

Datum

29 januari 2021

Versie

def

Projectnummer

01.2739/001

Rapport haalbaarheidsonderzoek duurzaam wijkwarmtenet in Hilversum Kerkelanden

DEELRAPPORT 1

Technisch en financieel haalbaarheidsonderzoek

ir. Stefan Mol - Waternet

Pieter-Jan van Helvoort – Firan

Patrick Son – Qirion (in opdracht van Firan)

Dit deelrapport maakt onderdeel uit van het project “Haalbaarheidsonderzoek naar aquathermie en een publiek warmtenet in Kerkelanden” uitgevoerd door HET, Firan en Waternet. Het onderzoek is tot stand gekomen met een bijdrage van de gemeente Hilversum en provincie Noord Holland, ter beschikking gesteld onder beschikking nummer 610192.

Inhoudsopgave

1	Uitgangspunten	5
1.1	Beoogd resultaat	5
1.2	Demarcatie	5
1.3	Corporatiebezit	6
1.4	Clusters	7
1.5	Woning- en buurtkenmerken	8
2	Techniek	9
2.1	Beschrijving warmtebronnen	9
2.1.1	<i>Oppervlaktewater</i>	9
2.1.2	<i>Afvalwater</i>	10
2.1.3	<i>Lucht</i>	11
2.1.4	<i>Zon</i>	11
2.2	Warmteketens	12
2.3	Inventarisatie warmtecomponenten	12
2.3.1	<i>Eerste afweging</i>	13
2.3.2	<i>Tweede afweging</i>	14
2.4	<i>Beschrijving preferente warmteketens</i>	15
2.4.1	<i>Optie 1: aquathermie met WKO en 70 graden warmtenet</i>	15
2.4.2	<i>Optie 2: individuele lucht-water warmtepompen</i>	15
2.5	Beschrijving warmte-opslag	16
2.6	Verhoging van de temperatuur	17
2.7	Warmtetransport/distributie	18
2.8	Warmtebalans en benodigde PVT-warmte	19
2.9	Resultaten energieberekeningen	20
3	Ruimtelijke inpassing	22
3.1	TEO	22
3.2	TEA	22
3.3	PVT	22
3.4	WKO	23
3.5	Technische ruimte	23
3.6	Verbindende leidingen	24
3.7	Omgevingsonderzoek en vergunningen	24
4	Financiën en CO₂-uitstoot	26
4.1	TCO-model	26
4.1.1	<i>Scenario's</i>	26
4.1.2	<i>Afwijkende instellingen</i>	26
4.1.3	<i>CO₂-uitstoot elektriciteit</i>	26
4.2	Kostenramingen	27
4.2.1	<i>Scenario 1: aardgas</i>	27
4.2.2	<i>Scenario 2: aquathermie + PVT + piekkel + 70 graden warmtenet</i>	27
4.2.3	<i>Scenario 3: individuele lucht-water warmtepompen (all electric)</i>	27
4.3	Resultaten TCO-model	28
4.4	Tarieven	29
4.5	Gevoeligheidsanalyse	29
4.5.1	<i>Gasprijsindex hoger</i>	29
4.5.2	<i>Investeringskosten warmtenet lager</i>	30

4.5.3	<i>Subsidies op investering in warmtenet</i>	31
4.5.4	<i>Best case: combinatie van veronderstellingen</i>	32
4.6	Optimalisaties	32
5	Conclusies	33
5.1	Techniek	33
5.2	Ruimtelijke inpassing	33
5.3	Financieel	33
5.4	Duurzaamheid	33
5.5	Organiseerbaarheid	33
5.6	Bijkomende aspecten	34
5.7	Algeheel beeld	34
6	Aanbevelingen	36
7	Bijlagen	37
7.1	Energieberekeningen	37
7.2	Beschrijving TCO model	38
7.3	Kostenraming warmtenet door Qirion	43

1 Uitgangspunten

1.1 Beoogd resultaat

Het beoogde resultaat van dit haalbaarheidsonderzoek is inzicht in de haalbaarheid van een collectief warmtenet als warmte-oplossing voor Kerkelanden. Een warmte-oplossing moet voldoen aan het uitgangspunt dat (1) iedereen zijn woning (2) duurzaam en (3) betaalbaar moet kunnen verwarmen. Dit zijn de drie kerncriteria die we in dit onderzoek zullen hanteren.

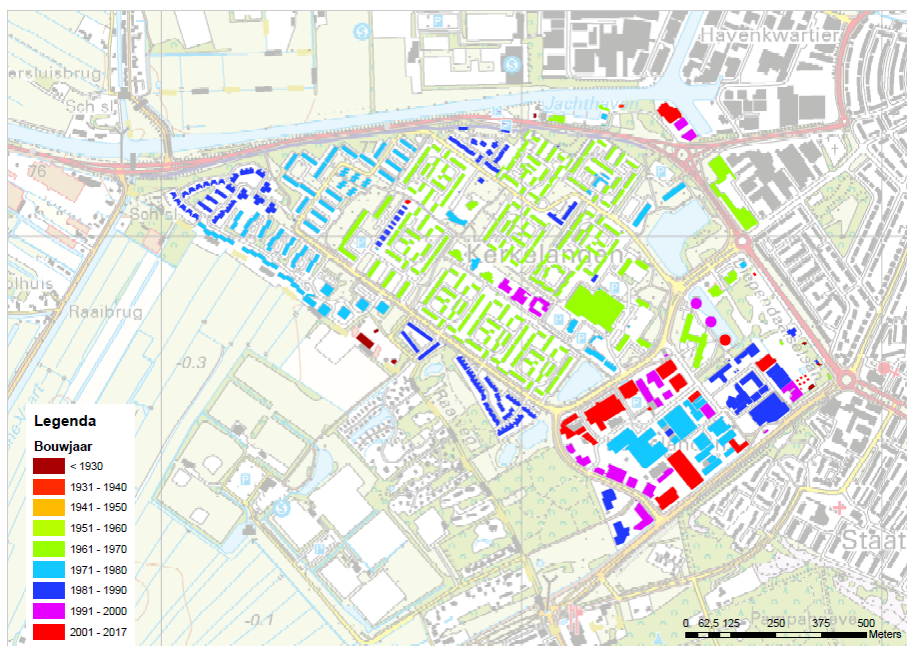
De energie die gebruikt wordt in de te analyseren warmte-oplossingen moet zoveel mogelijk duurzaam opgewekt zijn, en liefst ook lokaal.

1.2 Demarcatie

De potentiële-afnemers van een warmtenet wonen en werken in de wijk Kerkelanden. Deze wijk in Hilversum-Zuidwest is gebouwd in de periode 1950 – 1980 en heeft voornamelijk een woonfunctie. Het huizenbestand is gedeeltelijk bezit van woningbouwcorporaties. Het andere deel bestaat uit particuliere woningen en appartementen van particuliere verhuurders. Er bevinden zich enkele utiliteiten in de wijk zoals een verzorgingstehuis, scholen en het winkelcentrum Kerkelanden.



Figuur 1 Demarcatie onderzoeksgebied



Figuur 2 Bouwperiodes in Kerkelanden. Het bedrijventerrein is recentier gebouwd evenals de rand van de wijk.

Tabel 1 Aantal verblijfsobjecten en een inschatting van de warmtevraag

Fase 1: woningen	Aantal	GJ/jaar
Cluster 1	395	14.370
Cluster 2	338	11.698
Cluster 3	788	22.822
Cluster 4	239	9.707
Cluster 5	443	17.587
Cluster 6	345	12.836
Cluster 7	563	18.547
Subtotaal 1	3.111	107.567
Fase 2: bedrijventerrein	Aantal	GJ/jaar
Cluster 1	91	19.922
Cluster 2	47	8.103
Subtotaal 2	138	28.025
Totaal fase 1 + 2	3.249	135.592

1.3 Corporatiebezit

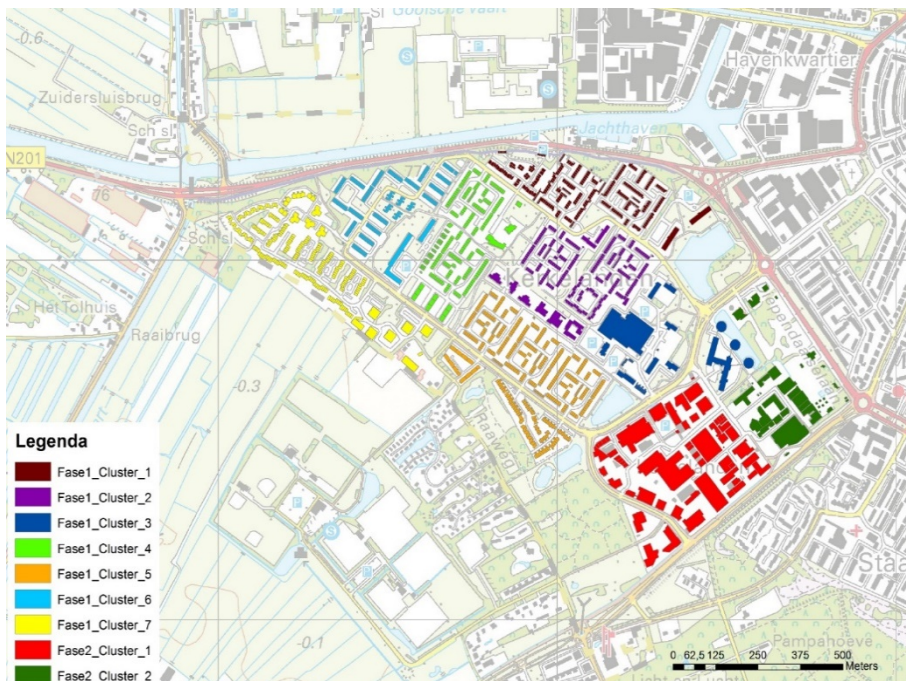
In Kerkelanden staan woningen van woningcorporaties Dudok Wonen, De Alliantie en Gooi en Omstreken. Dit zijn voornamelijk grondgebonden woningen in hofjes en straten. De gekleurde panden zijn hoogbouw met een collectieve warmtevoorziening.



Figuur 3 Woningcorporatiebezit in Kerkelanden

1.4 Clusters

De wijk bestaat uit ruim 3 duizend woningen/utiliteiten verdeeld over verschillende hofjes en een bedrijventerrein aan de zuid-oostkant van de wijk (Franciscusweg). De wijk is opgedeeld in twee fasen en 9 clusters. Dit geeft de mogelijkheid om het warmtenet en de aansluitingen stapsgewijs, dus per cluster, te realiseren.



Figuur 4 Geografische indeling van de panden die zijn meegenomen in dit haalbaarheidsonderzoek. Het bedrijventerrein is echter niet meegenomen.

