

## **Informatiebrief**

Zaaknummer:	Z/22/66075
Documentnummer:	353669
Datum:	20 juni 2023 verzonden: 22 juni 2023
Onderwerp:	1 <sup>e</sup> kwartaalrapportage 2023 samenwerking warmte Leidse Regio
Portefeuillehouder:	Wethouder Schokker
Bijlage(n):	1. Voortgangsrapportage samenwerking WLR 1 <sup>e</sup> kw. 2023 2. Open Regionaal Energiesysteem ORES rapportage 2 a. Open Regionaal Energiesysteem ORES bijlagen

Geachte Raad,

Met deze brief informeren wij u over de eerste kwartaalrapportage in 2023 van de organisatie Warmte Leidse Regio (WLR). In deze organisatie werkt Voorschoten samen met buurgemeenten Katwijk, Leiden, Leiderdorp, Oegstgeest, Voorschoten en Zoeterwoude aan de invulling van de regionale warmtetransitie. In deze brief leest u een samenvatting van de inhoud van deze rapportage en een vooruitblik op de komende maanden.

### **Samenvatting van de rapportage**

De kwartaalrapportage gaat in op de bereikte inzichten, met name op basis van het ontwerp van het Open Regionale Energie Systeem (ORES) en de conclusies die daaruit zijn getrokken. Uit de ontwerpstudie ORES blijkt dat een regionale warmtevoorziening meerwaarde heeft ten opzichte van een strategie waarin wijk voor wijk met enkel lokale collectieve warmte de warmtetransitie wordt vormgegeven. De voordelen zijn financieel, duurzaamheid en bijdragen aan het voorkomen van netcongestie.

De ORES-studie toont aan dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor een collectief systeem lager is dan bij een scenario met individuele aansluitingen of volledig lokale collectieve warmtesystemen. Hierbij wordt wel de noodzaak tot gezamenlijke warmtevraag-ontwikkeling benadrukt. U vindt de volledige ORES-studie in bijlage 2.

De ORES-analyse laat zien dat het realiseren van een regionaal warmtenet financieel voordeel heeft ten opzichte van een wijk-voor-wijk strategie. Uit de studie blijkt ook dat warmtenetten in de wijken uiteenlopende kosten met zich meebrengen. Dat is niet uitzonderlijk voor de Leidse regio. In het algemeen geldt dat wijken met een hogere bebouwingsdichtheid een hogere warmtevraag hebben. Daardoor is minder leidinglengte per aansluiting nodig en dus zijn deze aansluitingen goedkoper te realiseren dan in wijken waar woningen groter zijn en onderling een grotere afstand hebben.

De kwartaalrapportage gaat ook in op mogelijke financieringsmodellen en de onzekerheid rondom de Wet Collectieve Warmte (WCW). Tot de WCW van kracht wordt (naar verwachting begin 2025) valt het realiseren van warmtenetten onder de huidige warmtewet. Alle ontwikkelingen rond de WCW worden door het samenwerkingsverband nauwlettend gevolgd en gewogen in de afwegingen die gemaakt worden.

### **Tot slot**

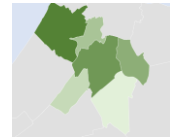
Op 23 mei organiseerde WLR een informatieavond voor de leden van de gemeenteraden van de zes samenwerkende gemeenten over het vervolg van de regionale samenwerking. Een aantal van u was daarbij aanwezig en wij vertrouwen erop dat u ook daar bijgepraat bent over de stand van zaken. Daarnaast blijven wij u periodiek informeren over de stand van zaken rondom WLR. In de bijeenkomst is aangekondigd dat de zes samenwerkende gemeenten werken aan besluitvorming om de samenwerking de komende jaren voort te zetten. Hiervoor werken wij aan besluitvorming, waarvoor wij een raadsvoorstel aan u voorleggen in de vergadering in september dit jaar.

Met vriendelijke groet,  
het college van burgemeester en wethouders,

A.R. de Graaf,  
gemeentesecretaris

drs. N. Stemerink,  
burgemeester

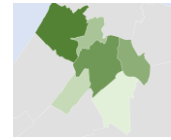
Deze brief is digitaal vastgesteld. Hierdoor staat er geen fysieke handtekening in de brief.



# Regionaal programma Warmte Leidse Regio

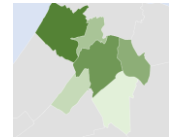
*Kwartaalrapportage Q1 - 2023*

*30 januari 2023*



## Inhoud

Regionaal programma Warmte Leidse Regio.....	1
1 Inleiding .....	3
2 Terugblik .....	3
3 Realisatie programma Warmte Leidse Regio 2022 op hoofdlijnen .....	4
3.1 Ontwikkeling regionale warmtebronnen .....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
3.2 Open regionaal energiesysteem (ORES) .....	4
3.3 Governance .....	8
3.4 Warmtevraag.....	8
3.5 Financiering .....	8
3.6 Communicatie en bestuurlijk overleg .....	8
3.7 Evaluatie en vervolg Warmtetransitie Leidse Regio .....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
4 Conclusie.....	8
5 Financieel overzicht.....	9
6 Resultaten WLR 2022 .....	10
6.1 Werkstroom 1.: Regionaal energiesysteem .....	10
6.2 Werkstroom 2: uitvoering warmtetransitie .....	11
6.3 Werkstroom 3: Partnerstrategie .....	13
6.4 Werkstroom 4: organisatie .....	14
7 Productoverzicht .....	16



## 1 Inleiding

Deze rapportage betreft de uitvoering van het regionaal programma voor de warmtetransitie in de Leidse regio in het eerste kwartaal van 2023.

Deze periode stond in belangrijke mate in het teken van de analyse en interpretatie van de resultaten die in 2022 zijn bereikt en hoe daaraan verder invulling zou kunnen worden gegeven. Dat heeft geleid tot uitvoerige gesprekken op ambtelijk en bestuurlijk niveau over een mogelijke verdere voortzetting van de samenwerking. De rapportage gaat daarom ook vooral in op de bereikte inzichten, met name op basis van het ontwerp van het Open Regionale Energie Systeem (ORES) en de conclusies die daaruit zijn getrokken.

## 2 Terugblik

De energiemarkt in het eerste kwartaal van 2023 kenmerkte zich door veel onzekerheden voor alle betrokkenen. Prijsplafonds voor de consumentenprijzen van elektriciteit en gas, het op grote schaal inkopen van aardgas hebben, samen met een gelukkig zachte winter het ergste kunnen voorkomen. Niettemin is de onzekerheid op de energiemarkt nog niet voorbij.

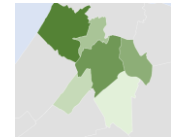
Daarnaast heeft de vertraging in de oplevering van de Wet Collectieve Warmte, en de daaraan verbonden financiering voor de realisatie van collectieve warmte de markt vrijwel tot stilstand gebracht. Er wordt wel gestudeerd en onderzocht, maar de investeringen die nodig zijn blijven uit en private partijen stappen uit, voorlopig althans.

De afgelopen maanden heeft Liander op een aantal gebieden capaciteitsschaarste op het elektriciteitsnet aangekondigd, wat betekent dat nieuwe aanvragers voorlopig geen capaciteit kunnen contracteren. Dat laat des te meer zien hoe strategisch moet worden omgegaan met de schaarse netcapaciteit in de regio. In sommige gevallen kan collectieve warmte daarom een voordeel bieden, mits daar enige snelheid op wordt ontwikkeld.

De realisatie van de transportleiding Rijswijk – Leiden focust zich op de planologische inpassing en het ontwerp en engineering van de transportleiding en de nadere afspraken daarover met de omliggende gemeenten, inclusief de aanlandingslocatie. De eerste stappen in de fysieke realisatie van de transportleiding worden inmiddels gezet in de omgeving van Delft. Dat geeft een beeld van de feitelijke werkzaamheden die nodig zijn. Alles is gericht op feitelijke levering vanaf 2027.

Voor Gasunie betekent dit dat zij belang hebben bij meer duidelijkheid over plaats, tijd en volume van afname van hun transportcapaciteit. Niet alle capaciteit is tot op heden verkocht, en niet verkochte capaciteit in 2027, inclusief de distributiekanaalen daarvoor betekenen verlies op de investering. Dat staat op gespannen voet met de voortgang op de eventuele afname in de wijken die daarvoor in aanmerking komen. Gesprekken daarover met gasunie door de diverse gemeenten lopen wel, maar concrete afzet is nog niet in beeld, met uitzondering van beperkte uitbreidingen van het bestaande warmtenet in Leiden.

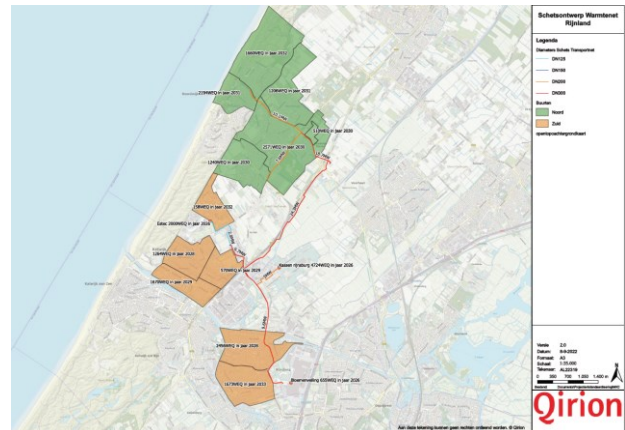
Eenzelfde geldt voor het consortium Rijnland Warmte, de Shell/D4/Firan samenwerking. Begin februari 2023 is dat consortium SDE++ subsidie toegekend. Een voorwaarde voor het benutten van die subsidie is dat binnen 4-6 jaar een start wordt gemaakt met de feitelijke levering. De subsidie wordt immers uitgekeerd op basis van de gewonnen en geleverde hoeveelheid warmte. Ook dit consortium is dus druk bezig met het realiseren van afzet. Vooralsnog richten zij zich op de gemeente Noordwijk en in het verlengde daarvan Teijlingen.



Naar het zich laat aanzien kunnen zij daar de helft van de nu te ontwikkelen capaciteit van 40 MWth afzetten. Voor het overige kijken zij verder naar de Duin- en Bollenstreek, maar ook naar de regio Leiden, en dan met name naar Katwijk en Oegstgeest. En naar verluidt zijn zij ook in gesprek met een of meerdere klanten op het LBSP.

De overige bedrijven met een opsporingsvergunning (Yeager, Eavor en Wayland) zijn nog steeds gewikkeld in een juridische procedure met Dunea. Pogingen om daarin tot een vergelijk of schikking te komen zijn tot nu toe gestrand. Naar het zich laat aanzien is dit voor Dunea een principiële procedure die nog wel enige tijd kan duren.

Tot dat dispuut is opgelost kunnen de bedrijven niets uitrusten en of zij daarna nog in de regio actief zullen zijn zal afhangen van de kansen die zij dan zien in verhouding tot hun activiteiten elders in Nederland.



### 3 Programma Warmte Leidse Regio – Q1 2023

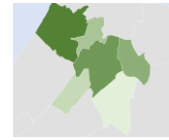
De uitvoering van het programma Warmte Leidse regio stond in het eerste kwartaal 2023 vooral in het teken van de afronding van de ORES ontwerpstudie en de inzichten en conclusies die dat oplevert. In grote lijnen is de conclusie dat het voordelig is voor de regio en voor alle gemeenten om in te zetten op het benutten van grootschalige warmtebronnen voor collectieve warmte. Dat voordeel is zowel financieel als in termen van bijdrage aan de vermindering van de CO<sub>2</sub> emissies. In de rapportage over 2022 is dat al voor een deel toegelicht met de voorlopige uitkomsten.

Dat betekent dat het zinvol is om te sturen op gerichte afspraken met de partijen die daarin zullen gaan investeren. Tegelijk betekent dit ook dat een omvangrijke investering een hele goede afstemming vergt tussen vraag en aanbod om grote risico's en verlies van maatschappelijk geld te voorkomen. Alleen als de verzamelde vraag en de ontwikkeling van het aanbod in volume en tijd gelijk op gaan is een economisch realistisch traject realiseerbaar. Dat vergt hele goede coördinatie en regie in de regio.

#### 3.1 Open regionaal energiesysteem (ORES)

De kernvraag in 2022 was of het idee van een Open Regionaal Energiesysteem (ORES) meerwaarde heeft ten opzichte van een strategie waarin per wijk / kavel met lokale collectieve warmte de transitie naar duurzame warmte wordt ingevuld. In de uitvoering van WLR is er voor gekozen om door middel van een ontwerp-opgave de invulling van een Open Regionaal Energiesysteem concreet te maken en daarmee bovenstaande vraag te kunnen beantwoorden. Een dergelijk systeem moet vraag en aanbod van warmte met elkaar verbinden. Voor de vraag naar collectieve warmte zijn de Transitievisies per gemeente als uitgangspunt genomen.

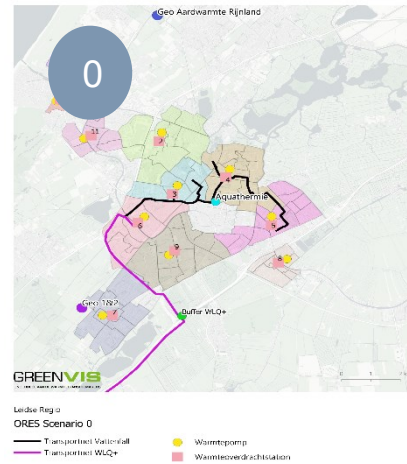
#### Ontwerpstudie



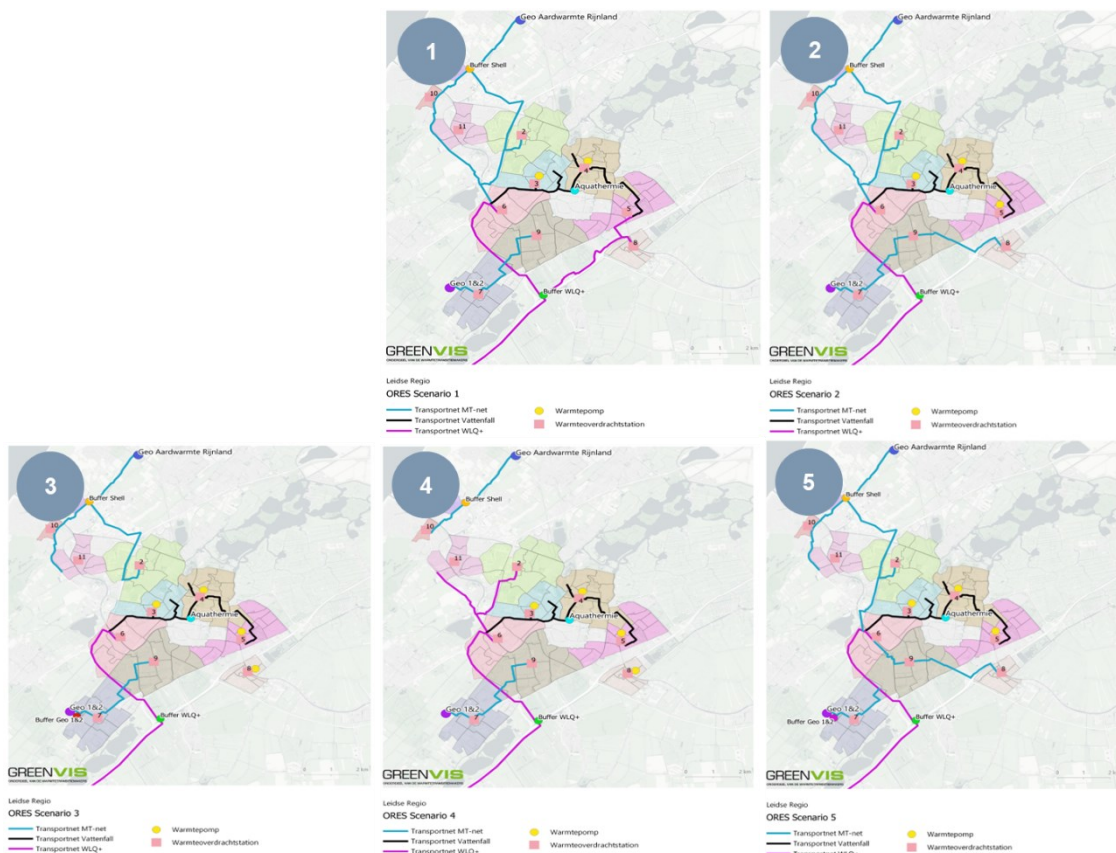
Om de regionale warmtebronnen te kunnen ontsluiten voor inzet in de regio is een regionale infrastructuur oplossing nodig. Voor dit Open Regionaal Energie Systeem zijn in het programma meerdere ontwerpen doorgerekend op hun meerwaarde in kosten en emissiereductie. Uitgangspunt bij de berekeningen zijn de transitievisies warmte die per gemeente zijn opgesteld en waarin is aangegeven welke wijken zich in principe vanuit maatschappelijk kosten perspectief het beste leven voor collectieve warmte.

De ontwerpberekeningen zijn gedaan ten opzichte van een situatie waarin het bestaande warmtenet van Vattenfall en het voorgenomen regionale transportnet van WLQ+ zijn meegenomen en de rest van de regio van collectieve warmte wordt voorzien op basis van lokale warmtebronnen (warmtepomp + aquathermie).

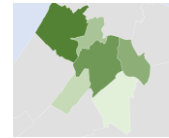
Dit ‘nulscenario’ is dus de benchmark voor de meerwaarde van investeringen in regionale warmtetransportleidingen.



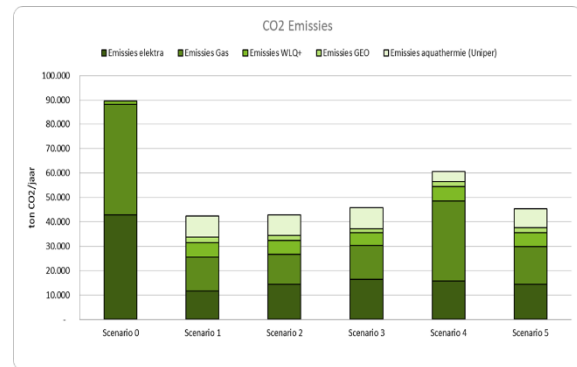
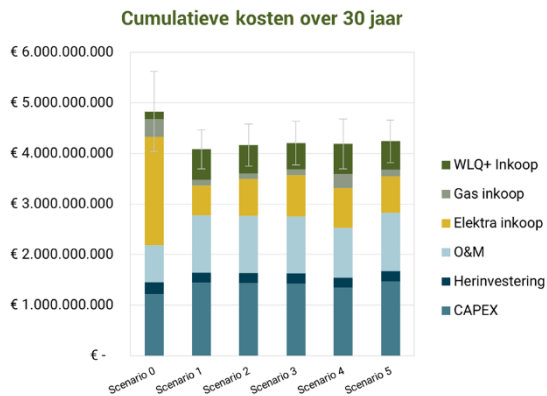
Voor de regionale warmte-infrastructuur zijn in overleg met gemeenten en experts vijf alternatieven ontwikkeld.



Voor elk van de alternatieven is een ontwerp gemaakt van zowel de regionale infrastructuur (‘van Bron naar wijk’) als het distributienet in de (geclusterde) wijken.



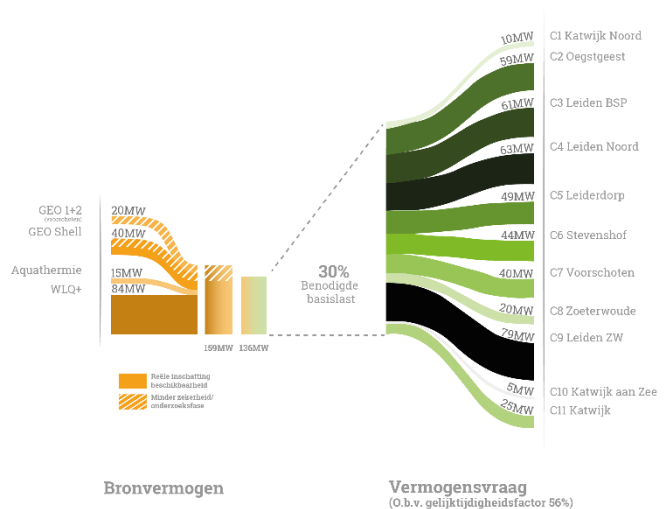
Het resultaat van deze studie geeft weer wat de totale operationele kosten zijn voor alle zes alternatieven over een levensduur van 30 jaar en de consequenties voor de klimaatemissies per scenario.



### Broncapaciteit

De ontwerpstudie baseert zich op de beschikbaarheid van enkele grote regionale warmtebronnen om te voldoen aan de warmtevraag. Uit de analyses van de warmtevraag zoals voorzien in de transitievisies en de beschikbare broncapaciteit blijkt dat in principe alle bronnen nodig zullen zijn om aan de warmtevraag te voldoen.

Dat kan veranderen als de beschikbare broncapaciteit (in MWth) wordt ingezet op lagere aanvoertemperaturen, mogelijk gemaakt door goede isolatie van bestaande woningen en gebouwen waardoor een lager vermogen nodig is. Tegelijk is het ook duidelijk dat mogelijk niet alle aangenomen broncapaciteit beschikbaar zal komen omdat ook andere delen van de regio daar een beroep op zullen willen doen. Zo is al rekening gehouden met een deel van de transportcapaciteit van WLQ+ voor Ypenburg en zal een deel van de huidige broncapaciteit geothermie mogelijk worden ingezet in Noordwijk en de Duin- en Bollenstreek. Daartegenover staat dat het potentieel aan geothermische warmte groter is dan de 2x20MWth van de huidige bronnen.



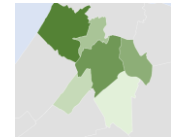
### Conclusies.

Uit deze resultaten zijn de volgende conclusies getrokken:

- De investeringen van het distributienet in de wijken bedragen ca. 85% van de totale infrastructuur kosten. Die kosten in de wijken zijn voor alle scenario's gelijk. Afwegingen op regionaal niveau hebben dus alleen invloed op de overige ca 15% van de benodigde investeringen;







Over de inzet van het geothermie potentieel uit het gebied rond Noordwijk wordt overleg gevoerd met het consortium Rijnland Warmte, PZH, EZK en de betrokken gemeenten. Veel hangt hier af van de manier waarop bovengemeentelijke infrastructuur financieel wordt ondersteund vanuit het Rijk. Bovengemeentelijke transportinfrastructuur maakt geen deel uit van de investeringsregeling voor distributienetten (WIS). Naar verwachting zal bij het indienen van de Wet Collectieve Warmte aan de Tweede Kamer meer duidelijkheid ontstaan over de financiering van regionale transportnetten.

### 3.2 Governance

De Wet Collectieve Warmtevoorziening (WCW) moet de basis vormen voor de regulering van de markt voor collectieve warmte in de toekomst. De ontwikkeling ervan is ernstig vertraagd, onder meer door de keuze van de minister om te streven naar een publiek meerderheidsaandeel op de warmte infrastructuur. De concrete invulling daarvan is op dit moment onduidelijk, verwachting is dat de WCW in juni gereed is voor de wetgevingstoets en na het reces aan de Kamer zal worden aangeboden. Tot de WCW van kracht wordt in 2024 valt het realiseren van warmtenetten onder de huidige warmtewet. Omdat private partijen veel risico zien in de huidige ontwikkeling is het op dit moment in Nederland vrijwel onmogelijk om hen te betrekken bij de realisatie van nieuwe warmtenetten.

### 3.3 Warmtevraag

De realisatie van de warmtevraag in de gebouwde omgeving ontstaat door per wijk of kavel afspraken te maken met warmteleveranciers. Het maken van die afspraken is een verantwoordelijkheid die in Nederland bij de gemeenten is belegd. In de WLR is die taak ook expliciet belegd bij de individuele gemeenten. De snelheid daarvan verschilt per gemeente, maar duidelijk is wel dat dit, net als in de rest van Nederland, een langdurig participatieproces is. Voor kleinere gemeenten kan dat een relatief grote opgave blijken te zijn. Bezien moet worden of dat tot de gewenste realisatiesnelheid en duidelijkheid voor inwoners en bedrijven leidt.

### 3.4 Financiering

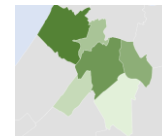
Inmiddels is de investeringsregeling voor distributienetten (WIS) open gesteld. Die regeling kent een volume van 150 miljoen euro in 2023. Per aansluiting kan maximaal 6.000 euro of 45% van de subsidiabele kosten aan subsidie worden ontvangen tot een maximum van 20 miljoen euro per project. De regeling is specifiek bedoeld voor nieuwe warmtenetten die direct warmte leveren aan kleinverbruikers (< 100 kW) en blokverwarming. Doelgroep voor de regeling zijn ontwikkelaars en leveranciers van warmte aan kleinverbruikers.

### 3.5 Communicatie en bestuurlijk overleg.

In het Bestuurlijk Overleg is in het eerste kwartaal vooral gesproken over de duiding van de resultaten van het uitgevoerde werk in 2023 en de vervolgstappen die daaruit voortvloeien. Overeengekomen is dat die gedeelde zullen gaan worden met de verzamelde gemeenteraden zodat een gedeelde kennisbasis ontstaat op grond waarvan verdere besluiten kunnen worden genomen. Dat overleg met de verzamelde Raden staat gepland voor 23 Mei 2023.

## 4 Conclusie

De samenwerking in het kader van WLR staat voor een nieuwe fase. De huidige samenwerking laat zien dat het inzetten op regionale warmtebronnen niet alleen wenselijk maar ook voordelig is voor de betrokken gemeenten. Op basis van dat inzicht is het zaak om nadere afspraken te maken over de manier waarop die inzet verder kan worden gerealiseerd en op welke manier verdere samenwerking daarop nodig en mogelijk is. Dat zal de komende maanden in een bestuurlijk besluitvormingsproces vorm krijgen.



## 5 Financieel overzicht

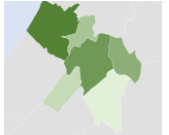
In het eerste kwartaal van 2023 zijn de meeste lopende adviesopdrachten afgerond en grotendeels gefactureerd. De inzet in dit kwartaal was vooral gericht op de interpretatie van de adviezen en studies en de vertaling ervan naar de programma invulling voor de komende tijd.

Die invulling zal vooral moeten leiden tot concrete afspraken met investerende partijen binnen een nog te ontwikkelen kader voor de publieke governance op (regionaal)transport en levering van collectieve warmte.

	Totaal begroot	Realisatie 2021	Realisatie 2022	Realisatie 2023 - Q1	Beschikbaar	Planning 2023
Werkstroom 1. Programmatische inspanningen zoals onderzoek, ontwerp & doorrekening open regionaal energiesysteem	600.000	54.758	384.206	63.464	97.573	211.536
Werkstroom 2. Versterken van initiatieven, bevorderen ontwikkelingen en voorbereiden op uitvoering (excl. cofinanciering)	450.000	21.903	9.364	-	418.733	150.000
Werkstroom 3. Omgevingsmanagement, innovatie en markt	350.000	21.903	8.836	-	319.261	80.000
Werkstroom 4. Organisatie en samenwerking	600.000	10.952	230.014	51.950	307.084	303.050
<b>Totaal</b>	<b>2.000.000</b>	<b>109.515</b>	<b>632.420</b>	<b>115.414</b>	<b>1.142.651</b>	<b>744.586</b>

Note voor de werkgroep:

Er ligt nog geen besluit voor over de voortzetting van het programma. Ik ben daarom wat voorzichtig met vooruitlopen daarop in deze rapportage, i.c. de planning. Er zijn op dit moment drie vacatures in ontwikkeling en ik verwacht dat we op zowel governance als op technisch / economische vraagstukken (financiering transport, businesscase modellen, koppeling HT/MT, inzet alternatieve energiedragers etc) nog wel een en ander uit te zoeken hebben. Dit ism de RES HR organisatie.



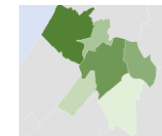
## 6 Resultaten WLR 2022

Onderstaand overzicht geeft beknopt weer welke resultaten in 2022 door WLR zijn gerealiseerd.

### 6.1 Werkstroom 1.: Regionaal energiesysteem.

Deze werkstroom bevat activiteiten die inzicht bieden in de samenstelling van een duurzaam energiesysteem voor de Regio Leiden. De focus daarin is gericht op het concretiseren van een Open Regionaal Energiesysteem (ORES).

Werkstroom (PvA)	Activiteit	Resultaat
<b>WS1:Energiesysteem</b>		
<b>ORES ontwerpscenario's</b>	Concreet ontwerpen van varianten van een ORES gericht op een maatschappelijk meest wenselijk alternatief om grootschalige duurzame bronnen te kunnen inzetten in de regio.	Zes scenario's voor de inzet van grote regionale warmtebronnen tonen het belang van een regionale oplossing. Alles lokaal is qua kosten en impact op het elektriciteitsnet niet haalbaar. De verschillende uitvoeringsvarianten van een ORES onderscheiden zich niet fundamenteel, wat ruimte biedt voor lokale invulling. Wel blijken de aansluitkosten per cluster van wijken sterk te verschillen. Nadere specificatie daarvan en de doorwerking in de tarieven zal moeten blijken uit concrete aanbiedingen voor warmtelevering daar. Een vorm van verevening zal dan mogelijk wenselijk zijn.
<b>WLR routekaart</b>	Het opstellen van een Routekaart voor de warmtetransitie in de regio die richting geeft aan de stappen die daarvoor nodig zijn.	De Routekaart geeft concrete aanwijzingen voor de kortere termijn. Belangrijke conclusies daarin zijn dat meer aandacht nodig is van de gemeenten voor het ontwikkelen van de warmtevraag in wijken / kavels. De realisatie van grootschalige warmte en de ruimtelijke inpassing ervan vergen een grotere slagkracht en besluitvaardigheid van de betrokken gemeenten om de besluitvorming van private partijen bij te benen. Verder adviseert de routekaart op basis van de beschikbare transitievisies om de warmtetransitie in de regio te bezien in drie grotere 'clusters' met elk hun eigen karakteristieken om daarmee de realisatiesnelheid te vergroten.
<b>Monitoring klimaatbijdrage</b>	De inzet van warmte oplossingen beoordelen op aandeel emissiereductie	Het effect van de inzet van collectieve warmte in de verschillende ORES scenario's is onderdeel van de ontwerpogave. Inherent onderdeel van collectieve warmte is het vereffenen van dagelijkse gang en seizoensfluctuaties in de warmtevraag met piek en backup installaties. Traditioneel zijn dat aardgasgestookte installaties met een beperkt aantal draaiuren, met name in de koude perioden. In de ontwerpogave is het effect van grootschalige opslag op de emissies meegenomen.

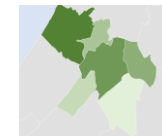


Aanbeveling om een nadere analyse van de inzet gasketels voor piek en backup alsnog te doen.

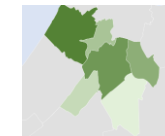
## 6.2 Werkstroom 2: uitvoering warmtetransitie

Deze werkstroom bevat de activiteiten die op regionaal niveau nodig zijn voor het realiseren van de warmtetransitie in de regio. Daarin wordt vooral aandacht besteed aan het ontwikkelen van vraag en aanbod van duurzame warmte in de regio.

