



Technische verdieping

Bewonersinitiatieven provincie Zuid-Holland





Witte Rozenstraat, Leiden

Dit rapport is opgesteld in opdracht van
Provincie Zuid-Holland & Next2Company



Documentbeheer

De ondergetekende projectleider van VHGM verklaart dat de uitgevoerde werkzaamheden, voor zover van toepassing, onafhankelijk van de opdrachtgever zijn uitgevoerd conform de eisen van BRL SIKB 11000 en het daarbij horende protocol.



Concept

	Naam	Datum	Paraaf
Opgesteld door	Sieta Luichies	6 juni 2025	
	Bernd Abeling	8 september 2025	
Aangevuld door	Bernd Abeling	18 september 2025	
Gecontroleerd door	Milan de Blok	22 september 2025	

Definitief

	Naam	Datum	Paraaf
Aangepast door	Bernd Abeling	15 januari 2026	
Goedgekeurd door	Dick van Harlingen	18 februari 2026	



Definitief V2

	Naam	Datum	Paraaf
Aangepast door	Maroushka Boers	27 februari 2026	
Goedgekeurd door	Dick van Harlingen	5 maart 2026	

Definitief V3

	Naam	Datum	Paraaf
Aangepast en goedgekeurd door	Dick van Harlingen	11 maart 2026	

Definitief V4

	Naam	Datum	Paraaf
Aangepast door	Bernd Abeling	20 april 2026	
Goedgekeurd door	Dick van Harlingen	24 april 2026	

Disclaimer: Dit vooronderzoek is geen volledig ontwerpdocument en kan ook niet als zodanig worden gebruikt. De uitgangspunten uit een vooronderzoek kunnen afwijken ten opzichte van de uitgangspunten die gebruikt worden in het ontwerp.

De volgende partijen zijn betrokken bij het tot stand komen van dit rapport

Opdrachtgever

Naam	Provincie Zuid-Holland – Afdeling Mobiliteit en Milieu
Bezoekadres	Zuid-Hollandplein 1 2596 AW Den Haag
Contactpersoon	Mevr. Julia Sialino
Telefoonnummer	(06) 44 71 54 24
E-mailadres	j.sialino@pzh.nl

Adviseur buurtinitiatieven

Naam	Next2Company
Bezoekadres	John M. Keynesplein 12-46 1066 EP Amsterdam
Contactpersoon	Dhr. Gerbert Hengelaar
Telefoonnummer	(06) 83 54 79 50
E-mailadres	G.Hengelaar@next2company.com

Adviseur ondergronds

Naam	VHGM B.V.
Adres	Leidsevaart 580 2014 HT Haarlem
Contactpersoon	Dhr. Dick van Harlingen
Telefoonnummer	(06) 25 47 71 83
E-mailadres	dick.vanharlingen@sweco.nl

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Toelichting	6
2	GRONDWATERSTAND EN -STROMING	7
3	BODEMOPBOUW EN MOGELIJKE BOORDIEPTE	8
4	SYSTEEMCONCEPTEN EN COLLECTIVITEIT	12
5	INPASBAARHEID WARMTEWISSELAARS	15
5.1	Ondergrondse obstakels	15
5.2	Potentiële bronlocaties	16
5.3	Straatkant, Witte Rozenstraat 45 t/m 45B & 45J t/m 45L	17
5.4	Straatkant, Witte Rozenstraat 47 t/m 47C	18
5.5	Aftakking, Witte Rozenstraat 45C t/m 45G	19
5.6	Alternatief: straatkant, geheel collectief	20
5.7	Voorstel inpassing warmtewisselaars	21
6	CONCLUSIE	23

1 Inleiding

Het pilotproject Witte Rozenstraat, Leiden omvat een cluster van 16 woningen aan de Witte Rozenstraat en een gelijknamige aftakking van de Witte Rozenstraat, gelegen boven het Justus Carelhuis. De woningen zijn onderverdeeld in drie blokken van twee keer twee-onder-een-kapwoningen, één blok van drie woningen en een blok van 7 woningen. Binnen het pilotproject is voldoende draagvlak voor het initiatief. Voor zover bekend hebben de woningen energielabel B en stammen de woningen uit bouwjaar tussende 1988 en 1997.

Figuur 1.1 Overzicht van de pilotlocatie Witte Rozenstraat, Leiden



Next2Company heeft op basis van het gasverbruik van de woningen een inschatting gemaakt van de vermogensbehoefte. Onderstaande tabel 1.1 geeft de ingeschatte vermogens van de pilotwoningen weer.

Tabel 1.1 Vermogensbehoefte van de woningen binnen het pilotproject

Scenario	Vermogen (kW)
Gemiddeld verbruik	5,5*

*O.b.v. indicatieve formule Deltares

In deze rapportage is gerekend met het gemiddelde verbruik. Aandachtspunt bij een verdere uitwerking is de grote variabiliteit met betrekking tot het warmteverlies per woning. Het energielabel bij de woningen verschilt en fluctueert tussen labels A en C.

1.1 Toelichting

In dit document wordt gesproken over het gebouwzijdig vermogen en het bodemzijdig vermogen. Het gebouwzijdig vermogen, of vermogen per woning, is het thermisch warmteverlies van een woning (wat minimaal aan vermogen nodig is) om de woning te kunnen verwarmen bij zeer lage buitentemperaturen. Op basis hiervan wordt de warmtepomp geselecteerd. Het bodemzijdig vermogen is het vermogen dat geleverd wordt door bodem. Onderstaande formule geeft weer hoe het bodemzijdig vermogen van een woning berekend wordt.

$$P_{Bodem} = P_{Gebouw} * \left(1 - \left(\frac{1}{COP}\right)\right)$$

Om onderstaande formule op te kunnen lossen is een waarde voor de COP benodigd. COP staat voor Coëfficiënt Of Performance en dit geeft het rendement van warmtepomp weer. De COP-waarde betreft de verhouding tussen bronenergie en het aandeel elektrische energie. Wanneer een warmtepomp een COP van 4 heeft, dan is er maar één deel elektriciteit nodig voor 4 delen warmte. De resterende 3 delen worden uit de bodem onttrokken.

Omdat er in dit stadium nog geen COP-waarde bekend is, wordt er in dit document gewerkt met kengetallen voor de COP. Volgens VHGM zijn deze rendementen met moderne warmtepompen realistisch. In tabel 1.2 zijn de COP's weergegeven voor een systeem dat werkt met 100% leidingwater (water) als circuliatiemedium en een variant waarbij een water-antivriesmiddel (glycol) wordt toegepast als circuliatiemedium. Deze uitgangspunten zullen verderop in dit document toegelicht worden.

Tabel 1.2 COP-waarden bij een warmtepomp met water- of een water-antivriesmengsel als circuliatiemedium

Circuliatiemedium	COP
Water	6
Antivriesmengsel	5

2 Grondwaterstand en -stroming

Op basis van de gegevens van TNO-DINoloket en de Grondwaterkaart van Nederland zijn de grondwaterstanden en -stijghoogten in de verschillende watervoerende pakketten geanalyseerd. De samenstelling van de Nederlandse ondergrond varieert per locatie. Om mogelijke uitdagingen bij het boren te identificeren is het relevant inzicht te verkrijgen in deze lokale samenstelling. Hoge grondwaterstanden kunnen extra risico's creëren tijdens het boren. In tabel 2.1 worden de betreffende gegevens weergegeven.

