Gemeente Voorschoten

Technisch-economische analyse transitievisie warmte 1.1



Gemeente Voorschoten

Samenvatting

De warmtetransitie helpt Voorschoten op weg naar het doel om in 2050 een aardgasvrije gemeente te zijn. De afgelopen jaren zijn er nieuwe inzichten ontstaan en hebben er zich kansen voorgedaan die positief kunnen bijdragen aan deze warmtetransitie. De transitievisie warmte wordt daarom aangepast om hierop aan te sluiten. Ook deze technisch-economische analyse is een stap verder gebracht en brengt warmteclusters (in plaats van buurten), duidelijke voorkeursalternatieven (op basis van verschillende strategieën) en een fasering (op clusters en tijd) die hier beter bij aansluit. De belangrijkste resultaten zetten we in deze samenvatting op een rij. In de hoofdstukken worden ze met data en conclusies toegelicht.

Wat eraan voorafging

De gemeente doorloopt op dit moment twee routes in de warmtetransitie. Met de lokale transitievisie warmte geeft de gemeente richting aan hoe de verschillende buurten van Voorschoten betaalbaar en haalbaar aardgasvrij worden. Daar zijn we al sinds 2021 mee aan de slag, onder andere met het maken van het eerste uitvoeringsplan. Tegelijkertijd werken we samen met vijf andere gemeenten binnen Warmte Leidse Regio, en doen we een onderzoek naar een regionaal collectief warmtesysteem. Beide routes hebben invloed op elkaar.

Steeds meer blijkt dat de geografische indeling van buurten niet automatisch kan worden gebruikt om te kijken naar geschikte warmtetechnieken en voorkeursstrategieën. Inmiddels is ook duidelijk dat de gasvormige energiedragers voorlopig geen grote rol kunnen spelen bij verduurzaming. Ook heeft zich een nieuwe kans voorgedaan warmte via WarmtelinQ.

Beschikbare alternatieven voor aardgas

Er zijn in Voorschoten en de regio verschillende opties aanwezig om CO_2-neutraal en aardgasvrij te gaan verwarmen. Deze opties worden in Hoofdstuk 2 stuk voor stuk besproken. Daarin wordt duidelijk dat de aanwezigheid van de opties alleen niet genoeg is. Uit de technisch-economische analyse blijkt namelijk dat niet alle technieken (individueel of gezamenlijk) en niet alle warmtebronnen altijd geschikt zijn. Dat hangt namelijk ook samen met of de opties, alleen of gecombineerd, voldoende in de warmtevraag kunnen voorzien en of ze de juiste temperaturen kunnen halen.

Geconcludeerd wordt dat aquathermie een geschikte lage warmtetemperatuur bron is, met name thermische energie uit oppervlaktewater biedt potentie. WarmtelinQ en geothermie zijn de enige mogelijke warmtebronnen van hoge(re) temperatuur. De elektrische warmtepomp kan door eigenaren altijd zelfstandig worden aangeschaft in heel Voorschoten. Dit heeft wel gevolgen voor het elektriciteitsnet en de haalbaarheid van een geschikt collectief systeem.

Belangrijk om te weten

Geothermie wordt gewonnen uit heet water dat zich in aardlagen bevindt. In Voorschoten zijn op dit moment drie opsporingsvergunningen aangevraagd. Het is nog onzeker of deze vergunningen worden verleend. Warmte via WarmtelinQ is restwarmte uit de haven van Rotterdam. De voorbereidingen voor de aanleg van WarmtelinQ zijn al in volle gang. Voor de zomer moet de gemeenteraad een besluit nemen of Voorschoten WarmtelinQ als optie voor de toekomst wil houden en of er gronden worden gereserveerd om een warmteoverdrachtstation te kunnen bouwen. Een WOS is nodig om warmte via WarmtelinQ naar de huizen te brengen. Dit is een belangrijke stap om WarmtelinQ bereikbaar te houden voor Voorschoten. Om gebruik te kunnen maken van WarmtelinQ moet er vervolgens voldoende warmtevraag zijn. Daarvoor zal de gemeente de komende jaren moeten samenwerken met Leiden.

Warmtestrategieën

In Hoofstuk 3 wordt Voorschoten ingedeeld in 43 warmtegebieden. Om voor elk warmtegebied te komen tot een voorkeursalternatief maken we gebruik van een afwegingskader. Dit afwegingskader heeft als doel om verschillende publieke waarden te borgen in de besluitvorming over de warmtetransitie. Er is gelet op kwantitatieve afwegingen met betrekking tot betaalbaarheid, waarbij zowel de nationale kosten als de eindgebruikerskosten van de verschillende strategieën worden onderzocht (zoals nader toegelicht in Hoofdstuk 4). Daarnaast wordt gekeken naar kwalitatieve afwegingen: duurzaamheid, haalbaarheid, betrouwbaarheid en het beperken van overlast (zie Hoofdstuk 5). Deze waarden zijn in lijn met eerdere besluiten door de gemeenteraad en deze worden ook in regionaal verband toegepast.

Schaalgrootte van het warmtesysteem

Een warmtecentrale (bij een warmtebron) en het warmtenet dat de warmte naar gebouwen brengt vormen samen een collectief warmtesysteem. Dat kan op verschillende schaalniveaus gebouwd worden. Van de grootte van één appartementencomplex tot aan het eerdergenoemde regionale warmtesysteem. In de technisch-economische analyse vestigen we de aandacht op twee schaalniveaus: buurtgerichte en gemeentebrede warmtesystemen. De meest geschikte schaalgrootte is uiteindelijk bepaald door de technische haalbaarheid van het distributienet, de kosten voor zo een systeem, het kunnen omgaan met mee- en tegenvallers en de invloed op de publieke waarden. In hoofdstuk 6 worden deze factoren geanalyseerd en is de conclusie dat er een voorkeur is voor een gemeentebreed collectief warmtesysteem.

Van warmtegebieden naar warmteclusters

komen. De analyse voor de schaalgrootte laat echter zien dat deze strategie niet zomaar integraal overgenomen kan worden om tot een voorkeursalternatief voor aardgas te komen. Daarom worden de scores uit het afwegingskader geïnterpreteerd en beoordeeld op praktische haalbaarheid. Dit geeft het voorkeursalternatief voor aardgas per warmtegebied. De 43 warmtegebieden zijn er te veel om de warmtetransitie effectief aan te sturen. Daarom zijn deze 43 warmtegebieden teruggebracht tot 10 warmteclusters, waarbij warmtegebieden die op elkaar lijken zijn samengevoegd.

Kansen voor startclusters

De fasering in de tijd voor collectieve warmtesystemen wordt bepaald door te kijken naar kansen, zoals meegaan met geplande werkzaamheden aan de riolering of energie-infrastructuur, de contracteerbaarheid, de geografische locatie (dicht bij een warmtebron) en het halen van de benodigde basislast (in een bebouwde omgeving). Voor de individuele strategie (zoals elektrische warmtepompen) zijn ook bepaalde gebieden (All-electric) geschikt om mee te beginnen. Hoofdstuk 8 concludeert met een overzicht (zie Tabel 1) van geschikte start- en vervolgclusters en geeft de richtjaren van besluitvorming en implementatie aan.

Tabel 1: Warmteclusters, voorkeursalternatief en fasering

Nr	Naam	Aantal	Alternatief	Richtjaar
				(+/- 2 jaar)
1	Noord-Hofland	2.690	MT-warmtenet	2030
2	Boschbloem	1.610	MT-warmtenet	2032*
3	Vlietdorp	2.720	MT-warmtenet	2038*
4	Nassaucentrum	1.040	MT-warmtenet	2040*
5	Groot Adegeest	1.530	MT-warmtenet	2042*
6	Oud Starrenburg	540	Nader onderzoek	2042*
7	Dobbewijk	120	Nader onderzoek	2042*
8	All-electric	1.520	Elektrische Warmtepomp	2045
9	Buiten- en tussengebied	150	Elektrische Warmtepomp	2050
10	Aardgasvrij	500	Geen actie	2024

** Indicatief en afhankelijk van toekomstige besluitvorming warmteprogramma*

Gemeente Voorschoten

Inhoudsopgave

Samenvatting 2
Inhoudsopgave 4
Lijst van afkortingen en begrippen 5
1. Inleiding 6
1.1 Aanleiding 6
1.2 Onderzoeksvragen en aanpak 6
2. Alternatieven voor aardgas 8
2.1 Aardgasvrije warmtetechnieken 8
2.2 Warmtebronnen in en om Voorschoten 11
3. Clustering, warmtestrategieën en afwegingskader 18
3.1 Warmtegebieden 18
3.2 Warmtestrategieën 19
3.3 Afwegingskader 20
4. Kwantitatieve afwegingen 23
4.1 Nationale Kosten 23
4.2 Eindgebruikerskosten 27
5. Kwalitatieve afwegingen 30
5.1 Duurzaamheid 30
5.2 Haalbaarheid 31
5.3 Betrouwbaarheid 38
5.4 Overlast 41
5.5 Totaalscore kwalitatieve criteria 42
6. Schaalgrootte collectief warmtesysteem 45
6.1 Methode 45
6.2 Resultaten 47
6.3 Conclusies 56
7. Voorkeursalternatieven voor aardgas 57
7.1 Totaalscore afwegingskader 57
7.2 Praktijktoets totaalscore 58
7.3 Voorkeursalternatief warmtegebieden 60
7.4 Warmteclusters en warmtevraag 62
8. Fasering in de tijd 64
8.1 Kansen voor startclusters 64
8.2 Startclusters & fasering in de tijd 68
9. Conclusies 69
Bronnen 71
Bijlage A – Nationale kosten 72
Bijlage B – Eindgebruikerskosten 73
Bijlage C – Kwalitatieve beoordeling 74
Colofon 75

Lijst van afkortingen en begrippen

Afkorting of woord	Omschrijving
Basislast	Het niet-fluctuerende (constante) deel van de warmtevraag
COP	Coefficient of Performance, de verschillende hoeveelheden warmte die een technologie kan opwekken met één eenheid elektriciteit (voorbeeld: 3 kWh warmte per 1 kWh elektriciteit)
Gemeentebreed	Voor de hele gemeente en dus niet alleen een deel ervan
HT	Hoge temperatuur (>75°C)
Kengetal	Een gestandaardiseerd getal dat gebruikt wordt om om situaties beter met elkaar te kunnen vergelijken en tot vergelijkbare conclusies te komen
Koppelkans	Een kans om twee losstaande opgaven samen en vaak tegelijkertijd te realiseren
LT	Lage temperatuur (30-55°C)
MSR	Middenspanningsruimte
MT	Middentemperatuur (50-75°C)
RES	Regionale energiestrategie
S1	Strategie 1 uit de Startanalyse van het PBL: individuele elektrische warmtepomp
S2	Strategie 2 uit de Startanalyse van het PBL: warmtenet met midden- en hogetemperatuurbron
S3-LT	Strategie 3 uit de Startanalyse van het PBL: LT-warmtenet met LT-warmtebron
S3-MT	Strategie 3 uit de Startanalyse van het PBL: MT-warmtenet met LT-warmtebron
Schaalgrootte	Schaalgrootte betekent dat een collectief warmtesysteem het juiste formaat heeft om de kwaliteit en hoeveelheid warmte te bieden die nodig is.
Schillabel	Het energielabel voor de schil, alles wat aan de buitenkant zit, van een gebouw
TEA	Thermische energie (warmte) uit afvalwater
TED	Thermische energie (warmte) uit drinkwater
TEO	Thermische energie (warmte) uit oppervlaktewater
TVW	Transitievisie warmte
Utiliteitsbouw	Bouwwerken die geen woonbestemming hebben
Weq	Woningequivalent (een eenheid van warmtevraag om panden met elkaar te kunnen vergelijken)
WKO	Warmte-koudeopslag
WLR	Samenwerking Warmte Leidse Regio
WOS	Warmteoverdrachtsstation
ZLT	Zeer lage temperatuur (10–30°C)

1. Inleiding

Deze technisch-economische analyse is onderdeel van de transitievisie warmte 1.1. Deze analyse vervangt een eerdere versie van dit document, die hoorde bij de in 2021 vastgestelde transitievisie warmte 1.0. Deze nieuwe versie is een verdiepingsslag op de vorige analyse en er is rekening gehouden met nieuwe wetgeving, ontwikkelingen, en kansen.

1.1 Aanleiding

Landelijk, regionaal en lokaal zijn er afspraken gemaakt om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen. Om het doel van een CO_2-neutrale en aardgasvrije gemeente te behalen, stelde de gemeente Voorschoten — net als alle andere gemeenten in Nederland — in 2021 een eerste transitievisie warmte (hierna: TVW) op. Met het vaststellen van TVW 1.0 is motie 226 [1] aangenomen waarin het college wordt verzocht de TVW vaker opnieuw te bekijken dan eens in de wettelijk verplichte vijf jaar, als daar aanleiding toe is. Met deze analyse kan een herziening van de TWV 1.0 plaatsvinden.

De TVW 1.0 geeft een algemene beschrijving van mogelijke warmtebronnen in Voorschoten, maar gaat minder in op de haalbaarheid van deze bronnen. Met name de ontwikkelingen rondom WarmtelinQ zijn bijna niet meegenomen in de analyses. De afgelopen twee jaar hebben er veel ontwikkelingen plaatsgevonden en de kansen rond de aanleg van WarmtelinQ vraagt om een herijking van de TVW 1.0.

Daarnaast is de TVW 1.0 per buurt opgesteld, in lijn met de toenmalige aanbevelingen vanuit het Rijk. Tijdens het opstellen van het eerste wijkuitvoeringsplan in Voorschoten bleek dat de geografische indeling van buurten niet altijd de meest logische clustering is voor de warmtetransitie. Zo kan het wenselijk zijn om collectieve warmtesystemen over buurtgrenzen heen te ontwerpen of in andere gevallen juist verschillende voorkeursstrategieën binnen één buurt toe te passen. Dit vormt een andere reden om de TVW 1.0 opnieuw te bekijken.

Dit document presenteert de technisch-economische analyse die hoort bij de TWV 1.1. Hierbij volgen we voor een groot deel dezelfde lijn als de analyse van de TVW 1.0. De oorspronkelijke technisch-economische analyse is uitgevoerd door adviesbureau CE Delft. Nieuwe inzichten en kennis stellen ons in staat om deze analyse een stap verder te brengen. Daarnaast maken we gebruik van geüpdatete modellen voor het berekenen van de kosten van de alternatieve warmtestrategieën.

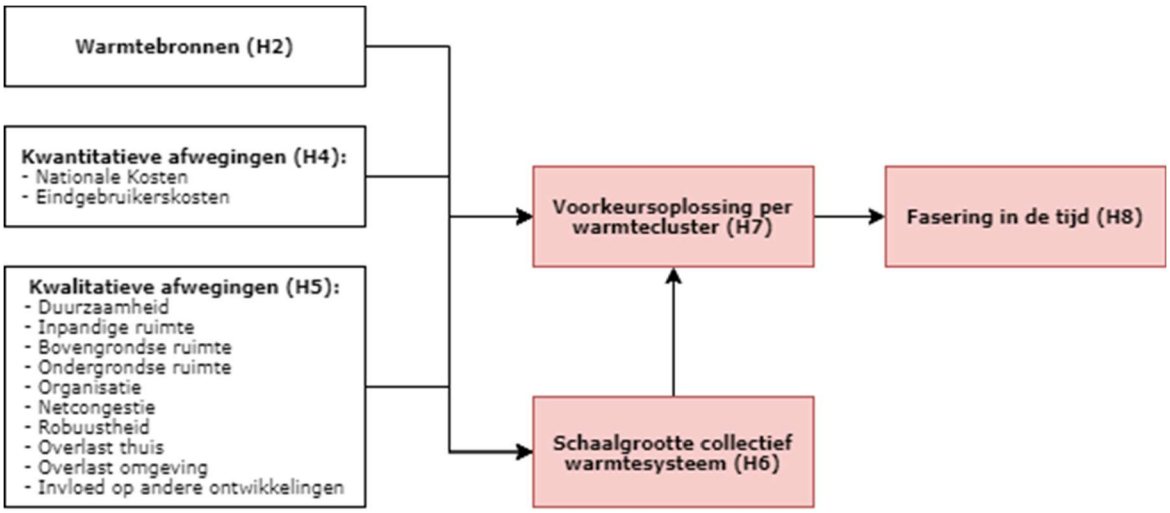
1.2 Onderzoeksvragen en aanpak

Het doel van de technisch-economische analyse is om antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Welke alternatieven voor aardgas zijn er beschikbaar voor de gemeente Voorschoten?
2. Welke warmtebronnen zijn beschikbaar voor de gemeente Voorschoten?
3. Wat is de meest geschikte clustering van warmtegebieden in Voorschoten?
4. Welk alternatief voor aardgas heeft de voorkeur voor deze warmteclusters?
5. Wat is de beste schaalgrootte voor de implementatie van een collectief warmtesysteem?
6. Welke route (fasering) in de aanpak is mogelijk om in 2050 volledig aardgasvrij te zijn?

De onderzoeksvragen leiden tot drie deelresultaten: (1) een voorkeursalternatief voor aardgas per warmtecluster, (2) inzicht in de optimale schaalgrootte van het collectieve warmtesysteem in Voorschoten en (3) de verschillende fasen van de aanpak. De voorkeurstechniek per cluster wordt

bepaald op basis van een afwegingskader met kwantitatieve en kwalitatieve criteria en is ook afhankelijk van welke warmtebronnen beschikbaar zijn voor het betreffende cluster. Figuur 1 geeft in een schema de projectaanpak weer.



Figuur 1 - Schematische weergave van de projectaanpak

Het Rijk ondersteunt gemeenten bij het opstellen van een TVW met een Leidraad. De Leidraad bestaat uit twee onderdelen, namelijk de *Handreiking voor lokale analyse* van het Expertisecentrum Warmte (ECW) [2] en de *Startanalyse* van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) [3]. De Startanalyse is gebaseerd op landelijke data en geeft inzicht in de technisch-economische gevolgen van vijf zogenoemde warmtestrategieën.

- **S1** Individuele elektrische warmtepomp
- **S2** Warmtenet met midden- en hogetemperatuurbron
- **S3** Warmtenet met lagetemperatuurbron
  - **S3-LT** Lagetemperatuurwarmtenet (met lagetemperatuurbron)
  - **S3-MT** Middentemperatuurwarmtenet (met lagetemperatuurbron)
- **S4** Groengas
- **S5** Waterstof

De analyses voor de TWV 1.1 sluiten zoveel mogelijk aan bij de Startanalyse van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

2. Alternatieven voor aardgas

Volgens de Klimaatmonitor werd er in 2022 in de gemeente Voorschoten 14 miljoen m^3 aardgas gebruikt door de gebouwde omgeving [4]. Dit komt overeen met een CO_2-uitstoot van 27 kton per jaar[1] [5]. Om van het aardgas af te komen moeten bijna alle gebouwen in Voorschoten overstappen op een andere manier van verwarmen.

Dit hoofdstuk beschrijft eerst de technologieën die beschikbaar zijn om gebouwen aardgasvrij te maken. Deze zijn te verdelen in individuele oplossingen en collectieve oplossingen. In het tweede deel wordt onderzocht welke warmtebronnen beschikbaar zijn om in de warmtebehoefte van de gemeente te voldoen.

2.1 Aardgasvrije warmtetechnieken

Voor de warmtetransitie kunnen meerdere technieken worden ingezet om de gebouwde omgeving aardgasvrij te verwarmen. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen individuele en collectieve oplossingen. Individuele oplossingen richten zich op het verwarmen van individuele gebouwen en collectieve oplossingen richten zich op het verwarmen van meerdere gebouwen tegelijkertijd. De aanpak voor collectieve of individuele oplossingen verschilt. Collectieve oplossingen worden gekenmerkt door een planmatige aanpak. Individuele warmtetechnieken, zoals een elektrische warmtepomp, kennen natuurlijke transitiemomenten (momenten waarop het logisch is om een stap te zetten), waarbij de gebouweigenaren in belangrijke mate het tempo bepalen.

2.1.1 Individuele warmtetechnieken

Elektrische warmtepomp



Een elektrische warmtepomp is een individuele elektrische warmteoplossing. Gebouweigenaren kunnen zelfstandig overschakelen op deze techniek. De luchtwarmtepomp, de bodemwarmtepomp en de PVT-warmtepomp[2] zijn de bekendste typen warmtepomp. Deze warmtepompen gebruiken warmte uit de lucht, bodem en zonnewarmte en brengen dit met behulp van elektriciteit naar een temperatuurniveau dat geschikt is voor het verwarmen van gebouwen en tapwater.

Warmtepompen zetten elektriciteit efficiënt om in warmte. De COP (Coefficient of Performance) is een waarde die weergeeft hoe efficiënt de warmtepomp werkt: het aantal eenheden warmte dat een technologie kan opwekken met één eenheid elektriciteit (voorbeeld: 3 kWh warmte per 1 kWh elektriciteit). Doordat warmtepompen voornamelijk energie uit de lucht of bodem gebruiken en een kleiner deel uit elektriciteit, hebben ze een hoger rendement dan de hr-ketel.

Voor het toepassen van een elektrische warmtepomp moet een woning of utiliteitsgebouw zeer goed worden geïsoleerd (naar een isolatieniveau van 50 kWh/m^2). Dit is met name kostbaar bij vooroorlogse bouw. Hoewel gebouwen uit de decennia direct na de Tweede Wereldoorlog vaak wel iets van isolatie hebben, zullen deze vaak nog beter geïsoleerd moeten worden om te kunnen verwarmen met een warmtepomp. Ook moeten de radiatoren worden vervangen door

[1] Energie-inhoud aardgas (bovenwaarde): 0,03517 GJ/m^3; emissiefactor aardgas: 56,4 kg CO_2/GJ

[2] PVT-panelen zetten licht om in elektriciteit (photovoltaïsch) en warmte (thermisch).

vloerverwarming of LT-radiatoren. Wanneer een groep gebouwen overschakelt naar een elektrische oplossing, kan het zijn dat het elektriciteitsnet moet worden verzwaard.

De luchtwarmtepomp maakt gebruik van de buitenlucht. De ventilator (buitenunit) die nodig is voor een luchtwarmtepomp maakt geluid. De bodemwarmtepomp is duurder dan de luchtwarmtepomp om aan te leggen, maar is wel energiezuiniger. PVT-panelen worden op het dak geplaatst en leveren zowel warmte als elektriciteit.

Hybride warmtepomp



De hybride warmtepomp combineert een elektrische warmtepomp met de hr-ketel op gas. De elektrische warmtepomp kan in ongeveer de helft van de warmtebehoefte voorzien. Dit gaat zeer efficiënt, omdat de warmtepomp energie haalt uit de omgeving. De energie wordt gebruikt voor ruimteverwarming en/of warmtapwaterbereiding. Ongeveer een vijfde van de tijd springt de hr-ketel bij, op momenten dat de warmtepomp niet voldoende warmte kan leveren, bijvoorbeeld wanneer het buiten koud is en/of er (veel) warm tapwater nodig is. Hoe hoger het isolatieniveau van het gebouw, hoe minder vaak de hr-ketel hoeft bij te springen, en hoe groter de vermindering van het (aard)gasverbruik.

Op dit moment heeft het geen zin om een hybride warmtepomp te plaatsen in een slecht geïsoleerd gebouw. In zo'n gebouw zal de warmtepomp minder vaak de warmte leveren: de hr-ketel moet vaak bijspringen om het gebouw voldoende warm te krijgen. In een matig geïsoleerd gebouw (voorbeeld: dubbel glas, spouwmuurisolatie, beperkte vloerisolatie en beperkte dakisolatie) levert een hybride warmtepomp zowel besparing op de energierekening als CO_2-reductie op. Bij een goed tot zeer goed geïsoleerd gebouw (minimaal schillabel B) is het verstandiger om direct over te stappen op een volledig elektrische warmtepomp.

Vanaf 2026 wordt het verplicht om bij de vervanging van de cv-ketel over te stappen op ten minste een hybride warmtepomp. Wel gelden er meerdere uitzonderingen. Zo vervalt de verplichting voor onder andere appartementen of een monument, en voor woningen die binnen 10 jaar worden aangesloten op een warmtenet.

Houtachtige biomassa

Een andere individuele warmtetechniek is de pelletkachel, gestookt met houtpellets. Hout is een hernieuwbare brandstof, maar er zijn kanttekeningen te plaatsen bij de duurzaamheid hiervan. Daarnaast voert de gemeente al enkele jaren beleid om houtstook te verminderen, zodat de luchtkwaliteit verbeterd. De gemeente Voorschoten beschouwt biomassa (hout en ander plantaardig en dierlijk materiaal) niet als een geschikt alternatief [6].

2.1.2 Collectieve warmtetechnieken (warmtenetten)

Hoogtemperatuurwarmtenet



Bij een warmtenet wordt warmte van een collectieve warmtebron naar gebouwen getransporteerd. Voor een hoogtemperatuur(HT-)warmtenet is een nieuwe infrastructuur nodig voor het vervoeren van water met een temperatuur van minimaal 75°C. Dit water wordt verwarmd met een HT-warmtebron, zoals restwarmte uit de industrie of geothermie. Een HT-warmtenet is warm genoeg voor het verwarmen van het gebouw en verzorgen van warm tapwater. In het gebouw zelf wordt de cv-ketel vervangen door een afleverset, bestaande uit een warmtewisselaar en een warmtemeter. De afleverset hangt meestal in de meterkast. De afleverset wordt gekoppeld aan het warmteafgiftesysteem. Hiervoor moeten vaak een paar verwarmingsleidingen worden omgelegd. Extra isolatie is niet nodig, maar mogelijk nog steeds wel wenselijk. Betere isolatie zorgt voor een hoger comfort en voor energiebesparing.

Middentemperatuurwarmtenet



Ook voor een middentemperatuur(MT-)warmtenet is nieuwe infrastructuur nodig. Een MT-warmtenet heeft een temperatuur van tussen de 55°C en 75°C en kan worden gevoed met warmtebronnen van verschillende temperaturen. Bij LT-warmtebronnen wordt de temperatuur opgewerkt met een collectieve warmtepomp. Door het omhoog brengen van de temperatuur van het water in het warmtenet met een collectieve elektrische warmtepomp, is het water dat bij de woningen en overige gebouwen aankomt warm genoeg voor het verwarmen van tapwater en hoeft het afgiftesysteem in het gebouw niet te worden aangepast. De gebouwen moeten voor het verwarmen met een MT-warmtenet al wel een redelijk isolatieniveau hebben (70 kWh/m^2), maar niet zo goed als bij een LT-warmtenet. De geleverde temperatuur is namelijk hoger. Voorbeelden van bronnen voor een MT-warmtenet zijn geothermie, aquathermie en restwarmte.

Laagtemperatuurwarmtenet



Bij een (zeer)laagtemperatuur (ZLT-/LT-)warmtenet gaat het om warmte met een temperatuur tussen de 30°C en 55°C. Ook hiervoor is een nieuwe infrastructuur nodig. Een ZLT-warmtenet, of bronnet, heeft een temperatuur van maximaal 30°C. Bij een ZLT-warmtenet moet de temperatuur van de warmte in de gebouwen nog omhoog gebracht worden met een individuele warmtepomp om geschikt te zijn voor ruimteverwarming. Bij een LT-warmtenet kan de temperatuur soms al hoog genoeg zijn om direct voor ruimteverwarming te gebruiken. Voor dit type warmtenetten moeten gebouwen zeer goed worden geïsoleerd (namelijk naar een isolatieniveau van 50 kWh/m^2). Daarnaast moet worden overgeschakeld op een LT-afgiftesysteem (bijvoorbeeld vloerverwarming of LT-radiatoren) en is er een aparte voorziening nodig voor warmtapwater. Geschikte warmtebronnen zijn bijvoorbeeld aquathermie, laagwaardige restwarmte, waterzuiveringsinstallaties en datacenters.

2.1.3 Beschikbaarheid van gasvormige energiedragers

Groengas en waterstof zijn energiedragers die op termijn aardgas zouden kunnen vervangen als brandstof voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving. Echter, tot ver na 2030 zullen groengas en waterstof geen grote rol kunnen spelen in de verduurzaming van de gebouwde omgeving, omdat beide gassen te duur en niet voldoende beschikbaar zijn. Landelijk zijn andere prioriteiten gesteld voor het gebruik van groengas en waterstof, en in Voorschoten zijn geen productiefaciliteiten beschikbaar. Waterstof en groengas zullen ook na 2030 naar verwachting alleen een logische optie zijn als er echt geen andere warmtealternatieven voorhanden zijn. [7]

Groengas



Groengas bestaat uit opgewerkt biogas. Biogas is brandbaar gas uit biomassa. Biogas kan niet rechtstreeks gebruikt worden in bestaande installaties op aardgas, hiervoor moet het eerst opgewerkt worden naar aardgaskwaliteit. Dit is groengas. Voor bewoners en gebouweigenaren is het vervangen van aardgas door groengas vaak makkelijk. Groengas heeft dezelfde kwaliteit als aardgas, dus zijn er geen aanpassingen nodig aan het gebouw of aan de infrastructuur. Wel is het vanuit het oogpunt van comfort en energiebesparing wenselijk dat het gebouw enigszins geïsoleerd is. Groengas kan worden gebruikt in de hr-ketel of de hybride warmtepomp.

De potentiële groengasproductie in de regio, maar ook de (inter)nationale potentie, ligt ver onder de huidige aardgasvraag. In het Klimaatakkoord heeft de groengassector het streven uitgesproken om in Nederland 70 PJ groengas te produceren in 2030. Dit is ongeveer 6% van de huidige aardgasvraag. Het is nog onbekend of deze ambitie gehaald wordt. Groengas zal in ieder geval schaars blijven. Daarnaast is het lastig om toekomstbestendig groengas toe te wijzen aan bepaalde wijken. In lijn met de Routekaart Groen Gas ligt het daarom voor de hand om de warmtetransitie niet te beginnen met het inzetten van groengas. [7]

Waterstofgas



Waterstof komt als molecuul niet op grote schaal in de natuur voor, maar kan ook op verschillende manieren klimaatneutraal worden geproduceerd. Dit kan worden geproduceerd uit aardgas, waarbij CO_2 vrijkomt die moet worden afgevangen en opgeslagen ('blauwe waterstof'), of direct met duurzame elektriciteit of door vergassing van biomassa ('groene waterstof'). Voor een omschakeling naar verwarming op 100% waterstof dient de cv-ketel te worden vervangen door een brandstofcel, of door een hr-ketel of hybride warmtepomp die op waterstof kan draaien. In de gebouwen hoeft behalve de installatie en eventueel de leidingen niet veel aangepast te worden. Wel moeten de leidingen van het huidige aardgasnet geschikt worden gemaakt voor waterstof. Dit houdt in dat bepaalde onderdelen moeten worden vervangen. Soms zal zelfs het hele net moeten worden vervangen als de technische staat onvoldoende is. Er is nog bijna geen praktijkervaring met het gebruik van waterstof voor verwarming van gebouwen of het transport ervan in bestaande gasleidingen.

