Berenschot

innoforte
DHC in control

GEMEENTE
Arnhem

Warmtenetstrategie en rolbepaling gemeente Arnhem

Eindrapportage

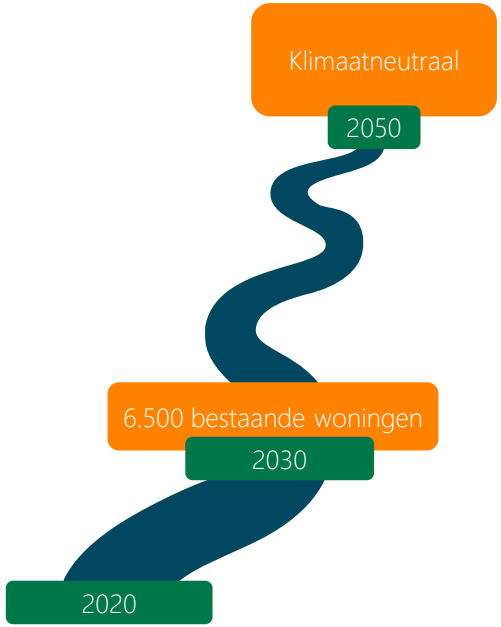
Bram Brouwer, Rutger Bianchi, Anne Koot en Roelant Sanders

De gemeente is aan zet bij het realiseren van duurzaamheidsdoelen

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de gebouwde omgeving in 2050 aardgasvrij is. Gemeenten krijgen hierbij een belangrijke rol toebedeeld; zij zijn verantwoordelijk voor het opstellen van een Transitievisie Warmte en zullen (naar alle waarschijnlijkheid) middels de Warmtewet 2.0 verantwoordelijk worden voor het toekennen van warmtekavels.

De gemeente Arnhem heeft zichzelf daarnaast ook een aantal doelen gesteld, waaronder 6.500 bestaande woningen aardgasvrij verwarmd met lokale warmte in 2030. Het aanwijzen van buurten voor collectieve warmtesystemen middels warmtekavels zijn daarbij een mogelijke optie om bij te dragen aan de gestelde doelen.

Een warmtekavel betreft een gebiedsafbakening waarbinnen zich wijken/gebouwen bevinden waarvoor de gemeenten collectieve warmte overweegt. De gemeente krijgt tevens de bevoegdheid om per warmtekavel een warmtebedrijf aan te wijzen. Het aangewezen warmtebedrijf heeft de wettelijke taak om een collectief warmtesysteem binnen het warmtekavel tegen zo efficiënt mogelijke kosten met een duurzame en betrouwbare kwaliteit te realiseren.*



*Voortgang wetstraject warmtewet 2, december 2020

Een warmtenetstrategie als leidraad voor het behalen van duurzaamheidsdoelen

- Bij het bepalen van de landelijke en gemeentelijke doelstellingen rondom de verduurzaming van de gebouwde omgeving speelt collectieve warmte een belangrijke rol.

- Mogelijkheden voor de ontwikkeling van collectieve warmte worden mede beïnvloed door:
  - de beschikbare (duurzame) warmte
  - de vraag naar collectieve warmte (afhankelijk van prijsontwikkeling collectieve warmte versus individuele warmte in de Arnhemse context)
  - huidige energie- en warmte-infrastructuur
  - de voorkeuren/mate van acceptatie van politieke, maatschappelijke en private stakeholders (met betrekking tot duurzame bronnen, keuzevrijheid, hybride oplossingen, betaalbaarheid, etc.).

- De beschikbare duurzame warmte en de vraag naar collectieve warmte tussen nu en 2050 is erg onzeker. Deze onzekerheid is terug te zien in de kans op het winnen van geothermie, dan wel de betaalbaarheid van aquathermie, en innovaties van individuele alternatieven (zie vraag- en bronnenanalyse).
- Dit maakt de ontwikkeling van collectieve warmte een complexe opgave, waarin er schaarste van warmtebronnen in de Arnhemse context aanwezig is (dit geldt voor veel plekken in Nederland). Hierdoor spelen verschillende verdeelvraagstukken tussen korte en lange termijn en regionaal en lokaal niveau.
- We adviseren om vanuit lange termijn visie inzichten te creëren om op korte termijn verstandig te handelen.
- Met een warmtenetstrategie kunnen we bepalen welke rol een warmtenet in Arnhem kan krijgen om de ambitie van de gemeente te behalen (what en why). Ook schept de strategie een beeld van hoe het eindbeeld bereikt kan worden (how).
- De warmtenetstrategie zal een belangrijke basis vormen voor de Transitievisie Warmte.

Mogelijkheden voor Arnhemse warmtenetontwikkeling?

Om te kunnen komen tot een beeld van de mogelijke warmtenetontwikkeling is op basis van een scenarioanalyse een beeld geschetst van een duurzame warmteoplossing voor Arnhem. Afhankelijk van de toekomstige beschikbaarheid van duurzame warmtebronnen, de prijsontwikkeling van collectieve warmte en de keuzes die hierin door de gemeenten in samenwerking met inwoners en stakeholders worden gemaakt, kunnen er 31-70 buurten aangesloten worden op een collectief warmtenet. De warmtenetten voor de twee meest uiteen liggende scenario's zijn vervolgens verder uitgewerkt.

Uitkomst van de analyse:

- Zowel op de korte als lange termijn biedt het huidige warmtenet van Vattenfall kansen om de collectieve warmte betaalbaar te maken.
- Ook buiten het huidige warmtenet van Vattenfall kan warmtenetontwikkeling plaats vinden.
- Om op de korte termijn verstandig te handelen en schaarse duurzame warmte efficiënt in te zetten, zowel vanuit korte- als langetermijnperspectief, kunnen de 31 aan te sluiten buurten als startpunt worden genomen. Dit betekent een significante groei van aansluitingen op collectieve warmte in Arnhem.
- Op de lange termijn is de warmtenetontwikkeling afhankelijk van een aantal kantelpunten. Deze kantelpunten zijn te vinden in:
  - de warmtebronontwikkeling: de vondst van geothermie als duurzame bron voor warmtenetontwikkeling, de opslagmogelijkheden voor warmte
  - Innovatie: bij alternatieve verduurzamingsopties, bij collectieve warmtenetontwikkeling.

In de toekomst kunnen in Arnhem 31 tot 70 buurten worden aangesloten op een collectief warmtenet. Hoeveel buurten daadwerkelijk worden aangesloten op een collectief warmtenet, is afhankelijk van de beschikbare duurzame warmte en de vraagontwikkeling naar collectieve warmte.

In dit document staan de belangrijkste stappen van de ontwikkeling van een advies rondom collectieve warmte beschreven

Aanpak: van analyse tot advies



Inhoudsopgave van dit document

Hoofdstuk 1: Aanloop naar warmtenetstrategieën	p6
Hoofdstuk 2: Warmtenetstrategie	p14
Hoofdstuk 3: Bronnenstrategie	p29
Hoofdstuk 4: Gemeentelijke interventies warmtenetontwikkeling	p34

Bijlages:

1. Vraaganalyse
2. Bronnenanalyse
3. Achtergrond scenario's
4. Betrokken stakeholders
5. Verkenning tracés en kosten
6. Analyse marktfalen & wettelijk kader

Berenschot

Berenschot



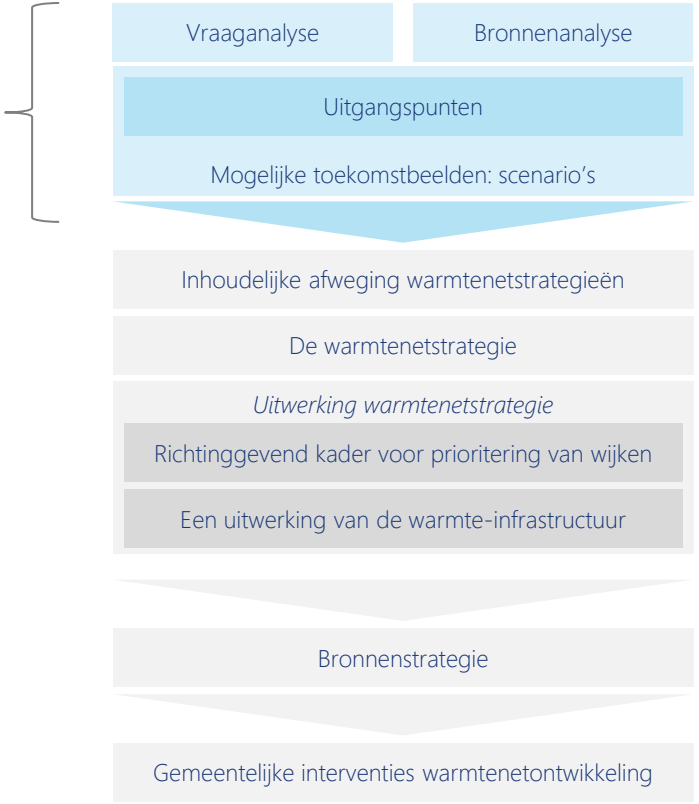
1 Aanloop naar warmtenetstrategieën

Mogelijke toekomstbeelden vormen de basis van de warmtenetstrategie

In dit hoofdstuk worden, op basis van een techno-economische benadering, vier scenario's gepresenteerd. Deze scenario's zijn mogelijke toekomstbeelden van de stad en het aantal buurten in Arnhem dat in het betreffende scenario aangesloten zijn op een warmtenet.

Wij werken met scenario's om rekening te houden met grote onzekerheden waarin de warmtenetstrategie ontwikkeld wordt. Door de grootste onzekerheden als basis te gebruiken voor de scenario's worden de uitersten van het toekomstige eindbeeld in kaart gebracht. Het daadwerkelijke eindbeeld zal redelijkerwijs ergens tussen deze uitersten liggen.

De scenario's zijn gebaseerd op twee analyses: een analyse naar de warmtevraag en een analyse naar de warmtebronnen. Deze analyses zijn toegevoegd in de bijlage.



Uitgangspunten voor opstellen scenario's [1/3]

De uitgangspunten geven de kaders waar binnen de scenario's zijn opgesteld. Dit zijn keuzes die op alle scenario's van toepassing zijn. Deze vijf uitgangspunten zijn opgesteld op basis van de techno-economische analyses*, bestaande uit beleidsstukken en de expertise van Berenschot en Innoforte. De uitgangspunten zijn getoetst bij de gemeente en professionele stakeholders.



Uitgangspunten:

1. We richten ons op een MT-warmtenet voor bestaande bouw.
2. Nieuwbouw wordt niet aangesloten op een HT/MT collectief warmtenet.
3. Voor de piek- en back-upvoorziening is op termijn een duurzame bron nodig om het warmtenet volledig te verduurzamen.
4. Daar waar naar verwachting in de toekomst een hybride warmtepomp (in combinatie met groen gas) aanzienlijk** goedkoper is dan warmtenetten, wordt geen keuze voor warmte gemaakt.
5. In wijken waar nu tenminste al voor 50% een collectief warmtenet aanwezig is wordt er vanuit gegaan dat deze wijk verder op warmtenet wordt aangesloten. Dit geldt ook voor lopende ontwikkelingen, ic Elderveld en Kronenburg

De vijf uitgangspunten worden hieronder en op de volgende pagina's nader toegelicht.

1. We richten ons op een MT-warmtenet voor bestaande bouw.

- Voor de gebouwde omgeving is midden temperatuur (MT; 70 graden) kostenefficiënter dan lage temperatuur (LT; 40 graden).
- LT is zeer kostbaar in te passen in de gebouwde omgeving omdat dit vergaande isolatie vergt en een separate tapwateroplossing per pand. Het financiële voordeel van een warmtenet (investeringen met name buiten de woning en minimale inpassingen binnen de woning) wordt bij een LT warmtenet hierdoor teniet gedaan.
- Nieuwe LT-bronnen kunnen worden ingevoed door op te waarderen naar MT. Opwaardering naar HT wordt echter (te) kostbaar.
- HT blijft mogelijk in uitzonderijke situaties: De voorkeur heeft een doorgroeiscenario waarin van HT naar MT wordt toegewerkt en HT-warmte een beperkte plek krijgt in de binnenstad (monumentale panden).

* Voor achtergronddocumenten zie bijlage 1 (vraaganalyse), bijlage 2 (bronnenanalyse) en de bronnencatalogus.
** Zie bijlage 3 voor toelichting hoe dit verwerkt is in deze studie.

Uitgangspunten voor opstellen scenario's [2/3]

2. Nieuwbouw wordt niet aangesloten op een HT/MT collectief warmtenet.

Inzet van MT-warmte op plekken waar een individuele all-electric oplossing (te) kostbaar is, heeft de voorkeur. Bij Nieuwbouw dient een individuele all electric toegepast te worden of op een Lage Temperatuur collectieve warmte.

Er zijn echter twee situaties die een uitzondering hier op zijn:

- Bij lopende ontwikkelingen met bestaande afspraken in anterieure overeenkomsten, gebiedsvisies of nota van uitgangspunten, waar MT/HT voor nieuwbouw nog niet uitgesloten is of waar zelfs in sommige gevallen aansluiten op het HT-/MT-warmtenet van Vattenfall wordt voorgesteld. Met de betreffende partijen/betrokkenen gaat de gemeente wel in over de actualisering van de afspraken op basis van huidige inzichten.
- Wanneer een transportleiding langs een nieuwbouwwijk komt (verdeling infrastructurele kosten over meerdere aansluitingen). Ook in die situatie heeft all-electric voor nieuwbouw de voorkeur, maar kan door specifieke lokale omstandigheden een uitzondering worden gemaakt om nieuwbouw toch aan te sluiten op een MT warmtenet.

3. Voor de piek- en back-upvoorziening is een duurzame bron nodig om het collectief warmtenet volledig te verduurzamen.

- Aardgas zal alleen als transitiebrandstof gebruikt kunnen worden, en wordt op termijn uitgefaseerd.
- We gaan ervan uit dat er (te) weinig groen gas beschikbaar is*.
- Daarmee blijft biomassa over als mogelijk noodzakelijke brandstof om het warmtenet volledig te verduurzamen. Biomassa wordt door de gemeente Arnhem echter niet beschouwd als duurzame energiebron. Derhalve moet een andere oplossing worden gezocht voor de verduurzaming van de piek- en back-upvoorziening. Die oplossing is nu niet voor handen. Houtige biomassa is derhalve niet meegenomen als basislast en zodoende dus ook niet opgenomen in de scenario's.

Piek- en back- upvoorziening

Het uitrollen van een warmtebron op basis van de piekvraag in de winter is zeer kostbaar en betekent veelal dat warmte bronnen in de zomer onder benut worden, dan wel dat veel warmte verloren gaat. Om deze reden is een back-up en piekketel noodzakelijk naast de inzet van duurzame basislastbronnen. Deze piekketel voorziet vaak in 20-30% van de totaal geleverde warmte en is meestal gasgestookt maar kan ook op biodiesel, hernieuwbaar gas of zelfs elektriciteit werken. In het huidige warmtenet in Arnhem is de inzet van de piekketels anders dan in de meeste warmtenetten minder dan 20%, onder meer door het gebruik van warmtebuffers.

Openbaar

Uitgangspunten voor opstellen scenario's [3/3]

4. Daar waar hybride warmtepompen aanzienlijk** goedkoper zijn dan warmtenetten, wordt geen keuze voor warmte gemaakt.

- Groen gas is momenteel niet beschikbaar. De verwachting is dat tenminste 20% van de woningen in de toekomst wel met Groen gas (of op termijn waterstof) verwarmd wordt in combinatie met een hybride warmtepomp*. Groen gas lijkt in veel panden de goedkoopste optie, echter de beschikbaarheid van groen gas richting de toekomst is (zeer) beperkt dus dit kan niet overal zonder meer ingezet worden.*
- Daarom heeft het de voorkeur om in die gevallen waar het prijsverschil tussen een warmtenet en de hybride warmtepomp klein is, toch voor een warmtenet te kiezen.
- Wanneer de hybride warmtepomp in combinatie met Groen gas echter veel goedkoper is, is het kostentechnisch wenselijker om voor de hybride optie te kiezen.

5. In wijken waar nu tenminste al voor 50% een warmtenet aanwezig is, wordt er vanuit gegaan dat ook de meeste resterende woningen in deze (deel)buurt op het warmtenet worden aangesloten.

- Op die manier kan op goede wijze gebruik worden gemaakt van de huidige infrastructuur, wat zorgt voor relatief lagere kosten.

Voor het strategische niveau van de warmtenetstrategie is uitgegaan van buurten. Buurten zijn vaak het aggregatieniveau op basis waarvan systeemkeuzes worden gemaakt. Buurten zijn echter niet altijd homogeen. Vooral wanneer bepaalde delen van een buurt veel nieuwer of juist ouder zijn, of heel andersoortige bouw dan de meeste andere woningen in die buurt, kan een andere systeemkeuze voor deze woningen meer voor de hand liggen. Dit moet blijken bij nadere bestudering van buurten in een volgende fase.

* Kamerbrief: Routekaart Groen Gas, 30 maart 2020; Berenschot, Kalavasta, Klimaatneutrale energiescenario's 2050 (2020) ; VEH, Wat stoppen met aardgas kost, Kostenoverzicht per woningtype en energielabel.
** Zie bijlage 3 voor toelichting hoe dit verwerkt is in deze studie.

De grootste onzekerheden in kaart

De voorkeur per buurt voor de toekomstige duurzame warmtevoorziening, is gebaseerd op een integrale afweging van kosteneffectiviteit (betaalbaarheid op basis van total cost of ownership (TCO) en duurzaamheid. Uit een analyse naar de warmtevraag en het (toekomstige) warmteaanbod blijkt deze selectie sterk afhankelijk van twee onzekerheden:

1. De prijsontwikkeling van collectieve warmte ten opzichte van andere alternatieven (all-electric of hybride) is onzeker waardoor toekomstige businesscases moeilijk te voorspellen zijn.

Er zijn veel buurten waar de kosten[1] van een warmtenet niet veel verschillen met de kosten van individuele duurzame warmteoplossingen.

2. De beschikbaarheid en hoeveelheid duurzame warmtebronnen is onzeker.

Warmtebron	Toekomstig beschikbare warmte gematigde inschatting		Toekomstig beschikbare warmte optimistische inschatting	
Restwarmte AVR	1400 TJ	51900 weq[2]	2690 TJ	99600 weq
Overige restwarmte	70 TJ	2600 weq	130 TJ	4800 weq
Geothermie	130 TJ	4800 weq	1490 TJ	55200 weq
Aquathermie	1370 TJ	50700 weq	Zeer veel TJ	Zeer veel weq
Zonthermie	0 TJ	0 weq	320 TJ	11900 weq
TOTAAL	**2910 TJ**	**110.000 weq**	**> 6000 TJ**	**Zeer veel weq**

[1] Met kosten wordt bedoeld de Total Cost of Ownership, waarin kosten voor installatie, en energiekosten geïntegreerd zijn
[2] Weq staat voor woningequivalent, wat gelijk is aan 27 GJ. In de praktijk gebruikt een gemiddelde woning in Arnhem meer warmte dan 27 GJ.

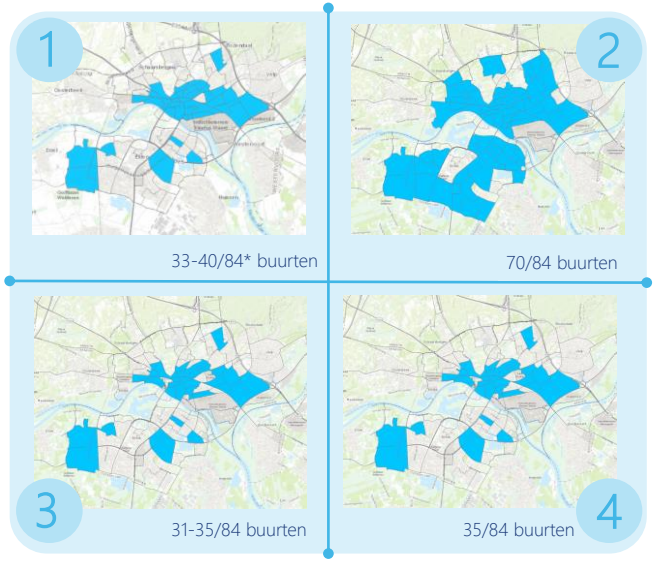
Introductie scenario's

Er zijn op basis van de twee grootste onzekerheden (zie vorige pagina) vier scenario's ontwikkeld. Deze scenario's schetsen de mogelijke toekomst van de ontwikkeling van de warmtevraag en -aanbod.

In bijlage 3 is nadere toelichting op (de totstandkoming van) deze scenario's opgenomen.

Prijsontwikkeling van warmte (bronnen) t.o.v. individuele opties is **gunstig** voor warmte

- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **gunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen echter **maar enkele** nieuwe warmtebronnen worden ontwikkeld.



- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **gunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen bovendien **veel nieuwe warmtebronnen** worden ontwikkeld.

Weinig warmtebronnen beschikbaar

In de toekomst zijn er **veel** nieuwe warmtebronnen

- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **ongunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen bovendien **maar enkele** nieuwe warmtebronnen worden ontwikkeld.

- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **ongunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen echter **veel nieuwe warmtebronnen** worden ontwikkeld.

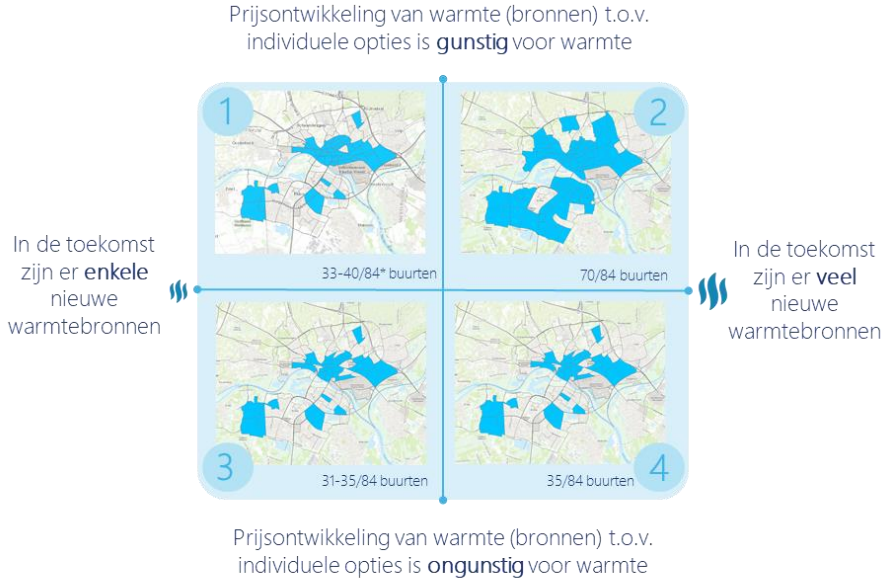
Prijsontwikkeling van warmte (bronnen) t.o.v. individuele opties is **ongunstig** voor warmte

* Arnhem kent 83 buurten. Echter, vanwege de grote verschillen in type bebouwing in Rijkerswoerd-Oost is deze buurt opgeknipt in 2 delen.

De scenario's bieden een aantal inzichten relevant voor de strategie

Bevindingen

- In alle scenario's is een omvangrijke uitbreiding van het bestaande warmtenet van Vattenfall een logische keuze in het bepalen van het voorkeursalternatief (qua kosten en gebruik duurzame bronnen).
- Warmte is een schaars goed dat in twee van de vier (1 & 2) scenario's tot een verdelingsvraagstuk leidt (regionaal/lokaal).
- Buurten die in aanmerking komen voor een warmtenet, liggen vrijwel allemaal met elkaar in verbinding; dit maakt één efficiënte hoofdinfrastructuur mogelijk.
- In alle gevallen waarin een warmtenet voordeliger blijkt te zijn dan all-electric, blijkt midden temperatuur goedkoper te zijn dan lage temperatuur. Dat komt omdat voor lage temperatuur de woning verregaand geïsoleerd moet worden (label A of beter) en dat is kostbaar (zie vraaganalyse).
- De mate waarin geïsoleerd wordt, heeft invloed op het aantal buurten dat met de beschikbare warmte verwarmd kan worden.



Berenschot



2

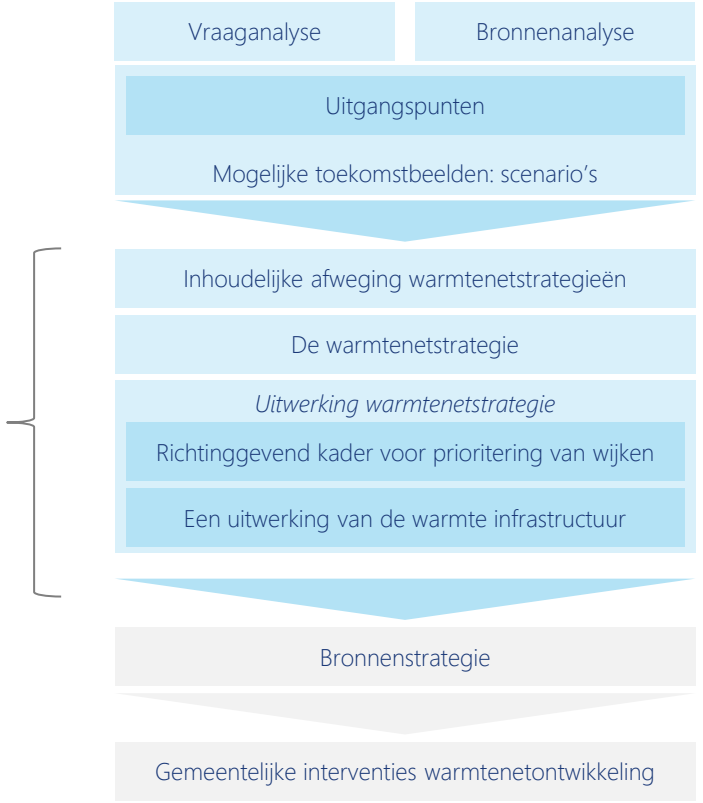
De warmtenetstrategie

De warmtenetstrategie komt voort uit de scenario's en uitgangspunten

In dit hoofdstuk wordt geadviseerd over de vraag: **Wat is verstandig handelen voor de gemeente Arnhem bij het ontwikkelen van collectieve warmtenetten?**

In dit hoofdstuk is de inhoudelijke afweging tussen mogelijke warmtenetstrategieën opgenomen en de uiteindelijke korte en lange termijnwarmtenetstrategie. Afsluitend is de warmtenetstrategie uitgewerkt in:

1) een richtinggevend kader met afwegingscriteria om te komen tot de prioritering van wijken die je wilt aansluiten op een warmtenet
2) Een uitwerking van de warmte-infrastructuur voor het temperatuurniveau en het tracé van het warmtenet



Vijf strategieën voor warmtenetontwikkeling in Arnhem

Om tot de inventarisatie van mogelijke strategieën te komen is gebruik gemaakt van de volgende input:

1. **De bronnenanalyse** geeft inzicht in huidige groeiperspectieven o.b.v. bestaande en potentiële warmtebronnen (zie bijlage 2).
2. De **vier scenario's** geven de uithoeken van het speelveld en de inhoudelijke basis weer waar groei van warmtenetten plaats kan vinden. Afhankelijk van het scenario (onzekerheden) zijn collectieve warmteoplossingen mogelijk in tussen de 40% en 80% van de buurten (zie pagina 13)
3. Input van **stakeholders*** en de **gemeente.** Op deze manier zijn verschillende visies op de warmtenetontwikkeling in Arnhem meegenomen.

Bovenstaande input heeft geleid tot vijf strategieën voor warmtenetontwikkeling. Onderscheidend binnen deze strategieën is enerzijds het wel of niet redeneren vanuit het mogelijke eindbeeld (scenario's). Anderzijds verschilt de keuze voor losse nieuwe warmtenetten of de keuze voor één integraal warmtenet.

De strategieën zijn gebaseerd op technisch inhoudelijke mogelijkheden en bevatten nog geen voorkeur voor de governance en of rolinname van de gemeente en/of derden.

	Strategieën voor warmtenetontwikkeling	Beschrijving
0	Geen interventie vanuit gemeente	Gezien de onzekerheden, kosten, innovatie, wettelijk kader beschikbaarheid van warmte onderneemt de gemeente geen acties voor warmtenetontwikkeling.
1	Inzet op korte termijn kansen (zonder eindbeeld als richtinggevend kader)	Gemeente geeft ruimte voor warmtenetontwikkeling op basis van o.a. bottum-upinitiatieven als dit op korte termijn tot resultaat kan leiden. Hierbij wordt geen inhoudelijk kader gehanteerd of lange termijn afweging gemaakt (scenario's)
2	Inzet op kleine warmtenetten	Warmtenetontwikkeling met kleine opzichzelfstaande warmtenetten, niet per se gekoppeld aan het bestaande warmtenet. De warmtenetontwikkeling vindt plaats waar nieuwe duurzame bronnen beschikbaar zijn en waar de warmtenetten in het eindbeeld opportuun zijn (zie de scenario's van pagina 13).
3	Inzet kleine warmtenetten + uitbreiding huidig warmtenet	Warmtenetontwikkeling zowel met nieuwe opzichzelfstaande warmtenetten, als vanuit het bestaande warmtenet. De warmtenetontwikkeling vindt plaats waar duurzame bronnen beschikbaar zijn en waar de warmtenetten in het eindbeeld opportuun zijn (zie de scenario's van pagina 13).
4	Inzet op uitbreiding huidig warmtenet	Warmtenetontwikkeling vanuit het bestaande warmtenet van Vattenfall. De warmtenetontwikkeling vindt plaats waar nieuwe en huidige duurzame bronnen beschikbaar zijn en waar de warmtenetten in het eindbeeld opportuun zijn (zie de scenario's van pagina 13).

*Voor dit onderzoek hebben verschillende interviews en sessies met stakeholderplaats gevonden, zie ook bijlage 4.

Waardering van strategieën o.b.v. kaders gemeente

Om te bepalen wat verstandig handelen is voor de gemeente Arnhem, zijn de strategieën gewaardeerd o.b.v. kaders van de gemeente Arnhem. De gemeente Arnhem heeft in verschillende documenten en moties, kaders en doelen gesteld voor de verduurzaming van Arnhem, die van invloed zijn op warmtenetontwikkeling. Deze kaders zijn onder de volgende drie criteria gevat:

6.500 woningen aardgasvrij in 2030

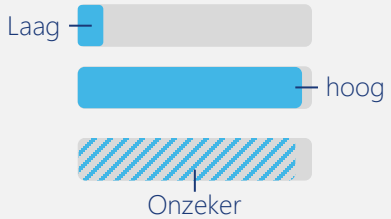
Snelheid, de gemeente Arnhem heeft als doel gesteld om in 2030 6.500 bestaande woningen aardgasvrij te verwarmen met lokale warmte. Om dit voor elkaar te krijgen is een bepaalde snelheid in de verduurzaming noodzakelijk.

Betaalbaarheid, de gemeenteraad in Arnhem heeft aangegeven dat bewoners niet méér mogen gaan betalen dan ze nu doen. Waardering van betaalbaarheid op basis van impact van de strategie op de betaalbaarheid voor heel Arnhem.

Duurzaamheid, snelheid gaat niet voor duurzaamheid in doelstelling van het aardgasvrij maken van woningen. Duurzaamheid is daarin randvoorwaardelijk.

Waardering waarden vanuit perspectief gemeente Arnhem

Het waarderen van criteria is moeilijk te kwantificeren. Causaliteit ontbreekt dikwijls. Anders gezegd is de bijdrage van een strategie aan doelen niet te isoleren, maar wel te beredeneren. Daarom is per waarde voor elk scenario een kwalitatieve beoordeling gedaan met een beschrijving van de redenatie. Deze beoordeling geeft een indicatie van het effect van de ontwikkeling van een dergelijke situatie t.o.v. andere situaties op de geanalyseerde waarde.



Strategie 3 en 4 zijn vanuit de gemeente bezien het meest wenselijk

		Snelheid (6.500 aardgasvrije woningen in 2030)	Betaalbaarheid (Arnhem totaal)	Duurzaamheid
0	Geen interventie vanuit gemeente	Doordat de gemeente regie krijgt vanuit de warmtewet 2.0 voor verdere warmtenet ontwikkeling betekent niets doen ook direct een vacuüm voor voortgang en besluitvorming voor nieuwe warmtenetontwikkelingen.	Zeer onzeker afhankelijk van prijsontwikkelingen en innovaties naar de toekomst toe.	Als de gemeente geen actie onderneemt en geen warmtekavels uitgeeft dan wel actief bronnen ontwikkelt, is de enige ontwikkeling op duurzaamheid t.a.v. warmtenetten het pad dat opgelegd wordt vanuit warmtewet 2.0 voor het bestaande warmtenet.
1	Inzet op korte termijn kansen (zonder eindbeeld als kader)	Met deze strategie kan veel snelheid gemaakt worden, door te beginnen op plekken waar de meest haalbare businesscase te maken is. Gevaar is wel dat, door niet te kijken naar verdeling van warmte naar de toekomst, schaarse warmte op termijn niet meer aanwezig is voor moeilijk te verduurzamen buurten.	Uitermate onzeker en afhankelijk van prijsontwikkeling van alternatieven en beschikbaarheid van warmte.	Warmtewet 2.0 bepaalt hierin een minimum pad, extra stappen afhankelijk van sturing gemeente*
2	Inzet op kleinschalige warmtenetten	Met deze strategie wordt uitbreiding vanuit het huidige net uitgesloten, hierdoor worden de opties voor warmtenetontwikkeling beperkter. Vanuit bekende bronnen kunnen businesscases gemaakt worden. Doorlooptijd is echter lang voor bron ontwikkeling i.c.m. nieuw warmtenet en de haalbaarheid onzeker.	Ontwikkeling van kleinschalige warmtenetten is, afhankelijk van de bron, per aansluiting relatief kostbaar (losse piek & back-up).	Warmtewet 2.0 bepaalt hierin een minimum pad, extra stappen afhankelijk van sturing gemeente
3	Inzet kleinschalige warmtenetten + uitbreiding bestaand warmtenet	Deze strategie laat ruimte voor nieuwe warmtenetten maar ook ontwikkeling vanuit het bestaande warmtenet van Vattenfall. Hiermee zijn er veel opties voor uitbreiding op de korte termijn binnen de scenario's en is ruimte voor lokale wensen. Onzekerheid zit in complexiteit samenwerking en regierol gemeente op o.a. groeiscenario's.	Sterk afhankelijk van de verhouding van uitbreiding kleinschalige warmtenetten t.o.v. huidig net en bron ontwikkeling.	Warmtewet 2.0 bepaalt hierin een minimum pad, extra stappen afhankelijk van sturing gemeente
4	Inzet op uitbreiding bestaand warmtenet	Vanuit het bestaande warmtenet van Vattenfall is groei het snelst te realiseren, een businesscase is sneller te maken en de benodigde infrastructuur voor leveringszekerheid is reeds aanwezig. Risico zit in draagvlak en beeldvorming.	Aaneensluiting van buurten maakt efficiënte hoofdinfrastructuur mogelijk, delen van piek- en back-upvoorziening, verder afhankelijk van bronontwikkeling	Warmtewet 2.0 bepaalt hierin een minimum pad, extra stappen afhankelijk van sturing gemeente

*In warmtewet 2.0 worden steeds strengere duurzaamheidseisen gesteld aan warmtenetten richting 2030. Dit geschetste pad richting 2030 is het minimum waar een warmtebedrijf aan moet voldoen. De gemeente kan hier los van ook op sturen.

Conclusies inhoudelijke afweging

Conclusies analyse warmtenetontwikkeling in Arnhem

- Voor bestaande bouw is midden temperatuur (MT; 70 graden) kostenefficiënter dan lage temperatuur (LT; 40 graden).
- LT is zeer kostbaar in te passen in bestaande bouw omdat dit vergaande isolatie vergt en een losse tapwateroplossing per pand. Het financiële voordeel van een warmtenet (investeringen met name buiten de woning en minimale inpassingen binnen de woning) wordt hierdoor teniet gedaan.
- Nieuwe LT-bronnen kunnen ingevoed worden door op te waarderen naar MT. Opwaardering naar HT wordt echter (te) kostbaar.
- HT blijft mogelijk: Dit sluit een doorgroeiscenario niet uit, waarin van HT naar MT wordt toegewerkt en HT-warmte een beperkte plek krijgt in de binnenstad (monumentale panden).
- Strategie 3 (inzet kleinschalige warmtenetten + uitbreiding bestaand warmtenet) en strategie 4 (inzet op uitbreiding bestaand warmtenet) zijn het meest wenselijk en scoren het hoogst op de criteria snelheid, betaalbaarheid en duurzaamheid.

