

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Research Station for Floriculture and Glasshouse Vegetables

Schermen in de glastuinbouw

Energie- en teeltaspecten



COLOFON

Titel : Schermen in de glastuinbouw. Energie- en teeltaspecten.
Uitgave : Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, 2000
Redactie en
Eindredactie : Ing. Luit Bloem
Foto's : Theo van Gaalen (PBG), Ludvig Svensson, Bonar Phormium, Van Vliet
Growing Solutions, Alumet/Hazin B.V., Van der Valk Systemen B.V.,
Hagelunie.
Omslagfoto : Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente

© Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatisch gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname of enige andere manier, zonder schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or by any other means without written permission from the publisher.

Prijs: f 90,-

Bestellingen

Exemplaren van deze uitgave zijn te bestellen door overschrijving van het bedrag of een veelvoud ervan op Rabobankrekening 1566.70.011 t.n.v. PBG te Naaldwijk onder vermelding van 'schermbrochure' en aantal.

Aansprakelijkheid

Het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Financiering

Het Praktijkonderzoek Bloemisterij en Glasgroente wordt mede gefinancierd door:



NOVEM; hoofdfinancier van deze publikatie
Projectbureau Glastuinbouw en milieu
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
Tel. 030-239 37 64



Productschap Tuinbouw
Postbus 280
2700 AG Zoetermeer
Tel. 079-347 07 07



Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Postbus 20401
2500 EK Den Haag
Tel. 070-378 68 68

ISBN = 971425

Schermen in de glastuinbouw

Energie- en teeltaspecten

2^e druk, juli 2000

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Aalsmeer/Naaldwijk

Voorwoord

Het gebruik van schermen in de glastuinbouw behoort in veel teelten tot een van de standaard teeltmaatregelen. Naast het gebruik voor energiebesparing, worden schermen met name gebruikt voor het beïnvloeden van het kasklimaat. Afhankelijk van het gewas is dit meestal zonwering, verduistering of verhoging van de luchtvochtigheid. Door de komende nieuwe prijsstructuur voor de gasprijs, die in veel gevallen kan leiden tot een aanzienlijke prijsstijging van het gas, neemt de belangstelling voor energieschermen weer toe. Met een energiescherm kunnen pieken in het energieverbruik worden afgevlakt en de aansluitwaarde worden verminderd. Het gevolg hiervan is een lagere gasprijs. Door de juiste schermkeuze is het bovendien dikwijls mogelijk om het scherm ook voor andere, klimaatdoeleinden, te gebruiken. Hierdoor wordt de installatie eerder rendabel dan bij uitsluitend gebruik als energiescherm. Een goed overzicht van de beschikbare schermen, scherminstallaties en hun mogelijkheden is, uiteraard, van belang bij het nemen van de juiste beslissing door de ondernemer. De uit 1982 daterende brochure 'Schermen in Kassen' was door de vele ontwikkelingen die schermen en installaties sinds het verschijnen hebben doorgemaakt aan vervanging toe. Daarom werd besloten een nieuwe brochure te schrijven. De nadruk van de brochure ligt op energiebesparing, maar ook de mogelijkheden tot duogebruik krijgen de aandacht. De brochure richt zich in eerste instantie op de praktische teler, maar levert ook veel informatie aan voorlichtinggevend, installateurs en studenten van tuinbouwscholen. In de brochure komen de voor de teler belangrijke aspecten van schermen en hun gebruik aan bod. Er wordt zowel aandacht besteed aan het schermmateriaal en installatietechnische zaken, als aan de relatie scherm en kasklimaat. Bij een tiental glasgroenten en bloemisterijgewassen wordt de ervaring met energieschermen in de praktijk besproken. Aan het tot stand komen van de brochure hebben auteurs meegewerkt van: Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (Aalsmeer/Naaldwijk), Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-WUR Wageningen), DLV Adviesgroep NV (Naaldwijk) en Adviesbureau Werktuigbouw & Kassenbouw (Linschoten). Door leveranciers van schermmaterialen werd technische informatie verstrekt en fotomateriaal. De sectie Marketing & Communicatie van het PBG heeft zorg gedragen voor de eindredactie en de verschijningsvorm van de brochure. Aan allen die een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming van deze brochure zeg ik mijn hartelijke dank. Een speciaal woord van dank geldt NOVEM, die middels een subsidie de uitgave mogelijk maakte.

Guus van den Berg
Sectiehoofd Kasklimaat & Techniek PBG-Naaldwijk

Auteurs en redactie

Velen hebben een bijdrage geleverd aan het tot stand komen van deze brochure. Van de auteurs en diegenen die belangrijke informatie beschikbaar hebben gesteld, zijn hieronder de namen vermeld. Tussen haakjes staat het nummer van het hoofdstuk waaraan zij met name hebben bijgedragen.

Bloem, L.J.	PBG, eindredactie
Bokhorst, D.	PTG, (10) Integraal overgenomen uit brochure No 74, augustus 1982
De Graaf, R.	PBG (7)
Esmeijer, M.H.	PBG (7), redactie
Knies, P.	IMAG-WUR (2, 3, 6)
Rijsdijk, A.A.	PBG (6)
Vahl, H.	Adviesbureau Werktuigbouw & Kassenbouw (2, 3, 4, 5)
Van den Berg, G.A.	PBG, redactie
Van Oostende, M.	DLV (8)
Van Rijssel, E.	PBG (9)

INHOUD

	Pag.
voorwoord	3
1 INLEIDING	9
2 SCHERMEN EN SCHERM MATERIALEN	12
2.1 Soorten schermen	12
2.1.1 - energieschermen	12
2.1.2 - zonweringschermen	13
2.1.3 - verduisteringschermen	14
2.1.4 - schermen om lichtuitstoot te voorkomen	17
2.1.5 - vochtschermen	18
2.1.6 - combi- of duoschermen	19
2.2 Schermeigenschappen	21
2.2.1 - energiebesparing	21
2.2.2 - optische eigenschappen	24
2.2.3 - luchtdoorlatendheid	26
2.2.4 - vochtdoorlatendheid	27
2.2.5 - opvouwbaarheid	29
2.2.6 - verouderingsbestendigheid/slijtvastheid	32
2.2.7 - brandbaarheid	33
2.3 Bevestiging van schermen	34
2.4 Afsluiting/aansluiting	36
2.5 Aandrijving	36
2.6 Lijst fabrikanten/leveranciers van schermmaterialen	36
2.7 Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL nr. 2365/01	36
2.7.1 - testmethodes	37
3 KEUZE EN INSTALLEREN VAN SCHERMEN	38
3.1 Afdichtingen	38
3.1.1 - afdichtingen schuifschermen	38
3.1.2 - afdichtingen gevelschermen	43
3.1.3 - afdichtingen overige schermen	43
3.2 Plaats en ligging in verband met isolerend effect	43
3.2.1 - horizontale ligging	45
3.2.2 - hellend ten opzichte van horizontaal	45
3.3 Lichtverlies	46
3.3.1 - meeneemprofielen	46
3.3.2 - overige delen	49
3.4 Constructieve achtergronden	49
3.4.1 - materiaaleigenschappen	49
3.4.2 - onderdelen scherminstallatie	51
3.4.3 - kasconstructie	53
3.4.4 - schermmateriaal	54

4	UITVOERING SCHERMINSTALLATIES	56
4.1	Overzicht uitvoeringsvormen	56
4.2	Integratie van scherminstallaties in kasconstructies	57
4.2.1	- beperking van lichtverlies	57
4.2.2	- constructieve mogelijkheden	58
4.3	Aandrijvingen	58
4.3.1	- trekdraden	59
4.3.2	- trekduwstangen met tandheugelaandrijving	60
4.3.3	- trekduwstangen met kabelaanrijving	61
4.3.4	- oprol-aandrijvingen	62
4.3.5	- motorreductoren	62
4.4	Regelingen	65
5	ONDERHOUD, ONTWERPREGELS EN VEILIGHEID	66
5.1	Onderhoud scherminstallaties	66
5.1.1	- trekdraden	66
5.1.2	- trekduwstangen	66
5.1.3	- afsluiting	66
5.1.4	- aandrijving	66
5.2	Ontwerp, constructie en veiligheidseisen	66
5.2.1	- Machine Richtlijn	66
5.2.2	- EMC Richtlijn	68
5.2.3	- norm tuinbouwkassen	68
5.2.4	- beveiligingen	70
6	SCHERM EN KASKLIMAAT	71
6.1	Invloed van scherm op kasklimaat	71
6.1.1	- lichtniveau	71
6.1.2	- energiebalans	71
6.1.3	- luchtvochtigheid boven en onder het scherm	72
6.2	Regeltechniek van het scherm in relatie tot kas- en buitenklimaat	75
6.2.1	- overzicht schermfuncties	75
6.2.2	- het reguleren van vocht in de kas in relatie tot energieverbruik	78
6.2.3	- kouval	79
6.2.4	- temperatuurintegratie geeft hoger rendement van energiescherm	80
6.2.5	- openingsstrategie bij meerdere afdelingen	81
7	SCHERMEN EN GEWASREACTIES	83
7.1	Invloed op licht	83
7.1.1	- het nut van licht voor de plantengroei	83
7.1.2	- de gevolgen van teveel invallend licht	84
7.1.3	- wanneer een scherm sluiten voor zonwering	85
7.1.4	- kunstlicht	85
7.2	Invloed op gewastemperatuur	86

7.2.1	- wanneer een energiescherm sluiten?	86
7.3	Invloed op de verdamping en RV	86
7.3.1	- teveel verdamping	87
7.3.2	- hoge RV en dan?	87
7.3.3	- verdamping en watergift	88
7.3.4	- luchtvochtigheid en ziekten en plagen	88
7.4	Werkklimaat	88
8	PRAKTIJKERVARINGEN	90
8.1	Schermen bij de leliebloementeel	90
8.2	Schermen bij tulp	91
8.3	Schermen bij roos	92
8.4	Schermen bij chrysan	94
8.5	Schermen bij gerbera	97
8.6	Schermen bij Anthurium	99
8.7	Schermen bij potplanten	102
8.8	Schermen bij tomaat	104
8.9	Schermen bij paprika	105
8.10	Schermen bij komkommer	107
9	ECONOMISCHE EVALUATIE	110
9.1	Investing, gebruiksduur en onderhoud	110
9.2	Energiebesparing	110
9.2.1	- geschatte energiebesparing afhankelijk van gekozen uitgangspunten	111
9.3	Economische consequenties aanschaf scherminstallaties	111
10	DE NATUURKUNDE VAN HET SCHERMEN	114
10.1	Inleiding	114
10.2	De warmte-inhoud van de lucht	114
10.3	Ventilatieverliezen	116
10.4	Stralingsverliezen	116
10.5	Convectieverliezen	119
10.6	Waterdampstromen	120
10.7	Ventilatieverliezen en schermen	121
10.8	Het tegengaan van convectieverliezen	122
10.9	Stralingsverliezen en schermen	123
10.10	Diversen	124
10.11	Het Mollier-diagram	125
11	TERMINOLOGIE	126

1 Inleiding

Het areaal kassen in Nederland bedroeg in 1999 ongeveer 11.000 hectare. In veel kassen is een scherminstallatie aanwezig. In 1999 was op 63% van het areaal een beweegbaar scherm geïnstalleerd. Op 5 % werd gebruik gemaakt van een vast transparant foliescherm. Deze vaste schermen worden meestal tijdelijk geïnstalleerd om na het planten de groei van het gewas te stimuleren. Ze worden na een aantal weken weer verwijderd.

Men vindt ze met name op groentebedrijven met paprika of komkommer. Beweegbare schermen vindt men met name bij de bloemeteelt (ca. 75% van het areaal) en bij de potplantenteelt (ca.80%), maar ook bij groentegewassen (ca 40 %). Bron: LEI. Beweegbare schermen worden blijvend geïnstalleerd, ze kunnen langer worden gebruikt dan vaste schermen en besparen daarom ook meer energie op jaarbasis. De te bereiken besparing hangt af van het type scherm en het aantal uren dat het scherm gesloten is. De energiebesparing kan oplopen van 20-25% op jaarbasis. Bij bloemisterijgewassen wordt meer geschermd dan bij groentegewassen. Afhankelijk van het gewas hebben schermen in de bloemisterij dikwijls een meervoudig doel, energiebesparing in de winter en zonwering of dagverkorting in de zomer. Bij gebruik als zonwering op warme dagen heeft het scherm ook een positief effect op het arbeidsklimaat.



Energiescherm (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

Er zijn een groot aantal type schermen in omloop, die afhankelijk van het gewas en het jaargetijde, voor de volgende doeleinden worden gebruikt:

- 1** energiebesparing,
- 2** zonwering,
- 3** verduistering,
- 4** verhoging luchtvochtigheid,
- 5** voorkomen van lichtuitstoot of
- 6** een combinatie van doeleinden, het zogenaamde duo gebruik.

De nadruk in deze schermbrochure ligt op het gebruik als energiescherm, maar andere gebruiksmogelijkheden komen ook ter sprake. In veel gevallen maakt juist het gebruik voor meerdere doeleinden een energiescherm economisch aantrekkelijk.

Energieschermen hebben als doel het energieverbruik terug te dringen. Dit betekent dat er door de teler minder primaire energie, meestal aardgas, wordt verstoekt en als logisch gevolg ook de CO₂-uitstoot vermindert.

Als de productie a.g.v. lichtverlies bij geopend scherm niet of nauwelijks daalt, neemt het energiegebruik per eenheid product af en stijgt diensgevolge de energie-efficiency. Op deze wijze dragen energieschermen bij aan het bereiken van de 'Meerjaren Afspraak Energie' tussen de glastuinbouw en de overheid.

Deze afspraak heeft als doel een verbetering van de energie-efficiency met 50% in 2000 ten op zichte van 1980.

In de tweede helft van de jaren zeventig steeg de gasprijs sterk als gevolg van de eerste energiecrisis (zie figuur 1). Tijdens de tweede energiecrisis halverwege de jaren tachtig bereikte de gasprijs zijn maximum en werden veel energieschermen geïnstalleerd. Toen in de jaren negentig de energieprijzen weer daalden, nam de belangstelling af voor schermen die uitsluitend voor energiebesparing waren bedoeld.

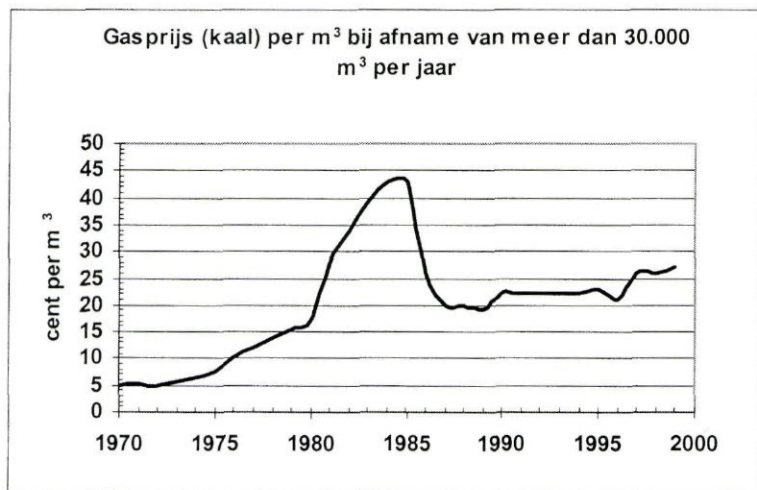
Duoschermen bleven wel in de belangstelling bestaan en namen zelfs toe. Met de komst van de 'vrije energiemarkt' in 2002 zal de belangstelling voor energieschermen weer toenemen. Het wordt dan belangrijk om een zo gelijkmatig mogelijk afnamepatroon van aardgas te verwezenlijken.

Het gebruik van schermen wordt dan één van de belangrijke opties om het gebruik van duur gas in de piekuren zo veel mogelijk te vermijden.

Deze brochure volgt de in 1982 verschenen en inmiddels deels verouderde brochure op. De verschillende hoofdstukken kunnen onafhankelijk van elkaar worden gelezen. Hoofdstuk 10 behandelt de natuurkundige (fysische) achtergronden van schermen en warmteverliezen uit de kas. Het geeft inzicht in hoe warmteverliezen tot stand komen en hoe energieschermen daar iets tegen kunnen doen. Die natuurkundige achtergronden zijn niet veranderd ten opzichte van 1982, vandaar dat dit hoofdstuk nauwelijks verschilt van 1982. In hoofdstuk 2 worden de verschillende schermmaterialen en hun eigenschappen besproken. Hoofdstuk 3 behandelt de verschillende typen scherminstallaties en hoofdstuk 4 de aandrijfsystemen. Hoofdstuk 5 gaat in op het onderhoud, de ontwerpregels en de veiligheid van energieschermen. Hoofdstuk 6 behandelt het effect van schermen op het kasklimaat, terwijl hoofdstuk 7 ingaat op het effect op plant en gewas. In hoofdstuk 8 komen praktijkervaringen met energieschermen bij 10 hoofdgewassen aan bod. De economie van het schermen wordt in hoofdstuk 9 besproken en in hoofdstuk 11 worden een aantal gebruikte begrippen nader toegelicht.

De brochure is gericht op de praktische teler die, hetzij al over een energiescherm beschikt, of voornemens is een scherm aan te schaffen. Hij krijgt hierdoor inzicht in het hoe en waarom van energieschermen, waardoor hij ze efficiënt kan gebruiken. Ook is de brochure geschikt voor toeleveringsbedrijven die schermen installeren of verkopen, voorlichtinggevend en studenten van middelbare en hogere tuinbouwscholen.

Figuur 1 Schommelingen in de gasprijs van 1970 tot 2000



2 Schermen en schermmaterialen

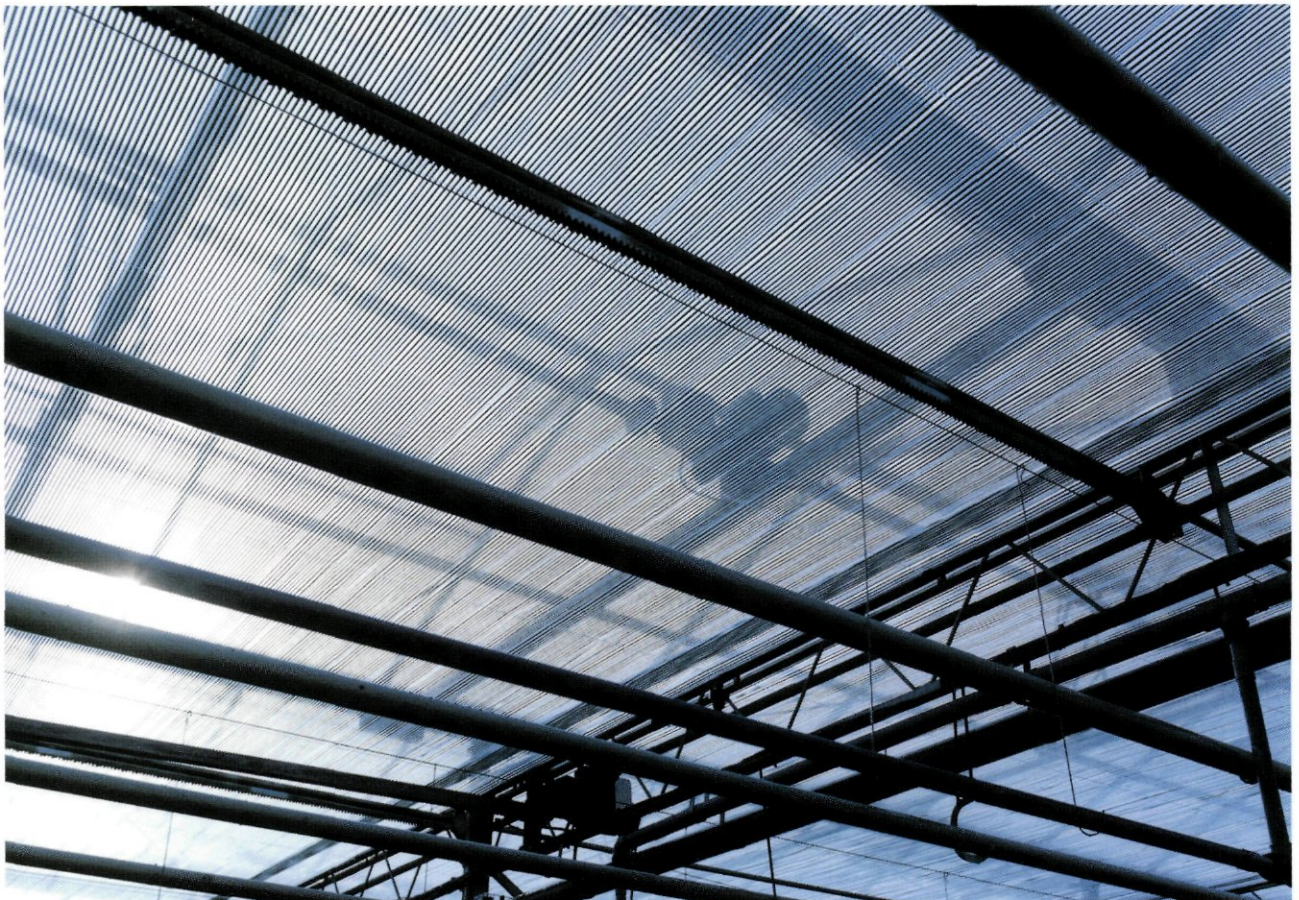
2.1 Soorten schermen

2.1.1 Energieschermen

Het effect van energieschermen is het beperken van warmteverlies uit de kas. Warmteverlies treedt op door ventilatie, warmtestraling en convectie (zie kaders). Met behulp van schermen wordt zowel de warmteoverdracht via ventilatie als de wamteoverdracht via warmtestraling en convectie verlaagd.

