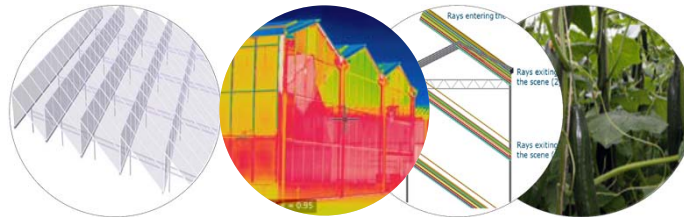


Ontwerp een energiezuinige kas, met hoge lichttransmissie voor teelt jaarrond glasgroenten in Noordwest-Europa

Gastcollege 26 november 2015 HAS Den Bosch
BOGO project "Klimaat en energie: nieuwe low input teeltsystem in de tuinbouw"

F. Kempkes en S. Hemming Wageningen UR Glastuinbouw



WAGENINGEN UR
For quality of life

Het traject

- Ontwerp een energiezuinige kas, met hoge lichttransmissie voor teelt jaarrond glasgroenten in Noordwest-Europa
 - Hoe komen we tot deze vraag
 - HNT → veel schermen
 - Wat zijn de uitgangspunten
 - Veel licht in de kas
 - Glasgroenten (wel / geen belichting)
 - Locatie effecten (welk type kas, zijn er potentiële gevaren?)
 - Ontwerpen/bouwen/testen

WAGENINGEN UR
For quality of life

Het traject

- Voor het tot Ontwerpen/bouwen/testen komt eerst bepalen wat is er benodigd / hoe kom je tot je keuzes



- Afhankelijk van de doelstelling

- Maximaal licht (teelt afhankelijk) ← 2
- Maximaal energie besparen ← 1
- Maximale financiële opbrengst ← 3

WAGENINGEN UR
For quality of life

Aanleiding

- HNT (huidige situatie): verhogen isolatie van de kas
 - meer schermen
 - meer schermuren
 - → Minder licht !
 - Ontvochtigen met buitenlucht aanzuiging (of varianten)
- Nieuwe kasdekmaterialen
 - Glas (gecoat) → meer licht beschikbaar
 - Diffuus glas (gecoat) → gewas gaat efficiënter om met licht



WAGENINGEN UR
For quality of life

Aanleiding

- Volgende stap in HNT:
 - Nieuwe kasdekmaterialen
 - Dubbel glas (gecoat) → per default hoge isolatie waarde
 - Diffuus glas (gecoat) → gewas gaat efficiënter om met licht
 - Verder terugbrengen energievragende acties
 - Minimumbuis
 - Vochtiger telen
 - Kouder telen



Aanpak

- Basis: kasproeven HNT tomaat bij IC seizoen 2009
 - 3 schermen
 - Vast geperforeerd folie tot begin maart
 - Beweegbaar transparant doek
 - Beweegbaar gealuminiseerd doek
 - Buitenluchtaanzuiging
- Resultaat
 - 26 m³/m³, 7 kWh (extra), 75 kg (komeett)
- Kan dat beter?
 - Op weg naar een teeltconcept



Randvoorwaarden teeltconcept

- Realisatie zeer hoog geïsoleerde kas met hoge lichttransmissie
- Energiezuinig teeltconcept
 - → zeer laag energieverbruik
 - → praktijkconforme gewasproductie



Aanpak: kasdek materiaal

- Op gebied van glas veelal vanuit de solar industrie veel ontwikkelingen

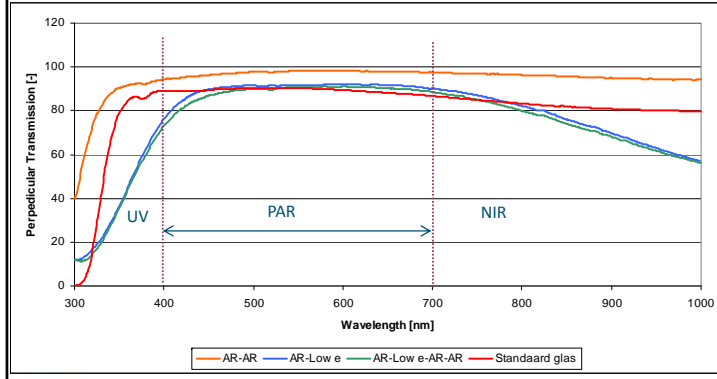
• Beter basis glas	+
• Anti Reflectie coatings	++
• Diffuse materialen	-
• Coatings om emissie te beperken	- → --