De warmtenetstrategie

Op basis van de uitgevoerde analyses en de inhoudelijke afweging tussen de verschillende warmtenetstrategieën is er een groei van warmtenet(ten) mogelijk, waarmee 31-70 buurten aangesloten worden op één of meerdere warmtenetten.

Hoeveel buurten daadwerkelijk aangesloten kunnen worden, is sterk afhankelijk van de beschikbare duurzame warmte en de vraagontwikkeling naar collectieve warmte (zie pagina 13).

Een keuze tussen strategie 3 (inzet kleinschalige warmtenetten + uitbreiding bestaand warmtenet) en strategie 4 (inzet op uitbreiding bestaand warmtenet) is vanuit de onzekerheden in warmtebronontwikkeling en innovatie momenteel moeilijk te maken, ondanks dat er potentiële techno-economische voordelen zijn om vanuit één integraal warmtenet te redeneren (zie volgende slide). Strategie 3 houdt de meeste opties voor warmteontwikkeling open, waarmee strategie 3 momenteel ook de voorkeur krijgt voor de korte termijn.

Wanneer er nieuwe inzichten ontstaan over de (collectieve) vraag naar warmte, over de warmtebronontwikkeling, innovaties, en veranderingen in de wetgevende context (warmtewet 2) is het opportuun om de keuze voor strategie 3 of 4 te heroverwegen.

- Om op de **korte termijn** verstandig te handelen en de schaarse duurzame warmte efficiënt in te zetten, is het aan te raden om de huidige beschikbare duurzame warmte in te zetten, in de wijken waar warmtenetten in alle scenario's het meest voordelig zijn (31 buurten; zie voor uitwerking prioritering wijken pagina 22-23). Dit zou op de korte termijn al een significante groei van aansluitingen op het huidige warmtenet als de ontwikkeling van nieuwe warmtenetten in Arnhem kunnen betekenen.
- Op de **lange termijn** is de warmtenetontwikkeling afhankelijk van een aantal kantelpunten. Deze kantelpunten zijn te vinden in:
  - De warmtebronontwikkeling: de vondst van geothermie als duurzame bron voor warmtenetontwikkeling, de opslagmogelijkheden voor warmte, etc.
  - Innovatie: bij alternatieve verduurzamingsopties, bij collectieve warmtenetontwikkeling

Zowel op de korte als lange termijn biedt het huidige warmtenet kansen om de collectieve warmte betaalbaar te maken.

Techno-economische voordelen van de ontwikkeling van één integraal warmtenet

Op de lange termijn is er een significante uitbreiding van het huidige warmtenet van Vattenfall mogelijk (en daarmee de ontwikkeling van één integraal duurzaam warmtenet). Ook is er de mogelijkheid op de ontwikkeling van separate warmtenetten. Wanneer vanuit één integraal warmtenet wordt geredeneerd, zijn er potentiële techno-economische voordelen te behalen:

- Groei van het warmtenet op basis van nieuwe duurzame warmtebronnen kan vaak efficiënter plaats vinden. Buurten kunnen overgaan op warmte uit het bestaande warmtenet (al dan niet m.b.v. piek- en back-upinstallaties), parallel aan de ontwikkeling van de duurzame warmtebron. Dit helpt bij de rentabiliteit van de nieuwe duurzame warmtebron doordat deze dan direct bij aansluiten een hoge benuttingsgraad heeft. Dit voordeel kan aanzienlijk zijn doordat het realiseren van warmtenetaansluitingen in de bestaande bouw tijdsintensief is en het vollooprisico* hoog.
- Het tweede voordeel van een integraal warmtenet zit in de efficiënte exploitatie. Piek- en back-upinstallaties kunnen verdeeld worden over het net en basislastbronnen en warmteopslag vullen elkaar potentieel aan. Hierdoor ontstaat een betere match van vraag en aanbod waardoor een beperktere inzet van piek- en back-upinstallaties vereist is.

*Het vollooprisico, is het risico dat de geprognosticeerde warmtevraag (aantal aansluitingen) voor het aan te leggen warmtenet te traag gaat dan wel niet volledig plaatsvindt. Hierdoor blijven inkomsten uit warmte voor deze verwachte aansluitingen uit, terwijl hier wel reeds infrastructuur voor aangelegd is. De hoofdinfrastructuur moet namelijk in één keer voor de gehele warmtevraag aangelegd worden. Elk jaar dat de verwachte capaciteit dus niet benut (“volgelopen”) is, vermindert de rentabiliteit.

Richtinggevend kader voor uitwerking warmtenetstrategie

Onderstaande strategieën 2, 3 en 4 redeneren vanuit het techno-economische eindbeeld van het warmtenet voor Arnhem. Uit de afweging (zie pagina 18) blijkt dat strategie 3 (inzet kleinschalige warmtenetten + uitbreiding bestaand warmtenet) en strategie 4 (inzet op uitbreiding bestaand warmtenet) het meest wenselijk zijn.

Rechts is een eerste uitwerking van een richtinggevend kader weergegeven waarlangs de afweging, welke wijk op het warmtenet aangesloten kan worden, vorm kan krijgen. Op de volgende slide is dit kader uitgewerkt naar afwegingscriteria voor de prioritering per wijk.

De warmtenetstrategieën

0	Niks doen	Geen gebruik van richtinggevend kader
1	Inzet op korte-termijn kansen (zonder eindbeeld als richtinggevend kader)	Geen gebruik van richtinggevend kader
2	Inzet op kleine warmtenetten	Ontwikkeling met inhoudelijk kader
3	Inzet kleine warmtenetten + uitbreiding huidig warmtenet	Ontwikkeling met inhoudelijk kader
4	Inzet op uitbreiding huidig warmtenet	Ontwikkeling met inhoudelijk kader

Concept richtinggevend kader bestaande uit:

Inhoudelijk uitgangspunten

- ✓ In beginsel alleen warmtenetontwikkeling daar waar deze in het eindbeeld (scenario's) voorzien is
- ✓ Midden temperatuur warmte voor bestaande bouw, evt. uitzondering in de binnenstad afhankelijk van lange termijn beschikbaarheid Hoge temperatuur warmte
- ✓ Nieuwbouw niet op HT/MT warmtenet
- ✓ Gebruik duurzame bronnen op termijn voor piek- en back-upvoorziening
- ✓ Buurten die al voor het grootste gedeelte op een warmtenet zijn aangesloten, blijven hierop aangesloten
- ✓ Prioritering op basis van afwegingskader

Organisatorische uitgangspunten voor samenwerking (nader uit te werken)

- ✓ Ontwikkeling warmtenet op basis van uitgangspunten duurzaamheid, transparantie, leveringszekerheid, etc.
- ✓ Uitgewerkt naar uitgangspunten temperatuurniveau, invoeding andere bronnen, transparantie kosten & opbrengsten, duur exploitatie, tracé, etc.
- ✓ ....

Deze uitgangspunten kunnen worden uitgewerkt in warmtekavels

Richtinggevend kader voor uitwerking warmtenetstrategie in wijkontwikkeling

Om te komen tot een afweging waar en in welke buurten vóór 2030 gestart kan worden met een warmtenetontwikkeling, is rechts een afwegingskader opgenomen.

Deze weging is een kwalitatieve vergelijking die helpt om een gewogen keuze te maken. Er bestaat dan ook **geen volgordelijkheid in factoren**. Zo helpen techno-economische factoren om te kijken waar relatief gezien de beste businesscase te maken is. Daarbij kunnen renovatieplannen van de corporaties of vervanging van ondergrondse infrastructuur er bijvoorbeeld voor zorgen, dat een buurt die techno-economisch minder scoort dan een andere buurt, toch eerder aan bod komt.



Strategische route

2 Inzet op kleine warmtenetten

3 Inzet kleine warmtenetten+ uitbreiding huidig warmtenet

4 Inzet op uitbreiding huidig warmtenet

Inhoudelijk kader

Techno-economische factoren

- Dichtheid warmtevraag
- Afstand tot warmtenet
- Aandeel collectief
- Aandeel gestapelde bouw
- Onzekerheid in participatie (aandeel corporatiebezit)
- label G,F.. / CO_2-impact
- Afstand tot nieuwe bron

Bijzondere belemmeringen

- Hoogteverschil
- Volle ondergrond / nauwe straten

Tijdsgebonden kansen

- Wijk-initiatieven
- Kansrijke wijken (gemeente)
- Koppelkansen: Stadsvernieuwing
- Vervangings-termijn ondergrondse e/g-infra
- Renovatie-plannen corporaties

Buurt X ✓
Buurt Y ✓
Buurt Z

2030

? buurten;
6500 aansluitingen*

*Dit door de gemeente Arnhem gestelde doel betreft 6500 extra aardgasvrije aansluitingen, onafhankelijk van de techniek. Dit kunnen dus ook aansluitingen zijn met individuele warmtepompen of anderszins.

Uitwerking lange termijn beelden in mogelijke tracés en temperatuur

Afhankelijk van de locatie van warmtebronnen, bestaande infrastructuur en warmtevraag zijn diverse warmtenettracés te bedenken. In deze uitwerking is het warmtenettracé voor de lange termijn uitgewerkt in 2 scenario's, namelijk voor de situatie waarbij er veel of juist weinig warmtebronnen beschikbaar zijn (zie pagina 27 en 28 en bijlage 5 voor een onderbouwing). Een uitwerking naar temperatuurniveau is opgenomen op pagina 25 en 26.

Vertaling van de warmtestrategie naar de infrastructuur: temperatuur

De schetsen van het warmtenet in 2050 zijn gebaseerd op de huidige visie op aardgasvrije verwarming in 2050. Natuurlijk zijn er nog veel onzekerheden met betrekking tot de ontwikkeling van de bronnen, de kosten en de mogelijke toekomstige alternatieven.

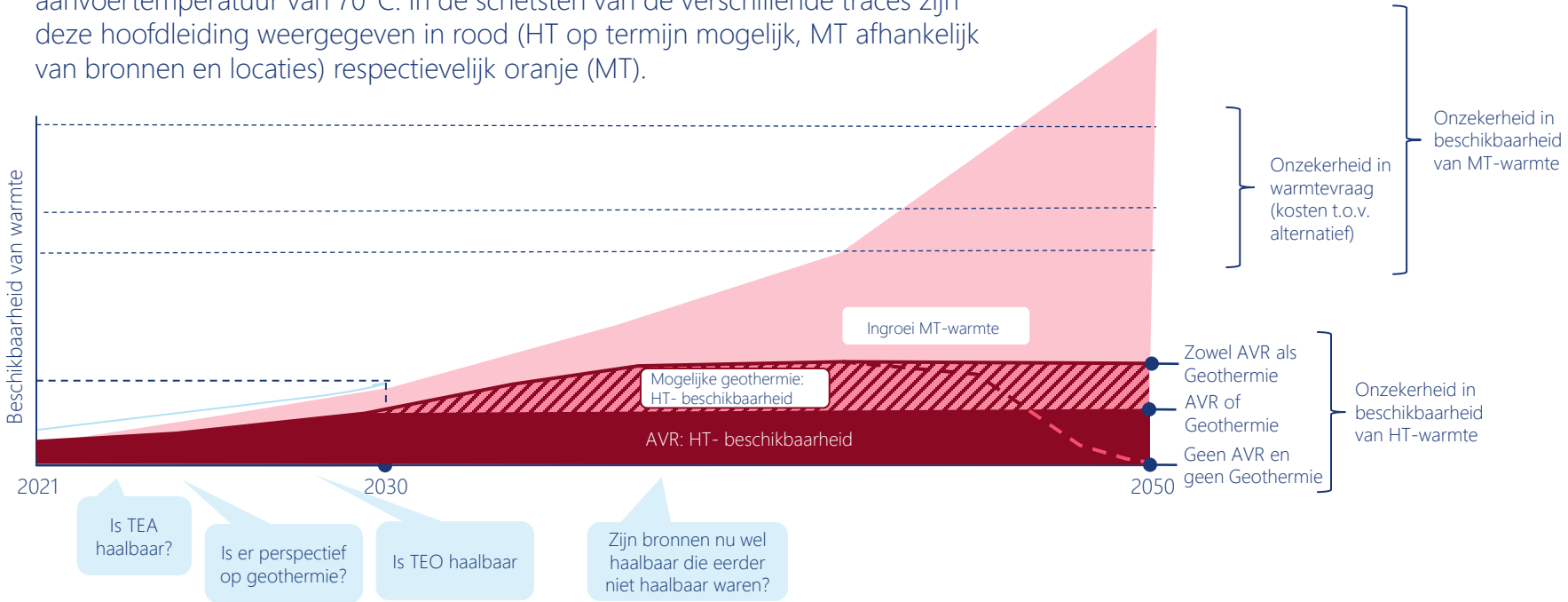
De projectie van de warmte-infrastructuur op lange termijn (2050) is vooral bedoeld om richting te geven aan de groei van het warmtenet tot 2030. Het is immers de bedoeling dat groei van het warmtenet de komende tien jaar past binnen een langetermijnvisie. Dit verkleint het risico op toekomstige capaciteitsproblemen enerzijds (te weinig transportcapaciteit) of op stranded assets anderzijds (te veel transportcapaciteit).

Een belangrijk thema bij de visie op de toekomstige hoofdinfrastructuur is het temperatuurregime. De diameter van een transportleiding kan relatief klein blijven door te kiezen voor een hoge aanvoertemperatuur (HT). Op het bestaande HT-warmtenet van Vattenfall is op moment de aanvoertemperatuur in de winter maximaal circa 120°C. Dit past prima bij de AVR als warmtebron.

We gaan er op dit moment vanuit dat de warmtebron, AVR in Duiven) ook in 2050 nog aanwezig is. Nieuwe warmtebronnen zoals TEA (RWZI) of TEO (oppervlaktewater) zullen echter niet op een dergelijke hoge temperatuur warmte kunnen leveren. We gaan daarom uit van een tweetal temperatuurregimes voor de hoofdinfrastructuur: HT met een aanvoertemperatuur van maximaal 120°C en MT met een maximale aanvoertemperatuur van 70°C. In de schetsen van de verschillende tracés zijn deze hoofdleidingen weergegeven in rood (HT op termijn mogelijk, MT afhankelijk van bronnen en locaties) en respectievelijk oranje (MT). In de distributienetten kan per wijk een temperatuurregime voor de levering aan de gebouwen worden gekozen. Uiteraard kan die niet hoger zijn dan het temperatuurregime in het transportnet. Gezien de gevoeligheid van met name oudere woningen voor de aanvoertemperatuur, willen we HT-warmte zoveel mogelijk reserveren voor oudere gebouwen in het centrum van Arnhem.

Illustratie van onzekerheid in warmtebeschikbaarheid

We gaan voor de groei van het warmtenet uit van een tweetal temperatuurregimes voor de hoofdinfrastructuur: HT met een aanvoertemperatuur van maximaal 120°C en MT met een maximale aanvoertemperatuur van 70°C. In de schetsten van de verschillende tracés zijn deze hoofdleiding weergegeven in rood (HT op termijn mogelijk, MT afhankelijk van bronnen en locaties) respectievelijk oranje (MT).

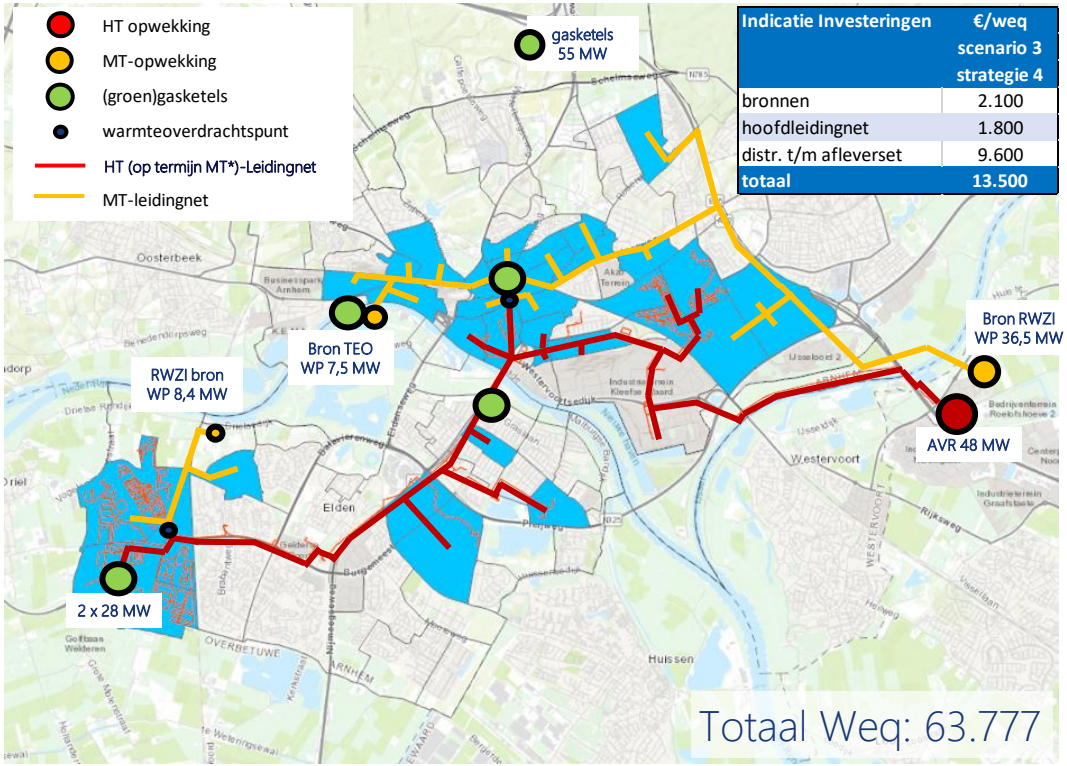


Lange termijn beeld 1: Enige duurzame warmte beschikbaar en betaalbaar in Arnhem (scenario 3)

In de rechter figuur zijn de tracés, bronnen en piek-/back-upketels te zien, die de kansrijke buurten uit Scenario 3 aansluiten op een warmtenet. Afhankelijk van de koppeling van infrastructuur middels warmteoverdrachtspunten is strategie 3 of 4 van toepassing. In dit lange termijn beeld zijn alleen de relatief zekere warmtebronnen meegenomen en gaat het scenario uit van relatieve kostbaarheid van warmte als oplossing voor vervanging van gas t.o.v. alternatieven.

In dit scenario is groei van een nieuwe grootschalige MT-infrastructuur te zien vanuit de RWZI in het oosten en in beperkte mate vanuit het warmtepotentieel uit TEO nabij de Rijn. De groei van het warmtenet kan ook vanuit het huidige HT-net plaatsvinden. De uitbreiding vindt dan plaats op MT en wordt met behulp van een warmteoverdrachtspunt gekoppeld aan het HT-net. In een later stadium kan de MT-infrastructuur worden gekoppeld aan de nieuwe MT-bronnen. Hierdoor kan sneller uitbreiding plaats vinden.

In Schuytgraaf vindt ingroei van warmte uit de RWZI plaats op MT. Dit MT-net is daarnaast gekoppeld aan het huidige net voor het delen van piek-/back-upvoorziening.



Indicatie Investeringen	€/weq scenario 3 strategie 4
bronnen	2.100
hoofdleidingnet	1.800
distr. t/m afleverset	9.600
totaal	13.500

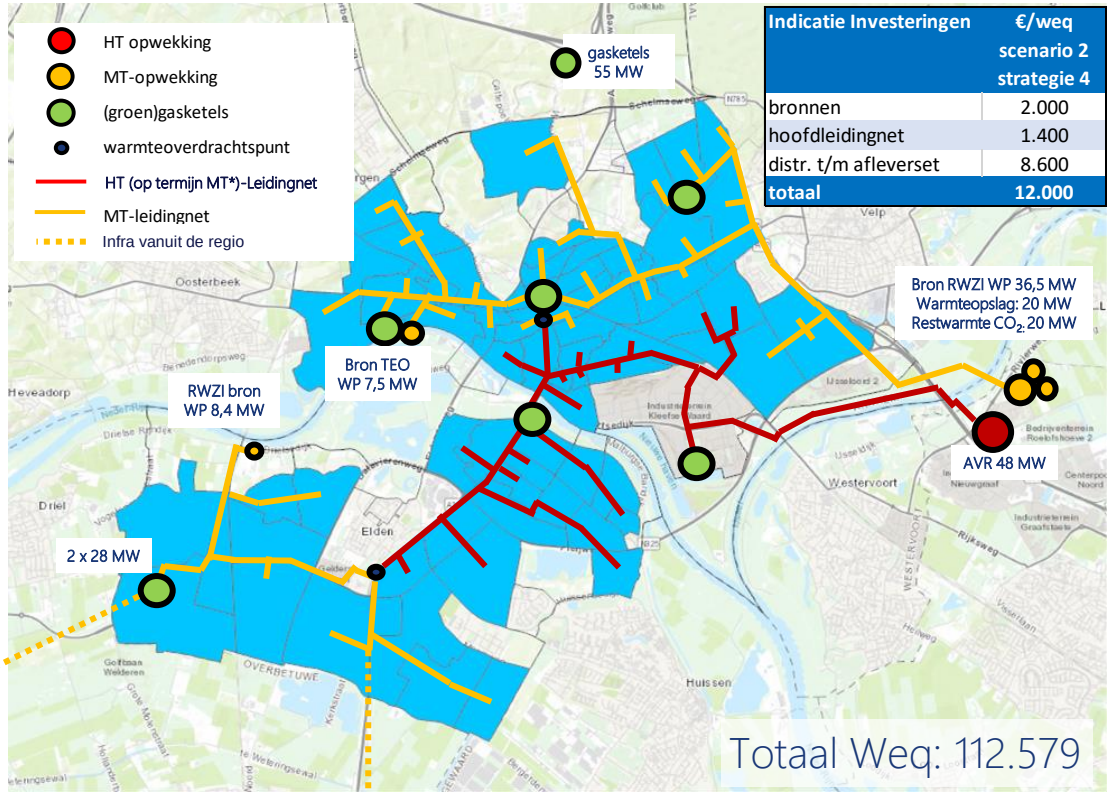
*Bestaande net is gedimensioneerd en uitgerold op HT. Daling van temp. naar MT afhankelijk van bronontwikkeling (zie ook Illustratie van onzekerheid in warmtebeschikbaarheid slide 9). Afhankelijk van locaties bronnen dan ook mogelijke extra infrastructuur noodzakelijk.

Lange termijn beeld 2: veel duurzame warmte beschikbaar en betaalbaar in Arnhem (scenario 2)

In de rechterfiguur zijn de tracés, bronnen en piek-/back-upketels te zien, die de kansrijke buurten uit Scenario 2 aansluiten op een warmtenet. Afhankelijk van de koppeling van infrastructuur middels warmteoverdrachtspunten is strategie 3 of 4 van toepassing. Zowel de relatief zekere als onzekere warmtebronnen zijn meegenomen en het scenario gaat uit van de aanname dat warmte als oplossing redelijk goedkoop is t.o.v. alternatieven.

In dit scenario is een groei van een nieuwe MT-infrastructuur in o.a. het Noorden te zien, zowel vanuit de RWZI in het oosten als vanuit het warmtepotentieel uit TEO nabij de Rijn. De groei van het warmtenet is gebaseerd op de huidige warmtebron (AVR) en (op termijn) aansluiting van de RWZI en TEO.

Daarnaast is er een beperkte uitbreiding van het bestaande HT-warmtenet in de binnenstad en gedeeltelijk in het zuidoosten mogelijk. Ook is uitbreiding van het warmtenet in o.a. de buurten Schuytgraaf en Elderveld voorzien met de RWZI-Elderveld en regionale warmtebronnen (Geothermie) waar de locatie nu nog onzeker van is. Duurzame warmte uit de regio kan mogelijk op termijn ook richting de binnenstad benut worden bij overschakeling op MT.



Indicatie Investeringen	€/weq scenario 2 strategie 4
bronnen	2.000
hoofdleidingnet	1.400
distr. t/m afleverset	8.600
totaal	12.000

*Bestaande net is gedimensioneerd en uitgerold op HT. Daling van temp. naar MT afhankelijk van bronontwikkeling (zie ook Illustratie van onzekerheid in warmtebeschikbaarheid slide 25). Afhankelijk van locaties bronnen dan ook mogelijke extra infrastructuur noodzakelijk.

Berenschot



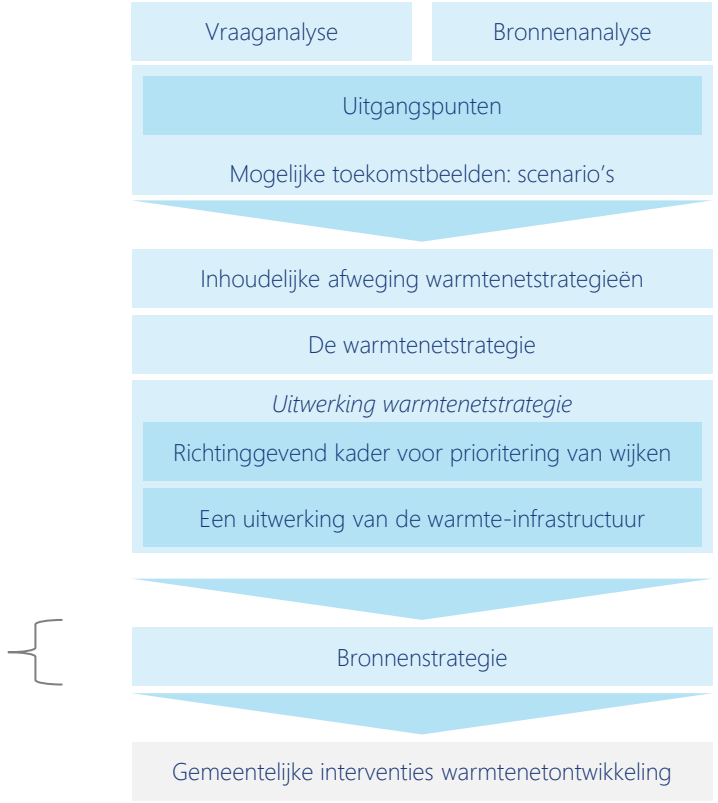
3

Bronnenstrategie

De warmtenetstrategie komt voort uit het inhoudelijk kader

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de vraag **'Welke strategie de gemeente Arnhem kan toepassen om voor de korte en langere termijn voldoende warmte te realiseren?'**

Dit gebeurt door te inventariseren welke bronnen noodzakelijk zijn voor het toekomstige Arnhemse warmtenet en welke onzekerheden er zijn bij het realiseren van deze warmtebronnen. Vervolgens wordt op strategisch niveau bekeken welke activiteiten de gemeente kan ondernemen om deze onzekerheden te verkleinen.



Focus op het ontwikkelen en veilig stellen van nieuwe bronnen

De beschikbaarheid van warmte is voorwaardelijk voor de realisatie van de warmtenetten. Immers, alle scenario's wijzen op een aanzienlijke uitbreiding van het bestaande warmtenet. Daarom is de bronnenstrategie gericht op het ontwikkelen van zoveel mogelijk bovenlokale en lokale duurzame bronnen, waarvan de gebouweigenaren in Arnhem gebruik kunnen maken.

Uit de bronnenanalyse blijkt dat er grote onzekerheden zijn rondom de beschikbaarheid van warmte. Er is onderscheid gemaakt tussen twee type onzekerheden:

1. Techno-economische onzekerheden over de beschikbaarheid van een warmtebron voor een acceptabele prijs. Deze onzekerheden kunnen worden verkleind, door verdere verkenning en onderzoek naar warmtebronnen uit te voeren of te ondersteunen.
2. Bestuurlijke en organisatorische onzekerheden over de verdeling van beschikbare warmte tussen gemeenten en de bereidheid van broneigenaren, zoals Waterschappen, om warmte uit te koppelen. Deze onzekerheden kunnen worden verkleind door afspraken te maken omtrent het veiligstellen van deze warmte voor Arnhem.

Regievoering op het verminderen van deze onzekerheden en zo voldoende warmte te realiseren is gewenst. Zeker ook omdat enkele duurzame warmtebronnen niet vanzelfsprekend toegewezen worden aan de verduurzaming van de gebouwde omgeving in Arnhem en buiten de gemeentegrenzen liggen.

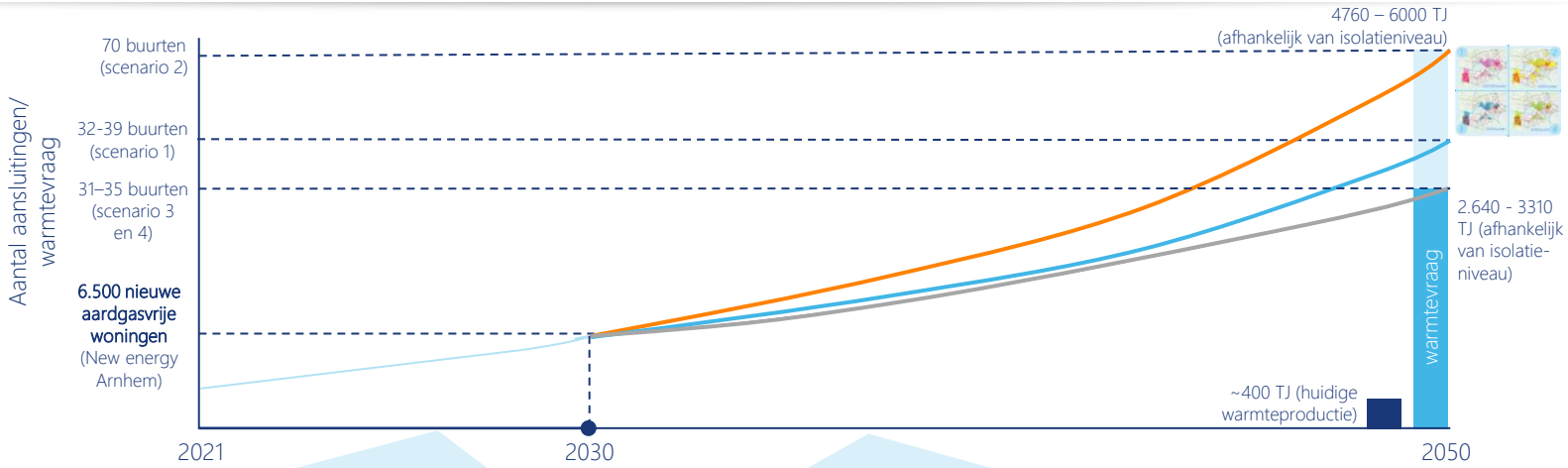
Om op de korte en langere termijn daarom voldoende nieuwe warmtebronnen beschikbaar te hebben, is het belangrijk om niet te focussen op één bron, maar breed in te zetten.

De huidige beschikbare warmte op basis van bestaande warmtebronnen bedraagt ~400 TJ (exclusief piek- en back-upketels). De huidige warmtevraag is 475 TJ en de ambitie van de gemeente om 6.500 extra woningen aardgasvrij te maken, betekent extra een warmtevraag van ~370 TJ. Dit betekent dat er richting 2030 bijna een verdubbeling aan warmte beschikbaar moet komen om de doelen te halen.

Voor de langere termijn ligt de benodigde warmte tussen de 2640 TJ (35 buurten, label B) en 4760 TJ (70 buurten, label B) afhankelijk van het scenario en het isolatieniveau. Dit betekent verdere bronontwikkeling ook na 2030.

Schets verschillende mogelijke strategieën

Om op de korte en langere termijn voldoende nieuwe warmtebronnen beschikbaar te hebben is het belangrijk om niet te focussen op één bron, maar breed in te zetten.



Warmtebronnen voor de korte termijn (tot 2030):

Om de doelstelling van 6.500 aardgasvrij in 2030 te halen met collectieve warmte*, zal ongeveer een verdubbeling van de beschikbare warmte voor Arnhem moeten worden gerealiseerd. Daarom dient eerst gekeken te worden naar warmte die tijdig gerealiseerd kan worden, dit betekent huidige en bekende potentiële bronnen:

- **Uitbreiding AVR** door verdere benutting huidige installatie (zowel voor strategie 3 als 4).
- Realiseren warmte uit **RWZI's** (Nieuwgraaf en Elderveld), oppervlakte water TEO, restwarmte-industrie voor invoeding op bestaand warmtenet (strategie 4) of als mogelijk separaat/nieuw warmtenet (strategie 3).

Warmtebron ontwikkeling lange termijn (2030-2050):

Na 2030 zal het Arnhemse warmtenet verder worden uitgebreid. Mogelijke bronnen zoals **geothermie, TEO (uit de Rijn) en zonthermie**, gecombineerd met **warmteopslag** gaan mogelijk een rol spelen. Gezien de lange ontwikkeltermijn van deze bronnen, het gedeeltelijk innovatieve karakter, de onzekerheid over hun kansrijkheid en potentie, is het belangrijk nu al verkenningen uit te (laten) voeren naar deze bronnen.

*Dit door de gemeente Arnhem gestelde doel betreft 6500 extra aardgasvrije aansluitingen, onafhankelijk van de techniek. Dit kunnen dus ook aansluitingen zijn met individuele warmtepompen of anderszins.

Mogelijke gemeentelijke interventies duurzame bronontwikkeling

Om in de toekomst voldoende warmte beschikbaar te hebben is het van belang regie te voeren op duurzame bronontwikkeling en te interveniëren op (boven)lokaal niveau. Hieronder is kort weergegeven waar deze interventies, per bron, zich op kunnen richten.

Warmtebron		Aanpak omgaan met onzekerheden	
		Techno-economische onzekerheden	Bestuurlijke en organisatorische onzekerheden
Bovenlokale warmtebronnen	AVR	Bijdragen aan duurzame toekomst warmtenet, AVR op de lange termijn	Bovenlokale en lokale Regievoering op duurzame bronontwikkeling
	RWZI Nieuwgraaf	Haalbaarheid/businesscase onderzoeken i.c.m. transportleiding 70 graden over de IJssel	
	Geothermie buiten gemeentegrens	Actief sturen op ontwikkeling geothermie in regio met perspectief voor Arnhem, o.a. door samenwerking EBN	
	Ultradiepe geothermie buiten gemeentegrens		
Lokale warmtebronnen	RWZI Elderveld	Huidige haalbaarheid/businesscase voortzetten en waar mogelijk opschalingskansen pakken (stimuleren/regisseren)	Voortzetting van lopende ontwikkeling op Elderveld en in de toekomst een mogelijk een koppeling maken met Schuytgraaf
	TEO (Rijn en overig oppervlakte water)	Locatie specifiek onderzoek geschiktheid ondergrond voor WKO i.c.m. TEO en businesscase ontwikkeling (stimuleren/regisseren)	Ruimtelijke inpassing installatie en WKO in gebied in geschikte buurt organiseren.
	Geothermie binnen gemeentegrens	Actief sturen op ontwikkeling onderzoek naar geothermie	Draagvlak en locatie
	Zonthermie	Verkenning businesscase incl. warmteopslag (stimuleren)	Ruimtelijke inpassing organiseren
	Lokale restwarmte	X	Veiligstellen ontkoppeling warmte
	Centrale omgevingsluchtwarmtepomp	Nader te onderzoeken en uit te werken optie	

Berenschot



4 Gemeentelijke interventies warmtenetontwikkeling

Van een strategie naar concrete stappen

De uitvoering van de warmtenetstrategieën vraagt inzet van verschillende stakeholders en de gemeente Arnhem. De gemeente Arnhem kan hierin verschillende rollen aannemen en keuzes maken voor wat betreft de samenwerking met stakeholders.

In dit hoofdstuk is een advies opgenomen welke rol de gemeente Arnhem zou kunnen aannemen, passend bij de warmtenetstrategieën 3 en 4.

- Het advies is uitgewerkt langs de verschillende te organiseren activiteiten ten aanzien van warmtenetontwikkeling, om te komen tot de warmtenetstrategie 3 en/of 4.
- Vervolgens is advies gegeven over gemeentelijke interventies.
- Met als uitkomst drie varianten op de benodigde samenwerking en rolinname van de gemeente.