Werkstroom (PvA)	Activiteit	Resultaat
<b>WS2: Warmtetransitie</b>		
<b>Monitoring wijkuitvoeringsplannen</b>	Inventariseren en volgen van de voortgang van de realisatie van collectieve warmtedistributie in de daarvoor aangewezen wijken in de regio.	Er is een monitoring systeem beschikbaar voor alle betrokkenen. De eerste ronde inventarisatie bij gemeenten laat zien dat voor het overgrote deel van de wijken in de regio nog geen grote stappen zijn gezet van transitievisie naar feitelijke uitvoering. Omdat ervaring leert dat die stap veel (doorloop)tijd en aandacht vergt van gemeenten is dat een aandachtspunt. Temeer omdat er met de realisatie van WLQ+ en twee geothermie putten wel op relatief korte termijn een aanbod van warmte daarvoor beschikbaar is. Aanbeveling is om de aanpak van collectieve warmte in de wijken tot een gezamenlijke verantwoordelijkheid te maken en naar meer samenwerking in de uitvoering te werken.
<b>Tracé ontwikkeling WLQ+</b>	Afspraken vastleggen over concrete uitvoering tracé WLQ+	De ruimtelijke inpassing van WLQ+ is onderdeel van een provinciaal inpassingsplan. Definitieve uitkomst daarvan wordt eind 2023 verwacht. Vanuit WLQ+ is aangedrongen op een uitvoering die het mogelijk maakt de gehele regio te kunnen bedienen. Daardoor zijn regionaal minder wenselijke uitvoeringsvormen vervallen, en zijn afspraken gemaakt over het opnemen van vaste 'aftappunten' in het ontwerp.
<b>Aanlanding WLQ+</b>	Afspraken over invulling en beheer aanlandingslocatie locatie A44/N206	WLR heeft gefaciliteerd in de afspraken over de invulling en governance van het aanlandingspunt WLQ+ in Leiden West. Dat heeft er toe geleid dat de gehele aanlandingslocatie onderdeel is geworden van het provinciale inpassingsproces. Verder zijn werkafspraken gemaakt met het Bioscience Park over de vormgeving



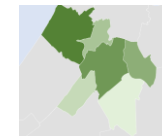
		<p>van de locatie zodat het past in de vormgeving van het BSP. Wat nog rest is een besluit van de gemeenten Leiden en Oegstgeest over het eigendom van de locatie als het vrijvalt van Rijkswaterstaat. Ruimtelijk inpassen van de aansluiting van de locatie naar het bestaande net van Vattenfall in Leiden is verantwoordelijkheid van de gemeente en valt buiten scope WLR.</p>
<b>Impact warmtetransitie op functioneren gemeenten</b>	Verbinden van opgaven in de gemeenten	<p>De warmtetransitie raakt aan meerdere dossiers. Vanuit WLR is verbinding gelegd met ruimtelijke opgaven via ateliers West en expertgroep ruimte (stedelijke ontwikkeling en planologie). Warmte opgaven zijn nu onderdeel van opgave 'Westflank'. Aanbeveling om de lokale warmte opgave in de gemeenten sterker te verbinden met stedelijke ontwikkeling.</p>
<b>Bronnen ontwikkeling</b>	Inzicht verwerven in beschikbare bronnen regio en overleg met eigenaren over realisatie	<p>WLQ+ beschikbaar vanaf 2027, nog niet alle transportcapaciteit verkocht. Moet in voorzien zijn per 2027 om WLQ+ renderend te maken. WLQ+ levert transportcapaciteit van maximaal 104 MWth. In principe is dat voldoende voor ca 30% van de huidige warmtevraag. Ook bronzijdig is niet al dat vermogen al beschikbaar, voor slechts 40 MW levering in Rotterdam geregeld. Geothermie bestaat vooralsnog uit twee bronnen van 20 MW elk. Eigenaar is consortium Shell/D4 ism Firan als infra beheerder. Voor de realisatie is SDE++ subsidie gevraagd, besluit daarover valt begin 2023 beslissing. Streven is te starten met vier grote private afnemers. Richting WLR nog onzeker. Op initiatief van Noordwijk is een consultatie gestart voor een publieke infrabeheerder voor een warmtenet voor Noordwijk en regio Leiden.</p>
<b>Bijeenkomst voortgang</b>	Informereren betrokkenen over de voortgang WLR.	<p>Naast kwartaalrapportages regulier overleg met gedelegeerd opdrachtgevers en portefeuillehouders. Voorlopige resultaten gepresenteerd aan de raden in december.</p>
<b>Innovatie</b>	Opstellen overzicht innovaties warmtenetten	<p>Op verzoek van WLR heeft TNO een overzicht opgesteld van de actuele innovaties op het gebied van warmtenetten, zowel technisch als organisatorisch. Dit betreft publiek gefinancierde innovaties. Voor zover betrekking op regionale warmtenetten is een belangrijk deel daarvan zoals het WarmingUp ontwerp model en de inzet van regionale emissievrije buffercapaciteit meegenomen in WLR.</p>



### 6.3 Werkstroom 3: Partnerstrategie

Het realiseren van een warmtetransitie vergt samenwerking met alle partners op regionaal niveau. In deze werkstroom wordt aandacht besteed aan het ontwikkelen en versterken van die samenwerking in de regio en met omliggende gemeenten.

Werkstroom (PvA)	Activiteit	Resultaat
<b>WS3: Partnerstrategie</b>		
<b>Woningbouwcorporaties</b>	Betrekken van corporaties bij WLR en inventarisatie van warmteplannen als kiem voor kavel aanpak	Regulier overleg met corporaties via betrokkenheid klankbordgroep. Verduurzamingsplannen van alle corporaties in kaart gebracht. Conclusie dat corporaties wachten op duidelijkheid plannen gemeenten. Aanbeveling om gesprekken tussen gemeenten en corporaties te intensiveren.
<b>Energie coöperaties</b>	Betrekken van coöperatieve projecten bij realisatie regionale warmte.	Rijnland Energie bereid om coöperaties / lokale projecten te vertegenwoordigen in de regio. Plan voor inhoudelijke ondersteuning van lokale projecten opgesteld. Hierin is ook de afstemming / synergie met grootschalige warmte opgenomen. Aanbeveling om deze ondersteuning op te nemen in voortzetting WLR.
<b>Brede samenwerking partners</b>	Vormen van brede coalitie van partners en belangenpartijen bij de uitwerking van regionale verduurzaming warmte.	Positieve samenwerking in de klankbordgroep bij ontwerp ORES. Aanbeveling om deze betrokkenheid voort te zetten in adviesrol WLR
<b>Samenwerking Duin- en Bollenstreek</b>	Verbinding leggen met Duin – en Bollenstreek	Afstemming beperkt gelukt. Bestuurlijk overleg gevoerd. Geen vervolg aan gegeven. Actie Noordwijk opgestart om consultatie op te zetten voor regionaal infrabeheer, regio Leiden op afstand betrokken
<b>Verbinding regionaal en lokaal ontwikkelen</b>	Inzicht in lokaal potentieel	In samenwerking met Rijnland Energie mogelijkheden lokaal geïnventariseerd. Technisch potentieel is er voldoende, vooral op basis van aquathermie. Praktische en economische realiseerbaarheid veelal nog onduidelijk. Enkele concrete initiatieven in beeld.
<b>Innovatie</b>	Inzicht verkrijgen in nieuwe ontwikkelingen op het gebied van warmtevoorziening	Inventarisatie van innovaties op collectieve warmte opgesteld. Focus op publiek gefinancierde innovaties waarover is of wordt gepubliceerd. Veel aandacht daarin voor innovaties op niveau woning. Voor collectieve warmte zijn actuele innovaties



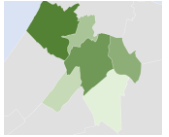
		goed bekend en ook ingezet zoals WarmingUp ontwerptool en inzet van hoge temperatuur opslag.
<b>Marktconsultatie</b>	Regulier overleg met marktpartijen, zowel actief in de regio als daarbuiten.	Er is op dit moment geen concreet uitzicht op concrete realisatie. Belangstelling voor regionale infra hangt mede af van duidelijkheid over warmtevraag wijken. Als gevolg van WCW ligt ontwikkeling nieuwe infra stil tot duidelijkheid over invulling publiek aandeel. Op initiatief van Noordwijk is een inventarisatie in ontwikkeling voor belangstelling realisatie infrastructuur geothermie Duin- en Bollenstreek. WLR is daarbij betrokken. Uitkomst nog niet bekend. Leiden overweegt een consultatie voor een warmtenet in Leiden Zuidwest. Uitvoering in overeenstemming met de regionaal wenselijke configuratie(s).
<b>Communicatie</b>	Informeren	Bijgedragen aan informatie over belang WLQ+ in de aanloop naar besluitvorming. Over regionale aanpak geen communicatie ondernomen wegens gebrek aan concrete informatie. Aanbeveling is dat nu wel te doen nu de resultaten bekend zijn. Afspraak over toelichting aan coöperaties in voorbereiding.

#### 6.4 Werkstroom 4: organisatie

Deze werkstroom richt zich op de organisatie en werkwijze van het programma Warmte Leidse Regio, inclusief de samenwerking met en tussen de gemeenten in de regio Leiden.

Werkstroom (PvA)	Activiteit	Resultaat
<b>WS4: organisatie</b>		
<b>Samenwerkingsovereenkomst</b>	Verlenging tot juli 2023 voorbereid	Verlenging verleend
<b>Programmateam</b>	Werving teamleden	Begin 2022 vacatures uitgezet met teleurstellend resultaat. Vanwege complexiteit vervolgens ingezet op nieuwe ondersteuning door Balance in vervolg op raamovereenkomst met OverMorgen. Onzekerheid over vervolg samenwerking geen goede basis voor werven van deskundige medewerkers. Bezien of achtervang vanuit betrokken gemeenten wel voldoende basis voor werving oplevert.

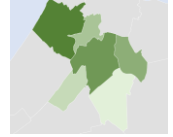




**Evaluatie en continuering WLR**

Externe onafhankelijke evaluatie formuleren en uitzetten op basis waarvan voorstel kan worden ontwikkeld voor eventueel vervolg.

De evaluatie is uitgezet in combinatie met RES Rotterdam – Den Haag. In deze RES spelen vergelijkbare vraagstukken wat synergie oplevert in de evaluatie. Uitkomst evaluatie gereed in februari 2023.



## 7 Productoverzicht

In de programmaperiode zijn de volgende fysieke producten opgeleverd:

1. Routekaart Warmte Leidse Regio – Over Morgen
2. Inventarisatie innovaties Warmtenetten – TNO
3. Uitkomsten ORES analyse – presentatie WLR ism Greenvis / Fakton
4. Monitoring tool ontwikkeling warmtevraag – Balance

In afronding:

1. Overzicht uitgangspunten ORES analyse – Greenvis/Fakton
2. Afrondende rapportage ORES - WLR
3. Notitie financiering warmtenetten – Balance
4. Rapportage Lokale Initiatieven – Rijnland Energie
5. Externe evaluatie WLR – Brandligt / van Gastel

An aerial photograph of a coastal town. In the foreground, a large white church with a prominent steeple is surrounded by residential buildings. A road with a crosswalk runs through the center. To the right, a sandy beach meets the ocean under a clear sky. The background shows a wide expanse of dunes and more buildings.

# Open Regionaal Energiesysteem ORES

Rapportage

**GREENVIS** **FAKTON**   
ONDERDEEL VAN DE WARMETRANSITIEMAKERS ENERGY

Datum 08/02/2022

**GREENVIS**  
ONDERDEEL VAN DE WARMETRANSITIEMAKERS

# Open Regionaal Energiesysteem ORES Rapportage

## Colofon

Oprachtgever: Samenwerkende Leidse gemeenten: Leiden, Katwijk, Oestgeest, Zoeterwoude, Leiderdorp en Voorschoten.

Contactpersoon: Eppe Luken



Oprachtnemers: Greenvis, Fakton Energy

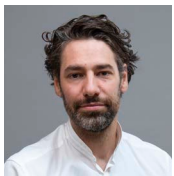


Auteurs: Thijs de Booij, John Boon en Saskia Dane (Greenvis)  
Roy Hendriks (Fakton)

Ontwerp: Kevin van Norden, Benjamin van der Burg

Datum: 02/03/2023

## Contactgegevens



**Thijs de Booij**  
Projectleider en contactpersoon

e-mail: [thijs.de.booij@dwtm.nl](mailto:thijs.de.booij@dwtm.nl)



# Samenvatting

Deze studie vergelijkt een open regionaal energiesysteem (ORES) voor collectieve warmtevoorziening in de Leidse regio met ontwikkeling van lokale collectieve warmtesystemen. In het ORES worden geothermie, aquathermie en restwarmte uit het Rotterdams havengebied (WLQ+) aangesloten op een transportnet dat alle clusters uit de regio bedient. Vijf verschillende varianten van het ORES (scenario's 1 t/m 5) zijn vergeleken met het referentiescenario (scenario 0). Het referentiescenario gaat uit van lokale collectieve warmtesystemen met buurtwarmtepompen als bron.

Alle ORES-scenario's zijn significant gunstiger als we kijken naar de cumulatieve kosten over 30 jaar, gemiddeld 13%. Investerings in het ORES zijn hoger dan het referentiescenario, maar er wordt veel minder elektriciteit en gas ingekocht. De reden is dat er volop gebruik wordt gemaakt van hoge temperatuur warmtebronnen. Het ORES zorgt bovendien voor een lagere CO<sub>2</sub>-emissie dan het referentiescenario, gemiddeld 56%. Tot slot zorgt het ORES voor een lagere impact op het elektriciteitsnet, wat de uitbreidingsopgave voor Liander kleiner maakt.

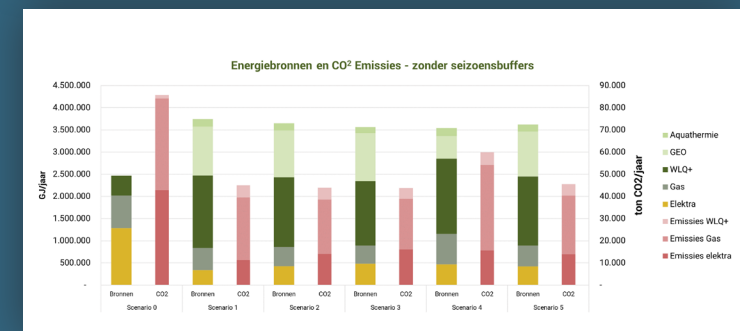
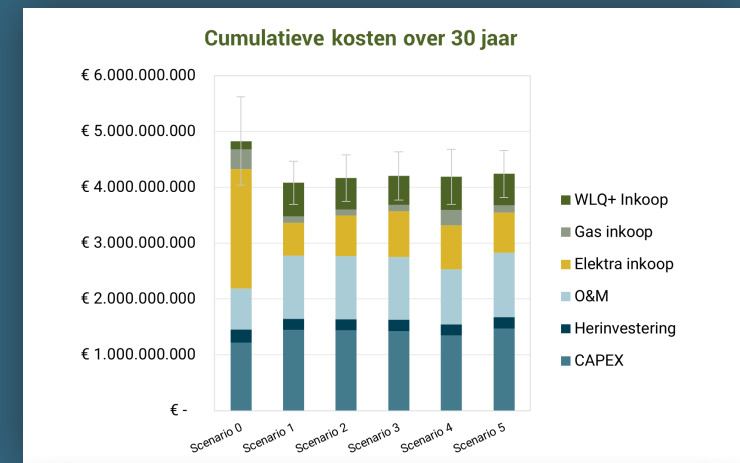
Investerings en operationele kosten voor de verschillende clusters lopen sterk uiteen.

Voor een groot deel wordt dit verklaard door de kosten voor lokale distributienetten, die zijn in elk scenario gelijk. Per cluster treden ook verschillen op tussen de scenario's. Dit wordt bepaald door de verschillende ontwerpen van het transportnet en de daaraan gekoppelde transporttarieven en brongebruik per cluster. Een drietal ontwerpkeuzes voor het regionaal ORES zijn logisch en zorgen voor lokaal de meest gunstige kosten:

1. Een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters
2. Een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West
3. Een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp

**Concluderend:** het ORES is gunstiger in termen van kosten en duurzaamheid in vergelijking met lokale warmtenetten gevoed door buurtwarmtepompen. Hiervoor zijn verschillende ontwerpen mogelijk. Ontwerpkeuzes 1) 2) en 3) zorgen voor lokaal gunstig effecten.

**Advies:** momenteel ontwikkelen partijen al lokale warmtesystemen, zonder een regionaal systeem als eindbeeld. Wij adviseren samenwerkende gemeenten om de komende tijd een **governance-** en **tariefstructuur** en **groei-strategie** voor het ORES op te zetten. Om vervolgens binnen deze kaders het aanbod te concretiseren en stapsgewijs, per (deel)cluster warmtesystemen te ontwikkelen met het ORES als eindbeeld.



# Inhoudsopgave

## Inleiding: waarom dit onderzoek?

Context	5
Vraagstelling	5
<b>Analyse van bestaande situatie</b>	
Hoeveel warmte is er nodig?	6
Verbruik en vermogen	6
Welke bronnen zijn beschikbaar?	6
WLQ+	6
Geothermie	6
Aquathermie (Uniper)	6
Energiecentrale Leiden (Uniper)	7
Bestaande warmtenet	7

## 2. Systeemontwerp ORES

Principes	
Componenten en uitgangspunten	9
<b>3. Vergelijking van scenario's foto's</b>	<b>10</b>
Ontwerp	
Modelleren	15
Begroting	15
Duurzaamheid	15
Buisnisscase	15

## 4. Resultaten

Cumulatieve kosten op regionaal niveau	19
Resultaten Onrendabele Top per warmtevraagcluster	20
<b>5. Ontwerpkeuzes transportnet</b>	<b>25</b>
<b>6. Duurzaamheid</b>	<b>27</b>
<b>7. Elektriciteitsbelasting en praktische impact</b>	<b>28</b>
<b>8. Conclusies en advies</b>	<b>29</b>





# Waarom dit onderzoek?

## Context

Nederland is in 2050 aardgasvrij. Voor de gebouwde omgeving is daarom een alternatieve warmtevoorziening nodig voor aardgas. Gemeenten hebben de regie om deze alternatieve warmtevoorziening tot stand te laten komen. Gemeenten uit de Leidsche regio leggen in de Regionale Energiestrategie (RES), de gemeentelijke Transitievisies Warmte en Wijkuitvoeringsplannen vast hoe zij dit willen doen.

Vanuit de Transitievisies Warmte zijn een aantal wijken aangewezen die geschikt zijn voor collectieve warmtelevering middels een warmtenet. Met een warmtenet kunnen beschikbare warmtebronnen in een groot gebied ingezet worden.

In het gebied zijn meerdere bronnen die mogelijk ingezet kunnen worden voor warmtelevering aan deze wijken, namelijk geothermiebronnen en aquathermie. Daarnaast is het mogelijk dat restwarmte uit het Rotterdams havengebied beschikbaar komt voor de regio, via de Warmtelinq+(WLQ+)-leiding.

Momenteel is er al een warmtenet in Leiden van warmtebedrijf Vattenfall. Dit warmtenet draait op restwarmte van een elektriciteitscentrale (Uniper). In de toekomst wil Vattenfall ook gebruikmaken van warmtelevering via de WLQ+-leiding.

## Vraagstelling

De Leidsche gemeenten onderzoeken samen hoe zij beschikbare bronnen het beste kunnen inzetten in de verschillende gemeenten. In het bijzonder willen zij weten of een regionaal energiesysteem een geschikt middel is om deze bronnen te ontsluiten. In dit regionale energiesysteem worden meerdere bronnen op één warmtenet aangesloten. Dit warmtenet zorgt voor verwarming van meerdere buurten in de regio. De naam van dit systeem is **Open Regionaal Energie Systeem (ORES)**. Het alternatief is de ontwikkeling van lokale warmtenetten.

### Hoofdvraag:

Is ORES een betere warmtevoorziening ten opzichte van zelfstandige, lokale ontwikkeling van warmtenetten?

### Deelvragen:

- Hoe zou dit regionale netwerk er uit moeten zien?
- Levert dit een kostenvoordeel op ten opzichte van zelfstandige, lokale warmtenetten?
- Is dit systeem duurzamer dan lokale, zelfstandige systemen?

# 1. Analyse van bestaande situatie

## Hoeveel warmte is er nodig?

De warmtevraag in de gebouwde omgeving bestaat uit ruimteverwarming en tapwater. De warmtevraag in de verschillende gebieden wordt benaderd op basis van het aantal, type, de grootte en bouwjaar van de gebouwen. Door gebouwen te isoleren, is er minder warmte voor ruimteverwarming benodigd. Ook is de vereiste afgiftetemperatuur in het gebouw dan lager. Dit is de temperatuur van het warme water in de radiatoren.

### Isolatie

Voor deze studie is ervan uitgegaan dat minimaal de slechtste gebouwen (gebouwen met labels E, F en G) worden geïsoleerd naar label D. Hierdoor daalt de warmtevraag en zijn gebouwen geschikt voor een afgiftetemperatuur van 70 graden. Investerings hiervoor zijn niet meegenomen in deze studie. Deze worden beschouwd als autonome ontwikkeling op basis van de nationale programma's en afspraken voor isolatie.

### Verbruik en vermogen

*Verbruik en vermogen* zijn twee centrale begrippen die in deze studie vaak gebruikt worden.

**Verbruik** is de totale hoeveelheid energie die benodigd is voor een bepaalde periode. In deze studie hebben we het over Gigajoules (GJ) en Petajoules (PJ).

**Vermogen** is de totale hoeveelheid energie die op één moment nodig is. In deze studie hebben wij het over Megawatt (MW). De vermogensvraag van een gebied bepaalt hoe groot het vermogen van de warmtebronnen moet zijn om voldoende warmte te kunnen leveren. Ook bepaalt het de dimensionering van warmteleidingen die nodig zijn. *Het piekvermogen* is hierin maatgevend: dit is de maximale hoeveelheid benodigde warmte op een bepaald moment van een jaar. Met vermogensvraag bedoelen wij in deze studie altijd het piekvermogen.

Omdat niet alle gebouwen in een gebied gelijktijdig warmte verbruiken, is de vermogensvraag van een gebied lager dan de optelling van de vermogensvraag van elk individueel gebouw. Dit wordt aangeduid met de term gelijktijdigheid.

## Welke bronnen zijn beschikbaar?

In de regio zijn verschillende grootschalige bronnen beschikbaar voor warmtelevering. Van sommige bronnen is de toepasbaarheid al zeker, voor andere minder.

### WLQ+ Bron

Het netwerk WLQ+ transporteert restwarmte uit het Rotterdamse havengebied naar de regio. De warmte voor WarmtelinQ bestaat voornamelijk uit restwarmte van industrieën in de Rotterdamse haven. Het gaat om warmte die vrijkomt bij industriële processen en nu ongebruikt wordt geloosd en warmte uit de afvalverbranding. Er is circa **84 MW** beschikbaar voor de Leidsche regio met een temperatuur van **120 graden**.

### Zekerheid

De leveringszekerheid van deze bron is groot. Een deel van het vermogen is reeds gecontracteerd bij warmteleverancier Vattenfall in Leiden.

### Duurzaamheid

Door gebruik te maken van deze warmte, wordt CO<sub>2</sub> uitgespaard die nu in cv-ketels wordt uitgestoten. Daarom wordt restwarmte in het klimaatakkoord gezien als duurzaam. De restwarmte is nu nog afkomstig van fossiele brandstoffen. Maar in het klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt met de industrie. Die moet verder verduurzamen. Daarmee wordt de restwarmte ook duurzamer.

Bij het gebruik van restwarmte als warmtebron wordt als uitgangspunt genomen dat alle energie (elektriciteit) die

nodig is om de restwarmte uit te koppelen en de warmte te leveren aan de eindgebruiker aan de restwarmte wordt toegeschreven.

Wij gaan in deze studie uit van de standaardwaarde voor de uitkoppeling van restwarmte is 0.1 GJe/GJth (COP waarde van 10) op basis van de NTA8800. Op termijn kunnen er ook andere duurzame bronnen worden aangesloten op het WLQ+ net, bijvoorbeeld geothermie.

### Geothermie Bron

Met een geothermiebron wordt warmte uit de aarde benut. Er kan energie worden gewonnen door gebruik te maken van diep in de aarde gelegen warmtereservoirs.

### Zekerheid Locatie Noorwijk (Aardwarmte Rijnland)

Shell en D4 werken in consortium "Aardwarmte Rijnland" momenteel samen om een geothermiebron te ontwikkelen op Locatie Noordwijk. De verwachte beschikbare capaciteit vanuit proefboringen is **40MW**, op een temperatuur van 69 graden. Het is onzeker hoeveel van deze warmte beschikbaar gesteld kan worden voor het ORES: de bron zal ook een tuinbouwcluster bedienen en mogelijk delen van Noordwijk. De beschikbare warmte wordt opgewaardeerd met warmtepompen, de aanvoertemperatuur van het net is 85 graden.

### Zekerheid Geothermie Voorschoten (2 locaties)

Het onderzoek naar de bron in Voorschoten is in een vroeger stadium. Voor twee locaties is door Energiebeheer Nederland de potentie van de geothermische energie bepaald. De gezamenlijke verwachte potentie voor deze bronnen is **20 MW**. De verwachte temperatuur van deze bronnen is 58 graden. De beoogde locaties hiervoor zijn rond Voorschoten. De aanvoertemperatuur van het net is hier 75 graden.



### **Duurzaamheid**

Een geothermiebron maakt hoofdzakelijk gebruik van aanwezige warmte uit de aarde en is daarom zeer duurzaam. Voor gebruik van deze bron is een klein aandeel elektriciteit nodig: pompenergie en energie voor opwaarding van de temperatuur door warmtepompen. Omdat elektriciteit (nog) niet volledig duurzaam wordt opgewekt heeft de bron wel enige uitstoot. De temperatuur van de bronnen loopt uiteen. Er wordt gerekend met een COP van 20,9 en 14,9 voor het opwaarderen van respectievelijk 69 graden naar 85 graden op locatie Noordwijk en 58 graden naar 75 graden voor de locatie Voorschoten.

#### Aquathermie (Uniper)

##### **Bron**

De bron benut warmte uit de Marensingel, nabij de huidige centrale van Uniper. De warmte afkomstig uit de Rijn wordt opgewaardeerd met warmtepompen tot maximaal 95 graden, zodat het ingevoed kan worden op het warmtenet van Vattenfall.

### **Duurzaamheid**

Deze bron maakt gebruik van aanwezige warmte uit water en is daarom duurzaam. Voor gebruik van deze bron is wel een aandeel elektriciteit nodig: pompenergie en energie voor opwaarding van de temperatuur door warmtepompen. Omdat elektriciteit (nog) niet volledig duurzaam wordt opgewekt heeft de bron wel uitstoot. Uniper kan dit systeem realiseren met een COP van 3,0.

#### Energiecentrale Leiden (Uniper))

##### **Bron**

In de energiecentrale in Leiden wordt elektriciteit en warmte opgewekt met aardgas. Dit heet een warmtekrachtkoppeling.

### **Zekerheid**

Deze bron is operationeel voor het Vattenfall warmtenet. In het klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt om elektriciteitsopwekking in Nederland te verduurzamen en fossiele brandstoffen uit te faseren. Op de lange termijn wordt deze bron dus uitgefaseerd. Zo lang deze bron nog operationeel is, kan de restwarmte gebruikt worden. In deze studie gaan we er vanuit dat deze bron als piek en back-up installatie dient voor de huidige Vattenfall clusters.

### **Duurzaamheid**

Restwarmte uit deze energiecentrale komt vrij wanneer energie wordt opgewekt. Door gebruik te maken van deze warmte, wordt CO<sub>2</sub> uitgespaard die nu in cv-ketels wordt uitgestoten. De restwarmte is wel afkomstig van fossiele brandstoffen. Uniper verkent de mogelijkheden om in de toekomst CO<sub>2</sub> vrije warmte en elektriciteit te leveren. Dit is niet opgenomen in deze studie.

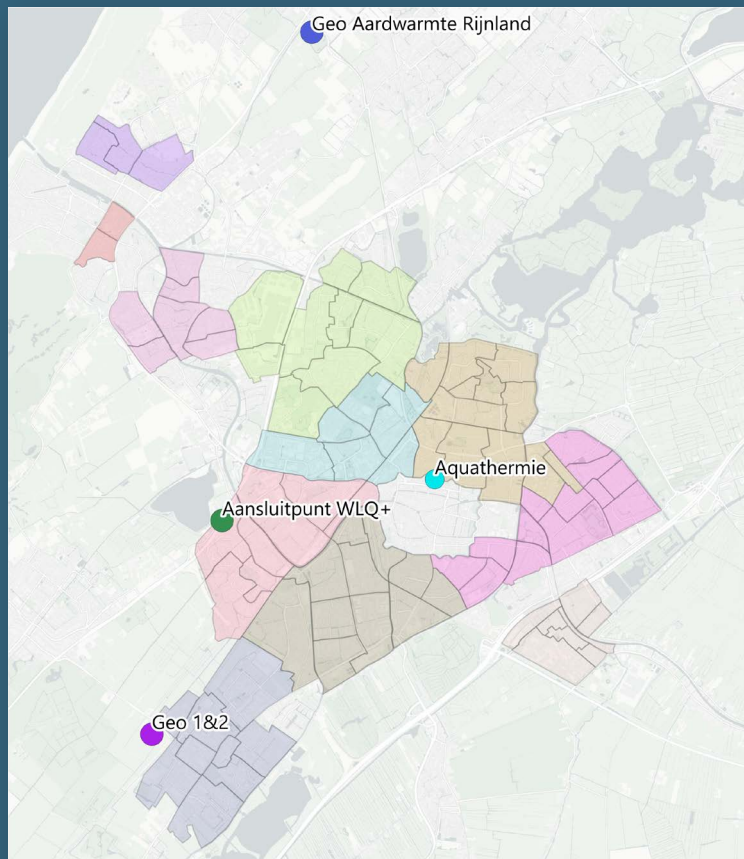
#### Bestaande warmtenet

In Leiden ligt momenteel een warmtenet van Vattenfall. Dit warmtenet kan worden uitgebreid om meer woningen van warmte te voorzien. Vattenfall gebruikt momenteel warmte van de Energiecentrale en zal in de toekomst ook een aansluiting op het WLQ+-netwerk krijgen.

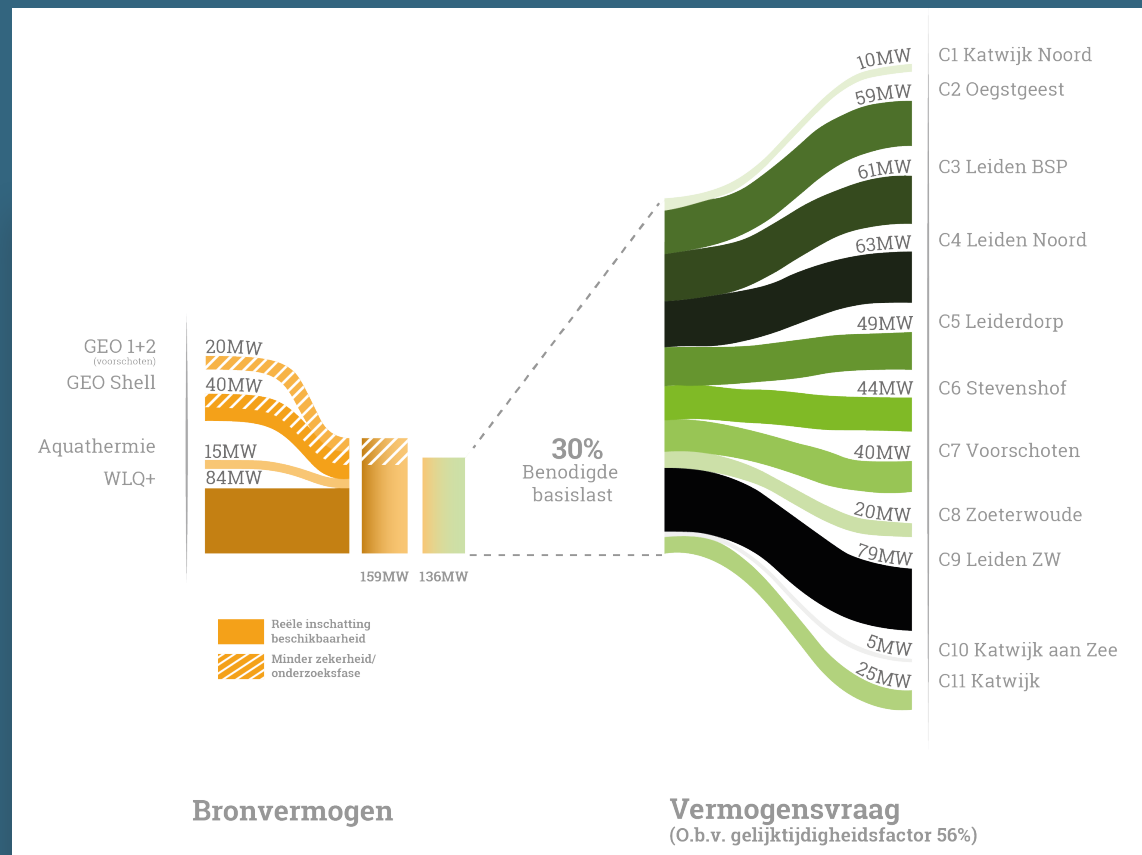
### **Hoe gaan we om met dit bestaande warmtenet in deze studie?**

Het bestaande warmtenet zal gehandhaafd blijven en warmte blijven leveren aan huidig aangesloten gebieden. De *uitbreidings- en ontwikkelplannen* zijn nog niet zeker, dit onderzoek en besluit van gemeenten rond het regionale net hebben hier ook invloed op. Vattenfall is in dit onderzoek betrokken en geraadpleegd.

In deze studie is het uitgangspunt dat het bestaande warmtenet gehandhaafd blijft en uitgebreid wordt in verschillende wijken in Leiden. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de bestaande hoofdtransportleiding. De technische haalbaarheid van uitbreiding binnen de huidige transportcapaciteit dient verder te worden onderzocht door Vattenfall.



