




# Efficiënt energiegebruik in de glastuinbouw

GlasReg: Technologische Dienstverlening


13



door Herman Marien (Kilto vzw)




## Energie in de glastuinbouw




- ✓ **Energietaal**
  - Eenheden
  - Voelbaar / niet voelbaar
- ✓ **Brandstof**
  - Nuttig gedeelte
  - Prijs – energiekost
- ✓ **Best Beschikbare Techniek**
  - Serre verliezen
  - Kengetallen
  - Energiescherm
- ✓ **Glasreg: iwt- TD**
  - Temperatuursverdeling in serre
  - Economische verantwoord investeringen








## Vermogen







- ✓ **Watt** = Energie per tijdeenheid (Joule/sec)
  - Ketelvermogen van 3.000 kW
- ✓ **Kcal/h** = Energie per tijdeenheid (Kilocalorieën per uur)
  - 1 kW = 860 kcal/h    1 kcal/h = 1,163 W
  - Ketelvermogen van 3.000 kW = 3.000 \* 860 = 2.580.000 Kcal/h
  - 2 000 000 kcal/h = 2 330 000 W of 2.330 kW
- ✓ **Thermisch / elektrisch Vermogen**
  - kWth: energie die per tijdseenheid kan overgebracht worden op het watercircuit
  - kWe: energie die per tijdseenheid op het elektriciteitsnet kan worden gezet.







## Energie


- ✔ **Joule (W \* sec)**

  - Warmte nodig om 1 g droge lucht + 1 °C
    - Gigaj = 1000 MegaJ = 1000 000 KJ = 1 000 000 000 J
    - 1 ha + 2 °C = 60.000 kg \* 1 kJ \* 2 °C = 120 Megajoule (MJ)
    - Op 15 min. → 120.000 / (15\*60) = 133 kW
- ✔ **Calorie**

  - Warmte nodig om 1 g water + 1 °C
  - 1 calorie = 4,19 J      1 J = 0,24 cal
    - Buffertank van 400 m³      90°C – 45°C
    - = 400.000 l \* 1 kcal \* 45°C = 18.000.000 kcal = 75.420 MJ
    - Op 10 u → 75.420.000 / (10 \*3600) = 2.095 kW
- ✔ **Kilowattuur**

  - Energieverbruik teruggerekend naar 1 uur
  - 1 kWh = 1 kW gedurende 1u = 1000 J/s x 3600 s = 3,6 MJ = 0,0036 GJ
    - Gasverbruik van 4.166.666 kWh op 1 ha
    - = 4.166.666 \* 3,6 / 10.000 = 1.500 MJ /m² of 1,5 GJ/m²

