

RAPPORT

Ypenburg transitie hernieuwbare warmte

Verkenning van mogelijkheden

Klant: Eneco en Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg

Referentie: BG1876WATRP1812061432

Status: 0.6/Finale versie

Datum: 8 januari 2019

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Water
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Ypenburg transitie hernieuwbare warmte

Ondertitel: Ypenburg hernieuwbare warmte
Referentie: BG1876WATRP1812061432
Status: 0.6/Finale versie
Datum: 8 januari 2019
Projectnaam: Ypenburg warmte
Projectnummer: BG1876
Auteur(s): Edward Pfeiffer

Opgesteld door: Edward Pfeiffer

Gecontroleerd door: Kees Everse

Datum/Initialen: 08-01-2019 CAE

Goedgekeurd door: Kees Everse

Datum/Initialen: 08-01-2019 CAE

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding, doel en uitgangspunten	6
1.2	Context, warmtetransitie in beweging	7
2	Gebiedsbeschrijving en huidige situatie	11
2.1	Huidige warmtehuishouding	13
2.2	Toekomstige ontwikkelingen	16
2.2.1	Nieuwbouw	17
2.2.2	Uitbreiding in de regio	17
2.2.3	Leiding Door Midden	18
2.2.4	Koudevraag	20
2.2.5	Ontwikkelingen na 2025	20
2.3	Opgave warmtetransitie	20
3	Verkenning warmtebronnen	22
3.1	Mogelijkheden kansrijke bronnen	22
3.2	Evaluatie bronnen	23
3.2.1	Criteria evaluatie	23
3.2.2	Mogelijkheden groot collectief	24
3.2.3	Mogelijkheden klein collectief	24
3.2.4	Mogelijkheden individueel	25
3.2.5	Interactie in schaalgrootte	25
3.2.6	Warmtebronnen en temperatuurniveaus	26
4	Scenario's warmtetransitie	28
4.1	Mogelijkheden energiebesparing	29
4.2	Hoge temperatuur collectief ... huidige SV-net wordt gebruikt	30
4.3	Midden temperatuur collectief ... huidige SV-net wordt gebruikt	34
4.4	Lage temperatuur collectief ... SV-net niet tot deels benut	35
4.5	Individueel hernieuwbare warmte	36
4.6	Evaluatie scenario's	37
5	Conclusies en aanbevelingen	41

Bijlagen

- A1 Kansrijke warmtebronnen Ypenburg
 - A1.1 Geothermie
 - A1.2 Bio-energie, houtachtige biomassa
 - A1.3 Bio-energie, vloeibare biomassa
 - A1.4 Zonthermie
 - A1.5 Lage temperatuurbronnen
 - A1.5.1 WKO
 - A1.5.2 Oppervlaktewater
 - A1.5.3 Gemalen
 - A1.5.4 Buitenlucht
- A2 Wat nog niet kan in Ypenburg
 - A2.1 Zonthermische velden
 - A2.2 Restwarmtebronnen
 - A2.3 Hernieuwbaar gas en waterstof
 - A2.4 Individuele biowarmte opties
 - A2.5 Hybride warmtepompen
 - A2.6 All electric directe verwarming
 - A2.7 Brandstofcellen en andere innovaties
 - A2.8 Warmteterugwinning en riothermie, individueel en collectief
- A3 Energieopslag met Ecovat

Afkortingen

ACM	Autoriteit Consument en Markt
ASW	Aansluitwaarde warmte (en koude) vraag in kW thermisch
BENG	Bijna Energie Neutraal Gebouw
BTW	Belasting Toegevoegde Waarde
BVO	Bebouwd Verwarmd Oppervlak
Capex	Capital Expenditure, investeringskosten
COP	Coëfficiënt of Performance, rendement van een warmtepomp of geothermiebron
CV	Centrale Verwarming
EB	Energiebelasting
EZK	ministerie Economische Zaken en Klimaat
HR	Hoog Rendement, heeft betrekking op aardgasgestookte ketels
HT	Hoge temperatuur, 90 °C en hoger
I&M	ministerie Infrastructuur en Milieu
I-SDE	Investeringssubsidie Duurzame Energie
LDM	Leiding door het Midden
LT	Lage temperatuur, rond de 40 °
MRDH	Metropoolregio Rotterdam Den Haag
NMDA	Niet meer dan anders
MT	Midden temperatuur, rond de 70 °C
NOx	Stikstofoxiden, verzurend gas vrijkomend bij verbranding
NTR	Nederlandse Technische Richtlijn
ODE	Opslag Duurzame Energie
Opex	Operational Expenditure, operationale kosten
PV	Photo Voltaic, zonnecellen
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
SHWY	Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg
SDE	Subsidie Duurzame Energie
SPF	Seasonal Performance Factor, jaargemiddeld systeem rendement van warmtepomp, geothermie
SV	Stadsverwarming
SVn	Stimuleringsfonds Volkshuisvesting
TEO	Thermische Energie uit Oppervlaktewater
th	Thermisch, heeft betrekking op warmte
VR	Verbeterd Rendement, heeft betrekking op aardgasgestookte ketels
VvE	Vereniging van Eigenaren
WKK	Warmte Kracht Koppeling
WKO	Warmte Koude Opslag m.b.v. warmtepomp en aquifer
WoCo	Woningbouw Corporatie

Definities

Scenario	Beschrijving van de wijze waarop Ypenburg van een stadsverwarmingsnet op basis van aardgas overgaat op een of meerdere collectieve netten en mogelijk enige mate van individuele verwarming met hernieuwbare warmte als bron.
Optie	Techniek waarmee warmte (en/of koude) geproduceerd of opgeslagen kan worden. Vaak is een mix van opties nodig om onder alle omstandigheden jaarrond in de warmtevraag te voorzien.
Doublet	Combinatie van twee putten in de ondergrond bij WKO of geothermie waarbij 1 put als koudebron (injectie) en de andere put als warmtebron (extractie) wordt gebruikt.

Eenheden

1 kWh = 3,6 MJ

1 m³ aardgas

1 GJ = 1.000 MJ = 277,8 kWh

= 31,65 MJ onderste verbrandingswaarde

Colofon

De verkenning naar de mogelijkheden om uiterlijk in 2025 in Ypenburg over te stappen naar een hernieuwbare warmtevoorziening is mogelijk gemaakt door financiering van de Provincie Zuid-Holland en Eneco. De verkenning is begeleid door een vertegenwoordiging van Eneco en de Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg. De gemeente Den Haag is participant in het project. Naast openbare informatie is gebruik gemaakt van data die door Eneco, Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg en derden beschikbaar is gesteld. Dit rapport presenteert de mogelijkheden op welke wijze Royal HaskoningDHV denkt dat de doelstelling behaald kan worden. Dit rapport focust niet op een oplossing of op een voorkeursrichting van een van de opdrachtgevers. De in dit rapport gepresenteerde inzichten zullen door de Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg (SHWY) en Eneco gebruikt worden voor verder visie- en planvorming.

Leeswijzer

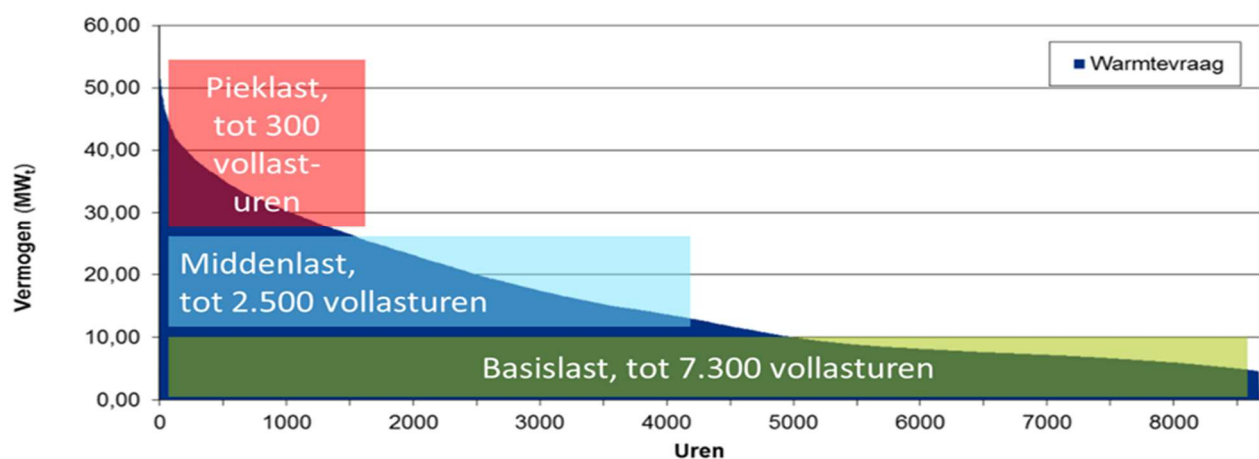
De verkenning van de mogelijkheden voor hernieuwbare warmte in Ypenburg richt zich op de ontwikkeling van realistisch geachte warmtetransitie scenario's zoals gepresenteerd in hoofdstuk 4. Insteek is daarbij om optimaal gebruik te maken van de beschikbare warmte-infrastructuur in Ypenburg. Voorafgaand aan de presentatie en de analyse van de scenario's is in hoofdstuk 1 het doel en de aanleiding beschreven. Vervolgens gaat hoofdstuk 2 in op de beschrijving van het gebied en de huidige situatie. Dit mondt uit in de opgave voor de warmtetransitie (2.3) voor het jaar 2025. Hoofdstuk 3 verkent de mogelijkheden van de hernieuwbare warmtebronnen in Ypenburg. Daarbij wordt ook aandacht besteed (3.6) aan de warmtebronnen die (nog niet) op grote schaal in Ypenburg kunnen worden toegepast. Hoofdstuk 4 sluit af met de evaluatie van de scenario's aan de hand van een multicriteria analyse. De evaluatie is de basis voor de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 5.

De rapportage bevat een samenvatting die aansluitend op de leeswijzer is opgenomen.

Samenvatting

Hoe kan Ypenburg overstappen op 100% hernieuwbare warmte uiterlijk in 2025?

In opdracht de Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg (SHWY) en Eneco is onderzocht welke mogelijkheden Ypenburg heeft om uiterlijk in 2025 in de gehele warmtevraag te voorzien met hernieuwbare bronnen bij minimaal gelijkblijvende kosten. Momenteel levert Eneco warmte aan woningen en gebouwen in Ypenburg via een lokaal stadsverwarmingsnet (SV-net) op hoge temperatuur (winter 100°C). Het gaat daarbij om ruim 10.000 aansluitingen, een warmteproductie van bijna 500 TJ per jaar bij een piekproductie van ruim 57 MWth. Als brandstof voor de warmtevoorziening wordt aardgas gebruikt. Voorzien is in een transitie waarbij energiebesparing, collectieve- en individuele hernieuwbare warmtebronnen in een optimale mix worden ingezet om in 2025 volledig duurzaam te zijn. Door energiebesparing wordt verwacht maximaal 50 TJ (10%) te besparen. Dit maakt dat minimaal 450 TJ hernieuwbare warmte per jaar moet worden geproduceerd. Figuur S.1 presenteert de jaarduurcurve bij 500 TJ productie.



Figuur S.1. Presentatie werkgebieden warmtebronnen in de jaarduurcurve Ypenburg 500TJ/jaar inclusief een indicatie van het bijbehorende aantal vallasturen

Meerdere kansrijke hernieuwbare warmtebronnen in Ypenburg

Ypenburg beschikt over een hernieuwbaar warmte potentieel variërend van groot tot klein. De kansrijke bronnen zijn gepresenteerd in de tabellen. Grootschalige bronnen hebben een vermogen van 5 MW thermisch of meer en zijn bruikbaar in het bestaande SV-net. De mogelijkheden per type grootschalige bron zijn gepresenteerd in tabel S.1.

Tabel S.1. Mogelijkheden groot collectieve bronnen in Ypenburg

Type bron	Voordelen	Nadelen	Opmerking
Geothermie, diepte > 1.000 m Beschikbaarheid tot 2x13,5 MWth 1 tot 2 doubletten samen met WP Locatie nader te bepalen	Warmtebron is gratis. Wel kosten elektriciteit pompen	Hoge investering Hoog boorrisico Temperatuur 70 °C Gas en olie risico	Exploitatie in combinatie met WP Alleen basislast
Bio-energie, verbranding houtsnippen Op huidige locaties Eneco productie	Inpasbaar in SV-net Temperatuur 100 °C	Luchtemissies Inkoop biomassa Duurzaamheid	Meest gangbaar, sluit aan qua schaalgrootte Ypenburg
Bio-energie, verbranding houtpellets Op huidige locaties Eneco productie	Logistiek eenvoudig, minder tonnen Capex laag	Dure brandstof Import waarschijnlijk	Mogelijk voor midden- en pieklast
Bio-energie, verbranden bio-olie Op huidige locaties Eneco productie	Logistiek eenvoudig Capex en opex laag	Kostbare brandstof	Alleen geschikt voor pieklast en back up

Klein collectieve bronnen hebben een vermogen tot enkele MW thermisch waarmee een buurt, flatgebouw of grondgebonden woonblokken van warmte kan worden voorzien. De mogelijkheden per type kleinschalige bron zijn gepresenteerd in tabel S.2.

Tabel S 2. Mogelijkheden klein collectieve bronnen Ypenburg

Type bron	Voordelen	Nadelen	Opmerking
Bio-energie, verbranding houtsnippers Decentraal in buurten	Inpasbaar in SV-net Temperatuur 100 °C	Luchtemissies Inkoop biomassa Duurzaamheid Logistiek in wijk	Luchtkwaliteit is aandachtspunt
Bio-energie, verbranding houtpellets Decentraal in buurten	Capex laag	Dure brandstof Import waarschijnlijk Logistiek in de wijk	Luchtkwaliteit is aandachtspunt Pellets gecertificeerd
Warmte uit oppervlaktewater Meerdere bronnen in Ypenburg Units tot 0,7 MWth mogelijk Decentraal in buurten	Warmtebron gratis Ook koudelevering LT warmtenet	Warmtepomp nodig Aanpassing afgifte WKO nodig. Nieuw net nodig	Bron waar nog weinig ervaring mee is, is WKO wel/niet nodig

Individuele bronnen hebben een vermogen van enkele kW thermisch waarmee een woning van warmte kan worden voorzien, inclusief warm tapwater. De mogelijkheden per type individuele bron zijn gepresenteerd in tabel S.3.

Tabel S 3. Mogelijkheden individuele bronnen Ypenburg

Type bron	Voordelen	Nadelen	Opmerking
Zonneboiler	Mogelijk enige teruglevering warmte	Warmte in zomer Opslag nodig	Aanvullende bron. Teruglevering onzeker
Bodem-water warmtepomp	Hoge COP Koelen mogelijk	Kostbaar Moeilijk in te passen Kan niet overal	Alleen bij voldoende ruimte bij woning Schade aan tuin bij aanleg
Lucht-water warmtepomp	Warmtebron gratis Ook koudelevering	Warmtepomp nodig Aanpassing afgifte WKO nodig Lage COP, hoog verbruik elektriciteit	Geluid aandachtspunt

Van bronnen naar scenario's collectieve warmtevoorziening

Voor Ypenburg zijn passende warmtetransitie scenario's ontwikkeld met nadruk op een collectieve warmtevoorziening. Niet alleen kan zo de bestaande warmte-infrastructuur worden benut, maar ook wordt zo geopereerd onder de Warmtewet waarmee garanties op prijs en prestatie zijn verzekerd voor de consument. Als fall back optie wordt de individuele warmtevoorziening met een lucht warmtepomp gezien. Bij de scenario's is onderscheid gemaakt in hoge temperatuur (tot 100°C), midden temperatuur (tot 70°C) en lage temperatuur (tot 40°C) collectieve systemen.

Voor het hoge temperatuur collectief scenario zijn vier varianten uitgewerkt:

- Geo/Bio Mix van geothermie in basislast, aangevuld met bio-energie in midden en pieklast;
- 100% Bio Bio-warmte installatie in basislast, aangevuld met bioWKK en bio-olie;
- Geo dubbel Geothermie in basislast en middenlast met 2 doubletten;
- LDM basislast 19 MWth, 5.350 vollasturen, 365 TJ. Betreft aftakking Ypenburg.

Deze hoge temperatuur varianten zijn geëvalueerd aan de hand van criteria, zie tabel S.4.

Tabel S 4. Onderlinge evaluatie hoge temperatuur (HT) varianten

Criterium	HT Geo/Bio	HT 100% Bio	HT Geo dubbel	HT LDM
Inpasbaar ruimte	+ / -	-	+	++
Inpasbaar systeem	+ / -	++	+ / -	++
Impact milieu	+ / -	+ / -	+ / -	+
Kapitaal	+ / -	+	-	+
NMDA, lage kosten	+	+	+	+
Flexibel in tijd	+	+	+ / -	+ / -
Impact woning	++	++	++	++
Overlast inwoners	+ / -	+ / -	+	+
Comfort	+	+	+	+

+ goede score - slechte score

Energieopslag kan onderdeel uitmaken van iedere variant, zeker geothermie

Conclusie evaluatie hoge temperatuur varianten

De onderlinge verschillen zijn klein. Welke variant uiteindelijk de voorkeur krijgt zal in sterke mate afhangen van het draagvlak onder inwoners en het aanbod dat marktpartijen neer kunnen leggen voor Ypenburg. De hoge temperatuur varianten zijn in tabel S.5 vergeleken met de andere scenario's.

Tabel S 5. Onderlinge evaluatie scenario's collectief hernieuwbare warmte en individueel

Criterium	HT Bio en/of Geo Bestaand SV-net	MT Geothermie Bestaand SV-net	LT TEO 22 MWth Decentraal net	Individueel Lucht-WP
Inpasbaar ruimte	+	+	-	-
Inpasbaar systeem	+	+ / -	-	+ / -
Impact milieu	+ / -	+ / -	+ / -	+ / -
Duurzaamheid	+ / -	+	+	+
Kapitaal	+ / -	-	Onbekend	-
NMDA, lage kosten	+ / -	+ / -	-	-
Flexibel in tijd	-	+ / -	+	++
Impact woning	+	-	--	-
Overlast inwoners	+	+	+ / -	-
Comfort	+	+	++	++

HT: hoge temperatuur 100 °C, MT: midden temperatuur 70 °C, LT: Lage temperatuur 40 °C

Conclusie evaluatie scenario's hernieuwbare warmte Ypenburg

Het **hoge temperatuurscenario** is relatief eenvoudig toepasbaar in Ypenburg zonder dat de inwoners hiervan iets merken. Ook is met meer zekerheid een garantie te geven op NMDA en continue levering. Het **midden temperatuurscenario** is innovatiever en vergt optimale inregeling van warmteproductie en warmtevraag. In potentie heeft dit concept op de lange termijn meer perspectief op lagere kosten. Op de korte termijn is het meer risicovol waarbij het de vraag is wie deze risico's wil en kan dragen. Het **lage temperatuurscenario** past niet goed bij de bestaande bouw van Ypenburg waardoor de gebouw-

gebonden maatregelen te ingrijpend zijn. Ook de kosten zijn een punt van zorg. Tot slot is **individueel hernieuwbaar verwarmen** met de lucht WP mogelijk, met als kanttekening dat dit gezien kosten in combinatie met woningaanpassingen relatief kostbaar kan zijn en dat breed ingang vinden in een SV-gebied zoals Ypenburg niet waarschijnlijk is.

Ypenburg heeft de luxe, gezien de beschikbaarheid van verschillende hernieuwbare warmtebronnen en het SV-net, dat uit verschillende mogelijkheden gekozen kan worden. Dit maakt concurrentie tussen varianten hernieuwbare warmte hoge temperatuur (geothermie, bio-energie en LDM) mogelijk wat uiteindelijk beter is voor de consument.

De minst ingrijpende manier voor Ypenburg om over te stappen op hernieuwbare warmte is het bestaande SV-net te blijven gebruiken op hoge temperatuur (winter 100 °C, zomer 70 °C). Gedwongen aanpassingen van woningen zijn dan niet nodig en de transportcapaciteit van het SV-net is voldoende. Ook is de verwachting dat door de beschikbaarheid van SDE+ de warmtetransitie mogelijk wordt zonder dat de kosten voor de eindgebruiker toenemen. NMDA blijft van toepassing. Het bestaande SV-net kan worden gevoed met geothermie, restwarmte of biowarmte in verschillende combinaties waarbij geothermie de beste mogelijkheden biedt om de SDE+ optimaal te benutten.

Ingrijpend is het bedrijven van het SV-net op midden temperatuur (maximaal 70 °C). Aanpassingen warmteafgifte woningen en wellicht ook warmtedistributie is nodig. Op midden temperatuur kan geothermie optimaler worden ingezet. Voor bio-energie biedt dit nauwelijks voordelen. Handhaven van NMDA wordt niet mogelijk geacht.

Wanneer overgegaan wordt op overwegend lage temperatuur bronnen dan is ook een distributienet op lage temperatuur nodig. Het is zeer de vraag of het bestaande SV-net hiervoor voldoende capaciteit biedt op buurniveau. Ook zijn omvangrijke aanpassingen nodig aan de woningen in Ypenburg. Weliswaar kan bij lage temperatuur thermische energie uit oppervlaktewater worden gewonnen, maar dit is niet voldoende. Aanvullende bronnen voor middenlast en pieklast in de vorm van bio-energie blijven nodig. Een collectief lage temperatuursysteem wordt daarom niet aanbevolen. NMDA wordt niet mogelijk geacht.

De investeringen om ruim 10.000 woningen in Ypenburg van hernieuwbare warmte te voorzien lopen bij het benutten van het huidige SV-net uiteen van € 27 tot 64 miljoen. Wordt gekozen voor een individuele oplossing dan kan de investering voor de gemiddeld label B woning in Ypenburg oplopen tot in totaal ruim 100 miljoen €.

Aanbevolen wordt om de volgende strategie te hanteren bij de verdere ontwikkeling van hernieuwbare warmte in Ypenburg:

- Energiebesparing is belangrijk, streef naar minimaal 10% ten opzichte van de huidige situatie.
- Zet als eerste in op de maximale ontwikkeling van het beschikbare geothermie potentieel.
- Het betreft in ieder geval 1 geothermiedoublet van circa 13 MWth, maar mogelijk 2.
- Laat bio-energie in de vorm van pieklast en back up hierop een aanvulling zijn.
- Gebruik de bestaande warmteproductie locaties van Eneco voor aankoppeling nieuwe bronnen.
- Overweeg de inzet van aardgas als back up en/of pieklast nog enige tijd te handhaven.
- Ontmoedig het gebruik van individuele biowarmte vanwege beheersen lokale luchtkwaliteit.
- Sta individuele warmtepompen toe bij inwoners die hier bewust voor kiezen.
- Maak aan inwoners van Ypenburg duidelijk dat een oplossing voor alle inwoners de beste is.

- Geef meerdere opties voor invulling warmtetransitie mee aan potentiële leveranciers warmte.
- Wees flexibel in de tijd, 2025 is weliswaar de ambitie maar overhaasten kost geld en goodwill.
- Overweeg thermische energie uit oppervlaktewater alleen bij nieuwbouw in Ypenburg.
- Overweeg WKO alleen in Ypenburg waar sprake is van koudevraag op grote schaal.
- Zie zonthermie als een aanvulling, de rol in de warmtevoorziening zal beperkt blijven.
- Heb steeds oog voor de mogelijkheden van techno/economische optimalisatie met warmteopslag.

Maak zo mogelijk niet vooraf een keuze uit de collectieve scenario's en varianten op hoge temperatuur maar gebruik de inzichten om in de markt de uitvoerbaarheid en investeringsbereidheid te sonderen.

Het doel gericht op realisatie uiterlijk in 2025 wordt als zeer ambitieus gezien. Een meer realistisch doel is 2030 waarbij aardgas geleidelijk uitgefaseerd wordt en de hernieuwbare warmtebronnen parallel worden ingefaseerd. Ypenburg kan daarbij grotendeels autonoom blijven in haar warmtevoorziening.

1 Inleiding

In opdracht van Eneco en de Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg (SHWY) is onderzocht welke mogelijkheden Ypenburg heeft om uiterlijk in 2025 in de gehele warmtevraag te voorzien met hernieuwbare bronnen. Momenteel levert Eneco warmte aan woningen en gebouwen in Ypenburg via een lokaal stadsverwarmingsnet (SV). Als brandstof voor de warmtevoorziening wordt aardgas gebruikt. Voorzien is in een transitie waarbij energiebesparing, collectieve- en individuele hernieuwbare warmtebronnen in een optimale mix worden ingezet om in 2025 volledige duurzaam te zijn. De uitvoering van het onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door de Provincie Zuid-Holland en Eneco.

1.1 Aanleiding, doel en uitgangspunten

Stichting Hernieuwbare Warmte Ypenburg, Den Haag en Eneco gaan voor warmtetransitie

De stichting stelt zich tot doel om te komen tot een CO₂-neutrale warmtevoorziening in 2025 in Ypenburg. De gemeente Den Haag heeft een ambitie die parallel loopt aan de ambitie van SHWY en juicht dit initiatief dan ook van harte toe. Het initiatief maakt onderdeel uit van het warmteplan Den Haag dat beoogt om de gehele stad aardgasloos te maken. Eneco exploiteert warmtenetten in Den Haag en heeft als ambitie het meest duurzame energiebedrijf te zijn van Nederland. Dit betekent dat ook de warmtenetten van Eneco in transitie gaan en dat Eneco daar waar mogelijk het gebruik van aardgas uitfaseert en vervangt door hernieuwbare bronnen. Op basis van dit gemeenschappelijke belang hebben SHWY, de gemeente Den Haag en Eneco de handen ineengeslagen om samen te verkennen hoe Ypenburg gebruik kan gaan maken van hernieuwbare warmtebronnen.

Verkenning warmtetransitie met scenario's, wat is nu echt mogelijk?

Royal HaskoningDHV is gevraagd om verschillende scenario's te ontwikkelen waarmee het beoogde doel in 2025 kan worden bereikt en waarbij zo optimaal mogelijk gebruik wordt gemaakt van de bestaande warmte-infrastructuur. Uit deze scenario's zal door de opdrachtgevers in nauw overleg met alle betrokkenen een keuze worden gemaakt van het voorkeursscenario. Dit scenario zal als basis gaan dienen voor de activiteiten in de komende jaren gericht op de verduurzaming van de warmtevoorziening in Ypenburg.

Doel onderzoek: Ontwikkel realistische scenario's die optimaal gebruik maken van de mogelijkheden voor hernieuwbare warmte in Ypenburg en waarmee het mogelijk wordt om in 2025 duurzaam te zijn.

