

Achtergronddocument | 11-03-2022

Verdieping Haalbaarheid WKO

Warmtevoorziening in de Spoorzone Zwolle

In opdracht van:

Gemeente Zwolle

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

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

Titel document: **Achtergrond Document Verdieping Haalbaarheid WKO Spoorzone Zwolle**

Referentie

Status: Definitief

Datum: | 11-03-2022

Projectnaam: Verdieping haalbaarheid WKO Spoorzone Zwolle

Projectnummer: BH8689

Auteur(s): Laurens Roetert Steenbruggen, Mark van Oostende, Gerard Dijkhuis, Klaas Bootsma, Thijs Boxum en Chiel de Wit

Opgesteld door: Laurens Roetert Steenbruggen, Mark van Oostende, Gerard Dijkhuis, Klaas Bootsma, Thijs Boxum en Chiel de Wit

Gecontroleerd door: Klaas Bootsma

Datum: 11-03-2022

Disclaimer: Aan deze rapportage kunnen geen rechten worden ontleend. Royal HaskoningDHV aanvaardt geen aansprakelijkheid als gevolg van beslissingen of schade als gevolg van eventuele onjuistheden of verkeerde interpretatie van dit rapport. Dit rapport geeft een eerste indruk en is louter bedoeld om de discussie aan te scherpen. De gebruikte berekeningen zijn een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Dit kan resulteren in foutieve interpretatie van de resultaten. In bijlage 1 staan voorstellen om de nauwkeurigheid van de quickscan verder te detailleren richting een 'bankable businessmodel'

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoudsopgave

1	Introductie	4			
1.1	Achtergrond	4			
1.2	Doelstelling	4			
1.3	Terugblik eerdere onderzoeken	5			
1.4	Kaders Energie Spoorzone	5			
2	Ontwikkelplannen - Spoorzone Zwolle	6			
2.1	Introductie	6			
2.2	Ontwikkelplannen	6			
2.2.1	Willemskwartier	7			
2.2.2	Werkplaatsen, District-Z & Lurelui	8			
2.2.3	Hanzekwartier	13			
2.2.4	Hanze – Oost	14			
3	Warmte- en koudevraag	15			
3.1	Introductie	15			
3.2	BENG	15			
3.3	Warmte en koudevraag	15			
4	WKO-potentie en ruimtelijke inpassing	17			
4.1	Introductie	17			
4.2	WKO potentie	17			
4.3	Hydrologische en hydrochemische condities	17			
4.4	Grondwaterafhankelijke belangen	18			
4.5	Karakteristieken bronnen	19			
4.6	Energievraag en aantal WKO-doubletten	19			
			4.7	Bronnen configuratie	20
5	Bronnetontwerp en systeemintegratie	23			
5.1	Introductie	23			
5.2	Systeemintegratie	23			
5.3	Bronnet ontwerp	23			
5.3.1	Hydraulische berekening	24			
5.3.2	Resultaten netwerkconfiguratie	24			
6	Onbalans warmte & koudevraag	27			
6.1	Introductie	27			
6.2	Onbalans	27			
6.3	Regeneratie methodes	27			
6.3.1	Koppeling lokaal warmtenet Ennatuurlijk	27			
6.3.2	Regeneratie per gebouw	28			
6.3.3	Levering van koude aan bestaande kantoren	28			
6.3.4	Centrale regeneratie met drycoolers	28			
6.3.5	Aquathermie	28			
7	Referentiescenario – Individuele				
	warmtepomp				29
7.1	Introductie				29
7.2	Lucht/water warmtepomp				29
8	Financiële analyse	30			
8.1	Introductie	30			
8.2	CAPEX	31			

8.2.1	WKO bronnet per cluster	31
8.2.2	Individuele lucht/water warmtepomp per gebouw	33
8.3	OPEX	33
8.4	Eindgebruikerskosten	34
8.4.1	Inkomsten business case	34
8.4.2	Bijdrage Aansluitkosten	35
8.5	Tariefstelling woningen	38
9	Organisatie & ontwikkeling WKO bronnet	46
9.1	Regievarianten	46
9.2	Belangrijke aannafname/ woord vooraf	46
9.3	Leidende belangen gemeente in de Spoorzone	47
9.4	Publieksrechtelijke (regulerend)	47
9.5	Concessieverlening (regie)	48
9.6	Gemeentelijke deelname (invloed)	49
9.7	Regie bij de Gebiedscoalities	49
9.8	Financiering door de gemeente (subsidie)	50
9.9	Samenvatting en conclusie	50
	 Bijlage 1: Bodemprofielen booronderzoek	 51
	Bijlage 2: Thermische straal en onderlinge bronafstand	53
	Bijlage 3: CAPEX per deelgebied	57
	Bijlage 4: OPEX per deelgebied	58

1 Introductie

1.1 Achtergrond

In de Spoorzone in Zwolle is een grote (woning)bouwontwikkeling gaande, binnen deze ontwikkeling is een duurzaam energiesysteem benodigd. In eerdere studies is een collectief warmtesysteem met gebruik van van warmte en koudeopslag als voorkeursvariant gekozen. In deze studie is een verdiepend onderzoek uitgevoerd naar de technische en financiële haalbaarheid van een collectief WKO-systeem met vernieuwde uitgangspunten op gebied van nieuwbouwprojecten en ruimtelijke ordening.

Het spoorzone Zwolle project bestaat uit een veelvoud van deelprojecten verdeeld over verschillende deelgebieden met verschillende stakeholders zoals projectontwikkelaars en woningbouwcoöperaties. De gemeente Zwolle heeft een centrale rol genomen in de ontwikkeling van een collectief energiesysteem in de gehele spoorzone. Deelneming in een toekomstig te ontwikkelen warmte-entiteit behoort tot de mogelijkheden.

Naast de toetsing van de technische en financiële haalbaarheid van een collectief WKO-systeem is een vergelijking gemaakt met een individuele variant op gebouwniveau. Naast de financiële vergelijking zijn de gestelde kaders op het gebied van energie binnen de spoorzone getoetst.

In eerder uitgevoerde onderzoeken, verder toegelicht in sectie 1.3, is zowel bestaande bouw als nieuwbouw meegenomen in het onderzoek. In dit onderzoek is alleen gefocust op nieuwbouw en transformatie projecten. Deze projecten vormen de energievraag van het te ontwikkelen energiesysteem. In Hoofdstuk 2 is een achtergrond gegeven van deze projecten aan de hand van de ontwikkelplannen in de spoorzone.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is aantonen of de scope van deze studie kansrijk is voor realisatie of dat nader onderzoek zinvol blijkt. Het doel van dit onderzoek wordt sluitend samengevat in onderstaande hoofdvraag:

“Is het realiseren van een collectief warmtesysteem met warmte en koudeopslag als warmtebron technisch en financieel haalbaar voor de nieuwbouw in spoorzone?”

Geografische-scope: Spoorzone Zwolle (zie hoofdstuk 3)

Warmtebron(nen): Warmte en koudeopslag i.c.m. regeneratiebronnen, drycoolers, aquathermie en/of lucht/water warmtepompen.

Om dit aan te tonen is onder andere antwoord gegeven op de volgende deelvragen:

1. Welke bouwplannen vormen de vraag voor het energiesysteem?
2. Wat is de warmte- en koudevraag van het beoogde gebied?
3. Kan het beoogde systeem in de warmtebehoefte voorzien?
4. Is dit systeem duurzaam?
5. Wat zijn globaal de investeringskosten?
6. Is het systeem financieel haalbaar?
7. Is het systeem betaalbaar voor de eindgebruikers?

1.3 Terugblik eerdere onderzoeken

Ten grondslag van dit onderzoek is reeds al een tweetal onderzoeken (2020) uitgevoerd door Royal HaskoningDHV;

Energieverkenning Spoorzone Zwolle

Het project 'Energieverkenning Spoorzone Zwolle' is de start geweest naar de toekomstige invulling van de energievraag in de gebiedsontwikkeling Spoorzone Zwolle. In deze verkenningsstudie is een breed onderzoek gedaan naar een toekomstig duurzaam energiesysteem in de Spoorzone. Bestaande bouw en nieuwbouw vormden in deze studie de energievraag, uit deze studie is een voorkeursscenario bepaald a.d.h.v. technische en financiële analyse voor verschillende warmtesystemen. Een collectief WKO bronnet is hieruit als meest gunstig beoordeeld. Een verdere uitwerking is benodigd om de haalbaarheid te toetsen op een hoger detailniveau.

Haalbaarheid WKO Spoorzone Zwolle

Uit de energieverkenning is gebleken dat gebruik van bodemenergie een goede kans heeft voor invulling van de toekomstige duurzame energievraag binnen de spoorzone. Daarnaast is ook ondiepe geothermie als optie kansrijk geacht. Voor deze twee warmtebronnen is een analyse benodigd van de ondergrond. Dit onderzoek is uitgevoerd in het project 'Haalbaarheid WKO Spoorzone Zwolle'. In deze studie zijn de (on)mogelijkheden voor bodemenergie en ondiepe geothermie bepaald, waarbij de maximale WKO capaciteit en inpassingsregels (interferentiezones en afstanden) de belangrijkste informatie geven voor een verdere ontwikkeling van het energiesysteem. Gebruik van bodemenergie in een (toekomstig) dichtbebouwde omgeving vraagt regulering voor uitgave van vergunningen in de ondergrond. In de WKO studie zijn hiervoor de randvoorwaarden bepaald. Een vastlegging in beleid is mogelijk door het opstellen van een bodemenergieplan welke door de gemeenteraad aangenomen dient te worden. Deze aanbeveling geldt nog steeds bij afronding van deze nieuwe studie.

1.4 Kaders Energie Spoorzone

In de afgelopen jaren is tussen verschillende stakeholders een ontwikkelkader opgesteld waarin verschillende onderwerpen zoals mobiliteit, klimaatadaptie en ook energie. De volgende kaders zijn gesteld op het gebied van energie;

Kaders Energie Spoorzone

- ✓ Een gemengd netwerk van warmte en elektriciteit
- ✓ Fossielvrij in 2030
- ✓ Energieneutraal in 2050 (BENG 3=100%)
- ✓ Energievraag terugdringen door energie neutrale (of energiepositieve) nieuwbouw en duurzame transformaties
- ✓ Spoorzone is dé aansprekende proeftuin voor het testen van energie(mix) systemen (technisch, financieel en organisatorisch)
- ✓ Stimuleren van gebruik van hernieuwbare bronnen in het gebied
- ✓ Energie en mobiliteit zijn thema's die nauw met elkaar in verbinding (blijven) staan
- ✓ Aanleg of aanpassing van het warmtenet gekoppeld aan een duurzame bron
- ✓ Aanleg van een smart grid met hubs, gekoppeld aan de mobiliteitshubs waar elektrische oplaadvraag groot is

Deze kaders dienen door de ontwikkelende partijen zo goed mogelijk ingewilligd te worden.

2 Ontwikkelpannen - Spoorzone Zwolle

2.1 Introductie

In dit hoofdstuk is een toelichting beschreven op de relevante aspecten uit de ontwikkelplannen in de spoorzone. Relevante aspecten zoals de ruimtelijke opzet, functie, oppervlaktes en aantal woningen is geïnventariseerd voor het bepalen van de toekomstige energievraag (hoofdstuk 0).

2.2 Ontwikkelpannen

Binnen de spoorzone is een veelvoud aan ontwikkelingen gaande, bestaande bebouwing wordt onder andere omgeturnd naar nieuwe functies daarnaast zijn veel nieuwe (woon)gebouwen gepland. De energievraag van het toekomstige energiesysteem bestaat uit deze nieuwbouw en transformatieprojecten binnen de spoorzone. In eerdere onderzoeken is de complete spoorzone als een geheel geanalyseerd voor ontwikkeling van een collectief energiesysteem, waarbij ook de bestaande woningen en kantoren zijn meegenomen in de totale energievraag.

In dit onderzoek is besloten de ontwikkeling van een collectief energiesysteem op de deelgebied niveau te analyseren. De bestaande deelgebieden zijn hiervoor als uitgangspunt genomen, zie hiervoor Figuur 1 en Tabel 1. In deze verdiepende studie is de keus gemaakt om per deelgebied het energiesysteem af te bakenen. Voor toepassing van een WKO bronnet is een geclusterde aanpak effectiever in te passen doordat een noodzaak tot verbinden van de deelgebieden ontbreekt. Deze keuze is op technisch valke in Hoofdstuk 4 verder toegelicht. Op organisatorisch vlak zijn hiermee de deelgebieden minder van elkaar afhankelijk voor ontwikkeling van een energiesysteem.

Per deelgebied is een inventarisatie gedaan van de relevante nieuwbouwprojecten. Het detailniveau per deelgebied is enigszins verschillend. Voor een aantal deelgebieden is een Nota van Uitgangspunten opgesteld door de projectpartners. De (globale) plannen in deze documenten vormen het startpunt van het berekenen van de energievraag. De belangrijkste informatie welke is gebruikt voor het bepalen van de energievraag is als volgt;

- Ruimtelijke ligging
- Aantal gebouwen
- Oppervlaktes

- Functie
- Fasering
- Oppervlakte woningen

In de Sectie 2.2.1 tot en met 2.2.4 is een beschrijving gegeven van de plannen per deelcluster.



Figuur 1: Spoorzone Zwolle met deelgebieden

Tabel 1: Relevante deelgebieden Spoorzone Zwolle

Nr.	Deelcluster	Nr.	Deelcluster
1	Willemkwartier	2.3	Lurelui
2.1	Werkplaatsen	3	Hanzekwartier
2.2	District Z	4	Hanze – Oost

2.2.1 Willemskwartier

Willemskwartier, voormalig Lurelui-West, is het deelgebied begrenst door de Nieuwe Veerallée, de spoorbaan richting Amersfoort/Kampen en de IJsselallée. Binnen dit deelgebied is een langlopende nieuwbouwwontwikkeling gepland waarbij vooral woningen worden toegevoegd en bestaande bedrijvigheid verdwijnt. In Figuur 2 is de huidige situatie weergegeven. In Figuur 3 is conceptueel de toekomstige situatie weergegeven. De nieuwbouwplannen kenmerken zich door hoogte langs het spoor en lager bebouwing richting de willemsvaart. In de plannen zijn ongeveer 1100 woningen voorzien in verschillende segmenten, sociale huur tot dure koopappartementen. Daarnaast is 24.000 m2 aan voorzieningen gepland. De plannen bevinden zich momenteel in een zeer conceptuele status, een exacte opdeling in bouwblokken is momenteel nog niet beschikbaar. Daarnaast is een doorlooptijd voor realisatie tot en met 2035 voorzien. Als uitgangspunt voor de energievraag is daarnaast het bestaande kantoor van Van Wonen (523 m2) en de Veeralléeflat (VVE appartementen, 4800 m2) meegenomen. Zie Tabel 2 voor de aantallen opgedeeld in de drie functies; wonen, werken en voorzieningen.



Figuur 2: Huidige situatie - Willemskwartier



Figuur 3: Stedenbouwkundig schetsontwerp - Willemskwartier

Tabel 2: Verdeling oppervlakte/functie deelgebied Willemskwartier

Functie	Oppervlakte
Wonen	94.090 m2 (1.173 woningen)
Werken	523 m2
Voorzieningen	24.000 m2

2.2.2 Werkplaatsen, District-Z & Lurelui

De gebieden Werkplaatsen, District-Z en Lurelui kenmerken zich door een gemeenschappelijk eigendom van de gronden (NS vastgoed). De NS heeft samen met de gemeente een nota van uitgangspunten opgesteld voor de ontwikkeling van het gebied. Per deelgebied is in deze sectie een beschrijving gegeven, zie voor een uitgebreidere toelichting van de ontwikkeling de Nota van Uitgangspunten¹.

Werkplaatsen

Het deelgebied Werkplaatsen bestaan uit de voormalige Stork-Wartsila locatie. In de hallen en op de naastgelegen terreinen worden nieuwe functies ontwikkeld waarbij deels de bestaande gebouwen worden herontwikkeld en deels nieuwbouw is voorzien. In Figuur 4 is de huidige situatie weergegeven en in Figuur 5 de toekomstige situatie. De 'witte' gebouwen zijn nieuw te bouwen objecten. De NS heeft aangegeven niet de alle gebouwen aan te willen aansluiten op een mogelijk toekomstig collectief energiesysteem, in Figuur 10 is hier de selectie voor weergegeven. Tabel 3 geeft overzicht met de te ontwikkelen oppervlaktes opgedeeld in de drie functies; wonen, werken en voorzieningen. Het aantal woningen is bepaald aan de hand van een gemiddelde oppervlakte van 75 m² per appartement.



Figuur 4: Huidige situatie - Werkplaatsen

¹ Nota van Uitgangspunten Werkplaatsen/DistrictZ/Lurelui (NS/Gemeente Zwolle)



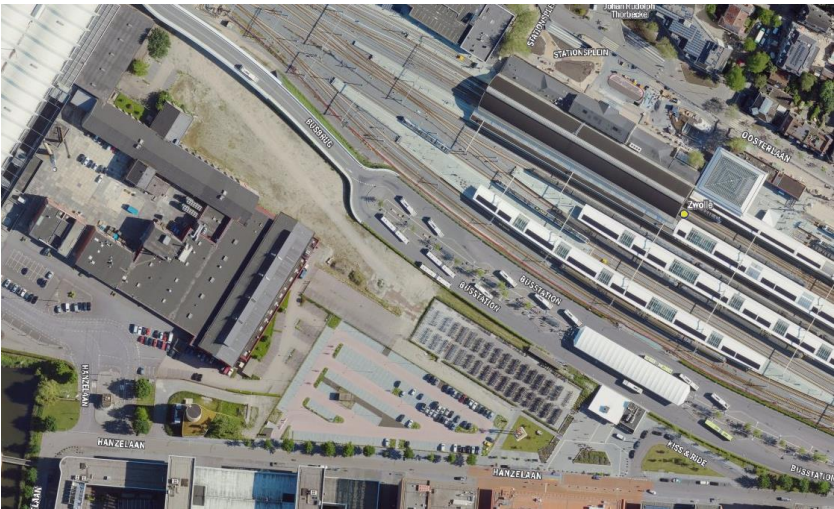
Figuur 5: Stedenbouwkundig schetsontwerp - Werkplaatsen

Tabel 3: Verdeling oppervlakte/functie deelgebied – Werkplaatsen (75 m2 per woning)

Functie	Oppervlakte
Wonen	22.870 m2 (305 woningen)
Werken	10.720 m2
Voorzieningen	1.787 m2

District-Z

Aan de oostkant van de Werkplaatsen locatie is het deelgebied District-Z gepositioneerd. Dit deelgebied vormt de toekomstige zuidelijke entree van station Zwolle. In Figuur 6 is de huidige situatie weergegeven en in Figuur 7 de toekomstige situatie waarbij de witte objecten weer de nieuwbouw weergeven. De nieuwbouw bestaat uit kantoren, voorzieningen en woningen. Tabel 4 geeft overzicht met de te ontwikkelen oppervlaktes opgedeeld in de drie functies; wonen, werken en voorzieningen. Het aantal woningen is bepaald aan de hand van een gemiddelde oppervlakte van 75 m2 per appartement.



