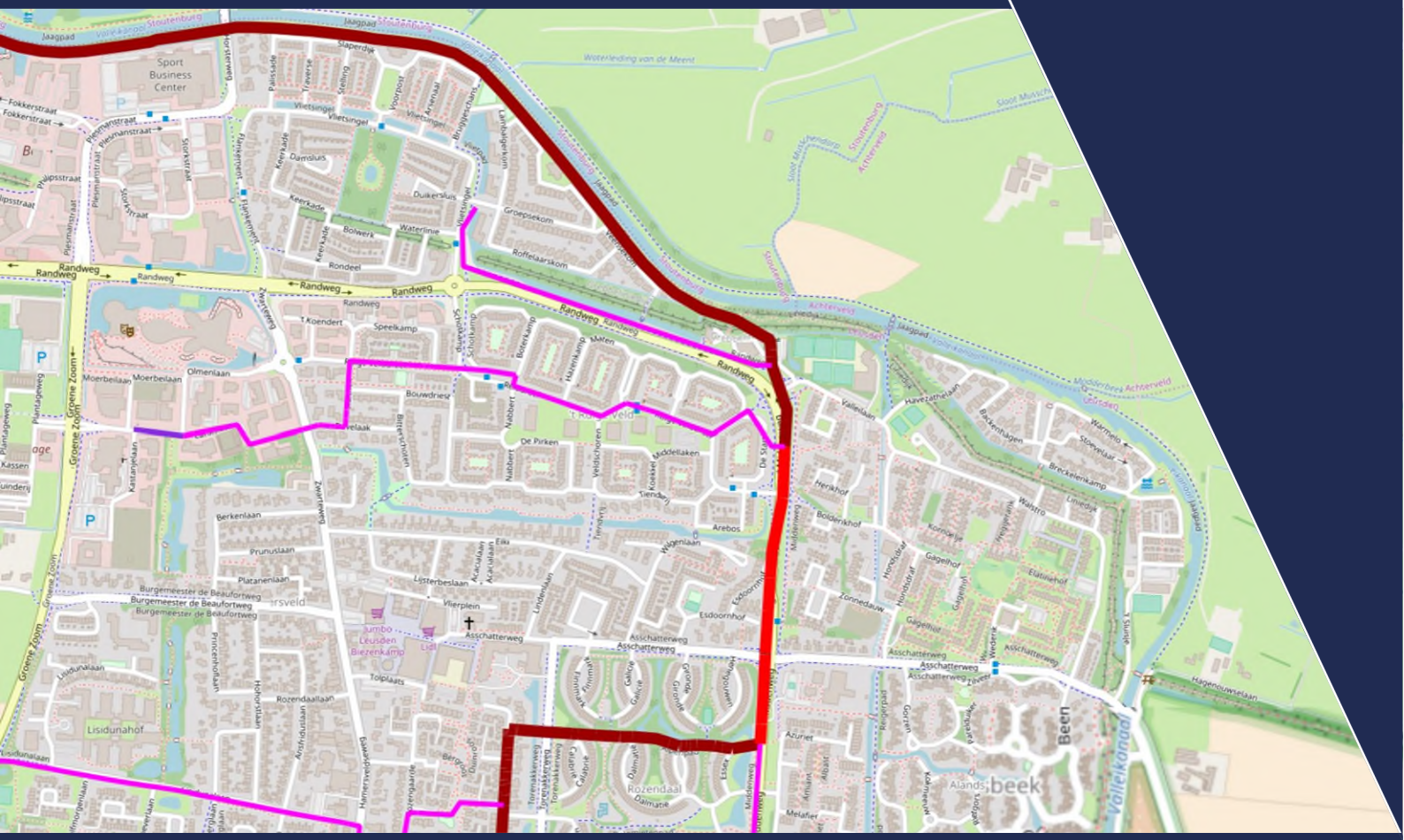
SYNTRAAL



Haalbaarheid riothermie Leusden

5 september 2023

Verantwoording

Titel	Haalbaarheid riothermie Leusden
Opdrachtgever	Gemeente Leusden
Projectleider	Simon Bos
Auteur(s)	Astrid Wentzel, Martin Koorn
Tweede lezer	Geert van Rens
Uitvoering meet- en inspectiewerk	Indurio
Projectnummer	1322395
Aantal pagina's	58
Datum	5 september 2023
Handtekening	'Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven'

Colofon

Syntraal
Kamperstraat 13021
Postbus 479
7400 AL Deventer
T +31 88 02 44 300
E info@syntraal.nl

Inhoud

Managementsamenvatting 5
1 Inleiding 11
1.1 Kader en achtergrond 11
1.2 Het huidige haalbaarheidsonderzoek 11
1.3 Opbouw rapportage 12
2 Warmtepotentie 13
2.1 Terugblik eerder onderzoek 13
2.2 Data-analyse debietmeting 13
2.3 Analyse temperatuur 14
2.4 Beschikbaar debiet bij directe levering 14
2.5 Beschikbaar debiet bij gebruik van een WKO 18
3 Warmte-koude opslag 21
3.1 Toelichting techniek 21
3.2 Toepasbaarheid WKO 21
3.3 WKO-potentie ‘t Ruige veld 22
3.4 Hogere temperatuuropslag in de bodem 23
4 Warmtevraag 25
4.1 Warmtevraag de Wetering 25
4.2 Warmtevraag ’t Ruige veld 26
5 Energiematch en globaal ontwerp 30
5.1 Energiematch 30
5.2 Scenario’s type warmtenet 32
5.2.1 Scenario 1: Bronnet 32
5.2.2 Scenario 2: Midden temperatuur warmtenet 33
5.3 Algemene regels voor rekenen met warmtenetten 33
5.3.1 Coëfficiënt of Performance (COP) 33
5.3.2 Gelijktijdigheid 33
5.4 Berekening aanlegkosten warmtenet 34
6 Businesscases 36
6.1 Uitgangspunten algemene parameters businesscase 36

6.2 Uitgangspunten kosten en baten 36
6.3 Baten CO_2 reductie 37
6.4 Businesscase riothermie – perspectief warmteleverancier 38
6.4.1 Investering en operationele kosten 38
6.4.2 Resultaten businesscase - bronnet 39
6.4.3 Resultaten businesscase – MT-net 42
6.5 Perspectief bewoner – Total costs of ownership 43
6.5.1 Investering 43
6.5.2 Jaarlijkse uitgaven 46
6.5.3 Total costs of ownership 47
7 Rollen, eigenaarschap en beleid 49
7.1 Van wie is de warmte? 49
7.2 Overheidsparticipatie in warmtenetten 49
7.3 Warmtekavels 49
7.4 Rollen voor en door de gemeente 50
7.5 Routekaart voor realisatie warmtenet 50
8 Conclusie en aanbevelingen 53
8.1 Riothermie ’t Ruige veld 53
8.2 Routekaart voor realisatie warmtenet 53

Bijlage 1 Beschrijving warmtewisselaars riothermie 55

Managementsamenvatting

In opdracht van de gemeente Leusden heeft Syntraal een eerste verkenning uitgevoerd naar de haalbaarheid van een collectief warmtenet, gevoed met riothermie uit het gemeentelijke rioolstelsel. In deze rapportage is de technische en financiële haalbaarheid onderzocht. Hieruit volgt dat exploitatie van een warmtenet met deze warmtebron onder bepaalde randvoorwaarden en aannames aantrekkelijk kan zijn. Een belangrijke punt van aandacht hierbij is de keuze voor een bronnet (warmte van 12°C tot 18°C) of voor een midden-temperatuur warmtenet (warmte tot 70 °C).

In de studie is ook het perspectief van bewoners meegenomen en is aandacht besteed aan de rol die de gemeente kan en mag vervullen in de realisatie en exploitatie van een eventueel warmtenet. De belangrijkste conclusies worden in deze managementsamenvatting weergegeven.

De techniek: Riothermie uit het riool onder de Middenweg

Het riool in de Middenweg in Leusden heeft een maximale warmtepotentie van 16.000 GJ/jaar, theoretisch genoeg voor maximaal 450 woningen. Doordat het debiet variaties vertoont, is het nodig om een warmte-koude opslag (WKO) toe te passen. Zonder WKO kunnen er slechts 25 woningen worden verwarmd.

Aan de Middenweg liggen de wijken ’t Ruige Veld & de Wetering. Voor deze wijken is de warmtevraag vastgesteld. Hieruit volgde dat er niet voldoende warmtepotentie is om beide wijken te verwarmen. Op basis van een kwalitatieve keuze zijn de woningen in de wijk ’t Ruige Veld meer geschikt voor verwarming op lage temperatuur. Er is een energiematch gemaakt voor een deel van de wijk in de buurt van de warmtebron. Het gaat hierbij om 358 woningen met onder andere vier appartementengebouwen en een aantal rijtjeswoningen met corporatiebezit. De woningcorporatie kan als belangrijke startmotor van het warmtenet gelden als deze direct willen aansluiten.

Opzet van de businesscase

In de businesscase is uitgegaan van de kasstromen. De investering vindt plaats in het eerste jaar. Er is aangenomen dat over deze investering een lening wordt afgesloten met een looptijd van 15 jaar. De periode van 15 jaar is aangehouden omdat na deze periode een aantal technische voorzieningen aan vervanging of revisie toe is. In de businesscase is er vanuit gegaan dat de lening lineair wordt afgelost, met daarbij behorende rentelasten van 4%. Na die 15 jaar is rekening gehouden met een herinvestering, waar vervolgens ook een lening over wordt afgesloten.

Voor het warmtenet als zodanig is geen rekening gehouden met vervanging en herinvestering, omdat de technische levensduur van een warmtenet veel meer kan zijn dan 30 jaar. Technisch gezien kan een warmtenet wel 50 jaar functioneren. Het is niet logisch om nu al rekening te houden met het reserveren van geld voor een investering die na een hele lange periode gaat plaatsvinden. De techniek, maar ook de financiële aspecten zijn over 50 jaar nauwelijks voorspelbaar.

Naast de investering zijn er jaarlijkse kosten, waarbij onder andere aan het onderhoud van de installaties en het netwerk gedacht moet worden.

Tegenover de investering en de kosten staan de inkomsten. Bij een bronnet en een MT-net wordt een jaarlijkse bijdrage gevraagd van bewoners in de vorm van vastrecht. Bij een MT-net mag daarnaast een vergoeding gevraagd worden per GJ geleverde warmte. Ook is rekening gehouden met een financiële waarde van de CO_2 reductie. Hierbij zijn de rekenregels van het Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK) gehanteerd, die de vrijwillige koolstofmarkt in Nederland vormgeeft. De handelswaarde van de certificaten is circa € 100,00 per ton CO_2 per jaar. In de businesscases is met deze waarde rekening gehouden.

Uit de businesscase blijkt dat een bronnet financieel haalbaar is. Aansluiting van de appartementsgebouwen is hierbij wel van belang. De haalbaarheid wordt met name bepaald of de woningen in de appartementen een collectieve of individuele aansluiting krijgen. Bij individuele aansluitingen zullen er namelijk aanzienlijk hogere inkomsten gegenereerd kunnen worden vanuit de bijdrage aansluitkosten en het jaarlijkse vastrecht. De huidige ACM tarieven zijn minder gunstig voor de aansluiting van appartementen die collectief worden verwarmd. Daarnaast is er ook een verlaging van de kosten mogelijk door de Warmte Infrastructuur Subsidie (WIS). In de businesscase is rekening gehouden met deze subsidie.

Voor de haalbaarheid van de businesscase is het van belang dat tenminste 70% van de overige woningen aangesloten wordt op het bronnet, met name om de aanlegkosten te kunnen dekken.

Een midden-temperatuur warmtenet is financieel minder goed haalbaar. Een midden-temperatuur heeft namelijk significant hogere investeringskosten en operationele kosten die bij de relatief kleine schaalgrootte van het doorgerekende warmtenet niet worden terugverdiend.

In tabel is een overzicht gegeven van de benodigde investeringen en de jaarlijkse kosten.

Tabel 1: Investering en jaarlijkse kosten riothermie voor de warmteleverancier per type warmtenet

	Bronnet	MT-net
Aantal aansluitingen	358	358
Totale investering (excl. BTW)	€ 2.724.000	€ 5.970.000
Investering per aansluiting	€ 7.600	€ 16.800
Operationele kosten per jaar (excl. BTW)	€ 68.130	€ 488.960

Perspectief vanuit de bewoners

Vanuit het perspectief van bewoners is aansluiting op een warmtenet op termijn financieel gunstig ten opzichte van de aardgasreferentie. Ook zijn de hybride warmtepomp en lucht/water warmtepomp meegenomen ter vergelijking. Voor de scenario's met aardgasverbruik is rekening gehouden met een extra stijging van de aardgasprijs van 2% per jaar ten opzichte van de elektriciteitsprijs, wat resulteert in de gemiddelde jaarlijkse energiekosten over 30 jaar. De genoemde 2% is gebaseerd op de verwachte stijging / inflatie van de energiebelastingen.

Tabel 2: Overzicht van totale kosten over 30 jaar voor verschillende warmtetechnieken voor bewoners

Omschrijving	CV-ketel	Bronnet	MT-net	Hybride wp	L/W wp
Installatie warmteconcept	€ 2.000	€ 11.800		€6.500	€13.000
Isolatiemaatregelen	€ 6.685	€ 6.685	€6.685	€ 6.685	€ 6.685
Woningaanpassingen		€ 8.267		€ 3.000	€ 7.041
Bijdrage aansluitkosten (BAK)		€ 4.411	€ 4.411		
Inkomsten uit ISDE subsidies	*(€ 2.005)*	*(€8.870)*	*(€5.330)*	*(€ 3.955)*	*(€ 5.905)*
Totaal investering excl. BTW	€ 6.680	€ 22.300	€ 5.766	€ 12.230	€ 20.820
Totaal investering incl. BTW (afgerond)	**€ 8.000**	**€ 27.000**	**€ 7.000**	**€ 15.000**	**€ 25.000**
Totaal jaarlijkse kosten (gemiddeld) incl. BTW	**€ 1.825**	**€1.356**	**€2.520**	**€ 1.450**	**€ 1.150**
Herinvesteringen tot 30 jaar (incl. BTW)	€ 2.000	€ 11.800		€ 11.375	€22.750
Total costs of ownership; 30 jaar	**€ 85.000**	**€ 80.000**	**€ 82.500**	**€ 70.000**	**€ 82.500**

De initiële kosten van een bronnet zijn significant hoger dan voor het MT-net. De jaarlijkse kosten zijn echter lager waardoor deze investeringen worden terugverdiend. De totale kosten van een warmtenet zijn ook vergelijkbaar met andere aardgasloze alternatieven zoals een L/W warmtepomp.

Voor- en nadelen van een bronnet ten opzichte van een MT-net

Kostentechnisch is er een voorkeur voor een bronnet, want aan een MT-net kleven de nodige bezwaren. Bij een dergelijk net wordt de temperatuur centraal opgewekt tot circa 70°C en met die temperatuur naar de woningen getransporteerd. In de woning behoeft alleen maar een zogenaamde afleverset gemonteerd te worden, wat een relatief eenvoudige ingreep is.

Omdat er warmte door het gehele warmtenet getransporteerd wordt, dient ook rekening gehouden te worden met warmteverlies. Studies laten zien dat het gemiddelde warmteverlies zo'n 25 – 28% bedraagt. En om warmte te kunnen maken met een warmtepomp is elektriciteit nodig. Door het genoemde warmteverlies, moet dus meer warmte, en dus elektriciteit, geproduceerd worden dan uiteindelijk noodzakelijk is. Gezien het feit dat de gemeente Leusden geen mogelijkheden heeft voor grootschalige energie-opwek middels zonneparken of windmolens, zal deze elektriciteit op een traditionele manier aangewend moeten worden; de benodigde elektriciteit zal uit de basislast komen. Grijze stroom heeft voorlopig nog een bepaalde CO_2-uitstoot. Een MT-net geeft een CO_2 reductie van 18%, terwijl een bronnet een CO_2 reductie realiseert van 42%.

Een bronnet kan worden gezien als de 'tegenhanger' van een MT-net. Bij een dergelijk net wordt de warmte niet centraal opgewekt, maar lokaal in de woningen. Consequentie is dat elke woning een eigen warmtepomp zal moeten hebben, wat het nodige ruimtebeslag vergt. Bij behorende consequentie is ook dat de initiële investeringen door de individuele warmtepompen hoger is. Daar staat echter tegenover dat men zomers ook koeling kan produceren; een behoefte die steeds meer zal toenemen. Daarnaast ontstaat door een bronnet een aantal positieve prikkels:

- Een bewoner wordt gestimuleerd om verder te verduurzamen. Hoe geringer de warmtevraag en hoe lager het warmteniveau, hoe lager de kosten voor de bewoner worden, omdat de warmtepomp een minder hoge temperatuur c.q. minder warmte behoefte te produceren. Daarmee verlaagt de bewoners het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp,
- Verdere isolatie zal leiden tot een verbetering van het label en daarmee tot een economisch aantrekkelijker woning,
- De bewoner kan voor een groot gedeelte in de eigen elektriciteitsbehoefte voorzien door eigen zonnepanelen te installeren.

Nog in beeld te brengen zaken

In het uitgevoerde onderzoek zijn veel zaken nader in beeld gebracht, zodat een eventueel vervolgtraject vormgegeven kan worden. Een aantal zaken verdient nog wel de nodige aandacht om onderzocht te worden. Het betreft onder andere de volgende zaken:

- In het onderzoek is uitgegaan dat de woningen straks zijn voorzien van een duurzame warmtebron en ook voldoen aan de isolatiestandaard. Dit zal voor veel woningen een verbetering van het energielabel inhouden. Dit aspect en het gegeven dat de woning van een duurzame warmtebron is voorzien zal mogelijk een positief effect op de waarde van de woning hebben,
- De kosten zijn vergeleken met de huidige kosten voor aardgas en andere aardgasvrije oplossingen. Daarom is het de moeite waard om deze optie(s) verder te onderzoeken. Andere factoren dan kosten en betaalbaarheid kunnen de doorslag geven. Hierbij kan onder meer gedacht worden aan de CO_2-reductie, het elektriciteitsverbruik, de belasting van het elektriciteitsnet en de eventuele kosten voor uitbreiding en verzwaring van het elektriciteitsnet. Indien gekozen zou worden voor een MT-net, zou het totale elektravermogen per jaar circa 1.080 MWh/jaar bedragen. Voor een bronnet zou dit circa 786 MWh/jaar bedragen. Overigens is hierbij wel uitgegaan van 100% volloop,
- In het uitgevoerde onderzoek is gekeken naar een MT-net en een bronnet, gevoed door riothermie uit het gemeentelijke rioolstelsel. Uiteraard zijn meer varianten denkbaar. Voor het warmtenet kan bijvoorbeeld ook gedacht worden aan een LT-warmtenet als de ruimteverwarming in de woningen daar toelaatbaar voor is of wordt gemaakt. En voor de warmtebron zou ook gedacht kunnen worden aan PVT-panelen, die warmte opwekken. Een groot deel van de warmte kan direct benut worden. De overtollige zomerse warmte kan opgeslagen worden in een WKO, om ’s winters te worden benut als de PVT-panelen een te laag rendement hebben.

