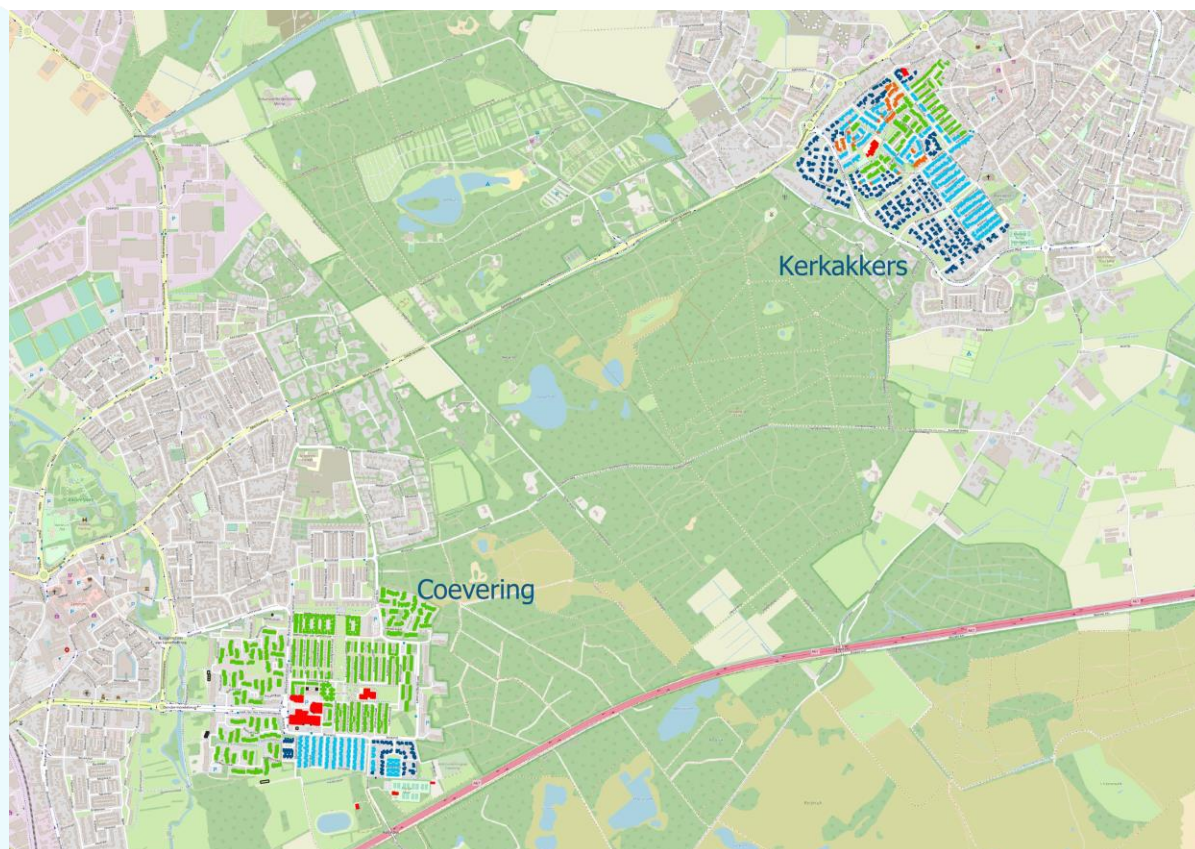


Analyse van de opties voor een aardgasvrij Coevering en Kerkkackers

Gemeente Geldrop-Mierlo



Datum: 1 maart 2024
Projectnummer: 3345
Status: Definitief
Auteur(s): K. Spruijt, S. Korpershoek en R. Lentz

Merosch B.V.

E info@merosch.nl
I www.merosch.nl

Eendrachtsweg 3
2411 VL Bodegraven
0172 – 65 12 64

Brabantsestraat 17
3812 PJ Amersfoort
033 – 30 38 909

KVK 27311612
BTW NL8224.23.066.B01
IBAN NL80 TRIO 0197 8235 99

Zet koers naar morgen!



Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding.....	4
2 Huidige situatie	5
2.1 Demarcatie en schaalgrootte.....	5
2.2 Gebouwenkenmerken.....	6
2.3 Warmtevraag	10
2.4 Eigenaarschap.....	12
3 Aardgasvrije warmtesystemen.....	14
3.1 Mogelijke alternatieve warmtevoorzieningen.....	14
3.2 Aardgasvrije infrastructuur 1: Toepassing van duurzaam gas	15
3.3 Aardgasvrije infrastructuur 2: Toepassing warmtenet	18
3.4 Aardgasvrije infrastructuur 3: Toepassing All-electric net	26
3.5 Samenvatting.....	33
4 Warmtevarianten	35
4.1 Warmtevariant 1 : Collectieve warmtevoorziening	35
4.2 Warmtevariant 2 : Individuele warmteoplossingen.....	37
5 Technische en financiële analyse.....	38
5.1 Toekomstige energieverbruik en CO2-uitstoot.....	38
5.2 Levensduurkosten	41
6 Afwegingskader	45
6.1 Criteria en puntenverdeling afwegingskader	45
6.2 Uitkomst afwegingskader.....	47
7 Conclusies en aanbevelingen.....	52
7.1 Conclusies	52
7.2 Aanbevelingen	53
Bijlagen	54
Bijlage 1: technische uitgangspunten	54
Bijlage 2: Financiële uitgangspunten.....	59
Bijlage 3 - Factsheets	69
Bijlage 4 – Gevoeligheidsanalyse.....	70
Bijlage 5 – Koeling	76

Samenvatting

Deze analyse is tot stand gekomen in opdracht van gemeente Geldrop-Mierlo en in overleg met betrokken buurtbewoners uit de wijken Coevering (Geldrop) en Kerkakkers (Mierlo). De analyse richt zich op het in kaart brengen van de technieken waarmee de wijken in de periode van nu tot 2030 aardgasvrij zouden kunnen worden, en de bijbehorende technische, ruimtelijke en financiële consequenties. Gemeente Geldrop-Mierlo wil zich op die manier een beeld vormen van de mogelijkheden op korte tot middellange termijn. De analyse richt zich op de wijken Coevering en Kerkakkers omdat deze wijken in de Transitievisie Warmte als meest kansrijk zijn aangewezen om de mogelijkheden voor aardgasvrij wonen nader te onderzoeken.

Uit de analyse van de eigenschappen van beide wijken blijkt dat Kerkakkers een homogener wijk is dan Coevering wat betreft bouwjaar, eigenaarschap (grotendeels particulier) en warmtevraag. In de Coevering is het woningcorporatiebezit met 60% van de woningen aanzienlijk. De indicatieve warmtevraag van de wijk Coevering is met circa 111.000 GJ twee keer zo groot als die van Kerkakkers (53.000 GJ). De bouwdichtheid van de Kerkakkers past met circa 18 woningen per hectare niet goed bij een mogelijke warmtenet-infrastructuur. De combinatie van een relatief lage warmtevraag, een groot aantal gebouweigenaren en een relatief lage bouwdichtheid zorgen ervoor dat individuele oplossingen per gebouw in Kerkakkers duurzamer en financieel interessanter zijn dan collectieve warmtenetsystemen.

De wijk Coevering voldoet wel aan bovenstaande randvoorwaarden voor een collectief warmtenetsysteem. Wat betreft de mogelijke bronnen voor een warmtenet lijkt een centrale luchtwarmtepompinstallatie, als bron voor het warmtenet, het meest kansrijk. Coevering blijft daarnaast ook geschikt voor individuele oplossingen.

In de technische- en financiële analyse is gekeken naar de CO₂-uitstoot bij verwarmen met een aanvoertemperatuur van 50 °C ('lage' temperatuur) en 70 °C ('midden' temperatuur). Uit een vergelijking van de CO₂-uitstoot van de verschillende aardgasvrije systemen blijkt dat voor zowel de wijk Kerkakkers als de Coevering de toepassing van individuele warmtepompen met een aanvoertemperatuur van 50°C voor de grootste CO₂-reductie zorgt. Uit de financiële analyse voor beide wijken blijkt dat de levensduurkosten het laagst zijn bij het kiezen voor oplossingen met een aanvoertemperatuur van 70 °C.

Voor de Coevering blijkt dat een collectief warmtenet met een aanvoertemperatuur van 70 °C, met lucht als warmtebron en een gasketel als piekvoorziening, financieel gezien de meest voordelige oplossing is voor de wijk. Dit is in deze doorrekening ook voordeliger dan blijven verwarmen met een cv-ketel. Voor Kerkakkers blijkt dat een oplossing met individuele luchtwarmtepompen, gevolgd door bodemwarmtepompen, vanuit financieel oogpunt het meest voordelig is om de woningen aardgasvrij te verwarmen. Ook in Kerkakkers zijn de levensduurkosten bij verwarmen op 70 °C met warmtepompen lager dan blijven verwarmen met de cv-ketel. Bij 50 °C zijn de levensduurkosten in Kerkakkers ongeveer gelijk aan het behouden van een traditionele gasketel.

Tijdens de eerste twee buurtbijeenkomsten is aan de bewoners gevraagd of ze waardes willen toekennen aan eigenschappen van aardgasvrije systemen, zoals betaalbaarheid en duurzaamheid. Op basis van de uitkomst hebben de eigenschappen een gewicht gekregen en is een gewogen afwegingskader opgesteld. Uit het gewogen afwegingskader van de Coevering blijkt dat een warmtenet met een aanvoertemperatuur van 70 °C past bij de criteria die de wijkbewoners belangrijk vinden. We adviseren daarom om voor de Coevering nader onderzoek uit te voeren naar de warmtenetconfiguratie met de laagste levensduurkosten: een collectieve luchtwarmtepomp en piekvoorziening.

Uit het gewogen afwegingskader voor Kerkakkers blijkt ook dat de 70 °C oplossingen het best scoren, waarbij de bodemwarmtepomp de beste score krijgt. We adviseren de gemeente om de bewoners te informeren over de voor- en nadelen van het aanschaffen van een hybride warmtepomp (lagere investeringskosten, hogere energielasten dan met een all-electric warmtepomp) versus een all-electric warmtepomp (hogere investeringskosten, lagere energielasten dan een hybride warmtepomp) met een aanvoertemperatuur van 70 °C. Op die manier kunnen bewoners een onderbouwd besluit nemen tussen (voorlopig) hybride verwarmen en nu al aardgasvrij verwarmen.

1 Inleiding

Gemeente Geldrop-Mierlo wil voor de buurten Coevering en Kerkakkers een proces op gang brengen om te onderzoeken of het mogelijk is om deze wijken aardgasvrij te maken. Bureau Merosch heeft hiertoe een technische en financiële analyse uitgevoerd. Het onderzoek is samen met een groep betrokken bewoners uit beide buurten tot stand gekomen.

In dit rapport wordt het onderzoek beschreven en worden de resultaten uiteengezet. Het onderzoek richt zich op het in kaart brengen van de technieken waarmee de wijken in de periode van nu tot 2030 aardgasvrij zouden kunnen worden, en de bijbehorende technische, ruimtelijke en financiële consequenties.

De rapportage is als volgt opgebouwd. Allereerst wordt de huidige situatie in beeld gebracht. Op basis van de huidige situatie is gekeken welke alternatieve warmtevoorzieningen mogelijk zijn. Deze zijn in hoofdstuk 3 opgesomd. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de meest kansrijke warmtesystemen. De technische en financiële analyse van deze systemen zijn beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 worden de mogelijke warmtesystemen in een afwegingskader met elkaar vergeleken. In hoofdstuk 7 staan de conclusies en aanbevelingen.

2 Huidige situatie

In dit hoofdstuk wordt in beeld gebracht wat de huidige situatie is van de woningen in de wijken Coevering en Kerkackers. Het doel van de analyse is om een beeld te krijgen van de kenmerken van de buurten waaronder schaalgrootte, gebouwkenmerken, eigenaarschap en de huidige warmtevraag. Met behulp van deze analyse is het mogelijk om passende mogelijke duurzame warmtevoorzieningen voor de gebouwen in Coevering en Kerkackers te selecteren en analyseren.

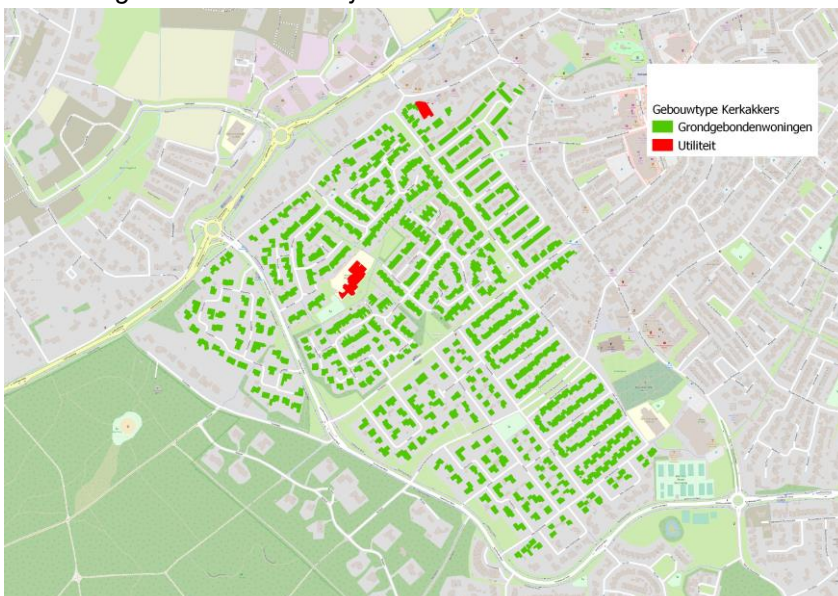
2.1 Demarcatie en schaalgrootte

In onderstaande afbeelding is het grondgebied van de wijken Coevering en Kerkackers weergegeven. Tevens is te zien uit hoeveel woningen en hoeveel utiliteitsgebouwen te wijken zijn opgebouwd. De gegevens komen uit de dataset “Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)”. Voor de wijk Coevering is als demarcatie de CBS grens aangehouden. In Kerkackers is dat niet mogelijk, omdat het gehele dorp Mierlo als CBS-wijk wordt aangemerkt. Daarom is de demarcatie zoals aangehouden in de Transitievisie Warmte overgenomen. Die gaat uit van een begrenzing van de Burgemeester Verheugtstraat aan de noordwestzijde en de Heer Dickbierweg aan de zuidoostzijde.

Afbeelding 1 – Demarcatie wijk Coevering



Afbeelding 2 – Demarcatie wijk Kerkackers



In onderstaande tabel is opgenomen uit hoeveel woningen en vierkante meters utiliteitsgebouwen de twee buurten bestaan. De schaalgrootte geeft inzicht in de omvang van de opgave, wanneer alle gebouwen aardgasvrij zouden worden.

Tabel 1- Schaalgrootte Coevering en Kerkakkers

	Coevering	Kerkakkers
Aantal hectare ¹	76,6	48,1
Aantal grondgebonden woningen	1.637	886
Aantal flatgebouwen	25	-
Aantal appartementen	1.097	1
Aantal Utiliteitspanden	9	3
Bouwdichtheid	35,7 woningen/ha	18,4 woningen/ha

¹Bron: Google Maps

Te zien is dat de wijk Coevering bestaat uit een combinatie van appartementen en grondgebonden woningen. De bouwdichtheid is in Coevering daardoor groter dan in Kerkakkers. In Kerkakkers zijn alleen grondgebonden woningen.

2.2 Gebouwenmerken

Om tot een geschikte alternatieve warmtevoorziening te komen, is het belangrijk om te weten wat voor type gebouwen er in een wijk staan. De warmtevraag van een woning wordt namelijk bepaald door het woningtype, bouwjaar en gebruiksoppervlakte. Zo lenen nieuwbouwwoningen zich bijvoorbeeld beter voor een 'all-electric' oplossing dan oudere woningen. Daarnaast bestaan er grote verschillen in het stookgedrag van mensen en de comfortbehoefte. Dit onderzoek richt zich echter primair op het verduurzamen van de gebouwen op basis van de generieke wijk- en gebouwenmerken, waarbij energiebesparing door slimmer stookgedrag buiten beschouwing wordt gelaten.

In dit hoofdstuk zullen de kenmerken van de gebouwen nader inzichtelijk gemaakt worden.

2.2.1 Bouwjaar woningen

De bouwperiode van een gebouw zegt iets over de isolatiestaat van de schil en daarmee de warmtevraag van een gebouw. In het BAG¹-register (Basisregistratie Adressen en Gebouwen, beheerd door het Kadaster) is per verblijfsobject aangegeven wat het bijbehorend bouwjaar is. De gebouwen zijn onderverdeeld in de volgende bouwperiodes:

- Gebouwen gebouwd voor 1945
- Gebouwen gebouwd in 1946- 1964
- Gebouwen gebouwd in 1965- 1974
- Gebouwen gebouwd in 1974-1991
- Gebouwen gebouwd in 1992-2000
- Gebouwen gebouwd in 2000-2005
- Gebouwen gebouwd in 2006-2012
- Gebouwen gebouwd na 2012

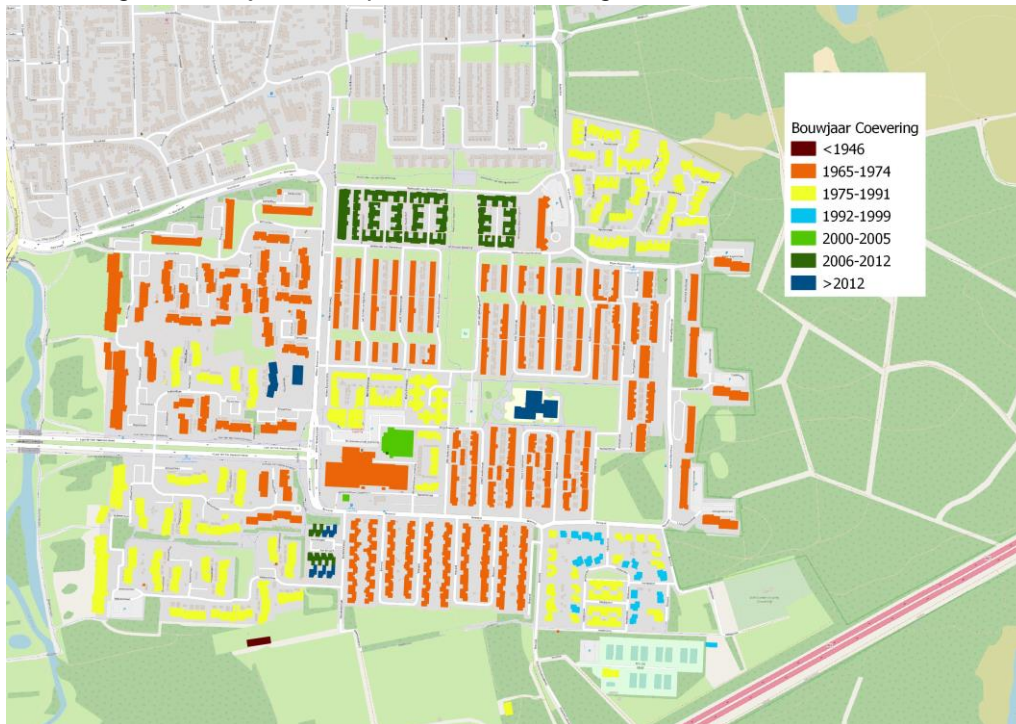
De eerste categorie bestaat uit gebouwen die voor 1945 gebouwd zijn (vooroorlogse gebouwen). Deze woningen zijn lastiger te isoleren, doordat ze vaak geen na te isoleren spouwmuur hebben. Dit betekent dat de gevel enkel geïsoleerd kan worden met een voorzetwand binnen de woning of extra isolatie tegen de buitengevel. Dit is door ruimteverlies binnen de woning en esthetische aandachtspunten buiten de woning vaak geen eenvoudige opgave.

¹ Gegevens uit het BAG-register (het kadaster) kunnen mogelijk afwijken van de werkelijkheid. Dit komt doordat niet iedereen een aanpassing (uitbreiding) van hun woning doorgeeft aan de gemeente en/of kadaster.

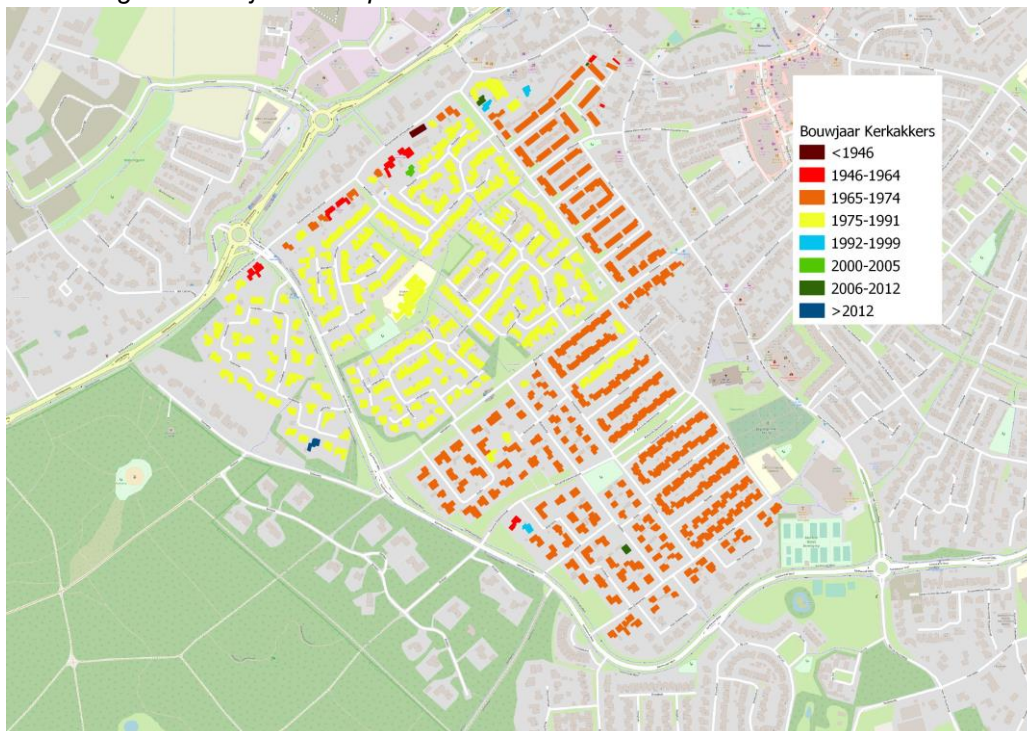
Vanaf 1965 stelt de regelgeving eisen aan de isolatie van dichte bouwdelen. Vanaf deze periode wordt de regelgeving ten aanzien van isolatie steeds meer aangescherpt. Dit resulteert in onderverdeling van bouwperiodes, zoals hierboven aangegeven.

In onderstaande afbeelding zijn de bouwjaren van de gebouwen op de kaart weergegeven.

Afbeelding 3 – Bouwjaren van panden in Coevering



Afbeelding 4 – Bouwjaren van panden in Kerkkackers



In zowel Coevering als Kerkkackers zijn vooral woningen gebouwd tussen 1964-1990. In Coevering is er nog een klein gedeelte nieuwbouw, waarbij in Kerkkackers in de rand van de wijk nog echt oude woningen te vinden zijn.

2.2.2 Type gebouw

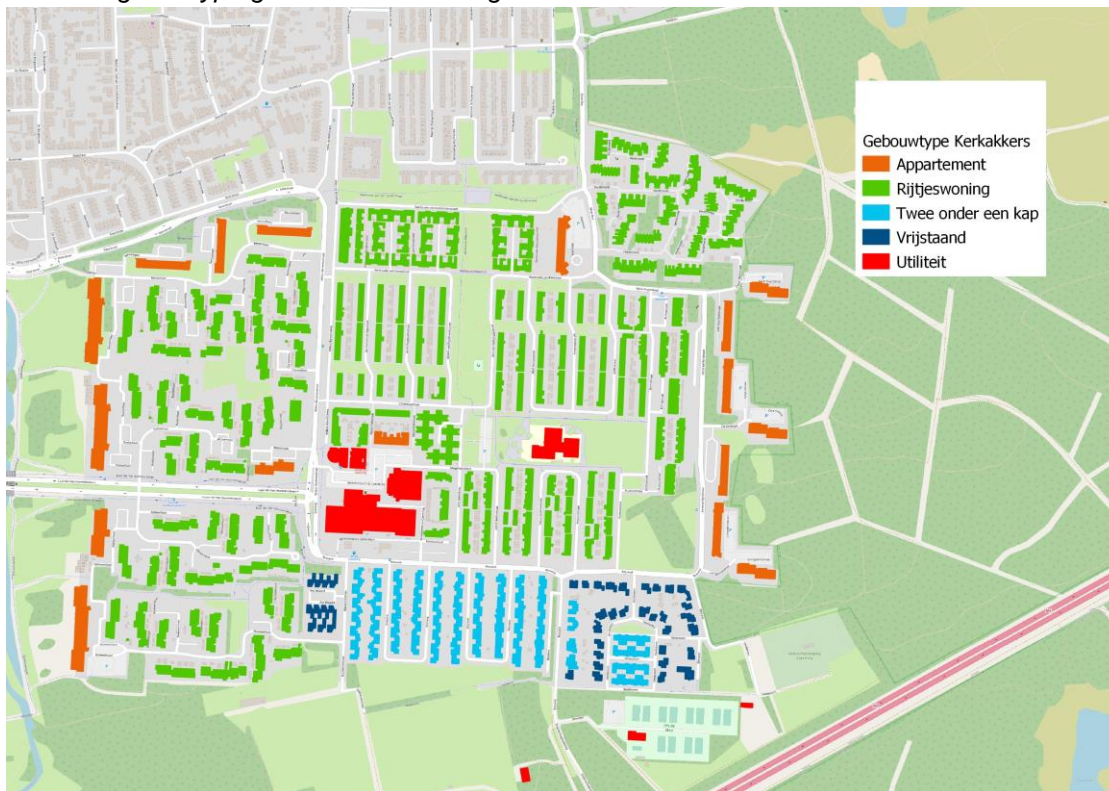
Het gebouwtype geeft ook meer informatie over de warmtevraag van een gebouw en de mogelijkheden voor alternatieve warmtevoorzieningen. Hoogbouw levert bijvoorbeeld een hogere 'warmtevraagdichtheid' op in vergelijking met rijwoningen. Daarnaast zal een vrijstaande woning meer warmte nodig hebben vergeleken met een rijwoning.

Gegevens over het type gebouw zijn afkomstig van een studie vanuit de 'Transitievisie warmte Geldrop' en Google Maps. De gebouwen zijn onderverdeeld in de volgende types:

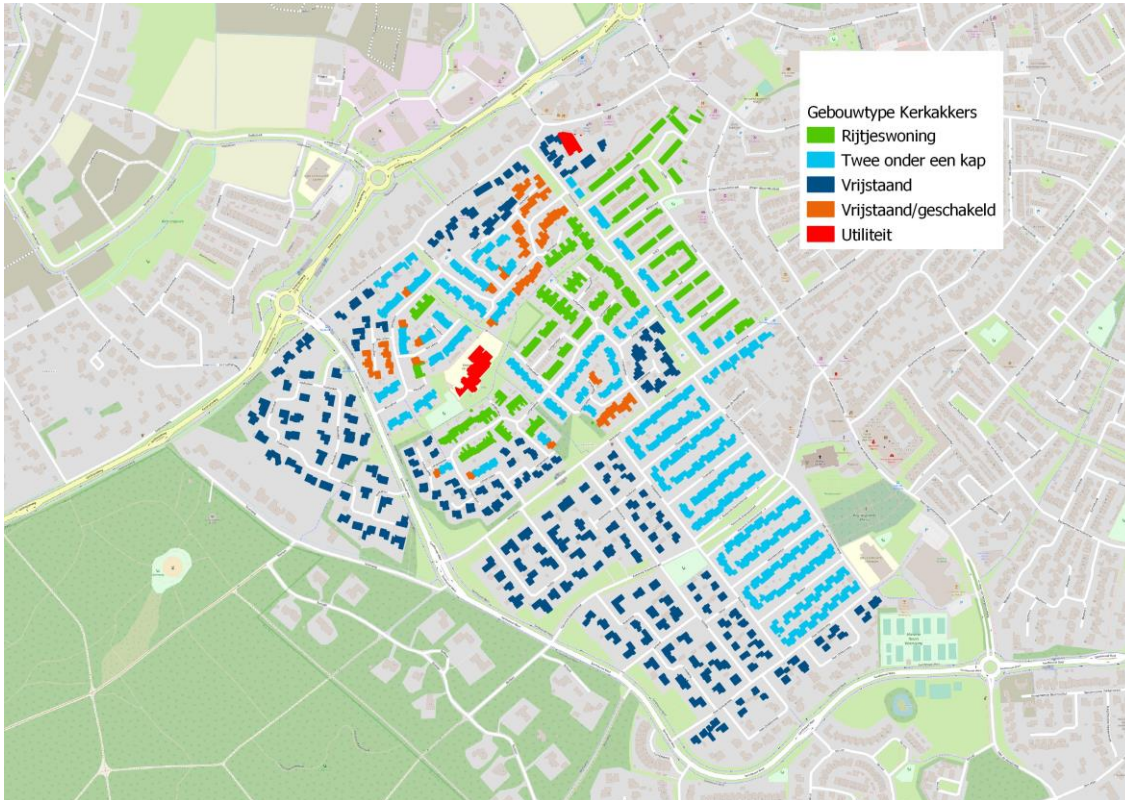
- Appartement
- Rijwoning
- Twee-onder-een-kap
- Vrijstaand
- Vrijstaand/geschakeld (*alleen voor Kerkkokers*)
- Utiliteit

Onder utiliteit vallen ook industriegebouwen en gemeentelijk vastgoed.

Afbeelding 5 – Type gebouwen Coevering



Afbeelding 6 – Type gebouwen Kerkackers

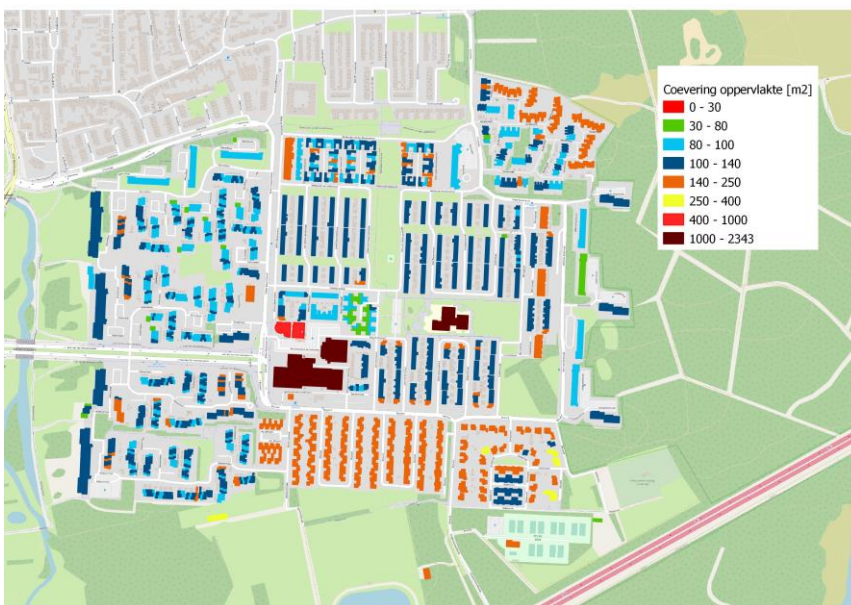


Te zien is dat in Kerkackers alleen laagbouw bestaat. Het gaat om een mix van zowel rijwoningen als twee-onder-een-kapwoningen en vrijstaande woningen. In Coevering is hoogbouw aanwezig aan de randen van de wijk. Daarnaast bestaat de wijk Coevering grotendeels uit rijwoningen.

2.2.3 Gebruiksoppervlak

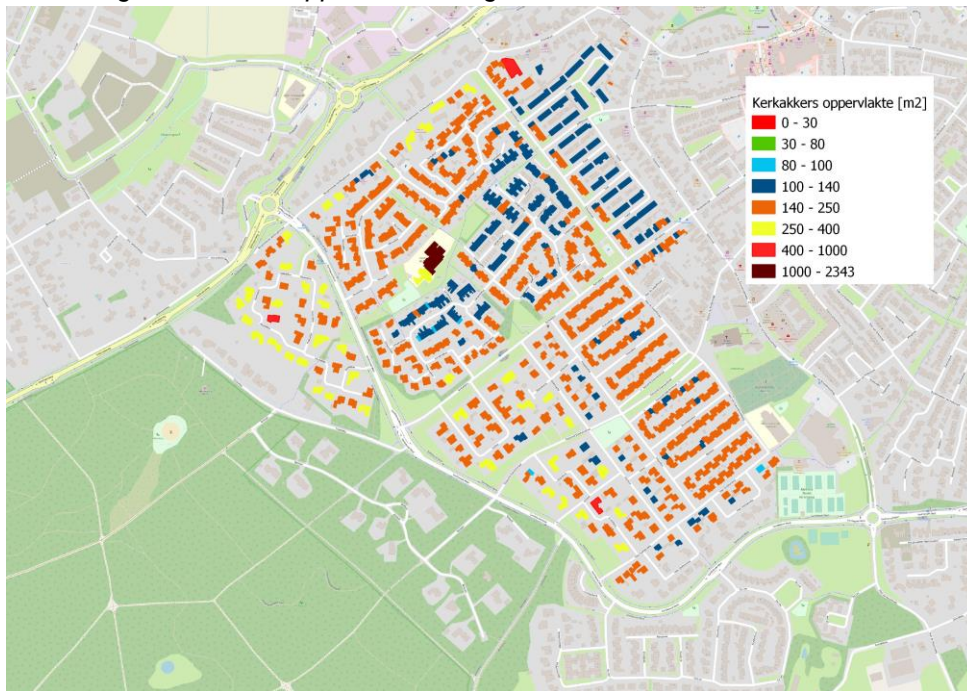
Ten slotte is gekeken naar de gebruiksoppervlakken² met behulp van het BAG-register, om vast te kunnen stellen wat de warmtevraag is op basis van de bouwkenmerken.

Afbeelding 7 – Gebruiksoppervlak woningen Coevering



² Onder gebruiksoppervlakte wordt de oppervlakte in een woning (aantal vierkante meters) dat gebruikt kan worden om te wonen (waarbij de stahoogte minimaal 1,5 meter is) bedoeld. Hier vallen dus geen gevels, dragende wanden, vides, etc. onder.

Afbeelding 8 – Gebruiksoppervlak woningen Kerkkackers



2.3 Warmtevraag

Op basis van de typologie van gebouwen, het bouwjaar en het gebruiksoppervlak is een (theoretische) warmtevraag bepaald. Om deze te toetsen aan het werkelijke verbruik is gekeken naar kengetallen van het CBS uit 2019. Daar is het gemiddelde gasverbruik per vierkante meter gebruiksoppervlak per type woning in Nederland opgenomen.

In onderstaande tabel zijn de gehanteerde uitgangspunten opgenomen. Deze uitkomsten komen overeen met de uitkomsten van de door bureau Susteen opgestelde rapporten voor beide wijken (15 stuks)³.

Tabel 2 – Gehanteerde uitgangspunten warmtevraag Coevering en Kerkkackers

Bouwperiode		<1945	1946-1964	1965-1974	1975-1991	1992-1999	2000-2005	2006-2012	> 2012
Vrijstaand ⁴	[m ³ gas/jaar/m ²]	13,7	14,4	13,5	11,7	10,2	9,2	8,9	7,6
Twee-onder-een-kap	[m ³ gas/jaar/m ²]	14	14	13	11,7	10,1	8,7	8,3	7,6
Rijwoning	[m ³ gas/jaar/m ²]	13,8	13,6	12,1	10,9	9,6	8,3	8,0	7,2
Appartement	[m ³ gas/jaar/m ²]	14,5	13,7	12,3	11,9	9,3	7,8	7,7	7,5

Voor de utiliteitsgebouwen is een gasverbruik van 10 m³/jaar m² aangenomen. Daarnaast is het rendement van de gasketels voor woning op 89% en voor utiliteit op 85% gezet, op basis van gemiddelde rendementen voor gasketels voor ruimteverwarming en warm tapwater.