De uitgangspunten voor een succesvolle warmtetransitie in Ypenburg

Ypenburg is een bestaande woonwijk ten oosten en deel uitmakend van Den Haag. De warmtetransitie zal zo goed mogelijk moeten aansluiten bij de huidige situatie in Ypenburg, zowel technisch, economisch, ecologisch als sociaal. Uitgangspunten zijn geformuleerd om hiervoor te zorgen. Uitgangspunten en reikwijdte van het onderzoek naar hernieuwbare warmte in Ypenburg zijn:

- Gaat om het voorzien in de warmte ten behoeve van ruimteverwarming en warm tapwater.
- Biedt ook mogelijkheden om te voorzien in de vraag naar koude.
- Gaat om het huidige stadsverwarmingsgebied in Ypenburg en Nootdorp.
- De Trias Energetica is leidend: eerst besparen en de resterende vraag duurzaam invullen.
- Uitvoerbaar tussen nu en 2025, gericht op transitie naar 100% hernieuwbare warmte in 2025.
- Maakt optimaal gebruik van het huidige stadsverwarmingsnet in Ypenburg.
- Maakt optimaal gebruik van lokale en regionale hernieuwbare warmtebronnen.

- Biedt ruimte aan individueel verwarmen met hernieuwbare bronnen.
- Gericht op NMDA¹, streven is dat de hernieuwbare warmtevoorziening niet duurder wordt.

Deze uitgangspunten leiden tot scenario's die:

- Een basis zijn voor een aantrekkelijke business case voor marktpartijen en afnemers.
- Kunnen rekenen op draagvlak van warmteafnemers in Ypenburg.
- Zorgen voor een juiste balans tussen vraag en aanbod, energieopslag hoort hier zo nodig bij.
- Toekomstbestendig zijn en kunnen meegroeien met de tijd.
- Gebruikmaken van technieken die betrouwbaar zijn in de levering van warmte.
- Zo duurzaam en milieuvriendelijk mogelijk zijn.
- Comfort en leveringszekerheid bieden aan de inwoners van Ypenburg.

Onder een warmtescenario wordt in dit kader een mix van één of meerdere hernieuwbare warmtebronnen verstaan waarmee jaarrond in de warmtevraag van Ypenburg kan worden voorzien in 2025.

Afgeleide uitgangspunten zijn:

- Maakt gebruik van technieken die tussen nu en 2025 beschikbaar en bewezen zijn.
- Houdt rekening met de gebiedsontwikkeling die verwacht wordt in de komende 10 jaar.
- Biedt ruimte voor innovatie en verandering in de tijd, in het bijzonder na 2025.

1.2 Context, warmtetransitie in beweging

Warmteplannen in ontwikkeling; een interactie tussen regio, gemeente en wijk

Het initiatief in Ypenburg staat niet op zichzelf en kan gezien worden als een pilot voor de opgave van de gemeente Den Haag en de Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH). De landelijke overheid heeft gemeenten opdracht gegeven tot het maken van een warmteplan uiterlijk in 2021. Het warmteplan maakt duidelijk hoe de wijken in de gemeenten uiterlijk in 2050 zijn afgestapt van aardgas en overgegaan zijn op hernieuwbare bronnen. De gemeentelijk warmteplannen worden op regioniveau gebundeld zodat het mogelijk wordt om bovengemeentelijke warmte-infrastructuur te ontwikkelen waar zinvol. In Ypenburg raakt de wijkaanpak de regioaanpak. Zo wordt de 'Leiding door het Midden' (LDM) ontwikkeld waarmee restwarmtebronnen uit het Rotterdamse havengebied ontsloten worden voor de regio en waarmee het mogelijk wordt hernieuwbare warmtebronnen ruimtelijk optimaal te plannen. Vanuit Ypenburg is de wens om zoveel mogelijk zelfvoorzienend te zijn. Top down en bottom up raken elkaar in Ypenburg. Voor de verkenning naar het meest kansrijke scenario biedt dit extra mogelijkheden waarbij Ypenburg zowel afnemer van regionale warmte als leverancier kan zijn.

De warmtewet, waar individueel en collectief elkaar ontmoeten

In de huidige situatie in Ypenburg is Eneco als leverancier van warmte gehouden aan de warmtewet. De warmtewet schrijft onder andere maximumtarieven voor en biedt daarbij de afnemer prijsbescherming, zie tabel 1.1 waarin ook de tarieven van Eneco in Ypenburg zijn opgenomen.

¹ NMDA: Niet meer dan anders, het kostenverrekeningsprincipe zoals dat in de warmtewet gehanteerd wordt en waarbij op dit moment individueel verwarmen met aardgas als referentie wordt gezien. Op termijn zal naar verwachting NMDA gespiegeld gaan worden aan individueel verwarmen met een breed toepasbare vorm van hernieuwbare warmte. De lucht water warmtepomp wordt dan mogelijk de nieuwe referentie.

Tabel 1-1. Overzicht tarieven stadsverwarming

Aard tarief	Maximum warmtewet	Tarief Ypenburg
Tarief per geleverde GJ in €	24,05	23,99
Tarief vastrecht in €/jaar	309,52	305,22
Meettarief in €/jaar	25,36	25,36

Betreft maximumtarieven (inclusief btw, ODE en energiebelasting), zoals door ACM voor 2018 vastgesteld en tarieven zoals door Eneco gehanteerd in Ypenburg.

De maximumtarieven zijn afgeleid van de kosten gemoeid met het individueel verwarmen van woningen met aardgas. Elke collectieve warmtevoorziening, ook op kleine schaal zoals bij verenigingen van eigenaren, biedt aan afnemers de bescherming van de warmtewet. Wanneer in Ypenburg wordt overgestapt op hernieuwbare collectieve warmtebronnen dan blijft ook in die situatie de warmtewet van toepassing. Voor de afnemer verandert er niets. Anders is het voor de producent en leverancier van de hernieuwbare warmte. Deze zal zich afvragen of een rendabele business case mogelijk is binnen de ruimte die de warmtewet biedt. Is de financiële ruimte onvoldoende dat zal het hernieuwbare warmte project niet doorgaan. Hoe de warmtewet zich de komende jaren gaat ontwikkelen om enerzijds de afnemer te blijven beschermen en anderzijds de leverancier ruimte te bieden voor warmtetransitie is nog onduidelijk. Deze ontwikkeling, maar ook ontwikkelingen op het gebied van subsidie voor hernieuwbare warmte en financiering, zullen een grote rol gaan spelen bij het rendabel kunnen toepassen van collectieve hernieuwbare warmte in Ypenburg. Een indicatie van de gemiddelde kosten voor verwarming per woning in Ypenburg is gepresenteerd in onderstaand kader, zie ook paragraaf 2.1.

De huidige kosten voor de verwarming per woning bedragen € 1.140 per jaar bij een verbruik van gemiddeld 33,6 GJ per jaar in Ypenburg.

Anders is het bij de individuele oplossing, een hernieuwbare warmtevoorziening per woning of gebouw. Hier is de afnemer tegelijk de investeerder en exploitante en is er geen bescherming van de warmtewet. Wel kunnen subsidies en/of duurzaamheidsleningen van toepassing zijn waardoor de kosten beperkt worden. Afhankelijk van de woningsituatie, de technische mogelijkheden voor hernieuwbare warmte en de schaalgrootte waarop de woningen worden aangepast heeft de eigenaar/bewoner te maken met een investering die aanzienlijk kan zijn, zie kader en tabel 1.2.

Als standaard individuele oplossing voor hernieuwbare verwarming van woningen wordt een 'zelfstandige' warmtepomp gecombineerd met radiatoren voor lage temperatuurverwarming gezien. De warmtepomp gebruikt elektriciteit. Om in deze vraag te voorzien worden zonnepanelen op de woning geplaatst. Voor een label B-woning zoals gangbaar in Ypenburg gaat het om een netto-investering van € 5,250 tot € 10.700, afhankelijk van het type woning, prijspeil 2018 (bron: Berenschot, artikel Vereniging Eigen Huis juni 2018). Gemiddeld bedraagt de netto-investering € 9.500. Bij een aantal woningen van 10.400 komt daarmee de netto-investering op € 100 miljoen. Zie ook paragraaf 3.5.4.

Tabel 1-2. Investeringskosten per type woning individuele hernieuwbare verwarming

Type woning	Bruto-investering	Subsidie	Netto-investering
Appartement 92 m ²	€ 7.150	€ 1.900	€ 5.250
Tussenwoning 125 m ²	€ 11.950	€ 2.650	€ 9.300
Hoekwoning 125 m ²	€ 12.150	€ 2.650	€ 9.500
Twee onder een kap 120 m ²	€ 13.150	€ 2.650	€ 10.300
Vrijstaand 160 m ²	€ 13.350	€ 2.650	€ 10.700

Uitgangspunt label B, toepassing lucht water warmtepomp met radiatoren lage temperatuurverwarming en zonPV panelen die elektriciteit voor warmtepomp produceren (bron: Vereniging Eigen Huis, juni 2018)

Huurders zijn een bijzondere groep. Hier zorgt de eigenaar van de woning voor plaatsing, onderhoud en vervanging van het verwarmingssysteem. De huurder hoeft niet te investeren. De huurder betaalt voor het verbruik van warmte of aardgas rechtstreeks aan de leverancier. Het gaat daarbij om vastrecht en het verbruik in GJ of m³ aardgas. Via de huur betaalt de verhuurder voor de kosten van het verwarmingssysteem.

Gemeenten maken in het kader van warmtetransitie afspraken met woningbouwcorporaties (WoCo), dit op basis van nationale overeenkomsten tussen Aedes en de betrokken ministeries (EZK en I&M). Leidend is het streven om de woonlasten bij warmtetransitie gelijk te houden. In de praktijk betekent dit dat de huurstijging die samenhangt met een duurder hernieuwbaar warmtesysteem gecompenseerd moet worden met de daling van de energiekosten. De business case van WoCo's is gebaseerd op dit principe. Over het algemeen vindt verandering van de warmtevoorziening pas plaats als de huidige voorziening door de WoCo is afgeschreven en/of ingrijpende renovatie van de woning gewenst is. In Ypenburg speelt dit voor de WoCo geen rol tot 2025. Wel is de verwachting dat juist in Ypenburg de WoCo terughoudend zal zijn in het toepassen van individuele warmteoplossingen omdat het huidige systeem collectief is. In Ypenburg is WoCo Staedion actief. Op dit moment is verhuur in de vrije sector niet gebonden aan afspraken rond warmtetransitie. Initiatief tot verandering wordt hier dan ook niet verwacht.

Verwacht wordt dat woningbouwcorporatie Staedion geen leidende rol zal nemen in de warmtetransitie vanwege het beperkt aantal huurwoningen in Ypenburg, het aandeel ligt rond de 10%. Leidend in de warmtetransitie in Ypenburg zijn de particuliere huiseigenaren die vertegenwoordigd zijn door SHWY.

Instrumentarium in ontwikkeling, de warmtetransitie staat nog pas aan het begin

Op dit moment is de nationale overheid volop bezig om het instrumentarium gereed te maken voor het versnellen van de warmtetransitie. Onder leiding van Diederik Samson wordt aan de Warmtetafel met betrokkenen uit de warmtewereld verkend en onderhandeld over de meest effectieve vormen van ondersteuning. Dat betekent niet dat er nu geen mogelijkheden zijn om de warmtetransitie in Ypenburg betaalbaar te maken, wel dat nog veel onzeker is. De volgende instrumenten zijn o.a. beschikbaar:

- SDE+ voor hernieuwbare collectieve warmtebronnen zoals bio-energie, zonthermie, geothermie.
- I-SDE voor individuele warmteopties zoals warmtepompen, zonneboilers, biowarmte installaties.
- Duurzaamheidsleningen gemeente Den Haag via SVn voor financiering installaties bij VvE's.
- Energiebesparingsfonds gemeente Den Haag via SVn bestemd voor particulieren.
- Energiefonds gemeente Den Haag bestemd voor ondernemers.
- Nationale subsidie voor pilotprojecten warmtetransitie, vervolgrondes worden verwacht.

Naast de genoemde instrumenten stuurt de overheid de warmtetransitie via de prijs van aardgas en elektriciteit. Via Energiebelasting (EB) en de Opslag Duurzame Energie (ODE) maakt de overheid elektriciteit goedkoper en aardgas duurder voor de kleinverbruiker. Dit, in combinatie met subsidies en leningen, maakt dat alternatieven voor aardgas steeds rendabeler worden.

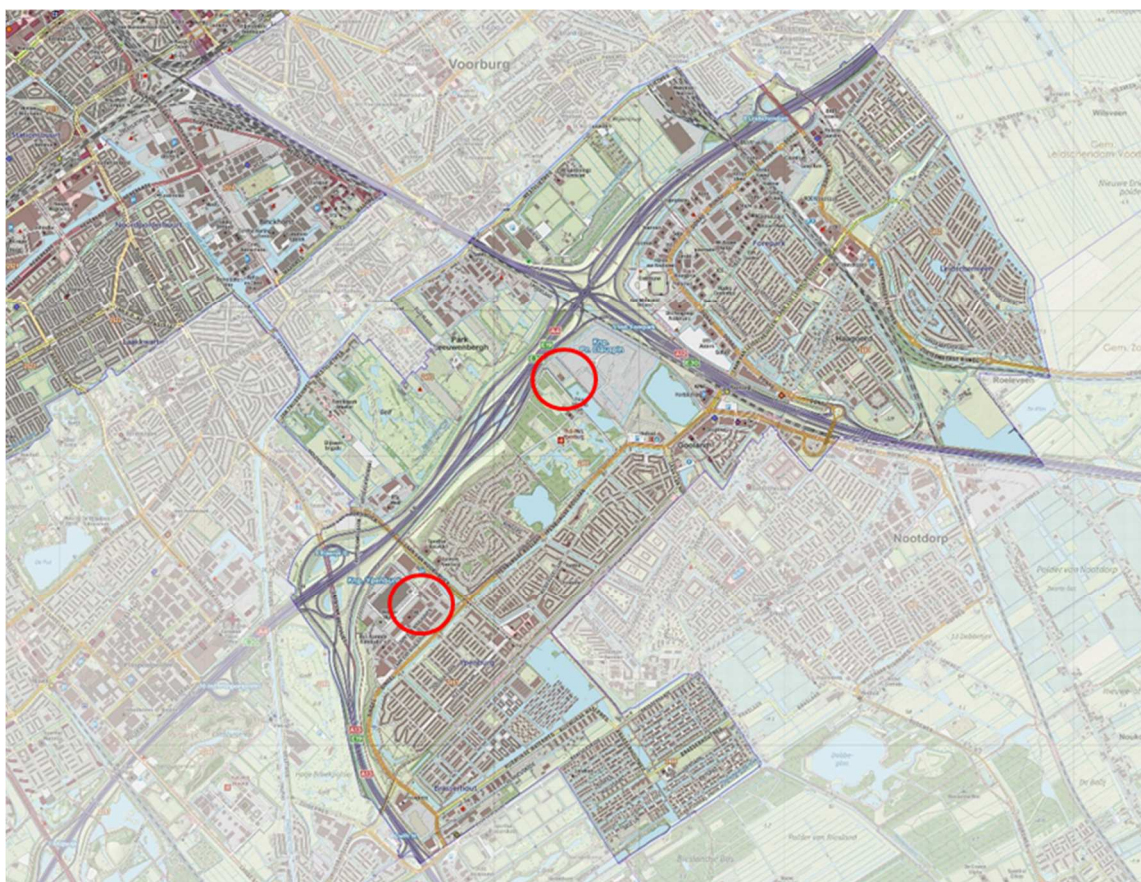
Er zijn nu al financiële instrumenten waar Ypenburg gebruik van kan maken om de transitie naar hernieuwbare warmtebronnen in gang te zetten. Of dit voldoende is zal per scenario verschillen. Timing van de warmtetransitie in Ypenburg is daarom een belangrijk aandachtspunt.

2 Gebiedsbeschrijving en huidige situatie

Ypenburg is een Vinex wijk die in de periode 1997 tot 2000 is gebouwd. De gemiddelde leeftijd van de woningen is circa 20 jaar. Het is daarmee een relatief jonge wijk met woningen die overwegend energie-label B (bron: Pico Geodan, 2018) hebben. Energielabel A komt nauwelijks voor, maar ook de 'slechtere' energielabels zijn nauwelijks aanwezig. De bouwvoorschriften uit die tijd maken dat alle woningen voorzien zijn van isolatie en dubbelglas op alle verdiepingen. De woningen in Ypenburg zijn overwegend koopwoningen (55%). De inwoners van Ypenburg zijn met een inkomen dat overwegend boven de € 35.000 per jaar ligt relatief welvarend. De woningen hebben een WOZ-waarde die varieert tussen de € 200.000 en € 500.000, een bovengemiddelde waarde.

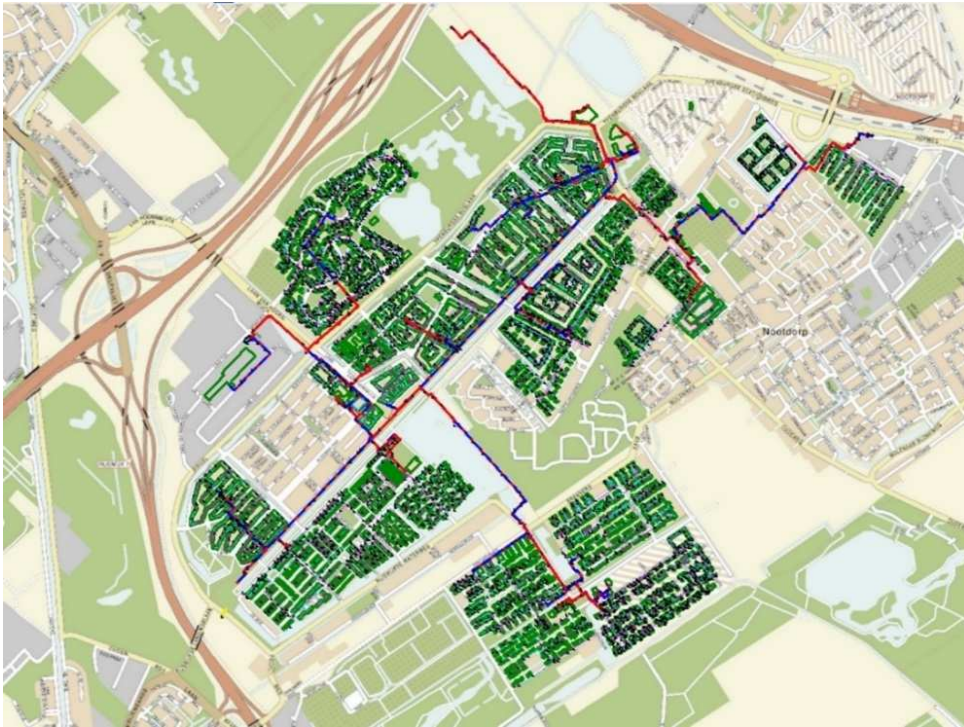
Ypenburg in getallen

Ypenburg omvat in totaal 4 wijken en heeft een oppervlakte van 505 ha. De wijken in Ypenburg zijn 44 Leidschenveen, 43 Forepark, 42 Ypenburg en 41 Hoornwijck (bron: <https://wonenindenhaag.nl/wijken/>). In deze vier wijken zijn 17.455 overwegend grondgeboenden woningen te vinden met in totaal 48.325 inwoners (bron: CBS, 2018). Indien alleen van de 42 wijk Ypenburg wordt uitgegaan zijn er 27.180 inwoners en 9.985 woningen (bron: CBS, 2018). In Ypenburg zijn niet alle huishoudens aangesloten op stadsverwarming. In Ypenburg zijn circa 8.500 huishoudens en in Nootdorp nog eens 1.900 huishoudens aangesloten op de stadsverwarming van Eneco (bron: Warmteatlas). Het aantal aansluitingen stadsverwarming bedraagt 10.400.



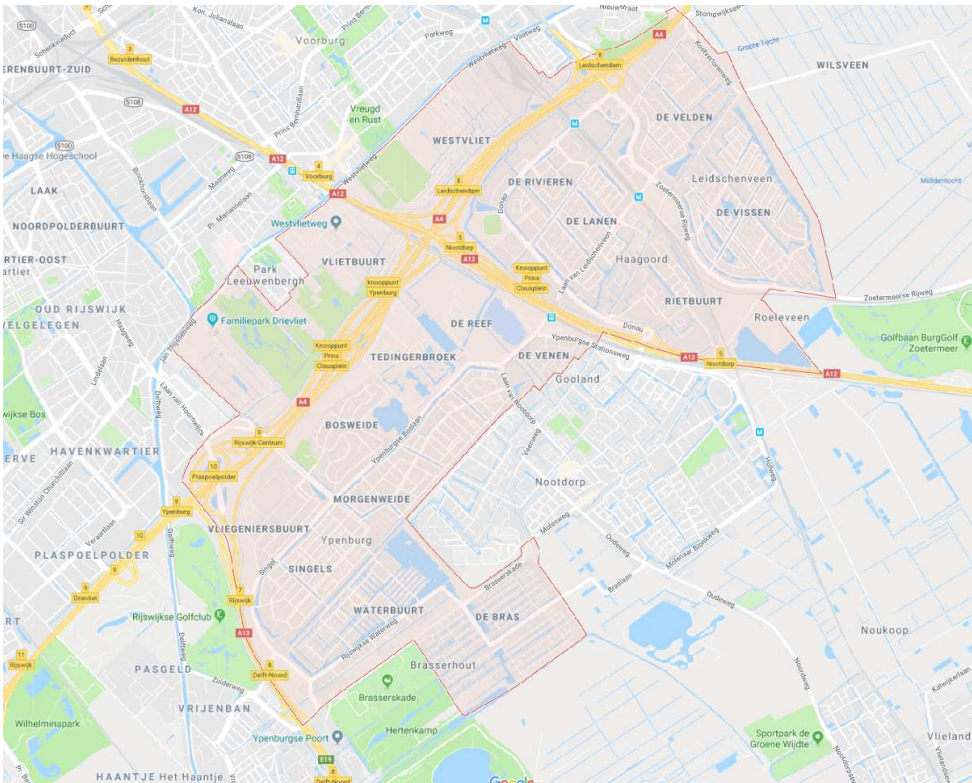
Figuur 2-1. Kaart wijk Ypenburg (bron: Open Topo)

In de cirkels staat de warmteproductie installaties van Eneco, zie ook paragraaf 2.1



Figuur 2-2. Kaart met ligging SV-net wijk Ypenburg (bron: Eneco)

Ook een deel van de gemeente Pijnacker-Nootdorp is aangesloten op het Eneco SV-net. Aansluitingen zijn overwegend woningen, nauwelijks bedrijven.



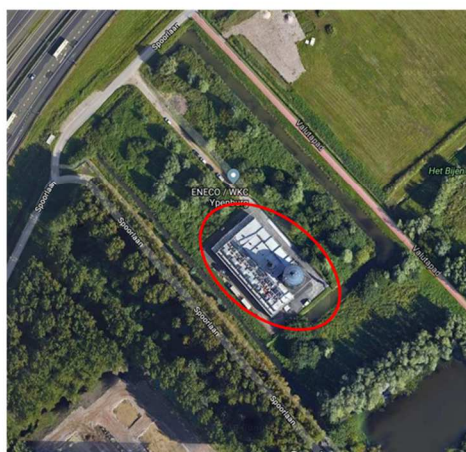
Figuur 2-3. Buurten binnen Ypenburg (bron: google.nl/maps)

De in totaal 15 units hebben een opgesteld vermogen van 100,8 MWth. De transportcapaciteit van het SV-net in de winter is circa 83 MWth². Rekening houdend met warmteverliezen van 6% (bron: Eneco) wanneer de transportcapaciteit maximaal wordt benut, is circa 78 MWth beschikbaar voor gebruik door afnemers.

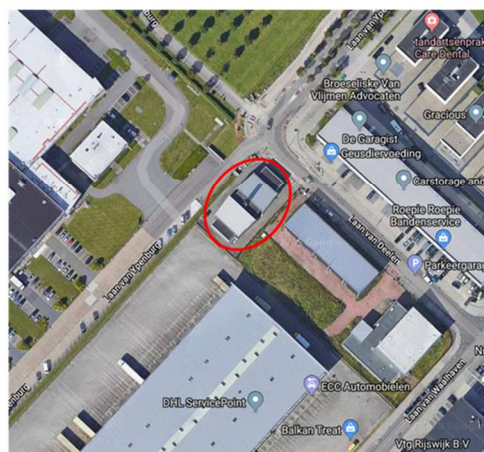
Levering en warmtegebruik

Via een distributienet wordt de warmte geleverd aan de afnemers. In de woningen zijn warmte-afleverset geplaatst waarmee warm tapwater wordt geproduceerd en de distributie naar de ruimteverwarming plaatsvindt.

WKC Ypenburg (Sporlaan 100)
Noordwesten, thv Prins Clausplein



HWC Ypenburg (laan van Deelen 2)
Zuidwesten, thv Knooppunt Ypenburg



Figuur 2-5. Productielocaties warmte Ypenburg, beide in beheer van Eneco

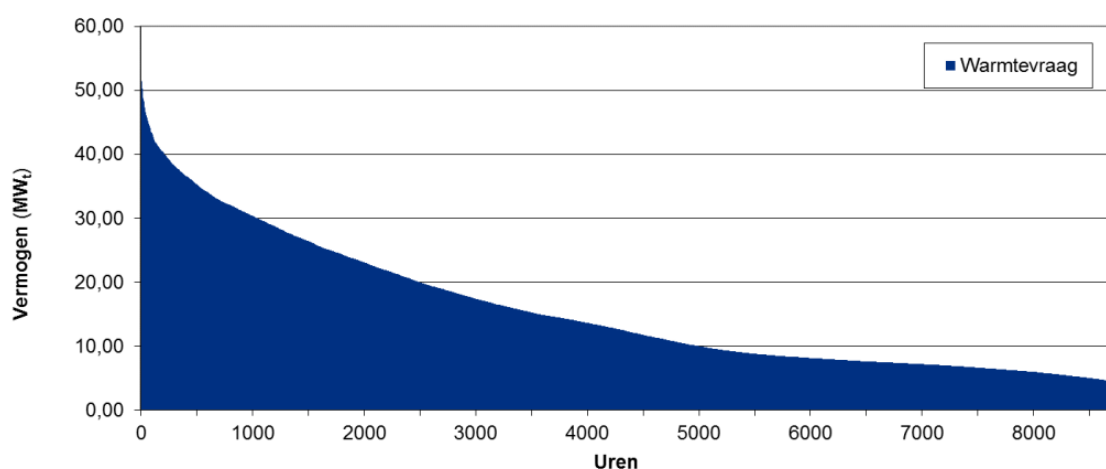
De temperatuurniveaus verschillen tussen de winter en zomer. In de winter wordt op hoge temperatuur geleverd om in de maximale warmtevraag te kunnen voorzien, zie tabel 2.1. In de zomer geldt een lage temperatuur stooklijn om zo de warmteverliezen te beperken. Dit neemt niet weg dat de jaargemiddelde warmteverliezen van het huidige SV-net in Ypenburg circa 30% (bron: Eneco) zijn.