Aanbevelingen

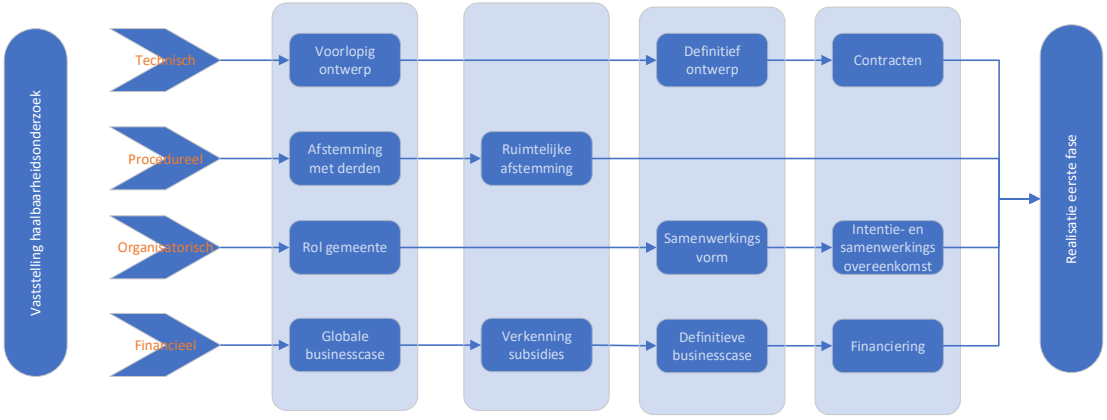
Uit de resultaten blijkt dat een collectieve oplossing mogelijk is als aan een aantal randvoorwaarden wordt voldaan. De volgende aanbevelingen volgen uit de rapportage:

- **Stel vast hoe groot de interesse is van de bewoners in de betreffende wijken om aan te sluiten op een warmtenet.** Uit de businesscase blijkt dat voldoende interesse vanuit bewoners essentieel is voor de haalbaarheid van het project,
- **Onderzoek in meer detail of een project in aanmerking komt voor SDE++ subsidie of de Warmte Infrastructuur Subsidie.** In de businesscase bleek de toepassing van deze subsidies een belangrijke voorwaarde voor een positieve businesscase. Voordat tot uitvoering wordt overgegaan is het daarom verstandig volledig grip te hebben op de randvoorwaarden om deze subsidies te ontvangen,

- **Overweeg als gemeente hoe bewoners financieel gesteund kunnen worden bij het nemen van isolatiemaatregelen.** Dit kan bijvoorbeeld collectief worden aangepakt om de kosten te drukken en de bewoner te ontzorgen. De investeringen kunnen hoog zijn voor bewoners, waardoor financiële prikkels zoals additionele subsidies / aantrekkelijke leningen ook mee kunnen helpen,
- **Overweeg om niet de volledige pieklast van de warmtevraag duurzaam op te lossen.** In het onderzoek is uitgegaan dat de volledige warmtevraag wordt gedekt door de centrale warmtepompen. Hier kan nog de keuze worden gemaakt om niet de volledige pieklast met de warmtepomp te dekken. De pieklast komt namelijk maar zelden voor, maar de warmtepompen zijn wel gedimensioneerd om in die pieklast te kunnen voorzien,
- Het kan aanzienlijk goedkoper zijn om de pieklast op te vangen met een andere bron dan die voor de basislast. Dit gaat om ongeveer 6% van de totale warmtevraag, waarbij aardgas (of groen gas) nog kan worden ingezet. Dit kan significant schelen in de investeringskosten, terwijl er relatief weinig extra CO_2 wordt uitgestoten. Dit scenario kan de businesscase op korte termijn verbeteren,
- **Stem af met stakeholders zoals het waterschap en de netbeheerder.** Warmtewinning uit het kanaal kan consequenties hebben voor het waterschap. In het rapport zijn uitgangspunten gehanteerd waarbij de kans hierop geminimaliseerd is. Toch is het belangrijk om hierover tijdig af te stemmen en afspraken te maken. Daarnaast heeft de elektrificatie van een wijk consequenties voor de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk. Als de netbeheerder hier op tijd van op de hoogte is, kan hierop worden geanticipeerd.

Rol van de gemeente

Om tot realisatie van bijvoorbeeld een warmtenet te komen, dient een aantal stappen gezet te worden. Dit haalbaarheidsonderzoek kan als basis dienen voor de verdere besluitvorming en de te nemen stappen, zoals weergegeven in de onderstaande figuur.



Het huidige haalbaarheidsonderzoek biedt technisch en financieel voldoende basis om de nodige vervolgstappen te kunnen zetten. Afstemming met derden dient hierbij vorm gegeven te worden, waarbij naast afstemming met het waterschap en de netbeheerder, ook afstemming met de bewoners een belangrijk aspect is. Dit laatste zal onder meer inzicht geven in het draagvlak en daarmee in de aansluitbereidheid. Dat vertaalt zich in een meer realistisch volloopscenario.

Het meest belangrijk is echter de rol die de gemeente kan en wil vervullen in het geheel. Deze zal grotendeels bepalend zijn voor de te nemen acties en activiteiten van het vervolgtraject.

1 Inleiding

1.1 Kader en achtergrond

Nederland moet van het aardgas af, om het milieu te sparen en om de afhankelijkheid van andere landen te verkleinen. In de jaren 1960 is Nederland ook al door een energietransitie gegaan, waar we destijds van kolen op aardgas overgingen maken we nu de volgende stap naar een duurzamere omgevingswarmtebron. Hoe de invulling hiervan eruitzien is afhankelijk van de omgeving. In Leusden ligt een grote rioolbuis in de grond, waardoor riothermie een interessante omgevingswarmtebron is. Eerder heeft Syntraal hier onderzoek naar gedaan, maar daarmee waren nog niet alle vragen beantwoord. Om meer inzicht te krijgen in de riothermiepotentie wordt in dit rapport de warmtevraag en -aanbod bekeken voor de wijk 't Ruige veld. Het doel is om te bepalen of en hoe deze potentie het meest (kosten)efficiënt kan worden ingezet.

1.2 Het huidige haalbaarheidsonderzoek

Aan de hand van het bovenstaande is besloten om in het haalbaarheidsonderzoek de onderstaande onderdelen nader te verkennen en te verdiepen:

1. Het vaststellen van het debiet en mogelijkheden voor warmtewinning in het riool in de Middenweg nabij de Ringweg; aan de noordzijde van Leusden. Gedurende een maand is het debiet in dit riool continu gemeten en ook de relatie met het weer (regenval) in kaart gebracht. Op deze manier is een goede en betrouwbare indicatie verkregen van de daadwerkelijk te winnen hoeveelheid warmte in dit gedeelte van het rioolstelsel.
2. Van de genoemde wijken hebben we de warmtevraag vastgesteld, aan de hand van dezelfde methode als het PBL dat doet in haar Startanalyse, zij het dat wij in onze rekentool ook de benchmark gegevens van het ECN en onze eigen ervaringsgetallen meenemen. Hierdoor ontstaat een iets nauwkeuriger ingeschatte warmtevraag. Ook hebben we rekening gehouden met de besparing als gevolg van isolatiemaatregelen die in de toekomst worden genomen om lage temperatuur verwarming mogelijk te maken.
3. Op basis van het warmteaanbod en de mogelijke warmtevraag hebben we een voorstel voor een match gemaakt. Hierbij hebben we ook een globaal ontwerp gegeven van de manier waarop de warmte uit het riool gewonnen kan worden.
4. Voor de vastgestelde match hebben we bepaald hoe de warmte door de wijk gedistribueerd kan worden en welke type warmtenetten daarbij mogelijk zijn. Hiervoor is gebruik gemaakt van de software van Comsof Heat, wat ook door de warmtenetbeheerders wordt gebruikt om hun warmtenetten te ontwerpen. Omdat het uitgangspunt is dat de gebouwde omgeving geschikt gemaakt wordt om middels een lage temperatuurverwarming voorzien te kunnen worden, hebben we twee scenario's uitgewerkt, te weten 1) een bronnet met 10 – 15 ^{o}C aanvoertemperatuur en 2) een MT-net met 70 ^{o}C aanvoertemperatuur. In het eerste scenario zal elke bewoner zelf een warmtepomp moeten installeren, in het tweede scenario kan worden volstaan met een afleverset. Beide scenario's hebben voor- en nadelen, die in dit onderzoek zijn beschreven en toegelicht. In de beide scenario's zal met name voor de bestaande bouw een WKO een toegevoegde waarde hebben. Deze zijn ook meegenomen in de berekeningen en het netwerkontwerp.
5. De bodem van Leusden lijkt op grotere diepte (circa 250 m) ook geschikt voor een zogenaamde hogere temperatuuropslag. Wij hebben deze optie op hoofdlijnen verkend en aangegeven wat de

voor- en nadelen zijn om op hogere temperaturen warmte voor de zoekgebieden op te kunnen slaan.

6. Van de beide warmtenetten hebben we een businesscase opgesteld, waarin we naast investeringen en jaarlijkse kosten ook de besparingen door vermeden gasgebruik inzichtelijk hebben gemaakt. Ook het volloopscenario maakt onderdeel uit van de businesscase. In de businesscase berekeningen hebben we op basis van kentallen ook de investeringen meegenomen die in de woningen worden verwacht. De businesscase hebben we opgesteld vanuit het perspectief van de warmtelevering, waarin we de onrendabele top, de BAK, de aansluit- en vastrechtkosten, de leveringskosten en dergelijke inzichtelijk hebben gemaakt. We hebben de businesscase ook opgesteld vanuit het oogpunt van de bewoners.

1.3 Opbouw rapportage

In deze rapportage worden de resultaten uiteengezet van bovengenoemde varianten. Na de inleiding staat in hoofdstuk 2 beschreven wat de warmtepotentie is van riothermie. Hoofdstuk 3 beschrijft de mogelijkheden voor de toepassing van warmte- koude opslag (WKO) capaciteit in de bodem. In hoofdstuk 4 volgt de warmtevraag. Hoofdstuk 5 brengt vraag en aanbod samen en er wordt een globaal ontwerp geschetst van het warmteconcept. Vervolgens worden de bijbehorende kosten beschreven in de businesscase in hoofdstuk 6, waarna in hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de rollen, het eigenaarschap en het beleid ronde warmtenetten. Ten slotte staan we in hoofdstuk 8 stil bij de conclusies en aanbevelingen.

2 Warmtepotentie

In dit hoofdstuk wordt de beschikbare warmte in kaart gebracht voor warmtewinning uit het riool. Paragraaf 2.1 blikt terug op een eerder onderzoek van Syntraal naar riothermie in noord-Leusden. paragraaf 2.2 beschrijft de warmtepotentie in Noord-Leusden. In een eerder onderzoek is al ingegaan op de potentie voor de wijk Weteringen, dit is hier tevens samengevat.

2.1 Terugblik eerder onderzoek

Rond de zomer van 2022 heeft Syntraal gewerkt aan een haalbaarheidsstudie aquathermie voor de Klimrakker. Het doel hiervan was om vast te stellen in hoeverre de warmtepotentie in het rioolstelsel van Leusden kan voorzien in de warmte- en koudevraag van de nieuwbouw. Hierbij werd ook gekeken in hoeverre een warmtenet een deel van de bestaande gebouwde omgeving kan voorzien. In dit kader zijn metingen uitgevoerd om het debiet (hoeveelheid afvalwater) in het riool te bepalen. Helaas waren deze resultaten teleurstellend en is gekeken naar een andere invulling van het onderzoek.

De teleurstellende resultaten van het eerdere onderzoek hadden te maken met een afwijking tussen de berekende warmtepotentie en de daadwerkelijke warmtepotentie in het gemeentelijke rioolstelsel. Dit werd onder andere veroorzaakt door de veranderende diameters van het riool en ook het pompregime, waarbij aan het riool een bufferende functie werd toegekend. Daarentegen werd extra onderbouwd dat de een debietmeting een stukje noordelijker positievere resultaten op zou leveren. Hierdoor bleek, naast de wijk de Wetering, ook de wijk ’t Ruige Veld interessant om verder te verkennen.

Riothermie is een techniek waarbij restwarmte uit afvalwater wordt teruggewonnen met behulp van warmtewisselaars. Afvalwater heeft het hele jaar door een temperatuur tussen de 10 en 20°C. Het is daarmee een constante en betrouwbare warmtebron. Door de vloeistof uit de warmtewisselaar in tegengestelde richting langs het afvalwater te laten stromen nemen deze stromingen elkaars temperatuur aan. Het afvalwater wordt ongeveer 2°C afgekoeld. De opgevangen thermische energie wordt vervolgens gebruikt door de warmtepomp om het water dat naar de huizen gaat op te warmen. In bijlage 1 is een beschrijving opgenomen van een aantal veel gebruikte riool-warmtewisselaars.

2.2 Data-analyse debietmeting

Er is debietmeting uitgevoerd in het riool onder de Middenweg in de periode van 13 december 2022 t/m 17 Januari 2023. De ligging van het riool en de debietmeting is aangegeven in Figuur 2-1. In de zomer van 2022 is 200 meter zuidelijker ook een analyse gedaan van de warmtepotentie via een debietmeting in de Middenweg. De gemeten stroomsnelheden lagen destijds een stuk lager dan verwacht. Eind 2022 is een rioolinspectie uitgevoerd door de gemeente Leusden, waarbij de oorzaak van de tegenvallende situatie is ontdekt. Het riool werd namelijk gebruikt als een buffer voor het achterliggende gemaal. Hierdoor waren er lange periodes zonder stroming, waardoor er ook geen debiet gemeten kon worden. De situatie is aangepast, waarna er een nieuwe debietmeting is uitgevoerd.

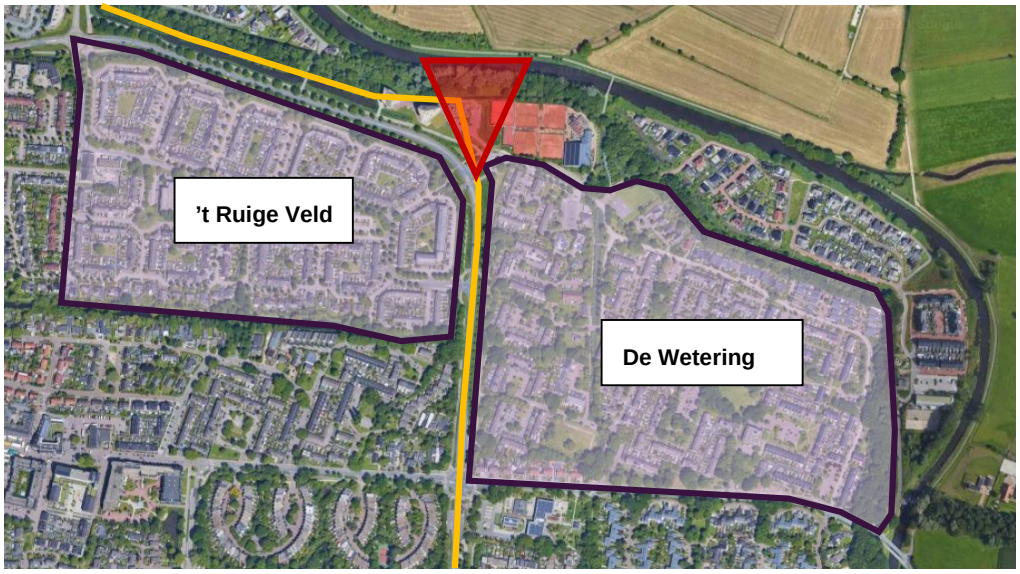
Eerst zal de gemeten temperatuur geanalyseerd worden en vervolgens het beschikbare debiet. Daarna wordt de warmtepotentie berekend waarbij onderscheid is gemaakt tussen directe levering en levering met gebruik van een WKO.

2.3 Analyse temperatuur

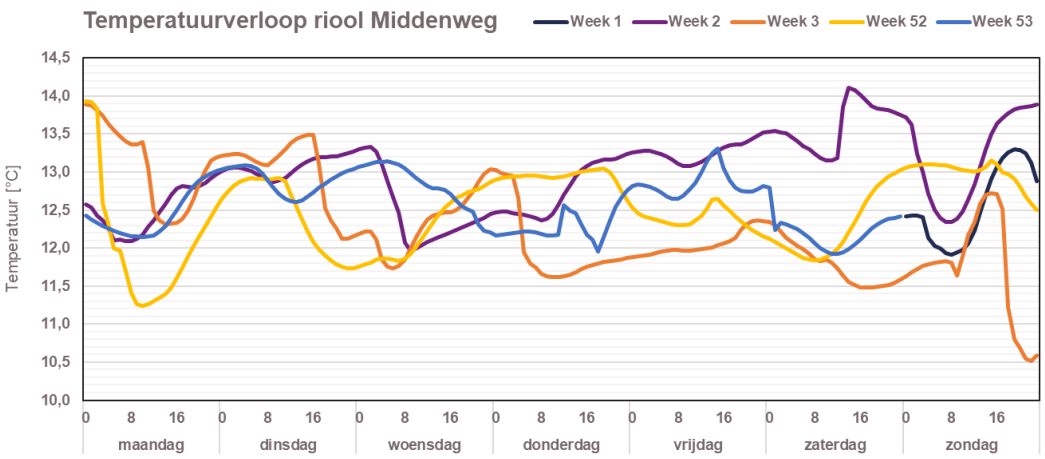
In Figuur 2-2 is de gemeten temperatuur van het rioolwater weergegeven. Uit de figuur blijkt vooral dat de temperatuur van het rioolwater erg constant is en varieert tussen de 10 en 15 °C. Dit is de temperatuur gedurende de winterperiode, waarbij het 's nachts meerdere malen gevroren heeft. Hierdoor kan ervan uitgegaan worden dat er gedurende het hele jaar continu warmte gewonnen kan worden, aangezien er geen risico lijkt op bevriezing van de rioolleiding.

2.4 Beschikbaar debiet bij directe levering

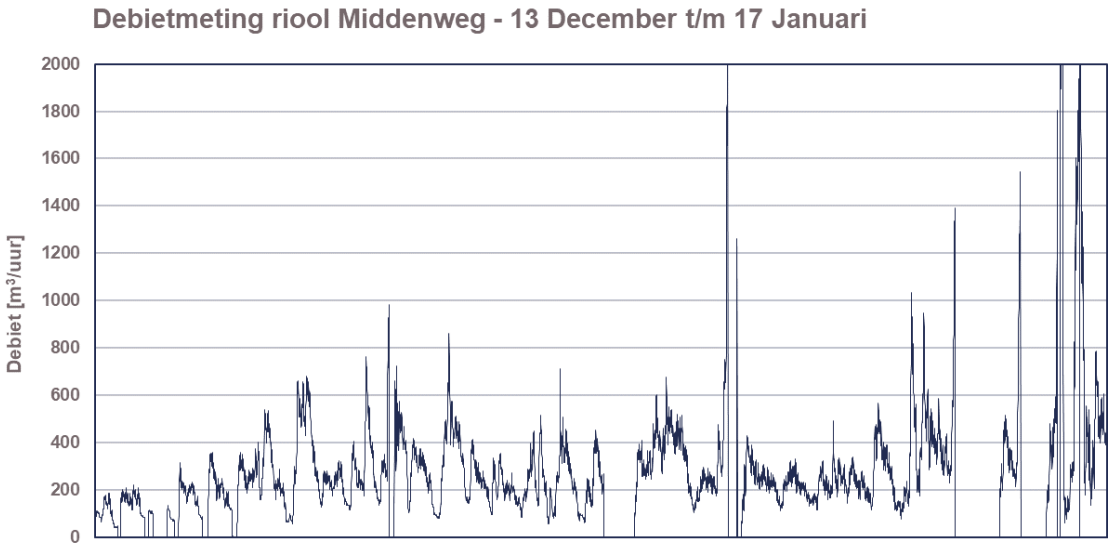
In Figuur 2-3 is het totale resultaat van de debietmeting weergegeven. Op een aantal momenten is geen debiet gemeten. Dit heeft waarschijnlijk te maken met ofwel een heel hoog debiet ten gevolge van neerslag, of een zeer laag debiet in de ochtenduren.



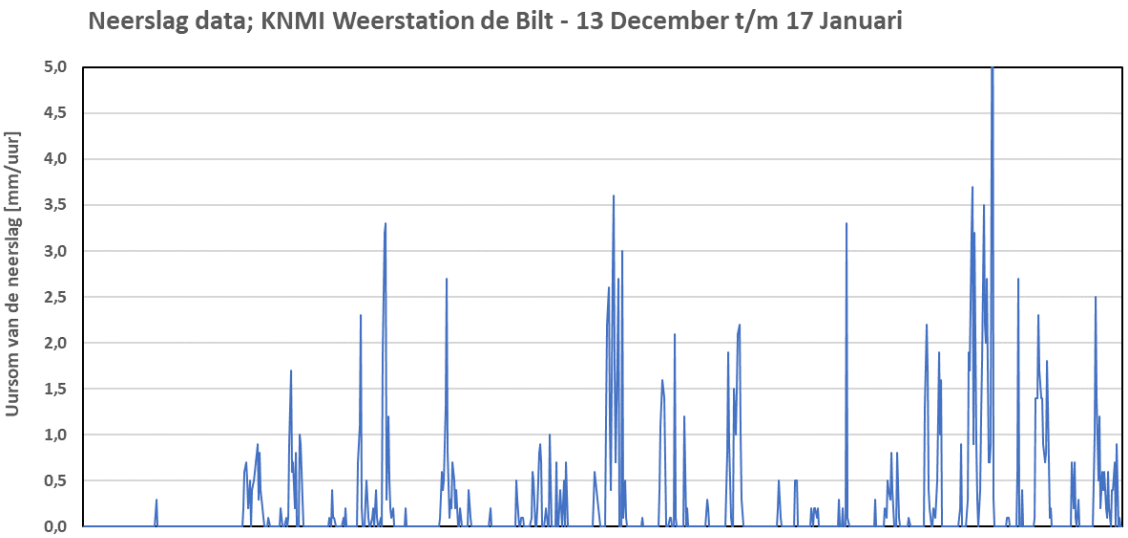
Figuur 2.1: Locatie van de debietmeting bij de Middenweg aangegeven met de rode pijl. De loop van het hoofdriool is weergegeven in het geel. Naast het riool zijn de twee woonwijken aangegeven die mogelijk met riothermie verwarmd kunnen worden



Figuur 2.2: Temperatuurmeting bij het riool aan de Middenweg. De meting vond plaats tussen december 2022 en januari 2023, waarbij de legenda de week van het jaar aangeeft.