1.5 Woning- en buurtkenmerken

Tabel 2 Woning- en buurtkenmerken Kerkelanden

Uitgangspunt	Waarde of status	Bron
Aantal woningen	3.400	CBS 2019
Huidig gasverbruik	1.200 Nm ³ aardgas / woning.jaar	CBS 2019
Totale warmtevraag	138.000 GJ/jaar (voor isolatie)	berekening
	124.000 GJ/jaar (na isolatie)	aanname
Vermogensvraag per woning	10 kW/woning	aanname
Koudevraag	Winkelcentrum: niet bepaald Huizen: kwalitatief; steeds meer airco's	
Koppelkansen met afvalwater, drinkwater, aardgas et cetera	Worden in deze fase niet meegenomen.	Alliander, Waternet, Gemeente
Status gasnet	Geen asbestcement leidingen.	Alliander

2 Techniek

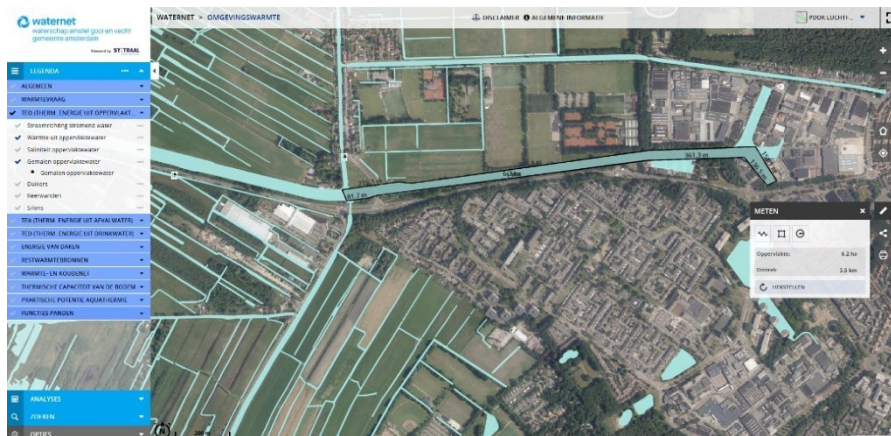
2.1 Beschrijving warmtebronnen

Welke (duurzame) warmtebronnen zijn in principe aanwezig/beschikbaar in en om Kerkelanden, ter voeding van een collectief/publiek warmtenet, en wat zijn mogelijke alternatieven om te komen tot duurzame verwarming en aan aardgasvrije wijk? We geven hier een basaal overzicht.

2.1.1 Oppervlaktewater

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) van waterlopen en plassen kan worden ingezet voor het duurzaam verwarmen van gebouwen. Hiervoor zal een pompinstallatie met een warmtewisselaar in de nabijheid van de afnemer worden geplaatst waarmee in de zomer met een temperatuurverschil van 5 °C warmte uit het water wordt gewonnen. Deze warmte, met een temperatuur van 15 tot 25 °C, dient als warmtebron voor een warmtepomp. Door de pompinstallatie voor het oppervlaktewater slim te integreren in het bestaande watersysteem kunnen voordelen worden behaald in waterkwaliteit (doorspoeling en afkoeling). De Omgevingswarmtekaart van Waternet toont de TEO-potentie, zoals die voor alle BOWA-gemeenten is berekend. De Omgevingswarmtekaart geeft als schatting 0,45 GJ/m² voor het Hilversums Kanaal. Dit resulteert in circa 28.000 GJ¹ beschikbare TEO warmte uit het deel van het kanaal dat langs Kerkelanden ligt, over een lengte van ongeveer 1,5 kilometer.

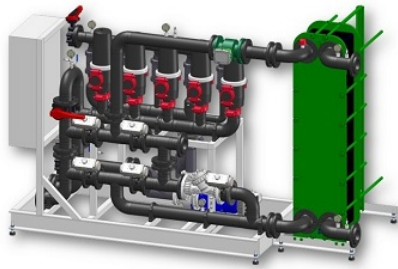
Bron: www.omgevingswarmte.nl/waternet



Figuur 5 TEO potentie in de omgevingswarmtekaart van Waternet

De techniek voor warmtewinning uit oppervlaktewater bestaat uit pompen, filters en warmtewisselaars en ziet er bijvoorbeeld als volgt uit:

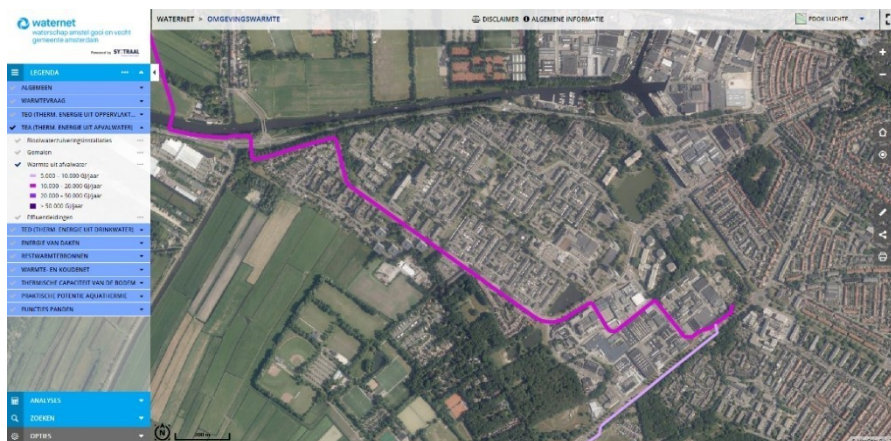
¹ Momenteel (voorjaar 2021) wordt nog een 3D-temperatuurmodellering van het oppervlaktewatersysteem in Kerkelanden uitgevoerd. Hiermee kan nauwkeurig het gedrag van warmte en koude worden voorspeld bij een werkende TEO-installatie. De resultaten van deze 3D-simulatie kunnen medio 2021 bij Waternet worden opgevraagd.



Figuur 6 Skid van Xylem voor winning van thermische energie uit oppervlaktewater

2.1.2 Afvalwater

De Omgevingswarmtekaart van Waternet toont ook de rioleringen van het waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De persleiding door Kerkelanden heeft een warmte-potentie van circa 19.000 GJ.



Figuur 7 TEA potentie in de omgevingswarmtekaart van Waternet

Er zijn in de basis twee verschillende technieken om warmte uit afvalwater te winnen: warmtewisselaars in de rioolbuis of er buiten.



Figuur 8 Warmtewisselaars, geïntegreerd in een rioolbuis



Figuur 9 Warmtewisselaars buiten de rioolbuis

De huidige persleiding door Kerkelanden is aangelegd in 1985 en wordt in principe pas vervangen in 2065 – 2075. De diameter van 600 mm is te klein om in de bestaande leiding een warmtewisselaar in aan te brengen. Een warmtewisselaar buiten de rioolbuis ligt daarom meer voor de hand. Hierbij wordt het rioolwater drukloos gemaakt en na warmtewinning op druk terug in de persleiding gebracht. Deze uitvoering is aangehouden in de financiële analyse.

Als alternatief kan (in een later stadium van uitwerking) nog een parallelle buis-in-buis warmtewisselaar (bypass) worden meegenomen. Deze vraagt ruimte naast de bestaande rioolbuis.

2.1.3 Lucht

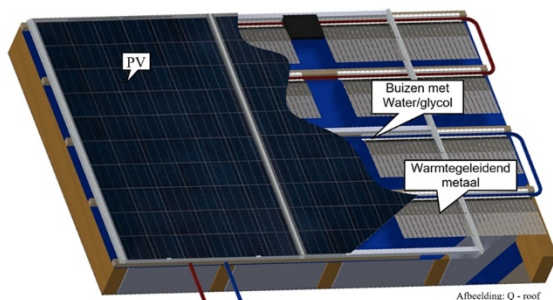
Dry coolers (droge koelers) kunnen warmte uit de buitenlucht winnen en deze opslaan in WKO-systemen. Dry coolers draaien in de zomer, omdat dan de temperatuur van de buitenlucht het hoogst is. Dit systeem is ook toe te passen i.c.m. een collectieve warmtepomp die warmte opwerkt tot 70 graden dat via het warmtenet gedistribueerd wordt. Dit is de basis van het Buurt Energie Systeem (BES) dat ontwikkeld wordt door Alliander en geschikt is om 400-800 huizen te voorzien van warmte. Het BES systeem kan modulair worden uitgebreid.



Figuur 10 Voorbeeld opstelling droge koelers

2.1.4 Zon

PVT-panelen (Photo Voltaïsch – Thermische panelen) wekken elektriciteit op en vangen tegelijkertijd warmte in. De combinatie van PVT-panelen met WKO-systemen is gunstig, omdat de WKO-systemen continu koud water kunnen aanleveren. Door het grote verschil met de temperatuur van de PVT-panelen neemt dit water veel warmte.



Figuur 11 Voorbeeld PVT-paneel

2.2 Warmteketens

Warmteketens bestaan in het algemeen uit de volgende onderdelen:



Figuur 12 Schema van een warmteketen

De huidige warmteketen is gebaseerd op aardgas:

Bron:	Groningen
Winning:	gasveld
Transport:	aardgasnet
Opslag:	gasveld
Omzetting:	CV-ketel
Afgifte:	radiatoren

2.3 Inventarisatie warmtecomponenten

In dit project zijn de volgende componenten voor warmteketens in Kerkelanden beschouwd:

Tabel 3 Totaaloverzicht van warmtecomponenten. Door de juiste componenten uit de verschillende kolommen te combineren, ontstaan logische warmteketens.

bron	winning	transport	opslag	omzetting	afgifte
omgevings-warmte - lucht - water (aquathermie) - bodem (geothermie)	warmte-wisseling - met water - met zout	leidingen - stoomnet > 100 °C - warmtenet 15 – 100 °C - brandstofleidingen	fysisch - in water - in de bodem - in Phase Change Materials	concentratie mbv elektriciteit - warmtepomp	warmtewisseling - luchtverwarming - radiatoren - vloerverwarming - wandverwarming - plafondverwarming
restwarmte - industrie - datacenters - afvalwater	omzetten - in warmte - in elektriciteit - in een brandstof - in biomassa	per kabel - elektriciteitsnet	chemisch - in een warmtebatterij - in waterstof - in synthetisch gas	chemisch - verbranden - ontladen	straling - kachel - IR-panelen

brandstoffen - afval - olie, kolen, gas - biomassa, biogas	mijnen	per as, trein of boot			
zon					
wind					
kernenergie					

2.3.1 Eerste afweging

Van deze inventarisatie zijn windenergie en kernenergie direct afgefallen: deze zijn in de regio onvoldoende beschikbaar, politiek niet haalbaar, of maatschappelijk ongewenst. De overige componenten zijn nader beoordeeld op de criteria

- Betaalbaarheid
- Duurzaamheid
- Toekomstbestendigheid
- Ruimtelijke inpasbaarheid
- Organiseerbaarheid
- Bijkomende aspecten, zoals geluid

Tabel 4 Beoordeling warmte-componenten

	Betaalbaarheid	Duurzaamheid	Toekomstbestendigheid	Ruimtelijke inpasbaarheid	Organiseerbaarheid	Bijkomende aspecten
TEO Oppervlaktewater	+ ?	++	++	? (15 / 40 / 70 °C)	?	Niet voldoende beschikbaar
TEA Afvalwater	+ ?	++	++	? (15 / 40 / 70 °C)	?	Niet voldoende beschikbaar
Zon	+ ?	++	++	? (15 / 40 / 70 °C)	Collectief of individueel?	Teruglevering?
Lucht	+ ?	+ (hulpenergie)	+	?	+ (individueel)	Geluid
Elektriciteit	- (1 op 1)	+ (1 op 1)	+	+	+ (individueel)	Beschikbaarheid, capaciteit
Waterstof	-	?	+	+	+	Nog niet beschikbaar
Geothermie	?	?	?	?	?	?

