MKBA Warmte Zuid-Holland

Rapport
Delft, juli 2014

Opgesteld door:
M.J. (Martijn) Blom
S.J. (Sanne) Aarnink
J. (Jeroen) Roos
K. (Krijn) Braber

infinitus energy solutions group
CE Delft

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:
M.J. (Martijn) Blom, S.J. (Sanne) Aarnink, J. (Jeroen) Roos, K. (Krijn) Braber
MKBA Warmte Zuid-Holland
Delft, CE Delft, juli 2014

Warmte / Duurzaam / Provincies / Kosten / Baten / Maatschappelijke factoren

Publicatienummer: 14.7D18.46

Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland.
Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Bom.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	Samenvatting	**5**
1	**Inleiding**	**11**
1.1	Inleiding	11
1.2	Doel van het project	11
1.3	Afbakening	12
1.4	Wat is een MKBA?	12
1.5	Leeswijzer	13
2	**Aanpak**	**15**
2.1	Inleiding	15
2.2	Aanpak in vogelvlucht	15
2.3	Systeemafbakening	17
2.4	Tijdshorizon	21
2.5	Discontovoet	22
2.6	CO_2-levering kassen	23
3	**Projectalternatieven**	**25**
3.1	Inleiding	25
3.2	Aanpak bij opstellen van alternatieven	25
3.3	Alternatieven	28
3.4	Referentie	37
3.5	Ingroei kosten en baten	41
4	**Kosten en baten**	**43**
4.1	Inleiding	43
4.2	Algemene uitgangspunten	43
4.3	Directe kosten	43
4.4	Directe effecten	50
4.5	Indirecte effecten	56
4.6	Externe effecten	56
5	**MKBA-resultaat**	**63**
5.1	Inleiding	63
5.2	Resultaat provincie Zuid-Holland	63
5.3	Resultaat BV Nederland	65
5.4	Gevoeligheidsanalyse	67
5.5	Discussie en reflectie	68
6	**Conclusies en aanbevelingen**	**71**
	Literatuur	**75**
Bijlage A	**Warmtevraag per segment**	**77**

Bijlage B **Selectie van kansrijke PMC's** **79**
B.1 Beschrijving PMC's 79
B.2 Selectie van PMC's 80

Bijlage C **Bepaling CO_2-reductie** **83**
C.1 Emissiefactoren CO_2 83
C.2 Emissiefactoren overige emissies 83

Samenvatting

Inleiding en doel

Voor de verdere uitwerking van de ambitie en als bijdrage aan de warmtevisie is er behoefte aan meer inzicht in de (maatschappelijke) kosten en baten van de bijdrage van warmte aan Zuid-Holland en Nederland. Op verzoek van het Programmabureau Warmte Koude Zuid-Holland heeft CE Delft en Infinitus deze MKBA opgesteld. De MKBA moet bijdragen aan het inzicht in de maatschappelijke efficiëntie van het bereiken van 20 PJ per jaar aan besparing op de fossiele energievraag in 2020. Dat kan worden gerealiseerd door de inzet van duurzame warmte, besparing op de warmtevraag en nuttige inzet van restwarmte.

Deze MKBA heeft het karakter van een kentallen-MKBA. In een vervolgfase kunnen bandbreedtes worden verkleind en kunnen kansrijke en/of kosteneffectieve product-marktcombinaties nader worden uitgewerkt.

Tabel 1 Onderscheiden effecten

Type effect	Effect	Waardering	Schaalniveau	Duur
Direct	Eenmalige Investeringskosten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2019
	Herinvesteringen	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Exploitatiekosten (O&M)	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Exploitatiekosten (inkoop CO_2)	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Bespaarde brandstofkosten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Welvaartseffect koudelevering	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	SDE+ subsidie	€	Zuid-Holland	2014-2029
Indirect	Werkgelegenheid	Kwalitatief	Zuid-Holland	2014-2064
Extern	Klimaatbaten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Gederfde inkomsten Energiebelasting	€	Nationaal	2014-2064
	Reductie overige emissies	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Voorzieningszekerheid	Gevoeligheids-analyse	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Vermeden investeringen gasnetten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Natuureffecten	Kwalitatief	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064

Projectalternatieven

De drie projectalternatieven zorgen voor een besparing van 20 PJ per jaar en zijn daarmee qua doelbereik vergelijkbaar. De maatregelen bestaan uit een mix van maatregelen op woning- en gebiedsniveau om warmtebesparing, duurzaam warmtegebruik en inzet van restwarmte bij de doelgroepen te realiseren. Hieraan gekoppeld is ook het besparen op CO_2-uitstoot.
De alternatieven worden gepresenteerd in Tabel 2.

Tabel 2 Projectalternatieven

	Beschrijving
Projectalternatief 1 'Smart Skin'	– Maatregelen gericht op energiebesparing schil bij woningbouw en glastuinbouw – Geen installatietechnische maatregelen – Hoge volumina (ruim 800 duizend woningen), lage besparingen (absoluut) – Besparing rond 36-50%
Projectalternatief 2 'Smart Thermal Grid'	– Grootschalige afzet van industriële restwarmte uit het havengebied in combinatie met geothermie – Combinatie een warmtenet voor de Zuidvleugel (warmterotonde) – Warmtevraag in de glastuinbouw komt als een van de eerste gebruikersgroepen hiervoor in aanmerking, tevens bestaande huursegment – Grote klappers in de tuinbouw – Relatief bescheiden volume woningbouw (ruim 380 duizend woningen) – Besparing ca. 65% – Daarnaast wordt een deel van de 20PJ (2,6PJ) gerealiseerd door het verduurzamen van de bestaande levering (2,6 PJ)
Projectalternatief 'Smart Installation & Grid'	– Optimale warmte-inzet ten behoeve van 20 PJ[1] – Combinatie van individueel (40%) en collectief (60%) maatregelen – Mix van grote klappers en kleinere besparingen – Besparing tussen 35 tot 58%

Referentiealternatief

Het referentiealternatief in de MKBA kan worden omschreven als de meest waarschijnlijk te achten ontwikkeling als de warmteoplossingen niet worden uitgevoerd. De referentie is de warmtevraag zonder warmteoplossingen en alternatieve wijze waarop deze wordt ingevuld voor de verschillende onderscheiden eindgebruikers. De referentie bestaat in de meeste gevallen uit een gasketel (woningbouw) voor ruimte- en tapwaterverwarming of een gasmotor (WKK) voor de levering van warmte en kracht voor groei van gewassen. In beide gevallen is deze hoofdzakelijk gebaseerd op gaslevering aan de eindgebruiker.

De volgende ontwikkelingen hebben wij aangenomen in het referentie-alternatief:

– In de periode 2014-2020 is een autonome besparing van 1,5% van de warmtevraag verondersteld tot en met het jaar waarin de investering van een projectalternatief zal plaatsvinden. Vanaf 2020 gaan we ervan uit dat er sowieso geen significante maatregelen meer worden doorgevoerd, aangezien er reeds grote investeringen in warmteoplossingen zijn getroffen (met dito kapitaalbeslag).

[1] Hiermee bedoelen we inschatting vooraf op basis van expertopinie.

- We gaan uit van een verwarmingsrendement van 85% voor woningen dat behaald wordt met een HR-combiketel en een zeer laag hulpenergie-gebruik. Voor de glastuinbouw gaan we ervan uit dat het overall rendement van conventionele warmte – met inachtneming van de productie van elektriciteit voor het leveren aan het net en/of gewasgroei - 95% bedraagt.
- Voor zowel PA2 als PA3 geldt dat investeringen in warmtetransport, warmtelevering tot en met de warmteaansluiting in de woning onderdeel uitmaken van de eenmalige aanvangsinvesteringen. De investeringen in de leidingen 'om Zuid' en 'om Noord' zijn opgenomen in het referentie-alternatief.

Algemene uitgangspunten

De algemene uitgangspunten van de MKBA zijn:

- de looptijd van de MKBA is 50 jaar;
- het startjaar van de kosten en baten is begin 2014;
- de kosten en baten hebben als prijspeil 1 januari 2014;
- de discontovoet van de kosten en baten bedraagt 5,5%, met uitzondering van de milieu- en gezondheidsbaten waarvoor een discontovoet van 4,0% is gehanteerd;
- de kosten en baten worden zowel op het geaggregeerd niveau gepresenteerd, en op basis van kentallenset per object (m^2 glastuinbouw en woningeenheid);
- er is geen rekening gehouden met financieringskosten;
- de kosten- en batenposten zijn uitgedrukt in contante waardes (CW); het MKBA-saldo betreft het contante-waarde saldo (NCW) .

Alle gerapporteerde effecten (directe, indirecte en indirecte effecten) betreffen het verschil tussen het nulalternatief en de drie project-alternatieven.

Resultaten

In Figuur 1 staan de belangrijkste uitkomsten voor de provincie per alternatief samengevat.

Figuur 1 **MKBA-resultaat provinciaal perspectief**

Een positief saldo van kosten en baten voor de provincie resulteert voor PA2 en PA3, terwijl PA1 een negatief saldo kent. PA1 doet een beroep op een diepe investering in de woning in combinatie met een hoog deelnemend volume om tot de benodigde 20 PJ te komen. Hierdoor liggen de bedragen een factor 3 tot 4 hoger dan gebiedsgerichte projectalternatieven. Daaruit kan worden afgeleid dat een individuele aanpak op een dergelijke omvangrijke schaal aanzienlijk duurder is dan een collectieve aanpak op provinciaal niveau (PA2) of een klein-collectieve aanpak op wijkniveau (PA3).

PA2 levert de meest efficiënte bijdrage aan de verduurzaming van de warmte-vraag met name door de relatief goedkope beschikbaarheid van de rest-warmteopties die economisch nuttig worden afgezet. We zijn ervan uitgegaan dat we deze restwarmte (uit AVI's industrie en elektriciteitsproductie) in voldoende mate en kosteneffectief kan worden afgekoppeld in industriële processen. Een 'verzekeringspremie' tegen uitval door overdimensionering van restwarmtecapaciteit bij de bron en hulpketels bij de afnemer is nodig voor het zeker stellen van warmtelevering. Deze extra kosten zijn opgenomen voor PA2.

Nederland

Figuur 2 laat het MKBA-saldo vanuit nationaal perspectief zien. Het positieve monetaire saldo is lager dan vanuit het perspectief van de provincie Zuid-Holland, omdat gerekend is met energieprijzen exclusief Energiebelasting en heffingen) en de SDE-inkomsten over de eerste jaren geen positief welvaarts-effect meer zijn. De positieve welvaartseffecten voor de ontvanger van de subsidie inclusief de besparing bij warmte-exploitant en gebruikers worden geneutraliseerd door negatieve welvaartseffecten voor de overheid (kosten SDE+ subsidie en belastingderving).

Figuur 2 **MKBA-resultaat nationaal perspectief**

Conclusies

Voor de provincie Zuid Holland kan worden geconcludeerd dat grootschalige investering in warmte circa 4.5 miljard kost en circa 7 miljard oplevert binnen de provincie Zuid-Holland in het meest gunstige alternatief (PA2). Voor PA3 geldt een iets minder gunstig saldo. PA1 (zeer sterk isoleren) onderscheidt zich negatief ten opzichte van PA2 en PA3. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt, met Nederland als scope, dat de marge voor PA2 beperkt is en dat een positief saldo beperkt robuust blijkt te zijn. Met de provincie Zuid-Holland als scope zijn PA2 en PA3 een stuk minder gevoelig voor wijzigingen in aannames en daarmee heeft het resultaat voor Zuid-Holland een meer robuust karakter.

Het op grote schaal benutten van het potentieel voor een reductie van 20 PJ per jaar, vergt een stevige beleidsinzet met het ontwikkelen van een groot aantal warmte-opties ten behoeve van levering aan diverse marktsegmenten. Zowel het aantal in te zetten warmtebronnen als het deelnemend volume (hoge penetratiegraad) illustreert deze stevige ambitie.

In zijn algemeenheid geldt dat alle energiebesparing of duurzame energie ‘achter de meter’ een negatief effect heeft op het innen van Energiebelasting. Dit geldt eveneens voor de beschouwde projectalternatieven als gevolg van de besparing van het gebruik van gas in Zuid-Holland. De 20 PJ finale besparing leidt additioneel dan ook tot een aanzienlijke vermindering van Energie-belasting voor het Rijk. Deze is het kleinst voor PA2 en PA1, gevolgd door PA3. Levering aan glastuinbouw beperkt de derving van EB, vanwege de lagere EB die tuinders betalen o.a. door vrijstelling op de gasgebruik in WKK’s.

In deze analyse is gekozen voor drie uitersten. De projectalternatieven kunnen echter op een slimme wijze gecombineerd worden. Men kan het energiegebruik van woningen en kassen optimaliseren tot een kosteneffectief en betaalbaar niveau en de rest met collectieve, duurzame maatregelen (groen gas, WKO en geothermie) invullen. Zo kan in PA2 ook gewerkt worden naar meer toevoeging van nieuwe duurzame bronnen waardoor de afhankelijkheid van restwarmte steeds minder wordt, naarmate dat deze bronnen afnemen. Gebiedsmaatregelen zoals warmtelevering kunnen een groot deel van de ambities in die gebieden tegen aanzienlijk lagere maatschappelijk kosten realiseren dan wanneer er eenzijdig in *gebouw*maatregelen (Energielabel B of A) zou worden geïnvesteerd.

De investeringen moeten in verschillende onderdelen van de warmteketen plaatsvinden, de kosten en baten liggen niet altijd op de goede plek. Financierings- en aanlooprisico’s, onzekerheid over opbrengsten en gebrek aan samenwerking in de warmteketen zijn mede verantwoordelijk dat een maatschappelijke business-case onvoldoende van de grond komen. Dit zijn bij uitstek vormen van marktfalen, waarop beleidsinzet ter realisatie van de 20 PJ zich moet richten.

1 Inleiding

1.1 Inleiding

In 2013 hebben 23 publieke en private organisaties de 'Samenwerkings-overeenkomst duurzame warmte en koude Zuid-Holland' ondertekend.
In het position paper 'Warm op Weg' is de ambitie vastgelegd om in 2020 14% duurzame(re) warmte, inclusief restwarmte te gebruiken in Zuid-Holland, hetgeen neerkomt op een fossiele energiebesparing van 20 PJ per jaar[2].
Dit zou m.n. kunnen door:

- benutting van industriële restwarmte en aardwarmte voor woning- en glastuinbouw in de Zuidvleugel van de Randstad via bestaande en nieuwe warmtenetten;
- de toepassing van warmte/koudeopslag in de woningnieuwbouw en glastuinbouw.

In het Energieakkoord voor Duurzame Groei wordt de Samenwerkings-overeenkomst genoemd als een mogelijk voorbeeld voor bevordering van gebruik van restwarmte in Nederland. Als gevolg van dit akkoord werkt het ministerie van Economische zaken aan een warmtevisie voor Nederland.

Voor de verdere uitwerking van de ambitie en als bijdrage aan de warmtevisie is er behoefte aan meer inzicht in de (maatschappelijke) kosten en baten van de bijdrage van warmte aan Zuid-Holland en Nederland. Dit kan leiden tot een breed gedragen consensus ten aanzien van de toekomst voor warmte. Voor de verdere uitwerking van de ambitie en als bijdrage aan de warmtevisie is er behoefte aan meer inzicht in de (maatschappelijke) kosten en baten van duurzame(re) warmte. Het Programmabureau Warmte Koude Zuid-Holland heeft aan CE Delft en Infinitus Energy Solutions gevraagd om deze in beeld te brengen.

1.2 Doel van het project

MKBA moet bijdragen aan het inzicht op zo efficiënt mogelijke wijze bereiken van 20PJ duurzame energie in 2020. Dit hebben wij vertaald in de volgende doelen:

- de MKBA verschaft inzicht in de positie van duurzame warmte binnen het energietransitievraagstuk in Zuid-Holland;
- de MKBA verschaft inzicht in de maatschappelijke kosten en baten van duurzame warmtescenario 20PJ warmte in Zuid-Holland t.o.v. het 'business as usual'-scenario.

---

2 De doelstelling is gedefinieerd in termen van 20 PJ/jr aan 'duurzame warmte'; daarbij gaat het om meerdere typen van warmteoplossingen: geothermie, industriële restwarmte, warmtekrachtkoppeling, warmte uit biomassa, etc. In deze MKBA is dit verder gedetailleerd tot 20 PJ/jr aan bespaarde fossiele energie ten opzichte van de referentie (gasgestookte verwarming); dit is nodig om meerdere alternatieven waaronder ook besparing op de finale warmtevraag (bijv. via isolatiemaatregelen) op eenduidige wijze met elkaar te kunnen vergelijken.

In een tweede fase kan een vervolg van deze MKBA laten zien welke combinatie van warmtegerelateerde product-marktcombinaties economisch kansrijk zijn om bij te dragen aan 20 PJ/jaar aan vermeden fossiele energie in 2020.

1.3 Afbakening

De studie is al volgt afgebakend:

- **Alle mogelijke relevante warmteopties** (restwarmte afkoppeling industrie, geothermie, WKO, individuele duurzame warmte-opties) inclusief de daarvoor benodigde infrastructuur zijn onderdeel van de analyse.
- **Als relevante vraagsegmenten in de gebouwde omgeving** worden onderscheiden: bestaande woningbouw (koop, huur, grondgebonden en gestapeld), nieuwbouw (met dezelfde onderverdeling), glastuinbouw (nieuwbouw, bestaand, belicht met en zonder warmtekrachtkoppeling (het gelijktijdig opwekken van elektriciteit en warmte, WKK) en onbelicht), gestandaardiseerde utiliteit (kantoorgebouwen, enz.).
- **Beperking tot warmtegebruik bestemd voor gebouwde omgeving (inclusief kantoren, glastuinbouw).** Warmtelevering van en naar industrie hebben we in deze MKBA niet beschouwd. In de procesindustrie dient aan de vraag naar mogelijkheden voor warmtelevering aan derden vaak zeer specifiek met haalbaarheidsonderzoek te worden onderbouwd en achten wij om die reden minder geschikt voor een generieke MKBA.
- **Koude** wordt ook (gedeeltelijk) in kwantitatieve zin meegenomen. Koude (bijvoorbeeld in WKO) heeft welvaartseffecten in een steeds warmer wordend klimaat, maar vergt wel een heel andere analyse dan uitsluitend warmte.

Op basis van een PMC-analyse is een eerste selectie gemaakt van kansrijke product-marktcombinatie. In deze selectie is de kantorenmarkt afgevallen. Het warmtevolume dat geleverd wordt is beperkt, zeker t.o.v. glastuinbouw en bestaande bouw, om een significante bijdrage te leveren aan de 20 PJ besparing. Dit betekent nadrukkelijk niet dat er in dit segment geen kosteneffectieve mogelijkheden zijn voor verduurzaming.

1.4 Wat is een MKBA?

De MKBA is een methode die steeds vaker wordt toegepast ter ondersteuning van de besluitvorming van o.a. investeringen in infrastructuur, gebieds-ontwikkeling en milieu.

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) heeft tot doel de verschil-lende opties voor de uitvoering van een project op integrale wijze met elkaar te vergelijken. Alle effecten worden vervolgens zoveel mogelijk in geld uitgedrukt en vervolgens telt men deze op, zodat een integrale afweging mogelijk is. Dat geldt ook voor zaken die meestal niet in geld worden gewaardeerd zoals CO_2-emissies of luchtverontreinigende emissies.
Bij het bepalen van de kosten en baten wordt uitgegaan van het ruime welvaartsbegrip en worden de kosten en baten gekwantificeerd en gerelateerd aan specifieke partijen om daarmee de eventuele noodzaak van overheids-handelen te kunnen onderbouwen.
Een positief saldo duidt op een project dat de welvaart verhoogt. Een negatief saldo duidt op een project dat de welvaart verlaagt.

In een MKBA wordt een situatie met het project (projectalternatief) vergeleken met de situatie zonder het project (nulalternatief of 'referentie').

De OEI-methodologie vormt in Nederland de leidraad voor de uitvoering van kosten-batenanalyses. De OEI-methodologie[3] is in beginsel bedoeld voor infrastructurele projecten, maar de ervaring leert dat deze methodiek ook prima toepasbaar is op investeringen in de energiemarkt en -infrastructuur[4].

Tabel 3 Functies van een MKBA

Grofweg onderscheiden we bij een MKBA drie functies:
- inzicht in de maatschappelijke efficiëntie van een project;
- inzicht in de verdelingseffecten;
- verbeteren van projectalternatieven.

Maatschappelijke efficiëntie
Een MKBA geeft in de eerste plaats inzicht in de maatschappelijke efficiëntie van een project. In een MKBA wordt dat wat de maatschappij verwacht in welvaart erop vooruit te zullen gaan bij de uitvoering van het project afgezet tegen de kosten. Een positieve of negatieve uitkomst toont aan of inzet van warmte in de energievoorziening van Zuid-Holland als geheel maatschappelijk wel of niet wenselijk is.

Verdelingseffecten
Een MKBA is ook bij uitstek geschikt om de verdelingseffecten voor verschillende gebruikers te laten zien, waarbij de groep die kosten draagt niet noodzakelijkerwijs de groep hoeft te zijn die de baten ontvangt. Winnaars en verliezers worden zo geïdentificeerd, hetgeen relevant is bij de wijze waarop de investering gefinancierd c.q. geïnstrumenteerd dient te worden (publiek of privaat, en door welke specifieke partijen).

Verbeteren van projectalternatieven
Tenslotte is een MKBA geschikt om verschillende projectalternatieven systematisch naast elkaar te zetten en informatie te verschaffen ten behoeve van de afweging tussen verschillende alternatieven en deze in economisch opzicht verder te optimaliseren in termen van tempo, accenten bij specifieke gebruikersgroepen en/of ontwerpmodificaties.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 schetst de aanpak bij het in beeld brengen van kosten en baten per alternatief. Dit hoofdstuk presenteert ook de belangrijkste uitgangspunten en aannames in onze aanpak.

In Hoofdstuk 3 presenteren we de drie projectalternatieven van de MKBA. Deze projectalternatieven beogen een bijdrage te leveren aan de 20 PJ verduurzaming van het warmtegebruik. Hoofdstuk 3 sluit af met het referentiealternatief, of de ontwikkeling zonder de warmteoplossingen in de projectalternatieven (what-if-not).

---

3 De Leidraad voor het opstellen van een Overzicht Effecten Infrastructuur (OEI) is een leidraad voor het vooraf (ex-ante) evalueren van door de overheid voorgenomen infrastructuur-projecten. De Leidraad OEI schrijft voor om effecten ex-ante te evalueren op basis van een maatschappelijke kosten- en batenanalyse (MKBA).

4 De recente Algemene MKBA Leidraad (CPB, 2013) is een update van de OEI-Leidraad en bundelt inzichten op verschillende beleidsterreinen om het instrument MKBA breder toepasbaar te maken.