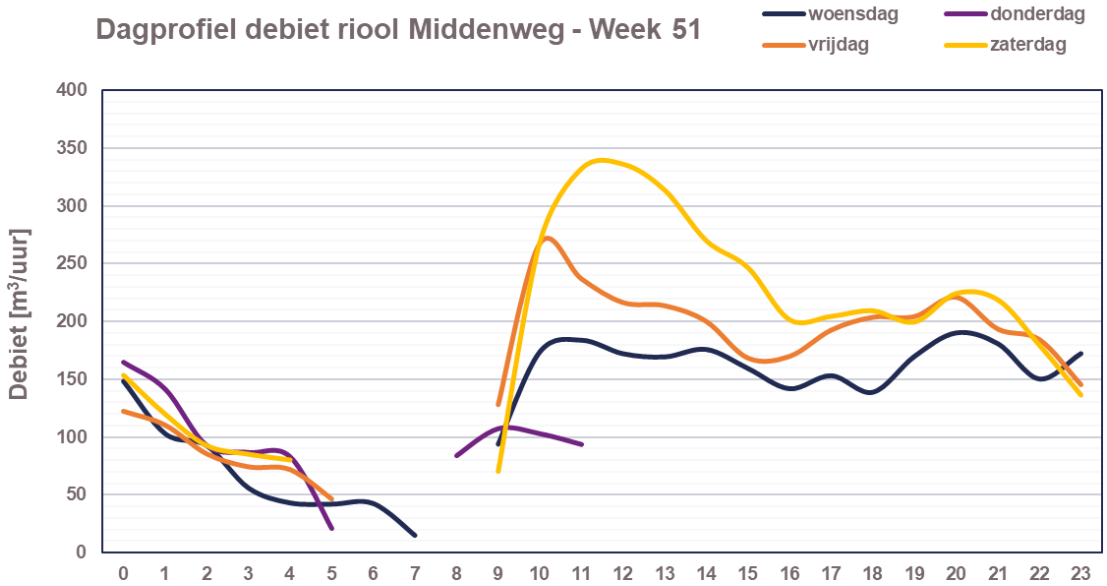
Figuur 2.3: Totale meetdata van de debietmeting aan de Middenweg.



Figuur 2.4: Data van de neerslag van de meest dichtbij zijnde KNMI Weerstation ten opzichte van Leusden in de periode van de debietmeting

In Figuur 2-4 zijn neerslag gegevens weergegeven van het nabijgelegen KNMI-weerstation de Bilt. In het algemeen is er veel regen gevallen in de maand December & Januari. Gedurende de meetperiode is er bijna 200 mm neerslag gemeten, terwijl er gemiddeld rond de 80 mm aan neerslag valt per maand. Neerslag in het stedelijk gebied wordt voor een aanzienlijk gedeelte afgevoerd via het riool, waardoor neerslag ook van grote invloed is op het debiet in het riool. Voor de bepaling van de warmtepotentie wordt er daarom uitgegaan van het beschikbare debiet tijdens droge dagen, wat de droogweerafvoer (DWA) wordt genoemd.

In de eerste week van de debietmeting, week 51 van 2022, was de hoeveelheid neerslag nog beperkt. Daarom is voor deze week het dagprofiel van de afvoer in het riool weergegeven, zie Figuur 2-5. Hieruit valt het vertrouwde patroon te ontdekken met een relatief laag debiet in de nacht en ochtenduren tot een uur of negen, gevolgd door een sterke toename in afvoer. In de nacht wordt relatief weinig huishoudelijk water gebruikt. In de ochtend wordt weer water gebruikt, maar door het bufferende effect van het riool duurt het altijd even totdat zichtbaar is als een piek in de afvoer. In de ochtend is echter ook de hoogste warmtevraag, terwijl op dit moment de aanvoer van het debiet het laagste is. Door deze mismatch is de warmtepotentie bij directe levering beperkt. Rekening houdend met leveringszekerheid, is het beschikbare debiet ongeveer 50 m^3/uur. Deze waarde is afgeleid uit Figuur 2-6, waarbij de minimale gemeten uursom van het debiet rond 9:00 uur 's ochtends is weergegeven.



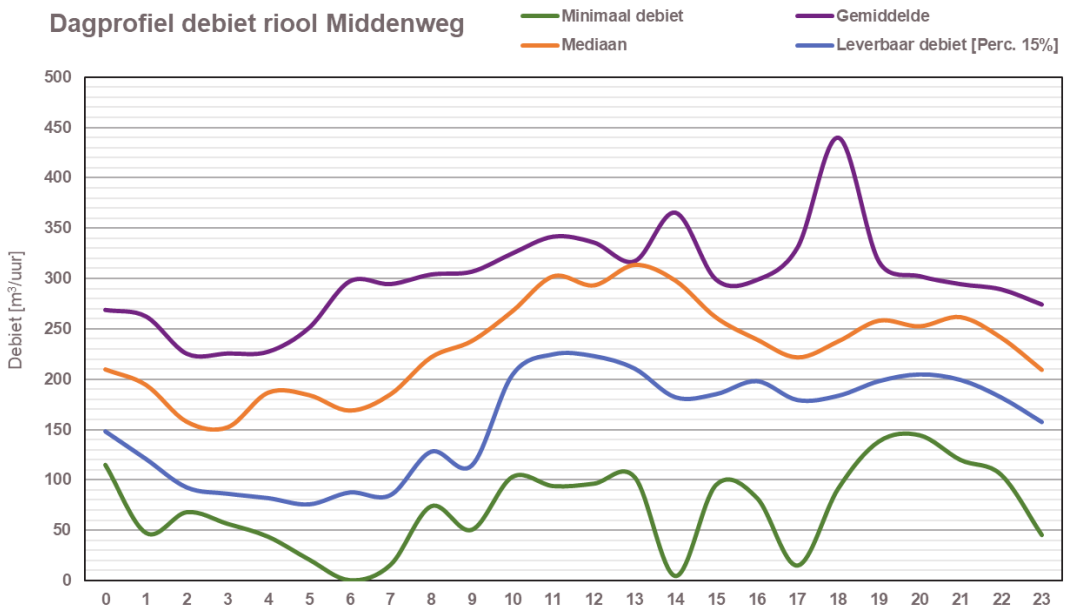
Figuur 2.5: Dagprofielen van het debiet van een aantal dagen in week 51.

Voor de warmtewinning uit het riool wordt in dit rapport een temperatuurverschil van 3,0 °C gehanteerd. Standaard wordt in vergelijkbare studies een afkoeling van 2,0 °C gebruikt, doordat de afkoeling van het afvalwater nadelige gevolgen kan hebben voor de verwerking van afvalwater bij de rioolwaterzuivering (RWZI). De invloed zal in dit geval echter beperkt zijn, doordat de afvoer van dit riool een klein deel is van de totale afvoer op de RWZI in Amersfoort. In Amersfoort mengt het afvalwater zich verder met overige grote afvalwaterstromen uit Amersfoort. Gezien de kleine stroom op de totale afvoer richting de zuivering is een de kans op nadelige effecten bij de zuivering daarom klein.

De warmtepotentie wordt berekend aan de hand van onderstaande formule. Hierin is $\dot{m}$ de massastroom in kg/s, welke wordt omgerekend vanuit het debiet (50 m^3/uur), c_p de warmtecapaciteit van water in kJ/kg en ΔT de temperatuurafname in het afvalwater in °C. Hieruit volgt een beschikbaar bronvermogen P van 174 kW.

$$P = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T = 13{,}9 \cdot 4{,}187 \cdot 3{,}0 \approx 174\ kW$$

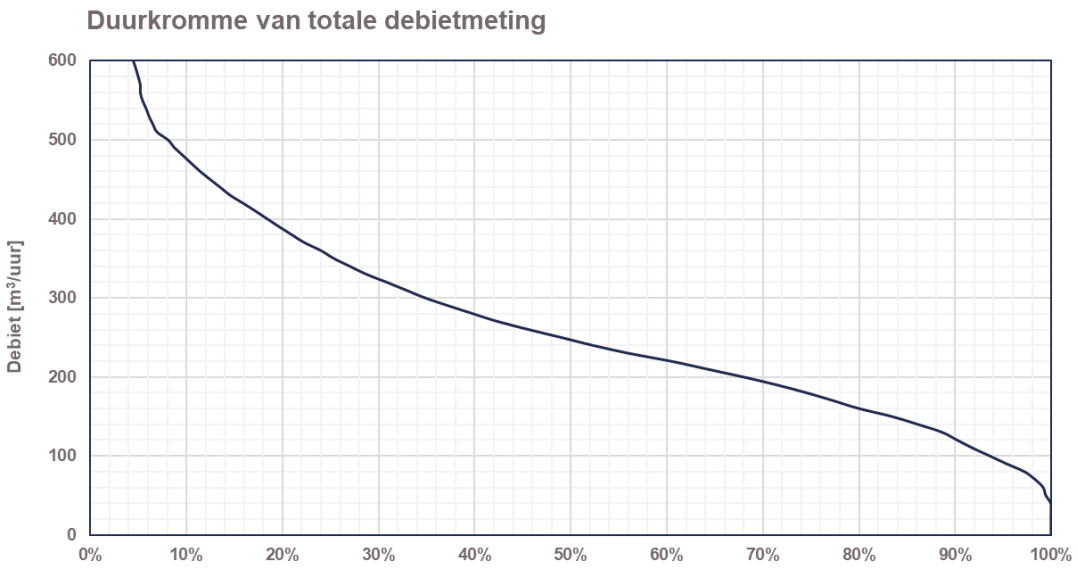
Dit bronvermogen kan niet rechtstreeks ingezet worden, daarvoor is het te koud. Met behulp van een warmtepomp wordt deze bronwarmte op een hogere temperatuur afgegeven. Hiervoor wordt elektriciteit gebruikt. Deze elektriciteit wordt omgezet in nuttige warmte, waardoor de totale hoeveelheid afgegeven warmte hoger is dan het bronvermogen. Uitgaande van een rendement van 400% (warmte per elektriciteit) is het gebouwzijdige afgegeven warmte 4/3 van het bronvermogen, dat wil zeggen 232 kW. Rekening houdend met gelijktijdigheid kunnen hier ongeveer 25 woningen mee worden voorzien van warmte. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de warmte-koudeopslag. Deze techniek zorgt voor een grotere warmtepotentie uit het riool.



Figuur 26 Analyse van het typische dagprofiel van het riool aan de middenweg over de gehele meting.

2.5 Beschikbaar debiet bij gebruik van een WKO

Bij gebruik van een WKO is de warmtepotentie minder afhankelijk van de DWA en de mismatch tussen het profiel van beschikbaar debiet en de warmtevraag. De werking en toepassing van een WKO systeem wordt in het volgende hoofdstuk toegelicht. De warmte wordt immers gedurende het jaar gewonnen en opgeslagen in de bodem. Vanuit de WKO wordt vervolgens de warmte geleverd aan de woningen, waarmee ook de leveringszekerheid wordt vergroot. Om deze reden kan uitgegaan worden van een hoger debiet. In Figuur 2-7 is de duurkromme weergegeven van het debiet gedurende de meting. Dit geeft voor een bepaald debiet aan welk percentage van de tijd een hoger debiet aanwezig was.



Figuur 2-7 Duurkromme van de totale debietmeting. De x-as geeft het percentage van de tijd aan dat het debiet groter is dan de corresponderende waarde van het debiet op de y-as.

Er wordt voor de berekening uitgegaan van een afkoeling van 3,0 °C. Deze temperatuurafname is groter dan gebruikelijk, maar kan naar verwachting zonder problemen worden gemaakt. Vóór het rioolwater bij de waterzuivering in Amersfoort aankomt zijn er veel andere rioolaftakkingen bijgekomen. De afname in temperatuur van dit deel van het water zal daardoor weinig invloed hebben op de temperatuur waarmee het bij de waterzuivering aankomt. Het is hierom niet te verwachten dat dit tot problemen leidt. Wanneer er wel gerekend wordt met de gebruikelijke afkoeling van 2,0 °C wordt de te winnen thermische energie 2/3^{e} deel van de hieronder berekende potentie.

De warmtewisselaar in het riool wordt gedimensioneerd op basis van het debiet dat het af kan koelen met 3,0 °C. Bij de keuze voor een hoger debiet worden er daarom hogere kosten gemaakt voor de installatie van de warmtewisselaar. Het is daarom niet verstandig om de warmtewisselaar te dimensioneren op een debiet dat niet vaak beschikbaar is. In deze rapportage is de keuze gemaakt voor een debiet van 170 m^3/uur. Uit Figuur 3-4 volgt dat dit debiet 77% van de tijd beschikbaar is.

Het bronvermogen bij warmtewinning uit dit debiet is 592 kW. Rekening houdend met een thermisch rendement van een WKO van 95%, een COP van de warmtepomp van 4,0 en 6.000 vollasturen van warmtewinning is de jaarlijkse warmtepotentie gebouwzijdig ongeveer 16.000 GJ/jaar. Uitgaande van een gemiddelde warmtevraag per woning van 35 GJ/jaar, vergelijkbaar met 1.100 m³ aardgas, kunnen er circa 450 woningen verwarmd worden met riothermie. Ten opzichte van de directe levering, blijkt hieruit dat het toepassen van een WKO een significant verschil maakt voor de hoeveelheid woningen die met deze installatie verwarmd kunnen worden. Omdat de investering in riothermie vrij hoog is, is een zekere schaalgrootte noodzakelijk. In het vervolg van de rapportage wordt daarom uitgegaan van het scenario waarin een WKO wordt toegepast.

Bij gebruik van een WKO is de warmtepotentie minder afhankelijk van de DWA en de mismatch tussen het profiel van beschikbaar debiet en de warmtevraag. De warmte wordt immers gedurende het jaar gewonnen en opgeslagen in de bodem. Vanuit de WKO wordt vervolgens de warmte geleverd aan de woningen, waarmee ook de leveringszekerheid wordt vergroot. Om deze reden kan uitgegaan worden van een hoger debiet. In Figuur 3-4 is de duurkromme weergegeven van het debiet gedurende de meting. Dit geeft voor een bepaald debiet aan welk percentage van de tijd een hoger debiet aanwezig was.

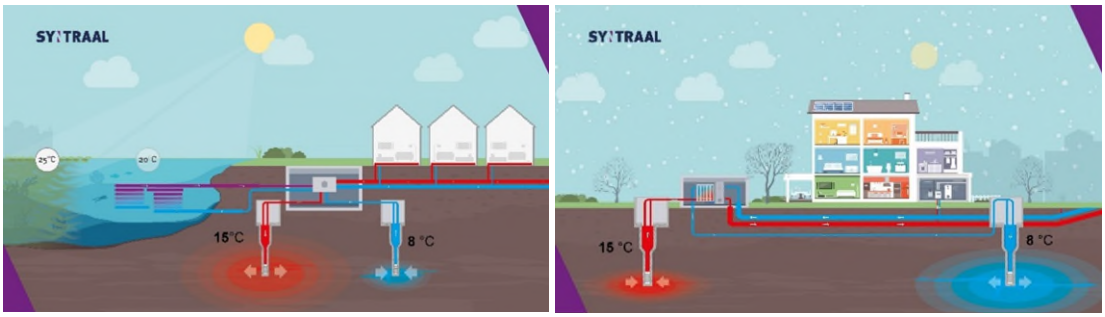
Er is bij de berekening uitgegaan van een afkoeling van 3,0 °C. Deze temperatuurafname is groter dan gebruikelijk, maar kan naar verwachting zonder problemen worden gemaakt. Vóór het rioolwater bij de waterzuivering in Amersfoort aankomt zijn er veel andere rioolaftakkingen bijgekomen. De afname in temperatuur van dit deel van het water zal daardoor weinig invloed hebben op de temperatuur waarmee het bij de waterzuivering aankomt. Wanneer er wel gerekend wordt met de gebruikelijke afkoeling van 2,0 °C wordt de te winnen thermische energie 2/3^{e} deel van de hieronder berekende potentie. In dat geval is de warmtepotentie 10.600 GJ/jaar, genoeg voor ongeveer 300 woningen.

3 Warmte-koude opslag

In dit hoofdstuk wordt warmte-koude opslag (ook wel WKO) nader toegelicht. Eerst wordt ingegaan op de werking, om vervolgens te analyseren of de techniek toegepast kan worden bij de beschreven wijken en wat het effect daarvan zou zijn.

3.1 Toelichting techniek

Warmte-koudeopslag in de bodem is een techniek die in Nederland veelvuldig wordt toegepast. Bij WKO wordt warmte en koude opgeslagen in een watervoerende zandlaag (zogenaamde aquifer) in de bodem. De diepte van een WKO hangt sterk af van de bodemsamenstelling en kan variëren tussen de 10 en 200 meter. In deze aquifer wordt meestal een ‘doublet’ bestaande uit één koude en één warme bron aangelegd. Wanneer er vraag naar koude is, wordt uit de koude bron (8 – 12 °C) grondwater opgepompt. De koude uit dit grondwater wordt met een warmtewisselaar afgestaan aan het gebouw of een warmtepomp in koelbedrijf. Door het onttrekken van koude, warmt het opgepompte grondwater op, waarna het wordt geïnfiltreerd in de warme bron. Is er vraag naar warmte, dan wordt grondwater opgepompt uit de warme bron (12 – 18 °C). Nu wordt warmte aan het grondwater onttrokken en met een warmtewisselaar aan de warmtepomp afgegeven, welke deze warmte opwaardeert tot een temperatuur die bruikbaar is in het gebouw. Het afgekoelde water wordt vervolgens geïnfiltreerd in de koude bron. In Figuur 3-1 is de werking van een WKO schematisch weergegeven.



Figuur 3-1 Principe seizoenbuffering warmte via WKO: warmte wordt in de zomer gewonnen en opgeslagen in het grondwater in een watervoerend pakket (links). In de winter wordt het relatief warme water onttrokken waarbij de warmte aan de woningen wordt afgegeven (rechts).

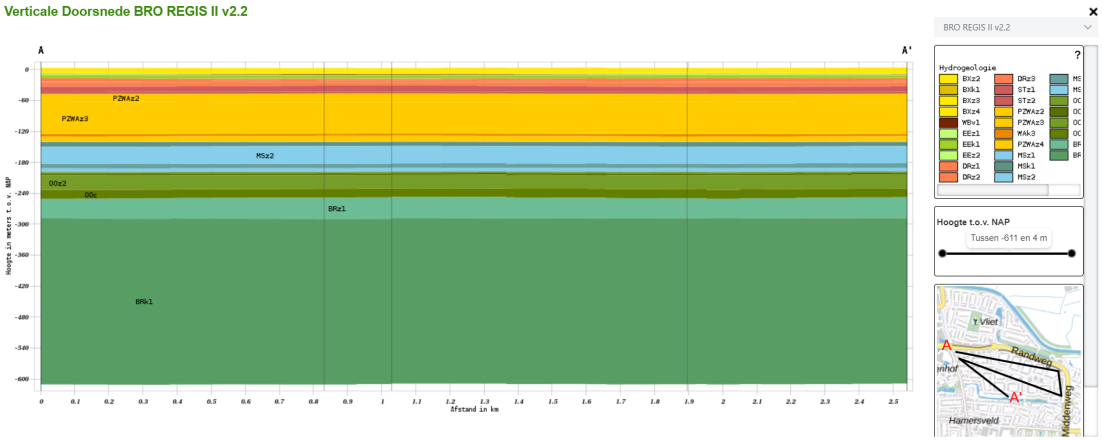
3.2 Toepasbaarheid WKO

Of WKO toegepast kan worden is afhankelijk van de bodemopbouw. Er moet een zandlaag (water doorlatend) aanwezig zijn die omringd wordt door klei (niet-water doorlatend). In een dergelijke bodem blijft het water op de plek waar het wordt ingebracht, zodat het hier later weer gewonnen kan worden. Informatie over de bodemopbouw kan geraadpleegd worden, via de BRO REGIS II v2.2 uit het DINO-loket van TNO.

