

**FLEXIBELE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR
IN WONINGEN**

M. Menkveld
M.J.J. Scheepers
H. Jeeninga

Verantwoording

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Novem en gefinancierd in het kader van het Besluit subsidies energieprogramma's (BSE 2001). Het project staat bij Novem bekend onder nummer 168191.0301. Contactpersoon is ir. P.A.J.M. Heijnen.

Dank is verschuldigd aan Evert Sjoerdsma (ECN) voor zijn adviezen bij totstandkoming van Hoofdstuk 2 van dit rapport en aan de heer Meijns (M&O techniek, Wormer) voor zijn kostenramingen van installatietechnische maatregelen in Hoofdstuk 3.

Bij ECN Beleidsstudies is dit project bekend onder het nummer 7.7383.

Abstract

In this study an overview was made of the structural and installation supplies in new dwellings that can make it more simple to apply sustainable energy technologies later.

INHOUD

SAMENVATTING	4
1. INLEIDING	7
1.1 Probleemstelling	7
1.2 Onderzoeksopzet	7
2. INSTALLATIETECHNISCHE EN BOUWKUNDIGE EISEN	10
2.1 Witgoed apparaten	10
2.2 Warm tapwater bereiding	12
2.3 Ruimteverwarming	13
2.4 Elektriciteitsproductie	15
2.5 Overzicht van de installatietechnische en bouwkundige eisen	18
2.6 Beperkingen voor toepassen van energiezuinige en duurzame energietechnieken	18
3. ECONOMISCHE AFWEGING VAN INVESTERINGEN	20
3.1 Inleiding	20
3.2 Economische criteria	20
3.3 Maatregelen met en zonder initiële kosten	21
3.4 Raming van investeringen voor installatietechnische voorzieningen	22
3.5 Economische afweging	25
4. POTENTIELE ENERGIEBESPARING EN EMISSIEREDUCTIE	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Energiebesparing en emissiereductie per woning	27
4.3 Potentiële CO2-reductie	28
5. MOGELIJKHEDEN VOOR GEMEENTEN	31
5.1 Het planproces	31
5.2 Gemeentelijk DuBo-beleid	33
6. CONCEPT TEKST VOOR EEN BROCHURE VOOR GEMEENTEN	35
REFERENTIES	39
BIJLAGE A REFERENTIE BIJ BESPARINGSBEREKNINGEN	40
BIJLAGE B POTENTIËLE BESPARING EN EMISSIEREDUCTIE PER TECHNIEK	41

SAMENVATTING

Bij toepassing van energiezuinige installaties en duurzame energiebronnen in bestaande woningen kan de eigenaar geconfronteerd worden met relatief hoge kosten voor aanleg van infrastructuur in de woning (leidingen voor gas, elektriciteit en warmwater) of andere noodzakelijke aanpassingen. Wanneer bij nieuwbouwwoningen rekening zou worden gehouden met de toekomstige toepassing van deze installaties kunnen deze implementatieproblemen worden voorkomen. In opdracht van Novem heeft ECN voor een aantal energiezuinige en duurzame energietechnieken onderzocht welke bouwkundige en installatietechnische voorzieningen nodig zijn als voorbereiding op de toekomstige toepassing van deze technieken en welke maatregelen daarvan in termen van kostenefficiëntie en besparing effectief zijn. Tabel S.1 geeft een overzicht van de aanbevolen voorzieningen.

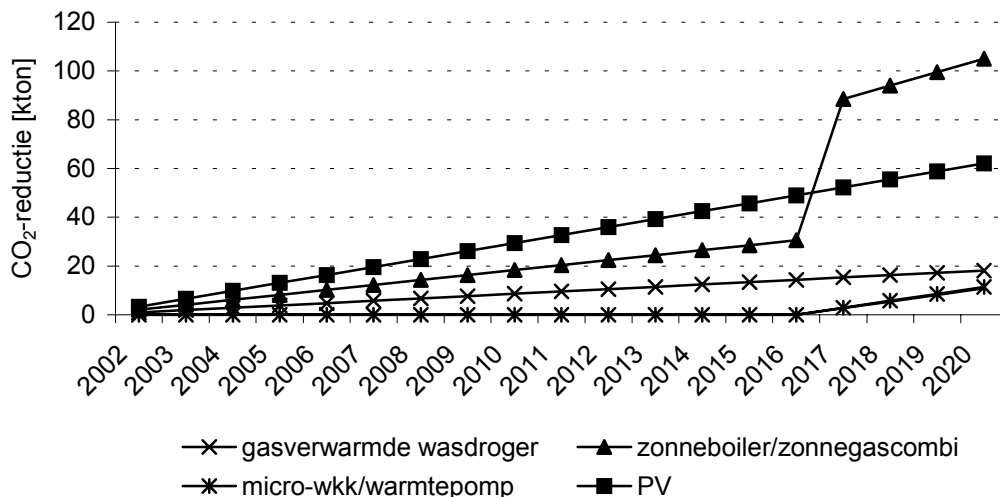
Tabel S.1 *Overzicht van installatietechnische en bouwkundige voorzieningen*

Installatietechnisch	Bouwkundig	Gasverwarmde wasdroger	Zonneboiler	Zonnegas-combi	Warmtepomp voor ruimteverwarming	Microwarmtekracht	Fotovoltaïsche cellen (PV)
Gasaansluiting bij wasmachine		×					
Cv-ketel geschikt als naverwarmer			×		×		
Lage temperatuur cv-systeem					×		
Aparte groep in de meterkast en extra elektriciteitsleiding naar zolder					×	×	×
In meterkast ruimte voor extra elektriciteitsmeter						×	×
	Ruimte op plat dak of zongericht hellend dak		×	×			×
	Cv-ketel opstelling onder (schuin) dak		×	×	×		
	Ruimte voor buffervat		×	×	×	×	

Voor zover realisatie van die voorzieningen een initiële investering vergt, is beoordeeld of deze vanuit kosten oogpunt efficiënt is. Investerings voor installatietechnische en bouwkundige voorzieningen kunnen bij nieuwbouw zinvol zijn wanneer zij tegen lagere kosten kunnen worden gerealiseerd dan wanneer de woning eenmaal in gebruik is. Als daarbij ook nog eens rekening wordt gehouden met de rente op de investering dan moet een toekomstige investering ruim twee maal hoger zijn dan de initiële investering, wil het kostenefficiënt zijn om de betreffende maatregelen bij nieuwbouw te realiseren. Alleen een ventilatievoorziening voor een gasverwarmde wasdroger en vloerverwarming als lage temperatuurverwarming in de nieuwbouw voldoen niet aan dit criterium. Deze maatregelen strekken niet tot de aanbeveling en zijn niet in Tabel S.1 opgenomen. Er is een raming gemaakt van investeringen voor installatietechnische voorzieningen voor de drie typen woningen in het geval van voorbereiding bij nieuwbouw en in het geval van realisatie achteraf tijdens de gebruiksfase van een woning. Het in Tabel S.1 gepresenteerde totale pakket aan 'flexibele energie-infrastructuur maatregelen' kost bij elkaar minder dan 400 euro.

Vervolgens is de reductie van CO₂-emissies bepaald die met de toepassing van de energietechnieken kan worden bereikt. Figuur S.2 geeft een beeld van de potentiële CO₂-reductie door de toepassing van energietechnieken in woningen die bij nieuwbouw zijn voorzien van een flexibele energie-infrastructuur. Bij de inschatting van de CO₂-reductie is rekening gehouden met het vervangingsmoment van installaties. De zonnegas-combi, warmtepomp of micro-warmtekrachtkoppeling (wkk) die de HR-ketel vervangen zullen in deze woningen daarom niet eerder dan vanaf 2017 worden toegepast. Bewoners nemen bij verhuizing naar een nieuwbouwwoning hun wasdroger mee, ieder jaar zullen er van die wasdrogers een aantal aan vervanging toe zijn. De toepassing van een zonneboiler of PV zijn niet aan een vervangingsmoment gebonden. Aangenomen is dat 10% van de huiseigenaren daadwerkelijk overgaat tot de aanschaf van een gasverwarmde wasdroger (bij vervanging), een zonneboiler en PV. Ook is aangenomen dat bij vervanging van de ketel 20% van de huiseigenaren kiest voor een zonnegas-combi 20% voor een warmtepompsysteem en 20% voor een micro-wkk-installatie¹.

De energiebesparing en emissiereductie van hot-fill apparatuur en de warmtepompboiler zijn (t.o.v. de andere technieken) relatief gering. Daarom zijn maatregelen als voorbereiding voor de toepassing van deze technieken niet in de aanbevelingen opgenomen, en ontbreken deze technieken in Tabel S.1.



Figuur S.2 *Ontwikkeling landelijke potentiële CO₂-reductie van energietechnieken in nieuwbouw met flexibele energie-infrastructuur*

Gemeenten stellen de ambities bij nieuwbouwprojecten. In een masterplan of stedenbouwkundig plan wordt de ruimtelijke hoofdstructuur van een wijk vastgelegd. Die hoofdstructuur is een ruimtelijke vertaling van eisen en ambities, zoals dichtheden, woningaantallen, verkeersstructuur en voorzieningen. Ook de keuze voor zongericht verkavelen kan daarin worden vastgelegd. Een volgende stap in het planningsproces van een nieuwbouwwijk is het bestemmingsplan. Dit plan is een juridische vertaling van het Programma van Eisen (PvE). Hierin zijn concrete uitgangspunten, eisen en wensen als basis voor de verdere planontwikkeling opgenomen. Ook de aanwezigheid van installatietechnische en bouwkundige voorzieningen als voorbereiding voor de toekomstige toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken kan in het PvE worden opgenomen. Via de bouwvergunningen kunnen bouwplannen worden getoetst aan het bestemmingsplan.

¹ De percentages, 10% voor de wasdroger, zonneboiler en PV en 20% voor de zonnegas-combi, warmtepomp en micro-warmtekrachtkoppeling zijn zo gekozen dat de toepassing t.o.v. de huidige penetratiegraad een behoorlijk marktaandeel krijgt, maar ook weer niet te hoog zodat het onrealistisch zou zijn. Bewust is voor 'ronde' getallen gekozen, zodat eenieder die zijn eigen inschatting wil maken de mate van toepassing en bijbehorende CO₂-reductie makkelijk kan opschalen.

De realisatie van een flexibele energie-infrastructuur kan gezien worden als onderdeel van Duurzaam Bouwen. Veel gemeenten voeren reeds een DuBo-beleid door voorwaarden bij gronduitgifte en privaatrechtelijke instrumenten (contracten). De installatietechnische en bouwkundige voorzieningen kunnen onderdeel van dat beleid worden gemaakt.

1. INLEIDING

1.1 Probleemstelling

De overheid stimuleert het gebruik van energiezuinige installaties en duurzame energiebronnen in woningen. Door technische ontwikkelingen en kostendaling zullen bewoners in de toekomst een toenemende keuze hebben in de wijze waarop warmte en elektriciteit in de woning wordt gegenereerd en gebruikt. De keuzevrijheid van bewoners met betrekking tot energie wordt nog versterkt door liberalisering van de energiemarkt. Vanaf 2004 kunnen bewoners zelf kiezen bij welk bedrijf zij energie afnemen. Voor groene stroom is dat nu al mogelijk. Bij toepassing van energiezuinige installaties en duurzame energiebronnen in bestaande woningen kan de bewoner geconfronteerd worden met relatief hoge kosten voor aanleg van infrastructuur in de woning (leidingen voor gas, elektriciteit en warmwater) of andere noodzakelijke aanpassingen. Wanneer bij nieuwbouwwoningen rekening zou worden gehouden met de toekomstige toepassing van deze installaties kunnen deze implementatieproblemen worden voorkomen.

In de huidige praktijk wordt bij de aanleg van de energie-infrastructuur in de woning (gas-, elektriciteit- en warmwaterleidingen) alleen rekening gehouden met energie-installaties zoals die bij de nieuwbouw worden geïnstalleerd. Projectontwikkelaars en architecten zouden echter ook rekening moeten houden met toekomstig gebruik van energiezuinige en duurzame energie-installaties. Gemeenten zouden moeten stimuleren dat projectontwikkelaars en architecten dat ook daadwerkelijk gaan doen.

De vraag is nu welke maatregelen bij de bouw van een woning getroffen moeten worden voor toekomstige toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken. Vervolgens is het de vraag of het vanuit kosten oogpunt 'efficiënt' is de investering in die maatregelen bij nieuwbouw te doen in plaats van realisatie van die maatregelen bij toepassing van de energietechniek op een later moment. Als het gaat om een efficiënte investering, dan is het nog de vraag of de investering wel 'effectief' is: of de baten (energiebesparing) opwegen tegen de kosten (investeringen). En tenslotte is het de vraag welke stappen een gemeente moet zetten om te komen tot de gewenste flexibiliteit t.a.v. de toepassing van nieuwe technologie in de woning.

De resultaten en verantwoording over de manier waarop ze tot stand zijn gekomen zijn in dit rapport voor Novem en andere deskundigen weergegeven. Omdat de kennis uiteindelijk moet worden overgedragen aan gemeenten sluit dit rapport af met een beknopte beschrijving in een tekst geschikt voor een separate brochure.

1.2 Onderzoeksopzet

Het onderzoek bestond uit de volgende activiteiten:

- Inventariseren van additionele installatietechnische en bouwkundige eisen die gesteld worden aan een woning bij toepassing van nieuwe energiebesparende en duurzame energietechnologie.
- Bepalen van de kosten van het implementeren van die eisen.
- Bepalen van de emissiereductie die hiermee bereikt kan worden.
- Beschrijven van de mogelijkheden voor gemeenten om de gewenste flexibiliteit in de woning daadwerkelijk te realiseren.

Energietechnologieën

Het onderzoek heeft betrekking op een vooraf geselecteerd aantal energiezuinige en duurzame energietechnologieën. Het betreft zowel apparaten en installaties die nu al op de markt zijn als technologieën die in ontwikkeling zijn en over enkele jaren op de markt worden verwacht. In Tabel 1.1 worden de technologieën weergegeven voorzien van enkele kenmerken. De verschillende technologieën zijn opgedeeld in vier categorieën: witgoed apparaten, warm tapwater bereiding, ruimteverwarming en elektriciteitsproductie.

Tabel 1.1 *In onderzoek betrokken energiezuinige en duurzame energietechnologieën*

Technologie	Energiebron	Status	Opmerking
<i>Witgoed apparaten</i>			
Gasverwarmde wasdroger	Gas	Commercieel verkrijgbaar	
Hot-fill	Warm tapwater van boiler of ketel	In ontwikkeling	Huidige wasmachines en vaatwassers zijn nog onvoldoende geschikt voor deze technologie
<i>Warm tapwater bereiding</i>			
Zonneboiler	Zonne-energie in combinatie met gas of elektriciteit	Commercieel verkrijgbaar	Naverwarming met gasverwarmde combiketel of op tapwatertemperatuur geregelde geiser
Warmtepompboiler	Elektriciteit in combinatie met omgevingswarmte	Commercieel verkrijgbaar	
<i>Ruimteverwarming</i>			
Zonnegas-combi	Zonne-energie en gas	Commercieel vergelijkbaar	In plaats van alleen het warm tapwater wordt de woning met zonne-energie bijverwarmd.
Warmtepomp	Elektriciteit of gas in combinatie met omgevingswarmte	Commercieel verkrijgbaar/ demonstratie	Twee varianten mogelijk: aansluiting op een radiatorensysteem of luchtverwarmingssysteem
Micro-warmtekracht	Gas	In ontwikkeling	Een micro-warmtekracht-installatie produceert warmte voor ruimteverwarming of warm tapwater bereiding
<i>Elektriciteitsproductie</i>			
Fotovoltaïsche cellen (PV)	Zonne-energie	Commercieel verkrijgbaar	
Micro-warmtekracht	Gas	In ontwikkeling	Een micro-warmtekracht-installatie produceert elektriciteit voor de woning

Omdat energieopslag altijd wordt toegepast in combinatie met één van de in Tabel 1.1 genoemde technologieën wordt energieopslag en de daarvoor benodigde technische installaties hier niet als aparte technologie beschouwt.

