

POTENTIËLE PENETRATIEGRADEN ENERGIEBESPARENDE OPTIES IN DE GLASTUINBOUW

Een proeve van toepassing van het energiemodel

Juli 1996



SIGN: L26-1.141
EX. NO: C.
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Afdeling Tuinbouw

359716

REFERAAT

POTENTIËLE PENETRATIEGRADEN ENERGIEBESPARENDE OPTIES IN DE GLASTUINBOUW; EEN PROEVE VAN TOEPASSING VAN HET ENERGIEMODEL

Velden, N.J.A. van der

Den Haag, landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1996

Publicatie 4.141

ISBN 90-5242-358-X

79 p., tab., fig., bijl., English summary

Energiebesparing en verbetering van de energie-efficiëntie in de glastuinbouw is mogelijk door het gebruik van energiebesparende opties. Een aantal opties wordt op een belangrijk deel van de bedrijven aangewend en andere op beperkte schaal.

In dit onderzoek is op basis van het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO een model ontwikkeld waarmee de technische en economische mogelijkheden in de sector zijn onderzocht. Voor de meeste opties zijn er grote technische mogelijkheden; echter, de bedrijfseconomische mogelijkheden zijn minder groot en beperken zich bij de huidige prijsverhoudingen, technische prestaties van de opties en bedrijfsomstandigheden tot de optie warmtelevering, warmteopslag en de condensor. Hiermee kan in de sector 14% op het primair brandstofverbruik per jaar worden bespaard en is een investering door de tuinders van 182 miljoen gulden nodig. Voor de opties energiescherm, alternatief kasdek, warmtepomp en w/k-installaties met of zonder levering elektriciteit aan het openbare net zijn er in genoemde situatie geen bedrijfseconomische mogelijkheden.

Belangrijke toekomstige invloedsfactoren op dit resultaat zijn de technische prestaties van warmteopslag en het energiescherm, de warmte-dekkingsgraad en de prijs van warmtelevering door derden en de prijs van elektriciteit bij levering aan het openbare net. De hoogte van de gasprijs en een subsidie op de benodigde investeringen hebben een beperkte invloed.

Energie/Glastuinbouw/Energiebesparing/Milieu/Energie-efficiëntie/Toekomst/
Simulatiemodel/Meerjarenafspraak/Nederland

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
SUMMARY	11
1. INLEIDING	15
2. METHODE	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Bedrijven-Informatienet	18
2.3 Isem	18
2.4 Energiebesparende opties	19
2.5 Bedrijfseconomische optimalisatie	20
2.6 Vernieuwde huidige penetratiegraad	21
2.7 Energiebesparing	21
2.8 Uitgangssituatie en varianten	22
3. UITGANGSPUNTEN UITGANGSSITUATIE	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Algemene uitgangspunten	23
3.3 Prijzen en prijspaden	24
3.4 Uitgangspunten per bedrijf	25
3.5 Uitgangspunten per optie per bedrijf	26
3.5.1 Rookgascondensor	26
3.5.2 Energiescherm	27
3.5.3 Alternatieve kasomhulling	29
3.5.4 Warmteopslagtank	30
3.5.5 W/k-installatie zonder levering elektriciteit	32
3.5.6 W/k-installatie met levering elektriciteit	33
3.5.7 Warmtelevering door derden	34
3.5.8 Warmtepomp	35
3.6 Warmtebesparing pieklast gasketel	36
4. RESULTATEN UITGANGSSITUATIE	39
4.1 Inleiding	39
4.2 Rookgascondensor	39
4.3 Energiescherm	42
4.4 Alternatieve kasomhulling	43
4.5 Warmteopslagtank	44

	Blz.
4.6 W/k-installatie zonder levering elektriciteit	44
4.7 W/k-installatie met levering elektriciteit	45
4.8 Warmtelevering door derden	46
4.9 Warmtepomp	46
4.10 Potentiële energiebesparing en benodigde investering	47
5. VARIANTEN, UITGANGSPUNTEN EN RESULTATEN	49
5.1 Inleiding	49
5.2 Hogere gasprijs	49
5.3 Technische prestaties energiescherm	51
5.4 Technische prestaties alternatieve kasomhulling	54
5.5 Technische prestaties warmteopslag	55
5.6 Lagere korting warmteprijs	56
5.7 Tariefstelling elektriciteit	57
5.8 Subsidies	58
5.9 Hogere dekking warmtelevering	60
5.10 Technische ontwikkelingen korte termijn	62
5.11 Combinaties	63
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	65
LITERATUUR	69
BIJLAGEN	73
1. Scenario's CPB en Landbouw 2015	74
2. Voorberekeningen rookgascondensor	76
3. Vernieuwde huidige, technisch maximale en potentiële penetratiegraden, potentiële energiebesparing en benodigde investering van energiebesparende opties in de glastuinbouw	78

WOORD VOORAF

Door de glastuinbouw wordt relatief veel energie gebruikt. De Nederlandse glastuinbouw, vertegenwoordigd door het Landbouwschap, en de Nederlandse overheid hebben begin 1993 een meerjarenafspraak gemaakt met als doelstelling een verbetering van de energie-efficiëntie met 50% in de periode 1980-2000. De energie-efficiëntie kan worden verbeterd door energiebesparing.

Energiebesparing kan worden gerealiseerd door het gebruik van energiebesparende opties. Er is een groot aantal opties technisch mogelijk; een deel van de opties kan op hetzelfde bedrijf gezamenlijk worden toegepast en een deel sluit elkaar uit. Bij de beslissing tot het aanwenden van de opties speelt het bedrijfseconomisch voordeel een belangrijke rol.

Ter bepaling van zowel de technische als de bedrijfseconomische mogelijkheden van de opties in de sector is een simulatiemodel ontwikkeld. Het voorlichtend ondersteunend systeem "Energie-Investeringsselectiemodel" (Isem) is hiervoor als bouwsteen gebruikt. Het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO wordt als basis gebruikt. Het model moet leiden tot een operationeel systeem waarmee wijzigingen in uitgangspunten, beleidseffecten, enzovoort kunnen worden doorgerekend. In overleg met de begeleidingscommissie zijn uitgangspunten opgesteld voor een eerste proeve van toepassing van het model.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu (Novem). In de begeleidingscommissie hadden zitting C.H.M.G. Custers (Novem), J.P. van Nieuwkerk (Landbouwschap), J. Mulder (NTS), J.C.J. Ammerlaan (PBG), R. Verhoeven (IKC) en A.P. Verhaegh (LEI-DLO). De laatstgenoemde persoon heeft ook een bijdrage geleverd aan het onderzoek.

De directeur,



L.C. Zachariasse

Den Haag, juli 1996

SAMENVATTING

Inleiding

De energie-efficiëntie in de glastuinbouw kan worden verbeterd door gebruik van energiebesparende opties. De beslissing tot het aanwenden van opties wordt genomen door individuele tuinders. Hierbij speelt naast het gedrag en de financieringsmogelijkheden van de afzonderlijke ondernemers, het bedrijfseconomisch voordeel een belangrijke rol. Door technische beperkingen kunnen niet alle opties op alle bedrijven worden toegepast. Indien de technische mogelijkheden er zijn, zal een tuinder pas overgaan tot het gebruik van energiebesparende opties indien dit bedrijfseconomisch voordelen biedt. Bij de beoordeling van het bedrijfseconomisch voordeel van de opties zijn zowel de afzonderlijke opties als de mogelijke combinaties van belang.

De bedrijfsomstandigheden hebben grote invloed op de technische mogelijkheden tot aanwending van en op de technische prestaties van de opties. De technische prestaties zijn van grote invloed op het bedrijfseconomisch voordeel. In de glastuinbouw bestaan grote verschillen tussen de bedrijven. Naast de bedrijfsomstandigheden zijn ook de investeringen en aanvullende kosten van de opties, de geldopbrengsten van de bedrijven en de energieprijzen van invloed. Bovendien kunnen deze aspecten in de toekomst wijzigen. Het in beschouwing nemen van al deze aspecten en de samenhang met het bedrijfseconomisch voordeel brengt een modelmatige benadering met zich mee.

Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is ten eerste de ontwikkeling van een simulatiemodel waarmee de technische en bedrijfseconomische mogelijkheden van energiebesparende opties en bijbehorende energiebesparing en investeringen in de bestaande glastuinbouw kunnen worden doorgerekend.

De tweede doelstelling is met behulp van dit model inzicht te krijgen in de technische en bedrijfseconomische mogelijkheden van deze opties in de glastuinbouw.

Energiemodel

Het model is ontwikkeld op basis van het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO. Het Bedrijven-Informatienet omvat een groep bedrijven die representatief is voor de gespecialiseerde productieglastuinbouw. De opties condensor, energiescherm, alternatief kasdek, warmteopslag, w/k met en zonder levering elektriciteit, warmtepomp en warmte van derden worden in beschouwing ge-

nomen. Het model gaat uit van de huidige bedrijfssituaties in het Bedrijven-Informatienet.

Door het model wordt ten eerste de huidige penetratiegraad per optie in de sector bepaald. Ten tweede wordt op basis van technische voorwaarden per optie de technisch maximale penetratiegraad per optie bepaald. Ten derde wordt per bedrijf van de afzonderlijke opties en combinaties van opties die technisch mogelijk zijn de netto contante waarde bepaald. Het model selecteert vervolgens de optie of combinatie van opties met de hoogste netto contante waarde per bedrijf. Dit wordt gezien als het bedrijfseconomisch optimum per bedrijf. Daarna worden deze resultaten per bedrijf geaggregeerd naar sectorniveau. Dit resulteert in de potentiële penetratiegraad per optie in de sector. Op basis hiervan wordt de potentiële energiebesparing en de benodigde investering in de sector bepaald.

De huidige penetratiegraad kan toenemen tot de potentiële penetratiegraad door het geven van voorlichting over opties met bedrijfseconomische mogelijkheden en het oplossen van bestuurlijke en organisatorische problemen van de optie warmtelevering. De potentiële penetratiegraad kan toenemen tot het technisch maximum door verbeteringen bij de opties en veranderingen in de bedrijfssituaties.

Toepassing

Voor het verkrijgen van inzicht in de technische en bedrijfseconomische mogelijkheden van de opties is een eerste proeve van toepassing van het model uitgevoerd. Hierbij is inzicht in de technische prestaties van de afzonderlijke opties en in de relatie met de afzonderlijke bedrijfssituaties van groot belang. De modelberekeningen zijn als eerste uitgevoerd voor de uitgangssituatie. De uitgangssituatie is gebaseerd op de huidige bedrijfssituaties, de huidige technische prestaties van de opties in de praktijk en de huidige prijsverhoudingen. Als basisjaar is gekozen voor 1992; dit is het jaar waarin de activiteiten van de Meerjarenafpraak zijn gestart. Voor een aantal variabelen zoals energieprijzen, aanvullende jaarkosten van de opties en geldopbrengst van de bedrijven is een pad voor de toekomst verondersteld. Hierbij wordt evenals bij de bepaling van de netto contante waarde een periode van 10 jaar in beschouwing genomen. Naast de uitgangssituatie zijn er varianten in beschouwing genomen.

Huidige penetratiegraad

De opties condensor en energiescherm worden reeds in belangrijke mate toegepast; het energiescherm op 34% en de condensor op 57% van de bedrijven. Van de opties alternatief kasdek, warmteopslag, w/k-installatie zonder levering elektriciteit en warmtelevering door derden is de huidige penetratiegraad minder dan 10%. De warmtepomp en de w/k-installatie met volledige levering elektriciteit worden in de praktijk incidenteel toegepast en in het Bedrijven-Informatienet komen deze in het geheel niet voor.

Technische mogelijkheden

Zonder rekening te houden met economische aspecten blijkt dat er in de glastuinbouw bij de huidige bedrijfssituaties grote technische mogelijkheden bestaan voor een hogere penetratiegraad van energiebesparende opties. Voor warmte/kracht met teruglevering elektriciteit (+78% van de bedrijven), de warmtepomp (+78%) en de condensor (+61%, inclusief vervanging door een combicondensor (+32%)) zijn de technische mogelijkheden het grootst. Voor w/k zonder levering elektriciteit (+2%) zijn er bijna geen technische mogelijkheden en voor het energiescherm (+11%) is dit beperkt. Alternatief kasdek (+26%), warmteopslag (+32%) en warmtelevering door derden (+29%) nemen een tussenpositie in.

Bedrijfseconomische mogelijkheden

Bij de huidige prijsverhoudingen, technische prestaties van de opties en bedrijfssituaties (uitgangssituatie) zijn de bedrijfseconomische mogelijkheden duidelijk minder groot dan de technische mogelijkheden. De bedrijfseconomische mogelijkheden zijn het grootst voor warmtelevering door derden, gevolgd door warmteopslag en condensor. Voor het energiescherm, alternatief kasdek, warmte/kracht met of zonder levering elektriciteit en warmtepomp zijn er geen bedrijfseconomische mogelijkheden in de uitgangssituatie.

Op 12% van de bedrijven is het bedrijfseconomisch interessant een enkelvoudige of een combicondensor in gebruik te nemen. Vervanging van een enkelvoudige condensor door een combicondensor is meestal niet interessant. De potentiële penetratiegraad van warmteopslag ligt in de uitgangssituatie 16% en die van warmtelevering 29% hoger dan de huidige penetratiegraad.

Potentiële energiebesparing en investeringen

De potentiële energiebesparing behorende bij de bedrijfseconomische mogelijkheden bedraagt in de uitgangssituatie circa 600 miljoen m³ a.e. per jaar. Dit is 14% van het primair brandstofverbruik in de sector en komt grotendeels voor rekening van de optie warmtelevering door derden. De benodigde investering door de tuinders komt uit op 182 miljoen gulden en komt grotendeels voor rekening van warmteopslag. De benodigde investering is exclusief de investering in w/k-installaties door nutsbedrijven voor warmtelevering.

Varianten

De technische prestaties, prijsverhoudingen en bedrijfssituaties kunnen in de toekomst wijzigen. Zo ontstaan er bedrijfseconomische mogelijkheden voor het energiescherm indien de negatieve invloed van het lichtverlies op de geldopbrengst wordt gecompenseerd door een positief klimaateffect. De bedrijfseconomische mogelijkheden van warmteopslag zijn sterk afhankelijk van de te realiseren gasbesparing. Een hogere dekkingsgraad door warmtelevering heeft grote invloed op de potentiële energiebesparing in de sector. Verbete-

ringen in de technische prestaties van het alternatief kasdek resulteren niet in bedrijfseconomische mogelijkheden van deze optie.

De combinatie van compensatie van het lichtverlies bij het scherm, een hogere gasbesparing met warmteopslag en een 10 procentpunt hogere dekking van warmtelevering leidt tot een potentiële energiebesparing van circa 800 miljoen m³ a.e. per jaar, ofwel 19% van het primair brandstofverbruik in de sector. Dit is circa eenderde hoger dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering door de tuinders bedraagt dan 267 miljoen gulden en is 85 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie.

Een sterker stijgende gasprijs tot 40 cent per m³ in 2002 heeft beperkte invloed op de potentiële penetratiegraden en de bijbehorende energiebesparing. Dit geldt ook bij betere technische prestaties van de opties. Een lagere korting op de warmteprijs van warmte van derden heeft grote invloed op de potentiële penetratiegraad van deze optie.

Grote bedrijfseconomische mogelijkheden voor w/k-installaties van tuinders met levering van elektriciteit ontstaan door een hogere prijs voor levering van elektriciteit aan het openbare net. Deze optie verdringt dan op een groot deel van de bedrijven de optie warmtelevering. De energiebesparing is in deze situatie ongeveer gelijk aan de uitgangssituatie; er moeten echter aanzienlijke investeringen door de tuinbouw worden gedaan in w/k-installaties. De benodigde investering neemt hierdoor toe tot ruim 1 miljard gulden.

Een investeringssubsidie van 20% heeft alleen een beperkt effect op de potentiële penetratiegraad van de condensor en warmteopslag.

Modelontwikkeling

Het project heeft geleid tot een simulatiemodel waarmee op bevredigende wijze modelberekeningen kunnen worden gemaakt ter beoordeling van de technische en economische mogelijkheden van energiebesparende opties in de glastuinbouw. Een beperking van het model is echter het aantal opties en het aantal typen per optie dat in beschouwing kan worden genomen. Het model kan vervolmaakt worden door het voorgaande en de dynamiek op de bedrijven in te bouwen.

SUMMARY

Introduction

The energy efficiency in the Dutch greenhouse industry can be improved by energy saving options. The decision to invest in an option is made by the individual grower. Besides the behaviour and financial possibilities of the growers, the economic possibilities of the options are very important. Not all options can be used on all holdings because of technical limitations. In the situation without technical limitations no option will be used without farm economic advantage to the grower. To determine the economic advantage the separate options as well as combinations of options are important.

The circumstances at the holdings are very important for the technical possibilities and the technical performances of the options. Technical performances are very important for the economic advantage. The greenhouse industry contains many different holdings. Besides circumstances at the holdings, investments, costs, turnovers of the holdings and energy prices are important. All these aspects can change in future. To take all these aspects into consideration a simulation model is required.

Purpose

The purpose of this research is first the development of a model of which the technical and economical possibilities of energy saving options, the energy savings and investments in the existing greenhouse industry can be calculated. The second purpose is to investigate the technical and economical possibilities of the options with the help of the model.

Model

The model has been developed based on the Farm Accountancy Data Network (FADN) of the Agricultural Economics Research Institute (LEI-DLO). The FADN contains a representative group of holdings of the specialized greenhouse industry. The options condenser, energy screen, double glazing, heat storage, cogeneration with and without delivering electricity to the public grid, heat pump, and heat delivery are taken into account. The model starts from the principle of the existing circumstances at the holdings in the FADN.

First the model calculates present penetration rates of the options in the sector. This is the share of the holdings which already use a certain option. The second output of the model are the technical maximum penetration rates. This is the share of the holdings which are able to use an option from a technical point of view. To enable this, technical conditions have been defined for using

the different options at the holdings. Thirdly, the model determines the potential penetration rates. This is the share of the holdings which can use an option both technically and economically. For this the model calculates the net present value of all technically possible options and combinations of options for the individual holdings in the FADN. The option or combination of options with the highest positive net present value is the potential choice of the grower. These are aggregated to sector level and result in potential penetration rates of the options in the sector. Subsequently, the potential energy savings and investments in the sector are calculated.

The present penetration rates can increase to the potential penetration rates by advising growers about options with economic possibilities and by solving administrative and organizational problems of the option heat delivery. The potential penetration rates can increase to the technical maximum penetration rates by improvements of the options and changings at the holdings.

Application

To obtain insight into the technical and economical possibilities of the options the model is used. This requires insight into the technical performances of the separate options in relation to the circumstances at the holdings. Calculations with the model are first carried out for the basic situation. The basic situation is based on the present circumstances at the holdings, the present technical performances of the options in practice and the present price ratios. The basic year is 1992. This is the year the activities of the agreement between the government and the growers about improving energy efficiency started. For a number of starting points such as energy prices, additional costs of the options and turnovers of the holdings a scenario for the future is supposed. For this and the calculations of the net present value a period of ten years is taken into account. This all applies to a basic situation. Besides the basic situation, variants are taken into account.

Present penetration rates

The options condenser and energy screen are already used at 34 and 57% of the holdings. The present penetrations rate of the options double glazing, heat storage, cogeneration without delivery electricity and heat delivery is less than 10%. The heat pump and cogeneration with delivery of all the electricity to the public grid are used incidentally in practice and in the FADN they are not used at all.

Technical possibilities

When the economic aspects are not taken into account there are considerable technical possibilities for higher penetration rates of energy saving options. The technical possibilities are highest for cogeneration with delivery electricity (+78% of the holdings), heat pump (+78%) and condenser (+61%), including replacement by a double condenser (+32%). There are hardly technical

possibilities for cogeneration without delivery of electricity (+2%), and the possibilities for energy screens (+11%) are small. Double glazing (+26%), heat storage (+32%) and heat delivery are in between.

Farm economical possibilities

In the situation with present price ratios, technical performances of the options and circumstances at the holdings (basic situation) the farm economic possibilities are clearly less than the technical ones. The farm economical possibilities are largest for heat delivery followed by heat storage and condenser. Energy screens, double glazing, cogeneration with and without delivery electricity and heat pump have no farm economical possibilities in the basic situation.

To invest in a single or a double condenser is interesting for 12% of the holdings. Replacement of a single condenser by a double condenser is mostly not interesting. In basic situation the potential penetration rate of heat storage is 16% and of heat delivery is 29% higher than the present penetration rate.

Potential energy savings and investments

The potential energy savings belonging to the economic possibilities amount to about 600 million m³ of natural gas equivalent (n.g.e.) per year in the basic situation. This is 14% of the primary energy use of the greenhouse industry and is mainly accounted for by heat delivery. The investments by the growers amount to 182 million Dutch guilders and is mainly accounted for by heat storage. The investments are excluding the investments in the option heat delivery by the public utility company.