Naast de bodemsoort is het van belang om na te gaan of er restricties in het gebied zijn. Denk hierbij aan verbodsgebied ter bescherming van het drinkwater, of aandachtgebieden voor natuur of archeologie.

3.3 WKO-potentie ‘t Ruige veld

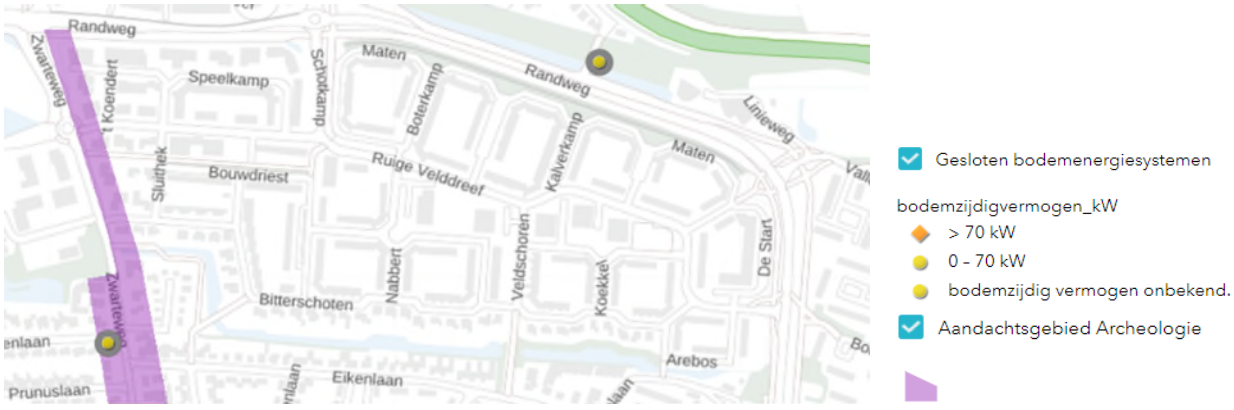
Figuur 3-2 toont de bodemopbouw van een punt in de wijk ’t ruige veld. De meest geschikte aardlaag voor WKO is de derde zandige eenheid van Peize en Waalre (tussen 65 en 125 meter diep). Dit pakket heeft een doorlaatbaarheid van 50 tot 100 meter per dag, wat een goede doorlaatbaarheid is voor WKO.



Figuur 3-2: Uitsnede bodemopbouw in de wijk 't Ruige veld (BRON: DINO-Loket)

Daarnaast is de WKO-tool geraadpleegd om vast te stellen met welke omgevingseffecten rekening gehouden dient te worden. In de wijk zijn geen bezwaren tegen WKO gevonden. De paarse strook op de kaart geeft wel aan dat er een Aandachtsgebied Archeologie langs de wijk loopt.

Vlakbij de wijk zijn twee gesloten bodemsystemen bekend die de werking van een WKO zouden kunnen belemmeren (zie paarse en gele stippen in Figuur 3-3). Er dient zorg gedragen te worden dat deze de WKO niet negatief beïnvloeden. De verwachting is echter dat het niet tot problemen zal leiden.



Figuur 3-3: Restricties bodemenergie in 't Ruige veld (bron: WKO bodemenergietool)

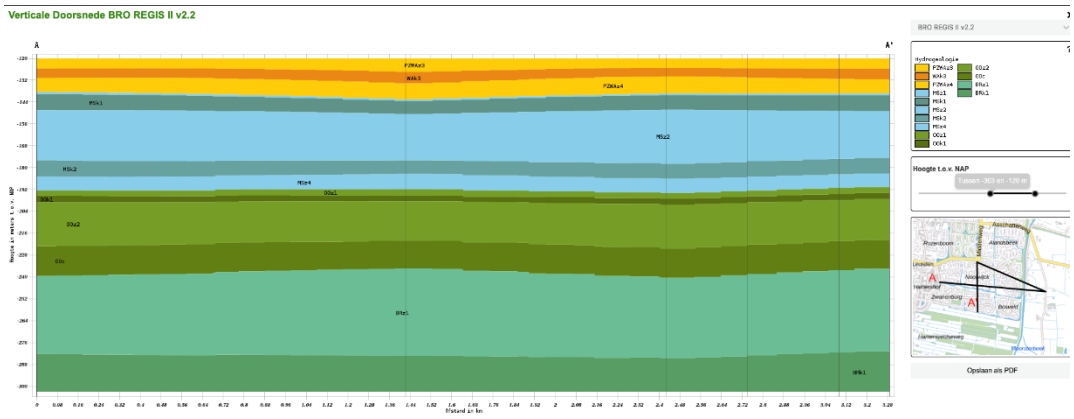
Indien wordt besloten om WKO toe te passen in dit gebied, dan zal er een WKO-onderzoek uitgevoerd moeten worden om het daadwerkelijk ontwerp goed vast te kunnen stellen. In een dergelijk onderzoek wordt o.a. informatie verkregen over de grondwaterstroming- en snelheid, de chemische eigenschappen van het grondwater en de hydrologische en thermische effecten op de omliggende bodemsystemen.

3.4 Hogere temperatuuropslag in de bodem

Naar aanleiding van de discussies rond hogere temperatuur opslagen (HTO) is de vraag gesteld om mee te nemen wat de invloed is van hogere temperatuuropslag op de energetische efficiëntie van het systeem en wat de financiële consequenties zijn op de businesscase. Hierbij zijn twee opties het meest voor de hand liggend:

- Opslag op lagere temperatuur: warmteopslag in WKO op 25°C
- Opslag op midden temperatuur: warmteopslag tussen de 30°C en 60°C

Op basis van een eerste scan van bodemlagen op DINOloket, kan geconcludeerd worden dat hogere temperatuur opslag alleen mogelijk is in dezelfde bodemlaag als WKO. De eerstvolgende watervoerende aardlaag bevindt zich namelijk tussen 240 en 280 meter diep en de doorlatendheid van deze laag is onvoldoende voor de opslag van warmte (2,5 tot 5 meter per dag). Vanaf 280 meter diep is er alleen klei aanwezig (informatie over de bodemstructuur is tot 600 meter diep beschikbaar). Zie Figuur 3-4 voor een uitsnede van de bodemopbouw.



Figuur 3-4; Uitsnede bodemopbouw tussen 120 en 300 meter diep voor midden temperatuur opslag

Het toepassen van lagere temperatuur opslag is binnen de grenzen van de WKO-vergunning zonder problemen mogelijk. Voor het toepassen van midden temperatuur opslag zijn op het moment nog geen standaard vergunningen / regels. De provincie Utrecht dient hiervoor toestemming te verlenen en zal hier (nu nog onbekende) vergunningseisen aan stellen. Ons advies is om dit vergunningstraject pas te starten als een warmtenet zonder MTO financieel niet haalbaar is. Onze verwachting is dat dit traject een grote kostenpost zal zijn. Financiële meerwaarde zal waarschijnlijk pas ontstaan op het moment dat de temperatuur van de opslag richting 60°C zou kunnen, omdat de collectieve warmtepompen dan grotendeels achterwege gelaten kunnen worden.

Om een beeld te schetsen van de gevolgen van warmteopslag op hogere temperatuur dan traditioneel (15°C gemiddeld) werken we de optie uit om warmte in een traditionele WKO op te slaan op 25°C. Dit wordt verder toegelicht in het volgende hoofdstuk.

4 Warmtevraag

Samen met de gemeente is bepaald welke wijken in Leusden in aanmerking komen voor het warmteaanbod. De keuze is pragmatisch gemaakt op basis van de afstand van bron tot wijk. Eerder heeft Syntraal in opdracht van de gemeente Leusden de warmtevraag van de wijk de Wetering in kaart gebracht (kenmerk: R001-1322395MSK-V01). Destijds was het onderzoek naar de mogelijkheden van riothermie gericht op die wijk. In dit onderzoek is de aangrenzende wijk 't Ruige Veld toegevoegd als interessante wijk voor riothermie. Hieronder volgt een korte samenvatting van de uitkomsten van het onderzoek in de Wetering.

Paragraaf 4.1 gaat in op de warmtevraag van de Wetering. In paragraaf 4.2 wordt ingegaan op de warmtevraag van de buurt 't Ruige Veld.

4.1 Warmtevraag de Wetering

In samenspraak met de gemeente was de wijk ingedeeld in meerdere zoekgebieden. De drie projectgebieden zijn vastgesteld in samenspraak met de gemeente. Het eerste zoekgebied in de directe omgeving van de Klimrakker (inclusief nieuwbouwplanen), een uitbreidingsgebied en het overgebleven gedeelte van de buurt de Wetering. In Figuur 4-1 is een overzicht gegeven van de verschillende projectgebieden en de bouwjaren van de bebouwing. In Tabel 4-1 is de warmtevraag per deelgebied weergegeven. In Tabel 4-2 is de warmtevraag van de gemiddelde woning weergegeven, terwijl in Tabel 4-3 de vermogensvraag is bepaald.

Tabel 4-1: Warmtevraag per deelgebied voor en na isolatie

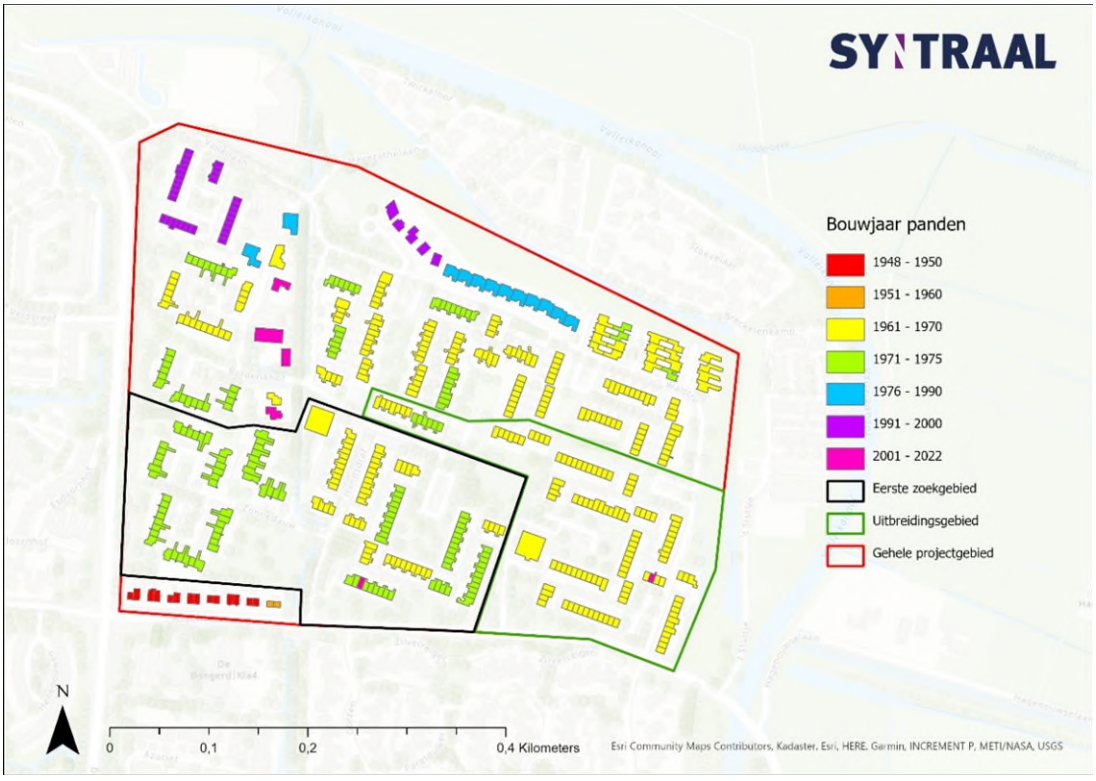
Projectgebied	Huidige warmtevraag [GJ/jaar]	Warmtevraag na isolatie [GJ/jaar]
Nieuwbouw de Klimrakker	408	408
Eerste zoekgebied	7.595	4.557
Uitbreidingsgebied	5.935	3.561
Extra uitbreidingsgebied	12.579	8.176
Gehele projectgebied	**26.517**	**16.705**

Tabel 4-2: Warmtevraag gemiddelde woning bestaande bouw projectgebied de Wetering.

	Eenheid	Woning	Utiliteit
Gemiddelde BVO	m^2	111	115
Aantal	-	647	3
Vraag ruimteverwarming	GJ/object/jr	32	106
Vraag tapwater	GJ/object/jr	11	-
Vraag totaal warmte	GJ/object/jr	43	106
Vraag ruimtekoeling	GJ/object/jr	6	8

Tabel 4-3: Vermogensvraag bestaande bouw projectgebied De Wetering.

	Eenheid	Woning	Utiliteit
Ruimteverwarming	kW/object	6,4	17,8
Tapwater	kW/ object	27,0	-
Ruimtekoeling	kW/ object	6,7	9,3

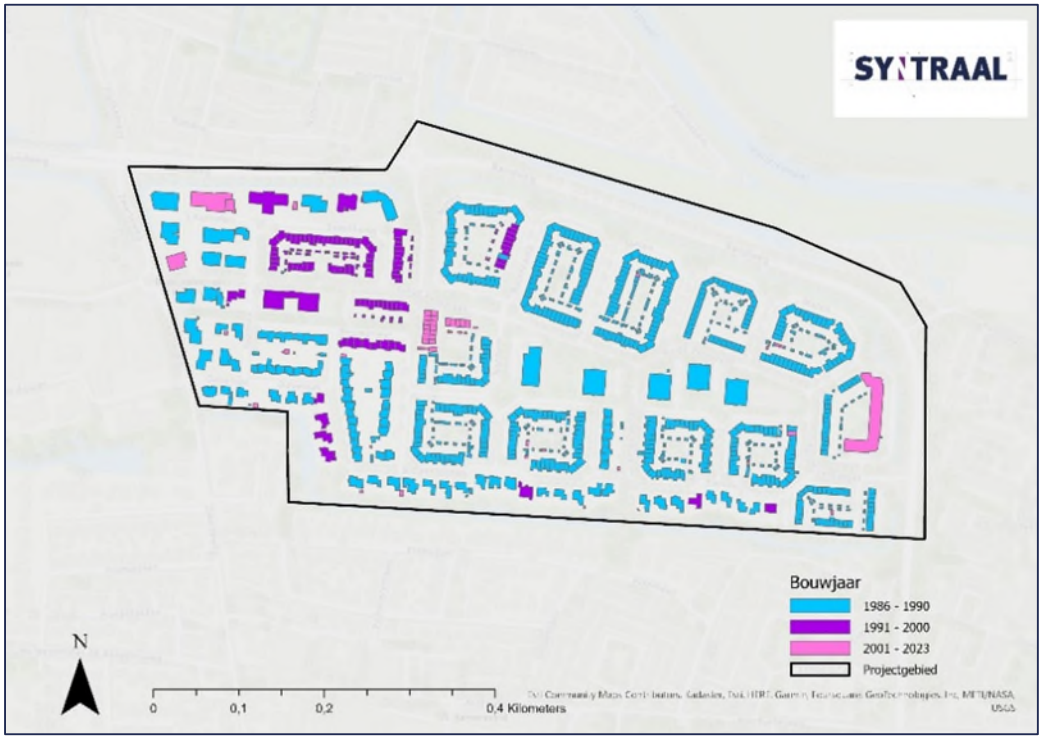


Figuur 4-1 Overzicht van de bouwjaren van de panden en de verdeling van de projectgebieden.

4.2 Warmtevraag 't Ruige veld

Figuur 4-2 geeft een satellietfoto weer van de wijk 't Ruige veld. De buurt bestaat uit 855 woningen, waarvan 87% is gebouwd in de periode 1975 tot en met 1991, zie Figuur 4-3. Er zijn veel appartementen (30%) en tussenwoningen (56%). Een derde van de woningen is in het bezit van een corporatie, de rest is particulier bezit (66%). Van de 855 woningen in de wijk hebben 611 een energielabel. Zoals te zien in Figuur 4-4 hebben vrijwel al deze huizen een energielabel van C of hoger. Het laagst voorkomende energielabel is D. Van alle woningen in de wijk heeft zelfs 75% een energielabel A of hoger.

Figuur 4-2: Satellietfoto van buurt 't Ruige veld (bron: google maps)



Figuur 4-3: Bouwjaren 't Ruige veld (Bron: BAG, 2023)

Figuur 4-4: Energielabels in de wijk 't Ruige veld (Bron: DEGO-viewer VNG, 2023)

Voor de huizen met een label A of B wordt er niet vanuit gegaan dat er nog een reductie van de warmtevraag gerealiseerd zal worden. Voor de huizen met een slechter energielabel, ongeveer een derde van het aantal woningen, wordt er in de berekening vanuit gegaan dat er een reductie van 15% van de warmtevraag behaald kan worden. Dit houdt dus in dat er in de berekening vanuit gegaan wordt dat alle huizen goed geïsoleerd zullen zijn bij eventuele aanleg van een riothermiesysteem.

In de Tabel 4-4 is de warmtevraag voor een gemiddelde woning weergeven. De huidige warmtevraag van woningen is berekend op basis van CBS gasverbruiken van 2018. Deze gegevens worden ook gebruikt in het Vesta MAIS model van PBL (2019). De gemiddelde warmtevraag per woning is berekend als 36,5 GJ/jaar, dit komt overeen met een gasverbruik van ongeveer 1.150 m³ gasverbruik per jaar. De totale warmtevraag van de buurt is bepaald als 32.500 GJ/jaar. Naast woningen zijn er 15 utiliteitsgebouwen in de wijk. Hiervan is de warmtevraag afwijkend van die van woningen, ook het patroon over de dag heen wijkt af. Onderstaande tabel 4-4 toont daarom ook de gegevens voor de utiliteitsgebouwen in de wijk.

Tabel 4-4: Warmtevraag van een gemiddelde woning in 't Ruige veld na 15% reductie voor 1/3e van de woningen

	Eenheid	Warmtevraag woningen	Warmtevraag utiliteit
Gemiddeld BVO* in m²	m^2	117	500
Aantal panden	Aantal	855	15
Vraag ruimteverwarming	GJ/object/jr	25,5	129,5
Vraag tapwater	GJ/object/jr	11,0	55,5
Vraag totaal warmte	GJ/object/jr	38,5	185,0
Vraag warmte hele buurt	GJ/jr	**32.500**	**1.850**

* Bruto vloeroppervlakte

Het benodigd ruimteverwarmingsvermogen voor de woningen in deze wijk is gemiddeld 50 W/m². Voor het tapwatervermogen van woningen is wederom uitgegaan van tapwatercomfortklasse (CW) 4. In Tabel 4-5 is de (geleverde) vermogensvraag voor een gemiddelde woning weergeven.

