



Onderzoek restwarmtepotentie Zeewolde

Rapportage v2.1

GREENVIS
ENERGY SOLUTIONS


gemeente
Zeewolde

Colofon

Ons kenmerk: GV20031-GZE-R03-Onderzoek restwarmte Zeewolde

Christiaan van Soest 06 41594469 christiaan.van.soest@greenvis.nl
Jelle Loogman
Saskia Dane

Opdrachtverstrekking:
Dieter Bruin – Gemeente Zeewolde

Inhoudsopgave

1	Situatie & Aanleiding	4
1.1	Onderzoeksvragen	4
1.2	Onderzoeksopbouw	5
2	Warmtelevering naar verschillende zoekgebieden in de omgeving	6
2.1	Methode analyse verschillende zoekgebieden	6
2.2	Overzicht zoekgebieden	6
2.3	Resultaten van de analyse	7
2.4	Conclusies	11
3	Ontwerp warmtesysteem	13
3.1	Systeem ontwerp	13
3.2	Begroting & Businesscase	18
3.3	Conclusies analyse Zeewolde	22
4	Afweging & advies restwarmte Zeewolde	25
4.1	Een datacenter restwarmte kans voor Zeewolde	25
4.2	Aandachtspunten restwarmte Zeewolde	26
4.3	Aandachtspunten voor Zeewolde	26
4.4	Advies voor inzet restwarmte Zeewolde	28
Bijlage A.	Toelichting bij Base of Design	29
Bijlage B.	Specificatie per wijk in Zeewolde	32
Bijlage C.	Rangorde inzet warmte opwekkers	35
Bijlage D.	Warmtebuffers	36
Bijlage E.	Stakeholderanalyse Zeewolde	38
Bijlage F.	Ontwikkelmodellen	42
Bijlage G.	Uitgangspunten	45

1 Situatie & Aanleiding

In de gemeente Zeewolde heeft een projectontwikkelaar zich gemeld om een groot datacenter te realiseren. De komst van het datacenter heeft een significante impact op de ruimtelijke omgeving en het energiegebruik in de gemeente maar biedt ook kansen. Eén van de gedefinieerde kansen is het benutten van restwarmte voor het verwarmen van de gebouwen in Zeewolde en andere gemeenten in de omgeving. Dit rapport beschrijft de inzichten en resultaten zoals opgedaan gedurende het onderzoek van Greenvis in opdracht van de gemeente Zeewolde.

Zeewolde is een gemeente in de provincie Flevoland en is met het stichtjaar 1983 een van de jongste gemeenten in Nederland. De gemeente beslaat een groot landoppervlak in verhouding tot de bebouwing en heeft een dorpskern gelegen aan het water. De woningen zijn allemaal in de afgelopen 40 jaar gebouwd en zijn om die reden al redelijk goed geïsoleerd, het gemiddeld energielabel is B. In de Polderwijk is een bestaand warmtenet aanwezig dat wordt geëxploiteerd door Ennatuurlijk. Deze wijk wordt de komende jaren verder uitgebreid waarbij de nieuwbouw wordt aangesloten op het warmtenet.

Ten noorden van de dorpskern nabij industrieterrein Trekkersveld is de realisatie van een hyperscale datacenter beoogd. Deze locatie beslaat 166 hectaren in het verlengde van industrieterrein Trekkersveld en zal ontwikkeld worden vanaf de Knardijk. Het datacenter omvat vooralsnog 5 gelijksoortige gebouwen met daarin modulaire datahallen. [REDACTED]

[REDACTED]. Merk op dat deze restwarmte bij een lage temperatuur (ca. 25°C) beschikbaar komt. De projectontwikkelaar van het datacenter richt zich erop dat de eerste twee gebouwen in 2024 in bedrijf genomen wordt en heeft aangegeven mee te willen werken aan restwarmtelevering. Zodoende is de projectontwikkelaar bereid om vooralsnog tot 40 MW_{th} (thermisch) [REDACTED] voor bijvoorbeeld 15 jaren [REDACTED]. Ontwikkelingen voorbij [REDACTED] bieden daarbij meer restwarmtepotentie en geven aanleiding voor een verkenning op een later tijdstip.

Vanwege de grote restwarmtepotentie van het datacenter wordt in het onderzoek van Greenvis naar zowel Zeewolde als naar locaties in omliggende gemeenten gekeken. Hierbij is een globale analyse gedaan van omliggende afnamegebieden en is in meer detail gekeken naar de bebouwing in Zeewolde zelf.

1.1 Onderzoeksvragen

In hoofdstuk 2 worden de resultaten van de analyse van omliggende (potentiële) afnamegebieden besproken. In overleg met de gemeente Zeewolde zijn omliggende gebieden met een naar verwachting voldoende interessant afname potentieel in kaart gebracht. De centrale onderzoeksvraag voor dit hoofdstuk betrof:

- Voor welke omliggende gebieden rondom Zeewolde zou een aansluiting op een warmtenet o.b.v. datacenter restwarmte interessant kunnen zijn? Eventuele al bestaande warmtenetten zijn hierbij buiten beschouwing gelaten.

In hoofdstuk 3 is in meer detail gekeken naar de bebouwde kern binnen de gemeente Zeewolde zelf. Uit eerdere onderzoeken van de gemeente is namelijk naar voren gekomen dat een warmtenet een interessante oplossing zou kunnen zijn voor een aardgasvrij Zeewolde. Binnen het onderzoek van Greenvis wordt een stap dieper in detail gegaan. De centrale onderzoeksvraag voor dit hoofdstuk betrof:

- Hoe zou een globaal tracé ontwerp voor een warmtenet in Zeewolde eruit kunnen zien? Wat is het totaal warmtevraag potentieel? En voor welke wijken in Zeewolde is een warmtenet interessant?

1.2 Onderzoekopbouw

Voor dit project is de volgende opbouw gevolgd:

1. Vaststellen uitgangspunten > Zie Bijlage G
2. Globale analyse potentiële afzetgebieden > Zie hoofdstuk 2
3. Detail analyse bebouwing Zeewolde > Zie hoofdstuk 3
4. Uitwerken bevindingen en aanbevelingen > Zie hoofdstuk 4

Gedurende de looptijd van dit project is er periodieke afstemming geweest tussen Greenvis en Zeewolde waar de voortgang is besproken en is bijgestuurd in de onderzoeksvraag.

2 Warmtelevering naar verschillende zoekgebieden in de omgeving

2.1 Methode analyse verschillende zoekgebieden

Om een onderbouwde uitspraak te kunnen doen over de potentie van warmtelevering aan verschillende gebieden is naar de volgende aspecten gekeken:

- De omvang van de warmtevraag
- De prijs in €/MW_{th} en €/GJ voor een warmteaansluiting tussen het Warmte Overdracht Station (WOS)¹ en Hoofd Aansluitpunt (HAP)^{2,3}
- De potentie voor CO₂-reductie t.o.v. een aardgasreferentie

Voor de verschillende zoekgebieden is met de GIS-tools van Greenvis een tracé incl. leidingdiameter afgeleid. Deze gegevens zijn vervolgens verwerkt in een Excel rekenmodel om tot een vergelijking van bovengenoemde aspecten te komen.

2.2 Overzicht zoekgebieden

In overleg met Zeewolde zijn de zoekgebieden zoals benoemd in Tabel 1 en getoond in Figuur 1 nader onderzocht als potentiële afzetclusters voor datacenter restwarmte.

Tabel 1 Lijst met overeengekomen zoekgebieden voor restwarmte in de omgeving van Zeewolde.

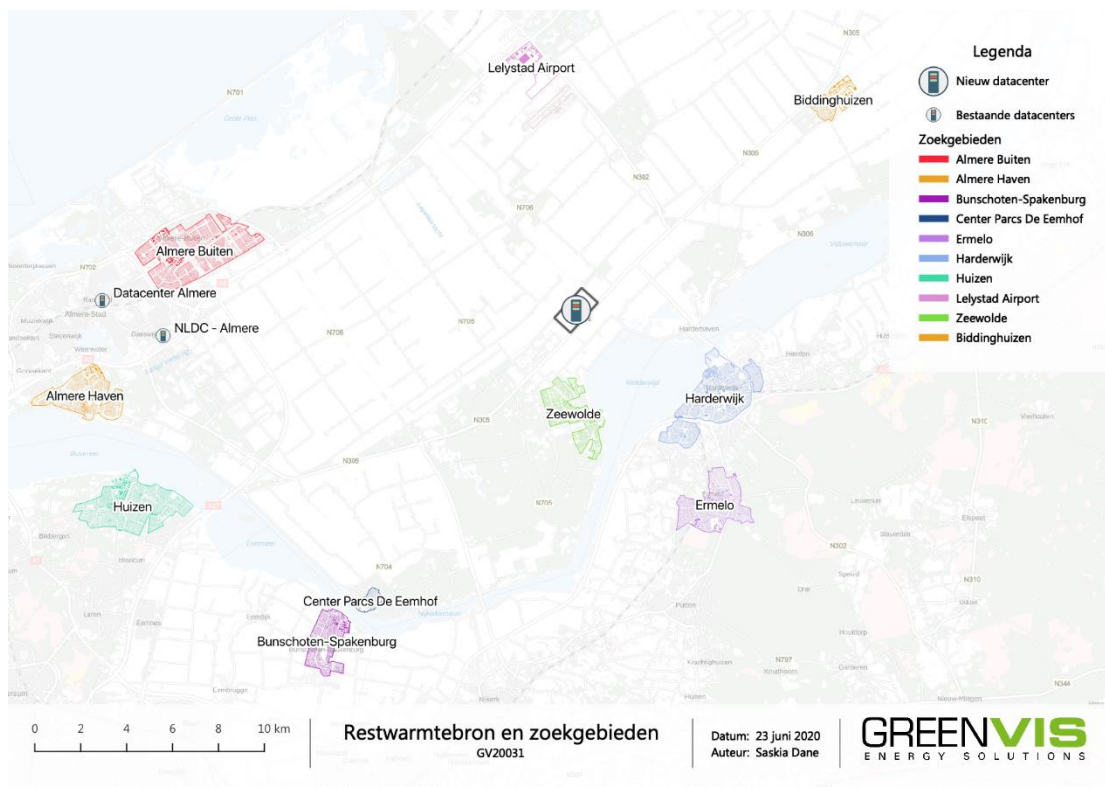
Zoekgebied	Afstand hemelsbreed	Datacenters in directe omgeving	Overbruggen waterweg
Zeewolde	3,0 km	Nog niet	Nee
Harderwijk ⁴	6,5 km	Nee	Ja
Ermelo	10,0 km	Nee	Ja
Huizen	19,0 km	In ontwikkeling	Ja
Almere Haven	20,5 km	Ja + in ontwikkeling	Nee
Almere Buiten	16,0 km	Ja + in ontwikkeling	Nee
Lelystad Airport	9,0 km	Nee, enkel kleinschalig	Nee
Center Parcs De Eemhof	15,0 km	Nee	Nee
Bunschoten-Spakenburg	17,2 km	Nee	Ja
Biddinghuizen	14,8 km	Nee	Nee

¹ Warmte Overdracht Station, voorzien is dat de WOS naast het uitkoppelpunt van het datacenter zal worden gebouwd.

² Hoofdaansluitpunt, voorzien is dat vanaf de HAP een distributienet de verschillende afnemers aansluit op het warmtenet.

³ Voor een uitgebreider onderbouwing voor een keuze van transportnet op 'midden temperatuur' (75°C aanvoer, 45° retour) is op verzoek van de gemeente een aanvullend memo opgeleverd.

⁴ Dit is inclusief de gebieden/ woonkernen 'Frankrijk' en 'Drielanden'



Figuur 1 Overzichtskaart van zoekgebieden voor een eventuele aansluiting op een warmtenet vanuit Zeewolde.

2.3 Resultaten van de analyse

Om te bepalen welke gebieden interessant zijn om aan te sluiten is eerste bepaald welk vermogen en verbruik er per gebied is. Op basis van een 'Base of Design' en de afstand is vervolgens de kostprijs per GJ warmte per gebied bepaald. Deze kostprijs per gebied geeft aan welke gebieden interessant zijn om aan te sluiten en welke zeker niet. Als laatste is ook bepaald hoeveel CO₂ uitstoot per gebied gereduceerd kan worden wanneer aangesloten wordt op een warmtenet. Deze reductie is ook in perspectief van de tijd gezet omdat de verwachting is dat de CO₂ uitstoot van elektra zal dalen.

Voor het gebruikte 'Base of Design' wordt verwezen naar Figuur 3 op pagina 13.

In Tabel 2 wordt gepresenteerd welk gevraagd vermogen per zoekgebied is afgeleid via de GIS-tools van Greenvis. Het aansluitvermogen (kolom 1) betreft daarbij een optelling van het piekvermogen van alle potentiële afnemers binnen een zoekgebied. Aangezien niet alle afnemers tegelijkertijd een warmtevraag hebben, kan hier een correctie voor 'gelijktijdigheid' over worden gedaan (kolom 2). Dit betreft de piekvraag⁵ per zoekgebied gedurende een heel jaar. In de laatste kolom (kolom 3) is per zoekgebied weergegeven welk vermogen een basislast warmtebron (zoals een datacenter) zou kunnen leveren.

⁵ De piekvraag zal maar een paar uur per jaar daadwerkelijk worden gevraagd. Het loont daarom niet om een de restwarmte zoals afgenomen van het datacenter gelijk te stellen aan de gelijktijdige warmtevraag. Op basis van een jaarbelasting duerkromme is aangenomen dat een warmte afname van 40% t.o.v. van het gelijktijdig vermogen realistischer is.

Wat opvalt in Tabel 2 is dat de zoekgebieden kunnen worden verdeeld in drie orde grootte:

- Hoog aansluitvermogen:
Harderwijk, Huizen, Almere Buiten
- Gemiddeld aansluitvermogen:
Zeewolde, Ermelo, Almere Haven, Bunschoten-Spakenburg
- Beperkt aansluitvermogen:
Lelystad Airport, Center Parcs de Eemhof

Een businesscase voor het aansluiten van zoekgebieden op afstand vereist dat er voldoende afzet (behoefte) aan warmte is. De verwachting is daarom dat het individueel aansluiten van zoekgebieden met een beperkt aansluitvermogen financieel niet aantrekkelijk zal blijken⁶.

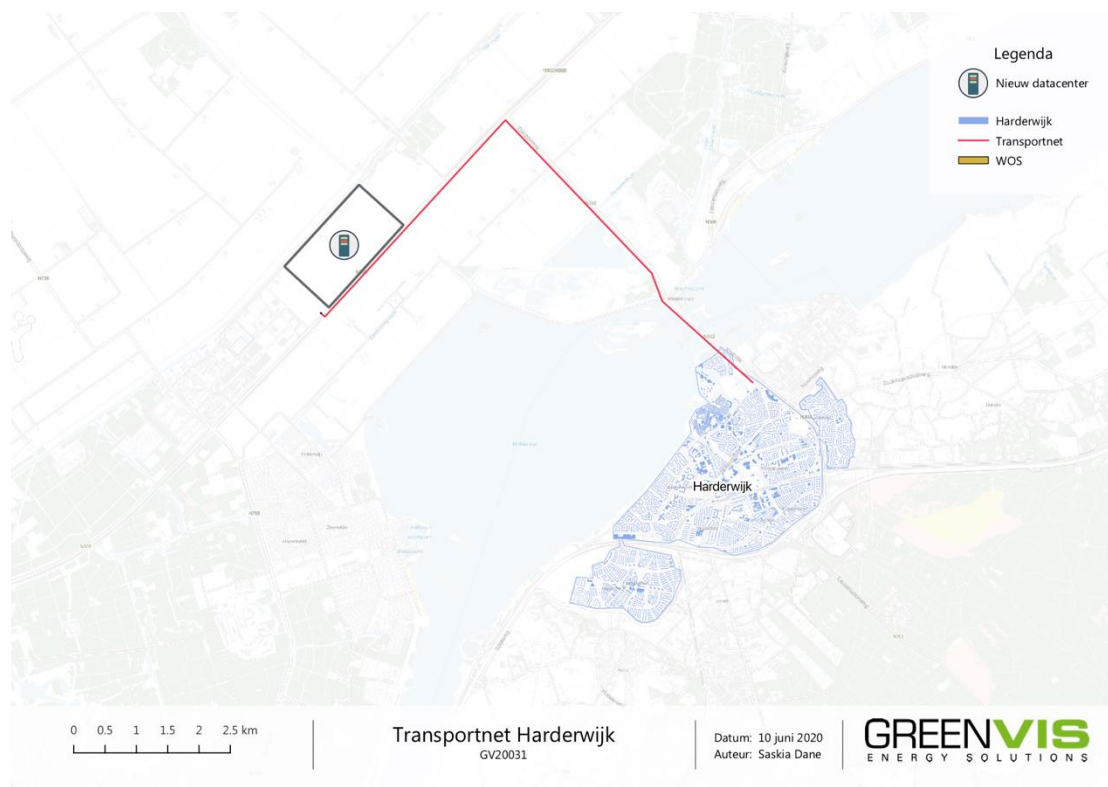
Het uitkoppelen van restwarmte is alleen interessant als er voldoende warmtevraag is, waarbij er ook een haalbare businesscase is voor exploitatie en levering van deze warmte aan afnemers. Vanuit de projectontwikkelaar is aangegeven om – vooralsnog - tot 40 MW_{th} (thermisch) voor bijvoorbeeld 15 jaren

Tabel 2 Rekenmodel resultaten met een indicatie van de maximale warmtevraag per zoekgebied, een correctie voor gelijktijdigheid en een indicatie vermogen voor een haalbare 'basislast' warmtebron per zoekgebied. Getallen zijn afgerond naar 100kW.