Variants

Technical performances, price ratios, and circumstances at the holdings can change in future. Farm economic possibilities arise if the negative influence of light loss on the turnover of the holdings is compensated by a positive effect of the climate in the glasshouse. The farm economic possibilities of heat storage depend very strongly on the energy savings. A higher coverage of the heat demand by heat delivery has considerable influence on the potential energy saving in the sector. Improvements of technical performances of double glazing do not result in farm economical possibilities of this option.

The combination of compensation of light loss of the screen, a higher energy saving of heat storage and a 10 percentage points higher coverage by heat delivery leads to a potential energy saving of about 800 million m³ n.g.e. per year and 19% of the primary energy use of the sector. This is about one third higher than in the basic situation. The investments by the growers amounts to 267 million guilders and is 85 million higher than in basic situation.

A larger increase of the gas price of up to 40 cents per m³ in 2002 has a limited influence on the potential penetration rates and potential energy savings. This is also true in the situation with better technical performances of the

opties. In overleg met de begeleidingscommissie zijn hiervoor uitgangspunten die horen bij de verschillende opties vastgesteld voor de uitgangssituatie. Vervolgens zijn ook varianten hierop in beschouwing genomen. Hiermee is een eerste proeve van toepassing van dit model uitgevoerd. Meer diepgang en volledigheid kan gerealiseerd worden als door de proeve van toepassing ervaring met het model is opgedaan.

Afbakening

Voor het realiseren van een hogere penetratiegraad van de energiebesparende opties zijn naast de bedrijfseconomische mogelijkheden, het gedrag van de individuele tuinders en de financieringsmogelijkheden van de bedrijven van belang. In dit onderzoek wordt primair naar de bedrijfseconomische mogelijkheden gekeken; het gedrag en het financieringsaspect worden buiten beschouwing gelaten.

De omstandigheden per bedrijf zijn van invloed op de technische prestaties van de opties en daarmee op de bedrijfseconomische mogelijkheden van de opties. De bedrijfsomstandigheden kunnen in de toekomst wijzigen. Van belang is om eerst inzicht te hebben in de mogelijkheden bij de huidige bedrijfsomstandigheden. In dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van de huidige bedrijfsomstandigheden; het onderzoek heeft dus geen betrekking op nieuwbouw en veranderingen op de bedrijven zoals teeltaanpassingen, omvang, enzovoort. In de toekomst zou dit opgenomen kunnen worden in het model.

Opbouw rapport

Deze rapportage is primair gericht op het onderzoek dat met het simulatiemodel is uitgevoerd. In hoofdstuk 2 worden naast de methode van onderzoek, de belangrijkste aspecten van het simulatiemodel behandeld. In hoofdstuk 3 komen de uitgangspunten in de uitgangssituatie aan de orde en in hoofdstuk 4 de resultaten. In hoofdstuk 5 worden de uitgangspunten en de resultaten van de varianten behandeld. Tot slot komen in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen aan bod.

2. METHODE

2.1 Inleiding

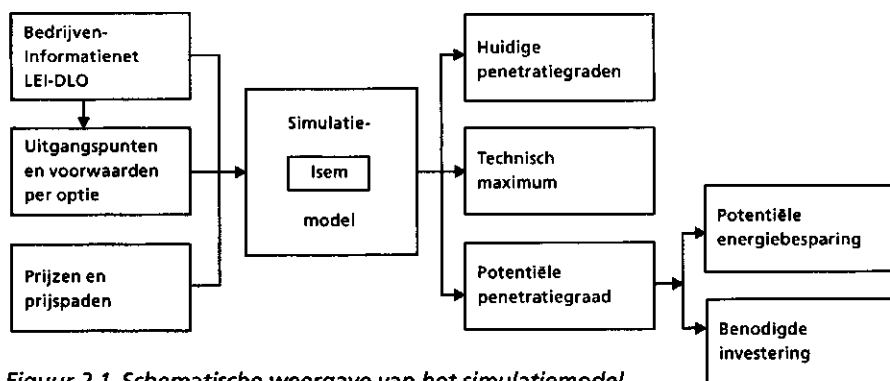
Voor dit onderzoek is een simulatiemodel ontwikkeld. Het model is gebaseerd op het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO. Het model, de benodigde input en de output zijn schematisch weergegeven in figuur 2.1.

Door het model worden drie typen penetratiegraden bepaald. Ten eerste wordt de huidige penetratiegraad van de opties in de sector berekend. Dit is het aandeel van de bedrijven dat een bepaalde optie in gebruik heeft.

Niet alle opties kunnen worden aangewend op alle bedrijven. De tweede output van het model is het aandeel van de bedrijven waar een optie technisch kan worden aangewend; dit wordt het technisch maximum genoemd. Om dit te bepalen zijn per optie technische voorwaarden voor de bedrijven gedefinieerd.

Ten derde bepaalt het model de potentiële penetratiegraad. Dit is het aandeel van de bedrijven waar een optie zowel technisch als bedrijfseconomisch kan worden aangewend. Hiervoor wordt voor alle bedrijven in het Bedrijven-Informatienet de bedrijfseconomisch optimale optie of combinatie van opties geselecteerd. Tot slot wordt de potentiële energiebesparing en de benodigde investering in de sector behorende bij de potentiële penetratiegraad bepaald.

Voor zowel de huidige penetratiegraad, het technisch maximum als de potentiële penetratiegraad wordt door het model informatie gebruikt van de individuele bedrijven in het Bedrijven-Informatienet. Daarnaast is informatie nodig over de uitgangspunten per optie per bedrijf en over de prijzen en de prijspaden in de toekomst.



Figuur 2.1 Schematische weergave van het simulatiemodel

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de afzonderlijke onderdelen en de keuze van opties.

2.2 Bedrijven-Informatienet

LEI-DLO heeft onder meer als taak jaarlijks verslag uit te brengen van het niveau en de ontwikkeling van het bedrijfsresultaat (rentabiliteit), het inkomen en de financiële positie van de agrarische sectoren. Hiervoor is het Bedrijven-Informatienet opgezet. Het Bedrijven-Informatienet wordt gekenmerkt door werkelijke financiële en technische gegevens van de deelnemende bedrijven. De gegevens worden verzameld vanaf facturen en door waarnemingen op de bedrijven.

In het kader van de monitoring van de Meerjarenafspraak Energie (MJA-E) wordt per bedrijf in het Bedrijven-Informatienet voor de glastuinbouw een groot aantal extra gegevens over het energiegebruik en de energiebesparende opties verzameld en geanalyseerd (Van der Velden et al., 1995). De bedrijfsgegevens dienen als input voor het simulatiemodel.

Het Bedrijven-Informatienet voor de glastuinbouw bestaat uit een groep van circa 230 bedrijven en is representatief voor de gespecialiseerde productieglastuinbouw. Ieder bedrijf in het Bedrijven-Informatienet heeft een wegingsfactor. De wegingsfactor is het aantal bedrijven dat wordt vertegenwoordigd in de populatie. Door aggregatie van de informatie per bedrijf op basis van de wegingsfactoren ontstaan resultaten die betrekking hebben op de gehele populatie.

Het Bedrijven-Informatienet en de resultaten van het simulatiemodel hebben betrekking op de gespecialiseerde productieglastuinbouw. De gespecialiseerde productieglastuinbouw omvat in 1992 circa 86% van het areaal productieglastuinbouw. Het aandeel in het totaal energiegebruik van de totale productieglastuinbouw bedraagt circa 94%. De overige 14% van het productieareaal bevat vooral kleine en niet-gespecialiseerde bedrijven. De productieglastuinbouw omvat alle glasareaal in Nederland exclusief de opkweek. Dit laatste wordt gezien als toelevering en betreft circa 4% van het totale glasareaal (Van der Velden et al., 1995).

2.3 Isem

In het begin van de jaren negentig is door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas en LEI-DLO een energie-investeringsselectiemodel (Isem) ontwikkeld (Van der Velden et al., 1992; Stiekema, 1992). Met Isem kan voor een individueel bedrijf een aantal belangrijke opties en combinaties van opties bedrijfseconomisch worden doorgerekend. Het model selecteert vervolgens de bedrijfseconomisch optimale optie of combinatie per bedrijf. Isem is gebruikt als bouwsteen voor het simulatiemodel.

Het gebruik van Isem brengt beperkingen met zich mee. Dit betreft vooral het aantal in beschouwing te nemen opties per bedrijf en de verschillende typen per optie per bedrijf.

2.4 Energiebesparende opties

Het onderzoek beperkt zich evenals Isem tot de belangrijkste opties wat betreft energiebesparing. Dit betekent dat opties met een beperkte energiebesparing per bedrijf zoals ketelisolatie en leidingisolatie niet in beschouwing worden genomen. Per bedrijf worden de volgende opties in beschouwing genomen:

- a. rookgascondensor (co);
- b. energiescherm (es);
- c. alternatieve kasomhulling (ak);
- d. warmteopslagtank (wo);
- e. w/k-installatie zonder levering elektriciteit (wkzle) (installatie van tuinder zonder levering elektriciteit aan het openbare net; eilandbedrijf);
- f. w/k-installatie met levering elektriciteit (wkmle) (installatie van tuinder met levering elektriciteit aan openbare net);
- g. warmtelevering door derden (wl) (warmte uit w/k-installaties van nutsbedrijven of restwarmte uit elektriciteitscentrales);
- h. warmtepomp (wp).

Met een condensor, rookgasreiniging en een warmteopslagtank op de w/k-installaties kan ook energie worden bespaard. Deze worden niet als een zelfstandige optie in beschouwing genomen, maar worden gezien als een verbetering van de w/k-installatie.

Voorwaarden opties

Het model neemt een optie niet in beschouwing als een bedrijf niet aan bepaalde voorwaarden voor de betreffende optie voldoet. Een optie wordt bijvoorbeeld niet in beschouwing genomen als deze reeds wordt aangewend. Andere voorbeelden zijn het niet kunnen aanwenden van een condensor of een alternatieve warmtebron op een bedrijf waar geen buisverwarming wordt gebruikt en het niet kunnen aanwenden van een tweede alternatieve energiebron op een bedrijf waar reeds een alternatieve energiebron in gebruik is. Een andere voorwaarde is dat de kassen op de bedrijven moeten worden verwarmd; anders kan er immers geen energie worden bespaard. De voorwaarden per optie worden behandeld in hoofdstuk 3 (uitgangspunten uitgangssituatie).

Combinaties van opties

Ook combinaties van opties worden in beschouwing genomen. Van belang is immers te weten of bijvoorbeeld een scherm in combinatie met warmtelevering door derden meer voordeel oplevert dan alleen een scherm of alleen warmtelevering.

Een aantal combinaties van opties wordt niet in beschouwing genomen. De alternatieve energiebronnen (e t/m h) brengen hoge investeringen met zich mee waardoor deze in de praktijk in de basislast van de warmtebehoefte voorzien. Dit wil zeggen dat de alternatieve bron een beperkte capaciteit heeft maar wel het eerst in werking treedt en het laatst uitgaat en dus zo lang mogelijk in gebruik is. De gasketel verzorgt de pieklast en de CO₂-voorziening. De hoogte van de investering in de alternatieve energiebron wordt hierdoor beperkt en toch kan een groot deel van de warmtebehoefte worden geleverd. Het aandeel in de totale warmtebehoefte wordt de dekkinggraad genoemd. De basislast behoeft echter maar eenmaal geleverd te worden. Combinaties van alternatieve energiebronnen zijn daarom niet relevant en worden daarom niet in beschouwing genomen.

Combinaties van energiebesparende maatregelen (a t/m d) en combinaties van een alternatieve bron en de besparende maatregelen zijn wel mogelijk. Het maximaal aantal opties en combinaties van opties per bedrijf bedraagt 79.

2.5 Bedrijfseconomische optimalisatie

Bij de bedrijfseconomische optimalisatie van de opties wordt per bedrijf een afweging gemaakt van de te verwachten baten (bijvoorbeeld energiebesparing) en lasten (bijvoorbeeld brandstofverbruik alternatieve bron, elektriciteitsverbruik, onderhoud en invloed op de geldopbrengst van het gewas) in relatie tot het investeringsbedrag; dit alles per optie en per combinatie van opties per bedrijf. Het kengetal waarmee in het model de bedrijfseconomische optimalisatie per bedrijf plaatsvindt, is de netto contante waarde (ncw). Naast de ncw zijn er andere selectiecriteria ter beoordeling van investeringsalternatieven: terugverdientijd, gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit en interne rentevoet. Binnen de bedrijfseconomische literatuur wordt aangegeven dat de interne rentevoet en de ncw de voorkeur verdienen boven de andere selectiecriteria. Verder wordt vaak een voorkeur uitgesproken ten gunste van de ncw. De terugverdientijd wordt vaak gebruikt als risicometaatstaf.

Bij de berekening van de ncw worden de jaarlijks te verwachten saldi van baten en lasten vergelijkbaar gemaakt door deze contant te maken naar het jaar van investeren. Contant maken wil zeggen terugrekenen met een disconteringsvoet naar de waarde van de saldi in het jaar waarin de investering wordt gedaan. De disconteringsvoet is hierbij gelijk aan de marktrente (nominaal). De som van de contant gemaakte saldi minus het investeringsbedrag is de ncw.

Indien de ncw positief is, betekent dit dat een optie of een combinatie van opties rendabel is. De optie of combinatie van opties met de hoogste ncw wordt beschouwd als de beste optie voor het betreffende bedrijf.

Het voordeel van deze methode is dat een groot aantal opties en combinaties van opties vergelijkbaar gemaakt kan worden en dat rekening kan worden gehouden met ontwikkelingen van bijvoorbeeld energieprijzen in de toekomst. Een beperking is dat de berekeningen per optie of combinatie van op-

ties plaatsvinden over een gelijke periode terwijl de economische levensduur per optie verschillend kan zijn. Berekening van de annuïteit van de netto contante waarde kent dit nadeel niet. In dit onderzoek is deze methode echter niet toepasbaar daar er combinaties van opties in beschouwing worden genomen die per optie een verschillende levensduur kunnen hebben.

De vraag kan gesteld worden of tuinders bij een positieve netto contante waarde een optie in gebruik nemen. Economische berekeningen zijn omgeven met onzekerheden. Om deze onzekerheden te beperken, wordt zoveel mogelijk uitgegaan van technische prestaties van de opties gerealiseerd in de praktijk. Daarnaast zijn er onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen van bijvoorbeeld de energieprijzen en ontwikkelingen op de bedrijven. De tuinder zou hierdoor uit kunnen gaan van een hogere drempelwaarde dan een positieve netto contante waarde. In dit onderzoek wordt dit aspect verder buiten beschouwing gelaten. Voor verdere uitleg van de rekenmethode wordt verwezen naar de beschrijving van Isem (Van der Velden et al., 1992).

2.6 Vernieuwde huidige penetratiegraad

De potentiële penetratiegraden worden afgezet tegen de huidige en technisch maximale penetratiegraden. Ook de huidige en technisch maximale penetratiegraden worden bepaald op basis van het Bedrijven-Informatienet. Dit sluit aan bij de monitoring van de MJA-E (Van der Velden et al., 1995).

Van een aantal opties bestaan er meerdere typen. Bij de condensor en het scherm neemt het model per bedrijf één van de typen in beschouwing. De huidige penetratiegraad in het hier beschreven onderzoek is daardoor lager dan de penetratiegraad in de monitoring van de MJA-E, waar primair wordt uitgegaan van alle typen gezamenlijk. Gesproken wordt daarom van de "vernieuwde huidige penetratiegraad".

Bij het bepalen van de vernieuwde huidige, technisch maximale en potentiële penetratiegraden wordt uitgegaan van 1992 als basisjaar. Dit is het jaar waarin de activiteiten rondom de MJA-E zijn gestart.

2.7 Energiebesparing

De potentiële energiebesparing is de energiebesparing die gerealiseerd wordt indien alle opties die bedrijfseconomisch interessant zijn ook daadwerkelijk in gebruik worden genomen. De potentiële energiebesparing wordt bepaald en uitgedrukt in het primair brandstofverbruik van de sector. Dit stemt overeen met de MJA-E. De energiebesparing behorende bij het technisch maximum kan niet worden bepaald; enkele opties sluiten elkaar immers uit.

In de glastuinbouw worden verschillende energiesoorten gebruikt (bijvoorbeeld aardgas, olie, elektriciteit en warmte van derden). Voor het bepalen van de energie-efficiëntie en de CO₂-emissie in de sector wordt het energieverbruik van de glastuinbouw uitgedrukt in het primair brandstofverbruik. Door

het simulatiemodel wordt de potentiële energiebesparing eveneens uitgedrukt in primair brandstofverbruik.

Het primair brandstofverbruik wordt bepaald door de verschillende energiesoorten om te rekenen naar de brandstof die nodig is voor de productie hiervan. Aardgas en olie zijn reeds uitgedrukt in primair brandstof. Elektriciteit wordt omgerekend naar de hoeveelheid brandstof die nodig is voor de productie hiervan in elektriciteitscentrales. Warmte van derden zoals restwarmte van elektriciteitscentrales of w/k-installaties van nutsbedrijven wordt omgerekend naar de extra hoeveelheid brandstof die hiervoor nodig is in elektriciteitscentrales of w/k-installaties. Het primair brandstofverbruik van de afzonderlijke energiedragers bestaat voor een zeer groot deel uit aardgas. Het primair brandstofverbruik wordt daarom omgerekend naar aardgasequivalenten (a.e.). Voor verdere achtergrondinformatie over het primair brandstofverbruik wordt verwezen naar Van der Velden et al. (1995).

Het toekomstig energieverbruik in de glastuinbouw wordt naast energiebesparing ook bepaald door wijzigingen in de vraag naar energie. De vraag naar energie wordt bepaald door de omvang van het areaal, teelt en klimaatmaatregelen (bijvoorbeeld teelttemperatuur, teeltduur, belichting en CO₂-dosering in perioden zonder warmtevraag) en buitenomstandigheden (bijvoorbeeld temperatuur en wind). Deze kunnen zowel een positieve als een negatieve invloed hebben op de vraag naar energie. Bovendien moet de potentiële energiebesparing nog gerealiseerd worden. Het toekomstig energiegebruik kan daarom niet direct worden afgeleid vanuit het huidige gebruik en de potentiële energiebesparing van de opties.

2.8 Uitgangssituatie en varianten

De modelberekeningen voor de potentiële penetratiegraad worden als eerste uitgevoerd voor de uitgangssituatie. In de uitgangssituatie is gekozen voor uitgangspunten die overeenstemmen met de huidige situatie voor de bedrijfsomstandigheden, technische prestaties en prijzen. Voor de energieprijzen en geldopbrengsten van de bedrijven is bovendien een pad voor de toekomst verondersteld. De resultaten van de modelberekeningen worden grotendeels bepaald door de uitgangspunten. De uitgangspunten in de uitgangssituatie worden daarom uitgebreid behandeld (hoofdstuk 3).

Om inzicht te krijgen in de gevolgen van wijzigende uitgangspunten worden varianten in beschouwing genomen. Een variant ontstaat door een wijziging van één of een aantal uitgangspunten. Dit zijn afwijkingen van wat in de uitgangssituatie in eerste instantie wordt verwacht maar die in werkelijkheid ook voor zouden kunnen komen of eventueel zouden kunnen ontstaan. Voorbeelden hiervan zijn gewijzigde technische prestaties van de opties, ontwikkeling van de gasprijs, subsidies, enzovoort. Voor verdere uitleg wordt verwezen naar de afzonderlijke varianten (hoofdstuk 5).

3. UITGANGSPUNTEN UITGANGSSITUATIE

3.1 Inleiding

Voor de berekeningen met het simulatiemodel moet een groot aantal uitgangspunten worden gekozen. In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten en de achtergronden hiervan behandeld voor de uitgangssituatie. De varianten komen in het volgende hoofdstuk aan bod.

De uitgangspunten zijn ingedeeld in 5 groepen:

1. algemene uitgangspunten;
2. prijzen en prijspaden;
3. uitgangspunten per bedrijf;
4. uitgangspunten per optie per bedrijf; en
5. verdeling besparing over alternatieve warmtebron en gasketel.

3.2 Algemene uitgangspunten

Basisjaar

Als basisjaar (paragraaf 2.6) is gekozen voor 1992. Dit jaar geldt als basis voor:

- de bedrijfssituatie van de afzonderlijke bedrijven;
- de prijzen (investeringen, energie, onderhoud, enzovoort);
- de veranderingen in prijzen (prijspaden) en geldopbrengsten van de bedrijven in de toekomst; en
- de berekening van de contante waarde.

