

Warmtestudie Breda

21-10-2025

Voorwoord

We bouwen aan een Breda dat klaar is voor de toekomst. Een stad waarin het prettig wonen is voor iedereen. Een belangrijk onderdeel hiervan is dat we onderzoeken hoe we overstappen op duurzame energie. In de toekomst verwarmen we onze gebouwen op een andere manier dan met aardgas. Daarom werken we aan een warmteprogramma.

Warmteprogramma

In het warmteprogramma staat hoe we de komende jaren onze warmtevoorziening duurzaam gaan organiseren. Dit programma wordt eind 2026 vastgesteld en bevat:

- in welke gebieden we de komende 10 jaar aan de slag gaan met verduurzaming;
- wat het voorkeursalternatief is voor het verwarmen van gebouwen (bijvoorbeeld een warmtenet of elektrische oplossingen);
- wanneer we starten met de uitvoering.

Warmtestudie

Een belangrijke eerste stap om tot het warmteprogramma te komen is de warmtestudie. De warmtestudie is een ambtelijke verkenning van welke duurzame manieren van verwarmen technisch haalbaar zijn, wat ze kosten en hoe ze passen in onze stad. De studie vormt het inhoudelijke vertrekpunt voor het participatieproces met alle betrokkenen. Er zijn nadrukkelijk nog géén keuzes gemaakt, die volgen later in het warmteprogramma.

Managementsamenvatting

De EU-lidstaten hebben zichzelf als doel gesteld om in 2050 klimaatneutraal te zijn. De ambitie van de gemeente Breda ligt hoger: ons doel is om al in 2044 geen aardgas meer te gebruiken en klimaatneutraal te zijn. Daarvoor werken we aan een Klimaatplan.

Een belangrijke opgave ligt bij het duurzaam verwarmen van gebouwen. In 2022 heeft de gemeenteraad de Transitievisie Warmte (TVW) vastgesteld waarmee we een eerste beeld kregen van hoe, waar en wanneer we gebouwen gaan verduurzamen. Maar na de TVW is er veel veranderd. We hebben te maken gekregen met een overvol stroomnet en de Amercentrale levert vanaf 2027 geen warmte meer aan het stadswarmtenet in Breda.

Eind 2026 herijken we de TVW onder de noemer warmteprogramma. Daarin geven we onder andere aan welke alternatieve warmteoplossingen we in Breda voorzien. Een belangrijke eerste stap om tot het warmteprogramma te komen is de warmtestudie. In deze studie is verkend welke duurzame manieren van verwarmen technisch haalbaar zijn, wat ze kosten en of ze passen in onze stad. Er worden nog géén keuzes gemaakt – die volgen later, samen met de stad.

Werkwijze warmtestudie

In de warmtestudie staat de volgende vraag centraal: hoe kunnen we gebouwen betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam verwarmen zonder aardgas? Om deze vraag te beantwoorden, onderzoeken we de toekomstige warmtevraag en de beschikbare warmtebronnen in Breda en regio. Ook kijken we naar manieren om gebouwen te verwarmen en hoe we dat met de beschikbare warmtebronnen kunnen doen. We vergelijken de opties op basis van technische haalbaarheid, kosten, ruimtelijke inpassing en maatschappelijke factoren. Deze opties zetten we objectief naast elkaar, zodat we in de vervolgstap van het warmteprogramma daadwerkelijk keuzes kunnen maken.

Om te beginnen hebben we Breda daarvoor in de warmtestudie opgedeeld in 80 gebieden. Voor ieder gebied zijn twee warmteoplossingen onderzocht als alternatief voor het verwarmen met aardgas. Dit is bijna overal een individuele all-electric (warmtepomp) oplossing, naast een vorm van een warmtenet.

Het temperatuurniveau (midden-, laag of zeer laag) van de onderzochte warmtenetten hangt af van de kenmerken van het gebied. In sommige gebieden - vooral het buitengebied - is de warmtevraagdichtheid zo laag dat een warmtenet onhaalbaar is. Hier is een hybride groengas oplossing onderzocht. Groen gas is echter schaars. In lijn met de richtlijnen van de Rijksoverheid passen we groen gas liever niet toe op individueel niveau, maar beperken we de inzet tot hulpketels in warmtenetten. Het advies van de Rijksoverheid is om individuele groen gas oplossingen niet op te nemen in het warmteprogramma. Als referentie hebben we deze optie wel meegenomen in een vergelijking voor buitengebieden.

Adviesbureau Sweco heeft een inschatting gemaakt van de toekomstige warmtevraag. Daarbij gaan we ervanuit dat woningen minimaal tot de Nationale Isolatiestandaard worden geïsoleerd en bedrijven de renovatiestandaard halen. Ook is door IF Technology onderzoek gedaan naar mogelijke warmtebronnen in Breda.

Multicriteria-analyse

Om de warmteoplossingen in de 80 onderzochte gebieden met elkaar te vergelijken, heeft de gemeente een technische en financiële multicriteria-analyse opgesteld. Hierin zijn de verschillende varianten met elkaar vergeleken op de publieke belangen beschikbaarheid, betaalbaarheid, duurzaamheid, kwaliteit leefomgeving en keuzevrijheid en medezeggenschap.

In deze multicriteria-analyse vallen een aantal punten op:

- In theorie is er lokaal voldoende warmte aanwezig om Bredase gebouwen te verwarmen. We hebben echter weinig betaalbare en geschikte middentemperatuur (MT) bronnen. Diepe geothermie en import van warmte uit de regio lijken de meest geschikte opties, maar de beschikbaarheid moet nader onderzocht worden. Dit is belangrijk voor de ontwikkeling van MT-warmtenetten.
- Voor warmtenetten zijn verschillende combinaties van basislast en piekbronnen mogelijk. Om kosten en netcongestie te beperken, heeft een transitiepad met een (groen)gaspiekkel de voorkeur boven een volledig elektrische warmtevoorziening.
- Op het gebied van betaalbaarheid zijn de onderlinge verschillen beperkt. Er is gekeken naar de nationale kosten van een warmteoplossing over 30 jaar. Vaak verschillen de twee warmteoplossingen op dit onderwerp slechts 5 - 10% van elkaar. Dit verschil is te klein om hier op basis van deze verkenning al conclusies aan te kunnen verbinden. De alternatieve warmteoplossingen leiden uiteindelijk allemaal tot zeer lage of geen netto CO₂-emissies. Dat komt doordat zowel elektriciteit als gas richting 2050 hernieuwbaar wordt.

- Er zijn wel verschillen in de impact van de warmteoplossing op de leefomgeving. Een warmtepomp vraagt om ruimte in een gebouw, terwijl een warmtenet juist meer beslag legt op de openbare ruimte. Er is niet één oplossing die op alle vlakken beter of slechter scoort.
- De meeste keuzevrijheid is er als er een warmtenet wordt aangelegd. In dat geval kunnen gebouweigenaren kiezen: meedoen met het warmtenet, of zelf een duurzaam alternatief installeren. Wanneer er géén warmtenet in een gebied komt, dan is een inwoner gebonden aan een individuele oplossing. De keuzevrijheid en zeggenschap over de uitvoering van de oplossing - zoals de keuze voor een energieleverancier, installateur of moment van aansluiten - zijn juist het grootste bij een individuele oplossing.

Resultaten warmtestudie

Uit de warmtestudie valt af te leiden dat er niet één beste warmteoplossing is in Breda. In de warmtestudie worden ook nog géén keuzes gemaakt – die volgen later, samen met de stad. Toch worden er per oplossingsrichting al wel enkele zaken duidelijk:

- Individuele all-electric oplossingen scoren goed op betrouwbaarheid, stabiliteit van maandlasten, duurzaamheid en ruimtegebruik in de openbare ruimte. Deze oplossing kent ook een hoge mate van medezeggenschap. Nadelen zijn de relatief hoge netbelasting in de winter en ruimtegebruik in de woning. Individuele all-electric oplossingen passen goed bij grotere naoorlogse woningen in ruimer opgezette buurten.
- ZLT-netten lijken qua eigenschappen in veel opzichten op de individuele all-electric oplossing. Ze scoren wel beter op netbelasting, koeling en keuzevrijheid. Ze vragen echter meer ruimte in de openbare ruimte, zowel boven- als ondergronds. Om het potentieel van ZLT-netten optimaal te gebruiken, is het nodig om afgifteapparatuur (bijvoorbeeld vloerverwarming) zodanig aan te passen, dat je er ook mee kunt koelen. Dit vergt extra aanpassingen achter de voordeur. ZLT-netten passen daardoor het beste bij nieuwbouw-ontwikkelingen. Dan kunnen alle benodigde inpassingen al bij de bouw worden gedaan.

- MT-netten scoren in de warmtestudie - afhankelijk van de bron - goed op netbelasting en ruimte in de woning. De betaalbaarheid wordt beter naarmate er een hogere vraagdichtheid is (veel gebouwen dicht bij elkaar) en bij een hogere aansluitingsgraad (onder andere bij een groot woningbouwcorporatiebezit). De oplossing vraagt, net als bij andere warmtenetten, om een behoorlijke ruimte in de ondergrond. MT-netten passen daarmee goed in gebieden met een hoge dichtheid aan oudere en kleinere woningen.
- LT-warmtenetten scoren in veel gevallen tussen de overige oplossingen in.
- Hybride groengasoplossingen scoren goed op netcongestie en het ruimtegebruik in de woning en openbare ruimte. De beschikbaarheid van groengas is echter zeer beperkt, en de verwachting is dat kosten in de komende jaren verder toenemen. Het nadrukkelijke advies van de Rijksoverheid is dan ook om individuele groen gas oplossingen niet op te nemen in het warmteprogramma en waar mogelijk alternatieven te zoeken. Als referentie hebben we deze optie wel meegenomen in een vergelijking voor buitengebieden. Warmtenetten zijn hier geen haalbare optie en all-electric zijn anders in deze studie het enige alternatief voor aardgas.

Gebiedsanalyse

Naast een multicriteria-analyse is er in de warmtestudie ook een gebiedsanalyse gemaakt. Deze koppelt kenmerken van warmteoplossingen aan specifieke gebiedskenmerken. Bijvoorbeeld de hoeveelheid ruimte in de ondergrond en de grootte van woningen. Hiermee ontstaat een beeld van kansrijke oplossingen per gebied. Daarbij zijn een aantal scenario's onderzocht.

Uit een eerste verkenning van deze scenario's, komt een globale trend naar voren: MT-warmtenetten lijken kansrijk in het stadscentrum en nabijgelegen dichtbebouwde, vooroorlogse wijken. Er moet daarvoor wel meer zekerheid komen over de beschikbaarheid van goede warmtebronnen. Voor veel andere gebieden is een individuele all-electric oplossing mogelijk geschikter, als er voldoende netcapaciteit is. Voor nieuwbouwgebieden of bedrijventerreinen is een ZLT-oplossing interessant.

Vervolgstappen

Met de afronding van de warmtestudie is een puzzelstukje gelegd in de routekaart naar een klimaatneutraal Breda. We zijn er echter nog niet. De eerstvolgende mijlpaal op het gebied van het aardgasvrij maken van gebouwen, is het opstellen van het warmteprogramma. In dit warmteprogramma wordt samen met belanghebbenden onderzocht welke warmteoplossing de voorkeur heeft en in welke volgorde de uitvoering zal plaatsvinden.

Om keuzes te kunnen maken, zijn de volgende vervolgstappen wenselijk:

- Verder onderzoek naar de haalbaarheid van lokale diepe geothermie en import van regionale warmte. Dit is van belang voor de verdere ontwikkeling van MT-warmtenetten.
- De uitvoering van de netverzwaring is een randvoorwaarde voor de overstap naar een warmtevoorziening die volledig aardgasvrij is. In de tussentijd kan eventueel voor een transitiepad via een hybride vorm gekozen worden.
- In alle ruimtelijke en sociale opgaven is het van belang dat energietransitie een plek krijgt. Er moet ruimte gereserveerd worden voor bronnen, opslag en infrastructuur voor energie. Bij voorkeur passen we meervoudig ruimtegebruik toe. Het is ook van groot belang om oog te hebben voor de betaalbaarheid van energie en het eerlijk verdelen van lusten en lasten.

Met nieuwe wetgeving krijgt de gemeente meer mogelijkheden om regie te voeren in de warmtetransitie. Om versnelling te realiseren in het verduurzamen van Breda, is het nu aan de gemeente om partijen met elkaar te verbinden, het gesprek aan te gaan, onderzoeken uit te laten voeren en in het warmteprogramma keuzes te maken.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	9	4	Warmtevraag en aanbod	37
1.1	Ambitie	9	4.1	De warmtevraag in Breda in 2044	37
1.2	Waar staat Breda nu?	10	4.2	De vraag naar basislastbronnen voor collectieve warmte	38
1.3	Waarom een warmtestudie?	11	4.3	De verhouding van warmtevraag en -aanbod.....	40
1.4	Opbouw van dit rapport	13	5	Multicriteria-analyse van warmteoplossingen	42
2	Methodiek en uitgangspunten	15	5.1	Beschikbaarheid	44
2.1	De aanpak van de warmtestudie	15	5.2	Betaalbaarheid	55
2.2	Kenmerken van de warmtevraag	17	5.3	Duurzaamheid	60
2.3	Groene moleculen	20	5.4	Kwaliteit leefomgeving	62
2.4	Onderzochte warmteoplossingen.....	21	5.5	Keuzevrijheid en medezeggenschap.....	70
2.5	Eerste selectie van oplossingen.....	22	5.6	Samenvatting multicriteria-analyse	72
2.6	Toegepaste modellen en onderlinge samenhang .	24	6	Gebiedsanalyse	74
2.7	Ontwikkeling van energiekosten	25	7	Samenvatting van de resultaten.....	78
2.8	Nationale kosten voor warmteoplossingen	26	8	Aandachtspunten voor het vervolg	82
3	Overzicht van collectieve warmtebronnen	28	B1.	Prijsontwikkelingen.....	87
3.1	Overzicht van collectieve warmtebronnen in Breda	28	B2.	Verhouding warmtevraag en -aanbod van collectieve basislastbronnen	89
3.2	Collectieve basislastbronnen	29	B3.	Tabellen kwaliteit leefomgeving.....	90
3.3	Warmte-koudeopslag (WKO) en regeneratiebronnen	30	B4.	Samenvatting scores multi-criteria analyse	94
3.4	Collectieve piek en back-up bronnen.....	32	B5.	Lijst met GIS-kaarten	95
3.5	Warmtebronnen van buiten Breda	34	B6.	Bronvermelding	98
3.6	De kosten van warmte uit collectieve bronnen	35	B7.	Begrippenlijst	102

1

Inleiding



1 Inleiding

In deze inleiding leest u meer over de ambitie van Breda op het gebied van de energietransitie en waar we nu staan. Daarnaast lichten we de aanleiding tot de warmtestudie toe en omschrijven we de opbouw van dit rapport.

1.1 Ambitie

Breda klimaatneutraal in 2044

De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55% minder broeikasgassen moet uitstoten, om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Gemeente Breda haalt met haar Klimaatplan alles uit de kast om al in 2044 geen aardgas meer te gebruiken en klimaatneutraal te zijn. Dit is een ambitieus doel. En we werken met velen hard om het waar te maken.

Van Transitievisie warmte naar warmteprogramma

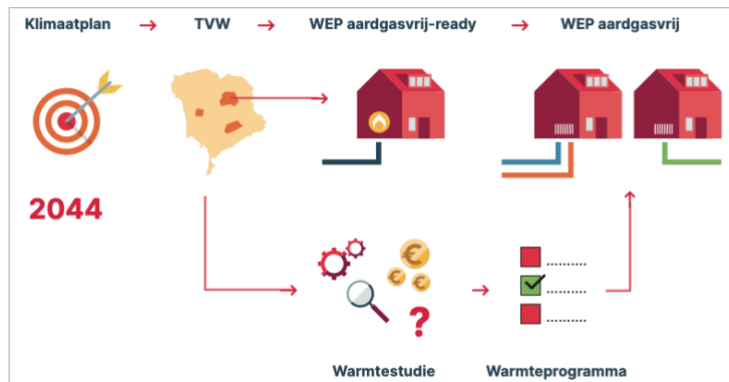
Het verwarmen van gebouwen zorgt voor een groot deel van de CO₂-emissie van Breda. Daarom hebben we in 2022 de Transitievisie warmte (TVW) vastgesteld. Dit was een eerste stap in het aardgasvrij maken van gebouwen. Op basis van de TVW zijn we in een aantal gebieden begonnen met het opstellen van wijkenergieplannen. Hierin hebben we plannen gemaakt hoe we gebouwen aardgasvrij-ready kunnen maken. Hierbij is gekeken naar isoleren, ventileren en elektrisch koken. Woningeigenaren en woningbouwcorporaties hebben in de afgelopen jaren al hard

gewerkt aan deze stappen naar verduurzaming. Een keuze voor een alternatief verwarmingssysteem kon nog niet gemaakt worden, omdat er nog geen voorkeursoplossing was vastgelegd.

Eind 2026 herijken we de TVW onder de noemer van het warmteprogramma. In het warmteprogramma kijken we opnieuw vooruit: in welke gebieden gaan we de komende 10 jaar aan de slag met het aardgasvrij maken van gebouwen? En op welke duurzame manier gaan we deze gebouwen dan verwarmen?

De warmtestudie als onderlegger voor het warmteprogramma

In de warmtestudie staat een vraag centraal: hoe kunnen we gebouwen betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam verwarmen zonder aardgas? Om deze vraag te beantwoorden, onderzoeken we de toekomstige warmtevraag en de beschikbare warmtebronnen in Breda en regio. Ook kijken we naar manieren om gebouwen te verwarmen en hoe we dat met de beschikbare warmtebronnen kunnen doen. We vergelijken de opties op basis van technische haalbaarheid, kosten, ruimtelijke inpassing en maatschappelijke factoren. Deze opties zetten we objectief naast elkaar, zodat we in de vervolgstap van het warmteprogramma keuzes kunnen maken.



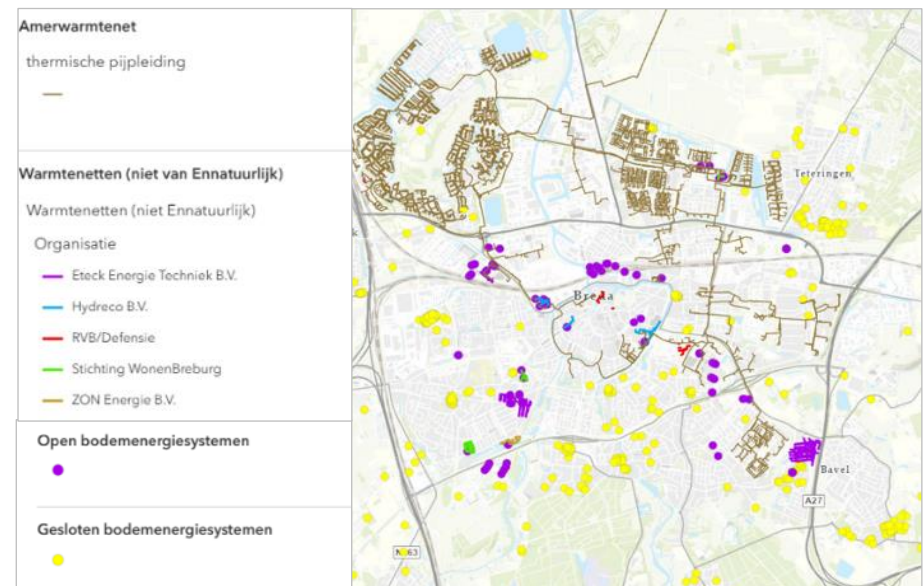
Figuur 1 - Samenhang warmtestudie met warmteprogramma en wijkenergieplannen.

1.2 Waar staat Breda nu?

Breda gaat voor de transitie naar een klimaatneutrale gemeente in 2044. En ook al is er nog veel te doen, we hebben de afgelopen jaren al mooie stappen gemaakt:

- In Breda is nog slechts circa 70% van de woningen aangesloten op het aardgas.
- Een groot deel van de overige woningen heeft een aansluiting op het Amerwarmtenet van Ennatuurlijk (bijna 20.000).
- Er zijn diverse kleinschalige collectieve netten op basis van WKO.
- Er zijn woningen met een individuele warmtepomp, waarvan een deel gebruik maakt van een individueel gesloten bodem-energiesysteem (bodemplus).

- Alle recente en toekomstige nieuwbouw in Breda is goed geïsoleerd en aardgasvrij.
- Duizenden bestaande woningen zijn onder andere met landelijke subsidies (zoals de ISDE) en lokale subsidies (Nationaal Isolatieprogramma en Volkshuisvestingsfonds I & II) verduurzaamd.



Figuur 2 - Locaties van warmtenetten en bodemenergiesystemen in Breda

1.3 Waarom een warmtestudie?

In 2022 hebben we de Transitievisie Warmte (TVW) opgesteld. Met inwoners, andere belanghebbenden in de gemeente en verschillende experts is destijds hard gewerkt aan een verduurzamingsplan voor gebouwen in onze gemeente. Waarom hebben we dan nu weer een warmtestudie nodig?

In de afgelopen jaren is er veel veranderd op het gebied van energie(-transitie):

- Netbeheerders hebben netcongestie afgekondigd: het stroomnet raakt vol. Dat betekent dat de elektrificatie van de warmtevoorziening niet zondermeer mogelijk is voordat het elektriciteitsnet is verzwakt.
- Een groot aantal gebouwen in Breda is aangesloten op het stadswarmtenet van Ennatuurlijk. De eigenaar van de belangrijkste warmtebron van dit net, de Amercentrale, stopt in 2027 met leveren van warmte. Ennatuurlijk heeft een leveringsplicht en werkt aan vervangende warmtebronnen, waardoor de gebouwen ook na 2027 verwarmd kunnen worden. Voor de eventuele ontwikkeling van nieuwe warmtenetten moet er zicht zijn op nieuwe betaalbare en duurzame warmtebronnen.
- Warmtenetten zouden onevenredig duur zijn in vergelijking met cv-ketels. De nieuwe Wet collectieve warmte (Wcw) moet hierin verbetering brengen met een nieuwe tariefsystematiek.
- De Wcw bevat niet alleen een nieuwe tariefsystematiek: de wet schrijft ook voor dat grote warmtenetten in de toekomst in publieke handen moeten komen. Samen met de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw) krijgen gemeenten meer instrumenten om regie te voeren in de warmtetransitie. Zij kunnen onder duidelijke voorwaarden een besluit nemen over de levering van aardgas, onderdeel worden van een publiek warmtebedrijf of warmtegemeenschap en voor warmtekavels een warmtebedrijf aanwijzen.
- Het ministerie van BZK heeft de standaard voor woningisolatie vastgesteld [Min BZK 2021]. Deze Nationale Isolatiestandaard geeft een duidelijke richting voor de benodigde isolatie om woningen toekomstbestendig te maken.

Naast deze veranderingen hebben we ervaren dat de TVW een aantal elementen mist:

- Bedrijventerreinen en de nieuwbouwopgave ontbreken nog in de TVW, terwijl ze een grote warmtevraag kennen.
- De potentie en haalbaarheid warmtebronnen is onvoldoende onderzocht om echte keuzes op te kunnen baseren. Daarnaast is er sprake van een verdeelvraagstuk: hoe verdelen we de meest geschikte bronnen over de warmtevraaggebieden?
- Er is onvoldoende rekening gehouden met het warmte-vraagprofiel (seizoens- en dagpieken) en warmteopslag.
- Er is slechts een beperkte vergelijking tussen warmte-oplossingen gemaakt.

1.4 Opbouw van dit rapport

Dit rapport beschrijft de aanpak, resultaten en conclusies van de warmtestudie en geeft aandachtspunten voor het vervolg. De opbouw is als volgt:

Hoofdstuk 2: Methodiek en uitgangspunten

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop de warmtestudie is aangepakt en de uitgangspunten die zijn toegepast. Daarnaast maakt het een eerste schifting in warmteoplossingen die per gebied zijn onderzocht. Ook beschrijven we hier de toegepaste modellen en de onderlinge samenhang.

Hoofdstuk 3: Overzicht van collectieve warmtebronnen

Hier leest u een opsomming van de beschikbare warmtebronnen in Breda en omschrijven we de technologie en de beschikbaarheid van de bronnen.

Hoofdstuk 4: De warmtevraag en het aanbod

De warmtestudie richt zich op de vraag welke warmteoplossingen kansrijk zijn ter vervanging van het verwarmen van gebouwen met aardgas. De eerste belangrijke stap is inzicht krijgen in de verwachte warmtevraag en de totale beschikbaarheid van warmtebronnen. In hoofdstuk 4 wordt hiervan een eerste beeld geschetst.

Hoofdstuk 5: Multi-criteria analyse van warmteoplossingen

In hoofdstuk 5 vergelijken we de warmteoplossingen met elkaar op basis van publieke belangen: beschikbaarheid, betaalbaarheid, duurzaamheid, kwaliteit van de leefomgeving en keuzevrijheid en medezeggenschap.

Hoofdstuk 6: Gebiedsanalyse

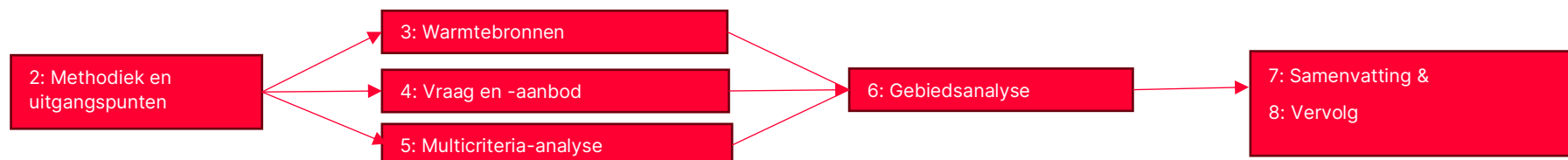
Dit hoofdstuk combineert de multicriteria-analyse van warmteoplossingen uit hoofdstuk 5 met de kenmerken van de onderzochte gebieden in Breda. Hoe verhoudt zich de ene warmteoplossing tot een andere in een bepaald gebied? De gebiedsanalyse geeft een eerste inzicht in kansrijke oplossingen, maar maakt nadrukkelijk nog geen definitieve keuze.

Hoofdstuk 7: Samenvatting van de resultaten

Dit hoofdstuk vat de belangrijkste resultaten van de warmtestudie samen. Hierbij maken we onderscheid tussen de studie naar warmtebronnen, de multicriteria-analyse en de gebiedsanalyse.