De warmtevraag wordt dan als volgt berekend:

$$\begin{aligned}
 \text{warmtevraag [GJ/jaar]} &= (\text{GBO [m}^2\text{]} * \text{gasverbruik per bouwjaar per type woning (zie tabel hierboven)} \\
 &\quad * \text{rendement gasketel} * 35,17 \left[\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \right]) / 1000
 \end{aligned}$$

³ In 2022 heeft het bureau Susteen in opdracht van de gemeente energiescans uitgevoerd van verschillende woningen in Geldrop-Mierlo. Hierbij is o.a. gekeken hoe een woning aardgasvrij gemaakt kan worden. Bewoners konden zich hier voor opgeven.

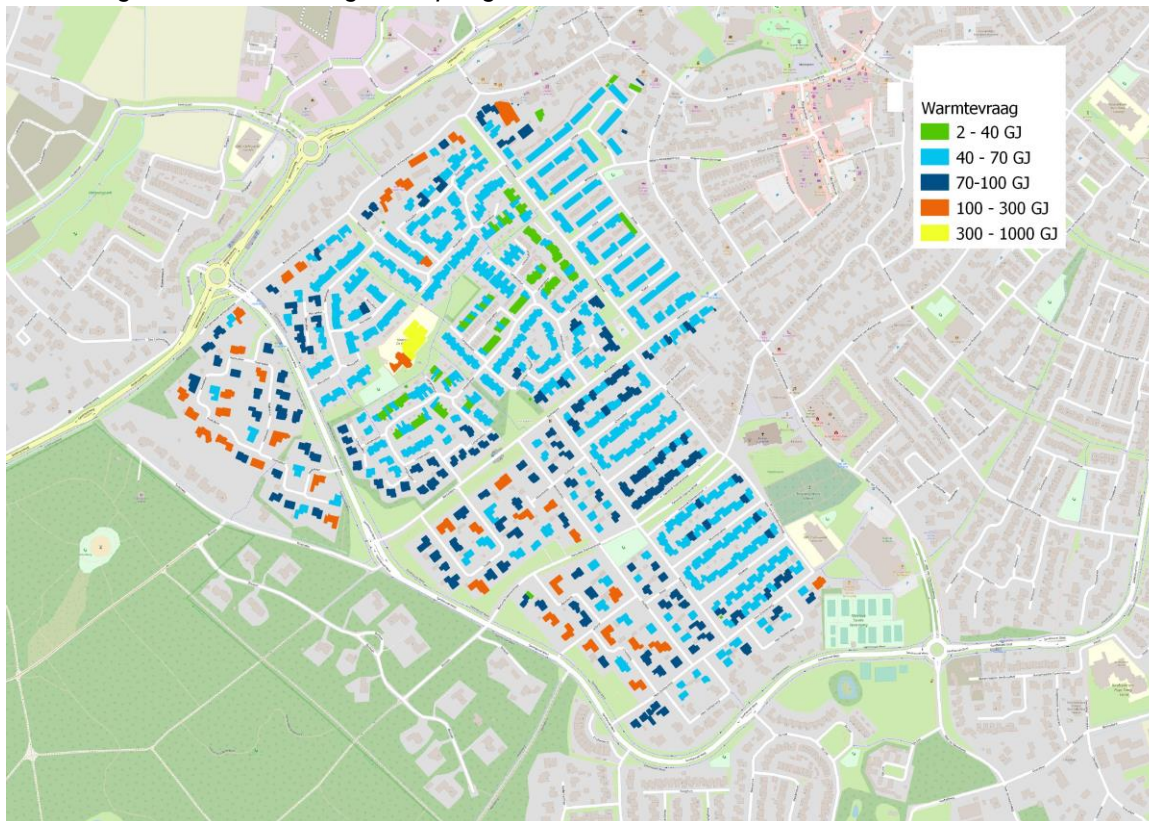
⁴ De warmtevraag voor vrijstaand/geschakelde woningen zijn gelijk gesteld aan de warmtevraag voor vrijstaande woningen.

In onderstaande afbeeldingen is de warmtevraag in GJ per wijk per jaar en per type gebouw weergegeven.

Afbeelding 9 – Warmtevraag per gebouw in GJ per jaar in Coevering



Afbeelding 10 – Warmtevraag in GJ per gebouw in Kerkkackers



De totale warmtevraag voor Coevering is circa 111.000 GJ en voor Kerkkackers 53.000 GJ. De gemiddelde warmtevraag per hectare is daarmee voor Coevering ongeveer 1449 GJ/hectare en voor Kerkkackers 1102 GJ/hectare.

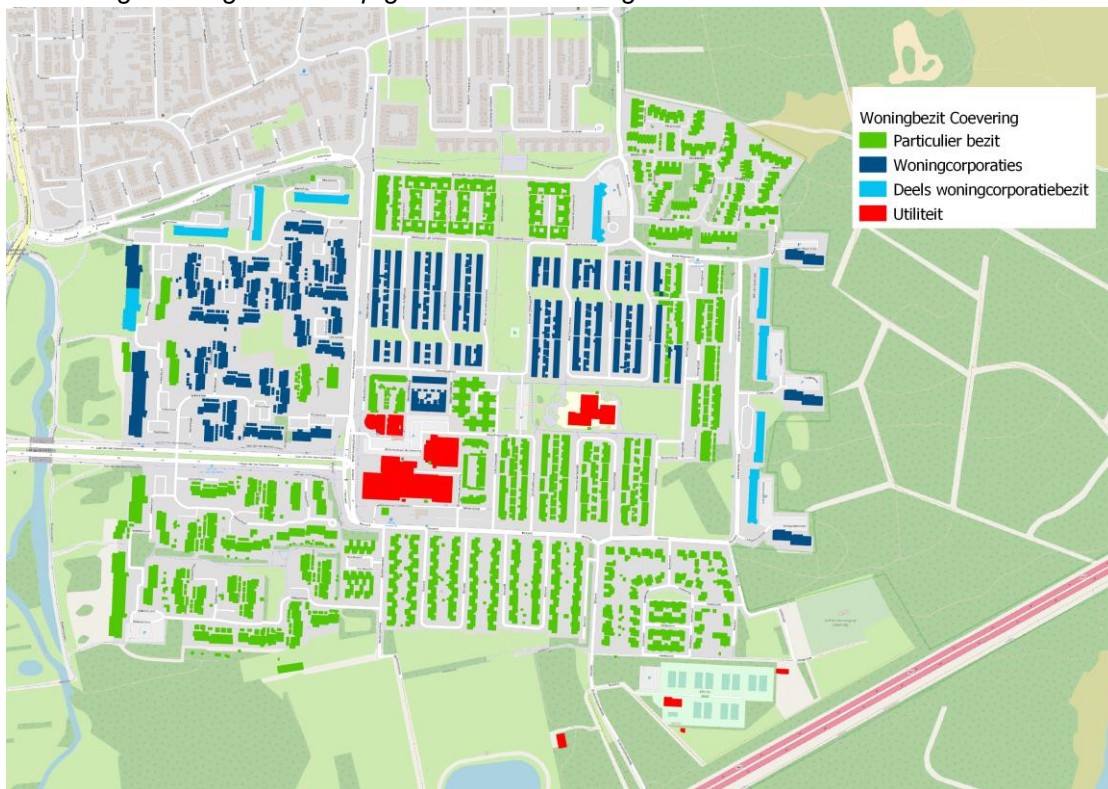
2.4 Eigenaarschap

Naast bovenstaande gegevens is het ook belangrijk om inzicht te hebben in het eigenaarschap van de gebouwen in de wijken, met het oog op welke warmtesystemen kansrijk zouden zijn. Met name als het gaat om de haalbaarheid van een collectieve warmtevoorziening, waarvoor van belang is of het gaat om veel gebouweigenaren en of er ook woningcorporaties aanwezig zijn, die meewillen doen met een collectief warmtesysteem. De verschillende typen eigenaren zijn onderverdeeld in de volgende typen:

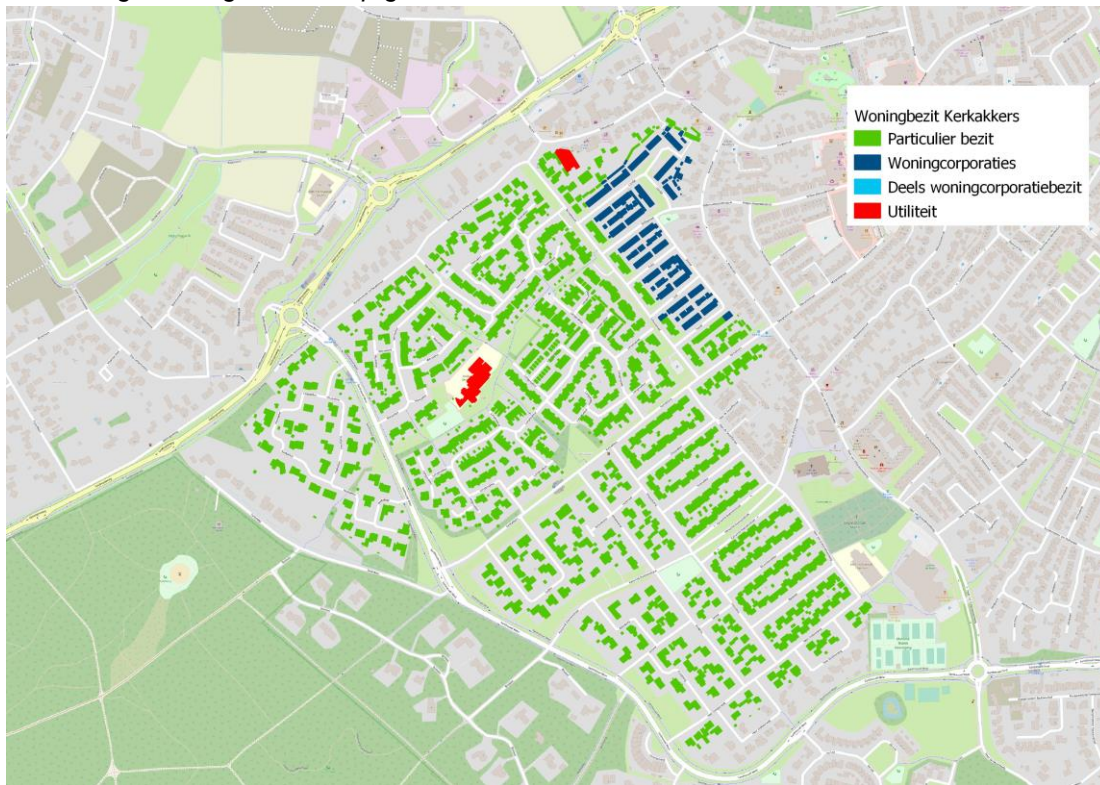
- Particulier bezit
- Woningcorporatie
- Gedeeltelijk woningcorporatie
- Gemeentelijk vastgoed en grotere vastgoedeigenaren (utiliteit).

De grootste VvE in de wijk Coevering is de VvE Adelaertlaan, met 41 appartementen. De grootste woningcorporatie is Woonbedrijf. Daarnaast is er nog een kleine woningcorporatie in Kerkackers; Compaan.

Afbeelding 11 – Eigenaarschap gebouwen Coevering



Afbeelding 12 – Eigenaarschap gebouwen Kerkackers



Uit de analyse blijkt dat de wijk Kerkackers voor het grootste deel bestaat uit woningen van particuliere eigenaren, terwijl de wijk Coevering bestaat uit een mix van woningen in eigendom van woningcorporaties (circa 60%) en particulieren (circa 40%).

3 Aardgasvrije warmtesystemen

Het doel van dit hoofdstuk is om inzichtelijk te maken welke aardgasvrije warmtesystemen er bestaan en welke als kansrijk beschouwd worden voor de wijken Coevering en Kerkkackers. In deze studie wordt gekeken naar alternatieven voor warmte. Dit betekent dat we het produceren van duurzame elektriciteit door bijvoorbeeld technologieën als kernenergie, windmolens op zee en zonneparken buiten beschouwing laten.

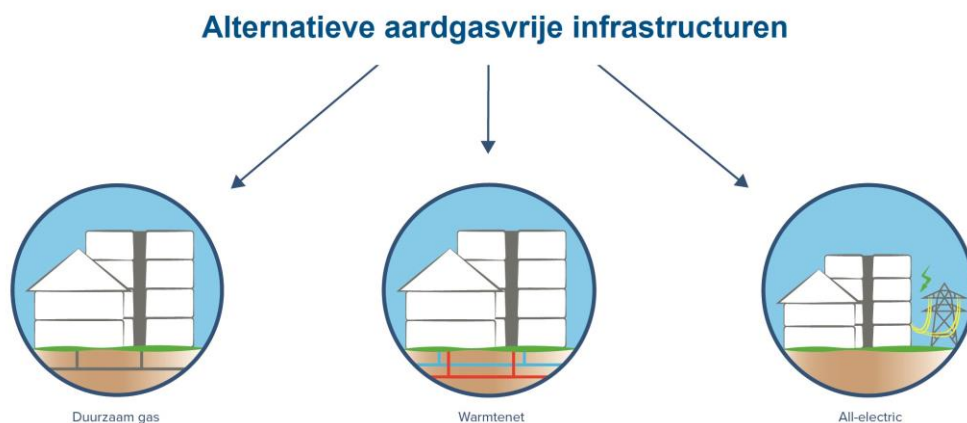
3.1 Mogelijke alternatieve warmtevoorzieningen

Gemeente Geldrop-Mierlo wil onderzoeken hoe de wijken Kerkkackers en Coevering volledig aardgasvrij zouden kunnen worden, rekening houdend met het streefjaar 2030. Dat betekent dat voor dit onderzoek wordt uitgegaan van de huidige stand ter techniek.

We kijken dus naar een transitie naar aardgasvrij op gebiedsniveau. De belangrijkste structurerende maatregel op gebiedsniveau betreft de keuze voor een warmte-infrastructuur. Kenmerkend voor infrastructuren is dat deze een zeer lange levensduur kennen (veelal meer dan 50 jaar). Het is dus zaak om een warmte-infrastructuur te kiezen die meerdere decennia mee kan. De warmte-infrastructuur moet betrouwbaar en betaalbaar zijn en in staat zijn een bijdrage te leveren aan de transitie naar een 100% CO₂-neutrale energievoorziening.

De alternatieve infrastructuur die in plaats kunnen komen voor de aardgasinfrastructuur kunnen grofweg worden opgedeeld in drie categorieën: duurzaam gas, warmtenet of all-electric (zie afbeelding 13). In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de verschillende bijbehorende warmtesystemen en de mogelijke toepassingen hiervan voor Coevering en Kerkkackers.

Afbeelding 13 – Mogelijke alternatieve aardgasvrije infrastructuur



Naast deze infrastructuur zonder aardgas, bestaat de keuze voor een 'aardgasarm' warmtesysteem in de vorm van een hybride warmtepomp of collectief warmtesysteem met aardgas als piekvoorziening. Dit systeem kan als tussenoplossing dienen richting een volledig aardgasvrije oplossing. Aan de hybride warmtepomp besteden we in onderstaande paragraaf aandacht, om vervolgens in te gaan op de aardgasvrije systemen.

Aardgasarm verwarmen met een hybride warmtepomp

De hybride warmtepomp kan een tussenstap zijn om te werken aan CO₂-reductie en gebouwen in de tussentijd verder te isoleren om aardgasvrij-ready te worden. Hybride warmtepompen zijn warmtepompen die samenwerken met een cv-ketel en zo een deel van de warmte leveren. Ze hebben, net als zogenaamde all-electric (en dus aardgasvrije) warmtepompen, een binnendeel en een buitendeel. Het buitendeel is de bron (meestal lucht via een ventilatorunit, of zonnecollectoren) en het binnendeel is de warmtepomp. Deze warmtepompen worden veelal in woningen geïnstalleerd die niet voldoende geïsoleerd zijn om volledig zonder aardgas te worden verwarmd, of in woningen met jonge cv-ketels. Vanaf 2026 is het aanschaffen van een cv-ketel niet meer toegestaan, dan is de keuze voor een hybride warmtepomp verplicht voor eigenaren

van grondgebonden woningen⁵. De investering in en ruimtelijke inpassing van een hybride warmtepomp is kleiner dan in een volledig elektrische warmtepomp, maar de milieuwinst en energiebesparing ook: er wordt nog steeds aardgas gebruikt om het warme tapwater te produceren. Wel is er een besparing tot circa 50% van het gasverbruik mogelijk, maar in plaats van gas krijg je wel een hoger elektraverbruik. Echter werkt een warmtepomp efficiënter dan een cv-ketel waardoor er een reductie van de CO₂-uitstoot van circa 25% te behalen valt.

Conclusie: De hybride warmtepomp wordt als mogelijke tussenoplossing gezien voor de woningen in Coevering en Kerkakkers. Op een later moment kan dan gekozen worden voor een volledig elektrische warmtepomp, of eventueel voor een warmtenet (als uit nader uitwerking blijkt dat dit nog steeds de beste oplossing voor de wijk is). In hoofdstuk 5 wordt de hybride warmtepomp doorgerekend als alternatieve warmtevoorziening.

3.2 Aardgasvrije infrastructuur 1: Toepassing van duurzaam gas

Om aardgas te vervangen, maar wel de huidige aardgasinfrastructuur te behouden, wordt vaak gesproken over de toepassing van duurzaam gas. Met verbranding van een duurzaam gas kan (net als met aardgas) water opgewarmd worden tot een hoge temperatuur. Dat betekent dat het verwarmen met duurzaam gas dezelfde warmte oplevert als verwarmen met aardgas, waardoor gebouwen niet ingrijpend hoeven te worden veranderd. Door middel van een speciale cv-ketel kan een woning (en het douche- en kraanwater) met duurzaam gas verwarmd worden. Duurzaam gas kan grofweg opgedeeld worden in biogas of in waterstofgas.

3.2.1 Biogas

Biogas, ook wel groen gas genoemd, wordt geproduceerd door het vergisten van organisch restmateriaal zoals slib, GFT-afval en dierlijke restproducten zoals koeienmest. De netbeheerders voegen biogas toe aan het aardgas, zodat minder aardgas wordt verbruikt. In 2021 was het aandeel van groen gas in het totale gasverbruik van Nederland circa 0,5%.

Er zal in de komende decennia wel wat meer biogas worden geproduceerd maar er is in Nederland helaas niet voldoende biomassa beschikbaar om op vergelijkbaar grote schaal als aardgas biogas te produceren. Dat betekent dat we zuinig om moeten gaan met dit schaarse gas. Biogas kan een mooie oplossing zijn voor historische gebouwen of monumenten die niet voldoende aangepast kunnen (of mogen) worden om op lagere temperatuur te worden verwarmd met een aardgasvrij alternatief. Of voor een boerderij waar van zelf geproduceerd organisch restmateriaal genoeg biogas kan worden gemaakt voor eigen gebruik. Vanuit het oogpunt van de energietransitie kan groen gas het best worden ingezet voor hoogwaardige toepassingen waarvoor geen goede alternatieven voor aardgas zijn, zoals de industrie.

Er is in de gemeente Geldrop-Mierlo geen potentiële biogasproducent aanwezig. Enexis, de netbeheerder in gemeente Geldrop-Mierlo, heeft een visie ontwikkeld omtrent biogas. De ambitie van het klimaatakkoord is om in 2030 ongeveer 2 miljard m³ groen gas in te voeden op het gasnet. In 2020 was dit 200 miljoen m³. Ook Enexis ziet de toepassing van groen gas vooral voor woningen die niet goed geïsoleerd kunnen worden, voor in de industrie of als brandstof voor elektriciteitscentrales.⁶

Conclusie: Biogas wordt op dit moment niet als kansrijke optie gezien voor de wijk, omdat het bedoeld is voor de oudere gebouwen waarvan er maar enkele zijn in Coevering en Kerkakkers.

⁵ Hierop zijn een aantal uitzonderingen, zie ook:

<https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/maatregelen/duurzaam-verwarmen/warmtepomp/hybride-warmtepomp-verplicht>

⁶ <https://www.enexisgroep.nl/actuele-themas/aardgasvrije-wijken/groen-gas/#:~:text=Enexis%20Groep%20ziet%20groen%20gas,miljoen%20m3%20groen%20gas%20ingevoed.>

3.2.2 Waterstof

Waterstof is een energiedrager en moet dus eerst gemaakt worden. Dit kan op verschillende manieren:

- Grijze waterstof:
Vrijwel alle waterstof die op dit moment wereldwijd wordt geproduceerd is zogeheten 'grijze waterstof' en wordt met aardgas als grondstof geproduceerd.
- Blauwe waterstof
Blauwe waterstof wordt gemaakt van aardgas of kolen. Het verschil met grijze waterstof is, dat de CO₂ die bij de productie vrijkomt, wordt afgevangen en vervolgens opgeslagen, bijvoorbeeld in lege gasvelden op zee.
- Groene waterstof
Bij groene waterstof wordt waterstof gemaakt met elektriciteit, door een proces dat elektrolyse wordt genoemd. Pas wanneer die benodigde elektriciteit duurzaam opgewekt is, spreek je van groene waterstof.
- Witte waterstof
Tenslotte wordt op dit moment onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van natuurlijke waterstof in de bodem, dit wordt 'witte waterstof' genoemd. Het potentieel ervan is nog onbekend.

Waterstof kent een aantal voordelen.

Het is mogelijk om waterstof op te slaan (bijvoorbeeld in tanks, in zoutcavernes of onder lege gasvelden), waardoor het later in het jaar gebruikt kan worden. Een ander voordeel is dat met het verbranden van waterstof, net als met biogas, warmte op hoge temperaturen kan worden gemaakt. Bij toepassing in een woning houdt dat in dat er géén aanpassingen nodig zijn aan het bestaande afgiftesysteem (radiatoren). Overigens zijn wel aanpassingen in het leidingnetwerk van het gasnet nodig (spoeling en koppelstukken aanpassen).

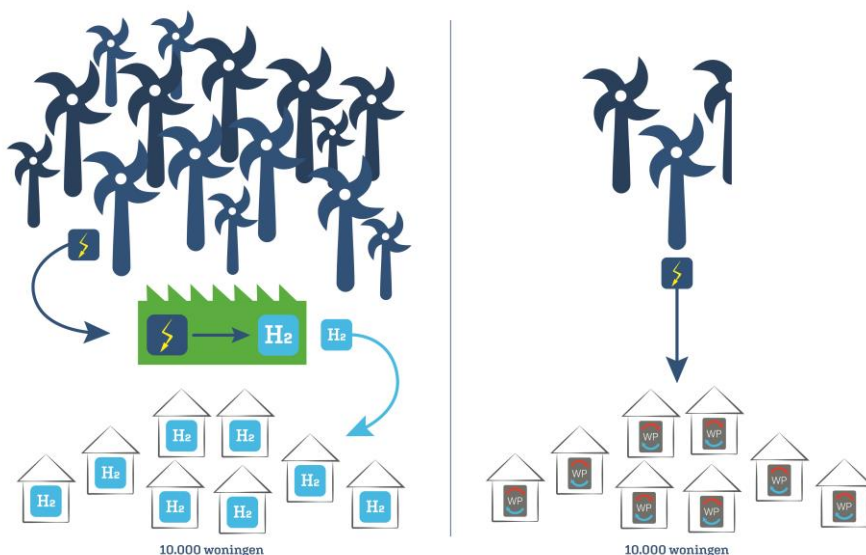
Naast deze voordelen spelen er ook een aantal uitdagingen.

Efficiëntie en duurzaamheid:

Wanneer waterstof wel via elektrolyse wordt geproduceerd, is de efficiëntie van dit proces een belangrijk aandachtspunt. Bij de omzetting van elektriciteit naar waterstof via elektrolyse gaat circa 30% energie verloren. Direct groene elektriciteit gebruiken is dus efficiënter en duurzamer dan het eerst omzetten in waterstof. Daarnaast is er in de praktijk nog géén overschot van zonnestroom en windenergie in Nederland.

In onderstaande afbeelding is deze efficiëntie ook in beeld gebracht. Om 10.000 woningen met een warmtevraag van 5 kW te verwarmen met waterstof zijn er ongeveer 15 windmolens nodig om de benodigde elektriciteit op te wekken. Zou je deze zelfde woningen verwarmen met een luchtwarmtepomp (COP van 4), dan zijn er maar 2,5 windmolens nodig voor de bijbehorende elektriciteitsvraag.

Afbeelding 14 – Efficiëntie van warmte uit waterstof tegenover efficiëntie warmtepomp



Als heel Nederland overstapt op groene waterstof voor de gebouwde omgeving, betekent dit dat er extra windmolens en zonnepanelen gerealiseerd dienen te worden, waar beperkt ruimte voor is.

Kosten

Het produceren van waterstof kost momenteel meer dan het produceren van aardgas. Omdat op dit moment alleen in enkele pilotwijken van waterstof gebruik wordt gemaakt is nog onduidelijk hoe waterstof belast gaat worden. Vanwege de schaarse beschikbaarheid en de productiekosten is de verwachting dat de gebruikskosten relatief hoog zullen zijn.

Veiligheid

Waterstof is ook iets gevaarlijker dan aardgas. Het is een vluchtigere stof dan aardgas, waardoor het sneller kan lekken in de gasleidingen. Daarnaast is waterstof, net als aardgas, brandbaar en explosief. Het borgen van veiligheid is bij de toepassing van waterstof dus een aandachtspunt.

Toepassing waterstof

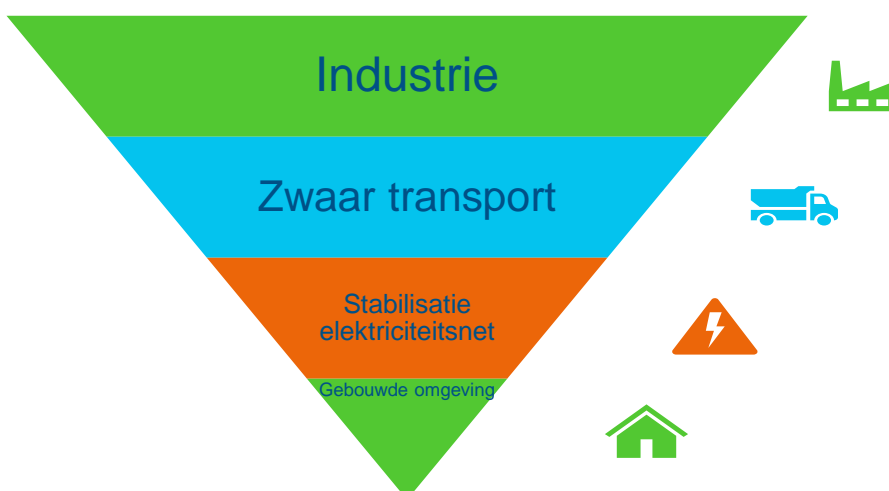
Waterstof kan zeker een bijdrage leveren aan de energietransitie, maar dan voornamelijk voor sectoren zoals de industrie (vanwege de benodigde hoge temperaturen) of zwaar transport (energieopslag voor grote afstanden). Natuur en Milieu heeft een waterstofladder opgezet waarin aangegeven is waarvoor waterstof vanuit duurzaamheidsoogpunt het beste toegepast kan worden (zie afbeelding 15).

Netbeheerders en het ministerie van Economische Zaken stellen dat de inzet van groene waterstof zeker tot 2035 beperkt blijft tot de industrie, elektriciteitsvoorziening en zwaar transport. Netbeheerder Enexis geeft in haar visie op waterstof aan dat waterstof in de toekomst wellicht als piekvoorziening kan dienen voor hybride systemen.

Conclusie: Om bovenstaande redenen zien we waterstof op korte termijn niet als een kansrijk alternatief voor aardgas in Coevering en Kerkkackers. Netbeheerder Enexis ziet een rol voor waterstof als piekvoorziening, maar geeft aan dat deze toepassing een lagere prioriteit heeft dan het dienen als energiebuffer, grondstof en warmtebron voor de industrie.⁷

Afbeelding 15 – De waterstofladder (bron: Natuur en milieu⁸).

De Waterstofladder



⁷ <https://www.enexisgroep.nl/actuele-themas/aardgasvrije-wijken/waterstof/#:~:text=Onze%20visie,bestaande%20gasnetten%20gedistribueerd%20kan%20worden.>

⁸ <https://natuurenmilieu.nl/publicatie/waterstof-de-waterstofladder/>

3.3 Aardgasvrije infrastructuur 2: Toepassing warmtenet

Een andere mogelijkheid voor een aardgasvrije infrastructuur kan een warmtenet zijn op basis van een duurzame warmtebron. Een warmtenet is een infrastructuur waarbij meerdere gebouwen door dezelfde warmtebron verwarmd worden. Afhankelijk van het temperatuurniveau van het warmtenet, kan de warmte met of zonder tussenkomst van een warmtepomp worden gebruikt voor verwarming en warm tapwater. Een aansluiting op een warmtenet zonder tussenkomst van een warmtepomp kan via een afleverset in de meterkast in een woning (zie afbeelding 16). Er is op dit moment geen (lokaal) warmtenet aanwezig in (de buurt van) Kerkkokers en Coevering.

Afbeelding 16 – Afhankelijk van type warmtenet is er of een warmtepomp nodig (links, benodigde ruimte circa 2x1 m) of een afleverset (rechts, past in meterkast, 600x600 cm) in de woning (bron: statenwarmte.nl)






3.3.1 Algemene informatie warmtenet

Temperatuurniveau

Een warmtenet kan verschillende bronnen gebruiken, met verschillende temperatuurniveaus. Een warmtenet kan warmte leveren op midden temperatuur (hierna MT), laag temperatuur (hierna LT) en zeer lage temperatuur (hierna ZLT).

Tabel 3 – Verschillende temperatuurniveaus van een warmtenet

Temperatuurniveau	Type leidingen in wijk	Mogelijke afgifte	Impact in woning
MT-warmtenet (70 °C)	Geïsoleerde leidingen	Verwarming + tapwater	Kleine afleverset 
LT-Warmtenet (50 °C)	Geïsoleerde leidingen	Alleen verwarming Tapwater aparte boiler	Afleverset met booster warmtepomp 
ZLT-Bronnet (max. 15 °C)	Ongeïsoleerde leidingen	Verwarming + koeling Tapwater aparte boiler	Warmtepomp met boilervat 

Niet alleen de bron bepaalt het temperatuurniveau van een warmtenet. Het is namelijk ook mogelijk om met een centrale warmtepomp de temperatuur van de bron te verhogen, waardoor met een (Z)LT- warmtebron een MT-warmtenet kan worden gerealiseerd. Er zijn twee situaties mogelijk.

1. Centraal opwaarderen naar gewenste temperatuur

In deze configuratie komt er een centrale warmtepompcentrale⁹ die de warmte opwaardeert naar het wenselijke temperatuurniveau. Vervolgens wordt deze warmte via ondergrondse leidingen naar de gebouwen gebracht. Hierdoor is er dus een LT- of MT-warmtenet gecreëerd. Dit is mogelijk met zowel ZLT als LT bronnen.

⁹ Let op, het aanvragen van een grootverbruiksaansluiting voor een centrale warmtepomp is momenteel door netcongestie niet mogelijk, zie ook [paragraaf 3.4](#)

2. Decentraal opwaarderen naar gewenste temperatuur

In deze configuratie wordt de warmte uit de bronnen naar elk gebouw gebracht. Is het een MT-warmtebron dan staat er in elk gebouw een afleverset. Is het een (Z)LT warmtebron dan staat er in elk gebouw vervolgens een warmtepomp die de warmte naar de gewenste temperatuur brengt. In het laatste geval ontstaat een flexibel net waarbij elk gebouw zelf kan bepalen hoe hoog de temperatuur dient te zijn. Is er sprake van een ZLT-bron dan treedt er ook minder warmteverlies op, doordat er in de ondergrondse leidingen water met lage temperaturen (circa 15 graden) loopt. Dit principe wordt een ZLT-bronnet genoemd. Het is met dit systeem ook mogelijk om koude te leveren aan de gebouwen.

Wanneer toepassen

Voor de financiële en organisatorische haalbaarheid van een warmtenet in de bestaande omgeving bestaan de volgende randvoorwaarden:

- Hoge warmtevraag (> 600 GJ/hectare) en hoge bouwdichtheid (> 35 woningequivalenten/hectare)
- Beperkt aantal gebouweigenaren

De realisatie van een lokaal warmtenet is met name interessant bij een hoge(re) warmtevraag, en daarmee meer geschikt voor bestaande bouw dan nieuwbouw. Een warmtenet brengt namelijk hoge (voor)investeringen met zich mee, die terugverdiend moeten worden met de verkoop van (een aanzienlijke hoeveelheid) warmte. Warmtenetten zijn duur vanwege het leidingwerk, het warmteverlies tijdens het transport naar de woningen en de energie die nodig is om de warmte te transporteren. Daarom is een warmtenet vooral geschikt voor wijken met een hoge bouwdichtheid (>35 woningen/hectare) en met een aandeel van verzekerde afname door woningcorporaties. Bij een lagere bouwdichtheid/warmtevraag zullen de investeringskosten en het distributieverlies per woning te hoog zijn en de warmteafzet per hectare te laag worden voor een rendabele business case.

Een groot voordeel van een MT-warmtenet is dat er weinig aanpassingen nodig zijn in woningen om op een warmtenet aan te sluiten. Daarnaast is een warmtenet-infrastructuur ook veiliger dan een gasinfrastructuur. Er lopen namelijk geen gasleidingen meer door woningen.

3.3.2 Potentie warmtenet

Zoals hierboven aangegeven zijn er enkele randvoorwaarden voor een financieel haalbaar warmtenet, zoals de bouwdichtheid, schaalgrootte en warmtevraag. De factor 'eigenaarschap' heeft ook invloed op de haalbaarheid: woningcorporatiebezit zorgt ervoor dat de hoeveelheid eigenaren in een gebied dat een besluit moet nemen om aan te sluiten, kleiner en dus overzichtelijker is.

Een kleiner lokaal warmtenet in een bestaande wijk is in de meeste gevallen duurder dan een oplossing op gebouwniveau, door de relatief hoge kosten van het plaatsen van leidingwerk in een bestaand gebied. Om die reden onderzoeken we de kansen voor een warmtenet in beide wijken op wijkniveau, en niet op deelgebiedsniveau.

Daarnaast dient er in het geval van een duurzaam en aardgasvrij warmtenet, een duurzame warmtebron benut te worden. Er zijn verschillende bronnen mogelijk voor een warmtenet. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden op basis van de temperatuur die uit de bron kan komen. Als eerst worden de mogelijke MT-warmtebronnen gegeven. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de potentie van mogelijke (Z)LT-warmtebronnen.

MT bronnen

Een MT-warmtebron levert warmte met een aanvoertemperatuur hoger dan 70 graden. Het voordeel van deze bron is dat er geen grote aanpassingen in de woning nodig zijn om aan te sluiten op het warmtenet.

Geothermiebron

Er zijn geen bestaande geothermie bronnen in de omgeving van Coevering en Kerkkackers. Geothermiebronnen halen hun warmte uit aardlagen dieper dan 2 kilometer onder maaiveld. Het aanleggen van een geothermiebron is een complexe operatie. Er worden twee putten geboord tot een diepte van maximaal 4000 meter. Uit de ene put wordt warm water omhoog gepompt (met een temperatuur van minimaal 70 °C). Deze warmte wordt via een warmtewisselaar afgegeven, waarna het afgekoelde water de andere put ingaat. Het is duurt lang om een geothermiecentrale te plaatsen; de projectontwikkeling duurt 2 tot 6 jaar, waarna de realisatie nog 2 jaar duurt. Dit komt doordat bij het boren van de putten er vaak ook ongewenst gas of olie geboord wordt. Daarnaast vraagt een geothermiebron hoge investeringskosten en dus ook een hoge warmte afname. De schaalgrootte van zowel Coevering en Kerkkackers is te klein om een rendabele business case voor geothermie te realiseren: hiervoor moet gedacht worden aan een schaal van minimaal 4.000 woningen en een bouwdichtheid van 50 woningen per hectare.

Er begint vanuit de gemeente Eindhoven en Best wel een onderzoek te lopen naar de mogelijke potentie van diepe geothermie in Eindhoven, Best en dus ook in Geldrop en Mierlo. Dit wordt gedaan in het kader van de SCAN¹⁰. De eerste resultaten worden verwacht in 2025.

Conclusie: Op basis van bovenstaande wordt het toepassen van diepe geothermie op dit moment niet als kansrijk gezien als bron voor een wijkwarmtenet. Over een aantal jaar kan opnieuw gekeken worden naar de uitkomst van het onderzoek om te bekijken of het een voor de hand liggende optie is om een toekomstig warmtenet in de toekomst te verwarmen met diepe geothermie. Het is ook mogelijk om een warmtenet dat nu op een andere bron wordt aangesloten, in de toekomst alsnog met geothermie te verwarmen.