Materialen die veel voor energieschermen worden gebruikt, zijn foliestroken en transparante folie aan één stuk. De zogenaamde bandjesschermen zijn opgebouwd uit foliestroken die bestaan uit lichtdoorlatend materiaal, uit gealuminiseerd folie of uit een combinatie van deze materiaalsoorten. Schermen van transparant materiaal zijn soms vast en soms beweegbaar. Bandjesschermen zijn vrijwel altijd beweegbaar. Beweegbare folieschermen en lichtdoorlatende bandjesschermen kunnen worden ingezet als de omstandigheden dat toelaten. Het warmteverlies en daarmee het energiegebruik gaan dan omlaag, terwijl het lichtverlies beperkt blijft.

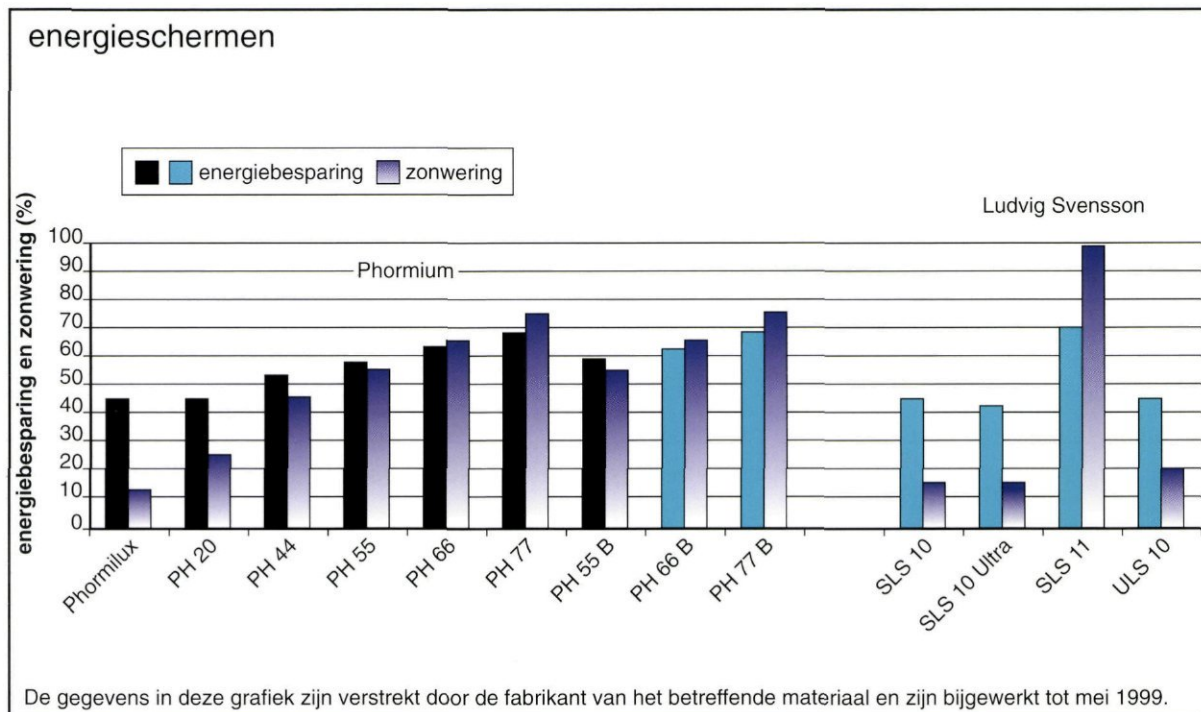
Afhankelijk van het schermmateriaal kan volgens opgave van de fabrikanten tussen de 45 en ruim 70% worden bespaard op energieverbruik. In de praktijk zal de energiebesparing over een jaar genomen veel lager uitvallen, omdat het energiebesparingseffect door een groot aantal factoren wordt bepaald en een besparingspercentage moeilijk is te voorspellen.



Scherm voor energiebesparing en zonwering (foto Ludvig Svensson)

Door gebruik van beweegbare schermen in een kas waarbij is gezorgd voor een goede kierafdichting kan met "modern" schermmateriaal gesloten tijdens, de "donkere" uren, op jaarbasis 20% tot 25% energie worden bespaard.

Figuur 1 Energiebesparing en zonwering bij energieschermen



Bandjesschermen en in mindere mate folieschermen laten maar een deel van het zonlicht door. Volgens fabrikantengegevens ligt het zonweringspercentage van de materialen tussen 10 en 90%. Het lichtdoorlatingspercentage (90-10%) geldt voor nieuw, schoon en droog materiaal.

2.1.2 Zonweringschermen

De functie van een zonwerings scherm is het niveau van de zoninstraling te verminderen. Deze vermindering wordt bereikt met schermstoffen die het zonlicht beperkt doorlaten en voor een deel reflecteren of absorberen.

Een schermtype dat veel als zonwerings scherm wordt toegepast, is het bandjesscherm met gealuminiseerde kunststoffoliebandjes en daartussen open stroken. De mate van zonwering van dit type scherm wordt bepaald door de materiaaleigenschappen van de gealuminiseerde bandjes en door de verhouding tussen bandjes en open stroken. Meer open stroken betekent minder zonwering en minder energiebesparing.

Gekleurde bandjes zijn uit oogpunt van zonwering minder effectief dan die met aluminium. De effecten van zonweringschermen met een open structuur zijn een lagere gewas- en kasluchttemperatuur en een verlaagde verdamping. Zonweringschermen zijn te koop met een zonweringpercentage tussen 40 en 85%. Met een zonweringscherm kan tijdens het gebruik tussen 20 en 35% energie worden bespaard. Op jaarbasis ligt de energiebesparing (veel) lager.

Begrippen

Ventilatie

Scheidingsvlakken tussen constructiedelen (bijvoorbeeld raam-sponning) zijn in de praktijk vaak niet luchtdicht. Dat betekent dat er uitwisseling is tussen lucht van buiten en lucht van in de kas. dit verschijnsel wordt lekventilatie genoemd. Een gevolg hiervan is dat in verwarmde kassen energie verloren gaat door deze vorm van onbeheersbare ventilatie. Een scherm vormt voor stromende lucht een extra barrière. Met andere woorden: de luchtuitwisseling door kieren vermindert door gebruik van een scherm. Natuurlijk is er ook gewenste ventilatie door de luchtramen. Het kan voorkomen dat er vocht moet worden afgevoerd via de luchtramen als de schermen gesloten zijn of op een kier staan. Er moet dan rekening worden gehouden met een verminderde effectiviteit van het luchten omdat teeltruimte (ruimte onder het scherm) en buitenlucht via de geopende luchtramen niet meer met elkaar in open verbinding staan. De schermen belemmeren de luchtuitwisseling.

Warmtetraling

In een ongeschermd kas "ziet" de bovenkant van het gewas het kasdek. Dat betekent dat als het glasdek koud is en het gewas warm, er via straling warmte van het gewas op het koude dek wordt overgedragen; stralingsverlies. In een geschermd kas "ziet" de bovenste gewaslaag niet het dek maar het scherm. Het scherm heeft een hogere temperatuur dan het dek. De grootte van de warmteoverdracht door straling wordt bepaald door het temperatuurverschil. Er zal in een geschermd kas door de bovenste gewaslaag minder warmte naar boven uitgestraald worden dan in een ongeschermd kas. Dus het warmteverlies door straling wordt door schermen verlaagd en de gewas temperatuur verhoogd.

Convectie

Via stromende lucht wordt warmte overgedragen. Deze vorm van warmteoverdracht wordt convectie genoemd. Om te kunnen beredeneren dat een geschermd kas minder warmte via convectie verliest, gebruiken we een eenvoudige natuurkundige wet. Die wet leert ons dat het warmteverlies door convectie evenredig is met het temperatuurverschil. Dus hoe hoger het temperatuurverschil hoe meer warmteverlies. In een ongeschermd kas is dat het verschil tussen de kaslucht- en buitentemperatuur. In een geschermd kas is dat verschil veel kleiner omdat de lucht in de ruimte tussen het scherm en het dek kouder is dan de kasluchttemperatuur. De temperatuur in de ruimte tussen het scherm en het dek heeft namelijk een temperatuur die ligt tussen de kasluchttemperatuur en de buitentemperatuur.

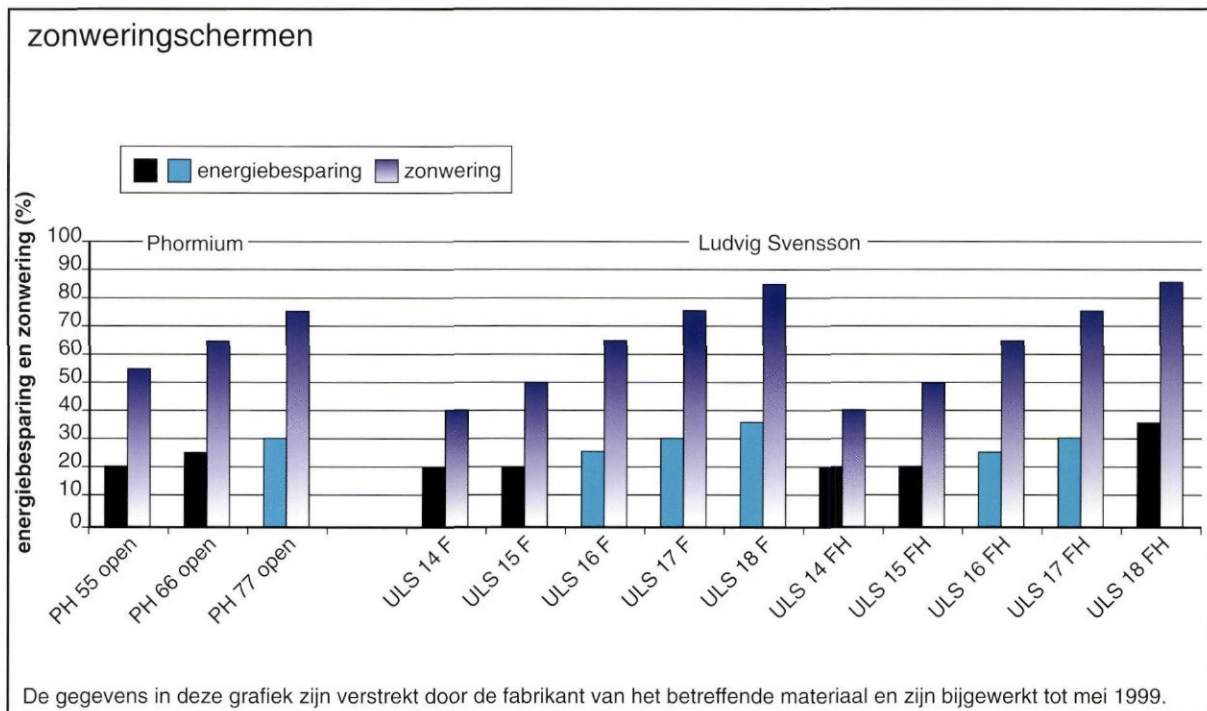
2.1.3 Verduisteringschermen

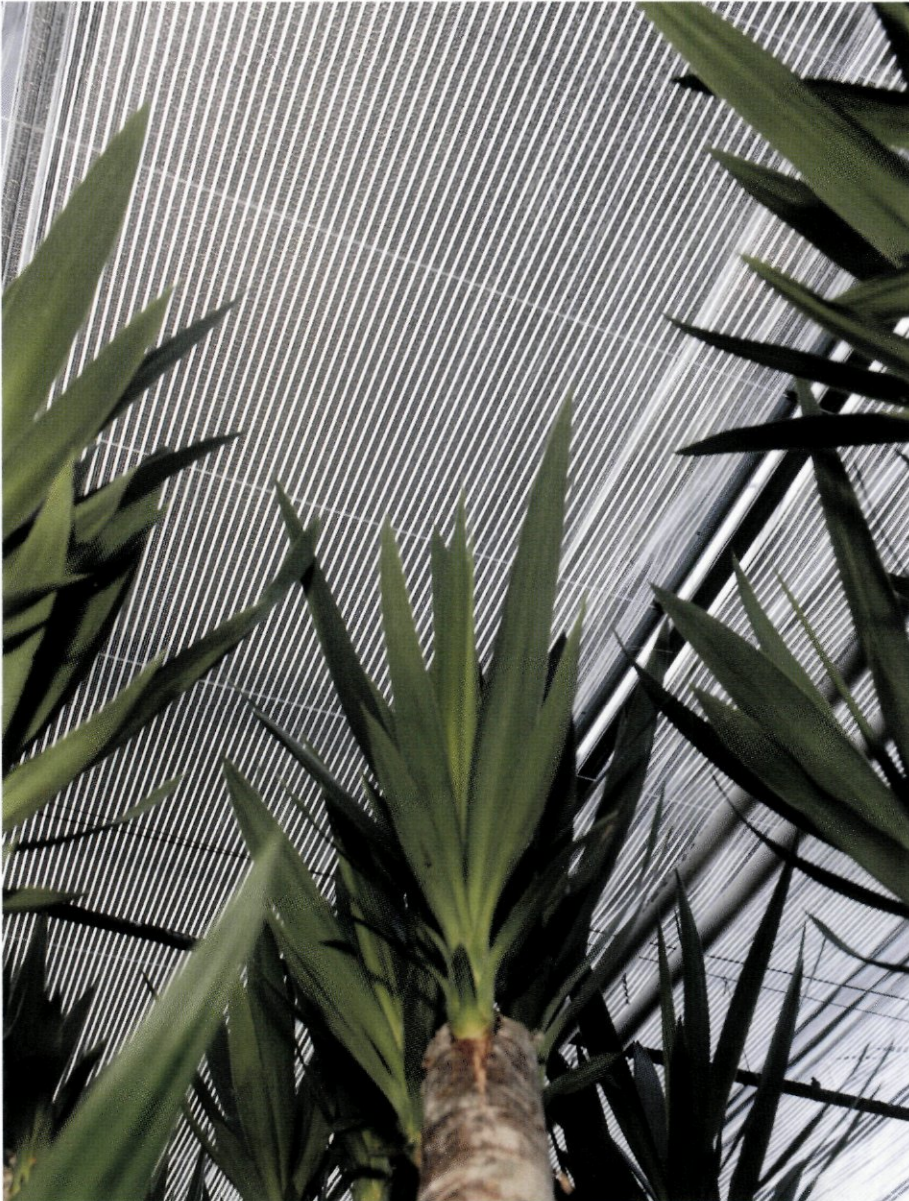
Door manipulatie van de daglengte kunnen bepaalde planten tot knopvorming worden aangezet ook in periodes van het jaar dat dit van nature niet gebeurt. Bij een kortedag-plant als chrysant worden 's zomers verduisteringsschermen en 's winters verlichting met een lage intensiteit gebruikt om dit gewas jaarrond te kunnen produceren. Het doel van verduisteringschermen om de daglengte te verkorten is het verhinderen van licht dat van buiten in de kas doordringt.



Zonwering- en energiescherm met licht/donker banen (foto Bonar Phormium)

Figuur 2 Energiebesparing en zonwering bij zonweringsschermen





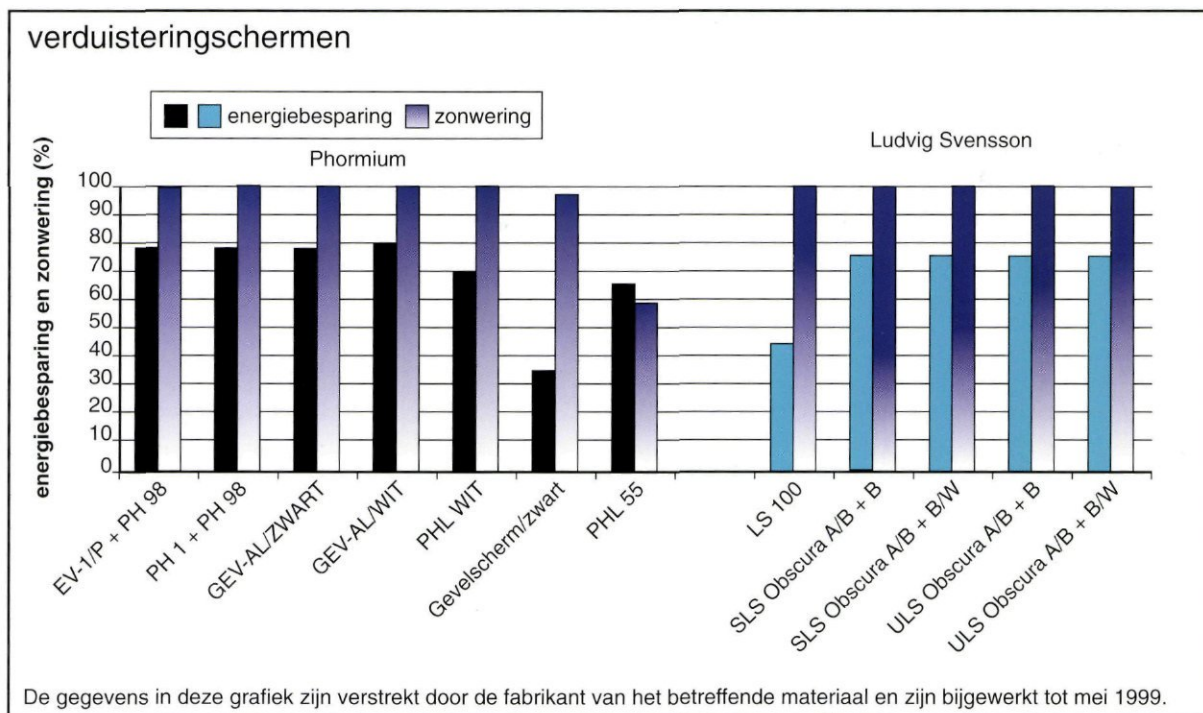
Zonweringscherm (foto Ludvig Svensson)

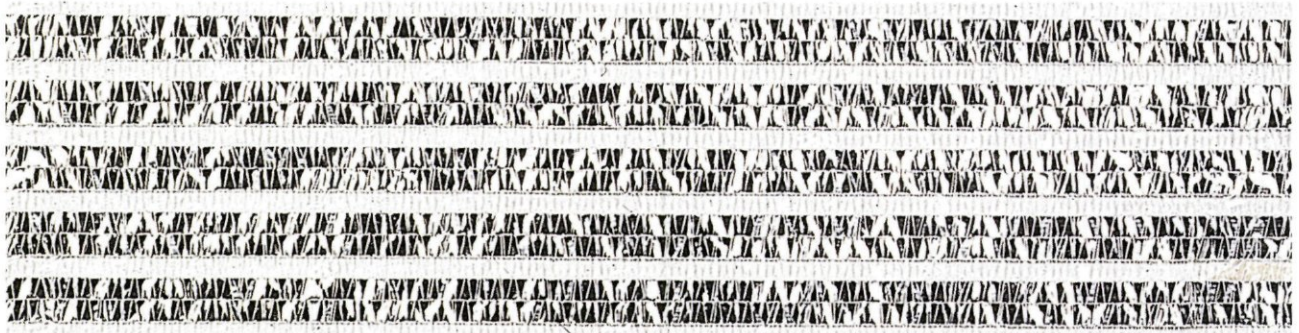
Schermdoeken die voor dit doel worden gebruikt zijn: bandjesschermen, (dikke) folies en gewezen kunststoffoliebandjes. De uitvoering is vaak wit of gealuminiseerd aan de bovenzijde om invallend licht te reflecteren en zwart aan de onderkant. Veel schermleveranciers bevelen een dubbel scherm aan om optimaal te verduisteren. Het gebruik van schermen om de daglichtperiode te verkorten gedurende de periode februari tot oktober brengt op dagen met een hoge buitentemperaturen en veel instraling problemen met zich mee; de kasluchttemperatuur loopt hoog op zelfs met volledig geopende luchtramen. Verduisteringsschermen zijn uitstekend geschikt om energie te besparen. Verduisteringsschermen zijn (vrijwel) lichtdicht. Met een verduisteringsscherm kan tussen de 40 en 80% energie worden bespaard. Een exacte besparingspercentage is moeilijk te voorspellen, omdat het energiebesparingseffect door een groot aantal factoren wordt bepaald. Met een beweegbaar verduisteringsscherm (enkel) en met goede kierafdichting kan bij gebruik tijdens de "donkere" uren en de cyclische perioden, op jaarbasis 20 tot 30% energie worden bespaard. Bij toepassing van een dubbel scherm is de energiebesparing hoger.

2.1.4 Schermen om lichtuitstoot te voorkomen

Het gebruik van assimilatiebelichting en stuurlicht tijdens donkere uren valt niet meer weg te denken in de Nederlandse glastuinbouw. Om overlast en onnodige verstoring van het natuurlijk evenwicht in de omgeving te beperken en zoveel mogelijk te voorkomen, worden soms schermen toegepast. Schermen voor dit doel laten geen of vrijwel geen licht door. Schermen om lichtuitstoot tegen te gaan, bestaan vaak uit gewezen bandjes kunststoffolie of een breisel van bandjes kunststoffolie (bandjesscherm). Om lichtuitstoot van assimilatielampen tegen te gaan, zijn veel schermmaterialen aan de onderkant (gewaszijde) voorzien van een wit oppervlak dat licht reflecteert. Door de reflectie van licht is het lichtniveau onder het scherm hoger dan zonder scherm. Veel bedrijven met assimilatiebelichting en een Warmte/Kracht(WK)-installatie, hebben tijdens het belichten een warmteoverschot; niet alleen wordt de elektrische energie voor belichting vrijwel geheel omgezet in warmte, ook de warmte van de WK-installatie moet worden afgevoerd. Een (grote) warmtebuffer kan voorkomen dat veel warmte moet worden afgevoerd en dus energie moet worden verspild. Op bedrijven waar niet alle kasafdelingen (tegelijk) worden belicht, kan de warmte van de WK-installatie worden gebruikt voor verwarmen van de "donkere" afdelingen. Schermen die lichtuitstoot tegengaan zijn vrijwel lichtdicht en ook geschikt voor energiebesparing. Met dit type scherm kan volgens de fabrikanten tussen 40 en 70% energie worden bespaard. De energiebesparing over een langere periode is lager. Door gebruik van beweegbare schermen in een kas, waarbij is gezorgd voor een goede kierafdichting, kan met een scherm om lichtuitstoot tegen te gaan tijdens de "donkere" uren 20 tot 25% energie worden bespaard op jaarbasis.