Tijdshorizon

Dit is de periode waarover de berekening van de nette contante waarde plaatsvindt. Gekozen is voor een periode van 10 jaar. Voor de meeste in beschouwing genomen opties wordt vaak een bedrijfseconomische levensduur van 10 jaar verondersteld; onderhoudscontracten van de opties lopen vaak over 10 jaar. Alternatieve kasomhulling en scherminstallaties kunnen wellicht langer meegaan; dit is echter alleen het geval indien de kassen bijna nieuw zijn. Bovendien is de contante waarde van de saldi van baten en lasten van de latere jaren beperkt.

Rentevoet (nominaal)

De rentevoet wordt gebruikt om de contante waarde van de toekomstige baten en lasten van de opties te berekenen. Hiervoor wordt de marktrente (nominaal) gebruikt. Uitgegaan wordt van 7,6% (ER-scenario, zie paragraaf 3.3).

3.3 Prijzen en prijspaden

De prijzen en prijspaden zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op scenario's van het CPB en het onderzoek "Landbouw 2015" van de IKC's en LEI-DLO (De Groot et al., 1994). Hierin worden drie scenario's onderscheiden:

1. Balanced Growth (BG);
2. Global Shift (GS); en
3. European Renaissance (ER).

Voor achtergrondinformatie over deze scenario's wordt verwezen naar De Jong et al. (1992) en De Groot et al. (1994). In bijlage 1 wordt een aantal uitgangspunten behorende bij deze scenario's vermeld. Dit betreft de inflatie, de rente en de ontwikkeling van de gasprijs en de geldopbrengst van de bedrijven in de toekomst. In de uitgangssituatie zijn de algemene uitgangspunten grotendeels gebaseerd op het ER-scenario.

De energieprijzen zijn vermeld in tabel 3.1. Hierin is per energiesoort vermeld: de prijs in 1992, de toename in de jaren tot 2002 en de prijs in 2002. De prijsstijging van aardgas is 3,2% per jaar. Dit resulteert in een nominale gasprijs van 30 cent per m³ in het jaar 2002.

Bij elektriciteit wordt onderscheid gemaakt naar elektriciteit voor belichting en elektriciteit voor overige doeleinden. Voor belichting wordt gebruik gemaakt van het afschakelbare tarief. De terugleververgoeding bestaat grotendeels uit het brandstofdeel in de tariefstelling (paragraaf 3.5.6). De prijsstijging elektriciteit bij levering aan het net is daarom gelijk aan de prijsstijging van aardgas. De brutokorting van warmtelevering is 10% op de onderste verbrandingswaarde (onderwaarde (o.w.)) van aardgas. De prijsstijging warmtelevering door derden is gelijk aan de prijsstijging van aardgas.

Naast de energieprijzen zijn er de volgende uitgangspunten betreffende prijzen en prijspaden:

- stijging geldopbrengst bedrijven: 2,3% per m² per jaar;
- stijging aanvullende jaarkosten en onderhoud: 3,4% per jaar;
- prijsstijging vermogensvergoeding elektriciteit: 0% per jaar en
- prijsstijging vastrecht elektriciteit: 0% per jaar.

Tabel 3.1 Prijzen en prijspaden energie in de uitgangssituatie (ER-scenario)

Energiesoort	Prijs 1992	Prijsstijging (%/jaar)	Prijs 2002
Aardgas (cent/m ³)	21,8	3,2	30,0
Elektriciteit (cent/kWh)			
- afname van het net			
- belichting a)	8,0	3,3	11,1
- overig	16,0	3,3	22,1
- levering aan het net	5,0	3,2	6,9
Warmte (f/GJ)	6,89	3,3	9,48

a) Afschakelbaar.

3.4 Uitgangspunten per bedrijf

De uitgangspunten per bedrijf hebben betrekking op de bedrijfssituatie. Deze uitgangspunten zijn per bedrijf beschikbaar in of kunnen worden afgeleid van bedrijfsgegevens in het Bedrijven-Informatienet. Het betreft de volgende uitgangspunten:

- bedrijfsomvang (m^2 kas);
 - brandstofintensiteit (m^3 a.e./ m^2 .jaar);
- Met de twee voorgaande variabelen berekent het model onder andere de warmtevraag op het bedrijf. Hierdoor wordt bij de brandstofintensiteit alleen het energiegebruik voor het verwarmen van de kassen en de CO_2 -voorziening in beschouwing genomen. De brandstof gebruikt in w/k-installaties van tuinders wordt gedeeltelijk hieraan toegerekend; een deel van de brandstof wordt immers gebruikt voor elektriciteitsproductie en dus niet voor warmteproductie. Er wordt van uitgegaan dat de brandstof voor 42% wordt omgezet in warmte die wordt aangewend voor de kasverwarming. Dit stemt overeen met de uitgangspunten van de optie w/k-installatie zonder levering elektriciteit (paragraaf 3.5.5; thermisch gebruiksrendement is 52% en nuttig gebruik warmte 80%).
- jaargebruiksrendement gasketel bij volledig gas. Dit is afhankelijk van het gebruik van en het type condensor (tabel 3.2). Een deel van de bedrijven heeft meer dan 1 ketel; uitgegaan wordt van de eerste ketel (zie uitgangspunten condensor, paragraaf 3.5.1);
 - marginale gasbesparing alternatieve warmtebron. Indien op een glas-tuinbouwbedrijf in de basislast van de warmtebehoefte wordt voorzien en de ketel de pieklast verzorgt, dan wordt het gebruiksrendement van de ketel lager (Nawrocki et al., 1991). Hierdoor is er meer aardgas nodig voor de productie van een eenheid warmte met de gasketel en is de gasbesparing door de alternatieve warmtebron lager dan het aandeel van de alternatieve warmtebron in de warmtebehoefte van het bedrijf (warmtegedekkingsgraad). Voor het bepalen van de brandstofbesparing door de alternatieve warmtebronnen wordt uitgegaan van de marginale besparing. Dit is de gasbesparing per geleverde GJ warmte door de alternatieve bron en is afgeleid van twee onderzoeken in de praktijk

Tabel 3.2 Jaargebruiksrendement en marginale aardgasbesparing gasketel, afhankelijk van het condensortype

Condensortype	Gebruiksrendement (% o.w.)	Marginale besparing (m^3/GJ)
Geen	92,3	33,1
Enkelvoudige op retour	95,6	32,0
Enkelvoudige op apart net	99,8	30,6
Combicondensor	102,4	29,7

Bron: Afgeleid van Nawrocki et al. (1991) en Van Rijssel (1983).

(Nawrocki et al., 1991 en Van Rijssel, 1983). De marginale besparing is afhankelijk van het gebruik van en het type condensor (tabel 3.2). Door het gebruik van een condensor wordt het jaargebruiksrendement van de gasketel beter en de besparing door de alternatieve warmtebron lager. Dit geldt sterker voor de condensor met de hoogste besparing (combicondensor);

- geldopbrengst (f per m^2 kas).

3.5 Uitgangspunten per optie per bedrijf

Bij de uitgangspunten per optie per bedrijf worden twee groepen onderscheiden:

- de voorwaarden en
- de uitgangspunten per optie.

De voorwaarden bepalen of een optie wel of niet in beschouwing wordt genomen (zie uitleg technisch maximale penetratiegraden; hoofdstuk 2). Als voorbeelden voor de uitgangspunten per optie worden genoemd: investering, onderhoud, gasbesparing, gebruiksrendementen, dekkingsgraad, nuttig gebruik van de warmte, verandering geldopbrengst, enzovoort. Deze uitgangspunten zijn zoveel mogelijk gebaseerd op onderzoeksresultaten uit de praktijk. Van een aantal opties is veel informatie beschikbaar (condensor, warmtepomp en warmtelevering), van één optie is de beschikbare informatie beperkt (warmteopslag) en de overige opties (energiescherm, alternatief kasdek, w/k zonder levering elektriciteit en w/k met levering elektriciteit) nemen een tussenpositie in. Bij de opties waar onvoldoende informatie beschikbaar is, zijn voor één of meerdere uitgangspunten schattingen gemaakt waarbij overleg met deskundigen heeft plaatsgevonden. Met deze schattingen dient rekening te worden gehouden bij de interpretatie van de resultaten van het onderzoek.

3.5.1 Rookgascondensor

Met een rookgascondensor (co) worden de rookgassen uit de gasketel verder afgekoeld. De vrijkomende warmte wordt afgegeven aan het verwarmingssysteem in de kas. Bij iedere ketel kan in beginsel een condensor worden gebruikt. Per bedrijf kunnen meerdere ketels in gebruik zijn; dit is op circa 30% van de bedrijven het geval. Voor een bedrijf met meerdere ketels is een condensor op de ketel waarmee de meeste warmte wordt geproduceerd, het eerst rendabel. Voor de andere ketels is een condensor minder snel rendabel. Er is geen informatie beschikbaar over het aandeel in de warmtebehoefte per bedrijf per ketel. Door het simulatiemodel wordt daarom alleen de ketel die bij de gegevensverzameling als eerste is opgenomen, in beschouwing genomen.

Er bestaan meerdere typen condensors:

- een enkelvoudige condensor op de retour;
- een enkelvoudige condensor op apart net; en
- een combicondensor.

De verschillende typen worden gekenmerkt door verschillen in gasbesparing en investering. Voor de laatste twee typen dient het verwarmingssysteem in de kas te worden aangepast. Voor beide condensortypen is een apart verwarmingsnet nodig.

Het model kan maar 1 condensortype per bedrijf in beschouwing nemen. Uit berekeningen vooraf (bijlage 2) is gebleken dat bij een gasprijs van 22 cent per m³ boven bepaalde grenzen van bedrijfsomvang en brandstofintensiteit een combicondensor het meeste bedrijfseconomisch voordeel oplevert en onder deze grenzen de enkelvoudige condensor op de retour. Deze grenzen zijn: (1) een bedrijfsomvang groter dan 10.000 m² in combinatie met een brandstofintensiteit van 40 m³ per m² en meer en (2) een bedrijfsomvang kleiner dan 10.000 m² in combinatie met een brandstofintensiteit van 45 m³ per m² en meer.

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- geen buisverwarming (ketel) wordt gebruikt; en
- bij de (eerste) ketel reeds een condensor wordt gebruikt.

Indien er niet sprake is van de hiervoor genoemde voorwaarden, dan wordt een condensor in beschouwing genomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar type condensor en de bedrijfsomstandigheden. In de situatie met een bedrijfsomvang groter dan 10.000 m² in combinatie met een brandstofintensiteit groter dan 40 m³ per m² en in de situatie met een bedrijfsomvang kleiner dan 10.000 m² in combinatie met een brandstofintensiteit groter dan 45 m³ per m² wordt een combicondensor in beschouwing genomen. Onder de grenzen wordt dit een enkelvoudige condensor op de retour.

Daarnaast wordt onderzocht of het interessant is een in gebruik zijnde condensor te vervangen door een type met een grotere energiebesparing. Indien op een bedrijf reeds een enkelvoudige condensor in gebruik is, dan wordt boven de grenzen zoals hiervoor genoemd, vervanging door een combicondensor in beschouwing genomen.

Uitgangspunten

- investering (f) (informatie leveranciers):
 - combicondensor: investering: f 10.000,- + f 5,10 per m² kas. Indien er reeds een enkele condensor op een apart net in gebruik is, wordt dit: f 10.000,- + f 1,10 per m² kas;
 - enkelvoudige condensor op retour: investering: f 7.500,- + f 0,90 per m² kas;
- vast onderhoud: 0,5% van de investering per jaar (schatting); en
- jaargebruiksrendement gasketel inclusief condensor (zie tabel 3.2).

3.5.2 Energiescherm

Energieschermen worden in de glastuinbouw gebruikt om het warmteverlies vanuit de kas te verminderen. Daarnaast worden schermen ook gebruikt

voor andere doeleinden zoals klimaatverbetering, verduistering en zonwering. Meestal worden beweegbare schermen en in mindere mate vaste schermen gebruikt. Beweegbare schermen kunnen automatisch geopend en gesloten worden.

Beweegbare energieschermen worden in beginsel alleen 's nachts gebruikt. In gesloten toestand verminderen schermen het warmteverlies, afhankelijk van de isolatiegraad met 10-60%. Het nadeel van een scherm is dat het lichtverlies veroorzaakt, ook in geopende toestand, met als gevolg een negatieve invloed op de productie en daarmee op de geldopbrengst.

In dit onderzoek wordt onder een energiescherm (es) verstaan een beweegbaar scherm met een doek met een isolatiegraad in gesloten toestand die groter is dan 40%. Bij deze optie wordt zowel een scherm onder het dek als langs de gevel in beschouwing genomen.

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- de kassen van het type "Venlo" gemiddeld lager zijn dan 300 cm;
- de kassen gemiddeld ouder zijn dan 8 jaar; en
- op meer dan 50% van het glasareaal reeds een beweegbaar energiescherm met een doek met een isolatiegraad van gemiddeld groter dan 40% in gebruik is.

Bij Venlo-kassen lager dan 300 cm is het niet goed mogelijk een beweegbaar scherm te gebruiken. Bij andere kastypen (breedkappers) is dit geen beperking. Indien de kassen ouder zijn dan 8 jaar, dan wordt de resterende levensduur te kort verondersteld om lang genoeg gebruik te kunnen maken van de optie.

Als er niet sprake is van de hiervoor genoemde voorwaarden, dan wordt de optie in beschouwing genomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar de situaties waarin wel en geen beweegbare scherminstallatie in gebruik is. Is er geen scherminstallatie in gebruik, dan wordt een volledige scherminstallatie inclusief doek in beschouwing genomen. Indien er wel een scherminstallatie in gebruik is, maar met een doek of een folie met een te lage isolatiegraad (kleiner dan 40%), dan wordt alleen een zwaarder doek in beschouwing genomen. Indien in deze laatste situatie de in gebruik zijnde scherminstallatie meer dan 5 jaar oud is, dan wordt er een volledig nieuwe installatie in beschouwing genomen. Het kan voorkomen dat de kas reeds meer dan 8 jaar oud is. Dan wordt de optie dus niet in beschouwing genomen. Indien er op het bedrijf een vast scherm wordt gebruikt, dan vindt vervanging plaats door een beweegbaar scherm en dan wordt hiermee rekening gehouden bij de uitgangspunten (invloed geldopbrengst en gasbesparing).

Uitgangspunten

De hoogte van de investering is verschillend bij een nieuwe installatie of alleen een nieuw doek:

- investering (inclusief gevel) (informatie van leveranciers):
 - bij een volledig nieuwe scherminstallatie (inclusief doek): f 15,- per m² kas;
 - bij alleen zwaarder doek: f 5,- per m² kas.

Aanvullende jaarkosten zijn 0,5% van de investering (Van der Sluis et al., 1995). Schermen hebben een negatieve invloed op de geldopbrengst. Dit wordt veroorzaakt door een verminderde lichtinval in de kas. Daarnaast heeft het gebruik van een scherm invloed op het kasklimaat (luchtvochtigheid, lucht-beweging, enzovoort). De invloed op het klimaat kan zowel positief als negatief zijn. Bij tomaten wordt door het gewijzigde kasklimaat een negatieve invloed op de productie en daarmee op de geldopbrengst geconstateerd (Van der Sluis et al., 1995). Kwantitatief inzicht in deze relatie bij andere gewassen is niet of beperkt beschikbaar. In de uitgangssituatie wordt daarom uitgegaan van het effect van de geldopbrengst als gevolg van lichtverlies.

Invloed geldopbrengst

- bij een volledig nieuwe scherminstallatie: -5% per jaar (Van der Sluis et al., 1995)
- bij alleen zwaarder doek: 0% per jaar; en
- indien er reeds een vast scherm in gebruik is: -4% per jaar.

Bij het hiervoor genoemde onderzoek bij tomaat wordt een gemiddelde energiebesparing op jaarbasis van 10% gerealiseerd. De verschillen tussen de afzonderlijke bedrijven zijn echter groot. Dit hangt samen met de gebruiksduur van het scherm. De indruk bestaat dat de gebruiksduur bij een aantal andere gewassen hoger ligt dan bij tomaat. In de uitgangssituatie wordt daarom uitgegaan van een hogere energiebesparing door het scherm. Ook wordt het schermen van de gevels meegenomen; dit geeft eveneens een wat hogere besparing.

Gasbesparing (%jaar)

- bij een volledig nieuwe scherminstallatie: 15% per jaar;
- bij alleen zwaarder doek: 5% per jaar; en
- indien er reeds een vast scherm in gebruik is: 5% per jaar.

3.5.3 Alternatieve kasomhulling

De meeste kassen hebben een dek dat bestaat uit enkel glas. Het dek en de gevels kunnen ook worden voorzien van alternatieve materialen zoals dubbel glas, kunststof en glas met een coating. Met deze alternatieven wordt de isolatiegraad verhoogd. Het nadeel is echter dat deze materialen meer licht onderscheppen, wat een negatieve invloed heeft op de productie en de geldopbrengst. Het model kan één type alternatief kasdek (ak) in beschouwing nemen. Gekozen is voor dubbel glas zowel in het dek als in de gevels.

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- op meer dan 50% van het glasareaal reeds een alternatieve kasomhulling (dubbel glas, kunststof of een coating) wordt gebruikt; en
- de kassen gemiddeld ouder zijn dan 8 jaar.

Indien de kassen ouder zijn dan 8 jaar, wordt de resterende levensduur te kort verondersteld om lang genoeg gebruik te kunnen maken van de optie.

Uitgangspunten

- investering: f 85,- per m² kas (informatie van leveranciers; vervanging op bestaande bedrijven);
- onderhoud: 0,5% van de investering (schatting);
- invloed geldopbrengst: -12% per jaar (Ploeger, 1985); en
- gasbesparing: 35% per jaar (Ploeger, 1985).

3.5.4 Warmteopslagtank

De meeste bedrijven doseren CO₂ met de rookgassen van de gasketel. In beginsel doseert bijna ieder bedrijf in perioden zonder warmtevraag; men gaat door met CO₂-doseren tot het ketelwater volledig is opgewarmd ofwel men slaat warmte op in de ketel. Deze opslagcapaciteit is echter beperkt. Om daarna nog verder te kunnen doseren, kan men aardgas verbranden en de warmte afvoeren via een minimum buis of de warmte opslaan in een warmteopslagtank tot een periode met warmtevraag en zonder CO₂-behoefte in de kas ('s nachts). Een minimum buis kan naast warmteafvoer ook bewust worden gebruikt voor beïnvloeding van het kasklimaat; er is dan geen sprake van warmteafvoer.

Onder deze optie wordt verstaan een warmteopslagtank (wo) aangesloten op de ketel en gebruikt voor warmteopslag in perioden met CO₂-dosering zonder warmtevraag in de kassen en met warmteafvoer met een minimum buis. Het betreft niet een warmteopslagtank aangesloten op een w/k-installatie.

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- geen buisverwarming (geen ketel) wordt gebruikt;
- geen CO₂ wordt gedoseerd in perioden zonder warmtevraag met warmteafvoer met een minimum buis; en
- reeds een warmteopslagtank, aangesloten op de ketel, wordt gebruikt.

Uitgangspunten

- investering: f 10.000,- + f 750,- x tankinhoud (m³) (informatie van leveranciers). Tankinhoud (m³): bedrijfsomvang (hectare) x (10 + brandstofin-

tensiteit ($\text{m}^3 \text{ a.e./m}^2$). Dit is gebaseerd op een relatie uit Bedrijven-Informatienet; en

- onderhoud (f/jaar): 0,5% van de investering (schatting).

De gasbesparing die maximaal gerealiseerd kan worden met warmteopslag is gelijk aan de warmte die in de nacht nodig is voor het verwarmen van de kas. Uit Vermeulen et al. (1991) blijkt dat er in de periode van grofweg week 17 t/m week 40, op de dag meer CO_2 -behoefte is dan er beschikbaar komt bij de productie van warmte voor het verwarmen van de kas; er is in deze periode dus een tekort aan CO_2 . De warmtebehoefte in de nacht is afhankelijk van het temperatuurverschil van de lucht in en buiten de kas. Grofweg is er bij een teelttemperatuur van 20°C in de nachten van de periode week 17 t/m week 40, 10 m^3 gas per m^2 kas nodig. Bij een teelttemperatuur van 16°C is dit 6 m^3 per m^2 en bij een teelttemperatuur van 10°C is dit verwaarloosbaar (Vermeulen et al., 1991). Volgens informatie van Verhaegh komt een teelttemperatuur van 20°C overeen met een brandstofintensiteit van 80 m^3 per m^2 en een teelttemperatuur van 10°C met 20 m^3 per m^2 .

Technische prestaties van energiebesparende opties blijken in de praktijk echter vaak lager te zijn dan theoretisch mogelijk is. Uit informatie over de brandstofintensiteit en de CO_2 -intensiteit van het project "Bedrijfsvergelijkend onderzoek energieschermen tomaat" (Van der Sluis et al., 1995) wordt de indruk verkregen dat dit ook voor warmteopslag het geval is. Bovendien wordt verwacht dat er met een minimum buis voor CO_2 op een deel van de bedrijven minder warmte verloren gaat dan er met warmteopslag maximaal bespaard kan worden.