Figuur 1: ORES Warmtebronnen



Figuur 2: Bronvermogen en warmtevraag vanuit clusters

## 2. Systeemontwerp ORES

### Principes

In het systeemontwerp ORES zijn de volgende principes gehanteerd:

- Het systeem is een open energiesysteem en schakelt flexibel tussen verschillende bronnen die op het net zijn aangesloten.
- Het systeem optimaliseert in de benutting van grootschalige bronnen, door altijd eerst duurzame bronnen in te zetten.
- Zoveel mogelijk van de aangewezen wijken worden aangesloten op dit systeem. Wanneer dit niet mogelijk is wordt een lokale buurtwarmtepomp ingezet met luchtwarmte als bron.

### Componenten en uitgangspunten

#### Hoofdtracés of transportleidingen

Alle bronnen en de 11 clusters zijn verbonden met elkaar via het hoofdtracé. Hiervoor zijn verschillende ontwerpen uitgewerkt die de verschillende scenario's vormen. De 11 hoofdclusters zijn daarnaast weer onderverdeeld in sub-clusters van maximaal 3 MW gelijktijdig piekvermogen. Per cluster zal een onderstation geplaatst worden. Clusternamen zijn gelijk aan wijknamen, maar volgen niet altijd deze geografische grenzen.

#### Secundaire warmtenetten of wijkwarmtenetten

Vanuit de onderstations in de clusters worden alle panden aangesloten via een secundair warmtenet. Hierdoor kunnen alle woningen van warmte worden voorzien. Dit tracé loopt t/m de voordeur en gaat uit van een aanvoer- en retourleiding in het midden van de straat.

#### Hoge temperatuur buffers

Er is een groot verschil tussen de warmtevraag in de zomer en winterperiode. Om het overschot aan warmte in de zomerperiode op te slaan en in de winter te gebruiken zijn seizoensbuffers toegevoegd. Deze HT-ATES-systemen (Hoge Temperatuur Aquifer Thermal Energy

Storage) slaan warmte op in de grond. De seizoensbuffers zorgen in de koude maanden voor het grootste deel van de piekvoorziening.

#### Dag/nacht buffers

In ieder cluster staan dag/nacht buffers opgesteld. Deze vangen de dagelijkse pieken op.

#### Pieketetels

Naast de piekvoorziening die de seizoensbuffers voorzien, zijn in ieder cluster pieketetels (gas) opgesteld. Het opgestelde vermogen is gemiddeld 60% tot 70% van het gelijktijdige piekvermogen. Afhankelijk van het scenario en cluster voorzien deze 5% tot 20% van de totale warmtevraag.

#### Buurtwarmtepompen op luchtwarmte

In sommige clusters en scenario's staan buurtwarmtepompen opgesteld. Deze wekken de warmte op via luchtwarmte en voeden dit direct aan een gescheiden net van de rest van het ORES.

#### Temperatuurregimes:

Het ORES heeft verschillende temperatuurregimes op de transportnetten. Deze worden bepaald door de bronnen. De temperaturen zijn niet het hele jaar hetzelfde maar er wordt gerekend met een zogenoemde "stooklijn": in de warme periodes hanteert het systeem een lagere temperatuur.

- De temperatuur in transportleidingen vanuit geothermiebronnen is 75 graden.
- De temperatuur in de WLQ+-leiding en hoofdleiding van Vattenfall is maximaal 120 graden.
- Afsplitsingen vanuit WLQ+ die clusters direct voorzien hebben een temperatuur van maximaal 95 graden.

Het secundaire warmtenet heeft in alle wijken

een aanvoertemperatuur van 70 graden en een retourtemperatuur van 40 graden.

#### Flexibele inzet bronnen

Het systeem optimaliseert tussen verschillende bronnen, buffers en piekvoorzieningen. Per scenario en cluster zal de inzet van bronnen dus verschillen. De volgende principes worden in deze optimalisatie gehanteerd:

- Een beschikbare duurzame bron krijgt altijd voorrang boven een pieketetel op aardgas.
- WLQ+-leiding kan via een warmtewisselaar in voeden op de tracés met lagere temperatuur.
- Tracés met lagere temperatuur kunnen niet in voeden op tracés met hogere temperatuur.
- HTO buffers worden het hele jaar door geladen op momenten waarin er overcapaciteit is. Deze buffers worden ontladen op momenten van piekvraag.

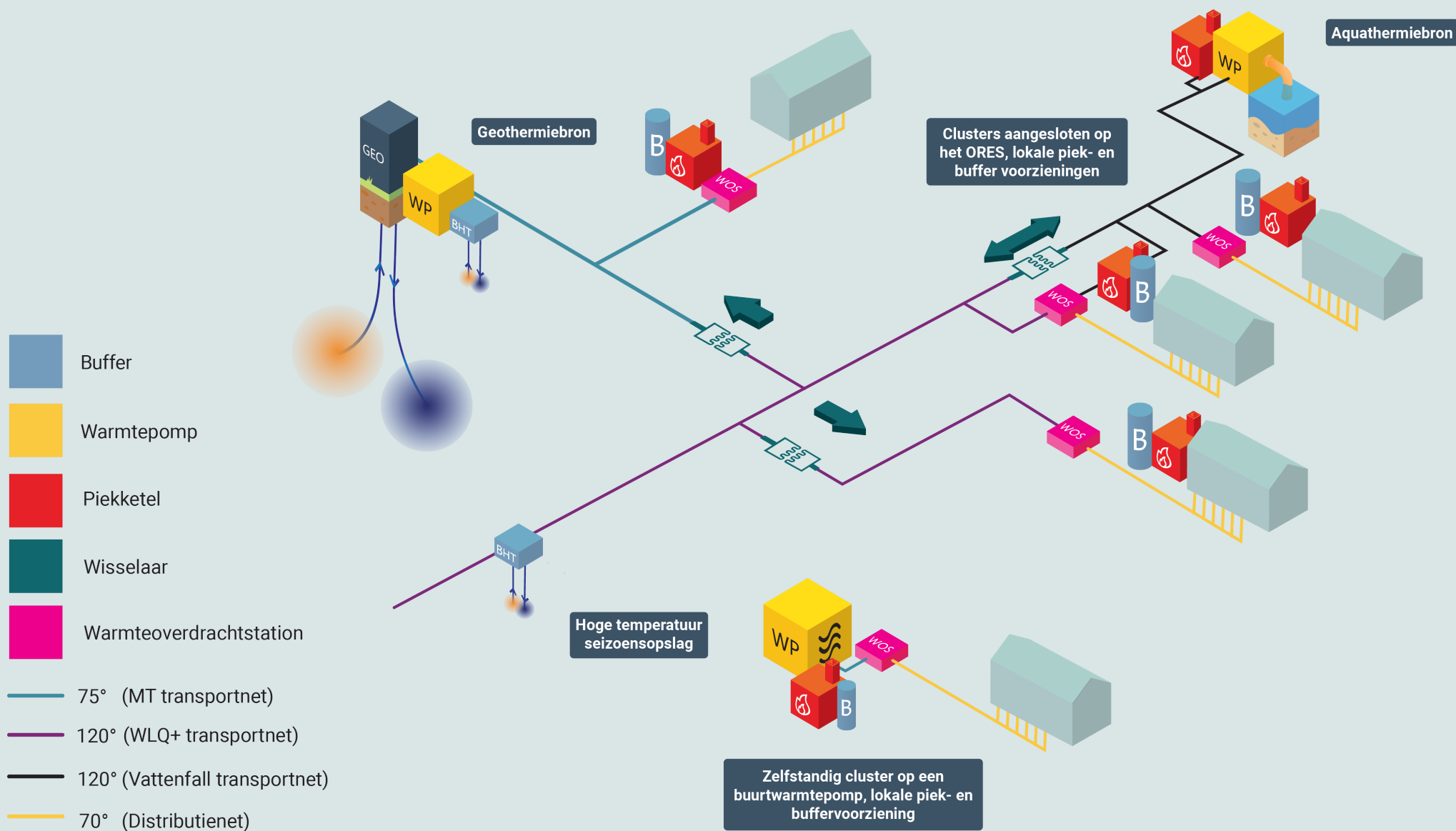
#### Dimensionering in verschillende scenario's

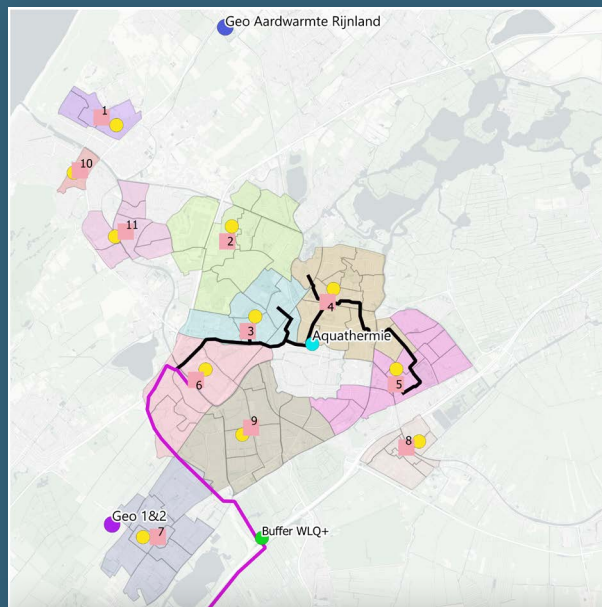
In verschillende scenario's wordt het ontwerp telkens geoptimaliseerd op de volgende wijze:

- Daar waar onvoldoende capaciteit van bronnen is vanuit het regionale systeem, worden buurtwarmtepompen voor basislast ingezet.
- Grootte (en kosten) van geothermiebron wordt geoptimaliseerd naar gelang het benodigd ingezette vermogen, waarbij het maximum de opgegeven vermogens zijn.
- Grootte van seizoensbuffers is niet geoptimaliseerd, de grootte hiervan is indicatief en wijzigt niet per scenario.

# Systemschets ORES

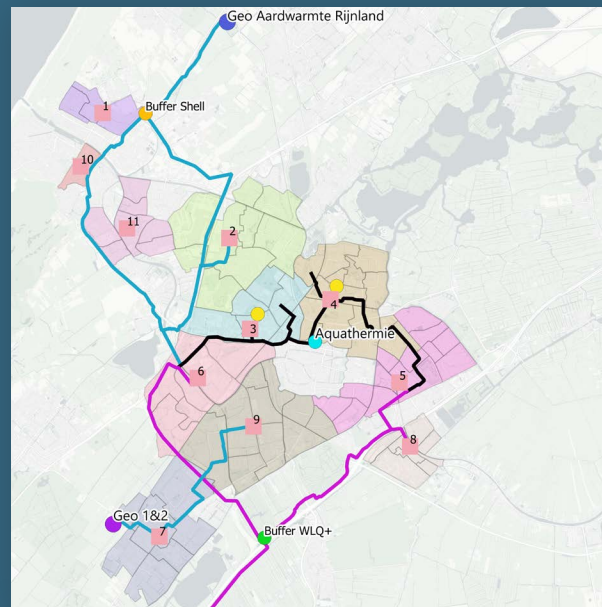
Verschillende type clusters en bronnen binnen het ORES





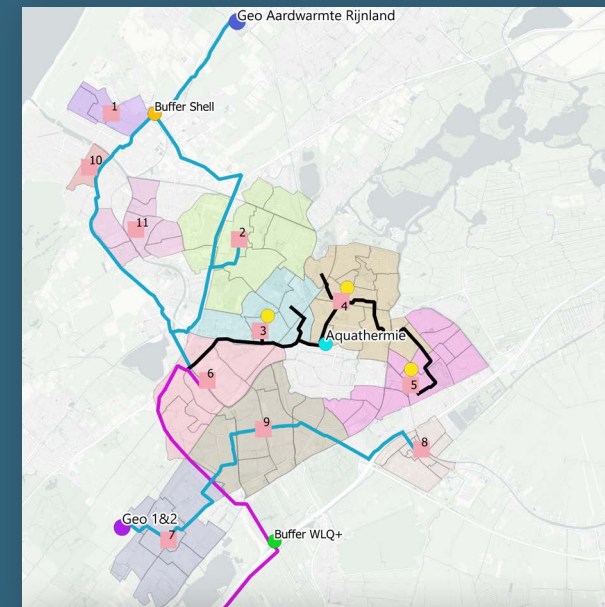
### Scenario 0 (basisscenario, geen ORES)

In dit scenario wordt voor elk gebied een zelfstandig warmtenet aangelegd. Deze warmtenetten hebben elk een lokale bron: een collectieve lucht-water warmtepomp. Er wordt géén gebruikgemaakt van aanwezige geothermiebronnen. Het bestaande warmtenet Vattenfall blijft gehandhaafd, hierop wordt WLQ+ als nieuwe bron aangesloten.



### Scenario 1 - één systeem

In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken. Geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West en Voorschoten. WLQ+ bron voedt in op beide netten en verzorgt in deze gebieden ook een deel van de warmtevoorziening. Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall. Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (cluster 3 en 4). Zoeterwoude wordt direct op de WLQ+ aangesloten.



### Scenario 2 - één systeem

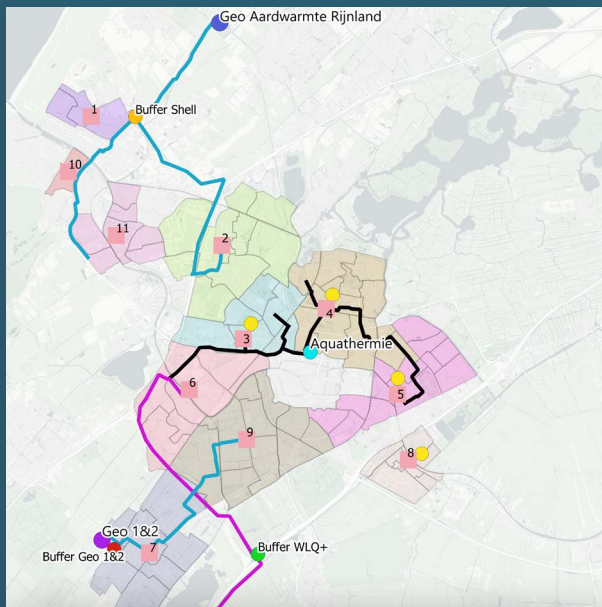
In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken en de geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West, Voorschoten en Zoeterwoude. WLQ+ voedt in op beide netten en verzorgt in deze gebieden ook een deel van de warmtevoorziening. Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall. Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3 en 4).

### Legenda

Transportnet MT-net	
Transportnet Vattenfall	
Transportnet WLQ+	
Warmteoverdrachtsation	
Warmtepomp	

### Toelichting bij kaarten en scenario's:

- Scenario's zijn niet bedoeld als varianten van een toekomstig ORES, maar gekozen om verschillende effecten van ontwerpkeuzes te toetsen.
- Locaties van objecten en routing van tracés zijn conceptueel en niet ruimtelijk of vastgelegd en zijn nog géén voorstellen van betrokken partijen zelf (Vattenfall, WLQ+ en Aardwarmte Rijnland)



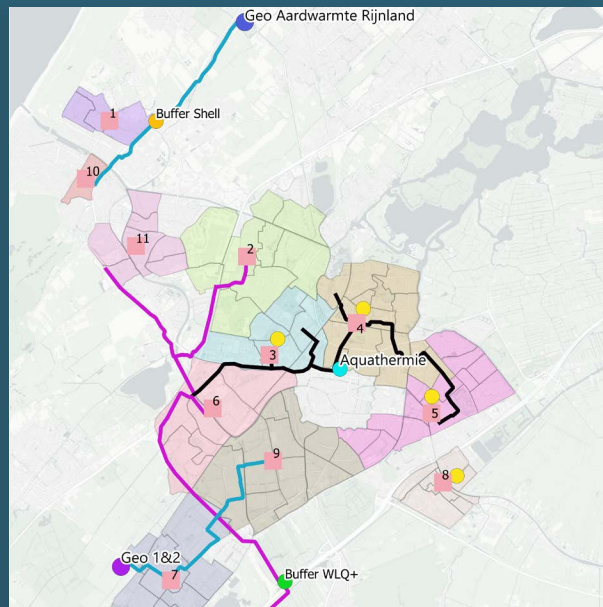
### Scenario 3 – twee gescheiden systemen

In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken. De geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West en Voorschoten.

De WLQ+-bron verzorgt in Voorschoten, Leiden Zuid-West ook een deel van de warmtevoorziening (maar niet in het noordelijke geothermiegebied).

Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall.

Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3, 4, 5 en Zoeterwoude).



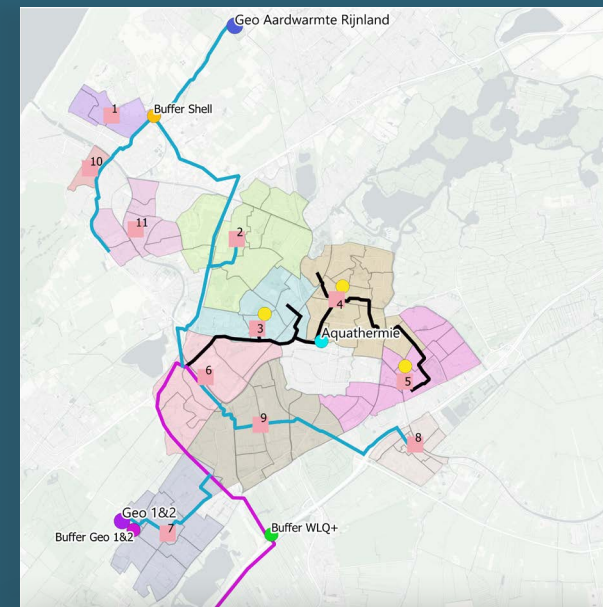
### Scenario 4 – twee gescheiden systemen

In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in twee noordelijke wijken. De geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West en Voorschoten.

De WLQ+-bron verzorgt de warmtevoorziening in Oestgeest en Katwijk en een deel van Voorschoten, Leiden Zuid-West. (maar niet in het noordelijke geothermiegebied).

Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall.

Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3, 4, 5 en Zoeterwoude).



### Scenario 5 - één systeem

In dit scenario wordt de geothermie bron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken, Leiden Zuid-West en Zoeterwoude. De geothermiebron in Voorschoten bedient alleen Voorschoten. De WLQ+-bron ondersteunt de warmtevoorziening in beide geothermiegebieden. Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall. Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3, 4 en 5).

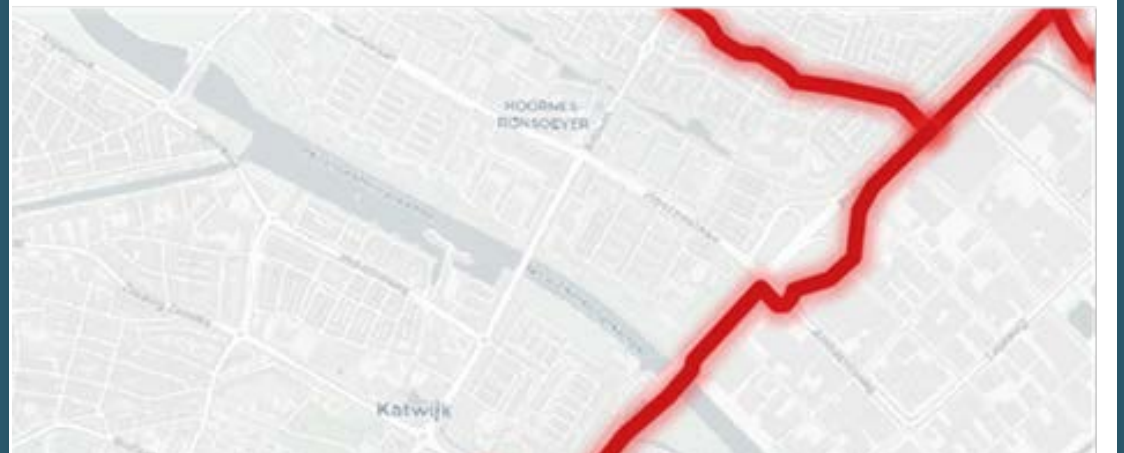
#### Legenda

- Transportnet MT-net —
- Transportnet Vattenfall —
- Transportnet WLQ+ —
- Warmteoverdrachtsation ■
- Warmtepomp ●

### Distributienetten

Voor de verschillende clusters zijn distributienetten ontworpen. In het systeem vormen deze secundaire netten veruit de grootste investeringspost. De lengte van het tracé en daarmee de kosten worden berekend op basis van de adresdichtheid van de wijk. Staan woningen ver uit elkaar: dan is er veel leidingwerk nodig en zijn de kosten hoger. Andersom is het zo dat wanneer panden dicht bij elkaar staan, er minder leidingwerk nodig is en de kosten van het distributienet lager worden.

De afbeelding op deze pagina toont een deel van het ontwerp van het distributienet in Katwijk.



Distributienet: hoofdleiding (onder) en seceundair net (boven)



Aanleg van een transportnet



Afleverset in woning



Uitkoppelpunt aquathermie



Collectieve lucht-water warmtepomp



Bovenstation geothermie put 10-30MW



## 3. Vergelijking van scenario's

**Om de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken in termen van kosten en duurzaamheid worden deze ontwerpen gemodelleerd, begroot en voorzien van businesscases.**

### Ontwerp

Het ontwerp voor de verschillende scenario's is uitgewerkt:

- Tracéontwerp transportleidingen
- Tracéontwerp distributienetten in de wijk
- Locatie van bronnen en buffers

### Modelleren

In een dynamisch model van TNO, de WarmingUP tool, worden de ontwerpen van verschillende scenario's gesimuleerd. De gemiddelde warmtevraag wordt op uurbasis vergeleken met het aanbod van de bronnen. Iedere bron heeft een prioritering gekregen: WLQ+ en geothermie gaan voor de gasgestookte piekopwekkers. Op basis van deze input wordt het systeem per dag doorgerekend zodat er een match ontstaat tussen het warmteaanbod en de warmtevraag. Voor elk scenario volgt hieruit:

- Energiestromen gedurende het jaar
- Vereiste grootte van verschillende bronnen en buffers

### Begroting

Deze resultaten worden vertaald naar investerings- en operationele kosten:

#### Investerings (CAPEX)

- Initiële investeringen in transportleidingen, distributieleidingen en afleversets
- Initiële investeringen in bronnen en buffers

#### Operationele kosten (OPEX)

- Inkoop van energie buiten systeemgrens
- Onderhoud en herinvesteringen in het systeem

### Total cost of ownership

De begroting van zowel de investeringen als operationele kosten worden verdisconteerd opgeteld over 30 jaar. Hierin zitten alle kosten die gemaakt worden om het systeem te bouwen en laten functioneren, de Total cost of ownership (TCO). Deze maatstaf wordt gebruikt om de kosten van de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken

#### Gevoeligheid energieprijzen

De operationele kosten zijn sterk afhankelijk van de energieprijzen. Om deze reden voeren wij ook een gevoeligheidsanalyse uit: we maken inzichtelijk hoe hogere of juist lagere energieprijzen de TCO beïnvloeden.

### Financiële analyse

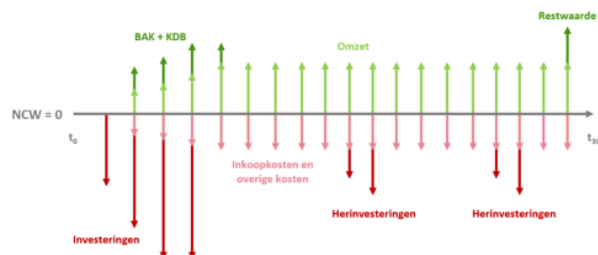
In een verdiepende analyse stelde Fakton Energy integrale businesscases op voor het ORES en de warmtevraagclusters, hiermee:

- Wordt de Netto Contante Waarde van de onderdelen van het systeem en de gevoeligheden hierin geanalyseerd, om tot robuustere inzichten en conclusies over de hoofdvraag te komen.
- Wordt de financiële opgave voor de realisatie van het systeem inzichtelijk en de hoogte van de onrendabele top.
- Worden optimalisaties in de ORES-scenario's bepaald en "no-regret tracékeuzes", door te verdiepen op deelvraagstukken.

#### Hoe werkt de Netto Contante Waardebepaling en waarom maakt dit de resultaten robuuster?

De Netto Contante Waarde (NCW) van een potentiële investering ligt ten grondslag aan alle investeringsbeslissingen van publieke en private warmtebedrijven en speelt als zwaarwegende factor mee voor verstrekkers van financiering. De NCW van een investering is de uitkomst van de rekensom waarbij alle

toekomstige kasstromen met een discontovoet worden gecorrigeerd voor de tijdsontwaarding van geld door deze te vertalen naar de waarde van de investering op het moment van investeren. Dit maakt de waarde van toekomstige kasstromen vergelijkbaar met de waarde van geld nu. Is de uitkomst van de rekensom gelijk aan of groter dan 0, dan is de investering rendabel. Is de uitkomst van de rekensom negatief, dan is de investering niet rendabel en geldt een Onrendabele Top (ORT). Voor warmtenetprojecten is het gebruikelijk om de businesscase 'rond' te rekenen over een periode van 30 jaar, dat wil zeggen: de NCW komt dan uit op exact 0. Een eventueel resterende ORT kan worden opgelost door 1) de businesscase te optimaliseren, 2) het verstrekken van subsidies en/of 3) het in rekening brengen van een eenmalige Bijdrage Aansluitkosten (BAK) aan vastgoedeigenaren. Figuur 4 presenteert de componenten die onderdeel zijn van deze berekening



Figuur 4 : Schematische weergave van de kasstromen die onderdeel zijn van de NCW-berekening van een warmtenetproject.

Het uitvoeren van een NCW-berekening als onderdeel van deze analyse voegt extra robuustheid toe. De methodiek houdt namelijk rekening met tijdseffecten op de businesscase en maakt het hierdoor mogelijk om een zuiverder vergelijk te maken tussen verschillende scenario's dan enkel de Total Cost of Ownership methodiek. Ook geeft deze verdieping een scherper beeld van de potentiële onrendabele top en daarmee de aanvullende maatschappelijke financiële opgave voor het realiseren van een ORES – of alternatief.

### Hoe pasten we de NCW-methodiek toe om de ORES-scenario's te analyseren?

Specifiek voor deze studie ontwikkelde Fakton Energy een rekenmodel om de integrale businesscase van de door Greenvis opgestelde scenario's van het ORES onderling te vergelijken. Onder 'integraal' verstaan we: de businesscase van de hele warmteketen, van bron tot levering. Onder businesscase verstaan we: de NCW-bepaling voor de warmteketen, waarin alle CAPEX, OPEX en inkomsten zijn meegenomen.

De warmteketen in de Leidse regio bestaat uit de

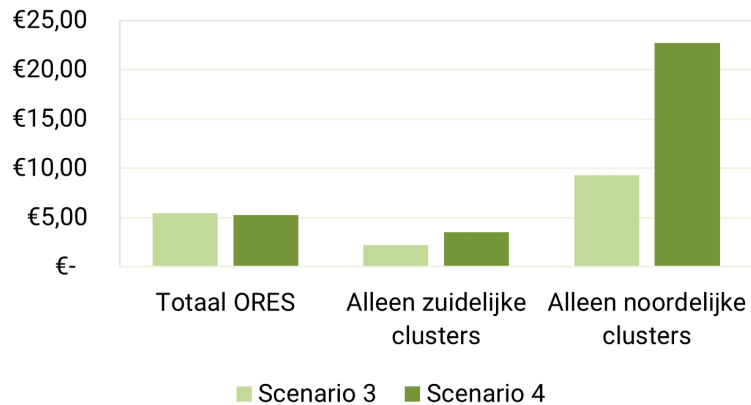
volgende componenten: bronnen, het ORES-systeem (WLQ+, het bestaande primaire net van Vattenfall en een te realiseren regionaal MT-net) en distributienetten per vraagcluster. Deze systeemonderdelen zijn onderling van elkaar afhankelijk. In het rekenmodel maakten we een versimpelde weergave van de werkelijkheid, waarin geen rekening is gehouden met governance/eigendom van verschillende systeemonderdelen. Het bepalen van de Onrendabele Top is als volgt berekend:

- Voor het regionale systeem berekenden we per scenario een **integraal bron- en transporttarief**. Hier namen we alle regionale bronnen, seizoensbuffers en de ORES-transportleidingen in mee. Het regionale systeem levert de opgewekte en ingekochte warmte (bijv. bij WLQ+) aan de warmtevraagclusters, na aftrek van warmteverliezen. Een tijdseffect dat optreedt is de volloop: hoe langer het duurt voordat alle vraagclusters volledig zijn volgelopen, hoe korter de bronnen en het ORES optimaal wordt ingezet en hoe hoger het integrale bron- en transporttarief wordt.
- Per warmtevraagcluster berekenden we per ORES-scenario een separate businesscase voor het lokale distributienet, met de **ORT per woningequivalent per warmtevraagcluster** als sluitpost. De CAPEX en OPEX voor dit lokale distributienet is in ieder scenario vrijwel gelijk: hetzelfde aantal woningen wordt aangesloten op hetzelfde netontwerp, in hetzelfde vollooptempo en tegen dezelfde gemaximeerde verkooptarieven. De variabelen die verschillen zijn scenario-afhankelijk: plaatsen van lokale warmtepompen omdat er géén regionale bron is, extra piekketels omdat er onvoldoende capaciteit is vanuit het ORES of een ander tracé voor de aansluiting op het ORES. De output van het regionale systeem – het integrale bron- en transporttarief geldt op dit niveau als input: de inkoopprijs voor warmte. Bij het referentiescenario

is er geen ORES en wordt alle warmte lokaal per warmtevraagcluster opgewekt – met uitzondering van warmtelevering via het bestaande Vattenfall net.

De **discontovoet** is een percentage waarmee de waarde van toekomstige kasstromen netto contant gemaakt worden. Dit percentage kan gezien worden als de **rendementseis** die gesteld wordt aan een project.

### Impact op transporttarief (€/GJ) van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES



Figuur 5: impact op transporttarief(€/GJ) van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES

#### Input warmtebronnen:

- CAPEX + OPEX bronnen
- CAPEX + OPEX Seizoensbuffers
- Inkoop warmte WLQ+ & Uniper

#### Input ORES transportsysteem:

- CAPEX + OPEX transportnet
- Pompen transportnet

ORES-BuCa

#### Output ORES-BuCa:

- Integraal GJ tarief bron + transport

Cluster-BuCa 1

Cluster-BuCa 2

(...)

#### Input warmtevraagclusters:

- CAPEX + OPEX lokaal distributienet
- CAPEX + OPEX lokaal warmtepompen
- CAPEX + OPEX lokaal piek/back-up
- CAPEX + OPEX lokaal aansluitingen
- Inkoop warmte bij ORES volgens GJ-tarief
- Inkomsten vastrecht en meettarief ACM max
- Inkomsten GJ/-tarief (ACM max -10%)

#### Output warmtevraagclusters:

- Onrendabele top per cluster en/of WEQ

Figuur 6: Schematische weergave van de samenhang tussen de integrale businesscase van het ORES en de integrale businesscases per warmtevraagcluster.

Figuur 5 presenteert de samenhang tussen de businesscases van het ORES en die van de warmtevraagclusters.

**De ORT per warmtevraagcluster is een goede basis voor vergelijking tussen scenario's, het verdiepen op deelvraagstukken en het ontdekken van mogelijkheden voor optimalisaties.**

De gehanteerde rekensystematiek rekt zoals hierboven beschreven de volledige ORT in de warmteketen toe aan de warmtevraagclusters. Bij verder gelijk blijvende uitgangspunten maakt dit een zuiver vergelijking tussen de ORES-scenario's onderling en met het referentiescenario mogelijk. Een hogere/lagere ORT per warmtevraagcluster is immers alleen te verklaren door wijzigende variabelen tussen de scenario's: ofwel door een andere inzet van regionale en/of lokale bronnen, ofwel door andere tracékeuzes voor het ORES. Dit maakte het mogelijk te verdiepen op enkele deelvraagstukken om optimalisaties en no-regret tracékeuzes te verkennen.

## 4. Resultaten

De volgende resultaten worden in dit hoofdstuk behandeld:

- ✓ Cumulatieve kosten op regionaal niveau
- ✓ Onrendabele top op regionaal niveau
- ✓ Onrendabele top per warmtevraagcluster
- ✓ Gevoeligheidsanalyse van onrendabele top op regionaal niveau.
- ✓ Verdieping deelvraagstukken

### Cumulatieve kosten op regionaal niveau

De cumulatieve kosten voor de scenario's met het ORES over dertig jaar zijn significant lager dan het 0-scenario. Onderling verschillen de ORES-scenario's op regionaal niveau beperkt.

Figuur 7 geeft de cumulatieve kosten per scenario weer over dertig jaar. Hierin zijn (her)investeringen en operationele kosten opgenomen die noodzakelijk zijn voor handhaving van het systeem. Het vergelijken van kosten op deze manier laat zien wat de effecten zijn van systeemkeuzes op de totale kosten.

