

Visie op low- ϵ glas voor onbelichte glastuinbouw



Eric Poot¹, Frank Kempkes², Stijn Jochems¹, Monique Bijlaard², Brigit den Bakker¹

1. Delphy Improvement Centre
2. Wageningen University & Research

Samenvatting

Low- ϵ glas biedt de mogelijkheid om meer dan 20% op warmte te besparen door het verminderen van uitstraling van langgolvlige warmtestraling. Het levert een belangrijke bijdrage aan de transitie naar fossielvrije glastuinbouw. Het is daarmee een van de meest veelbelovende leads voor het realiseren van de sectorambitie om in 2040 klimaatneutraal te zijn.

Belangrijke barrières voor implementatie zijn dat er onvoldoende kennis is over de te volgen teeltstrategie onder low- ϵ glas en de interactie met overige kastechniek. Ook is de vraag hoe low- ϵ glas zich verhoudt tot toepassing van dezelfde eigenschappen op schermen.

Low- ϵ glas is toepasbaar bij alle glastuinbouwgewassen. De meeste meerwaarde wordt behaald bij warm geteelde gewassen, die gedijen bij een kleine DIF, veel verdampen en 84% hemisferische lichttransmissie acceptabel vinden. Voor onbelichte teelten zijn dat warm geteelde potplanten (blad en bloeiend) en de vruchtgroenten tomaat, komkommer, paprika en aubergine.

Concluderend is dat onderzoek nodig is waarbij low- ϵ glas beproefd wordt in verschillende gewassen, met of zonder ontvochtiging, in vergelijking met low- ϵ schermen, en gericht op de ontwikkeling van teeltstrategieën de voordelen van het low- ϵ glas combineren met een praktijkconforme gewasproductie.

Achtergrond

Low- ϵ glas levert in potentie belangrijke bijdrage aan de energietransitie in de glastuinbouw.

Nu de met fossiel aardgasgestookte WKK nog gemeengoed is in de glastuinbouw, is de beschikbaarheid van warmte geen probleem. Echter, zaken gaan veranderen: warmte uit fossiele bronnen gaat (veel) duurder worden en op termijn wegvallen. De belangrijkste basis voor besparing op warmte blijft het zo goed mogelijk isoleren van de kas (de 1^e stap in de trias energetica). Verhoging van de isolatie via het kasdek is een veelbelovende ontwikkeling. Het ideale kasdek combineert een zeer hoge hemisferische transmissie met een zeer hoge isolatiewaarde zodat energieverliezen worden geminimaliseerd. Low- ϵ glas is glas met een coating die de warmtestraling vanuit de kas naar de hemel tegengaat. Hiermee wordt de combinatie van hoge lichttransmissie en een hoge isolatie behaald. Inmiddels is er in drie opvolgende seizoenen ervaring opgedaan met low- ϵ glas in het onderzoek: met tomaat, aubergine en potanthurium bij WUR Glastuinbouw en met aubergine bij Delphy Improvement Centre. In alle proeven werd een besparing op warmte van ten minste 20% behaald, en ook de producties waren naar verwachting. In de geschiedenis van Kas als Energiebron zijn weinig voorbeelden met dergelijke hoge besparingen te vinden.

Perceptie van low- ϵ glas in de sector

In de praktijk leven nog veel teeltkundige, financiële en technische vragen over low- ϵ glas.

Op verzoek van de coördinatoren van Kas als Energiebron hebben onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw en Delphy IC in de zomer van 2024 de mening van kassenbouwers, adviseurs en

telers over low-ε glas opgevraagd in een 'quick scan'. Alle kassenbouwers en adviseurs voor de kassenbouw kennen het low-ε glas en ook veel telers hebben ervan gehoord. De volgende aandachtspunten zijn genoemd:

- Onbekende effecten op de teelt en de productie.
 - o Ontstaan en beheersen van warmte overschotten.
 - o Planttemperatuur, verdamping/ gewasactiviteit.
 - o Gewassturing, teeltsturing.
 - o Schermstrategie.
- Lichttransmissie.
- Ontbreken van (praktijk) referenties, ontbreken van onderzoeksresultaten.
- Prijs. Deze is nog onbekend maar wordt door velen veel hoger dan "standaard" glas ingeschat. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er niet één standaard glastype is. Het prijsverschil met hoogwaardig low-iron glas met tweezijdige AR coating zal een stuk geringer zijn dan met standaard niet gecoat 89+ glas.
- Onbekend wat het aandeel van energiebesparing van het low-ε glas zelf is in het hele concept.
- De levensduur.
- De terugverdientijd (ROI).
- Uniformiteit van glastype binnen het bedrijf. Speelt vooral bij uitbreiding of gedeeltelijke vernieuwing.
- Glasmaat. Deze is vooralsnog 1.25 meter, de wens voor diverse kassen en teelten is 1,67 meter.
- Alternatieven voor warmtebesparing, zoals schermen. Ook is niet overal de urgentie voor warmtebesparing aanwezig (bijvoorbeeld vanwege beschikbaarheid van geothermie).
- Weinig nieuwbouw (in Nederland). De toepassing is vooral op nieuwbouw gericht omdat verdedken van kassen vrijwel niet voorkomt.
- Slechte ervaringen met Hortiplus glas uit de jaren '80: liet te weinig licht door.

Besparing op warmtevraag

Low-ε glas bespaart meer dan 20% op warmte en past goed in fossielvrij teeltconcept.

In vergelijkende proeven bij WUR Glastuinbouw (WUR) in 2022 en in 2023 met respectievelijk tomaat en aubergine (beide onbelicht) werd een besparing op warmtevraag van meer dan 20% behaald, bij gelijke producties. Deze proeven werden in kassen van 144 m² uitgevoerd. In 2024 is het low-ε glas op grotere schaal (1000 m²) beproefd bij Delphy Improvement Centre (IC), wederom bij aubergine. Hierbij is een vergelijking gemaakt met een als zuinig bekendstaande auberginekwekerij in de praktijk. Hoewel de eindrapportage van dit project bij het schrijven van deze visie nog moet verschijnen, is al wel duidelijk dat er opnieuw zo'n 20% bespaard is op warmtevraag. Wel moet gemeld worden, dat de energiebesparing behaald is in een breder concept met naast low-ε glas ook actieve ontvochtiging met warmteterugwinning, nog immer intensief schermen en telen volgens de principes van HNT. Met deze combinatie is de warmtevraag voor een kas van 4 hectare beperkt tot 145 kWh/m² voor buisrail, groeibuis en na-verwarming van ontvochtigde lucht.

De volledige warmtevraag kan in dit concept elektrisch worden ingevuld. Als deze elektriciteit uit een duurzame bron kan worden betrokken, is er sprake van een fossielvrij teeltsysteem. Vanwege de onbalans in warmteproductie vanuit de ontvochtiging en de warmtevraag van de teelt is er nog wel een seizoensbuffer (bijvoorbeeld een aquifer) nodig.

Temperatuurbeheersing, ventilatie en CO₂

In de zomer wordt een kas met low-ε glas nauwelijks warmer; koelt iets langzamer af.

Een belangrijke vraag in het onderzoek op het IC was hoe de opwarming en afkoeling van de kas zou verlopen. In het onderzoek bij WUR bleek dat de afkoeling iets trager te gaan en de opwarming wat sneller dan bij normaal glas, maar temperatuurverschillen bleven onder de 0,5 °C. Voorsortierend op algemeen gebruik van insectengaas in de luchtramen, die het ventilatievoud van de kas beperken en naar verwachting daarmee de afkoeling van de kas vertragen, is in het onderzoek bij het IC insectengaas gemonteerd. In de proef op het IC zijn geen opvallende afwijkingen gezien ten opzichte van de praktijkreferentie. Hierbij moet wel opgemerkt worden, dat de zomer in 2024 niet bijzonder heet was.

Omdat in een fossielvrije economie de CO₂ duur zal zijn, is het zaak om de gedoseerde CO₂ zo goed mogelijk in de kas te houden. In het onderzoek bij het IC was het de vraag hoe dit uit zou pakken bij een assertievere ventilatiestrategie om de kas op de teeltkundig gewenste temperatuur te krijgen en te houden. Op het moment van schrijven van deze visie was de analyse van de CO₂ strategie nog gaande.

Teeltstrategie

Onder low-ε glas kunnen vergelijkbare producties worden gehaald. Daar moet de teeltstrategie op worden aangepast.

In de proeven bij WUR zijn vergelijkbare producties gehaald onder low-ε glas vergeleken met gewoon glas. Naar aanleiding van de proef bij Delphy IC zijn de volgende aandachtspunten op het gebied van de teelt geformuleerd.