 - Emissie van kasdek bepaalt stralingsverliezen naar de omgeving → hemel
- Laboratorium meting om tot "ideale" glas combinatie te komen
 - Ideaal → max besparing bij min. lichtverlies



Materiaaleigenschappen

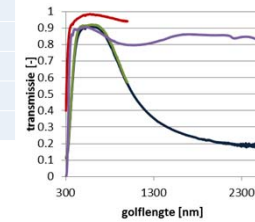
- Transmissie eigenschappen van materialen op meetbol (loodrecht en hemisferisch) bepaald



Materiaaleigenschappen

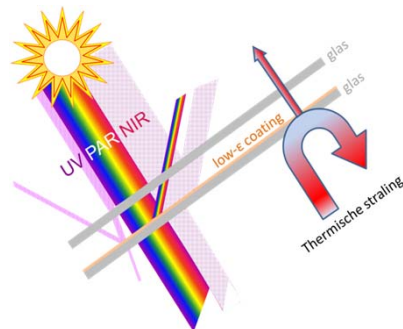
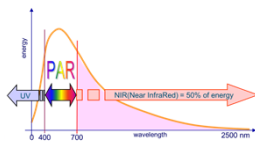
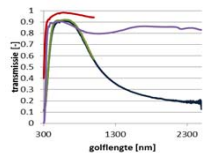
- Zo hoog mogelijke isolatie van de kas → Dubbel glas
 - Transmissie bijna gelijk aan standaard tuindersglas
3 x AR, 1 x low emission → T_{hem} 0.80 i.p.v. 0.82
- Ja het is mogelijk een isolerend kasdek te maken met gelijke transmissie

	layer	Tp	Th
Single	AR-AR	98	91
Single	AR-Low-e	91	81
Double	AR-AR-Low-e-mat	89	80
Standard glass		90	82



Materiaaleigenschappen

- Emissie coating verlaagt thermische stralingsverliezen
- Heeft effecten op NIR transmissie
- Locatie van coating heeft effect



Materiaaleigenschappen

- Locatie van coating heeft effect



Aanpak

- Bepalen potentiële gevolgen voor energiegebruik en productie
- Simulaties met kasklimaat & productiemodel Kaspro
 - Eerst de referentie simuleren
 - Stap voor stap elementen toevoegen / weglaten
 - Geen, een of twee schermen ?
 - Capaciteit voor ontvochtiging
 - Gaat de kas anders reageren?
 - Warmer / kouder (ook gewas temp.)
 - Vochtiger / droger

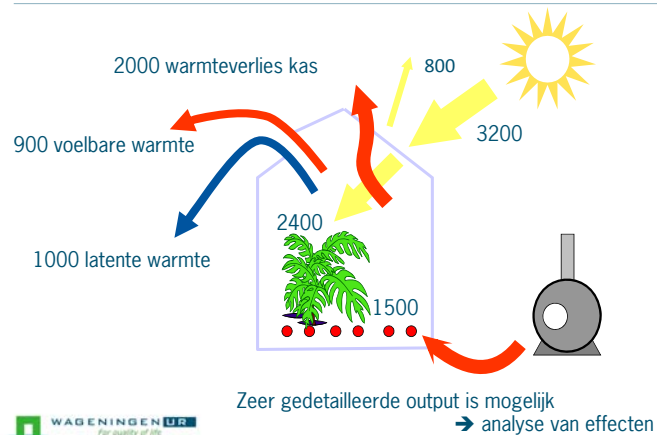


Simulatieberekeningen

- Eigenschappen van de kas (met kasdek materiaal)
 - Gewenst klimaat → setpoint
 - Gewas
 - Energiebronnen
 - Buitenklimaat
 - Balansvergelijkingen voor o.a.
 - Vocht, CO₂, Temperatuur, Fotosynthese
- worden jaarrond op 2 minuut basis doorgerekend