Waterstof opgewekt uit duurzame elektriciteit heeft in Nederland kan beperkt geproduceerd worden. De ambitie is om in 2030 250-350 kton aan waterstof te produceren. Dit is 30-40% van de hoeveelheid waterstof die nu in Nederland wordt gemaakt uit aardgas voor gebruik in de industrie. De Rijksoverheid [8] en natuurorganisatie Natuur en Milieu [9] hebben aangegeven waar waterstof het meest zinvol kan worden ingezet. Dit is allereerst in de industrie en voor het zwaar transport omdat hiervoor geen goede alternatieven voorhanden zijn. Het is mogelijk om waterstofgas bij te mengen bij (groen)gas. Op dat moment is deze optie technisch gelijk aan de optie groengas die hiervoor beschreven staat. In geen geval wordt een grote rol voorzien voor waterstof in de warmtetransitie van de gebouwde omgeving.

2.2 Warmtebronnen in en om Voorschoten

In deze paragraaf beschrijven we welke warmtebronnen beschikbaar zijn in (de regio van) Voorschoten en wat de potentie van deze warmtebronnen is. Deze warmtebronnen kunnen collectieve warmtenetten van warmte voorzien.

2.2.1 Warmte via WarmtelinQ

WarmtelinQ is een transportleiding die restwarmte uit de haven van Rotterdam naar onze regio brengt. Restwarmte is warmte die vrijkomt bij een proces in de industrie en daar niet meer voor iets anders gebruikt kan worden. Volgens de huidige inzichten zal er 84 MW_{th} (basislast) beschikbaar komen voor de Leidsche regio [10]. De hoeveelheid geleverde warmte is niet genoeg om alle gebouwen in de regio te voorzien van deze warmte. In de regio zijn ook andere warmtebronnen beschikbaar, zoals geothermie en aquathermie, die ook baat kunnen hebben bij een bovenlokaal warmtetransportsysteem.

De gemeente Voorschoten werkt met vijf buurgemeenten samen in de samenwerking Warmte Leidse Regio (WLR). WLR onderzoekt de mogelijkheden van een regionaal collectief warmtesysteem, waarin WarmtelinQ één van de warmtebronnen is. Een besluit om wel of niet deel te nemen aan een regionaal warmtesysteem heeft grote invloed op de uitwerking van de voorkeursopties voor verwarming van buurten. Het wel of niet ter beschikking hebben van een groot warmtetransportsysteem op regionaal niveau beïnvloedt bijvoorbeeld de keuze om ook kleinere lokale bronnen te ontwikkelen.

De voorbereidingen voor de aanleg van WarmtelinQ zijn in volle gang. Gasunie is daarbij verantwoordelijk voor de realisatie, ondersteund door de provincie Zuid-Holland. De leiding gaat ook door het grondgebied van Voorschoten lopen. Daarmee ontstaat de mogelijkheid voor de gemeente Voorschoten om ook aan te sluiten op WarmtelinQ. Volgens planning zal de eerste levering van warmte door WarmtelinQ voor 2030 kunnen plaatsvinden.

Een aansluiting voor de gemeente Voorschoten is alleen mogelijk als er voldoende warmtevraag is en er ook een warmteoverdrachtssysteem (WOS) wordt gerealiseerd. Een WOS zorgt dat de

warmte (van 110 ºC) uit WarmtelinQ wordt omgezet naar een lokaal warmtenet van een lagere temperatuur (70 tot 90 ºC). Vanuit het warmteoverdrachtstation loopt het warmtenet naar de gebouwen in Voorschoten.

2.2.2 Geothermie

Geothermie wordt gewonnen uit heet water dat zich in aardlagen bevindt. De geothermie-installatie pompt dit water omhoog en brengt de warmte via een warmtenet naar de gebouwen. Om geothermie te winnen halen we warm water vanuit 500 tot 4000 meter diepte. Op die diepte heeft het water een temperatuur van 55 tot 120 °C.

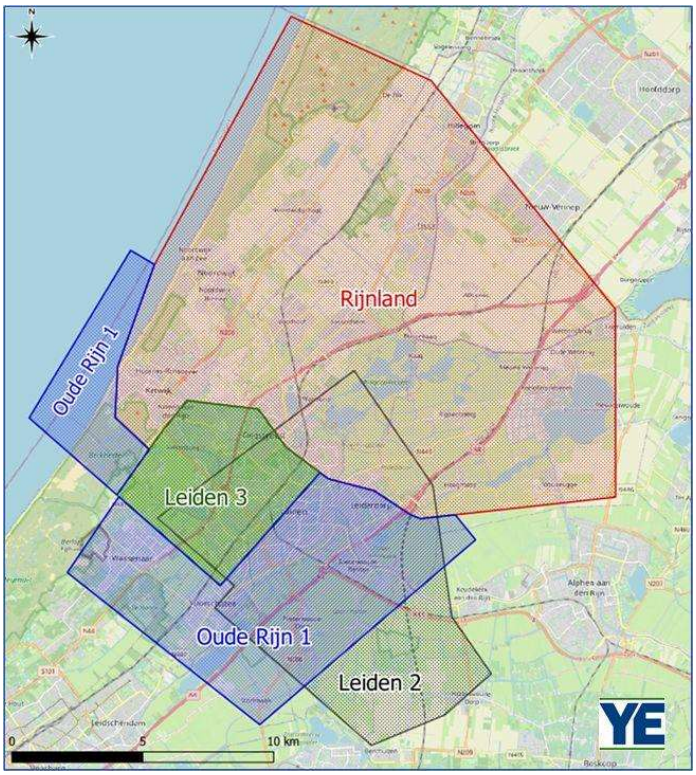
De potentie van geothermie in de regio Holland Rijnland is groot. In de gemeente Voorschoten zijn momenteel in drie gebieden opsporingsvergunningen aangevraagd: 'Leiden 2' in het noorden, 'Leiden 3' in Adegeest en 'Oude Rijn 1' in het centrum/zuiden van de gemeente. Het opsporingsgebied Oude Rijn bestaat uit 2 zoeklocaties: één in Voorschoten en één in Katwijk. Daarnaast zijn er concrete ontwikkelingen rond Aardwarmte Rijnland. Dit project kan via een regionaal warmtesysteem relevant zijn voor de gemeente Voorschoten. In Tabel 2 staat per opsporingsvergunning de vergunninghouder, geschatte potentie (basislast) en verwachte periode van ontwikkeling benoemd. Figuur 2 geeft een overzicht van de zoekgebieden.

Het is nog onzeker of deze aanvragers daadwerkelijk een winningsvergunning zullen krijgen en hoeveel warmte er dan opgepompt kan worden. Als uit de opsporingsvergunningen blijkt dat de potentie van geothermie gunstig is, dan zou dit een geschikte MT-warmtebron kunnen zijn voor een collectief warmtenet.

Tabel 2 - Opsporingsvergunningen geothermie Holland-Rijnland [10]

Opsporingsgebied	Vergunninghouder	Geschatte potentie	Periode
Rijnland	Shell + D4	100 - 160 MW	40 MW voor 2030 60 MW na 2030 tot 60 MW onzeker
Leiden 2	Eavor	Samen met Leiden 3: 40 – 80 MW	Onzeker
Leiden 3	Wayland	Samen met Leiden 2: 40 – 80 MW	Onzeker
Oude Rijn 1	Yeager	20 – 50 MW	Onzeker

De zoeklocaties beslaan een gebied, waar meerdere geothermiecentrales gerealiseerd kunnen worden. Figuur 4 aan het eind van deze paragraaf laat slechts één mogelijke locatie zien binnen het grotere zoekgebied in Voorschoten. Het is nog niet zeker of dit de definitieve locatie zal worden. Na voltooiing van haalbaarheidsstudies kan blijken dat andere locaties kansrijker zijn.



Figuur 2 – Zoekgebieden geothermie regio Holland Rijnland [11]

Alleen voor opsporingsvergunning Rijnland vinden op dit moment concrete ontwikkelingen plaats. Voor de ontwikkeling van de bron, distributie en levering is er een samenwerking tussen de partijen Shell, D4 en Firan opgezet. Voor de overige gebieden liggen de activiteiten momenteel stil. Dit komt door een bezwaar dat is ingediend door Drinkwaterbedrijf Dunea en Provincie Zuid-Holland, vanwege mogelijke beïnvloeding tussen geothermie en nabijgelegen drinkwaterwinning. Hierover moet de rechter een uitspraak doen. Deze uitspraak is nog niet beken en hierdoor is de inzet van geothermie in Voorschoten nog onzeker. Naar verwachting zal geothermie op zijn vroegst pas na 2030 beschikbaar kunnen komen.

2.2.3 Aquathermie

Bij aquathermie wordt er thermische energie (warmte en soms koude) gewonnen uit water. De warmte die hieruit gewonnen kan worden is tussen de 7 en 25°C en is daarmee een zeerlagetemperatuurbron (ZLT). De warmte wordt vooral gewonnen als het warm is en opgeslagen in ondergrondse warmte-koudeopslag (WKO) tot de winter.

Als de warmte collectief warmer wordt gemaakt, kan aquathermie ook als bron dienen voor een MT-warmtenet. Hiervoor zijn meestal elektrische warmtepompen nodig. Aquathermie wordt meestal gebruikt in combinatie met een WKO, het is daarom van belang dat de bodem hiervoor geschikt is. Aquathermie kent verschillende varianten: thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), uit afvalwater (TEA) en uit drinkwater (TED).

Aquathermie is een opkomende techniek die nog in ontwikkeling is. Alhoewel het een bestaande techniek is, wordt deze op dit moment nog niet veel toegepast. Factoren die hierbij een rol spelen zijn de relatief hoge investeringskosten, de benodigde kennis van de lokale situatie en het vereiste hoge isolatieniveau van de gebouwen. De technologie is vooral kansrijk in nieuwbouw, mede vanwege de goede isolatiegraad. Daarnaast wordt aquathermie ook toegepast in utiliteitsbouw (gebouwen die niet gebruikt worden om te wonen), onder andere omdat utiliteitsbouw vaak een koelvraag heeft en hier duurzaam in kan worden voorzien met een WKO-systeem.

In 2022 is er in het kader van het Innovatieprogramma WarmingUP een onderzoek uitgevoerd naar de technische potentie van aquathermie in Holland Rijnland [12]. Hierin wordt geconcludeerd dat er in de regio een aanzienlijke capaciteit is voor aquathermie. Als de maximale afstand tussen buurten en een watergang minder dan 1 kilometer is, kan ca. 85% van de warmtevraag worden voorzien door aquathermie. Als dit 'zoekgebied' groter wordt neemt de potentie toe. Bij een afstand van 5 kilometer tot aan de watergang is er meer warmte-aanbod dan er nodig is. In Voorschoten kan TEO in potentie voor alle buurten meer dan 100% van de warmtevraag leveren, bij een maximale afstand tussen de buurt en watergang van 1 kilometer.

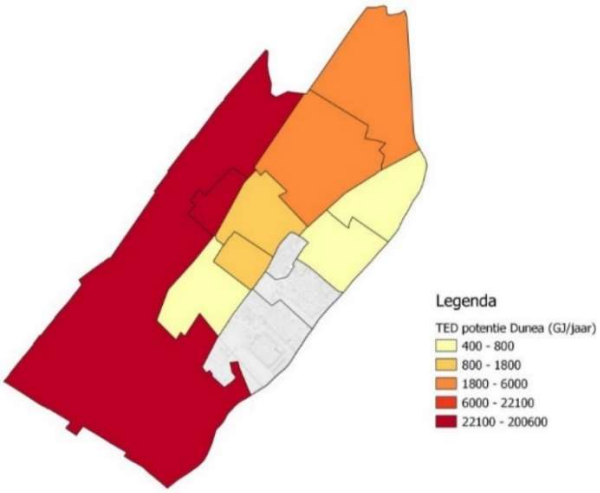
In de omgeving van Voorschoten liggen er veel kansen voor thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). Deze liggen vooral in Vlietland (gelegen in de gemeente Leidschendam-Voorburg), zie Figuur 4. Daarnaast lopen er een aantal waterlichamen met potentie voor TEO in het westen van de gemeente, zoals de Dobbewatering. Ook zien we dat andere rivieren rondom Voorschoten, zoals de Korte Vliet (nabij Leiden) en de Vliet (aan de oostgrens van de gemeente) bruikbaar kunnen zijn voor aquathermie. Na Vlietland volgen de Vliet en Korte Vliet. De kleine waterlichamen zoals de Dobbewatering zijn het minst geschikt. Het is echter niet zeker of deze aquathermie beschikbaar gemaakt kan worden voor Voorschoten. Deze liggen namelijk in een andere gemeente (Vlietland) of ze vormen de gemeentegrens met een andere gemeente (Vliet en Korte Vliet). In die gevallen zullen de andere gemeenten mogelijk ook interesse hebben om de aquathermie te gebruiken. Als deze bronnen niet inzetbaar blijken voor Voorschoten, dan is ongeveer 18 GWh per jaar beschikbaar binnen de gemeentegrenzen. In het geval dat deze bronnen wel ontsloten kunnen worden voor Voorschoten, dan kan dit oplopen tot 514 GWh per jaar [13]. Dat is een veelvoud van wat Voorschoten nodig heeft.

In Voorschoten zelf is er geen geschikte thermische energie uit afvalwater (TEA). In de buurt van de gemeente is dit er echter wel. Direct aan de andere kant van de gemeentegrens met Leiden is de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het Hoogheemraadschap van Rijnland gevestigd. De potentie voor TEA op deze locatie is ongeveer 52 GWh per jaar [13]. Samen met de gemeente Leiden en het Hoogheemraadschap van Rijnland wordt deze bron verder onderzocht. Mogelijk kan deze warmtebron onderdeel worden van een regionaal warmtesysteem, waarbij de gemeente Voorschoten met andere gemeenten samenwerkt.

Een andere vorm van aquathermie is thermische energie uit drinkwaterleidingen (TED). Het drinkwaterbedrijf in Voorschoten, Dunea, heeft aangegeven dat er een aantal drinkwaterleidingen door de gemeente lopen. TED is een techniek die momenteel nog weinig wordt toegepast maar waar wel meer aandacht voor komt. Een voorbeeld waar dit op dit moment wel al wordt toegepast is de wijk Lanxmeer in Culemborg. De potentie van TED is vooral in het buitengebied van Voorschoten, zoals weergegeven in Figuur 3. De totale potentie in de gemeente is ongeveer 45 GWh per jaar [13]. Een overzicht van de potentie van aquathermie in Voorschoten staat in Tabel 3.

Tabel 3 - Potentie aquathermie in Voorschoten

Bron	GWh minimaal	GWh maximaal
Thermische energie uit oppervlaktewater	18	514
Thermische energie uit afvalwater	0	52
Thermische energie uit drinkwater	45	45
Totaal	**63**	**611**



Figuur 3 - Potentie thermische energie uit drinkwater (TED) in de gemeente [14]

2.2.4 Zonthermie

Zonthermie is een vorm van energieopwekking waarbij zonnelicht wordt opgevangen door zonnecollectoren en omgezet in warmte. Er bestaan verschillende soorten systemen. Zonthermie kan gebruikt worden als bron voor een warmtenet, maar er bestaan ook individuele installaties, zoals een zonneboiler. In deze studie kijken we naar de toepassing van zonthermie als bron voor een warmtenet.

CE Delft heeft onderzocht of zonthermie in de provincie Zuid-Holland een optie is [15]. Uit die studie komt naar voren dat in de gemeente Voorschoten 0 tot 20% van de warmtevraag van woningen en glastuinbouw ingevuld kan worden door zonthermie. Hierbij wordt echter ook uitgegaan van zonthermie op velden in het buitengebied. De ontwikkeling van velden voor zon-PV of zonthermie in Voorschoten is een grote uitdaging, vanwege de beschermde status van een groot gedeelte van het buitengebied. Als er al ontwikkeling van zon op velden mogelijk zou zijn, dan heeft zon-PV de voorkeur. Zonthermie is voor Voorschoten minder geschikt. De

2.2.5 Lokale restwarmte

Er zijn een aantal lokale restwarmtebronnen beschikbaar in Voorschoten, allen met een lage temperatuur. Tabel 4 geeft een overzicht van de LT-restwarmtebronnen in de gemeente, gebaseerd op de Warmteatlas en de Startanalyse [16] [3]. Figuur 4 geeft de locaties van deze bronnen weer op kaart. Zwembad het Wedde staat niet in de Warmteatlas geregistreerd als warmtebron, en is daarmee ook niet meegenomen in de Startanalyse. De projectgroep ziet dit echter wel als potentiële LT-warmtebron. Vandaar dat we de locatie van het zwembad hebben toegevoegd aan het kaartje in Figuur 4.

De LT-warmtebronnen zouden in theorie een bijdrage kunnen leveren aan een aardgasvrij Voorschoten. Maar, gezien de ligging, de onzekerheid of de bronnen wel of niet geschikt zijn en hoe ingewikkeld de ontwikkeling van kleinschalige lokale restwarmtebronnen is, is de verwachting dat deze bijdrage gering zal zijn. Dit moet verder onderzocht worden.

Tabel 4 - LT-warmtebronnen in Voorschoten

Bronnaam	Type Bron	MW_{th}
Randstad Flower Promotion	Glastuinbouw	Niet bekend
W_Gemaal_908	GemaalWarmte	3
W_Gemaal_890	GemaalWarmte	Niet bekend
Valkenhorst Internet BV	Dienstverlening_Informatie	1,1
Bakker Verhoog BV	Bakkerij	0,32
Supermarkt Roemer Voorschoten BV	Supermarkt	0,37
Albert Heijn BV	Supermarkt	0,74
Hoogvliet BV	Supermarkt	0,17
Stichting Wereldwinkel Voorschoten	Supermarkt	0,17
Agulon Kunststoftechniek	Voedingsmiddelen_dranken_tabak	Niet bekend
Mobrero b v	Voedingsmiddelen_dranken_tabak	Niet bekend
A.J. Stemerding BV Hydro Center Holland vof	Glastuinbouw	Niet bekend
	Totaal	**5,87**

2.2.6 Overzicht warmtebronnen in Voorschoten

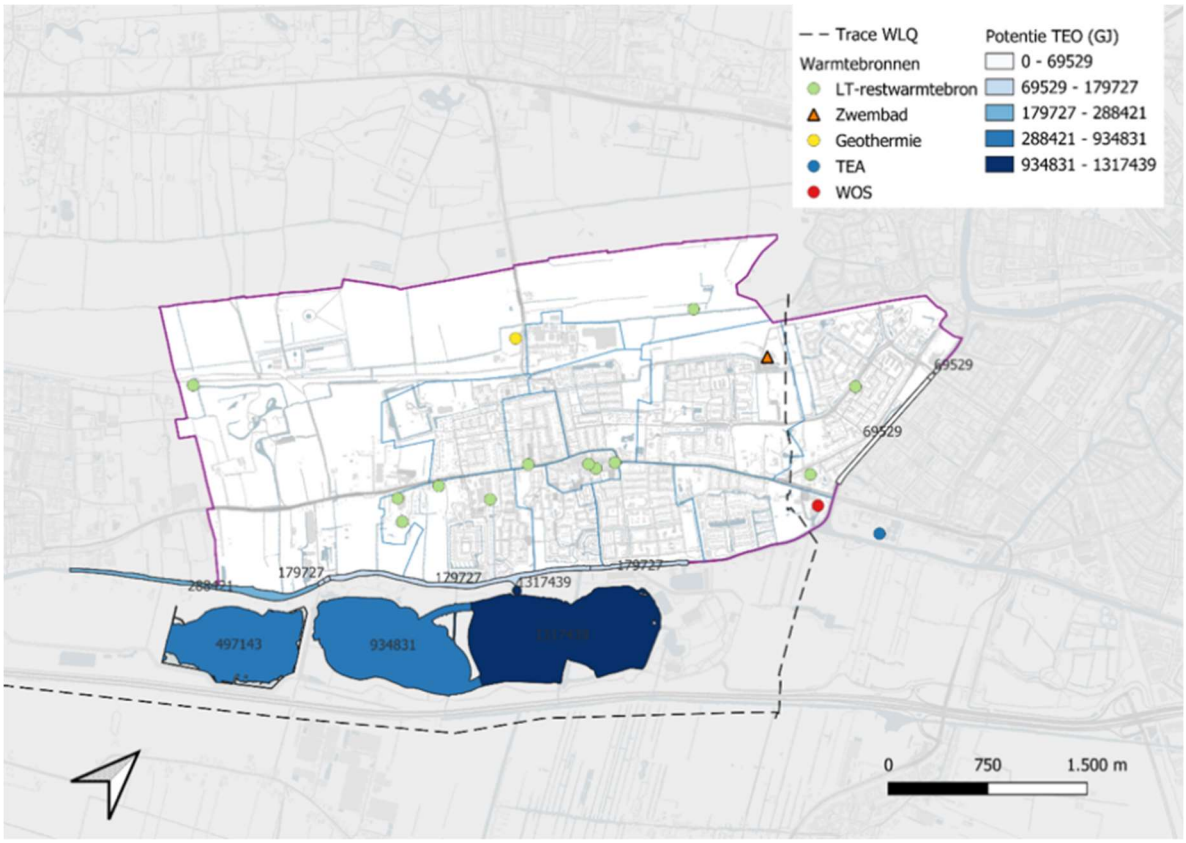
Tabel 5 geeft een overzicht van de beschikbare warmtebronnen in en om Voorschoten. Hoe geschikt een warmtebronnen is staat aangegeven in gigawattuur (GWh) of megawatt (MW), afhankelijk van de beschikbare informatie. Waar MW een eenheid van vermogen is, is GWh een eenheid van energiegebruik. Een warmtebron met een vermogen van 1 MW produceert gedurende één uur een energie van 0,001 GWh.

Tabel 5 - Beschikbare warmtebronnen in en om Voorschoten

Bron	Vermogen minimaal (MW_{th})	Vermogen maximaal (MW_{th})	Potentie minimaal (GWh)	Potentie maximaal (GWh)	Status
WarmtelinQ	0	84*			Zeker
Geothermie	0	370			Onzeker
Aquathermie (TEO)			18	514	Onzeker
Aquathermie (TEA)			0	52	Onzeker
Aquathermie (TED)			45	45	Onzeker
Zonthermie	-	-	-	-	Voorkeur zon-PV
LT-restwarmtebronnen	0	6			Zeer onzeker
Groengas					Niet beschikbaar
Waterstofgas					Niet beschikbaar

*Een deel van dit vermogen zal gebruikt worden voor het huidige warmtenet van Vattenfall in Leiden. Een ander deel zal gebruikt worden door andere gemeenten in de regio.

Figuur 4 geeft weer waar de warmtebronnen in Voorschoten zich bevinden: het tracé van WarmtelinQ, de mogelijke locatie voor een warmteoverdrachtstation (WOS), een potentiële geothermielocatie, een potentiële plek voor thermische energie uit afvalwater in Leiden, de potentie van thermische energie uit oppervlaktewater, en de LT-restwarmtebronnen in Voorschoten.



Figuur 4 – Overzicht van warmtebronnen in Voorschoten

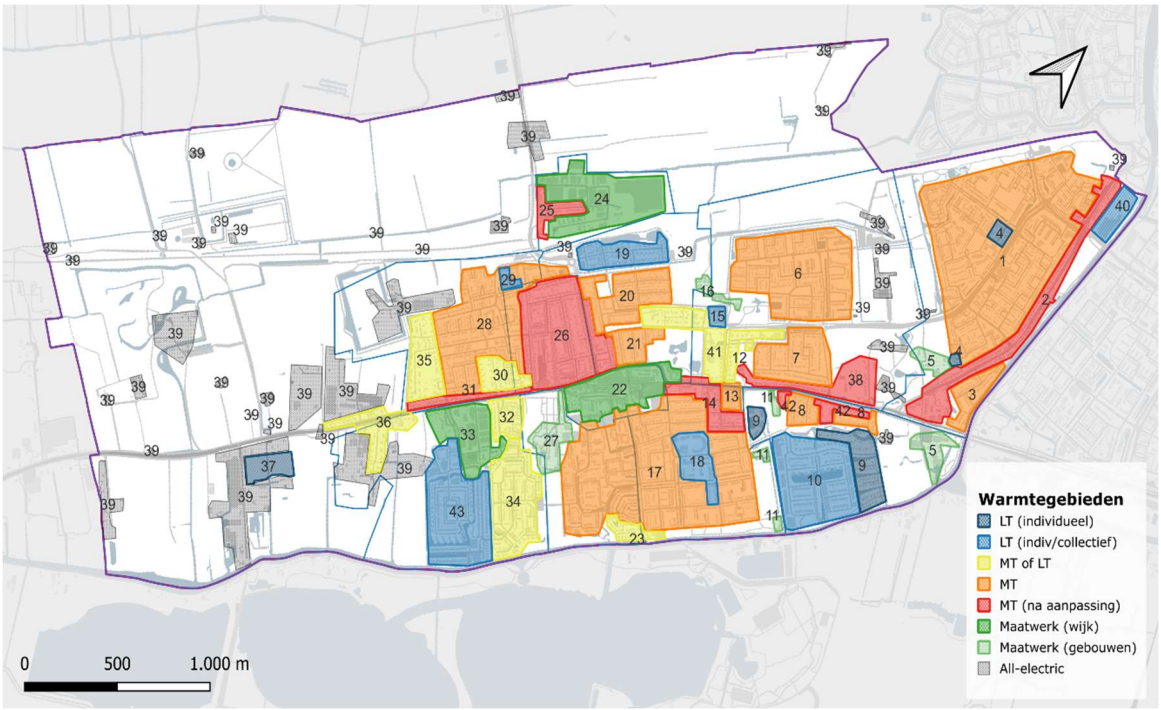
3. Clustering, warmtestrategieën en afwegingskader

Om Voorschoten van het aardgas af te krijgen is een goed begrip van de gebouwde omgeving nodig. Dit hoofdstuk analyseert de gebouwen in de gemeente en clustert ze in aparte gebieden. Vervolgens wordt onderzocht met welke strategieën deze gebieden aardgasvrij kunnen worden. Om tot een goede afweging te komen tot een voorkeursalternatief voor aardgas is een afwegingskader nodig, dat wordt beschreven in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk.

3.1 Warmtegebieden

In de TWV 1.0 is de analyse uitgevoerd per buurt, volgens de indeling van het CBS, in lijn met aanbevelingen vanuit het Rijk. Tijdens het opstellen van het eerste wijkuitvoeringsplan in Voorschoten bleek dat de geografische indeling van buurten niet altijd de meest logische clustering is voor de warmtetransitie. Om die reden is er voor de gebouwde omgeving van Voorschoten opnieuw gekeken wat de meest logische indeling is van warmteclusters.

Als eerste stap is hiervoor een analyse gemaakt van de gebouwde omgeving op bouwjaar, bebouwingsdichtheid, bouwtype, functie, energiegebruik en eigendomssituatie. Op basis van deze gegevens is een inschatting gemaakt of gebouwen kansrijk zijn voor verwarming op midden- of lage temperatuur, al dan niet na aanpassingen in de woning. Deze analyse heeft geleid tot een clustering in 43 warmtegebieden, inclusief een eerste inschatting van een passend temperatuurniveau voor deze gebieden, zoals weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 - Warmtegebieden in Voorschoten

3.2 Warmtestrategieën

Eén van de doelen van deze studie is om een voorkeursalternatief voor aardgas te bepalen voor de 43 warmtegebieden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de startanalyse van het PBL, en de bijbehorende vijf warmtestrategieën (op basis van infrastructuur).

S1 Individuele elektrische warmtepomp
S2 Warmtenet met midden- en hogetemperatuurbron
S3 Warmtenet met lagetemperatuurbron
- **S3-LT** Lagetemperatuurwarmtenet (met lagetemperatuurbron)
- **S3-MT** Middentemperatuurwarmtenet (met lagetemperatuurbron)

S4 Groengas
S5 Waterstof

Binnen deze vijf strategieën bestaan verschillende varianten, zie Tabel 6. Strategieën 4 en 5 worden buiten beschouwing gelaten: waterstof en groengas spelen naar verwachting tot 2030 geen belangrijke rol bij de verduurzaming van de gebouwde omgeving. De toekomstige beschikbaarheid en prijs van deze gassen zijn zeer onzeker. Alleen als er geen andere reële warmtealternatieven voorhanden zijn komen deze misschien weer in beeld.