Tevens bestaat de indruk dat op een deel van de bedrijven in de praktijk te kleine tanks worden gebruikt. In de uitgangssituatie wordt daarom uitgegaan van een besparing van 70% van de maximale besparing. In de varianten zullen andere niveaus van gasbesparing in beschouwing worden genomen (50 en 90%). Het voorgaande resulteert in uitgangspunten voor de tankinhoud en de gasbesparing afhankelijk van de brandstofintensiteit zoals vermeld in tabel 3.4.

Tabel 3.4 Tankinhoud van en gasbesparing door een warmteopslagtank, afhankelijk van de brandstofintensiteit

Uitgangspunt	Brandstofintensiteit ($\text{m}^3 \text{ a.e./m}^2$)			
	20	40	60	80
Tankinhoud ($\text{m}^3 \text{ water/hectare}$)	30	50	70	90
Gasbesparing ($\text{m}^3 \text{ a.e./m}^2$)				
- maximaal	0	3,33	6,67	10
- maximaal x 50%	0	1,67	3,33	5
- maximaal x 70% (uitgangssituatie)	0	2,33	4,67	7
- maximaal x 90%	0	3,00	6,00	9

3.5.5 W/k-installatie zonder levering elektriciteit

Met een w/k-installatie wordt zowel elektriciteit als warmte geproduceerd. In de glastuinbouw kunnen w/k-installaties eigendom zijn van de tuinder (tuindersoptie) of van het nutsbedrijf (nuts optie). Indien een w/k-installatie is aangeschaft door een tuinder, dan is dit meestal om te voorzien in een toenemende elektriciteitsvraag op het bedrijf, bijvoorbeeld door belichting. Indien een nutsbedrijf een w/k-installatie plaatst op een glastuinbouwbedrijf, dan wordt meestal de elektriciteit geleverd aan het openbare elektriciteitsnet en de warmte aan het tuinbouwbedrijf.

In het onderzoek worden twee typen w/k-installaties van de tuinder in beschouwing genomen. Het eerste type is een w/k-installatie die eigendom is van de tuinder zonder levering van elektriciteit aan het openbare net (wkzle); dit type wordt ook wel eilandbedrijf genoemd. In de volgende paragraaf wordt het tweede type w/k-installatie met levering elektriciteit aan het openbare net behandeld. De w/k-installatie van het nutsbedrijf komt aan de orde bij de optie "warmtelevering door derden" (paragraaf 3.5.7).

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- geen buisverwarming (geen ketel) wordt gebruikt;
- reeds een w/k-installatie wordt gebruikt;
- reeds warmtelevering plaatsvindt;
- reeds een warmtepomp wordt gebruikt;
- geen (vaste) assimilatiebelichting wordt toegepast; en
- assimilatiebelichting wordt toegepast op een areaal kleiner dan 2.000 m² glas.

Een w/k-installatie die nodig is voor een areaal belichting kleiner dan 2.000 m² is kleiner dan 60 kW_e en wordt in de praktijk niet geïnstalleerd.

Uitgangspunten

- investering: $f\ 30.000,- + f\ 1.000,- \times \text{vermogen (kW}_e\text{)}$ (Van Leeuwen et al., 1992 en informatie van leveranciers) (exclusief condensor en warmteopslag). Vermogen w/k-installatie (kW_e): vermogen assimilatiebelichting (W_e per m²) $\times$ bedrijfsomvang (m² kas).
Indien een tuinbouwbedrijf gaat belichten en de benodigde elektriciteit afneemt van het openbare net, is het mogelijk dat er een (zwaardere) kabel voor het transport van de elektriciteit moet worden aangelegd. Door gebruik van een w/k-installatie kan een investering hierin worden voorkomen. In dit onderzoek is dit buiten beschouwing gelaten;
- onderhoud: $f\ 1,30 + f\ 0,01 \times \text{vermogen (kW}_e\text{)}$ per draaiuur (gebaseerd op inventarisatie (Van Leeuwen et al., 1992) en informatie van leveranciers);
- gebruiksduur: gebruiksduur van de belichting;
- elektriciteitsproductie (kWh per jaar): vermogen (kW_e) $\times$ gebruiksduur (uren);

- gebruiksrendement elektrisch (netto): 33% (o.w.) (Verhoeven et al., 1995);
- gebruiksrendement thermisch: 52% (o.w.) (exclusief condensor) (Verhoeven et al., 1995);
- nuttig gebruik warmte: 80% (schatting). In perioden met belichting kan er een overschot aan warmte zijn. De lampen gebruiken elektriciteit. Deze elektriciteit wordt omgezet in warmte. Daarnaast komt er warmte vrij bij de productie van elektriciteit met de w/k-installatie. In perioden met belichting wordt er CO₂ gedoseerd. Dit vindt plaats met de gasketel waarbij ook warmte vrijkomt. Het totaal van de drie genoemde warmtestromen is al snel groter dan de warmtebehoefte in de kas; dit wordt nog versterkt indien in de kas een scherm gebruikt wordt. Een deel van de warmte uit de w/k-installatie kan daarom niet nuttig worden aangewend. Hierover is weinig of geen informatie uit de praktijk beschikbaar. Er is daarom een schatting gemaakt; deze bedraagt 80%; en
- besparing vastrecht f 300,- per jaar.

Indien er elektriciteit wordt afgenomen van het openbare net kan door het nutsbedrijf naast de kWh-prijs een vergoeding voor beschikbaar gesteld vermogen in rekening worden gebracht. In dit onderzoek is dit niet het geval daar wordt uitgegaan van het afschakelbare tarief (paragraaf 3.3).

3.5.6 W/k-installatie met levering elektriciteit

Met deze optie wordt bedoeld een w/k-installatie die eigendom is van de tuinder en waarvan alle geproduceerde elektriciteit wordt geleverd aan het openbare net (wkmle).

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen buisverwarming (geen ketel) wordt gebruikt;
- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- reeds een w/k-installatie wordt gebruikt;
- reeds warmtelevering plaatsvindt; en
- reeds een warmtepomp wordt gebruikt.

Het in beschouwing nemen van de w/k-installatie met levering elektriciteit is onafhankelijk van het elektriciteitsverbruik op het bedrijf; alle geproduceerde elektriciteit wordt immers teruggeleverd. Deze w/k-installatie komt technisch overeen met de optie "warmtelevering door derden" (paragraaf 3.5.7) maar dan in eigendom van de tuinder. De technische prestaties zijn daarom gelijk aan die van warmtelevering door derden (paragraaf 3.5.7).

Uitgangspunten

- investering: f 80.000,- + f 1.100,- x vermogen (kW_e) (Van Leeuwen et al., 1992 en informatie van leveranciers) (exclusief condensor en warmteopslag).
De investering is hoger dan bij de w/k-installatie zonder levering elektriciteit daar er levering van elektriciteit aan het openbare net plaats moet kunnen vinden. Vermogen (kW_e): vermogen (W_e per m²) x bedrijfsomvang (m² kas). Vermogen: 21,6 W_e per m² (Verhoeven et al., 1995);
- onderhoud: f 1,30 + f 0,01 x vermogen (kW_e) per draaiuur (gebaseerd op inventarisatie (Van Leeuwen et al., 1992) en informatie van leveranciers);
- warmtedekking: 35% op jaarbasis (Verhoeven et al., 1995);
- elektriciteitsproductie (kWh/jaar): elektrisch vermogen w/k (W_e) x gebruiksduur w/k (uren);
- gebruiksrendement elektrisch: 33% (o.w.) (Verhoeven et al., 1995);
- gebruiksrendement thermisch: 52% (o.w.) (Verhoeven et al., 1995) (exclusief condensor);
- levering elektriciteit aan het net (kWh/jaar): elektriciteitsproductie;
- nuttig gebruik warmte: 100% (schatting);
- vermogensvergoeding. De vergoeding voor de teruggeleverde elektriciteit bestaat uit een kWh-component en een kW-component (Standaardregeling teruglevering, 1994). De kWh-component bestaat uit uitgespaarde brandstofkosten en voor een deel uit andere uitgespaarde productiekosten voorzover deze worden omgeslagen per kWh. De kW-component betreft een vergoeding van de uitgespaarde productiekosten die worden omgeslagen per kW. De kWh-component bedraagt 5 cent per kWh (paragraaf 3.3). Voor de kW-component bestaan meerdere opties. Gekozen is voor de optie waarbij de vergoeding uiteenloopt van f 146,- tot f 242,- per kW en afhankelijk is van het aantal geleverde kWh gedurende plateau-uren en de wintermaanden en het gemiddelde vermogen van teruglevering tijdens de landelijke verrekenmomenten. Er wordt van uitgegaan dat er gedurende 50% van de plateau-uren wordt teruggeleverd. De kW-component bedraagt dan f 186,- per kW vermogen, dat beschikbaar wordt gesteld gedurende de landelijke verrekenmomenten. Met een w/k-installatie van de tuinder zal waarschijnlijk niet altijd tijdens landelijke verrekenmomenten teruggeleverd worden. Er wordt van uitgegaan dat dit voor 50% plaatsvindt. De kW-component komt daardoor op f 93,- per kW_e van de w/k-installatie;
- vastrecht f 3.000,- per jaar. Dit zijn de kosten voor meetapparatuur en administratie die door de terugleveraar worden betaald aan het nutsbedrijf.

3.5.7 Warmtelevering door derden

Warmtelevering door derden (wl) kan plaatsvinden in de vorm van warmte van een w/k-installatie van het nutsbedrijf of in de vorm van restwarmte van een elektriciteitscentrale of STEG-eenheid. Door het model kan één vorm van

warmtelevering in beschouwing worden genomen. Door de nutsbedrijven wordt maar één van beide aangeboden en de basislast van een glastuinbouwbedrijf heeft maar eenmaal geleverd te worden. Bovendien is restwarmte niet overal beschikbaar. W/k-warmte is technisch bijna overal mogelijk. Een beperking kan zijn de omvang van het openbare elektriciteitsnet ter plaatse. In de uitgangssituatie wordt onder deze optie verstaan, warmtelevering vanuit een w/k-installatie van het nutsbedrijf.

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- geen buisverwarming (geen ketel) wordt gebruikt;
- reeds warmtelevering plaatsvindt;
- reeds een w/k-installatie wordt gebruikt;
- reeds een warmtepomp wordt gebruikt; en
- het brandstofverbruik kleiner is dan 500.000 m³ per jaar.

In het onderzoek "Technische prestaties van w/k-installaties van nutsbedrijven op glastuinbouwbedrijven" (Verhoeven et al., 1995) en in het Bedrijven-Informatienet van LEI-DLO komen praktisch geen bedrijven met warmtelevering voor waarvan het totaal brandstofverbruik kleiner is dan 500.000 m³ a.e. per jaar. Het lijkt er dus op dat nutsbedrijven op glastuinbouwbedrijven met een brandstofverbruik kleiner dan 500.000 m³ geen w/k-installatie plaatsen. Door aansluiting van meerdere bedrijven op dezelfde w/k-installatie (clustering) of bij het gebruik van restwarmte van elektriciteitscentrales of STEG-eenheden kunnen in de toekomst wellicht ook bedrijven met een brandstofverbruik onder de 500.000 m³ per jaar gebruik maken van warmtelevering. In het onderzoek wordt deze grens als voorwaarde gezien voor het plaatsen van een w/k-installatie door het nutsbedrijf.

Uitgangspunten

- investering: f 5.000,- + f 0,50 per m² kas. Dit betreft een beperkte investering door de tuinder (bijvoorbeeld aanpassing klimaatcomputer, aansluiting verwarmingssysteem, enzovoort);
- vast onderhoud: 0,5% per jaar van de investering door de tuinder (schatting); en
- warmtedekking: 35% per jaar (Verhoeven et al., 1995).

3.5.8 Warmtepomp

Er zijn meerdere typen warmtepompen (wp). Gekozen is het type water/water en exclusief elektriciteitsproductie. Uit eerder onderzoek (Fonville et al., 1990) is gebleken dat dit type de beste bedrijfseconomische mogelijkheden heeft. Voor dit type is echter een vergunning voor het oppompen van grondwater nodig, die wellicht niet overal verkregen zal worden.

Voorwaarden

Deze optie wordt niet in beschouwing genomen als op het bedrijf:

- geen brandstof voor verwarming wordt gebruikt;
- geen buisverwarming (geen ketel) wordt gebruikt;
- reeds een warmtepomp wordt gebruikt;
- reeds warmtelevering plaatsvindt; en
- reeds een w/k-installatie wordt gebruikt.

Uitgangspunten

- investering (inclusief verwarmingsnet): $f\ 80.000,- + f\ 500,- \times \text{vermogen (kW}_{th})$. Vermogen (kW_{th}): vermogen (W_{th}/m²) $\times$ bedrijfsomvang (m²). Vermogen: 40 W_{th} per m²;
 - vast onderhoud: 4% van de investering per jaar;
 - warmte dekking: 38% per jaar;
 - warmte verhouding: 210% (o.w.); en
 - extra elektriciteitsverbruik: 2 kWh per GJ.
- Deze uitgangspunten zijn allen gebaseerd op Fonville et al. (1990).

3.6 Warmtebesparing pieklast gasketel

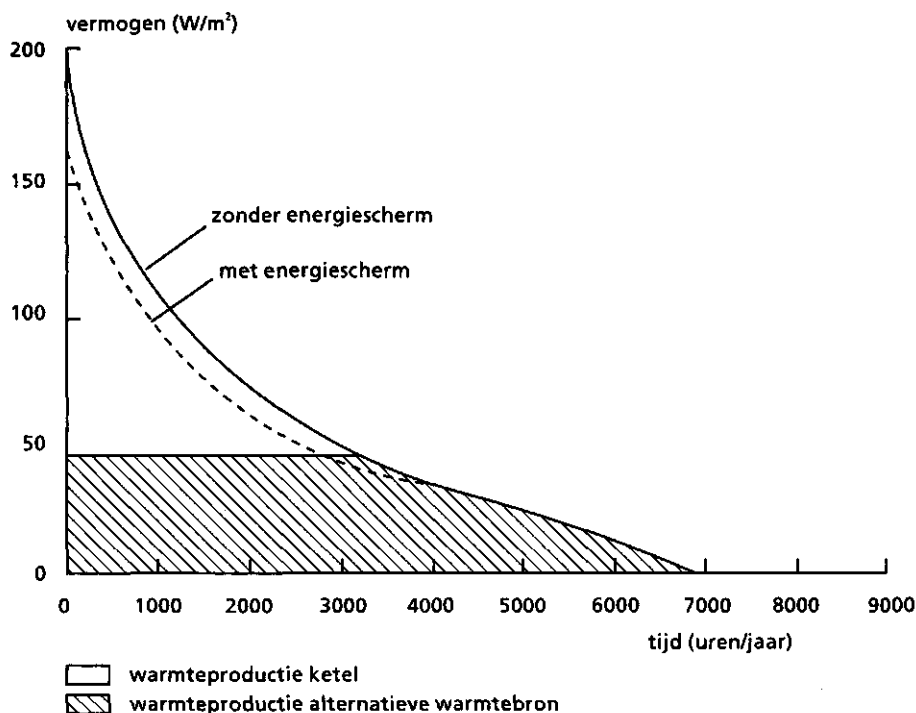
De warmtebehoefte van een glastuinbouwbedrijf kan worden weergegeven met een jaarbelastingduurcurve. Een willekeurig voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 3.1. In deze figuur is de momentane warmtevraag over een geheel jaar weergegeven naar aflopende vraag. De oppervlakte onder de curve is de warmtebehoefte van het bedrijf over een jaar.

Indien op een bedrijf een energiescherm in gebruik wordt genomen, dan wordt de warmtebehoefte kleiner. Dit is aangegeven met de stippellijn; de oppervlakte onder deze lijn is kleiner.

Met een alternatieve warmtebron wordt voorzien in een deel van de warmtebehoefte. Dit wordt de basislast genoemd en is geïllustreerd met het gearceerde gedeelte in de figuur. Het niet-gearceerde deel is ketelwarmte. Het gebruik van de ketel voor CO₂-dosering is in de figuur buiten beschouwing gelaten.

Als er op een bedrijf volledig in de warmtebehoefte wordt voorzien met een gasketel en er wordt bijvoorbeeld een scherm in gebruik genomen, dan komt de energiebesparing van het scherm tot uiting in gasbesparing. Indien er op een bedrijf naast de gasketel ook een alternatieve warmtebron wordt gebruikt, dan komt de energiebesparing door het scherm tot uiting in zowel gasbesparing als besparing van alternatieve warmte (figuur 3.1). De verhouding hiervan moet als uitgangspunt in het model worden ingevoerd. Hiervoor wordt de naam "aandeel besparing ketelwarmte" gebruikt.

Voor dit uitgangspunt is geen werkelijke informatie voorhanden; daarom zijn schattingen gemaakt. Het uitgangspunt is afhankelijk van de hoogte van de warmte dekking van de alternatieve bron en van de besparende maatregel die in gebruik wordt genomen. Bij een dekking van 100% is het aandeel bespa-



Figuur 3.1 Voorbeeld van een jaarbelastingduurcurve zonder en met een energiescherm

ring ketelwarmte altijd 0%; er wordt alleen alternatieve warmte bespaard. Bij een dekking van 0% is het aandeel besparing ketelwarmte altijd 100%; er wordt alleen ketelwarmte bespaard. In de situatie met een dekking van 50% is een schatting gemaakt; deze schatting is afhankelijk van de betreffende energiebesparende maatregel, is vermeld in tabel 3.5 en wordt verderop toegelicht. Voor de situatie tussen een dekking van 0 en 50 en tussen 50 en 100 zijn interpolaties gemaakt.

Een energiescherm wordt vooral 's nachts en in de winter gebruikt. Dit is de periode met de grootste warmtevraag waardoor het scherm vooral ketelwarmte bespaart. Het aandeel besparing ketelwarmte bij een dekking van 50% is op 80% gesteld.

Een alternatief kasdek wordt gedurende het gehele jaar gebruikt. Voor deze besparende maatregel is het aandeel besparing ketelwarmte bij een dekking van 50% op 50% gesteld.

De warmte uit een warmteopslagtank wordt vooral 's nachts gebruikt en wel in periode met weinig warmtevraag (zomer). Met een warmteopslagtank

wordt daarom vooral alternatieve warmte bespaard. Het aandeel besparing ketelwarmte bij een dekking van 50% is op 20% gesteld.

In de tabel zijn ook de aandelen van de mogelijke combinaties van besparende maatregelen genoemd.

Tabel 3.5 Aandeel van de energiebesparing door besparende maatregelen in de warmteproductie van de pieklast gasketel in gebruik in combinatie met een alternatieve warmtebron (%)

Besparende maatregel	Aandeel energiebesparing pieklast gasketel (%)
Energiescherm (es)	80
Alternatief kasdek (ak)	50
Warmteopslag (wo)	20
Es + ak	60
Es + wo	60
Ak + wo	45
Es + ak +wo	60

4. RESULTATEN UITGANGSSITUATIE

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt per afzonderlijke optie de huidige, de vernieuwde huidige, de technisch maximale en de potentiële penetratiegraad in de uitgangssituatie behandeld. De potentiële toepassing kan zowel betreffen een enkele optie per bedrijf als een combinatie van opties per bedrijf. Voor de duidelijkheid wordt de totale potentiële penetratiegraad per afzonderlijke optie behandeld; dit is dus inclusief eventuele combinaties met andere opties. Aan het einde van het hoofdstuk komt de potentiële energiebesparing en de benodigde investering van alle opties en combinaties van opties gezamenlijk aan bod.

De resultaten van de uitgangssituatie staan vermeld in tabel 4.2. In deze tabel staan in de eerste kolom de opties vermeld. In de tweede kolom staat de vernieuwde huidige penetratiegraad en in de laatste kolom het technisch maximum. In kolom drie zijn de penetratiegraden vermeld die bedrijfseconomisch mogelijk zijn ofwel de potentiële penetratiegraden. Er zijn steeds twee getallen vermeld, gescheiden door een schuine streep. Het eerste getal geeft het aandeel van de bedrijven en het tweede het aandeel van deze bedrijven in het glasareaal. In de tabel zijn de verschillen tussen de potentiële penetratiegraad en de huidige penetratiegraad cursief weergegeven. Bij de resultaten moet rekening worden gehouden met de keuze van het type per optie zoals die in dit onderzoek worden gehanteerd; dit geldt met name voor de rookgascondensor en het energiescherm.

4.2 Rookgascondensor

Huidige penetratiegraad

In de glastuinbouw heeft 42% van de ketels geen en dus 58% wel een condensor (tabel 4.1). De verdeling naar type condensor is als volgt: 14% een enkelvoudige condensor op de retour, 35% op een apart net en 9% een combi-condensor. In dit onderzoek wordt per bedrijf alleen de eerste ketel in beschouwing genomen (paragraaf 4.5.1). Van de eerste ketels heeft 57% een condensor (tabel 4.1). Dit maakt dus weinig verschil met alle ketels. Ook de afzonderlijke condensortypen tonen weinig verschil.