(Z)LT bronnen

Mogelijke (Z)LT bronnen zijn:

- TEA (thermische energie uit afvalwater)
- TED (thermische energie uit drinkwater)
- TEO (thermische energie uit oppervlaktewater)
- WKO (warmte koude opslag)
- Restwarmtebronnen

De potentie van bovenstaande bronnen voor Coevering en Kerkkackers worden hieronder nader toegelicht.

TEA

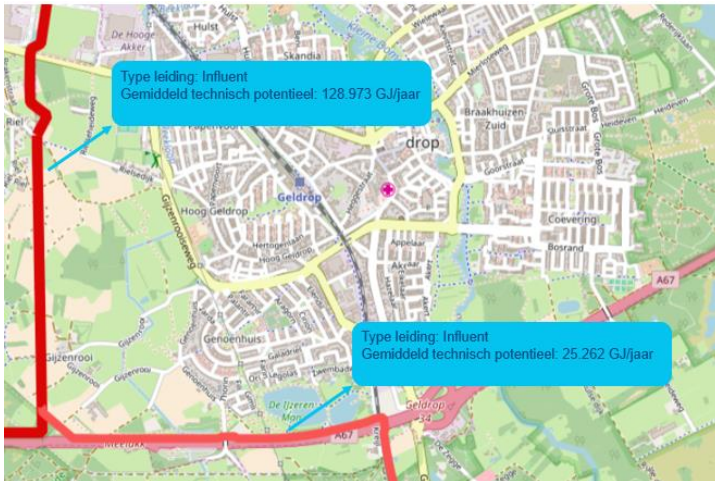
Het is mogelijk om warmte te onttrekken uit het afvalwater dat door persleidingen stroomt. Een voorwaarde hiervoor is dat deze persleidingen wel dicht in de buurt van de wijk moeten liggen.

Coevering:

In de omgeving van Coevering lopen twee influent-leidingen (toevoer afvalwater naar RWZI). Zie onderstaande afbeelding.

¹⁰ SCAN staat voor Seismische Campagne Aardwarmte Nederland. Met dit project wordt de ondergrond in kaart gebracht met als doel om na te gaan of de ondergrond geschikt is voor de ontwikkeling van aardwarmte. Op moment van schrijven is nog niet bekend wat de uitkomst van het SCAN onderzoek is voor het gebied van Geldrop-Mierlo.

Afbeelding 17- potentie TEA Coevering

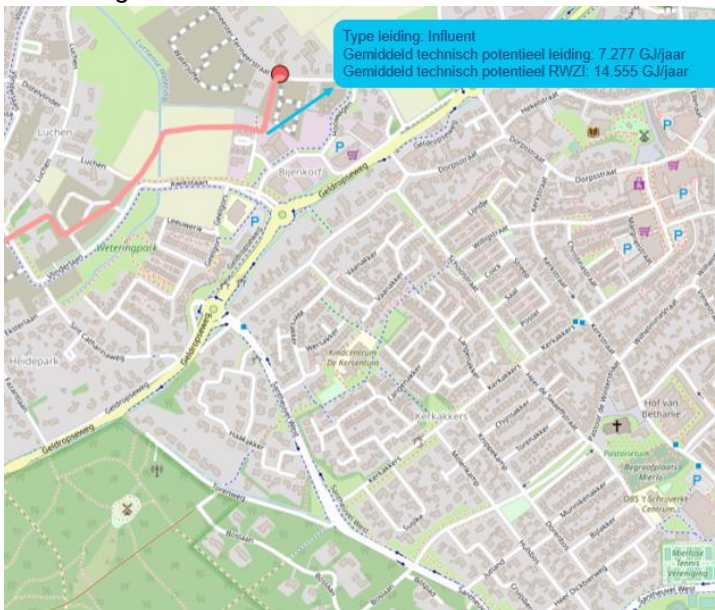


De leiding die dicht langs Coevering loopt, heeft te weinig potentie. De bron gebruiken voor een deel van de wijk achten we niet haalbaar door de hoge investeringskosten die met een klein aantal aansluitingen moet worden terugverdiend. De meest links gelegen leiding geeft in theorie voldoende potentie voor Coevering. Echter is de afstand te groot om een haalbare businesscase te realiseren. Voor een rendabele businesscase moet gedacht worden aan 500m-1km afstand. Bovendien wordt de warmte idealiter gewonnen uit effluent-leidingen (afvoer afvalwater). Door warmte uit een influent-leiding te halen, wordt het proces in een RWZI namelijk nadelig beïnvloed.

Kerkkackers:

In de buurt van Kerkkackers ligt een RWZI met een influent-leiding die daar naartoe loopt. In onderstaande afbeelding is de potentie van zowel de leiding als het RWZI weergegeven. Zowel de leiding als de RWZI heeft een te lage potentie als bron voor een wijkwarmtenet voor de wijk Kerkkackers. De bron gebruiken voor een deel van de wijk achten we niet haalbaar door de hoge investeringskosten die met een klein aantal aansluitingen moet worden terugverdiend.

Afbeelding 18 – Potentie TEA Kerkkackers



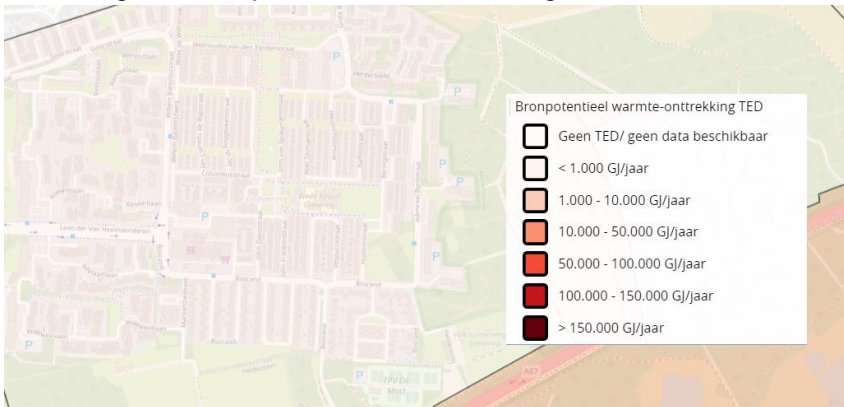
Conclusie: Gezien de afstand tot de wijken en het type leiding is het niet haalbaar om TEA toe te passen als bron voor een wijkwarmtenet in Coevering en Kerkkackers.

TED

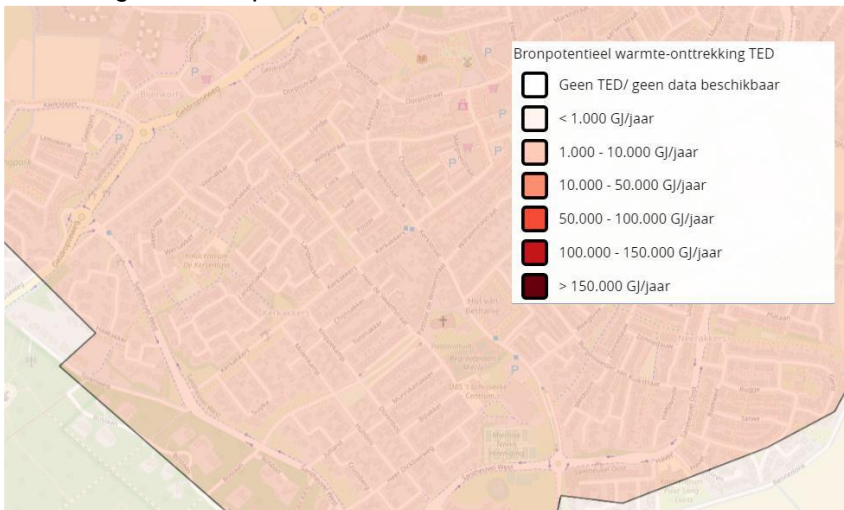
Naast bovengenoemde opties is het ook mogelijk om warmte uit drinkwater te onttrekken. In de zomer kan de leiding van het drinkwater gekoeld worden, dit verhoogt ook het comfort van de bewoners door kouder

drinkwater in de woningen. Zowel voor Coevering als Kerkkackers is de potentie van TED helaas te klein: minder dan 10.000 GJ/jaar. De bron gebruiken voor een deel van de wijken achten we niet haalbaar door de hoge investeringskosten die met een klein aantal aansluitingen moet worden terugverdiend.

Afbeelding 19 – Bronpotentieel TED Coevering¹¹



Afbeelding 20 – Bronpotentieel TED Kerkkackers



Conclusie: Vanwege het te kleine bronpotentieel is het voor beide wijken geen kansrijke optie om TED toe te passen als bron voor een wijkwarmtenet.

TEO

Het is ook mogelijk om energie te halen uit oppervlakte water (TEO: thermische energie uit oppervlaktewater). In de zomer (en een deel van de lente en herfst) is de temperatuur in de meeste oppervlaktewaterlichamen hoog genoeg om te kunnen gebruiken als warmtebron in combinatie met een warmtepomp. Door warmte uit het oppervlaktewater te onttrekken, kan het waterlichaam iets afkoelen. Bij te kleine oppervlaktewaterlichamen (slootjes, vijvers) kan onvoldoende energie worden onttrokken zonder het water te veel af te koelen. Er is dus een bepaald volume water vereist.

Coevering

In eerste instantie lijkt de potentie uit de Kleine Dommel, die dicht langs de wijk Coevering stroomt, ongeveer 77.000 GJ/jaar (ook voor het balanceren van een WKO-systeem). Echter, is dit sterk afhankelijk van hoeveel van dit debiet er mag worden onttrokken ten behoeve van warmtewinning. Aangezien het nog onbekend is wat het effect is op de ecologie, stuurt waterschap "De Dommel" nu op 10% onttrekking. Dit betekent dat de Kleine Dommel te weinig potentie heeft voor Coevering. De onttrekking dient ongeveer 50% te zijn, om voldoende potentie te realiseren.

¹¹ [Aquathermie - Aquathermie \(omgevingswarmte.nl\)](http://Aquathermie - Aquathermie (omgevingswarmte.nl))

Vooralsnog is TEO (ook voor het balanceren van een WKO-systeem) daarom geen realistische optie om de gehele wijk Coevering van warmte te voorzien. Toch is deze optie wel meegenomen in de analyses in dit onderzoek. Dit heeft er mee te maken dat pas in een latere onderzoeksfase na meerdere overleggen met De Dommel kon worden geconcludeerd dat vanwege de onzekerheid van de ecologische effecten onvoldoende warmte mag worden onttrokken. In dat stadium van het onderzoek waren de technische- en financiële consequenties al onderzocht.

Eventueel is het technisch gezien wel mogelijk om een gedeelte van de wijk (ca. 20%) van warmte te voorzien met TEO (in combinatie met WKO), bijvoorbeeld de hoogbouw aan de westzijde van de wijk. Daarvoor is immers wel voldoende debiet beschikbaar bij 10% onttrekking. Echter wordt de schaal van het warmtenet hiermee klein, waardoor de financiële haalbaarheid laag wordt ingeschat en een individuele oplossing goedkoper zal zijn. Om die reden is deze mogelijkheid dan ook niet als aparte variant meegenomen in het onderzoek.

Afbeelding 21 – Potentie TEO Coevering (hoe roder des te hoger potentie, maximale potentie staat in de afbeelding benoemd)



Kerkkackers

Ook in Kerkkackers is nabijgelegen oppervlaktewater (zowel Eindhovensch kanaal als de Goorloop). Na overleg met de waterschappen blijkt de potentie van zowel het Eindhovensch kanaal als de Goorloop niet toereikend genoeg voor het leveren van warmte aan de wijk Kerkkackers. Het water in het Eindhovensch kanaal is stilstaand water, waardoor het benodigd debiet waarschijnlijk niet gehaald kan worden. De Goorloop heeft nog een lager debiet dan het Eindhovensch kanaal, waardoor de potentie uit dit water niet toereikend is voor het voeden van een wijkwarmtenet.

Afbeelding 22 – Potentie WKO Kerkackers (hoe roder des te hoger potentie, maximale potentie staat in de afbeelding benoemd)



Conclusie: Het toepassen van TEO is in zowel Coevering als Kerkackers niet haalbaar.

Voor de Coevering is deze warmtebron wel meegenomen in de analyses, omdat pas in een latere onderzoeksfase kon worden geconcludeerd dat TEO onvoldoende potentie heeft als warmtebron voor de wijk Coevering, na meerdere overleggen met Waterschap “De Dommel”.

WKO-bronnet

Het is mogelijk om warmte uit WKO-bronnen (Warmte-Koude-Opslag) te halen. Als bron wordt het grondwater in de bodem gebruikt middels een open systeem. Het grondwater wordt opgepompt waarna er warmte aan wordt onttrokken, gebruikt voor verwarming, en het dan afgekoelde water wordt opgeslagen in een koudebron. In de zomer wordt (eventueel) koude uit die bron onttrokken ten behoeve van gebouwkoeling, waarna het door het gebouw opgewarmde water wordt opgeslagen in de warmtebron als warm water voor de winter. Er dient echter wel een thermische balans in de bodem worden behouden, wat betekent dat er evenveel koude als warmte dient te worden onttrokken. Als de koudevraag van de gebouwen niet even groot is als de warmtevraag, dient extra warmte aan het grondwater te worden toegevoegd middels regeneratievoorzieningen (door bijvoorbeeld TEO, TED of TEA of toepassing van droge koelers of zonthermie).

In zowel Kerkackers als Coevering geldt dat je niet onder de kleilaag mag komen met een bodemenergiesysteem. Het is wel mogelijk om een diepte tot ongeveer 100 meter te behalen. Een eerste inschatting geeft aan dat rond deze diepte nog een behoorlijke potentie te behalen valt.

Onze partner IF Technology heeft in opdracht van Merosch een nadere QuickScan uitgevoerd. Hieruit is het volgende gekomen:

Mag het?

Ja. De projectlocatie ligt niet in een restrictiegebied voor open bodemenergiesystemen (zoals een grondwaterbeschermingsgebied, waterwingebied of boringsvrije zone). Ook ligt de locatie niet binnen een bodemenergieplan met ordeningsregels of in een interferentiegebied.

Kan het?

Ja. De bodem kan opgedeeld worden in een aantal watervoerende pakketten. De locatie wordt vanuit bodemtechnisch oogpunt geschikt geacht voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem. Hiervoor is het eerste watervoerende pakket het meest geschikt. De maximale boordiepte bedraagt ongeveer 100 m. Gerealiseerde open bodemenergiesystemen in Geldrop-Mierlo en omgeving (Eindhoven/Helmond) hebben een maximale broncapaciteit van 100 tot 140 m³/uur.

Aandachtspunten

Ondiep is een waterkwaliteitsovergang in het grondwater aanwezig. De locatie ligt nabij een natuurgebied. In de omgeving van beide wijken zijn meerdere open en gesloten bodemenergiesystemen aanwezig. Met deze aandachtspunten dient bij de inpassing en het bronontwerp van een nieuw bodemenergiesysteem rekening gehouden te worden.

Conclusie

Op voorhand zien wij geen belemmeringen voor het toepassen van een open bodemenergiesysteem op de locatie. Enkele benoemde aandachtspunten voor het vervolgtraject zijn van toepassing.

Vervolgtraject

Wij adviseren om het vanuit het Protocol SIKB 11001 (Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud ondergronds deel van bodemenergiesystemen) verplichte geohydrologisch ontwerp op te laten stellen, waarin nader ingegaan wordt op de haalbaarheid en de risico's goed in beeld worden gebracht.

Conclusie:

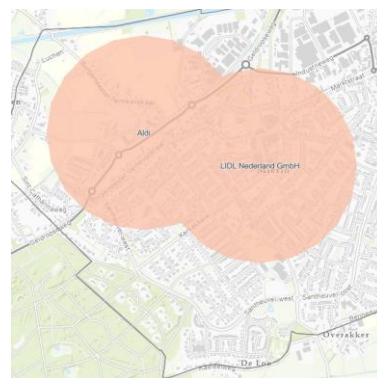
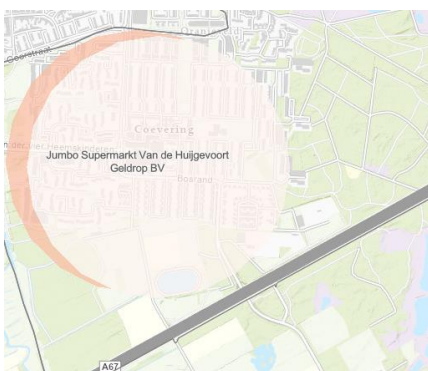
Een WKO-bron lijkt voor zowel Coevering als Kerkkackers een haalbare warmtebron voor een wijkwarmtenet. Echter dient de WKO-bron wel thermisch in balans gehouden te worden. Gedurende een groot gedeelte van het onderzoek leek het erop dat TEO hiervoor geschikt zou zijn in de wijk Coevering. Later, na meerdere overleggen met waterschap "De Dommel", is echter gebleken dat TEO niet haalbaar is voor deze wijk. Alternatieven, zoals regeneratie met PVT-panelen, nemen veel ruimte in beslag (zie onderstaand). Hierdoor is het voor Coevering waarschijnlijk niet haalbaar om WKO-bronnen toe te passen. Toch is in de analyses wel gerekend met WKO en TEO, omdat pas in een latere onderzoeksfase kon worden vastgesteld dat de potentie van TEO te laag is.

In Kerkkackers is het niet mogelijk om te regenereren met thermische energie uit oppervlaktewater. Een alternatief zou het toepassen van PVT-panelen zijn. Om voldoende thermisch balans te realiseren, zijn er ongeveer 6.700 aan PVT-panelen nodig. Dit is ongeveer net zo groot als twee voetbalvelden. Dat deze ruimte op daken of in de openbare ruimte gevonden wordt lijkt niet waarschijnlijk. Hierdoor is het voor Kerkkackers waarschijnlijk niet haalbaar om WKO-bronnen toe te passen.

Restwarmtebronnen

In afbeelding 23 zijn de overige restwarmtebronnen die volgens de RVO warmteatlas toegepast kunnen worden, aangegeven. Het gaat hier in beide wijken om het toepassen van restwarmte van supermarkten. Echter is hier in de praktijk weinig warmte aan te onttrekken (787 GJ per jaar vanuit de Aldi en 3.900 GJ per jaar vanuit de Jumbo in Coevering en in Kerkkackers 1.800 GJ per jaar uit de Lidl en 3.900 GJ per jaar uit de Aldi) waardoor wij de toepassing voor Coevering en Kerkkackers niet kansrijk achten.

Afbeelding 23 – Restwarmtebronnen Coevering (links) en Kerkkackers (rechts)



Conclusie: Het toepassen van restwarmtebronnen is niet haalbaar voor de wijken Coevering en Kerkkackers.

3.4 Aardgasvrije infrastructuur 3: Toepassing All-electric net

Een alternatief voor een gas- of warmtenet, is een enkelvoudig 'all-electric'-net. Dat wil zeggen, het tevens benutten van het elektriciteitsnet voor de warmtevraag, waardoor de elektriciteitsinfrastructuur de enige energie-infrastructuur wordt. Daardoor worden de kosten van een dubbel energienet (bij het toepassen van bijvoorbeeld een gasnet of warmtenet) vermeden. Het ruimtebeslag in de openbare ruimte is daardoor kleiner, maar nog wel aanwezig, in de vorm van de uitbreiding van onderstations van de netbeheerder en bijvoorbeeld netverzwaring.

Een warmtevoorziening in de vorm van een all-electric net kan meer modulair worden opgebouwd dan een warmtenet en is daarmee flexibeler. Een nadeel van het toepassen van een all-electric-net is de genoemde verzwaring van het elektriciteitsnet met bijbehorende maatschappelijke kosten.

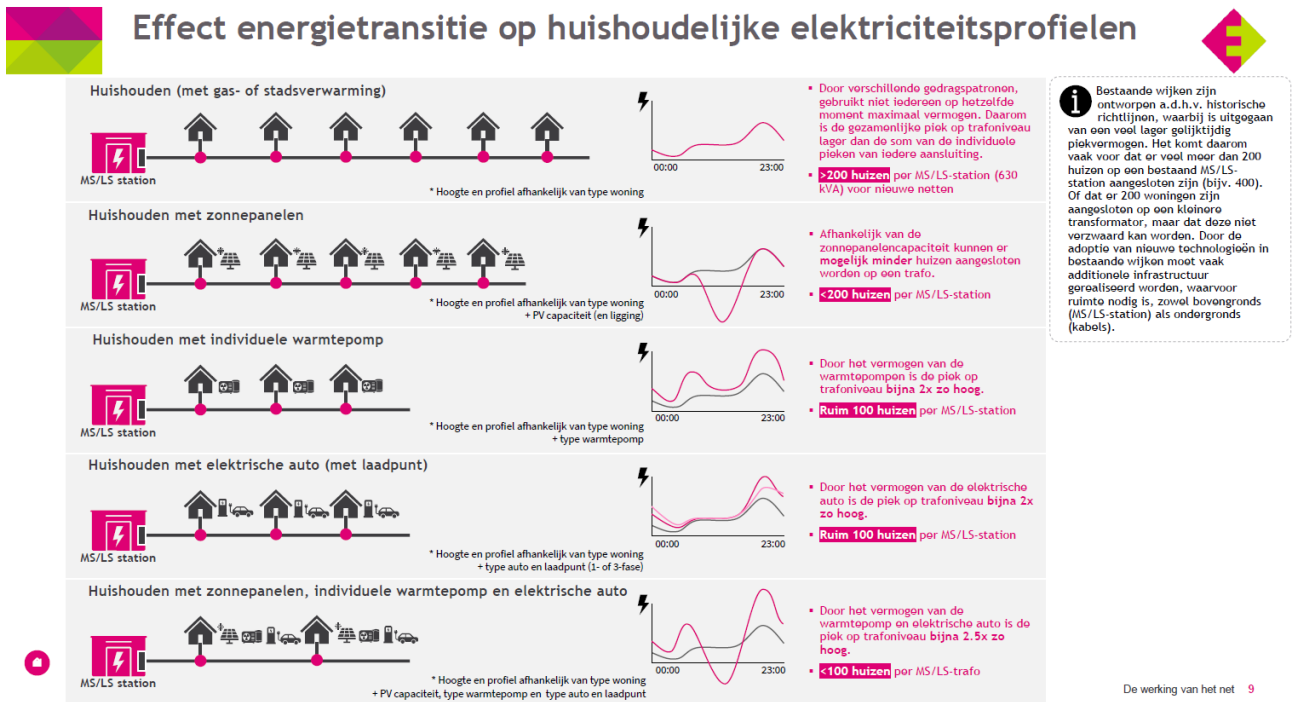
Netcongestie

In een groot deel van Nederland is op dit moment sprake van 'netcongestie', oftewel druk op het elektriciteitsnetwerk als het gaat om het afnemen en leveren van elektriciteit. De energietransitie, de transitie naar elektrisch rijden en economische ontwikkelingen (zoals de hoge aardgasprijzen in 2022) zorgen ervoor dat het gebruik van elektriciteit, elektrisch vervoer, en de toepassing van zonnepanelen door particulieren groeit. Het elektriciteitsnetwerk kan deze snelle groei niet overal bijbenen, waardoor netcongestie ontstaat. Dit zorgt ervoor dat nieuwe grootverbruiks-aansluitingen op sommige plekken soms niet kunnen worden afgegeven, of dat het aansluiten van nieuw geplaatste zonnepanelen op het elektriciteitsnet niet altijd mogelijk is.

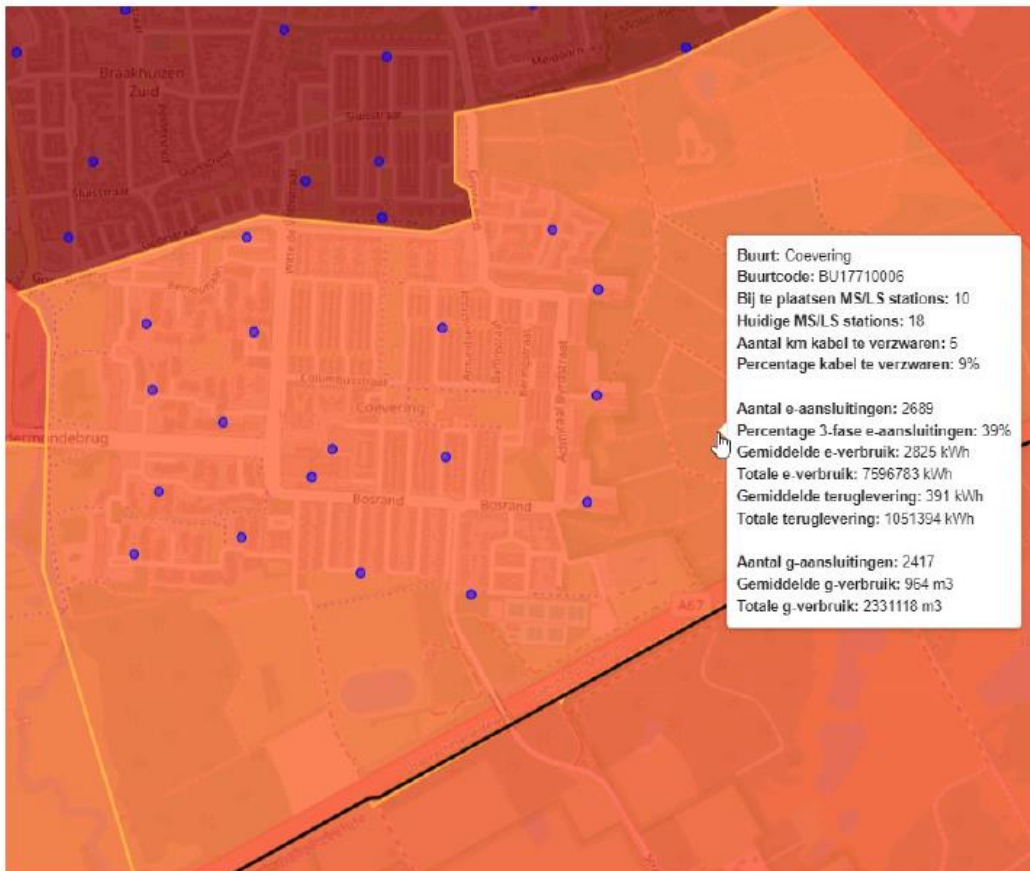
Om inzicht te krijgen in de huidige situatie in de wijken Coevering en Kerkkokers, en het mogelijke effect van een 'all-electric' warmtevoorziening in deze wijken, is gesproken met netbeheerder Enexis. De netbeheerder gaf aan zich in beide wijken voor te bereiden op een groei van het aantal zonnepanelen, elektrische auto's en warmtepompen. Met andere woorden; de uitbreiding van de netstations in de wijk en het verzwaren van de kabels wordt integraal aangepakt, en niet als aparte uitbreiding voor ofwel de transitie naar aardgasvrij, ofwel de transitie naar elektrisch vervoer. Dit wordt ook zichtbaar in afbeelding 24.

Enexis maakt gebruik van een model om een prognose te maken van de benodigde uitbreiding op CBS-wijkniveau. Voor de wijk Coevering gaat Enexis uit van het bijplaatsen van 10 midden- of laagspanningsstations in de wijk (er zijn er op dit moment 18) en het verzwaren van 5 kilometer kabels. Daarnaast geldt op dit moment in Coevering een wachtlijst voor het verkrijgen van een grootverbruiks-aansluiting. De wijk Kerkkokers is geen CBS-wijk, dus daar geldt de prognose voor heel Mierlo, waarbij uit wordt gegaan van 59 extra midden- of laagspanningsstations en het verzwaren van 28 kilometer kabels.

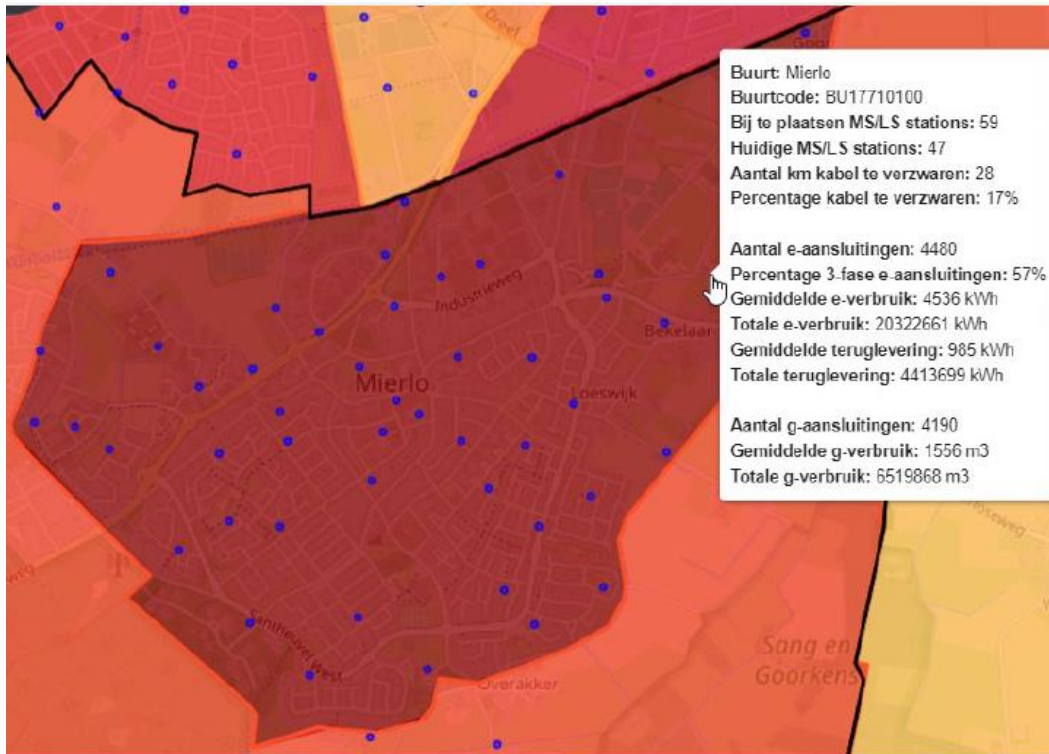
Afbeelding 24 – visualisatie van het aantal benodigde netstations. Bron: Enexis, wijkgerichte aanpak Geldrop-Mierlo



Afbeelding 25 – Prognose Coevering. Bron: Enexis, wijkgerichte aanpak Geldrop-Mierlo



Afbeelding 26 – Prognose Mierlo. Bron: Enexis, wijkgerichte aanpak Geldrop-Mierlo



Conclusie: Enexis bereidt zich voor op het verzwaren van de netcapaciteit in de wijken Coevering en Kerkkackers. Dit is nodig, los van de groei van het aantal warmtepompen of de eventuele komst van een warmtenet. In de Coevering dient bij de komst van een eventueel warmtenet rekening gehouden te worden met een wachtlijst voor grootverbruiksaansluitingen. Het is nog niet bekend wanneer de werkzaamheden van Enexis afgerond zijn. Het is wel mogelijk om je huidige kleinverbruiksaansluiting te verhogen naar max 3x80A. Hiervoor zijn er geen aanpassingen nodig aan het net. Dit betekent dat netcongestie nog geen gevolgen heeft voor individuele all-electric oplossingen. Het is nog onzeker of dit in de toekomst ook zo blijft.

All-electric warmtevoorzieningen

Als warmtevoorziening bij een 'all-electric'-net zijn er verschillende bewezen technieken mogelijk.

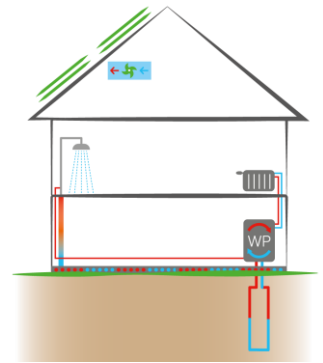
Warmtepompen

Van de verschillende all-electric opties, ligt het toepassen van een elektrische warmtepomp het meest voor de hand, vanwege het hoge rendement. Dat rendement is hoog wanneer er warmte op een lagere temperatuur wordt gemaakt dan de cv-ketel doet: dan kan met een beperkte hoeveelheid elektriciteit en een aandeel duurzame warmte (uit lucht of bodem) de benodigde temperatuur worden behaald. Voor een hogere temperatuur is het aandeel elektriciteit groter, en het rendement dus lager. Om bestaande gebouwen geschikt te maken betekent dit, dat mogelijk aanpassingen in isolatie en afgiftesysteem dienen te worden gedaan. Groot voordeel van een 'all-electric'-net is wel dat er op gebouwniveau kan worden bepaald welke warmtevoorziening het beste aansluit bij de wensen en eisen. Indien bijvoorbeeld koeling is gewenst, kan door de toepassing van een elektrische warmtepomp in combinatie met bodemwarmtewisselaars of warmtekoelopslag (WKO) hierin op een duurzame manier worden voorzien. In tegenstelling tot een warmtenet, is een 'all-electric'-net hiermee dus maximaal flexibel en niet afhankelijk van een hoge bouwdichtheid of woningcorporatiebezit. Een belangrijk aandachtspunt is de benodigde ruimte in een woning voor het plaatsen van een warmtepomp (afmetingen 2x1m). Voor warm water productie (bijvoorbeeld voor een bad en douche) is het ook nodig om een boiler te plaatsen.

Hieronder worden de verschillende all-electric oplossingen nader toegelicht.

Toepassing van bodemwarmtepomp

Bij een warmtepomp in combinatie met bodemwarmtewisselaars wordt een warmtepomp in de woning geplaatst. Bij de voor- of achtergevels van de woningen wordt een gat van circa 100 meter diep geboord, waardoor een kunststof buis wordt getrokken waardoor water of een middel met antivriesvloeistof loopt. Deze vloeistof wordt door de bodem opgewarmd en de warmtepomp gebruikt deze warmte om het cv-water in een woning te verwarmen tot de juiste temperatuur voor ruimteverwarming en warm waterbereiding. Voordeel bij dit systeem is dat er via de bodem in de zomer vrije koeling geleverd kan worden. Tevens is het rendement hoger dan een luchtwarmtepomp door de vaste temperatuur van de bodem. Daarnaast kan het individueel of per meerdere woningen worden toegepast, waardoor het een flexibele optie is. Voorwaarde is wel dat de bodem geschikt is voor dergelijke systemen. Er geldt een meldingsplicht voor het bodemsysteem bij het Omgevingsloket van de gemeente; er is op dit moment geen vergunning benodigd. In het algemeen geldt dat de afstand tussen de bodemlussen van verschillende woningen minimaal 5 meter moet zijn. Op dit moment geldt dus: wie het eerst komt, het eerst maalt, wat betreft het gebruik van de bodem als individuele warmtebron.



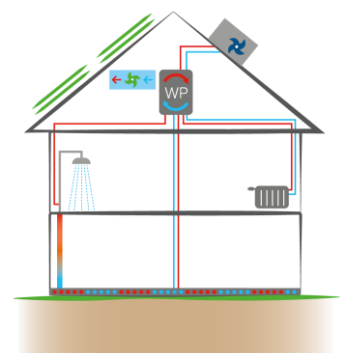
Daarnaast is een aandachtspunt welk middel in de bodemwarmtewisselaars wordt toegepast. Er wordt vaak een middel met antivriesvloeistof of water toegepast. Er wordt aanbevolen water in de bodemwarmtewisselaars toe te passen, om risico's op milieuschade te verkleinen wanneer een bodemwarmtewisselaar lek zou gaan (ook al is de kans hierop klein). Daarnaast is het rendement van een systeem waarbij de wisselaars gevuld zijn met water beter. Ten slotte kan het lastig zijn om in de bestaande tuin/grond te boren wegens ruimtegebrek.

Afbeelding 27 – Van links naar rechts: binnen-opstelling warmtepomp, booropstelling voor bodemlus



Toepassing van luchtwarmtepomp

Bij een luchtwarmtepomp wordt warmte uit de buitenlucht gehaald. Met de onttrokken warmte wordt water verwarmd tot de juiste temperatuur voor ruimteverwarming en warm tapwaterbereiding. Een luchtwarmtepomp kan als individuele oplossing worden toegepast, waarbij elke woning een warmtepomp binnenshuis krijgt geplaatst en een buitenunit. Daarnaast kan ook collectief een buitenunit worden geplaatst en de warmte worden getransporteerd naar warmtepompen in de woningen. Koeling kan optioneel plaatsvinden via de luchtwarmtepomp, maar is energetisch gezien niet erg efficiënt (vergelijkbaar met een airconditioning). Aandachtspunt bij een luchtwarmtepomp is de ruimtelijke en esthetische inpassing van de buitenunit, die in de open lucht geplaatst moet worden. Tevens is het geluid dat de buitenunit maakt een aandachtspunt.

