



Het effect van het stagneren van de groei van warmtenetten

Wat als de ontwikkeling van
warmtenetten niet op gang komt?



Het effect van het stagneren van de groei van warmtenetten

Wat als de ontwikkeling van warmtenetten niet op gang komt?

Dit rapport is geschreven door:

Marianne Teng

Charley Bakker

Florian Hesselink

Katja Kruit

Frans Rooijers

Laurens Vergroesen

Delft, CE Delft, december 2024

Publicatienummer: 24.240411.179

Opdrachtgever: TKI Urban Energy

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Marianne Teng (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	5
	1.1 Aanleiding	5
	1.2 Doel en onderzoeksvragen	5
	1.3 Leeswijzer	5
2	Methode	6
	2.1 Afbakening	6
	2.2 Onderzoeksaanpak	6
	2.3 Limitaties van de methode	10
3	Resultaten	11
	3.1 Ontwikkelingen warmtenetaansluitingen	11
	3.2 Warmtenetbuurten	11
	3.3 Nationale kosten	12
	3.4 Energiegebruik en emissies	15
	3.5 Effect op vermogensvraag	17
	3.6 Kwalitatieve effecten: uitvoering en leveringszekerheid elektriciteitsnet	17
4	Conclusie en aanbevelingen	18
	4.1 Conclusies	18
	4.2 Beleidsaanbevelingen	18
	4.3 Aanbevelingen voor verfijning onderzoek	19
	Literatuur	20
A	Methode	21
	A.1 Emissiefactoren	21
	A.2 Bewerking op Startanalyse voor bestaande warmtenetten	21
	A.3 Netverzwaringkosten	21



Samenvatting

Warmtenetten spelen een belangrijke rol bij het behalen van de CO₂-reductiedoelstellingen voor 2030 en 2050, zoals opgenomen in het Klimaatakkoord. Echter, de ontwikkeling van warmtenetaansluitingen stagneert sterk. Jaarlijks worden er slechts 15.000 nieuwe aansluitingen gerealiseerd, terwijl dit er vanaf 2030 80.000 moeten zijn om de doelen te behalen. Deze stagnatie bedreigt niet alleen de energietransitie, maar vergroot ook de belasting op het elektriciteitsnet.

Deze studie onderzoekt wat het belang is en de urgentie van het realiseren van warmtenetaansluitingen. Dit gebeurt door middel van een technisch-economische onderbouwing van de maatschappelijke meerwaarde van warmtenetten in 2040.

Methode

De studie vergelijkt drie scenario's waarin de gerealiseerde CO₂-reductie gelijk is:

1. **Warmtenetscenario:** volledige realisatie van 1,3 miljoen warmtenetaansluitingen in 2040.
2. **All electric-scenario:** substitutie van nieuwe warmtenetaansluitingen door all electric-warmtepompen.
3. **Hybride-scenario:** substitutie van nieuwe warmtenetaansluitingen door een combinatie van hybride en all electric-warmtepompen.

Voor de drie scenario's is in kaart gebracht wat de effecten zijn op nationale kosten, energiegebruik, netbelasting en robuustheid van de elektriciteitsvoorziening. We hebben de resultaten van de Startanalyse 2020 gebruikt en extra berekeningen gedaan voor netverzwaringkosten. Voor het isolatieniveau is uitgegaan van kostenoptimale isolatie uit de Startanalyse; voor warmtenetten en hybride warmtepompen is dit minimaal Label D en voor all electric-warmtepompen minimaal Label B.

Resultaten

Met het huidige ontwikkeltempo van warmtenetten (15.000 extra weq¹ per jaar) is het gat tussen het doel uit het Klimaatakkoord en de realisatie in 2040 1 miljoen weq.

Alle scenario's bereiken dezelfde emissiereductie, maar de kosten en technische implicaties verschillen significant. De all electric- en hybride oplossingen verhogen het elektriciteitsgebruik met 6 PJ per jaar en de piekvraag op koude dagen met circa 1 GW, wat aanzienlijke investeringen in netverzwaring en opwekcapaciteit vergt. Het niet realiseren van de beoogde warmtenetten leidt in 2040 tot een stijging van jaarlijkse nationale kosten met 16% (€ 160 miljoen extra). Bij een lineaire groei van de warmtenetaansluitingen gaat het tussen 2025 en 2040 in totaal om ruim € 1,6 miljard extra nationale kosten.

¹ Een weq is een woningequivalent. Een woningequivalent is gelijk aan een woning of 130 m² utiliteitsbouw.



Conclusies en aanbevelingen

Stagnatie in de groei van warmtenetten heeft negatieve gevolgen voor de maatschappij. Het leidt tot een flinke toename in de elektriciteitsvraag en belasting op het elektriciteitsnet, wat de problemen rond netcongestie verergert. Daarnaast neemt de piekvraag naar elektriciteit in de winter toe, waarvoor een flinke hoeveelheid extra duurzame opwekcapaciteit gerealiseerd moet worden. Ook zorgt het voor hogere kosten voor de maatschappij door investeringen in warmtepompen, isolatie en elektriciteitsinfrastructuur.

Op basis van deze conclusies zijn drie aanbevelingen geformuleerd:

- **Stimuleer en versnel de ontwikkeling van warmtenetten.** Hiervoor zijn maatregelen nodig die gericht zijn op zowel de warmtebedrijven als de consument. De lagere nationale kosten van warmtenetten zijn onderbouwing om als overheid extra geld uit te geven om warmtenetten aantrekkelijker te maken. Uiteindelijk zorgt dit namelijk voor lagere kosten voor de maatschappij.
- **Mitigeer alvast het effect van elektrificatie van de warmtevraag.** Wanneer blijkt dat de ontwikkeling van warmtenetten achterblijft, raden we aan om goed voorbereid te zijn op de gevolgen hiervan en deze te mitigeren. Investeer proactief in netverzwaring en flexibiliteitsoplossingen (zoals energieopslag), om de piekbelasting door warmtepompen op te vangen.
- **Zet in op emissiereductie met no-regret-maatregelen.** We raden aan om in te zetten op zo veel mogelijk emissiereductie op de korte termijn. Isolatiemaatregelen dragen hier in alle gevallen aan bij. Daarnaast kunnen hybride warmtepompen als tijdelijke oplossing worden gestimuleerd in buurten waar op langetermijnwarmtenetten worden voorzien, maar waar deze op korte termijn niet haalbaar zijn.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Warmtelevering via warmtenetten is in het Klimaatakkoord en ook in het beleid van de overheid een belangrijk middel om de CO₂-doelen voor 2030 en 2050 te halen (PBL, 2023). Hiervoor is gepland tot 2030 500.000 aansluitingen op een warmtenet te realiseren (Rijksoverheid, 2019). Met een tempo van 80.000 nieuwe aansluitingen per jaar vanaf 2030, moet dit leiden tot circa 1,3 miljoen nieuwe aansluitingen in 2040. Echter, de uitvoering stagneert en de beoogde cijfers worden niet gehaald: in 2021 en 2022 werden slechts 15.000 nieuwe aansluitingen gerealiseerd, in 2030 waren dat er 11.000 (RVO, 2024) en 90% van de geplande aansluitingen ligt stil (NOS, 2024). Tegelijkertijd koopt een deel van de woningeigenaren een (hybride) warmtepomp (Vereniging warmtepompen, 2024), hierdoor wordt het moeilijker om een businesscase te realiseren voor warmteleveranciers en een aansluiting op een warmtenet minder aantrekkelijk.

Dit terwijl warmtenetten juist in veel situaties lagere maatschappelijke kosten opleveren dan all electric- en aardgasoplossingen (PBL, 2020) (Berenschot, 2024), minder drukken op het elektriciteitsnet en minder gebruik kunnen maken van hoge kwaliteit energiebronnen (elektriciteit, groengas, waterstof).

In deze studie brengen we de belangrijkste effecten van het wel of niet realiseren van warmtenetten in beeld.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van deze studie is om inzicht te krijgen in het belang en urgentie van de realisatie van warmtenetaansluitingen, middels technisch-economische onderbouwing van de (maatschappelijke) meerwaarde van warmtenetten in een (bijna) klimaatneutrale gebouwde omgeving in 2040.