Tabel 6 - Overzicht varianten Startanalyse

Strategie	Kort	Variant	Schillabel
Strategie 1: Individuele elektrische warmtepomp	S1a	Elektrische luchtwarmtepomp	B
	S1b	Elektrische bodemwarmtepomp	B
Strategie 2: Warmtenet met MT- en HT-bron (leveringstemperatuur: 70°C)	S2a	Restwarmte (MT-bron)	B
	S2b	Geothermie volgens potentiekaart	B
	S2c	Geothermie overal beschikbaar	B
	S2d	Restwarmte (MT-bron)	D (utiliteitsbouw B)
	S2e	Geothermie volgens potentiekaart	D (utiliteitsbouw B)
	S2f	Geothermie overal beschikbaar	D (utiliteitsbouw B)
Strategie 3: Warmtenet met LT-bron	S3a	Bron: LT-warmtebron, leveringstemperatuur 30°C	B
	S3b	Bron: LT-warmtebron, leveringstemperatuur: 70°C	B
	S3c	Bron: WKO, leveringstemperatuur: 70°C	B
	S3d	Bron: WKO, leveringstemperatuur: 50°C	B
	S3e	Bron: TEO+WKO, leveringstemperatuur: 70°C	B
	S3f	Bron: LT-warmtebron, leveringstemperatuur: 70°C	D (utiliteitsbouw B)
	S3g	Bron: WKO, leveringstemperatuur: 70°C	D (utiliteitsbouw B)
	S3h	Bron: TEO+WKO, leveringstemperatuur: 70°C	D (utiliteitsbouw B)
Strategie 4: Groengas	*S4a*	*Groengas met hybride warmtepomp*	*B*
	S4b[17]	*Groengas met hr-ketel*	*B*
	S4c	*Groengas met hybride warmtepomp*	*D (u-bouw B)*
	S4d[6]	*Groengas met hr-ketel*	*D (u-bouw B)*
Strategie 5: Waterstof	*S5a*	*Waterstof met hybride warmtepomp*	*B*
	S5b[6]	*Waterstof met hr-ketel*	*B*
	S5c	*Waterstof met hybride warmtepomp*	*D (u-bouw B)*
	S5d[6]	*Waterstof met hr-ketel*	*D (u-bouw B)*

3.3 Afwegingskader

Om voor elk warmtegebied te komen tot een voorkeursalternatief maken we gebruik van een afwegingskader. Dit afwegingskader heeft als doel om verschillende publieke waarden te borgen in de besluitvorming over de warmtetransitie. Het gaat daarbij onder andere om de waarden: betaalbaarheid (laagste maatschappelijke kosten en betaalbaarheid voor inwoners), duurzaamheid, haalbaarheid, betrouwbaarheid, en beperken van overlast. Deze waarden zijn in lijn met eerdere besluiten door de gemeenteraad en deze worden ook in regionaal verband toegepast. Op basis van deze waarden zijn de criteria bepaald zoals weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 - Publieke waarden en criteria afwegingskader

Publieke waarden	Criteria	Type
Betaalbaarheid	Laagste nationale kosten	Kwantitatief
	Laagste eindgebruikerskosten	Kwantitatief
Duurzaamheid	Duurzaamheid & tijdige realisatie	Kwalitatief
Haalbaarheid	Inpandige ruimtelijke inpassing	Kwalitatief
	Bovengrondse ruimtelijke inpassing	Kwalitatief
	Ondergrondse ruimtelijke inpassing	Kwalitatief
	Organisatie & governance	
Betrouwbaarheid	Netcongestie	Kwalitatief
	Robuustheid warmtesysteem	Kwalitatief
Beperken overlast	In en om het huis	Kwalitatief
	In de omgeving	Kwalitatief
	Impact op andere ontwikkelingen en transities	Kwalitatief

Het afwegingskader scoort de drie aardgasvrije strategieën (strategie 1, 2 en 3) voor elk warmtegebied (Figuur 5) aan de hand van de criteria. Voor de kwantitatieve criteria wordt een score toegekend tussen 0 en 10, waarbij 10 de hoogste score is en 0 de laagste. De kwalitatieve criteria krijgen een score tussen de 1 en 3, met 3 als de beste score en 1 als de minste.

In de TVW 1.1 is de maximale score voor kwantitatieve criteria verdubbeld, om de kwantitatieve en kwalitatieve criteria in dezelfde verhouding te houden als in de TWV 1.0. Door het grotere aantal kwalitatieve criteria zijn er 30 punten (10 x 3 punten) te verdelen. De kwantitatieve criteria scoren maximaal 20 punten (2 x 10 punten). In de technische-economische analyse bij de TVW 1.0 konden 10 punten verdiend worden voor kwantitatieve criteria en maximaal 15 punten voor kwalitatieve criteria. De verhoudingen zijn dus gelijk gebleven.

Het criterium 'laagste nationale kosten' wordt beoordeeld volgens

Tabel 8, waarbij de strategie met de laagste nationale kosten de hoogste score ontvangt. De scores van de andere strategieën worden bepaald aan de hand van het kostenverschil ten opzichte van de strategie met de laagste kosten. Strategieën met een kostenverschil kleiner dan 10% krijgen ook een score van 10, omdat dit binnen de onzekerheid van de kostenberekeningen valt. De scoring van de strategieën vindt plaats per warmtegebied. Hierdoor komt het voor dat ondanks een verschil in kosten een bepaalde strategie in een warmtegebied dezelfde score krijgt als in een ander warmtegebied.

Tabel 8 - Scoring Nationale Kosten

Nationale kosten	Score
Laagste kosten	10
0-10% verschil	10
10-20% verschil	8
20-30% verschil	6
30-40% verschil	4
40-50% verschil	2
Meer dan 50% verschil	0

Het criterium 'laagste eindgebruikerskosten' wordt beoordeeld volgens Tabel 9, waarbij de strategie met de laagste eindgebruikerskosten de hoogste score krijgt. De scores van de andere strategieën worden bepaald aan de hand van het kostenverschil in euro's ten opzichte van de strategie met de laagste kosten. Hierbij hanteren we stappen van 120 euro, wat gelijk staat aan een kostenstijging van 10 euro per maand. Strategieën met een kostenverschil kleiner dan 120 euro krijgen ook een score van 10, aangezien dit binnen de onzekerheid van de kostenberekeningen valt. De scoring van de strategieën vindt plaats per warmtegebied. Hierdoor komt het voor dat ondanks een verschil in kosten een bepaalde strategie in een warmtegebied dezelfde score krijgt als in een ander warmtegebied.

Tabel 9 - Scoring Eindgebruikerskosten

Eindgebruikerskosten	Score
Laagste kosten	10
€ 0 – € 120 meer	10
€ 120 – € 240 meer	8
€ 240 – € 360 meer	6
€ 360 – € 480 meer	4
€ 480 – € 600 meer	2
> € 600 meer	0

De kwalitatieve criteria krijgen een score tussen de 1 en 3. Deze methode wijkt enigszins af van de methode die is gehanteerd in de TWV 1.0. Daar werden slechts enkele kwalitatieve criteria beoordeeld. In de nieuwe versie van dit document is het aantal kwalitatieve criteria toegenomen. Er is gestreefd om het totaal te behalen aantal punten van deze criteria in dezelfde verhouding ten opzichte van de kwantitatieve criteria te laten zijn als in de TVW 1.0. Daarom is het aantal te behalen punten per kwalitatief criterium verlaagd. De drie aardgasvrije strategieën worden per warmtegebied gescoord op basis van Tabel 10.

Tabel 10 - Scoring kwalitatieve criteria

Kwalitatieve criteria	Score
Goed	3
Gemiddeld	2
Slecht	1

4. Kwantitatieve afwegingen

In paragraaf 3.3 is het afwegingskader voor de kwantitatieve criteria gegeven. Dit hoofdstuk presenteert en scoort de nationale kosten en eindgebruikerskosten voor de drie aardgasvrije strategieën (strategie 1, 2 en 3) voor de 43 warmtegebieden. Deze beoordelingen worden vervolgens meegenomen bij de bepaling van de voorkeurswarmteoplossing in hoofdstuk 7.

4.1 Nationale Kosten

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat gemeenten hun keuze voor een aardgasvrije warmteoplossing onder andere programmeren op basis van de laagste nationale kosten. Nationale kosten zijn de totale kosten voor de maatschappij van alle maatregelen die nodig zijn om ergens over te stappen op een aardgasvrije warmtetechniek, ongeacht wie die kosten betaalt. Dit zijn de kosten over de gehele keten bij elkaar opgeteld.

De Startanalyse van PBL geeft inzicht in de nationale kosten van verschillende strategieën voor aardgasvrije warmtevoorziening. De Startanalyse berekent de nationale meerkosten. Dit zijn de extra kosten ten opzichte van de kosten van een hr-ketel op aardgas.

Deze nationale kosten wijken af van de kosten die de verschillende partijen in de keten dragen. De verschillende partijen hebben te maken met tarieven, in plaats van daadwerkelijke kosten. Gebruikerskosten zijn de kosten die iedereen dagelijks ervaart en die mensen en bedrijven elkaar betalen, dus kosten inclusief onder andere winstopslagen, subsidies, belastingen en heffingen. In Tekstbox 1 staat een voorbeeld van het verschil tussen nationale kosten en eindgebruikerskosten.

Doordat de Startanalyse alleen naar de kostprijs kijkt, kunnen technieken objectief met elkaar vergeleken worden, zonder dat de keuze wordt beïnvloed door huidige marktwerking, winstoogmerken, belastingen en subsidies. De warmtestrategie met de laagste nationale kosten is dus niet vanzelfsprekend de warmtestrategie met de laagste kosten voor bewoners bij de huidige tarieven en belastingen. Vanuit de gedachte dat de kosten uiteindelijk worden doorberekend aan de eindgebruikers, kan het echter wel een logische keuze zijn om te richten op de warmtestrategie met de laagste nationale kosten.

De nationale kosten zijn berekend voor het richtjaar 2030. Dit betekent dat er in de kostenberekeningen rekening is gehouden met de verwachte kosten van installaties en klimaatneutrale energiedragers in 2030.

Tekstbox 1 - Verschil nationale kosten en eindgebruikerskosten

Voorbeeld verschil tussen nationale kosten en eindgebruikerskosten

In dit voorbeeld wordt een buurt aangesloten op een warmtenet. De kosten voor deze aanpak bestaan onder andere uit het aanleggen van een warmtenet, het realiseren van een warmtecentrale, het plaatsen van installaties in de woning, het aanbrengen van eenvoudige isolatie en de kosten voor het gebruik van warmte.

Bij nationale kosten worden al deze kosten bij elkaar opgeteld. Er wordt geen rekening gehouden met het feit dat de warmteleverancier de kosten voor het aanleggen uiteindelijk doorberekent aan een woningeigenaar. De kosten worden gemaakt. Bij wie de kosten terechtkomen is voor deze berekening niet relevant. Op deze wijze kunnen verschillende technieken, waarbij er andere regels gelden over eigendom en doorrekenen van kosten, objectief met elkaar worden vergeleken.

De kosten voor een bewoner zijn slechts deels gerelateerd aan deze nationale kosten. Een bewoner draagt enkel de kosten aan installaties en woningisolatie, en betaalt verder een energierekening. Hiernaast kan een bewoner gebruik maken van subsidies waardoor de kosten lager worden. Op basis van deze kostenberekening bepaalt een woningeigenaar of hij of zij een warmtetechniek kan en wil betalen. De totale investering die dit vraagt is hiermee echter buiten beeld.

De kosten voor een bewoner worden weergegeven door middel van de eindgebruikerskosten. Deze methodiek kijkt enkel naar de kosten voor de eindgebruiker. De eindgebruikerskosten zijn lastig te bepalen. Deze hangen sterk af van de op dat moment geldende subsidies, de wijze waarop kosten worden doorberekend aan de klant, welke winstmarges partijen hiervoor vragen, et cetera. De berekende eindgebruikerskosten zijn daarmee altijd slechts een indicatie, en zullen altijd verschillen van de daadwerkelijke kosten.

4.1.1 Methode

Om de nationale kosten te bepalen, baseren we ons op de Startanalyse 2020 van het PBL. De Startanalyse maakt onderscheid in kapitaallasten (investeringskosten) en variabele kosten (afhankelijk van gebruik). De volgende kostenposten worden hierin meegenomen.

Tabel 11 - Kostenposten nationale kosten

Type	Soort	Beschrijving
Kapitaallasten	Infrastructuur elektriciteit en gas	Verzwaring elektriciteitsnet
		Verwijdering gasnet
		Aanpassing gasnet
	Infrastructuur warmtenetten	Warmtetransport (hoofdleiding)
		Warmtedistributie in de buurt
		Warmtedistributie in het pand
		Warmtebronnen/-centrale
	Gebouwgebonden investeringen	Schilmaatregelen (isolatiekosten)
		Installaties
Variabele kosten	Levering energiedragers	Warmte
		Elektriciteit
		Gas
	Onderhoud en bediening (O&B)	Gebouwen
		Collectief warmtesysteem
		Elektriciteits- en gasnetten

De gebouwgebonden investeringen (schilmaatregelen en installaties), en de kosten voor onderhoud en bediening voor gebouwen zijn op gebouwniveau beschikbaar. Alle andere kosten zijn op buurtniveau beschikbaar. Om inzicht te krijgen in de kapitaallasten en de variabele kosten per warmtegebied is eerst voor elk gebouw bepaald in welke buurt deze zich bevindt en hoeveel woningequivalenten deze representeert. Eén woningequivalent (weq) staat in de Startanalyse gelijk aan één woning of 130 m^2 utiliteitsbouw. Vervolgens zijn per gebouw de kosten op gebouwniveau samengevoegd met de kosten op buurtniveau (teruggerekend naar kosten per woningequivalent) voor de buurt waarin het gebouw staat. Als laatste stap is per warmtegebied berekend wat de gemiddelde nationale kosten per woningequivalent zijn.

De Startanalyse maakt gebruik van kengetallen om de kosten te berekenen. Deze kengetallen zijn gepubliceerd in het Functioneel ontwerp Vesta-MAIS 5.0 [17]. Dit model is een verbeterde versie van het model dat gebruikt is tijdens de analyse voor de TVW 1.0 (Vesta-MAIS 4.0). Daarom is te verwachten dat resultaten uit deze analyse nauwkeuriger zijn dan die bij TVW 1.0.

4.1.2 Resultaten

Tabel 12 geeft een overzicht van de laagste nationale kosten per warmtestrategie en de bijhorende scores voor de 43 warmtegebieden in Voorschoten. Voor de drie strategieën presenteren we de laagste variant. Een overzicht van de nationale kosten van alle varianten die zijn geanalyseerd staat in Bijlage A. Als een variant niet mogelijk is, bijvoorbeeld als er geen warmtebron beschikbaar is, dan staan er geen kosten weergegeven.

In de Startanalyse geldt er voor veel buurten in Voorschoten dat er geen MT- of HT-restwarmtebron aanwezig is. Voor een aantal buurten, bijvoorbeeld Noord-Hofland, geeft de Startanalyse wel de kosten van een variant met een MT-bron weer. De Startanalyse gaat ervan uit dat de betreffende buurt warmte kan benutten van een MT- of HT-restwarmtebron van buiten de gemeente (in het geval van Noord-Hofland is dit de Uniper centrale in Leiden). Er is in de Startanalyse dus nog geen rekening gehouden met de komst van WarmtelinQ naar de gemeente. Voor sommige warmtegebieden betekent dit dat de nationale kosten voor strategie 2 te hoog worden ingeschat. De uitkomsten zijn hier niet voor gecorrigeerd.

Interpretatie van resultaten

Het is belangrijk om bij de vergelijking tussen de kosten rekening te houden met het feit dat de gepresenteerde kosten een resultaat zijn van modelberekeningen. In iedere modelberekening zit een vorm van onzekerheid. De resultaten zijn dus geen absolute waarheid, maar een schatting op basis van de best beschikbare informatie. In de praktijk betekent dit dat modelresultaten nuttig zijn om mee te nemen in de afweging tussen aardgasvrije technieken, maar dat dit geen absolute zekerheid biedt. De resultaten zijn vooral waardevol voor het vergelijken van scenario's en minder geschikt voor het doen van absolute uitspraken over te verwachten kosten.

Tabel 12 - Overzicht kosten en scoring laagste nationale meerkosten per weq per jaar [3]

Gebied	Warmtestrategie				Score			
	S1	S2	S3-LT	S3-MT	S1	S2	S3-LT	S3-MT
1	€ 1.100	€ 1.078	€ 1.175	€ 1.128	10	10	10	10
2	€ 1.474	€ 1.341	€ 1.594	€ 1.565	10	10	8	8
3	€ 1.216	€ 1.178	€ 1.396	€ 783	0	0	0	10
4	€ 578	€ 850	€ 698	€ 683	10	2	6	8
5	€ 1.932	€ 549	€ 1.072	€ 338	0	0	0	10
6	€ 1.002	€ 1.415	€ 1.172	€ 1.011	10	2	8	10
7	€ 1.342	€ 1.794	€ 1.900	€ 1.506	10	4	2	8
8	€ 1.371	€ 1.214	€ 1.755	€ 1.447	8	10	2	8
9	€ 866	€ 815	€ 766	€ 280	0	0	0	10
10	€ 651	€ 737	€ 531	€ 525	6	2	10	10
11	€ 2.044	€ 1.005	€ 1.417	€ 1.155	0	10	2	8
12	€ 1.870	€ 1.437	€ 1.613	€ 1.347	4	10	8	10
13	€ 900	€ 830	€ 948	€ 604	2	4	0	10
14	€ 1.311	€ 1.139	€ 1.366	€ 1.301	8	10	8	8
15	€ 1.069	€ 1.526	€ 1.338	€ 1.310	10	2	6	6
16	€ 895	€ 1.409	€ 1.203	€ 998	10	0	4	8
17	€ 1.050	€ 934	€ 1.080	€ 1.049	8	10	8	8
18	€ 857	€ 624	€ 703	€ 374	0	0	0	10
19	€ 479	€ 971		€ 101	0	0	0	10
20	€ 1.193	€ 1.286		€ 458	0	0	0	10
21	€ 1.100	€ 1.188		€ 365	0	0	0	10
22	€ 1.422	€ 768	€ 1.028	€ 949	0	10	4	6
23	€ 1.501	€ 1.073	€ 1.901	€ 1.824	4	10	0	0
24	€ 2.839	€ 897		€ 347	0	0	0	10
25	€ 1.234	€ 1.030		€ 1.134	8	10	0	8
26	€ 1.279	€ 1.668	€ 1.387	€ 1.382	10	4	10	10
27	€ 1.909	€ 1.320	€ 1.218	€ 1.341	0	10	10	8
28	€ 1.206	€ 1.197	€ 1.252	€ 1.199	10	10	10	10
29	€ 784	€ 695	€ 520	€ 192	0	0	0	10
30	€ 1.186	€ 1.426	€ 1.370	€ 1.291	10	6	8	10
31	€ 1.413	€ 1.431	€ 1.495	€ 1.315	10	10	8	10
32	€ 1.529	€ 1.154	€ 1.831	€ 193	0	0	0	10
33	€ 2.179	€ 938	€ 1.445	€ 582	0	0	0	10
34	€ 950	€ 1.009	€ 1.023	€ 685	4	2	2	10
35	€ 1.749	€ 1.389	€ 1.851	€ 849	0	0	0	10
36	€ 2.497	€ 1.931	€ 1.681	€ 1.641	0	8	10	10
37	Aardgasvrij							
38	€ 1.587	€ 1.749	€ 1.914	€ 1.628	10	8	6	10
39	€ 2.314	€ 1.450	€ 1.431	€ 1.278	0	8	8	10
40	Aardgasvrij							
41	€ 1.877	€ 1.137	€ 1.266	€ 1.073	0	10	8	10
42	€ 1.457	€ 1.265	€ 1.826	€ 1.496	8	10	2	8
43	€ 606	€ 1.004	€ 622	€ 576	10	0	10	10

4.2 Eindgebruikerskosten

De eindgebruikerskosten zijn alle kosten die een bewoner of pandeigenaar betaalt voor de omschakeling naar aardgasvrij verwarmen. TNO heeft het Dashboard Eindgebruikerskosten gepubliceerd waarin de eindgebruikerskosten in kaart zijn gebracht voor vijf verschillende woningtypen, zeven isolatieniveaus (energielabels) en drie niveaus van energieverbruik (laag, gemiddeld, hoog) [18]. De eindgebruikerskosten zijn hierin het saldo van de jaarlijkse kosten en baten die verwacht worden bij het toepassen van de in het vorige hoofdstuk gepresenteerde warmtestrategieën. Dit is berekend voor verschillende eindgebruikers (eigenaar-bewoners, huurders van sociale huurwoningen en huurders van particuliere huurwoningen) en andere relevante actoren (sociale verhuurders, particuliere verhuurders, netbeheerders, en het Rijk als subsidieverstrekker). Ook bij de eindgebruikerskosten gaat het om de meerkosten ten opzichte van de referentiesituatie: het gebruik van een hr-ketel op aardgas.

4.2.1 Methode

Het Dashboard Eindgebruikerskosten maakt onderscheid in kosten en baten. De volgende kosten en baten zijn hierin meegenomen.

Tabel 13 - Kosten en baten eindgebruikerskosten

Type	Beschrijving
Kosten	Extra financieringslasten (rente en aflossing)
	Verschil in onderhoudskosten
	Extra energiekosten voor het alternatief voor aardgas (variabele en vaste kosten)
	Extra huurkosten (bij huurders)
	Gederfde belastingen en extra subsidiekosten (voor de overheid)
Baten	Uitgespaarde kosten voor energie (variabele en vaste kosten)
	Extra hypotheekrenteaftrek (bij eigenaar-bewoners)
	Extra huurtoeslag (bij sociale huurders die daar recht op hebben)
	Extra huurinkomsten (bij verhuurders)
	Extra belastinginkomsten (zoals BTW) (voor de overheid)

Bij het ontwikkelen van TVW 1.0 was het oorspronkelijke plan om het Dashboard Eindgebruikerskosten van TNO te gebruiken voor de technisch-economische analyse. Vanwege vertraging in de publicatie van het onderzoek werd echter besloten het model van CE Delft te hanteren. Nu het dashboard wel beschikbaar is, kiezen we ervoor deze te gebruiken bij de actualisering van de technisch-economische analyse voor TVW 1.1. Voor onze analyse gebruiken we de derde versie van het dashboard, uitgegeven in juli 2023.

Om de eindgebruikerskosten voor de 43 warmtegebieden te berekenen zijn allereerst voor alle woningen in Voorschoten het woningtype en energielabel in kaart gebracht. Ongeveer de helft van de woningen in Voorschoten heeft een energielabel. Voor de andere helft van de woningen is het energielabel bepaald aan de hand van data over gasverbruik van het CBS. Als het gasverbruik van een woning hoger is dan 11,5 m^3/m^2 krijgt een woning het label D.[3] Bij een lager gasverbruik dan dit krijgt een woning het label B. Dit is een vereenvoudigde benadering van de werkelijkheid, maar het beste wat we met de beschikbare data van energielabels mogelijk is. Voor het energieverbruik van gebouwen, waarvoor geen data beschikbaar is, is gekozen voor een gemiddeld scenario.

Met deze gegevens zijn vervolgens voor elke woning de eindgebruikerskosten voor de verschillende strategieën bepaald, voor zowel woningeigenaren, huurders als verhuurders.

[3] De waarde van 11,5 m^3/m^2 is bepaald aan de hand van het gemiddelde energieverbruik per energielabel van de woningen waarvoor er wel een energielabel bekend is.

Eindgebruikerskosten voor de netbeheerder en de Rijksoverheid zijn buiten beschouwing gelaten. De eindgebruikerskosten voor woningeigenaren, verhuurders en huurders zijn vervolgens opgeteld en geaggregeerd naar het niveau van het warmtegebied. Als laatste stap zijn per warmtegebied de gemiddelde eindgebruikerskosten berekend.

4.2.2 Resultaten

Tabel 14 geeft een overzicht van de laagste eindgebruikerskosten per warmtestrategie en de bijhorende scores voor de 43 warmtegebieden in Voorschoten. Net als bij de nationale kosten presenteren we per strategie de laagste variant. Een overzicht van de eindgebruikerskosten van alle varianten die zijn geanalyseerd staat in Bijlage B. Voor de strategieën s2c, s2f, s3c en s3g zijn geen data beschikbaar.

Interpretatie van resultaten

Het is belangrijk om bij de vergelijking tussen de kosten rekening te houden met het feit dat de gepresenteerde kosten een resultaat zijn van modelberekeningen. In iedere modelberekening zit een vorm van onzekerheid. De resultaten zijn dus geen absolute waarheid, maar een schatting op basis van de best beschikbare informatie. In de praktijk betekent dit dat modelresultaten nuttig zijn om mee te nemen in de afweging tussen aardgasvrije technieken, maar dat dit geen absolute zekerheid biedt. De resultaten zijn vooral waardevol voor het vergelijken van scenario's en minder geschikt voor het doen van absolute uitspraken over te verwachten kosten.

Alhoewel de resultaten van de eindgebruikerskosten wisselen per warmtegebied kunnen we een aantal algemene conclusies trekken.

- Over het geheel zien we dat de investeringskosten voor eindgebruikers relatief hoog zijn bij een individuele warmtepomp, vergeleken met MT-warmtenetten en het referentiescenario.
- De investeringskosten van de warmtepomp bestaan vooral uit de aanschaf van de installatie en de isolatie tot het minimale isolatieniveau. De doorlopende kosten, zoals de energierekening, zijn daarentegen een stuk lager dan bij de andere technieken. Dankzij het goede isolatielabel en de warmtepomp, verbruikt een woning met een warmtepomp minder energie. Dit zorgt voor een lagere energierekening.
- De investeringskosten van MT-warmtenetten liggen iets hoger dan bij een gasketel (onder andere vanwege het vastrecht), maar zijn een stuk lager dan die van warmtepompen en LT-warmtenetten. De doorlopende kosten zijn bij een MT-warmtenet vergelijkbaar met een gasketel en LT-warmtenet, maar een stuk hoger dan bij een warmtepomp.
- Een LT-warmtenet vraagt hoge investeringen vanwege het benodigde isolatieniveau, de installatie (boosterwarmtepomp voor warm tapwater) en de aansluiting op het warmtenet. De doorlopende kosten zijn vergelijkbaar met een MT-warmtenet. Vanwege de hoge investeringskosten komen de eindgebruikerskosten van een LT-warmtenet voor geen enkel warmtegebied in Voorschoten gunstig uit. LT-warmtenetten kunnen mogelijk wel interessant zijn in kleinere clusters met een goed isolatieniveau.
- De kosten van de aardgasvrije strategieën zijn in de meeste warmtegebieden hoger dan de referentiesituatie. Dit betekent dat aardgasvrij worden op dit moment niet woonlastenneutraal is voor de gemiddelde Voorschotense woning. Dit hoeft niet voor alle individuele woningen te gelden, het gaat immers om een gemiddelde. Ook kunnen de kosten in de toekomst veranderen, bijvoorbeeld door wijziging in de energietarieven, kostenontwikkeling door innovatie, belastingen of subsidies.

Tabel 14 - Overzicht kosten en strategieën met de laagste eindgebruikerskosten per jaar [18]

Gebied	Warmtestrategie				Score			
	S1	S2	S3-LT	S3-MT	S1	S2	S3-LT	S3-MT
1	€ 259	€ 241	€ 688	€ 106	8	8	2	10
2	€ 682	€ 276	€ 1.075	€ 117	2	8	0	10
3	€ 552	€ 284	€ 907	€ 123	4	8	0	10
4	€ -13	€ 321	€ 418	€ 161	10	6	4	8
5	€ 262	€ 86	€ 836	€ -73	6	8	0	10
6	€ 410	€ 259	€ 789	€ 124	6	8	0	10
7	€ 653	€ 250	€ 1.042	€ 90	2	8	0	10
8	€ 632	€ 208	€ 1.090	€ 58	2	8	0	10
9	€ -98	€ 200	€ 310	€ 62	10	6	4	8
10	€ -86	€ 257	€ 365	€ 126	10	6	4	8
11	€ 316	€ 60	€ 901	€ -100	4	8	0	10
12	€ 42	€ 149	€ 507	€ 6	10	8	2	10
13	€ 134	€ 160	€ 790	€ 43	10	10	0	10
14	€ 365	€ 221	€ 916	€ 84	6	8	0	10
15	€ -32	€ 277	€ 324	€ 150	10	6	6	8
16	€ -20	€ 177	€ 601	€ 77	10	8	0	10
17	€ 281	€ 239	€ 731	€ 108	8	8	0	10
18	€ -115	€ 230	€ 379	€ 115	10	6	2	8
19	€ -147	€ 228	€ 364	€ 96	10	4	2	6
20	€ 592	€ 273	€ 963	€ 126	4	8	0	10
21	€ 570	€ 260	€ 966	€ 109	4	8	0	10
22	€ 263	€ 255	€ 644	€ 117	8	8	2	10
23	€ 99	€ 155	€ 564	€ -5	10	8	2	10
24	€ 108	€ 75	€ 668	€ -85	8	8	0	10
25	€ 682	€ 296	€ 1.041	€ 136	2	8	0	10
26	€ 689	€ 281	€ 1.055	€ 124	2	8	0	10
27	€ 316	€ 60	€ 901	€ -100	4	8	0	10
28	€ 356	€ 248	€ 804	€ 106	6	8	0	10
29	€ -64	€ 222	€ 399	€ 114	10	6	4	8
30	€ 124	€ 226	€ 556	€ 66	10	8	2	10
31	€ 573	€ 246	€ 954	€ 86	2	8	0	10
32	€ 267	€ 232	€ 666	€ 72	8	8	2	10
33	€ 107	€ 215	€ 690	€ 59	10	8	0	10
34	€ 7	€ 246	€ 423	€ 104	10	8	4	10
35	€ 168	€ 134	€ 661	€ -25	8	8	0	10
36	€ 519	€ 234	€ 978	€ 74	4	8	0	10
37	Aardgasvrij							
38	€ 510	€ 258	€ 918	€ 98	4	8	0	10
39	€ 47	€ 163	€ 550	€ 10	10	8	2	10
40	Aardgasvrij							
41	€ 257	€ 185	€ 805	€ 47	8	8	0	10
42	€ 731	€ 290	€ 1.101	€ 130	0	8	0	10
43	€ -69	€ 261	€ 368	€ 121	10	6	4	8

5. Kwalitatieve afwegingen

In paragraaf 3.3 is het afwegingskader voor de kwalitatieve criteria gegeven. Dit hoofdstuk gaat dieper in op de afwegingen per criterium en hoe deze beoordeeld worden. Deze beoordelingen worden vervolgens meegenomen bij de bepaling van de voorkeurswarmteoplossing in hoofdstuk 7. De kwalitatieve criteria staan hieronder weergegeven.

Tabel 15 - Criteria bij de kwalitatieve afwegingen

Publieke waarden	Criteria
Duurzaamheid	1. Duurzaamheid & tijdige realisatie
Haalbaarheid	2. Inpandige ruimtelijke inpassing
	3. Bovengrondse ruimtelijke inpassing
	4. Ondergrondse ruimtelijke inpassing
	5. Organisatie & governance
Betrouwbaarheid	6. Netcongestie
	7. Robuustheid warmtesysteem
Beperken overlast	8. In en om het huis
	9. In de omgeving
	10. Impact op andere ontwikkelingen en transities

5.1 Duurzaamheid

De duurzaamheid van een warmteoplossing wordt vooral bepaald op basis van de mate waarin die strategie in staat is om een woning of cluster van het aardgas af te krijgen. Ieder van de drie geschikte strategieën (S1, S2 of S3) leidt tot vergelijkbaar vergaande reductie van CO_2. Immers, deze strategieën zorgen ervoor dat de gebouwde omgeving in 2050 aardgasvrij is. In regionaal verband is deze conclusie eerder niet alleen kwalitatief, maar ook kwantitatief getrokken. Een recent voorbeeld hiervan is een onderzoek van Greenvis voor de regio Holland Rijnland [19].