TEO: Thermische Energie (warmte) uit oppervlaktewater

TEA: Thermische Energie (warmte) uit afvalwater

Op basis van de beoordeling van de beschikbare componenten zijn tijdens de verkenningfase van het project de volgende mogelijke warmteketens opgesteld:

*Tabel 5 Inventarisatie mogelijke warmteketens in Kerkelanden
(bron – winning – opslag – omzetting – transport – afgifte)*

Nodig:					125.000 GJ
Beschikbaar:					
Oppervlaktewater 30.000 GJ	warmtewisselaar	WKO, buffers	Warmtepomp 40.000 GJ	15 / 40 / 70 °C warmtenet 30.000 GJ	Afleverset 30.000 GJ
Afvalwater 20.000 GJ	warmtewisselaar	WKO, buffers	Warmtepomp 25.000 GJ	15 / 40 / 70 °C warmtenet 20.000 GJ	Afleverset 20.000 GJ
Zon >150.000 GJ	PVT	WKO, buffers	Warmtepomp 150.000 GJ	15 / 40 / 70 °C warmtenet 125.000 GJ	Afleverset 125.000 GJ
Lucht >125.000 GJ	-	-	Lucht-water warmtepomp	-	Afleverset 125.000 GJ

De potentie van zonnewarmte is in theorie zeer groot, en wordt in de praktijk enkel beperkt door de hoeveelheid beschikbare oppervlakte voor warmte-invang.

Nodig:					125.000 GJ
Beschikbaar:					
Duurzame elektriciteit 125.000 GJ	Zonneweides, windparken	Grootschalige accu's	Elektriciteitsnet	Elektrische boiler	Infrarood-panelen 125.000 GJ
Groene waterstof 125.000 GJ	Electrolyse mbv duurzame elektriciteit	Tanks, methaan	Waterstofnet, aardgasnet	Brandstofcellen, CV-ketel	Radiatoren, vloerverwarming 125.000 GJ
Geothermie ? GJ					

De potentie van geothermie is nog onbekend. Deze wordt mogelijk in 2022 duidelijk.

Let op: deze ketens zijn gebaseerd op een eerste inschatting van de warmtebehoefte. Later in het project is deze aangescherpt (zie paragraaf 2.9).

De in rood aangegeven hoeveelheid leverbare warmte uit TEO en TEA is te klein om de warmtebehoefte in Kerkelanden te dekken. Een duurzaam warmtenet kan dus niet alleen worden gevoed met de aquathermische bronnen TEO (warmte uit oppervlaktewater) en TEA (warmte uit afvalwater). Er zijn daarom aanvullende duurzame warmtebronnen nodig, zoals zonnewarmte via PVT panelen.

2.3.2 Tweede afweging

In de tweede afweging zijn de mogelijke warmteketens beoordeeld op praktische haalbaarheid en ingeschatte wenselijkheid. Hierbij zijn de ketens met duurzame elektriciteit (als 1-op-1 warmtebron), groene waterstof en geothermie afgevalen. De belangrijkste reden hiervoor is dat deze bronnen niet binnen 10 jaar met voldoende zekerheid beschikbaar en betaalbaar zullen worden. Biomassa hebben we niet meegenomen vanwege de CO₂-uitstoot ervan en effecten op luchtkwaliteit.

Op basis van de huidige isolatie van de woningen is ook in een vroeg stadium van het onderzoek gekozen voor verwarming van de woningen op 70 graden. Dit is vergelijkbaar met de temperatuur waarop momenteel (naar onze verwachting) de meeste woningen op strenge winterdagen warm gestookt worden. Daarmee is de

isolatienoodzaak beperkt en de drempel om particuliere eigenaren en corporaties mee te laten doen zo laag mogelijk.

Op basis van deze afweging zijn twee preferente warmteketen geselecteerd voor nadere technische en financiële beoordeling:

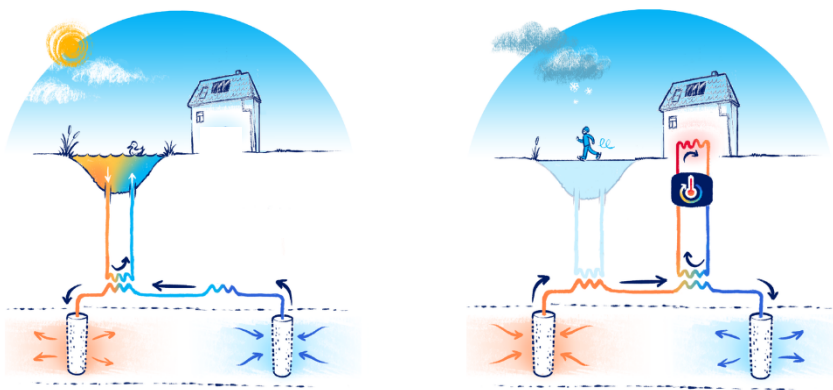
Optie 1: Aquathermie met PVT en WKO en 70 graden warmtenet

Optie 2: Individuele lucht-water warmtepompen

2.4 Beschrijving preferente warmteketen

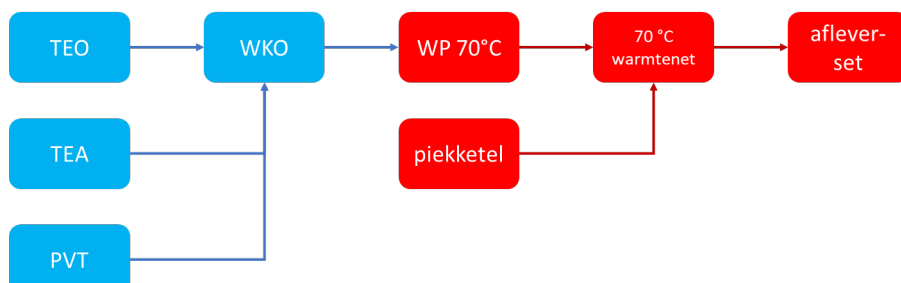
2.4.1 Optie 1: aquathermie met WKO en 70 graden warmtenet

bron	TEO + TEA + PVT
winning	warmtewisselaars
transport	warmtenet 70 graden
opslag	WKO (warmte en koude opslag in de bodem)
omzetting	water-water warmtepomp naar 70 graden
afgifte	radiatoren, vloerverwarming



Figuur 13 Principeschema van TEO met WKO, collectieve warmtepomp en 70 graden warmtenet. Links: zomer. Rechts: winter.

Het schema van de beoogde warmteketen is als volgt:



Figuur 14 Schema warmteketen op basis van aquathermie, PVT en pieketel

2.4.2 Optie 2: individuele lucht-water warmtepompen

bron	buitenlucht
winning	warmtewisselaar in buiten-unit
transport	aansluitleidingen

opslag
omzetting
afgifte

150 liter buffervat in huis
lucht-water warmtepomp naar 70 graden
radiatoren

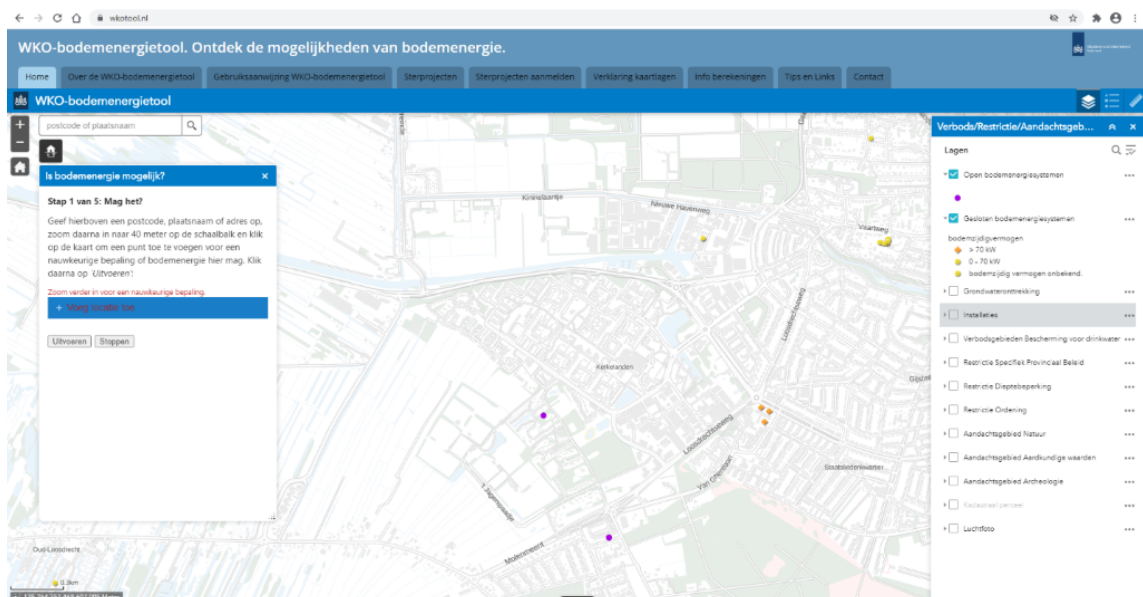


Figuur 15 Schematische opstelling van een lucht-water warmtepomp met buffervat

2.5 Beschrijving warmte-opslag

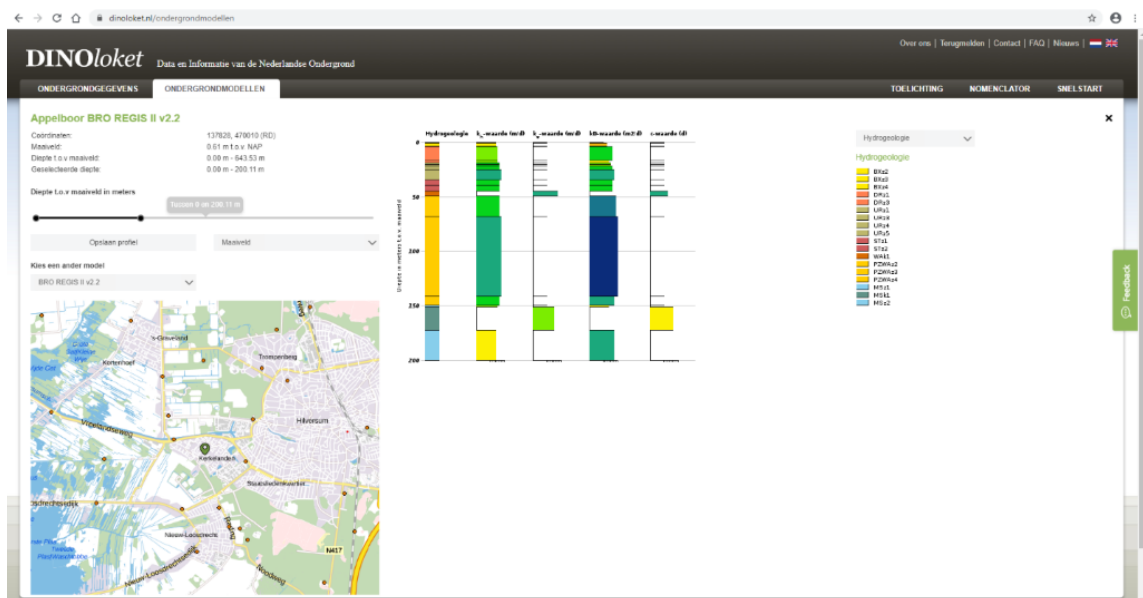
De warmte die wordt gewonnen in de zomer moet worden opgeslagen tot gebruik in de winter. Dit gebeurt doorgaans in warmte-koude opslag systemen (WKO). De mogelijkheid voor seizoensopslag met WKO's in Kerkelanden is onderzocht via de website www.wko-tool.nl.

Er lijken vanuit de WKO-tool geen bezwaren te zijn voor WKO-systemen. De onderstaande afbeelding toont de reeds bestaande WKO systemen bij Kerkelanden.



Figuur 16 Bestaande WKO systemen bij Kerkelanden volgens de WKO-tool

Het 2^e watervoerende pakket in de bodem onder Hilversum lijkt goed geschikt voor WKO-systemen. Dit is gecontroleerd in de REGIS-database. Het watervoerende pakket is herkenbaar aan de gele codering in het eerste diepteprofiel.