1.3 Leeswijzer

De afbakening van het onderzoek en de gehanteerde aanpak, evenals de limitaties van deze aanpak zijn beschreven in **Hoofdstuk 2**. De resultaten zijn beschreven in **Hoofdstuk 3**. **Hoofdstuk 4** bevat de conclusies en aanbevelingen.

2 Methode

2.1 Afbakening

In dit onderzoek beschouwen we twee situaties;

- Een situatie waarin de doelen uit het Klimaatakkoord voor warmtenetten worden gehaald.
- Een situatie waarin het huidige ontwikkeltempo van warmtenetaansluitingen wordt voortgezet en de doelen voor warmtenetten dus niet worden gehaald. In dit scenario worden de emissiereductiedoelen wel gehaald.

Voor beide situaties hebben we onderzocht wat de effecten zijn in 2040 op:

- nationale kosten (maatschappelijke kosten);
- belasting op het elektriciteitsnet en extra kosten voor netverzwaring;
- energiegebruik per energiedrager;
- extra benodigde productiecapaciteit elektriciteit door wintervraag;
- kwalitatief beschouwen we de haalbaarheid, uitvoering netverzwaring en het effect op leveringszekerheid en de robuustheid van het elektriciteitsnet (in verband met verzwaring elektriciteitsnet).

Aan de hand hiervan geven we inzicht in de gevolgen van het stagneren van de warmtenetmarkt.

De focus ligt op HT- en MT-netten². Hiermee bedoelen we netten die op HT- of MT-niveau warmte leveren, deze kunnen wel een LT-warmtebron hebben. Warmtenetten die op ZLT- of LT-niveau warmte leveren nemen we niet mee in de analyse, omdat deze nog niet op grote schaal worden toegepast.

Voor de analyses is gebruik gemaakt van de resultaten uit de Startanalyse 2020 (PBL, 2020).

Effecten op de kosten voor de eindgebruiker en overige factoren zoals comfort, ruimtelijke impact, overige klimaateffecten, etc. zijn niet meegenomen in dit onderzoek.

2.2 Onderzoeksaanpak

2.2.1 Doel en ontwikkeling warmtenetaansluitingen

In het Klimaatakkoord staat dat er in 2030 500.000 extra bestaande woningequivalenten³ (weq) op een warmtenet moeten zijn aangesloten met een tempo tot 80.000 weq per jaar in 2030. In deze studie nemen we aan dat dit een toename van het aantal woningequivalenten op een warmtenet is ten opzichte van 2019, het jaar waarin het Klimaatakkoord is opgesteld. Met het tempo van 80.000 weq per jaar, is het doel voor 2040 1,3 miljoen extra weq op een warmtenet ten opzichte van 2019.

Het huidig tempo waarmee woningen en utiliteitsgebouwen op een warmtenet worden aangesloten baseren we op de duurzaamheidsrapportage 2023 (RVO, 2024) en gegeven uit

² Voor de temperatuurniveaus hanteren we de definities die zijn opgesteld door de warmtebranche (Dinkelman et al., 2020).

³ Een woningequivalent (of weq) is een woning of 130 m² utiliteitsbouw.

de Klimaatmonitor (Rijkswaterstaat, lopend). De duurzaamheidsrapportage bevat gegevens over het aantal aansluitingen, dit is echter niet gelijk aan het aantal weq dat is aangesloten⁴. De Klimaatmonitor bevat gegevens over het aantal woningen dat is aangesloten op een warmtenet, maar bevat geen gegevens over het aantal weq aan utiliteitsbouw dat is aangesloten. In 2023 waren er 10,8 duizend aansluitingen gerealiseerd waarvan ruim 5000 woningen. In 2021 en 2022 waren dit er meer (circa 15.000 aansluitingen waarvan circa 13.000 woningen). In deze studie houden we een huidig ontwikkeltempo van 15.000 weq per jaar aan. Dit sluit zowel aan bij de getallen in de media worden genoemd als bij de beschikbare data.

2.2.2 Scenario's

We hebben drie scenario's gedefinieerd. Een uitgangspunt is dat in alle drie de scenario's dezelfde emissiereductie wordt gerealiseerd.

Scenario 1: Warmtenetten

Het Klimaatakkoorddoelen voor warmtenetten worden gehaald. Dit betekent dat in 2040 1,3 miljoen extra woningequivalenten (weq) zijn aangesloten op een warmtenet.

Scenario 2a: All electric

Het huidige ontwikkeltempo van warmtenetaansluitingen (15.000 weq per jaar) wordt voortgezet en de doelen voor warmtenetten worden dus niet gehaald. De CO₂-reductie wordt gerealiseerd door all electric-warmtepompen in de buurten waar in het eerste scenario een warmtenet zou komen. De benodigde hoeveelheid weq dat overstapt op een warmtenet wordt berekend. Indien dit minder is dan het totaal aantal weq in de buurten waar in het eerste scenario een warmtenet zou komen, blijft de rest van de weq op een gasketel.

Scenario 2b: Hybride

Het huidige ontwikkeltempo van warmtenetaansluitingen (15.000 weq per jaar) wordt voortgezet en de doelen voor warmtenetten worden dus niet gehaald. De CO₂-reductie wordt gerealiseerd door hybride en all electric-warmtepompen in de buurten waar in het eerste scenario een warmtenet zou komen. Het uitgangspunt hierbij is dat zoveel mogelijk weq overstappen op een hybride warmtepomp en de rest op een all electric-warmtepomp.

Tabel 1 - Overzicht van de scenario's. Een uitgangspunt is dat de emissiereductie in alle scenario's gelijk is

	Aantal extra weq aangesloten op warmtenet in 2040	Extra benodigde emissiereductie gerealiseerd door
Scenario 1: Warmtenetten	1,3 miljoen weq	N.v.t.
Scenario 2a: All electric	315 duizend weq	All electric-warmtepomp
Scenario 2b: Hybride	315 duizend weq	Combinatie van hybride en all electric-warmtepomp

⁴ Achter één aansluiting kunnen meerdere weq zitten, bijvoorbeeld bij utiliteitsbouw of blokkerwarming.



2.2.3 Buurtselectie

We hebben de buurten geselecteerd waar in Scenario 1: *Warmtenetten* de nieuwe warmtenetaansluitingen ontwikkeld worden.

Allereerst hebben we de buurten geselecteerd waar volgens de Startanalyse het warmtenet de laagste nationale kosten heeft. Binnen alle varianten van een warmtenet is alleen gekozen voor de warmtenet-opties die warmte op een middentemperatuur (Vereniging warmtepompen) leveren. Bijna alle warmtenetten die nu ontwikkeld worden leveren warmte op MT -niveau of hoger. Warmtenetten die lagetemperatuur (LT) warmte leveren vereisen extra verwarming in de woning voor tapwater en lijken daarmee meer op all electric-opties. Ook zijn de parameters in de Startanalyse 2020 niet goed toegespitst op netten die LT-warmte leveren.

Voor het isolatieniveau van de woningen sluiten we aan bij de kostenoptimale variant uit de Startanalyse. Voor warmtenetten is dat vaak Label D. Voor all electric-warmtepompen is minimaal Label B vereist.

Vervolgens hebben we bepaald in welke van alle geselecteerde buurten in het eerste scenario de 1,3 miljoen weq aan nieuwe warmtenetaansluitingen worden gerealiseerd. We hebben de buurten gesorteerd op relatief kostenverschil tussen het warmtenet en all electric. We beginnen met het selecteren van weq in de buurten met het grootste kostenverschil; dit zijn buurten waar het volgens de nationale kosten het aantrekkelijkst is om een warmtenet te realiseren. Daarnaast hebben we een gevoeligheidsanalyse gedaan waarbij we met het selecteren van de weq juist beginnen bij de buurten met het kleinste kostenverschil.

In alle buurten hebben we rekening gehouden met bestaande warmtenetten. Alleen woningequivalenten die in 2019 nog niet op een warmtenet waren aangesloten tellen we mee als nieuwe warmtenetaansluiting. In de woningequivalenten zijn zowel woningen als utiliteiten meegenomen.