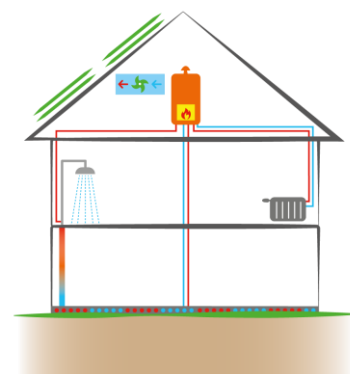


Afbeelding 28 – Van links naar rechts: binnen-opstelling warmtepomp, buitenunit luchtwarmtepomp



Toepassing van PVT-warmtepomp

Een PVT-warmtepomp heeft als bron PVT-panelen die op het dak worden geplaatst. Een PVT-paneel is een gecombineerd zonnepaneel dat zowel elektriciteit als warm water kan opwekken. Het paneel bestaat uit zonnepanelen met hieronder (water)leidingen. Het paneel gebruikt warmte uit de bui tenlucht en daglicht om de vloeistof (water) in de leidingen op te warmen. Dit warme water wordt gekoppeld met een warmtepomp die voor warm water in de verwarming en warm tapwater zorgt. Via een extra unit (tegen een meerprijs) is het ook mogelijk de warmtepomp te gebruiken voor koeling. Het rendement van de warmtepomp is vergelijkbaar met een warmtepomp met bodemwarmtewisselaars. Aandachtspunt is de inpassing van voldoende PVT-panelen op het dak. Er is circa 16 m² oppervlak (thermisch) benodigd om voldoende capaciteit als bron voor de warmtepomp te realiseren. Omdat de panelen gecombineerd thermisch en elektrisch opwekken, wordt hiermee automatisch al 16 m² PV-panelen gerealiseerd.

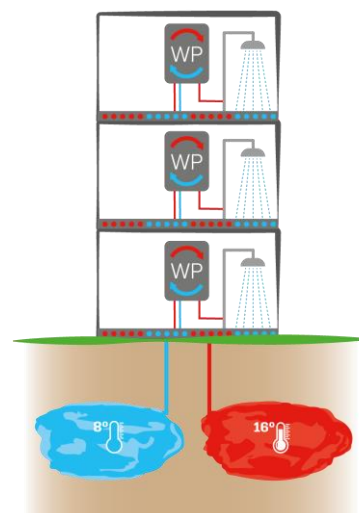


Afbeelding 29 – PVT panelen



Toepassing van warmtepomp met warmte-koudeopslag (WKO)

Een andere mogelijkheid is het toepassen van een warmtepomp in combinatie met warmte-koudeopslag (WKO). In voorgaande paragraaf is de werking van een WKO al uitgelegd. Dit systeem heeft een grotere schaalgrootte nodig om rendabel te kunnen draaien (indicatief vanaf 1.500 m² gebouwoppervlak, afhankelijk van de energievraag) en is ook het meest geschikt voor nieuwbouw. Voordeel van het systeem is dat minder leidingen hoeven worden gelegd of buizen in de grond geboord dan bij gesloten bodemwarmtewisselaars. Er dient echter wel een thermische balans in de bodem worden behouden, wat betekent dat er evenveel koude als warmte dient te worden onttrokken. Als de koudevraag van de gebouwen niet even groot is als de warmtevraag, dient extra warmte te worden toegevoegd middels regeneratievoorzieningen (of ligt de toepassing van bodemwarmtewisselaars in plaats van WKO dus meer voor de hand).



Regeneratie kan door warmte te winnen uit oppervlaktewater of middels droge koelers uit de lucht.

Conclusie: Bovengenoemde warmtepompen zijn mogelijk toepasbaar voor de woningen in Coevering en Kerkkakers wanneer deze bouwkundig geïsoleerd worden.

Alternatieve all-electric oplossingen

Er zijn ook nog varianten op de warmtepomp die hieronder benoemd worden. Deze varianten zijn minder rendabel of energetisch efficiënt dan bovengenoemde warmtepompen en zullen daarom in het vervolg van het onderzoek niet meegenomen worden.

Ventilatiewarmtepomp

Mocht je woning al mechanische ventilatie hebben (het mechanisch afvoeren van lucht in je woning) is het ook mogelijk om een ventilatiewarmtepomp toe te passen. Een ventilatiewarmtepomp gebruikt de warmte uit de ventilatielucht om je huis te verwarmen met je bestaande CV-systeem. Hoeveel warmte zo'n warmtepomp kan leveren, wordt bepaald door de hoeveelheid lucht die moet worden verversd. Dit betekent dat er overmatig geventileerd zal moeten worden, om voldoende warmte te kunnen leveren of dat er een extra systeem toegevoegd dient te worden om een woning warm te krijgen.

Dit systeem is eigenlijk alleen interessant voor een woning met een grote ventilatiebehoefte (veel bewoners) en een relatief lage warmtevraag (nieuwbouw), en daarmee niet geschikt voor de woningen in Kerkkakers en Coevering.

Lucht-lucht warmtepomp (verwarmen via airco)

De lucht-luchtwarmtepomp onttrekt energie uit de buitenlucht middels een buitengeplaatste unit. Er wordt sterk aanbevolen de buitenunit niet op balkons of aan de gevel te plaatsen, maar deze juist op het dak in te passen. Hiermee wordt geluidsoverlast voorkomen. De buitenlucht wordt verder opgewarmd of afgekoeld tot de gewenste temperatuur en daarna de woning ingeblazen. De bestaande radiatoren worden vervangen voor airco-units. Hiervoor dienen alle plafond opengeboken te worden om luchtkanalen toe te voegen die aangesloten worden op de airco-units. De lucht-luchtwarmtepomp kan echter tapwater niet opwarmen, waardoor hiervoor een extra toestel zoals een elektroboiler dient te worden toegepast.

Dit systeem is alleen geschikt voor ruimteverwarming, en niet voor warmwaterbereiding, en heeft als nadeel dat luchtverwarming voor woningen als minder comfortabel wordt ervaren.

Inductieketel (elektrische CV-ketel)

Een ander alternatief voor elektrische warmtepompen is een elektrische cv-ketel. Deze ketel heeft weliswaar als voordeel dat het een kleinere installatie is dan een warmtepomp; het rendement is vele malen lager. Een woning verwarmen met elektriciteit kost erg veel energie: met een warmtepomp kost dit 4 tot 5 keer minder energie dan met een elektrische ketel (ook als het een moderne 'inductieketel' is). Het apparaat zelf is goedkoper dan een warmtepomp, maar het energiegebruik is dus veel hoger. Daarbij wordt de benodigde elektriciteit in Nederland op dit moment voornamelijk met gas gemaakt. Dat gebeurt in een moderne gascentrale met een rendement van maximaal 60 procent, zodat een elektrische ketel op grijze elektriciteit nog meer CO₂ uitstoot dan een cv-ketel met aardgas.

De elektrische cv-ketel wordt wegens duurzaamheidsredenen niet aanbevolen voor de woningen in Coevering en Kerkkakers. Om de CO₂-impact en kosten in beeld te brengen, wordt het wel als alternatief doorgerekend.

Houtpelletketels (Pelletketel-cv)

Het is ook mogelijk om je woning te verwarmen met een pelletketel. De ketel verbrandt pellets (geperste houtkorrels) en is aangesloten op de bestaande radiatoren. Daarnaast wordt de pelletketel aangesloten op een ventilator die de rookgassen en het vrijgekomen fijnstof via een pijp of schoorsteen naar buiten afvoert. Het voordeel is dat het systeem hoge temperaturen kan produceren, waardoor het past in een slecht geïsoleerd huis. De nadelen zijn echter dat met het verbranden van pellets er fijnstof vrijkomt. De uitstoot van grote hoeveelheden fijnstof is slecht voor de gezondheid van omwonenden en het milieu. Daarnaast moeten er bomen gekapt worden om pellets te kunnen maken. De CO₂ die in de bomen is opgeslagen komt bij

verbanding weer vrij. Ten slotte moet je zelf het reservoir regelmatig bijvullen om het huis voldoende warm te krijgen en dient er een droge ruimte te zijn voor droge opslag.

Wegens duurzaamheids- en gezondheidsoverwegingen wordt het toepassen van houtpelletketels daarom niet aanbevolen voor de woningen in Kerkkokers en Coevering.

Infraroodpanelen

Het zou technisch gezien ook mogelijk zijn om woningen volledig te verwarmen met infraroodpanelen, maar dit levert een hoog elektriciteitsverbruik op. Als rekenvoorbeeld is gekeken naar het elektriciteitsverbruik bij het verwarmen van een woonkamer met enkel infraroodpanelen. Bij een standaard woonkamerformaat van 40 m² is circa 2.500 kWh per jaar nodig voor verwarmen met infrarood. Ter vergelijking: met dezelfde hoeveelheid elektriciteit kan een all-electric warmtepomp het hele huis verwarmen én het warme tapwater produceren. Daarnaast leveren infraroodpanelen plaatselijke stralingswarmte in plaats van ruimteverwarming. Het is daarom vooral geschikt als eventuele bijverwarming of voor plekken waar maar tijdelijk iemand zit. Bijvoorbeeld bij een werkplek achter een bureau op een slaapkamer.

Wegens duurzaamheids- en comfortoverwegingen wordt het toepassen van infrarood alleen kansrijk beschouwd als het gaat om plaatselijke bijverwarming voor de woningen in Kerkkokers en Coevering.

Solarfreezer

Solarfreezer is een warmteconcept wat bestaat uit zonnecollectoren op het dak en een buffer (zak met warm water) die geplaatst wordt in de kruipruimte van de woning. De zonnecollectoren onttrekken warmte van de zon en buitenlucht. De thermische energie wordt naar een warmtepomp gebracht die het water verder verwarmt voor de verwarming en warm tapwater. Wanneer de zonnecollectoren teveel energie produceren (vooral in de zomer), dan wordt deze energie opgeslagen in een buffer die in de kruipruimte ligt. In de koude periodes kan de warmtepomp extra energie halen uit de buffer. Het voordeel van een systeem met alleen zonnecollectoren is dat er minder zonnecollectoren op het dak geplaatst hoeven te worden, omdat je een buffer hebt. Het nadeel van het systeem is dat het wel een duur systeem is en de woning zeer goed geïsoleerd dient te zijn.

Regenergie

Regenergie is een concept waarbij er energie gehaald kan worden uit regenwater. In de basis worden er zonnecollectoren op het dak geplaatst, die warmte onttrekt uit de zon en buitenlucht. Daarnaast wordt het regenwater dat op het dak valt opgevangen en gebufferd in een thermische warmteput (het liefst onder de grond). Het opgevangen regenwater werkt dan als buffer voor je verwarmingssysteem, waardoor er minder zonnecollectoren op je dak nodig zijn. Daarnaast is het ook mogelijk om het opgevangen regenwater te gebruiken voor het doorspoelen van de wc, de wasmachine en het sproeien in de tuin op de momenten dat het niet nodig is voor het verwarmen van je woning. Het voordeel van dit systeem is dat je naast warmte ook duurzaam omgaat met regenwater. Daarnaast is het een efficiënt en stil systeem. Nadelen zijn wel dat het erg kostbaar systeem is en dat je woning zeer goed geïsoleerd dient te zijn.

Energie uit damwanden (vorm van TEO)

Een damwand wordt voornamelijk gebruikt voor het keren van grond en water, maar kan tegelijk ook als duurzame warmtebron voor gebouwen toegepast worden. Door warmtewisselaars in de kade aan te brengen, kan warmte gewonnen worden uit langsstromend water en de bodem. Hierdoor hoeft er geen warmtewisselaar in een rivier of kanaal te worden geplaatst. Er worden momenteel vijftal pilots projecten uitgevoerd om te kijken hoe werkzaam het systeem is.

Warmteschutting

Het is ook mogelijk om een kunststof schutting te plaatsen met daarin leidingen met glycol (koudemiddel) die opgewarmd worden via de zon en luchtstromen. De schutting wordt aan de onderkant met de koudste leiding van de warmtepomp aangesloten. Het glycol mengsel wordt naarmate deze meer naar boven gaat warmer. In de schutting zitten luchtkamers die door het temperatuurverschil aan de bovenkant lucht beginnen aan te zuigen. Er kunnen planten tegen aangezet worden, maar geen klimplanten, want dat creëert teveel schaduw. De schutting mag niet op het noorden staan en je tuin dient dus groot genoeg te

zijn. Er is minstens 6 meter aan schutting nodig om voldoende warmte te produceren voor een zeer goed geïsoleerde woning. Momenteel alleen nog op kleine schaal toegepast en vrij duur systeem.

Asfaltcollectoren

Bij asfalt-thermie worden er waterleidingen in geasfalteerde wegen gelegd. De zon warmt de waterleidingen in de wegen op en die warmte kan gebruikt worden. Het rapport van ECN uit 2007 ("Energiewinning uit weginfrastructuur"¹²) concludeert dat het gebruik van de energie voor verwarming van woongebieden in de praktijk niet succesvol blijkt te zijn. De efficiëntie van asfalt-collectoren is veel lager dan zonnecollectoren op het dak en de aanlegkosten zijn aan de hoge kant vergeleken met andere mogelijke warmtealternatieven. De warmte kan wel zinvol gebruikt worden voor het verlengen van de levensduur van asfalt en het vorstvrij houden van de wegen in de winter.

3.5 Samenvatting

In onderstaande tabel zijn de mogelijke warmtevoorzieningen voor Kerkkokers en Coevering opgenomen met een beoordeling van de haalbaarheid.

Tabel 4 – Samenvatting mogelijke warmtevoorziening en beoordeling van haalbaarheid

Warmtevoorziening	Voordelen	Nadelen	Mogelijkheid Coevering	Mogelijkheid Kerkkokers
Waterstofgas	Weinig aanpassingen in gebouwen nodig	Minder efficiënt en niet marktrijp	Niet kansrijk	Niet kansrijk
Groen gas	Weinig aanpassingen in gebouwen nodig	Op dit moment niet beschikbaar en niet marktrijp	Niet kansrijk	Niet kansrijk
Geothermie (70°C)	Weinig aanpassingen in gebouwen nodig	Hoge investeringskosten, hoge warmteafgifte nodig, geen vrije koeling, aansluitzekerheid nodig	Met huidige informatie niet kansrijk	Met huidige informatie niet kansrijk
WKO met centraal opwaarderen	Weinig aanpassingen in gebouwen nodig	Groter warmteverlies, hoge warmteafgifte nodig, geen vrije koeling, aansluitzekerheid nodig	Wegens weinig mogelijkheid tot regeneratie waarschijnlijk niet kansrijk	Wegens lage bouwdichtheid en weinig mogelijkheid tot regeneratie waarschijnlijk niet kansrijk
Lokale restwarmtebronnen	Lokaal gebruik warmte, kleine kringloop	Geen vrije koeling mogelijk, huizen dienen voldoende geïsoleerd te zijn	Weinig volume, niet haalbaar	Weinig volume, niet haalbaar
WKO-bronnet, opwaarderen op gebouwniveau	Lokaal gebruik warmte, kleine kringloop, koeling mogelijk, flexibel systeem	Aansluitzekerheid nodig, alleen rendabel bij grote bouwdichtheid	Wegens weinig mogelijkheid tot regeneratie waarschijnlijk niet kansrijk	Wegens lage bouwdichtheid en weinig mogelijkheid tot regeneratie waarschijnlijk niet kansrijk
TEO	Lokaal gebruik warmte, kleine kringloop	Aansluitzekerheid nodig, alleen rendabel bij grote bouwdichtheid	Te weinig potentie, niet kansrijk	Te weinig potentie, niet kansrijk
TED	Lokaal gebruik warmte, kleine kringloop	Aansluitzekerheid nodig, alleen rendabel bij grote bouwdichtheid	Niet kansrijk, door lage potentie	Niet kansrijk, door lage potentie

¹² [Weijers E.P., Groot G.J. de; Energiewinning uit weginfrastructuur; ECN,2007]

TEA	Lokaal gebruik warmte, kleine kringloop	Aansluitzekerheid nodig, alleen rendabel bij grote bouwdichtheid	Niet kansrijk, door lage potentie	Niet kansrijk, door lage potentie
Hybride warmtepomp	Goedkoop, beperkte ruimte nodig, eerste stap richting aardgasvrij	Nog steeds niet van het aardgas af, blijft afhankelijk van CV-ketel. Is een tussenstap naar aardgasvrij	Mogelijk, maar niet aardgasvrij want je hebt nog een CV-ketel nodig	Mogelijk, maar niet aardgasvrij want je hebt nog een CV-ketel nodig
All electric (lucht/bodem/pvt)	Vrije koeling mogelijk, maximaal flexibel, onafhankelijk van burens. Ook hybride mogelijk als tussenstap.	Huizen dienen voldoende geïsoleerd te zijn (zie bijlage 1 voor de benodigde RC-waardes)	Kansrijk (aandacht bouwkundige aanpassingen)	Kansrijk (aandacht bouwkundige aanpassingen)

4 Warmtevarianten

In dit onderzoek wordt alleen gekeken naar de benodigde warmtevraag¹³.

4.1 Warmtevariant 1 : Collectieve warmtevoorziening

Zoals in vorig hoofdstuk geconcludeerd is een collectief warmtenet mogelijk voor Coevering. In Kerkackers is het hoogstwaarschijnlijk niet mogelijk om een warmtenet toe te passen, vanwege de lage bouwdichtheid. Om toch meer inzicht te krijgen in de consequenties van een warmtenet voor Kerkackers wordt één van onderstaande configuraties doorgerekend (configuratie 3).

Het is mogelijk om een midden temperatuurnet (aanvoertemperatuur 70 graden) te ontwikkelen of een laag temperatuur net (aanvoertemperatuur 50 graden). De woningen in Coevering en Kerkackers dienen wel eerst aangepast te worden om voldoende verwarmd te worden met een MT-net of LT-net. In bijlage 1 zijn de benodigde bouwkundige aanpassingen benoemd.

Drie verschillende collectieve configuraties zijn doorgerekend:

- Warmtenet met als bron TEO i.c.m. WKO, centraal opgewaardeerd naar benodigde aanvoertemperatuur (voor alleen Coevering doorgerekend);
- Warmtenet met als bron TEO i.c.m. WKO, centraal opgewaardeerd naar benodigde aanvoertemperatuur en gasketel als piekvoorziening (voor alleen Coevering doorgerekend);
- Warmtenet met als bron luchtwarmtepomp, centraal opgewaardeerd naar benodigde aanvoertemperatuur en gasketel als piekvoorziening.

Bij de laatste twee varianten wordt er een gasketel als piekvoorziening toegepast. Dit betekent dat het in de basis niet een aardgasvrije warmtevoorziening is. Echter zal wel bij elke woning de gasaansluiting verwijderd worden, op woningniveau praten we dus wel over een aardgasvrije warmtevoorziening. In de toekomst kan de gasketel vervangen worden door biogas of andere elektrische oplossing. Dit zorgt ervoor dat de gasketel een tussenoplossing is in de transitie naar aardgasvrij.

De gasketel als piekvoorziening wordt alleen gebruikt op extreem koude dagen, wat in praktijk niet veel voorkomt. Gedurende het grootste deel van het jaar is er namelijk niet veel warmtevermogen nodig en kan er met weinig vermogen voldoende warmte geleverd worden. Op alleen erg koude dagen wordt het benodigde warmtevermogen hoger. Door een piekvoorziening te gebruiken voor die extreme gevallen, is het mogelijk om je basissysteem klein te houden en zo financieel voordeliger uit te komen. Hierbij wordt het systeem vaak zo ontworpen dat met 30% van het benodigd warmtevermogen, er 80% van de benodigde warmtevraag in een jaar kan worden geleverd. Voor de overige 20% van de warmtevraag op hele koude dagen is een relatief hoger vermogen nodig, de extra 70% van je piekvoorziening. Dit betekent dus dat de basisvoorziening 30% van het vermogen levert en de piekvoorziening 70%.

Hieronder worden de verschillende configuraties nader toegelicht.

4.1.1 Configuratie 1 : Centrale warmtepomp met WKO en TEO

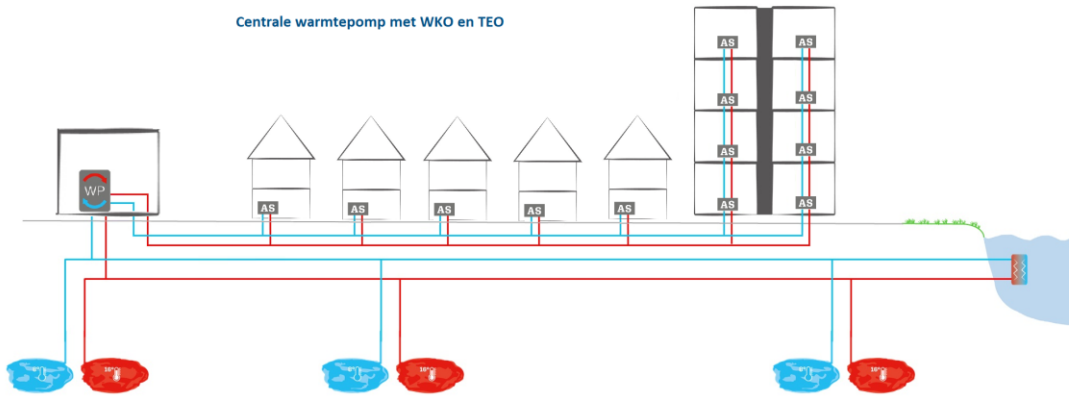
De voorgestelde collectieve warmtevoorziening voor Coevering betreft een combinatie van warmte uit de Kleine Dommel (Coevering), een centrale warmtepomp op wijkniveau en een WKO-net. In elk gebouw wordt de cv-ketel vervangen door een afleverset.

Er worden 9 WKO-bronnen geboord in Coevering om voldoende warmte te realiseren voor de gebouwen in de desbetreffende wijken. Een WKO-bron bestaat uit twee bronnen die geboord worden in het eerste watervoerend pakket; een warmte-bron en een koude-bron. Op het moment dat de gebouwen warmte nodig

¹³ Wanneer gebouwen beter geïsoleerd worden, zal de vraag naar koeling ook groter worden. In bijlage 5 is toegelicht hoe je om kan gaan met de koelvraag in een gebouw.

hebben, wordt er grondwater uit de warmte-bron gepompt. Met behulp van een centrale warmtepomp wordt de warmte uit de bron verhoogd naar de benodigde aanvoertemperatuur. Vervolgens wordt de warmte naar de gebouwen gebracht. Het afgekoelde water dat uit de gebouwen gaat wordt vervolgens naar de koude-bron gebracht. Aangezien er vooral een warmtevraag is, zal de warmtebron opnieuw geladen moeten worden met warm water. Dit kan met behulp van warmte uit het oppervlaktewater.

Afbeelding 30 – Centrale warmtevoorziening variant 1

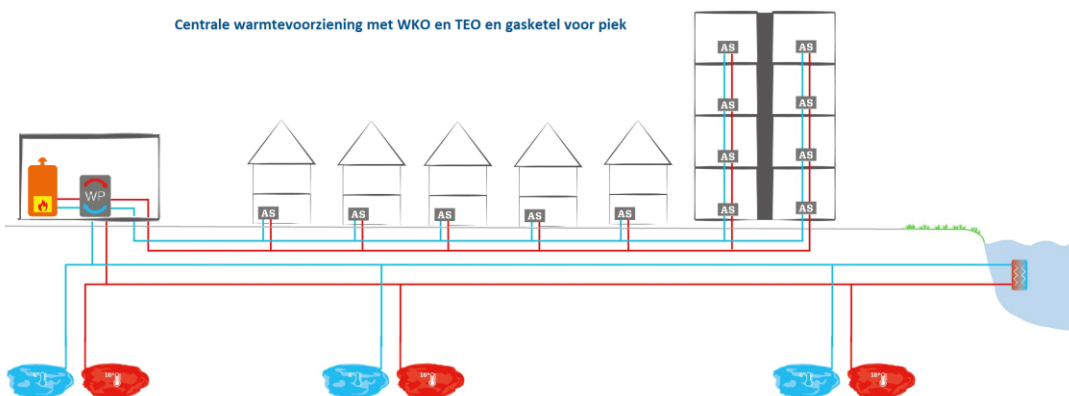


4.1.2 Configuratie 2 : Centrale warmtepomp met WKO en TEO, met een gasketel als piekvoorziening

Het tweede warmteconcept lijkt veel op de eerder genoemde configuratie. Het grote verschil is dat er een gasketel als piekvoorziening opgesteld staat. 30% van het benodigd vermogen wordt hierbij door het WKO-systeem/warmtepomp geleverd en de resterende 70% door een gasketel. Hierbij zal alleen bij hele koude dagen de gasketel gaan werken. Ongeveer 80% van de tijd zal de warmtepomp via WKO-bronnen zonder gasketel voldoende warmte kunnen leveren aan de gebouwen in de wijken. Het toevoegen van de gasketel lijkt wellicht tegenstrijdig aan het doel van een aardgasvrije warmtevoorziening. Het kan worden beschouwd als een back-upvoorziening om de levering van warmte tijdens koude dagen te garanderen. Daarnaast is het wel degelijk een grote stap in de warmtetransitie: als de gehele wijk op dit systeem is aangesloten kunnen alle individuele aardgasaansluitingen worden afgesloten en kan het aardgasnet worden uitgefaseerd. Tenslotte is er dan nog één gasaansluiting die uiteindelijk over gaat op een alternatieve warmtebron, zoals groen gas.

Door het toevoegen van de gasketel zijn er in Coevering 8 WKO-bronnen nodig. In onderstaande afbeelding is de configuratie schematisch weergegeven.

Afbeelding 31 – Centrale warmtevoorziening variant 2

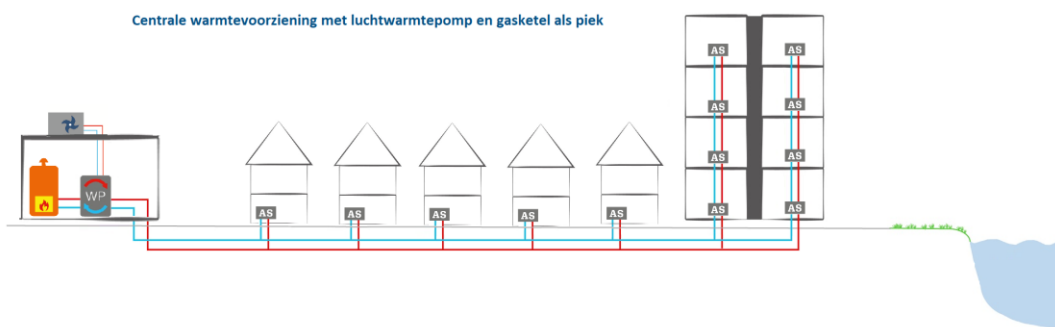


4.1.3 Configuratie 3 : Centrale warmtenet met luchtwarmtepomp en gasketel

Tenslotte is gekeken naar een warmtevariant waarbij een grote centrale luchtwarmtepomp de warmtebron wordt voor het centrale warmtenet. Hierbij moet gedacht worden aan het plaatsen van meerdere grote luchtwarmtepompen in serie in een technische ruimte van ongeveer 200 tot 400 m². Zie ook bijlage 1 voor ruimtelijke inpassing van een collectief (en individueel) systeem. Een gasketel wordt hierbij als piekvoorziening toegevoegd. Ook hier wordt het vermogen van de luchtwarmtepomp op 30% van het totaal benodigd vermogen gezet, en de gasketel op de resterende 70%. Dit betekent dat 80% van de tijd de luchtwarmtepomp voldoende warmte kan leveren, en voor de resterende 20% de gasketel nodig is (voor de koudste dagen). Er is hier gerekend met piekvoorziening, omdat anders een luchtwarmtepomp met een hoog vermogen (100% ipv 30%) gerealiseerd dient te worden, wat resulteert in hoge investeringskosten.

In onderstaande afbeelding is het energieconcept schematisch weergegeven.

Afbeelding 32 – Centrale warmtevoorziening variant 3



4.2 Warmtevariant 2 : Individuele warmteoplossingen

Het is ook mogelijk om alle woningen individueel te verwarmen middels een warmtepomp. Op dit moment geldt dat een gebouw voldoende geïsoleerd dient te worden, voordat het met een individuele warmtepomp verwarmd kan worden¹⁴. De huidige individuele warmtepompen leveren warmte op lage temperatuur (aanvoertemperatuur 50 graden). De verwachting is dat er op korte termijn individuele warmtepompen op de markt komen die een aanvoertemperatuur van 70 graden halen. Deze systemen worden einde 2023 verwacht.

Voor de individuele oplossing is ook naar andere systemen dan warmtepompen gekeken. Het gaat om het toepassen van:

- Een luchtwarmtepomp;
- Een bodemwarmtepomp;
- Een PVT-warmtepomp;
- Een elektrische cv-ketel;
- Een traditionele gasketel (als referentie huidige situatie);
- Een hybride warmtepomp (als referentie huidige situatie).

¹⁴ Hierbij wordt uitgegaan van de norm NTA 8800.

5 Technische en financiële analyse

In dit hoofdstuk wordt het energieverbruik, de CO₂-uitstoot en de levensduurkosten van de van de kansrijkste warmteoplossingen nader berekend. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen 'midden temperatuur' oplossingen (70 graden) waarbij weinig aanpassingen nodig zijn in een woning en 'laag temperatuur' oplossingen (50 graden), waarbij meer aanpassingen nodig zijn in de woning. In bijlage 1 is inzichtelijk gemaakt wat de toekomstige energievraag wordt bij een 70 graden aanvoertemperatuur en bij een 50 graden aanvoertemperatuur.

5.1 Toekomstige energieverbruik en CO₂-uitstoot

5.1.1 70 °C aanvoertemperatuur

Coevering

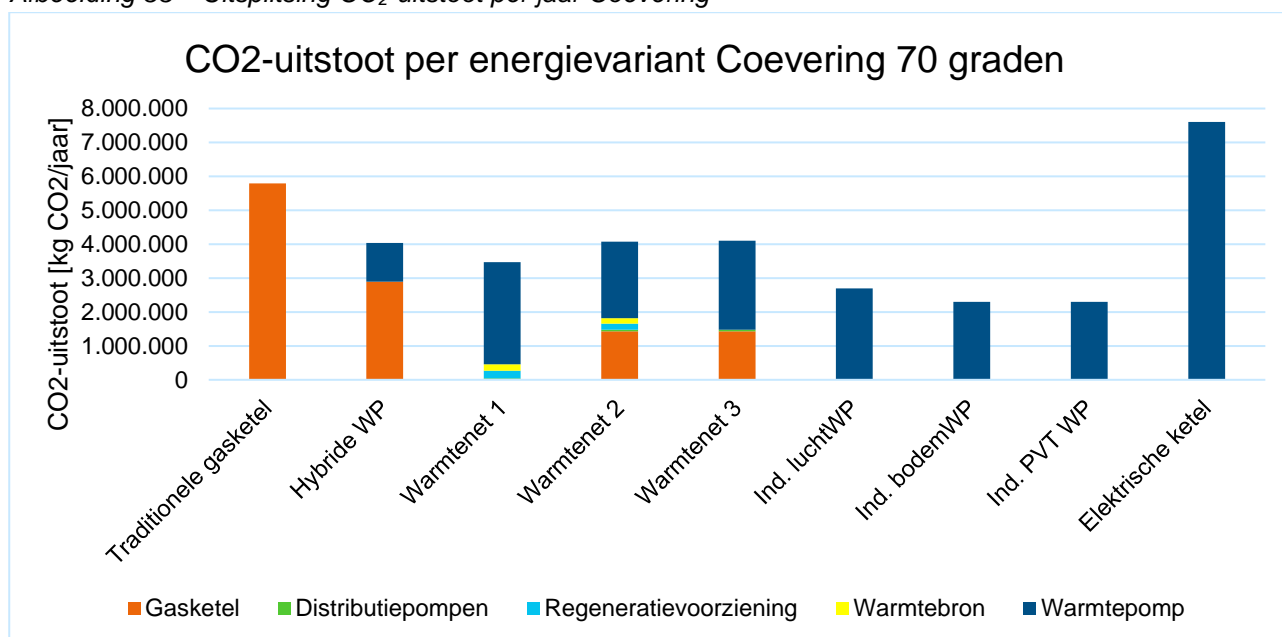
In onderstaande tabel is voor de wijk Coevering het te verwachten energieverbruik en de bijbehorende CO₂-uitstoot weergegeven. Het gaat hierbij om zowel de verwarming als het tapwater. Voor de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 5 - Resultaten energieverbruik en CO₂-uitstoot collectieve en individuele warmtevoorzieningen

		Huidige situatie		Collectief systeem			Individueel systeem			
		cv-ketel	Hybride WP	Warmtenet 1	Warmtenet 2	Warmtenet 3	Indiv. Lucht WP	Indiv. Bodem WP	Indiv. PVT WP	Elektrische ketel
Gasverbruik	[m ³ /jaar]	2.900.000	1.460.000	0	720.000	720.000		-	-	-
Elektraverbruik	[kWh/jaar]	-	3.800.000	11.600.000	8.800.000	8.900.000	8.900.000	7.600.000	7.600.000	25.400.000
CO ₂ -uitstoot	[kg CO ₂ /jaar]	5.790.000	4.000.000	3.500.000	4.100.000	4.100.000	2.700.000	2.300.000	2.300.000	7.600.000
CO ₂ -reductie t.o.v. gas	%	n.v.t.	31	40	29	29	53	60	60	-31

In onderstaande grafiek is de CO₂-uitstoot per categorie uitgesplitst.

Afbeelding 33 – Uitsplitsing CO₂-uitstoot per jaar Coevering



Interessant om te zien is dat het toepassen van een elektrische ketel, zoals ook verwacht, meer CO₂ uitstoot dan de huidige gasketel. Aangezien we streven naar een klimaatneutraal Nederland in 2050, is uit oogpunt van duurzaamheid het toepassen van een elektrische cv-ketel dus onwenselijk.

Het duurzaamste warmtealternatief is het toepassen van een individuele warmtepomp, waarbij opgemerkt moet worden dat deze warmtepompen (die 70 graden leveren) pas binnenkort op de markt komen. Het toepassen van een warmtenet zonder gasketel is de meest duurzame oplossing. Daarnaast is te zien dat er een verduurzamingsstap te halen valt met het toepassen van hybride warmtepomp.

Kerkkokers

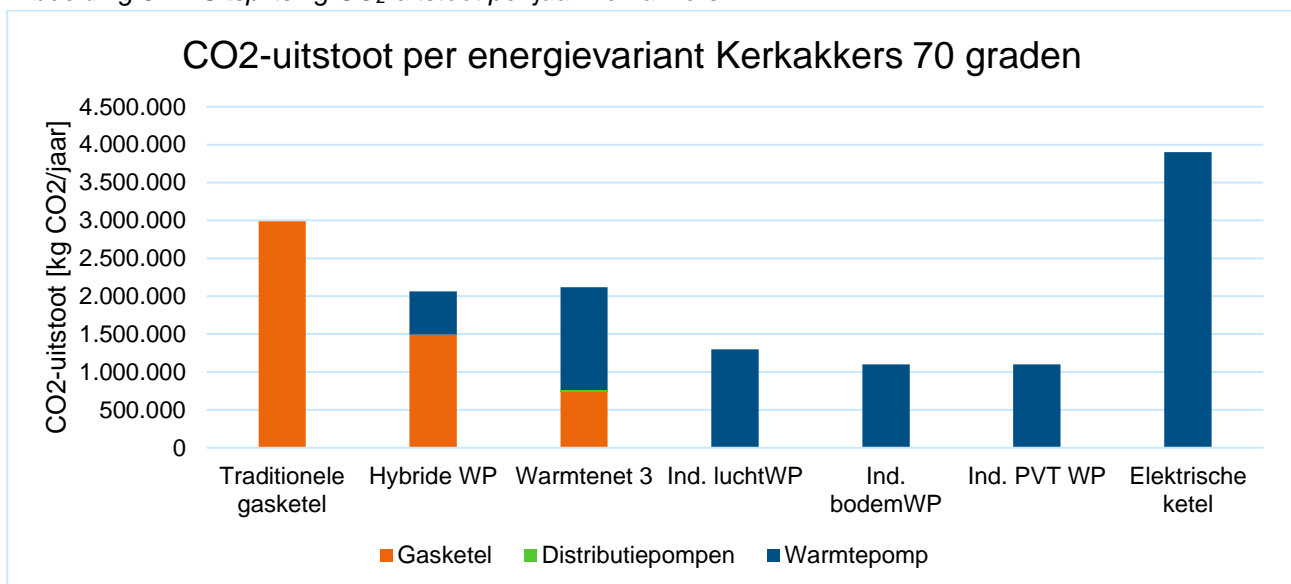
In onderstaande tabel is voor de wijk Kerkkokers het te verwachten energieverbruik en de bijbehorende CO₂-uitstoot weergegeven. Voor de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 6 – Resultaten energieverbruiken CO₂-uitstoot Kerkkokers

		Huidige situatie		Collectief systeem	Individueel systeem			
				Warmenet 3	Indiv. Lucht WP	Indiv. Bodem WP	Indiv. PVT WP	Elektrische ketel
		cv-ketel	Hybride WP					
Gasverbruik	[m ³ /jaar]	1.500.000	750.000	370.000		-	-	-
Elektraverbruik	[kWh/jaar]	-	1.900.000	4.600.000	4.400.000	3.700.000	3.700.000	13.100.000
CO ₂ -uitstoot	[kg CO ₂ /jaar]	2.990.000	2.100.000	2.100.000	1.300.000	1.100.000	1.100.000	3.900.000
CO ₂ -reductie t.o.v. gas	%	n.v.t.	30	30	57	63	63	-30

In onderstaande grafiek is de CO₂-uitstoot per categorie uitgesplitst.