Vernieuwde huidige penetratiegraad

In paragraaf 3.5.1 (uitgangspunten per optie) is uitgelegd dat afhankelijk van de bedrijfsomvang en de brandstofintensiteit één van de condensortypen in beschouwing wordt genomen. Uit tabel 4.1 blijkt dat onder de grenzen van

Tabel 4.1 Verdeling van de ketels naar type condensor in 1992 (%)

Type condensor	Alle ketels	Alleen eerste ketel		
		alle bedr.	onder de grens a)	boven de grens a)
Geen condensor	42	43	31	12
Enkelvoudige op de retour	14	15	7	8
Enkelvoudige op apart net	35	35	11	24
Combicondensor	9	7	3	4
Totaal	100	100	52	48

a) De grenzen zijn: bij minder dan 10.000 m² glas, 45 m³ a.e. per m² en bij meer dan 10.000 m² glas, 40 m³ a.e. per m².

Bron: Bedrijven-Informatienet.

bedrijfsomvang en brandstofintensiteit op 31% van de bedrijven geen condensor gebruikt wordt. Uit de tabel 4.1 blijkt verder dat boven de grenzen van bedrijfsomvang en brandstofintensiteit op 12% geen condensor gebruikt wordt. Op 32% (8+24) van de bedrijven is wel een enkelvoudige condensor in gebruik maar niet de combicondensor, terwijl dit wel wordt verwacht (paragraaf 4.5.1). Voor deze bedrijven wordt vervanging van een enkelvoudige door een combicondensor in beschouwing genomen.

De vernieuwde huidige penetratiegraad is de groep bedrijven waar reeds een condensor in gebruik is en waar geen verbetering mogelijk is door een condensor met een hogere besparing. De vernieuwde huidige penetratiegraad is dus gelijk aan het aandeel combicondensors boven de grenzen en het aandeel condensors, ongeacht het type, onder de grenzen. Dit is in totaal 25% van de bedrijven. De 25% is af te leiden uit tabel 4.1 (de som van de cursieve getallen). Op deze bedrijven bevindt zich 29% van het glasareaal.

Het verschil tussen de vernieuwde huidige penetratiegraad (25%) en het werkelijk aandeel van de bedrijven met een condensor (57%) bedraagt 32%. Dit zijn de bedrijven waarvoor vervanging door een combicondensor in beschouwing wordt genomen.

Technisch maximum

Een condensor kan technisch niet worden aangewend op bedrijven zonder brandstofverbruik of bedrijven zonder ketel. Dit betreft 14% van de bedrijven. Het technisch maximum voor de condensor is hierdoor 86% (100-14). Op deze bedrijven bevindt zich 91% van het areaal. Het technisch maximum ligt daarmee 61% (86-25) hoger dan de vernieuwde huidige penetratiegraad. De technische mogelijkheden voor een hogere penetratiegraad van de condensor of een betere (combi)condensor zijn dus groot.

Potentiële penetratiegraad

Uit de berekeningen met het model blijkt dat de condensor in de uitgangssituatie een potentiële penetratiegraad heeft van 37% van de bedrijven (tabel 4.2). Zoals reeds is behandeld, is de vernieuwde huidige penetratiegraad 25%. Naast deze 25% kan op nog 12% van de bedrijven bedrijfseconomisch een condensor worden toegepast. Dit zijn vooral bedrijven (11%) die nog geen condensor in gebruik hebben. Bij 3% betreft dit een enkelvoudige condensor op de retour en bij 8% een combicondensor. Bij de resterende 1% van de bedrijven resulteren de modelberekeningen in vervanging van een enkelvoudige condensor op de retour door een combicondensor. Vervanging van een enkelvoudige condensor door een combicondensor is dus op 31% (32-1) van de bedrijven bedrijfseconomisch niet interessant.

De potentiële penetratiegraad is 49% (86-37) lager dan het technisch maximum. Dit betekent dat op 49% van de bedrijven het niet mogelijk is een condensor, zoals gedefinieerd in het model, bedrijfseconomisch aan te wenden. Bij dit grote verschil moet bedacht worden dat reeds 31% van de bedrijven een enkelvoudige condensor in gebruik heeft en vervanging door een combicondensor bedrijfseconomisch niet interessant is. Het werkelijke potentiële aandeel bedrijven met een condensor ongeacht het type ligt dus op 68% (37+31). Het resterende verschil van 18% (86-68) zijn bedrijven waar de condensor wordt "verdrongen" door warmtelevering door derden of die te klein zijn voor een condensor.

Tabel 4.2 Vernieuwde huidige, technisch maximale en potentiële penetratiegraden energiebesparende opties in de glastuinbouw (aandeel bedrijven/aandeel areaal) a)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad b)	Potentiële penetratiegraad uitgangssituatie	Technisch maximum
Co	25/29	37/41	86/91
Es	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	41/57
Wkzle	5/10	5/10	7/13
Wkmle	0/0	0/0	78/75
Wl	4/6	33/51	33/52
Wp	0/0	0/0	78/75

a) Gespecialiseerde productiebedrijven; b) In 1992.

Door het gebruik van warmte van derden wordt in de ketel minder gas verstoekt waardoor met de condensor minder gas bespaard kan worden. Dit betreft 2% van de bedrijven. De resterende 16% van de bedrijven is te klein en/of heeft een te lage brandstofintensiteit. Het glasareaal loopt op deze be-

drijven uiteen van 1.800 tot 14.300 m², de brandstofintensiteit van 1 tot 45 m³ per m² en het totaal brandstofverbruik van 12.000 tot 327.000 m³ per jaar. De bedrijven met het hoogste brandstofverbruik hebben een lage brandstofintensiteit of een klein glasareaal.

4.3 Energiescherm

Huidige en vernieuwde huidige penetratiegraad

Op 61% van het glasareaal wordt een scherm aangewend. Dit is op 51% een beweegbaar scherm en op 10% een vast scherm (tabel 4.3). Het simulatiemodel werkt echter per bedrijf en door het model wordt alleen een beweegbaar scherm in beschouwing genomen. Bij beweegbare schermen wordt onderscheid gemaakt naar isolatiegraad van het doek of folie in gesloten toestand. In het simulatiemodel is een energiescherm (es) gedefinieerd als een beweegbaar scherm met een doek met een isolatiegraad van meer dan 40%. Dit blijkt op 34% van de bedrijven gebruikt te worden (tabel 4.2). De vernieuwde huidige penetratiegraad is daarom 34%. Op deze bedrijven bevindt zich 38% van het areaal.

Tabel 4.3 Penetratiegraad van schermen in de glastuinbouw in 1992

Type scherm	% areaal
Geen	39
Beweegbaar	51
Vast	10
Totaal	100

Bron: Bedrijven-Informatienet.

Technisch maximum

Een energiescherm kan niet worden aangewend op bedrijven met te lage of te oude kassen of op bedrijven zonder brandstofverbruik. Van de bedrijven zonder beweegbaar energiescherm heeft 36% een poothoogte van minder dan drie meter waardoor de kassen te laag zijn voor een scherminstallatie. Daarnaast heeft 43% van de bedrijven zonder scherm, kassen met een gemiddelde leeftijd van 8 jaar en ouder waardoor deze te oud zijn voor een scherm. Een enkel bedrijf is onverwarmd. De situatie van te lage, te oude of onverwarmde kassen of een combinatie hiervan komt voor op 55% van de bedrijven. Het technisch maximum voor energieschermen is daardoor 45% van de bedrijven met hierop 51% van het areaal.

Het technisch maximum voor het energiescherm ligt 11% (45-34) hoger dan de vernieuwde huidige penetratiegraad. Op 9% van de bedrijven is het technisch mogelijk een beweegbaar energiescherm in gebruik te nemen. Bij

één op de vijf van deze bedrijven betreft dit vervanging van een vast scherm door een beweegbaar scherm. Op de resterende 2% (11-9) van de bedrijven is vervanging van een licht doek door een zwaarder doek technisch mogelijk. Een beweegbare scherminstallatie met een doek met een isolatiegraad van minder dan 40% is op 14% van de bedrijven in gebruik. Op 12% (14-2) van de bedrijven zijn deze installaties echter te oud om het lichte doek te vervangen door een zwaar doek en zijn de kassen te oud voor een nieuwe installatie. De technische mogelijkheden voor een hogere penetratiegraad van het energiescherm zijn dus beperkt.

Potentiële penetratiegraad

Uit de modelberekeningen blijkt dat de potentiële penetratiegraad van het energiescherm gelijk is aan de huidige penetratiegraad. Dit betekent dat er in de uitgangssituatie geen bedrijfseconomische mogelijkheden zijn voor energieschermen. Ook vervanging van een licht doek door een zwaarder doek en van een vast scherm door een beweegbaar scherm is niet interessant. Dit alles wordt in hoofdzaak veroorzaakt door verminderde lichtinval in de kas en de negatieve invloed hiervan op de geldopbrengst. Bij vervanging van een licht doek door een zwaar doek blijft de lichtinval gelijk; hier weegt de extra energiebesparing echter niet op tegen de extra kosten van het nieuwe zwaardere doek.

4.4 Alternatieve kasomhulling

Huidige penetratiegraad

Onder alternatieve kasdekken (ak) wordt verstaan dubbel glas, coatings en kunststof. Ondanks de hoge energiebesparing worden alternatieve kasdekken in de glastuinbouw niet veel gebruikt. Dit wordt veroorzaakt door de negatieve invloed op de lichtinval in de kas en daarmee op de geldopbrengst. De huidige penetratiegraad in het Bedrijven-Informatienet is 3% van de bedrijven met eveneens 3% van het areaal en betreft voor circa driekwart coating.

Technisch maximum

Een alternatief kasdek wordt niet aangewend op bedrijven zonder brandstofverbruik of met een kas ouder dan 8 jaar. Dit is op 71% van de bedrijven het geval. Het technisch maximum is daardoor 29% van de bedrijven. Op deze bedrijven bevindt zich 33% van het areaal. Het technisch maximum van alternatieve kasdekken ligt daarmee 26% (29-3) hoger dan de huidige penetratiegraad. De technische mogelijkheden van een alternatief kasdek liggen hiermee tussen de opties met de grote en de beperkte technische mogelijkheden.

Potentiële penetratiegraad

In de modelberekeningen wordt als alternatief kasdek uitgegaan van dubbel glas. De potentiële penetratiegraad van het alternatief kasdek is gelijk aan de huidige penetratiegraad. Dit betekent dat in de basisvariant evenals

voor het scherm, ook voor het alternatief kasdek geen bedrijfseconomische mogelijkheden bestaan.

4.5 Warmteopslagtank

Huidige penetratiegraad

Een warmteopslagtank (wo) aangesloten op de ketel wordt op 9% van de bedrijven aangewend. Op deze bedrijven bevindt zich 18% van het areaal. Warmteopslagtanks worden dus gebruikt op de grotere bedrijven (tabel 4.2).

Technisch maximum

Een warmteopslagtank kan niet worden aangewend op bedrijven zonder buisverwarming (ketel) en waar geen CO₂ wordt gedoseerd met de ketel in perioden zonder warmtevraag ofwel geen minimum buis voor CO₂-dosering wordt toegepast (paragraaf 3.5.4). Dit geldt voor 59% van de bedrijven. De technisch maximale penetratiegraad is dus 41% van de bedrijven met hierop 57% van het areaal. Het technisch maximum van warmteopslag ligt 32% (41-9) hoger dan de vernieuwde huidige penetratiegraad. De technische mogelijkheden van warmteopslag liggen hiermee tussen de opties met de grote en de beperkte technische mogelijkheden.

Het technisch maximum ligt bij warmteopslag 45% (86-41) lager dan bij de condensor. Dit verschil bestaat uit de bedrijven die geen CO₂ doseren en/of geen CO₂ doseren in perioden zonder warmtevraag in de kas. Op deze bedrijven bevindt zich 35% (92-57) van het areaal.

Potentiële penetratiegraad

Uit de modelberekeningen blijkt dat bovenop de huidige penetratiegraad van 9%, warmteopslag in de basisvariant op nog 16% van de bedrijven bedrijfseconomisch kan worden aangewend. De potentiële penetratiegraad is dus 25% (9+16) van de bedrijven met hierop 39% van het areaal. Dit betreft dus de gemiddeld grotere bedrijven. Het verschil met het technisch maximum is eveneens 16% (41-25). Op deze bedrijven is aanwending van een warmteopslagtank in de basisvariant dus technisch wel maar bedrijfseconomisch niet mogelijk. Daar er onduidelijkheid bestaat over de te realiseren energiebesparing met warmteopslag (paragraaf 3.5.4), moeten de potentiële penetratiegraden van warmteopslag niet te absoluut worden geïnterpreteerd. De werkelijke technische prestaties kunnen hoger of lager zijn waardoor ook de potentiële penetratiegraden hoger of lager kunnen zijn.

4.6 W/k-installatie zonder levering elektriciteit

Huidige penetratiegraad

Een w/k-installatie zonder levering van elektriciteit aan het openbare net (wkzle) is reeds door 5% van de bedrijven aangeschaft. Dit zijn allen bedrijven met assimilatiebelichting. Op deze bedrijven bevindt zich 10% van het areaal.

Technisch maximum

Een w/k-installatie zonder levering elektriciteit aan het net kan alleen aangewend worden op bedrijven met voldoende vraag naar elektriciteit. Dit zijn bedrijven met minimaal 2.000 m² assimilatiebelichting. Het aandeel van deze bedrijven is 7% met hierop 13% van het areaal. De technisch maximale penetratiegraad ligt dus iets (2% (7-5) van de bedrijven) hoger dan de huidige penetratiegraad. De technische mogelijkheden van w/k-installaties zonder levering elektriciteit zijn daarmee bij de huidige bedrijfssituaties zeer beperkt.

Potentiële penetratiegraad

De potentiële penetratiegraad is gelijk aan de huidige penetratiegraad. Dit betekent dat op de bedrijven die belichten met elektriciteit uit het net een eigen w/k-installatie niet interessant is. Dit zijn echter bedrijven waar het areaalbelichting beperkt van omvang is en/of de gebruiksduur van de belichting kort is waardoor er met een w/k-installatie weinig elektriciteit behoeft te worden geproduceerd.

4.7 W/k-installatie met levering elektriciteit

Huidige penetratiegraad

Een w/k-installatie in eigendom van de tuinder en met levering van elektriciteit aan het openbare net (wkmle) wordt incidenteel aangewend. Levering van alle elektriciteit komt niet voor. De huidige penetratiegraad is dus gelijk aan nul.

Technisch maximum

Een w/k-installatie met levering van alle elektriciteit aan het openbare net kan niet worden aangewend op bedrijven zonder buisverwarming (ketel) of waar reeds een andere alternatieve energiebron in gebruik is. Dit is het geval op 22% van de bedrijven. Het technisch maximum is dus 78% van de bedrijven met hierop 76% van het areaal. Opvallend is dat het aandeel van de bedrijven groter is dan het aandeel van het areaal. Dit wordt veroorzaakt doordat de bedrijven die reeds een alternatieve energiebron in gebruik hebben, de grotere bedrijven zijn. Het technisch maximum ligt 78% hoger dan de huidige penetratiegraad. De technische mogelijkheden van een w/k-installatie met levering van elektriciteit aan het openbare net zijn dus groot.

Potentiële penetratiegraad

De modelberekeningen geven als resultaat een potentiële penetratiegraad die gelijk is aan de huidige penetratiegraad. Voor een w/k-installatie met levering van alle elektriciteit aan het openbare net bestaan in de uitgangssituatie dus geen bedrijfseconomische mogelijkheden.

4.8 Warmtelevering door derden

Huidige penetratiegraad

De huidige penetratiegraad van warmtelevering door derden (wl) is 4% van de bedrijven met 6% van het areaal. Warmtelevering vindt dus plaats op de gemiddeld grotere bedrijven. De levering van warmte vindt in 1992 op circa een kwart van de bedrijven plaats in de vorm van restwarmte uit elektriciteitscentrales en voor circa driekwart vanuit w/k-installaties van nutsbedrijven geplaatst op glastuinbouwbedrijven.

Technisch maximum

Warmtelevering van derden vindt niet plaats op bedrijven zonder buisverwarming (ketel), op bedrijven die reeds een alternatieve energiebron in gebruik hebben of op bedrijven met een warmtebehoefte van minder dan 500.000 m³ a.e. per jaar. Dit zijn in totaal 67% van de bedrijven. Het technisch maximum voor warmtelevering is hierdoor 33% van de bedrijven. Op deze bedrijven bevindt zich 52% van het areaal. Het technisch maximum ligt 29% (33-4) hoger dan de huidige penetratiegraad. De technische mogelijkheden van warmtelevering nemen daarmee een positie in tussen de opties met de grote en de beperkte technische mogelijkheden.

Potentiële penetratiegraad

De potentiële penetratiegraad van warmtelevering is 33% van de bedrijven. Dit is 29% (33-4) hoger dan de huidige penetratiegraad. Dit betekent dat er in de uitgangssituatie bovenop het huidige gebruik, bij nog 29% van de bedrijven op een voor de tuinder rendabele wijze, warmtelevering plaats kan vinden. De potentiële penetratiegraad is gelijk aan het technisch maximum. Bij bijna alle bedrijven waar warmtelevering technisch mogelijk is, is dit in de uitgangssituatie dus ook bedrijfseconomisch interessant.

4.9 Warmtepomp

Huidige penetratiegraad

De warmtepomp (wp) wordt in de glastuinbouw op een incidenteel bedrijf gebruikt en in het Bedrijven-Informatienet op geen enkel bedrijf. De huidige penetratiegraad is daarom gelijk aan nul.

Technisch maximum

Een warmtepomp kan niet worden aangewend op bedrijven zonder buisverwarming (ketel) en bedrijven waar reeds een andere alternatieve energiebron in gebruik is. Evenals bij de w/k-installatie met volledige levering van elektriciteit, is dit het geval op 22% van de bedrijven. Het technisch maximum van de warmtepomp is dus eveneens 78% van de bedrijven met hierop 76% van het areaal. De technische mogelijkheden voor de warmtepomp zijn dus groot.

Potentiële penetratiegraad

De modelberekeningen geven als resultaat een potentiële penetratiegraad die gelijk is aan de huidige penetratiegraad. In de uitgangssituatie is dus op geen enkel bedrijf een warmtepomp bedrijfseconomisch interessant.

4.10 Potentiële energiebesparing en benodigde investering

Primair brandstofverbruik

Het primair brandstofverbruik in de productieglastuinbouw, gecorrigeerd voor de buitentemperatuur bedroeg in 1992, 4.387 miljoen m³ aardgasequivalenten (a.e.) (Van der Velden et al., 1995). Het werkelijk verbruik ofwel niet gecorrigeerd voor de buitentemperatuur bedraagt 4.153 miljoen m³ a.e. In de gespecialiseerde productieglastuinbouw waarvoor het Bedrijven-Informatienet representatief is en waarop het simulatiemodel is gebaseerd, is het werkelijk primair brandstofverbruik in 1992, 3.922 miljoen m³ a.e. Dit is 94% van de gehele productieglastuinbouw.

Potentiële energiebesparing

Indien alle opties en combinaties van opties die volgens de modelberekeningen in de uitgangssituatie bedrijfseconomisch kunnen worden aangewend, daadwerkelijk in gebruik worden genomen, resulteert dit in een hoeveelheid energiebesparing. Dit wordt de potentiële energiebesparing genoemd. De potentiële energiebesparing is uitgedrukt in primair brandstofverbruik en bedraagt in de uitgangssituatie 602 miljoen m³ a.e. per jaar. Uitgedrukt in het werkelijk primair brandstofverbruik van de gespecialiseerde productieglastuinbouw in 1992 is dit 15% en uitgedrukt in dat van de totale productieglastuinbouw 14%.

De grootste bijdrage aan deze potentiële energiebesparing komt van de optie warmtelevering door derden. Om deze energiebesparing te realiseren, zal een groot aantal bedrijven moeten worden aangesloten op warmte van derden. Hiervoor zullen bestuurlijke en organisatorische knelpunten moeten worden opgelost.

Het aandeel warmte van derden in het totaal energieverbruik van de productieglastuinbouw voor omrekening naar primair brandstofverbruik bedraagt in 1992 2,9% (Van der Velden et al., 1995). Indien alle opties die in de uitgangssituatie bedrijfseconomisch kunnen worden aangewend in gebruik worden genomen, neemt het aandeel warmte van derden toe met 16,7 tot 19,6%.