Gebied	Aansluitvermogen [kW]	Gelijktijdig vermogen [kW]	40% Gelijktijdig vermogen [kW]
Zeewolde	85.800	47.200	18.900
Harderwijk	205.900	113.300	45.300
Ermelo	107.300	59.000	23.600
Huizen	207.700	114.200	45.700
Almere Haven	103.600	57.000	22.800
Almere Buiten	204.500	112.500	45.000
Lelystad Airport	42.900	23.600	9.400
Center Parcs De Eemhof	7.400	4.100	1.600
Bunschoten-Spakenburg	90.800	50.000	20.000
Biddinghuizen	36.165	19.891	7.956

Het volgt uit Tabel 2 dat het aansluitvermogen van *Center Parcs De Eemhof* met 1,6MW_{th} relatief beperkt is. Aangezien de afstand van dit zoekgebied wel 15km is t.o.v. de bron is het onwaarschijnlijk dat er een haalbare businesscase kan worden gerealiseerd voor aansluiting van dit zoekgebied. In de hiernavolgende resultaten is het zoekgebied Center Parcs dan ook achterwege gelaten.

⁶ De uitzondering betreft het realiseren van een beperkte aftakking van een andere warmte transportleiding welke naar een ander zoekgebied gaat, maar dat ligt buiten de scope van dit het huidige onderzoek.



Figuur 2 Een voorbeeld van de 10 km transportleiding zoals voorzien voor de aansluiting van Harderwijk. Verondersteld wordt dat aan het einde van deze transportleiding een HAP (Hoofdaansluitpunt) wordt voorzien.

Prijsverdeling bij beperkte beschikbaarheid van restwarmte

In Tabel 3 worden de investeringsprijs en kostprijs van het rekenmodel gepresenteerd voor een situatie waarbij tot 40MW_{th} restwarmte beschikbaar is vanuit het datacenter. In vergelijking tot alternatieven op grotere afstand is de investeringsprijs voor het aansluiten van *Zeewolde* en *Harderwijk* duidelijk het laagst.

Uit vergelijkbare projecten van Greenvis is de ervaring dat:

- Een kostprijs (na SDE++) tot 6€/GJ interessant is voor verdere analyse.
- Een kostprijs (na SDE++) tussen de 6-10€/GJ uitdagend is voor een haalbare businesscase.
- Een kostprijs (na SDE++) boven de 10€/GJ businesscase in principe onrealistisch maken.

Merk wel op dat het gegund krijgen van een SDE++ subsidieaanvraag op voorhand niet kan worden gegarandeerd. De aanbeveling is om daarom altijd een back-up plan paraat te hebben voor het geval dat de subsidie niet wordt toegekend.

In een scenario met een beschikbaarheid tot 40MW_{th} warmte is een warmtenet alleen voor *Zeewolde* en *Harderwijk* interessant. De verwachting is dat het uitdagend zal zijn om een haalbare businesscase op te stellen voor een aansluiting van *Ermelo*, *Huizen* en/of *Almere Buiten*. De overige zoekgebieden zijn niet interessant voor aansluiting op een warmtebron tot 40MW_{th}.

Merk op dat het rekenmodel zoals opgesteld rekening houdt met schaalvoordelen van grotere transportvermogens. De resultaten zoals hieronder gepresenteerd gaan uit van een vermogen van

40MW_{th} zoals genoemd door de ontwikkelaar van het datacenter. De resultaten zoals hieronder gepresenteerd betreffen dan ook geen optimalisatie naar het goedkoopste aansluitvermogen per warmtevraagcluster zoals bekeken.

Tabel 3 Rekenmodel resultaten bij een beschikbaarheid tot 40MW_{th} aan restwarmte

Gebied	Investerings- prijs [€/kW]	Kostprijs geleverde GJ op de HAP [€/GJ]	Kostprijs na SDE++ [€/GJ]
Zeewolde	699	10,6	4,0
Harderwijk	1.021	10,6	3,9
Ermelo	1.515	13,2	6,5
Huizen	1.477	12,8	6,2
Almere Haven	2.308	18,1	11,4
Almere Buiten	1.653	14,1	7,5
Lelystad Airport	3.481	25,4	18,8
Bunschoten-Spakenburg	2.087	18,0	11,3
Biddinghuizen	3.384	24,5	17,8

Potentie voor CO₂-reductie per zoekgebied

De analyse van de verschillende zoekgebieden heeft ook geresulteerd een berekening van een haalbare CO₂-reductie, zie

Tabel 4. Hierbij is als referentie een aardgasaansluiting op woningniveau genomen. Te zien is dat een warmtenet voorziet in een CO₂-reductie. De Klimaat Energie Verkenning (KEV) 2019 voorziet dat de opwek van elektriciteit in de toekomst (2030 t.o.v. 2025) verder zal verduurzamen, waarmee de CO₂-reductie verder zal toenemen. Uit gesprekken met de ontwikkelaar van het datacenter volgde dat het datacenter voornemens is '100% duurzame elektriciteit' te gebruiken. Als voor het warmtenet ook 100% duurzame elektriciteit wordt gebruikt, dan volgt dat het gebruik van datacenter restwarmte in een warmtenet een CO₂-reductie van 88% oplevert (kolom 3)⁷. Voor de piekvraag blijft (aard)gas namelijk een rol spelen.

Voor berekening van de CO₂ uitstoot voor de gebruikte elektriciteit en aardgas is gebruik gemaakt van:

- Elektriciteit 2025⁸: 0,06 ton CO₂/GJ
- Elektriciteit 2030⁸: 0,03 ton CO₂/GJ
- Elektriciteit 100% duurzaam⁹: 0,00 ton CO₂/GJ
- Aardgas⁸: 0,05 ton CO₂/GJ

⁷ Opvallend is dat hier voor alle zoekgebieden nagenoeg hetzelfde getal uitkomt, dit is een gevolg van de rekenregels/aannames zoals gebruikt voor de doorrekening van de verschillende zoekgebieden.

⁸ Zoals beschikbaar in de KEV2019.

⁹ Aangenomen is dat 100% duurzame elektriciteit geen CO₂-uitstoot heeft.

Tabel 4 Relatieve CO₂-reductie voor aansluiting verschillende zoekgebieden op datacenter restwarmte in verhouding tot een standaard aardgasreferentie

Gebied	Elektriciteit 2025 [%]	Elektriciteit 2030 [%]	Elektriciteit 100% duurzame elektriciteit [%]
Zeewolde	48%	71%	88%
Harderwijk	47%	70%	88%
Ermelo	45%	70%	88%
Huizen	44%	69%	88%
Almere Haven	42%	69%	88%
Almere Buiten	43%	69%	88%
Lelystad Airport	42%	69%	88%
Bunschoten-Spakenburg	43%	69%	88%
Biddinghuizen	43%	69%	88%

2.4 Conclusies

De volgende conclusies worden getrokken o.b.v. bovenstaande resultaten en analyse van een warmteaansluiting richting verschillende zoekgebieden:

- **Interessante zoekgebieden** (*Zeewolde* en *Harderwijk*):
 - De zoekgebieden *Zeewolde* en *Harderwijk* hebben beide een kostprijs (na SDE++) voor aansluiting op een HAP lager dan 5€/GJ.
 - Het rekenmodel toont dat de zoekgebieden *Zeewolde* en *Harderwijk* gezamenlijk een basislast warmtevraag hebben van 64MW_{th}.
 - Het rekenmodel toont dat het aansluiten van *Harderwijk* profiteert van schaalvoordelen. Dit is omdat de warmtevraag in geheel *Harderwijk* groter is dan in *Zeewolde*.
- **Uitdagende zoekgebieden** (*Ermelo*, *Huizen* en/of *Almere Buiten*):
 - De zoekgebieden *Ermelo*, *Huizen* en/of *Almere Buiten* hebben allen een kostprijs (na SDE++) voor aansluiting op een HAP tussen de 5-10€/GJ. De verwachting is daarmee dat het uitdagend zal zijn om een sluitende businesscase te krijgen.
 - Het rekenmodel toont dat de zoekgebieden *Ermelo*, *Huizen* en *Almere Buiten* gezamenlijk een additionele warmtevraag hebben van 114MW_{th}. Dit is ruim meer dan wat de ontwikkelaar van het datacenter op dit moment heeft aangegeven als beschikbaar restwarmte vermogen.
- **Niet haalbaar** (*Almere Haven*, *Lelystad Airport* en *Bunschoten-Spakenburg*):
 - De zoekgebieden *Almere Haven*, *Lelystad Airport*, *Bunschoten-Spakenburg* en *Biddinghuizen* hebben allen een kostprijs (na SDE++) voor aansluiting op een HAP boven de 10€/GJ. De verwachting is daarmee dat het uitwerken van een sluitende businesscase niet realistisch is.
- **Haalbare CO₂-reductie** t.o.v. aardgasreferentie

- De haalbare CO₂-reductie is sterk afhankelijk van de aangenomen CO₂-uitstoot zoals toegeschreven aan de productie van elektriciteit. Voorzien is dat het datacenter na realisatie 100% duurzame elektriciteit zal gaan gebruiken.
 - Als er wordt uitgegaan van de CO₂-uitstoot behorende bij de energiemix voor 2030, dan is met een warmtenet een CO₂-reductie in de orde van 42-48% t.o.v. de aardgasreferentie haalbaar.
 - Als er wordt uitgegaan van de CO₂-uitstoot behorende bij de energiemix voor 2030, dan is met een warmtenet een CO₂-reductie in de orde van 69-71% t.o.v. de aardgasreferentie haalbaar.
 - Als voor de warmtepompen in het WOS ook 100% duurzaam opgewekte elektriciteit (zonder CO₂-uitstoot) wordt gebruikt, dan is de CO₂-reductie in de orde van 88% t.o.v. de aardgasreferentie haalbaar
- **Algemeen:**
 - De verwachting is dat het zonder SDE++ lastig zal worden om voor datacenter subsidie restwarmte een haalbare businesscase op te stellen. Zonder SDE++ subsidie komt de kostprijs namelijk nergens onder de 10€/GJ uit. Op voorhand kan niet worden ingeschat wat de risico's zijn van het 'niet gegund krijgen' een van SDE++ subsidie.
 - Gecombineerd bieden de interessante en uitdagende zoekgebieden samen een totaal aansluitvermogen van 178MW_{th}.

3 Ontwerp warmtesysteem

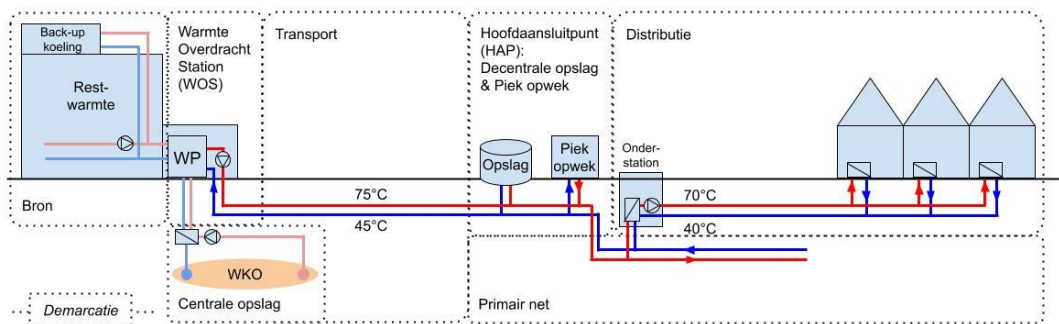
Dit hoofdstuk voorziet in paragraaf 3.1 in een toelichting op een warmtesysteem voor Zeewolde zoals gehanteerd voor deze studie. De resultaten van de analyse worden hierna gepresenteerd in paragraaf 3.2.

3.1 Systeem ontwerp

3.1.1 Base of Design

Figuur 3 toont het Base of Design (BoD) wat is uitgewerkt o.b.v. de beschikbare informatie en gesprekken met verschillende betrokken partijen. Naast een overzicht van de 'warmte- en koude stromen' zijn in de figuur demarcatielijnen opgenomen¹⁰. Per demarcatiegebied kan de eigenaar/ verantwoordelijke verschillen in het uiteindelijke warmtesysteem. De demarcaties zoals opgenomen in het BoD dienen als een eerste voorstel voor verschillende gebieden en interfaces tussen systeemdelen.

Voor een uitgebreider toelichting op het BoD wordt verwezen naar Bijlage A.