#### Scenario 0:

De totale kosten over dertig jaar zijn in dit scenario het hoogst. Hoewel de investeringen in dit scenario het laagst zijn, weegt dit niet op tegen hogere energiekosten ten opzichte van de andere scenario's. Hoe zit dit precies? In dit scenario worden regionaal bronnen en transportnetten ontwikkeld. Omdat per buurt met lage temperatuur bronnen wordt gewerkt (collectieve lucht-warmtepompen), neemt het elektriciteitsverbruik toe. Dit, en omdat de relatief goedkope WLQ+ maar beperkt wordt ingezet, maakt dat de totale kosten van dit scenario hoger uitvallen dan de ORES scenario's.

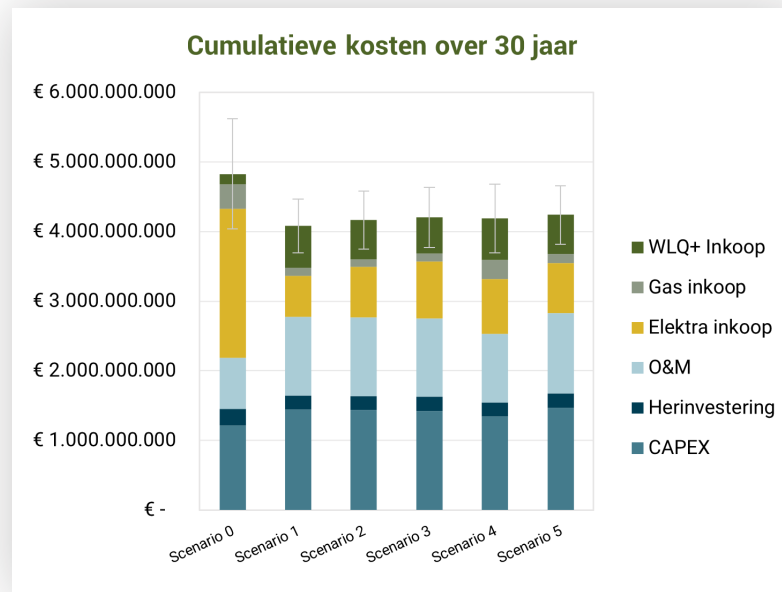
#### Scenario 1-5:

De kosten over dertig jaar voor scenario's 1, 2, 3, 4 en 5 komen elk lager uit dan scenario 0. De investeringen in deze scenario's zijn hoger vanwege de ontwikkeling van regionale bronnen en de aanleg van het transportnet. Het verschil is te verklaren omdat er in deze scenario's volop gebruikgemaakt van regionale geothermiebronnen, WLQ+ en buffers. Dit beperkt de noodzaak voor externe inkoop van elektriciteit aanzienlijk, wat resulteert in lagere cumulatieve kosten. Onderling hebben de scenario's 1 t/m 5 geen significante verschillen op regionaal niveau. Dit komt omdat het grootste deel van investeringen gelijk zijn: warmtebronnen en distributienetten. Een

transportnet is in elk scenario noodzakelijk, de verschillen tussen lengtes en diameters zijn klein.

#### Wat valt op?

- Scenario 0 heeft significant lagere (her)investeringen.
- Scenario 4 kent een relatief hoog gas verbruik: dat komt omdat in dit scenario Aardwarmte Rijnland maar beperkt wordt ingezet.
- Scenario 1 heeft de laagste elektra-inkoop: in dit scenario zijn de minste lucht-warmtepompen ingezet.



Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruik gemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

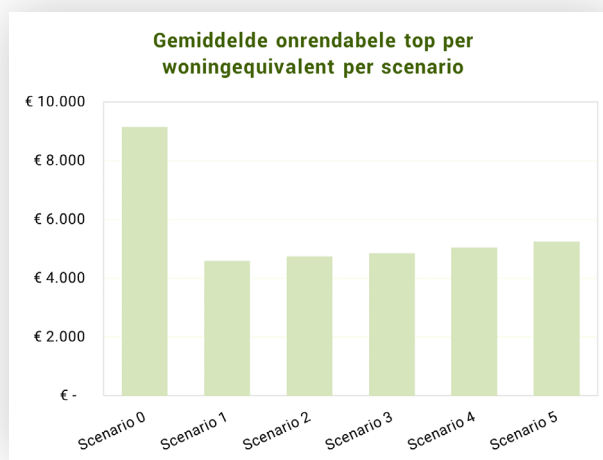
Figuur 7: Cumulatieve kosten over 30 jaar

## Onrendabele top op regionaal niveau

De onrendabele top van ieder ORES-scenario is op regionaal niveau 25%-30% lager dan de onrendabele top van het 0-scenario. Op regionaal niveau zijn de verschillen tussen de ORES-scenario's beperkt. Figuur 8 laat de gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario zien. Voor de ORES-scenario's is deze gemiddeld € 2.000 euro per woningequivalent lager dan in het 0-scenario.

### Hoe is het verschil in onrendabele top verklaarbaar?

- **Overeenkomsten:** Investerings in distributienetten, piek- en back-upvoorzieningen en woningaansluitingen op het niveau van warmtevraagclusters zijn in alle scenario's gelijk. Deze dragen bij aan de hoogte van de onrendabele top.
- **Verschillen:** In de ORES-scenario's is daarnaast het integrale bron- en transporttarief dat is berekend een belangrijke factor die bijdraagt aan de hoogte van de onrendabele top. Dit integrale bron- en transporttarief varieert per ORES-scenario en de hoogte ervan is een indicatie van welk scenario meer of minder optimaal is ingericht. In dit tarief zijn immers alle investeringen en exploitatiekosten van regionale bronnen, het regionale transportnet en seizoensopslag meegenomen.
- **Hoge exploitatielasten in scenario 0:** In scenario 0 is géén sprake van een integraal bron- en transporttarief, omdat er in dit scenario immers geen sprake is van investeringen in een regionaal transportsysteem aanvullend op de WLQ+. De hogere onrendabele top voor scenario 0 is daarom verklaarbaar door de investeringen en hoge exploitatiekosten van alle lokaal gerealiseerde collectieve warmtepompen en piekketels.



Figuur 8: Gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario

## Resultaten onrendabele top per warmtevraagcluster

De resultaten laten grotere verschillen zien – ook tussen de ORES-scenario's – op het niveau van de warmtevraagclusters. Figuur 9 laat per cluster het verschil zien tussen de ORT per WEQ voor Scenario 0 en de gemiddelde ORT per WEQ voor de ORES-scenario's.

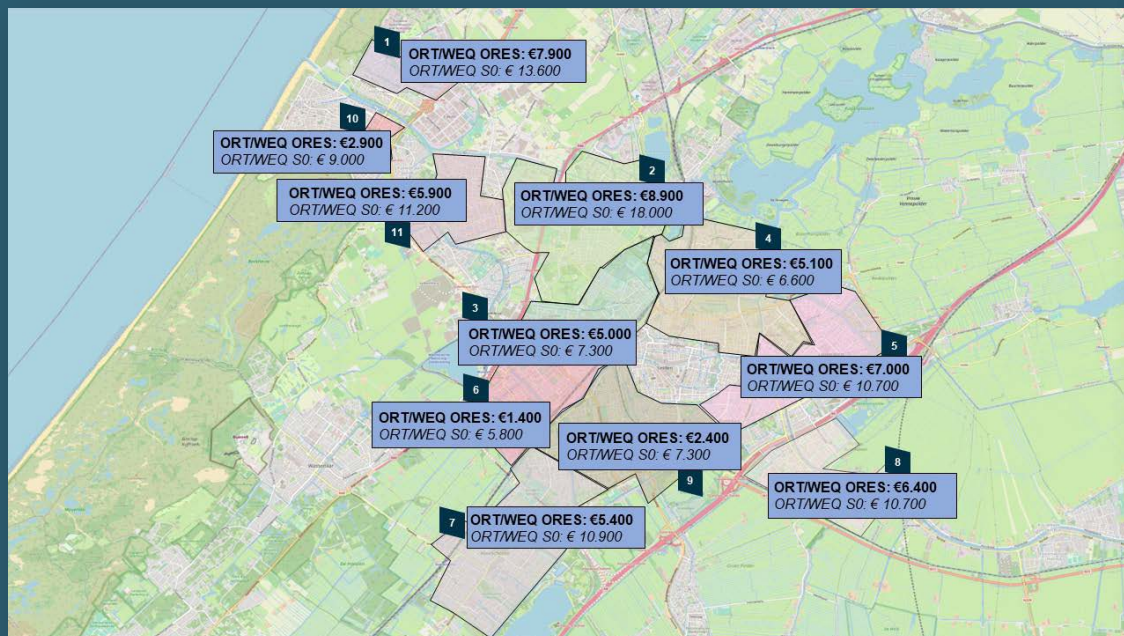
### Wat verklaart de grote verschillen per warmtevraagcluster?-

De verschillen per warmtevraagcluster zijn vooral te verklaren door cluster specifieke eigenschappen, zoals woningtype en -dichtheid, leidinglengte per aansluiting, warmtevraag per woning en hoeveelheid utiliteit. Het integrale bron- en transporttarief dat per scenario wordt berekend, geldt namelijk als inkooptarief voor alle clusters die gebruik maken van warmte uit het ORES. Iedereen betaalt dus dezelfde prijs voor warmte. De uitzonderingen hierop zijn de woningen die nu zijn aangesloten op het warmtenet van Vattenfall.

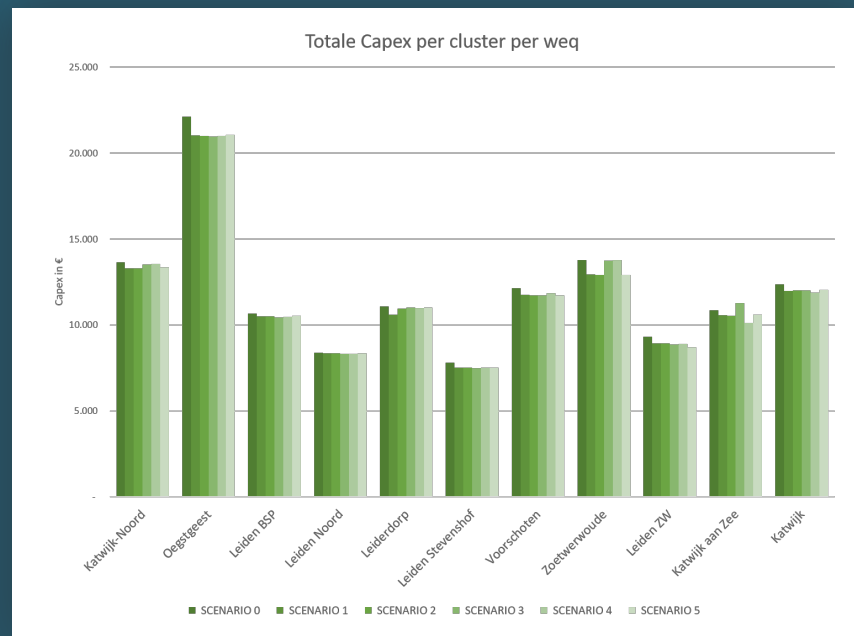
Deze woningen zijn uitgesloten van de businesscase berekening omdat ze al een aansluiting hebben.

### Wat valt op bij enkele specifieke warmtevraagclusters?

- De Leidse clusters hebben een significant lagere ORT per WEQ dan de clusters van andere gemeenten. Dit komt doordat de warmtevraagdichtheid in Leiden significant hoger is dan in de andere clusters. Hierdoor zijn de kosten per aansluiting lager dan gemiddeld. De wijken in Leiden zijn simpelweg geschikter voor een warmtenet. Dit wordt onderstreept door de uitkomst dat ook in scenario 0 – wanneer lokale bronnen ingezet worden – de ORT per WEQ in Leiden het laagst is.
- De ORT per WEQ in Oegstgeest is significant hoger dan in de andere clusters. Ook dit komt door cluster specifieke eigenschappen. Hier geldt juist dat de warmtevraagdichtheid laag is – en daarmee de kosten per aansluiting hoger dan gemiddeld.
- Specifiek in Zoeterwoude (cluster 8) is de ORT per WEQ in scenario 3 en 4 net zo hoog als in scenario 0. Dit is te verklaren doordat er in die scenario's géén ORES verbinding gemaakt wordt met Zoeterwoude, waardoor de warmte lokaal opgewekt moet worden in dit cluster.
- - Scenario 5 is voor een deel van de warmtevraagclusters niet gunstiger dan scenario 0. Dit is te verklaren door hogere investeringskosten in de transportinfrastructuur. Specifiek in Voorschoten (cluster 7) en Katwijk (cluster 11) komt dit mede door het groter dimensioneren van leidingen om ook de piekvraag te kunnen leveren met de regionale bronnen. Het netontwerp is in sommige onderdelen van het systeem dus minder optimaal.



Figuur 9: Onrendabele top per woningequivalent per warmtevraagcluster: vergelijking scenario 0 met de gemiddelde uitkomst van de ORES-scenario's



Totale investeringslasten per WEQ voor de verschillende scenario's en clusters

		ORT/WEQ per cluster					
		Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Katwijk-Noord	Cluster 1	€ 13.600	€ 7.700	€ 7.500	€ 7.900	€ 8.300	€ 8.300
Oegstgeest	Cluster 2	€ 18.000	€ 9.100	€ 8.900	€ 8.200	€ 8.300	€ 10.000
Leiden BSP	Cluster 3	€ 7.300	€ 5.100	€ 5.000	€ 4.800	€ 5.100	€ 5.200
Leiden Noord	Cluster 4	€ 6.600	€ 5.200	€ 5.000	€ 4.900	€ 5.300	€ 5.300
Leiderdorp	Cluster 5	€ 10.700	€ 4.300	€ 7.500	€ 7.500	€ 7.700	€ 8.100
Leiden Stevenshof	Cluster 6	€ 5.800	€ 1.600	€ 1.300	€ 1.100	€ 1.300	€ 1.700
Voorschoten	Cluster 7	€ 10.900	€ 5.400	€ 5.100	€ 4.600	€ 5.100	€ 6.600
Zoetwerwoude	Cluster 8	€ 10.700	€ 3.600	€ 3.300	€ 10.500	€ 10.500	€ 4.100
Leiden ZW	Cluster 9	€ 7.300	€ 2.600	€ 2.500	€ 2.000	€ 2.200	€ 2.500
Katwijk aan Zee	Cluster 10	€ 9.000	€ 2.800	€ 2.700	€ 4.100	€ 1.300	€ 3.400
Katwijk	Cluster 11	€ 11.200	€ 5.900	€ 5.800	€ 5.600	€ 5.400	€ 6.800
Gewogen gemiddelde totaal		€ 9.150	€ 4.600	€ 4.750	€ 4.850	€ 5.050	€ 5.250

Figuur 10: Uitkomsten van de ORT per WEQ per scenario warmtevraagcluster

Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruik gemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen de technische bijlage.

## Gevoeligheidsanalyse

Om de robuustheid van de inzichten te vergroten onderzochten we de volgende drie gevoeligheden: 1) Alternatieve gas- en elektraprijzen 2) De impact van het meenemen van SDE+ subsidie voor de duurzame bronnen en 3) Het wel/niet meenemen van seizoensopslag in het ORES.

### De uitkomsten zijn gevoelig voor fluctuerende energieprijzen

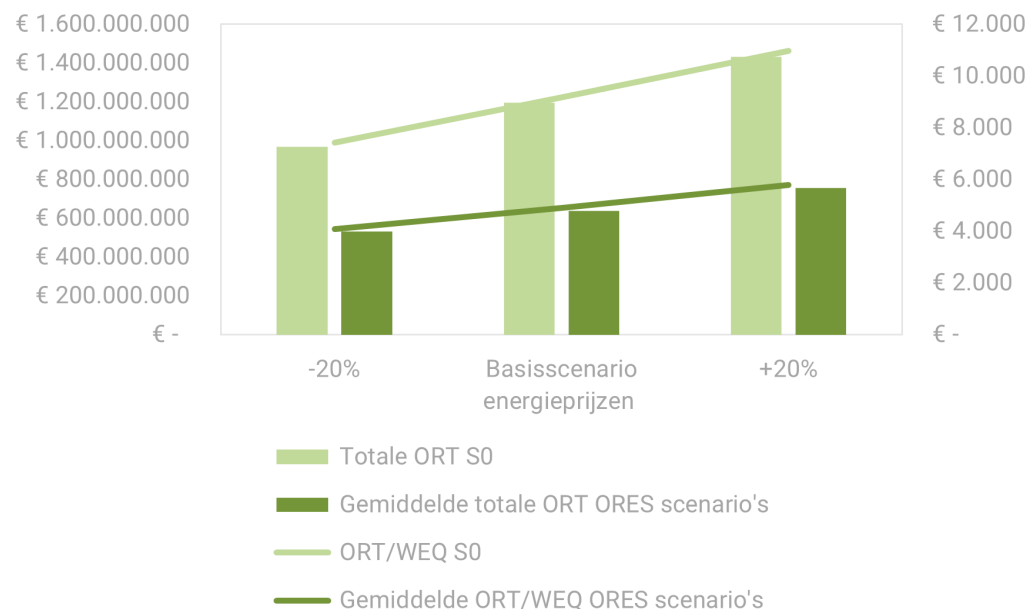
Scenario 0 is gevoeliger voor fluctuerende energieprijzen dan de ORES-scenario's. Hoe hoger de energieprijzen, hoe groter het verschil in de ORT van de ORES-scenario's ten opzichte van scenario 0. We vergeleken twee alternatieve scenario's met het basisscenario:

- 20% lager dan in het basisscenario.
- 20% hoger dan in het basisscenario.

De maximale verkoopprijs voor warmte bleef in deze scenario's gelijk aan het basisscenario, om de alleen de gevoeligheid op inkoopprijs aan te tonen.

De uitkomst van deze analyse is dat scenario 0 gevoeliger is voor fluctuerende energieprijzen dan de ORES-scenario's. Dit is verklaarbaar doordat in dit scenario veel elektriciteit en gas als input gebruikt wordt om de geleverde warmte op te wekken – alle warmte wordt immers lokaal opgewekt met warmtepompen en pieksetels. Dit maakt scenario 0 gevoeliger voor fluctuaties.

## Het referentiescenario S0 is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen dan de ORES-scenario's



Figuur 11: Het referentie scenario S0 is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen dan de ORES-scenario's

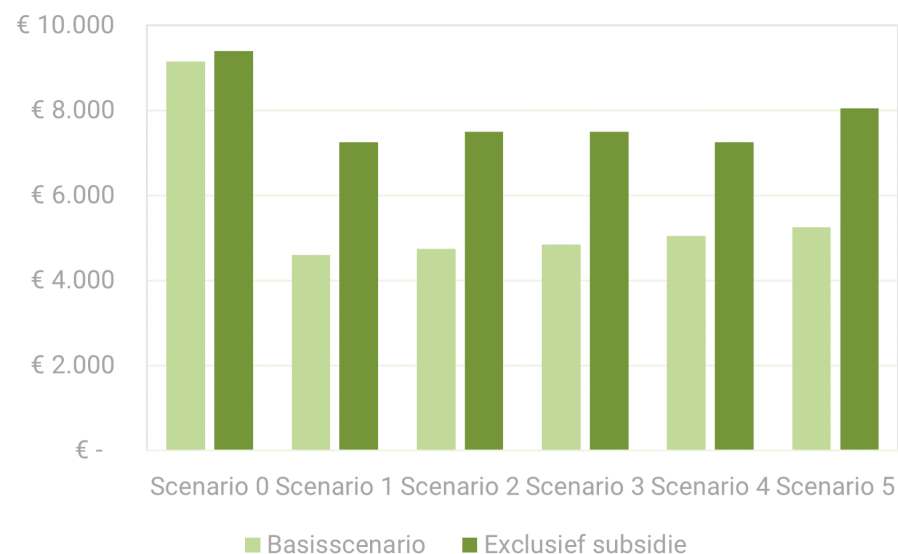
Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruikgemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

### Weglaten subsidie voor regionale bronnen heeft een negatieve impact

In de initiële vergelijking tussen de businesscases van scenario 0 en de ORES-scenario's is een exploitatiesubsidie meegenomen voor de regionale bronnen, vergelijkbaar met de werking van de SDE++ regeling. Hiervoor is gekozen omdat er anders een irreëel verschil zou ontstaan tussen de inkooprij van warmte vanuit WLQ+ - welke een dergelijke subsidie ontvangt - en de regionale bronnen - waarvoor deze subsidie nog onzeker is. De toekomstige insteek van de regeling is onduidelijk door de sterk gestegen energieprijzen. Daarom is gekozen voor een exploitatiesubsidie met een werking die vergelijkbaar is aan de SDE++ regeling. In de technische bijlage zijn de onderliggende uitgangspunten die hieraan ten grondslag liggen nader toegelicht. Deze subsidie geldt niet voor de collectieve warmtepompen in scenario 0, omdat de gehanteerde COP te laag is om in aanmerking te komen voor de subsidie. De regeling heeft dus alleen een positief effect op de ORES-scenario's.

Omdat de invulling en toekenning van een dergelijke subsidie onzeker is, is de impact onderzocht van het weglaten van deze subsidie. Het weglaten van een exploitatiesubsidie verhoogt de ORT van de ORES-scenario's ten opzichte van scenario 0. Het verschil in ORT ten gunste van de ORES-scenario's halveert van € 4.000 euro per WEQ naar € 2.000 euro per WEQ.

### Impact van het weglaten van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ



Figuur 12: Impact van het weglaten van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ

Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruikgemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.



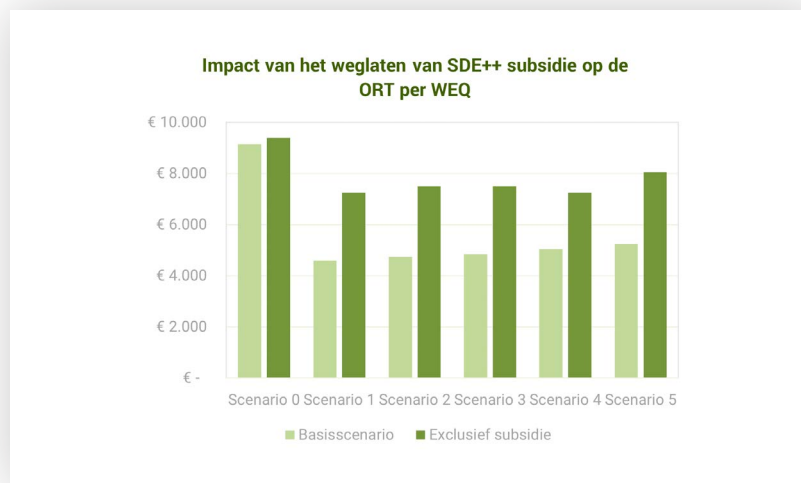
### Een systeem zonder seizoensopslag verlaagt de ORT, maar verhoogt het gasverbruik

Het bepalen van de impact van het weghalen van de seizoensopslag op de businesscase is gedaan door te vergelijken hoeveel exploitatiesubsidie er nodig is met en zonder de seizoensopslag. Dit was de beste manier om dit te vergelijken, omdat het principe van de meegenomen exploitatiesubsidie het integrale brontarief gelijktrekt en de seizoensopslag onderdeel was van dit integrale brontarief. Het verschil in benodigde exploitatiesubsidie geeft daarmee aan welke situatie een hogere ORT kent.

Het weghalen van de seizoensopslag uit de ORES-scenario's verlaagt de benodigde exploitatiesubsidie van de ORES-scenario's significant, met gemiddeld €350 miljoen euro per scenario. In scenario 0 was geen sprake van seizoensopslag, dus hier is geen effect in de businesscase. De seizoensopslag is toegevoegd aan het ORES om het systeem zo duurzaam mogelijk te maken. Seizoensopslag maakt optimale benutting van energiebronnen mogelijk en minimaliseert het gasverbruik voor piekketels. Het vraagt echter ook forse investeringen. Wat valt op:

- In scenario 1 is de verlaging van de benodigde exploitatiesubsidie door het weghalen van de seizoensopslag het grootst. Dit is te verklaren door de robuustheid van het ontworpen systeem: de 'dubbele ring' maakt optimale verdeling van warmte mogelijk, waardoor relatief veel warmte vanuit WLQ+ geleverd kan worden (zowel via oost als west) en relatief weinig additioneel lokaal geplaatste warmtepompen en piekketels nodig zijn.
- In scenario 4 is de verlaging van de ORT door het weghalen van de seizoensopslag het kleinst. De verklaring hiervoor is dat in dit scenario al fors minder opslagcapaciteit was meegenomen, omdat in het noordelijk cluster ook de pieklast volledig is gedekt met geothermie warmte.

- De besparing aan benodigde exploitatiesubsidie per ORES-scenario is gemiddeld €350 miljoen euro. Dit is een factor drie hoger dan de benodigde investeringen om deze seizoensopslag te realiseren. Dit laat zien dat de seizoensopslag een forse onrendabele top kennen. Het weghalen van de seizoensopslag verlaagt dus de ORT van ORES en is daarmee een mogelijke optimalisatie.



Figuur 13: Impact van het weghalen van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ

Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruikgemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

## 5. Ontwerpkeuzes transportnet

**Met de clusterresultaten worden de ontwerpkeuzes van transportleidingen van het ORES-ontwerp getoetst. De volgende vraagstukken zijn hiervoor onderzocht:**

- Is een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters zinvol?
- Is een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West zinvol?
- Is een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp zinvol?

**Een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters is zinvol**

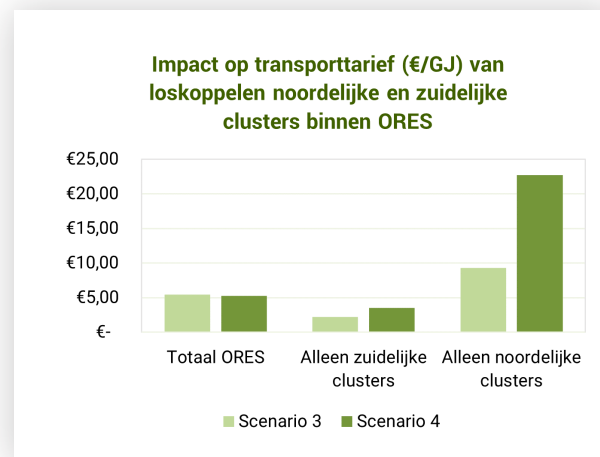
De noordelijke clusters van Katwijk en Oegstgeest liggen geografisch het verst weg van het WLQ+ leidingtracé. De zuidelijke clusters Voorschoten, Leiden, Zoeterwoude en Leiderdorp liggen geografisch juist het verst weg van de potentiële geothermische bronnen in het noorden van de regio. Met de verbinding tussen bronnen worden de afzetgebieden van deze bronnen in potentie groter. Levert dit systeemvoordelen en kostenvoordelen op voor de bewoners van de regio?

In scenario 3 en 4 is géén verbinding opgenomen tussen de noordelijke en zuidelijke clusters. We splitsen de businesscases van het ORES in deze scenario's tussen een noordelijk en zuidelijk cluster. Hiervoor berekenden we het transporttarief – onafhankelijk van de bronkosten. Dit leidt tot het inzicht dat een verbinding tussen noord en zuid inderdaad zinvol is:

- In beide scenario's is het verschil tussen transporttarief voor de noordelijke en zuidelijke clusters significant. In beide scenario's is het transporttarief voor de noordelijke clusters hoger dan voor de zuidelijke clusters. Dit is te verklaren doordat er in de zuidelijke clusters relatief minder transportleidingen nodig zijn om clusters aan te sluiten, aangezien het grootste deel van de warmte

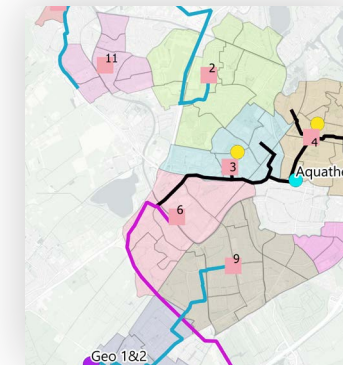
getransporteerd wordt via de WLQ+ en bestaande VF-leidingen.

- In scenario 3 is het verschil kleiner dan in scenario 4. Dit is te verklaren doordat in scenario 3 een relatief groot transportnet in het noordelijk cluster gerealiseerd wordt met een significante afname. In scenario 4 is de afzet van warmte in de noordelijke clusters zeer beperkt, maar wordt hier wel een aanzienlijke transportleiding voor gerealiseerd. Dit maakt het transporttarief voor de noordelijke clusters in scenario 4 fors hoger.

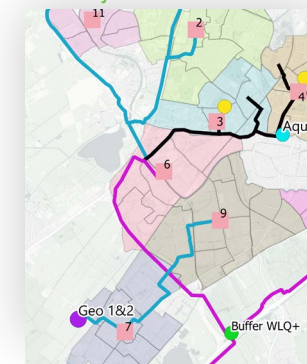


**Figuur 15: Impact op transporttarief van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES**

Uit deze analyse valt te concluderen dat een verbinding tussen noordelijke en zuidelijke clusters zinvol is voor de noordelijke clusters. Het transporttarief voor het totale systeem is immers significant lager dan voor alleen de noordelijke leidingen. Voor de zuidelijke clusters verhoogt een dergelijke verbinding de kosten van het transporttarief minimaal. Een kwalitatief voordeel van een verbinding voor de zuidelijke clusters is dat dit de levering van geothermie warmte uit het noorden mogelijk maakt.



**Geen verbinding tussen noordelijke en zuidelijke clusters**



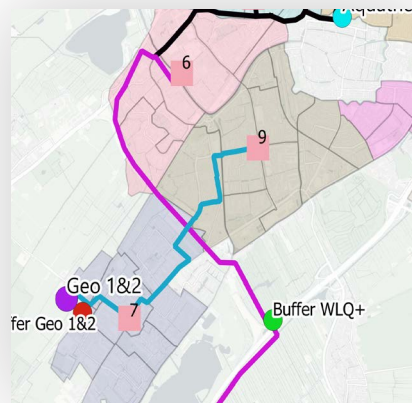
**Noordelijke en zuidelijke clusters verbonden**

### Een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West is zinvol

In diverse scenario's is een verbinding tussen de clusters Voorschoten en Leiden Zuid-West voorzien. Deze verbinding heeft twee functies: 1) het afzetten van warmte geproduceerd in de geothermie doubletten die zijn geprojecteerd in Voorschoten en 2) het leveren van WLQ+ warmte aan de clusters Voorschoten en Leiden Zuid-West. De verbinding tussen Voorschoten, WLQ+ en Leiden Zuid-West kost € 22 tot € 25 miljoen euro, afhankelijk van de dimensionering. Het realiseren van deze verbinding lijkt een no-regret keuze. Hier zijn verschillende kwalitatieve en kwantitatieve argumenten voor:

- Leiden Zuid-West is een van de eerste clusters waar warmtelevering gevraagd is.
- De verbinding tussen WLQ+ en Leiden Zuid-West zorgt voor een gelijk speelveld in de aanbesteding die Leiden wil starten. Bij de alternatieve aansluiting op WLQ+ in scenario 5 is dit gelijke speelveld minder zeker.
- De verbinding tussen WLQ+ en Voorschoten stelt Voorschoten in staat om warmtekavels te ontwikkelen doordat warmte beschikbaar is vanuit WLQ+.
- Eén uitkoppelpunt zou volstaan voor beide warmtevraagclusters. Dit is kosteneffectief.
- De verbinding tussen Voorschoten, WLQ+ en Leiden Zuid-West maakt de ontwikkeling van geothermie bronnen in Voorschoten mogelijk door voldoende afzet te creëren. Alleen Voorschoten is een relatief klein afzetgebied voor de geprojecteerde bronnen.

Een vervolgvraag voor verdere verdieping is of deze verbinding onderdeel dient te zijn van een regionaal transportsysteem.



Figuur 16: Verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West, met een verbinding met de WLQ+ voor de uitkoppeling van warmte.