Investeringsen

Door de tuinders zal in deze opties in totaal 182 miljoen gulden moeten worden geïnvesteerd. Per gulden investering wordt per jaar gemiddeld 3,3 m³ a.e. aan primair brandstof bespaard. Dit is exclusief de investeringen door nutsbedrijven in w/k-installaties voor warmtelevering aan de tuinders. De investeringen in deze optie komen grotendeels voor rekening van de nutsbedrijven. De beperkte investering in deze optie door tuinders (paragraaf 3.5.6) is wel in

beschouwing genomen in het bedrag van 182 miljoen gulden. Het grootste aandeel in de benodigde investering door de tuinders komt voor rekening van warmteopslag.

5. VARIANTEN, UITGANGSPUNTEN EN RESULTATEN

5.1 Inleiding

Voor de modelberekeningen zijn uitgangspunten vastgesteld voor de uitgangssituatie (hoofdstuk 3); de resultaten zijn behandeld in hoofdstuk 4. In dit hoofdstuk worden varianten op de uitgangssituatie in beschouwing genomen. Per variant wordt achtereenvolgens ingegaan op de achtergronden van de variant, de uitgangspunten die wijzigen ten opzichte van de uitgangssituatie en de verandering hierdoor voor de potentiële penetratiegraden, de potentiële energiebesparing en de investeringen door tuinders. De resultaten zijn in bijlage 3 in een overzicht geplaatst. De veranderingen ten opzichte van de uitgangssituatie zijn hierin cursief weergegeven. In dit hoofdstuk is per groep van twee tot drie varianten een tabel opgenomen.

5.2 Hogere gasprijs

Energieprijzen kunnen in de toekomst wijzigen. In de basisvariant is uitgegaan van een stijging van de gasprijs van 3,2% per jaar (ER-scenario). Dit resulteert in een nominale gasprijs van 30 cent per m³ in 2002. Om de invloed van een sterker stijgende gasprijs te beoordelen, wordt een sterkere stijging in beschouwing genomen. Hierbij wordt uitgegaan van twee verschillende prijspaden die aansluiten bij de scenario's van het CPB en Landbouw 2015 (paragraaf 3.3 en bijlage 1). Toekomstige ontwikkelingen staan echter meestal niet op zichzelf. Naast de gasprijs veranderen er daarom ook andere uitgangspunten; deze worden per variant beschreven.

Variant 1a; sterker stijgende gasprijs (Global Shift)

In deze variant wordt uitgegaan van een stijging van de gasprijs van 4,1% per jaar. Dit komt overeen met het Global Shift-scenario van het CPB en resulteert in een nominale gasprijs van 33 cent in 2002. Naast de gasprijs veranderen de volgende uitgangspunten:

- de toename van de geldelijke opbrengst wordt 1,3% per jaar (was 2,3%);
- de nominale rentevoet wordt 8,4% per jaar (was 7,6%);
- de stijging van de aanvullende jaarkosten wordt 5,1% per jaar (was 3,4%);
- de prijsstijging elektriciteit bij afname van het net wordt 4,6% per jaar (was 3,3%); en

- de prijsstijging elektriciteit bij levering aan het net wordt 4,1% per jaar (was 3,2%).

In deze variant treden geen veranderingen op in de potentiële penetratigraden van de opties, de potentiële energiebesparing en de investeringen door de tuinders (tabel 5.1). Een stijging van de gasprijs tot 33 in plaats van 30 cent per m³ in 2002 heeft dus geen invloed op de bedrijfseconomische mogelijkheden van de energiebesparende opties en de potentiële energiebesparing.

Variant 1b; nog sterker stijgende gasprijs (Balanced Growth)

In deze variant wordt uitgegaan van een stijging van de gasprijs van 6,2% per jaar. Dit stemt overeen met het Balanced Growth-scenario van het CPB en resulteert in een nominale gasprijs van 40 cent per m³ in 2002. Overeenkomstig worden ook de volgende uitgangspunten ten opzichte van de uitgangssituatie gewijzigd:

- de toename van de geldelijke opbrengst wordt 2,8% per jaar (was 2,3%);
- de stijging van de aanvullende jaarkosten wordt 3,1% per jaar (was 3,4%);
- de prijsstijging elektriciteit bij afname van het net wordt 4,6% per jaar (was 3,3%); en
- de prijsstijging elektriciteit bij levering aan het net wordt 6,2% per jaar (was 3,2%).

Tabel 5.1 Resultaten varianten stijging gasprijs (aandeel bedrijven/aandeel areaal)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad	Uitgangssituatie	Varianten		Technisch maximum
			1a	1b	
Co	25/29	37/41	37/41	39/44	86/91
Es	34/38	34/38	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	25/39	31/46	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmlle	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Wf	4/6	33/51	33/51	33/52	33/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof					
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	602	625	n.v.t.
(%) a)	n.v.t.	(14)	(14)	(15)	n.v.t.
Investering					
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	182	224	n.v.t.
Besparing primair brandstof per geïnvesteerde gulden					
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	3,3	2,8	n.v.t.

a) Van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw.

Deze variant heeft wel invloed op de potentiële penetratiegraden (tabel 5.1). De invloed is echter beperkt en betreft alleen de condensor en warmteopslag. De potentiële penetratiegraad van de condensor neemt ten opzichte van de uitgangssituatie toe met 2% van de bedrijven en 3% van het areaal. Dit betreft zowel enkelvoudige condensoren op de retour, nieuwe combicondensoren als vervanging van enkelvoudige condensoren op de retour door een combicondensor. Bij warmteopslag is de verbetering 6% van de bedrijven en 7% van het areaal. Bij beide opties ligt de potentiële penetratiegraad nog duidelijk onder het technisch maximum.

De potentiële energiebesparing neemt toe tot 625 miljoen m³ a.e.; dit is 15% van het primair brandstofverbruik in de sector en 23 miljoen meer dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering ligt met 236 miljoen, 42 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie.

5.3 Technische prestaties energiescherm

Schermen hebben een negatieve invloed op de geldopbrengst. Dit wordt veroorzaakt door een verminderde lichtinval in de kas door het schermpakket. Schermen worden bij de snijbloemen en de potplanten op grotere schaal toegepast dan bij de groente (Van der Velden et al., 1993). Soms wordt er bij de bloemen en de potplanten uitgegaan van een kleinere invloed van de verminderde lichtinval op de geldopbrengst. Bovendien kan het lichtverlies door het schermpakket worden verminderd. In de praktijk is reductie van het lichtverlies van het schermpakket tot 2% mogelijk (Van der Sluis et al., 1995).

Naast het lichtverlies heeft het gebruik van een scherm invloed op het kasklimaat (vochtigheid, ventilatie, luchtbeweging, enzovoort). Bij tomaten wordt door het gewijzigde kasklimaat een negatieve invloed op de productie en daarmee op de geldopbrengst geconstateerd (Van der Sluis et al., 1995). Bij bepaalde gewassen zou een scherm een positieve invloed op het klimaat en daarmee op de geldopbrengst kunnen hebben. Bovendien zijn er signalen dat het positieve klimaatteffect in de toekomst ook bij het gewas tomaat gerealiseerd kan worden (Van Holsteijn et al., 1994).

De te realiseren energiebesparing met een scherm kan worden verbeterd door een langere gebruiksduur over een jaar, het gebruik van doeken met een hogere isolatiegraad (Van der Sluis et al., 1995) en een betere regeling van het scherm (Van Holsteijn, 1995).

Variant 2a

In deze variant wordt ervan uitgegaan dat de negatieve invloed van het scherm op de geldopbrengst vermindert van 5 naar 2% en dat de energiebesparing toeneemt van 15 naar 20% (tabel 5.2). De verminderde invloed op de geldopbrengst moet gezien worden als de minimale lichtonderschepping die in de praktijk mogelijk is. Dit is mogelijk door een kleiner schermpakket. Voor een kleiner schermpakket moet de vakmaat minimaal 4,00 m zijn. Hierdoor ontstaat een extra voorwaarde voor het technisch mogelijk zijn van een scherm. Het technisch maximum wordt hierdoor 3% lager dan in de uitgangssi-

Tabel 5.2 *Uitgangspunten en resultaten van de varianten technische prestaties energiescherm*

	Uitgangs- situatie	Variant		
		2a	2b	2c
Uitgangspunten				
invloed geldopbrengst (%)	-5	-2	0	0
energiebesparing (%)	15	20	20	30
investering (f/m ²)	15	15	15	16
minimale kashoogte (cm)	300	300	350	350
minimale vakmaat (cm) c)	-	400	400	400
Resultaten				
huidige penetratiegraad a)	34/38	34/38	34/38	34/38
potentiële penetratiegraad a)	34/38	35/40	37/43	38/44
technisch maximum a)	45/51	42/48	38/44	38/44
potentiële energiebesparing (miljoen m ³ a.e./jaar)	602	606	636	665
(%) b)	14	15	15	16
investering (miljoen gld.)	182	184	221	236
Besparing primair brandstof per geïnvesteerde gulden (m ³ a.e./gld.)				
	3,3	3,3	2,9	2,8

a) Aandeel bedrijven/aandeel areaal; b) Van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw; c) Alleen bij Venlo-kassen.

tuatie. Het technisch maximum voor variant 2a is 42% van de bedrijven en 48% van het areaal.

De genoemde wijzigingen resulteren in een kleine verhoging van de potentiële penetratiegraad en wel met 1% van de bedrijven en 2% van het areaal. Dit betreft vervanging van een licht isolerend doek door een zwaar isolerend doek. Een minimaal lichtverlies brengt dus nog te veel productieverlies met zich mee om een energiescherm bedrijfseconomisch mogelijk te maken.

Daarnaast vindt ook een lichte daling van de potentiële penetratiegraad van de condensor en van warmteopslag plaats. Dit wordt veroorzaakt doordat er in de situatie met een scherm minder bespaard kan worden met deze opties.

Zowel de potentiële energiebesparing als de benodigde investering ligt met respectievelijk 606 miljoen m³ a.e. en 184 miljoen gulden iets hoger dan in de uitgangssituatie.

Variant 2b

In deze variant wordt ook uitgegaan van een minimale lichtonderschepping. Bovendien wordt de verminderde geldopbrengst als gevolg van het minimale lichtverlies gecompenseerd door een positief klimaateffect. De invloed

van het scherm op de geldopbrengst wordt daardoor gelijk aan 0% (tabel 5.2). Voor het realiseren van het klimaatteffect moet bij Venlo-kassen de poothoogte minimaal 3,50 m hoog zijn (was 3,00 m); bij andere kassen (breedkappers) is geen voorwaarde. Het technisch maximum wordt hierdoor lager dan in variant 2a en bedraagt 38% van de bedrijven en 44% van het areaal. De energiebesparing neemt toe van 15 naar 20%.

De potentiële penetratiegraad is in deze variant licht hoger dan in de uitgangssituatie. Op 3% van de bedrijven met 5% van het areaal kan een scherm bedrijfseconomisch worden aangewend. Dit betreft voor de helft nieuwe installaties en voor de andere helft vervanging van een licht doek door een zwaarder doek. Vervanging van een vast scherm door een beweegbaar scherm komt in deze variant niet voor. De technische mogelijkheden kunnen hiermee bijna volledig worden gerealiseerd.

Daarnaast vindt ook een lichte daling van de potentiële penetratiegraad van de condensor en warmteopslag plaats. Dit heeft dezelfde oorzaak als in variant 2a.

De potentiële energiebesparing bedraagt in deze variant 636 miljoen m³ a.e., ofwel 15% van het primair brandstofverbruik in de sector. Dit is 34 miljoen meer dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering is 221 miljoen gulden en ligt 39 miljoen hoger.

Variant 2c

In deze variant wordt er ook van uitgegaan dat de positieve en de negatieve invloed van het scherm op de geldopbrengst elkaar opheffen. Hierdoor wijzigen de voorwaarden voor het in gebruik nemen van het scherm zoals in de vorige variant (tabel 5.2). Het technisch maximum is daardoor gelijk aan die in variant 2b (38% van de bedrijven en 44% van het areaal). Bovendien wordt de energiebesparing verbeterd tot 30%. Het laatste is het gevolg van het gebruik van een nog zwaarder doek. De investering in het doek wordt hierdoor f 1,00 per m² hoger.

Genoemde wijzigingen doen de potentiële penetratiegraad van het scherm licht toenemen. Ten opzichte van de uitgangssituatie is de toename 4% van de bedrijven en 6% van het areaal. Deze potentiële penetratiegraad is gelijk aan het technisch maximum. In deze variant is het energiescherm dus op alle bedrijven waar dit technisch mogelijk is ook bedrijfseconomisch interessant. Ook bij deze variant betreft dit de helft nieuwe installaties en voor de helft vervanging van een licht doek door zwaarder doek. Incidenteel wordt een vast scherm vervangen door een beweegbaar scherm. De bedrijven waar in deze variant en in de vorige twee varianten het energiescherm bedrijfseconomische mogelijkheden biedt, betreffen vooral de gemiddeld grotere groentebedrijven.

De potentiële energiebesparing bedraagt in deze variant 665 miljoen m³ a.e., ofwel 16% van het primair brandstofverbruik in de sector. Dit is 60 miljoen meer dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering bedraagt 236 miljoen gulden; dit is 54 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie.

5.4 Technische prestaties alternatieve kasomhulling

Alternatieve kasdekken brengen evenals schermen lichtverlies met zich mee. Lichtverlies heeft een negatieve invloed op de productie en daarmee op de geldopbrengst. Schermen kunnen naast het lichtverlies ook invloed hebben op het klimaat in de kas. Bij tomaat is een negatieve invloed op de productie geconstateerd (Van der Sluis et al., 1995). Er zijn echter aanwijzingen gevonden dat een positief klimaateffect mogelijk is. Wellicht is of wordt ook bij een alternatief kasdek een positief klimaateffect mogelijk.

In de uitgangssituatie wordt voor het alternatief kasdek uitgegaan van dubbel glas. Er zijn ook andere materialen zoals kunststoffen en coatings. Coatings op het glas brengen minder lichtverlies met zich mee maar ook de energiebesparing is minder. In de toekomst zijn er wellicht verdere verbeteringen mogelijk op dit terrein (Out et al., 1995).

Eerste variant (ak1)

In deze variant wordt ervan uitgegaan dat de negatieve invloed op de geldopbrengst door het lichtverlies bij dubbel glas volledig wordt gecompenseerd door een klimaateffect (tabel 5.3). Dit betekent dat er een positief klimaateffect moet ontstaan van 12%. Of dit in werkelijkheid ook zal gebeuren is de vraag.

Tweede variant (ak2)

In deze variant wordt uitgegaan van een coating met een negatieve invloed op de geldopbrengst van 2% (tabel 5.3). In de uitgangssituatie is dit dubbel glas met een negatieve invloed van 12%. De investering daalt naar f 45,- per m² en de gasbesparing naar 20% per jaar.

Tabel 5.3 Uitgangspunten varianten technische prestaties alternatief kasdek

Uitgangspunt	Uitgangs-situatie	Variant	
		ak1	ak2
Investering (f/m ²)	85	85	45
Invloed geldopbrengst (%)	-12	0	-2
Gasbesparing (%)	35	35	20

Zowel de eerste als de tweede variant laten geen verandering zien van de potentiële penetratiegraad ten opzichte van de uitgangssituatie. De resultaten zijn daarom niet opgenomen in bijlage 3. De veronderstelde aanzienlijke verbeteringen in de technische prestaties zijn daarmee onvoldoende om een alternatief kasdek rendabel te kunnen aanwenden op bestaande bedrijven.

5.5 Technische prestaties warmteopslag

Over de te realiseren technische prestaties van warmteopslag in de praktijk bestaat weinig informatie (zie ook uitgangspunten per optie, paragraaf 3.5.4). In deze variant worden daarom mindere en betere technische prestaties ten opzichte van de uitgangssituatie in beschouwing genomen.

Variant 3a; mindere prestaties

In deze variant wordt uitgegaan van een energiebesparing van 50% in plaats van 70% van de theoretisch maximale besparing (zie paragraaf 3.5.4). Dit resulteert in een lagere potentiële penetratiegraad van warmteopslag ten opzichte van de uitgangssituatie (tabel 5.4). De potentiële penetratiegraad daalt tot 10% van de bedrijven en ligt 1% hoger dan de huidige penetratiegraad.

Tabel 5.4 Resultaten varianten technische prestaties warmteopslag (aandeel bedrijven/aandeel areaal)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad	Uitgangssituatie	Varianten		Technisch maximum
			3a	3b	
Co	25/29	37/41	37/41	37/41	86/91
Es	34/38	34/38	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	10/19	31/46	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmlle	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
WI	4/6	33/51	33/51	33/51	33/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof					
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	550	635	n.v.t.
(%) a)	n.v.t.	(14)	(13)	(15)	n.v.t.
Investerings					
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	84	227	n.v.t.
Besparing primair brandstof per geïnvesteerde gulden					
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	6,5	2,8	n.v.t.

a) van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw.

De potentiële energiebesparing is 52 miljoen m³ a.e. lager dan in de uitgangssituatie en bedraagt 550 miljoen m³ a.e., ofwel 13% van het primair brandstofverbruik in de sector. De benodigde investering is met 98 miljoen gedaald tot 84 miljoen gulden. De potentiële besparing per geïnvesteerde

gulden stijgt in deze variant van 3,3 tot 6,6 m³ a.e. per jaar. Dit wordt veroorzaakt doordat zowel de investering als de besparing door warmteopslag wegvalt. De potentiële besparing komt dan grotendeels voor rekening van de optie warmtelevering waarin de investering door de tuinders beperkt is.

Variant 3b; betere prestaties

In deze variant wordt uitgegaan van een energiebesparing van 90% in plaats van 70% van de theoretisch maximale besparing en van een opslagtank die 10 m³ per hectare groter is. Dit geeft een verhoging van de potentiële penetratiegraad ten opzichte van de uitgangssituatie met 6% van de bedrijven en 7% van het areaal (tabel 5.4). Het technisch maximum van de bedrijven ligt 10% hoger. In deze variant is warmteopslag dus nog niet op alle bedrijven waar dit technisch mogelijk is, ook bedrijfseconomisch interessant.

De potentiële energiebesparing bedraagt 635 miljoen m³ a.e., ofwel 15% van het primair brandstofverbruik in de sector. Dit is 33 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering bedraagt 227 miljoen en is daarmee 45 miljoen gulden hoger dan in de uitgangssituatie.

Dat de potentiële penetratiegraad bij mindere technische prestaties lager is en bij betere hoger is, mag worden verwacht. De verschillen zijn zowel bij de potentiële penetratiegraad als bij de potentiële energiebesparing echter groot. Hieruit blijkt dat inzicht in de technische prestaties van warmteopslag van groot belang is voor de beoordeling van de economische mogelijkheden van warmteopslag.

5.6 Lagere korting warmteprijs

Variant 4

Over het algemeen krijgen tuinders bij warmtelevering door derden een (bruto)korting op de warmteprijs, die is uitgedrukt in een aandeel van de gasprijs. In de praktijk bestaan er verschillen in warmtekorting. Om het effect van een lagere korting te beoordelen, wordt in deze variant uitgegaan van een (bruto)korting van 5% (o.w.) (was 10%). Het in beschouwing nemen van een hogere korting is niet relevant daar in de uitgangssituatie de potentiële penetratiegraad vrijwel gelijk is aan het technisch maximum.

De lagere korting resulteert in een flinke daling van de potentiële penetratiegraad van warmtelevering. De potentiële penetratiegraad daalt met 25% van de bedrijven en 38% van het areaal (tabel 5.4). Ondanks de brutokorting van 5% is het dus voor een belangrijk deel van de bedrijven waar dit technisch mogelijk is, bedrijfseconomisch niet interessant om warmte van derden te gebruiken. Dit wordt veroorzaakt door het lagere gebruiksrendement van de pieklast gasketel en de beperkte investering door de tuinders in deze optie.

Bij deze variant neemt de potentiële penetratiegraad van de condensor toe (2% van de bedrijven en 4% van het areaal). Dit wordt veroorzaakt doordat op de bedrijven waar warmtelevering niet meer interessant is, meer warmte met de condensor kan worden bespaard; er wordt dan immers meer gas verstoekt in de ketel.

Tabel 5.5 Resultaten varianten warmteprijs en elektriciteitsprijs (aandeel bedrijven/ aandeel areaal)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad	Uitgangssituatie	Varianten		Technisch maximum
			4	5	
Co	25/29	37/41	39/45	37/41	86/91
Es	34/38	34/38	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	25/40	11/22	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmlle	0/0	0/0	0/0	27/41	78/75
Wl	4/6	33/51	8/13	9/13	33/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof					
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	218	582	n.v.t.
(%) a)	n.v.t.	(14)	(5)	(14)	n.v.t.
Investering					
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	180	1043	n.v.t.
Besparing primair brandstof per geïnvesteerde gulden					
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	1,2	0,6	n.v.t.

a) Van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw.

