blijft het van belang oog te blijven houden voor mogelijke andere individuele of kleinschaligere duurzame alternatieven dan CWS die de warmtevoorziening ook kunnen verduurzamen en zich door ontwikkelen zoals bijvoorbeeld kleinschaligere warmtesystemen als WKO's of de hybride warmtepomp, op termijn mogelijk gevoed met groen gas of waterstof. Er zullen afhankelijk van de specifieke omstandigheden, mogelijkheden en wensen op verschillende plaatsen verschillende duurzame alternatieven mogelijk zijn.

Aandachtspunt (A11) RES 2.0: Onderzoek voor de vergelijking met het duurzame alternatief voor CWS welke andere opties waar goede (betere) mogelijkheden bieden dan de individuele lucht water warmtepomp.

4.4 Bestaande CWS en lopende projecten en initiatieven

De Concept RES RDH geeft al aan dat er voor in totaal 20 PJ aan lopende projecten en initiatieven voor CWS in de regio zijn, verdeeld over 11 PJ restwarmte en 9 PJ geothermie. Het gaat hier om projecten in de glastuinbouw en/of gebouwde omgeving. De informatie hierover is gedurende dit onderzoeksproces met de betrokken publieke marktpartijen en gemeenten, provincie en waterschappen onder meer bilateraal en in de workshops en ateliers verder uitgediept. Inmiddels groeit de kwaliteit van de pijplijn aanzienlijk en wordt deze steeds concreter. Deze informatie is zo goed mogelijk bijeengebracht in Bijlage A3.

De totale omvang van de onderkende initiatieven is op basis van de bijeenkomsten en aangereikte recente informatie bijgesteld tot 26 à 28 PJ:

- WarmtelinQ Ontsluiten restwarmte Rotterdam gericht op Westland, Oostland, Den Haag e.o. en bovenregionaal Leiden. Dit in combinatie met geothermie. Backbone infrastructuur;
- WS Westland GTB en GO met als basis geothermie 8,3 PJ aangevuld met havenwarmte via Leiding Maasdijk 3,4 PJ in 2030. Totaal 11,7 PJ;
- WS Oostland GTB en GO met 5 PJ havenwarmte via Leiding over Oost en 3 tot 5 PJ geothermie / biowarmte. Totaal minimaal 8 PJ;
- Den Haag, Delft e.o. GO met tot 2,5 PJ havenwarmte via Leiding door het Midden en 4 PJ geothermie. Totaal 6,5 PJ.

Figuur 4.2 geeft een globaal overzicht van de portfolio aan lopende projecten en initiatieven zoals die ook al in de Concept RES waren geïdentificeerd.

Legenda

Warmtenet

— Bestaand distributienet

— Bestaand hoofdnet

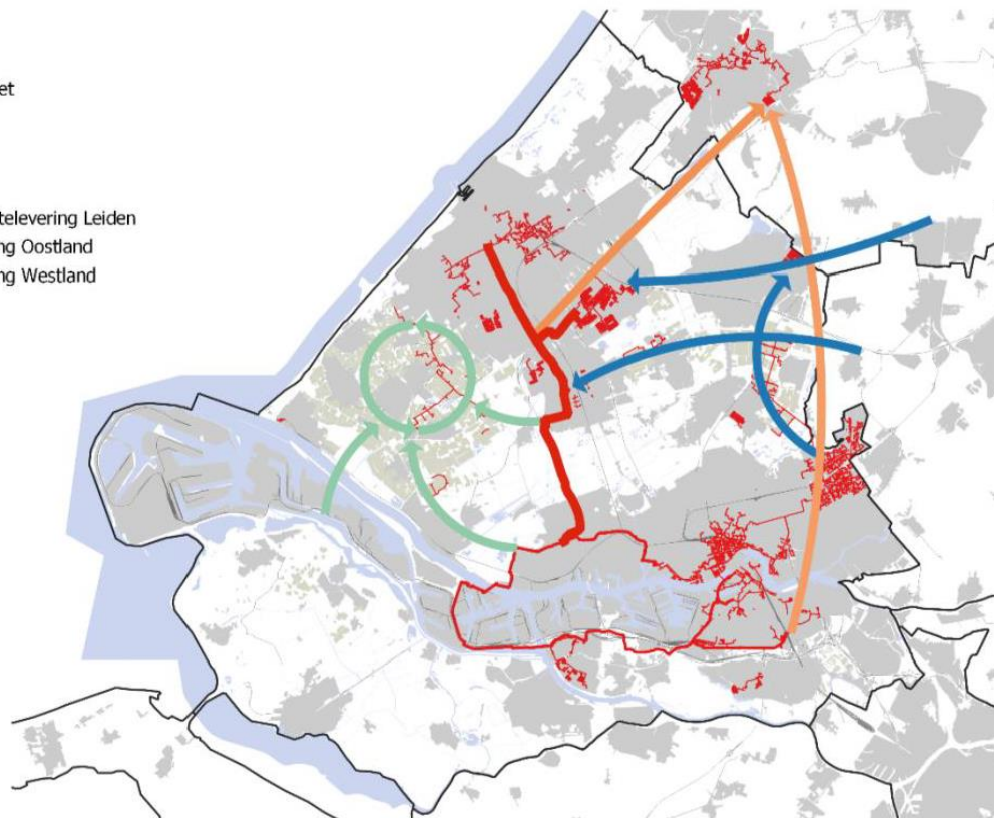
Initiatieven

— WarmtelinQ

— Mogelijkheden Warmtelevering Leiden

— Warmte Samenwerking Oostland

— Warmte Samenwerking Westland



Figuur 4.2 Warmtenetplannen regio Rotterdam Den Haag (Figuur 22 uit Concept RES RDH)

Ook op het vlak van verdere aansluiting op bestaande CWS-infrastructuur zijn veel belangrijke ontwikkelingen waargenomen zoals recentelijk bijvoorbeeld in Schiedam-Groenord, Bospolder Tussendijken en op Zuid in Rotterdam.

5 Verkenning met scenarioanalyse

Waar voorgaande analyse vooral verdieping van warmtevraag, -bronnen en -netten betreft, vindt in dit en het volgende hoofdstuk een verkenning plaats aan de hand van scenarioanalyse hoe CWS-en zich in de regio kunnen ontwikkelen richting 2030 en 2050. Dit hoofdstuk beschrijft eerst het doel, de uitgangspunten en werkwijze van deze scenarioanalyse. Het legt de keuze uit voor twee hoofddimensionen waarop het onderscheid in de scenario's is gebaseerd (§ 5.1). Vervolgens beschrijft het de drie relevante scenario's Eiland, Samenland en Kralenland die daaruit voortkomen. Het richt deze drie scenario's vervolgens verder in (§ 5.2). In de scenarioanalyse worden verschillende deelanalyses uitgevoerd: een technisch-economische analyse, een kostenvergelijking met de huidige gasreferentie en het individuele duurzame alternatief de warmtepomp, een gevoeligheidsanalyse en een vergelijking op publieke waarden (§ 5.3). Tot slot, wordt de uitwerking van het meer complexe Samenland scenario nader toegelicht. Dit is een uitgebreide paragraaf die veel inzicht biedt hoe een RSW zich kan ontwikkelen (§ 5.4). De resultaten van deze verkennende analyse zijn weergegeven in het volgende hoofdstuk.

5.1 Doel, uitgangspunten en werkwijze scenario's

Het onderzoek gebruikt een scenario analyse om via onderscheidende, uitvergroete invalshoeken na te gaan wat de mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling van regionale CWS. Het is de bedoeling het inzicht in de mogelijkheden te verrijken, niet om per se tot één 'beste' scenario voor alles te komen. Dit betekent ook dat het resultaat in een scenario voor ene warmtecluster aanmerkelijk beter uit kan vallen dan voor het andere warmtecluster. Ook valt dit voor de scenario's onderling anders uit. Met deze verschillen krijgen de RES-partners inzichten aangereikt om te overwegen, waar nodig nader te onderzoeken en om de keuzes te kunnen maken over het inrichten van de duurzame warmtevoorziening in de regio. Buiten deze analyse vallen de lokale initiatieven en ontwikkelingen, zoals de inzet van warmtepompen of LT-warmtenetten. Deze zijn voor de warmtetransitie ook van groot belang. Verbinding met lokale LT-netten zijn niet meegenomen in de analyse maar bieden in de toekomst naar verwachting wel koppelkansen.

Uitgangspunt (U33): Het doel van de verkenning met scenarioanalyse is om via onderscheidende, uitvergroete invalshoeken inzicht in de ontwikkelmogelijkheden van regionale CWS te verrijken, niet om per se tot één 'beste' scenario voor alles te komen.

De onderscheidende, uitvergroete invalshoeken zijn tot stand gekomen in overleg met de partners in de samenwerking van de RES RDH, het RES RDH team, Invest-NL en EBN en in overleg met de gemeenten, provincie en waterschappen in ateliers en publieke en private marktpartijen in workshops. Twee onderscheidende dimensies kwamen hieruit naar voren: een warmtesysteem-technische dimensie en de mate van samenwerking tussen de partijen in de regio. Dit heeft geresulteerd in een kwadrant op twee assen, waarbij:

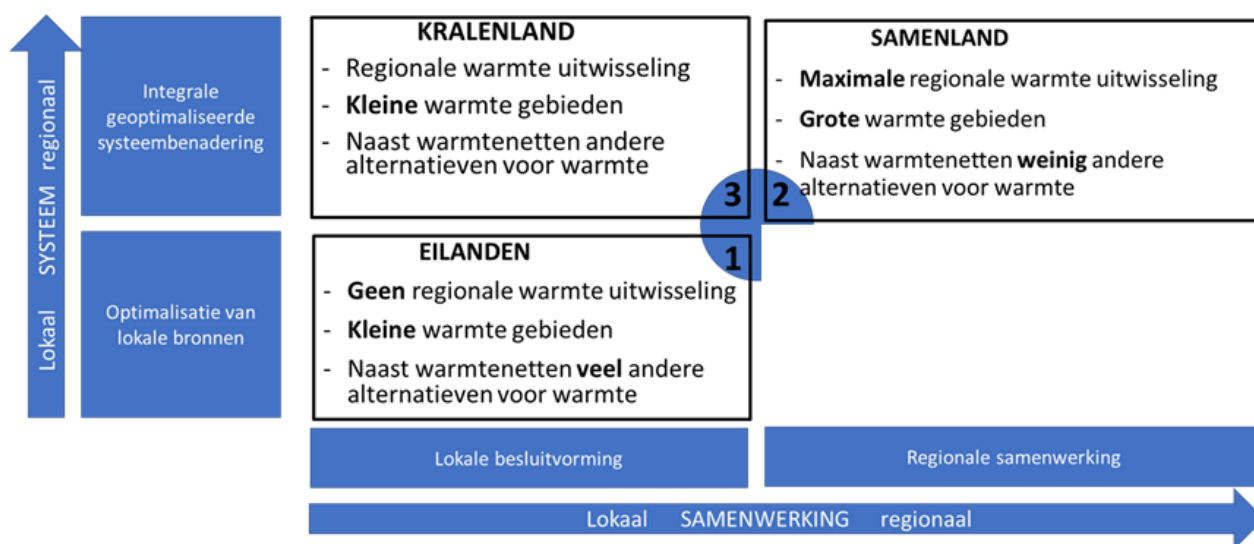
De verticale as als dimensie van het *technische warmtesysteem* die onderscheid maakt tussen:

- Regionale systeemtechnische inrichting: De focus ligt op regionale integrale samenhang van het energiesysteem, waarbij de inzet van bronnen regionaal wordt geoptimaliseerd;
- Lokale systeemtechnische inrichting: De focus ligt op het gebruik van lokale systemen, het inzetten op de ontwikkeling van alleen lokale bronnen.

De horizontale as als dimensie van *samenwerking* die onderscheid maakt tussen:

- Regionale samenwerking: De ontwikkelingen vinden plaats vanuit regionale coördinatie, afstemming en samenwerking;
- Lokale decentrale aanpak: De ontwikkeling vindt plaats vanuit de gemeente waarbij regionale afstemming alleen ad hoc als nodig geacht plaatsvindt.

Aan de hand hiervan zijn eerst vier scenario's opgesteld, die uiteindelijk leidde tot drie relevante scenario's: Eiland, Samenland en Kralenland. Het vierde scenario Overland is onlogisch bevonden op de twee assen en biedt geen nuttige aanvullende inzichten. Het blijft in dit onderzoek verder buiten beschouwing. Figuur 5.1 geeft de belangrijkste kenmerken van de drie relevante scenario's weer, waarbij *Eiland zich lokaal – lokaal* op de assen bevindt, *Samenland regionaal – regionaal* en *Kralenland lokaal – regionaal*.



Figuur 5.1 Drie scenario's voor de ontwikkeling van regionale CWS. *Eiland is met name economisch nader onderzocht, het is systeemtechnisch eenvoudig. Samenland is technisch economisch nader onderzocht, het is systeemtechnisch complex. Kralenland, betreft een verkennende interpolatie van Eiland en Samenland.*

Met de scenario's wordt gekeken naar CWS die zich bovenlokaal manifesteren met een omvang van 200 TJ of meer. Deze omvang past bij de bedoeling van de opdracht in de RES om inzicht te verkrijgen in de mogelijkheden van het gebruik van grootschaligere bronnen met een regionaal karakter die in samenhang met de vraag en netten regionale CWS, een samenhangende RSW, kunnen vormen. De scenario's bedienen gebieden met een hoge warmtevraagdichtheid van meer dan 1 TJ/ha. Dit betekent dat in de scenario's de lokale kleinschaligere vormen van duurzame warmtevoorziening, die ook van uitermate belang zijn voor het verduurzamen van de warmtevoorziening, in deze analyse buiten beschouwing blijven. Dit betekent bijvoorbeeld dat de scenario's de mogelijkheden van lokale bronnen zoals aquathermie niet laten zien anders dan dat deze in het gebied van de warmtevraag valt waar geen CWS zichtbaar is. Het onderzoek gaat ook niet in op de naar verwachting goede mogelijkheden waar kleinschaligere en grootschaligere warmtesystemen elkaars functioneren kunnen versterken, zowel in als aan de randen van warmteclusters met CWS.

Aandachtspunt (A12) RES 2.0: Aanbevolen wordt de mogelijkheden te onderzoeken hoe grootschaligere regionaal verbonden CWS en kleinschaliger lokale warmtesystemen die in de buurt van elkaar worden ontwikkeld elkaars functioneren kunnen versterken.

Het ontwikkelen van de drie scenario's werkt als volgt:

- Eerst worden de scenario's nader beschreven om een goed begrip te krijgen van de uitvergroete perspectieven die ze bieden;
- Vervolgens worden de scenario's ingericht op basis van de onderstaande uitgangspunten.

De uitgangspunten voor de inrichting van de scenario's zijn afkomstig uit de analyse van de relevante warmtevraag en aanbod en de samenhang met de netten zoals beschreven in de vorige hoofdstukken. De belangrijkste uitgangspunten hiervan zijn hier nogmaals op een rij gezet:

- De scenario's zijn gericht op ontwikkeling van regionaal verbonden, bovengemeentelijke CWS richting 2030 met doorkijk 2050;
- Het gaat om warmteclusters met een relatief hoge warmtedichtheid van 1 TJ per hectare en een warmtevraag groter dan 200 TJ per warmtecluster. Het maakt voor het identificeren van geconcentreerde warmtevraag gebruik van de warmtevraag in de bestaande bouw in de gebouwde omgeving en de glastuinbouw;
- Geen ingrijpende aanpassingen van woningen noodzakelijk, wel isolatie op Energielabel C waar mogelijk Energielabel B;
- De scenario's starten met levering van warmte op hoge temperatuur 90°C, omdat de bestaande bouw dit in eerste instantie nog nodig heeft omdat deze doorgaans nog onvoldoende aangepast en geïsoleerd zijn voor midden temperatuur. Vanaf 2030 verandert dit en wordt stap voor stap overgegaan naar levering van warmte op midden temperatuur vanaf 60°C;
- Nadruk op de grootschalige inzet duurzame warmte in basislast en middenlast;
- De inzet van lokale grootschalige bronnen zoals geothermie heeft voorrang op de inzet van restwarmte die regionaal door zijn omvang beter is te transporteren over grotere afstanden CWS als geheel moeten jaarrond in de warmtevraag kunnen voorzien, capaciteit moet toereikend zijn voor basis-, midden- en pieklust. Back-up voor N-1 is nog niet meegenomen in de verkennende scenarioanalyse.

Voorts worden voor de inrichting van de scenario's de volgende analysestappen in onderstaande volgorde gemaakt. Deze sluiten aan bij de ontwikkeling van CWS zoals in de voorgaande hoofdstukken aangegeven:

1. Gestart wordt met de analyse naar de relevante vraag naar warmte. Hierbij wordt rekening gehouden met de toekomstige ontwikkelingen en energiebesparing zoals beschreven in hoofdstuk 2. Op basis hiervan zijn warmteclusters van geconcentreerde warmtevraag gevormd door de geïdentificeerde warmtevraag in de GO en GTB waar mogelijk te aggregeren. De clusters zijn aaneengesloten gebieden die zich lenen voor een groot CWS;
2. Vervolgens worden deze clusters lokaal afgestemd en verbonden met warmtedistributienetten op het aanbod van grootschalige bronnen. Vanwege de bredere spreiding ervan is dat in de eerste plaats overwegend geothermie en in Rotterdam en omgeving uiteraard ook restwarmte. De grote van het warmtecluster is zodanig dat de grootschalige bronnen die binnen het cluster aanwezig zijn technisch en economisch goed worden benut. Hierbij is het streven dat in de warmtevraag kan worden voorzien door geothermie en restwarmte in basis- en middenlast in te zetten;
3. Voor clusters met onvoldoende aanbod van grootschalige bronnen binnen de grenzen wordt gekeken of er regionaal aanbod van warmte is die kan helpen om in de resterende lokale vraag te voorzien. Het gaat daarbij vooral om restwarmte uit HIC Rotterdam. Regionaal transport van geothermisch warmte ligt, zeker in het geval van hogere temperatuur transport, minder voor de hand omdat de warmteproductiekosten van deze bron hoger zijn dan bij restwarmte;
4. De match van de regionale vraag naar warmte vanuit de warmteclusters en het regionale aanbod van restwarmte wordt gebruikt om te komen tot de ontwikkeling van regionaal warmtetransport in de vorm van een backbone infrastructuur.

Voor het inrichten en doorlopen van het Eiland scenario volstaat het doorlopen van stappen 1 en 2. De essentie van het Eiland scenario is dat de lokaal beschikbare grootschalige bronnen van voldoende omvang zijn om in de lokale warmtevraag te voorzien. Onder voldoende wordt verstaan dat minimaal 50% van de geïdentificeerde relevante vraag kan worden ingevuld met lokale geothermie en/of restwarmte. De overige warmtevraag wordt ingevuld met midden en pieklustbronnen die lokaal wordt geproduceerd. NB: Door dit uitgangspunt zijn in het Eiland scenario enkele gebieden in de regio buiten beschouwing gelaten, terwijl

daar wel degelijk geothermie ontwikkeling plaatsvindt zoals Den Haag en Delft. Dit komt met name door het gebruik van de 50% cutoff waarde en de grote omvang van de totale warmtevraag in die omgeving.

Het Samenland scenario doorloopt de stappen 1 tot en met 4 volledig en op iteratieve wijze. Van meet af aan is duidelijk dat, naast de mogelijkheden om met lokale geothermie en restwarmtebronnen in de lokale relevante warmtevraag te voorzien, ook warmte van elders goed bruikbaar en nodig is. Daarbij wordt enerzijds voorrang gegeven aan het zo goed mogelijk benutten van het lokale warmteaanbod, terwijl anderzijds ingezet wordt op het minimaliseren van de totale kosten van de gehele warmtevoorziening. Dit betekent dat lokale tekorten worden aangevuld met warmte geleverd via een backbone infrastructuur.

In de vier stappen van het Samenland scenario is de volgorde gericht op het zo volledig mogelijk inzetten van de duurzame bronnen en infrastructuur zodra hierin daadwerkelijk in is geïnvesteerd. Dit gebeurt als eerste voor de productie van warmte in basis- en middenlast. Hiermee kan in circa 80% van de warmtevraag duurzaam worden voorzien. De productie van warmte in pieklast en de back-up blijft tot 2030 voorlopig gebruik maken vanuit de uit te faseren huidige aardgasvoorziening. Die speelt dus in de scenario's een belangrijke transitierol vooral vanuit de overweging van betaalbaarheid. Na 2030 moet uiteraard ook de piekvoorziening en de back-up duurzaam worden ingericht. Dit kan door middel van opslag en de verschillende duurzame piekvoorzieningen zoals aangegeven in hoofdstuk 3.

In het Kralenland scenario worden stappen 1 en 2 in ieder geval doorlopen. Hierbij geldt dat op termijn het lokale aanbod van bronnen onvoldoende is, gegeven omvang en aard van de warmtevraag. Stappen 3 en 4 kunnen ad hoc en partieel worden doorlopen door lokale gemeenten in de regio als ze daartoe aanleiding ziet en er de facto dan ook regionaal aanbod is die kan worden ingevuld door de import van niet lokale, regionale warmte. Dit laatste gebeurt in dit scenario ad hoc op eigen lokaal initiatief dus zonder duidelijke timing, coördinatie of afstemming vooraf. Dit scenario is vanwege zijn grote aantal mogelijke doorlooppaden in de scope van dit onderzoek niet meer specifiek doorgerekend. Het ligt logischerwijs tussen de resultaten van Eiland en Samenland in.

5.2 Beschrijving en inrichting van de drie scenario's

Om goed begrip te krijgen van de consequenties van de aannames en uitvergroete perspectieven zijn de scenario's beschreven. De beschrijvingen zijn een afspiegeling van de keuzes en gesprekken hierover met alle partners in de samenwerking met het RES-team en de afstemming in de ateliers en workshops.

Eiland Lokale besluitvorming en lokaal gebruik van bronnen

Kenmerkend voor het Eiland scenario is dat een gebied als 'eiland' beschikt over lokale bronnen die van voldoende omvang zijn om in een groot deel van de warmtevraag in dit gebied te voorzien. Het gaat daarbij vooral om de aanwezigheid van geothermie en/of restwarmte waarmee in minimaal 50% van de relevante vraag voor CWS kan worden voorzien. Het Eiland scenario wordt uitgevoerd op basis van een lokale technische economische samenhang van een CWS en lokale besluitvorming. Regionale samenwerking op basis van systeemtechnische logica en bovengemeentelijke afstemming vindt in principe niet plaats. Lokale systemen ontwikkelen zich zoals ze zich lokaal voordoen. Hierbij gaat het dus niet om de lokale oplossingen met LT- netten, maar is het gericht op grootschalige bronnen om een vergelijk te kunnen maken wat de consequentie is van een andere samenwerking- en systeembenadering.

Samenland Regionale samenwerking en regionale optimalisatie bronnen

Kenmerkend voor het Samenland scenario is dat gebieden met een overschot aan warmtebronnen op regio niveau worden gecombineerd met gebieden met een tekort aan warmtebronnen. Zo vindt op regioniveau een optimale uitwisseling plaats die gericht is om een zo groot mogelijk gebied te voorzien van warmte. Waar Eiland vooral gebruik maakt van lokale geothermie als bron, maakt Samenland bijvoorbeeld gebruik van lokale geothermie gecombineerd met restwarmte uit HIC Rotterdam in een samenhangend

warmtesysteem. De ontwikkeling van een backbone structuur vindt gecoördineerd plaats in samenhang met de ontwikkeling van bronnen en de ontsluiting van de warmtevraag voor een CWS. Binnen Samenland wordt systeemtechnisch gedurende de hele ontwikkelingsperiode voortdurend interactief geoptimaliseerd en stemmen de betrokken partijen dit regionaal met elkaar af.

Kralenland Lokale besluitvorming, ad hoc gebruik makend van regionale bronnen

Kralenland kan de kant op van Eiland en de kant op van Samenland, afhankelijk van hoe er ad hoc gebruik wordt gemaakt van regionale warmte-uitwisseling. Kenmerkend voor Kralenland is de opportune timing van het benutten van de systeemtechnische samenhang door afstemming tussen betrokken partijen. Waar in Samenland van meet af aan coördinatie en regionale samenwerking plaatsvindt, zodat bronnen en transport in bedrijf komen op het moment dat distributie van warmte lokaal met voldoende omvang mogelijk is, gedraagt Kralenland zich in eerste instantie als Eiland. Lokale bronnen worden net als in Eiland ontwikkeld en op enig moment in de tijd wordt aangegeven dat de resterende vraag ingevuld kan worden met restwarmte zoals die vanuit HIC Rotterdam kan worden aangevoerd - als die op afzienbare tijd beschikbaar kan komen. Ten opzichte van Samenland wint Kralenland aan lokale slagkracht, terwijl het onzekerheden vergroot voor mogelijkheden lokale warmtevraag regionaal in te vullen, wat op zijn beurt weer onzekerheden in de ontwikkeling van regionale transportinfrastructuur veroorzaakt. Indien er weinig mogelijkheden voor regionale uitwisseling bestaat, kan het voordeel van autonome lokale slagkracht de overhand hebben.

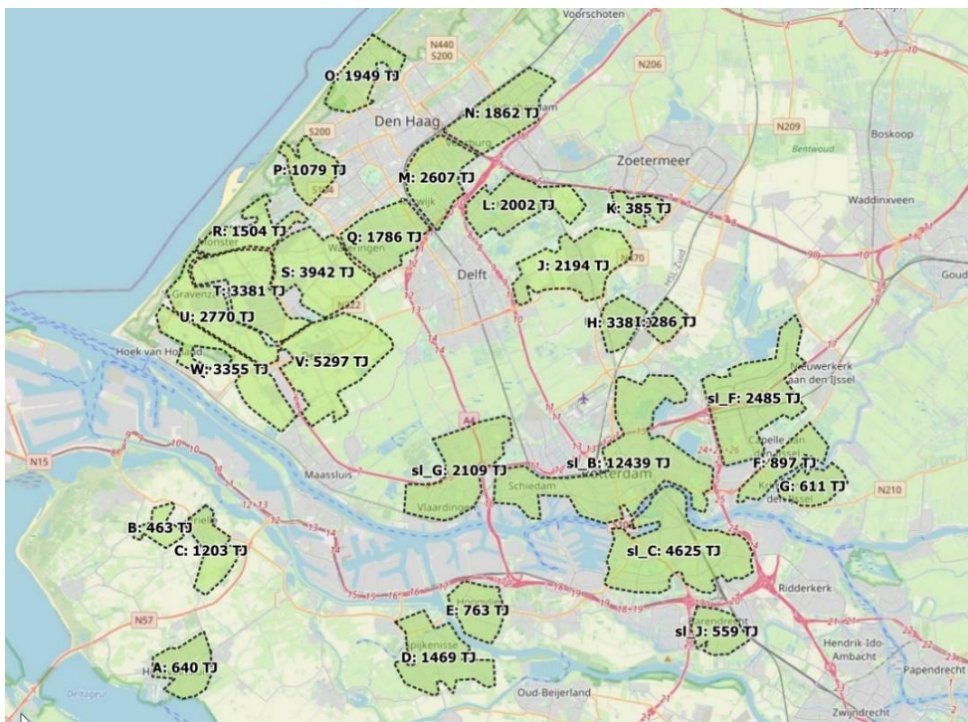
Inrichting van de drie scenario's

De drie scenario's zijn ruimtelijk ingericht naar clusters met de relevante warmtevraag. Elk scenario bestaat dus uit een bepaald aantal warmteclusters. Deze clusters houden rekening met een eerste match van de inzichten over de geïdentificeerde warmtevraag, -aanbod en -netten inclusief de hierbij behorende uitgangspunten. De omvang in TJ en de contour van de clusters zijn voorts deels bepaald door de match met bronnen en deels door ruimtelijke restricties zoals hoofdwegen en waterwegen. Voor Samenland en Kralenland zijn de clusters in beginsel gelijk omdat Kralenland idealiter richting 2050 over kan gaan in Samenland als in de ad hoc afstemming uiteindelijk – in dit geval meer door het toeval en wellicht de logica van de praktijk - alles vergelijkbaar uit zou pakken als in Samenland. Voor Eiland is dit anders omdat de clusters zo zijn ingericht dat deze optimaal gebruik maken van alleen lokaal beschikbare geothermie en restwarmte bronnen die voldoende matchen met de relevante warmtevraag en met inschatting voor de bronnen voor wat betreft planologische inpasbaarheid. Andersom betekent dit dat de relevante warmtevraag van de warmteclusters wederkerig afhankelijk is van de beschikbaarheid van grootschaligere lokale warmtebronnen. Alleen samen in goede samenhang vormen ze een CWS.