Uitgangspunt voor het onderzoek is dat de nieuwbouwwoning is aangesloten op het gas- en elektriciteitsnet. Apart wordt aangegeven wat de consequenties zijn voor een woning die bij nieuwbouw wordt aangesloten op een warmtenet voor toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnologie en de daarvoor gewenste energie-infrastructuur en andere voorzieningen.

Voor de installatietechnische en bouwkundige maatregelen die nodig zijn voor de implementatie van de in Tabel 1.1 genoemde technologieën heeft een bepaling plaatsgevonden van het kostenverschil tussen realisatie tijdens de nieuwbouw en het aanbrengen achteraf. Ook is de potentiële energiebesparing en CO₂-reductie van de verschillende technologieën ingeschat. Tenslotte

wordt aangegeven hoe gemeenten ervoor kunnen zorgen dat de gewenste flexibiliteit ten aanzien van de energiezuinige en duurzame energietechnologie bij nieuwbouw kan worden gerealiseerd.

Leeswijzer

Voor de verschillende technologieën wordt in Hoofdstuk 2 vastgesteld welke installatietechnische en bouwkundige eisen aan een woning worden gesteld. Aan de hand hiervan wordt vervolgens bepaald welke maatregelen bij nieuwbouw in woningen nodig zijn om deze technologieën in een later stadium te kunnen toepassen. Een inschatting van het kostenverschil van initieel genomen maatregelen met de in een later stadium genomen maatregelen komt in Hoofdstuk 3 aan de orde. Hoofdstuk 4 bespreekt de potentiële energiebesparing en emissiereductie. Tenslotte wordt in Hoofdstuk 5 nagegaan op welke wijze gemeenten projectontwikkelaars en architecten kunnen bewegen de gewenste flexibiliteit ten aanzien van toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnologie in nieuwbouwwoningen te realiseren. Hoofdstuk 6 sluit dit rapport af met een samenvatting van de bevindingen in een vorm die voor verdere verspreiding richting gemeenten kan worden gebruikt.

2. INSTALLATIETECHNISCHE EN BOUWKUNDIGE EISEN

In dit hoofdstuk wordt nagegaan welke installatietechnische en bouwkundige eisen aan een woning worden gesteld bij toepassing van de in Hoofdstuk 1 genoemde energietechnologieën. In de Paragrafen 2.1 tot en met 2.4 komen de vier categorieën energietechnologie aan de orde: witgoed apparaten, warm tapwater bereiding, ruimteverwarming en elektriciteitsproductie. Aan de hand van de installatietechnische en bouwkundige eisen wordt vervolgens in Paragraaf 2.5 bepaald welke maatregelen bij nieuwbouw in woningen nodig zijn om deze technologieën in een later stadium te kunnen toepassen. Paragraaf 2.6 bespreekt een aantal beperkingen voor het toepassen van energiezuinige en duurzame energietechnologieën en de consequenties voor woningen aangesloten op een warmtenet.

In het onderzoek wordt ervan uitgegaan dat voor de nieuwbouwwoning een EPC-eis geldt van 1,0. Voorts wordt ervan uitgegaan dat de woning wordt verwarmd met een HR-ketel en radiatoren (90-70°C) of met een HR-luchtverwarmingsetel en de aanwezigheid van een warmte-terugwinnings-unit.

2.1 Witgoed apparaten

Gasverwarmde wasdroger

Voor een wasdroger die met gas wordt verwarmd gelden twee soorten eisen:

- *Locatie van de wasdroger*
Bewoners zullen er de voorkeur aan geven dat de wasdroger in de buurt van de wasmachine kan worden geplaatst. Een gasverwarmde wasdroger kan niet boven op de wasmachine worden geplaatst (i.v.m. trillingen) zoals bij elektrisch verwarmde wasdrogers het geval is. Een gasverwarmde wasdroger zal dus bij voorkeur pal naast de wasmachine worden geplaatst.
- *Installatie-eisen*
Een gasverwarmde wasdroger heeft zowel een gasaansluiting nodig als een elektriciteitsaansluiting. De uitgestoten lucht, die waterdamp en verbrandingsgassen bevat, moet naar buiten kunnen worden afgevoerd. De opstellingsruimte moet goed geventileerd kunnen worden in verband met de aanzuiging van drooglucht en verbrandingslucht (ca. 200 m³/uur).

Vanwege de noodzakelijke gasaansluiting en de mogelijkheid lucht te kunnen afvoeren zou de gasverwarmde wasdroger (en de wasmachine) bij voorkeur in de buurt van de cv-ketel of de keuken moeten worden geplaatst. Voor de cv-ketel en de keuken geldt dat zowel een gasaansluiting aanwezig is als reeds bestaande voorzieningen voor afvoeren van respectievelijk verbrandingsgassen en kookdampen.

Voor de aanvoer van voldoende ventilatielucht volstaat een klep of rooster in het raam, buitenmuur of dak.

De wasdroger heeft een aparte luchtafvoer nodig. Een gecombineerde luchtafvoer met die van de afzuiginstallatie in de keuken of de verbrandingsgas-afvoer van de cv-ketel is niet mogelijk. Voor het afvoeren van lucht is een hittebestendige kunststof of aluminium buis nodig met een diameter van 100 mm tot 150 mm. Grote buislengten en bochten moeten worden vermeden omdat hierdoor de droogtijd en het energiegebruik nadelig worden beïnvloed.

Een luchtafvoerbuis zal pas geplaatst worden wanneer de wasdroger wordt geïnstalleerd. Alleen in geval van opstellingen in een appartement waarbij geen geveluitmonding mogelijk is, kan het wenselijk zijn bij de bouw reeds een afvoerbuis aan te brengen of rekening te houden met het op een later moment aanbrengen daarvan.

De additionele installatietechnische en bouwkundige eisen voor een gasverwarmde droger zijn:

- Opstelling in de nabijheid van de cv-ketel of keuken en combineren met de opstelling van de wasmachine.
- Aanbrengen van een extra gasaansluiting.
- (Mogelijkheid tot aanbrengen van) voorziening voor ventilatielucht.
- Bij appartement, wanneer geen geveluitmonding mogelijk is: (mogelijkheid tot aanbrengen van) een luchtafvoerbuis.

Hot-fill

Hot-fill kan in principe worden toegepast voor de wasmachine of vaatwasser. In plaats van de opwarming van koud water door de machine zelf, wordt warm water betrokken van de warm waterbereiding van de woning of uit een warmteditributienet waarop de woning is aangesloten.

Op dit moment zijn er nauwelijks wasmachines op de Nederlandse markt die geschikt zijn voor hot-fill. Met hot-fill kan echter wel energiebesparing worden gerealiseerd. Wanneer onder invloed van verscherpte eisen voor het energielabel de mogelijkheden voor energiebesparing van elektrisch verwarmde wasmachines uitgeput raken, zullen fabrikanten mogelijk overstappen naar hot-fill. In principe zijn twee er twee mogelijkheden voor hot-fill in een wasmachine: de wasmachine kan direct worden gevuld met warm water, of koud water kan via een warmtewisselaar worden opgewarmd vanuit de cv. In beide gevallen is een geleidelijke opwarming van het water gewenst in verband met een goede werking van het wasmiddel.

Vaatwassers konden altijd al wel direct op de warm waterleiding worden aangesloten. De energiebesparing was echter discutabel omdat bij een conventionele aansluiting een koude spoelgang werd toegepast die bij aansluiting op een warm waterleiding met verwarmd water wordt uitgevoerd. Bovendien werd de aanvoer van warmwater bemoeilijkt, vanwege de leidinglengte naar het warmwatertoestel en de opstarttijd van de combiketel (in moderne combiketels is dit probleem tegenwoordig ondervangen). Bij moderne vaatwassers wordt, om door condensatie het droogproces te bevorderen, koud water toegepast in de wand van de machine. Dit maakt deze machines voor hot-fill minder geschikt. Ook bij vaatwassers zal door aanscherping van het energielabel gezocht worden naar nieuwe mogelijkheden voor energiebesparing. Deze ontwikkeling biedt wel weer mogelijkheden voor hot-fill vaatwassers.

Om hot-fill in wasmachines en vaatwassers mogelijk te maken zullen deze machines op zowel de koud- als warmwaterleiding moeten kunnen worden aangesloten. Vaatwassers worden in de keuken geplaatst waar al een warmwater aansluiting aanwezig is.

Wasmachines zullen niet automatisch geplaatst worden in de buurt van een warm wateraansluiting, hoewel een opstelling in nabijheid van keuken of cv-ketel wel tot de mogelijkheden kan behoren. Is dit niet het geval dan zal een extra warmwaterleiding nodig zijn. De lengte van deze leiding is afhankelijk van de opstelling van de wasmachine ten opzichte van de installatie die het warm water produceert.

De additionele installatietechnische en bouwkundige eisen voor een hot-fill toepassing van vaatwasser of wasmachine is: 'Een aansluiting voor warmwater bij de opstelplaats voor wasmachine en vaatwasser.'

2.2 Warm tapwater bereiding

Zonneboiler

Met een zonneboiler kan warm tapwater worden geproduceerd met behulp van zonne-energie. De zonneboiler bestaat uit twee elementen: de collector van ca. 3 m² die op het dak wordt geplaatst en een voorraadvat van 80 tot 150 liter. Het voorraadvat kan eventueel zijn geïntegreerd in de collector. De zonneboiler wordt gekoppeld met een cv-(combi)ketel of (bad)geiser om, in geval de zon niet of onvoldoende schijnt, het tapwater toch op de gewenste temperatuur te brengen. In plaats van naverwarming van het tapwater kan de cv-ketel ook het voorraadvat permanent op temperatuur houden. Het voorraadvat is dan voorzien van een extra warmtewisselaar en heeft een inhoud van 100 tot 240 liter. In plaats van bijverwarming door een cv-ketel met gas kan het water ook elektrisch bijverwarmd worden (elektrische zonneboiler).

De collector kan op zowel een schuin dak worden geplaatst (hellingshoek tussen 20° en 60°) dat op het zuiden is gericht, als op een plat dak, waarbij een draagconstructie wordt toegepast. De cv-ketel of (bad)geiser die voor de naverwarming zorg draagt dient zich direct onder het dak te bevinden of te kunnen worden opgesteld. Bij voorkeur kan naast de ketel of geiser het voorraadvat opgesteld worden (met uitzondering van een in de collector geïntegreerd voorraadvat).

De cv-ketel of geiser moet geschikt zijn om als naverwarmer te kunnen functioneren. Stichting Gaskeur verleent hiervoor een keurmerk aan cv-ketels: Gaskeur-NZ (naverwarming zonneboilers).

In het geval een woning wordt verwarmd met een luchtverwarmingssysteem zal het warme tapwater geproduceerd worden met een elektrische boiler of (bad)geiser. De elektrische boiler kan worden vervangen door een elektrische zonneboiler. De (bad)geiser is niet zondermeer geschikt voor naverwarming van het tapwater omdat de geisers die tegenwoordig op de markt zijn op debiet worden geregeld. Voor toepassing als naverwarmer dient de geiser op temperatuur geregeld te kunnen worden. Op verzoek kan de fabrikant deze modificatie aanbrenge.

De installatietechnische en bouwkundige eisen voor een zonneboiler zijn:

- Ruimte voor collector van 3 m² op schuin dak (hellingshoek tussen 20° en 60°) op het zuiden gericht (zuidzuidwest tot zuidzuidoost) of een plat dak.
- De cv-ketel dient geschikt te zijn om als naverwarmer te kunnen functioneren (bijvoorbeeld: Gaskeur-NZ).
- In geval de warm tapwater bereiding plaats vindt met een (bad)geiser (wanneer bijvoorbeeld een luchtverwarmingssysteem wordt toegepast) dient de geiser op temperatuur geregeld te zijn.
- Onder het schuine of platte dak, in de nabijheid van de plaats waar de collector kan worden aangebracht en naast de ketel, dient voldoende ruimte te zijn om een voorraadvat te kunnen plaatsen met een inhoud van 80 tot 240 liter.

Warmtepompboiler

Een warmtepompboiler kan worden gebruikt voor de bereiding van warm tapwater. Warmtepompboilers worden meestal gecombineerd met de mechanische ventilatie van de woning, waarbij de uitgaande ventilatielucht als warmtebron dienst doet². De warmtepompboiler wordt elektrisch aangedreven. Het elektrisch vermogen bedraagt 0,4 tot 0,6 kW. De inhoud van de boiler bedraagt 160 tot 200 liter. Een warmtepompboiler heeft een diameter van ca. 60 cm en een hoogte van 160 cm.

² Als reeds een warmteterugwinning-unit is geplaatst die warmte uit de uitgaande ventilatielucht haalt om daarmee de ingaande ventilatielucht op te warmen, dan kan de warmtepompboiler de uitgaande ventilatielucht niet als warmtebron gebruiken, zie Paragraaf 2.6.

De additionele installatietechnische en bouwkundige eisen voor een warmtepompboiler zijn:

- De warmtepompboiler dient te kunnen worden gecombineerd met de mechanische ventilatie van de woning.
- Op de plaats van de mechanische ventilatie dient voldoende ruimte aanwezig te zijn voor het plaatsen van de warmtepompboiler.

2.3 Ruimteverwarming

Zonnegas-combi

In een zonnegas-combi zijn een zonneboiler en een cv-ketel geïntegreerd in één apparaat. De warmte van de zon wordt zowel gebruikt om tapwater te verwarmen als het water voor de centrale verwarming te verwarmen.

De installatietechnische en bouwkundige eisen van een zonnegas-combi zijn vergelijkbaar met die van een zonneboiler. Voor de huidig verkrijgbare zonnegas-combi's dient het huis te zijn voorzien van radiatoren. Door de zonnegas-combi te combineren met een warmtewisselaar in de ventilatielucht kan evenwel ook de combinatie van een luchtverwarmingssysteem met zonnecollectoren worden gerealiseerd. De additionele installatietechnische en bouwkundige eisen van een zonnegas-combi zijn:

- Ruimte voor collector van 5 à 6 m² op schuin dak (hellingshoek tussen 20° en 60°) op het zuiden gericht (zuidzuidwest tot zuidzuidoost) of een plat dak.
- Bij de cv-ketel, bij voorkeur geplaatst onder het schuine dak, dient voldoende ruimte te zijn om een voorraadvat te kunnen plaatsen met een inhoud van 240 liter.

Warmtepomp

Als alternatief voor een cv-ketel of luchtverwarmingssysteem kan een woning worden verwarmd met een warmtepompsysteem. Daarbij wordt laagwaardige warmte uit de bodem, het oppervlaktewater of de lucht (dit kan ook de ventilatielucht van de woning zijn) 'gepompt' naar een hoger niveau dat geschikt is voor de verwarming van de woning. De aandrijving van de 'pomp' kan elektrisch geschieden (compressie) of met gas (absorptie). Er wordt onderscheid gemaakt tussen een elektrische warmtepomp en een gasgestookte warmtepomp.

Warmtepompsystemen kunnen zowel worden toegepast voor woningen die worden verwarmd met een luchtverwarmingssysteem als met cv-systeem. Voor deze laatste variant dient dan wel een lage temperatuursverwarmingssysteem te worden toegepast. Dit zijn radiatoren met een vergroot oppervlak, convectoren, vloerverwarming, wandverwarming of een combinatie hiervan.