Figuur 6: Huidige situatie - District-Z



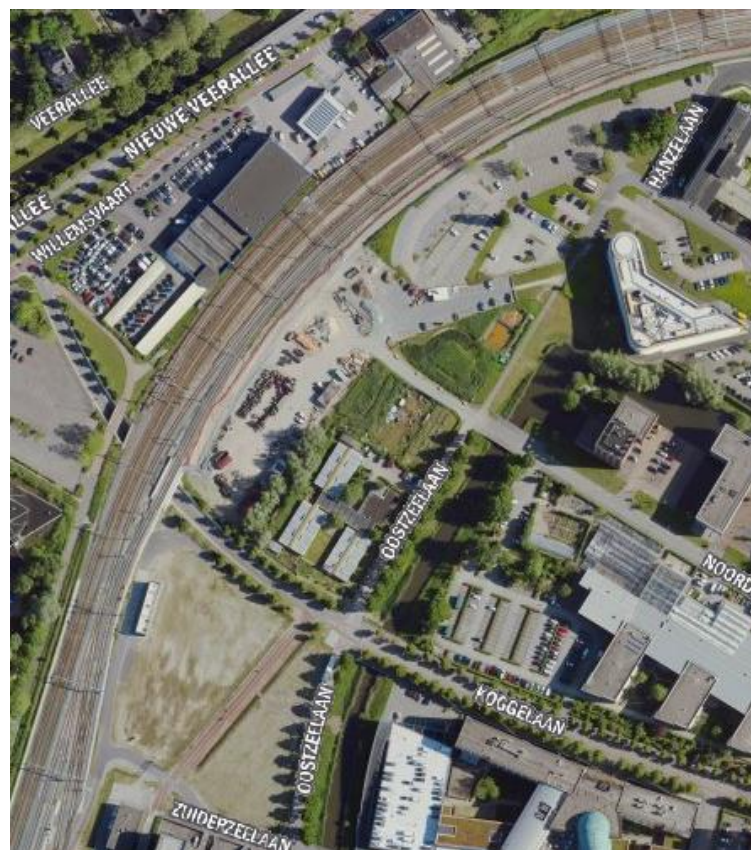
Figuur 7: Stedenbouwkundig schetsontwerp - District Z

Tabel 4: Verdeling oppervlakte/functie deelgebied District-Z (75 m2 per woning)

Functie	Oppervlakte
Wonen	18.955 m2 (253 woningen)
Werken	39.315 m2
Voorzieningen	11.935 m2

Lurelui

Aan de westkant van de Werkplaatsen, grenzend aan het spoor is het deelgebied Lurelui gepositioneerd. In dit deelgebied is grote hoeveelheid woningen met daarbij voorzieningen gepland. In Figuur 8 is de huidige situatie weergegeven en in Figuur 9 de toekomstige situatie. Tabel 5 geeft overzicht met de te ontwikkelen oppervlaktes opgedeeld in de drie functies; wonen, werken en voorzieningen. Het aantal woningen is bepaald aan de hand van een gemiddelde oppervlakte van 75 m2 per appartement.



Figuur 8: Huidige situatie - Lurelui



Figuur 9: Stedenbouwkundig schetsontwerp - Lurelui

Tabel 5: Verdeling oppervlakte/functie deelgebied Lurelui (75 m² per woning)

Functie	Oppervlakte
Wonen	51.480 m ² (686 woningen)
Werken	3.178 m ²
Voorzieningen	8.898 m ²

Revelante bebouwing

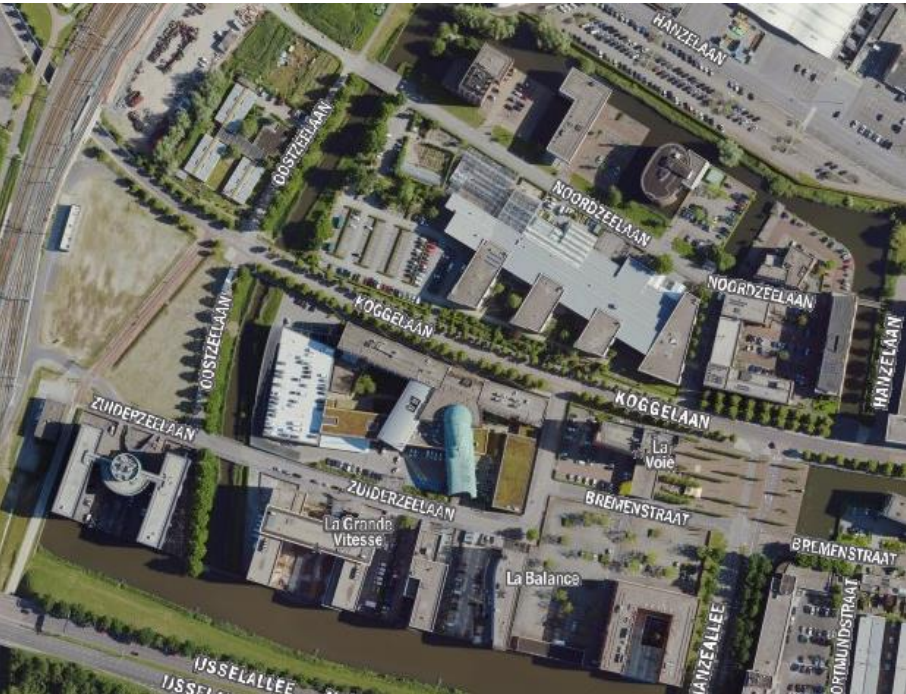
In Figuur 10 zijn de projecten/gebouwen weergegeven welke relevant zijn in de volgende stappen van het onderzoek. Het gebouw Pas de Deux ten oosten van de zuidelijke stations entrée is toegevoegd op verzoek van het Rijksvastgoedbedrijf. Het rijksvastgoedbedrijf heeft de ambitie dit gebouw op korte termijn te renoveren en hierbij gasloos te maken. Voor aansluiting van dit gebouw is koppeling met het deelcluster Werkplaatsen/District-Z.



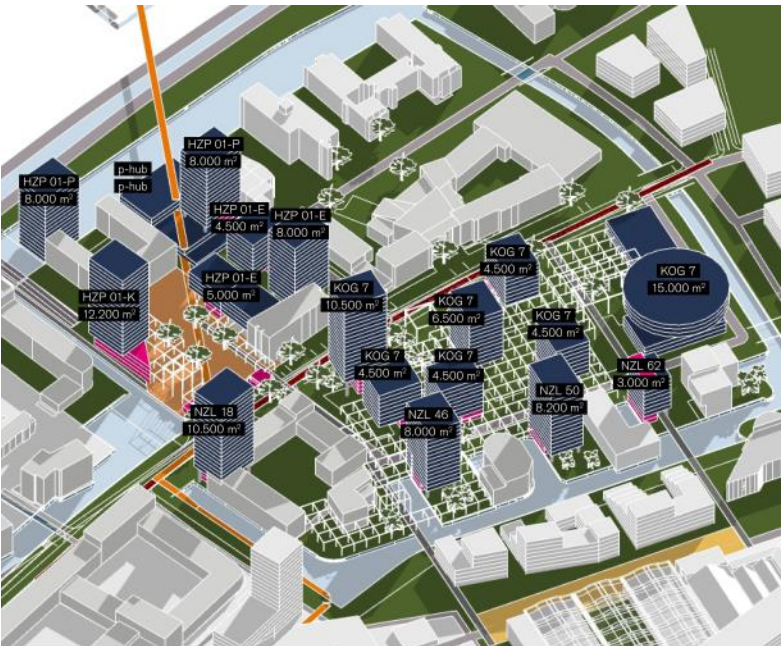
Figuur 10: Relevante gebouwen - Werkplaatsen, District-Z en Lurelui

2.2.3 Hanzekwartier

Aan de zuidkant van de deelgebieden Lurelui en Werkplaasten bevindt zich het deelgebied Hanzekwartier. Dit gebied bestaat momenteel volledig uit kantoren en een scholencomplex. In Figuur 11 is de huidige situatie weergegeven en Figuur 12 een overzicht van mogelijk nieuwbouwobjecten in het gebied. Opvallend is de hoge bebouwinddichtheid in de reeds al bijna volledig gebruikte ruimte in het gebied. In Tabel 6 is een overzicht gegevens van de nieuw toe te voegen oppervlaktes verdeeld over de functies.



Figuur 11: Huidige situatie - Hanzekwartier



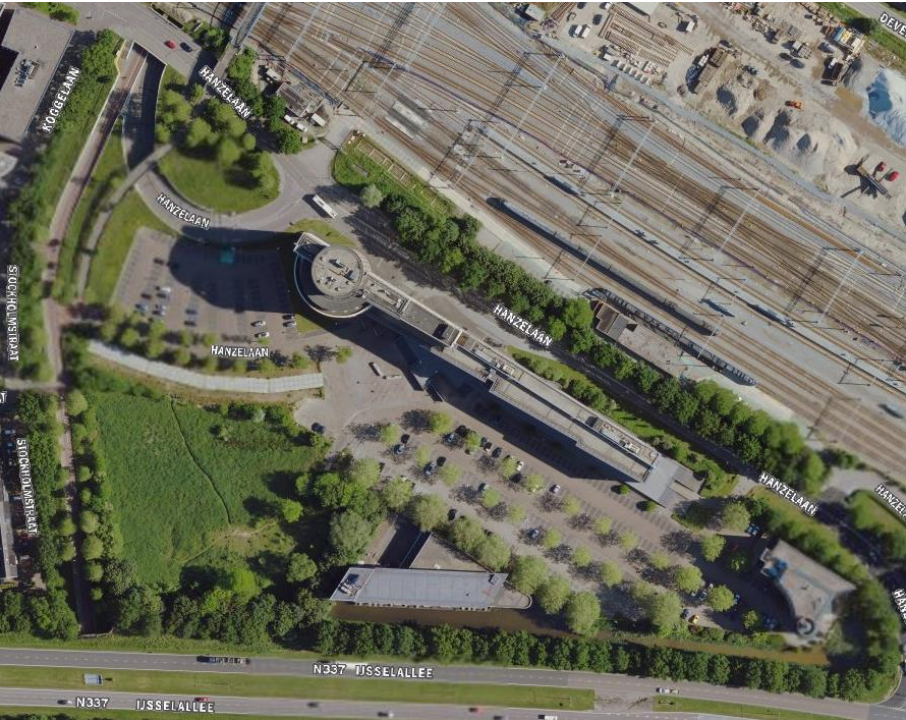
Figuur 12: Stedenbouwkundig schetsontwerp - Hanzekwartier

Tabel 6: Verdeling oppervlakte/functie deelgebied Hanzekwartier

Functie	Oppervlakte
Wonen	97.601 m2 (1100 woningen)
Werken	26.376 m2
Voorzieningen	38.105 m2

2.2.4 Hanze – Oost

Het gebieds Hanze-Oost ligt in de meeste oostelijke punt van de spoorzone. Op dit momenteel grotendeels braakliggende terrain moeten in de toekomst vooral woningen worden toegevoegd. Het bestaande kantorengebouw van het rijksvastgoedbedrijf is ook onderdeel van de uitgangspunten. In Figuur 13 is de huidige situatie weergegeven en in Figuur 14 een conceptuele schets van de toekomstige situatie. In Tabel 7 is een overzicht gegevens van de oppervlaktes verdeeld over de verschillende functies.



Figuur 13: Huidige situatie - Hanze-Oost



Figuur 14: Stedenbouwkundig schetsontwerp - Hanze-oost

Tabel 7: Verdeling oppervlakte/functie deelgebied Hanze - Oost

Functie	Oppervlakte
Wonen	18.750 m2 (250 woningen)
Werken	13.000 m2
Voorzieningen	2.000 m2

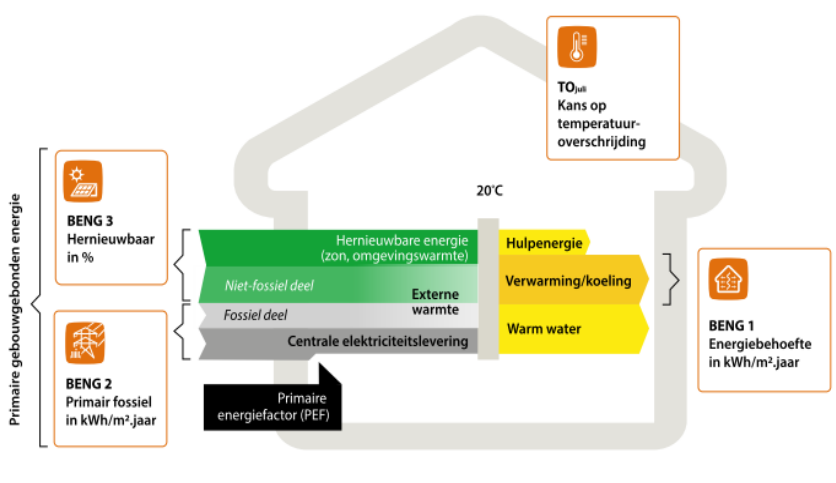
3 Warmte- en koudevraag

3.1 Introductie

De ontwikkelplannen in Hoofdstuk 2 vormen de basis voor het bepalen van de energievraag van het te ontwikkelen warmtesysteem voor de verschillende deelgebieden. De energievraag is te bepalen aan de hand van de energieregelgeving BENG. De methode is verder toegelicht in dit hoofdstuk.

3.2 BENG

Voor het bepalen van de energievraag is gebruik gemaakt van de BENG methodiek. BENG staat voor Bijna Energie Neutral Gebouw. In deze regelgeving is de maximale energievraag per m2 gebouwooppervlak bepaald. De BENG-eisen vormen de huidige wetgeving voor (thermische) energievraag in nieuwbouw. De warmte- en koudevraag voor de projecten in de spoorzone is berekend aan de hand van de BENG 1-eis. De BENG 1 geeft de maximale energiebehoefte in kWh per m2 voor een gebouw. In Figuur 15 is een visualisatie weergegeven van de samenhang tussen de BENG indicatoren.



Figuur 15: BENG – visualisatie

3.3 Warmte en koudevraag

De absolute waarden welke gebruikt zijn voor het bepalen van de warmte en koudevraag zijn weergegeven in Tabel 8. Deze getallen zijn gebruikt voor het bepalen van de totale warmte en koudevraag in Tabel 9. Warmtevraag is inclusief levering warm tapwater.

Tabel 8: Uitgangspunten warmte en koudevraag per functie

Functie	Warmtevraag (kWh/m2)	Koudevraag (kWh/m2)
Wonen	50	10
Werken	45	30
Voorzieningen	28	19

Tabel 9: Overzicht warmte en koudevraag per deelgebied en functie

Deelcluster	Naam	Functie	Oppervlakte	Warmtevraag per functie	Warmtevraag totaal	Koudevraag per functie	Koudevraag totaal
1	Willemskwartier	Wonen	94.090 m2	4.283.589 kWh	5.400.035 kWh	1.120.540 kWh	1.412.590 kWh
1	Willemskwartier	Werken	523 m2	23.810 kWh		6.229 kWh	
1	Willemskwartier	Voorzieningen	24.000 m2	1.092.636 kWh		285.822 kWh	
2.1	Werkplaatsen	Wonen	22.870 m2	1.072.592 kWh	1.659.165 kWh	373.921 kWh	578.408 kWh
2.1	Werkplaatsen	Werken	10.720 m2	502.777 kWh		175.275 kWh	
2.1	Werkplaatsen	Voorzieningen	1.787 m2	83.796 kWh		29.213 kWh	
2.2	District Z	Wonen	18.955 m2	827.371 kWh	3.064.338 kWh	443.078 kWh	1.641.029 kWh
2.2	District Z	Werken	39.315 m2	1.716.029 kWh		918.976 kWh	
2.2	District Z	Voorzieningen	11.935 m2	520.937 kWh		278.975 kWh	
2.3	Lurelui	Wonen	51.480 m2	2.402.551 kWh	2.966.112 kWh	631.139 kWh	779.184 kWh
2.3	Lurelui	Werken	3.178 m2	148.306 kWh		38.959 kWh	
2.3	Lurelui	Voorzieningen	8.898 m2	415.256 kWh		109.086 kWh	
3	Hanzekwartier	Wonen	97.601 m2	4.295.830 kWh	7.133.910 kWh	1.500.178 kWh	2.491.285 kWh
3	Hanzekwartier	Werken	26.376 m2	1.160.919 kWh		405.413 kWh	
3	Hanzekwartier	Voorzieningen	38.105 m2	1.677.161 kWh		585.694 kWh	
4	Hanze - Oost	Wonen	18.750 m2	876.944 kWh	1.578.500 kWh	341.944 kWh	615.500 kWh
4	Hanze - Oost	Werken	13.000 m2	608.015 kWh		237.081 kWh	
4	Hanze - Oost	Voorzieningen	2.000 m2	93.541 kWh		36.474 kWh	

4 WKO-potentie en ruimtelijke inpassing

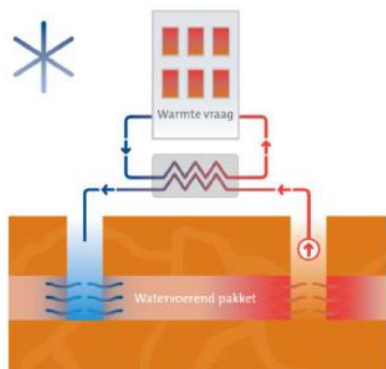
4.1 Introductie

In dit hoofdstuk is de warmtebron/opslag van het energiesysteem verder toegelicht. Op basis van de warmte en koudevraag in Hoofdstuk 0 is bepaald hoeveel WKO-bronnen benodigd zijn. Per deelcluster is bepaald aan de hand van de ordeningsregels uit de reeds uitgevoerde WKO-studie hoe deze bronnen ingepast kunnen worden.

4.2 WKO potentie

Met betrekking tot de toepassing van WKO is gebleken dat de bestaande grondwaterafhankelijke belangen, de grondwaterverontreinigingen en de beperkte ruimte in de ondergrond een grote invloed kunnen hebben op de haalbaarheid van bodemenergieopslag. Ten einde meer inzicht te krijgen in de potentie van open WKO systemen ter plaatse van de spoorzone is in 2020 een haalbaarheidsstudie verricht.

Bij de bepaling van de WKO potentie is er vanuit gegaan dat de bodemenergie in de vorm van doubletten wordt toegepast. Recirculatiebronnen en en monobronnen hebben een lager rendement en worden in dit kader niet verder beschouwd.



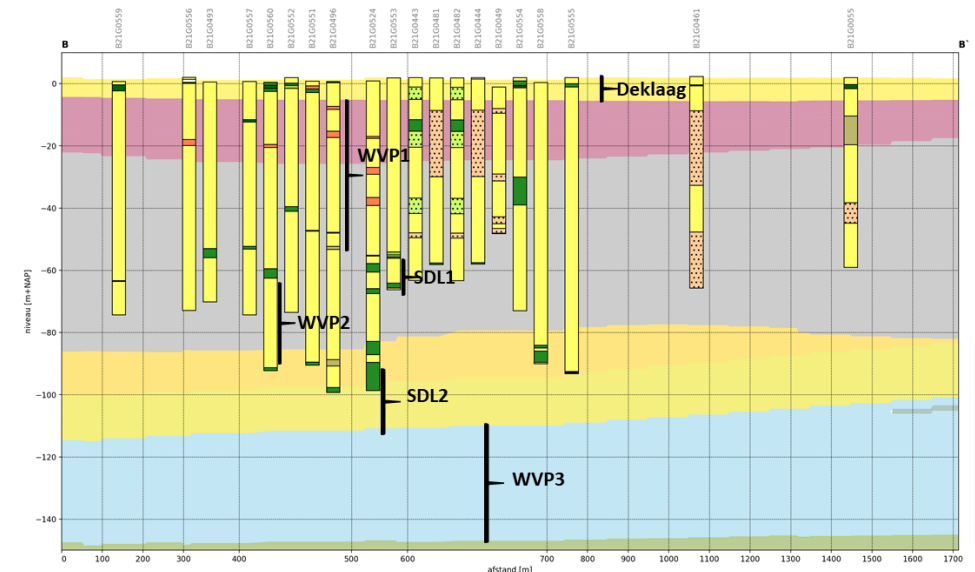
Figuur 16: Principeschets WKO doublet

Met een WKO doublet wordt winterkoude opgeslagen in de bodem voor gebruik in de zomer, en zomerwarmte voor gebruik in de winter. Een WKO doublet maakt gebruik van

twee bronnen (of meervoud), die in hetzelfde watervoerende pakket worden geplaatst. 's Winters wordt grondwater uit de warme bron onttrokken, waarna het de warmte afgeeft aan de warmtewisselaar waarmee het gebouw wordt verwarmd. Het afgekoelde grondwater wordt vervolgens in de bodem teruggebracht middels de koude bron. 's Zomers draait dit proces en de stromingsrichting om.