Tabel 4-5: Vermogensvraag gemiddelde woning

	Eenheid	Woning	Utiliteit
Gemiddeld BVO	m^2	117	
Ruimteverwarming	kW/object	5,7	
Tapwater	kW/object	27,0	27,0

5 Energiematch en globaal ontwerp

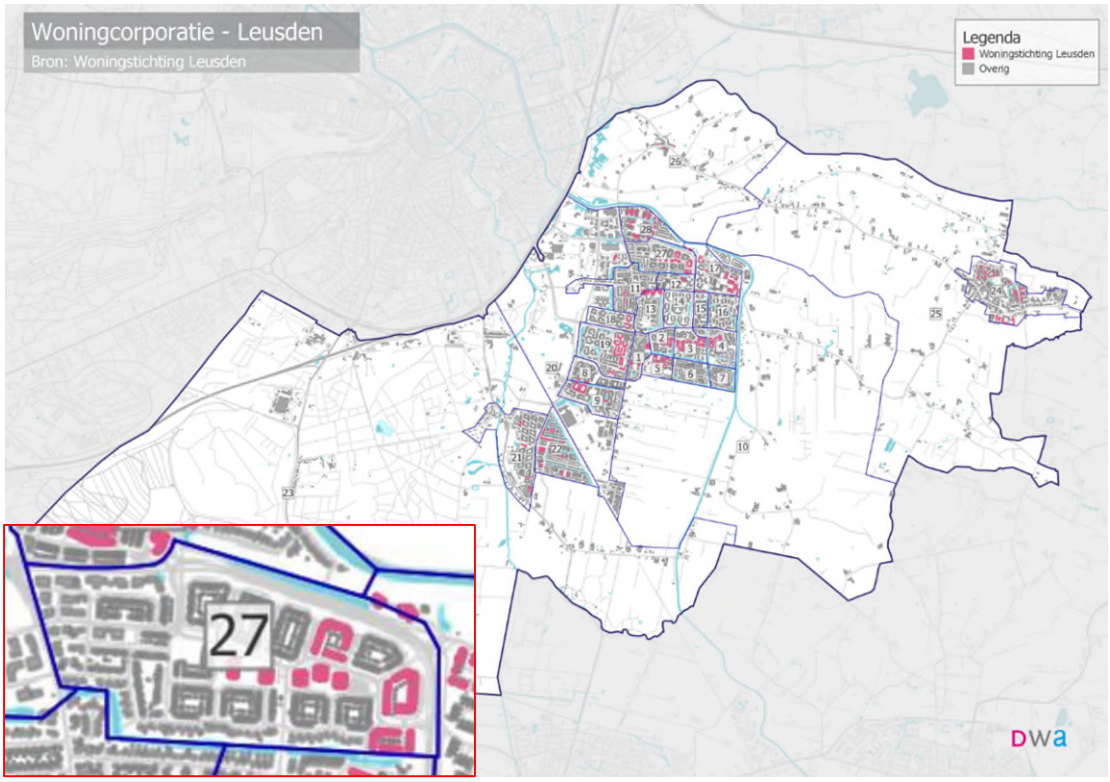
Nadat in hoofdstuk 2, 3 en 4 de warmtepotentie en -vraag zijn beschreven, wordt in hoofdstuk 5 toegelicht hoe deze op elkaar afgestemd kunnen worden. In paragraaf 5.1 wordt de energiemacht toegelicht, welke woningen we meenemen in de verdere analyse. Paragraaf 5.2 gaat in op twee mogelijke scenario's. Vervolgens worden in paragraaf 5.3 de algemene rekenregels nader toegelicht. Paragraaf 5.4 gaat in op de berekening van de aanlegkosten.

5.1 Energiematch

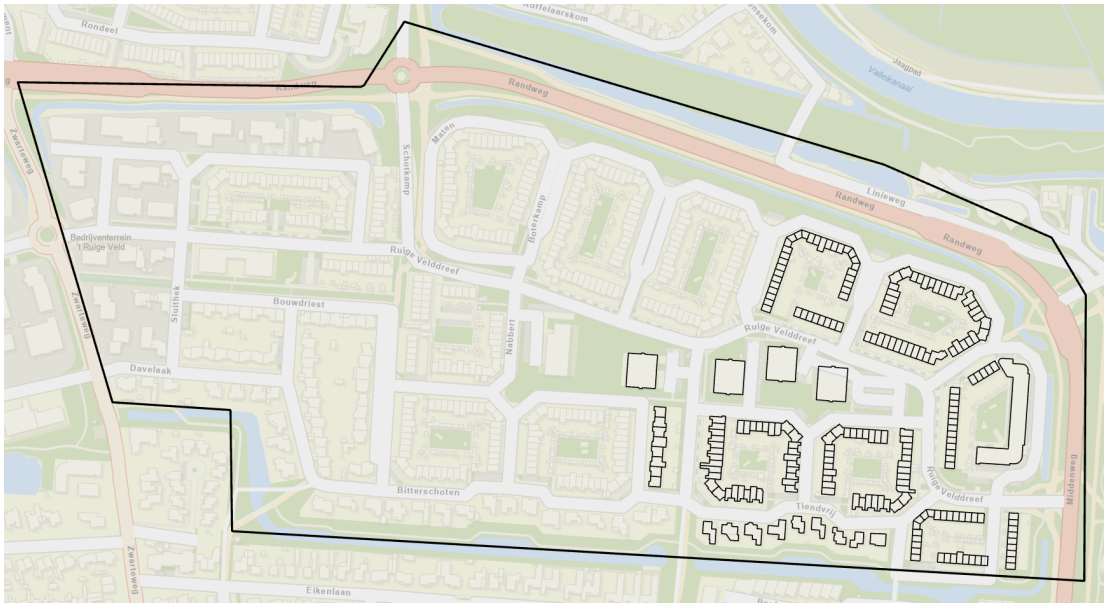
In deze paragraaf worden het aanbod en de vraag naar warmte vanuit de riolering voor de wijk 't Ruige veld tegen elkaar uitgezet. Kijkend naar de warmtevraag in de wijk 't Ruige veld, zie ook hoofdstuk 4, valt op dat veel huizen al (redelijk) goed geïsoleerd zijn. Van de woningen met een vastgesteld energielabel heeft 75% label A of hoger. Er wordt in de berekening rekening mee gehouden dat de woningen met een energielabel van C of lager verder geïsoleerd zullen worden. Dit houdt in dat er bij een derde van de woningen een vraagreductie van vijftien procent wordt gehaald. Hiermee rekening houdend is de vraag van de wijk 't Ruige veld 32.500 GJ per jaar.

Eerder is in hoofdstuk 2 en 3 toegelicht wat het warmteaanbod is vanuit de riolering. Hierin wordt geconcludeerd dat de jaarlijkse warmtepotentie gebouwzijdig ongeveer 16.000 GJ/jaar is. Vanuit hoofdstuk 4 blijkt dat de warmtevraag na isolatie van de wijken 't Ruige Veld (32.500 GJ/jaar) en de Wetering (16.700 GJ/jaar) hoger zijn dan het warmteaanbod vanuit Riothermie. Om die reden is een keuze gemaakt voor de meest geschikte gedeelte van deze wijken. Om te bepalen voor welke woningen deze warmte dan het best benut kan worden zijn de volgende factoren overwogen:

- *Ligging ten opzichte van riolering:* De riolering bevindt zich ten westen en noorden van de wijk 't Ruige veld. De debietmetingen zijn uitgevoerd op de kruising Randweg/middenweg met de Valleilaan. Logischerwijs liggen de aan te sluiten woningen hier vlakbij.
- *Type woning:* Omdat kleinere en niet-grondgebonden woningen naar verhouding minder energie verbruiken kunnen er meer woningen van dit type worden verwarmd met de beschikbare warmte uit riothermie. Het is daarom logisch om eerst te kijken naar de mogelijkheid om appartementen aan te sluiten. Naast het lagere verbruik speelt ook mee dat het relatief goedkoper en eenvoudiger is om meerdere woningen in één gebouw aan te sluiten dan wanneer de woningen los staan.
- *Corporatiebezit:* Een groot deel van de woningen in het oosten van 't ruige veld is in corporatiebezit. Dit heeft als voordeel dat deze gebouwen als een startmotor kunnen dienen voor warmtenet. Bij eventuele aansluiting, gaat het namelijk direct om een groot aantal aansluitingen. Ook zijn corporaties in staat de benodigde woningaanpassingen voor verwarming op lage temperatuur te financieren, en zijn ze ook al vaak bezig met verduurzaming. Dit maakt deze woningen geschikt om direct op het warmtenet aan te sluiten. Dit geeft zekerheid voor de haalbaarheid van de businesscase. In de economische analyse blijkt vaak dat dit een significante randvoorwaarde is voor een sluitende businesscase.
- *Isolatiegraad van de woningen:* Woningen met een hoger bouwjaar en energielabel hebben waarschijnlijk een hoge isolatiegraad. Dit zijn voorwaarden voor verwarming op lage temperatuur, wat het geval is bij een bronnet. In een wijk met een groot aandeel van dit soort woningen kunnen meer woningen direct aansluiten, wat belangrijk is voor de haalbaarheid van een bronnet.



Figuur 5-1 Overzicht van het woningcorporatiebezit in Leusden, de kaart is afkomstig uit de bijlages van de transitievisie warmte. Linksonder is er ingezoomd op de wijk 't Ruige Veld, waaruit blijkt dat er aan de rechterzijde van de wijk een aantal appartementsgebouwen en tussenwoningen in het bezit zijn van de woningcorporatie.



Figuur 5-2: Woningen in de wijk 't Ruige veld waarvoor de energiematch is bepaald.

Op basis van de genoemde overwegingen is een deel van de wijk ’t Ruige Veld geselecteerd om verder uit te werken voor het ontwerp en de businesscase. Deze wijk bestaat uit een aantal appartementen blokken, met corporatiebezit. Ook hebben de woningen in ’t Ruige Veld een hogere isolatiegraad dan de woningen van de Wetering. De warmtevraag van deze woningen is ongeveer gelijk aan het warmteaanbod. Figuur 5-2 geeft weer om welke woningen dit gaat. In totaal gaat het om 215 eengezinswoningen, 4 appartementsgebouwen met 22 woningen per pand en 1 appartementsgebouw met 52 woningen. In totaal 358 woningen met een gemiddelde warmtevraag van 37 GJ/woning.

5.2 Scenario’s type warmtenet

Voor de situatie in Leusden is gekozen om twee scenario’s uit te werken:

- Bronnet (met 12 – 18 ˚C aanvoertemperatuur), waarna deze opgewerkt kan worden naar bruikbaar niveau (45 – 55 ˚C voor ruimteverwarming en 60 - 65 ˚C voor tapwater) bij/in de woning door middel van een individuele warmtepomp,
- Midden temperatuur (MT) net (70 ˚C aanvoertemperatuur) welke direct bruikbaar is voor zowel ruimteverwarming als tapwater in de woningen.

In beide scenario’s is een WKO aanwezig ten behoeve van de piekvraag in de winter. Hieronder worden de beide scenario’s verder toegelicht.

5.2.1 Scenario 1: Bronnet

Voor de buurten van Leusden is een bronnet overwogen om de volgende redenen:

- Het jaarrond rendement van de warmtepomp is gunstiger omdat de geleverde temperatuur per gebouw ingeregeld kan worden. Dat komt doordat het benodigde vermogen voor de verwarming van een gebouw afhangt van de buitentemperatuur. De temperatuur die de radiator nodig heeft hangt daarmee samen. Als voorbeeld (en uitgaande van dezelfde radiatoren als de verwarming op

70/40°C van een MT-net): Bij -10°C is een aanvoertemperatuur nodig van 65°C (45 retour), maar deze mag bij 0°C buitentemperatuur al 55°C zijn en bij 10°C iets boven de 45°C.

- Een bronnet kan (in de toekomst) ook koeling leveren indien het afgiftesysteem en leidingen hiervoor geschikt zijn.
- Bij een bronnet hoeft er in het openbaar gebied geen ruimte gezocht te worden voor een (bovengrondse) collectieve warmtepomp

5.2.2 Scenario 2: Midden temperatuur warmtenet

Daarnaast is gekeken naar het tweede scenario, een midden temperatuur net op 70˚C, om de volgende redenen:

- Een jaren ‘80 woning kan verwarmd worden op 70˚C zonder woningaanpassingen. Daarmee kan de bewoner op eigen tempo isoleren.
- In de woning hoeft er slechts een afleverset geplaatst te worden, en geen warmtepomp, waar minder ruimte voor nodig is.

5.3 Algemene regels voor rekenen met warmtenetten

Voor de berekening van de benodigde dikte van een leiding met de COP van de warmtepomp, en gelijktijdig rekening worden gehouden. In onderstaande paragrafen wordt dit 53toegelicht.

5.3.1 Coëfficiënt of Performance (COP)

De warmtevraag aan de bronzijde is bij een bronnet lager dan bij een MT-net. Dit komt doordat de vraag voor ruimteverwarming en tapwater bij een bronnet opgewaardeerd wordt in de woning. De mate waarin dit gebeurt wordt weergegeven in de Coëfficiënt of Performance (COP). Deze waarde geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid warmte die de warmtepomp afgeeft en het energiegebruik van de warmtepomp.

De COP van de warmtepomp is direct afhankelijk van de temperatuur van bron en de temperatuur na temperatuurverhoging (afzettemperatuur). Hoe groter het verschil tussen de bron- en afzettemperatuur, hoe lager de COP. Om te corrigeren voor seizoensverschillen wordt vaak de SCOP gebruikt, waarbij de S staat voor seasonal. Bij een brontemperatuur van 12°C (uit de WKO) en een gemiddelde afgiftetemperatuur van 50°C voor ruimteverwarming en 65°C voor tapwater is een gemiddelde COP van 4,8 een realistische waarde. Voor het midden temperatuur net is een gemiddelde COP van 3,0 uitgangspunt, gezien de hoge temperatuur.

5.3.2 Gelijktijdigheid

Over de warmtenetten dient ook een gelijktijdigheid aangenomen te worden. Hiermee wordt bedoeld dat niet alle woningen op hetzelfde moment warmte zullen vragen. Hoe hoger het aantal woningen wat aangesloten wordt, hoe lager de gelijktijdigheidsfactor mag zijn (hoe kleiner de kans dat alle woningen tegelijk gaan douchen / verwarmen). Voor de gelijktijdigheid van ruimteverwarming is 60% aangehouden en voor tapwater 8%. Het bronnet en het MT-net hebben daarnaast een warmteverlies van circa 5% en 18% over de warmtevraag respectievelijk.

5.4 Berekening aanlegkosten warmtenet

Het transport- en distributienet is berekend van het bronnet en het MT-net met behulp van Comsof. Doordat het een kleine wijk betreft is er slechts één tussenstation nodig die in het midden van de wijk is geplaatst. Idealiter zou dit ook de locatie zijn van de plaatsing van de WKO. In dat geval wordt er warmte geleverd vanuit de WKO. Vanuit de bron loopt er een transportleiding richting de WKO om deze te kunnen regenereren.

Het riothermie systeem zal in het riool aan de randweg/middenweg worden geïnstalleerd. Er moet in de nabijheid voldoende ruimte zijn voor een technische ruimte (boven of ondergronds) die goed bereikbaar is voor onderhoud. Er wordt voor nu vanuit gegaan dat deze technische ruimte geïnstalleerd wordt naast in de bocht van de middenweg.

Het warmtenet bestaat in beide scenario's uit een transportnet op brontemperatuur (12-18°C). Dit transportnet is gekoppeld aan het riothermiesysteem en aan de WKO doubletten. Hierbij kan in de zomer direct warmte het transportnet en de WKO doubletten in. In de winter wordt de warmte vanuit de WKO's aan het distributienet geleverd. De WKO wordt geplaatst bij het tussenstation.

Het distributienet van het bronnet blijft op dezelfde temperatuur als het transportnet en wordt dan opgewaardeerd tot bruikbaar niveau in de woning. De individuele warmtepompen leveren gemiddeld gezien 6 kW aan ruimteverwarming en 2 kW aan tapwater. Dus een 8 kW warmtepomp is gemiddeld gezien nodig per woning. Bij een MT-net (70°C) wordt een collectieve warmtepomp geplaatst bij de bron. Hiervan is het vermogen 1,9 MW. Om de warmte in de woning af te kunnen geven wordt er nog een afleverset (en energiemeter) geplaatst in elke woning.

In Figuur 5-3 en Figuur 5-4 is een eerste weergave geschetst van het tracé van het bronnet en MT-net. Het plaatje geeft de benodigde diameters weer voor elk stuk leidingwerk om voldoende warmte te kunnen leveren aan de woningen. Het bronnet heeft leidingen van DN250 (transport) tot aan DN 25 (huisaansluitingen). Het MT-net heeft leidingen van DN100 (transport) tot aan DN20 (huisaansluitingen). De huisaansluitingen zijn in de figuur niet weergegeven, zodat figuur 5-3 overzichtelijk blijft.

Figuur 5-3: Weergave bronnet 't Ruige Veld gevoed door riothermie

Figuur 5-4: Weergave MT-net 't Ruige Veld gevoed door riothermie

6 Businesscases

In dit hoofdstuk wordt de businesscase uitgewerkt, waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen MT-net en bronnet. In paragraaf 6.1 en 6.2 worden de algemene uitgangspunten behandeld. Vervolgens wordt in paragraaf 6.3 de businesscase weergegeven vanuit het perspectief van de warmteleverancier. In paragraaf 6.4 wordt vanuit het perspectief van de bewoner een vergelijking gemaakt tussen verschillende warmtetechnieken. Hieruit wordt duidelijk of het voor een bewoner aantrekkelijk is om aan te sluiten op een warmtenet.

6.1 Uitgangspunten algemene parameters businesscase

Voor de businesscases wordt er in het algemeen vanuit gegaan dat een terugverdientijd van 30 jaar of korter wenselijk is. Dit wordt apart beschreven voor het bronnet en het MT-net. Om de terugverdientijd te kunnen bepalen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- **Gemiddelde inflatie:** 2% per jaar.
- **Rentelasten investering 15 jaar lang:** Er is uitgegaan dat er de benodigde investering wordt geleend tegen een rentepercentage van 4%, met een lineaire terugbetaling. Het bedrag van de lening dekt de totale investering, minus de inkomsten vanuit de bijdrage aansluitkosten en eventuele subsidie. Vervolgens wordt de lening in 15 jaar afbetaald, waarbij de rentelasten worden gehanteerd over de overgebleven lening.
- **Discontovoet / projectrendement:** De discontovoet is opgebouwd uit de inflatie van 2% + een rendementseis van 4%, wat in totaal uitkomt op 6%. Deze discontovoet wordt gebruikt om de netto constante waarde (NCW) te berekenen.
- **Volloop risico:** Het aansluiten op het warmtenet is altijd vrijwillig, daarom is de kans aanwezig dat niet elke bewoner mee zal doen. We hebben de businesscase bepaald met een volloop van 100%, 90%, 70% en 50%. Voor de appartementsgebouwen is ervan uitgegaan dat deze altijd zullen aansluiten. De wijk is namelijk specifiek gekozen om deze gebouwen aan te kunnen sluiten. Mochten deze panden niet willen aansluiten, dan is het logischer om een andere wijk te kiezen.
- **Subsidies:** Er in het 2^{e} kwartaal van dit jaar een nieuwe subsidie voor warmtenetten gepresenteerd, namelijk de Warmte Infrastructuur Subsidie (WIS). Dit gaat om een bijdrage van EUR 6.000,00 per aansluiting of 49% van de volledige investering. Voor het MT-net is daarnaast de SDE++ meegenomen met het maximale bedrag van 8 €/GJ geleverd uit warmtenet. Dit bedrag wordt 15 jaar lang uitgekeerd.

6.2 Uitgangspunten kosten en baten

Het investeringsbedrag voor de warmteleverancier kunnen eenmalig verlaagd worden met de aansluitbijdrage van de bewoner. Deze bijdrage is gereguleerd door de ACM (Autoriteit Consument en Markt) en bedraagt maximaal EUR 4.411,00, excl. BTW per aansluiting in 2023 (ACM, 2023). Daarnaast kan om een extra niet-gereguleerde kostendekkingsbijdrage (KDB) worden gevraagd aan de bewoner.

Naast de eenmalige aansluitbijdrage bestaan de jaarlijkse baten bestaan uit vastrecht. In het geval van het MT-net bestaan de baten verder uit de verkoop van warmte, het meettarief, en de verhuur van de afleversets. De kosten bestaan uit onderhoud & beheer en energiekosten.
De jaarlijkse baten:

- Vastrecht warmtenet: De jaarlijkse inkomsten per aansluiting zijn voor een midden temperatuur warmtenet EUR 595,00/aansluiting excl. BTW. Bij een bronnet gaat dit om een basis vastrecht van EUR 249,00/aansluiting excl. BTW. Daarnaast kan er extra vastrecht worden gevraagd bij een aansluiting (de grootte van de leiding van de huisaansluiting) boven 3 kW, van 63 EUR/kW. Er is gerekend met een gemiddelde aansluiting van 7 kW. Het jaarlijkse vastrecht komt daarmee uit op EUR 501,00 /aansluiting excl. BTW. Dit zijn de maximale tarieven die gehanteerd mogen worden.
- Een warmteprijs van EUR 40,00/GJ excl. BTW gebaseerd op het huidig prijsplafond (2023). De daadwerkelijke prijzen kunnen oplopen tot EUR 90,00/GJ. De warmteprijs is alleen toepasbaar voor afname van het MT-net. Voor het bronnet mag er geen warmteprijs gehanteerd worden aangezien de warmte te laagwaardig is om direct mee te verwarmen.

Voor de jaarlijkse onderhoudskosten, en kosten voor energie zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Onderhoud Riothermie systeem: 1,30% van investering
- Onderhoud WKO systeem: 2,50 % van investering
- Onderhoud warmtepompen: 3,50 % van investering
- Onderhoud afleversets: EUR 75,00/afleverset/jaar
- Facturatie en administratie EUR 45,00/aansluiting/jaar
- Elektra prijs collectief: EUR 0,19/kWh

6.3 Baten CO_2 reductie

Bij aansluiting op het warmtenet worden woningen aardgasvrij gemaakt, wat de CO_2 uitstoot reduceert. Als gevolg hiervan kunnen CO_2 certificaten worden aangevraagd bij de Stichting Nationale Koolstofmarkt (SNK). Aquathermie projecten komen in aanmerking voor deze certificaten. De certificaten kunnen de eerste 15 jaar aangevraagd worden.