Hoofdstuk 4 gaat vervolgens in op de kosten en baten per alternatief afgezet tegenover de referentie. Hierin worden de verschillende kosten- en baten-posten in *totaal* gepresenteerd in contante waardes (CW). Tevens geven we aan welke kentallen per PMC zijn gehanteerd om tot de totaalsom te komen.

Hoofdstuk 5 presenteert het totaalresultaat in saldo van kosten en baten. De lezer met weinig tijd kan zich meteen richten op dit hoofdstuk.

Hoofdstuk 6 sluit af met de conclusies die volgen uit de MKBA.

2 Aanpak

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk start met de aanpak in vogelvlucht en gaat vervolgens nader in op enkele belangrijke uitgangspunten en keuzes ten aanzien van de systeem-afbakening:

- kosten en effecten(Paragraaf 2.3);
- tijdshorizon (Paragraaf 2.4);
- discontovoet (Paragraaf2.5);
- gerelateerde CO_2-infrastructuur (Paragraaf 2.6).

2.2 Aanpak in vogelvlucht

Bij de MKBA maken we gebruik van de OEI-leidraad. OEI staat voor Overzicht Effecten Infrastructuur en is verplicht voor vele projecten van het Meerjaren-programma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT). De leidraad geeft een onderbouwing van de MKBA-methodiek en schrijft de stappen voor die genomen moeten worden. Figuur 3 presenteert het stappenplan.

Figuur 3 Stappenplan

De eerste stap betreft de definitiefase, ofwel de standing van de MKBA. Over wie en wat gaat deze MKBA. In deze stap wordt bepaald welke effecten worden meegenomen en welke niet, wordt de tijdsperiode vastgesteld en wordt bepaald wiens welvaart wel of niet toegerekend wordt.

De tweede stap is het vaststellen van de alternatieven. Om een probleem op te lossen, of in dit geval de beleidsdoelstelling van 20 PJ te realiseren, zijn namelijk vaak meerdere technische oplossingen denkbaar. Dit wordt in deze studie met alternatieven beschreven. De welvaartseffecten van de alternatieven worden in een MKBA vergeleken met de effecten van het referentiealternatief. Dit is gedefinieerd als de meest waarschijnlijke ontwikkeling als het project geen doorgang vindt.

In de derde en vierde stap worden kosten en effecten - de welvaartseffecten - bepaald. Deze stap vormt het hart van de MKBA. De effecten worden in kaart gebracht, gekwantificeerd en - zo mogelijk - in euro's uitgedrukt (gemonetariseerd). Dataverzameling is een belangrijke activiteit in deze stap. Naast de effecten worden ook de kosten van de alternatieven in kaart gebracht.
De kosten worden onderverdeeld in éénmalige investeringskosten en jaarlijkse kosten.

In de vijfde stap vergelijken we de kosten en baten. De totale effecten over de hele levensduur worden teruggerekend naar één basisjaar (verdiscontering) zodat de effecten ten opzichte van elkaar vergeleken kunnen worden. Hieruit resulteert een overzichtstabel waarin de effecten naast elkaar gezet zijn.
De overzichtstabel bevat in geld uitgedrukte effecten en effecten die kwalitatief gewaardeerd zijn.

In Stap 6, de gevoeligheidsanalyse, wordt nagegaan in hoeverre de conclusies uit de MKBA anders zouden uitvallen als de uitgangspunten anders zouden zijn. Met andere woorden: hoe robuust is de ranking van de alternatieven? Ook maken we in deze stap inzichtelijk hoe de welvaartseffecten verdeeld zijn over de verschillende partijen.

Rekenmodel

Het rekenmodel voor deze MKBA is als volgt opgebouwd (Figuur 4). Als eerste stap wordt een duidelijke afbakening van systeemgrenzen voor de analyse opgesteld. Deze stap resulteert vervolgens in een heldere omschrijving van nul- en projectalternatief. In het referentiealternatief is vervolgens de warmtevraag in GJ (comfortvraag) per segment in 2020 vastgesteld en is bepaald op welke manier in de warmtevraag wordt voorzien (via conventionele CV, WKK, piekketels). Hierbij hoort een omzettingsrendement.

De projectalternatieven zijn samengesteld op basis van alternatieve warmteoplossingen die bij elkaar zorgen voor 20 PJ aan jaarlijkse besparing. Op grond hiervan worden de benodigde investeringen geschat en de besparingen op de levering van warmte ten opzichte van de conventionele voorziening. Op grond van de fysieke effecten kunnen de welvaartseffecten dan bepaald worden.
De kunst is nu om de geïdentificeerde welvaartseffecten in ieder geval te kwantificeren, en zo mogelijk ook te monetariseren.

Figuur 4 Rekenmodel MKBA Warmte en Koude

Als voorbeeld: de gerealiseerde energiebesparing kan gewaardeerd worden door gebruik te maken van commodityprijzen voor energie (exclusief belasting en BTW). Externe effecten van energiebesparing worden gewaardeerd tegen zogenaamde schaduwprijzen voor CO_2, NO_x en fijnstof.

2.3 Systeemafbakening

De systeemafbakening bestaat uit alle effecten die in de MKBA in beeld worden gebracht. De effecten zijn weergegeven in Tabel 4 en worden daarna toegelicht.

Tabel 4 Onderscheiden effecten

Type effect	Effect	Waardering	Schaalniveau	Duur
Direct	Eenmalige Investeringskosten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2019
	Herinvesteringen	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Exploitatiekosten (O&M)	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Exploitatiekosten (inkoop CO_2 glastuinbouw)	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Bespaarde brandstofkosten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Welvaartseffect koudelevering	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	SDE+ subsidie	€	Zuid-Holland	2014-2029
Indirect	Werkgelegenheid	Kwalitatief	Zuid-Holland	2014-2064
Extern	Klimaatbaten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Gederfde inkomsten Energiebelasting	€	Nationaal	2014-2064
	Reductie overige emissies	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Voorzieningszekerheid	Gevoeligheidsanalyse	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Vermeden investeringen gasnetten	€	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064
	Natuureffecten	Kwalitatief	Zuid-Holland en nationaal	2014-2064

Indeling effecten

In de meest linkse kolom is de indeling van de effecten weergegeven.
Het uitgangspunt van een MKBA is dat *alle* welvaartseffecten in kaart worden gebracht. De welvaartseffecten zijn ingedeeld in directe effecten, indirecte effecten en externe effecten.
Directe effecten zijn de financiële effecten voor de initiatiefnemer en gebruiker. Bij warmte grijpt het project in op de kosten van energie en zijn effecten op de warmtemarkt directe effecten. Dit zijn de investeringskosten, jaarlijkse kosten en financiële opbrengsten van de projectalternatieven.
Men zou kunnen zeggen dat dit de effecten zijn voor de warmte-exploitant – energiebedrijf of warmtebedrijf - in de vorm van de winstmarge op het geïnvesteerd vermogen[5]. Dit is feitelijk de basis voor verdeling van dit surplus tussen warmteafnemer en leverancier.

Wanneer effecten op de transportmarkt worden doorgegeven aan andere markten (bijvoorbeeld de grondmarkt, de woningmarkt of de arbeidsmarkt) en daarbij marktimperfecties verminderen (of versterken) dan is er sprake van additionele *indirecte* effecten.

5 Of anders gezegd voor de warmte-afnemer, bij een normale marge op de kosten van geïnvesteerd vermogen van de exploitant.

Een groot deel van de effecten van warmte-projecten op andere markten is niet additioneel. Indirecte effecten zijn een afgeleide van de directe effecten en werken door op bijvoorbeeld de regionale arbeidsmarkt (extra werk-gelegenheid), de woningmarkt (effect op woningwaarde en verkoopbaarheid van woningen) of de detailhandel (bestedingen).

Externe effecten zijn (door de initiatiefnemers) niet-beoogde effecten van de interventie op derden zoals milieueffecten en hinder voor omwonenden.
Met andere woorden als besloten wordt om warmteoplossingen te realiseren houdt een initiatiefnemer (warmte-uitbater) *in principe* geen rekening met vermeden investeringen van uitbreidingen, vervanging en onderhoud in het gasnetwerk door de netbeheerder of mogelijke milieubaten, omdat deze bij andere partijen neerslaan[6].

Waardering effecten
In de derde kolom is de waardering van de effecten weergegeven. Om de welvaartseffecten vergelijkbaar te maken, waarderen we deze zoveel mogelijk in euro's. Voor een aantal effecten is het in dit onderzoek niet mogelijk geweest de effecten in euro's uit te drukken. Dit geldt voor mogelijke hinder voor werknemers, omwonenden, burgers/bewoners, effecten op het landschap, effecten op ecologie en externe effecten. Deze effecten worden kwalitatief beoordeeld.

Duur effecten
In de vierde kolom is de duur van de effecten weergegeven. De effecten worden over de hele levensduur van 2014-2064 in kaart gebracht.
In algemene zin veronderstellen we dat warmtetechnieken en infrastructuur een economische levensduur hebben van 50 jaar. De baten treden op ná het realiseren van de warmtealternatieven en wel over de gehele levensduur van de alternatieven (2014-2064). Herinvesteringen in bronnen, hulpketels en pompen zijn meegenomen onder de noemer 'herinvesteringen' (zie Paragraaf 4.3.2).
Uitzondering qua periode is de SDE+ subsidies die worden uitgekeerd over een periode van vijftien jaar. Verondersteld is dat na afloop van de eerste SDE+ periode de warmtetechnieken op eigen benen moeten kunnen staan.
De jaarlijks in geld uitgedrukte effecten worden met de netto contante waardemethodiek vergelijkbaar gemaakt (zie Paragraaf 2.5).

2.3.1 Geografische afbakening

Een belangrijk uitgangspunt is het schaalniveau waarop de effecten in beeld worden gebracht. De effecten van het project kunnen verschillen voor het schaalniveau van de provincie Zuid-Holland en dat van Nederland. Voor het merendeel zijn de effecten op het schaalniveau van Zuid-Holland en Nederland gelijk, wat betekent dat voor deze posten regionale en landelijke uitkomsten identiek zijn. Dit geldt echter niet voor enkele belangrijke posten:
- de landelijke duurzame energieopwekking subsidie (SDE+);
- de gederfde belastinginkomsten uit inzet op warmtealternatieven;
- werkgelegenheid.

[6] Men kan beargumenteren dat als de regionale netbeheerder de warmte-investeringen voor zijn rekening neemt, deze intern zijn aangezien hij het warmtenetwerk zal aanleggen rekening houdend met restwaardes en geplande herinvestering in het bestaande gasnet.

Op het niveau van Zuid-Holland zijn SDE+ subsidies voor aardwarmte en groen gas positieve welvaartseffecten; op nationaal niveau is er per saldo geen welvaartseffect omdat de positieve effecten geneutraliseerd worden door kosten voor de Rijksoverheid[7].

Ook de gederfde energiebelastinginkomsten verschillen per schaalniveau. Een groot deel van de gasprijs van consumenten (en in mindere mate tuinders, die geen energiebelasting betalen over het aardgas dat zij in hun WKK's toepassen) bestaat immers uit belastingen. Over warmte als geleverde energiedrager wordt niet of nauwelijks Energiebelasting geheven[8].
De belastingen die consumenten bij warmtelevering of -besparing niet meer hoeven te betalen, vormen een positief effect voor de betreffende bewoners van Zuid-Holland, maar gaan ten koste van de belastinginkomsten voor de Rijksoverheid. Met een rekenvoorbeeld in onderstaand tekstkader maken we dit duidelijk.

Gederfde belastinginkomsten door warmtelevering
Een belangrijk deel van gasprijs (ca. een derde) voor consumenten bestaat uit belastingen. De leveringsprijs van gas voor consumenten bedraagt gemiddeld zo'n 40 €ct per m^3. Het overige deel (23 €ct) bestaat uit belastingen en BTW. Daarnaast geldt vanaf 2014 de opslag duurzame energie (ODE) ter financiering van de SDE.

Leveringstarief gas	40 €ct
Energiebelasting (incl. BTW)	23 €ct
Opslag duurzame energie	0,56 €ct
Totaal consumentenprijs	**63,5 €ct**

Omdat een aanzienlijk deel van de gasprijs uit belastingen bestaat, is het welvaartseffect van inzet van warmte op nationaal niveau kleiner dan voor de provincie. Tegenover de baten voor de consument (ca. 64 €ct per m^3), staan gederfde belastinginkomsten voor de Rijksoverheid (23,5 €ct per m^3 inclusief ODE-heffing). Voor een nationale MKBA is het dan ook gebruikelijk uit te gaan van (energie)commodityprijzen.

In de analyse wordt daarom gerekend met gas- en elektriciteitsprijzen inclusief Energiebelasting. Vanuit provinciaal perspectief hoeft hier niet gecorrigeerd te worden voor gederfde energiebelasting. In de nationale MKBA wordt een aparte post opgenomen met de negatieve effecten van de derving van de energiebelasting.

---

7 Sinds 2013 wordt de SDE+ gefinancierd via een opslag op de energierekening. Met andere woorden: tegenover de plus van de ontvanger staat voor Nederland als geheel de min van de hogere energierekening van de eindgebruiker. De opslag drukt in principe in gelijke mate op het gebruik van elektriciteit en aardgas. Huishoudens en bedrijven dienen ieder de helft bij te dragen.

8 In de praktijk ligt de problematiek iets genuanceerder. De warmteproducent kan namelijk ook Energiebelasting verschuldigd zijn, afhankelijk van productietechniek. Dat kan het EB-tarief in de hoogste staffel zijn (kleinverbruikers) voor blokverwarming, maar in veel gevallen geldt een lagere staffel of vrijstelling (WKK, of duurzame warmtebronnen). Via de NMDA-systematiek komt het er voor de eindverbruiker in de woningbouw op neer dat de bij gasverwarming verschuldigde energiebelasting onlosmakelijk is inbegrepen in de warmteprijs.

2.4 Tijdshorizon

De baten die voortvloeien uit (duurzame) warmteprojecten (inclusief infrastructuur voor warmtetransport- en distributie) krijgen hun beslag over een lange termijn. Om deze baten goed in beeld te brengen (en om te voorkomen dat bij het gebruik van kortere termijnen sowieso restwaardes ingeboekt moeten worden) hanteren we een tijdshorizon van 50 jaar[9].
Alle kosten en baten zullen wel over een tijdshorizon van 50 jaar opgenomen worden. Aangezien diverse componenten bij de warmtebronnen (geothermieputten, afvalverbrandingscentrales) en hulptechnieken (hulpwarmteketels, warmtewisselaars en pompen) binnen deze 50 jaar economisch zijn afgeschreven, worden herinvesteringen meegenomen.
Tabel 5 geeft een overzicht met vervangingsintervallen voor de alternatieven.

Tabel 5 Vervangingsintervallen

		Afnemer	Distributienet	Collectieve warmtebron
Nulalternatief				
Woning- en glastuinbouw	Ketel (gas)	15 jaar	-	-
PA1 smart skin				
Woningbouw	Gasketels, ventilatiesystemen	15 jaar	-	-
	Dubbel glas	30 jaar	-	-
	Gevel-, vloer-, dakisolatie	50 jaar		
Glastuinbouw	Schermen	7 jaar		
	Isolerend kasdek/glas	25 jaar	-	-
PA2 smart thermal grid				
Woningbouw	Afleverset	15 jaar	-	15 jaar
	Geothermiedoublet, AVI, uitkoppeling industrie		-	30 jaar
	Leidingen infra	-	50 jaar	
Glastuinbouw	Afleverset	15 jaar	-	
	Geothermiedoublet, AVI, uitkoppeling industrie		-	30 jaar
	Leidingen infra	-	50 jaar	
PA3 smart installations & grid - Individuele opties				
Woningbouw	CV-ketel (groen gas)/compressor warmtepomp	15 jaar	-	
	Overige delen warmtepomp, warmtewisselaars	30 jaar	-	
Glastuinbouw	Installaties, pompen, bemetering	15 jaar	-	
	Leiding infra eigen terrein		50 jaar	-
PA3 smart installations & grid - collectieve opties				
Woningbouw grondgebonden	Compressor warmtepomp	15 jaar	-	15 jaar
	Overige delen warmtepomp, warmtewisselaars, dubbel glas	30 jaar	-	
	Leidingnet, overige isolatiemaatregelen		50 jaar	

9 De zichtperiode van de MKBA dient aan te sluiten bij economische levensduur van warmte-opties en infrastructuur en de op te treden effecten. Gebruikelijk is om de effecten van een project voor een zo lang mogelijke tijdsperiode (in principe tot een 'oneindige zichthorizon') in kaart te brengen.

		Afnemer	Distributienet	Collectieve warmtebron
Woningbouw gestapeld	Compressor collectieve warmtepomp	15 jaar	-	
	Overige delen warmtepomp, warmtewisselaars, dubbel glas, geothermiedoublet/WKO-doublet	30 jaar	-	30 jaar
	Leidingnet, overige isolatiemaatregelen	-	50 jaar	
Glastuinbouw	Installaties, pompen, bemetering	15 jaar	-	
	geothermiedoublet/WKO-doublet	30 jaar	-	30 jaar
	Leidingnet	-	50 jaar	

2.5 Discontovoet

De berekende effecten worden vervolgens contant gemaakt naar een basisjaar (2014 in deze rapportage). Hierdoor worden effecten die later in de tijd optreden minder zwaar meegewogen dan effecten in het begin (zie tekst-kader). De gewogen optelsom over de jaren die zo ontstaat voor een effect wordt de contante waarde genoemd. Voor het contant maken wordt gebruik gemaakt van een discontovoet ('een rendementseis').

De door het ministerie van Financiën voorgeschreven risicovrije discontovoet voor MKBA's is 2,5%. De standaard risico-opslag voor maatschappelijke effecten bedraagt 3%. Dit houdt in dat een discontovoet van 5,5% wordt gehanteerd voor maatschappelijke effecten waarin de rijksoverheid investeert. Oftewel een euro die in 2021 wordt uitgegeven, wordt met een factor 0,95 (1/1,055) lager gewaardeerd dan een euro in 2020.

De maatschappelijke discontovoet van 5,5% geldt niet voor alle effecten. Voor niet-omkeerbare effecten (bijv. gezondheidsbaten en klimaateffecten) wordt conform hetzelfde advies van het ministerie van Financiën voorgesteld om een discontovoet te hanteren van 4% (2,5 + risico-opslag van 1,5). Dit betekent dat deze toekomstige gezondheidsbaten van warmtealternatieven zwaarder tellen dan de overige kosten en baten van bijv. de initiatiefnemer zelf (Ministerie van Financiën, 2011).

Een euro die men ontvangt in jaar t, heeft niet dezelfde waarde als een euro die men nu reeds in bezit heeft. Immers, een euro die men nu bezit, kan tegen rente worden uitgezet, waardoor deze na t jaar meer oplevert. Om precies te zijn levert één euro na t jaar bij een rente r een bedrag op van (1+r)t euro.

Om de huidige waarde van toekomstige baten en kosten te bepalen, moeten deze daarom worden gedisconteerd met de relevante discontovoet. Dezelfde procedure geldt voor de waardering van de kosten en baten van een project. Alle baten en kosten worden contant gemaakt en vervolgens samengevat in één getal: de netto contante waarde (NCW).

De netto contante waarde:

$$NCW = \sum_{t=o}^{N} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Hierin is Bt de baat in jaar t, Ct de kosten in jaar t, r de rente of discontovoet die wordt gebruikt om bedragen in de toekomst naar het heden om te rekenen, en N is de verwachte looptijd van het project.

2.6 CO_2-levering kassen

De kosten (zowel investerings- als exploitatiekosten) en opbrengsten van CO_2-levering aan de glastuinbouw zijn opgenomen in de MKBA. Dit geldt zowel ten aanzien van de referentie en projectalternatieven.

Warmte uit alternatieve bronnen (restwarmte, geothermie en WKO) kan een aanzienlijke bijdrage leveren aan energiebesparing in de glastuinbouw. Voor de teelt in kassen wordt meestal extra CO_2 gedoseerd ter stimulering van de groei/productie. Op dit moment is het gangbaar dat de CO_2 die vrijkomt als bijproduct van de verbranding van aardgas in een WKK ('tri-generatie') en/of gasketel, hiervoor wordt gebruikt. Op 20% van het huidige areaal vindt op dit moment externe levering van CO_2 plaats, namelijk daar waar bijvoorbeeld de kassen zijn aangesloten op een warmtenet of een geothermiebron en onvoldoende of zelfs geen CO_2 beschikbaar is uit de verbranding van aardgas. Bij toenemende besparing op het gebruik van gas en/of ten gevolge van de externe levering van warmte, ontstaat ook een steeds grotere noodzaak tot het extern leveren van CO_2 voor de plantengroei, zeker als het WKK- en/of ketelbedrijf grotendeels wegvalt. Door gebruik te maken van zuivere CO_2 die vrijkomt bij de industrie kan aan de behoefte aan CO_2 voor de plantengroei worden voldaan.

Externe CO_2-levering aan tuinders vindt momenteel op twee manieren plaats:
- via CO_2-leidingen zoals die van OCAP;
- via tankauto's.

Een deel van deze tuinders zal daarom alleen instemmen met warmte-projecten wanneer ook op een kosteneffectieve en praktische manier in hun CO_2-behoefte voorzien kan worden. Daarom zijn voor deze groep de kosten en baten van CO_2-levering sterk gerelateerd aan warmtelevering aan de tuin-bouw. Kosten en baten van CO_2-levering en warmtelevering zijn daarom in samenhang bezien. In de feitelijke realisering van de warmtealternatieven wordt dan ook uitgegaan van CO_2-levering voor de dekking van de warmte-vraag[10]. CO_2-levering is zowel aan de (investerings)kosten als in de financiële als maatschappelijke baten meegenomen.

[10] Als er niet gelijktijdig externe CO_2 wordt geleverd, gaan tuinders speciaal stoken met een hulpketel om de gewassen met CO_2 te bemesten. De rentabiliteit van de warmtelevering loopt dan sterk terug, omdat er minder warmtevraag ingevuld kan worden vanuit het warmtenet.

3 Projectalternatieven

3.1 Inleiding

Een MKBA vergelijkt de situatie met de warmteoplossing met een situatie zonder warmteoplossing.
In dit hoofdstuk beschrijven we de drie projectalternatieven en definiëren we de referentie. Paragraaf 3.2 beschrijft de aanpak om de alternatieven op te stellen. In Paragraaf 3.3 zijn de projectalternatieven beschreven. Paragraaf 3.4 sluit af met de beschrijving van de referentie.

3.2 Aanpak bij opstellen van alternatieven

De functionele vraag naar warmte in woningen, tuinbouwkassen en kantoren bedraagt in Zuid-Holland ruim 100 PJ per jaar. In Bijlage A geven we een overzicht van de functionele warmtevraag per segment. Illustratief geven we hieronder de Zuid-Hollandse verdeling van de warmtevraag weer voor de twee belangrijkste segmenten huishoudens en glastuinbouw.