Tabel 2.1 Gegevens grondwaterstanden en stijghoogte

Watervoerend pakket	Gemiddelde grondwaterstand/stijghoogte	Fluctuatie
Freatisch pakket	1,0 m -mv	± 0,2 m
WVP1	1,5 m -mv	± 0,2 m
WVP2	1,4 m -mv	± 0,2 m
WVP3	1,8 m -mv	± 0,3 m
WVP4	Onvoldoende data*	Onvoldoende data*

* Van deze diepte rondom de projectlocatie is te weinig ondergronddata beschikbaar om op dit moment een eenduidige uitspraak te doen over de grondwaterstand in het vierde watervoerend pakket.

Uit tabel 2.1 blijkt dat er geen kans is op overlast van artesisch (opwellend) grondwater tijdens het uitvoeren van de boorwerkzaamheden. De grondwaterstand in het freatische pakket is minimaal 80 cm onder het maaiveld, afhankelijk van het seizoen. Er hoeven geen extra maatregelen getroffen te worden tijdens perioden van een hoge grondwaterstand.

Vervolgens is ook de Darcy grondwaterstromingssnelheid berekend en is de stromingsrichting van het grondwater bepaald. De resultaten hiervan zijn in tabel 2.2 weergegeven.

Tabel 2.2 Gegevens grondwaterstroming en stromingsrichting

Watervoerend pakket	Grondwaterstroming	Richting
WVP1	1 – 3 m/jaar	ZO
WVP2	1 – 3 m/jaar	ZO
WVP3	<1 m/jaar	ZO
WVP4	<1 m/jaar	ZO

De grondwaterstroming is in watervoerend pakket 1 en 2 relatief laag en neemt in de dieper gelegen watervoerende pakketten verder af. Een hoge grondwaterstromingssnelheid kan een positief effect op de regeneratieve eigenschappen van de bodem hebben, waardoor er over een lange periode minder afkoeling in de bodem plaats zal vinden. Omdat er op de projectlocatie geen sprake is van een hoge grondwaterstroomsnelheid, worden er geen significante regeneratieve effecten op de warmtewisselaars verwacht. Dit is echter geen belemmering, aangezien het bij het ontwerp van gesloten systemen niet is toegestaan om de invloed van de grondwaterstroming mee te nemen en het systeem ontworpen zal worden voor een situatie zonder grondwaterstroming.

3 Bodemopbouw en mogelijke boordiepte

Als men kijkt naar de mogelijkheden om gesloten bodemenergiesystemen toe te passen in relatie tot de bodemopbouw, dan is er zeer veel mogelijk. In tegenstelling tot een open bodemenergiesysteem wordt er geen grondwater onttrokken en geïnfiltrerd, maar vindt de warmte-uitwisseling plaats door middel van geleiding in een gesloten leidingsysteem. Dankzij dit karakter is het vinden van een geschikte grove zandlaag veel minder van belang. Wat wel een belangrijk aspect is, is het feit dat zand een betere geleider dan klei is en dat er in de zandlagen in de meeste gevallen sprake is van grondwaterstroming. Het is daarom nog steeds voordelig om de warmtewisselaars zoveel mogelijk in zandgrond te plaatsen. Als het echter een voordeel oplevert om toch gebruik te gaan maken van de diepere kleilagen, bijvoorbeeld wanneer dat wél kansen voor een collectief systeem creëert, dan is dat zeker mogelijk.

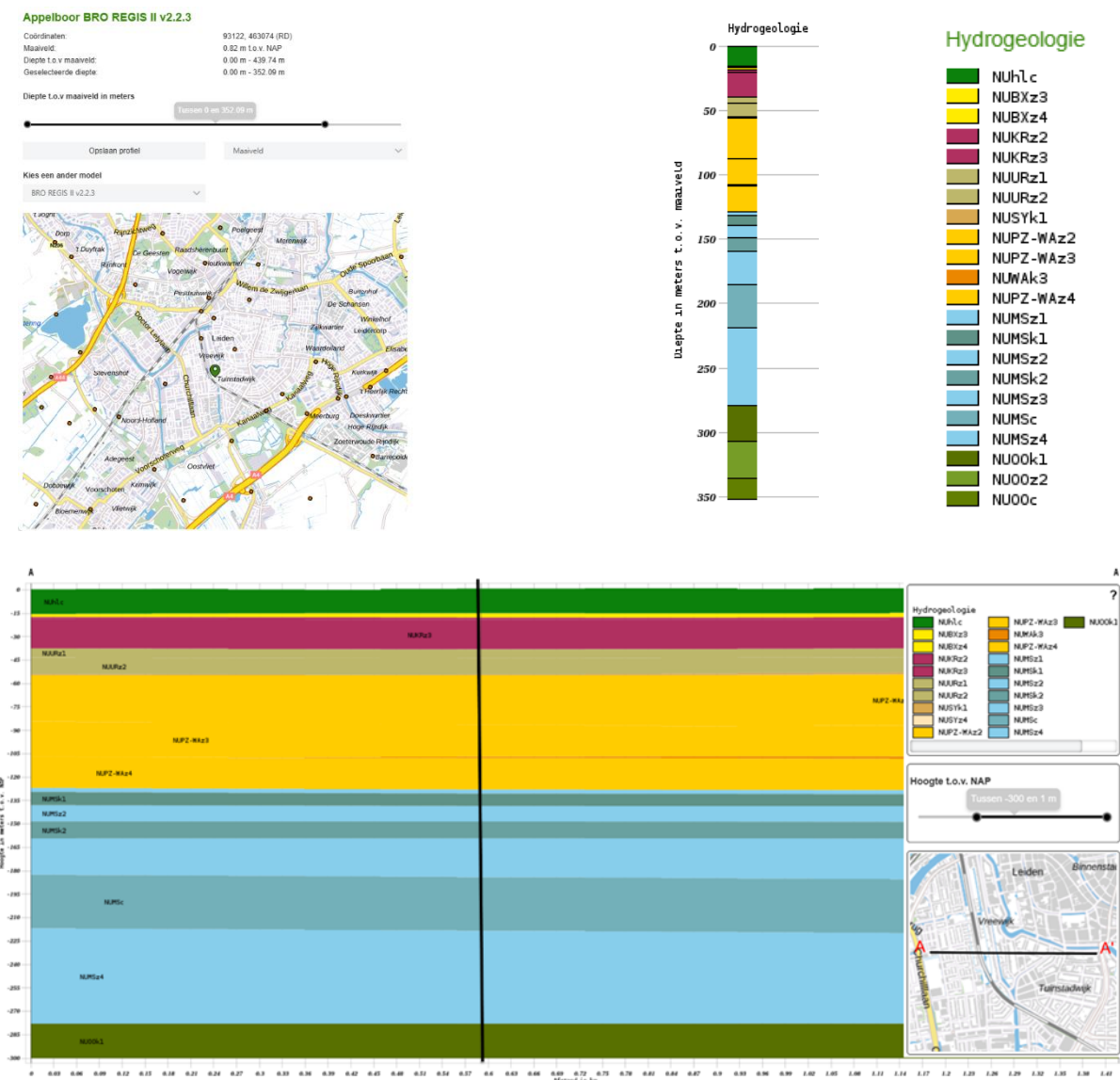
Bij diepere boringen spelen de volgende factoren mee:

- Boringen dieper dan 300 à 350 meter worden als 'technisch bijzonder' beschouwd. Niet iedere boormaatschappij op de markt heeft de middelen en capaciteit voor dergelijke diepe boringen. Op basis van onze ervaring boren slechts vier á vijf firma's momenteel voorbij de 350 meter diepte.
- Naarmate er dieper geboord wordt dient de onderlinge afstand tussen boringen (h.o.h.-afstand) groter te worden om te voorkomen dat de ene boring de ander doorboort. Boorbedrijven zullen voor dieptes van 300 à 350 m h.o.h.-afstanden hanteren van 10 à 15 meter. Een grotere h.o.h.-afstand betekent dat er ruimtelijk minder boringen per hoeveelheid grond gerealiseerd kunnen worden.
- Tevens geldt dat naarmate er dieper geboord wordt meer pompenergie nodig is om het circulatiemedium rond te pompen. Omdat een warmtepomp dit extra drukverlies niet zonder meer kan overbruggen, zijn aanpassingen nodig naar bijvoorbeeld grotere lusdiameters, dubbele U-lussen of zelfs triple U-lussen. Hier zit een verhogend kostencomponent aan, maar het kan alsnog interessant zijn wanneer meerdere systemen bij elkaar worden geboord om zo het aantal boringen te beperken en daarmee ook de interferentie.
- Bij boordieptes dieper dan 500 meter onder het maaiveld treedt de Mijnbouwwet in werking. Naast het feit dat er voor bodemenergiesystemen zelden tot nooit tot deze dieptes geboord wordt, dienen er vergunningen bij het Rijk te worden aangevraagd. Dergelijke procedures vergen meer tijd en financiële middelen. Voor de particuliere woningbouw en mini-warmtenetten wordt deze oplossing momenteel niet als rendabel beschouwd.

Om de bodemgeschiktheid voor het aanleggen van gesloten bodemenergiesystemen te analyseren is op basis van het DINOloket, model REGIS II V2.2.3, een doorsnede van de bodemopbouw gemaakt (figuur 3.1).

In tabel 3.1 is vervolgens een schematisering van de bodem weergegeven. Het maaiveld van de projectlocatie ligt op een hoogte van ca. 0,1 m -N.A.P.

Figuur 3.1 Bodemopbouw (projectlocatie weergegeven met zwarte lijn)



In tabel 3.1 is de geohydrologische schematisering van de ondergrond rondom de projectlocatie te zien. In deze tabel zijn een aantal rijen gearceerd. Hierover het volgende:

- De groene rij heeft betrekking op een boordiepte die technisch gezien haalbaar is met kleinere, compactere boorwagens. Kleinere boorwagens zijn makkelijker door smalle doorgangen te manoeuvreren, maar beschikken niet over voldoende motorvermogen om tot dezelfde dieptes te komen als grote boorstellingen en kunnen minder meters per uur.
- De gele rij is doorgaans uitvoerbaar met een doorsnee boorstelling en gaat tot 280 meter onder het maaiveld.
- De oranje rij is meer technisch uitdagend en vereist waarschijnlijk een zware boorstelling.

Tabel 3.1 Geohydrologische schematisering

Diepte t.o.v. N.A.P. [in m] mv: 0,5 m -N.A.P.			Samenstelling	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen [m ² /d]
mv	Tot	-16	Complexe laag, afgewisseld met klei-, zand- en leemlagen	Deklaag	-
-16	Tot	-55	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 1	1.000 – 1.400
-55	Tot	-108	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 2A	800 – 1.200
-108	Tot	-109	Kleilaag	Slecht doorlatende laag 1	-
-109	Tot	-129	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 2B	100 – 400
-129	Tot	-131	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 3A	10 – 30
-131	Tot	-139	Kleilaag	Slecht doorlatende laag 2	-
-139	Tot	-149	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 3B	50 – 100
-149	Tot	-160	Kleilaag	Slecht doorlatende laag 3	-
-160	Tot	-185	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 3C	100 - 300
-185	Tot	-219	Complexe laag	Slecht doorlatende laag 4	100 – 200
-219	Tot	-279	Midden tot grof zandpakket	Watervoerend pakket 3D	200 – 500
-279	Tot	-307	Kleilaag	Slecht doorlatende laag 5	-
-307	Tot	-335	Midden tot fijn zandpakket	Watervoerend pakket 4	100 – 300
Dieper dan -335			Complexe laag	Geohydrologische basis	-

De geohydrologische basis heeft betrekking op de onderkant van het geohydrologisch schema en heeft over het algemeen een slechte doorlatendheid. Het is technisch mogelijk om te boren in de geohydrologische basis, maar de boorsnelheid neemt dan wel significant af. Ook is de beschikbare informatie over de ondergrond geringer naarmate een boring dieper wordt. In het geval van de projectlocatie Witte Rozenstraat is er voor gekozen om de diepte van het geohydrologische schema te beperken tot 350 m -mv.

De keuze om warmtewisselaars bij voorkeur in zandpakketten te plaatsen is gebaseerd op de relatief hoge warmtegeleidingscoëfficiënt van zand ten opzichte van klei of leem. Een hogere thermische geleidbaarheid zorgt immers voor een efficiëntere warmteoverdracht tussen bodem en warmtewisselaar. Hoewel tabel 3.2 laat zien dat de warmtegeleidingscoëfficiënt bij diepere boorprofielen iets afneemt, is dit verschil beperkt. De drie boorprofielen kunnen, dankzij de gelijke warmtecapaciteit, per meter gemiddeld evenveel warmte en koude opslaan. Dit betekent dat ook diepere boringen in kleilagen technisch goed uitvoerbaar en effectief blijven voor energieopslag en -winning.

Tabel 3.2 Thermische bodemparameters voor de drie opties en haalbare vermogens

Parameter	Eenheid	Optimale diepte		Suboptimale diepte		Maximale diepte	
Einddiepte	m	150		280		335	
Grondwatertemperatuur	°C	11 -12		11 – 13		11 – 14,5	
Warmtegeleidingscoëfficiënt	W/m*K	2,19		2,14		2,10	
Warmtecapaciteit	MJ/m ³ *K	2,44		2,44		2,44	
Opbrengst warmtewisselaar (bodemzijdig)	kW	Water	3,8	Water	7,0	Water	8,4
		Glycol	6,0	Glycol	11,2	Glycol	13,4
Rendement verwarmingsbedrijf	C.O.P.	Water	6	Water	6	Water	6
		Glycol	5	Glycol	5	Glycol	5
Beschikbaar vermogen warmtepompen (gebouwzijdig)	kW	Water	4,5	Water	8,4	Water	10,1
		Glycol	7,5	Glycol	14,0	Glycol	16,8

In tabel 3.2 valt op dat aanzienlijk meer vermogen kan worden verkregen uit systemen die als circuliatiemidium niet met water, maar met een antivriesmengsel worden gevuld. Dit komt doordat bij toepassing van water het risico op bevrozing bestaat wanneer de verdampertemperaturen in de warmtepomp de 0 °C bereiken (equivalent 3 °C à 4 °C aanvoertemperatuur richting de warmtepomp). Wanneer een antivriesmiddel is toegevoegd wordt dit risico vermeden en kan het systeem doorwerken met lagere temperaturen in de bodem. Bedenk hierbij wel dat het rendement van een systeem op een antivriesmiddel lager is dan het rendement van een systeem op water, waardoor een groter aandeel elektrische energie zal worden verbruikt.