2.2.4 Effecten per scenario

Voor de drie scenario's hebben we onderzocht wat de effecten zijn op:

- nationale kosten (maatschappelijke kosten);
- energiegebruik per energiedrager;
- belasting op het elektriciteitsnet en extra kosten voor netverzwaring;
- extra benodigde productiecapaciteit elektriciteit door wintervraag;
- kwalitatief beschouwen we de haalbaarheid van de uitvoering van netverzwaring en het effect op leveringszekerheid en de robuustheid van het elektriciteitsnet (in verband met verzwaring elektriciteitsnet).

Allereerst hebben we bepaald hoeveel weq in de scenario's *all electric* en *hybride* overstappen op een (hybride) warmtepomp om de emissiereductie uit het *warmtenetten-scenario* te behalen. Dit hebben we gedaan door de emissies te berekenen in het *warmtenettenscenario* en de emissies in de andere twee scenario's hieraan gelijk te stellen.

De beschouwde emissies zijn de Scope 1 en 2-emissies. Scope 1-emissies zijn de directe emissies, bijvoorbeeld de emissies uit aardgas. Scope 2-emissies zijn indirecte emissies, bijvoorbeeld de emissies van elektriciteit. Voor de gehanteerde emissiefactoren hebben we aangesloten bij de KEV 2024, de gebruikte waarden zijn weergegeven in Bijlage A.1. Voor



warmte zijn de emissies gelijk aan nul. Onder warmte vallen restwarmte, geothermie en aquathermie:

- Warmte uit restwarmte is een restproduct en kent daarom geen emissies.
- Voor geothermie zouden er wel emissies kunnen zijn, omdat er gas vrij komt bij het oppompen van warm water uit de diepe ondergrond, ‘bijvangst’ genaamd. We gaan ervan uit dat dit gas wordt opgeslagen, ingevoed in het gasnet of ander gasverbruik vervangt. Het gas zorgt dan niet voor extra emissies, wat de uitstoot voor geothermie ook op nul brengt.
- Aquathermie is een lagetemperatuurwarmtebron waarvan de warmte uit het water gehaald kan worden om opgewaardeerd te worden met elektriciteit. De warmte uit het water kent geen emissies.

Vervolgens zijn het energiegebruik en de nationale kosten per scenario bepaald op basis van de resultaten uit de Startanalyse. De nationale kosten omvatten de kosten die nodig zijn om de energie-infrastructuur aan te passen (toevoegen en/of verwijderen), in pandige kosten voor installatie en isolatie, inkoop van energie en onderhoud aan de energie-infrastructuur. De Startanalyse drukt nationale kosten uit in meerkosten ten opzichte van de huidige situatie volgens de Startanalyse ook wel de referentie genoemd.

We hebben een nabewerking op de resultaten uit de Startanalyse gedaan, om de gegevens voor de nieuwe warmtenetaansluitingen te ontsluiten.

De belasting op het elektriciteitsnet is ingeschat op basis van het additioneel gelijktijdig piekvermogen van de installatie. Hiervoor hebben wij voor warmtepompen gelijktijdigheidskengetallen gebruikt die we van netbeheerders hebben ontvangen. Voor warmtenetten is per onderdeel een inschatting gemaakt op basis van maximale vermogensvraag per onderdeel (bijvoorbeeld restwarmtebron-uitkoppeling en pompenergie voor wko en warmteleidingen). Dit staat verder beschreven in Bijlage A.3.

2.2.5 Aanvulling nationale kosten met extra kosten netverzwaring

Het elektriciteitsnetwerk kan grofweg opgedeeld worden in drie netvlakken, het laagspanningsnet (LS-net), het middenspanningsnet (MS-net) en het hoogspanningsnet (HS-net). In de Startanalyse zijn alleen de kosten voor netverzwaring op het LS-net meegenomen.

Omdat de kosten van netverzwaring een belangrijk zijn in de vergelijking tussen warmtenetten en warmtepompen, hebben we hier een aanvullende analyse op gedaan. We hebben de benodigde verzwaring van het LS-net en bijbehorende kosten berekend en vergeleken met de kosten uit de Startanalyse. Daarnaast hebben we een aanvullende analyse gedaan van de benodigde verzwaring van het MS- en HS-net en hebben we bijbehorende kosten berekend. De gehanteerde kostenkengetallen staan in Bijlage A.3.

2.2.6 Gevoeligheidsanalyses

In Paragraaf 2.2.3 staat dat we de geselecteerde buurten hebben gesorteerd op relatief kosten verschil tussen het warmtenet en all electric van groot naar klein. Daarnaast hebben we een gevoeligheidsanalyse gedaan waarbij we de buurten precies andersom hebben gesorteerd.

Voor de configuratie van de warmtenetten en het type warmtebron dat wordt ingezet, hebben we aangesloten bij de Startanalyse. In de warmtenetconfiguraties met een midden temperatuur (Vereniging warmtepompen) warmtebron wordt de piekvraag ingevuld met een gasketel. Om de emissies van het warmtenet te bepalen, is aangenomen dat dit een mix van aardgas en groengas, gelijk aan de aanname voor gasketels in een woning. De manier

waarop de piekvoorziening wordt ingevuld heeft een grote invloed op de emissies van het warmtenet.

We hebben een robuustheidsanalyse gedaan op het resultaat. Dit geeft inzicht hoe het eindresultaat verandert als de piekvoorziening anders wordt ingevuld. We hebben naar twee opties gekeken die beiden een uiterste van de bandbreedte zijn:

- de piekvoorziening van warmtenetten wordt volledig met groengas ingevuld;
- de piekvoorziening van warmtenetten wordt elektrisch ingevuld (met e-boilers).

Voor deze gevoeligheidsanalyse hebben we niet de volledige berekening opnieuw gedaan met andere aannames, maar inzichtelijk gemaakt hoe de resultaten veranderen onder andere aannames.

2.3 Limitaties van de methode

De gehanteerde methodologie kent beperkingen die van invloed kunnen zijn op de resultaten:

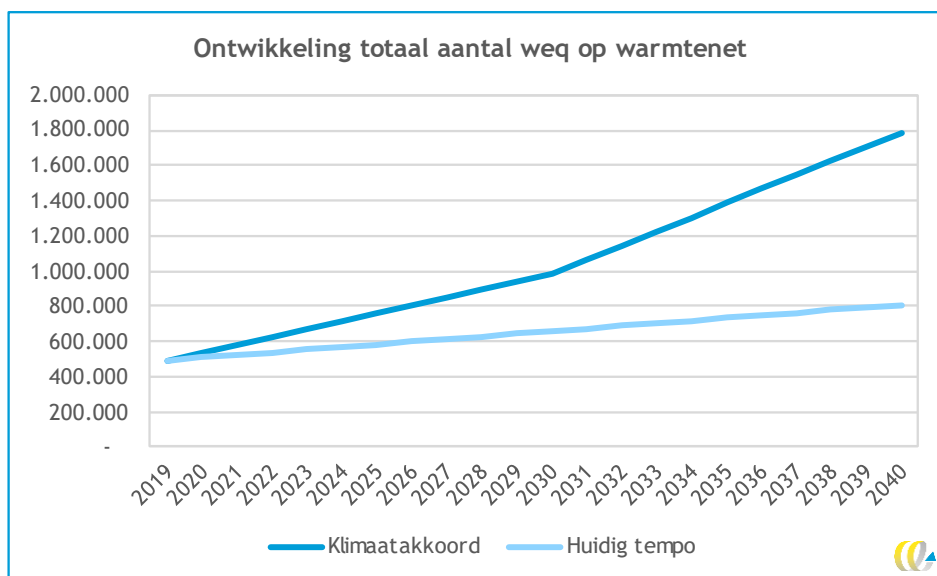
- **Generieke inschatting van netverzwaringskosten:** De kosten voor netverzwaring zijn gebaseerd op algemene kengetallen. Dit betekent dat er geen rekening is gehouden met specifieke kenmerken van individuele buurten. In sommige buurten kunnen de werkelijke netverzwaringskosten aanzienlijk hoger uitvallen.
- **Gebruik van de Startanalyse 2020:** Deze analyse maakt gebruik van data en kosten uit de Startanalyse 2020. Aangezien deze cijfers mogelijk verouderd zijn en een update met actuele gegevens (de Startanalyse 2024) ten tijde van dit onderzoek nog niet beschikbaar was, kunnen de resultaten afwijkingen vertonen ten opzichte van de meest recente inzichten uit de Startanalyse 2024.
- **Beperking tot traditionele warmtenetconfiguraties:** In deze studie zijn uitsluitend warmtenetconfiguraties meegenomen die volgens de Startanalyse de laagste nationale kosten hebben. Innovatieve configuraties die niet in de Startanalyse zijn meegenomen, zoals zeer-lagetemperatuur-uitwisselingsnetten (ZLT), zijn buiten beschouwing gelaten. Ook is geen rekening gehouden met een kostenreductie in warmtenetten door innovatie.

