Variantenstudie Bijsteren & Husselerveld

Verkenning van geschikte duurzame warmte- en koudeoplossingen voor de wijk Bijsteren & Husselerveld in Putten.

IF Technology **Creating energy**

Datum	13 november 2025
Referentie	PR11200-100524/GH/20251025
Betreft	Variantenstudie Bijsteren en Husselerveld
Behandeld door	Thijs Doornwaard, Gijs Hendriks, Peter Reidsma (Sustendo)
Gecontroleerd door	Tom van der Velden
Versienummer	2.3

OPDRACHTGEVER

Gemeente Putten
Fontanusplein 1
3881 BZ Putten

Contactpersoon:
dhr. G. van Wiersum

ADVISEUR

IF Technology B.V.
Velperweg 35
6824 BE Arnhem

Contactpersoon:
Gijs Hendriks
g.hendriks@iftechnology.nl

Samenvatting

Aanleiding en doelstelling
De gemeente Putten streeft naar een klimaatneutrale gemeente in 2050, met als tussendoel 49% CO_2-reductie in 2030. Voor de wijk Bijsteren & Husselerveld is onderzocht welke duurzame warmte- en koudeoplossingen het meest geschikt zijn. IF Technology heeft, samen met de gemeente, bewoners en partners, verschillende scenario's en technieken in kaart gebracht en vergeleken.

Projectgebied en uitgangspunten
De wijk Bijsteren-Husselerveld omvat 2.172 verblijfsobjecten waarvan 2.120 bestaan uit woningen . De isolatiegraad van de gebouwen varieert, maar een groot deel van de woningen heeft energielabel A of B. De gemiddelde warmtevraag per woning is 8,27 MWh/jaar. De warmtevraagdichtheid is in veel delen van de wijk relatief laag.

Onderzochte technieken en concepten
In een eerdere fase van het onderzoek naar duurzame warmte- en koudeoplossingen voor Bijsteren-Husselerveld zijn, zoals vastgelegd in een aparte notitie, diverse technieken in kaart gebracht en beoordeeld. De uitkomsten van deze beoordeling vormden de basis voor de verdere selectie en uitwerking van de volgende zes energieconcepten:

1. Gasketel (referentie)
2. Hybride warmtepomp (individueel)
3. Lucht/waterwarmtepomp (individueel)
4. Mini-collectief: MT-warmtenet met collectieve lucht/waterwarmtepomp
5. Klein-collectief: ZLT-net met WKO en individuele water/waterwarmtepompen
6. Groot-collectief: MT-warmtenet met WKO en PT-zonnecollectoren

Technische en financiële resultaten
De zes voorgestelde energieconcepten zijn technisch en financieel geanalyseerd om inzicht te geven in hun haalbaarheid. De belangrijkste conclusies uit deze uitwerking luiden als volgt:

- Individuele oplossingen (varianten 2 en 3) zijn flexibeler, sluiten beter aan bij de variatie in woningtypen en bieden bewoners regie over het tempo van verduurzaming.
- Collectieve oplossingen (warmtenetten) zijn technisch mogelijk, maar financieel minder aantrekkelijk door hoge investeringskosten en een lage warmtevraagdichtheid in de wijk. De businesscase voor de collectieve varianten (varianten 4, 5 en 6) is ongunstig, zowel voor publieke als commerciële exploitatie.
- De hybride warmtepomp is in veel gevallen de meest geschikte tussenoplossing voor oudere woningen met beperkte isolatie.
- All-electric lucht/waterwarmtepomp is het goedkoopst voor goed geïsoleerde woningen.
- Warmtenetten zijn alleen kansrijk op kleine schaal (mini-collectief) of in gebieden met veel corporatiewoningen.

Bewonerslasten
De TCO over 30 jaar is het laagst voor individuele lucht/waterwarmtepompen in goed geïsoleerde woningen. Collectieve varianten zijn duurder, vooral door hoge vaste lasten en aansluitkosten.

Diverse subsidies (ISDE, WIS, SDE++) zijn meegenomen in de analyse, maar leiden niet tot een fundamentele verschuiving: ook met deze subsidies blijven de collectieve varianten een ongunstigere TCO houden ten opzichte van de individuele oplossingen.

Conclusie
Voor Bijsteren & Husselerveld zijn individuele oplossingen (hybride of all-electric warmtepomp) het meest passend, zowel technisch als financieel. Collectieve warmtenetten zijn alleen in specifieke situaties kansrijk. Het advies is om de focus te leggen op individuele verduurzaming, met ruimte voor kleinschalige collectieve initiatieven waar mogelijk.

Begrippenlijst

Bijdrage aansluitkosten (BAK)
Een eenmalig bedrag dat een klant betaalt aan de warmteleverancier om aangesloten te worden op een warmtenet of een ander energiesysteem. Dit dekt (een deel van) de kosten voor leidingen, meters en het maken van de aansluiting.

Bijna Energie Neutraal Gebouw (BENG)
De wettelijke normering voor nieuwbouw in Nederland. Sinds 2021 geldt voor het aanvragen van de omgevingsvergunning dat moet worden voldaan aan de eisen voor 'bijna energieneutrale gebouwen'.

Business case (BuCa)
In een business case worden alle kasstromen van een project inzichtelijk gemaakt. Denk daarbij aan de investeringskosten (CAPEX), onderhoudskosten (OPEX) en omzet. Het eindresultaat van een business case is doorgaans een projectrendement.

Capital Expenditures (CAPEX)
In het Nederlands: de investeringskosten die nodig zijn om iets te bouwen of aan te schaffen, zoals een warmtenet, een WKO-installatie of zonnepanelen. Het gaat om de eenmalige kosten die vooraf moeten worden betaald.

Coëfficiënt of Performance (COP)
De COP van een warmtepomp is een maat voor het rendement: het geeft aan hoeveel warmte een warmtepomp levert ten opzichte van de hoeveelheid gebruikte elektriciteit. Hoe hoger de COP, hoe minder elektriciteit verhoudingsgewijs nodig is en hoger het rendement.

Droge koeler
Een apparaat dat warmte afvoert naar de buitenlucht met behulp van luchtstroming (ventilatoren). Een droge koeler kan worden ingezet om een WKO-systeem te regenereren (zie: regeneratie).

Geografisch Informatie Systeem (GIS)
Een digitaal systeem waarmee geografische data wordt verwerkt. Ook kunnen er visuele kaarten mee worden gemaakt. IF Technology maakt veelal gebruik van arcGIS Pro en/of QGIS.

Gesloten bodemenergiesysteem (GBES)
GBES is een duurzame techniek waarbij gebruik wordt gemaakt van de bodem om gebouwen te verwarmen en te koelen. In tegenstelling tot open systemen (OBES), waarbij grondwater wordt opgepompt, blijft bij GBES het medium (water of water met antivries) in een gesloten lus circuleren.

Open bodemenergiesysteem (OBES)
OBES is een techniek voor duurzame verwarming en koeling, waarbij grondwater wordt onttrokken uit de bodem, gebruikt voor thermische energie, en daarna weer terug geïnfiltreerd in de bodem. Zie ook de warmte- en koudeopslag (WKO).

Operational Expenditures (OPEX)
In het Nederlands: de operationele kosten om een systeem of installatie draaiende te houden. Denk aan onderhoud, energieverbruik, personeel en administratie. Dit zijn terugkerende (jaarlijkse) kosten tijdens de levensduur van het systeem.

Regeneratie
Het aanvullen van warmte of koude in de bodem zodat het WKO-systeem in balans blijft. Als bijvoorbeeld vooral warmte uit de bodem wordt gehaald voor verwarming, kan de bodem uitgeput raken. Door in de zomer extra warmte terug te stoppen (bijvoorbeeld via koeling van gebouwen) wordt de bodem 'geregenereerd'.

Seasonal Coefficient of Performance (SCOP)
De geeft het gemiddelde rendement van een warmtepomp over een volledig stookseizoen. Waar de COP een momentopname is (bij een specifieke buitentemperatuur), houdt de SCOP rekening met temperatuurschommelingen en gebruikspatronen gedurende het jaar.

Total Cost of Ownership (TCO)
TCO beschrijft de totale kosten van een systeem gedurende de gehele levensduur. Het gaat hierbij niet alleen om de initiële investeringskosten, maar ook om alle kosten die gedurende de exploitatieperiode optreden, zoals onderhoud, energieverbruik en herinvesteringen. Bij IF berekenen we de TCO doorgaans voor een looptijd van 30 jaar.

Transitievisie Warmte (TvW)
Gemeenten zijn volgens het Klimaatakkoord de regisseurs van de warmtetransitie voor de gebouwde omgeving. In samenwerking met onder andere: bewoners, netbeheerders en vastgoedeigenaren moet elke gemeente eind 2021 een transitievisie warmte hebben opgesteld. In de TvW staan voorstellen voor duurzaam aardgasvrij verwarmen en koken. Daarnaast bevat de TvW ook een wijk-voor-wijk-stappenplan die alle partijen houvast geeft voor de planning.

Warmte- en koudeopslag (WKO)
Een techniek om energie in de bodem op te slaan. In de zomer wordt warmte in de grond bewaard en in de winter weer gebruikt om gebouwen te verwarmen. Andersom wordt koude uit de winter opgeslagen voor gebruik in de zomer. Dit bespaart energie en vermindert CO_2-uitstoot. WKO is een open bodemenergiesysteem (OBES).

Warmtepomp (WP)
Een apparaat dat warmte uit de omgeving (lucht, bodem of water) haalt en gebruikt om een gebouw te verwarmen. Een warmtepomp voegt elektrische energie toe om de temperatuur te verhogen. Op deze manier kan men de warmte nuttig gebruiken.

Wet Collectieve Warmte (WCW)
Deze (voorgenomen) wet regelt de aanleg en het gebruik van warmtenetten. De wet bepaalt wie een warmtenet mag aanleggen en beheren, hoe de tarieven worden vastgesteld en hoe bewoners en bedrijven eerlijk en betrouwbaar warmte krijgen.

Woningequivalent (WEQ)
Een woningequivalent (WEQ) is een gestandaardiseerde eenheid die het gemiddelde energieverbruik of prestaties van één woning vertegenwoordigt. Het maakt vergelijking tussen varianten mogelijk zonder rekening te houden met specifieke gebouwkenmerken.

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 10
1.1 Aanleiding 10
1.2 Doelstelling 11
1.3 Projectsamenwerking 11
1.4 Het proces 11
2 Projectinventarisatie 13
2.1 Projectgebied 13
2.2 Isolatiegraad gebouwen 13
2.3 Energievraag 15
2.3.1 Energiedichtheid 16
3 Technieken en omgevingsbronnen 17
3.1 Methode 17
3.2 Geschikte technieken 18
3.2.1 Individuele technieken 18
3.2.2 Collectieve technieken 18
3.3 Ongeschikte technieken 18
3.3.1 Individuele technieken 19
3.3.2 Collectieve technieken 19
4 Energieconcepten 20
4.1 Individuele energieconcepten 20
4.2 Collectieve energieconcepten 20
4.3 Energieconcepten 21
5 Technische verdieping individueel 23
5.1 Variant 1. Gasketel 23
5.2 Variant 2. Hybride warmtepomp 23
5.3 Variant 3. Lucht-/waterwarmtepomp 24
5.4 Elektraverbruik varianten 2 & 3 24
5.5 Duurzaamheid 25
6 Technische verdieping collectief 27
6.1 Demarcatie 27
6.1.1 Mini-collectief (variant 4) 27
6.1.2 Klein-collectief (variant 5) 28
6.1.3 Groot-collectief (variant 6) 29
6.2 Principetekening 29
6.2.1 Mini-collectief (variant 4) 29
6.2.2 Klein-collectief (variant 5) 30
6.2.3 Groot-collectief (variant 6) 30
6.3 Dimensionering systeem 31
6.3.1 Warmtevraag en warmteproductie 31
6.3.2 Dimensionering zonnecollectorveld 32
6.3.3 Dimensionering basislast en piek 32
6.4 Locatie technische ruimte 33
6.5 Indicatief schetsontwerp 34
6.6 Elektriciteitsverbruik en Duurzaamheid 34
7 Financiële verdieping 36
7.1 Uitgangspunten financiële analyse 36
7.2 Investeringskosten 36

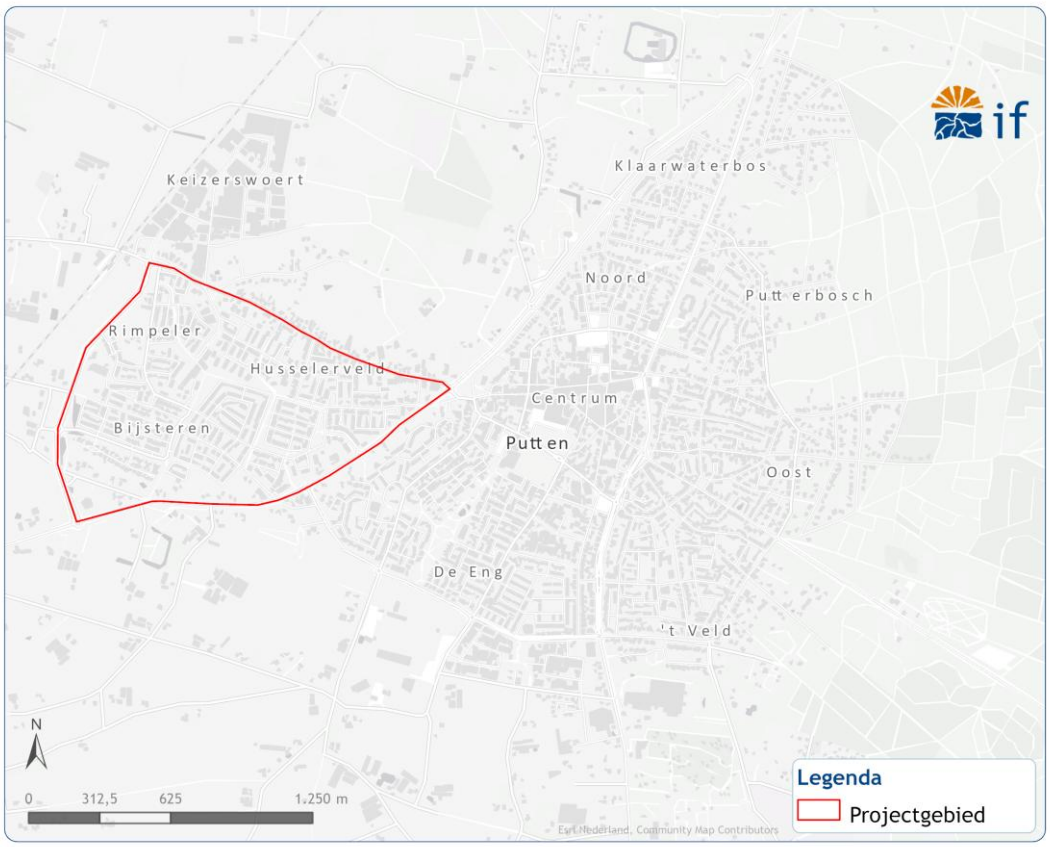
7.3 Exploitatiekosten 37
7.4 Inkomsten warmtelevering 37
7.5 Subsidie-inkomsten exploitant 38
7.6 Resultaat business case publiek warmtebedrijf 38
7.7 Resultaat business case commercieel warmtebedrijf 39
7.8 Duiding van resultaten 40
7.9 Kasstromen 40
8 Bewonerslasten 41
8.1 Jaarlijkse vaste en variabele kosten warmtelevering 42
8.2 Bijdrage aansluitkosten (BAK) 43
8.3 Woningaanpassingen 43
8.3.1 Woningaanpassingen individuele varianten 43
8.3.2 Woningaanpassingen collectieve varianten 44
8.4 Subsidies 45
8.4.1 Subsidies individuele varianten 45
8.4.2 Subsidies collectieve varianten 45
8.5 Resultaat TCO en vergelijk 46
9 Organisatie 48
9.1 Rolnemingen 48
9.1.1 Gemeente 48
9.1.2 Bewoners 51
9.1.3 Geschikte Rolneming per energieconcept 52
9.1.4 Beperken van de warmtevraag (alle varianten) 52
9.1.5 Individuele oplossing (varianten 2 en 3) 52
9.1.6 Collectieve oplossingen (varianten 4, 5 en 6) 53
9.2 Advies over rolneming van de gemeente putten voor Bijteren & Husselerveld 54
10 Conclusie en aanbevelingen 56
10.1 Conclusie 56
10.2 Aanbevelingen 57
Bijlage 1 Bepalen warmtevraag 59
1.1 Huidige warmtevraag 59
1.2 Toekomstige warmtevraag 59
Bijlage 2 Beoordelingsmatrix 62
Bijlage 3 Vooronderzoek en toetsing haalbaarheid 63
Bijlage 4 Warmtenetten 74
Bijlage 5 Technische verdieping - individueel 76
Bijlage 6 Woningequivalenten 78
Bijlage 7 Indicatief schetsontwerp collectieve varianten 79
Bijlage 8 Uitgangspunten BuCa 82
Bijlage 9 Beschikbare subsidies exploitant 84

1 Inleiding

1.1 AANLEIDING

De gemeente Putten werkt aan de transitie naar een klimaat neutrale gemeente in 2050, zoals vastgelegd in het Klimaatakkoord. Voor 2030 staat de tussentijdse doelstelling geformuleerd om 49% CO_2 reductie te realiseren. Een belangrijk onderdeel van deze aanpak is het onderzoeken van de haalbaarheid om bestaande wijken en gebouwen over te laten stappen van aardgas naar duurzame warmteoplossingen. Door deze wijkgerichte aanpak wordt stap voor stap toegewerkt naar een toekomst waarin de gemeente niet alleen bijdraagt aan de nationale en internationale klimaatdoelen, maar ook lokale inwoners helpt om betaalbaar, betrouwbaar en duurzaam te verwarmen.

In de Transitievisie Warmte (TvW) van de gemeente Putten is Bijsteren-Husselerveld aangewezen als een kansrijk gebied voor een individuele all-electric oplossing. Dit onderzoek verdiept zich verder in deze mogelijkheid, waardoor Bijsteren-Husselerveld is gekozen als projectgebied. Het doel van het onderzoek is om het speelveld van mogelijke energieoplossingen in kaart te brengen en met elkaar te vergelijken – van collectieve warmtenetten tot individuele all-electric warmtepompen. Dit geeft inzicht in welke concrete stappen de gemeente samen met de bewoners van de wijk Bijsteren-Husselerveld kan zetten in de richting van een duurzame warmtevoorziening.



Figuur 1.1 | Het projectgebied binnen Putten.

1.2 DOELSTELLING

De gemeente Putten heeft IF Technology gevraagd om te helpen bij het identificeren van geschikte energiesystemen voor de wijk Bijsteren-Husselerveld. Het doel is om inzicht te krijgen in duurzame en toekomstbestendige opties voor de warmtevoorziening van deze wijk.

In dit onderzoek brengen we het speelveld van mogelijke warmteoplossingen in kaart en vergelijken we verschillende scenario's: van collectieve warmtenetten tot individuele all-electric warmtepompen. Zo ontstaat een basis waarmee in een latere fase weloverwogen keuzes kunnen worden gemaakt. In het proces is het sociale kader middels een participatieproces geborgd en de doelstelling luidt:

"Inzicht in welke duurzame warmteoplossing het beste past bij de wijken Bijsteren & Husselerveld binnen technisch, financieel en sociaal kader"

1.3 PROJECTSAMENWERKING

In dit project werkt IF Technology nauw samen met de gemeente Putten. Daarnaast zijn ook Maatschap voor Communicatie en Sustendo betrokken. Maatschap voor Communicatie richt zich op het ophalen van input bij bewoners van Bijsteren-Husselerveld. Sustendo levert input voor de financiële analyse en verkent mogelijke financierings- en governancevormen voor het energiesysteem.

Naast deze partners is een meedenkgroep samengesteld, bestaande uit bewoners van Bijsteren-Husselerveld. Deze groep denkt actief mee, geeft feedback op de werkwijze en helpt om keuzes beter af te stemmen op de praktijk.

1.4 HET PROCES

Het onderzoek is opgedeeld in drie verschillende fasen. Deze fasen zijn samen met de gemeente, samenwerkingspartners en de meedenkgroep doorlopen om te komen tot een breed gedragen advies. Te beginnen bij de energie inventarisatie en mogelijke technieken, gevolgd door de uitwerking van mogelijke energieconcepten en tot slot de organisatie

Fase 1: energie inventarisatie met mogelijke technieken
In de eerste fase van dit onderzoek gaan we dieper in op de energievraag van het projectgebied en de mogelijke duurzame warmtebronnen. Vervolgens identificeren we samen met de meedenkgroep de best passende technieken voor de wijk om mee te nemen in de rest van het onderzoek, zoals terug te lezen is in Bijlage 2. Dit proces is verder beschreven in de hoofdstuk 2 en 3 met uitgebreide uitleg in de notitie van IF Technology PR11200/GH/20251303.

Fase 2: uitwerking van de energieconcepten
In deze fase zijn de passende individuele en collectieve energieconcepten geformuleerd. Samen met de meedenkgroep zijn de verschillende concepten afgestemd en deze zijn vervolgens uitgewerkt door IF Technology. De uitwerking van de energieconcepten is uitgevoerd vanuit zowel een technisch- (hoofdstukken 5 & 6) als een financieel perspectief (hoofdstukken 7 & 8). De onderzoeksresultaten zijn besproken met de meedenkgroep om te komen tot enkele voorkeursoplossingen.

Fase 3: organisatie
Als de gemeente Putten de voorkeursoplossingen in de toekomst wil realiseren, moet goed worden nagedacht over de organisatie. Een andere mogelijkheid is dat bewoners kiezen voor individuele oplossingen, die wel gezamenlijk worden georganiseerd, bijvoorbeeld via gezamenlijke inkoop of ondersteuning. In dit onderzoek werken we samen met Sustendo en de gemeente Putten om deze organisatiemogelijkheden verder uit te werken en inzichtelijk te maken.

2 Projectinventarisatie

Om tot een onderbouwde keuze te komen voor de meest geschikte energieconcepten is het belangrijk om de projectkarakteristieken scherp te hebben. Daarom wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de bouwkundige aspecten en energetische uitgangspunten.

2.1 PROJECTGEBIED

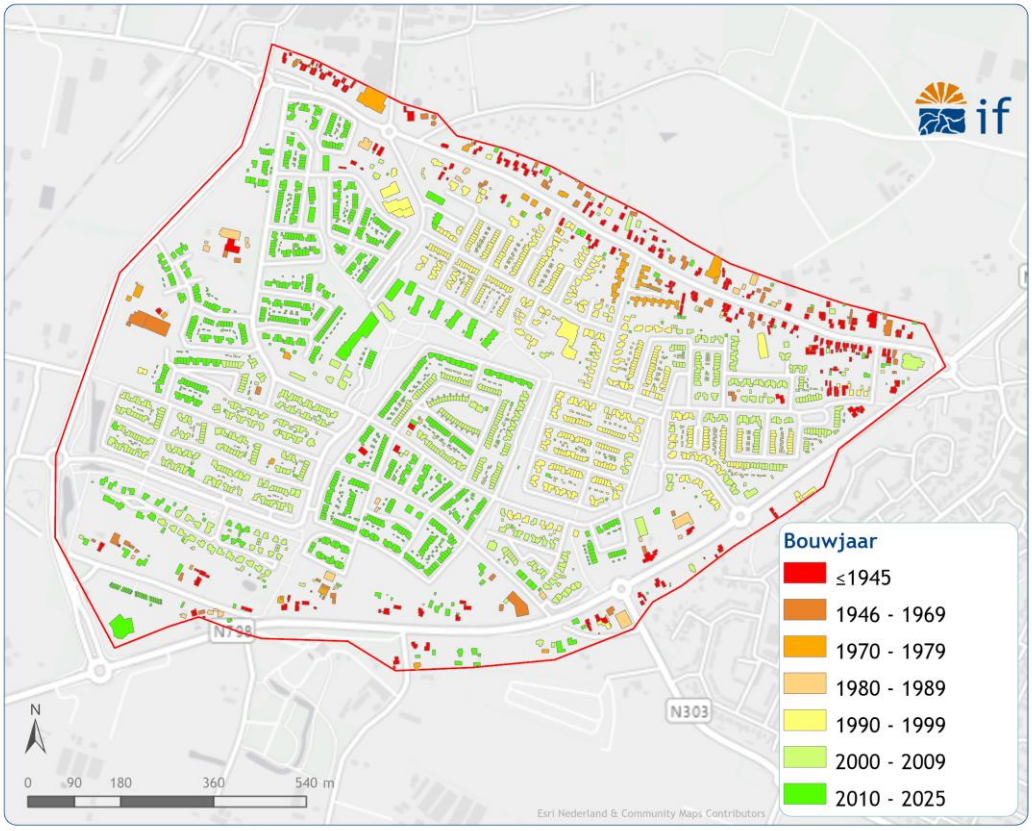
Het projectgebied betreft de wijk Bijsteren-Husselerveld in de Gelderse plaats Putten. In het projectgebied bevinden zich verschillende functies: wonen, werken en recreëren. De karakteristieken van de verblijfsobjecten in Bijsteren-Husselerveld zijn bepaald met behulp van Basisregister Adressen en Gebouwen (BAG). Een overzicht van het projectgebied is uiteengezet Tabel 2.1.

Tabel 2.1 | Kenmerken van de gebouwen in Bijsteren en Husselerveld .

Parameter	Waarde
Verblijfsobjecten	
bijeenkomstfunctie	5
gezondheidszorgfunctie	10
industriefunctie	10
kantoorfunctie	4
onderwijsfunctie	3
overige gebruiksfunctie	16
winkelfunctie	4
woonfunctie	2.120
Totaal	**2.172**
Bouwjaar	
≤1945	116
1946 - 1969	33
1970 - 1979	39
1980 - 1989	13
1990 - 1999	455
2000 - 2009	588
2010 - 2025	928

2.2 ISOLATIEGRAAD GEBOUWEN

Om de bestaande bouw met duurzame bronnen te kunnen verwarmen, dienen de woningen voldoende geïsoleerd te zijn. Het bouwjaar en het (beschikbare) energielabel van een woning geven een goede indicatie van de isolatiegraad. Echter, deze factoren zijn niet allesbepalend. Een oud huis kan immers grondig verbouwd zijn en voldoen aan de huidige isolatiestandaarden. Bovendien kan een hoger energielabel ook worden behaald door het plaatsen van zonnepanelen, zonder dat dit de isolatiegraad verbetert. Maar over het algemeen geven deze parameters wel een goede algemene indicatie van de staat van woningen. In Figuur 2.1 is het bouwjaar van de gebouwen in het projectgebied te zien.



Figuur 2.1 | Bouwjaren van de panden in Bijsteren-Husselerveld.

De beschikbare energielabels van de woningen in het projectgebied zijn zichtbaar Tabel 2.2. Wat opvalt is dat voor een groot gedeelte van de gebouwen geen energielabel bekend is. Indien geen energielabel bekend is kan op basis van het bouwjaar een schatting worden gemaakt voor het energielabel. Het grootste gedeelte van de woningen waarvan wél een energielabel bekend is beschikt over de labels A of B.

Tabel 2.2 | De verblijfsobjecten in Bijsteren-Husselerveld verdeeld naar energielabel.