4 Systeemconcepten en collectiviteit

Bij gesloten bodemenergiesystemen zijn drie basissysteemconcepten gangbaar:

- Individueel systeem: een eigen warmtewisselaar met een eigen warmtepomp. Eén gebruiker.
- Klein-collectief: één of enkele warmtewisselaars met meerdere eigen warmtepompen. Van 2 tot ca. 12 gebruikers. Dit concept kan weer onderverdeeld worden in de tussenvormen tussen 2 en 12 woningen. Het meest simpele concept is het delen van één lus met 2 woningen. Het meest complexe concept is een x-aantal diepe bronnen voor 12 woningen, die op een gezamenlijk distributienet zijn aangesloten.
- Collectief systeem: een gedeeld veld van warmtewisselaars met een centrale technische ruimte, waarbij zowel een collectieve warmtepomp als individuele warmtepompen mogelijk zijn. Van enkele tientallen tot honderden gebruikers.

In deze pilot wordt hoofdzakelijk gefocust op het klein-collectief systeemconcept, waarbij als fallback gebruik wordt gemaakt van de individuele optie in het geval dat de aansluiting op een klein-collectief niet realistisch is.

Wanneer de informatie uit tabellen 1.1 en 3.2 wordt geïntegreerd begint de potentie tot collectiviteit duidelijk te worden. Als eerste wordt gekeken naar het klein-collectieve systeemconcept waarbij één gedeelde warmtewisselaar wordt gerealiseerd voor twee woningen; de twee-onder-een-bron aanpak. Onderstaande tabel 4.1 geeft deze informatie weer. De kleurcodering in de tabellen correspondeert met de boordieptes in tabel 3.2 (groen 150 meter, geel 280 meter en rood 335 meter diepte). Een blauw gearceerde cel geeft aan dat er niet voldoende vermogen kan worden verkregen met één wisselaar en dat er meerdere wisselaars benodigd zijn.

Tabel 4.1 Potentie tot collectiviteit – water tegenover antivriescemsel

Scenario	Vermogen per woning	Vermogen bodemzijdig 1 woning	Vermogen bodemzijdig 2 woningen	Vermogen bodemzijdig 3 woningen
-	kW	kW	kW	kW
Water	5,5	4,6	9,2	13,8
Antivriescemsel	5,5	4,4	8,8	13,2

Uit de gegevens in tabel 4.1 blijkt dat het niet mogelijk is om twee woningen op één warmtewisselaar aan te sluiten wanneer uitsluitend water als circuliatiemedium wordt gebruikt. Bij een antivriescemsel als medium kan dit wel. In dat geval zijn twee woningen op een gedeelde lus van 280 meter lengte mogelijk of zelfs drie woningen op een gedeelde lus van 335 meter lengte.

In onderstaande tabel 4.2 worden een aantal scenario's met betrekking tot de groepering van de woningen uitgewerkt, waaronder een scenario waarin het hele blok op hetzelfde systeem aangesloten wordt. Daarnaast wordt een tweesplitsing van het cluster overwogen en wordt gekeken naar een scenario waarin elke woning een individuele lus krijgt.

Tabel 4.2 Bepaling benodigd vermogen per clustergrootte

Cluster	Aantal woningen binnen systeem	Benodigd vermogen
-	n	kW
Hele blok	16*	88
Per 6 woningen	6	33
Per 4 woningen	4	22
Per 3 woningen	3	16,5
Per 2 woningen	2	11
Alles individueel	1	5,5

* In verband met verplichtingen richting de ACM is het waarschijnlijk niet gewenst om een systeem >10 woningen te realiseren.

In de laatste kolom van tabel 4.2 worden de benodigde gebouwzijdige vermogens vermeld. Uitgaande van een COP van 6 voor systemen met water als circuliatiemedium kan het vermogen uit tabel 4.3 omgerekend worden naar het geschatte bodemzijdig vermogen van het systeem, oftewel het vermogen dat uit de bodem wordt onttrokken. Uitgaande van een onttrekking van 25 W per meter (bodemzijdig vermogen) warmtewisselaar kan bepaald worden hoeveel meters aan warmtewisselaar nodig zijn om te voorzien in dit vermogen; zie hiervoor tabel 4.3.

Tabel 4.3 Benodigde systeemdimensies per cluster – water als circuliatiemedium

Cluster	Bodemzijdig vermogen	Benodigde luslengte	Aantal bronnen benodigd per cluster		
			150 m	280 m	335 m
-	kW	m			
Hele blok	73,3*	2.933	20	11	9
Per 6 woningen	27,5	1.100	8	4	-
Per 4 woningen	18,3	733	5	3	-
Per 3 woningen	13,8	550	4	2	-
Per 2 woningen	9,2	367	3	-	-
Alles individueel	4,6	183	2	1	-

* Wanneer het bodemzijdige vermogen van een gesloten systeem de grenswaarde van 70 kW overschrijdt, wordt het systeem vergunningplichtig in plaats van meldingplichtig, met zwaardere indieningsvereisten en een langere doorlooptijd.

Ditzelfde wordt gedaan voor systemen met een antivriesmengsel als circuliatiemedium en uitgaande van een COP van 5 en een onttrekking van 40 W per meter; zie hiervoor tabel 4.4.

Tabel 4.4 Benodigde systeemdimensies per cluster – antivriesmengsel als circuliatiemedium

Cluster	Bodemzijdig vermogen	Benodigde luslengte	Aantal bronnen benodigd per cluster		
			150 m	280 m	335 m
-	kW	m			
Hele blok	70,4*	1.760	12	7	6
Per 6 woningen	26,4	660	5	3	2
Per 4 woningen	17,6	440	3	2	-
Per 3 woningen	13,2	330	3	2	1
Per 2 woningen	8,8	220	2	1	-
Alles individueel	4,4	110	1	-	-

* Wanneer het bodemzijdige vermogen van een gesloten systeem de grenswaarde van 70 kW overschrijdt, wordt het systeem vergunningplichtig in plaats van meldingplichtig, met zwaardere indieningsvereisten en een langere doorlooptijd.

Het is aan te raden om ingewikkelde vergunningprocedures te vermijden indien de situatie dit toelaat. Zodoende is het advies om het bodemzijdig vermogen van het te realiseren systeem onder de 70 kW te houden. Hiermee wordt de vergunningplicht voor het aanleggen van een gesloten systeem vermeden. Daarnaast wordt aangeraden het aantal verbruikers (lees: huishoudens) op 10 of lager te houden en daarmee de vergunningsplicht bij de ACM te vermijden.

In het geval van de Witte Rozenstraat is dit aan de orde wanneer alle huishoudens aangesloten worden op hetzelfde warmtenet en de warmtevergunning van toepassing is. Tevens valt het systeem boven de drempelwaarde van 70 kW bodemzijdig vermogen, waardoor het wordt geclassificeerd als groot systeem en onder de vergunningsplicht vanuit het bevoegd gezag valt. Zodoende is het advies om in kleinere clusters samen te werken aangaande de realisatie van het warmtenet.

Nu resteert de vraag of het systeem idealiter gevuld wordt met circuliatiemedium water of met een water- en antivriesmengsel. Het voordeel van een antivriesmengsel is dat het systeem meer warmte per meter warmtewisselaar kan onttrekken en dat er voor een vergelijkbaar bodemzijdig vermogen dus minder meters warmtewisselaar benodigd zijn. Dit grotere verschil tussen bron- en afgiftetemperatuur zorgt echter ook voor een hoger elektriciteitsgebruik. Bovendien zal de circulatiepomp van de warmtepomp meer energie verbruiken als de vloeistof een hogere viscositeit heeft. Ook heeft een antivriesmengsel een hogere kostprijs ten opzichte van water en is het gebruik van sommige antivriesvarianten niet toegestaan, omdat ze een gevaar kunnen vormen voor het milieu bij lekkage.