Figuur 5 **Warmtevraag in huishoudens**

Figuur 6 Warmtevraag in glastuinbouw

Bovenop deze 100 PJ is er nog een beperkte laagwaardige warmtevraag bij bedrijven en andere woon- en utiliteitsgebouwen (seniorencomplexen, ziekenhuizen, etc.).

Het bereiken van 20 PJ/jr aan besparing op de finale vraag door inzet van duurzame warmteopties is geen gemakkelijke opgave, zeker wanneer die opgave in een periode van 5 tot 10 jaar gerealiseerd moet worden. Dit doel vergt een zeer stevige beleids- én realisatie-inspanning, waarbij een groot aantal opties nodig zal zijn om een bijdrage te leveren. De daarvoor benodigde penetratiegraden van de diverse warmteoplossingen in de woningmarkt en glastuinbouw zijn hoog in alle projectalternatieven.

Er zijn meerdere routes om het doel van 20 PJ/jr duurzame warmte te bereiken. Grofweg kunnen deze uiteenvallen in:
- schilmaatregelen op objectniveau (woning, tuinbouwkas, kantoor, utiliteitsgebouw);
- maatregelen op gebiedsniveau (buurt, wijk, stad, regio);
- installatietechnische maatregelen (warmtepomp, ketel, bioketel, etc.).

Installatiemaatregelen kunnen op objectniveau maar ook op (klein) gebiedsniveau uitgevoerd worden. Vanuit deze gedachte zijn drie uitersten projectalternatieven opgesteld:
- een alternatief met vooral schilgerichte maatregelen (1);
- een alternatief met vooral gebiedsgerichte warmtemaatregelen (2); en
- een alternatief met een mix van schilmaatregelen, gebiedsgerichte en installatietechnische maatregelen (3).

Zie Figuur 7 ter illustratie.

Figuur 7 De routes bij het opstellen van de verschillende alternatieven

Elk van de projectalternatieven 1, 2 en 3 is opgebouwd uit een logische mix van specifieke maatregelen die bij bepaalde gebruikersgroepen toepasbaar zijn en die samen steeds 20 PJ/jaar aan duurzame warmte bereiken.
We noemen de combinatie van een energiemaatregelen bij een bepaalde doelgroep een 'warmte product-marktcombinatie ('warmte PMC').
Een PMC bestaat uit:

- een gebruikersgroep (*markt*);
- een warmteoplossing (*product*) in de vorm van een bepaalde techniek-optie;
- en een optie voor de aan te leggen transport en distributie-infrastructuur (*combinatie*).

Er kan pas een besparing ('warmtewaarde') worden gerealiseerd (en toegerekend) als er een volledige aansluiting is tussen warmtebron en afnemer. De warmte moet nuttig afgezet worden en tot uitsparing van fossiele bronnen leiden.

Een projectalternatief bestaat uit een gekozen set van PMC's voor de voorziening in de warmtevraag. Elk projectalternatief moet in het jaar 2020 in totaal 20 PJ aan fossiele energie bij de eindgebruiker kunnen uitsparen.
De toelichting op de selectie van gekozen PMC's is te vinden in Bijlage A.

Deze selectie heeft geleid tot het niet-meenemen in de MKBA van enkele belangrijke doelgroepen:
- woningnieuwbouw[11];
- bestaande en nieuwe kantorenmarkt[12];
- nieuwbouw glastuinbouw[13].

Dit betekent nadrukkelijk niet dat er voor deze sectoren beleidsmatig geen aandacht meer hoeft te zijn voor verduurzaming van het energiegebruik. En het betekent ook niet dat er geen (maatschappelijk) rendabele warmte-projecten te realiseren zijn. Het betekent alleen dat in het geheel en binnen de scope van deze MKBA deze sectoren kwantitatief van minder zwaarwegend belang zijn (Pareto-regel).

3.3 Alternatieven

Uitgangspunt is dat de maatregelen in principe voor het jaar 2020 genomen moeten worden en voor 2025 geïmplementeerd kunnen zijn. De project-alternatieven zijn qua gerealiseerde effecten identiek. Voor alle alternatieven geldt dat 20 PJ/jaar[14] wordt vermeden. De maatregelen bestaan uit een mix van opties om warmtebesparing, duurzaam warmtegebruik en inzet van restwarmte bij de doelgroepen te realiseren. Hieraan gekoppeld is ook het besparen op CO_2-uitstoot. De alternatieven worden gepresenteerd in Tabel 6.

Tabel 6 Projectalternatieven

	Beschrijving
Projectalternatief 1 'Smart Skin'	– Maatregelen gericht op energiebesparing schil bij woningbouw en glastuinbouw – Geen installatietechnische maatregelen – Hoge volumina (ruim 800 duizend woningen), lage besparingen (absoluut) – Besparing rond 36-50%
Projectalternatief 2 'Smart Thermal Grid'	– Grootschalige afzet van industriële restwarmte uit het havengebied in combinatie met geothermie – Combinatie een warmtenet voor de Zuidvleugel (warmterotonde) – Warmtevraag in de glastuinbouw komt als een van de eerste gebruikersgroepen hiervoor in aanmerking, tevens bestaande huursegment – Grote klappers in de tuinbouw – Relatief bescheiden volume woningbouw (ruim 380 duizend woningen) – Besparing ca. 65% – Daarnaast wordt een deel van de 20PJ (2,6PJ) gerealiseerd door het verduurzamen van de bestaande levering (2,6 PJ)

11 Laag volume aan warmtevraag, daarmee ook lage warmtevraagdichtheid (zeker grondgebonden woningen).

12 Het gaat om een laag volume (3,5% van warmtevraag gebouwde omgeving), lastige stakeholderstructuur (regelmatig 'split incentive').

13 Relatief klein aandeel van de warmtevraag (4,5% in 2020) en grotendeels lage externe warmtevraag (belichtende bedrijven met WKK).

14 In termen van finaal energiegebruik.

	Beschrijving
Projectalternatief 'Smart Installation & Grid'	– Optimale warmte-inzet ten behoeve van 20 PJ[15] – Combinatie van individueel (40%) en collectief (60%) maatregelen – Mix van grote klappers en kleinere besparingen – Besparing tussen 35 tot 58%

Hierna volgt een nadere beschrijving van de projectalternatieven.

3.3.1 Smart Skin

Het eerste projectalternatief (PA1) vult de 20 PJ/jr volledig in door besparingsmaatregelen in de schil bij de doelgroepen bestaande glastuinbouw en bestaande woningen, zowel huur (grondgebonden en gestapeld) en koop (alleen grondgebonden). De 20 PJ/jr wordt gerealiseerd bij woningen zonder warmteaansluiting.

Woningbouw

Smart Skin gaat uit van een sterke verbetering van de isolatiewaarde van de schil (gevels, vloer, dak, beglazing) tot Label A+. Installatiemaatregelen worden zoveel mogelijk vermeden, behalve verbetering van de ventilatie. Dat geeft gemiddelde besparingen (gewogen naar aandelen in de woning-voorraad) op de functionele warmtevraag van 36% (eengezinswoningen, EGW) resp. 41% (meergezinswoningen, MGW). Smart Skin gaat vrijwel uit van renovatie op passiefhuisniveau.

Dat vraagt om zeer forse Rc-waarden voor dak, gevel en vloer (vaak richting 10) en om zeer lage U-waarden (minder dan 1,5) voor de beglazing (3-voudig glas). Er zijn twee opties: binnen- of buitenisolatie. Omdat binnenisolatie ten koste gaat van het woonoppervlak en niet goed in bewoonde staat kan gebeuren, betekent dit in de praktijk veelal dat men deze waardes moet realiseren door middel van buitenisolatie. Zie onderstaand voorbeeld van een diepe renovatie in Roosendaal (Kroeven) waar ook het uiterlijk van de woning spectaculair veranderde.

[15] Hiermee bedoelen we inschatting vooraf op basis van expertopinie.

‘Smart skin’ is dus een forse ingreep waarmee hoge kosten gemoeid gaan voor de eigenaren. Om via deze route 20 PJ jaarlijks te besparen, moeten zo’n 820.000 woningen worden gerenoveerd tot gemiddeld Label A+. Daarbij gaat het voor iets minder dan de helft om gestapelde huurwoningen. Het overige deel betreft dan grondgebonden huur- en koopwoningen (ca. 50-50).
In totaal zou 60% van alle Zuid-Hollandse woningen een energetische renovatie moeten ondergaan in dit projectalternatief. Daarmee wordt dan ca. 12 PJ van de beoogde 20 PJ in het jaar 2020 bereikt. De resterende 8 PJ aan besparing is voor rekening van de glastuinbouw.

Glastuinbouw

Smart Skin in de bestaande glastuinbouw gaat uit van het toepassen van drie principes:

- produceren volgens Het Nieuwe Telen, inclusief temperatuurintegratie waar mogelijk;
- het investeren in ‘zwaardere’ energieschermen dan tot nu toe gebruikelijk;
- het toepassen van andere, beter isolerende kasdekken en gevels in de verouderde bedrijven die aan het einde van hun economische levensduur zijn.

Het Nieuwe Telen (hierna HNT) staat voor een pakket van (vaak teelt-specifieke) maatregelen die moeten leiden tot een energiezuinige teeltwijze met een optimale productie. Deze nieuwe aanpak stelt het gewas centraal en vermijdt onnodig verbruik van fossiele brandstoffen. Elementen van HNT zijn o.a. het ventileren met droge buitenlucht, temperatuurintegratie, extra luchtbewegingen, luchtbevochtiging, sturing van de daglengte, sturing van substraattemperatuur, e.d. Door de ontwikkelingen rondom HNT ontstaan ook nieuwe mogelijkheden om nog meer energie te besparen door het gebruik van nieuwe schermtypen. Deze maken extra besparingen van 6 m^3 AE/m^2 kas mogelijk (TNO/WUR, 2013). Bij Gerbera’s als voorbeeld is na drie jaar experimenteren met HNT het gasverbruik gereduceerd van 55 m^3 AE/m^2 naar 39 m^3 AE/m^2 kas (WUR, 2013).
Installatiemaatregelen worden zoveel mogelijk vermeden, behalve verbetering van ventilatiesystemen. Ketels en WKK’s worden wel meegenomen in de investeringen, indien er bij bedrijven nog oude ketels en WKK’s staan met relatief lage rendementen die aan vervanging toe zijn. Dit is analoog aan het referentiescenario. De aangenomen maatregelen moeten leiden tot gemiddelde besparingen op de functionele warmtevraag van 50% (op te vatten als streefwaarde). We merken hierbij wel op dat cumulatie van al deze maatregelen in de praktijk overigens wel economisch beperkt wordt door de wet van de verminderde meeropbrengsten, maar voor de theoretische benadering van deze MKBA is deze aanpak wel vergelijkbaar met die in de andere marktsegmenten en projectalternatieven.

Tabel 7 **Overzicht aannames PA1**

PA1 Smart skin						
				Penetratie-graad Totaal	Gemiddelde besparing fossiele energie %	Resultaat (PJ/jr)
Woningen	Nieuw	Huur	Grond	0%		
			Stapel	0%		
		Koop	Grond	0%		
			Stapel	0%		
	Bestaand	Huur	Grond	80%	36%	3,5
			Stapel	80%	41%	4,1
		Koop	Grond	40%	36%	4,5
			Stapel	0%		
Glastuinbouw	Nieuw	Onbelicht met WKK		0%		
		Bedrijven zonder WKK		0%		
		Belicht met WKK		0%		
	Bestaand	Onbelicht met WKK		50%	50%	2,2
		Bedrijven zonder WKK		80%	50%	4,7
		Belicht met WKK		10%	50%	1,0
Kantoren	Nieuw	Met koelvraag		0%		
	Bestaand	Beperkte koelvraag		0%		
		Grote koelvraag		0%		
		Totaal				**20 PJ/jr**

Tabel 8 **Deelnemend marktvolume in PA1**

Markt	Totaal Volume in Zuid-Holland	Penetratie in PA1	Volume dat deelneemt in PA1
Woningbouw in # woningen			
Bestaande huur grondgebonden	238.000	80%	190.400
Bestaande huur gestapeld	487.000	80%	389.600
Bestaande koop grondgebonden	608.000	40%	243.200
Glastuinbouw in hectare			
Onbelicht met WKK	1400	50%	700
Onbelicht zonder WKK	1900	80%	1.520
Belicht met WKK	1900	10%	190

3.3.2 Smart Thermal Grid

Smart Thermal Grid (PA2) gaat uit van aanleg van de *warmterotonde Zuid-Holland* om de beschikbare restwarmte uit het industriegebied in Rijnmond af te zetten in Zuid-Holland. De warmterotonde maakt onderdeel uit van de provinciale visie 'Warm op weg'.
In Figuur 8 gaat het daarbij om de aanleg van de roodgestippelde leidingen. De 'leiding over noord' van Eneco (aangegeven als doorgetrokken rode lijn in de figuur) resp. de 'leiding over zuid' (van Warmtebedrijf Rotterdam, aangegeven als zwarte lijn in Figuur 8) zijn al aangelegd en zijn dus niet opgenomen in PA2. Deze leidingen zitten in de referentie, incl. de verhoging van het equivalente opwekrendement als gevolg van de benutting van warmte uit de afvalverbranding bij AVR die door deze leidingen wordt gefaciliteerd.

Figuur 8 Leidingennetwerk in PA2

In totaal gaat het om 100 km aan ‘sleuflengte’ voor een leidingenpaar. Per tracéonderdeel loopt het benodigde vermogen en daarmee de pijpdiameter fors uiteen. Zo zal de verbinding vanuit de haven richting Westland/Den Haag naar verwachting duidelijk zwaarder worden (meerdere 100-en MW) dan bijvoorbeeld de verbinding Bleiswijk-Leiden (20-30 MW). Ter vergelijk: de leidingen ‘over noord’ en ‘over zuid’ hebben een capaciteit van ca. 100 MW resp. 250 MW.

In PA2 maken we een onderscheid tussen de bestaande warmteafnemers en nieuwe warmteafnemers.

Nieuwe afnemers

Nieuwe afnemers (ca. 17,5 PJ) kunnen aangesloten worden door zowel het beoogde hoofdtransportnet in de vorm van de warmterotonde en de lokale distributienetten te realiseren.
In dit projectalternatief zou via dit Smart Thermal Grid zo’n 380.000 woningen (m.n. gestapelde huurwoningen) en 2.400 ha aan glastuinbouw van warmte worden voorzien. Door de inzet van industriële restwarmte van hoge temperatuur (70%) en diepe geothermie (3-4 km diepte, resterende 30%) kan zo in 17,4 PJ aan duurzame warmte worden voorzien. Het gaat daarbij om een fors bereik: zo’n 30% van alle woningen in de provincie Zuid-Holland krijgt een warmteaansluiting (nu ca. 4%) en 50% van het glastuinbouwareaal wordt met deze warmte beleverd.

Bestaande afnemers

Naast het leveren van deze warmte aan nieuwe afnemers, kunnen met de warmterotonde ook in bestaande distributienetten relatief kosteneffectieve maatregelen worden genomen om de beschikbare warmte optimaal in te zetten (ca. 2,6 PJ). Dat kan een bijdrage leveren in dit alternatief aan de 20 PJ door de stadswarmtecentrales te vervangen door met name AVI-warmte. Daarmee wordt optimaal gebruik gemaakt van investeringen in de bestaande distributienetten.

Door het vervangen van 6,9 PJ warmte die nu uit stadcentrales met WKK's geleverd wordt, kan met warmte uit afvalverbranding, met industriële restwarmte en diepe geothermie, in totaal 2,6 PJ extra bespaard worden bij huidige warmteafnemers in 2020. Met die bijdrage kan dus met de bestaande warmtenetten ca. 13% van de 20 PJ/jaar doelstelling worden ingevuld.

Leveringszekerheid PA2

De warmte voor nieuwe warmteafnemers in PA2 wordt voor een zeer belangrijk deel betrokken uit industriële (rest)warmtebronnen. Voor de industrie is warmtelevering geen core business. In de praktijk reduceert warmtelevering de interne flexibiliteit van een bedrijf en kan het aangaan van langjarige leveringsgaranties nadelige effecten hebben op nieuwe investeringsplannen. Toch zijn er voldoende voorbeelden waarbij dit succesvol heeft plaatsgevonden.

In PA2 worden meerdere grote industriële restwarmtebronnen gekoppeld aan de hoofdwarmtestructuur. Afhankelijk van het beschikbare vermogen aan restwarmte zal het om minimaal 10-15 industriële bedrijven gaan (Botlek, Europoort en Maasvlakte). Om voldoende leveringszekerheid naar de eindgebruikers te kunnen garanderen, wordt hierbij in termen van warmtevermogen een duidelijke overcapaciteit gerealiseerd. We veronderstellen dat er feitelijk driemaal zo veel aan warmtecapaciteit wordt geïnstalleerd als in het maximale geval nodig is. Dat lijkt wellicht een grote overcapaciteit. Echter, de warmte is een restproduct met een beperkte leveringszekerheid en (daardoor) ook een relatief lage prijs. Wanneer bij een bepaalde industriële aansluiting de installaties in (gepland) onderhoud gaan of plotseling uitvallen om redenen van het primaire proces, moeten andere industriële bronnen kunnen bijspringen door een groter deel van het vermogen te leveren.
Bij industriële restwarmte is overigens de veronderstelling dat er geen extra fossiele energiegebruik of CO_2-emissies ontstaan door de restwarmte uit de processen te koppelen; de warmte werd voorheen weggekoeld naar de omgeving. Ook moeten er extra warmteleidingen naar meer bedrijven worden aangelegd. Globaal betekent dit dat een warmteleverancier voor industriële restwarmte een drie keer zo hoge uitkoppelingsprijs betaalt dan wanneer de restbronhouder als een zekere levering was beschouwd.
In Tabel 9 en Tabel 10 worden de aannames aan de vraagkant samengevat.

Tabel 9 Overzicht aannames PA2

PA2 Smart Thermal Grid - Nieuwe aansluitingen									
	Onderverdeling			Afvalverbranding	Industriële restwarmte	HT geothermie/ bio-warmte	Penetratiegraad	Gemiddelde besparing fossiele warmte %	Resultaat (PJ)
Woningen	Nieuw	Huur	Grond				0%		
			Stapel				0%		
		Koop	Grond				0%		
			Stapel				0%		
	Bestaand	Huur	Grond	0%	70%	30%	15%	65%	1,2
			Stapel	0%	70%	30%	65%	65%	5,2
		Koop	Grond	0%	70%	30%	5%	65%	1,0
			Stapel				0%		
Glastuinbouw	Nieuw	Onbelicht met WKK					0%		
		Bedrijven zonder WKK					0%		
		Belicht met WKK					0%		
	Bestaand	Onbelicht met WKK		0%	70%	30%	70%	65%	3,9
		Bedrijven zonder WKK		0%	70%	30%	70%	65%	5,3
		Belicht met WKK		0%	70%	30%	5%	65%	0,7
Kantoren	Nieuw	Met koelvraag					0%		
	Bestaand	Beperkte koelvraag					0%		
		Grote koelvraag					0%		
Totaal via nieuwe duurzame warmteoplossingen									**17,4PJ**
Totaal via vergroening bestaande netten									**2,6 PJ**
Totaal PA2									**20 PJ**

Tabel 10 Deelnemend marktvolume in PA2

Markt	Totaal Volume in Zuid-Holland	Penetratie in PA2	Volume dat deelneemt in PA2
Woningbouw in # woningen			
Bestaande huur grondgebonden	238.000	15%	35.700
Bestaande huur gestapeld	487.000	65%	316.550
Bestaande koop grondgebonden	608.000	5%	30.400
Glastuinbouw in hectare			
Onbelicht met WKK	1.400	70%	980
Onbelicht zonder WKK	1.900	70%	1.330
Belicht met WKK	1.900	5%	95

De aangenomen lage penetratiegraad in de belichte glastuinbouwbedrijven met WKK hangt samen met het feit dat deze bedrijven grotendeels in hun eigen warmte kunnen voorzien en nu al gekenmerkt worden door warmte-overschotten. Deze tuinders hebben veelal geïnvesteerd in WKK en warmte-buffers, teneinde flexibel te zijn in hun productiemiddelen ten behoeve van belichting, verwarming en CO_2-dosering en mede teneinde optimaal te kunnen profiteren van de elektriciteitsafzet op de APX[16].

3.3.3 Smart Installation & grid

Het projectalternatief Smart Installation & grid (PA3) bestaat uit een scala aan PMC's (42 stuks) die zich kenmerken door individuele oplossingen op object-niveau (isolatie en installatietechniek in woningen en kassen) en op buurt/ wijkniveau (klein-collectief). Er is gekozen om vooral in te zetten op de markten met 'groengekleurde' PMC's (relatief veel volume en een over-zichtelijke stakeholderstructuur): huursector binnen de woningbouw en de glastuinbouw. De toegepaste producten lopen uiteen van de inzet van groen gas, kleinschalige warmtenetten op midden-temperatuur (aanvoer 70˚C) tot warmtepompen (individueel en via warmte/koudeopslagsystemen). Binnen elke markt zijn de aandelen van elk van de producten gelijk gekozen. Het alternatief en de hiervoor gedane aannames zijn kwantitatief samengevat in Tabel 11 en Tabel 12.

16 Het aanbod van warmteleveranciers zal derhalve zeer gunstig moeten zijn (lage warmteprijs, lage of geen aansluitbijdrage, contractduur korter dan drie jaar) en bovendien inclusief CO_2-levering wil het deze groep tuinders doen overwegen aan te sluiten op een warmtenet. Dit maakt deze groep tuinders en hun business-case dan ook niet echt aantrekkelijk voor warmteleveranciers.

Tabel 11 Overzicht aannames PA3

PA3 Smart Installation & Grid													
Onderverdeling				Aardgas CV wordt Groen Gas CV (max. 8% penetratie)	Warmtepomp met buitenlucht of bodemenergie	Hybride/ gaswarmtepomp	MT-warmtenet		LT-warmtenet	Klein-collectief	Penetratiegraad	Gemiddelde besparing fossiele warmte %	Resultaat (PJ)
							MT Geothermie	MT biowarmte	LT Geothermie	WKO			
Woningen	Nieuw	Huur	Grond								0%		
			Stapel								0%		
		Koop	Grond								0%		
			Stapel								0%		
	Bestaand	Huur	Grond	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	65%	35%	2,8
			Stapel	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	70%	58%	5,0
		Koop	Grond	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	30%	35%	3,3
			Stapel								0%		
Glastuin-bouw	Nieuw	Onbelicht met WKK									0%		
		Bedrijven zonder WKK									0%		
		Belicht met WKK									0%		
	Bestaand	Onbelicht met WKK		14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	70%	58%	3,5
		Bedrijven zonder WKK		14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	70%	58%	4,7
		Belicht met WKK		14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	10%	35%	0,7
Kantoren	Nieuw	Met koelvraag									0%		
	Bestaand	Beperkte koelvraag									0%		
		Grote koelvraag									0%		
Totaal													**20 PJ**

Te zien is dat de woningbouw en de glastuinbouw in Zuid-Holland beide ongeveer voor de helft aan het doel van 20 PJ duurzame warmte in 2020 bijdragen in dit projectalternatief. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor de toepassing van elektrische warmtepompen, lage-temperatuur-geothermie en WKO soms ook forse ingrepen in de objecten nodig is; de nu aanwezige warmteafgiftesystemen zijn immers meestal niet geschikt voor lage aanvoer-temperaturen. Ook is de kierdichtheid en isolatiewaarde van de schil vaak nog onvoldoende. Een deel van de bijdrage aan het 20 PJ doel zit dus ook in het effect van kierdichting en na-isolatie, maar in veel mindere mate dan in PA1. Voor elk van de 42 PMC's wordt gewerkt met eigen specifieke cijfers qua besparingen en investeringen.