Figuur 17 Bodemopbouw onder Kerkelanden volgens REGIS-data

Op basis van deze bevindingen vormen WKO's een realistische opslagmogelijkheid in Kerkelanden. In de volgende energie-berekeningen wordt daarbij uitgegaan van de volgende gangbare temperaturen voor WKO-systemen:

Tabel 6 Uitgangspunten WKO

Parameter	Uitgangspunt	Bron
Temperatuur	Warme bron: 14 °C Koude bron: 8 °C	Waternet

2.6 Verhoging van de temperatuur

Warmtepompen verhogen de temperatuur van de warmte in de WKO's naar 70 graden. Een MT-net (midden-temperatuur) op 70 graden distribueert de warmte naar de afnemers. De kleuren in de onderstaande warmteketen geven aan waar de temperatuur laag is (15 – 25 graden, blauw) of hoog (70 graden, rood).



Figuur 18 Gekozen warmteketen in Kerkelanden

Op deze warmteketen zijn twee varianten denkbaar:

- Zonder piekketel
- Met piekketel

Een piekketel draait op aardgas of zo mogelijk groengas of een ander hernieuwbaar gas (als dit beschikbaar is). Hierdoor daalt het aantal WKO's dat nodig is om de piekvraag te leveren. Ook het opgestelde vermogen aan warmtepompen is hierdoor

kleiner. In bijlage 7.1 zijn de gegevens opgenomen van de energieberekeningen van beide warmtenetens.

Tabel 7 Uitgangspunten 70 graden warmtenet zonder piekketel

70 graden warmtenet zonder piekketel	Uitgangspunt	Bron
Inzet warmtepomp	100% van de warmtevraag 100% van het piekvermogen	Waternet
Piekketel / back up	Niet aanwezig	Waternet

Tabel 8 Uitgangspunten 70 graden warmtenet met piek- en back up gasketel

70 graden warmtenet met piekketel	Uitgangspunt	Bron
Inzet warmtepomp	Invulling van basislast warmtevraag 30% van het gevraagde gelijktijdig vermogen Ca. 80% dekking van de jaarlijkse warmtevraag	Waternet
Back up gasketel	100% van de warmtevraag bij uitval warmtepompen 100% van het piekvermogen bij uitval warmtepopen	Waternet
Piekketel	Circa 70% van het totale vermogen Circa 20% dekking van de jaarlijkse warmtevraag	
COP warmtepomp 12 – 70 °C	3,0	Waternet

De piekketel en de back up ketel zijn in de praktijk dezelfde gasketel. Op basis van de gewenste leveringszekerheid hebben we de optie zonder gasgestookte piekketel laten vervallen. Ook uit de financiële vergelijking is gebleken dat de optie met piekketel de voorkeur heeft. De piekketel geeft bovendien de mogelijkheid om bij extreme weersomstandigheden de temperatuur van het warmtenet tijdelijk te verhogen naar bijvoorbeeld 80 graden (stooklijn).

2.7 Warmtetransport/distributie

Op basis van de keuze voor 70 graden warmte heeft Qirion (in opdracht van Firan) een schetsontwerp gemaakt voor het 70 graden warmtenet in Kerkelanden. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

Tabel 9 Uitgangspunten schetsontwerp 70 graden warmtenet Kerkelanden

Parameter	Uitgangspunt	Bron
Drukklasse 70 graden warmtenet	PN6 (maximaal drukverschil leidingnet 2 bar)	Qirion
Systeemopzet verwarming	CV + tapwater	Consortium
Systeemopzet koeling	Niet van toepassing	Consortium
Temperatuur-regime MT-distributienet	Aanvoertemperatuur: 70°C Retourtemperatuur: 40°C	Qirion

Gelijktijdigheid van warmte-afname	55%	Waternet
Warmteverlies MT-net	25%	Qirion
Vermogensverlies MT-net	5%	Vesta MAIS 2020



Figuur 19 Projectie schetsontwerp warmtenet op Kerkelanden. De getallen geven de leidingdiameter aan in millimeters exclusief isolatie.

Voor de netberekening is PipeLab software gebruikt. Deze software gebruikt onder andere de volgende parameters:

- Isolatiewaarde van de leidingen
- Toegestane maximum stroomsnelheid
- Aansluitvermogens van de afnemers o.b.v. een inschatting voor ruimteverwarming en CW klasse 4 voor warm tapwater
- Gelijktijdigheid voor ruimteverwarming en tapwater

2.8 Warmtebalans en benodigde PVT-warmte

Voor de opgestelde warmteketen met piekkel is een warmtebalans opgesteld om de behoefte aan PVT-warmte vast te stellen. Deze berekening bevat afrondingsverschillen ten opzichte van de energieberekeningen in bijlage 7.1.

TEO/TEA - 70 graden warmtenet met piekkel

Warmteaanbod	GJ	GJ
- TEO	28.000	
- TEA	19.000	
- Elektriciteit (voor warmtepompen)	41.000	

- Groengas (voor piekketel)	36.000	
Totaal warmte-aanbod		124.000
Warmteverlies		38.000
Totale warmtebehoefte (inclusief verliezen)		163.000
Warmtetekort		39.000

Op basis van het warmtetekort van 39.000 GJ is ervoor gekozen om PVT-panelen als aanvullende lage-temperatuur warmtebron op te nemen in de warmteketen. De elektriciteitsopwekking door PVT-panelen is reeds in de warmtebalans opgenomen.

2.9 Resultaten energieberekeningen

De gekozen uitgangspunten in de voorgaande paragrafen zijn gebruikt in de energieberekeningen in de bijlagen, paragraaf 7.1. Deze berekeningen zijn inclusief de benodigde hulp-energie (elektriciteit). De aangenomen SPF (Seasonal Performance Factor, of seizoen-COP) voor de warmtepompen is 3,0. De uitkomsten (energiebalansen) van deze berekeningen zijn:

70 graden warmteketen zonder piekketel	balans kWh per woning.jaar	
	input	output
TEO, TEA en PVT-warmte	8.510	10.165
elektriciteit	4.853	
verlies		3.198
totaal	13.363	13.363

70 graden warmteketen met piekketel	balans kWh per woning.jaar	
	input	output
TEO, TEA en PVT-warmte	7.021	10.165
elektriciteit	3.369	
groengas	2.926	
verlies		3.151
totaal	13.316	13.316

Individuele lucht-water warmtepompen	balans kWh per woning.jaar	
	input	output
lucht-warmte	7.043	10.165
elektriciteit	3.582	
verlies		460
totaal	10.625	10.625

De output op woningniveau is voor alle berekeningen gelijk: 10.165 kWh per woning per jaar. De benodigde input van de verschillende warmtebronnen verschilt echter, en ook het bijbehorende elektriciteitsverbruik en het warmteverlies.

De energieberekeningen zijn integraal onderdeel van het TCO-model. Details van de berekeningen kunnen daar worden nagezocht.

Verdiepend kader: Interpretatie van warmteberekeningen

Een juiste interpretatie van warmteberekeningen vergt een behoorlijke kennis van warmteketens. Het kleine warmteverlies en het vergelijkbare elektriciteitsverbruik bij individuele lucht-water warmtepompen lijken bijvoorbeeld tegenstrijdig met het ingestelde lagere rendement van individuele warmtepompen.

De warmteketen met individuele lucht-water warmtepompen geeft het minste verlies, en vraagt daardoor de kleinste hoeveelheid warmte. Omdat de verhoging van de temperatuur in huis plaatsvindt, is er nauwelijks warmteverlies. Bij centrale warmtepompen wordt de warmte op hoge temperatuur (70 graden) gedistribueerd. Dit leidt tot een hoog warmteverlies: ongeveer 25%.

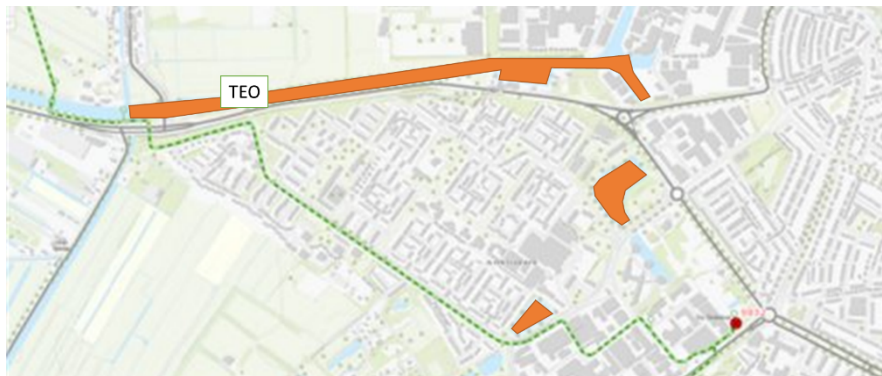
Het elektriciteitsverbruik van individuele lucht-water warmtepompen blijkt toch een fractie hoger te zijn dan dat van het 70 graden warmtenet. Dat het elektriciteitsverbruik in beide ketens dicht bij elkaar ligt komt enerzijds omdat een deel van de warmtevraag in het 70 graden warmtenet door groengas wordt ingevuld. Daarbij hebben collectieve water-water warmtepompen over het gehele jaar berekend een hoger rendement dan de individuele lucht-water warmtepompen. Anderzijds kent het 70 graden warmtenet dus een groot warmteverlies. Deze effecten samen leiden tot de berekende uitkomst.

NB: De verschillen in elektriciteitsverbruik tussen het 70 graden net en de individuele warmtepompen zijn bovendien zodanig klein dat deze binnen de onzekerheidsmarge van de berekeningen vallen.

3 Ruimtelijke inpassing

3.1 TEO

Inpassing van het TEO systeem vraagt ruimte voor een inlaat en een uitlaat, en voor een technische ruimte voor pompen, filters en warmtewisselaars. De geschatte ruimtebehoefte hiervoor is 100 m².



Figuur 20 Projectie TEO bronnen

3.2 TEA

Het meest haalbaar lijkt een installatie die bovengronds warmte uit het afvalwater haalt. Hiervoor moet een uitlaat en een retourleiding op de persleiding worden gemaakt, met pompen en warmtewisselaars. Hiervoor is een aparte technische ruimte nodig van circa 100 m².

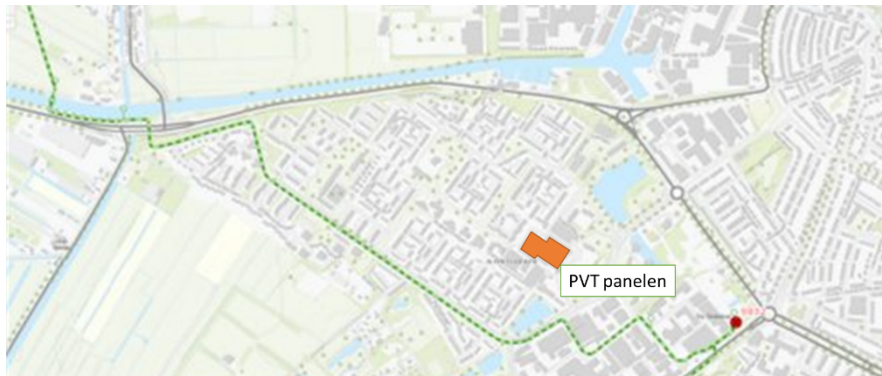


Figuur 21 Projectie TEA bron

3.3 PVT

De PVT-panelen (circa 12.000 m²) zijn onder andere bedacht op het winkelcentrum (5.500 m²)². Voor de resterende 6.500 m² (ofwel, ruim een voetbalveld) moet nog ruimte gevonden worden. Hierbij kan ook gekeken worden naar andere duurzame warmte-initiatieven waarbij bijvoorbeeld met individuele PVT-installaties wordt gewerkt (bijvoorbeeld Spaargas Haarlem).