Met elk van de drie strategieën kan de gebouwde omgeving van Voorschoten aardgasvrij worden gemaakt. De belangrijkste variabele voor de duurzaamheid van een warmtestrategie is hoe snel het gebouwen van het aardgas afhaalt. Als we gebouwen eerder van het aardgas krijgen, dan stoot Voorschoten minder lang CO_2 uit bij de verbranding van het aardgas. Om een aardgasvrije warmtevoorziening tijdig in een buurt te realiseren, zijn twee aspecten belangrijk, namelijk de aanleg van de infrastructuur en het aanpassen en isoleren van gebouwen.

De realisatietijd van de infrastructuur voor de warmtetransitie kan voor elk van de strategieën behoorlijk oplopen. Zowel de elektriciteitsnetverzwaring die nodig is voor massale uitrol van individuele warmtepompen, als de aanleg van collectieve warmtenetten duurt al snel 6 tot 8 jaar. De tijd die nodig is om de infrastructuur aan te leggen verschilt dus niet veel tussen de verschillende strategieën en maakt ook niet veel verschil tussen de warmtegebieden.

Voor de aanpassingen in gebouwen zit er wel verschil tussen de warmtegebieden. Een individuele warmtepomp functioneert op een lage temperatuur. Ditzelfde geldt voor warmtenetten met een lage temperatuur. Veel woningen in Voorschoten zijn niet direct geschikt om hierop aan te sluiten. Daarvoor zijn eerst flinke aanpassingen in de woning nodig, zoals extra isolatie, nieuwe

vensters en kozijnen, of een ander warmteafgiftesysteem in het huis. Daarbij wordt de doorlooptijd van het isoleren van gebouwen en aanpassen van de warmtetechniek sterk beïnvloed door de natuurlijke momenten van renovatie. Dit maakt de opgave extra uitdagend.

Per strategie zijn daarnaast nog enkele opmerkingen te plaatsen. Zo kan gesteld worden dat de transitie naar aardgasvrij met een collectief warmtenet (S2 of S3) beter planbaar is. Een strategie met individuele warmtepompen (S1) is afhankelijk van een groot aantal keuzes van afzonderlijke bewoners om over te stappen en de maatregelen binnenshuis te nemen. Daarnaast gebruiken individuele warmtepompen veel elektriciteit en kan ook congestie op het elektriciteitsnet de planbaarheid van de transitie lastiger maken. Voor de productie van een deel van de elektriciteit komt voorlopig nog CO_2 vrij. Het gebruik van individuele warmtepompen zal in veel gevallen in de beginjaren dus nog niet geheel uitstootvrij zijn. Daardoor is het minder zeker of de gewenste reductie in CO_2-uitstoot met individuele warmtepompen snel genoeg gerealiseerd wordt.

Collectieve warmtenetten (S2 en S3) maken voor ongeveer 30% van de warmtevraag gebruik van piek- en backup-installaties. In de periode tot 2050 zullen deze naar verwachting eerst nog aardgasgestookt zijn, en pas op termijn vervangen worden voor een aardgasvrij alternatief. Een overstap op warmtenetten is dus vaak niet direct aardgasvrij. Op dit moment is nog niet zeker wat het haalbaarste en betaalbaarste type piek- en backup-installatie zal zijn. Voorbeelden van aardgasvrije alternatieven zijn: elektrische boilers, duurzame gassen of seizoensopslag.

Conclusie

Voor de duurzaamheid van de warmtetransitie zijn vooral twee dingen belangrijk: dat er tenminste een keuze voor een alternatief gemaakt wordt, en dat die keuze binnen korte termijn gerealiseerd wordt. De warmtetransitie is niet gebaat bij vertraging of uitstel. Met de keuze voor een warmtealternatief kan Voorschoten plannen gaan maken en komt het realiseren van de warmtetransitie dichterbij. Welk alternatief voor aardgas precies gekozen wordt, een individuele warmtepomp of een collectief warmtenet, is van veel minder groot belang.

Alle drie de strategieën (S1, S2 en S3) scoren daarom in de basis de volle 3 punten. Als de bebouwing in een gebied lastig geschikt te maken is voor lagetemperatuurverwarming, dan scoren de lagetemperatuurstrategieën 2 punten in die gebieden (S1 en S3-LT).

5.2 Haalbaarheid

Als een alternatief voor aardgas niet gerealiseerd kan worden, dan zal de warmtetransitie niet gerealiseerd kunnen worden. Daarom is de haalbaarheid van de strategieën van groot belang. Deze paragraaf behandeld verschillende vormen van ruimtelijke inpassing, en de manier waarop de warmtetransitie georganiseerd kan worden.

De warmtetransitie heeft een grote ruimtelijke component. Als de verschillende onderdelen fysiek niet ingepast kunnen worden, dan kan dat een belangrijke showstopper zijn voor de transitie. De ruimtelijke inpassing is van belang op drie niveaus: inpandig, bovengronds en ondergronds. Deze paragraaf vergelijkt de verschillende strategieën op deze drie niveaus. Het belang van dit onderwerp is dusdanig groot dat ook alle niveaus apart worden beoordeeld.

5.2.1 Inpandige ruimtelijke inpassing

Het realiseren van een individuele warmtepomp heeft een andere impact in en om de woning als het aansluiten op een collectief warmtenet. Hieronder worden de ruimtelijke impacts voor de individuele en collectieve oplossingen beschreven.

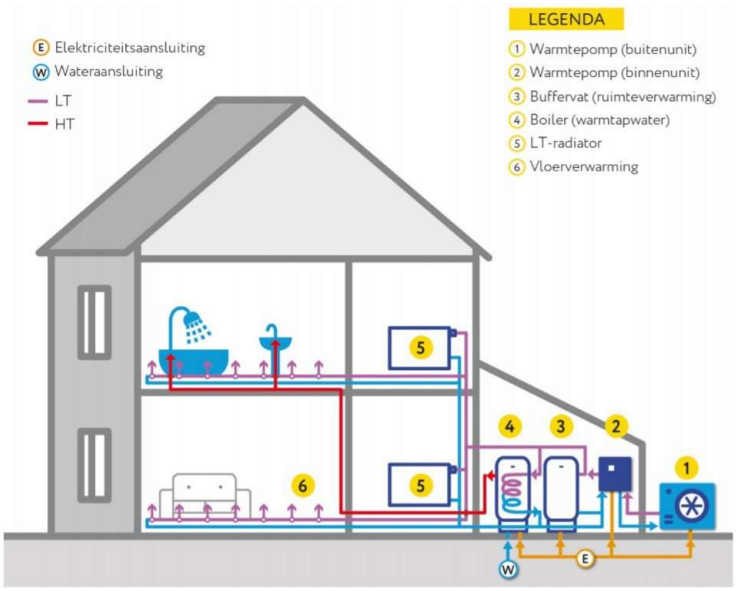
Individuele warmtepompen

Voor het verwarmen met een elektrische warmtepomp dient er heel wat aangepast te worden aan de woning. De gasketel wordt dan vervangen en daarvoor in de plaats komen de onderdelen in Tabel 16, met ongeveer de weergegeven afmetingen. De nummers corresponderen met Figuur 6.

De cijfers beschrijven een lucht-waterwarmtepomp, de meest voorkomende variant. In het geval dat een bodemwarmtepomp wordt toegepast, is geen buitenunit nodig, maar een bodemlus (bodemwarmtewisselaar). Dit betekent meestal dat er een tuin moet zijn en dat deze achteraf deels opnieuw ingericht moet worden. Voor verwarmen met een PVT-warmtepomp zijn in plaats van een buitenunit PVT-panelen (en omvormer) nodig.

Tabel 16 - Onderdelen inpandige ruimtelijke inpassing individuele warmtepomp

Nr.	Onderdeel	Afmeting (m)	Frequentie
1	Buitenunit	0,8 x 0,8 x 0,4	Altijd
2	Binnenunit	1,0 x 0,6 x 0,4	Altijd
3	Buffervat (ruimteverwarming)	1,0 x 1,0 x 2,0	Meestal
4	Boiler (warm tapwater)	1,0 x 1,0 x 2,0	Meestal
5/6	Warmte-afgiftesysteem	Verschillend per woning	Vaak
7	Gevel-, dak- en vloerisolatie	Verschillend per woning	Vaak
8	Vervangen ramen en kozijnen	Verschillend per woning	Soms



Figuur 6 - Voorbeeld inpandige ruimtelijke inpassing individuele warmtepomp [20]

Voor appartementen ligt een collectieve warmtepomp per complex meer voor de hand. Dat scheelt ruimtebeslag in de individuele woningen. Wel is er een leidingnetwerk in het appartementencomplex nodig om de warmte naar de woningen te brengen, en moeten er warmtemeters en mogelijk warmtewisselaars in de appartementen geplaatst worden.

Verwarmen met een elektrische warmtepomp vereist een goed isolatieniveau van de woning, namelijk minimaal een schillabel B. Ook moeten de radiatoren vaak worden aangepast of vervangen om te functioneren op lage temperaturen (bijvoorbeeld vloerverwarming of LT-radiatoren). Mogelijk is er ook een zwaardere elektriciteitsaansluiting nodig (minimaal 3x25A). Een luchtwarmtepomp kan behalve warmte, ook koude leveren. Lagetemperatuurverwarming, in combinatie met goede isolatie (incl. kierdichting), zorgt meestal wel voor hoger comfort.

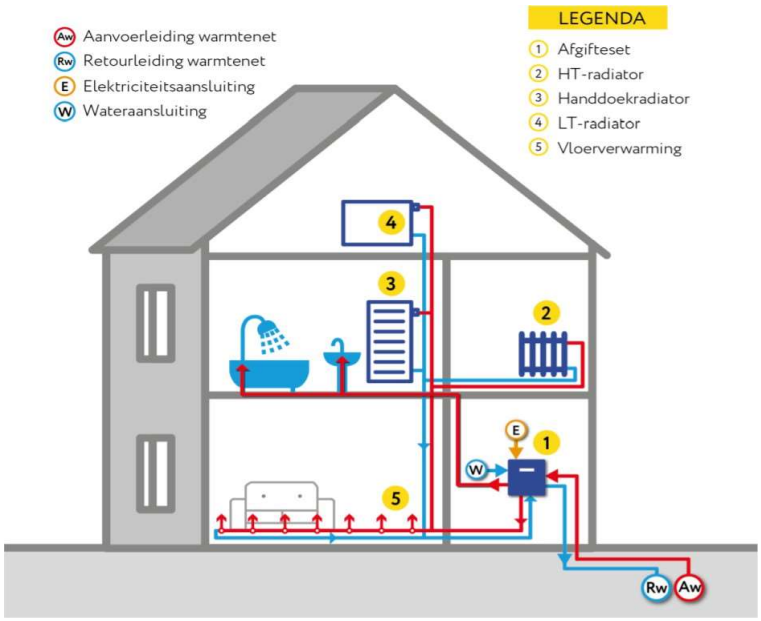
Collectief warmtenet

Voor verwarmen met een midden- of hoge temperatuur warmtenet zijn geen grote installaties of ingrijpende aanpassingen aan de woning nodig. De gasketel wordt vervangen door een afleverset. De afleverset wordt in de meterkast geplaatst als de ruimte dat toelaat. Voor een goede inpassing van de afleverset in de woning, zijn meestal wel inpandige wijzigingen van de

bestaande leidingen nodig. Het verwarmingssysteem (radiatoren) hoeft meestal niet aangepast te worden. Figuur 7 en Tabel 17 geven respectievelijk de impact en het ruimtebeslag in de woning van een MT-warmtenet weer. Buiten de woning moet er een aansluitleiding aangelegd worden tussen de warmteleiding in de straat en de woning.

Tabel 17 - Onderdelen inpandige ruimtelijke inpassing collectief warmtenet

Nr.	Onderdeel	Afmeting (m)	Frequentie
1	Afleverset	0,6 x 0,2 x 0,4	Altijd
2 t/m 5	Warmte-afgiftesysteem	Verschillend per woning	Zelden
6	Gevel-, dak- en vloerisolatie	Verschillend per woning	Soms
7	Extra meterkast (bij hoogbouw)	0,8 x 0,4	Soms



Figuur 7 - Voorbeeld inpandige ruimtelijke inpassing collectief warmtenet [20]

Verwarmen met een (zeer) lagetemperatuurwarmtenet vereist veel aanpassingen en ruimte in de woning. De gasketel wordt vervangen door een afleverset. De afleverset wordt in de meterkast geplaatst als de ruimte dat toelaat. Voor een koppeling van de afleverset met de radiatoren of vloerverwarming in de woning, zijn meestal inpandige wijzigingen van de bestaande leidingen nodig. Voor de warmtapwatervoorziening zijn een elektrische booster-warmtepomp en boiler nodig. Bij warmtepompen met een vermogen van meer dan 6 kW is een verzwaarde elektriciteitsaansluiting nodig. Daarnaast vereist de verwarming met een lage temperatuur een goed isolatieniveau van de woning. De benodigde maatregelen daarvoor zijn vergelijkbaar met die van een individuele warmtepomp.

Conclusie

Deze paragraaf laat zien dat er een groot verschil is tussen de warmteoplossingen. De installatie van een individuele warmtepomp heeft aanzienlijk meer impact in de woning dan aansluiten op een collectief warmtenet. Daarnaast vergen lage temperatuuroplossingen in veel woningen aanzienlijke isolatiemaatregelen. De score is deels bepaald door de ruimtelijke impact van de warmtetechniek zelf en deels door de impact van de isolatie.

Een MT-warmtenet vergt de minste aanpassingen in ieder type woning. Deze oplossing scoort daarom 3 punten (S2 of S3-MT), in ieder warmtegebied. Een lage temperatuurwarmtenet (S3-LT) in gebouwen die daar geschikt voor zijn scoort 2 punten. Een individuele warmtepomp (S1) in gebouwen die daar geschikt voor zijn, of een lage temperatuurwarmtenet (S3-LT) in gebouw die

daar niet geschikt voor zijn, scoren 1 punt. Een individuele warmtepomp (S1) in gebouwen die daar niet geschikt voor zijn scoort 0 punten.

5.2.2 Bovengrondse ruimtelijke inpassing

De warmteoplossingen hebben een flink verschillende impact op de bovengrondse openbare ruimte. In de buurten die overstappen op verwarmen met elektrische warmtepompen, groeit de elektriciteitsvraag. De elektrische warmtepomp wordt vooral gebruikt als individuele warmtetechniek, maar kan in sommige gevallen ook gebruikt worden in combinatie met een warmtenet. Dit is met name het geval als er geen andere warmtebronnen beschikbaar zijn voor het warmtenet, zoals bij kleinschalige buurtwarmtenetten. Het gevolg is dat onder andere het elektriciteitsnet aanzienlijk verzwaard moet worden. Bij warmtenetten nemen ook de installaties bovengronds ruimte in, in de vorm van warmtecentrales of warmteoverdrachtsstations. Hier moet ruimte voor gevonden worden. Deze paragraaf beschrijft de ruimtelijke impact van de verschillende warmteoplossingen.

Elektriciteitsnet voor individuele en collectieve warmtepompen

Elektrisch verwarmen zorgt voor een groei in de capaciteitsvraag van het elektriciteitsnet op laagspanningsniveau. Deze hogere vraag zorgt ook voor een hogere capaciteitsvraag op middenspanningsniveau. Middenspanningsruimtes (MSR's) zetten elektriciteit van een hoog voltage om naar een lager voltage. Verzwaring van het elektriciteitsnet betekent dat er MSR's moeten worden bijgeplaatst of uitgebreid. De MSR's nemen per stuk ongeveer 25 tot 30 m^2 bovengrondse (openbare) ruimte in beslag. Bij volledig verwarmen met individuele warmtepompen moeten er ongeveer 26 extra MSR's in Voorschoten worden ingepast [21]. Dit heeft een ruimtelijke impact van ongeveer 650 tot 850 m^2. Omdat collectieve warmtepompen niet op het laagspanningsniveau worden aangesloten, zijn hier geen extra MSR's voor nodig.

De groeiende elektriciteitsvraag heeft ook op hoger schaalniveau gevolgen, waardoor er lokaal of regionaal meer onderstations bijgeplaatst moeten worden. Een onderstation zet hoogspanning om naar middenspanning. Onderstations hebben een grote omvang van 3.000 tot 50.000 m^2 (een half tot tien voetbalvelden). Bij een overstap op geheel elektrisch verwarmen met individuele of collectieve warmtepompen zullen er regionaal 1 tot 3 HS/MS onderstations van 50.000 m^2 bij moeten. De noodzaak hiervoor hangt ook af van de keuzes van andere gemeenten. Daarnaast moet binnen Voorschoten rekening gehouden worden met een extra uitbreiding van het MS onderstation van ongeveer 3.000 m^2 waarvoor momenteel ruimte wordt gezocht, boven op de ruimte die nodig is voor de 'normale' elektrificatie van Voorschoten. Waarschijnlijk is één onderstation in Voorschoten genoeg. Deze moet er in ieder geval komen. Het is mogelijk dat er meer nodig is. Dan moet het onderstation worden uitgebreid of moet er een tweede station bij.

De extra elektriciteitsvraag door warmtepompen zorgt ervoor dat deze elektriciteit ergens duurzaam moet worden opgewekt. Als alle daken van Voorschoten volledig worden voorzien van zonnepanelen is dit nog ruimschoots niet voldoende om de elektriciteit op te wekken voor de warmtetransitie op elektriciteit. Er zal dan flink gesteund moeten worden op zon op veld, windturbines, of de inzet van andere gemeenten. Een warmtetransitie op basis van individuele of buurtgerichte warmtepompen heeft 2 tot 3 keer zoveel extra windturbines of zonnepanelen nodig als een gemeentebreed collectief warmtenet. De benodigde ruimte hiervoor is lastig te bepalen, maar dit zal gaan om aanzienlijk meer oppervlakte dan de andere onderdelen in deze paragraaf.

Samengevat bestaat de bovengrondse ruimtelijke impact voor all-electric oplossingen de volgende onderdelen.

Tabel 18 - Onderdelen bovengrondse ruimtelijke inpassing all-electric oplossingen [19]

Nr.	Aantal	Onderdeel	Oppervlakte (m²)	Kans
1	26	extra middenspanningsruimtes	650 tot 800	Altijd
2	1 tot 3	HS/MS onderstation*	50.000 tot 150.000	Waarschijnlijk
3	1 tot 2	MS onderstation	3.000	Altijd
4	2x tot 3x zoveel extra	Duurzame opwek elektriciteit	Onbekend	Altijd

* Dit moet regionaal ingepast worden

Infrastructuur voor een collectief warmtenet

Het aanleggen van een warmtenet is niet alleen ondergronds een uitdaging. Ook bovengronds moeten er verschillende onderdelen gerealiseerd worden, zoals hieronder beschreven.

Warmtecentrale of primair warmteoverdrachtsstation (WOS)

De warmtecentrale geeft de warmte af aan het water in het transportnet richting de secundaire warmteoverdrachtsstations in de wijken. Naast de daarvoor benodigde installaties, is er in deze ruimte meestal ook een piek- en backup-installatie, die extra warmte produceert bij piekvraag of als de bron tijdelijk niet beschikbaar is. De warmtecentrale of het primair warmteoverdrachtsstation hebben een oppervlakte van ongeveer 1.500 m^2.

Secundair warmteoverdrachtsstation

Bij de verschillende warmteclusters zal ook nog een secundair warmteoverdrachtsstation nodig zijn. Deze zet de warmte over van het transportnet naar het distributienet, die de warmte naar de gebouwen brengt. In Voorschoten zijn 6 stations van ongeveer 50 m^2 voorzien, in totaal 300 m^2.

Buurtwarmtecentrales

Bij buurtwarmtenetten wordt de warmteproductie per cluster georganiseerd. In dat geval is er meer ruimte nodig, om ook de overige installaties te plaatsen. Wanneer er wordt gekozen voor buurtwarmtenetten zijn er in Voorschoten ongeveer 6 buurtcentrales van naar schatting 400 m^2 nodig. In totaal is het ruimtebeslag dan 2.400 m^2. Daar bovenop komt de verzwaring van het elektriciteitsnet, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf.

Tabel 19 - Onderdelen bovengrondse ruimtelijke inpassing collectieve warmtenetten [19, 22, 23]

Nr.	Aantal	Onderdeel	Oppervlakte (m²)	Kans
Gemeentebreed warmtenet				
1	1	Warmtecentrale/ primaire WOS	1.500	Altijd
2	6	Secundaire WOS	300	Altijd
Buurtwarmtenetten				
1	6	Buurtwarmtecentrale	2.400	Altijd

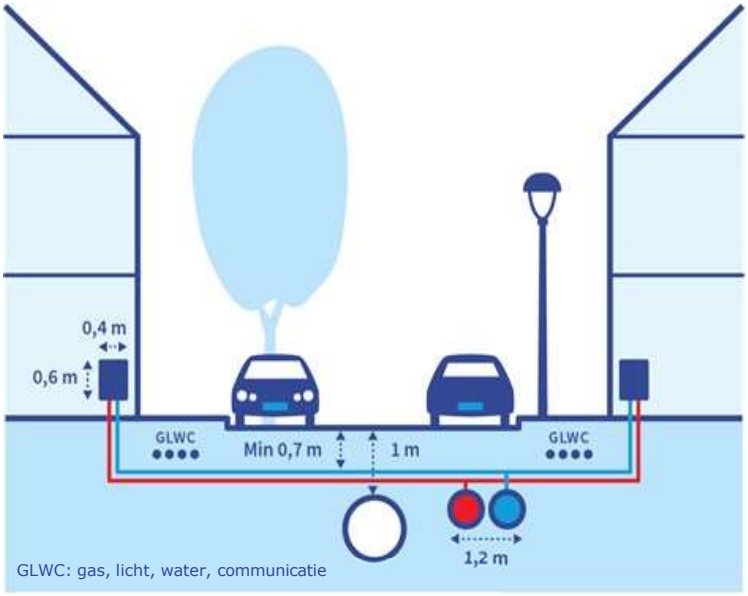
Conclusie

Deze paragraaf laat zien dat er een verschil is tussen de warmteoplossingen. De netverzwaring die nodig is voor individuele en collectieve warmtepompen heeft een grote bovengrondse ruimtelijke impact. Daarnaast hebben buurtwarmtenetten een duidelijk grotere bovengrondse ruimtelijke impact dan gemeentebrede warmtenetten.

Een gemeentebreed warmtenet (S2) vergt de minste bovengrondse ruimte. Deze oplossing scoort daarom 3 punten, in ieder warmtegebied. Voor individuele warmtepompen moet het elektriciteitsnet aanzienlijk verzwaard worden. Voor buurtwarmtenetten moet zowel het elektriciteitsnet verzwaard worden, als warmte-infrastructuur worden aangelegd. De benodigde netverzwaring is echter wel kleiner dan die voor individuele warmtepompen. Beide oplossingen (S1 en S3) scoren daarom 1 punt, in ieder warmtegebied.

5.2.3 Ondergrondse ruimtelijke inpassing

Voor elk van de warmteoplossingen moet er flink wat gebeuren in de ondergrond. Bij individuele warmtepompen gaat dit vooral om verzwaring van het elektriciteitsnet. Als er een collectief warmtenet wordt aangelegd, gaat het om de leidingen die in de grond moeten komen. Er is een risico dat er wordt ingezet op een collectief systeem, terwijl er ook veel bewoners overstappen op een individuele oplossing. Gezien de toch al beperkte ruimte die er in de ondergrond aanwezig is, moet geprobeerd worden om dit scenario te voorkomen. Figuur 8 - Ondergrondse ruimtelijke inpassing warmtetransitieFiguur 8 geeft een overzicht van de kabels en leidingen in de ondergrond.



Figuur 8 - Ondergrondse ruimtelijke inpassing warmtetransitie [20]

Elektriciteitsnet voor individuele warmtepompen

Het grotere aantal middenspanningsruimtes zal ervoor zorgen dat er ook extra middenspanningskabels gelegd moeten worden. Buurtwarmtepompen worden waarschijnlijk aangesloten op middenspanningsniveau, waardoor enkel daarvoor ook extra middenspanningskabels nodig zijn. Ten opzichte van de andere netverzwaringen is dit te verwaarlozen. Elektrisch verwarmen zorgt ook voor een groei in de capaciteitsvraag van het elektriciteitsnet. In die buurten moet het laagspanningsnet daardoor beperkt extra verzwaard worden. Daarvoor moet de straat opengebroken worden. Er kan gekozen worden om de bestaande kabels te vervangen door zwaardere, of om extra kabels te leggen. De zwaardere kabels vereisen dezelfde ruimte in de ondergrond, extra kabels vragen om extra ruimte.

Infrastructuur voor collectieve warmtenetten

Wanneer een warmtenet wordt aangelegd moeten er nieuwe leidingen worden getrokken door de straten. In een straat worden een aan- en een afvoerleiding geplaatst. Om te voorkomen dat de warmte vanuit deze leidingen het water- en elektranet nadelig beïnvloedt, is extra ruimte rondom de leidingen nodig. Daarnaast zijn er expansielussen nodig om uitzetting van de leidingen op te vangen. In totaal moeten er in een gemeentebreed of buurtwarmtenet respectievelijk ongeveer 65 km en 57 km warmteleidingen worden aangelegd. [23]

Smal opgezette, relatief oude wijken zijn minder geschikt voor het aanleggen van warmtenetten. In de buurten Bloemenwijk en Centrum zijn relatief veel vooroorlogse woningen. Beide buurten zijn niet ruim opgezet, waardoor het aanleggen van warmtenetten problemen op kan leveren.

Bij iedere buurtwarmtecentrale zullen naar verwachting ook putten moeten worden geboord voor warmte- en koudeopslag (WKO). In totaal gaat het daarbij om ongeveer 10 WKO-doubletten in Voorschoten. Ook bij een centraal warmtenet moet er mogelijk geboord worden, in dat geval voor geothermie. Het is nog niet zeker of Voorschoten gebruik gaat maken van geothermie. Als dit wel het geval is, dan zijn er waarschijnlijk 1 of 2 geothermiedoubletten nodig. [19]

Conclusie

Zowel elektrische warmtepompen (S1) als warmtenetten (S2 en S3) hebben impact op de ondergrondse ruimte. De ondergrondse impact van een systeem met individuele warmtepompen is naar verwachting kleiner dan een collectief warmtenet. Daarom scoort dit systeem 3 punten. We nemen aan dat er geen grote verschillen zijn tussen de verschillende type warmtenetten. Daarom scoren alle collectieve warmtenetten 1 punt (S2 en S3). Voor enkele buurten wordt een uitzondering gemaakt. De warmtegebieden in de buurten Bloemenwijk en Centrum zijn relatief oud en hebben smalle straten. Deze buurten scoren daarom 0 punten voor S2 en S3.

5.2.4 Organisatie & governance

De organisatie van de warmtetransitie is erg verschillend voor de warmteoplossingen. Voor de warmtetransitie is nieuwe wetgeving in voorbereiding. Deze wetgeving legt de regie van de transitie bij gemeenten. Daarbij is het belangrijk om te weten hoe dit georganiseerd kan worden, zowel binnen als buiten de gemeente. Hiervoor werkt de gemeente Voorschoten regionaal samen binnen RES Holland Rijnland en Warmte Leidse Regio (WLR). Daarnaast zijn woningcorporaties en particuliere verhuurders partners bij de verduurzaming van huurwoningen in Voorschoten.

Bij individuele warmtepompen ligt de organisatie vooral bij woningeigenaren zelf, of bij de aannemer die door hen wordt gekozen. Dit geldt voor zowel de installatie als de isolatie van de woning. De haalbaarheid van deze opgave verschilt per eigenaar. Eigenaren moeten flink wat uitzoekwerk doen en niet elke inwoner van Voorschoten is in staat om dit zelf te doen. Een ander aandachtspunt is dat de warmtepompenmarkt een grote groei doormaakt en dat dit ook onkundige installateurs aantrekt. De gevolgen van slecht geïnstalleerde warmtepompen kunnen erg vervelend zijn voor bewoners. De organisatieopgave van individuele warmtepompen ligt vooral bij eigenaren zelf en minder bij de gemeente. De gemeente kan hierbij faciliteren, maar het zwaartepunt van de warmtetransitie ligt in dit geval buiten de directe invloedssfeer van de gemeente. De overstap op individuele oplossingen is grotendeels een organisch proces.

Voor collectieve warmtenetten staat de gemeente Voorschoten aan het begin van een ontwikkelfase. Hoewel de uiteindelijke keuze voor de aansluiting op een warmtenet bij bewoners ligt, zal het meeste werk verricht worden door het toekomstige warmtebedrijf, de gemeente of andere betrokken partijen. Elk warmtenet heeft een warmtebedrijf nodig met een eigen organisatie. Daar is specialistische schaarse vakkennis voor nodig. Op gemeentebreed niveau is dit nog goed te organiseren, maar op buurtniveau wordt dit lastiger. Ook buurtwarmtenetten zullen een eigen (coöperatief) warmtebedrijf nodig hebben. Het is onzeker of er voldoende mensen met de benodigde expertise beschikbaar zijn om voor ieder buurtwarmtenet een eigen organisatie op te zetten. Ook aan de kant van de gemeente levert het een lagere druk op de ambtelijke organisatie als er met slechts één warmtebedrijf samengewerkt hoeft te worden. Een gemeentebreed warmtebedrijf heeft de beste kans op een goede organisatie voor bewoners.

Conclusie

Zowel elektrische warmtepompen (S1) als een gemeentebreed warmtenetten (S2) zijn goed te organiseren. Het zwaartepunt van de organisatie ligt bij andere mensen en partijen, maar in beide gevallen is dit haalbaar. Toch is de organisatie in beide gevallen ook nog een flinke opgave. Daarom scoren beide strategieën 2 punten (S1 en S2). De organisatie van kleinere buurtwarmtenetten zal naar verwachting aanzienlijk complexer zijn. Daarom scoort deze strategie 1 punt (S3).

5.3 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van het alternatief voor aardgas hangt ervan af of het alternatief altijd beschikbaar is voor bewoners. De betrouwbaarheid kan in gevaar komen als een systeem te veel last heeft van netcongestie, of als het niet robuust wordt ontworpen.