In dat opzicht is de afweging tussen water en antivriesmengsel als circuliatiemedium in de kern een keuze tussen hogere aansluitkosten met lagere energielasten of lagere aansluitkosten met hogere energielasten.

Daarnaast speelt de beschikbare ruimte voor het realiseren van de warmtewisselaars ook een belangrijke rol. In het geval van een antivriesmengsel zijn er minder meters warmtewisselaar benodigd om te voorzien in dezelfde warmtevraag en zijn er dus ook minder bronnen benodigd. De inpasbaarheid van de systemen wordt verder behandeld in hoofdstuk 5.

5 Inpasbaarheid warmtewisselaars

Een van de centrale vragen bij het kiezen voor een systeemconcept en het uitwerken van de details is de bepaling waar de bronnen geplaatst kunnen worden. Idealiter worden bronnen op het eigen terrein geplaatst. Wanneer dit niet mogelijk is, kan worden gekeken of er bronlocaties gevonden kunnen worden in de openbare ruimte.

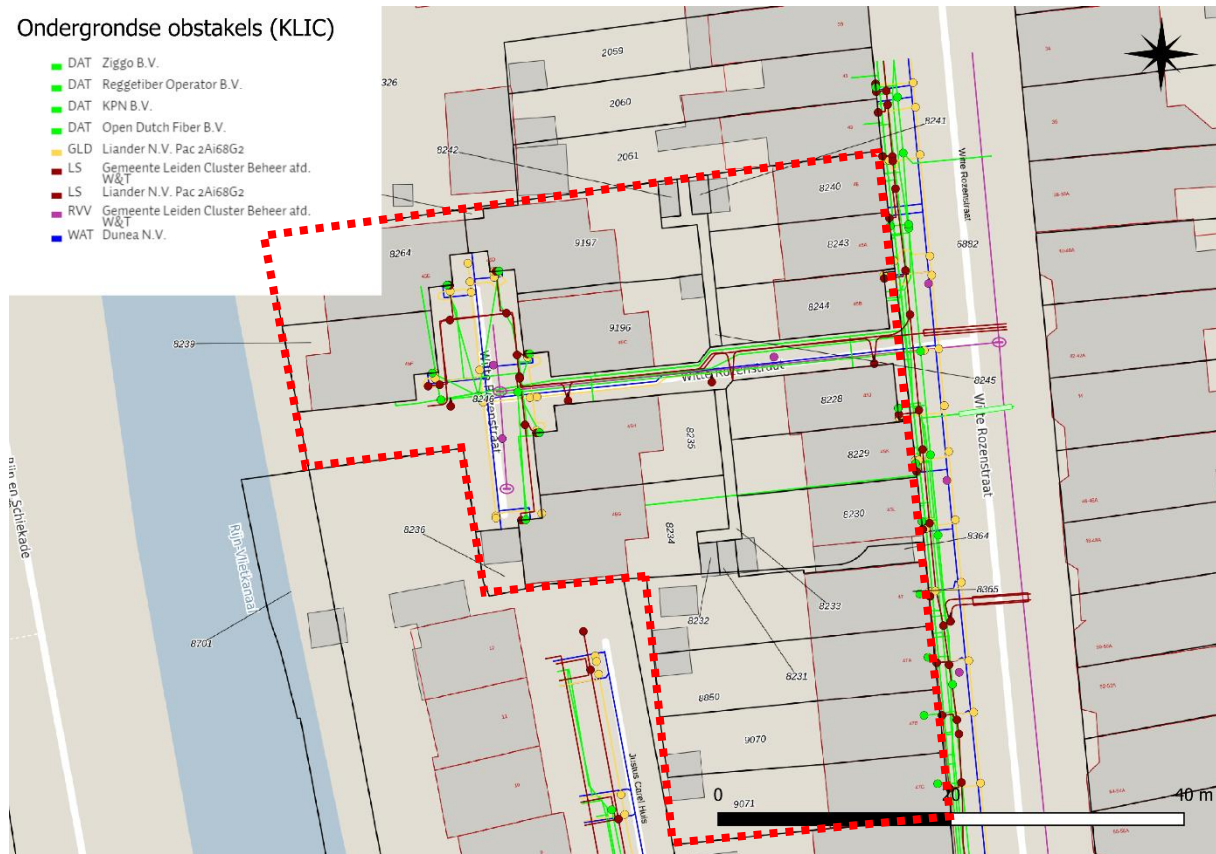
Toestemming verkrijgen en werken in de openbare ruimte brengen een extra dimensie complexiteit met zich mee. Zo moeten o.a.:

- Vergunningen worden aangevraagd voor het recht van opstal van de bron op openbaar terrein.
- Een WIOR-vergunning worden aangevraagd om toestemming te verkrijgen op het werken in openbare ruimte.
- De bronnen en bijbehorende kabels en leidingen bij het Kadaster verplicht geregistreerd worden, zodat bekend is dat er infrastructuur aanwezig is (WIBON).
- Verkeersverstoringen e.d., indien verwacht, onderzocht, onderbouwd en opgevangen worden.
- Een vrij uitgebreid dossier opgesteld worden en overleggen met de gemeente gevoerd worden.

5.1 Ondergrondse obstakels

Onderstaande figuur 5.1 geeft de ligging van ondergrondse infrastructuur weer, welke is verkregen vanuit het Kadaster door middel van een KLIC-oriëntatieverzoek. Hieruit blijkt dat de meeste ondergrondse infrastructuur aan de straatkant dicht op de woningen gerealiseerd is. Tevens wordt duidelijk dat de gelijknamige aftakking van de Witte Rozenstraat weinig ruimte biedt. Er lijkt wel voldoende ruimte aanwezig te zijn aan het pleintje van de aftakking.

Figuur 5.1 Ondergrondse obstakels (KLIC-oriëntatieverzoek), rode arcering is het projectgebied



De aanwezigheid van kabels en leidingen creëert extra uitdagingen voor het inpassen van de warmtewisselaars en het distributienet, omdat deze bestaande infrastructuur het beoogde mini-warmtenet kan blokkeren. Doordat er voldoende afstand tot bestaande infrastructuur gehouden moet worden, kan het zijn dat er beperkte ruimte beschikbaar is voor de realisatie. Daarnaast kunnen netbeheerders aanvullende regels stellen aan werken in de ondergrond nabij hun infrastructuur.

5.2 Potentiële bronlocaties

In figuur 5.2 is een satellietfoto te zien met daaroverheen de kadastrale kaart. Dit geeft een helder beeld van welke grond tot de projectlocatie behoort en welke grond niet. Hieruit volgt dat de parkeervakken aan de woningen van het pleintje niet bij de kavels van de omliggende woningen behoren, maar onder hetzelfde kadastrale object vallen als de aftakkende straat. Geen van de woningen heeft een voortuin. Gezien de dichte bebouwing en de aanwezigheid van schuttingen, lijken de achtertuinen ook niet praktisch om bronnen en een distributienet in aan te leggen.

Figuur 5.2 Satellietfoto met kadastrale kaart en huisnummers, rode arcering is projectgebied



Met behulp van satellietfoto's en Google Streetview kan in kaart worden gebracht welke locaties mogelijk geschikt en ongeschikt zijn.

5.3 Straatkant, Witte Rozenstraat 45 t/m 45B & 45J t/m 45L

Aan de straatkant van de Witte Rozenstraat liggen twee blokken van drie woningen (zie figuur 5.3) Daartussen loopt een steeg naar een pleintje. De woningen zijn aan de voorkant niet voorzien van een voortuin, maar grenzen direct aan de stoep. Uit figuur 5.1 valt op te maken dat de meeste ondergrondse infrastructuur, inclusief huisaansluitingen, direct onder het trottoir gerealiseerd is.