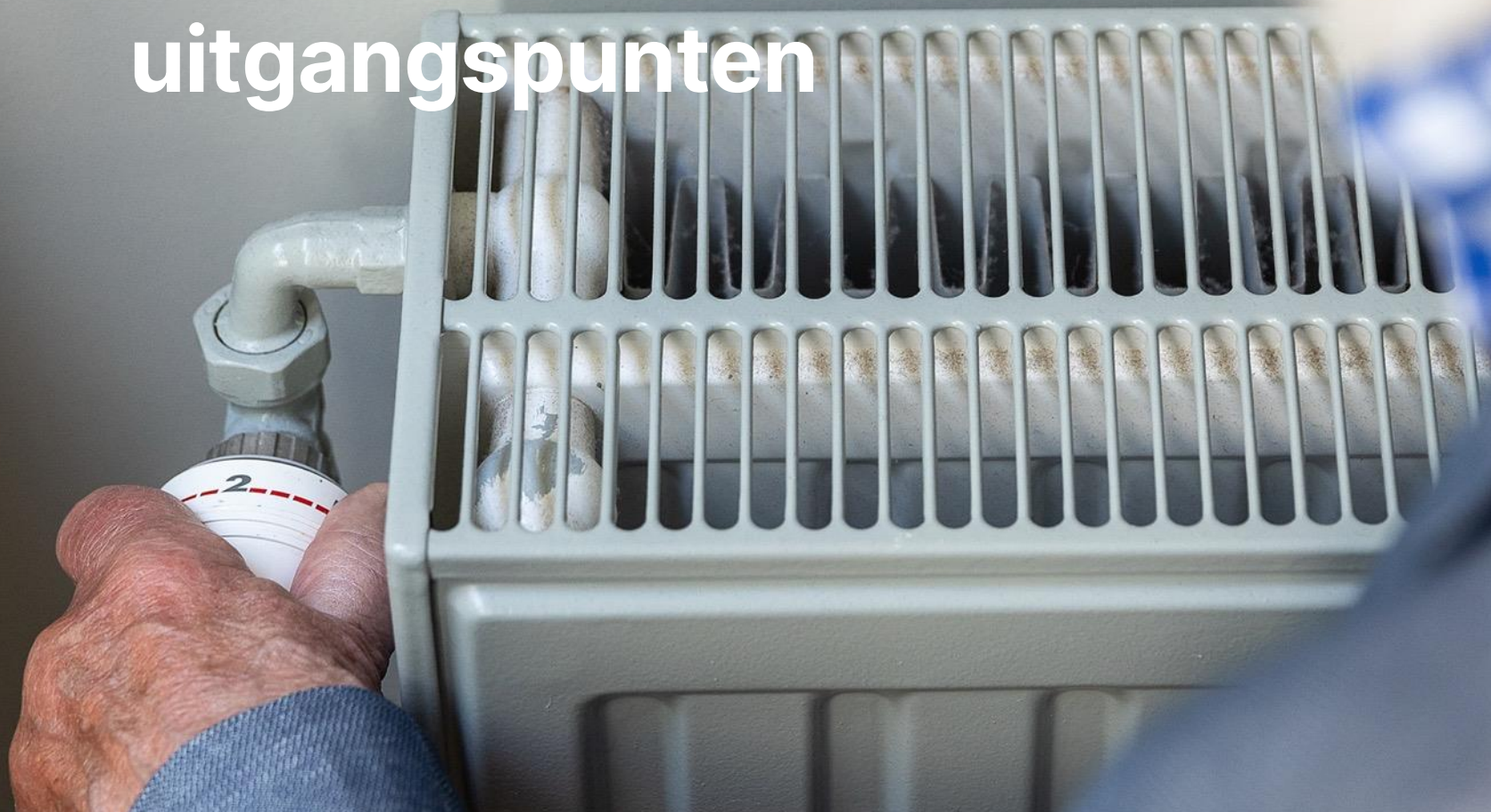
Hoofdstuk 8: Vervolg

De warmtestudie is een puzzelstukje in de grote puzzel naar een klimaatneutraal Breda. Hoofdstuk 8 geeft een aantal belangrijke aandachtspunten voor het vervolg.



2

Methodieken uitgangspunten



2 Methodiek en uitgangspunten

Dit hoofdstuk leest u meer over de aanpak en de uitgangspunten van de warmtestudie. Daarnaast geeft het een eerste selectie in warmteoplossingen die per gebied zijn onderzocht. Ook beschrijven we de toegepaste modellen en hun onderlinge samenhang.

2.1 De aanpak van de warmtestudie

Met de warmtestudie willen we inzicht geven in kansrijke duurzame warmteoplossingen voor heel Breda. Met bijna 90.000 woningen en circa 10.000 vestigingen van bedrijven is dat een flinke uitdaging. Op basis van openbare kentallen en data, aangevuld met lokale kennis, maken we een zo goed mogelijke inschatting. Specifieke kenmerken van gebouwen, zoals oppervlakte en bouwjaar, zijn gecombineerd met algemene kengetallen over bijvoorbeeld warmte- en koudevraag en de kosten voor woningaanpassingen bij verduurzaming.

Breda is voor de warmtestudie opgedeeld in 80 onderzoeksgebieden. Dit is grotendeels gebaseerd op de 56 CBS-buurtten. Hier zijn enkele gebieden gesplitst om onderscheid te maken in bouwjaar van woningen (voor-/naoorlogs), bedrijventerreinen en grote nieuwbouwontwikkelingen. De gebiedsgrenzen zijn pragmatisch gekozen. In een verdere uitwerking naar wijkenergieplannen is het aan te raden om nauwkeuriger te kijken naar de daadwerkelijke grenzen van een gebied op basis van wat lokaal het beste werkt. Ook kunnen gebieden later samengevoegd worden.

Doordat we een groot aantal gebouwen en oplossingen in de warmtestudie doorrekenen, is het niet mogelijk om rekening te houden met alle unieke kenmerken per gebouw. Door alle gebouwen in Breda op gebiedsniveau te onderzoeken en gemiddelden per gebied te berekenen, ontstaat er echter duidelijke verschillen tussen gebieden. Daardoor kunnen we goed inzicht krijgen in mogelijke oplossingsrichtingen op gebiedsniveau. Dit is waardevolle informatie om later richtinggevende keuzes te kunnen maken in het warmteprogramma.

De warmtestudie kan geen voorspellingen doen over gebouwen op adresniveau. Het is daarnaast belangrijk om te beseffen dat een studie op het detailniveau van de warmtestudie in absolute zin een onnauwkeurigheid van -30 / +50% kent. In relatieve zin is deze onnauwkeurig veel kleiner. Veel kosten zijn voor alle oplossingen hetzelfde of volgen dezelfde trend en hebben daarom geen of weinig effect op het verschil in kosten.



Figuur 3 - Voor de warmtestudie is Breda opgedeeld in 80 gebieden. Dit zijn geen definitieve grenzen voor vervolgstappen.

2.2 Kenmerken van de warmtevraag

Gebouwen kunnen op allerlei manieren verwarmd worden. Wel zijn er een aantal generieke kenmerken van toepassing bij de verwarming van gebouwen. We omschrijven deze in deze paragraaf.

Temperatuurniveaus in warmtenetten

De meeste warmteoplossingen maken gebruik van warm water dat door afgifteapparaten in een gebouw stroomt, bijvoorbeeld door radiatoren of vloerverwarming. Om een gebouw goed te verwarmen, is een minimaal temperatuurniveau nodig. Dit hangt af van hoe goed een woning geïsoleerd is en van het type en de afmetingen van de afgifteapparaten. Over het algemeen geldt dat de temperatuur van het water lager kan zijn als een gebouw beter geïsoleerd is.

In de warmtestudie maken we onderscheid tussen verschillende temperatuurniveaus: hogetemperatuur (HT), middentemperatuur (MT), lagetemperatuur (LT) en zeer lage temperatuur (ZLT). Een samenvatting is weergegeven in Tabel 1.

Naarmate het benodigde temperatuurniveau lager is:

- zijn er meer duurzame warmtebronnen toepasbaar;
- zijn warmteverliezen lager;
- kan de bron efficiënter worden benut.

In de warmtestudie gebruiken we de gegevens over het temperatuurniveau onder andere bij het koppelen van warmtenetten met geschikte bronnen, het bepalen van de efficiëntie van warmtebronnen en bij het inschatten van het energieverbruik en de kosten van warmteverliezen in een warmtenet.

Tabel 1 - Uitgangspunten voor de temperatuurniveaus van verschillende warmtenetten zoals gehanteerd in de warmtestudie.

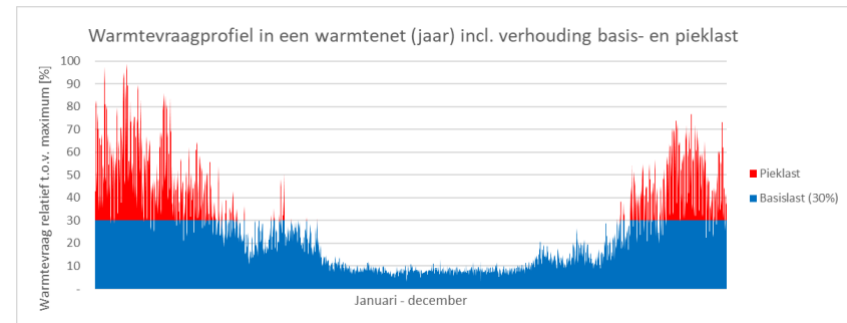
	Typische afgiftetemperatuur	T aanv gebouwszijdig	T ret gebouwszijdig	Warmteverlies distributie	dT over 2st. Wtw's	Brontemperatuur
Hogetemperatuur (HT)	75 – 90C	90	60	30%	10	113
Middentemperatuur (MT)	55 – 75C	70	40	23%	5	84
Lagetemperatuur (LT)	30 – 55C	50	30	15%	3	57
Zeer lage temperatuur (ZLT)	10 – 30C	20	16	0,5%	0,5	21

Warmtevraagprofiel

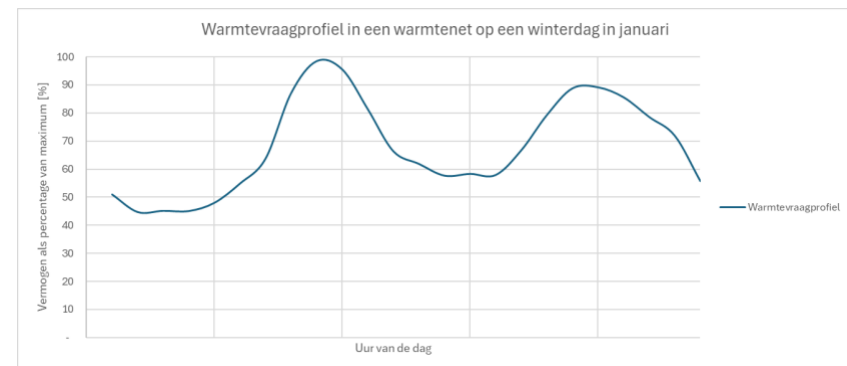
Naast temperatuurniveau is het tijdstip van de warmtevraag van belang. In de winter is de warmtevraag door lage buitentemperaturen hoger dan in de zomer (zie Figuur 4). Ook gedurende de dag varieert de warmtevraag: er zijn duidelijke pieken te zien in de ochtend (als mensen warm tapwater gebruiken om te douchen) en aan het begin van de avond (als mensen thuiskomen en de verwarming aanzetten). Zie hiervoor Figuur 5.

Het warmtevraagprofiel is belangrijk voor het ontwerp van een warmteoplossing. In de winter is er veel vraag, in de zomer weinig. Doordat de warmtevraag door het jaar heen sterk varieert, kunnen warmtebronnen niet het hele jaar op hun maximale vermogen warmte leveren. Bekeken vanuit financiële haalbaarheid is het wenselijk dat duurzame warmtebronnen zo continu mogelijk warmte leveren. Daarom wordt een warmtenet vaak ontworpen met een basislastbron en een piekbron. De piekbron levert warmte op momenten dat de warmtevraag hoog is.

In de warmtestudie zijn de warmtevraagprofielen gebruikt om de verhouding basis- en pieklast te bepalen en het aantal draaiuren per warmtebron (vollasturen) in te schatten. Daarmee vertalen we de theoretische mogelijkheden van warmtebronnen naar realistische mogelijkheden.



Figuur 4 - Voorbeeld van een warmtevraagprofiel gedurende een jaar, met daarin het onderscheid tussen warmtelevering door een basis- en pieklastbron.



Figuur 5 - Voorbeeld van een warmtevraagprofiel gedurende een dag.

Temperatuurniveaus en isolatiegraad

Zoals eerder aangegeven, is het voor duurzame bronnen beter om een zo laag mogelijk temperatuurniveau te gebruiken. Dat maakt een groter aantal warmtebronnen bruikbaar en is qua energieverbruik efficiënter. Een laag temperatuurniveau vraagt echter wel om een goed geïsoleerd gebouw.

Voor alle gebouwen zijn maatregelen te treffen, zodat ze met elk gewenst temperatuurniveau verwarmd kunnen worden. Voor oudere gebouwen vraagt dit om een forse isolatiestap. Maar soms is verregaande isolatie lastig of niet kosteneffectief.

De Nationale Isolatiestandaard is een standaard voor woningisolatie die helpt om woningen goed en betaalbaar te isoleren, zodat ze klaar zijn voor de toekomst [Min BZK 2021]. De standaard werkt toe naar een isolatieniveau waarbij alle naoorlogse woningen met een lage temperatuur oplossing verwarmd kunnen worden. Vooroorlogse woningen - vaak zonder spouwmuur - zijn moeilijker te isoleren. Daarom zijn de eisen aan de isolatiegraad van deze gebouwen lager en werkt de standaard toe naar een verwarming op middentemperatuur.

Nieuwbouwwoningen voldoen vanuit wet- en regelgeving al aan het benodigde isolatieniveau om met een (zeer) lage temperatuur oplossing ((Z)LT) te verwarmen.

Voor bestaande utiliteitsgebouwen (gebouwen zonder woonfunctie) is vanuit het ministerie een soortgelijke standaard ontwikkeld: de renovatiestandaard [RVO 2025 – 4].

In de warmtestudie is de aanname gemaakt dat woningen in de toekomst minimaal voldoen aan de Nationale Isolatiestandaard en utiliteitsgebouwen aan de renovatiestandaard. Dat betekent dat ook de benodigde temperatuurniveaus voor het verwarmen van gebouwen vastliggen. Alle naoorlogse gebouwen kunnen dan verwarmd worden met (zeer) lage temperatuur warmte, alle vooroorlogse gebouwen met midden temperatuur warmte.

2.3 Groene moleculen

De toepassing van groene moleculen - zoals groen gas of waterstof - lijkt in technische zin in theorie een ideale vervanger van aardgas voor het verwarmen van gebouwen. Daarvoor lijken namelijk weinig tot geen aanpassingen nodig aan de infrastructuur van energie en gebouwen. Groene moleculen zijn echter schaars en de verwachting is dat dat zo blijft. De warmtestudie gaat daarom uit van de richtlijnen vanuit de Rijksoverheid [Min BZK 2023] en [Min EZK 2023]:

- Waterstof voornamelijk voor industrie en zware mobiliteit. Tot 2035 geen rol voorzien in de gebouwde omgeving;
- groen gas blijft schaars, zelfs na 2030 slechts in beperkte mate beschikbaar voor het verwarmen van gebouwen;
- groen gas kan wel nuttig ingezet worden voor piekverwarming van warmtenetten;
- groen gas voor het direct verwarmen van woningen is bij voorkeur geen oplossing in het warmteprogramma.

2.4 Onderzochte warmteoplossingen

In de warmtestudie zijn diverse warmteoplossingen met elkaar vergeleken.

Individuele warmtepomp (all-electric) met individuele bron

Hierbij wordt per eindgebruiker of gebouw een elektrische warmtepomp ingezet voor ruimteverwarming en warm tapwater. Eventueel kan een warmtepomp ook koelen. In de warmtestudie zijn we uitgegaan van een lucht-water warmtepomp. In de uitwerking van het warmteprogramma en later van een wijkenergieplan kunnen ook andere bronnen onderzocht worden, zoals bodemlussen (gesloten bodemenergiesystemen) en PVT-panelen (hybride zonnepanelen die zowel elektriciteit (PV) als warmte (T) opwekken).

Middentemperatuur-warmtenet (MT)

Dit warmtenet levert water van 70°C aan gebouwen, waarmee zowel de ruimte als het tapwater direct verwarmd kan worden. Om te kunnen koelen, is mogelijk een aparte airco nodig.

Lagetemperatuur-warmtenet (LT)

Een LT-warmtenet levert water van maximaal 50°C aan gebouwen. Voor tapwater zijn we ervan uitgegaan dat een aanvullende voorziening met een boiler vat nodig is. Om te kunnen koelen, is mogelijk een aparte airco nodig.

Zeerlagetemperatuur-warmtenet (ZLT)

Een ZLT of bronnet levert water van maximaal 20°C aan gebouwen. Voor ruimteverwarming en warm tapwater is lokaal een aanvullende warmtepomp en boiler vat nodig. Het net kan in de zomer kouder water leveren, waardoor passieve (vanuit natuurlijke bronnen) of actieve (door de compressor van de warmtepomp) koeling mogelijk is.

Groen gas

Dit betreft verwarming door een (groen) gas cv-ketel of hybride warmtepomp. Om te kunnen koelen, is een aparte airco nodig.

Overige warmteoplossingen

Niet meegenomen in de vergelijking in de warmtestudie zijn:

- Inefficiënte verwarmingsoplossingen (zoals elektrische ketels en biomassaketels). Deze voldoen niet aan de efficiëntie-eisen uit het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl);
- een lucht-lucht warmtepomp (verwarmen met een airco), omdat hiermee geen tapwater gemaakt kan worden en het daarmee geen volwaardige aardgasvrije oplossing is;
- een hogetemperatuur-warmtenet (HT), omdat geïsoleerde gebouwen geen hoge temperatuur nodig hebben en duurzame bronnen op dit temperatuurniveau niet of nauwelijks beschikbaar zijn.

Bestaande Amerwarmtenet

Delen van het Amerwarmtenet zijn al circa 40 jaar geleden aangelegd. In de warmtestudie zijn we ervanuit gegaan dat het distributienet (incl. aansluitleidingen en afleversets) op relatief korte termijn vervangen moet worden.

2.5 Eerste selectie van oplossingen

Voor de 80 gebieden van de warmtestudie is een eerste selectie van warmteoplossingen gemaakt. We laten oplossingen die niet passen bij toegepast beleid (zie paragraaf 2.4) buiten beschouwing. Hierdoor hoeven we minder scenario's te onderzoeken, wat het overzichtelijk houdt. Voor ieder gebied zijn twee warmteoplossingen overgebleven. Dat is bijna overal een warmtenet en een individuele warmtepomp oplossing.

Individuele warmtepomp (all-electric) vergeleken met een warmtenet

Voor ieder gebied hebben we een all-electric oplossing met individuele warmtepompen vergeleken met een vorm van een warmtenet. Voor het temperatuurniveau van het warmtenet zijn we uitgegaan van de bouwjaarklasse van gebouwen die het meest voorkomt in het gebied (MT bij vooroorlogs, LT bij naoorlogs).

Zeerlagetemperatuur-netten (ZLT) bij nieuwbouw en bedrijven-terreinen

Zeerlagetemperatuur-netten bieden vele voordelen: er zijn veel soorten bronnen inzetbaar, de warmteverliezen zijn laag en het is mogelijk om passief te koelen. ZLT-netten zijn ideaal voor nieuwe gebouwen en/of gebouwen met een hoge koelvraag. Daarom zijn ZLT-warmtenetten (in plaats van Lage Temperatuur-netten) als optie meegenomen bij nieuwbouwontwikkelingen, bedrijventerreinen en een aantal kansrijke buurten nabij bedrijventerreinen.

ZLT-netten als optimalisatie voor LT-netten

ZLT-netten zijn geen standaard scenario in gebieden met bestaande naoorlogse gebouwen. ZLT-netten werken namelijk alleen optimaal als woningen worden aangepast om ook hiermee te koelen. Daarnaast is in het gebouw een extra warmtepomp nodig om de temperatuur naar het juiste niveau te verhogen, zodat ermee verwarmd kan worden. Dit vraagt om een grote aanpassing achter de voordeur van inwoners.

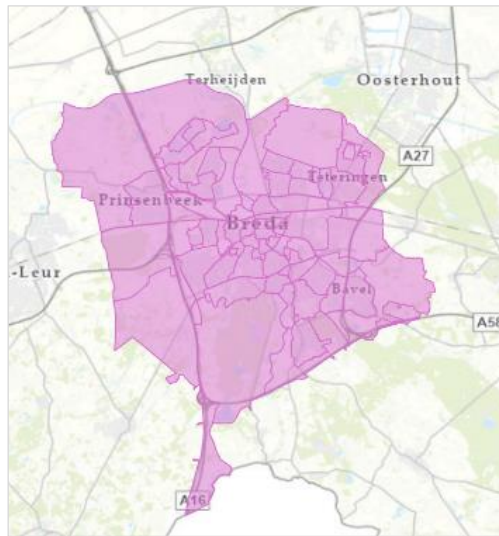
De in Breda geschikte warmtebronnen voor LT-netten passen echter ook vrijwel altijd bij ZLT-netten. Daarom wordt een ZLT-net bij bestaande naoorlogse woningen gezien als een optimalisatie die kan plaatsvinden tijdens het opstellen van een wijkenergieplan: als voldoende inwoners bereid zijn hun afgifteapparaten aan te passen aan een ZLT-net, is dit een interessante optie om verder te onderzoeken.

Groen gas in het buitengebied

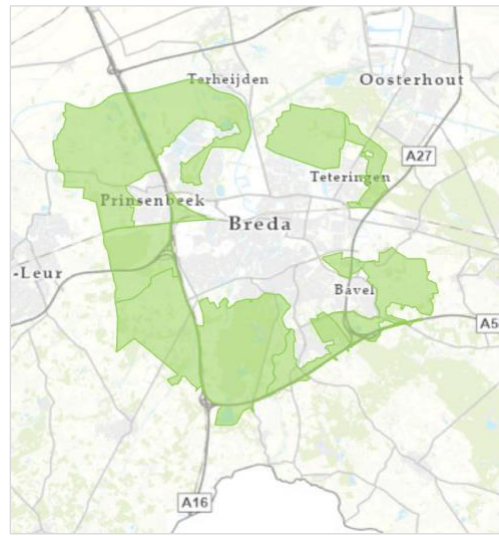
In het buitengebied is de woningdichtheid - en daarmee de warmtevraagdichtheid - erg laag. Dat betekent dat warmtenetten erg duur zijn. Er is veel leidingwerk nodig voor een klein aantal afnemers. Voor buitengebieden zijn warmtenetten dan ook niet als scenario onderzocht. Wetende dat groen gas waarschijnlijk niet beschikbaar is, hebben we de hybride warmtepomp met (groen) gas wel

meegenomen als referentie om in de berekeningen tóch een andere oplossing naast de individuele all-electric warmtepomp te kunnen plaatsen.

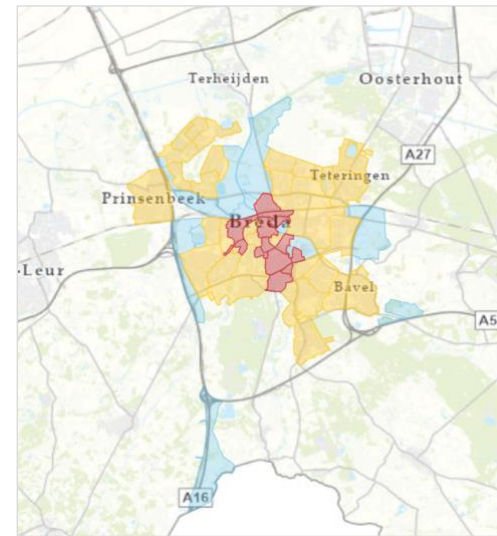
In onderstaande afbeeldingen is te zien welke twee warmteoplossingen per gebied zijn vergeleken in de warmtestudie. Ieder gebied heeft twee opties. De kaarten zijn bedoeld als startpunt voor de analyse. Ze laten nog geen definitieve keuzes van mogelijkheden zien.



a) Gebieden waar is onderzocht : all-electric individueel (paars)



b) Gebieden waar is onderzocht : groengas (groen)



c) Gebieden waar is onderzocht :
MT-warmtenetten (rood),
LT-warmtenetten (oranje),
ZLT-warmtenetten (blauw)

Figuur 6 - Eerste selectie van warmteoplossingen voor de doorrekeningen in de warmtestudie. Dit zijn nadrukkelijk nog geen definitieve keuzes.

2.6 Toegepaste modellen en onderlinge samenhang

Voor de warmtestudie zijn diverse onderzoeken en rekenmodellen gebruikt. Het belangrijkste uitgangspunt was daarbij: transparantie. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van openbare bronnen. Aannames en bronnen zijn vastgelegd.

In de volgende alinea's geven we op hoofdlijnen een toelichting van gebruikte studies en rekenmodellen.

Warmtebronnen

IF Technology heeft een studie uitgevoerd naar de potentie van warmtebronnen in Breda [IF 2024]. Hierop is door gemeente Breda een verdieping gemaakt, zodat gegevens toepasbaar waren voor de financiële doorrekeningen. De combinatie van de studies heeft geleid tot inzicht in onder andere de volgende eigenschappen van warmtebronnen: locatie, potentie, investerings- en onderhoudskosten, energiegebruik en netbelasting.

Warmteprijs

Op basis van de warmtebronnenstudie hebben we een model gemaakt voor de gemiddelde warmteprijs voor de inkoop van warmte voor een warmtenet. Hiervoor is een uitbreiding gemaakt op het PBL Onrendabele Top Model [PBL 2024 - 2]. Investerings-, vervangings- en onderhoudskosten zijn gecombineerd met onder andere energieprijzen, netbeheerkosten, draaiuren en kosten voor financiering. Er is een economische optimalisatie gemaakt in

combinaties van basis- en pieklastbronnen. Daarmee is per combinatie van warmtebronnen een gemiddelde warmteprijs bepaald voor de komende 30 jaar.

Warmtevraag

Sweco heeft een analyse gemaakt van de huidige en toekomstige warmte- en koudevraag van alle gebouwen (woningen en utiliteit) [Sweco 2025]. Daarbij is ervan uitgegaan dat woningen uiterlijk in 2044 zijn geïsoleerd naar de Nationale Isolatiestandaard en utiliteitsgebouwen voldoen aan de renovatiestandaard. Voor grootverbruikers van energie is gebruik gemaakt van daadwerkelijke verbruiksgegevens.

Kosten van warmteoplossingen

Sweco heeft een financieel model gemaakt om de business case van de onderzochte warmteoplossingen op gebiedsniveau door te rekenen [Sweco 2025]. Hiervoor zijn gegevens over de warmteprijs en warmtevraag als input gebruikt. Ook zijn gegevens toegevoegd over kosten voor onder andere gebouwaanpassingen en energie-infrastructuur. Voor warmteoplossingen die op zichzelf niet kunnen koelen, is in eengezinswoningen een airco meegenomen. Het model geeft per gebied en warmteoplossing de nationale kosten, eindgebruikerskosten en een gevoeligheidsanalyse.

Ruimtelijke analyse

Door gemeente Breda zijn diverse analyses van geografische informatiesystemen (GIS-analyses) gemaakt over de beschikbare ruimte in de boven- en ondergrond.

2.7 Ontwikkeling van energiekosten

In de toegepaste financiële modellen is de toekomstige ontwikkeling van de prijs van elektriciteit en (groen) gas¹ een belangrijk startpunt. Voorspellingen over energieprijzen zijn moeilijk te maken, aangezien ze afhankelijk zijn van de grilligheden van de markt. De sterk gestegen kosten voor aardgas in de afgelopen jaren zijn daar een voorbeeld van.

Toch zijn er een paar trends te zien (zie de grafieken in bijlage B1):

- Netbeheerkosten voor elektriciteit stijgen de komende jaren sterk door de verzwaring van het elektriciteitsnet. Naar verwachting liggen tarieven voor een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk in 2040 - nog niet gecorrigeerd voor inflatie - circa 3 keer zo hoog als nu [PWC 2025]. Momenteel betalen bijna alle huishoudens eenzelfde tarief voor vastrecht. Ook ieder huishouden dat is aangesloten op een warmtenet betaalt dit tarief. Er zijn ideeën om de netbeheerkosten te berekenen op basis van het daadwerkelijke gebruik [ACM 2024].
- De kosten voor (groen) gas zijn geschat op basis van de verwachting dat in 2050 al het gas in het aardgasnet volledig uit groen gas bestaat door een

verplichte bijmenging. Groen gas is naar verwachting veel duurder dan aardgas [CE Delft 2022 – 2].

Tegelijkertijd wordt aardgas belast met ETS2.

Daardoor lijkt (groen) gas richting 2040 zo'n 2 keer duurder te worden dan nu. Daarnaast is de beschikbaarheid van groen gas onzeker. Die schaarste kan leiden tot nog hogere kosten.

- De kosten voor de inkoop van elektriciteit blijven relatief stabiel of dalen zelfs licht [PBL 2024 - 1]. Het gaat hierbij echter om de gemiddelde prijs. Omdat steeds meer stroom uit zon en wind komt, wisselen de prijzen vaker – soms elk uur. Door apparaten slim aan te sturen, kan worden geprofiteerd van de goedkope momenten.