5.3.1 Netcongestie

In het verleden waren het elektriciteitsnet en het gasnet (voor warmte) twee onafhankelijk van elkaar opererende systemen. Met de warmtetransitie raken deze twee steeds meer met elkaar verweven en ontstaan er wederzijdse afhankelijkheden. Elk alternatief voor aardgas is in meer of mindere mate afhankelijk van het elektriciteitsnet. Dat is historisch gezien een erg betrouwbaar energienet. Door toenemende drukte op het elektriciteitsnet zijn er echter wel zorgen over de betrouwbaarheid in de transitieperiode. Storingen of zelfs tijdelijke uitval (black-outs) zijn in de toekomst niet ondenkbaar.

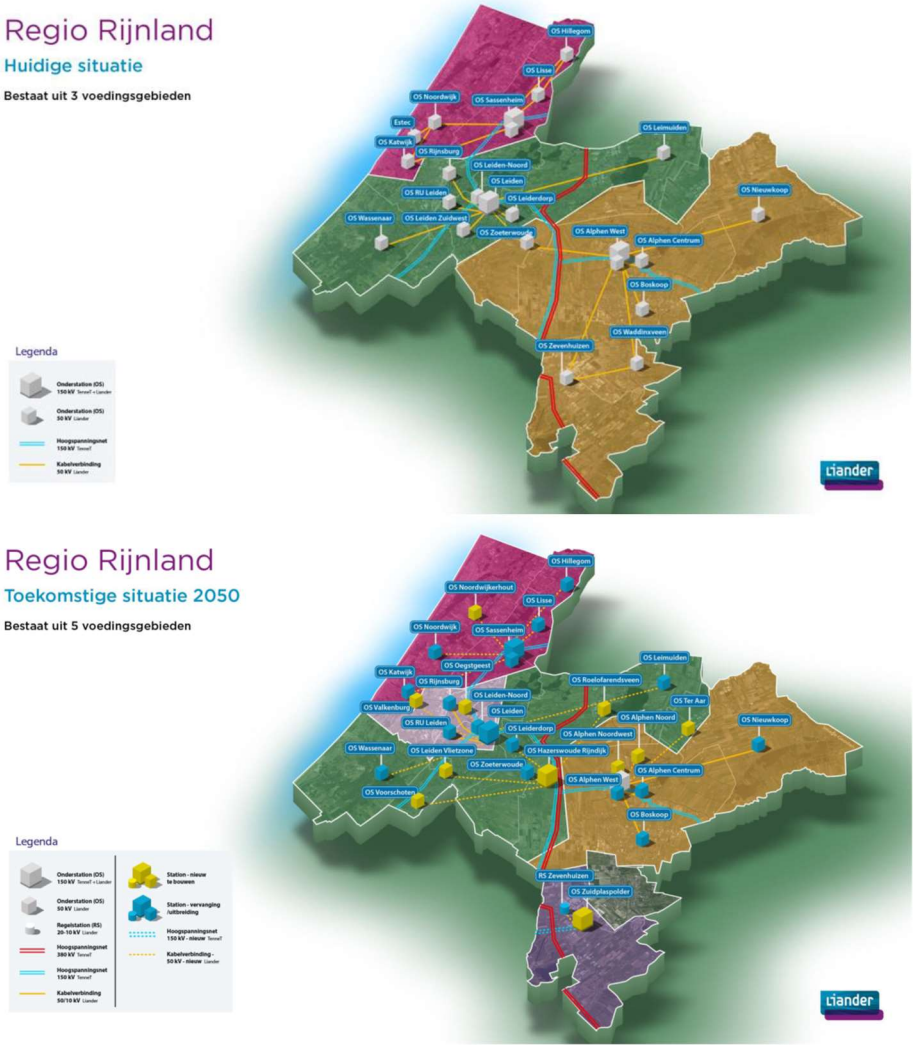
Netverzwaring

De komende jaren moet het elektriciteitsnet flink verzwaard worden. De warmtetransitie is één van de minst voorspelbare en planbare invloeden op de behoefte aan netverzwaring. Wanneer een buurt over gaat op individuele warmtepompen is dat de belangrijkste factor die de benodigde piekcapaciteit voor de infrastructuur bepaalt, meer nog dan elektrisch rijden en zonnepanelen. Daar komt bovenop dat de verzwaringsopgave al begint op het niveau van het laagspanningsnet en doorwerkt tot op hogere spanningsniveaus. Daarom is de warmtetransitie bepalender voor de verzwaringsopgave dan ontwikkelingen die vooral impact hebben op hogere niveaus.

Liander is de netbeheerder in de gemeente Voorschoten. De komende jaren doet Liander grote investeringen om het elektriciteitsnet klaar te maken voor 2050. Figuur 9 laat de huidige en toekomstige onderstations in de regio zien. Voor de elektriciteitsvoorziening is Voorschoten afhankelijk van de volgende onderstations.

Tabel 20 - Relevante onderstations voor Voorschoten

Type	Locatie	Opmerking
HS/MS	Leiden	Bestaand hoofdstation
HS/MS	Hazerswoude-Rijndijk	Nieuw hoofdstation
MS	Leiden Vlietzone	Nieuw station, vervangt OS Leiden-Zuidwest
MS	Voorschoten	Nieuw station, in verkenningsfase

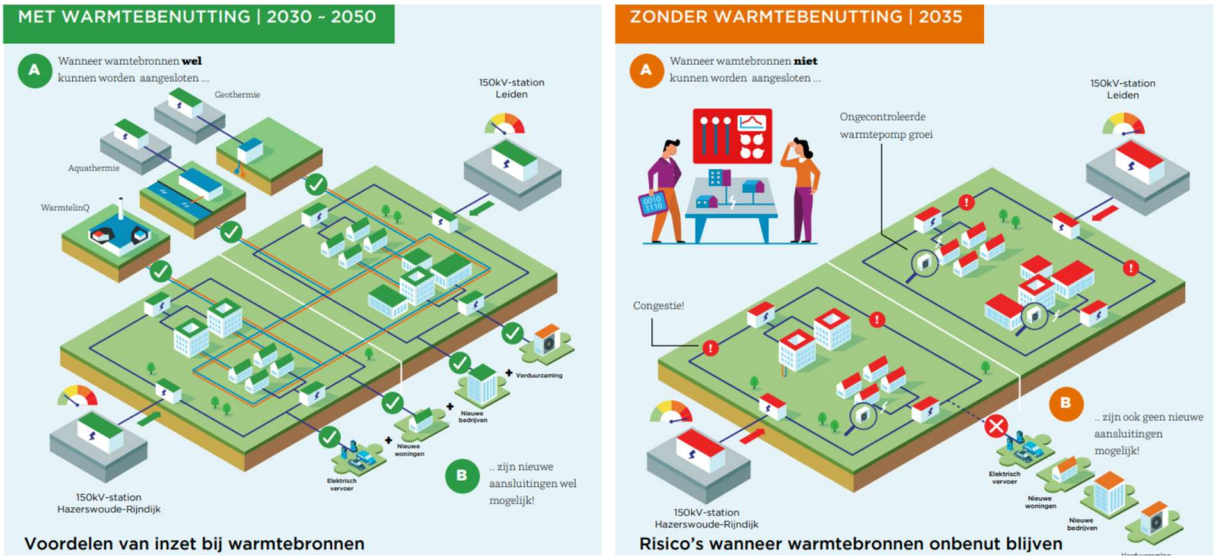


Figuur 9 - Huidige en toekomstige situatie onderstations regio Rijnland [24]

Netcongestie en de warmtetransitie

In een speciale studie voor de Leidse regio heeft Liander geanalyseerd wat de impact is van verschillende scenario's voor de warmtetransitie op het elektriciteitsnet. Hierbij is gekeken naar een scenario's met minimale inzet van warmtenetten (iedereen gaat over op een individuele warmtepomp), maximale inzet op collectieve warmtenetten en een gemiddeld scenario.

Voorschoten heeft verhoogd risico op netcongestie. Daarom worden komende jaren extra onderstations en MSR's gebouwd. Bij maximaal uitbouwen van de opwekking en distributie van elektrische warmtevoorzieningen is de elektrische transportcapaciteit ongeveer 15 jaar eerder uitverkocht dan bij de maximale inzet op niet-elektrische collectieve warmtenetten. Dit zet in potentie een aanzienlijke rem op de ontwikkeling van de gemeente. In andere woorden, als er niet wordt ingezet op warmtenetten, zal de nieuwe infrastructuur al rond 2035 maximaal gebruikt worden en vallen de energietransitie, woningbouw, bedrijvigheid en economische ontwikkeling mogelijk stil. De investeringsopgave voor Liander en de bijbehorende maatschappelijke kosten zijn in dat scenario aanzienlijk groter. De belangrijkste conclusies zijn weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10 - Impact op het elektriciteitsnet van verschillende typen warmtetransities [25]

Conclusie

Individuele of buurtgerichte warmtebronnen hebben een zwaardere belasting op het elektriciteitsnet. Gemeentebrede of regionale collectieve warmtenetten hebben de voorkeur voor het beperken van netcongestie. Meer netcongestie zorgt voor een minder betrouwbaar energiesysteem. Daarom scoort een gemeentebreed collectief warmtenet 3 punten (S2), een buurtwarmtenet scoort 2 punten (S3), en individuele warmtepompen scoren 1 punt (S1).

5.3.2 Robuustheid warmtesysteem

Voor de betrouwbaarheid van het warmtesysteem is het ook van belang hoe robuust het is. Daarbij kijken we of er alternatieve warmtebronnen beschikbaar zijn op het moment dat er één tijdelijk uitvalt. Meer alternatieve warmtebronnen maakt het energiesysteem robuuster. Daarnaast is het relevant of er voldoende backup-faciliteiten zijn.

Een individuele warmtepomp is afhankelijk van het elektriciteitsnet. Historisch is dit erg betrouwbaar, maar met de verwachte netcongestie wordt dit onzekerder. Zonnepanelen, eventueel met een thuisbatterij, kunnen als een waardevolle achtervang voor het elektriciteitsnet dienen. Toch zijn niet alle woningen daarvoor geschikt.

Een gemeentebreed collectief warmtesysteem zal naar verwachting met meerdere warmtebronnen worden gevoed. De mogelijkheid om tussen verschillende bronnen te schakelen maakt het systeem ook robuuster. Als het lokale warmtenet vervolgens wordt aangesloten op een regionaal warmtesysteem met nog meer bronnen, dan neemt de robuustheid nog meer toe. Daarnaast zal er altijd een backup-installatie beschikbaar zijn die kan inspringen in geval van nood. Een toekomstig warmtebedrijf heeft de wettelijke verplichting om voor een betrouwbaar warmtesysteem te zorgen.

Een buurtwarmtenet is minder robuust dan een gemeentebreed of regionaal warmtesysteem. Hierbij wordt namelijk meestal gebruik gemaakt van slechts één warmtebron. Omdat deze warmtebron vaak extra afhankelijk is van het elektriciteitsnet, neemt ook daar de vatbaarheid voor verstoringen van het warmtesysteem toe. Als deze bron wegvalt, dan zit mogelijk een hele buurt zonder warmte. Bij een individuele warmtepomp is dit slechts één huis.

Conclusie

Bij de score gaan we ervan uit dat het elektriciteitsnet over het algemeen goed functioneert. Verder is netcongestie al bij het vorige criterium beoordeelt. Daarom scoren individuele warmtepompen (S1) gemiddeld op dit criterium: 2 punten. Gemeentebrede of regionale collectieve warmtenetten (S2) zijn de meest robuuste warmtevoorzieningen. Daarom scoort deze strategie 3 punten. Buurtwarmtenetten scoren lager als individuele warmtepompen, omdat deze als bijkomend nadeel hebben dat deze afhankelijk zijn van één warmtebron. Daardoor zijn de nadelige effecten bij een verstoring groter. Deze strategie (S3) scoort daarom 1 punt.

5.4 Overlast

De warmtetransitie zorgt in elk scenario waarschijnlijk voor overlast. Het hangt van de persoon af hoe dit wordt ervaren. Sommige overlast uit zich vooral in en om het huis, terwijl andere overlast vooral in de buurt of in de hele maatschappij voorkomt.

5.4.1 Overlast in en om het huis

Van het aardgas af gaan kan overlast geven in en om het huis. Deze overlast is het grootst bij individuele warmtepompen. De warmtepomp moet namelijk worden geïnstalleerd. Dit duurt één tot enkele dagen. In veel gevallen zal het huis ook geïsoleerd moeten worden. Dit neemt meestal enkele dagen tot weken in beslag. Daarnaast is er permanente overlast van het geluid van de buitenunit. Bij de ene woning kan dit bijna volledig worden gemitigeerd, bij de andere woning zal deze overlast ook bij optimaal ontwerp nog aanwezig zijn.

De overlast bij de installatie van een collectief warmtenet is lager. In alle gevallen wordt een afleverset geïnstalleerd. Dit geeft over het algemeen minder overlast dan de installatie van een warmtepomp. Bij de aansluiting op een LT-warmtenet is de overlast groter. Dan zijn er extra installaties nodig en moet het huis in veel gevallen extra geïsoleerd worden.

Conclusie

De aansluiting op een middentemperatuur warmtenetten geven over het algemeen de minste overlast. Scenario's S2 en S3-MT scoren daarom 3 punten. De overlast in en om het huis voor collectieve warmtenetten met een lage temperatuur (S3-LT) scoort 2 punten. Bij de realisatie van een individuele warmtepomp is de meeste overlast. Deze strategie scoort daarom 1 punt.

5.4.2 Overlast in de omgeving

Voor ieder alternatief voor aardgas moeten veel straten tijdelijk open voor de aanleg van warmteleidingen of de verzwaring van het elektriciteitsnet. De overlast voor de omgeving van de aanleg van een collectief warmtenet is wel aanzienlijk groter dan die van de netverzwaring. Dit kan dagen tot weken per straat duren. Voor een hele buurt kan dit de overlast over maanden uitspreiden. De open straten kunnen tijdelijke problemen opleveren voor mobiliteit en nooddiensten, en gaan gepaard met bouwoverlast zoals geluid en veiligheidsrisico's. Als er al veel kabels in de grond liggen, is er weinig ruimte voor de aanleg van extra elektriciteitskabels of een warmtenet. Om deze kabels heen werken kost veel tijd en leidt daarmee tot hogere kosten. Dit probleem is groter voor de dikkere warmteleidingen.

Voor een buurtwarmtenet moet zowel het elektriciteitsnet worden verzwaard als het warmtenet worden aangelegd. Een leiding van het warmtenet is doorgaans niet goed te combineren met elektriciteitskabels. Als de tracés direct naast elkaar liggen zullen elektriciteitskabels opwarmen en de elektrische capaciteit af nemen. Daarom zal er ruimte tussen de warmteleiding en elektriciteitskabel gelaten moeten worden. Lage temperatuur warmteleidingen zijn soms wel wat gemakkelijker aan te leggen en er zijn minder expansielussen nodig. Dit maakt de overlast ten opzichte van een MT-warmtenet weer wat kleiner.

Conclusie

De aansluiting op een warmtenet geeft over het algemeen de meeste overlast. Strategieën S2 en S3 scoren daarom 1 punt. De overlast in de omgeving voor individuele warmtepompen scoren 2 punten. De overlast kan namelijk nog steeds wel substantieel zijn.

5.4.3 Gevolgen voor andere ontwikkelingen

De warmtetransitie staat niet op zichzelf. Tegelijkertijd proberen we in Voorschoten verschillende andere ontwikkelingen voor elkaar te krijgen, zoals het bouwen van woningen, het stimuleren van bedrijvigheid en economische ontwikkeling, de opwek van duurzame elektriciteit, de transitie naar duurzame mobiliteit, en de verduurzaming van verschillende andere sectoren. De keuze voor een bepaalde warmteoplossing heeft direct of indirect grote invloed op deze andere ontwikkelingen en kan deze in sommige gevallen remmen of stopzetten.

Dit criterium hangt nauw samen met het op tijd zijn van de verzwaring van het elektriciteitsnet. Bij langdurige transportschaarste op het net is er langdurig minder ruimte voor de andere ontwikkelingen. Wanneer de warmtetransitie daarnaast meer van de duurzaam opgewekte elektriciteit verbruikt, zal het ook extra uitdagend worden om doelstellingen binnen de verschillende andere opgaven te behalen.

Conclusie

De nadelige gevolgen voor de andere ontwikkelingen zijn het grootst bij een massale overstap op elektrische warmtepompen, omdat de benodigde netverzwaring dan het grootst is. Bij buurtwarmtenetten is de impact een stuk kleiner, en mogelijk zelfs geheel mitigeerbaar. Wanneer wordt ingezet op een gemeentebreed of regionaal collectief warmtenet, zal de impact op andere ontwikkelingen klein zijn. Daarom scoort S2 3 punten, S3 scoort 2 punten, en S1 scoort 1 punt.

5.5 Totaalscore kwalitatieve criteria

Tabel 21 op de volgende pagina presenteert per warmtegebied de totaalscore voor de kwalitatieve criteria van de vier hoofdstrategieën. De scores voor alle individuele kwalitatieve criteria zijn te vinden in Bijlage C.

Tabel 21 - Overzicht totaalscore kwalitatieve criteria

Gebied	Score			
	S1	S2	S3-LT	S3-MT
1	15	25	14	18
2	15	25	14	18
3	15	25	14	18
4	17	25	16	18
5	16	25	15	18
6	15	25	14	18
7	15	25	14	18
8	15	25	14	18
9	17	25	16	18
10	17	25	16	18
11	16	25	15	18
12	17	25	16	18
13	15	25	14	18
14	15	25	14	18
15	17	25	16	18
16	16	25	15	18
17	15	25	14	18
18	17	25	16	18
19	17	25	16	18
20	15	25	14	18
21	15	25	14	18
22	16	24	14	17
23	17	25	16	18
24	16	25	15	18
25	15	25	14	18
26	15	24	13	17
27	15	25	14	18
28	15	25	14	18
29	17	25	16	18
30	17	25	16	18
31	15	25	14	18
32	17	25	16	18
33	16	25	15	18
34	17	25	16	18
35	17	25	16	18
36	17	25	16	18
37	Aardgasvrij			
38	15	25	14	18
39	16	25	15	18
40	Aardgasvrij			
41	17	25	16	18
42	15	25	14	18
43	17	25	16	18

6. Schaalgrootte collectief warmtesysteem

In de vorige hoofdstukken zijn de verschillende strategieën beoordeeld voor ieder warmtegebied. De conclusies zijn ontstaan uit een bottom-up aanpak: er is eerst gekeken naar individuele aansluitingen, daarna naar gebieden en dan naar clusters. Op basis daarvan wordt een conclusie getrokken. Bij een collectief warmtesysteem hangt de daadwerkelijke keuze voor strategie 2 of 3 ook sterk af van de beschikbaarheid van warmtebronnen en de praktische uitvoerbaarheid van een strategie. Om tot de juiste conclusies te komen moet dus ook naar Voorschoten als geheel gekeken worden. Daarom zijn voor alle gebieden waar een collectief warmtesysteem (S2 of S3) als beste naar voren komt extra haalbaarheidstoetsen gedaan. In de TWV 1.0 waren deze stappen nog niet gezet.

Een keuze voor de schaalgrootte van het collectief warmtesysteem is belangrijk om een oordeel te kunnen vormen over het beste alternatief voor aardgas. In de praktijk kan gekozen worden voor meerdere collectieve buurtsystemen of juist voor één gemeentebreed warmtesysteem. Wanneer wordt gekozen voor één gemeentebreed collectief systeem, dan zal er in de praktijk geen verschil zijn tussen strategie 2 en strategie 3-MT. Voor beiden zal een MT-warmtenet worden aangelegd, die wordt gevoed door één of meerdere warmtebronnen. Ook strategie 3-LT kan op buurtniveau of gemeentebreed mogelijk worden gemaakt. De conclusies uit dit hoofdstuk worden meegewogen bij de bepaling van het voorkeursalternatief voor aardgas.

6.1 Methode

6.1.1 Definitie schaalniveaus

Een collectief warmtesysteem kan op verschillende schaalniveaus mogelijk worden gemaakt. Dit gaat van één appartementencomplex, enkele huizen, of een straat, tot hele buurten, de hele gemeente of zelfs een regionaal warmtesysteem. In het kader van deze analyse ligt de focus op twee schaalniveaus: buurtgerichte warmtesystemen of een gemeentebreed warmtesysteem. Deze twee schaalniveaus worden in dit hoofdstuk met elkaar vergeleken. Daarbij worden WarmtelinQ, geothermie en aquathermie gezien als mogelijke gemeentebrede warmtebronnen. Aquathermie, WKO en luchtwarmtepompen zijn geschikt voor buurtwarmtenetten.

De kleinere systemen staan bekend als blokverwarming. Bij appartementencomplexen ligt de organisatie en besluitvorming bij de vereniging van eigenaren. De schaal van enkele huizen tot een straat is te klein om hier specifiek op gemeentelijk niveau op te sturen. Dit zou de warmtetransitie organisatorisch onhandelbaar maken. Bewoners kunnen hier zelf echter wel het initiatief voor nemen. De gemeente kan dit faciliteren, bijvoorbeeld met een ontheffing van de toekomstige Wet collectieve warmtesystemen. Voor deze kleinschalige systemen zullen de resultaten uit de andere hoofdstukken vergelijkbaar zijn met de collectieve strategie met een LT-afgiftesysteem (S3-LT). Hoewel de gemeente Voorschoten systemen op dit schaalniveau niet uitsluit, is deze variant niet in detail uitgewerkt.

Het regionale systeem is in deze analyse ook niet in detail uitgewerkt. Deze variant wordt wel nader uitgewerkt binnen de samenwerking Warmte Leidse Regio (WLR) en Holland Rijnland. De samenwerking Warmte Leidse Regio (WLR) is onlangs met instemming van de gemeenteraad voortgezet voor de periode 2024 - 2027. In de nieuwe samenwerkingsperiode wordt gestart met een verkenning naar de oprichting van een regionaal warmtebedrijf in de Leidse regio.

6.1.2 Beschikbare warmtebronnen en clustering

Figuur 4 toont dat slechts een klein aantal mogelijke warmtebronnen beschikbaar is. In Voorschoten zijn er vijf mogelijke bronnen voor een collectief warmtesysteem: WarmtelinQ, geothermie, warmte uit afvalwater (TEA), warmte uit oppervlaktewater (TEO), kleinschalige restwarmtebronnen en warmte uit de buitenlucht.

Niet iedere warmtebron is in elk warmtegebied bereikbaar. WarmtelinQ, geothermie en aquathermie worden vooral op een grotere schaal mogelijk. Daarnaast zijn sommige warmtebronnen te ver weg om op buurtniveau beschikbaar te maken. De kosten voor de aanleg zouden simpelweg te hoog zijn en niet in verhouding staan tot andere alternatieven.

Op basis van de beschikbare warmtebronnen en een expertbeoordeling is een clustering van gebieden gemaakt. Deze volgen grotendeels de buurtgrenzen die ook door CBS gehanteerd worden. Op sommige plekken zijn er beperkte aanpassingen gemaakt. De onderzochte gebieden zijn: Noord-Hofland, Adegeest, verspreide huizen Adegeest, Nassauwijk, Centrum, Vlietwijk/Bijdorp, Starrenburg I, Bloemenwijk, Boschgeest en Dobbewijk. De andere buurten zijn niet onderzocht, omdat een collectief warmtesysteem hier op basis van de resultaten uit eerdere hoofdstukken niet voor de hand ligt.

6.1.3 Technische haalbaarheidstoets distributienet

Het aanleggen van een warmtenet is een grote opgave. Het distributienet kan verschillende obstakels tegenkomen, zoals waterkeringen, archeologie of spoorwegen. Daarom is een technische haalbaarheidstoets uitgevoerd om mogelijke showstoppers voor een collectief warmtenet in kaart te brengen. Deze technische haalbaarheidstoets is uitgevoerd met de software GSD Heat van The People Group [23]. Daarbij heeft de gemeente (technische) ondersteuning gekregen van een werknemer van de softwaremaker en van een gespecialiseerd bouwbedrijf voor de correcte invoer en interpretatie van de gegevens.

Met de software wordt een schetsontwerp van het distributienet gemaakt. Vervolgens wordt een kostenraming van het ontwerp gemaakt op basis van door aannemers gebruikte kengetallen. Daarbij wordt zoveel mogelijk informatie meegenomen, zoals alle ondergrondse kabels en leidingen, archeologische waarden, waterkeringen, en het grondwaterpeil. Daarmee is vooraf een goede inschatting te maken van waar men bij de aanleg tegenaan kan lopen, maar vervangt dit nooit een gedetailleerde ontwerpfase. Het helpt vooral om risico's in kaart te brengen.

Er is geen aparte technische haalbaarheidstoets gedaan voor de warmtecentrale(s) van een collectief warmtesysteem. Omdat het hier grotendeels technologie betreft met een uitgebreide staat van dienst, is aangenomen dat eventuele technische risico's goed te verkleinen zijn. Bij warmtecentrales is minder sprake van potentiële showstoppers.

6.1.4 Kostenraming collectief warmtesysteem

De kostenraming is op twee niveaus bepaald: distributienet en warmtecentrale. Gezamenlijk zijn deze kostenramingen gebruikt om te komen tot de gemiddelde kosten per warmtecluster. Daarbij zijn verschillende kosten niet meegenomen, zoals organisatie, financiering en vervolgonderzoek. De kostenraming kan dus niet gebruikt worden als een nauwkeurige inschatting van wat het inwoners gaat kosten, maar wel om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken.

Distributienet

De software GSD Heat is gebruikt om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken. Allereerst is voor het gebied Noord-Hofland onderzocht wat het effect van de locaties van warmtebronnen is op de kosten voor het distributienet. Daarna zijn de hiervoor beschreven gebieden met elkaar vergeleken, om te beoordelen of er qua kosten veel verschil zit tussen een aansluiting in de ene of de andere wijk. Daarnaast zijn er verschillende scenario's voor Adegeest onderzocht: wel of niet meenemen van het zwembad en het wel of niet meenemen van de minder dichte bebouwing. Op basis van de kostenramingen is daarnaast een inschatting gemaakt van de

mogelijke besparingen, wanneer het warmtenet tegelijkertijd met andere opgaven wordt aangelegd. De inzichten helpen bij de clustering, die is beschreven in het volgende hoofdstuk. De berekende kosten kennen een onzekerheidsmarge van ongeveer 20%.

Wanneer het systeem grootschaliger wordt, zullen er ook hoofdleidingen nodig zijn, om de warmte van een of enkele hoofdbronnen naar de verschillende buurten te brengen. Er zijn verschillende scenario's voor een hoofdleiding ('backbone') onderzocht. Eén bekijkt een scenario waar het hele systeem is aangesloten op een warmteoverdrachtsstation (WOS) rond de Hofweg, waarbij WarmtelinQ of een warmtebron in Leiden de warmtebronnen zijn. Een ander scenario onderzoekt een hoofdverbinding tussen een WOS bij de Hofweg en een tweede warmtecentrale rond het station (met geothermie als warmtebron). Het derde scenario gaat uit van een gesplitste backbone, waarbij gebieden worden aangesloten op de dichtstbijzijnde grootschalige warmtebron. De wijken die het dichtst bij het station liggen sluiten aan op de mogelijke geothermiebron (Centrum, Boschgeest, Bloemenwijk, Nassauwijk en Dobbewijk). Vlietwijk, Bijdorp en Starrenburg I sluiten aan op aquathermie uit de Vliet. Adegeest en Noord-Hofland worden aangesloten op de WOS aan de Hofweg. De onderzochte scenario's helpen inzichtelijk te krijgen of de extra kosten in verhouding staan tot de mogelijke voordelen van een grootschaliger systeem.

Warmtecentrale

Omdat sommige warmtebronnen beter geschikt zijn voor een gemeentebreed systeem en andere voor een buurtoplossing, is het waardevol om te onderzoeken of er een kostenverschil tussen de inzet van verschillende bronnen te verwachten is. We bedoelen in dit geval de hele warmtecentrale die nodig is om een warmtebron beschikbaar te maken voor een warmtenet. Om tot een kostenraming te komen is dezelfde methode gebruikt die wordt gebruikt bij de berekening van de subsidie voor de SDE++. Deze methode is gebaseerd op berekeningen, data en kengetallen van TNO [26]. De kostenraming van de warmtebronnen wordt omgerekend naar de gemiddelde kosten per bron (in €/kWh). Dan zijn de warmtebronnen beter te vergelijken.

Gemiddelde verwarmingskosten

De kosten voor het distributienet en de warmtecentrale zijn samengebracht en doorgerekend tot de totale gemiddelde verwarmingskosten, ook bekend als de 'levelized cost of heating' (in €/kWh). Afhankelijk van de schaalgrootte zijn daar ook de kosten voor een hoofdleidingnet in meegenomen. Dit is berekend voor heel Voorschoten en per onderzocht gebied. Zo kan op basis van de kosten bepaald worden wat de voorkeurswarmtebron en de voorkeursschaalgrootte zijn per gebied en voor Voorschoten als geheel.

6.1.5 Kwalitatieve afwegingen

De kwalitatieve afwegingen zijn al uitgebreid meegewogen in hoofdstuk 5. Het doel van dit deel is niet om deze analyse nogmaals over te doen, maar om te onderzoeken wat de invloed van de kwalitatieve afwegingen is op de keuze voor de schaalgrootte van een collectief warmtesysteem. Daarbij is naar dezelfde kwalitatieve criteria gekeken als in hoofdstuk 5.