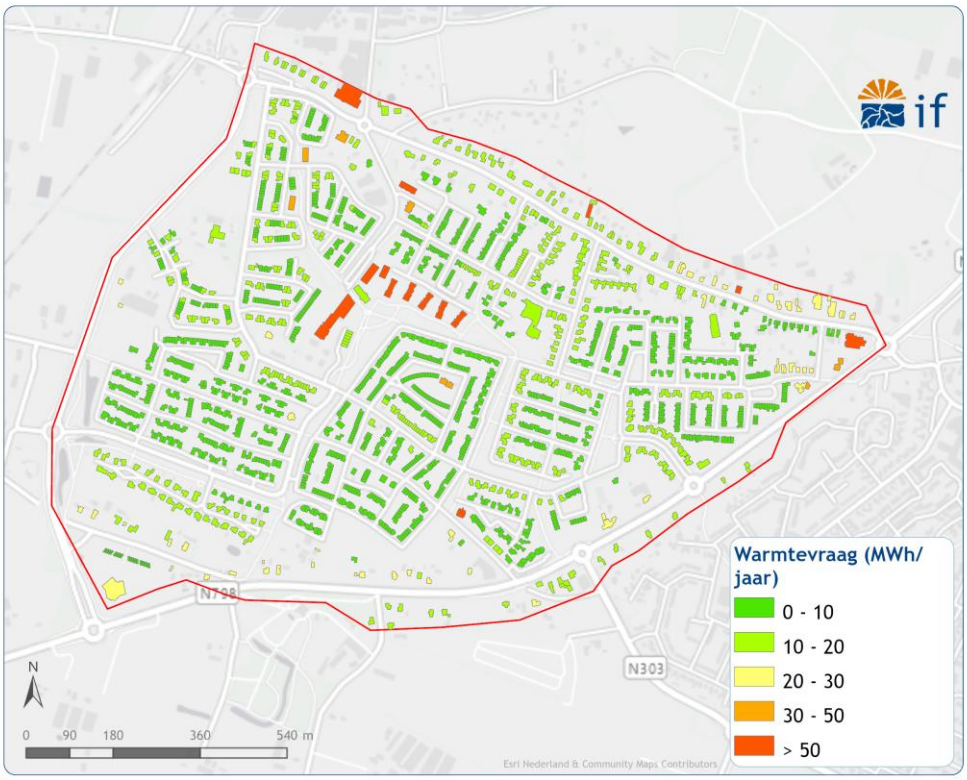
Energielabel	Waarde	Percentage
A++++	64	2,95
A+++	76	3,50
A++	16	0,74
A+	18	0,83
A	813	37,43
B	113	5,20
C	41	1,89
D	14	0,64
E	9	0,41
F	13	0,60
G	27	1,24
Onbekend	968	44,57
Totaal	**2.172**	**100,0**

2.3 ENERGIEVRAAG

Voor het bepalen van de huidige warmtevraag van de bestaande bouw is gebruik gemaakt van gasverbruiksdata van de netbeheerder en kentallen van CBS-Statline. In Bijlage 1 wordt uitgelegd hoe de warmtevraag is berekend en welke data en aannames hiervoor zijn gebruikt. De totale warmtevraag is weergegeven in Tabel 2.3 en gevisualiseerd in Figuur 2.2. De warmtevraag van een gemiddelde woning in Bijsteren-Husselerveld bedraagt 8,27 MWh/jaar.

Tabel 2.3 | De warmtevraag van Bijsteren-Husselerveld.

Parameter	Aantal verblijfsobjecten	Huidige Warmtevraag	Huidige Warmtevraag	Warmtevraag verduurzaamd naar label B
	-	GJ/jaar	MWh/jaar	GJ/jaar
bijeenkomstfunctie	5	1.460	400	1.460
gezondheidszorgfunctie	10	360	100	360
industriefunctie[1]	10			
kantoorfunctie	4	190	50	190
onderwijsfunctie	3	90	30	90
overige gebruiksfunctie	16			
winkelfunctie	4	1.010	280	1.010
woonfunctie	2.120	63.120	17.530	55.180
Totaal	**2.172**	**66.230**	**18.300**	58.290

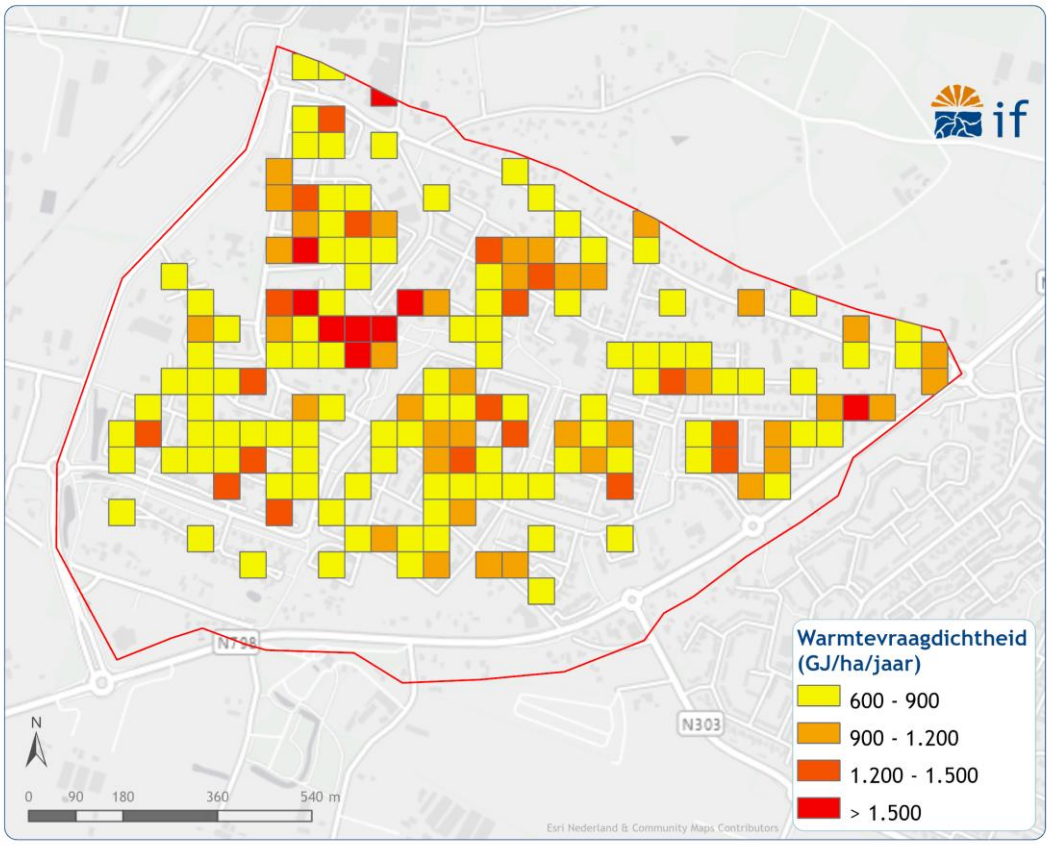


Figuur 2.2 | Warmtevraag van de gebouwen in Bijsteren-Husselerveld (MWh/jaar).

[1] Van individuele gebouwen met een industriefunctie is (veelal) geen gasverbuiksdata beschikbaar via de netbeheerders.

2.3.1 Energiedichtheid

De businesscase van een warmtenet wordt beter als het projectgebied een hoge warmtevraagdichtheid heeft. Dit houdt in dat in een klein gebied een hoge warmtevraag is. Dit drukt de investeringskosten van het distributienet, en biedt mogelijkheid dat een hoog aantal gebouwen warmte zal gaan afnemen. Om de warmtevraagdichtheid te berekenen hebben wij Bijsteren-Husselerveld geclusterd in grids van 50 bij 50 meter. Figuur 2.3 beschrijft de hotspots in de warmtevraagdichtheid voor Bijsteren-Husselerveld.



Figuur 2.3 | Hotspots in de warmtevraagdichtheid (GJ/ha/jaar) in Bijsteren-Husselerveld.

Over het algemeen geldt de waarde van 600 GJ/ha/jaar als minimale ondergrens voor het exploiteren van een warmtenet. Daarom zijn waarden < 600 GJ/ha/jaar ook niet meegenomen in Figuur 2.3. Uit de bovenstaande figuur blijkt dat de warmtevraagdichtheid in grote delen van Bijsteren-Husselerveld niet boven deze minimale waarde ligt. Op voorhand lijkt de wijk daarom niet gelijk geschikt voor het ontwikkelen van een wijkdekkend warmtenet.

3 Technieken en omgevingsbronnen

In dit hoofdstuk lichten we de selectie van technieken en bronnen toe die relevant zijn voor Bijsteren-Husselerveld. Deze technieken en omgevingsbronnen zijn eerder uitgebreid beschreven en beoordeeld in een separate notitie[2]. Om niet in herhaling te vallen, verwijzen wij voor een volledige beschrijving en onderbouwing naar deze notitie. In dit hoofdstuk beperken we ons tot een beknopte samenvatting van de gehanteerde methode, opsomming van de beschouwde technieken en een samenvatting van de beoordeling.

3.1 METHODE

Allereerst zijn twee randvoorwaarden geformuleerd waaraan alle technieken tenminste moeten voldoen. Deze randvoorwaarden zijn:

1. De technische oplossing moet binnen 5 jaar toepasbaar zijn.

De gemeente Putten heeft als doel om klimaatneutraal te zijn voor 2050. Daarbij moet een 2030 een 50% reductie van de CO_2 uitstoot zijn gerealiseerd. Om het doel te realiseren is het belangrijk dat de gekozen techniek voor 2030 kan worden toegepast om bij te dragen aan de CO_2 reductie. Met andere woorden: Het ontwikkelingsniveau van de techniek moet ver genoeg zijn om de woningen binnen 5 jaar van het aardgas te krijgen.

2. De energiebron moet lokaal beschikbaar zijn.

Energie transporteren over grote afstanden wordt niet als duurzaam beschouwd. Vandaar dat in dit onderzoek gefocust wordt op energiebronnen in en rondom de wijk Bijsteren-Husselerveld. Hierbij hanteren wij een afstand van 1 km van de bron tot de wijk Bijsteren-Husselerveld.

In samenspraak met de bewonersgroep zijn tevens diverse beoordelingscriteria (zie Tabel 3.1) opgesteld om de toepasbaarheid van technieken en de omgevingsbronnen te kunnen vergelijken. De technieken en omgevingsbronnen zijn getoetst aan deze criteria met als resultaat een beoordelingsmatrix. De beoordelingsmatrix is ter informatie opgenomen in Bijlage 2. Deze beoordelingsmatrix dient als basis voor de verdere selectie van de energieconcepten in hoofdstuk 4.

Tabel 3.1 | Beoordelingscriteria Bijsteren-Husselerveld.

Criterium	Toelichting
Betaalbaarheid van de investeringskosten	Is de technische oplossing betaalbaar in vergelijking met de andere alternatieven? Om dit, in deze fase van het onderzoek, te beoordelen, is op basis van expert judgement van IF Technology een kwalitatieve inschatting gemaakt van de investeringskosten. Hiervoor putten wij ervaring uit kostenramingen en businesscases van voorgaande projecten. Hoe hoger de investeringskosten, hoe slechter de beoordeling. Hoe lager de investeringskosten, hoe beter de score.
Betrouwbaarheid van de techniek	Is de techniek betrouwbaar? Wordt het op dit moment al veelvuldig toegepast? Veelvuldig gebruikte technieken scoren wij met '++'. Als de techniek in Nederland nog niet eerder is gebruikt scoren we deze met '--'. Innovatieve technieken die af en toe in Nederland zijn toegepast scoren we met 'O'.
Duurzaamheid	Het einddoel van de energietransitie is een maximale CO_2 reductie naar nul. Afhankelijk van verschillende energiestromen zal de uitstoot per oplossing verschillen. In het vergelijk op hoofdlijnen gaat het daarbij om de relatieve verschillen tussen oplossingen.
Energetische potentie	Is de energetische potentie van de warmtebron hoog genoeg om heel Bijsteren-Husselerveld van warmte te voorzien? Is de energetische potentie ruim voldoende om de warmtevraag van Bijsteren-

[2] PR11200 Notitie Variantenstudie Bijsteren en Husselerveld 20052025.pdf

	Husselerveld dan scoren wij deze met '++'. Als de energetische potentie onvoldoende is om de warmtevraag van Bijsteren-Husselerveld dan scoren wij deze met '--'.
Luchtkwaliteit	Heeft de techniek invloed op de luchtkwaliteit in Bijsteren-Husselerveld? Door verbranding van (fossiele) brandstoffen kan naast CO_2 ook andere stoffen in de lucht terecht komen, denk hierbij aan roet, koolstofmonoxide of zwaveldioxide. Deze hebben een negatieve invloed po de luchtkwaliteit. Als een techniek geen invloed heeft op de luchtkwaliteit scoren we deze met '++'. Is de techniek (zeer) vervuilend, dan scoren we deze met '--'.
Ruimtelijke impact	Een deel van de warmtevoorziening komt terecht in woningen en gebouwen. Hoe groter dit deel is, hoe meer impact dit heeft voor bewoners en gebouweigenaren. Daarmee is dit criterium ook een belangrijke graadmeter voor het draagvlak onder toekomstige warmteafnemers. Een lage beoordeling duidt op een groot (publiek) ruimtegebruik.
Visuele & akoestische impact	De hoorbaarheid en zichtbaarheid van een oplossing zijn belangrijke aspecten over hoe de techniek gewaardeerd wordt door bewoners. Het betreft hierbij geluid- en zichthinder van de toegepaste technieken, zowel rondom de woning als in de openbare ruimte. Hoe meer geluid- en zichthinder kan worden ervaren, hoe lager een techniek zal worden beoordeeld.

3.2 GESCHIKTE TECHNIEKEN

Op basis van de beoordelingsmatrix en de gestelde criteria en randvoorwaarden is een aantal technieken geselecteerd die geschikt wordt geacht voor toepassing binnen het Bijsteren-Husselerveld. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de geselecteerde individuele en collectieve technieken.

3.2.1 Individuele technieken

Uit de beoordelingsmatrix volgt dat volgende individuele oplossingen matig of goed geschikt zijn voor toepassing in Bijsteren-Husselerveld:

- hybride warmtepomp;
- lucht-/waterwarmtepomp;
- bodemwarmtewisselaar water-/waterwarmtepomp;
- PT of PVT gekoppeld aan boiler of warmtepomp.

3.2.2 Collectieve technieken

Uit de beoordelingsmatrix volgt dat volgende collectieve oplossingen matig of goed geschikt zijn voor toepassing in Bijsteren-Husselerveld:

- biogas;
- biomassa;
- collectieve lucht-/waterwarmtepomp
- zonnewarmte (PT-collectoren).

Daarnaast is de toepassing van WKO niet afzonderlijk beoordeeld, maar vaak is seizoensopslag wenselijk bij een duurzaam collectief systeem. De toepasbaarheid van WKO in Bijsteren-Husselerveld is goed geschikt (zie Bijlage 3).

3.3 ONGESCHIKTE TECHNIEKEN

Er zijn echter ook technieken en omgevingsbronnen als ongeschikt beoordeeld voor de toepassing in Bijsteren-Husselerveld. Ook is hier onderscheid gemaakt tussen de individuele en collectieve technieken. Per techniek wordt in deze paragraaf kort toegelicht waarom deze als ongeschikt zijn aangemerkt.

3.3.1 Individuele technieken

Uit de beoordelingsmatrix volgt dat volgende individuele oplossingen ongeschikt zijn voor toepassing in Bijsteren-Husselerveld:

- waterstofgas.

Het verbranden van waterstofgas voldoet niet aan randvoorwaarde 1, omdat dit een innovatieve techniek betreft die niet realiseerbaar is binnen 5 jaar.

3.3.2 Collectieve technieken

Uit de beoordelingsmatrix volgt dat volgende collectieve oplossingen ongeschikt zijn voor toepassing in Bijsteren-Husselerveld:

- aquathermie (TEA);
- aquathermie (TEO);
- geothermie;
- kernenergie;
- restwarmte;
- waterstofgas.

De technieken aquathermie (TEO), kernenergie en waterstofgas voldoen niet aan de randvoorwaarden en zijn zodoende niet beoordeeld en vielen af. De techniek aquathermie (TEO) voldoet niet aan randvoorwaarde dat de energiebron lokaal beschikbaar moet zijn (randvoorwaarde 1). Voor kernenergie en waterstof geldt dat beide technieken niet voldoen aan randvoorwaarde 2 aangezien deze niet binnen 5 jaar realiseerbaar zijn.

Aquathermie (TEA), geothermie en restwarmte zijn technieken die wel voldoen aan de randvoorwaarden, maar op basis van de beoordelingscriteria toch als ongeschikt worden beschouwd voor de toepassing in Bijsteren-Husselerveld. Voor Aquathermie (TEA) en restwarmte geldt dat theoretische warmtepotentie die de techniek kan worden opwekken te laag is om Bijsteren-Husselerveld van warmte te voorzien. Geothermie is door de geringe schaalgrootte van Bijsteren-Husselerveld en de hoge investeringskosten van een geothermie-systeem waarschijnlijk niet financieel rendabel in Bijsteren-Husselerveld

4 Energieconcepten

In het vorige hoofdstuk is beknopt teruggekeken op de beoordelingsmethode voor omgevingsbronnen en technieken binnen het projectgebied. In dit hoofdstuk beschrijven we hoe de beschikbare omgevingsbronnen kunnen worden ingezet binnen een energieconcept. Een energieconcept geeft weer welke technieken worden toegepast en hoe het systeem voor warmtelevering is opgebouwd. Dit systeem bestaat in hoofdlijnen uit een warmtebron, warmteproductie, distributie, levering en afname.

4.1 INDIVIDUELE ENERGIECONCEPTEN

Omdat de energietransitie een verandering betekent, starten we met een referentiecasus waarin géén verandering plaatsvindt: het voortzetten van het gebruik van aardgas en de cv-ketel. Door gebruik te maken van een referentiecasus met aardgasketels kunnen we alle, duurzame energieconcepten vergelijken met de huidige situatie. Aan de andere kant van het spectrum van individuele oplossingen staat de all-electric lucht-/waterwarmtepomp. Deze techniek is volledig individueel toepasbaar, maakt geen gebruik van aardgas en onttrekt door middel van elektriciteit warmte uit de buitenlucht. Dit betekent echter ook een zwaardere belasting voor het elektriciteitsnet en vereist vaak een goede isolatie van de woning.

Deze oplossingen zijn in verschillende mate in staat om het projectgebied aardgasvrij te verwarmen. In overleg met de gemeente en Sustendo is besloten om de optie van een individuele lucht-/waterwarmtepomp verder uit te werken. Het individuele concept met lucht-/waterwarmtepomen wordt gebruikt ter vergelijking met de collectieve opties. Dat wil niet zeggen dat deze optie het beste individuele alternatief is voor alle woningen in Bijsteren-Husselerveld. Afhankelijk van specifieke eigenschappen van woningen en wensen van bewoners kunnen andere technieken de voorkeur hebben. Dit sentiment kwam sterk naar voren in een van de meedenkgroep-avonden. Voor sommige woningen kan een hybride warmtepomp namelijk een geschiktere tussenoptie zijn. Deze combineert warmte uit buitenlucht met een piekvoorziening op aardgas en wat kan al kan resulteren in een aanzienlijke reductie van de CO_2-uitstoot. Om die reden wordt de hybride warmtepomp in dit traject eveneens meegenomen als een volwaardig energieconcept en nader onderzocht op toepasbaarheid binnen de wijk. Lucht-/waterwarmtepompen en hybride warmtepompen zijn over het algemeen de meest toegepaste individuele technieken.

4.2 COLLECTIEVE ENERGIECONCEPTEN

Naast de individuele opties zijn ook collectieve energiesystemen. Deze bieden schaalvoordelen en geven de gemeente meer mogelijkheden om de energietransitie actief te sturen. Hoewel deze systemen complexer zijn, bieden ze ook diverse voordelen. Voor het samenstellen van de meest kansrijke collectieve concepten kiezen we voor een ‘groot-collectieve’ variant, waarbij vrijwel alle gebouwen in Bijsteren-Husselerveld worden aangesloten op een collectief warmtenet. Meer informatie over de verschillende typen warmtenetten is te vinden in Bijlage 4. Een belangrijke factor voor de financiële haalbaarheid van zo’n systeem is de hoeveelheid leidingwerk die ondergronds aangelegd moet worden. Daarom worden enkele straten die ver van de rest van het gebied liggen, buiten dit concept gelaten. Uit de beoordelingsmatrix is gekomen dat de volgende bronnen het meest geschikt zijn voor de koppeling op het collectieve warmtenet:

- WKO
- Collectieve lucht-/water warmtepomp

- PVT

Om een breder referentiekader te bieden, is ook nagedacht over een 'klein-collectief' energieconcept. In dit scenario schakelt een deel van de wijk over op een individueel systeem, terwijl kansrijke clusters met een hoge warmtevraagdichtheid collectief worden bediend. Zo ontstaat een mix van technieken die beter aansluiten bij de lokale omstandigheden en woningtyperingen. Ook krijgen de gemeente en andere betrokkenen daarom goed zicht op welke mogelijkheden de gekozen technieken bieden.

Tenslotte wordt ook een zogenoemde 'mini-collectieve variant' uitgewerkt: een collectief energiesysteem met een schaalgrootte van circa 20 tot 50 aansluitingen. Dit type systeem kan een kleine straat of woonblok op collectieve wijze van warmte voorzien. Een dergelijke vorm van collectiviteit sluit goed aan bij kleinschalige bewonersinitiatieven in de buurt en biedt ruimte voor meer zeggenschap en lokale betrokkenheid bij de energietransitie.

4.3 ENERGIECONCEPTEN

In samenspraak met de meedenkgroep worden de volgende zes energieconcepten (varianten) (Tabel 4.1) verder uitgewerkt:

Nummer	Energieconcept
	Individueel
1	Gasketel
2	Hybride warmtepomp
3	Lucht-/waterwarmtepomp
	Collectief
4	MT-warmtenet met collectieve lucht-/waterwarmtepomp (mini-collectief)
5	ZLT-warmtenet met WKO en individuele water-/waterwarmtepompen (klein-collectief)
5	MT-warmtenet met PT-veld en WKO (groot-collectief)

Tabel 4.1 | Energieconcepten voor Bijsteren-Husselerveld.

1. Individueel: conventionele gasketel
De gasketel dient als referentiepunt. Dit is de bestaande techniek met lage investeringskosten, maar een hoge CO_2-uitstoot en geen duurzame lange-termijnoplossing. Het vergelijken met deze basisoptie helpt om de meerwaarde van duurzame alternatieven inzichtelijk te maken.

2. Individueel: hybride warmtepomp
Sommige woningen zijn nog niet geschikt om over te kunnen gaan op een volledig duurzaam systeem. Veel woningen hebben namelijk een te lage isolatiegraad om te kunnen verwarmen met lage temperatuur. Deze aanpassingen aan de woning kunnen erg kostbaar zijn voor de bewoners. Om toch een verduurzamingsstap te kunnen maken kan een hybride warmtepomp voor deze woningen een uitkomst bieden.

3. Individueel: lucht-/waterwarmtepomp
Bij dit concept krijgt elk gebouw een eigen warmtepomp. Dit biedt flexibiliteit en zelfstandigheid, maar kent nadelen zoals hogere investeringskosten per aansluiting, meer ruimtebeslag, meer geluidshinder, en een hogere druk op het elektriciteitsnet.

4. Mini-collectief: MT-warmtenet met collectieve lucht-waterwarmtepompen
Hierbij wordt een straat of cluster woningen aangesloten op een gedeelde lucht-/waterwarmtepomp. Met een centrale warmtepomp wordt warmte opgewaardeerd naar een bruikbare afgifte temperatuur (MT-warmtenet, middentemperatuur warmte). Dit levert schaalvoordeel op, vermindert ruimtegebruik en verhoogt de efficiëntie. Maar, de warmtepomp en het warmtenet worden gedeeld met meerdere woningen, dus dit concept vraagt om goede samenwerking. Het concept is relatief snel uit te rollen en makkelijk uit te breiden naar andere wijken/clusters.

5. Klein-collectief: ZLT-net met WKO en individuele water-/waterwarmtepompen
Dit concept maakt gebruik van een WKO-systeem een zeerlaagtemperatuurnet (ZLT-net). Het is toekomstbestendig, zeer efficiënt en geschikt voor meerdere gebruikers, maar vereist hoge stichtingskosten, goede organisatie en onderlinge afstemming. De bodem zal middels droge koelers worden geregenereerd. Een voordeel van dit energieconcept is dat bewoners ook gebruik kunnen maken van passieve koeling om in de zomermaanden hun huis koel te houden.

6. Groot-collectief: MT-warmtenet met WKO en PT-zonnecollectoren ter regeneratie.
In dit concept wordt heel Bijsteren-Husselerveld aangesloten op één groot MT-warmtenet. Een veld met zonnecollectoren slaat in de zomer zonnewarmte op in het WKO systeem. In de winter wordt de warmte uit de WKO gebruikt en met een centrale warmtepomp opgewaardeerd naar bruikbare afgifte (middentemperatuur warmte) temperatuur. Een warmtenet distribueert de warmte vervolgens naar de afnemers die elk over hun eigen afleverset beschikken.

Door juist de uitersten binnen de verschillende opties te kiezen – van de individuele luchtwaterpomp tot een groot-collectief MT-warmtenet voor héél Bijsteren-Husselerveld – krijgen we inzicht in een breed spectrum aan mogelijke oplossingsrichtingen die geschikt zijn voor Bijsteren-Husselerveld. Daarnaast onderzoeken we het verschil tussen semi- en volledige collectieve, wat ons een inzicht geeft in hoe verschillende vormen van samenwerking en technieken zich tot elkaar verhouden. Dit helpt om niet alleen de technische en financiële verschillen inzichtelijk te maken, maar ook om te beoordelen wat nodig is aan organisatie, samenwerking en ruimtelijke inpassing. Zo kunnen we onderbouwd bepalen welke strategie het best past bij de ambities en mogelijkheden van de locatie.

5 Technische verdieping individueel

In dit hoofdstuk wordt een technische verdieping gegeven op de toepassing van individuele varianten (varianten 1, 2 en 3). Omdat deze techniek in eigendom is van de gebouweigenaar zelf, ligt de nadruk op aspecten binnen de woning, zoals ruimtegebruik, en inpassing.

5.1 VARIANT 1. GASKETEL

Een gasketel is een verwarmingsinstallatie die aardgas verbrandt om warmte te produceren voor ruimteverwarming en warm tapwater. Het aardgas komt via een gasleiding de woning binnen waarna het wordt gemengd met lucht en verbrand in een verbrandingskamer. De hierbij vrijkomende warmte wordt via een warmtewisselaar overgedragen aan water, dat vervolgens door radiatoren, vloerverwarming of naar de kraan stroomt. Moderne hoogrendementsketels (HR-ketels) benutten daarnaast de warmte uit de waterdamp in de rookgassen, waardoor het rendement hoger ligt dan bij oudere typen. In Nederland is de gasketel nog steeds de meest gebruikte manier om woningen mee te verwarmen. In 2022 beschikte 82,4% van alle woningen over een gasketel (bron: CBS). Indicatieve afmetingen van een gasketel zijn beschreven in Bijlage 3.

Doordat de meeste woningen in Nederland reeds beschikken over een gasketel en het feit dat de gasketel als referentiecasus wordt gehanteerd, wordt ervan uitgegaan dat er geen aanvullende inpandige (isolatie)maatregelen hoeven te worden uitgevoerd.

5.2 VARIANT 2. HYBRIDE WARMTEPOMP

Een lucht-/waterwarmtepomp en een hybride warmtepomp functioneren in principe hetzelfde. In Bijlage 3 wordt de werking van een warmtepomp globaal beschreven. De hybride warmtepomp wordt over het algemeen kleiner gedimensioneerd omdat de gasketel voorziet in een deel van het gevraagde vermogen. Als uitgangspunt hanteren we dat de hybride warmtepomp circa 30% à 40% van het totale vermogen levert, waarmee een gasbesparing van 70% gerealiseerd wordt.