Naar verwachting gaan de kosten voor (groen) gas flink stijgen, terwijl elektriciteitskosten stabiel blijven. Daardoor wordt het steeds interessanter om te kiezen voor een warmteoplossing die gebaseerd is op elektriciteit. Daarbij is het van belang om slimme aansturing toe te passen, te profiteren van uren met lage stroomprijzen, en uren met hoge prijzen te vermijden.

¹Met (groen) gas wordt bedoeld: een gas met de eigenschappen van aardgas. Dit kan aardgas of groen gas zijn. In de warmtestudie is de aanname gemaakt dat (groen) gas in 2025 nog voornamelijk bestaat uit aardgas, maar richting 2050 via de bijmengverplichting, steeds meer groen gas wordt.

2.8 Nationale kosten voor warmteoplossingen

In het financiële model worden alle kosten voor het ontwikkelen van een bepaalde warmteoplossing in een gebied onderzocht [Sweco 2025]. Deze worden weergegeven in totale nationale en eindgebruikerskosten over 30 jaar.

Het verschil:

- Nationale kosten weerspiegelen de totale kosten voor alle partijen in Nederland. Hierin is geen onderscheid gemaakt bij wie kosten en/of baten terecht komen. In de nationale kosten worden er ook geen subsidies en belastingen meegenomen.
- Eindgebruikerskosten weerspiegelen de totale kosten (en baten) van de eindgebruiker. Hierin worden belastingen en subsidies wél meegeteld. Eindgebruikerskosten zijn sterk afhankelijk van gevoerd beleid, de hoogte van subsidies en belastingen en de verdeling van kosten over de verschillende partijen.

Er is momenteel veel gaande op het gebied van energiebeleid. Er zijn verschillende subsidies beschikbaar, maar deze veranderen van jaar tot jaar. Daarnaast wordt landelijk gekeken naar een nieuwe methode voor het vaststellen van nettarieven voor elektriciteit, wordt gepleit voor het socialiseren van kosten voor warmtenetten en verandert de tariefssystematiek voor warmtenetten. Energiebelasting op elektriciteit en gas is de afgelopen jaren regelmatig aangepast.

Eindgebruikerskosten voor de komende 30 jaar zijn ook (nog) moeilijker te voorspellen dan nationale kosten, omdat ze sterk afhankelijk zijn van politieke keuzes over de hoogte van subsidies en belastingen. Daarom hebben we voor de analyse van de warmtestudie, in lijn met de landelijke richtlijnen in de nieuwe wetgeving, gekozen om ons voor betaalbaarheid te richten op nationale kosten.

3

3

Overzicht van collectieve warmtebronnen



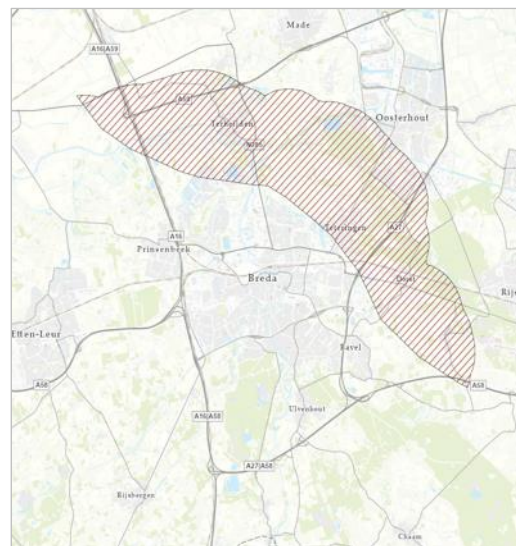
3 Overzicht van collectieve warmtebronnen

In dit hoofdstuk lichten we de beschikbare bronnen voor collectieve warmte in Breda toe. We beschrijven de technologie en de beschikbaarheid van de bronnen.

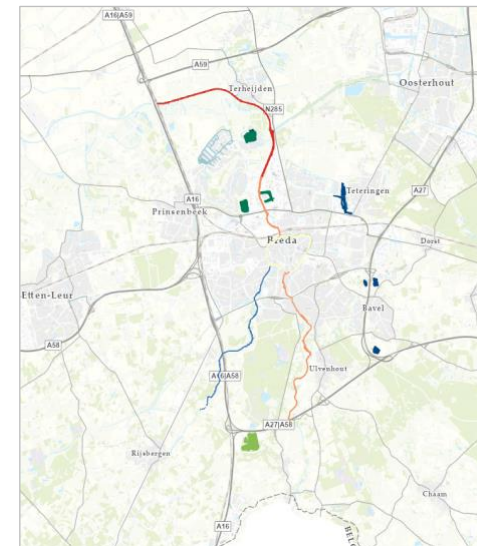
3.1 Overzicht van collectieve warmtebronnen in Breda

De mogelijkheden van verschillende collectieve warmtebronnen in Breda zijn onderzocht. IF Technology heeft van de onderzochte warmtebronnen GIS-kaarten gemaakt. De voorbeelden hiernaast zijn ter illustratie toegevoegd. In bijlage B5 staat een overzicht van alle beschikbare digitale kaarten.

Op de volgende pagina's staat een samenvatting van de warmtebronnen. Hierbij hebben we onderscheid gemaakt in basislastbronnen, piekbronnen en regeneratiebronnen voor warmte-koudeopslag (WKO) systemen. Het onderscheid tussen basislast- en piekbronnen is eerder toegelicht (zie paragraaf 2.2). Basislastbronnen leveren gedurende het hele jaar een relatief constante hoeveelheid warmte op efficiënte wijze. Piekbronnen leveren extra warmte op de koudste momenten in het jaar.



Potentie diepe geothermie



Potentie aquathermie uit oppervlaktewater

Figuur 7 - Voorbeelden van kaarten met de potentie van warmtebronnen in Breda.
Bron [IF 2024]

3.2 Collectieve basislastbronnen

Er zijn verschillende warmtebronnen waar Breda gebruik van kan maken. De zogenoemde basislastbronnen zijn warmtebronnen die gedurende het hele jaar efficiënt warmte leveren. Een overzicht van verschillende basislastbronnen is hieronder opgenomen.

Lucht-water warmtepomp

Een lucht-water warmtepomp haalt energie uit de buitenlucht en zet deze om naar een gewenst temperatuurniveau. De potentie is in theorie ongelimiteerd, maar hangt in de praktijk af van onder andere de ruimtelijke inpassing en de beschikbaarheid van voldoende netcapaciteit voor de levering van elektriciteit. Het rendement van de warmtepomp neemt af als de buitentemperatuur daalt of de afgiftetemperatuur hoger is.

Diepe en ondiepe geothermie

Bij geothermie wordt warm water uit diepe aardlagen opgepompt en gebruikt als bron voor een warmtenet. De temperatuur van het water hangt af van de diepte waarop geschikte aardlagen zich bevinden. De verwachting is dat er in het noorden van Breda diepe geothermie mogelijk is op ongeveer 1500 meter diepte, waarbij een temperatuur tussen 50° en 70°C gehaald zou kunnen worden. Daarnaast is er in een groot deel van Breda kans op ondiepe geothermie op een diepte van circa 600m. De watertemperatuur is hier naar verwachting tussen 25° en 30°C. De daadwerkelijke potentie is echter nog onzeker en dient nader onderzocht te worden.

Aquathermie uit afvalwater

Bij thermische energie uit afvalwater (TEA) wordt energie uit afvalwater onttrokken. De potentie is afhankelijk van de beschikbaarheid van effluentwater bij een rioolwaterzuivering of van het watervolume bij een rioolgemaal. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met eisen die gesteld worden aan bijvoorbeeld het lozen van effluent water op oppervlaktewater. TEA kan het hele jaar rond een stabiele hoeveelheid energie leveren. Het rendement van het systeem hangt voor een groot deel af van het temperatuurniveau van het warmtenet. In Breda is er een mogelijkheid om energie uit het effluentwater bij de rioolwaterzuivering (RWZI) Nieuwveer te onttrekken. De winning van warmte uit rioolgemalen is uitdagender, aangezien dit invloed heeft op het zuiveringsproces bij de RWZI.

Biomassa

In Breda zijn enkele grote melkveehouderijen. Uit de mest van deze veehouderijen kan - via vergisting - biogas worden gewonnen. De verwachte realistische potentie hiervan is laag. Bij de RWZI ontstaat biogas uit rioolslib. Deze wordt al voor een deel gebruikt voor warmtelevering aan het Amerwarmtenet. Veel van het gemeentelijke GFT- en snoeiafval wordt reeds verwerkt tot grondverbeteraar. Er bestaat een mogelijkheid om warmte uit het composteringsprocessen te winnen.

3.3 Warmte-koudeopslag (WKO) en regeneratiebronnen

Warmte-koudeopslag (WKO) en regeneratiebronnen

Er zijn diverse warmtebronnen in Breda die gebruikt kunnen worden in combinatie met seizoensopslag. Deze leveren grotendeels warmte in de zomer, terwijl de warmtevraag in de winter plaatsvindt.

Warmte-koudeopslag (WKO) is een manier van seizoensopslag waarbij warmte en koude in de bodem opgeslagen wordt. Dit gaat bij temperaturen tot maximaal 25°C. WKO is geen warmtebron: alle warmte die in de winter onttrokken wordt, moet in de zomer weer aangevuld worden. Dit gebeurt met regeneratiebronnen.

Restwarmte uit comfortkoeling

Water uit de koude WKO-bron kan in de zomer gebruikt worden om gebouwen te koelen. De warmte uit het gebouw wordt dan opgeslagen voor verwarming in de winter. Dit is de meest efficiënte en goedkope regeneratiebron voor de WKO.

Droge koeler

Een veelgebruikte regeneratiebron voor WKO is een droge koeler. Deze haalt in de zomer warmte uit de buitenlucht. Dit kan alleen als de buitenluchttemperatuur warmer is dan de temperatuur van het water in de WKO. De potentie voor droge koelers is in theorie ongelimiteerd, maar de installaties vragen relatief veel ruimte; vaak bovenop daken.

Aquathermie uit oppervlaktewater (TEO)

Warm oppervlaktewater kan in de zomer en het tussenseizoen als warmtebron voor een WKO-installatie dienen. Het oppervlaktewater koelt daardoor af. Dit kan maar in beperkte mate, omdat het anders de ecologie en waterkwaliteit beïnvloedt. In Breda lijkt de Mark geschikt voor aquathermie. Ook grote plassen, zoals de Asterdplas, Emerput en Galderse Meren hebben hiervoor potentie. Voor recreatieve plassen gelden echter wel aanvullende eisen voor de locatie van de in- en uitlaat van het water.

Restwarmte uit processen

Lagetemperatuurwarmte uit processen kan eveneens als regeneratiebron gebruikt worden. Er zijn meerdere grote koel- en vrieshuizen in Breda, waar bijna het hele jaar gekoeld wordt. Ook uit productieprocessen of de koeling van supermarkten kan warmte gewonnen worden. De toepassing van restwarmte uit processen zorgt voor een sterke afhankelijkheid van bedrijven in Breda, terwijl systemen voor tot wel 30 jaar aangelegd worden. Bij gebruik van restwarmtebronnen moet goed nagedacht worden over een vervanger indien een bedrijf gaat verhuizen of sluiten.

Zonthermie

De zon is een warmtebron met in theorie qua oppervlakte veel potentie in Breda, onder andere door de aanwezigheid van veel grote logistieke gebouwen. Zonnewarmte kan worden gewonnen via zonnecollectoren op (grote) daken, op velden, (kunst)grasvelden, asfaltcollectoren of zelfs kassen. In de praktijk is de potentie lager dan de theoretische potentie. Of het lukt om de potentie in de praktijk te benutten, hangt af van de bereidheid van veelal ondernemers om een systeem op hun terrein aan te leggen.

3.4 Collectieve piek en back-up bronnen

Piek en back-up bronnen

De piekbron levert warmte in de koudste uren van het jaar, bovenop de warmte die uit de basislastbron komt. Back-up bronnen springen bij als de basislastbronnen onverhoopt uitvallen. Piek en back-up bronnen worden meestal gekenmerkt door relatief lage investeringskosten. Wel hebben ze hogere operationele kosten, omdat ze vaak minder efficiënt zijn.

Verbrandingsketels voor aardgas, groen gas, biogas, bio-olie of waterstof

Gasketels zijn de meest voorkomende piek-installaties in warmtenetten. Ze zijn ook geschikt om groen gas te verbranden, aangezien groen gas dezelfde samenstelling heeft als aardgas. Met enkele aanpassingen kan ook biogas, bio-olie en/of waterstof als brandstof dienen. Gasketels, evenals andere verbrandingsinstallaties, stoten stikstof en fijnstof uit naar de lucht.

Warmtekrachtkoppelingsinstallaties (WKK's)

Bij een warmtekrachtkoppelingsinstallatie worden soortgelijke brandstoffen als bij de gasketels gebruikt. De brandstof wordt nu echter in een motor of gasturbine - gecombineerd met een generator - omgezet in elektriciteit. Hierbij komt ook restwarmte vrij die nuttig ingezet kan worden. WKK's zijn vooral interessant als op een locatie zowel warmte als elektriciteit nodig is. In gebieden waar te weinig ruimte op het elektriciteitsnet (netcongestie) optreedt, kan een WKK uitkomst bieden.

E-boiler

Een e-boiler is als een grote waterkoker. Er gaat elektriciteit in en er komt warmte uit. Het is een relatief eenvoudige en compacte installatie, maar de efficiëntie is laag en de e-boiler vraagt dan ook om een zware elektriciteitsaansluiting.

IJzerbrandstof

Waterstofverbranding kent nadelen zoals transport, opslag en stikstofemissies bij verbranding. Mede daarom is het gebruik van ijzerbrandstof in ontwikkeling. IJzerpoeder kan verbrand worden, waarbij roest en warmte ontstaan. Het roest kan met waterstof weer tot ijzer omgevormd worden. IJzer- en roestpoeder kunnen veilig en compact opgeslagen en getransporteerd worden. De technologie en logistieke keten is nog in ontwikkeling.

Warmteopslag als piekvoorziening

Warmteopslag is geen bron. Opslag kan echter wel ingezet worden om op piekmomenten extra warmte te leveren. In dat geval wordt een warmtebuffer geladen in uren van de dag waarop de warmtevraag relatief laag is en ontladen als de warmtevraag hoog is.

Een warmtenet zonder piekbronnen

Het is niet altijd nodig om piekbronnen in een warmtenet in te zetten. Ook warmtepompen of WKO-installaties kunnen zelfstandig de gehele winterse warmtevraag invullen. Vaak leidt dit echter tot hogere kosten.

3.5 Warmtebronnen van buiten Breda

Import van warmte uit de regio

Warmte kent over het algemeen een lokaal karakter: meestal bevinden bron en afnemer zich dicht bij elkaar. Dit komt doordat er bij het transport van warmte warmteverliezen optreden, en er meer pompenergie en vooral langere leidingen nodig zijn om warmte over langere afstanden te transporteren. Voor grote warmtebronnen met hoge temperatuur kan regionale warmte uitwisseling echter kansrijk zijn. In Noord-Brabant worden diverse regionale warmtebronnen onderzocht. Het is nog onzeker hoeveel warmte beschikbaar komt.

Amercentrale

Het huidige stadswarmtenet van Ennatuurlijk wordt voorzien van warmte uit de Amercentrale. RWE, de eigenaar van de Amercentrale, heeft het leveringscontract per 2027 opgezegd. Ennatuurlijk heeft een leveringsplicht en ontwikkelt een nieuwe, duurzame warmtebron, waardoor aangesloten gebouwen ook na 2027 verwarmd kunnen worden.

Aquathermie en e-boiler van Ennatuurlijk

Ennatuurlijk ontwikkelt momenteel een aquathermie warmtepomp (50 MW) en e-boiler (120 MW) in Geertruidenberg. Deze installaties nemen de warmtelevering voor het Amerwarmtenet over zodra de Amercentrale stopt met het leveren van warmte [Ennatuurlijk 2025].

Diepe geothermie

Er zijn diverse onderzoeken gaande naar de ontwikkeling van geothermie in de regio. Onder andere in Plukmade en Moerdijk. Dit gebeurt bijvoorbeeld door het Actieplan Versnelling Geothermie waarin provincie, gemeenten, EBN, warmtebedrijven en de Regionale Energie Strategieën (RES'en) samenwerken [Provincie NB 2024].

Industriële restwarmte

Binnen de RES West-Brabant wordt onderzocht of restwarmte vanuit Moerdijk via een nieuw warmtenet naar Halderberge, Rucphen, Etten-Leur en Breda kan worden gebracht [RES WB 2025].

Restwarmte uit waterstofproductie

Binnen Noord-Brabant wordt gekeken naar geschikte locaties voor de aanlanding van wind op zee. Op deze aanlandingslocaties wordt mogelijk ook waterstofproductie voorzien. Bij waterstofproductie in elektrolyzers komt vaak warmte van circa 60 - 70 °C vrij. Bij de planning van de aanlandlocaties is het dus zinvol om te kijken of er een koppeling gemaakt kan worden met een regionaal warmtenet, zodat restwarmte nuttig gebruikt kan worden.

3.6 De kosten van warmte uit collectieve bronnen

Voor de kosten van een warmtenet is de prijs van de warmte een belangrijke parameter. Voor de warmtestudie is onderzoek gedaan naar de kosten van de productie van warmte uit verschillende bronnen. Dit gebeurde met een Levelised cost of heat (LCOH) methode. Deze geeft een prijs per geleverde gigajoule (GJ) warmte, waarin alle kosten voor de installatie, de operatie en het onderhoud aan de warmtebron zijn verrekend.

Uit de analyse komen een aantal inzichten:

- Warmte uit afvalwater (TEA) is de goedkoopste warmtebron in Breda. Een collectieve lucht-water warmtepomp komt hierbij in de buurt.
- De prijs van warmte uit een WKO hangt sterk af van de gebruikte regeneratiebron. Indien gebruik wordt gemaakt van restwarmte uit koeling of aquathermie uit oppervlaktewater zijn de kosten laag. Andere regeneratiebronnen (bijv. zonthermie of warmte uit kunstgrasvelden) leiden tot aanzienlijk hogere kosten.
- Lokale geothermiebronnen zijn relatief duur. Dit heeft mede te maken met het relatief lage temperatuurniveau in Breda.
- De kosten voor geïmporteerde warmte vanuit de regio zijn onbekend en afhankelijk van de bron. Hiervoor zijn een aantal scenario's geschat.

- Zoals verwacht worden warmtebronnen goedkoper naarmate ze meer uren per jaar warmte kunnen leveren. De warmtevraag is in de zomer echter lager dan in de winter. Dat betekent dat niet alle warmtebronnen in een warmtenet 100% van de uren per jaar warmte kunnen leveren. In de zomer draait een deel van de warmtebronnen op een lager vermogen. Het aantal vollasturen daalt en daardoor stijgt de gemiddelde warmteprijs.
- De gemiddelde warmteprijs daalt door een combinatie te maken van efficiënte basislastbronnen die veel uren per jaar draaien, met de juiste piekvoorziening die bijspringt op koude momenten. Deze gaspieketels zijn goedkoper in aanschaf, maar minder efficiënt.
- Een gasketel als piekvoorziening leidt tot de laagste totale warmteprijs. De gemiddelde warmteprijs neemt toe met circa 15 – 30 €/GJ (+30 - 60%) indien de ook de piekvoorziening elektrisch gebeurt (middels een e-boiler of warmtepomp). Daarom is in de financiële berekeningen uitgegaan van een piekvoorziening op basis van een (groen)gasketel.

Op basis van de analyse van de kosten van warmtebronnen is per warmtenet een gemiddelde prijs voor warmtelevering bepaald. Dit is een invoerwaarde in het financiële model van Sweco.

4

4

Warmtevraag en aanbod



4 Warmtevraag en aanbod

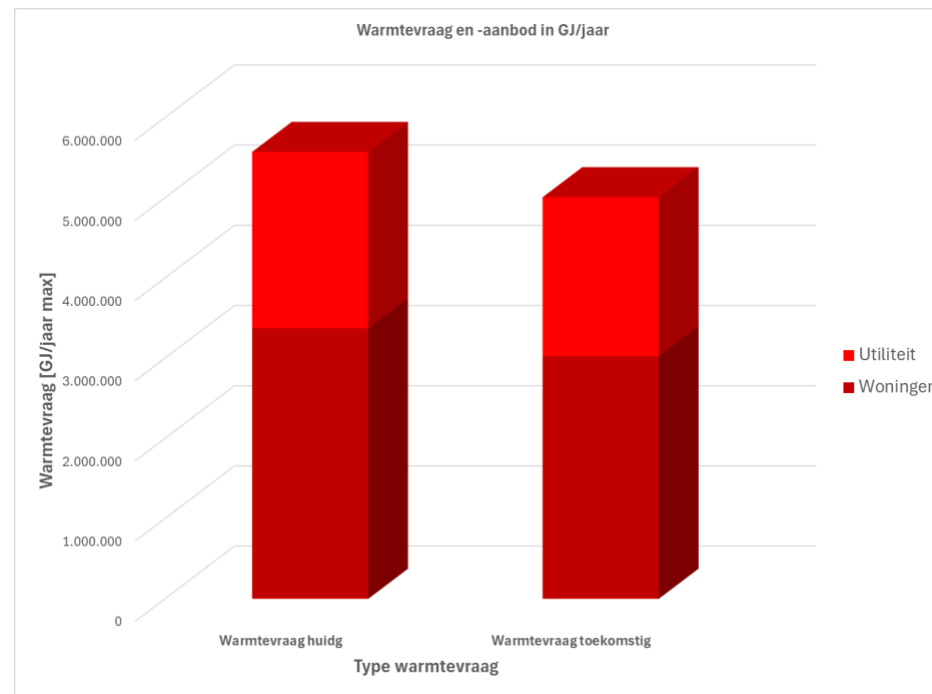
De warmtestudie richt zich op het beantwoorden van de vraag welke warmteoplossingen kansrijk zijn ter vervanging van het verwarmen van gebouwen met aardgas. Als eerste stap is het daarvoor belangrijk om inzicht te krijgen in de verwachte warmtevraag en de totale beschikbaarheid van warmtebronnen. In dit hoofdstuk schetsen we een eerste beeld van de vraag en het aanbod van warmte binnen Breda.

4.1 De warmtevraag in Breda in 2044

De warmtevraag in 2044 is ingeschat op basis van uitgangspunten uit hoofdstuk 2, zowel voor woningen als utiliteitsbouw [Sweco 2025]. Deze informatie biedt inzicht in de totale vraag die ingevuld moet worden door duurzame warmteoplossingen.

De totale toekomstige warmtevraag komt neer op circa 5 Petajoule (PJ), waarvan circa 3 PJ (ongeveer 60%) voor woningen en het overige deel voor utiliteitsgebouwen.

De verwachte totale energiebesparing ten opzichte van de huidige situatie is circa 10%. Dit is inclusief de ruim 12.000 reeds geplande nieuwe woningen (in grote nieuwbouwopgaves > 250 woningen) en ontwikkeling van nieuwe bedrijventerreinen. De energiebesparing in bestaande gebouwen (geen nieuwbouw) is dus groter.



Figuur 8 - Huidige en ingeschatte toekomstige warmtevraag voor ruimteverwarming en tapwater in Breda.

4.2 De vraag naar basislastbronnen voor collectieve warmte

Een deel van de toekomstige warmtevraag zal worden ingevuld met individuele warmtepompen. Er is altijd voldoende warmte in de lucht beschikbaar om met warmtepompen te kunnen verwarmen. De beschikbaarheid van voldoende netcapaciteit is hierbij een randvoorwaarde.

Geschikte duurzame bronnen voor collectieve warmte zijn in beperkte mate in Breda aanwezig. Vooral geschikte basislastbronnen zijn schaars. Om een inschatting te maken of de potentie van collectieve basislastbronnen toereikend is, moet de warmtevraag verder uitgesplitst worden:

- In een groot deel van Breda wordt een warmtenet vergeleken met de individuele all-electric oplossing. Alleen in het buitengebied is een warmtenet op voorhand uitgesloten, omdat de warmtevraagdichtheid hier te laag is. De warmtevraag in het buitengebied hoeft dus niet met een collectieve warmtebron ingevuld te worden.
- In de gebieden waar een warmtenet wordt onderzocht, zal niet iedereen willen deelnemen. Een deel van de inwoners kiest wellicht voor een gelijkwaardig, duurzaam alternatief. Het aandeel mensen dat wél besluit deel te nemen, wordt weergegeven door de aansluitingsgraad. Collectieve warmtebronnen hoeven alleen het deel van de

warmtevraag in te vullen dat overeenkomt met de aansluitingsgraad.

- Warmtenetten hebben te maken met warmteverliezen. Warmte die in het warmtenet verloren gaat, moet echter wél door warmtebronnen gecompenseerd worden.
- De warmtevraag in een warmtenet wordt meestal ingevuld met een combinatie van basislast- en piekbronnen (zie hst 3). Piekbronnen zoals een (groen)gasketel, olieketel of e-boiler kun je in principe ongelimiteerd inzetten. Ze zijn afhankelijk van de toevoer van brandstof of van de beschikbaarheid van een netaansluiting. Vaak levert een piekbron zo'n 25% van de jaarlijkse warmtevraag, die daardoor niet door de basislastbron geleverd wordt.
- Duurzame basislastbronnen kunnen niet het hele jaar voor 100% ingezet worden. Soms is de warmtevraag simpelweg te laag en moet de warmtelevering teruggeschroefd worden. Aangenomen wordt dat basislastbronnen circa 75% van de jaarlijkse warmtevraag van een warmtenet invullen en daarmee zo'n 4.500 vollasturen draaien.

De warmtevraag die met collectieve basislastbronnen moet worden ingevuld, is de totale toekomstige warmtevraag waarbij rekening gehouden wordt met:

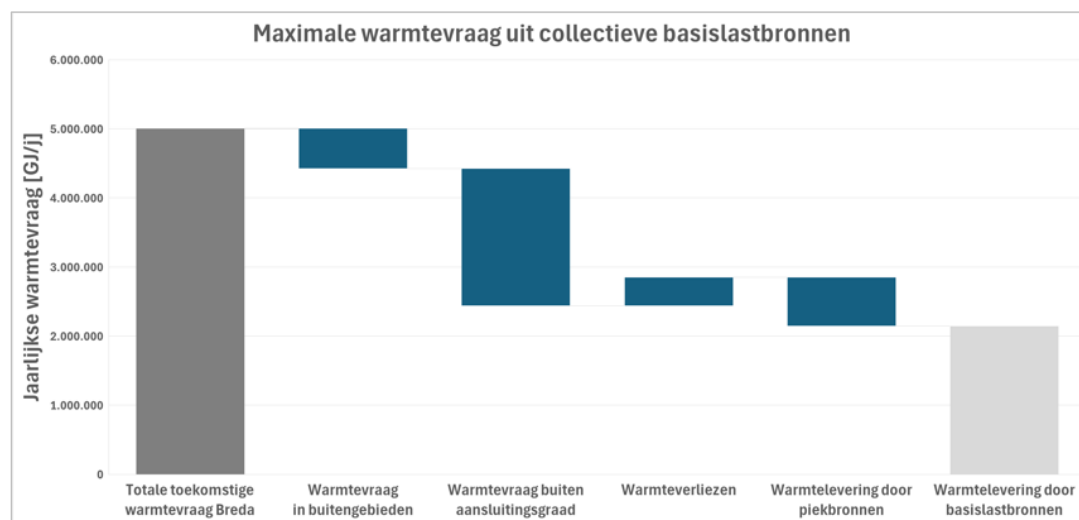
- gebieden waar een warmtenet niet mogelijk is;
- het percentage huishoudens dat wordt aangesloten;
- warmteverliezen onderweg;
- en de levering door piekbronnen.

In de volgende paragraaf werken we deze analyse uit.