Figuur 3 Base of design datacenter restwarmte Zeewolde

3.1.2 Transport & Primair net

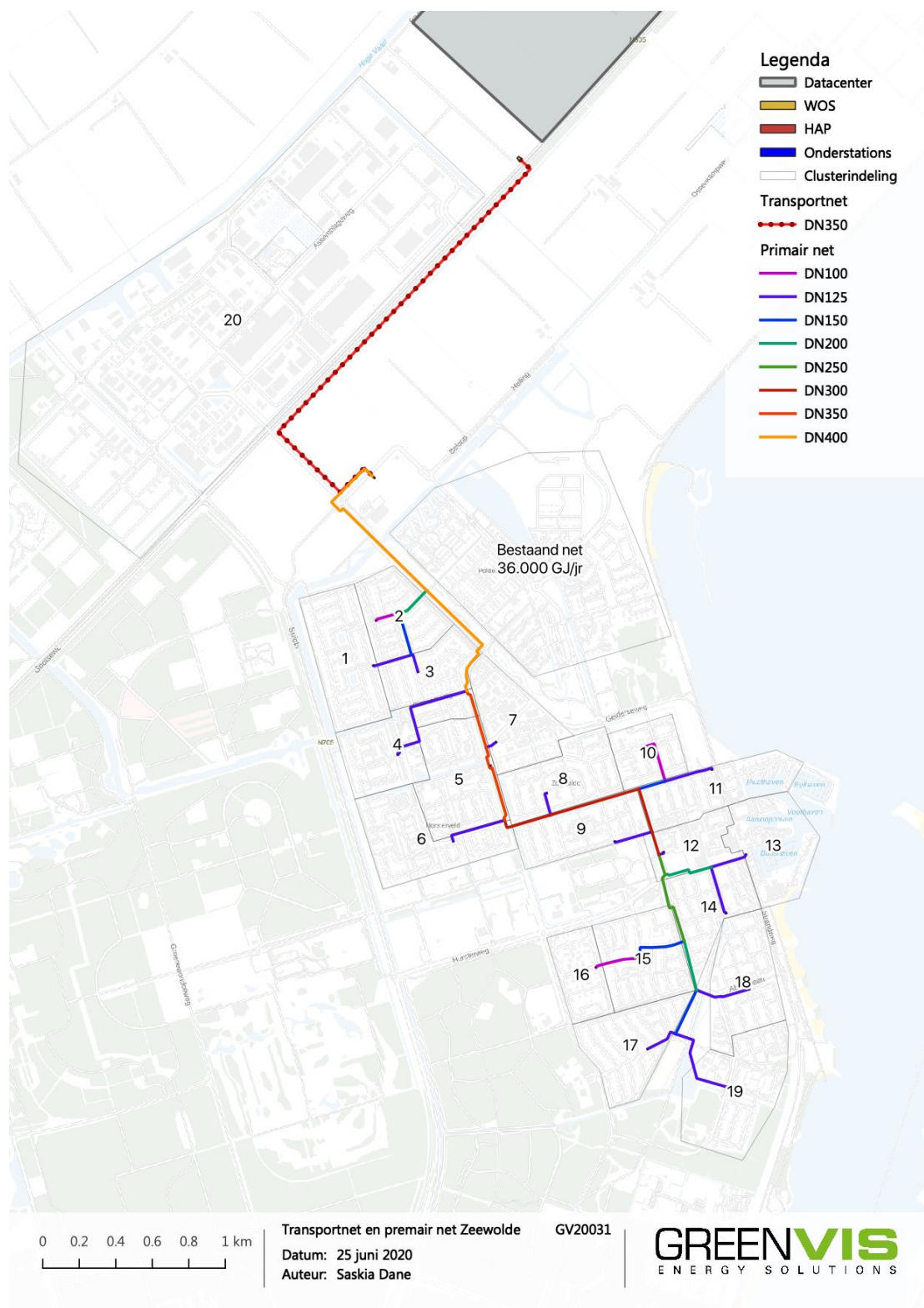
Om warmte vanaf het WOS tot aan de afnemers in Zeewolde te brengen is voorzien dat er een transport- en primair net nodig zal zijn, zoals ook opgenomen in het Base of Design. Het transportnet voorziet in warmtetransport tussen het Warmte Overdracht Station (WOS) en het Hoofd Aansluitpunt (HAP) nabij Zeewolde. Het primair net voorziet vanaf de HAP in het warmtetransport naar de verschillende vraagclusters in Zeewolde. Figuur 4 toont het voorgesteld tracé van deze leidingen in Zeewolde.

Merk op dat het voorgesteld tracé is opgesteld o.b.v. beperkte informatie. Het betreft dus een indicatief tracé om een inschatting te kunnen maken van tracé lengte en leiding diameters. Voor het opstellen van een definitief tracé is uitgebreider onderzoek nodig, waaronder detail afstemming over beschikbare ruimte in de ondergrond.

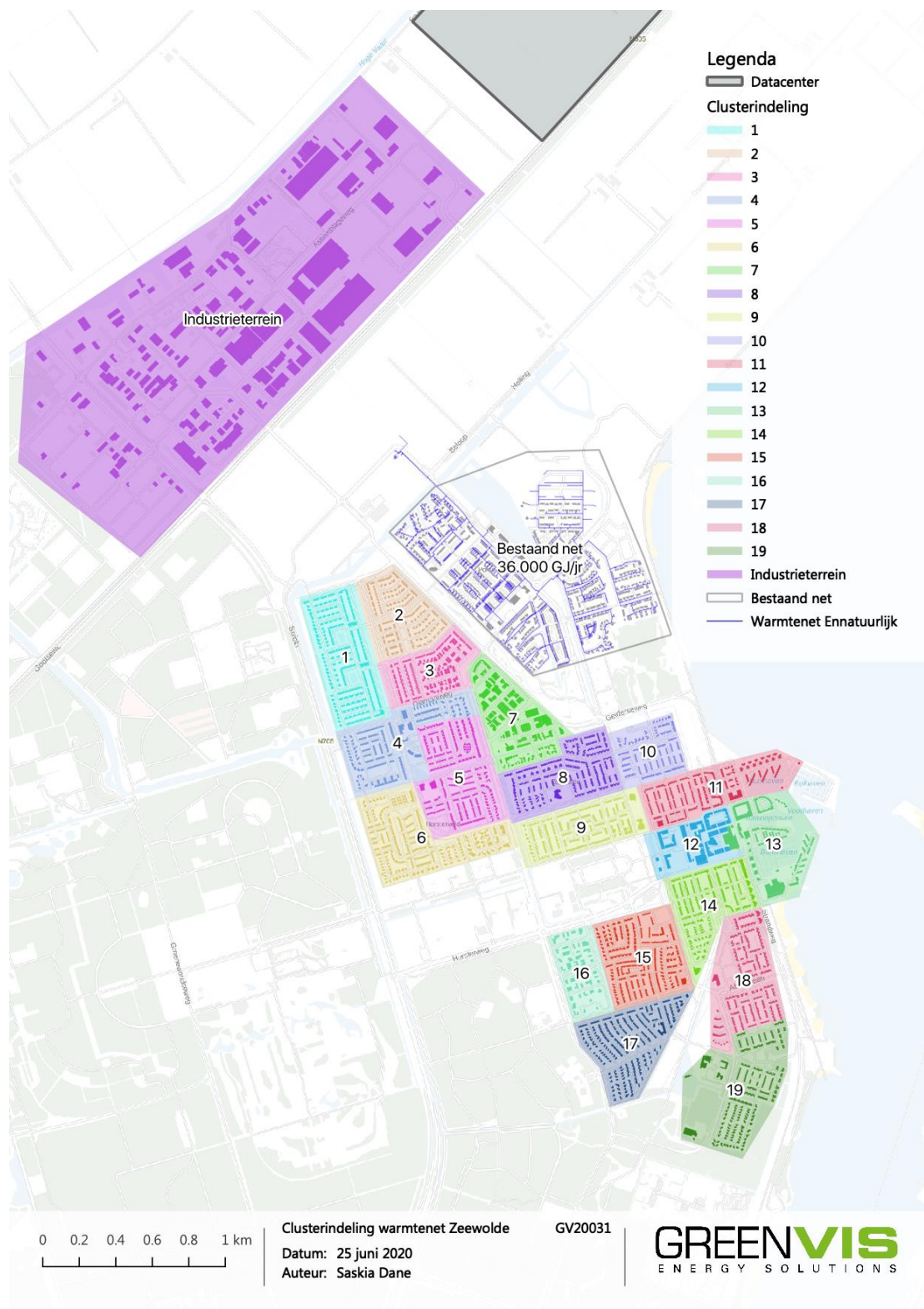
3.1.3 Overzicht wijkindeling

Met behulp van de GIS-tools van Greenvis is een onderverdeling van verschillende vraagclusters binnen Zeewolde opgezet, zie Figuur 5. In Bijlage B zijn de belangrijkste specificaties per wijk opgenomen.

¹⁰ Toelichting bij het begrip 'demarcatielijn': Dit betreft een "overeengekomen scheidingslijn tussen twee partijen." Elke partij is verantwoordelijk voor het systeem aan haar eigen zijde van de demarcatielijn. Veelal wordt een demarcatielijn vastgesteld op een fysiek onderdeel van een systeem, in het geval van een warmtenet bijvoorbeeld een afsluiter of warmtewisselaar.



Figuur 4 Beoogt tracé voor het primair net in Zeewolde, waarbij de kleur van de leiding een weergave is van de benodigde diameter.



Figuur 5 Totaaloverzicht van de verschillende vraagclusters binnen Zeewolde.

3.1.4 Aanvullende warmtebronnen naast datacenter restwarmte

Bij het ontwerp van warmtenetten wordt bij het ontwerp van de warmtebronnen typisch onderscheid gemaakt tussen een basislast en pieklast. Voor het leveren van een pieklast zijn aanvullende warmtebronnen nodig die extra warmte kunnen produceren als daar behoefte aan is. Voor de situatie in Zeewolde is rekening gehouden met de volgende aanvullende bronnen:

- Een biogas gestookte ketel, voorzien met lokaal geproduceerd biogas
 - Uit beschikbaar gestelde informatie en afstemming met Ennatuurlijk is naar voren gekomen dat er lokaal nabij Zeewolde biogas wordt geproduceerd. Op dit moment gebruikt Ennatuurlijk deze bron als primaire warmtevoorziening voor het Ennatuurlijk warmtenet.
 - Er zijn indicaties dat de lokale beschikbaarheid van biogas in de toekomst zal toenemen. Voorzien is dat een biogas gestookte flexibel inzetbaar zal zijn tegen acceptabele investering- en onderhoudskosten (CAPEX en OPEX). Daarmee is het een logische keuze om deze energiebron als aanvullende warmtebron mee te nemen voor Zeewolde.
- Een aardgasgestookte ketel
 - Mocht biogas niet voldoende voorzien in een tijdelijke piekvraag, dan is voorzien dat er aanvullende aardgasgestookte piekketels nodig zijn.

Naast bovengenoemde aanvullende warmtebronnen kunnen ook andere warmtebronnen worden overwogen. Een uitgebreide bronnenanalyse was geen onderdeel van deze studie, vandaar we ons in hier beperken tot onderstaande opmerkingen:

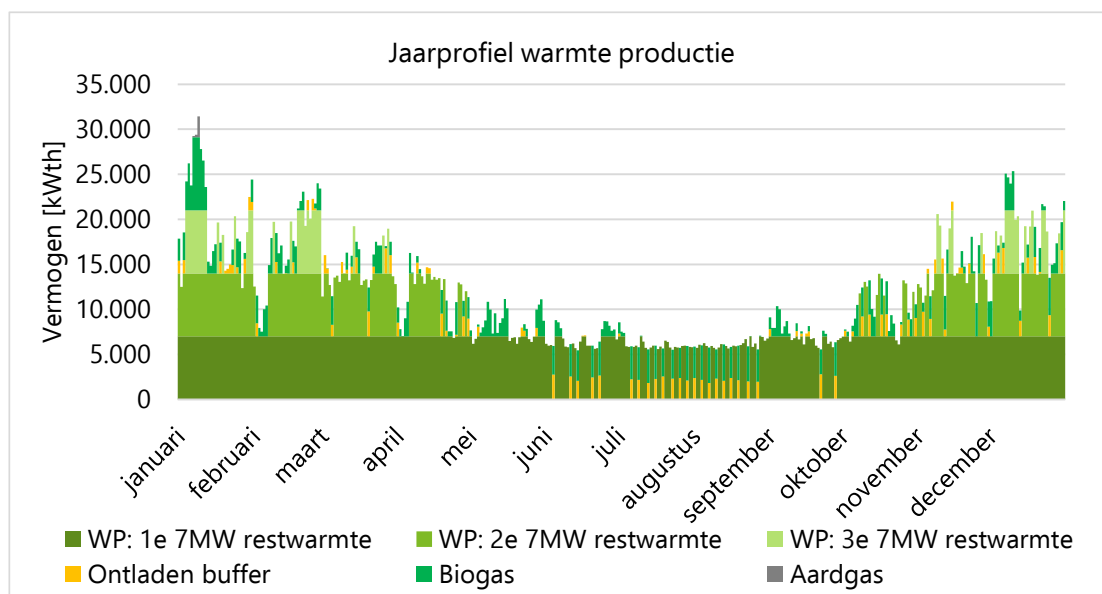
- Optie aquathermie
 - Bij aquathermie (thermische energie uit oppervlaktewater, TEO) wordt lage temperatuur warmte afgetapt uit lokaal oppervlaktewater (bijv. Wolderwijd). Met een warmtepomp kan de temperatuur worden verhoogd totdat deze kan worden ingevoerd in het warmtenet.
 - In de zomermaanden verschilt de temperatuur van het oppervlaktewater niet veel van de datacenter restwarmte. [REDACTED]
 - Het aantal draaiuren per jaar ('vollasturen') in hierboven genoemde optie is wel beperkt. Mogelijk dat de investeringen in het ontsluiten van deze bron daardoor moeilijk kunnen worden terugverdiend.
- Optie geothermie
 - Bij geothermie (warmte uit diepere grondlagen) wordt warm water opgepompt uit de ondergrond. Met name diepere grondlagen kunnen warm water bevatten welke direct kan worden gebruikt in het warmtenet. De beschikbaarheid van geothermie daarom is niet afhankelijk van seizoenen.
 - Geothermie kan niet zomaar worden afgeschakeld. [REDACTED]
 - Daar komt bij dat investeringen in geothermie vaak laten zien dat er veel draaiuren per jaar nodig zijn om de investering terug te verdienen.
 - Beschikbare onlinedatabases (<https://www.thermogis.nl/mapviewer>) laten verder zien dat de potentie voor geothermie in Zeewolde beperkt is. [REDACTED]

3.1.5 Warmtevraag jaarprofiel en jaarbelasting duerkromme

De warmtevraag in het warmtenet hangt af van weersinvloeden en normaal gebruikersgedrag van de afnemers en de warmteverliezen in het systeem. Er is sprake van een seizoen variatie die vooral afhankelijk

is van het weer en een dag-nacht variatie die hoofdzakelijk wordt bepaald door het normale gebruikersgedrag. Het warmteverlies in het warmtenet is nagenoeg constant gedurende het jaar.

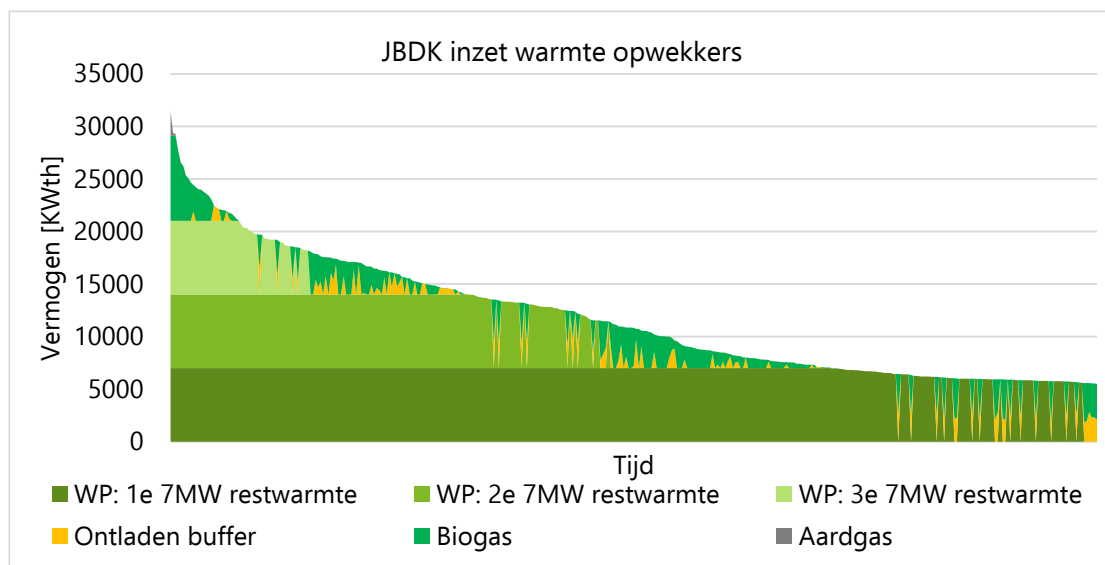
Op basis van een referentiejaar¹¹ en warmte vraagprofiel van een typische woonwijk is een jaarprofiel voor geheel Zeewolde bepaald, zie Figuur 6. Zichtbaar is er in de winter een daggemiddelde piekvraag is van ca. 31MW_{th}, terwijl de warmtebehoefte in de zomer daalt tot ca. 7,5MW_{th}. Seizoenen hebben daarmee een duidelijke impact op de warmtebehoefte gedurende een jaar.



Figuur 6 Jaarprofiel Zeewolde dorp waarbij 80% van de bestaande bebouwing op het warmtenet is aangesloten (scenario 2). Weergegeven is de gemiddelde warmtevraag per dag na voltoop.