Simulatieberekeningen

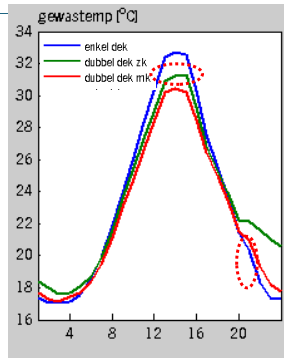


Aanpak

- Aangevuld met (gemeten) gegevens nieuw glas
- Simulatie met Kaspro (dubbel glas)
- Analyse resultaten kasproef komkommer (diffuus glas)
- Inzoomen op kritische dagen
- Expert inschatting gewasreacties obv gesimuleerd kasklimaat
- Expert advies corrigerende acties



Gewasreactie 24 uur (kritisch moment analyse)



Zonnige zomerdag
2927 J/cm²
Buitentemp. 16 - 24 °C

- Kouder (dag)
- Warmer (nacht)
- Koelt anders af



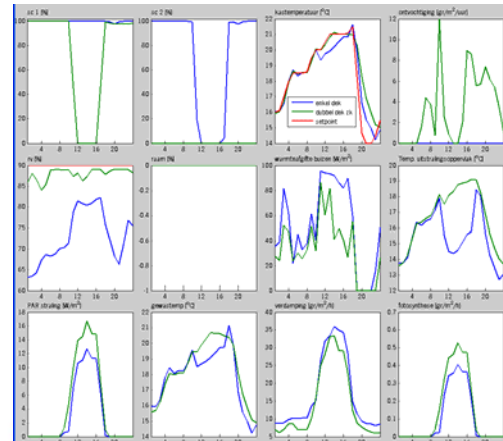
Gewastemperatuur

■ Gewastemperatuur en temperatuurprofielen veranderen bij HNT

- Onderin omlaag door minder stoken
- Door veel schermen kop temperatuur omhoog
- Kop temperatuur (altijd) omhoog bij dubbel dek
- Effecten NIR werking dubbeldek op warmtebelasting zijn beperkt



Interactie kasklimaat en gewas door het jaar (1)



- enkel dek
- dubbel dek zk
- setpoint

- Dubbel glas
- Donkere winterdag

Kasklimaat & gewasrespons onder dubbel glas

Effect op kasklimaat	Eventuele gewasreactie	Mogelijke oplossing
's Avonds langzamer afkoelen	Vegetatieve reactie, verstoring plantbalans.	Agressiever ventileren; grotere DIF; aangepaste stengeldichtheid, aantal vruchten; generatiever ras
Warmere nachten	Hogere etmaaltemperaturen: hogere onderhoudsademhaling, zwakkere kop	Ventileren
's Winters lagere RV overdag	Compactere plant met lagere LAI.	Vernevelen
Overige perioden: hogere RV	Meer risico op ziekten en fysiogene afwijkingen.	Agressiever ventileren, grotere capaciteit ontvochtiger
Langzamer opwarmen gewas en/of vruchten	Lagere etmaaltemperatuur: minder groei. Lagere vruchttemperatuur: condensatie.	Meer schermuren
Temperatuurgradiënt: onderin kouder	Langzamer afrijpen vruchten	Groeibuis
Vochtiger microklimaat	Meer risico op ziekten	Groeibuis, ontvochtigen met luchtslurven tussen het gewas, verticale luchtbeveging mbv nivolators



Resultaten energie (komkommer)