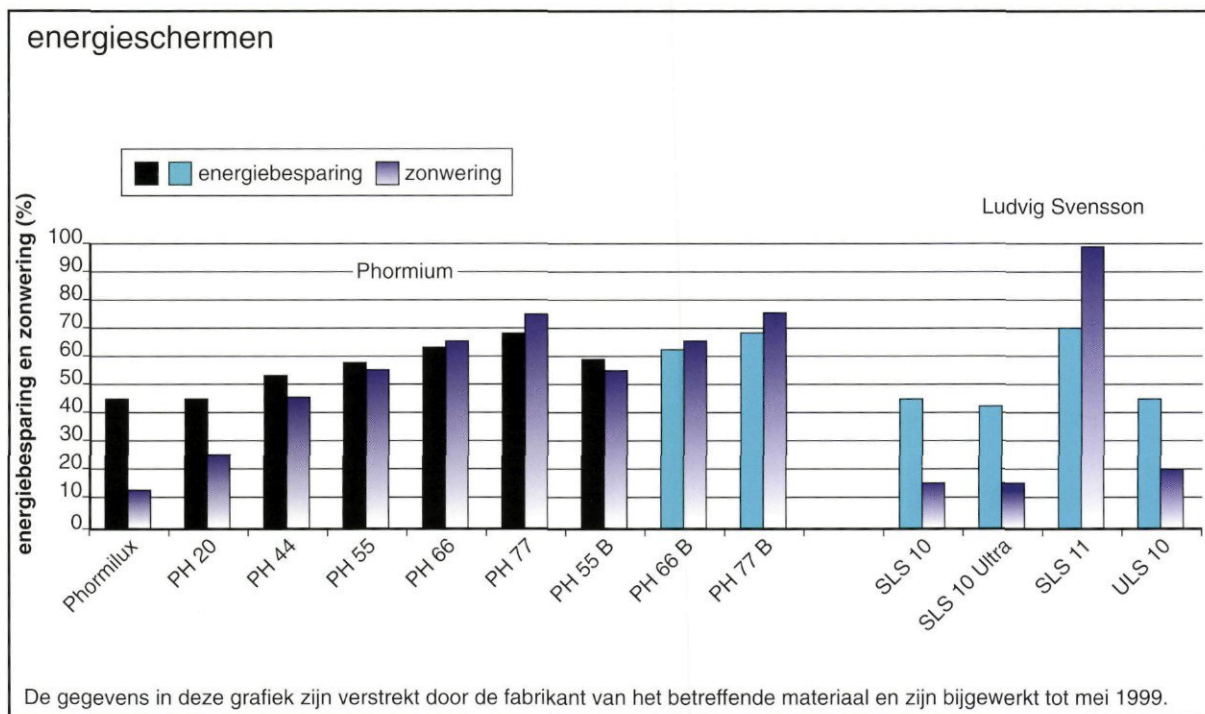
Figuur 3 Energiebesparing en zonwering bij verduisteringsschermen





Schermdoek voor zonwering en energiebesparing opgebouwd uit gealuminiseerde en heldere polyesterbandjes

Figuur 4 Energiebesparing en zonwering van schermen die lichtuitstoot tegen gaan



2.1.5 Vochtschermen

Als het buiten koud is werkt een koud kasdek als een soort pomp die waterdamp afvoert. Waterdamp uit de kas condenseert tegen het koude dek en wordt in de vorm van condenswater via gootjes afgevoerd. Veel tuinders planten hun gewas in de koudste periode van het jaar. Jonge planten met weinig bladeren verdampen dan weinig. Het gecombineerde effect van aan lage waterdampproductie van de planten en een grote vochtafvoer via condensatie tegen het kasdek, leidt met name bij jonge paprika- en komkommerplanten tot een veel te droge atmosfeer in de kas. Door toepassing van een scherm wordt de vochtafvoer via het kasdek aanzienlijk gereduceerd en ontstaat er een minder droog klimaat voor de jonge planten. Zo'n vochtscherm kan zowel vast als beweegbaar in de kas worden geïnstalleerd. Het voordeel van een vast scherm is dat het relatief goedkoop is en dat het na verwijdering geen licht meer wegneemt. Met een beweegbaar scherm kan het klimaat beter worden geregeld. Een nadeel is dat het scherm ook als het geopend is licht wegneemt. Eisen die aan vochtschermen worden gesteld zijn: zo

hoog mogelijk lichtdoorlatendheid en zo gering mogelijke vochtdoorlatendheid. Transparante folies voldoen goed aan de gestelde eisen. Ook materiaal bestaande uit een weefsel van transparante bandjes kunststofolie wordt als vochtscherm gebruikt. Vochtschermen zijn te verkrijgen met een zonweringspercentage tussen de 15 en 30%. Met een gesloten vochtscherm kan ca. 35% energie worden bespaard. De energiebesparing over een langere periode is lager. Omdat het energiebesparingseffect door een groot aantal factoren wordt bepaald is een exact besparingspercentage moeilijk te geven. Natuurlijk is het aantal schermuren van groot belang. Een besparing van ca. 30% op jaarbasis lijkt haalbaar.

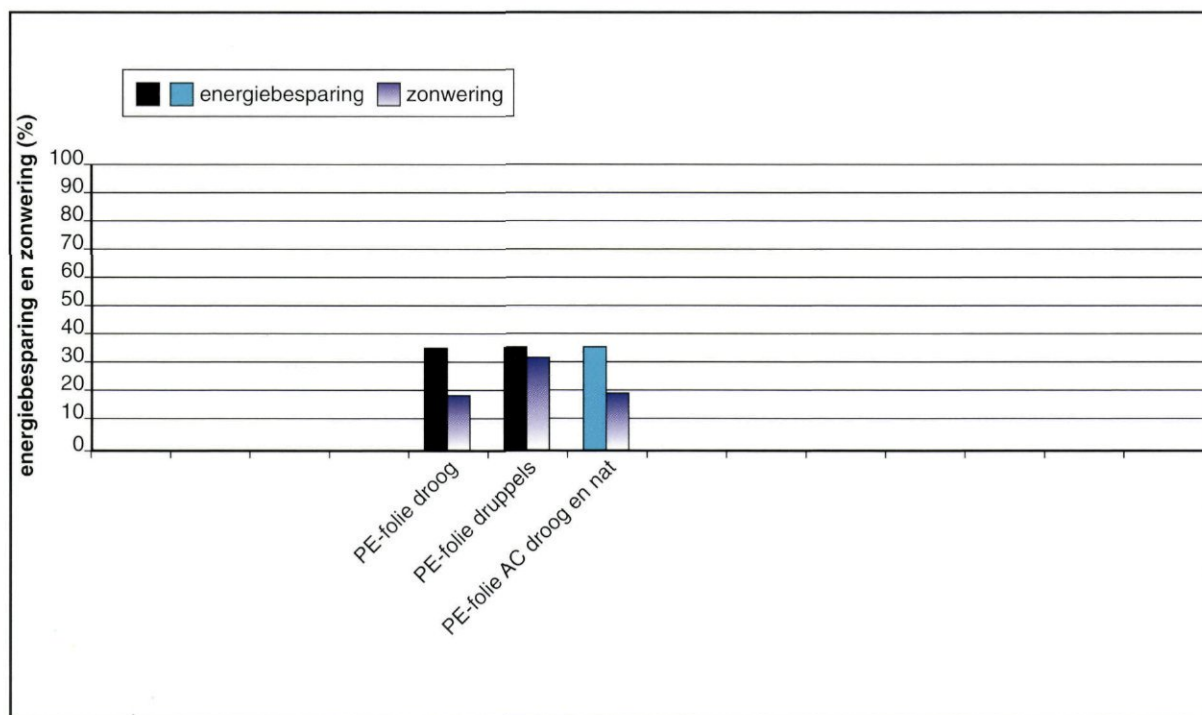


Scherm voor energiebesparing en optimaliseren van luchtvochtigheid (foto Ludvig Svensson)

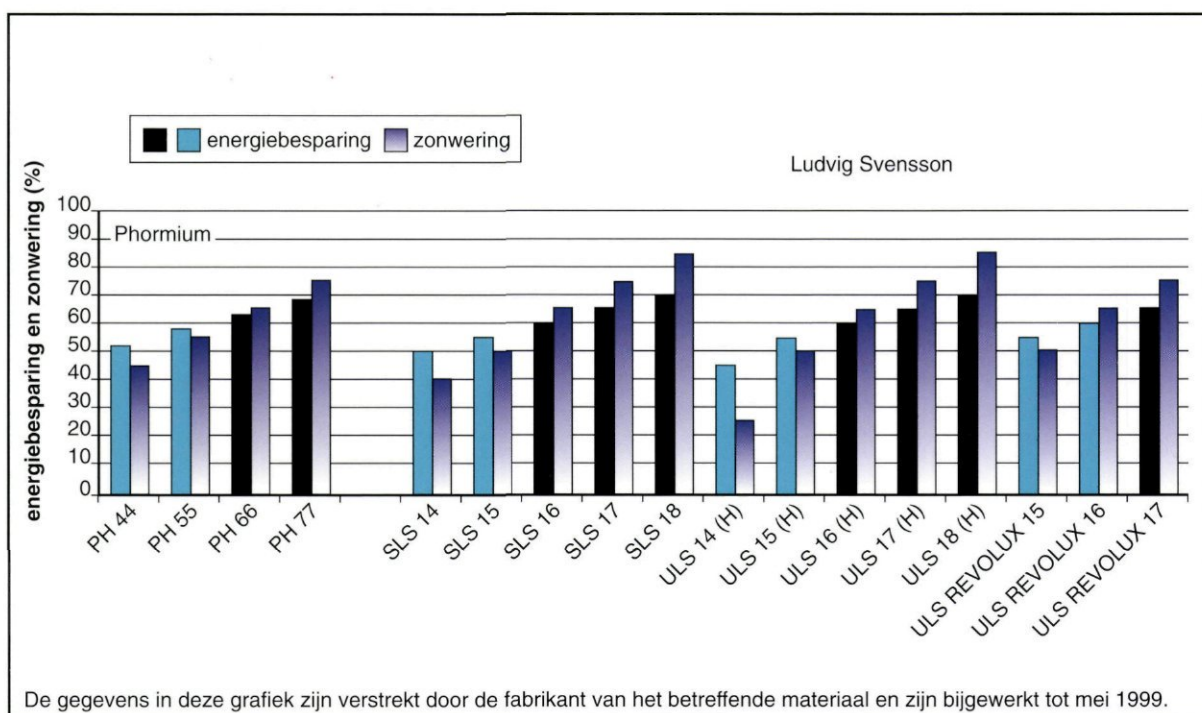
2.1.6 Combi- of duoschermen

Combi- of duoschermen hebben de eigenschap dat ze zowel te gebruiken zijn voor energiebesparing als voor zonwering. Veel combischermen bestaan uit een combinatie van heldere en gealuminiseerde bandjes kunststofolie. De verhouding tussen de twee soorten bandjes bepaalt de mate van zonwering en energiebesparing.

Figuur 5 Energiebesparing en zonwering bij vochtschermen



Figuur 6 Energiebesparing en zonwering bij combi- of duoschermen



Combi- of duoschermen zijn te verkrijgen met een zonweringspercentage tussen de 25 en 85%. Met een combi- of duoscherm kan volgens opgave van de fabrikanten tussen de 45 en 70% energie worden bespaard. De energiebesparing over een langere periode is echter lager. Het energiebesparingseffect wordt bepaald door een groot aantal factoren waardoor een besparingspercentage moeilijk is te voorspellen. Met beweegbare schermen en een goede kierafdichting kan bij gebruik tijdens de “donkere” uren, 20 tot 25% energie worden bespaard op jaarbasis.

2.2 Schermeigenschappen

2.2.1 Energiebesparing

Energiebesparing met behulp van schermen verlaagt de stookkosten. Immers bij gebruik van een scherm worden de warmteverliezen lager, doordat met gesloten schermen zowel de warmteoverdracht via ventilatie als de warmteoverdracht via warmtetraling en convectie wordt verminderd. De materiaaleigenschappen van diverse schermen zijn bepalend voor de energiebesparing. Zo zullen de emissie- en transmissiefactor voor elektromagnetische golven in het verre infra-rood van het schermmateriaal invloed hebben op de warmteverliezen via straling. Hoe hoger deze factoren hoe groter het verlies.

Voor elk materiaal geldt dat de waarden van emissie-, transmissie- en reflectiefactor elk tussen 0 en 1 liggen en dat de som voor een gegeven golflengtegebied één is. Aluminium heeft een lage emissiefactor en de transmissiefactor is nul; transparant polyetheenfolie heeft daarentegen een grotere emissie- en transmissiefactor. Een gealuminiseerd scherm zal daardoor minder verliezen door warmtetraling dan een scherm van polyetheenfolie. Omdat water een hoge emissiefactor heeft zal een condenslaag tegen de gealuminiseerde zijde van een scherm de lage emissiefactor daarvan teniet doen.

Omdat condensatie meestal tegen de onderzijde van een scherm optreedt, worden om deze reden gealuminiseerde schermen met de aluminiumzijde naar boven geïnstalleerd. De oppervlaktestructuur van het schermmateriaal is van invloed op de warmteverliezen door convectie (zij het in geringe mate). Hoe ruwer het materiaal hoe groter het verlies.

De porositeit tenslotte is van invloed op de verliezen door ventilatie en convectie. Hoe groter de porositeit hoe groter de verliezen.

De besparingscijfers die leveranciers geven voor verschillende schermmaterialen zijn gebaseerd op deze eigenschappen bij gesloten schermen. De opgegeven besparingscijfers lopen, afhankelijk van het soort materiaal, uiteen van 20 tot 80%.

Behalve de eigenschappen van het materiaal zijn er echter nog een paar belangrijke factoren die de jaarlijkse energiebesparing in het praktisch gebruik bepalen, namelijk de periode van het jaar waarin het scherm daadwerkelijk wordt gebruikt en de tijdsduur dat het scherm geheel of gedeeltelijk is gesloten.

Als er in een periode niet of weinig gestookt wordt, zet de besparing weinig zoden aan de dijk. De belangrijkste reden om het scherm niet continue gesloten te houden is het lichtverlies gedurende de dagperiode. Veelal zal de energiebesparing niet opwegen tegen het productieverlies dat optreedt door minder licht in de kas.

Een andere reden om een scherm niet altijd gesloten te houden is gelegen in het kasklimaat onder het scherm. Onder bepaalde omstandigheden kan de luchttemperatuur en/of de luchtvochtigheid te hoog oplopen.

Door het scherm gedeeltelijk te openen (kier) neemt de afvoer van warmte en waterdamp toe, waardoor het gewenste kasklimaat weer wordt hersteld.

Het gesloten houden van een scherm hangt onder andere af van de materiaaleigenschappen en het gewenste kasklimaat. Zo zal een scherm van een materiaal dat geheel lucht- en waterdampdicht is, eerder geopend moeten worden in verband met een te hoge luchtvochtigheid dan een scherm dat bestaat uit een poreus materiaal dat waterdamp doorlaat.

In de praktijk zal op jaarbasis tussen de 5 en 25% op energie (stookkosten) bespaard kunnen worden.

2.2.1.1 Enkelvoudig niet poreus materiaal

Grofweg zal elke extra laag van niet poreus schermmateriaal tussen het gewas en het kasdek met aan beide zijden een emissiefactor gelijk aan 1, het warmtetransport via straling en convectie tussen kas en buitenlucht halveren. Naarmate de emissiefactor van het schermmateriaal lager is, zal het warmtetransport verder afnemen. Als in het theoretische geval de emissiefactor en ook de transmissiefactor gelijk aan nul zouden zijn, zou er helemaal geen warmte via straling meer worden uitgewisseld en zou het warmtetransport afnemen tot 25% van de situatie zonder scherm. In het geval dat de transmissiefactor niet gelijk is aan nul, zoals bijvoorbeeld bij polyetheenfolies, zou het warmtetransport met minder dan 50% afnemen.

Niet alleen de reductie van het warmtetransport speelt een rol bij de uiteindelijke energiebesparing in de praktijk, maar ook de teeltomstandigheden zijn van belang. De energiebesparing met een bepaald schermmateriaal is dan ook voor elke tuinder anders. Met behulp van een computersimulatie van het kasklimaat zijn vergelijkende berekeningen te maken waarbij de teeltomstandigheden op een tuindersbedrijf als uitgangspunt zijn genomen. Dergelijke berekeningen zijn in het verleden uitgevoerd voor een aantal "standaard" teeltomstandigheden en een schermregime waarbij het scherm geheel open gaat als de RV te hoog blijft. Enkelvoudige niet poreuze schermmaterialen geven besparingen op jaarbasis te zien tussen de 12 en 20%. De belangrijkste factor was hierbij de instelling van de RV: hoe lager de RV wordt ingesteld hoe lager de besparing.

2.2.1.2 Enkelvoudig "open" materiaal

Wanneer "open" materiaal wordt gebruikt voor het scherm, zal ook bij een geheel gesloten scherm luchtuitwisseling optreden tussen de ruimte onder en boven het scherm. Dat gaat ten koste van de reductie van het warmtetransport waardoor de besparing lager zal uitvallen. In de praktijk is dit vaak niet het geval en dat heeft te maken met de vochthuishouding in de kas.

Bij dit soort materialen vindt in tegenstelling tot de niet poreuze materialen transport van vocht plaats van de ruimte onder naar de ruimte boven het scherm. Dit vindt enerzijds plaats doordat de lucht het vocht meevoert door het poreuze materiaal en anderzijds doordat condens aan de onderzijde van het scherm door de poriën kruipt en aan de bovenzijde verdampt. Als gevolg hiervan loopt de luchtvochtigheid onder het scherm minder snel op dan bij de niet poreuze schermen en kan het scherm langer worden dicht gehouden. Bij de poreuze schermen zal er wat meer warmtetransport optreden maar dat wordt gecompenseerd door meer schermuren.

Evenals bij de niet poreuze schermen is het moeilijk om algemeen geldende besparingscijfers te geven. Simulatieberekeningen tonen aan dat besparingen op jaarbasis tussen de 12 en 20% liggen als het scherm geheel wordt geopend bij te hoge RV. De besparing kan nog enkele procenten oplopen indien een geavanceerd schermregime wordt gebruikt voor de vochthuishouding.



Dubbel scherm voor energiebesparing (onder) en zonwering (boven). (foto Ludvig Svensson)

2.2.1.3 Twee of meer lagen

Elke extra scherm halveert ongeveer het warmtetransport. Dat betekent dat het warmtetransport bij twee schermen tot 25% wordt gereduceerd en bij drie schermen nog maar tot 12,5%. Dat dit effect niet opgaat voor de jaarlijkse energiebesparing volgt direct uit de effecten van het schermregime op de teelt. Met een extra scherm zal de luchtvochtigheid onder het scherm sneller de gewenste maximale waarde overschrijden, waardoor de

schermen eerder geopend moeten worden en (een deel van) het effect van extra isolatie weer verloren gaat. Bovendien zullen onbedoelde kieren (lekken) in de schermen een relatief steeds belangrijker aandeel in het warmtetransport hebben zodat het aanbrengen van meer lagen een relatief kleiner effect heeft.

Simulatieberekeningen met een dubbelscherm geven voor een "standaard" teelt een extra jaarlijkse besparing van circa 9% te zien ten opzichte van een enkelvoudig scherm.

2.2.1.4 Gevelscherm

Het sluiten van schermen heeft tot gevolg dat er minder energie nodig is om de kas te verwarmen. De klimaatregelaar reageert hierop door temperatuur van de aanvoerbuizen van het verwarmingssysteem te verlagen. Als de gevelverwarming gelijk met de teeltruimte gestuurd wordt, dan komt er te weinig warmte bij de gevels om het warmteverlies naar buiten te compenseren. In de buurt van de gevels zal daardoor een temperatuurdaling optreden. Daarom is het van belang om bij de montage van schermen tegelijk gevelschermen aan te brengen, zodat er geen ongewenste temperatuurverschillen in de kas ontstaan.

De jaarlijkse energiebesparing die met gevelschermen bereikt kan worden is vergelijkbaar met die van de schermen die tussen de tralieliggers worden aangebracht rekening houdend met de verhouding van de oppervlakken. Zo zal bij een vierkante kas van 1 ha (100 m X 100 m) en een goothoogte van 4 meter het geveloppervlak onder het bovenscherm circa 15% zijn van het grondoppervlak. Als een bovenscherm 20% energie bespaart op jaarbasis, dan zal een gevelscherm circa 3% besparen.

2.2.1.5 Buitenscherm

Buitenschermen worden in Nederland (vrijwel) niet gebruikt. In de gevallen waarin ze worden toegepast zal de primaire functie zonwering zijn en niet energiebesparing. Uit onderzoek zijn geen energiebesparingscijfers voor Nederlandse omstandigheden bekend.

