

# Inzicht in aanvullende beleidspakketten voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving

Beleidsstudie

Opdrachtgever: Uitvoeringsoverleg klimaatakkoord - tafel Gebouwde Omgeving

Rotterdam, 5 juli 2021





# Inzicht in aanvullende beleidspakketten voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving

Beleidsstudie

Opdrachtgever: Uitvoeringsoverleg klimaatakkoord - tafel Gebouwde  
Omgeving

Alexander Oei  
Maurice Thijsen  
Harry van Til

Met medewerking van: Freek Akkermans (Ecorys), Katja Kruit (CE Delft), Nico Hoogervorst (PBL)  
en Folckert van der Molen (PBL)

Rotterdam, 5 juli 2021



# Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
2	Onderzoeksaanpak	9
2.1	Definities	9
2.2	Aanpak	10
2.2.1	Vaststellen beleidspakketten	11
2.2.2	Modelstudie: Vesta MAIS	12
2.2.3	Synthese: modelresultaten en doelstellingen	15
3	Uitgangspunten van de doorrekeningen	17
3.1	Economische parameters	17
3.2	Fysische parameters	20
3.3	Technische parameters	22
3.4	Institutionele parameters	23
3.5	Overzicht van scenario's	26
4	Resultaten	29
4.1	Verduurzamingsbeelden voor de gebouwde omgeving	29
4.2	Eindgebruikerskosten en de onrendabele toppen	33
4.3	CO <sub>2</sub> -emissies per beleidspakket	35
4.4	Conclusies	36
5	Reflectie	39
	Bijlage A – kosten van warmtenetten	41



# 1 Inleiding

Aan het begin van de zomer van 2019 werd het definitief klimaatakkoord gesloten door een brede coalitie van partijen. In het akkoord komen de partijen overeen om actie te ondernemen ten einde het reduceren van de Nederlandse broeikasgasemissies met 49% in 2030 ten opzichte van 1990. De meest recente doorrekening van het Nederlandse klimaatbeleid door het Planbureau voor de Leefomgeving – de Klimaat en Energieverkenning 2020 (hierna KEV2020) – laat echter zien dat met het huidige vastgestelde en voorgenomen beleid de doelstellingen voor onder andere de klimaattafel van de Gebouwde Omgeving niet bereikt zullen worden.

De opgave van de broeikasgasemissiereductie is verdeeld over zogeheten klimaattafels. Voor de klimaattafel van de Gebouwde Omgeving, het onderwerp van dit rapport, geldt volgens het definitief klimaatakkoord een reductiedoel van 3,4 Mton ten opzichte van het toenmalige basispad – de Nationale Energieverkenning 2017. Bij volledig doelbereik van dit reductiedoel zullen er 15,3 Mton aan broeikasgasemissies resten in 2030 voor de gebouwde omgeving. In de KEV2020 komt het PBL tot restemissies van 18,6 Mton in 2030 voor de gebouwde omgeving. Het gesignaleerde tekort van 3,3 Mton in de KEV2020 (bijna de gehele reductieopgave) dient men bovendien in de context te interpreteren van het gegeven dat eerder dit jaar de Europese Unie een ambitieuzere doelstelling van 55% emissiereductie in 2030 ten opzichte van 1990 heeft aangenomen. Deze ambitieuzere doelstelling zal leiden tot een grotere emissiereductieopgave – ook voor de tafel van de Gebouwde Omgeving.

Dit geeft aanleiding om het inzicht in de mogelijkheden tot de inzet van *aanvullende beleidspakketten* ten behoeve van de verduurzaming van de gebouwde omgeving te actualiseren. De voorzitter van het uitvoeringsoverleg van de klimaattafel van de gebouwde omgeving heeft Ecorys gevraagd om hiertoe drie vragen te beantwoorden:

1. Wat is er maximaal mogelijk bij een optimale 'herijking' van de huidige vastgestelde en voorgenomen beleidsinstrumenten?
2. Wat is er nodig om de opgave van het klimaatakkoord, 49% broeikasgasemissiereductie in 2030 t.o.v. 1990, binnen bereik te brengen?
3. Wat is er nodig om de grotere opgave conform 'Parijs' ofwel 'het Europese doel', 55% broeikasgasemissiereductie in 2030 t.o.v. 1990, binnen bereik te brengen?

Voor alle drie de gevraagde inzichten richt dit rapport zich op de termijn 2021 tot en met 2030. Voor de grotere opgave conform het 55%-scenario wordt er uitgegaan van een additionele opgave van 1 Mton broeikasgasemissiereductie<sup>1</sup>, wat betekent dat er 14,3 Mton aan restemissies mogen overblijven voor de gebouwde omgeving in 2030.

## Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksaanpak uiteengezet. Dit hoofdstuk start met een beschrijving van de definities die in deze studie worden gehanteerd waarna de aanpak van de studie wordt beschreven. In hoofdstuk 3 worden de gehanteerde uitgangspunten van de studie beschreven. Waar mogelijk sluit deze studie aan bij belangrijke eerdere studies in hetzelfde beleidsveld, zijnde de Klimaat en Energieverkenning 2020, de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 en het Eindgebruikerskosten dashboard van TNO. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de studie gepresenteerd. Dit rapport sluit af met een reflectie op het onderzoek in hoofdstuk 5.

<sup>1</sup> De additionele opgave van 1 Mton voor de Gebouwde Omgeving geeft het huidige voorstel weer bij de verdeling van de aanvullende opgave over de verschillende sectortafels van het klimaatakkoord richting 55% broeikasgasemissiereductie. Dit cijfer is nog niet definitief, maar biedt als meest recente stand van zaken wel het uitgangspunt voor deze studie.





## 2 Onderzoeksaanpak

In paragraaf 2.1 lichten wij eerst de gehanteerde definities in dit onderzoek toe waarna we in paragraaf 2.2 de aanpak van het onderzoek uiteenzetten.

### 2.1 Definities

Binnen het onderzoek hanteren wij een aantal kernbegrippen. Omwille van een juiste interpretatie van de resultaten is het van belang deze kernbegrippen hier vooraf helder te definiëren. De kernbegrippen en haar definities zijn samengevat in onderstaande tabel.

**Tabel 2.1 Lijst met kernbegrippen en hun definities zoals gehanteerd in het onderzoek**

Kernbegrip	Definitie
1. Eindgebruikerskosten	De netto kosten die de eindgebruiker van een woning, een eigenaar-bewoner of juist een huurder van een woning, jaarlijks maakt voor het voorzien in zijn of haar warmtevoorziening. Hierbij wordt vanuit actorniveau naar alle relevante kosten en besparingen gekeken. Een belangrijk verschil met de 'nationale kostendefinitie' is dat zogeheten transfers (belastingen en subsidies) voor de eindgebruikerskosten wél meetellen waar ze dat in de nationale kosten niet doen. Ook wordt er bij de eindgebruikerskosten gerekend met tarieven in plaats van de werkelijke kosten (bijvoorbeeld het tarief voor netbeheer). In het kort betreffen de eindgebruikerskosten alle relevante kosten en opbrengsten die een eindgebruiker van een woning maakt in het kader van zijn of haar warmtevoorziening.
2. Nationale kosten	Alle relevante kosten die direct gepaard gaan met het investeren in, opereren van en instandhouden van een gekozen afgebakend systeem. In het geval van deze studie, gaat het om alle relevante kosten die gepaard gaan met de inzet van een specifieke warmtetechniek. Hierbij wordt gekeken naar de 'werkelijke' kosten; d.w.z. dat transacties tussen actoren, zoals belastingen en subsidies, niet meegenomen worden.
3. Jaarlijkse kosten	De jaarlijkse kosten worden bepaald door alle kosten van een warmte toepassing over een afgesproken tijdshorizon om te rekenen naar een reeks jaarlijks terugkerende kosten van gelijke grootte. Dit wordt gedaan door alle vaste kosten (de investeringskosten) van een warmtetoepassing te annualiseren tegen een relevante rentevoet over de afgesproken tijdshorizon (normaal gezien de technische levensduur van de installatie) en daar vervolgens de gemiddelde jaarlijkse variabele kosten bij op te tellen.
4. Meerkosten	De extra kosten van een warmtetoepassing <i>ten opzichte van</i> een bepaalde referentiesituatie. Bijvoorbeeld de kosten van de toepassing van een duurzame warmtetechniek ten opzichte van het behouden van een Hr-ketel op aardgas. In dit onderzoek gebruiken wij de term meerkosten wanneer we verschillen tussen technieken in nationale kosten duiden.
5. Woningequivalent (WEQ)	De inschatting van de hoeveelheid warmte-energie die nodig is om een gemiddelde Nederlandse woning van ruimteverwarming en warm tapwater te voorzien. In deze modelstudie wordt aan iedere individuele woning één WEQ toegekend. Voor utiliteitsgebouwen worden WEQs op basis van oppervlakte toegekend waarbij 1 WEQ gelijk staat aan 130 m <sup>2</sup> .
6. Woonlasten	Alle kosten en baten van een eindgebruiker die gepaard gaan bij de inzet en instandhouding van de warmtevoorziening in een woning of woningequivalent. Onder

Kernbegrip	Definitie
	deze kosten en baten worden verstaan: kosten van energiegebruik inclusief belastingen (en eventuele energiebesparingslasten), kosten van de warmte-installatie en de kosten van isolatie. In onze doorrekening wordt er gekeken naar ruimteverwarming en de verwarming van tapwater. Het energiegebruik dat gepaard gaat met koken is buiten beschouwing gelaten (verwaarloosbaar). Ook de woonlasten worden in onze studie in jaarlijkse termen uitgedrukt (geannualiseerd).
7. Woonlasten-neutraliteit	Woonlasten zijn neutraal wanneer een verduurzamingsstap leidt tot gelijkblijvende of verlaagde woonlasten ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie is in deze studie het uitblijven van het nemen van een verduurzamingsstap.
8. Onrendabele top eindgebruiker	In dit onderzoek is woonlastenneutraliteit een eis. Dat betekent dat wanneer de kosten van het nemen van een verduurzamingsstap hoger zijn dan de kosten bij het uitblijven van het nemen van een verduurzamingsstap we spreken van een onrendabele top. Deze definitie is geen 'echte' onrendabele top zoals wordt bedoeld bij een business case met een negatieve netto contante waarde. Daarom spreken we verderop in de tekst ook wel over 'aanvullend benodigd bedrag om woonlastenneutraliteit te borgen'. Wanneer we de term 'onrendabele top' gebruiken, vermelden we er altijd bij op welke actor de onrendabele top betrekking heeft. Wanneer het gaat om de eindgebruiker, betreft dit de onrendabele top voor eigenaar-bewoners danwel huurders en utiliteitsgebouw-eigenaren.
9. Onrendabele top nationale kosten	Doel van deze studie is het in kaart brengen van de omvang van de benodigde middelen die nodig zijn om eindgebruikers te faciliteren in het nemen van verduurzamingsstappen onder de conditie van woonlastenneutraliteit. De woonlasten die een eindgebruiker betaalt voor haar warmtevoorziening zijn echter niet volledig kostenreflectief omdat er in de woonlasten berekening gerekend wordt met tarieven, waar bijvoorbeeld ook subsidies en belastingen deel van uitmaken. De werkelijke kosten van de volledige warmtevoorziening drukt men uit in de nationale kosten. Wanneer men de onrendabele top van verduurzaming vanuit het nationale kostenperspectief bekijkt, spreekt men in feite van de meerkosten van verduurzaming (zie ook definitie 4). In deze studie spelen de nationale kosten en meerkosten een rol in het rekenwerk om tot een selectie te komen in de inzet van verduurzamingstechnieken. Ten gunste van de leesbaarheid van het rapport ligt de focus van de cijfers die we rapporteren op de woonlasten en onrendabele top van de eindgebruiker. De onrendabele toppen vanuit het nationale kosten perspectief, ofwel de meerkosten, zijn daarom niet gerapporteerd.
10. Onrendabele top warmteleverancier	Een belangrijke alternatieve verwarmingstechniek betreft de inzet van collectieve warmtelevering via kleinschalige of grootschalige stadsverwarmingsnetten. Wanneer er sprake is van collectieve warmtelevering is er in de praktijk een warmteleverancier die deze warmte levert aan eindgebruikers. Ook deze actor kan in de praktijk geconfronteerd zijn met een onrendabele top. Wij bespreken de onrendabele top van de warmteleverancier omdat de aanwezigheid danwel afwezigheid van deze onrendabele top van belang is in de inschatting van de vraag of verdere uitrol en opschaling van collectieve warmtenetten mogelijk is.

## 2.2 Aanpak

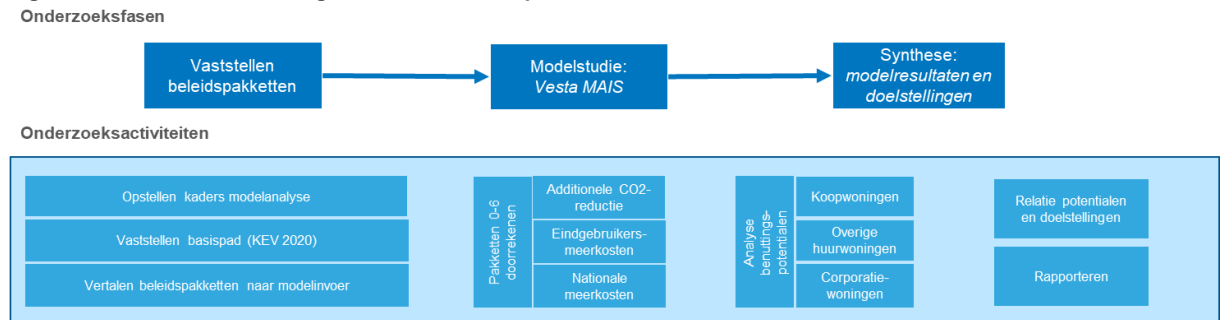
Om de gestelde vragen te kunnen beantwoorden zijn er in het onderzoek drie fasen doorlopen:

1. Het vaststellen van de mogelijke aanvullende beleidspakketten;
2. Het modelleren van de effecten van deze beleidspakketten op de verduurzamingsopgave;

3. Een synthese waarin de resultaten worden geïnterpreteerd en naast de gestelde doelstellingen worden gelegd.

Voor het modelleergedeelte van deze studie maken wij voor een belangrijk deel gebruik van het Vesta MAIS model van het Planbureau voor de Leefomgeving<sup>2</sup>. Dit is hetzelfde model dat ook is toegepast ten behoeve van de studie 'Startanalyse aardgasvrije buurten 2020' van het Planbureau voor de Leefomgeving<sup>3</sup>. Figuur 2.1 geeft een schematische weergave van de aanpak van het onderzoek. In de hiernavolgende subparagrafen lichten we per onderzoeksfase de aanpak nader toe.

**Figuur 2.1 Schematische weergave onderzoeks aanpak**



### 2.2.1 Vaststellen beleidspakketten

Allereerst zijn de door te rekenen beleidspakketten vastgesteld. Dit was een gezamenlijk proces waarin de uitvoeringstafel voor de gebouwde omgeving samen met het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties het proces heeft gevoed met de contouren van drie beleidspakketten, twee verschillende 'sporen' en een basispad. Gezamenlijk combineren deze contouren tot zes individuele scenario's en het basispad (zie onderstaande tabel). Wij hebben vervolgens samen met onderzoeksbureau CE Delft een invulling gegeven aan deze contouren welke in een iteratief proces zijn voorgelegd aan de bredere klankbordgroep van de uitvoeringstafel.