Tabel 2-1. Temperatuurniveaus SV-net Ypenburg in °C (bron: Eneco)

Seizoen	Temperatuur productie	Temperatuur levering	Temperatuur retour
Zomer	85 °C	70 °C	65 °C
Winter	110 °C	90 °C	50 °C

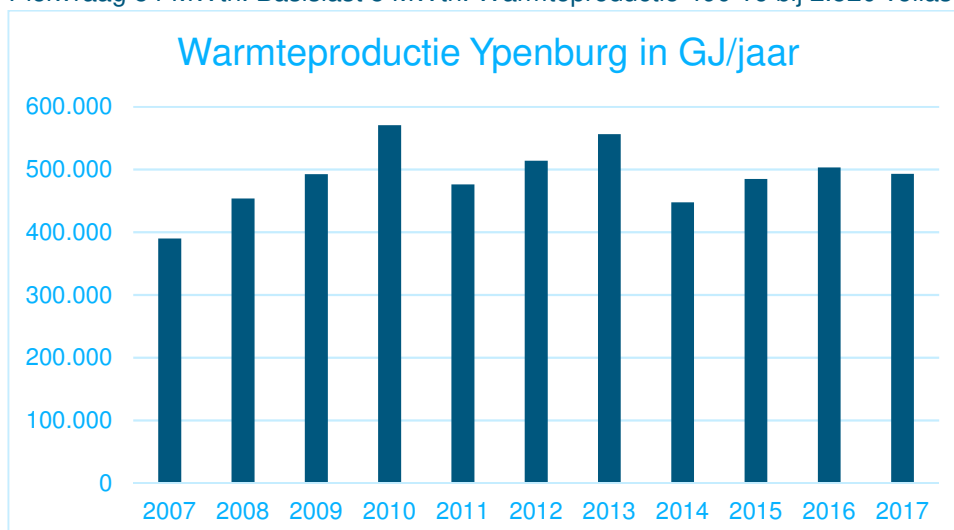
Figuur 2.6 presenteert de jaarduurcurve van de warmteproductie in Ypenburg. Deze curve wordt als uitgangspunt gebruikt voor het samenstellen van de inzet van warmteproductie-eenheden in de scenario's zoals gepresenteerd in hoofdstuk 4. Figuur 2.7 laat zie hoe de jaarlijkse warmteproductie verschilt van jaar toe jaar en daarmee dat een warmteproductie 490 TJ per jaar een representatieve waarde is.

² Bij een uitkoeling van 50 °C en een aangenomen stroomsnelheid van 2 m/s geldt voor de DN400 vanaf de WKC een transportcapaciteit van 53 MWth en voor de DN300 vanaf de HWC een capaciteit van 30 MWth, totaal 83 MWth.



Figuur 2-6. Jaarduurcurve warmteproductie Ypenburg, jaar 2015 (bron: IF Geothermie verkenning)

Piekvraag 54 MWth. Basislast 5 MWth. Warmteproductie 490 TJ bij 2.520 vollasturen.



Let op: de warmtelevering is kleiner, een verliesfactor van 30% wordt aangehouden.

Figuur 2-7. Warmteproductie Ypenburg door WKC en HWC Eneco sinds 2007

Tabel 2-2. Indicatoren warmteproductie SV-net Ypenburg (bron: Eneco)

Indicator	2015	2016	2017	Gem.
Jaarwaarde	481.828	494.248	492.359	489.478
Gem. vermogen	15,28	15,67	15,61	15,52
Piekvermogen	54,78	53,99	57,55	55
Piek / Gemiddeld	3,59	3,44	3,69	3,57
Dalvermogen	4,42	0	0	
Indicator	2015	2016	2017	Gem.
Vollasturen piekvraag	2.443	2.543	2.376	2.454
Vollasturen capaciteit	1.328	1.362	1.357	1.349
Verhouding cap. / piek	1,84	1,87	1,75	1,82

Conclusies:

- Gemiddeld vermogen 15,5 MWth
- Piekvermogen 57,5 MWth
- Vollasturen piekvraag 2.450
- Vollasturen capaciteit 1.350
- Capaciteit = 1,8 x piekvraag

Base case warmteproductie en best case met 10% lagere warmtevraag

Bij het samenstellen en analyseren van de scenario's worden de volgende waarden aangehouden:

- | | | | |
|-----------------------------|--------|-------------|-------------|
| ■ Base case warmteproductie | 500 TJ | 57,5 MWpiek | 15,5 MWgem; |
| ■ Best case warmteproductie | 450 TJ | 52 MWpiek | 14 MWgem. |

De **base case** is gebaseerd op de gemiddelde warmteproductie over de afgelopen 5 jaar, dat is 497 TJ. Over de afgelopen 11 jaar is de jaargemiddelde warmteproductie 489 TJ. In de **best case** daalt de warmteproductie als gevolg van een dalende warmtevraag. Zo ontstaat er bijvoorbeeld in de komende jaren een vervangingsmoment voor dubbel glas (HR). Dubbel glas heeft een levensduur van ongeveer 20 jaar, het risico op lekkage neemt in de komende jaren snel toe. De huidige generatie dubbele glas (HR++) heeft een betere isolatiewaarde waardoor extra energie bespaard kan worden. Kwaliteitscontrole van de woningisolatie (infraroodcamera) kan leiden tot aanvullende isolatie en dichten van kieren. Ook dit is extra energiebesparing en daarmee een lagere warmtevraag. Zie ook hoofdstuk 4.1. Tot slot kan afname van het aantal gezinnen in de wijk leiden tot een lagere warmtevraag per woning. Het spreekt voor zich dat de strengheid van onze winters invloed heeft en dat de verwachting is dat deze eerder milder dan strenger zullen worden. Zie ook de paragrafen 2.2 en 2.3.

Let op: de benodigde warmteproductie kan per scenario verschillen afhankelijk van de verliezen die optreden tussen de productie en de daadwerkelijke levering. Nu wordt nog geen rekening gehouden met dit tweede orde effect.

Uitgaande van een jaargemiddeld verlies van 30% in de huidige situatie en de base case van 500 TJ/jaar warmteproductie bedraagt de warmtevraag via stadsverwarming in Ypenburg 350 TJ per jaar. Bij 10.400 woningen is daarmee het gemiddelde verbruik per woning 33,6 GJ per jaar.

Conditie en restlevensduur

De huidige installaties voor de productie van warmte zijn in 2000 (HWC) en 2006 (WKC) in bedrijf gekomen. Waar de gasketels een technische levensduur hebben van 25 jaar, is de levensduur van de gasmotoren met 8 jaar korter. De technische levensduur van gebouwen en SV-net bedraagt 50 jaar. Dit betekent dat de gasmotoren regelmatig vervangen worden en dat het natuurlijke vervangingsmoment voor de gasketels rond 2025 zal zijn. De introductie van hernieuwbare warmtebronnen vindt bij voorkeur plaats op het moment dat installaties afgeschreven zijn. Zo worden kosten van versneld afschrijven voorkomen.

Rond 2025 is er een natuurlijk moment waarop besloten kan worden om de warmtevoorziening in Ypenburg anders in te richten. Niet gewenste herinvesteringen van Eneco worden zodoende voorkomen en de overstap naar hernieuwbare bronnen kan worden gemaakt.

2.2 Toekomstige ontwikkelingen

Bij het ontwikkelen van een passend hernieuwbare warmte scenario voor Ypenburg is het zaak om rekening te houden met toekomstige ontwikkelingen tot 2025 die nu al zijn te voorzien. Zo wordt de warmtevoorziening toekomstbestendig en wordt voorkomen dat op termijn grote aanvullende investeringen nodig zijn om in te spelen op deze ontwikkelingen. De ontwikkelingen worden gepresenteerd en gekwantificeerd.

Vooralsnog wordt verondersteld dat de toekomstige ontwikkelingen in Ypenburg tot 2025 beperkt blijven en de vraag naar warmte met maximaal 10% groeit. Dit leidt tot een warmtevraag van 385 TJ per jaar.

2.2.1 Nieuwbouw

Betreft woningen en utiliteit die naar verwachting tot 2025 gebouwd gaan worden. Nieuwbouw is voorzien in Deelplan 20 nabij het Hofbad en omvat (bron: Stappenrapport, stad en milieubenadering Deelplan 20. Gemeente Den Haag, 2016):

- 115 grondgebonden woningen;
- 48 kleinschalig gestapelde woningen;
- 160 woningen in een woontoren 70 m hoog naast het Hofbad;
- circa 400 m² BVO bedrijfsruimte.

Tabel 2-3. Uitgangspunten warmte- en koudevraag nieuwbouw

Kengetal energie	Utiliteit	Appartement	Woning
Aansluitwaarde warmte	50 W/m ²	5 kWth*	6 kWth*
Warmteverbruik per jaar	50 kWh/m ² , dat is 180 MJ/m ²	6 MWh, dat is 21,6 GJ	7 MWh, dat is 25,2 GJ
Aansluitwaarde koude	50 W/m ²	2 kWth	2 kWth
Koudeverbruik per jaar	40 kWh/m ² , dat is 144 MJ/m ²	2 MWh, dat is 7,2 GJ	2 MWh, dat is 7,2 GJ

Energiekengetallen warmte en koude huidige stand der techniek (RVO, WKO Tool)

Let op: bij bijzondere utiliteit zoals zwembaden e.d. zijn kengetallen niet toepasbaar.

*: warmwatervoorziening kan om hogere aansluitwaarde vragen, door opslagvat warm water in woning kan hierin worden voorzien

De totale nieuwbouw tot en met 2025 heeft een omvang van naar verwachting 115 woningen, 208 appartementen en 400 m² BVO utiliteit. Op basis van de kengetallen uit tabel 2.3 volgt hieruit een aansluitwaarde van 1,75 MWth en een warmtevraag van 7.463 GJ. Omdat bij nieuwbouw ook sprake is van koudevraag wordt primair WKO, mits economisch haalbaar, ingezet. De nog resterende warmtevraag kan via het bestaande warmtenet worden aangevuld. De omvang en aard (veel woningen, weinig utiliteit) van de nieuwbouw in Deelplan 20 maakt dat de koudevraag te klein om toepassing van WKO economisch haalbaar uit te voeren. De verwachting is dat Deelplan 20 wordt aangesloten op het bestaande SV-net.

Let op: de aansluitwaarde (ASW) van Ypenburg is niet bekend, ASW-nieuwbouw mag niet zomaar bij piekvraag worden opgeteld. Daarvoor is het nodig dat de gelijktijdigheidsfactor bekend is.

De invloed van nieuwbouw op de warmte scenario's is klein omdat nieuwbouw een lage warmtevraag heeft, de omvang van de nieuwbouwplannen gering is en invulling van de vraag naar warmte met lage temperatuur warmte voor de hand ligt.

2.2.2 Uitbreiding in de regio

Betreft potentieel nieuwe aansluitingen op SV van bestaande bouw, zoals nog niet aangesloten utiliteit en/of woningen/wijken grenzend aan het huidige SV-net van Eneco. Potentiele uitbreidingsmogelijkheden vanuit het huidige SV-net bezien liggen in de directe omgeving van Ypenburg en zijn:

- bedrijventerrein Laan van Waalhaven en omgeving;
- buurt Douglaslaan en omgeving;
- Nootdorp;

- bedrijventerrein Forepark ten Noorden van de A12;
- buurt Haagoord ten Noorden van de A12.

Het uitbreidingspotentieel is daarmee aanzienlijk. Of dit mogelijk en haalbaar is hangt af van:

- mate waarin uitbreidingsgebieden zelf over hernieuwbare warmtebronnen beschikken;
- mate waarin er een overschot aan hernieuwbare warmtebronnen is in Ypenburg;
- rol die Leiding door het Midden gaat spelen in de warmtevoorziening Ypenburg en omgeving;
- draagvlak in uitbreidingsgebieden voor aansluiting bij SV-net Ypenburg;
- mate waarin koude gevraagd wordt waarin voorzien kan worden met WKO.

Op dit moment is het beeld te onduidelijk om te kunnen vaststellen of uitbreiding in de bestaande bouw voor 2025 realistisch is en daarom onderdeel moet zijn van de scenario's hernieuwbare warmte Ypenburg. Wat wel duidelijk is dat er gemeentelijke warmteplannen en een regionaal warmteplan gemaakt gaan worden (deadline 2021) waarmee duidelijk wordt wat de optimale invulling is van de warmtetransitie opgave in Ypenburg en omgeving. Aanbevolen wordt om in Ypenburg rekening te houden met de warmteplannen van de omliggende gebieden vanuit de verwachting dat de beschikbaarheid van hernieuwbare warmtebronnen in de regio beperkt is en een optimale benutting dus een vereiste is.

De mogelijkheden voor uitbreiding bestaande bouw in de directe omgeving van Ypenburg zijn (nog) onbekend. Aanbevolen wordt om bij de verdere ontwikkeling van hernieuwbare warmte in Ypenburg rekening te houden met de warmteplannen van omliggende gemeenten en regio.

Let op: Uitbreiding kan leiden tot een betere benutting van het bestaande SV-net van Eneco. Grote uitbreidingen vereisen aanleg van nieuwe productielocaties, de huidige locaties lopen tegen grenzen aan.

2.2.3 Leiding Door Midden

De Warmtealliantie, voorheen Warmterotonde Cluster West, heeft als doel om restwarmte vanuit de haven van Rotterdam te transporteren naar enkele grote steden in Zuid-Holland. De Warmtealliantie is onderverdeeld in meerdere separate leidingonderdelen, zie figuur 2.8. De Leiding Door Midden (LDM) is hier één van.

Restwarmte versus hernieuwbare warmte

In Nederland wordt evenveel restwarmte verspild als de huishoudens aan warmte gebruiken, deze warmte is daarmee nog niet CO₂-neutraal. De duurzaamheid van deze warmtebron is hoger dan van de huidige warmteproductiemiddelen en van veel andere bronnen. Daarnaast zullen de industriële processen in Nederland tussen 2030 en 2050 overschakelen op andere bronnen dan fossiel. Daarmee wordt restwarmte duurzamer en wordt het onderscheid tussen restwarmte en warmte afkomstig uit hernieuwbare bronnen zoals geothermie kleiner en verdwijnt zelfs op den duur.

Met het leidingonderdeel LdM worden hoogstwaarschijnlijk Vlaardingen Schiedam, Delft, Rijswijk en Den Haag aangesloten op de Warmterotonde Cluster West. De mogelijkheid is aanwezig om het bestaande warmtenetwerk van Ypenburg ook aan te sluiten op LDM.

Over het aansluiten van Ypenburg op LDM zijn de volgende gegevens bekend ³:

- Buurt Haagoord ten Noorden van de A12;
- Leidingdiameter 250 mm voor aftak (aansluitleiding) van LDM naar Ypenburg;
- Tracélengte circa 4 km;
- Aanvoertemperatuur 118 °C, retourtemperatuur 57 °C, temperatuurverschil 61 °C;
- Inbedrijfstelling voorzien in 2022.



Figuur 2-8. Hoofdstructuur warmte Zuid-Holland, eindsituatie 2035 (bron: Zuid-Holland)

Tabel 2-4. Hoofdkenmerken Leiding Door Midden (LDM), aftakking Ypenburg

Vermogen in MWth	Vollasturen per jaar	Productie in TJ/jaar
19	5.350	365

Uitgangspunt: levering van warmte in basislast aan Ypenburg
Productie en vollasturen volgen uit jaarduurcurve figuur 2.6

LDM is op dit moment in ontwikkeling. Ypenburg is hierbij als potentieel afzetgebied aangemerkt, maar niet als leveringsgebied. Het betreft een besluit van Eneco dat in samenspraak met de Gemeente Den Haag genomen is. Mocht warmtelevering aan Ypenburg daadwerkelijk opportuun zijn, dan moet hierover op korte termijn afstemming met de Gemeente Den Haag en Eneco worden gezocht.

Indien er vanuit LDM, conform de visie van de warmterotonde, een transportleiding naar Leiden wordt gerealiseerd, zal deze leiding mogelijk Ypenburg kruisen. Dit zal de haalbaarheid van een aansluiting op het SV-net van Ypenburg sterk vergroten. Of deze uitbreiding er gaat komen is op dit moment nog onzeker.

³ Rapport: WATBE6993R001F01 Hydraulisch ontwerp warmtetransportleiding d.d. 30 september 2016

Aansluiting van Ypenburg op de Leiding Door Midden maakt dat de restwarmte uit de industrie beter kan worden benut. Levering in basis- en middenlast is voorzien waarbij ruim 70% van de warmtevraag in Ypenburg kan worden gedekt.

2.2.4 Koudevraag

Door de klimaatverandering stijgt de jaargemiddelde temperatuur. Ook de extremen worden heftiger. De langdurige warmteperiode van de zomer van 2018 is daar een voorbeeld van. Dit maakt dat de behoefte aan koude toeneemt. Waar koudevoorziening eerst alleen in de utiliteit gangbaar is zal deze naar verwachting in woningen ook steeds meer ingang vinden. De hernieuwbare warmte- en koudebron die bij uitstek geschikt is om hierin te voorzien is WKO. Deze optie is algemeen gangbaar in de utiliteit, niet bij woningen. Individuele airconditioning in veel gebruikte ruimtes en ventilatoren zijn de meest gebruikte opties in woningen. Verwacht wordt dat dit tot 2025 ook nog het geval zal zijn voor Ypenburg. Op de lange termijn zijn WKO's met een koudenet wellicht wel haalbaar op grote schaal.

Bij de ontwikkeling van de warmte scenario's wordt verondersteld dat de groei naar koude in bestaande bouw wordt ingevuld met individuele opties. Een koudenet is vooralsnog niet voorzien.

2.2.5 Ontwikkelingen na 2025

Ontwikkelingen die na 2025 naar verwachting een hoge vlucht zullen nemen zijn

- vergaande elektrificatie, ook in de warmtevoorziening in de vorm van een elektrische boiler;
- waterstof komt beschikbaar als alternatief voor aardgas;
- opslagtechnieken voor energie nemen een hoge vlucht;
- het warmtenet en elektriciteitsnet raken meer aan elkaar gekoppeld, smart grid;
- nieuwe conversietechnieken komen op grote schaal beschikbaar zoals de brandstofcel.

Met de oplossingen hernieuwbare warmte Ypenburg die nu ontwikkeld worden kan nog geen rekening gehouden worden met de ontwikkelingen na 2025. Toepassen voor 2025 leidt tot hoge kosten terwijl het voordeel pas op lange termijn kan worden benut. Beter is de ontwikkelingen te volgen en op het eerstvolgende natuurlijke investeringsmoment warmte (en elektriciteit?) in Ypenburg te beslissen hoe het vervolg van de energietransitie wordt doorgezet. Dit is, uitgaande van de economische levensduur van SDE+ warmteprojecten van 12 tot 15 jaar, rond 2040.

Nu anticiperen op ontwikkelingen na 2025 is niet rendabel voor Ypenburg. Beter is het eerstvolgende natuurlijke investeringsmoment rond 2040 af te wachten voor de volgende verandering.

2.3 Opgave warmtetransitie

De opgave voor de transitie in Ypenburg naar hernieuwbare warmtebronnen volgt uit de huidige situatie zoals beschreven in paragraaf 2.1 en de toekomstige ontwikkelingen in Ypenburg zoals gepresenteerd in paragraaf 2.2. Tabel 2.5 vat deze opgave samen. De volgende warmtevraag cases zijn onderscheiden:

- Base case Huidige situatie, blijft stabiel tot en met 2025;
- Low case 10% energiebesparing lukt, geen nieuwe warmtevraag;
- Grow case 10% energiebesparing gecombineerd met 10% groei, gelijk aan base case;
- High case Energiebesparing lukt niet/nauwelijks en aantal aansluitingen groeit met 10%.

Tabel 2-5. Opgave warmtetransitie voor de verschillende cases

Case	Productie Vermogen	Productie Hoeveelheid	Vraag Vermogen	Vraag Hoeveelheid
Base case	57,5 MWth	500 TJ/jaar	43 MWth	350 TJ/jaar
Low case	52 MWth	450 TJ/jaar	39 MWth	315 TJ/jaar
Grow case	57,5 MWth	500 TJ/jaar	43 MWth	350 TJ/jaar
High case	63 MWth	550 TJ/jaar	47 MWth	385 TJ/jaar

Uitgaande van 30% warmteverlies in de huidige situatie en 2.450 vollasturen

Afhankelijk van de technische uitvoering en de ontwikkeling van de warmtevraag is de opgave om tussen de 315 TJ (individueel) en 550 TJ (collectief) per jaar aan hernieuwbare warmtebronnen in Ypenburg te ontwikkelen.

3 Verkenning warmtebronnen

Om scenario's te kunnen bouwen waarmee Ypenburg kan overstappen op hernieuwbare warmte is, na het vaststellen van de opgave, het nodig om in kaart te brengen wat de potentieel kansrijke opties zijn. Naast een verkenning van wat naar verwachting wel kan (bijlage A1) is in bijlage A2 ook aangegeven wat (nog) niet kan binnen de set van geldende uitgangspunten voor Ypenburg, zie paragraaf 1.1.

3.1 Mogelijkheden kansrijke bronnen

In tabel 3.1 is een overzicht gepresenteerd van de opties die als potentieel technisch kansrijk worden gezien (bijlage A1).

Tabel 3-1. Overzicht potentieel technisch kansrijke warmtebronnen Ypenburg

Type bron	Temperatuur	Groot collectief	Klein collectief	Individueel
Geothermie, diepte > 1.000 m	40 tot 70 °C	X		
Verbranding houtsnippers	> 70 °C	X	(X)	
Verbranding houtpellets	> 70 °C			(X)
Verbranding bio-olie	> 70 °C	X		
Zonneboiler	60 tot 80 °C	X	(X)	X
WKO	< 30 °C		X	
Warmte uit oppervlaktewater	< 30 °C	(X)	X	
Bodem water warmtepomp	< 30 °C		X	X
Lucht water warmtepomp	< 30 °C			X

Aangegeven is op welke temperatuur de warmte beschikbaar is voor toepassing

Aangegeven is wat het meest gangbare toepassingsgebied is

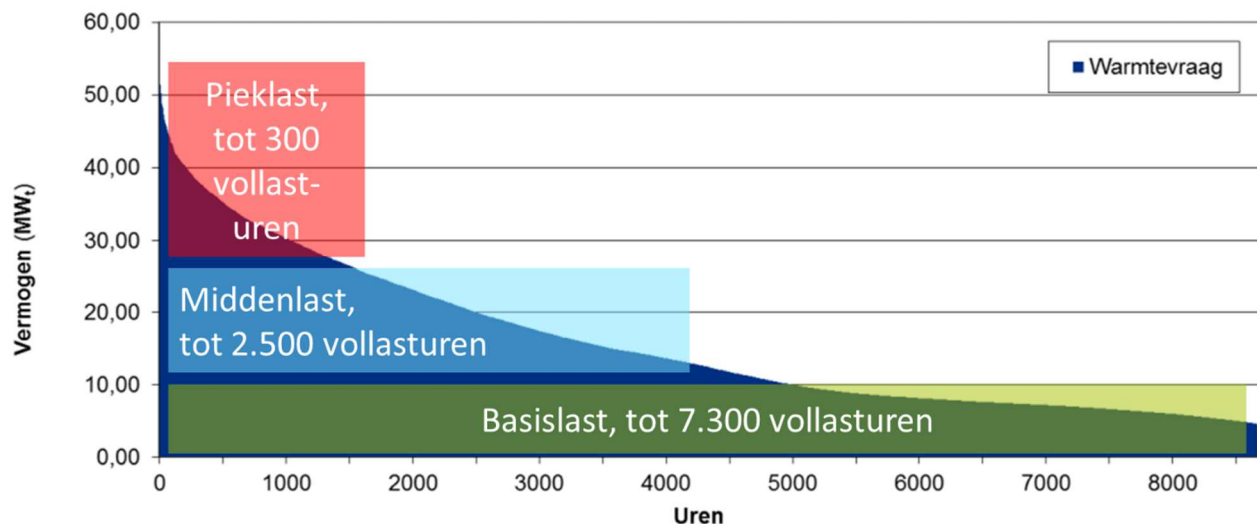
Bij (...), toepassing kan maar niet gangbaar of niet waarschijnlijk

De aard van de warmtebronnen in tabel 3.1 verschilt. Niet iedere bron is geschikt vanuit kosten- of bedrijfsvoeringoverwegingen onder alle omstandigheden de gevraagde warmte te produceren. Tabel 3.2 geeft aan wat het werkgebied is waar de hernieuwbare warmtebron het best tot zijn recht komt. Figuur 3.1 geeft aan wat het verschil is tussen basislast, middenlast en pieklast. Het karakter van de bron laat zich compenseren door warmteopslag. Zo produceert de zonneboiler warmte in pieken, maar met een opslagvat kan de warmte ook 's-avonds gebruikt worden bij het douchen. Ook kan een lucht-water warmtepomp warmte leveren op de koudste momenten in de winter. Maar dit is relatief ongunstig, met elektrisch bijverwarmen (boiler, infrarood paneel) pakt het beter uit. Tot slot kunnen bronnen elkaar aanvullen zodat het hele spectrum van de warmtevraag wordt afgedekt.

Tabel 3-2. Werkgebied hernieuwbare warmtebronnen

Type bron	Temperatuur	Basislast	Middenlast	Pieklast
Geothermie, diepte > 1.000 m	40 tot 70 °C	X		
Verbranding houtsnippers	> 70 °C	X	X	
Verbranding bio-olie	> 70 °C			X
Zonneboiler	60 tot 80 °C		X, weinig vollasturen	
WKO	< 30 °C	X	X	X
Warmte uit oppervlaktewater	< 30 °C	X	X	

Type bron	Temperatuur	Basislast	Middenlast	Pieklast
Bodem water warmtepomp	< 30 °C	X	X	X
Lucht water warmtepomp	< 30 °C	X	X	(X)



Inclusief een indicatie van het bijbehorende aantal vollasturen.

Figuur 3-1. Presentatie werkgebieden warmtebronnen in de jaarduurcurve Ypenburg

In twee bijlagen zijn de mogelijkheden van de warmtebronnen voor Ypenburg nader verkend. Onderscheid is gemaakt in een bijlage met kansrijke bronnen (Bijlage A.1) en een bijlage met bronnen die (nog) niet haalbaar zijn (Bijlage A.2).

3.2 Evaluatie bronnen

Voordat met de bouw van de scenario's wordt begonnen (zie hoofdstuk 4) worden de hernieuwbare warmtebronnen per optie geëvalueerd op hun bruikbaarheid voor Ypenburg. Alleen de bronnen die haalbaar worden geacht (zie bijlage A1) en daarmee voldoen aan de 'must' criteria (zie paragraaf 3.2.1) worden geëvalueerd op hun bruikbaarheid. Bij de evaluatie van de bronnen wordt nagegaan in hoeverre de bronnen geschikt zijn om in een groot collectief systeem zoals het huidige SV-net van Ypenburg, een klein collectief systeem of per woning (individueel) kan worden toegepast.