4.3 Hydrologische en hydrochemische condities

Uit de haalbaarheidsstudie is gebleken dat de grondwatersamenstelling en bodembodembouw (zie ook bijlage 1) een grote invloed hebben op de bodempotentie. Nadere bestudering van de gegevens heeft uitgewezen dat er drie watervierende pakketten kunnen worden onderscheiden.

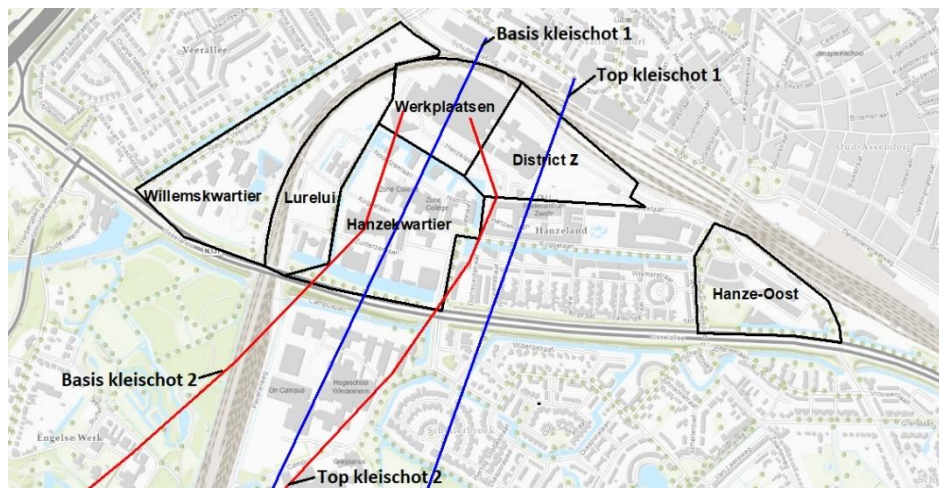


Figuur 17: Geologisch profiel Spoorzone Zwolle

In de praktijk is alleen het onderste deel van het eerste watervoerende pakket en het tweede watervoerende pakket geschikt voor grootschalige WKO systemen. Er mag, met het oog op de dinkwaterwinning Engelse Werk niet dieper geboord worden dan de scheidende laag van de formatie van Peize (ca. 90 m-mv.). Daarnaast wordt aangeraden om in verband met de ligging van de redox-grens de bovenkant van de filters op een minimale diepte van 40 m-mv. af te stellen.

Scheefgestelde kleilagen

In de ondergrond van Zwolle is een uitloper van de stuwwal van de Veluwe aanwezig met een dikte die lokaal kan oplopen tot meer dan 60 m. Deze gestuwde afzettingen bestaan uit een zeer heterogene samenstelling van zand, grind, maar ook klei. Een deel van deze klei is in schubben opgestuwd en vormt daarmee scheefgestelde kleilagen. Deze scheefgestelde kleilagen kunnen in principe overal binnen de gestuwde afzettingen voorkomen maar worden met name aangetroffen rondom de winning Engelse Werk en een deel van de spoorzone. Op basis van de beschikbare boringen kunnen twee kleischotten worden onderscheiden. De kleischotten bevinden zich als vrijwel verticale barrières in de bodem van -25 tot -100 m NAP. Middels de rode en blauwe lijnen is de (indicatieve) verbreiding van de kleischotten weergegeven. De rechterzijde van de schotten is het diepste punt op NAP -100 m.



Figuur 18: Indicatieve verbreiding kleischotten.

Aangezien de kleilagen, in potentie, de lengte van filters en daarmee de capaciteit van de bronnen aanzienlijk kunnen beïnvloeden wordt aangeraden om in het gebied een aantal boringen of sonderingen uit te voeren waarmee meer inzicht wordt verkregen in de dikte en verbreiding van de kleischotten.

4.4 Grondwaterafhankelijke belangen

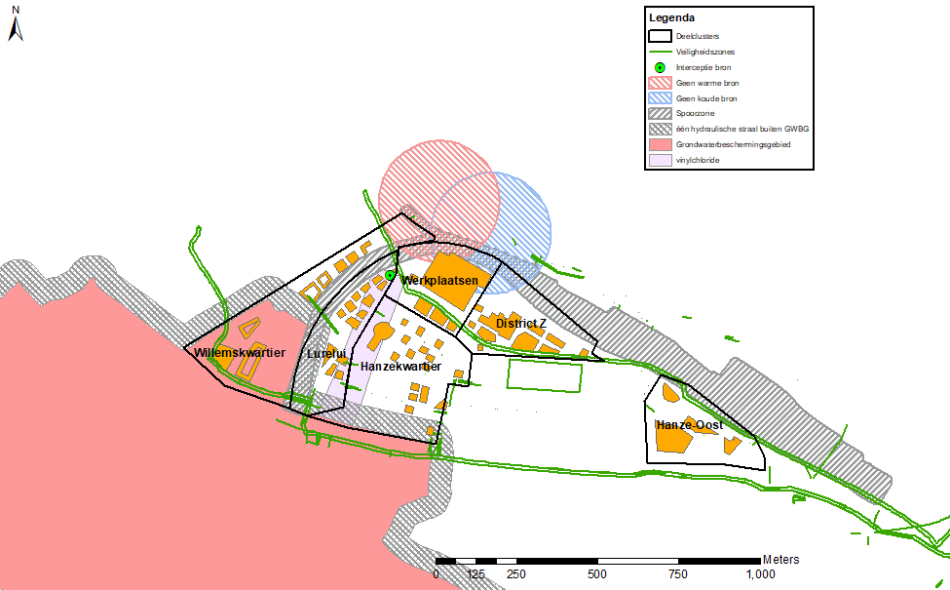
De WKO bronnen kunnen, afgezien van de infrastructurele voorzieningen, niet overal worden geplaatst. De bronnen mogen de bestaande grondwaterafhankelijke belangen niet schaden en er zijn diverse gebieden aangewezen waar geen WKO bronnen mogen worden gerealiseerd: de verbodsgebieden.

Er mogen geen WKO systemen worden gerealiseerd in het grondwaterbeschermingsgebied. Aanvullende verbodsgebieden, regels en belangen die in dit kader een rol spelen:

- Minimaal 1 keer de hydraulische straal buiten het grondwaterbeschermingsgebied kan niet gebruikt worden voor het plaatsen van de bron vanwege ontoelaatbare verplaatsing van de verontreinigingen buiten de kritische gebiedsgrenzen (zie figuur 19).
- Het plaatsen van de bronnen mag niet leiden tot ontoelaatbare interferentie met het bestaande bodemenergiesysteem nabij het spoor.
- Een zone rondom de ligging van het spoor kan niet worden gebruikt voor het plaatsen van bronnen vanwege het risico op ontoelaatbare zettingen en knelpunten bij de uitvoering (in deze studie is een zone van minimaal 15 m (i.p.v. 11 meter) aangehouden).
- De WKO bronnen kunnen niet in de veiligheidszones van kabels en leidingen worden geplaatst.
- De WKO bronnen mogen de VOCL beheersing niet negatief beïnvloeden.
- Het is onwenselijk dat de omgeving opwarmt. Daarom moeten de koude bronnen zoveel mogelijk stroomafwaarts geplaatst worden van de warme bronnen.

De restrictiegebieden zijn weergegeven in figuur 19. Naast de weergegeven restrictiegebieden dient ook rekening gehouden te worden met de overige belangen zoals kabels, leidingen en grondverontreinigingen. In figuur 19 is tevens de interventie waarde contour van de vinylchloride verontreiniging opgenomen. Onder invloed van waterwinning Engelse Werk heeft zich vanaf de Werkplaatsen een VOCL pluim in

zuidelijke richting kunnen ontwikkelen. Naast de Werkplaatsen is ook het oostelijke gedeelte van deelcluster Lurelui en westelijke gedeelte van het Hanzekwartier verontreinigd geraakt met VOCL componenten. In de spoorzone is Gebiedsgericht Grondwaterbeheer (GGb) van toepassing waardoor soepeler kan worden omgegaan met de verspreiding van verontreinigingen. De grondwaterverontreiniging vormt dus geen beletsel voor de toepassing van WKO, wel vormen de concentraties een aandachtspunt mb.t. de toe te passen materialen. In het gebied waarin het grondwater verontreinigd is met VOCL componenten wordt geadviseerd om HD-PE leidingen voor de bronnen te gebruiken in plaats van PVC. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met een interceptiebron die in de nabijheid van de Oostzeelaan is gerealiseerd. Deze bron onttrekt grondwater uit het tweede watervoerende pakket tussen 50 en 90 m-mv. Middels de bron wordt grondwater onttrokken dat met vinylchloride is verontreinigd (capaciteit bron: 8 m³/u). dit gebeurt om de drinkwaterwinning het Engelse Werk ook voor de langere termijn te beschermen tegen grondwaterverontreiniging afkomstig uit het stedelijk gebied.



Figuur 19: Restrictiegebieden en vinylchloridepluim

De overige grondwaterafhankelijke belangen vormen een aandachtspunt in het vervolgtraject maar vormen voornamelijk geen beletsel voor het aanleggen van de WKO bronnen en de leidingen.

4.5 Karakteristieken bronnen

Tabel 8 geeft een overzicht van de karakteristieken van de WKO bronnen. De karakteristieken van de bronnen zijn ontleend aan de Haalbaarheidsstudie WKO Spoorzone (Royal HaskoningDHV, 2020). Bij de berekeningen is in dit kader uitgegaan van 1500 equivalente vollasturen en een deltaT van 8 graden. De WKO bronnen zijn, met het oog op de redoxovergang, geprojecteerd in het tweede watervoerende pakket. Het is niet uit te sluiten dat de filterlengte en daarmee de capaciteit van de bronnen lokaal hoger kunnen uitvallen, tevens is toepassing van WKO in het eerste watervoerende pakket ook nog niet geheel uit te sluiten.

Tabel 8: Karakteristieken bronnen

Diameter [m]	Lengte filter [m]	Debiet [m3/u]	Verplaatste hoeveelheid grondwater per seizoen [m3]	Thermische straal [m]
0.7 - 0.8	30	100	150.000	49

4.6 Energievraag en aantal WKO-doubletten

Tabel 9 geeft een overzicht van het gevraagde vermogen (warmtevraag) per deelcluster en het aantal benodigde doubletten.

Tabel 9: benodigd vermogen en aantal doubletten

Deelcluster	Benodigd vermogen (warmte) [kW]	Vermogen per bron met WP [kW]	Aantal doubletten [kW]
1 Willemsskwartier	3.668	1.241	3
2.1 Werkplaatsen	1.127	1.241	1

2.2 District Z	2.082	1.241	2
2.3 Lurelui	2.015	1.241	2
3 Hanzekwarier	4.846	1.241	4
4 Hanze-Oost	1.072	1.241	1

4.7 Bronnen configuratie

Bij het vaststellen van een bronnenconfiguratie moet rekening gehouden worden met de karakteristieken van de bronnen, de bestaande infrastructuur (bereikbaarheid en inpassing van de bronnen) en de bestaande grondwaterafhankelijke belangen. Daarnaast dient er gestreefd te worden naar een optimale ondergrondse inpassing van open bodemenergiesystemen waarbij thermisch interferentie wordt voorkomen.

Aandachtspunten bronnenconfiguratie en realisatie bronnen

Bij het bepalen van de bronlocaties dient rekening gehouden te worden met het huidige en toekomstig gebruik van het terrein. Er moet beoordeeld worden of belangen van derden niet in het gedrang komen en er moet inzicht worden verkregen in de fundering van nabijgelegen gebouwen en de ondergrondse infrastructuur. De bronnen mogen niet in de directe omgeving van funderingspalen geplaatst worden, de minimaal te hanteren afstand bedraagt 10 maal het boorgat diameter. Daarnaast wordt aanbevolen de bronnen op een minimale afstand van 15 meter van reeds bestaande bronnen te plaatsen.

In geval van verontreinigingen dienen maatregelen getroffen te worden om verspreiding te voorkomen en dienen de booractiviteiten te worden uitgevoerd onder begeleiding van een in het kader van de BRL 2000 gecertificeerde veldwerker. Ook aan het scheiden, opslaan en afvoeren van grond worden additionele eisen gesteld.

Het filtermateriaal voor de onttrekkingsbronnen en infiltratiebronnen van reguliere WKO's (waar geen verontreiniging aanwezig is) bestaat in de regel uit PVC. Veelgebruikte materialen voor de terreinleidingen zijn PVC en PE. PVC is minder goed bestand tegen oplosmiddelen zoals VOCI. Ook zijn PE en in mindere mate PVC gevoelig voor minerale oliën als benzine en diesel. Als een WKO-systeem fysiek in aanraking komt met een bodemverontreiniging bestaat het risico dat de verontreiniging een

negatieve invloed heeft op de levensduur van het filtermateriaal. Zeker als de aangebrachte WKO-leidingen zak- en/of drijfslagen doorkruisen (Handleiding Boeg, 2010).

Voordat tot boren wordt overgegaan dient de fysieke inpasbaarheid en uitvoerbaarheid nagegaan te worden. Er moet voldoende werkruimte beschikbaar zijn voor de boorstelling inclusief bezink- en suppletiebakken en de opslagruimte voor materialen. In de praktijk is al snel een areaal van 10 bij 15 meter vereist voor alle benodigde voorzieningen. De beschikbaarheid van bouwstroom, werkwater, het vaststellen van de lozingspunten, opslag en de afvoer van overtollige grond vormen ook aandachtspunten.

Uitgangspunten positionering

Voor het plaatsen van de bronnen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bereikbaarheid van de locaties: bij het installeren van de bronnen en bij beheer en onderhoud dienen de locaties goed bereikbaar te zijn. De bestaande en nieuw te realiseren wegen worden daarom aangehouden als leidraad waarlangs de bronnen gerealiseerd kunnen worden.
- De bronnen kunnen dienen buiten de restrictiegebieden worden geplaatst.
- De thermische straal bedraagt 49 m (zie ook bijlage 2).
- De bronnen van hetzelfde type (warm-warm) staan 1 keer de thermische straal uit elkaar = 49 m.
- De bronnen van verschillende type (warm-koud) staan 3 keer de thermische straal uit elkaar = 147 m.

Voor een nadere toelichting van de thermische straal en de gehanteerde bronafstanden wordt verwezen naar het Onderzoek haalbaarheid WKO in de Spoorzone. geeft de bronnenconfiguratie weer die voor het bronnet is uitgewerkt. De bronnenconfiguraties van alle deelclusters zijn tevens opgenomen in Figuur 20. De bronnenconfiguraties van de individuele deelclusters zijn opgenomen in bijlage 3.

Deelcluster 1: Willemkwartier

Het zuidelijke gedeelte van het Willemskwartier is gesitueerd in het grondwaterbeschermingsgebied van waterwinning Engelse Werk en in dit gebied mogen geen WKO-bronnen worden geplaatst. Het noordelijke gedeelte van het Willemskwartier staat onder invloed van een bestaande koude WKO-bron en in dit gebied mogen geen

warme bronnen worden geplaatst. Aangezien de koude bronnen stroomafwaarts van de warme bronnen geplaatst moeten is het dus ook niet mogelijk om in het noordelijke gedeelte koude WKO-bronnen te realiseren. De warmtevraag kan gedekt worden middels drie doubletten. De koude en warme bronnen zijn 150 meter uit elkaar geplaatst, dit om thermische interferentie te voorkomen.

Deelcluster 2a: Lurelui

De warmtevraag van deelcluster Lurelui kan gedekt worden middels twee doubletten. Gelijk aan het Willemsskwartier is het cluster relatief smal en is er relatief weinig ruimte beschikbaar. De twee koude bronnen zijn in het zuidelijke gedeelte van Lurelui geplaatst op een afstand van 150 meter van de warme bronnen. Ten einde de verspreiding van VOCL componenten zoveel mogelijk tegen te gaan zijn alle bronnen in de VOCL-verontreiniging gesitueerd. De interceptiebron (zie par. 5.2) is gesitueerd in deelcluster Lurelui. De noordelijke warme bron is geprojecteerd op een kleine 20 meter afstand van de interceptiebron. Alhoewel de capaciteit van de interceptiebron naar verwachting niet noemenswaardig wordt beïnvloedt is een negatieve wederzijdse beïnvloeding op dit moment niet uit te sluiten. Mogelijk dienen de bronnen enigszins in zuidelijke richting verplaatst te worden. De effectberekeningen, die in het kader van het op te stellen bodemenergieplan moeten worden uitgevoerd, kunnen hier uitsluitsel over geven.

Deelclusters 2b en 2c: Werkplaatsen en District Z

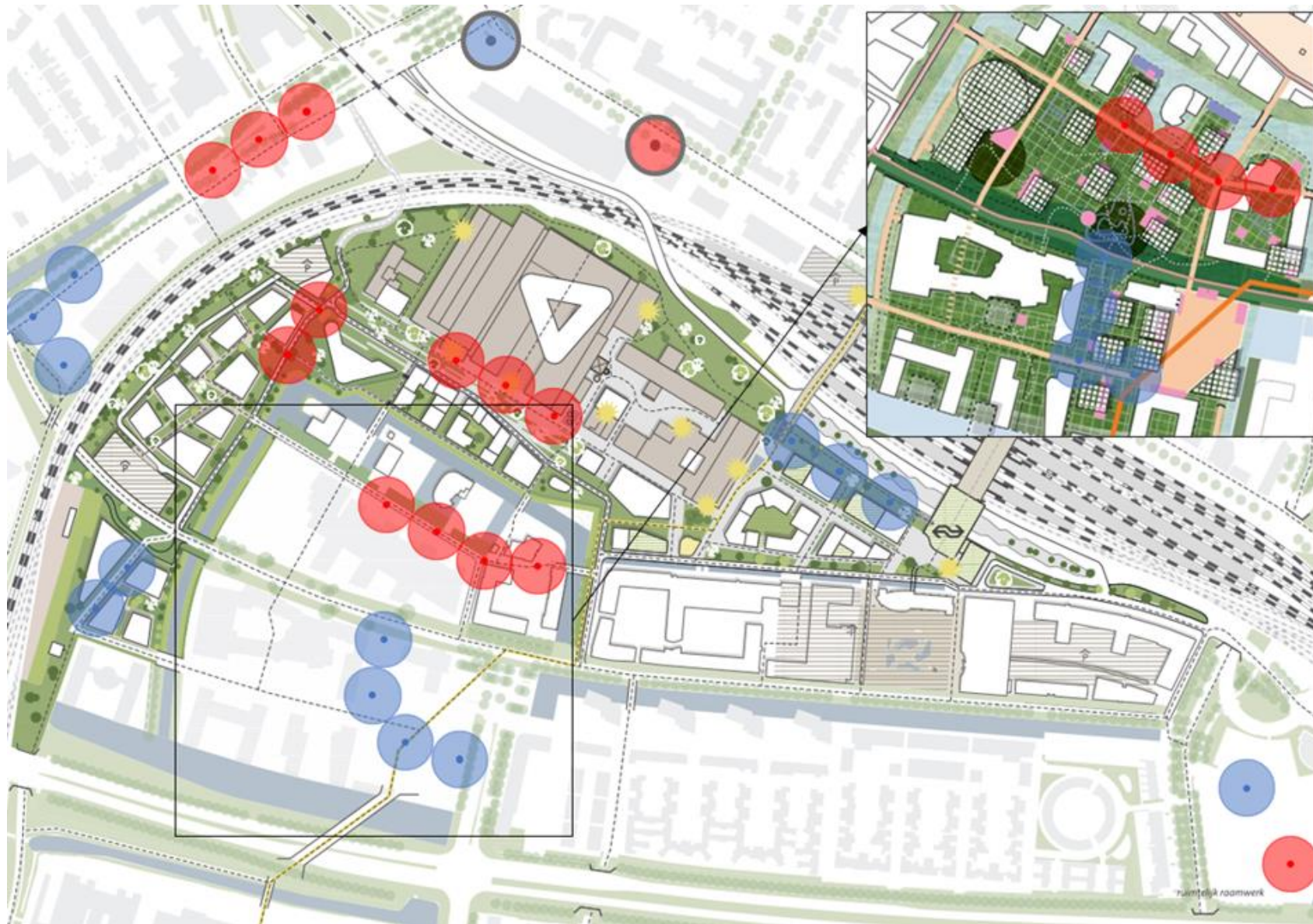
De totale warmtevraag van deelclusters Werkplaatsen en District Z kan gedekt worden met vier doubletten. De koude bronnen en de warme bronnen zijn gecombineerd in één warme en één koude cluster. Met het oog op de uitvoering, en ten einde overlast tijdens de realisatie zoveel mogelijk te beperken, worden geen bronnen in de directe omgeving van het stationsgebouw geplaatst.