Figuur 5.2 en Figuur 5.3 laten zien welke warmteclusters zijn onderkend en hoe deze tezamen de scenario's vormen. De meest onderscheidende scenario's zijn Eiland en Samenland. Het Consortium heeft deze op basis van de uitgewerkte datasets geanalyseerd. Deze datasets zijn beschikbaar via de SETuP webviewer die bij dit rapport hoort. Hierop zijn ook de rapportages te vinden van Gradyent die met behulp van Digital Twin²⁷ samen met Royal HaskoningDHV de scenario's technisch heeft ontworpen en van Fakton die de scenario's financieel-economisch heeft geanalyseerd. De datasets zijn waar mogelijk binnen de grenzen van de confidentialiteit geverifieerd door betrokkenen bij warmtetransitie in de regio RDH.

Het Kralenland scenario is technisch-economisch niet specifiek doorgerekend. Het ligt analytisch op elke route tussen het Eiland en Samenland in. De uitkomst waar ergens hangt af van de timing van ad hoc samenwerking en onder de voorwaarde dat elke ad hoc samenwerking dan een logische positieve bijdrage aan het systeem levert. Het Kralenland scenario wordt in de resultaten beschouwd vanuit dit perspectief van interpolatie en expert judgement door het Consortium.

²⁷ Digital Twin is een methodiek waarbij gebruik wordt gemaakt van datasets uit de praktijk om zo een nog niet bestaande situatie (= scenario) beter te kunnen simuleren. Met Digital Twin zijn technische knelpunten in een vroeg stadium vast te stellen en is een meer nauwkeurige dimensionering van het warmtesysteem mogelijk, in het bijzonder de hoofdtransport infrastructuur.



Figuur 5.2 *Inrichting warmteclusters Eiland scenario. In totaal 27 clusters met een warmtevraag van 0,4 PJ tot ruim 12 PJ. Omvang warmtevraag 63 PJ in 2020. Op alle eilanden is een 50% tot 100% match mogelijk met lokale geothermie en restwarmte bronnen die in basis- en middenlast in de warmtevraag voorzien.*



Figuur 5.3 *Inrichting warmteclusters Samenland en Kralenlandscenario. Bestaat uit 13 clusters met een warmtevraag van 0,5 PJ tot ruim 19 PJ. Omvang warmtevraag 74 PJ in 2020. Grote warmteclusters zoals Den Haag (A), Westland (K/L/M), Rotterdam (B) en Oostland (I) dragen de ontwikkeling van het warmte-uitwisselingsscenario en maken de ontwikkeling van backbones mogelijk. Naast benutting van lokale bronnen wordt restwarmte aangevoerd vanuit HIC Rotterdam.*

5.3 Deelanalyses als onderdelen van de scenarioanalyse

In de analyse van de drie scenario's worden vier verschillende deelanalyses uitgevoerd waarvan de methoden en uitgangspunten worden toegelicht, de resultaten van de vier analyses volgen in dezelfde volgorde in het volgende hoofdstuk:

- Een technisch-economische analyse;
- Een kostenvergelijking van de CWS met de huidige gasreferentie en het duurzame alternatief;
- Een gevoeligheidsanalyse; en
- Een vergelijking op publieke waarden.

Technisch-economische analyse

De complexe technisch economische analyse beperkt zich tot het Samenland scenario. Dit scenario omvat de ontwikkeling van een backbonestructuur met verbonden transport en distributienetten die relevante vraag en aanbod op regionale schaal met elkaar verbindt. Bij het Eiland scenario volstaat een lokaal distributienet per warmtecluster en een verbinding van relevante warmtevraag met de beschikbare lokale bronnen. Voor het Kralenland scenario is niet op voorhand vast te stellen hoe de backbone infrastructuur zich ontwikkelt. De complexere uitwerking van het Samenland scenario is in de volgende paragraaf weergegeven.

De economische analyse zoals uitgevoerd door Fakton op het Eiland en het Samenland scenario is gebaseerd op de aanname dat uiteindelijk 80% van de warmtevraag binnen de vraagclusters wordt aangesloten op het CWS, dit steeds in deelstappen van 4 tot 5 jaar per cluster.²⁸ Dit zijn ten opzichte van de huidige praktijk zeer ambitieuze doelen. Bij de inzet hiervan is met name aangesloten bij het doel zoals in de Concept RES is vastgesteld om in 2050 volledig verduurzaamd te zijn. Met deze inzet kan dit worden verwezenlijkt en blijven de kosten zo laag mogelijk. Vanwege de ambitieuze inzet wordt hier met name ook in de gevoeligheidsanalyse uitgebreid naar gekeken. De economische analyse wordt gemaakt op basis Total Cost of Ownership/Netto Contante Waarde berekeningen (TCOO/NCW). De berekeningen worden gemaakt in vergelijking met een warmte-equivalent met de huidige gasreferentie per gebouw in de gebouwde omgeving (GEQ). De investeringen en het gebruik worden beschouwd over een looptijd van 30 jaar bij een discontovoet van 6%.²⁹ Dit resulteert op dit moment nog overal in een onrendabele top (ORT). Ook omdat er geen rekening is gehouden met bestaande subsidies of fiscale voordelen. De ORT zonder subsidies geeft een beeld van de werkelijk totale kosten in vergelijking tot de huidige praktijk, dat is inzet van aardgas als warmtebron – dit is bijvoorbeeld vergelijkbaar met de manier hoe de SDE++ haar basisbedragen berekent.

Uitgangspunt (U34): De economische analyse wordt gemaakt op basis TCOO/NCW berekeningen in vergelijking met een warmte-equivalent met de huidige gasreferentie per gebouw in de gebouwde omgeving (GEQ). De investeringen en het gebruik worden beschouwd over een looptijd van 30 jaar bij een discontovoet van 6% [conform de waarde waar ACM mee rekent].

Uitgangspunt (U35): De economische analyse neemt een volloopgraad aan van 80% en een volloopsnelheid 4 jaar wat het mogelijk maakt om in 2050 volledig verduurzaamd te zijn en de kosten zo laag mogelijk maakt. (Omdat dit ambitieuze doelen zijn, wordt hier in de gevoeligheidsanalyse uitgebreid aandacht aan besteed).

²⁸ Voor nadere informatie over de door Fakton uitgevoerde economische analyse wordt verwezen naar de projectwebsite. Betreft deelrapportage d.d. 25 maart 2021 inclusief aanvullende gevoeligheidsanalyse.

²⁹ Een van de opties om de ORT te compenseren is het heffen van een aansluitbijdrage of BAK. Het WP3 onderzoek heeft ervoor gekozen om niet op deze wijze op voorhand een scenario rendabel te maken. Dit vanuit de strekking uit het Klimaatakkoord dat aansluiten op een warmtenet technische en financieel zo laagdrempelig mogelijk moet zijn ofwel 'woonlastenneutraal' voor afnemers in de bestaande bouw.

De economische analyse berekent de totale ORT per warmtecluster en rekt deze toe aan de gebouwde omgeving. Vervolgens is de ORT per gebouw bepaald waarbij geen onderscheid is gemaakt tussen utiliteitsgebouwen en woningen. In de economische analyse is de glastuinbouw meegenomen op basis van hun warmtevraag en de op aardgas gebaseerde prijs van warmte die glastuinbouwbedrijven bereid zijn te betalen. De hieruit volgende inkomsten, zo ook de inkomsten uit de verkoop van warmte aan de gebouwde omgeving, zijn verdisconteerd om tot de bepaling van de ORT te komen. De ORT per scenario is het gewogen gemiddelde van de ORT-waarden van alle warmteclusters die onderdeel uit maken van het scenario.

Kostenvergelijking van de CWS met de huidige gasreferentie en het duurzame alternatief

Om de kosten van de CWS inzichtelijk uit te drukken worden ze in de scenario's consequent vergeleken met de totale kosten van de huidige gasvoorziening (ACM-maximumprijs van 21,54 €/GJ excl. BTW) en de investering en het gebruik van het duurzame alternatief van de individuele warmtepomp. Het belang van deze vergelijking en hoe deze werkt is eerder toegelicht in § 4.3. De vergelijking wordt gemaakt vanuit het perspectief van vastgoedeigenaren en ook hierbij wordt voor beiden de TCOO/NCW bepaald over een looptijd van 30 jaar en een discontovoet van 6%. Tabel 5.1 geeft hierbij aanvullend een overzicht van de investeringskosten per woning zoals die zijn meegenomen in de bepaling van de NCW.

*Tabel 5.1 Woning gerelateerde investeringskosten in Euro exclusief BTW bij overgang van aardgas naar een alternatief warmtesysteem. Investeringskosten warmtepomp zijn exclusief investering in zonPV panelen om jaargemiddeld klimaatneutraal te worden.
Bron: Fakton WP3.*

Investeringen	Collectief warmtesysteem (€)	Warmtepomp (€)	Informatiebron
Elektrisch koken	600	600	Milieucentraal
Isoleren	10.000	10.000	Milieucentraal
Installaties		15.000	Milieucentraal
Warmteafgifte		4.000	Vereniging Eigen Huis
Aansluitkosten	3.728		ACM
Totaal	14.328	29.600	

De kosten voor het duurzame alternatief van de warmtepomp komt hiermee neer op 2.887 €/jaar bij een ORT van € 12.500. De kosten van het collectief warmte systeem zijn 2.223 €/jaar met een bijbehorende ORT van € 5.400, dit betrokken op een periode van 30 jaar bij een disconto van 6%. De kosten voor de referentie van een aardgas-CV zijn 1.937 €/jaar. Betreft de kosten van een gemiddeld gebouw in het in het jaar 2025. In de vergelijking met het duurzame alternatief van de warmtepomp zijn de variabele energielasten voor de warmtepomp aanzienlijk lager dan voor CWS. De vaste investeringskosten vooraf (of hoge financieringslasten) van de warmtepomp en bijbehorende ingrepen zijn fors hoger. Naast dat de vastgoedeigenaar kosten moet maken voor de warmtepomp zelf, moet deze ook investeren in de isolatie en het afgiftesysteem om het huis geschikt te maken voor de warmtepomp. Na 30 jaar is de financiering van de aansluitkosten en de isolatie voor de CWS volledig afgelost. In de situatie van de warmtepomp moet iedere 15 jaar de warmtepomp vervangen worden, wat betekent dat er op de lange termijn meer kosten en financieringslasten zijn dan bij CWS het geval is. In de situatie van de CWS is de vervanging en onderhoud van de afleverzet meegenomen in het vastrechtstarief van de aansluitkosten. De inkoopkosten van warmte zijn meegenomen in de energielasten van de CWS. Uitgangspunt in de vergelijking is voorts dat, zowel bij de CWS als bij de WP, bij de overgang naar de nieuwe warmteoplossing isolatiemaatregelen worden genomen. De verwachting is dat de temperatuur van CWS vanaf 2030 geleidelijk wordt verlaagd van HT naar MT. Dit betekent dat vastgoedeigenaren er ook voor kunnen kiezen om isolatiemaatregelen pas tegen

die tijd uit te voeren. Het effect van later isoleren is beperkt: er zijn weliswaar minder financieringslasten, maar de energierekening is hoger.

Uitgangspunt (U36): In de kostenvergelijking met de huidige gasreferentie wordt gerekend met de ACM-maximumprijs van 21,54 € per GJ excl. BTW.

Uitgangspunt (U37): In de kostenvergelijking wordt voor het duurzame alternatief uitgegaan van een warmtepomp wat neerkomt op 2.887 €/jaar, met een bijbehorende ORT van € 12.500 betrokken op een periode van 30 jaar.

Een gevoeligheidsanalyse

Om inzicht te krijgen in de technisch economische factoren die de kosten en overwegingen voor de ontwikkeling van CWS sterk kunnen beïnvloeden is een gevoeligheidsanalyse voorgesteld. Op basis van overleg met de samenwerking RES Rotterdam Den Haag en Invest-NL & EBN en de inzichten uit de workshops en ateliers heeft het Consortium volgende gevoeligheden doorgerekend die naar verwachting een grote invloed kunnen hebben:

- Wijzigingen in de volloopgraad van zowel Samenland als Eiland. Uitgangspunt is dat 80% van de warmtevraagafnemers binnen de clusters aansluit. De volloopgraad en de snelheid hiervan zijn als essentiële parameters aangemerkt gedurende het onderzoeksproces. Het effect is berekend wanneer 40% of 60% aansluit. Hierbij is alleen gekeken naar het effect van minder volloop van het regionaal transport; de volloop van de distributie en levering blijft 80%. In deze variant sluiten minder warmteclusters aan op de backbone dan initieel was beoogd;
- Wijzigingen in de volloopsnelheid van zowel Samenland als Eiland. Uitgangspunt is dat de distributienetten binnen 4 jaar na aanleg met een volloopgraad van 80% wordt benut. De transportnetten volgen in het hierdoor vereist tempo. 80% van de warmtevraagafnemers binnen de clusters aansluit. Berekend is bij welk deel van deze 80% de ORT van Samenland uitkomt op de ORT van Eiland. Daarbij is het effect van minder volloop op de businesscase regionaal transport én businesscase distributie en levering bepaald. Voorts is het uitgangspunt dat warmtetransport en -distributie binnen 4 jaar na aanleg met een volloopgraad van 80% wordt benut. Zeker in de huidige fase van de warmtetransitie is het moeilijk de volloopsnelheid van 4 jaar te realiseren. Daarom is de gevoeligheid nader onderzocht van een volloopsnelheid van 10 jaar en van 15 jaar;
- Verlenging in de levensduur (exploitatie termijn) van de infrastructuur voor regionaal transport. Uitgangspunt is een exploitatie termijn van 30 jaar. Gelet op de technische levensduur is een langere exploitatie termijn haalbaar. Berekend is het effect van 10 jaar extra exploitatie termijn;
- Wijzigingen in de tarieven voor de afnemer. Uitgangspunt is de ACM-maximumprijs van 21,54 € per GJ voor warmte kleinverbruik. De wens is om warmte te leveren tegen een prijs die lager ligt. Ook kan de prijs, los van inflatie, in de toekomst toenemen wanneer aardgas niet meer als referentiebrandstof voor de bepaling van de maximumprijs wordt gehanteerd of wanneer een kostenplus methodiek wordt toegestaan bij warmtebedrijven. Een variatie van -10% en + 10% is onderzocht;
- Wijzigingen in de CAPEX voor de backbones (transportnet). De omvang van de investering in de backbone is op dit moment nog zeer onzeker. De tracés zijn nog niet in detail onderzocht. Gerekend is met 4.000 €/m, een gangbare uitgangswaarde voor het grootschalig transport van warmte over grotere afstanden. Deze waarde is gevarieerd tussen de 3.500 en 7.000 €/m;
- Wijzigingen in de discontovoeten op de transport- en distributienetten. Uitgangspunt voor de discontovoet is een waarde van 6%, deze waarde volgt de jaarlijkse ACM analyse warmtepreizen. Afhankelijk van de wijze van financieren en de marktsituatie kan deze discontovoet hoger of lager uitvallen. Gerekend is met 4% (meer publieke investering) en 8% (meer risicovolle investering);
- Relatieve wijzigingen in CAPEX, inkoop tarieven en OPEX. Er is een relatieve gevoeligheidsanalyse van de CAPEX, inkoop tarieven en OPEX uitgevoerd voor het Eiland en het Samenland scenario, waarbij

bepaald is wat de impact op de business case (NCW) is bij een variatie van +30% en van -30%. Dit biedt inzicht in de verschillende eigenschappen van de scenario's.

Vergelijking op publieke waarden

Naast de technische en financiële prestatie van een regionale CWS is op kwalitatieve wijze een scoring ingeschat van de mate waarin de verschillende CWS-en zich verhouden tot een aantal publieke waarden. De publieke waarden zijn met name voortgekomen uit de overleggen met het RES Rotterdam Den Haag team en de ateliers met de gemeenten, provincie en waterschappen. Ze zijn ook besproken in de workshops met publieke en private partijen. In dit kader zijn de volgende publieke waarden als belangrijke randvoorwaarden van regionale CWS en van (de transitie naar) een duurzame warmtevoorziening onderkend:

- **Betrouwbaarheid:** Heeft betrekking op de voorzieningszekerheid, de leveringszekerheid en de crisisbestendigheid van de warmtevoorziening op korte en lange termijn. Van belang is dat eindgebruikers kunnen rekenen op een vergelijkbaar zekere warmtevoorziening als ze die nu gewend zijn. De Warmtewet houdt bijvoorbeeld nu het leveringszekerheidsprincipe van N-1 aan;
- **Duurzaamheid:** Betreft de milieukwaliteit, waarvoor onder meer de broeikasgasemissies en ook de uitstoot van andere schadelijke stoffen in de gehele keten van productie tot levering bepalend zijn. Ook efficiëntie van het systeem is van belang in een wereld met schaarse schone energie;
- **Betaalbaarheid:** Gaat over de investeringscondities voor de publieke en private marketpartijen die in het marktdomein moeten kunnen rekenen op een redelijk rendement zoals bijvoorbeeld ook de SDE-regeling aangeeft. Het gaat hier ook om betaalbaarheid voor de eindgebruiker waarvoor het Klimaatakkoord woonkostenneutraliteit als criterium aanreikt;
- **Energierectvaardigheid:** Gaat over de eerlijke verdeling van de lusten en de lasten die de warmtetransitie met zich meebrengt en over het voorkomen dat door grote kostenverschillen sommige projecten voor zichzelf goed van de grond komen, maar daarmee de kosten voor andere projecten vergroten met alle nadelen van dien voor de eindgebruikers.

5.4 Toelichting uitwerking Samenland scenario

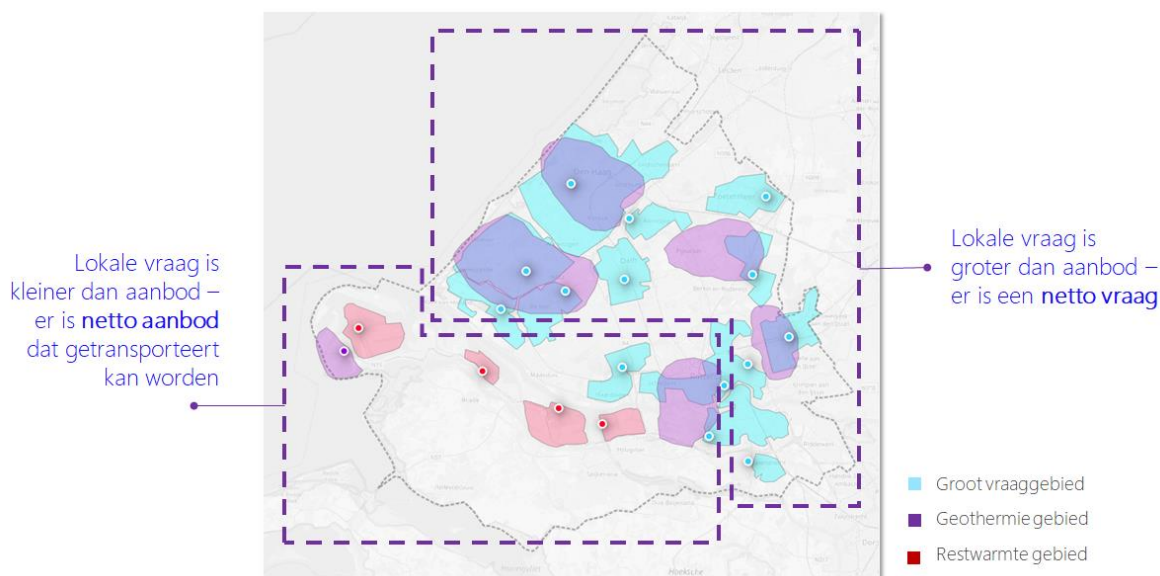
Samenland betreft het meest complexe scenario. Het is door Gradyent uitgewerkt met behulp van de Digital Twin aanpak. Het warmtesysteem is dynamisch van uur tot uur gesimuleerd met data die betrekking heeft op de situatie in de regio RDH die beschikbaar is gesteld door de warmtebedrijven. Zo is per uur bij de dan optredende warmtevraag onderzocht hoe, optimaal gebruik makend van de backbone infrastructuur, de bronnenmix het best ingezet kan worden. Hiermee werd het mogelijk de leidingdiameters te berekenen. Ook is onderzocht welke warmteverliezen optreden en wat het effect hiervan is op de temperatuur van de warmtelevering. Zo werd duidelijk waar en in welke mate aanvullende verwarming nodig is. Tot slot zijn drukverliezen van het warmtesysteem berekend waarmee vastgesteld kon worden wat het benodigde pompvermogen is en daarmee het elektriciteitsverbruik van het warmtesysteem.

Naast de dimensionering van het warmtesysteem is met Digital Twin ook bepaald op welke manier het warmtesysteem in de regio het best uitgerold kan worden. Op elk moment in de transitie moet het warmtesysteem goed kunnen functioneren. Voor de uitrol zijn tijdsintervallen van 5 jaar gebruikt.

Het Samenland scenario heeft als kenmerk dat regionale bronnen verbonden zijn met grote aaneengesloten warmtevraaggebieden zoals Figuur 5.3 aangeeft. De tracés, de dimensionering en de wijze van gebruik van de backbones zijn van grote invloed op de kosten. De resultaten van de warmtesysteemanalyse zijn gebruikt om de omvang van de investeringen (CAPEX) en operationele kosten (OPEX) waarden te bepalen. Dit inzicht is overgedragen aan Fakton en gebruikt om de transportkosten van warmte via de backbone te berekenen.

Voorrang is gegeven aan de inzet van lokale geothermie. Zo wordt het regionaal warmtetransport tot een minimum beperkt en wordt maximaal gebruik gemaakt van de beschikbare bronnen. De vraag is dusdanig omvangrijk dat zowel geothermie als ook rest- of aftapwarmte optimaal benut moeten worden.

Het warmtesysteem is ontwikkeld vanuit de bestaande infrastructuur die al in de regio RDH aanwezig is. Waar nodig heeft Gradyent deze uitgebreid met nieuwe capaciteit.



Figuur 5.4 In de warmtesysteemanalyse wordt vraag en aanbod van warmte aan elkaar gekoppeld. Gezocht wordt naar de optimale wijze van warmteoverdracht uit het zuidelijke warmte overschot gebied naar het noordelijke deel van de regio met een netto warmtevraag. Op ieder moment van het jaar moet het warmteaanbod in de vraag kunnen voorzien. Bron: Gradyent WP3.

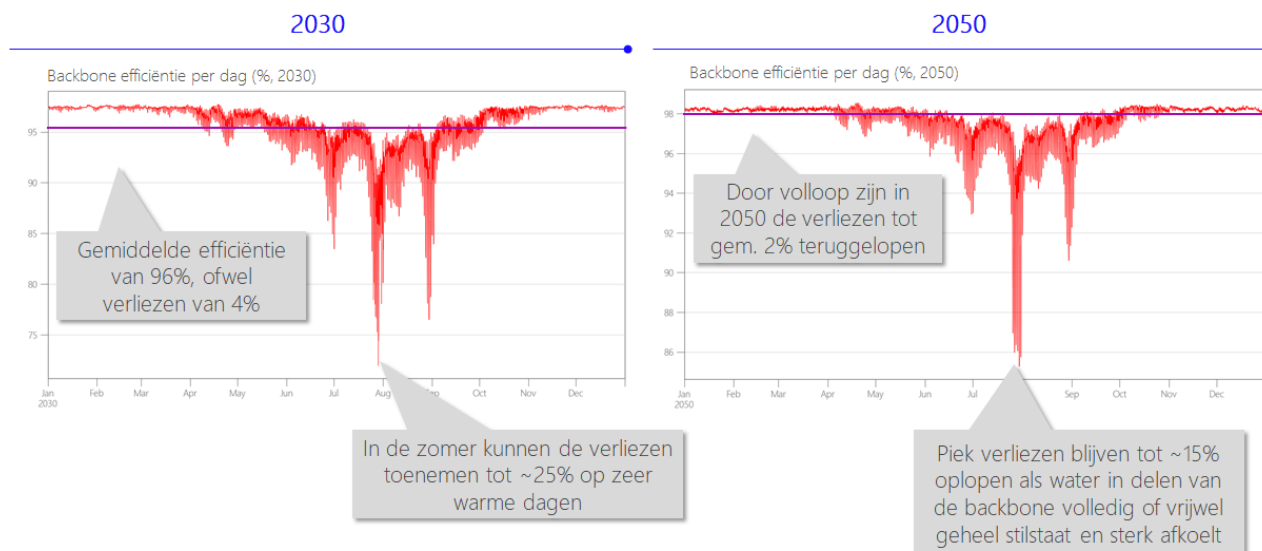
Verliezen warmtetransport

Bij het transport van warmte treden verliezen op. De verliezen zijn het grootst in het distributienet in de woonwijk. Warmtetransport via de backbone heeft een relatief laag verlies. De verliezen nemen af met de tijd omdat het warmtesysteem steeds intensiever gebruikt gaat worden (backbone) en omdat met de tijd wordt overgegaan van warmtelevering op hoge temperatuur naar warmtelevering op midden temperatuur. Tabel 5.2 geeft een overzicht van de jaargemiddelde verliezen waarmee gerekend is.

Tabel 5.2 Warmteverliezen transportleidingen in % van warmte-input. Bron: Gradyent WP3. Distributieverlies is bepaald op basis van ervaring met bestaande netten.

Verliespost	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Distributieverlies	30	29	28	27	26	25	24
Backbone verlies	4,0	3,6	3,3	3,0	2,7	2,4	2,0

De verliezen zijn sterk afhankelijk van het moment van levering. Zoals Figuur 5.5 laat zien, zijn de verliezen in de zomer door het beperkte gebruik van de backbone vele malen groter dan in de winter. Optimalisatie van de bedrijfsvoering in de zomer is dan ook een aandachtspunt.



Figuur 5.5 Warmteverliezen als functie van de seizoenen in de backbone van Samenland. In de zomer zijn de verliezen aanzienlijk groter als in de winter. Bron: Gradyent WP3.

Aandachtspunt (A13) RES 2.0: De warmteverliezen in traditionele CWS van distributiesystemen zijn aanzienlijk. Nader onderzoek kan verliezen terugdringen om tot betere bronbenutting te komen en lagere kosten.

Temperaturen warmtesysteem

Tabel 5.3 geeft aan welke temperaturen optreden in het warmtesysteem van het Samenland scenario onder normale condities. De temperaturen kunnen sterk variëren en juist in de zomer zo laag worden dat levering van warmte via de backbone weinig zinvol is. Figuur 5.6 laat dit zien. Daarom is het te overwegen om juist in de zomer de warmte lokaal te produceren en de backbone tijdelijk buiten bedrijf te stellen.

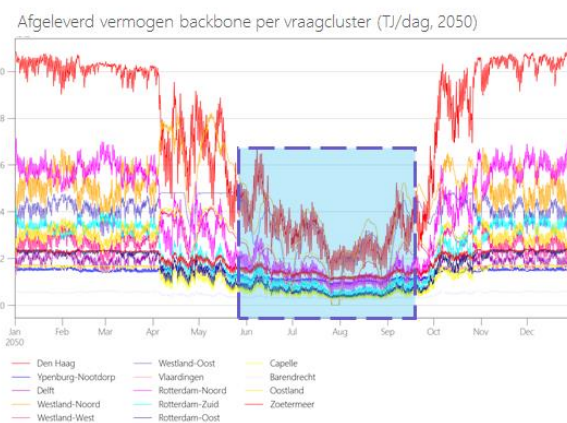
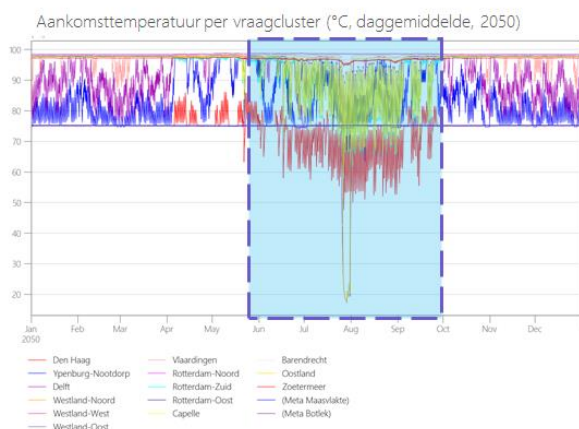
Tabel 5.3 Temperaturen Samenland scenario. Startend met levering op 90°C daalt de temperatuur van warmtelevering tot uiteindelijk 60 à 70°C in 2050, zo mogelijk eerder.