3.2.1 Criteria evaluatie

De criteria voor de evaluatie zijn afgeleid van de uitgangspunten uit paragraaf 1.1. Bij het samenstellen van de criteria wordt onderscheid gemaakt tussen knock out criteria (must) en criteria waarop een zo hoog mogelijke score gewenst is (wants, wens criteria). Met de presentatie van bronnen en opties die niet mogelijk worden geacht in bijlage A2 is invulling gegeven aan de knock out criteria, dat is:

- Niet beschikbaar als techniek of op commerciële schaal voor 2025;
- Onvoldoende potentieel biedend om in warmtevraag te voorzien, ook in combinatie;
- Niet realistisch vanwege hoge kosten of maatschappelijke gevolgen;
- Onvoldoende mogelijkheden biedend om in geheel Ypenburg uit te rollen;
- Onvoldoende betrouwbaar geacht om te zorgen voor hoge leveringszekerheid;
- Niet technisch inpasbaar.

Een harde evaluatie op basis van de 'want' criteria wordt niet per bron toegepast. Dit gebeurt in hoofdstuk 4 per scenario. Deze scenario's kunnen bestaan uit een mix van meerdere hernieuwbare warmtebronnen. De scenario's zullen worden getoetst aan de wensen die van toepassing zijn op het ideale hernieuwbare warmteconcept voor Ypenburg. Als belangrijkste wenscriteria voor de hernieuwbare warmte scenario's in Ypenburg worden gezien:

- leidend tot lage jaarlijkse kosten voor de warmteafnemers;
- flexibel voor uitbreiding en verandering naar de toekomst toe;
- minimale impact op woningen in relatie tot aanpassing van woning en warmteafgifte;
- minimale impact op het milieu, emissies naar bodem, lucht en water;
- minimale overlast bezorgend voor inwoners van Ypenburg en de directe omgeving;
- minimaleerschikking nodig van ruimtegebruik in woningen en in de openbare ruimte;
- kunnen rekenen op een groot draagvlak van de inwoners van Ypenburg;
- bieden van een hoge mate van comfort en een gezond binnenklimaat.

3.2.2 Mogelijkheden groot collectief

Onder groot collectieve bronnen worden grootschalige bronnen verstaan die een vermogen kunnen hebben van 5 MW thermisch of meer en die bruikbaar zijn in het bestaande SV-net van Ypenburg. De mogelijkheden per type grootschalige bron zijn gepresenteerd in tabel 3.3.

Tabel 3-3. Mogelijkheden groot collectieve bronnen in Ypenburg

Type bron	Voordelen	Nadelen	Opmerking
Geothermie, diepte > 1.000 m Beschikbaarheid tot 2x13,5 MWth 1 tot 2 doubletten samen met WP Locatie nader te bepalen	Warmtebron is gratis. Wel kosten elektriciteit pompen	Hoge investering Hoog boorrisico Temperatuur 70 °C Gas en olie risico	Exploitatie in combinatie met WP Alleen basislast
Bio-energie, verbranding houtsnippers Op huidige locaties Eneco productie	Inpasbaar in SV-net Temperatuur 100 °C	Luchtemissies Inkoop biomassa Duurzaamheid	Meest gangbaar, sluit aan qua schaalgrootte Ypenburg
Bio-energie, verbranding houtpellets Op huidige locaties Eneco productie	Logistiek eenvoudig, minder tonnen Capex laag	Dure brandstof Import waarschijnlijk	Mogelijk voor midden- en pieklast
Bio-energie, verbranden bio-olie Op huidige locaties Eneco productie	Logistiek eenvoudig Capex en opex laag	Kostbare brandstof	Alleen geschikt voor pieklast en back up

3.2.3 Mogelijkheden klein collectief

Onder klein collectieve bronnen worden bronnen verstaan die een vermogen kunnen hebben tot enkele MW thermisch die een buurt, flatgebouw of grondgebonden woonblokken van warmte kunnen voorzien. Het bestaande SV-distributienet wordt daarbij zo mogelijk gebruikt. Bij een lage temperatuurbron is een aangepast/nieuw distributienet nodig. De mogelijkheden per type kleinschalige bron zijn gepresenteerd in tabel 3.4. In vergelijking met groot collectief is warmte uit oppervlaktewater (TEO) een extra optie, maar wel door de lage temperatuur van de bron een van de meest ingrijpende opties. Ook het distributienet en de warmteafgifte zullen moeten veranderen. Bio-energie is klein collectief op buurtniveau denkbaar maar heeft in de situatie Ypenburg met een bestaand SV-net alleen nadelen ten opzichte van grootschalige toepassing op wijkniveau.

Tabel 3-4. Mogelijkheden klein collectieve bronnen Ypenburg

Type bron	Voordelen	Nadelen	Opmerking
Bio-energie, verbranding houtsnippers Decentraal in buurten	Inpasbaar in SV-net Temperatuur 100 °C	Luchtemissies Inkoop biomassa Duurzaamheid Logistiek in wijk	Luchtkwaliteit is aandachtspunt
Bio-energie, verbranding houtpellets Decentraal in buurten	Capex laag	Dure brandstof Import waarschijnlijk Logistiek in de wijk	Luchtkwaliteit is aandachtspunt Pellets gecertificeerd
Warmte uit oppervlaktewater Meerdere bronnen in Ypenburg Units tot 0,7 MWth mogelijk Decentraal in buurten	Warmtebron gratis Ook koudelevering LT warmtenet	Warmtepomp nodig Aanpassing afgifte WKO nodig. Nieuw net nodig	Bron waar nog weinig ervaring mee is, is WKO wel/niet nodig

3.2.4 Mogelijkheden individueel

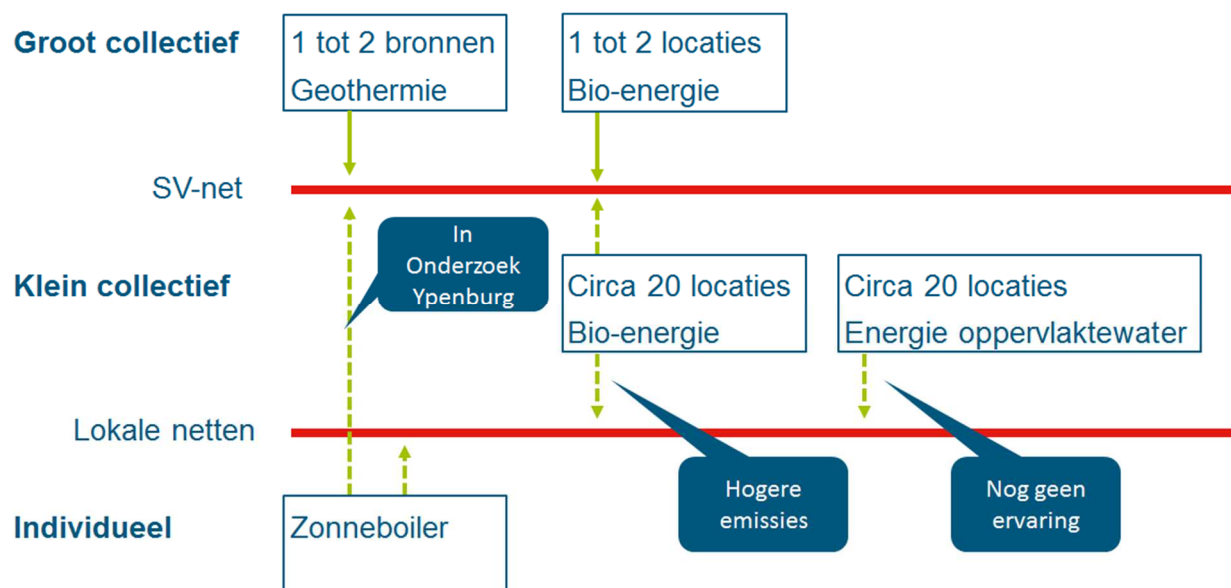
Onder individuele bronnen worden bronnen verstaan die een vermogen kunnen hebben van enkele kW thermisch en die een woning van warmte kunnen voorzien, inclusief warm tapwater. De mogelijkheden per type individuele bron zijn gepresenteerd in tabel 3.5.

Tabel 3-5. Mogelijkheden individuele bronnen Ypenburg

Type bron	Voordelen	Nadelen	Opmerking
Zonneboiler	Mogelijk enige teruglevering warmte	Warmte in zomer Opslag nodig	Aanvullende bron. Teruglevering onzeker
Bodem-water warmtepomp	Hoge COP Koelen mogelijk	Kostbaar Moeilijk in te passen Kan niet overal	Alleen bij voldoende ruimte bij woning Schade aan tuin bij aanleg
Lucht-water warmtepomp	Warmtebron gratis Ook koudelevering	Warmtepomp nodig Aanpassing afgifte WKO nodig Lage COP, hoog verbruik elektriciteit	Geluid aandachtspunt

3.2.5 Interactie in schaalgrootte

De verschillende schaalgrootten van de bronnen uit bijlage A1 laten zich niet ongelimiteerd met elkaar combineren in scenario's met als belangrijkste reden de negatieve invloed op de economische haalbaarheid. Zo is het voor groot collectief (= SV-net op de schaal van nu in Ypenburg) vanwege de rentabiliteit belangrijk dat een hoge dekking (90% of meer) mogelijk is, het restant mag worden ingevuld door een combinatie van klein collectief en individueel. Voor klein collectief geldt ook dat een hoge dekking nodig is binnen het verzorgingsgebied. Het toepassen van meerdere klein collectieve systemen sluit een groot collectief systeem uit, ze kunnen niet naast elkaar bestaan. Wel is het mogelijk dat klein collectief wordt aangevuld met individueel. Tot slot is individueel de meest flexibele optie. Het kan als aanvulling dienen op collectieve systemen maar ook op grote schaal als de overheersende aanpak worden uitgevoerd. Keerzijde van individueel is dat ieder woningeigenaar zelf moet investeren en daar is niet iedereen toe in staat, ook niet wanneer duurzaamheidsleningen en dergelijke beschikbaar zijn. Figuur 3.2 laat zien hoe de onderlinge relaties uitpakken voor Ypenburg. Groot collectieve bronnen zoals geothermie en bio-energie vinden makkelijk aansluiting bij het bestaande SV-net. Decentraal bio-energie, energie uit oppervlaktewater en zonneboilers zijn om verschillende redenen niet in gelijke mate inpasbaar in Ypenburg.



Figuur 3-2. Relatiediagram dat laat zien hoe groot/klein collectief en individueel wel/niet met elkaar verenigbaar zijn in een stadsverwarmingsnet of een lokaal net. Het spreekt voor zich dat, al dan niet met warmtepompen, levering op de vereiste temperatuur moet plaatsvinden

3.2.6 Warmtebronnen en temperatuurniveaus

Tabel 3.6 geeft een overzicht van de belangrijkste potentiële hernieuwbare warmtebronnen voor Ypenburg en hun geschiktheid om ingezet te worden om verschillende temperatuurniveaus. Hiermee wordt rekening gehouden bij het opstellen van de scenario's als functie van de temperatuur waarop levering van warmte plaatsvindt.

Tabel 3-6. Classificatie hernieuwbare warmtebronnen bij toepassing voor 2025

Bron	HT, 100 °C	MT, 70 °C	LT, 40 °C	Opmerking
Collectief				
Biowarmte hout	+	+	+	Locatie WKC en HWC Eneco
Geothermie	- / +*	+	+	Onzekerheid over bron
WKO	-	-	+*	Altijd met koeling
TEO	-	-	+*	Bron: oppervlaktewater, gemaal
Biowarmte, olie	+	+	+	Alleen als pieklust en back up
Zonthermie	-	+	+	Aanvullend, in combinatie met opslag
Leiding Door Midden	+	+	+	Alleen back up/basislast, 100% groen?
Individueel				
Bodem WP	-	-	+	Horizontale-, verticale warmtewisselaar
Lucht WP	-	+	+	Breed toepasbaar laagbouw
Water WP	-	+	+	Directe nabijheid water vereist
Zonneboiler	-	+	+	Aanvullend, warm tapwater
Niet passend				
Groene elektriciteit	+	+	+	Niet goedkoop beschikbaar, aanvulling

Bron	HT, 100 °C	MT, 70 °C	LT, 40 °C	Opmerking
Bio individueel	+	+	+	Emissies naar lucht kritisch
Hybride WP	+	+	+	Vereist inzet aardgas
Biogas/groen gas	+	+	+	Niet in voldoende mate beschikbaar
Groene waterstof	+	+	+	Niet in voldoende mate beschikbaar

Wanneer een warmtepomp nodig is om tot de juiste aanvoertemperatuur te komen dan is dit weergegeven met een *

HT: hoge temperatuur, MT: midden temperatuur, LT: lage temperatuur

4 Scenario's warmtetransitie

De scenario's voor de warmtetransitie gaan uit in het voorzien van de warmtevraag na energiebesparing in Ypenburg waarbij alle warmte met hernieuwbare bronnen worden geproduceerd. Leidend is het base case scenario met een warmteproductie van 500 TJ per jaar bij 30% warmteverliezen. Voor elk scenario wordt ook vastgesteld of en hoe dit scenario kan voldoen aan de high case waarbij energiebesparing tegenvalt en sprake is van een groei van het aantal warmteafnemers in Ypenburg. In de high case is de opgave 550 TJ per jaar bij 30% warmteverliezen. Zie ook paragraaf 2.3.

Voor de hernieuwbare warmtevoorziening Ypenburg worden 4 scenario's onderzocht

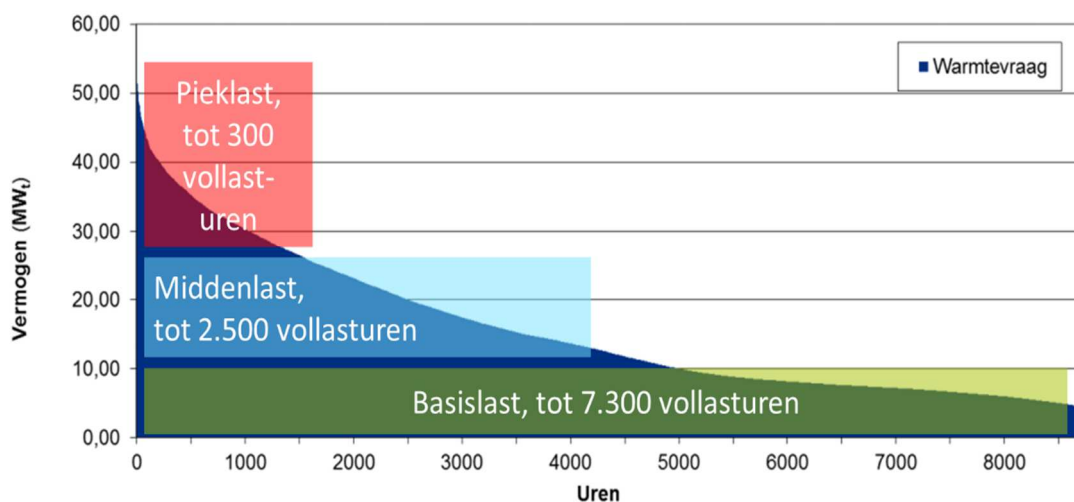
De volgende scenario's voor de warmtetransitie van Ypenburg worden onderzocht:

- 1 Hoge temperatuur collectief op basis van geothermie, restwarmte en/of bio-energie, 4 varianten;
- 2 Midden temperatuur collectief op basis van geothermie met bio-energie in de piek;
- 3 Lage temperatuur collectief op basis van warmtepomp en benutten omgevingswarmte;
- 4 Individueel hernieuwbare warmte.

De eerste drie scenario's maken gebruik van warmtenetten. Bij scenario 1 en 2 is dit het huidige warmtenet van Eneco. Bij scenario 3 ligt dit minder voor de hand omdat van meerdere verspreid gelegen bronnen gebruikt gemaakt wordt. Het huidige warmtenet wordt daarbij mogelijk opgesplitst in meerdere kleine netten die buurten die in de directe omgeving van de warmtebron liggen van warmte voorzien. Zo kunnen de distributienetten in buurten opnieuw worden benut. Het individueel hernieuwbare warmte scenario 4 dient als aanvullend kader om zo duidelijk te maken wat het betekent in Ypenburg wanneer alle huidige aansluitingen op het SV-net overgaan op een hernieuwbare warmtebron per woning of woonblok.

Bouwen van scenario's, van basislast naar pieklast, inclusief back up

Bij het bouwen van scenario's wordt in een bepaalde volgorde gewerkt, zie figuur 4.1. Als eerste wordt de basislast warmtevraag ingevuld. De capaciteit die wordt ingezet voor de basislast kan verschillen per optie en per scenario. Vervolgens wordt de resterende capaciteit ingevuld met middenlast. Soms kan de middenlast capaciteit ook als pieklast fungeren. Is dit niet mogelijk dan wordt de pieklast met aparte capaciteit ingevuld. Tot slot wordt de omvang en aard van back up capaciteit vastgesteld zodat ook in geval van storingen de warmtevoorziening op peil blijft. Uitgangspunt is daarbij dat bij piekvraag in de winter en bij falen van de grootste eenheid dit falen moet kunnen worden opgevangen. Dit betekent ook dat gepland uit bedrijf zijn van de warmteproductie voor onderhoud plaatsvindt buiten het piekseizoen.



In elk scenario wordt een optimale mix bepaald van opties die de jaarduurcurve dekken. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de vereiste back up capaciteit.

Figuur 4-1. Presentatie werkgebieden warmtebronnen in jaarduurcurve Ypenburg, incl. indicatie bijbehorende aantal vollasturen.

De back up capaciteit wordt volgens het 'n-1' principe gedimensioneerd. Dat wil zeggen dat wanneer de grootste productie-eenheid uitvalt dat er dan nog steeds voldoende capaciteit beschikbaar is om aan de piekvraag in de meest extreme wintersituatie, equivalent aan 57,5 MWth productie, te kunnen voldoen. Het totaal opgesteld vermogen is daarmee zeker groter dan 60 MWth, maar naar verwachting kleiner dan de nu opgestelde 100 MWth. De pieklast- en back up capaciteit wordt in beginsel ingevuld met hernieuwbare warmte. Denkbaar is dat in een overgangsfase deze capaciteit wordt ingevuld met een deel van de nu opgestelde aardgasgestookte ketels in Ypenburg, dit vanuit kostenoverwegingen.

4.1 Mogelijkheden energiebesparing

Wat je niet verbruikt hoeft niet te worden geproduceerd. Ook voor de gemiddeld label B woning in Ypenburg geldt dat besparing op de warmtevraag nog steeds het devies is. Daarbij wordt niet zozeer gedacht aan woningisolatie, de isolatie kwaliteit van de gebouwschil van een label B woning is al goed. Extremer isoleren is ingrijpend en vergt een relatief hoge investering terwijl de meeropbrengst relatief klein is. Mogelijkheden die wel werken voor Ypenburg moeten in de sfeer gezocht worden van renovatie zoals:

- vervang huidig HR dubbel glas bij lekkage door HR++ glas;
- zorg voor het inbouwen van warmteterugwinunit tapwater bij vervangen van de badkamer;
- zorg voor het inbouwen van warmteterugwinning bij vervangen van het ventilatiesysteem;
- zorg voor dichten kieren en warmtelekages gebouwschil met behulp van infraroodscan.

De voorgestelde maatregelen helpen zeker in de bestaande bouw van Ypenburg, maar het effect zal naar verwachting beperkt blijven tot hooguit 10% van de huidige warmtevraag. Ingrijpende renovatie van de woningen in Ypenburg waardoor vergaande besparing op de warmtevraag mogelijk wordt, is in het komende decennium niet op grote schaal te verwachten.

Mogelijkheden besparing warmtegebruik (tapwater en ruimteverwarming) laten zich vooral benutten bij kleine renovatiemomenten woning. Door het bieden van een aanbod van mogelijkheden kunnen deze momenten worden benut. De verwachting is dat hiermee maximaal 10% bespaard kan worden.

4.2 Hoge temperatuur collectief ... huidige SV-net wordt gebruikt

Kenmerken hoog temperatuur collectief scenario waarbij huidige SV-net wordt benut:

- temperatuur ingaand winter 100 °C en zomer 70 °C;
- temperatuur retour winter 56 °C bij uitkoeling van 44 °C, in de zomer is de uitkoeling minder;
- zo mogelijk benutten huidige productielocaties warmte Eneco;
- geen wijzigingen van het huidige SV-net nodig;
- geen wijzigingen nodig van het warmteafgiftesysteem in woningen;
- voorziet in 57,5 MWth piekvermogen en bijbehorende back up capaciteit, base case;
- produceert 500 TJ warmte per jaar.

Voor het hoge temperatuur collectief scenario zijn **vier varianten** uitgewerkt, zie ook tabel 4.1:

- **Geo/Bio** Mix van geothermie in basislast, aangevuld met bio-energie in midden en pieklast;
- **100% Bio** Bio-warmte installatie in basislast en middenlast, aangevuld met bio-olie;
- **Geo dubbel** Geothermie in basislast en middenlast met 2 doubletten;
- **LDM** basislast 19 MWth, 5.350 vollasturen, 365 TJ. Betreft aftakking Ypenburg.

Het Geo/Bio concept is gebaseerd op de IF-verkenning van geothermie in Ypenburg met een geothermie doublet van 13,5 MWth. Het betreft een verdere uitwerking van het bio-energie deel. Het geothermie concept zoals door IF beschreven is overgenomen. Kenmerkend voor dit concept is dat de geothermie-bron maximaal wordt uitgeoeld door het inzetten van warmtepompen op twee temperatuurniveaus, zie figuur A1.3 in bijlage A1.

Tabel 4-1. Kenmerken hoge temperatuur collectief varianten

Variant	Basislast	Middenlast	Pieklast	Back up
Geo/Bio	13,5 MWth Geo	15 MWth Biowarmte	29 MWth Bio-olie*	29 MWth Bio-olie*
100% Bio	15 MWth Biowarmte	15 MWth Biowarmte	28 MWth Bio-olie*	28 MWth Bio-olie*
Geo dubbel	2 doubletten, totaal 27 MWth		30 MWth Bio-olie*	30 MWth Bio-olie*
LDM	19 MWth	Met bio-energie in pieklast en back up*		

* Kunnen ook bestaande aardgasgestookte ketels zijn

Bio-energie en geothermie zijn beide mogelijk in Ypenburg

De geothermiebronnen zijn van een omvang die gangbaar is bij projectontwikkeling in Nederland. De capaciteit van de biowarmte installatie is gangbaar bij stadsverwarming. De bio-olie capaciteit van rond de 30 MWth is vergelijkbaar met de bio-olie ketel zoals die staat opgesteld in het SV-net Schuytgraaf Arnhem-Zuid, zie figuur A1.10 in bijlage A1. De capaciteit van LDM is gangbaar in de wereld van stadsverwarming. Daarmee zijn alle varianten technisch gangbaar, verkrijgbaar en uitvoerbaar en in dit opzicht niet onderscheidend van elkaar. Dit maakt dat vanuit het perspectief van projectontwikkeling niet per se een keuze hoeft te worden gemaakt in een vroeg stadium. Ook is in dit stadium door toedoen van de SDE+, zie kader kosten/baten, geen significant onderscheid te maken in de economische haalbaarheid. Alle varianten maken in beginsel het handhaven van NMDA mogelijk. Marktpartijen kunnen daarom gevraagd worden om aan te bieden op al de varianten. De evaluatie van de aanbiedingen in combinatie met de risicoprofielen van de varianten en specifieke Ypenburgse wensen bepaald dan uiteindelijk de keuze. In vergelijking met biowarmte wordt de haalbaarheid van bioWKK voor toepassing in middenlast

als economisch minder haalbaar gezien. BioWKK maakt dan ook geen onderdeel uit van de varianten in het HT-scenario.

LDM, levering van restwarmte in basislast

De Leiding Door Midden (LDM) is een bijzondere variant. Om LDM rendabel te kunnen exploiteren is inzet in basislast nodig. Dit geldt ook voor geothermie en in mindere mate voor bio-energie. Wanneer voor LDM wordt gekozen dan staat dit de ontwikkeling van geothermie in Ypenburg in de weg, de noodzaak verdwijnt. Omgekeerd zijn de geothermie bronnen niet zo groot dat met een hoog aantal vollasturen warmte aan LDM kan worden geleverd. LDM alleen is niet voldoende. Aanvulling met bio-energie (biowarmte en/of bio-olie) is nodig om in de vraag en in de back up te voorzien. Gebruik maken van de bestaande aardgasgestookte ketels is weliswaar niet hernieuwbaar maar kan een rendabel alternatief zijn voor bio-energie. Vanuit het perspectief van LDM bezien is inzet in basislast economisch het meest lucratief. Net als bij geothermie is sprake van een kapitaalsintensieve optie. De beste manier om deze opties rendabel te maken is het maken van veel draaiuren. Wanneer LDM de 19 MWth in basislast inzet dan wordt 365 TJ/j warmte geleverd aan het SV-net. Het aantal vollasturen is daarmee 5.350.

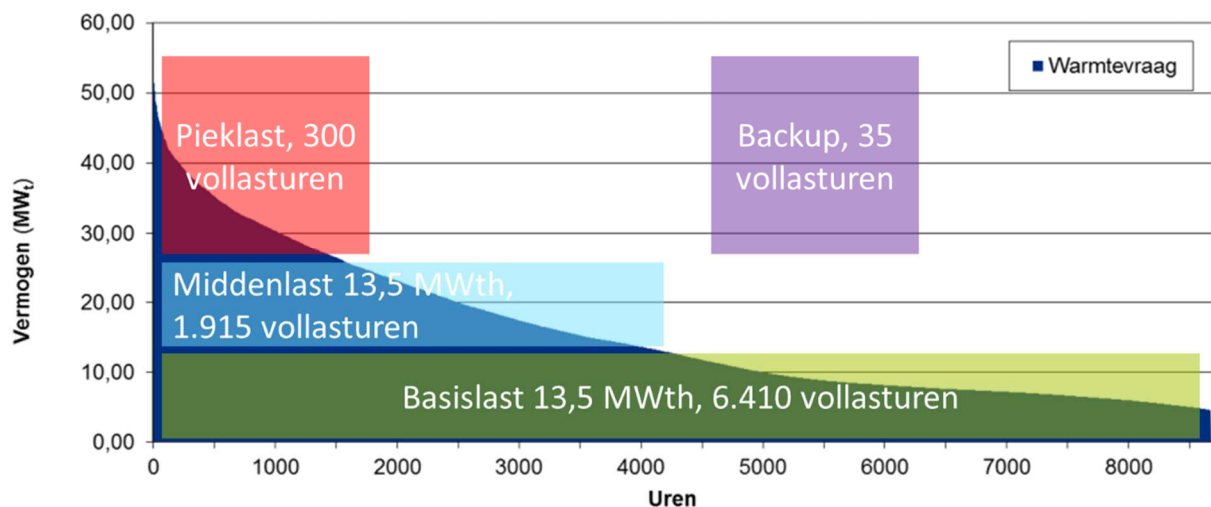
Warmteopslag als aanvulling

Het ligt voor de hand om warmteopslag te gebruiken om dag/nacht variaties te balanceren en om zo de warmteproductiemiddelen optimaler in te zetten. Wanneer BioWKK wordt toegepast dan kan warmteopslag ook gebruikt worden om te sturen op elektriciteitsproductie. Dan kan warmteopslag op grote schaal vereisen. Meer informatie over deze optie is opgenomen in bijlage A3 waar het Ecovat wordt gepresenteerd. Bij de verdere ontwikkeling van de businesscase is het zaak om marktpartijen uit te dagen warmteopslag mee te nemen in de ontwikkeling van het optimale hernieuwbare warmteconcept voor Ypenburg.