Deelcluster 3: Hanzekwartier

De warmtevraag in het hanzekwartier kan gedekt worden middels vier doubletten. Zowel het koude cluster alsmede het warme cluster is oost-west georiënteerd met een onderlinge afstand van 150 meter. De bronnen zijn geprojecteerd in het oostelijke gedeelte van het Hanzekwartier zodat geen verontreinigd grondwater door de bronnen wordt onttrokken en de bedrijfsvoering niet tot een additionele verspreiding van de verontreinigingen gaat leiden.

Deelcluster 4: Hanze-Oost

De warmtevraag in Hanze-Oost kan gedekt worden middels één doublet. Het doublet is centraal in het deelcluster geplaatst. Afhankelijk van de bouwplannen kan de exact positie verder bepaald worden.



Figuur 20: Conceptuele situering WKO-bronnen

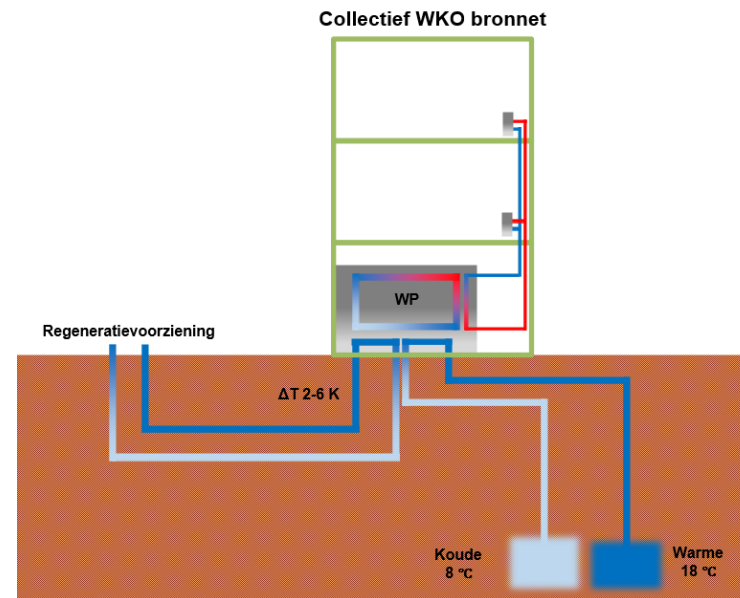
5 Bronnetontwerp en systeemintegratie

5.1 Introductie

De WKO-bronnen in Hoofdstuk 4 moeten verbonden worden met de warmtevragers bepaald in Hoofdstuk 2 en 3, hiervoor is een warmteinfrastructuur benodigd welke in dit hoofdstuk is berekend. Voor de integrale samenwerking tussen energievraag en aanbod is systeemintegratie benodigd. De samensmelting tussen energievraag en aanbod is hiervoor eerst beschreven.

5.2 Systeemintegratie

Het warmte en koude aanbod uit de WKO-bronnen en de warmtevraag in de gebouwen moet samengebracht worden in een warmtesysteem. Hiervoor is een systeemconcept benodigd. In Figuur 21 is een visual weergave gegeven van de energiestromen in het warmtesysteem. De warmte en koude wordt hoofdzakelijk uit de WKO-bronnen geleverd op een lage temperatuur. Voor verwarming is een temperatuurstijging benodigd welke met een centraal opgestelde warmtepomp per gebouw in het deelgebied opgewerkt zal worden naar een temperatuur van 40 °C voor ruimteverwarming en 65 °C voor tapwaterlevering. De warmte en koudevraag moet voor een WKO-bronnenpaar enigszins in balans zijn. Binnen de spoorzone is de een grotere warmtevraag dan koudevraag, hierdoor is een regeneratiebehoefte, in Hoofdstuk 6 is regeneratie verder toegelicht. De positonering van de WKO bronnne en de gebouwen is in dit hoofdstuk gebruikt voor het ontwerp van een bronnet. Het bronnet distribueert de warmte en koude op een lage temperatuur door de deelgebieden. Per gebouw is een aansluiting voorzien waarna de warmte in een warmtepomp een genoemde temperaturen worden gebracht. In dit hoofdstuk is een conceptueel ontwerp gemaakt, verdere detailering is benodigd van onder andere de gebouwinstallaties voor een gedetailleerder ontwerp van het warmtesysteem. Een belangrijk aspect voor efficiëntie van het warmtesysteem is de Coefficient of Performance van de warmtepomp. Door gebruik te maken van energie uit bodem is een relatief hoge COP te behalen. In de verdere berekening is uitgegaan van een COP voor verwarmen van 5 en voor koelen van 25.



Figuur 21: Systeemconcept WKO bronnet

5.3 Bronnet ontwerp

Voor het ontwerp van het bronnet is voor de structuur een vertakt-net aangehouden. Per cluster is een op zichzelf staand bronnet uitgewerkt. Hierbij zijn de clusters aangehouden zoals ook de verschillende gebieden worden ontwikkeld worden voor Spoorzone Zwolle, alleen geldt voor Werkplaatsen en districtZ dat deze twee clusters zijn samengevoegd tot één. Onderstaand figuur geeft de clusters weer die zijn gehanteerd voor het ontwerp van het bronnet. Tussen de warme en koude WKO-bronnen binnen hetzelfde cluster is een leiding met dezelfde diameter aangehouden, zodat de capaciteit van de leiding groot genoeg is om onderling warmte uit te kunnen wisselen. Bij een vertakt net verjongen de leidingen naar een steeds kleinere diameter naarmate meer gebouwen warmte uit het net hebben afgenomen. Het streven is leidingen in te passen in de toekomstige ruimtelijke indeling van de Spoorzone. Aan de hand van de op dit moment beschikbare schetsen van de toekomstige inrichting zijn de leidingen ingepast.



Figuur 22: Indeling van clusters voor het bronnet

5.3.1 Hydraulische berekening

De hydraulische berekening voor het bepalen van de benodigde leidingdiameter van het bronnet is uitgevoerd op basis van de maximale piekvraag bij een buitentemperatuur van -10 °C. Voor de piekvraag is een gelijktijdigheidsfactor toegepast waarmee de piekvraag is gereduceerd. Voor de hydraulische berekening van het bronnet zijn per diameter de maximale stroomsnelheden aangehouden. Tabel 10 geeft de maximale stroomsnelheden per diameter weer. De stroomsnelheid is gemaximaliseerd tot 3,0 m/s om ongewenste inwendige corrosie ter plaatse van bochten te voorkomen.

Tabel 10: Stroomsnelheden per diameter

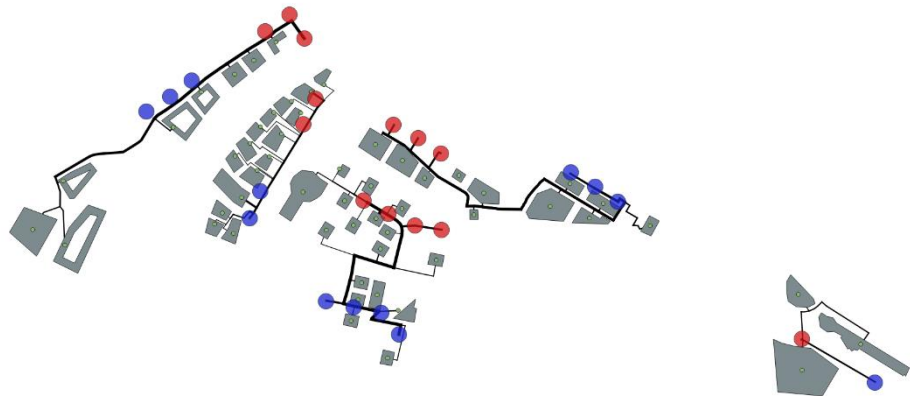
Diameter	Stroomsnelheid [m/s]	Diameter	Stroomsnelheid [m/s]	Diameter	Stroomsnelheid [m/s]
DN32	1,3	DN80	2,2	DN200	3,0
DN40	1,5	DN100	2,4	DN250	3,0
DN50	1,7	DN125	2,6		

DN65	1,9	DN150	2,8		
------	-----	-------	-----	--	--

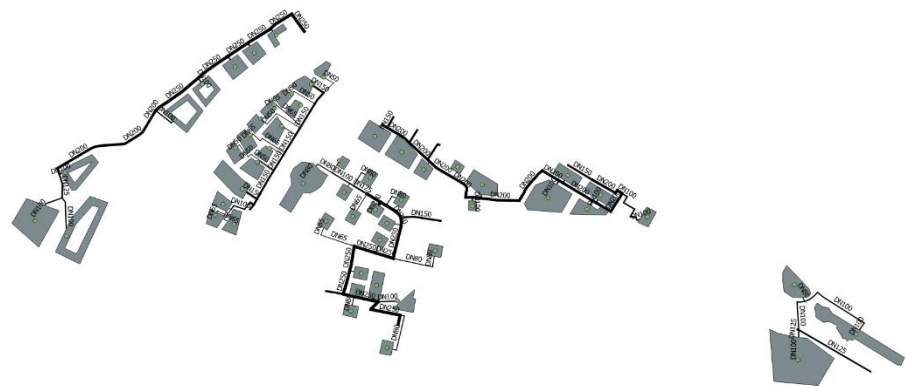
Als leiding materiaal is nog de keuze om PVC of PE toe te passen voor het bronnet. Deze keuze kan nog in een latere fase van het project worden gekozen, zolang de binnendiameter maar groot genoeg is. Voor de aanvoertemperatuur in de winter is 18 graden aangehouden en voor de retourtemperatuur 10 graden. Door de lage aanvoertemperatuur hoeft geen isolatie rondom de leiding toegepast te worden om warmteverliezen te voorkomen.

5.3.2 Resultaten netwerkconfiguratie

De netwerkconfiguratie en hydraulische berekening van het bronnet is uitgewerkt met het een simulatieprogramma. Figuur 23 geeft de configuratie van de hoofdpop van het bronnet weer. Met de lijndikte is goed de vertakte structuur van het bronnet zichtbaar, voor hoe dikkere lijn geldt hoe grotere leidingdiameter. In Figuur 25 is overzicht van het bronnet opgenomen waaruit de diameter per leidingdeel zijn op te maken.



Figuur 23 Vertakte structuur bronnet

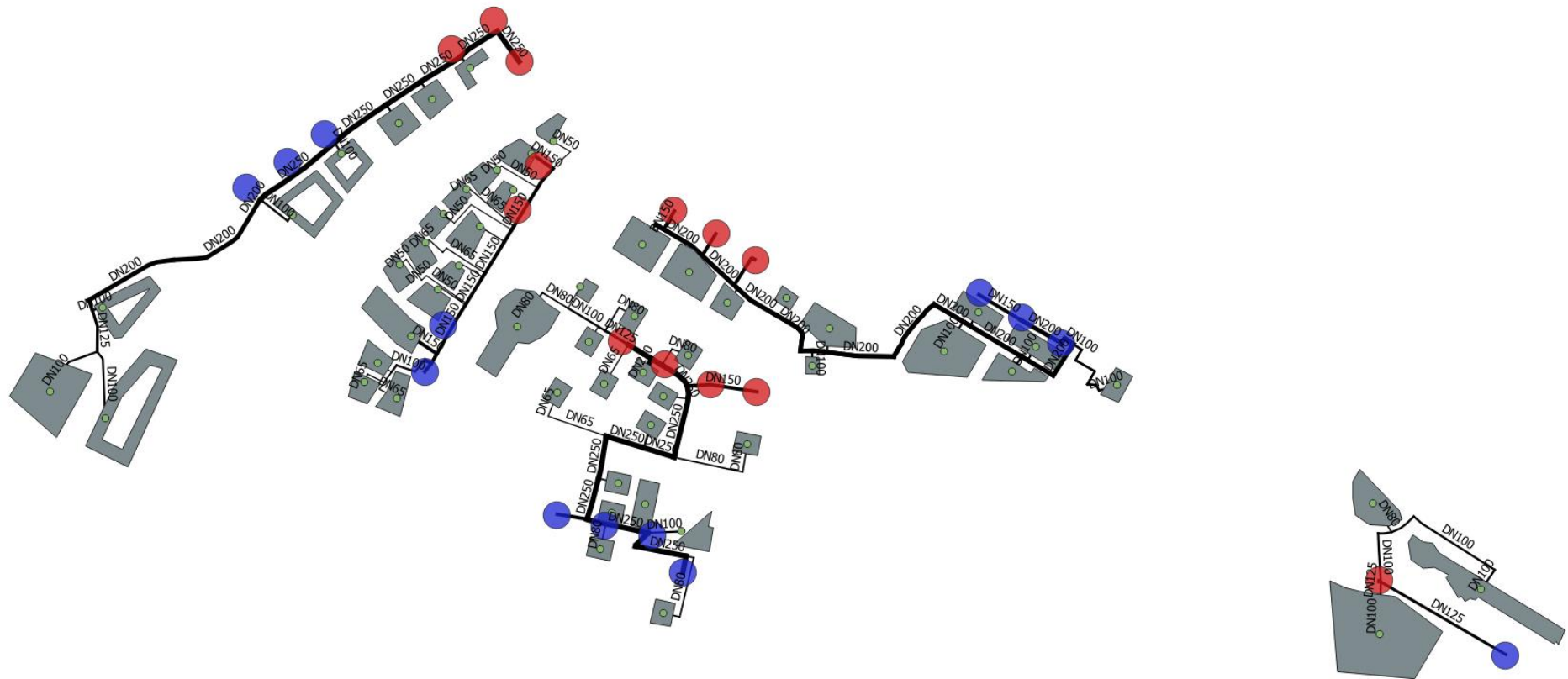


Figuur 24: Bronnet diameters

Voor de inpassing van de leidingen voor het bronnet in de ondergrond dient te worden uitgegaan van een aanvoer- en retourleiding, twee leidingen parallel aan elkaar. Als tussenruimte zal een afstand van ca 0,4 m gehanteerd moeten worden om de leidingen aan te kunnen brengen en dat ze bij eventueel onderhoud bereikbaar zijn. De maximale sleufbreedte komt hiermee uit op circa (0,25 + 0,4 + 0,25) 0,9 m. De diepteligging zal minimaal 0,8 m moeten zijn om het risico op bevriezing van het water in de winter te verkleinen. Tabel 11 geeft de leidinglengtes per deelcluster weer. Figuur 25 geeft de visualisatie van het bronnet in de Spoorzone weer.

Tabel 11: Leidinglengtes en investeringskosten bronnet per cluster

Cluster	Lengte [m]
1. Willemskwartier	882
2. Werkplaatsen en districtZ	1.705
4. Luirelui	1.008
5. Hanzekwartier	1.371
6. Hanzebad	464
Totaal	5.537



Figuur 25: Inpassing van netwerkconfiguratie bronnet in huidige situatie

6 Onbalans warmte & koudevraag

6.1 Introductie

Gebruik van een warmte en koudeopslag vraagt een balans tussen warmte en koudevraag van de warmteafnemer. Binnen de spoorzone is een grotere warmtevraag dan koudevraag, doordat veel woningen worden toegevoegd. De verhouding tussen warmte en koudevraag is voor woningen minder in balans dan bij andere functies. In het hoofdstuk is een analyse beschreven van de onbalans en de regeneratie mogelijkheden.

6.2 Onbalans

Op basis van de warmte en koude vraag is analyse gedaan van de mate van onbalans per deelgebied. De onbalans bestaat uit de warmte en koude welke uit de ondergrond wordt gehaald op lage temperatuur. Voor levering van warmte wordt deze hoeveelheid warmte vergroot door toevoeging van elektriciteit. De onbalans is dus niet gelijk aan de directe warmte en koudevraag van de afnemers maar van de bronenergie voor de warmtepomp voor levering van warmte en de koudevraag van de afnemers. In Tabel 12 is een overzicht gegevens van de absolute onbalans per deelcluster. De noodzaak tot regeneratie is niet in deelclusters benodigd. Bij een lagere onbalans dan 30% is regeneratie in mindere mate noodzakelijk. In de sectie 6.3 zijn verschillende regeneratie methodes toegelicht.

Tabel 12: Regeneratiebehoefte per deelcluster

Deelcluster	Onbalans (kWh)	% van warmtevraag	Regeneratie benodigd?
Willemskwartier	2.637.436 kWh	49%	Ja
Werkplaatsen/District Z	1.323.190 kWh	28%	Nee
Lurelui	1.445.400 kWh	49%	Ja

Hanzekwartier	2.859.148 kWh	40%	Ja
Hanze-Oost	568.375 kWh	36%	Ja

6.3 Regeneratie methodes

De onbalans in de WKO bronnen is met verschillende methodes in te vullen of te voorkomen. In de volgende secties zijn hiervoor technieken beschreven.

6.3.1 Koppeling lokaal warmtenet Ennatuurlijk

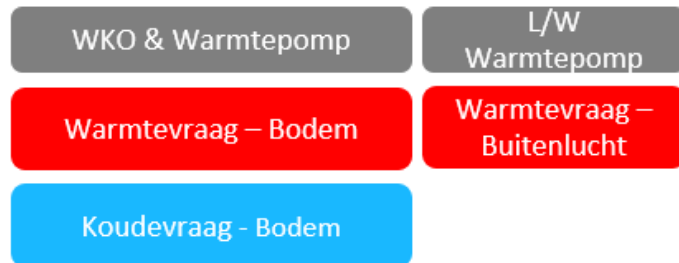
In de Spoorzone is een ‘traditioneel’ gasgestookt warmtenet aanwezig, zie Figuur 26. Ten zuiden van de werkplaatsen bevindt zich een gasgestookte warmtecentrale vanaf waar warmteleiding richting verschillende afnemers (voornamelijk kantoren) binnen de spoorzone aftakken. Dit warmtenet zou een rol kunnen spelen in de ontwikkeling van een duurzaam WKO bronnet. Hierbij zou een warmte uit het Ennatuurlijk warmtenet geleverd kunnen worden welke zorgt voor regeneratie in de ondergrond. De duurzaamheid van het systeem neemt hierdoor wel af doordat de warmte op dit moment met aardgas geproduceerd wordt. Mogelijk zou in de toekomst een duurzamer alternatief in dit warmtenet voor een hogere CO2 besparing kunnen zorgen, echter zijn hiervoor nog plannen voorzien.