## Warmte-inhoud van serrelucht

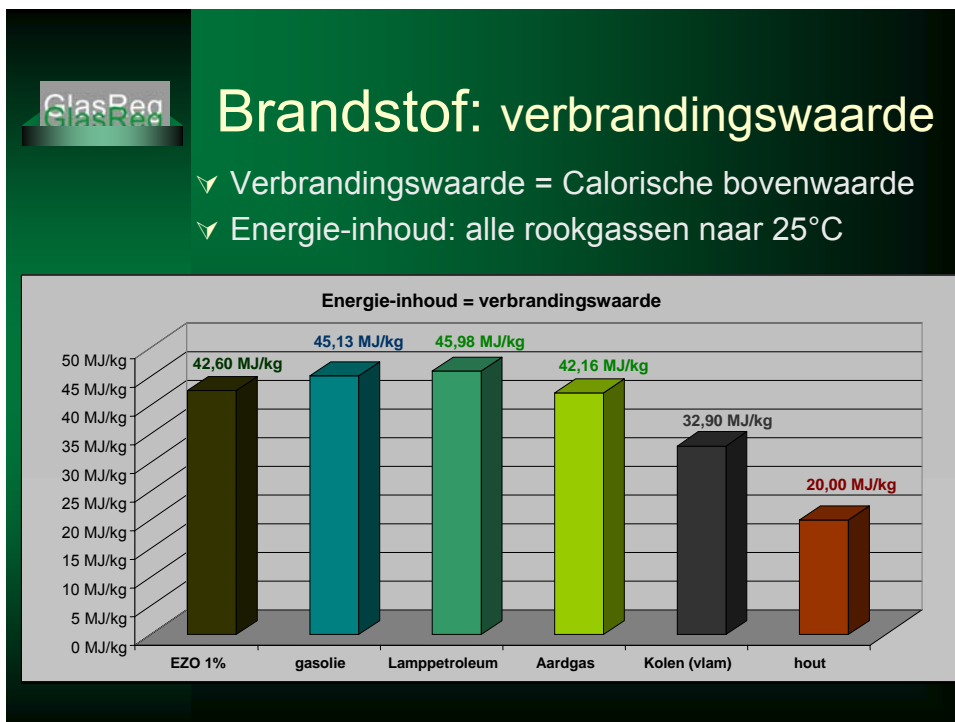
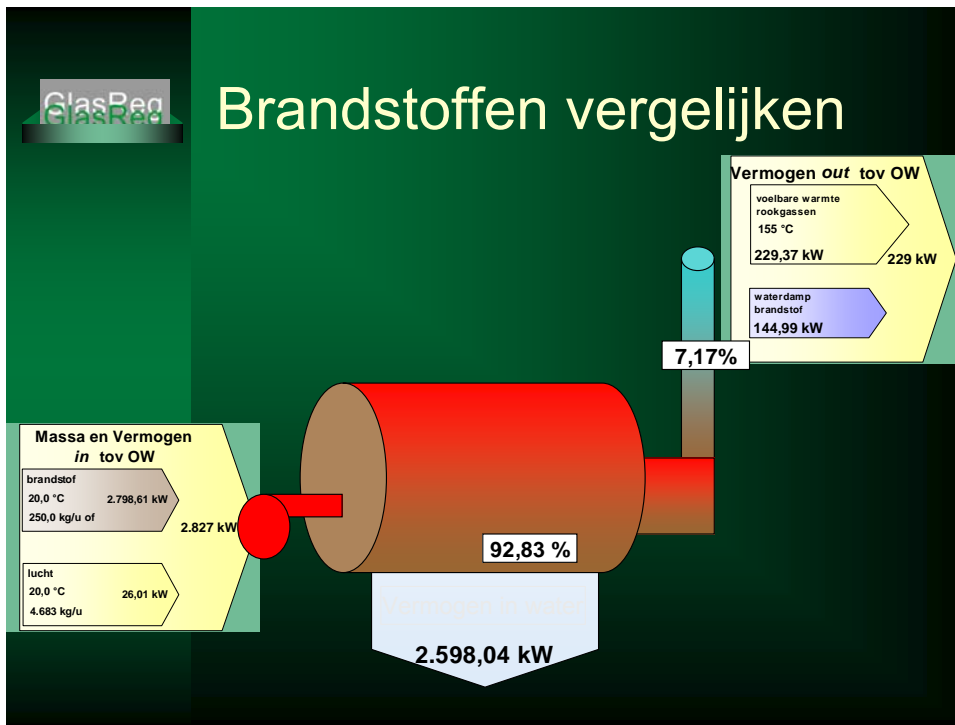