Figuur 9 laat de analyse zien die op de vorige pagina is beschreven. Het doel van de analyse is om te onderzoeken of er voldoende collectieve basislastbronnen zijn om de mogelijke warmtevraag in te vullen.

De focus is gelegd op collectieve basislastbronnen, omdat hier een schaarste wordt verwacht. Er is voldoende warmte in de lucht aanwezig om individuele warmtepompen te voorzien. Daarnaast zijn ook piekbronnen niet afhankelijk van de lokale beschikbaarheid van warmte. Hoeveel warmte ze kunnen leveren, hangt af van de aanvoer van brandstof of de beschikbaarheid van een netaansluiting.

De totale toekomstige warmtevraag in Breda is circa 5 PJ. Na de eerdergenoemde correcties blijft nog een maximale warmtevraag uit basislastbronnen over van circa 2,15 PJ. Dit is de warmtevraag als in alle gebieden waar warmtenetten mogelijk zijn, ook echt voor warmtenetten wordt gekozen (dus alle gebieden in Figuur 6c).



Figuur 9 - Inschatting van de benodigde warmtelevering door collectieve basislastbronnen.

4.3 De verhouding van warmtevraag en -aanbod

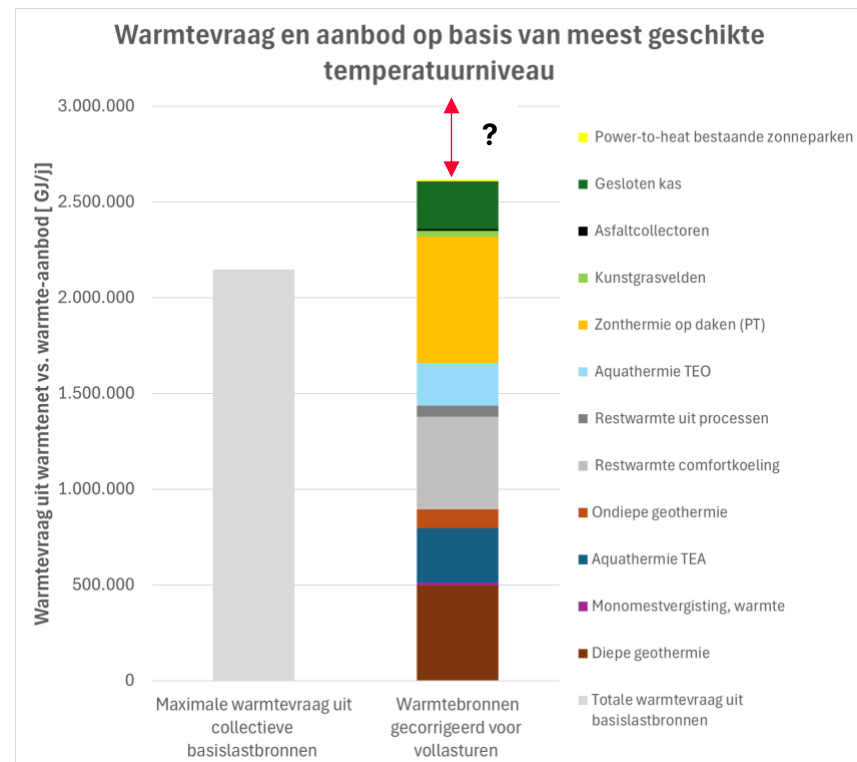
Op de voorgaande pagina's is een analyse gemaakt van de toekomstige warmtevraag in Breda. Geconcludeerd is dat warmte uit de lucht voor individuele warmtepompen voldoende aanwezig is. Door import van brandstoffen of elektriciteit kunnen piekbronnen ook van energie worden voorzien. Vooral de beschikbaarheid van lokale basislastbronnen lijkt schaars. De maximale te verwachten warmtevraag voor collectieve basislastbronnen is circa 2,15 PJ.

In Figuur 10 is een vergelijking gemaakt van deze warmtevraag en de verwachte beschikbaarheid van lokale basislastbronnen. Hiervoor is onder andere gebruik gemaakt van de bronnenstudie van IF Technology [IF 2024], aangevuld met een analyse door gemeente Breda. Er is een correctie gedaan op het aantal vollasturen, omdat een warmtebron niet altijd op volle kracht kan draaien door schommelingen in de warmtevraag.

In de figuur is te zien dat er lokaal in theorie voldoende warmte beschikbaar is. De pijl met het vraagteken geeft aan dat er ook nog warmtebronnen zijn die niet in deze grafiek gevat kunnen worden. Dit zijn warmtebronnen die, indien de netcapaciteit voldoende is, ongelimiteerd energie uit lucht kunnen halen (zoals grootschalige lucht-water warmtepompen). Ook kan er warmte uit de regio geïmporteerd worden. Daarvan is de potentie nog onbekend.

Er is in deze grafiek nog niet gekeken of de temperatuur van warmtebronnen past bij de temperatuur van het warmtenet. Ook is de locatie van bronnen nog buiten beschouwing gelaten. Dit volgt in hoofdstuk 5.

Voor alle bronnen geldt dat aanvullend onderzoek nodig is om te bepalen of deze daadwerkelijk en tegen een acceptabele prijs ontwikkeld kunnen worden.



Figuur 10 - Verhouding warmtevraag en -aanbod van collectieve basislastbronnen.

5

Multicriteria- analyse van warmte- oplossingen



5 Multicriteria-analyse van warmteoplossingen

Iedere warmteoplossing, zowel op individuele als op collectieve schaal, kent voor- en nadelen. Om in het warmteprogramma een keuze te kunnen maken voor een warmteoplossing in een gebied, is in de warmtestudie een multicriteria-analyse opgesteld. De criteria zijn gekoppeld aan publieke belangen die eerder zijn opgenomen in warmtewetgeving (Wcw en Wgiw) en het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE).

Beschikbaarheid

Het algemene publieke belang 'betrouwbaarheid' is voor de warmtestudie vertaald naar 'beschikbaarheid'. Het gaat over de beschikbaarheid van warmtebronnen op de juiste locatie en temperatuur, de impact op de schaarse capaciteit van het elektriciteitsnet en de specifieke betrouwbaarheid van de levering van warmte.

Betaalbaarheid

De betaalbaarheid heeft veel invloed op het draagvlak voor een warmteoplossing. Voor de warmtestudie is betaalbaarheid beoordeeld op basis van nationale kosten. Daarnaast is aan de hand van het energieverbruik een inschatting gemaakt van de stabiliteit van maandlasten bij de verschillende oplossingen.

Duurzaamheid

Eén van de belangrijke redenen voor het aardgasvrij maken van gebouwen, is het doel van CO₂-emissie reductie. De netto CO₂-emissie van warmteoplossingen over 30 jaar is hiervoor als indicator gebruikt.

Kwaliteit leefomgeving

De energietransitie heeft een grote impact op onze leefomgeving. Voor verschillende warmteoplossingen is de ruimtelijke impact in/bij de woning en in de publieke ruimte (boven-/ondergronds) in kaart gebracht. Daarnaast is gekeken naar koeling en milieuaspecten.

Keuzevrijheid en medezeggenschap

In gesprekken met inwoners horen we vaak dat zij graag keuzevrijheid en (mede-)zeggenschap hebben over het type warmteoplossing, het moment van aanschaf of aansluiting en de energieleverancier. Deze aspecten zijn onderzocht in het onderdeel keuzevrijheid en medezeggenschap.

Niet meegenomen: veiligheid, rechtvaardigheid en economische kracht

In het NPE worden veiligheid, rechtvaardigheid en economische kracht eveneens als publieke belangen genoemd. Dit zijn belangrijke en relevante aspecten, maar ze zijn uit de analyse gelaten. Veiligheid dient te allen tijde geborgd te zijn. En warmteoplossingen zelf zijn niet onderscheidend op het gebied van rechtvaardigheid en economische kracht.

In de volgende paragrafen wordt elk van bovenstaande publieke belangen samen met de bijbehorende criteria beschreven. Vervolgens is er per belang een inhoudelijke verdieping gemaakt, steeds gevolgd door een samenvatting.

In hoofdstuk 6 wordt de multicriteria-analyse van warmteoplossingen gekoppeld aan kenmerken van de verschillende gebieden in een gebiedsanalyse.

5.1 Beschikbaarheid

Deze paragraaf is een verdieping op de eerdere analyse van de totale warmtevraag en potentie van warmtebronnen (hst 4).

Temperatuurniveau en locatie van warmtebronnen

De beschikbaarheid van de onderzochte warmtebronnen is hoofdzakelijk van belang voor oplossingen met een warmtenet. Individuele lucht-water warmtepompen hebben immers een nagenoeg oneindige warmtebron beschikbaar in de vorm van omgevingslucht.

In het geval van warmtebronnen voor warmtenetten spelen twee belangrijke aspecten een rol:

1. past het temperatuurniveau van de bron bij die van het warmtenet?
2. liggen vraag en aanbod binnen een acceptabele afstand van elkaar?

Deze vragen zijn onderzocht door te kijken naar:

- de potentie en het temperatuurniveau van warmtebronnen in relatie tot de warmtevraag;
- de locatie van bronnen;
- mogelijke zoeklocaties voor energiehubs vanuit de Omgevingsvisie Breda 2040;
- de mogelijkheid om bestaande warmte-infrastructuur te gebruiken.

Netbelasting

Voor alle warmteoplossingen, individueel en collectief, geldt daarnaast dat ze in meer of mindere mate gebruik maken van een elektriciteitsaansluiting. In grote delen van Nederland, waaronder ook in Breda, is netcongestie afgekondigd. Dat betekent dat het stroomnet vol is. Door netbeheerders wordt de komende jaren hard gewerkt aan de verzwaring van het netwerk, maar netcongestie blijft naar verwachting altijd een rol spelen. Dat betekent dat er een verdelingsvraagstuk bestaat op het elektriciteitsnet. Warmteoplossingen die het elektriciteitsnet beperkt belasten, genieten een voorkeur.

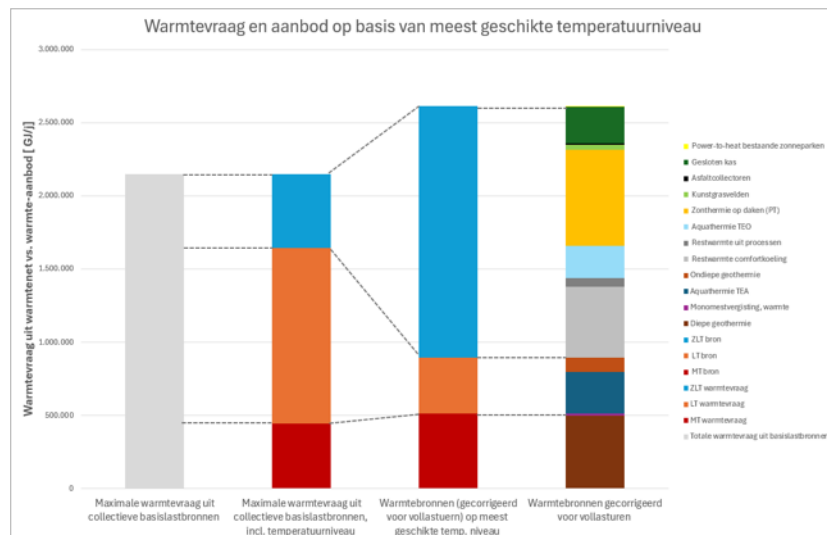
Betrouwbaarheid

Warmteoplossingen werken alleen als de hele keten - van bron tot afnemer - intact is. De betrouwbaarheid van een oplossing hangt dus af van de verschillende onderdelen in deze keten. Hier is op hoofdlijnen naar gekeken.

Temperatuurniveau van warmtevraag en warmtebronnen

De maximale warmtevraag naar collectieve basislastbronnen (paragraaf 4.2) moet ingevuld worden met een warmtebron van een geschikt temperatuurniveau. In het algemeen geldt dat bronnen met een hoge temperatuur het meest flexibel ingezet kunnen worden: zowel voor midden- als (zeer) lage temperatuur warmtenetten. Andersom is het mogelijk om de temperatuur van warmtebronnen te verhogen, maar dat kost relatief veel energie.

In Figuur 11 is een koppeling gemaakt tussen de collectieve warmtevraag - afhankelijk van het temperatuurniveau - en de beschikbaarheid van bronnen op een bepaald voorkeurstemperatuurniveau. In bijlage B2 is een grotere versie van de afbeelding opgenomen.



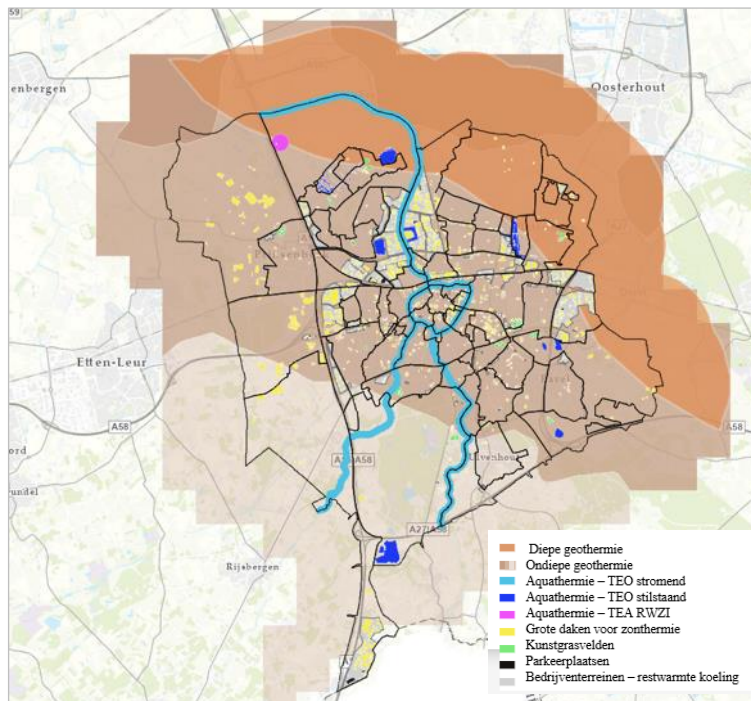
Figuur 11 - Verhouding warmtevraag naar collectieve basislastbronnen en aanbod.

Uit de analyse over het temperatuurniveau van vraag en aanbod, komen de volgende conclusies:

- Geothermie en geïmporteerde warmte uit de regio (niet zichtbaar in het diagram) hebben de voorkeur voor MT-netten. Dit zijn bronnen met een temperatuurniveau dat reeds geschikt is voor MT-warmtenetten, of slechts beperkt in temperatuur opgehoogd hoeven te worden. Vier (lokale) diepe geothermiedoubletten kunnen de warmtevraag in MT-netten voorzien.
- Aquathermie uit afvalwater (TEA) en ondiepe geothermie hebben de voorkeur voor LT-netten, omdat hierbij geen seizoensopslag via WKO nodig is. De beschikbaarheid van deze bronnen is onvoldoende voor de totale warmtevraag. Gebruik van WKO's, MT-warmtebronnen of grootschalige lucht-water warmtepompen is noodzakelijk indien de volledige warmtevraag ingevuld moet worden.
- Voor ZLT-netten wordt bij voorkeur zo veel mogelijk restwarmte uit (comfort)koeling gebruikt. Daarnaast zijn er voldoende andere lage temperatuur bronnen beschikbaar, waaronder aquathermie uit oppervlaktewater en zonthermie.

De locatie van warmtebronnen

Warmte wordt gekenmerkt door een lokaal karakter: in tegenstelling tot elektriciteit, kan warmte niet makkelijk over lange afstanden getransporteerd worden. Het vergt grote leidingen en er gaat (afhankelijk van het temperatuurniveau) veel warmte verloren bij transport. Het is dus zinvol om warmtevraag en bronnen dicht bij elkaar te brengen.



Figuur 12 - Overzicht van locaties van mogelijke warmtebronnen in Breda.

Warmtebronnen zijn niet gelijkmatig over Breda verdeeld:

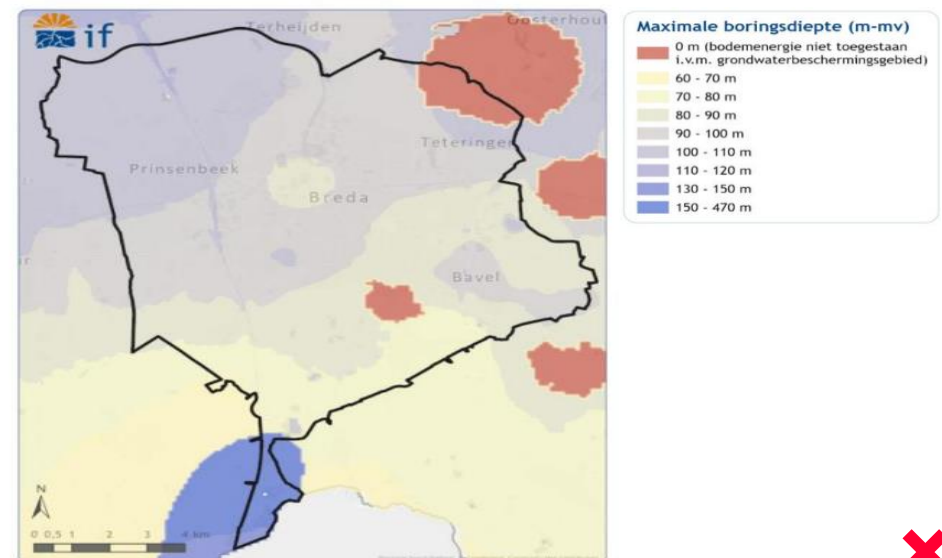
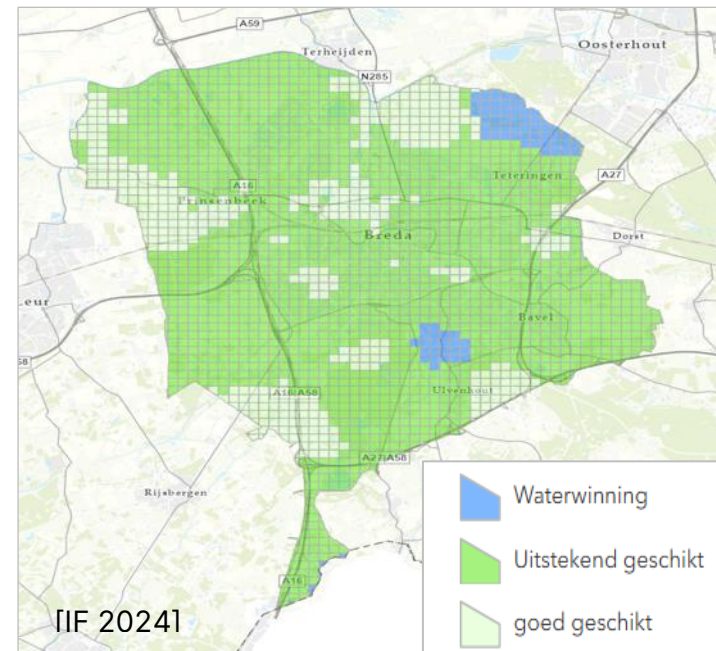
- De diepe en ondiepe potentie voor geothermie is het beste in het noord(oosten) van Breda.
- De grootste potentie voor de benutting van aquathermie uit oppervlaktewater (TEO) is in de nabijheid van De Mark.
- De grootste potentie voor aquathermie uit stilstaand water bevindt zich in het noordwesten van Breda (Emerput en Asterdplas) en het zuiden (Galderse meren).
- De RWZI ligt in het verre noordwesten van Breda. Dit is een kansrijke bron voor aquathermie uit afvalwater (TEA).
- Bedrijventerreinen bieden kansen voor gebruik van restwarmte uit koeling (zowel voor comfortkoeling als ook restwarmte bij bijvoorbeeld koel-/vrieshuizen). Daarnaast bevinden zich hier vaak grote daken waar mogelijk zonnecollectoren op geplaatst kunnen worden.
- Verspreid over de stad zijn enkele kunstgrasvelden en grote geasfalteerde parkeerplaatsen die geschikt kunnen zijn voor zonthermie.

- Energie uit de lucht (lucht-water warmtepompen en droge koelers) kunnen in principe, bij voldoende netcapaciteit, in heel Breda geplaatst worden. Dit geldt ook voor individuele lucht-water warmtepompen.

Beperkingen in de bodem

Om de potentie van eerder genoemde seizoensafhankelijke bronnen (zoals restwarmte uit comfortkoeling, aquathermie en zonthermie) daadwerkelijk te benutten, is seizoensopslag cruciaal. Dit kan door gebruik te maken van warmte-koudeopslag in de bodem (WKO). Hierbij wordt warmte en koude opgeslagen in ondergrondse aquifers (een watervoerende laag in de ondergrond van gesteente of zand). Er kan hierbij gebruik worden gemaakt van een open of gesloten systeem en het kan toegepast worden op collectieve of individuele schaal (door middel van bodemlussen).

Over het algemeen is de bodempotentie in Breda goed tot uitstekend, al geldt er wel een boordieptebeperking vanuit provinciaal beleid. Er zijn enkele gebieden waar restricties gelden in verband met waterwinning of de nabijheid van het spoor of waterkeringen. Ook kunnen archeologische, natuur- en aardkundige waarden een beperking vormen voor de mogelijkheden om bodemenergiesystemen aan te leggen. [IF 2024].

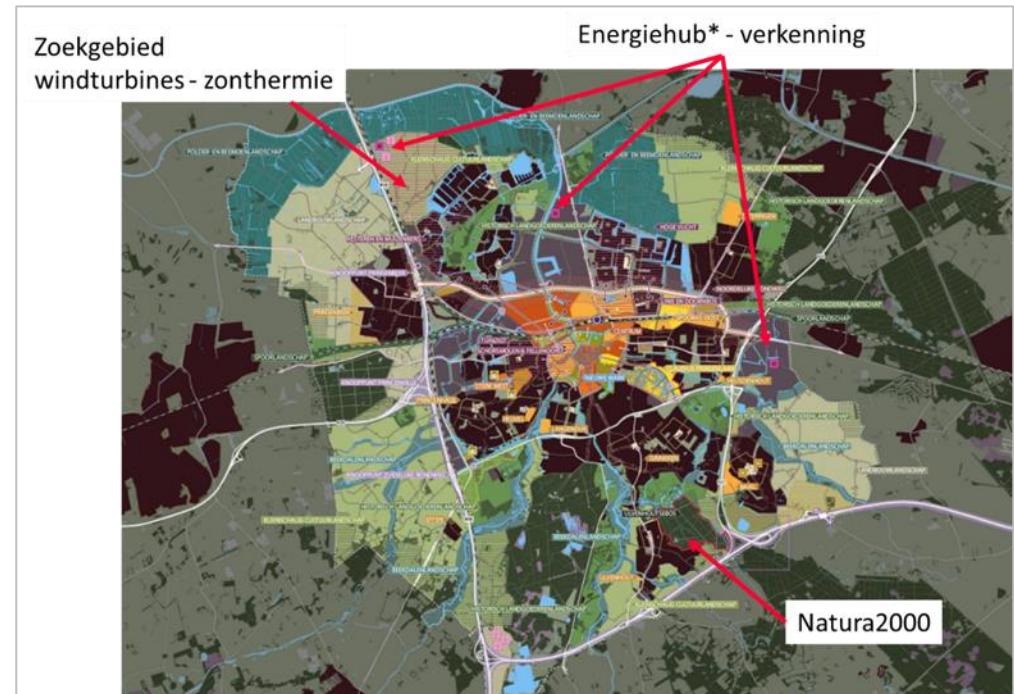


Zoekgebieden in de Omgevingsvisie Breda 2040

Voor de opwek van collectieve warmte is ruimte nodig. Vaak is het lastig om geschikte locaties te vinden, omdat ruimte schaars is en er nog veel andere ruimtelijke opgaven zijn (woningbouw, bedrijventerreinen, natuur, infrastructuur et cetera).

In de Omgevingsvisie Breda 2040 zijn een aantal gebieden aangeduid die relevant zijn voor de zoektocht naar locaties voor warmtebronnen:

- Zoekgebied voor windturbines en zonthermie: hier is ruimte voorzien voor energieprojecten.
- Verkenningen voor energiehub²: deze locaties liggen in of dichtbij kansrijke gebieden voor diepe geothermie. Daarnaast zijn dit locaties waar de ontwikkeling van piek- en back-up vermogens en bovengrondse warmteopslag interessant kan zijn.
- Natura2000 gebied, in verband met extra gevoeligheden in relatie tot stikstofemissies.



Figuur 14 - Kaart uit de Omgevingsvisie Breda 2040 met daarin relevante locaties voor de energietransitie.

² In de Omgevingsvisie wordt gesproken over een energiehub als fysieke locatie. Afhankelijk van het type project kan dit eveneens een locatie zijn waar energie – fysiek of virtueel – tussen bijvoorbeeld bedrijven wordt uitgewisseld.

Het Amerwarmtenet als basis

Infrastructuur voor collectieve warmte vraagt om een grote investering. Bij voorkeur is de afstand tussen bron en afnemer zo klein mogelijk, of wordt gebruik gemaakt van bestaande infrastructuur.

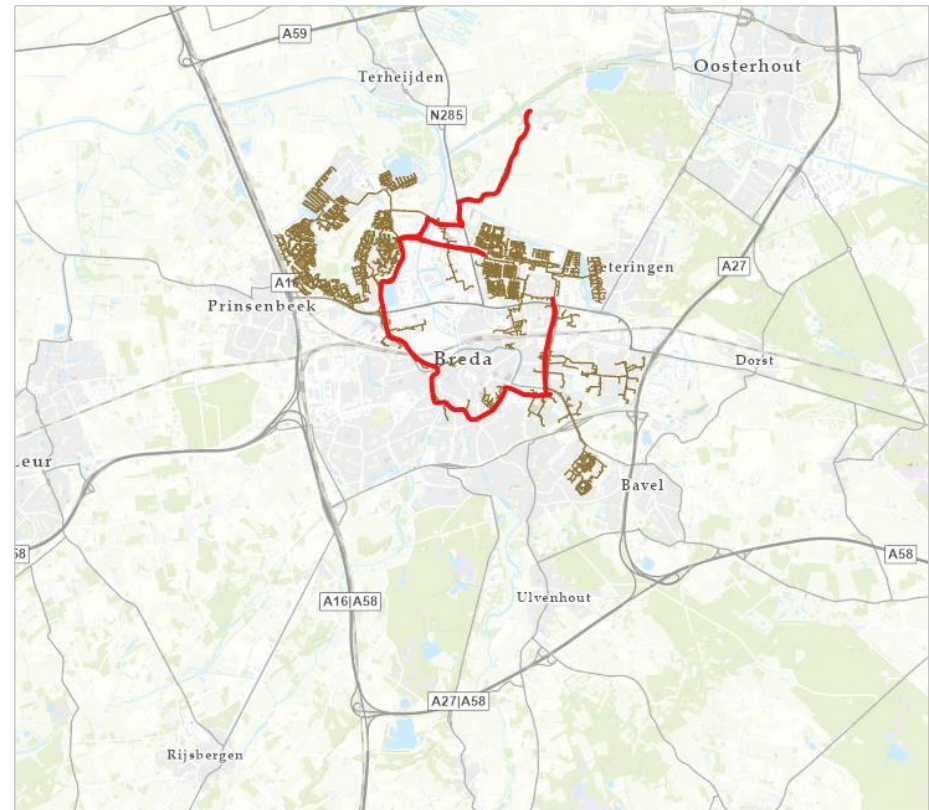
In Breda ligt al sinds de jaren '80 van de vorige eeuw een stadswarmtenet, het Amerwarmtenet van Ennatuurlijk. Het Amerwarmtenet komt Breda binnen vanaf het noorden. Vanaf daar verspreidt het zich door de Haagse Beemden en de Hoge Vucht. Enkele jaren geleden is de warmtesingel aangelegd: een ringnet rondom het centrum van Breda.