2.2.2 Optische eigenschappen

Onder de optische eigenschappen van schermen worden die materiaaleigenschappen verstaan die van invloed zijn op het gedrag van elektromagnetische golven die op het schermmateriaal vallen. Het gaat hier om twee factoren: zonlicht dat op het scherm valt en warmtestraling die naar het scherm wordt gestraald.

De optische eigenschappen van een materiaal bestaan uit drie factoren: de reflectiefactor, de transmissiefactor en de absorptiefactor. Deze drie factoren, weergegeven in getallen, geven respectievelijk aan welk gedeelte van de opvallende straling wordt teruggekaatst, doorgelaten en opgenomen. De waarde van de drie factoren ligt tussen 0 en 1 en varieert met de golflengte van de straling. Zo kan een materiaal (bijv. glas) voor zichtbaar licht een transmissiefactor hebben die meer is dan 0,9 (90% van het zichtbare licht wordt doorgelaten) terwijl de transmissiefactor voor warmtestraling nul is (er wordt geen warmtestraling doorgelaten). De som van de drie factoren bij één en dezelfde golflengte is altijd gelijk aan 1. Een ander getal dat veel wordt gebruikt, is de emissiefactor (emissie betekent uitstoot of uitworp). Dit getal geeft aan hoeveel straling het materiaal afgeeft vergeleken met een ideaal zwart lichaam bij dezelfde temperatuur. Voor elk materiaal geldt dat voor dezelfde golflengte de absorptiefactor gelijk is aan de emissiefactor. Bij temperaturen tussen min 10 en plus 40 °C spreekt men bij zichtbaar licht meestal over de absorptiefactor en bij warmtestraling over de emissiefactor.

Bij het schaduw scherm is vooral de transmissiefactor in het golflengte gebied van zichtbaar

licht van 400 tot 700 nanometer (=1 miljardste meter) van belang. Bij voorkeur is de absorptiefactor in dat geval zo laag mogelijk, omdat alle geabsorbeerde straling in warmte wordt omgezet die via ventilatie weer uit de kas moet verdwijnen. In tabel 1 zijn de transmissiefactoren voor zichtbaar licht van enkele materialen gegeven.

Voor een verduisteringsscherm moet de transmissiefactor voor zichtbaar licht kleiner dan 0.001 zijn. Voor een energiescherm zijn de optische eigenschappen in het golflengtegebied van het zichtbare licht niet in eerste instantie van belang. Als een energiescherm gedurende de dagperiode moet worden gebruikt, dan is het gewenst dat de transmissiefactor voor zichtbaar licht zo hoog mogelijk is. In dat geval kan geen gealuminiseerd materiaal worden gebruikt, omdat daarvan de transmissie nul is. Hoe de gecombineerde eigenschap van zonwering en energiebesparing voor verschillende schermmaterialen uitvalt, is in de volgende paragraaf weergegeven. Voor de energieschermen spelen de optische eigenschappen in het golflengtegebied van het ver infrarood (warmtestraling > 3000 nanometer) een rol. Om de warmtestraling zo veel mogelijk te blokkeren is het nodig dat de transmissiefactor nul of dicht bij nul is. Vervolgens zal naarmate de reflectiefactor hoger is het warmtetransport via straling lager zijn. Bij een gegeven transmissiefactor neemt de emissiefactor af bij toenemende reflectiefactor. In tabel 2 zijn de optische eigenschappen voor het golflengtegebied van warmtestraling van enkele materialen gegeven.

Tabel 1 Transmissiefactoren voor zichtbaar licht van enkele materialen

Materiaal	Transmissiefactor
Transparant polyetheen (PE) folie	0.92 tot 0.93
Polyetheen met UV stabilisator	0.89 tot 0.92
EVA	0.91 tot 0.94
Transparant polyester folie	0.89 tot 0.90
Tedlar PVF	0.93 tot 0.94
Transparant pvc folie	0.87 tot 0.91

Tabel 2 Emissie- en transmissiefactoren voor warmtestraling

Materiaal	Emissiefactor	Transmissiefactor
Gebreid polyester wit (140g/m ²)	0.63	0.22
Gebreid polyester wit (150g/m ²)	0.74	0.11
Gebreid polyester zwart	0.75	0.05
Polyester weefsel wit	0.78	0.12
Polyester weefsel ge-aluminiseerd	0.26 tot 0.84	0.03
Transparant polyetheen (PE) folie	0.1	0.8
Transparant polyester folie	0.6	0.39
Zwart folie	0.8	0
Gealuminiseerd transparant PE folie alu-zijde	0.2	0
Gealuminiseerd transparant PE folie PE-zijde	0.53 tot 0.63	0
Gealuminiseerd transparant pol. folie alu-zijde	0.27	0
Idem polyesterzijde	0.56 tot 0.67	0



Scherf voor zonwering en energiebesparing (foto Ludvig Svensson)

2.2.2.1 Energiebesparing en zonwering

De eisen voor de optische eigenschappen voor zonweringsschermen en energieschermen vallen niet altijd samen. Toch is het van belang te weten wat energieschermen presteren op het gebied van zonwering en omgekeerd.

Bonar Phormium en Ludvig Svensson beheersen het grootste deel van de Nederlandse markt voor schermen. De energiebesparing en de zonwering van de schermen van deze twee fabrikanten zijn in de grafieken van paragraaf 1 van dit hoofdstuk opgenomen.

De vermelde eigenschappen zijn echter ontleend aan informatie die door de fabrikanten is verstrekt. In de praktijk valt de jaarlijkse energiebesparing lager uit dan in de grafieken is weergegeven. Zie hiervoor ook de tekst onder 2.2.1 'energiebesparing'.

2.2.3 Luchtdoorlatendheid

Bij het warmtetransport door luchtuitwisseling hebben we te maken met luchttransport door het schermmateriaal zelf en met luchttransport door kieren (openingen) in het scherm. Deze luchtuitwisseling wordt veroorzaakt door temperatuur- en drukverschillen.

Een temperatuurverschil tussen de lucht onder en boven het scherm veroorzaakt een verschil in dichtheid - de warme lucht is per volume-eenheid lichter - waardoor er een stroming ontstaat. De warme lucht stroomt door het scherm omhoog en de koude lucht door het scherm omlaag. De grootte van deze stroming is afhankelijk van het verschil in

temperatuur en van de “stromingsweerstand” van het schermmateriaal. Deze stromingsweerstand hangt af van de eigenschappen van het schermmateriaal en van de grootte van de kieren.

Ook een drukverschil tussen de lucht onder en boven het scherm kan een stroming veroorzaken. Dit drukverschil kan ontstaan door drukverschillen die de wind veroorzaakt bij geopende luchtramen. Hoe hoger het drukverschil, hoe groter de stroming.

De eigenschappen die van invloed zijn op de stromingsweerstand van een schermmateriaal zijn de permeabiliteit (doordringbaarheid) en de porositeit (poreusheid).

De permeabiliteit van een materiaal wordt uitgedrukt in m^2 en is een coëfficiënt die het verband geeft tussen drukverschil en stroomsnelheid bij zeer kleine drukverschillen (de wet van Darcy). De porositeit is de verhouding tussen het open oppervlak en het totale oppervlak van het schermmateriaal. In tabel 3 zijn de permeabiliteit en porositeit van tien schermmaterialen gegeven.

Uit metingen van schermmaterialen bestaande uit bandjes is gebleken dat vouwen van grote invloed is op de permeabiliteit. In tabel 4 zijn de waarden van de permeabiliteit en de porositeit gegeven van enkele materialen die 10 maal gevouwen zijn geweest.

De permeabiliteit van de “bandjes-schermen” is hierdoor 1,9 tot 3,5 maal zo groot geworden. Bij vaker dan 10 maal vouwen neemt de permeabiliteit niet meer toe. In de praktijk zal dus na 10 keer vouwen geen toename van de permeabiliteit meer optreden.

2.2.4 Vochtdoorlatendheid

Bij vochtuitwisseling tussen de ruimten onder en boven het scherm spelen drie processen een rol. Dat zijn vochttransport door diffusie, meevoering van waterdamp met luchtstroming en tenslotte condensatie en verdamping. Diffusie is het verplaatsen van waterdamp onder

Tabel 3 Permeabiliteit en porositeit van tien schermmaterialen

Materiaal	Permeabiliteit [m^2]	Porositeit
ECONET F	$6.51 \cdot 10^{-9}$	0.33
ECONET SF	$1.91 \cdot 10^{-9}$	0.28
ECONET T	$1.39 \cdot 10^{-9}$	0.25
EH/P	$9.08 \cdot 10^{-11}$	0.09
PH 20	$2.48 \cdot 10^{-11}$	0.04
PHORMILUX	$2.01 \cdot 10^{-11}$	0.04
LS 10 PLUS	$6.87 \cdot 10^{-11}$	0.09
LS 10 ULTRA	$3.81 \cdot 10^{-11}$	0.05
SLS 10	$4.49 \cdot 10^{-11}$	0.06
SLS 10 ULTRA	$2.48 \cdot 10^{-11}$	0.04

Tabel 4 De permeabiliteit en porositeit na 10 maal vouwen

Materiaal	Permeabiliteit [m^2]	Porositeit
Econet F (insectengaas)	$6.50 \cdot 10^{-9}$	0.33
PH 20 (bandjes)	$8.63 \cdot 10^{-11}$	0.10
Phormilux EH/P (bandjes)	$4.22 \cdot 10^{-11}$	0.09
LS 10 ultra (bandjes)	$7.22 \cdot 10^{-11}$	0.08



Voorbeeld scherm pakket van een schuifscherm (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

invloed van een verschil in waterdampdruk in de lucht onder en boven het scherm. De waterdampdruk is afhankelijk van de hoeveelheid waterdamp die zich in de lucht bevindt en is maximaal bij verzadigde lucht (100% RV).

Condensatie treedt op zodra de schermtemperatuur onder het dauwpunt van de omringende kaslucht komt.

Indien er geen condensatie optreedt, wordt de waterdamp meegevoerd met de luchtuitwisseling en kan de hoeveelheid vocht die door het scherm heen gaat worden bepaald door rekening te houden met de hoeveelheid waterdamp in de uitgewisselde lucht. De hoeveelheid damp die onder die omstandigheden door diffusie wordt uitgewisseld is ten opzichte van de door de lucht meegevoerde waterdamp verwaarloosbaar klein.

Indien het schermmateriaal luchtdicht is (zoals bij folieschermen) treedt er, nog steeds afgezien van mogelijke condensatie, alleen diffusie op en wordt het waterdamptransport bepaald door het verschil in waterdampdruk over het scherm en de dampdoorlatendheid (diffusiecoëfficiënt). De dampdoorlatendheid is een materiaaleigenschap die gemeten kan worden of waarover de fabrikant gegevens kan leveren.

De dampdoorlatendheid van schermmaterialen varieert niet met het temperatuurniveau. Voor LS 15 wordt een waarde van $9.5 \cdot 10^{-9} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ gegeven. Onder normale kasomstandigheden betekent dat een transport van 15 tot 35 gram water per vierkante meter per uur.

Indien er wel condensatie optreedt, wordt de dampstroom naar het scherm bepaald door het verschil tussen de waterdampdruk van de aan het scherm grenzende lucht en de

verzadigde dampdruk bij de schermtemperatuur. Dit is hetzelfde proces als bij condensatie van waterdamp aan het kasdek.

De mate waarin de gecondenseerde waterdamp aan de andere zijde van het scherm weer verdampt, wordt bepaald door het transport van water door het schermmateriaal zelf. Omdat van de meeste in de praktijk gebruikte schermen (die niet uit dichte folie bestaan) bekend is dat condensatie tegen het scherm niet tot druppelen leidt, tenzij het scherm wordt bewogen, volgt daaruit dat alle aan de onderzijde gecondenseerde waterdamp aan de bovenzijde weer verdampt. In dat geval kan het waterdamptransport eenvoudig worden berekend met de formules voor condensatie en verdamping.

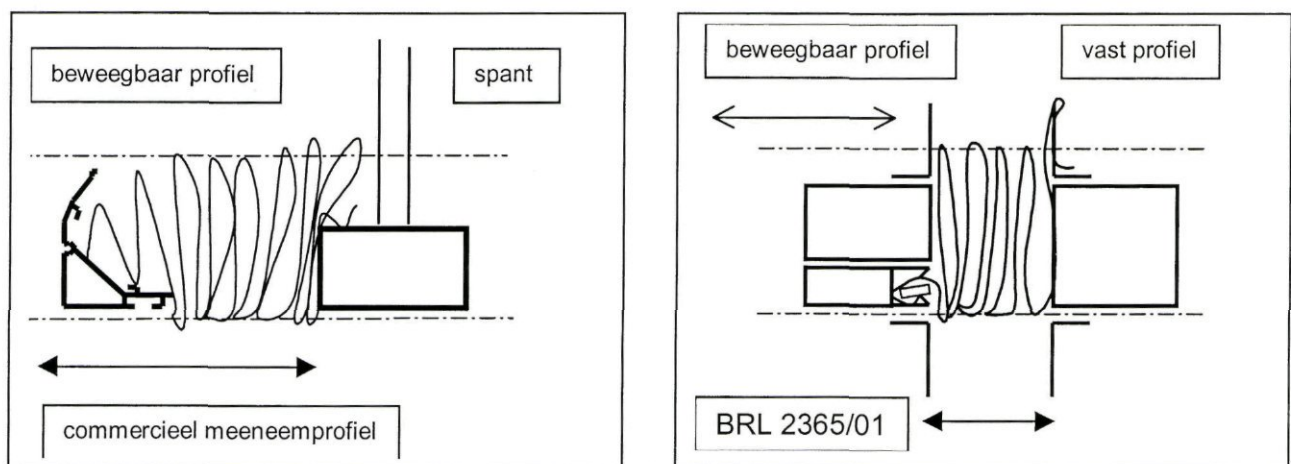
2.2.5 Opvouwbaarheid

2.2.5.1 Schuifscherm

De opvouwbaarheid van schermmaterialen bij schuifschermen heeft grote invloed op de pakketomvang. Doordat het schermmateriaal willekeurig wordt samengedrukt, is de pakketomvang vooraf niet goed voorspelbaar. Dit in tegenstelling tot rolschermen en opvouwbare schermen.

De ontwikkeling van energieschermen had tot gevolg dat goed opvouwbare materialen beschikbaar kwamen. Een goed voorbeeld van een dergelijk materiaal uit de beginperiode van het energiescherm was het gealuminiseerde Tyvek[®], een materiaal dat wat opvouwbaarheid betreft, nog steeds tot de soepelste materialen behoort. Hoewel de pakketomvang tevens wordt bepaald door de technische uitvoering van het schermstelsel en de aandrukkracht op het schermstelsel, is de opvouwbaarheid als specifieke materiaaleigenschap zeer belangrijk. De aandrukkracht voor een schermstelsel is beperkt tot wat de aandrijving en de kasconstructie kunnen verdragen.

Figuren 7 en 8 Metingen met praktijkonderdelen en volgens de Nationale Beoordelingsrichtlijn



Concrete uitspraken over de pakketomvang moeten gebaseerd zijn op metingen die uitgevoerd zijn in een kas of in een meetopstelling met praktijkonderdelen (schermprofiel/kasspant) of ze worden vastgesteld met de testmethode volgens de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL nr. 2365/01 (zie figuren 7 en 8). Metingen met praktijkonderdelen geven informatie over het te verwachten lichtverlies in een praktijksituatie. Met de methode conform BRL nr. 2365/01 zijn verschillende doeken steeds op exact dezelfde wijze objectief te



Rolscherminstallatie voor kasdek en gevel (foto Ludvig Svensson)

meten en te vergelijken. Hierbij wordt een maximale aandrukkracht van 60 N op het scherm pakket uitgeoefend. De lengte van het scherm bedraagt 4 meter tussen de ahangdraden.

2.2.5.2 Rolscherm

Opvouwbaarheid heeft bij rolschermen een andere betekenis dan bij schuifschermen, omdat bij rolschermen het materiaal niet gevouwen wordt. Over het algemeen zijn materialen voor rolschermen stugger dan die voor schuifschermen en tevens weinig rekbaar. Een belangrijke eigenschap is ook dat het scherm aan de randen niet omkrult. Voldoet een materiaal niet aan de gestelde eisen, dan zullen gedurende de levensduur van het scherm verschillende hinderlijke effecten kunnen optreden zoals uitrekken bij de aandrijving, versmallen van het doek door insnoering, omkrullen of ongelijkmatig oprollen door plooivorming. In de loop van de jaren zijn door de bekende fabrikanten schermmaterialen ontwikkeld voor rolschermen die in de praktijk voldoen.

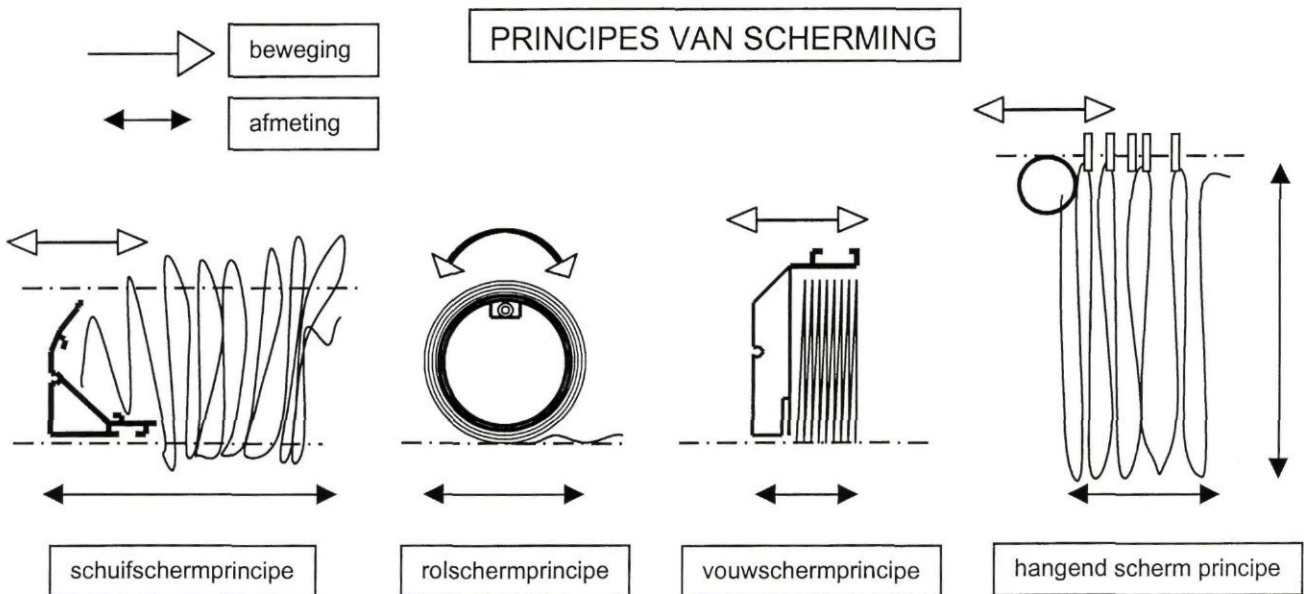
2.2.5.3 Vouwscherm

Bij vouwschermen is sprake van schermmateriaal dat als een harmonica wordt samengedrukt en zich langs vouwlijnen opvouwt in plaats van willekeurig samen gedrukt te worden. Vouwschermen worden in horizontale vorm alleen maar in uitzonderingsgevallen toegepast. Als gevelscherm is het vouwscherm veel meer bekend. Vouwschermen zijn de enige schermen waarbij het materiaal zonder tussenruimtes compact opgevouwen kan worden. In principe zouden met een dergelijk type scherm dan ook zeer kleine scherm pakketten kunnen worden gerealiseerd.

De combinatie van mechanische eigenschappen met de overige eisen is voor dit schermtype echter lastig, zowel voor wat betreft de technische mogelijkheden als uit oogpunt van kosten.

Bij de toepassing als gevelscherm is genoemde combinatie iets eenvoudiger, i.v.m. de geringere breedte, het ontbreken van eisen voor vochtdoorlatendheid en/of condenswater

Figuur 9 Verschillende vormen van schermen



en het prijsniveau van andere gevelschermssystemen. Vouwschermen zijn als bovenscherm en als gevelscherm niet meer in de handel. Het principe vinden we heden ten dage weer terug bij insectenwering.

2.2.5.4 Hangend scherm

Hangende schermen kunnen als een vorm van vouwschermen worden beschouwd. Schermmaterialen voor hangende schermen lijken veel op doeken voor schuifschermen, maar soms wordt een stevigere uitvoering of een scherm met versterkingsstroken toegepast om uitscheuren bij de ophangpunten te voorkomen.

De pakketomvang wordt slechts ten dele bepaald door de soepelheid van het materiaal zelf. Van grote invloed zijn ook de diktes van de ophanghaken en het aantal haken achter elkaar. De pakketomvang is ten opzichte van schuifschermen in een zelfde situatie groter. Het uiteindelijke lichtverlies hangt echter niet alleen af van de pakketomvang, maar ook van de pakketvorm: verticale vlakken veroorzaken door lichtreflectie minder hinder dan de hoogte zou vermoeden.

Systemen met hangend scherm komen in landen als Duitsland en Denemarken relatief vaker voor. Een goed geïnstalleerd systeem slijt minder en gaat langer mee (meer dan 10 jaar). Bij buitenschermen wordt het type hangend scherm in verschillende uitvoeringsvormen toegepast omdat het voordelen heeft bij specifieke buitenomstandigheden.