Ambitieniveau \ Spoor	a. Focus op gebiedsgerichte aanpak	b. Focus op individuele stappen op natuurlijke momenten
0. Basispad		0
1. Herprioritering	1a	1b
2. Pluspakket	2a	2b
3. 55%-pakket	3a	3b

Het basispad (of het nul-scenario) fungeert als referentie in deze studie waartegen de aanvullende beleidspakketten worden afgezet. Voor het basispad wordt de KEV2020 gehanteerd. Vervolgens zijn er drie ambitieniveaus gedefinieerd:

1. **Het herprioriteringspakket:** Wat is er maximaal haalbaar met herprioritering van de bestaande middelen?

<sup>2</sup> Zie voor een beschrijving van het model: Planbureau voor de Leefomgeving (2017). 'Het Vesta MAIS ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving: Algemene beschrijving'. Link: <https://www.pbl.nl/publicaties/het-vesta-mais-ruimtelijk-energiemodel-voor-de-gebouwde-omgeving-algemene-beschrijving>

<sup>3</sup> Zie ook het rapport: Planbureau voor de Leefomgeving (2020). 'Startanalyse aardgasvrije buurten: achtergrondrapport'. Link: <https://www.pbl.nl/publicaties/achtergrondrapport-bij-de-startanalyse-aardgasvrije-buurten>

2. **Het pluspakket:** Wat is er aan aanvullend budget en extra maatregelen nodig om de doelen van 2030 te halen (3,4 Mton reductie)?
3. **Het 55%-pakket:** Wat is er nodig om de verhoogde ambitie van de Europese Unie te behalen (3,4 + 1,0 Mton reductie<sup>4</sup>)?

Elk van bovengenoemde drie ambitieniveaus is bovendien doorgerekend over twee verschillende sporen, één spoor waar de focus ligt op een gebiedsgerichte aanpak middels de wijkaanpak en één spoor waar de focus ligt op individuele stappen op natuurlijke momenten. De sporen kennen een 'focus', maar voor beide sporen geldt dat er sprake is van een mix tussen de 'wijkaanpak' en de 'individuele route'.

Voor de doorrekening van de beleidspakketten zijn kaders opgesteld die gehanteerd zijn tijdens de modelstudie en de analyse. Voor de volgende categorieën van modelparameters zijn uitgangspunten vastgesteld:

- Economische parameters: o.a. prijs- en kostenontwikkelingen voor verschillende energiedragers en technieken.
- Fysieke parameters: potentie en beschikbaarheid van bronnen en energiedragers.
- Institutionele parameters: beleid en belastingen.
- Technische parameters: isolatiekeuzes en -eisen.

Eenmaal gedefinieerd zijn de beleidspakketten vertaald naar modelinvoer geschikt voor een doorrekening in Vesta MAIS. Hoofdstuk 3 gaat uitgebreid in op de vastgestelde uitgangspunten binnen dit onderzoek.

### 2.2.2 Modelstudie: Vesta MAIS

Het rekenmodel dat gebruikt is in deze studie om de kosten van de warmtetransitie te berekenen is het Vesta MAIS-model. Vesta MAIS is een technisch-economisch ruimtelijk energierekenmodel, ontwikkeld door het PBL en tevens toegepast in de recente Startanalyse 2020. Het model berekent de aantrekkelijkheid van verschillende duurzame warmte-alternatieven voor de traditionele cv-ketel waarbij ze rekening houdt met niet alleen gebouwgebonden aspecten, maar ook gebiedsgebonden aspecten. Dat laatste is belangrijk, ruimtelijke aspecten van het systeem zoals bijvoorbeeld de ligging en beschikbaarheid van warmtebronnen zijn sterk bepalend of collectieve warmte-opties zoals warmtenetten wel of geen aantrekkelijke optie bieden.

Vesta MAIS kijkt zowel naar aardgasvrije en hybride warmtetechnieken als naar isolatiemaatregelen voor woningen en utiliteitsgebouwen. Het huidige isolatieniveau van een woning wordt, wanneer dit maatschappelijk kostenefficiënt is, in een modeldoorrekening verhoogd naar label D of hoger. Daarnaast zijn er op hoofdlijnen vier toepassingen van duurzame warmtetechnieken van elkaar te onderscheiden:

- All-electric (elektrische warmtepomp);
- Warmtenetten op basis van hoge-temperatuur of midden-temperatuur (HT/MT) puntbronnen en geothermie;
- Warmtenetten op basis van lage-temperatuur (LT) puntbronnen, warmte-koude-opslag (WKO) en thermische energie uit oppervlakte water (TEO);
- Gebruik van groengas middels een groengas hr-ketel of hybride warmtepomp.

---

<sup>4</sup> De additionele opgave van 1 Mton voor de Gebouwde Omgeving geeft het huidige voorstel weer bij de verdeling van de aanvullende opgave over de verschillende sectortafels van het klimaatakkoord richting 55% broeikasgasemissiereductie. Dit cijfer is nog niet definitief, maar biedt als meest recente stand van zaken wel het uitgangspunt voor deze studie.

Het model berekent per beleidspakket de kosten en de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor iedere woning, waarbij de resultaten worden ontsloten op buurniveau. In dit onderzoek richten we ons hoofdzakelijk op de volgende modelresultaten:

- Hoeveel woningen (en van welk woningsegment en met welke warmte-optie) er kunnen verduurzamen gegeven de uitgangspunten van deze studie (zie ook verder hieronder)
- CO<sub>2</sub>-uitstoot: de resulterende CO<sub>2</sub>-uitstoot uit de gebouwde omgeving na verduurzaming van de woningvoorraad of een deel ervan.
- Nationale kosten: de werkelijke kosten van de nieuwe, verduurzaamde situatie ten opzichte van de referentiesituatie (het basispad).
- Eindgebruikerskosten: de kosten voor de eindgebruiker van een woning of utiliteitsgebouw, rekening houdende met eventuele overdrachten (belastingen en subsidies) van of naar de eindgebruiker.

De keuze of een woning een verduurzamingsstap kan zetten volgt in onze doorrekening een gelaagde set aan controles die verschillen per beleidspakket. We bespreken de rekenregels hieronder per spoor. In de uitvoering van de studie heeft Ecorys hiervoor een uitgebreid spreadsheet-model ontwikkeld. In dit spreadsheet-model wordt de modeloutput van Vesta MAIS nader verwerkt om tot de juiste verduurzamingsselecties te komen.

#### *Spoor a. 'Focus op gebiedsgerichte aanpak'*

In spoor A zijn er drie varianten, het herprioriteringspakket, het pluspakket en het 55%-pakket. In al deze varianten geldt dat de focus ligt op verduurzaming van de gebouwde omgeving middels de wijkaanpak. Onder de wijkaanpak worden twee hoofdverduurzamingswegen verstaan, de inzet op warmtenetten en de inzet op all-electric opties. In tweede instantie is verduurzaming middels isolatie en hybride warmtepompen mogelijk.

Wanneer je de woning middels de wijkaanpak verduurzaamt is er regie vanuit de gemeente vereist. Die regie bestaat onder andere uit het aanwijzen van gebieden en verlenen van vergunningen voor de warmtelevering. Omdat de gemeente de regisseur is van de wijkaanpak, gaan wij er in dit spoor van uit dat de keuze voor de warmtetechniek per buurt gebaseerd is op de nationale kosten. De veronderstelling is dat gemeentes trachten te sturen op een betaalbare warmtetransitie voor de langere termijn. De rekenregel in ons model voor dit pakket is dan ook dat er – gesorteerd op laagste nationale kosten – zoveel mogelijk buurten op een warmtenet of all-electric oplossing worden aangesloten.

#### **Intermezzo: De warmtetransitie in de praktijk versus onze doorrekening**

In de praktijk zal het zo zijn dat de gemeente haar keuze voor de warmtetechniek in de buurt óók zal laten afhangen van haar eigen 'lokale analyse' waarin andere factoren dan de laagste nationale kosten van belang kunnen zijn (denk bijvoorbeeld aan onderhoud- en vervangingsplanningen voor infrastructuur of renovatieplanningen van woningcorporaties). Het is onze inschatting dat het gewicht van de lokale analyse in de keuze van de warmtetechniek echter minder zwaar zal wegen dan het niveau van de nationale kosten van een warmtetechniek. Het is daarom dat de laagste nationale kosten toch een goed richtsnoer bieden als geleide voor de keuze van de warmtetechniek per buurt. Wel dient opgemerkt te worden dat álle gemeenten in Nederland nu aan de slag zijn of gaan met de warmtetransitie, en niet alleen de gemeenten waar 'toevallig' de buurten met de laagste nationale kosten liggen. Dat betekent dat in de praktijk ook duurdere buurten dan de goedkoopste buurten al voor 2030 aan de beurt kunnen zijn.

Er zijn wel een aantal voorwaarden. Wanneer woonlastenneutraliteit niet geborgd is in een buurt, worden er subsidies gebruikt om de aanvullende kosten voor eindgebruikers te dekken tot aan het niveau van woonlastenneutraliteit. Wanneer de subsidiebudgetten uitgeput zijn, dan stopt verdere verduurzaming (beperking in pakket 1a).

Voor pakketten 2a en 3a geldt dat de subsidiebudgetten niet beperkend zijn maar de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling bepalen wanneer er voldoende woningen zijn verduurzaamd. Dat betekent dat in deze pakketten de aanvullende budgetten om een tekort voor woonlastenneutraliteit te dekken een resultaat van de berekening zijn (en geen input).

Een nadere beperking is dat we uitgaan van een maximaal aantal warmtenetaansluitingen dat gerealiseerd kan worden in de komende 9,5 jaar. Wanneer dit aantal bereikt is, het subsidiebudget nog niet is opgebruikt en de verduurzamingsopgave nog niet bereikt is moet er verder geëlund worden op all-electric oplossingen in spoor a.

Naast de wijkaanpak kunnen er ook zelfstandig verduurzamingsstappen gezet worden. Zo biedt de hybride warmtepomp een oplossing voor die woningen waar inzet van de hybride warmtepomp woonlastenneutraal mogelijk is. Over de vraag of men ook echt een stap zal zetten wanneer het loont worden aannames gedaan, evenals over de vraag of er ook mensen zijn die een stap zetten wanneer het nog niet loont vanuit een woonlastenperspectief. Dat betekent dat wij in de individuele route rekenen met een afslag op het garanderen van woonlastenneutraliteit, omdat het aannemelijk is dat er ook mensen in beweging komen die niet vereisen dat zij enkel een verduurzamingsstap zetten bij volledige woonlastenneutraliteit. In hoofdstuk 3 gaan we nader op dit punt in.

Laatste punt van belang is dat er tevens wordt gerekend met een maximaal aantal hybride warmtepompen dat geïnstalleerd kan worden in de periode 2019 tot en met 2030. Reden voor het hanteren van een maximum is dat er onzekerheid bestaat over het maximale aantal hybride warmtepompen dat er geproduceerd kunnen worden door fabrikanten en het maximale aantal dat er geïnstalleerd kan worden door het schaars beschikbare technisch geschoold personeel.

#### *Spoor b. 'Focus op individuele stappen op natuurlijke momenten'*

In Spoor B zijn er wederom dezelfde drie varianten. In al deze varianten geldt dat de focus ligt op het zo kosteneffectief mogelijk de broeikasgasemissiereductiedoelen te bereiken in de transitie naar een duurzame warmtevoorziening. Ook in dit pakket wordt de keuze van welke wijken er welke techniek krijgen toegewezen gemaakt op basis van de laagste maatschappelijke kosten. Een verschil met pakket a is echter dat er op een andere wijze wordt omgegaan met de inzet van de hybride warmtepomp en de volledige elektrische warmtepomp.

Beide warmtepomp technieken worden in spoor B gehanteerd als opties om uit te kiezen in de 'individuele route'. Hiervoor wordt tevens subsidie beschikbaar gesteld, waar in spoor A het nog niet mogelijk was om subsidie te krijgen voor het installeren van een hybride warmtepomp in de individuele route (scenario keuze in het kader van focus op de gebiedsgerichte aanpak). In onze doorrekening van spoor B komen alle buurten die niet op een warmtenet worden aangesloten in aanmerking voor de keuze om een deel van de woningen in de buurt middels de individuele route op een hybride of volledige elektrische warmtepomp aan te sluiten. Hiertoe wordt voor alle niet-warmtenet buurten onderzocht welke techniek de laagste maatschappelijke kosten biedt om CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren.

In de doorrekening worden alle buurten gesorteerd op de laagste maatschappelijke kosten en worden er zoveel mogelijk woningen verduurzaamd met de meest kostenefficiënte techniek in de buurt, zijnde warmtenet, hybride of volledig elektrische warmtepomp. Het verduurzamen van woningen gaat door totdat de eerder genoemde beperkingen worden bereikt. Die beperkingen zijn: de subsidiebeperking (pakket 1), het CO<sub>2</sub>-reductiedoel (pakket 2 en 3), het maximale aantal warmtenetaansluitingen en het maximale aantal hybride warmtepompen.

Om te bepalen hoeveel hybride warmtepompen en volledig elektrische warmtepompen er worden geïnstalleerd per buurt middels de individuele route wordt er gerekend met benuttingsgraden. Met deze benuttingsgraden maken wij een inschatting van het aandeel van de woningeigenaren in de buurt dat in beweging komt om een verduurzamingsstap te zetten middels de individuele route. Wat hiermee samenhangt is de gemiddelde vergoeding die woningeigenaren vereisen om in beweging te komen een verduurzamingsstap te zetten. Net als in spoor A nemen we hiervoor een afslag op het niveau van volledige woonlastenneutraliteit, omdat het aannemelijk is dat er zowel woningeigenaren zullen zijn die volledige woonlastenneutraliteit zullen vereisen om in beweging te komen, maar dat er ook woningeigenaren zullen zijn die in beweging komen bij een vergoedingsniveau dat lager ligt dan volledige woonlastenneutraliteit. Vanwege het vrijwillige karakter van de individuele route zien wij geen bezwaren om volledige woonlastenneutraliteit los te laten in de individuele route. In hoofdstuk 3 gaan we hier nader op in.

Op dit moment is het nog onduidelijk hoeveel groen gas er op de langere termijn beschikbaar zal zijn voor de gebouwde omgeving. Dat betekent dat de hybride warmtepomp uiteindelijk zowel een tussenoplossing als eindoplossing kan zijn. Positief is dat onderzoek uitwijst<sup>5</sup> dat het risico op 'lock-in' van de hybride warmtepomp, of, het creëren van verzonken kosten bij inzet van de hybride warmtepomp, zeer beperkt tot afwezig is omdat er geen investeringen plaatsvinden die voor een andere eindoplossing een barrière of juist voordeel opleveren. Dit gegeven is voor ons de basis geweest om ervoor te kiezen dat de hybride warmtepomp overal in Nederland waar warmtenetten niet de preferente optie zijn voor 2030 geïnstalleerd mogen worden via de individuele route.

### 2.2.3 *Synthese: modelresultaten en doelstellingen*

De laatste stap in het onderzoek is het samenbrengen van alle modelresultaten en deze te relateren aan de gestelde doelstellingen voor het klimaat (zoveel mogelijk reductie, 3,4 Mton broeikasgasemissiereductie en 4,4 Mton broeikasgasemissiereductie). De synthese beslaat twee hoofdstukken, een resultatenhoofdstuk (hoofdstuk 4) gericht op de modelresultaten van de studie, en een reflectiehoofdstuk (hoofdstuk 5), waar er breder wordt gereflecteerd op de aanpak en uitgangspunten van het onderzoek en de beleidsimplicaties van de gepresenteerde conclusies in hoofdstuk 4.