De potentiële energiebesparing daalt in deze variant tot het niveau van 218 miljoen m³ a.e. Dit is ruim 60% minder dan in de uitgangssituatie en draagt 5% van het primair brandstofverbruik in de sector. Dit geeft nogmaals aan hoe belangrijk warmte van derden is in de potentiële energiebesparing in de uitgangssituatie. De benodigde investering daalt iets ten opzichte van de uitgangssituatie en de besparing per geïnvesteerde gulden daalt van 3,3 tot 1,2 m³ a.e. per jaar.

5.7 Tariefstelling elektriciteit

Variant 5

Wat betreft de tariefstelling van elektriciteit (afname van en levering aan het openbare net) staat er een aantal veranderingen op stapel. Hoe de tariefstelling er in de toekomst uit zal zien, is niet geheel duidelijk. Energiebesparing kan worden gestimuleerd door de vergoeding voor levering van elektriciteit aan het openbare net (kWh-component) te verhogen. Op dit gebied hebben reeds beperkte veranderingen plaatsgevonden doordat onderscheid gemaakt wordt naar dal- en plateau-uren. Gedurende de plateau-uren wordt een wat hogere vergoeding voor de teruggeleverde elektriciteit gegeven. De plateau-

uren betreffen de periode van 7.00 tot 23.00 uur op werkdagen in de winterperiode (oktober t/m maart) (Standaardregeling Teruglevering, 1994).

In deze variant wordt uitgegaan van de volgende wijzigingen:

- een hogere kWh-component voor levering van elektriciteit aan het openbare net (10 in plaats van 5 cent per kWh); en
- geen vergoeding meer voor piekscheren.

Deze variant brengt een aanzienlijk hogere potentiële penetratiegraad voor de w/k met levering elektriciteit met zich mee. De potentiële penetratiegraad stijgt van niets tot 27% van de bedrijven en 41% van het areaal (tabel 5.5). De potentiële penetratiegraad van warmtelevering neemt af tot 9% van de bedrijven en 13% van het areaal. Dit is ongeveer tweemaal de huidige penetratiegraad van warmtelevering door derden. Hieruit blijkt dat het bedrijfs-economisch voordeel van w/k met levering elektriciteit, in deze variant voor de meeste bedrijven groter is dan het voordeel van warmtelevering.

Er blijft echter een aanzienlijk verschil bestaan tussen de potentiële penetratiegraad en het technisch maximum van de w/k met levering elektriciteit. Dit betekent dat deze optie op een belangrijk deel van de bedrijven bedrijfseconomisch niet interessant is. De potentiële penetratiegraad van warmteopslag neemt in deze variant duidelijk af. Dit wordt veroorzaakt doordat bij de combinatie met warmteopslag goedkopere w/k-warmte wordt bespaard waardoor warmteopslag op een deel van de bedrijven niet meer bedrijfseconomisch mogelijk is.

De potentiële energiebesparing bedraagt 582 miljoen m³ a.e., ofwel 14% van het verbruik in de sector. Dit is maar iets lager (20 miljoen m³ a.e.) dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering stijgt in deze variant zeer sterk en bedraagt ruim 1 miljard gulden. Dit is bijna zes keer de investering in de uitgangssituatie. De besparing per geïnvesteerde gulden daalt tot 0,6 m³ per jaar. De toename van de investering wordt veroorzaakt doordat de investering in de w/k-installaties niet meer wordt gedaan door de nutsbedrijven maar door de tuinders. Ondanks het rendabel zijn van deze investering is het de vraag of deze hoge investering realiseerbaar is. Naast de beschreven teruglevering van alle elektriciteit kan gedeeltelijke teruglevering van elektriciteit door bestaande installaties worden bevorderd.

5.8 Subsidies

Het gebruik van energiebesparende opties kan worden gestimuleerd door subsidies. In deze variant wordt het effect van een subsidie op de investering in energiebesparende opties door de tuinders in beschouwing genomen.

Variant 6a; 10% subsidie

Uitgegaan wordt van een subsidie van 10% op de investering van alle opties. Dit heeft een beperkte invloed op de potentiële penetratiegraden. De invloed beperkt zich tot de condensor en warmteopslag (tabel 5.6). Bij de condensor neemt de potentiële penetratiegraad beperkt toe (plus 1% van de be-

drijven en 2% van het areaal). Bij warmteopslag is de invloed groter (plus 5% van de bedrijven en 6% van het areaal). Hierbij dient te worden opgemerkt dat dit laatste mede wordt bepaald door de hoogte van de te realiseren gasbesparing door warmteopslag; hierover bestaat echter geen duidelijkheid.

De potentiële energiebesparing wordt in deze variant 620 miljoen m³ a.e., ofwel 15% van het verbruik in de sector. De benodigde investering door tuinders (bruto) bedraagt 214 miljoen en de benodigde subsidie 21 miljoen gulden.

Tabel 5.6 Resultaten varianten subsidies (aandeel bedrijven/aandeel areaal)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad	Uitgangssituatie	Varianten		Technisch maximum
			6a	6b	
Co	25/29	37/41	38/43	42/48	86/91
Es	34/38	34/38	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	30/45	34/48	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmle	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Wl	4/6	33/51	33/52	33/52	33/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof					
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	620	640	n.v.t.
(%) a)	n.v.t.	(14)	(14)	(15)	n.v.t.
Bruto-investering					
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	214	254	n.v.t.
Netto-investering					
	n.v.t.	182	193	203	n.v.t.
Subsidie					
	n.v.t.	n.v.t.	21	51	n.v.t.
Besparing primair brandstof per netto geïnvesteerde gulden					
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	3,2	3,2	n.v.t.

a) Van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw.

Variant 6b; 20% subsidie

Uitgegaan wordt van een subsidie van 20% op de investering van alle opties. Hierdoor neemt de potentiële penetratiegraad van condensor en warmteopslag verder toe. De potentiële penetratiegraad van de condensor stijgt ten opzichte van de uitgangssituatie met 5% van de bedrijven en 7% van het areaal (tabel 5.5). Bij warmteopslag is dit 9% van de bedrijven en 9% van het areaal. De potentiële penetratiegraad ligt bij beide opties onder het technisch maximum. Op de potentiële penetratiegraad van de andere opties heeft een subsidie geen invloed.

De potentiële energiebesparing bedraagt in deze variant 640 miljoen m³ a.e., ofwel 15% van het verbruik in de sector. Dit is 38 miljoen m³ a.e. hoger dan in de uitgangssituatie. De benodigde bruto-investeringen door de tuinders bedraagt 254 miljoen gulden. De benodigde subsidie is 51 miljoen gulden waardoor de netto-investering door de tuinders 203 miljoen bedraagt. Dit is maar 21 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie en wordt veroorzaakt doordat ook de opties die in de uitgangssituatie bedrijfseconomisch interessant zijn, gesubsidieerd worden. Per gulden subsidie bedraagt de extra potentiële energiebesparing 0,9 m³ a.e. per jaar.

In deze varianten is een subsidie op alle opties in beschouwing genomen. Ook is het mogelijk een subsidie op een enkele optie of op de investering door de nutsbedrijven in de optie warmtelevering te geven. Hierdoor kunnen andere resultaten ontstaan.

5.9 Hogere dekking warmtelevering

Op veel tuinbouwbedrijven wordt CO₂ gedoseerd. Dit vindt meestal plaats met de rookgassen van de gasketel. Met de rookgassen van een w/k-installatie is dit niet mogelijk door schadelijke stoffen in de rookgassen. Hierdoor wordt in perioden met CO₂-behoefte en een warmtevraag die kleiner is dan de w/k kan leveren, de w/k verdrongen door de ketel. Dit heeft een negatieve invloed op het aandeel van de w/k-installatie in de warmtebehoefte van het tuinbouwbedrijf (dekking) en daarmee op de besparing aan primair brandstofverbruik door de w/k-installatie.

Door rookgasreiniging kunnen de rookgassen van de w/k-installatie geschikt worden gemaakt voor CO₂-dosering. Hierdoor zal de dekking van de w/k-installatie en daarmee de energiebesparing groter worden. Het in beschouwing nemen van rookgasreiniging betreft in beginsel de opties met een w/k-installatie (wkzle, wkmle en wl) maar ook de warmtepomp. Met het simulatiemodel kunnen helaas niet de veranderingen in uitgangspunten van al deze opties in beschouwing worden genomen. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat bij de wijzigingen in uitgangspunten door rookgasreiniging onderscheid moet worden gemaakt naar CO₂-dosering in perioden met en zonder warmtevraag in de kas.

Naast rookgasreiniging kan de dekking van warmtelevering ook worden verbeterd door installaties met een groter thermisch vermogen per m² kas. Warmtelevering is ook mogelijk in de vorm van restwarmte van grote elektriciteitscentrales of STEG-eenheden. Bij het gebruik van deze warmte ligt de dekking meestal op een hoger niveau dan bij warmte uit w/k-installaties. De dekking kan verder worden verbeterd door het gebruik van CO₂ van derden (zuiver CO₂ en rookgassen van elektriciteitscentrales of hulpketels). CO₂ van derden kan ook worden gebruikt door bedrijven met een w/k-installatie, wat ook de dekking ten goede komt.

Gezien het voorgaande wordt in deze variant een hogere dekkingsgraad voor de optie warmtelevering in beschouwing genomen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de benodigde extra investeringen door de nutsbedrijven wor-

den gedaan en dat de warmtekorting niet verandert ten opzichte van de uitgangssituatie.

Variant 7a; 10 procentpunt hogere dekking

In deze variant wordt de dekking van de optie warmtelevering verhoogd van 35 naar 45%. Deze variant heeft nagenoeg geen invloed op de potentiële penetratiegraad (tabel 5.7); in de uitgangssituatie was de potentiële penetratiegraad immers al bijna gelijk aan het technisch maximum. De potentiële penetratiegraad van de condensor neemt licht af, wat veroorzaakt wordt doordat met de condensor in deze variant minder bespaard kan worden.

Door de grotere hoeveelheid warmtelevering per bedrijf laat de potentiële energiebesparing wel een verbetering zien en wel met 135 miljoen m³ a.e. en komt daarmee op een niveau van 737 miljoen m³ a.e.. Dit is 18% van het verbruik in de sector. Het aandeel warmte van derden in het energiegebruik van de sector neemt in de uitgangssituatie toe tot 20%. Bij een dekking van 45% wordt dit 24%. De benodigde investering neemt licht af tot 176 miljoen gulden. Dit komt door de lagere potentiële penetratiegraad van de condensor. De besparing per geïnvesteerde gulden neemt toe van 3,7 tot 4,2 m³ a.e. per jaar.

Tabel 5.7 Resultaten varianten dekking warmtelevering (aandeel bedrijven/aandeel areaal)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad	Uitgangssituatie	Varianten		Technisch maximum
			7a	7b	
Co	25/29	37/41	35/39	34/38	86/91
Es	34/38	34/38	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	25/39	25/39	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmlle	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Wl	4/6	33/51	33/52	33/52	33/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof					
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	737	874	n.v.t.
(%) a)	n.v.t.	(14)	(18)	(21)	n.v.t.
Investering					
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	176	169	n.v.t.
Besparing primair brandstof per geïnvesteerde gulden					
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	4,2	5,2	n.v.t.

a) Van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw.

Variant 7b; 20 procentpunt hogere dekking

In deze variant wordt de dekking van de optie warmtelevering verhoogd van 35 naar 55%. Ook deze variant heeft nagenoeg geen invloed op de potentiële penetratiegraad van warmtelevering. Ook treedt een kleine verlaging van die van de condensor op (tabel 5.7).

De potentiële energiebesparing laat in deze variant een flinke verbetering zien en wel tot 874 miljoen m³ a.e.. Dit is 272 miljoen m³ a.e. ofwel 45% hoger dan in de uitgangssituatie en komt daarmee op 21% van het primair brandstofverbruik van de sector. Het aandeel warmte van derden in het energiegebruik van de sector neemt toe tot 29%.

De benodigde investering daalt iets meer en de besparing per geïnvesteerde gulden neemt meer toe dan in de vorige variant.

5.10 Technische ontwikkelingen korte termijn

De uitgangspunten voor de technische prestaties van de afzonderlijke opties zijn voor een groot deel bepalend voor de potentiële penetratiegraden. De uitgangssituatie is gebaseerd op het huidige niveau van technisch prestaties. In de toekomst kunnen de technische prestaties echter verbeteren. In deze variant wordt getracht inzicht te krijgen in het effect van mogelijke verbeteringen in de nabije toekomst. Hierbij wordt uitgegaan van een schatting van de maximaal mogelijke verbeteringen in de periode tot 2000. Dit is het jaar waarin de doelstelling van de meerjarenafspraken moet worden gerealiseerd.

Variant 8

In deze variant worden de volgende uitgangspunten per optie gewijzigd:

- rookgascondensor (co): geen wijzigingen;
- energiescherm (es): de wijzigingen zijn gelijk aan variant 2b. De invloed op de geldopbrengst wordt 0, gasbesparing wordt 5 procentpunt hoger;
- alternatieve kasomhulling (ak): geen wijzigingen;
- warmteopslag: de wijzigingen zijn gelijk aan variant 3b. De gasbesparing wordt 90% in plaats van 70% van de maximale besparing en de opslagtank wordt 10 m³ per hectare groter;
- w/k-installatie met levering elektriciteit (wkzle): geen wijzigingen;
- w/k-installatie zonder levering elektriciteit (wkmle): geen wijzigingen;
- warmtelevering door derden (wl): de veranderingen zijn gelijk aan variant 7a; de dekking wordt 10 procentpunt hoger;
- warmtepomp (wp): geen wijzigingen.

Deze variant laat een verbetering zien van de potentiële penetratiegraad van warmteopslag en van het energiescherm en een lichte verlaging van die van de condensor (tabel 5.8). De verbeteringen bij warmteopslag en het energiescherm zijn gelijk aan die in de afzonderlijke varianten van de verbeteringen in technische prestaties (2b en 3b). De lagere potentiële penetratiegraad van de condensor is het gevolg van de kleinere besparing met de condensor

door de hogere dekking van warmtelevering en het grotere aandeel schermen en warmteopslag.

De potentiële energiebesparing ligt 200 miljoen m³ a.e. hoger dan in de uitgangssituatie en bedraagt 19% van het primair brandstofverbruik in de sector. Deze toename komt voor een belangrijk deel door de hogere dekking van de optie warmtelevering. De benodigde investering is met 267 miljoen, 85 miljoen gulden hoger dan in de uitgangssituatie. In deze variant wordt per gulden investering gemiddeld 3,0 m³ a.e. per jaar bespaard.

Tabel 5.8 Resultaten varianten technische ontwikkelingen korte termijn en combinaties (aandeel bedrijven/aandeel areaal)

Optie	Vernieuwde huidige penetratiegraad	Uitgangssituatie	Varianten			Technisch maximum
			8	9a	9b	
Co	25/29	37/41	35/39	35/39	38/42	86/91
Es	34/38	34/38	37/43	37/43	37/43	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	31/46	31/45	34/48	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmlle	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Wl	4/6	33/51	33/52	33/52	33/52	33/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof						
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	803	803	815	n.v.t.
(%) a)	n.v.t.	(14)	(19)	(19)	(20)	n.v.t.
Investering						
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	267	265	292	n.v.t.
Besparing primair brandstof per geïnvesteerde gulden						
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	3,0	3,0	2,8	n.v.t.

a) Van het primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw.

5.11 Combinaties

Naast afzonderlijke varianten is het interessant combinaties in beschouwing te nemen. Gekozen is voor een tweetal combinaties.

Variant 9a

In deze variant wordt de combinatie van variant 1a (sterkere stijging gasprijs) en variant 8 (technische ontwikkelingen korte termijn) in beschouwing genomen.

In deze variant zijn de potentiële penetratiegraden, de potentiële energiebesparing en de benodigde investering nagenoeg gelijk aan die in variant 8 (verbetering technische prestaties korte termijn)(tabel 5.8). Dit stemt overeen met de verwachting. Naast de verbetering van de technische prestaties is in deze variant de toename van de gasprijs aangepast overeenkomstig variant 1a; ook variant 1a liet geen verandering zien van de potentiële penetratiegraden.

Variant 9b

In deze variant wordt de combinatie van variant 1b (nog sterkere stijging gasprijs) en variant 8 (technische ontwikkelingen korte termijn) in beschouwing genomen.

De potentiële penetratiegraden van de opties warmteopslag, energiescherm en condensor tonen evenals in de vorige twee varianten een verandering (tabel 5.8). In deze variant is door de hogere gasprijs de verbetering bij warmteopslag wat groter. In tegenstelling tot de vorige variant laat de condensor niet een lichte daling maar een lichte verbetering zien. Ook dit is het gevolg van de hogere gasprijs.

De potentiële energiebesparing bedraagt in deze variant 815 miljoen m³ a.e. Dit is 203 miljoen meer dan in de uitgangssituatie en 12 miljoen meer dan in de vorige variant. Een sterker stijgende gasprijs tot 40 cent in 2002 heeft bij betere technische prestaties dus een beperkte invloed op zowel de potentiële penetratiegraden als de potentiële energiebesparing. Het aandeel in het primair brandstofverbruik van de sector neemt toe tot 20%. De benodigde investering bedraagt 292 miljoen en ligt 110 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie. De besparing per geïnvesteerde gulden daalt tot 2,8 m³ a.e. per jaar.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Simulatiemodel

Het project heeft geleid tot een simulatiemodel waarmee berekeningen kunnen worden gemaakt ter beoordeling van de technische en economische mogelijkheden van de belangrijkste energiebesparende opties op bedrijfs- en sectorniveau in de glastuinbouw. Bij de toepassing van het model is inzicht in de technische prestaties van de afzonderlijke opties en in de relaties met de bedrijfssituatie van groot belang.

Technische mogelijkheden

De modelberekeningen geven aan dat er bij de huidige bedrijfssituaties voor de glastuinbouw en zonder rekening te houden met op de economische aspecten nog grote technische mogelijkheden zijn voor een hogere penetratiegraad van energiebesparende opties. Voor de opties warmte/kracht met levering elektriciteit aan het net (+78% van de bedrijven), warmtepomp (+78%) en condensor (+61%) zijn de technische mogelijkheden het grootst. Voor w/k zonder levering elektriciteit (+2%) is bij de huidige bedrijfsomstandigheden bijna geen ruimte en voor het energiescherm (+11%) is de ruimte beperkt. De mogelijkheden voor alternatief kasdek (+26%), warmteopslag (+32%) en warmtelevering door derden (+29%) liggen hier tussen.

Bedrijfseconomische mogelijkheden

In de uitgangssituatie, dat wil zeggen bij de huidige prijsverhoudingen, huidige technische prestaties van de opties en huidige bedrijfssituaties, geven de modelberekeningen aan dat de bedrijfseconomische mogelijkheden duidelijk minder groot zijn dan de technische mogelijkheden. De bedrijfseconomische mogelijkheden zijn het grootst bij de optie warmtelevering (+29%), gevolgd door warmteopslag (+16%) en condensor (+12%). In de jaren volgend op het basisjaar van het onderzoek (1992) worden juist bij deze opties verbeteringen in de penetratiegraden geconstateerd (Van der Velden et al., 1996). Voor de opties energiescherm, alternatief kasdek, w/k met of zonder levering elektriciteit en warmtepomp zijn er geen bedrijfseconomische mogelijkheden in de uitgangssituatie.

De mogelijkheden voor de condensor komen grotendeels voor rekening van bedrijven die nog geen condensor in gebruik hebben. Vervanging van een enkelvoudige condensor door een combicondensor met een hogere energiebesparing is incidenteel interessant. Voor een deel van de bedrijven is een condensor bedrijfseconomisch niet interessant. Dit zijn bedrijven met een lage brandstofintensiteit en/of een klein glasareaal. Bovendien is op een deel van de bedrijven de condensor niet interessant omdat er door warmtelevering door derden met de condensor minder bespaard kan worden.

De potentiële energiebesparing bedraagt in de uitgangssituatie circa 600 miljoen m³ a.e. per jaar; dit is 14% van het primair brandstofverbruik in de sector. Deze besparing komt grotendeels voor rekening van de optie warmtelevering. De benodigde investeringen door de tuinders komen uit op 182 miljoen gulden. Per gulden investering wordt 3,3 m³ a.e. primair brandstof per jaar bespaard; dit is exclusief de investering door nutsbedrijven in w/k-installaties voor warmtelevering.

Verbetering technische prestaties

De huidige technische prestaties van de opties kunnen in de toekomst verbeteren. Zo wordt het energiescherm bedrijfseconomisch mogelijk indien compensatie van de negatieve invloed van het lichtverlies op de geldopbrengst wordt gecompenseerd door een positief klimaateffect. Hierdoor kunnen de beperkte technische mogelijkheden van het scherm bijna volledig worden benut.