Het mooist vouwt een hangend scherm op indien het schermmateriaal op de vouwlijnen goed vlak getrokken ligt en indien het op de vouwlijnen is voorzien van soepele stroken. Om dit te bereiken moeten in de vouwen draden of banden zijn verwerkt. De uiteinden van de versterkingsdraden moeten dan langs een draad of rail worden geleid.

Bij sommige typen schermdoek is de versterkingsdraad geschikt voor grotere overspanningen. In dat geval kan het aantal steundraden boven het scherm drastisch worden beperkt: Steundraad-afstanden van 3,2 tot 4,8 m zijn dan zonder meer mogelijk maar in principe vormen ook grotere overspanningen geen probleem wanneer versterkingsdraden van voldoende sterkte zijn toegepast. Voor deze toepassingen zijn geschikte rails en rollen in de handel.

2.2.6 Verouderingsbestendigheid /slijtvastheid

2.2.6.1 Veroudering

De meeste kunststoffen zijn gevoelig voor veroudering: het achteruitgaan van de sterkte en verbrossing en/of verkleuring van het materiaal vooral onder invloed van UV-stralen en door het kasklimaat. Om toch gebruik te kunnen maken van de nuttige eigenschappen van een kunststof worden stoffen toegevoegd die de veroudering aanzienlijk kunnen vertragen. Een manier van testen van de veroudering is het plaatsen van monsters in de open lucht, zodanig dat de zonnestraling zoveel mogelijk loodrecht op het materiaal gericht is.

Dergelijke proeven zijn op zich eenvoudig, maar nemen soms enkele jaren in beslag. Ook onder Nederlandse omstandigheden is op deze wijze inzicht te krijgen in het verouderingsproces van schermmaterialen: verouderingsgevoelige materialen zullen bij een buitenopstelling in Nederland reeds binnen een jaar duidelijke verschijnselen van veroudering tonen.

De verouderingssnelheid is onder glas weliswaar iets lager, maar proefresultaten van buitenopstellingen geven over het algemeen een goede indicatie voor het te verwachten proces onder glas. Fabrikanten laten dergelijke proeven soms uitvoeren in gebieden dichter bij de evenaar, daar waar een hoge instraling aanwezig is en weinig bewolkte dagen zijn. Metingen onder laboratoriumomstandigheden kunnen bijvoorbeeld worden uitgevoerd zoals beschreven is in de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL nr. 2365/01. Materialen ondergaan in deze opstelling een versnelde verweringsproef. In dit geval neemt een volledige test 1500 uren in beslag.

In het algemeen geven fabrikanten van schermmaterialen een schriftelijke garantie voor verouderingsbestendigheid. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in locatie en onder welk soort kasbedekking het schermmateriaal gebruikt gaat worden. Sommige kunststof kasbedekkingen laten meer ultraviolette straling door dan andere soorten kunststof of glas, waardoor het verouderingsproces in de praktijk sneller verloopt.

2.2.6.2 Slijtvastheid

Onder slijtage verstaan we slijtage en/of vervorming van het schermmateriaal bij de steundraden. Metingen onder laboratoriumomstandigheden kunnen bijvoorbeeld worden uitgevoerd in een meetopstelling zoals beschreven is in de Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL nr. 2365/01. De meetopstelling is gelijk aan die van de metingen van de pakketomvang. Het testen op gevoeligheid voor vervorming is vooral belangrijk geweest voor schermmaterialen waarvan de bandjes relatief gemakkelijk vervormden waardoor over het gehele oppervlak kleine kieren ontstonden. De huidige materialen zijn hiervoor minder gevoelig.

De slijtagegevoeligheid van schermdoeken verschilt per type. Uit onderzoek overeenkomstig de BRL nr. 2365/01 is gebleken dat onder normale omstandigheden (geen draadbeschadigingen e.d.) geen of slechts zeer geringe openingen of scheuren ontstaan bij de gangbare typen schermdoek. Uit proeven is echter wel gebleken dat een geringe beschadiging of verruwing van de steundraden snel tot beschadiging van schermdoeken kan leiden. Ook het ontbreken van draadgeleiders leidt soms tot plaatselijke beschadigingen. Incidenteel wordt schade aan het doek veroorzaakt doordat het doek bijvoorbeeld opwaait tegen delen van het luchttingsmechaniek, een situatie die kan ontstaan door te weinig ruimte voor het scherm, verkeerde plaatsing of ontbreken van opwaaidraden waardoor het doek zich gemakkelijk aan scherpe randen(bramen) kan vasthaken. Voor de praktijk betekent dit dat (nieuw) schermdoek pas op draden gelegd moet worden nadat gecontroleerd is of de

draden nog goed zijn en het doek vrij blijft van onderdelen die schade zouden kunnen veroorzaken!

Schermdoeken verschillen in gevoeligheid voor vasthaken aan scherpe uitsteeksels. Dit kan op eenvoudige wijze worden vastgesteld met praktische proeven waarmee bijvoorbeeld doeken met dezelfde klimaateigenschappen worden vergeleken op "haakgevoeligheid". Een voorbeeld van een hulpmiddel hierbij is een stuk staalkabel type 7x7, Ø 2 mm met een lengte van 200 mm, waarvan de strengen over een lengte van 30 mm uit elkaar gedraaid worden. Door nu de afzonderlijke garens haaks om te buigen ontstaat een soort hark die met geringe druk over het oppervlak van het te onderzoeken doek kan worden getrokken. Algemeen kan worden gesteld dat de huidige schermdoeken, bedoeld voor gebruik in kassen, technisch gezien vrij kwetsbaar zijn, maar dat ze goed voldoen op een scherminstallatie van goede kwaliteit in een kas met voldoende ruimte voor het scherm.

2.2.7 Brandbaarheid

Schermmaterialen kunnen een zeer grote rol spelen bij het verspreiden van vuur. Niet alleen het materiaal zelf, maar ook stof op het materiaal kan een bijdrage leveren aan de verspreiding van brand. Alle toegepaste schermmaterialen in de glastuinbouw zijn brandbaar. Schermmaterialen met verminderde brandbaarheid zijn echter ook in de handel verkrijgbaar. Deze materialen worden gebruikt voor bijzondere toepassingen, zoals in tuincentra, of in andere situaties waar de persoonlijke veiligheid een grotere rol speelt. Vaak betreft het materialen die zijn vervaardigd uit garens met blijvende brandvertragende eigenschappen, maar ook zijn er doeken die behandeld worden met een stof die brandvertragende eigenschappen heeft. In beide gevallen moet de leverancier kunnen aangeven of de brandvertragende eigenschappen blijvend zijn, of dat onder invloed van bijvoorbeeld licht, vocht of water de brandvertragende eigenschappen minder worden. In het laatste geval moet de leverancier aangeven op welke wijze dit geconstateerd kan worden en wanneer het doek een nabehandeling moet ondergaan of vervangen moet worden. Glasvezelschermen zijn onbrandbaar, maar zijn zonder coating niet slijtvast. Voor permanente schermen zou een dergelijk scherm echter een mogelijkheid zijn. In de huidige situatie worden brandvertragende schermdoeken vrijwel uitsluitend toegepast waar dit vereist is volgens ter plaatse geldende voorschriften (overheid en/of verzekeringsmaatschappij).

Binnen een bedrijf zijn de risico's voor veiligheid en gezondheid niet overal gelijk. Op plaatsen waar de persoonlijke veiligheid meer in het geding is of waar zeer grote aaneengesloten oppervlakken gelijktijdig gesloten zijn, is het uit oogpunt van veiligheid belangrijk dat voor een brandvertragend materiaal wordt gekozen. Bijvoorbeeld in een bedrijfsruimte, kantine of kasafdeling waar regelmatig meerdere mensen aanwezig zijn. Ook scherminstallaties met grote oppervlakten schermdoek komen hiervoor in aanmerking. Een andere mogelijkheid om risico van brand te verkleinen, is een scheiding aanbrengen tussen twee scherminstallaties of door enkele banen brandvertragend doek aan te brengen. Andere maatregelen zijn het geven van instructies aan het eigen personeel over brandpreventie en hoe te handelen in geval van brand. Een scherminstallatie moet met de hand geopend kunnen worden door middel van een goed bereikbare bediening. Normen betreffende brandvertraging en brandpreventie zijn voor Nederland onder andere vastgelegd in:

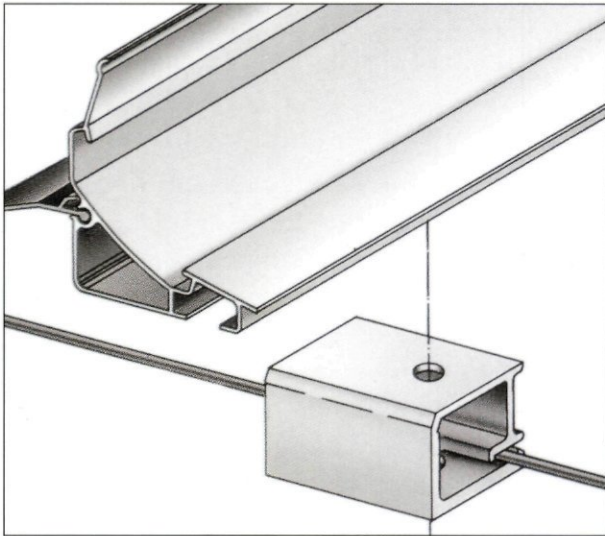
NEN 6065 Bepaling van de bijdrage tot de brandvoortplanting van een bouw materiaal (combinatie).

NEN 6066 Bepaling van de rookproductie van bouw materiaal(combinaties) van onderdelen van een gebouw.

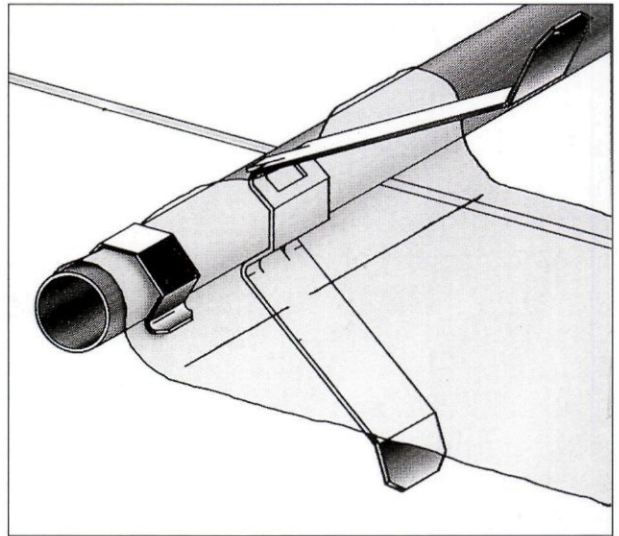
Informatie over brandpreventie is te vinden in diverse bladen van de Arbeidsinspectie o.a. over opslag van diverse stoffen in emballage.

Een brochure als "Verzekerd van een Brandveilig Bedrijf" van Hagelunie te Leidschendam, geeft een goed leesbaar overzicht van het onderwerp.

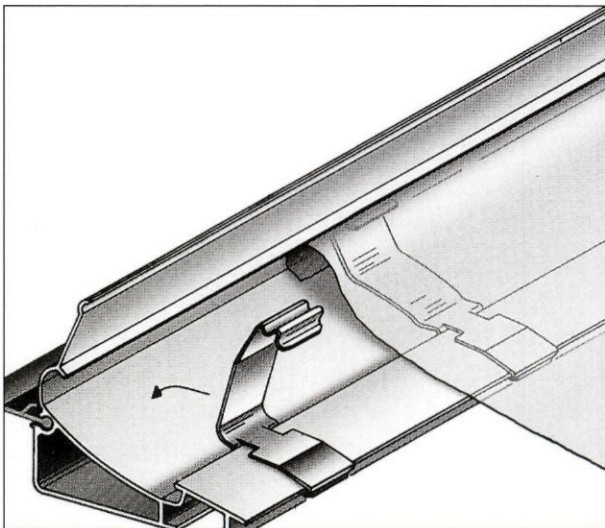
2.3 Bevestiging van schermen



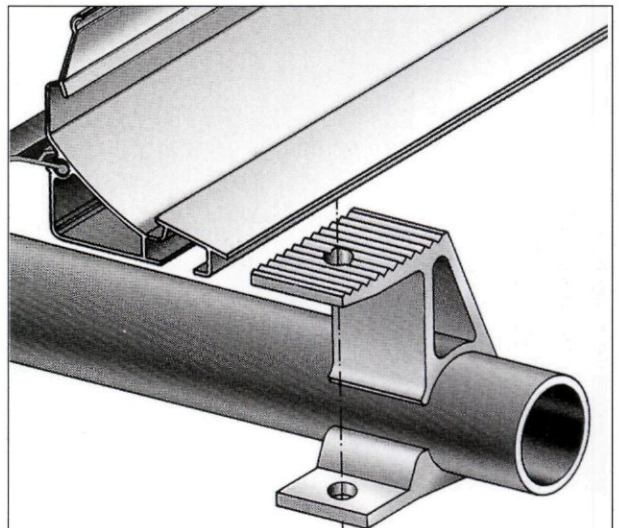
Schermprofiel bevestigd op een trekdraad d.m.v. loopdraadklem (tekening van der Valk)



Roestvrij stalen doekkleem met doekvanger (tekening van der Valk)



Aluminium scherpriofiel met roestvrijstalen clip voor vastzetten schermdoek (tekening van der Valk)



Schermprofiel bevestigd op een trek-duw buis d.m.v. een tafelklem (tekening van der Valk)

Normaal wordt het scherm "semi-permanent" bevestigd, d.w.z. de bevestiging vindt plaats tijdens de montage van het schermdoek en pas bij vervanging wordt de bevestiging verwijderd. Bevestiging van een schuifscherm vindt plaats met behulp van nietjes (folie), kunststof of roestvrijstalen (RVS) knijpers of met RVS bevestigingsveren of clips.

Bij rolschermen zijn de lange zijden van elke baan schermdoek meestal voorzien van een ingenaaid koord aan één zijde en een kabel aan de andere zijde i.v.m. de ligging (toegankelijkheid) en de eigenschappen van deze schermen. Voor het goed functioneren van rolschermen is het belangrijk dat het schermmateriaal over de gehele lengte in een rechte lijn is vast gemaakt om plooivorming te voorkomen.

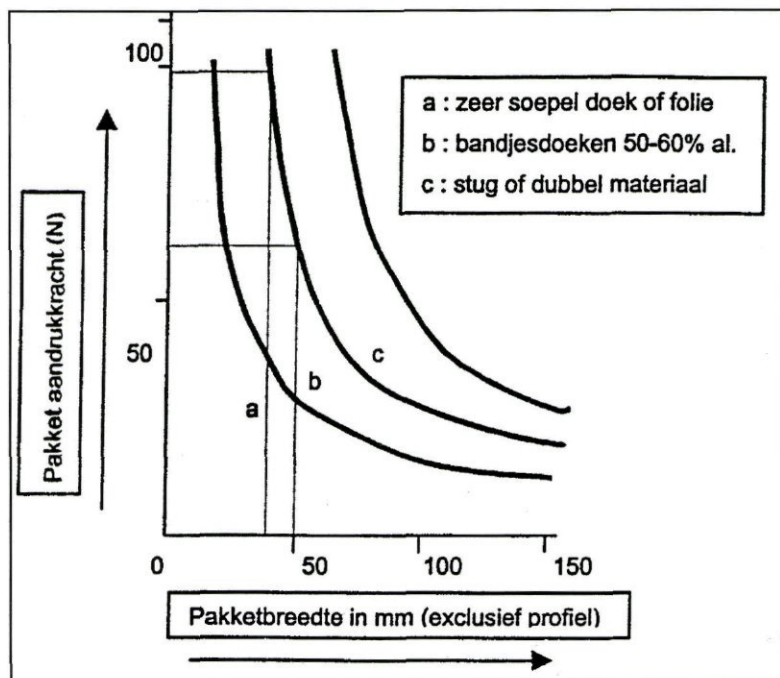
Bij hangende schermen wordt soms gebruik gemaakt van een zoom aan één lange zijde van het scherm waar doorheen een ronde meeneembuis wordt geschoven zodat het scherm op die plaats zonder verdere hulpmiddelen bevestigd is. In het verleden is wel gesuggereerd dat in sommige situaties een uitwisseling van schermdoeken op eenvoudige wijze zou moeten kunnen plaatsvinden. Om de tijd die daar normaal mee gemoeid is zoveel mogelijk te beperken zou het schermmateriaal van een schuifscherm in dat geval op een zelfde wijze als bij rolschermen bevestigd kunnen zijn, waarbij aan twee zijden een koord ingenaaid is. Praktische bezwaren tegen uitwisseling zijn de hogere kosten van het scherm, de noodzaak om zowel aan de kas als aan het meeneemprofiel doorlopende groeven te hebben voor het geleiden van het schermmateriaal, mogelijke beschadiging van het doek en de noodzakelijke bergruimte ten behoeve van het doek.

De huidige schermmaterialen zijn in de praktijk voldoende geschikt voor de gebruikelijke bevestigingsmiddelen. Soms treden beschadigingen op, maar deze leiden normaal niet tot ontoelaatbare scheuren of gaten.

Het is van belang de bevestiging van het scherm aan het meeneemprofiel en aan de kas (spant of draad) te controleren of deze op de juiste wijze is uitgevoerd zodat geen kieren zijn ontstaan.

Figuur 10 geeft globaal het verloop aan van de pakket-aandrukkraft bij aandrukken van het scherm pakket voor verschillende typen schermmateriaal.

Figuur 10 Verloop van de aandrukkraft bij aandrukken van het scherm pakket



De grafiek is gebaseerd op diverse pakketmetingen met de slijtage/pakketproef installatie conform de BRL 2365/01.

2.4 Afsluiting/aansluiting

Het isolerend effect, de vochtdoorlatendheid en de luchtdoorlatendheid zijn basiseigenschappen van het schermmateriaal. De enige invloed die na het aanbrengen van het doek nog kan worden uitgeoefend is de regulering van de opening van het scherm. Daarom is een goede afsluiting van de scherminstallatie belangrijk voor energie- en klimaatschermen. Pas bij een goed afsluitende installatie zal het isolerend effect en de beheersing van het vochtgehalte optimaal kunnen zijn. Een slecht sluitende installatie heeft ook een negatief effect op de temperatuurverdeling onder het scherm! Zie ook paragraaf 2.2.4 'Vochtdoorlatendheid' en 3.2 'Afdichtingen'

2.5 Aandrijving

De zwakste schakel in het aandrijfmechanisme van een scherminstallatie bepaalt de kracht van de aandrijving. De maximale aandrukkracht van een scherm wordt bepaald door de zwakste component. Deze componenten zijn: de maximale aandrukkracht voor het schermpakket, vervolgens een maximale belasting op de trekdraad of trekduw-stang, de maximale belasting op de tandheugel en tenslotte de capaciteit van de motorreductor. In theorie zou bij een schermdoek met grotere pakketomvang een grotere aandrukkracht gekozen kunnen worden. Dit heeft echter grote consequenties. Bij alle schermmaterialen neemt de aandrukkracht tijdens pakketvorming eerst geleidelijk, maar daarna zeer snel toe. Een grotere aandrukkracht levert dan relatief een weinig kleiner pakket op, terwijl de belasting op alle aandrijvingscomponenten en op de constructie van de kas progressief oploopt en al snel tot overbelasting en/of versnelde slijtage zal leiden. Om dit te voorkomen gaat men uit van een op ervaring gebaseerde aandrijvingscapaciteit, waarbij de pakketgrootte per type schermdoek zal verschillen (zie figuur 10).

2.6 Lijst fabrikanten/leveranciers van schermmaterialen

Leveranciers standaard kasschermen:

LUDVIG SVENSSON B.V. , Hellevoetsluis, Nederland	(Fabrikant / Leverancier)
BONAR PHORMIUM FABRICS N.V., ZELE, België	(Fabrikant)
HECOTHERM NEDERLAND B.V., Schiedam, Nederland	(Leverancier)
TGU, Greven, Duitsland	(Fabrikant / Leverancier)
POLYSACK PLASTIC INDUSTRIES, Nir-Yitzhak, Israël	(Fabrikant)
REIMANN, Emsdetten, Duitsland	(Fabrikant)

Leveranciers kasschermen met verminderde brandbaarheid:

LUDVIG SVENSSON B.V. , Hellevoetsluis, Nederland	(Fabrikant)
HECOTHERM NEDERLAND B.V., Schiedam, Nederland	(Leverancier)

2.7 Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL nr. 2365/01

De BRL nr. 2365/01 is in 1994 tot stand gekomen om als basis te dienen voor een keurmerk voor schermmaterialen.

Het doel van dit keurmerk was om de teler (dus de eindgebruiker) de mogelijkheid te bieden schermmaterialen te kiezen of te vergelijken met behulp van objectieve, dus vergelijkbare gegevens.

De volledige titel van deze beoordelingsrichtlijn luidt:

“NATIONALE BEOORDELINGSRICHTLIJN voor het KOMO ATTEST-MET-PRODUKTCERTIFICAAT voor SCHERMMATERIALEN IN TUINBOUWKASSEN”, BRL nr. 2365/01 d.d. 1994-01-19.

Ter toelichting een klein gedeelte uit de indeling van deze BRL:

“In tuinbouwkassen worden schermen toegepast met enkelvoudige of gecombineerde gebruiksfuncties, te weten:

- energie besparen;
- verduisteren;
- zonweren;
- beperken van lichthinder (verticale verduisteringsschermen bij assimilatieverlichting).

Met het oog op deze gebruiksfuncties zijn de volgende eigenschappen van het schermmateriaal primair van belang:

- de warmtedoorgangscoefficiënt;
- de lichtdoorlatendheid en lichtreflectie;
- de pakketomvang;
- de slijtage;
- de veroudering;
- de maatvastheid.