Tabel 12 Deelnemend marktvolume in PA3 Smart Installation & Grid

Markt	Totaal Volume in Zuid-Holland	Penetratie in PA3	Volume dat deelneemt in PA3
Woningbouw in # woningen			
Bestaande huur grondgebonden	238.000	65%	154.700
Bestaande huur gestapeld	487.000	70%	340.900
Bestaande koop grondgebonden	608.000	30%	182.400
Glastuinbouw in hectare			
Onbelicht met WKK	1.400	70%	980
Onbelicht zonder WKK	1.900	70%	1.330
Belicht met WKK	1.900	10%	190

3.4 Referentie

Het referentiealternatief in de MKBA kan worden omschreven als de meest waarschijnlijk te achten ontwikkeling als de warmteoplossingen niet worden uitgevoerd. De referentie is de warmtevraag zonder warmteoplossingen en alternatieve wijze waarop deze wordt ingevuld voor de verschillende onderscheiden eindgebruikers. De referentie bestaat in de meeste gevallen uit een gasketel (woningbouw) voor ruimte- en tapwaterverwarming of een gasmotor (WKK) voor de levering van warmte, elektriciteit en CO_2 voor groei van gewassen. In beide gevallen is deze gebaseerd op gaslevering aan de eindgebruiker. In de referentie hebben we geen voorzieningen voor koude-levering aangenomen.

De referentie is echter niet in steen gebeiteld: technieken worden efficiënter, en finale besparingen bij de eindgebruikers gerealiseerd. Ook in de toekomst mag men ervan uitgaan dat dat kosteneffectieve maatregelen worden genomen en dat de bestaande woningvoorraad en glastuinbouw gestaag zal worden verduurzaamd. Een voorbeeld hiervan in de glastuinbouw is de penetratie van WKO bij 50 bedrijven en de sterke focus op Het Nieuwe Telen.

Hieronder gaan we in op vier belangrijke onderdelen van de referentie:
- autonome besparing functionele vraag;
- referentierendementen warmte;
- warmtenetten;
- gasnetten.

Autonome besparing

Een belangrijk uitgangspunt bij het vaststellen van de referentie is dat alle warmtemaatregelen voor 2020 geïmplementeerd dienen te zijn. De warmtevraag voor de verschillende doelgroepen in de periode 2014-2020 is leidend voor het realiseren van de beoogde besparing. Dit betreft de comfortvraag (functionele energievraag). Nadrukkelijk is dit niet de energievraag aan de (gas)meter.

Voor deze periode is een autonome besparing van 1,5% van de warmtevraag verondersteld tot en met het jaar waarin de investering van een project-alternatief zal plaatsvinden. Vanaf 2020 gaan we er in de referentie vanuit dat er geen significante maatregelen meer worden doorgevoerd, aangezien er reeds grote investeringen in warmteoplossingen zijn getroffen (met dito kapitaalbeslag). De warmtevraag vanaf 2020 is daarmee constant verondersteld. De autonome besparing van 1,5% is voor zowel glastuinbouwareaal als voor de bestaande woningvoorraad verondersteld en in lijn met de trend van de afgelopen decennia en het gevoerde energiebeleid.

Ter illustratie en onderbouwing daarvan wordt in Figuur 9 de behaalde energiebesparing van de laatste jaren per sector weergegeven. Duidelijk zichtbaar is dat op basis van deze gerealiseerde waarden de 1,5% autonome besparing als realistisch kan worden ingeschat voor huishoudens en glastuinbouw. Voor huishoudens (rode lijn) is 1,5% per jaar finale besparing in de afgelopen jaren gerealiseerd (inclusief nieuwbouw). Voor land- en tuinbouw (groene lijn) ligt het autonome besparingspercentage zelfs boven dat van huishoudens.

Figuur 9 **Energiebesparing per jaar per sector**

Bron: ECN, 2012.

Referentierendement

De impact van warmtemaatregelen op de vermindering van de gasvraag is afhankelijk van het behaalde referentierendement van warmteopwekking. Hoe hoger het referentierendement is, des te lager de gerealiseerde besparing van de projectalternatieven. In deze studie gaan we uit van een gemiddeld verwarmingsrendement van 85% voor woningen[17] dat behaald wordt met een HR-combiketel en een zeer laag hulpenergiegebruik. De geproduceerde warmte is van een relatief hoge temperatuur (>80˚C).

In de (energie-intensieve) glastuinbouw wordt veelal WKK toegepast, hetgeen de bepaling van de besparing door inzet van warmte verandert. WKK betreft vrijwel uitsluitend de toepassing van gasmotoren op locatie. Bij de techniek van de gasmotor wordt energie uit de brandstof (aardgas) voor een deel omgezet in de benodigde warmte voor verwarming van de kas en voor een deel in elektriciteit. De elektriciteit wordt door het bedrijf zelf aangewend (vooral voor belichting) of verkocht aan derden. In veel gevallen worden gereinigde rookgassen (CO_2) gebruikt voor de stimulering van de groei van gewassen.
De beschikbare warmte bestaat uit hoogwaardige warmte (aanvoer 80-90˚C) en laagwaardige warmte (aanvoer 35-50˚C).

Om tegemoet te komen aan de energetische voordelen van WKK's in de glastuinbouw voor het gehele energiesysteem (dus zowel binnen de poort als er buiten) bij een realistische energiebenutting, gaan wij uit van een gemiddeld gecombineerd referentierendement voor zowel nuttige inzet van warmte en elektriciteit. Dat ligt bij een optimale benutting van de WKK per saldo iets hoger dan een moderne CV-ketel.
Het elektrisch rendement van gasmotoren bedraagt netto circa 30 tot 45% en het thermisch rendement 45 tot 55%[18]. Zo komt het totaalrendement neer op 85 tot 95%). Wij hebben dit vertaald in een gemiddeld referentierendement van 90%. Deze waarden zijn gebaseerd op de onderste verbrandingswaarde van aardgas. De elektriciteit wordt dus deels aan het net geleverd en deels ingezet voor belichting.

Een en ander betekent dat warmtemaatregelen voor de doelgroep tuinders dienen te worden afgezet tegen een gecombineerd hoger referentierendement, waardoor het effect van warmtebesparingen in de diverse projectalternatieven in zijn algemeenheid kleiner is dan bij woningbouw.

Warmtenetten

Warmteprojecten kunnen substantieel verschillen qua investeringsomvang en economische rentabiliteit. Het economische rendement van grootschalige investeringen in warmte is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van een bestaand distributiesysteem. Uitgangspunt voor het meenemen van reeds aangelegde warmte-infrastructuur in de referentie is dat 'de handtekening begin oktober 2013 reeds gezet is' en duidelijk is dat deze sowieso worden gerealiseerd. Dit geldt voor het hoofdleidingennet, het secundaire net en de warmteaansluitingen.

De aanname is dat nieuwe warmtealternatieven geen onderdeel vormen van het nulalternatief[19].

---

17 Op onderwaarde, gewogen voor ruimteverwarming en warm tapwater.

18 Met name grote en moderne WKK's zitten in de praktijk wel aan de hoge kant van deze range van het elektrisch rendement.

19 Met uitzondering van de 2,6 PJ aan besparing in PA2 die uitgaat van bestaande warmtenetten.

De huidige projectalternatieven (exclusief projectalternatief 1 dat gericht is op individuele woningen en kassen) gaan ervan uit dat, om de warmtebronnen te ontsluiten, er nieuwe netten in een stedelijke omgeving moeten worden aangelegd. Voor alle doelgroepen is een bedrag per woning en m^2 areaal glastuinbouw voor de aanleg en de aansluiting op het warmtenet geraamd. Doorgaans betekent dit dat een grotere investering noodzakelijk is dan uitsluitend in de bron zelf[20].

Voor de transportleidingen geldt dat een deel van de benodigde grootschalige warmte-infrastructuur al wel aanwezig is en/of reeds besloten. De volgende transportleidingen zitten wel in het nulalternatief:
- leidingen over Noord;
- leiding over Zuid.

CO_2-benutting uit rookgassen glastuinbouw

Belangrijk aspect bij de CO_2-benutting uit de rookgassen in de referentie (nulalternatief) en projectalternatief 1 (PA1) is dat daar in deze MKBA een andere benaderingswijze van toepassing is dan bij de CO_2-levering in de twee andere projectalternatieven (PA2 en PA3). In PA2 en PA3 worden de investeringskosten in infrastructuur voor CO_2-levering geacht te zijn opgenomen in de integrale CO_2-prijs van 65 EUR/ton. Bij de referentie en PA1 echter komt de CO_2 uit de (bestaande) WKK en/of piekketel en moeten de rookgassen eerst gereinigd worden om toepasbaar te zijn voor CO_2-bemesting. CO_2 uit WKK biedt voordelen ten opzichte van CO_2 uit gasgestookte ketels voor zowel belichte als niet-belichte gewassen in zowel de bloemen- als groenteteelt. De WKK kan in principe meer draaiuren maken en dit resulteert in een grotere energiebesparing en hogere rentabiliteit. De WKK produceert minder warmte per kg geproduceerde CO_2, waardoor er minder snel een warmteoverschot optreedt.

Om rookgassen in de referentie geschikt te maken voor CO_2-dosering zijn investeringen nodig in rookgasreiniging (katalysator zoals veel toegepaste 'CodiNOx'). Deze investeringen zijn opgenomen in de investeringskentallen van deze MKBA. Rookgasreiniging gaat tevens gepaard met exploitatiekosten door het gebruik van ammoniak als reducerend reagens. De kosten voor ammoniakgebruik zijn ondergeschikt aan de overige exploitatiekosten voor de tuinder. Binnen de scope van deze MKBA-studie zijn deze exploitatiekosten derhalve integraal opgenomen binnen de 2% exploitatiekosten als percentage van de investeringen.

Gasnetten

In Nederland bedragen de jaarlijkse investeringen in uitbreiding, vervanging en onderhoud van de gasnetten ruim twee miljard euro (zie Tabel 13).
De gezamenlijke netbeheerders in Nederland staan garant voor ruim 2,5 miljard euro aan investeringen in de gasnetten (Netbeheer Nederland, 2013). Voor Zuid-Holland kan aangenomen worden dat hiervan 19% in het gasnetwerk in de provincie Zuid-Holland plaatsvindt[21]. Wij gaan ervan uit dat deze jaarlijkse investeringen doorgetrokken kunnen worden naar de periode 2020-2064.

---

[20] Dit kan gezien worden als een relatief conservatieve aanname aangezien in de praktijk netten in een incrementeel patroon evolueren (kralenpatroon) en zo kosten besparen ten opzichte van een 'maagdelijke operatie'.

[21] Dit percentage is gebaseerd op het bebouwd oppervlak in Zuid-Holland ten opzichte van het totale bebouwde oppervlak in Nederland (CBS Statline).

Tabel 13 **Investeringen in het Nederlandse gasnet (mln. Euro's)**

	2012	2011	2010
Uitbreiding	1.120,5	1.341,94	1.737,51
Vervanging	935,57	755,21	649,37
Onderhoud	540,61	490,95	490,92
Totaal	2.596,68	2.588,1	2.877,8

Bron: Netbeheer Nederland 2013.

3.5 Ingroei kosten en baten

In deze MKBA is een aantal aannames gemaakt over de aanloop van de investeringen en het realiseren van de baten en operationele kosten.
De benodigde investeringen in de verschillende projectalternatieven zijn namelijk zodanig grootschalig dat het onwaarschijnlijk is dat deze in 1 jaar kunnen worden afgerond. Denk bijvoorbeeld aan het aanleggen van een warmterotonde in PA2 (Smart Thermal Grid). De baten van dit project-alternatief zullen pas worden gerealiseerd op het moment dat woningen en glastuinders daadwerkelijk zijn aangesloten op dit net. Ook het aansluiten heeft een bepaalde aanlooptijd gezien het grote aantal woningen en glas-tuinders dat moet worden aangesloten in de projectalternatieven. Hoewel het precieze aansluittempo van woningen zal variëren tussen de verschillende projectalternatieven (met name flinke verschillen tussen collectieve en individuele oplossingen, zie hiervoor Tabel 14) kan dit proces vereenvoudigd worden weergegeven met Figuur 10.

Figuur 10 **Ingroeipad kosten en baten**

Zoals Figuur 10 laat zien wordt de warmteoplossing in een projectalternatief vanaf het introductiejaar (T_0) in toenemende mate toegepast bij woningen en glastuinders. Merk hierbij op dat het bij collectieve oplossingen, waarbij warmtenetten nodig zijn, om aansluitingen op het warmtenet gaat, terwijl het bij de toepassing van individuele oplossingen gaat om het aantal woningen en

glastuinders waarbij de investering in bijv. een warmtepomp gemaakt wordt. Zodra een woning of glastuinder is aangesloten op het warmtenet of een investering heeft gemaakt in een individuele warmteoplossing zullen baten (bijv. CO_2-winst) gerealiseerd worden. Tot en met T_1 geldt dat de baten slechts gedeeltelijk gerealiseerd worden, terwijl vanaf T_1 de volledige baten in het projectalternatief van kracht zijn (vanaf dit moment is de penetratie van de warmtegroep immers 100%). Hetzelfde geldt voor de operationele kosten en herinvesteringen.

Deze aanlooptijd als volgt opgenomen in deze MKBA:

- De volledige eenmalige investering vindt plaats in het introductiejaar (T_0). Tabel 14 laat zien dat dit voor de (semi-) collectieve projectalternatieven (PA2 en PA3) gelijk is gesteld aan het basisjaar 2014. Door deze aanname veronderstellen we dat baten pas later plaatsvinden dan de investeringskosten en dat er altijd een periode tussen investering en aansluiting zit. Voor PA1 geldt dat er *geen* vertraging optreedt, een woning- of kas-eigenaar realiseert de baten meteen vanaf het moment dat de isolatie plaatsvindt. Echter, omdat het even zal duren voordat alle woningen en kassen in PA1 geïsoleerd zijn, is het startjaar (T_0) gelijk gesteld aan 2017.
- De herinvesteringsintervallen (en zodoende ook de herinvesteringen zelf) en operationele kosten (O&M en additionele CO_2-inkoop door tuinders) vinden plaats vanaf het jaar waarbij de warmteoplossing is toegepast bij de helft van de doelgroep ($T_{1/2}$). Dit jaartal varieert tussen de project-alternatieven doordat de onderliggende warmteoplossingen verschillen in aanlooptijd (zie Tabel 14).
- Voor alle effecten (bespaarde brandstofkosten, CO_2-baten, etc.) is dezelfde benadering gevolgd als voor herinvesteringen en operationele kosten.

Tabel 14 laat de verschillen tussen de projectalternatieven zien.

Tabel 14 Ingroeipad voor de projectalternatieven

Projectalternatief	T_0 (Eenmalige investering)	Duur geleidelijke opschaling	T_1
PA1 Smart Skin	**2017**	0 jaar	2017
PA2 Smart Thermal Grid	**2014**	6 jaar	2020
PA3 Smart Installations & Grid	**2014**	2 jaar	2016

4 Kosten en baten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de welvaartseffecten van de alternatieven beschreven. De directe welvaartseffecten bestaan uit eenmalige investeringskosten en jaarlijkse exploitatiekosten, eventuele elektriciteitsopbrengsten, SDE-opbrengsten en/of garanties van oorsprong (Paragraaf 4.3). De indirecte effecten zijn toename van werkgelegenheid in de provincie Zuid-Holland (Paragraaf 4.5). Externe effecten zijn ingedeeld naar CO_2-baten, lucht-kwaliteitsbaten, vermeden netinvesteringen in gasnetten en overige externe effecten (Paragraaf 4.6).

De effecten van de projectalternatieven zijn hier beschreven ten opzichte van de referentie (verschillenbenadering).

Dit hoofdstuk gaat vooral in op de effecten vanuit perspectief van Zuid-Holland. In Hoofdstuk 5 breiden we de analyse verder uit naar de BV Nederland door ook de derving van de Energiebelasting, de financiering van SDE+ voor enkele warmtebronnen (geothermie en biogas) en de verdringings-effecten op de arbeidsmarkt mee te nemen.

4.2 Algemene uitgangspunten

De algemene uitgangspunten van de MKBA zijn:
- De looptijd van de MKBA is 50 jaar.
- Het startjaar van de kosten en baten is begin 2014.
- De kosten en baten hebben als prijspeil 1 januari 2014.
- De discontovoet van de kosten en baten bedraagt 5,5%, met uitzondering van de milieu- en gezondheidsbaten waarvoor een discontovoet van 4,0% is gehanteerd.
- De kosten en baten worden zowel op het geaggregeerd niveau gepresenteerd als op basis van kentallenset per object.
- De kosten en baten worden gepresenteerd aan de hand van de effecten die bij de verschillende stakeholders optreden. Er is geen rekening gehouden met financieringskosten.

In dit hoofdstuk presenteren we de omvang van de posten in NCW en alleen vanuit de provincie Zuid-Holland.

4.3 Directe kosten

4.3.1 Investeringskosten

Investeringskosten bestaan grofweg uit de volgende vier componenten:
- kosten in de woningen en bedrijven voor de afleversets, installaties en warmtebesparingen;
- kosten voor de warmtedistributienet en de warmteaansluiting (infrastructuur);
- kosten voor het transportleidingennet;
- kosten voor de warmtebron.

De investeringskentallen per doelgroep in de verschillende project-alternatieven zijn weergegeven in Tabel 15. In de investeringen per woning en per m^2 glastuinbouw zijn kosten voor het object (aansluiting en afleverset), warmtenet en warmtebron opgeteld.

Tabel 15 Eenmalige investeringskosten per woning (woningbouw) en per m^2 (glastuinbouw)

Markt	Eenmalige investeringskosten														
	Referentie			PA1 Smart Skin			PA2 Smart Thermal Grid			PA3 Smart Installations & Grid Individueel			PA3 Smart Installations & Grid Collectief		
	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H
Woningbouw in €/woning															
Bestaand huur grond	1.500	1.200	2.000	30.234	27.211	33.257	11.114	8.892	13.337	5.758	4.606	6.909	11.855	9.484	14.226
Bestaand huur gest	1.500	1.200	2.000	17.099	15.389	18.809	4.820	3.856	5.784	6.508	5.206	7.809	8.325	6.660	9.990
Bestaand koop grond	1.500	1.200	2.000	30.234	27.211	33.257	11.114	8.892	13.337	5.758	4.606	6.909	11.855	9.484	14.226
Glastuinbouw in €/m^2															
Onbelicht met WKK	114[22]	100	130	30	20	40	100	80	120	26	20	31	83	67	100
Onbelicht zonder WKK	7	5	9	30	20	40	100	80	120	26	20	31	83	67	100
Belicht met WKK	114[23]	100	130	30	20	40	100	80	120	26	20	31	83	67	100
Overige investeringen in mln €/projectalternatief															
Warmte-rotonde	-	-	-	-	-	-	521	417	625	-	-	-	-	-	-

De totale eenmalige investeringskosten zijn berekend door het verschil tussen de eenmalige investering in het projectalternatief en de referentie voor elk marktsegment (uit Tabel 15) te vermenigvuldigen met het volume (# woningen en # m^2) dat deelneemt aan het projectalternatief (zie Hoofdstuk 3).
Voor een gemiddelde meergezinswoning gaat het om 30.000 euro per woning in PA1, waarbij het bedrag per m^2 oppervlakte aan isolatie tussen de 40 en 100 euro/m^2. Net als bij de andere projectalternatieven zijn hier geen leereffecten verondersteld. Voor PA2 en PA3 liggen de investeringsbedragen per woning een stuk lager (12.000 euro per woning).
De referentie bestaat uit een moderne gasketel (woningbouw) en WKK (glas-tuinbouw) die om de vijftien jaar wordt vervangen (en gedurende die periode wordt beheerd).

---

22 Bij de glastuinbouwbedrijven mét WKK betreft het hier de herinvesteringen in een nieuwe WKK op het moment dat de bestaande WKK aan het einde van zijn levensduur is (zie ook Tabel 20). Dit is qua systematiek congruent met die voor de woningbouw, waarin de genoemde investeringen in de referentie ook betrekking hebben op vervangingsinvesteringen in nieuwe HR-ketels. Het getal lijkt (en is) hoog, omdat individuele WKK een relatief kapitaalintensieve investering is die vooral wordt (werd) terugverdiend vanuit de hoge opbrengsten op de markt voor de geproduceerde elektriciteit.

23 Zie Voetnoot 17.

In PA2 moet daarnaast nog de eenmalige investering voor de aanleg van de 'warmte rotonde' worden opgeteld bij de investeringskosten. Deze warmte-rotonde, die feitelijk een netwerk creëert tussen de Rotterdamse haven, het Westland en de warmtenetten van Rotterdam, Den Haag, Dordrecht, Delft, de B-driehoek en Leiden zal naar schatting ongeveer 521 euro miljoen kosten.

Tabel 16 Kosten van warmterotonde

Traject	Benodigd vermogen	Aanleg-prijs VESTA 'hoog') (€/m)	Opslag prijs, o.a. voor kunstwerken, engineering, lussen/ omwegen (%)	Totaal (€/ m)	Geschatte lengte (km)	Kosten (mln €)
Bleiswijk-Leiden	20	1.600	30%	2.100	20	42
Schiedam-Den Haag	90	3.200	30%	4.200	23	97
Rotterdam-Zuid-Dordrecht	20	1.600	30%	2.100	15	32
Maasvlakte-Europoort	550	7.500	30%	9.800	10	98
Europoort-Den Haag	350	6.100	30%	7.900	22	174
Europoort-Botlek	200	4.700	30%	6.100	13	79
Totaal					103	521

De aanleg van de transportleidingen voor de warmterotonde betreft een sleuflengte van grofweg 100 km, waarbij de pijpdiameter is afgestemd op de benodigde capaciteit van het tracé. Lang niet alle leidingen hebben uiteraard dezelfde diameter; als we uitgaan van gemiddeld 100 MW komen we op een aanlegprijs van 3.300 euro per meter (leidingpaar transport, excl. de kosten voor het distributienet). De meterprijzen zijn gebaseerd op Figuur 11, die het verband geeft tussen de kosten per meter en het geleverde vermogen (MW). De lijn 'hoog' is aangenomen gezien de dichte bebouwing van Zuid-Holland en een groot aantal te kruisen infrastructuren in elk tracé.