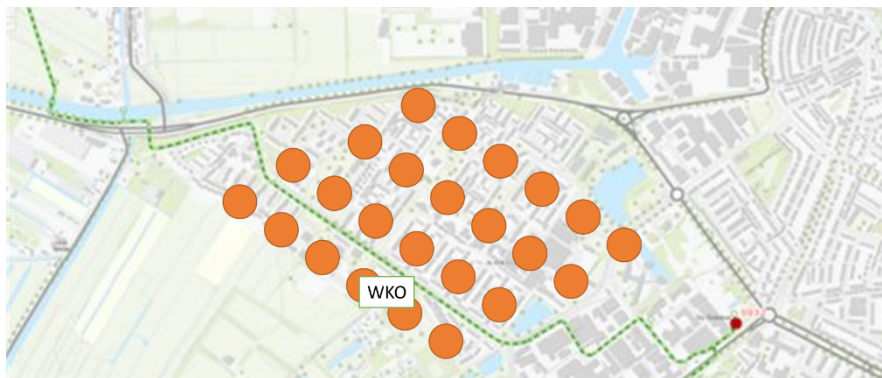
² Deze optie is wel aangestipt bij de eigenaar/vastgoedpartner, maar heeft nog niet tot een reactie geleid.



Figuur 22 Projectie deel PVT panelen

3.4 WKO

De naar schatting 12 WKO-systemen dienen gerealiseerd te worden op een diepte van tussen 50 en 150 meter. Op straatniveau zijn hiervan enkel de putdeksels te zien. De WKO-pompen kunnen zowel boven- als ondergronds opgesteld staan.



Figuur 23 Projectie WKO systemen

3.5 Technische ruimte

De centrale technische ruimte biedt ruimte aan

- Pompen, filters en warmtewisselaars voor de TEO-installatie (100 m²)
- Pompen en warmtewisselaars voor de TEA-installatie (100 m²)
- Pompen en warmtewisselaars voor inkoppeling van de WKO's (100 m²)
- Inkoppeling van de PVT-panelen
- Warmtepompen
- Piekketels
- Ingaande en uitgaande warmteleidingen
- 70 graden warmtebuffer
- Waterbehandeling
- Procesautomatisering
- Nutsvoorzieningen

Geschatte ruimtebehoefte: 900 m².



Figuur 24 Projectie centrale technische ruimte

3.6 Verbindende leidingen

Leidingen verbinden de bronnen met de WKO en met de warmtepompen in de centrale technische ruimte. Het is te verwachten dat de ruimte in de ondergrond beperkt zal zijn. De inpassing van het verbindende leidingwerk en het 70 graden warmtenet vraagt daarom aandacht.

Rood: TEO-leidingen. Hiervoor kunnen wellicht bestaande leidingen worden gebruikt.

Geel: PVT-leidingen.

Oranje: WKO-leidingen



Figuur 25 Projectie verbindende leidingen

3.7 Omgevingsonderzoek en vergunningen

Uit verkennend omgevingsonderzoek blijkt het volgende:

- Er is veel natura 200 gebied in de omgeving. Hier moet rekening mee worden gehouden bij aanvraag van vergunningen en de ruimtelijke inpassing van installaties en infrastructuur
- Er loopt een gasleiding van de Gasunie door het gebied. Warmteinfrastructuur mag niet in de directe nabijheid van de gasleiding liggen of worden aangelegd.

Voordat gestart kan worden met de aanleg van het warmtenet moeten publiekrechtelijke vergunningen worden verleend en meldingen worden gedaan. Voor de realisatie van het tracé dienen in ieder geval de volgende vergunningen aangevraagd te worden:

- Omgevingsvergunning uitvoeren van een werk, geen bouwwerk zijnde, of werkzaamheden ter plaatse van een dubbelbestemming (archeologie, leidingen)
- Instemmingsbesluit van de gemeente Hilversum voor de aanleg van de leiding
- Objectenvergunningen tbv werkterreinen / plaatsen van objecten in de openbare ruimte
- Bouw van nutsgebouwen (WKO), omgevingsvergunning bouw
- Eventueel een omgevingsvergunning voor kappen van bomen
- Ontheffing voor treffen van verkeersmaatregelen en bebording vanwege werk in uitvoering
- Bemalen en lozen van grondwater, melding lozen buiten inrichting en watervergunning
- Bus melding in geval van werken in verontreinigde grond
- Vormvrije MER-beoordeling

4 Financiën en CO₂-uitstoot

Een belangrijke vraag is wat de kosten zijn van een duurzaam warmtenet in Kerkelanden. Burgers, overheden en andere stakeholders (zoals verhuurders) kijken hier (zeer) kritisch naar. In dit hoofdstuk belichten we de kosten een warmtenet in vergelijking met de situatie (aardgas) en met het alternatief: individuele lucht-water warmtepompen.

4.1 TCO-model

TCO staat voor Total Cost of Ownership. In goed Nederlands: de levensduurkosten. Een uitgebreide beschrijving van de opzet en werking van het TCO-model staat in de bijlagen. Het volledig operationele TCO-model van Waternet is onderdeel van dit rapport en wordt als excel-file beschikbaar gesteld via de website van HET.

Het werkende model is ook op te vragen bij Waternet.

4.1.1 Scenario's

In het TCO-model zijn voor Hilversum Kerkelanden de volgende drie scenario's vergeleken:

- Aardgas
- Aquathermie en PVT met WKO, centrale warmtepomp, piekketel op groengas en een 70 graden warmtenet
- Individuele lucht-water warmtepompen

4.1.2 Afwijkende instellingen

In overleg met de consortiumpartners zijn voor Hilversum Kerkelanden de volgende inflatie-indices gekozen, die afwijken van de reguliere aannames:

INDICES	Algemeen	2,0%	%
	Elektriciteit	2,0%	%
	Gas	2,5%	%

De inflatie-index voor gas is lager ingesteld dan op basis van de CBS-data van 1996 tot 2018 (5%). Dit is gedaan om te corrigeren voor de recente lage stijging van de gastarieven, en om wensdenken te voorkomen. De rijksoverheid heeft onlangs belastingmaatregelen getroffen die de gasprijs weer doen stijgen. Maar: resultaten uit het verleden geven geen zekerheid. We rekenen dus liever met meevallers dan met tegenvallers, maar realiseren ons dat dit voor nu een conservatief beeld oplevert. In de gevoeligheidsanalyse (paragraaf 4.5) onderzoeken we wat hiervan de invloed is.

4.1.3 CO₂-uitstoot elektriciteit

We nemen in het TCO-model aan dat de CO₂-uitstoot van elektriciteit lineair daalt van de huidige waarde naar 0 in 2050. Met deze aanname volgen we de doelstelling van het Klimaatakkoord van Parijs. Dit zal echter niet zonder moeite gaan: Voor Nederland betekent dit enorme investeringen in windmolens en zonneparken op zee en op land, mogelijk gecombineerd met de inkoop van duurzame elektriciteit uit omringende landen.

De als eerste gepresenteerde CO₂-uitstoot is een gemiddelde over de evaluatieperiode van 50 jaar. Het is van belang om op te merken dat de CO₂-uitstoot

van elektriciteit in de scenario's aanvankelijk hoger zal zijn, maar dat deze in 2050 0 zal zijn.

4.2 Kostenramingen

Voor deze haalbaarheidsstudie zijn op basis van kengetallen kostenramingen opgesteld voor

- Investeringskosten
- Onderhoudskosten
- Bedrijfsvoeringskosten
- Eenmalige inkomsten en uitgaven

De kostenramingen hebben een onzekerheidsmarge van 30%.

4.2.1 Scenario 1: aardgas

Tabel 10 Kostenraming scenario 1: CV-ketels op aardgas

aardgas	Investering (Euro)	Levensduur (jaar)	Onderhoud (%)	Onderhoud (Euro/jaar)
CV ketel	5.939.500	20	3	178.185

In dit scenario kunnen airco's worden opgenomen om een eventuele koelbehoefte te dekken, maar hier is niet voor gekozen, en zit dus ook niet in de kostenberekening. In het TCO-model is invulling van de koelbehoefte met airco's wel voorbereid. Deze mogelijkheid kan desgewenst eenvoudig worden aangezet.

4.2.2 Scenario 2: aquathermie + PVT + piekketel + 70 graden warmtenet

Tabel 11 Vereenvoudigde kostenraming scenario 2: 70 graden warmtenet

Aquathermie Piekketel 70 graden warmtenet	Investering (Euro)	Levensduur (jaar)	Onderhoud (%)	Onderhoud (Euro/jaar)
TEO	1.700.000	15	2	26.000
TEA	800.000	15	1	9.000
PVT	6.100.000	30	0,5	36.000
WKO	5.500.000	30	2	89.000
Warmtepompen	3.200.000	15	2	65.000
Piekketel	1.200.000	15	2	25.000
Technische ruimte	1.600.000	50	1	8.000
Distributie en levering	45.000.000	30	2	740.000
Overige kosten	7.000.000			
Totaal	72.000.000			1.000.000

De gedetailleerde kostenraming staat in het tabblad 'ramingen' van het TCO-model. De onderliggende kostenraming van Qirion voor het warmtenet staat zowel in het TCO-model als in de bijlage. De kostenraming van Qirion betreft het onderdeel 'distributie' in de post 'distributie en levering'.

4.2.3 Scenario 3: individuele lucht-water warmtepompen (all electric)

In dit scenario gaan we ervan uit dat alle bewoners (particuliere eigenaren en huurders) een individuele lucht-water warmtepomp installeren om in hun warmtebehoefte te voorzien. Op dit moment zijn er in Kerkelanden al gebouwen die met collectieve warmtepompen werken.

Tabel 12 Kostenraming scenario 3: individuele lucht-water warmtepompen

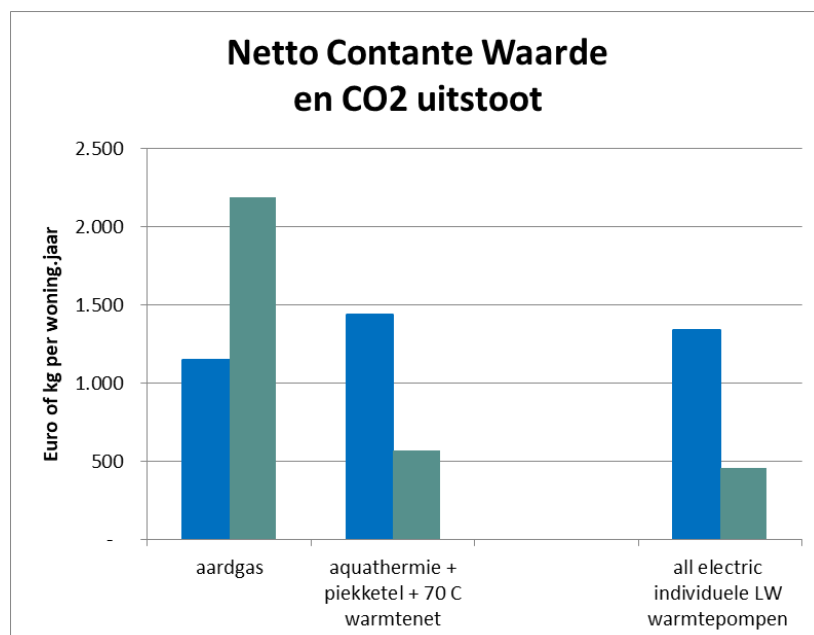
Individuele lucht-water warmtepompen	Investering (Euro)	Levensduur (jaar)	Onderhoud (%)	Onderhoud (Euro/jaar)
L-W warmtepompen	27.200.000	15	1	272.000

Eventuele geluiddempende maatregelen zijn hierbij niet inbegrepen.