Voor het meten van deze eigenschappen zijn standaard meetmethoden ontwikkeld.

De metingen zijn gekoppeld aan de ervaringen uit de praktijk. Vervolgens is op grond daarvan een niveau-indeling van de eigenschappen gemaakt. De beoordeling is beperkt tot die schermmaterialen, die in horizontale schuifschermen worden gebruikt”.

Het aantal schermdoeken waarvoor daadwerkelijk een attest-met-productcertificaat is verkregen, is tot stand gekomen in de beginperiode van het keurmerk en is beperkt tot een zeer klein aantal. Een actuele toepassing van de BRL is de meetmethode voor de warmtedoorgangscoefficiënt, die wordt gebruikt om vast te stellen of een schermmateriaal voldoet aan de eisen voor “Energieschermen in de Glastuinbouw”, ten behoeve van de Energie-Investerings-Aftrek regeling. Hierbij geldt als maximum waarde voor de warmtedoorgangscoefficiënt: $k_2 = 8,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. De regeling geldt niet voor verduisteringsdoeken en voor (AC)folie.

2.7.1 Testmethodes

In de BRL worden de gestandaardiseerde testmethodes toegelicht en technisch omschreven. De omschrijvingen zijn verduidelijkt met illustraties. Het voordeel van het vastleggen van standaard testmethodes is de vergelijkbaarheid van meetgegevens.

Ook indien een meetmethode niet geheel zou aansluiten bij de praktijk kunnen producten onderling goed vergeleken worden ten aanzien van de onderzochte eigenschappen.

Meetgegevens kunnen voor het in te schatten effect bij gebruik in een kas een goede basis zijn, mits ze op de juiste wijze worden geïnterpreteerd.

Een voorbeeld hiervan is de lichtmeetmethode waarvoor de meetopstelling van DLO-IMAG als referentie dient en waarmee relatief grote doekmonsters gemeten kunnen worden. Met de gemeten waarden kunnen de te verwachten lichtniveaus in een kas in Nederlandse of vergelijkbare omstandigheden goed worden ingeschat en leiden tot een bruikbare indicatie. Voor alle bovenvermelde 6 eigenschappen zijn in de BRL testmethodes vastgelegd.

3 Keuze en installeren van schermen

3.1 Afdichtingen

Voor alle schermen, met uitzondering van schermen met een open structuur, is een goede afsluiting essentieel. In de meeste gevallen zal een scherm óf de functie “verduisteren”, óf de functie “energie besparen” óf de functie “vocht reguleren” hebben. Het is moeilijk om aan te geven of en hoe groot de minimale doorlatendheid van een schermdoek zou moeten zijn. De doorlatendheid van een schermdoek is een vast gegeven dat niet gewijzigd kan worden maar de afvoer van vocht kan zonodig met de installatie bijgestuurd worden.



Kierstand van een scherm (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

3.1.1 Afdichtingen schuifschermen

3.1.1.1 Doek aan meeneemprofiel

De afdichting van schermdoeken op profielen en meeneembuizen is in de praktijk in het algemeen voldoende. Wanneer het aantal bevestigingsmiddelen krap is gekozen en er enige spanning op het schermdoek staat bij een gesloten scherm, kunnen tussen het meeneemprofiel en het doek kieren ontstaan, mede afhankelijk van de overmaat aan doek die gebruikt is bij de bevestiging.

Controle tijdens de installatie (steekproef) is daarom aan te bevelen. Zie ook 2.3 ‘Bevestiging’.

3.1.1.2 Meeneemprofiel naar kas of afdichtingsstrook

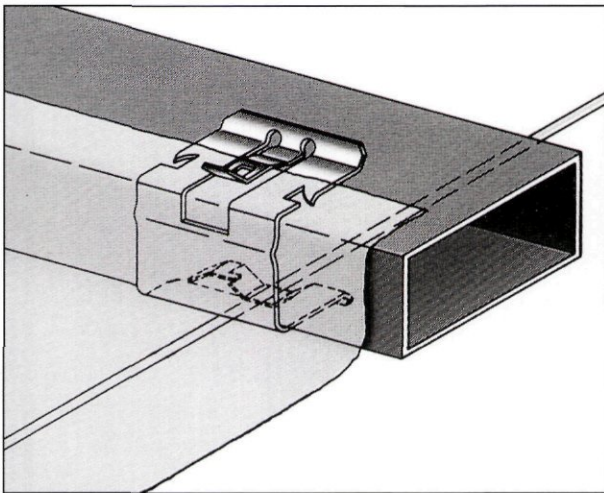
Bij installaties met een ronde stalen meeneembuis wordt de afdichting gerealiseerd aan de sluitzijde van de buis met behulp van het schermmateriaal zelf.

Installateurs hebben hiervoor een aantal verschillende mogelijkheden ontwikkeld.

Geadviseerd wordt om met de installateur te bespreken hoe de afdichting uitgevoerd zal worden en om een installatie met een goede afdichting in de praktijk te gaan bekijken. De afdichting bij schuifschermen met aluminium meeneemprofielen bestaat vrijwel altijd uit een dun flexibel rubberprofiel dat aan de voorzijde in het profiel ingetrokken is. De praktische indrukbaarheid bedraagt normaal ca. 10 mm bij een standaard afsluitprofiel tot ca. 20 mm bij een breed afsluitprofiel. Afsluiting door overlappende delen is de beste oplossing uit oogpunt van lichtverlies, maar stuit op een aantal bezwaren. Bij sommige simpele folieschermen is wel met overlapping gewerkt.

Verschuifbare meeneemelementen kunnen een goed hulpmiddel zijn om de afdichting onder wisselende omstandigheden in de kas in stand te houden zonder de noodzaak van brede afdichtingsprofielen. Zie ook 3.1.1.5 'Aandrijving en meeneemelement'.

3.1.1.3 Doek aan kasspant of afdichtingsstrook



*Bevestiging van schermdoek aan kasspant
(tekening van der Valk)*

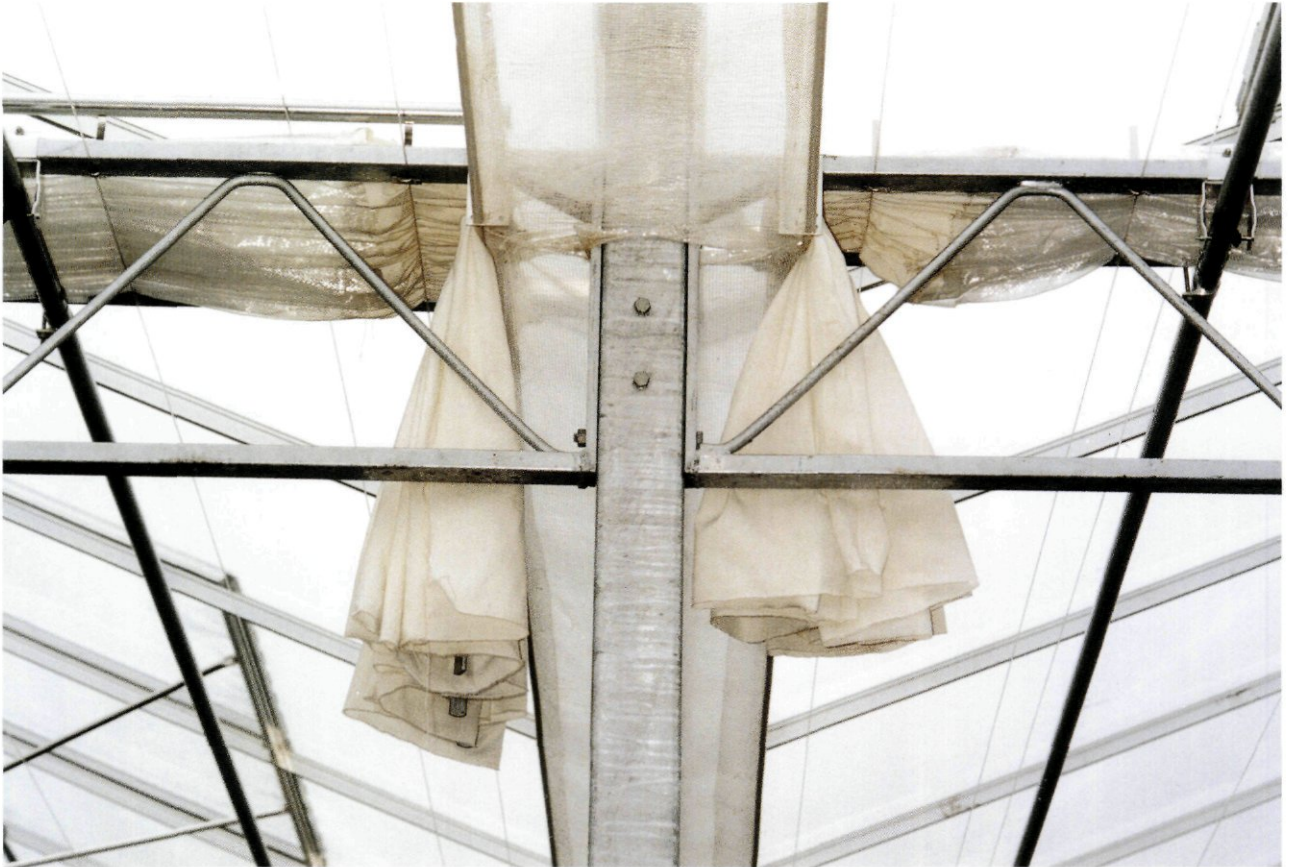
Voor de afdichting van de niet bewegende zijde van het scherm wordt veel gebruik gemaakt van roestvrij stalen (rvs) spantclips of klemmen uit rvs draad waarmee het doek rechtstreeks op het kasspant wordt bevestigd. Indien de clips of klemmen op de juiste wijze zijn aangebracht (ca. 400 mm uit elkaar) zal de afsluiting voldoende zijn. Zie ook 3.1.1.1 'Doek aan meeneemprofiel'. Indien een directe aansluiting aan een kasspant niet mogelijk of gewenst is, wordt het schermdoek hetzij ingeknipt hetzij bevestigd aan een aparte strook. Zie de paragrafen 3.1.1.1 'Doek aan meeneemprofiel' en 3.3.2 'Overige onderdelen'.

3.1.1.4 Afhangende schermuiteinden of andere uitvoering

De afdichting bij de afhangende uiteinden van banen schermdoek is vrijwel altijd een compromis geweest. Een afhangend schermgedeelte bij schuifscherminstallaties is noodzakelijk om rek of krimp van het doek te kunnen compenseren. Deze hinderlijke doekeigenschap zou ook gecompenseerd kunnen worden door het doek minder vlak te trekken, maar dit zou direct in een grotere pakketomvang resulteren.

Een afsluiting van het afhangende scherm mag pakketvorming van het schermdoek niet verslechteren, mag nooit aan het scherm blijven haken, moet krimp van het scherm toelaten, moet goed blijven afdichten en moet zo weinig mogelijk lichtverlies veroorzaken. Traditioneel werd bij de z.g. "afhang" een "trog" geformeerd waardoor bij gesloten scherm een overlappende afdichting ontstond. Daarnaast zijn alternatieven ontwikkeld waarbij bijvoorbeeld m.b.v. profielen afdichtingen met veel kleinere afmetingen werden gerealiseerd. Zie figuur 11.

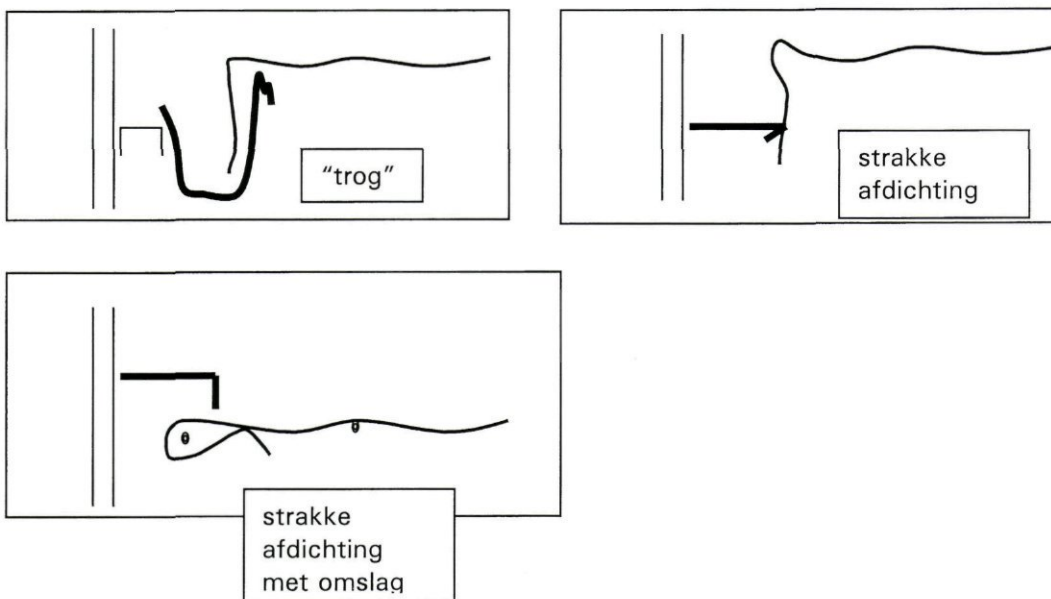
Bij pakketmetingen op de installatie conform de BRL 2365/01, is geconstateerd hoeveel extra



Afhangende schermuiteinden (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

weerstand afhangende schermeinden veroorzaken. In deze installatie is daarom voor de afhangen 150 mm extra ruimte gecreëerd om tot representatieve meetresultaten te komen. Soms worden de buitenste aandrijvingen aangepast om een soortgelijk effect te realiseren. Hiervoor bestaan standaard oplossingen. Zie paragraaf 4.3.2 'Trekduwstangen met tandheugelaandrijving'.

Figuur 11 Verschillende afdichtingen bij een afhangend scherm



3.1.1.5 Aandrijving en meeneelement

Aandrijvingen

De aandrukkracht die door een schermaandrijving voor het aandrukken van de scherpakketten geleverd wordt moet niet geheel worden gebruikt voor het afsluiten van het scherm omdat de verende werking van het schermmateriaal groter is dan van de gebruikelijke flexibele afdichtingen. Lokaal zouden daardoor veel te grote krachten op kunnen treden.

De capaciteit van de aandrijvingen wordt door de installateur bepaald - op basis van een langdurige ervaring - aan de hand van de grootte van de installatie en het toe te passen type schermmateriaal, al of niet met gebruikmaking van gegevens van de fabrikanten.

Zoals in paragraaf 4.3.5 'Motorreductoren' wordt toegelicht, bestaan er mogelijkheden om de capaciteit van de aandrijvingen te begrenzen. Zonder deze begrenzingen is men afhankelijk van de deskundigheid van de monteur.

Meeneelement

Om de beweging van de aandrijving over te brengen op de meeneemprofielen zijn verbindingselementen nodig. Bij trekduw-systemen bestaan deze uit z.g. tafelklemmen of hoekklemmen die om de trekduw-buis geklemd worden m.b.v. een boutverbinding. Hierdoor ontstaat een stevige, starre verbinding die zowel voor aluminium meeneemprofielen dienst kan doen als voor ronde buis Ø 19 mm. Voor trekdraadssystemen bestaan soortgelijke principes van aandrijving, maar dan geschikt voor dunne kabels.

Tevens kan gekozen worden voor kunststof klemmen, met name voor installaties met ronde meeneembuis.

Omdat men de trekdraad vrij van het schermdoek wil houden, heeft het meeneelement een bepaalde hoogte (zie figuur 12). Daardoor zal er een kantelend effect ontstaan zodra tijdens de pakketvorming het scherpakket samengedrukt wordt.

Indien het verbindingselement van voldoende lengte is, valt de kanteling normaal mee doordat het profiel aan de voorzijde op de steundraden rust en omdat in de trekdraden een voorspanning aanwezig is. Daardoor blijft de belasting van de trekdraad acceptabel.

Verschuifbaar meeneelement

In paragraaf 3.4 over 'Constructieve achtergronden', wordt één van de oorzaken van het ontstaan van kieren uitgelegd, namelijk kieren die ontstaan als gevolg van uitzettingsverschillen door temperatuurveranderingen.

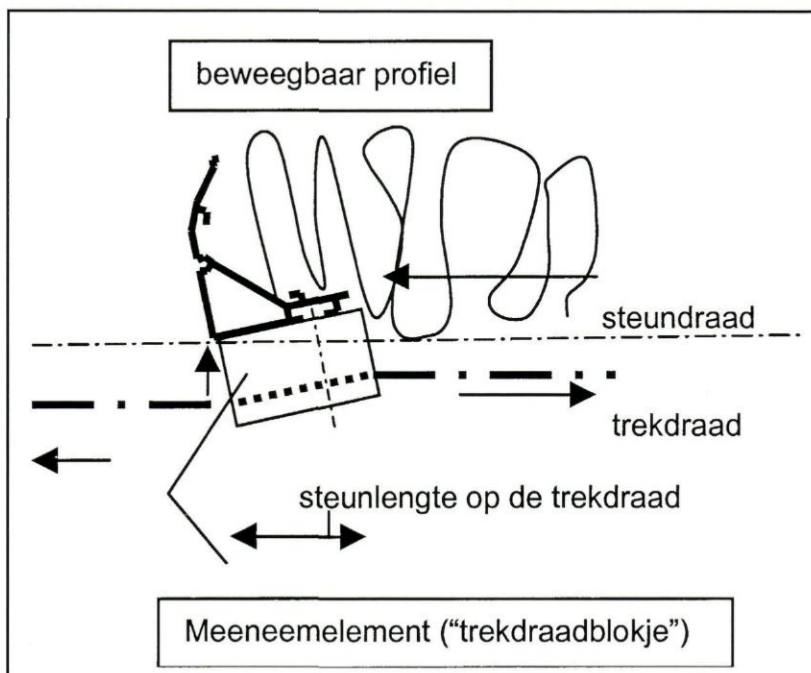
Echter ook door andere oorzaken kunnen kieren ontstaan, zoals door overbelasting of door ongelijke montage.

Om in die situaties een afdoende afsluiting te kunnen realiseren, kunnen verschuifbare meeneelementen een zeer goed hulpmiddel vormen. In het verleden waren hiervoor reeds verschillende oplossingen bekend. Deze werden vooral toegepast in afdelingen met één of meer afwijkende vakmaten en bij geervakken.

Vanaf 1997 zijn enkele nieuwe typen verschuifbare meeneelementen ontwikkeld zonder de nadelen van oudere producten. In hoofdzaak komen de volgende 4 typen voor:

- 1 Verschuifbaar met blijvende klemkracht.
- 2 Verschuifbaar met aanslagnokken op de trekdraad of trekduwbuis.
- 3 Verschuifbaar in combinatie met aandrukveer (schroefvormige veer of bladveer).
- 4 Verend element in de trekduwbuis van de schermaandrijving ("dilatatie").

Figuur 12 Meeneemelement trekdraadsysteem



Bij de elementen die bestemd zijn voor gebruik op trekdraden moet gelet worden op voldoende steunlengte op de draad. Dit komt de levensduur van de kabel ten goede.

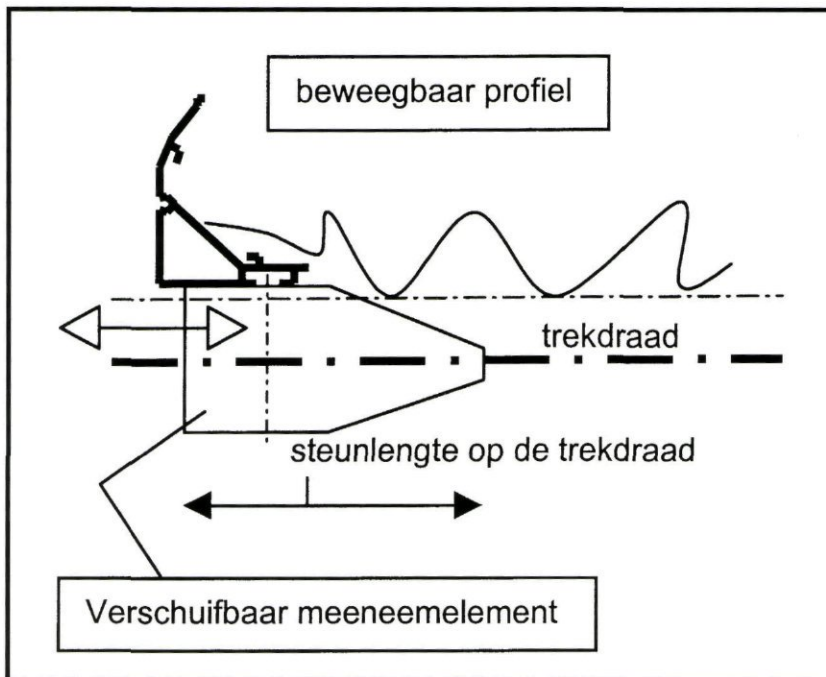
Type 1 heeft het voordeel dat op de kabel of de trekduw buis geen aanslagen worden gemonteerd. Dit betekent overigens wel dat de elementen in staat moeten zijn gedurende de levensduur voldoende aandrukkraft te blijven leveren voor de pakketvorming, zonder schade aan trekdraad of trekduwbuis te veroorzaken. Hiervoor is de juiste combinatie van materiaalsoort, klemkracht op de kabel, lengte van het element, sterkte en verouderingsbestendigheid beslissend voor een betrouwbare werking. Zie figuur 13.