	Referentie	HNT	Dubbel geen K	Diffuus
Energieverbruik				
Warmte [m ³ /m ²]	40	25	18	25
Elektriciteit [kWh]	7	14	18	14
CO ₂ verbruik [kg/m ²] ^{a)}	46	47	51	47
Totaal verbruik [a.e./m ² *jaar]	42	29	23	29
Gewasopbrengst [kg/m ²]	68	68	68	72
Energie efficiency [m ³ aardgas equivalenten/kg]	0.6 100%	0.4 69%	0.3 55%	0.4 65%



^{a)} Alle CO₂ vraag zuiver ingevuld

Economisch perspectief

	Ref	HNT	Diffuus	Venlow	Prijs	
Warmte	m ³ /m ²	40	25	25	18	0.2 €/m ³
Elektriciteit	kWh	7	14	14	18	0.06 €/kWh
CO ₂	kg/m ²	46	47	47	51	0.07 €/kg
Productie tomaten	kg/m ²	68	68	72	68	
Omzet	€/m ²	48.96	48.96	51.84	48.96	0.72 €/kg
Kosten oogst verpakking en afzet	€/m ²	13.6	13.6	14.4	13.6	0.2 €/kg
Energiekosten	€/m ² .jaar	11.64	9.13	9.13	8.25	
Opbrengst-kosten	€/m ² .jaar	23.72	26.23	28.31	27.11	
Verschil tov referentie	€/m ² .jaar	0	2.51	4.59	3.39	
Extra onderhoudskosten	€/m ² .jaar	0	0.5	0.5	0.5	
Afschrijvingstermijn	Jaar	15	15	15	15	
Investeringsruimte	€/m ²	0	21	42	30	



HNT + Diffuus

Perspectief

- Alleen productieverhoging → diffuus glas
- Energiebesparing → dubbelglas
 - Geen gevolgen op productie
 - Behoorlijk besparingspotentieel (financieringsruimte)
- Consortium van bedrijven start met verder ontwerp van de kas



Kas en teeltconcept

- Doelstellingen
 - Telen van een groentegewas met een energieverbruik van 16m³/m²/jaar bij een praktijkconforme opbrengst (80 kg komkommer of 30 kg rode paprika of 70 kg tomaat)
 - Door toepassing van hoog isolerend glas, samen met een nieuw teeltconcept, kan een duidelijk hogere energiebesparing worden gerealiseerd dan met "Het nieuwe telen" waar alleen gebruik gemaakt wordt van schermen.



Hoe te bereiken

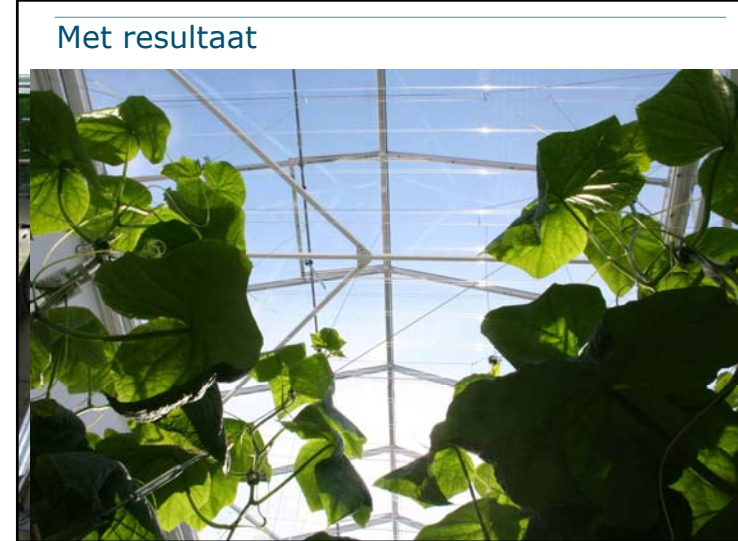
Nieuwe Telen in Scheuten glas kas

Scheuten glas dubbel	KASPRO	23 m ³
+ energiescherm	-15%	19.5 m ³
+ ontvochtigen Climeco systeem	-10%	17.5 m ³
+ minimum buis eruit	-10%	16 m³

Nieuwe Telen referentie

- Enkel glas
- + energiescherm
- + transparent scherm
- + ontvochtigen
- + setpointveranderingen:
 - vocht ?
 - ventilatie temperatuur ?