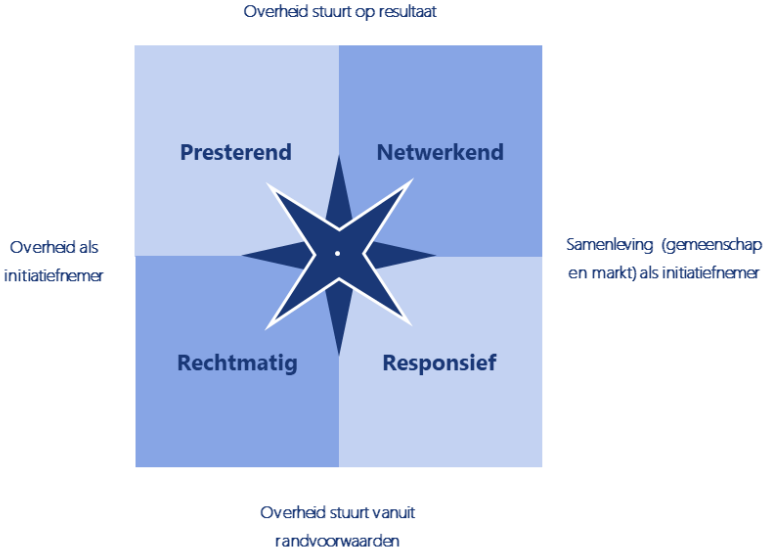
Gemeentelijke interventies warmtenetontwikkeling

Het handelingsperspectief van gemeenten in de warmtemarkt is in beginsel beperkt. Er zijn weinig wettelijke mogelijkheden om in de gebouwde omgeving de warmtevoorziening te sturen (zie bijlage 6). Daarnaast is het aannemelijk dat de huidige markt en stakeholdersituatie in Arnhem niet leidt tot de gewenste ontwikkeling van een warmtenet (zie vorige slide). Een actieve beïnvloeding van en/of samenwerking met gebouweigenaren, inwoners, woningcorporaties en warmtebedrijven is gewenst.

In de hiernaast weergegeven figuur zijn de vier perspectieven op overheidshandelen vormgegeven. Deze vier perspectieven zijn onderscheidend van elkaar over twee assen. Ten eerste de mate waarin een gemeente zelf initiatief neemt of dit initiatief aan de markt laat. Ten tweede de mate waarin de gemeente stuurt op een resultaat/prestatie of meer randvoorwaarden schept waarin het resultaat behaald kan worden.

De gewenste actieve beïnvloeding in de Arnhemse warmtemarkt komt vooral tot uiting in de presterende en netwerkende rol van de gemeente Arnhem.

Op de volgende pagina is per activiteit een advies uitgewerkt welke gemeentelijke interventie passend is.



Vier perspectieven op overheidshandelen (NSOB)

Advies gemeentelijke interventies warmtenetontwikkeling (1/2)

1. Wijkprocessen gericht op vraagontwikkeling

Geen wettelijke sturingsinstrumenten. Grote kans op marktfalen (collectieve besluit van een wijk/buurt om tot collectieve warmte over te gaan komt niet vanzelf tot stand).

- Netwerkende en responsieve gemeente gewenst
- Passende interventie is doorontwikkeling Arnhemse Wijkaanpak

2. Planontwikkeling: businesscases maken / kansen pakken / dealmaking / projectontwikkeling

Nog geen wettelijke sturingsinstrumenten. In de toekomst warmtekavels en concessie als wettelijk instrument (zie bijlage 6). Grote kans op marktfalen (businesscase-ontwikkeling komt door onrendabele businesscase onvoldoende op gang).

- Presterende en/of netwerkende gemeente gewenst
- Passende interventies zijn: inrichting projectbureau (kan i.s.m. met marktpartij of provincie) in het ondersteunen van planvorming, opstellen businesscase en projectontwikkeling.

3. Warmtebronontwikkeling

Geen wettelijke sturingsinstrumenten. Kans op marktfalen (duurzame bronontwikkeling komt onvoldoende op gang), en onrendabele businesscase blijft. Betrokkenheid gemeente van belang voor verkrijgen subsidie en afstemming vraagontwikkeling en bronontwikkeling.

- Presterende en/of netwerkende gemeente gewenst
- Passende interventies zijn: samenwerken in exploratie duurzame warmtebronnen (geothermie), faciliteren van vergunningen en mogelijk aandeelhouderschap in ontwikkeling en exploitatie.

Voor potentieel aandeelhouderschap kan nader verkend worden of en welke gemeentelijke rol in ontwikkeling en/of exploitatie van duurzame warmte bijdraagt aan het behalen van doelstellingen.

* RES= Regionale Energiestrategieën

Advies gemeentelijke interventies warmtenetontwikkeling (2/2)

4. Regionaal niveau: allocatie regionale warmtebronnen

Geen wettelijke sturingsinstrumenten. Marktfalen mogelijk (allocatie bronnen komt niet vanzelf tot stand). In het RES-proces* vindt intergemeentelijke allocatie van warmtebronnen plaats (Regionale Structuur Warmte). Daarnaast is publiek-private samenwerking mogelijk met de AVR zelf en/of Vattenfall in de uitbreiding van de warmtelevering.

- Netwerkende gemeente gewenst
- Passende interventies zijn: samenwerken en afstemmen met regionale gemeenten, samenwerken met AVR en/of Vattenfall

5. Verdere verduurzaming huidige warmtenet (verlaging temperatuur)

Geen wettelijke sturingsinstrumenten als gemeente. In de warmtewet 2 worden prestatienormen opgenomen voor de CO2-uitstoot. Verdere verduurzaming ligt daarmee in lijn met eisen uit warmtewet 2. Geen grote kans op marktfalen.

- Netwerkende gemeente mogelijk in samenwerking duurzame bronexploratie van Vattenfall.

6. Netbeheer van een warmtenet

Geen wettelijke sturingsinstrumenten als gemeente. Marktfalen onzeker en afhankelijk van kostprijs en uitwerking warmtewet 2.

- Presterende, netwerkende en/of responsieve gemeente gewenst.
- Mogelijkheid tot participatie in warmte(net) bedrijf en/of vormgeven warmtekavels en concessie

7. Exploitatie van een warmtenet

Geen wettelijke sturingsinstrumenten als gemeente. Kans op marktfalen onzeker, maar kans op overheidsfalen is minstens even groot.

- Rol en interventies: zie 6. Netbeheer van een warmtenet

Ontwikkeling warmtenetstrategie vraagt regie en afstemming tussen uit te voeren activiteiten

De ontwikkeling van een gewenst warmtenet in de gebouwde omgeving vraagt kennis en kunde in het omgaan met de risico's van warmteprojectontwikkeling. Naast de beschreven technologische onzekerheden (slide 10) zijn er diverse ontwikkelrisico's (vollooprisico, onrendabele top, zie slide 28) en politiek-bestuurlijke risico's (verandering van beleid door de tijd heen) die een rol spelen in de projectontwikkeling van warmtenetten.

De ontwikkeling van een warmtenet vraagt om continue afstemming tussen de vorm te geven activiteiten. Op deze wijze kunnen de betrokken partijen tot de beheersing van de projectrisico's komen. De gemeente is daarin afhankelijk van Vattenfall, de woningcorporaties, de gebouweigenaren en marktpartijen. Maar deze partijen zijn ook afhankelijk van de gemeente. Een samenwerking is gewenst, net als nauwe afstemming tussen de activiteiten.

De mate waarin de gemeente regie wil voeren in deze samenwerking kan verschillen. We onderscheiden drie (verder uit te werken) varianten van afstemming passend bij de warmtenetstrategieën 3 en 4.

A. Intensief betrokken, met strakke inhoudelijke sturing en participatie in een warmte-infrabedrijf parallel aan Arnhemse wijkaanpak
B. Intensief betrokken, met inhoudelijke sturing, projectbureau + expertise (businesscases + planontwikkeling) parallel aan Arnhemse wijkaanpak
C. Minder intensief betrokken, met een inhoudelijke sturing en subsidies voor planontwikkeling.



Berenschot

www.berenschot.nl
/berenschot

Berenschot

B1

Bijlage 1: Vraaganalyse

Zie separaat document

Berenschot



B2

Bijlage 2: Bronnenanalyse

Zie separaat document

Berenschot



B3

Bijlage 3: Achtergrond scenario's

Zie separaat document

Berenschot



B4

Bijlage 4: Betrokken stakeholders

Zie separaat document

Berenschot

B5

Bijlage 5: Verkenning tracés en kosten

Zie separaat document

Berenschot

B6

Bijlage 6: Analyse marktfalen & wettelijk kader

Zie separaat document

Berenschot

innoforte
DHC in control



Warmtevraaganalyse Arnhem

Bijlage 1: Vraaganalyse

Openbaar

Voor Arnhem zijn meerdere analyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in welke aardgasvrije warmte-infrastructuur het meest geschikt is voor een buurt, uitgaande van de laagste maatschappelijke kosten. Met het rekenmodel Caldomus van Innoforte is per buurt in Arnhem, ter validatie van eerdere onderzoeken, bepaald welke toekomstige aardgasvrije infrastructuur én gebouwrenovatieniveau tot de laagste maatschappelijke kosten leiden over de gehele warmteketen. Van opwek/productie van warmte tot aan de levering in de woning en de bijbehorende verzwaring van het elektriciteitsnet.

In de analyse zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

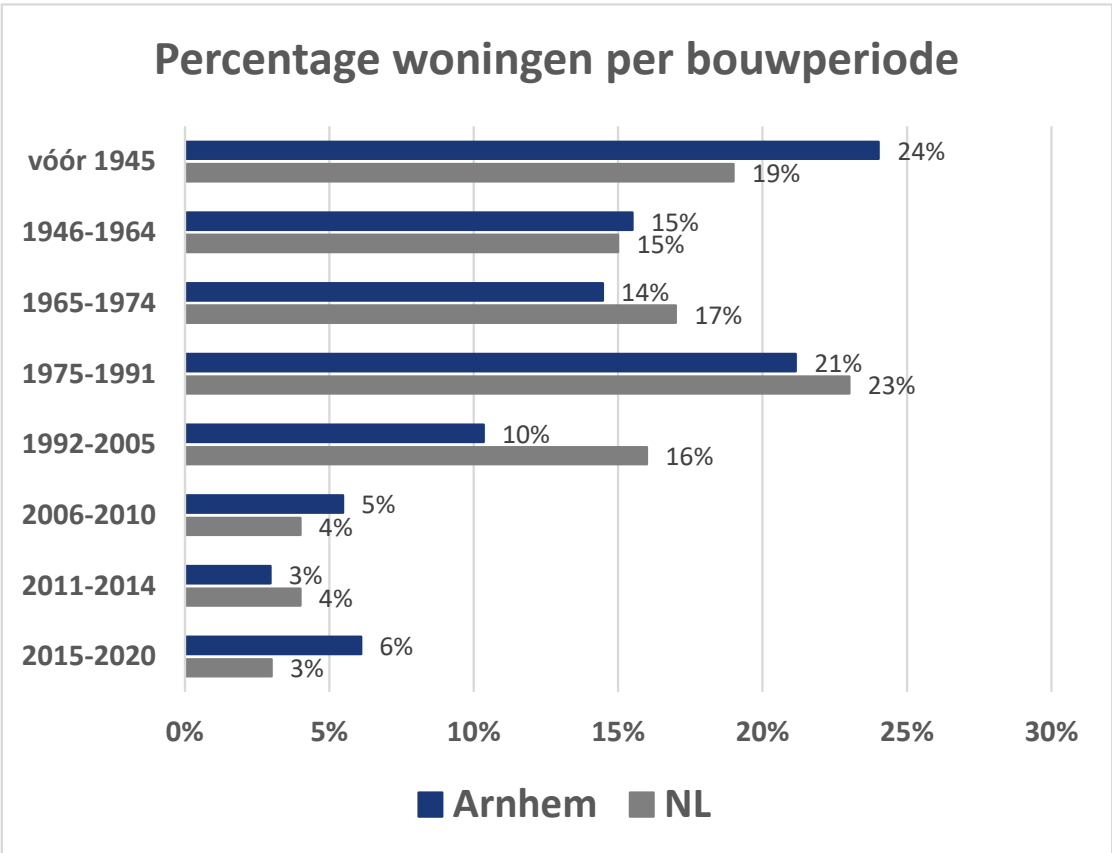
- Gegevens van gebouwen en buurten uit BAG en CBS.
- Caldomus classificeert gebouwen naar 8 woningtypen en 6 utiliteitsvormen die gebouwd zijn in 8 bouwperioden.
- Als referentie gaan we uit van aardgas verwarming. Daarmee wordt bepaald of in buurten die nu al op een warmtenet zijn aangesloten ook op basis van de huidige inzichten een warmtenet de voorkeur heeft.
- Als toekomstige infrastructuren berekenen we de voorhanden zijnde oplossingen van dit moment: de individuele all electric oplossing , midden temperatuur warmtenetten (MT, 70-40°C) en lage temperatuur warmtenetten (LT, 40-25°C).
- Om de warmtevraag van gebouwen te reduceren dienen ze bouwkundig en installatietechnisch aangepast te worden. Caldomus kent een drietal renovatieniveaus: R, R+ of R++. Na renovatie hebben deze gebouwen dan respectievelijk een energielabel B, A++ of A++++.
- Voor de energiebelastingen gaan we uit van de in het Klimaatakkoord in het vooruitzicht gestelde aanpassingen voor 2026:
  - Een verhoging van de EB met € 0,06/m^3 voor aardgas;
  - Een verlaging van de EB met € 0,05/kWh voor elektriciteit.
- De kosten voor de aanschaf van een warmtepomp zijn onderhevig aan een prijsontwikkeling. Er is rekening gehouden, met een toekomstige prijsdaling van 25%. Dit als gevolg van een groeiende markt voor warmtepompen.
- In Caldomus is, naast de drie hiervoor genoemde infrastructuren, ook gerekend met twee concepten waarbij duurzaam opgewekt groen gas (biogas of waterstof) is in te zetten voor de warmtevoorziening. Gezien de verwachte beperkte beschikbaarheid van groen gas gebruiken wij deze niet als voorkeurs toepassing. Afhankelijk van de toekomstige beschikbaarheid, kan in een later stadium een deel van de nu als all-electric geclassificeerde buurten of de buurten die nog niet eenduidig zijn te classificeren als warmtenet of all-electric mogelijk wel op groen gas worden aangesloten.
- Warmte voor industriële processen is niet meegenomen in de berekeningen vanwege de lage potentie voor levering van MT/LT warmte. De warmtevraag van industriële bedrijven is voor een groot deel toe te schrijven aan de productieprocessen die veelal warmte op een hoge temperatuur nodig hebben. De verduurzaming van deze vraag valt buiten de scope van dit rapport. Voor zover er sprake is van lage temperatuur warmte voor ruimteverwarming is de warmtevraag dichtheid van industrieterreinen laag te noemen.
- De werking en de volledige lijst met uitgangspunten van Caldomus is in een aparte bijlage beschikbaar.

Analyse gebouwde omgeving Arnhem (1)

Uit de BAG- en CBS-data voor Arnhem komen onderstaande kentallen naar voren voor het aantal woningen en het aantal woningequivalenten utiliteit:

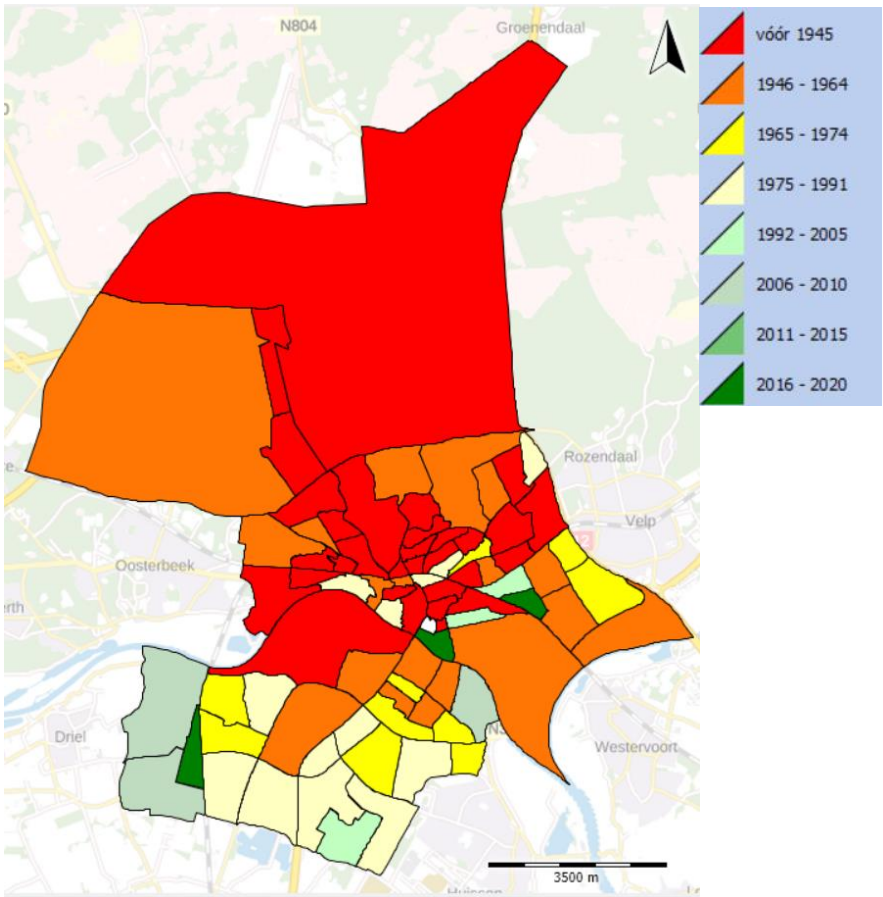
Arnhem	
Woningen	79.000
Utiliteit	
m^2	5.900.000
weq	59.000
Totaal (weq)	138.000

In onderstaande grafiek zijn de Arnhemse woningen per bouwperiode weergegeven als percentage van het totaal. Tevens zijn de landelijke gemiddelden voor deze bouwperioden weergegeven. Uit de grafiek is af te leiden dat Arnhem in grote lijnen niet bijzonder afwijkt van de landelijke trend. Alleen de bouwperiode 1992-2005 is relatief ondervertegenwoordigd. Van het totaal aantal woningen wordt al deel zonder aardgas verwarmd, met name door het warmtenet van Vattenfall. De opgave in Arnhem is nog 68.0000 woningen



Analyse gebouwde omgeving Arnhem (2)

Bouwperioden

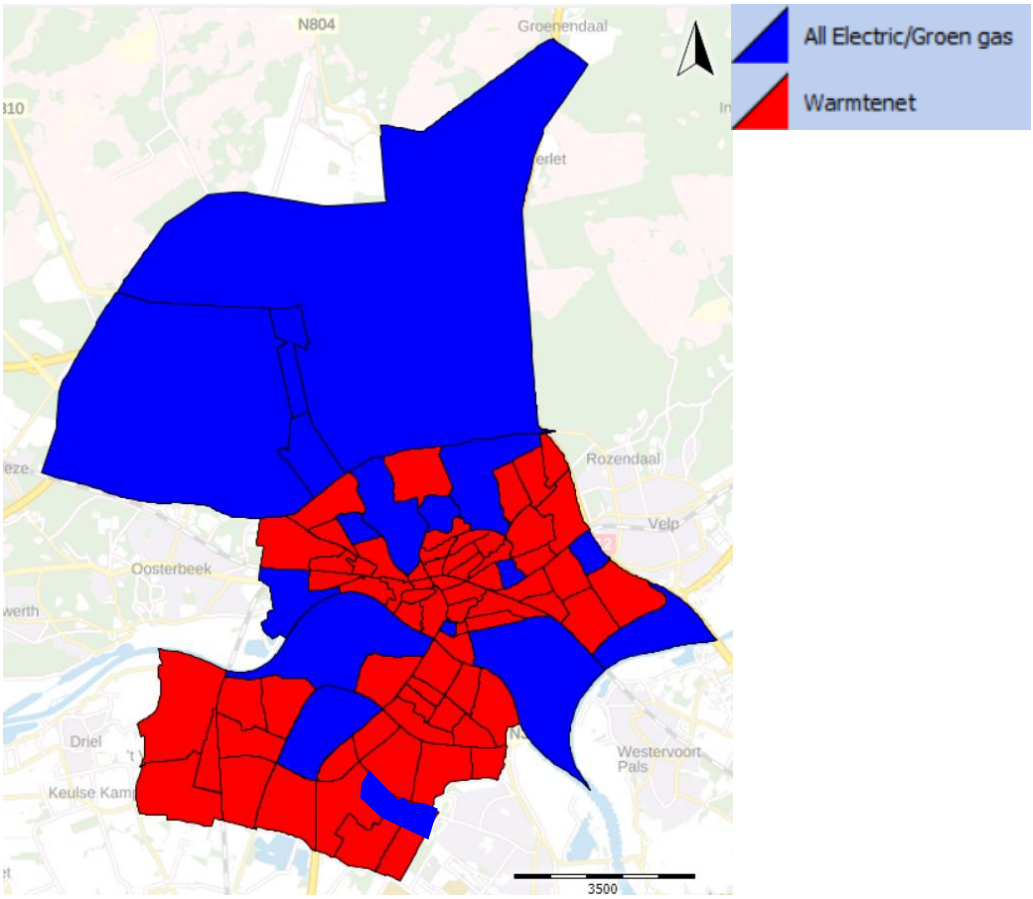


Bovenstaande kaart toont welke bouwperiode het meest vertegenwoordigd is in een bepaalde buurt in Arnhem.

Algemene beeld van de bouwperioden

- Het centrum, de daar omheen gelegen buurten en Arnhem-Noord zijn grotendeels vooroorlogs en in een groot aantal gevallen monumentaal. Monumentale panden zijn lastig na te isoleren. De kosten hiervan zijn hoog en daardoor veelal afhankelijk van een hogere temperatuur. Door de hoge woningdichtheid en de grote warmtevraag in de buurten gelegen in en rondom het centrum zou een hoge temperatuur warmtenet (>70°) aannemelijk zijn. In het centrum is het redelijk druk met leidingen in de ondergrond, wat de aanleg van een warmtenet bemoeilijkt. Te bediscussiëren valt of deze panden ook op een MT-warmtenet kunnen worden aangesloten.
- Rondom het centrum bevindt zich een aantal naoorlogse buurten. Deze zijn via renovaties (nieuwe gevelelementen) geschikt te maken voor all electric concept, maar kunnen ook op een warmtenet worden aangesloten.
- Voornamelijk ten zuiden van de Rijn bevinden zich typische jaren ‘60, ‘70 en ‘80 wijken. Deze zijn geschikt te maken voor een all electric concept of voor een warmtenet.
- Delen van Arnhem-Zuid zijn recent gebouwd en (deels) aangesloten op een warmtenet.

Resultaat uit Caldomus: WAT-kaart Arnhem (1)



Deze "WAT-kaart" van Arnhem toont potentiële warmtenetbuurten in het rood en potentiële all-electric buurten in het blauw. Per buurt zijn het warmtenetconcept en het all-electric-concept onderling vergeleken. De maatschappelijk gezien goedkoopste keuze is getoond in bovenstaande kaart. Sommige buurten bestaan voor een (groot) deel uit groenvoorzieningen (parken). Aangezien het Caldomusmodel resultaten per buurt genereert zijn deze buurten geheel ingekleurd, ook al zal een deel van die buurt dus geen warmtevoorziening nodig hebben (omdat het bv. park of sportveld betreft). In de achterliggende berekeningen is wel rekening gehouden met deze onbebouwde gebieden.

Warmtenetbuurten

- Gebouwen in warmtenetbuurten worden minimaal aangepast tot niveau R na isolatie en/of renovatie. Door de nieuw aangebrachte isolatie/renovatie zullen deze gebouwen indicatief naar een energielabel B gaan. In nieuwbouwbuurten beschikken de woningen hier al over en zijn geen bouwkundige aanpassingen noodzakelijk.
- De gebouwen in een warmtenetbuurt worden bij voorkeur aangesloten op een MT-warmtenet met een temperatuurregime voor de distributie van 70-40°C. Aansluiten op een LT-warmtenet van 40-25°C is ook mogelijk, maar leidt tot hogere kosten in de woningen. Dit vraag een hogere isolatiegraad en kierdichting en het afgifte systeem (o.a. radiatoren) dienen aangepast te worden.
- Voor het transportnet in Arnhem zijn meerdere temperatuuropties mogelijk.

Resultaat uit Caldomus: WAT-kaart Arnhem (1)

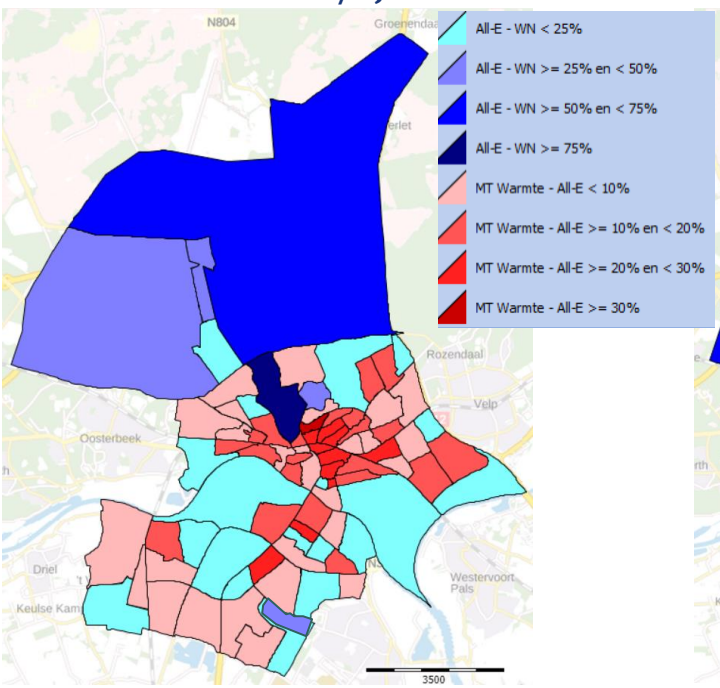
Wat valt op?

- Caldomus toont aan dat in Arnhem kansen zijn om circa 67.000 van de 79.000 woningen aan te sluiten op een midden of lage temperatuur warmtenet. Hierbij is geen rekening gehouden met of woningen al reeds aangesloten zijn op een warmtenet.
- Of deze aantallen kunnen worden bereikt hangt af van de toekomstige beschikbaarheid van warmtebronnen voor het warmtenet en de productiekosten van de warmte.
- Op de volgende pagina wordt als alternatief een WAT-kaart gepresenteerd op basis van verdubbelde productiekosten van de warmte.

Warmtenet won.equiv.	Arnhem
Woningen	67.000
Utiliteit	33.000
Totaal	100.000

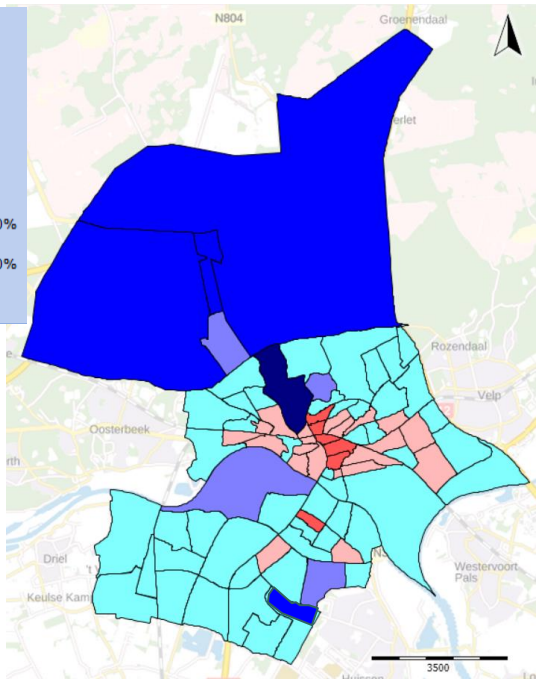
WAT-kaart Arnhem: gevoeligheid hogere kosten warmtebron

Warmte 10 €/GJ



Warmtenet won.equiv.	Arnhem
Woningen	67.000
Utiliteit	33.000
Totaal	100.000

Warmte 20 €/GJ



Warmtenet won.equiv.	Arnhem
Woningen	28.000
Utiliteit	18.000
Totaal	46.000

Bovenstaande kaarten tonen de uitkomsten van Caldomus in de standaard situatie met een kostprijs van 10 €/GJ voor de warmte (links) en met een verdubbeling van de kosten voor de warmte naar 20 €/GJ* (rechts).

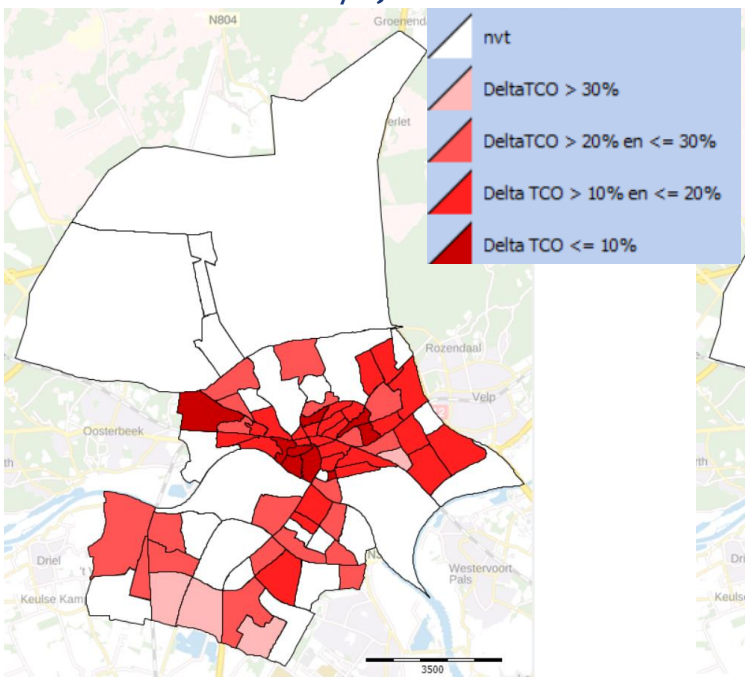
Het aantal woningen waar warmtenet lagere maatschappelijke kosten heeft dan all-electric neemt af tot circa 28.000 woningen bij een verdubbeling van de warmteprijs. De prijsverdubbeling maakt dat een keuze voor een warmtenet in diverse buurten kosten technisch minder interessant wordt. Diverse buurten veranderen van een voorkeur voor een warmtenet in een voorkeur voor een all-electric oplossing. In de buurten die in het 20-euro-scenario nog steeds rood kleuren toont de berekening aan dat de keuze voor een warmtenet in deze buurten van Arnhem robuust is en dat er veel aan is gelegen om de warmtebronnen daadwerkelijk te ontwikkelen om de woningen aan te kunnen sluiten.

In de verdere uitwerking van de bronnen en infrastructuur gaan we voorlopig uit van deze 67.000 woningen. Uit opgave in de Startanalyse van PBL (september 2020, ook wel De Leidraad voor de energietransitie van Expertise Centrum Warmte) zijn in Arnhem 6 buurten aangesloten op een warmtenet: Markt, Elden, Elderveld-Zuid, Schuytgraaf-Noord, Schuytgraaf-Centrum en Schuytgraaf-Zuid. Hier zijn circa 4.500 van de 8.200 woningen aangesloten op het warmtenet.

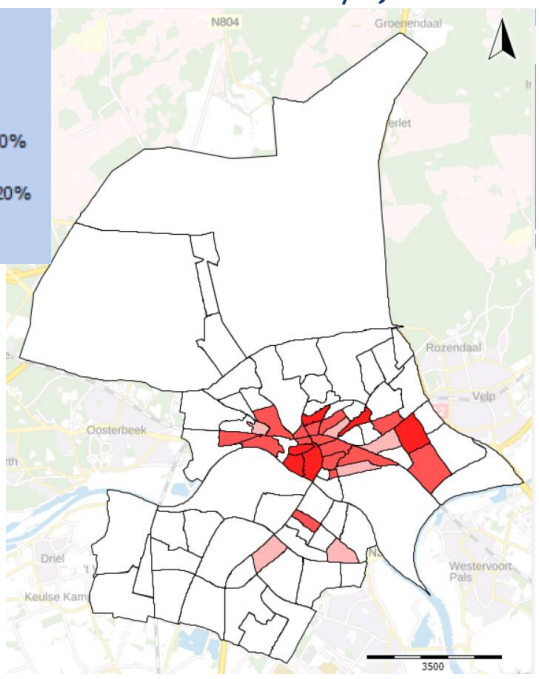
*De keuze voor 20 €/GJ is gebaseerd op kosten voor de productie van warmte uit nieuw te ontwikkelen duurzame bronnen als bijvoorbeeld TEO en TEA. De kostprijs van 10/GJ is meer een maat voor geothermie en aftapwarmte uit AVI's.

WAT-kaart Arnhem: de vergelijking met aardgas

Warmte 10 €/GJ



Warmte 20 €/GJ



Bovenstaande kaarten tonen de kosten voor een woning aangesloten op een warmtenet, inclusief de isolatie en/of renovatie met de kosten voor een woning op de huidige referentie aardgas.

Om dit prijsverschil te bepalen wordt gerekend met de ΔTCO. TCO staat voor Total Cost of Ownerschip en omvat alle kosten van de warmtevoorziening voor een gebouweigenaar inclusief de kapitaallasten, beheer- en onderhoudskosten, vaste kosten (bijvoorbeeld vastrecht) en energiekosten. De Δ (delta) staat voor het verschil tussen de kosten van een warmtenet ten opzichte van de huidige warmtevoorziening op aardgas. In de donderrode buurten is dit verschil minder dan 10%, wat dus betekent dat een warmtenet bijna net zo goedkoop is als aardgas. In de lichtroze buurten is een warmtenet aanzienlijk duurder (>30%) dan aardgas.

De uitkomsten van Caldomus zijn wederom weergegeven voor een kostprijs van 10 €/GJ voor de warmte (links) en met een verdubbeling van de kosten voor de warmte naar 20 €/GJ (rechts).

Buurten die in het 10 euro scenario licht rood kleuren, dus een grote ΔTCO hebben, verdwijnen in het 20 euro scenario uit de voorkeurkaart, omdat de kosten dan nog veel hoger uitvallen. De buurten die in het 20 euro scenario nog steeds rood gekleurd zijn, lenen zich bij uitstek om met de aanleg van een warmtenet te starten.

In de buurten die wit gekleurd zijn heeft all-electric lagere maatschappelijke kosten.