#### *Scope en reikwijdte van het onderzoek: de utiliteitssector en isolatie-installatie nexus*

De broeikasgasemissiereductiedoelstellingen voor de gebouwde omgeving omvatten zowel de emissies van woningen als van utiliteitsgebouwen. De focus van deze studie ligt op het in kaart brengen van de opgave voor de woningbouwsector. Om dit goed te kunnen doen is er echter ook aan de utiliteitssector gerekend, het doelbereik van de woningbouwsector en de utiliteitssector zijn namelijk communicerende vaten gezien de emissiereductiedoelstelling vanuit het klimaatakkoord telt voor de gehele gebouwde omgeving. Ook is het zo dat de verduurzamingskosten van woningen bij de inzet van collectieve warmte-opties zoals bijvoorbeeld hoge- of middentemperatuur warmtenetten samenhangen met de inzet van deze technieken bij utiliteitsgebouwen omdat de kosten van het netwerk gedeeld kunnen worden.

Desalniettemin vraagt het volledig onderzoeken van de verduurzamingsopgave van de utiliteitsbouw ons inziens om een bredere aanpak waarbij er sectorspecifiek naar verduurzamingsopgaven wordt gekeken. Een dergelijke bredere blik op de verduurzamingsopgave in de utiliteitssector is voor deze studie buiten scope. Het is daarom dat deze rapportage hoofdzakelijk gericht is op de verduurzamingsopgave van de woningbouwsector. Gezien de omvang van de opgave voor de utiliteitsbouw is een nadere toelichting op de inzichten die wél

---

<sup>5</sup> Ecorys (2021). De waarde van de hybride warmtepomp voor de warmtetransitie: een technisch-economische verkenning van maatschappelijk efficiënte verduurzamingskeuzes.

ontleend kunnen worden aan onze doorrekening van de verduurzamingsopgave van de utiliteitsbouw op zijn plaats. Een dergelijke analyse volgt daarom nog als addendum bij dit rapport.

In de zoektocht naar de invulling van de verduurzamingsopgave voor de woningbouwsector is één van de vragen wat de meest kostenefficiënte invulling oplevert: een focus op het isoleren van gebouwen of een focus op het installeren van duurzame warmtetechnieken? Vragen die met deze vraag samenhangen zijn, tot welk isolatieniveau het kostenefficiënt is om gebouwen van verschillende typen te isoleren, maar ook welk moment het juiste moment is om een stap te zetten? De hier beschreven vragen kunnen niet volledig beantwoord worden op basis van dit onderzoek. Wél is het mogelijk om meer te leren over tot welk isolatieniveau het kostenefficiënt is om te isoleren en welke kosten daarmee samenhangen. Ook is er inzicht te verkrijgen in de verdeling van de kosten van de warmtetransitie: welk aandeel van de kosten wordt gemaakt door het isoleren van gebouwen, het installeren van duurzame warmtetechnieken en welk gedeelte van de kosten komt terecht in overige posten? Een analyse die hier meer inzicht in verschaft volgt als addendum bij dit rapport.



### 3 Uitgangspunten van de doorrekeningen

De vast te stellen uitgangspunten voor de doorrekeningen zijn op te delen in **4 categorieën**: economische, fysieke, technische en institutionele parameters. Economische, fysieke en technische parameters omvatten keuzes die van toepassing zijn op alle door te rekenen scenario's. De institutionele parameters verschillen per gehanteerd beleidsscenario, het gaat om keuzes ten aanzien van beleid waaronder ook belastingen. In dit hoofdstuk wordt in paragrafen 3.1 tot en met 3.4 achtereenvolgens elk van de vier uitgangspunten categorieën één voor één besproken. In een laatste paragraaf (paragraaf 3.5) worden de eerder besproken scenario's voor deze studie nog eens nader in beeld gebracht.

#### 3.1 Economische parameters

Economische parameters zijn uitgangspunten met een economische aard, zoals ontwikkelpaden van prijzen en kosten voor verschillende energiedragers en technieken. Tabel 3.1 toont een samenvatting van de meest relevante uitgangspunten die gebruikt zijn in de modelberekeningen en in de analyses.

**Tabel 3.1 Samenvatting belangrijke uitgangspunten: economische parameters**

Gebruik voor ...	Bron/aanname	Consistent met ...
Energieprijzen	KEV 2020 (m.u.v. groengas) Voor eindgebruikers: Groengas prijzen gelijk stellen aan aardgas (relevant voor eindgebruikers, de meerkosten voor productie worden namelijk vergoed via een SDE productiesubsidie) Maatschappelijke kosten: groengas productiekosten gelijk stellen aan startanalyse	Startanalyse en Dashboard eindgebruikerskosten
CO <sub>2</sub> -emissies	CO <sub>2</sub> -intensiteit van groengas gelijk aan aardgas omdat emissiereductie buiten de gebouwde omgeving al mee telt. (onrendabele top van groengas productie wordt via sde door rijk betaald dus telt niet meer voor gebouwde omgeving)  CO <sub>2</sub> -emissies van elektriciteit worden niet meegeteld gezien deze tot de tafel Elektriciteit behoren.	
Investeringskosten	Arcadis kostenkennallen Natuurlijk vervangingsmoment en zelfstandig moment --> gemiddelde investeringskosten	Startanalyse en Dashboard eindgebruikerskosten, EIB rapport
Kostencurves / kostenreductie	Gemiddelde van geen prijsontwikkeling en de ondergrens in de Startanalyse	Startanalyse, Dashboard eindgebruikerskosten

Naast bovenstaande tabel lichten we in dit onderdeel nog drie thema's toe:

1. De verschillende typen eindgebruikers en hoe we er mee omgaan
2. De verdeling van kosten bij warmtenetten
3. Het laagste kosten principe

## 1. De verschillende typen eindgebruikers en hoe we er mee omgaan

De gebouwde omgeving kent ruwweg drie typen eindgebruikers in het woonsegment:

- Eigenaar-bewoners, deze groep woont in *koopwoningen*;
- Particuliere huurders, deze groep woont in *huurwoningen* van (al dan niet commerciële) verhuurders;
- Sociale huurders, deze groep woont in *corporatiewoningen* van woningcorporaties.

In deze studie baseren we de berekening van de woonlasten op hoe de kosten en baten verdeeld zouden zijn als je als eigenaar-bewoner een verduurzamingsstap onderneemt. Dat betekent dat niet alleen de kosten volledig voor rekening van de koopwoningeigenaar zijn maar ook de financiële baten (besparingen op de energielasten). Een eventuele toename van de woningwaarde ten gevolge van verduurzaming wordt in deze studie niet meegenomen.

Voor particuliere huurders en sociale huurders ligt de kosten en batenverdeling anders omdat het niet de huurders zijn die een investering moeten doen bij een verduurzamingsstap, maar de pandeigenaar. Hierdoor liggen de kosten en baten niet bij dezelfde partij, dit heet in de literatuur ook wel de *split incentive*, de eigenaar maakt de kosten, maar zijn of haar huurder ervaart de baten (besparingen op de energielasten).

De werkelijke verdeling van baten en kosten tussen huurder en verhuurder zijn niet gemodelleerd, wij nemen de split incentive in deze studie dus niet mee. Daarvoor was het noodzakelijk geweest om een koppeling te leggen tussen de woningverbetering, het aantal punten dat dat oplevert voor de woning, en de daarmee samenhangende huurverhoging die er dan vervolgens mogelijk is. In de studie 'opgaven en middelen'<sup>6</sup> is wél tot in detail uitgezocht hoe de split-incentive uitpakt in de praktijk, rekening houdend met de regels rondom huurverhoging en het woningpuntenwaarderingsstelsel voor de sociale huur.

Wat we in deze studie wél doen is per type eindgebruiker inzichtelijk maken wat de woonlasten bij verduurzaming zouden zijn als je de split incentive zou negeren. Dat kan in de praktijk niet, maar geeft op deze manier toch enig inzicht in de omvang van de kosten van verduurzaming voor de segmenten overige verhuur en sociale verhuur. Het gaat hier dan om een indicatie van de omvang van de opgave.

## 2. Verdeling van kosten bij warmtenetten

In de berekening van de kosten van warmtenetten spelen een groot aantal posten een rol. In onze berekeningen hebben we de kosten als volgt verdeeld. De eindgebruiker van een warmtenet draagt de volgende lasten:

- Kosten voor inkoop warmte
- Kosten voor vastrecht warmte en elektriciteit
- Kosten voor de huur van de afleverset, conform Warmtebesluit ACM 2021
- In het geval van een nieuwe aansluiting, de eenmalige (en gereguleerde) bijdrage aansluitkosten (BAK), conform Warmtebesluit ACM 2021
- Eventuele kosten voor isolatie (naast verduurzaming van de warmtetechniek, kunnen woningen ook isolatiestappen zetten in onze doorrekening)
- Kosten voor het overstappen op elektrisch koken<sup>7</sup> (perilex stopcontact, elektrisch kooktoestel en geschikte pannen)

<sup>6</sup> Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2020). Opgaven en middelen corporatiesector. Hoofdrapport.

<sup>7</sup> Deze kosten zijn voor deze studie geraamd op 1.000 euro per woning. Dit is conform het eindgebruikerskosten onderzoek van TNO en de uitgangspunten van het Vesta MAIS model. Deze kosten zijn bovendien ook relevant voor all-electric woningen gezien daar ook elektrisch wordt gekookt.

De warmteleverancier maakt in onze doorrekening de volgende kosten:

- Kosten voor de productie van warmte
- Kosten voor het transport en de distributie van warmte
- Kosten voor het aanschaffen en installeren van de afleverset
- Kosten voor het realiseren van de aansluiting, inclusief het inpandig leidingwerk

Dat laatste is een belangrijke keuze, de kosten van het inpandig leidingwerk zijn een forse kostenpost, geschat op *gemiddeld* 2.500 euro per woning<sup>8</sup>. Dit leidingwerk zal gedeeltelijk voor en regelmatig gedeeltelijk achter de afleverset plaatsvinden. Goed om hier te vermelden is dat het bekend is dat er een substantiële mate van onzekerheid bestaat over de precieze hoogte van de kosten van het inpandig leidingwerk. In het onderstaande blauwe intermezzo lichten we onze uitgangspunten keuze toe.

#### **Intermezzo: Onzekerheid over kengetallen zoals de hoogte van de kosten van het inpandig leidingwerk**

Op basis van praktijkinformatie van verschillende gerealiseerde en gecontracteerde warmtenetten blijkt dat in de praktijk de kosten van het inpandig leidingwerk gemiddeld uit kunnen komen op 4.800 euro in plaats van 2.500 euro<sup>9</sup>. Het blijkt dat er in de praktijk situaties kunnen zijn waardoor de kosten hoger uitvallen, omdat er bijvoorbeeld ouderwetse gaskachels verwijderd moeten worden en moeilijk bereikbare rookgasafvoeren moeten worden afgedicht. Of dat de plaats waar de warmte afleverset de cv-ketel moet vervangen op een onhandige plek valt in de woning met hogere installatiekosten als gevolg. Er is echter onvoldoende informatie beschikbaar om een robuuste vaststelling van een werkelijk gemiddelde kostencijfer van het aanleggen van inpandig leidingwerk vast te kunnen stellen. Het is daarom dat we werken met de waarde die gebruikt is in de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 en het eindgebruikerskosten dashboard van TNO. Het is namelijk van belang om met een coherente en vergelijkbare set van uitgangspunten te rekenen, om te voorkomen dat we op arbitraire wijze biases introduceren in ons onderzoek door voor specifieke kostenposten af te wijken van de coherente set aan uitgangspunten.

Naast de reeds genoemde kostenposten zien we in de praktijk vaak nog een kostenpost, namelijk de kostendekkingsbijdrage. Deze kostenpost is ontstaan vanuit de praktijk dat niet alle warmtenetten met bovenstaande kostenverdeling renderen. In dat geval is het voor commerciële warmtepartijen niet mogelijk om een warmtenet te realiseren en is er dus een aanvullende kostendekkingsbijdrage nodig om een warmtenet te kunnen aanleggen. In de praktijk is het een zoektocht wie die kosten draagt. Veelal zal dit een combinatie zijn van gebouweigenaren (mix van koopwoningeigenaren, particuliere verhuurders, corporatiewoningen en andere vastgoedeigenaren) en publieke partijen zoals gemeenten die van mening kunnen zijn dat het warmtenet een ondersteuningssubsidie moet krijgen. In de praktijk zullen gemeenten of andere publieke partijen wel middelen beschikbaar moeten hebben of krijgen om een ondersteuningssubsidie te kunnen verlenen.

In de studie van het 'eindgebruikerskosten dashboard' van TNO wordt de kostenpost van het 'inpandig leidingwerk' volledig bij de eindgebruiker gelegd. Dat is een plus voor de business case van de warmteleverancier, maar natuurlijk een min voor die van de eindgebruiker. Omdat hier geen regels over zijn opgesteld en er in de praktijk verschillend mee wordt omgegaan, leggen wij in onze doorrekening deze kosten bij de warmteleverancier met de kanttekening dat warmtenetten rendabel moeten zijn om ze gerealiseerd te kunnen krijgen. Wij brengen daarom in onze doorrekening tevens apart de onrendabele top van de warmteleverancier in beeld. In onze definitie beheert de

<sup>8</sup> Zie de kosten voor inpandige distributie voor grondgebonden objecten, Planbureau voor de Leefomgeving (2021). Functioneel Ontwerp Vesta MAIS 5.0. p. 139.

<sup>9</sup> Bron: Vergelijking achterliggende cijfers 'Factsheet 'Onrendabele top collectieve warmtesystemen', CE Delft (2021).

warmteleverancier de hele warmteketen, hij of zij verzorgt de warmte-inkoop en betaalt daarmee de kosten voor de productie van warmte, verzorgt het transport en distributie, schaft de afleverset aan en realiseert de aansluiting, inclusief het in pandig leidingwerk. De eindgebruiker heeft vervolgens een contract met de warmteleverancier aan wie hij of zij zijn betalingsverplichting voldoet. Het saldo van kosten en baten dat de warmteleverancier maakt bij het aanleggen en opereren van het warmtenet geeft de onrendabele top. De onrendabele top kan hierbij positief zijn, dan is er sprake van een tekort voor de warmteleverancier, of negatief, in dat geval is er sprake van winst voor de warmteleverancier.

### 3. *Het laagste kosten principe*

Belangrijk om te vermelden is dat wij in onze doorrekening sturen op een maatschappelijk kostenefficiënte warmtetransitie. Dat betekent dat de goedkoopst mogelijk te verduurzamen woningen en buurten het eerst aan de beurt zijn. Dat kunnen we op die manier doen, omdat we ruimtelijk rekenen aan de warmtetransitie met het Vesta MAIS model waarin alle buurten in Nederland zijn opgenomen. Het is wel belangrijk om hiervan bewust te zijn omdat dit afwijkt van sommige andere studies waarin met gemiddelde kosten voor verduurzamingsstappen wordt gerekend. In onze doorrekening zijn 'de eerste woningen' dus goedkoper dan 'de laatste woningen' die verduurzaamd worden om de doelstellingen in de verschillende beleidspakketten te bereiken.