Meetpunt	2021	2050	Opmerking
Geothermie productie	75°C	75°C	Afhankelijk van de bron
Restwarmtemix productie	110°C	88°C	Kan dalen met de tijd
Transport warmte	Delta 2°C bij 4% verlies	Delta 1°C bij 2% verlies	Jaargemiddeld
Distributie warmte	Delta 18°C bij 30% verlies	Delta 17°C bij 24% verlies	Jaargemiddeld
Levering	Hoge temperatuur: 90°C	Midden temperatuur: 70°C	Boven de 60°C
Afnemer en retour	Delta 50°C, retour 40°C	Delta 37°C, retour 33°C	Retour in winter

Aandachtspunt (A14) RES 2.0: Onderzoek nader hoe de warmtevoorziening in de zomer het best kan plaatsvinden bij een regionaal CWS dat gebruik maakt van aanvoer warmte over een grotere afstand via een backbone.

Aankomsttemperaturen lopen in de zomer terug,
soms tot aan de buitentemperatuur bij 0 flow ...

... gedreven door wegvallen van vraag in de zomer
(soms zelfs volledig) waardoor veel minder flow nodig is



Figuur 5.6 Aankomsttemperatuur warmte in warmteclusters van het scenario Samenland. Door het wegvallen van de vraag in zomer daalt de temperatuur tot onder de 60°C. Bron: Gradyent WP3.

Verbruik elektriciteit

De productie en het transport van warmte vraagt om elektriciteit. De verhouding tussen de hoeveelheid elektriciteit en de hoeveelheid nuttig inzetbare warmte wordt de COP genoemd. Bij de technische analyse zijn de op ervaring gebaseerde waarden gehanteerd zoals vermeld in Tabel 5.4. Het totale verbruik elektriciteit gemoeid met de levering van 69 PJ warmte bedraagt circa 3 PJ_e. De COP van het Samenland systeem is daar 23 (12 kWh/GJ). Ter vergelijking: Een warmtepomp heeft een COP van 3 tot 5, hetgeen neerkomt op een elektriciteitsverbruik van 80 tot 50 kWh per GJ warmte. Een warmtevoorziening op basis van Samenland heeft een factor 6 lagere behoefte aan elektriciteit. Ook het beroep op de elektriciteitsnetcapaciteit is een factor 6 lager. Deze factor kan lager uitvallen naarmate meer lage temperatuur warmtebronnen worden ingezet en/of het minder goed lukt de warmte te leveren op midden temperatuur.

Tabel 5.4 Verbruik elektriciteit in 2050, exclusief aanvullende inzet warmtepomp voor bijverwarming. Betreft Samenland scenario

Parameter	Geothermie	Restwarmte	Warmtenet
COP	15	30	60
Verbruik in kWh/GJ warmte	16	8	4

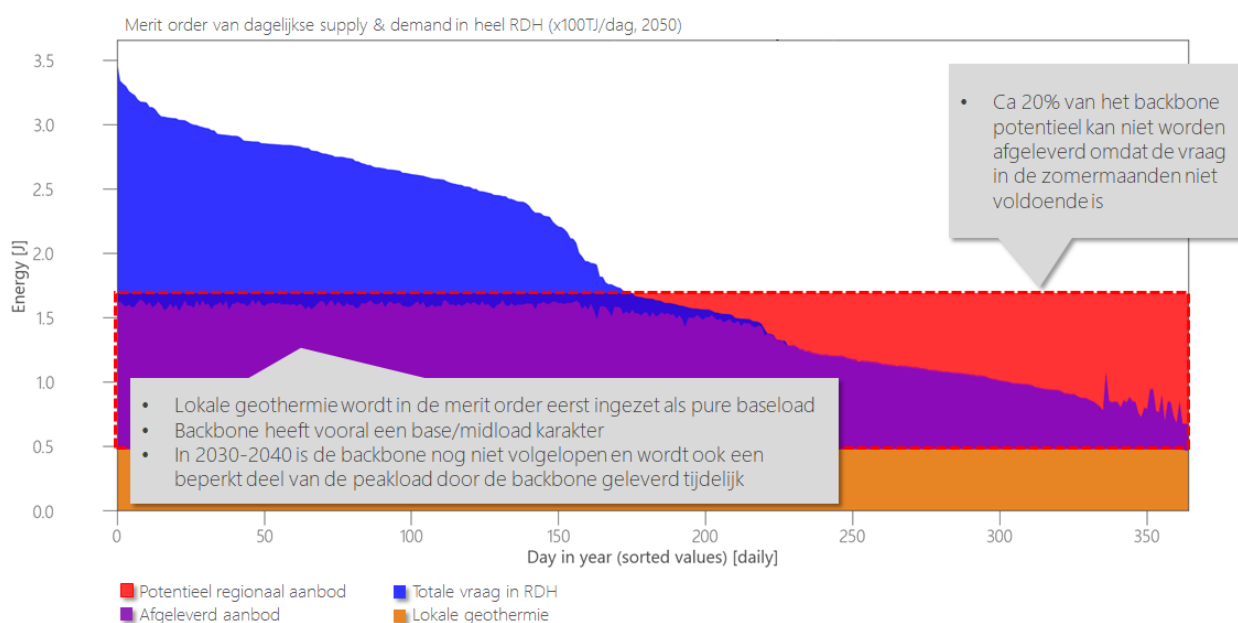
Volloop technisch

Onderscheid wordt gemaakt in de volloopgraad en de volloopsnelheid. Gerekend wordt in de warmteclusters met een volloopgraad van 80%. Het technisch ontwerp is gebaseerd op een volloop van 100%. Dat betekent dat de gehele warmtevraag in een warmtecluster (gebouwde omgeving en glastuinbouw) kan worden bediend. Het niet halen van deze volloopgraad leidt tot onderbenutting van de capaciteit. De grote groei van de backbone infrastructuur in het Samenland scenario vindt in de periode 2020 tot en met 2040 plaats. Vervolgens wordt tot 2050 het systeem verder volgelopen. Een tragere volloop betekent technisch dat warmteverliezen sterk oplopen en de noodzaak tot lokaal bij-verwarmen toeneemt.

Tussenresultaten in de iteraties van de dynamische analyse

Een aantal belangrijke tussenresultaten van de warmtesysteemanalyse waarop is verder gewerkt zijn:

- De basis- en middenlast vraag is al vanaf 2040 grotendeels in te vullen met geothermie en restwarmte, daarna is doorgroei richting 2050 mogelijk;
- Niet al het potentiële aanbod restwarmte en geothermie kan door de omvang en aard van de warmtevraag ook daadwerkelijk worden ingezet o.a. door gebrek aan vraag in de zomermaanden. Het gaat om in totaal 18 tot 20 PJ. Figuur 5.7 laat dit zien;
- De backbone is gedimensioneerd op het optimaal bedienen van alle warmteclusters. Dit leidt tot buisdiameters die oplopen tot 1,05 m. Figuur 5.8 laat dit zien;
- Bedrijfsituaties treden op waarbij de aankomsttemperatuur in een warmtecluster te laag is. Lokaal bijverwarmen en/of inzet van warmtepompen is dan nodig;
- De backbones verbinden vele bronnen en warmtevraagclusters. Coördinatie tussen de clusters en de inzet van bronnen is vereist om het geheel systeemtechnisch robuust te laten functioneren.

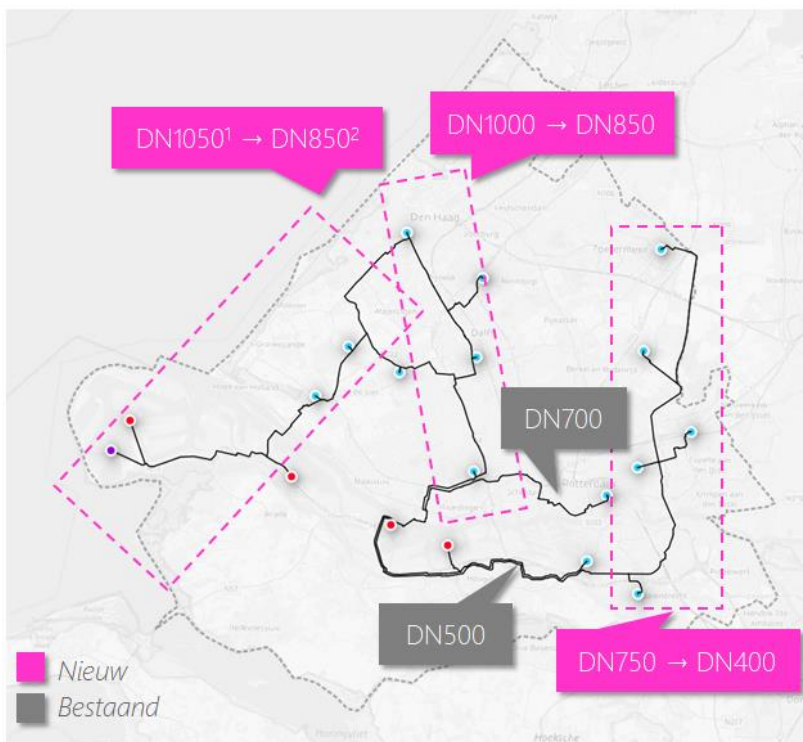


Figuur 5.7 Jaarduurcurve warmtevraag in 2050 Samenland met merit-order warmtebronnen. Het maximaal te leveren vermogen is 3.900 MW_{th}. Bron: Gradyent WP3.

Energiebalansen

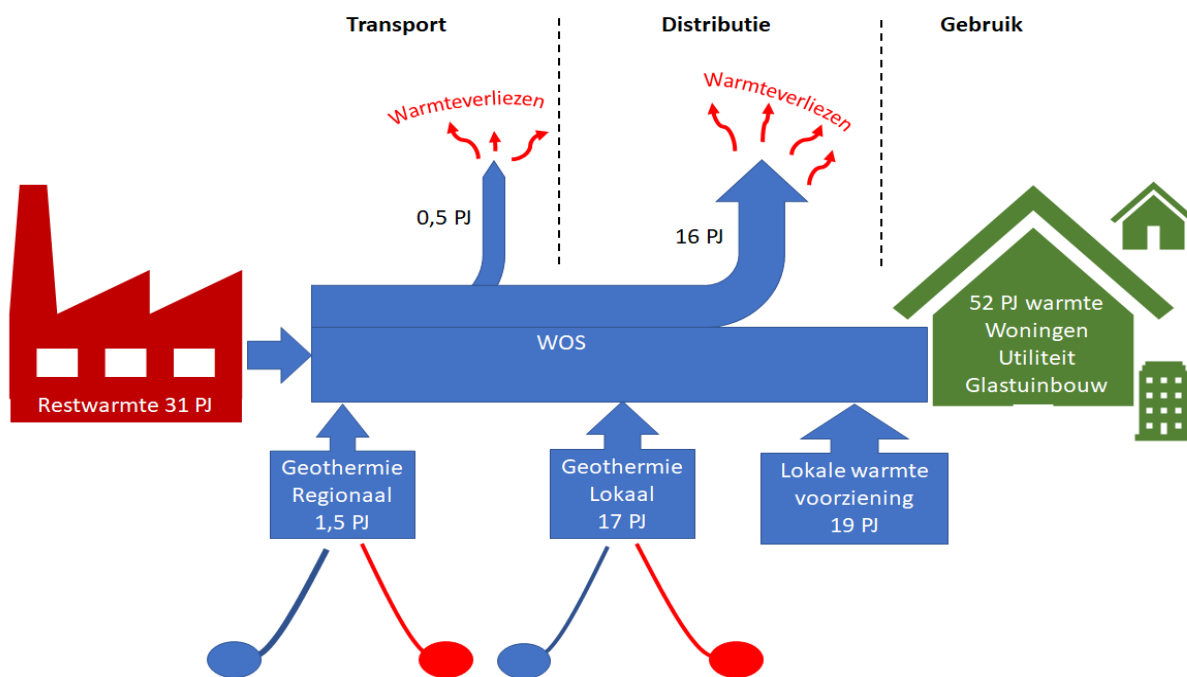
Er zijn berekeningen uitgevoerd om vast te stellen in welke mate verschillende bronnen kunnen worden benut. Daarbij is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheden van cascadering en warmteopslag. Het ontwerp dat is doorgerekend, is gebaseerd op de techniek van vandaag. Innovaties zijn niet meegenomen in de ontwikkeling tot 2050. Tabel 5.5 presenteert de resultaten in de vorm van de warmtebalans die bij het Samenland scenario hoort. Tabel 5.6 laat vervolgens zien in welke mate de verschillende grootschalige warmtebronnen beschikbaar zijn voor toepassing in het Samenland scenario. Figuur 5.10 vat dit samen door aan de ene kant het verbruik (links) en aan de andere kant de productie van warmte (rechts) te presenteren.

Uitgangspunt (U38): Conservatieve benadering vanuit de huidige praktijk en stand der techniek en bronnen tot 2050.



1) Buisdiameter aan de bronkant 2) Buisdiameter aan het einde van het tracé bij aan de afnemerskant

Figuur 5.8 *Indicatie van buisdiameters nodig voor het Samenland scenario. Bron: Gradyent WP3.*



Figuur 5.9 *Overzicht energiehuishouding scenario Samenland in eindsituatie 2050.*

Tabel 5.5 Warmtebalans Samenland scenario uitgaande van 51,7 PJ warmtelevering in 2050.
Bron: Gradyent WP3.

Omschrijving	Jaar	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Warmtevraag								
Vraag basislast		5,6	11,2	16,7	22,2	27,8	33,3	38,8
Vraag midden- en pieklast		1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	12,9
Lokale transportverliezen		3,3	6,1	8,6	11,0	12,9	14,7	16,4
Regionale transportverliezen		0,1	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Totale vraag warmte		10,9	21,2	31,4	41,1	50,5	59,6	68,5
Potentieel warmteaanbod								
Potentieel restwarmte (regionaal)		5,3	13,7	29,1	32,5	36,0	39,4	42,8
Potentieel geothermie regionaal		0,0	0,0	0,5	1,0	1,5	1,5	1,5
Potentieel geothermie lokaal		2,8	9,9	14,3	18,7	23,0	23,1	23,1
Totale aanbod warmte		8,1	23,6	43,9	52,2	60,5	64,0	67,4
Balans vraag en aanbod								
Tekort lokaal basislast aanbod (/overschot)		- 4,0	- 4,4	- 1,6	- 1,6	- 1,8	- 3,8	- 6,0
Tekort lokaal midden/pieklast aanbod (overschot)		- 1,9	- 3,6	- 4,0	- 6,5	- 9,1	- 11,0	- 12,9
Ongebruikte lokale levering, geothermie		1,7	6,2	6,6	8,1	10,1	7,8	5,6
Ongebruikte regionale levering, restwarmte en geothermie		1,4	4,1	11,5	11,1	10,8	11,3	12,1
Aangesloten warmteaanbod								
Lokale bronnen overig (gas, bio, aqua, etc..)		5,9	7,9	5,6	8,0	10,9	14,8	18,9
Restwarmte aangesloten levering		3,9	9,6	17,8	21,8	25,6	28,4	31,0
Regionale aangesloten geothermische levering		0,0	0,0	0,3	0,7	1,0	1,1	1,1
Lokale aangesloten geothermische levering		1,1	3,7	7,7	10,6	13,0	15,3	17,5
Totaal aangesloten aanbod warmte		10,9	21,2	31,4	41,1	50,5	59,6	68,5

Toelichting bij Tabel 5.5:

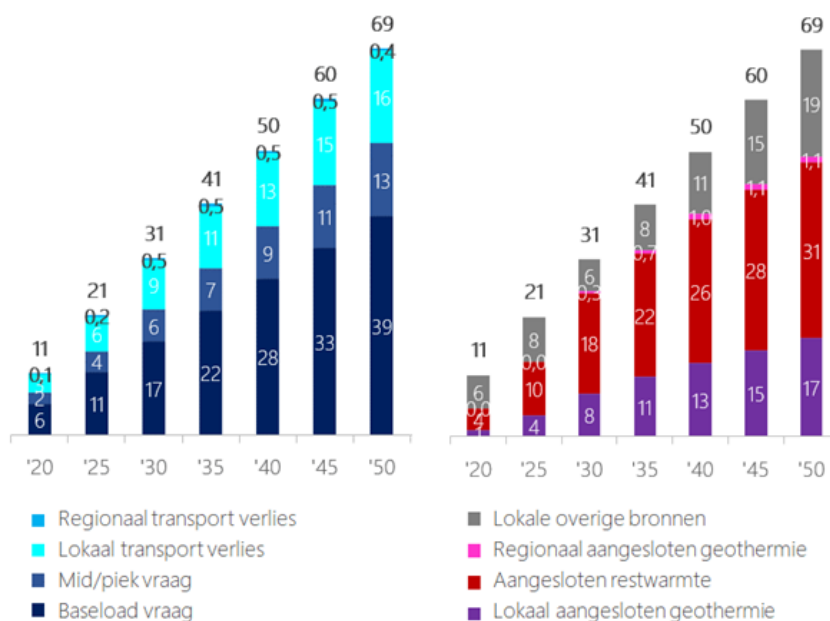
- Een onderverdeling is gemaakt in basislast en midden/pieklast waarbij basislast is gedefinieerd als circa 50% van de jaarlijkse warmtevraag dekkend;
- De lokale transportverliezen volgen uit de distributieverliezen zoals vermeld in Tabel 5.2;
- De regionale transportverliezen volgen uit het backbone verlies zoals vermeld in Tabel 5.2;
- Bij potentieel warmteaanbod is aangegeven hoeveel warmte ingezet kan worden vanuit grootschalige bronnen;
- Niet gebruikte geothermische warmte en rest/aftapwarmte wordt veroorzaakt door een mismatch met de jaarduurcurve. Dit moet opgevangen worden door lokaal midden/pieklast vermogen.

Uitgangspunt (U39): In de analyse van Eiland en Samenland wordt tot 2030 de pieklast en back-up ingevuld door aardgas. Na 2030 is om de piekvoorziening ook duurzaam in te vullen gebruik gemaakt van groen gas en biowarmte van 20 €/GJ en 13 €/GJ als referentie.

Figuur 5.9 vat de Samenland uitwerking samen in de vorm van een Sankey diagram. Het geeft in combinatie met Tabel 5.5 de energetische eindsituatie aan van het scenario in 2050:

- Voorzien wordt in een warmtevraag van 51,7 PJ;
- De verliezen hebben een omvang van in totaal 16,4 PJ;
- Van het aanbod van 24,7 PJ geothermie wordt uiteindelijk 18,5 PJ effectief ingezet. Dit garandeert de operatie van geothermie in basislast zodat de productiekosten laag blijven;
- Van het aanbod van 42,8 PJ rest/aftapwarmte wordt uiteindelijk 31,1 PJ ingezet. Dit voorkomt levering van aftapwarmte in het overgangsgebied van midden naar pieklast zodat de transportkosten per GJ via de backbone en warmteverliezen beheersbaar blijven;
- Lokaal moet voor 18,9 PJ in resterende warmtevraag worden ingevoerd in het distributiesysteem die voorziet in midden- en pieklast. Hier kan worden gewerkt met opslag en/of met of aanvullende bronnen zoals groen gas, andere vormen van bio-energie, waterstof of de elektrische boiler;
- Omdat niet het gehele aanbod geothermie en restwarmte wordt ingezet zijn er voorts mogelijkheden voor de hoge temperatuur opslag (HTO) van warmte. Dit maakt extra inzet van andere bronnen niet of minder nodig.

Het is voorts van belang om op te merken dat in het Eiland en Samenland scenario tot 2030 de pieklast en back-up wordt ingevuld door aardgas. Na 2030 is om de piekvoorziening duurzaam in te vullen gebruik gemaakt van groen gas en biowarmte als referentie met respectievelijk een kostprijs van 20 €/GJ en 13 €/GJ. Dit is gedaan, omdat dit op dit moment de meest relevante mogelijkheid lijkt, hoewel de omvang van groen gas onzeker is. Het is van belang om nadere studie te doen naar de technische en economische mogelijkheden van het invullen van de midden- en pieklast door opslag en duurzame bronnen.



Figuur 5.10 Ontwikkeling van de warmtevraag (in PJ) en het uitgekoppelde warmteaanbod basislast en middenlast met geothermie en restwarmte in de tijd voor het scenario Samenland. In 2050 is daarnaast lokaal geproduceerde warmte nodig met andere bronnen. Bron: Gradyent WP3.

Aandachtspunt (A15) RES 2.0: Het Samenland scenario biedt ruimte voor optimalisatie met hoge temperatuur warmteopslag. Zo wordt geothermie en rest/aftapwarmte in hogere mate benut en kan inzet lokale bronnen worden verminderd. Nader onderzoek naar dit concept en de invulling met duurzame bronnen voor pieklast is gewenst.

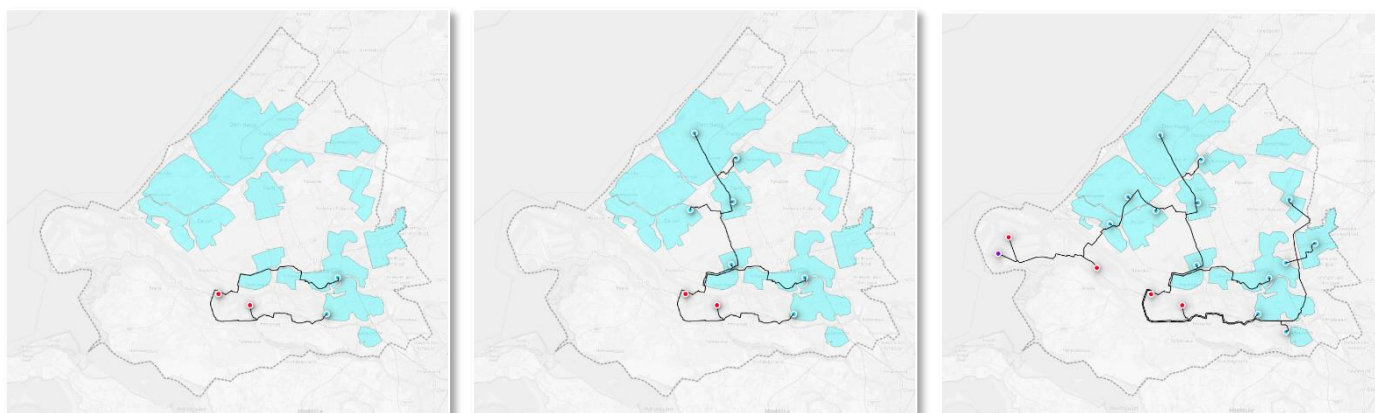
Tabel 5.6 Overzicht herkomst aanbod grootschalige warmtebronnen. Bron: Gradyent WP3.
Gebaseerd op potentieel van de warmtebronnen, zie hoofdstuk 3.
Geothermie 2050 Samenland: 780 MW_{th} met aanbod van 24,7 PJ.
Restwarmte 2050 Samenland: 1.357 MW_{th} met aanbod van 42,8 PJ.

Cluster	2020		2030		2050	
	Energie (PJ)	Capaciteit (MW _{th})	Energie (PJ)	Capaciteit (MW _{th})	Energie (PJ)	Capaciteit (MW _{th})
Geothermie						
Den Haag	0,0	0,0	2,8	88,6	6,1	193,6
Westland	1,3	41,6	5,5	174,6	7,2	227,9
Oostland	1,5	47,6	2,9	92,7	1,3	39,9
Capelle	0,0	0,0	1,0	32,7	3,1	98,1
Rotterdam	0,0	0,0	2,0	65,0	5,5	173,8
Maasvlakte	0,0	0,0	0,5	15,4	1,5	46,3
Restwarmte						
Maasvlakte	0,0	0,0	5,0	158,5	14,0	443,9
Europoort	0,0	0,0	4,9	155,4	8,0	253,7
Botlek	4,6	145,9	14,5	459,8	16,1	510,5
Vondelingenplaat	0,7	22,2	4,7	149,0	4,7	149,0

Groeipad van het Samenland scenario

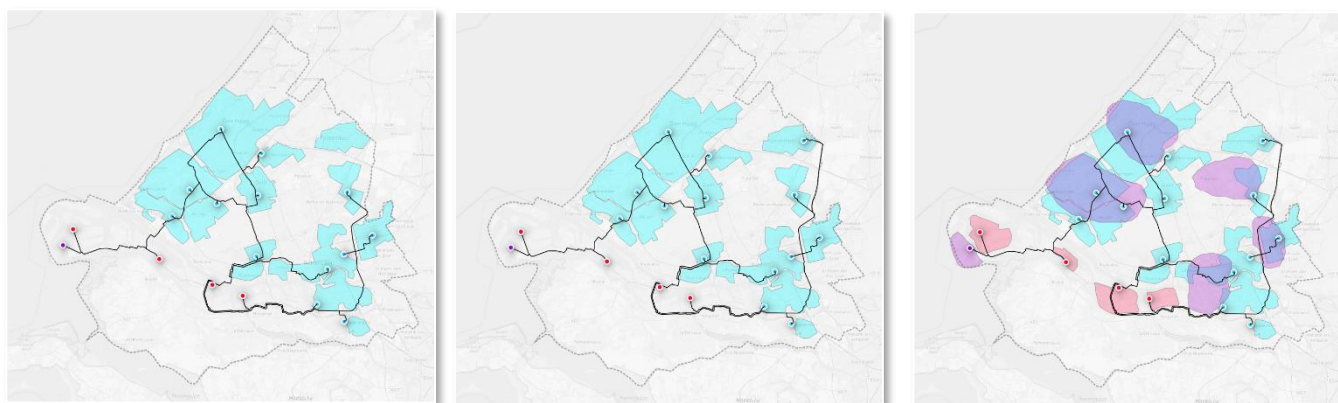
Het startpunt voor het scenario is de huidige situatie (2020) in de regio RDH: Naast de Nieuwe Warmteweg is de Leiding over Noord inmiddels operationeel. Het scenario gaat ervan uit dat in 2025 de Leiding door het Midden is gerealiseerd. Aansluiten van Den Haag en Westland is daarmee logisch vanwege de grote relevante warmtevraag in die warmteclusters. Rond 2030 groeit de backbone infrastructuur significant zoals ook Figuur 5.11 laat zien. In dit scenario wordt een 'Leiding door het Westland' gerealiseerd waardoor het Westland significante warmtelevering ook via deze nieuwe verbinding gaat krijgen. De Tweede Maasvlakte wordt aangesloten op conventionele restwarmte en het H₂-Conversiepark (dan nog niet op volledige capaciteit). Op de Tweede Maasvlakte wordt ook geothermie ontwikkeld en aangesloten. De Europoort wordt aangesloten op restwarmte. In het oosten wordt het eerste deel van de 'Leiding over Oost' gerealiseerd.³⁰ Aansluiting ten zuiden van Rotterdam wordt aangelegd tot aan Oostland, parallel aan het tracé van de nieuwe Warmteweg. De ontsluiting van de overige restwarmte in Botlek en Pernis wordt gerealiseerd.

³⁰ Belangrijk hierbij op te merken dat hier om een deel van het tracé van het Leiding over Oost project gaat, de aansluiting naar Leiden is niet meegenomen. Daarmee is deze leiding niet 1 op 1 vergelijkbaar met het "Leiding over Oost" project.

**2020****2025****2030**

Figuur 5.11 **Groeipad regionaal Collectief Warmte Systeem 2020 – 2030 op basis van het Samenland scenario. Bron: Gradyent WP3.**

In 2035 sluit Den Haag voor de tweede keer aan. Den Haag ontwikkelt voldoende vraag om ook op de Leiding door het Westland aangesloten te kunnen worden. De Tweede Maasvlakte groeit verder qua aanbod met geothermie en restwarmte. Het H₂-Conversiepark levert als bijproduct ook significante warmte. Intussen loopt de backbone overall verder vol door groei van aanbod en vraag. Rond 2040 sluit Zoetermeer als laatste warmtecluster aan. In Zoetermeer groeit de vraag gestaag tot het punt waarop aansluiten ook technisch en economisch zinvol is. Zo zijn alle grote vraaggebieden vanaf 2040 gekoppeld aan de backbone. De rest van de backbone loopt richting 2050 zo ver vol dat alle regionale aanbod maximaal is uitgekoppeld. Zo kan in 2050 in circa 80% van de warmtevraag in de regio via de regionale CWS worden voorzien. Zie Figuur 5.12 voor het verloop van het groeipad 2035 tot 2050.