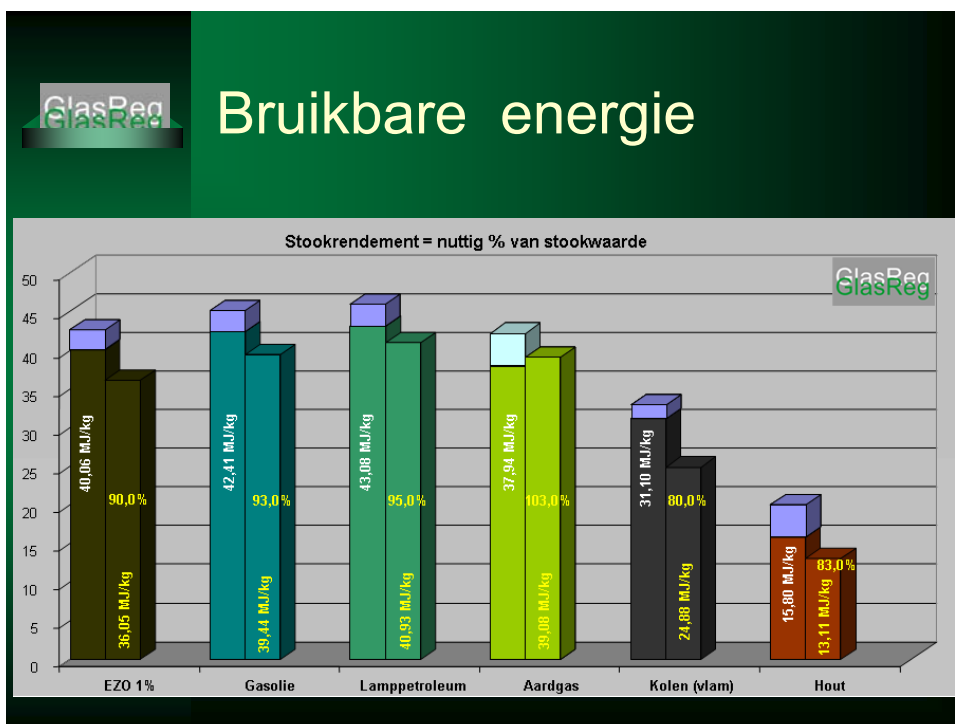
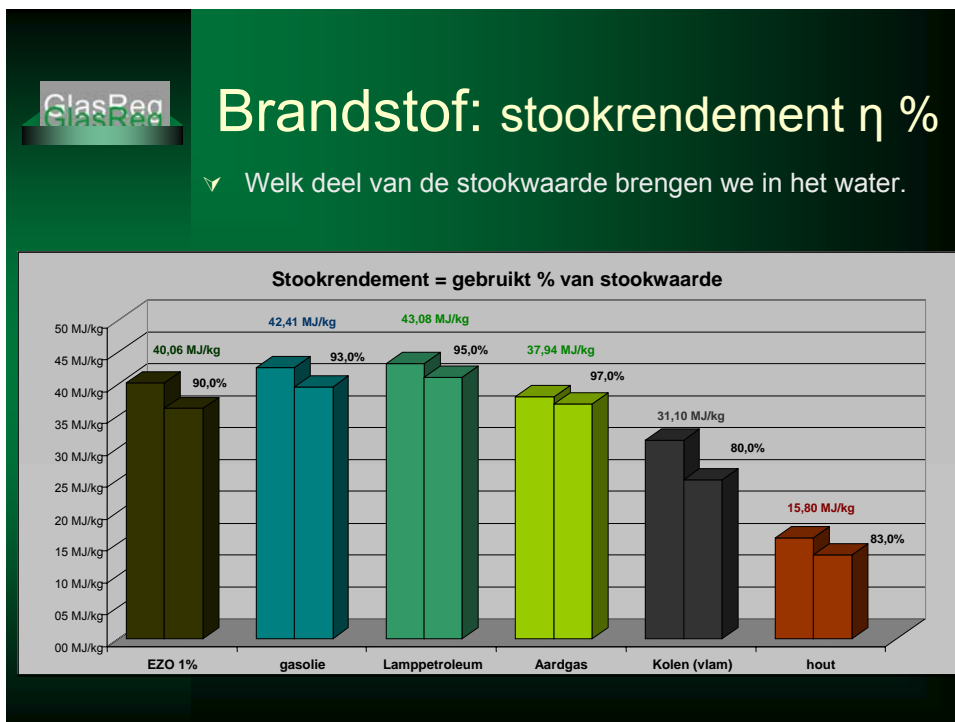
- 1 kg droge lucht 1°C stijgen → 1 KJ
- 1 kg waterdamp 1°C stijgen → 1,89 KJ
- 1 kg water laten verdampen → 2500 KJ

Warmte-inhoud lucht 10°C - 20°C en 80%

Temperatuur	water	waterdamp	lucht	Totaal
10 °C	18,7 kJ/m³	0,1 kJ/m³	12,4 kJ/m³	27,8 kJ/m³
20 °C	34,9 kJ/m³	0,5 kJ/m³	23,6 kJ/m³	31,2 kJ/m³