- Optimaliseren van de lichtbenuttingsefficiëntie. Door de gewasarchitectuur aan te passen door bijvoorbeeld een andere stengeldichtheid en een betere plantbelasting, kan een gewas worden neergezet, dat het licht beter benut. In een meer open gewas worden de vruchten beter opgewarmd door de zon. Daarmee kan ook zonder buiswarmte een betere uitgroei van vruchten worden bereikt. Er ontstaat dan een betere, meer gelijkmatige plantbelasting.
- De vochtregeling is belangrijk voor teelt en energiebesparing. Er wordt richting de nacht warmte afgelucht die de volgende ochtend weer teruggestookt wordt om het gewas "op temperatuur te hebben" voordat de zon dat 'gratis' kan doen (activeren). De vraag is of deze verhoging van verdamping en planttemperatuur noodzakelijk is. De gewasactiviteit is waarschijnlijk anders onder een low-ε glas. Bovendien wordt ze beïnvloed door de geforceerde luchtbeweging door de ontvochtigingssurven. Meer inzicht in reactie van de verdamping in dit concept biedt aanknopingspunten voor een meer optimale teelt.
- De RTR kan gewasstand-afhankelijk worden ingesteld. Als het gewas het toelaat, kan de delta T worden vergroot en kan er in de nacht een lagere temperatuur worden gehandhaafd, dat tot besparing op warmte leidt. Als hierdoor de ventilatiebehoefte overdag verlaagd kan worden, leidt dit ook tot een hogere benutting van CO₂.
- De doseerstrategie van CO₂ moet op het lek van de kas worden afgestemd.
- Klimaat gerelateerde schimmelaantastingen zoals Mucor bij aubergine, moeten met een goede vochtstrategie beheerst worden, door op de juiste momenten de juiste VD/RV te behalen in de kas. Natslag moet worden voorkomen. Ook voor andere gewassen dan aubergine is het zaak dat bloemen niet natslaan: voor een goede bestuiving moet stuifmeel droog zijn op het moment dat de bloemen open gaan. Goede bestuiving is nodig voor een goede zetting.

Thermische seizoensopslag

In een fossielvrij concept helpt low- ϵ glas de benodigde WKO-capaciteit te verlagen.

In het huidige concept kan een kas met low- ϵ glas op jaarbasis fossielvrij zijn. Echter in dit concept is een thermische seizoensbuffer nodig, bijvoorbeeld een aquifer. Dit maakt het concept kostbaar; bovendien is een aquifer niet overal mogelijk. Het is dus van belang om de warmtevraag in de koude donkere maanden zoveel mogelijk te minimaliseren. Naast het low- ϵ glas zelf, zou dat kunnen door later te planten. Daarnaast is het verstandig om met een (AC) folie te werken. Hierdoor worden vochtverliezen verder beperkt, de isolatiegraad verder verhoogd en kan latent warmteverlies worden teruggewonnen. Een nadeel is dat het zonlicht wegneemt; het tijdstip van het verwijderen van dit folie dient goed getimed te worden.

Alleen low- ϵ , zonder ontvochtiging

Performance van low- ϵ glas zonder ontvochtiging en warmteogst nog niet getest.

Uit de inventarisatie in de praktijk kwam de vraag op, wat de performance is van een kas met low- ϵ glas zonder actieve ontvochtiging. Omdat er in dit systeem géén warmte wordt geoogst, die op korte termijn (etmaal) maar vooral op lange termijn (seizoen) voor de invulling van de warmtebehoefte kan worden gebruikt, zal de besparing op fossiele warmte kleiner zijn dan in het concept met actieve ontvochtiging en warmte oogst.

We verwachten zonder actieve ontvochtiging geen groot probleem met vocht:

- In de winter is minder condensatie op het glas, het low- ϵ glas is warmer. Maar in die periode is het gewas normaal gesproken nog klein, en is er nog niet veel verdamping.
- De kas zal in het voorjaar en in de zomer in zo'n configuratie sneller opwarmen. Er zal eerder gelucht moeten worden op temperatuur. Door het eerder ventileren op temperatuur, wordt er ook eerder vocht afgevoerd.

Low- ϵ onderdeel van een cluster of kasafdeling binnen een bedrijf

Voordelen van low- ϵ glas in een cluster.