Huidige proeven **27 m³**



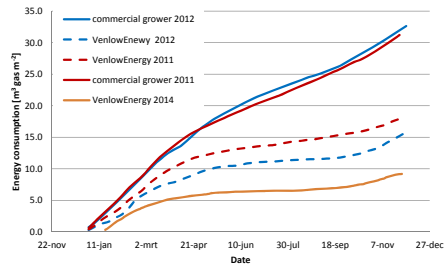
Ontvochtiging met regain

Efficiency van de regain unit

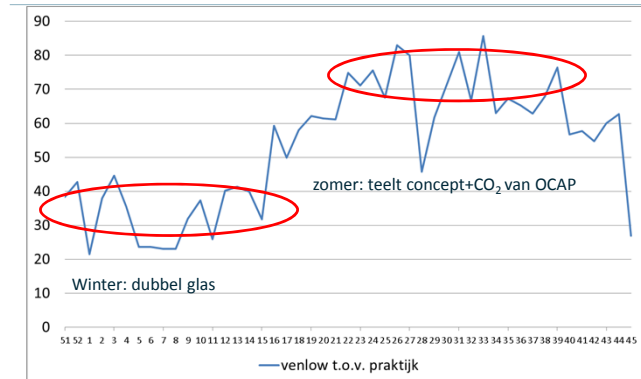
- Efficiency van deze regain unit is ongeveer 82% voor voelbare warmte
- Aan uit schakelen vermindert de efficiency (varieer ventilator snelheid)

Energiegebruik

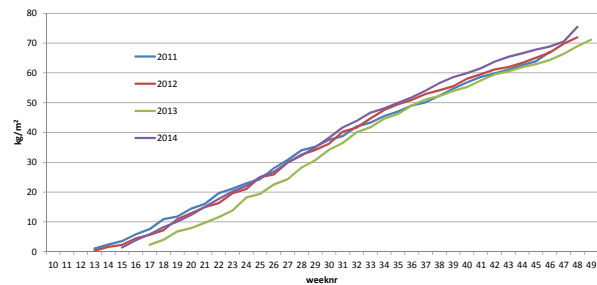
Warme + elektriciteit voor ontvochtiging



Besparing ten opzichte van de praktijk



productie

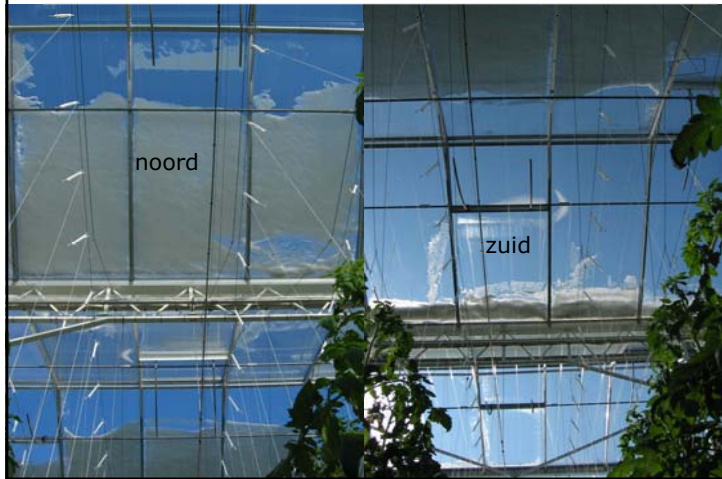


Ervaringen met gewas en kas

- Onder dubbel glas + scherm is goed te telen → er zijn hoge producties van goede kwaliteit gerealiseerd
- Minimumbuis is niet nodig
- Vrijwel steeds prima gewasstand; plant is in balans
- Minimaal bladrandjes, open gewas
- Ziekten (Botrytis) en plagen geen probleem
- Door minder snelle afkoeling wel agressievere luchten
- Bij diffuus licht nog meer kg's verwacht