Legend: ■ water ■ waterdamp ■ lucht



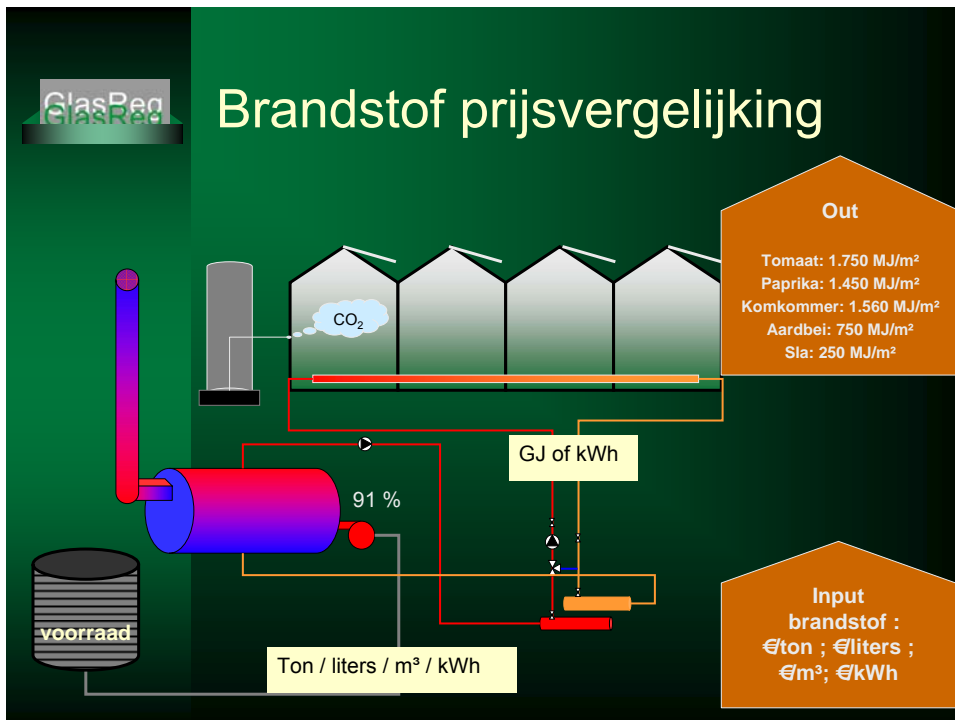


## Brandstoffen vergelijken

**Brandstofomrekening** om in te vullen

brandstof	stook- $\eta$	verbruik		prijs		kost	
<b>EZO 1%</b>	90%	<b>50,0</b>	kg	285	€/TM	14,25 €	100%
<i>komt overeen met</i>							
EZO 1%	92%	48,91	kg	285	€/TM	13,94 €	98%
Gasolie	95%	52,03	liter	440	€/1000 l	22,89 €	161%
Lamppetrol	95%	54,72	liter	490	€/1000 l	26,81 €	188%
Aardgas	102%	55,79	m <sup>3</sup>	25,0	€/MWh	13,64 €	96%
				0,244	€/Nm <sup>3</sup>		
Propaan	100%	68,81	liter	400	€/1000 l	27,52 €	193%
Kolen	80%	72,46	kg	135	€/TM	9,78 €	69%
Hout	83%	165,70	kg	30	€/TM	4,97 €	35%
as-%	2%	vocht-%	25%				

© <http://glasreg.khk.be>



**Energiekengetal van uw bedrijf**

**I Oppervlakte** 22.000 m<sup>2</sup> Teelt **Tomaat** om in te vullen  
© http://glasreg.khk.be

**II Aangekochte brandstof** vul hier uw aangekochte hoeveelheden in

	brandstof 1 EZO 1%	brandstof 2 Lamppetroleum	brandstof 3
Januari	200.000 Kg	10.000 Liters	
Februari	150.000 Kg	10.000 Liters	
Maart	50.000 Kg	15.000 Liters	
April	100.000 Kg	20.000 Liters	
Mei	25.000 Kg	30.000 Liters	
Juni	25.000 Kg	30.000 Liters	
Juli	25.000 Kg	30.000 Liters	
Augustus	25.000 Kg	25.000 Liters	
September		15.000 Liters	
Oktober	75.000 Kg	15.000 Liters	
November	75.000 Kg	10.000 Liters	
December	150.000 Kg	10.000 Liters	
Totaal	900.000 Kg	220.000 Liters	0
per 1 m <sup>2</sup>	40,91 Kg	10,00 Liters	0,00

**III Aangekochte energie**

				totaal
in GigaJ	38.341 GJ	8.142 GJ	0 GJ	<b>46.483 GJ</b>
per 1 m <sup>2</sup>	1,74 GJ	0,37 GJ	0,00 GJ	<b>2,11 GJ</b>

**IV Nuttig energieverbruik in de serre**

	installatie 1 90%	installatie 2 95%	installatie 3 90%	totaal
in GigaJ	32.449 GJ	7.248 GJ	0 GJ	<b>39.697 GJ</b>
per 1 m <sup>2</sup>	1,47 GJ	0,33 GJ	0,00 GJ	<b>1,80 GJ</b>

**Brandstof en kostprijs in serre**

brandstof	Bovenwaarde	Onderwaarde	prijs/eenheid	(1) tov BW prijs/GJ	rendement ketel tov OW	(2) in serre prijs/GJ
	verbrandings waarde	stook waarde				
EZO 1%	42,60 MJ/kg	40,06 MJ/kg	285,0 €/TM	€ 6,69	90%	€ 7,90
gasolie	38,81 MJ/l	36,47 MJ/l	440,0 €/1000	€ 11,34	93%	€ 12,97
Lamppetroleum	37,01 MJ/l	34,68 MJ/l	490,0 €/1000	€ 13,24	95%	€ 14,87
Aardgas	0,24 €/Nm <sup>3</sup> 35,20 MJ/Nm <sup>3</sup>	31,68 MJ/Nm <sup>3</sup>	€ 25,00 €/MWh	€ 6,94	102%	€ 7,56
Aardgas (rijk)	0,29 €/Nm <sup>3</sup> 42,40 MJ/Nm <sup>3</sup>	38,16 MJ/Nm <sup>3</sup>	€ 25,00 €/MWh	€ 6,94	102%	€ 7,56
Propaan	26,20 MJ/l	26,20 MJ/l	400,0 €/1000	€ 15,27	100%	€ 15,27
Kolen (vlam)	32,90 MJ/kg	31,10 MJ/kg	135,0 €/TM	€ 4,10	80%	€ 5,43
Hout	20,00 MJ/kg	15,80 MJ/kg	30,0 €/TM	€ 1,50	83%	€ 2,29
Elektriciteit	3,60 MJ/kWh	03,60 MJ/kg	0,110 €/kWh	€ 30,56	COP 4	€ 7,64