3 Resultaten

3.1 Ontwikkelingen warmtenetaansluitingen

Om het doel van 1,3 miljoen extra weq⁵ op een warmtenet in 2040 te bereiken, is een stevige groei van het aantal warmtenetaansluitingen nodig vanaf het moment van het stellen van de doelen (2019). Het huidige ontwikkeltempo van 15.000 nieuwe aansluitingen per jaar (RVO, 2023) is niet voldoende om dit doel te halen. In Figuur 3 hebben we de benodigde groei om het doel in 2040 te halen en het huidige tempo weergegeven. In het huidige ontwikkeltempo is het gat tussen het doel uit het Klimaatakkoord en de realisatie in 2040 één miljoen weq.

Figuur 3 - Groei aantal weq op warmtenet



3.2 Warmtenetbuurten

Uit de Startanalyse hebben we de buurten geselecteerd waar een warmtenet de laagste nationale kosten heeft, hieruit zijn 1.400 buurten geïdentificeerd. Deze 1.400 buurten tellen bij elkaar 1,8 miljoen woningequivalenten (weq), die in de huidige situatie verwarmd worden met een cv-ketel op aardgas. Woningen en utiliteitsgebouwen die al zijn aangesloten op een bestaande warmtenetten, zijn hierbij niet meegerekend en maken geen deel uit van de 1,8 miljoen weq. Uit deze buurten zijn vervolgens de buurten geselecteerd die leiden tot de benodigde 1,3 miljoen weq die op een warmtenet moet zijn aangesloten in 2040.

Voor elk van de drie scenario's, zoals beschreven in Paragraaf 2.2.2, hebben we voor de 1,3 miljoen weq bepaald op welke techniek zij overstappen. De verdeling van het aantal weq per warmte-oplossing voor de drie scenario's is weergegeven in Figuur 4.

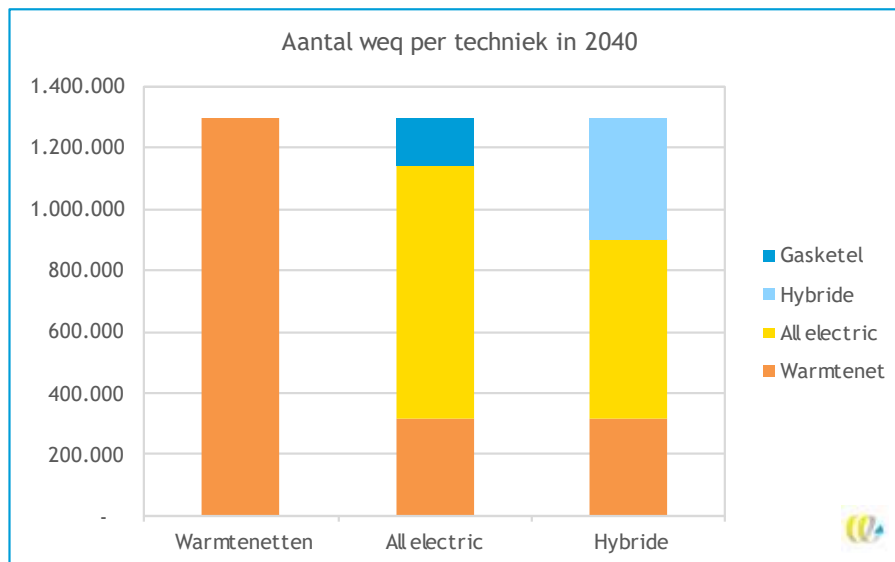
⁵ Een weq is een woningequivalent en staat voor één woning of 130 m² utiliteitsgebouw.

In het *warmtenettenscenario* worden alle 1,3 miljoen weq uit de geselecteerde buurten aangesloten op een warmtenet.

In het *All electric*-scenario blijven warmtenetten groeien met het huidige tempo, wat resulteert in 315.000 nieuwe aansluitingen op een warmtenet in 2040. Om dezelfde CO₂-reductie als in het *warmtenettenscenario* te realiseren, moeten 830 duizend weq overstappen van een gasketel naar een all electric-warmtepomp. De overige 156 duizend weq blijft verwarmen met een gasketel. In dit scenario doet een deel van de woning-equivalenten dus niks, dit komt doordat een woning die verwarmd wordt met een all electric-warmtepomp gemiddeld minder emissies veroorzaakt dan een woning op een warmtenet. Paragraaf 3.4 gaat hier verder op in.

In het *Hybride scenario* is, net als in het all electric-scenario, 315 duizend weq aangesloten op een warmtenet. Om dezelfde CO₂-reductie te halen als in het *warmtenettenscenario* wordt bij 397 duizend weq een hybride warmtepomp toegepast en bij 588 duizend weq een all electric-warmtepomp. Het uitgangspunt hierbij is dat zoveel mogelijk weq overstappen op een hybride warmtepomp en de rest op een all electric-warmtepomp.

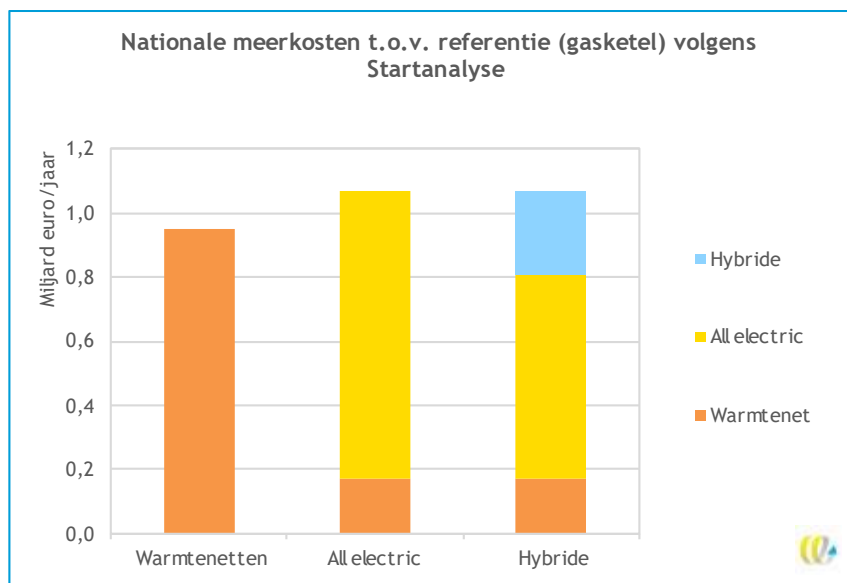
Figuur 4 - Verdeling aantal nieuwe weq per techniek per scenario onder de aanname dat emissies gelijk zijn in alle scenario's



3.3 Nationale kosten

Als de buurten overstappen naar een andere warmte-oplossing zoals in Figuur 4 is weergegeven brengt dit extra nationale kosten met zich mee in vergelijking tot de situatie waar alle buurten een gasketel blijft gebruiken (de referentie). De meerkosten voor het *warmtenettenscenario* zijn 948 miljoen euro en voor zowel het *all electric* als het *hybride scenario* liggen de kosten erg dicht bij elkaar rond de 1,1 miljard euro. Dit is een toename van 124 miljoen euro (13%) in nationale kosten. De nationale meerkosten per scenario zijn te zien in Figuur 5.