De verhouding tussen vermogen en het aantal uur dat dit geleverd wordt uitgedrukt in een jaarbelastingduurkromme (JBKD), zie Figuur 7. Aan de hand van de JBKD kan de inzet (geleverde energie) van verschillende warmtebronnen worden bepaald.

¹¹ Er is gebruik gemaakt van een standaard klimaatjaar zoals beschikbaar in de NEN5060



Figuur 7 Jaarbelastingduurkromme (JBDK) Zeewolde dorp waarbij 80% van de bestaande bebouwing op het warmtenet is aangesloten (scenario 2). Weergegeven is de JBDK gebaseerd op een daggemiddelde warmtevraag na voltoop.

3.2 Begroting & Businesscase

3.2.1 Gebruikte standaardwaarden en uitgangspunten

Een businesscase is opgesteld om inzicht te bieden in de kasstromen gedurende een doorlooptijd van 30 jaar. Deze kasstromen zijn met een visualisatie inzichtelijk gemaakt. De businesscase is voorzien van een dashboard waar de gebruiker instelbare parameters heeft en hiermee keuzes inzichtelijk kan maken. In de businesscase kan worden gekozen tussen een drie verschillende scenario's:

- Scenario 1: Aansluiten Zeewolde dorp & Industrie
- Scenario 2: Aansluiten Zeewolde dorp
- Scenario 3: Aansluiten Industrie

De standaard ingestelde waarden voor parameters in de businesscase worden getoond in Tabel 5. Via het dashboard kan de gebruiker deze standaardwaarden direct aanpassen, waarbij de impact op de businesscase direct inzichtelijk wordt. Bij de standaardwaarden is uitgegaan van het Niet-Meer-Dan-Anders (NMDA) tarief zoals jaarlijks vastgesteld voor de Autoriteit Consument en Markt (ACM) van de Nederlands overheid.

Tabel 5 Standaardwaarden parameters businesscase doorrekening Zeewolde

Parameter	Standaardwaarde	Eenheid
Discontovoet	█	%
Inflatie	2,0	%
Participatiegraad	█	%
Vollooptijd	10	jaar
Korting op NMDA - variabel warmtetarief	0	%
Korting op NMDA - vastrecht tarief	0	%
BAK kleinverbruik	█	€
BAK grootverbruik	█	€/kW
Inkooptarief restwarmte datacenter	0	€/GJ

De belangrijkste getoonde resultaten die volgen uit de businesscase zijn:

- Het systeemrendement (IRR),
- De netto-contante waarde (NPV),
- De 'bijdrage aansluitkosten' (BAK) per kleingebruiker,
- De 'bijdrage aansluitkosten' (BAK) per grootverbruiker

Een ingebouwde optie van de businesscase betreft een macro om te berekenen wat de 'minimale BAK per kleinverbruiker' moet zijn om bij een gewenst rendement op een NPV van 0 euro uit te komen. Dit zou voor de gemeente een startpunt kunnen zijn om verkennende gesprekken met een warmtenet exploitant of afnemers aan te gaan¹².

3.2.2 Resultaten bij gebruik standaard uitgangspunten

Tabel 6 toont de businesscase resultaten¹³ voor de verschillende scenario's wanneer de parameters zijn ingesteld op de standaardwaarden zoals eerder genoemd in Tabel 5. Te zien is dat:

1. Warmtelevering aan het industrieterrein:
 - a. Een rendement van █████
 - b. Er is beperkt informatie beschikbaar over de warmtebehoefte van lokale bedrijven.
2. Warmtelevering aan Zeewolde dorp
 - a. Een rendement van █████
 - b. De bulk van de totale warmtevraag (15,9MW) ligt bij Zeewolde dorp

Aan de aanbodzijde heeft de projectontwikkelaar van het datacenter aangegeven in eerste instantie tot 40MW_{th} restwarmte beschikbaar te willen stellen. De investering in restwarmte uitkoppeling en het aanleggen van een warmte transportleiding hebben profijt van schaalvoordelen. Het is voor Zeewolde dan ook interessant om naar een groot aansluitvermogen te kijken. Zoals te zien in Tabel 6 impliceert dit dat het logisch is om een aansluiting van Zeewolde dorp te overwegen, eventueel aangevuld met warmtelevering aan het industrieterrein.

Tabel 6 Businesscase resultaten bij standaardwaarden voor de parameters

Scenario	IRR	NPV	Potentie voor datacenter restwarmte afname ¹⁴
Scenario 1 – Zeewolde dorp + industrie	████	€ - █████	22,7 MW
Scenario 2 – Zeewolde dorp	████	€ - █████	15,9 MW
Scenario 3 – Industrie	████	€ - █████	6,6 MW

¹² Het model kan daarmee aangeven dat de benodigde BAK boven het door de ACM vastgelegd maximumtarief ligt. Er dient in dat geval naar aanvullende financiering te worden gezocht om een gezonde businesscase te krijgen.

¹³ Greenvis voorziet een onzekerheidsmarge van 30-40% op de huidige businesscase resultaten. Dit is onder meer vanwege a) de huidige verkenningsfase, b) de tot nu toe nog beperkte interactie met stakeholders en c) wijzigingen in het beschikbaar vermogen en voorwaarden zoals genoemd door de ontwikkelaar van het datacenter.

¹⁴ Berekend als 40% van de gelijktijdige warmtevraag en gecorrigeerd voor het aandeel elektriciteit zoals afkomstig uit de warmtepomp

3.2.3 Resultaten bij aanpassing BAK, vastrecht, variabel warmtetarief en participatiegraad

Om een aansluiting op een warmtenet aantrekkelijk te maken voor toekomstige afnemers kan worden voorzien dat het belangrijk is dat afnemers niet meer gaan betalen dan:

- Vastrecht en warmtetarieven zoals afnemers van het Ennatuurlijk warmtenet nu ook betalen.
- Een bijdrage aansluitkosten (BAK) welke vergelijkbaar is met vervanging van een CV-ketel.

Wanneer de voorwaarden voor een aansluiting op een warmtenet aantoonbaar gunstig zijn voor afnemers, dan is hogere participatiegraad wellicht haalbaar. Gekeken is daarom wat het resultaat is bij een participatiegraad van 100%. Het resultaat van deze wijzigingen is gepresenteerd in Tabel 7. Zichtbaar is dat het rendement met deze aanpassingen ■■■■-punt lager uitvalt, maar nog altijd positief is.

Tabel 7 Resultaten van businesscase voor een situatie waarin aansluitvoorwaarden gunstig zijn gemaakt voor afnemers.

Voorwaarden	Impact op IRR en NPV
<p style="text-align: center;">BAK = € ■■■■</p> <p style="text-align: center;">Korting op NMDA-vastrecht = 15%</p> <p style="text-align: center;">Korting op NMDA-warmtetarief = 8%</p> <p style="text-align: center;">Participatie = 100%</p>	<p style="text-align: center;">IRR = ■■■■</p> <p style="text-align: center;">NPV = € - ■■■■</p>

3.2.4 Gevoeligheidsanalyse businesscase resultaten

Om de impact in variatie van verschillende parameters te onderzoeken is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De resultaten van deze analyse worden getoond in Tabel 8, waarbij duidelijk is in welke mate de verschillende parameters een impact hebben op het totale systeemrendement.

Om de kansen voor succesvolle exploitatie van een warmtenet optimaal te maken is het belangrijk om de belangrijke beïnvloedbare parameters actief te sturen. Per parameter is een aanname gedaan over wat een redelijke variatie zou kunnen zijn. Uit Tabel 8 volgt dat:

- Met name een reductie in CAPEX en O&M draagt positief bij aan de businesscase. Dit zijn echter factoren waar beperkt invloed op kan worden uitgeoefend.
- Een hogere bijdrage aansluitkosten (BAK) draagt aantoonbaar bij aan de businesscase én is onderhandelbaar. Dit is daarom een interessante parameter om het rendement mee te beïnvloeden.
- Een lagere inkoopprijs voor elektriciteit en gas heeft een beperkt positief effect op het rendement.

Er zijn ook parameters welke een negatieve impact hebben op het behaald systeemrendement. Hier liggen dan ook de risico's voor een warmtenet voor Zeewolde, omdat een exploitant bij te hoge risico's ervoor kan kiezen om een warmtenet niet te (willen) realiseren of een hogere risico-opslag te hanteren. Uit Tabel 8 volgt dat:

- Een relatief hoge CAPEX of O&M heeft de grootste negatieve impact op het systeemrendement. Mitigatie van dit risico vereist daarom een haalbaar systeemontwerp, afstemming met andere ondergrondse infrastructuren, duidelijke afspraken tussen stakeholders in een efficiënte beheerorganisatie.
- Een relatief lage bijdrage aansluitkosten (BAK) heeft een groot negatief effect op het voorspelde rendement. Dit kan worden meegenomen in de onderhandeling over een BAK tussen de verschillende stakeholders.

- Een korting op het variabel NMDA-tarief heeft een grote negatieve impact het systeemrendement. Een korting op het NMDA-vastrecht tarief heeft daarentegen een beperktere impact.

Tabel 8 Resultaten gevoeligheidsanalyse zoals uitgevoerd voor Scenario 1

#	Gevoeligheid m.b.t. input parameter	Variatie t.o.v. Default	IRR	NPV
1	CAPEX -30%	(-30%)	█	€ █
2	Onderhouds- en beheerkosten -30%	(-30%)	█	€ █
3	Participatiegraad naar 100%	(+█)	█	€ █
4	BAK naar █ €	(+25%)	█	€ █
5	Vollooptijd naar 5 jaar	█	█	€ █
6	Inkoopprijs elektriciteit naar 32,25 €/MWh	█	█	€ █
7	Indexering naar 2,50%	(+25%)	█	€ █
8	Inkoopprijs bio-/aardgas naar 0,1425 €/m3	█	█	€ █
9	Discontovoet naar 4,50%	(-25%)	█	€ █
	Default settings		█	€ 0
-14	Discontovoet naar 7,50%	(+25%)	█	€ █
-13	Inkoopprijs bio-/aardgas naar 0,2375 €/m3	█	█	€ █
-12	Korting vastrecht t.o.v. NMDA naar 5,00%	(-5%)	█	€ █
-11	Korting vastrecht t.o.v. NMDA naar 10,00%	(-10%)	█	€ █
-10	Indexering naar 1,50%	(-25%)	█	€ █
-9	Inkoopprijs restwarmte naar 1,00 €/GJ		█	€ █
-8	Vollooptijd naar 15 jaar	█	█	€ █
-7	Korting variabel tarief t.o.v. NMDA naar 5,00%	(-5%)	█	€ █
-6	Inkoopprijs elektriciteit naar 53,75 €/MWh	█	█	€ █
-5	BAK naar █ €	(-25%)	█	€ █
-4	Participatiegraad naar 60%	█	█	€ █
-3	Korting variabel tarief t.o.v. NMDA naar 10,00%	(-10%)	█	€ █
-2	Onderhouds- en beheerkosten +30%	(+30%)	█	€ █
-1	CAPEX +30%	(+30%)	█	€ █

3.2.5 Potentie voor CO₂ reductie

Naast een technisch concept en een financiële doorrekening is het ook van belang om de duurzame ambities van Zeewolde mee te nemen in een uiteindelijke afweging. Het model zoals uitgewerkt voor geheel Zeewolde toont aan dat het gebruik van datacenter restwarmte een CO₂-reductie van 21,5 kiloton CO₂ per jaar oplevert.

In verhouding tot een aardgasreferentie is er na voltoop een CO₂-reductie van 71% haalbaar. Bij een keuze voor het gebruik van datacenter restwarmte als primaire warmtebron zal Zeewolde vooruitlopen in de realisatie van de nationale duurzaamheidsambities. Daarmee kan Zeewolde een boegbeeld en voorbeeldfunctie zijn voor andere gemeenten en regio's in Nederland.

De CO₂-reductie bij installatie van individuele warmtepompen in woningen is afhankelijk van het soort verbruikte elektriciteit. In het geval van 100% duurzaam opgewerkte elektriciteit zal deze reductie 100%

zijn. Echter, wanneer uitgegaan van de emissiefactoren zoals genoemd in de KEV2019, dan valt de haalbare CO₂-reductie anders uit:

- Versus de 2025 CO₂-emissiefactoren is de equivalente CO₂-uitstoot welke kan worden toegewezen aan een warmtepomp 109% t.o.v. een aardgasreferentie, dat wil zeggen dat individuele warmtepompen 9% méér uitstoot veroorzaken dan de huidige C.V. ketel op aardgas.
- Versus de 2030 CO₂-emissiefactoren is de equivalente CO₂-uitstoot welke kan worden toegewezen aan een warmtepomp 47% t.o.v. een aardgasreferentie.

3.2.6 Vergelijking warmtenet versus alternatieven

Binnen de warmtetransitie bestaan verschillende opties om onafhankelijk te worden van aardgas. In deze studie is uitgebreid gekeken naar een warmtenet scenario. Alternatieven hiervoor zijn het installeren van individuele warmtepompen of het gebruik van groen gas.

Groen gas

Nabij Zeewolde wordt door een lokale boer biogas geproduceerd, om hier vervolgens warmte van te maken. Ennatuurlijk neemt deze warmte af en voorziet met deze duurzame energiestroom het bestaande warmtenet in Zeewolde. Hoewel is voorzien dat de beschikbaarheid van biogas in de toekomst zal toenemen [REDACTED]. Daar komt bij dat biogas ook nog dient te worden opgewerkt tot 'aardgas kwaliteit', zodat de CV-ketels in woningen geen verdere aanpassingen behoeven om veilig met groen gas overweg te kunnen.

Op basis van bovenstaande is daarom voorzien dat groen gas voor geheel Zeewolde niet haalbaar lijkt. Een tweede discussie is of het wenselijk is om redelijk goed geïsoleerde woningen te verwarmen met groen gas, waardoor het niet beschikbaar is voor andere hoogwaardigere toepassingen.

Individuele warmtepompen

Een individuele lucht-water warmtepomp op woningniveau kan een CV-ketel vervangen. De warmtevoorziening wordt dan geheel elektrisch ingevuld. Implicaties van een keuze voor warmtepompen is dat er tot in de wijken wellicht een verzwaring van het elektriciteitsnet nodig is. Dit wordt alleen maar waarschijnlijker als het aandeel zonnepanelen en elektrische auto's de komende jaren verder zal groeien.

Een warmtepomp heeft een hoog rendement in een combinatie met lage-temperatuur verwarmingssystemen, zoals vloerverwarming. Bij een keuze voor een warmtepomp is het doorgaans dan ook noodzakelijk dat woningen voldoende worden geïsoleerd. Hiervoor kunnen aanzienlijke extra investeringen op woningniveau noodzakelijk zijn.

3.3 Conclusies analyse Zeewolde

De ambitie van de overheid is om de gebouwde omgeving in Nederland vanaf 2050 onafhankelijk van aardgas te verwarmen. Om deze warmtetransitie mogelijk te maken zullen gebouwen moeten worden voorzien van een alternatieve bron van duurzame warmte. Voorbeelden hiervan zijn een duurzaam gevoed warmtenet, individuele warmtepompen of groen gas.

Met de realisatie van een groot datacenter nabij Zeewolde komt er veel duurzame restwarmte beschikbaar. Dit is een kans voor Zeewolde. Datacenter restwarmte kan als bron worden ingezet voor een warmtenet, waarmee de beschikbare restwarmte dus wordt gebruikt in plaats van verloren gaat. Hergebruik van de energie van het datacenter in de vorm van restwarmte, gecombineerd met het feit dat het datacenter

voornemens is om duurzame elektriciteit in te kopen, maken dat de beschikbare restwarmte als duurzaam kan worden aangemerkt. Hiermee kan Zeewolde een koploper positie pakken in de landelijke warmtetransitie.