Figuur 5.3 Foto Streetview, links: straatkant nummer 45 J t/m L, steeg rood gearceerd, rechts: nummer 45 t/m B



De deelnemende woningen aan de straatkant van de Witte Rozenstraat kunnen op verschillende manieren gegroepeerd worden, maar het meest voor de hand liggend is een cluster per blok of de twee blokken als één cluster. In tabel 5.1 zijn beide scenario's met het benodigd vermogen uitgewerkt.

Tabel 5.1 Mogelijke clusters, kleine collectieve systemen

Huisnummer	Aantal woningen	Benodigd vermogen
-	n	kW
45, 45A, 45B	3	16,5
45J, 45K, 45L	3	16,5
45, 45A, 45B, 45J, 45K, 45L	6	33

Op basis van tabel 5.1, tabel 4.3 en 4.4 blijkt dat het theoretisch mogelijk is om drie woningen aan te sluiten op een enkele warmtewisselaar van 355 meter diep met een antivriesmengsel als circuliatiemedium of twee warmtewisselaars in het geval dat beide blokken samenwerken.

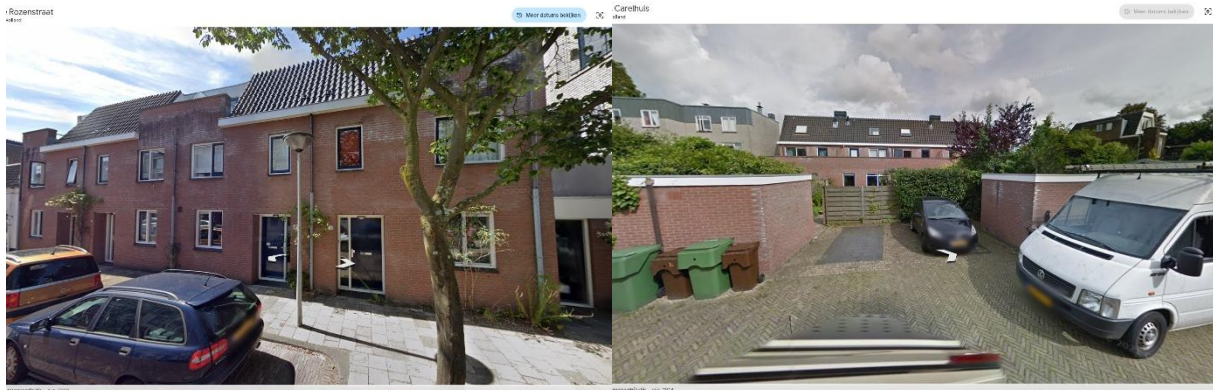
Het is alleen mogelijk om in de achtertuinen van deze woningen te komen via de steeg, zoals te zien in figuur 5.3. Vanaf de voorkant is de doorgang van deze steeg maximaal drie meter breed. Een gemiddelde boorstelling is rond de twee meter breed en, inclusief de mast, zeven tot negen meter lang. Draaien in de steeg gaat niet vanwege schuttingen. Indien de schuttingen, inclusief de stenen muur van circa een halve meter hoog rondom de achtertuinen van de woningen, met toestemming van de bewoners verwijderd mogen worden, is het mogelijk om deze achtertuinen te bereiken en daar te boren. Dit geldt overigens ook voor de schuttingen van de overburen op nummer 45C en 45H, en mogelijk zal er toestemming verleend moeten worden voor het tijdelijk verwijderen van straatverlichting bij Liander N.V. of de Gemeente Leiden.

Indien het bovenstaande niet haalbaar is, zal er uitgeweken moeten worden naar de openbare ruimte. Aan de voorkant van de woningen is hier eventueel ruimte voor, zoals in het trottoir of de straat. Alle werkzaamheden in de straat zullen echter wel resulteren in verkeershinder, waaronder de mogelijkheid dat de straat geheel afgezet moet worden. Bovendien zal er rekening gehouden moeten worden met de aanwezigheid van aanwezige kabels en leidingen, en zullen verschillende zaken met de gemeente kortgesloten moeten worden, zoals een recht van opstal, WIOR-vergunningen en wegafzettingen.

5.4 Straatkant, Witte Rozenstraat 47 t/m 47C

Het derde blok aan de straatkant van de Witte Rozenstraat is een rij van vier woningen, zie hiervoor figuur 5.4. De woningen hebben geen voortuin, maar grenzen direct aan het trottoir. Uit figuur 5.1 valt op te maken dat de meeste ondergrondse infrastructuur, inclusief huisaansluitingen, direct onder het trottoir gerealiseerd is.

Figuur 5.4 Foto Streetview, links: straatkant, rechts: achterkant vanaf Justus Carelhuis



De deelnemende woningen aan de straatkant van de Witte Rozenstraat kunnen op verschillende manieren ingedeeld worden, maar het meest voor de hand liggend is het blok als één cluster of het blok opsplitsen in twee keer twee-onder-een-bron. In tabel 5.2 zijn beide scenario's met het benodigd vermogen weergegeven.

Tabel 5.2 Mogelijke clusters, klein-collectieve systemen

Huisnummer	Aantal woningen	Benodigd vermogen
-	n	kW
47, 47A, 47B, 47C	4	22
47, 47A	2	11
47B, 47C	2	11

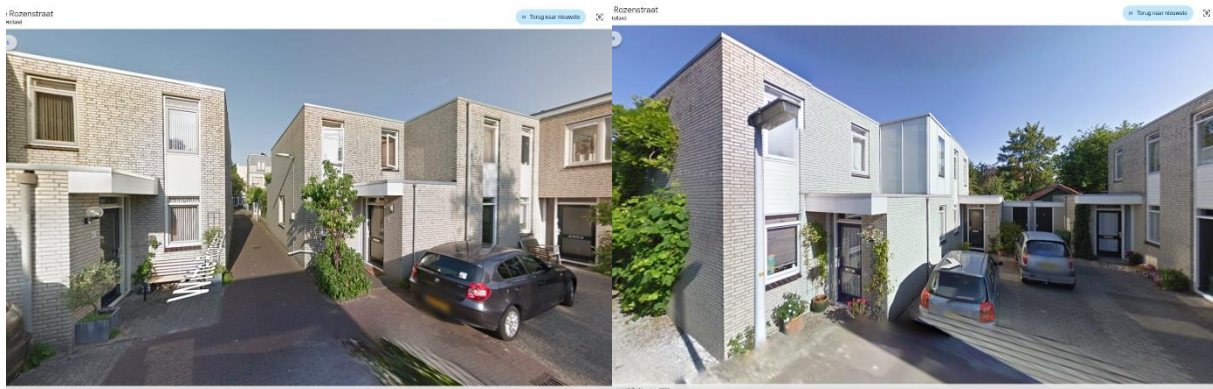
Op basis van tabel 5.2, tabel 4.3 en 4.4 blijkt dat het theoretisch mogelijk is om vier woningen aan te sluiten op drie warmtewisselaars van 280 meter diep met water als circulatiemedium of twee warmtewisselaars van 280 meter diep als er gekozen wordt voor een antivriesmengsel als circulatiemedium. Daarnaast is het mogelijk om twee woningen aan te sluiten op een enkele warmtewisselaar van 355 meter diep met water als circulatiemedium of op een enkele warmtewisselaar van 280 meter diep als er gekozen wordt voor een antivriesmengsel.