Figuur 26: Warmtenet Ennatuurlijk

6.3.2 Regeneratie per gebouw

Een optie voor voorkomen van onbalans in de WKO bronnen is een balans in afname op gebouwaansluitingniveau. In dit scenario heeft elke aansluiting de verantwoordelijkheid evenveel (bron)warmte als koude af te nemen. De gebouwinstallaties kunnen hiervoor zorgen. Een hybride scenario met een deel lucht/water warmtepomp vermogen kan zorgen voor een gelijk afname voor (bron)warmte en koude. Hierdoor is ook een lager WKO bronvermogen benodigd wat een betekent dat meer ruimte beschikbaar blijft in de ondergrond voor bijvoorbeeld aansluiting van de bestaande bouw. In Figuur 27 is dit principe visueel weergegeven.



Figuur 27: Hybride scenario warmtepompen

6.3.3 Levering van koude aan bestaande kantoren

In de spoorzone is momenteel veel kantoorruimte aanwezig. Veel van deze kantoren zijn voorzien van individuele koelsystemen voor levering van koude doordat warmte vanuit het Ennatuurlijk warmtenet wordt geleverd. Door deze kantoren koeling vanuit een deelcluster met een grote onbalans in de WKO bronnen te leveren is een win-win situatie te creëren. Echter vraagt dit wel veel organisatie.

6.3.4 Centrale regeneratie met drycoolers

Een andere optie voor regeneratie is het gebruik van drycoolers per deelcluster. Deze apparaten kunnen warmte uit de buitenlucht halen welke vervolgens aan het bronnet geleverd kan worden voor het in balans brengen van de warmte en koude opname uit de ondergrond. Deze optie vraagt wel extra elektriciteit voor aandrijving van deze drycoolers.

6.3.5 Aquathermie

Een andere meer duurzame regeneratie optie is aquathermie. Aquathermie kan geproduceerd worden uit afvalwater, oppervlaktewater en drinkwater. De aanwezigheid van een van deze media is benodigd om als regeneratiebron te fungeren. In van de deelcluster, Willemsskwartier, is mogelijk geschikt voor gebruik van aquathermie door de aanwezigheid van een drinkwater productiestation ten zuiden van het projectgebied. Echter is de inpassing mogelijk lastig te realiseren door de aanwezigheid van een regionale weg.

7 Referentiescenario – Individuele lucht/water warmtepomp

7.1 Introductie

Vanuit de gemeente en stakeholders is de wens uitgesproken om het beoogde systeem te vergelijken met een referentie warmtesysteem. Een individuele warmtepomp met de buitenlucht als bron is hierbij als voorkeursoptie kenbaar gemaakt. In dit hoofdstuk is de inpassing van een lucht/water warmtepomp als alternatief voor een collectief WKO bronnet beschreven. Hierbij is ook een toetsing gedaan van de gestelde kaders voor energie in het overkoepelende ontwikkelkader voor de Spoorzone Zwolle, zie hiervoor nogmaals sectie 1.4.

7.2 Lucht/water warmtepomp

Een lucht/water warmtepomp is gekozen als referentie technologie naast het WKO bronnet. Een groot voordeel van deze technologie is de implementatie mogelijkheid op gebouwniveau waarbij geen afhankelijkheid ontstaat tijdens de realisatie van de verschillende projecten. Daarnaast kan de warmte exploitatie op gebouwniveau georganiseerd worden. Echter heeft deze technologie ook grote nadelen, zoals een hogere elektraverbruik, geluidsoverlast en hittestress door koeling in de zomer. Daarnaast is door de positionering op de daken minder ruimte beschikbaar voor duurzame opwek van elektriciteit.

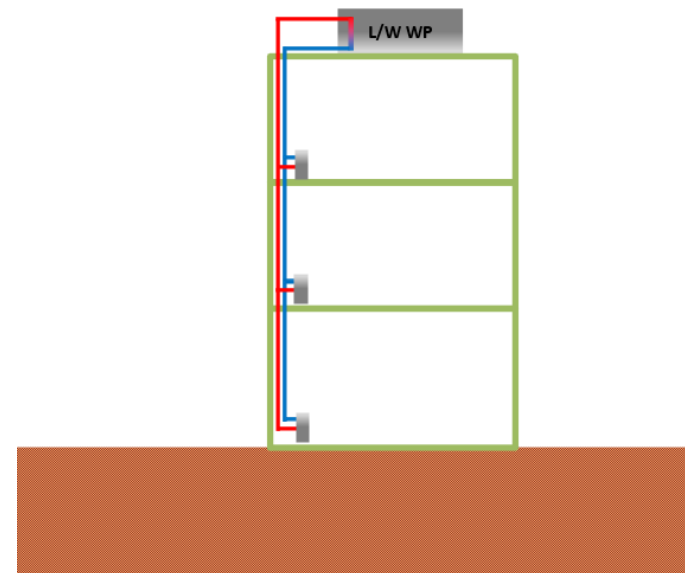
In Figuur 28 is een conceptuele visualisatie weergegeven van de inpassing van een lucht/water warmtepomp. De installatie zal grotendeels op het dak van de te bouwen gebouwen geplaatst worden. Vanuit de centrale installaties op het dak is een distributienet in de gebouwen benodigd waarbij per aansluiting een warmteafleverset geplaatst zal moeten worden. Op gebouwniveau is de installatie grotendeels gelijk aan de installatie voor een collectief WKO bronnet. In beide technologieën is warmteaflevering op gebruikstemperatuur voorzien; ruimteverwarming 40 °C en tapwater 65 °C. De organisatie op gebouwniveau is hierdoor gelijk aan een collectief WKO bronnet met een warmtepomp per gebouw. De tariefstelling voor de eindgebruikerskosten is dan ook vergelijkbaar, de financiële vergelijking is verder toegelicht in Hoofdstuk 8.

Zoals in sectie 6.3 is beschreven kan deze technologie mogelijk een rol spelen in combinatie met een WKO bronnet. Door een deel van de warmte te leveren met een individuele lucht/water warmtepomp kan de onbalans in de ondergrond voorkomen of ingevuld worden. Daarnaast is hiervoor een kleinere dimensionering van de WKO

bronnen en bronnet infrastructuur mogelijk. Echter is nog steeds ruimte benodigd op de daken van de gebouwen en is de opwek potentie verlaagd.

Een belangrijk aspect voor efficiëntie van het warmtesysteem is de Coëfficiënt of Performance van de warmtepomp. Door gebruik te maken van energie uit buitenlucht is een lager COP van toepassing dan bij gebruik van energie uit de bodem. In de verdere berekening is uitgegaan van een COP voor verwarmen van 3,5 en voor koelen van 2,5.

Individuele lucht/water warmtepomp



Figuur 28: Systeemconcept lucht/water warmtepomp

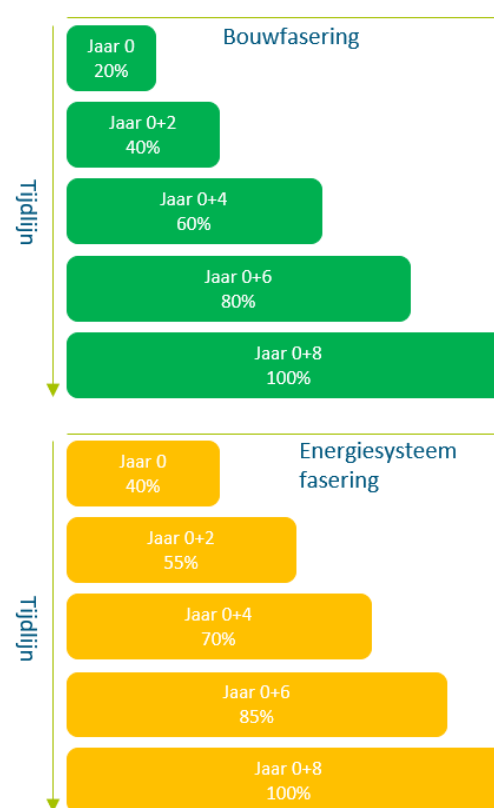
8 Financiële analyse

8.1 Introductie

In dit hoofdstuk is de financiële analyse beschreven aan de hand van de technische analyse beschreven in voorgaande hoofdstukken. De technische parameters uit de vorige hoofdstukken zijn verwerkt in een financiële analyse. Voor het toetsen van de financiële haalbaarheid is een business case analyse uitgevoerd, hierin is de CAPEX, OPEX en Revenue uitgezet over de tijd in een cashflow analyse. Zoals in Hoofdstuk 7 is beschreven is ook een financiële analyse ter referentie uitgevoerd. Een belangrijk onderdeel van deze financiële analyse zijn de eindgebruikerskosten, hiervoor is een analyse gedaan voor woningen van verschillende afmetingen.

Fasering

De investering voor aanleg van het warmtesysteem zal afhankelijk zijn van de bouwfasering van de verschillende projecten. Deze tijdsgebonden factor is meegenomen in de financiële analyse. Voor de financiële analyse is gekozen om de bouwfasering op de te delen in blokken van 20% per twee jaar, dit betekent dat de projecten/warmte- en koudevraag iedere twee jaar met 20% toeneemt. Voor aanleg van het collectieve WKO bronnet is uitgegaan van een vervroegde investering zodat nieuw te bouwen gebouwen in de tijd kunnen aansluiten op een reeds uitgebreid WKO systeem. Voor het individuele scenario is deze vervroegde investering niet van toepassing doordat de warmtesysteem in zijn geheel onderdeel zijn van de individuele bouwprojecten.



Figuur 29: Visualisatie fasering CAPEX

8.2 CAPEX

Allereerst is de Capital Expenditure (investeringskosten) voor realisatie van twee warmtescenario's. Hiervoor is per techniek een overzicht en beschrijving gegeven van de hoofdcomponenten. In bijlage 3 is een uitgebreider overzicht gegeven van de investeringskosten per techniek.

8.2.1 WKO bronnet per cluster

Het WKO bronnet bestaat uit een aantal hoofdcomponenten; WKO bronparen, bronnet infrastructuur en de gebouwaansluitingen en installaties. Per gedeelte is een beschrijving gegeven van de CAPEX onderdelen. Als onderdeel van de CAPEX is een DEVEX (Development Expenditure) meegenomen van 5%.

WKO bronnen

De installatie van de WKO bronnen vraagt een investering voor het boren en aansluiten op het bronnet, hiervoor is een investeringskental genomen van 3000 euro/m³/h. In Tabel 13 is een overzicht gegevens van de CAPEX voor de WKO bronnen per deelcluster.

Tabel 13: CAPEX overzicht – WKO bronnen

Cluster	Aantal bronnen	Kosten
1. Willemskwartier	3	€ 900.000
2. Werkplaatsen en districtZ	3	€ 900.000
3. Lurelui	2	€ 600.000
4. Hanzekwartier	4	€ 1.200.000
5. Hanzebad	1	€ 300.000
Totaal	13	€ 3.900.000

Bronnet infrastructuur

Voor de bronnet infrastructuur is ook een kostenraming gedaan aan de hand van de bronnet infrastructuur analyse in sectie 5.3. Met behulp van kostenkentalen per leidingdiameter is een raming gemaakt per deelcluster. De investeringskosten zijn in deze fase slechts globaal bepaald worden doordat er nog geen exacte ligging van de leidingen ontworpen kan worden.

Tabel 14: CAPEX overzicht - Bronnet infrastructuur

Cluster	Lengte	Kosten
1. Willemskwartier	882 m	€ 391.000
2. Werkplaatsen en District-Z	1.705 m	€ 385.200
3. Luirelui	1.008 m	€ 212.000
4. Hanzekwartier	1.371 m	€ 477.000
5. Hanze-Oost	464 m	€ 119.000
Totaal	5.537 m	€ 1.840.000

Gebouwaansluiting

De WKO bronnen en bronnet-infrastructuur leiden de warmte en koude richting de gebouwen. Per gebouw is een bronnet aansluiting benodigd. Hiervoor is een investeringsraming genomen van € 50.000 euro per hoofdaansluiting. Vanuit deze gebouwaansluiting is een aansluiting op de warmtepomp in het gebouw benodigd welke is geraamd op basis van € 900.000 euro/MW opgesteld vermogen.

Tabel 15: CAPEX overzicht - Gebouwaansluiting

Cluster	Aantal aansluitingen	Kosten	Warmtepomp vermogen	Kosten
1. Willemskwartier	8	€ 400.000	3,67 MW	€ 3.303.000

2. Werkplaatsen en districtZ	13	€ 650.000	3,21 MW	€ 2.889.000
3. Lurelui	15	€ 750.000	2,01 MW	€ 1.809.000
4. Hanzekwartier	17	€ 850.000	4,84 MW	€ 4.356.000
5. Hanze-Oost	3	€ 150.000	1,07 MW	€ 936.000
Totaal	56	€ 2.800.000	14,8 MW	€ 13.293.000

Voor aansluiting van de eindgebruikers is een investering benodigd voor het aanleggen van een distributienet en installatie van een afleverset per woning of andere functie, in Tabel 16 is een overzicht gegeven van de verwachte CAPEX voor dit onderdeel.

Tabel 16: CAPEX overzicht - Eindaansluitingen

Cluster	Aantal aansluitingen	Kosten
1. Willemskwartier	1.181	€ 3.543.523
2. Werkplaatsen en districtZ	579	€ 1.737.000
3. Lurelui	690	€ 2.070.000
4. Hanzekwartier	1.121	€ 3.364.481
5. Hanzebad	255	€ 765.000
Totaal	3.827	€ 11.480.004

Regeneratie

Zoals in de technische analyse is beschreven is regeneratie van de onbalans in de WKO bronnen benodigd. In de financiële analyse is uitgegaan van installaties van drycoolers, hiervoor is een investeringskental van 90.000 euro/MW opgesteld vermogen toegepast, zie Tabel 17 voor een overzicht.

Tabel 17: CAPEX overzicht - Regeneratie

Cluster	Regeneratievermogen	Kosten
1. Willemskwartier	3,67 MW	€ 330.300
2. Werkplaatsen en District-Z	2,6 MW	€ 234.000
3. Lurelui	1,6 MW	€ 144.000
4. Hanzekwartier	3,9 MW	€ 351.000
5. Hanzebad	0,9 MW	€ 81.000
Totaal	12,67 MW	€ 1.140.300

8.2.2 Individuele lucht/water warmtepomp per gebouw

In het referentiescenario is een andere CAPEX van toepassing door een andere techniek inzet. In deze sectie is een overzicht gegevens van de belangrijkste componenten en verschillen in deze warmtescenario's. Zie bijlage 3 voor een uitgebreider overzicht van de CAPEX per deelcluster.

Lucht/water warmtepomp

Toepassing van lucht/water warmtepomp vraagt investering van vergelijkbaar met een warmtepomp aangesloten op een WKO bronnet. Daarom is een zelfde investeringskental gebruikt van € 900.000 euro/MW, zie Tabel 18 voor een overzicht. Naast de lucht/water warmtepomp is geen bronnet infrastructuur en WKO bronparen benodigd. De investering voor een distributie en aansluiting van de eindgebruikers is gelijk aan het andere scenario.

Tabel 18: CAPEX overzicht - Individuele lucht/water warmtepomp

Cluster	Warmtepomp vermogen	Kosten
1. Willemskwartier	3,67 MW	€ 3.303.000
2. Werkplaatsen en District-Z	3,21 MW	€ 2.889.000
3. Lurelui	2,01 MW	€ 1.809.000
4. Hanzekwartier	4,84 MW	€ 4.356.000
5. Hanzebad	1,07 MW	€ 936.000
Totaal	14,8 MW	€ 13.293.000

8.3 OPEX

De operationele kosten ofwel OPEX bestaan uit de jaarlijkse kosten om het warmtesysteem te kunnen exploiteren inclusief aanvullende energiekosten. Naast de bronwarmte is elektrische energie nodig om de warmtepompen en overige elektrische componenten in het systeem te voeden. Verder bestaan de OPEX uit onderhoud, beheer, verzekering en inkoop van gas voor de piekvoorziening. In bijlage 4 is een uitgebreider overzicht gegeven van de OPEX per deelcluster. In deze sectie is een overzicht gegeven van het belangrijkste OPEX-onderdeel; elektravraag. Voor berekening van de elektrakosten is uitgegaan van een verhoogd elektratarief in vergelijking met de nominale waarde begin 2021. Een verhoogd tarief van 0.11 euro/kWh is gebruikt voor de gehele looptijd van de financiële analyse (30 jaar). Daarnaast zijn energiebelasting tarieven geldend voor 2022 doorgevoerd.

Elektravraag

Een groot verschil tussen de twee systemen is de elektravraag, doordat een warmtepomp met bodemenergie een hogere COP heeft is een lagere elektravraag van toepassing. In Tabel 19 is een overzicht gegevens van de elektravraag per techniek en deelcluster.

Tabel 19: OPEX overzicht - elektravraag

Cluster	Elektravraag WKO	Elektravraag WP
1. Willemskwartier	1.594.000 kWh	2.107.000 kWh
2. Werkplaatsen en District-Z	1.394.000 kWh	2.237.000 kWh
3. Lurelui	876.000 kWh	1.159.000 kWh
4. Hanzekwartier	2.106.000 kWh	3.034.000 kWh
5. Hanzebad	466.000 kWh	697.000 kWh
Totaal	6.436.000 kWh	9.234.000 kWh

8.4 Eindgebruikerskosten

8.4.1 Inkomsten business case

De laatste hoofdcomponent van de business case bestaat uit de inkomsten ofwel revenue van het systeem. De initiële investering (CAPEX) en jaarlijkse kosten (OPEX) dienen terugverdient te worden door de afnemers van het systeem. Per aansluiting wordt een vastrecht en variabel tarief betaald. Naast deze jaarlijkse kosten voor de gebruikers is een bijdrage aansluitkosten (BAK) meegenomen worden om de business case rendabel te krijgen. Deze BAK dient bij installatie van het systeem betaald te worden door de projectontwikkelaar van de nieuwbouw. Om tot een sluitende Business case te komen is een BAK en tariefstelling benodigd welke de CAPEX en OPEX over de gehele looptijd kan dekken. Een investeerder heeft een bepaalde rendementseis nodig op zijn investering, echter is deze rendementseis een belangrijke parameter om te variëren in een financiële model om de benodigde inkomsten in de business case voor een warmtesysteem betaalbaar te maken voor eindgebruikers. Daarnaast is vanuit de Autoriteit Consument en Markt een jaarlijkse tariefmaximum gesteld waaraan warmteleveranciers zich moeten houden. Deze regulering beschermt afnemers tegen te hoge kosten voor warmte en koude. Door recente prijsstijging van energiegrondstoffen is de tariefstelling voor warmte vanuit de ACM ook aangepast. Momenteel zijn hogere warmtekosten per aansluiting te vragen, echter is in dit Onderzoek uitgegaan van de ACM tarieven voor 2021 als referentieniveau. De hogere tarieven geldend voor 2022 zijn niet nodig voor een dekkende business case. Naast de jaarlijkse warmtetarieven is ook een maximale bijdrage aansluitkosten van toepassing. In Tabel 20 is een overzicht gegevens van de geldende maximale tarieven voor 2021 en 2022 (tarieven zijn excl. BTW). Deze tarieven zijn in volgende sectie gebruikt als referentie niveau.