Figuur 5 - Nationale meerkosten per scenario



Als we de kosten voor netverzwaring bepalen volgens een andere methode, uitgelegd in Paragraaf 2.2.5, worden de kosten in alle scenario's hoger. Dit komt enerzijds doordat de kosten voor het verzwaren van het LS-net volgens deze hoger zijn dan de kosten hiervoor uit de Startanalyse. Anderzijds wordt in deze methode, in tegenstelling tot in de Startanalyse, ook kosten meegenomen voor netverzwaring op het MS- en HS-net. De nationale meerkosten met de extra kosten voor netverzwaring zijn weergegeven in Figuur 6.

Voor het *Warmtenettenscenario* gaan de nationale kosten omhoog met 2 miljoen euro door extra netverzwaring van het MS/HS-net en komt het totaal op 950 miljoen euro. Voor warmtenetten is geen netverzwaring op het LS-net nodig.

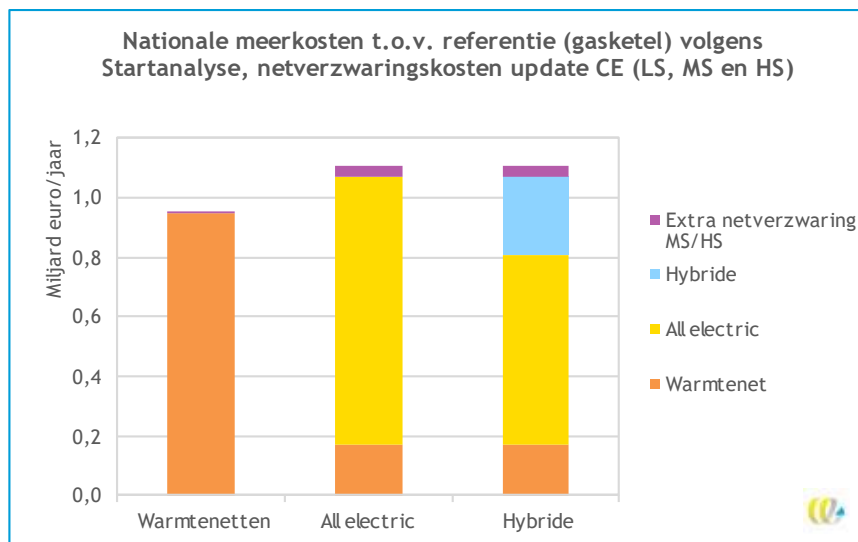
Het *All electric*-scenario wordt 37,5 miljoen euro duurder. Het grootste gedeelte hiervan is voor netverzwaring van het MS/HS-net (36,9 miljoen euro). De resterende kosten (0,6 miljoen euro) zijn extra kosten ten opzichte van de kosten uit de Startanalyse voor het verzwaren van het LS-net. Dit brengt het totaalbedrag voor de nationale kosten op 1,1 miljard euro.

Het *Hybride scenario* wordt 35,7 miljoen euro duurder, waarvan 33,3 miljoen euro voor extra netverzwaring van het MS/HS-net en 2,4 miljoen euro voor de extra netverzwaring van het LS-net. Dit brengt de totale nationale meerkosten op 1,1 miljard euro. Het verschil in kosten voor de extra netverzwaring voor het LS-net tussen het *All electric* en *Hybride scenario* wordt waarschijnlijk verklaard door verschillende aannames tussen de Startanalyse en de in deze studie gehanteerde methode voor benodigde netverzwaring voor hybride warmtepompen. In de Startanalyse wordt minder benodigde netverzwaring voor hybride warmtepompen verondersteld.

Met de extra analyse op de netverzwaringkosten, zijn de jaarlijkse nationale kosten in het *all electric* en *hybride scenario* 160 miljoen euro (17%) hoger dan in het *warmtenetten*-

scenario. Bij een lineaire groei van de warmtenetaansluitingen⁶ gaat het tussen 2025 en 2040 in totaal om ruim € 1,6 miljard extra nationale kosten.

Figuur 6 - Nationale meerkosten per scenario (extra kosten netverzwaring)



Gevoeligheidsanalyse: volgorde buurtselectie

Om de invloed van de volgorde van de buurten op de resultaten te analyseren zijn ook de nationale meerkosten berekend voor een omgekeerde buurt volgorde. Hierbij zijn de buurten gesorteerd van kleinste naar grootste relatieve kostenverschil, en zijn vervolgens de buurten geselecteerd waarin de 1,3 miljoen weq op een warmtenet worden gerealiseerd. Dit zorgt in het *Warmtenettenscenario* voor een toename in de nationale kosten van 9% voor de basissituatie en 10% als met de extra kosten voor netverzwaring wordt gerekend. Voor het *All electric* en *Hybride scenario* is de toename in de nationale kosten allebei 5% en voor beide scenario's blijft de toename 5% als de extra kosten voor netverzwaring worden gebruikt voor de berekening.

Gevoeligheidsanalyse: andere invulling piekvraag van warmtenetten

We hebben onderzocht hoe robuust de resultaten zijn onder andere aannames voor de invulling van de piekvoorziening van warmtenetten. We hebben uitersten binnen de bandbreedte onderzocht:

- de piekvoorziening van warmtenetten wordt volledig met groengas ingevuld;
- de piekvoorziening van warmtenetten wordt elektrisch ingevuld (met e-boilers).

Piekvoorziening op groengas

Indien de piekvoorziening volledig duurzaam wordt ingevuld, zijn de emissies van warmtenetten vrijwel nihil (in totaal 0,004 Mton CO₂, afkomstig van elektriciteitsverbruik). In dat geval is het niet mogelijk om met all electric-warmtepompen in dezelfde buurten een vergelijkbare CO₂-reductie te realiseren, omdat het elektriciteitsgebruik van warmtepompen nog emissies veroorzaakt. Wanneer alle weq die niet aangesloten zijn op warmtenetten in de geselecteerde buurten op een warmtepomp zou overstappen, zijn de totale

⁶ Het aantal aansluitingen neemt lineair toe tussen 2019 en 2040 tot 1,3 miljoen weq.

ksoten 1,29 miljard euro per jaar (waarvan 0,05 miljard voor netverzwaring van het MS/HS-net).

Ook de kosten van het *warmtenettenscenario* zijn hoger, door hogere kosten voor groengas ten opzichte van aardgas. Bij een meerprijs van groengas ten opzichte van aardgas van € 15,9 €/GJ (Ce Delft, 2021), zijn de kosten van het *warmtenettenscenario* 1,10 miljard euro per jaar. De kosten in het all electric-scenario zijn in dit geval € 186 miljoen per jaar hoger dan in het *warmtenettenscenario*. Dit betekent dat de meerkosten van het niet ontwikkelen van warmtenetten toenemen in deze gevoeligheidsanalyse.

Piekvoorziening wordt geëlektrificeerd

In deze gevoeligheidsanalyse wordt aangenomen dat het gasverbruik van de piekvoorziening door warmtenetten 1-op-1 wordt vervangen door elektriciteitsverbruik via e-boilers. Hierdoor dalen de emissies in het *warmtenettenscenario*, en moeten de emissies in het all electric-scenario dus ook verder worden verlaagd. Dit wordt gerealiseerd door bijna alle weq die niet aangesloten zijn op warmtenetten (99,6%) over te zetten naar all electric-warmtepompen. De kosten van het all electric-scenario zijn dan € 1,28 miljard per jaar (waarvan € 0,04 miljard voor netverzwaring van het MS/HS-net).

De kosten in het warmtenet-scenario stijgen eveneens, maar zijn lastiger te kwantificeren. Hoewel de investeringskosten van e-boilers lager zijn dan die van piekketels op gas, zijn de vaste operationele kosten significant hoger (PBL, 2024). Dit komt vooral door de grote benodigde aansluiting op het elektriciteitsnet. We hebben uit de resultaten van de Startanalyse niet de gegevens beschikbaar om deze kosten te kunnen bepalen. We kunnen dus geen uitspraak doen over of het *warmtenettenscenario* in deze gevoeligheidsanalyse hogere of lagere nationale kosten heeft dat het all electric-scenario.