In opdracht van de gemeente Zeewolde heeft Greenvis een analyse van de kansen voor een warmtenet in Zeewolde onderzocht. De belangrijkste conclusies van dit onderzoek zijn:

Bijdrage Aansluitkosten (BAK) en financieel rendement

- Voor aansluiting op een warmtenet zal een warmtebedrijf een 'Bijdrage Aansluitkosten' (BAK) in rekening brengen. Met deze BAK kan een warmtebedrijf op een 'redelijk rendement' uitkomen.
 - De minister heeft genoemd dat hij een financieel rendement tussen 6,0% – 6,5% voor warmtebedrijven als *redelijk* beschouwd. [REDACTED]
 - Om op een rendement van 6,0% zal bij het toepassen van het maximale NMDA-tarief de BAK uitkomen tussen 5-10k€.
- Het aantal aansluitingen van een warmtenet is bepalend voor het financieel rendement.
 - Er wordt aanbevolen om een aftakking richting het industrieterrein nader te onderzoeken.
 - Voor een warmtenet in Zeewolde is het interessant om zo veel mogelijk wijken aan te sluiten.
 - Het behalen van een hoge participatiegraad onder inwoners is belangrijk. We raden aan om tijdig lokale bewoners te betrekken en draagvlak te verwerven.
- Veel verschillende parameters hebben een invloed op het haalbare financieel rendement.
 - De CAPEX, beheer en onderhoud, warmtetarieven en participatiegraad hebben de grootste invloed op het financieel rendement
 - Energieprijzen (gas & elektriciteit), inflatie en eventuele korting t.o.v. NMDA-tarieven hebben ook invloed op het uiteindelijk rendement.
 - Een exploitant welke een lager rendement vereist is altijd gunstig voor de afnemer.
 - Aangenomen is dat restwarmte voor 0€/GJ kan worden afgenomen van het datacenter, dit betreft echter geen formele afspraak. Wanneer het datacenter (in met name de zomer) moet koelen zullen zij hier ook kosten voor hebben, die lager uit kunnen vallen als gevolg van restwarmte uitkoppeling.

Aandeel datacenter restwarmte

- De warmte piekvraag voor Zeewolde (dorp & industrieterrein) komt uit op ca. [REDACTED]
 - Een basislast warmtebron voorziet een deel van deze pieklast, aangenomen is 40%.
 - Een basislast warmtebron dient dan ca. 28MW kunnen leveren.
 - Deze basislast wordt via een warmtepomp in het WOS geleverd.
 - De warmtepomp combineert restwarmte en elektriciteit.
 - Het aandeel datacenter restwarmte is [REDACTED]
 - Het aandeel elektriciteit is [REDACTED]
- Het datacenter heeft aangegeven een restwarmte overschot te hebben van [REDACTED].
 - Een 20MW warmtelevering naar Zeewolde verbruikt dus [REDACTED] [REDACTED] van het beschikbaar potentieel.
 - Er is voldoende restwarmte over om ook andere afzetgebieden van warmte te voorzien (zie hoofdstuk 2).

Aandeel piekvoorzieningen

- Aanvullende assets zijn nodig om een warmte piekvraag te kunnen leveren. Vanwege het beperkte aantal vollasturen per jaar voor piekvoorzieningen is het financieel niet interessant om hier datacenter restwarmte voor in te zetten.
 - Met de lokale beschikbaarheid van biogas zijn biogas piekketels een interessante optie.
 - Een biogas WKK is minder flexibel en daarmee minder interessant.
 - Voor een hoge bedrijfszekerheid zijn aanvullende aardgas piekketels opgenomen in het ontwerp.

Warmtebuffer

- Een hoge temperatuur buffer (tank) kan kortdurende fluctuaties in warmtevraag- en aanbod opvangen. Dit type buffer stabiliseert daarmee het warmte vraagprofiel zoals zichtbaar voor de WOS.
 - Opgeslagen warmte kan voorzien in een tijdelijke piekvraag en daarmee de afhankelijkheid van (bio)gas piekketels verminderen.
 - Opgeslagen koude kan tijdelijk de koude levering richting het datacenter voorzien, zodat het datacenter voldoende tijd heeft om de eigen koelvoorziening tijdig op te schalen.
 - Voorzien is dat een hoge temperatuur buffer op locatie van het Hoofd Aansluitpunt (HAP) staat. Hiermee wordt de transportcapaciteit van het transportnet optimaal benut. De buffer zou ook nabij de WOS kunnen worden gerealiseerd.
- Een WKO-systeem biedt een beperkte meerwaarde voor een warmtelevering, terwijl de extra CAPEX (doublet, leidingen, warmtepomp) wel moet worden terugverdiend.
 - Dit resulteert in een hogere warmteprijs voor de afnemers.
 - Een WKO is om deze reden niet in het uitgewerkt systeemconcept opgenomen.

CO₂-reductie door datacenter restwarmte

- De CO₂-uitstoot van een datacenter restwarmtenet is vergeleken met de aardgas referentie:
 - Het warmtenet is goed voor een jaarlijkse CO₂-reductie van 21,5 kiloton.
 - Hiermee wordt 71% minder CO₂ uitgestoten in verhouding tot de aardgas referentie.
- De CO₂-reductie is afhankelijk van verschillende factoren:
 - De CO₂-uitstoot welke is gekoppeld aan het systeem elektriciteitsverbruik (datacenter, warmtepompen, pompvermogen, etc.)
 - De CO₂-uitstoot van piekvoorzieningen, waaronder (bio)gas piekketels
 - De duur en lengte van de piekvraag.
- De CO₂-reductie welke kan worden behaald met een warmtepomp is direct afhankelijk van het soort elektriciteit zoals verbruikt. De reductie is maximaal in het geval van duurzame elektriciteit, echter versus de in de KEV2019 genoemde CO₂-emissiefactoren voor 2020-2030 is de CO₂-reductie veel kleiner of zelfs negatief.

Alternatieven

- Er wordt lokaal biogas geproduceerd, [REDACTED]. Daar komt bij dat biogas dan eerst moet worden opgewerkt naar 'aardgas kwaliteit', wat aanvullende investeringen vraagt. Biogas lijkt daarom interessanter als back-up/ piekvoorziening naast een warmtenet of als energiebron voor het verduurzamen van lokale industrie.
- Op huishoudelijk niveau is berekend dat de totale kosten voor een warmtenet aansluiting of een individuele warmtepomp over een periode van 30 jaar vergelijkbaar zijn. Een positief aspect van een warmtenet is dat deze oplossing minder aanpassingen van woning vereist. Bij individuele warmtepompen moet namelijk ook eventueel ook worden geïnvesteerd in verbeterde isolatie, lage temperatuur verwarming (vloerverwarming), etc.

4 Afweging & advies restwarmte Zeewolde

4.1 Een datacenter restwarmte kans voor Zeewolde

Nederland staat midden in de energietransitie. Het verduurzamen van de warmtevoorziening van de gebouwde omgeving is daarvan een centraal onderdeel. De ambitie is om gebouwen in Nederland uiterlijk 2050 niet langer met aardgas te verwarmen. Dit is de warmtetransitie.

Een alternatieve warmtevoorziening van de gebouwde omgeving van Zeewolde kent verschillende opties:

- Een **elektrisch scenario** met individuele warmtepompen.
- Een **groen gas scenario**, voorzien vanuit lokaal biogas.
- Een **warmtenet scenario**, voorzien vanuit een duurzame warmtebron.

Daarmee zal biogas waarschijnlijk een deeloplossing zijn voor bepaalde regio's waar geen duurzaam warmtenet mogelijk is. Biogas wordt overigens wel ingezet in het warmtenet scenario als piek warmtevoorziening.

De totale gebruikerskosten voor het warmtenet en het elektrisch scenario zijn over een looptijd van 30 jaar met elkaar vergeleken. **Het warmtenet blijkt iets goedkoper** voor de inwoner, maar puur uit een kostenoverweging op woningniveau blijven beide scenario's valide. Dit vergelijk houdt geen rekening met maatschappelijke kosten.

Het elektrisch scenario vereist meer ingrijpende aanpassingen in en om de woning. Naast installatie van een warmtepomp moet daarbij worden gedacht aan:

- Het beter isoleren van woningen
- Het installeren van lage temperatuur verwarming systemen zoals vloerverwarming en lt-radiatoren
- Terugkerende investeringen op vervangingsmomenten van warmtepomp
- Gebruiker is verantwoordelijk voor onderhoud
- De buitenunit van de warmtepomp kan geluidsoverlast veroorzaken

Daar komt bij dat een keuze voor warmtepompen voor gehele buurten en/of wijken ook netverzwaringen nodig zullen zijn, zo ook in de vorm van extra/dikkere elektriciteitskabels naar de woning.

Een warmtenet vraagt minder aanpassingen op woningniveau. Echter dit is alleen haalbaar als er veel woningen worden aangesloten. Vanuit het datacenter dat nabij Zeewolde wordt gebouwd kan restwarmte worden hergebruikt. In combinatie met duurzame elektriciteit voor centrale warmtepompen en biogas voor de piekvoorzieningen ontstaat daarmee **een 'groen warmtenet'**.

Met een realisatie van een 'groen warmtenet' is **een grote reductie in CO₂-uitstoot** haalbaar (tot -71%). Hiermee kan Zeewolde zich blijven profileren als duurzame koploper gemeente in Nederland.

Zeewolde kan niet alle beschikbare restwarmte zelf gebruiken. Een optie is dat datacenter restwarmte ook omliggende gemeenten van warmte voorziet. Zeewolde kan daarmee een **duurzame hub-functie** pakken, waarbij warmte bijvoorbeeld wordt geleverd naar Harderwijk, Ermelo en Huizen.

4.2 Aandachtspunten restwarmte Zeewolde

Het ontwikkelen van een 'groen warmtenet' voor Zeewolde is **een ambitieus en meerjarig project**. Op de voorziene schaalgrootte zou het tot 2034 kunnen duren voordat alle wijken zijn aangesloten. Veel stakeholders zullen een belang hebben bij deze ontwikkeling en invloed willen uitoefenen op het proces.

In de huidige verkenningfase kan de gemeente het voortouw nemen en daarmee sturing geven aan de ontwikkeling. Afhankelijk van het uiteindelijke marktmodel en (nationale) wetgeving kunnen op termijn ook andere partijen een nadrukkelijker rol pakken. De gemeente Zeewolde dient zelf ook een keuze te maken voor de uiteindelijke rol in de ontwikkeling, zie hierover ook Bijlage F.

Voor verdere ontwikkeling van 'groen warmtenet' voor Zeewolde is onze aanbeveling om de volgende 6 aspecten te blijven monitoren:

- Technisch
- Financieel
- Sociaal
- Juridisch
- Duurzame ambities
- Bestaande belangen & Rolverdeling

Belangrijk voor een Zeewolde warmtenet is collectiviteit; dat uiteindelijk een groot deel van de inwoners in Zeewolde ook aansluiten op het warmtenet. Dit wordt ook wel een '**hoge participatiegraad**' genoemd. Als het lukt om een aansluiting op het 'groene warmtenet' aantoonbaar goedkoper te maken dan de alternatieven, dan kan worden verwacht dat veel afnemers zullen willen aanhaken.

Ook wordt aanbevolen om inwoners van Zeewolde vanaf een vroeg stadium zo veel mogelijk **transparantie, inspraak, klankbord en waar mogelijk participatie** te bieden. Door hier voldoende aandacht aan te geven kan draagvlak worden gevonden en geborgd binnen Zeewolde.

4.3 Aandachtspunten voor Zeewolde

Zoals eerder genoemd is de realisatie van een 'groen warmtenet' voor Zeewolde een ambitieus en meerjarig project. In combinatie met het grote aantal betrokken stakeholders en de financiële belangen zal het onvermijdelijk zijn dat ontwikkeling en realisatie **een complex traject** wordt. Dit vraagt dan ook om professionele programma management.

Er zijn verschillende aspecten waar op voorhand rekening mee moet worden gehouden:

Kostenoverschrijding

- *Risico.* Realisatie van een warmtenet is kostbaar en tijdens de aanleg kunnen onverwachte situaties ontstaan waardoor de kosten toenemen. Een exploitant zal deze meerkosten willen verrekenen in de uiteindelijke prijs voor afgenomen warmte.
- *Mitigatie.* Het inplannen van een warmtetracé dient secuur te worden gedaan, daarbij rekening houdend met bestaande belangen en infrastructuur. Voorkom dat veel verschillende partijen losse delen uitwerken. Beleg eindverantwoordelijkheid voor een totaalplan helder bij één ervaren partij.

Vertrouwen stakeholders

- *Risico.* Het is belangrijk dat alle stakeholders vertrouwen hebben in de uiteindelijke realisatie en exploitatie van een warmtenet. Als er belangrijke stakeholders dwarsliggen, dan kan dit de totale haalbaarheid in gevaar brengen.
- *Mitigatie.* Het managen van alle stakeholders is een topprioriteit. Zorg voor korte lijnen met alle betrokkenen en biedt maximale transparantie voor alle partijen. Een sturende/ leidende rol voor een niet-commerciële partij (bijv. gemeente) kan goed zijn voor het vertrouwen. Bied ook een platform waar stakeholders elkaar kunnen ontmoeten, bijvoorbeeld door een jaarlijks congres om progressie en voortgang te bespreken. Betrek de uiteindelijke afnemers vanaf een vroeg stadium.

Hoge warmteprijs

- *Risico.* Al dan niet terecht kan er een perceptie bestaan dat de prijs voor warmte relatief hoog is. De komende jaren wordt mogelijk ook de aardgasreferentie losgelaten, veel afnemers zullen echter nog jaren een persoonlijke kostenvergelijking opstellen en daar een mening over hebben. Dit kan de basis zijn voor een (negatief) sentiment.
- *Mitigatie.* Biedt afnemers een (online) onafhankelijk prijsvergelijk waarmee het eigen warmteverbruik kan worden afgezet tegen de gasprijs incl. belastingen, netbeheer, etc. Voorkom dat de warmteprijs hoger is dan de aardgasprijs. Mocht de aardgasprijs in de toekomst stijgen, dan wordt dit uiteraard makkelijker voor de exploitant van het warmtenet.

Wegvallen restwarmtebron

- *Risico.* De mate van duurzaamheid binnen het warmtenet is in grote mate afhankelijk van datacenter restwarmte. Het datacenter zou kunnen vertrekken, maar het zou ook kunnen dat er in de efficiëntere servers in de toekomst (veel) minder restwarmte produceren. Ook wegvallen van de restwarmte bron blijft de warmte leveringsverplichting richting de afnemers echter wel bestaan.
- *Mitigatie.* Blijf de komende jaren inwoners motiveren om woningen beter te isoleren. Mocht de beschikbaarheid van datacenter restwarmte in de toekomst afnemen, dan kan worden overwogen om nieuwe (duurzame) restwarmtebronnen aan te sluiten. Een volgende optie zou ook kunnen zijn om aquathermie uit te koppelen uit het Wolderwijd.

Lage participatiegraad

- *Risico.* Er is een kans dat afnemers niet willen aansluiten op een warmtenet, om verschillende redenen. Bij gedeeltelijke participatie moet echter wel nog de volledige infrastructuur worden aangelegd, de investeringskosten worden dus wel gemaakt. Dit is een risico voor de exploitant van het warmtenet.
- *Mitigatie.* Laat overtuigend zien dat belangen van de afnemers altijd centraal staan. Het is taak om de beoogde afnemers daarom vanaf een vroeg stadium te betrekken, zodat er direct wordt begonnen met de creatie van draagvlak. Belangrijk is dat afnemers een transparant, eerlijk en volledig verhaal krijgen. De aanbeveling is dan ook om dit stakeholdermanagement langjarig bij één partij te beleggen. Herkenning van deze stakeholder kan zodoende bijdragen aan het vertrouwen.

Combinatie met bestaand warmtenet

- *Risico.* Een deel van Zeewolde is al aangesloten op een warmtenet van Ennatuurlijk, met lokaal biogas wordt dit warmtenet van warmte voorzien. Om de benutting van datacenter restwarmte optimaal te maken ligt een koppeling of integratie met dit warmtenet voor de hand. Dit zou een uitwisseling van warmte kunnen zijn, maar een andere optie is natuurlijk ook dat beide netten worden bedreven door dezelfde exploitant.