GlasReg

## Best Beschikbare Technieken

- ✓ vormgeving en oriëntatie van de serre
  - Vroege teelt NO –ZW
  - Late teelt NW – ZO
- ✓ Optimaal gebruik van de teeltruimte
- ✓ Gebruik van klimaatscomputer
- ✓ Goed geïsoleerde zijwanden (niet licht-gevoelige teelten)
- ✓ Vermijden van ongewenste ventilatie
- ✓ Optimalisatie van warmteproductie en verdeling
- ✓ Gebruik maken van WKK ( grote elektriciteit vraag)
- ✓ Gebruik maken van warmteopslagbuffer
- ✓ Rookgascondensor op aardgasverwarmingsketels
- ✓ Gebruik maken van beweegbare energieschermen (niet licht-gevoelige teelten)
- ✓ Vaste schermen
- ✓ Optimale verbranding
- ✓ Optimaliseren van vuurhaard
- ✓ CO<sub>2</sub> uit rookgassen aanwenden voor bemesting
- ✓ Low NO<sub>x</sub>-branders



GlasReg

## Warmteverliezen uit de serre

- Ventilatie → n
  - aandacht voor kleine openingen (n<0.5)
  - Zijwanden afdichten
  - bewuste vochtregeling
- Transmissie → U-waarde (K)
  - isolerende materialen
  - Scherming
  - Straling onderschepping

9,0 %

78,5 %

5,5 %

7,0 %

- Ondergrond → 17.5 w/m<sup>2</sup>
  - Niet te vochtig



## Alternatieve brandstofkost

© <http://glasreg.khk.be>

**II Bedrijfsgegevens**

oppervlakte serre	22.000 m <sup>2</sup>	<b>totaal</b>	
energiebehoefte in de serre	1,90 GJ/m <sup>2</sup>	41.800 GJ	11.611 MWh

**III Referentie**

	%-herkomst	stook-η	€/eenheid		Aankoop	kost	kost/m <sup>2</sup>	MWh gas	CO <sub>2</sub> kg/m <sup>2</sup>
EZO 1%	79%	90%	0,285	36.691 GJ	915.904 kg	261.033 €	11,87 €	0	0 kg
Lamppetroleum	21%	95%	0,490	9.240 GJ	266.436 liters	130.554 €	5,93 €	0	30 kg
zuivere CQ		kg/m <sup>2</sup>	0,090		0 kg	0 €	- €		0 kg
						<b>391.586 €</b>	<b>17,80 €</b>		<b>30 kg</b>

**IV Simulatie 2** Besparing

	%-herkomst	stook-η	€/eenheid	0%	behoefte	kost	kost/m <sup>2</sup>		
EZO 1%	100%	90%	0,285	46.444 GJ	1.159.372 kg	330.421 €	15,02 €	0	0 kg
Lamppetroleum	0%	95%	0,490	0 GJ	0 liters	0 €	- €	0	0 kg
zuivere CQ	30,0	kg/m <sup>2</sup>	0,090		660.000 kg	59.400 €	2,70 €		30 kg
						<b>totaal 389.821 €</b>	<b>17,72 €</b>		<b>30 kg</b>

verschil referentie 1.765 € 0,08 € 0%

**V Simulatie 3** Besparing

	%-herkomst	stook-η	€/eenheid	0%	behoefte	kost	kost/m <sup>2</sup>		
Aardgas	100%	102%	0,244	40.980 GJ	1.293.573 Nm <sup>3</sup>	316.207 €	14,37 €	12,64 €	106 kg
Aardgas	0%	102%	0,244	0 GJ	0 Nm <sup>3</sup>	0 €	- €		0 kg
zuivere CQ	0,0	kg/m <sup>2</sup>	0,090		0 kg	0 €	- €		0 kg
						<b>totaal 316.207 €</b>	<b>14,37 €</b>		<b>106 kg</b>

verschil referentie 75.380 € 3,43 € -19%

**VI Simulatie 4** Besparing

	%-herkomst	stook-η	€/eenheid	0%	behoefte	kost	kost/m <sup>2</sup>		
Aardgas	28%	102%	0,244	11.475 GJ	362.200 Nm <sup>3</sup>	88.538 €	4,02 €	3,54 €	30 kg
Hout	72%	80%	0,030	37.620 GJ	2.381.013 kg	71.430 €	3,25 €	0	0 kg
zuivere CQ	0,0	kg/m <sup>2</sup>	0,090		0 kg	0 €	- €		0 kg
						<b>totaal 159.968 €</b>	<b>7,27 €</b>		<b>30 kg</b>