4.3 Resultaten TCO-model

In het TCO-model geeft het tabblad 'Dashboard per partner' een versimpelde vergelijking van de drie scenario's. Deze vergelijking komt tot stand door de Netto Contante Waarde van elk scenario over de gehele evaluatieperiode (50 jaar) te delen door het aantal jaar en het aantal woningen. Dit resulteert in een waarde die ongeveer vergelijkbaar is met de gemiddelde jaarlijkse kosten per woning per jaar, teruggerekend naar 2020.

Disclaimer: Het TCO-model is bedoeld om scenario's te vergelijken op Netto Contante Waarde over een lange levensduur. Het TCO-model geeft geen direct inzicht in de jaarlijkse energierekening per woning bij elk scenario. Deze berekening kan beter en nauwkeuriger uitgevoerd worden in een specifiek business case model. Dit is het echter niet de opdracht van dit onderzoek, en zal desgewenst aanvullend doorgerekend moeten worden.



Figuur 26 Vergelijking scenario's op NCW en CO₂ uitstoot.

Blauwe staven: netto contante kosten (euro per woning per jaar)

Groene staven: CO₂-uitstoot (kg CO₂ per woning per jaar)

De figuur laat zien dat aardgas – bij de gehanteerde aannames – de goedkoopste warmtevoorziening geeft, met gemiddelde netto contante kosten van circa E 1.100,- per jaar). De CO₂-uitstoot van aardgas is echter zeer hoog (bijna 2.200 kg per woning per jaar) in vergelijking met de andere oplossingen.

Beide andere alternatieven komen duurder uit, waarbij individuele lucht-water warmtepompen iets beter scoren op betaalbaarheid dan het collectieve warmtenet. De verschillen zijn echter klein en vallen binnen de onzekerheidsmarge van de berekeningen.

4.4 Tarieven

Hoewel het TCO-model hier niet voor bedoeld is, kan er een eerste indicatie van tarieven worden berekend. Het gaat hierbij om

- Het warmtetarief (Euro per GJ)
- Het vastrecht (Euro per aansluiting per jaar)
- De BAK (eenmalige Bijdrage Aansluit Kosten, Euro)

Door het warmtetarief en het vastrecht vast te stellen op het wettelijk maximum, kan een BAK worden bepaald waarbij de bedrijven die samenwerken in het warmtenet een minimaal positief resultaat behalen. Dit geeft het volgende eerste beeld:

- | | |
|----------------|-------------------------------|
| - Warmtetarief | 21,50 Euro per GJ (excl. BTW) |
| - Vastrecht | 385 Euro per jaar (excl. BTW) |
| - BAK | 12.600 Euro |

Merk op dat het wijzigen van deze tarieven geen wezenlijke invloed heeft op de netto contante waarde van de scenario's. De kosten worden via deze tarieven van de ene partner naar de andere geschoven, maar de grondslag van de kosten (investeringen, onderhoud en bedrijfsvoeringskosten) blijven gelijk.

4.5 Gevoeligheidsanalyse

Om gevoel te krijgen bij de knoppen waaraan gedraaid zou moeten worden om de uitkomsten van de TCO-vergelijking te beïnvloeden, zijn de volgende parameters gevarieerd:

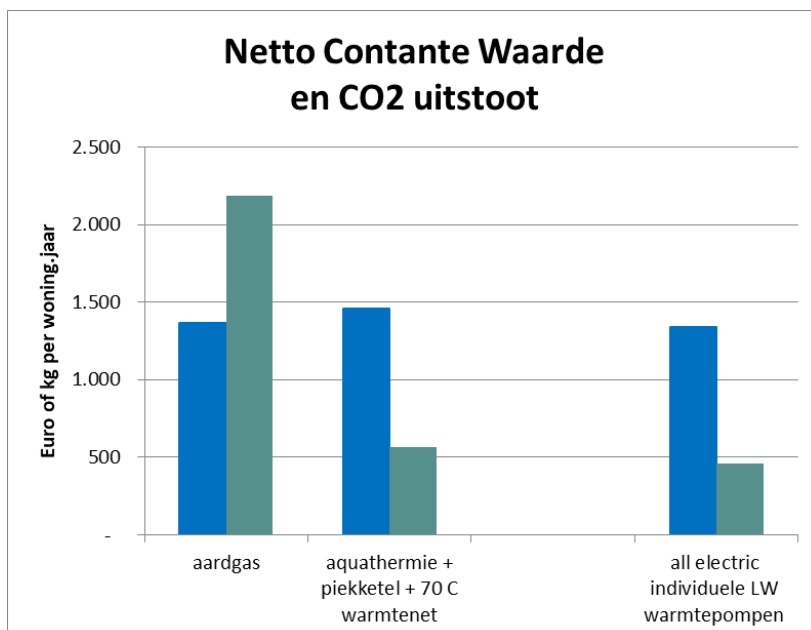
- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| - Gasprijsindex | van 2,5% naar 3,5% |
| - Investeringskosten warmtenet | van 100% naar 70% |
| - Subsidies | van 0 naar 5 miljoen Euro |

Er is ook een 'best case' situatie doorgerekend waarin deze drie variaties tegelijkertijd optreden.

4.5.1 Gasprijsindex hoger

Een verhoging van de gasprijsindex van 2% naar 3,5% heeft een effect op het scenario aardgas, en op het groengas dat in het 70 graden warmtenet wordt verbruikt. In de praktijk kan deze stijging autonoom plaatsvinden, bijvoorbeeld als gevolg van afname van het totaalvolume aardgas in Nederland en verrekening van de distributiekosten over minder afnemers, of als beleidsmatig effect (bijsturing op energiebelasting op aardgas).

Het aardgasscenario wordt hierdoor merkbaar duurder. De gemiddelde netto contante kosten van het scenario aardgas komen hierdoor in de buurt van die van het 70 graden warmtenet, en net boven die van individuele warmtepompen.

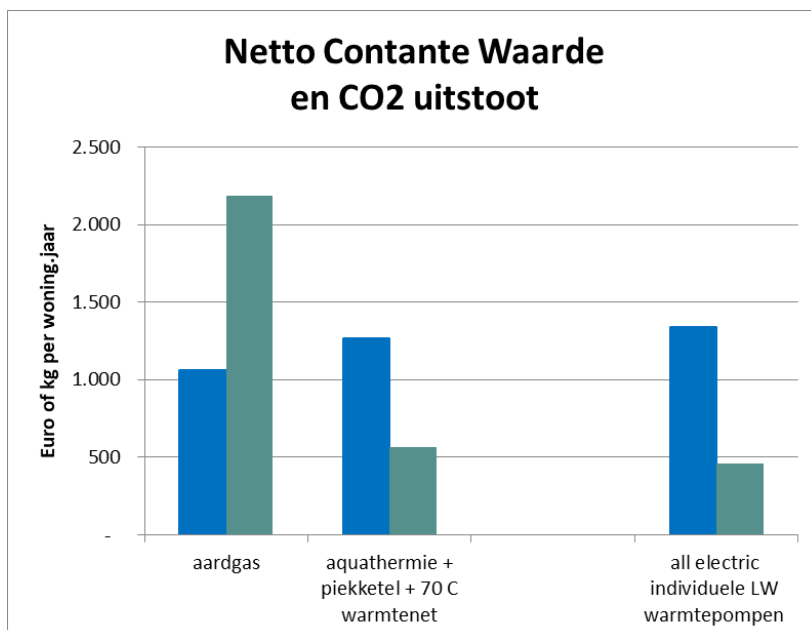


*Figuur 27 Vergelijking scenario's op NCW en CO₂ uitstoot bij 1% hogere gas-index.
 Blauwe staven: netto contante kosten (euro per woning per jaar)
 Groene staven: CO₂-uitstoot (kg CO₂ per woning per jaar)*

4.5.2 Investeringskosten warmtenet lager

Een verlaging van de investeringskosten voor het warmtenet van 30% heeft een effect op het scenario 70 graden warmtenet. Deze kostendaling kan optreden door efficiëntievoordelen, bijvoorbeeld door een grotere markt voor warmtenetten, of innovaties en productverbeteringen. Of door effectieve koppelingen aan andere maatregelen, vooral in de ondergrond, zoals koppelkansen met riool- of gasnetvervanging.

De gemiddelde netto contante kosten dalen in dit geval tot onder het niveau van de individuele warmtepompen. Het 70 graden warmtenet blijft echter duurder dan aardgas.



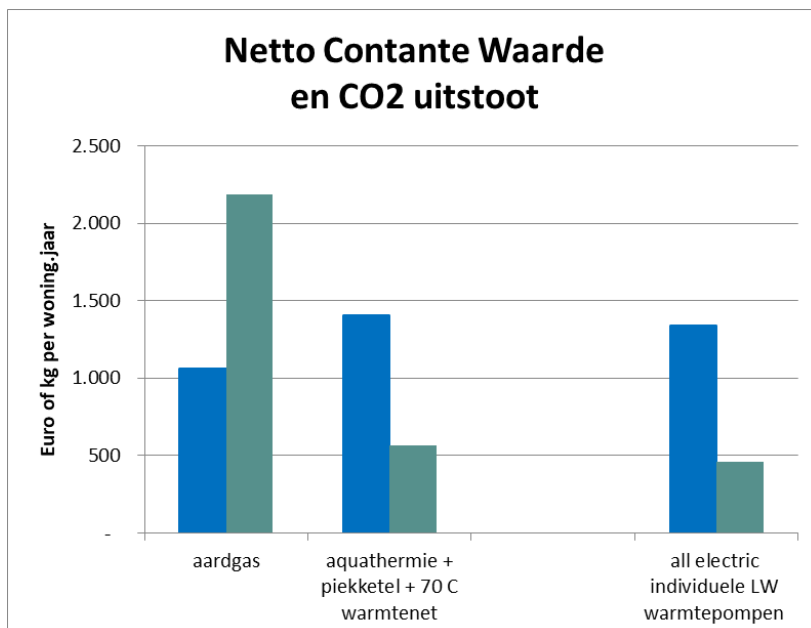
Figuur 28 Vergelijking scenario's op NCW en CO₂ uitstoot bij 30% lagere warmtenet-investering.

Blauwe staven: netto contante kosten (euro per woning per jaar)

Groene staven: CO₂-uitstoot (kg CO₂ per woning per jaar)

4.5.3 Subsidies op investering in warmtenet

Toekenning van een eenmalige subsidie van 5 miljoen euro aan het begin van het project heeft een beperkt effect op de netto contante kosten van het 70 graden warmtenet. Dit scenario blijft echter duurder dan aardgas en individuele warmtepompen.