## 3.2 Fysieke parameters

Fysieke parameters omvatten alle informatie over de potentie en de beschikbaarheid van warmte- en energiebronnen en van de verschillende energiedragers. In dit onderzoek baseren we ons voor deze informatie op de beschikbare informatie uit de Startanalyse 2020. Drie onderwerpen op het gebied van energiebronnen en dragers lichten we hier echter graag uit omdat er enkele bijzonderheden zijn: de *beschikbaarheid van groengas*, de *beschikbaarheid van warmtebronnen* voor warmtenetten en het *maximaal mogelijk te realiseren aantal warmtenetaansluitingen*.

### 1. *Beschikbaarheid van groengas*

In het klimaatakkoord hebben partijen gezamenlijk de ambitie uitgesproken dat er in 2030 70 PJ aan groengas beschikbaar zal zijn. Deze hoeveelheid aan groengas komt ongeveer overeen met 2 miljard kubieke meter (bcm) groengas. In de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020 wordt verondersteld dat deze 2 bcm volledig beschikbaar is voor de gebouwde omgeving – waarbij 1,5 bcm wordt ingezet in gebouwen en 0,5 bcm beschikbaar is voor bijstook in warmtenetten. In deze studie wordt er echter een voorzichtiger uitgangspunt aangehouden. Vanwege het gegeven dat het nog onzeker is hoeveel groengas er beschikbaar zal zijn in 2030 en hoe dit groengas verdeeld zal worden over de verschillende vraagsectoren gebruiken we de beschikbaarheid van groengas niet als sturingsmiddel om te bepalen welke technieken er waar ingezet kunnen of mogen worden.

Dat is een ander uitgangspunt dan dat er gehanteerd wordt in de Startanalyse 2020. Het doel van de Startanalyse 2020 is om de meest kostenefficiënte invulling van de warmtevraag te vinden voor een aardgasvrije gebouwde omgeving in 2050 bij een beschikbaarheid van 2 bcm aan groengas. Hiertoe werden er in de Startanalyse 2020 zogeheten groengas buurten aangewezen (op basis van een groengas allocatiemechanisme dat optimaliseert voor kosteneffectiviteit). Het uitgangspunt voor deze studie is om op een zo kosteneffectief mogelijke wijze CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren met verduurzamende maatregelen in de gebouwde omgeving voor 2030. Met het jaar 2030 als zichtjaar is aardgasvrij geen vereiste, maar is het wel het pad waar naar toe wordt gewerkt om de doelen voor 2050 in zicht te houden.

Verder is het zo dat de inzet van het reeds beschikbare groengas in de gebouwde omgeving (op basis van cijfers huidige bijmenging in het aardgasnetwerk) in deze doorrekening niet tot CO<sub>2</sub>-emissiereductie leidt voor de tafel van de gebouwde omgeving. Deze CO<sub>2</sub>-emissiereductie wordt namelijk al meegeteld in een andere klimaattafel en anders ontstaan dubbeltellingen (dit is consistent met de doorrekening van het Klimaatakkoord).

De meerkosten van de productie van groengas t.o.v. aardgas worden door het rijk gedragen via de SDE++. Consumenten betalen daarom voor groengas dezelfde prijs als voor aardgas. Dat betekent dus dat hoewel de emissiereducties niet mee tellen, de meerkosten van groengas productie ook niet meetellen in onze berekeningen.

## 2. Beschikbaarheid van warmtebronnen

Voor de beschikbaarheid van warmtebronnen sluiten we aan bij de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020. Dat betekent dat het mogelijk is om warmtenetten aan te leggen in twee varianten:

1. MT/HT-warmtenetten, gevoed met restwarmte of geothermie;
2. LT-warmtenetten, gevoed met LT-puntbronnen – zoals bijvoorbeeld thermische energie uit afvalwater of van een datacentrum – of gevoed door een WKO, al dan niet in combinatie met TEO.

In het publieke debat is er nu veel aandacht voor de vraag of biomassa wel of niet ingezet zou moeten, mogen of kunnen worden voor de inzet van warmteproductie in warmtenetten voor de levering van warmte aan de gebouwde omgeving. Vanwege de controverse over dit onderwerp en de daarmee samenhangende recentelijk terugtrekkende bewegingen van enkele marktpartijen hebben wij ervoor gekozen om aan te nemen dat er géén aanvullende biomassa warmteproductie installaties bij komen tussen nu en 2030 op basis waarvan grootschalige warmtelevering mogelijk zou kunnen zijn (naast de reeds vergunde installaties in de SDE++).

Goed om te vermelden is dat er op dit moment een studie loopt waarin wordt nagegaan wat de meerkosten zouden zijn voor de verwarming van de gebouwde omgeving en de glastuinbouw wanneer het gebruik van houtige biograndstoffen voor warmteproductie wordt uitgefaseerd<sup>10</sup>. Onze studie is op dit vlak aan de conservatieve zijde gezien er überhaupt geen verdere inzet van biograndstoffen in warmtenetten plaatsvindt waardoor er dus ook geen sprake kan zijn van mogelijke meerkosten in de toekomst – wij presenteren daarmee een robuust beeld voor de toekomst.

## 3. Maximaal mogelijk te realiseren aantal warmtenetaansluitingen

In het klimaatakkoord is de ambitie uitgesproken om 700.000 nieuwe warmtenetaansluitingen te realiseren tot en met 2030. Of dat ook zal lukken hangt af van een aantal factoren. Een greep uit deze factoren: Lukt het om voldoende warmtebronnen te vinden en te ontsluiten? Zijn daar ook warmteproductie subsidies voor beschikbaar? Is er draagvlak voor zoveel inzet op warmtenetten in de desbetreffende regio's? Lukt het om organisatorisch de partijen bij elkaar te brengen? Zijn er ook voldoende technisch geschoolde mensen beschikbaar om het werk uit te voeren?

Als op voldoende van bovenstaande vragen het antwoord ja is dan denkt de sector tussen nu en 2030 670.000 nieuwe warmtenet aansluitingen te kunnen realiseren<sup>11</sup>. Onzeker is nog welk gedeelte daarvan in de bestaande bouw zal plaatsvinden en welk gedeelte in de nieuwbouwsector. In de bestaande bouw is de warmtevraag hoger en is daarmee collectieve warmtevoorziening financieel aantrekkelijker. Maar in dit segment zijn er ook een groot aantal praktische hordes te

<sup>10</sup> Scheepers, M., Beurskens, L. & Lenzmann, F. (2021). 'Alternatieven voor warmtelevering in de gebouwde omgeving en glastuinbouw bij uitfasering houtige van biograndstoffen'. TNO.

<sup>11</sup> Bron: e-mailcontact met een vertegenwoordiging van het Warmtenetwerk, de brancheorganisatie van de warmtesector.

overwinnen. In de nieuwbouwsector is de warmtevraag lager, maar daarentegen is de uitrol van een warmtenet in dit segment wel makkelijker planbaar. Gegeven de onmogelijkheid om de precieze verdeling van het maximaal mogelijk te realiseren aantal warmtenetaansluitingen te voorspellen gaan we in deze studie ervan uit dat iets minder dan driekwart van de ruimte beschikbaar is voor het aansluiten van bestaande woningen op het warmtenet. Dit is de bovenkant van de bandbreedte van het maximaal mogelijke waar van is uitgegaan ten tijde van de doorrekening van het ontwerp klimaatakkoord in 2019. De rest is dan beschikbaar voor de utiliteitsbouw en nieuwbouwsectoren. Wij gaan er van uit dat er maximaal 489.000 nieuwe warmtenetaansluitingen gerealiseerd kunnen worden tussen nu en 2030 in de bestaande bouw.

### 3.3 Technische parameters

Technische parameters zijn parameters die gaan over de technische aspecten van gebouwen en warmtetechnieken, zoals de gehanteerde methodiek omtrent isolatiekeuzes en -eisen. In deze studie is het van belang om onderscheid te maken tussen de twee sporen, zijnde de focus op de gebiedsgerichte aanpak (middels de wijkaanpak) en de focus op individuele stappen op natuurlijke momenten (waar naast ruimte voor individuele stappen ook expliciet een rol is weggelegd voor de wijkaanpak). Afhankelijk van het spoor verschilt de wijze waarop het isolatieniveau tot stand komt. Onderstaande tabel vat samen welke keuzes zijn gehanteerd op het gebied van simulatie en optimalisatie van isolatiestappen voor alle panden.

**Tabel 3.2 Samenvatting uitgangspunten isolatieniveaus: technische parameters**

Gebruik voor ...	Bron/aanname	Consistent met ...
Isolatieniveau in het spoor 'focus op gebiedsgerichte aanpak'	Hier is gerekend met alle mogelijke isolatieniveaus (D en beter). De keuze van het isolatieniveau hangt vervolgens af van <i>maatschappelijke kostenefficiëntie</i> .	Dit is een afwijking van de startanalyse, de Startanalyse rekent enkel met labels D en B.
Isolatieniveau in het spoor 'focus op individuele stappen op natuurlijke momenten'	Hier is gerekend met alle mogelijke isolatieniveaus (D en beter). De keuze van het isolatieniveau hangt bij het nemen van een individuele verduurzamingsstap af van de <i>rentabiliteit</i> voor de eindgebruiker. In het geval een buurt overgaat op een warmtenet dan wordt ook hier het <i>maatschappelijke kostenefficiënte</i> label gevolgd.	
In beide gevallen	Een minimum label eis wordt opgelegd op basis van de techniek. Deze label-eis is in het geval van warmteoplossingen met een lage temperatuurafgiftesysteem schillabel B en in gevallen met een warmteoplossing op midden of hogetemperatuur schillabel D. Met het hanteren van een minimum label eis wordt er <i>richting de Standaard bewogen</i> .	Eindgebruikerskosten dashboard en Startanalyse 2020.

N.B. Voor utiliteitsgebouwen heeft het Vesta MAIS model van het PBL enkel cijfers opgenomen over de investeringskosten van een stap naar schillabel B (benadering van de Standaard). Deze gebouwen gaan daarom altijd bij benadering naar deze standaard wanneer ze isoleren.

#### *Maximaal aantal hybride warmtepompen*

Naast een beperking op het maximaal haalbare aan te sluiten warmtenetaansluitingen hanteren we voor deze studie ook een beperking op het maximaal aantal hybride warmtepompen dat er geïnstalleerd kan worden in de periode tot en met 2030. Hiervoor nemen we de middenwaarde van het ambitieniveau van de 'coalitie HR-hybride' van tussen de 1 en 2 miljoen hybride warmtepompen

in 2030, ofwel een maximum van 1,5 miljoen hybride warmtepompen. Reden voor het hanteren van een maximum is dat er onzekerheid bestaat over de maximale productie van hybride warmtepompen door fabrikanten en over de benodigde installatiecapaciteit vanwege de schaarste in technisch geschoold personeel.

### 3.4 Institutionele parameters

De institutionele parameters definiëren voor ieder beleidspakket met welke beleidsinstrumenten de gebouwde omgeving richting verduurzaming wordt gestuurd. Hieronder bespreken we enkele belangrijke instrumenten aan de hand van de instrumentcategorieën 'normering', 'belasten' en 'subsidieren'. Een overzicht op hoofdlijnen van welke instrumenten in welk beleidspakket zijn toegepast wordt gepresenteerd in paragraaf 3.5.

#### 1. Normering

Op 1 januari 2023 moeten alle kantoren in Nederland beschikken over een minimum energielabel C. Deze minimum labeleis zal een positief effect hebben op de energiekwaliteit van de gebouwvoorraad in de utiliteitssector. Wij gaan er in deze studie van uit dat deze beleidsmaatregel en mogelijk nog volgende normeringen en stimulerende instrumenten voor de utiliteitssector er toe zullen bijdragen dat het lukt om de afgesproken 1 Mton aan additionele CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren in de utiliteitssector (zie ook de doorrekening van het Ontwerp Klimaatakkoord, Planbureau voor de Leefomgeving 2019). Dat betekent dat 1 Mton van de opgave wordt ingevuld door de utiliteit. De investeringsopgave resulteert in kosten voor publieke en private eigenaren van utiliteitspanden. In deze studie is geen inschatting van die kosten gemaakt (naar de kosten voor verduurzaming van utiliteitspanden in publiek eigendom zal nog nader onderzoek gedaan worden).

Naast de normering van de utiliteitsbouw werkt het Rijk ook aan een perspectief op normering van de energiekwaliteit van woningen in de bestaande bouw middels de 'standaard en streefwaarden voor bestaande woningen'. In beleidspakket 2 wordt aangenomen dat deze standaard en streefwaarde er zijn op vrijwillige basis waardoor zij een positief effect hebben op de benutting van het verduurzamingspotentieel, door het aankondigingseffect van de richting van verduurzaming van de gebouwde omgeving. In beleidspakket 3 wordt aangenomen dat de standaardwaarde voor isolatie in de bestaande bouw verplicht wordt gesteld vanaf het jaar 2050. Dat zou wederom ook weer een versterkend effect kunnen hebben op het benutte potentieel voor verduurzaming, ook al in 2030, via het aankondigingseffect.

#### 2. Belasten

Een belangrijk beleidsinstrument in onze doorrekening is het variëren van de hoogte van de energiebelasting op aardgas en elektriciteit middels de 'energiebelastingschuif'. Een schuif met een verhoging van het energiebelastingtarief op aardgas in de eerste schijf en een verlaging van het energiebelastingtarief op elektriciteit in de eerste schijf leidt er toe dat er een sterkere financiële prikkel is voor alternatieven voor de traditionele cv-ketel. Immers, wanneer je gas hoger belast en tegelijkertijd elektriciteitsgebruik lager dan wordt het bijvoorbeeld aantrekkelijker om een hybride warmtepomp of volledige warmtepomp te gebruiken in plaats van een gasgestookte cv-ketel (vanwege een verschuiving van de belastingdruk bij gebruik van deze installaties).

Voor alle beleidspakketten geldt dat de energiebelastingschuif in de doorrekening is meegenomen zoals deze is vastgelegd in de Wet fiscale maatregelen Klimaatakkoord (de zogeheten 'KAGO-schuif'). In aanvulling daarop is er tevens een tweede energiebelastingschuif variant doorgerekend waarin de 'KAGO-schuif' wordt verdubbeld. De dubbeling van de KAGO-schuif vindt naast de reeds

bestaande KAGO schuif plaats vanaf het jaar 2023. In Tabel 3.3. toont de kolom 'standaard' de reguliere KAGO-schuif en de kolom 'gevoeligheidsanalyse' toont aan hoe de belastingtarieven er uit zien in de dubbele KAGO schuif. Tabel 3.3 geeft de schuif weer in mutaties van het energiebelastingniveau per jaar zoals we dit hebben meegenomen in onze doorrekening.