Voor hybride warmtepompen geldt dat gekozen kan worden voor een combi-systeem of een all-in-one systeem. Bij een combi systeem is zowel een warmtepomp als een cv-ketel (naast) elkaar aanwezig in de woning, wat voor meer ruimtegebruik zorgt. Bij een all-in-one systeem zijn de warmtepomp en de cv-ketel met elkaar geïntegreerd wat leidt tot een compacter systeem. Indicatieve afmetingen van een hybride warmtepomp zijn beschreven in Bijlage 3.

Voor het effectief inzetten van een hybride warmtepomp is een bepaalde isolatiegraad vereist. De configuratie van een hybride warmtepomp hangt echter sterk af van het type woning en het warmteafgiftesysteem. Uit praktische overwegingen, is uitgegaan van (minimaal) energielabel D als randvoorwaarde voor het effectief inzetten van een hybride warmtepomp in een woning.

5.3 VARIANT 3. LUCHT-/WATERWARMTEPOMP

Bij lucht-/waterwarmtepompen (LWWP) wordt onderscheidt gemaakt in de monoblock en split-unit. Bij het kiezen van een geschikte warmtepomp hebben particulieren of bedrijven de keuze uit verschillende warmtepompproducenten[3]. Bij een monoblock bevindt de complete warmtepomp zich in de buitenunit. In de woning bevindt zich alleen het boilervat voor de opslag van sanitair warm water. Zoals de naam al doet vermoeden is de split-unit warmtepomp verspreid over twee installaties. In de buitenunit wordt warmte uit de buitenlucht onttrokken en de opgewekte warmte wordt in de binnenunit afgegeven aan het CV-circuit. In Figuur 10.8 is een splitunit weergegeven. Het voordeel van een monoblock is dat deze minder geluid produceert en efficiënter is. Nadeel van de monoblock is dat deze hogere investeringskosten kent. Ter visualisatie zijn twee voorbeelden gegeven in Figuur 5.1. Indicatieve afmetingen van een lucht-/waterwarmtepomp zijn beschreven in Bijlage 3.

Figuur 5.1 | Lucht-/waterwarmtepomp en hybride warmtepomp. Bron afbeelding links: Vaillant & rechts: Nefit

Om een lucht-/waterwarmtepomp effectief in te kunnen zetten is een bepaalde mate van isolatie vereist. Op deze manier kan worden verwarmd met 'lage-temperatuur-warmte'. Over het algemeen geldt dat een woningen vanaf energielabel B geschikt zijn om te verwarmen met lage temperatuur. Wel is het vaak noodzakelijk het warmteafgiftesysteem aan te passen, bijvoorbeeld door conventionele radiatoren te vervangen door vloerverwarming of lage-temperatuurradiatoren.

5.4 ELEKTRAVERBRUIK VARIANTEN 2 & 3

Bijsteren-Husselerveld bestaan uit tal van verschillende woningen met ieders zijn eigen karakteristieken. Om een inschatting te kunnen maken van het gas en/of elektraverbruik hebben wij ervoor gekozen om drie referentiewoningen te selecteren die grotendeels representatief zijn voor het brede spectrum. De belangrijkste specificaties van de referentiewoningen zijn weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 | Specificaties van de drie voorbeeldwoningen.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Bouwjaar	Voor 1980	1980 - 2000	Na 2000
Huidig energielabel	D - E - F - G	D	A - B
Huidig gasverbruik	1.400 m³	1.200 m³	900 m³

[3] Meest bekende merken in Nederland zijn: Alpha, Innotec, Atag, Bosch, Daikin, Mitsubishi, Nefit, Nibe, Remeha, Stiebel Eltron en Vaillant.

Gasverbruik na isolatie (label D)	1.280 m³	n.v.t	n.v.t.
Gasverbruik na isolatie (label B)	1.100 m³	1.030 m³	n.v.t.
Min benodigd vermogen WP	6 kW	6 kW	4 kW
Max benodigd vermogen WP	8 kW	8 kW	5 kW

In Tabel 5.2 is opgenomen welk elektrische piekvermogen en elektriciteitsverbruik rekening gehouden moet worden bij de verschillende type warmtepompen. Aangezien alle geselecteerde warmtepompen gebruikmaken van dezelfde bron, namelijk de buitenlucht, zit weinig verschil in de behaalde rendementen. Het vermelde elektrische piekvermogen (E-piek) beschrijft het maximale vermogen en de COP op het moment dat de lucht-/waterwarmtepomp in de winter (bij -8°C) maximaal draait.

Tabel 5.2 | Elektrische piekvermogen en elektriciteitsverbruik van de verschillende type warmtepompen.

Type warmtepomp	Referentiewoning 1		Referentiewoning 2		Referentiewoning 3	
Woningtype	Vrijstaande woning		Tussenwoning		Tussenwoning	
E-piek	COP	kW	COP	kW	COP	kW
Hybride warmtepomp[4]	-	-	-	-	-	-
Lucht-/waterwarmtepomp	2	4	2	4	2	2,5
E-verbruik	SCOP	MWh/jaar	SCOP	MWh/jaar	SCOP	MWh/jaar
Hybride warmtepomp	4,3	1,8	4,3	1,8	4,3	1,3
Lucht-/waterwarmtepomp	4	2,8	4	2,8	4	1,9

5.5 DUURZAAMHEID

In Tabel 5.3 zijn de duurzaamheidsprestaties van de verschillende varianten weergegeven. Vooral de waarde van de hybride warmtepomp zijn zeer indicatief, aangezien dit zeer afhankelijk is van hoe de hybride warmtepomp wordt ingeregeld.

De huidige energienorm NTA8800 geeft kentallen voor de CO_2 uitstoot bij de verbranding van aardgas en bij gebruik van elektriciteit uit het landelijke net. Op basis van deze norm is dus de totale CO_2 uitstoot te bepalen. De kentallen uit de NTA8800 zijn als volgt:

- CO_2 uitstoot elektriciteit: 0,34 kg/kWh
- CO_2 uitstoot verbranding aardgas: 1,788 kg/m³

Tabel 5.3 | Duurzaamheidsprestaties van de verschillende varianten per referentiewoning.

	Eenheid	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Variant 1. Gasketel				
Totaal aardgasverbruik	m³	1.400	1.200	900
CO_2 uitstoot aardgas	kg	2.503	2.146	1.609
Variant 2. Hybride warmtepomp				
Totaal elektriciteitsverbruik	MWh	1,8	1,8	1,3
Totaal aardgasverbruik	m³	420	360	270
CO_2 uitstoot elektriciteit	kg	612	612	442
CO_2 uitstoot aardgas	kg	751	644	483
Totale CO_2 uitstoot	kg	1.363	1.256	925

[4] Geen elektrisch piekvermogen want tijdens de piekvraag levert de gasketel het piekvermogen.

Variant 3. Lucht-/waterwarmtepomp				
Totaal elektriciteitsverbruik	MWh	2,8	2,8	1,9
CO_2 uitstoot elektriciteit	kg	952	952	646

6 Technische verdieping collectief

In dit hoofdstuk zijn de collectieve varianten (4, 5 en 6) technisch uitgewerkt. De technische uitwerking dient als basis voor verdere berekeningen. In een later stadium zal dit nog verder geoptimaliseerd en in meer detail uitgewerkt moeten worden. In hoofdstuk 9 worden de financiële consequenties van alle energieconcepten onderling vergeleken.

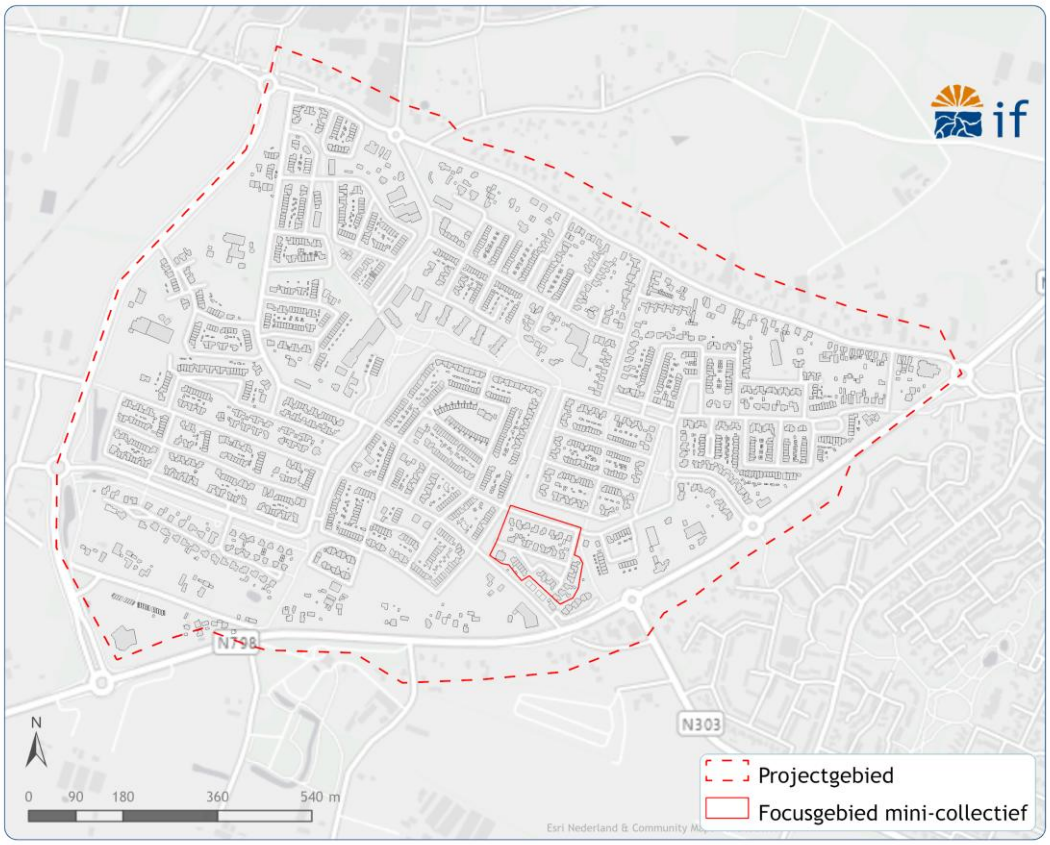
6.1 DEMARCATIE

Binnen dit project hanteren we een demarcatie als een functionele afbakening van het gebied waarop de analyse en uitwerking betrekking hebben. De demarcatie van de collectieve varianten verschilt per variant.

6.1.1 Mini-collectief (variant 4)

In de mini-collectieve variant (variant 4) wordt op straat- of blokniveau op een collectieve manier warmte opgewekt en gedistribueerd. Een voordeel van dit concept is dat het gemakkelijk kan worden toegepast elders in de wijk. Ook kan dit energieconcept gemakkelijk inspringen op bewonersinitiatieven op straatniveau. In deze variant is gekozen om gebruik te maken van warmte uit de lucht middels collectieve lucht-/waterwarmtepompen. Het focusgebied voor een eerste verkenning van variant 4 is te zien in Figuur 6.1.

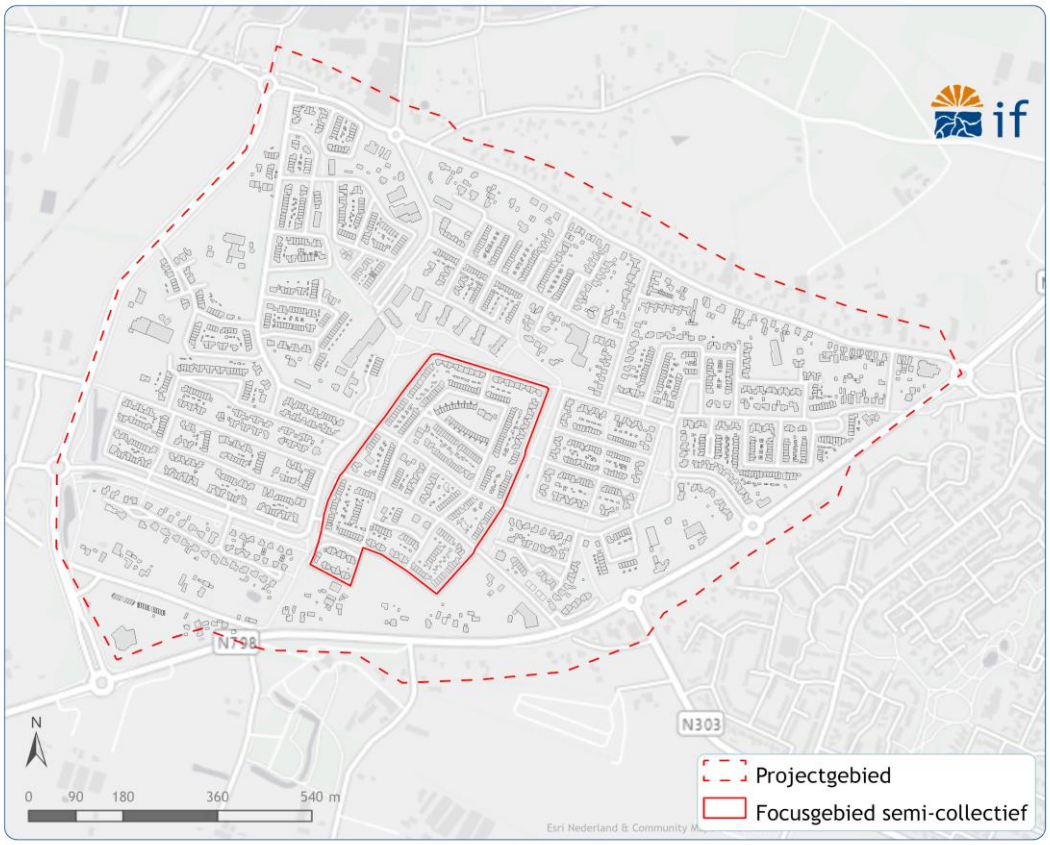
Figuur 6.1 | Focusgebied variant 5: MT-warmtenet met collectieve lucht-/waterwarmtepomp (mini-collectief).



6.1.2 Klein-collectief (variant 5)

De klein-collectieve variant (variant 5) richt zich niet op een warmtenet voor de gehele wijk, maar eerder op een buurt- of gebiedsgerichte aanpak. Hierbij worden groepen van gebouwen of bouwblokken lokaal gekoppeld aan een gedeeld energiesysteem. Deze aanpak biedt schaalvoordelen ten opzichte van individuele oplossingen, terwijl de complexiteit en investeringskosten beperkter blijven dan bij een volledig wijkdekkend collectief warmtenet. Het focusgebied voor een eerste verkenning van variant 5 is te zien in Figuur 6.2.

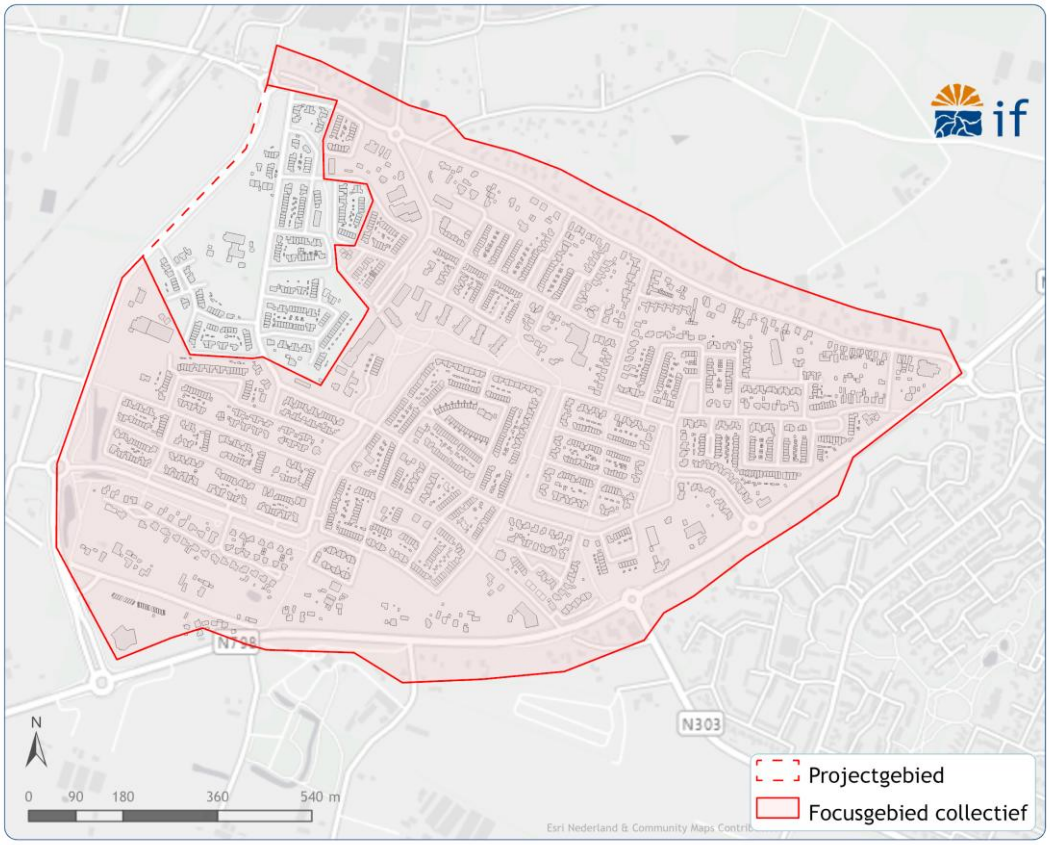
Voor dit gebied is gekozen vanwege een combinatie van factoren: de gebouwen liggen relatief dicht bij elkaar, waardoor onderlinge koppeling technisch en economisch haalbaar lijkt en een groot deel van de gebouwen beschikt over vergelijkbare warmtevraag en bouwkundige kenmerken. Daarnaast biedt dit gebied voldoende schaalgrootte om de meerwaarde van een semi-collectieve aanpak inzichtelijk te maken, zonder direct de complexiteit van een groot wijkdekkend systeem.



Figuur 6.2 | Focusgebied variant 4: MT-warmtenet met collectieve lucht-/waterwarmtepomp

6.1.3 Groot-collectief (variant 6)

Voor de groot-collectieve variant (variant 6) is gekozen om het noordwestelijke deel van de wijk buiten beschouwing te laten. Aangezien het merendeel van de gebouwen in dit gebied al is voorzien van een gesloten bodemenergiesysteem (GBES). Verdere collectieve of alternatieve warmteoplossingen zijn hier in dit gedeelte van de wijk daarom niet relevant. Het focusgebied voor de groot-collectieve variant is weergegeven in Figuur 6.3.



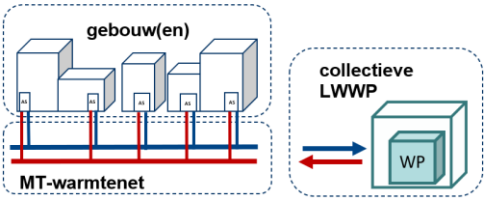
Figuur 6.3 | Focusgebied variant 5: MT-warmtenet met PT-veld en WKO.

6.2 PRINCIPETEKENING

6.2.1 Mini-collectief (variant 4)

In Figuur 6.4 is het principeschema van een MT-warmtenet met collectieve luchtwaterwarmtepompen gegeven. Warmte wordt uit de lucht onttrokken en opgewaardeerd naar een afgifte temperatuur van 70 °C. Via een warmtenet wordt de warmte naar de woningen getransporteerd. Elke woning wordt voorzien van een eigen afleverset (AS). Om de relatief hoge kosten van een warmtepomp te minimaliseren is er voor gekozen om 50% van het vermogen te leveren met een piekvoorziening (e-ketel).

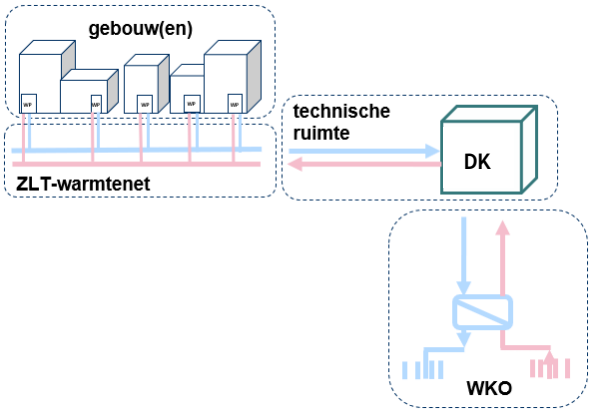
Figuur 6.4 | Principeschema variant 4.



6.2.2 Klein-collectief (variant 5)

In Figuur 6.5 is het principeschema van een ZLT-warmtenet met droge koelers ter regeneratie gegeven. In deze variant beschikt iedere woning over een eigen water-/waterwarmtepomp (WP). Het betreft een gecombineerde warmtepomp die zowel warmte levert voor ruimteverwarming als voor de bereiding van tapwater. Water met brontemperatuur wordt in elke woning opgewaardeerd naar een 45°C afgiftetemperatuur voor ruimteverwarming. In de zomers kan tevens passief worden gekoeld met de koude uit de WKO. Om de onbalans in de bodem te regenereren worden droge koelers (DK) geplaatst die in de zomer extra warmte in de bodem kunnen invangen.

Figuur 6.5 | Principeschema variant 5.

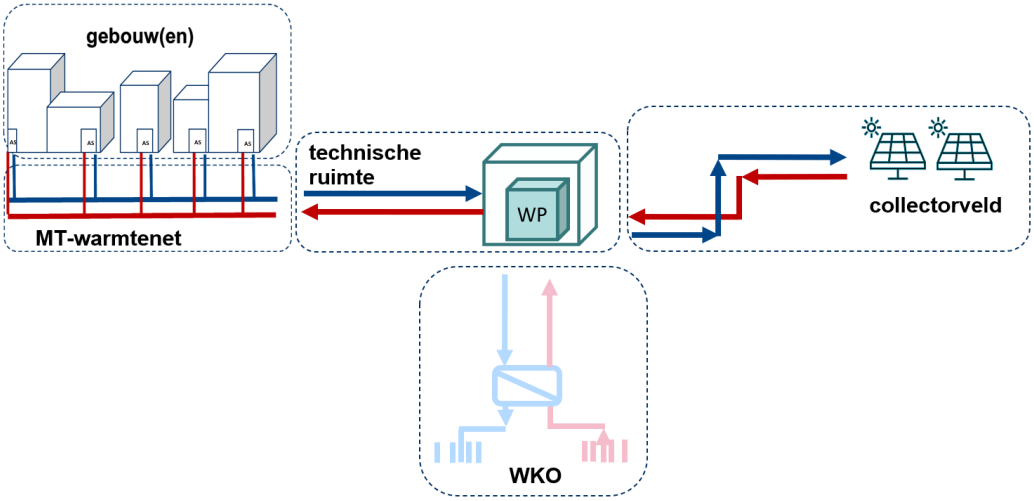


6.2.3 Groot-collectief (variant 6)

In Figuur 6.6 is het principeschema van een collectief MT-net met een PT-veld en WKO gegeven. Zonnewarmte is de duurzame warmtebron. In de zomer wordt warmte deels, via warmtepompen, geleverd aan het MT-net. Het resterende deel aan warmte wordt opgeslagen in de WKO. In de winter wordt de opgeslagen warmte onttrokken aan de WKO en via warmtepompen geleverd aan het warmtenet. Elke woning wordt voorzien van een eigen afleverset. Om de relatief hoge kosten van een warmtepomp te minimaliseren is voor gekozen om 50% van het vermogen te leveren met een piekvoorziening (e-ketel).

Distributie middels een MT-warmtenet biedt een hoge mate van inclusiviteit omdat de meeste woningen reeds geschikt zijn om aangesloten te worden (vaak is isolatie tot energielabel D voldoende). Tevens kan de warmte die wordt afgeleverd aan de woningen ook worden gebruikt om warm tapwater te produceren waardoor geen extra systeem voor warm tapwater hoeft worden aangelegd.

Figuur 6.6 | Principeschema variant 6.



6.3 DIMENSIONERING SYSTEEM

6.3.1 Warmtevraag en warmteproductie

De componenten van het energieconcept worden gedimensioneerd op de warmtevraag. De warmtevraag is echter afhankelijk van het aantal aangesloten woningen. Voor de totale hoeveelheid geproduceerde warmte (de warmteproductie) wordt daarnaast rekening gehouden met het percentage warmteverlies in de leidingen.

In Bijsteren-Husselerveld is een relatief hoog percentage van de woningen in particulier bezit. Dit betekent dat de kans klein is dat alle woningbezitters aansluiten op het warmtenet. Het uitgangspunt in deze studie is dat 80% aansluit op het warmtenet (aansluitpercentage). Variant 4 vormt hierop een uitzondering aangezien we hier uitgaan van een aansluitpercentage van 100%. Voor het aantal aansluitingen per scenario rekenen we met woning equivalenten (WEQ's). Voor de gedetailleerde berekening van het aantal WEQ's per scenario wordt verwezen naar Bijlage 6.

In de leidingen van het warmtenet zal een deel van de warmte verloren gaan naar de omliggende bodem. Dit noemen wij het warmteverlies en wordt uitgedrukt in een verliespercentage. Om de warmtevraag te kunnen dekken dient dus méér warmte te worden geproduceerd omdat er rekening gehouden moet worden met het verliespercentage. In projecten zien wij doorgaans een verliespercentage van 20-30% voor MT-warmtenetten. Daarom hanteren wij voor varianten 4 en 6 een verliespercentage van 25%. De door het beperkte temperatuurverschil tussen de leidingen van een ZLT-net en de omliggende bodem, zijn de warmteverliezen in een ZLT-net zijn vele malen kleiner dan in een MT-warmtenet. Zodoende gaan we uit van een percentage van 5% voor variant 5. in het . In Tabel 6.1 is een overzicht gegeven van de uitgangspunten waarmee de totale warmteproductie berekend wordt.

Tabel 6.1 | Warmtevraag met aansluitingspercentage en warmteverliezen.

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
Warmtevraag (verduurzaamd naar energie-label D)	GJ/jaar	1.286	9.370	53.723
Warmtevraag (verduurzaamd naar energie-label D)	MWh/jaar	357	2.600	14.920
Aantal aansluitingen (WEQ's)	-	41	393	1.970
Warmtevraag na aansluitingspercentage	MWh/jaar	357	2.082	11.938
Aantal aansluitingen na aansluitpercentage (WEQ's)	-	41	315	1.576
Warmteverlies	%	25	5	25
Warmteproductie	MWh/jaar	19	2.192	15.918

6.3.2 Dimensionering zonnecollectorveld variant 6

Voor de dimensionering van het zonnecollectorveld in variant 6 is uitgegaan van kengetallen voor piekvermogen, vollasturen en benodigde oppervlakte per paneel. Het veld is gedimensioneerd op basis van het gewenste jaarlijkse regeneratiebehoefte in het WKO systeem. De benodigde oppervlakte wordt vervolgens afgeleid uit het aantal panelen en de oppervlaktemaat per paneel.

Deze methode maakt het mogelijk om een inschatting te geven van het aantal benodigde zonnecollectoren, de verwachtte energieopbrengst en ruimtelijke impact. Deze inschatting en vormt daarmee een basis voor verdere ontwerpkeuzes. De uitgangspunten zijn samengevat in Tabel 6.2. Hieruit blijkt dat een oppervlakte van circa 14.300 m² beschikbaar moet zijn om alle PT-panelen te kunnen plaatsen. Dit komt overeen met een oppervlak van circa twee voetbalvelden.

Tabel 6.2 | Uitgangspunten zonnecollectorveld variant 6.