Verdeling warmteproductie in de verschillende varianten

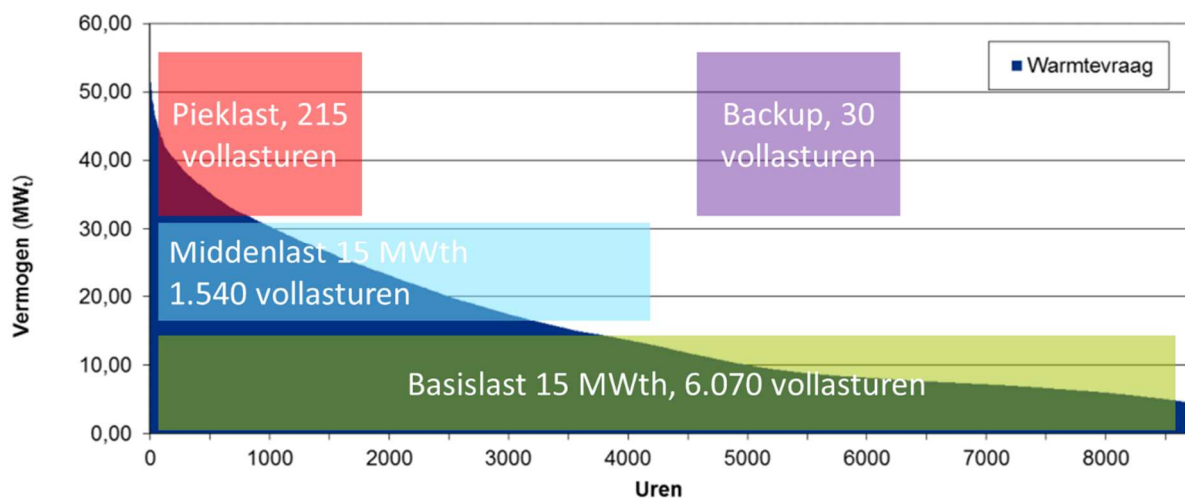
Uitgaande van de base case (500 TJ warmteproductie) is de verdeling van de warmteproductie per productie installatie bepaald. De jaarduurcurve van figuur 2.6 is daarbij als uitgangspunt genomen en gecorrigeerd voor de base case⁴. De verdeling is gepresenteerd in de figuren 4.2 tot en met 4.4. Voor de back up installatie zijn een beperkt aantal vollasturen opgegeven als indicatie. Dit aantal is sterk afhankelijk van de mate waarin de back up installatie ingezet moet worden. In de praktijk zijn pieklast en back up installatie uitwisselbaar.

⁴ De jaarduurcurve figuur (bron: IF verkenning geothermie) is gebaseerd op een warmteproductie van 490 TJ. De base case heeft een warmteproductie van 500 TJ. De waarden zijn gecorrigeerd met een factor 1,02.



6.410 vollasturen basislast met 1 geothermie doublet, aandeel 73% in warmtevrage en 1.915 vollasturen middenlast met 1 Biowarmte installatie, aandeel 22% in warmtevrage. Inzet geothermie en biowarmte vereist economische optimalisatie⁵

Figuur 4-2. Verdeling warmteproductie variant Geo/Bio, base case 500TJ/j productie



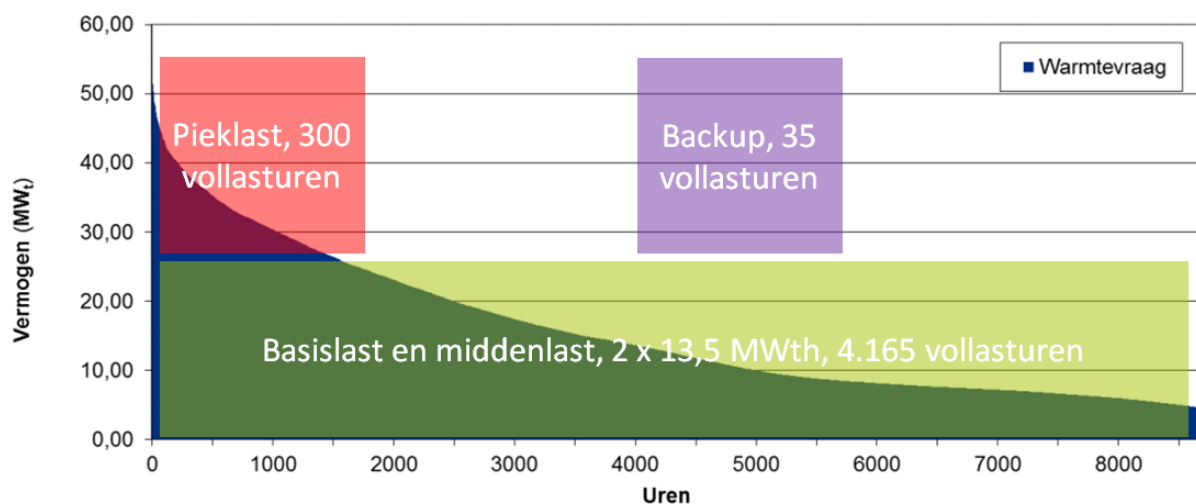
6.070 vollasturen basislast met 1 biowarmteketel, aandeel 77% in warmtevrage en 1.540 vollasturen middenlast met 1 biowarmteketel, aandeel 20% in warmtevrage.

Gecombineerd aantal vollasturen biowarmteketels 3.830

Inzet biowarmteketels vereist economische optimalisatie, zie voetnoot 6

Figuur 4-3. Verdeling warmteproductie 100% Bio, base case 500 TJ/j productie

⁵ Economische optimalisatie zal plaatsvinden om de SDE+ optimaal te benutten. Dit maakt dat de geothermiebron mogelijk minder vollasturen zal maken en de biowarmte installatie meer vollasturen. De optimale verhouding is nu nog niet te bepalen.



4.165 vollasturen basis/middenlast met 2 geothermie doubletten, 27 MWth totaal
Aandeel geothermie in de warmtevraag 95%, overige pieklast en back up

Figuur 4-4. Verdeling warmteproductie variant dubbel geothermie, base case 500 TJ/j productie

Kosten/baten hoge temperatuur collectief varianten en invloed SDE+

Het hoge temperatuur collectief scenario kenmerkt zich door het optimaal gebruiken van de bestaande warmte-infrastructuur. Investeren in het SV-net is niet nodig. De investeringen beperken zich tot de hernieuwbare warmteproductie. Zowel geothermie als bio-energie vallen onder de SDE+ regeling, zie ook tabel 4.2. Door deze exploitatiesubsidie kunnen ondernemers, uitgaande van een gemiddeld project, een rendement op eigen vermogen behalen van 14,5%. Daarmee zijn projecten rendabel en is de kostprijs warmteproductie, na verrekening subsidie, vergelijkbaar met aardgas. Zo wordt het voor stadsverwarming mogelijk om ook bij hernieuwbare warmte te werken volgens het NMDA-principe. Of het goedkoper kan hangt sterk af van de projectomstandigheden zoals het tegen beperkte kosten kunnen zetten van een succesvolle geothermieboring of het kunnen beheersen van de investeringskosten in de bio-energie installatie en de inkoopkosten biomassa. Ook het kunnen beperken van de voorbereidingskosten heeft invloed op de uiteindelijke rentabiliteit en daarmee de netto kostprijs warmteproductie.

Tabel 4-2. SDE+ parameters bio-energie en geothermie (bron: ECN Eindadvies SDE+ 2018)

Type bron	Eigen vermogen	Rendement financieel IRR	Looptijd	Basisbedrag	Vollasturen maximaal
Geothermie SV	30%	14,5%	15 jaar	10,6 €cts/kWh	3.500
Biowarmte > 5 MWth	30%	14,5%	12 jaar	5,1 €cts/kWh	7.000
Bio-olie	30%	14,5%	12 jaar	7,3 €cts/kWh	7.000
Bio-WKK	30%	14,5%	12 jaar	5,9 €cts/kWh	7.500

In tabel 4.3 is een overzicht gepresenteerd van de kostenparameters voor de opties die onderdeel uitmaken van de varianten. De informatie is afkomstig uit het 'Eindadvies SDE+ 2018'. De kostenparameters zijn vertaald naar kostenindicaties voor de varianten, zie tabel 4.4. Duidelijk is dat de varianten met geothermie leiden tot de hoogste investeringskosten. De bio-energie varianten hebben daarentegen met brandstofkosten te maken. Per saldo gecombineerd met de invloed van de SDE+ subsidie zullen de netto kosten van warmteproductie van de verschillende varianten van vergelijkbare hoogte zijn.

Tabel 4-3. Kostenparameters bio-energie en geothermie (bron: ECN Eindadvies SDE+ 2018)

Parameter	Geothermie	Biowarmte	Bio-olie	BioWKK
Capex	2.359 €/kWth 31,9 M€/doublet	850 €/kWth 12,8 M€	65 €/kWth 2,0 M€/ketel	1.200 €/kWth 18 M€/installatie
Opex vast per jaar	89 €/kWth 1,2 M€/jaar doublet	52 €/kWth 0,8 M€/jaar	21 €/kWth 0,6 M€/jaar	80 €/kWth 1,2 M€/jaar
Opex variabel	0,19 €cts/kWh 0,19 M€/jaar	0,43 €cts/kWh 0,46 M€/jaar	Geen	Geen
Brandstofkosten	Geen, wel kosten elektriciteit	5,56 €/GJ Houtsnippers 3,1 M€/jaar	15,64 €/GJ bio-olie 0,43 M€/jaar	5,56 €/GJ Houtsnippers 3,1 M€/jaar

Tabel 4-4. Indicatie kosten warmteproductie per variant hoge temperatuur collectief scenario

Parameter	Geo/Bio	100% Bio	Geo dubbel	LDM
Capex	54 M€	29 M€	64 M€	27 M€ met bio
Opex vast per jaar	3,6 M€/jaar	2,8 M€/jaar	3,6 M€/jaar	Ca. 2,5 M€/jaar
Opex variabel	0,19 M€/jaar	0,46 M€/jaar	0,38 M€/jaar	Geen
Brandstofkosten	4,1 M€/jaar	7,1 M€/jaar	0,9 M€/jaar	Warmteprijs + 2,5 M€

Volgt uit tabel 4.1 en tabel 4.3. Waarden gebaseerd op kengetallen SDE+ advies 2018

De inzetstrategie van de varianten zoals gepresenteerd in de figuren 4.2 tot en met 4.4 gecombineerd met de SDE+ parameters uit tabel 4.2 leert dat geothermie steeds maximaal gebruik kan maken van de SDE+ subsidie. Bij bio-energie ligt dit beeld genuanceerder en is maximale benutting van de SDE+ niet mogelijk, tenzij via LDM extra warmtelevering mogelijk is.

Conclusie hoge temperatuur collectief: Dit scenario sluit goed aan bij de bestaande praktijk. In combinatie met SDE+ inpasbaar binnen huidige kaders van de Warmtewet met NMDA. De SDE+ laat zich bij geothermie het meest volledig benutten.

4.3 Midden temperatuur collectief ... huidige SV-net wordt gebruikt

Kenmerken midden temperatuur collectief scenario waarbij huidige SV-net wordt benut:

- temperatuur ingaand winter 70 °C en zomer 70 °C;
- temperatuur retour winter 26 °C bij uitkoeling van 44 °C
- zo mogelijk benutten huidige productielocaties warmte Eneco;
- geen wijzigingen van het huidige SV-net nodig, netcapaciteit wel kritisch;
- beperkte wijzigingen nodig van het warmteafgiftesysteem in woningen;
- voorziet in 57,5 MWth piekvermogen en bijbehorende back up capaciteit, base case;
- produceert 500 TJ warmte per jaar.

Aandacht voor optimalisatie warmteafgifte vereist

Voor huidige SV-net moet de uitkoeling minimaal 44 °C zijn wil het midden temperatuur regime kunnen werken. Lukt dit niet in de winter bij een grote warmtevraag dan kan onvoldoende warmte worden getransporteerd. Het vergroten van de capaciteit van het huidige SV-net moet voorkomen worden omdat dit ingrijpend is en hier hoge kosten mee zijn gemoed. Dit betekent dat om te opereren op een midden

temperatuur van 70°C in de winter de uitkoeling van het warmteafgifte systeem in de woningen optimaal moet zijn afgesteld. Mocht dit niet leiden tot de vereiste uitkoeling van 44 °C dan is aanpassing van het warmteafgifte systeem nodig. De huidige radiatoren moeten dan door een alternatief vervangen worden dat een betere uitkoeling mogelijk maakt. Het terugdringen van de warmtevraag alleen door energiebesparing, zie paragraaf 4.1, heeft naar verwachting onvoldoende effect om bij extreem koud weer de woning op de vereiste temperatuur te houden. In vergelijking met hoge temperatuur is het opereren van het SV-net op midden temperatuur aanzienlijk riskanter en ingrijpender.

Van een hoge naar een midden temperatuur SV-net, een geleidelijke transitie

Opereren op een temperatuur van 70°C of minder sluit goed aan bij de mogelijkheden die geothermie biedt. De noodzaak om bij te verwarmen met bio-energie is dan nagenoeg afwezig. Een dubbel doublet dat warmte produceert in basislast en middenlast komt zo volledig tot zijn recht. Het midden temperatuur collectief scenario is daardoor vergelijkbaar met de variant 'Geo dubbel', zie figuur 4.4. Deze variant maakt optimaal gebruik van de SDE+ vanwege het hoge aantal vollasturen. Wanneer het lukt om de kosten te beperken aan de kant van de warmteafgifte dan is midden temperatuur op basis van twee geothermie doubletten een alternatief voor het hoge temperatuur collectief scenario. Dit biedt tevens de mogelijkheid om te starten op hoge temperatuur waarbij aardgas de pieklast en back up brandstof is en vervolgens in te zetten om verlagings van de temperatuur van het SV-net zodat op een zeker moment in de tijd aardgas overbodig wordt. Voor bio-energie biedt het midden temperatuur scenario geen specifieke voordelen, immers de technische uitvoering blijft hetzelfde aan de warmteproductie kant.

Mogelijkheden van TEO, WKO en opslag op midden temperatuur

Technisch niet onmogelijk, maar gezien het grote aantal vollasturen dat al met de geothermiebronnen wordt gemaakt is de inzet van thermische energie uit oppervlaktewater en WKO in combinatie met midden temperatuur in dit geval economisch niet zinvol. Wel zinvol is warmteopslag. Dit maakt dat de geothermiebronnen nog beter kunnen worden benut. Of warmteopslag economisch rendabel is hangt af van de balans tussen de investeringen in opslag en de meerprijzen uit de geothermie bron. Warmteopslag is zo een op zichzelf staande business case binnen de scenario's.

Conclusie midden temperatuur collectief: Dit scenario biedt mogelijkheden om geothermie optimaal te kunnen benutten, al dan niet in combinatie met energieopslag. Leidend voor het slagen van midden temperatuur is het kunnen voorzien in de pieklast. In vergelijking tot het hoge temperatuur scenario wordt dit als risicovol gezien en niet zondermeer technisch en economisch haalbaar. Opereren volgens NMDA is dan ook onzeker

4.4 Lage temperatuur collectief ... SV-net niet tot deels benut

Kenmerken lage temperatuur collectief scenario waarbij huidige SV-net deels wordt benut:

- temperatuur ingaand lager dan 40°C;
- warmteproductie decentraal met bronnen in Ypenburg;
- distributie-infrastructuur SV-net buurtniveau wordt benut waar mogelijk;
- wijzigingen nodig van het warmteafgiftesysteem in woningen;
- voorziet in 57,5 MWth piekvermogen en bijbehorende back up capaciteit, base case;
- produceert 500 TJ warmte per jaar.

Meest ingrijpende en uitdagende scenario

Van de drie scenario's is het lage temperatuur collectieve scenario het meest ingrijpend. Het vereist aanpassing van het warmteafgifte systeem in de woningen. Ook zijn extra voorzieningen nodig voor de

warm tapwaterproductie, te denken is aan een booster warmtepomp of een goedkopere maar minder efficiënte elektrische boiler. Het heeft de voorkeur om het huidige warmte distributienet in de buurten van Ypenburg te benutten. De capaciteit van dit net is alleen afdoende als het lukt om de warmtevraag drastisch te laten dalen. Mogelijk is de aanleg van een nieuw lage temperatuur distributienet de voorkeur boven het benutten van het bestaande net omdat dit uiteindelijk leidt tot lagere kosten.

Ook is het zeer de vraag of dit scenario economisch rendabel is te maken omdat er nog geen SDE+ categorieën zijn voor de lage temperatuur warmtebronnen. De belangrijkste lage temperatuur warmtebron voor Ypenburg is thermische energie uit oppervlaktewater, aangevuld met WKO bij koudevraag en mogelijk warmtewinning uit het gemaal. Om deze bronnen zo rendabel mogelijk te kunnen benutten zullen zij in basislast moeten kunnen opereren op een manier zoals geothermie wordt ingezet. Bij uitkoeling van de lage temperatuurwarmtebronnen met 3 °C komt een vermogen van 11 MWth beschikbaar in Ypenburg. Figuur 4.2 is dan van toepassing waarbij bio-energie zorgt voor middenlast, pieklast en back up. De bio-energievoorzieningen zullen dan in de wijk moeten worden gebouwd en op kleine schaal, een werkwijze die niet de voorkeur heeft. Is uitkoeling van het oppervlaktewater met 6 °C mogelijk dan stijgt het vermogen tot 22 MWth en daarmee is figuur 4.4 van toepassing. De inzet van bio-energie is dan nauwelijks meer nodig. Daarmee komt het alternatief van elektrisch bijverwarmen in de winter binnen handbereik.

In vergelijking met de eerdere scenario's is minder goed te voorzien in de back up van de warmtevoorziening, zeker als wordt afgezien van de inzet van biowarmte. Een mogelijke oplossing is dat iedere woning kan beschikken over een beperkte mate van elektrische bijverwarming. Op grote schaal is elektrische bijverwarming niet mogelijk vanwege de beperkingen van de huidige netaansluitingen in de woningen (3 x 25 A) en de netinfrastructuur in Ypenburg.

Totaaloplossing versus lokale oplossing met pilot

Betekent dit dan dat energie uit oppervlaktewater geen mogelijkheden heeft in Ypenburg? Kansen voor een pilot worden gezien bij nieuwbouw nabij oppervlaktewater. Daarbij is het mogelijk om van begin af aan bouwtechnisch rekening te houden met de lage temperatuur warmtebron, zoals het installeren van vloerverwarming en een booster warmtepomp voor warm tapwater.

Conclusie lage temperatuur collectief: Invoering van dit scenario op grote schaal in Ypenburg wordt, hoewel lage temperatuur warmtebronnen voorhanden zijn, niet rendabel mogelijk geacht. Daarmee is NMDA niet haalbaar. De voornaamste reden is het feit van een bestaande bouw situatie die alleen met ingrijpende verandering geschikt te maken is. Wel te overwegen is een pilot bij nieuwbouw nabij oppervlaktewater in Ypenburg.

4.5 Individueel hernieuwbare warmte

Als tegenhanger van collectief verwarmen wordt individuele hernieuwbare warmte gezien. Individuele biowarmte opties hebben daarbij niet de voorkeur, zie bijlage A2.4. Warmtepompconcepten met lucht als bron liggen het meest voor de hand, zie bijlage A1.5.4. Omdat sprake is van bestaande bouw zijn de mogelijkheden beperkt. Zo zal, uitzonderingen daargelaten, een bodemwater warmtepomp en een water-water warmtepomp niet op grote schaal toegepast kunnen worden. De lucht-water warmtepomp is het enige alternatief dat op grote schaal toegepast zou kunnen worden in Ypenburg. De kosten zijn aanzienlijk wat daarmee direct de beperkende factor is voor toepassing op grote schaal. Zowel particulieren als verhuurders zullen overtuigd moeten worden van nut en noodzaak van een individuele oplossing. Juist vanwege het feit dat in Ypenburg een SV-net aanwezig is, is dit niet vanzelfsprekend. De verwachting is dat met individueel hernieuwbare warmte in Ypenburg het moeilijker zal zijn om volgens NMDA warmte en warm tapwater te produceren dan via het bestaande SV-net met het scenario collectief op hoge temperatuur, zie ook paragraaf 4.2.

Voor individueel hernieuwbare warmte wordt de lucht water warmtepomp als enig alternatief gezien dat op grote schaal toegepast zou kunnen worden in Ypenburg.

4.6 Evaluatie scenario's

Drie collectieve scenario's met in totaal 6 varianten voor de hernieuwbare warmtevoorziening in Ypenburg zijn onderzocht op hun technische-, milieu-, sociale- en economische haalbaarheid. Het gaat daarbij in dit stadium vooral om de onderlinge vergelijking. De absolute score op bijvoorbeeld de haalbaarheid van NMDA volgt in een later stadium wanneer marktpartijen hun interesse tonen en met een aanbod komen voor de warmtetransitie in Ypenburg. In tabel 4.5 en 4.6 zijn de varianten en scenario's onderling met elkaar vergeleken op de wenscriteria die op Ypenburg van toepassing zijn. Het gaat daarbij om de criteria zoals die van toepassing zijn op de bronnen, zie hoofdstuk 3.2.1, aangevuld met criteria die van toepassing zijn op de scenario's.

Tabel 4-5. Onderlinge evaluatie hoge temperatuur (HT) varianten, zie ook hoofdstuk 4.2

criterium	HT Geo/Bio	HT 100% Bio	HT Geo dubbel	HT LDM
Inpasbaar ruimte	+ / -	-	+	++
Inpasbaar systeem	+ / -	++	+ / -	++
Impact milieu	+ / -	+ / -	+ / -	+
Duurzaamheid ⁶	+	+ / -	+	+ / -
Kapitaal	+ / -	+	-	+
NMDA, lage kosten	+	+	+	+
Flexibel in tijd	+	+	+ / -	+ / -
Impact woning	++	++	++	++
Overlast inwoners	+ / -	+ / -	+	+
Comfort	+	+	+	+

+ goede score - slechte score
Energieopslag kan onderdeel uitmaken van iedere variant, zeker geothermie

Toelichting bij de scores van tabel 4.5:

- LDM scoort het best op inpasbaarheid ruimte. Ruimtelijk verandert er niets in Ypenburg, wel zal er tijdelijk overlast zijn bij de aanleg maar dit is geen overlast in de wijk. Geothermie volgt in score. Weliswaar zijn bovengronds extra voorzieningen nodig, maar niet in de wijk en waarschijnlijk bij de bestaande Eneco productielocaties. De inpasbaarheid van bio-energie scoort het laagst vanwege het ruimtebeslag en bijbehorende logistiek. Dit geldt vooral voor houtsnippers en in mindere mate voor bio-olie.
- Inpasbaarheid systeem. Bio-energie scoort hier samen met LDM het best, warmte wordt geproduceerd op temperaturen vergelijkbaar met het huidige aardgasconcept. Bij geothermie zijn aanvullend warmtepompen nodig om tot optimale inpasping te komen met bijkomende kosten en energieverbruik van dien.

⁶ Er is nog onvoldoende inzicht in de specifieke bijdrage van een bepaalde bron om deze uit te drukken in bijvoorbeeld ton CO₂ besparing of een EOR. De beoordeling is een kwalitatieve inschatting van RoyalHaskoningDHV hoe de bron scoort ten opzichte van de andere bronnen en betreft de mate waarin de bron bijdraagt aan de verduurzaming. De bron met score + heeft naar verwachting de grootste positieve bijdrage. Alle bronnen hebben een positieve bijdrage en scoren beter dan inzet van de huidige WKC (gas) continueren.

- Impact milieu. Elke optie heeft zijn eigen milieuprofiel. Bij bio-energie emissies naar lucht en bij geothermie het risico van emissies naar (grond)water en bodem. Elke optie kan technisch voldoen aan de milieueisen waardoor dit geen onderscheidend criterium is. De impact op het milieu van LDM in Ypenburg is nihil, wel is er sprake van impact in de regio daar waar de warmte wordt geproduceerd.
- Duurzaamheid. LDM en bio-energie worden als minder duurzaam gezien, betrokken op 2025. LDM vanwege het feit dat de warmte nog niet 100% hernieuwbaar is. Bio-energie omdat het gebruik van biomassa, ondanks normering (NTA 8080) als onvoldoende duurzaam wordt ervaren. Neemt niet weg dat geothermie een hoog elektrisch eigen verbruik heeft dat voorlopig nog voor een groot deel van fossiele oorsprong is.
- Kapitaal. Geothermie vergt de grootste investeringen, zie ook tabel 4.3 en 4.4 gevolgd door bio-energie. De investeringen in de LDM-verbinding sec met Ypenburg zijn weliswaar laag, maar hiermee kan niet de hele warmtevraag gedekt worden en daarbij komen de kosten van restwarmte.
- NMDA. Dankzij SDE+ kunnen alle varianten voldoen aan NMDA. Significant goedkoper dan NMDA wordt niet verwacht waardoor een ++ score ontbreekt.
- Flexibel in tijd, dat is laat het concept zich veranderen in opzet of capaciteit. LDM en Geo dubbel scoren hier minder omdat deze meest kapitaalsintensieve opties productie op volle capaciteit wensen. De varianten met bio-energie laten zich makkelijker afschalen door het verstoken van minder brandstof.
- Impact op woning. Kenmerkend voor alle varianten is dat de impact op de woningen in Ypenburg nihil is. Aanpassingen zijn niet nodig.
- Overlast inwoners. Alleen bio-energie geeft enige overlast voor inwoners door de brandstoflogistiek. Dit is beperkt omdat er geen extra verkeer zal zijn in de wijk zelf.
- Het comfort voor de inwoners van Ypenburg blijft in alle varianten gelijk aan de huidige situatie. Voldoende back up en voldoende hoge temperatuur in de winter.