verschil referentie 231.618 € 10,53 € -59%

## Effect van stook-η

© <http://glasreg.khk.be>

**Effect van stookrendement** om in te vullen

brandstof	prijs/eenheid	stook-η 1	stook-η 2	Financieel verschil GJ/m <sup>2</sup> - m <sup>2</sup>	
				1,70	10.000
EZO 1%	285,0 €/TM	88%	91%	0,45 €	4.531 €
gasolie	440,0 €/1000 l	90%	94%	0,97 €	9.697 €
Lamppetroleum	490,0 €/1000 l	91%	95%	1,11 €	11.114 €
Aardgas	0,24 €/Nm <sup>3</sup> € 25,00 €/MWh	95%	102%	0,95 €	9.476 €
Propaan	400,0 €/1000 l	100%	100%	- €	- €
Kolen (vlam)	135,0 €/TM	79%	82%	0,34 €	3.417 €
Hout	30,0 €/TM	80%	85%	0,24 €	2.373 €

**Effect van verminderde buis**

**II Bedrijfsgegevens** © <http://glasreg.khk.be>

oppervlakte serre	22.000 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
afmeting traliespant	8,00 m	m
K-waarde kas	8,5 W/°C/m <sup>2</sup>	W/°C/m <sup>2</sup>
afdelingstemperatuur °C	20 °C	20 °C

**III Verwarming**

verwarmingsnet	referentie		simulatie I		simulatie II	
	Net 1	Net 2	Net 1	Net 2	Net 1	Net 2
aantal buizen per traliespant	10	5	10	5	10	5
buis Ø (mm)	51 mm	38 mm	51 mm	38 mm	51 mm	38 mm
aanvoertemperatuur °C	55 °C	55 °C	50 °C	50 °C	45 °C	45 °C
retourtemperatuur °C	40 °C	45 °C	35 °C	40 °C	30 °C	35 °C
buistemperatuur °C	47,5 °C	50,0 °C	42,5 °C	45,0 °C	37,5 °C	40,0 °C

**IV Warmteafgifte /m<sup>2</sup> serre**

	referentie		simulatie I		simulatie II	
convectie -warmte	33 W/m <sup>2</sup>	15 W/m <sup>2</sup>	26 W/m <sup>2</sup>	12 W/m <sup>2</sup>	19 W/m <sup>2</sup>	9 W/m <sup>2</sup>
straling-warmte	44 W/m <sup>2</sup>	18 W/m <sup>2</sup>	35 W/m <sup>2</sup>	15 W/m <sup>2</sup>	27 W/m <sup>2</sup>	12 W/m <sup>2</sup>
som / net	77 W/m <sup>2</sup>	33 W/m <sup>2</sup>	61 W/m <sup>2</sup>	27 W/m <sup>2</sup>	46 W/m <sup>2</sup>	20 W/m <sup>2</sup>
totaal	111 W/m <sup>2</sup>		88 W/m <sup>2</sup>		66 W/m <sup>2</sup>	
temperatuursoverbrugging	ΔT	13,0 °C	ΔT	10,3 °C	ΔT	7,8 °C

**V Economisch**

	EZO 1%		EZO 1%		EZO 1%	
	24 u		24 u		24 u	
brandstof	EZO 1%		EZO 1%		EZO 1%	
duur buistemperatuur (uren)	24 u		24 u		24 u	
energieverbruik	147,23 GJ	62,83 GJ	116,26 GJ	50,61 GJ	86,82 GJ	38,96 GJ
kostprijs/net	1.164 €	497 €	919 €	400 €	686 €	308 €
kostprijs totaal	1.660 €		1.319 €		994 €	
verschil tov ref.			341 €	-21%	666 €	-40%

**CO<sub>2</sub> uit rookgassen**

**Prijs van CO<sub>2</sub>** om in te vullen © <http://glasreg.khk.be>

**I**

brandstof	stook-η	prijs		
EZO 1%	90%	270	€/TM	
Gasolie	93%	420	€/1000 l	
Lamppetrol	95%	470	€/1000 l	
Aardgas	102%	25,0	€/MWh	0,24 €/Nm <sup>3</sup>
WKK (warmte)	53%	22,8	€/MWh	0,11 €/Nm <sup>3</sup>
Propaan	100%	400	€/1000 l	
Kolen	80%	135	€/TM	
Hout	83%	30	€/TM	
as-%	2%	vocht-%	25%	