Afbeelding 34 – Uitsplitsing CO₂-uitstoot per jaar Kerkkokers



Ook hier is te zien dat het toepassen van een elektrische cv-ketel niet een duurzame oplossing is. Verder is te zien dat het toepassen van een warmtenet op basis van een luchtwarmtepomp en het toepassen van individuele hybride warmtepompen ongeveer dezelfde CO₂-uitstoot geeft. Het meest duurzame is het toepassen van individuele lucht/bodem- warmtepompen, waarbij het wel de vraag is wanneer deze warmtepompen op de markt komen.

5.1.2 50 °C aanvoertemperatuur

Coevering

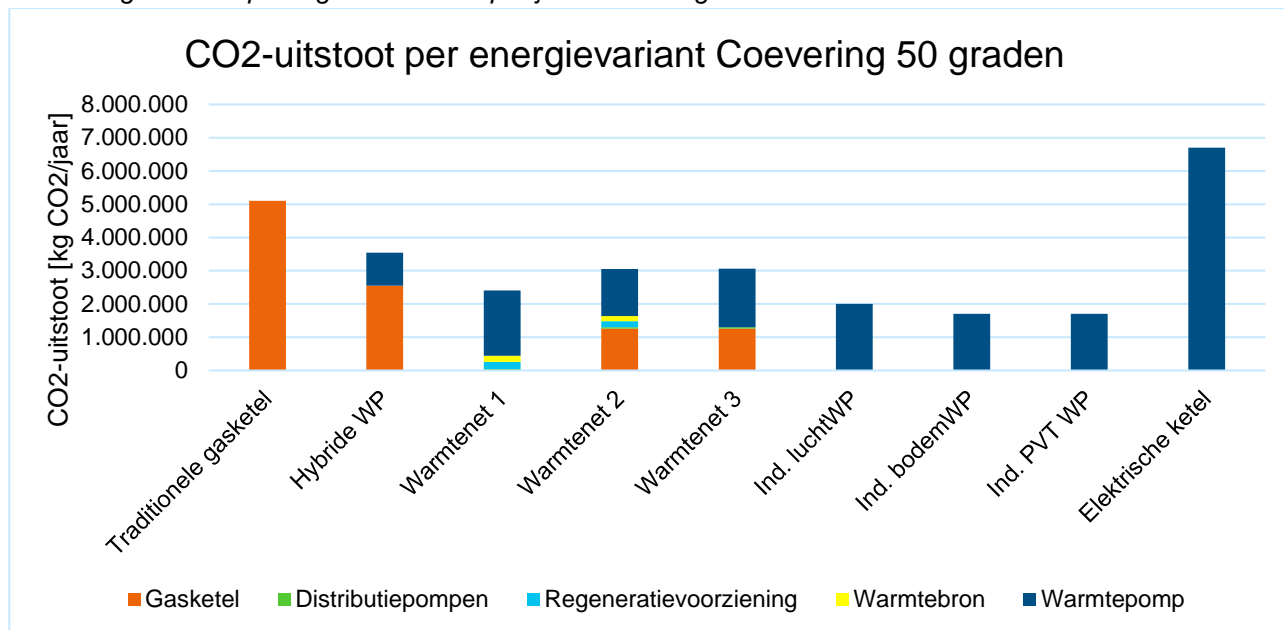
In onderstaande tabel zijn de resultaten voor de wijk Coevering samengevat. Voor de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 7 - Resultaten energieverbruik en CO₂-uitstoot collectieve en individuele warmtevoorzieningen

		Huidige situatie		Collectief systeem			Individueel systeem			
		Traditionele gasketel	Hybride WP	Warmtenet 1	Warmtenet 2	Warmtenet 3	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel
Gasverbruik	[m ³ /jaar]	2.600.000	1.290.000	0	640.000	640.000		-	-	-
Elektraverbruik	[kWh/jaar]	-	3.300.000	8.000.000	6.000.000	6.000.000	6.700.000	5.800.000	5.800.000	22.400.000
CO ₂ -uitstoot	[kg CO ₂ /jaar]	5.100.000	3.600.000	2.400.000	3.100.000	3.100.000	2.000.000	1.700.000	1.700.000	6.700.000
CO ₂ reductie t.o.v. gas	[%]	n.v.t.	38%	59%	46%	46%	65%	71%	71%	-16%

In onderstaande grafiek is de CO₂-uitstoot per categorie uitgesplitst.

Afbeelding 35 – Uitsplitsing CO₂-uitstoot per jaar Coevering



Doordat gerekend is met een aanvoertemperatuur naar 50 graden en bijbehorende isolatiestap, is de totale CO₂-uitstoot per variant lager vergeleken met de 70 graden aanvoer. Ook hier is te zien dat het meest duurzaam is om individuele warmtepompen toe te passen. Warmtepompen die 50 graden warmte leveren zijn reeds beschikbaar.

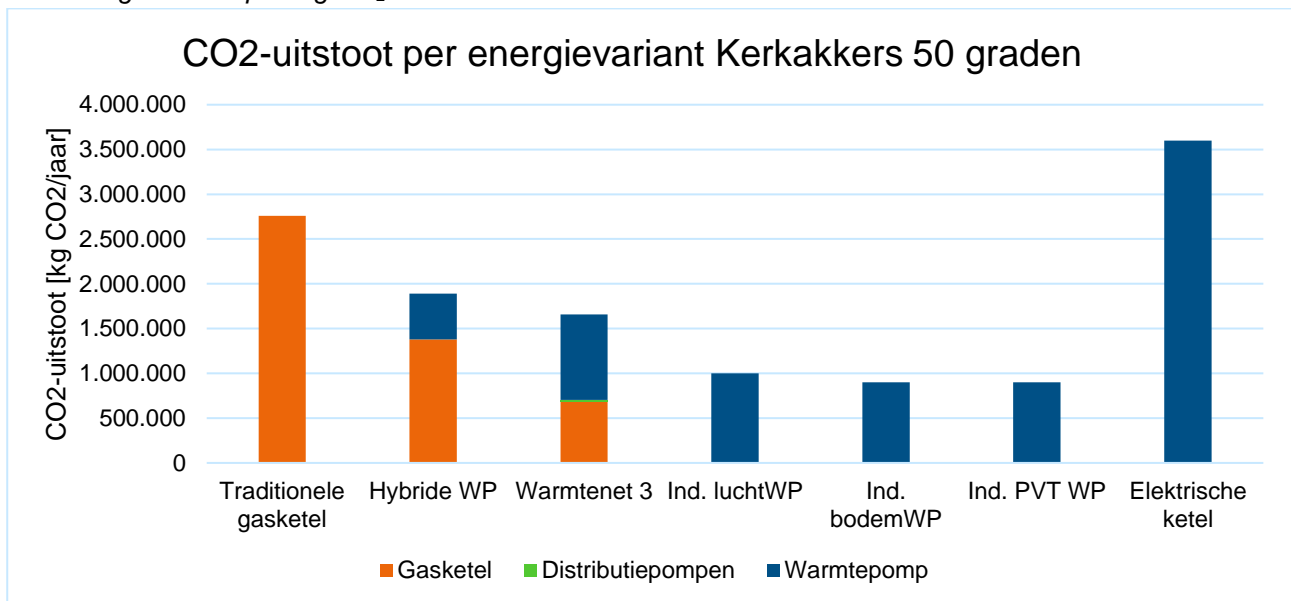
Kerkkackers

In onderstaande tabel zijn de resultaten voor de wijk Kerkkackers samengevat. Voor de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 1.

Tabel 8 – Resultaten energieverbruiken CO₂-uitstoot Kerkkackers

		Huidige situatie		Collectief systeem	Individueel systeem			
		Traditionele gasketel	Hybride WP	Warmtenet 3	Lucht WP	Bodem WP	PVT WP	Elektrische ketel
Gasverbruik	[m ³ /jaar]	1.400.000	700.000	340.000		-	-	-
Elektraverbruik	[kWh/jaar]	-	1.700.000	3.300.000	3.500.000	3.000.000	3.000.000	12.100.000
CO ₂ -uitstoot	[kg CO ₂ /jaar]	2.760.000	1.900.000	1.700.000	1.000.000	900.000	900.000	3.600.000
CO ₂ reductie t.o.v. gas	[%]	n.v.t.	31%	38%	64%	67%	67%	-30%

Afbeelding 36 – Uitsplitsing CO₂-uitstoot Kerkkokers



5.2 Levensduurkosten

In deze paragraaf worden de financiële resultaten van de warmteoplossingen met elkaar vergeleken. Daarbij wordt gekeken naar de totale levensduurkosten (maatschappelijke kosten¹⁵). Voor meer inzicht in kosten per woning (eindgebruikerskosten) wordt verwezen naar de door Merosch opgestelde ‘factsheets’. Dit zijn informatiebladen die inzicht geven in onder meer de benodigde maatregelen, investerings- en exploitatiekosten voor een aantal specifieke voorbeeldwoningen in jaar 1 (zie bijlage 3).

Met de totale levensduurkosten wordt de optelsom bedoeld van (her)investerings- en exploitatiekosten van de warmtevoorziening over een periode van 30 jaar, teruggerekend naar een netto contante waarde (huidige waarde van toekomstige kosten¹⁶). Op deze wijze kunnen de effecten van uitgaven, die plaatsvinden op verschillende tijdstippen, met elkaar vergeleken worden. De variant met de laagste levensduurkosten is vanuit financieel oogpunt de meest interessante optie voor de wijk.

In de berekening van de totale levensduurkosten zijn de volgende kostenposten meegenomen:

- **De warmte- en tapwatervoorziening:** alle kosten voor de warmtevoorziening zelf, zoals de warmte-opwekinstallatie (bijv. ketels of warmtepompen), warmtebronnen, technische ruimtes en leidingwerk.
- **Kosten voor isolatie, ventilatie en warmteafgifte:** alle kosten voor het isoleren van de woning en het aanpassen van het warmte-afgiftesysteem (bijv. het vervangen van radiatoren). Deze kosten zijn afhankelijk van het temperatuurtraject (70 °C of 50 °C) en het bouwjaar van de woningen. Het uitgangspunt is dat alle woningen sinds de bouw niet na-geïsoleerd zijn. Doordat een deel van de bewoners in de tussentijd al wel heeft na-geïsoleerd, kunnen de werkelijke kosten voor isolatie lager uitvallen dan berekend.
- **Kosten voor overige voorbereidende maatregelen:** dit zijn de kosten voor het verwijderen van de gasketel, -leidingen en aansluiting, het aanpassen van de meterkast en het koken op inductie.
- **De verbruikskosten** cq de energiekosten van bewoners aan hun energieleverancier
- **De onderhouds- en beheerskosten** van een installatie zoals de jaarlijkse servicebeurt en onderhoud/ reparaties.

¹⁵ In het Klimaatakkoord is afgesproken dat gemeenten de uitkomst van welke alternatieve warmtevoorzieningen per buurt het beste toegepast kunnen worden, zoveel mogelijk programmeren op basis van de laagste maatschappelijke kosten en eindgebruikerskosten. Verschillende modellen hanteren hun eigen uitgangspunten om de maatschappelijke kosten te berekenen. Wij hebben hier ook onze eigen uitgangspunten toegepast die gebaseerd zijn op marktprijzen. In bijlage 2 zijn deze kosten nader toegelicht.

¹⁶ Voor het bepalen van de levensduurkosten zijn aannames gedaan voor het bepalen van de energieprijzen en inflatie. De uitgangspunten zijn te vinden in bijlage 2. Om inzichtelijk te maken wat een verandering in die uitgangspunten doet met de uitkomsten van het onderzoek is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Zie bijlage 4.

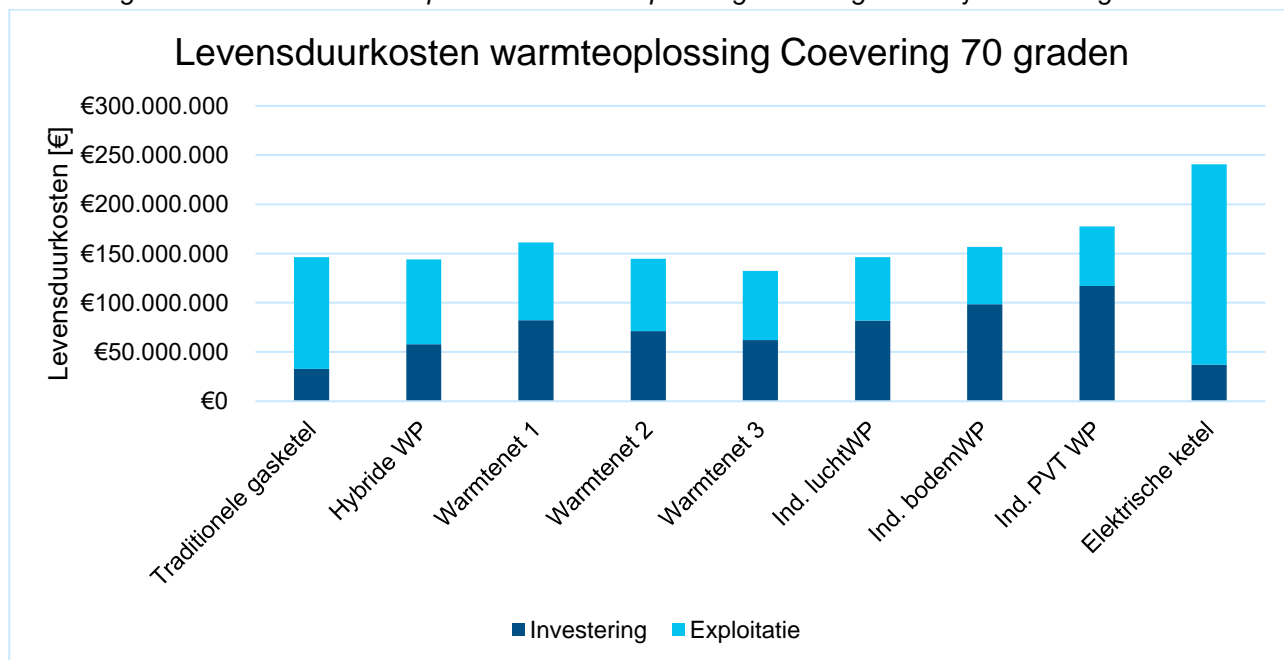
Voor de warmtenet-scenario's is er vaak sprake van een derde partij, ofwel exploitant, die investeert in het warmtenet en deze langjarig exploiteert. Dit kan bijvoorbeeld de gemeente, een bewonerscoöperatief, commerciële partij of een combinatie hiervan zijn. Een gedeelte van de investering wordt terugverdiend door de verkoop van warmte tegen een bepaald warmtetarief aan de bewoner. Het gedeelte van de investering dat niet wordt terugverdiend (de onrendabele top), wordt middels een eenmalige 'bijdrage aansluitkosten' (BAK) aan de bewoner in rekening gebracht. Hierbij geldt: hoe hoger het warmtetarief, des te lager de BAK en vice versa. Het is dus mogelijk om met een hoger variabel energietarief, een lager investeringsbedrag voor de bewoner te realiseren en andersom. Wat de hoogte van de BAK is, kan pas berekend worden in een specifieke businesscase die in een vervolgtraject opgesteld dient te worden bij een verdiepend onderzoek van een warmtenet.

5.2.1 70 °C aanvoertemperatuur

Coevering

In onderstaande figuur zijn de levensduurkosten per variant van de warmtevoorziening weergegeven met 70 °C verwarming als uitgangspunt. Daarbij zijn de levensduurkosten onderverdeeld in investerings- en exploitatiekosten (energie- en onderhoudskosten). Zie bijlage 2 voor de uitgesplitste investeringskosten en de financiële uitgangspunten.

Afbeelding 37 – Levensduurkosten per 70 °C warmteoplossing voor de gehele wijk Coevering



In de figuur is te zien dat de levensduurkosten dicht bij elkaar liggen. Uit de figuur blijkt ook dat een collectief warmtenet, met lucht als warmtebron en een gasketel als piekvoorziening, financieel gezien de meest voordelige oplossing is om woningen in Coevering op 70 °C te verwarmen. Dit is over 30 jaar bekeken ook goedkoper dan de levensduurkosten van door blijven stoken met cv-ketels. De elektrische ketel is met afstand de duurste oplossing, met name door de hoge exploitatiekosten als gevolg van het hoge elektriciteitsverbruik. De overige oplossingen liggen hier tussenin, waarbij er geen duidelijke voorkeur is voor een individuele of collectieve oplossing om de woningen op 70 °C te verwarmen. Wel valt op dat het zwaartepunt van de kosten bij individuele warmtepompen vooral zit in de investering, terwijl dat bij een collectief warmtenet meer gelijkmatig verdeeld is tussen eenmalige investering en exploitatie.

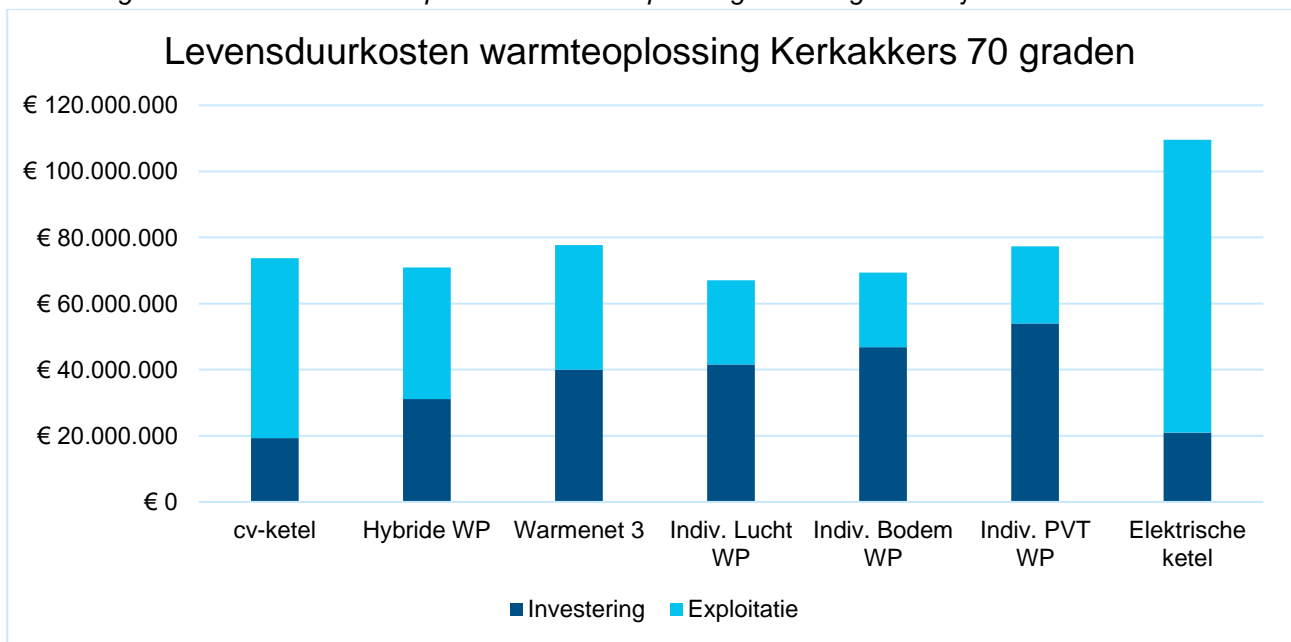
In de warmtenetvarianten is de optie om te koelen niet meegenomen. De reden hiervoor is dat deze optie in praktijk vrijwel nooit wordt toegepast bij 50 °C en 70 °C warmtenetten in de bestaande gebouwde omgeving, omdat dit tot aanzienlijke kostenverhogingen leidt. Dit komt vooral doordat er veel extra componenten nodig zijn om koeling technisch mogelijk te maken, zoals een apart koudenet (twee extra leidingen in de ondergrond), het plaatsen van duurdere afleversets en extra aanpassingen in de woning aan leidingwerk en

afgiftesystemen. Om toch enigszins inzicht te geven in de meerkosten van koeling in de warmtenetvarianten, is hierop een korte analyse uitgevoerd. Hieruit bleek voor het 70 °C warmtenetvarianten dat de meerkosten ongeveer 40-50% bedragen op de investering, en 20-30% op de levensduurkosten. Voor de 50 °C warmtenetvarianten is de investering ongeveer 20% hoger, en de levensduurkosten 10-20% hoger. Daarbij moet worden opgemerkt dat de variant met TEO en WKO aan de onderkant van de procentuele range zit, en lucht aan de bovenkant. Dit heeft ermee te maken dat luchtwarmtepompen hogere energiekosten hebben om te koelen, in vergelijking met TEO en WKO.

Kerkkackers

In onderstaande figuur zijn de levensduurkosten per variant van de warmtevoorziening weergegeven met 70 °C verwarming als uitgangspunt. Daarbij zijn de levensduurkosten onderverdeeld in investerings- en exploitatiekosten (energie- en onderhoudskosten). Zie voor de uitgesplitste investeringskosten bijlage 2.

Afbeelding 38 – Levensduurkosten per 70 °C warmteoplossing voor de gehele wijk Kerkkackers



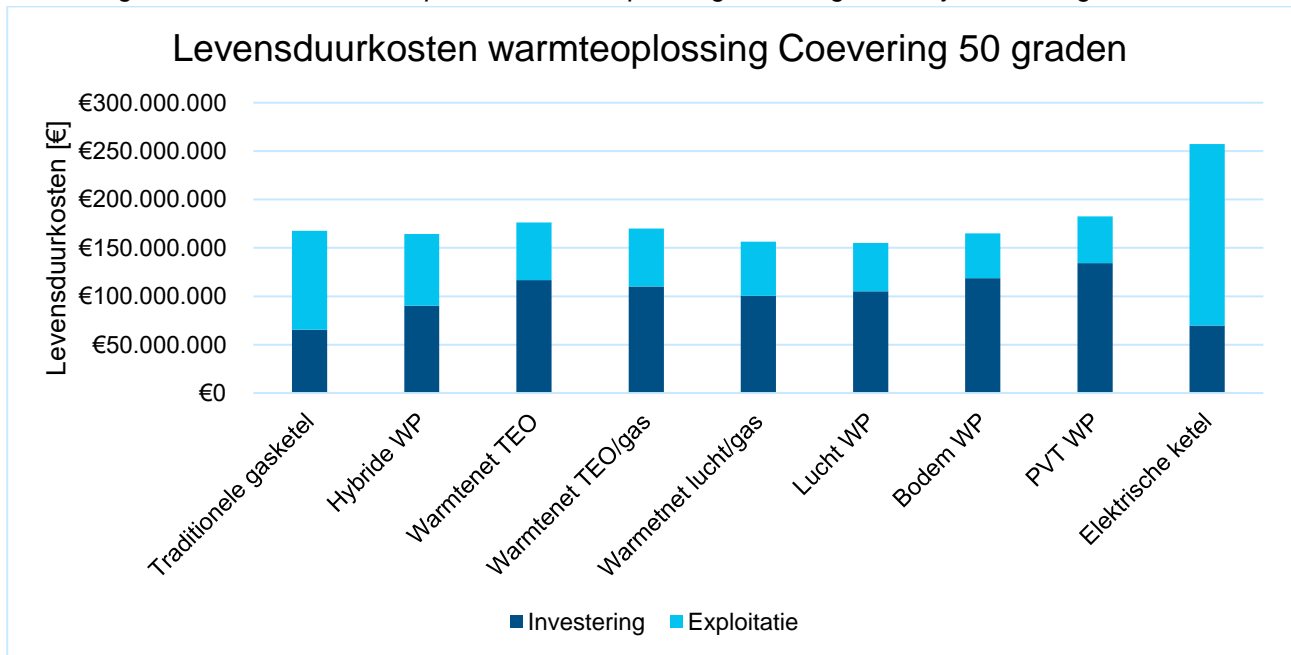
Voor Kerkkackers blijkt dat een oplossing met individuele luchtwarmtepompen, gevolgd door bodemwarmtepompen, vanuit financieel oogpunt het meest voordelig is om woningen op 70 °C te kunnen verwarmen. In vergelijking met deze oplossingen is een warmtenet relatief duur. De elektrische ketel is ook voor deze wijk de duurste oplossing.

5.2.2 50 °C aanvoertemperatuur

Coevering

In onderstaande figuur zijn de levensduurkosten per variant van de warmtevoorziening weergegeven met 50 °C verwarming als uitgangspunt. Daarbij zijn de levensduurkosten onderverdeeld in investerings- en exploitatiekosten (energie- en onderhoudskosten). Zie voor de uitgesplitste investeringskosten bijlage 2.

Afbeelding 39 – Levensduurkosten per 50 ° warmteoplossing voor de gehele wijk Coevering

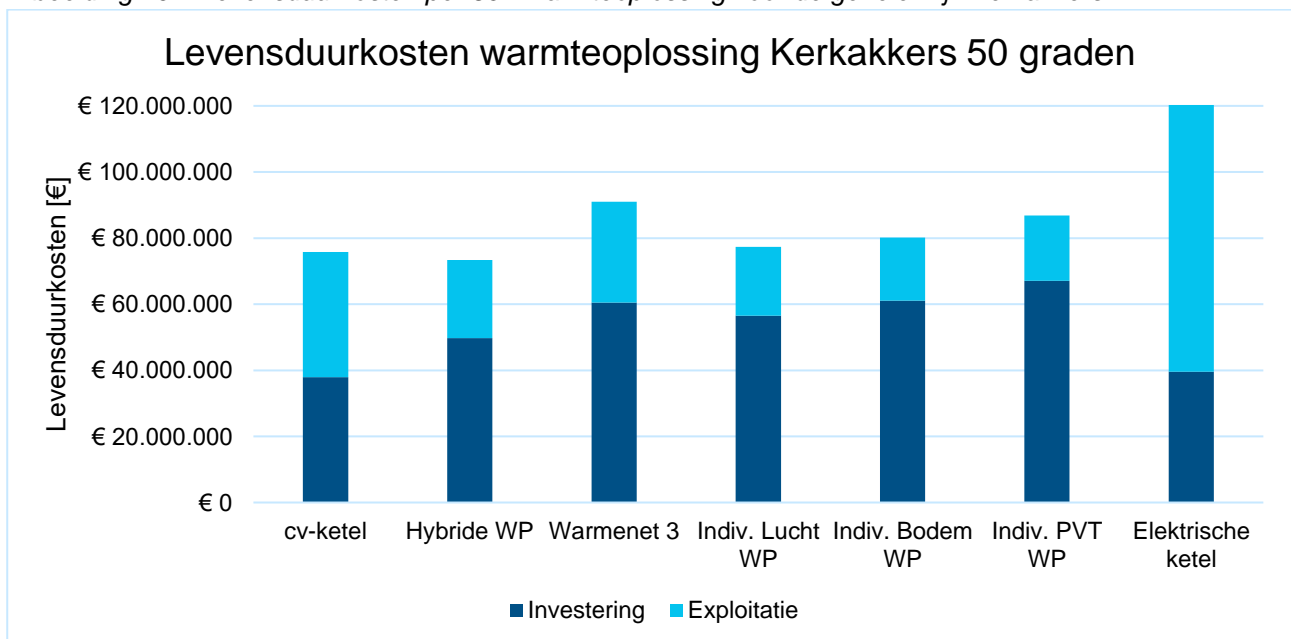


Van de alternatieven zijn een individuele luchtwarmtepomp of een collectief warmtenet, met lucht als bron en een gasketel als piekvoorziening, de meest voordelige oplossingen. Al met al is er vanuit financieel oogpunt, met uitzondering van de elektrische ketel, geen duidelijke voorkeur voor een individuele (m.u.v. de elektrische ketel) of collectieve oplossing als wordt verwarmd op 50 °C.

Kerkkackers

In onderstaande figuur zijn de levensduurkosten per variant van de warmtevoorziening weergegeven met 50 °C verwarming als uitgangspunt. Daarbij zijn de levensduurkosten onderverdeeld in investerings- en exploitatiekosten (energie- en onderhoudskosten). Zie in bijlage 2 de uitgesplitste investeringskosten.

Afbeelding 40 – Levensduurkosten per 50 ° warmteoplossing voor de gehele wijk Kerkkackers



Net als voor Coevering, blijkt ook voor Kerkkackers dat de referentiesystemen (traditionele gasketel en hybride warmtepomp) financieel goed scoren. Van de alternatieven zijn individuele luchtwarmtepompen, kort gevolgd door bodemwarmtepompen, financieel gezien het meest voordelig is om de woningen op 50 °C te kunnen verwarmen. Een warmtenet is relatief duur. Elektrische ketels zijn met afstand de duurste oplossing.

6 Afwegingskader

Naast de technische en financiële vergelijking is ook een afwegingskader opgesteld om bovenstaande warmteconfiguraties verder te vergelijken.

6.1 Criteria en puntenverdeling afwegingskader

Onderstaande criteria zijn meegenomen in het afwegingskader.

- **Duurzaamheid:**
De CO₂-uitstoot van de warmtevoorziening dient zoveel mogelijk beperkt te worden.
- **Aanpassingen aan de woning:**
De benodigde woningaanpassingen (denk aan isolatiemaatregelen en aanpassingen aan het warmte-afgiftesysteem zoals radiatoren) zo minimaal mogelijk houden.
- **Benodigde ruimte in de woning:**
De warmte-installatie mag niet meer ruimte in beslag nemen dan de huidige cv-ketel.
- **Benodigde ruimte in wijk:**
Het ruimtebeslag van de warmtevoorziening in de openbare ruimte moet tot het minimum beperkt blijven.
- **Esthetiek:**
Aan de buitenkant van mijn woning mag niks veranderd worden.
- **Geluid:**
De warmtevoorziening mag niet teveel geluid produceren en binnen dient het geluidsniveau gelijk te zijn aan de huidige situatie of lager.
- **Koeling:**
De warmtevoorziening moet ook koeling kunnen leveren aan de woning.
- **Betaalbaarheid:**
De gemiddelde maandelijkse kosten van de nieuwe warmtevoorziening mogen niet hoger zijn dan de huidige warmtevoorziening.¹⁷
- **Schaalbaarheid:**
Een andere wijk kan bij voorkeur ook profiteren van ons warmtesysteem.
- **Materiaalgebruik:**
Het is belangrijk om zo duurzaam mogelijk materiaal toe te passen.

Tijdens de eerste twee buurtbijeenkomsten, in maart en april 2023, is aan de aanwezige bewoners gevraagd of ze waardes willen toekennen aan bovenstaande criteria. Op deze manier is het mogelijk om te weten hoe zwaar de verschillende criteria mee moeten wegen in het afwegingskader. Elke bewoner kreeg 20 punten die ze mochten verdelen over bovenstaande criteria. Vonden ze een categorie erg belangrijk, dan konden ze meerdere punten op dit criterium zetten. Sommige bewoners hebben gezamenlijk de punten toegekend op het bijbehorende formulier. In de wijk Coevering zijn 40 reacties ontvangen, in de wijk Kerkakkers waren het er 70. Deze steekproef is daarmee waarschijnlijk niet representatief, omdat de vraag alleen is gesteld aan de mensen die aanwezig waren tijdens de buurtbijeenkomst, en geeft dus enkel een beeld van de mening van de aanwezigen.

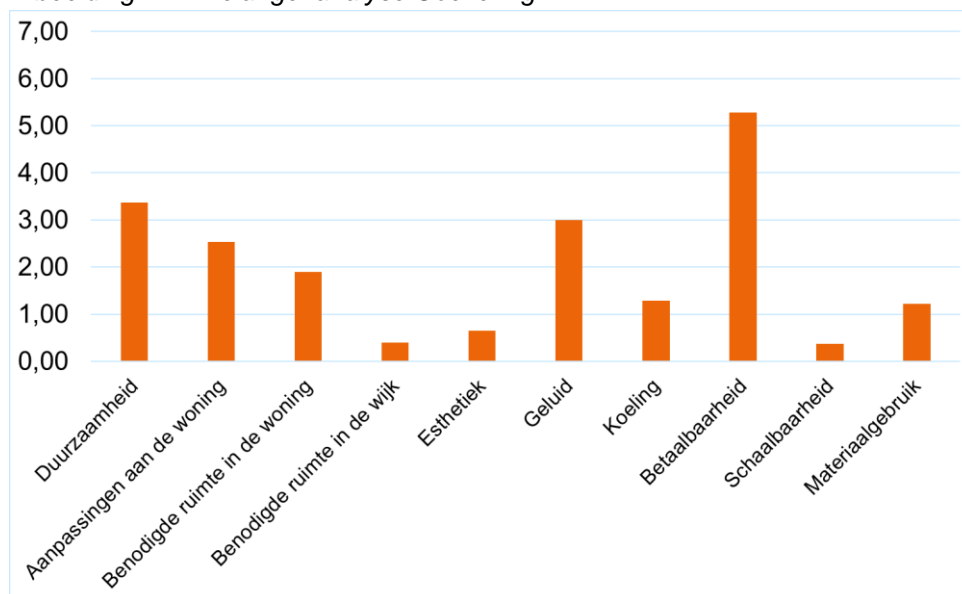
In onderstaande figuren zijn de uitkomsten weergegeven¹⁸. Op basis van deze uitkomst hebben de criteria een gewicht gekregen¹⁹. In de tabel onder de grafieken zijn de gewichten per criterium per wijk weergegeven.

¹⁷ Zie in bijlage 3 de gehanteerde uitgangspunten voor de financiële analyse

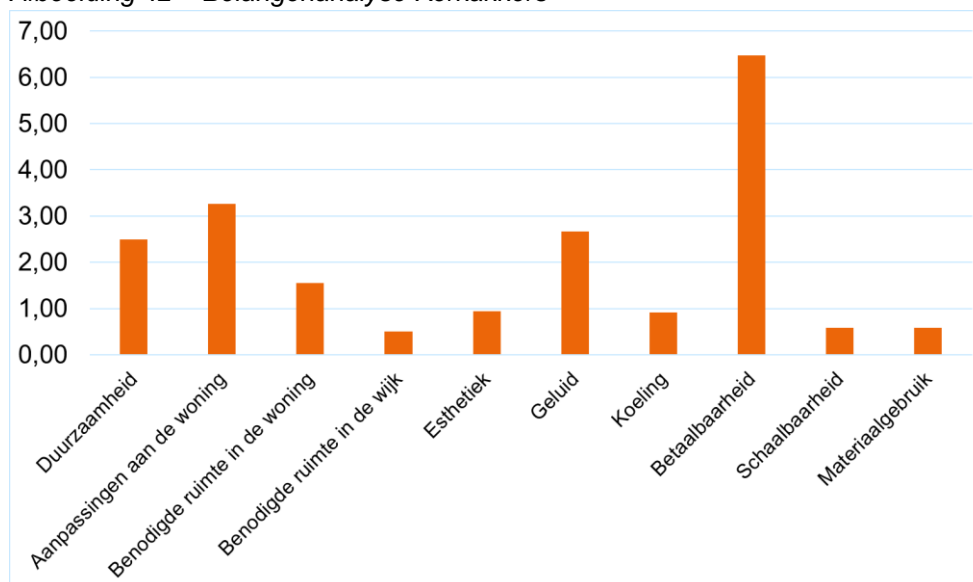
¹⁸ De uitkomsten laten zien hoeveel punten er gemiddeld aan een criteria gegeven zijn door alle aanwezigen

¹⁹ Aangezien betaalbaarheid het belangrijkste criterium was, heeft deze de waarde 1 gekregen. De andere waardes laten zien hoe ze score op basis van de betaalbaarheid (bijvoorbeeld duurzaamheid kreeg gemiddeld 3,3 aantal punten toegereikt. Dit is 0,64% van de 5,3 van betaalbaarheid dus krijgt het een weging van 0,64).