- *Mitigatie.* Voor het draagvlak is het belangrijk dat er een transparante selectie is voor een uiteindelijke exploitant van een 'groen warmtenet'. Een openbare aanbesteding of aanwijspprocedure vanuit de gemeente is hierbij een optie. Belangrijk is dat Ennatuurlijk op voorhand geen bevoorrechte positie krijgt.

Datacenter vraagt geld voor restwarmte

- *Risico.* De 'Dutch Datacenter Association' (DDA) heeft genoemd dat datacenter restwarmte gratis kan worden afgenomen. De exploitant van het datacenter in Zeewolde is mogelijk niet aan deze toezegging gebonden. Het kan daarom zijn dat er enige vorm financiële compensatie voor de geleverde restwarmte wordt gevraagd. Dit kan grote impact hebben op de financiële haalbaarheid voor een 'groen warmtenet' voor Zeewolde.
- *Mitigatie.* Het is belangrijk om in een vroeg stadium heldere (meerjarige) afspraken op te stellen over de af te nemen warmte, bijbehorende compensatie, onderlinge verplichtingen en ontbindende voorwaarden. Helderheid op dit vlak is in het belang van alle betrokken stakeholders.

4.4 Advies voor inzet restwarmte Zeewolde

Uit de analyse zoals uitgevoerd door Greenvis volgt dat Zeewolde **een unieke kans** heeft om te kiezen voor een duurzaam warmtenet waarin datacenter restwarmte de belangrijkste warmtebron is. Ook kan het datacenter dienen als duurzame warmtebron voor omliggende afzetgebieden, waarmee Zeewolde een **duurzame hub-functie** kan pakken en vooruitloopt binnen de warmtetransitie.

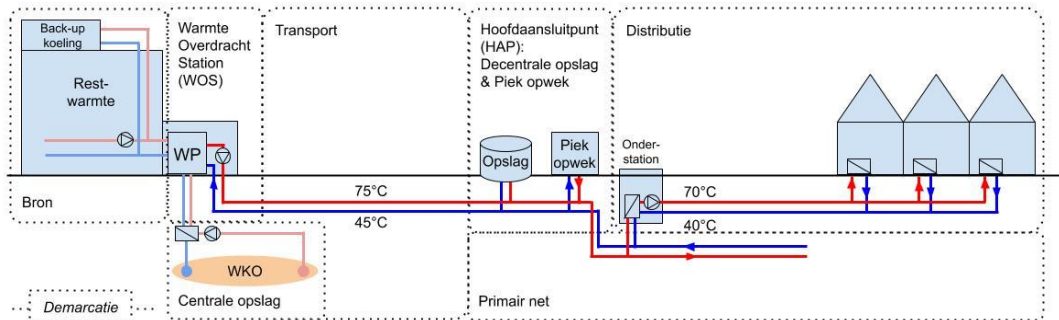
Binnen de huidige project doorlooptijd hebben we een concept doorgerekend wat haalbare resultaten oplevert. Graag benadrukken we dat het hierbij onvermijdelijk is geweest om aannames te maken, waarbij deze op termijn om een verdere verdieping of toetsing vragen.

Onze belangrijkste adviezen zijn:

- Op basis van de inzichten zoals tot nu toe naar voren zijn gekomen is ons advies om deze kans voor Zeewolde te omarmen en ontwikkeling verdere invulling te geven.
- Er lijkt voldoende restwarmte beschikbaar en bij het aansluiten van Zeewolde kunnen schaalvoordelen worden behaald bij grotere uitkoppeling. Vanuit die optiek gezien ligt het voor de hand om een warmtenet te overwegen voor grotere delen van Zeewolde.
- Ontwikkeling van een warmtenet voor Zeewolde is een groot en langlopend project, inclusief de daarbij behorende complexiteit en risico's. Een onafhankelijke ondersteuning kan hierbij continuïteit en (grote) meerwaarde hebben voor Zeewolde.

Bijlage A. Toelichting bij Base of Design

Voor de analyse van Zeewolde is het Base of Design zoals getoond in Figuur 8 opgesteld. Deze bijlage voorziet in verdere onderbouwing van de keuzes en aannames welke zijn gemaakt voor dit prinsipschema.



Figuur 8 Base of design datacenter restwarmte Zeewolde

Demarcatie 'Bron'

- Dit betreft het datacenter, de bron van restwarmte.
- De demarcatielijn is voorzien op de grens van het datacenter terrein, dit kan letterlijk het 'hek' rondom het terrein van het datacenter zijn.
- Aangenomen is dat het datacenter in principe voldoende back-up koeling paraat heeft om geheel zelfvoorzienend te zijn in de eigen koelbehoefte.
- Aangenomen is dat beschikbare restwarmte (gedeeltelijk) kan worden geleverd aan het WOS. In ruil krijgt het datacenter hier koude voor terug, waarmee de eigen koude voorziening minder koeling hoeft te leveren.

Demarcatie 'Warme Overdracht Station (WOS)'

- Dit betreft een locatie naast/nabij het datacenter waar de restwarmte beschikbaar komt voor de exploitant van het warmtenet.
- In het WOS is voorzien dat een centrale warmtepomp de temperatuur van de beschikbare restwarmte verhoogd naar 75°C, waarna het wordt ingevoerd in het transportnet.
- Het totaal oppervlak van een WOS is afhankelijk van het aantal MW. Een kengetal zoals genoemd in de verkenning van verschillende zoekgebieden is 24 m²/MW.
 - Een WOS voor Zeewolde voorziet in 21MW_{th}, ofwel een oppervlak van ca. 500m² nodig.
 - Wanneer ook andere afzetgebieden worden aangesloten, dan biedt een WOS nabij het datacenter ruimte voor schaalvoordelen.
- De warmtepomp dient als hydraulische scheiding tussen het transportnet en een eventueel centraal warmte opslagsysteem. Water van het datacenter staat dus niet in directe verbinding met andere systeemdelen van het warmtenet.

Demarcatie 'Centrale Opslag'

- Een centraal warmte opslagsysteem kan een seizoensvariatie in warmtevraag te overbruggen.
- Een centraal warmte opslagsysteem kan in de zomer koude leveren aan het datacenter. Dit voorkomt/beperkt inzet van de eigen koelcapaciteit van het datacenter.
- Een centraal warmte opslagsysteem is optioneel voor een warmtenet in Zeewolde.
- Een optie voor een centraal warmte opslagsysteem betreft een Warmte Koude Opslagsysteem (WKO):

- Een WKO-systeem is geschikt voor de opslag van lage temperatuur warmte in een ondergrondse grondlaag. De maximale invoer temperatuur is bij wet beperkt op <30°C.
- Voor exploitatie van een WKO-systeem wordt een energiebalans vereist. Dit impliceert dat moet kunnen worden aangetoond dat de hoeveelheid warmte en koude zoals 'opgeslagen' over meerdere jaren samen op nul uitkomt.
- Ten noorden van het datacenter is er op moment van schrijven geen restrictie voor een eventueel WKO-systeem.
- Opmerkingen bij een WKO-systeem:
 - Een WKO-systeem kan een restwarmteoverschot (zomer) opslaan totdat de warmtebehoefte groter is dan het aanbod (winter).
 - Het aansluiten van een WKO-systeem vereist extra transportleidingen en extra hydraulische scheidingen tussen WKO/WOS.
 - Bij warmtelevering levert een WKO-systeem lage temperaturen. Deze warmte dient met (extra) warmtepompen in temperatuur te worden verhoogd, alvorens het kan worden geleverd aan het transportnet. Dit zou een significante extra CAPEX zijn voor het totale systeem, terwijl dit extra warmtepomp vermogen (te) weinig draaiuren per jaar maakt. Het opnemen van een WKO-systeem is dus niet logisch.

Demarcatie 'Transport'

- Dit betreft de aansluitleiding tussen de WOS en de HAP.
- Transport van warmte is aangenomen als 75°C, retour geschiedt bij 45°C.
- Transportleidingen dienen te worden geïsoleerd om warmteverliezen te beperken.
- Voor aansluiting van Zeewolde is een diameter van DN350 voorzien.
- Om warmtelevering aan het industrieterrein te kunnen voorzien is aangenomen dat een aftakking van het transportnet een mogelijkheid is.

Demarcatie 'Hoofd Aansluitpunt (HAP)'

- Dit betreft het startpunt voor de warmtevoorziening richting de gebouwde omgeving van Zeewolde.
- Voorzien is dat een HAP kan worden gecombineerd [REDACTED].
- Aangenomen is dat op de locatie van de HAP ook aanvullende (piek) warmte opwek beschikbaar is.
- Aangenomen is dat op de locatie van de HAP ook ruimte beschikbaar is om een hoge temperatuur warmtebuffer, bijvoorbeeld in een tankopslag gevuld met heet water.
- Opmerkingen bij een opslagtank met heet water:
 - Een tankopslag kent significante investeringskosten per m³ en warmteverliezen. Hierdoor is dit type warmtebuffer geschikter voor kortdurende opslag en niet als seizoen buffer
 - Een tankopslag bij de HAP kan warmte opslaan tot de aanvoertemperatuur (75°C) van het transportnet. Hiermee kan een tankopslag een kortdurende variatie in de warmtevraag opvangen, maar ook voorzien in een stabiele koude levering richting het datacenter.
 - Een tankopslag kan worden ingezet om te voorzien in een dagelijkse piek in een warmtevraag. Dit voorkomt het tijdelijke inzet van andere back-up of piek systemen, zoals een biogas- of aardgasketel.
 - Een tankopslag kan relatief gemakkelijk worden verdeeld in verschillende deelsystemen (kleinere tanks). Een exploitant van een warmtenet kan de afzonderlijke tanks dan op verschillende temperaturen bedienen. Een 'hete' tank kan in dat geval voorzien in een warmte piekvraag van de afnemers, terwijl een 'koude' tank kan voorzien in een gegarandeerde koude voorziening voor het datacenter.

Demarcatie 'Primair net'

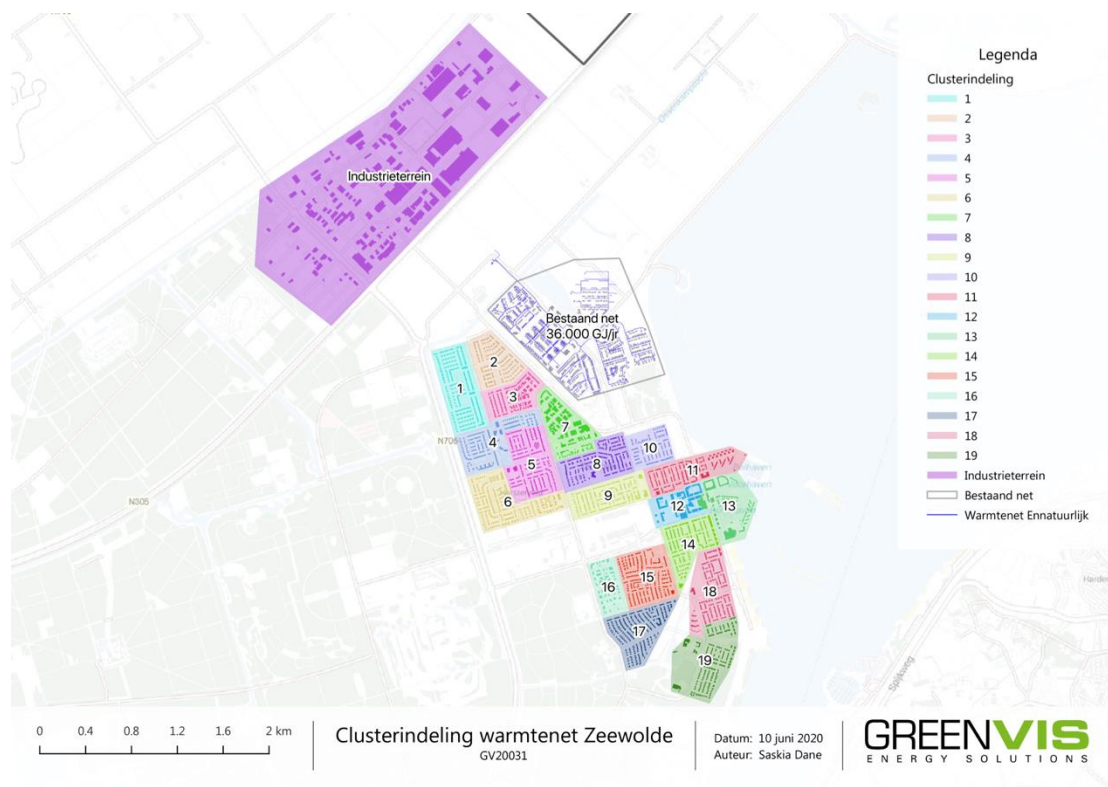
- Dit betreft de aansluitleiding tussen het HAP en verschillende wijken in Zeewolde.
- De aanvoertemperatuur in het primair net is aangenomen als 75°C, retour geschiedt bij 45°C.
- Primair warmtenet leidingen dienen te worden geïsoleerd om warmteverliezen te beperken.
- Voor de primaire warmtenet leiding in Zeewolde is een maximale diameter van DN400 voorzien.

Demarcatie 'Distributie'

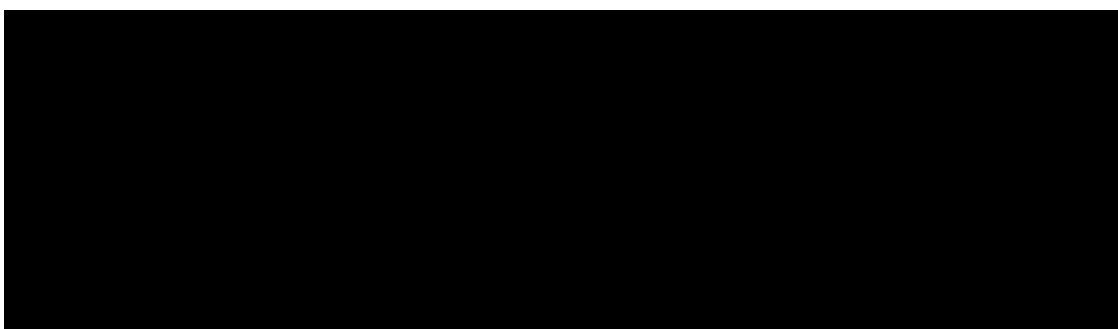
- Dit betreft een distributienet wat voorziet in de warmtelevering aan individuele afnemers.
- Distributienetten zijn in onderstations hydraulisch gescheiden van het primair net.
- Meerdere distributienetten (wijken) kunnen worden aangesloten op het primair net.
- De aanvoertemperatuur in een distributienet is aangenomen als 70°C, retour geschiedt bij 40°C.

Bijlage B. Specificatie per wijk in Zeewolde

Deze bijlage voorziet in een nadere specificatie van de verschillende eigenschappen per wijk (cluster). In de opgestelde analyse voor Zeewolde kunnen afzonderlijke clusters wel of niet worden 'aangesloten' op een warmtenet, waarna de impact op het eindresultaat direct inzichtelijk wordt.



Figuur 9 Totaaloverzicht van de verschillende vraagclusters binnen Zeewolde.



Figuur 10 Verdeling van de aansluitkosten per woonequivalent in de verschillende vraagclusters in Zeewolde. Duidelijk zichtbaar zijn de onderlinge kostenverschillen voor het aansluiten van de verschillende wijken.

Tabel 9 Overzicht van specificaties van de verschillende vraagclusters zoals opgesteld voor Zeewolde. Voor elk van de kolommen is van toepassing dat een hogere getallen gunstig zijn voor exploitatie van een warmtenet.