In principe komen vier warmtebronnen voor het warmtepompsysteem in aanmerkingen:

- *Ventilatielucht*
Ventilatielucht als warmtebron heeft slechts een beperkte capaciteit. Rekening moet worden gehouden met de eisen die aan de ventilatie van de woningen worden gesteld. Bijverwarming zal noodzakelijk zijn.
- *Buitenlucht*
Een condensor kan op het dak worden aangebracht. Omdat de temperatuur van de buitenlucht laag is op het moment dat de grootste capaciteit wordt gevraagd, is bijverwarming nodig.
- *Bodem*
Omdat de bodem in de winter weinig in temperatuur daalt, is de bodem een ideale warmtebron voor een warmtepomp. Bodemwarmtewisselaars kunnen horizontaal of verticaal worden aangebracht (mogelijkheid tot integratie in heipalen). Afkoeling van de bodem kan niet onbeperkt plaatsvinden.

- *Oppervlaktewater*

Oppervlaktewater komt alleen in aanmerking wanneer dit in de buurt van de woning beschikbaar is.

Oppervlaktewater als warmtebron wordt hier verder buiten beschouwing gelaten omdat dit specifieke omstandigheden vereist. Vanwege de relatief hoge kosten van een bodemwarmtewisselaar, wordt verondersteld dat deze nog niet bij de bouw van de woning, doch pas wordt aangebracht wanneer de warmtepomp wordt geplaatst (zie hiervoor ook Hoofdstuk 4). Eveneens vanwege de hoge initiële kosten wordt niet uitgegaan van collectieve bronsystemen (één bodemwarmtewisselaar voor meerdere woningen). Voorts wordt er van uitgegaan dat de woning een gasaansluiting heeft, hetgeen bijverwarmen met gas mogelijk maakt. De capaciteit van de warmtepomp hoeft dan ook niet uitgelegd te zijn op de maximale warmtevraag van de woning. Bovendien kan de capaciteit van de warmtebron beperkt blijven, hetgeen installatie van de bron bij een bestaande woning eenvoudiger zal maken.

Warmtepompsystemen zijn al wel (in beperkte mate) bij nieuwbouwwoningen toegepast, doch ervaring met toepassing van dit soort verwarmingssystemen in reeds bestaande woningen is nog nauwelijks voorhanden. Een gasabsorptie-warmtepomp lijkt aantrekkelijk voor woningen waar al een gasaansluiting aanwezig is, doch dit type warmtepomp is nog niet commercieel verkrijgbaar. Door de goede isolatie en de geringe afkoeling van huidige nieuwbouwwoningen en de mogelijkheid van bijverwarming van gas op piekmomenten, is de benodigde capaciteit van een elektrische warmtepompen beperkt. Elektrische warmtepompen kunnen daardoor ook geschikt blijken om later in deze nieuwbouwwoningen te worden toegepast. Gegeven deze situatie wordt hier vooralsnog uitgegaan van een groot aantal mogelijkheden:

- Elektrische warmtepomp met een cv-systeem met bodem, ventilatielucht of buitenlucht als warmtebron.
- Elektrische warmtepomp met een luchtverwarmingssysteem met bodem, ventilatielucht of buitenlucht als warmtebron.
- Gasabsorptie-warmtepomp met cv-systeem met bodem, ventilatielucht of buitenlucht als warmtebron.
- Gasabsorptie-warmtepomp met een luchtverwarmingssysteem met bodem, ventilatielucht of buitenlucht als warmtebron.

Er wordt uitgegaan van een benodigd vermogen van de warmtebron van ca. 2,5 kW_{th}. Bij toepassing van een elektrische warmtepomp zal het elektrisch vermogen dan ongeveer 1 kW_e bedragen. Een drie fasen krachtstroomaansluiting is in dit geval niet nodig. Het systeem wordt in principe bijverwarmd met gas. Hiervoor wordt een cv-(combi)ketel gebruikt. In geval van een gasabsorptie-warmtepomp is de naverwarming geïntegreerd in de warmtepomp. Om wisselingen in de warmtevraag en de temperatuur van de warmtebron goed op elkaar te kunnen afstemmen kan een warmtebuffer nodig zijn van enige honderden liters. Vanwege de bufferende eigenschap van vloer- en wandverwarming, is bij dit soort verwarmingssystemen geen buffervat nodig.

Tabel 2.1 geeft per systeem welke additionele installatietechnische en bouwkundige eisen gelden. Hierbij is ervan uitgegaan dat de (bodem)warmtewisselaar voor de primaire warmte onderdeel vormt van de installatie en wordt aangebracht wanneer de warmtepomp wordt geïnstalleerd. De warmtewisselaar behoort dus niet tot energie-infrastructuur van de woning die eerder zou kunnen worden gerealiseerd.

Tabel 2.1 *Installatietechnische en bouwkundige eisen voor warmtepompsystemen*

Type warmtepomp:	Elektrische warmtepomp			Gasabsorptie warmtepomp		
Type verwarmingssysteem:	Cv-systeem			Luchtverwarmingssysteem		
Warmtebron:	Cv-systeem			Luchtverwarmingssysteem		
Eisen:	Bodem	Ventilatielucht	Buitenlucht	Bodem	Ventilatielucht	Buitenlucht
De ketelopstelling bevindt zich op de begane grond zodat de warmtepomp op de bodemwarmtewisselaar en het cv-systeem kan worden aangesloten.	×			×		
Warmtepomp (en cv-ketel) worden geplaatst naast de mechanische ventilatie van de woning.		×		×		
Warmtepomp (en cv-ketel) worden direct onder het dak gesitueerd zodat de warmtepomp kan worden aangesloten op de condensor op het dak.			×			×
Een cv-(combi)-ketel is nodig voor naverwarming.	×	×	×	×	×	×
De woning is voorzien van een laag temperatuur cv-systeem, d.w.z. radiatoren met vergroot oppervlak of vloer- of wandverwarming of een combinatie hiervan.	×	×	×		×	×
Ten behoeve van de elektrische aansluiting: een aparte groep voor de warmtepomp en een leiding naar de opstellingsruimte voor de verwarming.	×	×	×	×	×	×
Ruimte bij warmtepomp voor eventuele warmtebuffer.	×	×	×	×	×	×

Micro-warmtekracht

Met een micro-warmtekracht-installatie kan in de woning zowel warmte als elektriciteit worden geproduceerd. De warmte kan worden gebruikt voor de verwarming van de woning en warm tapwater. Deze optie wordt verder beschreven in de navolgende paragraaf.

2.4 Elektriciteitsproductie

PV

Met PV-panelen kan uit zonlicht elektriciteit worden geproduceerd. Het PV-paneel kan via een inverter worden aangesloten op het elektriciteitsnet in de woning. De inverter zet gelijkspanning van het PV-paneel om in 230 Volt wisselspanning. PV-panelen kunnen worden geplaatst op een platdak, een schuindak aan de gevel of op een serre of zonweringen. Om een optimale opbrengst te verkrijgen is juiste oriëntatie van het paneel ten opzichte van de zon van belang. Dit geldt met name voor schuine daken en gevels. Op een plat dak is een juiste oriëntatie eenvoudig te verwezenlijken en serres en zonneschermen hebben vanwege hun functie vaak al een geschikte zon-

oriëntatie. De opbrengst is optimaal wanneer het paneel op het zuiden is gericht (zuidzuidwest tot zuidzuidoost) en onder een hellingshoek van 15° tot 45° is geplaatst.

PV-panelen zijn er in verschillende maten en uitvoeringen. De meest gangbare panelen hebben een maat van 130 x 70 cm. Het oppervlak is daardoor bijna 1 m² en het vermogen 100 Wattpiek (W_p). Hiermee kan, onder optimale omstandigheden, jaarlijks ongeveer 80 kWh worden geproduceerd. Elk paneel kan individueel zijn voorzien van een inverter (een zogenaamd AC-moduul) waardoor ze direct kunnen worden aangesloten op een wandcontactdoos. Op deze manier kunnen niet meer dan vier tot zes panelen op een woning worden geplaatst. Bij een groter aantal panelen dient een aansluiting te worden gerealiseerd op een aparte elektriciteitsgroep in de meterkast. Het kan dan ook aantrekkelijk zijn een centrale inverter toe te passen die eveneens in de meterkast kan worden geplaatst. Elk paneel is dan met de inverter verbonden, hetgeen van alle panelen samen een bundel kabels met zich meebrengt dat een omvang (diameter) van 50 mm kan hebben. Wanneer een bewoner de panelen in de loop van de tijd gefaseerd aanschafft, lijkt het toepassen van AC-modulen aantrekkelijker.

Bij toepassing van een inverter in de meterkast moet deze, vanwege de warmte die de inverter produceert, goed geventileerd kunnen worden (bijvoorbeeld door plaatsen van roosters in de deur van de meterkast).

Wanneer de met zonlicht opgewekte elektriciteit niet wordt verbruikt in de woning zal deze elektriciteit worden teruggeleverd aan het openbare net. Bij conventionele elektriciteitsmeters draait de meter achteruit waardoor voor de aan het net geleverde elektriciteit automatisch een vergoeding wordt verkregen dat gelijk is aan het elektriciteitstarief. Nieuwe (elektronische) elektriciteitsmeters kunnen niet achteruitlopen. In een geliberaliseerde elektriciteitsmarkt bestaat het elektriciteitstarief bovendien uit drie componenten: commodity-prijs (de prijs voor de elektriciteit), netwerktarief en heffingen (REB en BTW). Een vergoeding voor de aan het net geleverde elektriciteit zal in de toekomst gebaseerd zijn op de commodity-prijs, verhoogd met een vergoeding voor de duurzaamheid van deze elektriciteit (groenlabel of REB-doorsluiting). Met andere woorden er zal een verschil bestaan tussen eindverbruikersprijs van de afgenomen elektriciteit en de vergoeding van de aan het net teruggeleverde elektriciteit. Er zal een extra meter moeten worden geplaatst die de aan het openbare net geleverde elektriciteit registreert. Mogelijk dat in de toekomst elektriciteitsmeters beschikbaar komen die stroom in beide richtingen kunnen registreren.

Op dit moment zijn PV-panelen nog relatief kostbaar. Wanneer bij bestaande woningen al wordt overgegaan tot aanschaf van PV-panelen, dan is het aantal vaak beperkt tot 2 of 4 panelen. Deze situatie kan in de toekomst veranderen. Hier wordt ervan uitgegaan dat de elektriciteit die met PV-panelen wordt opgewekt voornamelijk voor de woning bestemd wordt. Hoewel enige levering aan het openbare net onvermijdelijk zal zijn, zal de voorkeur bestaan deze te beperken omdat de vergoeding voor levering aan het net lager zal zijn dan de eindverbruikersprijs bij afname van het net. Het optimale aantal panelen is afhankelijk van de hoogte en verhouding tussen deze twee kWh-tarieven. Hier zal worden uitgegaan van 8 tot 10 panelen, hetgeen overeenkomt 800 tot 1000 W_p. Hierdoor wordt toepassing van een centrale inverter in de meterkast aantrekkelijk. Voor plaatsen van de panelen is 8 tot 10 m² dakoppervlak nodig op een schuin dak en ongeveer evenveel op een plat dak, wanneer uitgegaan van twee rijen panelen achter elkaar met 1 meter tussenruimte. Plaatsing van panelen aan gevel, serres of zonweringen, wordt vanwege specifieke (architectonische) eisen vooralsnog niet gezien als algemeen toepasbare opties. De additionele installatietechnische en bouwkundige eisen voor PV-panelen zijn:

- De woning dient over een plat dak of op het zuiden gericht (zuidzuidwest tot zuidzuidoost) schuin dak te hebben (helling bij voorkeur ongeveer 15° tot 45°) waarvan het voor PV-panelen beschikbare oppervlak minimaal 10 m² bedraagt.
- Schaduw van bijvoorbeeld bomen, andere gebouwen, schoorstenen en dakkapellen dient te worden voorkomen.

- Onder het dak waar de PV-panelen kunnen worden aangebracht naar de meterkast dient een kunststofleiding te worden aangebracht met een diameter van tenminste 50 mm waardoor de kabels van PV-panelen naar de inverter kunnen worden aangebracht.
- In de meterkast dient voldoende plaats te zijn voor het aanbrengen van een inverter en een extra elektriciteitsmeter. Bovendien dient een extra elektriciteitsgroep voor de PV-panelen te worden gereserveerd.

Mini- en micro-warmtekracht

Met wkk wordt gelijktijdig elektriciteit en warmte opgewekt. De gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit is in principe energiezuiniger dan de afzonderlijke opwekking. Gasverwarmde warmtekracht-installaties worden al een groot aantal jaren toegepast voor stadverwarming, in de industrie en in de glastuinbouw. Dit type installaties zijn niet geschikt voor individuele toepassing in de woningbouw, vanwege het grote vermogen. Door technische innovaties zijn andere principes ontwikkeld die wkk in woningen wel mogelijk maakt. Met een micro-warmtekracht-installatie kan in één woning elektriciteit en warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater worden geproduceerd. Een mini-warmtekracht-installatie doet hetzelfde voor een blok woningen of appartementen.

Op de markt zijn thans nog nauwelijks micro-warmtekracht-installaties commercieel verkrijgbaar. Verwacht wordt dat binnen enkele jaren de eerste micro-wkk-installaties commercieel beschikbaar komen op de markt. Deze installaties zullen naar verwachting eerst gebaseerd zijn op stirlingmotor en gasmotortechnologie, en daarna op brandstofcellen. Het elektrisch vermogen zal ca. 1 kW bedragen. Bij een Stirlingmotor is het thermisch vermogen 6 tot 24 kW. Bij de brandstofceluitvoering zal het thermisch vermogen veel lager zijn.

De micro-warmtekracht-installaties die nu worden ontwikkeld zijn alleen geschikt voor toepassing met cv-radiatoren. De warmtekracht-installatie kan de cv-combiketel vervangen. Dat is logisch omdat dit type verwarmingssysteem het meeste voor komt. In principe is toepassing van warmte/kracht met luchtverwarming ook mogelijk. Mogelijk worden op de lange termijn micro-warmtekracht-installaties ontwikkeld die geschikt zijn voor toepassing met luchtverwarming.

Om tot een goede afstemming te komen van elektriciteits- en warmtevraag van de woning enerzijds en de elektriciteits- en warmteproductie anderzijds, zal een buffervat nodig zijn van ongeveer 200 liter. Voor opstelling van warmtekracht-installatie en buffervat is een vloeroppervlak nodig van ca. 0,5 m², terwijl de hoogte van de opstelling ca. 1,8 meter zal bedragen. Uiteindelijk zal de installatie de woning altijd van warmte moeten voorzien, waardoor een elektriciteitsoverschot kan ontstaan dat kan worden geleverd aan het openbare net. Hiermee ontstaat een vergelijkbare situatie met die van PV zoals hiervoor is beschreven.

De additionele installatietechnische en bouwkundige eisen voor een micro-warmte-kracht-installatie zijn:

- Ruimte voor een buffervat.
- Tussen de opstellingsruimte voor de cv-ketel en meterkast dient een aparte elektriciteitsleiding te worden aangebracht naar de meterkast.
- In de meterkast dient voldoende plaats te zijn voor het aanbrengen een extra elektriciteitsmeter. Bovendien dient een extra elektriciteitsgroep voor microwarmte-krachtinstallatie te worden gereserveerd.

De mini-wkk bevindt zich in principe buiten de woning en kan worden toegepast in situaties waar een collectief cv-systeem aanwezig is, zoals in een appartementengebouw. Voor de opstellingsruimte van de collectieve cv-installatie gelden dezelfde installatietechnische en bouwkundige eisen als voor de micro-wkk.