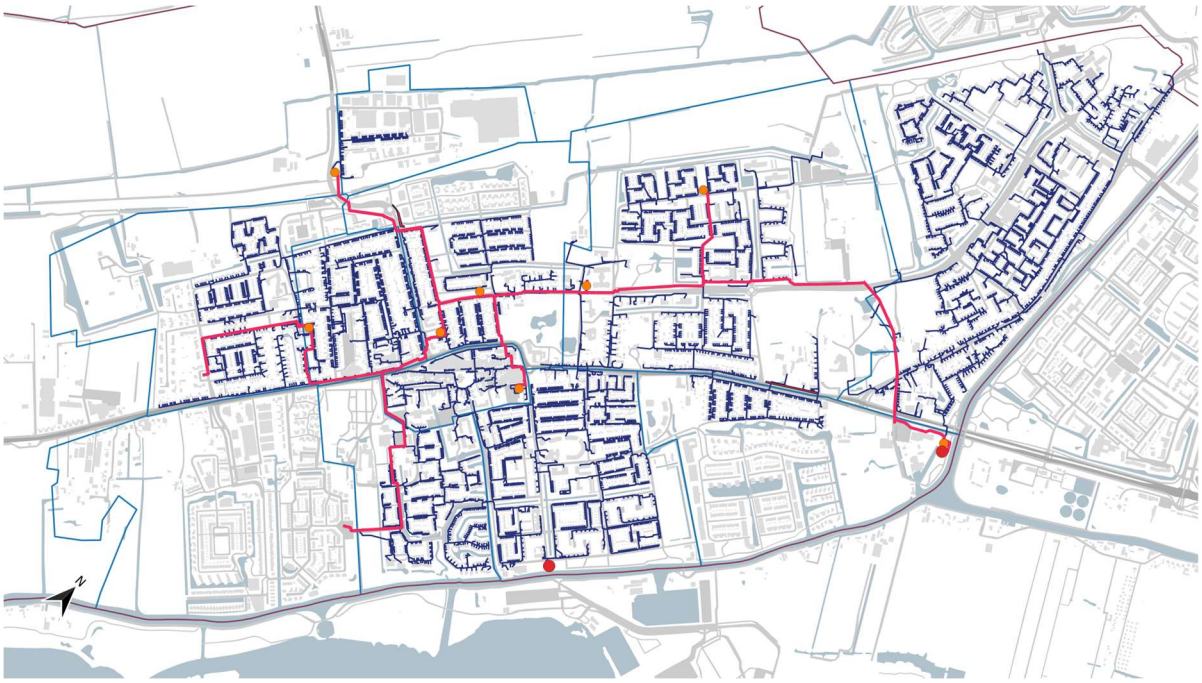
6.2 Resultaten

De voorkeursschaalgrootte is bepaald door de kosten en de kwalitatieve criteria voor een gemeentebreed en buurtgericht warmtesysteem te vergelijken. Dit wordt zowel voor heel Voorschoten bekeken als per individueel gebied. Daaraan voorafgaand wordt stilgestaan bij de technische haalbaarheid van het distributienet.

6.2.1 Technische haalbaarheid distributienet

De technische haalbaarheid van het distributienet laat zien dat er niet veel verschil is tussen de scenario's. Voor de technische haalbaarheid van het distributienet maakt het niet veel uit welke warmtebron beschikbaar wordt gemaakt, of welke wijk wordt aangesloten. Er zijn geen showstoppers geïdentificeerd. Wel zijn er onderwerpen die mogelijk kostenverhogend of

kostenverlagend kunnen uitpakken. Naar verwachting zullen alle barrières te verkleinen zijn. Figuur 11 laat het resultaat van het schetsontwerp voor een collectief warmtenet zien.



Figuur 11 - Schetsontwerp collectief warmtenet Voorschoten [23]

Op basis van de technische haalbaarheidstoets zijn de volgende aandachtspunten geïdentificeerd, die kosten kunnen verhogen of verlagen.

- De gehele gemeente Voorschoten heeft een hoge verwachting voor archeologie. Hier moet bij een detailontwerp rekening mee gehouden worden.
- Gegevens over bodemvervuiling zijn niet specifiek onderzocht. Het uitgangspunt bij de aanleg van een warmtenet is meestal dat grond hergebruikt wordt en niet afgevoerd dient te worden. Voor de kostenraming is aangenomen dat 20% licht vervuild is.
- De grondwaterspiegel in Voorschoten staat vrij hoog, hierdoor kunnen de afwatering en lozingskosten van de bouwplaats tegenvallen. Voor de kostenraming is ervan uitgegaan dat er overal bemaling nodig is.
- Een deel van de ondergrondse kabels en leidingen is oud (jaren ’60 of ouder). Deze zijn niet altijd goed in beeld (via KLIC) en kwetsbaar (zoals brosse gas- of waterleidingen en kwetsbare gepantserde papierloodkabels)
- Diverse waterkeringen lopen dwars door Voorschoten. Het is onduidelijk wat de status hiervan is en wat de eisen van het waterschap zijn bij kruisingen met een warmtenet. Dit moet nader onderzocht worden.
- Dobbewijk en een mogelijke geothermiebron liggen aan de andere kan van de spoorlijn. Er moet een goede locatie worden gezocht voor een kruising.
- De aanleg van een warmtenet kan flinke impact hebben op de bereikbaarheid. Grote wegafsluitingen kunnen hoge meerkosten tot gevolg hebben.
- Verschillende onderwerpen zijn nog niet in kaart gebracht, zoals zettingen, natuurwaarden en niet gesprongen explosieven.

Daarnaast zijn er een aantal kansen geïdentificeerd.

- Met het combineren van de aanleg van een warmtenet met andere vervangings- of verzwaringsopgaven, zoals riolering, waterleidingen of elektriciteitsleidingen, kunnen kostenreducties gerealiseerd worden.

- Bij geplande rioolvervanging kan alvast ruimte voor een warmtenet gereserveerd worden, zodat de aanleg daarvan eenvoudiger wordt.
- Herinrichting van de openbare ruimte biedt de mogelijkheid om een warmtenet onder de weg neer te leggen. De kosten van het herstraten drukken dan niet op de business case voor het warmtenet.
- Bij de aanleg van het warmtenet kan direct rekening worden gehouden met klimaatadaptatie. Daarvoor is veel straatwerk en graafwerk nodig. Wadi's, holle wegen, infiltratievoorzieningen of halfopen bestrating zijn mogelijk mee te nemen bij het werk.
- Bij de aanleg van het warmtenet kan ruimte gemaakt worden voor bomen en begroeiing.
- De ondergrond vroegtijdig in beeld brengen kan helpen om verassingen te voorkomen en deze kunnen direct worden meegenomen in het ontwerp. De extra kosten van deze activiteit kunnen de veel hogere kosten van stilstaande bouwwerkzaamheden voorkomen.

6.2.2 Kostenraming

Hieronder volgen de resultaten van de kostenramingen.

Distributienet

De aanleg van het distributienet is de grootste kostenpost. Daarom zijn de kosten hiervoor op verschillende manieren onderzocht. Er zijn vier locaties onderzocht voor de WOS in en rondom het gebied Noord-Hofland. Hierbij werden de volgende scenario's onderzocht, met de bijbehorende kosten in Tabel 22.

1. Lucht-waterwarmtepomp in het midden van het gebied (buurtwarmtenet)
2. Warmteoverdrachtsstation in de buurt van de Hofweg
3. Warmteoverdrachtsstation in Leiden (in de buurt van de Stevenshof, aan de andere kant van het spoor, langs het tracé van WarmtelinQ)
4. Restwarmte uit de rioolwaterzuiveringsinstallatie in Leiden-Zuidwest

Tabel 22 - Kosten distributienet Noord-Hofland bij verschillende locaties van warmtebronnen

Nr.	Directe bouwkosten distributienet	Extra kosten voor boringen	Totaal	Verschil	%
1	€ 14.309.344		€ 14.309.344	€ 0,00	0,0%
2	€ 14.486.707		€ 14.486.707	€ 177.363,00	1,2%
3	€ 14.435.626	€ 320.000	€ 14.755.626	€ 446.282,00	3,1%
4	€ 14.741.436	€ 180.000	€ 14.921.436	€ 612.092,00	4,3%

Scenario 1, met een buurtwarmtepomp is het goedkoopste. Scenario 4, met de rioolwaterzuiveringsinstallatie als warmtebron, is de duurste. De onderlinge verschillen zijn klein: minder dan 5%. Dit is ruim onder de onzekerheidsmarge van 20%. Uit deze resultaten blijkt dat de kosten voor het distributienet niet veel verschillen bij andere locaties van de warmtebron. Voor de schaalgrootte speelt de locatie van de warmtebron dus nauwelijks een rol.

Bij de vergelijking tussen gebieden wordt daarom slechts één scenario per gebied vergeleken. Deze vergelijking is te zien in

Tabel 23.

Tabel 23 - Kosten distributienet voor verschillende buurten in Voorschoten

Naam	Directe bouwkosten distributienet	Aantal woningen	Kosten per woning
Noord-Hofland (S2)	€ 14.486.707	2892	€ 5.009
Adegeest	€ 7.137.113	1388	€ 5.142
Bijdorp en Vlietwijk	€ 12.535.366	2704	€ 4.635
Bloemenwijk	€ 3.805.229	725	€ 5.248
Boschgeest	€ 4.101.244	718	€ 5.712
Centrum	€ 2.167.402	543	€ 3.991
Nassauwijk	€ 3.019.555	557	€ 5.421
Verspreide huizen buitengebied	€ 3.041.107	186	€ 16.350
Dobbewijk	€ 524.499	102	€ 5.142
Verspreide huizen Adegeest	€ 1.756.059	163	€ 10.773
Starrenburg I	€ 2.948.449	526	€ 5.605

De kosten zijn overal redelijk vergelijkbaar. Gemiddeld zijn de kosten ongeveer €5000 tot €5500 per woning. Er zijn een aantal uitschieters. Met name de verspreide huizen in het buitengebied en in Adegeest zijn duurder. Deze gebieden zijn veel ruimer opgezet, wat de hogere kosten verklaart. De lagere kosten in het centrum zijn te verklaren door de hoge woningdichtheid.

Wanneer de individuele gebieden met elkaar verbonden moeten worden is ook een hoofdleiding nodig. Daarvoor zijn drie varianten onderzocht, zie Tabel 24. Het derde scenario is flink goedkoper. Op de totale schaal van heel Voorschoten is het verschil echter klein (minder dan 5%). Of deze besparing opweegt tegen de hogere kosten van extra installaties voor het realiseren van leveringszekerheid moet verder onderzocht worden.

Tabel 24 - Kosten transportnet voor verschillende scenario's

Nr.	Naam	Directe bouwkosten hoofdleiding	Verschil	%
1	Alles aangesloten op WOS WarmtelinQ	€ 6.283.022		
2	Backbone tussen WOS WarmtelinQ en WOS geothermie (bij station)	€ 7.092.369	€ 809.347	13%
3	Gesplitste backbone	€ 4.821.003	-€ 1.462.019	-23%

De gebruikte software is ontwikkeld om woonwijken te analyseren. Utiliteitsgebouwen worden daarbij niet altijd goed meegenomen. Om de invloed hiervan te onderzoeken is een vergelijking gemaakt voor Adegeest, een wijk met veel utiliteitsbouw. Hier zijn de utiliteitsgebouwen handmatig aangepast naar een passender vermogen en dit is vergeleken met het automatische gegenereerde scenario. Het verschil in kosten is slechts 2,9%. Dit betekent dat bovenstaande resultaten ook toepasbaar zijn voor wijken met relatief veel utiliteitsbouw.

Verder zijn de extra kosten voor het aansluiten van het Zwembad Het Wedde op het warmtenet onderzocht. Hiervoor is een vermogen van 950 kW aangenomen. De extra bouwkosten om het zwembad aan te sluiten op het distributienet in Adegeest komen op ongeveer €340.000 uit.

Tot slot is er gekeken naar de mogelijke kostenbesparingen die voortkomen uit het koppelen van de aanleg van een distributienet met het vervangen van de riolering, zie

Tabel 25. Het gaat dan vooral om besparingen die voor beide werkzaamheden nodig zijn, zoals grondwerken, bemaling en het aanbrengen van verharding achteraf. Voor deze activiteiten is per gebied een schatting gemaakt van het percentage kosten dat bespaard kan worden. Koppeling van werkzaamheden is niet mogelijk in Adegeest en de Dobbewijk omdat de riolering hier recentelijk is vervangen.

Tabel 25 - Mogelijke kostenbesparing door koppelen met de aanleg van riolering

Naam	Besparing bouwkosten koppeling riolering	% besparing
Noord-Hofland (2)	€ 3.063.126	21%
Adegeest	Koppeling niet mogelijk	-
Bijdorp en Vlietwijk	€ 1.462.890	12%
Bloemenwijk	€ 855.078	22%
Boschgeest	€ 990.459	24%
Centrum	€ 269.893	12%
Nassauwijk	€ 346.464	11%
Verspreide huizen buitengebied	Niet onderzocht	-
Dobbewijk	Koppeling niet mogelijk	-
Verspreide huizen Adegeest	Koppeling niet mogelijk	-
Starrenburg I	Niet onderzocht	-

Warmtecentrale

Op basis van referentiegegevens van TNO zijn de volgende kengetallen aangehouden in deze analyse [26]. In Tabel 26 staat 'gb' voor geen basislast en 'bl' voor basislast. Hoe de warmtecentrale wordt ingezet bepaalt het aantal vollasturen. Dit heeft een grote impact op de kosten. Restwarmte en diepe geothermie zijn over de goedkoopste warmtebronnen. Aquathermie, ondiepe geothermie en lucht-waterwarmtepompen zijn aanzienlijk duurder.

Tabel 26 - Relatieve kosten per warmtebron

Warmtecentrale	Vermogen (MW)	Vollasturen (h/jaar)	Investering (€/kW)	CAPEX (€/kWh)	OPEX (€/kWh)	Totaal (€/kWh)
Ondiepe geothermie (gb)	8	3500	2504	0,0477	0,0601	0,1078
Ondiepe geothermie (bl)	8	6000	2274	0,0253	0,0335	0,0588
Diepe geothermie (gb)	18	3500	2147	0,0409	0,0450	0,0859
Diepe geothermie < 12MW (bl)	9	6000	1909	0,0212	0,0187	0,0399
Diepe geothermie 12-20 MW (bl)	16	6000	1423	0,0158	0,0219	0,0377
Diepe geothermie > 20MW (bl)	26	6000	1119	0,0124	0,0224	0,0348
Aquathermie TEO (gb)	0,88	3850	2072	0,0359	0,0762	0,1121
Aquathermie TEO (bl)	0,88	6350	2590	0,0272	0,0697	0,0969
Aquathermie TEA (gb)	1	3500	1536	0,0293	0,0577	0,0869
Aquathermie TEA (bl)	1	6000	1536	0,0171	0,0526	0,0696
Lucht-waterwarmtepomp (gb)	0,5	3850	1806	0,0313	0,0903	0,1216
Restwarmte (WarmtelinQ)	8	3500	1095	0,0209	0,0101	0,0310
Restwarmte (WarmtelinQ)	8	6000	1095	0,0122	0,0061	0,0182

Gemiddelde verwarmingskosten

De resultaten uit de voorgaande delen zijn teruggebracht tot één waarde die goed vergelijkbaar is: de gemiddelde verwarmingskosten (levelized cost of heating, LCOH). Deze zijn berekend per gebied en per warmtebron. De resultaten zijn weergegeven in

Tabel 27. De resultaten zijn alleen te gebruiken voor de vergelijking van scenario's. Deze kostenraming is niet volledig en zal in de praktijk anders zijn.

Tabel 27 - Gemiddelde verwarmingskosten per gebied en per warmtebron

(€/kWh)	Restwarmte (WarmtelinQ)	Geothermie	Aquathermie (TEA)	Aquathermie (TEO)	Lucht-water warmtepomp
Noord-Hofland	0,43	0,50	0,52	0,51	0,53
Groot Adegeest	0,40	0,42	0,45	0,48	0,46
Vlietwijk & Bijdorp	0,46	0,48	0,51	0,49	0,51
Nassauwijk & Centrum	0,44	0,47	0,49	0,51	0,50
Bloemenwijk & Boschgeest	0,35	0,38	0,40	0,42	0,42
Dobbewijk	0,36	0,34	0,42	0,43	0,42
Starrenburg 1	0,56	0,59	0,62	0,45	0,42
Voorschoten	**0,43**	**0,45**	**0,48**	**0,51**	**0,48**
		Gemeentebreed	⟷	**Buurtoplossing**	

Conclusies

Op basis van deze paragraaf kunnen een aantal conclusies getrokken worden. Daarbij moet wel rekening gehouden door de grote mate van onzekerheid die er in deze fase nog is. De kosten van het distributienet verschillen niet veel tussen een gemeentebreed warmtesysteem of een buurtwarmtenet. Bij de warmtecentrales zijn de verschillen groter. Buurtbronnen zijn twee tot vier keer duurder als gemeentebrede warmtebronnen. Voor het gehele systeem concluderen we dat buurtsystemen ruwweg 10% duurder zijn als gemeentebrede systemen.

Daarnaast zijn er nog een aantal andere factoren die moeten meegewogen bij het maken van de afweging. In een groter systeem zijn mee- en tegenvallers beter te verdelen, waardoor de gemiddelde kosten in de praktijk naar verwachting lager zullen blijven. Dit is een reden waarom veel financiers liever een groter systeem financieren. Een grotere schaal heeft daarnaast lagere organisatiekosten. Er hoeft namelijk maar één groter warmtebedrijf opgericht te worden, in plaats van meerdere kleinere warmtebedrijven. Verder maakt een grotere schaal socialisering van kosten en tarieven beter mogelijk.

De conclusies uit deze paragraaf komen overeen met de conclusies uit een eerder onderzoek van de samenwerking Warmte Leidse Regio [24]. Daaruit kwam naar voren dat de kosten voor een regionaal warmtesysteem (ORES) over 30 jaar gemiddeld 13% lager zijn dan een collectief warmtesysteem op kleinere schaal. Door in te zetten op een gemeentebreed warmtesysteem, kan dit gemakkelijker uitgroeien tot een regionaal warmtesysteem. Daarmee zijn naar verwachting nog grotere kostenreducties mogelijk.

6.2.3 Kwalitatieve afwegingen

In dit deel worden kwalitatieve afwegingen uit hoofdstuk 5 vertaald naar een schaalgrootte.

Duurzaamheid & tijdige realisatie

Alle oplossingen zorgen voor een aanzienlijke en vergelijkbaar grote reductie van de uitstoot per woning. De transitie naar aardgasvrij is waarschijnlijk beter planbaar met een gemeentebreed warmtenet. Vanwege netcongestie is het minder zeker of we met buurtwarmtepompen op tijd aardgasvrij zullen zijn. De meeste warmtenetten maken in de beginjaren waarschijnlijk gebruik maken van piek- & backup-centrales op aardgas, waardoor er een beperkte uitstoot van CO_2 blijft bestaan. Buurtwarmtepompen gebruiken meer elektriciteit. De uitstoot voor de opwek van elektriciteit hiervoor zal in beginjaren groter zijn. Het is daarom aannemelijk dat een gemeentebreed of regionaal warmtenet duurzamer is dan een systeem met buurtwarmtepompen.

Haalbaarheid

Op haalbaarheid scoort een gemeentebreed warmtenet beter dan een buurtwarmtenet. Hoewel de ruimtelijke impact in en om de woning vergelijkbaar is, is de bovengrondse impact van een gemeentebreed systeem kleiner. Dit heeft met name te maken met het kleinere aantal warmtecentrales en de extra infrastructuur die nodig is voor de verzwaring van het elektriciteitsnet. Het verschil voor de ondergrondse impact is onzeker. Daar moet namelijk niet

alleen het warmtenet aangelegd worden, maar ook ondergrondse warmtebronnen (geothermie en WKO), en mogelijk extra verzwaring van het elektriciteitsnet in de wijken. Naar verwachting is ook de ondergrondse impact van buurtwarmtenetten wat groter.

Ook op organisatorisch niveau scoort een gemeentebreed warmtenet beter. Buurtwarmtenetten vergen elk een eigen warmtebedrijf met bijbehorende governance. Er zijn naar verwachting te weinig mensen met relevante ervaring in Voorschoten en omstreken om dit goed in te kunnen richten. Ook aan de kant van de gemeente levert het een lagere druk op de ambtelijke organisatie. Het is effectiever om met slechts één warmtebedrijf samen te werken en te hoeven controleren, in plaats van meerdere. Een gemeentebrede organisatie heeft de beste kans op een haalbare organisatie voor bewoners.

Betrouwbaarheid

Voorschoten heeft momenteel last van netcongestie. Buurtwarmtepompen hebben hier meer last van dan gemeentebrede of regionale warmtebronnen, dit is af te leiden uit Tabel 28. Dit kan in de toekomst onbetrouwbaar blijken, ook vanwege mogelijke nieuwe energiecrises. Gemeentebrede of regionale warmtenetten hebben daarom de voorkeur voor het beperken van netcongestie, omdat dit minder negatief effect heeft op vertraging of stilvallen van andere ontwikkelingen. Een buurtwarmtenet is minder robuust dan een gemeentebreed of regionaal warmtesysteem. De inzet van meerdere warmtebronnen biedt de mogelijkheid om onderling te schakelen in noodgevallen of bij hoge energieprijzen, waardoor het energiesysteem robuuster wordt. Gemeentebrede of regionale warmtesystemen zijn de betrouwbaarste vorm van een collectief warmtesysteem.

Tabel 28 - Efficiëntie en uitstoot van verschillende warmtebronnen [27]

	WLQ	Geo	Aqua (TEA)	Aqua (TEO)	LW-WP	Individuele warmtepomp
Efficiëntie/ COP (kW_{th}/kW_e)	10	8	4	3	2	3
Uitstoot (kg CO_2/GJ)	3,3	4,2	8,3	11,1	16,7	11,1
Factor	1	1,25	2,5	3,3	5	3,3

Gemeentebreed ⟷ **Buurtoplossing** ⟷ **Individueel**

Overlast & impact op andere ontwikkelingen

De ervaring van overlast is grotendeels subjectief en op basis van dit criterium is geen duidelijke uitspraak te doen over de schaalgrootte. Voor de nadelige impact op andere ontwikkelingen is er, in lijn met hoofdstuk 5, een licht voordeel voor een gemeentebreed collectief warmtesysteem.

6.3 Conclusies

Zowel de kostenramingen als de kwalitatieve overwegingen tonen een voorkeur voor een gemeentebreed collectief warmtesysteem. Buurtwarmtenetten scoren op geen van de punten beter. Als er een collectief warmtesysteem wordt gerealiseerd in Voorschoten, dan heeft het dus de voorkeur om dit als één systeem voor de hele gemeente aan te leggen. Deze overweging zal worden meegenomen bij de keuze voor het voorkeursalternatief voor aardgas.

Door voor een gemeentebreed warmtesysteem te kiezen zullen de verschillen tussen strategie 2 en 3 in de praktijk kleiner worden. Daarmee is de keuze per gebied dus niet zozeer strategie 1, 2 of 3, maar eerder individueel (strategie 1) of collectief (strategie 2 of 3). Bij de keuze voor een gemeentebreed collectief warmtesysteem, zal er naar verwachting een mix van warmtebronnen worden ingezet. Dit kunnen MT-warmtebronnen zijn (strategie 2), zoals WarmtelinQ of geothermie. Maar dit kunnen ook LT-warmtebronnen zijn, zoals aquathermie of lage temperatuur restwarmte. Vanwege de kenmerken van de bebouwing in Voorschoten lijkt een MT-warmtenet de meest voor de hand liggende optie.

7. Voorkeursalternatieven voor aardgas

Het afwegingskader geeft voor ieder warmtegebied een strategie om van het aardgas af te komen. De analyse voor de schaalgrootte in hoofdstuk 6 laat echter zien dat deze strategie niet zomaar integraal overgenomen kan worden om tot een voorkeursalternatief voor aardgas te komen. Daarom geeft paragraaf 7.1 eerst de totaalscore uit het afwegingskader. In paragraaf 7.2 worden deze scores geïnterpreteerd en beoordeeld op praktische haalbaarheid. Dit geeft het voorkeursalternatief voor aardgas in paragraaf 7.3 en in paragraaf 7.4 wordt dit vervolgens uitgewerkt tot een aantal warmteclusters.

7.1 Totaalscore afwegingskader

Uit de verschillende criteria in het afwegingskader komt een strategie per warmtegebied naar voren. Voor elk van de 43 warmtegebieden in Voorschoten zijn de scores voor de criteria samengevoegd. Tabel 29 geeft een overzicht van de totaalscore en de daaruit voortkomende concretisering voor aardgasvrij verwarmen per warmtegebied. In sommige gevallen liggen de scores dicht bij elkaar, toch is de hoogste score leidend bij de concretisering.

Tabel 29 - Totaalscore afwegingskader en concretisering aardgasvrije warmte

Gebied	Totaalscore				Concretisering aardgasvrije warmte	
	S1	S2	S3-LT	S3-MT	Afgifte	Bron
1	33	43	26	38	MT-warmtenet	MT/ HT
2	27	43	22	36	MT-warmtenet	MT/ HT
3	19	33	14	38	MT-warmtenet	LT
4	37	33	26	34	Individuele warmtepomp	
5	22	33	15	38	MT-warmtenet	LT
6	31	35	22	38	MT-warmtenet	LT
7	27	37	16	36	MT-warmtenet	MT/ HT
8	25	43	16	36	MT-warmtenet	MT/ HT
9	27	31	20	36	MT-warmtenet	LT
10	33	33	30	36	MT-warmtenet	LT
11	20	43	17	36	MT-warmtenet	MT/ HT
12	31	43	26	38	MT-warmtenet	MT/ HT
13	27	39	14	38	MT-warmtenet	MT/ HT
14	29	43	22	36	MT-warmtenet	MT/ HT
15	37	33	28	32	Individuele warmtepomp	
16	36	33	19	36	*Nader te bepalen*	LT
17	31	43	22	36	MT-warmtenet	MT/ HT
18	27	31	18	36	MT-warmtenet	LT
19	27	29	18	34	MT-warmtenet	LT
20	19	33	14	38	MT-warmtenet	LT
21	19	33	14	38	MT-warmtenet	LT
22	24	42	20	33	MT-warmtenet	MT/ HT
23	31	43	18	28	MT-warmtenet	MT/ HT

24	24	33	15	38	MT-warmtenet	MT/ HT
25	25	43	14	36	MT-warmtenet	MT/ HT
26	27	36	23	37	MT-warmtenet	LT
27	19	43	24	36	MT-warmtenet	MT/ HT
28	31	43	24	38	MT-warmtenet	MT/ HT
29	27	31	20	36	MT-warmtenet	LT
30	37	39	26	38	MT-warmtenet	MT/ HT
31	27	43	22	38	MT-warmtenet	MT/ HT
32	25	33	18	38	MT-warmtenet	LT
33	26	33	15	38	MT-warmtenet	LT
34	31	35	22	38	MT-warmtenet	LT
35	25	33	16	38	MT-warmtenet	LT
36	21	41	26	38	MT-warmtenet	MT/ HT
37	Aardgasvrij					
38	29	41	20	38	MT-warmtenet	MT/ HT
39	26	41	25	38	MT-warmtenet	MT/ HT
40	Aardgasvrij					
41	25	43	24	38	MT-warmtenet	MT/ HT
42	23	43	16	36	MT-warmtenet	MT/ HT
43	37	31	30	36	Individuele warmtepomp	

7.2 Praktijktoets totaalscore

De vorige paragraaf geeft de hoofdrichting voor het voorkeursalternatief voor aardgas per warmtegebied. Toch kunnen er praktische redenen zijn om tot een andere conclusie te komen. Deze paragraaf bespreekt hier een aantal van.

7.2.1 Gemeentebreed warmtesysteem

Uit hoofdstuk 6 wordt duidelijk dat een gemeentebreed systeem in Voorschoten de voorkeur heeft boven meerdere buurtsystemen. Bij een gemeentebreed collectief warmtesysteem is er in de praktijk geen verschil tussen strategie 2 of 3-MT. Er zal één systeem worden gerealiseerd met waarschijnlijk een combinatie van warmtebronnen. In de praktijk zal de bronnenstrategie worden bepaald door het nog aan te wijzen publieke warmtebedrijf. De gemeente kan daarin limiterende of faciliterend randvoorwaarden scheppen, maar maakt niet de uiteindelijke keuze.

Verder wordt uit paragraaf 7.1 duidelijk dat strategie 3-LT voor geen van de gebieden de voorkeur heeft. Dit maakt dat in Voorschoten het beste ingezet kan worden op één collectief MT-warmtenet of een individuele oplossing. Het lijkt vooralsnog niet kansrijk om op een LT-warmtenet te realiseren. Mogelijk kan in de toekomst gekeken worden naar cascadering. Daarbij wordt de restwarmte uit het ene cluster, nogmaals ingezet in een volgend cluster, waar warmte met een lagere temperatuur ingezet kan worden. Dat vergt nader onderzoek.

7.2.2 Vergelijkbare scores

Voor sommige gebieden liggen de totaalscores dicht bij elkaar. Het verschil tussen die scores valt binnen de onzekerheidsmarge. Binnen deze analyse wordt een onzekerheidsmarge van 5 punten gehanteerd (10% van de maximale score). In de gevallen waar scenario's dicht bij elkaar liggen kan niet met zekerheid gesteld worden dat de hoogste totaalscore in de praktijk ook de beste oplossing zal zijn. Deze onzekerheid moet bij de eindbeoordeling worden meegewogen. Verder onderzoek is vereist om tot een verfijndere conclusie te komen voor een gebied.

7.2.3 Eindgebruikerskosten

Een strategie kan de beste eindscore krijgen, maar als de eindgebruikerskosten te hoog zijn, dan zullen bewoners deze optie alsnog liever niet hebben. Daarom moeten de eindgebruikerskosten bij de eindbeoordeling apart worden meegewogen. Als de eindgebruikerskosten van het best scorende alternatief hoger zijn dan van een ander scenario, dan wordt dat meegenomen in de eindbeoordeling. Zo kan het voorkomen dat er voor een ander voorkeursalternatief wordt gekozen, ondanks dat dit alternatief mogelijk niet de hoogste totaalscore heeft. In deze gevallen stellen we het individuele belang van bewoners dus boven het algemeen maatschappelijk belang. In gevallen waar de scores vergelijkbaar zijn, wordt in principe het algemeen belang voorop gezet, maar zal vervolgonderzoek nodig zijn om dit te bevestigen.

7.2.4 Geografische ligging

Uit de beoordeling kan een duidelijk voorkeursalternatief naar voren komen. De geografische ligging kan echter ook effect hebben op de keuze. Als een warmtegebied bijvoorbeeld als een eiland tussen warmtegebieden met een andere uitkomst ligt, dan kan het in sommige gevallen wenselijk zijn om dit gebied te laten aansluiten bij de omliggende gebieden. In deze gevallen zal nader onderzoek nodig zijn. Een ander voorbeeld is het buitengebied (warmtegebied 39). Hoewel een MT-warmtenet hier als beste naar voren komt, wordt de individuele warmtepomp hier toch als uitgangspunt gekozen. De datagedreven aanpak loopt hier tegen de grenzen aan en moet handmatig bijgestuurd worden. De te overbruggen afstanden met het warmtenet zijn te groot en zullen in de praktijk naar verwachting niet goed realiseerbaar blijken. Deze conclusie wordt ondersteund door

Tabel 23. De kosten van aansluitingen in het buitengebied zijn veel hoger.