Tabel 20: Warmtetarief referentie overzicht

Onderdeel	ACM 2021	ACM 2022
Vastrecht warmte en tapwater	€ 395,54	€ 408,74
Vastrecht koude	€ 197,07	€ 201,80
Warmtetarief	€ 21,08	€ 44,59
Meettarief	€ 22,17	€ 22,70
Bijdrage Aansluitkosten	€ 4.031,44	€ 4.089,46

8.4.2 Bijdrage Aansluitkosten

Zoals hierboven beschreven is een positieve business case benodigd om een (minimaal) project rendement te behalen. Echter is een betaalbare warmtevoorziening voor de eindgebruikers een even belangrijk aspect. Voor het sluiten van een business case voor een warmtesysteem zijn een aantal parameters te veranderen; vastrecht, warmtetarief en de BAK. Daarnaast zijn de drie parameters voor verschillende afnemers ook nog eens veranderlijk. Voor een betaalbare warmtevoorziening voor de eindgebruikers is de keus gemaakt om onder het maximale tariefniveau van de ACM voor 2021 te gaan zitten. Hiervoor zijn twee scenario's uitgewerkt.

- Scenario 1. Vastrecht 80% van ACM 2021 maximum en warmtetarief 90% van ACM 2021 maximum
- Scenario 2. Vastrecht 70% van ACM 2021 maximum en warmtetarief 80% van ACM 2021 maximum
- Scenario 3. Vastrecht 70% van ACM 2021 maximum en warmtetarief bepaalt voor een BAK van 0 euro
- Scenario 4. Vastrecht 100% van ACM 2021 maximum en warmtetarief 100% van ACM 2021 maximum

De bijdrage aansluitkosten is dan nog de enige variabele factor welke berekend kan worden door een Netto Contante Waarde van 0-euro te berekenen. De berekende BAK geeft dan een ondergrens voor een haalbare business case. In Tabel 21 en Tabel 22 is de benodigde bijdrage aansluitkosten berekend voor met bovenstaande tariefstellingen. Doordat een per deelcluster een verschillende verhouding tussen wonen en overige functies van toepassing is zal het bedrag afwijken voor de verschillende functies.

Tabel 21: Benodigde Bijdrage Aansluitkosten bij een lagere vastrecht (80% ACM 2021 niveau) en warmtetarief (90% ACM 2021 niveau) – Scenario 1

Deelcluster	Aansluitingen	Appartementen	Overig	Vastrecht Appartementen (80% ACM 2021)	Vastrecht Utiliteit	Warmtetarief (90% ACM 2021)	Benodigde BAK per aansluiting
Willemskwartier	1.133	1.125	8	€ 474,09	€ 592,61	€ 18,97	€ 2.062
Werkplaatsen/District Z	579	558	21				€ 10.691
Lurelui	690	686	4				€ 4.034
Hanzekwartier	1.121	1.100	21				€ 6.143
Hanze-Oost	255	250	5				€ 5.807

Tabel 22: Benodigde Bijdrage Aansluitkosten bij een lagere vastrecht (70% ACM 2021 niveau) en warmtetarief (80% ACM 2021 niveau) – Scenario 2

Deelcluster	Aansluitingen	Appartementen	Overig	Vastrecht Appartementen (70% ACM 2021)	Vastrecht Utiliteit	Warmtetarief (80% ACM 2021)	Benodigde BAK per aansluiting
Willemskwartier	1.133	1.125	8	€ 414,83	€ 592,61	€ 16,86	€ 3.989
Werkplaatsen/District Z	579	558	21				€ 13.118
Lurelui	690	686	4				€ 5.937
Hanzekwartier	1.121	1.100	21				€ 8.331
Hanze-Oost	255	250	5				€ 7.969

Tabel 23: Vastrecht 70% van ACM 2021 maximum en warmtetarief bepaalt voor een BAK van 0 euro – Scenario 3

Deelcluster	Aansluitingen	Appartementen	Overig	Vastrecht Appartementen (70% ACM 2021)	Vastrecht Utiliteit	Warmtetarief	Benodigde BAK per aansluiting
Willemskwartier	1.133	1.125	8	€ 414,83	€ 592,61	€ 29,63	€ 0
Werkplaatsen/District Z	579	558	21			€ 40,42	€ 0
Lurelui	690	686	4			€ 37,12	€ 0
Hanzekwartier	1.121	1.100	21			€ 36,07	€ 0
Hanze-Oost	255	250	5			€ 35,75	€ 0

Tabel 24: Vastrecht 100% van ACM 2021 maximum en warmtetarief 100% van ACM 2021 maximum – Scenario 4

Deelcluster	Aansluitingen	Appartementen	Overig	Vastrecht Appartementen (100% ACM 2021)	Vastrecht Utiliteit	Warmtetarief (100% ACM 2021)	Benodigde BAK per aansluiting
Willemskwartier	1.133	1.125	8	€ 592,61	€ 592,61	€ 21,08	€ 0
Werkplaatsen/District Z	579	558	21				€ 7.028
Lurelui	690	686	4				€ 855
Hanzekwartier	1.121	1.100	21				€ 2.697
Hanze-Oost	255	250	5				€ 3.387

8.5 Tariefstelling woningen

De eindgebruikerskosten zijn verschillende per type afnemer, de jaarlijkse en maandelijkse kosten zijn vooral afhankelijk van het variabel gebruik van warmte. De oppervlakte van de woning bepaalt in hoofdlijnen de jaarlijkse warmtevraag. Om een inzicht te krijgen in de jaarlijkse en maandelijkse kosten per appartementsgrootte is een berekening gemaakt welke is weergegeven in **Error! Reference source not found.** en

Oppervlakte	Warmteverbruik	Vastrecht (70% ACM 2021)	Warmtetarief (80% ACM 2021)	Meet tarief	Warmtekosten (jaarlijks) excl. BTW	Warmtekosten (jaarlijks) incl. BTW	Warmtekosten (maandelijks) incl. BTW
50 m2	9 GJ	€ 474,09	€ 18,97	€ 22,17	€ 666,94	€ 807,00	€ 67,25
60 m2	10,8 GJ				€ 701,08	€ 848,31	€ 70,69
70 m2	12,6 GJ				€ 735,22	€ 889,61	€ 74,13
80 m2	14,4 GJ				€ 769,35	€ 930,92	€ 77,58
90 m2	16,2 GJ				€ 803,49	€ 972,22	€ 81,02
100 m2	18 GJ				€ 837,63	€ 1.013,53	€ 84,46

Tabel 26. Deze tarieven zijn bepaald met de in de vorige sectie benoemde tariefstelling verlaagd vanaf ACM 2021 referentieniveau. Een range van 50 -100 m2 is genomen als oppervlakte van een appartement.

Tabel 25: Eindgebruikerskosten bij een lager vastrecht (80%) en warmtetarief (90%) – Scenario 1

Oppervlakte	Warmteverbruik	Vastrecht (70% ACM 2021)	Warmtetarief (80% ACM 2021)	Meet tarief	Warmtekosten (jaarlijks) excl. BTW	Warmtekosten (jaarlijks) incl. BTW	Warmtekosten (maandelijks) incl. BTW
50 m2	9 GJ	€ 474,09	€ 18,97	€ 22,17	€ 666,94	€ 807,00	€ 67,25
60 m2	10,8 GJ				€ 701,08	€ 848,31	€ 70,69
70 m2	12,6 GJ				€ 735,22	€ 889,61	€ 74,13
80 m2	14,4 GJ				€ 769,35	€ 930,92	€ 77,58
90 m2	16,2 GJ				€ 803,49	€ 972,22	€ 81,02
100 m2	18 GJ				€ 837,63	€ 1.013,53	€ 84,46

Tabel 26: Eindgebruikerskosten bij een lager vastrecht (70%) en warmtetarief (80%) – Scenario 2

Oppervlakte	Warmteverbruik	Vastrecht (70% ACM 2021)	Warmtetarief (80% ACM 2021)	Meet tarief	Warmtekosten (jaarlijks) excl. BTW	Warmtekosten (jaarlijks) incl. BTW	Warmtekosten (maandelijks) incl. BTW
50 m2	9 GJ	€ 414,83	€ 16,86	€ 22,17	€ 588,72	€ 712,35	€ 59,36
60 m2	10,8 GJ				€ 619,06	€ 749,06	€ 62,42
70 m2	12,6 GJ				€ 649,41	€ 785,78	€ 65,48
80 m2	14,4 GJ				€ 679,75	€ 822,50	€ 68,54
90 m2	16,2 GJ				€ 710,09	€ 859,21	€ 71,60
100 m2	18 GJ				€ 740,44	€ 895,93	€ 74,66

Tabel 27: Eindgebruikerskosten bij een lager vastrecht (70%) en een warmtetarief bij een BAK van 0 euro – Scenario 3

Oppervlakte	Warmteverbruik	Vastrecht (70% ACM 2021) excl. BTW	Warmtetarief excl. BTW	Meet tarief	Warmtekosten (jaarlijks) excl. BTW	Warmtekosten (jaarlijks) incl. BTW	Warmtekosten (maandelijks) incl. BTW
50 m2	9 GJ	€ 414,83	€ 38,80	€ 22,17	€ 759,20	€ 918,63	€ 76,55
60 m2	10,8 GJ				€ 823,64	€ 996,60	€ 83,05
70 m2	12,6 GJ				€ 888,08	€ 1.074,58	€ 89,55
80 m2	14,4 GJ				€ 952,52	€ 1.152,55	€ 96,05

90 m2	16,2 GJ				€ 1.016,96	€ 1.230,52	€ 102,54
100 m2	18 GJ				€ 1.081,40	€ 1.308,49	€ 109,04

Tabel 28: Eindgebruikerskosten bij een vastrecht en warmtetarief op maximaal ACM 2021 niveau - Scenario 4

Oppervlakte	Warmteverbruik	Vastrecht (70% ACM 2021) excl. BTW	Warmtetarief excl. BTW	Meet tarief	Warmtekosten (jaarlijks) excl. BTW	Warmtekosten (jaarlijks) incl. BTW	Warmtekosten (maandelijks) incl. BTW
50 m2	9 GJ	€ 592,61	€ 21,08	€ 22,17	€ 804,50	€ 973,45	€ 81,12
60 m2	10,8 GJ				€ 842,44	€ 1.019,36	€ 84,95
70 m2	12,6 GJ				€ 880,39	€ 1.065,27	€ 88,77
80 m2	14,4 GJ				€ 918,33	€ 1.111,18	€ 92,60
90 m2	16,2 GJ				€ 956,28	€ 1.157,09	€ 96,42
100 m2	18 GJ				€ 994,22	€ 1.203,01	€ 100,25

9 Organisatie & ontwikkeling WKO bronnet

9.1 Regievarianten

Voor de ontwikkeling, realisatie en exploitatie van een collectief warmtesysteem in de Spoorzone, zijn er een aantal varianten mogelijk waarbij de gemeente regie heeft, of invloed kan uitoefenen. Allereerst is het onderscheid tussen reguleren en regievoeren van groot belang:

- Bij het **reguleren** is de gemeente zelf kaderstellend en kan faciliterend optreden met het oog op het publieke belang, en
- Wanneer de gemeente **regie** voert is zij – met haar eventuele partners – een dominant bepalende partij is de keuze, ontwerp en/of het verloop. Zij zal echter wel in meer of mindere mate (mede-)afhankelijk zijn van haar partners in het collectieve systeem.

Als we dat onderscheid aanhouden, dan is er één weg waarbij de gemeente daadwerkelijk regulerend kan zijn in de Spoorzone; zijnde via de publieksrechtelijke weg (zie 9.4). In de andere geschetste vormen voert zij regie en is het altijd onderhevig aan samenwerking en gedeeld eigenaarschap of verantwoordelijkheid, waaronder ook risicodragend (zie 9.5 en 9.6). Daarmee heeft de gemeente wel invloed, maar kan zij niet enkelzijdig bepalend zijn. Daarnaast heeft de gemeente ook invloed als lid van de gebiedscoalities. Zij zou ook enkele deze rol kunnen benutten om haar invloed uit te oefenen en de regie volledig bij de gebiedscoalities neer te leggen (zie 9.7). Daarbij is het wel belangrijk om goed af te wegen in welke hoedanigheid de gemeente lid is van de coalitie; als vertegenwoordiger van het publieke belang of als eigenaar van grond en/of vastgoed.

Als we kijken naar de verschillende scenario's, zetten we deze uit in de tijd. Daarbij onderscheiden we – op hoofdlijnen – 4 fasen van de warmtetransitie, of de ontwikkeling van een duurzaam warmtesysteem. Op dit moment bevindt het project zich nog in de eindfase het van evaluatie en strategiebepaling; een evaluatie van de mogelijke oplossingsrichtingen, het verkennen van de ruimte waarbinnen een haalbare businesscase mogelijk is en het uitdenken van een organisatievorm – voor zowel de gemeente als de samenwerking met de gebiedscoalities – die past bij het voorgenomen project. Dit is tevens de fase waarin er een besluit genomen dient te worden over een van de onderstaande varianten. Alvorens er daadwerkelijk met de projectontwikkeling gestart kan gaan worden, moet er duidelijkheid zijn over de rollen, verantwoordelijkheden en eventuele daaraan verbonden gemeentelijke en organisatorische besluiten.

Op het moment dat alle partijen het eens zijn over het te ontwikkelen concept, alsmede de daarbij horende organisatievorm of kaderstelling, kan er gestart worden met de ontwikkeling van het collectieve warmtesysteem: het WKO-bronnennet. De ontwikkelingsfase loopt door tot en met het nemen van financial close door de ontwikkelende partij. Daarna kan formeel gestart worden met de realisatie, die doorloopt tot de eerste levering van duurzame warmte. Op het moment dat er sprake is van levering, spreken we van de exploratiefase.

De voorgestelde regievarianten zijn uitgezet tegen deze fasering van projectontwikkeling.

Kader 1. Waarom een formeel besluit hierover raadzaam is

De verschillende regievarianten zijn geschreven vanuit het perspectief van de borging van het algemene en publieke belang, waaronder een fossielvrije Spoorzone in 2030. Deze verkenning van regievarianten is op zichzelf van ondergeschikt belang voor de private partijen in de Spoorzone. Zij kunnen immers zelf de markt benaderen en zijn – anders dan het ontwikkelkader – niet gebonden.

Om te voorkomen dat er nu of op (lange) termijn problemen of onduidelijkheden ontstaan, raden we aan om voorafgaande aan de start van de ontwikkeling van een warmtesysteem met een collectief karakter expliciete duidelijkheid te verschaffen. Dit voorkomt onnodige investeringen van geld en/of tijd. Denk daarbij aan bijvoorbeeld het in concurrentie moeten inschrijven op een concessie of vergunning door een reeds door een private geselecteerde ontwikkelaar.

9.2 Belangrijke aanname/ woord vooraf

In het onderstaande advies zijn we ervan uitgegaan dat het warmtesysteem voor de Spoorzone gezien kan worden als een open warmtenet. Hoewel dit vanuit het huidige perspectief geen onredelijke aanname is, kan het wel zijn dat bij de vaststelling van het definitieve exploitatiemodel – ofwel de verdeling van de warmtewaardeketen – er op enkele onderdelen herzieningen nodig zijn. Hieronder lichten we dit kort toe:

Voor een definitieve conclusie is het technisch gezien belangrijk inzichtelijk te krijgen of het in plaats van een warmtenet, gekoppelde individuele private WKO's/ bronnen zijn, die elkaar balanceren; wat de een te veel heeft en de

ander te weinig en visa versa. Dat is namelijk een wezenlijk andere uitgangssituatie dan een (open) warmtenet. Bij een warmtenet gaan we uit van een of meer warmtebron(nen) die, via een net, meerdere gebouwen en woningen van warmte voorziet.

Als het een bronnennet betreft met individuele, private bronnen is, dan is het stempel van de private in eigendom zijnde WKO veel belangrijker dan het collectieve systeem. Dat kan op haar beurt ook een weerslag hebben op de al dan niet gewenste regierol van de gemeente.

In onderstaande voorstel zijn we uitgegaan van een warmtenet, terwijl er bij een (WKO-) bronnennet ook sprake kan zijn van meerdere individuele en (private) bronnen die in principe alleen voor eigen gebruik worden geëxploiteerd en waarbij overschot gedeeld kan worden. En daarbij dient dan ook de vraag beantwoord te worden of ze in dat geval ook aan derden (kunnen/mogen) leveren die geen WKO hebben, maar wel een warmtevraag?

De rol van de gemeente lijkt dan veel beperkter, dan bij een collectief warmtesysteem. De publiekrechtelijke invloed is dan voornamelijk gelegen in bodemenergieverdeelsysteem en indifferentie, dan in de regie op het geheel.

9.3 Leidende belangen gemeente in de Spoorzone

Voor onder andere de ontwikkeling van een duurzame warmtevoorziening in de Spoorzone, hebben de gemeente en de gebiedscoalities zich gezamenlijk geëngageerd aan het ontwikkelkader voor de Spoorzone. Daarin is opgenomen dat de Spoorzone in 2030 fossielvrij is en uiteindelijk in 2050 energieneutraal zal zijn.

Daarnaast hebben de eerste verkenning- en haalbaarheidsstudies (2020) uitgewezen dat om te komen tot een fossielvrije Spoorzone in 2030, er een collectief warmtesysteem nodig gaat zijn. De voorkeursvariant daarbij was de ontwikkeling van het WKO-bronnennet, waarbij het gehele gebied nodig is voor de warmteopwek/ -balanceren en de bestaande restricties (waaronder drinkwaterwinning) te respecteren.

Hieruit volgt dat de volgende belangen leidend zijn voor de gemeente om haar doelen te verwezenlijken:

- De eindoplossing moet in 2030 fossielvrij zijn, en
- Om dat te bewerkstelligen moet de bodemenergie optimaal benut worden.

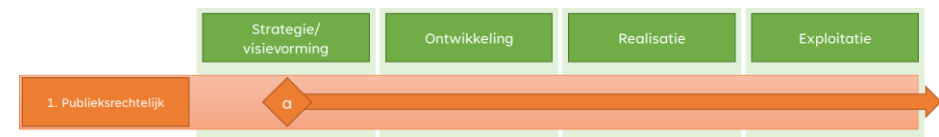
Kader 2. Nota bene

De eindoplossing – een WKO-bronnennet – lijkt het beste te passen bij de ambitie om in 2030 fossielvrij te zijn. Echter, er is ook gebleken uit de haalbaarheidsstudie (2020) dat dit niet de meest voordelige warmteoplossing is.

In haar overwegingen dient de gemeente er dus wel rekening mee te houden dat er op enig manier een beroep zal worden gedaan om de gemeente voor de financiering voor de meerprijs of onrendabele top.

Het daarnaast invloed hebben op de eindgebruikerskosten, zal meegenomen worden in de onderstaande varianten.

9.4 Publiekrechtelijke (regulerend)



Via de **publiekrechtelijke** weg wordt er een beleidskader en/of een verordening opgesteld voor de Spoorzone. Dit kader of verordening zou in lijn kunnen zijn met het huidige voorstel in de Wet Collectieve Warmtevoorziening (WCW, ofwel Warmtewet 2.0: Zie kader 3 voor een toelichting op het huidige voorstel in de WCW). Zo zou er een vergunning nodig kunnen zijn binnen het gebied voor de realisatie van WKO-bronnen en/of de aanleg van een warmtenet. Via de verordening kan het publieke belang geborgd worden en kan het ook voorwaardenstellend en kaderstellend voor private initiatieven.