**Tabel 3.3 Overzicht van de gehanteerde energiebelastingsschuif (klimaatakkoord) en de additionele schuif voor de gevoeligheidsanalyse op beleidspakket 2 (een dubbele schuif vanuit het klimaatakkoord)**

Jaar	Toename EB op gas			Toename EB op elektriciteit		
	Standaard	Dubbeling (de tweede schuif)	Gevoeligheids- analyse	Standaard	Dubbeling (de tweede schuif)	Gevoeligheids- analyse
2019	0	0	0	0	0	0
2020	0,04	0	0,04	0	0	0
2021	0,01	0	0,01	-0,0049	0	-0,0049
2022	0,01	0	0,01	-0,0036	0	-0,0036
2023	0,01	0,04	0,05	-0,0035	-0,0049	-0,0084
2024	0,01	0,01	0,02	-0,004	-0,0036	-0,0076
2025	0,01	0,01	0,02	-0,004	-0,0035	-0,0075
2026	0,01	0,01	0,02	-0,004	-0,004	-0,008
2027	0	0,01	0,01	0	-0,004	-0,004
2028	0	0,01	0,01	0,001	-0,004	-0,003
2029	0	0,01	0,01	0	0	0
2030	0	0	0	0	0,001	0,001

### 3. Subsidiëren

Bij de doorrekening van de beleidspakketten 1a en 1b wordt aangenomen dat de huidige beschikbaar gestelde middelen tot 2030 (in de vorm van o.a. subsidies) gebruikt kunnen worden voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Deze middelen kunnen ingezet worden om de onrendabele top voor verduurzamingsinvesteringen voor woningen te dekken. Dat wil zeggen; als de eindgebruikerskosten voor een aardgasvrije warmtetechniek hoger zijn dan eindgebruikerskosten voor de reguliere aardgas warmtetechniek, kan het verschil in de additionele eindgebruikerskosten gedekt worden met deze subsidies. Als dit verschil in additionele eindgebruikerskosten gedekt kunnen worden, zullen meerdere woningeigenaren geneigd zijn om de overstap naar een aardgasvrije techniek te maken.

Hierbij dient benadrukt te worden dat we enkel kijken naar de middelen voor het verduurzamen van woningen, en dus niet van utiliteit. Dat betekent dat in onze analyse de onrendabele toppen van utiliteit niet worden gedekt.

Tabel 3.4 presenteert een overzicht van de huidige beschikbaar gestelde middelen (die nog niet uitgeput zijn) tot 2030 voor het verduurzamen van woningen. De tabel presenteert tevens welk deel van het instrument reeds benut is, en welk deel van het instrument ingezet kan worden voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving (sommige instrumenten kunnen ingezet worden voor meerdere doelen). De omvang, benutting en het duurzaam inzet aandeel van deze middelen zijn vastgesteld op basis van gesprekken met medewerkers van BZK. Hiermee kunnen we een schatting maken van de beschikbare middelen die ingezet kunnen worden voor het dekken van de onrendabele toppen voor verduurzaming van woningen in beleidspakket 1a en 1b.



Het Vesta MAIS model presenteert de eindgebruikerskosten als jaarlijkse kosten. Om de jaarlijkse onrendabele toppen te dekken met de beschikbare middelen, dienen deze middelen ook jaarlijks gemaakt te worden. Dit doen wij door de som van alle beschikbaar middelen t/m 2030, te delen door de periode waarin de verduurzamingsinvesteringen gemaakt dienen te worden (10 jaar; 2021 t/m 2030). Dit is een simplificatie van de werkelijkheid, omdat de beschikbaarheid en uitgave van de middelen t/m 2030 in werkelijkheid niet constant zijn en kunnen verschillen. Een andere simplificatie is dat we uitgaan van een totaal bedrag aan middelen. We houden dus geen rekening houden met de individuele voorwaarden bij de toewijzing van de middelen.

Hieruit volgt dat we uitgaan van ongeveer 330 miljoen euro aan beschikbare middelen. Deze schatting is iets lager dan de waarde die voortkomt uit de berekening van de onderstaande tabel. Deze waarde is iets naar beneden gesteld om te corrigeren voor eventuele onvoorziene uitvoeringskosten van de instrumenten.

**Tabel 3.4** Overzicht van de huidige middelen ten behoeve van de verduurzaming van de gebouwde omgeving

Instrument	Totaal aan middelen t/m 2030 (in mln €)	Reeds benut (in mln €)	Aandeel voor dekken onrendabele toppen bij verduurzaming (%)	Beschikbare middelen (in mln €)
ISDE	1.100	100	100%	1.000
Stimulering Aardgasvrije koopwoningen	25	1	100%	24
Subsidie Energiebesparing Eigen Huis (SEEH)	138,7	114,4	100%	24,3
Subsidieregeling Aardgasvrije huurwoningen (SAH)	200	66,5	100%	133,5
Nationaal energiebesparingsfonds	900	198,3	100%	701,7
Regeling Vermindering Verhuurdersheffing	1.000	0	100%	1.000
Proeftuinen aardgasvrije wijken	385	50 <sup>12</sup>	75% <sup>13</sup>	251,25
Volkshuisvestingsfonds voor investeringen in leefbaarheid en verduurzaming van kwetsbare gebieden	440	0	50% <sup>14</sup>	220
<b>Totaal aan middelen</b>	<b>4.188,7</b>	<b>530,2</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>3.354,8</b>
<b>Jaarlijkse middelen</b>	<b>4.18,9</b>	<b>53,0</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>335,5</b>

<sup>12</sup> 50 mln € is vrijgemaakt voor de Urgenda-zaak. We gaan er van uit dat het resterende bedrag (335 mln €) beschikbaar is, ondanks dat een deel van dit bedrag al besteed is (er zijn namelijk al proeftuinen in ontwikkeling). Dat komt omdat de effecten van de huidige proeftuinen nog niet zijn opgenomen in de modelresultaten. Daarom wordt aangenomen dat deze budgetten nog beschikbaar zijn om de effecten van de proeftuinen in uiting te brengen in de modelresultaten.

<sup>13</sup> Het beschikbare aandeel voor het dekken van onrendabele toppen voor woningeigenaren is geschat op 75% op basis van inzichten vanuit de verantwoordelijke beleidsdirectie.

<sup>14</sup> Het beschikbare aandeel voor het dekken van onrendabele toppen voor woningeigenaren is geschat op 50% omdat het instrumenten ook het doel heeft om kwetsbare gebieden te ondersteunen op het gebied van o.a. veiligheid.

### 3.5 Overzicht van scenario's

In deze studie zetten we drie beleidspakketten in twee verschillende sporen af tegen een basispad. Voor het basispad wordt uitgegaan van de prognoses uit de KEV 2020. In onderstaande tabel wordt een overzicht van de pakketten gegeven. Voor het tweede beleidspakket geldt dat er een aanvullende doorrekening is gedaan voor beide sporen waarin er is gevarieerd met het belastinginstrument van de energiebelastingsschuif. Er is een variant doorgerekend met de reguliere Klimaatakkoord schuif voor de Gebouwde Omgeving (KAGO1) en een variant met een dubbele schuif welke we in het kort vanaf nu KAGO2 noemen (zie ook paragraaf 3.4; Tabel 3.3).

**Tabel 3.5** Overzicht op hoofdlijnen van de doorgerekende scenario's en hoe deze zich tot elkaar verhouden.

	Pakketten							
	1a	1b	2a	2a +	2b	2b +	3a	3b
			KAGO2		KAGO2			
<b>Normeren</b>	1Mton door utiliteit		1Mton door utiliteit Invoering vrijwillige standaard voor isolatie				1Mton door utiliteit Invoering verplichte standaard voor isolatie	
<b>Belasten</b>	KAGO		KAGO	KAGO2	KAGO	KAGO2	KAGO	KAGO
<b>Subsidiëren</b>	Huidige middelen		Totdat het CO <sub>2</sub> -reductiedoel is bereikt. Totaalbedrag. Instrumentkeuze niet nader ingevuld.					

Nota bene: KAGO staat voor energiebelastingsschuif Klimaatakkoord Gebouwde Omgeving. Het suffix '2' duidt op een verdubbeling van de reguliere schuif.

In de doorrekening van de twee sporen, (a) focus op de gebiedsgerichte aanpak, en (b) focus op individuele stappen op natuurlijke momenten, geldt dat in beide gevallen een gedeelte van de opgave zich logischerwijs leent voor de wijkaanpak en een gedeelte zich goed leent voor een individuele aanpak. Hieronder lichten we per spoor toe hoe we hiermee zijn omgegaan in de doorrekening.

#### *Wijze van rekenen: benuttingsgraden*

In hoofdstuk 2 is reeds toegelicht dat het vaststellen van de wijken die kunnen verduurzamen in feite een gelaagde set van controles is: is het rendabel mogelijk? Zo nee, is er subsidie beschikbaar (pakket 1)? Is het maximum aantal warmtenetaansluitingen nog niet overschreden (alle pakketten)? Is het maximum aantal hybride warmtepompen nog niet overschreden (alle pakketten)? En, is het CO<sub>2</sub>-reductiedoel al bereikt (pakket 2 en 3)?

Als je nog een slag dieper kijkt, hoe bepaal je dan of een wijk écht een verduurzamingsstap zet en waar hangt dat vanaf? Wij hebben hiervoor gewerkt met het concept 'benuttingsgraden'. De benuttingsgraad van een buurt geeft aan in hoeverre het verduurzamingspotentieel van de buurt in daadwerkelijke verduurzaming wordt omgezet. Bij een percentage van 100% gaat de hele buurt mee en bij een lager percentage enkel een gedeelte. Aan de hand van de sporen en de technieken leggen we uit hoe we de benuttingsgraden in de praktijk hebben gebracht.

In spoor a, focus op de gebiedsgerichte aanpak, vindt het belangrijkste deel van de verduurzaming binnen de wijkaanpak plaats. Door middel van het realiseren van warmtenetten en all-electric wijken. Binnen deze technieken ligt het voor de hand dat de héle wijk mee doet met verduurzaming (benuttingsgraad van 100%; zie ook Tabel 3.6).

In spoor a is er voor gekozen om niet te focussen op de hybride warmtepomp, maar dat betekent niet dat het niet kán. Er is ook plaats voor de individuele route alleen vloeien hier geen subsidiemogelijkheden naar toe. Dat betekent dat verduurzaming van de woning met de hybride warmtepomp in dit spoor enkel plaatsvindt wanneer het rendabel is of wanneer gebouweigenaren de verduurzamingsstap zelfstandig nemen (vanuit bijvoorbeeld een duurzame overtuiging) onafhankelijk van de rentabiliteit. Voor het aandeel van de gebouweigenaren dat een verduurzamingsstap zet hebben wij benuttingsgraden aangenomen (zie Tabel 3.6).

In spoor b, focus op individuele stappen op natuurlijke momenten, is er voor gekozen dat het mogelijk is om in te zetten op de hybride warmtepomp, all-electric oplossingen en warmtenetten. Voor de eerste twee opties ligt de individuele route voor de hand. Gebouweigenaren kunnen zelf beslissen of zij wel of niet een verduurzamingsstap zetten. Ook hier spelen benuttingsgraden een rol, welk aandeel van de gebouweigenaren zet een stap wanneer dit rendabel kan en welk aandeel van de gebouweigenaren zet een stap ook wanneer het niet rendabel kan. Verschil met spoor a is dat er in spoor b wél subsidiemogelijkheden naar de hybride warmtepomp vloeien. Voor de warmtenetten geldt nog steeds dat dit oplossingen zijn die passen bij een wijkaanpak en dus gaan deze collectief.

Een aandachtspunt is dat bij een individuele inzet van de volledige warmtepomp er wel een beperking geldt op het maximale aantal volledige warmtepompen per buurt, omdat vanaf een drempelwaarde aan warmtepompen het noodzakelijk is om de elektriciteitsnetten te verzwaren (lees, eerst de transformatoren vervangen, en bij een hoger percentage ook de kabels). Wij rekenen daarom netverzwaringkosten toe aan buurten waar de netten verzwraad dienen te worden wanneer de maximale resterende ruimte voor elektrische warmtepompen wordt overschreden. Dat gebeurt in deze studie wel op een vereenvoudigde wijze, er wordt aangenomen dat een basisaandeel van woningen in de buurt zónder netverzwaring een elektrische warmtepomp kunnen installeren en dat wanneer dit basisaandeel wordt overschreden er wél netverzwaringkosten moeten worden toegerekend.

Tabel 3.6 presenteert de benuttingsgraden per aanpak (technieken waar het om gaat) en per pakket. Zoals toegelicht gaan in de wijkaanpak in onze doorrekening altijd alle woningen mee met een verduurzamingsstap. In de individuele route ligt dat anders. Hier hangt het af van het segment. De gedachte is dat voor woningcorporaties het geen vereiste is dat de verduurzamingsstap rendabel gezet kan worden vanwaar hier hogere benuttingsgraden staan (vanuit hun rol als startmotor). Voor koop en overige huurwoningen is de aanname gedaan dat 60% van de woningeigenaren in beweging komt wanneer dit voor hen loont.

Tot slot is het zo dat we een oplopend percentage hebben aangehouden voor de benuttingsgraden, dat betekent dat we iets positiever zijn over het deel van de buurt dat meegaat met verduurzaming wanneer we respectievelijk naar pakket 2 en 3 kijken. Dat hangt samen met het gegeven dat er in pakket 2 en 3 eerst een vrijwillige en dan verplichte normering komt van de 'standaard' voor isolatie in 2050, wat een impuls voor verduurzaming kan bieden voor mensen reeds in 2030.

**Tabel 3.6: Gemiddelde benuttingsgraad per aanpak en pakket**

Pakket	Wijkaanpak: warmtenetten (beide sporen) en all-electric (spoor a)	Individuele route: hybride warmtepomp, hr-ketel en isolatie (beide sporen) en all-electric (spoor b)		
		Koop	Overige huur	Corporatie
1	100%	60%	60%	90%
2	100%	65%	65%	95%
3	100%	70%	70%	100%

#### *Omgang met woonlastenneutraliteit: wijkaanpak versus individuele route*

Binnen de wijkaanpak wordt in zekere zin de keuzevrijheid van gebouweigenaren versmalt omdat wanneer een hele wijk wordt aangesloten op het warmtenet of overgaat naar een all-electric oplossing er geen alternatief meer voor handen is. Om de warmtetransitie aantrekkelijker en beter haalbaar te maken voor woningeigenaren is daarom afgesproken om te streven naar woonlastenneutraliteit bij het nemen van een verduurzamingsstap. Vanwege het verplichte karakter van de wijkaanpak nemen we dit uitgangspunt vanuit het klimaatakkoord over.

Binnen de individuele route ligt het anders. Het is een individuele keuze of men in beweging komt om een verduurzamingsstap te zetten. In Tabel 3.6 is aangegeven met welke gemiddelde benuttingsgraden we per wijk hiertoe rekenen. Deze gemiddelden zijn opgebouwd uit woningeigenaren die een stap zetten als het voor hen loont (woonlastenneutraal of beter) en woningeigenaren die bereid zijn een stap te zetten ook als dat niet woonlastenneutraal kan (de 'early adopters'; er rest hen dan wel een onrendabele top). Omdat een deel van de woningeigenaren bereid zal zijn om tegen een niveau onder woonlastenneutraliteit een stap te zetten rekenen we op buurtniveau met een gemiddelde vereiste dekking van het niveau van woonlastenneutraliteit. Wij gaan er in de individuele route daarom van uit dat gemiddeld gezien woningeigenaren tot 85% van het niveau van woonlastenneutraliteit vergoed dienen te worden. Met andere woorden, wij gaan er van uit dat gemiddeld gezien over de groep van mensen die in beweging komt men een onrendabele top van 15% van de woonlastenreferentie zal accepteren.