2.5 Overzicht van de installatietechnische en bouwkundige eisen

Bepaalde installatietechnische en bouwkundige eisen zijn van toepassing voor meerdere energiezuinige en duurzame energietechnieken. Tabel 2.2 laat zien dat voor de 8 technologieën in totaal 16 eisen kunnen worden geformuleerd.

Tabel 2.2 *Overzicht van installatietechnische en bouwkundige eisen*

Eisen:	Apparaten en installaties:							
	Gasverwarme wasdroger	Hot-fill	Zonneboiler	Warmtepomp boiler	Zonnegas combi	Warmtepomp voor ruimteverwarming.	Microwarme kracht	Fotovoltaïsche cellen (PV)
Aansluiten op gasleiding	×							
Opstellen nabij cv-ketel of in of nabij keuken	×							
Opstellen nabij wasmachine	×							
(Mogelijkheid tot aanbrengen) ventilatievoorziening	×							
Apart luchtafvoerkanaal	× ¹							
Aansluiting op warmwaterleiding		×						
Oppervlak op plat dak of schuin dak, zongericht			×		×			×
Cv-ketel opstelling onder (schuin) dak			×		×	× ³		
Cv-ketel of geiser dient geschikt te zijn als naverwarmer			×			×		
Ruimte voor buffervat			×		×	×	×	
Mogelijkheid tot aansluiting op mechanische ventilatie				× ²		×		
Cv-ketel op begane grond						× ³		
Woning voorzien van een laag temperatuur cv-systeem						× ⁴		
Aparte groep in de meterkast en extra elektriciteitsleiding						× ⁵	×	×
In meterkast ruimte voor inverter								× ⁶
In meterkast ruimte voor extra elektriciteitsmeter							×	×

¹ Geldt alleen voor appartementen.

² Tenzij van warmteterugwinning van ventilatielucht gebruik gemaakt wordt.

³ Afhankelijk van de plaats van de warmtebron.

⁴ Geldt niet voor woning met luchtverwarming.

⁵ Geldt alleen voor elektrische warmtepomp.

⁶ Alleen nodig bij gebruik van een centrale inverter.

2.6 Beperkingen voor toepassen van energiezuinige en duurzame energietechnieken

Veel van de hier besproken technieken kunnen zondermeer worden toegepast in de nieuwbouwwoning zoals deze aan het begin van dit hoofdstuk is beschreven. Er gelden echter een aantal situaties die beperkingen opleggen aan de toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken.

Voor de referentiesituatie is uitgegaan van de toepassing van warmteterugwinning uit de ventilatielucht van de woning. In woningen met een EPC van 1,0 zal deze techniek veelvuldig worden toegepast. De warmteterugwinnings-unit bestaat uit een warmtewisselaar, die ervoor zorgt dat de koude ingaande ventilatielucht wordt opgewarmd met de warmte uit de warme uitgaande ventilatielucht. Als warmteterugwinning wordt toegepast, kan een warmtepomp(boiler) de uitgaande ventilatielucht niet meer als warmtebron gebruiken. Gelijktijdige toepassing van warm-

teterugwinning en een warmtepomp of warmtepompboiler met ventilatielucht als warmtebron is niet mogelijk. Voor een warmtepomp zijn verschillende alternatieve warmtebronnen mogelijk. Warmtepompboilers worden nu vrijwel altijd met ventilatielucht als warmtebron uitgevoerd.

In het algemeen kan verder gesteld worden dat het niet zinvol is om de in dit hoofdstuk gepresenteerde technologieën voor ruimteverwarming of voor tapwater te combineren, omdat de additionele energiebesparing beperkt zal zijn. Dat geldt ook voor de in dit hoofdstuk gepresenteerde technologieën voor elektriciteitsopwekking.

Consequenties voor woningen aangesloten op een warmtenet

In de referentiesituatie is er van uitgegaan dat de woning is aangesloten op een gas- en elektriciteitsnet. Wanneer de woning is aangesloten op een warmtedistributienet, heeft dit consequenties voor de toepassing van de hiervoor besproken energiezuinige en duurzame energietechnologieën. Een aantal technieken is afhankelijk van de aanwezigheid van een gasaansluiting: de gasverwarmde wasdroger, de zonneboiler en zonnegas-combi de gasabsorptie-warmtepomp en de micro-warmtekracht-installatie. Voor deze technieken hoeven geen voorbereidende maatregelen getroffen te worden bij de nieuwbouw van woningen aangesloten op een warmtenet.

Er blijft dan nog een aantal technieken over waarvoor geen gasaansluiting vereist is. Sommige technieken zorgen voor een grotere warmtevraag, dit zal een positief effect hebben op de rentabiliteit van de exploitatie van het warmtenet. Dit is het geval bij de toepassing van hot-fill apparatuur. Andere technieken zorgen ervoor dat de warmtevraag daalt, dit zal een negatief effect hebben op de rentabiliteit van de exploitatie van het warmtenet. Dit is het geval bij de elektrische warmtepomp voor ruimteverwarming en de warmtepompboiler. Een techniek voor elektriciteitsopwekking zoals PV heeft geen invloed op de warmtevraag.

In het geval van woningen aangesloten op een warmtenet zou alleen de toepassing van technieken moeten worden gestimuleerd die geen verlaging van de warmtevraag (uit het net) betekenen. Dit betekent dat alleen voor de toepassing van hot-fill en PV voorbereidende maatregelen bij de nieuwbouw van de woningen getroffen zouden moeten worden.

3. ECONOMISCHE AFWEGING VAN INVESTERINGEN

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal de vraag beantwoord worden of het vanuit het oogpunt van kosten efficiënt is bij nieuwbouw van woningen te investeren in maatregelen die later nodig zijn voor toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken. Alternatief is immers dat de maatregelen pas gerealiseerd worden op het moment van toepassing van de energietechniek. Hiervoor wordt in Paragraaf 3.2 eerst ingegaan op de economische afweging die moet worden gemaakt. In Paragraaf 3.3 wordt een overzicht gegeven van maatregelen die kostenconsequenties hebben voor de bouw van de woning (initiële investeringen) en andere soort maatregelen. Voor de energie-infrastructuur in de woning worden in Paragraaf 3.4 kostenramingen gegeven, zowel bij nieuwbouw als in de gebruiksfase van de woning. Op grond van de criteria uit Paragraaf 3.2 wordt in Paragraaf 3.5 bepaald voor welke maatregelen het kostenefficiënt is om ze tijdens nieuwbouw te realiseren.

3.2 Economische criteria

Investerings voor installatietechnische en bouwkundige voorzieningen ten behoeve van de toekomstige toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken kunnen bij nieuwbouw zinvol zijn wanneer zij tegen lagere kosten kunnen worden gerealiseerd dan wanneer de woning eenmaal in gebruik is. Bij de vergelijking tussen de initiële investering en de toekomstige investering zijn twee parameters van belang:

- Het moment waarop de toekomstige investering wordt gepleegd.
- De discontovoet die wordt gehanteerd.

De waarde van de initiële investering kan vergeleken worden met de investering op het moment van installatie door de initiële investering te vermeerderen met de rente op deze investering. Figuur 3.1 laat de waardeontwikkeling van de initiële investering zien bij verschillende rentepercentages. Een toekomstige investering moet in het figuur boven de lijn liggen wil de initiële investering om economische redenen zinvol zijn. Ligt de toekomstige investering onder deze lijn dan kan, vanuit economisch oogpunt, de investering beter worden gedaan op het moment van installatie van de energiezuinige of duurzame energietechnologie.

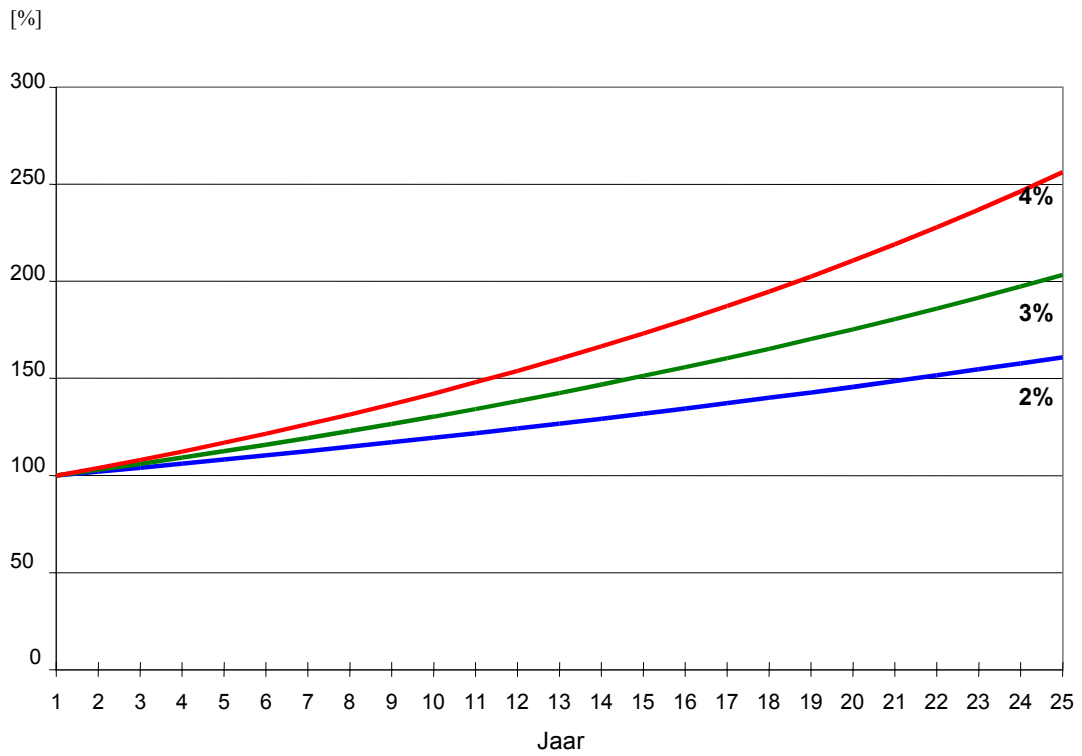
Voor een vergelijking van een investering voor energie-infrastructuur in de woning bij nieuwbouw en die wanneer de woning eenmaal in gebruik is, moet worden uitgegaan van een reële rente, dat wil zeggen van een marktrente minus inflatie. De reële rente op de kapitaalmarkt (o.m. hypotheek) over langere periodes ligt in de buurt van 2 à 3%. Wordt de woning door een particulier met een hypotheek gefinancierd, dan kan van een nog lagere reële rente worden uitgegaan vanwege het fiscale voordeel dat de eigenaar geniet.

Bij de vergelijking zijn er nog twee onzekerheden:

- Het is niet bekend wanneer de investering in een energiezuinige of duurzame energietechnologie wordt gedaan.
- De (reële) rente kan fluctueren waardoor de waarde van de initiële investering zich ook kan wijzigen.

Een robuust criterium voor de investeringsvergelijking ontstaat wanneer voor beide parameters, tijdsperiode en rente, voldoende hoge waarden wordt gekozen. Voor de tijdsperiode gaan we uit van 15 tot 20 jaar. Binnen deze periode zullen bestaande installaties (o.m. HR-ketel) mogelijk worden vervangen door energiezuinige of duurzame energie alternatieven. De rente is gekozen

net even boven de reële rente op de kapitaalmarkt: 4%. Uit Figuur 3.1 blijkt dat, bij het hanteren van deze criteria, een toekomstige investering ruim twee maal hoger moet zijn dan de initiële investering, wil het kostenefficiënt zijn de betreffende maatregelen bij nieuwbouw te realiseren.



Figuur 3.1 *Waarde-ontwikkeling van een initiële investering bij verschillende rentepercentages*

Naast het criterium dat een investering in voorzieningen voor de toekomstige toepassing van energietechnieken kostenefficiënt moeten zijn, zou de totale initiële investering beperkt moeten blijven. Er mag niet zondermeer van worden uitgegaan dat in alle woningen van de vooraf aangebrachte voorzieningen gebruik zal worden gemaakt. Het onbenut laten van investeringen zou om deze reden beperkt moeten worden. Omdat geen inzicht bestaat in welke energiezuinige of duurzame energietechnologie eventueel in de toekomst zal worden toegepast kan alleen de hoogte van de totale initiële investering worden beperkt. De initiële investering voor alle installatietechnische en bouwkundige voorzieningen zou bijvoorbeeld niet meer mogen bedragen dan 1% van de stichtingskosten van de woning.

3.3 Maatregelen met en zonder initiële kosten

In het vorige hoofdstuk zijn de installatietechnische en bouwkundige eisen aan de orde geweest voor energiezuinige en duurzame energietechnieken. Voor de besproken apparaten en installaties kunnen twee groepen eisen worden onderscheiden:

- Eisen die te maken hebben met een fysieke plaats in of op de woning:
 - opstellen nabij cv-ketel of in of nabij keuken,
 - opstellen nabij wasmachine,
 - oppervlak op plat dak of schuin dak, zongericht,
 - ruimte voor buffervat,
 - cv-ketel op begane grond,
 - in meterkast ruimte voor inverter,
 - in meterkast ruimte voor extra elektriciteitsmeter,

- Eisen voor de energie-infrastructuur (en installaties) in woningen:
 - aansluiten op gasleiding,
 - (mogelijkheid tot aanleg van) ventilatievoorziening,
 - apart luchtafvoerkanaal,
 - aansluiting op warmwaterleiding,
 - cv-ketel of geiser dient geschikt te zijn als naverwarmer,
 - woning voorzien van een laag temperatuur cv-systeem,
 - aparte groep in de meterkast en extra elektriciteitsleiding.

De eisen voor de eerste groep behoeven bij nieuwbouw niet leiden tot initiële investeringskosten. Wordt met deze eisen door de architect of het installatietechnisch bureau echter geen rekening gehouden, dan kunnen aanpassingen die later moeten worden aangebracht wel tot aanzienlijke kosten leiden en toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken in sommige gevallen zelfs uitsluiten. Een architect en een installatietechnisch bureau zouden dus altijd rekening met deze eisen moeten houden.

De tweede groep eisen kan wel tot investeringskosten leiden bij nieuwbouw. In de volgende paragraaf worden deze kosten geraamd, alsmede de kosten die gelden voor het achteraf aanbrengen van de infrastructuur.

3.4 Raming van investeringen voor installatietechnische voorzieningen

Er is een raming gemaakt van de investeringen in de vorige paragraaf genoemde installatietechnische voorzieningen.

Wat betreft de geschiktheid van een HR-ketel om deze als naverwarmer voor een zonneboiler te gebruiken, wordt verondersteld dat daaraan geen meerkosten zijn verbonden. Voor de volgende installatietechnische voorzieningen zijn wel meerinvesteringen geraamd:

- een gasaansluiting voor een gasverwarmde wasdroger,
- een ventilatievoorziening voor de gasverwarmde wasdroger (afvoer van vochtige lucht),
- een warm wateraansluiting voor de hot-fill vaatwasser,
- een warm wateraansluiting voor de hot-fill wasmachine,
- lage temperatuurverwarming voor toepassing van warmtepompen,
- een extra groep in de meterkast voor teruglevering aan het net van door PV of micro-warmtekracht geproduceerde elektriciteit,
- een elektriciteitsleiding van de meterkast naar zolder voor teruglevering aan het net van door PV of micro-warmtekracht geproduceerde elektriciteit.

De kosteninschatting voor deze voorzieningen moet voor twee situaties worden gemaakt, zodat een vergelijking gemaakt kan worden tussen:

- A. Het aanbrengen van de installatietechnische voorzieningen tijdens de bouw van de woning (voorbereiding bij nieuwbouw).
- B. Het achteraf realiseren van de installatietechnische voorzieningen bij toekomstige toepassing van de beschreven technologieën, uitgaande van de standaard bouwpraktijk bij nieuwbouw (realisatie in de gebruiksfase van de woning).