Voor de bepaling van de CO_2 reductie is de methode gevolgd zoals beschreven in het methode document voor aquathermie, beschikbaar op de website van het SNK (www.nationaleco2markt.nl). Voor een MT-net en een bronnet is de bespaarde CO_2 uitstoot bepaald ten opzichte van de aardgas referentie [56,5 kg CO_2/GJ] aan de hand van de ingeschatte hoeveelheid elektriciteit die gebruikt zal worden door de benodigde installaties[1]. Het SNK hanteert een CO_2 emissiefactor van 0,352 kg CO_2/kWh (overgenomen vanuit het PBL). Uit een marktonderzoek van het SNK (bron; jaarverslag 2022 SNK) blijkt dat de huidige marktwaarde van de certificaten op dit moment 100 €/ton CO_2 is.

[1] Door de SNK is vastgesteld dat op dit moment het elektraverbruik van een warmtepomp voor de CO_2-berekening gecompenseerd moet worden met de CO_2-uitstoot van een moderne gascentrale, omdat het elektraverbruik van warmtepompen als extra vraag wordt gezien en daarmee niet per definitie groen opgewekt kan worden. Jaarlijks wordt de correctiefactor opnieuw vastgesteld, waarbij deze op termijn 0 zal worden, omdat ook deze elektravoorziening steeds verder zal verduurzamen / vergroenen.

Tabel 6-1 Berekende CO_2 uitstoot per type scenario (bij een vollooppercentage van 70%)

Omschrijving	Bronnet	MT-net
CO_2 uitstoot gas referentie	2.916 [ton/jaar]	2.916 [ton/jaar]
Elektriciteitsverbruik (incl. WP in woning)	3.376.596 [kWh/jaar]	6.847.859 [kWh/jaar]
CO_2 uitstoot warmtenet	1.189 [ton/jaar]	2.410 [ton/jaar]
Besparing	59 [%]	17 [%]
Inkomsten	172.700 [€/jaar]	50.500 [€/jaar]

6.4 Businesscase riothermie – perspectief warmteleverancier

In deze paragraaf wordt het resultaat van de businesscase riothermie vanuit het perspectief van de warmteleverancier beschreven. Ten eerste wordt een overzicht van de geraamde investering en de jaarlijkse operationele kosten. Vervolgens worden de uitkomsten van de businesscase toegelicht.

6.4.1 Investering en operationele kosten

In Tabel 6-2 is de benodigde investering van beide scenario's weergeven. De totale investering per woning zijn circa EUR 11.000,00 voor het bronnet en ruim EUR 20.000,00 voor het MT-net (excl. BTW).

In de businesscase is gerekend met een Uhrig systeem voor de warmtewisselaar. Het riool in de middenweg heeft een grote diameter (DN1000), waardoor dit type warmtewisselaar goed kan worden toegepast. Dit type heeft kan veel warmte winnen per meter warmtewisselaar. Als gevolg zijn de kosten voor de warmtewisselaar relatief laag ten opzichte van andere types warmtewisselaars. Zie de bijlage voor extra informatie over verschillende typen riool warmtewisselaars.

Tabel 6-2: Investering warmteleverancier, excl. BTW

Omschrijving	Bronnet	MT net
Riothermie Systeem	€ 517.000	€ 610.000
WKO systeem	€ 218.400	€ 218.400
Technische ruimte	€ 100.000	€ 200.000
Collectieve warmtepompen	N.v.t.	€1.304.800
Warmteoverdrachtstations	N.v.t.	€ 48.000
Transportnet	€ 537.700	€ 82.500
Distributienet	N.v.t.	€ 599.700
Aansluitleidingen	€ 582.000	€ 731.400
Aansluiting elektra	€ 2.000	€ 25.000
Afleversets + energiemeter	N.v.t.	€ 569.300
Algemene uitvoeringskosten (8%)	€ 156.600	€ 351.100
Subtotaal	**€ 2.113.500**	**€ 4.740.200**
Winst & Risico (13%)	254.000	571.000
Onvoorzien (15%)	355.000	658.000
Totale investering excl. BTW	**€ 2.723.500**	**€ 5.969.200**
Aantal woningen	355	355
Uitgaven per woning	**€ 7.670**	**€ 16.815**

Tabel 6-3: Operationele uitgaven warmteleverancier riothermiesysteem bronnet en MT-net (excl. BTW)

Onderdelen	Bronnet	MT net
Onderhoud riothermie systeem	€ 6.700	€ 7.900
Onderhoud WKO systeem	€ 5.460	€ 5.460
Onderhoud technische ruimte en overdrachtstations	€ 1.300	€ 3.200
Onderhoud leidingen warmtenet	€ 14.600	€ 18.400
Onderhoud collectieve warmtepompen	N.v.t.	€ 45.700
Onderhoud afleversets	N.v.t.	€ 16.130
Facturatie en administratiekosten	€ 9.680	€ 9.680
Elektriciteitsverbruik	€ 27.400	€ 257.700
Vaste kosten energie	€ 2.990	€ 124.790
Totale jaarlijkse uitgaven	€ 68.130	€ 488.960

6.4.2 Resultaten businesscase - bronnet

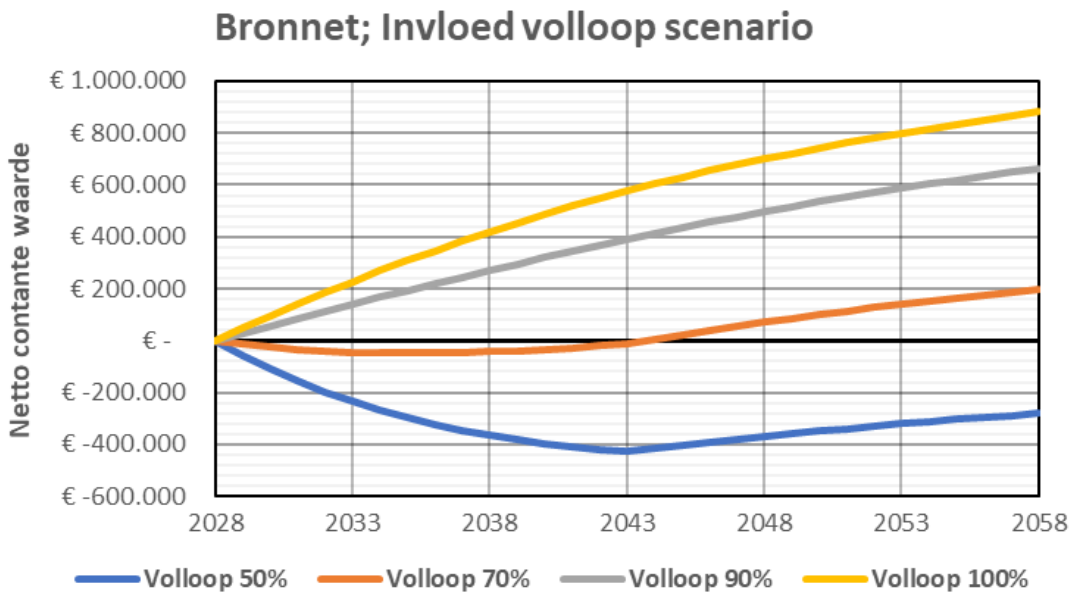
Voor het bronnet zijn de resultaten gepresenteerd in Figuur 6-1, Figuur 6-2 en Figuur 6-3. De figuren geven de netto contante waarde (NCW) voor verschillende scenario's. Door de scenario's met elkaar te vergelijken blijkt onder welke randvoorwaarden de businesscase positief is. Het basis scenario bestaat uit een vollooppercentage van 70%, een collectieve aansluiting van de appartementsgebouwen en de toepassing van de Warmte Infrastructuur Subsidie (WIS). De belangrijkste aandachtspunten slaan per figuur hieronder beschreven.

Resultaat basis scenario en invloed volloopscenario's: Voor het resultaat van het basis scenario zie Figuur 6-1. Bij een volloop percentage van 70% blijkt dat de businesscase positief uitpakt. In de eerste 15 jaar zijn de jaarlijkse rentelasten en aflossing van de lening relatief hoog ten opzichte van de inkomsten. Na de aflossing van de lening na 15 jaar wordt is de winst hoger. Er zijn dan echter geen inkomsten meer vanuit de verkoop van CO_2 certificaten gemaakt, omdat ook deze inkomst een looptijd heeft van 15 jaar. De invloed van het volloopscenario is significant. Het blijkt dat een volloop percentage van 50% te laag is voor een positieve businesscase. De participatie van bewoners is daarom een belangrijk aandachtspunt.

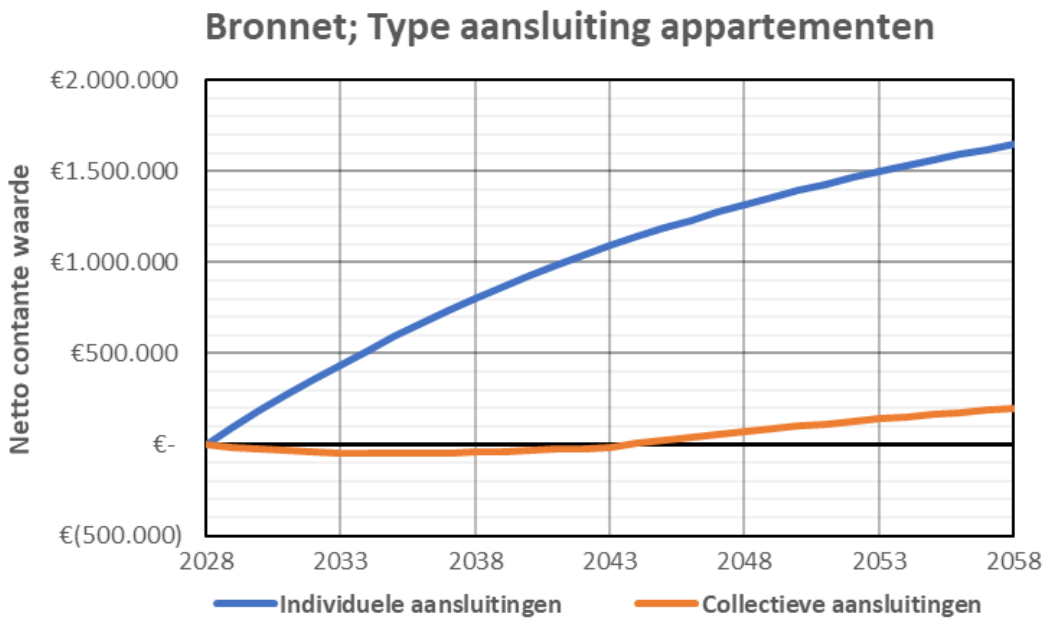
Invloed type aansluiting appartementengebouwen. De toezichthouder ACM laat bij collectieve aansluitingen geen hogere aansluitbijdrage toe dan bij individuele aansluitingen tot een aansluitvermogen van 100 kW. Dit betekent dat aansluitkosten voor de 22 woningen in 1 appartement gelijk zijn aan de aansluitkosten van een reguliere woning. Dit geldt ook voor de inkomsten uit het vastrecht. De inkomsten voor de appartementen zijn daardoor relatief laag, en daarom ongunstig voor de businesscase.

Het is in theorie echter ook mogelijk om bij de appartementsgebouwen alle woningen individueel aan te sluiten. In dat geval zijn er hogere inkomsten vanuit de aansluitbijdrage en het jaarlijkse vastrecht. Deze aanpassing is van grote invloed op de businesscase, zoals te zien in Figuur 6-2, aangezien het resultaat in dat geval zeer positief is. De toepassing van riothermie in deze wijk is om die reden voor een groot deel afhankelijk van de afspraken die kunnen worden gemaakt met de woningcorporaties.

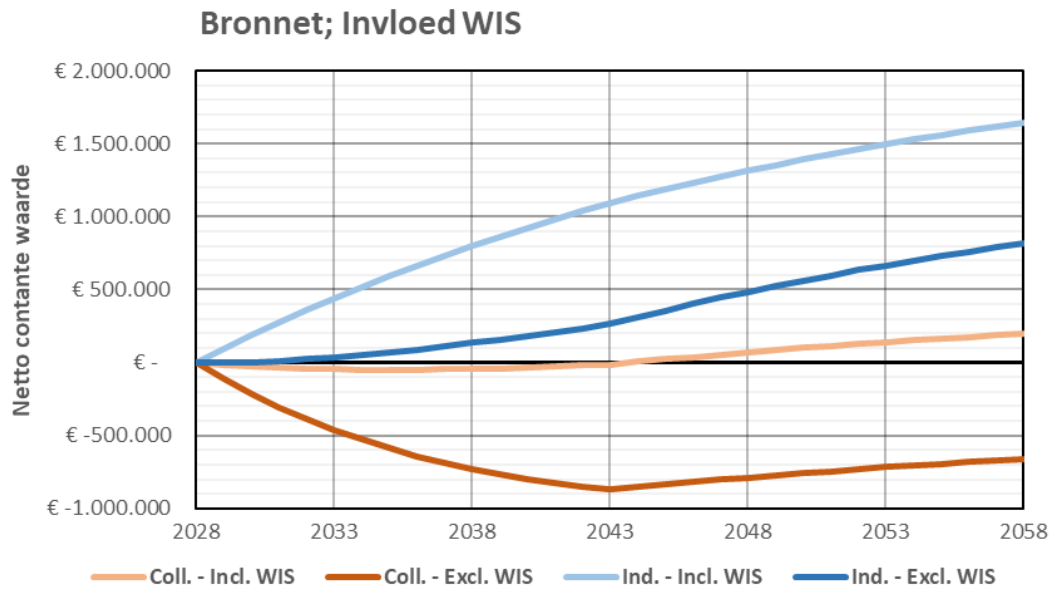
Invloed WIS subsidie: Uit Figuur 6-3 blijkt dat de WIS subsidie van belang is voor een positieve businesscase. Door extra inkomsten vanuit de subsidie is de benodigde lening om de investering te dekken lager. Om die reden zijn er minder kosten voor rentelasten en aflossing en wordt er meer winst gemaakt.



Figuur 6-1: Bronnet basis scenario. De figuur laat de cumulatieve netto contante waarde zien voor verschillende volloop scenario's. Uitgangspunten zijn een collectieve aansluiting van de appartementen, toepassing van de warmte infrastructuur subsidie (WIS) en een rendementseis van 4%.



Figuur 6-2 Een vergelijking tussen het basis scenario (70%) (appartementsgebouwen hebben een collectieve warmtevoorziening), en een scenario waarbij de woningen in de appartementsgebouwen een individuele aansluiting hebben. Als gevolg van nadelige ACM tarieven die gehanteerd mogen worden voor collectieve appartementsgebouwen worden er minder inkomsten gegenereerd in dat scenario. Daarom geeft het scenario met individuele aansluitingen een positiever resultaat van de businesscase.



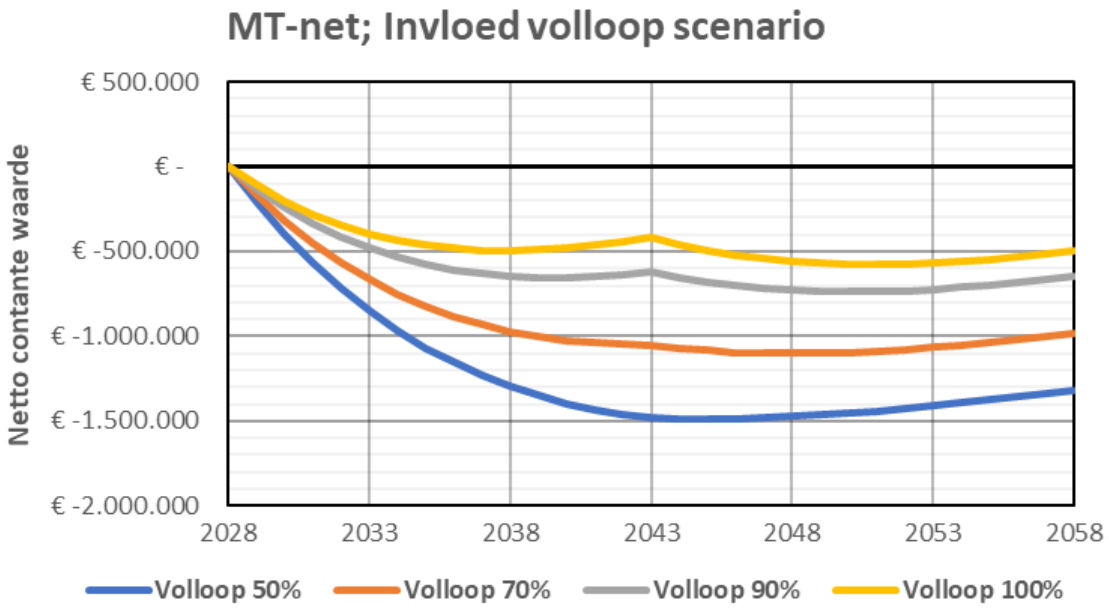
Figuur 6-3 Een vergelijking waarbij de Warmte Infrastructuur Subsidie (WIS) wel en niet wordt meegenomen. Deze subsidie geeft lagere bij de appartementen individuele aansluitingen hebben, in het rood het basis scenario waarbij de appartementen een collectieve aansluiting hebben op het bronnet.

6.4.3 Resultaten businesscase – MT-net

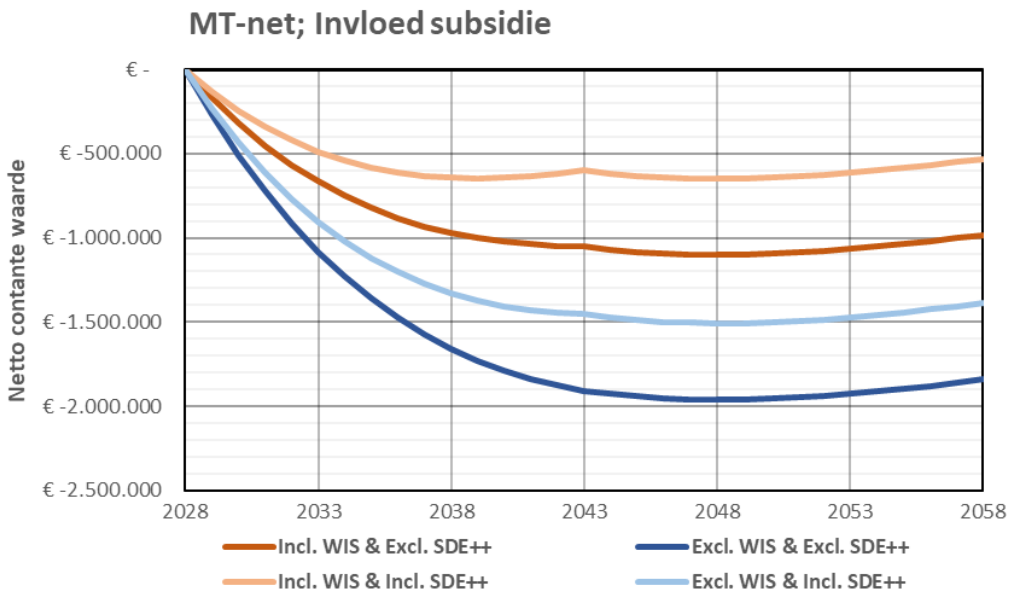
Voor het MT-net zijn de resultaten gepresenteerd in Figuur 6-4 en Figuur 6-5. De figuren geven de netto contante waarde (NCW) voor verschillende scenario's. Door de scenario's met elkaar te vergelijken blijkt onder welke randvoorwaarden de businesscase positief is.

Resultaat basis scenario: De figuur toont het meest reële scenario in het geval van een MT-net, uitgangspunten zijn hierbij een collectieve aansluiting van de appartementen, toepassing van de warmte infrastructuur subsidie (WIS), een volloopscenario van 70% en een rendementseis van 4%. Uit Figuur 6-4 blijkt dat het basis scenario voor het MT-net geen positieve businesscase oplevert. De operationele kosten zijn te groot en kunnen niet worden bekostigd met de jaarlijkse inkomsten. Uit de figuur blijkt ook dat zelfs met een volloop percentage van 100% geen positieve businesscase wordt bereikt.