7.3 Voorkeursalternatief warmtegebieden

De totaalscores zijn beoordeeld op basis van de praktijktoets. Dit is een vergelijking tussen het individuele en het collectieve alternatief. Het uiteindelijke voorkeursalternatief voor aardgas is weergegeven in de rechterkolom van Tabel 30. In Figuur 12 zijn de resultaten weergegeven op een kaart.

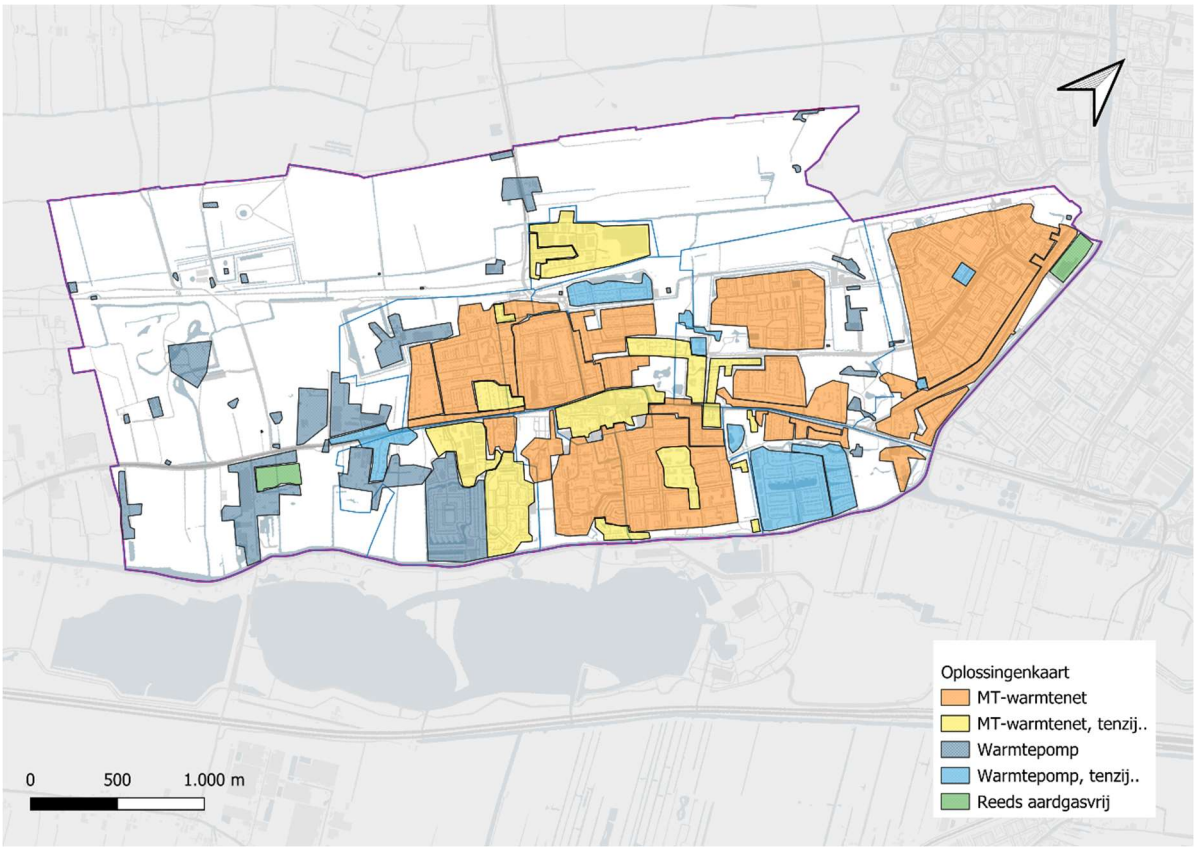
Tabel 30 - Voorkeursalternatief warmtegebieden

Gebied	Schil	Totaalscore			Eindgebruikerskosten		Voorkeursalternatief
		Indiv.	Coll.	+/-	Indiv.	Coll.	
1	MT	33	43	10	8	10	MT-warmtenet
2	MT+	27	43	16	2	10	MT-warmtenet
3	MT	19	38	19	4	10	MT-warmtenet
4	LT	37	34	3	10	8	Warmtepomp, tenzij…
5	Mix	22	38	16	6	10	MT-warmtenet
6	MT	31	38	7	6	10	MT-warmtenet
7	MT	27	37	10	2	10	MT-warmtenet
8	MT	25	43	18	2	10	MT-warmtenet
9	LT	27	36	9	10	8	Warmtepomp, tenzij…
10	LT	33	36	3	10	8	Warmtepomp, tenzij…
11	Mix	20	43	23	4	10	MT-warmtenet, tenzij…
12	LT of MT	31	43	12	10	10	MT-warmtenet, tenzij…
13	MT	27	39	12	10	10	MT-warmtenet, tenzij…
14	MT+	29	43	14	6	10	MT-warmtenet
15	LT	37	33	4	10	8	Warmtepomp, tenzij…
16	Mix	36	36	0	10	10	Warmtepomp, tenzij…
17	MT	31	43	12	8	10	MT-warmtenet
18	LT	27	36	9	10	8	MT-warmtenet, tenzij…
19	LT	27	34	7	10	6	Warmtepomp, tenzij…
20	MT	19	38	19	4	10	MT-warmtenet
21	MT	19	38	19	4	10	MT-warmtenet
22	Mix	24	42	18	8	10	MT-warmtenet, tenzij…
23	LT of MT	31	43	12	10	10	MT-warmtenet, tenzij…
24	Mix	24	38	14	8	10	MT-warmtenet, tenzij…
25	MT+	25	43	18	2	10	MT-warmtenet, tenzij…
26	MT+	27	37	10	2	10	MT-warmtenet
27	MT+	19	43	24	4	10	MT-warmtenet
28	MT	31	43	12	6	10	MT-warmtenet
29	LT	27	36	9	10	8	MT-warmtenet, tenzij…
30	LT of MT	37	39	2	10	10	MT-warmtenet, tenzij…
31	MT+	27	43	16	2	10	MT-warmtenet

32	LT of MT	25	38	13	8	10	MT-warmtenet
33	Mix	26	38	12	10	10	MT-warmtenet, tenzij…
34	LT of MT	31	38	7	10	10	MT-warmtenet, tenzij…
35	LT of MT	25	38	13	8	10	MT-warmtenet
36	LT of MT	21	41	20	4	10	Warmtepomp, tenzij…
37	LT						Aardgasvrij
38	MT+	29	41	12	4	10	MT-warmtenet
39	Mix	26	41	15	10	10	Warmtepomp
40	LT						Aardgasvrij
41	LT of MT	25	43	18	8	10	MT-warmtenet
42	MT+	23	43	20	0	10	MT-warmtenet, tenzij…
43	LT	37	36	1	10	8	Warmtepomp

In dit hoofdstuk geven we een voorlopig voorkeursalternatief op basis van de technisch-economische criteria. De resultaten geven een duidelijke richting, maar de uiteindelijke techniekkeuze per warmtegebied ligt nog niet vast. Dit geldt met name voor de gebieden die zijn weergegeven met 'tenzij…'. In deze gebieden zal vervolgonderzoek moeten uitwijzen of het voorkeursalternatief inderdaad het beste is voor bewoners.

Bovendien moet uit toekomstige participatietrajecten blijken of de voorlopige voorkeurstechnieken ook kunnen rekenen op draagvlak onder de inwoners van Voorschoten. Verder wordt benadrukt dat mogelijk niet alle gebouwen in een warmtegebied geschikt zullen zijn voor dezelfde warmtetechniek. Het kan voorkomen dat een gebouw sterk afwijkt van de bebouwing in de rest van de buurt, waardoor een andere warmtetechniek beter geschikt blijkt. Bewoners behouden de mogelijkheid om dan voor een andere oplossing te kiezen.



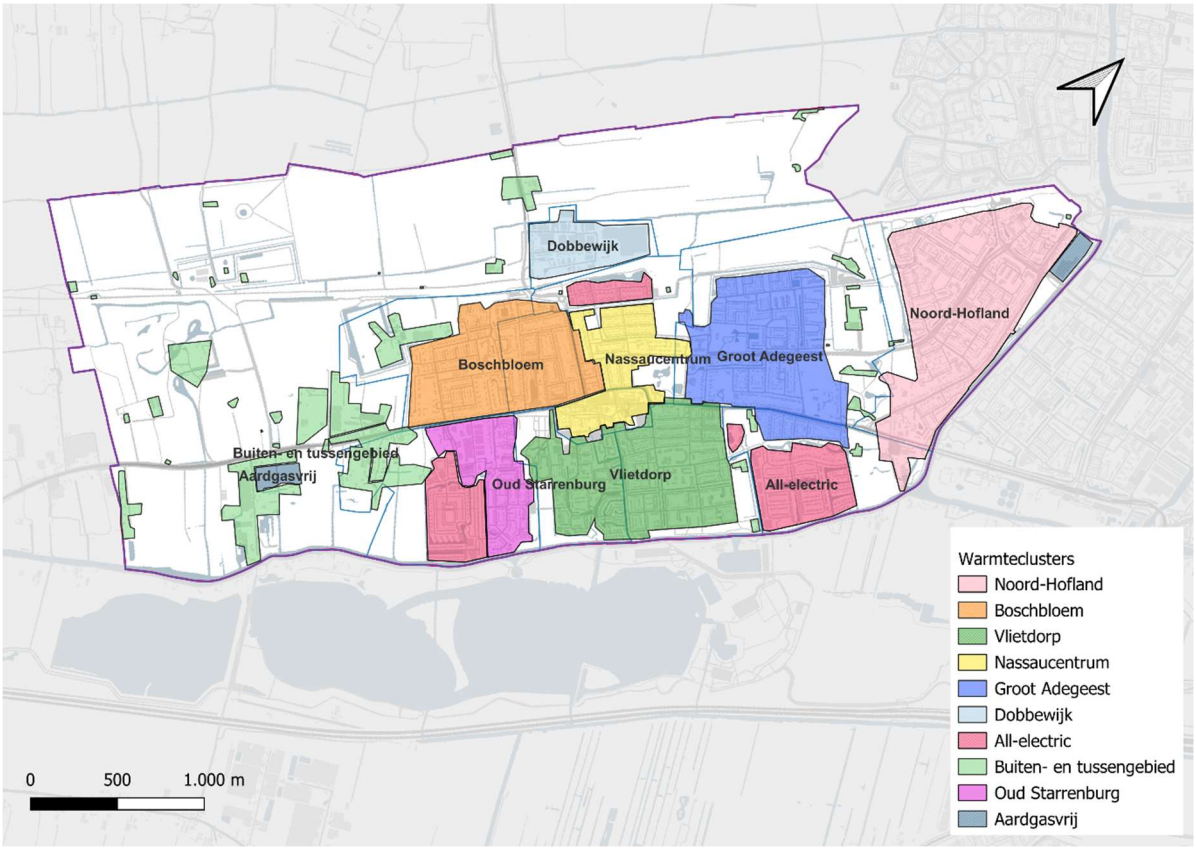
Figuur 12 - Voorkeursalternatief per warmtegebied op de kaart

7.4 Warmteclusters en warmtevraag

De 43 warmtegebieden zijn er te veel om de warmtetransitie effectief aan te sturen. Daarom is het wenselijk om het aantal gebieden te reduceren. Op basis van de resultaten van de vorige paragraaf zijn de 43 warmtegebieden samengevoegd tot 10 warmteclusters. De warmteclusters bestaan uit warmtegebieden die op elkaar lijken. De warmteclusters zijn weergegeven in Figuur 13. Een overzicht van de bijbehorende warmtevraag is te vinden in Tabel 31.

Tabel 31 - Warmteclusters en warmtevraag [28]

Nr.	Naam	Aantal	Warmtevraag		Piekvraag	Basislast
			GWh		MW	MW
1	Noord-Hofland	2.691	35	22%	14	4
2	Boschbloem	1.607	25	16%	10	3
3	Vlietdorp	2.718	32	20%	14	4
4	Nassaucentrum	1.042	14	9%	7	2
5	Groot Adegeest	1.528	21	13%	9	3
6	Oud Starrenburg	543	8	5%	5	1
7	Dobbewijk	115	2	1%	4	1
8	All-electric	1.522	18	11%	11	4
9	Buiten- en tussengebied	147	3	2%	2	1
10	Aardgasvrij	499	-	0%	1	0
	Totaal	**12.411**	**158**		**77**	**23**
	Collectief warmtesysteem	**10.243**	**136**		**63**	**19**



Figuur 13 - Warmteclusters op de kaart

8. Fasering in de tijd

De gemeente Voorschoten heeft nog ongeveer 25 jaar de tijd om aardgasvrij te worden. De gebouwde omgeving van Voorschoten bestaat uit ongeveer 11.500 woningen en 1.800 utiliteitsgebouwen. Dat betekent dat we gemiddeld 500 gebouwen per jaar van het aardgas af moeten krijgen. In de transitievisie benoemt de gemeente tenminste de eerste buurten waarmee zij tot 2030 aan de slag gaat met de warmtetransitie. Voor het houvast proberen we ook een zo goed mogelijk beeld te geven voor de andere buurten daarna. In deze planning zit nog veel onzekerheid, want we zitten nog in een opstartfase. We moeten dus nog flink aan de slag.

8.1 Kansen voor startclusters

Om startclusters te selecteren, kijken we naar waar kansen zijn om te starten. Dit kunnen kansen zijn om mee te gaan met geplande werkzaamheden in de gemeente, maar ook bijzondere omstandigheden die een bepaalde warmtetechniek in een cluster aantrekkelijker maken. De volgende alinea's beschrijven verschillende kansen om te starten.

8.1.1 Vervangingsopgave riolering

Bij de aanleg van de riolering, kan op meerdere manieren rekening gehouden worden met de aanleg van een warmtenet. De simpelste variant is om bij de aanleg van riolering ook ruimte over te laten voor de toekomstige aanleg van warmtenetten. De riolering wordt dan iets uit het midden van de weg gelegd, zodat het warmtenet ernaast kan komen.

Maar er kan ook meer gedaan worden. Uit de analyse in paragraaf 6.2 blijkt dat de kosten voor de aanleg van het warmtenet mogelijk tot 24% lager kunnen zijn, wanneer dit samen wordt opgepakt met de vervanging van riolering. Het gaat hierbij vooral om besparingen op activiteiten die voor beide werkzaamheden nodig zijn, zoals grondwerken, bemaling en het aanbrengen van verharding achteraf. Voor heel Voorschoten gaat dit potentieel om miljoenen euro's. Het is dus de moeite waard om te proberen deze besparing te realiseren.

De riolering in de gemeente Voorschoten is op meerdere plekken verouderd en aan vervanging toe. De staat van de riolering wordt op dit moment in detail geïnventariseerd. Uit de eerste analyses blijkt dat met name Noord-Hofland, Boschgeest en Bijdorp voor 2030 vervangen of vernieuwd moeten worden.[4] Dit biedt kansen voor het warmtenet, omdat dat het voorkeursalternatief is voor aardgas in deze buurten. De totale doorlooptijd van dit soort rioleringsprojecten is 8 tot 10 jaar. Dit is vergelijkbaar met warmtenetten, maar het aanlegtempo verschilt wel. Het vereist een nauwkeurige planning, om overlast voor bewoners te voorkomen.

Tegelijkertijd zijn er andere buurten die juist minder prioriteit hebben. Delen van de Nassauwijk zijn net aangepakt en kunnen er "weer even tegenaan". Verder heeft de gemeenteraad in 2024 besloten om de openbare ruimte in Adegeest geheel te vernieuwen. Het zou kapitaalvernietiging zijn om daar binnen korte termijn de straat weer open te breken voor een warmtenet.

8.1.2 Vervangingsopgave energie-infrastructuur

Netbeheerder Liander is verantwoordelijk voor het gas- en elektriciteitsnetwerk in de gemeente Voorschoten. Het is belangrijk om bij het plannen van de warmtetransitie rekening te houden met

[4] Voor Bijdorp is levensverlengend onderhoud van de riolering voorzien. Dit gebeurt ondergronds en hiervoor zijn geen graafwerkzaamheden nodig.

deze infrastructuur. Tabel 32 geeft per buurt inzicht in het percentage van het gasnet dat is afgeschreven. Een hoog percentage afschrijving in een bepaald gebied kan een reden zijn om in dat gebied te starten met de aanleg van een collectief warmtesysteem. Zo kan er namelijk voorkomen worden dat er nieuwe investeringen in het gasnet moeten worden gedaan. Hiermee voorkomen we dubbele aanleg van infrastructuren en blijven de maatschappelijke kosten het laagste. Hiervoor is het wel nodig dat er geen achterblijvers meer zijn, waarvoor het gasnet alsnog vernieuwd moet worden. De inzet van de nieuwe Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie kan hierbij helpen. De tabel laat zien dat het rond het gasnet kansrijk is om in de clusters Vlietdorp, Noord-Hofland en Boschbloem te starten met de uitrol van een warmtenet. Voor de clusters Groot Adegeest, Nassaucentrum en Dobbewijk is er juist een antikans, omdat het hier op korte termijn verwijderen van gasinfrastructuur leidt tot kapitaalvernietiging.

In die transitiefase speelt nog een onderdeel een rol: grondroeringsgevoelige leidingen. Als er in de transitie in de grond gegraven moet worden, bijvoorbeeld om het elektriciteitsnet te verzwaren of een warmtenet aan te leggen, dan verwijdert Liander deze leidingen preventief vanuit veiligheidsoverwegingen. Er zijn verschillende soorten grondroeringsgevoelige leidingen: wit-pvc, grijs gietijzer en asbestcement. Grijs gietijzer en asbestcement liggen met name in het midden van de gemeente. De netbeheerders zijn verplicht om deze materialen voor 2030 te vervangen. Hier hoeft dus geen rekening mee gehouden te worden voor de fasering van het collectieve warmtesysteem. Wit PVC ligt met name in de buurten Noord-Hofland en Boschgeest en moet vervangen worden als er gegraven gaat worden op één meter van een gasleiding. Daarmee is de aanwezigheid van wit PVC dus een negatieve koppelkans.

Tabel 32 - Koppelkansen vervangingsopgave energie-infrastructuur [21]

Buurtnaam	Afschrijving gasnet (%)	Grondroeringsgevoelige leidingen (%)
Bijdorp	94	9
Noord-Hofland	85	31
Bloemenwijk	81	7
Boschgeest	76	49
Buitengebied	75	31
Vlietwijk	68	12
Starrenburg	67	12
Centrum	62	2
Krimwijk	49	1
Nassauwijk	48	10
Dobbewijk	44	4
Adegeest	36	5

8.1.3 Investeringsagenda woningcorporaties, contracteerbaarheid en blokverwarming

In de gemeente Voorschoten zijn vier woningcorporaties actief: Woonzorg Nederland, De Sleutels, Rijnhart Wonen en Ons Doel. Rijnhart Wonen is in Voorschoten verantwoordelijk voor het beheer van de woningen van Ons Doel. Het kan voordelig zijn om de investeringen van grote vastgoedeigenaren (zoals woningcorporaties) te koppelen aan de plannen rondom de warmtetransitie. Dit kan kostenvoordelen opleveren (als investeringen gecombineerd kunnen worden), maar ook andere voordelen zoals minder overlast voor bewoners. De investeringsagenda's van de woningcorporaties richten zich momenteel, in lijn met de Nationale Prestatieafspraken, vooral op het uitfaseren van de slechte energielabels E, F en G. Complexen met dergelijke labels staan verspreid over Voorschoten, waardoor er op dit moment geen concrete koppelkansen zijn met betrekking tot de investeringsagenda van woningcorporaties. Echter, de woningcorporaties geven aan de zij bij het opmaken van investeringsbeslissingen wel degelijk rekening houden met plannen van de gemeente om van het gas af te gaan. Wanneer bijvoorbeeld een bepaalde buurt over zou gaan op een warmtenet, is het mogelijk dat de corporaties investeringen in complexen in deze buurt hierop afstemmen. Het is daarom van

belang dat de gemeente en woningcorporaties met elkaar in gesprek blijven over de plannen, zodat deze waar mogelijk op elkaar kunnen aansluiten.

Het voordeel van een hoog aandeel corporatiebezit in een buurt is dat een groot gedeelte van de huizen onder één eigenaar valt. Omdat er dan minder partijen betrokken zijn, is het eenvoudiger om beslissingen te nemen over grotere groepen woningen. Dit is gunstig bij de aanleg van een warmtenet: als er in een buurt veel corporatiebezit is en die corporatie stemt in met het warmtenet, dan is de kans op voldoende aansluitingen groter. Dit geldt naast woningcorporaties ook voor andere vastgoedbezitters. Tabel 33 geeft een overzicht van het percentage koop, sociale huur en particuliere huur in de warmteclusters. Vlietdorp heeft duidelijk het hoogste percentage corporatiebezit. Bijna de helft (43%) van de woning is in bezit van een corporatie. Andere clusters met veel corporatiebezit (meer dan 20%) zijn 'Boschbloem', 'Noord-Hofland', 'Oud Starrenburg' en 'All-electric'. In 'Noord-Hofland' en 'Nassaucentrum' is er een relatief groot aantal woningen in particuliere verhuur, waarbij een aantal eigenaren aanzienlijke portefeuilles bezitten.

Tabel 33 - Eigendomssituatie per warmtecluster [29]

Nr.	Naam	Percentage koop	Percentage sociale huur	Percentage particuliere huur
1	Noord-Hofland	57	23	20
2	Boschbloem	74	23	3
3	Vlietdorp	52	43	5
4	Nassaucentrum	72	9	19
5	Groot Adegeest	76	16	8
6	Oud Starrenburg	74	21	5
7	Dobbewijk	100	0	0
8	All-electric	65	29	6
9	Buiten- en tussengebied	93	6	1
10	Aardgasvrij	-	-	-

Ook de aanwezigheid van blokverwarmingsinstallaties kan een kans zijn voor de warmtetransitie. Als er in een gebouw al blokverwarming aanwezig is, is het gemakkelijker om dit gebouw aan te sluiten een collectief warmtesysteem. Een deel van het systeem is dan al aanwezig in de woningen. Het voornaamste wat in de woning veranderd moet worden is de warmtebron. Dit maakt het gemakkelijker om over te stappen op een warmtenet of een collectieve warmtepomp. Blokverwarming komt in de gemeente Voorschoten het meest voor in woningen die in het bezit zijn van corporaties. In het cluster 'Noord-Hofland' staan de meeste blokverwarminginstallaties. Ook de clusters 'Groot Adegeest', 'Vlietdorp' en 'All-electric' hebben er een aantal.

8.1.4 Geografische locatie en bebouwingsdichtheid

Bij de aanleg van een warmtenet ligt het voor de hand om dicht bij de warmtebron te starten en vanaf daar uit te breiden. De aanwezigheid van een warmtebron in of nabij een cluster is dus een kans om te starten met een warmtenet. Deze kans geldt alleen voor de clusters waar een warmtenet de voorkeursoplossing is. In de gemeente zijn verschillende LT-warmtebronnen aanwezig (zie paragraaf 2.2). Er is echter nog veel onzeker over de capaciteit, ontwikkelbaarheid en toekomstbestendigheid van deze bronnen. Om die reden worden LT-warmtebronnen niet meegenomen als kans. Hetzelfde geldt voor geothermie en aquathermie, omdat de komst daarvan nog onzeker is. Over de komst van WarmtelinQ is meer zekerheid. Het tracé van WarmtelinQ en de beoogde locatie voor een warmteoverdrachtstation (WOS) bieden een kans om de collectieve warmtetransitie in Voorschoten te starten in het cluster 'Noord-Hofland'.

Een andere kans voor het starten met de ontwikkeling van een warmtenet is in clusters met een hoge bebouwingsdichtheid, omdat het hier naar verwachting gemakkelijker is om voldoende warmtevraag te ontwikkelen. Dit bevordert de haalbaarheid van een warmtenet. Bovendien kunnen de kosten per aansluiting verlaagd worden door de schaalvoordelen die ontstaan bij het

aansluiten van een groot aantal gebruikers binnen een compact gebied. Tabel 34 geeft een overzicht van het percentage gestapelde bouw per warmtecluster. Met gestapelde bouw bedoelen we appartementen of andere woningen boven elkaar. Hieruit blijkt de clusters 'Groot Adegeest', 'Noord-Hofland' en 'Vlietdorp' relatief veel gestapelde bouw bevatten, wat dus een kans biedt voor het starten van de ontwikkeling van een collectief warmtesysteem.

Tabel 34 - Aandeel gestapelde bouw per warmtecluster [29]

Nr.	Naam	Percentage hoogbouw
1	Noord-Hofland	24%
2	Boschbloem	6%
3	Vlietdorp	23%
4	Nassaucentrum	4%
5	Groot Adegeest	35%
6	Oud Starrenburg	13%
7	Dobbewijk	0%
8	All-electric	16%
9	Buiten- en tussengebied	12%
10	Aardgasvrij	-

8.1.5 Kansen voor individuele warmtepompen

Overschakelen naar verwarming met een elektrische warmtepomp vraagt onder andere om een goed isolatieniveau van de panden en voldoende ruimte op het elektriciteitsnetwerk. Buurten die al voldoen aan deze vereisten, bieden een kans om daar te starten. Immers, in deze buurten is de inspanning om over te gaan op een elektrische warmtepomp minder groot.

De woningen in het cluster 'All-electric' zijn over het algemeen goed geïsoleerd of vereisen slechts enkele aanpassingen om de overstap naar aardgasvrij te kunnen maken. Dit biedt een kans. Echter, het elektriciteitsnetwerk in Voorschoten heeft beperkte capaciteit. Geen enkele buurt kan volledig overstappen op elektrische verwarming zonder dat het elektriciteitsnetwerk verzwaard hoeft te worden. Daarom is het beter dat de overgang naar aardgasvrij in het cluster 'All-electric' geleidelijk plaatsvindt, waarbij natuurlijke momenten zoals renovaties en verhuizingen de transitie sturen.

8.1.6 Conclusie

Om de meest geschikte clusters te selecteren voor de start van de warmtetransitie, zijn de beschreven kansen beoordeeld. Voor de vervangingsopgave van riolering wordt per cluster maximaal 3 punten toegekend, vanwege de aanzienlijke kostenbesparing en de vermindering van overlast die deze koppelkans kan opleveren. Voor de vervangingsopgave van de energie-infrastructuur worden maximaal 2 punten per cluster toegekend, omdat een goede afstemming kapitaalvernietiging kan voorkomen. De investeringsagenda van woningcorporaties, contracteerbaarheid en aanwezigheid van blokverwarming krijgen elk maximaal 1 punt, evenals de geografische locatie, bebouwingsdichtheid en de kans voor individuele warmtepompen. Als een kans slechts van toepassing is op een deel van een cluster, wordt het aantal punten gehalveerd. Dit geldt ook wanneer een bepaalde kans significant vaker voorkomt in het ene cluster ten opzichte van een ander cluster, zoals bij blokverwarming. Antikansen worden beoordeeld met een negatieve halve punt. De punten per kans en de totaalscore zijn weergegeven in Tabel 35. Hieruit blijkt dat Noord-Hofland, Boschbloem en Vlietdorp het beste scoren om mee te starten.

Tabel 35 - Overzicht kansen voor startclusters voor de warmtetransitie

Kans/ Cluster Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vervangingsopgave riolering	3	2	1						
Vervangingsopgave energie-infrastructuur	1,5	1,5	1	-0,5	-0,5		-0,5		
Investeringsagenda woningcorporaties, contracteerbaarheid en blokverwarming	2	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5		0,5	
Geografische locatie en bebouwingsdichtheid	1,5		0,5		1				
Kansen voor individuele warmtepompen								0,5	
Totaalscore	**8,5**	**4**	**4**	**0**	**1**	**0,5**	**-0,5**	**1**	**0**

8.2 Startclusters & fasering in de tijd

In deze analyse is Voorschoten verdeeld in warmteclusters en per cluster is er een voorkeur voor een alternatief voor aardgas geïdentificeerd. Nu moeten deze clusters nog aardgasvrij worden. Dit kan niet allemaal tegelijkertijd. Vooral voor de clusters waar een collectief warmtesysteem als voorkeur naar voren komt is het waardevol om een fasering aan te brengen. De aanpak voor warmtenetclusters is beter te plannen, dan die voor clusters met individuele warmtepompen. De warmtepompclusters zijn afhankelijk van natuurlijke momenten om over te stappen.

In de TWV 1.0 kwamen Bijdorp, Vlietwijk en Krimwijk als startbuurten naar voren. In de tussentijd is daarom gestart met het wijkuitvoeringsplan voor de Krimwijk. In de Krimwijk komt de individuele warmtepomp voor de nieuwbouw als voorkeursalternatief naar voren (toen en nu). Deze warmtetransitie verloopt geleidelijk, totdat alle woningen van het aardgas af zijn. Het werk voor het wijkuitvoeringsplan is dus niet voor niets geweest en kan voortgezet worden. De geleerde lessen kunnen ook elders in het all-electric cluster, en ook het buiten- en tussengebied, worden toegepast. Het 'All-electric' cluster wordt daarom (opnieuw) als startcluster aangewezen. De aanpak die hiervoor nu ontwikkeld wordt is er een voor de lange adem en het zal mogelijk tot 2050 duren voordat deze helemaal is uitgevoerd. Tabel 36 toont de startclusters in geel.

Voor collectieve warmtesysteem is er wel wat veranderd. Inmiddels zijn er regionaal verschillende ontwikkelingen geweest, zoals de komst van WarmtelinQ en de samenwerking Warmte Leidse Regio. Dit maakt dat de oorspronkelijke startbuurten Bijdorp en Vlietwijk niet meer de meest logische. In de vorige paragraaf komt 'Noord-Hofland' als een geschikter startcluster naar voren. Daarom wordt dit cluster aangewezen als nieuw startcluster voor het collectieve warmtesysteem.

Na 'Noord-Hofland' lijken 'Boschbloem' of 'Vlietdorp' de meest logische vervolgclusters. De keuze voor het ene of het andere cluster hangt af van de vervangingsopgave voor de riolering. Als wordt besloten om 'Boschgeest' of 'Bloemenwijk' op dezelfde manier aan te pakken als met 'Adegeest' is gedaan, dan is het logisch om een warmtenet daarin mee te nemen. Als er toch voor een andere oplossing wordt gekozen voor de riolering daar, dan is het cluster 'Vlietdorp' waarschijnlijk een logischer vervolgcluster voor het collectief warmtesysteem.