Nadelen



Nadelen

- Extreem laag energiegebruik in de zomer ca. 0.1 m³/m²/week → zeer weinig CO₂ (180 gram/m²/week) uit eigen bron beschikbaar
- Alternatieve CO₂ bron noodzakelijk
- Verschuiving van warmte naar kWh (elektriciteit)
- Kas koelt langzaam af (is voor het huidige teeltregiem nadelig)
- Ontvochtigen medio augustus-september blijft moeilijk door kleine verschil in absoluut vocht
- Het financiële plaatje

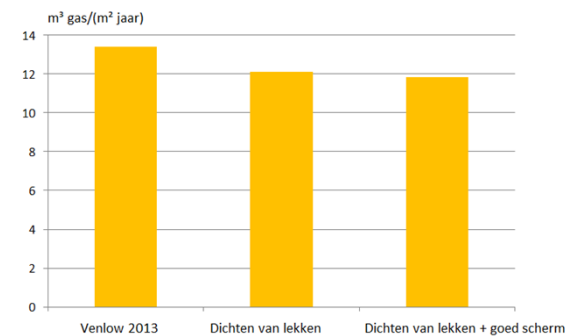


In najaar 2013 uitgedaagd

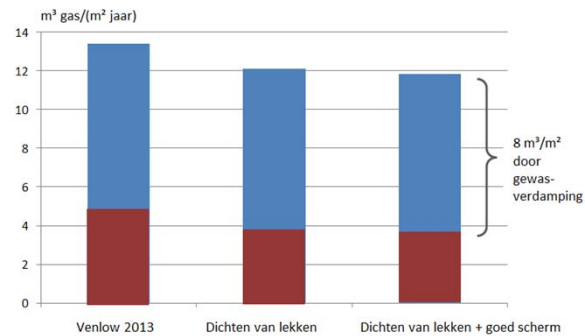
- Maak van die 15 m³/m² 10 m³/m²
- Waar moet de besparing nog gevonden worden?
 - Meer schermen
 - Kas potdicht maken
 - Zijn er alternatieve energiesystemen mogelijk
 - Wp + aquifer
 - Geothermie
- Met model weer aan het rekenen gegaan



Verdere besparing door betere constructie



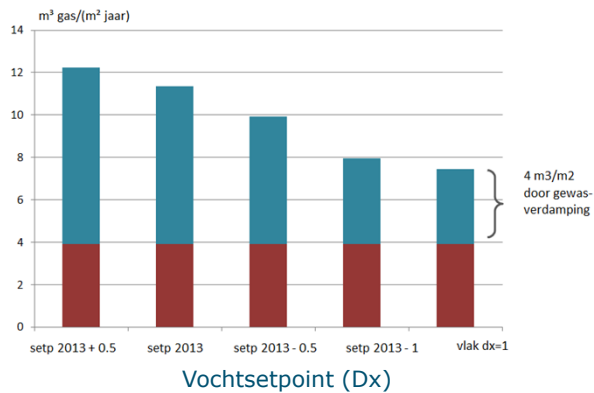
Waarom schiet het niet op



Verdamping als grote energiegebruiker

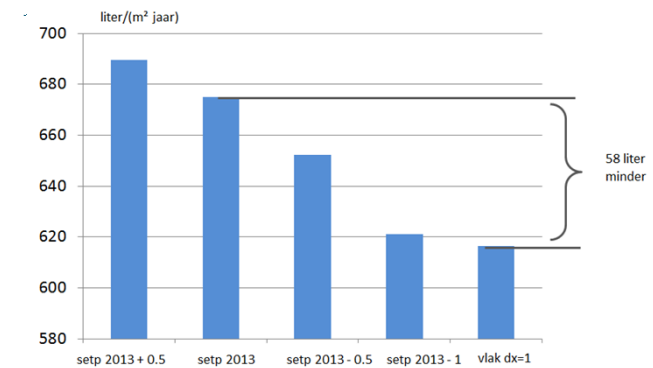
- Realiseren dat meer dan de helft van huidige gebruik verdampingswarmte is
- verdampingswarmte wordt onttrokken aan de kaslucht welke met verwarming weer wordt aangevuld
→ hoe verdamping te reduceren?
- vochtdeficiet als drijvende kracht
- ook EC verhoging als stuurmiddel mogelijk