Invloed subsidie: Figuur 6-5 laat de invloed zien van de subsidiemogelijkheden met 70% volloop. Er zijn twee subsidies beschikbaar, te weten de Warmte Infrastructuur Subsidie (WIS) en de Stimulering Duurzame Energie (SDE++). Uit de figuur blijkt dat de WIS subsidie de meeste positieve impact heeft op de businesscase. Ook met de extra toepassing van de SDE++ blijft de businesscase negatief.



Figuur 6-4 Midden-temperatuurnet basis scenario. De figuur laat de cumulatieve netto contante waarde zien voor verschillende volloop scenario's. Uitgangspunten zijn een collectieve aansluiting van de appartementen, toepassing van de warmte infrastructuur subsidie (WIS), toepassing van SDE++ met een rendementseis van 4%.



Figuur 6-5: Invloed van de subsidiemogelijkheden, gebaseerd op het basis MT; scenario met 70% volloop. De twee subsidies zijn de Warmte Infrastructuur Subsidie (WIS) en de Stimulering Duurzame Energie (SDE++). Uit de figuur blijkt dat de SDE++ subsidie de meeste positieve impact heeft op de businesscase.

6.5 Perspectief bewoner – Total costs of ownership

Om een beeld te geven van de kosten voor de bewoner worden in dit hoofdstuk de investering, de jaarlijkse kosten en de *total cost of ownership* beschreven. Dit is uitgevoerd voor de volgende warmteconcepten: een CV-ketel, aansluiting op een bronnet, aansluiting op een midden-temperatuur warmtenet, een hybride warmtepomp en een all-electric warmtepomp.

Vanuit het perspectief van de bewoners is het de vraag of aansluiting op een bronnet gunstiger is dan een individuele oplossing. Deze inschatting is gemaakt voor particuliere woningen van een tussenwoning met een bouwjaar tussen 1975 – 1995 en gebruiksoppervlakte van 110 m^2.

6.5.1 Investering

Om op een warmtenet aan te kunnen sluiten moeten eerst investeringen gedaan worden. Om de vraag naar warmte te minimaliseren zal de woning eerst goed geïsoleerd moeten worden. Daarbij komen kosten voor het aanpassen van de woning voor een laagtemperatuur afgiftesysteem. Voor het aansluiten op het warmtenet rekent de warmteleverancier eenmalige aansluitkosten (BAK). Tegenover de kosten stelt de overheid verschillende subsidies, om het aansluiten op een warmtenet te stimuleren. Deze subsidies drukken de investering en eenmalige aansluitkosten. Genoemde posten zullen hieronder nader worden toegelicht.

Isolatie

Over een periode van 30 jaar blijkt uit berekeningen dat het financieel gezien aantrekkelijk is om te isoleren. Om die reden zijn de isolatiekosten voor elke variant meegenomen. Als gevolg van het isoleren is een reductie in de warmtevraag van 20% aangenomen.

De benodigde isolatiemaatregelen zijn gebaseerd op een rapportage van adviesbureau Niemann uit 2018. In deze rapportage zijn streefwaardes bepaald voor de warmtevraag/m^2, waarbij een woning energielabel B/A heeft en geschikt is voor verwarming op lage temperatuur. Op basis van het woningtype (tussenwoning, hoekwoning etc.) en bouwjaar categorieën zijn de benodigde maatregelen opgesteld. Deze maatregelen kunnen relatief eenvoudig worden toegepast zonder dat er een grote verbouwing nodig is van de woning. Dit bestaat uit isolatie van de gevel, ramen, dak, vloer en het toepassen van kierdichtingen. Voor elk van deze onderdelen van een woning is de oppervlakte ingeschat. Vervolgens is gebruik gemaakt van kostenkengetallen van een samenwerking van de RVO en Arcadis. Deze kostenkengetallen zijn inzichtelijk op *www.digipesis.com*. De bovenstaande aanpak komt overeen met de aanpak van onderzoeksrapport van TNO[2], waarbij de isolatiekosten zijn ingeschat voor verschillende typen woningen. De uitkomst is weergegeven in Tabel 6.4. In totaal zijn de kosten ingeschat op EUR 7.700,00 excl. BTW. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat het gaat om een inschatting en dat de isolatiekosten per woning veel kunnen verschillen.

Tabel 6-4: Isolatiemaatregelen voor gemiddelde tussenwoning tussen 1975 -1995. (Bron kostenkengetallen vanuit RVO/Arcadis excl. BTW; www.digipesis.com).

Maatregel	Kengetal	Eenheid	Aantal	Kosten maatregel (€)
Gevel (Rc > 1,79)	€ 29,51	€/m^2 gevel	35	€ 1.032,85
Raam HR++ (U > 1,2)	€ 136,42	€/m^2 raam	15	€ 2.046,30
Dak (R_d > 2,1)	€ 49,39	€/m^2 oppervlak	55	€ 2.716,45
Vloer (R_c > 2,6)	€ 26,07	€/m^2 vloer	45	€ 1.173,15
Kierdichtingen	€ 150,00	€/kierdichting	5	€ 750,00

Woningaanpassingen naar lage-temperatuur verwarming

Naast de kosten voor isolatie, zijn er een aantal andere woningaanpassingen nodig om een woning geschikt te maken voor verwarming op lage temperatuur. Het overzicht hiervan is gegeven in Tabel 6.5. In totaal zijn deze kosten ingeschat op EUR 8.267,00.

[2] Kosten en baten isolatiestandaard en streefwaarden woningen, 2020

Tabel 6-5: Totale investering in woning voor aansluiting op een bronnet; naast isolatie.

Woningaanpassingen	Ingeschatte kosten (excl. btw)
Lage temperatuur radiatoren	€ 1.500
Inductie kookplaat	€ 700
Aanpassingen in meterkast (installateurskosten)	€ 3.000
Installateurskosten verwijderen gasleiding	€ 640
Netbeheerderskosten 3 x 25 A aansluiting	€ 277
Additioneel inpandig leidingwerk	€ 1.000
Afsluiter voor de deur incl. afleverset	€ 1.200
Totaal	**€ 8.267**

Eenmalige bijdrage aansluitkosten (BAK)

Het investeringsbedrag voor de warmteleverancier kunnen eenmalig verlaagd worden met de aansluitbijdrage van de bewoner. Deze bijdrage is maximaal EUR 4.411,00, excl. BTW per aansluiting in 2023 (ACM, 2023). Dit komt overeen met het bedrag waarmee is gerekend in de businesscase.

Subsidies

Tegenover de eenmalige kosten voor het aansluiten op een warmtenet zijn er subsidies beschikbaar. Deze maken het aansluiten en verduurzamen van woningen interessanter voor de bewoner. De relevante subsidies zijn:

- ISDE isolatie; 30% van de kosten als minimaal twee maatregelen zijn toegepast,
- ISDE warmtepomp; 30% van de aanschafkosten, van toepassing bij een bronnet,
- ISDE aansluiting warmtenet; vast bedrag van EUR 3.325,00 voor de aansluiting op een warmtenet.

Let wel, er is jaarlijks een vast bedrag te verdelen voor de subsidies. Het kan dus zijn dat de subsidie op is als de bewoner deze wil aanvragen. Daarnaast kan het zijn dat de genoemde bedragen en percentages in de toekomst wijzigen.

Herinvestering

Voor de warmte installatie moet er rekening mee gehouden worden dat de apparatuur maar een bepaalde tijd mee gaat. Voor een CV-ketel kan uitgegaan worden van 15 jaar, voor een water/water warmtepomp is dit 25 jaar. Bij een lucht/water warmtepomp moet na ongeveer 10-15 jaar de buitenunit worden vervangen. De hele installatie moet vervolgens ook weer worden vervangen na ongeveer 25 jaar. Voor de afleverset geldt dat deze eigendom blijft van de warmteleverancier en dat er jaarlijks huur in rekening wordt gebracht. De bewoner hoeft hierom geen rekening te houden met een herinvestering. Tabel 6-6 geeft een samenvatting van de totale investering en beschikbare subsidies.

Tabel 6-6: Overzicht investering en subsidies voor verschillende warmteconcepten

Omschrijving	CV-ketel	Bronnet	MT-net	Hybride	All-electric
Installatie warmteconcept	€ 2.000	€ 11.800		€6.500	€ 13.000
Isolatiemaatregelen	€ 6.685	€ 6.685	€6.685	€ 6.685	€ 6.685
Woningaanpassingen		€ 8.267		€3.000	€7.041
Bijdrage aansluitkosten (BAK)		€ 4.411	€4.411		
ISDE Isolatie (30%)	*(€ 2.005)*	*(€ 2.005)*	*(€ 2.005)*	*(€ 2.005)*	*(€ 2.005)*
ISDE Warmtepomp (30%)		*(€ 3.540)*		*(€1.950)*	*(€3.900)*
ISDE Aansluiting warmtenet		*(€ 3.325)*	*(€ 3.325)*		
Totaal investering excl. BTW	€ 6.680	€ 22.293	€ 5.766	€12.200	€ 20.800
Totaal investering incl. BTW (afgerond)	**€ 8.000**	**€ 27.000**	**€ 7.000**	**€15.000**	**€ 22.500**
Herinvesteringen jaren	15 jaar	25 jaar	nvt	10 & 25	10 & 25
Herinvestering bedrag	€ 2.000	€ 11.800		€ 11.375	€ 22.750

6.5.2 Jaarlijkse uitgaven

De jaarlijkse kosten zijn per warmteconcept verdeeld in vaste kosten en kosten voor energie. De vaste kosten bestaan uit het vastrecht voor de aansluiting (bijvoorbeeld voor aardgas, of aansluiting op het warmtenet). Voor het vastrecht van een bronnet is gerekend met de maximale ACM-tarieven van 2023. Dit komt overeen met de gebruikte waardes in de businesscase. Naast het vastrecht bestaan de vaste kosten uit onderhoudskosten.

De jaarlijkse energiekosten zijn berekend aan de hand van een warmtevraag van 36 GJ/jaar. Dit komt overeen met een gasverbruik van ongeveer 1.135 Nm^3 gas. Voor de warmtepomp is een Seasonal Coefficient of Performance gedefinieerd (SCOP). Deze waarde geeft aan hoe efficiënt de warmtepomp gemiddeld over het jaar warmte opwekt. Bij lucht/water warmtepompen is deze waarde lager (3,0) dan bij water/water warmtepompen (4,8). Dit heeft te maken met de aanvoertemperatuur van de bron. Bij een bronnet wordt deze constant gehouden op 12 graden, ook tijdens de winter. De lucht kan tijdens de winter uiteraard wel tot onder het nulpunt zakken, waardoor een warmtepomp in die periode minder efficient is.

De onderstaande energietarieven zijn gehanteerd. Deze zijn gebaseerd op de huidige marktprijs (ICE Index, Maart 2023), plus de energiebelasting van dit jaar, vervolgens inclusief BTW. De prijs voor warmte is gebaseerd op het energieplafond. Voor de scenario's met gasverbruik is daarnaast gerekend met een jaarlijkse indexatie van 2 procent. Deze is gebaseerd op de verwachte jaarlijkse stijging van energiebelastingen. De verwachting is dat de aardgasprijzen op den duur sneller zullen stijgen dan de elektriciteitsprijzen. Om die reden zijn de besparingen van warmtepompen t.o.v. cv-ketels in de toekomst hoger:

- **Kosten elektriciteit:** 0,32 €/kWh
- **Kosten aardgas:** 1,28 €/Nm^3
- **Kosten warmte:** 47,38 €/GJ

Tabel 6-7 Overzicht jaarlijkse uitgaven voor bewoners per energieconcept (incl. BTW).

Omschrijving	CV-ketel	Bronnet	MT-net	Hybride wp	L/W wp
Vastrecht aardgas	€ 250			€ 250	
Vastrecht warmtenet		€ 606	€ 720		
Verbruik aardgas	€ 1.525			€ 300	
Verbruik warmte			€ 1.800		
SCOP Warmtepomp	-	*4,8*	-	*3,2*	*3,0*
Verbruik elektriciteit		€ 700		€ 825	€1.100
Onderhoud	€ 50	€ 50		€ 75	€50
Totaal jaarlijkse uitgaven incl. BTW	**€ 1.825**	**€1.356**	**€2.520**	**€1.450**	**€1.150**

6.5.3 Total costs of ownership

Bovenstaande investering en jaarlijkse uitgaven leiden samen naar de totale kosten die een bewoner kan verwachten bij de overstap naar een bronnet of MT-net. Om dit te kunnen vergelijken staan in Tabel 6.8 de *total costs of ownership*. De total cost of ownership zijn de kosten die een bewoner kan verwachten over een periode van dertig jaar. Dit geeft een goed beeld, mede omdat hierin ook de herinvestering wordt meegenomen. Om het met de huidige situatie te kunnen vergelijken zijn ook de kosten voor een reguliere CV-ketel meegenomen in het overzicht.

Tabel 6-8: Total cost of ownership van de verschillende technieken over een periode van 30 jaar

Omschrijving	CV-ketel	Bronnet	MT-net	Hybride wp	L/W wp
Installatie warmteconcept	€ 2.000	€ 11.800		€6.500	€13.000
Isolatiemaatregelen	€ 6.685	€ 6.685	€6.685	€ 6.685	€ 6.685
Woningaanpassingen		€ 8.267		€ 3.000	€ 7.041
Bijdrage aansluitkosten (BAK)		€ 4.411	€ 4.411		
Inkomsten uit ISDE subsidies	*(€ 2.005)*	*(€8.870)*	*(€5.330)*	*(€ 3.955)*	*(€ 5.905)*
Totaal investering excl. BTW	€ 6.680	€ 22.300	€ 5.766	€ 12.230	€ 20.820
Totaal investering incl. BTW (afgerond)	**€ 8.000**	**€ 27.000**	**€ 7.000**	**€ 15.000**	**€ 25.000**
Totaal jaarlijkse kosten (gemiddeld) incl. BTW	**€ 1.825**	**€1.356**	**€2.520**	**€ 1.450**	**€ 1.150**
Herinvesteringen tot 30 jaar (incl. BTW)	€ 2.000	€ 11.800		€ 11.375	€22.750
Total costs of ownership; 30 jaar	**€ 85.000**	**€ 80.000**	**€ 82.500**	**€ 70.000**	**€ 82.500**

Uit Tabel 6.8 blijkt dat aansluiting op een warmtenet op lange termijn gunstiger is dan de CV-ketel gasreferentie. Het verschil tussen een bronnet en een MT-net is voor een bewoner niet groot. Bij een bronnet zijn de investeringskosten groter dan bij een MT-net, terwijl de jaarlijkse energiekosten een stuk lager zijn. Een hybride warmtepomp komt het goedkoopste naar voren. Deze variant is echter niet helemaal aardgasvrij, waardoor er op termijn waarschijnlijk alsnog extra maatregelen genomen moeten worden om helemaal gasvrij te worden.

Over 30 jaar zijn de kosten voor een L/W warmtepomp vergelijkbaar met de kosten voor een warmtenet. Een belangrijke opmerking daarom, is dat in het geval dat er een kostendekkingsbijdrage (aansluitkosten voor warmtenet bovenop de BAK) van bewoners wordt gevraagd om een businesscase voor een warmtenet rond te krijgen, het voor bewoners snel minder aantrekkelijk wordt om aan te sluiten op een warmtenet.

7 Rollen, eigenaarschap en beleid

Belangrijke aspecten bij het winnen van warmte door middel van aquathermie onder andere het eigendom, het beheer en de verantwoordelijkheid van en voor de assets waar warmte uit gewonnen wordt. De afvalwaterassets hebben een verschillend beheer. Het gemeentelijke rioolstelsel is in beheer bij de gemeente en daar waar het overgepompt wordt het stelsel van het waterschap gaat ook en beheer en eigendom in de meeste gevallen over naar het waterschap.

7.1 Van wie is de warmte?

Formeel is er geen beleidskader dat ten grondslag kan liggen aan onderlinge afspraken tussen gemeente en waterschap om de warmte middels aquathermie te winnen en te benutten. De Wet Collectieve Warmtevoorziening (Wcw; de nieuwe warmtewet) lijkt invulling te gaan geven aan het zogenaamde ophaalrecht, waarbij het echter de vraag is of dit ook voor warmte middels riothermie kan en mag gelden. Het ophaalrecht houdt in dat gemeente en waterschap in onderling overleg goede afspraken moeten maken over de organisatorische aspecten, het eigendom van de warmtewisselaars, het beheer en onderhoud hiervan, als ook over de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden.

7.2 Overheidsparticipatie in warmtenetten

Daarnaast heeft Minister Jetten in oktober 2022 bekend gemaakt dat hij in het wetsvoorstel Wcw gaat bepalen dat gemeenten alleen warmtebedrijven voor een nieuw warmtekavel kunnen aanwijzen, als de infrastructuur daarvan in handen is van publieke partijen of als er publieke partijen door een meerderheidsaandeel in het warmtebedrijf doorslaggevende zeggenschap hebben over de infrastructuur. Vanaf 2024 moeten gemeenten zeggenschap krijgen over warmtenetten, stelt het kabinet. Energiebedrijven zijn niet direct blij met het besluit, omdat nieuwe én bestaande warmtenetten alleen nog gerealiseerd en geëxploiteerd mogen worden door warmtebedrijven waarin publieke partijen de meerderheid hebben. Private partijen mogen nog maximaal 49% van de aandelen hebben. Met deze stap wil de overheid meer grip krijgen op de warmtenetten, omdat het aantal huishoudens dat warmte via een warmtenet geleverd moet krijgen in 2030 moet zijn verdubbeld. Nu wordt nog steeds 90% van de woningen verwarmd met aardgas of andere fossiele energie.

7.3 Warmtekavels

Van belang is dus ook dat de gemeente warmtekavels aanwijst. Dat kan door op basis van de Transitievisie Warmte en een participatieproces een gebied binnen de gemeente aan te wijzen waarbinnen de wijken liggen waarvoor de gemeente een warmtenet of collectief warmtesysteem wil aanleggen als alternatief voor het gasnet. De gemeente kan zelf de omvang van een warmtekavel bepalen. In de conceptversie van de Wcw is opgenomen dat:

- De omvang zodanig is dat een collectief warmtesysteem op een doelmatige wijze kan worden aangelegd en geëxploiteerd
- De leveringszekerheid voldoende geborgd is
- De omvang dermate groot / robuust is dat er geen structurele afhankelijkheid van een ander collectief warmtesysteem zal ontstaan
- De omvang ook dermate is wijziging na vaststelling zoveel als mogelijk worden vermeden

Bij het bepalen van de omvang van de warmtekavel moeten de voornemens van de omliggende gemeenten voor warmtenetten worden betrokken, met name als een warmtekavel de gemeentegrenzen overschrijdt. Het besluit tot vaststelling van een warmtekavel moet vooralsnog door de provincie worden getoetst, waarbij Gedeputeerde Staten een opdracht tot wijziging van de warmtekavel kunnen geven. Hiermee worden belangen buiten de gemeentegrenzen geborgd. Het besluit tot vaststelling van de warmtekavel komt op de negatieve lijst van bijlage 2 bij de Awb. Dit betekent dat er geen bezwaar en beroep openstaat tegen dit besluit.

7.4 Rollen voor en door de gemeente

Om de energietransitie vorm te geven en te stimuleren, kunnen voor een overheidsorganisatie in essentie vier rollen onderscheiden worden, te weten:

1. Men kan als ***facilitator*** ruimte geven aan particuliere initiatieven. De gemeente verleent de benodigde toestemmingen (vergunning, e.d.) voor de winnen van warmte middels aquathermie en toetsen het naleven van de gemaakte afspraken. Bij deze rol hoort ook dat het mogelijk wordt om de warmtewinning te realiseren op gemeentegronden. In deze rol is het voor de hand liggend dat de gemeente optreedt als bevoegd gezag voor de vergunningen (publiekrechtelijk) en als eigenaar van gronden voor het realiseren van de warmtewinning (privaatrechtelijk)
2. De gemeente kan ook een ***eigen warmtebedrijf oprichten*** en worden hierdoor (mede)eigenaar van een nutsbedrijf. Zij zijn daarmee verantwoordelijk voor het ontwerp, de aanleg en het beheer beheren, maar ook voor de exploitatie van de warmtewinning. Deze rol kan voor de hand liggen als een van de partijen tijdens de exploitatie de regie wil voeren
3. De gemeente kan als ***integrale aanbesteder*** met een marktpartij een overeenkomst aangaan om voor een bepaalde termijn warmte te winnen uit een afgebakend deel van het afvalwatersysteem. Bij een dergelijke rol is het aanbestedingsrecht een belangrijk aandachtspunt, waarbij een dergelijke meer voor de gemeente lijkt te zijn weggelegd dan voor een waterschap.
4. De gemeente kan ook als ***(co)financier*** optreden, waarbij zij door middel van financiering de ontwikkeling van de warmtewinning stimuleren, ondersteunen en helpen realiseren. Op deze manier ontstaat een sluitende businesscase, omdat de ‘onrendabele top’ daardoor wordt afgedekt

Bij elke rol zal vaak sprake zijn van een bepaalde entiteit die de daadwerkelijke verantwoordelijkheid voor realisatie en exploitatie voor haar rekening neemt. De rol die de gemeente kiest, zal bepalen welke inbreng en bevoegdheid zij en ander partijen in de te vormen entiteit hebben.