De warmtewisselaars kunnen aan de voorkant van de woningen worden geplaatst, in de openbare ruimte. Hierbij kan gedacht worden aan het trottoir of de straat. Alle werkzaamheden in de openbare ruimte zullen onvermijdelijk resulteren in verkeershinder aan de Witte Rozenstraat. Aanvullend dient er rekening gehouden te worden met bestaande kabels en leidingen en zullen verschillende zaken met de gemeente kortgesloten moeten worden, zoals recht van opstal, WIOR-vergunningen en wegafzettingen. Een alternatief is het gebruik van de achtertuinen. De achtertuinen van de desbetreffende woningen zijn bereikbaar via het Justus Carelhuis (zie figuur 5.4). Echter, de schuttingen dienen te worden verwijderd. Het voordeel van de achtertuinen is dat er, voor zover bekend, geen bestaande kabels en leidingen gerealiseerd zijn. Hierbij geldt het risico dat de tuinen deels of volledig opnieuw ingericht zullen moeten worden.

5.5 Aftakking, Witte Rozenstraat 45C t/m 45G

Aan een gelijknamige aftakking van de Witte Rozenstraat zijn zes twee-onder-een-kappers gerealiseerd (zie figuur 5.5). Uit de kadastrale kaart blijkt dat de opritten aan de voorkant van de woningen niet bij de woningen horen. Zodoende hebben de woningen dus geen eigen voortuin, maar zijn ze direct gelegen aan de straat of het plein. In dit plein en onder de parkeervakken zijn tevens ook de kabels en leidingen voor de voorzieningen van de woningen gerealiseerd.

Figuur 5.5 Foto Streetview, links: huisnummers 45C, 45H, 45G, rechts: huisnummers 45F, 45E, 45D



De deelnemende woningen aan de straatkant van dit gedeelte van de Witte Rozenstraat kunnen op verschillende manieren gegroepeerd worden, maar het meest voor de hand liggend is het blok als één cluster of het blok opsplitsen in twee of drie clusters. In tabel 5.3 zijn de drie scenario's met het benodigd vermogen uitgewerkt.

Tabel 5.3 Mogelijke clusters, kleine collectieve systemen

Huisnummers	Aantal woningen	Benodigd vermogen
-	n	kW
45C, 45D, 45E, 45F, 45G, 45H	6	33
45D, 45E, 45F*	3	16,5
45C, 45H, 45G*	3	16,5
45C, 45D*	2	11
45E, 45F*	2	11
45H, 45G*	2	11

**Deze indeling is niet bindend, er zijn verschillende indelingen mogelijk.*

De steeg is te smal voor een doorsnee boorstelling waardoor diepe boringen aan het plein niet financieel haalbaar zijn. De steeg is circa drie meter breed aan de straatkant, maar maakt halverwege een kleine knik, en is daarna circa tweeëneenhalf meter breed. Daarnaast vormt de straatverlichting een extra uitdaging. Een kleinere boorstelling zal soepeler door de steeg te manoeuvreren zijn, omdat deze doorgaans minder breed en lang zijn. Dit betekent echter wel dat er minder diepe boringen voor de woningen aan het plein gerealiseerd kunnen worden. Dit betekent dat er met boringen tot maximaal 150 meter diep gewerkt moet worden.

Als de zes woningen aan het plein op hetzelfde warmtenet aangesloten worden, dan zullen er naar schatting 5 tot 8 lussen van 150 m benodigd zijn, afhankelijk van de keuze tussen een antivriesmengsel en water, om deze woningen te voorzien in hun warmtevraag.

De mogelijkheden tot het inpassen van de warmtewisselaars en het desbetreffende distributienetwerk op eigen terrein lijkt voor deze groep woningen beperkt. Het is eventueel mogelijk om via het Justus Carelshuis in de achtertuin van nummer 45H en 45G te komen, mits schuttingen verwijderd worden. Daarnaast lijkt het mogelijk om de achtertuinen van nummer 45E en 45F te bereiken via het parkeervak naast nummer 45F. De tuinen van de woningen met huisnummers 45C en 45D lijken vervolgens weer lastiger te bereiken, maar zouden potentieel te bereiken zijn als de schutting tussen de tuin en de aangrenzende steeg wordt verwijderd.

Het voordeel van de achtertuinen is dat er, voor zover bekend, geen bestaande kabels en leidingen gerealiseerd zijn. Daarnaast scheelt het een hoop afstemming en verkrijgen van toestemmingen met betrekking tot WIOR-vergunningen, recht van opstal en wegafzettingen. Wel gaat het lastiger worden om clusters van meer dan twee woningen via de achtertuinen aan te sluiten zonder een recht van opstal aan te vragen.

Indien de wens aanwezig is om grotere clusters te realiseren zal er uitgeweken moeten worden naar de openbare ruimte. In het geval van de zes woningen verleent het plein hiervoor diverse mogelijkheden, omdat de desbetreffende woningen als een cirkel om het plein heen gepositioneerd zijn. Op dit moment is het niet duidelijk of de grond tussen de woningen tot gemeentegrond behoort of dat er sprake is van een eigen terrein, zoals bij het hofje van het Justus Carelshuis iets verderop. Voor dit rapport wordt voorlopig uitgegaan van gemeentegrond, dus is deze onderhevig aan zaken als recht van opstal, WIOR-vergunningen en andere gemeentelijke aangelegenheden. Tevens zal er rekening gehouden moeten worden met bestaande kabels en leidingen. Ook zullen de werkzaamheden ongetwijfeld tot verkeershinder voor de bewoners leiden. Indien de keuze valt op het inpassen van de warmtewisselaars in de openbare ruimte, is het aan te raden om in te zetten op één systeem voor de zes woningen.

5.6 Alternatief: straatkant, geheel collectief

Tot slot kan worden overwogen om alle woningen aan de straatkant samen in één warmtenet onder te brengen. De achtertuinen zullen hiervoor niet voldoen en er zal uitgeweken moeten worden naar de openbare ruimte. In het geval dat achtertuinen wél beschikbaar en toegankelijk zijn, is het minder logisch in te zetten op deze vorm van samenwerking. In tabel 5.4 zijn de woningen weergegeven die voor een collectief systeem in aanmerking komen.

Tabel 5.4 Mogelijke clusters, klein-collectief systemen

Huisnummer	Aantal woningen	Benodigd vermogen
-	n	kW
45 t/m 45B, 45J t/m 45L, 47 t/m 47C	10	55

Een systeem van 10 of minder verbruikers valt buiten de vergunningverplichtingen van de ACM en omdat het systeem een bodemzijdig vermogen <70 kW heeft, bestaat er slechts een meldingsplicht en geen vergunningplicht. Bovendien is het efficiënter om één keer een recht van opstal en de overige benodigde vergunningen en toestemmingen aan te vragen, in plaats van dit afzonderlijk te doen voor kleinere deelgebieden.

Conclusies over bestaande kabels en leidingen in de bodem en mogelijke verkeershinder uit de vorige alinea's zijn hier tevens van toepassing.