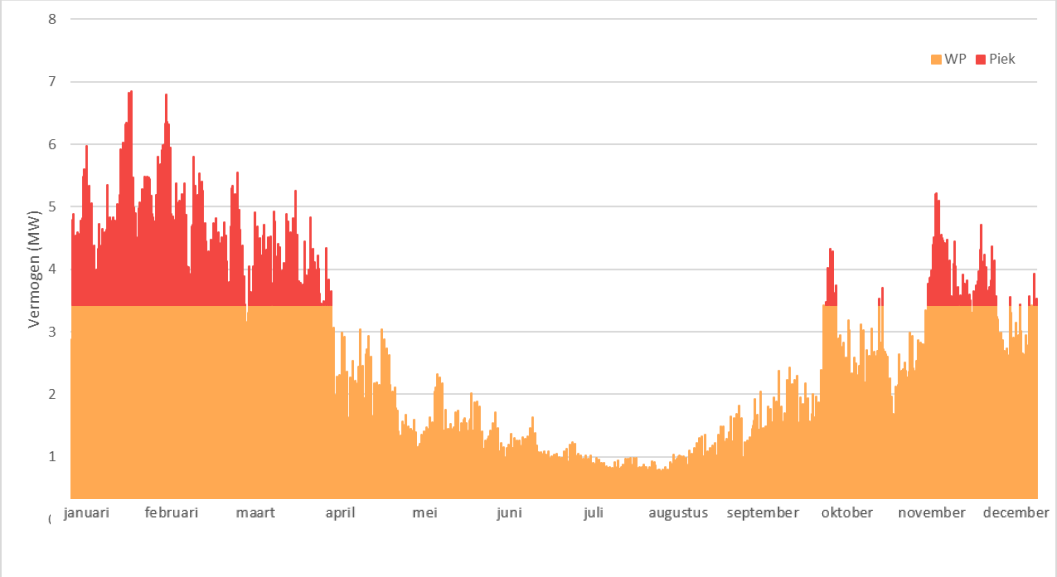
Parameter	Eenheid	Waarde
Piekvermogen per paneel	kW	1,5
Vollasturen per jaar	Uur	1.100
Jaaropbrengst per paneel	kWh/jaar	1.650
Oppervlakte per paneel	m²	2,5
Regeneratie behoefte	MWh/jaar	11.100
Aantal benodigde panelen	-	5.520
Totale benodigde oppervlakte	m²	14.320

6.3.3 Dimensionering basislast en piek

In varianten 4 en 6 (de varianten met een MT-warmtenet) is als uitgangspunt gehanteerd dat de warmtepompen 50% van het vermogen leveren en de resterende 50% door een piekvoorziening wordt geleverd. Het uitgangspunt is dat de piekvoorziening wordt geleverd met elektrische ketels (e-ketels). Aangezien netcongestieproblematiek Putten[5] ook aan de orde is, kan een piekvoorziening met biogasketels, ook een interessante optie zijn doordat deze de druk op het elektriciteitsnet vermindert. Dit biogas kan middels certificaten worden ingekocht. In de toekomst kan de piekvoorziening eventueel worden vervangen door een duurzamere warmtebron.

[5] www.netcongestiekaart.nl

Op basis van de berekende warmteproductie is een warmteprofiel opgesteld. Een warmteprofiel geeft de behoefte aan warmte(productie) per uur. Deze is ingeschat op basis van beschikbare meetdata uit een vergelijkbaar warmtenet. Figuur 6.7 beschrijft het warmteprofiel van variant 6. Voor variant 4 is een vergelijkbaar warmteprofiel op te stellen.



Figuur 6.7 | Warmteprofiel voor variant 6. Door het jaar heen wordt weergegeven hoeveel vermogen wordt geleverd met respectievelijk de warmtepomp (oranje) en de elektrische ketel (rood).

De grafiek laat zien dat maar één moment in het jaar is waar het piekvermogen van circa 6,8 MW geleverd dient te worden. In deze piek wordt 50% van de warmte geleverd door de WKO en warmtepompen (3,4 MW) en de overige 50% wordt geleverd door de e-ketel (3,4 MW). Gedurende de rest van het jaar ligt het gevraagde vermogen lager. Door het jaar heen levert de warmtepomp de basislast (oranje) en springt de e-ketel alleen in als het benodigde vermogen hoger wordt dan de basislast (de pieklast, rood). De warmtepomp levert 95% van de warmte en de e-ketel slechts 5%

6.4 LOCATIE TECHNISCHE RUIMTE

Een centrale technische ruimte (TR) is nodig om de warmte naar de woningen te transporteren. In de TR worden de warmtepompen, droge koelers, e-ketels en distributiepompen geplaatst. Voor het bepalen van de locatie van deze ruimte is belangrijk om een goede balans te vinden tussen de volgende aspecten:

- De productie van warmte zoveel mogelijk collectief organiseren om schaalvoordelen te behalen op zowel technisch als financieel vlak.
- Warmte zo dicht mogelijk bij de eindgebruiker produceren om leidingverliezen te minimaliseren (dit komt ten goede aan de duurzaamheid van het project).
- De technische ruimte kan het beste buiten de zones aangemerkt als beschermd stadsgezicht en rijksmonument geplaatst worden.

Rekening houdend met de bovenstaande aspecten is in het voorkeursconcept gekozen om per scenario één collectieve technische ruimte te realiseren. Doordat meerdere woningen op één TR worden

aangesloten is er sprake van productievoordelen. Zo profiteert een collectief systeem van een lagere gelijktijdigheid. Dit werkt als volgt: omdat niet elke woning tegelijkertijd een piekvermogen van het collectieve systeem vraagt, kan het totale collectief opgestelde vermogen kleiner zijn dan de som van de piekvermogens van de individuele woningen. Dit scheelt kosten in zowel het benodigd opgesteld vermogen van warmtepompen als van de WKO.

Op basis van het benodigde vermogen kan een inschatting worden gemaakt van de benodigde oppervlakte voor de technische ruimte. Voor het plaatsen van de warmtepompen, buffervaten, warmtewisselaars, gasketels, etc. is circa 220 m² nodig per circa 2.000 aansluitingen. In samenspraak met de project- en meedenkgroep is besloten om de centrale TR, in elk scenario, te plaatsen tussen de 'Rietgangsstraat' en de 'Mennestraat', in het zuidoosten van Bijsteren-Husselerveld.

6.5 INDICATIEF SCHETSONTWERP

In Bijlage 7 zijn de schetsontwerpen van de verschillende collectieve varianten weer gegeven. Het is belangrijk om hierbij te vermelden dat dit een eerste indicatieve intekening van de collectieve varianten betreft, in een latere fase (ontwerpfase) zal de locatie van het leidingwerk, de technische ruimte etc. in meer detail moeten worden uitgewerkt. Het leidingwerk van variant 4 is handmatig ingetekend in GIS. Varianten 5 en 6 zijn aan de hand van het Nederlands wegennet ingetekend. Voor varianten 5 en 6 is tevens de DN-maat van het leiding tracé ingeschat op basis van de tapwater- en ruimteverwarmingsvraag van de woningen.

6.6 ELEKTRICITEITSVERBRUIK EN DUURZAAMHEID

Tabel 6.3 beschrijft het totale elektraverbruik per collectieve variant in MWh. Daarnaast is ook het gemiddelde elektraverbruik per WEQ opgenomen.

Tabel 6.3 | Elektraverbruik per collectieve variant.

Parameter	Eenheid	Variant 4. Mini-collectief	Variant 5. Klein-collectief	Variant 6. Groot-collectief
Totaal elektra verbruik	MWh/jaar	186	830	7.092
Aantal WEQ	-	41	315	1.576
Elektraverbruik per WEQ	MWh/jaar	4,54	2,63	4,50

De huidige energienorm NTA8800 geeft kentallen voor de CO_2 uitstoot bij gebruik van elektriciteit uit het landelijke net. Op basis van deze norm is dus de totale CO_2 uitstoot te bepalen. De kentallen uit de NTA8800 zijn als volgt:

- CO_2 uitstoot elektriciteit: 0,34 kg/kWh

In Tabel 6.4 zijn de duurzaamheidsprestaties van de verschillende varianten weergegeven. De weergegeven waarden betreffen het gemiddelde per woning-equivalent (WEQ). Daarbij is geen rekening gehouden met gebouwtypologie, gebruiksprofielen of andere variabelen, waardoor de resultaten slechts een globale indicatie geven van de prestaties per variant.

Tabel 6.4 | Duurzaamheidsprestaties van de verschillende varianten per WEQ.

	Eenheid	Gemiddelde per WEQ
Variant 4. Mini-collectief		
Totaal elektriciteitsverbruik	MWh	4,54
CO_2 uitstoot elektriciteit	kg	1.544
Variant 5. Klein-collectief		
Totaal elektriciteitsverbruik	MWh	2,63
CO_2 uitstoot elektriciteit	kg	894
Variant 6. Groot-collectief		
Totaal elektriciteitsverbruik	MWh	4,50
CO_2 uitstoot elektriciteit	kg	1.530

7 Financiële verdieping

In hoofdstuk 6 zijn de collectieve energieconcepten technisch uitgewerkt. Gebaseerd op deze uitwerking wordt in dit hoofdstuk de business case (BuCa) opgebouwd voor de collectieve varianten (varianten 4, 5 en 6). Alleen voor de collectieve varianten is een BuCA opgesteld, omdat deze benadering uitgaat van het perspectief van een warmtebedrijf. Bij individuele opties is geen sprake van een warmtebedrijf; de techniek is dan in eigendom van de bewoner zelf. In de voorliggende BuCa worden, de investeringskosten, de exploitatiekosten, de inkomsten voor de warmtelevering, de subsidie-inkomsten en vervolgens het resultaat van de business case toegelicht. Een BuCa geeft alleen inzicht in grootte van de kasstromen, maar zegt nog niks over hoe de kosten uiteindelijk verdeeld zullen worden. Een daadwerkelijke verdeling van de kosten zal in een latere fase moeten worden bepaald. In hoofdstuk 8 vindt het vergelijk met de individuele varianten plaats.

7.1 UITGANGSPUNTEN FINANCIËLE ANALYSE

De business case is opgesteld vanuit het perspectief van het toekomstige warmtebedrijf, waarbij rekening is gehouden met de uitgangspunten in 0. De gehanteerde kostenkentallen in dit project zijn gebaseerd op kennis en ervaring van IF Technology vanuit gerealiseerde projecten, uitgevoerde onderzoeken, offertes en begrotingen van ontwerpen en aanbestedingen. Aangezien in deze haalbaarheidsfase nog veel zaken onbekend zijn, dient in gebruik van de business case rekening gehouden te worden met een onzekerheidsmarge van +/- 30%. In de volgende fase kan worden toegewerkt naar meer zekerheid in de kostenraming met een voorlopig ontwerp (VO) en definitief ontwerp (DO). Alle genoemde bedragen zijn exclusief BTW.

7.2 INVESTERINGSKOSTEN

Tabel 7.1 toont de benodigde initiële investeringen (CAPEX) voor aanleg van het energiesysteem (waarbij de demarcatie direct achter de afleverset in de woningen ligt). De CAPEX zijn alle investeringen die eenmalig plaatsvinden aan het begin van het project.

Tabel 7.1 | Kosten realisatie energieconcept (CAPEX)

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
WKO-systeem	€	-	398.000	769.000
Zonnecollectorveld		-	-	2.218.000
Warmtepompcentrale	€	138.000	444.000	3.763.000
Leidingwerk warmtenet	€	600.000	2.230.000	23.323.000
Afleversets	€	65.600	-	2.522.000
Individuele water-/waterwarmtepompen[6]		-	4.410.000	-
Aansluitkosten elektriciteit	€	34.000	-	330.000
Ontwerp en advies	€	84.000	748.000	3.292.000
Onvoorzien	€	84.000	748.000	3.292.000
Totaal	**€**	1.006.000	8.978.000	39.509.000
Capex per WEQ	**€**	24.500	28.500	25.100

[6] Er is bewust gekozen om de kosten voor de water-/waterwarmtepompen bij het warmtebedrijf neer te leggen om zo een eerlijker vergelijk te kunnen maken met de overige collectieve varianten. Uiteraard kan hier in een latere fase van af worden geweken.

7.3 EXPLOITATIEKOSTEN

Tabel 7.2 geeft inzicht in de operationele kosten (OPEX). Dit zijn alle terugkerende kosten op jaarbasis. De OPEX is grofweg in drie groepen te verdelen: kosten voor elektriciteits- en gasverbruik, kosten voor onderhoud en beheer van de systemen en managementkosten.

Tabel 7.2 | Jaarlijkse kosten exploitatie (OPEX)

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
Elektriciteit	€/jaar	26.000	162.000	1.359.000
Materiaal en onderhoud	€/jaar	11.000	143.000	456.000
Managementkosten	€/jaar	3.000	25.000	126.000
Totaal	**€/jaar**	40.000	330.000	1.941.000
OPEX per WEQ	**€/jaar**	980	1.048	1.230

7.4 INKOMSTEN WARMTELEVERING

In Tabel 7.3 zijn de inkomsten (omzet) vanuit de warmtelevering weergegeven. De omzet van de exploitant bevat altijd een vast en een variabel gedeelte. In de tariefbepaling is voor nu als uitgangspunt 100% van het maximaal toegestane ACM-tarief (Autoriteit Consument en Markt) aangehouden (zie onderstaand kader voor verdere toelichting). Door uit te gaan van 100% van de ACM-tarieven wordt feitelijk de situatie nagebootst waarin bewoners dezelfde kosten zouden hebben als wanneer zij met aardgas zouden verwarmen. Er is gekozen om te rekenen met ACM-tarieven in plaats van de kostprijs-plus systematiek zoals deze wordt beoogd in de 'Wet collectieve warmte' (WCW). De kostenplus systematiek bepaalt dat warmtetarieven worden gebaseerd op de werkelijke kosten van warmtelevering, vermeerderd met een redelijk rendement voor het warmtebedrijf. Door onzekerheden en de duur van het bestuurlijke traject omtrent de WCW is gekozen om uit te gaan van de huidige ACM tarieven voor de warmtelevering. Uiteraard kan hier in de toekomst van worden afgeweken.

Tabel 7.3 | Inkomsten warmtelevering

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
Vastrecht warmte	€/jaar	20.000	150.000	752.000
Variabel warmte	€/jaar	47.000	271.000	1.555.000
Meetkosten	€/jaar	1.000	9.000	43.000
Kosten afleverset	€/jaar	5.000	-	196.000
Koude vastrecht	€/jaar	-	73.000	-
Totaal	**€/jaar**	**73.000**	**503.000**	**2.546.000**
Inkomsten per WEQ	**€/jaar**	**1.780**	**1.597**	**1.620**

Toelichting: ACM-tarief en het 'Niet-meer-dan-anders'-principe
De Autoriteit Consument & Markt (ACM) stelt jaarlijks maximumtarieven vast voor stadsverwarming, aangezien afnemers doorgaans geen mogelijkheid hebben om van leverancier te wisselen. Deze tarieven zijn gebaseerd op het 'niet-meer-dan-anders-principe': de totale kosten voor een huishouden met stadsverwarming mogen niet hoger zijn dan de kosten voor een vergelijkbaar huishouden dat met aardgas wordt verwarmd. De maximale kosten voor de warmtelevering (per GJ) zijn gebaseerd op de gemiddelde gasprijzen.

7.5 SUBSIDIE-INKOMSTEN EXPLOITANT

Tabel 7.4 toont de geschatte subsidie-inkomsten die verkregen kunnen worden voor het project. De WIS-subsidie is een investeringssubsidie voor het aansluiten van bestaande bouw op een warmtenet. Voor het verkrijgen van de WIS-subsidie moeten minimaal 250 bestaande woningen worden aangesloten op een warmtenet. Variant 4, met slechts 41 woningen, voldoet niet aan deze eis en komt daarom niet in aanmerking voor de WIS-subsidie. De SDE++-subsidie is een exploitatiesubsidie waarvan de hoogte afhankelijk is van een vooraf vastgelegde basisprijs en een jaarlijks bepaald correctiebedrag. Voor het ZLT-net in variant 5 is geen SDE++ subsidie beschikbaar aangezien de warmte hier niet collectief wordt opgewekt. Bijlage 9 licht de belangrijkste subsidies nader toe, ook wordt uitgelegd hoe deze zijn meegenomen in de business-case.

Tabel 7.4 | Subsidie-inkomsten.

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
WIS	€	-	893.000	9.164.000
SDE++[7]	€/jaar	14.000	-	2.400[8]

7.6 RESULTAAT BUSINESS CASE PUBLIEK WARMTEBEDRIJF

Met behulp van de berekende CAPEX, OPEX en de inkomsten kan de onrendabele top met een gegeven projectrendement (IRR) worden bepaald. Het gewenste projectrendement is gelijkgesteld aan de ‘weighted average cost of capital’ (WACC) en bedraagt 4,6% voor alle varianten. Op deze manier wordt de situatie nagebootst waarbij een publieke partij de warmtevoorziening voor haar rekening neemt. In Tabel 7.5 staan de belangrijkste financiële waarden uit dit onderzoek weergegeven bij scenario’s waarin de beschikbare subsidies wel en niet worden toegepast. In 0 staat beschreven wat de WACC, IRR en NCW inhouden en wat de impact hiervan is voor het opstellen van een business case.

Alle varianten kennen een onrendabele top, wat betekent dat de totale kosten niet volledig worden gedekt door de opbrengsten binnen de gebruikelijke looptijd. Dit is een structureel kenmerk van collectieve warmtenetten, vooral door hoge initiële infrastructuurkosten en lange terugverdientijden. Het verschil tussen commerciële en publieke partijen zit niet in de hoogte van de investering – die is gelijk door identiek materiaalgebruik en werkzaamheden – maar in de wijze van organiseren en financieren. Commerciële partijen moeten financiering vinden in de markt, wat betekent dat risico’s moeten worden afgedekt. Publieke partijen daarentegen kunnen doorgaans tegen lagere rente financieren en risico’s makkelijker opvangen via algemene reserves.

[7] Dit is het subsidiebedrag dat kan worden verkregen in het startjaar van de exploitatie.

[8] Voor variant 6 geldt dat het subsidiabele SDE++ bedrag verwaarloosbaar klein is in verhouding tot totale projectsom. Zodoende hebben we er voor hebben gekozen om deze niet mee te nemen in de BuCa.

Tabel 7.5 | Resultaat business case publiek warmtebedrijf (IRR: 4,6%).

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
Zonder subsidie				
Onrendabele top per woning	€/woning	16.400	22.300	17.900
Totale onrendabele top	€	673.000	7.025.000	28.202.000
Met WIS				
Onrendabele top per woning	€/woning	-	19.500	12.200
Totale onrendabele top	€	-	6.132.000	19.230.000
Met SDE++				
Onrendabele top per woning	€/woning	14.000	-	-
Totale onrendabele top	€	574.000	-	-
Met WIS & SDE++				
Onrendabele top per woning	€/woning	14.000	19.500	12.200
Totale onrendabele top	€	574.000	6.132.000	19.230.000

7.7 RESULTAAT BUSINESS CASE COMMERCIEEL WARMTEBEDRIJF

Doorgaans hebben commerciële partijen een hogere rendementseis dan publieke partijen. Dit kan de uitkomst van de BuCa sterk beïnvloeden. Wederom is het gewenste projectrendement is gelijkgesteld aan de 'weighted average cost of capital' (WACC). Maar, om de situatie na te bootsen dat een commerciële partij de warmtevoorziening voor haar rekening neemt, bedraagt deze nu 7,3% voor alle varianten.

Tabel 7.6 | Resultaat business case commercieel warmtebedrijf (IRR: 7,3%).

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
Zonder subsidie				
Onrendabele top per woning	€/woning	19.000	23.300	19.600
Totale onrendabele top	€	777.000	7.352.000	30.926.000
Met WIS				
Onrendabele top per woning	€/woning	-	20.500	13.900
Totale onrendabele top	€	-	6.459.000	21.953.000
Met SDE++				
Onrendabele top per woning	€/woning	16.800	-	-
Totale onrendabele top	€	690.000	-	-
Met WIS & SDE++				
Onrendabele top per woning	€/woning	16.800	20.500	13.900
Totale onrendabele top	€	690.000	6.459.000	21.953.000

Net als bij een publiek warmtebedrijf (Tabel 7.5), hebben alle varianten een onrendabele top. Wel is het zo dat de onrendabele top voor marktpartijen groter is. Dit is te verklaren door het feit door het feit dat vooraf nog méér geld moet worden geïnvesteerd om het hogere projectrendement te behalen.

7.8 DUIDING VAN RESULTATEN

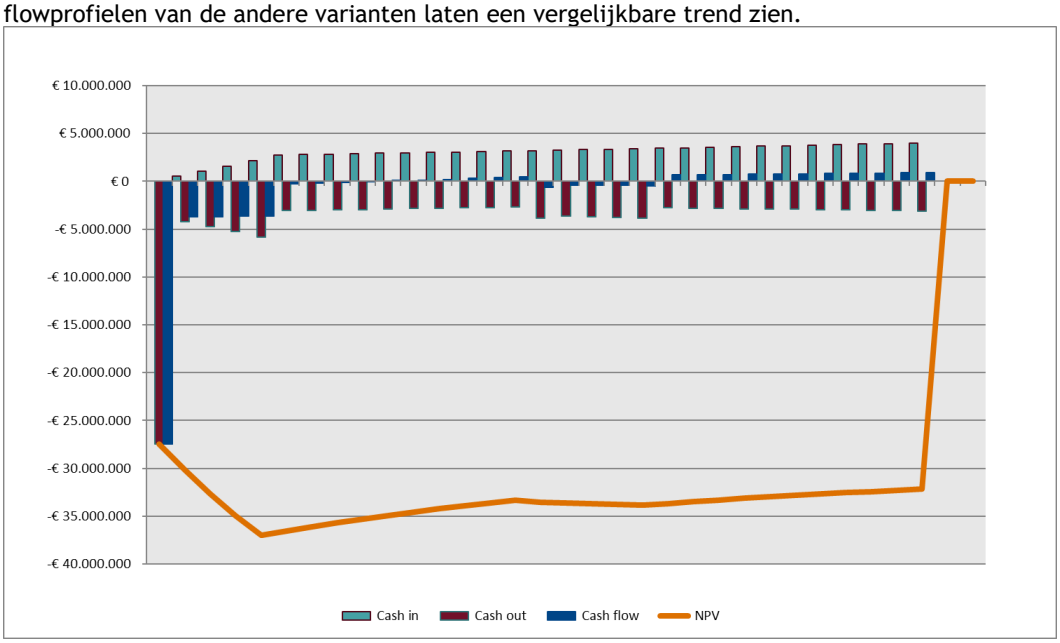
Het uitrollen van warmtenetten in Bijsteren-Husselerveld resulteert in een (relatief) ongunstige BuCa voor elk van de drie collectieve varianten. Dit maakt het voor zowel publieke- als commerciele partijen niet aantrekkelijk om een warmtenet in Bijsteren-Husselerveld te gaan exploiteren. Met name variant 5 scoort het slechtst, vanwege de combinatie van hoge investeringskosten en een beperkte warmteafname. Hoewel de keuze voor een 100% ACM-tarief de BuCa enigszins positief beïnvloedt, blijft het resultaat ook in dit geval ongunstig.

Ter vergelijking: in andere projecten zien we dat voor gunstige BuCa, bij gelijke uitgangspunten en zonder subsidies, de onrendabele top per woning doorgaans tussen de €6.000 en €10.000 bedraagt. Voor een neutrale of gemiddelde BuCa ligt de onrendabele top tussen de €10.000 en €15.000. In Bijsteren-Husselerveld liggen de uitkomsten van alle drie de varianten boven deze bandbreedte, waardoor zij als ongunstig kunnen worden aangemerkt.

De keuze voor een publieke of commerciële partij is in de kern een politieke keuze, maar deze heeft wel duidelijke consequenties voor de BuCa. Dat is ook hier zichtbaar: wanneer wordt uitgegaan van een commerciële partij laten de varianten een aanzienlijk hogere onrendabele top per woning zien dan bij een publieke partij. Met het oog op de ‘Wet Collectieve Warmte (WCW)’, zullen warmtenetten met meer dan 1.500 aansluitingen namelijk worden geëxploiteerd door een publiek warmtebedrijf.

7.9 KASSTROMEN

Figuur 7.1 toont de inkomende- en uitgaande geldstromen gedurende de exploitatieperiode van 30 jaar voor variant 6. Na afloop van deze periode wordt in jaar 31 een correctie toegepast voor de restwaarde van het systeem, waardoor de netto contante waarde (NCW) naar nul beweegt. Dit betekent niet dat de installatie waardeloos is of uit elkaar valt, maar dat in de berekening de resterende waarde wordt verrekend om het financiële plaatje over de gehele levenscyclus te sluiten. De cashflowprofielen van de andere varianten laten een vergelijkbare trend zien.



Figuur 7.1 | Kasstromen tijdens de projectduur voor variant 6.

8 Bewonerslasten

Om de bewonerslasten inzichtelijk te maken, maken wij gebruik van een Total Cost of Ownership (TCO) berekening. De TCO maakt het mogelijk om individuele en collectieve varianten, vanuit het oogpunt van de bewoner, financieel met elkaar te vergelijken. Voor het bepalen van de TCO bij aansluiting op individuele- en collectieve varianten hebben we een kasstromenmodel opgesteld. In dit model worden alle kosten die een bewoner de komende 30 jaar maakt meegenomen.

Voor aansluiting op een individuele gasketel of (hybride) warmtepomp die kosten uit de volgende onderdelen:

- investeringskosten warmtepomp of gasketel;
- herinvesteringskosten warmtepomp of gasketel na 15 jaar;
- jaarlijkse onderhoudskosten;
- jaarlijkse variabele en vaste kosten elektriciteit en/of gas;
- isolatiekosten;
- woningaanpassingen.

Voor de aansluiting op een collectief warmtenet bestaan die kosten uit de volgende onderdelen:

- jaarlijkse vaste kosten warmtelevering;
- jaarlijkse variabele kosten warmtelevering;
- bijdrage aansluitkosten (BAK);
- aanpassingen aan woning voor aansluiting warmtenet;
- aanpassingen benodigd voor elektrisch koken;
- isolatiekosten.

Bijsteren-Husselerveld bestaan uit tal van verschillende woningen met ieders zijn eigen karakteristieken. Om toch een goed beeld te schetsen van de bewonerslasten hebben wij ervoor gekozen om drie referentiewoningen te selecteren die representatief zijn voor drie typen woningen die we terug vinden in de wijk. Voor de referentiewoningen zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als in hoofdstuk 5.

Toelichting: referentiewoning
Een referentie woning is een modelwoning die als een soort ‘gemiddelde woning’ wordt gebruikt. Hiermee kunnen we een vergelijking maken tussen verschillende soorten woningen en laten zien wat de mogelijke effecten zijn op de totale kosten.

Het is belangrijk om te benadrukken dat dit een sterke vereenvoudiging van de werkelijke situatie is: geen enkele woning is immers precies hetzelfde. Een woning kan bijvoorbeeld al beter geïsoleerd zijn, wat kostenbesparend werkt, of juist specifieke kenmerken hebben die andere maatregelen vragen.

Om een nauwkeurig beeld krijgen van de situatie in uw eigen woning is het raadzaam om contact op te nemen met een duurzaamheidsadviseur of gebouwadviseur, die een advies op maat kan geven.

De belangrijkste specificaties van de referentiewoningen zijn (nogmaals) weergegeven in Tabel 8.1.