Verlaging van de verdamping heeft zin

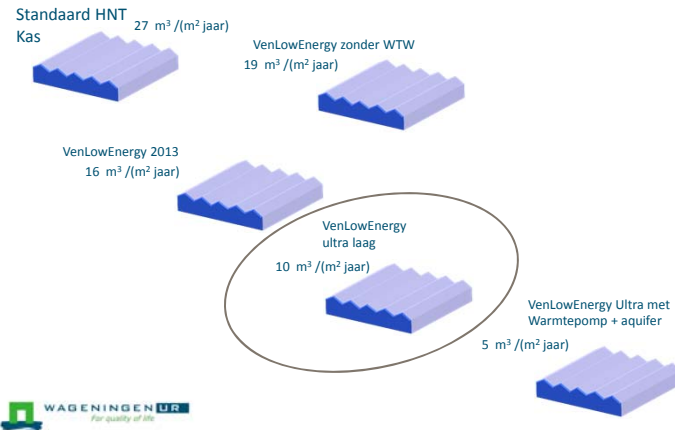


Dus: minder verdampen

verdampingswarmte water 2250 kJ/kg

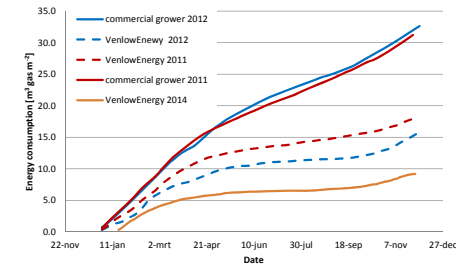


Primair energieverbruik alternatieven (inclusief elektriciteit)



Energiegebruik

Warmte + elektriciteit voor ontvochtiging



Conclusie

- Kas warmt erg makkelijk en snel op
 - Koelt langzaam af
 - Investerings liggen op hoog niveau
- } Hoeft geen nadeel te zijn
- Dat kan beter
 - Goedkoper alternatief
 - Isolatieglas vervangen door glas + folie
 - Sneeuw smeltbaar maken



Hoe is het zo gekomen

- Deskstudie naar kansen
 - Welke glas folie combinatie maken
 - Diffuus
 - Welk folie / welk glas
 - Welk energiegebruik hoort daarbij
 - Is sneeuw te verwijderen?



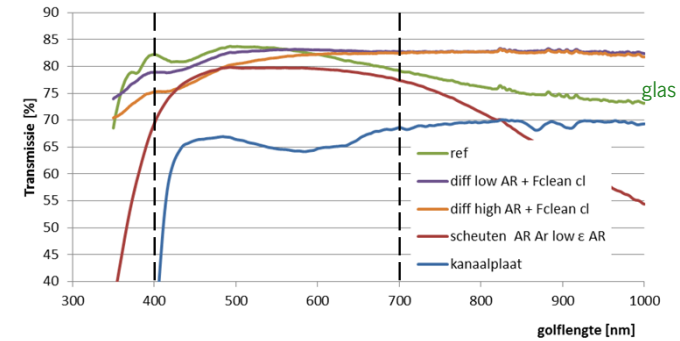
Glas – folie combinatie

Folie is een ETFE film (F-clean)

Materiaal	Haze (±5%)	T hem (±0.5%)	T loodr
helder referentie glas + diffuus folie	77	72.6	85.1
helder glas met AR coating + diffuus folie	77	75.9	89.9
diffuus glas lage haze+ helder folie	17	76.8	86.9
diffuus glas lage haze met AR coating + helder folie	14	82.2	91.5
diffuus glas hoge haze + helder folie	68	75.3	86.9
diffuus glas hoge haze met AR coating + helder folie	68	80.7	90.6