Criteria die op dit moment onvoldoende duidelijk zijn voor de evaluatie van HT-varianten:

- Vergunbaarheid: onduidelijk is of geothermie en grootschalige bio-energie in dezelfde mate vergunbaar zijn. E.e.a. hangt mede samen met draagvlak en gemeentelijk en provinciaal beleid.
- Voldoende ruimte en optimale locatie: in dit stadium is nog geen locatiestudie verricht, verondersteld is dat op bestaande locatie en in directe nabijheid voldoende ruimte aanwezig is.

Conclusie evaluatie hoge temperatuur varianten: De onderlinge verschillen zijn klein. Welke variant uiteindelijk de voorkeur krijgt zal in sterke mate afhangen van het draagvlak onder inwoners en het aanbod dat marktpartijen neer kunnen leggen voor Ypenburg.

In tabel 4.6 is het hoge temperatuur scenario, dat is de gemene deler van de varianten, vergeleken met de andere scenario's om zo een beeld te kunnen vormen van het meest gewenste scenario.

Tabel 4-6. Onderlinge evaluatie scenario's collectief hernieuwbare warmte en individueel

Criterion	HT Bio en/of Geo Bestaand SV-net	MT Geothermie Bestaand SV-net	LT TEO 22 MWth Decentraal net	Individueel Lucht-WP
Inpasbaar ruimte	+	+	-	-
Inpasbaar systeem	+	+ / -	-	+ / -
Impact milieu	+ / -	+ / -	+ / -	+ / -

criterium	HT Bio en/of Geo Bestaand SV-net	MT Geothermie Bestaand SV-net	LT TEO 22 MWth Decentraal net	Individueel Lucht-WP
Duurzaamheid	+ / -	+	+	+
Kapitaal	+ / -	-	Onbekend	-
NMDA, lage kosten	+ / -	+ / -	-	-
Flexibel in tijd	-	+ / -	+	++
Impact woning	+	-	--	-
Overlast inwoners	+	+	+ / -	-
Draagvlak*				
Comfort	+	+	++	++

HT: hoge temperatuur 100 °C MT: middentemperatuur 70 °C Lage temperatuur 40 °C
 + goede score - slechte score

Toelichting bij de scores van tabel 4.6:

- Het LT en het individuele scenario hebben het meeste impact op de inpasbaarheid in de ruimte. Dit door het decentrale karakter dat maakt dat aanpassingen verspreid over een groot gebied nodig zijn. Ook valt hieronder de mogelijke zichtbaarheid van de lucht-WP bij toepassing op grote schaal.
- De inpasbaarheid van het systeem is bij het HT scenario het meest eenvoudig. Het LT- scenario vergt grote aanpassingen. De lucht-WP en het MT-scenario zit hiertussen in.
- De impact op het milieu is per scenario verschillend van aard en daardoor moeilijk vergelijkbaar. Bij de lucht-WP kan dit geluidsoverlast zijn, bij TEO is dit de invloed op het oppervlaktewater, bij bio-energie emissies naar lucht en bij geothermie het risico van emissies naar bodem en water. Daarom geen onderscheidende waardering.
- De duurzaamheid van geothermie, TEO en lucht WP wordt als goed beoordeeld. Het zijn bronnen die in of de directe omgeving van Ypenburg beschikbaar zijn. Wel gebruiken al deze opties elektriciteit die in 2025 zeker nog niet 100% duurzaam zal zijn. Bio-energie wordt als minder duurzaam gezien vanwege de beperkte beschikbaarheid van biomassa in de directe omgeving.
- De investeringen in het lage temperatuur scenario en individueel zijn naar verwachting het hoogst. Voor lucht-WP in combinatie met label B woningaanpassingen kan dit oplopen tot rond de 100 M€ na aftrek subsidie. Woningaanpassingen zijn ook nodig in het lage temperatuur scenario.
- Gezien de hoge investeringen in combinatie met beperkte of geen subsidies wordt verwacht dat NMDA niet haalbaar is bij het lage temperatuur scenario en bij toepassing van lucht-WP. E.e.a. wordt beïnvloed door de verhouding aardgas en elektriciteitsprijs voor de eindgebruikers. Dit maakt dat op termijn NMDA wel binnen handbereik kan komen.
- De individuele oplossing wordt als meest flexibel in de tijd gezien. Inwoners bepalen zelf wanneer zij overstappen naar een alternatief. Wel zal, wanneer dit op grote schaal gebeurt, het huidige SV-net daardoor op enig moment onrendabel worden waardoor overige inwoners 'gedwongen' worden op zoek te gaan naar een alternatief. Naar mate de temperatuur hoger wordt is het systeem minder flexibel omdat minder warmtebronnen toepasbaar zijn.
- Uitgezonderd het hoge temperatuur scenario zal de warmtetransitie impact hebben op de woning in de vorm van aanpassingen van het warmteafgiftesysteem en/of installaties in de woning.
- Overlast voor inwoners kan optreden bij warmtepomp opties waarbij de warmtepomp in of aan de woning wordt geplaatst. Bij TEO is het mogelijk de warmtepomp in de woning te plaatsen, maar ook bij de bron. In dat geval is geen sprake van overlast voor inwoners.

- Het comfort van lage temperatuursystemen en de lucht-WP kan groter zijn doordat combinatie met koeling en daarmee klimaatbeheersing relatief eenvoudig mogelijk is.

Conclusie evaluatie scenario's hernieuwbare warmte Ypenburg: Het **hoge temperatuurscenario** is relatief eenvoudig toepasbaar in Ypenburg zonder dat de inwoners hiervan iets merken. Ook is met meer zekerheid een garantie te geven op NMDA en continue levering. Het **midden temperatuurscenario** is innovatiever en vergt optimale inregeling van warmteproductie en warmtevraag. In potentie heeft dit concept op de lange termijn meer perspectief op lagere kosten. Op de korte termijn is het meer risicovol waarbij het de vraag is wie deze risico's wil en kan dragen. Het **lage temperatuurscenario** past niet goed bij de bestaande bouw van Ypenburg waardoor de gebouwgebonden maatregelen te ingrijpend zijn. Ook de kosten zijn een punt van zorg. Tot slot is **individueel hernieuwbaar verwarmen** met de lucht WP mogelijk, met als kanttekening dat dit gezien kosten in combinatie met woningaanpassingen relatief kostbaar kan zijn en dat breed ingang vinden in een SV-gebied zoals Ypenburg niet waarschijnlijk is.

Ypenburg heeft de luxe, gezien de beschikbaarheid van verschillende hernieuwbare warmtebronnen en het SV-net, dat uit verschillende mogelijkheden gekozen kan worden. Dit maakt concurrentie tussen varianten hernieuwbare warmte hoge temperatuur (geothermie, bio-energie en LDM) mogelijk wat uiteindelijk beter is voor de consument.

5 Conclusies en aanbevelingen

Onderzocht is welke mogelijkheden Ypenburg heeft om uiterlijk in 2025 volledig over te stappen om hernieuwbare warmte om zo in een productiecapaciteit van 57 MWth piek en 500 TJ per jaar te voorzien. Lokaal zijn bronnen op grote schaal in potentie beschikbaar zoals geothermie en thermische energie uit oppervlaktewater. Ook bio-energie biedt mogelijkheden, dit in combinatie met het bestaande SV-net.

De minst ingrijpende manier voor Ypenburg om over te stappen op hernieuwbare warmte is het bestaande SV-net te blijven gebruiken op hoge temperatuur (winter 100 °C, zomer 70 °C). Gedwongen aanpassingen van woningen zijn dan niet nodig en de transportcapaciteit van het SV-net is voldoende. Ook is de verwachting dat door de beschikbaarheid van SDE+ de warmtetransitie mogelijk wordt zonder dat de kosten voor de eindgebruiker toenemen. NMDA blijft van toepassing. Het bestaande SV-net kan worden gevoed met geothermie, restwarmte of biowarmte in verschillende combinaties waarbij geothermie de beste mogelijkheden biedt om de SDE+ optimaal te benutten.

Ingrijpend is het bedrijven van het SV-net op midden temperatuur (maximaal 70 °C). Aanpassingen warmteafgifte woningen en wellicht ook warmtedistributie is nodig. Op midden temperatuur kan geothermie optimaler worden ingezet. Voor bio-energie biedt dit nauwelijks voordelen. Handhaven van NMDA wordt niet mogelijk geacht.

Wanneer overgegaan wordt op overwegend lage temperatuur bronnen dan is ook een distributienet op lage temperatuur nodig. Het is zeer de vraag of het bestaande SV-net hiervoor voldoende capaciteit biedt op buurtniveau. Ook zijn omvangrijke aanpassingen nodig aan de woningen in Ypenburg. Weliswaar kan bij lage temperatuur thermische energie uit oppervlaktewater worden gewonnen, maar dit is niet voldoende. Aanvullende bronnen voor middenlast en pieklast in de vorm van bio-energie blijven nodig. Een collectief lage temperatuursysteem wordt daarom niet aanbevolen. NMDA wordt niet mogelijk geacht.

De investeringen om ruim 10.000 woningen in Ypenburg van hernieuwbare warmte te voorzien lopen bij het benutten van het huidige SV-net uiteen van € 27 tot 64 miljoen. Wordt gekozen voor een individuele oplossing dan kan de investering voor de gemiddeld label B woning in Ypenburg oplopen tot in totaal ruim 100 miljoen €.

Aanbevolen wordt om de volgende strategie te hanteren bij de verdere ontwikkeling van hernieuwbare warmte in Ypenburg:

- Energiebesparing is belangrijk, streef naar minimaal 10% ten opzichte van de huidige situatie.
- Zet als eerste in op de maximale ontwikkeling van het beschikbare geothermie potentieel.
- Het betreft in ieder geval 1 geothermiedoublet van circa 13 MWth, maar mogelijk 2.
- Laat bio-energie in de vorm van pieklast en back up hierop een aanvulling zijn.
- Gebruik de bestaande warmteproductie locaties van Eneco voor aankoppeling nieuwe bronnen.
- Overweeg de inzet van aardgas als back up en/of pieklast nog enige tijd te handhaven.
- Ontmoedig het gebruik van individuele biowarmte vanwege beheersen lokale luchtkwaliteit.
- Sta individuele warmtepompen toe bij inwoners die hier bewust voor kiezen.
- Maak aan inwoners van Ypenburg duidelijk dat een oplossing voor alle inwoners de beste is.
- Geef meerdere opties voor invulling warmtetransitie mee aan potentiële leveranciers warmte.
- Wees flexibel in de tijd, 2025 is weliswaar de ambitie maar overhaasten kost geld en goodwill.

- Overweeg thermische energie uit oppervlaktewater alleen bij nieuwbouw in Ypenburg.
- Overweeg WKO alleen in Ypenburg waar sprake is van koudevraag op grote schaal.
- Zie zonthermie als een aanvulling, de rol in de warmtevoorziening zal beperkt blijven.
- Heb steeds oog voor de mogelijkheden van techno/economische optimalisatie met warmteopslag.

Maak zo mogelijk niet vooraf een keuze uit de collectieve scenario's en varianten op hoge temperatuur maar gebruik de inzichten om in de markt de uitvoerbaarheid en investeringsbereidheid te sonderen.

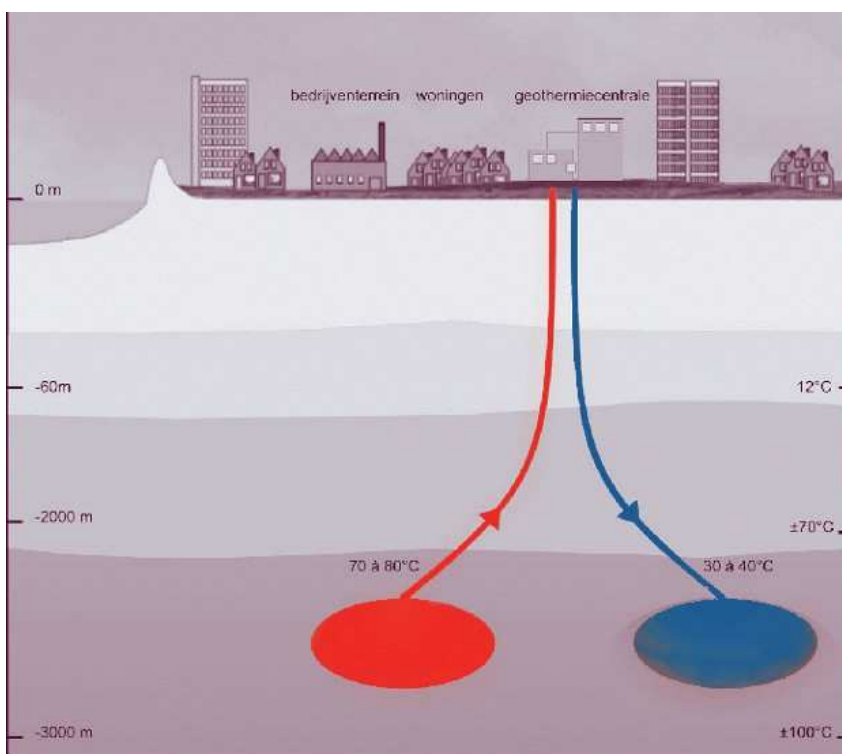
Het doel gericht op realisatie uiterlijk in 2025 wordt als zeer ambitieus gezien. Een meer realistisch doel is 2030 waarbij aardgas geleidelijk uitgefaseerd wordt en de hernieuwbare warmtebronnen parallel worden ingefaseerd. Ypenburg kan daarbij grotendeels autonoom blijven in haar warmtevoorziening.

Appendix

A1 Kansrijke warmtebronnen Ypenburg

A1.1 Geothermie

In de verkenning van de mogelijkheden is relatief veel aandacht besteed aan geothermie, zie figuur A1.1 voor principe. Niet ver van Ypenburg wordt met succes geothermische warmte van grote diepte (2.000 tot 2.500 m) naar boven gehaald bij glastuinbouwbedrijven zoals Ammerlaan en Duijvestijn in Pijnacker. Naast warmte is de kans groot dat formatiegas en/of -olie mee naar boven komt. Deze brandstoffen zijn weliswaar niet hernieuwbaar, maar worden in combinatie met de geothermische warmte zo goed mogelijk benut. Ammerlaan levert via een klein collectief net ook warmte aan de gebouwde omgeving, zie figuur A1.2.



Figuur A1 1. Principe geothermie, warme en een koude put met een onderlinge afstand van 1 tot 3 km

(bron: Groningen Warmtestad)

Om een geothermiebron rendabel te kunnen exploiteren is een groot aantal vollasturen nodig bij een minimale capaciteit van 5 MWth, beter is 10 MWth of meer. Wanneer een bron wel/niet rendabel is hangt in belangrijke mate af van de boordiepte (en daarmee de boorkosten) die nodig is om een voldoende doorlatende laag aan te boren, de temperatuur in deze laag en het debiet dat opgepompt kan worden. De maximale productiecapaciteit van de bron wordt bepaald door het product van het maximale debiet en het te behalen temperatuurverschil tussen de productie- en retourtemperatuur. Om de gewenste capaciteit⁷ te halen moet de ondergrond geschikt zijn, dat is voldoende doorlatend in combinatie met een hoge temperatuur (indicatie 70 °C of meer) en niet te diep (minder dan 2.500 m).

⁷ De capaciteit van de bron wordt bepaald door het product van het debiet en het temperatuurverschil tussen de productie- en retourtemperatuur



Figuur A1 2 Geothermie Pijnacker-Noord waarbij tuinder Ammerlaan via een warmtenet aan andere tuinders, utiliteitsgebouwen en 470 appartementen warmte levert (10TJ/j)

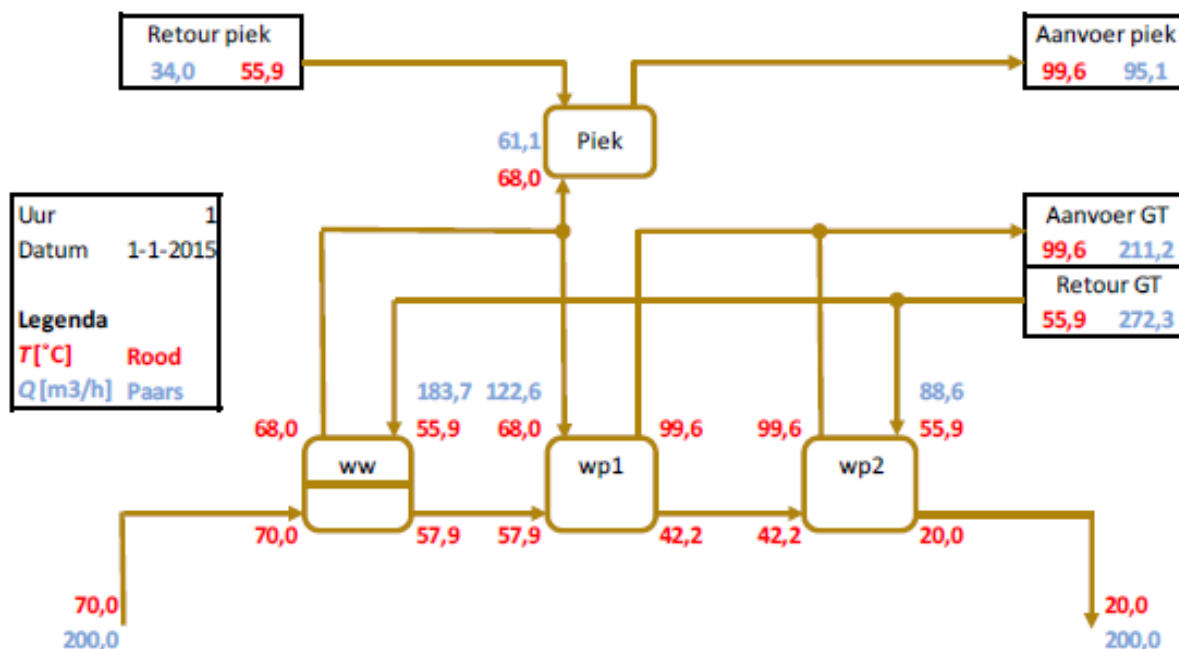
Door IF zijn de mogelijkheden van geothermie verkend in Ypenburg en omgeving in opdracht van Eneco (bron: Quick scan geothermie Den Haag-Ypenburg, mei 2017). Aanvullend zijn in het kader van deze studie door RHDHV de mogelijkheden verkend. Deze bevindingen zijn getoetst door Hydreco op basis van de laatste inzichten. In de ondergrond zijn twee aardlagen aanwezig die kansrijk zijn voor geothermie, zie tabel A1.1. Daarnaast wordt de laag Alblasserdam onder de Delft zandsteen member (Nieuwerkerk formatie) eveneens als kansrijk aangemerkt. (bron: Hydreco).

Tabel A1 1. Potentieel geothermie in Ypenburg

reservoir	diepte mid reservoir, TVD [m]	dikte reservoir [m]	T _{prod} [°C]	T _{inj} [°C]	q [m ³ /h]	P [MW]	COP [-]
Rijswijk member (KNNSR)	1.600	30	60	20	60	2,5	15
Delft zandsteen member (SLDND)	2.000	80	70	20	200	10	15

De laag Delft zandsteen member op 2.000 m diepte biedt de beste mogelijkheden

De verwachting is dat in Ypenburg in ieder geval een doublet kan worden geslagen in de Delft zandsteen member met een vermogen van 10 MW_{th}. Meerdere doubletten worden mogelijk geacht wanneer de grenzen van Ypenburg iets ruimer wordt gezien (bron: Hydreco). Combinatie van beide reservoirs wordt niet mogelijk geacht (bron: IF). Dit potentieel laat zien dat geothermie ingezet kan worden in basislast en middenlast warmtevoorziening, aanvullende bronnen zijn nodig voor midden en/of pieklast. De bron laat zich optimaal benutten door uitkoeling tot 20 °C. Dit is alleen mogelijk met behulp van warmtepompen of in combinatie met warmtelevering aan glastuinbouw. De warmtecapaciteit stijgt bij het toepassen van warmtepompen tot circa 13,5 MW_{th}. Door IF zijn daarvoor twee passende technische concepten ontwikkeld. In het kader van deze studie is gekozen voor het eerste concept waarmee een iets grotere jaarlijkse warmteproductie mogelijk is, zie figuur A1.3.



Twee warmtepompen worden in serie ingezet om te komen tot een maximale uitkoeling van de geothermie bron, zo kan de retourtemperatuur 20°C bedragen en komt een thermisch vermogen van 13,5 MW beschikbaar, inclusief warmtepompen. Pieklevering is voorzien vanuit een externe bron, bijvoorbeeld bio-olie

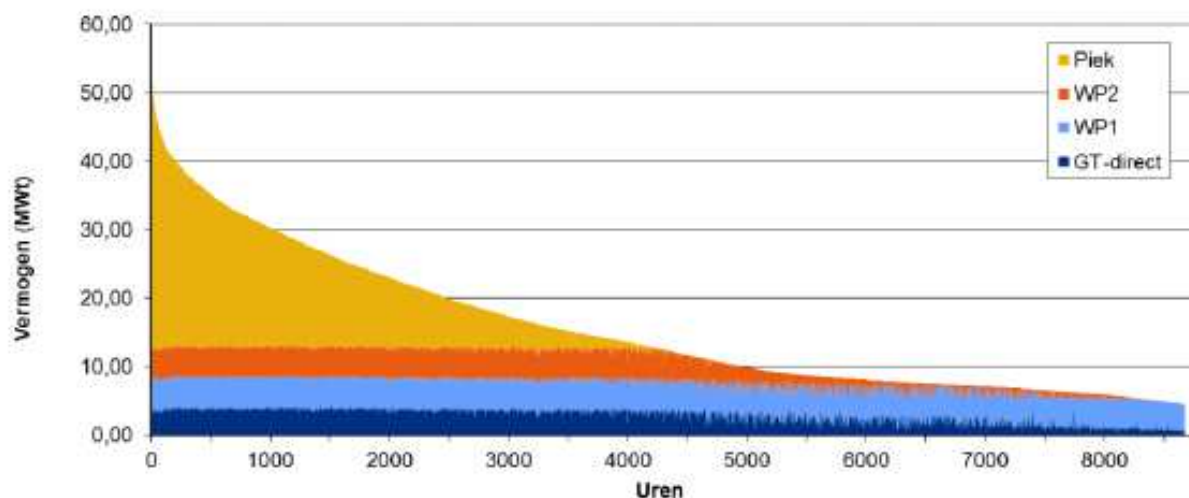
Figuur A1 3. Energieconcept 1 gericht op maximale benutting geothermie Ypenburg (bron: IF)

Met de geothermiebron kan niet in de gehele warmtevraag worden voorzien. Figuur A1.4 presenteert de jaarduurcurve met daarin de productie van de warmtewisselaar (ww, donkerblauw), warmtepomp 1 (wp1, lichtblauw) en warmtepomp 2 (wp2, oranje). Duidelijk wordt uit de figuur dat aanvullend piekwarmte moet worden geproduceerd (lichtoranje) met een andere bron. Zo kan de geothermiebron in circa 64% van de warmtevraag voorzien. Dit komt neer op 320 TJ per jaar van de in totaal bijna 500 TJ benodigde warmteproductie. Om deze warmte te kunnen produceren is elektriciteit nodig:

- Elektrisch verbruik bronpompen 6.600 MWh per jaar 23,8 TJ elektriciteit;
- Elektrisch verbruik warmtepompen 17.000 MWh per jaar 61,2 TJ elektriciteit;
- Totaal verbruik elektriciteit 85 TJ, COP is daarmee 320/85 dat is 3,8.

De COP van 3,8 heeft betrekking op de productie van warmte. De stooklijnen bij toepassing van geothermie volgens Energieconcept 1 verschillen niet wezenlijk van de huidige stooklijnen van het Eneco SV-net in Ypenburg. Dit maakt dat geen aanpassingen nodig zijn in de woningen of aan het SV-net. Wel zullen de netverliezen met circa 30% even hoog blijven als nu het geval is. De jaarlijks SPF bedraagt daarmee circa 2,7⁸. De rendementsgetallen geven aan dat geothermie niet beter scoort als een individueel warmtepomp concept die bodem of water als bron gebruikt.

⁸ De SPF moet minimaal 2 zijn om een betere milieuprestatie te leveren dan het direct verwarmen van woningen met aardgas, uitgaande van de productie van elektriciteit in een STEG. Naarmate het aandeel hernieuwbare elektriciteit stijgt wordt dit minder relevant. Blijft dat een hoge SPF gewenst is om zo de kosten van het elektriciteitsverbruik laag te houden.

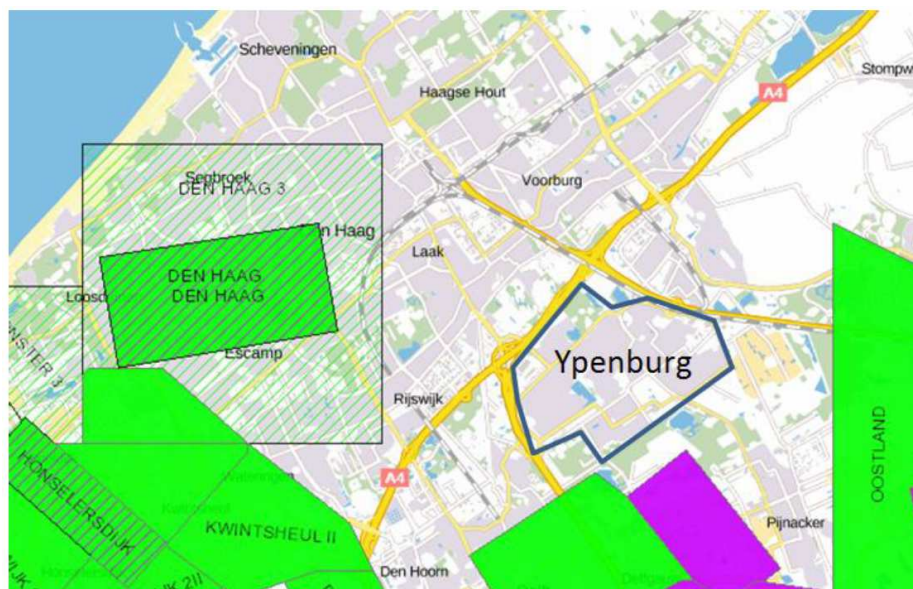


Figuur A1 4. Jaarduurcurve bij exploitatie geothermiebron Ypenburg met warmtepompen (bron: IF)

Bevindingen RHDHV m.b.t. geothermie, slaagkans van een succesvolle boring

Porositeit is beperkt, maximaal 12% wens is minimaal 15%.
 Permeabiliteit is beperkt, maximaal 40 mD wens is minimaal 100 mD.