Tabel 8.1 | Specificaties van de drie referentiewoningen.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Bouwjaar	Voor 1980	1980 - 2000	Na 2000
Huidig energielabel	D - E - F - G	D	A - B
Huidig gasverbruik	1.400 m³	1.200 m³	900 m³
Gasverbruik na isolatie (label D)	1.280 m³	n.v.t	n.v.t.
Gasverbruik na isolatie (label B)	1.100 m³	1.030 m³	n.v.t.

8.1 JAARLIJKSE VASTE EN VARIABELE KOSTEN WARMTELEVERING

Tabel 8.2 en Tabel 8.3 geven een overzicht van respectievelijk de jaarlijkse variabele- en vaste kosten voor bewoners van de referentiewoningen. Voor de collectieve varianten is uitgegaan van het volledige (100%) ACM-tarief voor warmtelevering. De vaste kosten in voor variant 5 zijn hoger, omdat hier de bewoner ook vastrecht betaalt voor de levering van koude. Als uitgangspunt is gerekend met een elektriciteitsprijs van €0,26 per kWh voor stroom en een gasprijs van €1,14 per m³.[9]

De variabele kosten voor de warmtelevering bestaan uit:

- Variabele kosten voor de warmtelevering
- Variabele kosten voor gas
- Variabele kosten voor elektra

Tabel 8.2 | Jaarlijkse variabele kosten voor bewoners Bijsteren-Husselerveld per variant. Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Eenheid	€/jaar	€/jaar	€/jaar
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Variant 1. Gasketel	1.460	1.370	1.020
Variant 2. Hybride LWWP	950	910	800
Variant 3. Individuele LWWP	720	670	500
Variant 4. Mini-collectief	1.730	1.630	1.220
Variant 5. Klein-collectief	1.730	1.630	1.220
Variant 6. Groot-collectief	1.730	1.630	1.220

De vaste kosten voor de warmtelevering bestaan uit:

- Vastrecht gas
- Huur afleverset
- Meetkosten
- Vastrecht warmte
- Vastrecht koude
- Onderhoudskosten

[9] Bron: Gemiddelde energieprijzen augustus 2025 (https://www.anwb.nl/energie/actuele-tarieven)

Tabel 8.3 | Jaarlijkse vaste kosten voor bewoners Bijsteren-Husselerveld per variant. Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Eenheid	€/jaar	€/jaar	€/jaar
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Variant 1. Gasketel	580	580	580
Variant 2. Hybride LWWP	580	580	580
Variant 3. Individuele LWWP	270	270	270
Variant 4. Mini-collectief	760	760	760
Variant 5. Klein-collectief	890	890	890
Variant 6. Groot-collectief	760	760	760

8.2 BIJDRAGE AANSLUITKOSTEN (BAK)

In paragrafen 7.6 en 7.7 is de onrendabele top weergegeven van de collectieve varianten. Deze onrendabele top kan deels gedekt worden door een aansluitbijdrage (Tabel 8.4) te vragen aan de bewoners. Voor nu hebben wij gekozen om de BAK gelijk te stellen aan het maximale bedrag dat particulieren kunnen ontvangen voor het aansluiten op een warmtenet (ISDE subsidie, zie paragraaf 8.4).

Tabel 8.4 | Eenmalige bijdrage aansluitkosten (BAK). Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Eenheid	€/jaar	€/jaar	€/jaar
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Variant 1. Gasketel	-	-	-
Variant 2. Hybride LWWP	-	-	-
Variant 3. Individuele LWWP	-	-	-
Variant 4. Mini-collectief	€3.775	€3.775	€3.775
Variant 5. Klein-collectief	€3.775	€3.775	€3.775
Variant 6. Groot-collectief	€3.775	€3.775	€3.775

8.3 WONINGAANPASSINGEN

Voor de verschillende varianten zijn aanpassingen aan de woning noodzakelijk. Bewoners moeten hun woning geschikt maken om met de gekozen oplossing te kunnen verwarmen. In deze paragraaf worden de benodigde woningaanpassingen (en de bijbehorende kosten) beschreven.

8.3.1 Woningaanpassingen individuele varianten

In Tabel 8.5 staan alle kosten om de woning[10] klaar te maken voor de overstap op een individuele (hybride) warmtepomp (varianten 2 & 3). Ook de investeringskosten van een gasketel of (hybride) warmtepomp (inclusief installatie) zijn in de tabel beschreven. Voor de variant met de gasketel (variant 1) zijn geen extra woningaanpassingen nodig. Enkele kostenposten gelden voor alle woningen zoals de woning voorzien van een elektrische kookvoorziening (aansluiting inductieplaat & pannen) en aanpassingen aan het cv-circuit.

[10] Bron: https://energy.nl/tools/dashboard-eindgebruikerskosten/

*Tabel 8.5 | Kosten gerelateerd aan woningaanpassingen voor individuele varianten. Bedragen zijn inclusief btw. *LT = lage temperatuur.*

	Woningtype 1	Woningtype 2	Woningtype 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Investeringskosten variant			
Investeringskosten gasketel	€1.900	€1.900	€1.900
Investeringskosten hybride warmtepomp	€8.590	€7.500	€6.800
Investeringskosten warmtepomp	€16.540	€16.540	€12.670
Woningaanpassingen			
Elektrische kookvoorziening	€1.450	€1.450	€1.450
Ventilatiesysteem	€3.740	-	-
LT-afgifte geschikt maken*	€3.040	€3.040	€3.040
Extra isolatie (energielabel D)	€10.560	-	-
Extra isolatie (energielabel B)	€36.160	€14.030	-

8.3.2 Woningaanpassingen collectieve varianten

De kosten die een bewoner betaalt aan de exploitant van de warmtelevering is maar een deel van de kosten die de bewoner maakt. Een bewoner zal ook in zijn woning nog het nodige moeten aanpassen om de overstap te maken van warmtelevering met een gasketel naar warmtelevering met duurzame warmte met een afleverset. Deze aanpassingen komen niet voor rekening van het warmtebedrijf en zijn om die reden niet meegenomen in de business case, maar ze moeten wel inzichtelijk gemaakt worden om het totaalplaatje voor de bewoners en voor de onrendabele top te kunnen schetsen. De kosten zijn geraamd op basis van 'Het dashboard eindgebruikerskosten' van TNO. Op hoofdlijnen liggen de volgende aanpassingen met kosten bij de bewoners om te kunnen overstappen:

- **Verwijderen van de gasketel en afsluiten van de aardgaslevering.** Voorheen lagen de kosten voor het afsluiten van het gas volledig bij de bewoner, sinds 1 maart 2021 kunnen consumenten een verzoek doen bij de netbeheerder om de gasaansluiting kosteloos te laten verwijderen.
- **Aansluiten elektrische kookvoorziening**. Koken kan niet langer op gas zonder gasaansluiting, en dus is een overstap naar elektrisch koken noodzakelijk. Dit betekent dat een nieuwe kookplaat en pannenset gekocht moet worden, en dat een extra elektriciteitsaansluiting naar de keuken aangelegd moet worden. Gebaseerd op het Dashboard eindgebruikskosten van TNO gebruiken wij voor deze kostenpost een bedrag van €1.452 incl. btw.
- **Inpandige aanpassingen**. In de meeste huizen staat de cv-ketel op zolder, maar de afleverset van het warmtenet wordt typisch zo dicht mogelijk bij de voordeur geplaatst. Dit kan betekenen dat inpandig leidingen moeten worden omgelegd om de leidingen naar beneden te verleggen. Ook moet het nieuwe systeem ingeregeld worden en moeten mogelijk nieuwe kamerthermostaten geplaatst worden. Volgens het Dashboard eindgebruikerskosten (bron: TNO) zijn deze kosten gemiddeld € 6.380 incl. btw voor een eengezinswoning en €4.750 voor meergezinswoning (woning in een appartementencomplex).
- **Extra isolatie**. Het warmtenet in varianten 4 en 6 levert warmte van 70 °C. Huizen met label D of beter kunnen met 70 °C comfortabel verwarmd worden. Dit betekent dat huizen die nu slecht geïsoleerd zijn extra geïsoleerd moeten worden. Ook kan het nodig zijn om oude radiatoren te vervangen voor nieuwere versies. Voor variant 5 zal moeten worden verduurzaamd naar tenminste label B aangezien hier de woningen met 'lage-temperatuur-warmte (LT-warmte)' worden verwarmd.

Tabel 8.6 | Kosten gerelateerd aan woningaanpassingen voor collectieve varianten. Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Elektrische kookvoorziening	€1.450	€1.450	€1.450
Inpandige aanpassingen	€6.380	€6.380	€6.380
Extra isolatie (energielabel D)	€10.560	-	-
Extra isolatie (energielabel B)	€36.160	€14.030	-
Totaal - energielabel D	€ 18.390	€ 7.830	€ 7.830
Totaal - energielabel B	€ 43.990	€ 21.860	€ 7.830

8.4 SUBSIDIES

Voor het verduurzamen van bestaande woningen van particulieren is de “investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing” (ISDE) beschikbaar.

8.4.1 Subsidies individuele varianten

Voor de individuele varianten (Tabel 8.7) zijn de volgende ISDE-subsidies meegenomen in de TCO berekening:

- **Aanschaf (hybride) warmtepomp.** Bij de aanschaf van een warmtepomp wordt ongeveer 30% van de aanschafprijs gesubsidieerd.
- **Isolatie.** Voor isolatiemaatregelen geldt dat ongeveer 30% van de kosten gesubsidieerd wordt. Per isolatiemaatregel is een maximum oppervlakte aan gevel, vloer, dak etc. dat gesubsidieerd wordt. Deze grens licht echter zo hoog dat het grootste deel van de woningen onder die grens blijven.

Tabel 8.7 | Beschikbare ISDE-subsidie voor individuele varianten. Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Lucht-/waterwarmtepomp	€5.660	€5.660	€4.950
Hybride warmtepomp	€2.250	€2.250	€2.250
Gasketel	-	-	-
Extra isolatie (energielabel D)	€3.170	-	-
Extra isolatie (energielabel B)	€10.850	€4.210	-

8.4.2 Subsidies collectieve varianten

Voor de collectieve varianten (Tabel 8.8) zijn de volgende ISDE-subsidies meegenomen in de TCO berekening:

- **Aansluiting warmtenet.** Met de ISDE-subsidie kunnen woningeigenaren € 3.775 subsidies krijgen voor de aansluiting op een warmtenet. Een vereiste hierbij is dat na de aansluiting op een warmtenet de woning helemaal aardgasvrij is. Deze subsidie is niet beschikbaar voor verhuurders. Sinds 2023 is het ook mogelijk om subsidie aan te vragen voor elektrisch koken, dit is echter niet te combineren met een aanvraag voor aansluiting op een warmtenet.
- **Isolatie.** Voor isolatiemaatregelen geldt dat ongeveer 30% van de kosten gesubsidieerd wordt. Per isolatiemaatregel is een maximum oppervlakte aan gevel, vloer, dak etc. dat gesubsidieerd wordt. Deze grens licht echter zo hoog dat het grootste deel van de woningen onder die grens blijven.

Tabel 8.8 | Beschikbare ISDE-subsidie voor collectieve varianten. Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
Aansluiting warmtenet	€3.775	€3.775	€3.775
ISDE-isolatie	€3.170	€0	€0
Totaal	**€6.945**	**€3.775**	**€3.775**

8.5 RESULTAAT TCO EN VERGELIJK

In Tabel 8.9 is een overzicht gegeven van de TCO per variant, inclusief een uitsplitsing naar de maandelijkse lasten voor bewoners. Deze maandlasten zijn het bedrag dat een woningeigenaar in het eerste jaar van ingebruikname gemiddeld betaalt aan vaste en variabele kosten. Het is belangrijk om te benadrukken dat deze maandlasten uitsluitend betrekking hebben op gebruikskosten en dus niet de eenmalige investeringskosten voor de aanschaf van installaties tonen.

De investeringskosten en de maandlastenvormen samen totale TCO. De maandlasten zijn dus een detailweergave van een deel van de kosten die in de TCO zijn verwerkt. Voor de berekening van de TCO is uitgegaan van een disconteringsvoet van 2%.

Tabel 8.9 | TCO per variant. Bedragen zijn inclusief btw.

	Referentiewoning 1	Referentiewoning 2	Referentiewoning 3
Woningtype	Vrijstaande woning	Tussenwoning	Tussenwoning
TCO bewoners - 30 jaar			
Variant 1. Gasketel	€64.980	€62.250	€51.990
Variant 2. Hybride LWWP	€76.250	€62.130	€54.320
Variant 3. Individuele LWWP	€91.600	€ 74.770	€49.600
Variant 4. Mini-collectief	€90.090	€ 79.450	€ 67.250
Variant 5. Klein-collectief	€111.940	€ 93.200	€ 71.180
Variant 6. Groot-collectief	€90.090	€ 79.450	€ 67.250
Maandlasten - startjaar ingebruikname			
Variant 1. Gasketel	€157	€149	€121
Variant 2. Hybride LWWP	€101	€98	€89
Variant 3. Individuele LWWP	€82	€78	€64
Variant 4. Mini-collectief	€208	€199	€165
Variant 5. Klein-collectief	€219	€199	€176
Variant 6. Groot-collectief	€208	€199	€165

Uit de tabel valt op te maken dat een aansluiting op een warmtenet (varianten 4, 5 en 6) met de huidige uitgangspunten (100% ACM-tarief en €3.775 aansluitbijdrage) resulteert in een significant hogere TCO dan de referentiecasus met de gasketel (variant 1). De varianten met een MT-warmtenet (varianten 4 en 6) hebben een TCO die ca. 25% tot 39% hoger is dan de TCO voor een gasketel.

De totale kosten van variant 5 resulteren in de hoogste TCO voor elke referentiewoning. Dit komt voornamelijk door de hoge leverkosten voor warmte en koude én de kostbare isolatieaanpassingen die moeten worden gedaan voor het klaarmaken voor LT-afgifte. Variant 5, is desondanks interessant bij nieuwe goed geïsoleerde woningen (zoals referentiewoning 3). Namelijk: voor referentiewoning

3 vallen de verschillen in kosten wel mee (t.o.v. andere varianten), terwijl koeling een mooie extra is!

Woningen die momenteel al goed geïsoleerd zijn (referentiewoning 3) kunnen direct overstappen op een all-electric warmtepomp. De TCO berekening laat zien dat dit de goedkoopste optie is over 30 jaar. Voor oudere woningen met een hoge warmtevraag (referentiewoning 1) is een aansluiting op de collectieve MT-warmte, een gunstige verduurzamingsoptie aangezien ze hoge isolatiekosten kunnen besparen. In vergelijking met de andere duurzame alternatieven (varianten 2 en 3) liggen de kosten van aansluiting op een MT-warmtenet namelijk goedkoper.

Door te kiezen voor het maximale ACM-tarief (100%) blijken de collectieve varianten relatief duur uit te vallen in vergelijking met de individuele varianten. Dit is goed terug te zien in de tabel door de hoogte van de maandbedragen voor de warmtelevering.

Lucht-/waterwarmtepompen zijn vanuit financieel oogpunt een aantrekkelijke optie mits de woning goed geïsoleerd is (minimaal energielabel B). Uit de Tabel 8.9 blijkt dat de lucht-/waterwarmtepomp de meest kostenefficiënte verwarmingsmethode is voor een goed geïsoleerde tussenwoning (referentiewoning 3). Daarnaast zijn de maandlasten (de kosten voor elektriciteit en de onderhoudskosten van de warmtepomp) voor een individuele lucht-/waterwarmtepomp relatief het laagste. Het verschil met een aansluiting op een warmtenet of het verwarmen met een gasketel is echter beperkt. Voor minder goed geïsoleerde woningen, zoals de vrijstaande woning (referentiewoning 1) en de tussenwoning (referentiewoning 2) is de lucht-/waterwarmtepomp juist een aanzienlijk duurdere verwarmingsmethode.

9 Organisatie

In eerdere hoofdstukken zijn de energieconcepten technisch en financieel vergeleken. Voor een goed onderbouwde keuze is het belangrijk ook het organisatorisch perspectief mee te nemen. De verschillende concepten vragen namelijk om een andere manier van organiseren. Dit is onderzocht in samenwerking met Peter Reidsma van Sustendo, adviseurs in verduurzaming en beleid.

In dit hoofdstuk adviseren we de gemeente Putten over welke rol zij het beste kan innemen bij de verschillende energieconcepten. We raden aan om bij de afweging een rol te kiezen die past bij de gemeente, en daar de activiteiten op af te stemmen.

We analyseren dit perspectief aan de hand van de twee belangrijkste stakeholders: de bewoners en de gemeente. We beschrijven hun mogelijke rollen binnen zowel collectieve als individuele concepten, en lichten toe welke activiteiten daarbij horen. Tot slot geven we advies over hoe de gemeente dit perspectief kan meenemen in de uiteindelijke besluitvorming.

9.1 ROLNEMINGEN

Alvorens we de adviseren over de meest geschikte rolneming omschrijven we eerst welke mogelijkheden de gemeente Putten allemaal heeft. Daarnaast maken we de verschillende rolnemingen voor de bewoners inzichtelijk. Voor varianten 5 en 6 speelt de Woonstichting Putten ook een sleutelrol, maar dit is voor nu buiten beschouwing gelaten. Tijdens het selecteren van het energieconcept is wel rekening gehouden met hun uitgangspunten.

9.1.1 Gemeente

Belangrijk kader voor de strategie is de rol die de gemeente Putten aanneemt. Op een schaal van actieve deelname tot faciliteren kan de gemeente meer of minder controle op het project uitoefenen. Daarin zijn een aantal varianten te bepalen, waar geen goed of fout mogelijk is. De daadwerkelijke rol van de gemeente is vooral een politieke en bestuursrechtelijke keuze. Belangrijke vraag voor de gemeente is daarbij wat hun doelen zijn met betrekking tot de warmtetransitie. Vervolgens kan bepaald worden welke rol nodig is om die doelen te behalen. Hieronder zijn de viertal concrete rollen toegelicht:

1. **Gemeentelijke deelname**: gemeente neemt als volwaardige partij deel aan het project en uiteindelijk als aandeelhouder in het energiesysteem. Een actieve deelname is voornamelijk het overwegen waard als de gemeente Putten meer grip wil op aspecten van het warmtesysteem zoals duurzaamheid, betaalbaarheid en leveringszekerheid dan waar de markt aan gebonden is vanuit landelijke eisen. In deze positie houdt de gemeente namelijk zelf de touwtjes grotendeels in handen en kan het actief sturen op een gewenst eindresultaat. Een kanttekening hierbij is dat ook in deze vorm nog afgestemd moet worden met andere partijen (aandeelhouders) en het op voorhand lastig in te schatten is of de gemeente altijd haar belang kan laten gelden. Nadeel van een actieve deelname is dat de gemeente risicodragend wordt. Daarnaast zijn binnen de huidige wettelijke kaders beperkingen bij actieve deelname rondom het geven van staatssteun.
2. **Concessieverlening (regie nemen)**: Gemeente Putten heeft ook de mogelijkheid om een warmteconcessie af te geven voor een collectief warmtesysteem in heel Bijsteren en

Husselerveld of gedeeltes van Bijsteren en Husselerveld. In deze vormt neemt de gemeente de regie in handen en treedt als aanbestedende partij op om een marktpartij te selecteren die de ontwikkeling, realisatie en exploitatie voor haar rekening neemt. Daarmee heeft de gemeente veel zeggenschap (denk aan voorwaarden omtrent bouwsnelheid, duurzaamheid en gebruikslasten) en kan het de publieke belangen goed borgen. Nadeel van deze organisatievorm is dat het veel inspanning van de gemeente vraagt aan de voorzijde om de aanbesteding goed te definiëren en ook het gewenste eindresultaat scherp voor ogen te hebben.

3. **Publieksrechtelijke (regulerend)**: In de publieksrechtelijke vorm neemt de gemeente geen regie maar stelt het duidelijke kaders (regulerend), waarbinnen ontwikkelaars en energiepartijen moeten opereren. Deze kaders kunnen bijvoorbeeld verwerkt worden in een bodemenergieplan en het algemene bestemmingsplan van een gebied. Door (strenge) kaders op te stellen kan de gemeente borgen dat de publieke belangen worden behartigd en private partijen worden uitgedaagd om innovatieve of duurzamere systemen te gebruiken. Nadeel van de publieksrechtelijke vorm is dat het opstellen van alle kaders erg tijdrovend kan zijn en de gemeente Putten genoeg capaciteit beschikbaar moet hebben om dit te realiseren.
4. **Op de achtergrond (faciliterend)**: In deze vorm geeft de gemeente Putten veel vrijheid aan de markt en stuurt het alleen op gebiedscoalities waarbij ontwikkelaars/bewonersinitiatieven in een coalitie zelf aan de slag gaan om warmte en koude te regelen. De terughoudende rol van de gemeente resulteert in weinig zeggenschap en bovendien raakt het gebied versnipperd in meerdere coalities. Wanneer een groot collectief warmtenet niet mogelijk lijkt is dit echter een rol die verder uitgediept kan worden. Daarvoor hebben we twee sub rollen gedefinieerd:
   a. *Faciliterende of klassieke regisseursrol (individuele oplossingen, warmtepompen):* Deze rol past bij de klassieke overheidstaak van stimuleren en ondersteunen zonder directe inmenging in uitvoering of eigendom. De gemeente richt zich op het creëren van randvoorwaarden: informeren, subsidiëren, en stimuleren van marktwerking en burgerinitiatief. Bewoners behouden volledige zeggenschap over hun woning en techniekkeuze. De randvoorwaarden komen vanuit onderzoeksresultaten en uit de praktijk. De rol wordt ook wel de samenwerkende overheid genoemd.[11]
   b. *Integrale regisseursrol (mini-collectief):* Het mini-collectief vraagt om een actievere, integrale regisseursrol, waarin de gemeente de verbinding legt tussen bewoners, marktpartijen, netbeheerders en regelgeving. De gemeente treedt op als procesregisseur, niet als uitvoerder: ze organiseert participatie, ondersteunt bij de businesscase, en bewaakt publieke belangen als betaalbaarheid, betrouwbaarheid en duurzaamheid.

Participatieproces

Omdat Bijsteren - Husselerveld is aangemerkt als startgebied voor de warmtetransitie is het belangrijk zicht te krijgen op de invulling van de rol van de gemeenten en bewoners. Dit biedt handvaten om mee aan de slag te gaan. Daarnaast is communicatie en participatie een noodzakelijk onderdeel van collectieve warmtevoorziening binnen de Wcw. Dit hoofdstuk van het onderzoek is geen communicatie en participatie studie maar dient als vertaalslag van energieconcepten naar handvaten voor de gemeente om mee aan de slag te gaan in de warmtetransitie. Dit perspectief verbreed de afweging over de voorkeursenergieconcepten voor Bijsteren - Husselersveld en geeft aanknopingspunten voor het vervolg.

[11] https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2023-verantwoordelijkheid-nemen-voor-de-uitvoering-van-de-warmtetransitie-5084.pdf

Burgerparticipatie is geen nieuwe fenomeen en wordt al langere tijd uitgevoerd. De methodieken en activiteiten zijn al eens door het RIVM[12] onderzocht en door het NPLW[13] verder verfijnd in relatie tot de warmtetransitie. De gemeente kan haar rol invulling geven door verschillende activiteiten uit te voeren. Deze gaan van minimaal participatieniveau tot aan volledig participatie. Voor dit onderzoek hanteren we de volgende activiteiten:

- Informeren
- Interactie & dialoog (consulteren & adviseren)
- Coproduceren
- Meebeslissen (bewonersinitiatief)

Een aanvullende activiteit die we willen benoemen is:
- Subsidiëren en financieren

Kaders en randvoorwaarden van de Wet Collectieve Warmte

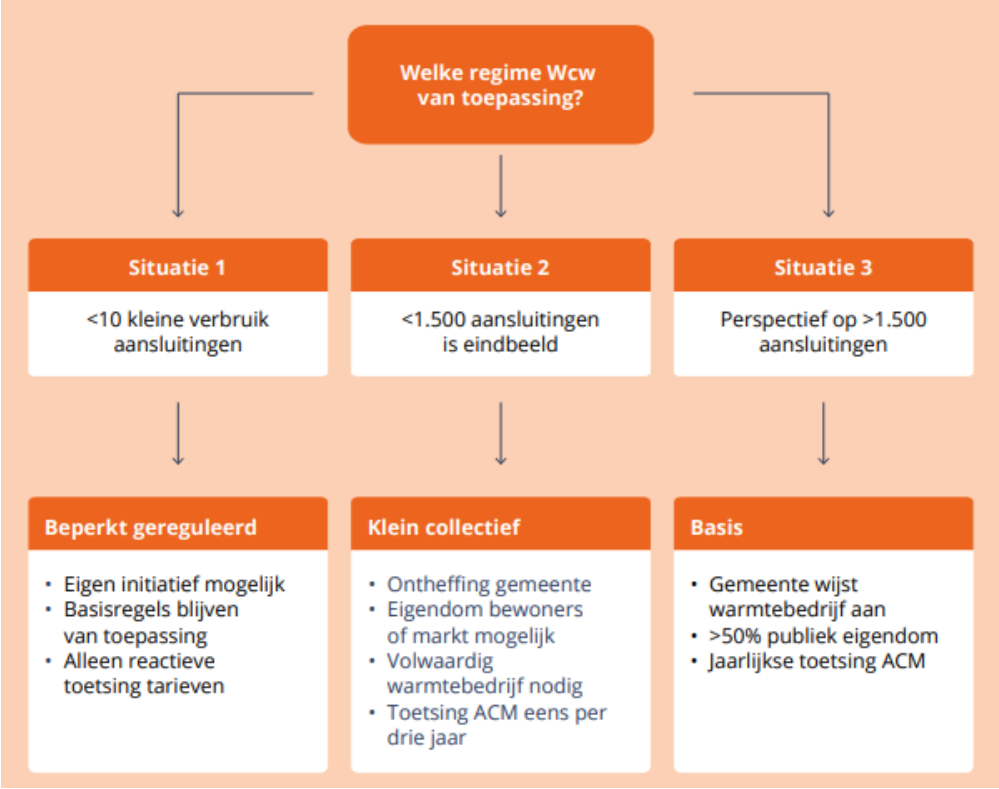
- Wcw stelt kaders aan de rol van de gemeente (cq. Publiekelijke instantie)
- Toelichting op die kaders
- Koppeling met varianten

In de loop van 2026 gaat de nieuwe warmtewet in. Met betrekking tot eigendom van het warmtenet is bepaald dat grote warmtenetten voor minimaal 51% in publieke handen moeten zijn (situatie 3 in het plaatje hieronder). In publieke handen betekent: eigendom van bewoners en/of de gemeente. Bij de collectieve varianten 4 (mini-collectief) en 5 (klein-collectief) is dus sprake van situatie 2 uit onderstaande afbeelding. Voor variant 6 (groot collectief) geldt situatie 3.

Het belangrijkste onderscheid voor dit onderzoek zit in situatie 2 en 3. Als je daarop inzoomt hebben ze dezelfde verplichtingen maar zit het grootste verschil in de eigendomsstructuur van het warmtebedrijf dat de warmtevoorziening levert. In situatie 3 is de rol van een publieke partij vereist, waarbij je bij situatie 2 het nog volledig bij een marktpartij kunt neerleggen. Als je dit vertaalt naar de verschillende rollen van de gemeente is bij situatie 3 dus een actieve deelname vereist, waarbij situatie 2 ruimte laat voor een faciliterende rol.