Het warmtenet is nu nog een hogetemperatuur-net (HT), met temperaturen hoger dan 90°C. Dat hoge temperatuurniveau sluit minder goed aan op de mogelijke toekomstige duurzame warmtebronnen.

Het Amerwarmtenet is mogelijk van belang voor de distributie van geothermie- of geïmporteerde warmte uit de regio. Daarbij kan het bestaande warmtenet als springplank fungeren. In eerste instantie kan warmte uit nieuwe bronnen aan bestaande afnemers geleverd worden. In de toekomst kan onderzocht worden of er uitbreiding naar andere gebieden kan plaatsvinden.

Ennatuurlijk is eigenaar van het Amerwarmtenet en beslist dus ook over de toekomstige inzet van het warmtenet. De nieuwe Wet collectieve warmte (Wcw) voorziet in een geleidelijke overgang naar publieke warmtebedrijven. Ook voor het Amernet betekent dit dat er in de toekomst (na maximaal 30 jaar) een nieuwe eigendomsstructuur zal

ontstaan. In de tussentijd blijft Ennatuurlijk warmte leveren en een belangrijke partner om de warmtetransitie in Breda verder vorm te geven.



Figuur 15 - Ligging van het bestaande Amerwarmtenet van Ennatuurlijk.

Impact van warmteoplossingen op netbelasting

Warmtebronnen hebben een elektriciteitsaansluiting nodig. De hoeveelheid elektriciteit die op piekmomenten nodig is, kan uitgedrukt worden in de 'Coefficient of Performance (COP)'. De COP beschrijft hoeveel warmte er met één eenheid elektriciteit kan worden geproduceerd. Een warmteoplossing met een hoge COP heeft op koude winterdagen (en andere piekmomenten) een kleinere impact op het elektriciteitsnet dan een oplossing met een lage COP.

De COP van warmtebronnen is weergegeven in Tabel 2. In de tabel zijn verschillende combinaties van basislast- en piekbronnen onderzocht. Onderzochte piekbronnen zijn:

- Een (groen)gasketel, die een verwaarloosbare elektriciteitsvraag kent, maar gebruik maakt van (groen) gas.
- Volledig elektrische oplossingen met een e-boiler of warmtepomp.

Tabel 2 - Beoordeling van warmteoplossingen op belasting elektriciteitsnet.

Totale COP afhankelijk van type piekvoorziening	I.c.m. (groen)gas ketel	I.c.m. e-boiler	I.c.m. warmtepomp
Individueel all-electric - LT			2,0
Individueel all-electric - MT			1,8
MT warmtenet - o.b.v. diepe geothermie	13,6	1,0	1,7
MT warmtenet - o.b.v. geïmporteerde warmte	∞	1,4	2,5
LT warmtenet - o.b.v. TEA (RWZI)	8,2	1,0	1,9
LT warmtenet - o.b.v. Ondiepe geothermie	7,6	1,0	1,8
ZLT warmtenet - o.b.v. WKO	3,5	2,4	2,9
Groengas hybride	∞		
Groen gas	∞		

* Totale COP incl. warmteverlies, tapwaterbereiding bij (Z)LT, verhouding basis- en pieklast, en i.c.m. specifieke pieklastbron

De COP's van collectieve oplossingen zijn vergeleken met die van een individuele lucht-water warmtepomp als referentie.

Voor deze analyse is in de COP alleen de ingaande hoeveelheid elektriciteit onderzocht. Dit is de maatgevende factor voor de netbelasting.

Uit de analyse van de COP van verschillende warmteoplossingen, kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De piekvoorziening bepaalt in de grootste mate het effect van een warmtenet op het elektriciteitsnet. Dit komt doordat de piekvoorziening in de winter circa 70% van het benodigde vermogen van de warmtelevering voor zijn rekening neemt.
- De toepassing van een piekketel op basis van (groen) gas heeft een sterk positief effect op de netbelasting van warmtenetten. Dit komt omdat deze nauwelijks elektriciteit nodig heeft. Volledige elektrificatie van de piekvoorziening in warmtenetten leidt tot een grote belasting van het elektriciteitsnet.
- De toepassing van een WKO voor een (Z)LT-net heeft een positief effect op de netbelasting.

Warmteopslag voor een lagere netbelasting

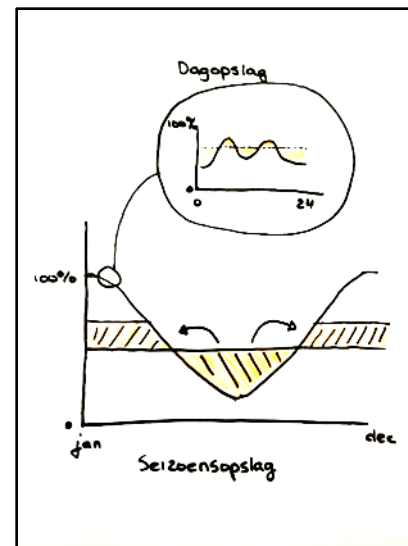
Netcongestie speelt vooral op de momenten in het jaar dat er een piek in de vraag naar of aanbod van elektriciteit is. Bijvoorbeeld aan het begin van de avond in de winter: mensen komen thuis, laden hun elektrische auto op, zetten hun verlichting en huishoudelijke apparatuur aan en gaan (elektrisch) koken.

Met warmteopslag kan de druk op het elektriciteitsnet verminderen. Er zijn twee varianten van warmteopslag: dagopslag en seizoensopslag. Dagopslag vangt pieken en dalen gedurende de dag op, terwijl seizoensopslag pieken gedurende het jaar afvlakt.

Met warmteopslag daalt het elektriciteitsgebruik op piekmomenten op verschillende manieren:

- De elektriciteitsbehoefte verplaatst zich via dagopslag naar momenten buiten de piek: de warmteopslag levert warmte tijdens spitsuren en laadt op tijdens rustigere uren.
- Seizoensopslag maakt het mogelijk om overschotten van warmte uit de zomer in de winter te gebruiken: restwarmte uit koeling, aquathermie of zonthermie zijn in de winter via warmte-koudeopslag (WKO) beschikbaar. De efficiëntie is dan beter dan wanneer lucht als warmtebron wordt gebruikt.
- Hoge- en middentemperatuuropslag (HTO/ MTO) in de bodem maakt warmteopslag mogelijk op hogere temperaturen dan bij WKO. Overschotten van warmte

zoals bijvoorbeeld industriële restwarmte komen hiermee beschikbaar in de winter. Daardoor is er minder warmte uit piekvoorzieningen nodig. Ook kan de warmtebron dan meer vollasturen draaien, wat de businesscase ten goede komt. Momenteel is MTO en HTO hier nog niet toegestaan.



Figuur 16 -Schematische weergave effect van warmteopslag.

Een bijkomend voordeel van warmteopslag, is dat optimaal gebruik gemaakt kan worden van hernieuwbare elektriciteit uit zon en wind op momenten dat die in overvloed beschikbaar is. Dit zorgt ook voor kostenbesparingen, omdat elektriciteitsprijzen op die momenten vaak lager zijn.

Dagopslag kan plaatsvinden in grote boven- of ondergrondse buffers. Maar ook kleinschalige, lokale opslagen zijn belangrijk: door optimaal gebruik te maken van de gebouwmassa, gecombineerd met buffer- en boilervaten, dragen individuele woningen bij aan de vermindering van netcongestie.

Betrouwbaarheid

Warmteoplossingen zijn altijd afhankelijk van het elektriciteitsnet. Warmtepompen hebben elektriciteit nodig om warmte te leveren. Maar zelfs warmtenetten die voornamelijk gebruik maken van industriële restwarmte, zijn afhankelijk van het elektriciteitsnet voor hun distributiepompen. Zelfs in woningen is elektriciteit nodig om warm water naar de afgifteapparaten te pompen.

Gelukkig is ons elektriciteitsnet heel betrouwbaar. In 2024 was de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet van Enexis 99,99%. Gemiddeld had een huishouden 22,5 minuten last van stroomuitval [Enexis 2024].

Ook warmtenetten blijken erg betrouwbaar te zijn. Ennatuurlijk kende in 2024 een gemiddelde betrouwbaarheid van 99,9% [Ennatuurlijk 2024].

De totale betrouwbaarheid van een systeem hangt af van de betrouwbaarheid van de schakels in de keten. Om inzicht te krijgen in deze ketens, is per warmteoplossing een kwalitatieve analyse gemaakt van het aantal schakels in een keten dat kan falen. Dit is samengevat in Tabel 3.

Tabel 3 - Score van warmteoplossingen op betrouwbaarheid.

Betrouwbaarheid	Score	Toelichting
Individueel all-electric	5,0	Falen: e-net en warmtepomp (2 st)
MT warmtenet	4,0	Falen: e-net, w-net en afleverset (3 st)
LT warmtenet	3,5	Falen: e-net, w-net, afleverset en warmtepomp, maar ruimteverwarming blijft werken (3,5 st)
ZLT warmtenet	3,0	Falen: e-net, w-net, afleverset en warmtepomp (4 st)
Groengas hybride	4,0	Falen: e-net en g-net, ketel, warmtepomp (maar ketel kan het overnemen), (3 st)
Groen gas	4,0	Falen: e-net en g-net en ketel (3 st)

* o.b.v. aantal schakels uit keten dat kan falen

Samenvatting beschikbaarheid

- Er lijkt in Breda potentie om voldoende warmtebronnen te ontwikkelen om de totale warmtevraag in te vullen, maar deze zijn niet altijd beschikbaar op het juiste temperatuurniveau. De meeste bronnen hebben daarnaast een vorm van seizoensopslag nodig.
- Warmtebronnen zijn niet evenredig over Breda verdeeld. Diepe geothermie en aquathermie uit afvalwater bij de RWZI bevinden zich voornamelijk in het noord(westen). Energie uit oppervlaktewater is het meest kansrijk in gebieden nabij de Mark. Op of nabij bedrijventerreinen zijn mogelijkheden voor benutting van restwarmte uit koeling en zonthermie.
- Er gelden in delen van Breda restricties voor de toepassing van WKO's.
- Er zijn in de Omgevingsvisie Breda 2040 reeds een aantal zoekgebieden voor energiebronnen en energiehubs aangewezen. Deze liggen in het noorden van Breda en bieden kansen voor de ontwikkeling van onder andere geothermie, piek- en back-up installaties en grootschalige warmtebuffers.
- Het bestaande Amernet kan een springplank vormen voor de ontwikkeling van lokale warmtebronnen. Het net kan, indien geschikt, gebruikt worden voor het transport van warmte naar afnemers.
- Warmteoplossingen zorgen voor een belasting van het elektriciteitsnet. In het kader van netcongestie is een oplossing met een hoge COP wenselijk. Toepassing van (groen)gasketels in warmtenetten zorgt voor een lagere piekbelasting, evenals de toepassing van warmteopslag.
- De betrouwbaarheid van het energienetwerk (elektriciteit, gas en warmte) is in Nederland goed, en daarmee ook van alle warmteoplossingen.

5.2 Betaalbaarheid

Nationale kosten voor warmteoplossingen

In het financiële model [Sweco 2025] is voor alle gebieden in Breda een vergelijking gemaakt tussen de nationale kosten voor de twee geselecteerde warmteoplossingen (zie hst 2.5).

Resultaten zijn weergegeven in de vorm van 'robuustheid'. Robuustheid toont hoe groot het percentuele verschil in nationale kosten is ten opzichte van het alternatief. Hoe groter het kostenverschil tussen twee warmteoplossingen, hoe robuuster de oplossing. Immers, als kosten in de praktijk toch enigszins anders uitvallen dan eerder aangenomen, leidt dit bij robuuste oplossingen nog steeds tot een goedkopere warmtevoorziening dan het alternatief.

Per gebied is de oplossing met de laagste nationale kosten weergegeven in Figuur 17. Gebieden die donkerrood kleuren, zijn robuuster voor een warmtenet. Gebieden die donkerblauw kleuren, zijn robuuster voor een (all-electric) individuele warmtepomp oplossing.

Gebieden waar de oplossingen dicht bij elkaar in de buurt liggen, zijn lichter of wit. Gebieden waar (groen) gas als goedkoopste optie naar voren komt, kleuren eveneens wit, omdat we dat niet als eindoplossing zien. Witte en lichtgekleurde gebieden zijn dus gebieden waar de financiële analyse niet uitwijst dat een collectieve of individuele warmteoplossing overtuigend goedkoper is.

De totale verschillen tussen oplossingen zijn relatief klein: maximaal 20%, maar veelal 5 - 10%. Het is belangrijk om te beseffen dat een studie op het detailniveau van de warmtestudie in absolute zin een onnauwkeurigheid van -30 / +50% kent. In relatieve zin is deze onnauwkeurig veel kleiner. Veel kosten zijn voor alle oplossingen hetzelfde of volgen dezelfde trend en hebben daarom geen of weinig effect op het verschil in kosten.

Waarom kent de financiële analyse zo'n grote onnauwkeurigheid?

Dat komt doordat we nu nog rekenen met algemene kentallen. Vergelijk het met de planning voor een nieuwe keuken. De allereerste inschatting van de kosten maak je misschien op ervaringen van familieleden of vrienden, waarbij je het vergelijkt met jouw keuken. Is die groter, kleiner? Wat doet dat met de prijs? In die fase bevindt zich de warmtestudie. Het helpt om verschillende opties met elkaar te vergelijken om later in het warmteprogramma keuzes op hoofdlijnen te kunnen maken.

In een volgende stap vraag je misschien een offerte aan voor een keuken, en zet je er iets bovenop voor de loodgieter, elektricien en tegelzetter. In nog een volgende fase vraag je ook daar offertes voor aan. Met elke stap wordt de kostenraming nauwkeuriger. Een betere analyse van de kosten voor warmteoplossingen volgt in de wijkenergieplannen en tijdens de projectontwikkeling.

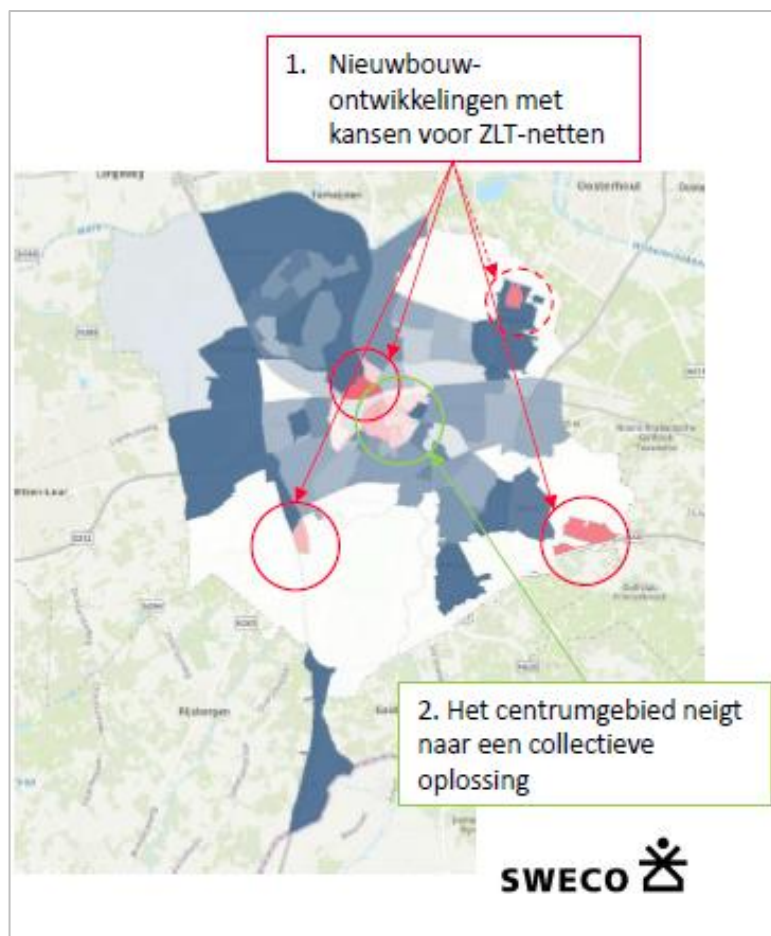
Uit de resultaten van het financiële model kunnen voorzichtig enkele conclusies worden getrokken:

- Voor veel grote nieuwbouwontwikkelingen ('t Zoet, Teteringen³, Bavel, Rithmeesterpark) is een collectieve oplossing door middel van een ZLT-net op basis van nationale kosten de goedkoopste oplossing.
- In het centrum, binnen de singel, kleuren bijna alle gebieden lichtrood. Dat betekent dat hier, op basis van nationale kosten, een lichte voorkeur geldt voor een warmtenet.
- In veel andere gebieden is een individuele all-electric oplossing op basis van nationale kosten goedkoper dan een collectieve oplossing.

Ondanks dat de warmtestudie met 80 gebieden al een behoorlijk detailniveau kent, zijn de verschillende gebieden groot en omvatten ze veel verschillende gebouwen. Op een kleiner detailniveau kan een afweging anders uitvallen, omdat er dan een optimale combinatie gemaakt kan worden van warmtebronnen en typen warmtegebruikers (onderlinge afstand, temperatuurniveau, et cetera). Bovendien is nog niet gekeken naar eindgebruikerskosten.

Bij de vertaling van warmtestudie naar wijkenergieplannen kunnen deze verdiepingsslagen gemaakt worden. Hier kan bijvoorbeeld uit naar voren komen dat kleinschalige, lokale collectieve oplossingen (dus kleiner dan op buurniveau) interessant zijn in gebieden waar in eerste instantie een individuele oplossing de voorkeur lijkt te hebben.

³ In de nieuwbouwontwikkeling in Teteringen lijkt een ZLT-net interessant, maar is het gebruik van een WKO vanuit beperkingen in de ondergrond niet mogelijk.



Figuur 17 - Resultaten financiële doorrekening van warmteoplossingen op basis van nationale kosten. Hierbij geeft de intensiteit van een kleur de robuustheid van de oplossing weer.

Energiegebruik en voorspelbaarheid van maandlasten

De betaalbaarheid van een oplossing kan in het geding komen als energietarieven onverwacht stijgen. Als het variabele deel van de kosten relatief groot is, dan merk je meer van plotselinge grote prijsstijgingen, zoals na de inval van Rusland in Oekraïne. Hoe lager het jaarlijkse energiegebruik van een warmteoplossing, hoe minder vatbaar de maandlasten zijn voor veranderingen op de energiemarkt.

Een indicatie voor het energiegebruik - en dus de afhankelijkheid van externe levering van elektriciteit en/of gas - wordt gegeven door de 'Seasonal Coefficient of Performance (SCOP)'. Dit is de verhouding van de jaarlijks geleverde warmte ten opzichte van ingaande energie (elektriciteit en/of aardgas). Hoe hoger de SCOP, hoe efficiënter de warmteoplossing.

De SCOP voor verschillende warmteoplossingen is weergegeven in Tabel 4. Hierbij zijn enkele conclusies te trekken:

- Diepe geothermie en de import van warmte uit de regio leiden tot gunstige jaarlijkse energieverbruiken. Daarbij moet de kanttekening geplaatst worden dat het energiegebruik voor import van restwarmte onbekend is en afhankelijk is van de beschikbare regionale bron. Het daadwerkelijke energieverbruik is dus hoger, en de SCOP lager dan hier weergegeven.
- Doordat warmtenetten aanzienlijke warmteverliezen kennen, is een individuele lucht-water warmtepomp in veel gevallen een energie-efficiëntere oplossing. Warmtenetten op basis van diepe geothermie en import van restwarmte scoren wel beter.

Tabel 4 - Score van warmteoplossingen op jaarlijks energiegebruik (SCOP)

Totale SCOP afhankelijk van type piekvoorziening	I.c.m. (groen)gas ketel	I.c.m. e-boiler	I.c.m. warmtepomp
All-electric - LT			3,4
All-electric - MT			2,9
MT warmtenet - o.b.v. diepe geothermie	1,8	2,0	3,4
MT warmtenet - o.b.v. geïmporteerde warmte	2,8	3,0	9,4
LT warmtenet - o.b.v. TEA (RWZI)	1,7	1,8	2,8
LT warmtenet - o.b.v. Ondiepe geothermie	1,6	1,7	2,7
ZLT warmtenet - o.b.v. WKO	2,6	2,6	2,6
Groengas hybride	1,8		
Groen gas	0,9		

* incl. warmteverlies, tapwaterbereiding bij (Z)LT, verhouding basis- en pieklast, en i.c.m. specifieke pieklastbron

Samenvatting betaalbaarheid

- Collectieve warmteoplossingen zijn financieel interessant in nieuwbouwgebieden (ZLT-netten) en in het centrum, maar de onderlinge verschillen in nationale kosten tussen individuele en collectieve oplossingen zijn vaak klein.
- Lokale diepe geothermie is een relatief dure warmtebron, maar is erg efficiënt te benutten. Hierdoor ondervindt een warmtenet op basis van deze warmtebron beperkte invloed van schommelingen in energieprijzen.



5.3 Duurzaamheid

Breda heeft de ambitie om in 2044 klimaatneutraal te zijn. De landelijke doelstellingen uit het klimaatakkoord liggen op CO₂-neutrale elektriciteitsproductie in 2035, 90% CO₂-reductie in 2040 en CO₂-neutraliteit van het gehele energiesysteem in 2050 [Min EZ 2019].

Alle onderzochte warmtebronnen in de warmtestudie zullen dus tussen 2035 en 2050 richting CO₂-neutraliteit bewegen, doordat landelijke doelstellingen zorgen voor vergroening van de energiemix. Daarbij is de aanname gemaakt dat aardgas tot 2050 volledig wordt vervangen door groen gas.

De enige warmtebron die daarna netto nog wat CO₂ blijft uitstoten, is geothermie. Bij de winning van geothermie komt een kleine hoeveelheid fossiel methaan (formatiegas) vrij. De geothermiesector onderzoekt of formatiegas weer in de bodem geïnjecteerd kan worden, maar voorlopig is de aanname dat dit blijft zorgen voor een residu aan CO₂-emissie.

Verduurzaming van warmtebronnen is geborgd door landelijk beleid. De weg tot 2044 en 2050 is echter nog lang en dus zullen warmtebronnen in de komende jaren nog tot CO₂-emissies leiden.

In Tabel 5 is voor de verschillende warmteoplossingen de gemiddelde CO₂-emissies over 30 jaar gegeven. Hierbij zijn dezelfde combinaties van basislast- en piekbronnen gebruikt als eerder bij het onderdeel netbelasting.

Uit de tabel volgt dat de CO₂-emissie van warmtebronnen het laagste is bij een volledig elektrische oplossing (individuele lucht-waterwarmtepomp of een warmtenet met een elektrische piekvoorziening). De varianten leiden tot vergelijkbare CO₂-emissies, maar import van warmte uit de regio springt er in positieve zin uit. Hierbij dient echter de kanttekening te worden geplaatst, dat bij geïmporteerde warmte enkel rekening is gehouden met CO₂-emissies door de piekvoorziening. De emissies van de regionale bron zijn onbekend.

Tabel 5 – Score van warmteoplossingen op netto CO₂-emissie over 30 jaar.

Totale CO ₂ -emissie afhankelijk van type piekvoorziening	I.c.m. (groen)gas ketel	I.c.m. e-boiler	I.c.m. warmtepomp
All-electric - LT			2,6
All-electric - MT			2,7
MT warmtenet - o.b.v. diepe geothermie	13,8	7,1	5,3
MT warmtenet - o.b.v. geïmporteerde warmte	7,3	2,1	0,7
LT warmtenet - o.b.v. TEA (RWZI)	10,8	4,7	3,0
LT warmtenet - o.b.v. Ondiepe geothermie	11,0	4,9	3,1
ZLT warmtenet - o.b.v. WKO	11,4	5,3	3,5
Groengas hybride	10,6		
Groen gas	29,1		

* Gemiddelde CO₂-emissie per geleverde GJ warmte tussen 2025-2055, incl. warmteverlies, tapwaterbereiding bij (Z)LT, verhouding basis- en pieklast, en i.c.m. specifieke pieklastbron:

Samenvatting duurzaamheid

- Uiteindelijk worden alle warmteoplossingen door landelijk beleid CO₂-neutraal, behalve een residu aan CO₂-emissie door formatiegas bij geothermie. Elektriciteit is in 2035 CO₂-neutraal, het hele energiesysteem in 2050.
- In het afbouwpad naar 2050 scoren de verschillende warmteoplossingen vergelijkbaar op gemiddelde CO₂-emissie, behalve wanneer een (groen)gasketel als piekvoorziening wordt ingezet. In dat laatste geval ligt de gemiddelde CO₂-emissie hoger.



5.5 Kwaliteit leefomgeving

Warmteoplossingen hebben allemaal een bepaalde mate van invloed op de kwaliteit van de leefomgeving. Ze nemen ruimte in beslag in de private en openbare ruimte. Daarnaast kunnen ze ook een negatieve invloed hebben op diverse milieuaspecten, zoals geluid en de bodem. Aan de andere kant kunnen ze ook een positieve bijdrage leveren aan comfort in woningen door koeling mogelijk te maken.

In deze studie is de impact van warmteoplossingen op diverse aspecten van de kwaliteit van de leefomgeving in kaart gebracht. De volgende factoren zijn in deze studie meegenomen:

- ruimtegebruik in de woning;
- ruimtegebruik buiten de woning;
- ruimtegebruik in de openbare ruimte (ondergronds);
- ruimtegebruik in de openbare ruimte (bovengronds);
- koeling;
- impact op het milieu.

Effect op het milieu, zoals geluid en emissies van fijnstof, zullen tijdens het opstellen van het warmteprogramma nader worden onderzocht in een plan-milieueffectrapport (plan-MER).

Ruimtegebruik in de woning

Het inpandige ruimtegebruik voor de verschillende warmteoplossingen is in Tabel 6 samengevat. In bijlage B3 is een uitgebreidere tabel opgenomen. Een aansluiting op een MT-warmtenet vergt het minste ruimte. In dit geval is enkel een afleverset nodig waarmee warmte de woning binnenkomt. Ook de cv-ketel bij de (groen) gas oplossing is relatief compact. De overige varianten vragen meer ruimte, grotendeels vanwege een boiler vat voor warm tapwater.

Afhankelijk van de situatie, hoeft de binneninstallatie niet volledig in de woning geplaatst te worden. In appartementsgebouwen kan gekozen worden voor een vorm van blokverwarming, waarbij een grote warmtepomp en/of boiler vat in een gedeelde technische ruimte wordt geplaatst. Als er nog geen collectieve verwarming is, vergt dit wel extra leidingwerk richting de appartementen.

Tabel 6 - Ruimtegebruik (voor de warmte-opwekinstallatie) in de woning van verschillende warmteoplossingen.

Ruimtegebruik in de woning (m ²)	
Individueel all-electric	0,36
MT warmtenet	0,08
LT warmtenet	0,45
ZLT warmtenet	0,45
Groengas hybride	0,41
Groen gas	0,20

Naarmate een woning groter is, is er naar verwachting ook meer ruimte voor de inpassing van een warmtepomp en boiler vat. Dat maakt het makkelijker voor een warmteoplossing die meer inpandige ruimte vraagt.



Figuur 18 - Voorbeeld van de GIS-weergave met de oppervlakte van woningen.

Op basis van een GIS-model is een inschatting gemaakt van de grootte van woningen in een gebied. Hierbij zijn woningen ingedeeld in drie categorieën, < 80m², 80 - 120 m² en > 120 m². Hiermee kan ingeschat worden hoe eenvoudig een warmteoplossing in een woning ingepast kan worden. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 18.

Ruimtegebruik buiten de woning

Het ruimtegebruik buiten de woning verschilt tussen collectieve en individuele warmteoplossingen: warmtenetten hebben rondom de woning geen buitendeel nodig. Het gaat hierbij immers alleen om een afleverset, eventueel aangevuld met een boosterwarmtepomp en boilervat. Deze worden in principe inpandig geplaatst. Ook groen gas met een cv-ketel vraagt geen extra ruimte buiten de woning.