### Een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp is zinvol

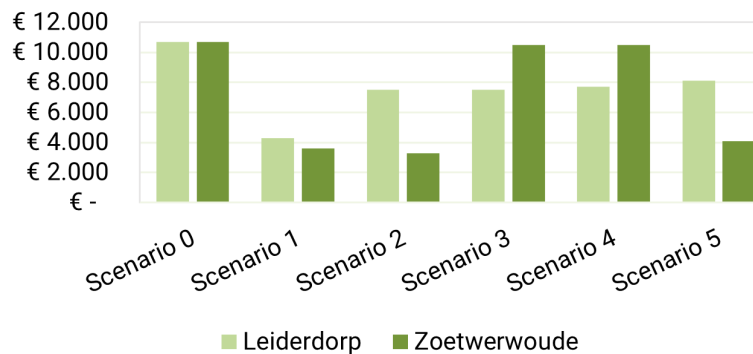
Zoeterwoude en Leiderdorp liggen geografisch het verst weg van de potentiële regionale bronnen die in deze studie zijn meegenomen. Specifiek voor het cluster Leiderdorp geldt daarnaast dat de uitbreidingspotentie vanuit het bestaande warmtenet van Vattenfall beperkt is tot de capaciteit die de bestaande primaire leiding kan leveren. Een verdiepingsvraag voor deze twee clusters is daarom: is het zinvol om een ORES-verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp te realiseren, zodat ook hier warmte uit regionale bronnen geleverd kan worden? Uit de verdieping op dit deelvraagstuk volgt dat voor zowel Zoeterwoude als Leiderdorp een zuidelijke verbinding meerwaarde biedt:

- Voor Leiderdorp is de ORT per WEQ significant lager in Scenario 1 dan in de andere ORES scenario's. Dit is het enige scenario waarbij Leiderdorp zowel via het warmtenet van Vattenfall als via een verbinding aan de zuidkant voorzien wordt van warmte. Dit maakt dat er minder lokale collectieve warmtepompen en piekketels nodig zijn om Leiderdorp van warmte te voorzien.
- Voor Zoeterwoude is de ORT per WEQ significant hoger in de ORES-scenario's waar géén verbinding met het ORES wordt gemaakt, dan in de scenario's waar deze verbinding er wel is. Zoeterwoude valt in deze situaties terug op de oplossing in het referentiescenario: lokale collectieve warmtepompen en piekketels.

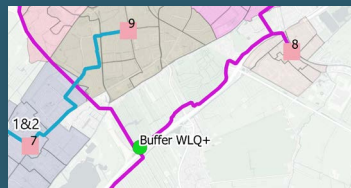
Een vervolgvraag voor verdere verdieping is welk tracé optimaal is om deze verbinding te realiseren. In de ORES-scenario's zijn drie mogelijkheden opgenomen:

- Het doortrekken van de WLQ+ (scenario 1). Het voordeel van dit ontwerp is dat warmtelevering aan Alphen a/d Rijn via deze route ook mogelijk wordt. Een verdiepingsvraag is of GasUnie bereid is deze verbinding te realiseren. Een alternatief is om het onderdeel te maken van ORES.
- Het doortrekken van de verbinding Voorschoten - Leiden Zuid-West (scenario 2). Het voordeel van dit ontwerp is dat het de afzetmogelijkheden voor geothermie warmte in Voorschoten verder vergroot. Het nadeel van dit ontwerp is dat de transportleiding door dicht gebouwde omgeving loopt. Een verdiepingsvraag is of dit wenselijk en realiseerbaar is.
- De verbinding van scenario 5, waarbij géén verbinding met Voorschoten is gemaakt, maar juist een verbinding met het aanlandpunt van de WLQ+. Ook dit ontwerp gaat door de gebouwde omgeving van Leiden Zuid-West heen. Daarnaast beperkt dit ontwerp de afzetmogelijkheden voor geothermie warmte vanuit Voorschoten. Tot slot is deze route niet verenigbaar met een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West. Ook hiervoor geldt daarom de verdiepingsvraag of dit een wenselijk en realiseerbaar tracé is.

### Een zuidelijke verbinding is zinvol voor Leiderdorp en Zoeterwoude

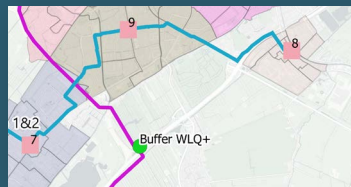


Figuur 17: De ORT per scenario per WEQ voor de warmtevraagclusters Leiderdorp en Zoeterwoude. Dit laat zien dat de scenario's met een verbinding leiden tot de laagste ORT.



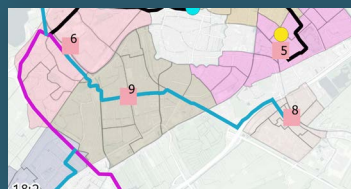
#### Verbinding scenario 1

Verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp: doortrekken van de WLQ+ leiding ten oosten van Leiden.



#### Verbinding scenario 2

Verbinding naar Zoeterwoude: doortrekken van Leiding Voorschoten – Leiden Zuid West door Leiden.



#### Verbinding scenario 5

Verbinding naar Zoeterwoude: regionaal transportnet vanuit Noordelijke geothermiebron door Leiden. Separate verbinding Voorschoten – WLQ+.

## 6. Duurzaamheid

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van het systeem wordt bepaald door de verdeling van gebruikte bronnen per scenario.

### Elektriciteit

Geothermie, aquathermie en lucht-warmtepompen gebruiken allemaal elektriciteit om de temperatuur op te waarden. Daarnaast is er elektriciteit voor de verschillende transportpompen nodig in het systeem. In bepaling van de uitstoot van elektriciteit is uitgegaan gemiddelde waarde van 2025 tot 2035 uit de KEV. Dit is 0.12 kg CO<sub>2</sub>/kWh. De elektriciteitsmix wordt op termijn nog beter. Echter is dit erg afhankelijk van het moment van de piekvraag en de beschikbaarheid van duurzame elektra. Dit kan verbeterd worden met buffers en slimme regeltechniek, of een directe koppeling met een elektriciteitsbron.

De verschillende systemen kennen elk een ander elektriciteitsgebruik en de emissie varieert daarom: geothermie: **2,2 kg CO<sub>2</sub>/GJ**; aquathermie: **11,1 CO<sub>2</sub>/GJ**; lucht-water warmtepompen: **16,6 CO<sub>2</sub>/GJ**.

### Aardgas

Voor piekopwekking wordt aardgas verbruikt in de verschillende piekketels in het systeem. De CO<sub>2</sub> uitstoot per GJ is **56,4 CO<sub>2</sub>/GJ**. Ook de gasvoorraad zal in de toekomst duurzamer worden door bijmenging groengas en inzet van waterstof. Omdat er momenteel nog te veel onzekerheden rond de ontwikkelsnelheid en verdeelstrategie voor duurzame gassen bestaan, is uitgegaan van het huidige emissiegetal voor gas.

### WLQ+

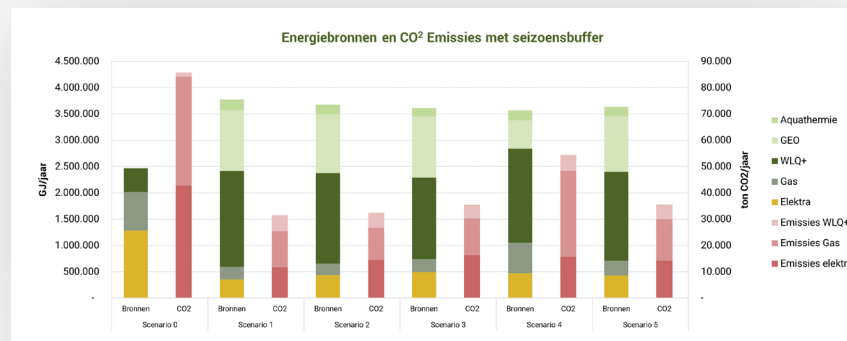
De emissie van WLQ+ is **3,3 CO<sub>2</sub>/GJ** en wordt bepaald door benodigde elektriciteit voor uitkoppeling en transport.

In figuren 19 en 20 zijn de energieverbruiken van de verschillende scenario's opgenomen en de bijbehorende emissies.

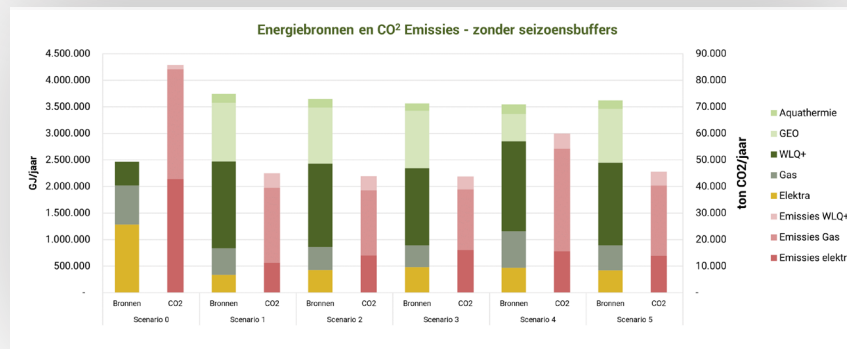
### Wat valt op?

- **Scenario 0 heeft een hoog gas- en elektraverbruik.** In dit scenario worden op de meeste plekken lucht-water warmtepompen ingezet. Dit vraagt een hoog elektriciteitsverbruik. In de wintermaanden wordt de piekvraag grotendeels door piekketels voorzien. Dit zorgt voor een hoog gasverbruik.
- **Scenario's 1 tot en met 5 hebben een laag gas- en elektraverbruik.** Door het gebruik van hoge temperatuur bronnen is er relatief weinig elektriciteit nodig voor opwaardering van de warmte. De seizoensbuffers zorgen er bovendien voor invulling van de piekvraag in de wintermaanden, hierdoor wordt het gasverbruik geminimaliseerd.

- **Scenario 4 heeft een hoger gasverbruik dan andere ORES-scenario's.** Dit komt omdat Aardwarmte Rijnland maar in een beperkt gebied wordt ingezet. Deze bron en de seizoensbuffer werken daarom niet mee in de piekvoorziening van het grootste deel van het gebied. In de wintermaanden wordt de piekvraag daarom op veel plekken door piekketels voorzien. Dit zorgt voor een hoog gasverbruik.
- **Systeem zonder seizoensbuffers verhoogt gasverbruik aanzienlijk.** Wanneer géén gebruik wordt gemaakt van seizoensbuffer, wordt de piekvraag in alle scenario's grotendeels door piekketels ingevuld. Dit geldt voor alle ORES-scenario's (1, 2, 3, 4 en 5).



Figuur 19: Energiebronnen en CO<sub>2</sub> Emissies



Figuur 20: CO<sub>2</sub> Emissies zonder seizoensbuffer

## 7. Elektriciteitsbelasting en praktische impact

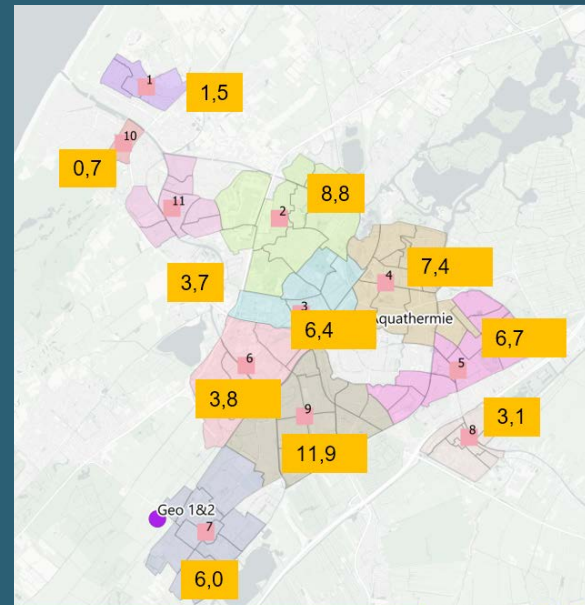
Elektrificatie van de warmtevraag zorgt voor een hogere belasting op het elektriciteitsnet en vergroot de opgave voor duurzame opwek (zonnevelden en windmolens). Scenario 0 vraagt verreweg de meeste netcapaciteit in verband met het grote aantal buurtwarmtepompen en is daarmee onhaalbaar binnen de huidige investeringsplannen van Alliander.

### Impact scenario 0

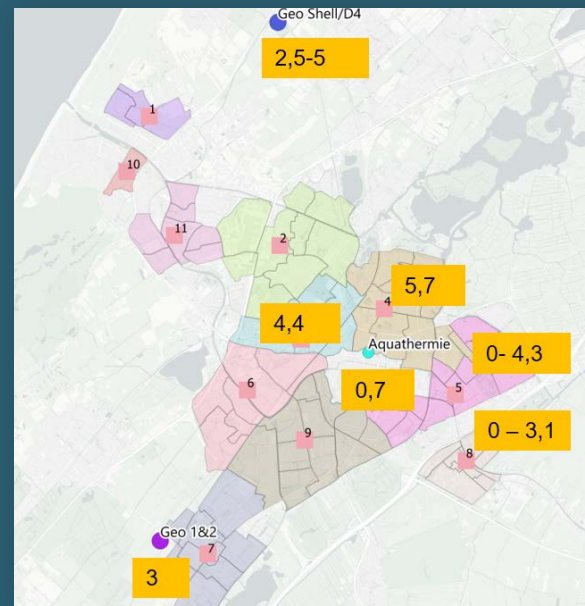
Dit scenario heeft een vermogensvraag die vele male hoger is dan opgenomen in het investeringsplan van Alliander 2022 – 2032. Dit zal leiden tot netcongestie voor grootverbruikers en is waarschijnlijk ook beperkend voor nieuwbouw in de regio. Alliander geeft aan dit te zien als onhaalbaar scenario met oog op enerzijds ruimtegebruik van boven- en ondergrond en anderzijds uitvoerbaarheid ten gevolge van schaarste materialen en uitvoeringskracht. Daarom adviseert zij andere warmtebronnen te gebruiken die de regio ter beschikking heeft.

Concrete impact van dit scenario:

- Minimaal 2 nieuwe 50kV onderstations, kosten 20 miljoen exclusief grondaankoop.
- 45 extra middenspanningsruimten moeten bovengronds in woonwijken worden geplaatst., kosten c.a. 11 miljoen euro.
- Benodigde grond onderstations: 2 voetbalvelden per station.
- Omvang middenspanningsruimten: 30 m<sup>2</sup> per ruimte
- Doorlooptijd: ongeveer 7 – 10 jaar vanaf 2026 (Voorwaarde: geen schaarste in arbeidskrachten).
- Er dienen daarnaast kabel tracés getrokken te worden vanuit deze onderstations richting de wijken waar stroom gevraagd wordt. Dit betekent dat de straten open moeten om dit te realiseren.
- Benodigde elektriciteitsopwekking ten behoeve van warmte: 36 windturbines of 714 hectare zonnevelden (versus 12 windturbines of 242 hectare zonnevelden in scenario's 1-5 gemiddeld)



Figuur 21:  
Netbelasting scenario 0 (MW)



Figuur 22:  
Netbelasting scenarios 1-5 (MW)

## 8. Conclusies en advies

### Is ORES een betere warmtevoorziening ten opzichte van zelfstandige, lokale ontwikkeling van warmtenetten?

Vanuit het oogpunt van kosten, duurzaamheid en ruimtelijke impact biedt het ORES voordeel ten opzichte van lokale warmtenetten op basis van lucht-warmtepompen. De reden hiervoor is dat grootschalige hoge temperatuurbronnen als geothermie en WLQ+ op grote schaal worden benut. Dit verlaagt de benodigde inkoop van elektriciteit en gas, wat kosten en CO<sub>2</sub> uitstoot vermijdt. Een lager elektriciteitsverbruik vermindert bovendien de druk op de netinfrastructuur.

### Hoe zou het ORES eruit moeten zien?

Een regionaal transportnet verbindt beschikbare bronnen: geothermie, WLQ+ en aquathermie. In de verschillende wijken wordt deze warmte via een distributienet geleverd aan gebouwen. Hiervoor zijn verschillende configuraties mogelijk die op regionaal niveau min of meer dezelfde resultaten opleveren. Kijkend naar de verschillende clusterresultaten, zijn de volgende verbindingen in elk geval zinvol:

- Een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters
- Een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West
- Een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp

### Levert het ORES een kostenvoordeel op ten opzichte van zelfstandige, lokale warmtenetten?

Op regionaal niveau leveren alle doorgerekende ORES-scenario's een significant voordeel op ten opzichte van lokale warmtenetten. De belangrijkste reden hiervoor is dat hoge temperatuurbronnen efficiënt benut worden in de regio en er minder elektriciteits- en gasinkoop nodig is.

Onderling verschillen in kosten en daarmee de onrendabele top van het ORES voor de verschillende

clusters. Een groot deel van de investeringen ligt in het aanleggen van de distributienetten, die is in ieder scenario gelijk, ook zonder ORES. Tussen de clusters variëren de kosten voor deze distributienetten aanzienlijk vanwege verschillende type bebouwing. Dit is dan ook bepalend voor de onrendabele top per cluster. Verder zijn bepalend de verschillende ontwerpen van het transportnet en de daaraan gekoppelde transporttarieven en brongebruik per cluster.

### Is het ORES duurzamer dan lokale, zelfstandige systemen?

Het ORES zorgt voor minder CO<sub>2</sub>-emissies dan lokale warmtenetten op basis van lucht-warmtepompen. De reden hiervoor is dat het systeem efficiënt gebruikmaakt van hoge temperatuur warmtebronnen en minder elektriciteit en aardgas verbruikt.

### Advies

Wij adviseren om de komende tijd een **governance- en tariefstructuur en groeistrategie** van het systeem te bepalen vóór verdere technische optimalisaties te verkennen.

ORES als “eindplaatje” is een logische keuze met oog op kosten, CO<sub>2</sub>-emissie en ruimtelijke impact. Er zijn echter verschillende toekomstscenario's mogelijk, met meer/minder aangesloten bronnen en wijken op dit netwerk. In werkelijkheid zal dit systeem in tussenstappen ontwikkeld worden waarbij rekening wordt gehouden met verschillende mogelijke eindbeelden. Om nú stappen te zetten - en om huidige ontwikkelingen met dit eindbeeld in lijn te brengen - zijn afspraken tussen gemeenten en lokale partners nodig om te bepalen binnen welke kaders zij een dergelijk systeem willen ontwikkelen.

Dit zijn kaders die nu ontbreken, terwijl ontwikkelingen van systemen in bepaalde clusters al in volle gang

zijn. Bovendien geldt vanaf 2026 de verplichting om (hybride) warmtepompen te installeren bij vervanging CV-ketels. Het tijdig aanwijzen van kavels, concretiseren van aanbod en werken naar Wijkuitvoeringsplannen is daarom van belang.

### Vervolg vragen organisatie

Deze studie is uitgevoerd zonder invulling van een governance- en tariefsstructuur van het ORES. Hiervoor zijn afspraken nodig tussen gemeenten, WLQ+, Vattenfall en ontwikkelaars van geothermiebronnen.

- Welke organisatievorm past bij dit regionale warmtenet? Is het wenselijk om een netwerkbedrijf die het ORES-transportnet beheert aan te wijzen, los van een of meerdere lokale warmteaanbieders?
- Welke rol willen gemeenten in de ontwikkelingen spelen? Is het logisch om één (publieke) partij aan te wijzen om deze ontwikkeling te trekken?
- Hoe willen partijen omgaan met verschillen in kosten maar ook risico's tussen clusters? Is het logisch om kosten te socialiseren en zo ja vallen hier bijvoorbeeld ook distributiesystemen onder die sterk verschillen per cluster én erg bepalend zijn?

### Vervolg vragen groeistrategie

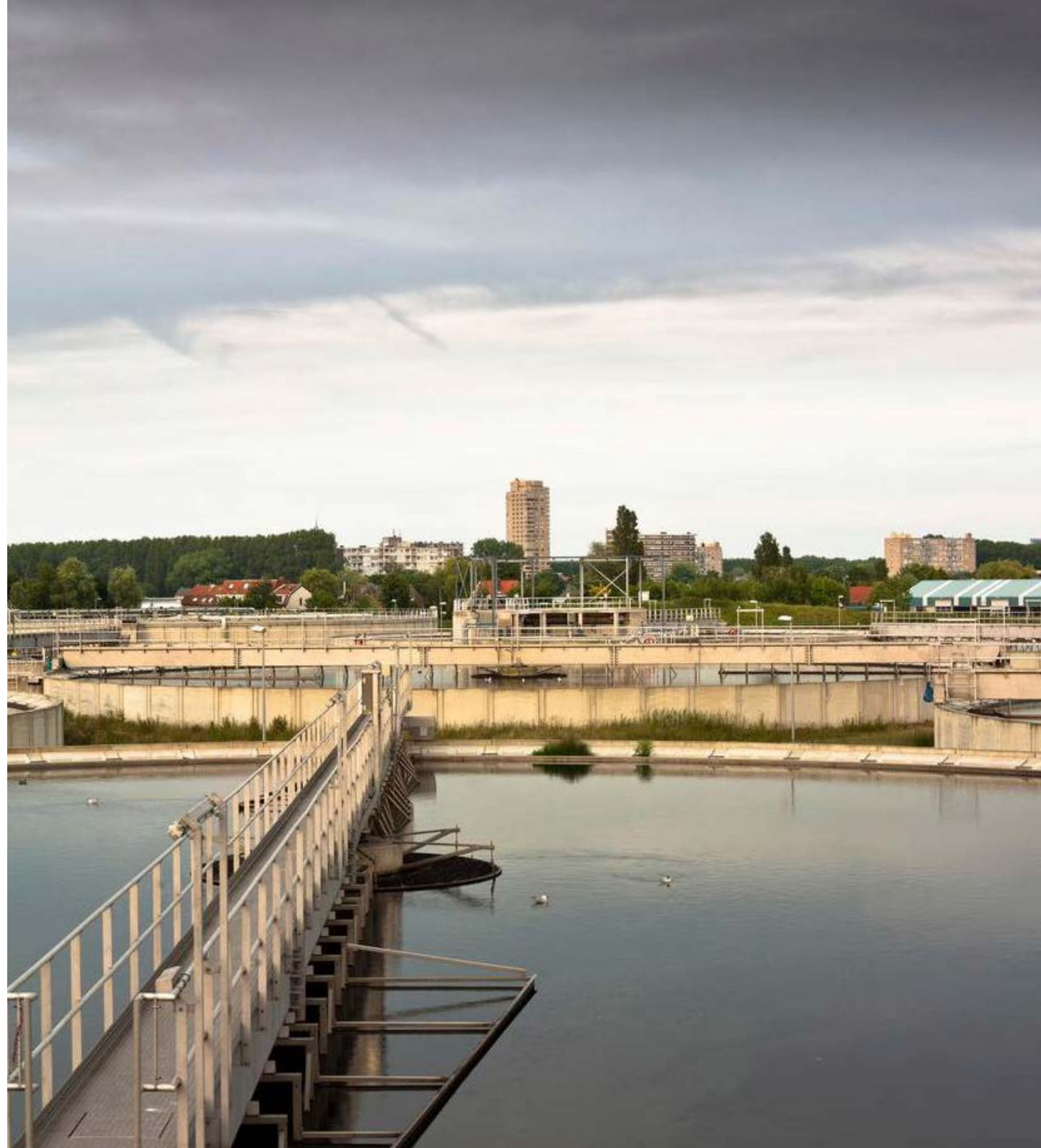
#### Formuleren van een groeipad, rekening houdend met:

- Vrijheidsgraden/onzekerheden voor aansluiting van wijken en ontwikkeling van bronnen.
- Opdeling in kavels/deelprojecten waarbinnen investeringen bron- en infra uit kunnen.
- Volgend op organisatievraagstuk: proces definiëren rond selectie exploitant/netbeheerders, bepaling tarieven op deelprojecten.

#### Momenteel zijn een aantal deelontwikkelingen in de regio gaande:

1. Ontwikkeling geothermiebon Aardwarmte Rijnland;
2. Ontwikkeling van warmtenet in Leiden Zuid West;
3. De mogelijkheid bestaat om het Vattenfall transportnet te verzwaren ten behoeve van afgifte-capaciteit in Leiderdorp en/of Zoeterwoude.

Hoe zorgen we dat keuzes voor deze lokale systemen stroken met het potentiële ORES? Welke “no-regret” keuzes kunnen we voor huidige ontwikkelingen identificeren en wat is er nodig voor lokale partijen om hieraan te voldoen?





# Open Regionaal Energiesysteem voor de Leidsche regio

## Technische bijlage

Auteurs: John Boon (Greenvis), Lukas Verhaaf (Greenvis) en Roy Hendriks (Fakton Energy)

## Inhoud

<b>Rekenmethodiek en uitgangspunten</b>	<b>2</b>
Opzet	2
Introductie WarmingUp designtoolkit	3
Aanbod en vraag specificeren	4
Systeemontwerp op hoofdlijnen	9
Simulatie	13
<b>Resultaten simulatie</b>	<b>14</b>
Variant zonder seizoenbuffers	19
Kengetallen	21
<b>Uitgangspunten Businesscase</b>	<b>24</b>
<b>Resultaten regioniveau</b>	<b>32</b>
<b>Resultaten clusteranalyse</b>	<b>36</b>

## Rekenmethodiek en uitgangspunten

In deze studie zijn verschillende scenario's voor een open regionaal energiesysteem (ORES-scenario's) vergeleken met een basisscenario van lokale warmtenetten. Dit hoofdstuk beschrijft de methodiek en uitgangspunten van de studie.

### Opzet

In de studie is gezocht naar een optimale inzet van regionale bronnen. Hiervoor zijn vijf verschillende transportnetten ontworpen voor de regio (scenario's). Verschillen in de scenario's zijn:

- Mate van verbinding en routing tussen bronnen en afzetgebied, en ten gevolge:
  - Mogelijkheid van inzetbaarheid van meerdere bronnen voor gebieden.
  - Het benodigd aandeel warmtepompen en piekvoorziening, en ten gevolge de inkoop van elektriciteit en gas.
  - Specifieke inzet van verschillende bronnen en buffers.

### Optimale broninzet per scenario

In elk scenario wordt onder de beschikbare bronnen voor dat scenario geoptimaliseerd naar duurzaamheid. Hierin krijgen het gebruik van geothermie, aquathermie en WLQ+ voorrang ten opzichte van buurtwarmtepompen en als laatste de (met gas opgewekte) piekvoorziening. Warmte die niet door regionale bronnen wordt voorzien, wordt door buurtwarmtepompen en piekketels voorzien.

### Methodische stappen

De methodiek bestaat uit vijf stappen:

1. Aanbod en vraag specificeren
2. Systeemontwerp op hoofdlijnen
3. Invoeren parameters in WarmingUP tool
4. Simuleren en resultaten verwerken
5. Kostenbegroting en emissieberekening
6. Uitwerking businesscases op clusterniveau

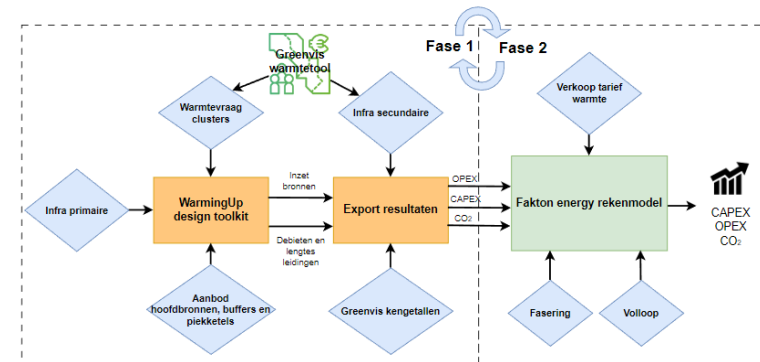
### Tools en datastroom project

In deze studie worden verschillende tools en programma's gebruikt. In de eerste fase zal al het reken- en simulatiewerk plaatsvinden. Centraal hierin staat de WarmingUp designtoolkit vanuit het collectief WarmingUp. Hierin wordt het warmtenet van de verschillende scenario's gesimuleerd.

Voor het simuleren moeten de nodige parameters en gegevens combineert worden. Zoals het aanbod van de warmtebronnen, infrastructuur van het primaire net en warmtevraag van de clusters. De benodigde vermogens van de cluster is bepaald met behulp van de tools van Greenvis. In de WarmingUp designtoolkit wordt de inzet van de bronnen en de lengtes en debieten van de leidingen bepaald. De leidingnetten binnen de clusters, ook wel de secundaire netten, zijn voor de volledige scope ontworpen en doorgerekend met de Greenvis QGIS tools. De output hiervan zijn de diameters en lengtes die vervolgens worden gebruikt als input voor de begroting.

Door deze gegevens te combineren met de kengetallen vanuit Greenvis kan de OPEX, CAPEX en CO<sub>2</sub>-uitstoot voor elk scenario bepaald worden. Deze resultaten zijn vervolgens door Fakton verwerkt in een businesscase waarin de fasering, volloop en het verkooptarief meegenomen worden.

In [figuur 1](#) is een overzicht van de gebruikte tools en datastromen weergegeven.



Figuur 1 Tools en datastroom project

## Introductie WarmingUp designtoolkit

De WarmingUp designtoolkit is een softwarepakket ontwikkeld door het collectief WarmingUP. Dit pakket helpt ontwikkelaars en ontwerpers van toekomstbestendige warmtenetten. De grote toevoeging van de toolkit is het dynamisch doorrekenen van het systeem waarin verschillende bronnen en afnemers gecombineerd worden.

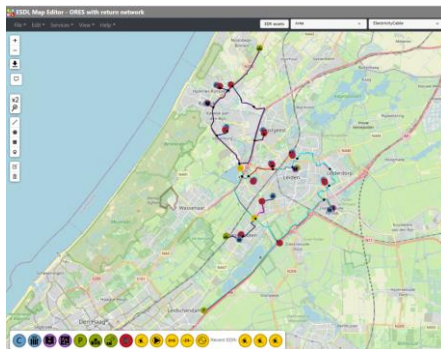
Het gebruik van de toolkit bestaat uit drie stappen, zie [figuur 2](#). Het ontwerpen, simuleren en weergeven van de resultaten.



*Figuur 2 Stappen designtoolkit*

### 1. Ontwerpen van een netwerk

In stap 1 wordt het warmtenet getekend en worden de bijbehorende systeemonderdelen toegevoegd. Dit vindt plaats in de ESDL-Mapeditor. Hierin kan een warmtenet aan de hand van *drag-and-drop* componenten in een geografische kaartomgeving getekend worden, zoals weergegeven in [figuur 3](#). Dit bestaat uit bronnen, opslagsystemen, hydraulische scheidingen en de hoofdcomponenten van het leidingnet.



*Figuur 3 ESDL-Mapeditor*

### 2. Simuleren en optimaliseren

Na het tekenen van het netwerk kan het dynamisch gesimuleerd worden. Hiermee krijgt de ontwerper een beter beeld van wat er fysisch in het systeem gebeurt. Het simuleren vindt plaats in het Computational Framework (CF) en het doorrekenen wordt door rekenkernen CHESS en WANDA gedaan. Hiervoor zijn ontwerpparameters nodig, een aantal nodige parameters zijn bijvoorbeeld:

- Aanvoer en retour temperatuur bronnen en afnemers
- Warmtevraagprofielen van de clusters
- Inzetprofiel van de bronnen, inclusief vermogens
- Opslagcapaciteit van buffers
- Prioriteit tussen de verschillende bronnen
- Tijdstappen waarin gesimuleerd wordt

### 3. KPI's bekijken

De toolkit vertaalt de resultaten uit de simulatiestap naar *key performance indicators*. Hierin worden de CO<sub>2</sub>-uitstoot, CAPEX, OPEX en toekomstbestendigheid van het gesimuleerde netwerk weergegeven.

#### Begrenzing WarmingUp designtoolkit voor ORES

Een nadeel van het gebruik van de toolkit, ten opzichte van Greenvis tools, is dat veel berekeningen en keuzes onder de motorkap verborgen blijven. Om ervoor te zorgen dat de verkregen informatie controleerbaar, aanpasbaar en begrijpbaar blijft, wordt de toolkit niet gebruikt voor het vertalen van de resultaten van de simulatie naar de CO<sub>2</sub>-uitstoot, DN-maten, CAPEX en OPEX. Dus stap één en twee worden gevolgd, maar stap drie binnen deze studie niet.

#### Inzet WarmingUp designtoolkit voor ORES

Het belangrijkste resultaat uit de designtoolkit is de inzet van de bronnen. Aan de hand van deze resultaten wordt bepaald hoeveel energie elke bron levert. Hiermee worden vervolgens de inkoopkosten en CO<sub>2</sub>-uitstoot van deze bron bepaald. Het maximale vermogen dat een bron levert, wordt gebruikt om de benodigde grootte van de desbetreffende warmtebron te bepalen en dimensionering van leidingen in DN-maten te bepalen.

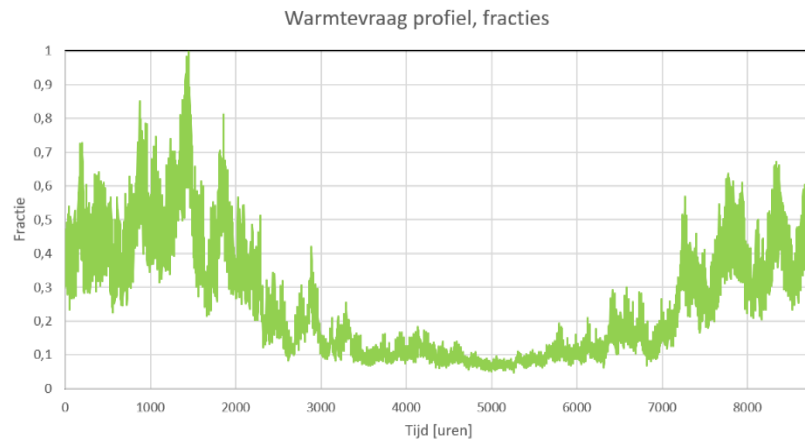
## Aanbod en vraag specificeren

### Piekvraag

De vermogensvraag per pand is bepaald met behulp van interne Greenvis tools. Deze maken gebruik van energielabels, bouwjaar, type woning/pand en oppervlakte en vergelijkt dit met het daadwerkelijke gasverbruik. De uitkomst is een totale vermogensvraag op basis van centrale verwarming en tapvraag. Voor elk cluster wordt de piekvraag ingevoerd waarna de warmtevraag voor elke simulatiepunt bepaald wordt. De piekvraag is gebaseerd op een toekomstige situatie waarbij de panden minimaal energielabel D hebben. Bij label D kunnen de woningen goed op een temperatuur van 70 graden verwarmd worden en een retourtemperatuur van 40 graden is daarbij haalbaar.