[12] https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/830950003.pdf

[13] https://www.nplw.nl/communicatie-en-participatie/participatiemethoden



Figuur 9.1 | Toepassing situaties Wcw in collectieve warmtevoorzieningen[14]

9.1.2 Bewoners

Bewoners zijn baas in eigen huis en daarmee vanzelfsprekend de regisseur over hun eigen warmte-transitie. Zij bepalen de momenten waarop zij investeren in isolatie (beperken van de warmtevraag) en in een andere vorm van verwarmen. Indien een warmtenet komt, kan een bewoner kiezen voor verschillende rollen:

- **Klant:** Enkel de rol als klant: warmte afnemen van het warmtebedrijf
- **Coproductie**: Een warmtenet kan alleen een succes worden als genoeg bewoners de warmte gaan afnemen. Je bent als bewoner dus afhankelijk van wijkgenoten. Sommige bewoners kiezen daarom mogelijk voor een rol als mede-promoter.
- **Bewonersinitiatieven:** De Wcw biedt deze mogelijkheid middels een warmtegemeenschap. Daar zijn de afnemers van warmte (bewoners) in vertegenwoordigd. Hierdoor hebben ze zeggenschap binnen een warmtebedrijf en kunnen ze meebeslissen.
- **Niet participeren:** dit is de niet gewenste situatie maar behoort wel tot de mogelijkheden. Een bewoner kan niet willen participeren in de warmtetransitie. Onderzoek naar motivatie is dan cruciaal.

[14] https://www.nplw.nl/uploads/files/Warmtenet/NPLW-Handreiking-mini-en-kleinschalige-warmtenetten-wcag.pdf

9.1.3 Geschikte Rolneming per energieconcept

In deze paragraaf bekijken we de rolneming van de gemeente Putten en bewoners per energieconcept. We maken hierbij het onderscheid tussen de individuele en collectieve oplossingen. De rolneming blijft binnen de kaders van de Wcw. Daarnaast is het een uitwerking op hoofdlijnen met concrete voorbeelden bij de activiteiten. een bewoner kan voor kiezen niet te participeren in de warmtetransitie.

Deze exercitie helpt bij het analyseren over de rolneming maar is geen eindproduct van het uitgewerkte organisatiestructuur voor het energieconcept. Voordat we de rolneming en activiteiten behandelen voor de individuele en collectieve oplossingen kijken we eerst naar de rolneming voor het beperken van de warmtevraag. Het beperken van de warmtevraag is een doorlopend proces zonder einddatum en is iets waar de gemeente direct op kan inzetten.

9.1.4 Beperken van de warmtevraag (alle varianten)

Bewoners

Bewoners kunnen dit zelf organiseren voor hun eigen woning. Hier is hun rol eigenaar.

Gemeente Putten

De gemeente kan ervoor kiezen om hier de rol van facilitator op te nemen, met daarin onderstaande activiteiten.

- Informeren
  - Informatie delen over mogelijkheden en voordelen van isoleren. Verwijzen naar betrouwbare bronnen (bijvoorbeeld MilieuCentraal) of naar regionale leveranciers
- Interactie en dialoog (consulteren & adviseren)
  - Bewoners persoonlijk benaderen, bijvoorbeeld met collectieve inkoopacties, om zoveel mogelijke woningen te laten isoleren.
  - Per woning een advies (laten) geven welke isolatie het meest zinvol is.
- Subsidiëren en financieren.
  - Een lening verstrekken aan de bewoners en laten terugbetalen uit lagere energielasten of uit hogere woningwaarde bij verkoop.

9.1.5 Individuele oplossing (varianten 2 en 3)

Bewoners

Bewoners kunnen dit zelf organiseren. Hier is hun rol eigenaar. Maar, veel mensen vinden de keuze en installatie van een warmtepomp complex. Dit leidt tot uitstelgedrag.

Gemeente Putten

De gemeente neemt bij dit spoor doorgaans de rol van facilitator op zich, met daarin onderstaande activiteiten.

- Informeren
  - Informatie delen over mogelijkheden en voordelen van hybride of all-electric verwarming. Verwijzen naar betrouwbare bronnen (bijvoorbeeld MilieuCentraal) of naar regionale leveranciers
- Interactie & dialoog (consulteren & adviseren)
  - Bewoners persoonlijk benaderen, bijvoorbeeld met collectieve inkoopacties, om zoveel mogelijke woningen te laten deelnemen.

    - Per woning een advies (laten) geven welke hybride of all electric verwarming het meest zinvol is.
- Subsidiëren en financieren
    - Bewoners een financiële bijdrage geven om de investering te verlagen.
    - Een lening verstrekken aan de bewoners doen en laten terugbetalen uit lagere energielasten of uit hogere woningwaarde bij verkoop.

9.1.6 Collectieve oplossingen (varianten 4, 5 en 6)

Het is belangrijk om aan te geven dat een collectieve warmteoplossing verschillende risico's met zich mee brengt. De Wcw maakt ook het warmtebedrijf integraal verantwoordelijk voor de warmtelevering dus de risico's die hierbij spelen zijn voor de eigenaar van het warmtebedrijf. Daarom benoemen we enkele risico's voor de organisatie van een collectieve warmtevoorziening, die dus voor de eigenaar van het warmtebedrijf zijn, hieronder:

Volloop risico
Dit is het risico dat het langer duurt voordat alle mogelijke deelnemers een aansluiting op het warmtenet hebben genomen. De aanleg van een warmtenet kost veel geld. Dus is het belangrijk dat zo veel mogelijk mensen er snel gebruik van gaan maken. Als het langer duurt voordat alle mogelijke afnemers zich aansluiten, is geïnvesteerd in iets wat (nog) niet optimaal gebruikt wordt. Dan worden niet alle kosten gedekt en loopt de exploitant van het warmtenet een financieel risico.

Technische risico's
Wanneer er technische problemen zijn, moeten kosten gemaakt worden om dit op te lossen en tegelijkertijd wordt geen warmte "verkocht" aan de afnemers. Meer kosten en minder opbrengsten is een financieel risico.

Leegloop risico
Wanneer bewoners na enkele jaren toch kiezen voor een individuele oplossing (bijvoorbeeld warmtepomp) dan zijn er minder opbrengsten voor het warmtenet.

Rolneming gemeente
Wanneer de gemeente ervoor kiest om hier de rol van regie nemen of faciliteren op te nemen, zijn dit mogelijke activiteiten:
- Informeren
    - Informatie delen over mogelijkheden en voordelen van een warmtenet.
- Interactie en dialoog (consulteren & adviseren)
    - Bewoners persoonlijk benaderen, om zoveel mogelijke woningen te laten deelnemen.
    - Bij voldoende potentiële deelnemers kan de gemeente een eerste technisch ontwerp en kostenberekening laten opstellen.
- Coproduceren
    - Vergelijkbaar met het participatieproces bij dit onderzoek kan een meedenkgroep opgericht worden om mee na te denken over interessante clusters voor mini-collectieve mogelijkheden. De gemeente kan dit faciliteren of reguleren via de Wcw.
- Meebeslissen (bewonersinitiatief)
    - Bij voldoende draagvlak en positieve signalen kan overgegaan worden op een bewonersinitiatief. De bewoners gaan een samenwerkingsovereenkomst aan met als doel om een collectieve warmtevoorziening op te zetten. De gemeente kan dit faciliteren of hierin ondersteunnen
- Subsidiëren en financieren

- Een financiële bijdrage wanneer uit de businesscase blijkt dat een warmtenet niet rendabel kan draaien zonder (te) grote kosten voor de deelnemers.
- Een lening verstrekken aan de organisatie die het warmtenet gaat realiseren en beheren.

Rol van Concessieverlening
De gemeente kan eook voor kiezen om met de bewoners of namens de bewoners de werkzaamheden voor het warmtenet aan te besteden. Dat betekent een pakket van eisen definiëren, deze uitzetten op de markt en vervolgens de beste uitvoerende partij te selecteren.

Rol van Gemeentelijke
De meest uitgebreide rol voor een gemeente is die van eigenaar. Als eigenaar van een warmtenet en warmteproductiebedrijf loopt de gemeente de financiële risico's. De warmtewet stelt eisen aan de rol van eigenaar.

9.2 ADVIES OVER ROLNEMING VAN DE GEMEENTE PUTTEN VOOR BIJTEREN & HUSSELERVELD

Als je de verschillende varianten vergelijkt op organisatorisch vlak zie je dat variant 6 de gemeente veel grip geeft op de warmtetransitie, maar ze ook eigenaar maakt van de risico's. Dit komt mede door de gestelde kaders van de Wcw, die daarvoor ook in het leven is geroepen. Daarbij komt wel dat gemeenten veel interne capaciteit moeten inzetten om een warmtebedrijf op te zetten of naar andere publieke partijen moeten kijken om als eigenaar van het warmtebedrijf in te stappen. Als je als gemeente deze rol wilt toepassen is het essentieel die keuze zo snel mogelijk te maken, omdat je anders tegen het probleem aanloopt datsteeds minder mensen aan willen sluiten op een warmte-net doordat ze zelf een individuele oplossing hebben aangeschaft. We nemen nu de belangrijkste inzichten door die helpen bij het maken van de beleidsmatige keuze over rolneming en de invulling daarvan.

Strategische keuze: faciliterende rol boven eigenaarschap
Gegeven de beperkte ambtelijke capaciteit en het ontbreken van ervaring met warmte-exploitatie, is een directe gemeentelijke deelname als aandeelhouder in een warmtebedrijf (rol 1) nu niet realistisch. Het brengt hoge financiële risico's en juridische beperkingen met zich mee en het vergt veel interne capaciteit om dit op te zetten. We adviseren hier een bottom-up aanpak waarbij gekeken wordt naar mogelijke clusters voor mini-collectieve varianten. De clusters moeten volledige draagvlak hebben dus is dat het belangrijkste criteria om op te selecteren. Daarbinnen kan de gemeente een regulerende of faciliterende rol invullen. Binnen de faciliterende rol kun je sturen op een integrale regisseursrol.

De invulling van die rol begint bij het informeren over de onderzoeksresultaten. Dit heeft gedurende dit onderzoek ook al plaatsgevonden maar dient doorgezet te worden. Als we een stap verder kijken is het belangrijk om op zoek te gaan naar clusters met draagvlak voor (het verkennen van) een mini-collectieve warmteoplossing. Dit kan het beste met interactie en dialoog. Bij voldoende draagvlak kan de gemeente de faciliterende rol verder uitdragen.

Gefaseerde aanpak
Bij de duurzame individuele varianten 2 t/m 3 kan de gemeente twee rollen kiezen, reguleren en/of faciliteren. Voor de collectieve varianten 4 (mini-collectief), 5 (klein collectief) en 6 (groot collectief) is het ook mogelijk om de regie te nemen of zelfs deel te nemen als gemeente. De rol van de gemeente kan ook dynamisch ingevuld worden. In eerste instantie kan het bewoners faciliteren in

onderzoeken naar duurzame collectieve warmteoplossingen zoals bij variant 4. Wanneer hier positieve resultaten uitkomen is het raadzaam om als gemeente dit proces verder te faciliteren of de regie in te nemen. De betrokkenheid kan groeien bij positieve onderzoeksresultaten of andere ontwikkelingen. Bij het in werking treden van de Wcw kan ook overgegaan worden op een regulerende rol.

Als je concreet naar de invulling kijkt van de gefaseerde aanpak zie je dat de gemeente meer mogelijke rollen kan aannemen als voldoende draagvlak is bij een bewonersgroep om een collectieve variant specifiek voor hun geval te laten doorrekenen. Voordat het gerealiseerd kan worden moet het achtereenvolgens ontworpen, gefinancierd, georganiseerd, aanbesteed, gerealiseerd en geëxploiteerd worden. Uit de faciliterende rol van de gemeente kan blijken dat meer participatie vanuit de gemeente nodig is om het te doen slagen. Denk aan financiële middelen, capaciteit, regelgeving (Wcw) of zelfs deelname. We adviseren daarom om per fase de benodigde rolneming van de gemeente te heroverwegen.

Individuele varianten (varianten 2 en 3) en het beperken van de warmtevraag
Bij alle varianten (excl. variant 6) zijn ook individuele warmteoplossingen nodig om Bijsteren-Husselerveld te verduurzamen. Daarnaast moet het beperken van de warmtevraag altijd een belangrijk focuspunt zijn voor de gemeente. De gemeente kan hier enkel een faciliterende rol in spelen. De intensiteit kan wel afnemen naarmate de warmtetransitie vordert. Voor nu is het wel cruciaal om in te zetten op het beperken van de warmtevraag en de autonome groei van individuele oplossingen. Dit zien we als een parallel spoor binnen de warmtransitie die kan bestaan naast het collectieve spoor.

Het individuele spoor is concreet in te vullen met de rol van de faciliterende of klassieke regisseursrol. Daarbij hoort vooral de informeren én interactie & dialoog (adviseren en consulteren) invulling. We zien vaak bezwaren als financiën, impact inde ruimtelijke omgeving of mensen zien de noodzaak niet van in. De gemeente zal een langdurige communicatie en participatiestrategie moeten ontwikkelen om in te spelen op deze zorgen. Bij de collectieve varianten zijn nog veel onzekerheden waardoor de groei van individuele oplossingen en beperken van de warmtevraag cruciaal is in de warmtetransitie van Bijsteren-Husselerveld.

10 Conclusie en aanbevelingen

10.1 CONCLUSIE

De doelstelling van het onderzoekstraject voor de wijk Bijsteren-Husselerveld in Putten luidde:

"Inzicht in welke duurzame warmteoplossing het beste past bij de wijken Bijsteren & Husselerveld binnen technisch, financieel en sociaal kader."

Met deze rapportage zijn de technische en financiële aspecten in kaart gebracht. Het doel van deze technische en financiële haalbaarheidsrapportage was het verkennen van het speelveld van de warmtetransitie in de wijk. Dit vormt de basis om in een latere fase toekomstbestendige keuzes te kunnen maken en dit vast te leggen in een integraal advies. Het sociale kader loopt hieraan parallel door middel van een participatieproces met bewoners en andere betrokkenen. Omdat dit een dynamisch en doorlopend proces is, wordt het uiteindelijke integrale advies in een latere fase in een aparte notitie opgeleverd.

Uit dit onderzoek blijkt dat in Bijsteren-Husselerveld, de individuele warmte oplossingen de voorkeur hebben boven de collectieve oplossingen. Varianten 2 (de hybride warmtepomp) en 3 (de individuele lucht-/waterwarmtepomp) liggen daarbij voor de hand. In deze varianten hebben bewoners de techniek zelf in eigendom en kunnen zij de overstap maken naar aardgasvrij bij natuurlijke vervangingsmomenten, zoals het einde van de levensduur van de huidige (gas)installatie. Dit biedt bewoners niet alleen flexibiliteit, maar ook de mogelijkheid om zelf de regie te voeren over de warmtetransitie van hun woning. Daarmee sluiten deze varianten goed aan bij de wens om keuzes en investeringen stapsgewijs en op eigen tempo te maken.

Een grootschalige collectieve energievoorziening lijkt voor Bijsteren-Husselerveld niet tot matig geschikt. De aanleg van een collectief warmtenet gaat gepaard met hoge investeringskosten en brengt bovendien aanzienlijke organisatorische complexiteit met zich mee. Het vraagt om een langdurige en intensieve samenwerking tussen bewoners, gemeente en marktpartijen, wat de uitvoerbaarheid bemoeilijkt. Daarnaast geldt dat de TCO voor bewoners niet concurrerend is met individuele varianten.

De organisatorische analyse laat zien dat de mate van gemeentelijke regie sterk samenhangt met de technische en financiële haalbaarheid van de varianten. Alle collectieve varianten met een warmtenet (4, 5 en 6) bieden de gemeente weliswaar veel sturingsmogelijkheden, maar vragen ook aanzienlijke inzet van capaciteit en brengen financiële risico's met zich mee. De faciliterende rol past daarom beter bij de gemeente Putten. Bij interessante clusters kan een grotere rol voor de gemeente ingenomen worden om collectieve warmteoplossingen te realiseren. Tegelijk blijft het individuele spoor essentieel en die kan ingevuld worden vanuit de faciliterende rol. Door de autonome groei van isolatie, hybride warmtepompen te stimuleren met communicatie en participatie kan de gemeente direct CO_2-reductie realiseren terwijl collectieve opties verder worden verkend. Een gefaseerde aanpak is daarom het meest realistisch.

We hebben de 6 varianten technisch, financieel en organisatorisch vergeleken. Op basis van dit vergelijk kun je variant 5 afschrijven omdat die financieel zeer ongunstig is en organisatorisch lastig is.

Variant 6 kun je afschrijven omdat dit financieel nog steeds ongunstig is en organisatorisch nog complexer. Variant 1 (gasketel) is op lange termijn niet meer toegestaan. Varianten 2, 3 en 4 zijn nog mogelijk en we doen aanbevelingen over de vervolgstappen. In de praktijk zal een mix van deze warmteoplossingen een realistisch scenario zijn voor Bijsteren-Husselerveld.

10.2 AANBEVELINGEN

Met dit onderzoek hebben we het speelveld van de warmtetransitie voor de wijk Bijsteren-Husselerveld verkend. Door de varianten technisch, financieel en organisatorisch met elkaar te vergelijken, is een waardevol inzicht ontstaan in de mogelijkheden en beperkingen van verschillende warmteoplossingen. Op basis van deze analyse constateren we dat individuele systemen technisch en financieel de voorkeur genieten, terwijl grote collectieve systemen grotendeels afvallen. Tegelijkertijd erkennen we dat deze uitkomsten slechts een deel van het verhaal vertellen. Voor een toekomstbestendige keuze is het namelijk essentieel om ook bredere factoren mee te nemen.

Daarom adviseren wij om in een vervolgfase nadrukkelijk ook andere relevante factoren te onderzoeken die van invloed zijn op de haalbaarheid en wenselijkheid van een duurzame warmteoplossing voor Bijsteren-Husselerveld. Denk hierbij aan beleidsmatige kaders zoals het landelijke streven naar een aardgasvrije gebouwde omgeving in 2050, de betaalbaarheid en sociale rechtvaardigheid voor bewoners, de technische mogelijkheden en beperkingen van het elektriciteitsnet, en de snelheid waarmee netbeheerders deze capaciteit kunnen realiseren. Ook demografische kenmerken, het aandeel huur- versus koopwoningen en het maatschappelijk draagvlak spelen een cruciale rol in het tempo en succes van de uitvoering. Alleen door deze factoren integraal mee te nemen, kan een toekomstbestendige en breed gedragen keuze voor het best passende energieconcept worden gemaakt.

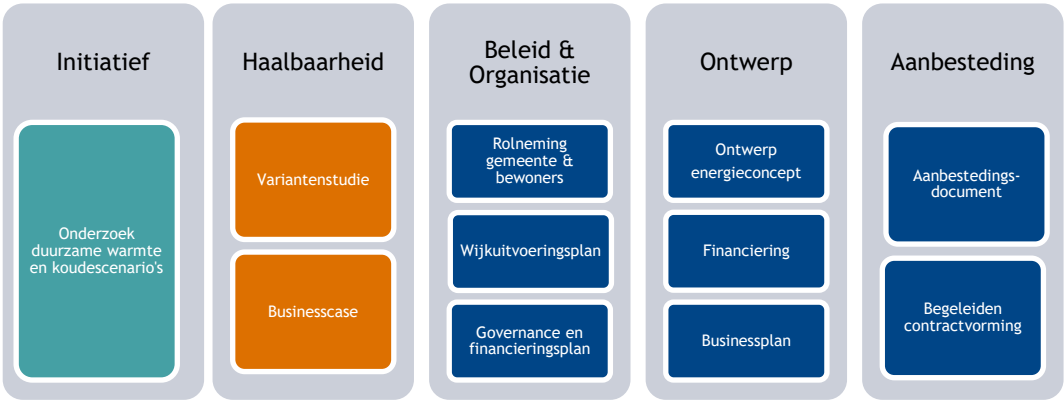
Daarnaast adviseren wij om nu een verdiepende fase te verkennen waarin op woningniveau gekeken wordt naar de benodigde aanpassingen en kosten voor individuele oplossingen. Dit geeft bewoners inzicht in wat de overstap concreet betekent. Tegelijkertijd is het waardevol om op kleine schaal – bijvoorbeeld op straat-, blok- of gebouwniveau – nader te onderzoeken of mini-collectieve oplossingen haalbaar zijn. In specifieke situaties binnen de wijk kunnen deze kleinschalige warmtenetten namelijk wél een passende uitkomst bieden.

Voor de varianten (1 t/m 4) ligt de nadruk meer op individuele of kleinschalige oplossingen, waarbij de gemeente een faciliterende rol kan spelen in plaats van een sturende. Technisch en financieel gezien zijn individuele warmtepompen en hybride oplossingen op korte termijn het meest aantrekkelijk. Dit vraagt om een adaptieve strategie waarin de gemeente haar rol kan aanpassen aan de lokale omstandigheden, wensen van bewoners en de ontwikkelingen in de warmtetransitie: faciliterend bij individuele verduurzaming, en regisserend of deelnemend waar collectieve oplossingen haalbaar zijn.

Mini-collectief (variant 4)

Voor mini-collectieve warmteoplossingen moet de gemeente inzetten op een gefaseerde, bottom-up aanpak met draagvlak als uitgangspunt. Start met het identificeren van gemotiveerde clusters en faciliteer deze met informatie, ondersteuning bij onderzoek en organisatorische begeleiding. Bij positief resultaat kan de gemeente haar betrokkenheid uitbreiden naar een regie- of regulerende rol om opschaling en continuïteit te waarborgen. Per ontwikkelfase moet de gemeente haar rol opnieuw beoordelen op basis van draagvlak, financiële haalbaarheid en wettelijke kaders (Wcw). De fasen zijn in Figuur 10.1 gevisualiseerd.

Hierbij past dus perfect de integrale regisseursrol. Het mini-collectief vraagt om een actievere, integrale regisseursrol, waarin de gemeente de verbinding legt tussen bewoners, marktpartijen, netbeheerders en regelgeving. De gemeente treedt in eerste instantie op als procesregisseur, niet als uitvoerder.



Uitgevoerde fase; Huidige fase; Toekomstige fase

Figuur 10.1 | Vervolgstappen collectieve mini warmtenetten (variant 4) voor Gemeente Putten t/m aanbesteding

Individueel

We adviseren de gemeente Putten om bij individuele warmteoplossingen een faciliterende of klassieke regisseursrol in te nemen. Deze rol past bij de klassieke overheidstaak van stimuleren en ondersteunen zonder directe inmenging in uitvoering of eigendom. De focus ligt op het beperken van de warmtevraag en het stimuleren van hybride en all-electric oplossingen via gerichte communicatie, advies en financiële ondersteuning. Dit spoor loopt parallel aan de collectieve aanpak en is essentieel om tempo te houden in de verduurzaming, ook als collectieve opties nog onzeker zijn. Onze aanbeveling is om te achterhalen waar de grootste drempels zitten, hier onderzoek naar (laten) doen en te informeren over de inzichten. Daarnaast is het collectief aanpakken van individuele oplossingen aan te bevelen. Concreet bestaat dat uit:

- Collectief de isolatiekosten laten doorrekenen per woning
- Collectief inkopen van individuele warmteoplossingen

De andere kant van het individuele spoor heeft betrekking op netcongestie. Wanneer de gemeente Putten kiest voor het individuele spoor voor Bijsteren-Husselerveld is het cruciaal onderzoek te gaan doen naar netcongestie. Ook kun je het mee opnemen in je planning en hier slim op sturen. Er dient inzichtelijk gemaakt te worden wat de verwachte groei is van de warmteoplossingen binnen het elektriciteitsverbruik. Dit moet getoetst worden bij de netbeheerder. Wanneer hier belemmeringen uit ontstaan op het elektriciteitsnetwerk is het cruciaal om in het beleid van de gemeente rekening te houden met het ruimte op het elektriciteitsnetwerk. Denk bijvoorbeeld na over gefaseerde sturing op all-electric warmtepompen of sturing op netverzwaring.

Bijlage 1 Bepalen warmte-vraag

In deze bijlage wordt toegelicht hoe de huidige en toekomstige warmtevraag van het projectgebied is ingeschat.

1.1 HUIDIGE WARMTEVRAAG

De huidige warmtevraag wordt bepaald op basis van het gasverbruik. Het gasverbruik van kleinverbruikers is openbaar te raadplegen via de netbeheerder, wat een beeld geeft op postcode zes niveau. We hebben voor het projectgebied het gasverbruik inzichtelijk gemaakt. Dit aardgas wordt grotendeels door een gasketel gebruikt om water te verwarmen, ter functie van ruimteverwarming en bereiden van warmtapwater. Daarnaast kan aardgas gebruikt worden om mee te koken. Om te bepalen wat de warmtevraag van de woningen is, moet het aardgasverbruik in kuub omgezet worden naar warmtevraag in MWh of GJ. Deze omzettingsfactor is in dit rapport als volgt tot stand gekomen:

- Het uitgangspunt is de veelgebruikte HR104 combiketel.
- 78% van het aardgas wordt gebruikt voor verwarming (CBS, 2018).
    - Bij de productie van ruimteverwarming is het gemiddelde rendement 104% (op basis van een HR-combiketel en de onderste verbrandingswaarde van aardgas. Bron: ACM).
- 20% van het aardgas wordt gebruikt voor tapwaterbereiding (CBS, 2018).
    - Bij de productie van tapwater is het gemiddelde rendement 72% (op basis van HR-combiketel en de onderste verbrandingswaarde van aardgas. Bron: ACM).
- 2% van het aardgas wordt gebruikt voor koken (CBS, 2018). In de toekomst vindt dit elektrisch plaats.
- Calorische onderwaarde (verbrandingswaarde) van aardgas is 31,65 MJ/m^3.

Door de fracties verwarming en tapwaterbereiding te vermenigvuldigen met het rendement en de calorisch onderwaarde van aardgas ontstaat een factor waarmee de warmtevraag bepaald kan worden. Het resultaat is factor 30,3 MJ/m^3 = 8,4 kWh/m^3 voor de omzetting van aardgas naar warmtevraag.

1.2 TOEKOMSTIGE WARMTEVRAAG

De warmtevraag van woningen en gebouwen zal in de toekomst afnemen. Dit wordt veroorzaakt door twee redenen welke in de volgende paragrafen worden toegelicht:

1 Isolatiemaatregelen
2 Klimaatverandering

Deze effecten hebben alleen effect op de warmtevraag voor ruimteverwarming en niet de tapwatervraag. De warmtevraag voor ruimteverwarming in de bestaande bouw is ongeveer 80% van de totale warmtevraag. Dit getal is gebaseerd op de vorige paragraaf waarbij is aangenomen dat het gasverbruik voor koken ook bijdraagt aan ruimteverwarming en daarom daarbij is opgeteld. Bij het bepalen

van de toekomstige warmtevraag zijn de twee genoemde maatregelen dus alleen toegepast op het deel van de warmtevraag wat gebruikt wordt voor ruimteverwarming.

Isolatiemaatregelen
Betere isolatie zorgt ervoor dat minder warmte verloren gaat en daardoor neemt de warmtevraag af. De hoeveelheid afname van de warmtevraag hebben we gebaseerd op de verwachte sprong in energielabels. Het gebruik maken van energielabels is geen perfecte methode vanwege de volgende redenen:

- De methode voor het vaststellen van een energielabel van een woning is de afgelopen jaren een paar keer gewijzigd. De beschikbare energielabels zijn daarom niet allemaal met dezelfde methode vastgesteld.
- Behalve het niveau van isolatie wordt een energielabel ook beïnvloedt door duurzame energie opwek zoals bijvoorbeeld zonnepanelen.

Ondanks dat de methode niet perfect is geeft het wel een indicatie voor de afname in warmtevraag. Dezelfde methode is ook toegepast in de Startanalyse van het PBL[15].

We hebben de verwachte afname in warmtevraag bepaald voor twee scenario's:

1 Woningen worden verwarmd met lage temperatuur warmte (ca. 45 °C).
2 Woningen worden verwarmd met midden temperatuur warmte (ca. 70 °C).