Individuele all-electric oplossingen met een lucht-waterwarmtepomp en hybride warmtepompen hebben vaak een buitendeel. Of er naar verwachting ruimte is voor dit buitendeel, hangt mede af van het type gebouw:

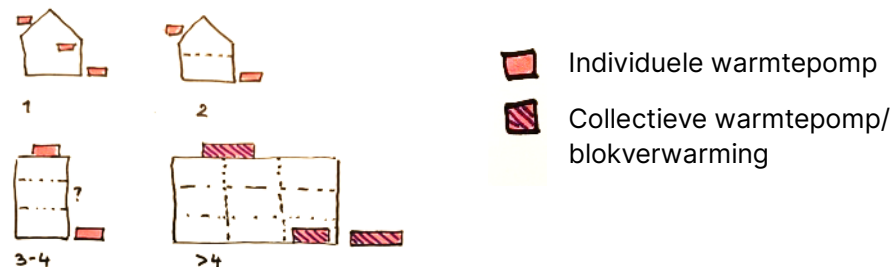
- Bij eengezinswoningen is er bijna altijd een geschikte plek voor een buitendeel te vinden. Bijvoorbeeld op het dak, aan de gevel of in de tuin.
- Voor grotere appartementsgebouwen kan gebruik gemaakt worden van een collectieve warmtepomp voor blokverwarming. De warmtepomp kan op het dak, in de gemeenschappelijke buitenruimte of in een inpandige technische ruimte geplaatst worden.
- Bij gesplitste panden met twee adressen per pand, is er altijd minimaal een dak en vaak een tuin aanwezig waar mogelijk een buitendeel geplaatst kan worden.

- Bij appartementen met 3-4 woonlagen worden de grootste uitdagingen verwacht voor het plaatsen van een buitendeel. De tussenverdiepingen hebben namelijk zelf geen dak of tuin. Daarnaast is er vaak weinig ruimte voor een gezamenlijke oplossing.

Op basis van deze analyse zijn scores voor het ruimtegebruik buiten de woning bepaald. Deze zijn weergegeven in Tabel 7. Middels een GIS-analyse is bepaald hoeveel procent van de panden in een gebied 1, 2, 3, 4 of meer adressen bevat. Hiermee is een gewogen gemiddelde score bepaald.

Tabel 7 - Score van warmteoplossingen op ruimtegebruik buiten de woning, afhankelijk van type gebouw.

Ruimtegebruik buiten de woning					
Adressen per pand	1	2	3	4	>4
Individueel all-electric	4	3	1	1	3
MT warmtenet	5	5	5	5	5
LT warmtenet	5	5	5	5	5
ZLT warmtenet	5	5	5	5	5
Groengas hybride	4	3	1	1	3
Groen gas	5	5	5	5	5



Figuur 19 - Schematische weergave van plaatsingsmogelijkheden buitendeel warmtepomp afhankelijk van type woning.

Ruimtegebruik in de openbare ruimte (ondergronds)

Duurzame warmteoplossingen vragen om een groter ruimtebeslag in de ondergrond ten opzichte van het gasnet. Een inschatting van extra benodigde ruimte voor kabels, warmteleidingen en warmtebronnen is weergegeven in bijlage B3 en samengevat in Tabel 8.

Het ondergrondse ruimtegebruik is het kleinste voor een individuele all-electric of een groen gas oplossing. Voor de andere oplossingen is naast een uitbreiding van het elektriciteitsnet ook de aanleg van een warmtenet nodig.

Om een inschatting te maken van de beschikbare ruimte in de ondergrond, is een analyse gemaakt in GIS. De kaart met resultaten staat ter illustratie in bijlage B3. Daarin valt op:

- De ondergrond ligt nu al erg vol. Het bijleggen van een warmtenet is in veel straten niet zondermeer mogelijk.
- In relatief veel straten in de oude kernen (stadscentrum, Prinsenbeek, Teteringen, Bavel en Ulvenhout) vormt de ruimte in de ondergrond een belemmering. Dit zijn gebieden met - van oudsher - smalle straten.
- In diverse gebieden waar nu al een warmtenet ligt (Haagse Beemden, Hoge Vucht), lijkt de ondergrondse ruimte beperkt. De praktijk bewijst dat het aanleggen van een warmtenet dan ook kan.

- Wortels van bomen nemen veel ruimte in de ondergrond in. In de bredere duurzame ambitie werkt Breda naast de energietransitie ook aan vergroening. Goede afstemming over de locatie van bomen is aan te raden.
- Daarnaast is onderzoek nodig om te komen tot een slimme indeling van het (boven- en ondergrondse) straatprofiel om ondergrondse infrastructuur goed in te kunnen passen.

Samenvattend kan gesteld worden dat de beschikbare ruimte in de ondergrond een beperkende factor kan zijn in de aanleg van een warmtenet.

Er is meer mogelijk bij een integrale aanpak, waarbij alle infrastructuur opnieuw wordt aangelegd en efficiënt wordt verdeeld over de beschikbare breedte van een straat. Dit leidt echter tot (aanzienlijk) hogere kosten en er moet afgestemd worden met partijen die infrastructuur aanleggen voor o.a. elektriciteit (Enexis), drinkwater (Brabant Water) en riolering (gemeente Breda).

Tabel 8 - Ondergronds ruimtegebruik voor verschillende warmteoplossingen.

Ruimtegebruik ondergronds	
Individueel all-electric	Uitbreiding LS- en MS-energiekabels
MT warmtenet	Uitbreiding LS- en MS-energiekabels, aanleg warmtenet
LT warmtenet	Uitbreiding LS- en MS-energiekabels, aanleg warmtenet
ZLT warmtenet	Uitbreiding LS- en MS-energiekabels, aanleg warmtenet, WKO dubletten
Groengas hybride	Uitbreiding LS- en MS-energiekabels, handhaving gasnet
Groen gas	Uitbreiding LS- en MS-energiekabels, handhaving gasnet

Ruimtegebruik in de openbare ruimte (bovengronds)

Warmteoplossingen vragen niet alleen ruimte in de ondergrond, maar ook bovengronds in de openbare ruimte. Een samenvatting van de schatting van het bovengrondse ruimtegebruik is opgenomen in

Tabel 9. In bijlage B3 is een uitgebreidere tabel opgenomen. Voor MT-warmtenetten (o.b.v. geothermie) en LT-warmtenetten (o.b.v. aquathermie uit de RWZI) is ervanuit gegaan dat de bron zich buiten de buurt bevindt.

Een MT-warmtenet scoort goed op bovengronds ruimtegebruik in de wijk, omdat de bron zich meestal buiten de wijk bevindt. Ook de (groen) gas oplossingen scoren goed. Het ZLT-net wordt gekenmerkt door een lokaal karakter en heeft het grootste ruimtebeslag in de buurt.

Tabel 9 - Ruimtegebruik van warmteoplossingen in publieke ruimte (bovengronds).

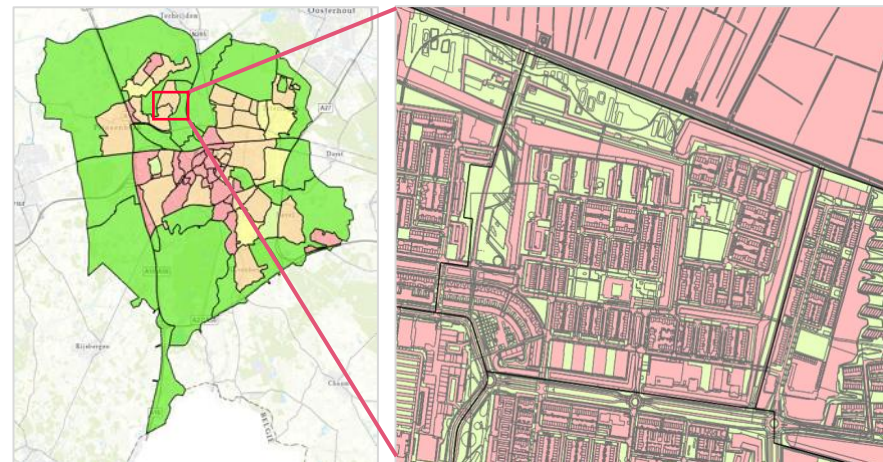
Ruimtegebruik bovengronds (m ²)	
Individueel all-electric	0,20
MT warmtenet	0,15
LT warmtenet	0,27
ZLT warmtenet	0,37
Groengas hybride	0,09
Groen gas	0,09

* per woning, in de wijk (excl. opp. Warmtebronnen buiten de wijk)

Op basis van een GIS model (zie Figuur 20) is een inschatting gemaakt van de relatieve hoeveelheid publieke ruimte in een gebied. Dit is een opsomming van o.a. groen en parkeerplaatsen. De resultaten zijn weergegeven als m² publieke ruimte per gebouw.

Over het algemeen neemt de relatieve hoeveelheid publieke ruimte toe, naarmate een gebied zich verder buiten het centrum bevindt.

Deze globale benadering toont niet meteen of een bepaalde warmteoplossing ergens wel of niet mogelijk is, maar geeft wel een inschatting of er over het algemeen meer of minder ruimte beschikbaar is.



Figuur 20 - GIS analyse van beschikbare ruimte in de openbare ruimte.

Koeling

De warmtestudie kijkt hoofdzakelijk naar een warmteoplossing ter vervanging van het gebruik van aardgas. Met de wereldwijde temperatuurstijging wordt koeling een steeds belangrijker onderdeel van de klimaatbeheersing in gebouwen. Daarom is de mogelijkheid om te koelen een relevant criterium in de afweging van warmteoplossingen.

Per warmteoplossing zijn verschillende eigenschappen op het gebied van koeling samengevat in Tabel 10. Bij individuele lucht-water warmtepompen en ZLT-netten is koeling onderdeel van de warmteoplossing.

Hiervoor zijn wel in de bestaande bouw aanpassingen nodig aan de afgifteapparaten. Voor LT- en MT-warmtenetten kan aanvullend een airco benodigd zijn om voldoende te kunnen koelen. In appartementencomplexen is het vaak een uitdaging om hier een goede oplossing voor te vinden.

Actieve koeling vraagt veel energie. In het kader van energiebesparing is het aan te bevelen om eerst in te zetten op het buiten houden van warmte via (buiten)zonwering, vergroening van de stad, en groene of witte daken.

Tabel 10 - Score van verschillende warmteoplossingen voor de mogelijkheid om te koelen.

Koeling	Wijze van koelen	Koelend vermogen zonder aanpassing (warmte)afgifte apparatuur	Koelend vermogen mét aanpassing van (warmte)afgifte apparatuur	Energiegebruik	Aanpassingen bestaand afgiftesysteem	Nieuwe installatiedelen	Score
Individueel all-electric	O.b.v. actieve koeling via warmtepomp	Slecht	Goed	Hoog	Hoog	N.v.t.	4
MT warmtenet	i.c.m. airco	Goed	N.v.t.	Hoog	Laag	Binnendelen, buitendeel (lastig bij appartementencomplexen)	2
LT warmtenet	i.c.m. airco	Goed	N.v.t.	Hoog	Laag	Binnendelen, buitendeel (lastig bij appartementencomplexen)	2
ZLT warmtenet	O.b.v. passieve koeling of actieve koeling via warmtepomp	Slecht	Goed	Laag bij passieve koeling Gemiddeld bij actieve koeling	Hoog	N.v.t.	5
Groengas hybride	i.c.m. airco	Goed	N.v.t.	Hoog	Laag	Binnendelen, buitendeel (lastig bij appartementencomplexen)	2
Groen gas	i.c.m. airco	Goed	N.v.t.	Hoog	Laag	Binnendelen, buitendeel (lastig bij appartementencomplexen)	2

Impact op het milieu

Warmteoplossingen hebben mogelijk invloed op de leefomgeving:

- Lucht: via bijvoorbeeld emissies van verbrandingsgassen (onder andere CO₂, stikstof en fijnstof), geur bij mestvergisting en lekkage van koudemiddelen bij warmtepompen.
- Bodem: zoals door opwarming en afkoeling bij bodemenergie- en geothermiesystemen en warmtenetleidingen voor bodemenergie, doorboring van afscheidende (klei)lagen, graven in verontreinigde grond bij de aanleg van infrastructuur en interferentie van verschillende bodemenergiesystemen.
- Water: zoals de beïnvloeding van oppervlaktewatertemperaturen bij aquathermie, interferentie van verschillende aquathermiesystemen en effecten op grond- en drinkwaterwinning.
- Geluid en trillingen: bijvoorbeeld door warmtepompen, ventilatoren, verbrandingsinstallaties, pompen en transformatoren.
- De natuur: waaronder beschermde soorten, ecosystemen en natuurgebieden.
- Landschap en cultuurhistorische waarden, zoals beperkingen van graven in interessante archeologische gebieden en beschermde stadsgezichten.

Een veel gehoord punt als nadeel van individuele lucht-water warmtepompen, is het geluid dat de buitendelen veroorzaken. In opdracht van gemeente Breda heeft advies- en ingenieursbureau Haskoning het effect van warmtepompen op omgevingsgeluid onderzocht. Uit deze studie volgt dat - zelfs bij een dichtbebouwde straat in een stadswijk - warmtepompen goed binnen de wettelijke geluidseisen kunnen blijven. Er dient dan wel aandacht uit te gaan naar een geschikte locatiekeuze en soms zijn omkastingen nodig [Haskoning 2025].

Voor het warmteprogramma laat de gemeente een milieueffectrapportage (plan-MER) uitvoeren, waarin milieueffecten verder worden beschreven en onderzocht. Hieruit volgt of een bepaalde warmteoplossing vanuit milieuoogpunt te verantwoorden is en welke maatregelen eventueel in de uitvoering getroffen moeten worden om milieueffecten te minimaliseren.

Samenvatting kwaliteit leefomgeving

- Een MT-warmtenet neemt het minste ruimte in beslag in een woning en in de bovengrondse openbare ruimte in een wijk.
- Het ondergrondse ruimtegebruik in een buurt is het kleinste voor een individuele all-electric oplossing.
- Voor een individuele warmtepompoplossing is bij de woning, naast inpandige installaties, vaak ook een buitendeel nodig.
- Of er voldoende ruimte beschikbaar is, hangt af van de specifieke situatie. In grotere woningen is het naar verwachting eenvoudiger om ruimte te vinden voor een installatie. In appartementen met een relatief klein aantal woningen (3 tot 4) is het naar verwachting lastiger om ruimte te vinden voor een apart buitendeel voor iedere woning.
- De ruimte in de boven- en ondergrond is beperkt. Deze schaarse ruimte moet verdeeld worden over verschillende opgaven, zoals energietransitie, vergroening, woningbouw en parkeren. In het centrum is de openbare ruimte zeer beperkt. In het centrum, vooroorlogse wijken en dorpskernen is de ondergrondse ruimte schaars.
- Koeling wordt steeds belangrijker in een klimaat dat steeds warmer wordt. De warmte buiten houden is de belangrijkste stap voor een comfortabel

binnenklimaat. Individuele warmtepompoplossingen en ZLT-warmtenetten bieden de mogelijkheid om te koelen. Voor LT- en MT-netten kan een aparte airco nodig zijn. Deze kunnen in appartementsgebouwen niet altijd geplaatst worden.

- Alle warmteoplossingen hebben een effect op het milieu. In een milieueffectrapportage (plan-MER) voor het warmteprogramma wordt onderzocht welke maatregelen nodig zijn om milieueffecten te minimaliseren.



5.6 Keuzevrijheid en medezeggenschap

De keuzevrijheid van een warmteoplossing is groter naarmate er meer opties beschikbaar zijn. Bij een collectieve oplossing kan een inwoner of ondernemer zelf kiezen of hij/zij wel of niet meedoet, of een gelijkwaardig alternatief installeert. In het geval van een (Z)LT-warmtenet kan de gebruiker vervolgens ook kiezen voor een eigen warmtepomp en warmtapwatervoorziening. In het geval er voor de gebiedsoplossing geen collectieve oplossing wordt voorzien, blijft enkel een individuele oplossing over.

Hoe kleinschaliger het karakter van de warmteoplossing is, des te groter is de kans dat een individuele inwoner of ondernemer medezeggenschap heeft over de ontwikkeling van de warmteoplossing. Datzelfde geldt voor de keuzevrijheid van het moment van aansluiten. Een (klein) warmtenet kan ontstaan vanuit een lokaal initiatief, waarbij het moment van aanleg gezamenlijk wordt vastgesteld. Zodra een warmtenet eenmaal wordt aangelegd, is het de bedoeling dat aangesloten binnen korte tijd overstappen.

De keuzemogelijkheden voor de energieleverancier zijn het grootste bij een individuele oplossing. Bij een collectieve oplossing is er maar één aanbieder. Wel heeft elektriciteit voor een (Z)LT-net een groter aandeel in het totale energiegebruik dan bij een MT-net en is het effect van het kiezen van een energieleverancier voor elektriciteit groter.

Tabel 11 - Score van warmteoplossingen op het gebied van keuzevrijheid en medezeggenschap.

Keuzevrijheid en medezeggenschap	Keuzevrijheid warmteoplossing	Medezeggenschap ontwikkeling	Keuzevrijheid moment van aansluiten	Keuzevrijheid energieleverancier	Score
Individueel all-electric	Laag	Hoog	Hoog	Hoog	4
MT warmtenet	Gemiddeld	Laag	Laag	Laag	1,5
LT warmtenet	Hoog	Gemiddeld	Laag	Laag	2,75
ZLT warmtenet	Hoog	Hoog	Gemiddeld	Gemiddeld	3,75
Groengas hybride	Gemiddeld	Hoog	Hoog	Hoog	4,5
Groen gas	Gemiddeld	Hoog	Laag	Hoog	3,5

Samenvatting keuzevrijheid en medezeggenschap

- Een individuele warmteoplossing biedt veel keuzevrijheid, maar de minste opties voor de warmteoplossing zelf.
- Als er in een gebied een warmtenet ontwikkeld wordt, heeft een inwoner de meeste opties. Deze kan dan namelijk kiezen om mee te doen, of een individuele oplossing te installeren. Een individu kan, zonder medewerking van anderen, geen collectieve oplossing ontwikkelen.
- De mogelijkheden voor medezeggenschap over een warmteoplossing wordt steeds kleiner naarmate het project groter wordt.



An aerial photograph of a city, likely Amsterdam, showing a dense urban landscape with a river winding through it. The image is used as a background for a presentation slide. The river is visible in the upper left and lower right. The city is filled with various buildings, including residential houses, commercial buildings, and a large stadium in the lower left. The overall scene is a mix of urban development and green spaces.

6

Gebiedsanalyse

6 Gebiedsanalyse

In hoofdstuk 5 is de waardering van verschillende warmteoplossingen gerelateerd aan publieke belangen. In dit hoofdstuk worden daar ook specifieke gebiedskenmerken aan gekoppeld. Dit leidt uiteindelijk tot een beoordelingstabel van twee warmteoplossingen per gebied.

In Tabel 12 staat voor welke criteria een gebiedspecifieke beoordeling van warmteoplossingen is toegepast. Hiervoor is gebruik gemaakt van de kaart met locaties van warmtebronnen, de resultaten uit het financiële model en de GIS-analyses over de ruimte in de boven- en ondergrond. De score varieert hier dus per warmteoplossing én per gebied.

Voor criteria waarvoor geen aparte gebiedsanalyse is gemaakt, heeft ieder gebied voor een bepaalde warmteoplossing dezelfde score gekregen.

Tabel 12 - Weergave van welke criteria gebiedspecifieke kenmerken zijn onderzocht.

Criterium	Gebiedspecifiek gemaakt?
<i>Beschikbaarheid</i>	
Beschikbaarheid warmtebronnen	Ja
Netbelasting (COP)	Nee*
Betrouwbaarheid	Nee
<i>Betaalbaarheid</i>	
Nationale kosten	Ja
Stabiliteit maandlasten/ energiegebruik (SCOP)	Nee
<i>Duurzaamheid</i>	
CO2-emissie over 30 jaar	Nee
<i>Kwaliteit leefomgeving</i>	
Ruimte in woning	Ja
Ruimte buiten woning	Ja
Ruimte bovengrond	Ja
Ruimte ondergrond	Ja
Koeling	Nee
<i>Medezeggenschap</i>	
Keuzevrijheid en medezeggenschap	Nee

* Data over capaciteit elektriciteitsnet is niet beschikbaar

Scenario's gebiedsanalyse

In de beoordelingstabel kunnen de verschillende weegfactoren toegepast worden, waarmee een bepaald criterium in de afweging zwaarder kan wegen dan een ander. De tabel kan tijdens het opstellen van het warmteprogramma helpen bij het maken van keuzes.

Om de afhankelijkheden te laten zien, zijn twee scenario's voor de inzet van weegfactoren uitgewerkt:

- Scenario 1 vanuit gebruikersoogpunt (op basis van geluiden vanuit de maatschappij). Hier zijn weegfactoren verhoogd op criteria die voor gebruikers vaak zwaar tellen.
- Scenario 2 vanuit systeemdenken. Hierin zijn weegfactoren verhoogd voor aspecten die voor het systeem of vanuit het perspectief van de gemeente zwaarwegend zijn.

Met de genoemde scenario's is geprobeerd om de uitersten weer te geven waarbinnen weegfactoren verdeeld kunnen worden. In Tabel 13 is weergegeven welke criteria wel en niet in de scenario's zijn meegenomen. De resultaten zijn weergegeven ten opzichte van een referentie, waarbij alle criteria een weegfactor 1 hebben gekregen.

Tabel 13 - Weergave van welke criteria per scenario zijn opgenomen.

Criterium	Gebruiker	Systeem
<i>Beschikbaarheid</i>		
Beschikbaarheid warmtebronnen		1,0
Netbelasting (COP)		1,0
Betrouwbaarheid		1,0
<i>Betaalbaarheid</i>		
Nationale kosten	1,0	
Stabiliteit maandlasten/ energiegebruik (SCOP)	1,0	
<i>Duurzaamheid</i>		
CO2-emissie over 30 jaar		1,0
<i>Kwaliteit leefomgeving</i>		
Ruimte in woning	1,0	
Ruimte buiten woning	1,0	
Ruimte bovengrond	1,0	1,0
Ruimte ondergrond		1,0
Koeling	1,0	
<i>Medezeggenschap</i>		
Keuzevrijheid en medezeggenschap	1,0	

Resultaten scenario's gebiedsanalyse

Uit de scenario's voor de gebiedsanalyse komen als eerste inzichten naar voren:

- Als alle parameters hetzelfde worden gewogen, zoals in de referentie, komt de individuele all-electric oplossing op veel locaties als beste naar voren. In een aantal gebieden in en nabij het centrum komt een MT-warmtenet als beste optie uit de analyse. Dit zijn gebieden met een dichte bebouwing en veelal oudere gebouwen. De openbare ruimte is hier beperkt.
- Indien gekeken wordt naar de factoren die voor eindgebruikers naar verwachting zwaar wegen (kosten, ruimte in/rondom de woning, koeling en medezeggenschap), verandert er niet veel aan de uitkomsten ten opzichte van het eerste scenario. Wel komen er meer ZLT-netten naar voren, omdat deze goed scoren op koeling en keuzevrijheid.
- Gekeken vanuit het energiesysteem (netcongestie, CO₂-emissie) en de gemeente (betrouwbaarheid, beheer boven- en ondergrond) komen juist MT-warmtenetten iets vaker als beste oplossing naar voren.

Deze analyse laat zien dat MT-warmteneten in het centrum interessant kunnen zijn. Ook omliggende wijken met oudere gebouwen kunnen bij gunstige omstandigheden (voldoende geschikte warmtebronnen, positieve houding van inwoners) neigen naar een MT-warmtenet. In veel gebieden buiten het centrum lijkt een individuele warmtepompoplossing geschikt te zijn. In nieuwbouwggebieden en bij bedrijventerreinen kan een ZLT-net interessant zijn, zeker als er een grote koelbehoefte is.

LT-warmtenetten en groen gas oplossingen komen in deze scenario's nergens als beste oplossing naar voren. Dit komt doordat LT-netten naar verwachting op geen enkel criterium uitblinken. Groen gas leidt tot een relatief hoog energiegebruik, toenemende kosten en een grotere CO₂-emissie gedurende 30 jaar. Bovendien is groen gas ook in de toekomst maar zeer beperkt beschikbaar en adviseert de Rijksoverheid om dit niet als oplossing op te nemen in de warmteprogramma's van gemeenten.

Uiteindelijk zal in het warmteprogramma een afweging gemaakt worden tussen de voor- en nadelen van de warmteoplossing in relatie tot de kenmerken van de gebieden. Ook zijn er mogelijk factoren die ertoe leiden dat een op het oog kansrijke oplossing alsnog afvalt. Denk hiervoor bijvoorbeeld aan beperkingen op het elektriciteitsnet of afwezigheid van goede warmtebronnen.

A photograph of a row of modern brick houses with dark tiled roofs. The houses are constructed of red brick and feature white window frames and doors. Several solar panels are installed on the roofs. In the foreground, there is a field of tall, green grass. The sky is blue with scattered white clouds. The text '7' is overlaid on the left side of the image.

7

Samenvatting van de resultaten

7 Samenvatting van de resultaten

Dit hoofdstuk is een samenvatting van de belangrijkste resultaten van de warmtestudie. Hierbij is onderscheid gemaakt in de studie naar warmtebronnen, de multicriteria-analyse en de gebiedsanalyse.

Warmteoplossingen

In de warmtestudie zijn voor 80 gebieden in Breda warmteoplossingen met elkaar vergeleken. Daarvoor is in bijna alle gevallen een individuele lucht-water warmtepomp vergeleken met een warmtenet. Het temperatuurniveau van het warmtenet is afgestemd op het soort en bouwjaar van de gebouwen in het gebied.

In het buitengebied is groen gas als optie meegenomen, aangezien de warmtevraagdichtheid te laag is voor een warmtenet. De beschikbaarheid van groen gas is echter zeer beperkt, en de verwachting is dat kosten in de komende jaren verder toenemen. Het nadrukkelijke advies van de Rijksoverheid is dan ook om individuele groen gas oplossingen niet op te nemen in het warmteprogramma en waar mogelijk alternatieven te zoeken. Als referentie hebben we deze optie wel meegenomen in een vergelijking voor de buitengebieden, omdat warmtenetten daar geen haalbare optie zijn en all-electric anders in deze studie het enige alternatief voor aardgas is.

Warmtebronnen

Om de haalbaarheid van warmtenetten in een gebied te beoordelen, is eerst gekeken naar de beschikbaarheid van warmtebronnen.

In Breda zijn weinig tot geen middentemperatuur bronnen aanwezig, maar is er kans op diepe geothermie in het noorden van de gemeente. Naast onderzoek naar geothermie wordt ook de import van warmte uit de regio onderzocht. De daadwerkelijke potentie van beide opties is nog onzeker, terwijl dit wel van belang kan zijn voor de haalbaarheid van MT-warmtenetten.

Voor LT-warmtenetten lijkt aquathermie uit afvalwater bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) de meest kansrijke bron. Deze ligt echter relatief ver weg van de gebouwde omgeving. Om deze bron en bijbehorende warmtetransportleiding betaalbaar te kunnen ontwikkelen, moet de afname groot genoeg zijn. Indien de (technische en financiële) potentie van diepe geothermie of import van warmte groot genoeg is, kan overwogen worden om deze bron ook voor LT-netten te gebruiken. Dat kan direct, maar ook door gebruik te maken van de retourleiding van een MT-warmtenet.

Voor de betaalbaarheid van ZLT-netten is het belangrijk om zo veel mogelijk gebruik te maken van restwarmte uit comfortkoeling. Daarmee kan een groot deel van de warmtebehoefte in de winter gedekt worden. Voor nieuwe woonwijken is de warmte uit koeling waarschijnlijk ontoereikend en is aquathermie uit oppervlaktewater een goede en betaalbare regeneratiebron. De hoeveelheid energie uit oppervlaktewater is beperkt, dus is regie op dit verdeelvraagstuk wenselijk.