Hoewel het om toekomstige realisatie gaat, is in situatie (B) wel gerekend met huidige prijzen.

De kosten kunnen afhankelijk zijn van het type woning. Gekozen is voor een kostenschatting voor drie verschillende 'Novem referentiewoningen':

- een tuinkamerwoning (rijtjeswoning),
- een twee-onder-1-kap woning,
- een woning in een galerijflat.

Uitgangspunt is dat de wasdroger en wasmachine nabij de cv-installatie worden geplaatst: in de tuinkamerwoning op zolder en in de galerijflatwoning in de bergruimte. Hoewel niet in de referentiewoning opgenomen, is bij de 2-onder-1 kap woning uitgegaan van de aanwezigheid van een bijkeuken waarin de wasmachine en droger en de cv-installatie zijn gesitueerd. De vaatwasser is in alledrie de woningen in de keuken gesitueerd. In principe wordt lage temperatuurverwarming uitgevoerd in de vorm van vergrote radiatoren. Alleen in de 2-onder-1 kap wordt in de nieuwbouwsituatie vloerverwarming geplaatst.

Uitgangspunt is dat de installatietechnische werkzaamheden projectmatig tegelijkertijd voor ca. 100 woningen worden uitgevoerd. Alleen voor de 2-onder-1 kap in de situatie van het achteraf aanbrengen van de voorzieningen is uitgegaan van een particuliere aanvraag (omdat dit bijna altijd koopwoningen betreft), zodat de werkzaamheden slechts bij één woning tegelijkertijd worden uitgevoerd.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de investeringen voor installatietechnische voorzieningen zoals deze door een installateur zijn geraamd voor de drie typen woningen in het geval van voorbereiding bij nieuwbouw en in het geval van realisatie achteraf.

Tabel 3.1 *Overzicht investeringen voor installatietechnische voorzieningen³ in [€]*

	Situatie A: voorbereiding bij nieuwbouw			Situatie B: realisatie in gebruiksfase woning		
	tuinkamerwoning	2-onder-1-kap	galerijflat	tuinkamerwoning	2-onder-1-kap	galerijflat
1. Gas aansluiting gasverwarmde wasdroger	60	60	60	110	250	110
2. Ventilatievoorziening gasverwarmde wasdroger	140	140	140	200	270	200
3. Warm water aansluiting hot-fill vaatwasser	40	40	40	130	220	130
4. Warm water aansluiting hot-fill wasmachine	40	40	40	130	220	130
5. Lage temperatuur verwarming	150	1750	150	430	620	430
6. Extra groep in de meterkast	50	50	50	130	170	130
7. Elektriciteitsleiding van de meterkast naar zolder	40	40	40	130	240	130

³ Opgave Dhr. E. Meijns, M&O techniek, Wormer, 2001

Bij de raming kan de volgende toelichting worden gegeven:

- Het inbreken in een aanwezig leidingnet in de bestaande situatie is een belangrijke oorzaak voor het prijsverschil met de nieuwbouw situatie.
- Het prijsverschil tussen de investering in een ventilatievoorziening voor een gasverwarmde wasdroger in de nieuwbouwsituatie en in de bestaande situatie komt voort uit de taakverdeling tussen aannemer en installateur. In de nieuwbouw is het gebruikelijk dat de installateur de dubbelwandige ventilatiekap, dakdoorvoer of muurdoorvoer aanlevert, de aannemer verzorgt de montage. In de bestaande situatie dient de installateur dit zelf te monteren, vandaar de hogere kosten. Bij de 2-onder-1 kap woning komt daarbij dat de dakdoorvoer apart moet worden ingeplakt door een dakdekker vanwege het platte dak van de bijkeuken.
- Voor de kosten van lage temperatuur verwarming is uitgegaan van verlaging van de aanvoer en retourtemperatuur van 90-70 naar 70-50°C. Het betreft de meerkosten t.o.v. de radiatoren bij een 90-70 systeem. Bij de 2-onder-1 kap woning in de nieuwbouwsituatie is de prijs van vloerverwarming inclusief een weersafhankelijke regeling. Dit is nodig voor een goede werking, als op de eerste verdieping gewoon radiatoren geplaatst zijn. Het toepassen van vloerverwarming t.o.v. vergrote radiatoren geeft bij toepassing van warmtepompen een extra rendement van 40%, zo is in de praktijk gemeten. Dit komt doordat de retourtemperatuur dan niet boven de 30°C uitkomt. De forse meerprijs van de vloerverwarming is gelegen in het feit dat gekozen is voor het toepassen van een extra isolatielaag en vervanging van de standaard kamerthermostaat door een weersafhankelijke regeling.
- De kosten bij een 2-onder-1 kap woning zijn in de bestaande situatie steeds hoger dan bij andere typen woningen. Dit verschil wordt veroorzaakt door de aanname dat werkzaamheden op particulier verzoek voor één woning worden uitgevoerd in plaats van projectmatig voor 100 woningen tegelijkertijd.

3.5 Economische afweging

De vraag is of het vanuit kosten oogpunt efficiënt is bij nieuwbouw van woningen te investeren in energie-infrastructuur die nodig is voor toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken die later in de gebruiksfase van de woning toegepast worden. Om te beoordelen welke installatietechnische voorzieningen kostenefficiënt bij nieuwbouw te realiseren zijn, worden de kostenramingen uit Paragraaf 3.4 getoetst aan economische criteria van Paragraaf 3.2.

In Paragraaf 3.2 zijn twee criteria genoemd:

- De toekomstige investering voor het achteraf aanbrengen van installatietechnische voorzieningen moet meer dan twee keer zo hoog zijn dan de initiële investering voor voorbereiding in de nieuwbouwsituatie.
- De totale investering in voorbereidende installatietechnische voorzieningen mag niet hoger zijn dan ca. 1% van de stichtingskosten.

Voor een gasaansluiting voor een gasverwarmde wasdroger geldt dat de toekomstige investering bij projectmatige uitvoering bij tuinkamerwoning en galerijflat twee keer zo hoog en op particulier verzoek bij 2-onder-1 kap meer dan twee keer zo hoog is dan de initiële investering. Op grond van het eerste economische criterium is het dus zinvol deze investering bij nieuwbouw te doen.

Wat betreft een ventilatievoorziening voor de gasverwarmde wasdroger (afvoer van vochtige lucht) is de toekomstige investering bij projectmatige uitvoering bij tuinkamerwoning en galerijflat 40% hoger en op particulier verzoek bij 2-onder-1 kap 80% hoger dan de initiële investering. Op grond van het eerste economische criterium is het dus niet zinvol deze investering bij nieuwbouw te doen.

Voor een warm wateraansluiting voor de hot-fill vaatwasser geldt dat de toekomstige investering zelfs meer dan drie keer zo hoog is dan de initiële investering. Op grond van het eerste economische criterium is het dus zinvol deze investering bij nieuwbouw te doen. Voor een warm wateraansluiting voor de hot-fill wasmachine geldt hetzelfde.

In een tuinkamerwoning of galerijflat is de toekomstige investering in lage temperatuurverwarming bijna drie keer zo hoog als in de nieuwbouwsituatie. Op grond van het eerste economische criterium is het dus zinvol deze investering te doen. In een 2-onder-1 kap is een toekomstige investering in vergrote radiatoren meer dan de helft goedkoper dan vloerverwarming in de nieuwbouwsituatie. Op grond van het eerste economische criterium zou het dus niet zinvol zijn deze investering bij nieuwbouw te doen.

Een extra groep in de meterkast en een elektriciteitsleiding naar zolder voor teruglevering aan het net van door PV of micro-warmtekracht geproduceerde elektriciteit kost in het geval van achteraf aanbrengen meer dan twee keer zoveel dan in de nieuwbouwsituatie. Op grond van het eerste economische criterium is het dus zinvol deze investeringen bij nieuwbouw te doen.

Tabel 3.2 geeft een overzicht van de investeringen voor installatietechnische voorzieningen die vanuit oogpunt van kosten efficiënt bij nieuwbouw te realiseren zijn. Onafhankelijk van het woningtype kan een optelling van de kosten worden gemaakt, die leidt tot een totaalbedrag van ruim 800 gulden per woning. Dit totaal bedrag is minder dan 1% van de stichtingskosten (het tweede criterium uit Paragraaf 3.2), als we er vanuit gaan dat de stichtingskosten altijd hoger zijn dan 80.000 gulden per woning.

Tabel 3.2 *Economisch verantwoorde investeringen in energie-infrastructuur*

Installatietechnische voorziening	Investering [€]*
Gasaansluiting gasverwarmde wasdroger	60
Warm wateraansluiting hot-fill vaatwasser	40
Warm wateraansluiting hot-fill wasmachine	40
Lage temperatuur verwarming	150
Extra groep in de meterkast	50
Elektriciteitsleiding van meterkast naar zolder	40
Totaal	380

* 1€ = 2,20371

4. POTENTIELE ENERGIEBESPARING EN EMISSIEREDUCTIE

4.1 Inleiding

In Hoofdstuk 2 is bepaald welke energie-infrastructuur nodig is om de toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken in de gebruiksfase van een woning voor te bereiden. In Hoofdstuk 3 is bepaald welke investeringen in energie-infrastructuur vanuit kosten oogpunt *efficiënt* bij nieuwbouw te realiseren zijn. Of het vanuit kosten oogpunt *effectief* is bij nieuwbouw te investeren in voorzieningen voor de toekomstige toepassing van energietechnieken hangt af van de verhouding tussen de investering en de potentiële energiebesparing en emissiereductie van die energietechnieken.

Dit hoofdstuk belicht de energiebesparing en emissiereductie van de voor dit onderzoek geselecteerde energiezuinige en duurzame energietechnieken. Omdat deze studie gaat om de voorbereidingen voor toekomstige toepassing van deze technieken wordt niet alleen aandacht besteed aan de omvang van besparingen zoals die nu bekend of bewezen zijn, maar wordt ook een schatting gemaakt van het toekomstig besparingspotentieel. Met dit toekomstig besparingspotentieel wordt beoogd rekening te houden met ontwikkelingen in die voorgestelde technieken, maar ook met ontwikkelingen in de referentietechnologie.

In het onderzoek wordt ervan uitgegaan dat voor de nieuwbouwwoning een EPC-eis geldt van 1,0. Voorts wordt ervan uitgegaan dat de woning wordt verwarmd met een HR-ketel en radiatoren (90-70°C) of met een HR-luchtverwarmingketel en wordt aangenomen dat de woning is voorzien van een warmteterugwinning-unit.

Bij de berekening van de potentiële energiebesparing en emissiereductie is gebruik gemaakt van emissiefactoren en conversierendementen uit het Protocol Monitoring Duurzame Energie (November, september 1999). De gebruikte cijfers zijn vermeld in Bijlage A.

Paragraaf 4.2 geeft een overzicht van de potentiële energiebesparing en emissiereductie per woning voor de verschillende technieken. Uit de vergelijking tussen de technieken kunnen conclusies worden getrokken over de effectiviteit van investeringen in energie-infrastructuur.

De belangrijkste drijfveer om in de komende jaren energiebesparende maatregelen en duurzame energie te stimuleren is CO₂-reductie in het kader van klimaatbeleid. In Paragraaf 4.3 wordt daarom ingegaan op het totale reductiepotentieel, rekening houdend met de omvang van nieuwbouw van woningen.

4.2 Energiebesparing en emissiereductie per woning

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de potentiële jaarlijkse energiebesparing en CO₂-reductie per woning voor de verschillende efficiënte en duurzame energietechnieken. De energiebesparing wordt in het overzicht zowel in GJ_{primair} als in m³ aardgasequivalenten weergegeven zodat de lezer een betere voorstelling kan maken van de omvang van de energiebesparing. In Bijlage B worden de uitgangspunten bij de berekening per techniek toegelicht.

Tabel 4.1 *Overzicht potentiële jaarlijkse energiebesparing en emissiereductie per woning*

	2000			2010		
	Energiebesparing		CO ₂ -reductie	Energiebesparing		CO ₂ -reductie
	[GJ _{primair}]	[m ³ aeq]	[kg]	[GJ _{primair}]	[m ³ aeq]	[kg]
Gasverwarmde wasdroger	2,4	77	199	1,3	42	111
Hot-fill wasmachine	0,5	16	45	0,2	5	16
Hot-fill vaatwasser	0,4	12	50	0,1	3	18
Zonneboiler	4,7	148	254	4,8	151	263
Warmtepompboiler	2,7	84	17	2,5	79	44
Zonnegas-combi	6,3	199	346	6,4	203	355
Warmtepomp	2,5	81	17	4,4	140	169
Micro-WKK	2,0	64	148	0,9	28	179
PV	6,7	212	455	6,3	199	408

De energiebesparing van de zonneboiler, de zonnegas-combi de warmtepomp en PV heeft een redelijke omvang (meer dan 100 m³ aardgas-equivalenten per woning per jaar) en is ook richting 2010 robuust.

Kijken we niet naar de energiebesparing, maar naar de CO₂-reductie dan hebben naast bovengenoemde technieken de gasverwarmde wasdroger en micro-wkk een redelijke omvang. De CO₂-reductie van een gasverwarmde wasdroger is fors doordat input van elektriciteit wordt vervangen door aardgas met een lagere emissiefactor. De CO₂-reductie van toekomstige micro-wkk-installaties is hoog doordat zij relatief veel elektriciteit produceren (relatief lage warmte/kracht verhouding).

De energiebesparing van hot-fill apparatuur is relatief laag en de toekomstige energiebesparing is nog lager ingeschat vanwege efficiencyverbetering van de elektriciteitsopwekking ten gunste van de conventionele elektrische wasmachine en vaatwasser.

Dat de energiebesparing van de elektrische warmtepompboiler relatief laag is, heeft te maken met de hoge efficiency van de referentietechnologie: de HR-ketel. Een elektrische warmtepompboiler kan grotere besparingen bereiken wanneer deze een conventionele elektrische boiler vervangt, maar dat is een ander marktsegment dan de toepassing in nieuw te bouwen woningen.

Geconcludeerd mag worden dat op basis van de inschatting van het energiebesparingpotentieel per woning het niet zinvol is voorbereidingen te treffen die specifiek zijn voor hot-fill apparatuur of een warmtepompboiler.

4.3 Potentiële CO₂-reductie

De in dit rapport beschreven maatregelen betreffen voorbereidingen van installatietechnische en bouwkundige aard die de toepassing van energie-efficiënte en duurzame energietechnieken moet bevorderen. In deze paragraaf wordt een schatting gemaakt van het totale reductiepotentieel van die technieken tot 2020. Daarbij is de omvang van nieuw te bouwen woningen van belang, uitgegaan wordt van nieuwbouw met een aansluiting op het aardgasnet van 80.000 woningen per jaar, vanaf 2002 tot en met 2020. Per techniek moet bedacht worden in welk deel van de nieuwbouw het waarschijnlijk is dat die wordt toegepast. Daarbij wordt rekening gehouden met een natuurlijk moment van vervanging van installaties.

Voor de gasverwarmde wasdroger is de vervangingsmarkt belangrijker dan de aankoop door huishoudens die er nog geen bezitten. De penetratiegraad van wasdrogers is ca. 60%. Dat betekent dat 48.000 huishoudens in de jaarlijks nieuw gebouwde woningen er één bezitten. Een wasdroger gaat 10 jaar mee, dus 10% daarvan moet in 2002 ook direct zijn wasdroger vervan-

gen. Dat betekent dat 4800 woningen per jaar een gasverwarmde wasdroger zouden kunnen aanschaffen, waarbij de voorbereidingen voor de aansluiting ervan bij de nieuwbouw getroffen zijn. Het potentieel neemt daarmee toe van 4800 in 2002, 9600 in 2003, etc. tot 91200 in 2020. Het reductiepotentieel neemt daarmee toe van 1 kton CO₂ in 2002 tot 18 kton CO₂ in 2020. De keuze voor een gasverwarmde droger is gunstig omdat de droogtijd korter is dan bij een conventionele droger en gas goedkoper is dan elektriciteit.