Daarnaast maken we de kanttekening dat deze gevoeligheidsanalyse een uiterste van een bandbreedte is en geen inschatting van een realistische situatie. Het is niet waarschijnlijk dat e-boilers een grote rol in de piekvoorziening van warmtenetten zullen invullen (CE Delft, 2023b) (Ministerie van KGG, 2024). Wanneer e-boilers volledig de piekvoorziening van een warmtenet zouden invullen, zou dit een zeer grote impact hebben op de belasting van het elektriciteitsnet.

3.4 Energiegebruik en emissies

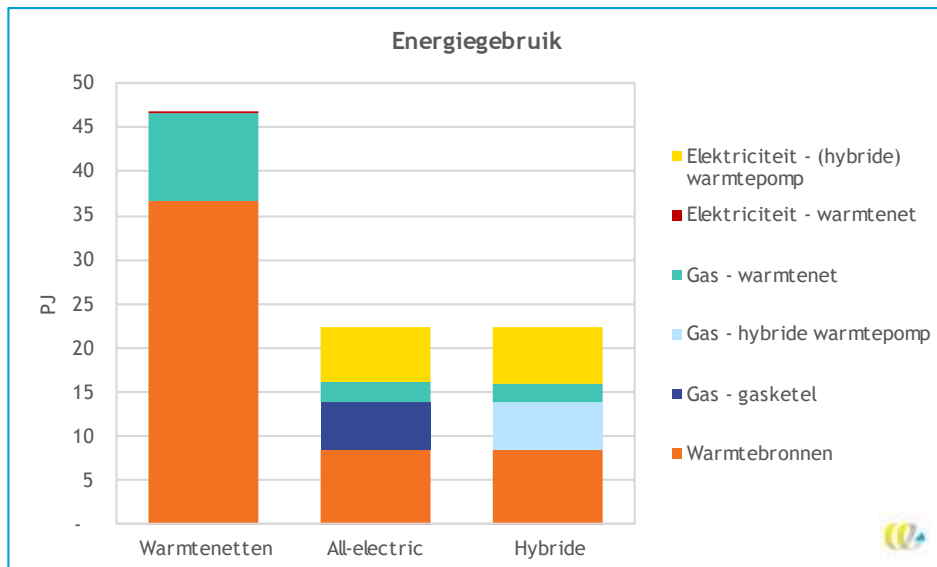
Voor ieder scenario is in Figuur 7 het energiegebruik weergegeven, en de bijbehorende emissies in Figuur 8.

In het *Warmtenetten* scenario komt 78% van de benodigde energie uit warmte, dit is energie uit een warmtebron. Denk bijvoorbeeld aan geothermie en restwarmte. Een heel klein deel van het energiegebruik is elektrisch (1%), die is de pompenergie van het warmtenet. De resterende energiebehoefte (21%) wordt ingevuld met aardgas. Aardgas wordt gebruikt voor de piekvoorziening van het warmtenet. In totaal wordt in dit scenario 47,5 GJ aan energie gebruikt.

Het energiegebruik voor het *All electric* en *Hybride scenario* zijn gelijk aan elkaar en is in totaal 21 GJ. Dat is minder dan de helft van het totale energiegebruik dat nodig is voor het *Warmtenettenscenario*. Dit komt door de efficiëntie van warmtepompen in het produceren van warmte en het verlies tijdens de distributie van warmte in warmtenetten. Warmte zorgt voor 38% van de energie, 10% voor het gasgebruik in de warmtenetten, 29% voor de

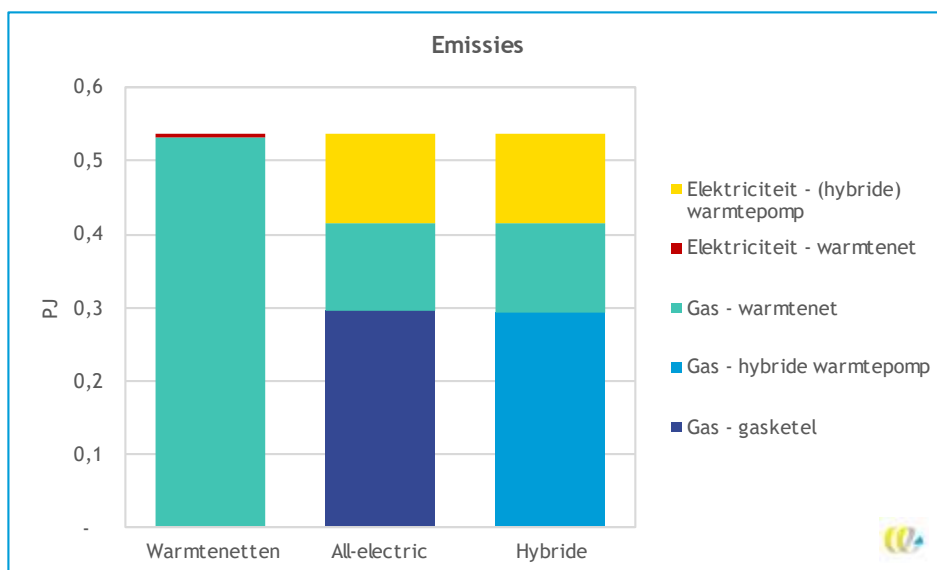
elektriciteit die nodig is voor de warmtepompen en 24% voor het gasgebruik in de aardgas en hybride cv-ketels.

Figuur 7 - Energiegebruik per scenario



De totale emissies voor alle drie de scenario's zijn gelijk, dit was namelijk het uitgangspunt, en is 0,54 Mton CO₂ voor de geselecteerde 1,3 miljoen woningequivalenten. De uitstoot van het *Warmtenettenscenario* is bijna volledig afkomstig van het gas dat gebruikt wordt in de warmtenetten, want warmte zelf veroorzaakt geen CO₂-uitstoot. In het *all electric*- en *hybride*-scenario zijn de emissies door gas van gasketels en hybridewarmtepompen gelijk aan elkaar. Dit betekent dat de hoeveelheid weq (156 duizend) die een aardgas ketel houdt in het *All electric*-scenario evenveel CO₂-uitstoot heeft als de hoeveelheid weq (398 duizend) die overgaan op een hybride warmtepomp in het *Hybride scenario*.

Figuur 8 - CO₂-emissies per scenario



3.5 Effect op vermogensvraag

Uit het elektriciteitsgebruik uit Figuur 7 hebben we het extra benodigde elektrische productie vermogen berekend. Rekening houdend met gelijktijdigheid, is de vermogensvraag op piekmomenten 1109 MW in het *All electric*-scenario en 1.060 MW in het *Hybride scenario*. Wanneer dit alleen met windturbines op zee zou moeten worden opgewerkt, staat dat gelijk aan ongeveer 125 windmolens op zee⁷. De piek hoeft echter niet volledig afkomstig te zijn uit één duurzame bron zoals windmolens, maar kan ook deels uit opslag (batterijen) of conversie van energie (groengas/waterstof naar elektriciteit) komen. De kosten voor het extra piekvermogen zijn via de kosten voor elektriciteit al meegenomen in de totale kosten.

3.6 Kwalitatieve effecten: uitvoering en leveringszekerheid elektriciteitsnet

Steeds duidelijker wordt dat netcongestie niet alleen voor bedrijven geldt, maar ook kan gaan gelden voor huishoudens (Provincie Utrecht, 2024). Het elektriciteitsgebruik door elektrische auto's, warmtepompen neemt sterk toe en er moeten ook nog veel nieuwe woningen worden gebouwd, en aangesloten worden op het elektriciteitsnet.

De netbeheerders hebben samen met de Rijksoverheid een intensief programma opgestart om de effecten van netcongestie te beperken, naast de intensivering door de netbeheerders van de verzwaring van de elektriciteitsnetten (Netbeheer Nederland, 2022). Daarbij gaat het niet alleen om extra kabels, maar ook om extra transformatorstations in woonwijken en grotere onderstations aan de randen van de steden. Dat kost veel geld, tijd en ruimte om dat allemaal te realiseren. Eerst dachten de netbeheerders dat de grootste problemen wel in 2030 opgelost zouden zijn, maar het gaat zeker langer duren om overal de netcapaciteit op orde te brengen.