Aanzienlijke verbetering in de huidige technische prestaties van het alternatief kasdek resulteren niet in bedrijfseconomische mogelijkheden voor deze optie op bestaande bedrijven. De bedrijfseconomische mogelijkheden van warmteopslag zijn sterk afhankelijk van de te realiseren gasbesparing.

Een hogere dekking door warmtelevering heeft een grote invloed op de potentiële energiebesparing in de sector.

De combinatie van compensatie van lichtverlies bij het scherm, een gasbesparing met warmteopslag van 90% van de theoretische besparing en een 10 procentpunt hogere dekking van warmtelevering leidt tot een potentiële energiebesparing van circa 800 miljoen m³ a.e. ofwel 19% van het primair brandstofverbruik in de sector. Dit is circa eenderde hoger dan in de uitgangssituatie. De benodigde investering door de tuinders bedraagt in deze situatie 267 miljoen gulden en is 85 miljoen hoger dan in de uitgangssituatie; per gulden investering wordt dan 3,0 m³ a.e. per jaar bespaard.

Gezien de interessante besparingseffecten van de technische verbeteringen bij de opties warmtelevering, warmteopslag en het energiescherm wordt aanbevolen onderzoek te verrichten naar deze verbeteringen en de realisatie te bevorderen.

Hogere energieprijzen

Een sterker stijgende gasprijs tot 40 cent in 2002 heeft zowel bij de huidige als bij betere technische prestaties van de opties beperkte invloed op de potentiële penetratiegraden en de potentiële energiebesparing. Een sterker stijgende gasprijs heeft vooral effect op de potentiële penetratiegraad van warmteopslag; de invloed op de condensor is beperkt. Op de andere opties heeft dit geen invloed.

Een lagere korting op de warmteprijs heeft grote invloed op de potentiële penetratiegraad van warmtelevering door derden en daarmee op de potentiële energiebesparing.

Met een hogere prijs voor levering van elektriciteit aan het openbare net ontstaan grote bedrijfseconomische mogelijkheden voor w/k-installaties van tuinders met levering van elektriciteit aan het openbare net. Deze optie ver-

dringt dan op een groot deel van de bedrijven de optie warmtelevering. Hier-voor moeten dan wel omvangrijke investeringen door de tuinders worden ge-daan in w/k-installaties. De totale investering door de sector bedraagt dan ruim 1 miljard gulden.

Subsidies

Een investeringssubsidie voor de tuinder van 20% heeft alleen een be-perkte invloed op de bedrijfseconomische mogelijkheden van de condensor en warmteopslag. Per gulden subsidie wordt iets minder dan 1 m³ a.e. per jaar extra bespaard. De benodigde subsidie bedraagt 51 miljoen gulden. De netto-investering door de tuinders maar is 21 miljoen gulden hoger dan in de uit-gangssituatie. Dit wordt veroorzaakt doordat ook opties die reeds in de uit-gangssituatie bedrijfseconomisch interessant zijn, gesubsidieerd worden.

Realisering energiebesparing

Voor het realiseren van de potentiële energiebesparing is het handelen van de individuele tuinders en de financieringsmogelijkheden van de bedrijven van belang. Het handelen van de tuinders kan worden beïnvloed door onder andere voorlichting. Voorlichting over de technisch-economisch haalbare opties wordt aanbevolen. Voor de optie warmtelevering is het van belang dat be-stuurlijke en organische problemen worden opgelost.

Er is uitgegaan van de huidige bedrijfssituaties. De bedrijven zijn niet altijd geschikt voor het gebruik van energiebesparende opties. Verdere en-ergiebesparing kan mogelijk worden door toename van de potentiële penetra-tiegraad. Deze kan groeien naar het technisch maximum door verbeteringen bij de opties en veranderingen in de bedrijfssituaties. Dit laatste is ook van invloed op het technisch maximum.

Verdere toepassing en verbetering van het model

Een beperking van het model is het aantal opties en het aantal typen per optie dat in beschouwing kan worden genomen en het niet in beschouwing nemen van de dynamiek op de bedrijven. Voor een verdere toepassing van het simulatiemodel is verbetering op dit gebied van belang. Hiervoor moet het model flexibeler worden gemaakt. Dit houdt in dat op eenvoudige wijze opties kunnen worden toegevoegd en verwijderd en andere relevante veranderingen zoals het onderscheid in perioden met en zonder warmtevraag en veranderingen op de bedrijven op eenvoudige wijze kunnen worden aangebracht.

Met het (verbeterde) model kunnen nieuwe analyses worden gemaakt en onderwerpen dieper worden uitgezocht. Hierbij kan gedacht worden aan:

- specifieke groepen bedrijven (bedrijfsomvang, energiegebruik, enzo-voort);
- elektriciteits- en warmtetarieven en subsidies in relatie tot de mogelijkhe-den voor de opties warmtelevering en w/k-installaties;
- technische prestaties warmtelevering en w/k-installaties (rookgasreini-ging, condensor en CO₂ van derden);
- een recenter basisjaar en nieuwe prijzen en prijspaden;

- meerdere typen per optie (condensors, schermen, alternatieve kasdekken, warmtelevering en w/k-installaties);
- kenmerken van bedrijven (bedrijfstypen) waar bepaalde opties bedrijfs-economisch mogelijk of niet mogelijk zijn; en
- toekomstige bedrijfssituaties (bijvoorbeeld nieuwbouw, meer belichting, hogere kassen, meer intensieve teelten, enzovoort).

Naast de verdere toepassing van het (verbeterde) model kan het model gebruikt worden voor andere analysedoelen zoals research guidance en de energetische aspecten van de herstructureringsplannen voor de glastuinbouw.

LITERATUUR

Anonymus (1994)

Verrekening productiekosten elektriciteit verandert; In: Energie- en Milieuspectrum 1/2, p. 4

Fonville, V.P., M.G. Telle en N.J.A. van der Velden (1990)

Warmtepompen in de glastuinbouw; Technisch-economische evaluatie in samenwerking met het IMAG; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI); Publikatie 4.125

Groot, N.S.P. de, C.P.C.M. van der Hamsvoort en H. Rutten (1994)

Voorbij het verleden; Drie toekomstbeelden voor de Nederlandse agribusiness, 1990-2015; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Onderzoekverslag 127

Holsteijn, G.P.A. van en R. Weijs (1994)

Onderzoek naar de effecten van het gecombineerd gebruik van een energiescherm en een zonnescherm bij vleestomaat; Naaldwijk, PTG, Intern rapport nr.13

Holsteijn, G.P.A. van (1995)

Uit energieschermen valt meer te halen; In: Groenten en fruit/glasgroenten, nr. 7, pp. 20-23

Jong, A. de en H. Roodenburch (1992)

De wereld in scenario's; In: Energiespectrum juni/juli

Leeuwen, R.C.L. van en N.J.A. van der Velden (1992)

Het gebruik van warmtelicht-installaties in de glastuinbouw; Een inventarisatie; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 4.134

Nederland (1992)

Nederland in drievoud; Een scenariostudie van de Nederlandse economie; Den Haag, SDU

Meerjarenafspraak (1992)

Meerjarenafspraak tussen de Nederlandse glastuinbouwsector en de Staat vertegenwoordigd door de Ministers van Economische Zaken en Landbouw, Natuurbeheer en Visserij over verbetering van de energie-efficiëntie; Aalsmeer, LNV, EZ en Landbouwschap

- Nawrocki, K.R. en N.J.A. van der Velden (1991)
Gebruiksendementen aardgasgestookte ketels in de glastuinbouw; gissen is missen, meten is (z)weten; Wageningen, IMAG; Nota 91-55
- Out, P.G. en J.J.G. Breuer (1991)
Effect van gecoat glas op de lichttransmissie en het energieverbruik van tuinbouwkassen; Wageningen, IMAG-DLO; Rapport 95-1
- Ploeger, C. (1985)
Energiebesparende investeringen in kassen bij komkommers; Bedrijfs-economische aspecten; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI); Mededeling 324
- Rijssel, E. van (1983)
Stoken met voorbedachte rade; Verslag van een onderzoek naar de oorzaken van verschillen in brandstofverbruik bij de teelt van vroege stooktomaten; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI); Onderzoekverslag 3
- Sluis, B.J. van der, K.R. Nawrocki en N.J.A. van der Velden (1992)
Dekkingsgraden van restwarmte in de glastuinbouw; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 4.133
- Sluis, B.J. van der, A.A. Rijdsdijk, G.P.A. van Holsteijn en N.J.A. van der Velden (1995)
Het gebruik van energieschermen bij tomaat; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 4.138
- Standaardregeling Teruglevering (1994)
 Arnhem, EnergieNed
- Stiekema, O.T.J. (1992)
Investeringsselectie-Energiemodel; Naaldwijk, IKC
- Velden, N.J.A. van der en P.C.M. Vermeulen (1992)
Beschrijving energie-investeringsselectiemodel; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Interne Nota 407
- Velden, N.J.A. van der en B.J. van der Sluis (1993)
Energie in de glastuinbouw van Nederland in 1991; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Periodieke Rapportage 39-91
- Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh (1995)
Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1993; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Periodieke Rapportage 39-92

- Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh (1996)
Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Periodieke Rapportage 39-93
- Verhoeven, A.T.M., F.L.M. Kempkes en N.J.A. van der Velden (1995)
Warmte/kracht-installaties in de glastuinbouw; gebruiksrendementen en dekkingsgraden; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Publikatie 4.137
- Vermeulen, P. en J. Nienhuis (1991)
Rapportage raming aardgas en CO₂ verbruik in de B-driehoek; Naaldwijk, PTG; Verslag 3

BIJLAGEN

Bijlage 1 Scenario's CPB en Landbouw 2015

Bij een aantal uitgangspunten wordt gebruik gemaakt van de scenario's van het CPB en van het onderzoeksproject "Landbouw 2015" van IKC's-VZ en -AT en LEI-DLO. Door het CPB en in Landbouw 2015 worden drie scenario's onderscheiden:

1. Balanced Growth (BG);
2. Global Shift (GS);
3. European Renaissance (ER).

Voor achtergrondinformatie over deze scenario's wordt verwezen naar De Jong et al. (1992) en De Groot et al. (1994). In de uitgangssituatie (hoofdstuk 3) zijn de algemene uitgangspunten grotendeels gebaseerd op het ER-scenario. In de varianten (hoofdstuk 5) word gebruik gemaakt van het BG- en GS-scenario. Hierna worden een aantal uitgangspunten behorende bij de scenario's van het CPB en Landbouw 2015 vermeld.

Tabel B1.1 Scenario's inflatie a) en rentevoet b) (%/jaar)

	Scenario		
	BG	GS	ER
Inflatie	3,1	5,1	3,4
Rente	7,6	8,4	7,6

a) Prijsindex gezinsconsumptie; b) Nominaal.

Bron: CPB.

Tabel B1.2 Scenario's gasprijzen tuinbouw reel (cent (1992)/m³)

Jaar	Scenario		
	BG	GS	ER
1992	21,8	21,8	21,8
2002	29,4	19,8	21,5

Bron: CPB.

Tabel B1.3 Scenario's gasprijzen tuinbouw nominaal (cent/m³)

Jaar	Scenario		
	BG	GS	ER
1992	21,8	21,8	21,8
2002	39,9	32,6	30,0
Toename (10 Jaar) (%)	83,0	49,5	37,6
Toename per jaar (%)	6,2	4,1	3,2

Bron: CPB.

Tabel B1.4 Scenario's ontwikkeling fysieke productie en geldopbrengst in de glastuinbouw over de periode tot 2005 (%/m². jaar)

	Scenario		
	BG	GS	ER
Fysieke productie	2,9	2,5	2,3
Geldopbrengst	2,8	1,3	2,3

Bron: Landbouw 2015.

Bijlage 2 Voorberekeningen rookgascondensor

In deze bijlage zijn berekeningen gemaakt van het jaarlijks bedrijfseconomisch voordeel van de afzonderlijke condensortypen. Het bedrijfseconomisch voordeel is het bedrag dat jaarlijks wordt verdiend aan het gebruik van de condensor ofwel het saldo van opbrengsten en kosten. De opbrengsten zijn de besparingen aan aardgas. De kosten bestaan uit afschrijving, rente en onderhoud van de condensor. De berekeningen zijn gemaakt voor de afzonderlijke condensortypen. Per condensortype zijn berekeningen gemaakt voor uiteenlopende bedrijfsomvang (5.000 m² tot 40.000 m² glas) en uiteenlopende brandstofintensiteit (10 tot 80 m³ a.e. per m² kas).

Uitgangspunten

De uitgangspunten stemmen overeen met die in paragraaf 3.5.1 (uitgangspunten per optie).

Tabel B2.1 Gasbesparing en investering per condensortype

Condensortype	Gasbesparing (%/jaar)	Investering a)
Enkelv. cond. op retour	3,4	f 7.500 + f 0,90/m ²
Enkelv. cond. op apart net	7,5	f 7.500 + f 4,90/m ²
Combicondensor	9,9	f 10.000 + f 5,10/m ²

a) Ketelcapaciteit = 200 W per m² kas.

- gasprijs 22 cent per m³
- jaarkosten (% van de investering):
 - onderhoud 0,5%
 - afschrijving 10,0%
 - rente 7,65% x 50% 3,8%
 - +
- totaal 14,3%

Resultaten

De resultaten per condensortype zijn vermeld in tabel B2.1. Uit deze tabel blijkt dat een condensor op bedrijven met een hoge brandstofintensiteit bedrijfseconomisch voordeel oplevert. Ook blijkt dat tot een brandstofintensiteit van 70 m³ a.e. per m² een enkelvoudige condensor op de retour een groter bedrijfseconomisch voordeel heeft dan de enkelvoudige condensor op een apart net. Bedrijfseconomisch verdient de condensor op de retour onder de 70 m³ a.e. per m² de voorkeur boven die op een apart net. De combicondensor heeft ten opzichte van beide enkelvoudige condensortypen, een groter voordeel boven bepaalde grenzen van bedrijfsomvang en brandstofintensiteit. Deze grenzen zijn: (1) boven een bedrijfsomvang van 1 ha en een brandstofintensiteit van 40 m³ per m² en (2) onder de 1 ha en een brandstofintensiteit van boven de 45 m³ per m². Boven deze grenzen is de combicondensor daarmee het meest interessant en onder deze grenzen de enkelvoudige condensor op de retour.

Tabel B2.1 *Bedrijfseconomisch voordeel per condensortype bij uiteenlopende brandstofintensiteit en bedrijfsomvang (fl/jaar)*

Brandstof- intensiteit (m ³ /m ²)	Bedrijfsomvang (ha)						
	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00
Enkelvoudige condensor op retour							
10	-1.345	-1.482	-1.618	-1.891	-2.164	-2.710	-3.256
20	-975	-926	-877	-779	-682	-486	-291
30	-604	-370	-136	332	801	1.737	2.674
35	-419	-92	235	888	1.542	2.849	4.156
40	-234	186	605	1.444	2.283	3.961	5.639
45	-48	464	976	2.000	3.024	5.073	7.121
50	137	742	1.347	2.556	3.766	6.185	8.604
55	322	1.020	1.717	3.112	4.507	7.296	10.086
60	508	1.298	2.088	3.668	5.248	8.408	11.568
70	878	1.854	2.829	4.780	6.730	10.632	14.533
80	1.249	2.409	3.570	5.891	8.213	12.855	17.498
Enkelvoudige condensor op apart net							
10	-3.759	-5.102	-6.445	-9.131	-11.817	-17.189	-22.561
20	-2.941	-3.875	-4.810	-6.678	-8.547	-12.284	-16.021
30	-2.124	-2.649	-3.175	-4.226	-5.277	-7.379	-9.481
35	-1.715	-2.036	-2.357	-2.999	-3.642	-4.926	-6.211
40	-1.306	-1.423	-1.540	-1.773	-2.007	-2.474	-2.941
45	-897	-810	-722	-547	-372	-21	330
50	-489	-197	96	680	1.264	2.432	3.600
55	-80	417	913	1.906	2.899	4.884	6.870
60	329	1.030	1.731	3.132	4.534	7.337	10.140
70	1.147	2.256	3.366	5.585	7.804	12.242	16.680
80	1.964	3.482	5.001	8.037	11.074	17.147	23.220
Combicondensor							
10	-3.997	-5.281	-6.565	-9.132	-11.700	-16.834	-21.969
20	-2.918	-3.662	-4.407	-5.895	-7.383	-10.360	-13.336
30	-1.839	-2.044	-2.248	-2.658	-3.067	-3.885	-4.704
35	-1.300	-1.234	-1.169	-1.039	-909	-648	-387
40	-760	425	-90	580	1.250	2.589	3.929
45	-221	384	989	2.198	3.408	5.827	8.246
50	319	1.193	2.068	3.817	5.566	9.064	12.562
55	859	2.003	3.147	5.436	7.724	12.301	16.878
60	1.398	2.812	4.226	7.054	9.882	15.539	21.195
70	2.477	4.431	6.384	10.292	14.199	22.013	29.828
80	3.556	6.049	8.543	13.529	18.515	28.488	38.460

Bijlage 3 Vernieuwde huidige, technisch maximale en potentiële penetratiegraden, potentiële energiebesparing en benodigde investering van energiebesparende opties in de glastuinbouw a)

Optie	Vernieuwde huidige penetratie graad b)	Potentiële penetratiegraden					Technisch maximum			
		uitgangs-situatie	varianten		2c	techn. prestaties warmteopslag		warmte-prijs		
			1a	1b						
			stijging gasprijs						technische prestaties scherm f)	
				2a	2b	3a	3b	4		
Co c)	25/29	37/41	37/41	39/44	36/40	36/39	37/41	37/41	39/45	86/91
Es d)	34/38	34/38	34/38	34/38	35/40	37/43	34/38	34/38	34/38	45/51
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33
Wo	9/18	25/39	25/39	31/46	24/39	23/37	10/19	31/46	25/40	41/57
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13
Wkmtle	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Wl	4/6	33/51	33/51	33/52	33/51	33/51	33/51	33/51	8/13	3/52
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75
Besparing primair brandstof										
(10 ⁶ m ³ a.e./jaar)	n.v.t.	602	602	625	606	636	550	635	218	n.v.t.
(%) e)	n.v.t.	(14)	(14)	(15)	(15)	(15)	(13)	(15)	(5)	n.v.t.
Investering										
(miljoen gld.)	n.v.t.	182	182	224	184	221	84	227	180	n.v.t.
Besparing primair brandstof in relatie tot de investering										
(m ³ a.e./gld.)	n.v.t.	3,3	3,3	2,8	3,3	2,9	6,5	2,8	1,2	n.v.t.

a) Gespecialiseerde productiebedrijven; penetratiegraden zijn uitgedrukt in aandeel bedrijven/aandeel areaal; b) In 1992; c) Condensors zoals genoemd bij de "voorwaarden per optie"; d) Alleen beweegbare schermen met een doek met een isolatiegraad > 40%; e) Van het werkelijk primair brandstofverbruik van de productieglastuinbouw in 1992 (4.153 miljoen m³ a.e.); f) Bij deze variant behoort een ander technisch maximum (paragraaf 5.3).

Bijlage 3 - vervolg - a)

Optie	Vernieuwde huidige penetratie raad b)	Potentiële penetratiegraden								Technisch maximum	
		uitgangs-situatie	varianten		hogere dekking		combinaties				
			5	6a	6b	7a	7b	8	9a		
											elekt. prijs
Co c)	25/29	37/41	38/43	42/48	35/39	34/38	35/39	35/39	38/42	86/91	
Es d)	34/38	34/38	34/38	34/38	34/38	34/38	37/43	37/43	37/43	45/51	
Ak	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	29/33	
Wo	9/18	25/39	30/45	34/48	25/39	25/39	31/46	31/45	34/48	41/57	
Wkzle	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	7/13	
Wkmlle	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75	
Wl	4/6	33/51	9/13	33/52	33/52	33/52	33/52	33/52	33/52	33/52	
Wp	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	78/75	
Besparing primair brandstof											
	602	582	620	640	737	874	803	803	815	n.v.t.	
	(14)	(14)	(15)	(15)	(18)	(21)	(19)	(19)	(20)	n.v.t.	
Investering											
	182	1043	193	203	176	169	267	265	292	n.v.t.	
	(miljoen gld.)	n.v.t.									
Besparing primair brandstof in relatie tot de investering											
	3,3	0,6	3,2	3,2	4,2	5,2	3,0	3,0	2,8	n.v.t.	
	(m³ a.e./gld.)	n.v.t.									

a) Gespecialiseerde productiebedrijven; penetratiegraden zijn uitgedrukt in aandeel bedrijven/aandeel areaal; b) In 1992; c) Condensors zoals genoemd bij de "voorwaarden per optie"; d) Alleen beweegbare schermen met een isolatiegraad > 40%; e) Van het werkelijk primair brandstofverbruik van de productiegebouwen in 1992 (4.153 miljoen m³ a.e.); f) Bij deze variant behoort een ander technisch maximum (paragraaf 5.10).