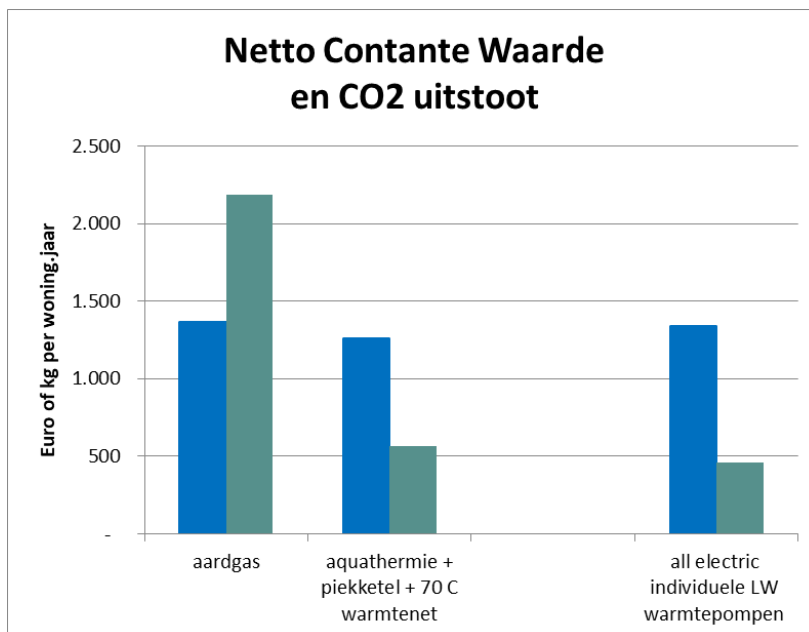
Figuur 29 Vergelijking scenario's op NCW en CO₂ uitstoot bij toekenning van 5 miljoen Euro subsidie.

Blauwe staven: netto contante kosten (euro per woning per jaar)

Groene staven: CO₂-uitstoot (kg CO₂ per woning per jaar)

4.5.4 Best case: combinatie van veronderstellingen

Als de drie onderzochte variaties tegelijkertijd optreden, ontstaat een 'best case' situatie voor het 70 graden warmtenet. Dit scenario wordt hiermee het goedkoopst, en realiseert een forse CO₂-reductie. De gemiddelde netto contante kosten van de drie scenario's liggen in dit geval echter dicht bij elkaar. De verschillen vallen binnen de onzekerheidsmarge van de berekeningen.



*Figuur 30 Vergelijking scenario's op NCW en CO₂ uitstoot bij 'best case' condities.
Blauwe staven: netto contante kosten (euro per woning per jaar)
Groene staven: CO₂-uitstoot (kg CO₂ per woning per jaar)*

4.6 Optimalisaties

De volgende optimalisaties zullen ook de financiële haalbaarheid van het 70 graden warmtenet verbeteren:

- Meer aansluitingen op korte afstand;
- Meer collectieve aansluitingen betekent minder afleversets. Ook kan gebruik gemaakt worden van bestaande binnenleidingen. Op dit moment zijn 2 collectieve aansluitingen meegenomen in de berekeningen;
- Verlaging onderhoudskosten warmtenet. Deze zijn mogelijk te hoog ingeschat;
- Verlaging investering binnenleidingen door standaardisatie;
- Isolatie van de woningen. Dit beperkt de warmtevraag (GJ) en het gevraagde warmtevermogen (kW);
- Door isolatie op termijn: Temperatuurverlaging van het warmtenet geeft betere prestaties van de warmtepompen en minder warmteverlies;
- Betere isolatie van het warmtenet geeft minder warmteverlies van het warmtenet.
- Toepassen van ISDE en andere subsidies. ISDE is op dit moment bijvoorbeeld 3.325 euro per aansluiting op warmtenet.

5 Conclusies

Door de bevindingen te toetsen aan het afwegingskader ontstaat op basis van dit technisch en financieel onderzoek het volgende beeld voor Kerkelanden:

5.1 Techniek

- Een 70 graden warmtenet is technisch uitvoerbaar, en kan in fasen (modulair) worden gerealiseerd.
- De inzet van PVT als aanvullende warmtebron is noodzakelijk.
- De bodem is geschikt voor seizoensopslag van de gewonnen warmte.
- Er is een forse CO₂-reductie haalbaar met warmtepompen die 80% van de gevraagde warmte leveren.
- De impact op het elektriciteitsnet is beperkt ten opzichte van individuele warmtepompen, vanwege het hogere rendement van de centrale warmtepomp gevoed door een WKO.
- Een 70 graden warmtenet verliest een aanzienlijke hoeveelheid warmte. Dit warmteverlies is ingesteld op 23%.

5.2 Ruimtelijke inpassing

- Een warmtenet vraagt veel ruimte in de straat. Het is nog niet bekend of deze ruimte overal kosteloos gevonden zal worden.
- Er is ook sprake van natura 2000 gebied in de directe nabijheid. Dit kan restricties opleveren in de vergunningsverlening t.b.v. de realisatie van het warmtenet.

5.3 Financieel

- Aardgas is nu nog zodanig goedkoop, dat overstappen op een duurzaam en toekomstbestendig warmtenet financieel nog niet aantrekkelijk is.
- Met name een verhoging van de gasprijsindex en een verlaging van de investeringskosten van het warmtenet dragen bij aan de betaalbaarheid van een 70 graden warmtenet.
- Er zijn nog verschillende optimalisaties mogelijk, waaronder het verkrijgen van subsidies en het omlaag brengen van financieringskosten.
- Inpandige leidingen zijn een belangrijke kostenfactor. Deze zijn nu geraamd op 4.000 Euro per woning. Een verlaging van deze kosten betekent een evenredige verlaging van de BAK.

5.4 Duurzaamheid

- Een 70 graden warmtenet geeft een CO₂-reductie van circa 75% ten opzichte van aardgas. Individuele warmtepompen geven een reductie van ongeveer 80%. Het verschil zit met name in het warmteverlies van een 70 graden warmtenet.

5.5 Organiseerbaarheid

- Hiervoor verwijzen we naar deelrapport 2 in deze rapportageserie, waarin de haalbaarheid van een coöperatief warmtebedrijf is onderzocht door de partners.

5.6 Bijkomende aspecten

- Eén van de uitgangspunten voor dit onderzoek is dat de te kiezen warmteoplossing haalbaar en betaalbaar voor iedereen moet zijn. Dit vergt solidariteit.
- Het is waarschijnlijk niet voor iedereen technisch (ruimtelijk of financieel) mogelijk om een individuele warmtepomp met buffervat te plaatsen. Dit betekent dat er voor sommigen hoe dan ook een collectieve oplossing gevonden moet worden. Het meest waarschijnlijk is hierbij een warmtenet.
- Dit inzicht heeft een belangrijke impact: Een warmtenet wordt immers pas betaalbaar bij voldoende schaalgrootte en woningdichtheid. Het langere tijd laten voortbestaan van een onduidelijke situatie, waarin meer particulieren die willen verduurzamen overgaan tot een individuele warmtepomp, maakt collectieve oplossingen daarom minder betaalbaar.
- Vanuit de hier gerapporteerde gegevens en inzichten, pleiten we er dan ook voor om in een vroeg stadium de keuze voor een collectief warmtenet te maken. Als de gemeente deze keuze te laat maakt, en individuele bewoners ondertussen veel individuele oplossingen realiseren, dan wordt het warmtenet onnodig duur. Ook de totale maatschappelijke kosten zullen in dit scenario hoger liggen dan nodig.
- De betaalbaarheid van het warmtenet hangt ook in hoge mate af van hoe stakeholders en partners er samen in slagen de projectkosten in de hand te houden, de risico's te mitigeren en gunstige financiering aan te trekken.

5.7 Algeheel beeld

De hoofdvraag voor deze deelstudie was of een duurzaam, collectief warmtenet technisch en financieel haalbaar is. Anders gezegd: technisch haalbaar en ook nog betaalbaar.

Hoofdconclusie:

- Een duurzaam, collectief warmtenet is technisch haalbaar
- Met de huidige prijs van aardgas is het duurder dan blijven verwarmen met aardgas. Als 'betaalbaar' wordt geduid als 'niet duurder dan nu' dan is het (nog) niet betaalbaar.

In de weging van de twee meest realistische duurzame alternatieven voor verwarmen op aardgas, met een collectief warmtenet of via individuele warmtepompen, komen we tot de conclusie:

- Met betrekking tot kosten en CO₂-uitstoot zijn beide alternatieven vergelijkbaar; de verschillen vallen binnen de onzekerheidsmarges. Merk op dat het 70 graden warmtenet voor een deel groengas verbruikt. Dit is waarschijnlijk slechts beperkt beschikbaar. De CO₂-uitstoot van groengas is op 0 gesteld.
- Met betrekking tot solidariteit pleiten we voor de snelle adoptie van het collectieve warmtenet als meest aantrekkelijke en haalbare optie voor iedereen.
- Wat betreft de kosten en de huidige referentie met aardgas, die voor beide duurzame alternatieven nu nog ongunstig uitpakt, pleiten we voor een helder signaal van de gemeente (en de regio) richting landelijke partijen; als deze de energietransitie en de warmtetransitie een echte kans willen geven, dan dient aardgas beleidsmatig op korte termijn duurder gemaakt te

worden. Pas dan ontstaat voor bewoners en warmtebedrijven een financieel gelijk speelveld, waarbij duurzaamheid de doorslag zal geven.

Terugpakkend op de drie hoofdcriteria voor deze deelstudie:

- 1 voor iedereen
- 2 duurzaam
- 3 betaalbaar

komen we tot de volgende slotsom:

- Een collectief warmtenet verdient de voorkeur boven oplossingen met individuele warmtepompen. Individuele oplossingen zijn namelijk niet voor iedereen haalbaar.
- De overheid moet een gelijk financieel speelveld creëren, zodat de duurzaamheidsdoelstelling gehaald kan worden.
- 'Niet meer dan anders' (niet duurder dan aardgas nu) is waarschijnlijk niet haalbaar.

6 Aanbevelingen

- Gemeente: Kies tijdig voor de verdere doorontwikkeling van een duurzaam warmtenet en communiceer hierover. Dit schept duidelijkheid en solidariteit, en voorkomt onnodig hoge individuele en maatschappelijke kosten.
- Gemeente: Bespreek met de rijksoverheid de betaalbaarheid van warmtenetten. Zolang aardgas nog zo goedkoop is en de gasprijs voorlopig ook niet hard stijgt, is de warmtetransitie lastig te verkopen.
- Gemeente en nutsbedrijven: Reserveer vanaf nu bij elk werk in Kerkelanden ruimte in de ondergrond voor de aanleg van een toekomstig warmtenet. Dit bespaart verleggingskosten op termijn.

7.1 Energieberekeningen

[illegible]

7.2 Beschrijving TCO model

Waternet heeft in 2018 een Total Cost of Ownership model laten maken door Twijnstra&Gudde. Het TCO model vergelijkt de netto contante waarde van maximaal 5 ingevoerde scenario's over een gekozen evaluatieperiode. Het model wordt veel gebruikt om warmteketens te vergelijken.

HET TCO model is een hulpmiddel om een keuze te maken tussen verschillende scenario's. Bijzonder is dat het model langjarig kan doorrekenen, rekening houdt met verschillende inflatie-indices, en rekening houdt met de langjarige verduurzaming van elektriciteit. Hiermee onderscheidt het zich van modellen die enkel de huidige kosten en huidige CO₂-uitstoot van scenario's met elkaar vergelijken.