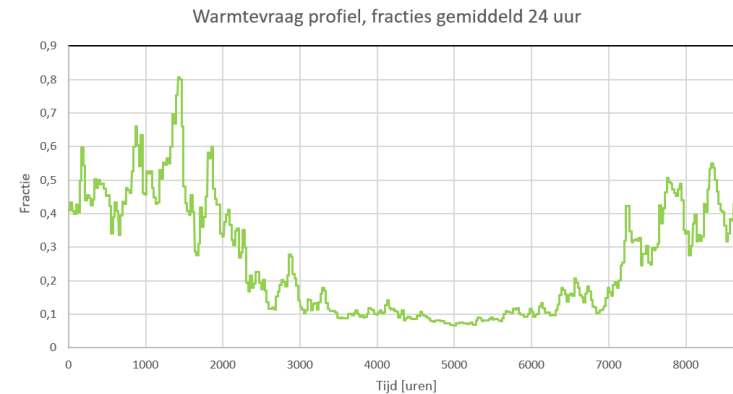
### Warmteprofiel

Binnen deze studie zijn 11-vraagclusters opgesteld. Om ervoor te zorgen dat de doorrekening dynamisch is, moet een warmteprofiel over een jaar meegenomen worden. Het profiel dat aan de clusters gekoppeld is, is een profiel afkomstig uit de designtoolkit. Het profiel is gebaseerd op meetdata van een groot bestaand warmtenet. Hierdoor is het representatief voor de scope van deze studie. De pieken van de warmtevraagprofielen zijn geschaald naar de eerder bepaalde maximale vermogensvraag per cluster.



Figuur 4 Warmtevraag profiel van één jaar

Het gebruikte profiel is in het [figuur 4](#) weergegeven. De start op 0 uur is 1 januari, en het einde op 8760 uur 31 december.



Figuur 5 Warmtevraag profiel van één dag

De meetpunten van het profiel in [figuur 5](#) zijn op uurbasis. Om de rekentijd van een simulatie werkbaar te houden is ervoor gekozen om de simulatie op dagbasis uit te voeren. Om steeds hetzelfde moment op de dag te *sampelen* kan een verkeerd beeld geschetst worden over de warmtevraag. Dit kan te groot of te klein worden. Daarom wordt met een gemiddelde van de gehele dag gerekend. Dit is in het onderstaande figuur weergegeven.

Door het gebruik van een gemiddelde worden de pieken wat ingedempt. Dit is een onvermijdelijke consequentie. De invloed van deze indemping zal klein zijn voor de dimensionering van het systeem. De piekvraag in de simulatie is nu ongeveer 20% kleiner, maar zoals later wordt toegelicht zullen de dag/nacht buffers door gebruik te maken van gemiddelde warmtevraag per dag bijna geen rol spelen in de simulatie. Deze buffers zouden een vergelijkbaar vermogen leveren. Hierdoor wegen deze factoren tegen elkaar uit.

Overigens geldt wel dat de totale warmtevraag (oppervlakte onder de grafiek) wel gelijk blijft. Voor elk cluster wordt de piekvraag ingevoerd waarna de warmtevraag voor elke simulatiepunt bepaald wordt, zie [tabel 1](#).

Tabel 1 Piekvraag per cluster (in kW)

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
10140	58680	61200	63600	48820	44330	40170	20510	79460	4580	24950

In het netwerk wordt ook seizoensopslag gesimuleerd. Deze buffers worden in de lente/zomer opgeslagen om in de herfst/winter in te kunnen zetten. Maar de profielen beginnen op 1 januari, dus nog midden in de winter. Dit zou dus betekenen dat de buffers leeg zijn aangezien de simulatie net begonnen is. Hierdoor verliezen de buffers een grote inzetcapaciteit. Daarom is ervoor gekozen om de start van de simulatie met één seizoen (2190 uur) vooruit te schuiven.

#### Totale warmtevraag over het jaar

De totale warmtevraag over het jaar is geen inputparameter, maar een resultante van de vermogensvraag en de verbruikscurve. De curve geeft als resultante een warmtevraag van **24 GJ** per woning. Dit is lager dan energievraag die Overmorgen ingeschat heeft op basis van huidige labels en besparingspotentie (**27 GJ**).

De werkelijke toekomstige energievraag is lastig te voorspellen, onder andere door een aanzienlijke foutmarge tussen voorlopige en vastgestelde labels – maar wij houden er rekening mee dat 24 GJ een lichte onderschatting is van de werkelijke vraag.

Binnen deze studie hebben wij echter besloten om bij de bepaalde vermogensvraag en de verbruikscurve te blijven, vanwege de volgende redenen:

- De verbruikscurve komt vanuit werkelijke data en geeft informatie op uurniveau, wat belangrijk is voor dynamische modellering van brongebruik en buffers. Er is nu geen curve voorhanden in het toolkit die dit beter weergeeft.
- De piekvermogensvraag “naar boven schalen” heeft een onrealistisch effect op dimensionering van bronnen en leidingen.

#### Overzicht piekvraag, temperatuur en aansluiting clusters

Figuur 6 geeft de verschillende type clusters weer.



Figuur 6 Type clusters

De volgende temperatuurregimes zijn aangehouden:

- WLQ+ en Vattenfall transportleiding: aanvoer 120°C, retour 70°C.
- Aftakkingen WLQ+ leiding naar individuele clusters: aanvoer 90 °C, retour 50 °C.
- MT-netten (geothermie): aanvoer 75°C, retour 50°C.

Op de volgende pagina, tabel 2, is per cluster (en deelclusters) een overzicht weergegeven van de piekvraag, de temperaturen en waarop deze clusters zijn aangesloten.

Tabel 2 Totaaloverzicht aansluiting clusters voor elk scenario

Scenario/ Cluster		C1- Katwijk Noord 10140 [kW]	C2 - Oegstgeest 58680 [kW]	C3- Leiden BSP 61200 [kW]		C4 – Leiden Noord 63300 [kW]		C5 - Leiderdorp 48800 [kW]		C6 - Stevenshof 44330 [kW]		C7 - Voorschoten 40170 [kW]	C8 - Zoeterwoude 20510 [kW]	C9 – Leiden ZW 79460 [kW]	C10 – Katwijk Aan Zee 4580 [kW]	C11 - Katwijk 24950 [kW]
S0	Aansluiting op	Zelfstandig	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	16000 [kW] 26%	45200 [kW] 74%	11000 [kW] 17%	52300 [kW] 83%	1500 [kW] 3%	47300 [kW] 97%	17500 [kW] 39%	26830 [kW] 61%	40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120	75	75	75	75	75	75
	Bronnen	WP, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek
S1	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	ORES (WLQ+)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	48800 [kW] 100%		44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120		120		75	90	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, aqua, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek
S2	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek
S3	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	Zelfstandig	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, piek	Geo shell, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WP, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, piek	Geo shell, piek
S4	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (WLQ+)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	Zelfstandig	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (WLQ+)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	90	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	90
	Bronnen	Geo shell, piek	WLQ+, Aqua, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WP, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, piek	WLQ+, Aqua, piek
S5	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, aqua, geo shell, piek	WLQ+, aqua, geo shell, piek	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek

## Warmteaanbod

Het warmteaanbod verschilt voor de verschillende scenario's. In [tabel 3](#) is hiervan een overzicht gegeven.

*Tabel 3 Overzicht warmtebronnen per scenario*

Scenario/ bron	WLQ+	Aquathermie	Geo 1 en 2	Geo shell	WP C3	WP C4	WP C5	WP C8
S0	40 MW	0 MW	0 MW	0 MW	Alle lokale WPen in S0 zijn 30% van de piekvraag van het aanliggende cluster			
S1	84 MW	15 MW	20 MW	40 MW	8,40 MW	11,5 MW	0 MW	0 MW
S2							8,64 MW	6,15 MW
S3								0 MW
S4								
S5								

De temperaturen van de bronnen zijn gelijkgesteld aan de aanvoer- en retourtemperatuur van het cluster waaraan de bron gekoppeld is. Bij elk cluster is een piekkelstel geplaatst. De piekkelstels zijn in de simulatie als oneindig groot gedimensioneerd, zodat de warmtevraag altijd voldaan wordt. Op basis van de werkelijke piekaanbod uit de simulatie worden de piekkelstels gedimensioneerd en begroot.

## COP-warmtepompen

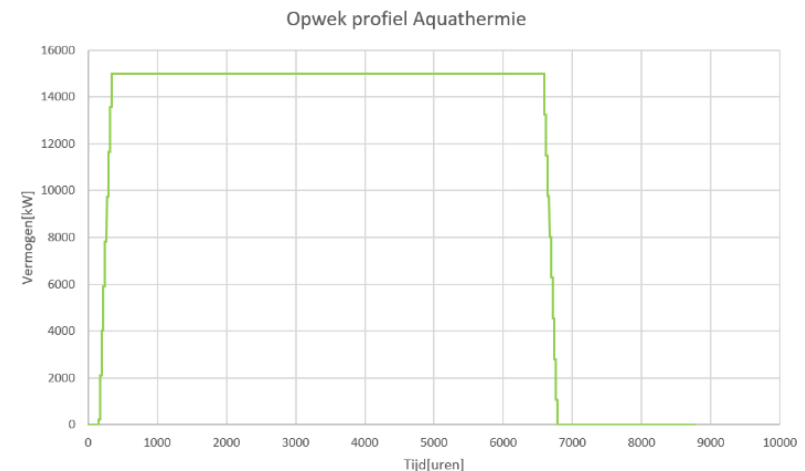
De meeste warmtebronnen hebben niet een hoog genoeg temperatuur om direct warmte te leveren. Opwaarderen vraagt een elektrisch vermogen. De grootte hiervan is afhankelijk van de COP van de warmtepomp, zie [tabel 4](#). De warmtepompen worden niet gesimuleerd, maar achteraf wordt de nodige elektriciteit berekend aan de hand van de COP via  $Wt = \frac{Q_{af}}{COP}$ . Hierin is Wt de elektriciteit en Qaf het uitgaand vermogen van de warmtebron.

*Tabel 4 COP-warmtepompen bij de bronnen*

Warmtepomp bij bron	COP
Geothermie shell	20,9
Geothermie 1 & 2	14,9 en 20,9
Aquathermie	3,0
Lucht water warmtepompen	2,0

## Opwekprofiel

Voor de meeste bronnen wordt aangenomen dat deze door het hele jaar redelijkerwijs een constant vermogen kunnen leveren. Alleen voor aquathermie is dit niet realistisch, aangezien deze in de winter minder ingezet kan worden. Daarom is er voor aquathermie een opwekprofiel gebruikt. Het profiel voor aquathermie is in [figuur 7](#) weergegeven. De bron zal in de warmere maanden van het jaar warmte kunnen leveren en de drie koudste maanden niet.



*Figuur 7 Opwek profiel aquathermie*

### Seizoensopslag

In de berekeningen wordt seizoensopslag meegenomen, een versimpeling van Aquifer Thermal Energy Systems (ATES). Deze buffers worden door de duurzame bronnen (aquathermie, geothermie en WLQ+) opgeladen in periodes in het jaar dat de warmtevraag laag is, en ontladen wanneer dit hoog is. In dit stadium van de toolkit is het nog niet mogelijk om warmteverlies in de buffer mee te nemen.

In de verschillende scenario's worden drie verschillende buffers gebruikt.

- Opslaan WLQ+, in scenario 1 t/m 5. Met een maximale capaciteit van 3 M kuub.
- Opslaan geothermie Shell, in scenario 1, 2, 3 en 5. Met een maximale capaciteit van 2 M kuub.
- Opslaan geothermie 1 en 2, in scenario 5. Met een maximale capaciteit van 378 k kuub.

De ont- en oplaadvermogen van de buffers zijn op 20MW ingesteld.

### Dag/nacht-opslag

De dag/nacht-buffers dienen om de fluctuatie in de warmtevraag op korte termijn op te vangen, dus voornamelijk tussen de nacht en de dag. Door het toevoegen van een dag/nacht-buffer kunnen de transportleidingen kleiner gedimensioneerd worden, omdat een deel van de piekvraag door deze buffers wordt opgevangen.

In het ESDL-model is bij elk cluster een dag/nacht-buffer toegevoegd. De dag/nacht-buffers zijn zo gedimensioneerd dat deze de piekvraag van anderhalf uur kunnen opvangen.

De dag/nacht-buffers zijn in het ESDL-model toegevoegd. De functionaliteit hiervan is in de simulatie miniem. Dit komt omdat in de simulatie met stappen van één dag wordt gerekend. De warmtevraag is het gemiddelde over de desbetreffende dag. Hierdoor wordt het effect dat er een grotere warmtevraag gedurende de dag en kleine vraag in de nacht niet gesimuleerd. Dit betekent dat het profiel de functie van de dag/nacht-buffers volledig heeft overgenomen. In de realiteit zullen de dag/nacht-buffers deze functionaliteit wel vervullen.



## Systemontwerp op hoofdlijnen

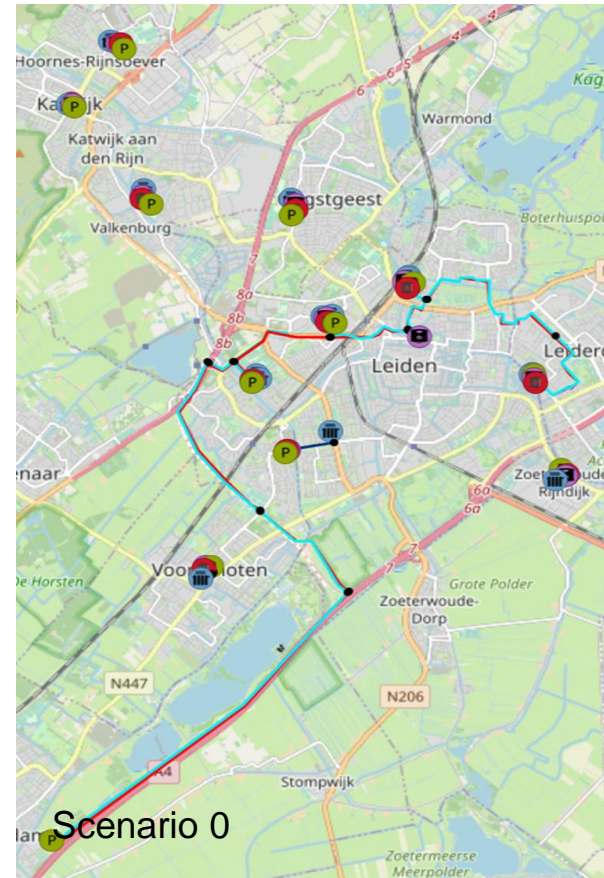
De verschillende scenario's zijn ontworpen om verschillende effecten in het systeem te testen. Deze komen voort uit het toetsen van bestaande ontwikkelingen en wensen vanuit verschillende stakeholders. De scenario's zijn ontworpen vanuit de volgende vraagstukken:

- Mogelijkheid aansluiten Zoeterwoude op WLQ+ of geothermiebronnen
- Scheiding systeem tussen Noordelijk en Zuidelijk gebied
- Bediening cluster Oegstgeest en Katwijk met WLQ+ of geothermie
- Effect van seizoensbuffers op benodigd gasverbruik

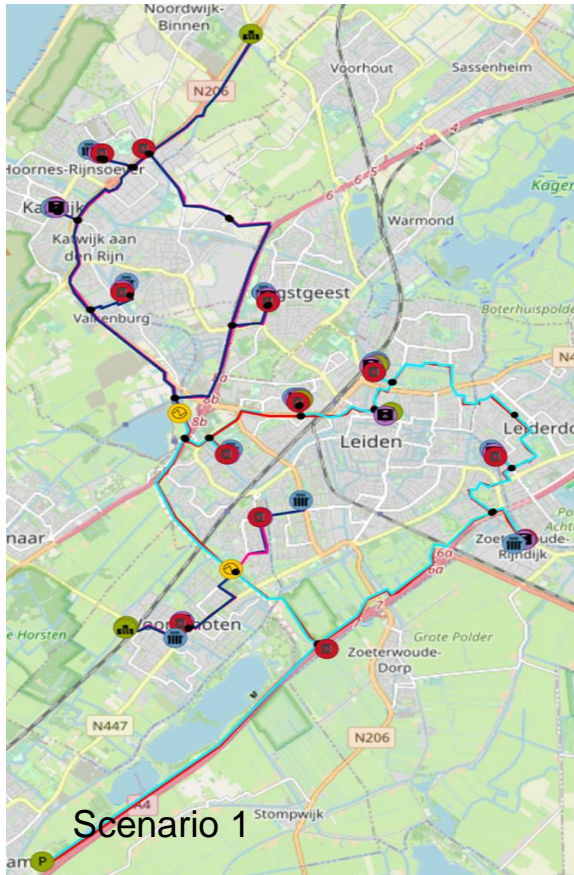
Alle scenario's zijn in de designtoolkit ontworpen. Zie de systemschetsen per scenario in de kaarten van de figuren 8 t/m 13 op deze en de volgende pagina's. In de netwerkontwerpen zijn een aantal elementen gebruikt. Deze zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Gebruikte elementen in WarmingUp toolkit

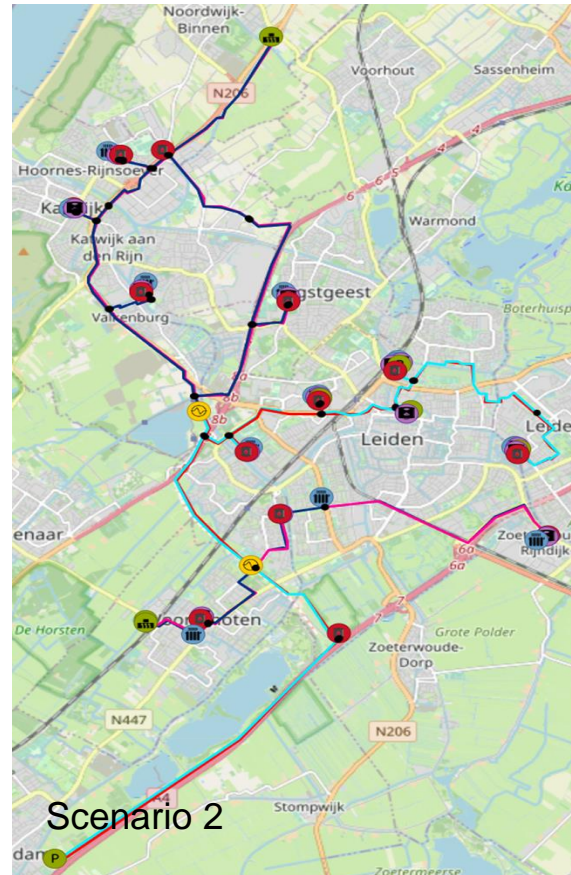
Icoon	Onderdeel	Functie
	Warmtevraag	Aansluiting van de warmtevraag
	Opslag	Voor seizoensopslag en dag/nacht opslag
	Algemene warmtebron	Voor Aquathermie en WLQ+
	Geothermie	Voor de geothermiebronnen
	Piekopwekker	Voor de piekvoorziening, aangesloten bij elk cluster
	Warmtewisselaar	Om de temperatuur van het WLQ+ (120 °C) te verlagen naar lagere temperaturen.



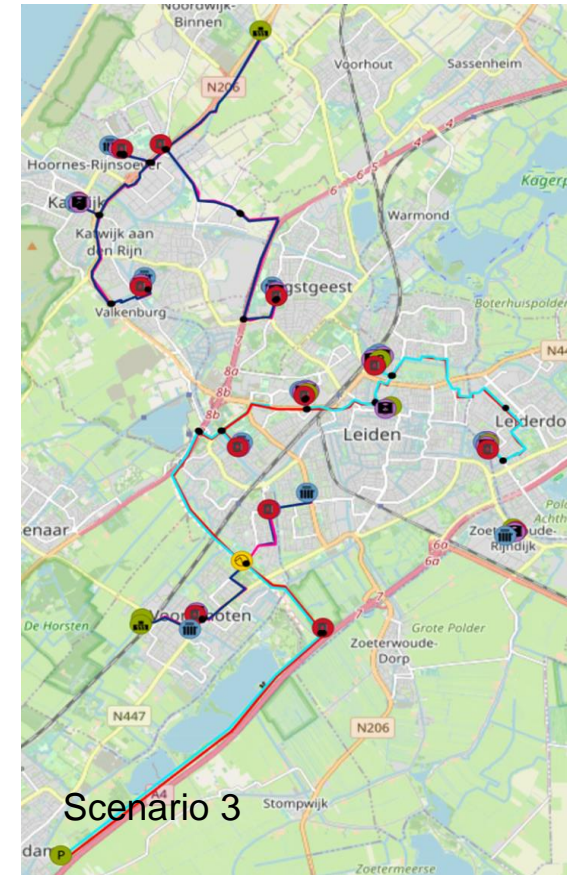
Figuur 8 Systemschets scenario 0



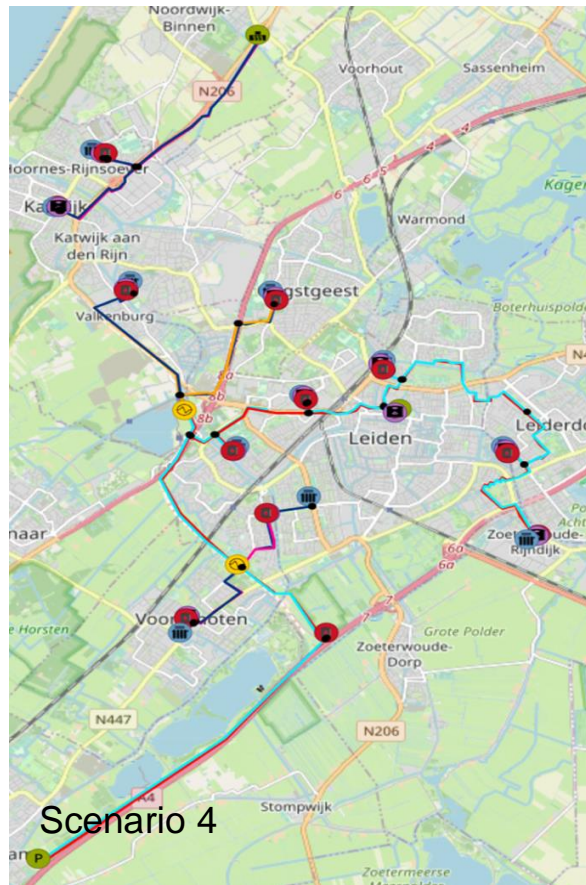
*Figuur 9 Systemschets scenario 1*



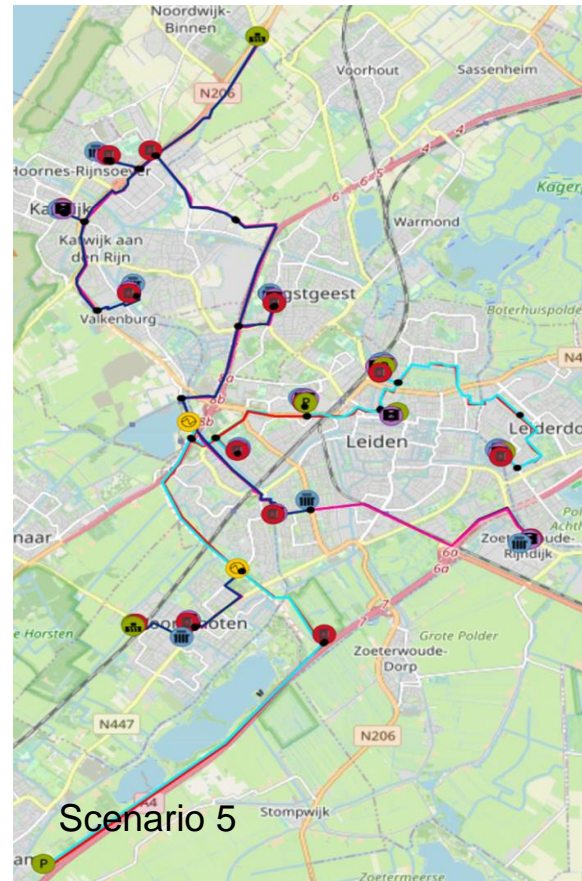
*Figuur 10 Systemschets scenario 2*



*Figuur 11 Systemschets scenario 3*



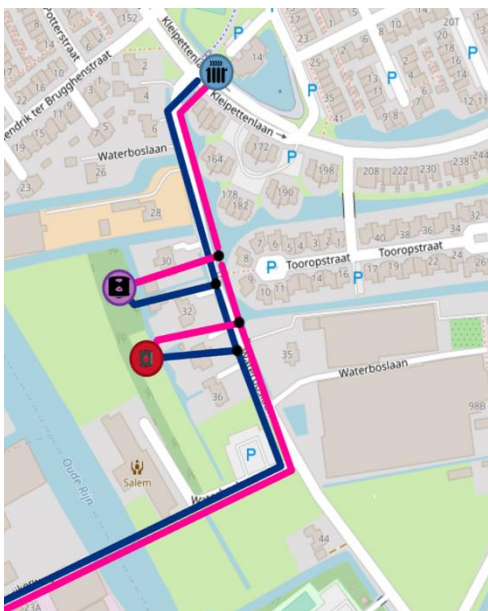
Figuur 12 Systemschets scenario 4



Figuur 13 Systemschets scenario 5

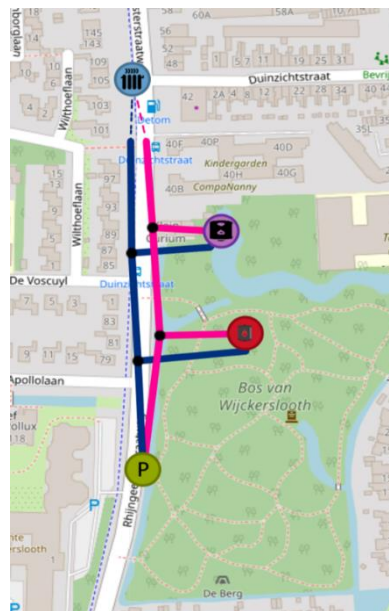
## Aansluiting clusters

Zoals weergegeven in de figuren 14 t/m 16 worden de warmteclusters op verschillende manieren aangesloten op een warmtebron(en).



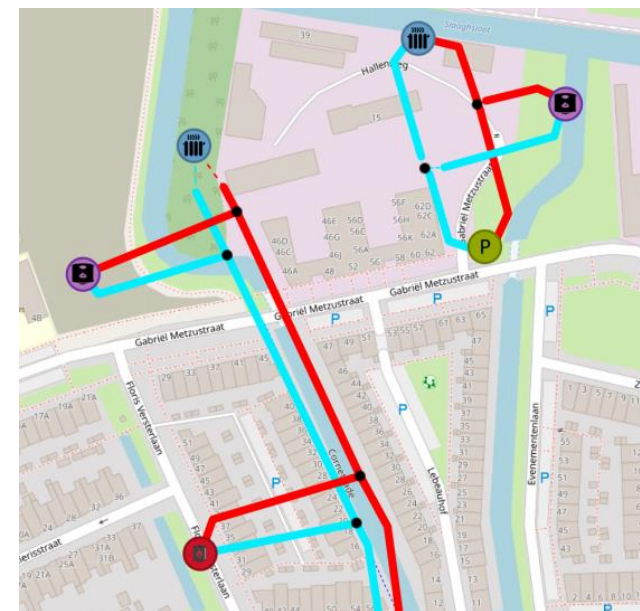
*Figuur 14 Cluster is aangesloten op het ORES*

De warmte wordt geleverd door het ORES. Dit zijn de meeste clusters binnen deze studie. Elk cluster krijgt nog een eigen piekkel en een dag/nacht-buffervat.



*Figuur 15 Zelfstandig aangesloten cluster*

Een cluster kan zelfstandig aangesloten worden. Hierbij is het cluster niet aan het ORES aangesloten. Voor de warmtevoorziening is dan een lucht-warmtepomp gesimuleerd. Deze levert 30% van de piekvraag. Voor het resterende deel is een piekkel aangesloten.



*Figuur 16 Twee subclusters*

Clusters 3, 4, 5 en 6 zijn elk verdeeld in twee subclusters, omdat de capaciteit van het bestaande Vattenfall transportnet te klein is om in deze clusters de volledige warmtevraag te kunnen leveren. Telkens is het ene subcluster aangesloten op het ORES, het andere is op een warmtepomp aangesloten.

## Simulatie

Nadat het netwerk in de ESDL-editor ontworpen is, wordt deze geïmporteerd in de computational framework (CF). Hiervoor worden nog een aantal parameters en instellingen ingevuld.

### Parameters en simulatie instellingen

De volgende parameters werden ingevuld in het CF.

#### Rule based controller

Hiermee kan de manier waarop geprioriteerd wordt aangegeven worden. Voor de warmtebronnen (producers) zijn de opties: op kosten, handmatig of gelijk. Voor de simulaties wordt handmatig gebruikt, waardoor vervolgens handmatig ingesteld kan worden welke bronnen welke prioriteit krijgen. Voor de prioriteit in warmtevraag kan gekozen worden voor revenu, gelijk of handmatig, zie [figuur 17](#). Voor de simulatie wordt gelijk gebruikt.

location	Producer priority	Demand priority
chess	Manual	Equal

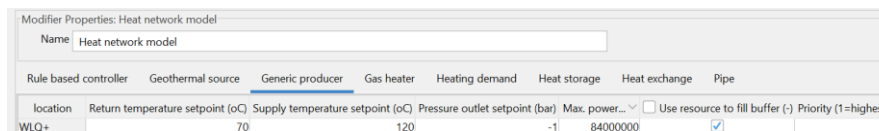
*Figuur 17 Instellingsschema prioriteiten*

### Instellingen bronnen

Voor de warmtebronnen kan in de CF de aanvoer en retourtemperatuur aangepast worden en de prioriteit van bronnen.

- Bronnen met prioriteit 1 het hoogste en dus als eerst ingezet zal worden. In de simulatie krijgen alle duurzame bronnen aquathermie, warmtepompen, geothermie en WLQ+ prioriteit 1. Dit betekent dat deze gelijkwaardig ingezet worden.
- De dag/nacht buffers prioriteit 2 gekregen, seizoensopslag heeft prioriteit 3 gekregen.
- De piekopwekkers, gasketels en Uniper hebben allemaal prioriteit 4 gekregen.
- Tot slot is aangegeven dat alle duurzame bronnen de mogelijkheid hebben om de buffers op te laden (alle piekvoorzieningen niet).

In CF worden ook de profielen van de gebruikers en bronnen ingevoerd. Voor de simulaties is dit alleen gedaan voor aquathermie, de andere bronnen kunnen een maximaal vast vermogen leveren. Ook moet ingesteld worden welke bronnen de buffers op mogen laden, zoals in [figuur 18](#) weergegeven.



location	Return temperature setpoint (oC)	Supply temperature setpoint (oC)	Pressure outlet setpoint (bar)	Max. power...	Use resource to fill buffer (-)	Priority (1=highest)
WLQ+	70	120	-1	84000000	<input checked="" type="checkbox"/>	1

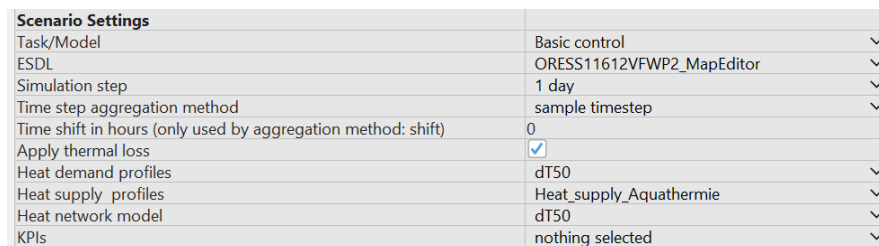
*Figuur 18 Voorbeeld broninstellingen CF*

### Opslag

Voor de buffers zijn inhoud, snelheid van (ont)laden en temperatuurgrenzen ingesteld. De startcapaciteit is voor alle uitgevoerde simulaties op 0% gezet, zodat de energiebalans klopt.