Scenario warmteprijs 10 euro per GJ: robuustheid en ΔTCO

					Economisch		
Buurtnr	Buurtcode	Wijknaam	Buurtnaam	Concept	Robuustheid	ΔTCO tov huidige	Warmtenet huidige
0	BU02020100	Centrum	Markt	MT Warmte R+	+ 7%	9%	21% al aangesloten op een warmtenet
1	BU02020101	Centrum	Weverstraat	MT Warmte R	+ 17%	9%	
2	BU02020102	Centrum	Rijnstraat	MT Warmte R	+ 17%	9%	
3	BU02020103	Centrum	Janssingel	MT Warmte R+	+ 10%	13%	
4	BU02020104	Centrum	Stationsplein	MT Warmte R	+ 4%	5%	
10	BU02020210	Spijkerkwartier	Hommelstraat	MT Warmte R	+ 22%	11%	
11	BU02020211	Spijkerkwartier	Spijkerbuurt	MT Warmte R	+ 23%	11%	
12	BU02020212	Spijkerkwartier	Boulevardwijk	MT Warmte R	+ 25%	10%	
13/38	BU02020338	Arnhemse Broek	Bij de John Frostbrug	All-E R+	+ 1%	6%	
14	BU02020314	Arnhemse Broek	Statenkwartier	MT Warmte R	+ 10%	14%	
15	BU02021815	Malburgen-Oost (Zuid)	't Duifje	MT Warmte R	+ 5%	26%	
16	BU02022316	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-Oost Noord	All-E R	+ 44%	24%	Buurt opgedeeld in Noord (77) en Zuid (84)
16	BU02022316	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-Oost Zuid	MT Warmte R	+ 1%	37%	Buurt opgedeeld in Noord (77) en Zuid (84)
17	BU02022317	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-Midden	MT Warmte R	+ 3%	33%	
18	BU02022318	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-West	MT Warmte R	+ 1%	29%	
19	BU02022319	Rijkerswoerd	De Overmaat	All-E R	+ 3%	19%	
20	BU02020320	Arnhemse Broek	Arnhemse Broek	MT Warmte R	+ 15%	18%	
21	BU02020321	Arnhemse Broek	Van Verschuerbuurt	MT Warmte R	+ 22%	9%	
22	BU02020322	Arnhemse Broek	Industrieterrein	All-E R+	+ 6%	4%	7% al aangesloten op een warmtenet
23	BU02020423	Presikhaaf-West	Presikhaaf I	MT Warmte R	+ 22%	25%	44% al aangesloten op een warmtenet
24	BU02020424	Presikhaaf-West	Presikhaaf II	MT Warmte R	+ 7%	35%	39% al aangesloten op een warmtenet
25	BU02020425	Presikhaaf-West	Presikhaaf III	MT Warmte R	+ 11%	11%	
26	BU02020526	Presikhaaf-Oost	Over het Lange Water	MT Warmte R	+ 11%	17%	
27	BU02020527	Presikhaaf-Oost	Elsweide	All-E R	+ 13%	18%	
28	BU02020528	Presikhaaf-Oost	Winkelcentrum	MT Warmte R+	+ 10%	10%	57% al aangesloten op een warmtenet
29	BU02020529	Presikhaaf-Oost	Ijsseloord	All-E R	+ 10%	2%	
30	BU02020630	St. Marten/Sonsbeek	St. Marten	MT Warmte R	+ 26%	11%	
31	BU02020631	St. Marten/Sonsbeek	Graaf Ottoplein e.o.	MT Warmte R	+ 30%	3%	
32	BU02020732	Klarendal	Klarendal-Zuid	MT Warmte R	+ 23%	18%	
33	BU02020733	Klarendal	Klarendal-Noord	MT Warmte R	+ 22%	14%	
34	BU02020734	Klarendal	Onder de Linden	MT Warmte R	+ 12%	18%	
35	BU02020735	Klarendal	St. Janskerkstraat e.o.	MT Warmte R	+ 10%	11%	
39	BU02020339	Arnhemse Broek	Nieuwe Kadekwartier	MT Warmte R	+ 0%	23%	
40	BU02020840	Velperweg e.o.	Velperweg-Noord	MT Warmte R+	+ 12%	10%	8% al aangesloten op een warmtenet
41	BU02020841	Velperweg e.o.	Molenbeke	MT Warmte R	+ 6%	22%	
42	BU02020842	Velperweg e.o.	Terrein ENKA	MT Warmte R+	+ 3%	6%	
43	BU02020843	Velperweg e.o.	Plattenburg	MT Warmte R	+ 11%	13%	
44	BU02020844	Velperweg e.o.	Angerenstein	MT Warmte R	+ 8%	25%	
45	BU02020845	Velperweg e.o.	Paasberg	MT Warmte R	+ 1%	16%	
47	BU02022447	Schuytgraaf	Schuytgraaf-Noord	MT Warmte R	+ 0%	27%	80% al aangesloten op een warmtenet
48	BU02022448	Schuytgraaf	Schuytgraaf-Centrum	MT Warmte R	+ 6%	25%	96% al aangesloten op een warmtenet
49	BU02022449	Schuytgraaf	Schuytgraaf-Zuid	All-E R	+ 2%	32%	98% al aangesloten op een warmtenet
50	BU02020650	St. Marten/Sonsbeek	Sonsbeek-Noord	MT Warmte R	+ 3%	27%	
51	BU02020951	Alteveer/Cranevelt	Hazegrietje	All-E R	+ 32%	-6%	
52	BU02020952	Alteveer/Cranevelt	Alteveer/Cranevelt	MT Warmte R	+ 6%	21%	
53	BU02021053	Geitenkamp	Geitenkamp	MT Warmte R	+ 12%	17%	
54	BU02021154	Monnikenhuizen	Monnikenhuizen	MT Warmte R	+ 11%	18%	
55	BU02021155	Monnikenhuizen	Arnhemse Allee	All-E R	+ 2%	31%	
59	BU02021159	Monnikenhuizen	Klarenbeek	All-E R	+ 8%	24%	
60	BU02021260	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Transvaalbuurt	MT Warmte R	+ 11%	15%	
61	BU02021261	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Burgemeesterswijk	MT Warmte R	+ 15%	16%	
62	BU02021262	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Gulden Bodem	All-E R+	+ 2%	22%	
63	BU02021263	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Sterrenberg	MT Warmte R	+ 4%	29%	
64	BU02021264	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Hoogkamp	MT Warmte R	+ 2%	23%	
65	BU02021365	Schaarsbergen	Bakenberg	All-E R	+ 11%	12%	
66	BU02021366	Schaarsbergen	Schaarsbergen	All-E R	+ 48%	24%	
67	BU02021367	Schaarsbergen	West van Schaarsbergen	All-E R+	+ 43%	8%	
68	BU02021368	Schaarsbergen	N.O. van Schaarsbergen	All-E R+	+ 56%	10%	
69	BU02021269	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Sonsbeek/Zijpendaal	All-E R+	+ 165%	14%	
70	BU02020170	Centrum	Utrechtsestraat	MT Warmte R+	+ 11%	14%	
71	BU02021471	Heijenoord/Lombok	Lombok	MT Warmte R	+ 12%	13%	
72	BU02021572	Klingelbeek e.o.	Klingelbeek	All-E R	+ 3%	17%	
73	BU02021473	Heijenoord/Lombok	Brouwerijweg e.o.	MT Warmte R	+ 15%	17%	
74	BU02021474	Heijenoord/Lombok	Heijenoord	MT Warmte R	+ 2%	23%	
79	BU02021579	Klingelbeek e.o.	Het Dorp/Mariëndaal	MT Warmte R+	+ 3%	1%	
80	BU02021780	Malburgen-Oost (Noord)	Groene Weide	MT Warmte R	+ 12%	13%	
81	BU02021681	Malburgen-West	Meinerswijk/De Praets	All-E R+	+ 21%	13%	
82	BU02021682	Malburgen-West	Malburgen-West	MT Warmte R	+ 11%	20%	
83	BU02021783	Malburgen-Oost (Noord)	Kamillehof	MT Warmte R	+ 5%	23%	
84	BU02021884	Malburgen-Oost (Zuid)	Immerloo I	All-E R	+ 2%	23%	
85	BU02021885	Malburgen-Oost (Zuid)	Middelgraaflaan e.o.	MT Warmte R	+ 23%	17%	
86	BU02021886	Malburgen-Oost (Zuid)	Zeegsingel e.o.	All-E R	+ 1%	24%	
87	BU02021887	Malburgen-Oost (Zuid)	Eimersweide	MT Warmte R	+ 0%	25%	
88	BU02021888	Malburgen-Oost (Zuid)	Immerloo II	MT Warmte R	+ 17%	22%	
89	BU02021989	Vredenburg/Kronenburg	Holthuizen	All-E R	+ 12%	26%	
90	BU02021990	Vredenburg/Kronenburg	Kronenburg	MT Warmte R	+ 20%	25%	
91	BU02022191	Elderveld	Elderveld-Zuid	MT Warmte R	+ 8%	21%	*9% al aangesloten op een warmtenet*
92	BU02022092	Elden	Elden	All-E R	+ 6%	18%	6% al aangesloten op een warmtenet
93	BU02021993	Vredenburg/Kronenburg	Vredenburg	MT Warmte R	+ 8%	19%	
94	BU02022194	Elderveld	Elderveld-Noord	MT Warmte R	+ 10%	23%	
95	BU02022295	De Laar	De Laar-West	MT Warmte R	+ 5%	34%	
96	BU02022296	De Laar	De Laar-Oost	MT Warmte R	+ 4%	34%	
97	BU02022197	Elderveld	Elderhof	All-E R	+ 2%	36%	
98	BU02021798	Malburgen-Oost (Noord)	Bakenhof	All-E R	+ 1%	28%	

Scenario warmteprijs 20 euro per GJ: robuustheid en ΔTCO

					Economisch		
Buurtnr	Buurtcode	Wijknaam	Buurtnaam	Concept	Robuustheid	ΔTCO tov huidige	Warmtenet huidige
0	BU02020100	Centrum	Markt	MT Warmte R+	+ 0%	17%	21% al aangesloten op een warmtenet
1	BU02020101	Centrum	Weverstraat	MT Warmte R+	+ 8%	19%	
2	BU02020102	Centrum	Rijnstraat	MT Warmte R+	+ 10%	16%	
3	BU02020103	Centrum	Janssingel	MT Warmte R+	+ 3%	21%	
4	BU02020104	Centrum	Stationsplein	All-E R	+ 6%	14%	
10	BU02020210	Spijkerkwartier	Hommelstraat	MT Warmte R+	+ 12%	22%	
11	BU02020211	Spijkerkwartier	Spijkerbuurt	MT Warmte R+	+ 11%	22%	
12	BU02020212	Spijkerkwartier	Boulevardwijk	MT Warmte R+	+ 12%	22%	
13/38	BU02020338	Arnhemse Broek	Bij de John Frostbrug	All-E R+	+ 9%	6%	
14	BU02020314	Arnhemse Broek	Statenkwartier	MT Warmte R+	+ 1%	24%	
15	BU02021815	Malburgen-Oost (Zuid)	't Duifje	All-E R	+ 7%	32%	
16	BU02022316	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-Oost Noord	All-E R	+ 58%	24%	Buurt opgedeeld in Noord (77) en Zuid (84)
16	BU02022316	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-Oost Zuid	All-E R	+ 15%	37%	Buurt opgedeeld in Noord (77) en Zuid (84)
17	BU02022317	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-Midden	All-E R	+ 11%	36%	
18	BU02022318	Rijkerswoerd	Rijkerswoerd-West	All-E R	+ 12%	31%	
19	BU02022319	Rijkerswoerd	De Overmaat	All-E R	+ 11%	19%	
20	BU02020320	Arnhemse Broek	Arnhemse Broek	MT Warmte R	+ 2%	34%	
21	BU02020321	Arnhemse Broek	Van Verschuerbuurt	MT Warmte R+	+ 8%	23%	
22	BU02020322	Arnhemse Broek	Industrieterrein	All-E R+	+ 14%	4%	7% al aangesloten op een warmtenet
23	BU02020423	Presikhaaf-West	Presikhaaf I	MT Warmte R	+ 8%	41%	44% al aangesloten op een warmtenet
24	BU02020424	Presikhaaf-West	Presikhaaf II	All-E R	+ 3%	44%	39% al aangesloten op een warmtenet
25	BU02020425	Presikhaaf-West	Presikhaaf III	MT Warmte R+	+ 0%	22%	
26	BU02020526	Presikhaaf-Oost	Over het Lange Water	All-E R	+ 1%	30%	
27	BU02020527	Presikhaaf-Oost	Elsweide	All-E R	+ 25%	18%	
28	BU02020528	Presikhaaf-Oost	Winkelcentrum	MT Warmte R+	+ 2%	18%	57% al aangesloten op een warmtenet
29	BU02020529	Presikhaaf-Oost	Ijsseloord	All-E R	+ 17%	2%	
30	BU02020630	St. Marten/Sonsbeek	St. Marten	MT Warmte R+	+ 13%	24%	
31	BU02020631	St. Marten/Sonsbeek	Graaf Ottoplein e.o.	MT Warmte R+	+ 18%	14%	
32	BU02020732	Klarendal	Klarendal-Zuid	MT Warmte R	+ 8%	35%	
33	BU02020733	Klarendal	Klarendal-Noord	MT Warmte R+	+ 9%	27%	
34	BU02020734	Klarendal	Onder de Linden	All-E R	+ 1%	32%	
35	BU02020735	Klarendal	St. Janskerkstraat e.o.	All-E R	+ 3%	22%	
39	BU02020339	Arnhemse Broek	Nieuwe Kadekwartier	All-E R	+ 10%	23%	
40	BU02020840	Velperweg e.o.	Velperweg-Noord	MT Warmte R+	+ 5%	18%	8% al aangesloten op een warmtenet
41	BU02020841	Velperweg e.o.	Molenbeke	All-E R	+ 5%	29%	
42	BU02020842	Velperweg e.o.	Terrein ENKA	All-E R+	+ 5%	9%	
43	BU02020843	Velperweg e.o.	Plattenburg	MT Warmte R+	+ 0%	26%	
44	BU02020844	Velperweg e.o.	Angerenstein	All-E R	+ 4%	34%	
45	BU02020845	Velperweg e.o.	Paasberg	All-E R	+ 8%	17%	
47	BU02022447	Schuytgraaf	Schuytgraaf-Noord	All-E R	+ 13%	28%	80% al aangesloten op een warmtenet
48	BU02022448	Schuytgraaf	Schuytgraaf-Centrum	All-E R	+ 6%	32%	96% al aangesloten op een warmtenet
49	BU02022449	Schuytgraaf	Schuytgraaf-Zuid	All-E R	+ 15%	32%	98% al aangesloten op een warmtenet
50	BU02020650	St. Marten/Sonsbeek	Sonsbeek-Noord	All-E R	+ 7%	31%	
51	BU02020951	Alteveer/Cranevelt	Hazegrietje	All-E R	+ 47%	-6%	
52	BU02020952	Alteveer/Cranevelt	Alteveer/Cranevelt	All-E R	+ 5%	28%	
53	BU02021053	Geitenkamp	Geitenkamp	All-E R	+ 1%	31%	
54	BU02021154	Monnikenhuizen	Monnikenhuizen	All-E R	+ 1%	32%	
55	BU02021155	Monnikenhuizen	Arnhemse Allee	All-E R	+ 14%	31%	
59	BU02021159	Monnikenhuizen	Klarenbeek	All-E R	+ 16%	24%	
60	BU02021260	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Transvaalbuurt	MT Warmte R+	+ 4%	24%	
61	BU02021261	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Burgemeesterswijk	MT Warmte R+	+ 3%	29%	
62	BU02021262	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Gulden Bodem	All-E R+	+ 9%	22%	
63	BU02021263	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Sterrenberg	All-E R+	+ 3%	34%	
64	BU02021264	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Hoogkamp	All-E R	+ 10%	26%	
65	BU02021365	Schaarsbergen	Bakenberg	All-E R	+ 25%	12%	
66	BU02021366	Schaarsbergen	Schaarsbergen	All-E R	+ 59%	24%	
67	BU02021367	Schaarsbergen	West van Schaarsbergen	All-E R+	+ 51%	8%	
68	BU02021368	Schaarsbergen	N.O. van Schaarsbergen	All-E R+	+ 64%	10%	
69	BU02021269	Burgemeesterswijk/Hoogkamp	Sonsbeek/Zijpendaal	All-E R+	+ 171%	14%	
70	BU02020170	Centrum	Utrechtsestraat	MT Warmte R+	+ 4%	22%	
71	BU02021471	Heijenoord/Lombok	Lombok	MT Warmte R+	+ 1%	25%	
72	BU02021572	Klingelbeek e.o.	Klingelbeek	All-E R	+ 11%	17%	
73	BU02021473	Heijenoord/Lombok	Brouwerijweg e.o.	MT Warmte R+	+ 4%	30%	
74	BU02021474	Heijenoord/Lombok	Heijenoord	All-E R	+ 10%	25%	
79	BU02021579	Klingelbeek e.o.	Het Dorp/Mariëndaal	All-E R+	+ 6%	5%	
80	BU02021780	Malburgen-Oost (Noord)	Groene Weide	All-E R	+ 1%	26%	
81	BU02021681	Malburgen-West	Meinerswijk/De Praets	All-E R+	+ 28%	13%	
82	BU02021682	Malburgen-West	Malburgen-West	All-E R	+ 1%	34%	
83	BU02021783	Malburgen-Oost (Noord)	Kamillehof	All-E R	+ 7%	29%	
84	BU02021884	Malburgen-Oost (Zuid)	Immerloo I	All-E R	+ 14%	23%	
85	BU02021885	Malburgen-Oost (Zuid)	Middelgraaflaan e.o.	MT Warmte R+	+ 12%	29%	
86	BU02021886	Malburgen-Oost (Zuid)	Zeegsingel e.o.	All-E R	+ 12%	24%	
87	BU02021887	Malburgen-Oost (Zuid)	Eimersweide	All-E R	+ 10%	25%	
88	BU02021888	Malburgen-Oost (Zuid)	Immerloo II	MT Warmte R+	+ 7%	33%	
89	BU02021989	Vredenburg/Kronenburg	Holthuizen	All-E R	+ 26%	26%	
90	BU02021990	Vredenburg/Kronenburg	Kronenburg	MT Warmte R+	+ 9%	38%	
91	BU02022191	Elderveld	Elderveld-Zuid	All-E R	+ 5%	30%	*9% al aangesloten op een warmtenet*
92	BU02022092	Elden	Elden	All-E R	+ 16%	18%	6% al aangesloten op een warmtenet
93	BU02021993	Vredenburg/Kronenburg	Vredenburg	All-E R	+ 2%	28%	
94	BU02022194	Elderveld	Elderveld-Noord	All-E R	+ 2%	35%	
95	BU02022295	De Laar	De Laar-West	All-E R	+ 7%	41%	
96	BU02022296	De Laar	De Laar-Oost	All-E R	+ 8%	40%	
97	BU02022197	Elderveld	Elderhof	All-E R	+ 15%	36%	
98	BU02021798	Malburgen-Oost (Noord)	Bakenhof	All-E R	+ 14%	28%	

Scenario's warmteprijs 10 en 20 euro per GJ: robuustheid en ΔTCO

Toelichting

Bovenstaande tabellen tonen de uitkomsten van Caldomus in de standaard situatie met een kostprijs van 10 €/GJ voor de warmte en met een verdubbeling van de kosten voor de warmte naar 20 €/GJ.

De kolom Concept toont de voorkeur vanuit Caldomus voor een warmtenet of een all-electric oplossing voor de buurt.

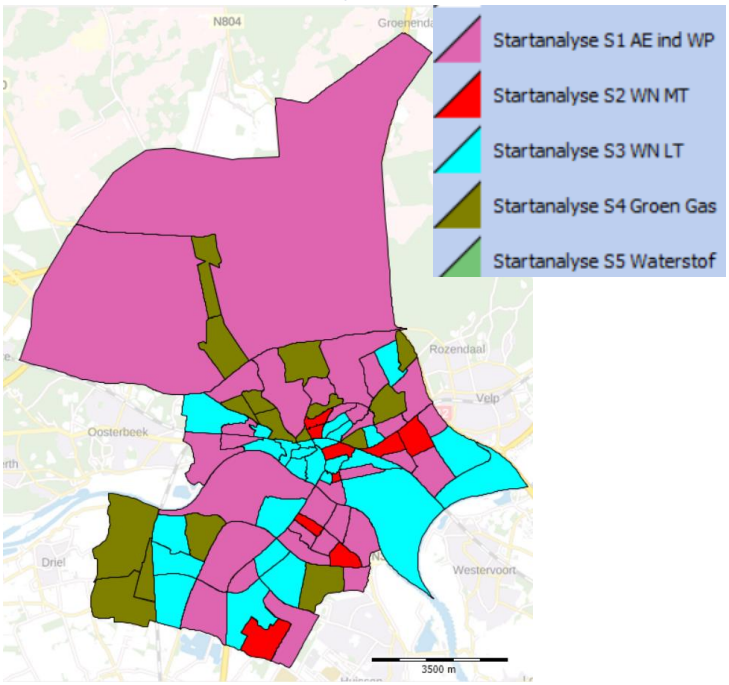
De kolom Robuustheid toont het verschil in TCO (totale jaarlijkse kosten) van warmtenet ten opzichte van all electric van de voorkeur optie. De aanduiding met R en R+ heeft te maken met de verduurzamingsmaatregelen die in deze woningen zijn doorgevoerd (zie pagina 19 voor een toelichting).

De kolom ΔTCO toont het verschil in totale jaarlijkse kosten van de goedkoopste toekomstige warmtevoorziening ten opzichte van het huidige aardgas.

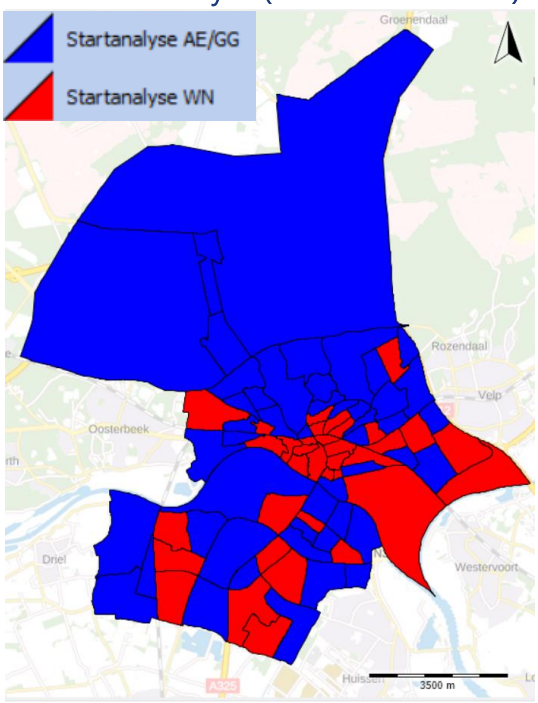
De kolom Warmtenet toont de buurten die momenteel aangesloten zijn op het warmtenet van Vattenfall. Het percentage aangesloten woningen is afkomstig uit de Startanalyse van PBL (september 2020).

Vergelijking kaart Startanalyse met WAT-kaart Caldomus (1)

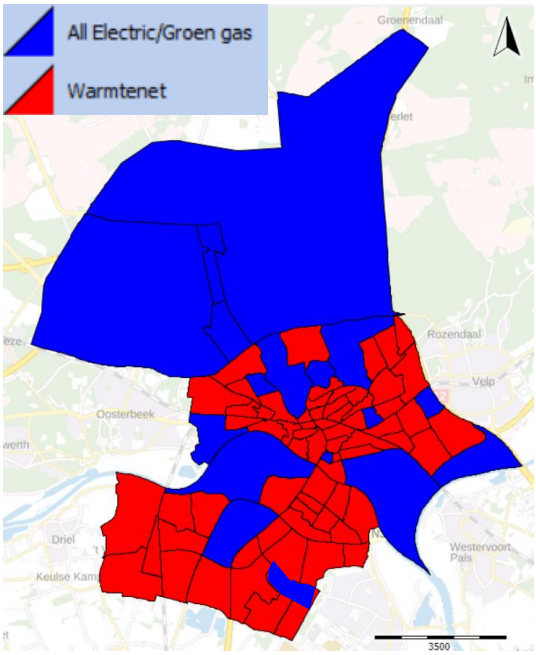
Kaart Startanalyse



Kaart Startanalyse (kleuren Caldomus)



Kaart Caldomus



Bovenstaande zijn de uitkomsten van de Startanalyse (versie september 2020 van PBL, ook wel de Leidraad voor de energietransitie van Expertise Centrum Warmte) vergeleken met de WAT-kaart uit Caldomus (rechts).

Omwille van een betere vergelijkbaarheid van de buurten uit de Startanalysekaart zijn deze rechtsboven weergegeven in de kleurstelling van de WAT-kaart uit Caldomus. De opties groen gas en waterstof zijn als all electric oplossingen weergegeven.

In de kaart van de Startanalyse wordt een onderscheid gemaakt tussen MT- en LT-warmtenetbuurten. In Caldomus is dit onderscheid wel aanwezig in het rekenmodel. Echter zijn de totale jaarlijkse kosten voor een LT-warmtenet altijd hoger dan voor een MT-warmtenet. De verdere isolatie/renovatie van een woning voor een LT-net kost meer. De LT-oplossing is daardoor minder interessant voor bestaande woningen.

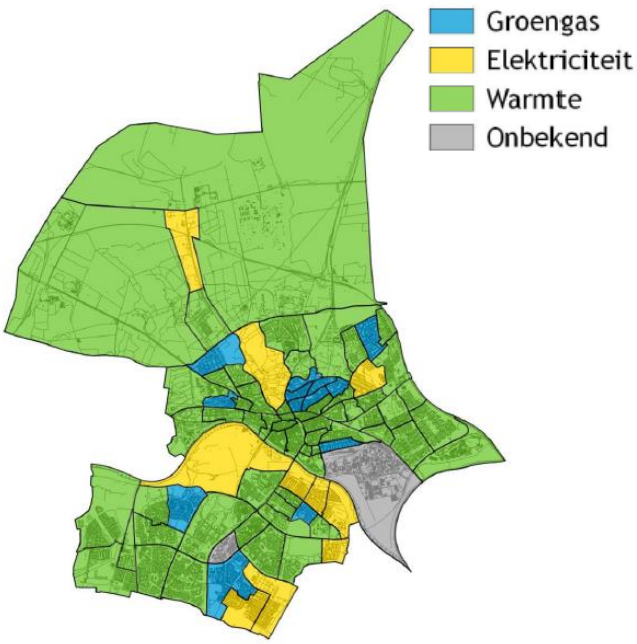
Vergelijking kaart Startanalyse met WAT-kaart Caldomus (2)

Wat valt op in de vergelijking?

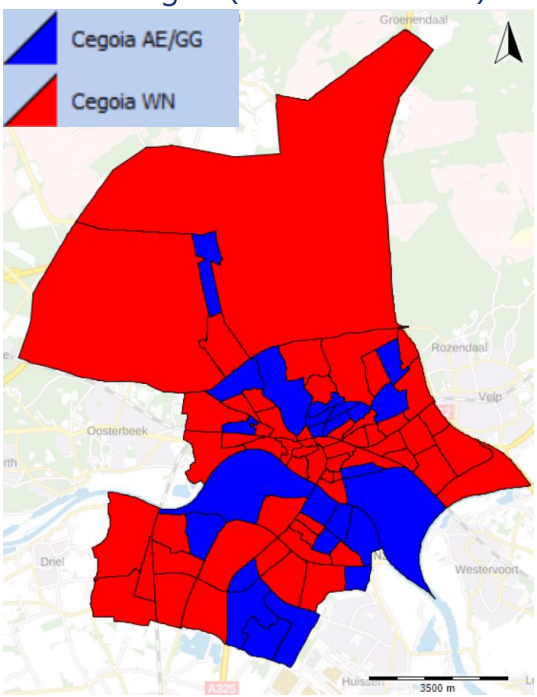
- De voorkeur voor een bepaalde toekomstige infrastructuur voor buurten in Arnhem komt in de beide kaarten komt voor het grootste deel overeen.
- In Caldomus is groen gas niet meegenomen, in de Leidraad wel. Hierdoor verschillen de beide kaarten in sommige buurten.
- De Leidraad meldt dat indien niet voldoende groen gas voorhanden is voor deze buurten een warmtenet meestal het eerst volgende alternatief is. Daarmee zou de kaart van de startanalyse verder in overeenstemming zijn met de WAT-kaart.
- In het oosten van Arnhem, aan de Rijn, ligt een bedrijventerrein. In de Startanalyse is hier in de toekomst een lage temperatuur warmtenet voorzien; in Caldomus all electric.
- De Startanalyse geeft voor sommige buurten een LT warmtenet als optie; in Caldomus komt een LT warmtenet altijd duurder uit dan een MT-warmtenet door de extra kosten voor de verduurzaming van de gebouwen en de aanvullende technische voorzieningen voor warm tapwater.

Vergelijking kaart Cegoia met WAT-kaart Caldomus (1)

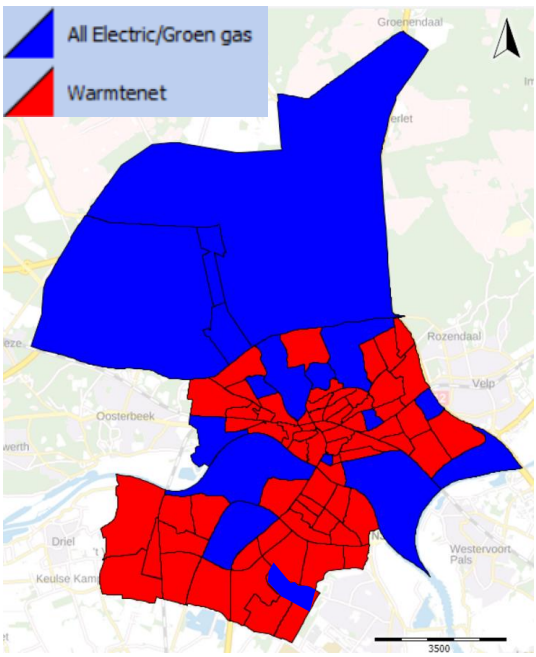
Kaart Cegoia



Kaart Cegoia (kleuren Caldomus)



Kaart Caldomus



Bovenstaande zijn de uitkomsten uit Cegoia (van CE Delft uit 2017 in opdracht van de gemeente Arnhem) vergeleken met de WAT-kaart uit Caldomus (rechts).

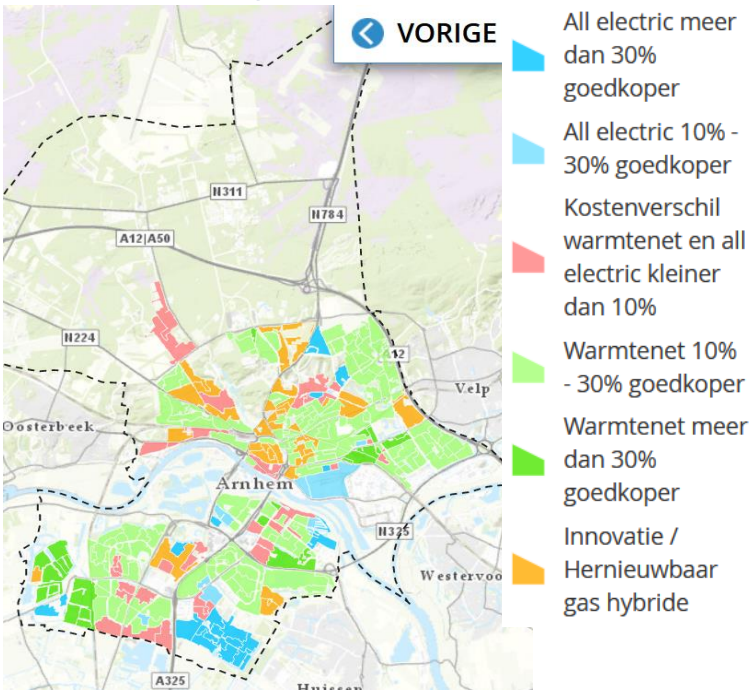
Omwille van een betere vergelijkbaarheid van de buurten uit Cegoia zijn deze rechtsboven weergegeven in de kleurstelling van de WAT-kaart uit Caldomus. De opties groen gas en onbekend zijn als all electric oplossingen weergegeven.

Wat valt op in de vergelijking?

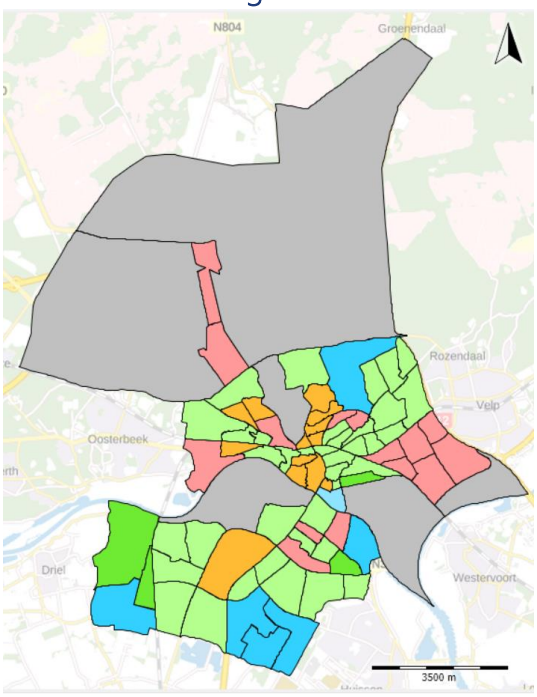
- Een groot deel van de buurten tonen in beide kaarten eenzelfde keuze voor de toekomstige warmte-infrastructuur.
- In de kaart van Cegoia zijn de buurten in Arnhem-Noord (ten noorden van de Schelmseweg) warmtenetbuurten. Deze buurten zijn in Caldomus all electric buurten, omdat deze buurten een relatief lage bebouwingsdichtheid hebben.

Vergelijking Warmteverkenning Overmorgen met WAT-kaart (1)

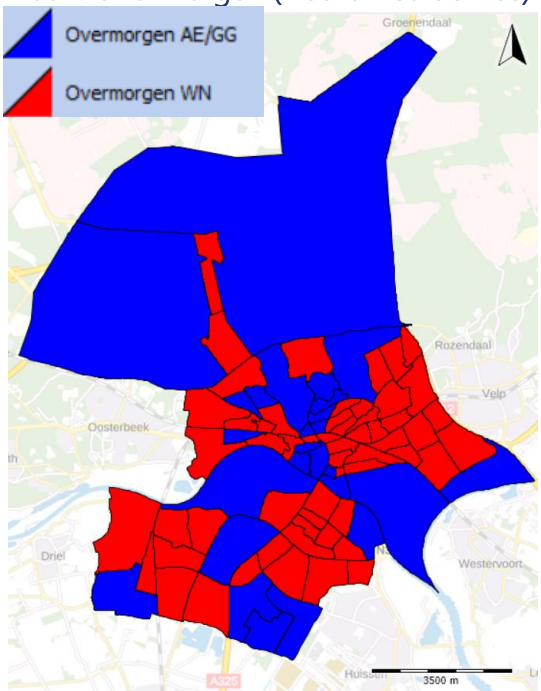
Kaart Overmorgen PC5 buurten



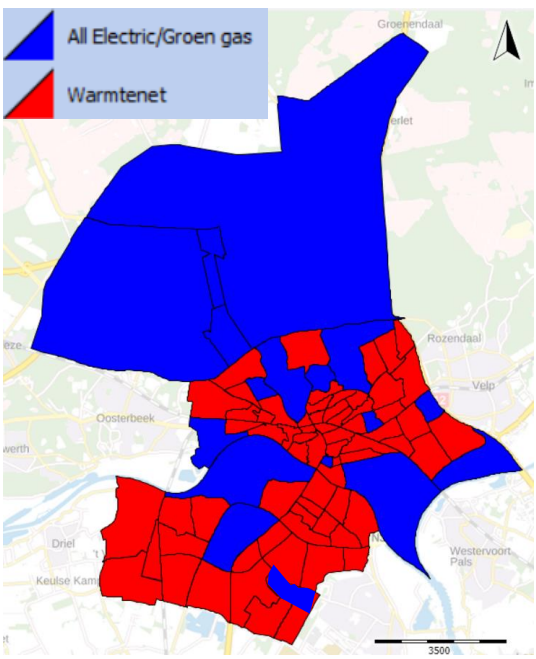
Kaart Overmorgen CBS buurten



Kaart Overmorgen (kleuren Caldomus)



Kaart Caldomus



Vergelijking Warmteverkenning Overmorgen met WAT-kaart (2)

Toelichting

Op de vorige pagina zijn de uitkomsten uit de Warmteverkenning van Overmorgen (2019, in opdracht van de gemeente Arnhem) vergeleken met de WAT-kaart uit Caldomus (rechtsonder).

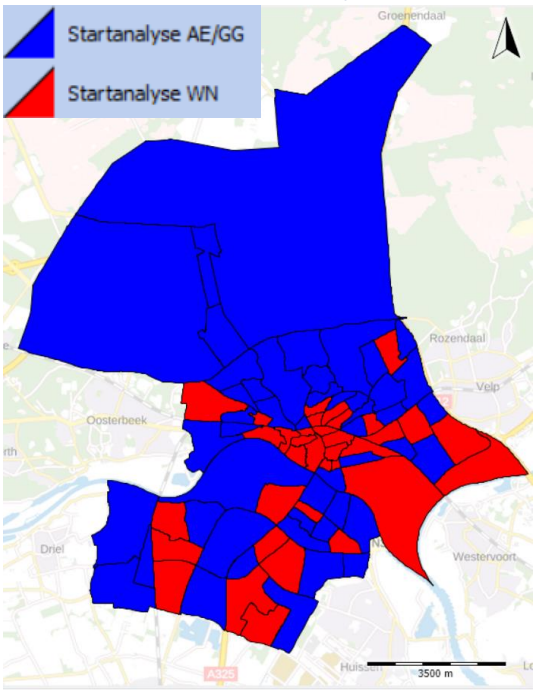
Omwille van een betere vergelijkbaarheid van de buurten uit de Warmteverkenning zijn deze linksonder weergegeven in de kleurstelling van de WAT-kaart uit Caldomus. De optie hernieuwbaar gas hybride is als all electric oplossing weergegeven.

Wat valt op in de vergelijking?

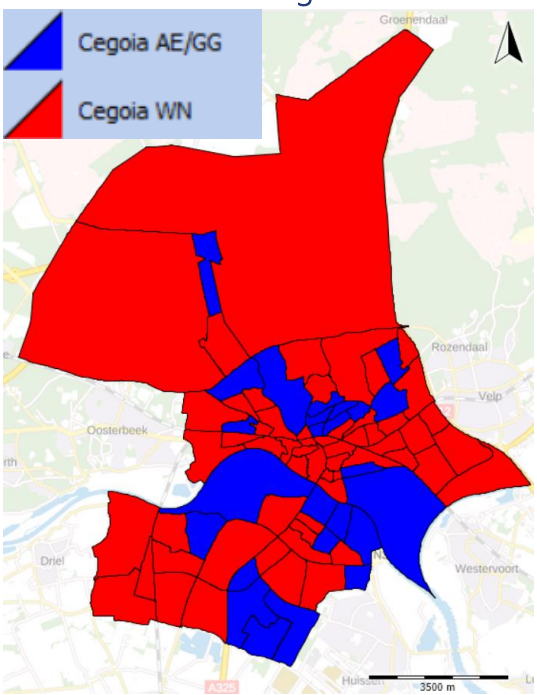
- Een groot deel van de buurten tonen in beide kaarten eenzelfde keuze voor de toekomstige warmte-infrastructuur.
- In Caldomus zijn een aantal buurten geschikt voor een warmtenet, terwijl deze bij Overmorgen het beste in aanmerking komen voor all electric of groen gas zijn. Dit heeft te maken met de verschillen in uitgangspunten en kentallen van de beide rekenmodellen.
- In de kaart van Overmorgen zijn diverse buurten als onbekend aangegeven/wachten op innovaties. Het betreft hier veelal buitengebieden met een lage woningdichtheid en industriezones.