De niet ideale porositeit en permeabiliteit heeft als het risico dat het niet lukt om de gewenste hoeveelheid van 200 m³ per uur te onttrekken behorend bij de thermische capaciteit van 13,5 MW. Het gebied is relatief breukenrijk, dit kan een blokkade zijn voor onttrekken warmte en daarmee een extra risico. In de omgeving van Ypenburg is meer belangstelling voor het ontwikkelen van geothermie, zie figuur A1.5. Dit pleit voor het ontwikkelen van geothermiebronnen buiten Ypenburg in combinatie warmtetransport naar Ypenburg. Deze optie is naar verwachting niet haalbaar voor 2025. Overleg met marktpartijen zal duidelijk maken in hoeverre er sprake is van 'apetite' om juist in Ypenburg geothermie tot ontwikkeling te brengen. (bron: Quick scan geothermie Ypenburg Oost Den Haag, Royal HaskoningDHV 14 augustus 2018).



Figuur A1 5. Afgegeven winningsvergunningen (paars) en opsporingsvergunning (groen, met gearceerd in aanvraag) geothermie in omgeving Ypenburg (bron IF, mei 2017)

Locatie geothermiebronnen

Op dit moment is nog niet duidelijk wat de beste locatie is voor de boring(en) van de geothermiebron vanuit de ondergrond bezien. Het heeft de voorkeur de bovengrondse voorzieningen te plaatsen op of nabij de bestaande productielocaties van Eneco in Ypenburg. Zo kan optimaal ingevoerd worden op het bestaande stadsverwarmingsnet en worden additionele kosten van warmte-infrastructuur beperkt.

IF komt tot de conclusie van Energieconcept 1 met 6.800 vollasturen maximaal gebruik kan maken van de SDE+ subsidie voor geothermie en daarmee een in beginsel rendabel project mogelijk wordt. De SDE+ 2018 is begrensd op 3.500 vollasturen per jaar bij toepassing in stadsverwarming⁹ (bron: ECN Eindadvies SDE+ 2018).

Geothermie biedt met een vermogen van 13,5 MWth (1 doublet) inclusief de inzet van warmtepompen het potentieel om ruim 60% van de warmtevraag in Ypenburg te dekken. Aanvullende piekwarmtelevering is nodig. Ook worden meerdere doubletten mogelijk geacht waardoor het vermogen stijgt, geothermie meer warmte levert, betrouwbaarder wordt en een regionale functie kan vervullen.

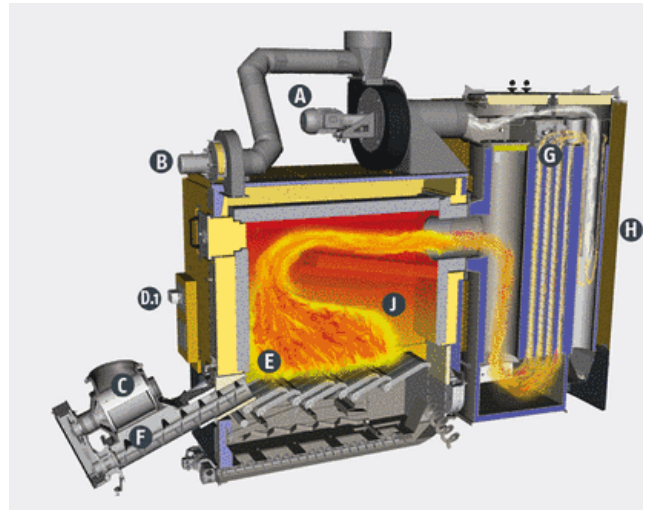
A1.2 Bio-energie, houtachtige biomassa

In vergelijking tot geothermie is bio-energie een optie die de vraag gedurende het hele jaar kan dekken, dus ook in pieklust. Wel is biomassa als brandstof nodig. Vaste biomassa wordt dan ingezet in basis- en middenlast en vloeibare biomassa (bio-olie) in pieklust. Om te voorzien in de benodigde warmteproductie zijn 32 kton houtpellets of circa 60 kton houtsnippers per jaar¹⁰ nodig. Deze benodigde hoeveelheid biomassa is verre van beschikbaar in Ypenburg zelf en zal dus moeten worden aangevoerd. Dit gebeurt per vrachtwagen. Projecten van een vergelijkbare schaalgrootte met Ypenburg zijn te vinden bij Stadsverwarming Purmerend, Warmtebedrijf Ede en in de wijk Meerhoven in Eindhoven. Ook wordt bio-energie inmiddels toegepast als onderdeel van een groot stadsverwarmingsnet zoals het Eneco SV-net in Utrecht (in aanbouw). Bij al deze projecten worden houtsnippers of -shreds als brandstof gebruikt. De brandstofkosten, ook per GJ, zijn dan lager in vergelijking tot houtpellets en bio-olie. Bij productie in basislast en middenlast leiden houtsnippers op de schaalgrootte van Ypenburg tot een lagere warmteprijs dan houtpellets en bio-olie¹¹. Zie voor verschillende schaalgrootten van bio-energie projecten de figuren A1.6 tot en met A1.9.

⁹ De hoogte en voorwaarden van de SDE+ verschillen van jaar tot jaar. Wanneer eenmaal een beschikking is verkregen voor SDE+ dan ligt de subsidie vast, alleen de hoogte van het correctiebedrag dat via TTF aan de aardgasprijs gekoppeld is heeft dan nog invloed.

¹⁰ Houtpellets hebben een stookwaarde van 17,5 MJ per kg. Houtsnippers hebben een stookwaarde van jaargemiddeld 10 MJ/kg. Het rendement van een grootschalige hout gestookte warmteketel bedraagt circa 90%. Naast houtsnippers kunnen ook hout shreds gebruikt worden, dat is overloop uit de compostering. Houtshreds is relatief goedkoop, vergt wel meer zorg bij verbranding.

¹¹ Wat uiteindelijk het voordeligst is hangt sterk af van de project specifieke situatie en de bijpassende SDE+. Dit beeld kan van jaar tot jaar verschillen. Beide bio-energie opties openhouden is dan ook het devies, marktpartijen zullen uiteindelijk de optimale keuze maken.



Figuur A1 6. Biowarmte ketel op houtsnippers, vermogens tot 10 MW warmte en meer mogelijk. Houtsnippers zijn de gangbare brandstof bij toepassing in SV-netten



In Ypenburg laat de biowarmte installatie van deze schaal zich combineren met utiliteit, denk aan zwembad, winkelcentrum of appartementencomplex

Figuur A1 7. Biowarmte installatie Breecamp Oost, Zwolle, 300 woningen



Hernieuwbare warmtevoorziening van een wijk. Warmtebuffer op de voorgrond

Figuur A1 8. Bio-energiecentrale Meerhoven (2011); 5,75 MWth en 1,22 MWe



Figuur A1 9. Biowarmte Eneco Utrecht 60 MWth in aanbouw, onderdeel van een groot SV-net

Duurzaamheid bio-energie

Veel vragen worden gesteld bij de duurzaamheid van biomassa. Is het oogsten van biomassa als brandstof wel bestendig en hoe zit het met de CO₂-prestatie in de keten? De NTR 8080 (bron: NEN) is ontwikkeld om de duurzaamheid van een biomassaketten te kunnen vaststellen. Voor sommige bio-energie opties schrijft de SDE+ toetsing aan deze richtlijn voor. Over het algemeen kan worden gesteld dat wanneer winning van biomassa uit bossen en landschappen met duurzaam beheer plaatsvindt biomassa als brandstof ook duurzaam is. Deze biomassa is dan een reststroom van de biomassa die als grondstof wordt gebruikt voor bijvoorbeeld papier en bouwhout. Bij toepassing van bio-energie in Ypenburg is een ketenanalyse naar oorsprong en winning van biomassa vereist om te kunnen vaststellen of de biomassa duurzaam is.

Beschikbaarheid biomassa

Ook aan de beschikbaarheid van biomassa als brandstof wordt getwijfeld. Recent onderzoek van Probos heeft aangetoond dat in Nederland nog lang niet alle biomassa nuttig wordt toegepast. Er is ruimte voor groei zonder dat dit ten koste gaat van bos en landschap. Wel zijn er grenzen aan deze groei. Weliswaar kunnen deze grenzen worden verruimd door import van biomassa, maar zeker op de korte termijn is juist bij import de duurzaamheid een issue. Wanneer bio-energie wordt toegepast in Ypenburg is een analyse van de beschikbaarheid in samenwerking met de aanbieders gewenst.

Bio-energie en emissie naar lucht

De verbranding van biomassa geeft rookgasemissies. Daarbij vragen de emissies van stof en NO_x de meeste aandacht. Voor grootschalige installaties gelden wettelijke emissie-eisen die in de vergunning worden vastgelegd. Dit maakt emissie monitoring en rookgasreiniging vereist. Recent onderzoek voor Deelplan 20 (Gemeente Den Haag, 2016) geeft inzicht in de luchtkwaliteit in Ypenburg, dit in de vorm van een gezondheidseffect screening score (GES-score) op de achtergrondconcentraties in de lucht:

- GES-score NO₂/NO_x is vrij matig met 22 tot 23 microgram/m³ (40 is het wettelijk maximum);
- GES-score stof PM_{2,5} is matig, concentratie 10 tot 14 microgram/m³ (25 is het wettelijk maximum);
- GES-score stof PM₁₀ is matig, concentratie 20 tot 24 microgram/m³ (40 is het wettelijk maximum).

Emissie-eisen voor bio-energie installaties op schaalgrootte van rond de 10 MW_{th} zijn:

- Stof 5 mg per m³, dat is een factor 10 lager als van een individuele houtkachel;
- NO₂ 145 mg per m³, dat is een factor 2 lager als van een individuele houtkachel.

De conclusie is dat gegeven de luchtkwaliteit in Ypenburg er emissieruimte aanwezig zonder dat de wettelijke achtergrondconcentratie overschreden wordt. De luchtkwaliteit heeft een GES-score van vrij matig tot matig. Een hoogwaardige rookgasreiniging is daarom nodig om verslechtering van de luchtkwaliteit minimaal te doen zijn. Dit maakt eens te meer duidelijk dat in Ypenburg individuele houtverbranding ongewenst (bronnen: Gemeente Den Haag, Infomil, Atlas voor de Leefomgeving en Kennisdocument Houtstook van Koppejan et al, RVO 2018).

Bio-warmte waarbij houtsnippers of -shreds als brandstof worden gebruikt is op dit moment de meest gangbare methode bij de overstap naar hernieuwbare warmte in SV-netten in Nederland. Beschikbaarheid, duurzaamheid, milieu en logistieke en ruimtelijke inpassing behoeven daarbij aandacht.

A1.3 Bio-energie, vloeibare biomassa

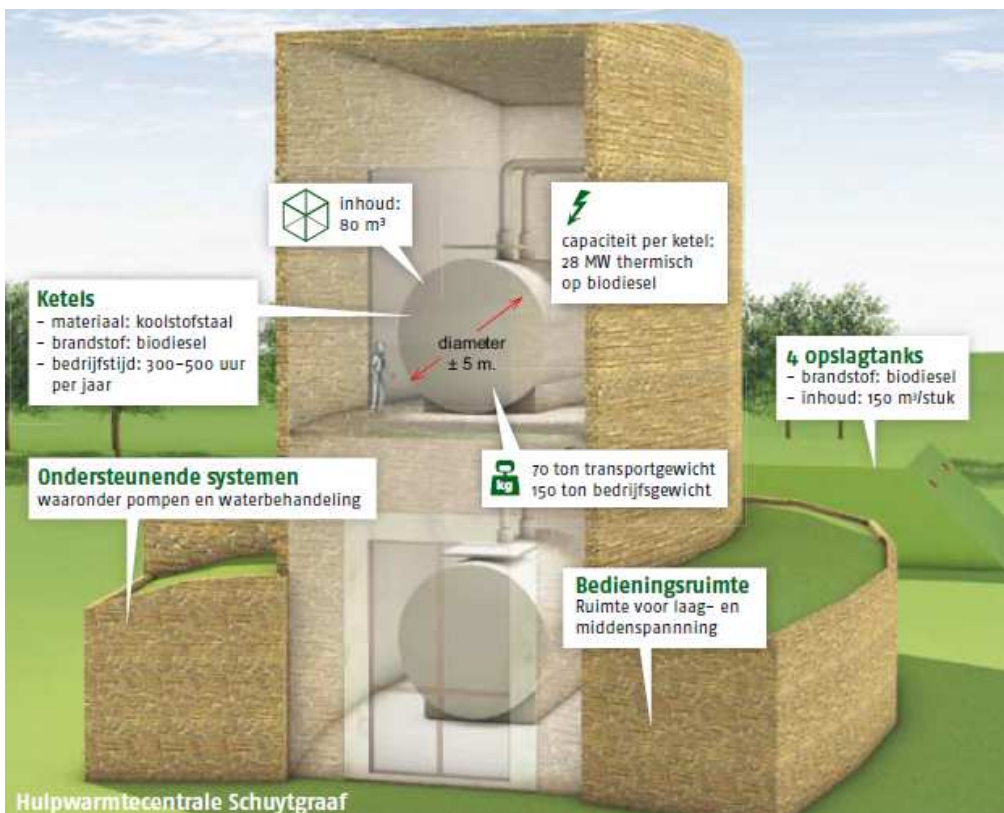
Waar houtachtige biomassa vooral geschikt is voor warmtelevering in basis- en middenlast, leent vloeibare biomassa zich voor levering van hernieuwbare warmte in pieklast. Onder vloeibare biomassa wordt in dit kader verstaan plantaardige- en dierlijke oliën en vetten en pyrolyse olie gemaakt uit houtachtige biomassa. De olie is in vergelijking tot vaste biomassa kostbaar, zie tabel A1.2. Grofweg verhouden de prijzen van houtsnippers, houtpellets en bio-olie zich als 1 : 2 : 3.

Tabel A1 2. Gehanteerde biomassaprijzen SDE+ 2018 eindadvies (bron: ECN)

Biomassa voor verbranding en vergassing	Energie-inhoud	Prijs	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Vaste biomassa			
Snoei- en dunningshout	9	50	5,6
Houtpellets, ketels	17	170	10,0
B-hout	13	0	0,0
Vloeibare biomassa			
Dierlijk vet	39	610	15,6

Bio-olie is per GJ een factor 3 duurder dan houtsnippers
Referentieprij in €/GJ heeft betrekking op de prijs van biomassa

Het grote voordeel van bio-olie is dat het relatief eenvoudig is op te slaan en dat de bio-olie ketel relatief goedkoop is. Dit maakt bio-olie bij uitstek een pieklast brandstof. Een voorbeeld van een bio-olie pieklast installaties is de bio-olie ketel van Nuon in het SV-net Schuytgraaf in Arnhem Zuid, zie figuur A1.10. Deze installatie heeft nog geen navolging gehad. Bekend is dat Stadsverwarming Purmerend onderzoek heeft gedaan naar de mogelijkheden van pieklast met hernieuwbare warmtebronnen. Het resultaat is dat voorlopig de voorkeur is gegeven aan aardgas, omdat het om een beperkt aantal vollasturen gaat is de negatieve impact op de duurzaamheid van de stadsverwarming niet zo groot, zie kader.



Bio-olie wordt ingezet als back up en voor warmtelevering pieklast

Figuur A1 10. Bio-olie installatie stadsverwarming Schuytgraaf (bron: Nuon)

Piek- en back-up vermogen: afweging bio-olie, aardgas, elektriciteit, buffers, biogas en waterstof

In de situatie Ypenburg waar een aardgasinfrastructuur aanwezig is voor het SV-net, is het in de overgang naar een volledig hernieuwbare warmtevoorziening de overweging om aardgas voorlopig als piek- en back-up vermogen te handhaven. De kosten zijn laag omdat alle infrastructuur al voorhanden is en de milieu impact is vanwege het geringe aantal vollasturen klein. Het alternatief bio-olie is, ondanks de beschikbaarheid van SDE+, naar verwachting veruit van concurrerend. Een derde vorm van piek- en back up vermogen zijn elektrische boilers al dan niet in combinatie met buffers. De haalbaarheid van een elektrische boiler is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van elektriciteit tegen een lage prijs op momenten van piekvraag in de winter. Op de termijn tot 2025 is niet te verwachten dan voldoende hernieuwbare elektriciteit tegen de vereiste lage prijzen beschikbaar is. Warmtebuffers kunnen weliswaar goed om gaan met het dag/nachtritme maar zijn alleen geschikt voor de levering van piekvermogen in de winter in combinatie met een bron met overcapaciteit die de buffers kan laden. De elektrische boiler is hiervan een voorbeeld. Op lange termijn zou (vloeibare) groene waterstof ook een pieklastbrandstof kunnen worden voor SV-netten. Op de korte termijn kan biogas via groengascertificaten een alternatief zijn voor bio-olie. Dit vergt een nadere verkenning naar de mogelijkheden.

Bio-olie is een van de duurste hernieuwbare warmte opties door de hoge kosten van de brandstof. Neemt niet weg dan bio-olie minst kostbare optie is voor de levering van hernieuwbare warmte in pieklast. Te overwegen alternatief is om de huidige aardgasinfrastructuur voorlopig als pieklast en back up te handhaven. Biogas via groengascertificaten is daarbinnen het duurzame alternatief.

A1.4 Zonthermie

Zonthermie is de tegenhanger van zonPV. Waar zonPV elektriciteit oogst, oogst zonthermie warmte met zonnecollectoren die op daken zijn aangebracht, zie figuur A1.11¹². Zonnecollectoren (ook wel zonneboilers genoemd) worden gecombineerd met een warm water opslagvat (1 tot 2 m³ per woning) en vooral gebruikt om te voorzien in de vraag naar warm tapwater. De opslag van warm water vraagt ruimte in appartementsgebouwen en woningen. De zonneboiler is rendabel toepasbaar in appartementsgebouwen en in woningen met grote gezinnen met een aanzienlijk warmtapwatergebruik. Voor een individuele zonneboiler is I-SDE beschikbaar.



Figuur A1 11. Zonnecollectoren, links indirect met spiegels en rechts direct traditioneel. De indirecte zonnecollectoren hebben een hoger rendement, maar zijn wel duurder

Een zonneboiler is technisch uitvoerbaar te maken voor de teruglevering van warmte. Wel zal dan een voldoende hoge leveringstemperatuur moeten worden gegarandeerd. In combinatie met stadsverwarming

¹² Innovaties vinden plaats waarbij zonthermie en zonPV wordt gecombineerd zodat het dakoppervlak multifunctioneel kan worden benut. De toepassing van deze geïntegreerde combinatie is nog niet gangbaar.

zijn geen voorbeelden bekend van teruglevering door individuele boilers. Teruglevering zal vooral in de zomer gebeuren. De vraag naar warmte bij het optreden van zonneboiler overschotten is dan klein. In theorie wordt het daarmee mogelijk het aantal vollasturen van de zonneboiler te verhogen van circa 600 vollasturen met een beperkte buffering in woningen naar circa 950 vollasturen. Dit kan maken dat er tot circa 4 GJ per woning extra beschikbaar komt, dat is circa 10% van de huidige warmtevraag van de woning. Omdat voor overschotten afnemers moeten worden gevonden is het zaak dat niet meer dan circa 50% van alle woningen een zonneboiler krijgen, daarmee is het potentieel van teruglevering beperkt tot maximaal 20 TJ per jaar. Ter vergelijking: de huidige productie is circa 500 TJ per jaar.

Waarde levering zonnewarmte aan SV-net

De waarde in €/GJ van zonnewarmte bij teruglevering aan het SV-net zal in ieder geval lager zijn dan de warmteprijs. De salderingsregeling zoals bij zonPV gaat hier niet op. Immers de netbeheerder maakt kosten om een lokaal overschot van zonnewarmte te transporteren naar afnemers met een warmtevraag. Ook zullen technische aanpassingen nodig zijn om teruglevering van zonnewarmte mogelijk te maken. Omdat de uitgangssituatie van de I-SDE is dat geen warmte van zonneboilers wordt teruggeleverd kan dit desondanks toch lucratief zijn voor de eigenaar van een zonneboiler, de inkomsten per jaar zijn beperkt tot enkele tientjes.

Zonthermie is in Ypenburg bruikbaar als individuele warmtebron. Het is een aanvullende bron die altijd in combinatie met andere bronnen zal worden gebruikt. Zonneboilers zijn in het bijzonder geschikt voor de warm tapwaterproductie in appartementsgebouwen. Altijd is aanvulling met een tweede warmtebron nodig die kan zorgen voor de ruimteverwarming in de winter.

A1.5 Lage temperatuurbronnen

Kenmerkend van lage temperatuurbronnen is dat een combinatie met een warmtepomp noodzakelijk is om tot de gewenste levertemperatuur te komen. Deze is bij voorkeur zo laag mogelijk. Het warmteafgifte systeem wordt hierop aangepast. Dit kan met vloerverwarming of het toepassen van radiatoren geschikt voor een lage aanvoertemperatuur. Toepassing vindt vooral plaats in nieuwbouw waarbij van meet af aan rekening is gehouden met lage temperatuur warmte. In bestaande bouw is de toepassing ingrijpender en vallen de kosten daardoor meestal hoger uit.

A1.5.1 WKO

Wanneer er sprake is van een koudevraag dan heeft WKO de hoogste prioriteit om toegepast te worden. In Ypenburg wordt, voor zover bekend, geen WKO toegepast. Het potentieel voor WKO is groot, de ondergrond leent zich goed voor het benutten van geschikte aquifers als WKO-bron (bron: WKO Tool, RVO). Omdat er geen goed inzicht is in de omvang van de koudevraag richting 2025 in Ypenburg is WKO als bron voor dit moment minder relevant. Aanbevolen wordt de potentiële koudevraag in kaart te brengen, inclusief de bereidheid van inwoners om hiervoor, aanvullend op de kosten van warmte, te betalen.

A1.5.2 Oppervlaktewater

Figuur A1.12 presenteert waar de grote concentraties van oppervlaktewater aanwezig zijn in Ypenburg. Met een totaal oppervlak van 37 ha is een productiecapaciteit mogelijk van 11 MW thermisch bij een temperatuurverschil van 3 °C (bron: rekenregels IF/STOWA). Twee concepten zijn denkbaar:

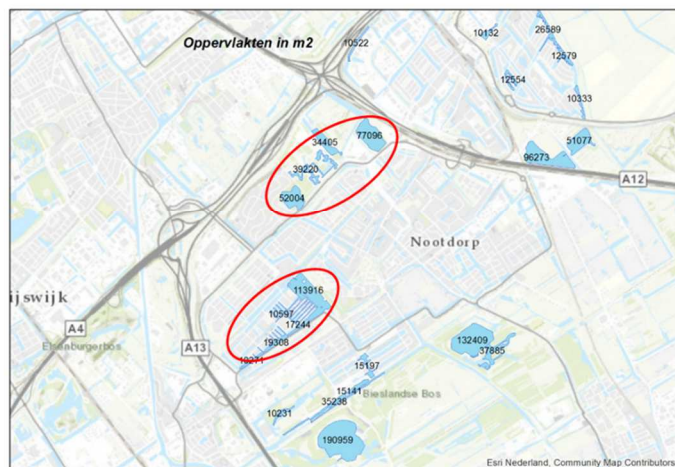
- Directe winning van warmte in de winter, temperatuur water kan dalen richting vriespunt;
- Winning van warmte in de zomer met opslag van warmte in WKO.

Het eerste concept is het meest eenvoudig en laat zich toepassen als relatief weinig warmte wordt gewonnen uit een plas. Wordt de plas intensiever gebruikt als warmtebron en neemt het temperatuurverschil tussen intrede en uitrede toe tot 6 °C dan is het combineren met WKO onvermijdelijk. Zo kan de productiecapaciteit stijgen tot 22 MW thermisch. Omdat thermische energie uit oppervlaktewater (TEO¹³) nog niet gangbaar is zal in nauwe samenspraak met potentiële leveranciers bepaald moeten worden wat het beste concept is voor Ypenburg. Hoewel TEO bij voorkeur in basislast wordt toegepast vanwege de kapitaalsintensiteit, wordt het ook mogelijk een hoger aantal vollasturen te draaien. Het potentieel laat zien dat de capaciteit niet toereikend is en dat combinatie met een aanvullende warmtebron in pieklast noodzakelijk is.

Specifieke investeringskosten TEO

Een recente presentatie van Xylem bij het seminar Energie uit oppervlaktewater geeft inzicht in de specifieke investeringskosten om warmte te kunnen onttrekken aan oppervlaktewater. Door Xylem is een skid ontwikkeld waarmee dit mogelijk is. Er wordt gerekend met een temperatuurverschil van 6 °C en een debiet van 50 tot 100 m³ per uur. Daarmee heeft de skid een capaciteit van 350 tot 700 kW thermisch. De investeringskosten in de skid zijn een functie van het debiet en liggen tussen de 75 en 150 k€, dat is circa 215 € per kW thermisch. Bijkomende kosten zijn warmtetransport, warmtepomp en een bijpassend warmteafgifte systeem.

Potentieel oppervlakte water ... TEO



Bij 2.000 uur 80
TJ/jaar, dekking 16%

- Oppervlak Noord West 20 ha
 - Oppervlak Midden Zuid 17 ha
 - Totaal oppervlak 37 ha
 - Capaciteit 300 kWth/ha, totaal 11 MWth
 - Productie 2,16 TJ/ha bij 2.000 vollasturen per jaar
 - Bij delta T van 3°C
- Daarnaast enkele gemalen ...

Figuur A1 12. Overzicht van mogelijkheden thermische energie uit oppervlaktewater Ypenburg

Van alle lage temperatuur warmtebronnen biedt TEO met een capaciteit van 11 tot 22 MW thermisch het meeste perspectief vanwege de omvang. Wel is het de vraag in hoeverre het huidige SV-net hiervoor kan worden gebruikt gezien de kleinere temperatuurverschillen. Ook is aanpassing van warmteafgifte is nodig.

A1.5.3 Gemalen

Enkele gemalen in de buurt zijn beschikbaar (bron: Warmteatlas, RVO). In vergelijking tot TEO is het potentieel beperkt. Warmtewinning uit stromend water bij gemalen kan als een aanvulling dienen op TEO. Gemalen als warmtebron sec zijn niet interessant voor Ypenburg, daarvoor is de warmtevraag te groot.

¹³ Naast TEO bestaat er ook TEA, thermische energie uit afvalwater. In Ypenburg en directe omgeving zijn geen omvangrijke stromen afvalwater beschikbaar. TEA is dan ook geen optie voor Ypenburg.

A1.5.4 Buitenlucht

In vergelijking tot de vorige lage temperatuur warmtebronnen heeft de buitenlucht als voordeel dat elke woning deze bron tot zijn beschikking heeft. De lucht-water warmtepomp wordt in dit opzicht dan ook als de individuele opvolger gezien van de aardgasgestookte ketel. Aandachtspunten bij toepassing zijn de plaatsing (visuele zichtbaarheid, aanzien van gevels woningen en appartementen) en de geluidsproductie van de condensor ventilator.

In een recent door Berenschot uitgebrachte studie (VEH, juni 2018) is een overzicht gepresenteerd van de kosten van deze optie. Tabel A1.3 presenteert dit overzicht gebaseerd op de overwegend label B woningen in Ypenburg.