Woningen moeten beter geïsoleerd zijn om met een lage temperatuur verwarmd te kunnen worden ten opzichte van midden temperatuur. Deze betere isolatie zorgt voor een lagere warmtevraag. Voor de verwarming op lage temperatuur wordt minimaal energielabel B nodig geacht en voor verwarming op midden temperatuur energielabel D. De woningen die op dit moment nog een te laag energielabel hebben zullen voor aanvang van het project verduurzaamd moeten worden. Het gaat daarbij vooral om maatregelen die effect hebben op de schil van de woning, zoals: gevel-, vloer-, spouwmuur- en dakisolatie, of vervanging van ramen. Deze maatregelen zorgen namelijk voor dat het label verandert en de temperatuur voor ruimteverwarming omlaag kan bij een gelijkblijvend comfort. Tabel 10.1 laat de energiebesparing van de woningen zien door de sprong te maken naar energielabel B of D[15].

Tabel 10.1 | Energiebesparing door woning verder te verduurzamen en daarmee een beter energielabel te bekrijgen.

Huidige energielabel	Beoogd energielabel	Energiebesparing
Verwarmen met midden temperatuur warmte		
G	D	11%
F	D	11%
E	D	8%
Onbekend	D	16%
Verwarmen met lage temperatuur warmte		
G	B	25%
F	B	27%
E	B	25%
D	B	19%
C	B	12%
Onbekend	B	26%

[15] PLB, Bepaling energiebesparing door isolatie van woningen in de startanalyse 2020, 12 november 2022.

Voor utiliteit hebben we geen afname in warmtevraag als gevolg van isolatiemaatregelen bepaald. Het is namelijk lastig te voorspellen hoeveel de afname voor de verschillende utiliteitsfuncties zal zijn.

Klimaatverandering

Naast de afname in warmtevraag vanwege isolatie zal de warmtevraag ook afnemen vanwege het opwarmende klimaat. Op basis van het meest waarschijnlijke klimaatscenario wordt verwacht dat de warmtevraag tot 2050 met gemiddeld 15% afneemt[16], dat komt neer op ongeveer 0,5% per jaar. Deze afname heeft alleen effect op ruimteverwarming en niet tapwatervraag.

[16] Agentschap NL (2012). Pilot effect klimaatverandering op energiegebruik en besparingsconcepten bij woningen. De resultaten uit het rapport zijn gecorrigeerd voor het verstrijken van tijd sinds dat het rapport is uitgebracht.

Bijlage 2 Beoordelingsmatrix

Tabel 2 | Beoordelingen van de individuele en collectieve technieken.

	Betaalbaarheid	Betrouwbaarheid	Duurzaamheid	Energetische potentie	Luchtkwaliteit	Ruimtelijke impact	Visuele & akoestische impact	Eindoordeel
Individuele oplossingen								
Warmtepomp bodem	○	+	++	+	++	--	++	👍
Warmtepomp hybride	++	++	-	++	-	○	-	👍
Warmtepomp lucht	+	++	+	++	++	○	-	👍
Warmtepomp PVT	○	○	++	+	++	-	-	👍
Waterstofgas								☒
Collectieve oplossingen								
Aquathermie (TEA)	-	+	++	-	++	+	++	👎
Aquathermie (TEO)								☒
Biogas	--	++	+	○	-	○	○	👍
Biomassa	-	++	○	-	--	○	○	👍
Geothermie	--	+	++	○	++	○	+	👎
Kernenergie								☒
Lucht	-	+	-	++	++	○	--	👍
Restwarmte	+	○	++	--	++	○	+	👎
Waterstofgas								☒
Zon (PT)	-	-	++	++	++	--	--	👍

Bijlage 3 Vooronderzoek en toetsing haalbaarheid

BODEMOPBOUW

De bodemopbouw op de locatie en in de directe omgeving is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland;
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS);
- boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOloket;
- boorbeschrijving van het omliggende open bodemenergiesysteem de Schauw.

De verwachte bodemopbouw op de locatie is weergegeven in Tabel 10.2.

Tabel 10.2 | Verwachte bodemopbouw op de projectlocatie

diepte [m-mv]*	lithologie	geohydrologie
0 - 95	matig grof tot zeer grof zand met enkele klei en leemlagen, deels gestuwd	freatisch eerste watervoerend pakket
95 - 100	zandige klei en leem	1e scheidende laag
100 - 210	zeer grof tot uiterst grof zand	2e watervoerend pakket
210 – 215	klei en fijn zand	2e scheidende laag
215 - 230	matig grof tot zeer grof zand	3e watervoerend pakket
> 230	klei	hydrologische basis

* het maaiveld bevindt zich op circa 10,0 m NAP

Bodemgeschiktheid

De bodem is geschematiseerd in drie watervoerende pakketten. Het eerste watervoerende pakket is niet geschikt wegens de aanwezigheid van een redoxovergang. Het derde watervoerende pakket is niet geschikt vanwege de geringe dikte van dit pakket. In deze studie ligt de focus op het gebruik van het tweede watervoerende pakket voor de toepassing van het beoogde open bodemenergiesysteem. Dit pakket is op basis van de verwachte bodemopbouw geschikt voor een broncapaciteit van circa 250 m^3/uur. Eventuele technische en/of juridische aandachtspunten, zie paragraaf 0, kunnen de haalbare broncapaciteit beperken.

TECHNISCHE EN JURIDISCHE ASPECTEN

In Tabel 10.3 zijn de relevante technische en juridische aspecten opgenomen die van invloed zijn op de werking van een open bodemenergiesysteem in het tweede watervoerende pakket (beoogde opslagpakket). In en onder de tabel zijn de aandachtspunten, risico's of belemmeringen en beheersmaatregelen nader toegelicht en is beschreven of aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Tabel 10.3 | Technische en juridische aspecten open bodemenergiesysteem in het tweede watervoerende pakket

onderwerp			toelichting
bodemopbouw			
doorlaatvermogen	✓		geschikt
dikte pakket	✓		voldoende dik
doorboren veenlagen/bruinkoollagen	✓		niet aanwezig
bodemsplijting	✓		risico niet aanwezig vanwege diepte opslagpakket
grondwater			
maaiveld	✓		10,0 m NAP (6,5 - 13,5 NAP)
grondwaterstand	✓		tussen 8,3 m NAP (8,8 – 7,8 m NAP) (bron: peilbuis B32E1082) en 6,6 m Nap (6,1 – 7,0 m NAP) (bron: peilbuis B32E1078)
stijghoogte 1e watervoerend pakket	✓		tussen 7,5 en 11,5 m NAP (bron: REGIS)
stijghoogte 2e watervoerend pakket	✓		tussen 7,5 en 11,5 m NAP (bron: REGIS)
artesisch grondwater	!	1	risico op artesisch grondwater aanwezig
grondwaterstroming	!	2	hoge grondwaterstroming: 120 m/jaar in westnoordwestelijke richting
zoet/brak/zout-overgangen	✓		zoet-/brakgrensvlak en brak-/zoutgrensvlak: > 250 m-mv geen beïnvloeding verwacht
gas	!	3	geen aanwijzingen voor verhoogde gasdruk. Aandachtspunt bij realisatie wegens gebrek aan data
deeltjes	✓		geen verhoogd risico op putverstopping door deeltjes
redox	!	4	redoxovergang in freatisch eerste watervoerend pakket
temperatuur opslagpakket	✓		10 - 12 °C (100 – 215 m-mv)
belangen			
bodemenergieplan of interferentie-gebied	✓		niet gelegen in bodemenergieplan of interferentiegebied
grondwateronttrekkingen	✓		enkel kleinschalige, ondiepe grondwateronttrekkingen in de omgeving. Geen belemmering vanwege diepte opslagpakket.
open bodemenergiesystemen	!	5	één open bodemenergiesystemen op 350 m ten oosten van de projectlo-catie
gesloten bodemenergiesystemen	!	6	diverse gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving
zettingen	✓		noemenswaardige zetting wordt niet verwacht
grondwaterbescherming	✓		niet gelegen in een boringsvrije zone of nabij een waterwingebied
natuurbelangen	!	7	gebied behorende tot Gelders natuurnetwerk aanwezig op 160 m ten noorden
archeologie	!	8	hoge verwachting archeologische waarden in deel van het projectgebied
aardkundig waardevol gebied	✓		niet gelegen in een aardkundig waardevol gebied
verontreinigingen	!	9	enkele kleinschalige verontreinigingen aanwezig nabij de projectlocatie
waterkering	✓		geen waterkering aanwezig binnen circa 1.000 m
spoor	!	10	spoor aanwezig op 200 m ten westen van de projectlocatie
begraafplaats	✓		begraafplaats aanwezig op 600 m ten oosten van de projectlocatie, geen beïnvloeding verwacht vanwege diepte opslagpakket
kabels en leidingen in de bodem	!		dient in een vervolgfase verder uitgewerkt te worden
niet-gesprongen explosieven	!		risico op niet-gesprongen explosieven onbekend
ondergrondse infrastructuur	!		dient in een vervolgfase verder uitgewerkt te worden

✓ geschikt, geen belemmering of aandachtspunt ! aandachtspunt of risico ✗ hoog risico of belemmering

1. Omhoogkomend grondwater (artesisch grondwater)
In de directe omgeving van de projectlocatie zijn geen metingen gedaan naar de stijghoogte in het opslagpakket. In een straal van 1,5 tot 5 km van de projectlocatie zijn deze metingen in het verleden wel uitgevoerd. Hieruit blijkt dat er kans is op de aanwezigheid van artesisch water. Dit betekent dat de stijghoogte in het opslagpakket boven het maaiveld uitkomt. Het grondwater staat hierdoor onder overdruk. Bij het aanboren van het pakket zal het water spontaan omhoog komen.

Op basis van de isohypsenkaart uit REGIS lijkt op de projectlocatie zelf geen sprake te zijn van artesisch grondwater. Echter, door de informatie uit de peilbuizen uit de omgeving kan de aanwezigheid van artesisch grondwater niet uitgesloten worden. Tijdens de realisatie van de bronnen dient hiermee rekening gehouden worden door het boorgat onder voldoende overdruk te houden.

2. Grondwaterstroming
De gemeente Putten is gelegen ten westen van de Veluwse stuwwal. Hierdoor is binnen de gemeente Putten relatief veel hoogteverschil wat gepaard gaat met hoge grondwaterstromingen. Op de projectlocatie is de snelheid van de grondwaterstroming in het beoogde opslagpakket circa 120 m/jaar.

Doordat de grondwaterstroming op de projectlocatie hoog is, kan een relatief groot deel van de opgeslagen warmte en koude verloren gaan als gevolg van afstroming. Een aanzienlijk deel van de geïnfiltreerde warmte dan wel koude kan dus niet terug gewonnen worden. Een hoge grondwaterstroming hoeft geen belemmering te zijn voor een goed functionerend systeem, mits hiermee bij het ontwerp rekening wordt gehouden.

3. Gasdruk
In de directe omgeving van de projectlocatie zijn geen gasmetingen bekend. Op afstanden tussen de 10 en 20 km van de projectlocatie zijn in het verleden wel gasmetingen uitgevoerd. Deze metingen zijn uitgevoerd in Harderwijk, Amersfoort, Leusden en Barneveld. Op deze locaties is geen afwijkende gasdruk gemeten. Naar verwachting zal op de projectlocatie de gasdruk ook niet afwijkend zijn. Door gebrek aan data vormt de gasdruk echter wel een aandachtspunt bij de realisatie van het systeem.

Wanneer het systeem onder onvoldoende druk staat kan ontgassing plaatsvinden. De hierbij vrijgekomen gassen kunnen verstopping van grondwaterbronnen veroorzaken. Om dit te voorkomen, moet de pomp diep genoeg worden geplaatst zodat het verpompte grondwater onder voldoende hoge druk kan worden gehouden. We adviseren om tijdens de realisatie van de bronnen de gasdruk te meten. Op basis van de vastgestelde gasdruk kan de juiste systeemdruk ingesteld worden.

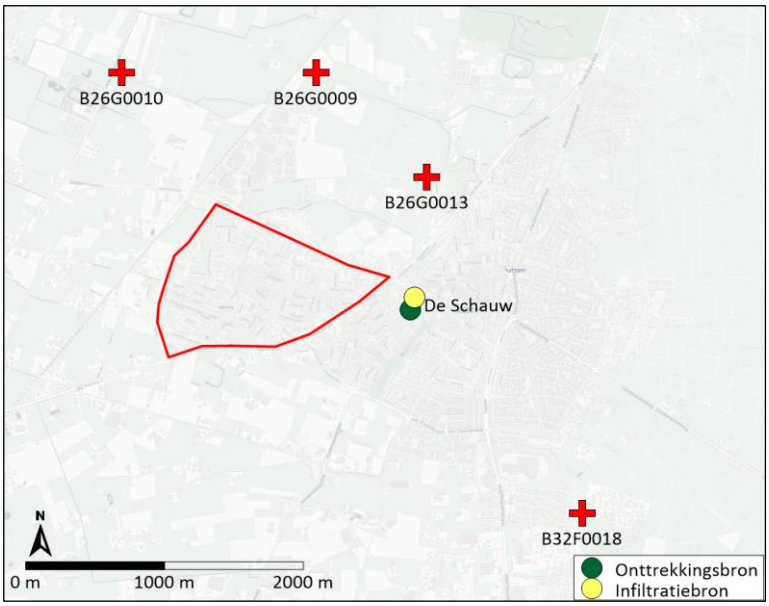
4. Redox
Een redoxgrens is een overgang van oxisch (zuurstof- en nitraatrijk, ijzerloos) grondwater naar gereduceerd (ijzerrijk en zuurstof- en nitraatloos) grondwater. Als oxisch en gereduceerd grondwater mengt vinden redoxreacties plaats. Hierbij kan roestvorming optreden. Het roest slaat neer in de bronnen, het verbindend leidingwerk en de warmtewisselaars. Dit leidt tot verstopping van de bronnen, wat grote nadelige gevolgen heeft voor de werking van het open bodemenergiesysteem.

In het ontwerp van het open bodemenergiesysteem is het belangrijk om het aantrekken van een redoxgrens zo veel mogelijk te beperken. Bij voorkeur worden de bronfilters geplaatst in een watervoerend pakket zonder redoxgrens of op voldoende afstand van de redoxgrens.

Op basis van REGIS bevinden zich tussen de 40 en 85 m-mv gestuwde afzettingen in de ondergrond van de projectlocatie. In gestuwde afzettingen kan water tot diep infiltreren. Hierdoor kan op grote diepte nog zuurstof en nitraat houdend grondwater aanwezig zijn. Daarnaast zijn gestuwde afzettingen vaak heterogeen. Dat betekent dat de bodemopbouw sterk kan variëren over een kleine afstand. Dit betekent dat ook de diepte van de redoxgrens sterk variabel is rondom de projectlocatie.

De diepte van de redoxgrens kan worden ingeschat op basis van grondwaterkwaliteitsgegevens en kleurovergangen uit boorbeschrijvingen. Kleurovergangen uit boorbeschrijvingen kunnen een indicatie geven van de redoxtoestand van de bodem. Een gele, rode of bruine kleur wordt meestal veroorzaakt door een coating van roest op de korrels en duidt op oxische omstandigheden. Een grijze kleur is een aanwijzing voor gereduceerde omstandigheden. De kleur van het zand kan echter ook bepaald worden door de herkomst van het bodemmateriaal. Verder kan de kleur van het bodemmateriaal veranderen nadat het is blootgesteld aan de lucht. Dat betekent dat verkleuring kan optreden als er enige tijd overheen gaat voordat de grondmonsters worden beschreven. Bij het gebruik van de kleuren uit boorbeschrijvingen voor het afleiden van de diepte van de redoxgrens is dus enige voorzichtigheid geboden. Bij voorkeur wordt de diepte van de redoxgrens daarom ingeschat op basis van een combinatie van de kleuren in boorbeschrijvingen en de beschikbare grondwaterkwaliteitsgegevens.

Enkele boringen uit de database van dinoloket zijn gebruikt om een inschatting te maken van de diepte van de redoxgrens op de projectlocatie, zie Figuur 10.2. In boring B26G0013 wordt op 75 m nog nitraat aangetroffen. Daarnaast laat de boorbeschrijving van het open bodemenergiesysteem De Schauw een kleurovergang zien rond 75 m-mv. In boring B26G0010 wordt tot op de einddiepte van de boring, op 102 m-mv, geel materiaal aangetroffen. Dit zou een diepe ligging van de redoxgrens suggereren. Grondwaterkwaliteitsgegevens van boringen B26G0009 en B32F0018 geven echter een redoxgrens aan tussen 20 en 50 m-mv.



Figuur 10.2 | Locatie boringen die gebruikt zijn voor het bepalen van de diepte van de redoxgrens (projectlocatie rood omlijnd)

Op basis van deze gegevens concluderen wij dat de redoxgrens zich in het freatisch watervoerende pakket bevindt. Mogelijk bevindt de redoxgrens zich onderin het freatisch watervoerend pakket. De exacte diepte van de redoxgrens is op basis van de beschikbare gegevens niet te bepalen voor de projectlocatie.

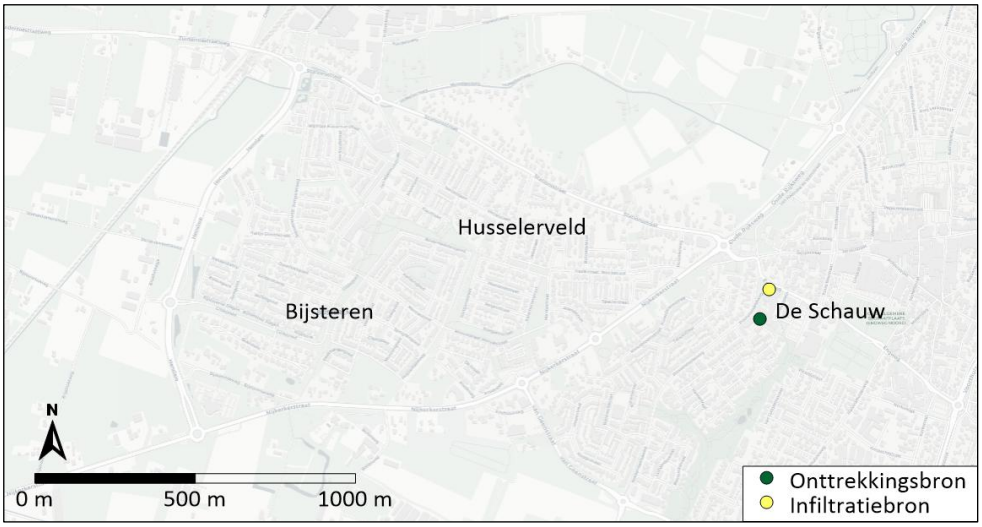
De verticale afstand tussen de redoxovergang en het bronfilter moet voldoende groot zijn zodat de redoxovergang niet wordt aangetrokken door de bronnen. Lokale klei of leemlaagjes tussen de redoxovergang en het bronfilter kunnen de risico's op verstoppingen minimaliseren. Op een diepte van 95 – 100 m-mv wordt op basis van de boorbeschrijving van het open bodemenergiesysteem De Schauw een kleilaag verwacht. Als op de bronlocatie rond deze diepte een voldoende dikke kleilaag aanwezig is, dan kunnen de bronfilters onder deze kleilaag gesteld worden. Bij afwezigheid van een voldoende dikke kleilaag wordt geadviseerd om de bronfilters vanaf circa 120 m-mv te stellen.

5. Omliggende bodemenergiesystemen

Via het Geoportaal van de Provincie Gelderland is een inventarisatie gemaakt van open bodemenergiesystemen in de omgeving van de projectlocatie. Hieruit blijkt dat binnen een straal van 1.000 m één open bodemenergiesysteem aanwezig is. Dit betreft het recirculatiesysteem 'De Schauw', gelegen aan de Roosendaalseweg, zie Figuur 10.3. Dit systeem is gelegen op circa 350 m ten oosten van de projectlocatie en heeft een debiet van 35 m^3/uur. Dit open bodemenergiesysteem heeft een vergunning om maximaal 115.000 m^3/jaar aan grondwater uit het tweede watervoerende pakket te halen.

Een nieuw open bodemenergiesysteem mag geen negatief effect hebben op een al bestaand bodemenergiesysteem. Hiermee moet rekening gehouden worden bij de inpassing van nieuwe bronnen. Doordat de projectlocatie op enige afstand ligt van het bestaande open bodemenergiesysteem

De Schauw, wordt verwacht dat de invloed van een nieuw systeem op het bestaande systeem beperkt zal zijn.

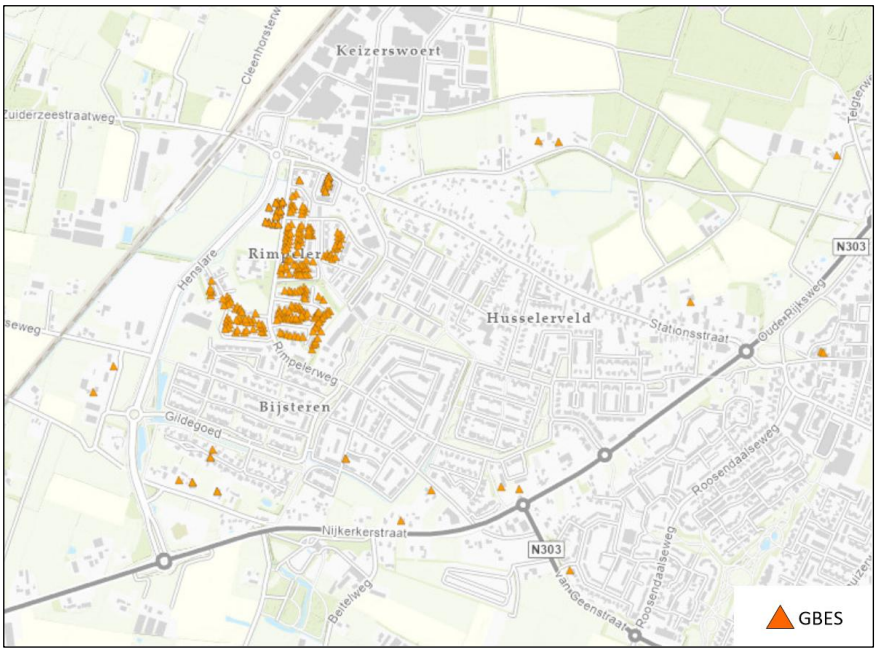


Figuur 10.3 | Locatie van open bodemenergiesysteem de Schauw t.o.v. de projectlocatie

6. Gesloten bodemenergiesystemen

Via het Geoportaal van de Provincie Gelderland is een inventarisatie gemaakt van gesloten bodemenergiesystemen in de omgeving van de projectlocatie. Hieruit blijkt dat er verschillende gesloten bodemenergiesystemen aanwezig zijn rondom de projectlocatie, zie Figuur 10.4.

De einddiepte van de lussen van de gesloten bodemenergiesystemen op de projectlocatie varieert tussen de 105 en 223 m-mv. Een nieuw bodemenergiesysteem mag niet tot negatieve interferentie leiden met deze omliggende bodemenergiesystemen. Thermische berekeningen dienen aan te tonen dat er geen sprake is van negatieve invloed op de gesloten bodemenergiesystemen. Met de inpassing van een nieuw systeem moet hier rekening mee gehouden worden.

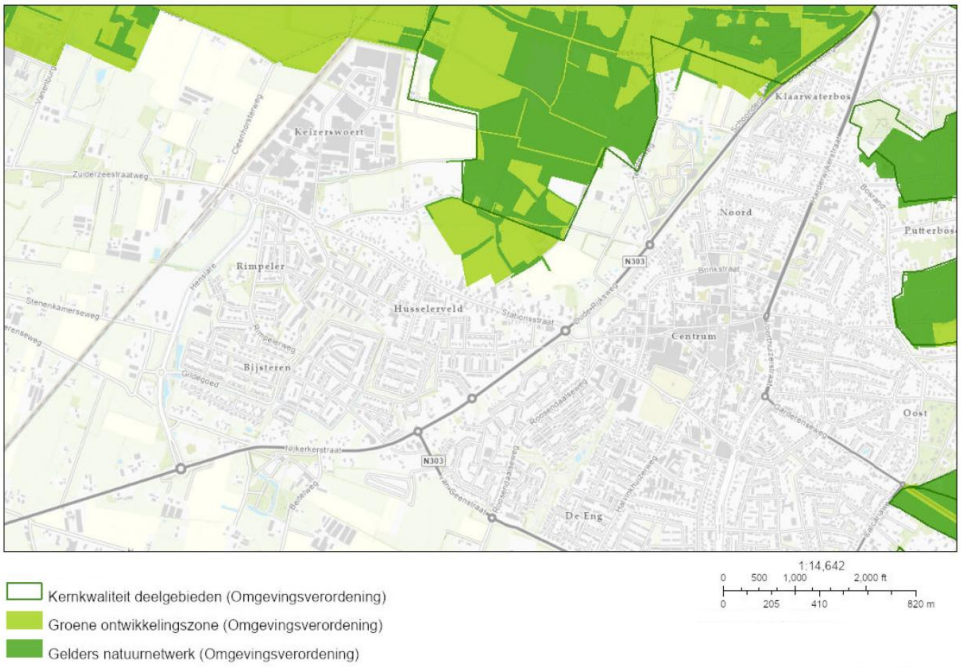


Figuur 10.4 | Gesloten bodemenergiesystemen nabij de projectlocatie

7. Natuur

Op 160 m ten noorden van de projectlocatie bevindt zich een natuurgebied welke deels onderdeel is van het Gelders natuurnetwerk en deels van de groene ontwikkelingszone van de Provincie Gelderland (zie Figuur 10.5). Natuurgebieden zijn vanuit provinciaal beleid beschermd tegen negatieve (hydrologische) invloeden. Een open bodemenergiesysteem kan een negatief effect hebben op natuurgebieden doordat het onttrekken van water kan leiden tot een verandering in de grondwaterstand.

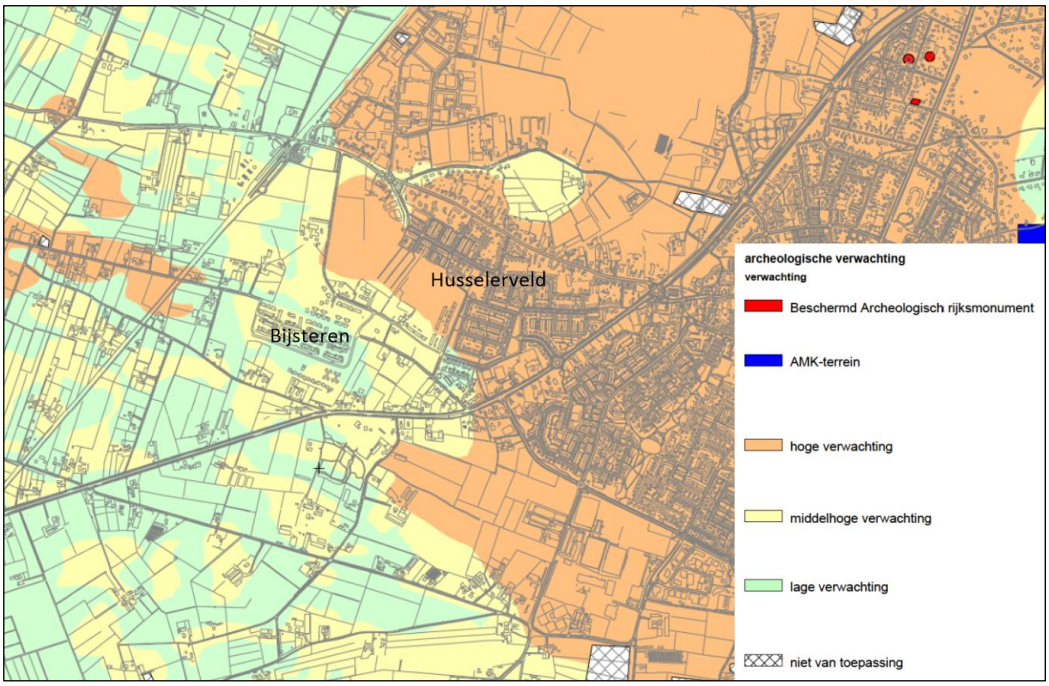
Het beoogde opslagpakket bevindt zich relatief diep in de ondergrond. Hierdoor zal naar verwachting het effect van het beoogde bodemenergiesysteem op de grondwaterstand beperkt zijn. De daadwerkelijke invloed moet bij de aanvraag van de omgevingsvergunning in kaart worden gebracht door het uitvoeren van hydrologische modelberekeningen.