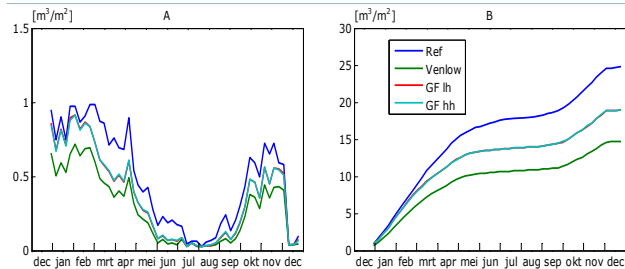
Glas – folie combinatie



▪ Kanaalplaat → polycarbonaat ~~Acrylaat~~



Energiegebruik (start is HNT)



- Referentie → HNT met 3 schermen
- Venlow HNT, isolatieglas 1 scherm
- Glas Folie, HNT, gerekend met 1 scherm



Conclusie

- Hoge lichttransmissie, loodrechte transmissie 96,1% en hemisferische transmissie van 88,8% voor het dekmateriaal (diffuus glas met helder folie)
- Hoge lichtwinst in de winterperiode (minder schermen overdag)
- Grote energiebesparing, in combinatie met 'Het Nieuwe Telen' van jaarrond tomaat; 19 m³ gas / m²; meer dan 40% lager dan de gangbare praktijk
- Hogere productie, meer dan 5 %
- Een acceptabele meerprijs ten opzichte van een standaard Venlo-kas die dit kasconcept ook economisch rendabel maakt



Het vervolg

- Resultaten desk studie zoveel belovend consortium kas bouwt
 - Consortium realiseert kas op het IDC
 - WUR – glastuinbouw gaat kas monitoren en gewas telen
- De uitdaging voor het consortium is het dek
 - Doorlopende nokluchting (dubbel glas)
 - Ventilerende spouw (met circulatie stand)
 - Verdeling lucht in spouw
 - Hoe eenvoudig te monteren



De realisatie

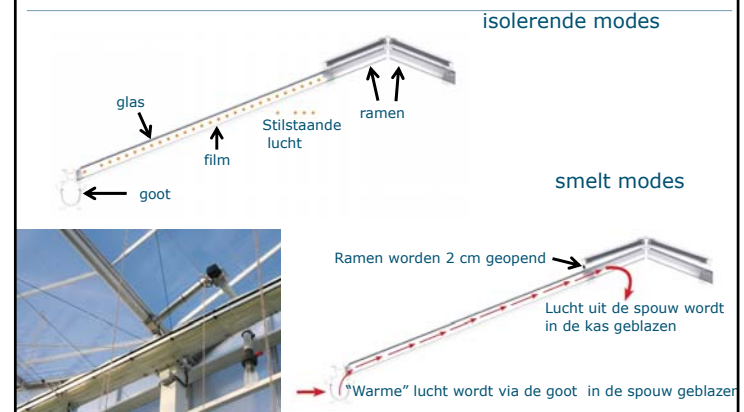
- Keus voor andere glas – folie combinatie
- Ontvochtigingsinstallatie van lek-habo
 - Buitenlucht aanzuiging met naverwarming
 - Capaciteit 8 m³/m² uur
- Januari 2015 teelt met tomaat gestart
- Doel:
 - Productie 63 kg/m²
 - Verbruik van 19 m³/m²



principe van de 2SaveEnergy kas

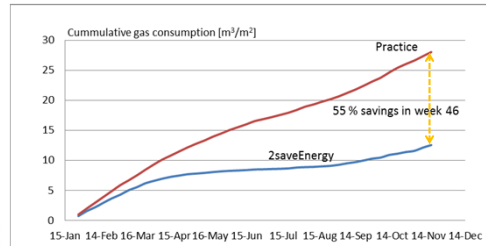


Principe van het dek: hoe nu die sneeuw wel te smelten



Resultaten

- Geen sneeuw (goede) gehad
- Productiedoel is nog binnen handbereik
- Energie onder doelstelling, maar moet nog gecorrigeerd worden.



Vragen?