Het precies vaststellen van de gemiddelde onrendabele top die mensen zullen accepteren in de individuele route is niet mogelijk. Wel is het van belang om te benoemen dat we aan de kostenzijde in onze modelaanpak ook een nadeel meegeven aan de individuele route. Het is namelijk zo dat in de praktijk met name de woningen voor welke het gunstig is naar verwachting in beweging zullen komen en de woningen voor wie het minder gunstig is dat niet zullen doen (gegeven de variëteit van samenstelling van de gebouwen voorraad in een buurt). Sommige woningen zullen kosteneffectiever een verduurzamingsstap kunnen zetten dan andere woningen. In onze doorrekening kunnen we daar geen rekening mee houden omdat we op buurtniveau de resultaten hebben ontsloten en niet op gebouwniveau (Vesta MAIS rekent wel op gebouwniveau, maar op dat niveau hebben we niet de resultaten ontsloten). Daarom rekenen we in de individuele route met buurtgemiddelden per woning om de kosten en baten van verduurzaming vast te stellen voor een woning. In feite pak je daarmee te hoge kosten waarvoor je kunt compenseren door niet 100% woonlastenneutraliteit te vereisen, maar een lager percentage om op het juiste vereiste niveau aan aanvullend benodigde middelen te komen. Het 'gemiddelden effect' en het 'early adopter effect' bieden samen de basis voor de keuze van het niveau van 85% dekking van woonlastenneutraliteit voor de woningen die een individuele stap zetten (buiten de wijkaanpak).

## 4 Resultaten

In dit hoofdstuk presenteren we de resultaten van onze doorrekening. We starten hierbij in paragraaf 4.1 met een bespreking van de mogelijke verduurzamingsbeelden voor de gebouwde omgeving aan de hand van de berekende verduurzamingsaantallen voor woningen. Vervolgens bespreken we in respectievelijk paragraaf 4.2 en paragraaf 4.3 met welke kosten en CO<sub>2</sub>-emissiereducties deze verduurzamingsaantallen gepaard gaan. Het hoofdstuk sluit in paragraaf 4.4 af met de conclusies die we trekken op basis van de doorrekening.

### 4.1 Verduurzamingsbeelden voor de gebouwde omgeving

Volgens de KEV 2020 zullen er in 2030 600.000 woningen extra aardgasvrij verwarmd worden en komen er in 2030 345.000 hybride warmtepompen bij. Van de 600.000 woningen gaat het om circa 450.000 nieuwe aansluitingen (bij nieuwbouwwoningen die vanaf 2022 aardgasvrij worden) en circa 150.000 aansluitingen van bestaande bouw. De doelstelling vanuit het klimaatakkoord is echter ambitieuzer, zijnde het volledig aardgasvrij verwarmen van 1,5 miljoen extra woningen in 2030. Het is dan ook geen verrassing dat in de KEV 2020 het CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoel voor de gebouwde omgeving niet behaald wordt.

In onze doorrekening, komen we met de huidige beschikbare middelen (pakket 1) op een vergelijkbaar niveau wat betreft extra aardgasvrije woningen in 2030 voor zowel spoor a als spoor b. Onze doorrekening van pakket 1 laat echter nog een belangrijk verschil zien met de KEV 2020. Wanneer je er van uit gaat dat men langs de individuele route gemiddeld gezien bereid is om een verduurzamingsstap te zetten wanneer dit kan tegen een kostenniveau dat lager of gelijk is aan 85% van het niveau van woonlastenneutraliteit, dan kunnen er 1,5 miljoen hybride warmtepompen geïnstalleerd worden in de periode tussen nu en 2030. De hybride warmtepomp blijkt namelijk een competitief alternatief voor de traditionele aardgas hr-ketel.

Hoewel er in beide sporen sprake is van een individuele route is het enkel in spoor b mogelijk om subsidies te verstrekken voor de inzet van technieken in deze route. In spoor a worden subsidies namelijk uitsluitend ingezet voor de gebiedsgerichte aanpak. Voor warmtenetten en all-electric kunnen dus in beide routes subsidies worden verstrekt, maar voor hybride gebeurt dat alleen in route b. Een interessant resultaat is dat ondanks deze keuze in uitgangspunten, er in beide sporen 1,5 miljoen hybride warmtepompen worden geïnstalleerd: dat laat zien dat ook zonder subsidie de hybride warmtepomp richting 2030 een concurrerend alternatief kan bieden.

Toch wordt in zowel pakket 1a als in pakket 1b de doelstelling gericht op het aantal aardgasvrije woningen in 2030 vanuit het klimaatakkoord niet behaald. Ook de CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstelling wordt in pakket 1 niet behaald (waarover later meer in paragraaf 4.3). Wel overstijgt het aantal woningen dat verduurzaamd de 1,5 miljoen.

Wat verder opvalt is dat in pakketten 2 en 3 de volledige ruimte voor nieuw te realiseren warmtenetaansluitingen wordt benut tot aan het gestelde maximum van ongeveer 490 duizend nieuwe aansluitingen. Dat duidt erop dat deze aansluitingen in relatieve zin goedkoper zijn dan de volledige elektrische warmtepomp en in het geval van pakket b goedkoper dan de hr-ketel in combinatie met isolatie. In pakket 1 wordt er ook fors ingezet op het realiseren van nieuwe warmtenetaansluitingen. Er zijn echter niet voldoende middelen beschikbaar om de volledige ruimte

voor nieuwe warmtenetaansluitingen te benutten gegeven de eis om voor alle nieuwe aansluitingen woonlastenneutraliteit voor 100% te garanderen (conform het uitgangspunt voor de wijkaanpak).

Wanneer we nader naar pakket 2 kijken, ook wel het pakket dat ons in lijn met het klimaatakkoord brengt, zien we dat het verduurzamingsaantal aardgasvrije woningen in zowel pakket 2a als pakket 2b de 1,5 miljoen woningen niet bereikt – de sporen a en b komen respectievelijk tot ruwweg 1,1 miljoen en 1,2 miljoen aardgasvrije woningen. Toch wordt het CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoel in beide sporen wél bereikt. Dit is mogelijk omdat er naast de genoemde aantallen aardgasvrije woningen in de sporen a en b ook 1,5 miljoen hybride warmtepompen worden geïnstalleerd via de individuele route.

Hoewel in pakket 2 de sporen dezelfde CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstelling hebben worden er in de pakketten met de dubbele KAGO-schuif meer woningen verduurzaamd dan in de reguliere sporen en worden er in de pakketten b meer woningen verduurzaamd dan in de pakketten a. Dit is een gevolg van de gevolgde logica in de sporen. In spoor a worden all-electric woningen allereerst met een benuttingsgraad van 100% volgens de wijkaanpak aangesloten. In tweede instantie is er ook nog ruimte voor de volledige warmtepomp langs de individuele route in spoor a (rekening houdend met benuttingsgraden), maar dan is er geen subsidie meer voor beschikbaar. In spoor b ligt het echter anders, hier kan de volledige elektrische warmtepomp enkel worden geïnstalleerd langs de individuele route met een oplopend percentage voor de benuttingsgraad per pakket van respectievelijk 60%, 65% en 70% (pakket 1 tot en met 3). In beide sporen zijn de buurten gesorteerd op de laagste maatschappelijke kosten, maar omdat in spoor a 100% wordt aangesloten en in spoor b enkel een deel van de woningen, worden enkel voor een deel dezelfde woningen aangesloten en voor een deel zijn het dus verschillende 'all-electric woningen'. Hierdoor verschillen de verduurzamingsaantallen tussen de pakketten, en, zo zal blijken in paragraaf 4.2 ook de kosten tussen de pakketten. De verschillen tussen de reguliere pakketten en de pakketten met de dubbele KAGO-schuif komen voort uit een andere volgorde van selectie van woningen door een andere verhouding van kosten en baten van de woningen ten gevolge van de verschillen in de KAGO- schuif.

Tenslotte is er het laatste pakket, pakket 3. Dit pakket is het meest ambitieus: er dienen respectievelijk 1,5 en 1,6 miljoen woningen aardgasvrij verwarmd te worden in spoor a en spoor b om in 2030 de stevigere CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstelling van 4,4 Mton binnen bereik te brengen. Deze aantallen aardgasvrije woningen zijn bovendien aanvullend aan de ook hier aanwezige 1,5 miljoen hybride warmtepompen in pakket 3a en 3b. Het installeren van in totaal 2,5 miljoen (hybride) warmtepompen in de komende 9,5 jaar is een forse uitdaging. Aandachtspunten bij de uitvoerbaarheid van pakket 3, maar ook pakket 2 zijn vragen als: Kunnen de regionale netbeheerders voldoende elektriciteitsnetten verzwaren waar nodig? Kunnen de fabrikanten van (hybride) warmtepompen snel genoeg de productie opschalen om de gevraagde installaties te leveren? En, is er voldoende technisch geschoold personeel beschikbaar om al het werk uit te voeren?

Toch laten de pakketten zien dat het verschil tussen de doelstelling vanuit het klimaatakkoord (pakket 2) en doelstelling 'op weg naar Parijs' (pakket 3) vraagt om een overzichtelijke aanvullende inspanning van ongeveer 400.000 duizend all-electric aansluitingen. Dit is een substantiële aanvullende opgave, maar in het licht van het gegeven dat er jaarlijks 400.000 duizend cv-ketels worden vervangen wellicht geen onmogelijkheid. Uiteraard is het verduurzamen van een woning in de bestaande bouw richting all-electric een opgave van een andere orde dan het vervangen van een cv-ketel. Toch is het cijfer van de omloopsnelheid van cv-ketels ons inziens relevant omdat het gezien zou kunnen worden als een ankerpunt voor het aantal woningen waar jaarlijks zich de kans voordoet om een verduurzamingsstap te zetten.

Op de volgende pagina worden de verduurzamingsaantallen van alle pakketten in Tabel 4.1 naast elkaar weergegeven. Om context te bieden is hierbij ook de onrendabele top voor woningeigenaren weergegeven, zodat men kan vergelijken tegen welke kosten de verduurzamingsaantallen mogelijk zijn. Wij presenteren de onrendabele top voor woningeigenaren, ook wel het 'tekort voor woonlastenneutraliteit' omdat in het klimaatakkoord is benoemd dat bij dat de verduurzaming van de gebouwde omgeving wordt gestreefd naar woonlastenneutraliteit. In deze regel is het tekort voor woonlastenneutraliteit gesommeerd over zowel de wijkaanpak (dekking tot 100% woonlastenneutraliteit) als de individuele route (dekking tot 85% woonlastenneutraliteit) per pakket. In de volgende paragraaf zoomen we verder in op de kosten van de verschillende beleidspakketten en hoe men deze zou kunnen interpreteren. In Tabel 4.1 gaat het om jaarlijkse kosten.

Tabel 4.1 Verduurzamingsaantallen van woningen onder verschillende beleidsscenario's voor de gebouwde omgeving en het tekort om woonlastenneutraliteit te bereiken. Voor een beschrijving van de beleidsscenario zie Tabel 3.5.

Verduurzamingsbeelden voor de gebouwde omgeving	Baseline: KEV 2020	Pakket 1a	Pakket 1b	Pakket 2a	Pakket 2a + KAGO2	Pakket 2b	Pakket 2b + KAGO2	Pakket 3a	Pakket 3b
<b>All-electric woningen</b>	<b>432.000</b>	<b>164.500</b>	<b>179.500</b>	<b>600.500</b>	<b>719.500</b>	<b>734.500</b>	<b>740.000</b>	<b>1.028.000</b>	<b>1.126.000</b>
w.v. koop en overige huur	306.720	128.500	115.500	453.500	531.000	481.500	484.500	730.000	748.000
w.v. corporatiewoningen	125.280	36.000	64.000	147.000	188.500	253.000	255.500	298.000	378.000
Tekort woonlastenneutraliteit (jaarlijkse kosten; mln per jaar):	n.b.	10	15	210	190	340	250	515	630
<b>Warmtenetten (MT/HT én LT)</b>	<b>169.000</b>	<b>408.000</b>	<b>408.000</b>	<b>491.500</b>	<b>491.500</b>	<b>491.500</b>	<b>491.500</b>	<b>491.500</b>	<b>491.500</b>
w.v. koop en overige huur	119.990	208.000	208.000	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000
w.v. corporatiewoningen	49.010	200.000	200.000	236.500	236.500	236.500	236.500	236.500	236.500
Tekort woonlastenneutraliteit (jaarlijkse kosten; mln per jaar):	n.b.	320	320	435	425	435	420	435	435
<b>Hybride warmtepomp</b>	<b>345.000</b>	<b>1.501.000</b>	<b>1.500.500</b>	<b>1.500.000</b>	<b>1.500.500</b>	<b>1.500.500</b>	<b>1.500.500</b>	<b>1.461.000</b>	<b>1.500.500</b>
w.v. koop en overige huur	244.950	995.500	996.000	994.500	893.500	873.500	873.500	987.500	873.500
w.v. corporatiewoningen	100.050	505.500	504.500	505.500	607.000	627.000	627.000	473.500	627.000
Tekort woonlastenneutraliteit (jaarlijkse kosten; mln per jaar):	n.b.	0	0	0	0	25	5	0	25
<b>Subtotaal: aantal aardgasvrije woningen</b>	<b>601.000</b>	<b>572.500</b>	<b>587.500</b>	<b>1.092.000</b>	<b>1.211.000</b>	<b>1.226.000</b>	<b>1.231.500</b>	<b>1.519.500</b>	<b>1.617.500</b>
w.v. koop en overige huur	426.710	336.500	323.500	708.500	786.000	736.500	739.500	985.000	1.003.000
w.v. corporatiewoningen	174.290	236.000	264.000	383.500	425.000	489.500	492.000	534.500	614.500
<b>Totaal: aantal woningen dat een verduurzamingsstap neemt</b>	<b>946.000</b>	<b>2.073.500</b>	<b>2.088.000</b>	<b>2.592.000</b>	<b>2.711.500</b>	<b>2.726.500</b>	<b>2.732.000</b>	<b>2.980.500</b>	<b>3.118.000</b>
w.v. koop en overige huur	671.660	1.332.000	1.319.500	1.703.000	1.679.500	1.610.000	1.613.000	1.972.500	1.876.500
w.v. corporatiewoningen	274.340	741.500	768.500	889.000	1.032.000	1.116.500	1.119.000	1.008.000	1.241.500
Tekort woonlastenneutraliteit (jaarlijkse kosten; mln per jaar):	n.b.	330	335	645	615	800	675	950	1.090



## 4.2 Eindgebruikerskosten en de onrendabele toppen

Om de verduurzamingsaantallen uit paragraaf 4.1 te behalen is er voor een belangrijk deel van de verduurzamingsstappen subsidie benodigd om deze woonlastenneutraal te kunnen uitvoeren. In Tabel 4.2 presenteren we hiertoe enkele financiële kengetallen: de totale jaarlijkse eindgebruikerskosten van alle woning die een stap zetten en de onrendabele top van deze woningen. De onrendabele top van de eindgebruiker is daarbij gedefinieerd als het verschil tussen de kosten die men moet maken voor de alternatieve warmtevoorziening ten opzichte van de kosten van als men niets had gedaan (geen isolatie, blijven verwarmen op aardgas met een cv-ketel). Deze onrendabele top is daarmee gelijk aan het 'tekort' dat optreedt om woonlastenneutraliteit te garanderen. Wij presenteren een totaal bedrag en een aanvullend bedrag bovenop de reeds beschikbare 'huidige middelen' zoals weergegeven in de blauwe cellen onder pakket 1a en pakket 1b. Het aanvullende subsidiebedrag is het verschil tussen het gepresenteerde tekort voor woonlastenneutraliteit en de 330 miljoen euro jaarlijks reeds beschikbare middelen.