### Scenario instelling

Ook zijn er nog een aantal simulatie-specifieke instellingen, zoals samplemethode of het wel/niet meenemen van warmteverliezen. In [figuur 19](#) staan de instellingen die gebruikt zijn voor alle simulaties.



Scenario Settings	
Task/Model	Basic control
ESDL	ORESS11612VFWP2_MapEditor
Simulation step	1 day
Time step aggregation method	sample timestep
Time shift in hours (only used by aggregation method: shift)	0
Apply thermal loss	<input checked="" type="checkbox"/>
Heat demand profiles	dT50
Heat supply profiles	Heat_supply_Aquathermie
Heat network model	dT50
KPIs	nothing selected

*Figuur 19 Instellingsschema scenario's*



De vertaalslag van debiet naar DN-maat is volgens de onderstaande tabel uitgevoerd, zie tabel 6.

Tabel 6 DN-maten van het debiet

DN	Volume L/m	Vmax m/sec	Q m3/hr
20	0,37	1,3	1,73
25	0,59	1,3	2,74
32	1,09	1,3	5,09
40	1,46	1,5	7,88
50	2,33	1,7	14,28
65	3,88	1,9	26,55
80	5,35	2,2	42,34
100	9,01	2,4	77,84
125	13,79	2,6	129,06
150	20,18	2,8	203,43
200	34,67	3	374,43
250	54,33	3	586,71
300	73,8	3	829,41
350	93,16	3	1006,1
400	121,8	3	1315,42

### Inzet bronnen

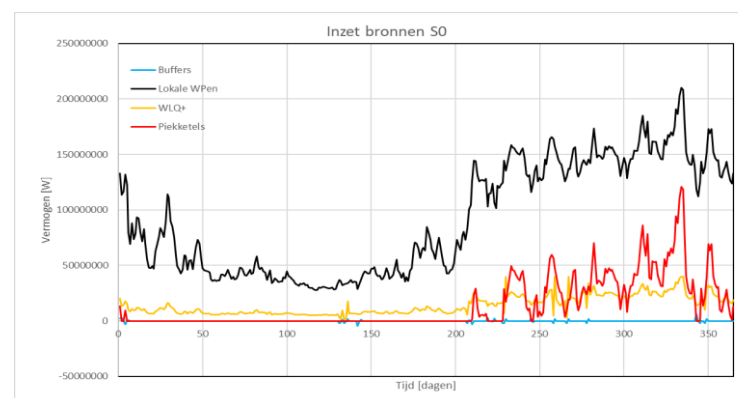
De resultaten uit deze simulatie geven de energiestromen gedurende het jaar, zie figuren 22 t/m 27. In de tabellen 7 t/m 12 is de inzet van alle bronnen in de desbetreffende scenario's door het jaar heen weergegeven. Ook is de totale hoeveelheid geleverde warmte weergegeven. De buffers zijn hier niet in terug te vinden, aangezien de buffers alleen warmte opslaan en niet opwekken.

### Resultaten inzet bronnen scenario 0

Zie tabel 7 en figuur 22.

Tabel 7 Totale inzet bronnen S0

Totale inzet bronnen S0 per jaar			
Piekketels	445	TJ	12%
WLQ+	450	TJ	12%
Warmtepomp	2915	TJ	77%
Totaal	3810	TJ	



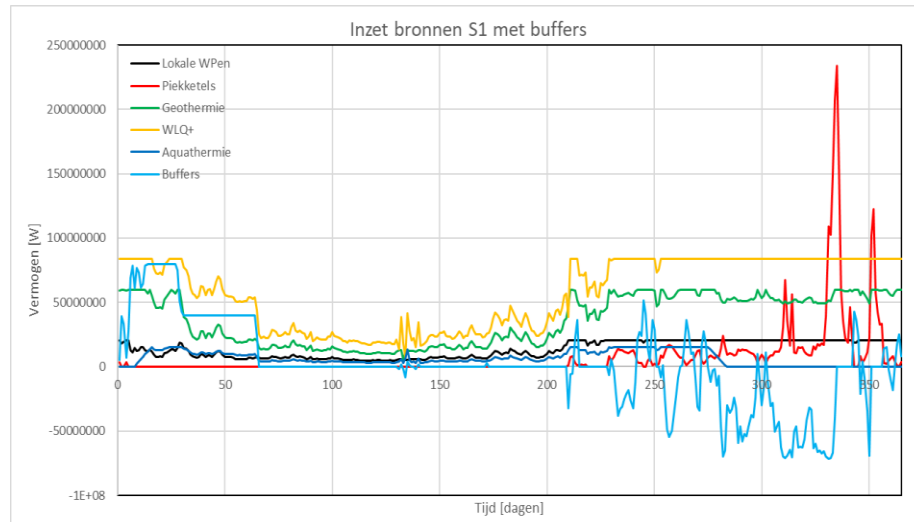
Figuur 22 Inzet bronnen scenario 0

### Resultaten inzet bronnen scenario 1

Zie tabel 8 en figuur 23.

Tabel 8 Totale inzet bronnen S1

Totale inzet bronnen S1 per jaar			
Aquathermie	200	TJ	5%
Geothermie	1162	TJ	30%
WLQ+	1828	TJ	47%
Piekketels	245	TJ	6%
Wpen lokaal	428	TJ	11%
Totaal	3.863	TJ	



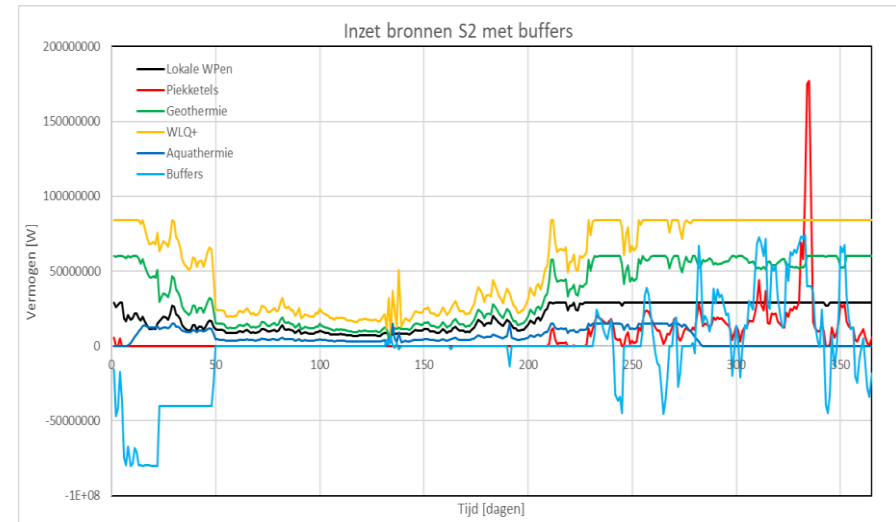
Figuur 23 Inzet warmtebronnen S1

### Resultaten inzet bronnen scenario 2

Zie tabel 9 en figuur 24.

Tabel 9 Totale inzet bronnen S2

Totale inzet bronnen S2 per jaar			
Aquathermie	182	TJ	5%
Geothermie	1127	TJ	29%
Piekketels	218	TJ	6%
WLQ+	1726	TJ	45%
Lokale Wpen	610	TJ	16%
Totaal	3863	TJ	



Figuur 24 Inzet warmtebronnen S2

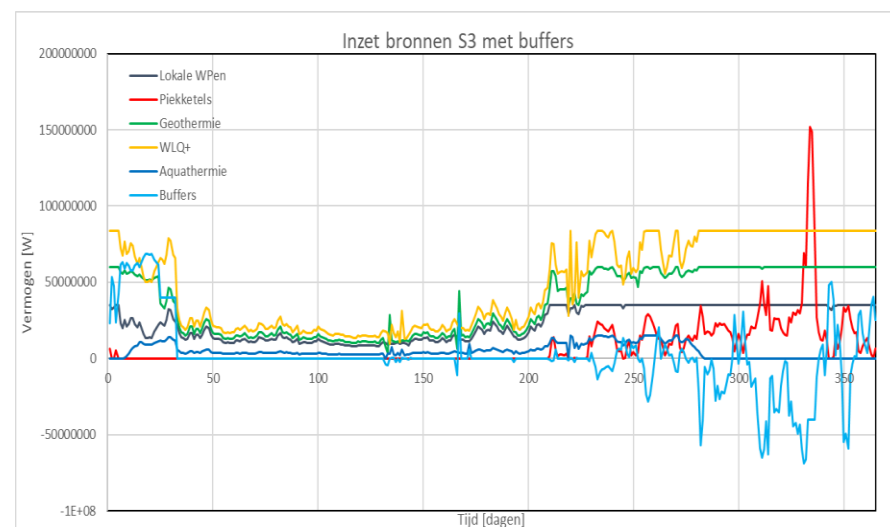


### Resultaten inzet bronnen scenario 3

Zie tabel 10 en figuur 25.

Tabel 10 Totale inzet bronnen S3

Totale inzet bronnen S3 per jaar			
Aquathermie	152	TJ	4%
Geothermie	1166	TJ	30%
Piekketels	250	TJ	6%
WLQ+	1559	TJ	40%
Lokale Wpen	740	TJ	19%
Totaal	3867	TJ	



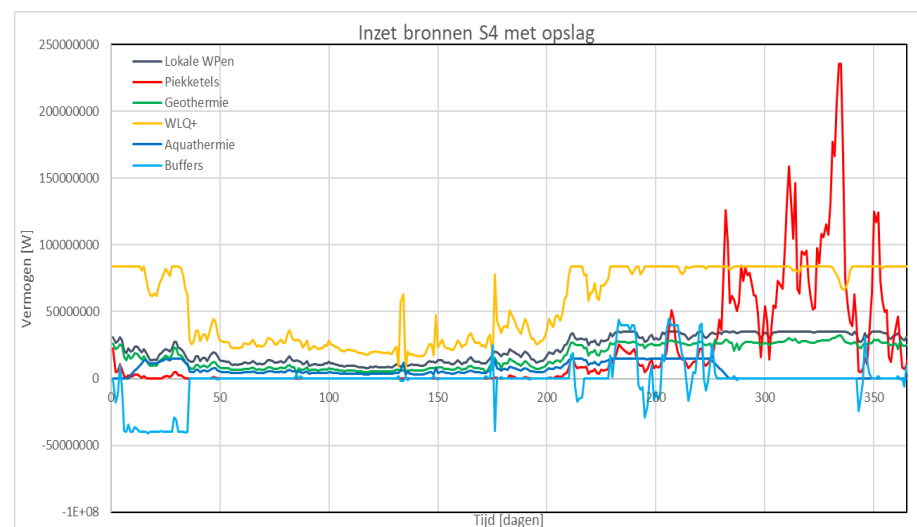
Figuur 25 Inzet warmtebronnen S3

### Resultaten inzet bronnen scenario 4

Zie tabel 11 en figuur 26.

Tabel 11 Totale inzet bronnen S4

Totale inzet bronnen S4 per jaar			
Aquathermie	192	TJ	5%
Geothermie	525	TJ	14%
Piekketels	655	TJ	17%
WLQ+	1772	TJ	46%
Lokale Wpen	740	TJ	19%
Totaal	3884	TJ	



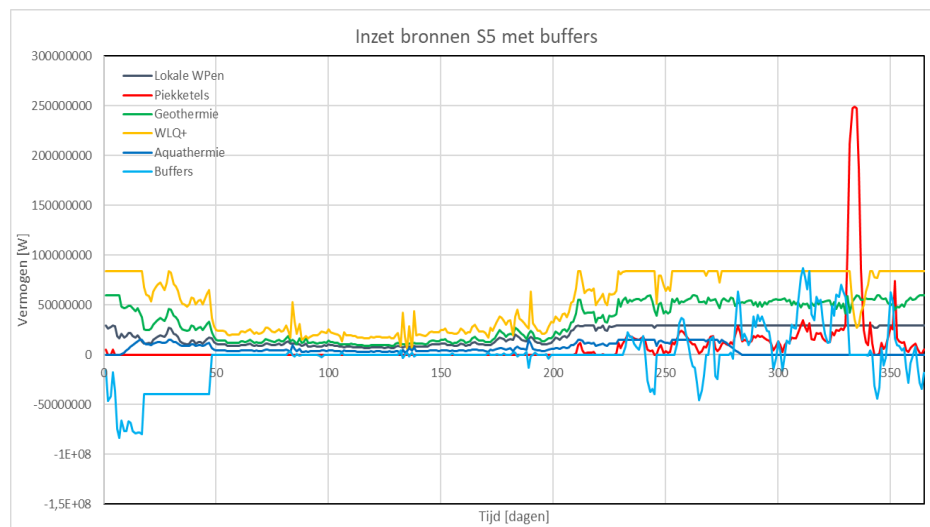
Figuur 26 Inzet warmtebronnen S4

## Resultaten inzet bronnen scenario 5

Zie tabel 12 en figuur 27.

Tabel 12 Totale inzet bronnen S5

Totale inzet bronnen S5 per jaar			
Aquathermie	181	TJ	5%
Geothermie	1058	TJ	28%
Pieketetels	279	TJ	7%
WLQ+	1696	TJ	44%
Lokale Wpen	611	TJ	16%
Totaal	3824	TJ	



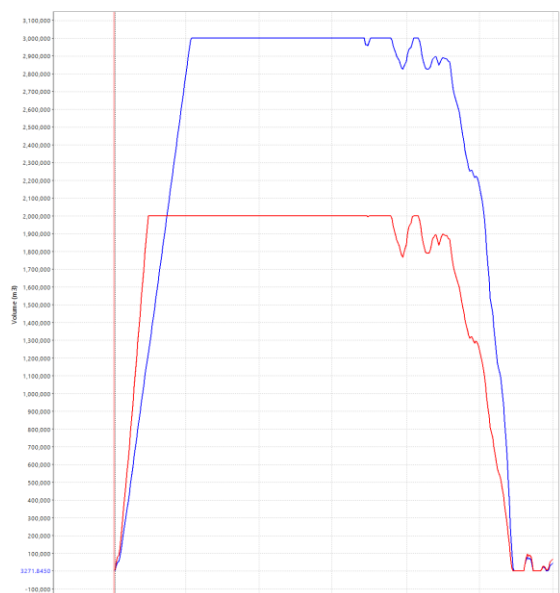
Figuur 27 Inzet warmtebronnen S5

## Variant zonder seizoenbuffers

De buffers vormen in elk scenario een groot deel van de investeringskosten. Dit zorgt voor een systeem waar minder aardgas ingezet wordt, maar ook een kostbaarder systeem. Om het effect op kosten en emissies te zien, is een variantstudie gedaan naar de verschillende scenario's zonder het gebruik van seizoenbuffering. In deze variant wordt bij pieken in de warmtevraag meer aardgas gebruikt.

### Op- en ontladen van de buffers

De buffers worden opgeladen wanneer de warmtebronnen meer warmte leveren dan dat er gevraagd wordt van de gebruikers. Dit vindt in de warmere maanden plaats. De buffers worden ontladen wanneer de warmtevraag groter is dan wat de warmtebronnen kunnen leveren. Hieronder zijn de oplaadcyclussen van de buffers van scenario 1 weergegeven, zie [figuur 28](#). De blauwe lijn is de buffer voor WLQ+ en de rode lijn voor de geothermiebron Aardwarmte Rijnland.



Figuur 28 Op- en ontladen seizoensopslag S1

## Vershil in inzet bronnen wel of geen seizoensopslag

Zie tabellen 13 t/m 17.

Table 13 Vershil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S1

Bron scenario 1	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	171	4%	200	5%
Geothermie	1.101	29%	1.162	30%
WLQ+	1.639	43%	1.828	47%
Pieketels	505	13%	245	6%
Lokale warmtepompen	428	11%	428	11%
<b>Totaal</b>	<b>3.842</b>		<b>3.863</b>	

Table 14 Vershil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S2

Bron scenario 2	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	160	4%	182	5%
Geothermie	1061	28%	1127	29%
Pieketels	437	11%	218	6%
WLQ+	1574	41%	1726	45%
Lokale warmtepompen	610	16%	610	16%
<b>Totaal</b>	<b>3843</b>		<b>3863</b>	

Tabel 15 Verschil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S3

Bron scenario 3	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	143	4%	152	4%
Geothermie	1083	28%	1166	30%
WLQ+	1458	38%	1559	40%
Piekketels	407	11%	250	6%
Lokale warmtepompen	740	19%	740	19%
<b>Totaal</b>	<b>3831</b>		<b>3867</b>	

Tabel 16 Verschil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S4

Bron scenario 4	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	178	5%	192	5%
Geothermie	518	14%	525	14%
WLQ+	1697	44%	1772	46%
Piekketels	689	18%	629	16%
Lokale warmtepompen	740	19%	740	19%
<b>Totaal</b>	<b>3822</b>		<b>3858</b>	

Tabel 17 Verschil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S5

Bron scenario 5	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	160	4%	181	5%
Geothermie	1018	27%	1058	28%
WLQ+	1563	41%	1696	44%
Piekketels	469	12%	279	7%
Lokale warmtepompen	611	16%	611	16%
<b>Totaal</b>	<b>3820</b>		<b>3824</b>	

\* In scenario 0 wordt niet gebruikgemaakt van seizoensopslag.

Het verwijderen van de seizoensopslag zal ervoor zorgen dat de inzet van de basisbronnen afneemt en dat de inzet van de piekketels toeneemt. De toename van de inzet van de piekketels varieert tussen de verschillende scenario's, maar over het algemeen wordt de inzet bijna verdubbeld.

Ook is te zien dat in alle scenario's met seizoensopslag meer warmte geleverd wordt dan de scenario's zonder. Dit heeft ermee te maken dat er meer warmteverlies plaatsvindt. Een gasketel wordt namelijk dichtbij de WOS voor elk cluster geplaatst. Hierdoor hoeft deze warmte niet of nauwelijks via het primaire net getransporteerd te worden.

## Kengetallen

Binnen deze studie is een groot aantal kengetallen gebruikt. Een deel van de kengetallen is gebruikt vanuit de WarmingUp designtoolkit. Daarnaast hebben de verschillende stakeholders kengetallen gedeeld en zijn er kengetallen gebruikt van Greenvis, zie tabellen 18 t/m 25.

*Tabel 18 Leidingdiameter met bijbehorende kosten (secundair. Bron: Prijzen obv WarminUp tool incl. indexatie)*

DN	Q	Kosten incl,btw
	l/sec	[Euro]
32	1,4	€ 938
40	2,2	€ 961
50	4,0	€ 1.011
65	7,4	€ 1.065
80	11,8	€ 1.134
100	21,6	€ 1.227
125	35,9	€ 1.364
150	56,5	€ 1.489
200	104,0	€ 1.766
250	163,0	€ 2.090
300	231,4	€ 2.425
350	279,5	€ 2.792
400	365,4	€ 3.205

*Tabel 19 Onderhouds- en beheerkosten (O&M, Bron: Greenvis)*

onderhouds- en beheerkosten (O&M)	waarde	Eenheid
Leidingwerk	2,00%	[Euro/capex]
Hulpsystemen (Opslag, WOS, filtersysteem, ...)	1,50%	[Euro/capex]
Pompen	2,00%	[Euro/capex]
Afnamecomponenten	2,00%	[Euro/capex]

*Tabel 20 Warmteoverdrachtstations (Bron: Greenvis)*

Warmteoverdrachtstation	waarde	Eenheid
WOS vermogen	3	MW
WOS - CAPEX variabel	65.000	[Euro/MW]
WOS - CAPEX vast	50.000	[Euro/WOS]
Herinvestering na	15	jaar
Herinvestering %	80%	€/€

*Tabel 21 Aansluitkosten (Bron: Greenvis)*

Aansluitingen	waarde	Eenheid
Afleverzet kleinverbruik	1182	€/stuk
Afleverzet grootverbruik, vaste parameter (a)	10000	€/stuk
Afleverzet grootverbruik, variabele parameter (b)	4	€/kW
Herinvestering na	15	jaar
Herinvestering %	50%	€/€
Klantzijdige kosten, woning laagbouw	3376	€/stuk
Klantzijdige kosten, woning hoogbouw	1688	€/stuk
Klantzijdige kosten, util/collectief, var	84	€/kW
Klantzijdige kosten, util/collectief, vast	3376	€/stuk

*Tabel 22 Pompeigenschappen (Bron: Greenvis/WarmingUp tool)*

Pomp	waarde	Eenheid
Pompvermogen kengetal primair	0,48	kWe/(m3/hr)
Kosten voor pompen	50	€/kWe
O&M	0,02	€/€_CAPEX
Herinvestering na	15	jaar
Herinvestering %	0,8	€/€

Tabel 23 Dag/nacht-buffers, o.b.v. 1,5 uur piekwarmte levering

dag/nacht buffergrootte, per cluster	Inhoud [m3]
Dag/nacht 1	703
Dag/nacht 2	2349
Dag/nacht 3	343
Dag/nacht 4	1708
Dag/nacht 5	1578
Dag/nacht 6	4514
Dag/nacht 7	3436
Dag/nacht 8	2822
Dag/nacht 9	2345
Dag/nacht 10	832
Dag/nacht 11	4497

Tabel 24 Emissies

	Emissies	
Elektra	33,3 kg CO <sup>2</sup> /GJ	KEV, Gemiddelde tussen 2025 en 2030
Gas	56,4 kg CO <sup>2</sup> /GJ	o.b.v. verbrandingswaarde Gronings aardgas
WLQ+	3,3 kg CO <sup>2</sup> /GJ	NTA8800
Geothermie	2,2 kg CO <sup>2</sup> /GJ	o.b.v COP
Aquathermie	11,1 kg CO <sup>2</sup> /GJ	o.b.v. COP

Tabel 25 Broneigenschappen (Bron: prijzen o.b.v. WarmingUp, COP o.b.v. carnot efficiency (55% efficiency), vermogens en temperaturen o.b.v. ontvangen informatie stakeholders)

Bronnen	Bron temperatuur	Invoer temperatuur ORES	Max vermogen	CAPEX	CAPEX	CAPEX vast inhoud [m3]	O&M vast	O&M variabel	COP/rendement (incl. pompenergie)	Herinvestering (indien niet in O&M)
	[C]		[MW]	[Euro/kWth]	[Euro]		[Euro/kW/jaar]	[Euro/kWh]	[kWth/kWe]	
WLQ+	120	120	84-104	321			6,4	0	nvt	0%
Geo Aardwamte Rijnland	69	85	40	1395			96,3	0,0019	20,9+15,0	0%
Geo 1	58	75	10	1395			96,3	0,0019	14,9+15,0	0%
Geo 2	58	75	10	1395			96,3	0,0019	14,9+15,0	0%
Aquathermie	25	95	15	1134			170,5	0,0019	3,0	0%
Uniper		120	83							
Piekopwekker		120 of 75	50	100			2%	0%	90%	80%
ATES 1 (seizoensbuffer)		120 of 75			€14.450.000	800.000	5%		15,0	0%
ATES 2 (seizoensbuffer)		120 of 75			€14.450.000	800.000	5%		15,0	0%
L/W warmtepomp		75		500			2,50%	0%	2,0 <sup>1</sup>	80%

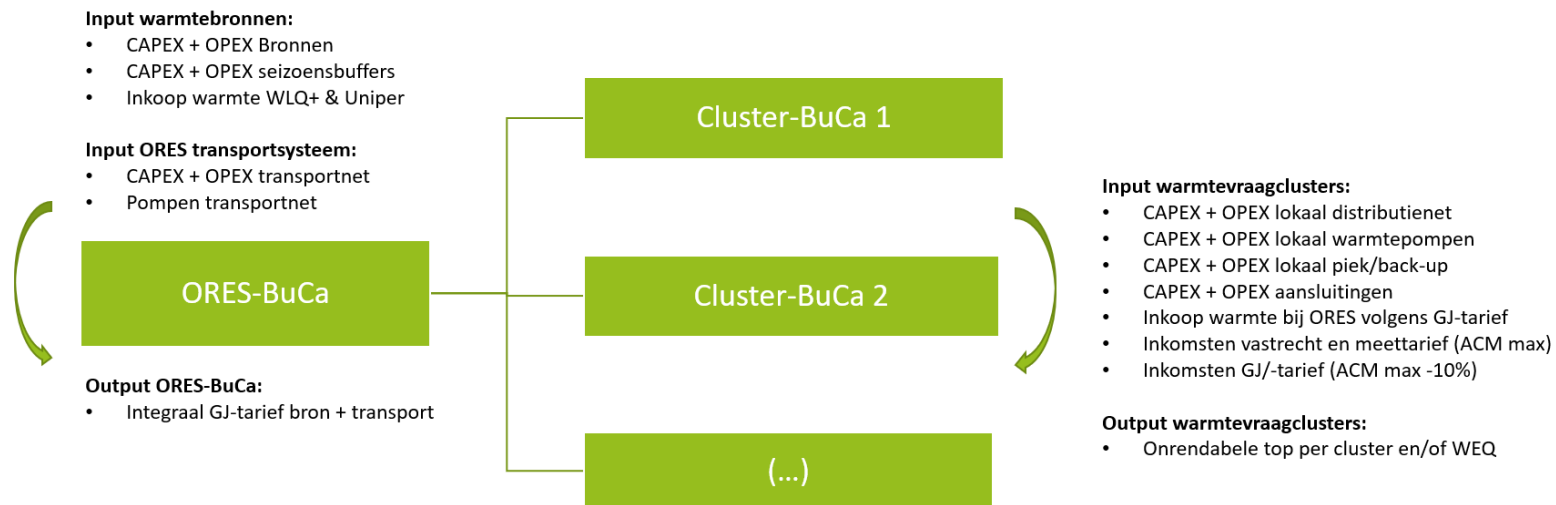
<sup>1</sup> Berekening o.b.v. lucht/water warmtepomp en temperaturen voor piekvoorziening

## Uitgangspunten Businesscase

De volgende slides 1 t/m 8 geven de uitgangspunten en methodiek achter de integrale businesscase weer.

# Uitgangspunten integrale BuCa ORES

*De komende sheets presenteren gehanteerde uitgangspunten in de integrale businesscase.*



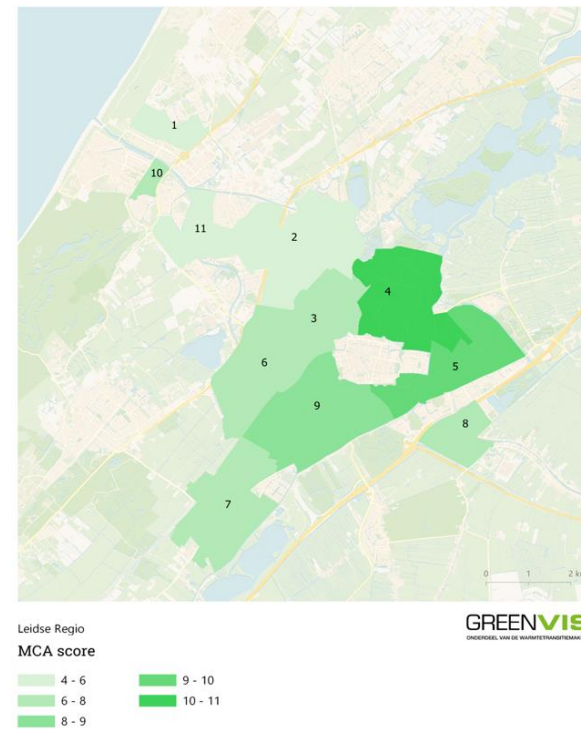
*Slide 1 Uitgangspunten integrale BuCa ORES*



# Input Greenvis als vertrekpunt fasering

## Fasering op basis van MCA-score

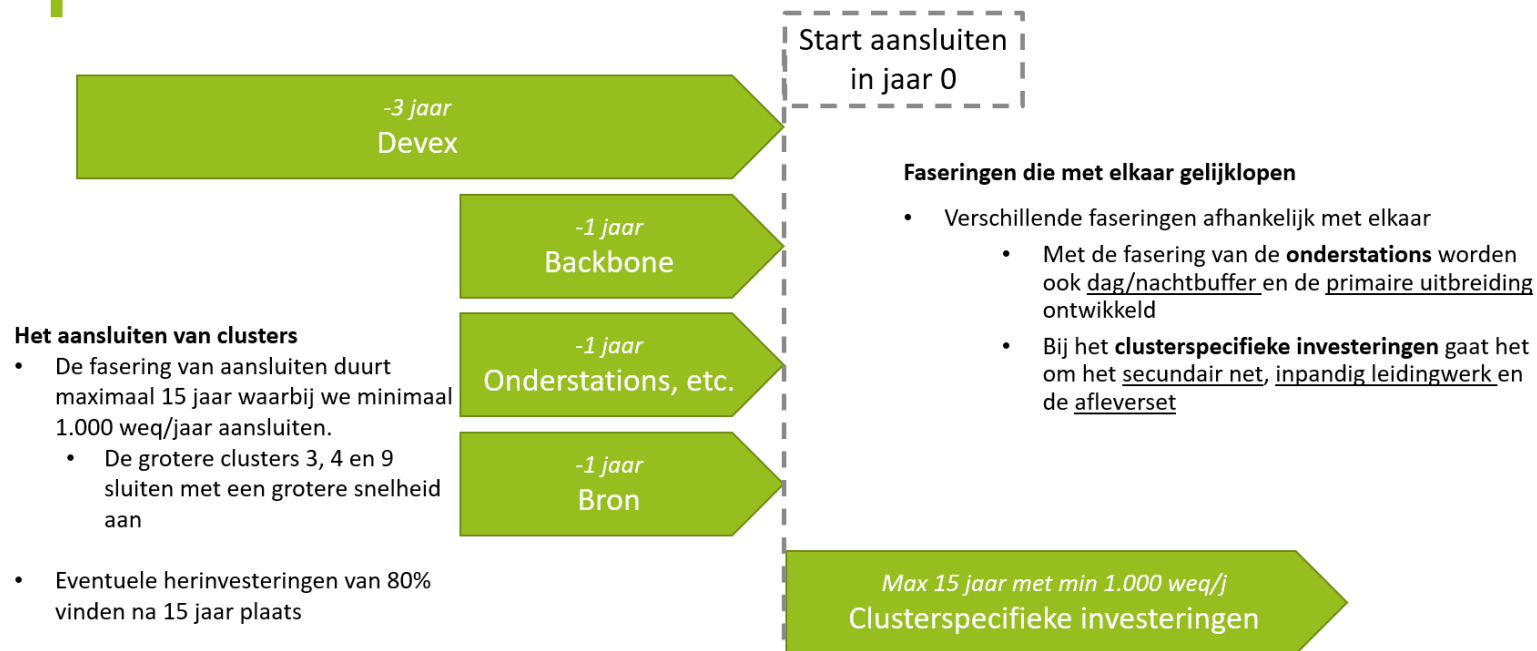
- Greenvis leverde de fasering op hoofdlijnen in een kleurschaal. Deze verwerkten wij in het rekenmodel.
- Principe: Eerdere aansluiting van clusters met een hoge MCA-score dan de clusters met een lage score.
- Vijf fasen waarin de clusters worden aangesloten
  1. Cluster: 4
  2. Cluster: 5
  3. Cluster: 9
  4. Cluster: 3, 6, 7, 8, 10
  5. Cluster: 1, 2, 11



*Slide 2 Input Greenvis als vertrekpunt fasering*

# Faseringsprincipes van clusters

De onderstaande planning wordt per cluster doorlopen in de volgorde zoals gepresenteerd op de vorige slide



Slide 3 Faseringsprincipes van clusters

# Fasering en exploitatie van de clusters

*De aansluitvolgorde van de clusters volgt de beschikbaarheid van bronnen waardoor de zuidelijke clusters eerder aansluiten dan de noordelijke clusters.*

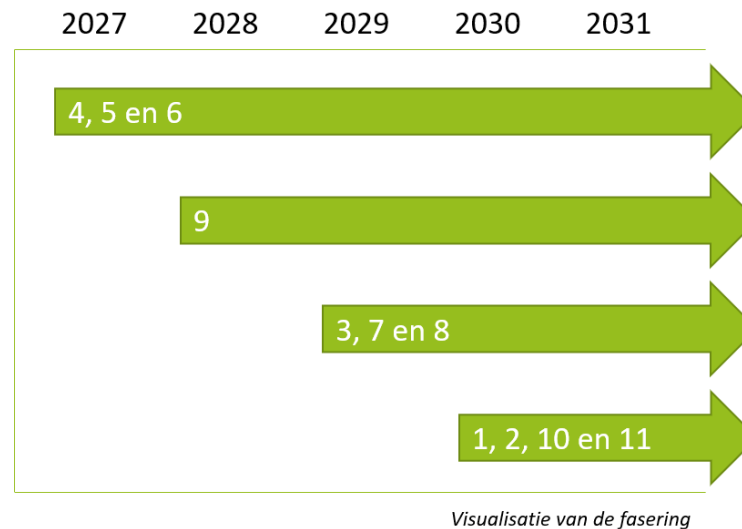
- De fasering van de clusters met telkens opvolgende jaren:
  - De clusters 4, 5 en 6 sluiten als eerste aan op het ORES-systeem
  - Cluster 9 volgt het jaar daarop
  - Clusters 3, 7 en 8
  - En als laatste clusters 1, 2, 10 en 11.