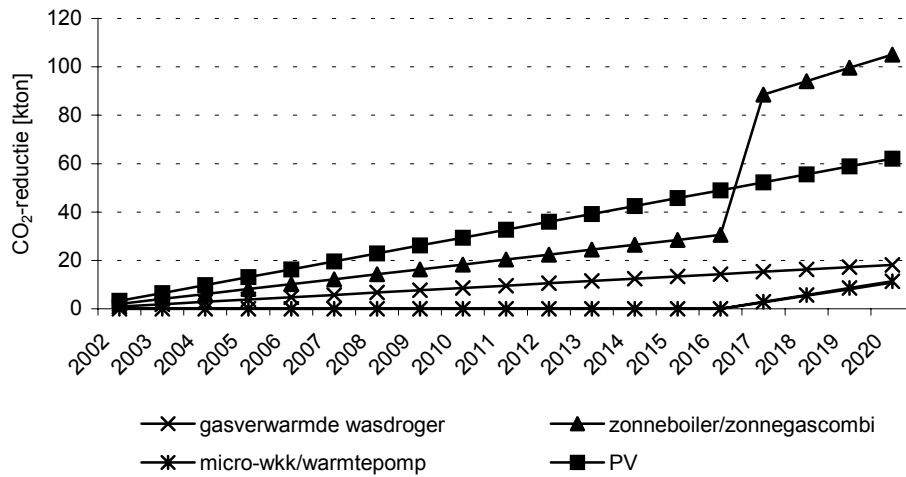
Ervan uitgaande dat woningen bij nieuwbouw worden uitgerust met een HR-ketel, zullen de zonnegas-combi warmtepompsystemen en micro-wkk-installaties pas worden toegepast op het moment dat de HR-ketel vervangen wordt. In het algemeen gaat een HR-ketel 15 jaar mee. Bij de eerste nieuwbouw in 2002 waarin via een flexibele energie-infrastructuur voorbereidingen zijn getroffen voor toepassing van zonnegas-combi warmtepomp of micro-wkk is dat vervangingsmoment in 2017. Voor nieuwbouw uit 2003 is dat vervangingsmoment rond 2018, etc. Verwacht mag worden dat vanaf circa 2017 per jaar bij circa 80.000 woningen, die zijn voorbereid op de plaatsing van deze nieuwe aanbodstechnieken, de ketel dient te worden vervangen en gekozen kan worden voor een meer energiezuinig alternatief.

Voor de zonneboiler geldt dat indien ervoor gezorgd is dat de HR-ketel geschikt is als naverwarmer en dat aan andere eisen is voldoen (plat dak of hellend dak op zuiden gericht, ruimte voor buffervat) dat plaatsing direct na nieuwbouw mogelijk is. Aangenomen is dat in 10% van de nieuwbouwwoningen vanaf 2002 inderdaad tot de plaatsing van een zonneboiler wordt overgegaan. Vanaf 2017 worden geen zonneboilers meer geplaatst, maar alleen zonnegas-combi's (zie hierboven).

Het voorspellen van een toekomstig marktaandeel voor technologieën die momenteel ten dele nog in een experimenteel stadium zijn is niet eenvoudig. Daarbij komt nog dat een aantal van deze technieken met elkaar concurreren, zoals de zonnegas-combi met de warmtepomp en micro-warmtekrachtsystemen. Om toch een uitspraak te kunnen doen over het reductiepotentieel van de geselecteerde technieken is voor elk van deze technieken bepaald wat het reductiepotentieel zou zijn uitgaande van een marktaandeel (bij vervanging van de oorspronkelijke installatie) van 20%. Het gaat hierbij om de zonneboiler, warmtepomp en micro-wkk. Ervan uitgaande dat vanaf 2017 jaarlijks in 16.000 woningen een zonneboiler/zonnegas-combi wordt toegepast, bedraagt de jaarlijkse emissiereductie 6 kton CO₂ in 2017 en 22 kton in 2020. Bij dezelfde aannamen voor de warmtepomp en de micro-wkk-installatie is het reductiepotentieel voor beide afzonderlijk 3 kton CO₂ in 2017 tot 11 kton CO₂ in 2020. Dit alles onder de conditie dat het marktaandeel bij vervanging 20% bedraagt voor elk van de afzonderlijke technologieën. Op basis hiervan kan betrekkelijk eenvoudig de totale CO₂-reductie in 2020 worden bepaald indien wordt uitgegaan van een andere marktverdeling.

Voor PV geldt dat de toepassing ervan niet is gekoppeld aan een vervangingsmoment. Direct na de nieuwbouw zou een eigenaar PV kunnen (bij)plaatsen op het dak van de woning. Uitgangspunt voor de berekening van de CO₂-reductie is de aanname dat 10% van de eigenaren inderdaad tot plaatsing over gaat. Het gaat dan om 8000 woningen per jaar. Onder de aanname dat op 10% van de (hierop technisch voorbereide) woningen wordt overgegaan tot installatie van de PV-panelen, dan bedraagt de CO₂ reductie 3 kton CO₂ in 2002 en 62 kton CO₂ in 2020.

In Figuur 4.1 is, onder de eerder gegeven randvoorwaarden, de ontwikkeling van de CO₂ reductie van bovenstaande energietechnieken uitgezet, ervan uitgaande dat in nieuwbouwwoningen vanaf 2002 voorbereidingen zijn getroffen voor toepassing van deze technieken op een tijdstip na oplevering van de woning.



Figuur 4.1 *Ontwikkeling CO₂-reductie van energietechnieken in nieuwbouw met flexibele energie-infrastructuur*

5. MOGELIJKHEDEN VOOR GEMEENTEN

Flexibele energie-infrastructuur en bouwkundige voorbereidingen voor de toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken kunnen als onderdeel worden gezien van ‘duurzaam bouwen’. Duurzaam bouwen is nationaal beleid, er zijn vanaf 1995 achtereenvolgens verschillende plannen van aanpak verschenen. Op rijksniveau zijn de zogenoemde nationale pakketten Duurzaam Bouwen ontwikkeld, voorbeeldprojecten gefinancierd en eisen (zoals de EPN) in het Bouwbesluit wettelijk vastgelegd. Dit hoofdstuk richt zich op de rol van gemeenten, omdat zij de ambities stellen bij nieuwbouwprojecten. In Paragraaf 5.1 wordt het planproces voor ruimtelijke inrichting besproken en de wijze waarop gemeenten hun ambities kunnen vastleggen. In Paragraaf 5.2 staat gemeentelijk DuBo-beleid centraal.

5.1 Het planproces

Structuurplan

De planning van een nieuwbouwwijk begint met een (intergemeentelijk) structuurplan. Een structuurplan is niet verplicht voor gemeenten. In een structuurplan wordt de gemeentelijke visie op de toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen aangegeven. Op het niveau van het structuurplan vinden beslissingen plaats als de locatie van bedrijventerreinen, woongebieden en groenvoorzieningen.

Het masterplan of het stedenbouwkundig plan zijn optionele uitwerkingen van het structuurplan. Een masterplan heeft geen erkende status in de Wet op de Ruimtelijke Ordening, maar is daarmee nog niet zonder betekenis voor de ontwikkeling en toetsing van verdere plannen omdat het vaak door de gemeenteraad is vastgesteld. Een stedenbouwkundig plan wordt niet vastgesteld door de gemeenteraad. Een masterplan werkt de samenhangende deelgebieden uit een structuurplan verder uit. Het bevat onder meer een ruimtelijke hoofdstructuur. Die hoofdstructuur is een ruimtelijke vertaling van de eisen en ambities ten aanzien van woningdichtheden en woningaantallen, de verkeerstructuur, de plaats van functies zoals groenvoorzieningen en winkels en ten aanzien van de waterhuishoudkundige opzet. Ook keuzen voor zongericht verkavelen en zonoriëntatie kunnen worden verwerkt in het voorstel voor de ruimtelijke hoofdstructuur. Voor het masterplan is de keuze van een energie-infrastructuur in een wijk belangrijk, omdat het ruimtebeslag en de opzet van de infrastructuur van een grootschalig systeem, zoals bijvoorbeeld warmtelevering, grote invloed hebben op de opzet van een wijkontwerp.

Bestemmingsplan

Het bestemmingsplan doet in voorschriften en plankaarten uitspraken over de bestemming van gronden, bijvoorbeeld voor woningbouw, industrie, landbouw of natuur. Per perceel kan worden vastgelegd hoeveel woningen er komen en van welke soort, hoe deze georiënteerd zullen zijn en welke energievoorziening er komt. Dit heeft gevolgen voor bijvoorbeeld de gebouwfstanden en de plaats van de gevels, maar in detail worden deze zaken niet geregeld in het bestemmingsplan. Voorschriften hiervoor staan wel in het masterplan of het stedenbouwkundig plan en in het bouwplan.

Het bestemmingsplan is juridisch bindend. De gemeente stelt het bestemmingsplan op en het wordt via een inspraakprocedure uiteindelijk door de gemeenteraad vastgesteld. Formeel kan pas na vaststelling van het bestemmingsplan tot de werkelijke bouw worden overgegaan.

Het bestemmingsplan heeft zowel een programmatische als een normerende functie. De programmatische functie betreft het aangeven van de gewenste ruimtelijke ontwikkeling. De normerende functie van het bestemmingsplan heeft betrekking op de planvoorschriften omtrent ge-

bruik van de in het plan begrepen grond en de zich daarop bevindende opstallen. Via de bouwvergunningen kunnen bouwplannen worden getoetst aan het bestemmingsplan. Aan een bestemmingsplan gaat veelal een zogenaamde Programma van Eisen (PvE) vooraf. Hierin kunnen concrete uitgangspunten, eisen en wensen als basis voor de verdere planontwikkeling worden opgenomen. Ook de aanwezigheid van installatietechnische en bouwkundige voorzieningen als voorbereiding voor de toekomstige toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken kan in het PvE worden opgenomen. Het PvE dient dan weer juridisch vertaald te worden in het bestemmingsplan. Daarnaast beschikt een gemeente nog over aanvullend instrumentarium zoals voorwaarden bij gronduitgifte en privaatrechtelijke instrumenten (contracten).

Bouwplan

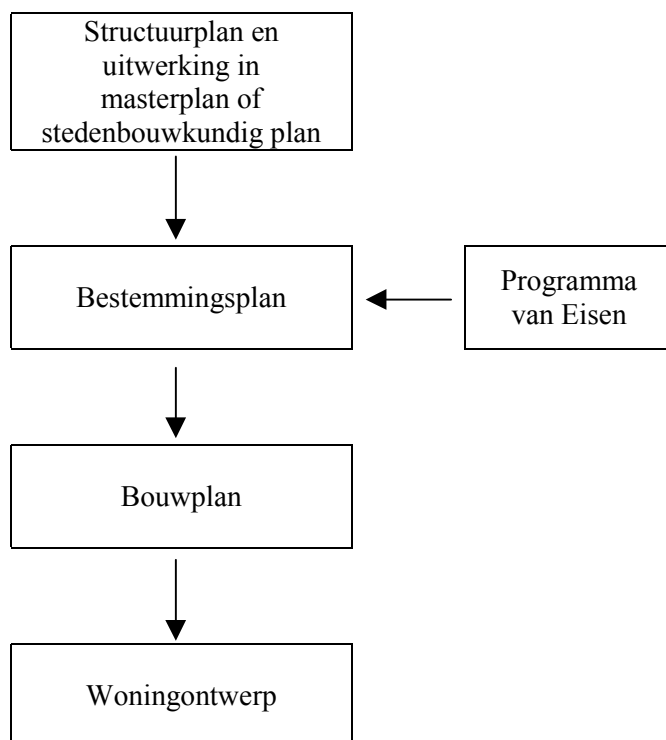
Het bouwplan kan een uitwerking zijn van het bestemmingsplan. Vaak echter wordt op basis van het masterplan meteen gestart met de ontwikkeling van een concreet bouwplan, dat dan min of meer gelijktijdig wordt vertaald in een bestemmingsplan.

In het bouwplan worden details die betrekking hebben op gevels, bouwhoogten, zonoriëntatie, dwarsprofielen en gebouwfstanden nader ingevuld. Hier wordt ook de nadere uitwerking van de energielevering een belangrijk onderwerp en zal er veel overleg tussen gemeente en distributiebedrijf nodig zijn over de randvoorwaarden voor energielevering. Het bouwplan wordt voorbereid door projectontwikkelaars in overleg met de energiebedrijven en vastgesteld door de gemeenteraad. In ontwikkelingssituaties kan de gemeente het beste greep verkrijgen op wat en hoe er gebouwd wordt via de condities van een masterplan en de samenwerking met de diverse partijen in de bouwplanfase.

Woningontwerp

Uiteindelijk worden de eisen aan de woning verwerkt in een woningontwerp. Dit vormt een duidelijke handleiding voor de bouw van het casco, voor de isolatiemaatregelen die moeten worden getroffen en voor eventuele voorzieningen voor installaties zoals cv-ketels. Veel van de bouwkundige eisen zijn vastgelegd in het bouwbesluit. De gemeente controleert of partijen zich er tijdens het bouwproces aan houden.

In Figuur 5.1 is het planproces voor ruimtelijke inrichting schematisch weergegeven. Bedacht moet worden dat één voorziening voor de toepassing van duurzame energietechnieken in de toekomst reeds in het structuurplan en het masterplan of stedenbouwkundig plan moet worden meegenomen: het gaat dan om zongericht verkavelen. De overige installatietechnische en bouwkundige voorzieningen komen pas op het moment van woningontwerp aan de orde. De gemeente moet echter in haar programma van Eisen al aangeven dat zij een flexibele energieinfrastructuur wil realiseren en welke voorzieningen in de woning dit vereist.



Figuur 5.1 *Het ruimtelijk planproces*

5.2 Gemeentelijk DuBo-beleid

Flexibiliteit is reeds een item binnen het beleid van Duurzaam Bouwen. Het thema flexibiliteit sluit aan bij de factor tijd, wanneer we spreken over duurzaam bouwen en gebruiken. Flexibel bouwen betekent zo bouwen dat een gebouw een lange functionele levensduur heeft. Aanpassingen in indeling en uitrusting van het gebouw zijn relatief eenvoudig uit te voeren zonder onnodige overlast en zonder veel afval en verspilling. Flexibel en demontabel bouwen houdt ook in dat voor onderhoud en vervanging niet het halve gebouw afgebroken hoeft te worden.

Flexibel bouwen sluit aan bij de maatschappelijke discussie over het verduurzamen van de woningvoorraad. De gedachte om nieuwe woningen zo te construeren dat ook aan toekomstige gebruikseisen kan worden voldaan, kan worden geplaatst in de het licht van de kritiek die van verschillende kanten op bijvoorbeeld de VINEX-woningen is geleverd. Woningen zouden niet voldoen aan de nieuwe eisen van de gebruikers. Door in te spelen op toekomstige wensen, stijgt de waarde van de woningvoorraad. Het creëren van een flexibele energie-infrastructuur in woningen maakt een groter potentieel voor verdere duurzame ontwikkeling in de bouwsector mogelijk en speelt in op de wensen van de toekomstige gebruiker.