Figuur 10.5 | Natuurgebieden rondom de projectlocatie

8. Archeologie

Een groot deel van de projectlocatie heeft een hoge archeologische verwachting, zie Figuur 10.6. Volgens het beleid van de gemeente Putten is in deze gebieden aanvullend archeologisch onderzoek verplicht bij werkzaamheden met een verstoringsoppervlak groter dan 100 m^2 en dieper dan 40 cm beneden maaiveld. Naar verwachting zal het verstoringsoppervlak kleiner zijn bij het realiseren van de bronnen voor het beoogde bodemenergiesysteem.



Figuur 10.6 | Archeologische beleidskaart Gemeente Putten

9. Verontreinigingen

In de omgeving van de projectlocatie zijn enkele kleinschalige grond(water)verontreinigingen aanwezig, zie Figuur 10.7. Naar verwachting zijn de grondwaterverontreinigingen ondiep gelegen en vormen hiermee geen belemmering voor een open bodemenergiesysteem die gebruik maakt van het tweede watervoerende pakket.

Bij het boren van bronnen voor een open bodemenergiesysteem moet de booraannemer zich houden aan de BRL SIKB 2100 met bijbehorende Protocol 2101 Mechanisch boren. Hierin is opgenomen hoe de booraannemer om moet gaan met eventuele verontreinigingen en welke veiligheidsmaatregelen genomen moeten worden. Dit om verspreiding van deze verontreinigingen tijdens het boren te voorkomen en veiligheidsrisico's te vermijden.

Figuur 10.7 | Bodemverontreinigingen (groen gearceerd) en grondwaterverontreinigingen (blayw gearceerd) nabij de projectlocatie

10. Spoor

Op 200 m ten westen van de projectlocatie bevindt zich een spoorbaan. Een open bodemenergiesysteem veroorzaakt stijghoogteveranderingen als gevolg van het onttrekken en infiltreren van grondwater, waardoor grondmechanische effecten (zettingen) kunnen optreden. Er mogen geen zettingen ontstaan die een gevaar opleveren voor de stabiliteit van de spoorweg. Verwacht wordt dat de zettingen en stijghoogteveranderingen ter hoogte van de spoorlijnen zeer beperkt zijn. De spoorlijnen vormen daarmee geen belemmering voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem op de projectlocatie. In een later stadium dienen de grondmechanische- en hydrologische effecten ter hoogte van de spoorlijnen nader uitgewerkt te worden en moet ook de invloed van het beoogde open bodemenergiesysteem op de spoorlijnen nader onderbouwd worden.

JURIDISCH KADER

Bij een open bodemenergiesysteem moet aan alle wettelijke eisen voldaan worden met betrekking tot de zorg- en vergunningplicht ten aanzien van het gebruik van de bodem, het gebruik van grondwater en het vrijkomen en afvoeren van grond en grondwater. Een overzicht van de benodigde vergunningen en meldingen, inclusief doorlooptijden, voor dit project is in Tabel 10.4 samengevat.

De (toekomstige) vergunninghouder is verantwoordelijk voor het aanvragen van de benodigde vergunningen en toestemmingen en voor het voldoen van eventuele leges, precario of degeneratievergoedingen.

Tabel 10.4 | Benodigde vergunningen en acties voor een open bodemenergiesysteem in de openbare ruimte in de gemeente Putten

vergunning/melding	bevoegd gezag	doorlooptijd
vergunningen i.h.k.v. Omgevingswet		
open bodemenergiesysteem	provincie Gelderland	8 weken (reguliere procedure) of 6 maanden (uitgebreide procedure)
lozingen	waterschap Vallei en Veluwe / gemeente Putten	afhankelijk van de gekozen optie (verwachting maximaal 8 weken)
putbehuizing	gemeente Putten	8 weken (reguliere procedure) of 6 maanden (uitgebreide procedure)
vergunning kabels en leidingen	gemeente Putten	8 weken
overige vergunningen en acties		
werkwater	waterschap Vallei en Veluwe / Vitens / gemeente Putten	afhankelijk van de gekozen optie (verwachting maximaal 8 weken)
bouwplaatsvergunning en tijdelijke verkeersmaatregel	gemeente Putten	1 week
aansluitvergunning	gemeente Putten	8 weken
zakelijk recht van opstal (indien niet op eigen grond)	niet van toepassing	circa 2 - 4 weken, na ontvangst van de Omgevingsvergunning

AFWEGING NADER ONDERZOEK

Vanuit de uitgevoerde beschouwing van beschikbare informatie zijn geen technische en juridische risico's aanwezig die de realisatie en exploitatie van een open bodemenergiesysteem op de locatie in de weg staan. Op dit moment wordt nader geohydrologisch onderzoek niet nodig geacht.

Bijlage 4 Warmtenetten

Om collectieve duurzame warmte te realiseren is een verbindingsnet nodig, die de verschillende afnemers met de bron verbindt. Dit wordt ook wel het warmtenet genoemd, alhoewel het net niet per se op hoge temperatuur hoeft te zijn. Afhankelijk van de aanwezige bronnen en afnemers moet er een keuze gemaakt worden in het type warmtenet. In Tabel 10.5 is een overzicht gegeven van de verschillende type warmtenetten op basis van temperatuurregimes. Warmtenetten zijn in meer categorieën in te delen (zoals 'generaties' warmtenetten) maar over het algemeen geldt dat warmtenetten steeds meer modulair en lokaal ontwikkeld worden. Dit maakt de initiële investering minder groot ten opzichte van traditionele hoge temperatuur warmtenetten en maakt het mogelijk om meerdere bronnen te koppelen.

Tabel 10.5 | Overzicht verschillende warmtenetten.

Concept	Omschrijving	Temperatuur aanvoer/retour	Koudelevering mogelijk?
1	Hoge temperatuur net	120-90/80-50	Nee
2	Midden temperatuur net	75-60/45-35	Nee
3	Lage temperatuur net	50-40/30-25	Nee
4	Brontemperatuur net	25-15/15-8	Ja

Er zijn grofweg 4 temperatuur-bereiken te definiëren van warmtenetten: Hoge temperatuur (>75°C), midden temperatuur (55-75°C), lage temperatuur (30-55°C) en brontemperatuur (10-30°C). Omdat de benodigde elektriciteit voor de warmtepomp exponentieel is aan de verhoging van de temperatuur is het onwenselijk om een warmtenet boven de 75°C te hebben indien de brontemperatuur niet in dit bereik valt. Daarom wordt in deze bijlage alleen een omschrijving gegeven van een midden temperatuur, lage temperatuur en brontemperatuur warmtenet.

MT-warmtenet (70 °C aanvoer)

Bij een warmtenet op midden temperatuur wordt alle warmte centraal opgewekt en met water op een temperatuur van 60 °C tot 75 °C naar de woningen getransporteerd. Via een afleverset in de woning wordt tapwater geleverd en worden de ruimtes verwarmd. Traditioneel zijn afgiftesystemen van de cv-installatie op hoge temperaturen uitgelegd. Hoe hoger de afgifte temperatuur van het warmtenet hoe minder aanpassingen aan het afgiftesysteem benodigd zijn.

De minimumtemperatuur van het warmtenet is 60 °C, waarmee voldaan kan worden aan legionella wetgeving met betrekking tot het bereiden van warmtapwater. Het warmtenet blijft ook in de zomer op temperatuur zodat tapwater in de woningen geleverd kan worden. Collectieve koeling is niet mogelijk in dit concept.

LT-warmtenet (50 °C aanvoer)

Een warmtenet met een centrale opwek en een aanvoertemperatuur van 30 °C tot 50 °C wordt geclassificeerd als lage temperatuur. Dit warmtenet is voornamelijk geschikt voor bebouwing dat over een lage temperatuur afgiftesysteem beschikt, oudere bebouwing zal verder geïsoleerd moeten worden en het afgiftesysteem zal moeten worden aangepast. Voor warmtapwaterbereiding moet de temperatuur worden opgehoogd om legionella te voorkomen, dit kan met een boosterwarmtepomp of volledig elektrische booster. Individueel onderscheid is mogelijk door voor oudere huizen de temperatuur voor ruimteverwarming ook op te hogen door middel van een warmtepomp. Er is geen levering van koude mogelijk met het lage temperatuur warmtenet.

ZLT-warmtenet (10-25 °C aanvoer)

Een warmtenet op zeer lage temperatuur, ook wel een net op brontemperatuur genoemd, heeft een aanvoertemperatuur van 10 °C tot 25 °C. Deze aanvoertemperatuur is niet hoog genoeg om warmtapwater mee te bereiden en gebouwen mee te verwarmen. De warmte wordt door middel van individuele warmtepompen opgewaardeerd tot bruikbare temperaturen. In dit systeem kan evenals bij LT-warmtenetten ruimteverwarming op een lagere temperatuur worden opgewekt dan het warmtapwater om de duurzaamheid te vergroten. Dit moet dan wel worden toegelaten door de isolatiegraad en het afgiftesysteem van het gebouw. Individueel onderscheidt is mogelijk. Naast het leveren van warmte is een ZLT-warmtenet ook geschikt voor het leveren van koude.

Bijlage 5 Technische verdieping - individueel

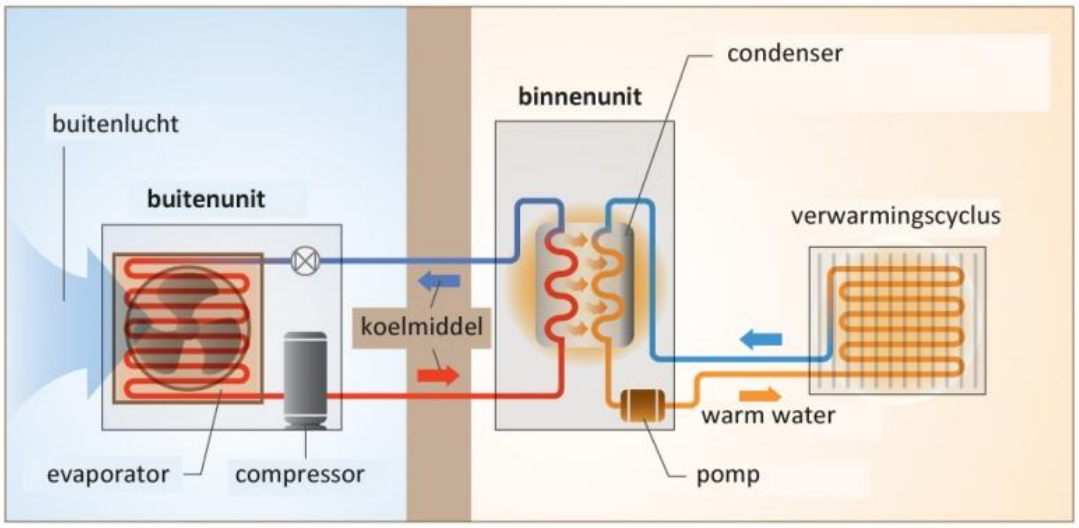
WERKING WARMTEPOMP

In Figuur 10.8 zijn de belangrijkste componenten van een individuele lucht-/waterwarmtepomp weergegeven. De warmtepomp werkt als volgt:

Bij een verwarmingsvraag zal de warmtepomp aan de verdamperzijde warmte onttrekken aan de warmtebron. In de afbeelding is de bron de buitenlucht, maar eventueel kan ook de bodem gebruikt worden als bron. In de warmtepomp bevindt zich een gesloten circuit met daarin een vloeistof bestaande uit een water/glycolmengsel. Dit wordt “koelmiddel” genoemd. De verwarmde vloeistof gaat door een compressor heen, waarmee de druk en temperatuur wordt verhoogd. De vloeistof in het interne circuit is nu op een bruikbare temperatuur voor de woningen. In de condensator van de warmtepomp geeft de opgewarmde vloeistof haar warmte af aan het warmteafgiftesysteem van de woning. Nadat de vloeistof de warmte heeft afgegeven wordt de druk weer verlaagd met behulp van het expansieventiel en daalt de temperatuur. Het proces kan nu weer opnieuw beginnen.

We spreken in Figuur 10.8 van een “lucht-/water” installatie aangezien de buitenlucht als bron wordt gebruikt en de warmte wordt overgedragen aan water dat uiteindelijke door de radiatoren zal stromen. In het geval we spreken over een “lucht-/lucht” installatie dan bevindt zich in de woning een afgiftesysteem dat warme of koude lucht blaast. In de volksmond noemen we dit de airco.

Voor het opwaarderen van de warmte met de warmtepomp is zowel duurzame warmte uit de bron als elektriciteit nodig. Om de verhouding tussen deze twee weer te geven wordt de COP (Coëfficiënt of Performance) gebruikt. Bij een COP van 4 wordt ervan uit gegaan dat driekwart van de warmte uit de duurzame bron komt en één kwart uit elektriciteit. Dit staat gelijk aan een efficiëntie van 400%. Ter vergelijk heeft een gasketel een efficiëntie van ca. 90%.



Figuur 10.8 | Principetekening van lucht-/waterwarmtepomp. Bron afbeelding: gd-energy.

INDICATIEVE AFMETINGEN

Gasketel

- CW4 (B x H x D): 400 x 700 x 290 mm
- CW5 (B x H x D): 450 x 750 x 450 mm
- CW6 (B x H x D): 450 X 100 x 530 mm

Hybride warmtepomp

Voor hybride warmtepompen geldt dat er gekozen kan worden voor een combi-systeem of een all-in-one systeem. Bij een combi systeem is er zowel een warmtepomp als een cv-ketel (naast) elkaar aanwezig in de woning, wat voor meer ruimtegebruik zorgt. Bij een all-in-one systeem zijn de warmtepomp en de cv-ketel met elkaar geïntegreerd wat leidt tot een compacter systeem.

- Hybride combisysteem binnenunit warmtepomp (B x H x D): 270 x 640 x 210 mm
- Hybride combisysteem buitenunit warmtepomp (B x H x D): 850 x 550 x 320 mm
- Hybride combisysteem cv-ketel (B x H x D): de afmetingen van de (huidige) cv-ketel of zie bovenstaande afmetingen gasketel

- All-in-one - binnenunit (B x H x D): 450 x 730 x 400 mm
- All-in-one - buitenunit (B x H x D): 1.010 x 710 x 380 mm

Lucht-/waterwarmtepomp:

- Split-unit - buitenunit (B x H x D): 1.000 x 700 x 400 mm
- Split-unit - binnenunit (B x H x D): 500 x 2.000 x 500 mm
- Monoblock - buitenunit (B x H x D): 1.000 x 1.400 x 400 mm
- Monoblock - binnenunit (B x H x D): 500 x 1.700 x 500 mm

- Buffervat 180L (H x Ø): 1.400 x 650 mm

Bijlage 6 Woningequivalenten

Woningequivalenten

Een woningequivalent (WEQ) is een rekeneenheid die de warmtevraag van gebouwen vergelijkt op basis van een standaardwoning. Voor utiliteitsgebouwen maakt een WEQ het gemakkelijker om hun warmtevraag om te zetten naar een vergelijkbare eenheid, wat helpt bij berekeningen voor bijvoorbeeld warmtenetten, vermogens, energiehoeveelheden en energieplanning.

Berekening woningequivalenten

Het aantal woningequivalenten per scenario is berekend in twee stappen. Eerst is de gemiddelde warmtevraag per woning bepaald. Vervolgens is de gemiddelde warmtevraag per utiliteitsgebouw berekend. Hierbij is uitgegaan van data uit het 'Basisregister Adressen en Gebouwen' en kentallen van IF Technology.

Door de gemiddelde warmtevraag per utiliteit te delen door de gemiddelde warmtevraag per woning, krijgt men de factor 'WEQ per utiliteit'. Deze factor geeft weer hoeveel woningequivalenten overeenkomen met één utiliteitsgebouw. Om het aantal WEQ's te krijgen, vermenigvuldigen we deze factor met het aantal utiliteitsgebouwen. Zie Tabel 10.6 voor de berekeningen.

Tabel 10.6 | Berekening woningequivalenten (WEQ's) focusgebieden energieconcepten.

Parameter	Eenheid	Variant 4	Variant 5	Variant 6
Naam variant	-	Mini-collectief	Klein-collectief	Groot-collectief
Aantal woningen	-	41	393	1.856
Totale warmtevraag (verduurzaamd naar label D) woningen	GJ/jaar	1.286	9.370	53.723
Gemiddelde warmtevraag woningen	GJ/jaar	31,3	23,8	27,3
Aantal utiliteitsgebouwen[17]	-	-	-	36
Totale warmtevraag (verduurzaamd naar label D) utiliteit	GJ/jaar	-	-	3.108
Gemiddelde warmtevraag utiliteit	GJ/jaar	-	-	86,3
Factor utiliteit naar WEQ	-	-	-	3,2
Aantal WEQ utiliteit	-	-	-	114
Totaal (WEQ)	-	41	393	1.970

[17] Gebouwen met 'industriefunctie' zijn niet meegenomen aangezien hier geen warmtevraag van bekend is.

Bijlage 7 Indicatief schetsontwerp collectieve varianten

VARIANT 4. MINI-COLLECTIEF

INDICATIEVE AFMETINGEN

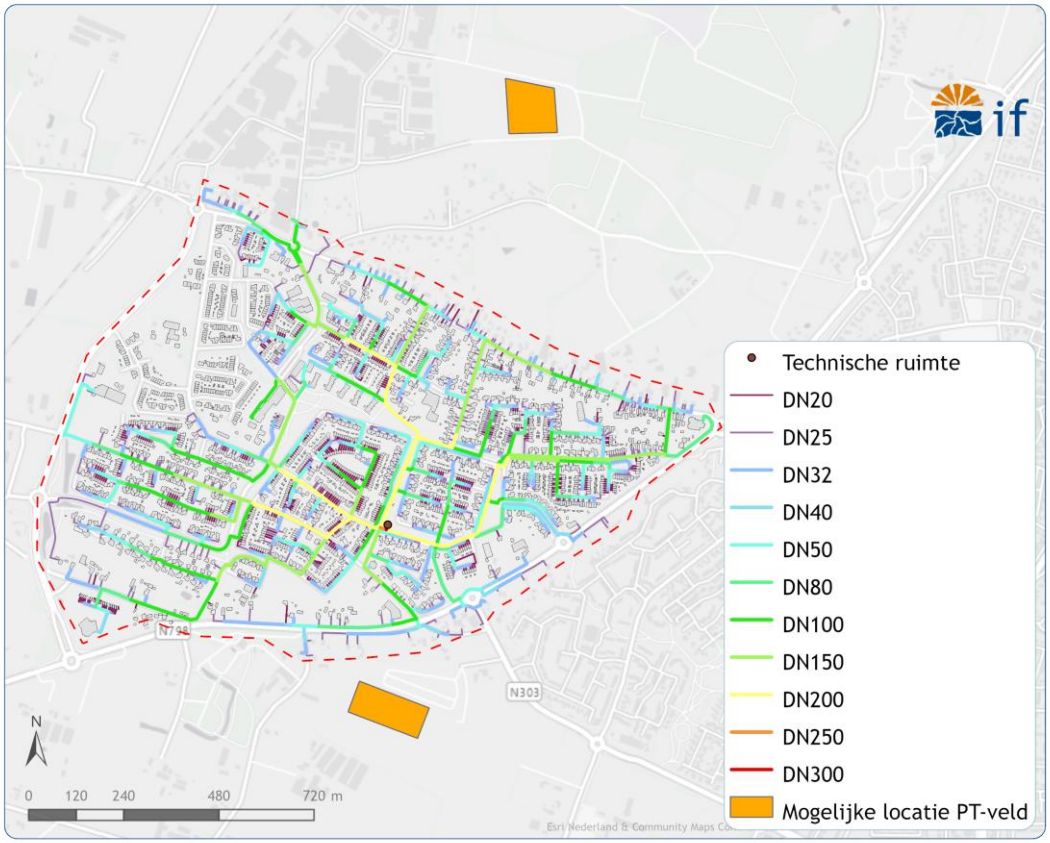
Afleverset (B x H x D): 600 x 500 x 200 mm

VARIANT 5. KLEIN-COLLECTIEF

INDICATIEVE AFMETINGEN

Water-/waterwarmtepomp (B x H x D): 560 x 700 x 390 mm

VARIANT 6. GROOT-COLLECTIEF



De oranje vlakken beschrijven twee mogelijke locaties waar het PT-veld zou kunnen komen. Deze locaties zijn aangedragen vanuit de meedenkgroep. De oppervlaktes van de PT-velden zijn op ware grootte ingetekend zoals deze zijn ingeschat in paragraaf 6.3.2.

INDICATIEVE AFMETINGEN

Afleverset (B x H x D): 600 x 500 x 200 mm

Bijlage 8 Uitgangspunten BuCa

In deze bijlage is een overzicht van de uitgangspunten voor de business case gegeven. In Tabel 10.7 zijn de belangrijkste uitgangspunten gegeven. Deze bijlage beschrijft ook wat de WACC, het project-rendement en de NCW inhouden, en hoe deze zijn opgenomen in de BuCa.

Tabel 10.7 | Organisatorische en financiële uitgangspunten business case.

Parameter	Eenheid	Waarde
algemeen		
vereist rendement op eigen vermogen	%	6,0
rente op lening	%	4,0
aandeel eigen vermogen (EV)	%	30
aandeel vreemd vermogen (VV)	%	70
vermogenskostenvergoeding (WACC)	%	4,6
disconteringsvoet	%	4,6
CAPEX		
indexering investeringskosten	%	2,0
project looptijd	jaren	30
afschrijving warmtenet	jaren	50
startjaar investering	jaar	0
herinvestering warmtepomp en regelkasten	jaar	15
herinvestering afleverset	jaar	15
ontwerp en advies	%	10,0
onvoorzien	%	10,0
OPEX		
indexering operationele kosten	%	2,0
startjaar operatie	jaar	1
volloopscenario	jaren	5
Jaarlijkse afname warmtevraag	%	0,5
omzet		
startjaar omzet	jaar	1
aansluitpercentage	%	80

WACC

De WACC beschrijft de rendementseis van het project en wordt uitgedrukt in een percentage. Aangezien het project deels met eigen en deels met vreemd vermogen gefinancierd wordt, is de WACC afhankelijk van de rendementseis op het eigen vermogen, de rente op het vreemd vermogen en de verhouding tussen eigen en vreemd vermogen.

$$WACC = \left(\frac{E}{E+V}R_e\right) + \left(\frac{V}{E+V}R_v\right)$$

Re = Kosten van het Eigen Vermogen (de dividendbetaling aan aandeelhouders);
Rv = Kosten van het Vreemd Vermogen (het rentebedrag dat over leningen betaald moet worden);
E = Aandeel eigen vermogen;
V = Aandeel vreemd Vermogen;

De 4,6% samengesteld rendement in bovenstaande tabel komt voort uit 70% vreemd vermogen met een rentelast van 4% en 30% eigen vermogen met een rendementseis van 6%. Indien voor het eigen vermogen of het vreemd vermogen (of beiden) een lager rente/rendement gehanteerd kan worden, geeft dat meer ruimte in de business case.

Projectrendement

Het projectrendement wordt bepaald door alle kasstromen (kosten en opbrengsten) gedurende het project te verdisconteren. In de business case is het projectrendement gelijkgesteld aan de WACC. Daarmee rendeert het project dus precies genoeg om te voldoen aan de financiële verplichtingen van de investeerders.

Onrendabele top en netto contante waarde

De onrendabele top geeft aan hoeveel extra inkomsten aan het begin van het project benodigd zijn om het gewenste projectrendement te halen en daarmee de WACC kosten te dekken. Zonder deze initiële investeringen zal het project een te laag projectrendement kennen en niet aantrekkelijk zijn voor realisatie. De Netto Constante Waarde (NCW) van een investering is een methode om te bepalen of een investering rendabel gaat zijn, rekening houdend met inflatie en de disconteringsvoet. In de business case is toegerekend naar een NCW-waarde van 0 euro, wat inhoudt dat het project precies genoeg oplevert om te voldoen aan de WACC.

Bijlage 9 Beschikbare subsidies exploitant

Naast inkomsten voor de warmtelevering aan de bewoners zijn ook nog andere vormen van inkomsten voor de exploitant. Hieronder worden een aantal belangrijke subsidie opties besproken en is aangegeven hoe ze zijn meegenomen in de BuCa:

Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++)

Het mogelijk om een SDE++ subsidie aan te vragen voor verschillende manieren van het opwekken van duurzame energie. De SDE++ is een exploitatiesubsidie. Dat betekent dat de subsidie wordt verkregen voor de opgewekte energie (een bedrag per kWh). De SDE++ vergoedt het verschil tussen het door RVO nodig geachte bedrag voor een levensvatbaar project (basisbedrag) en de marktwaarde van de geproduceerde warmte (correctiebedrag). Het basisbedrag is gebaseerd op tarieven voor de aankomende 15 jaar. Het correctiebedrag hangt af van de energietarieven in de toekomst en wordt elk jaar na afloop vastgesteld. In de BuCa hebben we meegenomen dat de maximale (100%) SDE++ subsidie wordt verkregen voor dit project.

EIA

De energie-investeringsaftrek heeft betrekking op projecten waarbij wordt geïnvesteerd in duurzame technologieën. De EIA houdt in dat de gemaakte winst, op een duurzaam project, minder wordt belast als dit wordt geherinvesteerd in een ander duurzaam project. Met het toepassen van de EIA-belastingregeling kan een fiscaal voordeel behaald worden op de hoeveelheid belasting die moet worden afgedragen. Dit kan oplopen tot 11% besparing op de investeringskosten. Sinds 2023 is het niet meer mogelijk om de investeringskosten van de aanleg van een warmtenet af te trekken met deze regeling. De overheid heeft namelijk een nationale regeling ingevoerd die warmtenetten stimuleert (de WIS, zie hieronder). De EIA voor ondernemers is niet te combineren met een SDE++ subsidie. In de huidige business case hebben we het gewenste projectrendement voor de verrekening van belasting berekend en daarom de EIA niet meegenomen. Het wordt aanbevolen om de mogelijkheden van EIA in een latere fase bij een meer gedetailleerde business case waarin fiscaliteit is meegenomen nader uit te werken.

Warmtenetten Investeringssubsidie (WIS)

De Warmtenetten Investeringssubsidie is een nieuwe regeling die bedoeld is om de aanleg van warmtenetten in de bestaande bouw te versnellen. De WIS-subsidie is mogelijk vanaf 250 aangesloten woningen op een warmtenet. De subsidie is maximaal 30% van de investeringskosten van het warmtenet. De WIS is meegenomen in de BuCa aangezien aan de eisen van deze subsidie wordt voldaan. Het is echter nog wel onzeker of deze subsidie de komende jaren in de huidige vorm beschikbaar blijft.

IF Technology **Creating energy**

IF Technology **Creating energy**