Door de toenemende vraag naar elektriciteit zijn de netbeheerders niet meer zo zeker dat er bijna 100% van de tijd elektriciteit kan worden geleverd. We zijn erg gewend geraakt aan altijd elektriciteit te kunnen gebruiken. Dat wordt niet opeens heel onzeker, maar de netbeheerders moeten alles op alles zetten om uitval in de nabije toekomst te voorkomen.

Alle mogelijkheden om elektrificatie van de warmtevraag te voorkomen moeten daarom serieus worden beoordeeld en dus is warmtelevering in veel woonwijken in heel Nederland een optie die kan bijdragen aan het beperken van netcongestie.

⁷ Nieuwe windmolens die vanaf 2020 gebruikt worden op zee hebben een vermogen van 8-9,5 MW (Rijksoverheid, 2024)

4 Conclusie en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Het huidige ontwikkeltempo van warmtenetaansluitingen, van 15.000 weq per jaar, is bij lange na niet voldoende om het doel van 1,3 miljoen extra weq op een warmtenet in 2040 te realiseren. Wanneer de ontwikkeling van warmtenetten niet op gang komt, kan de CO₂-reductie die anders door warmtenetten gerealiseerd zou worden in dezelfde buurten worden gerealiseerd door over te stappen hybride of all electric-warmtepompen.

Dit leidt in 2040 tot 6 PJ meer elektriciteitsgebruik ten opzichte van de situatie waarin alle 1,3 miljoen weq overgaan op een warmtenet. Voor de warmtenetten is slechts 0,2 PJ elektriciteit nodig.

Daarnaast zorgen de hybride en all electric-warmtepompen voor extra piekvraag op het elektriciteitsnet op koude dagen in de winter. Rekening houdend met gelijktijdigheid, verwachten we een extra piekvraag van 1 GW ten opzichte van de situatie waarin alle 1,3 miljoen weq overgaan op een warmtenet. Dit leidt extra netverzwaringskosten voor de netbeheerder van 35-38 miljoen euro. Via het vastrecht voor het elektriciteitsnet komt dit weer op de energierekening van gebruikers terecht. Ook moet het piekvermogen in de winter opgewekt kunnen worden. Wanneer je dit alleen met windturbines op zee zou doen betekent dat 125 extra windturbines.

Door toenemende elektriciteitsvraag kan ook de leveringszekerheid in het geding komen. De netbeheerders moeten alles op alles zetten om uitval in de nabije toekomst te voorkomen. Alle mogelijkheden om elektrificatie van de warmtevraag te voorkomen, bijvoorbeeld verwarming met warmtenetten, moeten daarom serieus worden beoordeeld.

In totaal leidt het stagneren van de groei van warmtenetten ook tot hogere nationale kosten van € 160 miljoen per jaar (toename van 16%), waarvan € 35 tot € 38 miljoen voor het verzwaren van het MS/HS-net. Bij een lineaire groei van de warmtenetaansluitingen gaat het tussen 2025 en 2040 in totaal om ruim € 1,6 miljard extra nationale kosten. De toename in kosten (16%) valt binnen de onzekerheidsmarge voor de kosten in de Startanalyse, maar op buurtniveau kan het relatieve kostenverschil wel groter zijn.

4.2 Beleidsaanbevelingen

Het stagneren van de groei van warmtenetten heeft negatieve gevolgen van de maatschappij. Op basis van de conclusies uit dit onderzoek hebben we drie aanbevelingen geformuleerd.

Stimuleer de ontwikkeling van warmtenetten

We raden aan de ontwikkeling van warmtenetten te stimuleren en versnellen. Hiervoor zijn zowel maatregelen nodig gericht op de warmtebedrijven als op de consument. De lagere nationale kosten van warmtenetten zijn onderbouwing om als overheid extra geld uit te geven om warmtenetten aantrekkelijker te maken. Uiteindelijk zorgt dit namelijk voor lagere kosten voor de maatschappij.

Mitigeer alvast de gevolgen van elektrificatie

Wanneer blijkt dat de ontwikkeling van warmtenetten achterblijft, raden we aan goed voorbereid te zijn op de gevolgen hiervan en deze te mitigeren. Investeer proactief in netverzwaring en flexibiliteitsoplossingen (zoals opslag), om de piekbelasting door warmtepompen op te vangen.

Zet in op emissiereductie

Om de klimaatdoelen te halen, zijn hoe dan ook duurzaamheidsmaatregelen in woningen nodig. We raden aan in te zetten op zo veel mogelijk emissiereductie op de korte termijn. Isolatiemaatregelen dragen hier in alle gevallen aan bij. Daarnaast kunnen hybride warmtepompen als tijdelijke oplossing worden gestimuleerd in buurten waar op lange-termijnwarmtenetten worden voorzien, maar op korte termijn niet haalbaar zijn.

4.3 Aanbevelingen voor verfijning onderzoek

De analyses voor dit onderzoek zijn gedaan met resultaten uit de Startanalyse 2020. In 2025 komt een nieuwe Startanalyse uit. Wanneer deze resultaten beschikbaar zijn, raden we aan de analyses te herhalen met de nieuwe resultaten uit de Startanalyse.

Om de robuustheid van de resultaten verder te verbeteren, kunnen aanvullende gevoeligheidsanalyses worden uitgevoerd. Een belangrijke uitbreiding zou zijn om het effect van een hoger minimaal isolatieniveau te onderzoeken. Dit kan naar verwachting leiden tot minder grote kostenverschillen tussen warmtenetten en warmtepompen. Ook is het waardevol verder onderzoek te doen naar warmtenetten die op (zeer) laagtemperatuurwarmte leveren. Deze hebben mogelijk lagere investeringskosten dan MT-warmtenetten, echter zit dit vaak nog niet goed in de modellen. Een voorwaarde voor deze aanvullende analyse is dus dat de parameters in de modellen goed aansluiten bij meer innovatieve versies van een warmtenet.

Daarnaast is het wenselijk om de maatschappelijke effecten en randvoorwaarden uitgebreider in kaart te brengen. In de huidige studie lag de nadruk vooral op nationale kosten en de impact op het elektriciteitsnet. Aanvullend onderzoek kan gericht zijn op:

- de uitvoeringscapaciteit voor de aanleg van warmtenetten en het verzwaren van het elektriciteitsnet;
- de leveringszekerheid van warmtenetten;
- aspecten die belangrijk zijn voor gebruikers, zoals comfort, de mogelijkheid tot koeling en de ruimtelijke impact van infrastructuur binnen en buiten de woning.

Een bredere analyse van deze aspecten biedt waardevolle aanvullende inzichten in de uitvoerbaarheid en wenselijkheid van de verschillende scenario's.

Literatuur

- Berenschot. (2024). *De keuze voor warmtenetten of andere warmteoplossingen*.
- Ce Delft. (2021). *CEGOIA tabellen bijlage*.
- CE Delft. (2023a). *Impact van de warmtetransitie op het lokale elektriciteitsnet*.
- CE Delft. (2023b). *Verduurzaming bronnen voor warmtenetten - Opgave, onrendabele top en knelpunten richting 2030*.
- CE Delft. (2024). *Analyse en doorrekening invoedingstarief*.
- Dinkelman, D., Bergen, F., & Veldkamp, J. G. (2020). *B2 Potentieel en toepassingscondities : Geologisch model, temperatuurmodel voor de ondiepe ondergrond en potentieelkaarten voor HTO in Nederland*. <https://www.warmingup.info/documenten/window-fase-1---b2---potentieel-en-toepassingscondities.pdf>
- Merosch. (2024). *Meer collectieve aandacht voor het individuele spoor. Kansen en aandachtspunten energietransitie met individuele warmtepompen*.
- Ministerie van KGG. (2024). *Ontwikkelperspectief duurzame warmtebronnen*.
- Netbeheer Nederland. (2022). *Landelijk Actieplan Netcongestie*.
- NOS. (2024). *Energiebedrijven: 90 procent nieuwe warmtenetaansluitingen voorlopig van de baan*. <https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2520528-energiebedrijven-90-procent-nieuwe-warmtenetaansluitingen-voorlopig-van-de-baan>
- PBL. (2020). *Startanalyse aardgasvrije buurten. Versie 2020*.
- PBL. (2022). *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022*.
- PBL. (2023). *Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2023: Ramingen van broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie op hoofdlijnen*.
- PBL. (2024). *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2024*.
- Provincie Utrecht. (2024). *Energie-infrastructuur en netcongestie*. In.
- Rijksoverheid. (2019). *Klimaatpakket : C Afspraken in sectoren, C1 Gebouwde omgeving*.
- Rijksoverheid. (2024). *Ontwikkeling en productie van windturbines op zee*.
- Rijkswaterstaat. (lopend). *Klimaatmonitor*. <https://klimaatmonitor.databank.nl/dashboard/dashboard/energiegebruik/>
- RVO. (2023). *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2023*.
- RVO. (2024). *Duurzaamheidsrapportage 2023*.
- Vereniging warmtepompen. (2024). *2023 topjaar voor warmtepompen ondanks stagnatie groei in vierde kwartaal*.