**2035****2040****2050**

Figuur 5.12 **Groeipad regionaal Collectief Warmte Systeem 2035 – 2050 op basis van het Samenland scenario. Bron: Gradyent WP3.**

Het aansluitschema van de warmteclusters van Samenland is gepresenteerd in Tabel 5.7. In de loop van de tijd worden steeds meer warmteclusters aangesloten. Voor de ontwikkeling van de backbone-analyse in de tijd wordt verwezen naar de online viewer.

Tabel 5.7 Aansluitschema vraag en aanbod warmte in Samenland scenario. Bron: Gradyent WP3.
0: Niet verbonden 1: Verbonden
* Voor 2020 rekent Gradyent al wel met lokale inzet geothermie terwijl dit nog geen feit is

Cluster	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Warmtevraag							
Den Haag	0	1	1	1	1	1	1
Ypenburg-Nootdorp	0	1	1	1	1	1	1
Delft	0	1	1	1	1	1	1
Westland-Noord	0	0	1	1	1	1	1
Westland-West	0	0	1	1	1	1	1
Westland-Oost	0	1	1	1	1	1	1
Vlaardingen	0	1	1	1	1	1	1
Rotterdam-Noord	1	1	1	1	1	1	1
Rotterdam-Zuid	1	1	1	1	1	1	1
Rotterdam-Oost	0	1	1	1	1	1	1
Capelle	0	1	1	1	1	1	1
Barendrecht	0	0	1	1	1	1	1
Oostland	0	0	1	1	1	1	1
Zoetermeer	0	0	0	0	1	1	1
Lokaal aanbod geothermie							
Den Haag	1	1	1	1	1	1	1
Westland	1	1	1	1	1	1	1
Oostland	1	1	1	1	1	1	1
Capelle*	0	1	1	1	1	1	1
Rotterdam*	0	1	1	1	1	1	1
Regionaal aanbod geothermie							
Maasvlakte	0	0	1	1	1	1	1
Regionaal aanbod restwarmte							
Maasvlakte	0	0	1	1	1	1	1
Europoort	0	0	1	1	1	1	1
Botlek	1	1	1	1	1	1	1
Vondelingenplaat	1	1	1	1	1	1	1

6 Resultaten verkenning scenarioanalyse

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de verkenning van de scenarioanalyse voor Eiland, Samenland en Kralenland. De resultaten van de deelanalyses in de scenarioanalyse worden per paragraaf behandeld. Eerst komen de resultaten van de technisch-economische deelanalyse aan bod (§ 6.1), vervolgens die van de vergelijking van de CWS met de huidige gasreferentie en het duurzame alternatief (§ 6.2) en die van de gevoeligheidsanalyse (§ 6.3). Daarna volgt een eerste scoring van de publieke waarden in de scenario's (§ 6.4). Tot slot, wordt een reflectie gegeven van de scenario's met betrekking tot de bestaande infrastructuur, lopende projecten en initiatieven (§ 6.5) en vanuit het gemeentelijke perspectief (§ 6.6).

6.1 Resultaten technisch economische analyse

De verdiepende analyse en de verkenning met scenarioanalyse zoals toegelicht in het vorige hoofdstuk, resulteren in een aantal inzichtelijk warmtebalansen voor de regio. Tabel 6.1 geeft de warmtebalans voor de regio gehele regio weer. Tabel 6.2 geeft deze weer voor de twee onderscheidende scenario's Eiland en Samenland die in zijn geheel zijn doorgerekend. Kralenland ligt hier ergens tussenin.

Tabel 6.1 Warmtebalans regio Rotterdam Den Haag regionale warmtenetten.
Waarden in PJ. Bron: Gradyent en Royal HaskoningDHV WP3.

Aard warmte	2021	2030	2050
Totale warmtevraag RDH	92,4	75	65
Relevante vraag Samenland	73,9	60	51,7
Aanbod geothermie	3,2	10,6	32,1
Aanbod restwarmte en aftapwarmte	5,2	30,1	54,7
Totaal aanbod warmte RDH	8,4	40,7	86,8

Het Eiland scenario, zonder de inzet van warmtepompen om in omvang gelijk aan Samenland te worden, verduurzaamt met lokale, grootschaligere CWS 19 PJ in 2030 en dekt zo 25% van de totale warmtevraag. Geothermie vult daarvan 9,6 PJ in, restwarmte 8,0 PJ en lokale aanvullende bronnen 8,0 PJ. Omdat van de lokaal aanvullende bronnen een groot deel pieklast is en back-up, bestaat deze voor een belangrijk deel nog uit aardgas. In 2050 is dit niet meer het geval. Eiland levert dan 43 PJ in 27 warmteclusters en dekt daarmee 67% van de totale warmtevraag. Geothermie levert daarvan 23,1 PJ, aftap-/restwarmte 16,0 PJ en lokale duurzame warmtebronnen leveren 16,0 PJ, inclusief pieklast en back-up.

Samenland verduurzaamt met lokale, grootschaligere CWS 22,3 PJ in 2030 en dekt 30% van de totale warmtevraag. Geothermie vult daarvan 8,0 PJ in, restwarmte 17,8 PJ en lokale aanvullende bronnen 5,6 PJ. Ook hier geldt dat de lokaal aanvullende bronnen voor een groot deel nog midden- en pieklast zijn en back-up voor een belangrijk deel nog uit aardgas bestaat. In 2050 is dit niet meer het geval. Samenland levert dan 51,7 PJ in 13 warmteclusters en dekt daarmee 80% van de totale warmtevraag. Geothermie levert daarvan 18,5 PJ, aftap-/restwarmte 31,1 PJ en lokale duurzame warmtebronnen leveren 18,9 PJ waarvan een aanzienlijk deel pieklast en back-up.

Tabel 6.2 Warmtebalans regio Rotterdam Den Haag vertaald naar scenario Eiland en Samenland. Zonder inzet van warmtepompen bij Eiland om gelijk in grootte te worden met Samenland. Waarden in PJ. Bron: Gradyent en Royal HaskoningDHV WP3

Aard warmte	2030 Eiland	2050 Eiland	2030 Samenland	2050 Samenland
Totaal duurzaam ingevulde vraag met CWS	19	43	22,3	51,7
Vraag aandeel RDH	25% van 75 PJ	67% van 65 PJ	30% van 75 PJ	80% van 65 PJ
Geothermie	9,6	23,1	8,0	18,5
Aftapwarmte en restwarmte	8,0	16,0	17,8	31,1
Lokale warmte	8,0	16,0	5,6	18,9
Totaal aanbod warmte	25,6	55,1	31,4	68,5
Warmteverlies Idem, in % van warmte input	6,6 (26%)	12,1 (22%)	9,1 (29%)	16,7 (24%)

De technische economische resultaten voor het Eiland en het Samenland scenario als geheel zijn weergegeven in Tabel 6.3 en Tabel 6.4. Hierbij is in de relevante warmtevraag zowel de gebouwde omgeving en de glastuinbouw meegenomen, waarbij de gepresenteerde de resultaten zich met name richten op de gebouwde omgeving.

Het Eiland scenario voorziet in 2050 in 30,5 PJ verduurzaming van de warmtevoorziening gebouwde omgeving bij 705.000 gebouwen op een totaal van 880.000 in 2050 in de 27 geïdentificeerde warmteclusters, omdat er rekening wordt gehouden met een volloopgraad van 80%. De resterende warmtevraag van 12,5 PJ komt voort uit de glastuinbouw. Het gemiddelde inkooptarief is in dit scenario € 15,61 per GJ waarbij warmteclusters in Rotterdam e.o. gebruik maken van vooral restwarmte (13,17 €/GJ) en de overige warmteclusters vooral gebruik maken van geothermie (18,90 €/GJ). De totale investering in het warmtedistributiesysteem bedraagt € 4,5 miljard.

Tabel 6.3 Technisch-economische resultaten Eiland scenario 2050.

Eiland	Totaal	Per gebouw
Aantal gebouwen (100%)	880.000	
Aantal gebouwen (80%)	705.000, exclusief inzet warmtepomp	
Inkooptarief	18,90 €/GJ	
Warmtevraag per jaar gebouwde omgeving	30,5 PJ	43 GJ bij 705.000 gebouwen
Investering warmtedistributie	€ 4,5 miljard	€ 6.380
Totale lengte tracé distributie	4.100.000 meter	5,81 meter

Het Samenland scenario voorziet met 51,7 PJ in de verduurzaming van de warmtevoorziening met 880.000 gebouwen op een totaal van 1.100.000 in 2050 in de 13 geïdentificeerde warmteclusters, omdat er rekening wordt gehouden met een volloopgraad van 80%. Het gemiddelde inkooptarief is in dit scenario € 9,07 per GJ, inclusief het transport van de restwarmte bedraagt het tarief 13,17 €/GJ. De totaal ingevulde warmtevraag voor de GO bedraagt 37 PJ met een gemiddelde warmtevraag van 42 GJ per gebouw. De resterende warmtevraag van 14,7 PJ komt voort uit de glastuinbouw. De totale investering in het warmtedistributiesysteem bedraagt € 5,5 miljard. De totale investering in het warmtetransportsysteem bedraagt € 715 miljoen.

Tabel 6.4 Technisch-economische resultaten Samenland scenario 2050.

Samenland	Totaal	Per gebouw
Aantal gebouwen (100%)	1.100.000	
Aantal gebouwen (80%)	880.000	
Inkooptarief *	9,07 €/GJ	
Transporttarief	4,10 €/GJ	
Warmtevraag per jaar gebouwde omgeving	37 PJ	42 GJ ³¹
Investering warmtedistributie	€ 5,5 miljard	€ 6.250
Totale lengte tracé distributie	3.840.000 meter	4,36 meter
Tracé lengte regionaal transport	145.000 meter	0,17 meter
Investering regionaal transport	€ 715 miljoen.	€ 813

Om inzicht te geven in de vergelijking tussen Eiland en Samenland die beiden eenzelfde omvang aan warmtevraag dekt zijn in Tabel 6.5 en Tabel 6.6 de kosten voor de installatie van warmtepompen als referentie gebruikt om het deel in Eiland dat niet door CWS wordt ingevuld is, aan te vullen. Het gaat hier om 175.000 aansluitingen op de warmtepomp voor € 15.000 per stuk, in totaal een aanvullende investering van € 2,6 miljard. Tabel 6.5 geeft een overzicht van de investeringen in Eiland en Samenland in deze vergelijking. De investeringen voor het gehele warmtesysteem (van bronnen, restwarmte en aftapwarmte, piek en back-up, transport- en distributenetten, aanvullend benodigde warmtepompen voor het vergelijkbaar maken van het Eiland scenario, inclusief voorzieningen aan de woning en isolatie richting label B) liggen voor beide scenario's met rond de € 21 miljard voor de verduurzaming van eenzelfde hoeveelheid warmte in dezelfde orde van grootte. De voorzieningen in de woning en isolatie richting label B nemen daarbij voor beide scenario's ruim € 12 miljard van voor hun rekening.

Tabel 6.5 Overzicht investeringskosten Eiland en Samenland in miljarden Euro.
Betreft een productievolume van maximaal 350 TJ/dag, vermogen 4.000 MW_{th}.
Gaaf om in totaal 880.000 woningen en gebouwen, investering bij 100% aansluiting.

Investeringspost	Eiland (miljard €)	Samenland (miljard €)
Geothermie	1,3 bij 1.000 MW _{th}	0,8 bij 600 MW _{th}
Restwarmte en aftapwarmte	0,4 bij 650 MW _{th}	0,8 bij 1.350 MW _{th}
Piek en back up	0,2 bij 1.650 MW _{th}	0,2 bij 2.050 MW _{th}
Warmtepompen	2,6 bij 700 MW _{th}	Geen
Backbone	Geen	1,4 bij 1.400 MW _{th}
Distributienet	4,5 bij 2.100 MW _{th}	5,5 bij 2.800 MW _{th}
Woning, gebouw aanpassing	12,4	12,3
Totaal	21,4	21,0
Totaal gebouwde omgeving	20,9	20,1
Totaal glastuinbouw	0,5	0,9

³¹ In vergelijking tot Eiland omvat Samenland meer dichter bebouwde gebieden, o.a. Den Haag en Delft. Daardoor is het tracé warmtedistributie per aansluiting kleiner. Ook is sprake van relatief meer utiliteitsgebouwen met bovendien een gemiddeld hogere warmtevraag per gebouw in Samenland. Dit resulteert in een hoger gemiddelde warmtevraag per gebouw van 43 GJ/gebouw bij Samenland in vergelijking tot de 42 GJ/gebouw bij het scenario Eiland.

Toelichting bij tabel 6.5:

- Het Eilandscenario heeft een omvang van 80%, naar rato van het aantal aansluitingen, van het Samenland scenario, betrokken op de warmtevraag. Om beide scenario's met elkaar vergelijkbaar te maken is het verschil bij Eiland aangevuld met warmtepompen. Aandeel warmtepompen bij Eiland scenario is 20%;
- Aandeel van de glastuinbouw in de eindsituatie in warmteafname is 29%;
- Specifieke investeringskosten geothermie 1.300 €/kW_{th}, restwarmte 600 €/kW_{th} en piek / back up warmte 100 €/kW_{th}; zie ook Bijlage A.1;
- Investering totaal gebouwde omgeving is exclusief netaanpassing bij inzet warmtepompen;
- Kosten glastuinbouw bestaan uit het naar rato aandeel van 29% in de investeringen warmteproductie en investeringen backbone.

Op basis van deze vergelijking tussen Eiland en Samenland is de ORT per gebouw bepaald ten opzichte van de huidige gasreferentie. Het resultaat hiervan in het Samenland scenario is een ORT van € 2.900 per gebouw uitgaande van 880.000 aansluitingen (80% van het totaal aantal gebouwen in alle warmteclusters). De ORT van het Eiland scenario is, inclusief een volume compensatie van 20% met individuele warmtepompen om zo het Eiland scenario eenzelfde omvang te geven als het Samenland scenario, € 5.400 per gebouw. Zonder deze volumecompensatie bedraagt de ORT van het Eiland scenario € 3.900. De ORT van Samenland in vergelijking met Eiland zonder ophoging met de warmtepompen is met name lager vanwege de lagere variabele inkoopkosten van warmte als hiervoor is opgemerkt. In de tabel is ter vergelijking ook de totale investering voor alleen warmtepompen ingeschat. Die bedraagt € 26 miljard en kent een ORT van € 12,500 per aansluiting. De kosten hiervan zijn met name hoger door de hogere investering per woning.

Tabel 6.6 Samenvatting economische analyses scenario's

Omschrijving	Samenland	Eiland Zonder WP	Eiland Met WP	Warmtepomp Individueel	Opmerking
Dekking aantal aansluitingen	880.000	705.000	880.000*	880.000	* Incl. 175.000 WP
Investering in miljard €	21,4*	18,8	21,0*	26,0	* Inclusief glastuinbouw
Onrendabele top per gebouw in €	2.900	3.900	5.400*	12.500	* Incl. individuele WP
Inkooptarief warmte in €/GJ	13,17*	15,61	15,61	n.v.t.	* Incl. regionaal transport
Investering per woning in €	14.328	14.328	17.382	29.600	Woning gebonden, excl. BTW

6.2 Resultaten vergelijking met de gasreferentie en duurzame alternatief

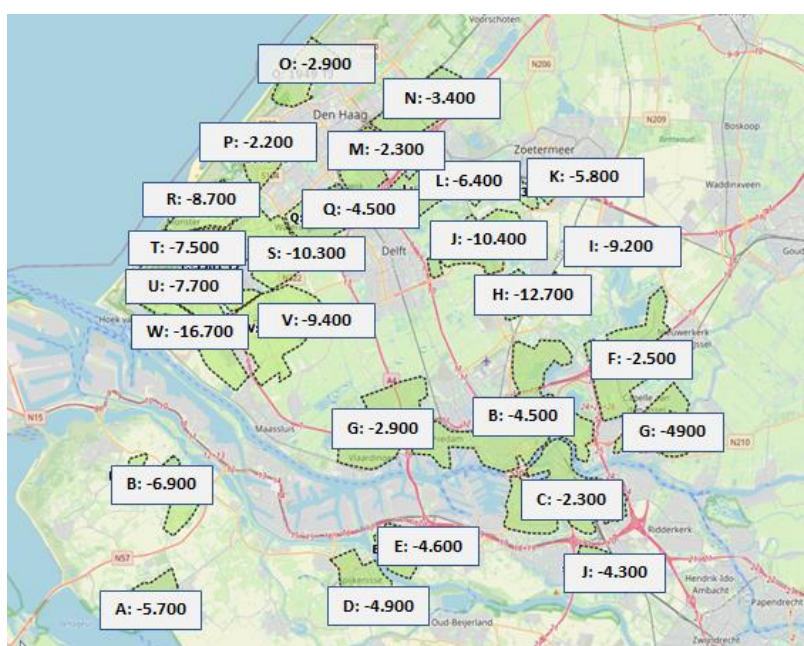
Resultaten vergelijking van de scenario's met de gasreferentie (ORT)

De deelanalyse van de vergelijking met de gasreferentie resulteert voor alle scenario's in een onrendabele top (ORT) per gebouw in de gebouwde omgeving. Als eerder toegelicht is hierbij gerekend met een looptijd van 30 jaar voor CWS bij een disconto van 6% en wordt geen rekening gehouden met subsidies of fiscale voordelen. Deze ORT geeft een beeld van de maatschappelijke kosten in vergelijking tot de huidige praktijk, dat is inzet van aardgas als warmtebron. Tabel 6.6 geeft de resultaten weer voor Eiland en Samenland. De ORT van het Samenland scenario is gemiddeld € 2.900 per gebouw uitgaande van 880.000 aansluitingen (80% van het totaal aantal gebouwen). De ORT van het Eiland scenario is, inclusief een 20% volume compensatie met individuele warmtepompen om zo het Eiland scenario eenzelfde vergelijkbare omvang te geven als het Samenland scenario € 5.400 per gebouw.

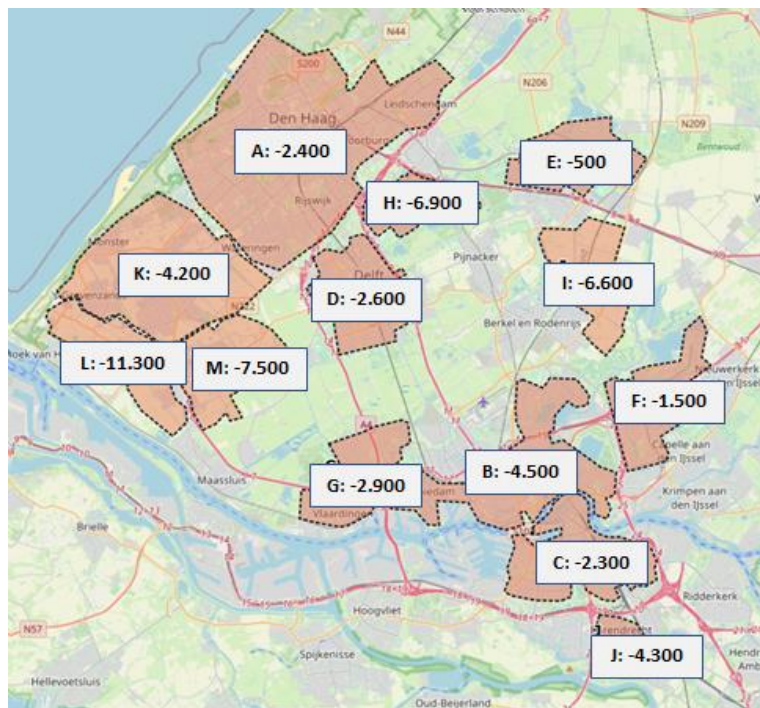
Wat opvalt is dat hoewel de totale investeringen voor Eiland en Samenland in deze vergelijking met zo'n € 21 miljard gelijk zijn, de ORT voor het Eiland scenario hoger uitvalt. Dit komt omdat bij Eiland:

- Het gemiddeld inkooptarief van warmte hoger ligt. In Eiland ligt dit op 15,61 €/GJ en in Samenland 13,17 €/GJ inclusief regionaal transport van warmte;
- Bij Eiland worden als volume compensatie relatief dure warmtepompen toegepast met herinvestering eens in de 15 jaar.

Figuur 6.1 en Figuur 6.2 geven nog een opvallend ander wezenlijk verschil weer tussen beide scenario's. Beide figuren laten zien dat de geïdentificeerde warmteclusters per cluster in kosten verschillen. Dit komt het sterkst tot uiting in het Eiland scenario, omdat de clusters hier niet verbonden zijn. Kosten voor beschikbare bronnen verschillen uiteraard ook sterk, omdat ze plaatsgebonden zijn. Dit effect wordt nog versterkt doordat de ORT in zijn geheel wordt toegerekend aan de gebouwde omgeving. Dit maakt dat warmteclusters met een hoog aandeel glastuinbouw resulteren in een relatief hoge ORT per gebouw. Dit werkt anders in het Samenland scenario. Dat voorziet in een geheel van CWS die samen als één portfolio worden gezien. Deze portfolio benadering maakt dat clusters met hoge kosten en lage kosten zo optimaal mogelijk systeemtechnisch met elkaar worden uitgemiddeld. Bij het Eiland scenario is dit niet het geval. Het betreft hier immers een scenario waarbij geen sprake is van regionale systeemtechnische optimalisatie die de kosten deels uit middelt. De onrendabele top per Eiland kent een spreiding van € 2.200 tot € 16.700. In Samenland ligt deze spreiding tussen de € 500 en € 11.300.



Figuur 6.1 Scenario Eiland, verschillen ORT per warmtecluster
ORT waarden zijn vermeld zonder volumecompensatie



Figuur 6.2 Scenario Samenland, verschillen ORT per warmtecluster. De onrendabele top per gebouw verschilt per warmtecluster. Verschillen treden vooral op door de verhouding warmtelevering geothermie en restwarmte, de verhouding GTB en GO en door de lokale en regionale kosten van warmtetransport. Zo maakt Zoetermeer in Samenland (rood E) bijvoorbeeld relatief veel gebruik van restwarmte en Westland Zuid (rood H) relatief veel gebruik van duurdere geothermie warmte. Bron: WP3 Faktoren en Royal HaskoningDHV.

In de vergelijking tussen beide scenario's vallen in dit licht direct een paar grote verschillen op. In Samenland heeft Zoetermeer (E) bijvoorbeeld een lage ORT omdat het alleen gebruikt maakt van restwarmte en geen geothermie. Dit gebeurt bijvoorbeeld wel in het zuidelijk deel van Westland (L) die door gebruik van relatief duurdere geothermie een hogere ORT kent. Bovendien speelt hier ook de aanname dat in de berekening de glastuinbouwvraag wordt meegenomen tegen een ORT van 0 (namelijk de gasreferentie, zie paragraaf 5.4). De onrendabele top in het systeem komt derhalve volledig voor rekening van de gebouwde omgeving. In Eiland heeft Zoetermeer (K), in vergelijking tot Samenland juist een hoge ORT omdat relatief dure lokale warmtebronnen moeten worden ingezet en geen restwarmte kan worden ingezet die in Samenland juist wel aan dit warmtecluster wordt geleverd. Omdat er in Samenland in Rotterdam en omgeving eerst het mogelijke potentieel aan aardwarmte wordt ingezet, aangevuld met restwarmte, is er in deze omgeving de ORT ook wat hoger dan misschien verwacht. In de omgeving Den Haag wordt in Samenland juist wat lager door een grotere inzet van restwarmte.

Kralenland, tussen Eiland en Samenland in

Kralenland ontwikkelt zich in eerste instantie als het Eiland scenario. De resultaten van het Eiland scenario zijn dan ook van toepassing op het beginstadium van Kralenland. Met dit verschil dat de lokale dekking van de warmtevraag met duurzame bronnen kleiner is en dat daarmee een hogere inzet van aardgas vereist is. Op termijn kan het tekort aan duurzame warmte alsnog worden opgelost door de aanleg van een backbone die de kralen, dat zijn de losse warmteclusters, met elkaar verbindt. In vergelijking met Samenland vindt de uitrol van de regionale warmte-infrastructuur naar verwachting suboptimaal plaats, er is immers geen regionale afstemming. Dit leidt naar verwachting tot partiele lock-in situaties van CWS in reeds ontwikkelde lokale 'eilanden' bij het aanleggen van eerder onvoorziene verbindingen. Dit werkt ten opzichte van

Samenland kostenverhogend. Ook kunnen onzekerheden leiden tot verhoogde kosten. Restwarmte bronnen met het daarbij behorende warmtetransport komt moeilijker tot ontwikkeling in een dergelijk scenario. Indien Kralenland een scenario blijkt wat de regio wil overwegen, is het mogelijk om op basis van verschillende momenten in de tijd verschillende paden tussen Eiland en Samenland door te laten rekenen. In dit onderzoek ontbrak de ruimte om dit in deze fase te doen.

Samenland biedt voorts nog een belangrijke mogelijkheid in de ontwikkeling van CWS ten opzichte van Eiland en Kralenland. Deze heeft te maken met de spreiding in ORT per gebouw die Figuren 6.1 en 6.2 laten zien. Niet alleen omdat Samenland als een systeemtechnisch integrale portfolio wordt ontwikkeld, worden in dit scenario warmteclusters met hogere kosten en lagere kosten tegen elkaar uitgemiddeld. Ook omdat er proactieve samenwerking tussen de warmteclusters bestaat, kunnen goede afspraken worden gemaakt voor kostenvereffening indien gewenst. Bij het Eiland scenario is dit zowel systeemtechnisch niet het geval maar ook organisatorisch niet. Het betreft hier immers een scenario waarbij geen sprake is van regionale samenwerking. Ook in Kralenland gaat zowel systeemtechnische uitmiddeling en organisatorische kostenvereffening door het ad-hoc ontwikkelkarakter moeilijker.

6.3 Resultaten gevoeligheidsanalyse

Om inzicht te krijgen in de technisch economische factoren die de kosten en overwegingen voor de ontwikkeling van CWS sterk kunnen beïnvloeden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op een aantal parameters:

- Wijzigingen in de volloopgraad van zowel Samenland als Eiland. Uitgangspunt is dat 80% van de warmtevraagafnemers binnen de clusters aansluit;
- Wijzigingen in de volloopsnelheid van zowel Samenland als Eiland. Uitgangspunt is dat de distributienetten binnen 4 jaar na aanleg met een volloopgraad van 80% wordt benut;
- Verlenging in de levensduur (exploitatie termijn) van de infrastructuur voor regionaal transport. Uitgangspunt is een exploitatie termijn van 30 jaar. Gelet op de technische levensduur is een langere exploitatie termijn haalbaar. Berekend is het effect van 10 jaar extra exploitatie termijn;
- Wijzigingen in de warmtetarieven voor de afnemer;
- Wijzigingen in de CAPEX voor de backbones (transportnet).;
- Wijzigingen in de discontovoeten op de transport- en distributienetten. Uitgangspunt voor de discontovoet is een waarde van 6%;
- Relatieve wijzigingen in CAPEX, inkoop tarieven en OPEX. Er is een relatieve gevoeligheidsanalyse van de CAPEX, inkoop tarieven en OPEX uitgevoerd voor het Eiland en het Samenland scenario, waarbij bepaald is wat de impact op de business case (NCW) is bij een variatie van +30% en van -30%.