**Tabel 4.2 Financiële output (in mln EUR) voor alle woningen die een verduurzamingsstap zetten in de verschillende pakketten 1 tot en met 3.**

	Baseline: KEV 2020	Pakket 1a	Pakket 1b	Pakket 2a	Pakket 2a +	Pakket 2b	Pakket 2b +	Pakket 3a	Pakket 3b
				KAGO2		KAGO2			
<b>Jaarlijkse eindgebruikerskosten</b>	n.b	<b>6.000</b>	<b>5.850</b>	<b>7.670</b>	<b>7.670</b>	<b>7.680</b>	<b>7.530</b>	<b>8.970</b>	<b>8.960</b>
w.v. koop en overige huur	n.b	3.870	3.740	5.060	4.760	4.600	4.500	5.980	5.470
w.v. corporatiewoningen	n.b	2.130	2.110	2.610	2.910	3.080	3.030	2.990	3.490
<b>Onrendabele top eindgebruiker</b>	n.b	<b>330</b>	<b>330</b>	<b>640</b>	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>680</b>	<b>950</b>	<b>1.080</b>
w.v. koop en overige huur	n.b	170	170	380	350	470	390	580	660
w.v. corporatiewoningen	n.b	160	160	260	250	330	290	370	420
<b>Benodigd budget ter dekking woonlastenneutraliteit (jaarlijks budget)</b>	n.b	<b>330</b>	<b>330</b>	<b>640</b>	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>680</b>	<b>950</b>	<b>1.080</b>
w.v. additionele subsidies t.o.v. huidige middelen (jaarlijks budget)	n.v.t.	0	0	310	270	470	350	620	750
w.v. additionele subsidies t.o.v. huidige middelen (totaal budget)	n.v.t.	0	0	6.200	5.400	9.400	7.000	12.400	15.000

Wanneer men Tabel 4.2 beschouwt kan men een aantal lessen trekken. Allereerst is het zo dat de pakketten b voor zowel pakket 2 als pakket 3 substantieel duurder zijn dan de pakketten a. Wanneer men naar de verduurzamingsaantallen in Tabel 4.1 kijkt ziet men dat de verschillen in verduurzamingsaantallen tussen de pakketten a en b van hetzelfde pakket klein zijn. In feite onderscheiden de pakketten a en b zich uitsluitend in het aantal all-electric aansluitingen dat er gerealiseerd wordt. Het verschil in kosten is proportioneel gezien echter groter dan het proportionele verschil in all-electric aansluitingen. De verklaring hiervoor is dat hoewel in beide pakketten er gesorteerd is op de laagste maatschappelijke kosten in de keuze voor welke woningen een verduurzamingsstap zetten, het in pakket a zo is dat all-electric oplossingen via de wijkaanpak gaan en in pakket b langs de individuele route. In de doorrekening betekent dat bij een gelijk aantal all-electric aansluitingen pakket a goedkoper uitpakt omdat hier in elke buurt een benuttingsgraad van 100% wordt verondersteld worden de goedkoopste woningen uitgekozen om te verduurzamen.

Langs het individuele spoor ligt dit anders: hier wordt een benuttingsgraad van tussen de 60% en 70% gehanteerd afhankelijk van het beleidspakket wat betekent dat voor een deel de goedkoopste woningen aan bod komen, maar voor een deel ook geleund moet worden op duurdere woningen om hetzelfde aantal verduurzamingsstappen te kunnen realiseren (er wordt langs de ladder van de laagste maatschappelijke kosten opeenvolgend verduurzaamd). Het kostenvoordeel dat in spoor b geldt vanwege het feit dat een verduurzamingsstap langs de individuele route goedkoper is omdat dit gemakkelijker op een natuurlijk moment gepland kan worden weegt in dit model niet op tegen de toenemende kosten wanneer men de ladder van buurten afloopt.

Een tweede les die men uit Tabel 4.2 kan trekken is dat de dubbele KAGO-schuif een sterk dempend effect heeft op het tekort voor woonlastenneutraliteit. Het totaal benodigde aanvullende subsidiebedrag is in pakketten 2a met de dubbele KAGO schuif ruwweg 0,8 miljard euro lager en in pakket 2b met de dubbele KAGO schuif zelfs 2,4 miljard euro lager. Dit is een direct gevolg van het feit dat de propositie voor verduurzaming aantrekkelijker wordt wanneer het huidige alternatief duurder wordt en duurzamere alternatieven goedkoper dankzij de sterkere belastingschuif.

Bovenal is zichtbaar dat het zowel in pakket 2 als in pakket 3 in absolute termen om substantiële bedragen gaat, bovenop de reeds jaarlijks beschikbare middelen van 330 miljoen euro per jaar. In pakket 2a is er 310 miljoen euro per jaar extra nodig wat neerkomt op een totaal bedrag van ongeveer 6,2 miljard euro<sup>15</sup>. In pakket 2b is er 470 miljoen euro per jaar extra nodig wat zich vertaalt in een totale ondersteuningssom van 9,4 miljard. Voor pakket 3a en 3b liggen de bedragen op jaarlijks respectievelijk 620 miljoen euro en 750 miljoen euro en in totaal respectievelijk 12,4 miljard euro en 15 miljard euro.

#### *Onrendabele top warmtenetten*

In alle pakketten komt naar voren dat vanuit een nationale kostenperspectief inzet op collectieve warmte aansluitingen een verstandige route is. In pakket 1 gaat het leeuwendeel van de beschikbare subsidies richting het dekken van woonlastenneutraliteit voor nieuw te realiseren warmtetaansluitingen (zie ook tabel 4.1) en in pakket 2 en pakket 3 worden er net zoveel nieuwe warmtetaansluitingen gerealiseerd als dat er aan maximale ruimte beschikbaar is (ongeveer 489.000 duizend aansluitingen). Een voorwaarde voor het kunnen realiseren van nieuwe warmtetaansluitingen is dat er géén onrendabele toppen resten voor de warmteleveranciers die deze warmtetaansluitingen dienen te realiseren. In onze studie hebben wij de volledige kosten van de warmteketen in beeld gebracht. Hieruit kwam naar voren dat de spreiding van de business case van warmtenetten van plaats tot plaats zeer groot is. Belangrijke factoren in de onrendabele top van warmteleveranciers zijn:

- De aanwezigheid van een vollooprisico
- De vraag of kosten tussen renderende delen van een warmtenet kunnen worden verevend met minder goed renderende delen van een warmtenet, binnen hetzelfde net, maar ook tussen netten (socialisering)
- De vormgeving van de warmte-tarieven (volledig meestijgen met NDMA of enkel gedeeltelijk)

<sup>15</sup> De jaarlijkse kosten in onze berekeningen zijn berekend over een termijn van 20 jaar. Om tot een totaalbedrag te komen dient men daarom de jaarlijkse kosten te vermenigvuldigen met 20. Deze termijn hangt samen met de gedachte dat koopwoningeigenaren verduurzamingsstappen zullen financieren met behulp van het Warmtefonds. Dit warmtefonds hanteert een leningsperiode van 20 jaar. Om hierbij aan te sluiten zijn alle kosten van het warmtesysteem omgerekend naar deze periode. Investeringskosten en andere vaste kosten zijn hierbij geannualiseerd. Voor koopwoningeigenaren is dat met de criteria van het warmtefonds, zijnde 20 jaar looptijd en een rentevoet van 1,9%. Voor corporatiewoningen zijn de financieringskosten benaderd door tevens te rekenen met een looptijd van 20 jaar en in dit geval een rentepercentage van 2,65% - waarmee wordt aangesloten bij de renteverwachtingen om te lenen bij het WSW. De rente voor leningen bij het WSW is nu iets lager dan dit niveau, maar zal naar de toekomst toe stijgen. Wij rekenen daarom met een gemiddelde verwachting.

Voor het vaststellen van de nationale kosten berekeningen om de selectie van woningen te kunnen maken die aangesloten worden op een warmtenet zijn er positieve aannames gedaan op bovenstaande drie factoren. Dat wil zeggen: Uitgaan van geen vollooprisico en 100% participatie (100% conversie bij aanleg van een warmtenet), uitgaan van verevening tussen renderende delen van een warmtenet en minder goed renderende delen en het volledig laten volgen van de warmte-tarieven conform de NMDA-systematiek tot en met 2026.

De praktijk zal echter weerbarstiger zijn. Voor het aannemen van het uitblijven van een vollooprisico is doorzettingsmacht vanuit gemeenten vereist. Ook het verevenen van kosten tussen delen van warmtenetten brengt in de praktijk complicaties met zich mee laat staan het verevenen van kosten tussen verschillende netten. Tenslotte is het in de praktijk naar alle waarschijnlijk ook niet mogelijk om de warmte-tarieven overal volledig mee te laten bewegen met de NMDA-systematiek tot en met 2026 omdat de rendementen van de warmteleveranciers niet hoger mogen zijn dan het redelijk rendement volgens de rendementsmonitor van de ACM. Bijlage A laat zien hoe de onrendabele toppen van warmtenetten er uit zien in deze studie. Uit deze sommen blijkt dat wanneer bovengenoemde aannames gevolgd worden het voor een belangrijk deel van de warmtenetten die nog gerealiseerd kunnen worden in Nederland er een goede business case te maken moet zijn.

#### *Het streven naar woonlastenneutraliteit en het benodigde budget ter dekking hiervan*

Wij presenteren in deze studie de kosten van de warmtetransitie voor de eindgebruiker waarbij wij inzichtelijk maken hoeveel geld er nodig is om woonlastenneutraliteit voor woningeigenaren die een verduurzamingsstap zetten te dekken. Het gaat hierbij om het dekken van 100% van de onrendabele top van de eindgebruiker in het geval dat er een stap wordt gezet via de wijkaanpak en 85% van de onrendabele top van de eindgebruiker wanneer er een stap langs de individuele route wordt gezet. In de model verificatie en validatie fase van de modelstudie werd duidelijk dat het gehanteerde niveau voor gewenste dekking tot woonlastenneutraliteit een belangrijke invloed heeft op de hoogte van de uiteindelijk benodigde budgetten ter dekking van woonlastenneutraliteit en daarmee ook de invulling van de warmtetechnieken. Wanneer het niveau van gewenste dekking tot woonlastenneutraliteit langs de individuele route wordt verhoogd van 85% naar 90% dan leidt dit tot ongeveer 400 miljoen euro aan extra jaarlijkse kosten ofwel een totaal additioneel benodigd bedrag van 8 miljard euro (dit betreft een gemiddelde, de impact verschilt per pakket). Gezien de omvang van de impact van het aanpassen van dit uitgangspunt is het van belang dat er heldere keuzes worden gemaakt over de mate waarin het streven naar woonlastenneutraliteit gevolgd zal worden.

### 4.3 CO<sub>2</sub>-emissies per beleidspakket

In 2019 was de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de gebouwde omgeving ongeveer 23,3 Mton (volgens de klimaatakkoord definitie). Omdat het warmer wordt in Nederland zal de warmtevraag in 2030 lager zijn dan dat deze nu is. Dit heeft een substantieel effect op de CO<sub>2</sub>-emissies van de gebouwde omgeving. In de model-analyse wordt ervan uitgegaan dat indien er niets gebeurt de emissies van de gebouwde omgeving enkel door het klimaateffect dalen naar een niveau van 20,3 Mton.

In de KEV 2020 komt men uit op 18,6 Mton aan broeikasgasrestemissies in 2030. De doelstelling ten tijde van het sluiten van het klimaatakkoord komt neer op 15,3 Mton broeikasgasrestemissies.

In Pakket 1a en 1b van onze doorrekening worden de broeikasgasemissies een stuk verder gereduceerd, maar nog niet tot aan het gestelde doel van 15,3 Mton. Respectievelijk komen pakketten 1a en 1b tot broeikasgasrestemissies van 17,0 Mton en 16,7 Mton. Hierbij dient

opgemerkt te worden dat in pakket b met minder kosten (zie Tabel 4.2) méér CO<sub>2</sub>-emissiereductie bereikt wordt. Dit laat zien dat met name voor de eerste verduurzamingskansen de individuele route een kostenefficiënte oplossing kan bieden. In pakketten 2 en 3 kantelt het beeld echter, bij gelijke prestaties op CO<sub>2</sub>-emissiereductie hebben de pakketten b meer middelen nodig dan de pakketten a (zie ook bespreking paragraaf 4.1 en 4.2).

In alle varianten van de pakketten 2 en 3 worden de gestelde emissiereductiedoelstellingen behaald. Dat is een direct resultaat van de opgelegde rekenregels in onze doorrekening. Wat voor deze pakketten van belang is, is dat zij verschillen in verduurzamingsaantallen en kosten (zie Tabel 4.1 en Tabel 4.2). De boodschap is hier dan ook dat de doelstellingen voor verduurzaming technisch gezien mogelijk zijn, maar om politieke keuzes vragen over de invulling van de maatregelpakketten. Tabel 4.3 toont de CO<sub>2</sub>-emissiereductiecijfers in een overzicht voor alle pakketten.

**Tabel 4.3 CO<sub>2</sub>-emissie output (totaal, in Mton)**

	Baseline: KEV 2020	Pakket 1a	Pakket 1b	Pakket 2a	Pakket 2a +	Pakket 2b	Pakket 2b +	Pakket 3a	Pakket 3b
					KAGO2		KAGO2		
CO <sub>2</sub> -emissies 2019	n.v.t.	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
CO <sub>2</sub> -emissies reductie	n.v.t.	7,4	7,6	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
<b>CO<sub>2</sub>- restemissies</b>	<b>18,0</b>	<b>16,0</b>	<b>15,7</b>	<b>14,3</b>	<b>14,3</b>	<b>14,3</b>	<b>14,3</b>	<b>13,3</b>	<b>13,3</b>
Overige BKG- restemissies	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Totaal BKG- restemissies</b>	<b>18,6</b>	<b>17,0</b>	<b>16,7</b>	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>	<b>14,3</b>	<b>14,3</b>

\*Nota bene: de overige broeikasgasemissies voor de gebouwde omgeving zijn in de KEV 2020 geraamd op 0,6 Mton. In onze pakketten hebben wij hier niet aan gerekend omdat het Vesta MAIS-model daar geen module voor heeft. Daarom hebben wij een conservatievere inschatting voor de overige broeikasgasemissies aangenomen conform het basispad van de doorrekeningen van het klimaatakkoord, zijnde de NEV2017, welke uitgaat van 1,0 Mton overige broeikasgasemissies voor de gebouwde omgeving in 2030.

## 4.4 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de doorrekeningen naast de baseline (de KEV 2020) en de gestelde doelstellingen uit het klimaatakkoord gelegd. Wat meteen opvalt is dat er een groot gat ligt tussen de baseline en de gestelde doelstellingen in het klimaatakkoord. Met 600 duizend aardgasvrije woningen in 2030 en broeikasgasrestemissies van 18,6 Mton is de baseline ver verwijderd van de in het klimaatakkoord ten doel gestelde 1,5 miljoen aardgasvrije woningen en 15,3 Mton broeikasgasrestemissies in 2030.

De doorrekening van de pakketten 1, 2 en 3 laten zien dat het wenselijk is om in ieder geval de maximale ruimte voor nieuw te realiseren warmtenetaansluitingen van ongeveer 490 duizend woningen zoveel mogelijk te benutten. In pakket 1 wordt deze ruimte benut totdat de beschikbare middelen uitgeput zijn en in pakketten 2 en 3 wordt deze ruimte maximaal benut omdat het kostenefficiënt is.