Tabel 36 - Fasering warmtetransitie en startclusters (geel)

Nr.	Naam	Alternatief	Richtjaar
			(+/- 2 jaar)
1	Noord-Hofland	MT-warmtenet	2030
2	Boschbloem	MT-warmtenet	2032*
3	Vlietdorp	MT-warmtenet	2038*
4	Nassaucentrum	MT-warmtenet	2040*
5	Groot Adegeest	MT-warmtenet	2042*
6	Oud Starrenburg	Nader onderzoek	2042*
7	Dobbewijk	Nader onderzoek	2042*
8	All-electric	Warmtepomp	2045
9	Buiten- en tussengebied	Warmtepomp	2050
10	Aardgasvrij	Geen actie	2024

* Indicatief en afhankelijk van toekomstige besluitvorming warmteprogramma

9. Conclusies

In deze technisch-economische analyse is onderzocht hoe de gebouwde omgeving in Voorschoten aardgasvrij kan worden. Hierbij stonden de volgende vragen centraal.

1. Welke alternatieven voor aardgas zijn er beschikbaar voor de gemeente Voorschoten?
2. Welke warmtebronnen zijn beschikbaar voor de gemeente Voorschoten?
3. Wat is een optimale clustering van warmtegebieden in Voorschoten?
4. Welk alternatief voor aardgas heeft de voorkeur voor deze warmteclusters?
5. Wat is de beste schaalgrootte voor de implementatie van een collectief warmtesysteem?
6. Welke route (fasering) in de aanpak is mogelijk om in 2050 volledig aardgasvrij te zijn?

In dit hoofdstuk presenteren we de conclusies.

Alternatieven voor aardgas

Het Planbureau voor de Leefomgeving maakt onderscheid tussen vijf strategieën om de gebouwde omgeving op een duurzame manier te verwarmen. Dit zijn: (1) een individuele elektrische warmtepomp, (2) een warmtenet met midden- of hogetemperatuurbron, (3) een warmtenet met lagetemperatuurbron, (4) groengas, en (5) waterstof. Groengas en waterstof zullen zeer waarschijnlijk tot ruim na 2030 geen belangrijke rol spelen in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Strategieën 4 en 5 zijn in dit onderzoek niet verder onderzocht.

Beschikbare warmtebronnen

Tabel 37 geeft een overzicht van de beschikbare warmtebronnen in en om Voorschoten. De potentie van de warmtebronnen staat aangegeven in gigawattuur (GWh) of megawatt (MW), afhankelijk van de beschikbare informatie.

Tabel 37: De potentie van de beschikbare warmtebronnen in en om Voorschoten

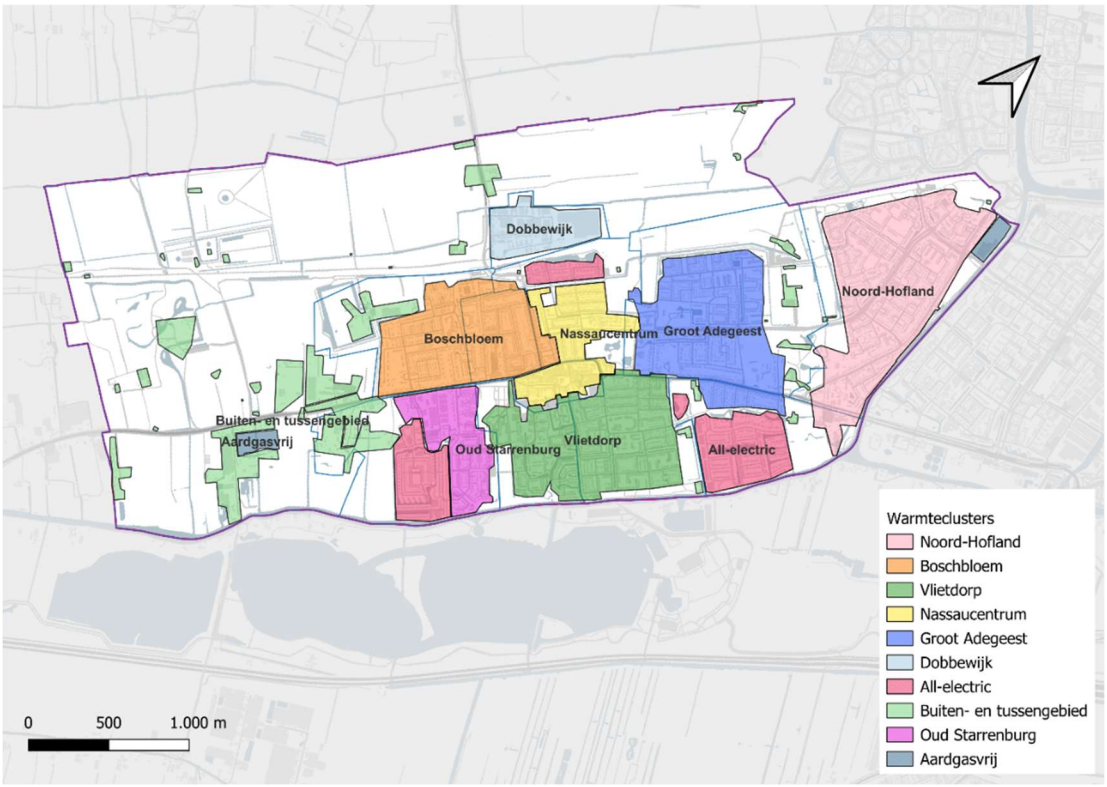
Bron	Potentie minimaal (MW_{th})	Potentie maximaal (MW_{th})	Potentie minimaal (GWh)	Potentie maximaal (GWh)	Status
WarmtelinQ		84			Zeker
Geothermie	100	190			Onzeker
Aquathermie (TEO)			18	514	Onzeker
Aquathermie (TEA)			0	52	Onzeker
Aquathermie (TED)			45	45	Onzeker
Zonthermie	-	-	-	-	Voorkeur zon-PV
LT-restwarmte		5,87			Zeer onzeker

Warmteclusters, voorkeursoplossing, schaalgrootte en fasering

Er zijn in Voorschoten 10 warmteclusters geïdentificeerd (zie Figuur 14 en Tabel 38). Voor de helft van de clusters is een MT-warmtenet het voorkeursalternatief voor aardgas. Dit zijn 'Noord-Hofland', 'Boschbloem', 'Vlietdorp', 'Nassaucentrum' en 'Groot Adegeest'. Voor 'Oud Starrenburg' en 'de Dobbewijk' is extra onderzoek nodig om het optimale alternatief te bepalen. De clusters 'All-electric' en 'het Buiten- en tussengebied' hebben als voorkeursalternatief een individuele warmtepomp. De gebouwen in het cluster 'Aardgasvrij' worden al volledig aardgasvrij verwarmd.

Voor ongeveer 80% van Voorschoten heeft een MT-warmtenet de voorkeur. Uit deze analyse blijkt dat dit collectieve warmtesysteem het beste gemeentebreed ontwikkeld kan worden.

Voor de fasering in de tijd zijn de clusters 'All-electric' en 'Noord-Hofland' aangewezen als clusters om voor 2030 mee te starten. In de Krimwijk, onderdeel van het 'All-electric'-cluster, is al begonnen met het opstellen van een uitvoeringsplan. Het werk uit het uitvoeringsplan kan worden doorgezet. Wat we in de Krimwijk hebben geleerd kunnen we ook in de rest van het 'All-electric'-cluster en het buiten- en tussengebied toepassen. Noord-Hofland komt uit het onderzoek naar voren als het cluster om te starten met het collectieve warmtesysteem. Na Noord-Hofland lijken Boschbloem of Vlietdorp de meest logische vervolgclusters.



Figuur 14 - Warmteclusters Voorschoten

Tabel 38: Warmteclusters, voorkeursalternatief en fasering

Nr.	Naam	Aantal	Alternatief	Richtjaar
				(+/- 2 jaar)
1	Noord-Hofland	2.690	MT-warmtenet	2030
2	Boschbloem	1.610	MT-warmtenet	2032*
3	Vlietdorp	2.720	MT-warmtenet	2038*
4	Nassaucentrum	1.040	MT-warmtenet	2040*
5	Groot Adegeest	1.530	MT-warmtenet	2042*
6	Oud Starrenburg	540	Nader onderzoek	2042*
7	Dobbewijk	120	Nader onderzoek	2042*
8	All-electric	1.520	Warmtepomp	2045
9	Buiten- en tussengebied	150	Warmtepomp	2050
10	Aardgasvrij	500	Geen actie	2024

* Indicatief en afhankelijk van toekomstige besluitvorming warmteprogramma

Bronnen

[1] CDA, D66, Groenlinks, ONS Voorschoten, *Motie 226: Herijking transitievisie warmte,* Voorschoten: Gemeenteraad Voorschoten, 2021.

[2] Expertisecentrum Warmte (ECW), „Handreiking voor lokale analyse: Verrijking Startanalyse ten behoeve van de transitievisie warmte," 2021.

[3] Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), „Startanalyse aardgasvrije buurten," 2020. [Online]. Available: https://themasites.pbl.nl/leidraad-warmte/2020/#. [Geopend januari 2024].

[4] RVO, „Dashboard," 2023. [Online]. Available: https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/dashboard/. [Geopend 25 juli 2023].

[5] Nederlandse Emissieautoriteit, „Publicatie standaard emissiefactor aardgas 2020," 22 april 2020. [Online]. Available: https://www.emissieautoriteit.nl/documenten/publicatie/2020/04/22/standaard-emissiefactor-2020.

[6] B. Urban en C. Aptroot, *Wensen en bedenkingen over de concept-RES Holland Rijnland,* Voorschoten, 2020.

[7] K. Ollongren, *Stand van zaken Klimaatakkoord Gebouwde omgeving,* Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2021.

[8] E. Wiebes, *Kabinetsvisie waterstof,* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2020.

[9] M. Prins, „Waterstof: de waterstofladder," Natuur & Milieu, 26 mei 2020. [Online]. Available: https://natuurenmilieu.nl/publicatie/waterstof-de-waterstofladder/.

[10] Holland Rijnland, „Bronnenanalyse: Inzicht in warmtebronnen en warmtevraag potentie in de regio Holland Rijnland," 2024.

[11] Alles over Aardwarmte, „Vier opsporingsvergunningen voor Zuid-Holland," 30 augustus 2021. [Online]. Available: https://www.allesoveraardwarmte.nl/vier-opsporingsvergunningen-voor-zuid-holland/.

[12] Deltares, „Aquathermie in Holland Rijnland," WarmingUP, 2022.

[13] Hoogheemraadschap van Rijnland, „Aquathermie viewer," [Online]. Available: https://rijnland.omgevingswarmte.nl/rijnland. [Geopend april 2024].

[14] Dunea, „[Voor dit rapport verstrekte informatie]," 2021.

[15] CE Delft, „Verkennend onderzoek zonthermie Zuid-Holland," Delft, 2020.

[16] RVO, „Warmteatlas," [Online]. Available: https://www.warmteatlas.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2. [Geopend maart 2024].

[17] Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), „Functioneel ontwerp Vesta-MAIS 5.0 - Achtergrondstudie," Den Haag, 2021.

[18] TNO, *Dashboard Eindgebruikerskosten,* Expertisecentrum Warmte (ECW), 2023.

[19] Greenvis, *Regionaal warmtesysteem regio Holland Rijnland - Maatschappelijke meerwaarde transportverbindingen,* RES Holland Rijnland, 2024.

[20] CE Delft, „Warmtetechnieken," [Online]. Available: https://ce.nl/method/warmtetechnieken/.

[21] Liander, „Buurtanalysetool," januari 2024. [Online].

[22] Witteveen+Bos, „Ruimtelijke verkenning Warmteoverdrachtstation (WOS)," Gemeente Voorschoten, 2024.

[23] The People Group, „GSD Heat," januari 2024. [Online]. Available: https://www.thepeoplegroup.nl/software/geoheat/.

[24] Liander, „Rapport: Scenario-analyse Leidse warmteopgave," 2023.

[25] Liander, „Bestuurlijk overleg gemeente Voorschoten," 2024.

[26] TNO, DNV, „Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024," Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag, 2024.

[27] Greenvis, Fakton Energy, „Open Regionaal Energiesysteem (ORES)," Warmte Leidse Regio, 2022.

[28] PBL, TNO, CBS, „Referentieverbruik warmte woningen," 2023. [Online]. Available: https://www.pbl.nl/publicaties/referentieverbruik-warmte-woningen.

[29] CBS, „CBS Statline," [Online]. Available: https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/. [Geopend 2024].

Bijlage A – Nationale kosten

Tabel 39 - Nationale meerkosten per weq per jaar ten opzichte van referentiescenario [3]

Gebied	Warmtestrategie															
	S1A	S1B	S2A	S2B	S2C	S2D	S2E	S2F	S3A	S3B	S3C	S3D	S3E	S3F	S3G	S3H
1	€ 1.100	€ 2.754	€ 1.544	€ 1.598	€ 1.598	€ 1.078	€ 1.138	€ 1.138	€ 1.175	€ 1.167	€ 1.908	€ 1.262	€ 1.185	€ 1.179	€ 1.453	€ 1.128
2	€ 1.474	€ 3.158	€ 1.741	€ 1.791	€ 1.791	€ 1.341	€ 1.397	€ 1.397	€ 1.594	€ 1.616	€ 1.565	€ 1.746	€ 1.576	€ 1.574	€ 1.691	€ 1.658
3	€ 1.216	€ 2.173	€ 1.610	€ 1.665	€ 1.665	€ 1.178	€ 1.239	€ 1.239	€ 1.396	€ 1.462	€ 2.045	€ 1.632	€ 1.426	€ 783	€ 1.560	€ 1.509
4	€ 578	€ 3.152	€ 850	€ 900	€ 900	€ 854	€ 910	€ 910	€ 698	€ 725	€ 2.388	€ 890	€ 683	€ 761	€ 1.203	€ 758
5	€ 1.932	€ 2.193	€ 1.617	€ 630	€ 630	€ 1.415	€ 549	€ 549	€ 1.072	€ 1.076	€ 338	€ 1.017	€ 1.050	€ 1.087	€ 605	€ 1.048
6	€ 1.002	€ 1.144		€ 1.784	€ 1.784		€ 1.415	€ 1.415	€ 1.172	€ 1.158	€ 2.157	€ 1.317		€ 1.239	€ 1.777	€ 1.011
7	€ 1.342	€ 1.551		€ 2.350	€ 2.350		€ 1.794	€ 1.794	€ 1.900	€ 1.889	€ 2.531	€ 2.204		€ 1.506	€ 2.205	€ 1.903
8	€ 1.371	€ 1.580		€ 1.614	€ 1.614		€ 1.214	€ 1.214	€ 1.755	€ 1.781	€ 1.453	€ 1.882	€ 1.742	€ 1.632	€ 1.496	€ 1.447
9	€ 866	€ 1.012		€ 1.110	€ 1.110		€ 815	€ 815	€ 766	€ 860	€ 1.588	€ 1.227	€ 824	€ 606	€ 1.085	€ 280
10	€ 651	€ 818		€ 737	€ 737		€ 747	€ 747	€ 531	€ 562	€ 1.362	€ 607	€ 525	€ 624	€ 994	€ 577
11	€ 2.044	€ 2.593	€ 1.042	€ 1.187	€ 1.187	€ 1.005	€ 1.176	€ 1.176	€ 1.417	€ 1.772	€ 1.155	€ 1.497	€ 1.784	€ 1.850	€ 1.356	€ 1.831
12	€ 1.870	€ 2.143		€ 1.770	€ 1.770		€ 1.437	€ 1.437	€ 1.613	€ 1.603	€ 1.347	€ 1.693		€ 1.499	€ 1.685	€ 1.713
13	€ 900	€ 1.038	€ 1.224	€ 1.168	€ 1.168	€ 830	€ 838	€ 838	€ 948	€ 945	€ 1.553	€ 1.329	€ 1.024	€ 825	€ 1.110	€ 604
14	€ 1.311	€ 1.476	€ 1.600	€ 1.576	€ 1.576	€ 1.139	€ 1.174	€ 1.174	€ 1.366	€ 1.362	€ 1.634	€ 1.689	€ 1.435	€ 1.354	€ 1.415	€ 1.301
15	€ 1.241	€ 1.069		€ 1.526	€ 1.526		€ 1.533	€ 1.533	€ 1.338	€ 1.327	€ 2.092	€ 1.310		€ 1.425	€ 1.831	€ 1.337
16	€ 895	€ 976		€ 1.793	€ 1.793		€ 1.409	€ 1.409	€ 1.203	€ 1.189	€ 1.994	€ 998	€ 1.826	€ 1.308	€ 1.699	€ 1.201
17	€ 1.050	€ 1.191	€ 1.420	€ 1.327	€ 1.327	€ 1.011	€ 934	€ 934	€ 1.080	€ 1.077	€ 1.593	€ 1.193	€ 1.115	€ 1.049	€ 1.218	€ 1.093
18	€ 857	€ 937	€ 796	€ 752	€ 752	€ 624	€ 630	€ 630	€ 703	€ 700	€ 1.329	€ 606	€ 374	€ 732	€ 849	€ 452
19	€ 479	€ 623		€ 971	€ 971		€ 976	€ 976			€ 1.691	€ 656	€ 420		€ 101	
20	€ 1.193	€ 1.353		€ 1.668	€ 1.668		€ 1.286	€ 1.286			€ 1.707	€ 1.468	€ 1.387		€ 458	
21	€ 1.100	€ 1.235		€ 1.537	€ 1.537		€ 1.188	€ 1.188			€ 1.460	€ 1.387	€ 1.238		€ 365	
22	€ 1.422	€ 1.624		€ 902	€ 902		€ 768	€ 768	€ 1.028	€ 1.031	€ 1.029	€ 1.226	€ 1.077	€ 1.018	€ 949	
23	€ 1.501	€ 1.690	€ 1.284	€ 2.289	€ 2.289	€ 1.073	€ 1.463	€ 1.463	€ 1.901	€ 1.892	€ 1.983	€ 2.185	€ 1.824	€ 2.051	€ 1.842	€ 1.860
24	€ 2.839	€ 3.083		€ 908	€ 908		€ 897	€ 897			€ 347	€ 1.070			€ 768	€ 1.350
25	€ 1.234	€ 1.378		€ 1.401	€ 1.401		€ 1.030	€ 1.030			€ 1.422	€ 1.540			€ 1.134	€ 1.276
26	€ 1.279	€ 1.484		€ 2.018	€ 2.018	€ 1.925	€ 1.668	€ 1.668	€ 1.387	€ 1.382	€ 2.288	€ 1.590	€ 1.514	€ 1.469	€ 1.897	
27	€ 1.910	€ 1.909		€ 1.426	€ 1.426		€ 1.320	€ 1.320	€ 1.218	€ 1.341	€ 1.406	€ 1.428	€ 1.484	€ 1.604	€ 1.503	€ 1.489
28	€ 1.206	€ 1.377		€ 1.645	€ 1.645	€ 1.802	€ 1.197	€ 1.197	€ 1.252	€ 1.229	€ 1.895	€ 1.415	€ 1.199	€ 1.319	€ 1.467	€ 1.234
29	€ 784	€ 990		€ 695	€ 695		€ 697	€ 697	€ 520	€ 510	€ 1.486	€ 192	€ 205	€ 825	€ 938	€ 517
30	€ 1.186	€ 1.374		€ 1.939	€ 1.939	€ 1.426	€ 1.549	€ 1.549	€ 1.370	€ 1.374	€ 2.022	€ 1.680	€ 1.518	€ 1.291	€ 1.923	€ 1.338
31	€ 1.413	€ 1.588		€ 1.941	€ 1.941	€ 1.593	€ 1.431	€ 1.431	€ 1.495	€ 1.484	€ 1.656	€ 1.774	€ 1.620	€ 1.463	€ 1.770	€ 1.315
32	€ 1.529	€ 1.720		€ 1.957	€ 1.957		€ 1.154	€ 1.154	€ 1.831	€ 1.777	€ 2.120	€ 1.852	€ 1.750	€ 604	€ 1.465	€ 193
33	€ 2.179	€ 2.506		€ 1.049	€ 1.049		€ 938	€ 938	€ 1.445	€ 1.512	€ 582	€ 1.475	€ 1.509	€ 1.538	€ 1.037	€ 1.488
34	€ 950	€ 1.098		€ 1.374	€ 1.374		€ 1.009	€ 1.009	€ 1.023	€ 1.000	€ 1.715	€ 1.099	€ 976	€ 685	€ 1.309	€ 1.038
35	€ 1.749	€ 1.953		€ 2.299	€ 2.299		€ 1.389	€ 1.389	€ 1.851	€ 1.853	€ 2.049	€ 1.960	€ 2.001	€ 849	€ 1.734	€ 1.864
36	€ 2.497	€ 2.585		€ 2.217	€ 2.217		€ 1.931	€ 1.931	€ 1.681	€ 1.889	€ 1.930	€ 1.641	€ 1.927	€ 1.998	€ 2.171	€ 1.871
37	Aardgasvrij															
38	€ 1.587	€ 1.791		€ 2.295	€ 2.295		€ 1.749	€ 1.749	€ 1.914	€ 1.900	€ 2.107	€ 2.213		€ 1.628	€ 2.108	€ 1.919
39	€ 2.314	€ 2.363		€ 1.598	€ 1.598		€ 1.450	€ 1.450	€ 1.431	€ 1.414	€ 1.401	€ 1.415	€ 1.278	€ 1.418	€ 1.606	€ 1.547
40	Aardgasvrij															
41	€ 1.877	€ 2.153		€ 1.363	€ 1.363		€ 1.137	€ 1.137	€ 1.266	€ 1.259	€ 1.073	€ 1.357	€ 1.841	€ 1.319	€ 1.076	€ 1.195
42	€ 1.457	€ 1.633		€ 1.712	€ 1.712		€ 1.265	€ 1.265	€ 1.826	€ 1.851	€ 1.524	€ 1.951	€ 1.813	€ 1.496	€ 1.544	€ 1.521
43	€ 606	€ 768		€ 1.013	€ 1.013		€ 1.004	€ 1.004	€ 622	€ 603	€ 1.808	€ 688	€ 576	€ 899	€ 1.303	€ 714

Bijlage B – Eindgebruikerskosten

Tabel 40 - Eindgebruikerskosten per aansluiting per jaar ten opzichte van referentiescenario [18]

Gebied	Warmtestrategie														
	S1A	S1B	S2A	S2B	S2C	S2D	S2E	S2F	S3A	S3B	S3C	S3D	S3E	S3F	S3G	S3H
1	€ 259	€ 489	€ 632	€ 632		€ 241	€ 241		€ 688	€ 500		€ 688	€ 500	€ 106		€ 106
2	€ 682	€ 987	€ 977	€ 977		€ 276	€ 276		€ 1.075	€ 819		€ 1.074	€ 819	€ 117		€ 117
3	€ 552	€ 866	€ 810	€ 810		€ 284	€ 284		€ 907	€ 650		€ 907	€ 650	€ 123		€ 123
4	-€ 13	€ 262	€ 321	€ 321		€ 321	€ 321		€ 418	€ 161		€ 418	€ 161	€ 161		€ 161
5	€ 262	€ 529	€ 738	€ 738		€ 86	€ 86		€ 836	€ 579		€ 836	€ 579	-€ 73		-€ 73
6	€ 410	€ 646	€ 736	€ 736		€ 259	€ 259		€ 789	€ 602		€ 789	€ 602	€ 124		€ 124
7	€ 653	€ 958	€ 944	€ 944		€ 250	€ 250		€ 1.042	€ 785		€ 1.042	€ 785	€ 90		€ 90
8	€ 632	€ 906	€ 1.004	€ 1.004		€ 208	€ 208		€ 1.090	€ 858		€ 1.090	€ 858	€ 58		€ 58
9	-€ 98	€ 127	€ 250	€ 250		€ 200	€ 200		€ 310	€ 113		€ 310	€ 113	€ 62		€ 62
10	-€ 86	€ 116	€ 321	€ 321		€ 257	€ 257		€ 365	€ 190		€ 365	€ 190	€ 126		€ 126
11	€ 316	€ 582	€ 803	€ 803		€ 60	€ 60		€ 901	€ 645		€ 901	€ 645	-€ 100		-€ 100
12	€ 42	€ 277	€ 437	€ 437		€ 149	€ 149		€ 507	€ 295		€ 507	€ 295	€ 6		€ 6
13	€ 134	€ 309	€ 752	€ 752		€ 160	€ 160		€ 790	€ 643		€ 790	€ 644	€ 43		€ 43
14	€ 365	€ 586	€ 856	€ 856		€ 221	€ 221		€ 916	€ 724		€ 916	€ 725	€ 84		€ 84
15	-€ 32	€ 151	€ 302	€ 302		€ 277	€ 277		€ 324	€ 174		€ 324	€ 174	€ 150		€ 150
16	-€ 20	€ 65	€ 602	€ 602		€ 177	€ 177		€ 601	€ 513		€ 601	€ 513	€ 77		€ 77
17	€ 281	€ 501	€ 680	€ 680		€ 239	€ 239		€ 731	€ 553		€ 731	€ 553	€ 108		€ 108
18	-€ 115	€ 47	€ 355	€ 355		€ 230	€ 230		€ 379	€ 240		€ 379	€ 240	€ 115		€ 115
19	-€ 147	€ 58	€ 314	€ 314		€ 228	€ 228		€ 364	€ 181		€ 364	€ 181	€ 96		€ 96
20	€ 592	€ 861	€ 890	€ 890		€ 273	€ 273		€ 963	€ 745		€ 963	€ 745	€ 126		€ 126
21	€ 570	€ 851	€ 885	€ 885		€ 260	€ 260		€ 966	€ 736		€ 966	€ 736	€ 109		€ 110
22	€ 263	€ 496	€ 591	€ 591		€ 255	€ 255		€ 644	€ 455		€ 644	€ 455	€ 117		€ 117
23	€ 99	€ 383	€ 467	€ 467		€ 155	€ 155		€ 564	€ 308		€ 564	€ 308	-€ 5		-€ 5
24	€ 108	€ 374	€ 570	€ 570		€ 75	€ 75		€ 668	€ 412		€ 668	€ 412	-€ 85		-€ 85
25	€ 682	€ 997	€ 943	€ 943		€ 296	€ 296		€ 1.041	€ 784		€ 1.041	€ 784	€ 136		€ 136
26	€ 689	€ 992	€ 963	€ 963		€ 281	€ 281		€ 1.055	€ 807		€ 1.055	€ 807	€ 124		€ 124
27	€ 316	€ 582	€ 803	€ 803		€ 60	€ 60		€ 901	€ 645		€ 901	€ 645	-€ 100		-€ 100
28	€ 356	€ 605	€ 736	€ 736		€ 248	€ 248		€ 804	€ 595		€ 804	€ 595	€ 106		€ 106
29	-€ 64	€ 79	€ 387	€ 387		€ 222	€ 222		€ 399	€ 281		€ 399	€ 281	€ 114		€ 114
30	€ 124	€ 413	€ 459	€ 459		€ 226	€ 226		€ 556	€ 299		€ 556	€ 299	€ 66		€ 66
31	€ 573	€ 880	€ 856	€ 856		€ 246	€ 246		€ 954	€ 697		€ 954	€ 697	€ 86		€ 86
32	€ 267	€ 570	€ 569	€ 569		€ 232	€ 232		€ 666	€ 410		€ 666	€ 410	€ 72		€ 72
33	€ 107	€ 347	€ 599	€ 599		€ 215	€ 215		€ 690	€ 443		€ 690	€ 443	€ 59		€ 59
34	€ 7	€ 261	€ 360	€ 360		€ 246	€ 246		€ 423	€ 219		€ 422	€ 219	€ 104		€ 105
35	€ 168	€ 442	€ 563	€ 563		€ 134	€ 134		€ 661	€ 405		€ 661	€ 405	-€ 25		-€ 25
36	€ 519	€ 805	€ 880	€ 880		€ 234	€ 234		€ 978	€ 721		€ 978	€ 721	€ 74		€ 74
37	Aardgasvrij															
38	€ 510	€ 809	€ 820	€ 820		€ 258	€ 258		€ 918	€ 661		€ 918	€ 661	€ 98		€ 98
39	€ 47	€ 298	€ 463	€ 463		€ 163	€ 163		€ 550	€ 311		€ 550	€ 311	€ 10		€ 10
40	Aardgasvrij															
41	€ 257	€ 467	€ 742	€ 742		€ 185	€ 185		€ 805	€ 605		€ 805	€ 605	€ 47		€ 47
42	€ 731	€ 1.040	€ 1.003	€ 1.003		€ 290	€ 290		€ 1.101	€ 844		€ 1.101	€ 844	€ 130		€ 130
43	-€ 69	€ 164	€ 304	€ 304		€ 261	€ 261		€ 368	€ 164		€ 368	€ 164	€ 121		€ 121

Bijlage C – Kwalitatieve beoordeling

Tabel 41 - Beoordeling kwalitatieve criteria (nummering zie Tabel 15) per warmtestrategie en per warmtegebied

Gebied	S1										S2										S3-LT										S3-MT									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
2	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
3	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
4	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
5	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
6	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
7	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
8	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
9	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
10	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
11	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
12	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
13	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
14	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
15	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
16	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
17	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
18	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
19	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
20	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
21	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
22	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	0	2	3	3	3	1	3	3	1	1	0	1	2	1	2	1	2	3	3	1	0	1	2	1	3	1	2
23	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
24	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
25	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
26	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	0	2	3	3	3	1	3	2	1	1	0	1	2	1	2	1	2	3	3	1	0	1	2	1	3	1	2
27	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
28	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
29	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
30	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
31	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
32	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
33	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
34	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
35	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
36	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
37	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
38	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
39	3	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
40	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
41	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
42	2	0	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2
43	3	1	1	3	2	1	2	1	2	1	3	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	3	3	1	1	1	2	1	3	1	2

Gemeente Voorschoten

Colofon

Uitgave	**Gemeente Voorschoten** Leidseweg 25 2252 LA Voorschoten www.voorschoten.nl	
Datum	April 2024	
Afdeling	Ruimtelijke Advisering	
Auteurs	Mighael Vroom Boy Luiks	mvroom@voorschoten.nl bluiks@voorschoten.nl