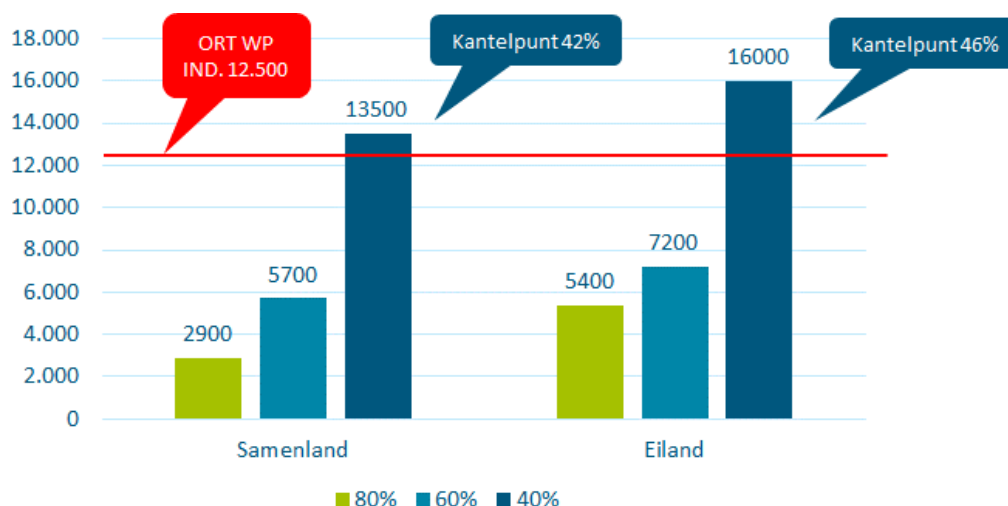
De invloed van kostendalingen van de investeringen (CAPEX) in Samenland en Eiland

De impact van kostendalingen op de CAPEX met respectievelijk 20% tot 40% heeft een iets groter positief effect op het scenario Samenland met € 600 en respectievelijk € 1.300 dan op Eiland, inclusief warmtepompen, met € 500 en respectievelijk € 1.100. Bij het Eiland scenario exclusief warmtepompen is de daling € 500 en respectievelijk € 1.100. Dit komt omdat in het Eiland scenario de investeringen wat later in de tijd plaats vinden. De kostenreductie weegt in Samenland daardoor zwaarder mee.

Wijzigingen in de volloopgraad van Samenland en Eiland

Het effect van minder volloop met 40% of 60% in plaats van het uitgangspunt van 80% volloopgraad is aanzienlijk. Bij een volloop van de backbone met 60% en 40% stijgt de onrendabele top van Samenland van € 2.900 naar respectievelijk € 5.700 en € 13.500. De onrendabele top van Samenland blijft desalniettemin in beide gevallen lager dan gemiddelde top van Eiland, beide varianten. Uitgangspunt is een volloopgraad waarbij 80% van de gebouwen in de warmteclusters worden aangesloten op het CWS waarbij het systeem is ontworpen om in 100% van de vraag in de warmteclusters te voorzien. De verwachting is

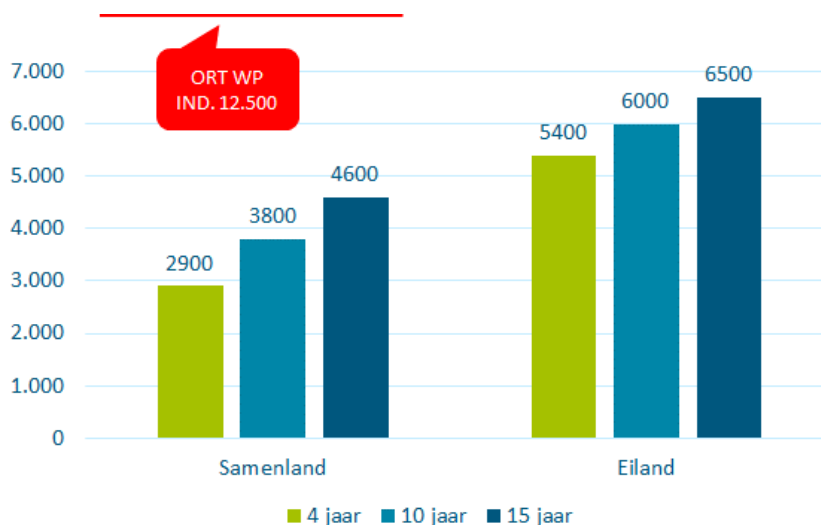
dat het in de bestaande bouw moeilijk is om een hoge voltoopgraad te realiseren. Daarom is de gevoeligheid nader onderzocht door te werken met een voltoopgraad van 60% en 40%. Ook is het kantelpunt bepaald waarbij de ORT van het CWS gelijk wordt aan de ORT van de individuele warmtepomp. De resultaten zijn gepresenteerd in Figuur 6.4. Het kantelpunt voor Samenland is 42%, voor Eiland is dit met 46% hoger. Bij een dalende voltoopgraad bereikt het Eiland scenario eerder het punt waarop de ORT hoger wordt dan de individuele warmtepomp dan Samenland.



Figuur 6.4 Invloed van de voltoopgraad op de ORT van het Samenland en het Eiland scenario. Waarden gelden bij een voltoopsnelheid warmtedistributie van 4 jaar. Eiland inclusief warmtepompen zodat in omvang gelijk aan Samenland.

Gevoeligheid voltoopsnelheid van Samenland en Eiland

In de huidige fase van de warmtetransitie wordt het uitgangspunt van de scenario's dat het warmtedistributiesysteem binnen 4 jaar na aanleg een voltoopgraad in de bestaande bouw van 80% heeft bereikt niet gehaald. Daarom is de gevoeligheid nader onderzocht door te werken met een voltoopsnelheid van 10 jaar en van 15 jaar. De resultaten zijn gepresenteerd in Figuur 6.5.

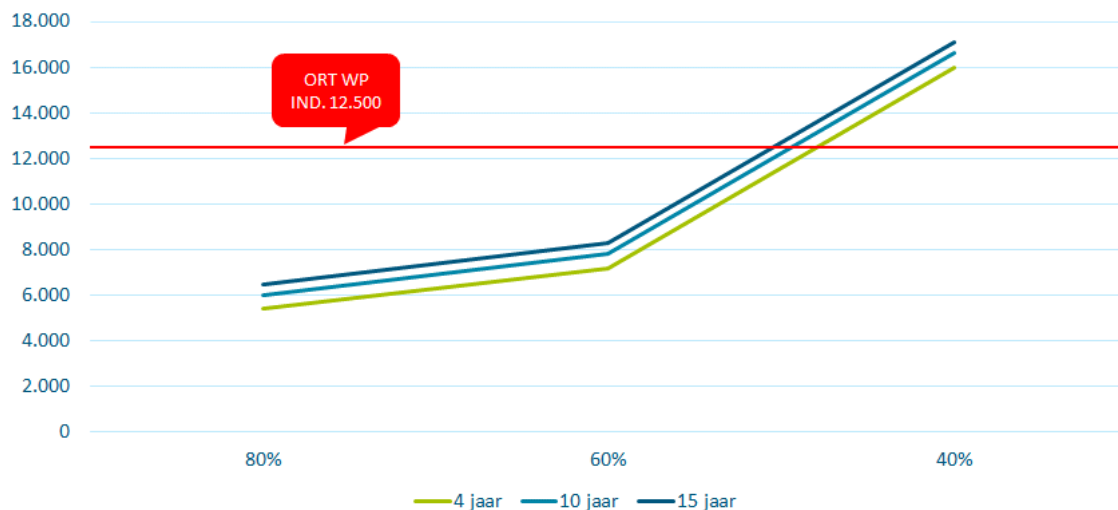


Figuur 6.5 Invloed van de voltoopsnelheid op de ORT van het Samenland en het Eiland scenario. Waarden gelden voor het bereiken van een voltoopgraad van 80%. Eiland inclusief warmtepompen zodat in omvang gelijk aan Samenland.

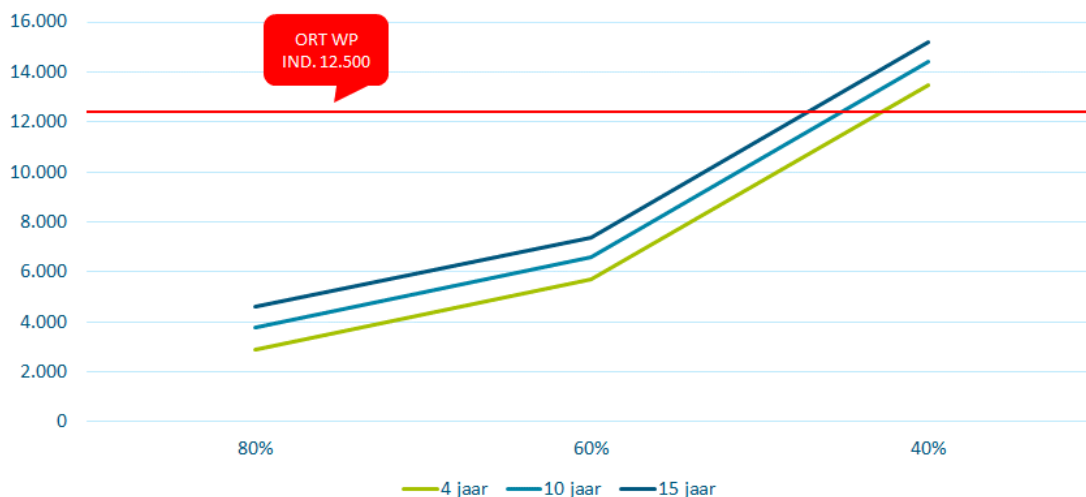
Bij Eiland verloopt de stijging van de ORT met afnemende volloopsnelheid iets trager vanwege het aandeel individuele warmtepompen die nodig zijn om Eiland even groot te maken in volume als Samenland. Bij variatie in de volloopsnelheid treedt geen kantelpunt op, een CWS is gevoeliger voor de volloopgraad dan voor de volloopsnelheid. Dit laat zich verklaren doordat een lagere volloopgraad structureel tot minder inkomsten per jaar leidt in de exploitatie, terwijl de volloopsnelheid alleen invloed heeft op het begin van de exploitatie.

Gevoeligheid combinatie van volloopgraad en volloopsnelheid van Samenland en Eiland

Omdat de volloopgraad en snelheid sterk bepalende parameters betreffen is de gevoeligheid onderzocht van de combinatie van zowel een afwijkende volloopgraad en volloopsnelheid afwijken ten opzichte van het uitgangspunt van 80% volloopgraad in 4 jaar. In Figuur 6.6 worden de resultaten voor Eiland gepresenteerd, Figuur 6.7 doet dit voor Samenland. Uit de figuren volgt dat met een absolute volloopgraad van 50% of meer de ORT van een collectief warmtesysteem lager ligt dan dat van de individuele warmtepomp, ook als de volloop van het distributienet trager verloopt. Dit geldt zowel voor Samenland als Eiland.



Figuur 6.6 *Invloed van variatie volloopgraad en volloopsnelheid op de ORT bij Eiland. Eiland inclusief warmtepompen zodat in omvang gelijk aan Samenland.*



Figuur 6.7 *Invloed van variatie volloopgraad en volloopsnelheid op de ORT bij Samenland.*

Verlenging in de levensduur (exploitatie termijn) van Samenland

Het effect van een 10 jaar langere exploitatietermijn van de regionale transportleiding (backbone) in Samenland is beperkt. Het transporttarief daalt van 4,10 €/GJ naar 3,70 €/GJ. Als gevolg daarvan daalt de onrendabele top van Samenland van € 2.900 naar € 2.800 per aansluiting.

Wijzigingen in de tarieven voor de afnemer zowel Samenland als Eiland

Het effect van een 10% verandering naar boven en naar beneden op de ACM maximumprijs van 21,54 €/GJ warmte kleinverbruik leidt tot een verandering van de ORT met € 400 per aansluiting bij Samenland. Dit komt overeen met een ORT-stijging of daling van ruim 13%. Bij het Eiland scenario is dit effect, met en zonder warmtepompen € 500.

Wijzigingen in de CAPEX voor de backbones (transportnet) Samenland

In de scenario's is gerekend met een investering (CAPEX) van € 4.000 per meter, een gangbare uitgangswaarde voor het grootschalig transport van warmte over grotere afstanden. Deze waarde is gevarieerd tussen de € 3.500 en € 7.000 per meter. Het ORT-effect op Samenland is beperkt aanwezig. Reden is dat de omvang van de investering in de backbone van € 1,4 miljard aanzienlijk kleiner is dan die in de investeringen in de warmtedistributienetten met € 5,5 miljard.

Wijzigingen in de discontovoeten op de transport- en distributienetten Samenland

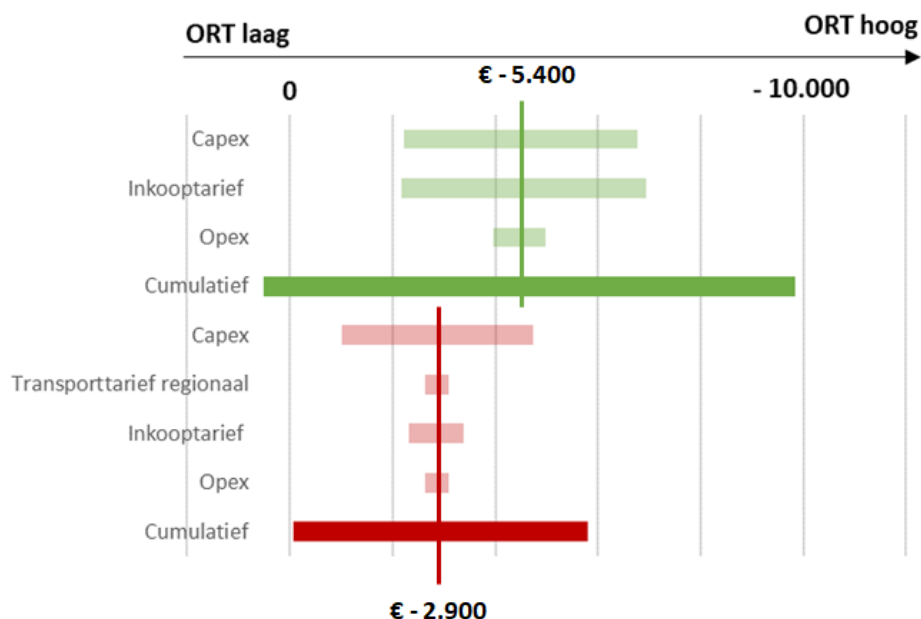
Uitgangspunt voor de discontovoet is een waarde van 6%, deze waarde volgt de jaarlijkse ACM analyse voor warmtepreisen. Afhankelijk van de wijze van financieren op de balans of via projectfinanciering, de marktsituatie en de risicobereidheid kan deze discontovoet voor publieke of private marktpartijen hoger of lager uitvallen. Gerekend is met een discontovoet variatie van 4% en 8% om de gevoeligheid hiervoor meer inzichtelijk te maken. De discontovoet heeft enige invloed op de ORT in het Samenland scenario van een vermindering met € 700 in NCW per gebouw bij 4% tot een vermeerdering van € 300 per gebouw bij 8%.

Tabel 6.7 zet alle doorgerekende gevoeligheden op de parameters op de ORT voor Eiland en Samenland op een rij. Bij het Eiland scenario wordt onderscheid gemaakt in met volume compensatie door de inzet van warmtepompen en zonder compensatie.

Tabel 6.7 Economische gevoeligheid scenario's in termen van onrendabele top in € per gebouw. Dit ten opzichte aardgas CV-systeem. Bij Eiland is onderscheid gemaakt in de variant zonder en met warmtepompen

Parameter	Eiland zonder warmtepompen	Eiland met warmtepompen	Samenland
Basiswaarde	- 3.900	- 5.400	- 2.900
CAPEX daling 20% (2030)	- 3.400	- 4.900	- 2.300
CAPEX daling 40% (2030)	- 2.800	- 4.300	- 1.600
Volloop regionaal transport 75% t.o.v. 100%			- 3.400
Volloop regionaal transport 50% t.o.v. 100%			- 4.800
Volloop transport en distributie en levering 67%			-6.300
Exploitatietermijn regionaal transport +10 jaar			- 2.800
GJ tarief afnemer +10% t.o.v. ACM 2020	- 3.400	- 4.900	- 2.500
GJ tarief afnemer -10% t.o.v. ACM 2020	- 4.400	- 5.900	- 3.300
CAPEX backbone 3.500 €/m t.o.v. 4.000 €/m			- 2.800
CAPEX backbone 7.000 €/m t.o.v. 4.000 €/m			- 3.200
Disconto 4% transport en distributie t.o.v. 6%			- 2.200
Disconto 8% transport en distributie t.o.v. 6%			- 3.100

Tot slot is een relatieve gevoeligheidsanalyse van de CAPEX, inkoop tarieven en OPEX uitgevoerd voor het Eiland en het Samenland scenario zoals Figuur 6.8 laat zien. Er is een bandbreedte voor ieder van deze drie kostencomponent doorgerekend van +30% en van -30%. Voor Eiland geven met name de inkoop tarieven voor warmte - de kosten voor de warmte uit de bronnen zelf, een hoge gevoeligheid weer. Vervolgens de CAPEX, waarin ook de ophoging van de warmtepompen zijn meegenomen. De OPEX geeft een minder sterke uitslag. Voor het Samenland scenario ligt dit beeld anders. Daar zijn het met name de CAPEX die een grote impact kunnen hebben op de ORT (NCW), gevolgd door de inkoop tarieven. Dit komt uiteraard, omdat er in het Samenland scenario reeds met lagere inkoop tarieven wordt gewerkt. De OPEX heeft relatief ook hier een minder sterke invloed.



Figuur 6.8 Gevoeligheidsrange onrendabele top van het totale Eiland en het Samenland scenario, respectievelijk € 5.400 en € 2.900 per gebouw. Betreft het verschil ten opzichte van aardgas per GEQ³². Bij het Eiland scenario vertoont met name het inkoop tarief de grootste impact op de business case. In het Samenland scenario de CAPEX. Er is gewerkt met een variatie per kostencomponent +/- 30%. Bron: Fakton en Royal HaskoningDHV WP3.

6.4 Resultaten analyse publieke waarden

In de analyse van de publieke waarden zoals beschreven in § 5.3 zijn de scenario's onderling met elkaar vergeleken en kwalitatief gescoord. Tabel 6.8 geeft het resultaat van deze score door het Consortium weer.

Tabel 6.8 Onderlinge vergelijking publieke waarden. +: gunstige score, -: ongunstige score.

Waarde	Eiland	Samenland	Kralenland
Betaalbaarheid	-	+	+ / -
Betrouwbaarheid	+	++	+
Duurzaamheid 2030	-	+ / -	-
Duurzaamheid 2050	+	+	+
Rechtvaardigheid	+ / -	+	+ / -

Betaalbaarheid

Het Samenland scenario wordt als het meest betaalbare scenario gezien vanwege een lagere ORT dan Eiland. De betaalbaarheid is gevoelig voor variaties in uitgangspunten, met name de volloopgraad en de volloopsnelheid, zoals de gevoeligheidsanalyse laat zien. Voor Kralenland hangt dit ervan af hoe zich dit in de tijd ontwikkelt.

³² Bij de economische berekening is de waarde voor 1 gebouw equivalent warmte (GEQ) gelijk aan 42 GJ per gebouw in het Samenland scenario. Een gebouw kan een woning zijn of een utiliteitsgebouw, bepalend is een zelfstandig aansluiting op een warmtevoorziening (aardgas of warmtenet).

Betrouwbaarheid

De technische betrouwbaarheid van levering is bij het Samenland scenario in beginsel het meest optimaal in te richten. Dit omdat meerdere bronnen, zowel lokaal als regionaal, worden ingezet die onderling flexibel met elkaar inzetbaar te maken zijn. Bij de andere twee scenario's is dit niet of duidelijk minder het geval. Dit neemt niet weg dat alle scenario's conform de Warmtewet aan een hoge mate van leveringszekerheid moeten voldoen: lokale back up capaciteit volgens het N-1 principe, waarbij het wegvallen van de grootste warmtebron kan worden opgevangen.

De langere termijn zekerheid van beschikbare bronnen is een tweede belangrijke aspect om te overwegen. Bij restwarmte speelt dit in grotere mate dan bij geothermie of andere duurzame warmtebronnen. Immers restwarmte is beschikbaar bij de gratie van de industrie. Veranderingen richting 2050 kunnen hier optreden. De aard, mate waarin en tempo zijn onzeker. De verwachting is dat de industrie in 2050 onderdeel uitmaakt van een circulaire economie en dat daarbinnen een biobased economy industrie cluster zal opereren. Ook wordt een groei van de waterstof economie verwacht. Restwarmte zal daarmee naar verwachting een belangrijk nevenproduct blijven. Dit maakt dat restwarmte richting 2050, gegeven de mate waarin het Samenland scenario dit nodig heeft, als een relatief zekere bron wordt aangemerkt.

Duurzaamheid

De meest bepalende factor voor de duurzaamheid van een scenario is de verhouding tussen duurzame bronnen en de inzet van aardgas. Op de kortere termijn richting 2030 blijft de inzet van aardgas onvermijdelijk. Richting 2050 zal de inzet van aardgas volledig worden afgebouwd. Dit maakt dat alle scenario's eenzelfde score hebben voor duurzaamheid in 2050. Gericht op 2030 scoort Samenland scenario beter dan de andere scenario's omdat minder aardgas nodig is, dit door de inzet van restwarmte en aftapwarmte met een lagere CO₂-uitstoot per GJ warmte. Ook doordat minder aardgas nodig is in het middenlastgebied vanwege de gecombineerde levering van geothermie en restwarmte waarmee uiteindelijk tot 80% van de warmtevraag wordt gedekt. Samenland verduurzaamt in de tijd sneller een grotere hoeveelheid warmtevraag.

Naast de verhouding tussen duurzame bronnen en aardgas is de mate waarin fossiele CO₂-emissies optreden bij duurzame bronnen ook een bepalende factor, zeker richting 2030. Zo is bij afvalverbranding de helft van de brandstof op dit moment van fossiele oorsprong. Richting 2050 zal dit aandeel naar nul gaan omdat naast energie ook de grondstoffen duurzaam zullen zijn. Zo is de elektriciteit die nodig is voor bronnen en warmtenetten nu nog voor een groot deel niet duurzaam. Richting 2030 en zeker in 2050 zal deze vorm van hulpenergie wel duurzaam zijn. En tot slot komt restwarmte nu vrij bij processen (industrie, elektriciteitscentrales) die zijn gebaseerd op fossiele brandstoffen en grondstoffen. Ook hier zal een transitie richting 2050 plaatsvinden waarbij afscheid wordt genomen van fossiel.

Rechtvaardigheid

Bij het beoordelen van deze publieke waarde is in het kader van dit onderzoek met name verdeling van de kosten voor warmte tussen de clusters en daarmee de problematiek hiervan voor gemeenten en eindgebruikers als uitgangspunt gebruikt. Samenland kent een systeemtechnische uitmiddeling die kostenverschillen verkleint. Daarnaast biedt proactieve regionale afstemming goede mogelijkheden voor kostenvereffening indien gewenst. Bij het Eiland scenario vindt geen systeemtechnische uitmiddeling plaats en is er ook geen afstemming op dit vlak, ieder warmtecluster ontwikkelt zich autonoom. Kralenland start met een individuele ontwikkeling van warmteclusters en samenwerking wordt pas regionaal gezocht wanneer het tekort of overschot aan warmtebronnen hiertoe noopt. Dit maakt kostenvereffening moeilijker in dit scenario. Het Samenland scenario heeft een betere score op rechtvaardigheid dan de andere twee scenario's omdat het de beste mogelijkheden voor kostenvereffening in zich bergt.

6.5 Reflectie op bestaande CWS, lopende projecten en initiatieven

In de verdiepende analyse is al geanalyseerd dat er reeds een bestaande CWS zijn die 7 PJ aan collectieve warmte leveren in Rotterdam en Den Haag. Voorts zijn voor meer dan 26 PJ aan lopende projecten en initiatieven geïdentificeerd in de glastuinbouw en/of gebouwde omgeving – zoals ook verder aangegeven in Bijlage A3. De totale omvang van bestaande CWS, lopende projecten en initiatieven samen komt uit op:

- Bestaande CWS: Regio Rotterdam en in Den Haag: 7 PJ;
- WarmtelinQ: Ontsluiten restwarmte Rotterdam gericht op Westland, Oostland, Den Haag e.o. en bovenregionaal Leiden. Dit in combinatie met geothermie. Backbone infrastructuur;
- WS Westland: GTB en GO met als basis geothermie 8,3 PJ aangevuld met havenwarmte via Leiding Maasdijk 3,4 PJ in 2030. Totaal 11,7 PJ;
- WS Oostland: GTB en GO met 5 PJ havenwarmte via Leiding over Oost en 3 tot 5 PJ geothermie / biowarmte. Totaal minimaal 8 PJ;
- Den Haag, Delft e.o. (Haaglanden) GO met tot 2,5 PJ havenwarmte via Leiding door het Midden en 4 PJ geothermie. Totaal 6,5 PJ.

De bestaande CWS en lopende projecten en initiatieven sluiten allen goed aan bij de resultaten van de verkenning in van de scenario analyse. Ze vertegenwoordigen de relevante warmtevraagclusters en geïdentificeerde warmtebronnen. Indien er geen verbinding tussen de systemen zou ontstaan, zouden de verschillende initiatieven als eiland een belangrijke bijdrage kunnen leveren in hun warmtecluster met uitzondering van WarmtelinQ. Het Samenland scenario suggereert dat als deze initiatieven in samenhang ontwikkelt zouden worden, ze een groter gebied kunnen bedienen tegen lagere kosten, waarbij meer relevante warmtevraag wordt ontsloten met name op die plekken waar wel relevante vraag bestaat maar minder omvangrijk aanbod. De in totaal aan ongeveer 26 PJ geïdentificeerde lopende projecten en initiatieven voor de verduurzaming hebben betrekking op zowel de glastuinbouw als de gebouwde omgeving. Deze projecten zouden een goede bijdrage kunnen leveren aan de in paragraaf 2.2 vanuit het Klimaatakkoord afgeleide doelen voor de gebouwde omgeving in de regio van 8,2 PJ extra verduurzaming of de lineair geïnterpoleerde totale hoeveelheid duurzame warmte van 16,7 PJ voor 2030; alsmede aan de in paragraaf 1.1 genoemde doelen in het Klimaatakkoord voor de glastuinbouw.

Los van de SDE++ subsidies hebben naar verwachting al deze projecten een onrendabele top ten opzichte van de huidige gasreferentie. Omdat de SDE++ subsidie zich uitsluitend op bronnen richt, is het mogelijk dat gezien vanuit de projecten dit de ontwikkeling van het Eiland scenario meer voor de hand liggend maakt dan het Samenland scenario. Als bepaalde projecten in het Samenland scenario als subonderdelen niet rendabel te maken zijn, zullen de projecten die wel doorontwikkeld kunnen worden naar verwachting zo optimaal mogelijk als autonome projecten worden uitgevoerd.

6.6 Reflectie vanuit gemeenteperspectief

De verkenning aan de hand van de Eiland, Samenland en Kralenland scenario's biedt inzicht in de mogelijke ontwikkelrichtingen van CWS die kunnen bijdragen aan het inrichten van een duurzame warmtevoorziening in de 23 gemeenten van de RES Rotterdam Den Haag. Onderstaand wordt op deze inzichten per gemeente ingegaan die naar verwacht bruikbaar zijn bij het overwegen van de rol die CWS kunnen spelen in de TVWs. Tot slot wordt ook kort ingegaan op de beperkingen van de scenario-analyse om misverstanden bij de interpretatie ervan zoveel mogelijk te voorkomen.

Tabel 6.9 geeft voor elke gemeente aan welk scenario op basis van dit onderzoek dicht bij hun relevante warmtevraag- en aanbodsituatie staat of wat voor ontwikkeling eruit naar voren lijkt te kunnen komen. Alle gemeenten die onder de kolom Samenland, Kralenland met 'X' zijn aangemerkt vormen in de scenario-analyse een integraal onderdeel van Samenland en kunnen derhalve ook een onderdeel van Kralenland zijn. De gemeenten die als 'X' zijn aangemerkt onder Eiland hebben alle voldoende lokale grootschaligere

warmtebronnen en relevant warmtevraag om te overwegen binnen de eigen gemeentegrens lokaal een autonoom grootschalig CWS te ontwikkelen. Een aantal van deze gemeenten zouden kunnen onderzoeken of ze gebaat zijn bij een mee-koppel-mogelijkheid indien zich een Samenland of Kralenland scenario ontwikkelt in hun nabije omgeving. Deze gemeenten zijn dan met '(X)' aangemerkt onder de kolom Samenland, Kralenland. De gemeenten die onder de kolom Lokaal een 'X' hebben, zullen naar verwachting geen grootschaligere CWS ontwikkelen binnen hun gemeentegrenzen, mogelijk met uitzondering van de gemeenten die mee-koppel-mogelijkheden krijgen onder Samenland, Kralenland. Alle gemeenten die met 'X' zijn aangemerkt onder GTB hebben alle belangrijke combinatiemogelijkheden met de warmtevraag in de glastuinbouw. Alle gemeenten die met 'X' zijn aangemerkt onder geothermie, hebben naar verwachting goede mogelijkheden om grootschaligere geothermie binnen hun gemeentegrenzen te ontwikkelen.