Cluster	WEQ [#]	Warmtevraag dichtheid [GJ/ha]	Gelijktijdig vermogen [kW]	Warmtevraag [GJ/jaar]
Bestaande net	831		7.100	36.000
Nieuwbouw binnen concessie	277		3.043	12.000
Nieuwbouw buiten concessie	280		4.108	12.150
Cluster1	429	770	2.474	18.589
Cluster2	241	606	1.386	10.444
Cluster3	320	943	1.852	13.843
Cluster4	342	689	1.966	14.824
Cluster5	421	731	2.416	18.221
Cluster6	417	735	2.380	18.069
Cluster7	388	857	2.226	16.809
Cluster8	407	859	2.282	17.653
Cluster9	397	928	2.193	17.194
Cluster10	239	933	1.337	10.355
Cluster11	450	946	2.514	19.511
Cluster12	455	1.576	2.794	19.718
Cluster13	423	841	2.488	18.311
Cluster14	426	1.041	2.415	18.463
Cluster15	424	830	2.399	18.383
Cluster16	188	666	1.088	8.155
Cluster17	443	911	2.429	19.203
Cluster18	445	921	2.503	19.287
Cluster19	364	703	2.119	15.784
Totaal (excl. industrieterrein)	8607 #		55.511 kW	372.966 GJ/jaar
Industrieterrein	4.006	784	23.058	173.567
Totaal	12.613 #		78.569 kW	546.533 GJ/jaar

Figuur 10 toont de kosten zoals begroot voor het aansluiten van de afnemers in de verschillende vraagclusters. Zichtbaar is dat de bulk van de aansluitkosten voor rekening komen van het secundaire distributienet + afleverset. De kosten voor het transport- en primair warmtenet zijn evenredig verdeeld over de afzetclusters.

Tabel 10 Resultaten begroting met benodigde lengte tracé en bijbehorende kosten per vraagcluster in Zeewolde

Cluster	Secundair distributie tracé [m tracé/WEQ]	Secundair distributie tracé [€/m tracé]	Secundair distributie tracé [€/WEQ]	Totaal ¹⁵ [€/WEQ]
Cluster1				
Cluster2				
Cluster3				
Cluster4				
Cluster5				
Cluster6				
Cluster7				
Cluster8				
Cluster9				
Cluster10				
Cluster11				
Cluster12				
Cluster13				
Cluster14				
Cluster15				
Cluster16				
Cluster17				
Cluster18				
Cluster19				
Industrieterrein				

¹⁵ Dit betreft de kosten per WEQ inclusief de kosten voor het transport- en primair net.

Bijlage C. Rangorde inzet warmte opwekkers

In het ontwerp van warmtenetten wordt bij het ontwerp van de warmtebronnen typisch onderscheid gemaakt tussen een basislast en pieklast. Het doel hiervan is om tot een duurzaam warmtenet te komen tegen gunstige investeringskosten. De bronnen hebben typisch de volgende kenmerken:

- Basis bron:
 - Laagste CO₂ uitstoot,
 - Hoge investeringskosten,
 - Lage operationele kosten (warmteprijis),
 - Wordt het grootste deel van het jaar ingezet (3000 tot 6000 uur per jaar)
- Piek en back-up bron:
 - Hoogste CO₂ uitstoot,
 - Lage investeringskosten,
 - Hoge operationele kosten (warmteprijis),
 - Wordt een beperkt aantal uur per jaar ingezet
 - Moet binnen afzienbare termijn kunnen worden opgeschakeld

De restwarmte uit het datacenter met de warmtepomp vereist hoge investeringskosten, maar biedt ook een hoge mate van duurzaamheid. Om deze reden wordt deze bron ingezet als basisbron voor een optimaal financieel resultaat van de businesscase. De ontwikkelaar van het datacenter heeft aangegeven de restwarmte in stappen van █████ te kunnen uit te koppelen en regelen. Samen met de elektrische energie van de warmtepomp komt dit neer op stappen van █████ warmtepomp (basislast).

Om de pieklast zo duurzaam mogelijk in te vullen wordt gebruik gemaakt van de aanwezigheid van biogas die wordt verbrand in een WKK. █████. In het model gaan we ervan uit dat █████ extra capaciteit kan worden benut voor een biogasketel. Dit levert een totaal vermogen op van 8,1MW_{th}. De benodigde restcapaciteit wordt in het huidige scenario ingevuld door een ketel op aardgas. Met buffering van biogas voor inzet van de resterende capaciteit is geen rekening gehouden omdat het onduidelijk is of dit binnen het huidige biogassysteem technische en economisch haalbaar is.

Bijlage D. Warmtebuffers

Inzet van een warmtebuffer

Naast de inzet van bronnen is er de mogelijkheid om warmte op te slaan op momenten dat er weinig vraag is en deze te benutten bij momenten dat er veel vraag is. [REDACTED]

[REDACTED] Aangezien de warmtevraag van afnemers zal fluctueren gedurende dagen en seizoenen is daarom een warmtebuffer opgenomen in het systeemontwerp.

Deze buffer heeft een dubbele functie:

1. Primair - Het vergrootten van de bedrijfszekerheid en regelbaarheid [REDACTED];
2. Secundair - Het vergrootten van het aandeel duurzaam geleverde warmte door de warmtepomp en verminderen van het aardgas/biogas verbruik van de pieklast.

Daarnaast zijn er kleinere buffers aan de verdamper en condensorzijde van de warmtepomp voorzien, deze zijn noodzakelijk voor een stabiele bedrijfsvoering van de warmtepomp. In de uitwerking van het functioneel ontwerp worden deze nader gespecificeerd.

De kenmerken van de twee meest toegepaste vormen van warmte opslag zijn hieronder kort beschreven.

Seizoensbuffer

Een seizoensbuffer kan grotere hoeveelheden warmte opslaan om een seizoen mismatch tussen warmte vraag en aanbod te overbruggen. Vanwege de grootschaligheid voor dit type warmtebuffer wordt in Nederland hierbij veelal gebruik gemaakt van warmte koude opslag (WKO)-systemen. Met deze technologie wordt warm en koud water opgeslagen in een ondergrondse grondlaag.

- Voordelen
 - o Acceptabele systeem- & realisatiekosten t.o.v. andere warmtebuffer systemen
 - o Niet zichtbaar boven het maaiveld
 - o Grote volumes mogelijk
- Nadelen
 - o Enkel geschikt voor lage temperatuur (<25°C) warmte opslag
 - o Afhankelijk van geschiktheid ondergrond
 - o Warmteverliezen over tijd
 - o Grootste financiële besparing van WKO zit in directe levering van koude

Dag-nacht buffer

Een dag-nacht buffer kan beperkte hoeveelheden warmte op hogere temperaturen opslaan. Warmte opslag in een tank is hiervan een voorbeeld. De maximale omvang voor dit type warmtebuffer is beperkt en daardoor vooral interessant om op korte termijn een mismatch tussen vraag en aanbod te overbruggen.

- Voordelen
 - o Hoge temperatuur opslag, geschikt voor gedeeltelijk opvangen variatie in piekvraag
 - o Flexibel in locatie plaatsing buffer, niet afhankelijk van ondergrond
 - o Hoge regelbaarheid
 - o Volwassen techniek
- Nadelen

- Meer warmteverliezen vanwege hogere temperatuur in opslag
- Relatief hoge prijs
- Zichtbaar / gedeeltelijk zichtbaar boven het maaiveld

Warmtebuffer Zeewolde

De belangrijkste functie van de buffer binnen het ontwerp voor Zeewolde is bieden van continuïteit ■■■■■ en variaties in warmtevraag te dempen. Om deze reden is voor het warmtenet ontwerp van Zeewolde is gekozen voor een warmtebuffer in de vorm van een met water gevulde (bovengrondse) tank.

Voor de locatie van de warmtebuffer is gekozen om deze te plaatsen naast de piek- en backup centrale. Op deze manier kan de capaciteit van de warmtepomp en het transportnet optimaal worden benut voor het maximaliseren van het aandeel geleverde duurzame warmte vanuit de warmtepomp. We gaan er hierbij vanuit dat de bedrijfszekerheid van koude levering voldoende geborgd is door het verdelen van het warmtepomp capaciteit over 2 of meerdere warmtepompen in combinatie met een kleine buffer aan de verdamperzijde die noodzakelijk is voor een stabiele bedrijfsvoering van de warmtepomp.

Het volume van de warmtebuffer is bepaald op basis van een continue laden met 21 MWth warmtepomp gedurende een periode van 6 uur. Omdat er ook altijd een basislast in het warmtenet aanwezig is blijft het aantal start/stops van restwarmtelevering beperkt tot minder dan 2 per dag wat voor een zeer stabiele levering zorgt. Dit resulteert in een volume van de buffer van 3.600 m³, wat verdeeld kan worden over meerdere modulair opgebouwde tanks waardoor de investering kan worden gespreid over de looptijd van de businesscase. In verdere uitwerking van het ontwerp kan het buffervolume en inzet van de buffer worden geoptimaliseerd.

Bijlage E. Stakeholderanalyse Zeewolde

Een stakeholderanalyse is uitgewerkt voor Zeewolde. Bij het in kaart brengen van de stakeholders is het van belang niet alleen de technische, maar ook de organisatorische, financieel-economische, sociaal-politieke en de milieuaspecten in beeld te krijgen. De beste methode om inzicht in de wensen en belangen is om het gesprek aan te gaan met elke stakeholder in het gebied.

In Tabel 11 zijn enkele afwegingen opgenomen welke kunnen worden meegenomen in relatie tot stakeholdermanagement. Voor de casus Zeewolde is vervolgens een lijst stakeholders opgesteld uitgewerkt, deze is opgenomen in Tabel 13. De volgende stakeholders springen hier primair uit:

- **Eigenaren van panden** (afnemers)
- **Woningcorporatie(s)** (eigenaren huurwoningen, startmotor collectieve oplossing)
- **Burgertafel/ Bewonerscollectief** (visievorming, draagvlak in buurt)
- **Gemeente** (verantwoordelijk voor gebied en overkoepelende keuzes)
- **Warmtebedrijven** (uiteindelijke exploitanten/ leveranciers van warmte)
- **Warmteproducenten** (bron van warmte)

Tabel 11 Afweging met betrekking op benadering van stakeholders

Afweging	Opmerking
Organisatorisch	<ul style="list-style-type: none"> - De overheid stimuleert participatie en buurtinitiatieven. Het verkrijgen en behouden van draagvlak staat daarbij centraal. Daarbij is het cruciaal dat er een goede verstandhouding en samenwerking is tussen de partijen en gemeente. Bij voorkeur zijn er medewerkers van de gemeente nauw betrokken bij (of onderdeel van) participatie- en buurtinitiatieven. - Kwaliteit en effectiviteit van lokale initiatieven is sterk afhankelijk van het kernteam. Veelal zijn actieve leden parttime beschikbaar en is er beperkt financiële ruimte voor professionele begeleiding. Hier zou de gemeente een ondersteunende rol kunnen bieden.
Financieel-economisch	<ul style="list-style-type: none"> - Bij lokale warmteoplossingen is het cruciaal dat ook huishoudens met een kleine beurs en/ of een kleine spaarpot kunnen meedoen. Dit is o.a. vanwege de benodigde participatiegraad om een collectieve oplossing zoals een warmtenet te kunnen laten renderen. - Wanneer er sprake is van een collectieve investering, bijvoorbeeld in de openbare ruimte (warmtenet, WKO), dan dient ook de rol van 'vreemd geld' (externe financiering) te worden geëvalueerd. Afhankelijk van de geldverstrekker kan een financieel rendement anders zijn.
Sociaal-politiek	<ul style="list-style-type: none"> - Onder de huidige Warmtewet is er geen verplichting voor huishoudens om mee te doen aan collectieve alternatieven voor aardgas. Per aan te sluiten wijk dient daarom ook te worden gekeken naar het enthousiasmeren van mensen met uiteenlopende sociaal-politieke achtergronden en karakters. Dergelijke aanpak van enthousiasmeren sluit bij voorkeur aan bij de doelgroep.

Afweging	Opmerking
	- Omdat een wijk oplossing gebruik maakt van de openbare ruimte is draagvlak en steun vanuit de lokale politiek ook onmisbaar.
Milieu	<ul style="list-style-type: none"> - De primaire aanleiding om een alternatief voor aardgas aan te bieden is een vermindering van de afhankelijkheid fossiele brandstoffen. Om die reden is ook de te realiseren CO₂-emissie een belangrijke beslisfactor. Helaas zijn oplossingen met de hoogste CO₂-reductie financieel niet altijd de meest aantrekkelijke opties. - Bij toelichting van de verschillende systeemkeuzes is het daarom belangrijk het vraagstuk niet alleen te vertalen naar een 'terugverdientijd'. De milieu impact dient in de presentatie ook te worden meegenomen.
Wetgeving en governance	- Uiteraard moet een systeemoplossing zich houden aan de wet- en regelgeving, maar leeraspecten uit de lokale casuïstiek kan ook welkome input zijn voor mogelijke aanpassingen/ aanscherpingen in wet- en regelgeving.

Tabel 12 Toelichting bij verschillende scores zoals toegekend in Tabel 13.

Score		Korte toelichting
1	Zeër laag	Minimale invloed en/of belang bij een alternatief voor aardgas.
2	Laag	Bepaalde invloed op en/of belang bij een alternatief voor aardgas.
3	Gemiddeld	Enige invloed op en/of belang bij een alternatief voor aardgas, belangrijk om primair op de hoogte te zijn van de positie van deze stakeholders en deze uit te nodigen voor informatiesessies.
4	Hoog	Duidelijke invloed op en/of zwaarwegend belang bij een uiteindelijk alternatief voor aardgas, belangrijk om deze stakeholders te blijven betrekken en positie periodiek te monitoren.
5	Zeër hoog	Grote invloed op en/of zwaarwegend belang bij een uiteindelijk alternatief voor aardgas, belangrijk om draagvlak onder deze stakeholders actief te monitoren en managen.

Tabel 13 Overzicht stakeholders toegespitst op Zeewolde. Een score voor 'invloed' en 'belang' zoals gezien vanuit een (toekomstig) warmtenet is per stakeholder toegevoegd. Merk op dat deze scores een inschatting zijn en dus niet zijn afgestemd in overleg met de stakeholders in kwestie.

Stakeholder	Rol, type	Invloed	Belang
Eigenaren - Particulieren - Bedrijfspanen	Afnemer – Gebruiker	4	5
Huurders - Particulieren - Bedrijfspanen	Afnemer – Gebruiker	3	4
Industrie - MKB	Afnemer – Gebruiker	4	4

Stakeholder	Rol, type	Invloed	Belang
- Grote industrie			
Utiliteitsgebouwen - Openbare gebouwen - Zorginstellingen - Verzorgingshuizen	Afnemer – Gebruiker	3	4
Woningcorporaties	Eigenaren – Onroerend goed	5	4
Wijkraad/ Bewonerscollectief	Vertegenwoordiging	5	4
Overlegorgaan bedrijven	Vertegenwoordiging	3	3
Ontwikkelingsmaatschappij - DE-on (Duurzame Energie Ontwikkelingsmaatschappij Flevoland)	Ontwikkelaar		
Gemeente - Afdeling duurzaamheid - Afdeling programma's & gebieden - Afdeling openbare ruimte (maaiveld) - Afdeling 'ondergronds', riolering, grondwater, drainage - Afdeling vergunningen & belastingen - Afdeling sociale wijkteams - Adviescommissie ruimtelijke kwaliteit - Warmtetransitie/ warmteregisseur - Werkgroep Transitievisie Warmte	Overheid – Ambtelijk	5	5
Provincie - Energiebeleid & vergunningen - Service punt duurzame energie - Werkgroep Regionale Energie Strategie (RES) - Veiligheidsregio	Overheid – Ambtelijk	4	4
Overheid - Belastingdienst - Ministerie EZK - Ministerie BZK - Ministerie I&W - Werkgroep Klimaatakkoord - Werkgroep Warmtewet 2.0	Overheid – Ambtelijk	3	3
Gemeente - College van B&W - Gemeenteraad	Overheid – Gekozen	5	5
Provincie - Provinciale Staten - Gedeputeerde Staten - Waterschap Zuiderzeeland	Overheid – Gekozen	4	3
Overheid - Tweede kamer	Overheid – Gekozen	3	2

Stakeholder	Rol, type	Invloed	Belang
- Kabinet			
Netbeheerder - Elektriciteit (Liander) - Gas (Liander)	Energiesector – Netbeheerder	2	4
Transmissie - Elektriciteit (TenneT) - Gas (Gasunie)	Energiesector – Transmissie	2	3
Energiebedrijven elektriciteit - Vattenfall, Essent, Eneco, Greenchoice, etc.	Energiesector - Productie & levering electriciteit	2	3
Energiebedrijven warmte (warmtebedrijf) - Ennatuurlijk, Vattenfall, HVC, Eneco, etc.	Energiesector – Productie & levering warmte	4	5
Producent/ leverancier (rest)warmte - AVI, WKK, WKO, Datacenter, AWZI, etc.	Energiesector – productie warmte	4	5
Waterleidingbedrijf - Vitens	Watersector – Levering water	3	2
Waterzuiveringsbedrijf	Watersector – Zuivering afvalwater	3	3
Kennispartners/ -instellingen - Kennisinstellingen (Universiteiten, HBO, etc.) - Onderzoeksinstellingen (TNO, ECN, etc.)	Onderwijs & Onderzoek	3	2
Adviesbureaus	Advies	3	3
Bouwbedrijven - Aannemers - Installateurs - Bouwkundig advies	Bouw	2	2

Bijlage F. Ontwikkelmodellen

Om een duurzame warmtekans te realiseren dient een 'ontwikkeltraject' te worden doorlopen. Dergelijke trajecten kunnen verschillende stadia doorlopen, om hier een inblik in te geven heeft Greenvis het 'Greenvis Ontwikkelwiel' opgesteld.