Type 2 heeft het nadeel dat de aanslagnokken op een vaste positie gemonteerd worden waardoor het voordeel van de verschuifbaarheid en optimale positionering verloren gaat. Een voordeel van het principe zou in de praktijk kunnen zijn dat er in de installatie geen grotere kieren kunnen ontstaan dan door de aanslagnokken worden toegelaten. In geval van blokkering door een obstakel is dit echter juist weer een nadeel.

Type 3 wijkt principieel af van de verschuifbare elementen doordat het element in niet aangedrukte stand steeds weer in dezelfde positie terugveert. Een voordeel daarbij is dat het scherm ongeacht uitzettingsverschillen of andere oorzaken (verschuiving door luchtverplaatsing 's zomers) steeds in de gewenste positie zal willen terugkeren. Een nadeel van het principe is de verminderde nauwkeurigheid bij het reguleren van kleine kierstanden (enkele cm) omdat pas een kier opengetrokken kan worden nadat de veerspanning is weggefallen.

Voor type 4 geldt een vergelijkbare redenering als voor type 3 met als (klein) nadeel dat binnen een groep van meeneemprofielen die aan een aandrijfsectie zijn gekoppeld onderling geen afwijkingen kunnen worden opgevangen.

Figuur 13 Verschuifbaar meeneemelement met aanslagnokken op trekdraad of trekduwbuis



3.1.2 Afdichtingen en gevelschermen

Gevelschermen in moderne kassen bestaan meestal uit rolschermen die tussen de kolommen en de buitengevel van gording naar gording bewegen.

Afsluiting op een gording vindt plaats met behulp van extra wikkelingen doek die de eventuele ruimte tussen de rolbuis en de gording opvullen. De afsluiting aan de uiteinden verdient speciale zorg.

Installateurs hebben voor deze afsluiting verschillende oplossingen ontwikkeld waardoor het schermmateriaal tegen een vaste strook of plaat wordt gedrukt zodra de rolbuis de onderste stand heeft bereikt. Het is aan te bevelen om bij de aanschaf van een gevelschermbaan één van de oplossingen in werking te zien, zodat men zeker is van een betrouwbare afsluiting.

3.1.3 Afdichtingen overige schermen

Voor afdichtingen bij andere schermen zoals hangend scherm en gevelschermen met vouwmateriaal of eenvoudige ophaalgevelschermen zijn de afdichtingsproblemen vergelijkbaar met die van de eerder genoemde schermen. De uitvoeringsvorm is aangepast aan de specifieke situatie. Bespreek daarom altijd vooraf met de installateur hoe hij de afdichtingen zal gaan uitvoeren.

3.2 Plaats en ligging in verband met isolerend effect

Het isolerend effect van een scherm in een kas wordt hoofdzakelijk bepaald door:

- 1 de eigenschappen van het schermmateriaal;
- 2 de klimaatomstandigheden binnen en buiten;
- 3 de ligging van het scherm (hoog/laag, hellend/vlak);
- 4 de ligging van de verwarming.

Daarnaast zal ook het effect van compartimentering van de ruimte boven het scherm mogelijk een gunstige rol spelen; zie situatie b.

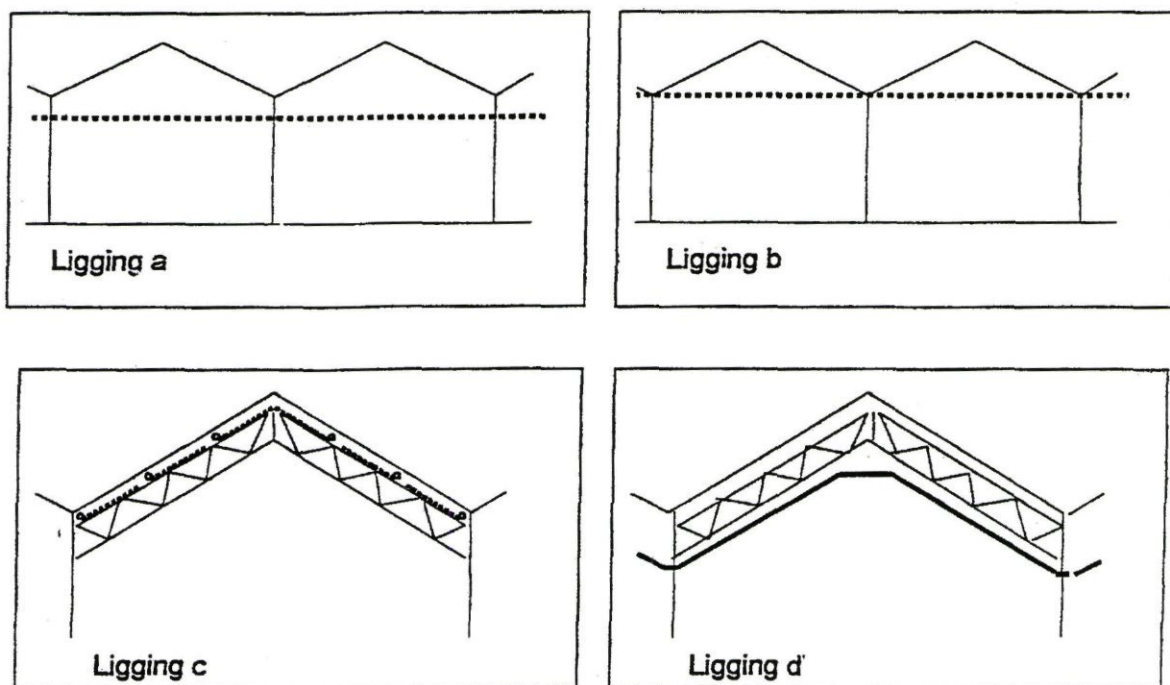


Gevelrolscherm (foto Alumet/Hazin)

Met uitzondering van de gevels, zijn in hoofdzaak vier kenmerkende situaties (zie figuur 14) van plaats en ligging van schermen in de kas te onderscheiden:

- a Horizontale ligging, met ruimte tussen de goot en het scherm.
- b Horizontale ligging, met aansluiting tussen goot(profiel) en scherm
- c Hellende ligging, tussen glas en spant (dekrolscherm).
- d Hellende ligging met of zonder horizontaal deel ("tentscherm", spant).

Figuur 14 Schermen die op verschillende plaatsen zijn in de kas aangebracht



3.2.1 Horizontale ligging

Bij een horizontaal "vlak" scherm blijft meestal een ruimte over tussen het scherm en de onderkant van de goot (ligging a). Dit betekent dat boven het scherm een horizontale luchtbeweging kan plaatsvinden in een richting loodrecht op de goten. Bij gebruik in de zomer zal dit een voordeel zijn omdat hierdoor lucht vrijer kan bewegen. In een wintersituatie kan een schermligging zoals bij ligging b aangegeven juist voordeliger zijn omdat het scherm zo hoog mogelijk ligt, boven het scherm een zo klein mogelijk luchtvolume aanwezig is en luchtbeweging in een richting loodrecht op de goten wordt verhinderd.

Uit de praktijk wordt gemeld dat in deze kassen zeer goed klimaat te houden is met een kleinere kans op klimaatverschillen. Voor zover bekend zijn van de verschillen tussen ligging a en b geen onderzoekresultaten bekend.

3.2.2 Hellend ten opzichte van horizontaal

Uit buitenlands onderzoek (Tantau, 1975 en Balemans, 1989) is bekend dat bij hellende schermen de energiebesparing iets geringer is dan bij horizontale schermen. Dit verschijnsel wordt toegeschreven aan het feit dat een hellend scherm een groter oppervlak heeft, omgerekend naar het grondoppervlak van de kas.

Ook andere effecten spelen hierbij een rol zoals een verschil in luchtbeweging onder en boven het scherm en de vorm en afmetingen van het betrokken kasproject.

In het modelonderzoek van Tantau is het gemeten en berekende isolerend effect van een hellend scherm ongeveer 47% ten opzichte van 52% voor een horizontaal scherm (proef met condensatie). In dezelfde proefopstelling werd voor droog PE-folie 37% voor een hellend scherm en 41% voor een horizontaal scherm gemeten.

In de studie van Balemans zijn controleberekeningen uitgevoerd voor een gealuminiseerd scherm (Tyvek) in een horizontale- en hellende positie. De berekende verschillen in isolatie bedroegen hierbij 2,5-4,5%, onafhankelijk van de hellingshoek, kapbreedte en kaplengte.



Dakrolscherm, rechts 90% scherming, zuidhelling, links 50% scherming, noordhelling (foto Ludvig Svensson)

3.3 Lichtverlies

Schermpakketten en andere onderdelen van de scherminstallatie onderscheppen licht en veroorzaken lichtverlies. Het grootste lichtverlies treedt op door de scherpakketten. Dit lichtverlies wordt bepaald door de eigenschappen van het schermmateriaal, de vorm van het meeneemprofiel en de vorm van de kasconstructie waar het scherm tegenaan gedrukt wordt. In paragraaf 2.2.5.1 'Schuifscherm' is reeds beschreven op welke wijze de pakketomvang van een schuifscherm kan worden gemeten zonder de invloed van een meeneemprofiel en de vorm van de kasconstructie.

3.3.1 Meeneemprofielen

Aangezien een meeneemprofiel de totale pakketomvang vergroot, zou bij de ontwikkeling van meeneemprofielen een vorm gekozen moeten worden die zo weinig mogelijk aan de pakketomvang toevoegt.

In de praktijk spelen naast de pakketomvang andere motieven een minstens even belangrijke rol bij de keuze van een systeem: prijsniveau, storingsgevoeligheid/ eenvoud en het voldoen aan wat als op dat moment gangbaar wordt beschouwd. Daardoor zijn de meeste meeneemprofielen een compromis van alle eisen waaraan ze zouden moeten voldoen.

Uit metingen is gebleken dat de pakketdruk niet gelijkmatig door het schermpakket verloopt: als gevolg van het feit dat het scherm op draden rust, ontstaan bij het aanschuiven van het materiaal op elke draad op sommige plaatsen kleinere rimpels en plooiën in het scherm dan op andere plaatsen. Hierdoor treedt in het schermpakket de grootste weerstand op in een klein gebied bij elke steundraad. Een duidelijke illustratie van dit verschijnsel is te zien bij de ahangdraad.

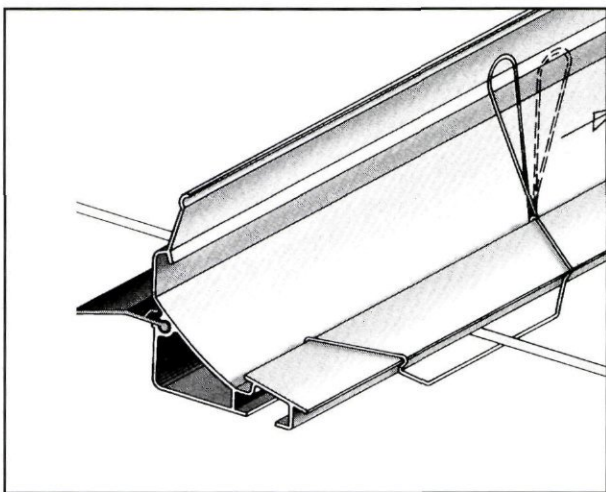
Experimenten hebben aangetoond dat de vormgeving van meeneemprofielen een directe invloed heeft op de pakketgrootte (zie figuur 15). Eind jaren '70 verscheen ook het eerste commerciële meeneemprofiel. Zie figuur 16 links. De kleinste pakketomvang werd bereikt met profielen die ter plaatse van de steundraden het smalst waren. Om dit te bereiken werden en worden de steundraden door het profiel gevoerd. Zie figuur 16 rechts.

Nadeel van deze systemen waren de hogere prijs en de grotere storingsgevoeligheid. Het merendeel van de huidige gebruikelijke aluminium meeneemprofielen heeft in hoofdzaak de vorm van de hoofdletter L, voorzien van diverse inkameringen en randen ter bevestiging van beugels, clips en andere bevestigingselementen alsmede afsluitprofielen.

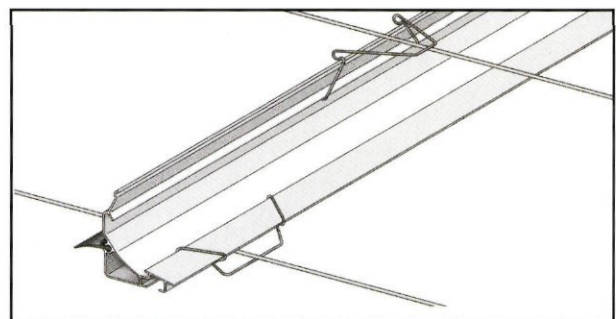
Behalve met meeneemprofielen wordt ook nog steeds veel met de sendzimir verzinkte ronde stalen buis als meenemer gewerkt. Meeneemprofielen en de ronde stalen buis voldoen goed, mits de installatie en afwerking door vakkundige monteurs wordt uitgevoerd. Zie figuur 17 en 18. Flexibele afdichtingen voegen extra breedte toe aan het schermpakket en veroorzaken dus lichtverlies.

Met name bij schuifschermen zijn er nog mogelijkheden om de pakketomvang te verminderen. Deze winst kan worden gerealiseerd door het pakket ter plekke van de steundraden meer ruimte te geven. Profielen met doorgeregen draden, of profielen met geringere breedte op de steundraden voldoen aan deze eis.

Uit pakketmetingen met experimentele profielen is gebleken dat door het gebruik van een profiel met aangepaste vorm de winst enkele centimeters kan bedragen bij gelijkblijvende aandrukkracht.

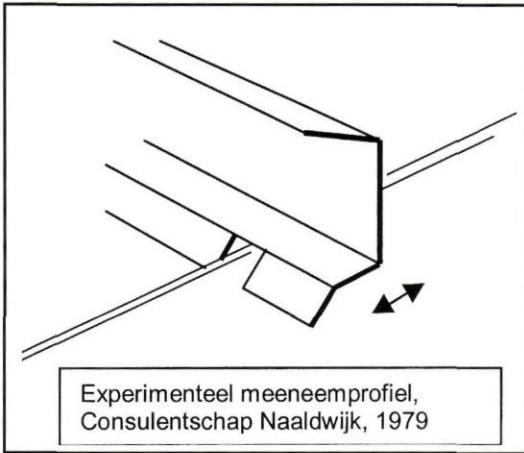


Schermprofiel met een multifunctionele draadveer ter bevestiging van het schermdoek en de geleiding op de steundraden (tekening van der Valk)

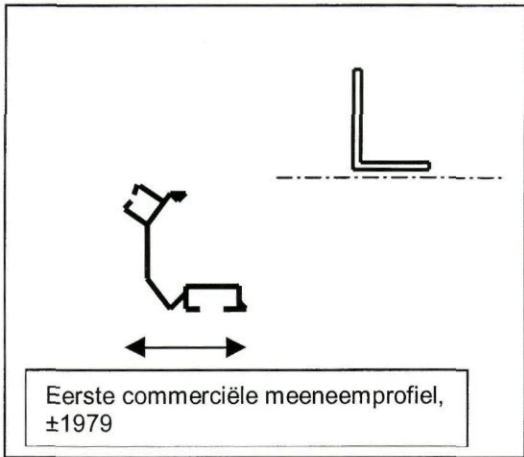


Schermprofiel voorzien van draadveren ten behoeve van de geleiding van het schermdoek (tekening van der Valk)

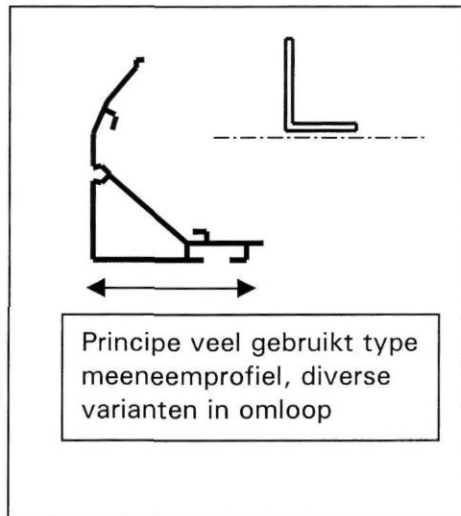
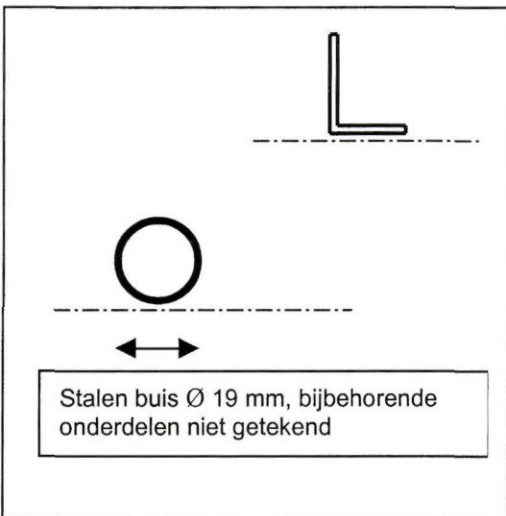
Figuur 15 Eén van de eerste voorbeelden van profielen met een verbeterde pasketvorming



Figuur 16 Eerste commerciële meeneemprofielen



Figuren 17 en 18 Meeneemprofiel in de vorm van een stalen buis en een veel toegepast gebruikelijk type meeneemprofiel



3.3.2 Overige onderdelen

De andere onderdelen zoals steundraden en bovendraden geven relatief slechts weinig lichtverlies namelijk ca. 0,5% of iets meer, afhankelijk van het aantal draden, de kleur en/of de lichtreflectie. Verder ontstaat lichtverlies door de aandrijving. De motorreductor en de as geven plaatselijk lichtverlies. Trekdraden of trek-duw stangen geven door de hele kas lichtverlies. Standardisatie en het gebruik van geheel transparant, aluminium of gecombineerd transparant/aluminium afdichtingselementen zijn nu vrij algemeen en overlappende afsluitingen zijn grotendeels vervangen door afsluitingen die direct tegen de kasspanen zijn gemonteerd. Voor het inschatten van het lichtverlies zijn twee vragen belangrijk:

- 1 Hoeveel zal het lichtverlies zijn in procenten?
- 2 Wat is de invloed van de ligging van het schermpakket of de scherm pakketten van het gekozen scherm materiaal en de onderdelen van de scherm installatie?

Lichtverlies van een scherm installatie is redelijk goed in te schatten, maar exacte waarden zijn moeilijk te berekenen of te meten. Dit wordt veroorzaakt door de vaak grillige vorm van het scherm pakket, de invloed van vervuiling, het effect van ongelijkheid in de installatie als gevolg van afstelling en/of slijtage, de invloed van gedeeltelijk samenvallende schaduw bij verschillende zonnstanden enz. De tweede vraag is beter te beantwoorden: wanneer kas constructie en scherm onderdelen bekend zijn, kan het verschil in licht onderschepping in verschillende situaties worden berekend. Onder diffuse licht omstandigheden kan het lichtniveau in de kas ook gemeten worden. Voor een goede vergelijking moet eerst in de kas zonder scherm worden gemeten. Nadat het scherm is geïnstalleerd moet de meting in dezelfde kas, zoveel mogelijk op dezelfde plaats, onder goed vergelijkbare omstandigheden plaatsvinden. Factoren als bewolking, glasgesteldheid (vuil en condens) en geplaatste installaties zoals bijv. verwarming, kunnen de vergelijking bemoeilijken, of onbetrouwbaar maken. Het wel of niet aanwezig zijn van reflecterende bodembedekking heeft een relatief zeer grote invloed op lichtmetingen in de kas.

3.4 Constructieve achtergronden

3.4.1 Materiaaleigenschappen

3.4.1.1 Algemeen

Een aantal kenmerkende eigenschappen van scherm installaties zijn direct van invloed op de werking van de installatie. Hiervan zijn de effecten in de praktijk soms goed waarneembaar. Deze eigenschappen worden daarom in de hiernavolgende paragrafen nader toegelicht. De volgende eigenschappen worden hierbij behandeld:

Dichtheid	ρ kg/m ³	“soortelijke massa”
Elasticiteitsmodulus	E N/mm ²	getal dat de mate van elasticiteit (rek, doorbuiging) aangeeft
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α 1/K	getal dat de mate van uitzetting door temperatuurverandering aangeeft
Buigstijfheid	EI N/mm ²	getal dat voor een bepaald onderdeel van een bepaald materiaal aangeeft hoeveel het zal doorbuigen onder een belasting.

Wat is nu de betekenis van deze getallen in de praktijk?

3.4.1.2 Dichtheid ρ

Meestal wordt de keuze van een materiaalsoort bepaald door een reeks van eisen die aan een bepaald product wordt gesteld en bijvoorbeeld door de aantallen die zullen worden geproduceerd. Het gewicht van het product ligt daarmee vast. Soms wordt voor een toepassing bewust gezocht naar een vervangend product van een materiaal met een lagere dichtheid om zodoende het gewicht te verlagen.

3.4.1.3 Elasticiteitsmodulus E

Deze eigenschap geeft aan in welke mate een materiaal langer wordt onder een bepaalde belasting. Nauwkeuriger gezegd: de elasticiteitsmodulus is de verhouding van de (trek)-spanning in een materiaal en de verlenging die daarbij optreedt. Hoe hoger de elasticiteitsmodulus, hoe stugger het materiaal, hoe lager de elasticiteitsmodulus, hoe "slapper" het materiaal. Het effect van deze eigenschap is bijvoorbeeld waar te nemen door het verschil in rek van een metalen draad t.o.v. een kunststof draad of de doorbuiging van een aluminium deel t.o.v. een stalen deel met dezelfde vorm en afmetingen.