A Methode

A.1 Emissiefactoren

Tabel 1 geeft de gebruikte emissiefactoren weer.

Tabel 1 - Emissiefactoren op basis van de KEV (2022)

Energie	Eenheid	Waarde	Bron
Aardgas	kg/GJ	56,7	(PBL, 2022)
Elektriciteit	kg/kWh	0,07	(PBL, 2022)
Groengas	kg/GJ	0	(PBL, 2022)
Gasmix (4% bijmenging)	kg/GJ	54,3	(PBL, 2022) ⁸
Warmte	kg/GJ	0	Onderbouwde aanname CE

A.2 Bewerking op Startanalyse voor bestaande warmtenetten

De analyse in deze studie gebruikt resultaten uit de Startanalyse. Het gaat hier om Nationale Kosten en andere indicatoren zoals energie verbruik voor alle varianten uit de Startanalyse, aantal aansluitingen per variant en aantal weq per buurt.

Per buurt is uitgerekend welke variant voor ieder buurt de laagste nationale kosten per weq heeft. Deze lijst van alle buurten met de variant die de laagste nationale kosten per weq hebben wordt gefilterd zodat alleen de buurten overblijven waar een warmtenet variant de laagste kosten heeft. De varianten waar het om gaat zijn S2a,b,d,e en S3,b,c,e,f,g,h.

In deze studie kijken we alleen naar weq die in 2019 nog niet op een warmtent waren aangesloten. Een aanvullende dataverwerking is nodig om uit de Startanalyse resultaten alleen de data te halen voor de weq in die buurt die overstappen op een nieuwe warmte-oplossing. In buurten met een bestaand warmtenet zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- het aantal weq is aangepast zodat de bestaande warmtenetten niet meer worden meegeteld in het totaal aantal weq per buurt;
- de nationale kosten per buurt die gemaakt worden voor bestaande warmtenetten zijn van de totale kosten afgehaald;
- de energie die per buurt gebruikt wordt voor de bestaande warmtenetten is van de bijbehorende energiebronnen afgehaald.

A.3 Netverzwaringskosten

De netverzwaringskosten zijn berekend op basis van het extra vermogen dat nodig is op een netvlak (LS of MS), vermenigvuldigd met een algemeen kengetal voor de kosten per MVA. Een MVA is in de praktijk iets meer dan een MW, in deze analyse hebben we aangenomen dat 1 MVA gelijk staat aan 1.000 kW.

⁸ In de KEV is voor 2030 4% bijmenging opgenomen. Voor 2040 is geen percentage bekend, daarom hebben we aangenomen dat het voor 2040 gelijk blijft en ook 4% bijmenging is



Bepaling extra gelijktijdig netvermogen

S1 - All electric

De benodigde netverzwaring per weq is ingeschat op basis van het additioneel gelijktijdig piekvermogen van de installatie. Voor all electric-warmtepompen is dit kengetal afhankelijk van het gebouwoppervlak en het gebouwtype. De kengetallenwaarden (kW/weq) zijn vertrouwelijk ontvangen van netbeheerders. Deze kengetallen zijn toegepast op basis van individuele gebouwen per buurt, voor alle buurten. De gewogen gemiddelde netverzwaring over alle buurten, oftewel het gemiddelde voor heel Nederland, is 1,6 kW per weq voor bodemwarmtepompen. Voor luchtwarmtepompen is dit 2,5 kW per weq. Deze beide waarden liggen circa 0,8 kW hoger dan in een recent onderzoek van Merosch werd geschat voor een 'gemiddelde' rijwoning van 110 m² (Merosch, 2024). Het verschil ligt mogelijk in de aanname dat er een elektrisch verwarmingselement wordt verondersteld in de kengetallen van netbeheerders, maar niet door Merosch.

S2 - Warmtenet met MT/HT-bron

Voor S2 is alleen rekening gehouden met de vermogensvraag van installaties die op het MS-net worden aangesloten. De benodigde netaansluiting is geschat op basis van brontype (geothermie of restwarmte) en de pompenergie in het net, conform kengetallen in Vesta MAIS. De gewogen gemiddelde netverzwaring uitgedrukt voor S2 ligt rond de 0,1 kW/weq.

S3 - Warmtenet met LT-bron

Voor S3 is voor een deel rekening gehouden met installaties die op het MS-net worden aangesloten (zoals collectieve warmtepompen), voor andere installaties is van het LS-net uitgegaan (zoals individuele warmtepompen). Ook hier is per variant rekening gehouden met specifieke brontype (bijvoorbeeld restwarmte of aquathermie) en pompenergie voor eventuele wko's, conform kengetallen in Vesta MAIS. De gewogen gemiddelde netverzwaring uitgedrukt per weq voor S2 ligt rond de 0,3 kW/weq.

S4/S5 - Hybride

Voor de hybride warmtepompen is dezelfde methode gebruikt als voor S1. De gewogen gemiddelde netverzwaring over alle buurten (gemiddeld voor heel Nederland) is 1,1 kW per weq.

Bepaling netkosten

De kosten zijn opgesteld uit de verzwaringskosten per netvlak. Deze kosten lopen in de praktijk uiteen en we weten dat verschillende regionale netbeheerders met verschillende kosten rekenen. De waarden die we hanteren betreffen een gemiddelde, zoals recent gebruikt in een studie voor de ACM (CE Delft, 2024). In het hogere netvlak wordt er niet 1-op-1 extra vermogen bijgebouwd. Vanaf het MS-net gaan we uit van een gelijktijdigheidsfactor van 80% ten opzichte van de gelijktijdige vermogensvraag op wijkniveau. We gaan ervan uit dat een verzwaring op het LS-net, geen verzwaring veroorzaakt op het EHS/HS-station

Tabel 2 - Kosten gebaseerd op recente studie CE Delft (CE Delft, 2024). Gelijktijdigheidsfactoren gebaseerd op andere studie van CE Delft (CE Delft, 2023a)

Netvlak	Kosten netverzwaring (€/MVA)	Gelijktijdigheid t.o.v. buurtniveau	Gelijktijdige kosten per MVA verzwaring (€/MVA)
EHS/HS-station	260.000	0%	0
HS-kabel	100.000	80%	80.000
HS/MS-station	161.000	80%	129.000
MS-net (MS-T + MS-D)	340.000	80%	272.000
MS/LS	167.000	100%	167.000
LS-net	400.000	100%	400.000
Totaal			1.047.470

Voor HS/MS-warmtebronnen en collectieve warmtepompen is aangenomen dat deze op het MS-net worden aangesloten. Per kW is dat 647,47. Hierdoor zijn geen verzwaringskosten op LS-niveau nodig. Voor overige elektrische installaties worden de totale gelijktijdige kosten per MVA toegepast. Per kW is dat € 1.047,47.

De methode wijkt af van Vesta MAIS in dat er geen rekening wordt gehouden met de lengte van het elektriciteitsnet in de buurt zelf. Deze kostenvariatie zou zich vooral uiten in de kosten voor het LS-net.