Met de scenario's wordt ook niet iedere gemeente of elk gebied in de gemeenten afgedekt door een warmtecluster. Dit komt doordat de warmtevraag per hectare er lager is dan 1 TJ of de omvang in het gebied tezamen niet groter is dan 200 TJ. Ook kan het zijn dat er lokaal geen bronnen beschikbaar zijn die zich lenen voor een grootschaligere CWS. Naar verwachting liggen hier betere mogelijkheden voor kleinschaligere oplossingen als bijvoorbeeld aquathermie, zonthermie, lage temperatuur aardwarmte of individuele oplossingen als warmtepompen, groen gas of waterstof. In feite zijn overal waar geen warmteclusters zijn geduid op de kaartjes dergelijke oplossingen van toepassing voor het verduurzamen van de warmtetransitie.³³ De gemeente Wassenaar is hier een voorbeeld van.

Zowel Den Haag en Delft verdienen in bovenstaande Tabel 6.9 door de voor dit onderzoek gemaakte keuzes in de ontwikkeling van de scenario's ook een toelichting. Den Haag en Delft kunnen op basis van de omvang van de relevante vraag en het aanwezige geothermiepotentieel naar verwachting ook zeker zelfstandige CWS ontwikkelen zoals in een Eiland scenario. Op basis van de in deze verkenning gebaseerde aannames zouden ze echter niet als Eiland worden aangemerkt, omdat het aanwezig geachte potentieel niet voor meer dan 50% van de relevante warmtevraag in kan vullen. Derhalve zijn ze met (X) in de kolom Eiland van Tabel 6.9 aangemerkt.

Rotterdam en omgeving kent op zichzelf een zeer grote relevante warmtevraag. De warmteclusters daar hebben samen een grote omvang en deze gemeente heeft ook de meest omvangrijke en goedkoopste warmtebron ter beschikking binnen haar gemeentegrenzen met de restwarmte en aftapwarmte in het HIC. Het kan uiteraard een zelfvoorzienend Eiland vormen met relatief lage kosten zoals Figuur 6.1 aangeeft. Het kan door het grote, relatief goedkope warmte-aanbod ook de motor vormen van een Samenland of Kralenland scenario.

Het kan ook voorkomen dat de warmtevraag te beperkt van omvang is om in zichzelf een trigger te zijn voor de vorming van een grootschalig CWS. Wel kan zo'n gebied meeliften op de ontwikkeling van CWS die vanuit de nabije omgeving geïnitieerd wordt. De gemeente Barendrecht, Albrandswaard, Nissewaard, Lansingerland en Ridderkerk zijn hier voorbeelden van. Soms is een gebied te decentraal gelegen, te fysiek gescheiden (waterwegen) of te klein van omvang waardoor aanhaken bij een regionale CWS weinig kansrijk is. Voorbeelden zijn de gemeente Krimpen aan den IJssel en Maassluis. De scenario's geven een indicatie, maar sluiten niet uit dat niet gemarkeerde gebieden alsnog een onderdeel kunnen worden van een regionale CWS.

³³ Maar ook binnen de geïdentificeerde warmteclusters is dat het geval, omdat er rekening is gehouden met een dekking van de relevante warmtevraag van 80% in de warmteclusters voor CWS. Voor de overige 20% zijn de kleinschaligere en individuele mogelijkheden ook van toepassing voor de verduurzaming van de warmtevoorziening.

Tabel 6.9 Gemeenten in de regio Rotterdam Den Haag geplaatst in hun context van geïdentificeerd relevante vraag en -aanbod en de verkenning met scenario's.

Gemeente	Samenland / Kralenland	Eiland	Lokaal	GTB	Geothermie
Albrandswaard	(X)		X		
Barendrecht	(X)	X		X	
Brielle		X		X	X
Capelle aan den IJssel	X	X			X
Delft	X	(X)			X
Den Haag	X	(X)		X	X
Hellevoetsluis		X			X
Krimpen aan den IJssel		X			
Lansingerland	(X)		X	X	
Leidschendam-Voorburg	X	X		X	X
Maassluis			X		
Midden-Delfland	X			X	X
Nissewaard	(X)	X			X
Pijnacker-Nootdorp	X	X		X	X
Ridderkerk	(X)		X	X	
Rijswijk	X	X			X
Rotterdam	X	X		X	X
Schiedam	X	X			
Vlaardingen	X	X			
Wassenaar			X		
Westland	X	X		X	X
Westvoorne			X	X	X
Zoetermeer	X				
Totaal	17	13	6	11	13

Toelichting bij Tabel 6.9;

Samenland/Kralenland Geschikt voor aansluiting Samenland scenario, maar ook Kralenland.

Eiland Beschikt over voldoende grootschalige bronnen voor vorming groot eigenstandig warmtecluster.

Lokaal Warmtetransitie krijgt vorm binnen gemeentegrenzen, geen regionale component. Warmtetransitie bestaat uit een combinatie van individuele opties en lokale CWS.

Glastuinbouw (GTB) Glastuinbouw aanwezig in gemeente, belangrijke mee-koppelkans voor warmtetransitie gebouwde omgeving.

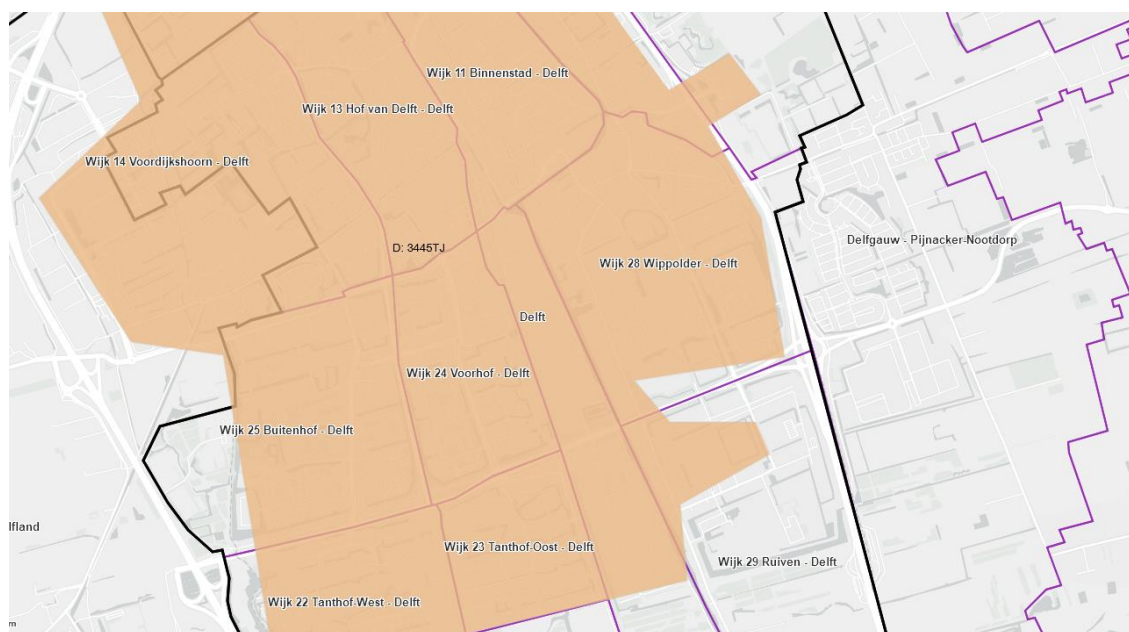
Geothermie Potentieel aanwezig voor lokale ontwikkeling grootschalige bronnen.

Restwarmte Voor grootschalige toepassing alleen aanwezig in HIC Rotterdam.

(X) Geen onderdeel van een scenario, kan wellicht meeliften met buurgemeenten.

De ruimtelijke analyse leert dat Voorne-Putten een bijzondere positie inneemt. Het is niet waarschijnlijk dat deze subregio onderdeel gaat uitmaken van een regionaal CWS. Wel beschikt Voorne-Putten over een geothermie potentieel waarmee zich op subregio-niveau een CWS laat ontwikkelen.

Gemeenten kunnen met de webviewer op de site van het rapport zien welke buurten passen bij de geïdentificeerde warmteclusters met relevante warmtevraag voor CWS. Op deze manier kan met de beschikking van de database van de warmte-informatie per buurt worden nagegaan welke warmtevraag met CWS zou kunnen worden ingevuld, zie Figuur 6.9.



Figuur 6.9 *Overzicht van warmtecluster D in scenario Samenland. Zichtbaar is Delft met in zwart de gemeentegrenzen en in paars de buurtgrenzen. Het gekleurde deel is onderdeel van scenario Samenland.*

Literatuurlijst

Een overzicht wordt gegeven van de literatuur die is gebruikt bij de uitvoering van het onderzoek. Waar mogelijk is verwezen naar de website.

Warmtetransitie

- Concept RES Rotterdam Den Haag
<https://www.resrotterdamdenhaag.nl/proces/documenten/>
- Klimaatakkoord 2019
<https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>
- Wet collectieve warmtevoorziening, concept Warmtewet 2.0 – EZK
<https://www.internetconsultatie.nl/warmtewet2>
- Analysekaarten NP RES – Nationaal Programma RES (Regionale Energie Strategieën)
www.regionale-energiestrategie.nl
- NP RES Invulformulieren
[NP RES Invulformulieren - Regionale Energiestrategie \(regionale-energiestrategie.nl\)](http://NP%20RES%20Invulformulieren%20-%20Regionale%20Energiestrategie%20(regionale-energiestrategie.nl))
- Warmtetransitieatlas – Provincie Zuid-Holland
<https://pzh.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=4c8e61a776eb4a6e8aaec99653d22b62>
- Basisdocument over energie-infrastructuur opgesteld voor de Regionale Energie Strategieën door Netbeheer Nederland
<https://www.regionale-energiestrategie.nl/bibliotheek/b+systeemefficiëntie/1570535.aspx>
- Startanalyse aardgasvrije buurten 2020, Vesta MAIS– Planbureau voor de Leefomgeving
<https://www.pbl.nl/publicaties/startanalyse-aardgasvrije-buurten-2020>
- Handreiking voor lokale analyse warmtetransitie – Expertisecentrum Warmte
<https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/de+leidraad/handreiking+voor+lokale+analyse/default.aspx>
- Nulmeting Greenport West-Holland: Energieverbruik, duurzame opwek en CO₂ – CE Delft
<https://www.ce.nl/publicaties/2349/nulmeting-greenport-west-holland-energieverbruik-duurzame-opwek-en-co2>
- Duurzame Greenport Westland Oostland – Wageningen University & Research
<https://www.wur.nl/nl/show/Verduurzaming-glastuinbouw-met-wereldwijde-impact.htm>
- Vraag en Aanbod Warmteronde 2017 - CE Delft
<https://staatvan.zuid-holland.nl/wp-content/uploads/CE-Delft-2017-eindrapport-Warmtevraag-en-aanbod-inZuid-Holland.pdf>
- Toekomstscenario's Zuid-Hollandse energievoorziening in beeld - CE Delft
<https://www.zuid-holland.nl/actueel/nieuws/februari-2021/toekomstscenario-zuid-hollandse-energievoorziening/>

Warmtevraag gebouwde omgeving en glastuinbouw

- Klimaatmonitor – Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
www.klimaatmonitor.databank.nl
- Woonbarometer Zuid-Holland – provincie Zuid-Holland
<https://staatvan.zuid-holland.nl/woonbarometer/>
- Energiemonitor glastuinbouw 2018 – WUR
<https://research.wur.nl/en/publications/energiemonitor-van-de-nederlandse-glastuinbouw-2018>

Warmteaanbod

- Warmtebronnenregister – RVO Warmte Atlas
<https://rvo.b3p.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2>
- Warmtetransitieatlas – Provincie Zuid-Holland
<https://pzh.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=4c8e61a776eb4a6e8aaec99653d22b62>
- Eindadvies basisbedragen SDE++ 2020 – PBL
<https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-2020>
- Potentieel geothermie in Zuid-Holland, 2016 - IF Technology
<https://www.zuid-holland.nl/onderwerpen/energie/productie-duurzame/>
- ThermoGIS – TNO
<https://www.thermogis.nl/>
- Nationaal potentieel van aquathermie, 2018 - Deltares, CE Delft
https://www.deltares.nl/app/uploads/2018/11/Nationaal_potentieel_van_aquathermie_Def.pdf
- Aquathermieviewer – STOWA
<https://stowa.geoapps.nl/Overzichtskaart#e5e9ea2b-d5bf-e811-a2c0-00155d010457>
- Bio-Scope; Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa - CE Delft
<https://www.ce.nl/publicaties/2454/bio-scope-toepassingen-en-beschikbaarheid-van-duurzame-biomassa>
- Aquathermie - IF Technology
<https://iftechnology.nl/thema/development/aquathermie/>
- Potentieel geothermie Zuid-Holland – IF Technology (2016)
<https://www.zuid-holland.nl/onderwerpen/energie/productie-duurzame/energie-bodem/>
- Geothermie WARM – EBN (2020)
<https://www.ebn.nl/energietransitie/new-energy/aardwarmte/warm/>
- Visie op aardwarmte – Geothermie Alliantie Zuid-Holland (2018)
<file:///C:/Users/NL52653/AppData/Local/Temp/visieaardwarmtezuid-holland.pdf>

- Masterplan Aardwarmte in Nederland – DAGO, Platform Geothermie, SWN en EBN
<https://geothermie.nl/index.php/nl/downloads1/algemene-publicaties/316-masterplan-aardwarmte-mei-2018>
- Biomassa in Balans – SER
<https://www.ser.nl/nl/Publicaties/advies-biomassa-in-balans>
- Restwarmtestudie VNPI; Raffinaderijen kunnen tot 17,5 PJ warmte leveren – VNPI
<https://vnpi.nl/wp-content/uploads/2017/06/presentatie-restwarmte.pdf>

Infrastructuur en projecten

- Stysteemstudie Energie Infrastructuur Zuid-Holland – Stedin
<https://www.stedin.net/over-stedin/duurzaamheid-en-innovaties/systeemstudie-zuid-holland>
- Warmtenetten - Provincie Zuid-Holland
<https://www.zuid-holland.nl/onderwerpen/energie/productie-duurzame/warmte-warmterotonde/>
- Informatie over Provincie Zuid-Holland – CBS
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/zoeken?searchKeywords=zuid-holland>
- Bestaande en toekomstige geothermieprojecten – Geothermie Nederland
<https://geothermie.nl/index.php/nl/geothermie-aardwarmte/geothermie-in-nederland/projectoverzicht>
- Geothermie overzicht - Nederlands Olie- en gasportaal
<https://www.nlog.nl/geothermie-overzicht>

Rapportage Gradyent

- Power point rapportage;
- Viewer met ontwikkeling backbone infrastructuur in de tijd voor Samenland scenario;
- Excel werkbladen Supply demand matching.

Rapportage Fakton

- Power point rapportage, inclusief aanvullende gevoeligheidsanalyse;
- Excel werkbladen ORT Samenland Eiland.

Rapportage RHDHV

- SETuP analyse warmtevraag en GIS plotting van Samenland en Eiland scenario. Zie GIS viewer met warmtevraag en aanbod data, zo ook met Eiland en Samenland scenario
<http://rhk.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=57dbbd95437e461aa9ace0be2f3cb67e>

Opdrachtgevers

- EBN <https://www.ebn.nl/>
- Invest-NL <https://www.invest-nl.nl/?lang=nl>
- RES Rotterdam Den Haag <https://www.resrotterdamdenhaag.nl/>

A1 Kengetallen warmtebronnen

Tabel A1.1 presenteert een overzicht van de kengetallen van warmtebronnen. De kengetallen zijn afgeleid uit het Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2020 (bron PBL).

Tabel A1.1 Overzicht kengetallen warmtebronnen.

Categorie	Ref.	Vermogen	Vollast	E-verbruik	CAPEX	OPEX Vast	OPEX Flex	OPEX Tot	CAPEX Tot	W tot	COP
		MW _{th} out	Uren	MWh/jaar	€/kW _{th}	€/kW _{th}	€/kWh	€/jaar	€	TJ/jaar	W/E
Aquathermie TEO	4.6	0,88	3.500	994	2.401	113	0,0019	105.292	2.112.880	11,09	3,10
Aquathermie TEA	4.7	1,00	6.000	1.935	2.369	170	0,0019	181.400	2.369.000	21,60	3,10
ZonTh tot 1 MW	5.6	0,14	600	0	525	2	0	266	73.500	0,30	
ZonTh > 1 MW	5.7	5,00	600	0	420	4	0,0019	25.700	2.100.000	10,80	
GeoTh ondiep	7.3	3,80	3.500	4.258	1.259	125	0,0019	500.270	4.784.200	47,88	3,12
GeoTh ondiep	7.4	3,80	6.000	7.299	1.259	192	0,0019	772.920	4.784.200	82,08	3,12
GeotTh diep < 20	7.5	12,00	6.000	3.125	1.360	91	0,0019	1.228.800	16.320.000	259,20	23,04
GeoTh diep > 20	7.5	24,00	6.000	8.395	860	128	0,0019	3.345.600	20.640.000	518,40	17,15
GeotTh diep	7.6	13,00	3.500	3.277	1.523	105	0,0019	1.451.450	19.799.000	163,80	13,88
BioW hout < 5	8.5	0,95	3.000	0	400	24	0,0033	32.205	380.000	10,26	
BioW hout > 5	8.6	10,00	7.000	0	655	46	0,0038	726.000	6.550.000	252,00	
BioW bio-olie	8.8	10,00	7.000	0	65	21	0	210.000	650.000	252,00	
BioW pellets St.	8.9	20,00	8.500	0	605	46	0,0036	1.532.000	12.100.000	612,00	
BioW pellets W	8.10	15,00	6.000	0	560	30	0,003	720.000	8.400.000	324,00	
Vergisten W	9.2.3	4,70	7.000	0	879	44	0	206.800	4.131.300	118,44	
Vergisten mest W	9.3.6	4,60	7.000	0	2.478	121	0	556.600	11.398.800	115,92	
Slibgisting W	9.4.3	1,60	7.000	0	6.049	-493	0	-788.800	9.678.400	40,32	
Daglichtkas 1 ha	10.1	0,50	3.850	423	1.880	79	0,0019	42.958	940.000	6,93	4,55
E-boiler W	11.4	19,80	2.000	40.000	115	49	0,037	2.435.400	2.277.000	142,56	0,99
WP restW Gesloten	12.2	2,00	8.000	4.568	1.140	26	0,015	292.000	2.280.000	57,60	3,50
WP restW Open	12.4	5,00	8.000	5.712	1.602	18	0,008	410.000	8.010.000	144,00	7,00
RestW zonder WP	14.2	10,00	6.000	1.080	1.411	29	0,0019	404.000	14.110.000	216,00	55,56
RestW met WP	14.3	14,76	6.000	28.693	1.004	36	0,0017	681.912	14.819.040	318,82	3,09

A2 Warmtepotentieel HIC Rotterdam

Het warmtepotentieel van het haven- en industriecomplex Rotterdam wordt gepresenteerd. Betreft combinatie van aftapwarmte, restwarmte en geothermie zoals naar verwachting beschikbaar in HIC Rotterdam. Het gaat hierbij om warmte die via de backbones geleverd gaat worden aan warmteclusters in de regio.

Havenbedrijf Rotterdam heeft een indicatie afgegeven voor het totaal aan uit te koppelen warmte (restwarmte, aftapwarmte en geothermie) vanuit HIC Rotterdam ten behoeve van CWS. In 2018 gaat het om 5 PJ, dit kan stijgen naar 30 PJ in 2030 en 40 PJ in 2050. Het gaat om warmte geleverd op een temperatuur van 90 tot 120°C met een retour van 50 tot 70°C. Het warmtepotentieel is door HbR niet nader uitgesplitst.

De WP3-analyse is gebaseerd op de analyse van 18 bedrijven in HIC Rotterdam met een energievolume van 0,1 PJ of meer en/of een CO₂-emissie groter dan 10 kton per jaar. Deze analyse geeft voor 2030 het volgende beeld over de groeimogelijkheden:

- Warmte raffinaderijen 1,2 PJ;
- AVR Rozenburg 4,6 PJ, waarvan 2,3 PJ biogeen;
- Koelwater gas E-centrales 6,0 PJ;
- Rookgassen 8,1 PJ bij uitkoeling tot 80°C;
- Geothermie Maasvlakte 1,5 PJ;

Totale mogelijk geachte groei warmtelevering vanuit HIC Rotterdam 21,4 PJ tussen 2020 en 2030.

Bij een verdere doorgroei in de periode 2030 tot 2050 bestaat de groei na 2030 uit:

- Rookgassen 7,6 PJ bij uitkoeling tot 45°C, inclusief rookgascondensatie;
- Warmte industrie 4,2 PJ;
- Koelwater en luchtcondensors 6,0 PJ;
- Waterstof hydrolyse 11,8 PJ op 70°C;

Totale mogelijk geachte groei warmtelevering vanuit HIC Rotterdam 29,6 PJ tussen 2030 en 2050. Met de tijd zal deze warmte fossiel vrij moeten worden.

A3 Overzicht van regionale CWS-projecten en initiatieven

Ten behoeve van het project RES RDH 1.0 in opdracht van EBN & Invest-NL is een overzicht opgesteld van de reeds gerealiseerde en lopende projecten en initiatieven in de regio RDH.

A3.1 Warmte Systeem Westland (WSW)

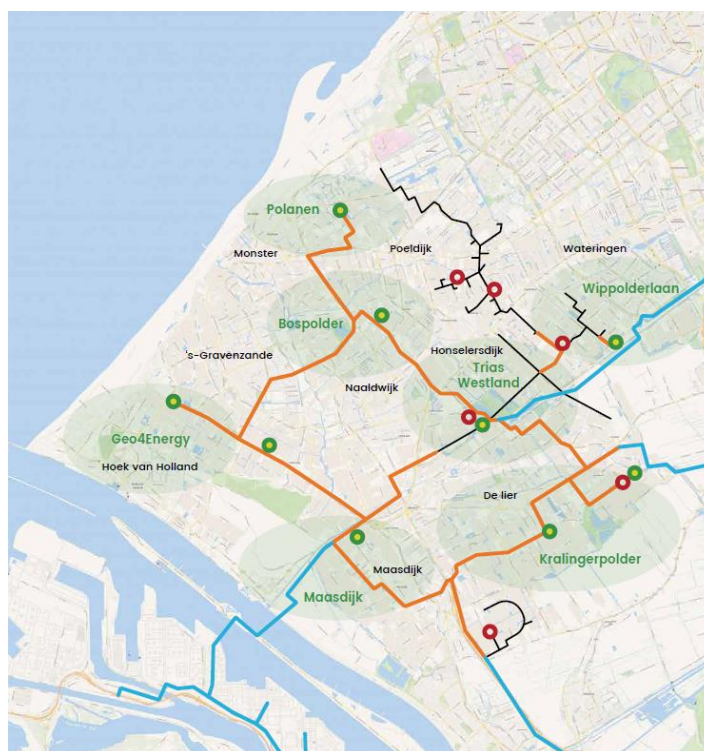
Beschrijving

Telers van LTO Glaskracht Westland hebben een verkenning uitgevoerd naar de haalbaarheid van een Warmtesysteem Westland (WSW). Hierbij worden lokale warmtebronnen aan elkaar geknoopt door een open en onafhankelijk beheerd warmtenetwerk. Met dit collectieve systeem kan de Westlandse glastuinbouw ruim 650 miljoen m³ aardgas per jaar besparen. Dat is vergelijkbaar met het jaarlijkse gasverbruik van een grote Nederlandse stad. Daarmee brengen de telers de CO₂-uitstoot aanzienlijk terug. Naast lokale warmte is havenwarmte nodig om kassen en gebouwen in Westland en Midden-Delfland van warmte te voorzien.

Hoe komen we daar?

Versnellingsplan
geothermie
en stapsgewijze
vorming WSW

-  Havenwarmte
-  Nieuw netwerk
-  Nieuwe geothermie bron
-  Warmte coöperatie
-  Bestaand netwerk
-  Bestaande geothermie bron



Huidige status

De haalbaarheidsstudie is afgerond. Op dit moment (oktober 2020) beschikken een vijftal warmtecoöperaties in de regio over een geothermiebron en warmte-infrastructuur rondom die bron. In de komende vier jaar zullen nog drie tot vijf geothermiebronnen worden gerealiseerd in Westland. De ontwikkeling van geothermie als alternatief voor gas heeft prioriteit en wordt voor de glastuinbouw beschouwd als een belangrijke manier om af te komen van fossiele bronnen, waaronder het Groningse gas. De totale piekvrage voor warmte in het Westland is voor 2023 berekend op 1.000 MW. De totale afname van Rotterdamse restwarmte door Westlandse energiecoöperaties bedraagt minimaal 100 MW ('100 MW project').

Planning en mijlpalen

De vraag is inmiddels hoe Warmte Systeem Westland (WSW) kan worden aangesloten op de warmteleiding. Een voorwaarde is wel dat de prijs van de restwarmte acceptabel is voor de glastuinbouw.

Om dat te garanderen zal instrumentarium moeten worden ontwikkeld. Het verzoek is gedaan om over het instrumentarium in april 2020 duidelijkheid te hebben.

Rol van de verschillende partijen

Dit traject is ondersteund door specialisten van Energie Transitie Partners (ETP), Warmtebedrijf Westland (WBW), gemeente Westland en de joint venture van Havenbedrijf Rotterdam en Gasunie (JV). WSW is een combinatie van:

- Geothermiebronnen;
- Biomassa ketels;
- Warmte Kracht Koppelingen (WKK);
- Distributienetten glastuinbouw (GTB);
- Distributienetten gebouwde omgeving in Midden-Delfland en Westland;
- Aansluiting op Zuid-Hollands warmtenet.

Warmtebronnen, verhouding lokale bronnen en externe bronnen (restwarmte via warmtenet)

De verkenning toont drie scenario's voor WSW. In het midden-scenario bespaart WSW jaarlijks 650 miljoen m³ aardgas. Hiermee vermijdt Westland 1,2 Mton CO₂-uitstoot. Uit een recente analyse van Wageningen Economic Research (1 november 2018, rapportnr. 2018-111) komt naar voren dat de jaarlijkse warmtevraag van de Westlandse glastuinbouw het komende decennium zou kunnen dalen van 20 PJ naar 15 PJ. Dat komt door teeltverschuiving en energiebesparende maatregelen.

- Externe bronnen 80%;
- Lokale bronnen 20%.

Welke warmtemix wordt ingezet nu en op de lange termijn?

- Geothermie kan via WSW 8 PJ in basislast leveren;
- Havenwarmte kan 4 PJ warmte leveren, mits de dimensionering van het warmtenet voldoende is;
- Voor de pieklevering van 3 PJ hebben de telers zelf lokale oplossingen.

Aandeel van iedere bron in de warmtemix

- Geothermie 53%;
- Havenwarmte 27%;
- Lokale oplossingen 20%.

Omvang investering

De investering in leidingen en aansluitingen van WSW wordt geraamd op 540 miljoen € (exclusief gebouwde omgeving). Als de hoofdmoot van de Westlandse glastuinbouwondernemers wordt aangesloten op WSW zijn de investeringskosten zodanig hoog, dat deze niet volledig in tarieven kunnen worden verwerkt. Er blijft een onrendabele top die op verschillende manieren overbrugd kan worden. Via transporttarieven kan ca. 80% van deze investering door afnemers opgebracht worden. Westland zet zich in om deze onrendabele top af te laten dekken.

De telers vinden dat het transport van warmte centraal en professioneel georganiseerd moet worden, zodat iedereen op het netwerk kan leveren of afnemen. De investering kan volgens glastuinbouwondernemers het beste gedaan worden door één gespecialiseerd distributiebedrijf voor het hele Westland. De

ondernemers willen vanwege het grote belang voor hun bedrijven inzicht en invloed in dit distributiebedrijf, mede omdat distributie en tarifiering voor warmte niet wettelijk gereguleerd zijn.

Voor de aansluiting van WSW op een provinciaal warmtenet zijn vier mogelijkheden: een leiding onder de Nieuwe Waterweg, een leiding langs de A20, of een aftakking (twee opties) van een nog aan te leggen warmteleiding van Rotterdam naar Den Haag langs de A4.