Figuur 11 Kostencurve warmteleidingen voor transport (nieuw)

De eenmalige investeringskosten vinden plaats in 2014 (zie Paragraaf 3.5). De NCW van het bedrag is samengevat in Tabel 17. Merk hierbij op dat het gaat om de investeringskosten t.o.v. de referentie, waarin is aangenomen dat voor elk object de investeringen precies getimed worden op het natuurlijke vervangingsmoment[24].

Tabel 17 **Eenmalige investeringskosten per projectalternatief ten opzichte van referentie (contante waarde, € mln)**

Alternatief	Additionele eenmalige investering (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	15.447	13.900	16.838
PA2 Smart Thermal Grid	3.298	2.552	3.947
PA3 Smart Installations	4.709	3.672	5.587

Uit Tabel 17 blijkt dat met name de vergaande energiebesparing in PA1 (Smart Skin) hoge investeringskosten van ca. 15,5 miljard euro met zich meebrengt, vanwege de grote volumes en de aanzienlijke bedragen per object. De investeringskosten van PA2 en PA3, waarin een deel met collectieve maatregelen wordt ingevuld, liggen respectievelijk een factor 5 tot 3 lager.

4.3.2 Meerkosten vergroening bestaande warmtenetten

In PA2 (Smart Thermal Grid), wordt een deel van de 20 PJ/jaar aan vermeden fossiele energie bereikt via de vergroening van bestaande warmtenetten. Deze bestaande netten worden nu gedeeltelijk voorzien van fossiele warmte uit stadscentrales met WKK's. Omdat de netten al bestaan (en ook in de referentie al bestaan), hoeven alleen de meerkosten voor het leveren van warmte uit duurzame warmte t.o.v. de fossiele warmte die nu geleverd wordt meegenomen te worden.

Door het verschil in prijs tussen de referentie (5,5 €/GJ) en de prijs van duurzame warmte te vermenigvuldigen met de warmtevraag (6,9 PJ) geleverd op de meter) worden de meerkosten van de vergroening van bestaande warmtenetten verkregen. De prijzen, meerkosten en het aantal PJ geleverd per bron worden samengevat in Tabel 18.

Tabel 18 **Kentallen voor berekening meerkosten vergroening bestaande warmtenetten**

	€/GJ	Meerkosten in €/GJ	PJ/jaar
Via afvalverbranding (AVR)	8	2,5	2,8
Via industriële restwarmte	6	0,5	3,8
Via diepe geothermie (4 km)	14,4	8,9	1,6
Fossiele warmte uit WKK (referentie!)	5,5	-	-

De jaarlijkse meerkosten en de netto contante waarde van het vergroenen van bestaande warmtenetten is samengevat in Tabel 19.

[24] Een positieve waarde betekent dat het projectalternatief hogere investeringskosten met zich meebrengt dan in de referentie het geval zou zijn geweest.

Tabel 19 Meerkosten vergroening van bestaande warmtenetten voor PA2

Alternatief	Meerkosten vergroening bestaande warmtenetten in mln €/jaar			*Totale* meerkosten vergroening bestaande warmtenetten (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
PA2 Smart Thermal Grid	23	19	28	353	282	423

De meerkosten om 2,6 PJ fossiele warmte te besparen via de vergroening van bestaande warmtenetten komt neer op 23 miljoen euro per jaar.

4.3.3 Herinvesteringen

De MKBA kent een lange zichtperiode van 50 jaar. Een groot deel van de investeringen in de warmteoplossingen zijn echter ruim voor het aflopen van deze periode afgeschreven en dienen te worden vervangen. Algemeen kunnen we stellen dat apparatuur (incl. pompen in warmtenetten) een levensduur heeft van minimaal 15 tot maximaal 30 jaar en energienetten zeker 50 jaar meegaan voordat er een gehele vernieuwing nodig is. Isolatiemaatregelen gaan zelfs langer mee dan 50 jaar, behalve dubbel/drievoudig glas waar met een levensduur van 30 jaar en voor glastuinbouw met een levensduur van 25 jaar wordt gerekend[25].

De herinvesteringskosten zijn met exact dezelfde methode berekend als die van de eenmalige investeringskosten. Waar eenmalige investeringskosten plaatsvinden in 2014, geldt voor de herinvesteringen dat deze in meerdere jaren terug (kunnen) komen. Per projectalternatief en ook in de referentie zijn er verschillende herinvesteringen die op verschillende intervallen terugkomen (zie ook Tabel 5)[26].

De vervangingsinvesteringen per object zijn samengevat in Tabel 20.

Tabel 20 Herinvesteringskosten per woning (woningbouw) en per m^2 (glastuinbouw)

Markt	Herinvesteringen (Middenwaarde)												
	REF	PA1 Smart Skin				PA2 Smart Thermal Grid			PA3 Smart Installations & Grid				
									Individueel		Collectief		
Interval (jaar)	15	7	15	25	30	15	30	50	15	30	15	30	50
Woningbouw in €/woning													
Bestaande huur grond	1.500	0	3.023	0	9.070	2.484	0	8.631	2.801	2.352	2.611	1.704	5.328
Bestaande huur gest	1.500	0	1.710	0	5.130	1.704	0	3.116	3.101	2.802	2.309	1.704	1.555
Bestaande koop grond	1.500	0	3.023	0	9.070	2.484	0	8.631	2.801	2.352	2.611	1.704	4.783
Glastuinbouw in €/m^2													
Onbelicht met WKK	114	10	0	20	0	60	7	34	21	4	52	5	27
Onbelicht zonder WKK	7	10	0	20	0	60	7	34	21	4	52	5	27
Belicht met WKK	114	10	0	20	0	60	7	34	21	4	52	5	27

25 Een geothermie-doublet gaat bijvoorbeeld ca. 30 jaar mee voordat deze dient te worden vervangen. Elektrische warmtepompen gaan als geheel ca. 30 jaar mee, al moet de compressor (ca. 40% van de investering) na vijftien jaar worden uitgewisseld.

26 Het interval voor de herinvestering gaat in vanaf het moment dat de helft van de woningen en glastuinders de warmteoplossing heeft toegepast.

Deze kentallen zijn vermenigvuldigd met het volume woningen en m^2 kassen dat meedoet aan de desbetreffende projectalternatieven. De contante waarde van alle additionele (t.o.v. de referentie) herinvesteringen in de projectalternatieven is samengevat in Tabel 21. De herinvesteringen zijn relatief hoog in PA1[27] en PA3 doordat hier veel individuele warmtetechnieken inzitten met relatief korte levensduren van veelal vijftien jaar (en dus regelmatig terugkerende herinvesteringen).

Tabel 21 Additionele herinvesteringen per projectalternatief (contante waarde, € mln)

Alternatief	Additionele herinvesteringen in mln euro (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	1.283	1.141	1.311
PA2 Smart Thermal Grid	185	93	215
PA3 Smart Installations & Grid	522	351	581

4.3.4 Operationele kosten (O&M)

De operationele kosten bestaan uit de variabele kosten voor het bedrijven en beheer (inclusief onderhoud) van alle warmtealternatieven. De effecten zijn gekwantificeerd ten opzichte van de referentie waarin variabele onderhouds- en beheerskosten worden gemaakt voor de conventionele warmtevoorziening (gasketel en gasmotor). Voor de projectalternatieven worden de volgende variabele kosten onderscheiden:

- de warmte-installaties, energiehulpinstallaties, warmtepompen, etc.;
- de warmtenetten.

In Tabel 22 zijn de operationele kosten samengevat voor de referentie en voor de projectalternatieven per type woning en glastuinder.

Tabel 22 Operationele kosten per woning (woningbouw) en per m^2 (glastuinbouw)

Markt	Operationele kosten (O&M)														
	Referentie			PA1 Smart Skin			PA2 Smart Thermal Grid			PA3 Smart Installations & Grid					
										Individueel			Collectief		
	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H
Woningbouw in €/woning/jaar															
Bestaand huur grond	60	48	80	151	136	166	153	122	183	66	53	79	195	156	234
Bestaand huur gest	60	48	80	85	77	94	69	55	82	73	59	88	145	116	174
Bestaand koop grond	60	48	80	151	136	166	153	122	183	66	53	79	195	156	234
Glastuinbouw in €/m^2/jaar															
Onbelicht met WKK	3,4	3,0	3,9	0,6	0,2	1,2	1,8	1,5	2,2	0,45	0,36	0,54	1,7	1,4	2,0
Onbelicht zonder WKK	0,2	0,2	0,3	0,6	0,2	1,2	1,8	1,5	2,2	0,45	0,36	0,54	1,7	1,4	2,0
Belicht met WKK	3,4	3,0	3,9	0,6	0,2	1,2	1,8	1,5	2,2	0,45	0,36	0,54	1,7	1,4	2,0

Noot: M = midden, L= Laag, H = Hoog.

[27] De relatieve hoge bedragen komen door de vervanging van installaties na 15 jaar en driedubbelglas na 30 jaar.

De in Tabel 22 getoonde operationele kosten keren elk jaar terug, vanaf het moment dat de warmteoplossing geïmplementeerd is[28]. De jaarlijkse kosten voor onderhoud en beheer zijn samengevat in de linker kolommen van Tabel 23. Hieruit blijkt dat de jaarlijkse operationele kosten van alle drie de projectalternatieven hoger liggen dan in de referentie en dat met name PA3 relatief hoge operationele kosten heeft door het sterke accent op het beheren van de installaties. De NCW van deze totale jaarlijkse kosten is terug te vinden in de rechter kolommen.

Tabel 23 Additionele operationele kosten (O&M) voor de projectalternatieven

Alternatief	Additionele *jaarlijkse* onderhoudskosten in mln €/jaar			*Totale* additionele onderhoudskosten (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	30	25	33	455	380	495
PA2 Smart Thermal Grid	13	8	14	195	117	218
PA3 Smart Installations & Grid	32	22	35	534	379	585

4.3.5 Operationele kosten inkoop CO_2

Tabel 24 laat zien hoeveel extra CO_2 glastuinders moeten inkopen wanneer zij overstappen op een alternatieve warmteoplossing. Met name de overstap naar een collectieve warmteoplossing leidt tot een grotere behoefte aan extern geleverde CO_2. In PA1 is slechts zeer weinig extra behoefte aan CO_2, omdat in dit alternatief weliswaar 50% energiebesparing (HNT, schermen, isolatie) wordt gerealiseerd, maar deze gereduceerde warmtevraag wordt nog steeds ingevuld door ketels en WKK's, waarmee voldoende eigen CO_2 wordt geproduceerd. De tuinders behouden in dat geval hun oorspronkelijk geleverde CO_2 of hun eigen installatie, wel is enige buffercapaciteit nodig.

Tabel 24 Additionele CO_2-inkoop glastuinbouw in de PA's in kg/m^2

Markt	Additionele CO_2-inkoop per m^2											
	PA1 Smart Skin			PA2 Smart Thermal Grid			PA3 Smart Installations & Grid			PA3 Smart Installations & Grid		
							Individueel			Collectief		
	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H
Glastuinbouw in kg/m^2/jaar												
Onbelicht met WKK	3	2	4	18	11	26	6	4	9	18	11	26
Onbelicht met WKK	3	2	4	18	11	26	6	4	9	18	11	26
Belicht met WKK	3	2	4	18	11	26	6	4	9	18	11	26

Door bovenstaande kentallen te vermenigvuldigen met het aantal tuinders (in m^2) dat overstapt op een alternatieve warmteoplossing kan de totale jaarlijkse behoefte aan additionele CO_2-levering worden bepaald in de verschillende PA's. Dit is vervolgens vermenigvuldigd met een CO_2-inkoopprijs van 65 euro per ton om de (jaarlijkse) inkoopkosten te berekenen. Ook deze

[28] Zoals werd omschreven in Paragraaf 3.5, is gekozen voor een pragmatische benadering waarbij alle jaarlijkse kosten en baten starten wanneer de helft van de doelgroep de warmteoplossing in een alternatief heeft geadopteerd.

kosten vinden plaats vanaf het moment dat de warmteaansluiting en daarmee de CO_2-infra een feit is (Paragraaf 3.5).

Deze benadering leidt tot extra jaarlijkse kosten van CO_2-inkoop van ca. 30 miljoen in PA2 en 20 miljoen in PA3 (zie Tabel 25). Dit komt neer op totale additionele (en verdisconteerde) kosten in PA2 en PA3 van respectievelijk ca. 430 miljoen en 360 miljoen euro. Zoals hierboven al even werd aangestipt hoeven tuinders die deelnemen aan PA1 (Smart Skin) weinig extra CO_2 in te kopen en zodoende heeft dit alternatief de laagste additionele kosten t.o.v. de referentie (ca. 70 miljoen euro).

Tabel 25 Additionele operationele kosten CO_2-inkoop glastuinbouw in de PA's

Alternatief	Additionele *jaarlijkse* CO_2-inkoop in mln €/jaar			*Totale* additionele CO_2-inkoop (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	5	4	6	71	56	85
PA2 Smart Thermal Grid	29	17	41	431	258	610
PA3 Smart Installations & Grid	21	13	30	359	215	509

4.4 Directe effecten

4.4.1 Bespaarde brandstofkosten

In de projectalternatieven wordt minder aardgas verbruikt dan in de referentie, bijv. door energiebesparing (PA1) of door het overstappen op een alternatieve warmtebron (PA2 en PA3). Vanzelfsprekend leidt dit tot een verandering in de exploitatiekosten van de inkoop van brandstof.

Per alternatief is een invulling gegeven aan de benodigde hoeveelheid aardgas en alternatieve warmtebronnen om in de finale warmtevraag te kunnen voorzien. Hierbij is aangenomen dat aardgas in de referentie in de volledige warmtebehoefte voorziet. Merk hierbij wel op dat aardgas ook in alle projectalternatieven een (rest)rol speelt. Dit is ofwel het restant van de warmtevraag na oplossingen in Smart Skin (PA1) ofwel de piekvraag die niet (volledig) kan worden ingevuld met een alternatieve warmtebron (PA2 en PA3). Wanneer een deel van de aardgaslevering wordt vervangen voor warmte-levering met industriële restwarmte zal bijvoorbeeld altijd een onder-steunende hulpketel (aardgas gestookt) vereist zijn om te ondersteunen tijdens de piekvraag. De levering van aardgas en alternatieve bronnen in de verschillende alternatieven en bijbehorende referenties[29] is samengevat in Tabel 26 t/m Tabel 28.

Vervolgens kunnen deze kentallen vermenigvuldigd worden met de bij-behorende inkoop- en afkoppelingsprijzen per bron (zie Tabel 29) om tot de jaarlijkse brandstofkosten te komen in de referentie en na toepassing van het projectalternatief. Het verschil is de monetaire brandstofbesparing.

[29] Het betreft de finale vraag naar aardgas vóór de toepassing van de warmteoplossingen in het projectalternatief. Omdat de volumes (woningen en m^2) verschillen tussen de project-alternatieven, verschillen de referenties ook tussen de alternatieven.

Tabel 26 Vraag naar aardgas en alternatieve warmtebronnen in PA1

PA1 Smart Skin	Referentie PA1 doelgroep (voor toepassing van PA1)	PA1 Smart Skin (Na toepassing van de warmteoplossingen in PA1)
Aardgas (PJ/jaar)	48	28

Tabel 27 Vraag naar aardgas en alternatieve warmtebronnen in PA2 (*nieuwe* warmteoplossingen)

PA2 Smart Thermal Grid	Referentie PA2 doelgroep (voor toepassing van PA2)	PA2 Smart Thermal Grid (Na toepassing van de warmteoplossingen in PA2)
Aardgas (PJ/jaar)	26,7	2,7
Restwarmte uit afvalverbranding (PJ/jaar)	0	0
Industriële restwarmte (PJ/jaar)	0	19,9
HT Geothermie (PJ/jaar)	0	8,5

Tabel 28 Vraag naar aardgas en alternatieve warmtebronnen in PA3

PA3 Smart Installations & Grid	Referentie PA3 doelgroep (voor toepassing van PA3)	PA3 Smart Installations & Grid (Na toepassing van de warmteoplossingen in PA3)
Aardgas (PJ/jaar)	42,3	5,9
MT- geothermie (PJ/jaar)	0	5,7
MT- biowarmte (PJ/jaar)	0	5,7
LT- geothermie (PJ/jaar)	0	4,8
LT- WKO (PJ/jaar)	0	1,7
Groen gas (PJ/jaar)	0	6,5
Elektriciteit (PJ/jaar)	0	2,7

Tabel 29 geeft een overzicht van de warmteprijzen in- en exclusief energie-belasting. Dit laatste is met name relevant voor het onderscheid tussen provincie en Nederland. Over alternatieve warmtelevering hoeft de warmte-afnemer geen (separate) energiebelasting te betalen, deze zit namelijk onlosmakelijk en impliciet inbegrepen in de warmteprijs (zie ook Paragraaf 4.4.2).

Voor rest- en aardwarmtebronnen is gerekend met afkoppelingsprijzen. Voor industriële restwarmte rekenen we met een afkoppelingsprijs van 6 €/GJ plaatsvindt. Voor het uitkoppelen van een restwarmtebron op 80 tot 100˚C gaan we uit van een kostendekkende uitkoppelingsprijs per bron van 2 €/GJ over de levensduur van 20 jaar. Aangezien de leveringscapaciteit verdeeld wordt over drie bronnen om voldoende leveringszekerheid te krijgen, geldt een drie keer zo hoge uitkoppelingsprijs 6 €/GJ. Naast deze dimensionering van restwarmtebronnen is tevens een back-up aangenomen nabij de afnemers. Deze back-up neemt 10% van het totale energiegebruik in PA2 (2,7 PJ) voor zijn rekening.

Voor AVI-warmte geldt dat er met een hogere afkoppelingsprijs (8 €/GJ) is gerekend die gebaseerd is op de derving van elektriciteitsopbrengsten en groencertificaten van (hernieuwbare) stroom. Ook bij warmte van elektriciteitscentrales zal de feitelijke besparing afnemen, omdat benutting

van deze restwarmte gepaard gaat met een verlies aan elektriciteitsproductie (afkoppelingsprijs van 10 €/GJ).

Tabel 29 **Overzicht warmte- en afkoppelingsprijzen inclusief en exclusief energiebelasting in €/GJ**

Drager Markt	Warmteprijzen exclusief energiebelasting (€/GJ)		Warmteprijzen inclusief energiebelasting (€/GJ)		Jaarlijkse toename prijs in %
	Woningen	Glastuinbouw	Woningen	Glastuinbouw	
Aardgas	12,6	9,5	18,8	10,2	1%
Groen gas	30,0	30,0	30,0	30,0	1%
Elektriciteit	18,1	18,1	51,6	18,2	1%
HT-warmte Afvalverbranding	8,0	8,0	8,0	8,0	1%
HT-warmte Industrie	6,0	6,0	6,0	6,0	1%
HT-warmte Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	1%
MT-warmte Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	1%
MT-warmte Biowarmte	10,0	10,0	10,0	10,0	1%
LT-warmte Geothermie	0,0	0,0	0,0	0,0	1%
LT-warmte WKO	0,0	0,0	0,0	0,0	1%

Merk hierbij op dat voor alle energiebronnen is aangenomen dat de prijs jaarlijks met 1% toeneemt. Het verschil betreft de bespaarde brandstofkosten (positief bedrag) of de additionele brandstofkosten (negatief bedrag)[30]. Zoals Tabel 30 laat zien geldt een aanzienlijke besparing van brandstofkosten in alle projectalternatieven.

Tabel 30 **Bespaarde brandstofkosten in de projectalternatieven**

Alternatief	*Jaarlijkse* besparing op brandstofkosten (incl. energiebelasting) in mln €/jaar						*Totale* bespaarde brandstofkosten incl. Energiebelasting (NCW in mln €)		
	Midden[a]		Laag[a]		Hoog[a]		Midden	Laag	Hoog
	2020	2060	2020	2060	2020	2060			
PA1 Smart Skin	312	465	250	372	375	558	5.272	4.217	6.326
PA2 Smart Thermal Grid	226	336	181	269	271	404	3.814	3.052	4.577
PA3 Smart Installations & Grid	244	357	195	286	293	429	4.525	3.620	5.430

[a] De jaarlijkse baten zijn niet constant over de jaren omdat de warmte- en afkoppelingsprijzen jaarlijks toenemen. Bij constante exploitatie (in PJ per bron) betekent dit dat de jaarlijkse baten toenemen. Ter indicatie zijn de jaarlijkse baten in 2020 en 2060 gegeven.

[30] Dit laatste zou bijvoorbeeld het geval zijn als de complete aardgaslevering wordt vervangen door groen gas (groen gas kent immers een hogere prijs dan aardgas).

De baten van bespaarde brandstof zijn het hoogste in PA1 (Smart Skin), omdat hier een forse besparing op de finale vraag plaatsvindt (ca. 45%). M.a.w. in dit alternatief hoeft men gemiddeld 45% minder aardgas in te kopen zonder dat daar een alternatieve warmtebron voor aangeboord hoeft te worden. Hoewel in PA2 (Smart Thermal Grid) en PA3 (Smart Installations & Grid) ook grofweg evenveel of meer aardgas bespaard wordt, geldt voor deze alternatieven dat de besparing op aardgas wordt overgenomen door de levering van groen gas of vanuit een alternatieve warmtebron. Aan sommige van deze warmtebronnen zijn echter dan weer kosten verbonden.

4.4.2 Derving energiebelasting

In de vorige paragraaf werd al aangegeven dat over warmte als energiedrager geen energiebelasting geheven wordt. Aangezien de finale vraag in het nul-alternatief volledig wordt ingevuld met aardgas (waar wel energiebelasting over betaald wordt), leidt een overstap naar alternatieve bronnen tot een (aanzienlijke) derving van de overheidsinkomsten. Dit geldt evenzeer voor grootschalige inzet op besparing PA1. Dit geldt echter weer niet voor het aardgas dat in de WKK's in de glastuinbouw wordt gebruikt, aangezien de tuinder daarover geen energiebelasting is verschuldigd. Deze kostenpost is alleen relevant vanuit een nationaal perspectief (zie Paragraaf 2.3.1 voor een toelichting).

De derving van energiebelasting is berekend als het verschil tussen de bespaarde brandstofkosten inclusief en exclusief energiebelasting.

Dit leidt tot de volgende resultaten:

Tabel 31 Totale derving van energiebelasting (contante waarde, mln €)

Alternatief	Totale derving energiebelasting (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	1.374	1.099	1.649
PA2 Smart Thermal Grid	1.308	1.046	1.569
PA3 Smart Installations & Grid	1.994	1.595	2.393

De derving van energiebelasting is fors in alle projectalternatieven, variërend van 1,3 miljard euro in PA2 tot 1,4 miljard euro in PA1 en 2 miljard euro in PA3.