Vergelijking kaarten modellen in Caldomuskleuren (1)

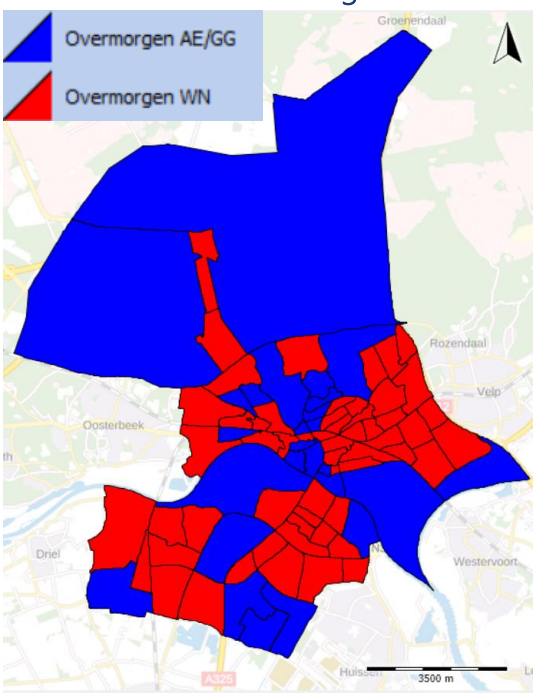
Kaart Startanalyse



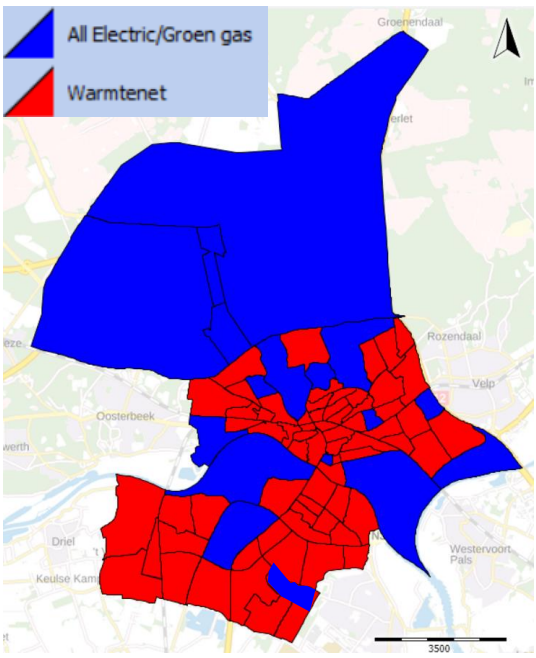
Kaart Cegoia



Kaart Overmorgen

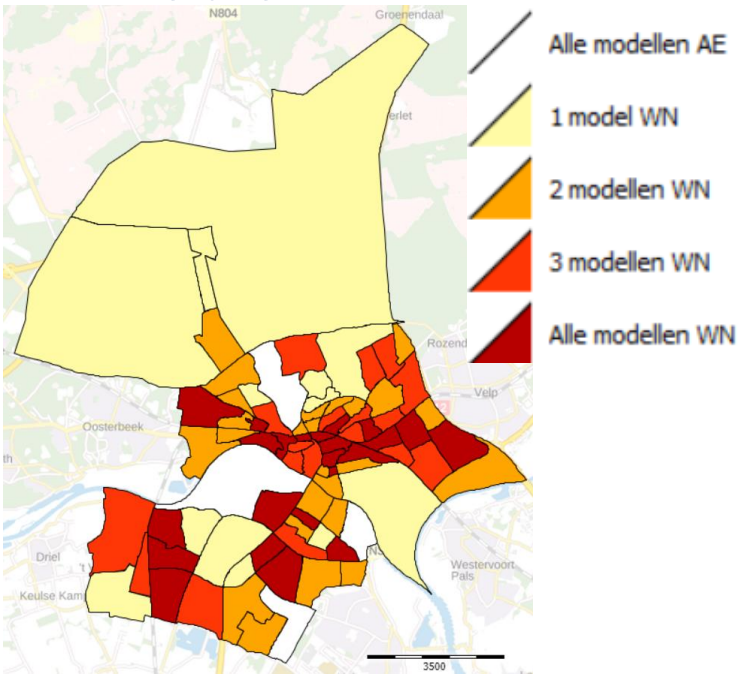


Kaart Caldomus

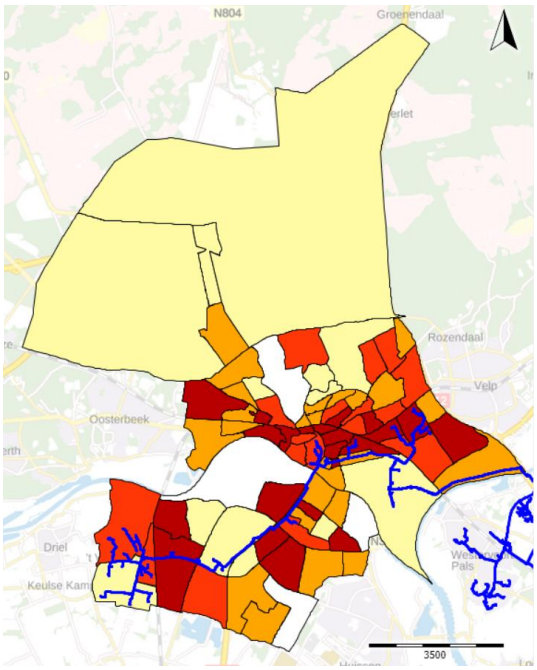


Vergelijking kaarten modellen in Caldomuskleuren (1)

Vergelijking modellen



Met bestaand warmtenet



Toelichting

Op de vorige pagina zijn de uitkomsten uit de vier rekenmodellen onderling vergeleken. Bovenstaande kaarten geven het aantal modellen die dezelfde resultaten geven. Voor de witte buurten geven alle vier de modellen een all electric oplossing als beste keuze, voor de donker rode buurten geven alle vier de modellen een warmtenet als de beste keuze. Op de rechterkaart is het huidige warmtenet (blauwe lijnen) in Arnhem van Vattenfall vanuit de AVR-Afvalverwerking in Duiven weergegeven.

Toekomstige warmtevraag

Conform de uitgangspunten van het klimaatakkoord zal de warmtetransitie bestaan uit de inzet van duurzame warmtebronnen en het reduceren van de warmtevraag. In de toekomst zullen alle woningen indicatief minimaal energielabel B moeten hebben.

Alleen als de op een warmtenet aan te sluiten woningen en utiliteit worden verduurzaamd door isolatie en/of renovatie zijn de uitgangspunten ten aanzien van de benodigde temperatuurniveaus (maximaal 70°C) en de te leveren vermogens van toepassing.

Met het rekenmodel Caldomus van Innoforte is voor de huidige gebouwde omgeving van Arnhem de warmtevraag bepaald en in onderstaande tabel weergegeven. Voor de toekomst (2050) is dit gedaan op basis van de reductie van de warmtevraag door isolatie en/of renovatie van de gebouwen. Hierin is geen rekening gehouden met uitbreidingsplannen voor woningen en utiliteit (nieuwebouw).

Arnhem	Warmtevraag [TJ]		
	Huidig	2050	Reductie
Warmtenetbuurten	**5.300**	**3.600**	**32%**
Woningen	2.900	2.000	31%
Utiliteit	2.400	1.600	33%
All-electric buurten	**2.400**	**900**	**63%**
Woningen	500	250	50%
Utiliteit	1.900	650	66%
Totaal	**7.700**	**4.500**	**42%**

Toelichting isolatieniveau's R en R+

- Voor een gebouw met een isolatie en/of renovatie naar niveau R, vergelijkbaar met energielabel B, aangesloten op een warmtenet levert dit een reductie van de warmtevraag op van 30-35%.
- Voor een gebouw met een isolatie en/of renovatie naar niveau R+, vergelijkbaar met energielabel A++, met een individuele all-electric oplossing levert dit een reductie van de warmtevraag op van 50-65%.

Vermogen warmtenet

De toekomstige warmtevraag voor Arnhem is bepaald voor de warmtenetbuurten in Caldomus voor zowel de huidige als de toekomstige situatie (2050) qua gebouwen. Om aan de warmtevraag te kunnen voldoen zal in Arnhem en omgeving voldoende capaciteit aan warmtebronnen beschikbaar moeten zijn. Voor de toekomst is geen rekening gehouden met nieuwbouw van grondgebonden woningen en een uitbreiding van de utiliteit.

warmtevraag Wnet [MW]	Arnhem	Warmtenet won.equiv.	Arnhem
Woningen	340	Woningen	67.000
Utiliteit	170	Utiliteit	33.000
Totaal	510	Totaal	100.000

Toelichting

In bovenstaande tabel staat de warmtevraag voor de circa 67.000 op een warmtenet aan te sluiten woningen in Arnhem. In de huidige situatie is hiervoor 340 MW_{th} aan bronvermogen noodzakelijk om aan de warmtebehoefte te kunnen voldoen. Daarnaast is voor de circa 33.000 woningequivalenten utiliteit nog circa 170 MW_{th} vermogen noodzakelijk. In totaal zal 510 MW_{th} aan bronvermogen door de lokale warmtebronnen beschikbaar moeten zijn om in de gehele warmtebehoefte van Arnhem te kunnen voorzien.

Voor de basislast is voor de woningen minimaal 100 MWth bronvermogen nodig, voor de utiliteit nog eens 50 MWth. In totaal is dus minimaal 150 MWth bronvermogen nodig om aan de warmtevraag van Arnhem in basislast te kunnen voorzien.

De pieklast zal door aanvullende bronnen geleverd moeten worden. Dit zijn andere duurzame bronnen of voorlopig aardgas gestookte bronnen, die op termijn door duurzame alternatieven worden vervangen.

Uitgangspunten

- Voor de berekening van het noodzakelijke vermogen is een gelijktijdig benodigd vermogen aangenomen van 5 kW per woningequivalent. Deze waarde is gebaseerd op praktijkwaarden van warmtebedrijven en licht naar beneden bijgesteld in verband met de renovatie naar label B (renovatieniveau R).
- Voor de basislast van een woningequivalent is uitgegaan van 30% van het totaal benodigde vermogen.
- De basislast wordt bepaald door de constante warmtevraag van de gebouwde omgeving die door de warmtebronnen het gehele jaar minimaal geleverd moet worden.
- De pieklast betreft de maximale warmtevraag gedurende een korte periode (bijvoorbeeld als het heel koud is).

Conclusies warmtevraag

Voorlopige conclusies

- Caldomus toont aan dat er kansen zijn om circa 67.000 woningen, tegen de laagst maatschappelijke kosten aan te sluiten op een warmtenet. Bij hogere productiekosten van de warmte zullen naar verwachting nog steeds circa 28.000 woningen, tegen de laagst maatschappelijke kosten, aan te sluiten zijn op een warmtenet. Hierbij is geen rekening gehouden met woningen die nu al aangesloten zijn op een warmtenet.
- De gebouwde omgeving vraagt minimaal om een MT-warmtenet om overlast/ingrepen aan de woningen, bijbehorende tijd en kosten zo laag mogelijk te houden.
- Aansluiting op een LT-warmtenet van bestaande woningen is ook mogelijk, echter tegen hogere kosten. Afhankelijk van de beperkte beschikbaarheid van MT of HT bronnen kan hier desondanks voor worden gekozen in de toekomst.
- Toekomstige innovaties bijvoorbeeld op het gebied van de productie van warm tapwater kan het perspectief van LT-warmtenetten positief beïnvloeden.
- De optelsom van de warmtenetbuurten leidt tot een warmtevraag van grofweg 510 MW_{th} piekvermogen (maximale warmtevraag) en circa 150 MW_{th} basislast (minimale warmtevraag). Hierbij is uitgegaan van het aansluiten van circa 67.000 woningen en 33.000 woningequivalenten utiliteit op het warmtenet .
- De berekeningen van de ΔTCO (het verschil in totale jaarlijkse kosten voor een warmtenet versus de huidige aardgas voorziening) en de robuustheid per warmteconcept per buurt zijn bruikbaar voor onderbouwing van de keuze voor een toekomstig warmtenet en de voorkeuren en prioritering van buurten (volgorde) voor de ontwikkeling van het warmtenet. Hoe groter de robuustheid voor een warmtenet en hoe lager de ΔTCO, hoe hoger de prioriteit om de buurt als eerste mee te nemen in de ontwikkelingsplannen voor een warmtenet voor Arnhem.

Berenschot

Kansrijke warmtebronnen in gemeente Arnhem

Bijlage 2: Bronnenanalyse

Aanleiding en scope

- In dit document worden de **belangrijke bevindingen uit de bronnenanalyse** uitgevoerd in opdracht van de gemeente Arnhem gepresenteerd. Voor de bronnenanalyse zijn mogelijke kansrijke bronnen voor Arnhem in kaart gebracht in een online kaart. Op de komende slides wordt in het kort besproken wat volgens ons de **meest relevante bronnen** zijn.

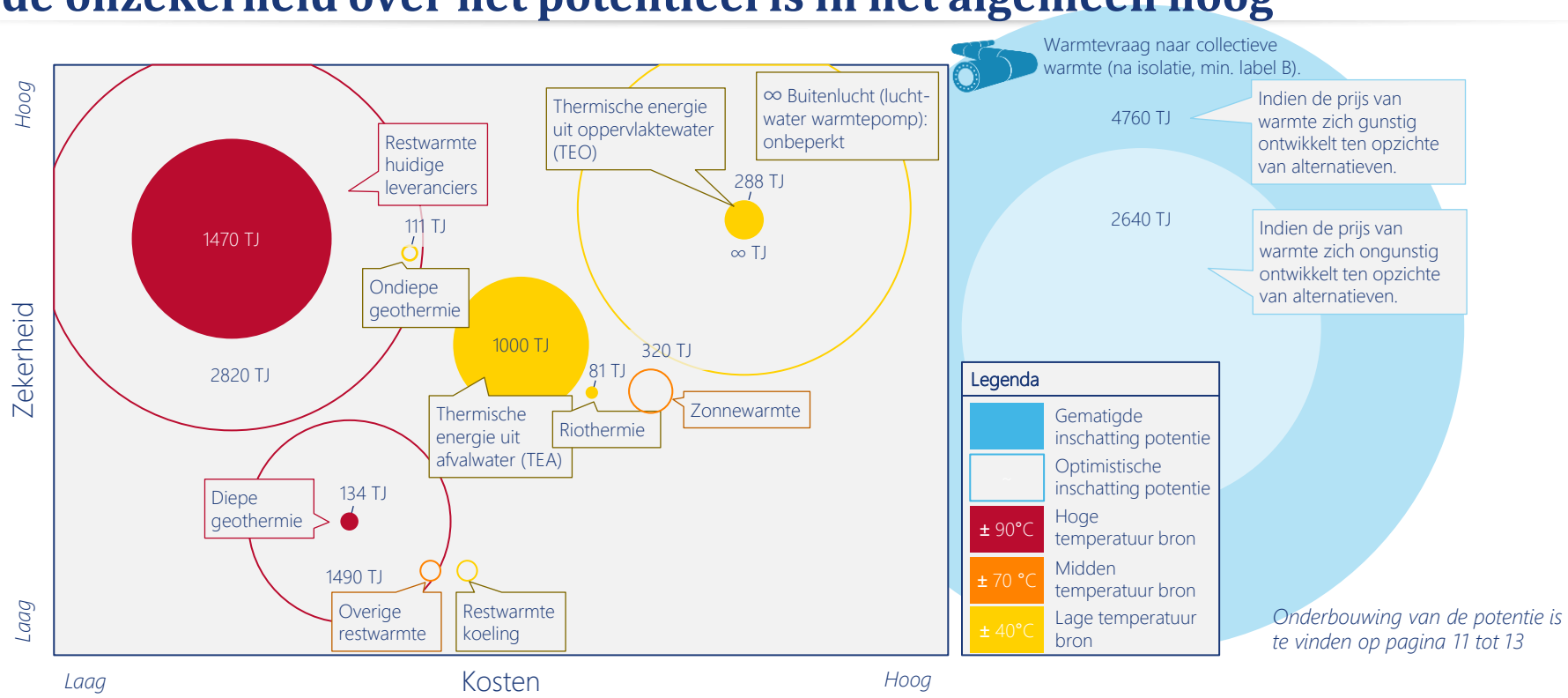
- Deze bronnenanalyse is **onderdeel van een groter traject** dat Berenschot samen met de gemeente Arnhem en andere stakeholders uitvoert. Dat traject richt zich op de ontwikkeling van een **warmtenetstrategie en Transitievisie Warmte** voor de gemeente.

- Deze bronnenanalyse richt zich enkel op de vraag welke bronnen er in de regio aanwezig zijn. Hierbij is **nog niet gekeken naar de kansrijkheid van deze bronnen in relatie tot de het huidige warmtenet en de warmtevraag** in Arnhem. Dit komt in de volgende fase van het traject aan de orde.

Bevindingen bronnenanalyse

- Arnhem heeft een warmtenet dat gevoed wordt met hoge temperatuurbronnen uit restwarmte aangevuld met gasketels voor de piek. Zo'n 6000 woningen en enkele grootverbruikers in Arnhem zijn aangesloten op dit warmtenet en vragen zo'n 400 TJ warmte per jaar.
- In Arnhem is men al enige tijd bezig met het verkennen van andere duurzame warmtebronnen. Er liepen en lopen diverse initiatieven. Zo is door o.a. Firan onderzoek uitgevoerd naar de uitrol van een warmtenet op restwarmte van RWZI Elderveld. De Werkgroep Hoogkamp Energie heeft in eerste instantie onderzoek gedaan naar een decentraal warmtenet op zonnewarmte. Dit bleek financieel niet haalbaar. Inmiddels richt het onderzoek zich op een Buurt Energie Systeem (BES); een modulair lokaal warmtenet gevoed door lucht-waterwarmtepompen dat verder uitgebreid en verduurzaamd kan worden. Daarnaast wordt in het Smart Polder project onderzocht of het mogelijk is om warmte en koude te gaan halen uit het oppervlaktewater.
- De potentie van warmtebronnen voor de gemeente Arnhem biedt mogelijkheden voor meer warmtelevering en/of keuze voor andere bronnen:
  - Restwarmte: in het optimistische scenario een verzesvoudiging van de warmtelevering en goedkope warmtebron.
  - Geothermie en thermische energie uit afvalwater (TEA) bij RWZI's zijn duurzame warmtebronnen die een wezenlijke bijdrage kunnen leveren; Geothermie is relatief goedkoop, maar blijft nog onzeker. Geothermie zou eventueel van buiten de gemeente uit de regio moeten komen. TEA is een duurdere warmtebron, maar kent een grote potentie in de regio Arnhem
  - Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) kan theoretisch zeer veel warmte leveren, maar moet ingezet worden in combinatie met een WKO en heeft een hoge prijs. Daarom kan TEO mogelijk als back-up optie dienen mochten andere warmtebronnen tegenvallen.
  - Zonnewarmte, ondiepe geothermie en overige kleine restwarmtebronnen kunnen een beperktere en/of lokale bijdrage leveren.
- Temperatuurniveau van warmtelevering is belangrijk voor toekomstige bronontwikkeling: lagere temperatuur voor een warmtenet maakt het mogelijk om meer duurzame bronnen te benutten. Hierdoor kan een grotere potentie worden ontsloten.

Er zijn een aantal grote warmtebronnen in Arnhem beschikbaar maar de onzekerheid over het potentieel is in het algemeen hoog



Onderbouwing van de potentie is te vinden op pagina 11 tot 13

Bodemenergie:
Warmteopslag kan de potentie van warmtebronnen verhogen. Bodemenergie betreft het opslaan van warmte in de ondergrond, waarbij WKO's de meest gangbare vorm van bodemenergie zijn. Open WKO's kunnen bijvoorbeeld ingezet worden bij aquathermie zodat de hogere temperaturen gewonnen in de zomer 's winters ingezet kunnen worden.

Naast prijs, temperatuur en zekerheid kennen warmtebronnen allerlei andere kenmerken waarmee rekening kan worden gehouden

Meer eigenschappen van warmtebronnen en bronvermelding voor onderstaande data is te vinden in de bijlage (pagina 17 - 21)

Warmtebron	Inschatting technische ontwikkeltijd[1]	Duurzaamheid[2,3]	Typische investeringskosten (naar vermogen en warmte)	Standaard omvang 1 installatie
Restwarmte huidige leveranciers	*<1 jaar*	~ 11 kg CO_2/GJ	1411 €/kW_{th} 6 €/GJ	10 MW → ~ 4300 huishoudens
Kleinschalige restwarmte	*1 – 2 jaar*	~ 11 kg CO_2/GJ	1411 €/kW_{th} 9 €/GJ	0.3 MW → ~ 100 huishoudens
Diepe geothermie (Inclusief onderzoeksfase)	*>5 jaar*	~ 3.7 kg CO_2/GJ	1360 €/kW_{th} 9 €/GJ	11 MW → ~ 4800 huishoudens
Ondiepe geothermie	*1 – 2 jaar*	~ 10 kg CO_2/GJ[3]	1259 €/kW_{th} 11 €/GJ	3.8 MW → ~ 1600 huishoudens
TEO	*1 – 2 jaar*	~ 12 kg CO_2/GJ[3]	2401 €/kW_{th}[4] 22 €/GJ	0.9 MW → ~ 200 huishoudens
TEA	*1 – 2 jaar*	~ 12 kg CO_2/GJ[3]	2369 €/kW_{th}[4] 16 €/GJ	1.0 MW → ~ 400 huishoudens
Riothermie	*1 – 2 jaar*	~ 12 kg CO_2/GJ[3]	2369 €/kW_{th}[4] 16 €/GJ	1.0 MW → ~ 500 huishoudens
Zonthermie (inclusief opslagvat)	*<1 jaar*	~ 3.6 kg CO_2/GJ	525 €/kW_{th} 17 €/GJ	0.1 MW → ~ 6 huishoudens
Collectieve warmtepomp	*<1 jaar*	~ 13 kg CO_2/GJ[3]	1140 €/kW_{th}	0.6 MW → ~ 300 huishoudens

[1] Naast de technische ontwikkeltijd kennen warmtebronnen ook een organisatorische ontwikkeltijd, bijvoorbeeld voor de vergunningaanvraag en financiering. Hoe complexer, en groter de investering, hoe langer deze ontwikkeltijd over het algemeen is. Dit speelt bijvoorbeeld bij geothermie, waar de totale totstandkoming van de warmtebron (dus organisatorische en technische ontwikkeltijd gezamenlijk) wel 10 jaar kan duren.
[2] Exclusief eventuele fossiele back-up en piekbijstook.
[3] Bij de duurzaamheid van warmtebronnen die opgewerkt moeten worden met behulp van een warmtepomp is uitgegaan van de voorgenomen elektriciteitsmix in 2030 (70% hernieuwbaar).
[4] Inclusief WKO

- Emissiefactor warmtebron laag < 15 kg CO_2/GJ
- Emissiefactor warmtebron zeer laag < 5 kg CO_2/GJ
- Emissiefactor warmtebron met elektriciteitsmix 2030 (70% hernieuwbaar) laag (<15 kg/GJ). Indien gebruik gemaakt wordt van volledig duurzame elektriciteit is de emissiefactor zeer laag.

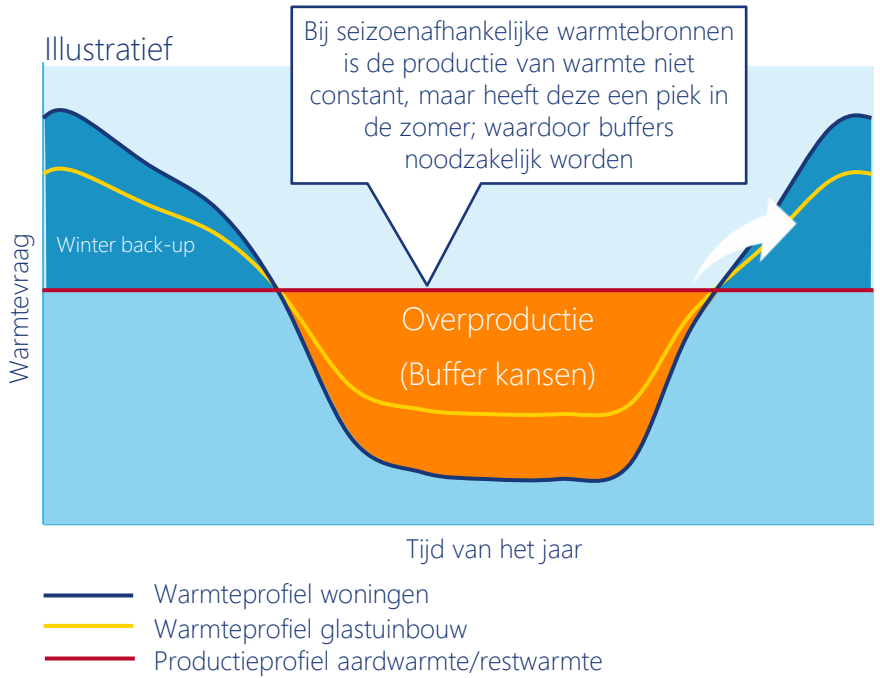
Stabiele warmtelevering heeft behoefte aan regelbaar vermogen of warmtebuffers

De warmtevraag fluctueert gedurende het jaar. Het warmtenet in Arnhem heeft in de zomer maar een warmtevraag van 15 MW, terwijl op piekmomenten in de winter dit 70 MW kan zijn. In deze piekmomenten wordt vaak gebruik gemaakt van regelbare “aftapwarmte” of piekketels bij Hulpwarmtecentrales (HWC).

Duurzame warmtebronnen kunnen vaak niet in piekmomenten bijspringen. De benuttingsgraad daalt dan wat de warmteprijs verhoogt. Daarnaast kan bijvoorbeeld een geothermiebron maar beperkt afschakelen in de zomer. Een duurzaam alternatief voor piekketels zijn WKO’s of warmwaterbuffers waarin in de zomer warmteoverschotten kunnen worden opgeslagen om deze vervolgens in de winter in te zetten. Warmteopslag brengt wel extra kosten mee, maar hier tegenover staat een kleinere dimensionering van de hoofdbron.

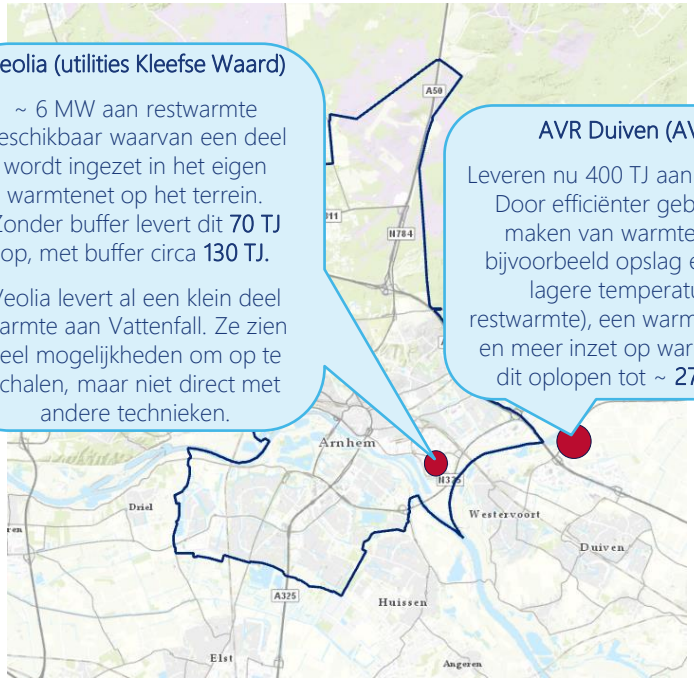
Een back-up-voorziening van warmtenetten moet zeer betrouwbaar zijn. Gasketels worden hier traditioneel voor gebruikt om warmte te kunnen blijven leveren als er tijdelijke tekorten zijn.

Vraagprofiel en productieprofiel van restwarmte/aardwarmte t.o.v. winter back-up



Industriële restwarmte lijkt de meest kansrijke hoge-temperatuurbron; geothermie is nog uiterst onzeker

HT-restwarmtelevering door AVR en Veolia



Veolia (utilities Kleefse Waard)

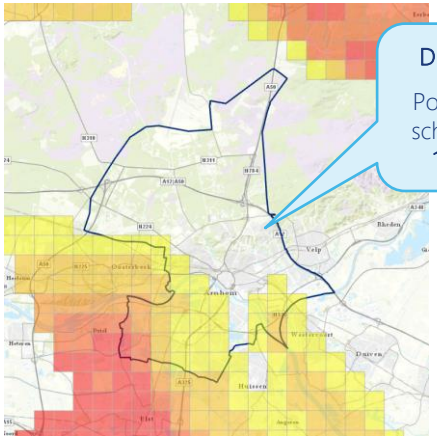
~ 6 MW aan restwarmte beschikbaar waarvan een deel wordt ingezet in het eigen warmtenet op het terrein. Zonder buffer levert dit **70 TJ** op, met buffer circa **130 TJ.**

Veolia levert al een klein deel warmte aan Vattenfall. Ze zien veel mogelijkheden om op te schalen, maar niet direct met andere technieken.

AVR Duiven (AVI)

Leveren nu 400 TJ aan Arnhem. Door efficiënter gebruik te maken van warmte (met bijvoorbeeld opslag en inzet lagere temperatuur restwarmte), een warmteopslag en meer inzet op warmte kan dit oplopen tot ~ **2700 TJ**.

Geothermie nog onzeker



Diepe geothermie (1,5 - 4 km diepte)

Potentie voor het gebied kan factor 10 schelen van ~**134 TJ** tot maximaal zo'n **1490 TJ** voor Arnhem beschikbaar.

Lagere potentie

Hogere potentie

De WARM-studie in opdracht van EBN[1] laat zien dat **regio Arnhem en Nijmegen** een middelmatige potentie voor geothermie heeft. De potentie voor diepe geothermie voor de gebouwde omgeving voor de hele regio Arnhem en Nijmegen ligt op **600 TJ**. Daarnaast schat deze studie nog ca. **6100 TJ** aan geothermie voor de industrie en glastuinbouw. Naar verwachting zullen er in de komende jaren wetenschappelijke boringen plaatsvinden die meer zekerheid kunnen geven over de potentie in de regio[2].
Volgens de WARM-studie is in de regio **500 TJ** ondiepe geothermie (0 – 1,5 km diepte) beschikbaar. Als onderdeel van het SCAN-project van EBN wordt ook de potentie van ultradiepe geothermie (>4km diepte) in de regio onderzocht. Mogelijk is dit een kansrijke warmtebron voor de langere termijn (na 2030).

Berenschot

[1] EBN (2020): WARM regio Arnhem Nijmegen
[2] Op basis van interview EBN.

De potentie van aquathermie is hoog, maar het energieverbruik en de prijs zijn relatief hoog

Potentie van zowel TEO als TEA aanzienlijk

Rivieren en ander oppervlaktewater

Door de Rijn is de theoretische winning van warmte uit oppervlaktewater zeer groot. Andere aspecten, zoals ruimtelijke inpassing en de mogelijkheden om te bufferen, bepalen de realistische potentie van aquathermie.

Riothermie

Riothermie heeft een totale potentie van ~81 TJ. Eerder is riothermie onderzocht als warmtebron voor stadsvernieuwing in het centrum

RWZI Arnhem-Zuid

RWZI binnen de gemeente grenzen, potentieel van ~ 190 TJ.

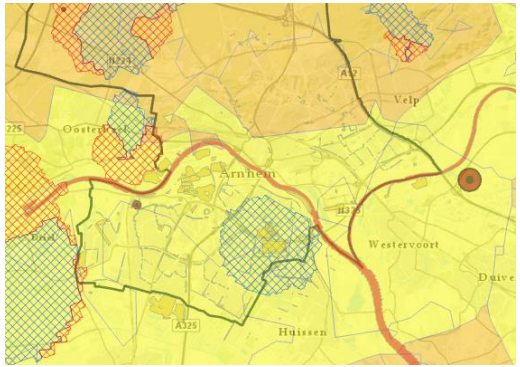


RWZI Nieuwgraaf

Aanzienlijke grotere RWZI dan de RWZI binnen de gemeente-grens, potentieel RWZI van ~ 820 TJ.

Randvoorwaarden aquathermie

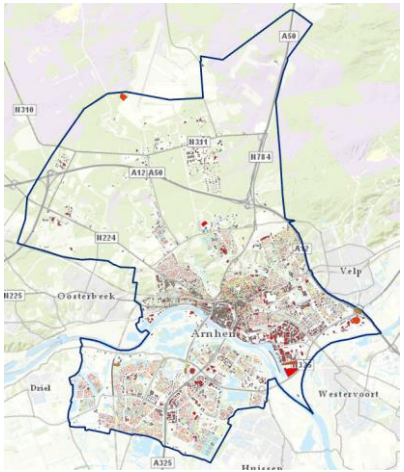
Bij aquathermie wordt de iets hogere temperatuur van oppervlaktewater of afvalwater ingezet om te verwarmen. Hierbij is een **WKO** noodzakelijk om de hogere temperaturen uit de zomer op te slaan voor de winter. Daarnaast is een **warmtepomp** nodig om deze warmte op te waarderen tot een niveau dat het huizen kan verwarmen. De inzet van een WKO en een warmtepomp maakt aquathermie kostbaar ten opzichte van de meeste andere duurzame warmtebronnen[1]. Daarnaast is het niet overal langs de rivieren of in de buurt van een RWZI mogelijk om een WKO te plaatsen, of is de beschikbare capaciteit beperkt. Daarnaast is Arnhem-Zuid aangewezen als potentieel gebied voor aanvullende strategische drinkwatervoorraden (ASV) wat de energiepotentie ook kan beïnvloeden. Uit de verkenning van de Gemeente Arnhem blijkt het gebied ten noorden van de Rijn de meest geschikte locatie voor WKO's, zie bijlage pagina 16.



[1] Voor de SDE++ 2021 berekent het PBL voor TEO een prijs van 22,4 €/GJ, terwijl voor diepe geothermie (basislast) de prijs 8,90 €/GJ, en voor zonthermie de prijs 17,1 €/GJ is.

Overige kleinschalige warmtebronnen

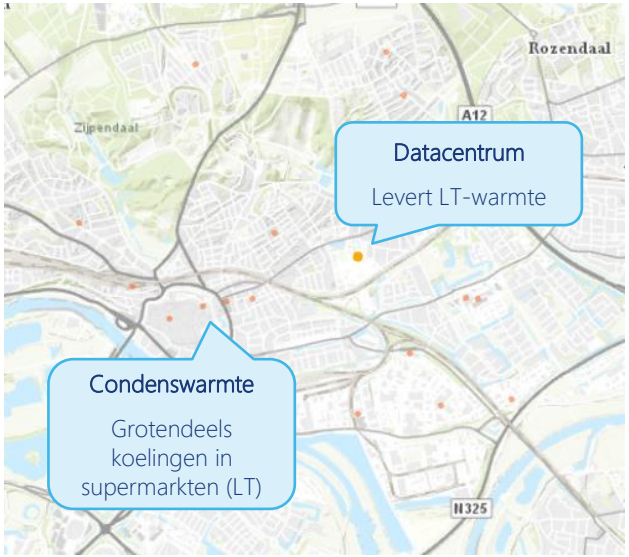
Zonthermie breed inzetbaar, concurrentie met PV



Zonnecollectoren kunnen geplaatst worden op daken en velden. In theorie is de potentie van zonthermie in Arnhem op velden **320 TJ** en op daken **1500 TJ.** Echter concurreert zonnewarmte met andere toepassingen van daken, zoals zon-PV. Dit kan ondervangen worden door de inzet van PVT-panelen, waarmee zowel warmte als elektriciteit kan worden opgewekt. Het thermische rendement van PVT-panelen is lager, wat betekent dat er minder warmte geproduceerd wordt.
Aangezien zonnewarmte met name in de zomer beschikbaar komt zal deze vrijwel altijd met een seizoensbuffer moeten worden gecombineerd.