Een kas met low- ϵ glas en ontvochtiging met warmteterugwinning kan een interessant onderdeel zijn van een cluster van kassen met standaard glas. De geoogste warmte kan immers ingezet worden in kassen met een hogere warmtevraag. Voor bedrijven of clusters van bedrijven die zijn aangesloten op geothermie of restwarmte, zal low- ϵ glas gunstig zijn: er kunnen grotere oppervlakten verwarmd worden uit dezelfde bron. De simulatietools zijn voorhanden om hier de scenario's voor te berekenen.

Vergelijking low- ϵ glas met low- ϵ schermen

Theoretische voor- en nadelen van low- ϵ glas versus low- ϵ schermen.

Binnenkort zullen er (prototype) schermen beschikbaar komen met een low- ϵ eigenschappen, die bij WUR ook beproefd gaan worden. Als we low- ϵ glas afzetten tegen low- ϵ schermen, dan verwachten we de volgende voor- en nadelen.

- Low- ϵ glas zal vooral op nieuwbouw worden toegepast.
- Low- ϵ schermen kunnen in bestaande kassen worden ingepast (retrofitting).
- Met low- ϵ schermen is er meer flexibiliteit.
- Er is nog geen enkele ervaring met het telen onder low- ϵ schermen.

- Het voordeel van schermen zou kunnen zijn, dat de kas op warme dagen makkelijker kan afkoelen. Omdat in de zomer alle warmte via ventilatie wordt afgevoerd, verwachten we echter een miniem verschil.
- Qua lichttransmissie is het glas gunstiger. De lichtdoorlatendheid van schermen zal zoals het er nu naar uitziet, minder dan 75% hemisferisch zijn.
- De warmtebesparing van glas is er altijd; dat van schermen alleen als ze gesloten zijn.
- De kop van een gewas in een kas met een low- ϵ scherm zal kouder zijn als het scherm open is.
- Boven een low- ϵ scherm blijft het kouder, dus het gaat nog langer duren om je scherm open te trekken. Daarmee wordt nog meer licht verloren.
- Een scherm onder low- ϵ glas hoeft later dicht, dus minder lichtverlies.
- Een kas met low- ϵ schermen zal meer warmte verliezen: de buitenste schil kent immers grotere verliezen.

Per saldo verwachten we dus minder warmtebesparing en meer lichtverlies onder low- ϵ schermen vergeleken met low- ϵ glas.

Gewassen

Behalve voor vruchtgroenten lijkt low- ϵ glas vooral ook interessant voor warme potplanten.

Low- ϵ glas is in principe voor alle glastuinbouwgewassen geschikt. Het meest geschikt is het voor gewassen die goed passen bij eerder in deze visie genoemde kenmerken:

- Meeste besparing bij warm geteelde gewassen. Minder geschikt voor gewassen waar actief warmte wordt afgevoerd (afluchten).
- Meest geschikt voor gewassen die bij een lage DIF c.q. een hoge nachttemperatuur geteeld worden.
- Voor het totale concept, dus inclusief ontvochtiging en warmteterugwinning: gewassen die meer vocht produceren.
- Gewassen waarvoor een iets lagere lichttransmissie acceptabel is.

Uit KWIN Glastuinbouw¹ zijn de onbelichte teelten geselecteerd. Vanuit de KWIN zijn gegevens over het stookregime (temperatuurvraag en DIF) en de verdamping gehaald. Verdamping weegt met name mee in het totaalconcept, omdat daar de latente warmte met inzet van een warmtepomp wordt teruggewonnen, wat helpt om de energiebalans af te vlakken. Voor de lichtbehoefte zijn een paar bronnen geraadpleegd, waaronder de studie "Lichtregel in de tuinbouw"² en een overzicht dat is opgesteld door Purdue University³, aangevuld met praktijkkennis. Op de vier aspecten zijn de gewassen gescoord op een 3-punt schaal. Vervolgens is een gewogen score berekend. De warmtevraag kreeg de hoogste wegingsfactor, DIF en lichtbehoefte een wat lagere en verdamping de laatste wegingsfactor. In onderstaande tabel zijn de gewassen, geclusterd per type gewas, in volgorde van gewogen score gezet.