De derving is in PA2 minder omdat een groot deel van de restwarmte uit het havengebied in eerste instantie aan de tuinders wordt geleverd, die door de EB-korting die zij ontvangen (veel) minder EB per m^3 aardgas afdragen dan consumenten die in het hoogste tarief vallen.

Het is duidelijk dat om de doelstelling te halen tot 2020 en daarna geaccepteerd zal moeten worden, dat bij alle gebouwgebonden maatregelen er een derving zal ontstaan in inkomsten uit energiebelasting.

4.4.3 SDE-subsidie

Exploitanten van geothermie en groen gas kunnen een aanvraag doen voor de SDE+ subsidie. De SDE-subsidie wordt gefinancierd vanuit een opslag op de energienota van alle Nederlanders en bedraagt een bedrag per GJ (berekend als het verschil tussen de marktprijs en exploitatiekosten per GJ). Vanuit nationaal perspectief is deze baat 0, aangezien het slechts gaat om een verdeling tussen consumenten en exploitanten. Echter, vanuit provinciaal

perspectief is dit wel degelijk een baat die meegenomen dient te worden (exploitanten in Zuid-Holland kunnen immers wel een deel van hun kosten compenseren). De looptijd van de SDE-subsidie bedraagt vijftien jaar voor geothermie en twaalf jaar voor groen gas. De kentallen voor de SDE-subsidie zijn samengevat in Tabel 32.

Tabel 32 SDE+ subsidie en looptijd

	SDE+ tarief		Max. duur van SDE+ in jaren
LT geothermie	6,1	euro/GJ	15
MT geothermie	7,4	euro/GJ	15
HT geothermie	8,6	euro/GJ	15
Groen gas	7,0	euro/GJ	12

De SDE+ subsidie is relevant voor zowel PA2 als PA3, aangezien beiden opties geothermie en/of groen gas omvatten. Het jaarlijkse bedrag (gedurende de looptijd gerekend vanaf het moment dat de helft van de woningen en glas-tuinders het PA hebben toegepast) is bepaald door de jaarlijkse exploitatie van de relevante bron (in dit geval een van de geothermie vormen en groen gas) in PJ/jaar (zie Tabel 26 t/m Tabel 28) te vermenigvuldigen met het desbetreffende SDE+ tarief. Merk hierbij op dat het gaat om de maximale baten van SDE-subsidie. In de praktijk zullen mogelijk niet alle projecten voldoen aan de criteria die zijn opgesteld voor de SDE[31]. De totale verdisconteerde baten van SDE+ subsidie zijn weergegeven in Tabel 33.

Tabel 33 Totale SDE+ subsidie in de projectalternatieven (contante waarde, mln €)

Alternatief	Totale baten van SDE+ subsidie (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	0	0	0
PA2 Smart Thermal Grid	661	529	661
PA3 Smart Installations & Grid	1.102	882	1.102

Aangezien in PA3 zowel meerdere vormen van geothermie als groen gas zijn opgenomen, zijn de baten in dit alternatief het hoogste.

4.4.4 Welvaartsbaten van koudevoorziening

Als gevolg van klimaatverandering zal de koudevraag in de gebouwde omgeving toenemen. Dit zal in steden sterker zijn dan in het ommeland door het hitte-in-de-stad effect[32]. In de referentie zijn geen installaties voor de levering van koude opgenomen (airco's). Als gevolg van deze systematiek levert een koudevoorziening op basis van een hybride net in combinatie met WKO dan ook geen extra besparing op het energiegebruik op.

Wel is het zo dat deze koude in enkele PMC's met WKO's 'gratis' meekomt en in de zomer dus beschikbaar is voor het koelen van woningen. Het gaat om laagwaardige koude op een temperatuurbereik van 14-18°C (te benutten via

[31] De bovenkant van de bandbreedte is dan ook gelijk gesteld aan de middenwaarde en de onderkant van de bandbreedte bedraag 80% van de middenwaarde.

[32] Het fenomeen dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied.

bijv. vloerkoeling). We hebben de koelvraag per woning ingeschat op 5 GJ/ woning per jaar. In totaal komen 97.000 woningen in aanmerking om aangesloten te worden op een hybride net waarin een WKO-installatie koude in de zomer kan leveren.

Koude voorziet daarmee in een duidelijke behoefte in een veranderend klimaat. De waardering op basis van *willingness to pay* (WTP) kan afgeleid worden op basis de prijsverschil tussen de huidige en nieuwe situatie: 50 €/GJ aan laagwaardige warmte. Via de rule of half is de gemiddelde WTP-waardering dan te benaderen als 25 €/GJ (zie tekstbox).

The rule of half voor koudewaardering

De rule of half (halveringsregel) wordt weergegeven in onderstaande grafiek. De lineaire vraagcurve D voor koude wordt doorsneden door de marginale kostencurve S_0, en met het WKO-alternatief door S_1.De kosten van koude dalen daardoor van P0 naar P_1. In de huidige situatie wordt geen koude afgenomen (0 GJ). In de nieuwe situatie is de koudevraag toegenomen naar 5 GJ door een goedkoper aanbod (de aanbodprijs daalt van 65/GJ (integrale jaarkosten/GJ voor aircokoeling) naar 15 GJ (WKO-prijs/GJ).

Het voordeel valt uitsluitend toe aan de nieuwkomers, er zijn geen bestaande afnemers van koude. De nieuwe klanten ondervinden feitelijk minder voordeel dan het prijsverschil tussen de oude en nieuwe situatie (65-15= 50 €/GJ). De eerste afnemer, die net niet bereid was 65 €/GJ te betalen, heeft het grootste voordeel. De laatste afnemer, voor wie de kosten aantrekkelijk worden op het minimum van 15 €/GJ, heeft nauwelijks voordeel van de lage kosten. Gemiddeld zal een nieuwkomer dus (bij een lineaire vraagcurve) half zoveel baat hebben bij de prijsdaling (rode oppervlak van driehoek in de grafiek).

De welvaartsbaat is dan: **Koudevraag x 50 € /GJ x ½**

Door de koelvraag per woning per jaar (5 GJ) te vermenigvuldigen met het aantal woningen dat overstapt op WKO (109.000) en de WTP van de exploitatiebaten van koude (25 €/GJ), kunnen de jaarlijkse welvaartsbaten van koude berekend worden. De resultaten zijn samengevat in Tabel 34, zowel per jaar als het verdisconteerde totaal over de gehele looptijd van de MKBA.

Tabel 34 Welvaartsbaten van LT koude WKO

Alternatief	*Jaarlijkse* baten LT koude uit WKO in mln €/jaar			*Totale* baten LT koude uit WKO (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	0	0	0	0	0	0
PA2 Smart Thermal Grid	0	0	0	0	0	0
PA3 Smart Installations & Grid	12	12	12	204	163	245

4.5 Indirecte effecten

4.5.1 Werkgelegenheid

De drie projectalternatieven vragen investeringen in infrastructuur, isolatiemaatregelen en installatietechnische maatregelen in woningen. Maar de effecten van die investeringen zijn voelbaar in de hele economie, bijvoorbeeld omdat sectoren toeleveranciers zijn van de bouw.
Tal van andere sectoren krijgen hierdoor impulsen die variëren van enkele tientallen tot honderden miljoenen euro's. De projectalternatieven leveren extra investeringen ter grootte van enkele miljarden en zorgen via deze indirecte effecten uiteindelijk voor een productie-impuls voor de bouw, installatie en toeleverende bedrijven.

In deze verkennende studie hebben we de werkgelegenheidseffecten van deze investeringsimpuls niet gekwantificeerd. Diverse onderzoeken laten echter zien dat deze investering in de gebouwde omgeving een fors aantal extra banen oplevert (SEO en CE Delft, 2012; Vorsätz, 2010).

De investeringsimpuls is dermate omvangrijk dat er verdringing op de arbeidsmarkt optreedt, zelfs wanneer rekening wordt gehouden met de huidige laagconjunctuur en het relatief hoge aantal werklozen in de bouwsector en daarbuiten. Verdringing treedt op doordat de grotere vraag naar werknemers looneffecten genereert die werknemers uit andere sectoren aantrekken. Een baan wordt dan opgevuld door een werkende, en niet door een werkloze. Door de tijdelijkheid van de investeringsimpuls zal het effect op de lange termijn uitdoven.

4.6 Externe effecten

4.6.1 Klimaatbaten

De warmtealternatieven ter invulling van 20 PJ dragen bij aan de klimaat-doelstelling van de provincie. Bij PA1 wordt primaire energie bespaard en daarmee CO_2 vermeden door goed te isoleren. Bij PA2 is de CO_2-vermijding afhankelijk van het gekozen portfolio van warmte-opwekkers die aan het warmtenet leveren. Bij PA3 is een portfolio aan technieken in combinatie met besparing verantwoordelijk voor de CO_2-reductie.

Zonder deze warmteoplossingen zal de provincie andere maatregelen moeten treffen om haar reductiedoelstellingen te behalen. De hoogte van de prijs voor CO_2 hangt dus samen met de kosten van alternatieven voor de reductie-maatregelen van CO_2-emissie. Door deze CO_2-marktprijs als referentie te hanteren worden reducties van warmteprojecten op de juiste wijze gewaardeerd en draagt dit bij aan meest doelmatige methode voor CO_2-reductie.

In theorie worden de preventiekosten bepaald door de duurste maatregel (van de goedkoopste maatregelen die er zijn) om de doelstelling te behalen[33]. De inschatting van de klimaatbaten zijn gebaseerd op preventiekosten op nationaal niveau, die zijn weergegeven in het Handboek schaduwprijzen dat CE Delft in opdracht van het ministerie van I&M, Thermphos en Stichting Stimular heeft opgesteld (CE Delft, 2010). De preventiekosten op nationaal niveau zijn weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35 Preventiekosten nationaal perspectief (€ per ton)

Jaar emissie		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Preventiekosten (€ 2008/ton)	Midden	25	29	31	35	37	40	54	71	83
Preventiekosten (€ 2014/ton)	Midden	28	**32**	35	39	41	45	60	80	**93**
	Laag	14	16	17	20	21	22	30	40	46
	Hoog	56	65	69	78	83	90	121	159	186

De baten van de uitstootreductie zijn berekend door de uitstootreductie te vermenigvuldigen met de preventiekosten, waarbij is aangenomen dat de preventiekosten lineair toenemen van 32 euro per ton in 2015 tot 93 euro per ton in 2050. Na 2050 zijn de preventiekosten constant aangenomen.

De jaarlijkse en totale baten van vermeden klimaatmaatregelen zijn weergegeven in Tabel 36. Hoewel de jaarlijkse *uitstootreductie* constant is (doordat de inzet in PJ per bron ook constant is), nemen de jaarlijkse *klimaatbaten* toe tussen 2015 en 2050. Dit wordt veroorzaakt doordat in deze periode elk jaar met een hogere CO_2-prijs (c.q. preventiekosten) wordt gerekend. Merk wel op dat deze jaarlijkse baten in PA2 en PA3 pas plaatsvinden vanaf het jaar waarin de helft van de woningen en glastuinders deelnemen in het desbetreffende projectalternatief.

Tabel 36 Baten vermeden klimaatmaatregelen (contante waarde, € mln)

Alternatief	Jaarlijkse besparing op brandstofkosten (incl. energiebelasting) in mln €/jaar						*Totale* CO_2-baten (NCW in mln €)		
	Midden[a]		Laag[a]		Hoog[a]		Midden	Laag	Hoog
	2020	2050	2020	2060	2020	2050			
PA1 Smart Skin	45	101	22	50	89	202	1.317	659	2.634
PA2 Smart Thermal Grid	74	167	37	83	148	334	2.182	1.091	4.364
PA3 Smart Installations & Grid	68	153	34	76	135	306	2.101	1.050	4.202

[a] De jaarlijkse baten zijn niet constant over de jaren omdat de preventiekosten lineair toenemen tussen 2015 en 2050. Bij constante exploitatie (in PJ per bron) betekent dit dat de jaarlijkse baten toenemen. Ter indicatie zijn de jaarlijkse baten in 2020 en 2050 gegeven. De jaarlijkse baten in 2050 gelden wel t/m het einde van het zichtjaar (2063).

[33] Immers, als een van de goedkopere maatregelen wegvalt, dan schuift de kostencurve naar rechts en moet de provincie een andere maatregel treffen om het doel te bereiken.

Tabel 36 laat zien dat de klimaatbaten het hoogste zijn in PA2 en PA3 (ca. 2 miljard euro), maar ook in PA1 significant zijn (1,3 euro).

4.6.2 Vermindering overige emissies

Naast CO_2-emissies dragen de warmtealternatieven bij aan vermindering van overige luchtverontreinigende emissies via de besparing op gasinzet ten behoeve van de conventionele warmtevoorziening. Daarmee wordt een bijdrage geleverd aan de verbetering van luchtkwaliteit, zowel in het 'binnenmilieu' van woningen als aan luchtkwaliteit van het 'buitenmilieu'. In de woning treedt geen verbranding van stofdeeltjes op.

Tevens kan een deel van de warmteoplossingen in de woningen (denk aan laagtemperatuurafgiftesystemen) bijdragen aan een verbetering van het (thermisch) wooncomfort. De lage temperatuur vloerverwarming draagt bij aan een betere luchtkwaliteit omdat de vloerverwarming resulteert in minder luchtbewegingen (convectie) en daardoor minder stof in de lucht. Deze laatste batenpost van een verbeterd wooncomfort is overigens niet gekwantificeerd.

De reductie van deze emissies zorgt er daarom voor dat maatregelen elders in de provincie worden uitgespaard of telt één-op-één door in een verbeterde luchtkwaliteit. Vanuit nationaal perspectief zorgt de reductie wel voor uitgespaarde maatregelen om de nationale emissieplafonds te bereiken. De jaarlijkse baten zijn hetzelfde berekend als de CO_2-baten. Hierbij is vanzelfsprekend wel gerekend met andere kentallen. De gehanteerde set kentallen is weergegeven in Tabel 37. Tabel 38 vat de totale baten van vermeden luchtvervuilende emissies samen.

Tabel 37 Schaduwprijzen voor luchtvervuilende emissies in $€_{2014}$ per kg of per ton

Emissie	Schaduwprijs in $€_{2014}$		
	Midden	Laag	Hoog
NO_x (per kg)	11	6	22
PM (per kg)	58	29	116
SO_2 (per ton)	715	357	1.429

Anders dan bij de CO_2-baten is de schaduwprijs voor de uitstoot van lucht-vervuilende emissies constant verondersteld. Aangezien de uitstootreductie ook constant is, leidt dit tot constante jaarlijkse baten (zie Tabel 38). In PA2 en PA3 treden deze jaarlijkse baten op vanaf het moment dat de helft van de woningen en glastuinders de warmteoplossing in het projectalternatief heeft toegepast (zie Paragraaf 3.5).

Tabel 38 Baten luchtvervuilende emissies

Alternatief	*Jaarlijkse* baten luchtkwaliteit in mln €/jaar			*Totale* baten luchtkwaliteit (NCW mln €)		
	Midden	Laag	Hoog	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	4	3	5	83	67	100
PA2 Smart Thermal Grid	6	4	7	108	87	130
PA3 Smart Installations & Grid	4	3	5	81	65	97

4.6.3 Vermeden investeringen gasnetten en *stranded assets*

De positie van de gasinfrastructuur zal gaan veranderen in de project-alternatieven door de afname van de binnenlandse vraag naar gas.
Door energiebesparing en substitutie kan het in de projectalternatieven voorkomen dat de gasvraag sterk wordt beperkt. Dit kan enerzijds leiden tot kapitaalvernietiging wanneer netten vervroegd worden afgeschreven voordat de economische levensduur is bereikt. Netbeheerders betalen hiervoor een prijs in de vorm van een verlies op het geïnvesteerde vermogen. Dit fenomeen wordt *stranded assests* genoemd. Op sommige locaties betekent dit dat netten vervroegd gesaneerd moeten worden. Anderzijds zullen er minder investeringen in onderhoud en uitbreiding van de bestaande net-activa nodig zijn. Voor beide is de afname van de gasvraag in de projectalternatieven bepalend.

Tabel 39 Jaarlijkse verandering in gasvraag na uitvoering projectalternatief

Alternatief	Verandering in vraag naar aardgas	Toename in vraag naar groen gas?	Netto verandering in totale (aardgas + groen gas) gasvraag
PA1 Smart Skin	-44%	Nee	-44%
PA2 Smart Thermal Grid	-90%	Nee	-90%
PA3 Smart Installations & Grid	-86%	Ja	-71%

Vermeden investeringen

De vraag naar gas daalt hierdoor in gebieden waar deze mogelijkheden zich voordoen fors. Daarbij ontstaat voor de netbeheerder de afweging of een gasnet dat gepland is te worden vervangen wel zijn geld gaat opbrengen als er veel gebruikers hun aansluiting opzeggen. Gemeenten, woningcorporaties en netwerkbedrijven zullen samen met bewoners gesprekken moeten gaan voeren of vervanging van gasnetten, met name de lage drukgasnetten, wel altijd zinvol is. Tegelijkertijd blijft (aard)gas nodig om in de vraag naar verwarming op piekmomenten te voorzien, meer en meer voor hulpwarmteketels met aansluiting op middendruk. Op een zeker moment komt er voor een wijk een moment dat deze op woningniveau wordt afgesloten van het gas. Daarbij zal het gros van de wijken echter een aantal gasaansluitingen blijven houden op wijk-/gebiedsniveau; een aanname is dat de totale vermeden investering in het bestaande gasnetwerk ook gelijk oploopt met dit ‘afsluitpercentage’ op woningniveau.

De vermeden investeringen in gasnetten dankzij de projectalternatieven zijn een belangrijke baat. Deze baat is gekwantificeerd met de volgende methodiek:

- Een inschatting is gemaakt van de jaarlijkse investeringen in onderhoud, uitbreiding en vervanging van het Nederlandse gasnetwerk in de referentie (zie Tabel 13).
- Deze kosten zijn vermenigvuldigd met het aandeel van Zuid-Holland in de gasvraag (19%). Dit geeft grove inschatting van de onderhouds-, uitbreidings- en vervangingsinvesteringen in het gasnetwerk van Zuid-Holland.
- De kosten van het gasnetwerk in Zuid-Holland zijn vervolgens per projectalternatief vermenigvuldigd met het aandeel dat de besparing in het projectalternatief (ca. 20 PJ/jr) heeft in de oorspronkelijke totale vraag van Zuid-Holland (107 PJ). Dit komt neer op:
  - € 16 miljoen per jaar in PA1 Smart Skin;
  - € 14 miljoen per jaar in PA2 Smart Thermal Grid;
  - € 16 miljoen per jaar in PA3 Smart Installations & Grid.

De verschillen tussen PA1/PA3 en PA2 worden verklaard door het feit dat er in PA2 minder woningen en glastuinders van het gasnetwerk worden afgesloten, doordat een deel van de 20 PJ/jr aan vermeden fossiele gerealiseerd wordt met de vergroening van bestaande warmtenetten (en die markt was dus al afgesloten van het netwerk).

Stranded assets

De lange afschrijvingstijden van bestaande netten betekenen voor een dergelijke warmtetransitie zeker ook een kans op *stranded assets*. Wanneer gasnetten voor het einde van hun technische en economische levensduur uit gebruik worden genomen, kunnen ook kosten ontstaan door kapitaal-vernietiging van nog niet-afgeschreven activa (c.q. wordt de business-case voor gaslevering minder of zelfs onrendabel). De kapitaallasten worden immers bepaald door afschrijvingen en een vermogenskostenvergoeding.
Het (vervroegd) saneren of verwijderen van de gasleidingen en gasstations kan echter ook aanvullende kosten met zich mee brengen. Het is niet toegestaan om loze leidingen in de grond te laten zitten.

Wat de precieze gevolgen zijn voor vermeden investeringen in gasnetten bij een dergelijke ingrijpende transitie is lastig financieel te kwantificeren. Dit hangt af van de vervangingsmomenten van de gasnetten in kwestie, de resterende gasvraag (wensen bewoners) op de locatie en daarmee het besparingspercentage, onderhoud van het bestaande gasnet, etc. Om de problematiek te kunnen illustreren zijn we uitgegaan dat een gemiddeld gasnet in Zuid-Holland op dit moment halverwege zijn feitelijke levensduur (55 jaar) is. Het gemiddelde gasnet op een willekeurige locatie in Zuid-Holland kan dan nog eens 27,5 jaar mee. De gekozen benadering is om die reden illustratief.

Voor de kwantificering van de kosten van versnelde afschrijving is op hoofd-lijnen eenzelfde methodiek toegepast als voor de hierboven beschreven vermeden investeringen in het gasnetwerk. M.a.w.:

- Als eerste is een inschatting gemaakt van de totale jaarlijkse afschrijvings-kosten op activa (200 mln euro) van de grootste netbeheerder in Zuid-Holland (Eneco). Wij schatten in dat hiervan 20% voor rekening komt van afschrijving van de gasnetten en 80% (40 mln jaarafschrijving op gasnet) voor rekening van de elektriciteitsnetten[34].
- De resulterende afschrijving is ook berekend voor een halvering van de afschrijving (27,5 i.p.v. 55 jaar). Het verschil tussen beiden is het totale effect van versnelde afschrijving.
- Dit is vervolgens per PA vermenigvuldigd met het aandeel besparing van fossiele warmte via *nieuwe* warmteoplossingen (dus excl. vergroening bestaande netten in PA2) (20 PJ/jr) t.o.v. de originele gasvraag in Zuid-Holland (107 PJ). Dit leidt vanaf 2014 tot de volgende jaarlijkse kosten van versnelde afschrijving:
    - € 6,5 miljoen per jaar in PA1 in 2014;
    - € 5,6 miljoen per jaar in PA1 in 2014;
    - € 6,5 miljoen per jaar in PA1 in 2014.

De jaarafschrijvingen nemen overigens elk jaar verder af door de afnemende restwaardes.

[34] Netbeheer Nederland, 2013.

Het netto effect van de vermeden investeringen in het gasnetwerk verminderd met de kosten van versnelde afschrijving leidt tot de resultaten zoals weergegeven in Tabel 40.

Tabel 40 laat zien dat het netto effect positief is in alle projectalternatieven. Dat wil zeggen dat de baten van vermeden investeringen in het gasnetwerk groter zijn dan de kosten van versnelde afschrijving (stranded assets).

De netto baten liggen rond de 176 miljoen euro voor PA1 en PA3. De baten voor PA2 liggen iets lager doordat een deel van de besparing op fossiele warmte plaats vindt via de vergroening van bestaande netten i.p.v. via nieuwe warmteoplossingen die gastoepassingen vervangen.