Afbeelding 41 – Belangenanalyse Coevering



Afbeelding 42 – Belangenanalyse Kerkackers



Tabel 9 – Uitkomst waarde criteria o.b.v. 1^e bewonersbijeenkomst

Criterium	Uitkomst Coevering	Weging Coevering	Uitkomst Kerkackers ²⁰	Weging Kerkackers
Duurzaamheid	3,38	0,64	2,51	0,41
Aanpassingen aan de woning	2,53	0,48	3,17	0,51
Benodigde ruimte in de woning	1,90	0,36	1,50	0,24
Benodigde ruimte in de wijk	0,40	0,08	0,47	0,08
Esthetiek	0,65	0,12	0,92	0,15
Geluid	2,99	0,57	2,95	0,48
Koeling	1,29	0,24	0,97	0,16
Betalbaarheid	5,28	1,00	6,18	1,00
Schaalbaarheid	0,37	0,07	0,58	0,09
Materiaalgebruik	1,21	0,23	0,68	0,11

²⁰ Het totaal van Kerkackers komt niet uit op 20 punten, aangezien er één persoon maar 15 ipv 20 punten verdeeld heeft over de criteria.

6.2 Uitkomst afwegingskader

6.2.1 Invulling afwegingskader

Elke categorie kan punten verdienen tussen de 1 en 3. Hoe meer punten, des te positiever het concept beoordeeld wordt. In onderstaande tabel is aangegeven hoe de puntentelling aangegeven is.

Tabel 10 – Voorstel puntenverdeling afwegingskader

Categorie	punten		
	1	2	3
Duurzaamheid	Lineaire schaal tussen 1 en 3, waarbij: 1 = CO ₂ -uitstoot gelijk aan of hoger dan gasketel op 70 graden 3 = CO ₂ -uitstoot gelijk aan de variant met de laagste CO ₂ -uitstoot		
Aanpassingen aan de woning	Grote aanpassingen aan isolatie en afgiftesysteem	Kleine aanpassingen aan isolatie en afgiftesysteem, koken op elektriciteit	Kleine aanpassingen aan isolatie en afgiftesysteem, koken op aardgas
Benodigde ruimte in de woning	Ruimtebeslag groter dan cv-ketel, daarnaast ruimtebeslag rondom het huis	Ruimtebeslag groter dan cv-ketel	Ruimtebeslag vergelijkbaar met cv-ketel of kleiner
Benodigde ruimte in de wijk	Grote technische ruimte en ondergronds leidingwerk		Eventueel nieuwe trafo's en elektriciteitskabels
Esthetiek	Buitendeel van (hybride) luchtwarmtepomp aan buitenkant woning	Mogelijk leidingwerk of panelen aan buitenkant woning	Geen zichtbare aanpassingen aan buitenkant woning
Geluid	Kans op geluidshinder		Geluidsniveau vergelijkbaar of lager dan cv-ketel
Koeling	Geen koeling mogelijk		Koeling mogelijk
Betaalbaarheid	Lineaire schaal tussen 1 en 3, waarbij: 1 = Levensduurkosten gelijk aan de variant met de hoogste levensduurkosten 3 = Levensduurkosten gelijk aan de variant met de laagste levensduurkosten		
Schaalbaarheid	Andere wijk kan niet profiteren van het systeem		Andere wijk kan profiteren van het systeem
Materiaalgebruik	Veel materiaal nodig		Weinig materiaal nodig

6.2.2 Uitkomsten afwegingskaders

Op onderstaande pagina's zijn de uitkomsten van het afwegingskaders weergegeven voor Coevering (tabel 11) en Kerkackers (tabel 12). In de bovenste helft van de tabellen wordt aangegeven hoe de tabellen ongewogen ingevuld zijn. In de onderste helft van de tabel wordt de wegingsfactor van de bewoners meegenomen. Het gaat bij de afwegingskader om een kwalitatieve afweging vanuit de bewoners, het is dus geen kwantitatieve beoordeling van het systeem.

Uit deze afwegingskaders (tabel 11 en tabel 12) blijkt dat de oplossingen op gebied van betaalbaarheid en CO₂-uitstoot vrij dichtbij elkaar liggen, terwijl er uit de technische en financiële analyse is gebleken dat er op dat gebied wel degelijk aanzienlijke verschillen zijn. Dat de resultaten toch dichtbij elkaar liggen komt doordat er een geleidende schaal wordt gebruikt (zie tabel 10), waarbij de slechtst scorende variant (de elektrische ketel) bepalend is. De verschillen tussen de andere alternatieven worden daardoor minder goed zichtbaar. Met andere woorden, doordat de elektrische ketel op betaalbaarheid en duurzaamheid extreem slecht scoort in vergelijking met alternatieven, vertroebelt dit het uiteindelijke beeld.

Er is daarom gekozen om de afwegingskaders en scores ook zonder elektrische ketel te laten zien. De afwegingskaders zonder elektrische ketel zijn weergegeven in tabel 13 (Coevering) en tabel 14 (Kerkackers)

Tabel 11 – Afwegingskader Coevering (incl. elektrische ketel)

Ongewogen (ingevulde punten)																
	70 °C aanvoertemperatuur								50 °C aanvoertemperatuur							
	Referentie	Collectief			Individueel				Referentie	Collectief			Individueel			
	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel
Duurzaamheid	1,9	2,1	1,8	1,8	2,5	2,7	2,7	1,0	2,1	2,7	2,3	2,3	2,9	3,0	3,0	1,0
Aanpassingen aan de woning	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Benodigde ruimte in de woning	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0
Benodigde ruimte in de wijk	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Esthetiek	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0
Geluid	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Koeling	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0
Betaalbaarheid	2,8	2,5	2,8	3,0	2,8	2,6	2,3	1,3	2,5	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,2	1,0
Schaalbaarheid	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Materiaalgebruik	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0
Totaal	17,7	22,7	22,6	22,8	19,3	22,3	21,0	21,3	15,6	21,0	20,7	20,9	18,5	21,5	20,2	19,0
Gewogen (a.d.h.v. belangenanalyse bewoners)																
	70 °C aanvoertemperatuur								50 °C aanvoertemperatuur							
	Referentie	Collectief			Individueel				Referentie	Collectief			Individueel			
	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel
Duurzaamheid	1,2	1,4	1,2	1,2	1,6	1,7	1,7	0,6	1,3	1,7	1,5	1,5	1,8	1,9	1,9	0,6
Aanpassingen aan de woning	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Benodigde ruimte in de woning	0,4	1,1	1,1	1,1	0,4	0,4	0,4	1,1	0,4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4	1,1
Benodigde ruimte in de wijk	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Esthetiek	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4
Geluid	0,6	1,7	1,7	1,7	0,6	1,7	1,7	1,7	0,6	1,7	1,7	1,7	0,6	1,7	1,7	1,7
Koeling	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2
Betaalbaarheid	2,8	2,5	2,8	3,0	2,8	2,6	2,3	1,3	2,5	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,2	1,0
Schaalbaarheid	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Materiaalgebruik	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,2	0,2	0,5
Totaal	7,5	9,1	9,2	9,4	7,9	9,0	8,5	7,5	6,3	8,4	8,2	8,5	7,5	8,6	8,2	6,3



Tabel 12 – Afwegingskader Kerkkokers (incl. elektrische ketel)

Ongewogen (ingevulde punten)												
	70 °C aanvoertemperatuur						50 °C aanvoertemperatuur					
	Referentie	Collectief	Individueel				Referentie	Collectief	Individueel			
	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel
Duurzaamheid	1,9	1,9	2,6	2,8	2,8	1,0	2,0	2,2	2,9	3,0	3,0	1,0
Aanpassingen aan de woning	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Benodigde ruimte in de woning	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	3,0
Benodigde ruimte in de wijk	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Esthetiek	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0
Geluid	1,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Koeling	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0
Betaalbaarheid	2,9	2,6	3,0	2,9	2,6	1,5	2,8	2,1	2,6	2,5	2,3	1,0
Schaalbaarheid	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Materiaalgebruik	2,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0
Totaal	17,7	22,5	19,6	22,7	21,4	21,5	15,8	20,4	18,5	21,5	20,3	19,0
Gewogen (a.d.h.v. belangenanalyse bewoners)												
	70 °C aanvoertemperatuur						50 °C aanvoertemperatuur					
	Referentie	Collectief	Individueel				Referentie	Collectief	Individueel			
	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Elektrische ketel
Duurzaamheid	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	0,4	0,8	0,9	1,2	1,2	1,2	0,4
Aanpassingen aan de woning	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Benodigde ruimte in de woning	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,7
Benodigde ruimte in de wijk	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Esthetiek	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4
Geluid	0,5	1,4	0,5	1,4	1,4	1,4	0,5	1,4	0,5	1,4	1,4	1,4
Koeling	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2
Betaalbaarheid	2,9	2,6	3,0	2,9	2,6	1,5	2,8	2,1	2,6	2,5	2,3	1,0
Schaalbaarheid	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Materiaalgebruik	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Totaal	6,7	7,7	7,0	8,1	7,7	6,7	5,7	6,6	6,2	7,3	6,9	5,2



Tabel 13 – Afwegingskader Coevering (excl. elektrische ketel)

Ongewogen (ingevulde punten)														
	70 °C aanvoertemperatuur							50 °C aanvoertemperatuur						
	Referentie	Collectief			Individueel			Referentie	Collectief			Individueel		
	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP
Duurzaamheid	1,9	2,1	1,8	1,8	2,5	2,7	2,7	2,1	2,7	2,3	2,3	2,9	3,0	3,0
Aanpassingen aan de woning	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Benodigde ruimte in de woning	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Benodigde ruimte in de wijk	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Esthetiek	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,0
Geluid	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0
Koeling	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Betaalbaarheid	2,5	1,8	2,5	3,0	2,4	2,0	1,2	1,7	1,2	1,5	2,0	2,1	1,7	1,0
Schaalbaarheid	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0
Materiaalgebruik	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Totaal	17,4	22,0	22,3	22,8	19,0	21,7	19,9	14,8	19,9	19,8	20,4	17,9	20,7	19,0
Gewogen (a.d.h.v. belangenanalyse bewoners)														
	70 °C aanvoertemperatuur							50 °C aanvoertemperatuur						
	Referentie	Collectief			Individueel			Referentie	Collectief			Individueel		
	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Hybride WP	Warmtenet 1 TEO/WKO	Warmtenet 2 TEO/WKO/gas	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP
Duurzaamheid	1,2	1,4	1,2	1,2	1,6	1,7	1,7	1,3	1,7	1,5	1,5	1,8	1,9	1,9
Aanpassingen aan de woning	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Benodigde ruimte in de woning	0,4	1,1	1,1	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4
Benodigde ruimte in de wijk	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Esthetiek	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2
Geluid	0,6	1,7	1,7	1,7	0,6	1,7	1,7	0,6	1,7	1,7	1,7	0,6	1,7	1,7
Koeling	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7
Betaalbaarheid	2,5	1,8	2,5	3,0	2,4	2,0	1,2	1,7	1,2	1,5	2,0	2,1	1,7	1,0
Schaalbaarheid	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Materiaalgebruik	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,2	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,2	0,2
Totaal	7,2	8,4	8,9	9,4	7,5	8,4	7,4	5,6	7,3	7,3	7,9	6,9	7,8	7,0



Tabel 14 – Afwegingskader Kerkkokers (excl. elektrische ketel)

Ongewogen (ingevulde punten)										
	70 °C aanvoertemperatuur					50 °C aanvoertemperatuur				
	Referentie	Collectief	Individueel			Referentie	Collectief	Individueel		
	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP
Duurzaamheid	1,9	1,9	2,6	2,8	2,8	2,0	2,2	2,9	3,0	3,0
Aanpassingen aan de woning	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Benodigde ruimte in de woning	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Benodigde ruimte in de wijk	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Esthetiek	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0
Geluid	1,0	3,0	1,0	3,0	3,0	1,0	3,0	1,0	3,0	3,0
Koeling	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Betaalbaarheid	2,7	2,1	3,0	2,8	2,1	2,5	1,0	2,1	1,9	1,3
Schaalbaarheid	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0
Materiaalgebruik	2,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Totaal	17,5	22,0	19,6	22,6	21,0	15,5	19,2	18,0	20,9	19,3
Gewogen (a.d.h.v. belangenanalyse bewoners)										
	70 °C aanvoertemperatuur					50 °C aanvoertemperatuur				
	Referentie	Collectief	Individueel			Referentie	Collectief	Individueel		
	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP	Hybride WP	Warmtenet 3 lucht/gas	Ind. luchtWP	Ind. bodemWP	Ind. PVT WP
Duurzaamheid	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	0,8	0,9	1,2	1,2	1,2
Aanpassingen aan de woning	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Benodigde ruimte in de woning	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2
Benodigde ruimte in de wijk	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Esthetiek	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3
Geluid	0,5	1,4	0,5	1,4	1,4	0,5	1,4	0,5	1,4	1,4
Koeling	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5
Betaalbaarheid	2,7	2,1	3,0	2,8	2,1	2,5	1,0	2,1	1,9	1,3
Schaalbaarheid	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
Materiaalgebruik	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1
Totaal	6,5	7,2	7,0	8,0	7,2	5,4	5,5	5,7	6,7	6,0



7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Kijkend naar de onderzoeksresultaten en de resultaten van het afwegingskader kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De wijk Coevering voldoet aan de voorwaarden voor een mogelijke toepassing van een warmtenet, vanwege de relatief hoge warmtevraag, relatief hoge bouwdichtheid (circa 36 woningen per hectare) en de aanwezigheid van aanzienlijk woningcorporatiebezit (waarmee het aantal gebouweigenaren enigszins wordt beperkt).
- Wat betreft de mogelijke bronnen voor een warmtenet lijkt een centrale luchtwarmtepompinstallatie als bron voor het warmtenet, het meest kansrijk.
- De eigenschappen van de wijk Kerkackers passen niet goed bij de voorwaarden voor een financieel haalbaar warmtenet. De bouwdichtheid is relatief laag (circa 18 woningen per hectare) en het aantal gebouweigenaren is groot omdat er niet veel woningcorporatiewoningen staan. Dat betekent dat individuele 'all-electric' oplossingen voor Kerkackers op dit moment het meest geschikt zijn.
- Van de beschreven 'all-electric' oplossingen (waar geen nieuwe infrastructuur in de plaats van de aardgasinfrastructuur komt) zijn de (hybride) warmtepompen het meest efficiënt.
- Uit de vergelijking van de CO₂-uitstoot van de verschillende aardgasvrije systemen blijkt dat voor zowel de wijk Kerkackers als de Coevering de toepassing van individuele warmtepompen voor de grootste CO₂-reductie zorgt, waarbij het scenario met een aanvoertemperatuur van 50 graden en na-isolatie de grootste reductie met zich meebrengt.
- Uit de financiële analyse voor Coevering blijkt dat een collectief warmtenet, met lucht als warmtebron en een gasketel als piekvoorziening, financieel gezien de meest voordelige oplossing is om de woningen op 70 °C te verwarmen. Dit is in deze doorrekening ook voordeliger dan een cv-ketel. Bij het verwarmen op 50 graden zijn een individuele luchtwarmtepomp of een collectief warmtenet, met lucht als bron en een gasketel als piekvoorziening, de meest voordelige aardgasvrije oplossingen. Al met al is er vanuit financieel oogpunt geen duidelijke voorkeur voor een individuele of collectieve oplossing als wordt verwarmd op 50 °C.
- Voor Kerkackers blijkt dat een oplossing met individuele luchtwarmtepompen, kort gevolgd door bodemwarmtepompen, vanuit financieel oogpunt het meest voordelig is om woningen op 70 °C of 50 °C te kunnen verwarmen. In vergelijking met deze oplossingen is een warmtenet relatief duur. Met een warmtesysteem op 70 °C kennen deze warmtepompen lagere levensduurkosten dan de cv-ketel.
- Voor beide wijken leveren de oplossingen met een aanvoertemperatuur van 70 °C lagere levensduurkosten op dan de oplossingen met een aanvoertemperatuur van 50 °C.
- Tijdens de eerste twee buurtbijeenkomsten is aan de bewoners gevraagd of ze waardes willen toekennen aan eigenschappen van aardgasvrije systemen, zoals betaalbaarheid en duurzaamheid. Op basis van de uitkomst hebben de eigenschappen een gewicht gekregen en is een gewogen afwegingskader opgesteld.
- Doordat de elektrische ketel op betaalbaarheid en duurzaamheid zeer slecht scoort in vergelijking met alternatieven is ervoor gekozen om de afwegingskaders en scores ook zonder elektrische ketel te laten zien.
- Uit het gewogen afwegingskader excl. elektrische ketel voor Coevering blijkt dat de 70 °C oplossingen beter scoren dan de 50 °C oplossingen, waarbij het warmtenet met een collectieve luchtwarmtepomp en een piekketel de hoogste score heeft.
- Uit het gewogen afwegingskader (excl. elektrische ketel) voor Kerkackers blijkt ook dat de 70 °C oplossingen het beste scoren, waarbij de bodemwarmtepomp de beste score krijgt.



7.2 Aanbevelingen

Op basis van deze conclusies worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Uit de analyse blijkt dat de transitie naar aardgasvrij verwarmen een CO₂-besparing oplevert en financieel aantrekkelijker kan zijn dan blijven verwarmen met aardgas. Omwille van duurzaamheid en betaalbaarheid in de toekomst wordt aardgasvrij verwarmen dan ook aanbevolen.
- Voor de wijk Coevering blijkt uit de financiële analyse dat een collectief warmtenet een financieel interessante oplossing kan zijn. De CO₂-reductie is het grootst met individuele warmtepompen per woning, maar het is de vraag of hiervoor in de wijk op de korte tot middellange termijn (tussen nu en 2030) voldoende (financieel) draagvlak bestaat. Uit het gewogen afwegingskader blijkt dat een warmtenet met een aanvoertemperatuur van 70 °C past bij de criteria die de wijkbewoners belangrijk vinden. De installatie neemt weinig ruimte in beslag in de woningen en maakt geen geluid in of rondom de woning, bovendien hoeft de woning niet ingrijpend te worden geïsoleerd om aan te kunnen sluiten. We adviseren daarom om nader onderzoek uit te voeren naar de warmtenetconfiguratie in Coevering met een collectieve luchtwarmtepomp en piekvoorziening.
- Uit de gesprekken met netbeheerder Enexis blijkt dat in de Coevering een wachtlijst geldt voor nieuwe grootverbruiksaansluitingen. Dit kan mogelijk vertraging opleveren voor een toekomstige realisatie van een warmtenet en geldt als aandachtspunt bij het opstellen van een schetsontwerp, waarbij wellicht naar oplossingsrichtingen kan worden gezocht.
- Voor de wijk Kerkackers blijkt uit de financiële analyse dat de individuele lucht- en bodemwarmtepompen van de vergeleken aardgasvrije systemen de laagste levensduurkosten opleveren. Met een temperatuurniveau van 70 °C kunnen de levensduurkosten ook lager uitvallen met deze warmtepompen dan met de huidige cv-ketel. Een warmtenet is voor deze wijk een dure oplossing. We adviseren de gemeente om de bewoners te informeren over de voor- en nadelen van het aanschaffen van een hybride warmtepomp (lagere investeringskosten, hogere energielasten dan met een all-electric warmtepomp) versus een all-electric warmtepomp (hogere investeringskosten, lagere energielasten dan een hybride warmtepomp) met een aanvoertemperatuur van 70 °C. Op die manier kunnen bewoners een onderbouwd besluit nemen tussen (voorlopig) hybride verwarmen en nu al aardgasvrij verwarmen. Vanuit het oogpunt van duurzaamheid wordt aanbevolen om de woningen (stapsgewijs) verder te isoleren zodat een aanvoertemperatuur van 50 graden kan worden bereikt.

Bijlagen

Bijlage 1: technische uitgangspunten

Warmtevraag midden temperatuur (70 graden)

Een middentemperatuur warmte-net levert vaak warmte met een temperatuur van ongeveer 70 graden²¹. Met deze temperatuur is het namelijk makkelijk om duurzame bronnen aan te sluiten.

Een woning (of utiliteitspand) moet een bepaalde isolatiewaarde hebben om met een aanvoertemperatuur van 70 graden voldoende warm te blijven. In onderstaande tabel zijn de benodigde Rc-waardes opgegeven, die nodig zijn bij een aanvoertemperatuur van 70 graden.

Tabel B1.1 – Benodigde gemiddelde RC-waardes 70 graden

Onderdeel	MT verwarmen (70 graden)
Dakisolatie	Niet nodig
Gevelisolatie	$R_c \geq 1,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ca. 3-6 cm isolatie)
Vloerisolatie	$R_c \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ca. 5-9 cm isolatie)
Beglazing	$U_w \leq 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dubbel glas)

Dit komt erop neer dat alle gebouwen die gebouwd zijn na 1992, voldoende geïsoleerd zijn om warm te worden met een 70 graden bron. De gebouwen die voor 1992 gebouwd zijn, dienen beter geïsoleerd te worden. De gemiddelde streefwaardes van de RC-waardes van de isolatie aan het gebouw zijn in bovenstaande tabel benoemd. Om te weten of uw woning (of utiliteitspand) voldoende warm blijft met een MT-warmtebron, zou u uw verwarming twee jaar lang op 70 graden kunnen zetten en kijken of het wooncomfort nog voldoende is. Om de toekomstige warmtevraag te berekenen is aangenomen dat alle gebouwen voor 1992 dezelfde warmtevraag per vierkante meter krijgen als de gebouwen met bouwjaar 1992.

Dit betekent dat de totale warmtevraag verlaagd wordt. In onderstaande tabel is de nieuwe warmtevraag voor Coevering en Kerkkokers weergegeven.

Tabel B1.2 – Nieuwe warmtevraag bij 70 graden warmte

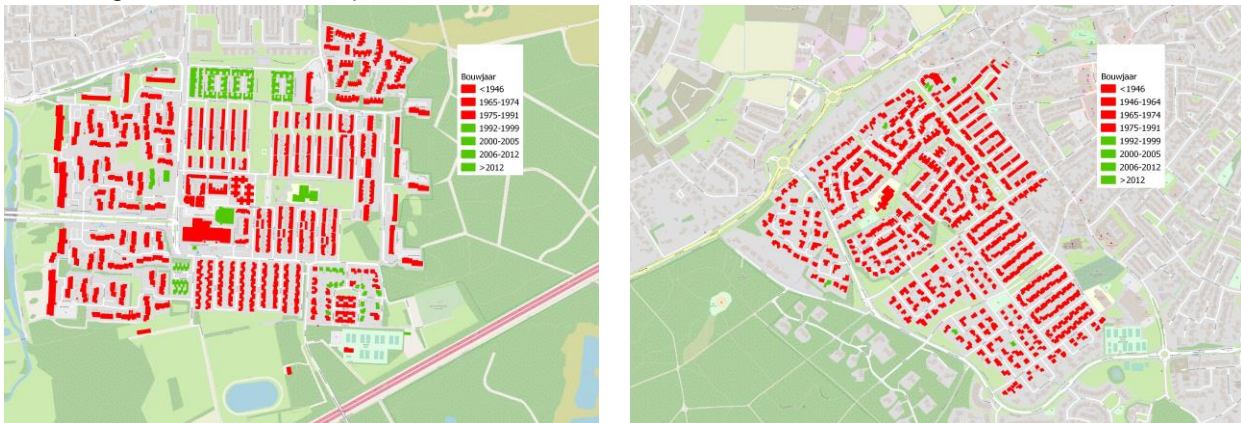
	Huidige warmtevraag (GJ/jaar)	Warmtevraag MT-net (GJ/jaar)
Coevering	111.000	91.500
Kerkkokers	91.500	46.400

In de figuur hieronder is aangegeven welke woningen en utiliteitspanden waarschijnlijk aangepast dienen te worden om aangesloten te kunnen worden op een MT-warmtenet. De mate van aanpassing is per gebouw verschillend en maatwerk.

²¹ Zie ook:

<https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/de+leidraad/strategiefactsheets/strategie+2+warmtenet+met+midden+-+en+hogetemperat/default.aspx>

Afbeelding B1.1 – Gebouwen met bouwjaar voor 1992 in rood en bouwjaar na 1992 in groen (links Coevering, rechts Kerkkackers)



Naast warmtevraag in GJ is ook het warmte-vermogen vraag in kW belangrijk om te onderzoeken of de potentie van de bronnen hoog genoeg is. Om het totale vermogen t.b.v. verwarming te bepalen zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Benodigd vermogen ruimteverwarming gebouw op MT-warmtenet: 65 W/m²
- Benodigd vermogen tapwater woningen op MT-warmtenet: 26,2 kW
- Gelijktijdigheidsfactor ruimteverwarming (ISSO 7):
 - Aantal woningen 1-5: 1,00
 - Aantal woningen 6-13: 0,95
 - Aantal woningen 14-25: 0,90
 - Aantal woningen 26-40: 0,85
 - Aantal woningen 41-60: 0,80
 - Aantal woningen 61-85: 0,75
 - Aantal woningen 86-115: 0,70
 - Aantal woningen 116- 155 0,65
 - Aantal woningen 156-205 0,60
 - Aantal woningen > 205: 0,55
- Gelijktijdigheidsfactor tapwater: $1/\sqrt{\text{aantal aansluitingen}}$

Bovenstaande uitgangspunten geeft een warmtevermogensvraag van 12.365 kW voor Coevering en 6.139 kW voor Kerkkackers.

Warmtevraag Laag temperatuur (50 graden)

Wanneer er gesproken wordt over laag temperatuur warmte dan praat men over een aanvoertemperatuur van warmte van 50 graden. Op deze temperatuur kan een warmtepomp namelijk nog efficiënt warmte leveren en je radiatoren ook nog gehandhaafd blijven, mits de bouwkundige schil goed genoeg is.

Een woning(of utiliteitspand) moet een bepaalde isolatiewaarde hebben om met een aanvoertemperatuur van 50 graden voldoende warmte binnen te houden. Naar de volgende Rc-waardes dient toegewerkt te worden:

Tabel B1.3 – Benodigde gemiddelde RC-waardes 50 graden

Onderdeel	LT verwarmen (50 graden)
Dakisolatie	Rc ≥ 2,5 m ² K/W (ca. 7-14 cm isolatie)
Gevelisolatie	Rc ≥ 1,7 m ² K/W (ca. 3-6 cm isolatie)
Vloerisolatie	Rc ≥ 2,5 m ² K/W (ca. 7-14 cm isolatie)
Beglazing	Uw ≤ 1,8 W/m ² K (HR++ glas)

Dit komt erop neer dat alle gebouwen die gebouwd zijn na 2005, voldoende geïsoleerd zijn om warm te worden met een LT-bron. De gebouwen die voor 2005 gebouwd zijn, dienen de bovengenoemde Rc-waardes te hebben. Om te weten of uw woning (of pand) voldoende warm blijft met een LT-warmtebron, zou u uw verwarming twee jaar lang op 50 graden kunnen zetten en kijken of het wooncomfort nog voldoende is. Om de toekomstige warmtevraag te berekenen is aangenomen dat alle gebouwen voor 2005 dezelfde warmtevraag per vierkante meter krijgen als de gebouwen met bouwjaar 2005.

Dit betekent dat de totale warmtevraag verlaagd wordt. In onderstaande tabel is de nieuwe warmtevraag voor Coevering en Kerkkokers weergegeven.

Tabel B1.4 – Nieuwe warmtevraag LT

	Huidige warmtevraag (GJ/jaar)	Warmtevraag LT (GJ/jaar)
Coevering	111.000	80.500
Kerkkokers	91.500	42.400

Om het totale warmtevermogen te bepalen zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Benodigd vermogen ruimteverwarming gebouwen op MT-warmtenet: 50 W/m²
- Benodigd vermogen tapwater woningen op MT-warmtenet: 26,2 kW
- Gelijktijdigheidsfactor ruimteverwarming (ISSO 7):
 - Aantal woningen 1-5: 1,00
 - Aantal woningen 6-13: 0,95
 - Aantal woningen 14-25: 0,90
 - Aantal woningen 26-40: 0,85
 - Aantal woningen 41-60: 0,80
 - Aantal woningen 61-85: 0,75
 - Aantal woningen 86-115: 0,70
 - Aantal woningen 116- 155 0,65
 - Aantal woningen 156-205 0,60
 - Aantal woningen > 205: 0,55
- Gelijktijdigheidsfactor tapwater: $1/\sqrt{\text{aantal aansluitingen}}$

Bovenstaande uitgangspunten geeft een warmtevermogensvraag van 9.890 kW voor Coevering en 4.913 kW voor Kerkkokers.

Ruimtelijke inpassing collectief systeem

Zoals beschreven in paragraaf 4.1 wordt, is gerekend aan de mogelijkheid van een warmtenet als collectieve warmtevoorziening, met als bron een WKO-installatie met regeneratie door middel van aquathermie (met en zonder gasketel als piekvoorziening) of collectieve luchtwarmtepompen. Voor alle drie de varianten is een centrale techniekruimte benodigd met daarin de warmtepompinstallatie, buffervaten, trafo, warmtewisselaars, verdelers en regeltechniek.

Vanuit de technische ruimte wordt de warmte via een distributienet naar de panden in het aansluitgebied getransporteerd. Hierbij is de inpassing van het distributienet in het straatprofiel een belangrijk aandachtspunt: de straten moeten genoeg ruimte te bieden voor de aanvoer- en retourleidingen. Voor de ruimtelijke inpassing van aanvoer- en retourleidingen, waarbij ook bestaande leidingen en kabels worden meegenomen, is vervolgonderzoek nodig. Verder zijn in de openbare ruimte in het aansluitgebied meerdere onderstations nodig die warmte vanuit het primaire distributienet naar de woningen verdelen.

Afbeelding B1.2- Voorbeeld: Technische ruimte warmtenet Zernike



Technische uitgangspunten collectief systeem

Warmtenet

Distributierendement:	0,80	[%]
Vermogensverlies 70 graden:	5	[%]
Vermogensverlies 50 graden:	2	[%]
COP warmtepomp TEO/WKO 70 graden:	2,5	[-]
COP warmtepomp TEO/WKO 50 graden:	3,4	[-]
COP warmtepomp TEO/WKO/gas 70:	2,7	[-]
COP warmtepomp TEO/WKO/gas 50:	3,8	[-]
COP warmtepomp lucht/gas 70:	1,9	[-]
COP warmtepomp lucht/gas 50:	2,5	[-]
SCOP warmtepomp TEO/WKO 70 graden:	3,2	[-]
SCOP warmtepomp TEO/WKO 50 graden:	4,3	[-]
SCOP warmtepomp TEO/WKO/gas 70:	3,4	[-]
SCOP warmtepomp TEO/WKO/gas 50:	4,7	[-]
SCOP warmtepomp lucht/gas 70:	2,9	[-]
SCOP warmtepomp lucht/gas 50:	3,8	[-]
Vermogensfractie warmtepomp (hybride net):	0,3	[-]
Energiefractie warmtepomp (hybride net):	0,8	[-]
Opwekrendement piekkel:el:	0.9	[-]

WKO systeem

Delta T:	6	[K]
Gelijktijdigheidsfactor:	1	[-]
Max. debiet per WKO-bron:	140	[m3/h]

Regeneratievoorziening TEO

Delta T:	5	[K]
Vollasturen:	2500	[h]

Overige parameters

CO2-emissiefactor elektriciteit (2020):	0,3	[kg/kWh]
CO2-emissiefactor aardgas	56,4	[kg/GJ]
Soortelijke warmte water:	4,187	[kJ/kgK]
Bovenwaarde gas:	35,17	[MJ/m3]
Power factor:	0.85	[-]

Energieverbruik pompen:	0,20	[kWh/m ³ *jaar]
Vermogen pompen:	0,20	[kW/m ³ *jaar]

Ruimtelijke inpassing individueel systeem

De warmtepompen die op dit moment volop op de markt beschikbaar zijn hebben alle een binnen- en een buitenunit. Voor aardgasvrije 'all-electric' warmtepompen gaat het dan om een binnenunit met het formaat van een koelvriescombinatie, die ongeveer 2 m² ruimte in beslag neemt binnen de woning. De buitenunit kan bestaan uit een luchtunit, PVT-panelen of een onder de grond geplaatste bodemlus. De laatste is na de boring niet meer zichtbaar buiten de woning, de eerste twee wel.

Afbeelding B1.3- Van links naar rechts: binnenunit all-electric warmtepomp, luchtbuitenunit en PVT-panelen



De komende jaren zullen naar verwachting meer warmtepompsystemen de markt betreden met een meer esthetische luchtbuitenunit, bijvoorbeeld als schoorsteen vormgegeven voor op een schuin dak. Ook zullen er naar verwachting warmtepompen worden doorontwikkeld die geen buitenunit hebben en vanuit de binneninstallatie bijvoorbeeld lucht aanvoeren als bron. De vraag is of, en op welke termijn, deze nieuwe systemen kunnen concurreren met de investering en het rendement van bovenstaande warmtepompsystemen.

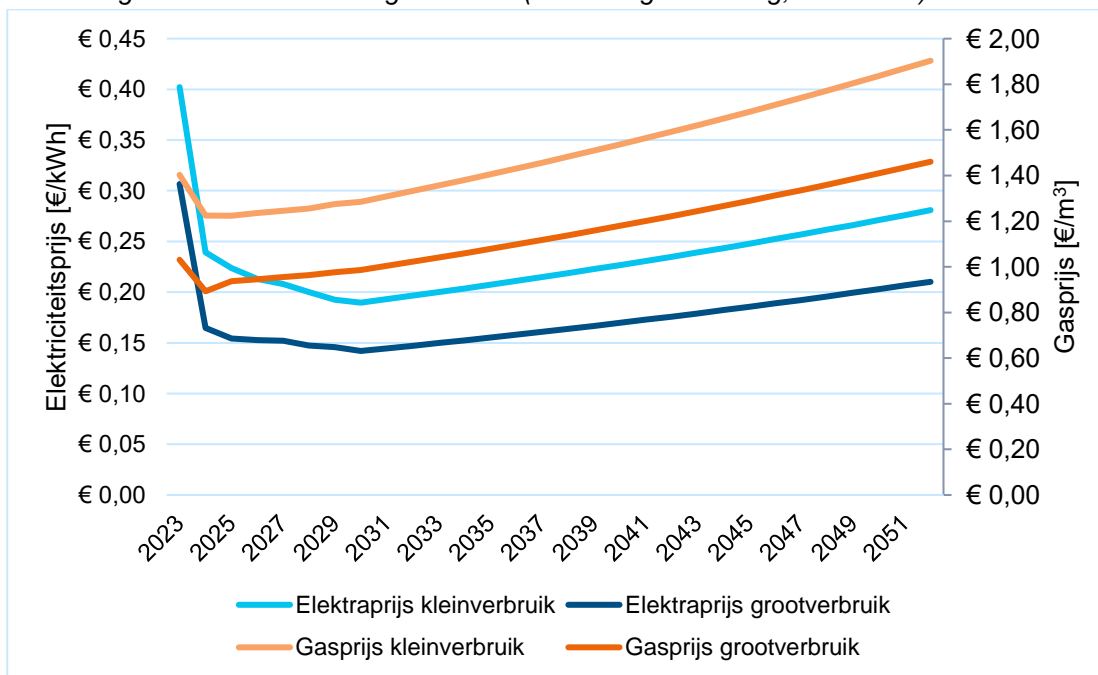
Technische uitgangspunten individueel systeem

SCOP laagbouw hybride warmtepomp 70:	3,5	[-]
SCOP hoogbouw hybride warmtepomp 70:	3,0	[-]
SCOP laagbouw hybride warmtepomp 50:	3,5	[-]
SCOP laagbouw hybride warmtepomp 50:	3,0	[-]
SCOP laagbouw luchtwarmtepomp 70:	3,0	[-]
SCOP hoogbouw luchtwarmtepomp 70:	2,5	[-]
SCOP laagbouw luchtwarmtepomp 50:	3,5	[-]
SCOP hoogbouw luchtwarmtepomp 50:	3,0	[-]
SCOP laagbouw bodemwarmtepomp 70:	3,5	[-]
SCOP hoogbouw bodemwarmtepomp 70:	3,0	[-]
SCOP laagbouw bodemwarmtepomp 50:	4,0	[-]
SCOP hoogbouw bodemwarmtepomp 50:	3,5	[-]
SCOP laagbouw PVT-warmtepomp 70:	3,5	[-]
SCOP hoogbouw PVT-warmtepomp 70:	3,0	[-]
SCOP laagbouw PVT-warmtepomp 50:	4,0	[-]
SCOP hoogbouw PVT-warmtepomp 50:	3,5	[-]
Rendement elektrische ketel:	1	[-]
Rendement gasketel:	0,89	[-]
Energiefractie warmtepomp (hybride)	0,5	[-]

Bijlage 2: Financiële uitgangspunten

Algemene uitgangspunten exploitatie:

Afbeelding B2.1 - Variabele energietarieven (incl. energiebelasting, excl. BTW)



Toelichting variabele energietarieven.