Verder zien we dat in alle pakketten de inzet van de hybride warmtepomp loont: in alle pakketten en sporen wordt het maximale aantal hybride warmtepompen van 1,5 miljoen woningen gerealiseerd. Dat is een opmerkelijk resultaat omdat dit laat zien dat zelfs zonder subsidie – daar komt de hybride warmtepomp niet voor in aanmerking in spoor a – het mogelijk is om een zeer groot aantal woningen te verduurzamen met hybride warmtepompen. Dit resultaat vindt wel plaats onder de aanname dat men langs de individuele verduurzamingsroute gemiddeld gezien bereid is om een verduurzamingsstap te zetten wanneer dit kan tegen een kostenniveau dat overeenkomt met 85% van het niveau van woonlastenneutraliteit of beter. Dit bevestigt het beeld dat de hybride warmtepomp een kostenefficiënte verduurzamingsoptie biedt.

Het is belangrijk om te vermelden dat de keuze om de onrendabele top van de eindgebruiker te dekken tot een kostenniveau van 85% woonlastenneutraliteit van belangrijke invloed is op zowel het benodigde budget ter dekking van woonlastenneutraliteit als de invulling van de keuze van warmtetechnieken. Wanneer dekking tot het hogere kostenniveau van 90% woonlastenneutraliteit gehanteerd wordt stijgt het benodigde budget voor dekking van woonlastenneutraliteit met jaarlijks 400 miljoen euro, ofwel een totaal bedrag van 8 miljard euro (dit betreft een gemiddelde, de impact verschilt per pakket). Gezien de omvang van de impact van het aanpassen van dit uitgangspunt is het van belang dat er heldere keuzes worden gemaakt over de mate waarin het streven naar woonlastenneutraliteit gevolgd zal worden.

De totale verduurzamingsaantallen zijn in alle pakketten fors. In pakket 1, 2 en 3 zetten respectievelijk ruwweg 2,1 miljoen, 2,7 miljoen en 3 miljoen woningen een verduurzamingsstap waarvan in alle gevallen telkens 1,5 miljoen woningen een hybride warmtepomp installeren al dan niet in combinatie met isolatiemaatregelen. Met zulke forse verduurzamingsaantallen zijn er uitdagingen voor de realisatie van alle warmtetechnieken.

Voor de hybride warmtepomp geldt de vraag of er voldoende technisch geschoold personeel is dat de warmtepompen kan installeren en of fabrikanten snel genoeg de productie kunnen opschalen. Voor de volledige warmtepomp gelden dezelfde vragen, maar is ook relevant of de benodigde aanpassingen aan de elektriciteitsinfrastructuur om all-electric buurten mogelijk te maken op tijd kunnen worden voldaan.

Voor het realiseren van tussen de 400 duizend en 489 duizend nieuwe warmtenetaansluitingen geldt dat er met name naar de planbaarheid en business case gekeken moet worden. Collectieve warmtenetten bieden op veel verschillende plaatsen in Nederland een kostenefficiënte oplossing voor het invullen van de warmtevraag mits aan een aantal voorwaarden wordt voldaan. Dit zijn in ieder geval het minimaliseren van het volloopriscico (waarvoor doorzettingsmacht is vereist), het kunnen verevenen van kosten binnen een warmtenet en mogelijk tussen netten (socialisering van kosten) en het aansluiten van de warmte-tarieven bij de kosten van het warmtenet. Wanneer aan deze voorwaarden is voldaan blijkt uit onze berekeningen dat er op veel plekken een goede business case te maken is voor de aanleg van nieuwe warmtenet aansluitingen, vanuit zowel een nationale kostenperspectief als vanuit het perspectief van de warmteleverancier.

De kosten voor het dekken van het tekort voor woonlastenneutraliteit voor bewoners lopen in de verschillende pakketten uiteen. Zichtbaar is dat deze kosten lager zijn in de pakketten a dan in de pakketten b. Daarnaast is het invoeren van een dubbele KAGO-schuif vanuit het perspectief van de overheidsfinanciën aantrekkelijk omdat dit het tekort voor het dekken van woonlastenneutraliteit kan verlagen met 0,8 tot 2,4 miljard euro (dankzij een hoger kostenniveau van het huidige alternatief – de cv-ketel op aardgas – en een lager kostenniveau van duurzamere alternatieven).

Het aanvullende bedrag dat nodig is in pakket 2a (zonder dubbele KAGO-schuif) en 3a om het tekort voor woonlastenneutraliteit te dekken komt neer op jaarlijks respectievelijk 310 miljoen en 620 miljoen euro. Uitgedrukt in een totaalbedrag is dat respectievelijk 6,2 miljard en 12,4 miljard euro. Wanneer pakket 2a gecombineerd wordt met de dubbele KAGO-schuif dalen de benodigde aanvullende bedragen naar jaarlijks 270 miljoen euro en een totaal bedrag van 5,4 miljard euro.

## 5 Reflectie

Uit dit rapport blijkt dat de opgave om de gebouwde verduurzaming te verduurzamen aanzienlijk is: er dienen tussen de 2,1 miljoen en 3 miljoen woningen een verduurzamingsstap te zetten. Twee observaties bieden enige relativering bij de grote aantallen te verduurzamen huizen.

Ten eerste blijkt dat in alle pakketten kostenefficiënt 1,5 miljoen woningen verduurzaamd kunnen worden door middel van de installatie van een hybride warmtepomp langs de individuele route. Dit is relatief gezien eenvoudig te realiseren is: er zijn enkel beperkt bouwkundige maatregelen nodig bij de installatie van een hybride warmtepomp en netverzwaringen van het elektriciteitsnet zijn vaak niet nodig of enkel in beperkte mate.

Een tweede observatie is dat er jaarlijks zo'n 400.000 aardgasketels worden vervangen in de bestaande bouw. Dit geeft een ankerpunt van het tempo van jaarlijkse verduurzamingskracht waar we op termijn naar toe zouden moeten kunnen groeien. Hoewel het zetten van een verduurzamingsstap in veel gevallen een veel grotere inspanning zal vergen – zoals bij de overstap naar all-electric – geeft de omloopsnelheid van de cv-ketel aan dat er in een groot aantal woningen zich jaarlijks een verduurzamingskans voordoet.

Dit onderzoek is bedoeld om handvatten te bieden voor een adequate beleidsafweging tussen het spoor waarin de focus ligt op in één keer aardgasvrij versus het spoor waarin de focus ligt op een kostenefficiënte CO<sub>2</sub>-reductie van de uitstoot van de gebouwde omgeving. In de praktijk zal dit vragen om een afweging en uitruil tussen normeren, belasten en subsidiëren van duurzamere alternatieven.

Dit onderzoek kent een aantal beperkingen die we hier uitlichten (niet-uitputtend). Allereerst hebben we in deze studie geen nadere uitspraken gedaan over de 'instrumentkeuze' over hoe de verduurzamingsaantallen bereikt kunnen worden en over hoe de gesignaleerde tekorten voor het realiseren van woonlastenneutraliteit gedekt kunnen worden. De instrumentkeuzes die nu moeten volgen zullen ook van invloed zijn op de hoogte van de benodigde ondersteuningsbedragen aangezien beleidsmaatregelen nooit volledig doelmatig en doeltreffend zijn.

Daarnaast is het goed om te benoemen dat er een zekere mate van onzekerheid bestaat in een aantal van de kostengetallen die we hebben gebruikt in onze doorrekening. Om hiermee om te gaan hebben wij gewerkt met gemiddelde cijfers voor kengetallen. Hiervoor baseren wij ons op dezelfde inschattingen als gebruikt door het Planbureau voor de Leefomgeving bij de Startanalyse aardgasvrije buurten 2020. Eén voorbeeld van zo'n cijfer is het kostenniveau voor in pandig leidingwerk bij het realiseren van een warmtenetaansluiting in de bestaande bouw (incl. alle benodigde aanpassingen aan de woning). In de praktijk zien we nu dat die kosten sterk kunnen variëren, wat grote invloed heeft op de business case van warmtenetten.

De keuze om de onrendabele top van de eindgebruiker te dekken tot een kostenniveau van 85% woonlastenneutraliteit heeft grote invloed op zowel het benodigde budget ter dekking van woonlastenneutraliteit als de invulling van de keuze van warmtetechnieken

Ook bestaat er onzekerheid in de hardheid van opgelegde beperkingen, zoals het maximaal mogelijke aantal nieuw te realiseren warmtenetaansluitingen en hybride warmtepompen in de komende 9,5 jaar. Wij hebben voor de aannames in dit onderzoek die niet afkomstig zijn vanuit het Vesta MAIS model getracht deze op te halen in de markt en deze te toetsen bij een brede

klankbordgroep. Uiteindelijk hebben we gerekend met *best-estimates* voor al deze cijfers en aannames. Het resultaat geeft ons inziens een goed beeld van de ordegroottes van verduurzamingsaantallen en de kosten die daarmee samenhangen wanneer men de gestelde doelstellingen voor broeikasgasemissiereducties in de gebouwde omgeving wil behalen.

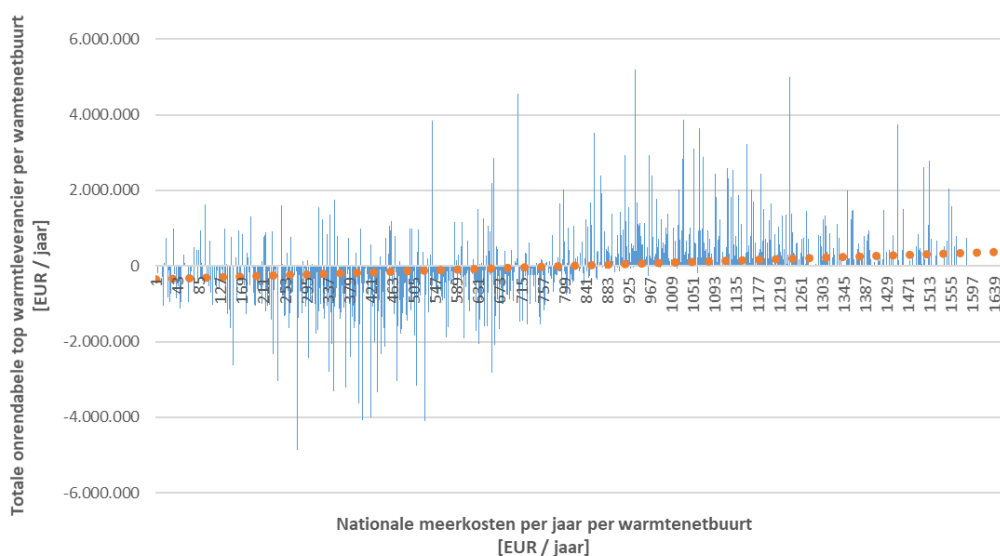


## Bijlage A – kosten van warmtenetten

Het saldo van kosten en baten verschilt tussen warmtenetten en is afhankelijk van een groot aantal factoren. Belangrijke factoren hierin zijn welke bron het warmtenet voedt, de schaal van het warmtenet, de warmtedichtheid van de vraag en de afstand van de bron tot de vraag. In onze doorrekening worden de 489 duizend meest aantrekkelijke warmtenetaansluitingen geselecteerd op basis van maatschappelijke kostenefficiëntie. Wanneer men deze warmtenetaansluitingen uitkiest, dan leidt dit tot een netto negatieve onrendabele top voor alle warmteleveranciers samen. Dat betekent dat er winsten worden gemaakt. Dat is aan de ene kant een positieve boodschap voor een sector waar een grote investeringsopgave ligt voor de komende jaren. Aan de andere kant is er ook een risico dat alleen in buurten waar dat het meest winstgevend is warmtenetten worden gerealiseerd waardoor de maximale capaciteit van 489 duizend woningen niet gehaald wordt.

Om te laten zien dat de kostenverschillen tussen warmtenetten groot zijn tonen wij in onderstaande figuur de onrendabele top van alle 'warmtenetbuurten'. In Figuur A.1 zijn de warmtenetbuurten gesorteerd op maatschappelijke kostenefficiëntie. Een blauw balkje onder nul geeft een warmtenetbuurt aan waar de warmteleverancier winst kan maken (netto contante waarde > 0) en een blauw balkje boven nul geeft een warmtenetbuurt aan waar de warmteleverancier verlies maakt (netto contante waarde < 0). Meteen is zichtbaar dat er een groot aantal balkjes boven nul uitkomen, ook aan de linkerzijde van de grafiek. Dat geeft aan dat in zelfs de warmtenetbuurten die vanuit een nationale kostenperspectief zeer kostenefficiënt zijn een netto negatieve onrendabele top niet gegarandeerd is. In de praktijk betekent dit dat factoren zoals een volledige conversie (geen vollooprisico), verevening van kosten en baten tussen renderende delen van het warmtenet en minder renderende delen van het warmtenet alsook adequate warmtetarieven van groot belang zullen zijn voor de uiteindelijke business case van gehele warmtenetten en warmteleveranciers.

**Figuur A.1** Verdeling van de onrendabele top van warmtenetbuurten (buurttotalen; jaarlijkse kosten in EUR)



## Over Ecorys

Ecorys is een toonaangevend internationaal onderzoeks- en adviesbureau dat zich richt op de belangrijkste maatschappelijke uitdagingen. Door middel van uitmuntend, op onderzoek gebaseerd advies, helpen wij publieke en private klanten bij het maken en uitvoeren van gefundeerde beslissingen die leiden tot een betere samenleving. Wij helpen opdrachtgevers met grondige analyses, inspirerende ideeën en praktische oplossingen voor complexe markt-, beleids- en managementvraagstukken.

Onze bedrijfsgeschiedenis begon in 1929, toen een aantal Nederlandse zakenlieden van wat nu beter bekend is als de Erasmus Universiteit, het Nederlands Economisch Instituut (NEI) oprichtten. Het doel van dit gerenommeerde instituut was om een brug te slaan tussen het bedrijfsleven en de wereld van economisch onderzoek. Het NEI is in 2000 uitgegroeid tot Ecorys.

Door de jaren heen heeft Ecorys zich verspreid over de wereld met kantoren in Europa, Afrika, het Midden-Oosten en Azië. Wij werven personeel met verschillende culturele achtergronden en expertises, omdat wij ervan overtuigd zijn dat mensen met uiteenlopende eigenschappen een meerwaarde kunnen bieden voor ons bedrijf en onze klanten.

Ecorys excelleert in zeven werkgebieden:

- Economic growth;
- Social policy;
- Natural resources;
- Regions & Cities;
- Transport & Infrastructure;
- Public sector reform;
- Security & Justice.

Ecorys biedt een duidelijk aanbod aan producten en diensten:

- voorbereiding en formulering van beleid;
- programmamanagement;
- communicatie;
- capaciteitsopbouw (overheden);
- monitoring en evaluatie.

Wij hechten waarde aan onze onafhankelijkheid, onze integriteit en onze partners. Ecorys geeft om het milieu en heeft een actief maatschappelijk verantwoord ondernemingsbeleid, gericht op meerwaarde voor de samenleving en de markt. Ecorys is in het bezit van een ISO14001-certificaat dat wordt ondersteund door al onze medewerkers.





Postbus 4175  
3006 AD Rotterdam  
Nederland

Watermanweg 44  
3067 GG Rotterdam  
Nederland

T 010 453 88 00  
F 010 453 07 68  
E [netherlands@ecorys.com](mailto:netherlands@ecorys.com)  
K.v.K. nr. 24316726

**W** [www.ecorys.nl](http://www.ecorys.nl)

***Sound analysis, inspiring ideas***