Kader 3. De aanwijzing van een warmtebedrijf in de Wet Collectieve Warmtevoorziening

De Wet Collectieve Warmtevoorziening (WCW) geeft de gemeente de regie bij de aanleg en exploitatie van warmtenetten. Burgemeester en wethouders krijgen de bevoegdheid om een warmtebedrijf aan te wijzen. Daartoe is in artikel 2.2 WCW een verbodsbepaling opgenomen waarin is bepaald dat het verboden is om zonder aanwijzing van Burgemeester en wethouders warmte te transporteren en te leveren aan verbruikers.

In artikel 2.3 WCW is bepaald dat op aanvraag van een warmtebedrijf en na het doorlopen van een transparante en non-discriminatoire aanwijzingsprocedure B&W voor minimaal 20 jaar en maximaal 30 jaar een warmtebedrijf kunnen aanwijzen dat de exclusieve bevoegdheid heeft binnen de warmtekavel warmte te transporteren en te leveren aan verbruikers. Het aangewezen warmtebedrijf wordt ook integraal verantwoordelijk voor de realisatie en exploitatie van het collectieve warmtesysteem en is verplicht om verbruikers binnen de kavel aan te sluiten.

Voorwaarde voor het warmtebedrijf dat een aanvraag wil indienen is dat de ACM heeft vastgesteld dat het warmtebedrijf beschikt over voldoende organisatorische en technische bekwaamheid noodzakelijk voor de uitvoering van de taken als bedoeld in artikel 2.8 WCW voor de desbetreffende kavel. Ook dient het aanvragende warmtebedrijf financieel voldoende in staat te zijn om haar taken te kunnen uitvoeren in de betreffende warmtekavel.

Bij de aanvraag dient het warmtebedrijf een globaal kavelplan in, waarbij een indicatieve beschrijving is gegeven van de elementen die in een uitgewerkt kavelplan dienen te worden beschreven (artikel 2.11.2 WCW). Kort gezegd: Op welke wijze gaat het warmtebedrijf een collectief warmtesysteem aanleggen en exploiteren binnen de kavel.

Indien er meerdere aanvragen zijn, dan dienen de aanvragen zodanig door Burgemeester en wethouders te worden gerangschikt dat een aanvraag hoger gerangschikt wordt naarmate:

- de normen van de duurzaamheidsstrategie gehaald wordt (artikel 2.16 WCW),
- een doelmatige en kosteneffectieve aanleg en exploitatie wordt geborgd,
- de leveringszekerheid wordt geborgd
- de verbruikers worden betrokken bij de aanleg, ontwikkeling en exploitatie
- aannemelijk wordt dat het globaal opgestelde kavelplan technisch, financieel en organisatorisch uitgevoerd kan worden.

De WCW bepaalt tevens dat bij Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB's) nadere regels kunnen worden gesteld aan de aanwijzingsprocedure, waaronder nadere invulling van bovengenoemde punten en voorschriften en beperkingen die aan een aanwijzing kunnen worden verbonden.

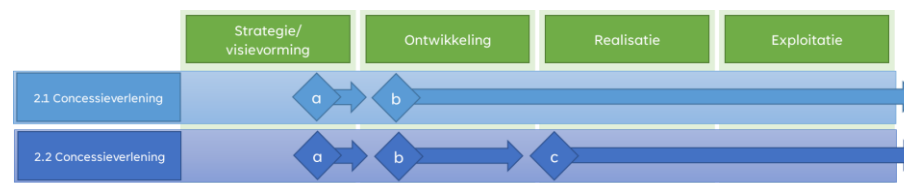
Invloed via vergunningverlening voor bodemenergiesystemen

Daarnaast heeft de gemeentelijk ook de mogelijkheid om regulerend op te treden en invloed uit te oefenen via het Wet Milieubeheer en het Activiteitenbesluit -

vergunningverlening voor bodemenergiesystemen. In dat geval zou indifferentie tussen systemen een de samenwerking tussen vergunning-aanvragers kunnen bevorderen. Echter, in tegenstelling tot de lokale verordening, beperkt zich hier de invloedssfeer zich tot de bodemenergiesystemen; de WKO-bronnen.

Die varianten waarin de gemeente regulerend optreedt en waarmee zij (private) partijen kan stimuleren om te komen tot warmtenetten. Nadeel is dat er meer beleidsvorming nodig is en dat dit een langere aanlooptijd vergt omdat men niet alleen voor de Spoorzone Zwolle regulerend optreedt maar voor het gemeentelijke grondgebied.

9.5 Concessieverlening (regie)



De gemeente heeft ook de mogelijkheid om een **warmteconcessie** af te geven voor een collectief warmtesysteem (ergo: een warmtenet). De gemeente wijst via aanbesteding dan een (collectief van) marktpartij(en) aan die de ontwikkeling, realisatie en exploitatie voor haar rekening neemt. Dit stelt de gemeente in staat om regie uit te oefenen aan de voorkant van de ontwikkeling en daarmee het publieke belang te borgen.

Hierin is nog een differentiatie aan te maken, waarbij je in optie 2.1 na het vaststellen van de concessie (2.1.a), direct de Concessieovereenkomst (2.1.b) aanbesteed. Dat vraagt veel inspanning aan de voorzijde om de aanbesteding goed te definiëren en ook het gewenste eindresultaat scherp voor ogen te hebben. Echter, om de *invloed* te vergroten en ook voorwaarden te kunnen blijven stellen aan de ontwikkeling (denk aan snelheid, duurzaamheid, gebruikerskosten, etc.), is het ook mogelijk om eerst samen te werken met een marktpartij onder een contractuele samenwerking (2.2.b). Tijdens de contractuele samenwerking wordt er gewerkt naar een haalbare, duurzame en toekomstbestendig businesscase die zicht biedt op een investeringsbesluit. Op dat moment kan de marktpartij een aanbod doen voor een Concessieovereenkomst (2.2.c).

In beide gevallen biedt deze variant ook voldoende sturingsmiddelen aan de voorzijde, om een warmtebedrijf te selecteren die recht doet aan zowel de belangen van de

gemeente als de wensen van de gebiedscoalities, waaronder een hoge mate van gedeeld (of coöperatief) eigenaarschap.

Of zij dit doet voor de gehele Spoorzone in één keer, of per deelgebied/ cluster is daarnaast een functionele afweging.

Kader 4: Schaars goed?

Indien de bronnen in private eigendom zijn/blijven, dan rijst de vraag welk exclusief recht de gemeente dan te vergeven heeft, als de bronnen en hun onderlinge verbondenheid het hart van systeem vormen en enkel zichzelf bedienen en hooguit ook aan derden kunnen of mogen leveren?

9.6 Gemeentelijke deelname (invloed)



Hoewel op voorhand aangegeven als niet aan de orde zijnde, hoort wel de benoeming van de optie bij het volledige verhaal: De **gemeentelijke deelname** in een warmte- of infrabedrijf. Naast het afgeven van een concessie is dit namelijk een andere manier om invloed uit te kunnen oefenen op de ontwikkeling, realisatie en exploitatie van een warmtenet in de Spoorzone. De deelname zou in een grote verscheidenheid mogelijk zijn – denk aan een gemeentelijk exploitatie model (GEM), een special purpose vehicle (SPV) of een Corporatie. In alle gevallen is er daarbij wel nadrukkelijk aandacht nodig voor de beperkingen van Staatssteun.

Hieronder geven we een kort overzicht van de mogelijkheden, inclusief de geldende voor- en nadelen op hoofdlijnen:

Besloten Vennootschap (bv)

- Binnen een bv (ook wel een 'project-bv' genoemd) kan de gemeente invloed uitoefenen door haar rechten als aandeelhouder te gebruiken. Denk daarbij aan stemrecht en het recht tot het bijeenroepen van een aandeelhoudersvergadering. Zolang de gemeente geen bestuurlijke rol neemt in de bv, zal ook de aansprakelijkheid beperkt blijven tot enkel en alleen haar eigen aandeel in de onderneming.

Commanditaire Vennootschap (cv)

- Een variant die vanuit een ontwikkelaar of warmtebedrijf voorgesteld zou kunnen worden, is de cv. In dat geval zal de gemeente commandiet worden, waardoor zij slechts en alleen maar financieel kan bijdragen aan de onderneming. Op het moment dat de gemeente toch invloed uitoefent of naar buiten de onderneming vertegenwoordigd, acteert zij in overtreding met het beheersverbod en kan zijn hoofdelijk aansprakelijk gesteld worden voor de gehele schade. Los van dat in deze vorm van actieve deelname de mogelijkheden van invloed het geringst is, is ook het afbreukrisico voor de gemeente hier het grootste.

Corporatie (of Coöperatie)/ Vereniging

- Indien er wordt gekozen om het collectieve warmtesysteem van een grote mate van gedeeld eigenaarschap te voorzien, zou de gemeente ook lid kunnen worden van een (energie-)corporatie. Deze corporatie zou als doel moeten hebben om in de duurzame warmtevoorziening (de stoffelijke behoefte) van haar leden te voorzien.

In alle bovenstaande gevallen dient er altijd rekening gehouden te worden met de regels omtrent staatssteun. Er zou met betrekking tot de aansprakelijkheid van de gemeente moeten worden gekeken naar de invloed die zij wil hebben op het bestuur van de vereniging. Dat kan via het lidmaatschap. Wel speelt vaak de vraag in deze organisatievorm of de gemeente wel een verbonden partij (lid) wil zijn. Dit zou kunnen betekenen dat gemeentelijke deelname niet toegestaan is, of dat de gemeente geen stemrecht zou mogen uitoefenen. Dit kan verder verrijkt en onderzocht worden, wanneer er daadwerkelijk zicht is op gemeentelijke deelname.

9.7 Regie bij de Gebiedscoalities

Zolang de nieuwe warmtewet (Wet Collectieve Warmtevoorziening) nog niet vastgesteld is, staat het iedere partij, coalitie of zelfs bedrijven/ ontwikkelaars buiten enige samenwerking om vrij om met een propositie de warmtevragers in de Spoorzone te benaderen. Denk aan innovatieve technieken en gebouw gebonden oplossingen. Deze kunnen voor een individuele partij (op de korte termijn) voordelig zijn, maar een negatieve weerslag hebben op de haalbaarheid en financierbaarheid van een ander (collectief) duurzaam warmtesysteem. Wel biedt deze variant veel vrijheid aan de verschillende partijen en coalities binnen de Spoorzone om op eigen voorwaarden en tempo te ontwikkelen.

9.8 Financiering door de gemeente (subsidie)

Indien, zoals geschetst in kader 1, er inderdaad naar de gemeente gekeken zal worden voor een bijdrage voor de meerprijs of de onrendabele top, kan zij naast enigerlei vorm van participatie, ook een (achtergestelde) lening verstrekken. Ook hier dient er rekening gehouden te worden met de regels omtrent staatssteun en zal de (achtergestelde) lening tegen een marktconforme rente verstrekt moeten worden. Ook verdere beperkingen of voorwaarden dienen dan scherp in beeld te komen, waartoe de Wet Markt en Overheid, alsmede de Gedragsregels voor de Overheid² inzicht bieden.

Wel biedt het eventueel de mogelijkheid om – bij een succesvol project – de afbetaling te storten in een energiefonds die ten goede komt aan de verdere verduurzaming van de Spoorzone, om uiteindelijk tot een energieneutrale Spoorzone te komen in 2050

9.9 Samenvatting en conclusie

Indien de gemeente veel waarde hecht aan daadwerkelijk regie kunnen voeren in de totstandkoming van een duurzaam (collectief) warmtesysteem in de Spoorzone, zal zij dit zelf moeten doen via participatie in of eigen warmtebedrijf, dan wel via subsidie of financiering moeten organiseren. Ofwel, zij kan regulerende rol nemen en een beleidskader of lokale verordening opstellen waarin bepaald wordt dat er alleen met toestemming van het college van B&W/ een warmtenet aangelegd mag worden en onder welke voorwaarden dit kan geschieden.

Echter, het kan zijn dat de belangen van de gemeente – waaronder een fossielvrije Spoorzone in 2030 en daarmee het optimaal gebruik van de bodem(-energie) om dat te bewerkstelligen – voldoende geborgd kunnen worden, wanneer zij een concessie verleent voor de aanleg en uitbating van een warmtenet (zie kader 3). Via een contractuele samenwerking met een uitvoerend warmtebedrijf (aldanniet in oprichting of een samenwerking van meerdere partijen) kan zij daarnaast ook invloed uitoefenen op andere aspecten van het warmtesysteem, waaronder de businesscase cq. de eindgebruikerskosten.

Als laatste hebben we de participatie van de gemeente in een onderneming (warmte- of infrabedrijf) genoemd. Hier kan de gemeente invloed uitoefenen, maar draagt zij tevens het bijbehorende risico. Mede omdat de gemeente dit op voorhand niet wenselijk acht, raden we deze variant dan ook niet aan.

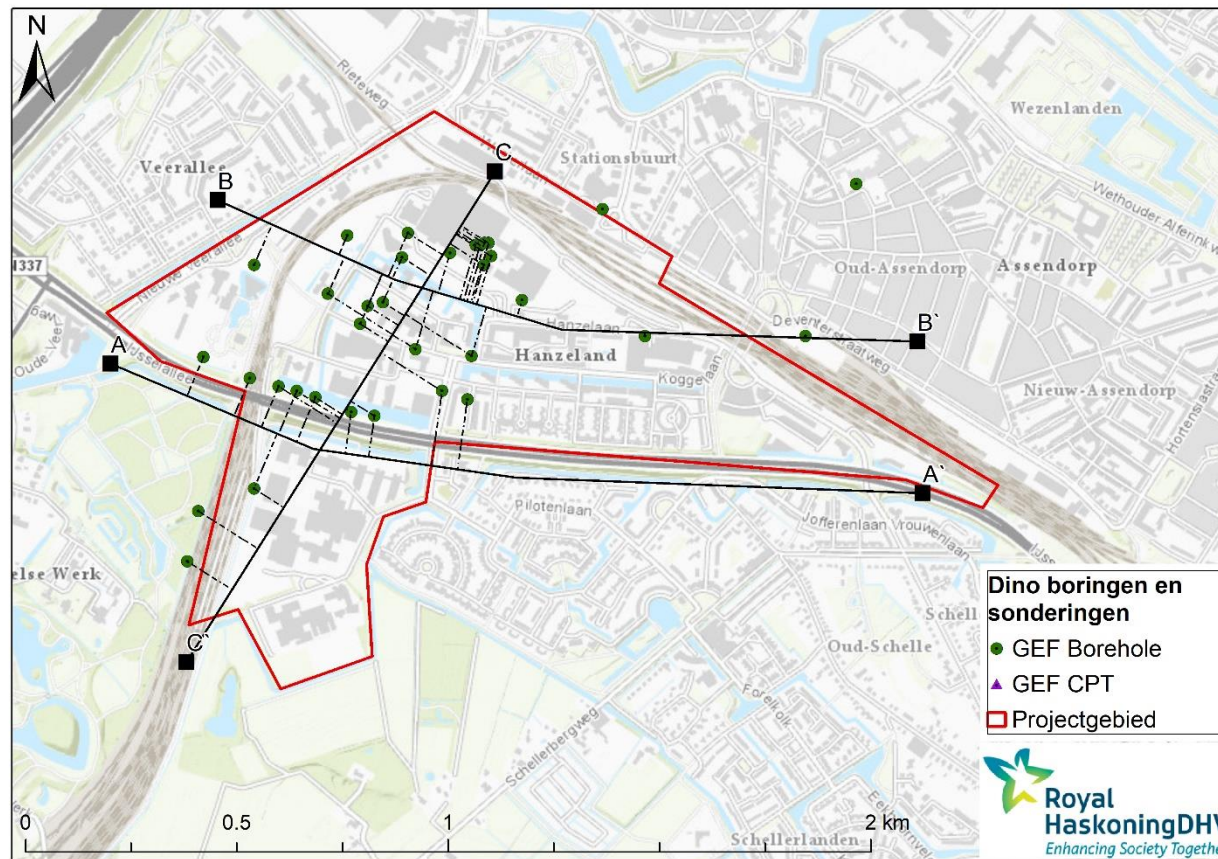
Conclusie

Hoewel er via de publieksrechtelijke weg de meest solide regulerende rol gevoegd kan worden, achter wij de mogelijkheden die de concessieverlening biedt passender bij de wensen, belangen én karakteristiek van de samenwerking tussen de gemeente en de gebiedscoalities. In de totstandkoming van de concessie dient dan voldoende aandacht te zijn voor de duurzaamheid, de ontwikkeling en realisatie vóór 2030, de eindgebruikerskosten en de mogelijkheid voor eventueel gedeeld of coöperatief eigenaarschap. Gelet de complexiteit en de innovativiteit, is daarbij een fase van contractuele samenwerking tussen de gemeente en het geselecteerde warmtebedrijf aan te raden, zodat er voldoende tijd blijft of een definitieve concessieovereenkomst robuust en toekomstbestendig op te stellen.

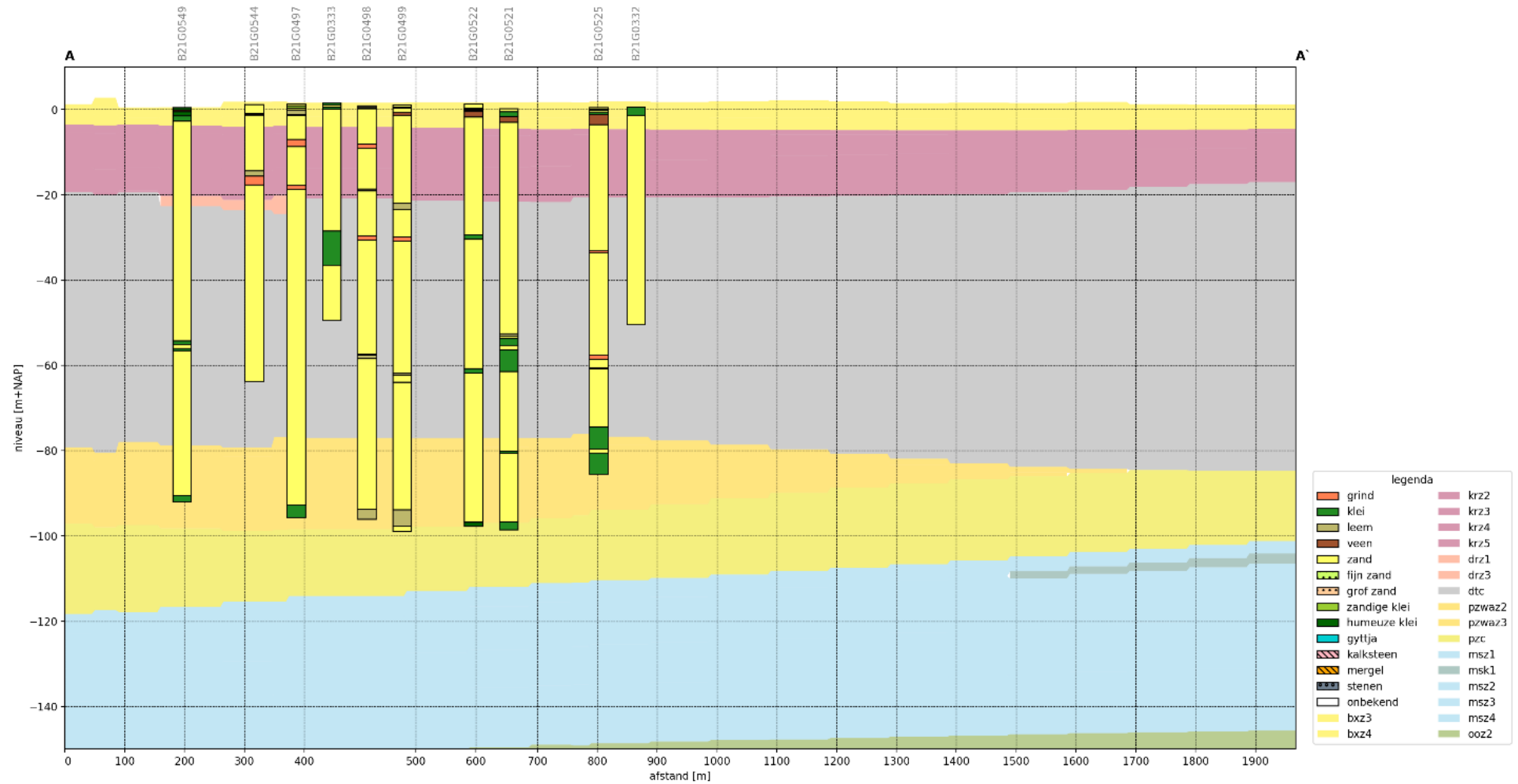
Deze conclusie geldt onder aanname dat het warmtesysteem Spoorzone als een collectief (open) warmtenet kunnen beschouwen. Indien het private eigendom van de bronnen leidend is, moet deze conclusie worden herzien.