Hieronder worden verschillende relevante aspecten genoemd van belang zijn voor ontwikkeltrajecten:

- Het ontwikkelen kent een verloop tussen ideevorming en exploitatie van publiek naar privaat
- Het is gebruikelijk dat overheden een rol spelen in het initiëren van een lokale warmteontwikkeling.
- Het doel van een gemeente is overal hetzelfde; het vertegenwoordigen van het maatschappelijk belang. Op welke manier dat ingevuld wordt verschilt per gemeente en per warmtekans.
- De keuze voor een ontwikkelmodel heeft invloed op de keuzevrijheid in marktmodellen voor de exploitatie en op de benodigde inspanning van de gemeente.
- Verantwoordelijkheden die aan de markt zijn overgedragen zijn niet makkelijk weer terug te nemen door een gemeente.



Figuur 11 Het 'Greenvis Ontwikkelwiel' waarin verschillende stadia van een ontwikkeltraject worden gevisualiseerd

Invloed van het type warmtekans op het ontwikkelmodel

Het type warmtekans heeft een sterke invloed op de manier waarop de kans tot ontwikkeling gebracht kan worden. De belangrijkste parameters zijn: Rendement, grootte, duurzaamheid, temperatuurniveau, betrokkenheid gemeente.

Rendement

Zeer rendabele kansen met een laag risicoprofiel worden door de markt wel gevonden en autonoom opgepakt. Met name de kansen die redelijk rendabel lijken worden niet automatisch door marktpartijen ontwikkeld maar vragen van de publieke partijen om verkend te worden en voorzien van meer zekerheden. Matig rendabele kansen zullen alleen door de markt opgepakt worden bij een duidelijk commitment van publieke partijen om de onrendabele top te financieren.

Grootte

Grote kansen (>1.000 huishoudens) zijn geschikt voor bedrijven met grote financiële slagkracht, zoals de bestaande energiebedrijven en kapitaalkrachtige nieuwe warmte-exploitanten. Hoe kleiner de kans hoe meer partijen daar een investerende en exploiterende rol in kunnen spelen, aangezien de benodigde voorinvestering beperkter is.

Duurzaamheid en temperatuurniveau

De duurzaamheid en het temperatuurniveau van de warmte die in de kans wordt gebruikt is een criterium waarop een aantal partijen kunnen afvallen. Bijvoorbeeld omdat ze alleen maar duurzame projecten ontwikkelen of ze bij te lage temperatuur geen exploitatie voor zich zien.

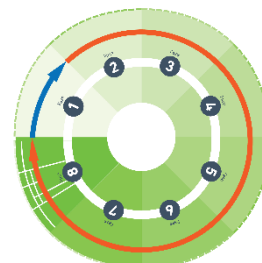
Betrokken stakeholders

Het aantal betrokkenen en de mate van de betrokkenheid is bepalend voor het risicoprofiel van de warmteontwikkeling. Een welwillende en samenwerkende gemeente, woningcorporatie en restwarmte-aanbieder vinden sneller een investeerder en exploitant dan de stakeholders los van elkaar.

Hieronder volgt een beknopte toelichting bij verschillende routes voor het door ontwikkelen van warmtekansen.

Commerciële partij neemt direct het roer in handen (markt 2 t/m 8)

Een commerciële partij neemt vanaf het begin de ontwikkeling in handen en brengt die tot exploitatie omdat de kans interessant en rendabel is. De gemeente speelt een faciliterende en verbindende rol in ruil voor een stukje medezeggenschap in de uitwerking van het warmtenet.



Rollen gemeente: Verbinder, facilitator, infrastructuurplanner, vergunningverlener, klant voor warmteafname gemeentelijk vastgoed.

Voordelen:

- Gemeente hoeft weinig inspanning te leveren en risico te lopen om realisatie van een warmtenet voor elkaar te krijgen
- Door het ontbreken van beslissingsbevoegdheid bij de gemeente, kan de kans snel ontwikkeld worden

Nadelen:

- Beperkte invloed gemeente op proces, techniek en deelnemende partijen

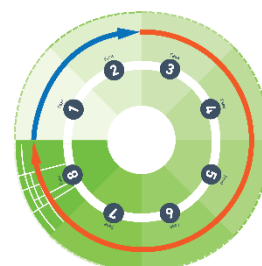
Gemeente verkent de kans tot de markt het oppakt (gemeente 1-2 en markt 3 t/m 8)

Sommige warmtekansen vragen om een verkenning, voordat deze in de etalage kunnen worden gezet en marktpartijen in actie komen.

Belangrijke reden voor marktpartijen om dat te doen is dat daarmee het gemeentelijk commitment getoond wordt. Een commerciële partij is tijdens de ontwikkeling namelijk op een groot aantal vlakken afhankelijk van een stimulerende en meewerkende lokale overheid.

Een gemeente voert de eerste verkennende onderzoeken naar de potentie van de warmtekans, peilt de interesse in duurzame warmte bij potentiële afnemers en toont de haalbaarheid aan. Daarmee neemt de kans op een succesvolle ontwikkeling toe en het risico af.

Na een Fase 2 verkenning wordt aan de markt gevraagd om het initiatief over te nemen en als katrekker met een commercieel belang de haalbaarheid verder te onderzoeken en vergroten.



Rollen gemeente: Vooronderzoeker, marktverkenner, verbinder, concessieverlener, facilitator, infrastructuurplanner, vergunningverlener, klant voor warmteafname gemeentelijk vastgoed.

Voordelen:

- Door de beperkte rol van de gemeente loopt deze weinig risico om toch realisatie van een warmtenet voor elkaar te krijgen, terwijl er wel interesse wordt getoond vanuit de gemeente
- Door het ontbreken van beslissingsbevoegdheid bij de gemeente, kan de kans snel ontwikkeld worden

Nadelen:

- Beperkte invloed gemeente op proces, techniek en deelnemende partijen

Gemeente houdt regie (gemeente 1 t/m 5, markt 3 t/m 8)

Een gemeente kan ervoor kiezen om de controle over de ontwikkeling deels over te dragen aan de markt. Dat kan bijvoorbeeld door een aandeel in een gezamenlijke ontwikkelorganisatie te nemen en daarin samen met een marktpartij op te trekken. Of door duidelijke afspraken te maken bij de overdracht van de kans aan de markt over de medezeggenschap in het ontwikkeltraject.



Rollen gemeente: Vooronderzoeker, marktverkenner, ontwikkelaar, aanbesteder, verbinder, facilitator infrastructuurplanner, vergunningverlener, klant voor warmteafname gemeentelijk vastgoed.

Voordelen:

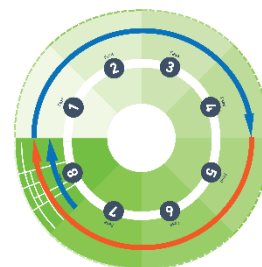
- Door de gedeeltelijke beslissingsbevoegdheid bij de gemeente, kan de ontwikkeling voorzien worden van de juiste maatschappelijke uitgangspunten.

Nadelen:

- Het proces wordt trager door toename van aantal betrokkenen bij de besluitvorming

Gemeente ontwikkelt onafhankelijk (1 t/m 5 en 8, markt 5 t/m 8)

Op een groeiend aantal plekken neemt een lokale overheid niet alleen het initiatief om een warmtekans tot ontwikkeling te brengen, maar ook om die verregaand te ontwikkelen en soms zelfs te exploiteren.



Een gemeente kan op eigen regie een groot deel van de ontwikkeling uitvoeren wat een meerdere voordelen heeft:

- Afnemers van warmte zijn vaak eerder bereid deel te nemen aan een maatschappelijk initiatief dan aan een commercieel project.
- De verhouding tussen rendement, duurzaamheid en aan te sluiten gebied kan anders gekozen worden,
- Er zijn in een later stadium meer marktmodellen mogelijk.

Bijlage G. Uitgangspunten

In deze bijlage zijn de uitgangspunten benoemd welke Greenvis heeft gehanteerd bij de uitgevoerde analyses voor aansluiten zoekgebieden, een leidingnetontwerp, de begroting en de businesscase.

Restwarmtelevering vanuit datacenter

• Vermogen per gebouw:	████████
• Leveringsprofiel ¹⁶ :	Volcontinu (beperkt variabel)
• Afnameverplichting:	Geen, levering o.b.v. warmtevraag. Inzet als basislast
• Medium restwarmte:	Water
• Vermogen totaal:	██████████████████████████████
• Aanvoertemperatuur na de wisselaar:	~25-27°C
• Retourtemperatuur uit transportnet:	~15°C
• Kostprijs restwarmte:	0 €/GJ
• Kostprijs koudelevering:	0 €/GJ
• ████████████████████████████████	██████████████

Warmtepompcentrale t.b.v. Zeewolde

• Locatie:	Naast/ nabij datacenter ¹⁷
• Vermogen:	ca. 28 MW _{th}
• Temperatuur transportnet na WOS:	75°C - 45°C
• Temperatuur transportnet voor WOS:	25°C - 12°C
• COP:	minstens 3,5 (o.b.v. onderliggende temperaturen)
• Herkomst elektriciteit:	Duurzaam indien mogelijk
• Afmetingen gebouw:	ca. 500 m ²
• Kostprijs elektriciteit WP:	████ ct/kWh, excl. energiebelasting en ODE

Piek en back-up opwek Zeewolde

• Locatie:	Hoofd Aansluitpunt (HAP)
• Vermogen:	ca. 30MW + redundantie
• Type:	(Bio)gas piekketel
• Brandstof:	Biogas, groengas of aardgas
• Kostprijs Piekwarmte:	████ €/GJ

Warmte opslag - WKO

• Locatie:	N.O. van datacenter (grens is Knarweg)
• Vermogen:	n.t.b.
• Type:	WKO
• Temperatuurregime:	25°C - 15°C (ΔT van 10K)

¹⁶ Datacenters beschikken normaliter over een efficiënt en zeer bedrijfszeker koelsysteem. Koelsystemen met water als medium kenmerken zich onder andere door een goede regelbaarheid van installatie onderdelen.

¹⁷ Vanuit de ontwikkelaar werd de optie benoemd om de transportafstand van lage temperatuur warmte beperkt te houden.

- Materiaal leidingen: n.t.b. – afwegen of geïsoleerd nodig is
- Drukval bij WKO: 100 kPa
- Gronddekking boven leidingen: +/- 1 meter

Warmte opslag - Piek

- Locatie: HAP Zeewolde
- Vermogen: voldoende om vraagpieken op te vangen
- Type: Buffervat heet water
- Temperatuurregime: 75°C - 45°C (ΔT van 30K)

Transportnet (voor WOS)

- Temperatuurregime: 25°C - 15°C (ΔT van 10-12K)
- Materiaal leidingen: n.t.b. – afwegen of geïsoleerd nodig is
- Drukval bij WOS: 100 kPa
- Gronddekking boven leidingen: +/- 1 meter

Transportnet (na WOS)

- Temperatuurregime: 75°C - 45°C (ΔT van 30K)
- Drukklasse: PN25
- Materiaal leidingen: Staal-PUR-PE
- Gronddekking boven leidingen: +/- 1 meter

Onderstations (per cluster Zeewolde één onderstation)

- Maximaal aansluitvermogen: 4,5 MW
- Maximaal gelijktijdig vermogen: 2,5 MW
- Gelijktijdigheidsfactor: 0,55 bij meer dan 205 woningen (ISSO 7)
- Drukval bij afnemers: 100 kPa
- Bouwkundige afmeting: 5 bij 3 meter

Distributienet

- Temperatuurregime: 70°C - 40° (ΔT van 30K)
- Drukklasse: PN16
- Materiaal leidingen: Staal-PUR-PE
- Gronddekking boven leidingen: +/- 0,8 meter

Utiliteiten

- Temperatuurregime in het pand: 65°C - 35°C (ΔT van 30K)
- Minimale maat aansluitleidingen: DN25
- Uitvoering afleverset: Indirect, extra wisselaar voor CV i.v.m. aansluiten bestaande bouw
- Locatie afleverset: Begane grond, 1 m achter voorgevel

Woningen

- Temperatuurregime in het pand: 65°C - 35°C (ΔT van 30K)
- CW-klasse: CW4
- Minimale maat aansluitleidingen: DN25

- Uitvoering afleverset: Indirect, extra wisselaar voor CV i.v.m. aansluiten bestaande bouw
- Locatie afleverset*: Begane grond, 1 m achter voorgevel. Wijze van aansluiten vanuit de straat

**Bij nieuwbouw wordt de afleverset standaard in de meterkast geplaatst. Voor bestaande bouw geldt dat de cv-ketel zich vaak op zolder bevindt en dit een logische plek is om aan te sluiten op de binnen installatie. Door diverse partijen in de warmtesector wordt onderzoek gedaan naar mogelijke manieren van aansluiten. Omdat dit een grote onzekere factor is en de verwachting is dat hier de komende jaren nieuwe oplossingen voor zullen komen gericht op het beperken van overlast en reduceren van aansluitkosten is ons voorstel om dit buiten de scope van dit onderzoek te laten.*

Bepalen warmtevraag en vermogen bestaande bouw

Om het aansluitvermogen te bepalen is de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) gebruikt. Deze openbare database bevat per pand en verblijfsobject informatie zoals functie, vloeroppervlak en bouwjaar. Op basis hiervan wordt per verblijfsobject en uiteindelijk per pand ingeschat wat het aan te sluiten piekvermogen is, uitgaande van een set van kengetallen. De bron van deze kengetallen is een in-house uitgevoerde statistische studie gebaseerd op het werkelijk verbruik van twee miljoen panden in Nederland.

Tabel 14 Toegepaste kengetallen warmtevraag en vermogen woningen

Energielabel	Warmtevraag [GJ/m ² /jaar]	Vermogen CV [W/m ²]	Tapwaterklasse
A	0,22	33	CW4
B	0,27	42	CW4
C	0,32	54	CW4
D	0,41	73	CW4
E	0,44	79	CW4
F	0,44	80	CW4
G	0,44	80	CW4

Tabel 15 Toegepaste kengetallen warmtevraag en vermogen utiliteiten

Functie	Warmtevraag [GJ/m ² /jaar]	Vermogen [W/m ²]
Bijeenkomstfunctie	0,18	81
Celfunctie	0,65	162
Gezondheidszorgfunctie	0,55	70
Industriefunctie	0,23	53
Kantoorfunctie	0,38	96
Logiesfunctie	0,41	96
Onderwijsfunctie	0,24	58
Overige gebruiksfunctie	0,17	40
Pand in gebruik zonder VO	0,59	136
Sportfunctie	0,38	112
Winkelfunctie	0,28	68