7.5 Routekaart voor realisatie warmtenet

Om tot realisatie van bijvoorbeeld een warmtenet te komen, dienen een aantal stappen gezet te worden c.q. dienen een aantal besluiten genomen te worden.

Als eerste dient door de gemeente vastgesteld te worden of de technische en financiële resultaten van het haalbaarheidsonderzoek voldoende perspectief bieden om een volgende fase in te gaan. Toetsing aan de gemeentelijke duurzaamheidsdoelstellingen is hierbij een belangrijk criterium. Van belang is om vast te stellen of de realisatie van de uitgewerkte oplossing wezenlijk bijdraagt aan de gemeentelijke doelstellingen en ambities. Als besloten wordt dat er voldoende perspectief is en dat een volgende fase ingegaan kan worden, is het van belang om ook vast te stellen welke rol de gemeente in de verdere

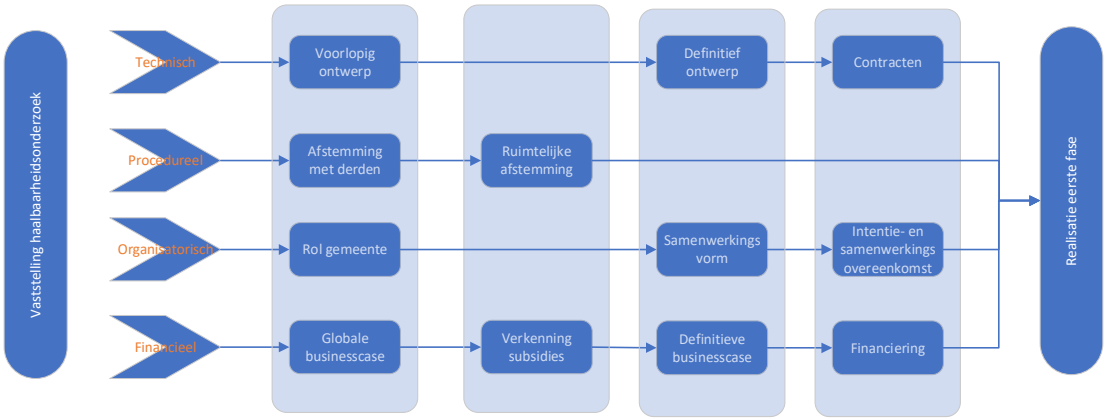
uitwerking van het project kan en wil vervullen. De rol van de gemeente, zoals in de vorige paragraaf beschreven, zal bepalend en richtinggevend zijn voor de manier waarop de vervolgonderzoeken ingevuld dienen te worden en welke verantwoordelijkheden de gemeente hierin heeft en neemt.

Een volgende fase bestaat op hoofdlijnen uit een nadere uitwerking van de technische, procedurele, organisatorische en financiële aspecten. ***Technisch*** dient een nadere uitwerking van de systemen plaats te vinden, waarbij een zogenaamd voorlopig ontwerp (VO) en definitief ontwerp (DO) gangbare producten zijn. ***Procedureel*** dient met andere partijen afstemming plaats te vinden. Bij het toepassen van aquathermie wordt warmte onttrokken aan het afvalwater. Hierover dient afstemming gezocht te worden met de rioolbeheerder. Maar ook binnen de gemeente dienen de nodige afstemmingen plaats te vinden. Voor de realisatie van het gehele systeem zijn een aantal faciliteiten met de nodige huisvesting vereist. Deze huisvesting dient enerzijds ontworpen te worden en anderzijds ook ruimtelijk ingepast te worden.

Organisatorisch is het van belang dat de gemeente en keuze maakt voor de rol (zoals omschreven in de vorige paragraaf), die zij in het geheel kan en wil vervullen. Afhankelijk van deze keuzen kunnen ook de andere rollen ingevuld worden. Bij het realiseren van een warmtenet kan op hoofdlijnen onderscheid gemaakt worden in 1) het opwekken van de warmte, 2) het transporten en distribueren van de warmte en 3) het afleveren van de warmte. Bij de bestaande warmtenetten zijn deze drie onderdelen vaak ondergebracht bij één entiteit. Het kabinetsvoornemen om 51% overheidsparticipatie bij de realisatie en exploitatie van warmtenetten te willen voorschijven zal per definitie een betrokkenheid van de gemeente inhouden. Steeds meer initiatieven laten zien dat het afzonderlijk (maar uiteraard in samenhang) organiseren van de drie genoemde onderdelen door aparte entiteiten, meer tegenmoet komt aan de maatschappelijke wens. Ook hierin dient de gemeenten een keuze te maken en in te vullen, wat consequenties zal hebben op de betrokkenheid van partijen in de warmteketen.

En tenslotte is ook het ***financiële*** aspect van belang. Enerzijds als het gaat om de financiering van de onrendabele top, maar anderzijds ook voor wat betreft de beoogde rendementen. In de traditionele organisatievorm, zoals hiervoor beschreven worden vaak hogere rendementseisen gesteld, dan in de samengestelde organisatievorm. Deze rendementseisen kunnen een flinke impact hebben op de financiering en daarmee op de businesscase. Daarnaast is er bij bronnetten geen sprake van inkomsten als gevolg van het afleveren van GJ's warmte, maar alleen van het ter beschikking stellen van een faciliteit; het bronnet. Voor dit laatste kan een vastrechtvergoeding gevraagd en in rekening gebracht worden.

De bovenstaande aspecten zijn in Figuur 7-1 schematisch weergegeven.



Figuur 7.1: Schematische weergave routekaart realisatie warmtenet

8 Conclusie en aanbevelingen

Uit het onderzoek komt naar voren dat riothermie toegepast kan worden in Leusden. Riothermie biedt voor de wijk 't Ruige Veld voldoende warmte voor een deel van de wijk. Er is een gebied bestaande uit 358 woningen in de wijk geselecteerd, dit is meegenomen in de businesscase.

8.1 Riothermie 't Ruige veld

Uit de temperatuurmeting bleek dat er voldoende warmte aanwezig is en dat deze voldoende constant is gedurende het jaar om warmte te onttrekken. Doordat het debiet weinig constant verloopt is het wel van belang om een WKO aan te leggen, hiervoor zijn in het projectgebied geen bezwaren gevonden.

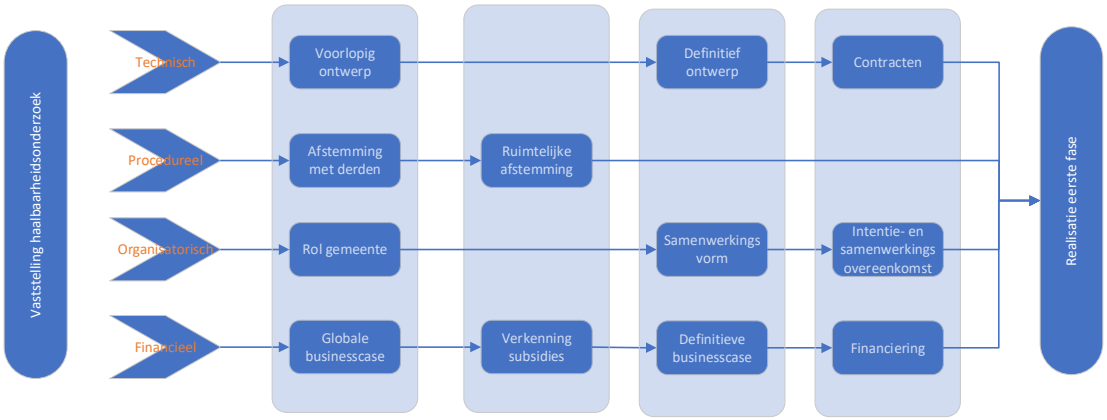
Er wordt in de berekening rekening mee gehouden dat de woningen met een energielabel van C of lager verder geïsoleerd zullen worden. Dit houdt in dat er bij een derde van de woningen een vraagreductie van vijftien procent wordt gehaald.

Omdat het aantal woningen in de wijk hoger is dan met het bronvermogen verwarmt kan worden is een selectie gemaakt welke woningen de voorkeur hebben. Voor de doorrekening van het systeem is ervoor gekozen om de appartementencomplexen mee te nemen. In het geval dat er voor een bronnet wordt gekozen is het financieel gezien van groot belang dat de appartementen individueel gefactureerd kunnen worden. Wanneer alleen een bijdrage gevraagd kan worden voor het gebouw als geheel is het project marginaal positief. Daarbij is het verstandig is om eerst te inventariseren of er voldoende interesse is om aan te sluiten op een warmtenet en of de beschreven subsidies beschikbaar zijn. Wanneer dit gunstig uitpakt is het zeker mogelijk om een bronnet rendabel op te zetten.

Een bronnet is qua duurzaamheid en financiële uitwerking de beste keuze. Bij een bronnet wordt namelijk 47% CO_2 reductie behaald, terwijl dit bij een MT-net slechts 17% is. Een MT-net is daarentegen lastig te realiseren voor de wijk, omdat de businesscase in elk scenario een negatief resultaat geeft. Dit heeft te maken met de kleine schaalgrootte van de wijk. Een MT-net wordt over het algemeen pas rendabel bij een groter aantal aansluitingen.

8.2 Routekaart voor realisatie warmtenet

Om tot realisatie van bijvoorbeeld een warmtenet te komen, dient een aantal stappen gezet te worden. Dit haalbaarheidsonderzoek kan als basis dienen voor de verdere besluitvorming en de te nemen stappen, zoals weergegeven in de onderstaande figuur.



Het huidige haalbaarheidsonderzoek biedt technisch en financieel voldoende basis om de nodige vervolgstappen te kunnen zetten. Afstemming met derden dient hierbij vorm gegeven te worden, waarbij naast afstemming met het waterschap en de netbeheerder, ook afstemming met de bewoners een belangrijk aspect is. Dit laatste zal onder meer inzicht geven in het draagvlak en daarmee in de aansluitbereidheid. Dat vertaalt zich in een meer realistisch volloopscenario.

Het meest belangrijk is echter de rol die de gemeente kan en wil vervullen in het geheel. Deze zal grotendeels bepalend zijn voor de te nemen acties en activiteiten van het vervolgtraject.

Bijlage 1 Beschrijving warmtewisselaars riothermie

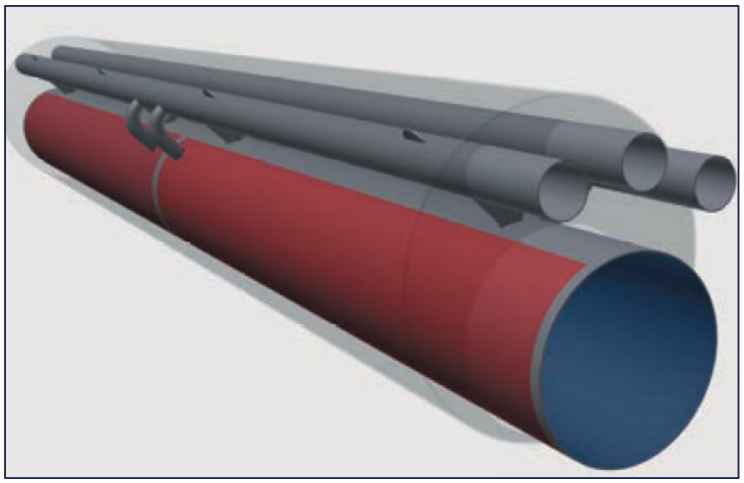
RVS buis-in-buis wisselaar

In de door Doorgeest Energie Techniek ontwikkelde dubbelwandige rvs-buis, afgebeeld in figuur 1, wordt het tegenstroomprincipe vormgegeven door het koelmedium door de buitenbuis en het rioolwater door de binnenbuis te laten stromen. Doordat deze wisselaar van RVS wordt gemaakt, is de warmteoverdracht erg groot. Wel dient rekening gehouden te worden met bescherming van het RVS tegen zoute invloeden (bijvoorbeeld kwel), wat onder andere kan door middel van kathodische bescherming. Zoute omstandigheden kunnen het RVS aantasten en zorgen voor corrosie.

Figuur 1: Voorbeeld van een RVS buis-in-buis wisselaar

Kasag Pressurepipe

De Kasag Pressurepipe is een Zwitserse uitvinding en daar ook veel toegepast. In de dubbelwandige RVS-buis, afgebeeld in figuur 2 stroomt het rioolwater door de hoofdleiding. Hierdoor wordt over de gehele omtrek van de buis de warmte onttrokken en hebben deze wisselaars een hoog rendement. Om veel regeltechniek en -apparatuur te voorkomen, wordt voor de aanvoer- en retourleiding van de warmtewinning gebruik gemaakt van het zogenaamde Tichelman-principe, ofwel de ‘tegenovergestelde terugvoer’. Dit principe zorgt voor een gelijke weerstand van alle geschakelde elementen in het flow-circuit, waardoor de flow van de vloeistof gelijkmatig over de wisselaar verdeeld wordt. Consequentie hiervan is dat er meer leidingwerk in de wisselaar nodig is; de drie buizen in de afbeelding. De Kasag Pressurepipe buizen worden volledig geprefabriceerd geleverd en op locatie met lasverbindingen onderling verbonden. De warmtewisselaar is vervaardigd uit RVS en met PE ommanteld.



Figuur 2: Schematische weergave van de Kasag Pressurepipe

Uhrig Therm-Liner, Form C

Urhig GmbH uit Duitsland is vooral bekend van de inwendige rioolwarmtewisselaars, die achteraf in een vrij verval riool ingebracht kunnen worden. Uhrig heeft echter ook een warmtewisselaar voor een persriool op de markt gebracht, de zogenaamde Uhrig Therm-Liner Form C, die erg veel lijkt op de buis-in-buis-wisselaar. Deze wisselaar is gemaakt van staal.

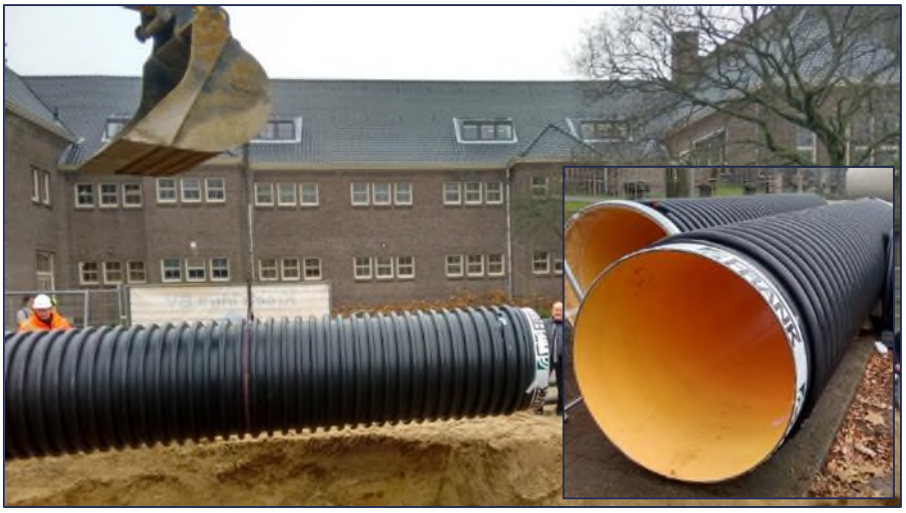
Interne vrijverval wisselaar

De interne vrijvervalrioolwarmtewisselaar (zie figuur 3) kan in een bestaand riool worden aangelegd. De wisselaar bestaat uit schaaldelen die niet groter zijn dan de opening van de riooltoegangsput. Deze uitvoering zorgt voor een minimale vermindering van de capaciteit van het riool door de schaalvorm. De aanvoer- en afvoerleiding zijn gelegd in de leidingkolom, links en rechts van de warmtewisselaar. In de gemeente De Bilt wordt met dit systeem een zwembad verwarmd. De hydraulische capaciteit van het riool neemt door de vorm van de warmtewisselaar met ongeveer 4-8% af, afhankelijk van de diameter van de rioolbuis. Bij een kleinere diameter is het verlies van hydraulische capaciteit groter. Deze wisselaar is toepasbaar bij een rioolbuis vanaf DN400 (diameter
400 mm).

Figuur 3: Interne vrijverval wisselaar (Bron: Uhrig)

De Frank-buis

De zogenaamde Frank-buis wordt geproduceerd door Frank GmbH in Duitsland. De warmtewisselaar is bij deze PE-buis als een wikkel om de buitenzijde aangebracht, zoals in figuur 3 weergegeven. De warmtewinning heeft op deze manier geen effect op de hydraulische capaciteit van het riool. De warmteoverdracht wordt bepaald door het materiaal, te weten PE. Deze warmtewisselaar vormt een onderdeel van het riool, waarbij het aan te bevelen is om deze al bij de realisatie van het persriool te installeren. Achteraf inpassen is ook mogelijk, waarbij dan een deel van het bestaande riool vervangen dient te worden.



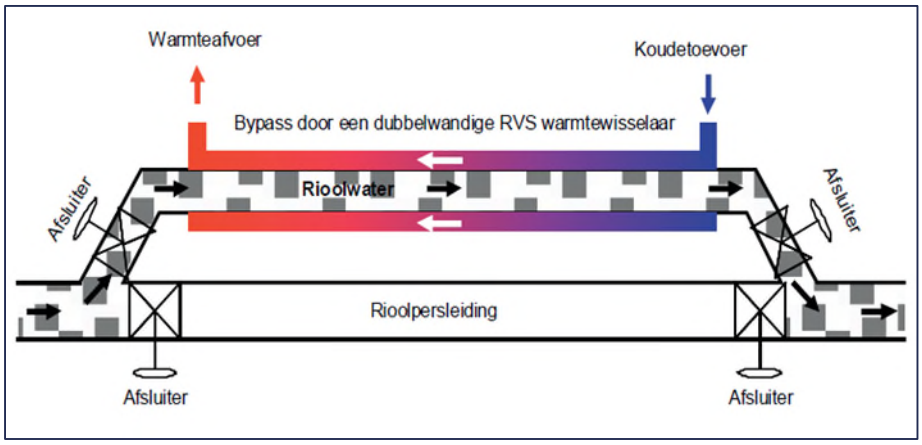
Figuur 4: Voorbeeld van een Frank-buis

Hoofdriool versus bypass

Rioolwarmtewisselaars kunnen direct of achteraf in het hoofdriool geplaatst worden, maar kunnen ook in een zogenaamde bypass-constructie aangebracht worden. De warmtewisselaars van Frank GmbH is in essentie ontworpen om in het hoofdriool aangebracht te worden. Doordat deze wisselaar in vergelijking met de andere wisselaars een veel lager rendement heeft, zullen langere lengtes van deze wisselaar benodigd zijn.

De RVS buis-in-buis wisselaar is met name ontwikkeld om als bypass geplaatst te worden en ook de wisselaars van Kasag en Uhrig zijn hiervoor geschikt. Deze laatste twee zijn echter ook goed geschikt om direct in het hoofdriool geplaatst te worden.

In een bypass-constructie wordt de warmtewisselaar over een bepaalde lengte naast het bestaande riool geplaatst, waarbij het rioolwater middels afsluitbare kleppen via de bypass of via het hoofdriool gestuurd kan worden. Vaak wordt in de bypass een iets kleinere diameter toegepast, waardoor het debiet en daarmee ook de hoeveelheid te winnen warmte toeneemt. In figuur 5 is één en ander schematisch weergegeven. Het voordeel van een bypass-constructie is dat de wisselaar relatief eenvoudig naderhand geplaatst kan worden.



Figuur 5: Schematische weergave van bypass-constructie

Omdat bij de drie genoemde wisselaars gebruik wordt gemaakt van RVS, is er sprake van een zeer goede warmteoverdracht en daarmee een hoog rendement. In vergelijking met de Frank-wisselaar zal er veel minder lengte benodigd zijn, om dezelfde vermogens te kunnen leveren.