Seizoensopslag is cruciaal voor de ontwikkeling van veel lage temperatuurbronnen (restwarmte, aquathermie, zonthermie). Veelal wordt daarbij gebruik gemaakt van opslag in de bodem (WKO). Hierbij is regie op de ondergrond van belang voor de verdeling van ondergrondse ruimte voor warmte- en koudeopslag. Daarnaast gelden er strikte beperkingen voor grondwaterbeschermingsgebieden.

Als piekbron voor warmtenetten is een (groen)gasketel in ieder geval voor de komende jaren aan te raden, in plaats van een volledig elektrische oplossing. Het zorgt voor aanzienlijk lagere warmteprijzen en veel minder belasting van het elektriciteitsnet.

Multicriteria-analyse

Op basis van een multicriteria-analyse zijn de verschillende warmteoplossingen per gebied met elkaar vergeleken op de onderwerpen beschikbaarheid, betaalbaarheid, duurzaamheid, kwaliteit leefomgeving, keuzevrijheid en medezeggenschap.

Alle warmteoplossingen hebben voor- en nadelen:

- Individuele all-electric oplossingen scoren goed op betrouwbaarheid, de stabiliteit van maandlasten, duurzaamheid en ruimtegebruik in de openbare ruimte. Deze oplossing kent ook een hoge mate van keuzevrijheid. Nadelen liggen bij de relatief hoge netbelasting in de winter en ruimtegebruik in de woning. Ze passen goed bij naoorlogse woningen met relatief veel ruimte.
- ZLT-netten lijken qua beoordeling in veel opzichten op de individuele all-electric oplossing, maar scoren beter op netbelasting, koeling en keuzevrijheid. Ze vragen echter meer ruimte in de openbare ruimte, zowel boven- als ondergronds. Om het potentieel van ZLT-netten optimaal te gebruiken, is het nodig om afgifteapparatuur (bijvoorbeeld vloerverwarming) zodanig aan te passen dat je er ook mee kunt koelen. Dit vergt extra aanpassingen achter de voordeur en past daardoor het beste bij nieuwbouwontwikkelingen.

- MT-netten scoren - afhankelijk van de bron - goed op netbelasting en ruimte in de woning. De betaalbaarheid wordt beter naarmate er een hogere vraagdichtheid is (veel gebouwen dicht bij elkaar) en bij een hogere aansluitingsgraad. De oplossing vraagt, net als bij andere warmtenetten, om een behoorlijke ruimte in de boven- en ondergrond. MT-netten passen daarmee goed in gebieden met een hoge dichtheid aan oudere en kleinere woningen.
- LT-warmtenetten scoren in veel gevallen tussen de overige oplossingen in.
- Hybride groengasoplossingen scoren goed op netcongestie en het ruimtegebruik in de woning en openbare ruimte. De beschikbaarheid van groen gas is echter beperkt, en de verwachting is dat kosten in de komende jaren toenemen. Het advies van de Rijksoverheid is om individuele groen gas oplossingen niet op te nemen in het warmteprogramma en waar mogelijk alternatieven te zoeken.

Gebiedsanalyse

In de gebiedsanalyse zijn diverse criteria voor warmteoplossingen gekoppeld aan gebiedskenmerken. Afhankelijk van de keuze voor weegfactoren per criterium kan een score gegeven worden aan de onderzochte warmteoplossingen in de gebieden.

Deze beoordelingstabel biedt handvatten om keuzes te maken in het warmteprogramma.

Een globale trend in de eerste verkenning van scenario's, is dat MT-warmtenetten kansrijk lijken in het centrum en nabijgelegen dichtbebouwde, vooroorlogse wijken. Er moet daarvoor wel meer zekerheid komen over de beschikbaarheid van goede warmtebronnen. Voor veel andere gebieden is een individuele all-electric oplossing mogelijk geschikter. Voor nieuwbouwgebieden of bedrijventerreinen is een ZLT-oplossing mogelijk interessant.

8

Aandachts-
punten voor
het vervolg



8 Aandachtspunten voor het vervolg

Met de warmtestudie is een puzzelstukje gelegd in de routekaart naar een klimaatneutraal Breda. We zijn er echter nog niet.

De volgende mijlpaal op het gebied van het aardgasvrij maken van gebouwen, is het opstellen van het warmteprogramma. Daarvoor wordt samen met bewoners en andere belanghebbenden onderzocht welke warmteoplossing de voorkeur heeft en in welke volgorde de uitvoering plaats zal vinden.

Aandachtspunten

Om in het warmteprogramma en daarna de wijkenergieplannen goede keuzes te kunnen maken, zien we vanuit de Warmtestudie verschillende aandachtspunten. Deze zijn hieronder per categorie omschreven:

Energiebesparing

- We gaan uit van de Nationale Isolatiestandaard. Isolatie en efficiënt ventileren hebben vele voordelen: het energieverbruik wordt lager, we worden minder afhankelijk van de import van energie en we kunnen meer duurzame lage temperatuur warmtebronnen inzetten. Daarnaast draagt dit bij aan de vermindering van netcongestie. Aanvullend hierop denken we aan het buiten houden van warmte in de zomer, door optimaal gebruik te maken van (buiten)zonwering, zomernachtventilatie, witte en groene daken en groen in de tuin en op straat.

Collectieve warmtebronnen

- We onderzoeken de technische en financiële haalbaarheid van diepe geothermie in Breda. Hierbij is ook de zoektocht naar een geschikte locatie en de afstemming met buurgemeenten relevant.
- Met partners uit de regio onderzoeken we of het mogelijk is om warmte vanuit de regio te importeren. Momenteel lopen studies naar de levering van warmte vanuit Moerdijk (geothermie en restwarmte) en Plukmade (geothermie). Ennatuurlijk werkt aan de ontwikkeling van een e-boiler en aquathermie warmtepomp voor het Amerwarmtenet.
- We gaan in gesprek met het bevoegde gezag over de mogelijkheden voor hoge(re) temperatuur opslag in de bodem.
- We stellen een bodemenergieplan op voor de regio over de verdeling van de ruimte in de ondergrond voor de opslag van warmte, in relatie tot andere ontwikkelingen in de ondergrond (o.a. infrastructuur, grondwaterbescherming, vervuiling en architectuur).
- Ook stellen we een waterenergieplan op voor de verdeling van energie uit oppervlaktewater t.b.v. aquathermie, in overleg met relevante partijen, zoals buurgemeenten, het waterschap en al bestaande aquathermieprojecten.
- Als MT-warmtenetten door beschikbaarheid van geothermie of geïmporteerde warmte ook interessant zijn voor gebieden met naoorlogse gebouwen, kunnen we overwegen om de eerste jaren MT-warmte te leveren in LT-gebieden. Voor de flexibiliteit naar de toekomst is het een pré als de mogelijkheid bestaat om de temperatuur in het net langzaam te verlagen en de infrastructuur vanaf aanleg gereed te maken voor het lagere temperatuurniveau.
- Iets vergelijkbaars geldt voor piekvoorzieningen: in de eerste jaren gebeurt dit bij voorkeur met (groen)gasketels en later op basis van elektriciteit of andere duurzame bronnen.
- We kijken naar een transitiepad voor individuele warmtepompoplossingen via een hybride variant. Deze variant scoort goed op netbelasting en ruimtegebruik. Op termijn lopen kosten voor (groen) gas op en zal de levering van aardgas beëindigd worden. Het elektriciteitsnet kan in de tussentijd verzwakt worden en mogelijk komen er innovaties voor compactere warmteopslag in de woning beschikbaar.

Mogelijke optimalisaties in de planvorming

- Bij de wijkenergieplannen kijken we naar optimale grenzen van gebieden. De 80 gebieden uit de warmtestudie zijn niet leidend voor wijkenergieplannen. Grenzen kunnen schuiven en gebieden kunnen geclusterd worden.
- Er zijn soms mogelijkheden voor kleinschalige collectieven binnen gebieden waar individueel all-electric als beste naar voren komt. Dit begint bijvoorbeeld bij kansrijke warmtebronnen of initiatieven van inwoners en/of ondernemers. Ook als een warmtenet misschien niet financieel haalbaar is voor een heel gebied, dan nog bestaan er misschien nog kansen voor collectieve oplossingen op kleinere schaal. Deze schaal kan in de warmtestudie (op gemeenteschaal) niet onderzocht worden, maar bijvoorbeeld wijkenergieplannen bieden hiervoor een uitgelezen kans.
- Er kunnen mogelijkheden zijn voor ZLT-netten in gebieden waar LT-netten kansrijk lijken. Indien inwoners bereid zijn om woningen aan te passen voor zeerlagetemperatuur-verwarming en passieve koeling, is een ZLT-net een interessante optie.

- Er zijn ook optimalisaties mogelijk binnen individuele oplossingen. Bijvoorbeeld door de toepassing van bodemwarmtepompen of PVT-panelen. Ook is het wenselijk om de watertemperatuur van de warmtepomp zo laag mogelijk in te stellen. Afhankelijk van de isolatiegraad kan dit teruggebracht worden naar lager dan 35°C.

Bedrijventerreinen en werklocaties

- We geven meer aandacht aan wijkenergieplannen op bedrijventerreinen en werklocaties. We hebben inmiddels vier wijkenergieplannen in woonwijken vastgesteld. Voor werklocaties en grootverbruikers is een soortgelijk proces, afgestemd op de specifieke behoeften van ondernemers, wenselijk.

Participatie met belanghebbenden

- We gaan met belanghebbenden in gesprek tijdens het keuzeproces voor een warmteoplossing en het opstellen van wijkenergieplannen.
- We haken aan bij 'energie' in de wijk: waar zijn mogelijkheden om rondom lokale warmtebronnen (bijvoorbeeld zonthermie) kleinschalige (burger)initiatieven te ontwikkelen in gebieden waar geen grootschalige warmtenetten zijn voorzien?

Governance

- We onderzoeken de regierol van de gemeente in een energie- of warmtebedrijf. Op welke gebieden wil de gemeente een rol spelen? Welke samenwerkingen zijn wenselijk en mogelijk? Daarbij kijken we breder dan alleen naar de exploitatie van het warmtenet. We kijken bijvoorbeeld naar de mogelijkheid van het publiek ontwikkelen van warmtebronnen, maar ook het ontzorgen van inwoners op het gebied van individuele warmteoplossingen (inkoop, installatie en onderhoud).
- We leggen een warmtekavelstrategie en de wijze waarop warmtebedrijven aangewezen worden vast. Daarbij denken we ook na over welke

governance wenselijk is voor kleinschalige collectieven die in aanmerking komen voor ontheffing. Welke eisen wil de gemeente hieraan stellen? En wil de gemeente hierin zelf een rol spelen?

Ruimtelijke ordening

- We zoeken naar ruimte voor warmtebronnen, opslag en infrastructuur in de openbare ruimte, zowel boven- als ondergronds. We nemen de energietransitie mee in bijvoorbeeld gebiedsontwikkelingen en de groenopgave. De Omgevingsvisie Breda 2040 is hiervoor een startpunt.
- We denken na over slimme combinaties van ruimtelijke opgaven en passen, waar mogelijk, meervoudig ruimtegebruik toe.

Lobby

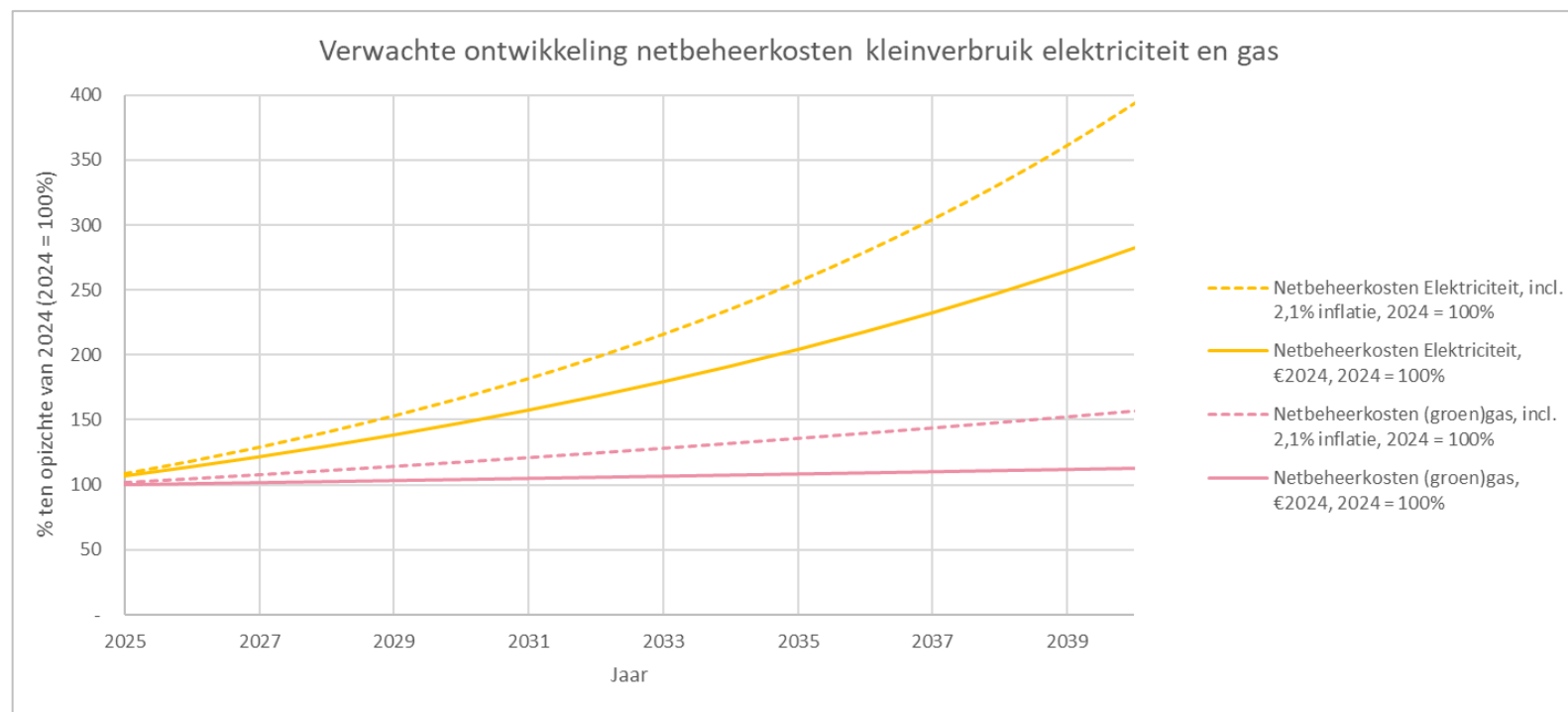
- We lobbyen op de juiste niveaus voor een eerlijke verdeling van lusten en lasten. Als een warmteoplossing op nationale kosten het goedkoopste is, moet de eindgebruiker dit ook terugzien in zijn energierekening.

Bijlagen

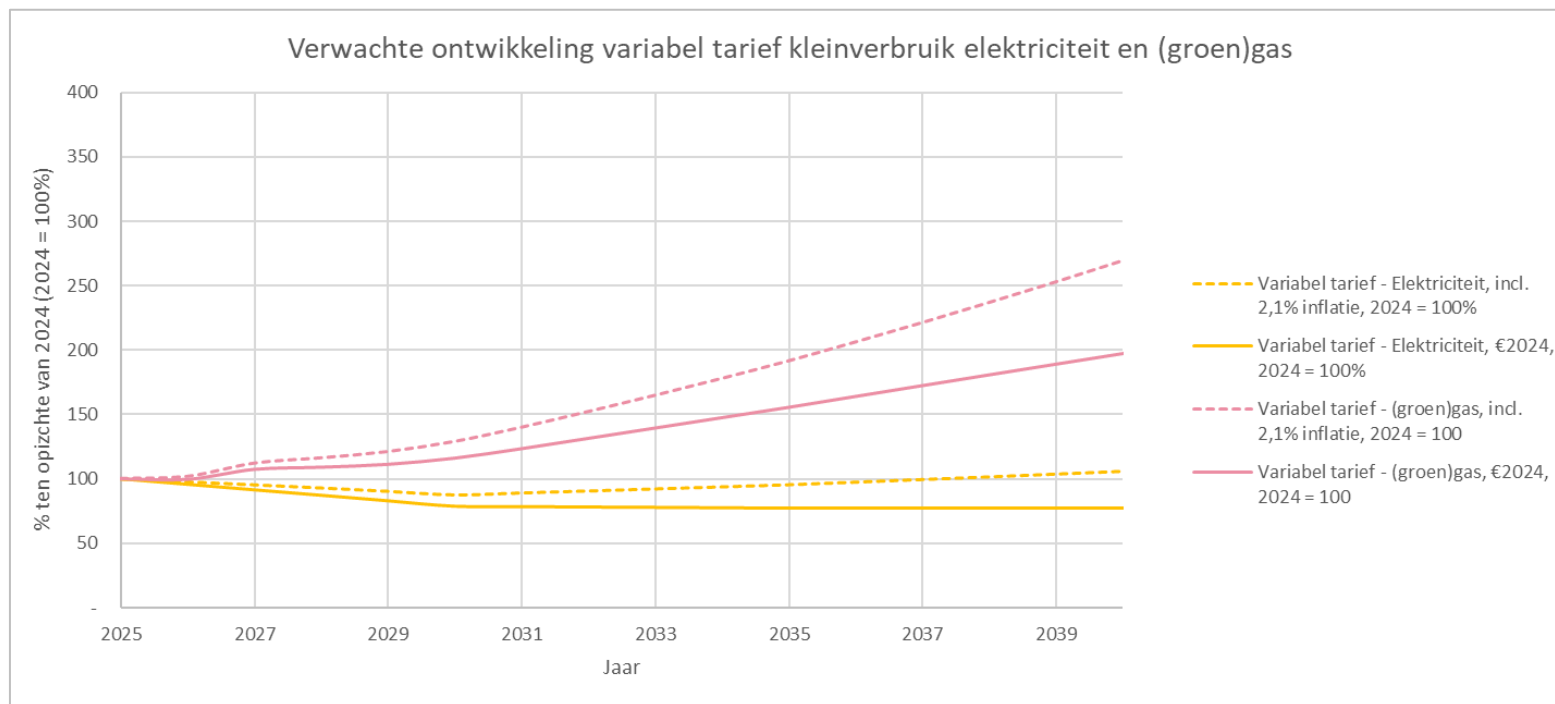


B1. Prijsontwikkelingen

Voor de warmtestudie zijn trends ontwikkeld voor de toekomstige verandering in energiekosten. Deze trends zijn in onderstaande grafieken weergegeven.



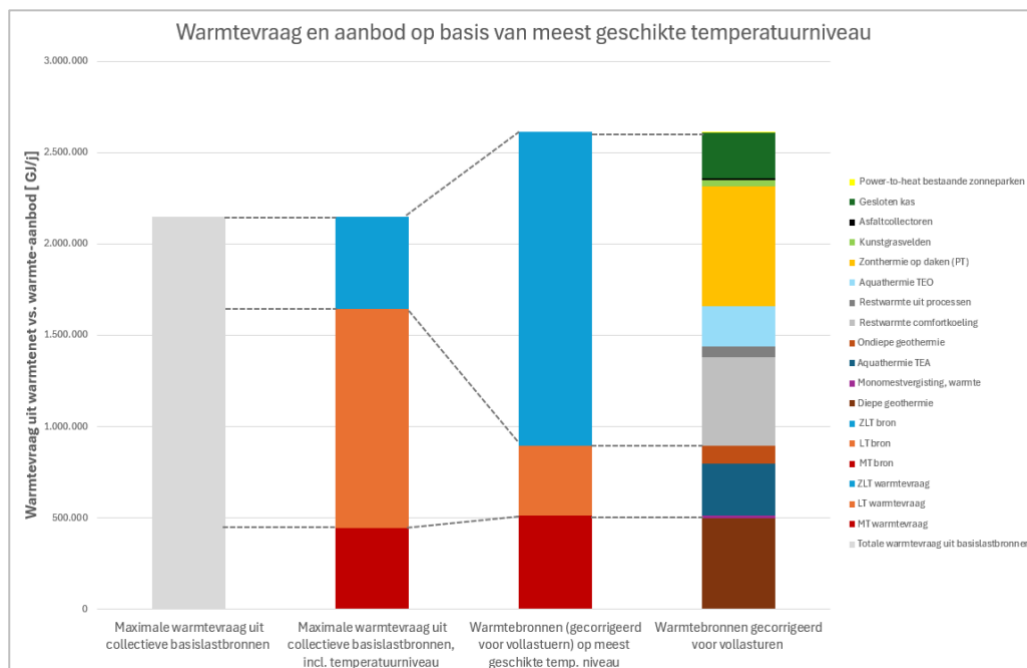
Figuur 22 - Verwachte ontwikkeling in netbeheerkosten voor kleinverbruikers (elektriciteit en aardgas).



Figuur 23 - Verwachte ontwikkeling in variabel tarief voor de inkoop van elektriciteit en (groen) gas.

B2. Verhouding warmtevraag en -aanbod van collectieve basislastbronnen

In de afbeelding hieronder staat de verhouding van maximale warmtevraag uit collectieve basislastbronnen (zie uitleg hst 4.2) en de beschikbaarheid van warmtebronnen. Warmtebronnen zijn gecorrigeerd voor het aantal vollasturen dat basislastbronnen typisch draaien (4.500).



Figuur 24 - Warmtevraag en -aanbod van collectieve basislastbronnen, ingedeeld op het geschikte temperatuurniveau.

B3. Tabellen kwaliteit leefomgeving

In deze bijlage staan diverse tabellen met de aannames en uitgangspunten rondom de impact van warmteoplossingen op de kwaliteit van de leefomgeving.

Tabel 14 – Ruimtegebruik in en rondom de woning voor apparatuur behorende bij verschillende warmteoplossingen. Bronnen: NPLW, Nibe, Remeha, Wahlbach.

	Individueel all-electric O.b.v. Lucht-water warmtepomp	MT O.b.v. geothermie	LT O.b.v. TEA	ZLT O.b.v. WKO en aquathermie	(Groen)gas hybride	(Groen)gas
Afleverzet [H x B x D in cm]		60 x 20 x 40	60 x 20 x 40	60 x 20 x 40		
(booster)warmtepomp, binnendeel [H x B x D in cm] incl. boilervat	180 x 60 x 62		150 x 60 x 62	180 x 60 x 62		
Alternatief: doorstroomboiler zonder vat			30 x 20 x 10			
Warmtepomp, binnendeel [H x B x D]					70 x 45 x 45	
CV-ketel					70 x 45 x 45	70 x 45 x 45
Warmtepomp, buitendeel [H x B x D in cm]	108 x 113 x 62				108 x 113 x 62	
Benodigd in pandig vloeroppervlakte excl. bedieningsruimte [m²]	0,36	0,08	0,45	0,45	0,41	0,20

Tabel 15 – Ruimtegebruik van verschillende warmteoplossingen
 ondergronds, voor een buurt van ca. 1200 woningen. Bronnen: Netbeheer
 NL, Sweco, IF Technology.

	Individueel all- electric O.b.v. Lucht-water warmtepomp	MT O.b.v. geothermie	LT O.b.v. TEA	ZLT O.b.v. WKO en aquathermie	(Groen)gas
Meerlengte LS-kabels [km]	5	2,5	5	5	2,5
Meerlengte MS-kabels [km]	0,9	0,4	0,9	0,9	0,4
Lengte distributienet (per duo van aanvoer- en retourleiding) excl. backbone en transportleidingen [km]		8	8	8	
Aantal WKO-doubletten [st]				6	
Ruimtebeslag voor WKO-doubletten [m²]				129.000	
*Ruimtebeslag voor geothermiedoublet, geschaald naar benodigde vermogen in het gebied (1 doublet per 10 gebieden)		600.000			

Tabel 16 - Ruimtegebruik van verschillende warmteoplossingen bovengronds, voor een buurt van ca. 1200 woningen

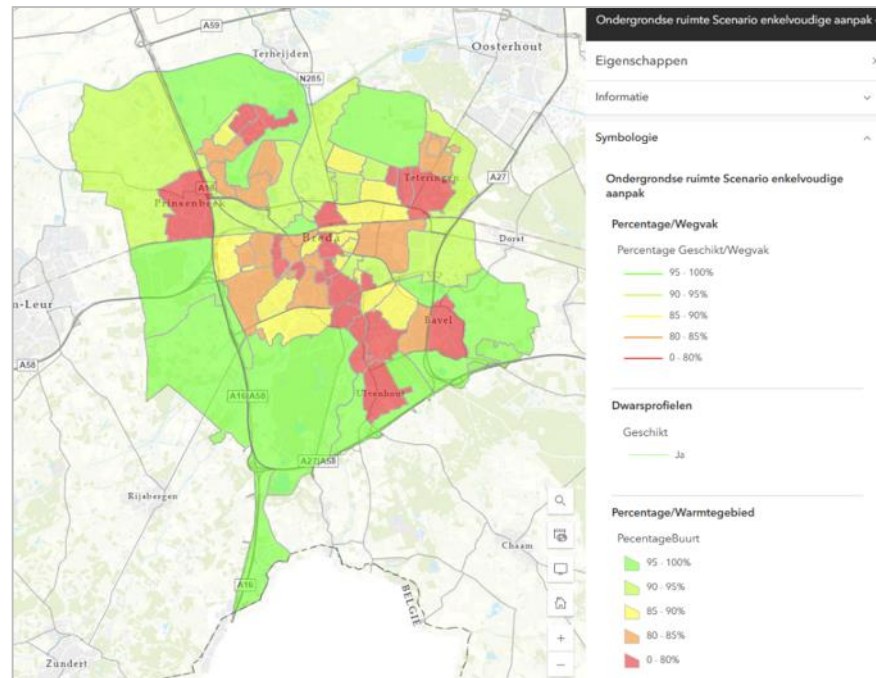
	Individueel all-electric O.b.v. Lucht-water warmtepomp	MT O.b.v. geothermie	LT O.b.v. TEA	ZLT O.b.v. WKO en aquathermie	(Groen)gas
Aantal extra transformatorstations (incl. vervoer en PV) á 35 m ² [st]	7	3	7	7	3
Oppervlakte extra transformatorstations (incl. vervoer en PV) [m ²]	245	105	245	245	105
Aantal warmteoverdrachtsstations á 15 m ² [st]			5	5	
Totale oppervlakte warmteoverdrachtsstations [m ²]			75	75	
WKO: per doublet ruimte voor warmtewisselaar, pompen, piekketel en regelinstallatie WKO á 30 m ² [m ²]				180	
Aquathermie (TEO) installatie (warmtewisselaar, pompen en regelinstallatie), excl. in-/uitlaat [m ²]				15	
*Aquathermie (TEA) bij RWZI installatie in gebouw voor warmtepomp van ca. 15 MWth, geschaald naar benodigde vermogen in het gebied (1 installatie voor 10 gebieden) [m ²]			75		
*Geothermie doublet (B x D terrein, waarvan ca. 30% bebouwd oppervlak), geschaald naar benodigde vermogen in het gebied (1 doublet voor 10 gebieden) [m ²]		450			
*Piek- en back-up ketels (verhouding basis-/pieklast 30/70%) á 35 MW + 15 MW back-up), geschaald naar benodigde vermogen in het gebied (1 installatie voor 10 gebieden) [m ²]		300	300		
* Warmtebuffer		N.t.b.	N.t.b.		
* Hernieuwbare elektriciteitsopwekking	N.t.b.	N.t.b.	N.t.b.	N.t.b.	N.t.b.
* Gaswinning, groen gas productie		N.t.b.	N.t.b.		N.t.b.
Aquathermie (TEO) installatie (warmtewisselaar, pompen en regelinstallatie), excl. in-/uitlaat [m ²]				15	

Ruimtegebruik in de openbare ruimte (ondergronds)

In de GIS analyse voor de ruimte in de ondergrond zijn de volgende aannames gemaakt:

- Er wordt een pakket met warmtenetleidingen (een MT-net als voorbeeld) aangelegd.
- Bestaande rioolbuizen en waterleidingen blijven liggen. Rondom rioolbuizen is voldoende marge aangehouden om in de toekomst (daar waar het nog niet is gebeurd) een gescheiden rioolstelsel aan te leggen. Rondom waterleidingen is in verband met legionellapreventie 1,5 meter tot de warmtenetleiding aangehouden. Ook is er rekening gehouden met wortels van bomen.
- Bestaande warmtenetten zijn uit de analyse gehaald, omdat warmtenetten anders dubbel worden geteld.
- Overige infrastructuur is niet meegenomen in de ruimtereservering, omdat deze verdwijnt (gasleidingen), of tussen water- en warmtenetleidingen gelegd kunnen worden.