Tabel A1 3. Investeringskosten lucht-water warmtepomp per woning bij toepassing in Ypenburg incl. aanpassingen radiatoren en plaatsing 10 zonPV panelen (3 kW) t.b.v. warmtepomp

Type woning, label B	Investering	Subsidie	Jaarlijkse besparing
Hoekwoning 125 m ²	€ 12.150	€ 2.650	€ 650
Appartement 92 m ²	€ 7.150	€ 1.900	€ 75
Tussenwoning 125 m ²	€ 11.950	€ 2.650	€ 600
2-onder-1 kap woning	€ 13.150	€ 2.650	€ 700
Vrijstaande woning	€ 13.350	€ 2.650	€ 700

Omdat de lucht-water warmtepomp voor Ypenburg als een 'fall back' scenario kan worden gezien moet een collectief alternatief qua kosten en andere criteria per saldo beter scoren als de lucht-water warmtepomp wil dit attractief zijn. Waar bij collectieve opties door de eigenaar van het collectieve systeem geïnvesteerd wordt zal bij deze optie geïnvesteerd moeten worden door de bewoner zelf. Randvoorwaarde om dit mogelijk te maken is dat naast I-SDE subsidie ook financiering mogelijk wordt met bijvoorbeeld een duurzaamheidslening.

Appendix

A2 Wat nog niet kan in Ypenburg

Bij het samenstellen van de scenario's zullen een aantal warmtebronnen niet worden meegenomen omdat deze door beperkte omvang, technische onmogelijkheden of andere beperkingen niet toegepast kunnen worden in Ypenburg in de periode tot en met 2025. Dit neemt niet weg dat bij een volgende generatie, zeg vanaf 2040 deze bronnen mogelijk wel een rol kunnen spelen in de warmtevoorziening van Ypenburg.

A2.1 Zonthermische velden

Grootschalige zonthermie is mogelijk door zonnecollectoren grondgebonden in velden te plaatsen. Ook drijvend op water is een optie, hoewel dit nog niet in Nederland wordt toegepast. Het zonthermische veld, zie figuur A2.1, levert zijn warmte aan een SV-net. Omdat de productie sterk varieert over de dag ligt buffering voor de hand zodat de geproduceerde warmte optimaal kan worden benut. Het aantal vollasturen is beperkt van 700 tot 950 vollasturen per jaar bij optimale buffering wat maakt dat een zonthermisch veld altijd gecombineerd moet worden met andere hernieuwbare warmtebronnen.



0,7 ha collectoroppervlak, 1,5 ha grondoppervlak. Productie 10 TJ per jaar
Geen optie voor Ypenburg, grondgebonden ruimte is nauwelijks beschikbaar.

Figuur A2 1. Zonnwarmte eiland van Nuon in Almere, aangesloten op stadsverwarming

Zonthermische velden worden in Ypenburg niet als een realistische optie gezien omdat de ruimte ontbreekt om dit op een rendabele schaalgrootte te ontwikkelen.

A2.2 Restwarmtebronnen

De verkenning naar restwarmtebronnen (bron: Warmteatlas) in Ypenburg en directe omgeving leert dat er geen restwarmte van enige betekenis beschikbaar is in de directe nabijheid, ook niet vanuit de glastuinbouw. Restwarmte uit de Rotterdamse haven kan wel ontsloten worden via de LDM, zie hoofdstuk 2.2.3.

Voor de langere termijn is het de vraag in hoeverre restwarmte beschikbaar blijft omdat restwarmte een energieverlies is dat de industrie zal willen beperken. Mocht er restwarmte beschikbaar zijn dan is het altijd zaak deze zo goed mogelijk te benutten. Immers het alternatief is dat deze restwarmte weggekoeld wordt met alle kosten en gevolgen van dien voor het milieu. Niet gebruiken is zonde.

Restwarmte in de directe omgeving is voor Ypenburg geen optie omdat er geen restwarmtebronnen zijn. Via LDM kan restwarmte wel, maar dan als aanvulling op de hernieuwbare warmteproductie in Ypenburg.

A2.3 Hernieuwbaar gas en waterstof

Onder hernieuwbaar gas wordt verstaan biogas of groen gas¹⁴. In Nederland wordt hernieuwbaar gas vooral geproduceerd door vergisters uit mest en allerlei vormen van nat organische afval en restvetten. Naast deze biologische techniek kan met de thermische techniek vergassen hernieuwbaar gas worden geproduceerd uit houtachtige biomassa en afval. Deze techniek is nog niet gangbaar. Het hernieuwbare gas komt in de vorm van groen gas door menging met aardgas via het aardgasnet bij afnemers. Ook is het mogelijk om biogas rechtstreeks te leveren aan een woonwijk via een biogasleiding, zie figuur A2.2.



Productie bij Veehouderij Gert-Jan van Beek

Biogas wordt geleverd aan Polderwijk

Figuur A2.2. Biogas als bron voor duurzame warmtevoorziening, Zeewolde Polderwijk 2,6 MWth. Geen optie voor Ypenburg vanwege ontbreken gasinfrastructuur en biogas aanbod.

Een vorm van hernieuwbaar gas die op dit moment volop in de belangstelling staat is de groene waterstof. Het idee is om met overschotten elektriciteit via elektrolyse deze groene waterstof te produceren. Via de bestaande gasinfrastructuur kan de groene waterstof dan bij de gebruikers komen. Als meest kansrijke toepassingsgebieden worden hoge temperatuur processen in de industrie en transportbrandstoffen gezien. Hier is naar verwachting de waarde hoger dan bij het verwarmen van woningen.

In de directe omgeving (straal enkele km) is nauwelijks hernieuwbaar gas beschikbaar om de warmtevraag te kunnen dekken (bron: Warmteatlas).

Hernieuwbaar gas is voor Ypenburg geen optie omdat het gas niet beschikbaar is. Dit geldt ook voor waterstof na 2025 dat prioritair elders wordt ingezet.

A2.4 Individuele biowarmte opties

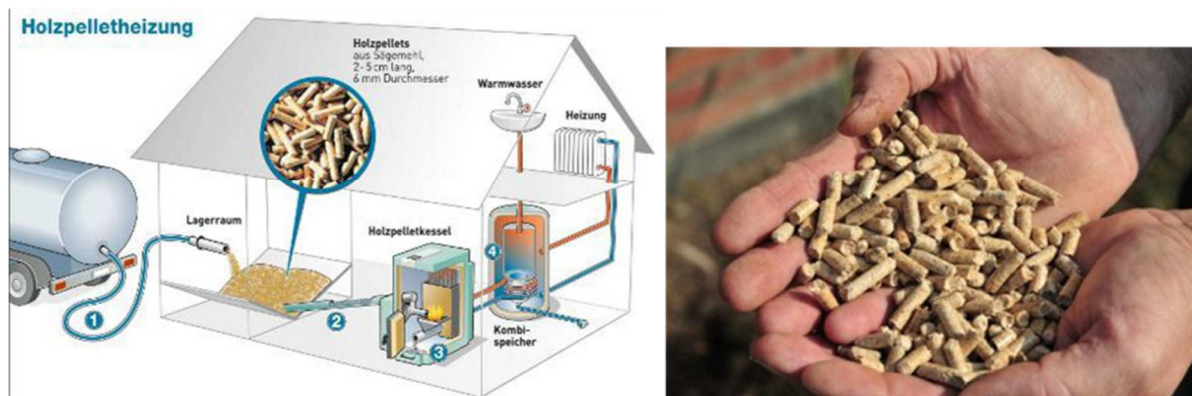
De individuele biowarmte opties hebben technisch de afgelopen 20 jaar een hoge vlucht genomen. Traditioneel praten wij hier over de open haard. Het warmterendement van de openhaard is slecht en de emissies van stof (inclusief roet) en onverbrande koolwaterstoffen (CO, CxHy) is relatief hoog. De houtpellet kachel en houtpellet-CV zijn in dit opzicht een grote verbetering. Het rendement is aanzienlijk

¹⁴ Groen gas wordt geproduceerd uit biogas. Groen gas is biogas van aardgaskwaliteit. Door het verwijderen van CO₂ en de reiniging van biogas wordt groen gas verkregen. Stortgas is een bijzondere vorm van biogas die wordt geproduceerd in biologisch actieve stortplaatsen. Omdat geen biogeen afval meer gestort mag worden neemt de stortgasproductie in Nederland af en zal over 10 tot 20 jaar nihil zijn.

beter en kan zich meten met de VR-gasketel. De emissies zijn in verhouding tot een open haard laag. Onverbrande koolwaterstoffen komen nauwelijks meer voor, een houtpellet kachel/CV ruikt je niet mits goed gestookt en het regelmatig schoonmaken van rookgaskanalen. De emissie van stof, hoewel veel lager, blijft aanwezig. (bron: Kennisdocument Houtstook, RVO, Koppejan, 2018). Dit neemt niet weg dat in gebieden zoals Ypenburg waar de luchtkwaliteit al kritisch is, de emissie van vervuilende stoffen tot een minimum moet worden beperkt.

Houtpellets worden gemaakt uit gedroogd zaagsel of gedroogde fijngemalen houtsnippers. Houtpellets zijn een brandstof van hoge en constante kwaliteit zodat een schone en gecontroleerde verbranding mogelijk is. Door de hoge energiewaarde is in kg ongeveer de helft nodig van het stoken met houtsnippers. Voor houtpellets zijn speciale kachels ontwikkeld die algemeen gangbaar zijn in Duitstalige en Scandinavische landen. Inmiddels vindt verwarming met houtpellets meer ingang in Nederland o.a. door de subsidieregeling I-SDE. Houtpellets kosten € 200 tot € 250 per ton, afhankelijk van de hoeveelheid per levering. De prijs van houtpellets ligt op 60% tot 70% van de prijs van aardgas voor een particulier. Er zijn twee uitvoeringen: houtpellet ketel voor de verwarming van het hele huis (CV) en houtpellet kachel voor de verwarming van een ruimte, zie figuur A2.3 en A2.4. Biowarmte systemen vereisen een rookgaskaanal en gescheiden luchtaanvoer om tocht in de woning en risico op CO-vorming (koolmonoxide) te voorkomen.

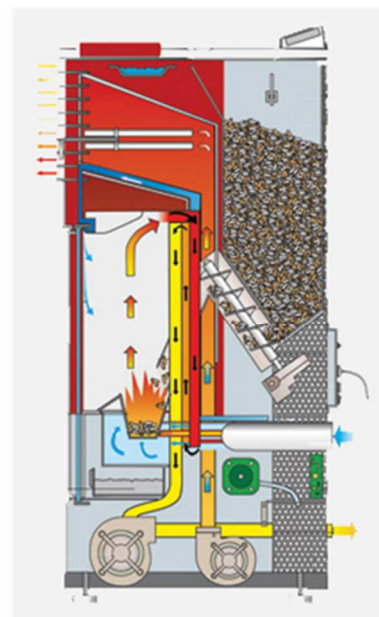
- Opslag van houtpellets in silo, kelder, inpandig of in aanbouw, per woning of per blok
- Houtpellets zijn te betrekken van de vrije markt, gecertificeerd ENplus A1 en A2.
- Volautomatisch regelbaar en onderhoudsarm, is als aardgas verstoffen
- Techniek is gangbaar in Duitstalige en Scandinavische landen, ook in utiliteit Nederland
- Benodigd 2 tot 50 ton per jaar bij 17 MJ/kg.



7

Figuur A2.3. Houtpellet ketel, centrale verwarming van woning of gebouw

- Voor verwarming van een ruimte, geeft voelbare warmte
- Aanvullend op centrale verwarming
- Te combineren met warmtepomp en lage temperatuurverwarming
- Levert geen warm tapwater
- ISDE tot 500 kW thermisch, gangbaar tot 15 kW.



Figuur A2 4. Houtpelletkachel, verwarming per ruimte

Voor: Gangbare techniek voor het verwarmen van woningen en levering warm tapwater;
Alle vormen van warmteafgifte mogelijk: vloerverwarming en radiatoren;
Voelbare warmte, wordt als aangenaam en extra comfortabel ervaren.

Tegen: De brandstof is niet gratis maar wel goedkoper dan aardgas, indicatie tot 40%;
Geen mogelijkheden tot koeling, hiervoor zijn aanvullende voorzieningen nodig in woning;
Opslagruimte nodig in de woning voor houtpellets, indicatie tot 1.000 kg;
Hoewel beperkt, optreden van lokale emissie stof.

Gezien de kritische situatie rond de luchtkwaliteit in Ypenburg wordt het niet aanbevolen om individuele hout gestookte warmteopties op grote schaal toe te passen. Wanneer toegepast dan heeft de houtpellet-CV of de houtpellet kachel met elektrische bijverwarming (infrarood, warmtepomp) de voorkeur.

A2.5 Hybride warmtepompen

De hybride warmtepomp is een combinatie van een lucht-water warmtepomp en een gasgestookte ketel. Het is een individuele optie. De warmtepomp zorgt voor de basislast warmtevoorziening en de gasketel werkt aanvullend bij piekvraag. De hybride warmtepomp (ook wel bi-valente warmte genoemd) is bij uitstek geschikt voor warmtetransitie in woningen die nu met aardgas gestookt worden en waarbij een collectieve warmtevoorziening, een warmtepomp of een biowarmte concept voorlopig geen optie is. Ypenburg is niet vergelijkbaar met deze uitgangssituatie. Andere individuele hybride oplossingen zijn ook denkbaar zoals de combinatie van een warmtepomp met een bio-olie gestookte ketel. Deze combinatie worden (nu nog) niet op de markt gebracht. Wel denkbaar, maar nog niet op grote schaal toegepast is de combinatie van een individuele zonneboiler met een warmtepomp.

De individuele hybride warmtepomp, bestaande uit een gas CV-ketel en een lucht-water warmtepomp is in Ypenburg geen optie vanwege het ontbreken van een gasnet met aansluitingen per woning.

Hybride varianten in een collectief SV-net zijn wel gangbaar, e.e.a. afhankelijk van de beschikbaarheid van hernieuwbare warmtebronnen. Bij de presentatie van de scenario's in hoofdstuk 3 komt dit nader aan de orde.

A2.6 All electric directe verwarming

De term all electric worden op verschillende manieren gebruikt als het gaat om het verwarmen van woningen. De essentie is dat verwarmen (en koelen) volledig elektrisch gebeurt. Dit kan zijn met een warmtepomp, met directe elektrische verwarming d.m.v. infraroodpanelen of een combinatie van beiden. Randvoorwaarde voor all electric is een zeer goed geïsoleerde woning, beter dan nu gangbaar in Ypenburg. Dit omdat de kosten van elektriciteit relatief hoog zijn en het gebruik tot een minimum moet worden beperkt. Een tweede randvoorwaarde is dat het elektriciteitsnet over voldoende capaciteit moet beschikken. De meest efficiënte all electric verwarming is via de warmtepomp. Eén deel elektriciteit kan zo tot 5 delen nuttige warmte opleveren. Bij infraroodpanelen is dit 1 op 1. In de praktijk wordt daarom de warmtepomp in combinatie met vloerverwarming toegepast in die ruimten die het meest gebruikt worden. Als aanvulling hierop worden infraroodpanelen toegepast op zolder en in slaapkamers. De aansluitwaarde van infrarood panelen is in vergelijking tot de warmtepomp aanzienlijk en kan bij grootschalige toepassing tot gevolg hebben dat het elektriciteitsnet moet worden verzaamd. Uitgangspunt is om dit te voorkomen in Ypenburg.

ZonPV en elektrische verwarming woningen

Zonne-elektriciteit (zonPV) kan weliswaar goed gebruikt worden voor elektrisch verwarmen, maar wordt niet als een haalbare optie gezien. Daarvoor is de productie van zonne-elektriciteit te duur, de vraag naar warmte in de winter te groot en het beschikbare dakoppervlak per woning in Ypenburg te beperkt. Voorbeeld: 10 GJ warmte vraagt 2.750 kWh elektriciteit bij directe verwarming en daarmee 3 kWpiek aan zonPV panelen. Dit is een capaciteit die vaak voorkomt bij zonPV op daken. Het gemiddeld warmteverbruik in Ypenburg is circa 37 GJ, hier hoort een vermogen van 11 kWpiek aan zonPV panelen bij. Het toepassen van warmtepompen maakt dat minder elektriciteit voor de warmteproductie nodig is. Bij een COP van 3 is 3,5 kWpiek voldoende. Blijft het probleem van ongelijktijdigheid bestaan: grote vraag naar warmte in de winter terwijl productie zonPV dan nihil is.

Bij de bereiding van warm tapwater op een temperatuur van circa 60 °C doet zich een soortgelijk fenomeen voor als bij ruimteverwarming. De ouderwetse elektrische boiler met directe elektrische verhitting kan warm tapwater bereiden. Veel efficiënter is het om de warmte te produceren met een warmtepomp, ook wel booster warmtepomp genoemd. Ook combinaties van warmtepomp en elektrisch verwarmen van warm tapwater komen voor waarbij de watertemperatuur het merendeel van de tijd lager is dan de temperatuur van 60 °C waarbij legionella groei niet kan optreden. Door met enige regelmaat via aanvullende elektrische verwarming de warm tapwater temperatuur te verhogen naar 60 °C wordt het risico van legionella vorming voorkomen.

Vanwege het hoge elektriciteitsverbruik wordt individuele directe elektrische verwarming van woningen in Ypenburg afgeraden. Verwarming via een elektrische warmtepomp voor ruimteverwarming en warm tapwater heeft de voorkeur boven elektrische verwarming met infrarood panelen en een boiler.

A2.7 Brandstofcellen en andere innovaties

Met brandstofcellen en mini WKK wordt naast warmte elektriciteit geproduceerd. Om dit hernieuwbaar te kunnen doen is een duurzame gasvormige of vloeibare brandstof nodig. In deze categorie van innovatieve technieken vallen ook de sterling motor, de thermo ionische energieomzetter en de elektrolyzer om uit overschotten van elektriciteit (PV) waterstofgas te produceren. Brede toepassing voor 2025 wordt niet verwacht.

A2.8 Warmteterugwinning en riothermie, individueel en collectief

Warmteterugwinning is een vorm van energiebesparing waardoor de vraag naar warmte voor ruimteverwarming en/of warm tapwaterproductie zal dalen.

Warmteterugwinning in en rond een woning is op verschillende manieren mogelijk:

- Uit ventilatielucht (balansventilatie), al dan niet met warmtepomp;
- Uit warm waterafvoer van o.a. douche en bad (warmtewisselaar).

De systemen voor warmteterugwinning worden steeds gangbaarder, compacter, beter en goedkoper. De vraag naar warmte daalt daardoor, indicatie 10 tot 20%. Het is niet mogelijk, zeker niet met de gemiddelde label B woning in Ypenburg, om de warmte met een dusdanig hoge efficiëntie terug te winnen dat de externe warmtevraag 0 wordt. Een aanvullende warmtevoorziening blijft dan ook altijd nodig.

Een bijzondere vorm van warmteterugwinning is riothermie. Daar waar hoofdtransportleidingen lopen kan met het rioolwater als bron in combinatie met warmtepompen een aanzienlijke hoeveelheid warmte worden onttrokken. Hoofdtransportleidingen (persleidingen) zijn te vinden in de buurt van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Een dergelijke installatie is niet aanwezig in of nabij Ypenburg.

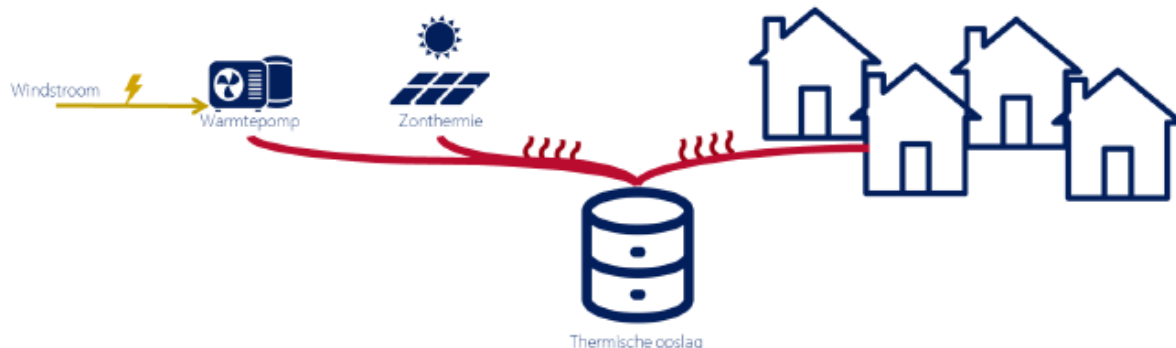
In het verlengde van riothermie ligt het gebruiken van transportleidingen drinkwater als bron. Ook hier geldt dat bij voorkeur hoofdtransportleidingen worden gebruikt omdat alleen zo met behulp van een warmtepomp een aanzienlijk thermisch vermogen is te onttrekken tegen aanvaardbare kosten. Voor beide technieken geldt dat zij in combinatie met een collectief net worden geëxploiteerd.

Warmteterugwinning (ventilatielucht, warm waterafvoer) wordt gezien als een energiebesparingsoptie voor Ypenburg. Toepassing wordt aanbevolen waar mogelijk en haalbaar. Neemt niet weg dat voor de woningen in Ypenburg additionele warmteproductie en -levering altijd nodig zal blijven.

Appendix

A3 Energieopslag met Ecovat

Het Ecovat is een ondergronds warmteopslagsysteem ten behoeve van seizoensopslag van warmte. Figuur A3.1 geeft de werking van het Ecovat weer.



Figuur A3 1. Principe werking Ecovat

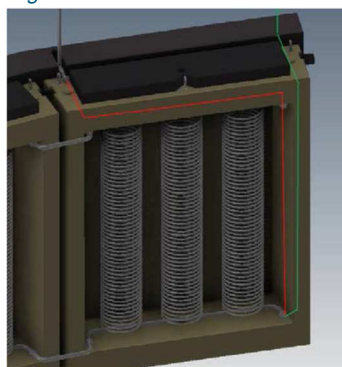
Opladen van het Ecovat gebeurt door middel van een algoritme die stuurt op weersverwachtingen, energieprijzen en de status van het Ecovat¹⁵. Het Ecovat wordt opgeladen door:

- zonnecollectoren op en/of naast de gebouwen;
- bovengronds geplaatste warmtepompen en weerstandsverwarming wordt windenergie omgezet in warmte. Een tweede mogelijkheid is om elektriciteit in te kopen op momenten van lage stroomprijzen voor om te zetten in warmte.

Als er in de toekomst nóg duurzamere of kosten-effectievere bronnen dan zon- en wind beschikbaar zouden komen, zoals geothermie, kan deze warmte over het seizoen heen ook in Ecovat opgeslagen worden zonder meer investering ¹⁶.

Bestaande systemen voor thermische energieopslag verpompen het water in het vat, waardoor een gemiddelde temperatuur in het vat ontstaat. Uniek aan het Ecovat is dat warmte wordt uitgewisseld via de binnenwand. De warmte-uitwisseling in het vat vindt plaats door middel van in de wand geïntegreerde warmtewisselaars. De verschillende segmenten in het vat kunnen op verschillende temperaturen worden geladen en ontladen. Aan de wand zijn de spiralen bevestigd waarmee de warmte wordt uitgewisseld, zie figuur A3.2.

Figuur A3 2. Wanddeel Ecovat

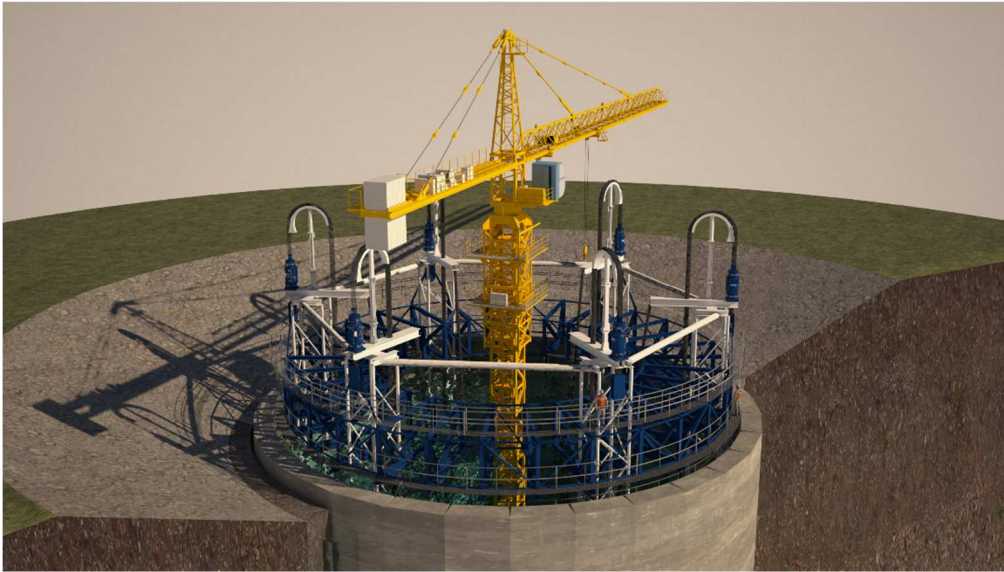


¹⁷ In het Ecovat wordt er dus geen water uit het vat verpompt; men maakt hierbij gebruik van de natuurlijke gelaagdheid van water. Doordat het water stilstaat, wordt deze 'Thermocline' niet verstoord, en behoudt men veel energie.

¹⁵ <https://www.ecovat.eu/over-ecovat/besturingsssoftware/>

¹⁶ 20180611 Introductie Ecovat Seasonal Thermal Energy Storage System - Na Aardgas komt Ecovat.

¹⁷ 20180911 Infodocument voor verzekeraars Ecovat AG (v1.1)



Figuur A3 3. Realisatie Ecovot

De realisatie van het Ecovot vindt plaats door het maken van een cirkelvormige diepwand. Na het uitgraven van de inhoud van het Ecovot worden de onderste wandpanelen geplaatst. De onderste wandpanelen bevatten buizen waarmee de opvolgende wanddelen opgestapeld worden. Alle slangen, voor het transport van water, worden door de wanddelen heen gevoerd naar het controlesysteem dat zich op maaiveld bevindt. Vanuit het controlesysteem wordt de stroomrichting van het aan- of retourwater geregeld en vindt de aansturing van het Ecovot plaats. Kenmerken van het Ecovot zijn¹⁸:

- afmetingen van het Ecovot variërend van $\varnothing 28 \times 28$ m t/m $\varnothing 46 \times 54$ m;
- thermisch vermogen variërend van 1.200 – 5.600 MWth/cycle, bij Delta T 50 °C;
- kosten € 500.000 tot € 5.000.000;
- opslag temperatuur variërend 0 t/m 95 °C (water);
- rendement over 6 maanden 91 – 95%, afhankelijk van de inhoud van het Ecovot;
- technische levensduur 100 jaar.

¹⁸ 20180727 Dimensions portfolio Ecovot