Een flexibele energie-infrastructuur betekent een zongerichte verkaveling en enkele bouwkundige en installatietechnische randvoorwaarden, die kunnen worden toegevoegd aan de randvoorwaarden voor duurzaam bouwen zoals een gemeente die bij bouwprojecten kan stellen. Als de gemeente zelf bouwpartij is, kan ze bij de aanbesteding ontwikkelaars, bouwmaatschappijen en architecten selecteren op basis van hun kwaliteiten en ervaringen met DuBo. De gemeente legt haar eisenprogramma neer bij de marktpartijen en daagt ze uit om hogere prestaties te leveren dan door de gemeente wordt gevraagd. Gemeenten die zelf grond in bezit hebben, kunnen met de bouwers afspraken maken over DuBo-maatregelen. Gemeenten zelf zien het hebben van grond veelal als de enige echte mogelijkheid om te sturen op het gebied van duurzaam bouwen. Nieuwe woningbouwprojecten kennen door de uitgifte van de grond een momentum om eisen te

kunnen stellen en daar moeten gemeenten gebruik van maken. Het opnemen van een flexibele energie-infrastructuur kan ook als randvoorwaarde worden gesteld bij aanbesteding of gronduitgifte van een nieuw woningbouwproject.

In een aantal gemeenten bestaat er een soort statiegeldregeling. Bewoners die zelf bouwen op een kavel betalen een waarborgsom die ze terugkrijgen als ze voldoende Dubo-maatregelen hebben genomen. Als ze onvoldoende Dubo-maatregelen hebben getroffen krijgen ze de waarborgsom maar gedeeltelijk terug.

Verder staat het gemeenten vrij om afspraken te maken met partijen op vrijwillige basis zoals bouwers, architecten installatiebedrijven en verhuurders. Er is in Nederland enkele jaren ervaring opgedaan met convenanten op het gebied van duurzaam bouwen door gemeenten maar ook door regio's. Ook de realisatie van een flexibele energie-infrastructuur kan onderdeel zijn van een DuBo-convenant.

Gemeenten kunnen ook DuBo stimuleren door een checklist uit te brengen waar de belangrijkste maatregelen in staan opgenoemd. Verder stimuleren veel gemeenten speciale proefprojecten duurzaam bouwen. Deze activiteiten zouden we kunnen samenvatten onder de noemer 'DuBo-voorlichting'. In die voorlichting zou ook aandacht besteedt kunnen worden aan een flexibele energie-infrastructuur.

De maatregelen die nodig zijn voor de toekomstige implementatie van energietechnieken in nieuwbouwwoningen betreffen bouwkundige en installatietechnische randvoorwaarden. De bouwkundige randvoorwaarden worden voor een belangrijk deel bepaald door het woningontwerp en het is dus de architect die hiermee rekening zou moeten houden. Voor de installatietechnische randvoorwaarden is de installateur van belang. Een gemeente heeft in de projectmatige bouw meestal niet direct met de architect en installateur te maken, maar met een projectontwikkelaar. Afspraken die een gemeente met een projectontwikkelaar maakt, moeten dus nog door anderen worden gerealiseerd.

6. CONCEPT TEKST VOOR EEN BROCHURE VOOR GEMEENTEN

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit dit rapport nog eens samengevat. Deze tekst kan worden gebruikt voor een brochure als voorlichting richting gemeenten. Een brochure voor gemeenten over flexibele energie-infrastructuur zou de volgende elementen moeten bevatten:

- een beschrijving van het idee achter flexibele energie-infrastructuur,
- uitleg over de wijze waarop een selectie is gemaakt van voorzieningen die kostenefficiënt en effectief zijn,
- een overzicht van de aanbevolen bouwkundige en installatietechnische voorzieningen,
- een rekenvoorbeeld wat het toepassen van een flexibele energie-infrastructuur in een nieuwbouwwijk potentieel aan CO₂-reductie kan opleveren,
- een beschrijving van de aangrijpingspunten voor de stimulering via gemeentelijk beleid.

Deze elementen komen terug in de volgende vier secties.

Wat is een flexibele energie-infrastructuur?

Een flexibele energie-infrastructuur betekent dat met enkele bouwkundige en installatietechnische maatregelen bij de nieuwbouw van woningen de toekomstige toepassing van energiezuinige en duurzame technieken wordt voorbereid. Die voorzieningen tijdens de nieuwbouw zullen de toepassing van energiezuinige en duurzame technieken naderhand vergemakkelijken.

Bijvoorbeeld: een gasaansluiting bij de wasmachine vergemakkelijkt de plaatsing van een gasverwarmde wasdroger, platte daken of op het zuiden georiënteerde hellende daken maakt de toepassing van een zonneboiler of PV mogelijk.

Waarom een flexibele energie-infrastructuur?

Bij toepassing van energiezuinige installaties en duurzame energiebronnen in bestaande woningen kan de eigenaar geconfronteerd worden met relatief hoge kosten voor aanleg van infrastructuur in de woning (leidingen voor gas, elektriciteit en warmwater) of andere noodzakelijke aanpassingen. Wanneer bij nieuwbouwwoningen rekening zou worden gehouden met de toekomstige toepassing van deze installaties kunnen deze implementatieproblemen worden voorkomen.

Bijvoorbeeld: de kosten voor een gasaansluiting voor een gasverwarmde wasdroger in een bestaande woning bedragen ca. 250 gulden bij een projectmatige aanpak (bij 100 woningen) en bijna 600 gulden in geval van een particulier verzoek.

Is een flexibele energie-infrastructuur gezien de kosten wel efficiënt?

Investerings voor installatietechnische en bouwkundige voorzieningen kunnen bij nieuwbouw zinvol zijn wanneer zij tegen lagere kosten kunnen worden gerealiseerd dan wanneer de woning eenmaal in gebruik is. Als daarbij ook nog eens rekening wordt gehouden met de rente op de investering dan moet een toekomstige investering ruim twee maal hoger zijn dan de initiële investering, wil het kostenefficiënt zijn de betreffende maatregelen bij nieuwbouw te realiseren. De in deze brochure gepresenteerde maatregelen voldoen aan dit criterium.

Om welke voorzieningen gaat het concreet?

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de installatietechnische en bouwkundige voorzieningen die getroffen zouden moeten worden als voorbereiding op de toepassing van een gasverwarmde wasdroger, zonneboiler of zonnegas-combi warmtepomp, micro-wkk-installatie en PV.

Tabel 6.1 *Overzicht van installatietechnische en bouwkundige voorzieningen*

Installatietechnisch	Bouwkundig	Gasverwarmde wasdroger	Zonneboiler	Zonnegas-combi	Warmtepomp voor ruimteverwarming	Microwarmtekracht	Fotovoltaïsche cellen (PV)
Gasaansluiting bij wasmachine		×					
Cv-ketel geschikt als naverwarmer			×		×		
Lage temperatuur cv-systeem					×		
Aparte groep in de meterkast en extra elektriciteitsleiding naar zolder					×	×	×
In meterkast ruimte voor extra elektriciteitsmeter						×	×
	Ruimte op plat dak of zongericht hellend dak		×	×			×
	Cv-ketel opstelling onder (schuin) dak		×	×	×		
	Ruimte voor buffervat		×	×	×	×	

Het hierboven gepresenteerde totale pakket aan ‘flexibele energie-infrastructuur maatregelen’ kost bij elkaar minder dan 400 euro.

Wat levert een flexibele energie-infrastructuur op?

Stel er wordt in uw gemeente een nieuwe woonwijk gebouwd met 500 woningen. In die nieuwbouwwijk is een flexibele energie-infrastructuur toegepast, dus bovengenoemde bouwkundige en installatietechnische voorzieningen zijn bij de bouw aangebracht.

Bewoners nemen bij verhuizing naar een nieuwbouwwoning hun wasdroger mee, ieder jaar zullen er van die wasdrogers een aantal aan vervanging toe zijn. Als een wasdroger 10 jaar mee gaat, dan worden per jaar 10% van de drogers vervangen, in deze wijk dus 50 per jaar. Als die bewoners op dat moment een gasgestookte wasdroger aanschaffen in plaats van een conventionele, dan besparen zij ieder 60 m³ aardgas ofwel 150 kg CO₂ per jaar. Voor de hele wijk is dat potentieel jaarlijks 7,5 ton CO₂-reductie oplopend tot 75 ton CO₂-reductie na 10 jaar.

Als de HR-ketel geschikt is als naverwarmer en de wijk zongericht verkaveld is, dan kunnen bewoners direct een zonneboiler plaatsen. Stel dat 10% dat ook direct doet, dan besparen zij ieder 150 m³ aardgas ofwel 250 kg CO₂ per jaar. Voor de hele wijk is dat potentieel jaarlijks bijna 13 ton CO₂-reductie.

Stel dat 10% van de bewoners overgaat tot installatie van PV op het dak van hun woning dan besparen zij ieder 800 kWh elektriciteit ofwel 400 kg CO₂ per jaar. Voor de hele wijk is dat potentieel jaarlijks 20 ton CO₂-reductie.

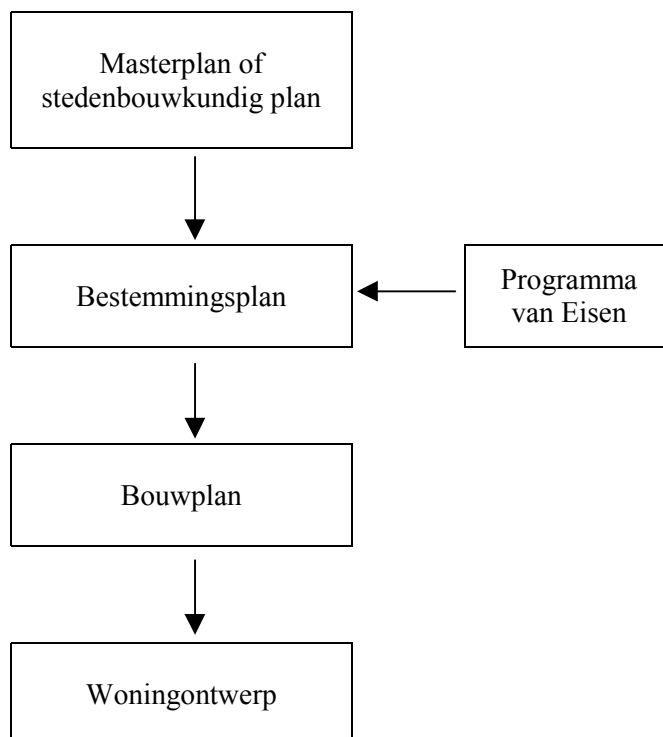
Bewoners zullen pas bij vervanging van hun HR-ketel (na ca. 15 jaar) de investering in een zonnegas-combi warmtepomp of micro-wkk overwegen. Stel dat 60% van de bewoners overgaat tot aanschaf van één van die installaties (in plaats van een nieuwe HR-ketel) dan besparen zij ieder ca. 180 kg CO₂ per jaar. Voor de hele wijk is dat 50 ton CO₂-reductie.

Alles bij elkaar opgeteld zou in deze nieuwbouwwijk vanaf de oplevering potentieel jaarlijks 40 ton CO₂ gereduceerd kunnen worden, oplopend tot jaarlijks 160 ton na een termijn van 15 jaar.

Hoe kan een gemeente een flexibele energie-infrastructuur realiseren?

Gemeenten stellen de ambities bij nieuwbouwprojecten. In een masterplan of stedenbouwkundig plan wordt de ruimtelijke hoofdstructuur van een wijk vastgelegd. Die hoofdstructuur is een ruimtelijke vertaling van eisen en ambities, zoals dichtheden, woningaantallen, verkeersstructuur en voorzieningen. Ook de keuze voor zongericht verkavelen kan daarin worden vastgelegd. Een volgende stap in het planningsproces van een nieuwbouwwijk is het bestemmingsplan, dat een juridische vertaling is van een Programma van Eisen (PvE). Hierin zijn concrete uitgangspunten, eisen en wensen als basis voor de verdere planontwikkeling opgenomen. Ook de aanwezigheid van installatietechnische en bouwkundige voorzieningen als voorbereiding voor de toekomstige toepassing van energiezuinige en duurzame energietechnieken kan in het PvE worden opgenomen. Via de bouwvergunningen kunnen bouwplannen worden getoetst aan het bestemmingsplan.

In Figuur 6.1 is het planproces voor ruimtelijke inrichting schematisch weergegeven. Bedacht moet worden dat één voorziening voor de toepassing van duurzame energietechnieken in de toekomst reeds in het structuurplan en het masterplan of stedenbouwkundig plan moet worden meegenomen: het gaat dan om zongericht verkavelen. De overige installatietechnische en bouwkundige voorzieningen komen pas op het moment van woningontwerp aan de orde. De gemeente moet echter in haar Programma van Eisen al aangeven dat zij een flexibele energie-infrastructuur wil realiseren en welke voorzieningen in de woning dit vereist.



Figuur 6.1 *Het planproces voor ruimtelijke inrichting*

De realisatie van een flexibele energie-infrastructuur kan gezien worden als onderdeel van Duurzaam Bouwen. Veel gemeenten voeren reeds een DuBo-beleid door voorwaarden bij gronduitgifte en privaatrechtelijke instrumenten (contracten). De installatietechnische en bouwkundige voorzieningen kunnen onderdeel van dat beleid worden gemaakt.

REFERENTIES

Internet site van het Projectbureau Duurzame Energie: www.pde.nl

Jeeninga, H. et. al. (2001): *Energieverbruik van energiezuinige woningen, Effecten van gedrag en besparingsmaatregelen op de spreiding in en de hoogte van het reële energieverbruik*, ECN/IVAM, oktober 2001, ECN-C--01-072.

Laag P.C. en G.J. Ruijg (2002): *Micro-warmtekrachtsystemen voor de energievoorziening van Nederlandse huishoudens*, ECN-C-02-006 (nog te verschijnen).

Menkveld, M. et. al. (1997): *Substitutie van elektriciteit bij wasmachines en drogers*, ECN, Petten, november 1997, ECN-I--97-041.

Menkveld, M. et. al. (2001): *Het speelveld van lokaal klimaatbeleid*, ECN/CSTM, oktober 2001, ECN-C--01-045.

Menkveld, M. et. al. (2001): *Lokaal klimaatbeleid in de praktijk*, ECN/CSTM, oktober 2001, ECN-C--01-083.

Novem (1999): *Protocol Monitoring Duurzame energie*, september 1999.

Scheepers, M.J.J. et. al. (2000): *Warmtepompen en zonneboilers in de Stad van de Zon*, ECN, juli 2000, ECN-C--00-070.

BIJLAGE A REFERENTIE BIJ BESPARINGSBEREKNINGEN

Bij de berekening van de potentiële energiebesparing en emissiereductie is gebruik gemaakt van emissiefactoren en conversierendementen uit het Protocol Monitoring Duurzame Energie (Novem, september 1999)⁴. De gebruikte cijfers zijn vermeld in Tabel A.1.

Tabel A.1 *Conversierendementen en emissiefactoren referentie*

	2000	2010
<i>Referentierendement HR-ketel [%]:</i>		
Tapwater	77	85
Ruimteverwarming	92	101
<i>Omzettingsrendementen elektriciteit [%]:</i>		
Af productie	43	55
Bij verbruiker	41,7	52,8
<i>Emissiefactoren [in kg CO₂/ GJ_{primair}]:</i>		
Elektriciteit af productie	68	65
Elektriciteit bij verbruiker	70,8	68
Aardgas	56	56

⁴ Om tot een realistische schatting van energiebesparingspotentiëlen te komen, zijn de in het Protocol voor de VR-ketel aangegeven conversierendementen maatgevend geacht voor de HR-ketel in de praktijk.