Op basis van deze kaart is per straat ingeschat of er wel of geen ruimte is voor een warmtenet. De kleuren in de afbeelding laten zien of er naar verwachting in een groot aantal van de straten ruimte is voor een warmtenet (groen) of dat er veel (meer dan 20%) straten zijn met beperkingen in de ondergrond (rood).



Figuur 25 - Overzicht van ruimte in de ondergrond per gebied.

B4. Samenvatting scores multi-criteria analyse

In deze tabel staan per warmteoplossing de scores op de onderzochte criteria uit hoofdstuk 5.

De score voor de nationale kosten is altijd gebiedsafhankelijk. Daarom is per warmteoplossing de gemiddelde score over alle relevante gebieden opgenomen.

Voor een groot aantal van de criteria is de beoordeling in hoofdstuk 6 gebiedspecifiek gemaakt. Als voorbeeld: maakt het veel of weinig uit hoeveel ruimte een oplossing in de ondergrond vraagt? Dat hangt af van de daadwerkelijk beschikbare ruimte in de ondergrond.

Datzelfde geldt voor het ruimtegebruik binnen een woning: staan er in een gebied veel grote woningen? Dan is het inpassen van een warmtepomp en boiler vat vaak eenvoudiger dan wanneer er vooral kleine woningen in een gebied staan.

Tabel 17 - Samenvatting scores van verschillende warmteoplossingen op beoordelingscriteria.

Samenvatting scores	Beschikbaarheid warmtebronnen (gemiddeld alle gebieden)	Netbelasting (COP)	Betrouwbaarheid	Nationale kosten (gemiddeld alle gebieden)	Stabiliteit maandlasten/ energiegebruik (SCOP)	CO2-emissie over 30 jaar	Ruimte in woning	Ruimte buiten woning	Ruimte bovengrond	Ruimte ondergrond	Koeling	Keuzevrijheid en medezeggenschap
Individueel all-electric - LT	4,0	1,1	5,0	3,0	5,0	5,0	3,3	2,4	3,3	5,0	4,0	4,0
Individueel all-electric - MT	4,0	1,0	5,0	3,0	4,2	5,0	3,3	2,4	3,3	5,0	4,0	4,0
MT warmtenet	3,0	5,0	4,0	2,5	2,4	3,3	4,1	5,0	4,1	3,0	2,0	1,5
LT warmtenet	3,2	3,2	3,5	2,2	2,3	3,8	2,4	5,0	2,4	3,0	2,0	2,8
ZLT warmtenet	3,3	1,6	3,0	2,6	3,7	3,7	1,0	5,0	1,0	3,0	5,0	3,8
Groengas hybride	1,0	5,0	4,0	3,3	2,6	3,8	5,0	2,4	5,0	5,0	2,0	4,5
Groen gas	1,0	5,0	4,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	2,0	3,5

B5. Lijst met GIS-kaarten

GIS-kaarten van de bestaande situatie

Titel	Inhoud	Gebaseerd op	Auteur
Aansluitingen Ennatuurlijk	Adressen met aansluitingen op een warmtenet van Ennatuurlijk, incl. gemiddeld verbruik geaggregeerd op minimaal 10 adressen	Aangeleverde informatie van Ennatuurlijk (2022 en 2023)	Gemeente Breda
Adressenlaag	kaart met gegevens van gebouwen op adresniveau, o.a. met oppervlakte, bouwjaar etc.	BAG peildatum 1-1-2024	Gemeente Breda
Adressen_per_pand	Analyse van het aantal adressen per pand, t.b.v. bepalen kansen voor plaatsen buitendeel warmtepomp	BAG peildatum 1-1-2024	Gemeente Breda
Bedrijven in beeld	Locaties van bedrijven incl. o.a. SBI-codes	KVK-data	Gemeente Breda
Beschermd stadsgezicht Breda	Gebieden in Breda met een beschermd stadsgezicht	Nationaal georegister	Gemeente Breda
Bovengrondse Ruimte (Privaat)	Kaarten met categorieën voor woningen naar woonoppervlakte.		Gemeente Breda
Bovengrondse ruimte Publiek	Publieke bovengrondse ruimte		Gemeente Breda
Cultuurhistorischewaardekaart	Geeft voor gebieden in Breda aan welke cultuurhistorische waarde hieraan is toegekend. O.a. rijks- en gemeentelijke monumenten.		Gemeente Breda
Gemeentelijk vastgoed	Locaties van de gemeentelijke gebouwen met energiegebruik dat boven grenswaarden van de informatieplicht en erkende maatregelenlijst vallen. Informatie over nog uit te voeren maatregelen en huidige energiegebruik.	Gemeente Breda	Gemeente Breda
Gemeentelijke monumenten	Kaartlaag met de gemeentelijke monumenten, bestaande uit panden, waarvan het verblijfsobject gelegen is binnen een perceel waarop een monumentale status rust.		Gemeente Breda
Grootverbruikers Breda	Kaart met locatie en verbruiksgegevens van grootverbruikers in Breda.	OMWB	Gemeente Breda
Maatschappelijk vastgoed	Kaart met locaties van maatschappelijk vastgoed		Gemeente Breda
Warmtenetten en WKO's	Kaart van de bestaande warmtenetten en WKO's in Breda.	Combinatie van gegevens uit KLIC en Ennatuurlijk	Gemeente Breda
Werklocaties_Gweb	Locaties van werklocaties in Breda		Gemeente Breda
Woningbouwcorporaties	Locaties en informatie over gebouwen van woningbouwcorporaties	Gegevens van Alwel, Laurentius en WonenBredburg	Gemeente Breda
Woningbouwprogramma 01-09-2024	Locaties en gegevens over nieuwbouwplannen in Breda		Gemeente Breda

GIS-kaarten van warmtebronnen

Titel	Inhoud	Gebaseerd op	Auteur
Aquathermie_Potentie_afvalwater_TEA_IF_Technology	Locaties en potentie van energie uit afvalwater (TEA)	Analyse IF Technology	IF Technology
Aquathermie_Potentie_Oppervlaktewater_TEO_IF_Technology	Locaties en potentie van energie uit oppervlaktewater (TEO)	Analyse IF Technology	IF Technology
Aquathermie_Potentie_Stilstaand_Oppervlaktewater_TEO_IF_Technology	Locaties en potentie van energie uit oppervlaktewater (TEO) uit stilstaande waterdelen	Analyse IF Technology	IF Technology
Aquathermie_Potentie_Stromend_Oppervlaktewater_TEO_IF_Technology	Locaties en potentie van energie uit oppervlaktewater (TEO) uit stromende waterdelen	Analyse IF Technology	IF Technology
Bestaande_Windturbines_als_warmtebron	Locaties en vermogen van bestaande windturbines in Breda en de hoeveelheid warmte die deze middels een koppeling aan een e-boiler kunnen opwekken.	Analyse IF Technology	IF Technology
Bestaande_Zonneparken_Potentie_warmtebron	Locaties en vermogen van bestaande zonneparken in Breda en de hoeveelheid warmte die deze middels een koppeling aan een e-boiler kunnen opwekken.	Analyse IF Technology	IF Technology
BGT_Kunstgrasvelden_Potentie_regeneratie	Locatie van bestaande kunstgrasvelden in Breda en de hoeveelheid warmte die opgewekt kan worden als hieronder een zonnecollector wordt aangelegd.	Analyse IF Technology o.b.v. BGT	IF Technology
Bio olie ketel Ennatuurlijk	Locatie en vermogen van de bio-olie ketel van Ennatuurlijk in Breda	Analyse IF Technology	IF Technology
Geothermie_Vermogen_Trias_Breda_IF_Technology	Kaart met de potentie van reguliere geothermie uit het Hoofd Bontzandsteen Reservoir.	Analyse IF Technology	IF Technology
Gesloten_Bodemenergie_Potentie_IF_Technology	Kaart met de geschiktheid voor gesloten bodemenergiesystemen. De geschiktheid is gebaseerd op een openbaar ondergrondmodel (LHM 4.1) en de bestaande juridische regelgeving	Analyse IF Technology	IF Technology
HTO_MTO Potentiekaart_IF_Technology	Kaart met de geschiktheid van (Middel) Hoge Temperatuur Opslag. De geschiktheid is gebaseerd op het REGIS II V2.2.1 model en het zoet-brak grensvlak in Breda	Analyse IF Technology	IF Technology
MT_HT_Restwarmte_Bronnen_IF_Technology	Kaart met de HT/MT restwarmtebronnen uit de greennis rapportage voor de RES West-Brabant. Bronnenstudie IF Technology.	Analyse IF Technology RES West-Brabant bronnenstudie Greennis	IF Technology
Ondiepe_Geothermie_Vermogens_ZvB_Breda_IF_Technology	Kaart met de potentie van ondiepe geothermie uit het Zand van Brussel	Analyse IF Technology	IF Technology
Open_Bodemenergie_Geschiktheid_IF_Technology	Kaart met de geschiktheid voor open bodemenergiesystemen. De geschiktheid is gebaseerd op een openbaar ondergrondmodel (LHM 4.1) en de bestaande juridische regelgeving	Analyse IF Technology	IF Technology

Potentie_Bio_energie_Breda_IF_Technology	Kaart met informatie over de potentie van vaste biomassa en groene gassen	Analyse IF Technology	IF Technology
Potentie_Parkeervakken_Breda_als_zonnecollector	Kaart met de potentie van grote parkeerplaatsen als grootschalige regeneratiebron voor WKO. Inschatting van de potentie zijn op basis van kentallen	Analyse IF Technology	IF Technology
Potentie_Zonthermie_Pand_2D_BAG_IF_Technology	Kaart met de potentie voor PVT en Vacuüm vlakplaatcollectoren op basis van de 2D en 3D BAG.	Analyse IF Technology icm BAG	IF Technology

Lijst van GIS-kaarten met resultaten van de warmtestudie

Titel	Inhoud	Gebaseerd op	Auteur
Gebieden warmtestudie	Kaart met de gebieden die in de warmtestudie zijn onderzocht. Deze zijn gebaseerd op de CBS buurten. Her en der zijn extra grenzen toegevoegd om buurten te splitsen op basis van kenmerken zoals bouwjaar, bedrijventerrein of nieuwbouw.	CBS buurtindeling met enkele aanvullende grenzen toegevoegd	Gemeente Breda
Voorkeursvariant_obv_nationale_kosten	Kaart met per warmtegebied de resultaten van de financiële doorrekening van warmteoplossingen, met de goedkoopste oplossing op nationale kosten en de robuustheid ten opzichte van het alternatief	Analyse Sweco	Sweco
Warmteoplossingen t.b.v. warmtestudie	Per gebied uit de warmtestudie de twee te vergelijken warmteoplossingen op basis van beleidsregels. Dit is het startpunt voor de verdere analyse	Gemeente Breda	Gemeente Breda
Warmtevraag Breda	Berekening van huidige en toekomstige warmtevraag voor woningen, utiliteit en het totaal	Analyse Sweco	Sweco

B6. Bronvermelding

Bronvermelding	Brondetails
[ACM 2024]	Autoriteit Consument en Markt (2024) via https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-steunt-het-uitgangspunt-om-netkosten-eerlijker-te-verdelen-over-kleinverbruikers
[ACM 2025]	ACM (2025) tariefbesluit warmte 2025 met wijzigingen
[Allesoveraardwarmte 2025]	Alles over aardwarmte (2025) allesoveraardwarmte.nl/voor-overheid , bezocht op 28/05/2025
[Arcadis 2022]	Arcadis (2022) <i>Routekaart circulariteit waterketen Nieuwveer</i>
[Berenschot 2024]	Berenschot (2024) <i>Verkenning alternatief nettarijfstelsel kleinverbruik</i>
[BlueTerra 2024]	BlueTerra (2024) <i>Warmtepompen in de glastuinbouw</i>
[Bosch 2025]	Bosch (2025) <i>Prijslijst mei 2025</i>
[Brabantse Delta]	Brabantse Delta / Blue Terra (??) <i>Notitie uitkoppeling warmte effluent</i>
[Breda 2025]	Gemeente Breda (2025) Factsheets warmtebronnen
[CBS 2023]	https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/statistische-trends/2023/ruim-tweehonderd-jaar-energieverbruik-in-nederland/2-methode
[CBS 2024 - 1]	CBS (2024) <i>Gemiddelde energietarieven voor consumenten</i>
[CBS 2024 - 2]	CBS (2024) <i>Hernieuwbare energie in Nederland 2023</i>
[CBS 2024 - 3]	CBS (2024) <i>Elektriciteitsbalans, aanbod en verbruik; Nationaal Energie Dashboard</i>
[CBS 2024 - 4]	CBS (2024) <i>Melkveestapel iets gekrompen in 2024</i>
[CBS 2024 - 5]	CBS Statline (2024) <i>Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar gemeente</i>
[CBS 2025 - 6]	https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/begrippen/verbrandingswaarde
[CE Delft 2018]	CE Delft (2018) Feasibility study into blue hydrogen
[CE Delft 2022 - 1]	CE Delft (2022) <i>Update kentallen installaties Vesta Mais</i>
[CE Delft 2022 - 2]	CE Delft (2022) <i>Bijmengverplichting groen gas</i>
[CE Delft 2023 - 1]	CE Delft (2023) <i>Power-to-heat en warmteopslag in warmtenetten</i>
[CE Delft 2023 - 2]	CE Delft (2023) <i>Kansen voor warmte-koudenetten</i>
[CE Delft 2024 -1]	CE Delft (2024) <i>Het effect van het stagneren van de groei van warmtenetten</i>
[CE Delft 20245]	CE Delft (2025) <i>Emissies in de gemeente Breda, update 2025</i>
[Daikin 2024]	Daikin (2024) www.daikin.nl

[EBN 2025]	EBN (2025) <i>Schriftelijke communicatie over formatiegas in kansrijke lagen in Breda</i>
[ECN 2011]	ECN (2011) <i>Factsheet Warmte-koude opslag met asfaltcollectoren</i>
[Eneco 2025]	Eneco (2025) <i>eneco.nl/warmtepomputrecht</i> bezocht op 28/05/2025
[Enexis 2024 - 1]	Enexis (2024) <i>Periodieke aansluit- en transporttarieven elektriciteit voor grootverbruikers per 1 januari 2024</i>
[Enexis 2024 - 2]	Enexis (2024) <i>Periodieke aansluit- en transporttarieven gas voor profiel grootverbruikers per 1 januari 2024</i>
[Enexis 2024 - 3]	Enexis (2024) <i>Periodieke aansluit- en transporttarieven gas voor telemetrie grootverbruikers per 1 januari 2024</i>
[Enexis 2024 - 4]	Enexis (2024) <i>Jaarverslag 2024</i>
[Ennatuurlijk 2024]	Ennatuurlijk (2024) <i>Jaaroverzicht 2024</i>
[Ennatuurlijk 2025]	Ennatuurlijk (2025) Een duurzame stap vooruit in Midden- en West-Brabant via https://ennatuurlijk.nl/over-ons/nieuws/een-duurzame-stap-vooruit-midden-en-west-brabant
[ENTSO-e 2023, 2024]	ENTSO-e Transparency platform (2023, 2024) <i>Day-ahead prices Netherlands (BZN NL)</i>
[Finovi 2023]	Finovi (2023) <i>Ketenanalyse Collectorenveld Meervoudige waardecreatie 2023</i>
[Flamco 2025]	Flamco (2025) Flextherm Eco G2 warmtebatterij
[Güntner 2025]	Güntner (2025) Selectie droge koeler
[Haskoning 2025]	Haskoning (2025) <i>Impact warmtepompen op omgevingsgeluid en hittestress</i>
[IF 20204]	IF Technology (2024) <i>Bronnenstudie gemeente Breda - Onderzoek naar potentiële warmtebronnen binnen de gemeente Breda</i>
[Kadaster 2024]	Kadaster (2024) <i>Kabels en Leidingen Informatie Centrum, kaart met ondergrondse infrastructuur.</i>
[Kalavasta 2024]	Kalavasta (2024) <i>De kosten en baten van warmteopslag in warmtenetten</i>
[Klimaatmonitor, 2025]	Klimaatmonitor (2025) https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/rapport-energieverbruik/2--gebouwde-omgeving
[Min BZK 2021]	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (Min BZK) <i>Kamerbrief over Standaard voor woningisolatie</i>
[Min BZK 2023]	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (Min BZK, 2023) <i>Kamerbrief over Verduurzaming van de gebouwde omgeving</i>
[Min EZ 2019]	Ministerie van Economische Zaken (2019) <i>Klimaatpakkoord</i>
[Min EZK 2023]	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2023) <i>Nationaal Plan Energiesysteem (Bijlage C</i>
[Min EZK 2024]	Ministerie van Economische Zaken en klimaat (2024) <i>Kamerbrief Aanpassingen bijmengverplichting groen gas</i>
[Min EZK 2024]	Ministerie van Economische Zaken en klimaat (2024) <i>Kamerbrief Aanpassingen bijmengverplichting groen gas</i>
[Min Fin 2024 - 1]	Ministerie van Financiën (2024) <i>Factsheetbundel pakket Belastingplan 2025</i>
[Min Fin 2024 - 2]	Ministerie van Financiën (2024) <i>Naar een toekomstbestendige energielasting</i>
[Min KGG 2025]	Ministerie van KGG (2025) <i>Kamerbrief Kostenraming transportnet voor waterstof en Warmteling</i>
[NEN 2024]	NEN (2024) NTA 8800:2024 <i>Energieprestatie van gebouwen - bepalingmethode</i>

[Netbeheer Nederland 2022]	Netbeheer Nederland (2022) <i>Netimpact van warmteoplossingen</i>
[Nibe 2025 - 1]	Brochure Nibe Lucht/water warmtepompen
[Nibe 2025 - 3]	Nibe (2025) website https://www.nibe.eu/nl-nl/producten/smart-energy-management bezocht op 8/7/2025
[Nibe 2025 -2]	Nibe (2025) website https://www.nibe.eu/nl-nl/producten/warmtepompen/water-water-warmtepompen/mt-mb / bezocht op 8/7/2025
[NPLW 2022]	NPLW (2022) <i>Template Business case warmtenetten</i>
[NPLW 2025 - 2]	Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW) website https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtetechnieken Bezocht op 22/7/2025
[NPWL 2025 -1]	Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW) website https://www.nplw.nl/warmte-en-ruimte/ruimtetool Bezocht op 9/7/2025
[OMWB 2024]	OMWB (2024) <i>Overzicht veehouderijen Breda 09-07-2024 - met o.a. adres, type, aantallen vee</i>
[Orange Climate 2025]	Orange Climate (2025) https://www.orangeclimate.com/oplossingen/pcm/ bezocht op 24/6/2025
[PBL 2021 - 2]	PBL (2021) <i>Functioneel Ontwerp Vesta Mais 5.0</i>
[PBL 2021]	PBL (2021) Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021
[PBL 2022]	PBL (2021) <i>Eindadvies basisbedragen SDE++ 2022</i>
[PBL 2023 - 1]	PBL (2023) <i>Scenario's voor aardgas- en elektriciteitsprijzen voor kleinverbruikers</i>
[PBL 2023 - 2]	PBL (2023) <i>Referentieverbruik warmte woningen</i>
[PBL 2024 - 1]	PBL (2024) <i>Klimaat- en energieverkenning 2024</i>
[PBL 2024 - 2]	PBL (2024) <i>Berekening basisbedragen SDE++ 2024 (OT-model)</i>
[PBL 2024 - 3]	PBL (2024) <i>Eindadvies basisbedragen SDE++ 2024</i>
[PBL 2025 - 1]	PBL (2025) <i>Berekening basisbedragen SDE++ 2024 (OT-model)</i>
[PBL 2025 - 2]	PBL (2025) <i>Startanalyse verdiepend rapport</i>
[Praktijkonderzoek Plant en Omgeving bv 2005]	Praktijkonderzoek Plant en Omgeving bv (2005) <i>Biologische en overige grondgebonden teelten in een (semi) gesloten kas</i>
[Provincie NB 2024]	Provincie Noord-Brabant (2024) <i>Actieplan versnelling geothermie</i>
[pwc 2025]	pwc (2025) <i>Financiële impact energietransitie voor netbeheerders (FIEN+)</i>
[pwc 2025]	pwc (2025) <i>Financiële impact energietransitie voor netbeheerders (FIEN+)</i>
[Remeha 2025]	Remeha (2025) website https://kennisbank.remeha.nl/hoe-bepaal-je-het-benodigde-vermogen-van-een-warmtepomp/#:~:text=Methode%202-,Het%20vermogen%20van%20een%20warmtepomp%20kan%20als%20volgt%20worden%20berekend,met%20een%20factor%200%2C4. / bezocht op 8/7/2025
[RES WB 2025]	RES West-Brabant (2025) <i>Regionaal Plan Energiesysteem - West-Brabant Energie in Balans (consultatieversie 2025 04 17)</i>

[RHDHV & Warmteling, 2025]	RHDHV & Warmteling (2025) <i>Maatschappelijke kosten en eindgebruikerskosten analyse</i>
[RIFT 2023]	RIFT Development (2023) <i>Iron Fuel Technology Whitepaper</i>
[RVO 2022]	RVO (2022) https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/voorbeeldwoningen-bestaande-bouw
[RVO 2024]	https://regelhulpenvoorbedrijven.nl/kostenkentallen/
[RVO 2024]	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO, 2024) <i>WKO - bodemenergietool</i>
[RVO 2025 - 1]	RVO website
[RVO 2025 - 2]	RVO (2025) <i>Rekentool warmtepompen meer dan 70 kW</i>
[RVO 2025 - 3]	RVO (2025) https://www.rvo.nl/onderwerpen/verduurzaming-warmtevoorziening/uniforme-maatlat
[RVO 2025 - 4]	RVO (2025) Renovatiestandaard https://www.rvo.nl/onderwerpen/renovatiestandaard
[RVO 2025]	RVO (2025) ISDE: Stand van zaken budget, via https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/budget#isde-cijfers-tot-en-met-juni-2025
[Sweco 2025]	Sweco (2025) <i>Warmtestudie Breda</i>
[TNO 2021 - 1]	TNO (2021) <i>Ontwikkelingen productiekosten klimaatvriendelijke waterstof</i>
[TNO 2021 - 2]	TNO (2021) <i>Energievraag van ruimtekoeling in woningen</i>
[TNO 2021 - 3]	TNO (2021) Duurzaamheid van geothermie in warmtenetten, rekentool
[TNO 2024 - 1]	TNO (2024) <i>Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed elektrolyser projects in the Netherlands</i>
[TNO 2024 - 2]	TNO & CPB (2024) <i>Inkomenseffecten van woningisolatie naar de isolatiestandaard</i>
[Trane 2024 - 1]	Trane (2024) <i>Sintesis Advantage CXAF lucht-water warmtepomp</i>
[Trane 2024 - 2]	Trane (2024) Installation Operation Maintenance
[Trane 2025]	Trane (2025) <i>Trane koudemiddelen via https://trane.eu/nl/hvac-solutions/61-refrigerants.html bezocht op 27/5/2025.</i>
[WarmtelinQ 2025]	WarmtelinQ (2025) www.warmtelinq.nl/veelgestelde-vragen/overige-vragen

B7. Begrippenlijst

Technische en energetische termen

- **Utiliteit:** Niet-woningen zoals kantoren, scholen en winkels, industriële panden; gebouwen met een andere functie dan wonen.
- **Afgifteapparaten:** Installaties zoals radiatoren of vloerverwarming die warmte afgeven in een gebouw.
- **Comfortkoeling:** Koeling van gebouwen voor thermisch comfort, vaak als aanvulling op verwarming.
- **Blokverwarming:** Centrale verwarming voor meerdere woningen binnen één gebouw of complex.
- **Basislastbron:** Warmtebron die continu en efficiënt warmte levert gedurende het hele jaar.
- **Piekbron:** Warmtebron die bijspringt op koude momenten met hoge warmtevraag.
- **Back-up bron:** Reservebron die inspringt bij uitval van de hoofdwarmtebron.
- **Regeneratiebron:** Bron die warmte levert om een WKO-systeem (in de zomer) weer op te laden.
- **Netcongestie:** Situatie waarin het elektriciteitsnet overbelast is en geen nieuwe aansluitingen mogelijk zijn.
- **Vermogen:** De maximale hoeveelheid energie die een warmtebron per tijdseenheid kan leveren.
- **Volume:** De totale hoeveelheid warmte die een bron per tijdseenheid (bijvoorbeeld per jaar) kan leveren.
- **Vollasturen:** geeft aan hoeveel uur de warmtebron op zijn maximale vermogen zou moeten werken om dezelfde hoeveelheid warmte te leveren als de werkelijke jaarlijkse warmtevraag.
- **COP (coefficient of performance):** een factor die aangeeft hoeveel warmte op piekmomenten geproduceerd kan worden met één eenheid ingaande energie. In het geval van de warmtestudie kijken we naar ingaande elektriciteit. Een hogere COP betekent een efficiëntere installatie.
- **SCOP (seasonal coefficient of performance):** een factor die aangeeft hoeveel warmte gemiddeld over een seizoen geproduceerd kan worden met één eenheid ingaande energie (elektriciteit of (groen) gas). Een hogere SCOP betekent een efficiëntere installatie.
- **Gigajoule (GJ):** Eenheid van energie; 1 GJ = 1 miljard joules.
- **Petajoule (PJ):** Eenheid van energie; 1 PJ = 1 miljoen GJ.

Warmtebronnen en opslag

- **WKO (Warmte-Koude Opslag):** Seizoensopslag van warmte en koude in de bodem via aquifers.
- **Geothermie:** Warmtewinning uit diepe aardlagen, vaak tussen 500–1500 meter diepte.
- **Geothermiedoublet:** twee putten van een geothermiebron (een put om warm water uit de diepe ondergrond omhoog te pompen en een tweede om het afgekoelde water weer terug de grond in te brengen).
- **HTO (Hoge Temperatuur Opslag):** Opslag van warmte op hoge temperatuur in de bodem.
- **MTO (Midden Temperatuur Opslag):** Opslag van warmte op midden temperatuur in de bodem.
- **TEA (Thermische energie uit afvalwater):** energie uit afvalwaterstromen, zoals uit rioolgemalen of effluentwater bij rioolwaterzuiveringen.
- **TEA (Thermische energie uit oppervlaktewater):** energie uit oppervlaktewater, zoals uit de Mark of stilstaande wateren.

Financiële en beleidsmatige termen

- **Eindgebruikerskosten:** Kosten die een bewoner of ondernemer daadwerkelijk betaalt voor warmte.
- **Nationale kosten:** Totale kosten van een warmteoplossing, zonder subsidies of belastingen.
- **Robuustheid:** Mate waarin een warmteoplossing financieel aantrekkelijk blijft bij veranderende aannames. In de warmtestudie berekend als verhouding in nationale kosten over 30 jaar tussen twee onderzochte oplossingen.
- **ETS2:** Europees emissiehandelssysteem voor o.a. gebouwen en mobiliteit, dat CO₂-uitstoot beprijsst.
- **Warmtevraagdichtheid:** Hoeveelheid warmtevraag per oppervlak, bijvoorbeeld per hectare.
- **Aansluitingsgraad:** Percentage gebouwen in een gebied dat daadwerkelijk wordt aangesloten op een warmtenet.