Kleinschalige restwarmte als extra bron

Er zijn diverse kleinere restwarmtebronnen in de gemeente Arnhem die mogelijk kunnen aansluiten op een warmtenet, mits dit in de buurt ligt. Dit zijn zowel HT-bronnen (zoals bakkerijen) als LT-bronnen zoals een datacentrum en supermarkten met koelingen. De beschikbare restwarmte ligt veelal **tussen de 2 en 10 TJ** per bron.



Berenschot

Achtergrond: referenties en berekeningen

Onderbouwing gematigde en optimistische potentie [1/3]

	Gematigde inschatting potentie	Optimistische inschatting potentie
Restwarmte huidige leveranciers (zie uitgebreide berekening op pagina 14)	Uit interviews blijkt dat de AVR (die nu 1000 TJ aan warmte levert) warmtelevering zou kunnen verdubbelen door de inzet van restwarmte uit de CO2-plant (500 TJ) en het afschalen van elektriciteitsproductie (500 TJ). Hiervan wordt nu 600 TJ toegepast in Duiven waardoor 1400 TJ overblijft voor Arnhem). Overige gemeenten (zoals Zevenaar) zetten echter in op warmte uit de AVR. Veolia heeft ca. 6 MW aan restwarmte beschikbaar, wat bij 3175 vollasturen (aantal vollasturen dat de AVR momenteel levert) neerkomt op 70 TJ. In totaal komt restwarmtelevering van de huidige leveranciers neer op 1470 TJ.	Als bij de AVR en Veolia een warmtebuffer wordt geplaatst kan het beschikbare vermogen alle dagen van het jaar ingezet worden. Dit betekent dat het aantal vollasturen stijgt van 3175 uur naar 8760 uur. Het warmteverlies in de opslag wordt aangenomen op 33% (IF Technology, 2014; CE Delft, 2020). Bij de AVR betekent dit dat de AVI circa 2700 TJ kan leveren, voor Veolia is dit 130 TJ. In totaal komt dit neer op 2820 TJ.
Kleinschalige restwarmte	Betrouwbare data over de restwarmte die gewonnen kan worden uit kleine warmtebronnen zoals koelhuizen en bakkerijen ontbreekt. Nationale data uit de warmteatlas blijkt niet overeen te komen met de realiteit. Daarom wordt hier in deze bronnenanalyse geen concreet getal aan gehangen; de inschatting is dat deze bronnen per locatie moeten worden onderzocht en per project een beperkte bijdrage kunnen leveren.	
Collectieve warmtepomp	De technische potentie van warmtepompen is zeer groot, aangezien deze gebruik maken van warmte uit de buitenlucht.	

Onderbouwing gematigde en optimistische potentie [2/3]

	Gematigde inschatting potentie	Optimistische inschatting potentie
Diepe geothermie (1.500 m – 4.000 diepte) (zie uitgebreide berekening op pagina 15)	In de WARM-studie van EBN wordt ingeschat dat in regio Arnhem-Nijmegen ca. 600 TJ diepe geothermiewarmte geschikt voor de gebouwde omgeving te winnen is. Ervan uitgaande dat deze warmte naar ratio van inwonersaantal over de regio verdeeld wordt, zou Arnhem over **134 TJ** geothermiewarmte beschikken.	In de WARM-studie van EBN wordt ingeschat dat in regio Arnhem-Nijmegen ca. 6700 TJ diepe geothermiewarmte te winnen is, voor de gebouwde omgeving, industrie en glastuinbouw tezamen. Ervan uitgaande dat al deze warmte wordt ingezet in de gebouwde omgeving en dat deze warmte naar ratio van inwonersaantal over de regio verdeeld wordt zou Arnhem over **1490 TJ** geothermiewarmte beschikken.
Ondiepe geothermie (500 – 1.500 m diepte) (zie uitgebreide berekening op pagina 15)	Aangezien de haalbaarheid van ondiepe geothermie nog onzeker is, wordt er enkel ondiepe geothermie aangenomen bij de optimistische inschatting.	In de WARM-studie wordt ingeschat dat voor de regio Arnhem-Nijmegen ca. 500 TJ ondiepe geothermiewarmte te winnen is. Op basis van dezelfde aanname als bij diepe geothermie komt dit neer op **111 TJ**.
Zonthermie	In het gematigde scenario wordt ervan uitgegaan dat de velden geschikt voor zonne-energie worden ingezet voor PV.	De gemeente Arnhem heeft alle geschikte daken en locaties voor velden voor zon-PV in kaart gebracht. Voor het optimistische scenario wordt aangenomen dat enkel de velden worden ingezet voor warmtelevering aan een warmtenet met behulp van PVT-panelen. Op basis van een warmteproductie van 270 kWh/m2 (Berenschot, 2018) komt dit neer op **320 TJ**.

Onderbouwing gematigde en optimistische potentie [3/3]

	Gematigde inschatting potentie	Optimistische inschatting potentie
TEO	Het Stowa heeft een tool waarbij de potentie van aquathermie bepaald kan worden. Deze tool geeft een inschatting van technische potentie van TEO in Arnhem van **288 TJ**.	Experts geven aan dat zij inschatten dat de theoretische potentie van TEO in Arnhem veel groter is; het betreft immers zeer veel stromend water. In theorie kan de Rijn genoeg warmte leveren voor de **gehele gebouwde omgeving van Arnhem**. Echter zijn de beschikbaarheid van opslag en ruimtelijke inpassing van de installatie (denk bv. aan de warmtepomp) kritische factoren die deze potentie verlagen. Op basis van de warmteatlas wordt ingeschat dat rondom de Rijn de potentie van WKO's tussen de 1 en 2 TJ per hectare ligt. Open systemen zijn in dit gebied ontwikkeld, op de hoger gelegen gronden komen ook al gesloten WKO systemen voor.
TEA	Op basis van de Warmteatlas blijken er in en vlakbij Arnhem twee RWZI's te staan die, wanneer gecombineerd met een WKO samen **1000 TJ** aan warmte kunnen leveren.	
Riothermie	Berekeningen van de Gemeente Arnhem - op basis van informatie uit de Warmteatlas en het bekende debiet van de verschillende gemalen – laat zien dat de potentie van riothermie in Arnhem circa **81 TJ** is.	

Berekening restwarmte

AVR (beschikbaarheid warmte in TJ)

	Gematigde inschatting / keuze	Optimistische inschatting / onzekerheid	Bron
Nu ingezet	1000	1000	AVR
Restwarmte, beschikbaar bij temperatuur verlaging MT***	500	500	Inschatting AVR
Afschaling e-productie	500	500	Inschatting Vattenfall
Gebruik warmteopslag	0	1294	Zie onder**
Inzet Duiven	-600	-600	AVR
Totaal	**1400**	**2693.9**	

Veolia (beschikbaarheid warmte in TJ)

Omschrijving			Bron
Vermogen zonder biomassa	6	MW	Veolia
Energie zonder biomassa	**68.6**	**TJ**	Zie onder
Energie zonder biomassa en opslag	**127.7**	**TJ**	Zie onder

(Berekening huidige vollasturen)

Omschrijving			Bron
Max vermogen stadswarmte nu	87.5	MW	AVR
Warmtelevering nu	1000	TJ	AVR
Warmtelevering nu	277777.8	MWh	Berekening
Vollasturen	3175	uur	Berekening

(Rendement opslag)

Omschrijving			Bron
Rendement ATES*	67.5	%	IF technology (2014)

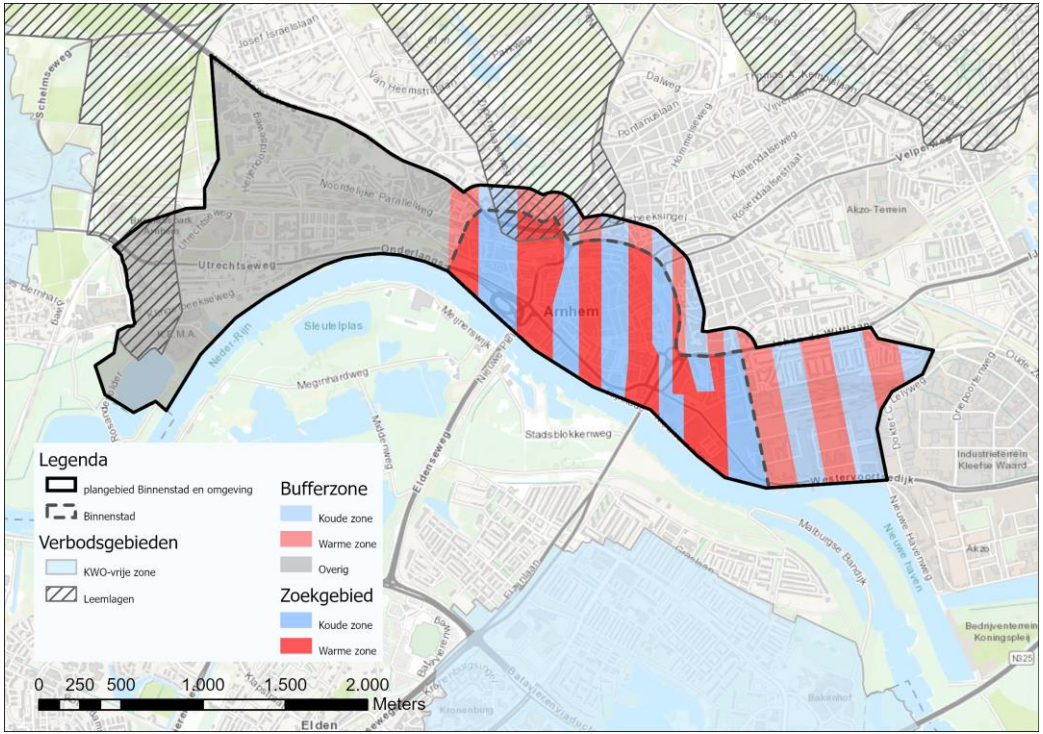
*Aquifer thermal energy storage
** Berekening o.b.v. vollasturen i.c.m. aquifer efficiëntie
*** Midden temperatuur afgifte <=70 graden

Berekening geothermie

Omschrijving	Hele regio	Aandeel Arnhem	Bron
Percentage Arnhem van regio	100%	22%	Zie rechts
Diepe geothermie (alles sectoren)	6700	1492.8	EBN
Diepe geothermie (enkel gebouwde omgeving)	600	133.7	EBN
Ondiepe geothermie	500	111.4	EBN

Gemeente	Inwoners
Arnhem	159267
Berg en Dal	34798
Beuningen	25882
Doesburg	11148
Druten	18797
Duiven	25332
Heumen	16486
Lingewaard	46475
Nijmegen	176731
Overbetuwe	47543
Renkum	31300
Rheden	20004
Rozendaal	1654
Westervoort	14944
Wijchen	40951
Zevenaar	43488

Uit de verkenning van de Gemeente Arnhem blijkt het gebied ten noorden van de Rijn de meest geschikte locatie voor WKO's



Overige eigenschappen van warmtebronnen [1/4]

Warmtebron	Inzetbaarheid voor piekvoorziening	Eigenaar van de bron	Leveringszekerheid
	Geen van onderstaande warmtebronnen is echt geschikt als piekvoorziening. Gasketels (al dan niet gestookt met duurzame gassen) zijn veel geschikter. *Twee belangrijke factoren die bepalen in hoeverre een bron geschikt is om in te zetten als piekvoorziening zijn de mate van stuurbaarheid van de bron en kosten van vermogen (prijs per kW)*	*Voor veel bronnen is er geen evidente eigenaar van de warmte zelf en is de eigenaar van de installatie die de warmte wint eigenaar van deze warmte. Wel kan het zijn dat het terrein waarop de warmte wordt gewonnen weer van een andere partij is. Hierover dienen afspraken gemaakt te worden.*	*In tegenstelling tot duurzame elektriciteit zijn duurzame warmtebronnen maar weinig afhankelijk van het weer en hebben ze daardoor een relatief hoge leveringszekerheid. Diversiteit aan bronnen en een back-up voorziening kunnen de gevoeligheid voor eventuele problemen bij warmtebronnen opvangen.*
Restwarmte huidige leveranciers	Gemiddeld: Stuurbaarheid laag want afhankelijk van productieprocessen; prijs per kW relatief laag wat bijdraagt aan geschiktheid	De producent van de restwarmte. Door ophaalrecht (in nog vast te stellen Warmtewet II) moet geloosde restwarmte wel verplicht beschikbaar gesteld worden aan een warmtebedrijf.	Middel tot hoog, eigenaren van de warmtebronnen zijn grote professionele partijen die in langlopende contracten afspraken maken over leveringszekerheid. Echter kunnen storingen en onderhoud afdoen aan leveringszekerheid. Op langere termijn groeit onzekerheid omdat bedrijven failliet kunnen gaan en dan niet meer aan contract kunnen voldoen.
Kleinschalige restwarmte	Gemiddeld: Stuurbaarheid laag want afhankelijk van productieprocessen; prijs per kW relatief laag wat bijdraagt aan geschiktheid		Middel, bij kleinere partijen is het risico op storingen vermoedelijk hoger al is dit sterk afhankelijk van het type partij. Op langere termijn groeit onzekerheid omdat bedrijven failliet kunnen gaan en dan niet meer aan contract kunnen voldoen.

Overige eigenschappen van warmtebronnen [2/4]

Warmtebron	Inzetbaarheid voor piekvoorziening	Eigenaar van de bron	Leveringszekerheid
	Geen van onderstaande warmtebronnen is echt geschikt als piekvoorziening. Gasketels (al dan niet gestookt met duurzame gassen) zijn veel geschikter. *Twee belangrijke factoren die bepalen in hoeverre een bron geschikt is om in te zetten als piekvoorziening zijn de mate van stuurbaarheid van de bron en kosten van vermogen (prijs per kW)*	*Voor veel bronnen is er geen evidente eigenaar van de warmte zelf en is de eigenaar van de installatie die de warmte wint eigenaar van deze warmte. Wel kan het zijn dat het terrein waarop de warmte wordt gewonnen weer van een andere partij is. Hierover dienen afspraken gemaakt te worden.*	*In tegenstelling tot duurzame elektriciteit zijn duurzame warmtebronnen maar weinig afhankelijk van het weer en hebben ze daardoor een relatief hoge leveringszekerheid. Diversiteit aan bronnen en een back-up voorziening kunnen de gevoeligheid voor eventuele problemen bij warmtebronnen opvangen.*
Diepe geothermie	Relatief hoog: stuurbaarheid relatief hoog, prijs per kW laag wat bijdraagt aan geschiktheid	Geen natuurlijke eigenaar, afhankelijk van afspraken die gemaakt worden.	Hoog, maar afhankelijk van type broneigenaar (bv. of dit een publieke of private partij is).
Ondiepe geothermie			Hoog, sterk afhankelijk van broneigenaar. Naarmate aandeel hernieuwbaar in elektriciteitsmix toeneemt kan elektriciteit op bepaalde momenten wel zeer kostbaar zijn.

Overige eigenschappen van warmtebronnen [3/4]

Warmtebron	Inzetbaarheid voor piekvoorziening	Eigenaar van de bron	Leveringszekerheid
	Geen van onderstaande warmtebronnen is echt geschikt als piekvoorziening. Gasketels (al dan niet gestookt met duurzame gassen) zijn veel geschikter. *Twee belangrijke factoren die bepalen in hoeverre een bron geschikt is om in te zetten als piekvoorziening zijn de mate van stuurbaarheid van de bron en kosten van vermogen (prijs per kW)*	*Voor veel bronnen is er geen evidente eigenaar van de warmte zelf en is de eigenaar van de installatie die de warmte wint eigenaar van deze warmte. Wel kan het zijn dat het terrein waarop de warmte wordt gewonnen weer van een andere partij is. Hierover dienen afspraken gemaakt te worden.*	*In tegenstelling tot duurzame elektriciteit zijn duurzame warmtebronnen maar weinig afhankelijk van het weer en hebben ze daardoor een relatief hoge leveringszekerheid. Diversiteit aan bronnen en een back-up voorziening kunnen de gevoeligheid voor eventuele problemen bij warmtebronnen opvangen.*
TEO	Middel tot laag, bron is redelijk stuurbaar maar te snel warmte onttrekken uit WKO is niet mogelijk; prijs per kW hoog wat bron minder geschikt maakt.	Geen eigenaar, de warmte is eigendom van degene die de warmte onttrekt. Voor het brengen van water in of het onttrekken van water uit een oppervlaktewaterlichaam is het waterschap bevoegd gezag voor vergunningverlening[1].	Hoog, afhankelijk van eigenaar van installatie (bv. of dit een publieke of private partij is). Naarmate aandeel hernieuwbaar in elektriciteitsmix toeneemt kan elektriciteit op bepaalde momenten wel zeer kostbaar zijn.
TEA		Er bestaat (voor zover bekend) geen jurisprudentie over het eigendom van warmte uit afvalwater[2]. Het is daarom van belang om goede afspraken te maken tussen warmte-aanbieder en de leverancier.	
Riothermie			

[1] IF (2018): Thermische Energie uit Oppervlaktewater – Business case "Harderweide" Harderwijk
2 Stowa (2018): Handreiking aquathermie

Overige eigenschappen van warmtebronnen [4/4]

Warmtebron	Inzetbaarheid voor piekvoorziening	Eigenaar van de bron	Leveringszekerheid
	Geen van onderstaande warmtebronnen is echt geschikt als piekvoorziening. Gasketels (al dan niet gestookt met duurzame gassen) zijn veel geschikter. *Twee belangrijke factoren die bepalen in hoeverre een bron geschikt is om in te zetten als piekvoorziening zijn de mate van stuurbaarheid van de bron en kosten van vermogen (prijs per kW)*	*Voor veel bronnen is er geen evidente eigenaar van de warmte zelf en is de eigenaar van de installatie die de warmte wint eigenaar van deze warmte. Wel kan het zijn dat het terrein waarop de warmte wordt gewonnen weer van een andere partij is. Hierover dienen afspraken gemaakt te worden.*	*In tegenstelling tot duurzame elektriciteit zijn duurzame warmtebronnen maar weinig afhankelijk van het weer en hebben ze daardoor een relatief hoge leveringszekerheid. Diversiteit aan bronnen en een back-up voorziening kunnen de gevoeligheid voor eventuele problemen bij warmtebronnen opvangen.*
Zonthermie (inclusief opslagvat)	Relatief hoog: bron redelijk stuurbaar maar te snel onttrekken uit opslagvat niet mogelijk; prijs per kW laag wat bijdraagt aan geschiktheid.	Eigenaar van installatie is eigenaar van de warmte.	Hoog door opslagvat. Zonder opslag zeer laag.
Collectieve warmtepomp	Relatief hoog: bron zeer goed stuurbaar; prijs per kW relatief laag wat bijdraagt aan geschiktheid.	Eigenaar van installatie is eigenaar van de warmte.	Hoog. Maar naarmate aandeel hernieuwbaar in elektriciteitsmix toeneemt kan elektriciteit op bepaalde momenten wel zeer kostbaar zijn.

Gebruikte bronnen

Potenties:

RVO: Warmteatlas

Interviews met: Vattenfall, AVR, Veolia, Bakkerij Hilvers, EBN, Accsys

Berenschot (2018): Position paper zonnewarmte

EBN: WARM regio Arnhem Nijmegen

Debiet rioolgemalen Arnhem: Ronald Bos (Gemeente Arnhem)

Rendement warmteopslag - midden-temperatuur aquifier thermal energy storage (MTO ATES): IF Technology (2014); CE Delft (2020)

Prijs, investeringskosten en standaardomvang

PBL: SDE++ 2021

Ontwikkeltijd:

CE Delft: Factsheet warmte

Duurzaamheid:

CE Delft: Ketenemissies warmtelevering

PBL: SDE ++ 2021 (Voor sCOP warmtepompen)



Berenschot

www.berenschot.nl
/berenschot

Berenschot

Scenario's voor warmtenetontwikkeling

Bijlage 3: Achtergrond scenario's

Scenario's voor warmtenetten in Arnhem

De totale warmtevraag voor tapwater en verwarming binnen de gebouwde omgeving van de gemeente Arnhem bedraagt zo'n 5.700 Terajoule (TJ) en 4.300 TJ wanneer geïsoleerd tot gemiddeld label B[1], een gedeelte van deze warmtevraag is reeds op warmtenetten aangesloten. Voor de overige woning is het de vraag op welke manier deze het beste verduurzaamd kunnen worden. In deze bijlage is inzichtelijk gemaakt op welke manier scenario's zijn ontwikkeld om inzichtelijk te maken waar warmtenetten in de toekomst mogelijk de beste oplossing zijn om woningen en gebouwen te verduurzamen.

Deze bijlage is als volgt opgebouwd

1. Toelichting onzekerheid 1: beschikbaarheid van nieuwe warmtebronnen
2. Toelichting onzekerheid 2: prijsontwikkeling warmte t.o.v. alternatieven
3. Combinatie onzekerheden vormt 4 scenario's
4. Toelichting per scenario (4x)
5. Scenario's gezamenlijk

[1] Op basis gemiddelde aardgas verbruiken per buurt van het CBS gecorrigeerd voor kookgas en graaddagen. Utiliteiten zijn bepaald op basis van vloeroppervlakte en kentallen voor warmteverbruik per type utiliteit en bouwjaar. Isolatie tot schillabel B levert een besparing van 27% op, op basis van Vesta MAIS (startanalyse model) besparingsaannames.

Onzekerheid in de beschikbaarheid van nieuwe warmtebronnen

A. **Onzekerheid in de beschikbaarheid van nieuwe warmtebronnen**

De warmtebronnenanalyse laat zien dat de aanwezigheid van nieuwe warmtebronnen richting de toekomst onzeker is. Dit is een omvangrijke onzekerheid met een zeer grote impact op een eventuele potentiële omvang van het warmtenet in Arnhem. Deze onzekerheid is daarom mee genomen in de het formuleren van de scenario's voor het toekomstige warmtenet in Arnhem. Hierbij is de huidige warmteproductie vanuit AVR in alle scenario's meegenomen (zie ook pagina 11). Vervolgens is een splitsing gemaakt in de meer zekere en onzekere warmte vanuit de warmtebronnen analyse. Dit leidt tot de volgende twee uitersten:

1. In de toekomst zijn er **enkele** nieuwe warmtebronnen. In deze situatie wordt uit gegaan van de bestaande warmtebronnen met daarbij additioneel een beperkte ingroei van nieuwe warmtebronnen die met redelijke zekerheid ontwikkelt kunnen worden. De uitrol van deze bronnen betreft een keuze.
2. In de toekomst zijn er **veel** nieuwe warmtebronnen. In deze situatie wordt uit gegaan van de bestaande warmtebronnen met daarbij additioneel een ingroei van veel nieuwe warmtebronnen. Overeenkomstig met niet alleen de onzekere bronnen uit de warmtebronnen analyse maar ook het meer onzekere potentieel.

Hoe het onderscheid tussen zeker en onzekere bronnen wordt gemaakt staat beschreven in bijlage 2.

Beschikbaarheid van warmte in variant 1: In de toekomst zijn er **enkele** nieuwe warmtebronnen.

- AVR: 1400 TJ
- Geothermie: 130 TJ
- Aquathermie: 1370 TJ
- Zonnewarmte: 0 TJ
- Overige restwarmte: 70 TJ

2910 TJ

Beschikbaarheid van warmte in variant 2: In de toekomst zijn er **veel** nieuwe warmtebronnen.

- AVR: 2690 TJ
- Geothermie: 1500 TJ
- TEO en TEA: zeer veel TJ
- Zonnewarmte: 320 TJ
- Overige restwarmte: 130 TJ

> 6000 TJ

Beschikbare warmte per scenario afhankelijk van technische onzekerheid

In deze slides wordt kort toegelicht hoe het onderscheid tussen de potenties van verschillende bronnen in verschillende scenario's precies is gemaakt.

De hoeveelheid warmte die een warmtebron in de toekomst kan leveren is onzeker. Echter is de beschikbaarheid van duurzame warmte wel zeer bepalend voor het ontwikkelen van een warmtenetstrategie. Daarom is ervoor gekozen om deze onzekerheid één van de assen te maken in de scenariovorming.

De betreffende as waarover dit gaat is de volgende:



Warmte die al beschikbaar is óf waar je redelijkerwijs op dit moment voor kan kiezen valt onder de linker kant van de as. Warmte waarvan het technisch nog onzeker is of deze beschikbaar zal komen in de toekomst wordt ook mee genomen aan de rechter kant.

Ter illustratie: potentie restwarmte AVR en Veolia

Zowel de AVR als Veolia kunnen hun restwarmtelevering aan het huidige warmtenet uitbreiden, bijvoorbeeld door de warmte die nu gebruik wordt voor elektriciteitsproductie in te zetten voor warmtelevering aan de gebouwde omgeving. Dit is een keuze, en wordt dus ook in de linker scenario's (*In de toekomst zijn er **enkele** nieuwe warmtebronnen)* meegenomen.

Zowel AVR als Veolia geven aan te kijken naar warmteopslag in aquifiers in de ondergrond. Voor hogere temperaturen zijn dit nog innovatieve technieken die zeer beperkt worden toegepast. Of dit mogelijk is, is dus een onzekerheid. De extra warmte die deze opslagsystemen zouden opleveren wordt dus enkel in de rechter scenario's (*In de toekomst zijn er enkele **veel** warmtebronnen)* meegenomen.

	Scenario's met enkele nieuwe warmtebronnen	Scenario's met veel nieuwe warmtebronnen
Beschikbare restwarmte	1470 TJ	2820 TJ

Onzekerheid in de prijsontwikkeling van warmte t.o.v. individuele opties

B. Onzekerheid in de prijsontwikkeling van de toepassing van warmte(bronnen) t.o.v. individuele opties



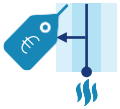
Hiermee wordt de onzekerheid in de prijs van warmte t.o.v. individuele opties op elektriciteit en groen gas geadresseerd.

In de warmtevraaganalyse is een vergelijking gemaakt tussen warmtenetten (MT en LT), all-electric en hybride warmtepompen op groen gas. De kost voor de toepassing van deze opties zijn naast elkaar geplaatst. Echter de aannames voor de prijs van warmte, hybride met groen gas, en all-electric zijn onzeker richting de toekomst. Wellicht dat warmtebronnen duurder of juist goedkoper uitpakken. Ook de aanleg van het warmtenet kan in prijs anders uitvallen. Daarnaast kunnen juist ook de alternatieven nog goedkoper worden. In de vraaganalyse is al enigszins rekening gehouden met verwachte veranderingen in prijs. Echter gezien het lokale karakter van warmte en de grote onzekerheid in de prijs van warmte voor verschillende type bronnen is het wenselijk dit als onzekerheid mee te nemen.

Eén van de alternatieven, namelijk hybride warmtepompen met groen gas is eigenlijk altijd de goedkoopste optie. Echter de beschikbaarheid van groen gas richting de toekomst (zeer) is beperkt dus dit kan niet overal zonder meer ingezet worden*. Daarom heeft het de voorkeur om in die gevallen waar het prijsverschil tussen een warmtenet en de hybride warmtepomp klein is, toch voor een warmtenet te gaan. Wanneer de hybride warmtepomp echter veel goedkoper is, is het kostentechnisch wenselijker om voor de hybride optie te kiezen.

De assen om de onzekerheid in de prijsontwikkeling van warmte t.o.v. individuele opties te wegen is op de volgende twee manieren meegenomen (zie bijlage voor verdere duiding):

1. De prijs van de toepassing van warmtebronnen t.o.v. individuele opties ontwikkelt zich op zo'n manier dat warmte **relatief goedkoper** wordt. Hierbij hanteren we de volgende twee vuistregels:
   - Daar waar all-electric nu tot **5% goedkoper** is dan warmtenetten, worden woningen toch op een warmtenet aangesloten. Dit komt doordat we verwachten dat warmte goedkoper gaat worden of de alternatieven duurder.
   - Daar waar hybride warmtepompen tot **15% goedkoper** zijn, worden woningen toch op een warmtenet aangesloten.



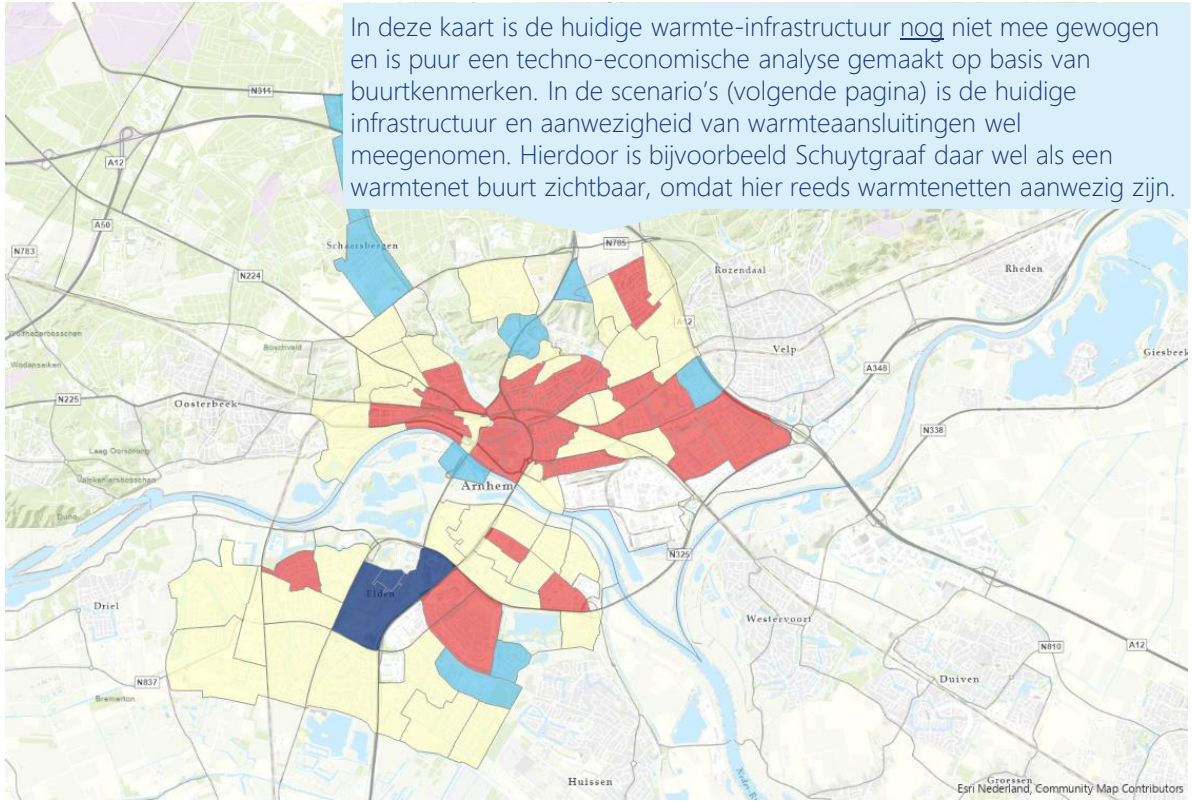
2. De prijs van de toepassing van warmtebronnen t.o.v. individuele opties ontwikkelt zich op zo'n manier dat warmte **relatief duurder** wordt. Hierbij hanteren we de volgende twee vuistregels:
   - Er wordt alleen voor een warmtenet gekozen als deze (meer dan) **5% goedkoper** is dan all-electric.
   - Daar waar hybride warmtepompen tot **5% goedkoper** zijn, worden woningen toch op een warmtenet aangesloten.



* Kamerbrief: Routekaart Groen Gas, 30 maart 2020; Berenschot, Kalavasta, Klimaatneutrale energiescenario's 2050 (2020) ; VEH, Wat stoppen met aardgas kost, Kostenoverzicht per woningtype en energielabel.

Prijs van alternatieven voor veel buurten dicht bij elkaar

In deze kaart is de huidige warmte-infrastructuur nog niet mee gewogen en is puur een techno-economische analyse gemaakt op basis van buurtkenmerken. In de scenario's (volgende pagina) is de huidige infrastructuur en aanwezigheid van warmteaansluitingen wel meegenomen. Hierdoor is bijvoorbeeld Schuytgraaf daar wel als een warmtenet buurt zichtbaar, omdat hier reeds warmtenetten aanwezig zijn.



Warmtenet ook bij ongunstige prijsontwikkeling het goedkoopste
- Warmtenet meer dan 5% goedkoper dan all-e
- Hybride warmtepomp max. 5% goedkoper dan warmtenet

All-electric ook bij gunstige prijsontwikkeling warmte het goedkoopste
- All-electric meer dan 5% goedkoper dan warmte
- Hybride warmtepomp max. 15% goedkoper dan warmte

Hybride warmtepomp meer dan 15% goedkoper dan warmtenet en all-electric

Onbekend
Kosten warmteoplossingen dicht bij elkaar

Let op! *Deze kaart toont slechts de 'ruwe' uitkomsten van de vraaganalyse. Zaken zoals het bestaande warmtenet, lopende gebiedsontwikkelingen en andere uitgangspunten zijn hier nog niet in meegenomen.*

Uit combinatie van onzekerheden volgen vier scenario's

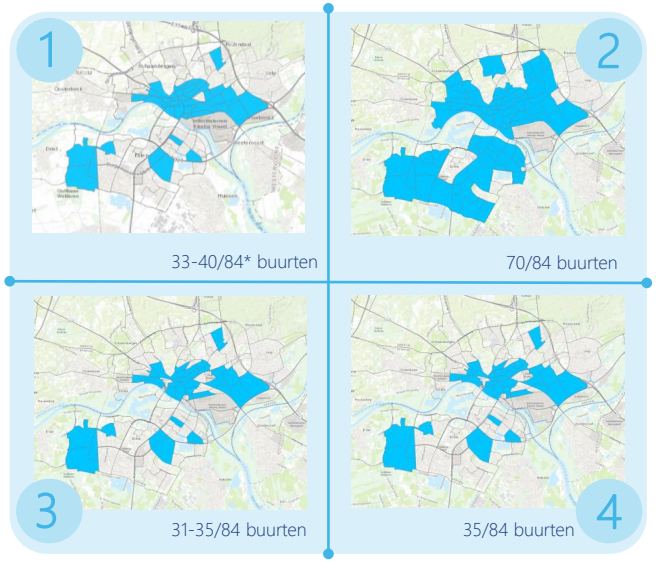
Vier scenario's

Prijsontwikkeling van warmte (bronnen) t.o.v. individuele opties is **gunstig** voor warmte

- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **gunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er zijn echter kunnen echter **maar enkele** nieuwe warmtebronnen worden ontwikkeld.

In de toekomst zijn er **enkele** nieuwe warmtebronnen

- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **ongunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen bovendien **maar enkele** nieuwe warmtebronnen worden ontwikkeld.



- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **gunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen bovendien **veel nieuwe warmtebronnen** worden ontwikkeld.

In de toekomst zijn er **veel** nieuwe warmtebronnen

- Prijs van warmtebronnen ontwikkelt zich **ongunstig** t.o.v. individuele opties.
- Er kunnen echter **veel nieuwe warmtebronnen** worden ontwikkeld.

Prijsontwikkeling van warmte (bronnen) t.o.v. individuele opties is **ongunstig** voor warmte

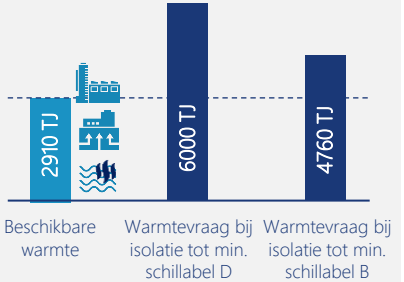
* Arnhem kent 83 buurten. Echter, vanwege de grote verschillen in type bebouwing in Rijkerswoerd-Oost is deze buurt opgeknipt in 2 delen.

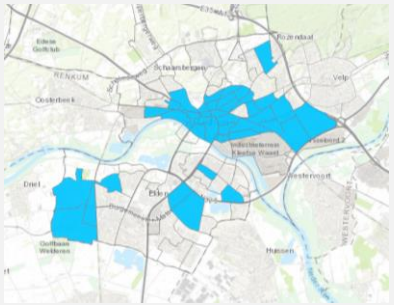
Scenario 1: Warmte wordt relatief goedkoper maar er kunnen slechts enkele nieuwe bronnen worden ontwikkeld

In dit scenario ontwikkelt de prijs van warmte zich op zo'n manier dat deze lager wordt ten opzichte van individuele oplossingen. Er worden maar enkele nieuwe warmtebronnen gevonden, waardoor met name bestaande bronnen gebruikt worden. De hoeveelheid beschikbare warmte is daarom limiterend voor verdere uitbreiding.