Resultaat van het onderzoek

Het haalbaarheidsonderzoek naar WSW, dat het afgelopen halfjaar door LTO Glaskracht Nederland is uitgevoerd, resulteert in een aantal opties en adviezen op het gebied van techniek, financiën en organisatie. De Westlandse telers zien één gebied dekkend warmtesysteem voor geothermie, bio-energie, WKK's en havenwarmte voor zich. In Westland zijn al vele bedrijvencusters die een geothermiebron hebben of ontwikkelen en er zijn meer potentiële bronnen in het gebied aanwezig. Door het aantal bronnen fors uit te breiden en aan elkaar te knopen, wordt de leveringszekerheid van warmte groter en kan de warmte beter benut worden. Om het systeem robuust te maken heeft WSW ook havenwarmte nodig. Daarnaast is de levering van voldoende externe CO₂ voor de glastuinbouw een noodzakelijke voorwaarde om WSW te laten slagen.

Referenties en contactpersoon

Evelien Brederode

https://www.etp-westland.nl/inhoud/uploads/2019/04/WarmteSysteem-Westland_Evelien-Brederode.pdf

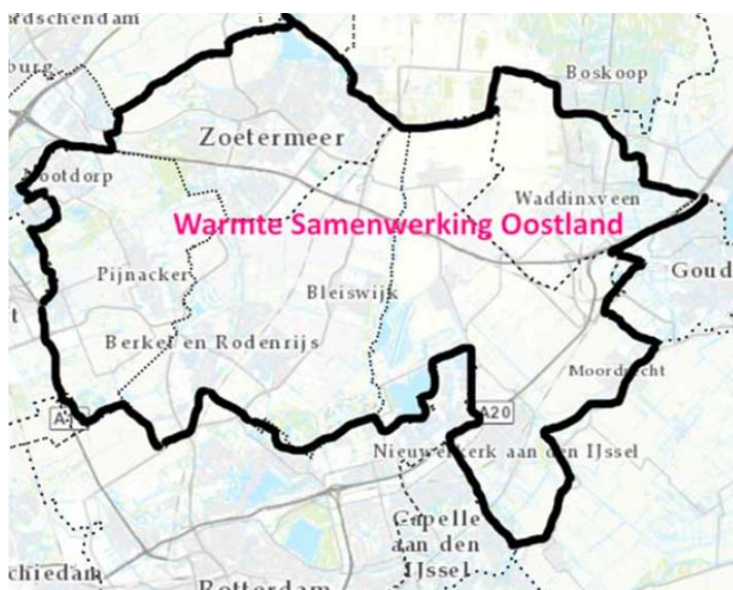
<https://www.capturam.nl/projecten/haalbaarheidsonderzoek-warmtesysteem-westland>

<https://www.capturam.nl/application/files/1315/4115/1308/warmtesysteem-westland-samenvatting.pdf>

A3.2 Warmte Samenwerking Oostland (WSO)

Beschrijving

Restwarmte uit Rotterdamse haven voor woningbouw en glastuinbouw. WSO, is een samenwerkingsverband van de gemeenten Pijnacker-Nootdorp, Lansingerland, Zuidplas, Waddinxveen, Zoetermeer en Glastuinbouw Nederland. Het doel van WSO is om de glastuinbouw en de gebouwde omgeving in Oostland versneld van het aardgas te krijgen doormiddel van lokale duurzame bronnen aangevuld met restwarmte uit de Rotterdamse haven. De verkenning is afgerond; juni 2019 is de 'Verkenning duurzame warmte Oostland' opgeleverd.



Betrokken partijen

- Gemeente Pijnacker-Nootdorp;
- Gemeente Lansingerland;
- Gemeente Zuidplas;
- Gemeente Waddinxveen;
- Gemeente Zoetermeer;
- Glastuinbouw Nederland.

Warmtebronnen, verhouding lokale bronnen en externe bronnen (restwarmte via warmtenet)

Lokale duurzame warmte:

- Geothermie en biomassa: 20 tot 35% van de warmtevraag;
- Restwarmte: circa 70% uit de Rotterdamse haven.

Huidige levering AVR:

- Rotterdam-Noord: 3,5 PJ;
- Rotterdam-Zuid: 1,5 PJ;
- Stoom voor industrie 1 PJ.

Aanvullend:

- Den Haag 2 tot 2,5 PJ (naast 4 PJ geothermie);
- Westland circa 4 PJ (naast 8 PJ geothermie);
- Rotterdam meer warmtevraag;
- Oostland circa 5 PJ (naast 3 tot 5 PJ geothermie en biomassa);
- Tinte Vierpolders, Dordrecht, Barendrecht, Gouda?

Totaal doorgroeïend naar ca 20 PJ (excl. RocaCentrale).

Welke warmtemix wordt ingezet nu en op de lange termijn?

- Geothermie: 5 bronnen 59 MW_{th}; (60 tot 70°C);
- Geothermie potentieel: ruwweg 12 doubletten of circa 180 MW_{th} (Pijnacker-Nootdorp, FES/Kleinhoogt, Lansingerland) (50 tot 70°C; grote spreiding in vermogen en temperatuur);
- Biomassa bestaand: 2 ketels (24 MW_{th});
- Biomassa potentieel: Aanvragen voor 5 ketels (69 MW_{th});

Aandeel van iedere bron in de warmtemix

- 20 tot 35% van de warmtevraag;
- Geothermie: 63% (toekomst: 72%);
- Biomassa: 37% (toekomst: 18%);

Referenties en contactpersoon

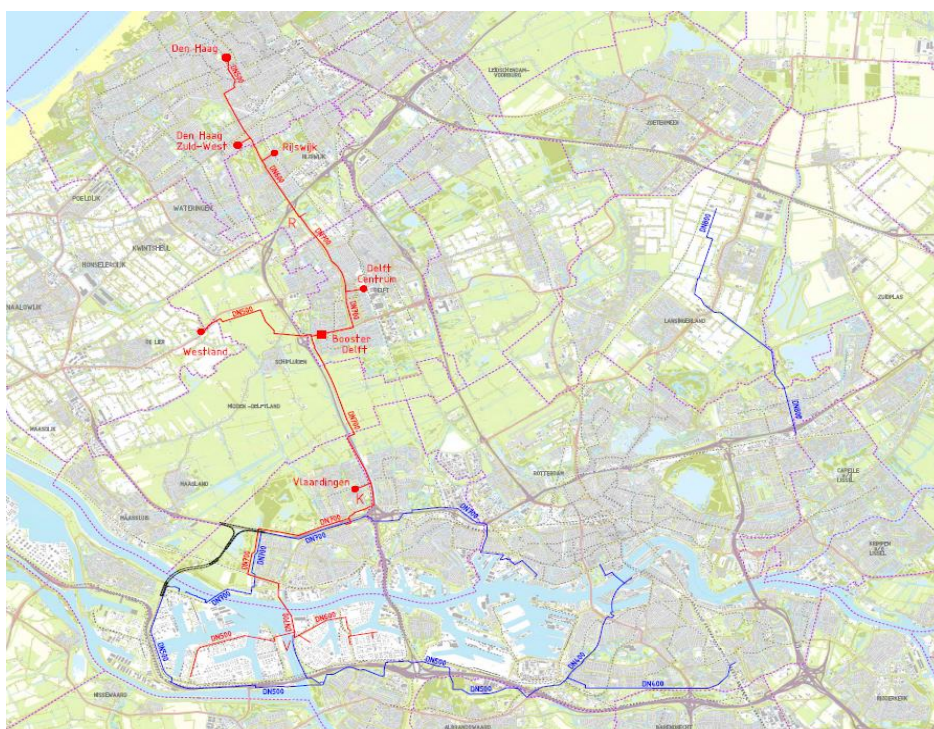
Stijn Schlatmann

- <https://www.ouderglas.nl/warmte-samenwerking-oostland-wil-geld/>
- <https://www.agro-energy.nl/kennis/artikel/2018/12/04/duurzame-warmte-voor-oostland/>

A3.3 Gasunie WarmtelinQ

Beschrijving

WarmtelinQ is een grotendeels ondergrondse hoofdtransportleiding voor warmte. Met die warmte kunnen woningen en bedrijven verwarmd worden. Gasunie en Havenbedrijf Rotterdam werken samen aan WarmtelinQ in het havengebied. De warmtetransportleiding loopt van de Rotterdamse haven via Vlaardingen naar Den Haag en heeft bij Delft een aftakking naar het Westland. Daar kan de warmte in de kassen gebruikt worden. Het ontwerp voor het eerste deel van WarmtelinQ is nu in volle gang. Dat is WarmtelinQ traject Vlaardingen – Den Haag (ook bekend als Leiding door het Midden, circa 23 km). Er wordt ook gewerkt aan 4 andere tracés: van de Rotterdamse haven (Vondelingenplaat) naar Vlaardingen (circa 8 km), van Vondelingenplaat naar Botlek en naar Pernis (beide 4 km), van Delft naar het Westland (circa 5 km) en van Rijswijk naar Leiden (26,4 km).



Huidige status

Project WarmtelinQ Vlaardingen – Den Haag: Er is momenteel overleg met verschillende partijen (o.a. de gemeenten, de provincie Zuid-Holland en het Hoogheemraadschap Delfland) over het PIP en de vergunningen. In 2021 wordt definitief besloten of het project echt doorgaat.

Planning

In 2021 wordt definitief besloten of het project echt doorgaat. Gasunie schat in dat de aanleg van tracédeel Vlaardingen - Den Haag zo'n 16 tot 24 maanden duurt (voor de hele leiding). Er wordt tijdens de uitvoering soms wel op 30 verschillende plekken tegelijkertijd gewerkt.

Voor de scenario's met:

- "Aanleg MT-netten gestuurd door omstandigheden" wordt aangenomen dat de totale opgave geleidelijk wordt gerealiseerd tussen 2025 en 2050;
- "Aanleg MT-netten gestuurd volgens bovenregionaal programma": Er is een voortvarende uitrol van MT-netten. Door het bovenregionaal samenwerken wordt aangenomen dat de transportleiding naar het desbetreffende vraaggebied in een kort tijdbestek zal vollopen, eventueel ter aanvulling van lokale bronnen in ongeveer 5 jaar.

Rol van de verschillende partijen

Eneco heeft het initiatief genomen om een hoofdtransportleiding aan te leggen vanuit de Rotterdamse haven. Op verzoek van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft Gasunie het project van Eneco overgenomen. Gasunie gaat WarmtelinQ aanleggen en wordt de onafhankelijk beheerder van de transportleiding. Gasunie heeft hiervoor LdM CV opgericht. Een deel van WarmtelinQ wordt aangelegd in de Rotterdamse haven. Daarom werkt Havenbedrijf Rotterdam als partner mee aan dat deel van de leiding.

Referenties en contactpersoon

Sytse Jelles en Youri Nijssse.

- <https://www.warmtelinq.nl/>
- <https://www.warmtelinq.nl/veelgestelde-vragen/warmtelinq-in-het-kort>

A3.4 Geothermie Alliantie Zuid-Holland

In 2017 is de Geothermie Alliantie Zuid-Holland opgericht door de Provincie Zuid-Holland, Dutch Association Geothermal Operators (DAGO), EBN B.V., Eneco Warmte en Koude b.v., Gemeente Westland, HVC en Hydreco GeoMEC B.V. Het doel is het bundelen van kennis en kunde met betrekking tot geothermie in de provincie. Het gaat daarbij onder meer over het gezamenlijk ontwikkelen van een visie op de optimale ontwikkeling van geothermie in Zuid-Holland en deze visie te concretiseren in plannen om aardwarmte systematisch, maatschappelijk verantwoord en veilig te winnen. In Zuid-Holland bestaat een groot potentieel voor geothermie om bij te dragen aan de verduurzaming van warmtenetten: op langere termijn wordt hierbij een ordegrrootte van 40 PJ ingeschat.

Geothermie Alliantie Zuid-Holland: <https://www.zuid-holland.nl/overons/bestuur-zh/gedeputeerde-staten/besluiten/2017/november/7-november/intentieovereenkomst/>

Visie

De Alliantie heeft een visie opgesteld voor de optimale ontwikkeling van geothermie in Zuid-Holland. Deze geeft een concrete aanpak om aardwarmte systematisch, maatschappelijk verantwoord en veilig te winnen op een integrale wijze via een portfoliobenadering. De eigenschappen van de verschillende grondlagen ('plays') in de provincie, hun potentie en welke technieken het best kunnen worden toegepast zijn geïnventariseerd. Dit maakt een aanpak vanuit het potentieel vanuit een grondlaag mogelijk maakt in plaats van per project. Op die manier kunnen meerdere projecten tegelijk worden ingepast, wat de inzet van aardwarmte kan opschalen en versnellen. De alliantie richt zich erop aardwarmte op grotere schaal in de bebouwde omgeving in Zuid-Holland toe te passen. Ook wordt kennis en innovaties actief gedeeld en gestimuleerd, ondermeer ook via het innovatiecentrum te Rijswijk. De visie geeft helder inzicht in de mogelijkheden die de verschillende aardlagen in Zuid-Holland biedt en hoe deze optimaal op duurzame wijze kan worden ontwikkeld.

Visie Aardwarmte Geothermie Alliantie Zuid-Holland:

<https://www.zuid-holland.nl/publish/pages/23180/visieaardwarmtezuid-holland.pdf>

Referenties en contactpersoon

Provincie Zuid-Holland: Tanja Haring.

A3.5 Warmtealliantie en warmterotonde in Zuid-Holland

Beschrijving en rol van de verschillende partijen

In 2017 hebben Havenbedrijf Rotterdam, Gasunie, Provincie Zuid-Holland, Eneco en Warmtebedrijf Rotterdam de Warmtealliantie opgericht met als doel het gezamenlijk realiseren van een hoofdinfrastructuur die warmte moet gaan transporteren naar onder andere particulieren, tuinders en bedrijven in de provincie. Hiertoe hebben zij ook het initiatief genomen tot de ontwikkeling van een warmterotonde in Zuid-Holland voor warmtelevering aan 21 gemeenten.

De alliantie heeft een goed beeld van de productie van warmte uit het Havengebied en het transport naar de steden. Stedin heeft een goed beeld van de distributie en leveringskosten.

Omvang warmte afzet gebied

- Buurten o.b.v. studie CE Delft “Warmtevraag en aanbod in Zuid Holland” 1;
- 50% Buurten met hoogste warmtevraagdichtheid;
- 50% Buurten met laagste kosten secundair net;
- Buurten met laagste kosten tot 0,5 miljoen woningen en geen “afgelegen” buurten.

Er is een model beschikbaar dat een methodische basis geeft om grootschalige gebiedsanalyses uit te voeren op basis van algoritmes. Geeft goed inzicht in het effect van scenario's op de gemiddelde distributiekosten. En daarmee inzicht in afweging tussen optimalisatie vs. socialisatie. Het model laat zien dat het risico bestaat dat zowel uitbreiding van bestaande warmtenetten als ontwikkeling van nieuwe warmtenetten gericht wordt op het 'laaghangende fruit' (lees, relatief goedkoop), met als gevolg dat ofwel de minder aantrekkelijke woningen niet worden aangesloten ofwel dat deze woningen later alsnog maar tegen hogere kosten worden aangesloten.

Referenties en contactpersoon

Huub Halsema

<https://warmopweg.nl/warmterotonde/>

A3.6 Warmte-eiland Haaglanden

Beschrijving

In het kader van de energietransitie hebben de corporaties in Haaglanden in 2019 in beeld gebracht welke kansen er zijn om de woningvoorraad van het gas af te halen. Hiervoor heeft SVH namens de corporaties een vraag uitgezet bij adviesbureau Over Morgen. Het onderzoek kan gezien worden als een verdieping op de Aedes Routekaart uit 2018. Deze routekaarten veroorzaakten discussie over de vraag waar er kansen liggen voor collectieve warmte-oplossingen en waar op zoek gegaan moet worden naar individuele warmte-oplossingen. Hiervoor ontstond nogal wat ruis binnen de corporaties. In het bijzonder de vraag waar en welke complexen kansrijk zijn voor aansluiting op een regionaal warmtenet zorgde voor discussie. SVH is vervolgens in gesprek gegaan met PZH om meer inzicht te krijgen in de verwachte planning en ligging van de leiding door het midden. Met de verkregen inzichten zijn de Aedes Routekaarten verder aangescherpt. Echter gaf dit nog niet de mate van verdieping die de corporaties wenste. Met name omdat de maatregelen op complexniveau te algemeen waren en doordat dit te weinig inzicht gaf in alternatieve collectieve warmte-oplossingen.

Rol van de verschillende partijen

SVH (sociale verhuurders Haaglanden) heeft namens de corporaties een vraag uitgezet bij adviesbureau Over Morgen. Bureau Mentink heeft dit grotendeels overgenomen.

Omvang warmte afzetgebied

Warmte-eilanden, omvang in WEQ:

- "Delft" 4.500;
- "Rijswijk" 15.700;
- "Den Haag Zuidwest" 27.200;
- "Den Haag Loosduinen" 14.000.

Resultaat

Uit de analyses volgen vier kansrijke gebieden: Delft Zuid, Rijswijk West, Den Haag Zuid-West met Hollands Spoor en Den Haag Waldeck met Loosduinen. In totaal gaat hier binnen deze clusters om bijna 70 duizend corporatiewoningen. Uiteraard staan er binnen deze clusters ook niet-corporatie woningen. Tellen we deze mee, dan loopt het totaal aantal woningen op tot 130 duizend. Er zijn een aantal kansen en uitdagingen per gebied.

Referenties en contactpersoon

Matthijs Beke; bureaumentink.nl.

<https://www.aedes.nl/artikelen/energie-en-duurzaamheid/projecten-en-voorbeelden/svh-sluit-woningen-aan-op-warmtenet.html>

A3.7 Trias Westland

Beschrijving

De vraag naar warmte in Westland is groot vanwege de productie van groente, fruit, planten en bloemen. Met aardwarmte kunnen kassen duurzaam verwarmd worden. In Nederland neemt de warmte met gemiddeld 30°C per kilometer diepte toe. De bodem bevat erg veel sedimentlagen die water bevatten en goed doorlatend zijn, waardoor het hete water vanuit de diepte omhoog gepompt kan worden. Dit water kan gebruikt worden om de kassen mee te verwarmen. Het afgekoelde water gaat via een tweede put terug de bodem in en wordt door de aardkern weer opgewarmd.

Doel:

- Brede verduurzaming door aardwarmte voor alle glastuinbouwbedrijven in het Westland;
- Het realiseren van een eerste boring naar de Triaslaag en het vaststellen van het potentieel van het Triasreservoir;
- Het exploiteren van een geothermiedoublet i.s.m. de glastuinbouwafnemers, waardoor uiteindelijk een geothermiebedrijf ontstaat voor en door glastuinbouwondernemers;
- Het realiseren van een tweede geothermiedoublet i.s.m. de glastuinbouwafnemers.

Huidige status

Trias Westland 1 is afgerond.

A3.8 Trias Westland 2

Op 12 juni jongstleden is de boring naar 2,3 kilometer diepte gestart naar de tweede aardwarmtebron. Dankzij de uitbreiding van Trias Westland kan nog eens 100 hectare van 30 glastuinbouwondernemers, duurzaam worden verwarmd. Ook 345 woningen in de wijk Liermolen worden straks verwarmd via deze aardwarmtebron. Het gebruik van aardwarmte leidt tot fors minder CO₂-uitstoot. De aan Trias Westland verbonden glastuinbouwbedrijven die geen gebruik konden maken van de warmte van het eerste doublet, krijgen door deze ontwikkeling nu ook toegang tot duurzame warmte.

Planning

De tweede aardwarmtebron kan na een succesvolle welltest naar verwachting in het tweede kwartaal van 2021 in bedrijf worden genomen. Vanaf januari tot aan april 2020 vonden de aanleg van het warmtenet plaats op het terrein van Royal Flora Holland.

Rol van de verschillende partijen

49 Westlandse bedrijven nemen deel aan het project. Zij hebben een intentieovereenkomst getekend voor de afname van aardwarmte van Trias Westland. Deelnemers worden bij ingebruikname mede-eigenaar van het project. Na 15 jaar worden ze via een coöperatie volledig eigenaar.

Referenties en contactpersoon

HVC: Marco van Soerland;

<https://www.triaswestland.nl/>

A3.9 Aardwarmte Polanen

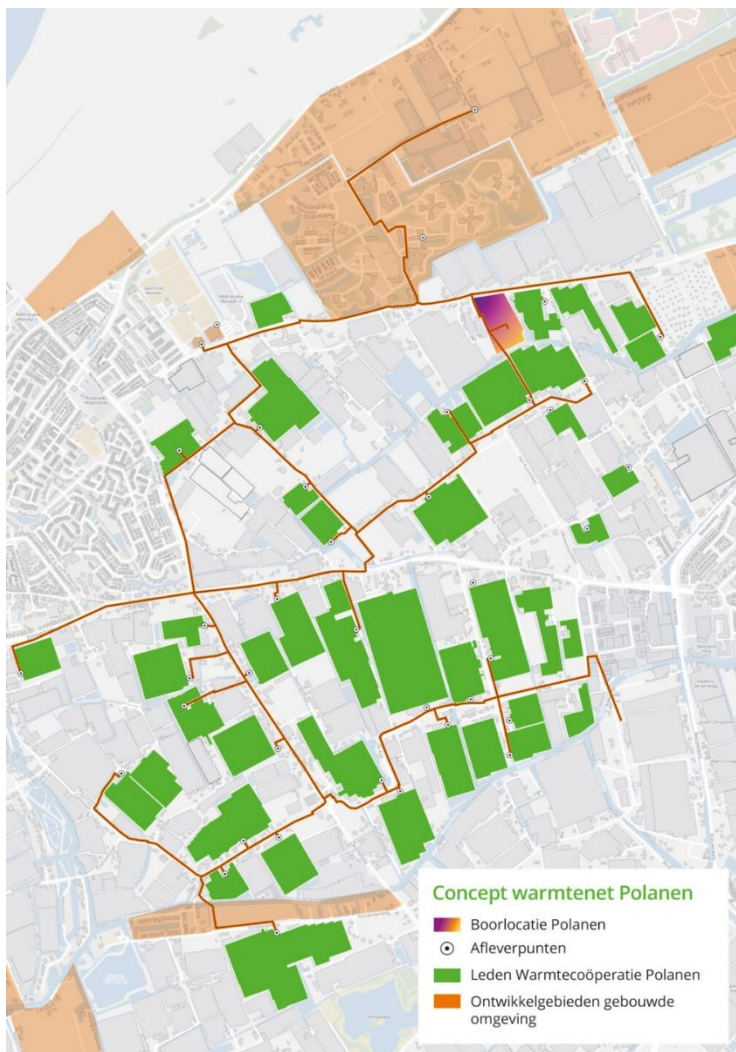
ETP en de glastuinbouwondernemers die bij de warmtecoöperatie Polanen zijn aangesloten werken het project verder nu verder uit. Er wordt onderzocht hoeveel warmte hier in potentie kan worden gewonnen en hoe deze het beste verdeeld kan worden.

Locatie

ETP en de warmtecoöperatie Polanen verkennen of een aardwarmteproject in Polanen (Monster) mogelijk is. De beoogde locatie is Madeweg 43a in Monster. Eind 2018 hebben ETP en de warmtecoöperatie Polanen subsidie (regeling voor duurzame energie, SDE+) aangevraagd voor dit aardwarmteproject. Medio 2019 heeft het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat bevestigd dat de subsidie is toegekend.

Warmtecoöperatie Polanen

De warmtecoöperatie Polanen bestaat uit 39 glastuinbouwbedrijven in Monster en omgeving. Energie Transitie Partners ondersteunt de warmtecoöperatie onder andere bij financiering, techniek en ontwerp van het warmtenet.



A3.10 Aardwarmte Maasdijk

De glastuinbouw staat voor flinke uitdagingen op energiegebied. Warmtecoöperatie Maasdijk is een samenwerking van kwekers die de noodzaak van verduurzaming onderschrijven en hier de schouders onder willen zetten. Met onze leden gaan we op zoek naar betaalbare alternatieven waarbij het gebruik van fossiele brandstoffen wordt teruggebracht.

Bestuur warmtecoöperatie

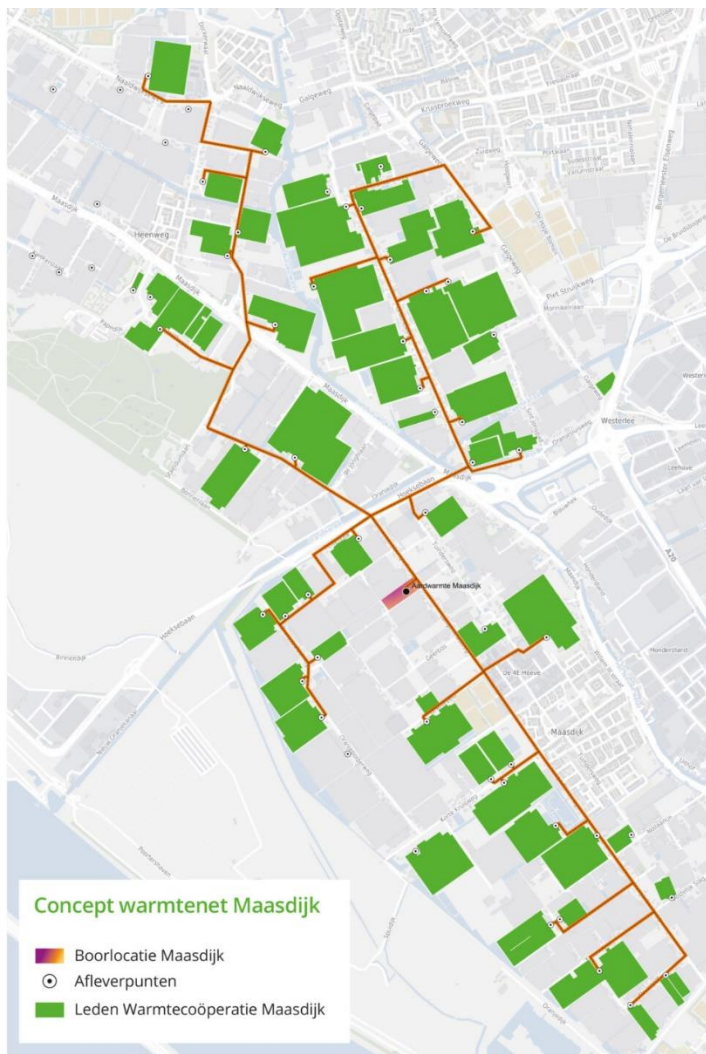
De coöperatie is opgericht in oktober 2019 en richt zich op het gebied Maasdijk (Oranjepolder) – Groeneweg. Heeft u vragen dan kunt u contact opnemen met de Warmtecoöperatie Maasdijk.

- Frank Barendse (voorzitter)
Zuidgeest Growers | frank@zuidgeestgrowers.nl
- Patrick van Paassen (secretaris)
Joyplant | patrick@joyplant.nl
- Peter Persoon (penningmeester)
Beekenkamp Groep | pperson@bkg.nl

- Patrick Dekker
LANS | p.dekker@lans.nl
- Jacco Besuijen
Prominent | jacco@prominent-groeneweg.nl
- Arien van der Lans
Lanstomaten | al@lanstomaten.nl

Meer over dit aardwarmteproject

Aardwarmte Maasdijk heeft samenwerking gezocht met Energie Transitie Partners voor de ontwikkeling van een scenario waarin 6 geothermieputten in één keer worden ontwikkeld. In dit scenario verwachten we een warmtevermogen van 30 à 40 MW_{th} te kunnen realiseren. De beoogde locatie is Lange Kruisweg 26 in Maasdijk. Ook wordt onderzocht of er potentie is voor samenwerking met omliggende warmteclusters (Warmte Systeem Westland).



A3.11 Overige initiatieven

- Warmtelevering Leidse Regio;
- Hierdoor komt de aanleg van een 43 kilometer lange ondergrondse leiding een stap dichterbij. De leiding transporteert via een oostelijke route industriële restwarmte uit het Rotterdamse havengebied naar Leiden. Na oplevering van het warmtetransportsysteem, verwarmt de restwarmte onder andere de stad Leiden en omliggende gebieden. De Heineken brouwerij in Zoeterwoude zal voor onder andere het brouwproces van stoom worden voorzien, daar waar nu nog aardgas wordt gebruikt om warmte op te wekken. Het leidingtracé is onderdeel van een nog deels te realiseren, grootschalig warmtenetwerk in de provincie Zuid-Holland;
- Betrokken partijen zijn: Nuon, Heineken Nederland, de gemeentes Rotterdam en Leiden, Warmtebedrijf Rotterdam en de provincie Zuid-Holland;
- Klapwijk: Pijnacker-Nootdorp Proeftuin;
- Aardgasvrije warmteoplossingen Lansingerland.