#### Splitsing van zuid en noord bij aansluiten:

- WLQ+ voorziet de zuidkant van ORES. Deze bron is naar verwachting vanaf 2027 beschikbaar voor het leveren van warmte. De eerste clusters kunnen dus vanaf 2027 aangesloten worden.
- De noordkant van ORES wordt vanaf 2030 aangesloten. Geothermie vanuit Noordwijk voorziet naar verwachting deze noordkant van warmte.

#### Exploitatie van het net

- De exploitatietermijn van het net is 30 jaar. Hierdoor maken later aangesloten clusters, minder lang gebruik van ORES.
- Het laatste jaar in het model is 2054, in dit jaar nemen we ook de restwaarde mee. Dit doen we volgens de historische kostprijsmethodiek, zijnde de investeringen en herinvesteringen minus de afschrijvingen.



*Slide 4 Fasering en exploitatie van de clusters*

# Voorbeeld van fasering in het 0-scenario

De fasering is in alle scenario's exact gelijk. Dit is hierdoor geen factor van verschil in de uitkomsten.

Fasering Bron (15 jaar afsch.)				Realisatie t.o.v. start	1 t/m	2 technische levensduur	15 herinvesteringsaandeel	80,00%											
<b>BASE</b>																			
Scenario 0 - Cluster 1	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 2	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 3	%		180%	2026	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 4	%		180%	2024	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 5	%		180%	2024	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 6	%		180%	2024	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 7	%		180%	2026	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 8	%		180%	2026	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 9	%		180%	2025	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 10	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-
Scenario 0 - Cluster 11	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-
<b>Fasering secundair net</b>																			
Gelijk aan Fasering Fasering CAPEX Woning kleinschalig ESW - Athene																			
<b>BASE</b>																			
Scenario 0 - Cluster 1	%	100%		2027				14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%
Scenario 0 - Cluster 2	%	100%		2027				14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%
Scenario 0 - Cluster 3	%	100%		2026				6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Scenario 0 - Cluster 4	%	100%		2024				6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Scenario 0 - Cluster 5	%	100%		2024				7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%
Scenario 0 - Cluster 6	%	100%		2024				8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%
Scenario 0 - Cluster 7	%	100%		2024				9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%
Scenario 0 - Cluster 8	%	100%		2026				21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%
Scenario 0 - Cluster 9	%	100%		2025				6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Scenario 0 - Cluster 10	%	100%		2027				74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%
Scenario 0 - Cluster 11	%	100%		2027				19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%
<b>Fasering CAPEX Woning kleinschalig ESW - Athene</b>																			
technische levensduur 1500 herinvestering 25,17% 33,00% 37,47% 29,24% 28,00% 25,61% 30,17% 30,15% 31,64% 31,21% 29,90%																			
<b>BASE</b>																			
Scenario 0 - Cluster 1	Aantal WEG per jaar	Startjaar	Aantal WEG					14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%
Scenario 0 - Cluster 2	1.000	2.027	2.877					14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%
Scenario 0 - Cluster 3	526	2.026	7.811					6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Scenario 0 - Cluster 4	1.338	2.024	20.060					6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Scenario 0 - Cluster 5	1.000	2.024	13.780					7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%
Scenario 0 - Cluster 6	1.000	2.024	12.050					8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%
Scenario 0 - Cluster 7	1.000	2.026	10.712					9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%
Scenario 0 - Cluster 8	1.000	2.026	4.278					21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%
Scenario 0 - Cluster 9	1.000	2.023	24.496					6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%	6,67%
Scenario 0 - Cluster 10	1.000	2.027	1.339					74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%
Scenario 0 - Cluster 11	1.000	2.027	7.188					19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%

Slide 5 Voorbeeld van fasering in het 0-scenario

# Uitgangspunten cluster-BuCa

## Tarieven en overige financiële assumpties

	Uitgangspunt	Opmerking
<b>Tarieven kleinverbruik (excl. BTW)</b>		
<i>Vastrecht warmte</i>	€408,74	ACM 2022
<i>Meettarief</i>	€22,70	ACM 2022
<i>Huur afleverzet</i>	€108,40	ACM 2022
<i>Variabel tarief warmte</i>	€40,13	ACM 2022 - 10% variabel
<b>Tarieven grootverbruik (excl. BTW)</b>		
<i>Vaste kosten/aansluiting</i>	€4.496,14	Gemiddeld 46 KW/aansluiting
<i>Variabel tarief warmte</i>	€30,10	75% van kleinverbruik
BAK t.o.v. woningen	70%	

	Uitgangspunt	Opmerking
<b>Subsidies</b>		
<i>SDE++</i>	30 jaar	Meegenomen zoals hierna beschreven bij exploitatiesubsidie
<i>EIA</i>	-	Niet meegenomen
<i>SAH/ISDE</i>	-	Niet meegenomen
<i>WIS</i>	-	Niet meegenomen
<b>Financiële assumpties</b>		
<i>Indexering CAPEX</i>	3,5%	
<i>Indexering overig</i>	2,0%	
<i>Discontovoet</i>	7,0%	
<i>VpB</i>	25,80%	
<i>Amortisatie BAK</i>	30 jaar	

Slide 6 Uitgangspunten cluster-BuCa

# Uitgangspunten BuCa

## Energiebelasting en ODE

Energiebelasting			Opslag duurzame energie- en klimaattransitie (ODE)		
<b>Energiebelasting Aardgas staffels</b>			<b>ODE Aardgas staffels</b>		
EB aardgas staffel 1 t/m:	170.000	staffel	EB aardgas staffel 1 t/m:	170.000	staffel
EB aardgas staffel 2 t/m:	1.000.000	staffel	EB aardgas staffel 2 t/m:	1.000.000	staffel
EB aardgas staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel	EB aardgas staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel
EB aardgas staffel 4 vanaf	10.000.001	staffel	EB aardgas staffel 4 vanaf	10.000.001	staffel
<b>Energiebelasting Aardgas prijzen</b>			<b>ODE Aardgas prijzen</b>		
0 tot 170.000	€ 0,3486	€/m <sup>3</sup>	0 tot 170.000	€ 0,0851	€/m <sup>3</sup>
170.001 tot 1.000.000	€ 0,0655	€/m <sup>3</sup>	170.001 tot 1.000.000	€ 0,0235	€/m <sup>3</sup>
1000.001 tot 10.000000	€ 0,0239	€/m <sup>3</sup>	1000.001 tot 10.000000	€ 0,0232	€/m <sup>3</sup>
> 10.000.001	€ 0,0128	€/m <sup>3</sup>	> 10.000.001	€ 0,0232	€/m <sup>3</sup>
<b>Energiebelasting Elektra staffels</b>			<b>ODE Elektra staffels</b>		
EB elektra staffel 1 t/m:	10.000	staffel	ODE staffel 1 t/m:	10.000	staffel
EB elektra staffel 2 t/m:	50.000	staffel	ODE staffel 2 t/m:	50.000	staffel
EB elektra staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel	ODE staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel
EB elektra staffel 4 - zakelijk vanaf	10.000.001	staffel	ODE staffel 4 vanaf:	10.000.001	staffel
EB elektra staffel 4 - niet zakelijk vanaf	10.000.001	staffel	ODE staffel 4 niet zakelijk vanaf:	10.000.001	staffel
<b>Energiebelasting Elektra prijzen</b>			<b>ODE elektra prijzen</b>		
0 tot 10.000	€ 0,0943	€/kWh	0 tot 10.000	€ 0,0300	€/kWh
10.001 tot 50.000	€ 0,0516	€/kWh	10.001 tot 50.000	€ 0,0411	€/kWh
50.001 tot 10.000.000	€ 0,0138	€/kWh	50.001 tot 10.000.000	€ 0,0225	€/kWh
> 10.000.001 (zakelijk)	€ 0,0006	€/kWh	> 10.000.001 (zakelijk)	€ 0,0004	€/kWh
> 10.000.001 (niet zakelijk)	€ 0,0011	€/kWh	> 10.000.001 (niet zakelijk)	€ 0,0004	€/kWh

Slide 7 Uitgangspunten BuCa

# Exploitatiesubsidie

We passen een exploitatiesubsidie toe om de prijzen van ORES-bronnen gelijk te trekken met WLQ. De werking van dit instrument is vergelijkbaar met de SDE++ regeling.

De Gasunieprijs voor WLQ bevat een forse exploitatiesubsidie. Om een eerlijke vergelijking te maken in het model, hanteren we een subsidie regeling die de lokale bronnen voor ORES naar een gelijk prijsniveau trekt.

Hiervoor zijn meerdere opties in het model. Optie 3 is genomen als basecase.

1. De subsidie staat uit – WLQ heeft een laag tarief, lokale bronnen hebben het normale (hogere) ORES-tarief.
2. Een subsidie trekt voor 15 jaar de WLQ en de ORES-bronnen op gelijk niveau. Dit is vergelijkbaar met de werking van de huidige SDE++-regeling.
  1. Voor de energie via ORES, geldt een transporttarief als surplus op de gesubsidieerde prijs.
  2. Na 15 jaar stijgen zowel de WLQ als de ORES-prijs naar het niveau van ORES zonder subsidies
3. Een subsidie houdt de prijs voor de volledige looptijd van het model (30 jaar) voor WLQ en ORES op het gesubsidieerde niveau van WLQ
  1. Voor de warmte die via ORES geleverd wordt, blijft het transporttarief als surplus geheven worden.



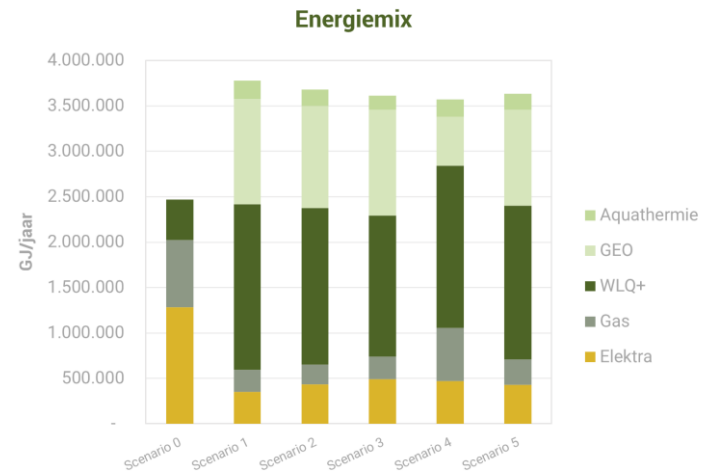
Slide 8 Exploitatiesubsidie

## Resultaten regioniveau

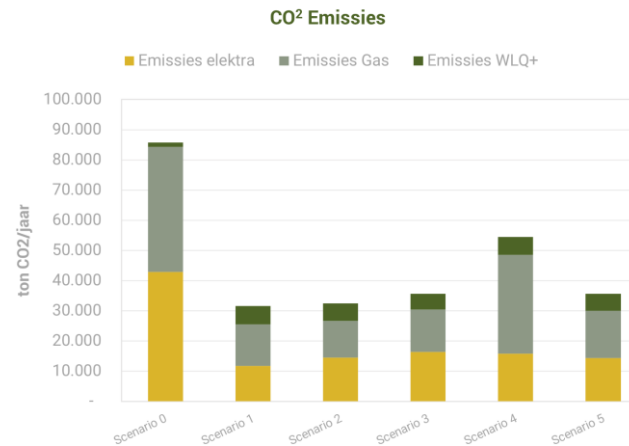
Door de resultaten uit de toolkit te combineren met de kengetallen worden de resultaat bepaald.

- **Energiemix**
  - Scenario's met seizoensopslag, figuur 30
  - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 35
- **CO2-emissies**
  - Scenario's met seizoensopslag, figuur 31
  - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 36
- **CAPEX**
  - Scenario's met seizoensopslag, figuur 32
  - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 37
- **OPEX**
  - Scenario's met seizoensopslag, figuur 33
  - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 38
- **Cumulatieve kosten**
  - Scenario's met seizoensopslag, figuur 34
  - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 39

### Resultaten scenario's met seizoensopslag

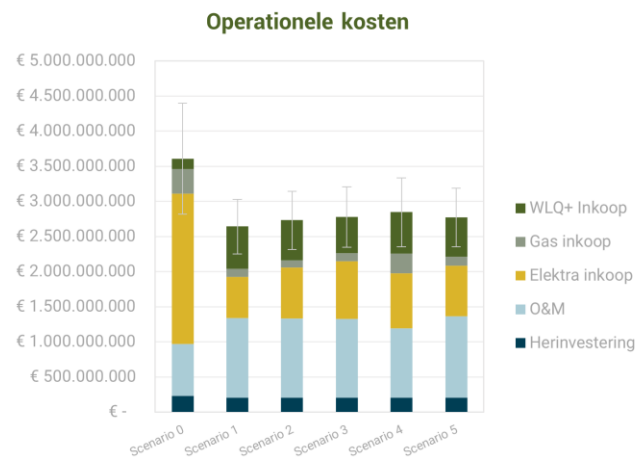


Figuur 29 Energiemix scenario's met seizoensopslag

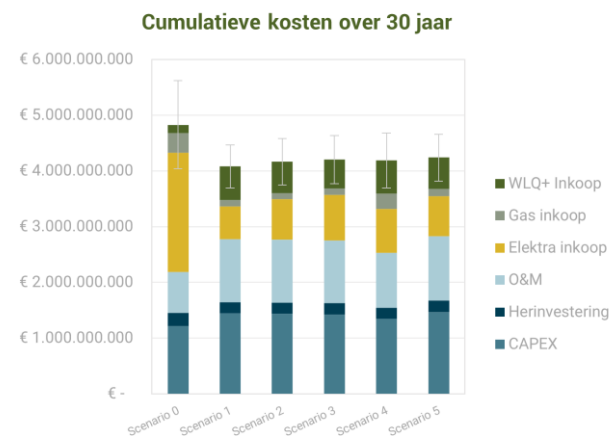


Figuur 30 CO2-emissies scenario's met seizoensopslag

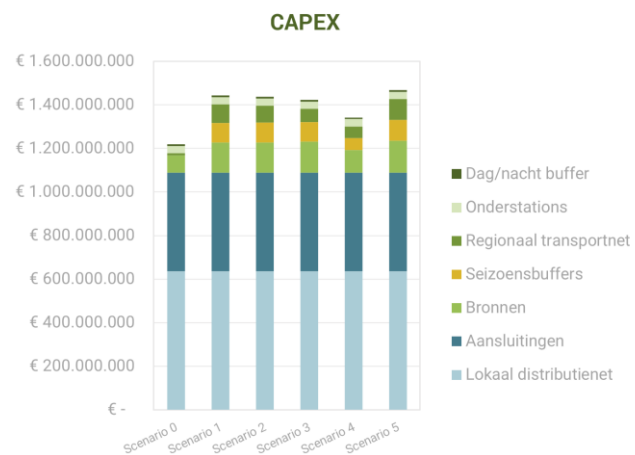




*Figuur 31 Operationele kosten scenario's met seizoensopslag*

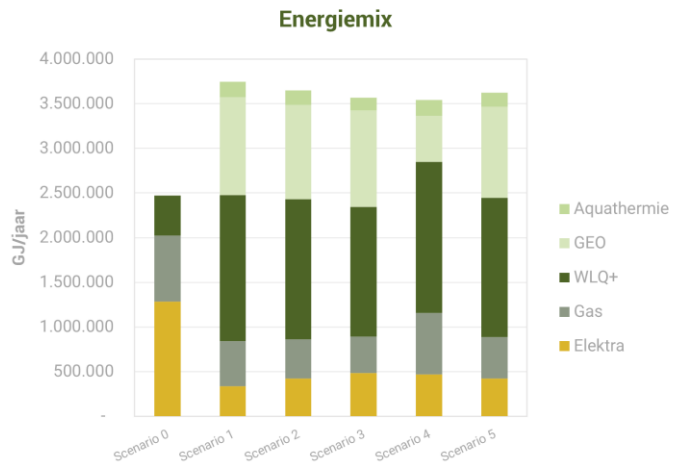


*Figuur 33 Cumulatieve kosten over 30 jaar scenario's met seizoensopslag*

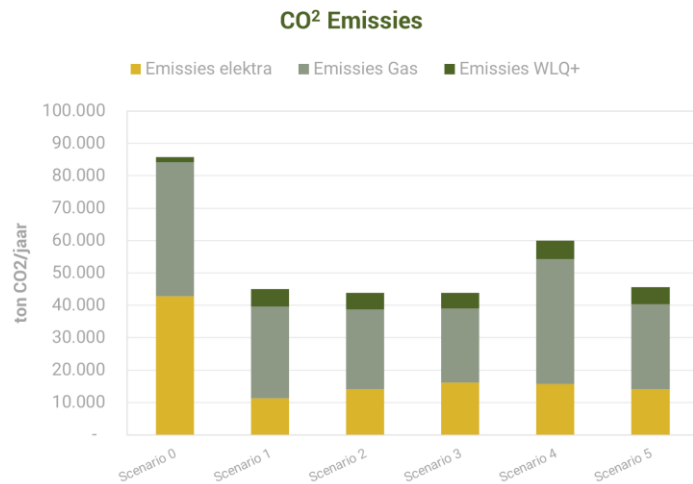


*Figuur 32 CAPEX scenario's met seizoensopslag*

Scenario's zonder seizoensopslag

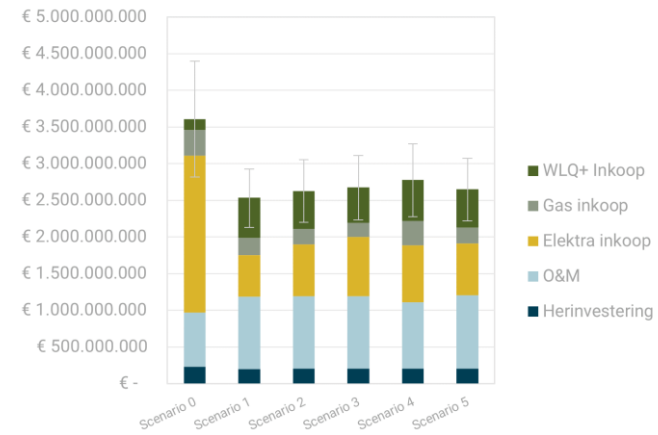


Figuur 34 Energimix scenario's zonder seizoensopslag



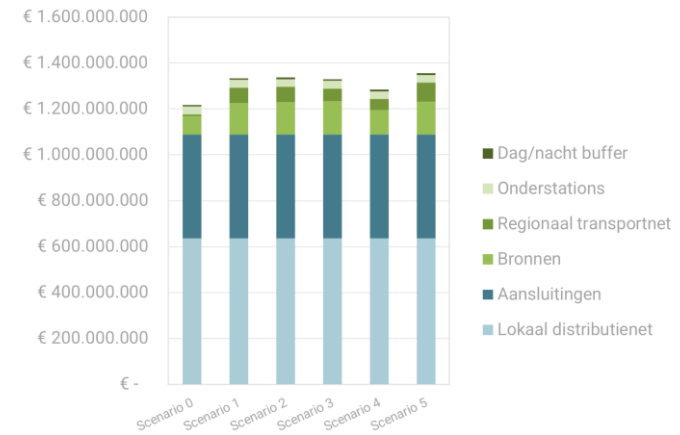
Figuur 35 CO<sub>2</sub>-emissies scenario's zonder seizoensopslag

Operationele kosten

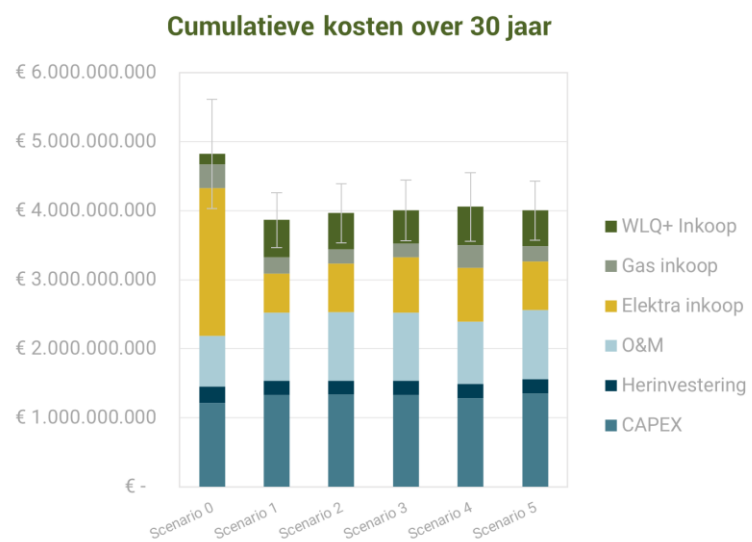


Figuur 36 Operationele kosten scenario's zonder seizoensopslag

CAPEX

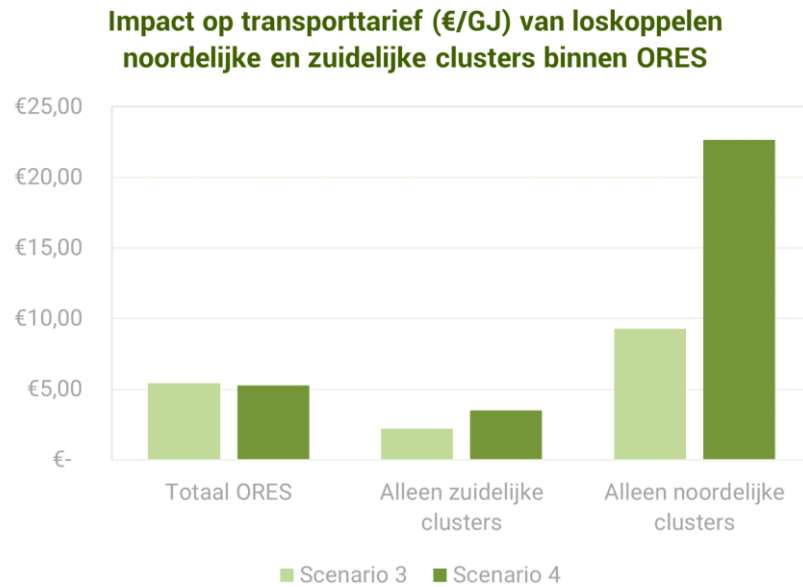


Figuur 37 CAPEX scenario's zonder seizoensopslag



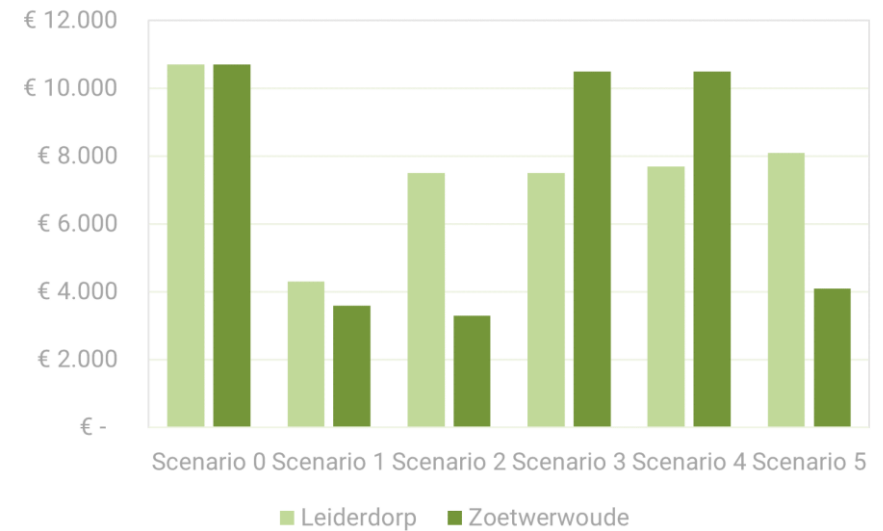
*Figuur 38 Cumulatieve kosten over 30 jaar scenario's zonder seizoensopslag*

## Resultaten clusteranalyse



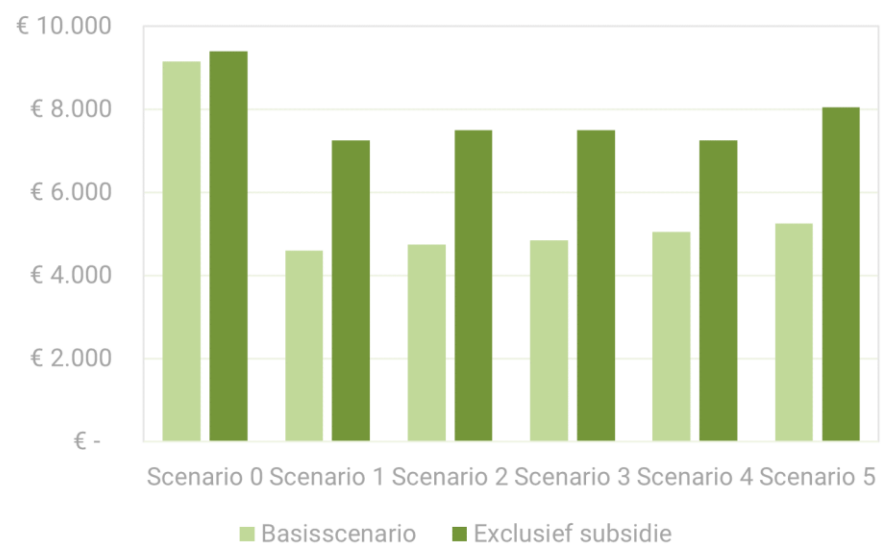
*Figuur 39 Impact transporttarief van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES*

## Een zuidelijke verbinding is zinvol voor Leiderdorp en Zoeterwoude



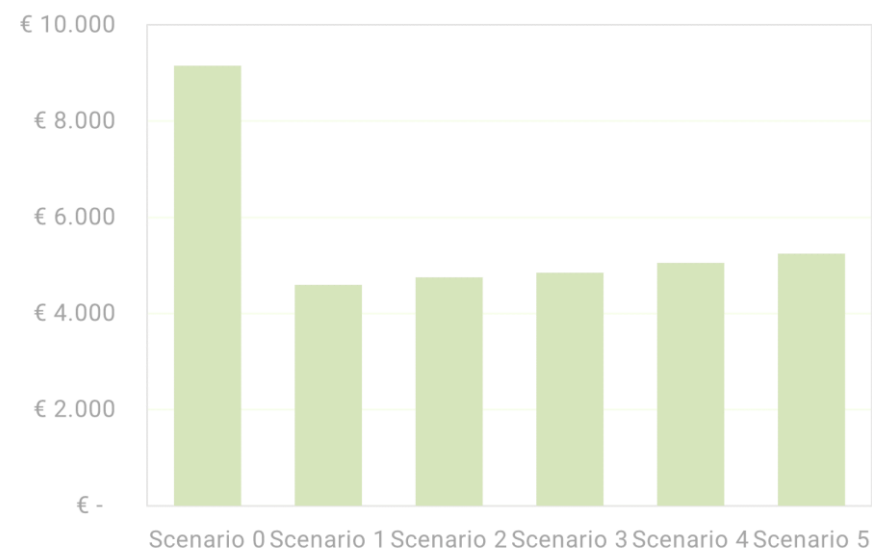
*Figuur 40 De ORT per scenario per WEQ voor de warmtevraagclusters Leiderdorp en Zoeterwoude. Dit laat zien dat de scenario's met een verbinding leiden tot de laagste ORT*

**Impact van het weglaten van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ**



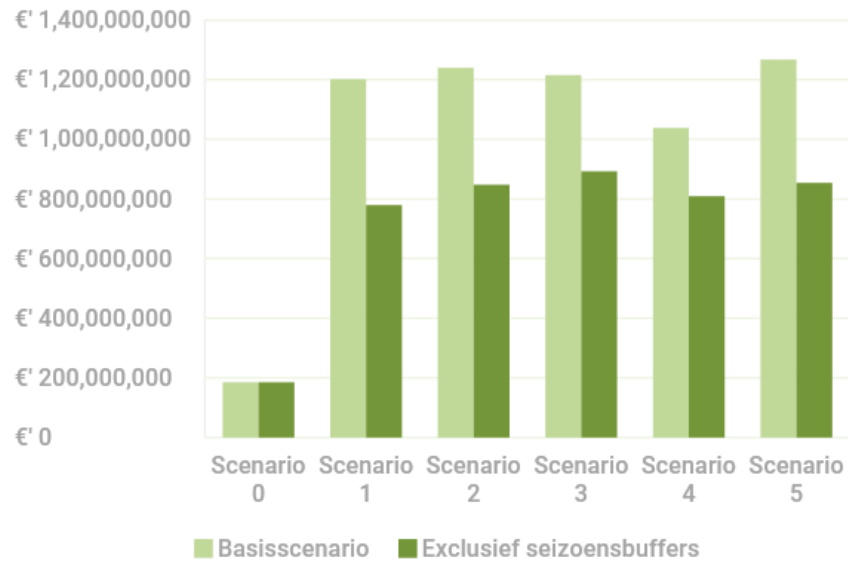
*Figuur 41 Impact weglaten van SDE++*

**Gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario**



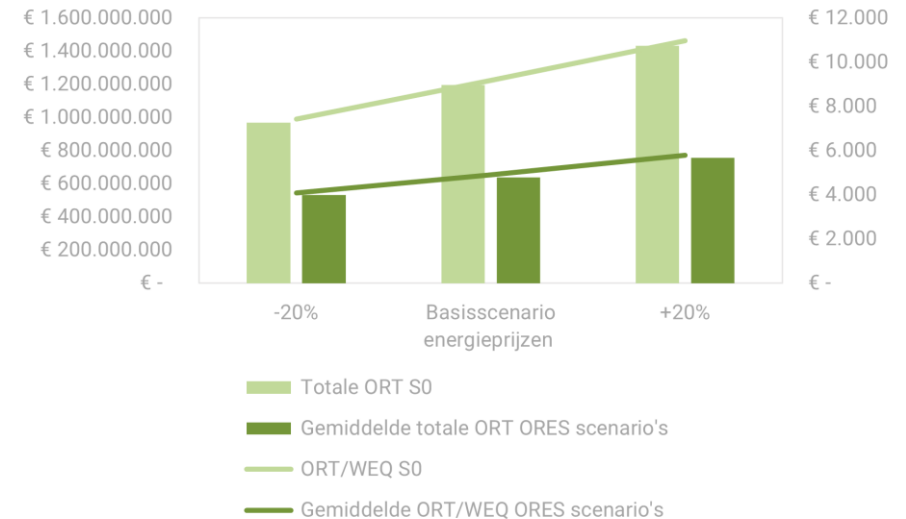
*Figuur 42 Gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario*

### Impact weghalen seizoensbuffers op benodigde subsidie



Figuur 43 Impact weghalen seizoensbuffers op benodigde subsidie

### Het referentiescenario S0 is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen dan de ORES-scenario's



Figuur 44 Referentiescenario is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen

		ORT/WEQ per cluster					
		Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Katwijk-Noord	Cluster 1	€ 13.600	€ 7.700	€ 7.500	€ 7.900	€ 8.300	€ 8.300
Oegstgeest	Cluster 2	€ 18.000	€ 9.100	€ 8.900	€ 8.200	€ 8.300	€ 10.000
Leiden BSP	Cluster 3	€ 7.300	€ 5.100	€ 5.000	€ 4.800	€ 5.100	€ 5.200
Leiden Noord	Cluster 4	€ 6.600	€ 5.200	€ 5.000	€ 4.900	€ 5.300	€ 5.300
Leiderdorp	Cluster 5	€ 10.700	€ 4.300	€ 7.500	€ 7.500	€ 7.700	€ 8.100
Leiden Stevenshof	Cluster 6	€ 5.800	€ 1.600	€ 1.300	€ 1.100	€ 1.300	€ 1.700
Voorschoten	Cluster 7	€ 10.900	€ 5.400	€ 5.100	€ 4.600	€ 5.100	€ 6.600
Zoetwerwoude	Cluster 8	€ 10.700	€ 3.600	€ 3.300	€ 10.500	€ 10.500	€ 4.100
Leiden ZW	Cluster 9	€ 7.300	€ 2.600	€ 2.500	€ 2.000	€ 2.200	€ 2.500
Katwijk aan Zee	Cluster 10	€ 9.000	€ 2.800	€ 2.700	€ 4.100	€ 1.300	€ 3.400
Katwijk	Cluster 11	€ 11.200	€ 5.900	€ 5.800	€ 5.600	€ 5.400	€ 6.800
Gewogen gemiddelde totaal		€ 9.150	€ 4.600	€ 4.750	€ 4.850	€ 5.050	€ 5.250

Figuur 45 ORT/WEQ per cluster