**II**

herkomst	prijs / kg CO <sub>2</sub>	hoofd-brandstof	prijs / kg bij benutten van warmte	
Zuivere CO <sub>2</sub>			0,090 €	100%
Lamppetrol	0,188 €	EZO 1%	0,089 €	99%
Aardgas	0,136 €	Kolen	0,038 €	43%
Wkk	0,059 €	Aardgas	-0,011 €	-13%
Propaan	0,280 €	Gasolie	0,053 €	59%

een negatief getal betekent dat CO<sub>2</sub>-brandstof goedkoper is dan hoofdbrandstof


 **Energiebesparing:  
vocht aan- en afvoer controleren**

- ✓ **Bron beïnvloeding : winter best**
  - Verdamping door gratis zonne-energie: OK
  - Verdamping door afvoer warme vochtige lucht
    - Meer condensatie !!
    - Minder verdamping
- ✓ **Afvoer : voorjaar/najaar**
  - Ventilatie belangrijkste afvoermethode:
    - Minder verdamping (gevaarlijk voor productie verlaging)


 **Scherminstallatie economisch**

✓ **Prijzen**

– Totale Scherminstallatie:	4	-	6,5 €/m <sup>2</sup>
• Afschrijving 7 jaar:	0,57	-	0,93 €/m <sup>2</sup>
• Met vijf tussenkomst (40%)	0,34	-	0,56 €/m <sup>2</sup>
• Rente 5%	0,12	-	0,195 €/m <sup>2</sup>
• Onderhoud 2%	0,048	-	0,078 €/m <sup>2</sup>
– Jaarkost	0,51	-	0,83 €/m <sup>2</sup>




Economische verantwoording → rekenblad

 **Folie economisch**

✓ Prijzen

– AC-folie	0,15 €/m <sup>2</sup>
– Afschrijving 2 jaar:	0,075 €/m <sup>2</sup>
– Arbeid (1000 m <sup>2</sup> 10 u)	0,125 €/m <sup>2</sup>
• Jaarkost	<b>= 0,2 €/m<sup>2</sup></b>
– Helder folie	0,09 €/m <sup>2</sup>
– Arbeid	0,125 €/m <sup>2</sup>
• Jaarkost	<b>= 0,215 €/m<sup>2</sup></b>
– Noppenfolie (250 m)	0,8 €/m <sup>2</sup> (gevel)
• Snappers/draad	0,6 €/m <sup>2</sup>
– Afschrijving 4 jaar:	0,35 €/m <sup>2</sup>
• Arbeid	0,25 €/m <sup>2</sup>
• Jaarkost	<b>= 0,6 €/m<sup>2</sup> gevel</b>
• Verhouding 15/100 gevel/grond	<b>= 0,09 €/m<sup>2</sup></b>