Tabel 40 Totale effect van vermeden investeringen en versnelde afschrijvingen in het gasnetwerk (contante waarde in mln €)

Alternatief	Totale effect vermeden investeringen en stranded assets gasnetten (NCW in mln €)		
	Midden	Laag	Hoog
PA1 Smart Skin	176	141	212
PA2 Smart Thermal Grid	153	123	184
PA3 Smart Installations & Grid	195	156	234

4.6.4 Natuureffecten

Natuureffecten ontstaan als gevolg van ruimtelijke claims van de nieuwe warmtebronnen of het uitsparen van bestaande centrales.
Deze effecten zijn niet gekwantificeerd, maar zullen in financiële zin beperkt zijn ten opzichte van de directe effecten en baten van CO_2-reductie.
Een belangrijk onderdeel betreft de verminderde lozing van restwarmte naar het oppervlaktewater PA2 door nuttige inzet. Zogenaamde *thermische vervuiling* wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door het lozen van koelwater van energiecentrales. Veranderingen van temperatuur kunnen onder andere gevolgen hebben voor de hoeveelheid zuurstof in water, en de samenstelling van een ecosysteem met gevolgen voor vissen en waterdieren. De effecten van de alternatieven staan dan ook op ‘pro memorie’.

5 MKBA-resultaat

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk presenteren we het totaaloverzicht van de kosten en baten van warmtealternatieven ter invulling van 20 PJ per jaar in Zuid-Holland. Dit hoofdstuk zet de belangrijkste uitkomsten van de kosten-batenanalyse op een rij. Allereerst geven we inzicht in de kosten en baten voor Zuid-Holland als geheel (overheid, bedrijven en burgers), zonder daarbij positieve of negatieve effecten op de rest van Nederland in ogenschouw te nemen (Paragraaf 5.2). Vervolgens gaan we in Paragraaf 5.3 in op het totaaloverzicht van kosten en baten gezien vanuit de 'BV Nederland'. De resultaten in contante waardes (CW) presenteren we ten opzichte van de referentie.

5.2 Resultaat provincie Zuid-Holland

Alle gerapporteerde effecten (directe, indirecte en externe effecten) betreffen het verschil tussen het nulalternatief en de drie project-alternatieven.
Vanwege de verschillen in warmtetechnieken en daarmee behaalde besparingen is de maatschappelijke meerwaarde verschillend per scenario. In Tabel 41 de staan de belangrijkste uitkomsten per alternatief samengevat.

Tabel 41 MKBA resultaat vanuit provinciaal perspectief

Provinciaal	Alternatief		
	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid
Kosten (mln €)			
Eenmalige investering	15.447 (13.900-16.838)	3.298 (2.552-3.947)	4.709 (3.672-5.587)
Meerkosten vergroening bestaande netten		353 (282-423)	
Herinvesteringen	1.283 (1.141-1.311)	185 (93-215)	522 (351-581)
Operationele kosten (O&M)	455 (380-495)	195 (117-218)	534 (379-585)
Operationele kosten (additionele inkoop CO_2)	0	431 (258-610)	359 (215-509)
Totale kosten	**17.256 (15.478-18.729)**	**4.462 (3.303-5.412)**	**6.124 (4.618-7.262)**
Effecten (mln €)			
Bespaarde brandstofkosten (incl. EB)	5.272 (4.217-6.326)	3.814 (3.052-4.577)	4.525 (3.620-5.430)
SDE	0	661 (529-661)	1.102 (882-1.102)
Derving energiebelasting**	0	0	0
Werkgelegenheid	PM	PM	PM
Klimaatbaten (CO_2-eq.)	1.317 (659-2.634)	2.182 (1.091-4.364)	2.101 (1.050-4.202)

Provinciaal	Alternatief		
	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid
Milieubaten (PM, NO_x, SO_2)	83 (67-100)	108 (87-130)	81 (65-97)
Natuurbaten	PM	PM	PM
Netto baten omtrent gasnetwerk*	176 (141-212)	153 (123-184)	195 (156-234)
Totale effecten	**6.848** **(5.083-9.272)**	**6.919** **(4.881-9.916)**	**8.003** **(5.772-11.064)**
Maatschappelijk saldo (mln €)			
MKBAsaldo	**-10.407** **(-10.394- -9.457)**	**2.458** **(1.578-4.504)**	**1.879** **(1.155-3.801)**

* Het betreft het netto resultaat van de baten van vermeden investeringen in het gasnetwerk enerzijds en van de kosten van vervroegde afschrijving anderzijds.

** De gederfde energiebelasting is per definitie 0, omdat alleen het Rijk energiebelasting heft (zie Tabel 42).

Een positief MKBA-saldo van kosten en baten voor de provincie resulteert voor PA2 en PA3, terwijl PA1 een negatief saldo kent. PA2 en Pa3 leveren daarmee een efficiënte bijdrage aan de verduurzaming van de warmtevraag in de provincie. Belangrijkste posten uit het resultaat betreffen de investeringen, de bespaarde brandstof en klimaatbaten.

PA1 doet een beroep op een zeer diepe investering in de woningen (en in mindere mate in de bedrijven) in combinatie met substantiële volumes (820 duizend woningen), waardoor de bedragen een factor 3 tot 5 hoger liggen dan de overige projectalternatieven. Daaruit kan worden afgeleid dat een individuele aanpak op een dergelijke omvangrijke schaal aanzienlijk duurder is dan een collectieve (PA2) of een semicollectieve aanpak (PA3). Dat is in lijn met doorrekeningen van een recente studie van PBL (PBL, 2014). Gebiedsmaatregelen zoals warmtelevering helpen om de klimaatambities voor die gebieden tegen lagere kosten te realiseren dan wanneer er alleen in gebouwmaatregelen zou worden geïnvesteerd (PBL, 2014). De analyse laat zien dat verdergaande maatregelen (verdergaand dan 'Label B') gemiddeld over de gehele woningvoorraad niet kostenneutraal zijn maar geld kosten. Aangezien PA1 van een A+ labelniveau uitgaat en met name deze laatste labelsprong hoge marginale kosten met zich meebrengt. Het beperken van deze dure maatregelen op woningniveau en optimalisatie door gebouwmaatregelen te combineren met kosteneffectieve maatregelen uit PA2 en PA3 zal het maatschappelijke rendement aanzienlijk vergroten.

Weliswaar kan door deze diepe investering in PA1 het gasverbruik in absolute zin van de woningvoorraad en tuindersareaal van alle alternatieven het meest stevig worden teruggebracht, maar is deze gasbesparing onvoldoende om het saldo van PA1 positief te doen omslaan. Met name de projectalternatieven 2 en 3 zitten nog wel met het restgasgebruik van hulpketels, waardoor de financiële besparingen beperkter zijn dan in PA1.

Het maatschappelijk saldo voor de provincie van PA2 en PA3 ligt daarbij vrij dicht in elkaars buurt met een sterke overlap in de ranges van de investeringen, brandstofbesparing en klimaatbaten, hoewel de accenten verschillend van aard zijn. PA3 richt zich veel meer op duurzame warmte in de wijk via kleine collectieve systemen aangevuld met warmtepompen, groen gas, hyrbide ketels, etc. op objectniveau. PA2 vereist meer schaalvoordelen en de inzet van de provincie om het investeringsplan te realiseren.

PA2 kent als enige van de alternatieven een vrijwel positief resultaat van directe kosten en baten. Met andere woorden dit alternatief heeft geen *externe* baten als klimaat en luchtkwaliteit nodig om tot een positief maatschappelijk saldo te komen; de directe brandstofbesparing en SDE- subsidie zijn al voldoende om investeringen te kunnen dekken.
Dat wil overigens niet zeggen dat ook de business-case voor warmte-exploitanten meteen sluitend is, aangezien deze MKBA geen rekening houdt met financieringskosten en de bijbehorende risico's van tegenvallende aanloopverliezen (als gevolg van vertragingen in bouw- en aansluittempo's). Bovendien rekent deze MKBA met een lage discontovoet van 5,5% (rendementseis). Dat wordt door financiers als onvoldoende gezien om de aanzienlijke financiële risico's in de aanloopfase van warmte-investeringen in bronnen en infrastructuur te compenseren. De investeringen moeten in verschillende onderdelen van de warmteketen plaatsvinden, de kosten en baten liggen niet altijd op de goede plek. Financierings- en aanlooprisico's, onzekerheid over opbrengsten en gebrek aan samenwerking in de warmteketen zijn mede verantwoordelijk dat een maatschappelijke positieve business-case onvoldoende van de grond komen.

5.3 Resultaat BV Nederland

Tabel 42 laat het MKBA-saldo vanuit nationaal perspectief zien. Het positieve monetaire saldo is lager dan vanuit het perspectief van de provincie Zuid-Holland, omdat gerekend is met energieprijzen exclusief heffingen en BTW en de SDE-inkomsten over de eerste jaren geen positief welvaartseffect meer zijn. De positieve welvaartseffecten voor de ontvanger van de subsidie inclusief hoge besparing (warmte-exploitant en gebruikers) worden geneutraliseerd door negatieve welvaartseffecten voor de overheid (kosten SDE+ subsidie en belastingderving).

Hierdoor ontstaat een wat ander beeld dan voor Zuid-Holland. PA1 heeft ook een negatief saldo voor Nederland als geheel. Vanuit nationaal perspectief levert PA2 de meest efficiënte bijdrage aan de verduurzaming van de warmte-vraag met name door de goedkope beschikbaarheid van de restwarmteopties die in PA2 nuttig worden afgezet. Het saldo voor PA3 is negatief.

Tabel 42 MKBA-resultaat vanuit nationaal perspectief

Nationaal	Alternatief		
	PA1 Smart Skin	PA2 Smart Thermal Grid	PA3 Smart Installations & Grid
Kosten (mln €)			
Eenmalige investering	15.447 (13.900-16.838)	3.298 (2.552-3.947)	4.709 (3.672-5.587)
Meerkosten vergroening bestaande netten		353 (282-423)	
Herinvesteringen	1.283 (1.141-1.311)	185 (93-215)	522 (351-581)
Operationele kosten (O&M)	455 (380-495)	195 (117-218)	534 (379-585)
Operationele kosten (additionele inkoop CO_2)	0	431 (258-610)	359 (215-509)
Totale kosten	**17.256 (15.478-18.729)**	**4.462 (3.303-5.412)**	**6.124 (4.618-7.262)**
Effecten (mln €)			
Bespaarde brandstofkosten (incl. EB)	5.272 (4.217-6.326)	3.814 (3.052-4.577)	4.525 (3.620-5.430)
SDE	0	0	0
Derving energiebelasting	1.374 (1.099-1.649)	1.308 (1.046-1.569)	1.994 (1.595-2.393)
Werkgelegenheid	PM	PM	PM
Klimaatbaten (CO_2-eq.)	1.317 (659-2.634)	2.182 (1.091-4.364)	2.101 (1.050-4.202)
Milieubaten (PM, NO_x, SO_2)	83 (67-100)	108 (87-130)	81 (65-97)
Natuurbaten	PM	PM	PM
Netto baten omtrent gasnetwerk*	176 (141-212)	153 (123-184)	195 (156-234)
Totale effecten	**5.475 (3.984-7.623)**	**4.950 (3.306-7.686)**	**4.907 (3.295-7.569)**
Maatschappelijk saldo (mln €)			
MKBA-saldo	**-11.781 (-11.493- -11.106)**	**488 (3-2.273)**	**-1.217 (-1.322-307)**

* Het betreft het netto resultaat van de baten van vermeden investeringen in het gasnetwerk enerzijds en van de kosten van vervroegde afschrijving anderzijds.

Alle alternatieven leveren een forse besparing op de gasvraag deels door besparing (PA1) en deels door inzet op restwarmte en duurzame warmte (PA2 en PA3). De totale baten in financiële zin voor Nederland zijn echter geringer dan voor de provincie Zuid-Holland. Immers, door deze besparing is er ook sprake van een forse vermindering van de inkomsten uit de Energiebelasting op gas. Deze post is voor alle alternatieven meer dan 1 mld euro (CW), aangezien er op warmte als energiedrager geen Energiebelasting wordt geheven. Overigens betekent dit niet dat er geen heffing plaatsvindt De warmte-producent kan namelijk ook Energiebelasting verschuldigd zijn, afhankelijk van productietechniek. In PA2 is de belastingderving het minst uitgesproken, omdat glastuinders in een lager EB-tarief vallen dan de kleinverbruikers (en gebruik maken van de EB-korting op WKK-gas voor glastuinbouw) en tevens geen energiebelasting verschuldigd zijn over de gasinzet in WKK's.

Aangezien PA3 drie innovatiever is en meer gebruik maakt van warmte-technieken die nog maar een beperkte marktintroductie hebben gehad, moet een onrendabele top worden overbrugd. Dat brengt de eerste vijftien jaar een aanzienlijk beslag op SDE-middelen met zich mee. Het subsidiebedrag in PA3 voor LT, MT en HT geothermie alsmede groen gas is anderhalf tot twee keer zo hoog dan de benodigde subsidiemiddelen voor PA2. Waar de subsidie voor de provincie mooi meegenomen is, telt deze voor Nederland niet meer mee. Voor Nederland als geheel is PA2 dan ook maatschappelijk meer rendabel dan PA3.

5.4 Gevoeligheidsanalyse

De resultaten van deze MKBA zijn onderhevig aan onzekerheden omtrent de achterliggende aannames. Hoewel hier al rekening mee gehouden is door te rekenen met een bandbreedte in de onderliggende kosten- en batenkentallen in plaats van met alleen een middenwaarde, zijn de resultaten van deze MKBA ook gevoelig voor de aannames omtrent enkele inputparameters. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de gekozen discontovoet, de aangenomen jaarlijkse stijging van gas en warmteprijzen en de gekozen schaduwprijzen voor klimaat- en luchtvervuilende emissies.

Om recht te doen aan deze onzekerheden omtrent inputparameters, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij met de belangrijkste input-parameters is gevarieerd. Dit geeft inzicht in de robuustheid van de resultaten van deze MKBA. De resultaten van deze analyse zijn samengevat in Tabel 43. Per parameter die in deze tabel is weergegeven, is gekeken bij welke verandering een positief MKBA-resultaat omslaat in een negatief saldo en andersom. De percentages in deze tabel laten zien hoeveel hoger of lager de input parameter moet zijn *t.o.v. de basisaannames* (beschreven in Hoofdstuk 2 en Hoofdstuk 4) om het MKBA-saldo van een projectalternatief te laten kantelen. Het getal +1.025% voor de schaduwprijs van CO_2 voor PA1 – nationaal betekent dus dat het negatieve nationale MKBA-saldo kantelt naar een positief saldo bij een schaduwprijs die 1025% hoger ligt dan de gehanteerde schaduw-prijs van 32 euro per ton (dus van ca. 370 euro per ton). Hoe groter dit percentage, hoe groter de robuustheid van een (negatief of positief) saldo.

Uit Tabel 43 blijkt dat PA2 het gevoeligst is voor variatie in de onderliggende inputparameters, met name vanuit nationaal perspectief. Dit is ook logisch, omdat het MKBA-saldo van dit scenario veruit het dichtst bij 0 ligt, en zodoende ook minder nodig is om het saldo te laten kantelen van positief naar negatief. PA2 is met name gevoelig voor een verandering in de discontovoet. Wanneer de private en maatschappelijke discontovoet niet op respectievelijk 5,5 en 4% maar op 5,9 en 4,3% (ca. 6,5% hoger) worden ingesteld, is het MKBA-saldo vanuit nationaal perspectief 0. Vanuit provinciaal perspectief (met een hoger positief saldo) zijn de resultaten robuuster en is een wijziging van minimaal 30 tot 350% nodig om het saldo te laten kantelen naar een negatieve uitkomst.

Het negatieve saldo van PA1 is het minst gevoelig voor variatie in de input-parameters, omdat het saldo voor dit alternatief veruit het verste van 0 ligt. Dit geldt zowel vanuit provinciaal als vanuit nationaal perspectief, tenzij de inputparameters zeer significant wijzigen (met 240% tot 1025%). Zo is het MKBA-saldo van PA1 pas positief wanneer de in het model aangenomen gasprijs van 9-13 euro per GJ ca. 350% hoger wordt aangenomen op 43-57 euro per GJ. Voor de andere parameters die zijn bekeken in de gevoeligheidsanalyse ligt de benodigde variatie zelfs een factor 2 tot 3 hoger. Variëren met de disconto-voet leidt nooit tot een positief saldo. Wel is het zo dat industriële opschaling

van besparingsconcepten de kosten aanzienlijk kan verlagen. Om tot een positief saldo in PA1 te komen, dienen de kosten globaal met 10% per jaar te dalen.

De robuustheid van het MKBA-saldo van PA3 (positief voor de provincie en negatief voor BV Nederland) ligt tussen dat van PA1 en PA2 in. Om het saldo te kantelen zijn wijzigingen variërend van 30 tot 260% nodig. Evenals voor PA2 geldt dat het saldo het snelste kantelt bij een wijziging in de discontovoet (30-40%). Het saldo van PA3 is relatief ongevoelig voor de jaarlijkse stijging van de gas- en warmteprijzen (1% in het basisscenario). Dit laatste geldt overigens ook voor de andere alternatieven.

Tabel 43 Gevoeligheidsanalyse voor MKBA-saldo

	Kantelpunt *PA1 Smart Skin*		PA2 Smart Thermal Grid		PA3 Smart Installation & Grid	
	Nationaal (-11.781)	Provinciaal (-10.407)	Nationaal (488)	Provinciaal (2.458)	Nationaal (-1.217)	Provinciaal (1.879)
CO_2-prijs per ton	ca.+ 1.025%	ca. +920%	ca. -12%	ca. -98%	ca. +70%	ca. -68%
Discontovoet	Geen	Geen	ca. +6,5%	ca. +55%	ca. -40%	ca.+32%
Gas- en warmte-prijzen 2014	ca. 350%	ca. +240%	-14%	ca. -70%	ca. 70%	ca. -35%
Kosten warmterotonde	n.v.t.	n.v.t.	+49%	ca. +389%	n.v.t.	n.v.t.

5.5 Discussie en reflectie

Voor deze MKBA zijn systeemgrenzen en aantal uitgangspunten gehanteerd om een uitspraak te doen over het saldo van kosten en baten per alternatief. Daarbij is een 'cornervlaggen'-benadering gehanteerd waarbij in redelijk extreme mate is ingezet op steeds één kenmerkende route om het doel te bereiken. Daarbij moet bedacht worden dat deze MKBA van de beleidsinzet om 20 PJ per jaar te besparen, gebaseerd is op diverse aannamen en kentallen. De specifieke warmtevraag in een gebied, het zomer-winterpatroon, de gelijktijdigheid in de vraag, de bodemmogelijkheden, transportafstanden en -verliezen, etc.; deze zijn allemaal tot op zekere hoogte onbekend, maar sterk bepalend voor het saldo. Verder zijn er ten behoeve van PA2 in het haven-gebied verbindingen nodig om warmteleverende industrieën te koppelen aan de hoofdtransportleidingen. Daarbij is nog niet scherp welke industrieën daarvoor precies in beeld zijn. De benodigde investeringen zijn, vanwege de meer geografische benadering en optimalisatie, nog niet betrokken in de doorrekening van projectalternatief 2. Zonder geografische inkleuring moet worden gerekend met gemiddelden van een uiteenlopende range aan kentallen.

We zijn er verder van uitgegaan dat we deze restwarmte (uit AVI's, industrie en elektriciteitsproductie) in voldoende mate en kosteneffectief kan worden afgekoppeld. Om in de benutting van restwarmte uit industriële processen voldoende leveringszekerheid te bereiken, is een driemaal zo groot vermogen aan warmtebronnen verondersteld dan sec nodig zou zijn wanneer de industriële restwarmtebronnen gedurende het gehele jaar en voor een periode van meerdere jaren volop beschikbaar zouden zijn (hoge 'uptime', vergelijk-baar met huidige STEG's en AVI met warmtebenutting).

Toekomstbestendigheid

Een lastig te kwantificeren effect in de MKBA is toekomstbestendigheid. Belangrijk is om de flexibiliteit te behouden om op nieuwe toekomstige ontwikkelingen te kunnen reageren. Bij een te strikte toepassing van PA2 kan dit met dure maatregelen gepaard gaan. Bij het uitrollen van een warmte-netwerk in deze omvang in zo'n korte tijd is het belangrijk dat er ruimte wordt ingebouwd om op nieuwe ontwikkelingen in te spelen en de win-win te zoeken met andere maatregelen. Er moet voor gewaakt worden om door de inzet op warmte van afvalverbranders en industriële bronnen een lock-in te creëren, die de huidige situatie onveranderlijk maakt of kapitaalvernietiging met zich meebrengt indien vernieuwing in primaire processen van afval en primaire energieopwekking alsnog nodig blijkt.

In de praktijk zal echter het beste uit de verschillende werelden van de projectalternatieven gecombineerd kunnen worden. Zo zal in het *Smart Thermal Grid* (waarin in deze MKBA een hoge aanvoertemperatuur is verondersteld in aansluiting op bestaande regimes) ook gewerkt kunnen worden met lagere aanvoertemperaturen door de bestaande bouw gebied-voor-gebied (o.a. via na-isolatie tot een zeker niveau) geschikt te maken voor lagere aanvoertemperaturen. Lagere aanvoertemperaturen maakt de aan-sluiting van veel meer typen duurzame bronnen en industriële restwarmte mogelijk. Ook kan daarmee het transportpotentieel van de bestaande netten veel verder worden uitgenut (cascadering van netten op afnemende temperatuurniveaus). Daar waar grote warmtenetten minder voor de hand liggen vanwege bijv. lagere warmtevraagdichtheden of grote afstanden tot duurzame bronnen, kan men het energiegebruik van woningen en kassen optimaliseren tot een kosteneffectief en betaalbaar niveau en de rest met klein-collectieve, duurzame maatregelen (groen gas, WKO en geothermie) invullen.

De warmtevraag bij belangrijke doelgroepen van warmteoplossingen – koop- en huurwoningen en glastuinbouw - is sinds decennia dalend (gem. 1,5% respectievelijk 2% per jaar) door verbeterde installaties en isolatie.
De verwachting is dat deze autonome trend verder doorzet en dat de gasvraag (dus niet de comfortvraag) in 2030 nog eens met een kwart kan dalen ten opzichte van het huidige niveau. Deze autonome efficiencyverbetering is tot 2020 in de MKBA meegenomen (het moment dat aansluitingen gerealiseerd dienen te zijn). In de komende 50 jaar zullen zich andere technieken ontwikkelen die mogelijk leiden tot een andere NMDA-referentie en dus minder exploitatiemarge. Een verder dalende warmtevraag, nadat de warmte-aansluiting gerealiseerd is, zal het maatschappelijk rendement van alle projectalternatieven maar m.n. PA2 en PA3 onder druk zetten, tenzij er innovaties plaatsvinden zoals temperatuurverlaging en er (mede door die innovaties) meer afnemers op dezelfde netten kunnen worden aangesloten.

Gegeven deze reflecties kunnen gebiedsmaatregelen zoals warmte- en (in een aantal gevallen) koudelevering op diverse temperatuurniveaus in PA2 en PA3 een belangrijk deel van de CO_2-ambities in die gebieden tegen aanzienlijk lagere maatschappelijk kosten realiseren dan wanneer er alleen in gebouw-maatregelen zou worden geïnvesteerd om hetzelfde doel te bereiken in termen van vermeden fossiele energie.