5.7 Voorstel inpassing warmtewisselaars

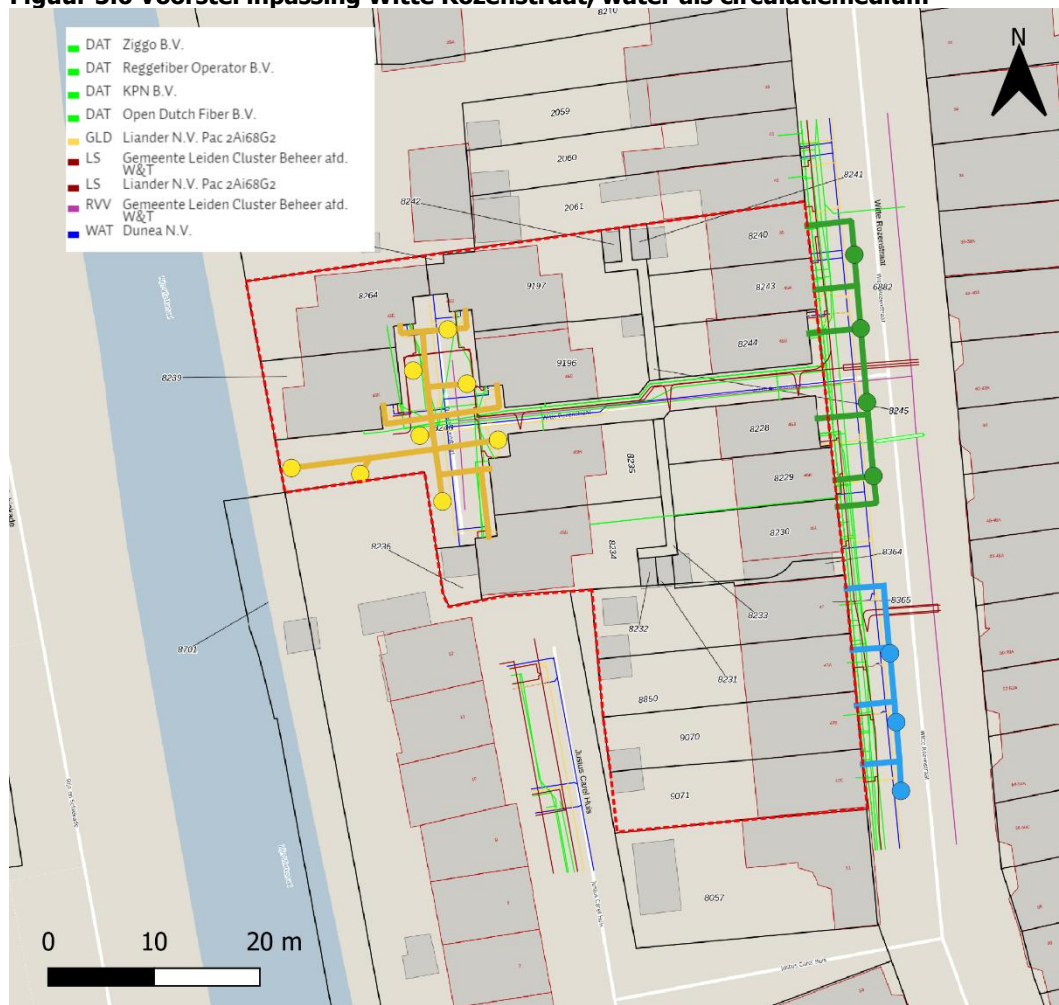
Op basis van bovenstaande analyse is door VHGM een voorstel gedaan voor het inpassen van de warmtewisselaars voor de woningen aan de Witte Rozenstraat. Dit voorstel (zie figuur 5.5) kent een advies voor systemen met water als circuliatiemedium als tevens voor een antivriescemsel als circuliatiemedium.

Tabel 5.5 Voorstel inpassing warmtewisselaars

Cluster	Aantal woningen per cluster	Benodigd vermogen	Clustergrootte	
			Water	Antivries
Witte Rozenstraat 45C t/m 45G	6	33,3	8x 150 m -mv	5x 150 m -mv
Witte Rozenstraat 45 t/m 45B, Witte Rozenstraat 45J t/m 45L	6	33,3	4x 280 m -mv	1x 335 m -mv
				1x 335 m -mv
Witte Rozenstraat 47 t/m 47C	4	22	3x 280 m -mv	2x 335 m -mv

Op basis van figuur 5.1 en tabel 5.5 zijn er twee scenario's uitgewerkt voor het inpassen van de warmtewisselaars. Scenario 1 (figuur 5.6) gaat uit van het toepassen van water als circuliatiemedium, scenario 2 (figuur 5.7) gaat uit van een antivriescemsel als circuliatiemedium. Bij het inpassen is zo veel mogelijk rekening gehouden met de beschikbare ruimte, de aanwezige ondergrondse infrastructuur en afstand tussen de clusters ten behoeve van onderlinge negatieve interferentie.

Figuur 5.6 Voorstel inpassing Witte Rozenstraat, water als circuliatiemedium



Figuur 5.7 Voorstel inpassing Witte Rozenstraat, antivries als circuliatiemedium



6 Conclusie

Uit de analyse van grondwaterstanden blijkt dat de kans op overlast van artesisch (grond)water tijdens het uitvoeren van boorwerkzaamheden vanuit het freatische pakket laag is. De grondwaterstromingssnelheid in het eerste en tweede watervoerend pakket is relatief laag. De stroomsnelheid in de diepere watervoerende pakketten kan als zeer laag worden beschouwd.

De bodemopbouw ter plaatse van de projectlocatie bestaat uit een afwisseling van verschillende zand- en kleilagen. Zandlagen zijn optimaal dankzij hun hoge geleidingscapaciteit. Om hier optimaal van te profiteren wordt aangeraden om de warmtewisselaars zoveel mogelijk in zandlagen te realiseren. Zodoende is gekozen voor de boordieptes van 150 m -mv, 280 m -mv en 335 m -mv.

Op basis van de gekozen dieptes is vervolgens een inschatting gemaakt van de opbrengst vanuit de bodem die de verschillende varianten kunnen leveren, uitgewerkt voor zowel water als circulatiemedium als voor een systeem met een water-antivriesmengsel als circulatiemedium. Uit deze analyse komt naar voren dat er met een antivriesmengsel als circulatiemedium meer vermogen en energie per meter lus uit de bodem onttrokken kan worden, maar met een lager rendement als gevolg.

Vervolgens is gekeken naar verschillende opties waarop de deelnemende woningen geclusterd kunnen worden. Voor deze scenario's zijn de verwachte benodigde vermogens en benodigde totale lengte van de warmtewisselaars berekend, wederom voor de twee opties voor het circulatiemedium.

Indien alle woningen samenwerken op één warmtenet zal deze onderhevig zijn aan strengere ACM-richtlijnen en een vergunningplicht vanuit de gemeente (gesloten systeem met een bodemzijdig vermogen ≥ 70 kW). Om deze verplichtingen te vermijden zijn kleinere clusters onderzocht, waaronder scenario's waarin twee of drie woningen samenwerken op een enkele warmtewisselaar en een scenario waarin 10 woningen in een groter collectief kunnen samenwerken.

Voor een boorstelling is de bereikbaarheid van de woningen aan het pleintje een belangrijk knelpunt. In dit rapport wordt er voorlopig van uitgegaan dat dit plein enkel te bereiken is met een kleine boorstelling. Vanwege deze beperking is de boordiepte voor de woningen aan het pleintje beperkt tot 150 m -mv. Voor de woningen 45 t/m 45B, 45J t/m 45L en 47 t/m 47C aan de straatkant is het praktisch niet uitvoerbaar om in de achtertuinen te boren, dus wordt nu de keuze gemaakt om in te zetten in de openbare ruimte aan de straat.

De clusters aan de Witte Rozenstraat kunnen eventueel gerealiseerd worden met water of een antivriesmengsel als circulatiemedium. Wat dit project betreft is er op het moment geen duidelijke voorkeur.