Het gevolg is dat 33-40 van de 84 buurten in Arnhem op een warmtenet kunnen worden aangesloten wat bijna de helft van het totaal aantal buurten zou zijn. Of dit 33 of 40 buurten zijn, hangt af van de mate van isolatie en welke verbeterslag hierin wordt gemaakt. Als woningen van vóór 1965 tot schillabel D worden geïsoleerd (minimaal verondersteld voor een 70 graden warmtenet*), dan kunnen 33 buurten worden aangesloten. Dit aantal stijgt naar 40 buurten als alle woningen minimaal schillabel B krijgen. Het net wordt met name door de AVR en de RWZI gevoed. Het net wordt op 70 graden geopereerd, hierdoor zouden de nieuwe duurzame bronnen die ontsloten kunnen worden, ook kunnen invoeden op het net. Gezien de aanwezigheid van AVR bestaat de mogelijkheid ook een gedeelte van het warmtenet op 90 graden te opereren.

33 tot 40 buurten (waarvan 24 tot 31 bovenop het bestaande warmtenet) van de totale 84 buurten op warmtenet





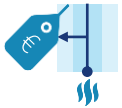
* Expertise Centrum Warmte - Handreiking voor lokale analyse - versie 3 september 2020

Scenario 2: Warmte wordt relatief goedkoper en er kunnen meerdere nieuwe bronnen worden ontwikkeld

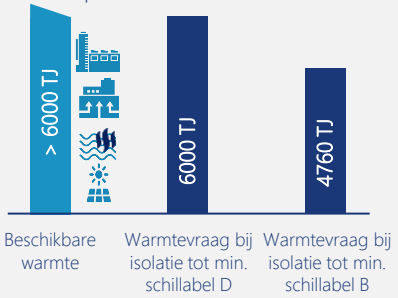
In dit scenario ontwikkelt de prijs van warmte zich op zo'n manier dat deze lager wordt ten opzichte van individuele oplossingen. Er worden bovendien meerdere warmtebronnen gevonden die aangesloten kunnen worden op het net. Met voldoende bronnen en een relatief lage warmteprijs t.o.v. alternatieven is de match met de warmtevraag limiterend voor verdere uitbreiding.

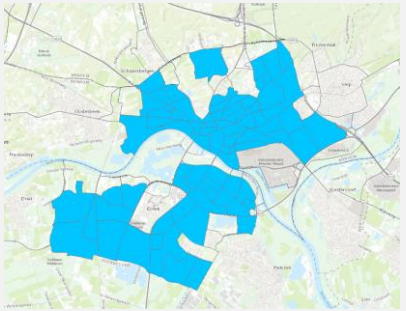
Het gevolg is dat 70 van de 84 buurten in Arnhem op een warmtenet worden aangesloten wat ongeveer 80% van het totaal aantal buurten zou zijn . Deze warmte kan afkomstig zijn uit de AVR, diepe geothermie en aquathermie (TEO en TEA), afhankelijk van de ontwikkelingen van die bronnen. Dit betekent dat alle woningen die nog niet aan Label D (vóór 1970) voldoen ten minste naar label D of verder dienen te isoleren. Hoe verder woningen geïsoleerd worden, des te minder bronnenontwikkeling er nodig is. Door de diversiteit in warmtebronnen ontstaat er potentieel keuze in bronnen en minder afhankelijkheid van AVR.





70 buurten (waarvan 60 bovenop het bestaande warmtenet) van de totale 84 buurten op warmtenet





Scenario 3: Warmte wordt relatief duurder en er kunnen slechts enkele nieuwe bronnen worden ontwikkeld

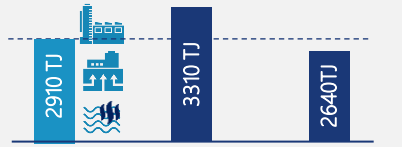
In dit scenario ontwikkelt de prijs van warmte zich op zo'n manier dat deze duurder wordt ten opzichte van individuele oplossingen. Er worden bovendien slechts enkele warmtebronnen gevonden die aangesloten kunnen worden op het net. De warmteprijs t.o.v. alternatieven is in dit geval limiterend voor verdere uitbreiding.

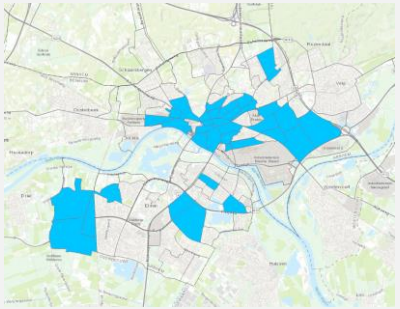
Het gevolg is dat 31-35 van de 84 buurten in Arnhem op een warmtenet kunnen worden aangesloten wat ongeveer 40% van het totaal aantal buurten zou zijn.

Of dit 31 of 35 buurten zijn, hangt af van de mate van isolatie en welke verbeterslag hierin wordt gemaakt. Als woningen van vóór 1965 tot schillabel D worden geïsoleerd (minimaal verondersteld voor een 70 graden warmtenet*), dan kunnen 31 buurten worden aangesloten en dit aantal stijgt naar 35 buurten als alle woningen minimaal schillabel B krijgen.

Het net wordt met name door de AVR en RWZI gevoed waardoor de temperatuur in het grootste deel van het net op termijn 70 graden is. Hierdoor zouden de nieuwe duurzame bronnen die ontsloten kunnen worden, ook kunnen invoeden op het warmtenet. Dit betekent dat alle woningen die nog niet aan Label D (vóór 1970) voldoen ten minste naar label D of verder dienen te isoleren. Door beperkte beschikbaarheid aan bronnen is er sterke afhankelijkheid van de AVR. Gezien de aanwezigheid van AVR bestaat de mogelijkheid ook een gedeelte van het warmtenet op 90 graden te opereren wat noodzaak voor isolatie voor aansluiting op het net in sommige wijken kan verminderen.

31 tot 35 buurten (waarvan 22 tot 26 bovenop het bestaande warmtenet) van de totale 84 buurten op warmtenet



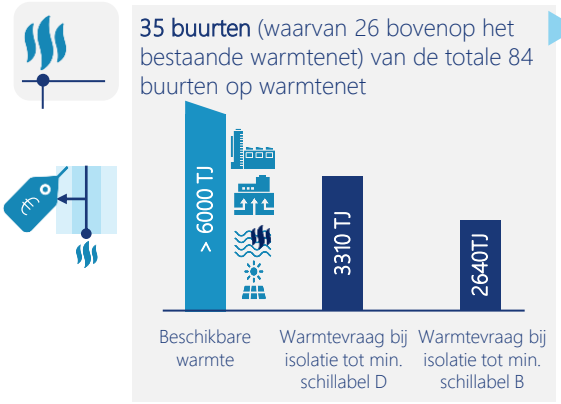


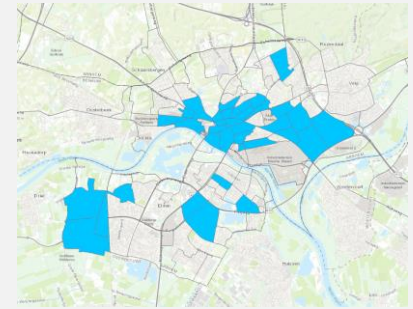
* Expertise Centrum Warmte - Handreiking voor lokale analyse - versie 3 september 2020

Scenario 4: Warmte wordt relatief duurder maar er kunnen meerdere nieuwe bronnen worden ontwikkeld.

In dit scenario ontwikkelt de prijs van warmte zich op zo'n manier dat deze duurder dan individuele oplossingen. Er worden echter meerdere warmtebronnen gevonden die aangesloten kunnen worden op het net. De prijs van warmte t.o.v. alternatieven is dan ook limiterend voor verdere uitbreiding.

Het gevolg is dat 35 van de 84 buurten in Arnhem op een warmtenet worden aangesloten wat ongeveer 40% van het totaal aantal buurten zou zijn. Deze warmte kan afkomstig zijn uit de AVR, diepe geothermie en aquathermie (TEO en TEA), zonnewarmte etc. afhankelijk van de ontwikkelingen van die bronnen. Dit betekent dat alle woningen die nog niet aan Label D (vóór 1970) voldoen ten minste naar label D of verder dienen te isoleren. Hoe verder woningen geïsoleerd worden, des te minder bronnenontwikkeling er nodig is. Door de diversiteit aan potentiële bronnen in verhouding tot de relatief beperkte vraag naar warmte is er keuze in de in te zette bronnen.







Berenschot

www.berenschot.nl
/berenschot

Berenschot

Overzicht van betrokken stakeholders in ontwikkeling warmtenetstrategie

Bijlage 4 - betrokken stakeholders

Betrokken stakeholders (in interviews en/of workshops)

- Gemeente Arnhem
- Firan
- Liander
- Vattenfall
- Woningcorporaties:
  - Volkshuisvesting
  - Vivare
  - Portaal
- Energiecorporaties en wijkinitiatieven
  - Rijn en Ijssel
  - Hoogkamp Energie
- AVR
- Veolia
- Accys
- Bakkerij Hilvers
- EBN



Berenschot

www.berenschot.nl
/berenschot

Berenschot

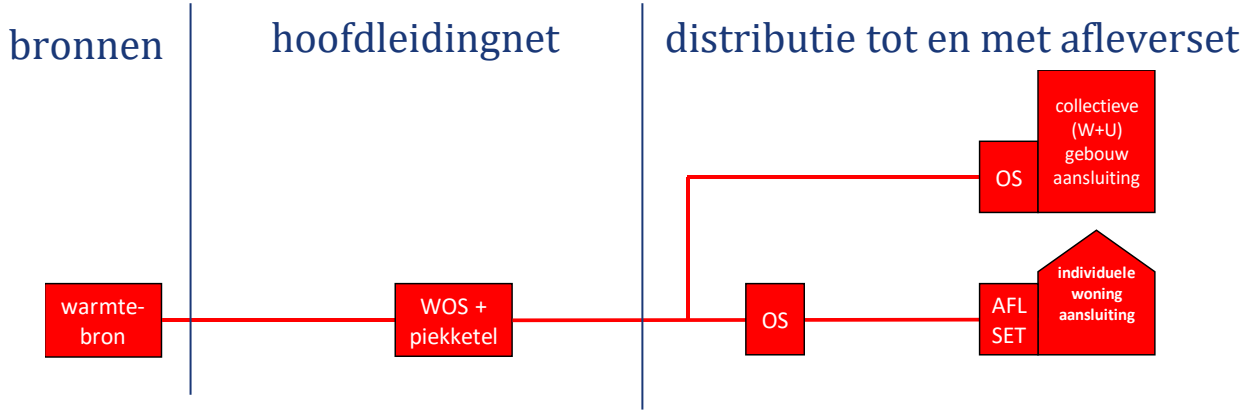
innoforte
DHC in control

Verdieping: warmtenettracés en kosten

Bijlage 5 - verkenning tracés en kosten

Strategie infrastructuur warmte

De bronnenstrategie geeft inzicht in de aard van de mogelijke warmtebronnen in 2050 qua locatie, duurzaamheid en temperatuur. Vanwege de onzekerheden in de daadwerkelijke ontwikkelmogelijkheden en de kosten van deze bronnen in de toekomst, zijn meerdere eindscenario's geschetst. De scenario's 2 en 3 gaan we in dit hoofdstuk op een logische manier koppelen aan de bronnen. Het doel is om consistente situaties te schetsen welke bronnen en welke buurten in 2050 via een warmtenet aan elkaar worden verbonden. Het warmtenet bestaat uit de volgende onderdelen:



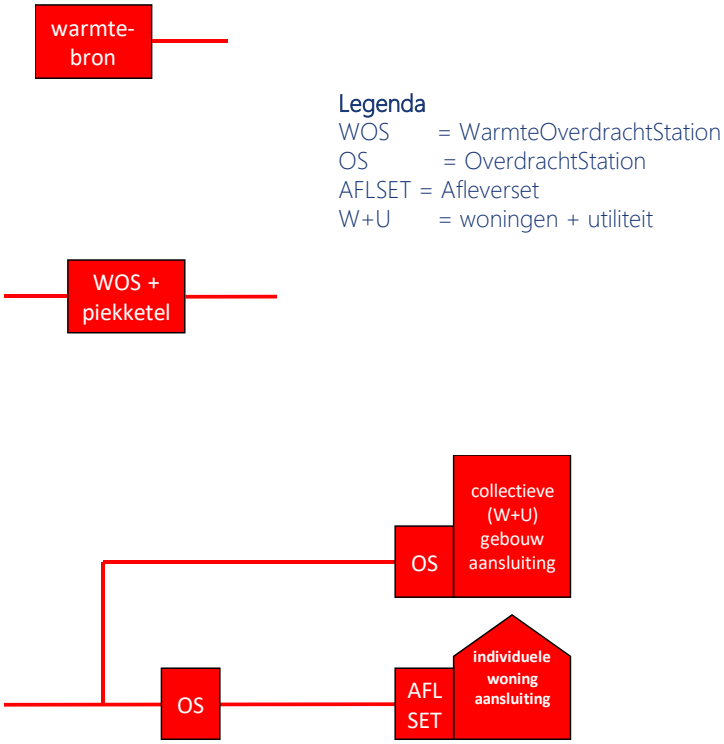
Legenda
WOS = WarmteOverdrachtStation
OS = OverdrachtStation
AFLSET = Afleverset
W+U = woningen + utiliteit

De onderdelen van de infrastructuur

De **warmtebronnen** bestaan uit de duurzame warmtebronnen die verantwoordelijk zijn voor de zogenaamde basislastlevering. Dit is circa 30% van het gevraagde piekvermogen.

Het **hoofdleidingnet**, ook wel back bone genoemd, bestaat uit een transportleiding, een hoofdaansluiting naar een buurt en een WOS (Warmte-Overdracht-Station). De veelal hogere aanvoertemperatuur in de hoofdtransportleiding wordt hier omlaag gebracht naar het temperatuurregime van de warmtelevering: 70/40°C. Bij een WOS is ook vaak de piekvoorziening opgenomen. Op dit moment zijn dit veelal aardgasgestookte ketels. In de toekomst zal dit een biogas/biodieselketel of een E-boiler zijn, op sommige plekken is dit nu al het geval ook in Arnhem.

Het laatste gedeelte is genoemd: "**distributie tot en met afleverset**". Het bevat de distributieleidingen in de wijk, een OS (overdrachtstation) dat voor een groep woningen of voor collectieve gebouwaansluiting (woningen of utiliteit) zorgt voor een waterzijdige scheiding(een apart gesloten watercircuit tussen een OS en de aangesloten gebouwen, gescheiden van het hoofdleidingnet).



Vertaling van de warmtestrategie naar de infrastructuur: temperatuur

De schetsen van het warmtenet in 2050 zijn gebaseerd op de huidige visie op duurzame verwarming in 2050. Natuurlijk zijn er nog veel onzekerheden met betrekking tot de ontwikkeling van de bronnen, de kosten en de mogelijke toekomstige alternatieven.

De projectie van de warmte infrastructuur op lange termijn (2050) is vooral bedoeld om richting te geven aan de groei van warmtenetten tot 2030. Het is immers de bedoeling dat groei van het warmtenet de komende 10 jaar past binnen een lange termijn visie. Dit ter reductie van de risico's op toekomstige capaciteitsproblemen enerzijds (te weinig transportcapaciteit) of op stranded assets anderzijds (te veel transportcapaciteit).

Een belangrijk thema bij de visie op de toekomstige hoofdinfrastructuur is het temperatuurregime. De diameter van een transportleiding kan binnen de perken worden gehouden door te kiezen voor een hoge aanvoertemperatuur. Op dit moment is de aanvoertemperatuur in het bestaande warmtenet in Arnhem in de winter maximaal circa 120°C. Dit past prima bij de AVI als warmtebron. We gaan voor deze visie ervan uit dat deze warmtebron ook in 2050 nog aanwezig zal zijn. Nieuwe warmtebronnen zoals TEA (RWZI) of TEO (oppervlaktewater) zullen echter niet op een dergelijke hoge temperatuur warmte kunnen leveren. We gaan daarom uit van een tweetal temperatuurregimes voor de hoofdinfrastructuur: HT met een aanvoertemperatuur van maximaal 120°C en MT met een maximale aanvoertemperatuur van 70°C. In de schetsten op de volgende pagina's zijn deze hoofdleidingen weergegeven in rood (HT) respectievelijk oranje (MT). In de distributienetten kan per wijk een temperatuurregime voor de levering aan de gebouwen worden gekozen. Uiteraard kan die niet hoger zijn dan het tempertuurregime in het transportnet. Gezien de gevoeligheid van met name oudere woningen voor de aanvoertemperatuur is in deze schetsen zoveel mogelijk HT warmte toebedeeld aan oudere gebouwen in het centrum van Arnhem.

Vertaling van de warmtestrategie naar de infrastructuur: koppeling netten

Er zijn twee warmtenetstrategieën gehanteerd als basis voor de geschetste infrastructuur: strategie 3 en strategie 4. Strategie 3 gaat uit van een groei met nieuwe warmtenetten (inclusief hoofdinfrastructuur) als losstaande ontwikkeling. Dat houdt in dat er in principe geen sprake is van één integraal warmtenet voor geheel Arnhem. Er is dan sprake van groei vanuit het huidige warmtenet en zijn huidige bronnen en daarnaast de ontwikkeling van nieuwe bronnen en andere, losstaande hoofdinfrastructuur voor andere uitbreidingsgebieden. Er is daarbij gestreefd naar maximale efficiëntie en minimale maatschappelijke kosten. Deze strategie 3 is ontwikkeld voor twee groeiscenario's: scenario 2 (beperkte groei) en scenario 3 (maximale groei). Zo zijn twee eindplaatjes ontstaan voor strategie 3. De investeringen zijn begroot conform de aangegeven indeling en weergegeven per WEQ (woning equivalent).

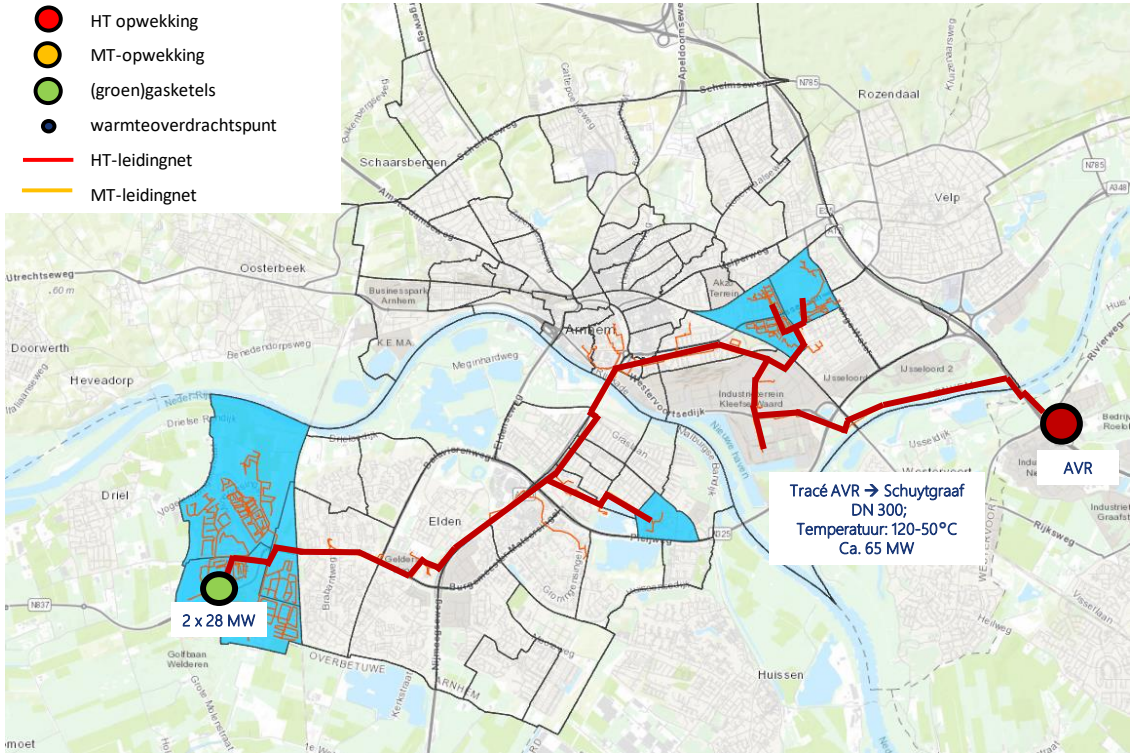
Strategie 4 gaat uit van één integraal geoptimaliseerd warmtenet voor Arnhem. Omdat de verdeling van de toekomstige bronnen op basis van laagste maatschappelijke kosten is geoptimaliseerd in strategie 3, is dezelfde koppeling van bronnen en buurten ook van toepassing bij strategie 4. Het verschil is echter dat hier de warmtenetten HT en MT zijn gekoppeld in de vorm van een warmteoverdrachtspunt. Het is hierdoor mogelijk om warmte te laten stromen van HT naar MT (via een warmtewisselaar) of andersom (via een warmtepomp). Hierdoor ontstaan meer mogelijkheden om warmte anders te alloceren over de stad of, in geval van calamiteiten, de leveringszekerheid te vergroten. Daarnaast biedt één warmtenet meer flexibiliteit voor de planning van de bronnen en de buurten indien de ontwikkelingen anders zullen verlopen dan aangenomen in deze analyse. Ook voor strategie 4 zijn de twee groeiscenario's ontwikkeld.

Huidige warmtenet

Buurtnaam	Buurtcode	Weq	pieklast (kW)	basislast (kW)
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	11.926	3.578
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	7.883	2.365
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	10.172	3.052
Totaal		**12.274**	**61.369**	**18.411**

De bovenstaande buurten zijn voor meer dan 50% aangesloten op het warmtenet. Naast deze buurten zijn nog meer gebouwen aangesloten op het warmtenet (bijvoorbeeld in het centrum en Kronenburg) die niet in dit overzicht zijn weergegeven.

Warmtebronnen:
- AVR
- Biodieselketels in Schuytgraaf : 2 x 28 MW .



2030-Strategie 3 (meerdere losstaande warmtenetten)

bron AVR

Buurtnaam	Buurtcode	Weq	pieklast (kW)	basislast (kW)
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	11.926	3.578
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	7.883	2.365
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	10.172	3.052
Uitbreiding buurten				
Weverstraat	BU02020101	2.666	13.329	3.999
Rijnstraat	BU02020102	2.031	10.154	3.046
Hommelstraat	BU02020210	1.433	7.163	2.149
Boulevardwijk	BU02020212	1.361	6.803	2.041
Middelgraaflaan e.o.	BU02021885	1.298	6.488	1.946
Kronenburg	BU02021990	2.701	13.504	4.051
Totaal AVR		**23.762**	**118.809**	**35.643**

nieuwe MT bron

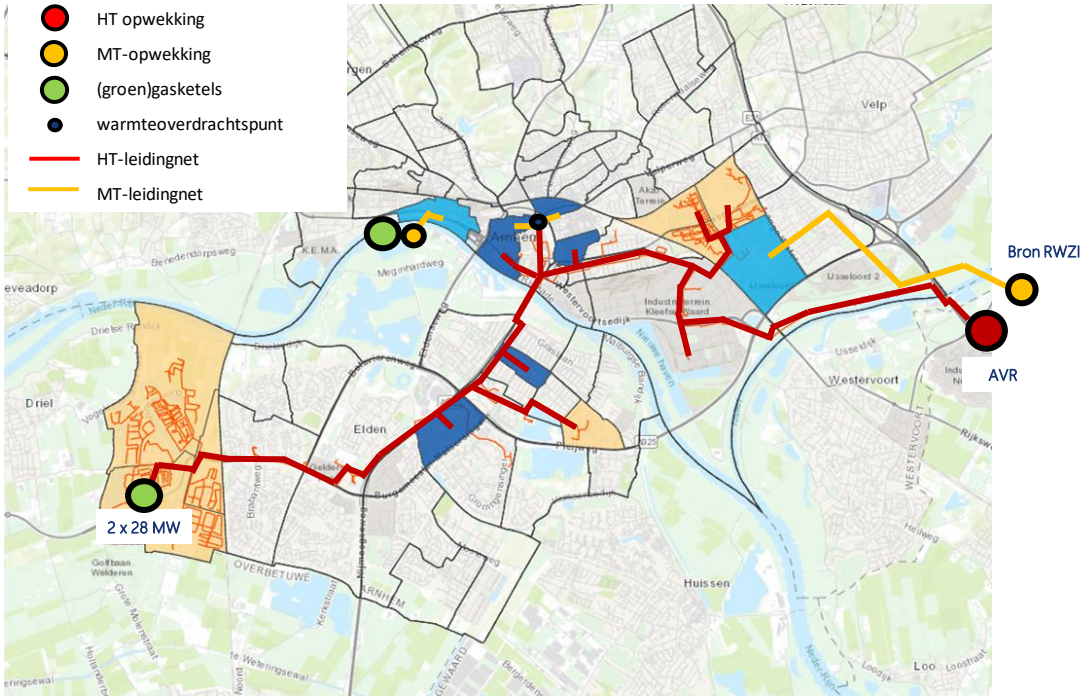
Buurtnaam	Buurtcode	Weq	pieklast (kW)	basislast (kW)
Presikhaaf III	BU02020425	3.495	17.476	5.243
Utrechtsestraat	BU02020170	1.821	9.107	2.732
Totaal MT bronnen		**5.317**	**26.583**	**7.975**

Totaal		**29.078**	**145.392**	**43.617**

Buurt heeft al warmtenet

Uitbreiding vanuit bestaande net

Warmtenet vanuit nieuwe bron



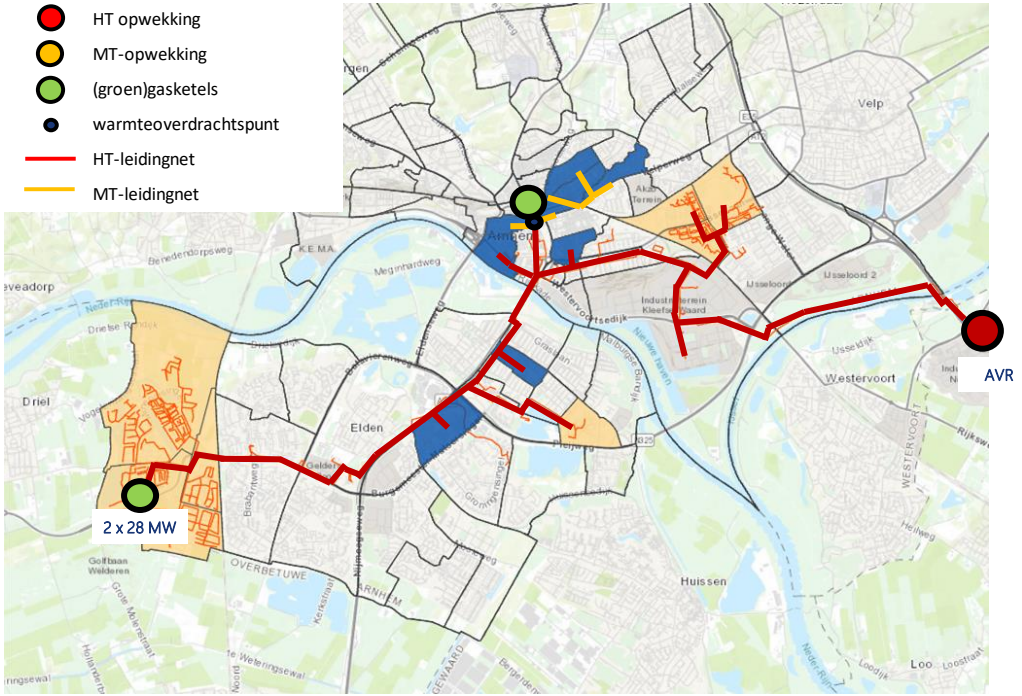
Berenschot

innoforte DHC in control

2030-Strategie 4 (integraal warmtenet)

bron AVR

Buurtnaam	Buurtcode	Weq	pieklast (kW)	basislast (kW)
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	11.926	3.578
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	7.883	2.365
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	10.172	3.052
Uitbreiding buurten				
Weverstraat	BU02020101	2.666	13.329	3.999
Rijnstraat	BU02020102	2.031	10.154	3.046
Hommelstraat	BU02020210	1.433	7.163	2.149
Boulevardwijk	BU02020212	1.361	6.803	2.041
Middelgraaflaan e.o.	BU02021885	1.298	6.488	1.946
Kronenburg	BU02021990	2.701	13.504	4.051
Klarendal-Zuid	BU02020732	1.455	7.276	2.183
Klarendal-Noord	BU02020733	1.477	7.385	2.216
Velperweg-Noord	BU02020840	2.655	13.277	3.983
Totaal AVR		**29.349**	**146.747**	**44.024**

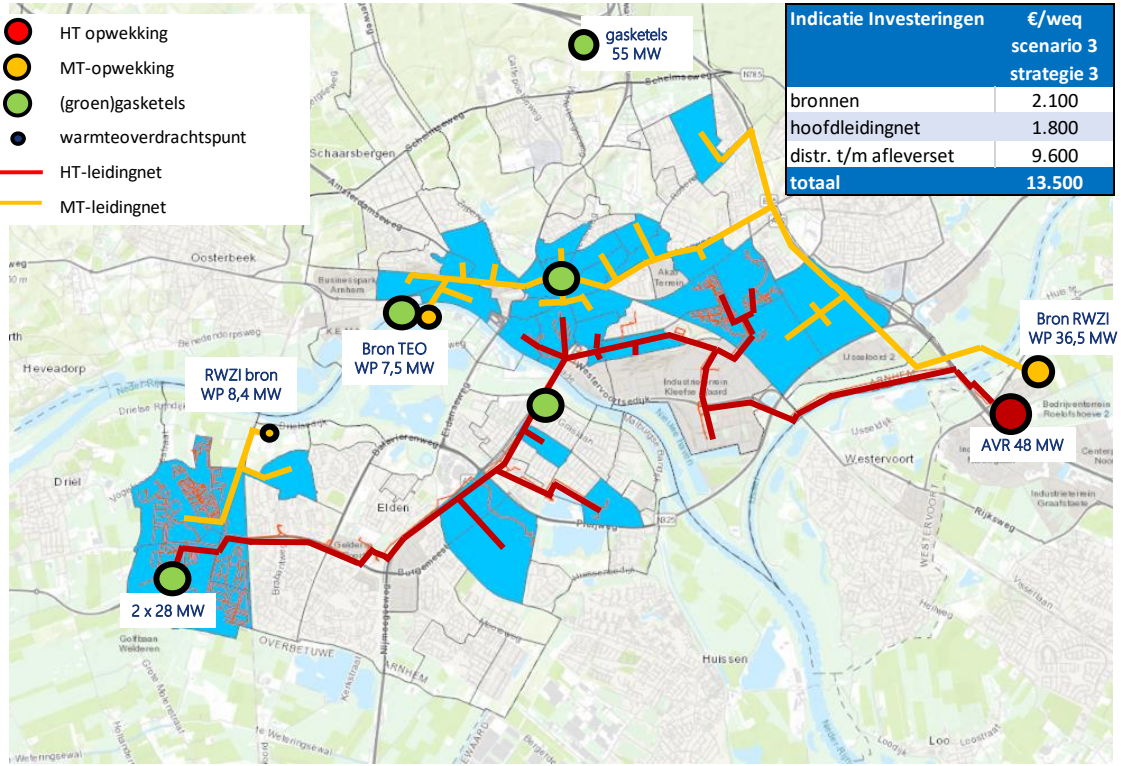


Buurt heeft al warmtenet

Uitbreiding vanuit bestaande net

Scenario 3 2050, strategie 3 (losstaande warmtenetten, beperkte groei)

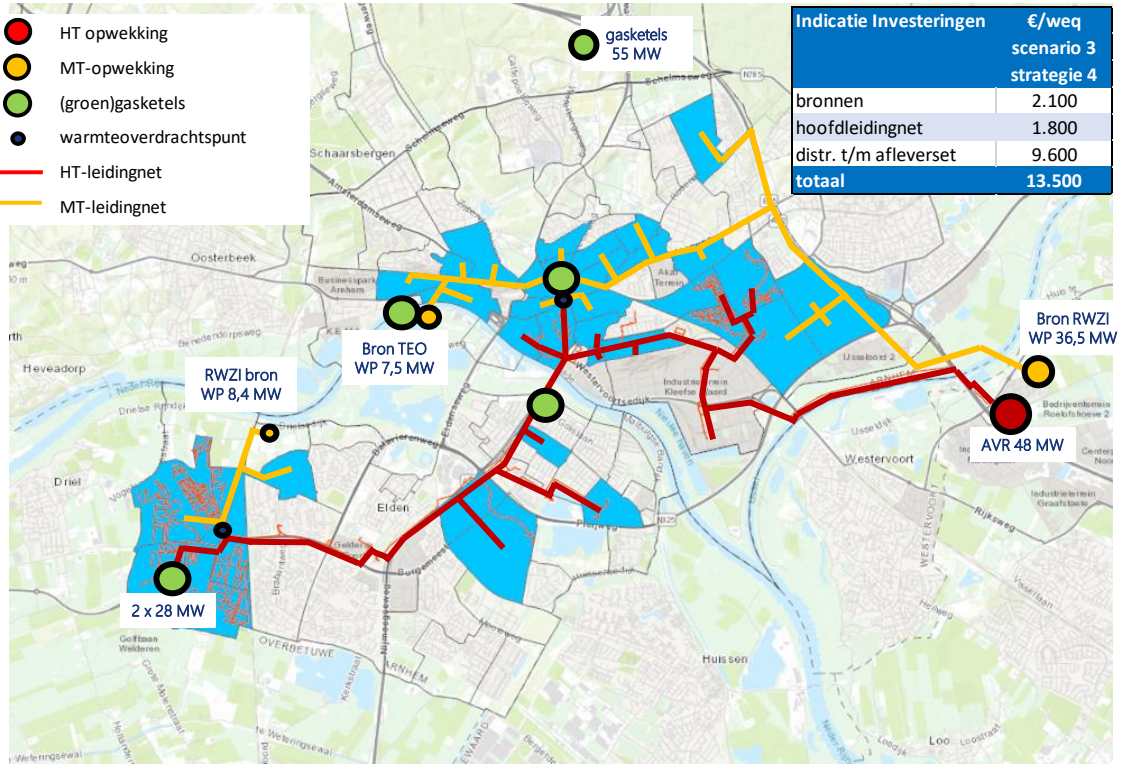
			HT-net		MT-net	
Buurtnaam	Buurtcode	Weq	pieklast (kW)	basislast (kW)	pieklast (kW)	basislast (kW)
Markt	BU02020100	3.631	18.156	5.447	0	0
Weverstraat	BU02020101	2.666	13.329	3.999	0	0
Rijnstraat	BU02020102	2.031	0	0	10.154	3.046
Janssingel	BU02020103	654	0	0	3.270	981
Utrechtsestraat	BU02020170	1.821	0	0	9.107	2.732
Hommelstraat	BU02020210	1.433	0	0	7.163	2.149
Spijkerbuurt	BU02020211	2.123	0	0	10.616	3.185
Boulevardwijk	BU02020212	1.361	6.803	2.041	0	0
Arnhemse Broek	BU02020320	1.316	6.581	1.974	0	0
Van Verschuerbuurt	BU02020321	403	2.016	605	0	0
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114	0	0
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313	0	0
Presikhaaf III	BU02020425	3.495	0	0	17.476	5.243
Over het Lange Water	BU02020526	3.668	0	0	18.341	5.502
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586	0	0
St. Marten	BU02020630	976	0	0	4.882	1.465
Graaf Ottoplein e.o.	BU02020631	1.613	0	0	8.066	2.420
Klarendal-Zuid	BU02020732	1.455	0	0	7.276	2.183
Klarendal-Noord	BU02020733	1.477	0	0	7.385	2.216
St. Janskerkstraat e.o.	BU02020735	1.111	0	0	5.554	1.666
Velperweg-Noord	BU02020840	2.655	0	0	13.277	3.983
Plattenburg	BU02020843	1.331	0	0	6.656	1.997
Geitenkamp	BU02021053	2.500	0	0	12.500	3.750
Transvaalbuurt	BU02021260	542	0	0	2.708	813
Burgemeesterswijk	BU02021261	2.004	0	0	10.022	3.006
Lombok	BU02021471	1.186	0	0	5.929	1.779
Brouwerijweg e.o.	BU02021473	823	0	0	4.117	1.235
Middelgraaflaan e.o.	BU02021885	1.298	6.488	1.946	0	0
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403	0	0
Kronenburg	BU02021990	2.701	13.504	4.051	0	0
Vredenburg	BU02021993	4.006	20.029	6.009	0	0
Elderveld-Noord	BU02022194	1.222	0	0	7.847	2.354
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	11.926	3.578	0	0
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	7.883	2.365	0	0
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	10.172	3.052	0	0
Totaal		**63.777**	**148.274**	**44.482**	**172.346**	**51.704**