Bij gebruik van het TCO model moeten op het tabblad Invoergegevens de volgende algemene parameters worden ingesteld:

Parameter	Standaardwaarde	Bron
Beginjaar	2020	
Eindjaar	2070	Waternet: evaluatieperiode 50 jaar
BTW-index	21%	Belastingdienst
Discontovoet	3%	Standaardwaarde MKBA
Aflossingsmethodiek	Lineair	Standaard bij nutsbedrijven
Algemene prijsindex	2%	CBS
Elektriciteitsprijsindex	2,5%	CBS data 1996-2018
Gasprijsindex	5%	CBS data 1996-2018
Afschrijvingsmethodiek	Technisch	Voorkomt herinvestering direct na economische afschrijving. Dit is een fout in het model.
Jaar waarin elektriciteit volledig CO ₂ neutraal is	2050	Klimaatakkoord
Per partner: rekenrente	3% 8%	Standaard bij Waternet Standaard bij commerciële bedrijven
Stakeholders	Vrij te kiezen	
Hoofdposten en afschrijftermijnen - WTB (werktuigbouwkundig) - E (elektrotechniek) - CT (civiele techniek) - PA (procesautomatisering) - leidingen	20 – 25 jaar 10 – 15 jaar 40 – 50 jaar 7 – 10 jaar 30 – 50 jaar	Waternet, Qirion

Opmerkingen:

- De tarieven van hoge temperatuur stadswarmte zijn standaard gekoppeld aan de gasprijs. Als deze koppeling wordt losgelaten kan hier desgewenst een ander percentage gekozen worden.
- Er kunnen ook andere hoofdposten en afschrijftermijnen gekozen worden. Bijvoorbeeld een serie als 5, 10, 15, 20, 15, 30, 40 en 50 jaar. Van belang is dat alle investeringen in een hoofdpост passen.

4. Systeemgrenzen

De systeemgrens van de TCO vergelijking valt samen met die van de warmteketen. Een warmteketen ziet er in algemene zin als volgt uit:



Voor de investeringskosten, onderhoudskosten, bedrijfsvoering, inkomsten en eenmalige kosten en inkomsten betekent dit:

- Alle kosten en inkomsten worden opgevoerd die direct kunnen worden toegerekend aan de warmte- en koudevoorziening.

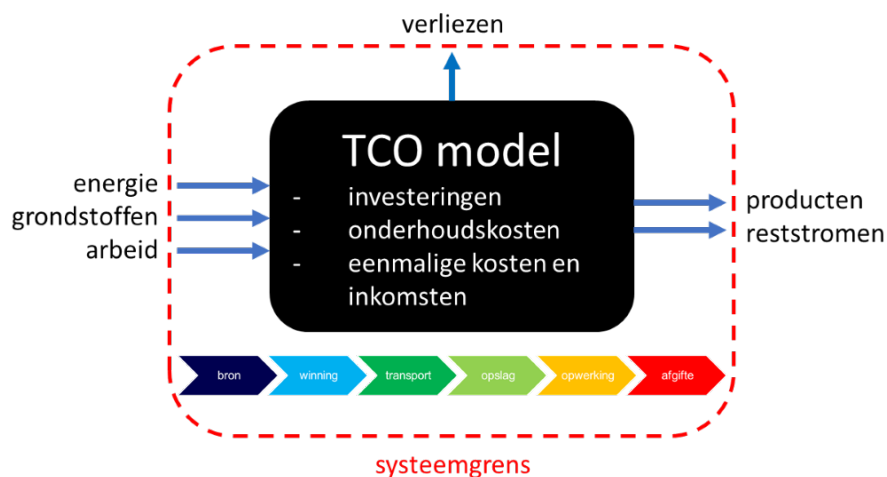
Voorbeeld

Voor een warmteketen op basis van warmte uit oppervlaktewater zijn de investeringskosten onder andere:

- Bouwkundige kosten (inlaatwerk, uitlaatwerk, pompgebouw)
 - Werktuigbouwkundige kosten (pompen, filters, warmtewisselaars)
 - Elektrotechniek
 - Procesautomatisering
 - WKO's (bronnen, pompen, appendages)
 - Leidingwerk
 - Warmtepompen
 - Grondkosten
- Als er ten opzichte van een andere warmteketen aanpassingen in de openbare ruimte of in huis nodig zijn, worden deze ook opgenomen. Bijvoorbeeld de verzwaring van het elektriciteitsnet of isolatiemaatregelen in huis.
 - Algemene bouwkosten, bijkomende kosten, aanneemsommen en dergelijke van woonhuizen en utiliteiten worden niet opgenomen.

Onderstaand schema geeft aan hoe de systeemgrens van een scenario getrokken moet worden:

Figuur 1 Systeemgrens van een warmtescenario in het TCO model



Voor de toerekening van de verschillende kosten en inkomsten geldt daarbij:

- Wat van buiten het systeem komt zijn kosten voor de afnemende stakeholder in de keten;
- Energie- en grondstofstromen die in het systeem blijven (tussen de stakeholders in de keten) worden onderling verrekend:
 - kosten voor de afnemer
 - opbrengsten voor de producent
- Wat het systeem verlaat geeft kosten (afval) of opbrengsten (product) voor de producerende stakeholder in de keten.

5. Externe leveranciers van warmte

Commerciële bedrijven geven normaliter geen inzicht in de investeringen en kosten van hun warmtenetten. De levering van warmte wordt dan gezien als een levering van buiten de systeemgrens naar binnen, met de eindgebruiker als afnemende stakeholder. Onder de voorwaarde dat de eindgebruiker binnen de systeemgrens valt, kan een zinvolle vergelijking met andere warmteketens gemaakt worden. Het is dan voldoende om de HT warmtekosten voor de eindgebruiker (vastrecht, GJ verbruik en GJ tarief) en de eenmalige kosten (BAK) in te vullen.

6. Input

Tabblad Eenheidsprijzen

Dit tabblad is een verzamelplek voor kentallen die met name bij de berekening van de bedrijfsvoeringskosten relevant zijn, zoals tarieven voor energie en grondstoffen. Hier kunnen ook kentallen voor investeringen en onderhoud worden opgenomen.

Op dit tabblad staan daarnaast:

- De CO₂-emissiefactoren
- De koude- en warmtevraag
- De standaard onderhoudspercentages voor relevante warmteketencomponenten

Tabblad Investeringskosten

Hierop worden alle investeringen binnen de systeemgrens gezet, inclusief installatiekosten. De investeringen moet uitgesplitst zijn over de verschillende Hoofdposten, omdat elke Hoofdpост een eigen afschrijftermijn heeft. Voor alle input op dit en de volgende tabbladen geldt dat de volledige regels moeten worden ingevuld:

Nummer, Inkomsten/Kosten, Onderdeel, Specificatie, Aantal, Eenheid, €/eenheid (excl. BTW), Startjaar, Eindjaar, Mate van bijdrage van stakeholders (in %), Van toepassing op varianten.

Tabblad Onderhoud

Alle onderhoudskosten per investering. Dit kan als vast totaalbedrag per investering, of via een onderhoudspercentage van het investeringsbedrag. Hierbij moet ook aangegeven worden aan welke Hoofdpост het onderhoud gekoppeld is (kolom C).

Tabblad Bedrijfsvoering

Alle bedrijfsvoeringskosten, zoals inkoop van energie, grondstoffen en arbeid van buiten de systeemgrens. Hierbij moet per post aangegeven worden welke inflatie-index van toepassing is (kolom C).

Tabblad Inkomsten

Alle inkomsten door verkoop van energie of grondstoffen buiten de systeemgrens. Bijvoorbeeld de elektriciteitsopbrengst van PV panelen, als deze onderdeel uitmaken van een warmtescenario. Ook hier moet de koppeling met een Hoofdpost aangeven worden (kolom C).

Tabblad Eenmalige Inkomsten – Kosten

Kosten voor nieuwe aansluitingen, bijdrage in aansluitkosten (BAK), subsidies en dergelijke. Hierbij moet in kolom C expliciet worden aangegeven of het Inkomsten of Kosten betreft.

7. Output

De belangrijkste output van het model is de grafiek op het tabblad Dashboard Per Partner. Deze grafiek geeft de gemiddelde Netto Contante Waarde van de scenario's per woning en per jaar. Met deze grafiek kunnen de verschillende scenario's op kosten met elkaar vergeleken worden.

Daarnaast is vergelijking van de duurzaamheid van de scenario's van belang. Deze staat als grafiek op het tabblad Dashboard Grafieken – CO₂-verbruik cumulatief (ton) per variant.

Het TCO model geeft daarnaast de volgende output:

Dashboord Kernfinanciën

- Kasstroomoverzicht per variant en per partner
- CO₂-uitstoot per variant en per jaar

Dashboord Grafieken

- Kasstroomoverzicht per partner voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- Kasstroomoverzicht 'Totaal' per variant
- Cumulatief kasstroomoverzicht per partner voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- Cumulatief kasstroomoverzicht 'Totaal' per variant
- Kasstroomoverzicht per variant voor de gekozen partner in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-uitstoot (ton/jaar) voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-uitstoot cumulatief (ton) voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-balans (€/jaar) voor de gekozen variant in het dashboard Kernfinanciën
- CO₂-uitstoot cumulatief (ton) per variant
- CO₂-uitstoot elektriciteit cumulatief (ton) per variant

Dashboord Per partner

- Totale investeringskosten (in eerste afschrijftermijn)
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per jaar
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per woning
- Totaaloverzicht kosten, opbrengsten en NCW per variant
- Grafiek: gemiddelde NCW van de varianten per woning en per jaar
- CO₂-uitstoot (jaar 1)
- Overzicht ingaande en uitgaande stromen
- CO₂-reductie

Dashboard Per Variant

- Totale investeringskosten (in eerste afschrijftermijn)
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per jaar
- Gemiddelde investeringskosten (in eerste afschrijftermijn) per woning
- Totaaloverzicht kosten, opbrengsten en NCW per variant
- CO₂-uitstoot (jaar 1)
- Overzicht ingaande en uitgaande stromen
- CO₂-reductie

7.3 Kostenraming warmtenet door Qirion

Tabel 13 Kostenraming 70 graden warmtenet Kerkelanden door Qirion

Qirion							
Kerkelanden							
Lengte tracé	21.350			meter	exclusief aansluitleidingen!		
Tracé				Kosten		Opmerking	
	Grondwerkzaamheden			€ 1.548.781			
	Bemaling			€ 712.243			
	Montage leidingen en appendages			€ 1.704.003			
	Verharding en bovengrondse obstakels			€ 1.855.406			
	Materiaalkosten			€ 1.182.599			
	Zinkers, boringen, persingen incl materiaal			€ 117.076			
	Damwanden werkputten			€ -			
	Glasvezel gehele trace			€ -			
	Verkeersvoorzieningen			€ 705.277			
	Sub totaal				€ 7.825.385		
Aanvullende zaken							
	Voorspannen			€ -			
	Reinigen en beproeven			€ 157.816			
	First fill			€ 26.718			
	Engineering, WV en revisie aannemer			€ 469.523			
	Uitvoering en PM aannemer			€ 469.523			
	Engineering Alliander			€ 391.269			
	Directie en PM Alliander			€ 391.269			
	Diversen			€ 262.900			
	Onvoorzien tracé			€ 782.538			
	Particuliere grondeigenaren/ZRO			€ 79.185			
	Variatie staalprijs			€ 26.623			
	Omgevingsmanagement			€ 301.100			
	Verontreinigde grond			€ 172.436			
	Archeologie			€ 23.121			
	Niet gesprongen explosieven			€ 270.744			
	Natuur flora/fauna			€ 117.987			
	Eisen Waterschap			€ -			
	Inmeten trace			€ 17.080			
	Legekosten			€ 39.127			
	AK/winst/risico aannemer			€ 1.384.342			
	CAR verzekering			€ 29.362			
	Sub totaal				€ 5.412.662		
Totaal					13.238.046	(€ 620 per meter trace)	
					€ 620	€/meter trace	
					€ 3.900	per woning	
					6,3	m/woning	