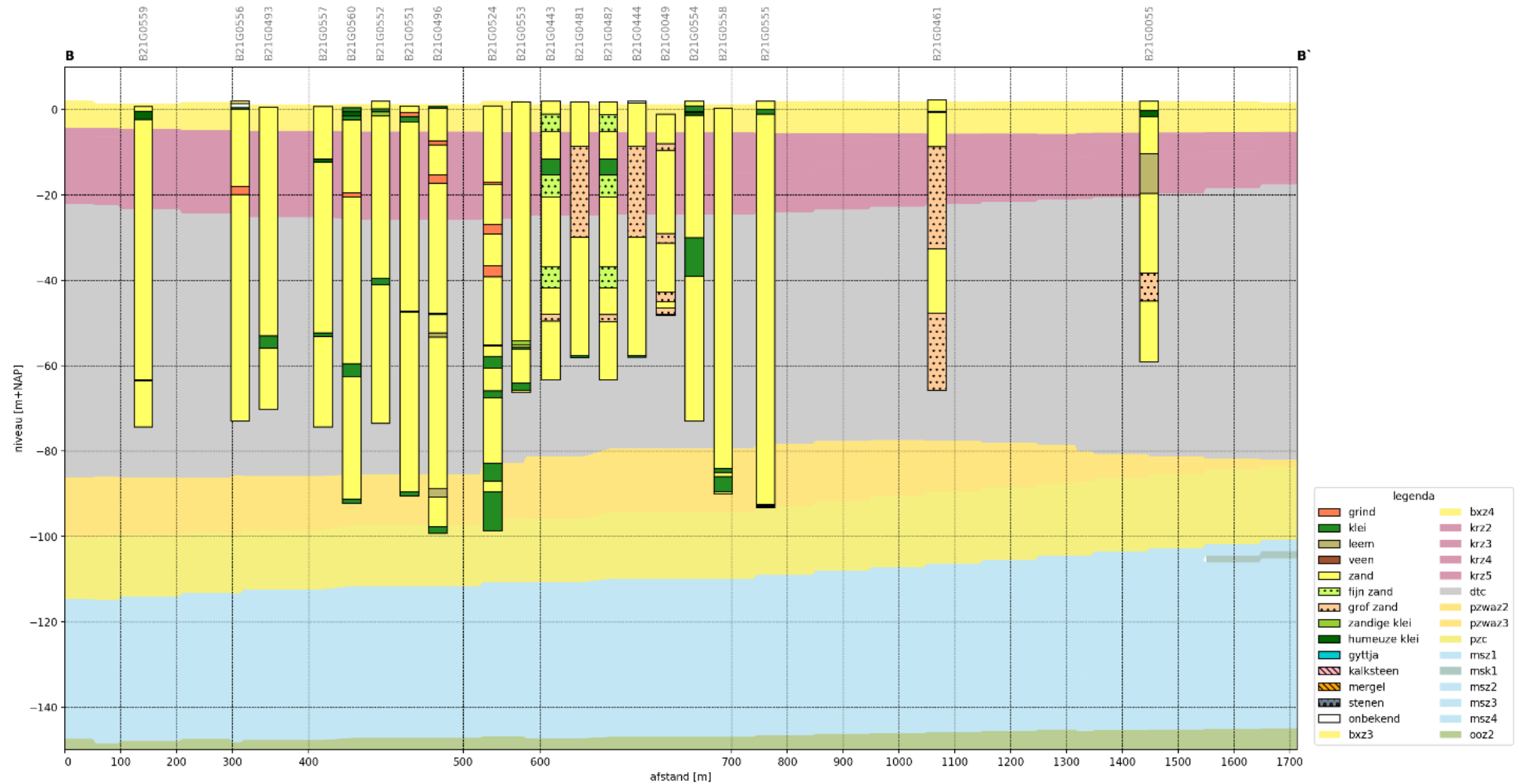
² (1) Doorberekening kosten, (2) bevoordelingsverbod, (3) gegevensgebruik en (4) functiescheiding

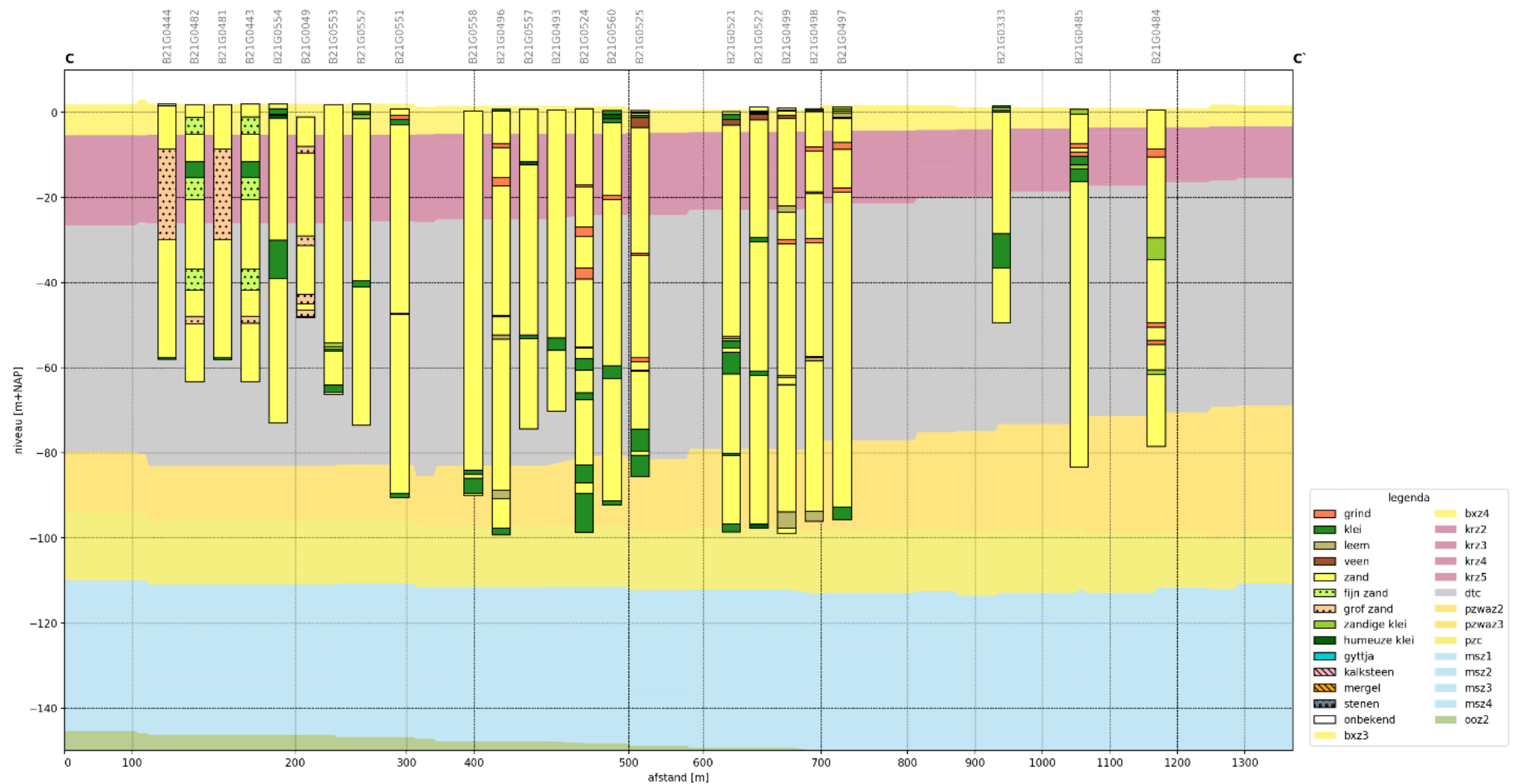
Bijlage 1: Bodemprofielen booronderzoek



Figuur: Locatie boringen dieper dan 50 m mv. en doorsnedes







Bijlage 2: Thermische straal en onderlinge bronafstand

Thermische straal WKO-bronnen

De thermische straal kan berekend worden middels de volgende relatie:

$$r_{th} = \sqrt{\frac{Q}{H \cdot \pi \cdot R \cdot n}}$$

Met:

r_{th} = thermische straal [m]

Q = Verpompte hoeveelheid grondwater per seizoen [m³]

H = Lengte bronfilter [m]

n = porositeit [-]

R = retardatiefactor als gevolg van warmte uitwisseling [-]

In de praktijk verplaatsen de thermische bellen zich minder snel dan het grondwater, dit als gevolg van de warmteoverdracht tussen sediment en poriewater. Deze warmteoverdracht is vrijwel instantaan oftewel er is een thermisch evenwicht tussen het water en het sediment. De mate van warmteoverdracht kan beschreven worden middels een retardatiefactor (R):

$$R = \frac{\rho_f \cdot c_f \cdot n + (1 - n) \cdot \rho_m \cdot c_m}{n \cdot \rho_f \cdot c_f}$$

Met:

ρ_m = Soortelijk gewicht bodemmatrix = 2700 [kg/m³]

c_m = Specifieke warmte capaciteit bodemmatrix = 750 [Jkg⁻¹K⁻¹]

n = porositeit [-]

ρ_f = Soortelijk gewicht grondwater = 1000 [kg/m³]

c_f = Specifieke warmte capaciteit grondwater = 4182 [Jkg⁻¹K⁻¹]

Als gevolg van warmteopname van de matrix wordt de verspreiding van koud en warm water vertraagd (geretardeerd). De retardatiefactor voor een zandpakket, uitgaande van een porositeit van 0.35, bedraagt circa 1.9, oftewel de verplaatsingssnelheid van een thermisch front is 1.9 maal trager dan dat van grondwater.

Uitgaande van een debiet van 100 m³/uur, 1500 vollasturen, een porositeit van 0.35 en een filterlengte van 30 meter wordt een thermische straal van 49 meter berekend.

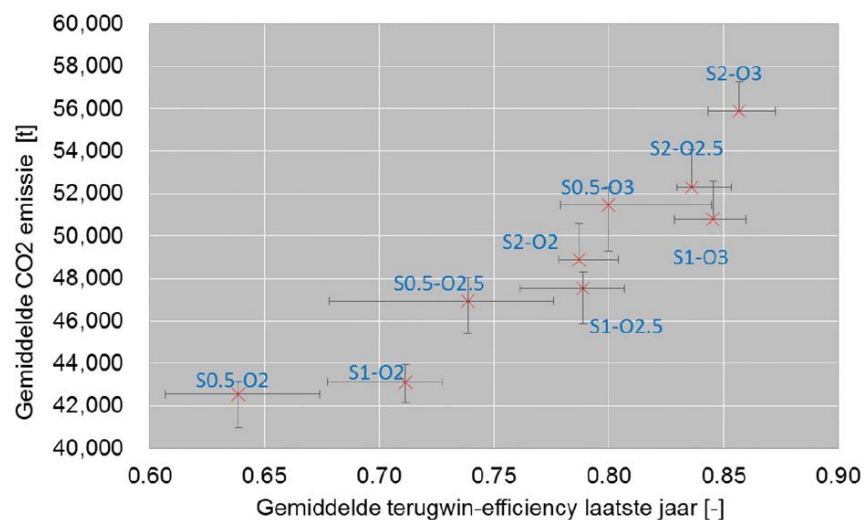
Onderlinge bronafstand

In de rapportage van KWR “Optimale ondergrondse inpassing van open bodemenergiesystemen”³ is uitgebreid onderzoek gedaan naar de optimalisatie van het gebruik van de bodem. Middels een case-study is bepaald wat de optimale afstand is tussen de bronnen in relatie tot de CO₂-reductie en de terugwinefficiëntie.

De gemiddelde terugwin-efficiëntie ($\eta = \frac{\text{energie geladen}}{\text{energie onttrokken}}$ in één seizoen) is afhankelijk van de onderlinge bronafstand. De bronafstand wordt hierbij uitgedrukt door een factor D_s (voor dezelfde soort bronnen bijv. warm-warm) en D_o (voor verschillende type bronnen bijv. warm-koud) maal de thermische straal r_{th} van de bronnen.

³ Mei 2020, KWR, Optimale ondergrondse inpassing van open bodemenergiesystemen

De resultaten van de case-study zijn weergegeven in figuur 1. In de case-study van KWR kan zelfs voor de kleinste onderlinge afstand, waarbij dus de meeste bronnen in de ondergrond gerealiseerd kunnen worden, niet worden voorzien in de totale vraag. Daarom is bij een onderlinge afstand met $D_s=0.5$ en $D_o=2$ keer de thermische straal de CO_2 -reductie optimaal. In deze studie voor de spoorzone Zwolle is het relevanter om de terugwinefficiëntie te optimaliseren. Uit de studie van KWR blijkt dat de terugwinefficiëntie het grootst is bij $D_s=2$ en $D_o=3$. Gezien de beperkte ruimte wordt in deze studie uitgegaan van $D_s=1$ en $D_o=3$, waarbij een terugwinefficiëntie van circa 0.84 kan worden gerealiseerd. Hiermee wordt maar weinig ingeboet op de maximale terugwinefficiëntie van circa 0.87.



Figuur1. Gemiddelde terugwin-efficiëntie en CO_2 uitstoot voor de case-study KWR. S en O zijn in deze figuur gelijk aan respectievelijk de factoren D_s en D_o .

Bijlage 3: CAPEX per deelgebied

CAPEX	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp
	Willemskwartier		Werkplaatsen/District-Z		Lurelui		Hanzekwartier		Hanze-Oost	
Warmte-infrastructuur										
Totaal transportleidingen & gebouwaansluitingen	€ -	€ 791.000	€ -	€ 1.035.200	€ -	€ 962.000	€ -	€ 1.327.000	€ -	€ 269.000
Warmtebron										
Investerings Warmtepomp	€ 3.299.943	€ 3.299.943	€ 2.886.453	€ 2.886.453	€ 1.812.566	€ 1.812.566	€ 4.359.566	€ 4.359.566	€ 964.698	€ 964.698
Investerings Open WKO	€ -	€ 900.000	€ -	€ 900.000	€ -	€ 600.000	€ -	€ 1.200.000	€ -	€ 300.000
Investerings Drycoolers	€ -	€ 263.995	€ -	€ 230.916	€ -	€ 145.005	€ -	€ 348.765	€ -	€ 77.176
Investering overige kosten	€ 89.600	€ 134.400	€ 145.600	€ 218.400	€ 168.000	€ 252.000	€ 190.400	€ 285.600	€ 33.600	€ 50.400
Gebouwniveau										
Kosten aansluiting warmtenet	€ 3.519.000	€ 3.519.000	€ 1.737.000	€ 1.737.000	€ 2.070.000	€ 2.070.000	€ 3.363.000	€ 3.363.000	€ 765.000	€ 765.000
Overig										
Totaal herinvestering (15 jaar)	€ 1.833.302	€ 1.979.966	€ 1.603.585	€ 1.731.872	€ 1.006.981	€ 1.087.540	€ 2.421.981	€ 2.615.740	€ 535.943	€ 578.819
Totaal decommissioning	€ -	€ 150.000	€ -	€ 150.000	€ -	€ 100.000	€ -	€ 200.000	€ -	€ 50.000
Ontwikkelkosten	€ -	€ 445.417	€ -	€ 350.398	€ -	€ 292.078,57	€ -	€ 544.197	€ -	€ 121.314
Aansluitingen	1.173	1.173	579	579	690	690	1.121	1.121	255	255
CAPEX Totaal	€ 8.741.845	€ 11.038.305	€ 6.372.638	€ 8.889.841	€ 5.057.547	€ 7.029.111	€ 10.334.947	€ 13.699.671	€ 2.299.242	€ 3.055.093
CAPEX per aansluiting	€ 7.453	€ 9.410	€ 11.006	€ 15.354	€ 7.330	€ 10.187	€ 9.219	€ 12.221	€ 9.017	€ 11.981

Bijlage 4: OPEX per deelgebied

OPEX	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp	Individueel all electric - L/W warmtepomp	WKO bronnet - W/W warmtepomp
	Willemskwartier		Werkplaatsen/District-Z		Lurelui		Hanzekwartier		Hanzekwartier	
Onderhoud										
Onderhoud warmtenet	€ -	€ 7.910	€ -	€ 10.352	€ -	€ 9.620	€ -	€ 13.270	€ -	€ 2.690
Onderhoudskosten Warmtepomp	€ 65.999	€ 65.999	€ 57.729	€ 57.729	€ 36.251	€ 36.251	€ 87.191	€ 87.191	€ 19.294	€ 19.294
Onderhoudskosten WKO bronnen	€ -	€ 18.000	€ -	€ 18.000	€ -	€ 12.000	€ -	€ 24.000	€ -	€ 6.000
Onderhoudskosten Drycoolers	€ -	€ 5.280	€ -	€ 4.618	€ -	€ 2.900	€ -	€ 6.975	€ -	€ 1.544
Opex vaste kosten	€ 1.792	€ 2.688	€ 2.912	€ 4.368	€ 3.360	€ 5.040	€ 3.808	€ 5.712	€ 672	€ 1.008
Energie										
Elektra inkoop kosten	€ 221.245	€ 167.395	€ 234.834	€ 146.420	€ 121.664	€ 91.945	€ 318.536	€ 221.146	€ 73.184	€ 48.936
Totaal EB en ODE elektra	€ 98.937	€ 84.299	€ 119.459	€ 93.368	€ 88.370	€ 64.195	€ 160.008	€ 130.943	€ 33.860	€ 29.030
Netbeheerkosten	€ 54.796	€ 43.435	€ 48.520	€ 41.546	€ 34.516	€ 30.137	€ 71.722	€ 61.190	€ 15.420	€ 13.089
Overig										
Verzekeringen & Beheerkosten	€ -	€ 65.085	€ -	€ 38.653	€ -	€ 39.789	€ -	€ 68.126	€ -	€ 15.373
Aansluitingen	1.173	1.173	579	579	690	690	1.121	1.121	255	255
OPEX Totaal	€ 442.769	€ 460.091	€ 463.453	€ 415.056	€ 284.162	€ 291.878	€ 641.265	€ 618.554	€ 142.430	€ 136.963
OPEX per aansluiting	€ 377	€ 392	€ 800	€ 717	€ 412	€ 423	€ 572	€ 552	€ 559	€ 537