A4 Overzicht van bij het onderzoek betrokken partijen

Tijdens het onderzoeksproces zijn de gemeenten, provincie en waterschappen en de publiek private marktpartijen veelvuldig betrokken. Het RES-team zelf was met name verantwoordelijk voor het contact met de RES betrokken organisaties, de samenwerking Invest-NL & EBN en het Consortium onderhouden met name contact met de publiek private marktpartijen. Onderdelen van dit onderzoek zijn besproken in workshops met de publiek private marktpartijen op 2 oktober, 30 oktober en 19 november. Op 9 november heeft er een gezamenlijk atelier plaatsgevonden met zowel publiek private marktpartijen als de gemeenten, provincie en waterschappen. Daarnaast is hebben de samenwerking Invest-NL & EBN en het Consortium bilateraal contact onderhouden met vrijwel alle publiek private marktpartijen om data, informatie en inzichten te delen. Alle betrokken partijen zijn in maart in de gelegenheid gesteld het finale concept van de eindrapportage na te gaan op onvolkomenheden of om er commentaar op te leveren. Op deze plaats willen wij graag al onderstaande partijen en personen van harte danken voor de moeite, tijd, informatie en inzichten die zij met ons hebben gedeeld.

	Gemeenten, Provincie en Waterschappen	Betrokken personen
1	Gemeente Delft	M. Kaiser
2	APPM	A. van den Honert
3	Gemeente Den Haag	M. Stulp
4	Gemeente Leidschendam-Voorburg	H. Regeer
5	Gemeente Rijswijk	M. Beke
6	Werkorganisatie Duivenvoorde	R. Traa
7	Gemeente Midden-Delfland	R. Sanders
8	Gemeente Midden-Delfland	R. Blanc
9	Gemeente Westland	J. Straver
10	Gemeente Lansingerland	J. Boudestijn
11	Gemeente Lansingerland	R. Wijsman
12	Gemeente Pijnacker-Nootdorp	M. Beke
13	Gemeente Pijnacker-Nootdorp	R. Groeneveld
14	Gemeente Pijnacker-Nootdorp	P. Bell
15	Gemeente Zoetermeer	N. Buitenweg
16	Gemeente Zoetermeer	J. Lako
17	Gemeente Rotterdam	L. Zinkhaan
18	Gemeente Rotterdam	L. Hameeteman
19	Gemeente Krimpen aan den IJssel	L. Pleizier
22	Gemeente Maassluis	W. van Hooff
23	Gemeente Schiedam	J. Terlouw
24	Gem. Vlaardingen	M. Paassen
25	Barendrecht/Albrandswaard/Ridderkerk	J. Verschoor
26	Barendrecht/Albrandswaard/Ridderkerk	H. van der Linden
27	Barendrecht/Albrandswaard/Ridderkerk	M. Vorstelman
28	Gemeente Nissewaard	L. de Vroed

29	Gemeente Westvoorne	W. van der Spoel
30	Gemeente Hellevoetsluis	F. Baan
31	Gemeente Brielle	G. Roskam
32	Waterschap Hollandse Delta	H. Nillesen
33	Hoogheemraadschap van Rijnland	K. Schipper
34	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	J. Wubben
35	Hoogheemraadschap van Delfland	O. Helsen
36	Provincie Zuid-Holland	F. van Zelst
37	Provincie Zuid-Holland	R. van der Valk
38	Provincie Zuid-Holland	B. van Konijnenburg
39	Gemeente Rotterdam	A. Vis
40	Gemeente Capelle aan den IJssel	P. Bakker
41	Gemeente Capelle aan den IJssel	M. Sterrenburg
42	Barendrecht/Albrandswaard/Ridderkerk	F. Beerepoot
43	DCMR	M. Bilius

	Publieke en private marktpartijen	Betrokken personen
1	Eneco	M. Thiry
2	Eneco	L. Rietveld
3	HVC	M. van Soerland
4	Capturam	E. Brederode
5	WBR	C. Dillerop
6	Warmtebedrijf Westland	A. Smits
7	Warmte Samenwerking Oostland	S. Schlatmann
8	Vattenfall	L. Smies
9	Uniper	P. Stratum
10	Uniper	I. Olivier
11	Shell	R. van Hoogstraten
12	Shell	J. van Duin
13	Shell	M. Huygens
14	Engie	I. Voit
15	Engie	J. van der Haar
16	Stedin	H. Halsema
17	Netverder	G. Konings
18	Netverder	E. van Vliet
19	Gasunie	G. Custers
20	Gasunie	M. Bijl
21	Port of Rotterdam	P. Bakker
22	Greenport Oostland	N. van Ruiten

23	AVR	M. Timmerije
24	Ennatuurlijk	H. Kip
25	Deltalingq	A. Krekt
26	Deltalingq	H. van Dijk
27	Provincie Zuid-Holland	R. van der Valk
28	Gasunie	S. Jelles
29	Gasunie	Y. Nijse
30	Energie Samen	C. Hofemann
31	Duurzaam Den Haag	L. van der Linden
32	Gasunie	M. Groeneveld
33	DCMR	M. Bilius

A5 Overzicht energie intensieve bedrijven HIC Rotterdam

Gaat om in totaal 40 bedrijven met een fossiele CO₂-emissie van 10 kton/jaar of meer (Bron: NEa EU-ETS). Inclusief biomassa en afval gestookte installaties.

Vergunningnr.	Bedrijf, inrichtingsnaam	AftapW.	RestW	Rookgas	#
Hoogvliet en Vondelingplaat					
NL-200400258	Hexion B.V. BKG 1 + 2			X	1
NL-201500717	Koole Tankstorage Minerals B.V.			X	2
NL-200900013	MaasStroom Energie C.V.	X		X	3
NL-200700001	Pergen VOF	X	X	X	4
NL-200400241	Rijnmond Energie C.V.	X	X	X	5
NL-201100012	Shell Nederland Chemie B.V., vestiging Pernis				6
NL-200400021	Shell Nederland Raffinaderij B.V.	X		X	7
Botlek					
NL-200400113	Air Liquide Industrie B.V., vest. Botlek-Rotterdam				1
NL-201100042	Air Products Nederland B.V., Locatie Botlek			X	2
NL-200400117	Akzo Nobel Industrial Chemicals B.V.			X	3
NL-200400292	Aluminium & Chemie Rotterdam B.V.				4
	AVR Rozenburg	X		X	5
NL-200800018	Biopetrol Rotterdam B.V.			X	6
NL-200400203	Cabot B.V.				7
NL-200500089	Cargill B.V. Rotterdam Botlek			X	8
NL-200400077	Emerald Kalama Chemical B.V.				9
NL-200400042	Enecal Energy V.O.F.	X	X	X	10
NL-200400043	Eurogen C.V.		X	X	11
NL-200400011	ESSO Raffinaderij Rotterdam	X		X	12
NL-200400220	ExxonMobil Chemical Holland B.V. (RAP)				13
NL-200400083	Lyondell Chemie Nederland B.V. - Botlek locatie			X	14
NL-200400298	Odfjell Terminals (Rotterdam) B.V. BKG 1 + 2			X	15
NL-200400110	Shin-Etsu PVC B.V., locatie Botlek			X	16
	Tronox			X	17

	Huntsman				18
NL-200700124	Vopak Terminal Botlek B.V.			X	19
Europoort					
NL-200400109	ADM Europoort B.V.			X	1
NL-200900120	Alco Energy Rotterdam BV			X	2
NL-200400017	BP Raffinaderij Rotterdam B.V.	X		X	3
NL-201100058	Caldic Chemie B.V.			X	4
NL-201000055	Enecogen	X	X	X	5
NL-201000014	Euro Tank Terminal BV			X	6
NL-200400219	ExxonMobil Chemical Holland B.V. (ROP)			X	7
NL-200400138	Gunvor Petroleum Rotterdam B.V.			X	8
NL-200400249	Indorama Ventures Europe B.V.			X	9
NL-200800026	Vopak Terminal Europoort B.V.			X	10
NL-200400139	VPR Energy B.V.		X	X	11
Maasvlakte					
NL-201200005	ENGIE Centrale Rotterdam				1
NL-201100010	LyondellBasell Covestro Manufact. Maasvlakte VOF			X	2
NL-200400153	Uniper Centrale Maasvlakte				3
	Totaal				40

A6 Overzicht transitievisies warmte gemeenten

Tabel A6.1 geeft een overzicht van de stand van zaken in het proces om tot vastgestelde transitie visies warmte te komen in de regio Rotterdam Den Haag. Wanneer expliciet de inzet van warmtenetten is genoemd, dan is dit aangegeven in de kolom Warmtenet. Bij 'Ja, beperkt' gaat het om een enkele buurt.

Tabel A6.1 Overzicht Transitievisie Warmte gemeenten regio RDH (bron: RES RDH team).
Status 1 maart 2021.

Gemeente	Beschikbaar	Vaststelling	Warmtenet
Albrandswaard	Ja	14 dec. '20	Ja, beperkt
Barendrecht	Ja	15 dec. '20	Ja
Brielle	Ja		Ja, beperkt
Capelle aan den IJssel		Q4 2021	Ja, beperkt
Delft		Q4. '21	
Den Haag		N.b.	Ja
Hellevoetsluis	Ja		Ja, beperkt
Krimpen aan den IJssel		N.b.	
Lansingerland	Ja		
Leidschendam-Voorburg		Q2 2021	
Maassluis;		1 apr. '21	
Midden-Delfland		Q4 2021	
Nissewaard	Ja		
Pijnacker-Nootdorp		Q4 2021	
Ridderkerk		10 dec. '20	Ja
Rijswijk		Q2 2021	Ja
Rotterdam		N.b.	
Schiedam	Ja	13 jul. '21	Ja
Vlaardingen		1 nov. '21	
Wassenaar		N.b.	
Westland		Q4 2021	Ja
Westvoorne	Ja		Ja, beperkt
Zoetermeer		N.b.	

Het beeld dat uit de TVWs (gedeeld zijn de TVWs van Lansingerland, Schiedam, Voorne-Putten) en uit andere gemeentelijke rapporten, zoals het Stedelijk Energieplan van de gemeente Den Haag, naar voren komt is dat lokale bronnen gebruikt gaan worden waar mogelijk. Ook dat aanvulling met regionale bronnen vaak gewenst is om zo in de gehele warmtevraag te kunnen voorzien. Geothermie en restwarmte vervullen hierbij een belangrijke rol. Het is te verwachten dat voor het eind van 2021 alle transitie visies warmte zijn vastgesteld.

Links naar beschikbare warmte transitievisies:

- Albrandswaard

<https://www.albrandswaard.nl/warmtevisie-de-route-naar-2050?origin=/warmtevisie-2021>

- Barendrecht

<https://www.barendrecht.nl/warmtevisie-de-route-naar-2050?origin=/warmtevisie-2021>

- Brielle, Hellevoetsluis, Nissewaard, Westvoorne

<file:///C:/Users/NL52653/AppData/Local/Temp/Warmtetransitievisie%20Voorne-Putten.pdf>

- Lansingerland

<file:///C:/Users/NL52653/AppData/Local/Temp/T19.pdf>

- Schiedam

<https://www.schiedam.nl/sites/default/files/inline-files/Stappenplan%20Richting%20aardgasvrije%20stad.pdf>

A7 Register conclusies, uitgangspunten en aandachtspunten

In onderstaande drie registers zijn alle conclusies, uitgangspunten en aandachtspunten die in respectievelijk grijze, blauwe en oranje kaders in deze rapportage voorkomen overzichtelijk bij elkaar op een rij gezet.

Code	Conclusies
C01	De RES Rotterdam Den Haag heeft als doel om te komen tot een betaalbare, betrouwbare, schone, duurzame en veilige energievoorziening voor iedereen in de regio Rotterdam Den Haag in 2050.
C02	Onder de Regionale Structuur Warmte wordt in dit onderzoek de samenhangende bovengemeentelijke warmte-infrastructuur verstaan die verschillende CWS met elkaar verbindt en die door die verbinding daarmee ook onderdeel worden van de RSW.
C03	Voor de warmtetransitie in de gebouwde omgeving zal een direct verbruik van 52 PJ aardgas (2019) moeten worden vervangen door duurzame warmtebronnen. Dit is exclusief het huidige verbruik van aardgas via stadsverwarming en exclusief de positieve invloed van energiebesparing.
C04	Het aardgasverbruik per woning voor ruimteverwarming en warm tapwater heeft een omvang van 32,1 GJ in de regio RDH (2019, temperatuur gecorrigeerd). Bij een alternatieve warmtebron zal in een vergelijkbare situatie 31,6 GJ geleverd moeten worden waarvan 5,1 GJ voor warm tapwater en 26,5 GJ voor ruimteverwarming. Dit is de startsituatie, exclusief de invloed van energiebesparing.
C05	Uitgaande van een aardgasverbruik van 52 PJ in 2019 voor individueel verwarmen van woningen en gebouwen, heeft een te vergelijken duurzame warmtevraag met een omvang van 50 PJ. Dit betreft de startsituatie, exclusief de invloed van energiebesparing.
C06	In de regio RDH heeft 1 WEQ de omvang van 31,6 GJ in basisjaar 2019. Dit betreft de gecombineerde vraag voor ruimteverwarming en warm tapwater van een gemiddelde aardgas woning. Deze waarde daalt door energiebesparing naar 28,7 GJ in 2030 en 23,1 GJ in 2050.
C07	De warmtevraag in de gebouwde omgeving in de regio RDH heeft naar verwachting een omvang 38 PJ in 2050, inclusief 27% energiebesparing. Betreft ruimteverwarming en warm tapwater. Hiermee wordt het huidige individuele aardgasverbruik in woningen en utiliteit vervangen.
C08	Een benadering op basis van lineaire interpolatie om in 2050 klimaatneutraal te verwarmen leidt tot een duurzame verwarmingsopgave van 16,7 PJ voor 2030. De afspraken in het Klimaatakkoord voor de opgave in GO naar rato vertaald voor de regio RDH leiden tot het verduurzamen van 8,2 PJ.
C09	De warmtevraag in de GO en in de GTB heeft op dit moment een omvang van circa 92 PJ, waarvan 80 PJ gerelateerd aan het directe verbruik van aardgas en 12 PJ overige warmtebronnen, inclusief levering van warmte via bestaande warmtenetten.
C10	Een groei van het aantal doubletten met 98 wordt mogelijk geacht, dit ten opzichte van het huidige aantal van 12. Het gaat om een potentieel van 22,8 tot 33,2 PJ uitgaande van 6.000 vollasturen per jaar. Het potentieel is gebaseerd op een thermisch vermogen van 1.045 tot 1.540 MW.
C11	Op dit moment wordt 0,6 PJ restwarmte ingezet vanuit HIC Rotterdam voor CWS. Een groei tot circa 45 PJ in 2050 wordt mogelijk geacht.
C12	Het bruikbaar potentieel aftapwarmte HIC Rotterdam voor de inzet in CWS wordt ingeschat op 9,2 PJ in 2030, deze waarde blijft stabiel tot 2050.
C13	Biowarmte is op termijn afkomstig uit reststromen uit de biobased economy en zal in aanvulling op rest/aftapwarmte worden ingezet in midlast en is mogelijk inpasbaar te maken voor verduurzaming

	van pieklast. Het potentieel is in sterke mate afhankelijk van de ontwikkeling van de biobased economy in HIC Rotterdam, inclusief import.
C14	Groen gas zal naar verwachting mogelijk ingezet kunnen gaan worden in pieklast en als back up, mits beschikbaar. Inzet van waterstof in CWS is, zeker voor 2030, niet waarschijnlijk.

Code	Uitgangspunten
U01	Het onderzoek volgt de uitgangspunten van de Concept RES Rotterdam Den Haag: <ul style="list-style-type: none"> ■ Het besparen van energie waar mogelijk; ■ Optimaal gebruik maken van warmte in de regio om elektrificatie van de warmtevraag te voorkomen; ■ Gebruik maken van wat er in de regio al gebeurt, zoals het verder ontwikkelen van warmtenetten; ■ Warmtenetten in 2050 zijn CO₂-vrij en dragen bij aan de klimaatdoelen; ■ Ontwikkeling van regionale CWS-en dient te voldoen aan de randvoorwaarden van de publieke waarden betaalbaarheid, duurzaamheid, betrouwbaarheid en rechtvaardigheid.
U02	De transitie naar een duurzame warmtevoorziening vindt plaats tussen nu en 2050. In dit onderzoek is gekeken naar gebieden met hogere warmtevraag dichtheid, groter dan 1 TJ per hectare, in combinatie met een warmtevraag van 200 TJ of meer.
U03	De warmtevraag in de gebouwde omgeving en glastuinbouw worden beide onderzocht.
U04	De nadruk in de gebouwde omgeving ligt op de warmtetransitie bestaande bouw.
U05	Warmte wordt op hoge temperatuur geleverd, tussen de 70 tot 90°C (voor bijbehorende invoedtemperaturen zie tabel 5.4), en uiteindelijk op midden temperatuur vanaf 60°C. In het onderzoek is levering op lage temperatuur niet meegenomen.
U06	Door isolatie van gebouwen zal de vraag naar ruimteverwarming in de gebouwde omgeving met 27% dalen tot 2050. In de tuinbouw daalt de vraag tussen 2015 en 2050 met 40%.
U07	Bij de ontwikkeling van een regionaal CWS wordt uitgegaan van elektrisch koken.
U08	Voorzien wordt in warmtevraag ruimteverwarming en warm tapwatervoorziening.
U09	De energiebesparing zal lineair worden gerealiseerd over een periode van 30 jaar.
U10	Het onderzoek hanteert als warmtevraag in de GO van 50 PJ in 2020, 46 PJ in 2030 en 38 PJ in 2050. Dit betreft de netto vraag bij alle eindverbruikers van aardgas in de GO in de regio RDH.
U11	De aardgas gerelateerde warmtevraag GTB is 30,5 PJ in 2020, 20,6 PJ in 2030 en 16,9 PJ in 2050. Dit betreft de netto vraag bij eindverbruikers in de GTB in de regio RDH.
U12	De geverifieerde SETuP warmtevraaganalyse vormt de basis voor de ontwikkeling van de scenario's. Vertrekpunt is een regionale warmtevraag van 92,4 PJ in 2019. Het betreft de aardgas gerelateerde warmtevraag en de warmtevraag die nu al (deels) gebruik maakt van duurzame warmte.
U13	Op basis van SETuP bestaat de relevante warmtevraag uit warmteclusters van tenminste 200 TJ (0,2 PJ) met een warmtedichtheid van 1 TJ/ha of meer. Voor de andere warmtevraag in het gebied liggen naar verwachting lokale en individuele warmteoplossingen meer voor de hand.
U14	CWS als geheel moeten jaarrond in de warmtevraag kunnen voorzien, capaciteit moet toereikend zijn voor basis-, midden- en pieklast. Back-up voor N-1 is nog niet meegenomen in de verkennende scenarioanalyse.

U15	Hoge mate van leveringszekerheid is een randvoorwaarde in lijn met huidige Warmtewet.
U16	De relevante bronnen voor regionale CWS hebben een minimale omvang van 10 MW _{th} en zijn in staat om zo'n 5.000 tot 10.000 of meer woningen van warmte te voorzien.
U17	Nadruk op de grootschalige inzet duurzame warmte in basislast en middenlast.
U18	In de verkenning van de scenarioanalyse spelen de bronnen zoals aangegeven in Tabel 3.1 een rol. Tot 2030 zijn voor pieklast en de back up nog de mogelijkheden van de uit te faseren aardgasvoorziening ingepast. Voor de analyse naar 2050 moeten duurzame bronnen worden ingezet voor pieklast en back-up. Hierbij is in dit onderzoek nog geen rekening gehouden met de verschillende mogelijkheden voor invulling hiervan, gerekend is met een referentie van inzet van groen gas en biowarmte.
U19	Geothermie wordt toegepast als onderdeel van regionale CWS. Verondersteld wordt dat de warmte uit geothermiebronnen op 75°C beschikbaar is. Om rekening te houden met de gebruikscyclus van geothermiebronnen wordt niet de gehele capaciteit van de ingeschatte 110 bronnen ingezet tot 2050.
U20	Verondersteld is dat restwarmte in basislast beschikbaar is, indicatie van het mogelijk geachte aantal vollasturen is 6.000 met een bijbehorende capaciteit van circa 1.200 MW _{th} bij een potentieel van 20 PJ in 2030.
U21	Restwarmte wordt toegepast als onderdeel van regionale CWS. Restwarmte wordt daarbij zo nodig bron-zijdig op de juiste temperatuur gebracht om nuttig toegepast te kunnen worden.
U22	Verondersteld is dat aftapwarmte in basislast beschikbaar is. Er wordt uitgegaan in de verkenning van de scenarioanalyse van het mogelijk geachte aantal vollasturen van 6.000 uur met een bijbehorende capaciteit van circa 700 MW _{th} wat een potentieel geeft van 11,0 PJ in 2030.
U23	Aftapwarmte wordt toegepast als onderdeel van regionale CWS, ook op langere termijn. Wel zal dan de aftapwarmte duurzaam moeten zijn.
U24	In de verkenning van de scenarioanalyse wordt gerekend met de hoeveelheden beschikbare aftapwarmte, restwarmte en geothermie zoals in Tabel 3.7 staan aangegeven.
U25	Een collectief warmte systeem (CWS) is een geheel van basis- en middenlastbronnen, transportinfrastructuur zoals leidingen en warmteoverdrachtstations (WOS), opslag, pieklast- en back-up voorzieningen om te zorgen voor een betrouwbare invulling van de grootschaligere warmtevraag.
U26	Representatieve jaarduurcurves uit de sector in de regio worden gebruikt die passen bij de bestaande bouw Energielabel B en aan sluiten bij de huidige generatie glastuinbouw.
U27	CWS wordt daar toegepast in de bestaande gebouwde omgeving waar isolatie maatregelen zijn uitgevoerd die leiden tot Energielabel C en waar mogelijk B.
U28	De inzet van geothermie als lokale grootschalige bron heeft in de basislast voorrang op restwarmte gekregen vanuit het uitgangspunt in de Concept RES om lokale warmte eerst te gebruiken en omdat restwarmte door zijn omvang en kostprijs beter is te transporteren over grotere afstanden.
U29	Als volloopgraad wordt een waarde van 80% gehanteerd, dit betekent dat uiteindelijk 80% van de woningen/gebouwen in een warmtecluster wordt aangesloten op een warmtenet.
U30	Als volloopsnelheid wordt een periode van 4 tot 5 jaar gehanteerd. Op het eind van deze periode wordt de distributiec capaciteit maximaal ingezet.

U31	Bij de financiële analyse wordt een all-in aardgasprijs gehanteerd die gebaseerd is op de huidige langjarige verwachting tot en met 2034 en daarna op hetzelfde niveau blijft met inflatie.
U32	Als duurzaam alternatief voor CWS wordt in dit onderzoek de individuele lucht water warmtepomp als referentie gebruikt.
U33	Het doel van de verkenning met scenarioanalyse is om via onderscheidende, uitvergroete invalshoeken inzicht in de ontwikkelmogelijkheden van regionale CWS te verkrijgen, niet om per se tot één 'beste' scenario voor alles te komen.
U34	De economische analyse wordt gemaakt op basis TCOO/NCW berekeningen in vergelijking met een warmte-equivalent met de huidige gasreferentie per gebouw in de gebouwde omgeving (GEQ). De investeringen en het gebruik worden beschouwd over een looptijd van 30 jaar bij een discontovoet van 6% [conform de waarde waar ACM mee rekent].
U35	De economische analyse neemt een voltoopgraad aan van 80% en een voltoopsnelheid 4 jaar aan wat het mogelijk maakt om in 2050 volledig verduurzaamd te zijn en de kosten zo laag mogelijk maakt.
U36	In de kostenvergelijking met de huidige gasreferentie wordt gerekend met de ACM-maximumprijs van 21,54 € per GJ.
U37	In de kostenvergelijking wordt voor het duurzame alternatief uitgegaan van een warmtepomp wat neerkomt op 2.887 €/jaar, met een bijbehorende ORT van € 12.500 betrokken op een periode van 30 jaar
U38	Conservatieve benadering vanuit de huidige praktijk en stand der techniek en bronnen tot 2050.
U39	In de analyse van Eiland en Samenland wordt tot 2030 de pieklast en back-up ingevuld door aardgas. Na 2030 is om de piekvoorziening ook duurzaam in te vullen gebruik gemaakt van groen gas en biowarmte van 20 €/GJ en 17 €/GJ als referentie.

Code	Aandachtspunten voor RES 2.0
A01	Onverminderde aandacht voor de warmtevraaganalyse in de GO wordt aanbevolen. Idealiter biedt de nabije toekomst directere, transparantere informatie van het werkelijk huidige warmtegebruik die scherper inzicht biedt in de te verduurzamen warmtevraag voor 2030 en 2050.
A02	Nadere analyse van de huidige vraag en vraagontwikkeling naar 2030 en 2050 in de glastuinbouw regio Rotterdam Den Haag.
A03	Nadere analyse van de ontwikkeling koudevraag tot 2050 en hoe deze van invloed is op de aard en omvang van CWS in de regio Rotterdam Den Haag.
A04	Nader onderzoek naar optimaal en duurzaam gebruik van de ondergrond en de toepassing van geothermie bij intensivering van het gebruik ervan als warmtebron.
A05	Analyse naar optimale inzet van het geothermie potentieel in de regio RDH rekening houdend met optimaal gebruik van de ondergrond, positionering van de bronnen, reservoir management, levensduur bronnen en de continuïteit van de warmtelevering over meerdere decennia.
A06	Analyse van de ontwikkelingen in HIC Rotterdam tot 2050 in relatie tot de beschikbaarheid van restwarmte naar aard, capaciteit, volume en kosten voor toepassing in regionale CWS.
A07	Nadere analyse van de ontwikkelingen in HIC Rotterdam tot 2050 in relatie tot de beschikbaarheid van aftapwarmte naar aard, capaciteit, volume en kosten voor toepassing in regionale CWS.

A08	Nadere analyse van de mogelijke ontwikkeling BBE in HIC Rotterdam en de daarbij vrijkomende reststromen voor energietoepassingen waaronder regionale CWS.
A09	Met hoge temperatuuropslag (HTO) in de ondergrond wordt het mogelijk grote hoeveelheden warmte op te slaan. Deze opslag kan als seizoens- en piekbuffer fungeren. Onderzoek en pilots zijn nodig om vast te stellen of en hoe HTO het best kan worden ingezet in CWS in de regio RDH.
A10	Nadere analyse hoe geothermie en restwarmte/tapwarmte zich in de ontwikkeling tot elkaar en tot de in te vullen pieklast en back-up verhouden, en wat waar naar verwachting het beste kan worden ontwikkeld verbijzonderd naar de specifieke locatie en investering.
A11	Onderzoek voor de vergelijking met het duurzame alternatief voor CWS welke andere opties waar goede (betere) mogelijkheden bieden dan de individuele lucht water warmtepomp.
A12	Aanbevolen wordt de mogelijkheden te onderzoeken hoe grootschaligere regionaal verbonden CWS en kleinschaliger lokale warmtesystemen die in de buurt van elkaar worden ontwikkeld elkaars functioneren kunnen versterken.
A13	De warmteverliezen in traditionele CWS van distributiesystemen zijn aanzienlijk. Nader onderzoek kan verliezen terugdringen om tot betere bronbenutting te komen en lagere kosten.
A14	Onderzoek nader hoe de warmtevoorziening in de zomer het best kan plaatsvinden bij een regionaal CWS dat gebruik maakt van aanvoer warmte over een grotere afstand via een backbone.
A15	Aanbeveling (A14) RES 2.0: Het Samenland scenario biedt ruimte voor optimalisatie met hoge temperatuur warmteopslag. Zo wordt geothermie en rest/aftapwarmte in hogere mate benut en kan inzet lokale bronnen worden verminderd. Nader onderzoek naar dit concept en de invulling met duurzame bronnen voor pieklast is gewenst.