Er is een analyse uitgevoerd om de variabele energietarieven (zoals weergegeven in de figuur), ten behoeve van dit onderzoek, vast te stellen. Hieronder wordt een toelichting gegeven op de opbouw en totstandkoming hiervan.

Het variabele leveringstarief voor energie is opgebouwd uit drie onderdelen, namelijk de groothandelsprijs, een marge voor de energieleverancier en belastingen. Daarnaast zijn de energieprijzen ook afhankelijk van inflatie. Het gehanteerde scenario voor energieprijzen gaat ervanuit dat de groothandelsprijzen van nu zich tot in 2030 ontwikkelen conform het scenario midden uit de meest recente Klimaat- en Energieverkenning van het PBL. Verder gaan de energieprijsscenario's ervanuit dat de energiebelasting zich tot in 2030 ontwikkelt conform het voorgenomen beleid van de overheid (op basis van het belastingplan 2022). Voor de marge van de energieleverancier is aangenomen dat dit een vast bedrag bovenop de groothandelsprijs betreft. De hoogte van dit bedrag verbruiksklasse (bijv. klein- of grootverbruik) en is gebaseerd op een analyse van historische groothandels- en leveringsprijzen voor energie. De totale variabele leveringstarieven (som van groothandelsprijs, marge en energiebelastingen) worden gecorrigeerd voor inflatie met de HICP-index. De ontwikkeling van inflatie tot aan 2030 is gebaseerd op de inflatieprognose van het CPB uit de meest recente versie van het Centraal Economisch Plan. Voor de periode na 2030 is er nog weinig bekend over de verwachte ontwikkeling van energieprijzen. Daarom is het uitgangspunt dat de variabele leveringstarieven na 2030 geleidelijk aan stijgen met de inflatie. Er wordt een percentage aangehouden van 1,8% (tot stand gekomen door extrapolatie van inflatieprognose CPB).

Al met al leidt dit tot een scenario waarin de extreme prijzen van 2023 dalen op de kortere termijn dalen, voor elektriciteit in meerdere mate dan voor gas, en vervolgens geleidelijk aan weer stijgen richting de middellange tot lange termijn.

Vastrecht gas 2023	Enexis
Type aansluiting	Tarief [/jaar excl.btw]
Geen	€ 0
G4/G6 < 500 m3	€ 119
G4/G6 < 4000 m3	€ 168
G4/G6 ≥ 4000 m3	€ 267
G10	€ 445
G16	€ 642
G25	€ 1.026
G40 LD	€ 1.777
G65 LD	€ 2.592
G100 LD	€ 3.932
G160 LD	€ 5.900

Vastrecht elektriciteit 2023	Enexis	
	Tarief [/jaar excl.btw]	
Geen	€ 0	
1x10 A	€ 98	
1x25 A	€ 269	
1x35 A	€ 269	
3x25 A	€ 269	
3x35 A	€ 1.060	
3x50 A	€ 1.549	
3x63 A	€ 2.038	
3x80 A	€ 2.528	
t/m 3x250 A	€ 276	Periodieke aansluitvergoeding
t/m 1500 kVA	€ 1.057	Periodieke aansluitvergoeding

Transport	Enexis
	Tarief [/jaar excl.btw]
t/m 3x250 A	€ 441,00
t/m 1500 kVA	€ 441,00
Verbruik	Enexis
	Tarief [/kWh]
t/m 3x250 A	€ 0,01
t/m 1500 kVA	€ 0,01
Contract	Enexis
	Tarief [/kW contract]
t/m 3x250 A	€ 31,65
t/m 1500 kVA	€ 18,62
Piek	Enexis
	Tarief [/kW max]
t/m 3x250 A	€ 26,52
t/m 1500 kVA	€ 26,52

Overige parameters:

Index (inflatie): 2%
 Discontovoet: 2,25%

Tabel B2.1 - Kostenraming installatietechnisch - 70 °C varianten Coevering (Excl. BTW)

		Huidige situatie		Collectief systeem			Individueel systeem				Onderhoud [% van capex per jaar]	Herinvestering [% van capex na 15 jaar]	
		Gasketel	Ind. Hybride WP	Warmtenet 1	Warmtenet 2	Warmtenet 3	Ind. Lucht WP	Ind. BodemWp	Ind. PVT WP	Elektrische ketel			
Prijs	Eenheid												
Centrale voorzieningen													
Centrale technische ruimte	1.800	€/m ²			€ 2.301.127	€ 702.938	€ 702.938					0,5%	0%
Onderstations	125.000	€/st			€ 750.000	€ 750.000	€ 750.000					2,7%	0%
Leidingtracés distributie (incl. opname door groen, klinkers en grondverzet)	750	€/m			€ 10.350.000	€ 10.350.000	€ 10.350.000					1,8%	0%
Leidingtracés WKO-systeem	3.000	€/m			€ 3.450.000	€ 3.300.000						1,8%	20%
WKO-systeem (vaste kosten)	115.000	€/st			€ 1.035.000	€ 920.000						2,0%	20%
WKO-systeem (variabele kosten)	2.300	€/m ³ /h			€ 2.862.868	€ 2.356.225						2,0%	20%
Aquathermie (70 graden)	1.000	€/m ³ /h			€ 1.244.725	€ 1.010.544						3,0%	20%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	550	[€/kW _{th}]			€ 6.976.221	€ 2.092.866						4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	650	[€/kW _{in}]					€ 2.473.388					4,0%	80%
Collectieve gasketel	100	€/kW				€ 887.883	€ 887.883					4,0%	80%
Voorzieningen per gebouw													
Verwijderen huidige individuele CV-ketel excl. asbest	250	€/woning	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	0,0%	0%
Verwijderen huidige collectieve CV ketel (excl. asbest)	2.500	€/gebouw	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	0,0%	0%
Water/water warmtepomp (< 10 kW)	10.000	[€/stuk]							€ 16.370.000	€ 16.370.000		1,0%	80%
Bodemluis	9.000	[€/stuk]							€ 24.606.000			0,5%	0%
PVT-panelen	600	€/m ²								41.010.000		0,5%	0%
Lucht/water warmtepomp (< 10 kW)	13.000	[€/stuk]						€ 21.281.000				1,0%	80%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	550	[€/kW _{in}]							€ 5.610.000	€ 5.610.000		4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	650	[€/kW _{in}]					€ 6.630.000					4,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (<10 KW) incl. ketel	8.000	[€/stuk]		13.096.000								3,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (>10 KW) incl. ketel	350	[€/kW _{in}]		3.650.000								4,0%	80%
Distributienet in pandig	1.500	€/woning		1.645.500				1.645.500	1.645.500	1.645.500		1,8%	0%
(Elektrische) CV-ketel	2.000	€/woning	5.468.000								5.468.000	5,0%	80%
Aansluitleiding	3.200	€/woning			5.318.400	5.318.400	5.318.400					1,8%	0%
Intern leidingwerk t.b.v. warmte-aansluiting	1.500	€/woning			€ 2.455.500	€ 2.455.500	€ 2.455.500					2,5%	0%
Toevoegen individuele afleverset	1.500	€/woning			€ 4.101.000	€ 4.101.000	€ 4.101.000					1,0%	80%
Toevoegen elektrisch kooktoestel	1.000	€/woning			€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	0,0%	0%
Aanpassen afgiftesysteem	1.200	€/woning	3.280.800	3.280.800	€ 3.280.800	€ 3.280.800	€ 3.280.800	€ 3.280.800	€ 3.280.800	€ 3.280.800	€ 3.280.800	0,0%	0%
Aansluitkosten elektriciteits- en gasvoorziening													
Aansluitkosten flatgebouw en utiliteit	40.000	€/gebouw		1.360.000				1.360.000	1.360.000	1.360.000	360.000	0,0%	0%
Aansluitkosten woning (heraansluiting)	250	€/kleinverbruiker		€ 409.250				€ 409.250	€ 409.250	€ 409.250	€ 683.500	0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening elektra	100	€/kWe			€ 555.933	€ 186.061	€ 196.917					0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening gas	30.000	€/st				€ 30.000	€ 30.000					0,0%	0%
Totaal													
Subtotaal			€ 9.222.800	€ 23.915.550	€ 47.889.575	€ 40.950.217	€ 33.754.825	€ 37.814.550	€ 56.489.550	€ 72.893.550	€ 13.000.300		
Onvoorzien kosten			€ 1.383.420	€ 3.587.333	€ 7.183.436	€ 6.142.532	€ 5.063.224	€ 5.672.183	€ 8.473.433	€ 10.934.033	€ 1.950.045		
Totaale investering			€ 10.606.220	€ 27.502.883	€ 55.073.011	€ 47.092.749	€ 38.818.049	€ 43.486.733	€ 64.962.983	€ 83.827.583	€ 14.950.345		
Herinvestering na 15 jaar			€ 4.374.400	€ 13.396.800	€ 10.580.296	€ 7.182.753	€ 5.969.816	€ 22.328.800	€ 17.584.000	€ 17.584.000	€ 4.374.400		
Onderhoud en beheer per jaar			€ 273.400	€ 568.499	€ 872.632	€ 682.664	€ 542.644	€ 507.629	€ 540.749	€ 622.769	€ 273.400		
Energiekosten in jaar 1			€ 4.557.911	€ 3.738.105	€ 3.931.358	€ 3.577.761	€ 3.618.290	€ 3.767.891	€ 3.221.535	€ 3.221.535	€ 12.617.580		



Tabel B2.2 -Kostenraming bouwkundig - 70 °C varianten Coevering (Excl. BTW)

			t/m 1945	1946-1964	1965-1974	1974-1991	1992-2000	2000-2005	>2005	
			Prijs	Eenheid						
70 graden aanvoertemperatuur										
Vloerisolatie	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	45 €/m2	€ -	€ -	€ -	€ 9.938				
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	45 €/m2	€ -	€ -	€ 454.522	€ 10.286				
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	45 €/m2	€ -	€ -	€ 1.842.618	€ 1.134.228				
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	45 €/m2	€ -	€ -	€ 615.306	€ -				
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	45 €/m2	€ -	€ -	€ 521.278	€ 314.195				
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	45 €/m2	€ -	€ -	€ 638.367	€ 48.552				
Gevelisolatie	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor vrijstaande woningen	25 €/m2	€ -	€ -	€ -					
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor 2 onder 1 kap	25 €/m2	€ -	€ -	€ 440.634					
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor rijtjeswoning	25 €/m2	€ -	€ -	€ 797.286					
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor galerij	25 €/m2	€ -	€ -	€ 264.257					
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor hoge flat	25 €/m2	€ -	€ -	€ 223.874					
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor Utiliteit	25 €/m2	€ -	€ -	€ 578.323					
Dakisolatie	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	110 €/m2								
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	110 €/m2								
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	110 €/m2								
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	200 €/m2								
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	200 €/m2								
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	200 €/m2								
Dubbel glas of HR++ glas	dubbelglas voor vrijstaande woningen	200 €/m2	€ -	€ -	€ -	€ 16.133				
	dubbelglas voor 2 onder 1 kap	200 €/m2	€ -	€ -	€ 1.053.818	€ 18.287				
	dubbelglas voor rijtjeswoning	200 €/m2	€ -	€ -	€ 4.031.710	€ 1.907.678				
	dubbelglas voor galerij	200 €/m2	€ -	€ -	€ 1.221.885	€ -				
	dubbelglas voor hoge flat	200 €/m2	€ -	€ -	€ 1.035.162	€ 569.491				
	dubbelglas voor Utiliteit	200 €/m2	€ -	€ -	€ 991.611	€ 78.819				
Totaal			€ -	€ -	€ 14.710.651	€ 4.107.607	€ -	€ -	€ -	
Totaal bouwkundige kosten naar 70 graden aanvoer									€ 18.818.258	

Toelichting prijzen

Prijspeil 2023 en op basis van kengetallen Merosch. Bovengenoemde prijzen zijn de gemiddelde prijzen voor het realiseren van de benodigde isolatie. Bovengenoemde kengetallen kunnen in praktijk dus net iets hoger of lager uitvallen afhankelijk van type isolatiemateriaal.

Tabel B2.3 - Kostenraming installatietechnisch – 50 °C varianten Coevering (Excl. BTW)

	Prijs	Eenheid	Huidige situatie			Collectief systeem			Individueel systeem				Onderhoud [% van capex per jaar]	Herinvestering [% van capex na 15 jaar]
			Gasketel	Hybride warmtepomp		Warmtenet 1	Warmtenet 2	Warmtenet 3	Ind. Lucht WP	Ind. BodemWp	Ind. PVT WP	Elektrische ketel		
Centrale voorzieningen														
Centrale technische ruimte	1.800	€/m ²			€ 1.803.003	€ 553.501	€ 830.251						0,5%	0%
Onderstations	125.000	€/st			€ 750.000	€ 750.000	€ 750.000						2,7%	0%
Leidingtracés distributie (incl. opname door groen, klinkers e	750	€/m			€ 10.350.000	€ 10.350.000	€ 10.350.000						1,8%	0%
Leidingtracés WKO-systeem	3.000	€/m			€ 3.450.000	€ 3.300.000							1,8%	20%
WKO-systeem (vaste kosten)	115.000	€/st			€ 920.000	€ 920.000							2,0%	20%
WKO-systeem (variabele kosten)	2.300	€/m ³ /h			€ 2.324.250	€ 2.324.250							2,0%	20%
Aquathermie (70 graden)	1.000	€/m ³ /h			€ 1.010.544	€ 1.010.544							3,0%	20%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	500	[€/kW _{th}]			€ 4.958.341	€ 1.487.502							4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	600	[€/kW _{th}]					€ 1.785.003						4,0%	80%
Collectieve gasketel	100	€/kW				€ 887.883	€ 694.168						4,0%	80%
Voorzieningen per gebouw														
Verwijderen huidige individuele CV-ketel excl. asbest	250	€/woning	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	411.500	0,0%	0%
Verwijderen huidige collectieve CV ketel (excl. asbest)	2.500	€/gebouw	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	62.500	0,0%	0%
Water/water warmtepomp (< 10 kW)	9.000	[€/stuk]								€ 14.733.000	€ 14.733.000		1,0%	80%
Bodemluis	7.000	[€/stuk]								€ 19.138.000			0,5%	0%
PVT-panelen	600	€/m ²									32.808.000		0,5%	0%
Lucht/water warmtepomp (< 10 kW)	11.000	[€/stuk]							€ 18.007.000				1,0%	80%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	500	[€/kW _{th}]								€ 4.250.000	€ 4.250.000		4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	600	[€/kW _{th}]							€ 5.100.000				4,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (<10 KW) incl. ketel	8.000	[€/stuk]		13.096.000									2,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (>10 KW) incl. ketel	350	[€/kW _{th}]		3.537.500									4,0%	80%
Distributienet in pandig (Elektrische) CV-ketel	1.500	€/woning		1.645.500					1.645.500	1.645.500	1.645.500		1,8%	0%
Aansluitleiding	2.000	€/woning	5.468.000									€ 5.468.000	5,0%	80%
Aansluitleiding	3.200	€/woning			€ 5.318.400	€ 5.318.400	€ 5.318.400						1,8%	0%
Intern leidingwerk t.b.v. warmte-aansluiting	1.500	€/woning			€ 2.455.500	€ 2.455.500	€ 2.455.500						2,5%	0%
Toevoegen individuele afleverset en TE-booster	3.000	€/woning			€ 8.202.000	€ 8.202.000	€ 8.202.000						1,0%	80%
Toevoegen elektrisch kooktoestel	1.000	€/woning			€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000	€ 2.734.000		0,0%	0%
Aanpassen afgiftesysteem	5.000	€/woning	13.670.000	13.670.000	€ 13.670.000	€ 13.670.000	€ 13.670.000	€ 13.670.000	€ 13.670.000	€ 13.670.000	€ 13.670.000		0,0%	0%
Aansluitkosten elektriciteits- en gasvoorziening														
Aansluitkosten flatgebouw en utiliteit	40.000	€/gebouw		1.360.000					€ 1.000.000	€ 1.000.000	€ 1.000.000	360.000	0,0%	0%
Aansluitkosten woning (heraansluiting)	250	€/kleinverbruiker		€ 409.250					€ 409.250	€ 409.250	€ 409.250	€ 683.500	0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening elektra	100	€/kWe			€ 343.757	€ 123.137	€ 117.434						0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening gas	30.000	€/st				€ 30.000	€ 30.000						0,0%	0%
Totaal														
Subtotaal			€ 19.612.000	€ 34.192.250	€ 58.763.794	€ 54.590.717	€ 47.410.756	€ 43.039.750	€ 58.053.750	€ 71.723.750	€ 23.389.500			
Onvoorzien kosten			€ 2.941.800	€ 5.128.838	€ 8.814.569	€ 8.188.608	€ 7.111.613	€ 6.455.963	€ 8.708.063	€ 10.758.563	€ 3.508.425			
Totale investering			€ 22.553.800	€ 39.321.088	€ 67.578.363	€ 62.779.324	€ 54.522.369	€ 49.495.713	€ 66.761.813	€ 82.482.313	€ 26.897.925			
Herinvestering na 15 jaar			€ 4.374.400	€ 13.306.800	€ 12.069.231	€ 9.972.867	€ 8.544.936	€ 18.485.600	€ 15.186.400	€ 15.186.400	€ 4.374.400			
Onderhoud en beheer per jaar			€ 273.400	€ 433.039	€ 810.339	€ 698.073	€ 549.007	€ 413.689	€ 442.639	€ 510.989	€ 273.400			
Energiekosten in jaar 1			€ 4.340.874	€ 3.736.175	€ 3.507.757	€ 3.274.424	€ 3.134.301	€ 3.264.005	€ 2.938.559	€ 3.006.909	€ 11.651.072			

Tabel B2.4 - Kostenraming bouwkundig – 50 °C varianten Coevering (Excl. BTW)

		Prijs	Eenheid	t/m 1945	1946-1964	1965-1974	1974-1991	1992-2000	2000-2005	>2005
50 graden aanvoertemperatuur										
Vloerisolatie	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	45	€/m2	€ -	€ -	€ -	€ 9.938			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	45	€/m2	€ -	€ -	€ 454.522	€ 10.286			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	45	€/m2	€ -	€ -	€ 1.842.618	€ 1.134.228			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	45	€/m2	€ -	€ -	€ 615.306	€ -			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	45	€/m2	€ -	€ -	€ 521.278	€ 314.195			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	45	€/m2	€ -	€ -	€ 638.367	€ 48.552			
Gevelisolatie	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor vrijstaande woningen	25	€/m2	€ -	€ -	€ -				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor 2 onder 1 kap	25	€/m2	€ -	€ -	€ 440.634				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor rijtjeswoning	25	€/m2	€ -	€ -	€ 797.286				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor galerij	25	€/m2	€ -	€ -	€ 264.257				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor hoge flat	25	€/m2	€ -	€ -	€ 223.874				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor Utiliteit	25	€/m2	€ -	€ -	€ 578.323				
Dakisolatie	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	110	€/m2	€ -	€ -	€ -	€ 32.348			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	110	€/m2	€ -	€ -	€ 1.466.591	€ 34.402			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	110	€/m2	€ -	€ -	€ 5.673.530	€ 3.729.361			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	200	€/m2	€ -	€ -	€ 2.734.695	€ -			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	200	€/m2	€ -	€ -	€ 2.316.790	€ 1.396.424			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	200	€/m2	€ -	€ -	€ 3.390.580	€ 287.336			
HR++ glas	dubbelglas voor vrijstaande woningen	200	€/m2	€ -	€ -	€ -	€ 16.133	€ 156.374		
	dubbelglas voor 2 onder 1 kap	200	€/m2	€ -	€ -	€ 1.053.818	€ 18.287	€ -		
	dubbelglas voor rijtjeswoning	200	€/m2	€ -	€ -	€ 4.031.710	€ 1.907.678	€ -		
	dubbelglas voor galerij	200	€/m2	€ -	€ -	€ 1.221.885	€ -	€ -		
	dubbelglas voor hoge flat	200	€/m2	€ -	€ -	€ 1.035.162	€ 569.491	€ -		
	dubbelglas voor Utiliteit	200	€/m2	€ -	€ -	€ 991.611	€ 78.819	€ 3.546		
Totaal				€ -	€ -	€ 30.292.837	€ 9.587.478	€ 159.920	€ -	€ -
Totaal bouwkundige kosten naar 50 graden aanvoer										€ 40.040.234

Toelichting prijzen

Prijspeil 2023 en op basis van kengetallen Merosch. Bovengenoemde prijzen zijn de gemiddelde prijzen voor het realiseren van de benodigde isolatie. Bovengenoemde kengetallen kunnen in praktijk dus net iets hoger of lager uitvallen afhankelijk van type isolatiemateriaal.

Tabel B2.5 -Kostenraming installatietechnisch – 70 °C varianten Kerkkokers (Excl. BTW)

	Eenheidspreis	Eenheid	Huidige situatie		Collectief systeem	Individueel systeem				Onderhoud en beheer [% van capex per jaar]	Herinvestering [% van capex na 15 jaar]	
			Gasketel	Ind. Hybride WP	Warmtenet 3	Ind. Lucht WP	Ind. BodemWp	Ind. PVT WP	Elektrische ketel			
Centrale voorzieningen												
Centrale technische ruimte	1.800	€/m ²			€ 275.711						0,5%	0%
Onderstations	125.000	€/st			€ 250.000						2,7%	0%
Leidingtracés distributie (incl. opname door groen, klinkers)	750	€/m			€ 7.125.000						1,8%	0%
Leidingtracés WKO-systeem	3.000	€/m									1,8%	20%
WKO-systeem (vaste kosten)	115.000	€/st									2,0%	20%
WKO-systeem (variabele kosten)	2.300	€/m ³ /h									2,0%	20%
Aquathermie (70 graden)	1.000	€/m ³ /h									3,0%	20%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	550	[€/kW _{th}]									4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	650	[€/kW _{th}]			€ 1.197.182						4,0%	80%
Collectieve gasketel	100	€/kW			€ 429.758						4,0%	80%
Voorzieningen per gebouw												
Verwijderen huidige individuele CV-ketel excl. asbest	250	€/woning	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250	0,0%	0%
Verwijderen huidige collectieve CV ketel (excl. asbest)	2.500	€/gebouw	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	0%
Water/water warmtepomp (< 10 kW)	10.000	[€/stuk]					€ 8.860.000	€ 8.860.000			1,0%	80%
Bodemlus	9.000	[€/stuk]					€ 7.974.000				0,5%	0%
PVT-panels	600	€/m ²						13.290.000			0,5%	0%
Lucht/water warmtepomp (< 10 kW)	13.000	[€/stuk]				€ 11.518.000					1,0%	80%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	550	[€/kW _{th}]					€ 82.500	€ 82.500			4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	650	[€/kW _{th}]				€ 97.500					4,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (<10 KW) incl. ketel	8.000	[€/stuk]		7.088.000							3,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (>10 KW) incl. ketel	350	[€/kW _{th}]		97.500							4,0%	80%
Distributienet in pandig	1.500	€/woning		-							1,8%	0%
(Elektrische) CV-ketel	2.000	€/woning	1.772.000						1.772.000		5,0%	80%
Aansluitleiding	4.000	€/woning			3.544.000						1,8%	0%
Intern leidingwerk t.b.v. warmte-aansluiting	1.500	€/woning			€ 1.329.000						2,5%	0%
Toevoegen individuele afleverset	1.500	€/woning			€ 1.329.000						1,0%	80%
Toevoegen elektrisch kooktoestel	1.000	€/woning			€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000	0,0%	0%
Aanpassen afgiftesysteem	2.000	€/woning	1.772.000	1.772.000	€ 1.772.000	€ 1.772.000	€ 1.772.000	€ 1.772.000	€ 1.772.000	€ 1.772.000	0,0%	0%
Aansluitkosten elektriciteits- en gasvoorziening												
Aansluitkosten flatgebouw en utiliteit	40.000	€/gebouw		120.000		120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	0,0%	0%
Aansluitkosten woning (heraansluiting)	250	€/kleinverbruiker		€ 221.500		€ 221.500	€ 221.500	€ 221.500	€ 221.500	€ 221.500	0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening elektra	100	€/kWe			€ 95.313						0,0%	0%
Totaal												
Subtotaal			€ 3.766.250	€ 9.521.250	€ 18.485.213	€ 14.837.250	€ 20.138.250	€ 25.454.250	€ 4.993.750			
Onvoorzienne kosten			€ 564.938	€ 1.428.188	€ 2.772.782	€ 2.225.588	€ 3.020.738	€ 3.818.138	€ 749.063			
Totaal			€ 4.331.188	€ 10.949.438	€ 21.257.994	€ 17.062.838	€ 23.158.988	€ 29.272.388	€ 5.742.813			
Herinvestering			€ 1.417.600	€ 5.748.400	€ 2.364.751	€ 9.292.400	€ 7.154.000	€ 7.154.000	€ 1.417.600			
Onderhoud en beheer			€ 88.600	€ 216.540	€ 311.763	€ 119.080	€ 131.770	€ 158.350	€ 88.600			
Energiekosten in jaar 1			€ 1.655.659	€ 2.638.183	€ 5.035.862	€ 4.367.620	€ 3.744.035	€ 3.744.035	€ 13.809.992			

Tabel B2.6 -Kostenraming bouwkundig - 70 °C varianten Kerkkokers (Excl. BTW)

	Prijs	Eenheid		1965-1974	1974-1991	1992-2000	2000-2005	>2005
70 graden aanvoertemperatuur								
Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	45	€/m2		€ 591.986	€ 760.756			
Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	45	€/m2		€ 719.671	€ 471.892			
Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	45	€/m2		€ 336.982	€ 364.191			
Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	45	€/m2		€ -	€ -			
Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	45	€/m2		€ -	€ -			
Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	45	€/m2		€ -	€ 32.423			
Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor vrijstaande woningen	25	€/m2		€ 536.304				
Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor 2 onder 1 kap	25	€/m2		€ 697.681				
Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor rijtjeswoning	25	€/m2		€ 145.810				
Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor galerij	25	€/m2		€ -				
Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor hoge flat	25	€/m2		€ -				
Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor Utiliteit	25	€/m2		€ -				
Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	110	€/m2						
Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	110	€/m2						
Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	110	€/m2						
Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	200	€/m2						
Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	200	€/m2						
Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	200	€/m2						
dubbelglas voor vrijstaande woningen	200	€/m2		€ 919.565	€ 1.235.005			
dubbelglas voor 2 onder 1 kap	200	€/m2		€ 1.668.570	€ 838.919			
dubbelglas voor rijtjeswoning	200	€/m2		€ 737.328	€ 612.538			
dubbelglas voor galerij	200	€/m2		€ -	€ -			
dubbelglas voor hoge flat	200	€/m2		€ -	€ -			
dubbelglas voor Utiliteit	200	€/m2		€ -	€ 52.636			
Totaal				€ 6.353.897	€ 4.368.359	€ -	€ -	€ -
Totaal bouwkundige kosten naar 70 graden aanvoer								€ 10.948.571

Toelichting prijzen

Prijspeil 2023 en op basis van kengetallen Merosch. Bovengenoemde prijzen zijn de gemiddelde prijzen voor het realiseren van de benodigde isolatie. Bovengenoemde kengetallen kunnen in praktijk dus net iets hoger of lager uitvallen afhankelijk van type isolatiemateriaal.

Tabel B2.7 -Kostenraming installatietechnisch – 50 °C varianten Kerkkokers (Excl. BTW)

	Eenheden	Eenheid	Huidige situatie		Collectief systeem	Individueel systeem				Onderhoud en beheer [% van capex per jaar]	Herinvestering [% van capex na 15 jaar]	
			Gasketel	Hybride	Warmtenet 3	Ind. Lucht WP	Ind. BodemWp	Ind. PVT WP	Elektrische			
Centrale voorzieningen												
Centrale technische ruimte	1.800	€/m ²			€ 275.711						0,5%	0%
Onderstations	125.000	€/st			€ 250.000						2,7%	0%
Leidingtracés distributie (incl. opname door groen, klinkers en grondverzet)	750	€/m			€ 7.125.000						1,8%	0%
Leidingtracés WKO-systeem	3.000	€/m									1,8%	20%
WKO-systeem (vaste kosten)	115.000	€/st									2,0%	20%
WKO-systeem (variabele kosten)	2.300	€/m ³ /h									2,0%	20%
Aquathermie (70 graden)	1.000	€/m ³ /h									3,0%	20%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	500	€/kW _{th}									4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	600	€/kW _{th}			€ 859.035						4,0%	80%
Collectieve gasketel	100	€/kW			€ 334.069						4,0%	80%
Voorzieningen per gebouw												
Verwijderen huidige individuele CV-ketel excl. asbest	250	€/woning	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250	222.250		0,0%	0%
Verwijderen huidige collectieve CV ketel (excl. asbest)	2.500	€/gebouw	-	-	-	-	-	-	-		0,0%	0%
Water/water warmtepomp (< 10 kW)	9.000	€/stuk					€ 7.974.000	€ 7.974.000			1,0%	80%
Bodemlus	7.000	€/stuk					€ 6.202.000				0,5%	0%
PVT-panelen	600	€/m ²						10.632.000			0,5%	0%
Lucht/water warmtepomp (< 10 kW)	11.000	€/stuk				€ 9.746.000					1,0%	80%
Water/water warmtepomp (> 10 kW)	500	€/kW _{th}					€ 60.000	€ 60.000			4,0%	80%
Lucht/water warmtepomp (> 10 kW)	600	€/kW _{th}				€ 72.000					4,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (<10 KW) incl. ketel	8.000	€/stuk		7.088.000							2,0%	80%
Hybride lucht/water warmtepomp (>10 KW) incl. ketel	350	€/kW _{th}		72.000							4,0%	80%
Distributienet in pandig	1.500	€/woning		-		-	-	-			1,8%	0%
(Elektrische) CV-ketel	2.000	€/woning	1.772.000						€ 1.772.000		5,0%	80%
Aansluitleiding	4.000	€/woning			€ 3.544.000						1,8%	0%
Intern leidingwerk t.b.v. warmte-aansluiting	1.500	€/woning			€ 1.329.000						2,5%	0%
Toevoegen individuele afleverset en TE-booster	3.000	€/woning			€ 2.658.000						1,0%	80%
Toevoegen elektrisch kooktoestel	1.000	€/woning			€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000	€ 886.000		0,0%	0%
Aanpassen afgiftesysteem	7.000	€/woning	6.202.000	6.202.000	€ 6.202.000	€ 6.202.000	€ 6.202.000	€ 6.202.000	€ 6.202.000		0,0%	0%
Aansluitkosten elektriciteits- en gasvoorziening												
Aansluitkosten flatgebouw en utiliteit	40.000	€/gebouw		120.000		120.000	120.000	120.000	120.000		0,0%	0%
Aansluitkosten woning (heraansluiting)	250	€/kleinverbruiker		€ 221.500		€ 221.500	€ 221.500	€ 221.500	€ 221.500		0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening elektra	100	€/kWe			€ 56.515						0,0%	0%
Aansluitkosten centrale voorziening gas	30.000	€/st			€ 30.000						0,0%	0%
Totaal												
Subtotaal			€ 8.196.250	€ 13.925.750	€ 23.771.581	€ 17.469.750	€ 21.887.750	€ 26.317.750	€ 9.423.750			
Onvoorziene kosten			€ 1.229.438	€ 2.088.863	€ 3.565.737	€ 2.620.463	€ 3.283.163	€ 3.947.663	€ 1.413.563			
Totaal			€ 9.425.688	€ 16.014.613	€ 27.337.318	€ 20.090.213	€ 25.170.913	€ 30.265.413	€ 10.837.313			
Herinvestering na 15 jaar			€ 1.417.600	€ 5.728.000	€ 3.080.884	€ 7.854.400	€ 6.427.200	€ 6.427.200	€ 1.417.600			
Onderhoud en beheer per jaar			€ 88.600	€ 144.640	€ 307.700	€ 100.340	€ 113.150	€ 135.300	€ 88.600			
Energiekosten in jaar 1			€ 1.540.009	€ 2.436.342	€ 3.638.048	€ 3.456.734	€ 3.024.958	€ 3.024.958	€ 12.804.140			

Tabel B2.8- Kostenraming bouwkundig – 50 °C varianten Kerkkokers (Excl. BTW)

		Prijs	Eenheid		1965-1974	1974-1991	1992-2000	2000-2005	>2005
50 graden aanvoertemperatuur									
Vloerisolatie	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	45	€/m2		€ 591.986	€ 760.756			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	45	€/m2		€ 719.671	€ 471.892			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	45	€/m2		€ 336.982	€ 364.191			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	45	€/m2		€ -	€ -			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	45	€/m2		€ -	€ -			
	Vloerisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	45	€/m2		€ -	€ 32.423			
Gevelisolatie	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor vrijstaande woningen	25	€/m2		€ 536.304				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor 2 onder 1 kap	25	€/m2		€ 697.681				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor rijtjeswoning	25	€/m2		€ 145.810				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor galerij	25	€/m2		€ -				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor hoge flat	25	€/m2		€ -				
	Gevelisolatie naar 1,7 m2K/W voor Utiliteit	25	€/m2		€ -				
Dakisolatie	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor vrijstaande woningen	110	€/m2		€ 1.729.329	€ 2.476.238			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor 2 onder 1 kap	110	€/m2		€ 2.322.138	€ 1.578.216			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor rijtjeswoning	110	€/m2		€ 1.037.588	€ 1.197.465			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor galerij	200	€/m2		€ -	€ -			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor hoge flat	200	€/m2		€ -	€ -			
	Dakisolatie naar 2,5 m2K/W voor Utiliteit	200	€/m2		€ -	€ 191.886			
HR++ glas	dubbelglas voor vrijstaande woningen	200	€/m2		€ 919.565	€ 1.235.005	€ 24.635		
	dubbelglas voor 2 onder 1 kap	200	€/m2		€ 1.668.570	€ 838.919	€ -		
	dubbelglas voor rijtjeswoning	200	€/m2		€ 737.328	€ 612.538	€ -		
	dubbelglas voor galerij	200	€/m2		€ -	€ -	€ -		
	dubbelglas voor hoge flat	200	€/m2		€ -	€ -	€ -		
	dubbelglas voor Utiliteit	200	€/m2		€ -	€ 52.636	€ -		
Totaal					€ 11.442.952	€ 9.812.164	€ 24.635	€ -	€ -
Totaal bouwkundige kosten naar 50 graden aanvoer									€ 21.739.523

Toelichting prijzen

Prijspeil 2023 en op basis van kengetallen Merosch. Bovengenoemde prijzen zijn de gemiddelde prijzen voor het realiseren van de benodigde isolatie. Bovengenoemde kengetallen kunnen in praktijk dus net iets hoger of lager uitvallen afhankelijk van type isolatiemateriaal.

Bijlage 3 - Factsheets

Merosch B.V.

E info@merosch.nl
I www.merosch.nl

Eendrachtsweg 3
2411 VL Bodegraven
0172 – 65 12 64

Brabantsestraat 17
3812 PJ Amersfoort
033 – 30 38 909

KVK 27311612
BTW NL8224.23.066.B01
IBAN NL80 TRIO 0197 8235 99

Zet koers naar morgen!