 **Energie-audit:  
Temperatuursregistratie**

✓ Horizontale en verticale temperatuursverschillen




- 1,5 °C = OK
- 3 °C = slecht

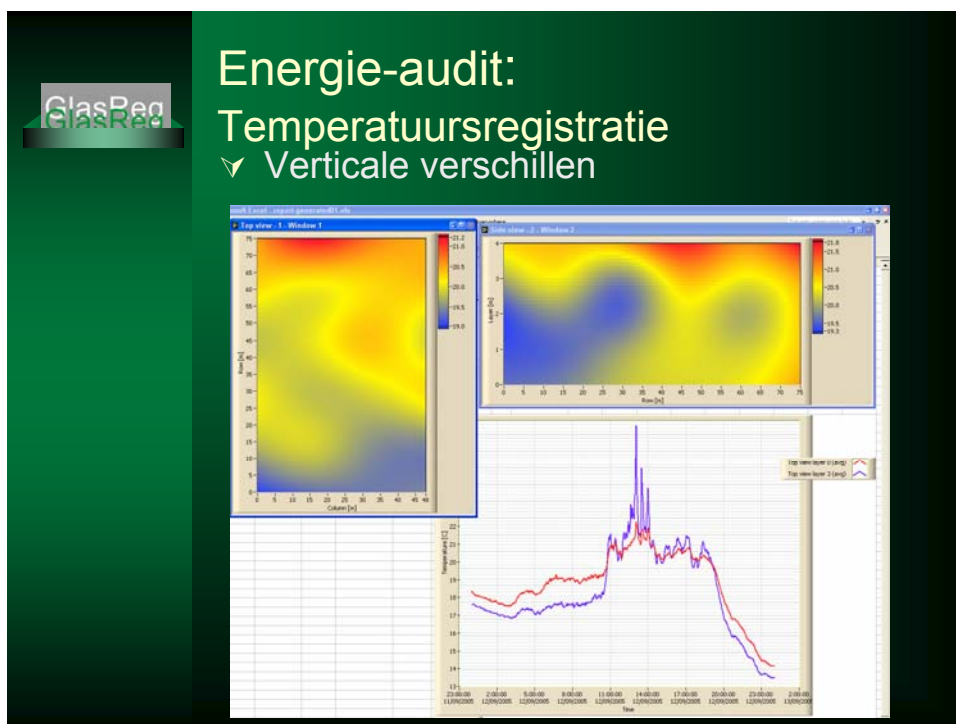
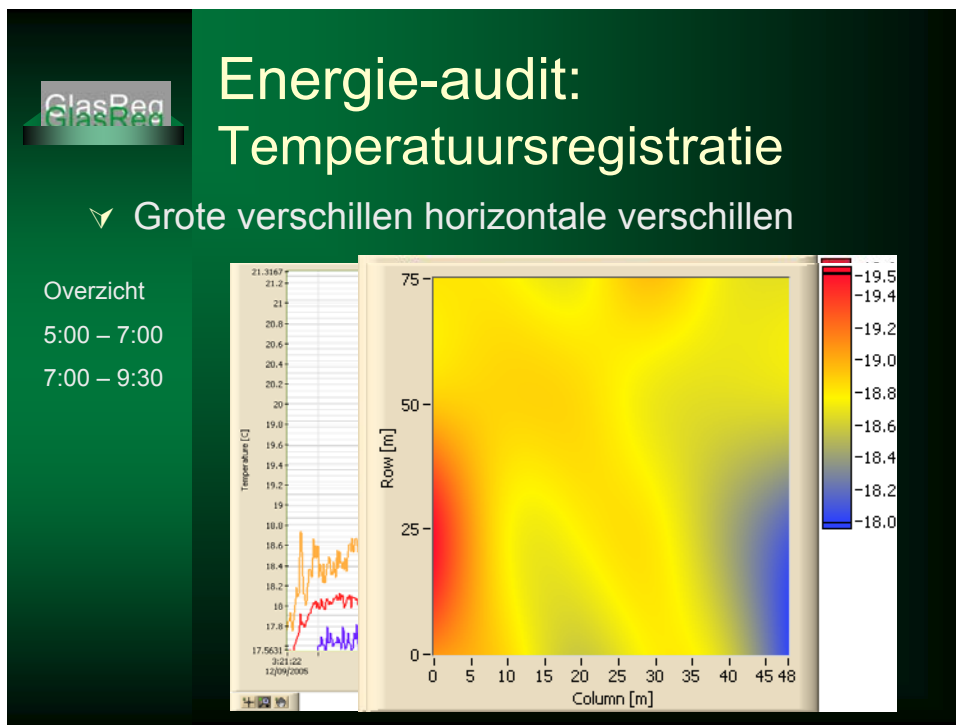
✓ Oorzaken

- Scherm vaak grotere verschillen
- Transportleiding
- Afwijking meetbox
- Buisrail verschillen
- Koude/warme gevel
- Kieren / stukken
- Ramen

✓ Voordelen

- Uniform klimaat : kwaliteit / ziekte druk
- Productie stijging: 5 %
- Energiebesparing: tot 10 % (lagere temperatuur)



GlasReg  
GlasReg

## Verantwoord investeren



- ✓ Tellen is de boodschap
  - Afschrijving
  - Jaarkost
  - Terugverdientijd
- ✓ Voorbeeld
  - Scherminstallatie
  - Houtverbandingsinstallatie

# Ken je eigen kengetal

## Energievergelijking op jaarverbruik

faxen aan

014 56 23 31

Vul uw verbruiken in van afgelopen teeltseizoen en wij bepalen voor u het energieverbruik en kost voor volgende seizoen voor verschillende brandstoffen aan huidige prijzen.

Oppervlakte:  m<sup>2</sup>

teelt:

naam

straat

plaats

tel

fax

email

	EZO 1%	gasolie	Lamppetroleum	Aardgas	Kolen (viam)	Elektriciteit DAG (normaal)	Elektriciteit NACHT (stille)	Zuivere CO <sub>2</sub>
	ton	liter	liter	kWh	kg	kWh	kWh	kg
november						kWh	kWh	
december						kWh	kWh	
januari						kWh	kWh	
februari						kWh	kWh	
maart						kWh	kWh	
april						kWh	kWh	
mei						kWh	kWh	
juni						kWh	kWh	
juli						kWh	kWh	
augustus						kWh	kWh	
september						kWh	kWh	
oktober						kWh	kWh	

# GlasReg: moto

GlasReg  
GlasReg



Uw brandstofrekening  
daar  
steken we energie in.

## Contact:

Kilto vzw

Kleinhoefstraat 4 , 2440 Geel

Tel: 014 56 23 47 Fax: 014 56 23 31

[glasreg@khk.be](mailto:glasreg@khk.be)

<http://glasreg.khk.be>