BIJLAGE B POTENTIËLE BESPARING EN EMISSIEREDUCTIE PER TECHNIEK

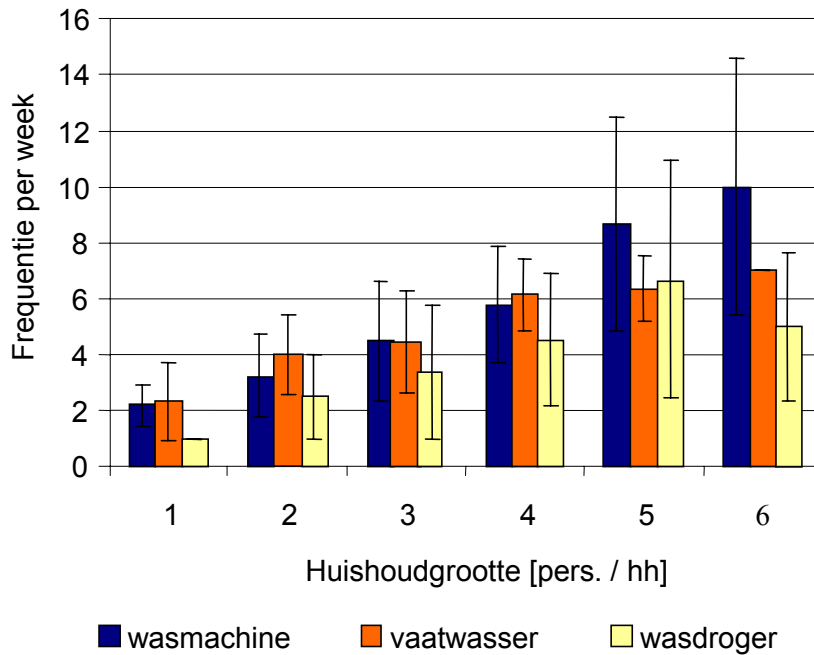
In Tabel B.1 is een overzicht gegeven van de potentiële jaarlijkse energiebesparing en emissiereductie per woning, daarna volgt een toelichting per techniek.

Tabel B.1 *Overzicht potentiële jaarlijkse energiebesparing en emissiereductie per woning*

	2000			2010		
	Energiebesparing [GJ _{primair}]	CO ₂ -reductie [m ³ aeq]	CO ₂ -reductie [kg]	Energiebesparing [GJ _{primair}]	CO ₂ -reductie [m ³ aeq]	CO ₂ -reductie [kg]
Gasverwarmde wasdroger	2,4	77	199	1,3	42	111
Hot-fill wasmachine	0,5	16	45	0,2	5	16
Hot-fill vaatwasser	0,4	12	50	0,1	3	18
Zonneboiler	4,7	148	254	4,8	151	263
Warmtepompboiler	2,7	84	17	2,5	79	44
Zonnegas-combi	6,3	199	346	6,4	203	355
Warmtepomp	2,5	81	17	4,4	140	169
Micro-wkk	2,0	64	148	0,9	28	179
PV	6,7	212	455	6,3	199	408

Gasverwarmde wasdroger

Voor de bepaling van de energiebesparing van de gasverwarmde wasdroger is gebruik gemaakt van cijfers uit een eerdere ECN-studie (Menkveld en Beeldman, 1997). Daarin wordt uitgegaan van 50 kWh (0,18 GJ) elektriciteit en 57 m³ (1,8 GJ) gas per jaar voor een gasverwarmde wasdroger bij gemiddeld gebruik. Het gemiddeld verbruik van een conventionele wasdroger is 541 kWh per jaar (EnergieNed, 1998). Met het conversierendement voor elektriciteit voor 2000 betekent dit een primair verbruik voor de conventionele wasdroger van 4,7 GJ en voor de gasverwarmde wasdroger van 2,2 GJ. De aldus berekende primaire energiebesparing van 2,4 GJ geldt bij gemiddeld gebruik, zo'n 4 keer per week. De gebruiksfrequentie van een wasdroger is echter bepalend voor de potentiële energiebesparing. Figuur B.1 geeft de spreiding in gebruiksfrequentie van de wasmachine, wasdroger en vaatwasser aan afhankelijk van de gezinsgrootte. De wasdroger wordt minimaal 1 keer per week en maximaal 6 keer per week gebruikt. Het betekent dat de potentiële energiebesparing van de gasverwarmde wasdroger ook varieert tussen de 0,5 en 3 GJ_{primair} per huishouden per jaar.



Figuur B.1 *Gebruiksfrequentie van wasmachine, wasdroger en vaatwasser naar huishoudgrootte (Jeeninga, 2001)*

Als het verbruik van de huidige marktbeste wasdrogers (485 kWh per jaar) maatgevend is voor het gemiddeld verbruik van conventionele wasdrogers in 2010, dan levert dat met het conversierendement voor elektriciteit voor 2010 een primair verbruik van 3,3 GJ. Als we voor 2010 voor de gasverwarmde wasdroger een rendementsverbetering van 10% veronderstellen (10% minder gasverbruik) dan is het primair verbruik nog altijd 2,0 GJ. De primaire energiebesparing voor de gasverwarmde droger is dan 1,3 GJ. Als daarbij de spreiding in gebruiksfrequentie mee wordt genomen, dan bedraagt de energiebesparing tussen de 0,3 en 2,0 GJ_{primair} per huishouden per jaar.

Hot-fill wasmachine

Ook voor de bepaling van de energiebesparing en emissiereductie van de hot-fill wasmachine is gebruik gemaakt van cijfers uit de eerder genoemde ECN studie (Menkveld en Beeldman, 1997). Daarin wordt uitgegaan van een verbruik van 89 kWh (0,32 GJ) elektriciteit en 0,39 GJ warmte per jaar voor een hot-fill wasmachine bij gemiddeld gebruik. Deze cijfers waren echter gebaseerd op het ombouwen van een marktbeste cold-fill wasmachine met een verbruik van ca. 198 kWh per jaar. Het gemiddeld verbruik van een conventionele wasmachine is 231 kWh. Van dit gebruik wordt als referentie uitgegaan, wat neer komt op 2,0 GJ_{primair}. De verbruikscijfers voor de hot-fill-wasmachine zijn in gelijke verhouding opgehoogd (104 kWh elektriciteit en 0,46 GJ warmte) zodat met de conversierendementen voor elektriciteit en een HR-ketel een primair verbruik resulteert van 1,5 GJ.

De uiteindelijke primaire energiebesparing is dan 0,5 GJ per huishouden per jaar bij gemiddeld gebruik (4,4 keer per week). Uit Figuur 4.1 blijkt echter dat de gebruiksfrequentie van de wasmachine een grote spreiding kent, variërend van 1 tot 10 keer per week. Dat betekent dat de potentiële energiebesparing kan variëren van 0,1 tot 1,0 GJ_{primair} per huishouden per jaar.

Als het verbruik van de huidige marktbeste wasmachines (179 kWh per jaar) maatgevend is voor het gemiddeld verbruik van conventionele wasmachines in 2010 levert dat met het conversierendement voor elektriciteit voor 2010 een primair verbruik van 1,2 GJ. Met een rendementsverbetering van de HR-ketel is het primair verbruik van de hot-fill wasmachine nog altijd 1,1 GJ. De primaire energiebesparing van de hot-fill wasmachine is dan 0,1 GJ. Als daarbij de

spreiding in gebruiksfrequentie mee wordt genomen, dan bedraagt de energiebesparing tussen de 0,03 en 0,3 GJ_{primair} per huishouden per jaar.

Hot-fill vaatwasser

In een rapportage van Van Holsteijn en Kemna uit 1991 worden energiegebruikscijfers genoemd voor een hot-fill vaatwasser in vergelijking met een conventionele (cold-fill) vaatwasser: 1,5 kWh per beurt voor cold-fill en 0,4 kWh elektriciteit en 0,24 m³ gas voor hot-fill. Vergelijking met BEK'98 leert dat een conventionele vaatwasser gemiddeld 1,39 kWh per beurt gebruikt en een vaatwasser jaarlijks gemiddeld 220 beurten draait, hetgeen een jaarlijks verbruik van 305 kWh oplevert. Met het referentierendement voor elektriciteit voor 2000 levert dat een verbruik van 2,6 GJ_{primair}. Voor hot-fill zijn de cijfers van Van Holsteijn en Kemna gecorrigeerd voor de efficiencyverbetering van de cold-fill en ook vermenigvuldigd met 220 voor het aantal beurten. Dat levert een verbruik van 2,2 GJ_{primair} per jaar per toestel.

De berekende energiebesparing van 0,4 GJ_{primair} per huishouden per jaar geldt bij gemiddeld gebruik (4,5 keer per week). Figuur 4.1 geeft de spreiding in het gebruik van de vaatwasser: 2 tot 6 keer per week, waarmee de primaire energiebesparing dus kan variëren van 0,2 tot 0,5 GJ per huishouden per jaar.

Als het verbruik van de huidige marktbeste vaatwassers (0,98 kWh per beurt, 215 kWh per jaar) maatgevend is voor het gemiddeld verbruik van conventionele wasdrogers in 2010 levert dat met het conversierendement voor elektriciteit voor 2010 een primair verbruik van 1,5 GJ. Als voor 2010 voor de hot-fill vaatwasser een rendementsverbetering van 10% verondersteld wordt (10% minder gasverbruik) dan is het primair verbruik nog altijd 1,4 GJ. De primaire energiebesparing voor de hot-fill vaatwasser is dan 0,1 GJ. Als daarbij de spreiding in gebruiksfrequentie mee wordt genomen, dan bedraagt de energiebesparing tussen de 0,05 en 0,1 GJ_{primair} per huishouden per jaar.

Zonneboiler en zonnegas-combi

Voor de berekening van de potentiële energiebesparing van de zonneboiler zijn de uitgangspunten uit het Protocol Monitoring Duurzame Energie gebruikt, waarin voor de zonneboiler een dekkingsgraad van 45% (d.w.z. dat 45% van de warm tapwatervraag door de zonneboiler wordt gedekt) en een eigen elektriciteitsverbruik van 60 kWh wordt verondersteld. In energiezuinige nieuwbouwwoningen blijkt het gemiddelde gasgebruik voor warm tapwater ca. 1 m³ per dag te zijn, 365 m³ per jaar. Een zonneboiler met 45% dekkingsgraad bespaart 164 m³ gas (5,2 GJ_{primair}) maar verbruikt 60 kWh elektriciteit (0,5 GJ_{primair}), dus resulteert in een besparing van 4,7 GJ_{primair} (omgerekend 148 m³ aeq). Dit is consistent met de in het kader van een recente ECN-studie in de praktijk gemeten warmteopbrengst van een zonneboiler van gemiddeld 4 GJ per jaar (Jeeninga, 2001).

Voor de schatting van de toekomstige energiebesparing is verondersteld dat de warmteopbrengst en dus de dekkingsgraad van zonneboilers zal toenemen tot ca. 50%. Die verhoging van de opbrengst wordt tenietgedaan door efficiencyverbetering van de referentie, de gasverwarmde ketel. De besparing is gelijk aan die in 2000.

Een zonnegas-combi kan met name in het voor en najaar ook wat warmte voor ruimteverwarming leveren. De warmteopbrengst is echter niet veel hoger dan die van de zonneboiler, we veronderstellen hier 1,5 GJ per jaar. Met die 1,5 GJ wordt 1,5 GJ gas (90 m³) bespaard op ruimteverwarming. Samen met de besparing op tapwater levert de zonnegas-combi dan een energiebesparing van 6,3 GJ_{primair} per jaar (ca. 200 m³ aardgasequivalent).

Voor de schatting van de toekomstige energiebesparing is verondersteld dat de warmteopbrengst van een zonnegas-combi zal toenemen met 10%. Die verhoging van de opbrengst wordt tenietgedaan door efficiencyverbetering van de referentie, de gasverwarmde ketel. De besparing is ongeveer gelijk aan die in 2000.

Warmtepompboiler

De Novem-site vermeldt dat het totale jaarrendement in primaire energie ca. 95 tot 100% op onderwaarde bedraagt en dus ligt ca. 15 tot 20% boven de beste HR-ketels. Een warmtapwater-vraag van 365 m³ gas (11,6 GJ_{primaire}) betekent met het conversierendement voor een HR-ketel in 2000 een warm tapwater-vraag van 8,9 GJ. Met een PER van 1,0 mag voor de warmtepompboiler een primair verbruik van 8,9 GJ worden gerekend en wordt dus 2,7 GJ_{primaire} bespaard (84 m³ aeq). Voor 2010 mag voor de warmtepompboiler een rendementsverbetering worden verondersteld, en de profiteert de warmtepompboiler van de efficiencyverbetering van de elektriciteits-opwekking. Het conversierendement van de HR-ketel verbetert echter ook. We nemen aan dat de besparing daardoor ongeveer gelijk zal zijn.

Warmtepomp

Voor de warmtepomp is het rendement aangehouden uit NEN 5128 uit 1998. Deze norm die de basis vormt voor de EPN berekeningen gaat uit van een PER (primary energy ratio) van 1,3 bij een aanvoertemperatuur aan het cv-systeem van 50°C en bodem of grondwater als bron. De warmtevraag van de referentie tuinkamerwoning is 12 GJ_{primaire} (Novem-site). Met het referentierendement van de HR-ketel in 2000 betekent dat een warmtevraag van 11 GJ. Met een PER van 1,3 betekent dat 8,5 GJ_{primaire} verbruik voor de warmtepomp en dus een besparing van 2,5 GJ_{primaire} (81 m³ aeq).

Voor 2010 is verondersteld dat de PER van de warmtepomp zal stijgen naar 1,7, doordat de warmtepomp ook profiteert van de efficiencyverbetering van de elektriciteitsopwekking. Het conversierendement van de HR-ketel verbetert ook, voor de ruimteverwarming van de tuinkamerwoning zal in 2010 in de referentiesituatie nog maar 11 GJ_{primaire} nodig zijn. Met een PER van 1,7 daalt het primair verbruik bij de warmtepomp tot 6,5 GJ en is de besparing dan 4,4 GJ_{primaire} (140 m³ aeq).

Micro-warmtekrachtkoppeling (wkk)

Een micro-wkk-installatie met stirlingmotor heeft een elektrisch rendement van 14% en een thermisch rendement van 84% en heeft een dekkingsgraad van ca. 65% (ECN, 2001). Uitgaande van een warmtevraag van 11 GJ van de referentie tuinkamerwoning betekent dit dat 7,2 GJ warmte met de micro-wkk wordt voorzien, dit levert tevens 1,2 GJ elektriciteit uit een gasinzet van 8,5 GJ. Met het referentierendement van de HR-ketel en de elektriciteitsopwekking in 2000 is voor dezelfde hoeveelheid opgewekte warmte en elektriciteit 10,6 GJ_{primaire} e energie nodig. De besparing is dan 2,0 GJ_{primaire} (63 m³ gas).

Voor 2010 is uitgegaan van een micro-wkk-installatie met brandstofcel met een elektrisch rendement van 36% en een thermisch rendement van 39% en een dekkingsgraad van 65%. Ondanks hogere efficiency van de micro-wkk-installatie pakt de energiebesparing en CO₂-reductie lager uit door efficiencyverbeteringen bij de referentie.

PV

Er is uitgegaan van 10 m² PV op het dak. Dat is geen gering aantal vierkante meters en zal betekenen dat ongeveer het gehele dak met PV-panelen zal worden bedekt. De opbrengst per jaar is 80 kWh per m². Dat is dus 800 kWh per jaar (2,9 GJ elektriciteit) en met het referentierendement voor elektriciteit voor 2000 een vermeden primair verbruik voor elektriciteitsopwekking van 6,7 GJ. Voor 2010 wordt verondersteld dat de opbrengst met 10% zal zijn toegenomen. De toename van de besparingen wordt tenietgedaan door efficiencyverbetering bij de referentie.