Indicatie Investeringen	€/weq scenario 3 strategie 3
bronnen	2.100
hoofdleidingnet	1.800
distr. t/m afleverset	9.600
totaal	**13.500**

Scenario 3 2050, strategie 4 (integraal warmtenet, beperkte groei)

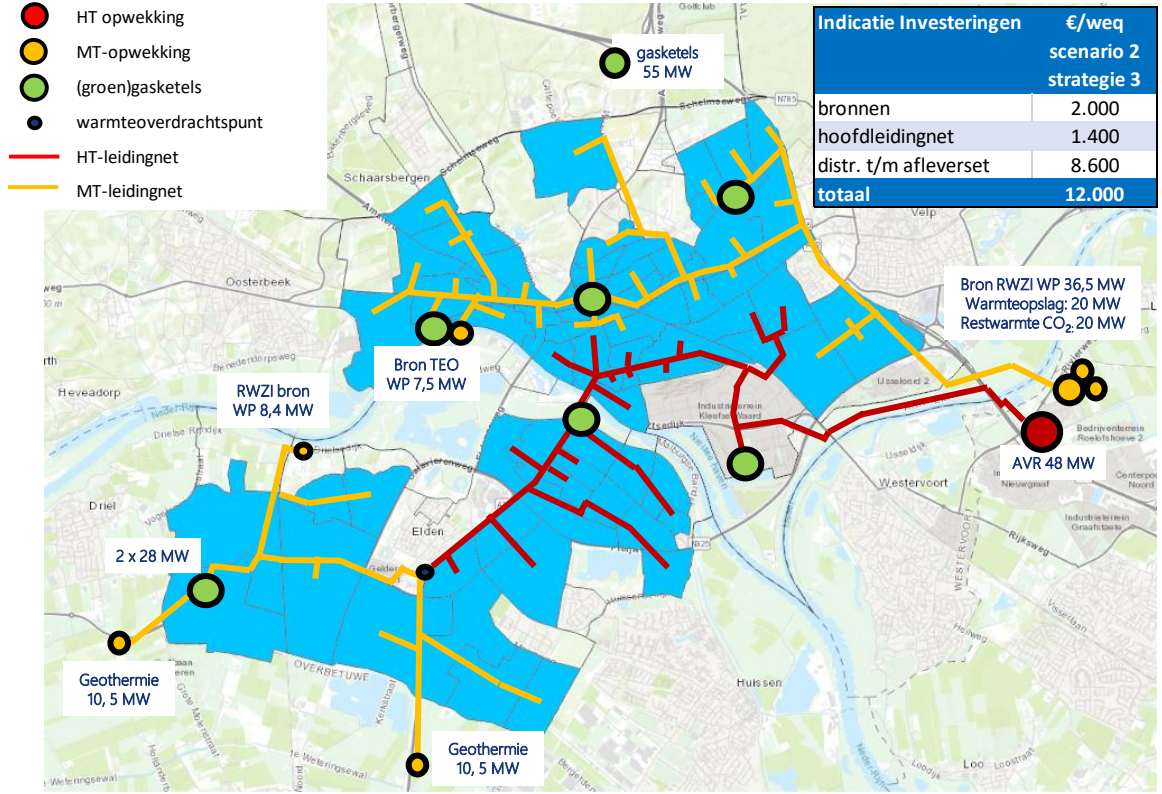
			HT-net		MT-net	
Buurtnaam	Buurtcode	Weq	pieklast (kW)	basislast (kW)	pieklast (kW)	basislast (kW)
Markt	BU02020100	3.631	18.156	5.447	0	0
Weverstraat	BU02020101	2.666	13.329	3.999	0	0
Rijnstraat	BU02020102	2.031	0	0	10.154	3.046
Janssingel	BU02020103	654	0	0	3.270	981
Utrechtsestraat	BU02020170	1.821	0	0	9.107	2.732
Hommelstraat	BU02020210	1.433	0	0	7.163	2.149
Spijkerbuurt	BU02020211	2.123	0	0	10.616	3.185
Boulevardwijk	BU02020212	1.361	6.803	2.041	0	0
Arnhemse Broek	BU02020320	1.316	6.581	1.974	0	0
Van Verschuerbuurt	BU02020321	403	2.016	605	0	0
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114	0	0
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313	0	0
Presikhaaf III	BU02020425	3.495	0	0	17.476	5.243
Over het Lange Water	BU02020526	3.668	0	0	18.341	5.502
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586	0	0
St. Marten	BU02020630	976	0	0	4.882	1.465
Graaf Ottoplein e.o.	BU02020631	1.613	0	0	8.066	2.420
Klarendal-Zuid	BU02020732	1.455	0	0	7.276	2.183
Klarendal-Noord	BU02020733	1.477	0	0	7.385	2.216
St. Janskerkstraat e.o.	BU02020735	1.111	0	0	5.554	1.666
Velperweg-Noord	BU02020840	2.655	0	0	13.277	3.983
Plattenburg	BU02020843	1.331	0	0	6.656	1.997
Geitenkamp	BU02021053	2.500	0	0	12.500	3.750
Transvaalbuurt	BU02021260	542	0	0	2.708	813
Burgemeesterswijk	BU02021261	2.004	0	0	10.022	3.006
Lombok	BU02021471	1.186	0	0	5.929	1.779
Brouwerijweg e.o.	BU02021473	823	0	0	4.117	1.235
Middelgraaflaan e.o.	BU02021885	1.298	6.488	1.946	0	0
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403	0	0
Kronenburg	BU02021990	2.701	13.504	4.051	0	0
Vredenburg	BU02021993	4.006	20.029	6.009	0	0
Elderveld-Noord	BU02022194	1.222	0	0	7.847	2.354
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	11.926	3.578	0	0
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	7.883	2.365	0	0
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	10.172	3.052	0	0
Totaal		**63.777**	**148.274**	**44.482**	**172.346**	**51.704**



Indicatie Investeringen	€/weq scenario 3 strategie 4
bronnen	2.100
hoofdleidingnet	1.800
distr. t/m afleverset	9.600
totaal	**13.500**

Scenario 2 2050, strategie 3 (losstaande warmtenetten, maximale groei)

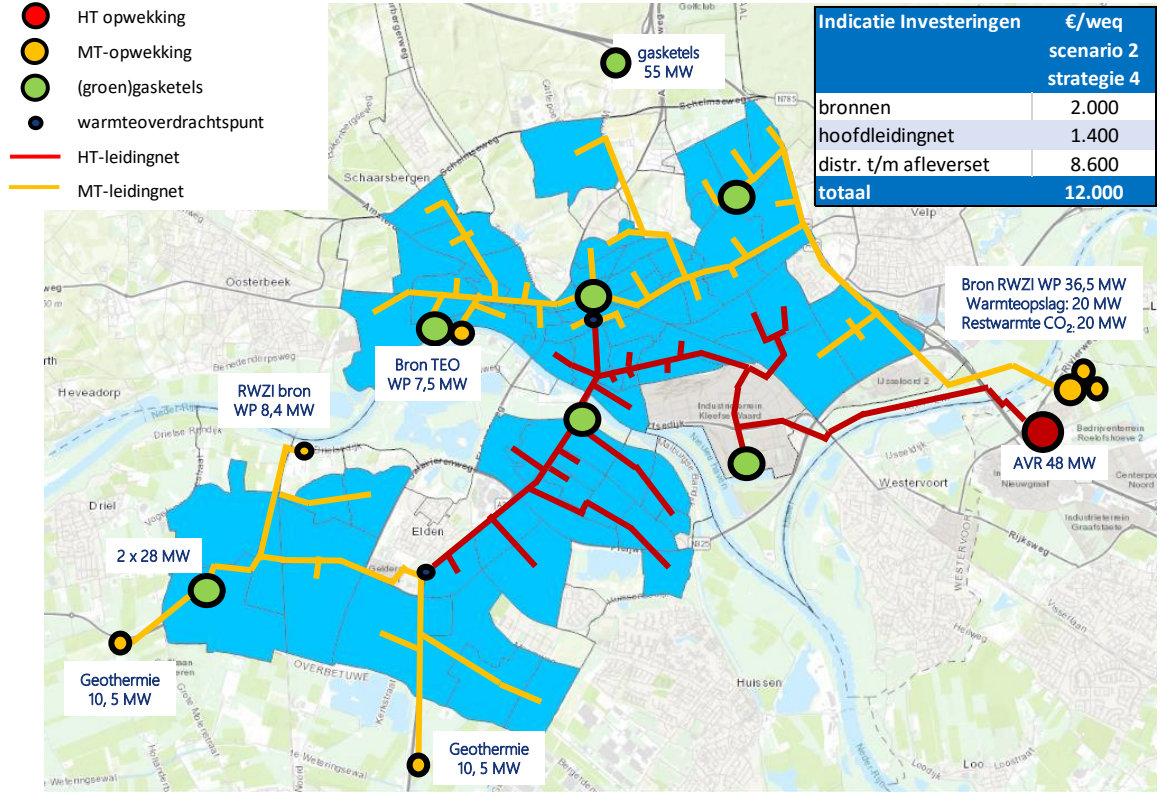
Buurtnaam	Buurtcode	Weq	HT-net pieklast (kW)	HT-net basislast (kW)	MT-net pieklast (kW)	MT-net basislast (kW)
Markt	BU02020100	3.631	18.156	5.447	0	0
Weverstraat	BU02020101	2.666	13.329	3.999	0	0
Rijnstraat	BU02020102	2.031	0	0	10.154	3.046
Janssingel	BU02020103	654	0	0	3.270	981
Stationsplein	BU02020104	1.746	0	0	8.732	2.620
Utrechtsestraat	BU02020170	1.821	0	0	9.107	2.732
Hommelstraat	BU02020210	1.433	0	0	7.163	2.149
Spijkerbuurt	BU02020211	2.123	0	0	10.616	3.185
Boulevardwijk	BU02020212	1.361	6.803	2.041	0	0
Statenkwartier	BU02020314	1.725	8.626	2.588	0	0
Arnhemse Broek	BU02020320	1.316	6.581	1.974	0	0
Van Verschuerbuurt	BU02020321	403	2.016	605	0	0
Bij de John Frostbrug	BU02020338	778	3.890	1.167	0	0
Nieuwe Kadekwartier	BU02020339	934	4.669	1.401	0	0
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114	0	0
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313	0	0
Presikhaaf III	BU02020425	3.495	0	0	17.476	5.243
Over het Lange Water	BU02020526	3.668	18.341	5.502	18.341	5.502
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586	0	0
St. Marten	BU02020630	976	0	0	4.882	1.465
Graaf Ottoplein e.o.	BU02020631	1.613	0	0	8.066	2.420
Sonsbeek-Noord	BU02020650	645	0	0	3.224	967
Klarendal-Zuid	BU02020732	1.455	0	0	7.276	2.183
Klarendal-Noord	BU02020733	1.477	0	0	7.385	2.216
Onder de Linden	BU02020734	858	0	0	4.289	1.287
St. Janskerkstraat e.o.	BU02020735	1.111	0	0	5.554	1.666
Velperweg-Noord	BU02020840	2.655	0	0	13.277	3.983
Molenbeke	BU02020841	844	0	0	4.219	1.266
Ternein ENKA	BU02020842	2.259	0	0	11.296	3.389
Plattenburg	BU02020843	1.331	0	0	6.656	1.997
Angerenstein	BU02020844	1.195	0	0	5.973	1.792
Paesberg	BU02020845	1.576	0	0	7.881	2.364
Alteveer/Cranevelt	BU02020952	2.017	0	0	10.086	3.026
Gelenkamp	BU02021053	2.500	0	0	12.500	3.750
Monnikenhuizen	BU02021154	1.170	0	0	5.850	1.755
Arnhemse Allee	BU02021155	659	0	0	3.293	988
Transvaalbuurt	BU02021260	542	0	0	2.708	813
Burgemeesterswijk	BU02021261	2.004	0	0	10.022	3.006
Gulden Bodem	BU02021262	761	0	0	3.805	1.141
Sterrenberg	BU02021263	555	0	0	2.773	832
Hoogkamp	BU02021264	849	0	0	4.244	1.273
Lombok	BU02021471	1185,76	0	0	5.929	1.779
Brouwerijweg e.o.	BU02021473	823	0	0	4.117	1.235
Heijenoord	BU02021474	626,7	0	0	3.134	940
Klingelbeek	BU02021572	1.760	0	0	8.799	2.640
Het Dorp/Mariëndaal	BU02021579	1.289	0	0	6.443	1.933
Malburgen-West	BU02021682	2.258	11.292	3.388	0	0
Groene Weide	BU02021780	1.544	7.718	2.315	0	0
Kamillehof	BU02021783	1.144	5.720	1.716	0	0
Bakenhof	BU02021798	905	4.526	1.358	0	0
't Duifje	BU02021815	832	4.160	1.248	0	0
Immerloo I	BU02021884	714	3.569	1.071	0	0
Middelgraaflaan e.o.	BU02021885	1.298	6.488	1.946	0	0
Zeegsingel e.o.	BU02021886	693	3.466	1.040	0	0
Eimerswiede	BU02021887	954	4.770	1.431	0	0
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403	0	0
Kronenhof	BU02021990	2.701	13.504	4.051	0	0
Vredenburg	BU02021993	4.006	20.029	6.009	0	0
Elderveld-Zuid	BU02022191	2.509	0	0	12.546	3.764
Elderveld-Noord	BU02022194	1.569	7.847	2.354	7.847	2.354
Elderhof	BU02022197	1.269	0	0	6.345	1.904
De Laar-West	BU02022295	2.927	0	0	14.636	4.391
De Laar-Oost	BU02022296	3.389	0	0	16.946	5.084
Rijkerswoerd-Oost Zuid	BU02022316 Z	1.091	0	0	5.454	1.636
Rijkerswoerd-Midden	BU02022317	1.959	0	0	9.794	2.938
Rijkerswoerd-West	BU02022318	2.902	0	0	14.508	4.352
De Overmaat	BU02022319	1.120	5.600	1.680	0	0
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	0	0	11.926	3.578
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	0	0	7.883	2.365
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	0	0	10.172	3.052
Totaal		**112.579**	**212.486**	**63.746**	**376.598**	**112.979**



Indicatie Investeringen	€/weq scenario 2 strategie 3
bronnen	2.000
hoofdleidingnet	1.400
distr. t/m afleverset	8.600
totaal	**12.000**

Scenario 2 2050, strategie 4 (integraal warmtenet, maximale groei)

Buurtnaam	Buurtcode	Weq	HT-net pieklast (kW)	HT-net basislast (kW)	MT-net pieklast (kW)	MT-net basislast (kW)
Markt	BU02020100	3.631	18.156	5.447	0	0
Weverstraat	BU02020101	2.666	13.329	3.999	0	0
Rijnstraat	BU02020102	2.031	0	0	10.154	3.046
Janssingel	BU02020103	654	0	0	3.270	981
Stationsplein	BU02020104	1.746	0	0	8.732	2.620
Utrechtsestraat	BU02020170	1.821	0	0	9.107	2.732
Hommelstraat	BU02020210	1.433	0	0	7.163	2.149
Spijkerbuurt	BU02020211	2.123	0	0	10.616	3.185
Boulevardwijk	BU02020212	1.361	6.803	2.041	0	0
Statenkwartier	BU02020314	1.725	8.626	2.588	0	0
Arnhemse Broek	BU02020320	1.316	6.581	1.974	0	0
Van Verschuerbuurt	BU02020321	403	2.016	605	0	0
Bij de John Frostbrug	BU02020338	778	3.890	1.167	0	0
Nieuwe Kadekwartier	BU02020339	934	4.669	1.401	0	0
Presikhaaf I	BU02020423	1.409	7.046	2.114	0	0
Presikhaaf II	BU02020424	875	4.377	1.313	0	0
Presikhaaf III	BU02020425	3.495	0	0	17.476	5.243
Over het Lange Water	BU02020526	3.668	18.341	5.502	18.341	5.502
Winkelcentrum	BU02020528	3.057	15.287	4.586	0	0
St. Marten	BU02020630	976	0	0	4.882	1.465
Graaf Ottoplein e.o.	BU02020631	1.613	0	0	8.066	2.420
Sonsbeek-Noord	BU02020650	645	0	0	3.224	967
Klarendal-Zuid	BU02020732	1.455	0	0	7.276	2.183
Klarendal-Noord	BU02020733	1.477	0	0	7.385	2.216
Onder de Linden	BU02020734	858	0	0	4.289	1.287
St. Jansbeekstraat e.o.	BU02020735	1.111	0	0	5.554	1.666
Velperweg-Noord	BU02020840	2.655	0	0	13.277	3.983
Molenbeke	BU02020841	844	0	0	4.219	1.266
Ternein ENKA	BU02020842	2.259	0	0	11.296	3.389
Plattenburg	BU02020843	1.331	0	0	6.656	1.997
Angerenstein	BU02020844	1.195	0	0	5.973	1.792
Paesberg	BU02020845	1.576	0	0	7.881	2.364
Alteveer/Cranevelt	BU02020952	2.017	0	0	10.086	3.026
Gelrekamp	BU02021053	2.500	0	0	12.500	3.750
Monnikenhuizen	BU02021154	1.170	0	0	5.850	1.755
Arnhemse Allee	BU02021155	659	0	0	3.293	988
Transvaalbuurt	BU02021260	542	0	0	2.708	813
Burgemeesterswijk	BU02021261	2.004	0	0	10.022	3.006
Gulden Bodem	BU02021262	761	0	0	3.805	1.141
Sterrenberg	BU02021263	555	0	0	2.773	832
Hoogkamp	BU02021264	849	0	0	4.244	1.273
Lombok	BU02021471	1185,76	0	0	5.929	1.779
Brouwerijweg e.o.	BU02021473	823	0	0	4.117	1.235
Heijenoord	BU02021474	626,7	0	0	3.134	940
Klingelbeek	BU02021572	1.760	0	0	8.799	2.640
Het Dorp/Mariëndaal	BU02021579	1.289	0	0	6.443	1.933
Malburgen-West	BU02021682	2.258	11.292	3.388	0	0
Groene Weide	BU02021780	1.544	7.718	2.315	0	0
Kamillehof	BU02021783	1.144	5.720	1.716	0	0
Bakenhof	BU02021798	905	4.526	1.358	0	0
't Duijfje	BU02021815	832	4.160	1.248	0	0
Immerloo I	BU02021884	714	3.569	1.071	0	0
Middelgraaflaan e.o.	BU02021885	1.298	6.488	1.946	0	0
Zeegsingel e.o.	BU02021886	693	3.466	1.040	0	0
Eimerswiede	BU02021887	954	4.770	1.431	0	0
Immerloo II	BU02021888	935	4.677	1.403	0	0
Kronenbos	BU02021990	2.701	13.504	4.051	0	0
Vredenburg	BU02021993	4.006	20.029	6.009	0	0
Elderveld-Zuid	BU02022191	2.509	0	0	12.546	3.764
Elderveld-Noord	BU02022194	1.569	7.847	2.354	7.847	2.354
Elderhof	BU02022197	1.269	0	0	6.345	1.904
De Laar-West	BU02022295	2.927	0	0	14.636	4.391
De Laar-Oost	BU02022296	3.389	0	0	16.946	5.084
Rijkerswoerd-Oost Zuid	BU02022316 Z	1.091	0	0	5.454	1.636
Rijkerswoerd-Midden	BU02022317	1.959	0	0	9.794	2.938
Rijkerswoerd-West	BU02022318	2.902	0	0	14.508	4.352
De Overmaat	BU02022319	1.120	5.600	1.680	0	0
Schuytgraaf-Noord	BU02022447	2.385	0	0	11.926	3.578
Schuytgraaf-Centrum	BU02022448	1.577	0	0	7.883	2.365
Schuytgraaf-Zuid	BU02022449	2.034	0	0	10.172	3.052
Totaal		**112.579**	**212.486**	**63.746**	**376.598**	**112.979**



Indicatie Investeringen	€/weq scenario 2 strategie 4
bronnen	2.000
hoofdleidingnet	1.400
distr. t/m afleverset	8.600
totaal	**12.000**

Berenschot

Verkenning risico's marktfalen en wettelijk kader voor warmtenetstrategie

Bijlage 6 - Analyse marktfalen & wettelijk kader

Overheidsinterventie is gewenst om breed marktfalen op publieke waarden dan wel politieke doelen te voorkomen

Onderstaande analyse laat per activiteit zien welke belangen in het geding zijn als de gemeente niet intervenieert. Hierbij is onderscheid gemaakt in publieke waarden en politieke doelen.

Belangrijke factoren die op veel niveaus terugkomen voor potentieel marktfalen zijn de onrendabele top, het vollooprisico en ook het risico dat bronontwikkeling achterblijft of niet gebeurt.

Op welke activiteiten is marktfalen* ☑ mogelijk als de gemeente niet ingrijpt:	Publieke waarden: Milieu externaliteiten (duurzaamheid)	Publieke waarden: Betaalbaarheid eindgebruikers	Publieke waarden: Betrouwbaarheid		Politieke doelen**: Herverdeling	Politieke doelen**: Tijdige realisatie	Gemeentelijke interventie gewenst?
1 Wijkprocessen gericht op vraagontwikkeling		☑		Afnamegarantie ontbreekt/vollooprisico, coördinatie en binding noodzakelijk.	☑	☑	**Ja.** Wijkprocessen worden niet (tijdig) georganiseerd door markt en maatschappij op een manier waarin er collectieve besluiten kunnen worden genomen over aansluiting op een warmtenet.
2 Projectontwikkeling: businesscases maken/ kansen pakken / dealmaking		☑		Onrendabele top/vollooprisico, koppelkansen worden niet benut. Coördinatie en binding noodzakelijk.	☑	☑	**Ja.** De projectontwikkeling voor de aansluiting van nieuwe buurten en wijken komt onvoldoende op gang omdat de businesscase veelal niet sluitend is en stakeholders afhankelijk zijn van subsidie en vraagontwikkeling.
3 Warmtebronontwikkeling	☑			Duurzame bronontwikkeling komt niet (snel genoeg) van de grond		☑	**Ja.** Duurzame bronontwikkeling is onzeker, ontwikkeling van aquathermie, AVR en op termijn geothermie blijft achter. Interventie gemeente hierin mogelijk in toekomst gewenst om voldoende snel 6.500 aardgasvrije aansluitingen in 2030 mogelijk te maken.
4 Regionaal niveau: allocatie regionale warmtebronnen	☑	☑		Regionale (betaalbare) bronnen niet beschikbaar voor Arnhem, markt realiseert niet de gewenste verdeling	☑		**Ja.** Allocatie en verdeling ten goede van Arnhem komt niet tot stand zonder interventie vanuit gemeente in regionale afstemming en dealmaking
5 Verdere verduurzaming huidige warmtenet (verlaging temperatuur)	*** ☑	☑		Verduurzaming komt niet snel genoeg van de grond. Duurzame bronnen kunnen betaalbaarheid warmte onderdruk zetten.		☑	**Nee.** Huidige warmtenet is relatief duurzaam. Verdere verduurzaming ligt in lijn met eisen uit warmtewet 2. (bijlage 6)
6 Netwerk exploitatie van een warmtenet		☑		Investeringen in infrastructuur komen niet tot stand.	*** ☑	☑	**Onzeker,** Bij de infrastructuur gaat het vooral om dekking onrendabele top en het vollooprisico. Vooral het vollooprisico zorgt voor potentieel een knelpunt en mogelijk andere dimensionering van infrastructuur dan integraal gewenst.
7 Exploitatie van een warmtenet		*** ☑	*** ☑	Marktmacht van warmtebedrijven, exploitatie/ warmtenet realisatie komt niet tot stand.		☑	**Ja.** Risico dat warmtenet ontwikkeling niet tot stand komt en/of niet in lijn met doelen gemeente, waardoor betaalbaarheid warmtetransitie voor de gebouwde omgeving van Arnhem als geheel ook onderdruk komt te staan.

Berenschot

* Marktfalen is het niet optimaal oplossen van een verdelingsvraagstuk. Optimaal gedefinieerd vanuit economisch perspectief (neoklassieke economie)
** Hierin zijn de politieke uitgangspunten opgenomen van de gemeente Arnhem los van de ambities gericht op duurzaamheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid (zie marktfalen) *** afhankelijk van uitwerking warmtewet 2 en toekomstige kostprijs+ tarifering ACM.

Het handelingsperspectief van gemeenten in de warmtemarkt is in beginsel beperkt

Wettelijke kader

De gemeente is als beheerder van de openbare ruimte (boven- en ondergronds) een belangrijke speler voor het aanleggen en uitbreiden van infrastructuren, waaronder warmtenetten.

Voor de **gebouwde omgeving** (incl. renovaties) hebben gemeenten vooralsnog weinig tot geen juridische instrumenten in handen om de warmtevoorziening te beïnvloeden:

- Gebouweigenaren beslissen zelf over de eigen warmtevoorziening.
- Netbeheerders zijn bij wet verplicht te zorgen voor een gasaansluiting en bestaande aansluitingen/netten te vervangen indien nodig.

Voor **nieuwbouwwoningen** is sinds 1 juli 2018 aardgasvrij bouwen de norm. Daarnaast hebben gemeenten een aantal instrumenten in handen om te sturen op de inrichting van de warmtevoorziening:

- **Publiekrechtelijk**: de Grondexploitatiewet (Wet ruimtelijke ordening) en het Besluit aanleg energie infrastructuur.
- **Privaatrechtelijk**: overeenkomsten op basis van vrijwilligheid bij gronduitgifte, aanbestedingen, concessies en grondexploitatie.

De gemeente is daarnaast gehouden aan wetten en regels van de Warmtewet (warmtetarieven), de Elektriciteit- en Gaswet, het aanbestedingsrecht en staatssteunrecht en in het algemeen aan het bestuurs- en privaatrecht.

Sturen op duurzaamheid van warmte

Een gemeente kan op drie manieren sturen op de duurzaamheid van de warmte:

1. Via een warmteplan (op grond van bouwbesluit).
2. Via privaatrechtelijke afspraken met een warmtebedrijf: als de gemeente initiatiefnemer is van de aanleg en exploitatie van een warmtevoorziening, kan de gemeente voorwaarden stellen aan de te verlenen concessie.
3. Als aandeelhouder van een warmtebedrijf.

Sturen op betaalbaarheid warmte

Een gemeente kan alleen afspraken maken met een warmteleverancier over *lagere* tarieven dan het wettelijke maximum dat de Warmtewet voorschrijft (het zogenoemde NMDA ('niet-meer-dan-anders-principe'). Volgens die wet mag een aansluiting op een collectief warmtenet voor huishoudens en kleine bedrijven (kleinverbruikers met een aansluitwaarde tot 100 kilowatt) niet leiden tot hogere warmtekosten dan verwarming met aardgas.

De gemeente kan invloed uitoefenen op de tarieven:

- als de gemeenten privaatrechtelijke overeenkomsten opstelt met het warmtebedrijf (bij concessie of op basis van vrijwilligheid)
- als aandeelhouder van het warmtebedrijf.

De wet- en regelgeving voor de warmtemarkt is in beweging

Ontwikkelingen wet- en regelgeving

Momenteel is de warmtemarkt in beweging. Er doen zich de nodige ontwikkelingen voor en er zijn tegenstrijdige geluiden te horen. Dit zorgt voor onzekerheid in de markt en in sommige gevallen voor een besluitvormingsvacuüm. Hieronder zetten we een aantal van deze ontwikkelingen uiteen.

NMDA* (Niet Meer Dan Anders)

In het huidige landschap bestaat onvrede over het NMDA principe. Het tarief voor warmtelevering wordt door veel van de afnemers als te hoog ervaren. Dit kan komen doordat het NMDA tarief een gemiddelde is voor Nederland en dus voor sommige bewoners duurder is dan hun huidige cv-ketel. Ook bij warmtebedrijven is er onvrede over het NMDA principe, aangezien dit een rendabele businesscase soms in de weg staat:

- De businesscase van warmtenetten is voor investeerders (kapitaalverschaffers) niet aantrekkelijk genoeg om hierin op grote schaal te investeren. Onder andere door het monopolie van warmtebedrijven en een niet transparante tariefstructuur.
- Afnemers hebben maar beperkt vertrouwen in de warmtemarkt (beperkt draagvlak).
- Er wordt op lokaal niveau nog geen integrale maatschappelijke afweging gemaakt tussen verschillende warmte-opties.
- De prikkels voor zowel afnemers als aanbieders van (duurzame) warmte zijn nog niet optimaal ingericht.

*Wettelijk maximum voor het tarief voor levering van warmte, gebaseerd op de gemiddelde referentie situatie voor aardgas

Rollen

Partijen in de warmtemarkt zijn op zoek naar hun rol ofwel zien hun rol (langzamerhand) veranderen. De netbeheerders zijn hier een goed voorbeeld van. Zij bepleiten voor zichzelf een wettelijke taak als onafhankelijk netbeheerder gelijk aan de elektriciteits- en gasmarkt met als argument dat dit de marktwerking en keuzevrijheid voor de consument ten goede zou komen.

Commerciële warmtebedrijven, die momenteel vaak eigenaar zijn van de warmte-infrastructuur, zien dit anders. Met als argument dat de warmte-infrastructuur van minder nationaal-strategisch belang is dan de elektriciteits- en gasinfrastructuur en dat verticale integratie noodzakelijk is om voldoende rendement te kunnen maken.

Daarnaast ontstaan er ook nieuwe initiatieven en samenwerkingen, zoals het Warmtepact. Warmtebedrijven hebben hiermee recent de handen ineen geslagen met milieuorganisaties met als doel de groei en verduurzaming van warmtenetten te versnellen.

Duurzaamheidsnormering

Tot slot, zijn veel partijen op zoek naar een wettelijke normering. Er is bijvoorbeeld discussie over de duurzaamheid van biomassa en restwarmte. Niet altijd worden deze bronnen voor warmte aangezien als eindoplossing voor de energietransitie. Onduidelijkheid hierover kan tot vertraging of suboptimale keuzes leiden.

Binnen deze context wordt nu gekeken naar aanpassing van de warmtewet (warmtewet 2.0), welke mogelijk zorgt voor verschuivingen in het krachtenveld.

Warmtewet 2 kaderstellend voor meeste publieke waarden, maar ondervangt niet alle risico's

Doordat warmtelevering onder hernieuwde belangstelling staat (door o.a. het klimaatakkoord) is er momenteel veel discussie over de manier waarop deze waarden ook geborgd kunnen worden en welke rol (decentrale) overheden en marktpartijen hierin kunnen spelen. De aanpassing van de warmtewet 2[1] is daarin onderwerp van gesprek. Dit zien we in alle grote gemeenten in NL waar warmtenetten op de agenda staan. In deze discussie gaat het ook over waarden als *uitvoerbaarheid*, *toekomstbestendigheid* en *rechtvaardigheid*.

Momenteel heeft de gemeente weinig instrumenten om te interveniëren in de huidige warmtemarkt, laat staan regie te voeren. De warmtewet 2 biedt echter nieuwe instrumenten. De Minister van EZK wil met de warmtewet 2 gemeenten voorzien van de mogelijkheid om warmtekavels vast te stellen en per warmtekavel een warmtebedrijf aan te wijzen voor de warmtelevering. Op deze manier kan de gemeente een gecoördineerde wijkaanpak afstemmen op de gewenste en haalbare warmtelevering. Daarnaast kan de gemeente ook actiever interveniëren in de warmtemarkt door bijvoorbeeld de oprichting van een gemeentelijke warmtebedrijf of het maken van publiek-privaatrechtelijke afspraken over warmtelevering.

Sturing op maatschappelijk belang

De warmtemarkt kent een aantal veel voorkomende knelpunten waarbij publieke waarden in het geding kunnen raken. Welke niet altijd direct te linken zijn aan de marktordening in termen van splitsing binnen de keten.

- Met name voor warmtenet ontwikkeling in gebouwde omgeving is de ongereguleerde **bijdrage aansluitkosten** (BAK) een drempel. Deze kosten worden veelal in rekening gebracht om de business case van het warmtenet sluitend te krijgen. Deze kosten zijn echter niet gereguleerd en voor de gemeente en bewoners is vaak moeilijk tot niet in te schatten of dit reële kosten betreffen. Warmtewet 2 lijkt hier verandering in aan te brengen door de BAK te reguleren en vast te stellen per warmtekavel, verdere uitwerking nog onduidelijk.
- Daarnaast hebben warmtebedrijven momenteel geen **aansluitplicht,** hierdoor kan cherry-picking (waarbij de marktpartij alleen de rendabele voordelige woningen aansluit) ontstaan waardoor de opgave van de gemeente voor verduurzaming van de gebouwde omgeving in het geding komt. In de warmtewet 2 wordt gesproken over een mogelijke aansluitplicht. Daarmee lijkt dit risico in de toekomst niet meer/minder aanwezig.
- Warmtenetten zijn een middel om te verduurzamen. De gemeente heeft echter geen sturingsmogelijkheden om de **duurzaamheid** van warmtenetten af te dwingen, hetgeen draagvlak ondermijnt. In de warmtewet 2 wordt voorzien dat warmtebedrijven elk jaar over de duurzaamheid moeten rapporteren aan de eindgebruiker. Daarnaast dienen ze periodiek investeringsplannen bij te stellen in het kader van verduurzamingsmaatregelen en CO2 neutrale warmtelevering in 2050.
- **Betaalbaarheid** voor de eindgebruiker wordt via het NMDA-principe (niet meer dan anders) gereguleerd. Dit principe gaat echter uit van een gemiddelde referentie die niet altijd representatief is voor de toegepaste situatie. Hierdoor betalen eindgebruikers soms toch meer dan anders. Daarnaast lijkt een gasreferentie naar de toekomst toe niet houdbaar gezien de uitfasering van aardgas. Warmtewet 2 gaat uit van een meer kosten-gebaseerd gereguleerd tarief specifiek voor het aangewezen warmtekavel. Termijn van invoering is nog onzeker.
- De woning-/gebouweigenaar kan ook niet meedoen (opt-out optie), ook in de warmtewet 2 lijkt deze vrijheid te blijven bestaan. Gebouweigenaren behouden dus vrijheid in hoe te verduurzamen. Dit zorgt voor onzekerheden in de business case (**vollooprisico**), een bepaalde omvang en concentratie van warmtevraag is noodzakelijk voor de haalbaarheid/rentabiliteit van het warmtenet. Commerciële partijen nemen ook dergelijke risico's mee in de business case wat zich kan vertalen in hogere kosten voor de eindgebruiker. **Vraagbundeling is daarmee essentieel voor de haalbaarheid en betaalbaarheid van een warmtenet.**

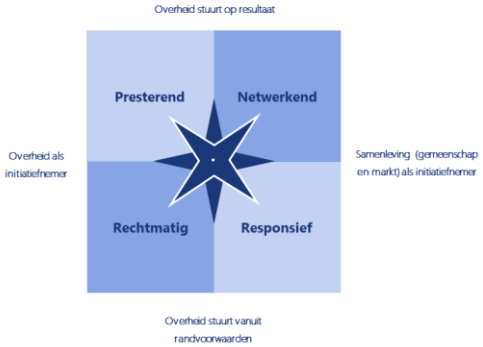
*Marktconsultatie 'concept Warmtewet 2" juli 2020

Rol gemeente in de energietranisitie in samenspel met maatschappij en markt

De keuzes hebben vooral betrekking op de rol die de gemeente Arnhem speelt in de planontwikkeling (2), de warmtebronontwikkeling (3) en de verduurzaming van het huidige warmtenet (5) en regie en afstemming (7).

De instrumenten categoriseren wij in de vier perspectieven van overheidshandelen (NSOB, zie figuur hiernaast):

1. Presterende rol:
   - Actief: zelf oppakken van kansen en risicodragend projecten ontwikkelen, zoals participatie in een warmte(net)bedrijf, of participatie in de exploratie van een geothermiebron
   - Passief: stimuleren van de maatschappij en markt door subsidies en/of leningen, en/of projectfinanciering, en/of oprichting van een warmteontwikkelbedrijf / projectbureau.
2. Netwerkende rol: doorontwikkeling Arnhemse wijkaanpak, creëren randvoorwaarden voor markt in vraagbundeling of regionale afstemming allocatie regionale warmtebronnen, Alliantievorming in verduurzaming huidige warmtenet.
3. Responsieve rol: hierbij laat de gemeente het initiatief bij de markt en maatschappij en faciliteert initiatieven met RO-processen en/of startsubsidies voor haalbaarheidsonderzoeken.
4. Rechtmatige rol: met gebruik van het vormgeven van warmtekavels en het uitgeven van concessies zoals voorzien in warmtewet 2



Vier perspectieven op overheidshandelen (NSOB)



Berenschot

www.berenschot.nl
/berenschot