Bijlage 4 – Gevoeligheidsanalyse

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse is onderzocht wat het effect is van enkele belangrijke rekenparameters, op de uitkomst van de levensduurkosten van de verschillende warmteconfiguraties. De gevoeligheidsanalyse is voor alle warmtealternatieven uitgevoerd op onderstaande parameters:

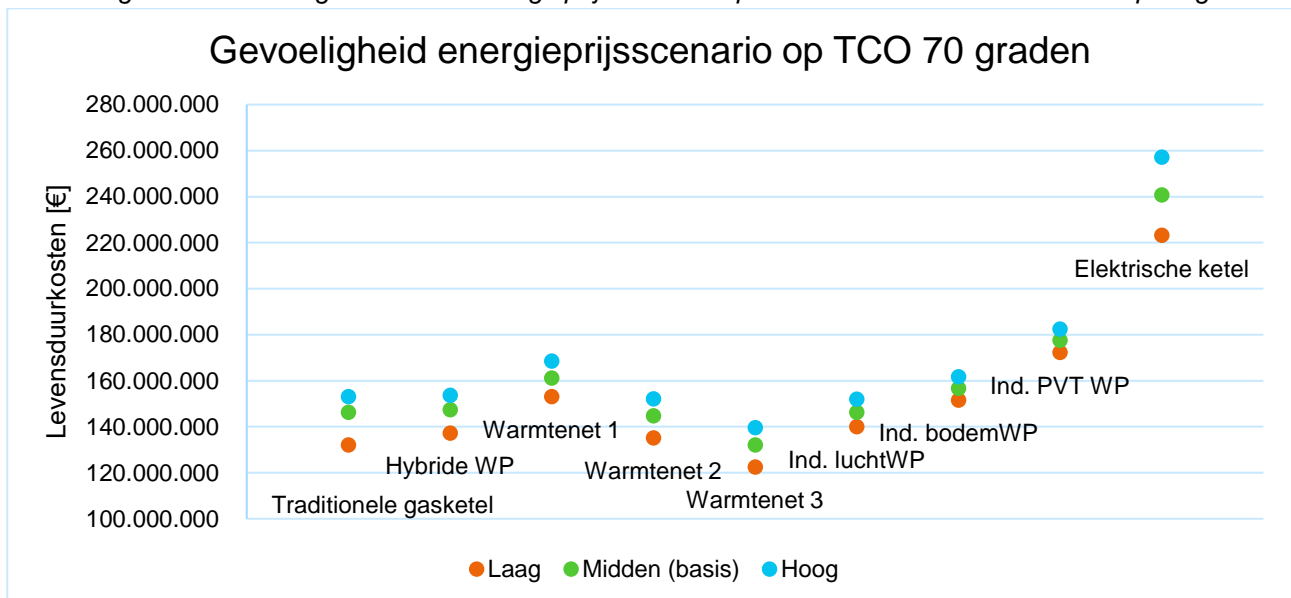
- Energieprijs: laag, midden of hoog²²
- Stijging/daling inflatie: +/- 1% per jaar
- Stijging/daling investeringskosten: +/- 20%

In onderstaande grafieken worden de resultaten van de gevoeligheidsanalyse weergegeven. De levensduurkosten zijn telkens berekend door het wijzigen van één parameter tegelijkertijd. Het groene bolletje representeert de levensduurkosten zoals berekend in het rapport.

Coevering

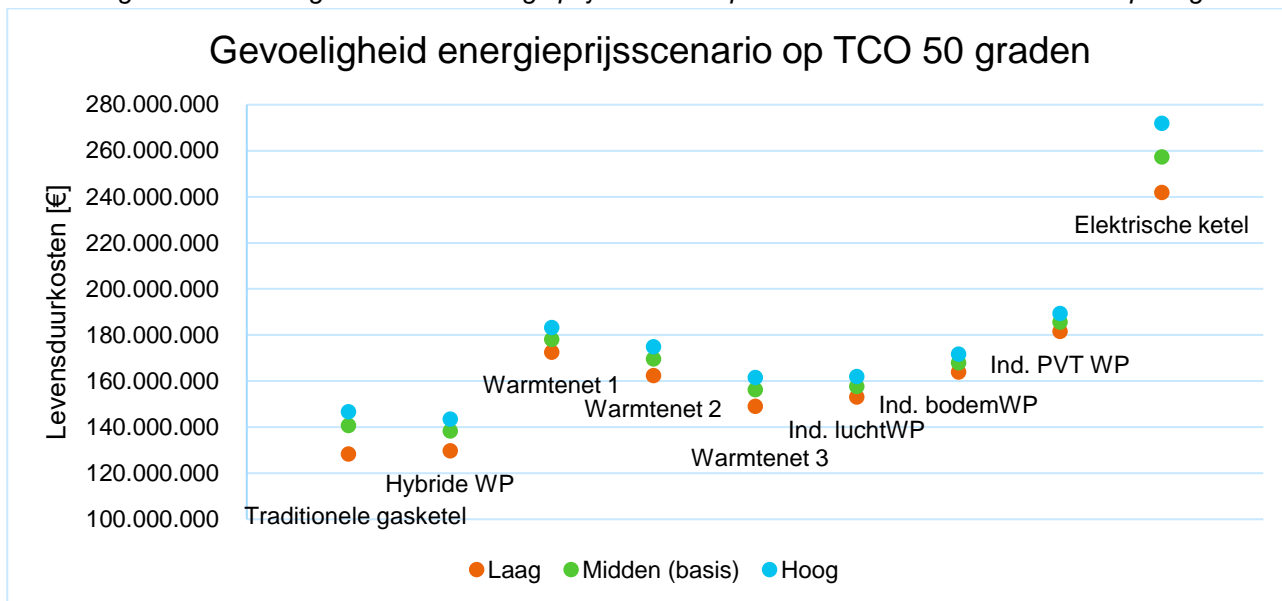
Als eerst worden de resultaten van de gevoeligheid op de **energieprijsscenario** weergegeven voor zowel de 70 graden als de 50 graden warmtealternatieven in Coevering.

Afbeelding B4.1 – Gevoeligheid van de energieprijsscenario op TCO van warmtealternatieven op 70 graden



²² Zie ook bijlage 1 exploitatiekosten

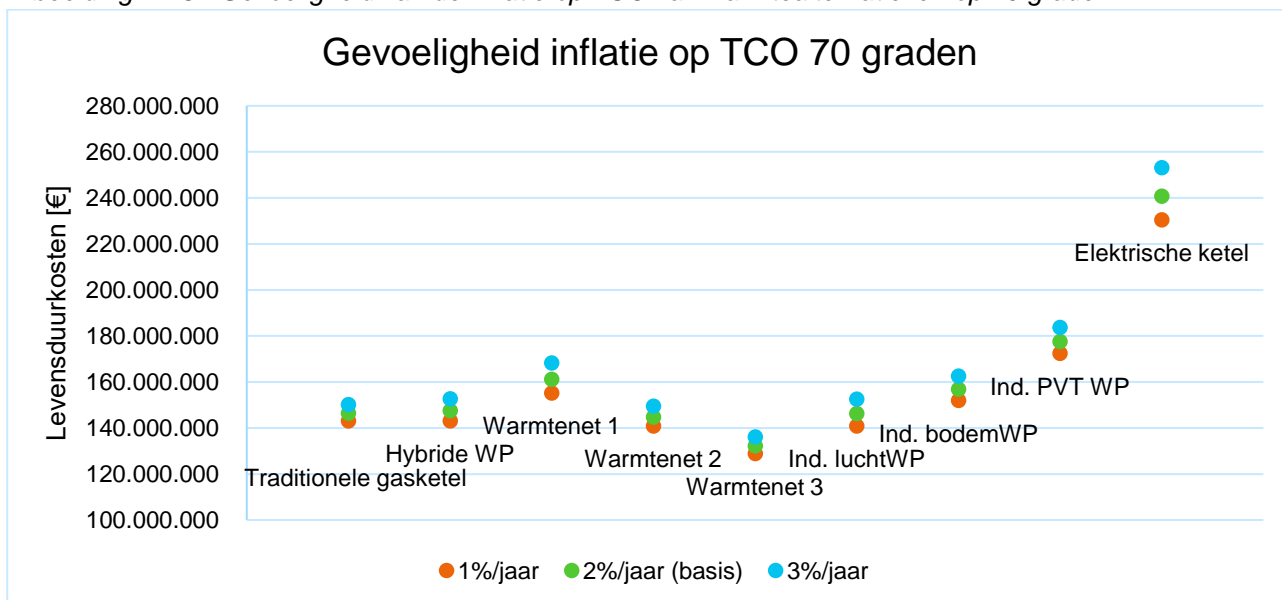
Afbeelding B4.2 - Gevoeligheid van de energieprijsscenario op TCO van warmtealternatieven op 50 graden



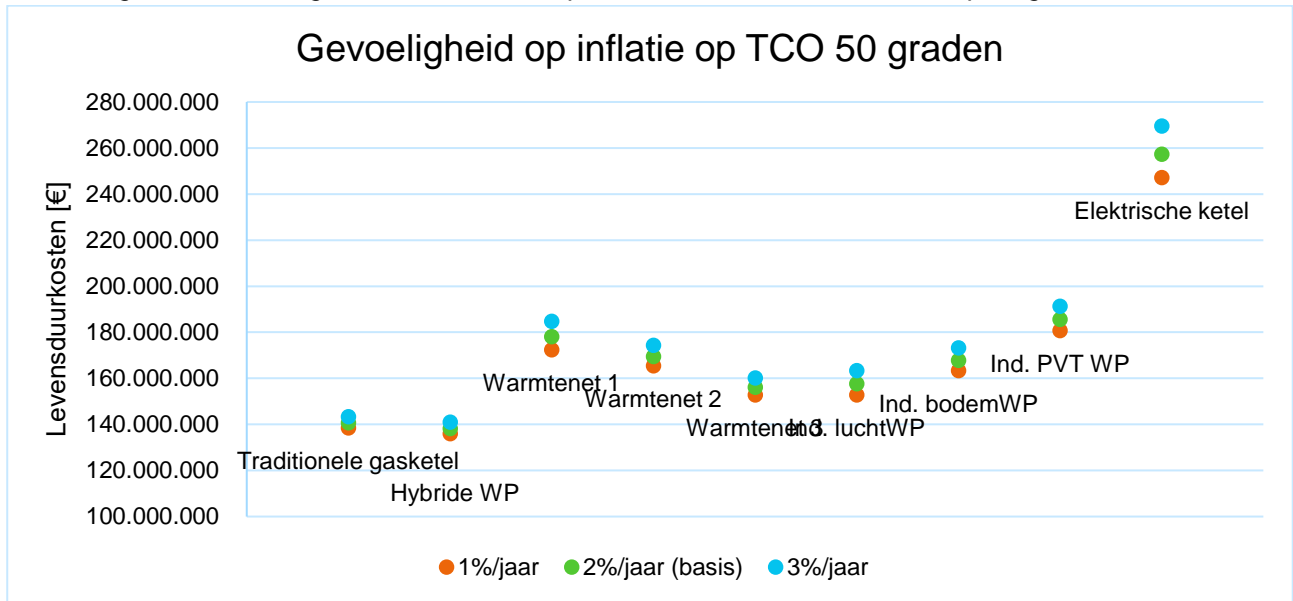
De alternatieven met elektrische ketel en traditionele ketel zijn het gevoeligst voor de verandering in energieprijsscenario. Dit komt omdat deze technologieën meer energie verbruiken vergeleken met de andere varianten, een verschil in prijs van energiekosten geeft daardoor ook een groter effect. Doordat een warmtepomp energetisch beter werkt is deze dus ook minder gevoelig voor energieprijzen verschillen. Daarnaast is te zien dat de conclusie onveranderd blijft bij verandering in energieprijzen. Het toepassen van warmtenet 3 op 70 °C (met collectieve luchtwarmtepomp) blijft (naast de traditionele gasketel of hybride WP) de duurzaamste variant met de laagste TCO.

Hieronder wordt het effect op verschil in **inflatie** weergegeven.

Afbeelding B4.3 - Gevoeligheid van de inflatie op TCO van warmtealternatieven op 70 graden



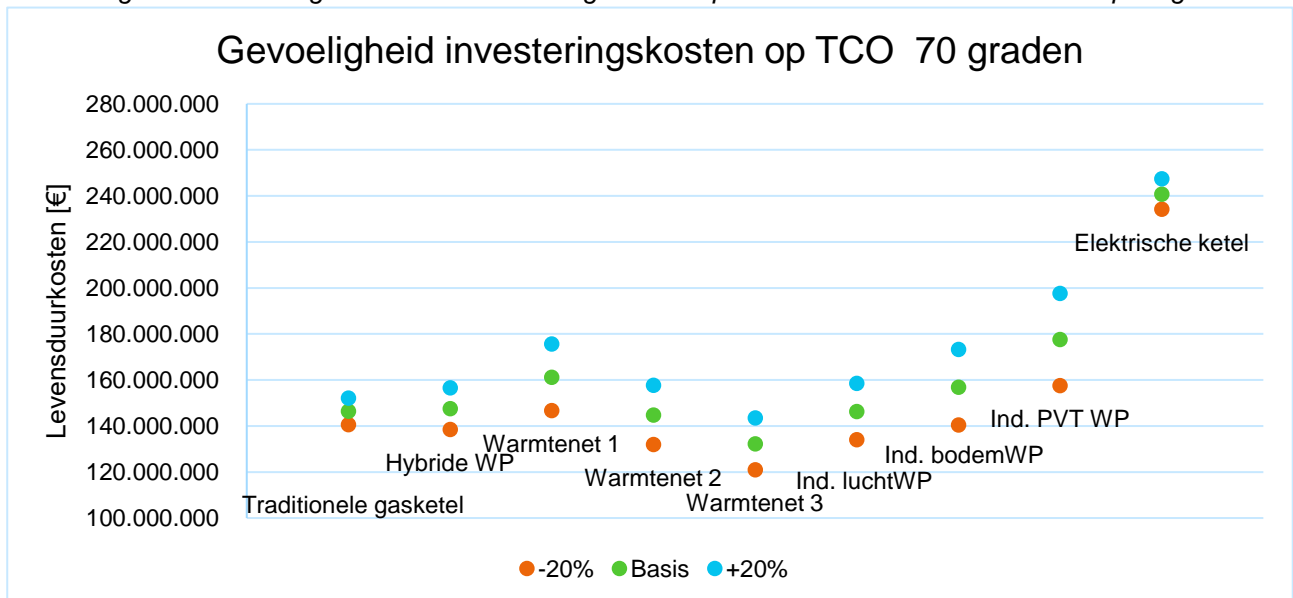
Afbeelding B4.4 - Gevoeligheid van de inflatie op TCO van warmtealternatieven op 50 graden



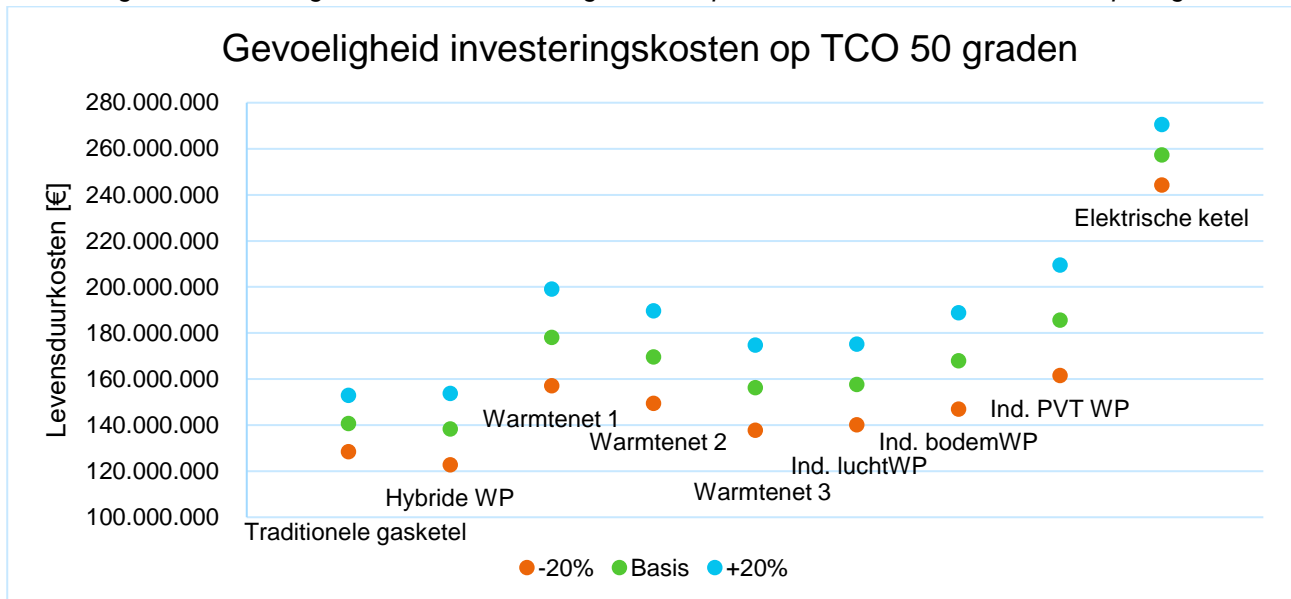
Inflatie heeft vooral effect op de vastrechtkosten en op de onderhouds- en beheerkosten. Dit is ook terug te zien in bovenstaande grafieken. Bij een warmtenet 1 zijn er voor de grotere WKO installatie vergeleken met de andere twee warmtenetten, meer herinvesteringen en onderhoudskosten nodig. Daarom geeft een verandering in inflatie bij warmtenet 1 een grotere afwijking dan bij warmtenet 2 en 3. Een elektrische ketel vraagt een grotere elektrische aansluiting en dus ook hogere vastrechtkosten, waardoor het effect op inflatie ook groter is. Ook hier geeft een verandering in uitgangspunt geen andere uitkomst op de conclusies.

Als laatste kijken we naar de gevoeligheid van de **investeringskosten**.

Afbeelding B4.5 - Gevoeligheid van de investeringskosten op TCO van warmtealternatieven op 70 graden



Afbeelding B4.6 - Gevoeligheid van de investeringskosten op TCO van warmtealternatieven op 50 graden



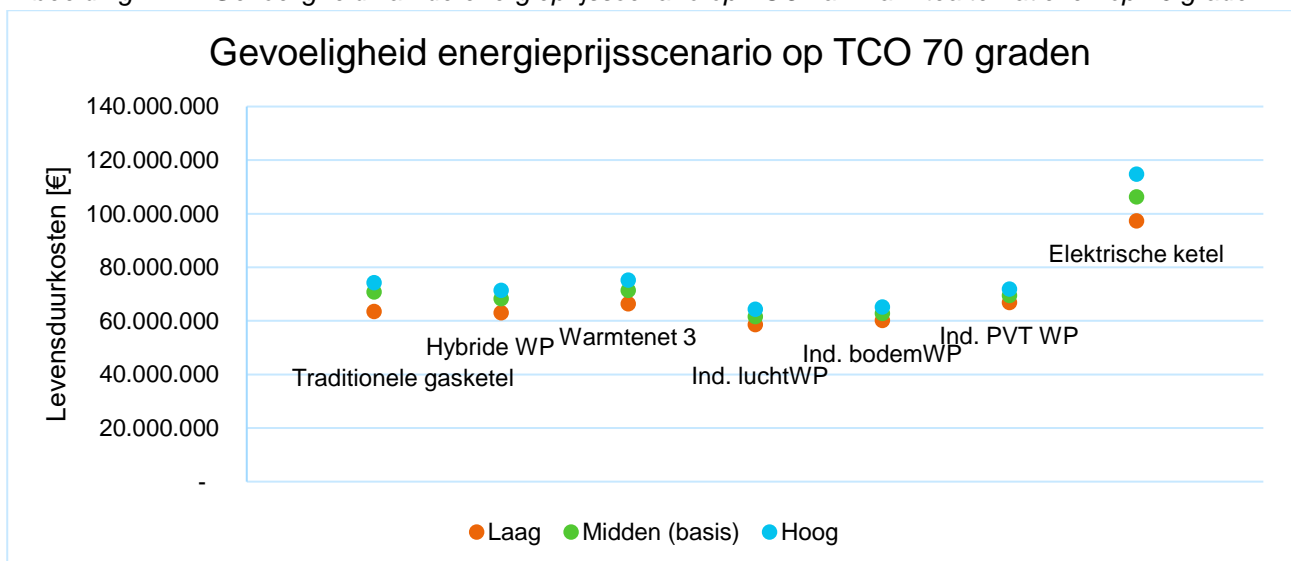
Uit bovenstaande afbeeldingen kan opgemaakt worden dat de varianten met een warmtepomp en warmtenet gevoelig zijn voor verandering in investeringskosten. Dit komt doordat bij deze varianten er hoge investeringskosten nodig zijn. Bij een elektrische ketel, gasketel en hybride warmtepomp zijn er minder investeringskosten nodig, een verandering in kosten zorgt daar dan ook voor minder verandering. Verder blijft hier ook de conclusie onveranderd bij lagere of hogere investeringskosten.

Kerkkackers

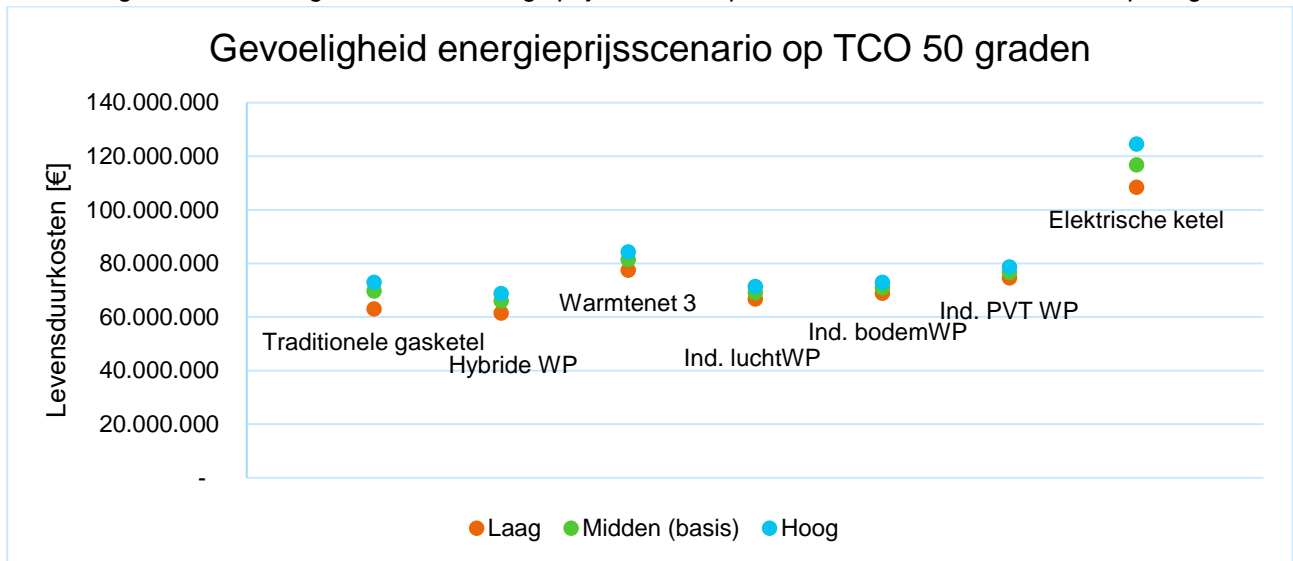
De gevoeligheidsanalyse is ook uitgevoerd voor de warmtealternatieven in Kerkkackers. Hieruit kunnen dezelfde conclusies worden getrokken als voor de wijk.

Verandering in **energieprijs**:

Afbeelding B4.7 - Gevoeligheid van de energieprijsscenario op TCO van warmtealternatieven op 70 graden

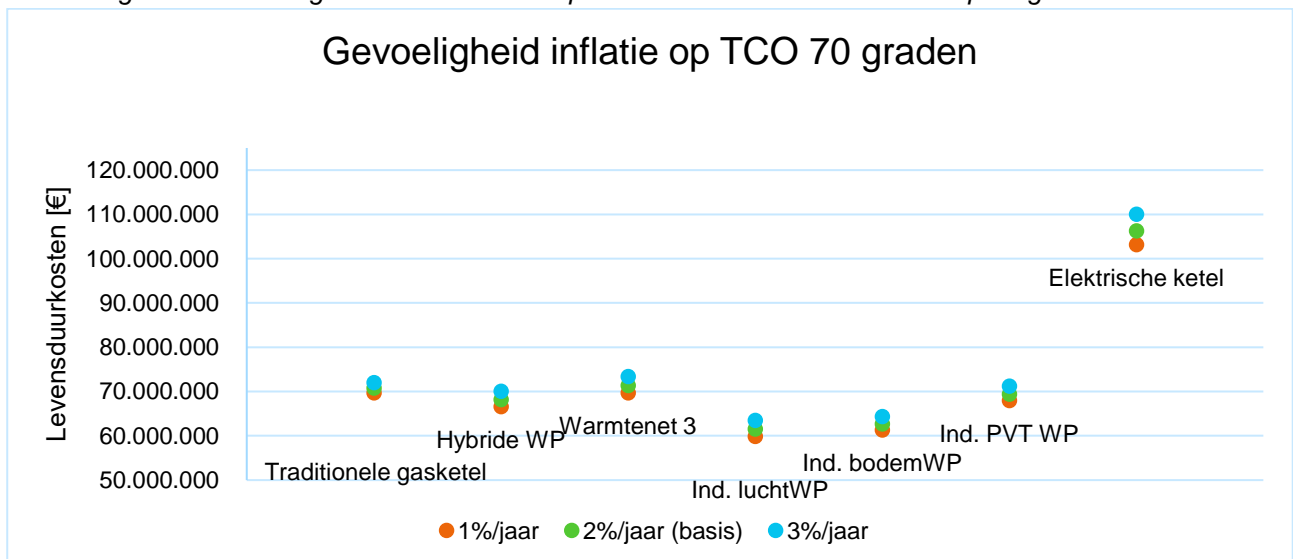


Afbeelding B4.8 - Gevoeligheid van de energieprijsscenario op TCO van warmtealternatieven op 50 graden

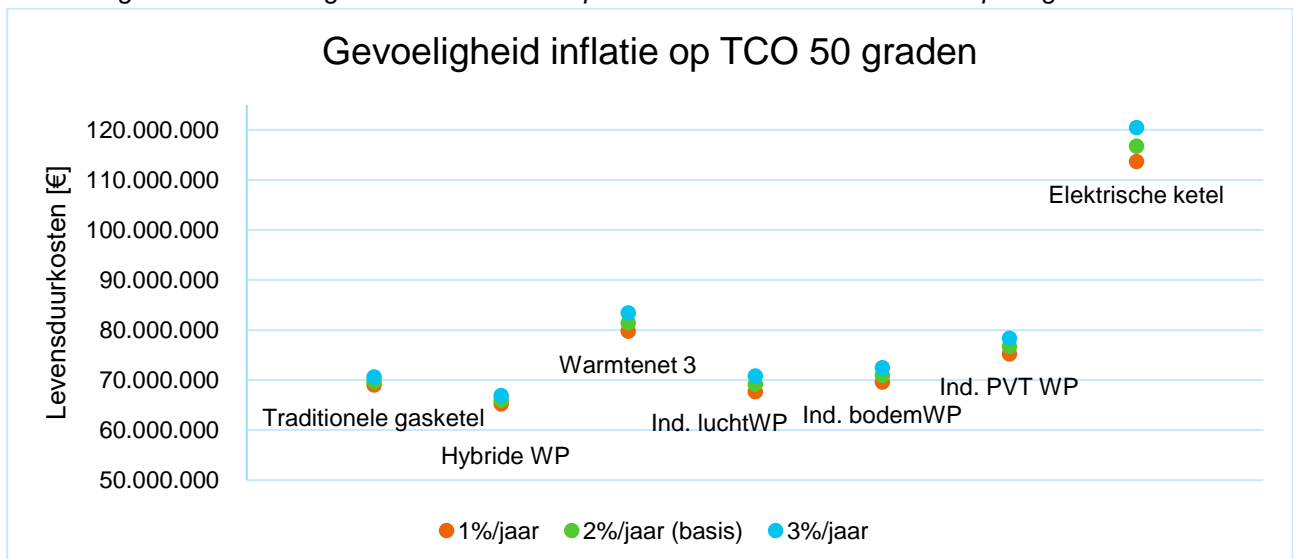


Verandering in inflatie:

Afbeelding B4.9 - Gevoeligheid van de inflatie op TCO van warmtealternatieven op 70 graden

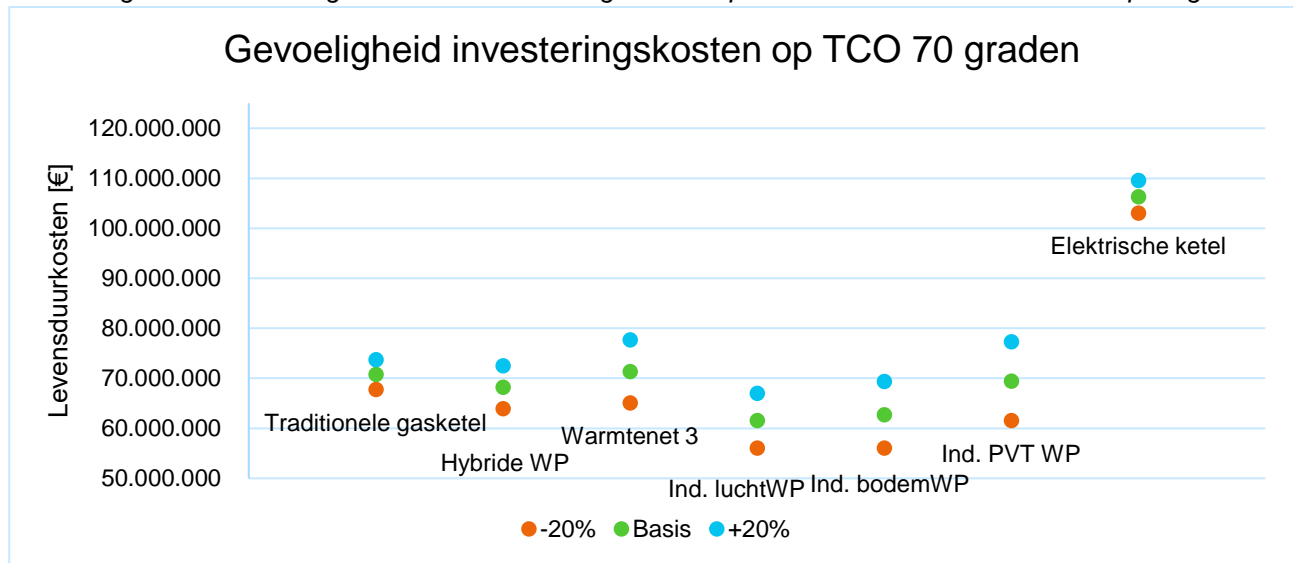


Afbeelding B4.10 - Gevoeligheid van de inflatie op TCO van warmtealternatieven op 50 graden

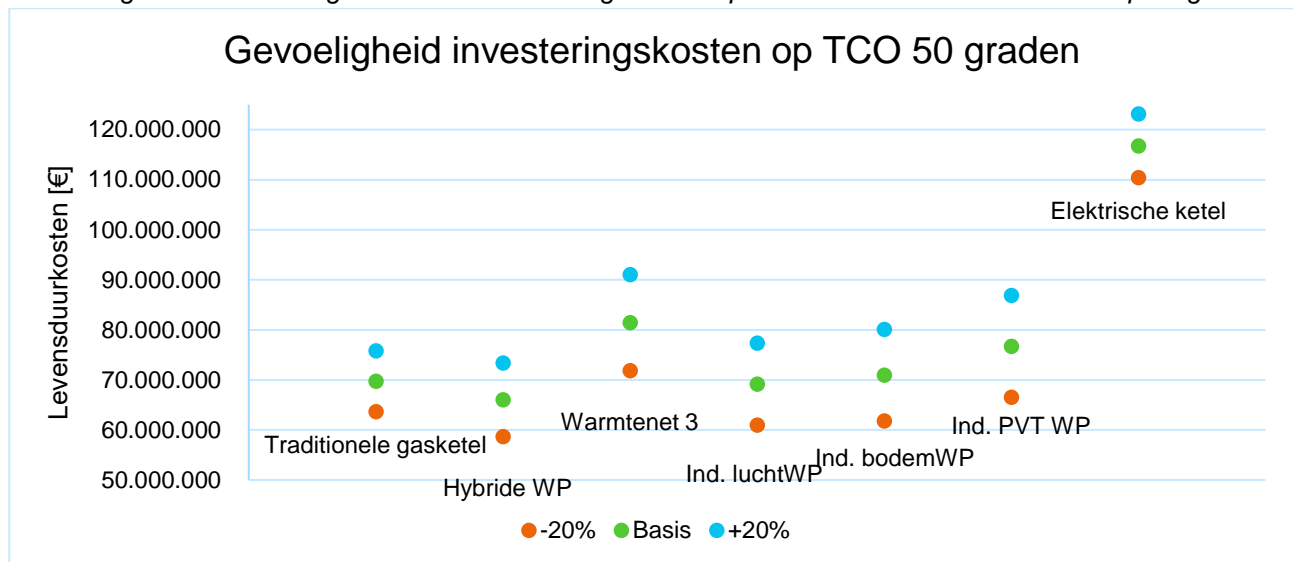


Verandering in investeringskosten:

Afbeelding B4.10 - Gevoeligheid van de investeringskosten op TCO van warmtealternatieven op 70 graden



Afbeelding B4.11 - Gevoeligheid van de investeringskosten op TCO van warmtealternatieven op 50 graden



Bijlage 5 – Koeling

Naast de verduurzaming met oog op het verminderen van onze warmtebehoefte en elektriciteitsvraag, speelt de koelbehoefte een steeds grotere rol. Het veranderende klimaat en daarmee de opwarming van de aarde vraagt meer en meer om het comfortabel en leefbaar houden van onze leefomgeving tijdens warme periodes. Hierbij gaat het om zowel het voorkomen van opwarming van de buitenruimte als het voorkomen van opwarming van de binnenruimte. Hiervoor is de “ladder van Koeling” (onderstaande figuur) geïntroduceerd. Dit concept zorgt ervoor dat gebouwen leefbaar en gezond blijven en voorkomt de massale installatie van de voor het milieu schadelijke airconditioning.

Afbeelding B5.1 – Ladder van koeling



Koele omgeving

Stap 1 in het creëren van een comfortabele en gezonde leefomgeving tijdens warme periodes is het verkoelen van de buitenruimte. Door maatregelen als het vergroenen van verasteende pleinen, het toevoegen van waterpartijen en het toepassen van lichte en/of natuurlijke materialen zal de opwarming van de buitenruimte verminderen. Een lagere temperatuur in de buitenruimte maakt dat de risico's op oververhitting in de gebouwen verlaagd worden.

Warmte weren

Naast het creëren van een koele omgeving is het zaak dat de warmte die er wél komt, wordt geweerd. Warmte weren kan door bijvoorbeeld het toepassen van zonwering op de zonontvangende zijden, maar ook door het indelen van verblijfsruimten of kwetsbare functies aan 'koele' zijden van het gebouw.

Passief koelen

De warmte die dan toch het gebouw betreedt, dient door middel van passieve koeling het gebouw uit verdreven te worden. Dit kan door extra aandacht te besteden aan ventilatiemogelijkheden, zoals zomernachtluiken en andere voorzieningen die warmte af kunnen voeren. Met individuele bodemwarmtepompen is het ook mogelijk om passieve koeling te realiseren. Ook kan je kijken naar het herverdelen van je ruimtes. Zorg er bijvoorbeeld voor dat de ruimtes die koel wilt hebben op het noorden gericht zijn en die warm mogen worden in het zuiden liggen.

7.2.1 Actief koelen

Indien actief koelen alsnog nodig is om het gebouw leefbaar en gezond te houden, is het zaak om koelinstallaties te kiezen die energetisch efficiënt zijn en geen koelmiddelen bevatten die schadelijk zijn voor het klimaat.



Merosch

Merosch B.V.
Eendrachtsweg 3
2411 VL Bodegraven

T 0172 - 65 12 64
E info@merosch.nl
I merosch.nl

KVK 27311612
BTW NL8224.23.066.B01
IBAN NL80 TRIO 0197 8235 99

Zet koers naar morgen!