6 Conclusies en aanbevelingen

Voor de provincie Zuid-Holland kan worden geconcludeerd dat grootschalige investering in warmte circa 4.5 miljard kost en circa 7 miljard oplevert binnen de provincie Zuid-Holland in het meest gunstige alternatief (PA2). Voor PA3 geldt een iets minder gunstig saldo. De MKBA van warmte in Zuid-Holland is hiermee positief. Het saldo van contante kosten en contante baten over 50 jaar is verschillend voor de drie routes en weergegeven in Figuur 12 en Figuur 13. Duidelijk is te zien dat PA1 (zeer sterk isoleren) zich negatief onderscheidt van PA2 en PA3. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt, met Nederland als scope, dat de marge voor PA2 beperkt is en dat een positief saldo beperkt robuust blijkt te zijn. Met de provincie Zuid-Holland als scope zijn PA2 en PA3 een stuk minder gevoelig voor wijzigingen in aannames en daarmee heeft het resultaat voor Zuid-Holland een meer robuust karakter.

Figuur 12 MKBA-resultaat provinciaal perspectief

Figuur 13 MKBA-resultaat nationaal perspectief

- Het op grote schaal benutten van het potentieel voor een reductie van 20 PJ per jaar, vergt een stevige beleidsinzet met het ontwikkelen van een groot aantal warmte-opties ten behoeve van levering aan diverse segmenten. Zowel het aantal in te zetten warmtebronnen als het deelnemend volume (hoge penetratiegraad) illustreert deze stevige ambitie.
- Met name in een langere termijninzet van verduurzaming van de woningvoorraad en glastuinbouw is warmtelevering vanuit industriële restwarmte uit het Rotterdamse havengebied in combinatie met geothermie (PA2) een kosteneffectieve oplossing in vergelijking met de andere alternatieven.

Effecten op Nederland

- In zijn algemeenheid geldt dat alle energiebesparing of duurzame energie ‘achter de meter’ een negatief effect heeft op het innen van Energie-belasting. Dit geldt eveneens voor de beschouwde projectalternatieven als gevolg van de besparing van het gebruik van gas in Zuid-Holland.
  De 20 PJ finale besparing leidt additioneel dan ook tot een aanzienlijke vermindering van Energiebelasting.
- Inzet op PA2 is ook vanuit het perspectief van Nederland de meest rendabele propositie. Dit alternatief heeft de minste bijdrage vanuit het Rijk nodig in termen van SDE(+)-subsidie en derving van Energiebelasting (EB). Met name de levering van warmte aan glastuinbouw is uit oogpunt van het Rijk interessant, aangezien de EB-derving hiermee beperkt kan blijven.

Conclusies algemeen

- In deze analyse is gekozen voor drie uitersten. De projectalternatieven kunnen echter op een slimme gecombineerd worden. Men kan het energie-gebruik van woningen en kassen optimaliseren tot een kosteneffectief en betaalbaar niveau en de rest met collectieve, duurzame maatregelen (groen gas, WKO en geothermie) invullen. Zo kan in PA2 ook gewerkt worden naar meer toevoeging van nieuwe duurzame bronnen waardoor de afhankelijkheid van restwarmte steeds minder wordt, naarmate dat deze bronnen afnemen.

- *Gebieds*maatregelen zoals warmtelevering kunnen een groot deel van de ambities in die gebieden tegen aanzienlijk lagere maatschappelijke kosten realiseren dan wanneer er eenzijdig in *gebouw*maatregelen (Energielabel B of A) zou worden geïnvesteerd. Verdergaande maatregelen (verdergaand dan 'Label B') gemiddeld over de gehele woningvoorraad zijn niet kostenneutraal maar gaan geld kosten. Met name het laatste stapje om van Energielabel B/C naar A+ te komen betekent een onevenredige vermeerdering van kosten. Daardoor is het des te belangrijker om de maatschappelijke kosten voor reductie te beperken door kosteneffectieve collectieve maatregelen (PA2 en PA3) te combineren met meer rendabele besparingsmaatregelen uit PA1 op objectniveau.
- Ook PA2 en PA3 kennen 'de wet van de afnemende meeropbrengsten' door warmteaansluitingen op plekken aan te bieden waar de warmtevraag c.q. warmtevraagdichtheid onvoldoende is en die derhalve niet meer maatschappelijk rendabel zijn.
- De investeringen moeten in verschillende onderdelen van de warmteketen plaatsvinden, de kosten en baten liggen niet altijd op de goede plek. Financierings- en aanlooprisico's, onzekerheid over opbrengsten en gebrek aan samenwerking in de warmteketen zijn mede verantwoordelijk dat een maatschappelijke positieve business-case onvoldoende van de grond komen.

Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om de volgende verdieping aan te brengen in de MKBA:

- Optimalisaties in de samenstelling van de PMC's waarbij de sterke punten van elke PMC optimaal worden benut.
- Geografische detaillering waarbij wordt gekeken naar de diverse regio's in Zuid-Holland en de daar reeds aanwezige energie-infrastructuur en mogelijkheden voor geothermie en restwarmte.
- Een analyse van de discrepantie tussen het maatschappelijke MKBA-saldo en de saldi van de business-case voor de huidige stakeholders incl. de determinatie van de factoren die maken dat bepaalde PMC's maatschappelijk wel rendabel zijn maar onder de huidige marktomstandigheden niet haalbaar zijn.
- De sturende rol die de huidige verdeling van energiebelasting over aardgas en elektriciteit kan hebben op de rentabiliteit van diverse PMC's.

Literatuur

CE Delft, 2010
Sander de Bruyn, Marisa Korteland, Agnieszka Markowska, Marc Davidson, Femke de Jong, Mart Bles, Maartje Sevenster
Handboek schaduwprijzen: waardering en weging van emissies en milieueffecten
Delft : CE Delft, 2010

CE Delft en SEO, 2012
Maikel Volkerink, Ward Rougour, Bert Tieben, Martijn Blom en Benno Schepers
Bouwen en Banen. Werkgelegenheidseffecten van energiebesparing in de gebouwde omgeving
Delft/Amsterdam : CE Delft/SEO, 2012

ECN, 2012
J. Gerdes, P. Boonekamp
Energiebesparing in Nederland 2000-2010
ECN-E--12-061
Petten : ECN, 2012

Ministerie van Financiën, 2011
Kamerbrief Reële risicovrije discontovoet en risico-opslag in maatschappelijke kostenbatenanalyses. 24 augustus 2011

Netbeheer Nederland, 2013
Energie in cijfers.
Den Haag : Netbeheer Nederland

PBL, 2012
R.A. van den Wijngaart, R.J.M. Folkert, H.E. Elzenga
Naar een duurzame warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in 2050
Den Haag : Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), 2012

PBL, 2014
Ruud van den Wijngaart, Rob Folkert en Manon van Middelkoop
Op weg naar een klimaatneutrale woningvoorraad in 2050'; investeringsopties voor een kosteneffectieve energievoorziening
Den Haag : Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), 2014

TNO en WUR, 2013
Leonard Baart de la Faille (TNO), Karl Sewalt (TNO), Peter van Weel (Wageningen UR), Feije de Zwart (Wageningen UR)
Materialen voor het nieuwe schermen
Delft : TNO Technical Sciences, 2013

Vorsätz, 2010
Vorsätz et al.
Employment Impacts of a Large-Scale Deep Building Energy Retrofit Programme in Hungary
Prepared by the Center for Climate Change and Sustainable Energy Policy (3CSEP) of Central European University, Budapest, on behalf of the European Climate Foundation, 2010

WUR, 2013
Arie de Gelder, Mary Warmenhoven, Eugenie Dings, Marc Grootscholten, Hanjo Lekkerkerk
Het Nieuwe Telen: Gerbera. Efficiëntie, Economie en Energie. Teeltseizoen 2011-2012
Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, 2013

Bijlage A Warmtevraag per segment

Hoofd	Onderverdeling			Volume in Zuid-Holland 2020	Eenheid volume	Functionele vraag 2014	Eenheid functionele vraag	Functionele vraag totaal 2014	Eenheid totale functionele vraag 2014
Woningen (stuks)	Nieuw '14-'20	Huur	Grondgebonden	73.000	woningen	26 (koude: nihil)	GJ/won/jr	1,9 (koude: nihil)	PJ/jr
			Gestapeld	148.000	woningen	12 (koude: nihil)	GJ/won/jr	1,8 (koude: nihil)	PJ/jr
		Koop	Grondgebonden	185.000	woningen	26 (koude: PM)	GJ/won/jr	4,8 (koude: PM)	PJ/jr
			Gestapeld	77.000	woningen	12 (koude: PM)	GJ/won/jr	0,9 (koude: PM)	PJ/jr
	Bestaand '12	Huur	Grondgebonden	238.000	woningen	44	GJ/won/jr	10,5	PJ/jr
			Gestapeld	487.000	woningen	22	GJ/won/jr	10,5	PJ/jr
		Koop	Grondgebonden	608.000	woningen	44	GJ/won/jr	26,8	PJ/jr
			Gestapeld	254.000	woningen	22	GJ/won/jr	5,5	PJ/jr
Glastuinbouw (hectare)	Nieuw '12-'20	Niet-belichtende bedrijven met WKK 2014		190	hectare	6.545 (200 ton CO_2/ha/jr)	GJ/ha/jr	1,2 (CO_2: 37 kton/jr)	PJ/jr
		Bedrijven zonder WKK 2014		260	hectare	3.485 (200 ton CO_2/ha/jr)	GJ/ha/jr	0,9 (CO_2: 51 kton/jr)	PJ/jr
		Belichtende bedrijven met WKK 2014		260	hectare	8.160 (200 ton CO_2/ha/jr)	GJ/ha/jr	2,1 (CO_2: 51 kton/jr)	PJ/jr
	Bestaand '11	Niet-belichtende bedrijven met WKK 2014		1.400	hectare	5.540 (200 ton CO_2/ha/jr)	GJ/ha/jr	7,8 (CO_2: 270 kton/jr)	PJ/jr
		Bedrijven zonder WKK 2014		1.900	hectare	5.540 (200 ton CO_2/ha/jr)	GJ/ha/jr	10,5 (CO_2: 380 kton/jr)	PJ/jr
		Belichtende bedrijven met WKK 2014		1.900	hectare	9.420 (200 ton CO_2/ha/jr)	GJ/ha/jr	17,9 (CO_2: 380 kton/jr)	PJ/jr
Kantoren (m^2 VVO)	Nieuw '14-'20	Kantoren met koelvraag		950.000	m^2 VVO	180 (koude: 180 MJ/m^2 VVO/jr)	MJ/m^2 VVO/jr	0,2 (koude: 0,2 PJ/jr)	PJ/jr
	Bestaand '12	Kantoren met beperkte koelvraag		3.800.000	m^2 VVO	350 (koude: 40 MJ/m^2 VVO/jr	MJ/m^2 VVO/jr	1,3 (koude: 0,2 PJ/jr	PJ/jr
		Kantoren met grote koelvraag		7.900.000	m^2 VVO	310 (koude: 110 MJ/m^2 VVO/jr)	MJ/m^2 VVO/jr	2,4 (koude: 0,9 PJ/jr)	PJ/jr
TOTAAL				2.070.000 5.910 12.650.000	woningen hectare m^2 VVO	-		**107,0** (CO_2: 1170 kton/jr) (koude: 1,3 + PM PJ/jr)	**PJ/jr**

Bijlage B Selectie van kansrijke PMC's

B.1 Beschrijving PMC's

De PMC's worden als volgt gedefinieerd:

Markten (gebruikersgroepen)

De *gebruikersgroepen* voor deze MKBA zijn:

- woningbouw (bestaand en nieuwbouw, grondgebonden en gestapeld, huur- en koopsegment);
- glastuinbouw (bestaand en nieuwbouw, bedrijven zonder assimilatie-belichting maar met warmtekrachtkoppeling (WKK), bedrijven met zowel assimilatiebelichting als WKK en bedrijven zonder assimilatiebelichting en zonder WKK);
- kantoren (bestaand en nieuw).

Producten (warmteoplossingen)

Als *warmteoplossingen* met bijbehorende infrastructuur (warmteketens) beschouwen we zowel individuele als collectieve opties:

- **individuele opties**:
  - de traditionele CV-ketel op aardgas (deze geldt als referentie);
  - besparing op het warmtegebruik door (na-)isolatie en verbeterde ventilatie (mechanische ventilatie resp. warmteterugwinning);
  - zonthermische installaties op woning/gebouwschaal;
  - elektrische warmtepompen op het niveau van 1 woning, 1 kas of 1 kantoor met gebruik van buitenlucht of bodemwarmte.
- **collectieve opties**:
  - biomassaketels (hout/bio-olie, m.n. voor collectieve verwarmings-installaties);
  - een traditioneel stadsverwarmingsnet op hoge temperatuur (90/70 °C) op basis van diverse bronnen (AVI, elektriciteitscentrale, industriële restwarmte);
  - een midden-temperatuurwarmtenet (70/40°C) op basis van diverse bronnen (geothermie, industriële restwarmte);
  - optioneel een lage-temperatuurwarmtenet (40/25°C) op basis van diverse bronnen (ondiepe geothermiebron, als cascade van middentemperatuur-geothermiebron, industriële restwarmte) gevolgd door een warmtepomp specifiek voor warmtapwater en mogelijk ook voor ruimtekoeling;
  - een WKO-net (< 20°C) incl. een warmtepomp voor warm tapwater en ruimteverwarming;
  - klein-collectieve vormen (aantal woningen, enkele kantoren) van bovengenoemde warmtenetten c.q. -bronnen.

Hiermee dekken we alle mogelijkheden af die de komende 10-20 jaar in voldoende mate op de markt zullen zijn of kunnen komen.

Energie-infrastructuur

Elke warmteoplossing heeft een zekere vorm van energie-infrastructuur nodig. Oplossingen op gebouwniveau (zoals schilisolatie, groen gas of warmtepompen op elektriciteit of aardgas) kunnen veelal gebruik maken van de bestaande infrastructuur (gasnet, elektriciteitsnet). In veel gevallen in de bestaande bouw hebben deze netwerken nog een restcapaciteit; alleen wanneer de penetratie van bijv. elektrische warmtepompen lokaal heel groot wordt, is een verzwaring/uitbreiding of een verslimming (bijv. vraagsturing) van het net

nodig. In deze MKBA is daarmee geen rekening gehouden. De benutting van warmte van industrieën, afvalverbranding of geothermische bronnen vraagt om een specifieke warmte-infrastructuur. Afhankelijk van het aantal te bedienen afnemers is daarvoor een regionaal, stedelijk of lokaal warmtenet nodig. Soms dat net er al (o.a. in delen van Rotterdam, Den Haag en Leiden) maar bij een grotere inzet van (rest-) warmte is een forse uitbreiding van die netwerken nodig.

B.2 Selectie van PMC's

Voor de selectie van geschikte PMC's is een filteringproces gevolgd. Daarbij zijn vier criteria gebruikt waarop de *markten* resp. de *producten* zijn gescoord:

- **Volume** van het betreffende marktsegment in aantallen woonequivalenten of m^2 BVO. Een groter volume van een *markt* krijgt een hogere score.
- **Warmtevraagdichtheid** van de betreffende marktsegmenten, waarbij rekening is gehouden met relevante aanscherpingen van het energiebeleid en de gevolgen voor de warmtevraag. Een *markt* met een hogere warmtedichtheid krijgt een hogere score.
- **Invloed warmtevraagdichtheid** op de betreffende PMC. Een aantal *producten* heeft een relatief hoge warmtevraagdichtheid nodig. Hoe lager de gevoeligheid voor de hoogte van de warmtevraagdichtheid, hoe hoger hier de score.
- **Stakeholderstructuur** oftewel de complexiteit van investeringsbeslissingen voor de diverse warmteoplossingen. Binnen elke *markt* is dit voor elk product gelijk.

In Figuur 14 is het eindresultaat weergegeven.

Figuur 14 PMC-matrix

Markt (gebruikersgroep)				Product (warmteoplossing)										
				Individueel				Collectief						
Hoofd	Onderverdeling			Energiebesparing (=schilmaatregelen en ventilatie)	Aardgas CV wordt Groen Gas CV (max. 8% penetratie)	Warmtepomp met buitenlucht of bodemenergie	Hybride / gas-warmtepomp	Smart Thermal Grid Zuid-Holland ('warmterotonde')			Midden-temperatuur-warmtenet		Lage temperatuur-warmtenet	Klein-collectief net
								Afvalverbranding	Industriële restwarmte	Hoge temperatuur geothermie/ bio-warmte	Middentempewratuur geothermie	Middentemperatuur biowarmte	Lage tempartuur geothermie	Warmte-Koude-Opslag (WKO)
Woningen	Nieuw	Huur	Grondgeb.	8	8	8	8	6	6	6	7	7	7	7
			Gestapeld	9	9	9	9	7	7	7	8	8	8	8
		Koop	Grondgeb.	7	7	7	7	5	5	5	6	6	6	6
			Gestapeld	8	8	8	8	6	6	6	7	7	7	7
	Bestaand	Huur	Grondgeb.	10	10	10	10	8	8	8	9	9	9	9
			Gestapeld	11	11	11	11	10	10	10	11	11	11	11
		Koop	Grondgeb.	10	10	10	10	7	7	7	8	8	8	8
			Gestapeld	9	9	9	9	7	7	7	8	8	8	8
Glastuinbouw	Nieuw	Onbelicht met WKK		9	9	9	9	7	7	7	8	8	8	8
		Bedrijven zonder WKK		9	9	9	9	7	7	7	8	8	8	8
		Belicht met WKK		8	8	8	8	6	6	6	7	7	7	7
	Bestaand	Onbelicht met WKK		11	11	11	11	9	9	9	10	10	10	10
		Bedrijven zonder WKK		12	12	12	12	10	10	10	11	11	11	11
		Belicht met WKK		10	10	10	10	8	8	8	9	9	9	9
Kantoren	Nieuw	Met koelvraag		7	7	7	7	5	5	5	6	6	6	6
	Bestaand	Beperkte koelvraag		7	7	7	7	5	5	5	6	6	6	6
		Grote koelvraag		8	8	8	8	6	6	6	7	7	7	7

In Figuur 14 staan in verticale richting (op de regels) de markten (gebruikers) aangeven waar de MKBA zich op focust. In horizontale richting (in de kolommen) zijn de producten (warmteoplossingen) aangeven. De markten bestaan uit 3 hoofdmarkten (woningbouw, glastuinbouw en kantoren) en daarbinnen in totaal 17 deelmarkten. Verder zijn er 2 productgroepen (individueel en collectief), bestaande uit 11 afzonderlijk producten. Feitelijk zijn in de tabel dus 17 x 11 = 187 PMC's weergeven. De cijfers in de tabel vormen de totalen van de optelling van de scores op de vier genoemde criteria (volume functionele warmtevraag, warmtevraagdichtheid, invloed van de warmtevraagdichtheid en stakeholdercomplexiteit (om te investeren in oplossingen). In elk filter zijn 1, 2 of 3 punten te verdienen (1: laag/weinig, 2: gemiddeld, 3: hoog/sterk). Het minimum puntenaantal is dus 4, het maximum is 12. Omdat 187 PMC's een onwerkbaar aantal is, hebben we puntentotalen ingedeeld in drie groepen (4-7 punten: rode kleur, 8-9 punten: geel, 10-12: groen). Vervolgens zijn de 42 groengekleurde PMC's en -als 'achtervang'- de hoogst scorende geelgekleurde PMC's als vertrekpunt gekozen voor de samenstelling van de projectalternatieven.

De roodgekleurde en laag genummerde gele PMC's zijn in de MKBA dus verder niet meer beschouwd. Dit betekent dus dat:

- de complete woningnieuwbouw (laag volume aan warmtevraag, daarmee ook lage warmtevraagdichtheid (zeker grondgebonden woningen);
- de kantorenmarkt (laag volume (3,5% van warmtevraag gebouwde omgeving), lastige stakeholderstructuur (regelmatig 'split incentive'); en
- de nieuwe glastuinbouw (relatief klein aandeel van de warmtevraag (4,5% in 2020) en deel lage dichtheid (belichtende bedrijven met WKK).

in hun geheel niet bijdragen aan de projectalternatieven in deze MKBA. Dit wil alleen maar zeggen dat deze sectoren sec onvoldoende zijn voor een 'massieve ambitie' zoals de genoemde 20 PJ/jr. Dit betekent nadrukkelijk niet dat er in deze sectoren geen aandacht meer hoeft te zijn voor verduurzaming van het energiegebruik.

Bijlage C Bepaling CO_2-reductie

C.1 Emissiefactoren CO_2

De jaarlijkse uitstoot reductie is bepaald door het verschil tussen de emissies in de referentie (finale vraag naar aardgas vermenigvuldigd met een CO_2-emissiefactor van 56,8 kg/KGJ) en in de projectalternatieven te berekenen. De emissies in de projectalternatieven zijn berekend door de invulling van de finale vraag naar warmtebron (zie Tabel 26 t/m Tabel 28) te vermenigvuldigen met de bijbehorende emissiefactoren (zie Tabel 44).

Tabel 44 CO_2-emissiefactoren naar bron in kg/GJ

Warmtebron	CO_2-uitstoot per geleverde GJ in kg/GJ 2014	CO_2-uitstoot per geleverde GJ in kg/GJ 2050
Aardgas	56,8	56,8
Afvalverbranding	12	12
Industriële restwarmte	0	0
HT geothermie/bio-warmte	0	0
Groen Gas	0	0
Elektriciteit	153	Nog te bepalen[a]
MT geothermie	0	0
MT biowarmte	1	1
LT geothermie	0	0
WKO	0	0

[a] In deze conceptresultaten is dit nog niet verwerkt en is voor alle jaren gerekend met een emissiefactor van 153 kg/GJ.

C.2 Emissiefactoren overige emissies

De gehanteerde set kentallen is weergegeven in Tabel 45. Tabel 46 vat de totale baten van vermeden luchtvervuilende emissies samen.

Tabel 45 Schaduwprijzen voor luchtvervuilende emissies in $€_{2014}$ per kg of per ton

Emissie	Schaduwprijs in $€_{2014}$		
	Midden	Laag	Hoog
NO_x (per kg)	11	6	22
PM (per kg)	58	29	116
SO_2 (per ton)	715	357	1.429

Tabel 46 Luchtvervuilende missiefactoren naar bron in g/GJ

Bron	NO_x in g/GJ	PM in g/GJ	SO_2 in g/GJ
Aardgas	20	0,0	0
Afvalverbranding	36	0,2	0,9
Industriële restwarmte	0	0,0	0
HT geothermie/bio-warmte	0	0,0	0
Groen gas	0	0,0	0
Elektriciteit	140	0,0	43
MT geothermie	0	0,0	0
MT biowarmte	0	0,0	0
LT geothermie	0	0,0	0
WKO	0	0,0	0