Uit deze analyse blijkt dat low- ϵ glas het meeste nut lijkt te hebben voor potplanten. En dan met name de warm geteelde planten, zowel bladplanten als bloeiende planten. De hoge score wordt behaald door de combinatie van relatief warme teelten, met een kleine DIF en een relatief minder sterke lichtbehoefte. Deze analyse sluit aan bij de enquête die afgelopen zomer onder deskundigen

¹ Raaphorst, M.G.M en A.R. van Tuyl van Serooskerken, 2023. Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2023. Rapport WPR-1251.

² https://www.kasalsenergiebron.nl/content/research/Eindrapport_11292.pdf

³ <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ho/ho-238-w.pdf>

is gehouden: ook daar noemden respondenten met name voor potplanten goede mogelijkheden voor low-ε glas.

Van de onbelichte vruchtgroentegewassen scoorden tomaat, komkommer het hoogste, gevolgd door paprika en aubergine. Paprika scoort wat lager dan tomaat en komkommer vanwege de wat lagere gewasverdamping. Dit is een aspect dat vooral speelt bij het complete concept van low-ε glas inclusief ontvochtiging en warmteterugwinning om met het warmteoverschot van de warmtepomp een deel van de warmtevraag van de kas in te kunnen vullen.

Gewas	Stook regime D/N (in °C)	Warme teelt	Lage DIF, hoge nacht temperatuur	Verdamping (in l/m2)	Verdamping	Lagere licht transmissie acceptabel	Gewogen score
Tomaat	19,5/17	+++	++	747	+++	+	21
Komkommer	21/18,5	+++	++	667	+++	+	21
Paprika rood	20/18	+++	++	580	++	+	20
Aubergine	21/17	+++	+	676	+++	+	19
Courgette	18/16,5	++	++	606	+++	++	19
Braam	21/12	+++	+	539	++	+	18
Aardbei	18/12	++	+	451	+	+	13
Kropsla licht	11/7	+	+	553	++	++	12
Radijs bos	10/6	+	+	553	++	++	12
Anthurium snij	22/20	+++	++	333	+	++	21
Cymbidium	14/13	++	+++	317	+	++	19
Anjer	15/15	++	+++	380	+	++	19
Amaryllis snij	16/14	++	++	574	++	++	18
Hydrangea snij	11/9	+	++	609	+++	++	15
Spathiphyllum	20/20	+++	+++	579	++	+++	26
Draceana	21/21	+++	+++	383	+	+++	25
Areca palm	20,5/20,5	+++	+++	382	+	+++	25
Ficus benjamina	20/20	+++	+++	412	+	+++	25
Schefflera	19,5/19,5	+++	+++	379	+	+++	25
Hydrangea pot	18/18	++	+++	556	++	+++	22
Cyclamen	15/15	++	+++	540	++	+++	22
Anthurium	22/19	+++	++	371	+	++	21
Chrysant pot	18,5/18,5	++	+++	568	++	++	20
Poinsettia	18/18	++	++	446	+	++	19

*Bij de gewassen tomaat, aubergine en aardbei wordt er ook bij hoge instraling geen licht weggeschermd.

Conclusie

Op basis van de aangetoonde energiebesparing is low- ϵ glas een van de meest veelbelovende technische innovaties om de energiebehoefte van glastuinbouw fors te verminderen. De potentie qua toepassing is groot, maar implementatie wordt vooralsnog tegengehouden door een gebrek aan kennis en ervaring en onzekerheid over de rentabiliteit. Het is daarom noodzakelijk om meer onderzoek te doen naar de inpassing van low- ϵ glas binnen diverse teeltsystemen. Hierbij dient het onderzoek zich te richten op de volgende deelvragen:

1. Wat is de potentie van low- ϵ glas zonder ontvochtiging en warmteterugwinning?
2. Hoe verhouden de energiebesparing en teeltresultaten onder low- ϵ glas zich tot die onder low- ϵ schermen?
3. Hoe kunnen door middel van teeltstrategie de voordelen van lagere uitstraling maximaal benut worden en de mogelijke nadelen vermeden worden? Welke teeltaanpassingen zijn per gewas nodig om tot een goed resultaat te komen?
4. Hoe presteren de meest veelbelovende gewassen (qua areaal en mogelijke besparing) onder low- ϵ glas, zowel qua energiebesparing als qua teeltresultaat?

De resultaten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden om barrières voor implementatie weg te nemen. Dit zal de adoptie van low- ϵ glas vergemakkelijken en daarmee de energie-reductie doelstelling van het Kas als Energiebron programma naderbij brengen.