3.4.1.4 Lineaire uitzettingscoëfficiënt α

De meeste materialen ondergaan een lengteverandering als de temperatuur van het materiaal verandert. Het effect van deze eigenschap is te zien bij scherminstallaties die niet goed meer afsluiten omdat de uitzettingsverschillen tussen kas en schermaandrijving groot kunnen zijn. Een bekend verschijnsel is ook de lengteverandering van aluminium kasgoten.

3.4.1.5 Buigstijfheid EI

De buigstijfheid is geen elementaire eigenschap van een materiaal, maar een kengetal voor een bepaald onderdeel gemaakt van een bepaald materiaal met een specifieke vormgeving. De elasticiteitsmodulus is één van de factoren. De " I " is het z.g. traagheidsmoment van een bepaalde doorsnede, een getal dat wordt bepaald door de vormgeving en afmetingen. De bekende H profielen in staalconstructies zijn een goed voorbeeld van producten waar de I in één belastingsrichting zo groot mogelijk is. Het effect van dit kengetal vinden we bijvoorbeeld terug bij de vormgeving van meeneemprofielen en de vormgeving van glasroeden. In de volgende paragraaf worden van enkele veel voorkomende materialen voor de bovengenoemde eigenschappen waarden en kengetallen gegeven ter oriëntatie.

3.4.1.6 Metalen en Kunststoffen.

In de tabellen 5 en 6 zijn waarden voor materiaaleigenschappen en een aantal kengetallen vermeld. Deze dienen uitsluitend voor algemene oriëntatie en voor onderling vergelijking van de materialen. Ze kunnen tevens dienen als bijdrage in discussies over optredende (ongewenste) effecten in de kas.

Een bijzondere eigenschap van polyamide is dat het een aantal procenten(!) water kan opnemen. In tabel 6 is een aantal kengetallen gegeven dat bepaald is aan de hand van de materiaaleigenschappen uit de vorige tabel en bestaat uit handzame waarden waarmee een eenvoudige vergelijking mogelijk wordt van verschillende materialen.

De waarden in de tabel dienen uitsluitend ter oriëntatie.

De kengetallen tonen duidelijk aan dat met de optredende krachten in scherminstallaties en kasconstructies, alsmede de optredende temperaturen in de diverse constructiedelen (afhankelijk van de plaats ca. -10 °C tot $+60\text{ °C}$) een aantal effecten optreden die hetzij direct zichtbaar zijn, hetzij in een later stadium zichtbaar worden of schade veroorzaken.

Tabel 5 Materiaaleigenschappen

Materiaal	Toelichting / voorbeelden handelsnaam	ρ (kg/m ³)	E (N/mm ²)	α
Staal	Profielen, bouten, kabels	7850	2,1.10 ⁵	2.10 ⁻⁶
Corrosievast staal	"RVS" , bevest. middelen, kabels	7900	95.10 ⁵	10.10 ⁻⁶
Gietijzer	ter vergelijking	7300	1,0.10 ⁵	11,5.10 ⁻⁶
Aluminium	Diverse legeringen	2700	0,7.10 ⁵	23.10 ⁻⁶
Glas	ter vergelijking	2500	0,7.10 ⁵	8,5.10 ⁻⁶
Polyetheen (PE)	Hostalen	930	$\approx 0,008.10^5$	$\approx 200.10^{-6}$
Polyamide (PA)	Nylon, Ultramid	1140	$\approx 0,02.10^5$	$\approx 80.10^{-6}$
Polyoxymethyleen (POM)	Polyacetaal, Delrin, Hostaform	1400	$\approx 0,03.10^5$	$\approx 130.10^{-6}$

Tabel 6 Kengetallen voor materiaaleigenschappen

Materiaal	Elastische verlenging onder trekbelasting		Verlenging door temperatuurstijging
	Verlenging in mm/m per 100 N (≈ 10 kg) voor een denkbeeldige staaf \varnothing 1 mm (indien het materiaal geschikt zou zijn voor het opnemen van de belasting)	Verlenging in mm/m per 1000 N (≈ 100 kg) voor een denkbeeldige staaf \varnothing 2 mm (indien het materiaal geschikt zou zijn voor het opnemen van de belasting)	Verlenging in mm/m per 100 °C \approx
Staal	0,61	1,5	1,2
Corrosievast staal	0,65	1,6	1,0
Gietijzer	1,3	3,2	1,15
Aluminium	1,8	4,5	2,3
Glas	1,8	4,5	0,85
Polyetheen (PE)	159	398	20
Polyamide (PA)	64	159	8
Polyoxymethyleen (POM)	42	106	13

3.4.2 Onderdelen scherminstallatie

3.4.2.1 Staalkabels

Staalkabels moeten behalve sterk ook slijtvast en vormvast zijn. Dit betekent dat we niet alleen naar de breeksterkte moeten kijken, maar ook naar de loop van de kabel en het kabeltype. De loop van de kabel bepaalt in hoge mate de slijtage van de kabel: hoe minder buigingen de kabel maakt hoe beter. Daarbij moet de kabel over kabelschijven worden geleid met een grote diameter.

Een richtlijn hiervoor is: schijfdiameter in de groef = minstens 25 x kabeldiameter. Handboeken voor staalkabels geven overigens voor verschillende typen kabel verschillende minimale schijfdiameters aan. Deze waarden zijn gebaseerd op toepassingen in industriële hefwerktuigen. Een belangrijke eigenschap van een kabel is de rek. Het rekken van een staalkabel is afhankelijk van het kabeltype en bestaat hoofdzakelijk uit twee soorten rek: een blijvende rek als gevolg van het vervormen van de staalgarens in de kabel ("zetten") en een elastische rek ("vering").

In figuur 18 staan voor een aantal veel gebruikte kabeltypen de verlenging vermeld in mm per m onder een belasting van 1000 N (≈ 100 kg).

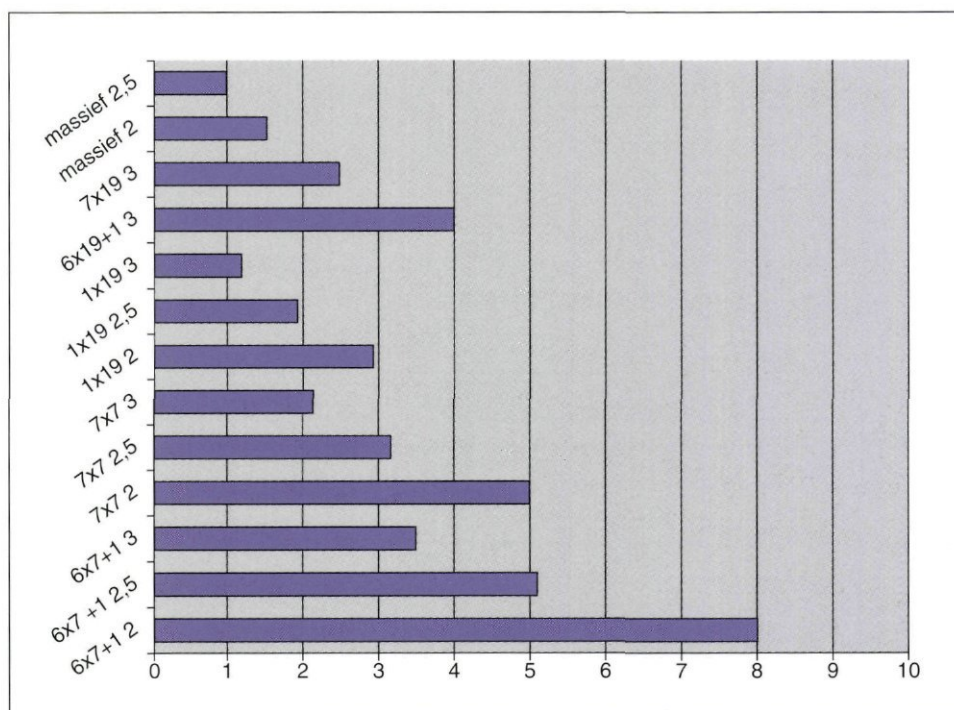
Voor het berekenen van de getallen in de tabel is gebruik gemaakt van de elasticiteitsmodulus, de oppervlakte van de doorsnede van de kabel en een factor die behoort bij het type kabel. Deze factoren zijn te vinden in technische handboeken van kabelleveranciers.

De verlenging in mm/m per 1000 N trekkracht is geen officiële berekeningswijze, maar een handzaam kengetal dat direct een indicatie geeft van de optredende verlenging in de praktijk en een eenvoudige vergelijking mogelijk maakt van de verschillende typen.

3.4.2.2 Meeneemprofielen

Lichtverlies en afsluiting zijn twee belangrijke eigenschappen van meeneemprofielen en zijn in de voorafgaande paragrafen reeds besproken. Constructieve eigenschappen bepalen de mate van doorbuiging bij pakketvorming, de betrouwbaarheid van de verbinding met de meeneemelementen en de doorkoppeling van de profielen of buizen.

Figuur 18 Kabelverlenging in mm/m per 1000N (≈ 100 kg) trekkracht



Basisgegevens: Technisch Vademecum, Mennens, Schiedam en Verto Staalkabel B.V. Ridderkerk

Bij *aluminium meeneemprofielen* hebben we te maken met een compromis. Bij de introductie in 1979 lag het accent op verbetering van de toenmalige scherminstallaties die veelal gebaseerd waren op de eerste verduisteringsinstallaties met zwart folie. In de periode daarna is het aluminium meeneemprofiel sterk verbeterd t.a.v. sterkte, bevestigingsmogelijkheden en doekgeleiding.

De relatie is tussen de vormgeving van het profiel en de pakketomvang is weergegeven in paragraaf 3.3 'Lichtverlies'. Welke profielsterkte het meest optimaal is, staat nog steeds ter discussie: moet gekozen worden voor een kleiner profiel met meer aandrijvingen, of voor een groter profiel met minder aandrijvingen? Een kant-en-klaar antwoord op deze vraag is er niet. Wat ook gekozen wordt, elke keuze heeft zijn eigen consequenties voor wat betreft prijs, lichtverlies, onderhoud en technische mogelijkheden op het moment van beslissen. Het hangt er van af waar de opdrachtgever het accent op legt.

Voorbeeld 1: In geval van trekdraad-aandrijving zal het uit oogpunt van lichtverlies voordelig zijn een klein profiel te gebruiken met een kleinere afstand tussen de trekdraden. De consequenties zijn een iets hogere prijs, ongunstiger belasting op de kasconstructie en iets meer onderhoud.

Voorbeeld 2: In geval van een trekduw-aandrijving is het uit oogpunt van lichtverlies gunstig om de trekduw-buizen verder uit elkaar te leggen. De consequenties zijn dat in principe een sterker meeneemprofiel nodig is en dat de belasting op de trekduw-buizen en de tandheugels toeneemt. Behalve met meeneemprofielen wordt ook nog steeds veel met sendzimir verzinkte ronde stalen \varnothing 19 mm buis als meenemer gewerkt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een combinatie van gunstige eigenschappen zoals lage prijs, geringe eigen breedte, redelijke buigstijfheid en torsievastheid en een pakketomvang die redelijk tot goed is. De afdichting wordt gerealiseerd aan de sluitzijde van de buis met behulp van het schermmateriaal zelf.

In het algemeen kan worden gesteld dat installaties met ronde buis als "meeneemprofiel" in de praktijk redelijk tot goed kunnen voldoen, mits de installatie en afwerking door vakkundige monteurs wordt uitgevoerd en de installateur een oplossing heeft voor de afdichting. Bekijk in geval van twijfel een reeds uitgevoerde installatie.

3.4.3 Kasconstructie

Hoewel de aandrukkrachten in de scherminstallatie relatief gering zijn, treden plaatselijk grote belastingen op namelijk daar waar componenten van de installatie aan de kasconstructie zijn bevestigd. Hierbij zijn vier karakteristieke situaties te onderscheiden:

- Ophangpunt motorreductor (trekdraad- en trekduw aandrijving);
- Bevestigingspunten aandrijfas of tandwielkasten (trekdraad- en trekduw-aandrijving);
- Bevestigingspunt omkeerwielen (trekdraad-aandrijving);
- Bevestigingspunt steun- en opwaaidraden.

Een bijzondere situatie treedt op indien in de kas een z.g. dilatatie is aangebracht. In dat geval is sprake van twee onafhankelijke kasconstructies.

Voor de sterkteberekening van tuinbouwkassen bestaat de Nederlandse norm NEN 3859, waarin ook minimale belastingen door installaties zijn opgenomen. Zie ook paragraaf 5.2.3 'Norm kassenbouw'. Nieuwe kassen zouden minimaal geschikt moeten zijn voor één scherminstallatie, bij voorkeur echter voor twee.

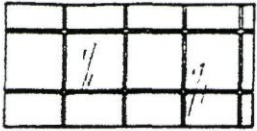
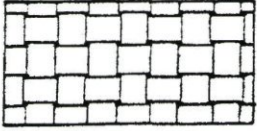
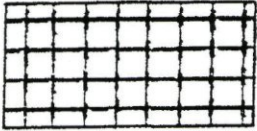

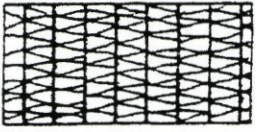

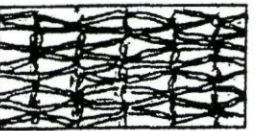


Op plaatsen waar de kasconstructie niet in staat is de belastingen zelfstandig op te nemen, moeten hulpmiddelen worden toegepast. Denk hierbij aan een aparte schermgording in de gevel en aan het schoren van traliespanen ter plaatse van de aandrijfas.

3.4.4 Schermmateriaal

Over schermmaterialen is voor wat betreft de mechanische eigenschappen reeds een aantal opmerkingen gemaakt in hoofdstuk 2 over verouderingsbestendigheid en slijtvastheid. Bij schermdoeken voor gebruik in kassen wegen de eisen t.a.v. klimaat, energiebesparing, pakketvorming en verouderingsbestendigheid het zwaarst. Daarnaast moet het doek een minimale of geen krimp vertonen, zowel in de lengterichting als in de breedte.

Doekleveranciers dienen maximale krimpprocentages te garanderen en/of een duidelijk installatievoorschrift op te geven. De constructies van schermmaterialen zijn verschillend en de volgende verschillende soorten schermmaterialen worden gebruikt:

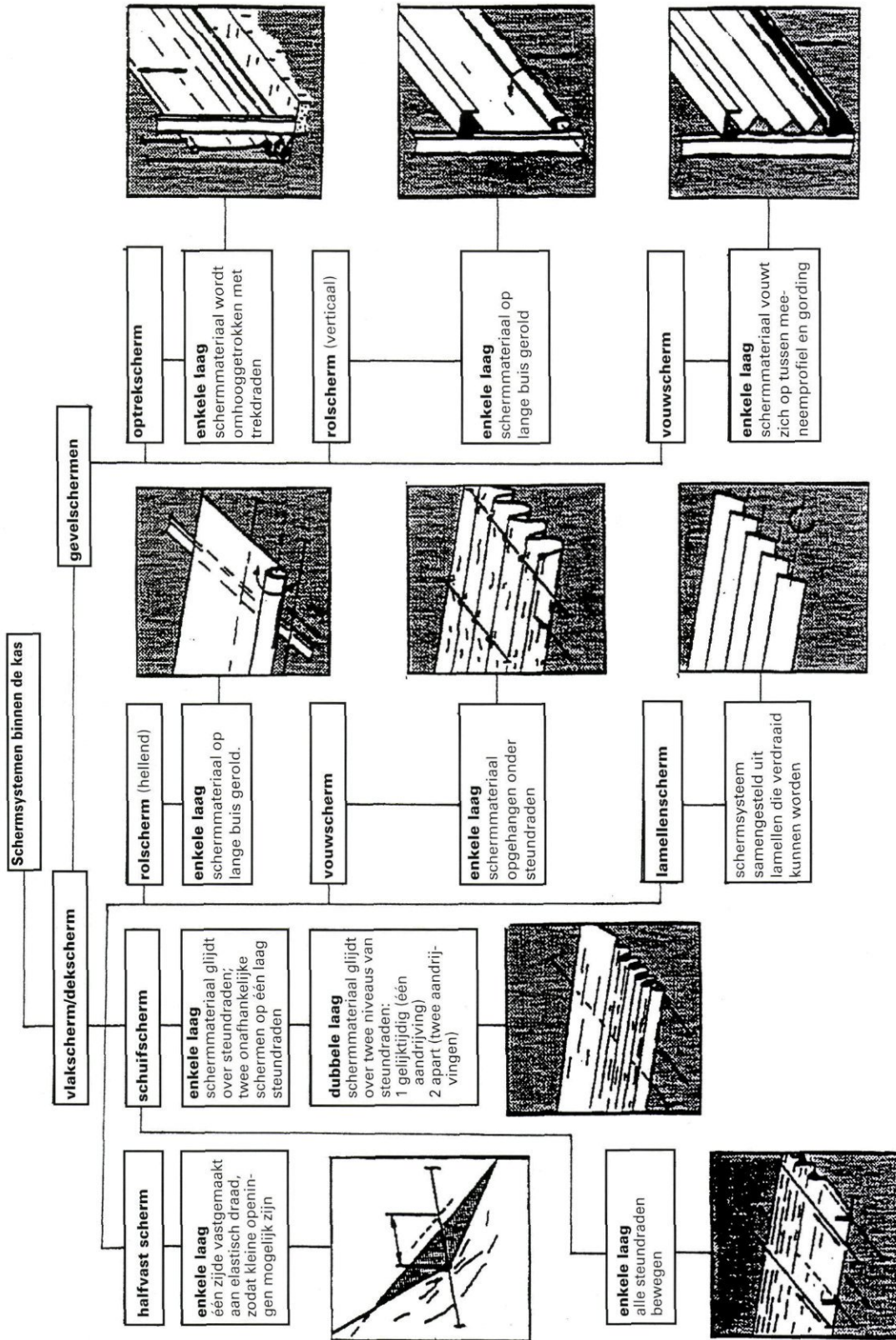
- | | | | | |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|
| a Folie | -onversterkt | } ongeperforeerd
geperforeerd | -versterkt | } ongeperforeerd
geperforeerd |
| c Breisel | -bandjes + garens
-garen | | | |
| b Weefsel | -bandjes
-bandjes + garens | | | |
| e Vliesdoek | -vezels | | | |

Folie	geperforeerd of ongeperforeerd*	
	versterkt	
Weefsel	bandjes*	
	bandjes + garens*	
	garens ("doek")	
Breisel	bandjes + garens	
	garens	
		
		
Ongeweven		

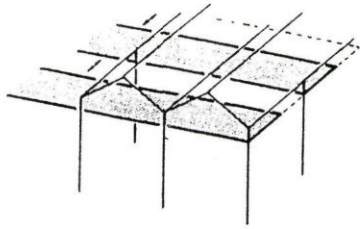
* meest voorkomende soorten

4 Uitvoering scherminstallaties

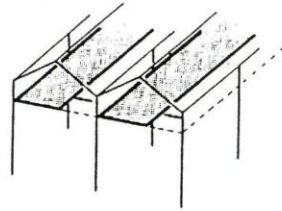
4.1 Overzicht uitvoeringsvormen



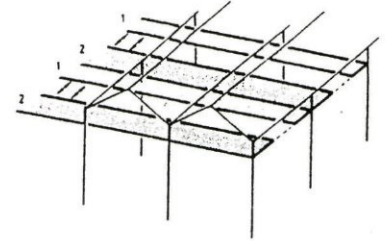
Figuur 19 Plaats en bewegingsrichting van schermen



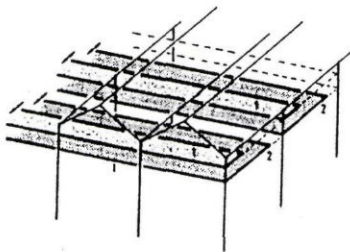
van ligger naar ligger



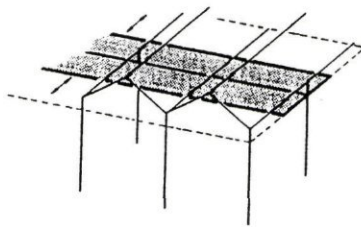
van goot naar goot



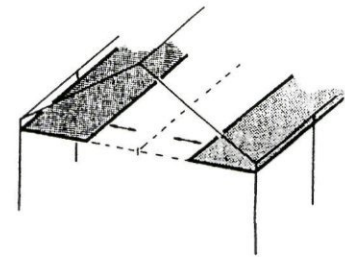
van ligger naar ligger, twee onafhankelijke schermen op één laag steundraden



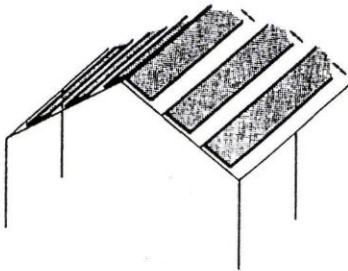
van ligger naar ligger, twee onafhankelijke schermen op twee niveau's



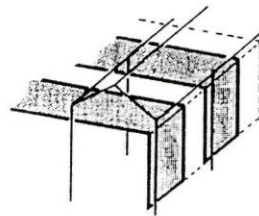
van ligger naar ligger, twee pakketten tegen één ligger



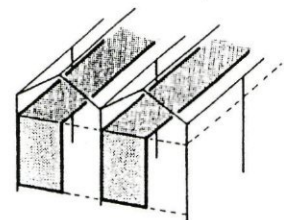
van goot naar midden (breedkapper)



van gording naar gording (dekscherm)



gevelscherm, verticaal gedeelte van horizontaal scherm van ligger naar ligger



voorgevelscherm, verticaal gedeelte van horizontaal scherm van goot naar goot

4.2 Integratie van scherminstallaties in kasconstructies

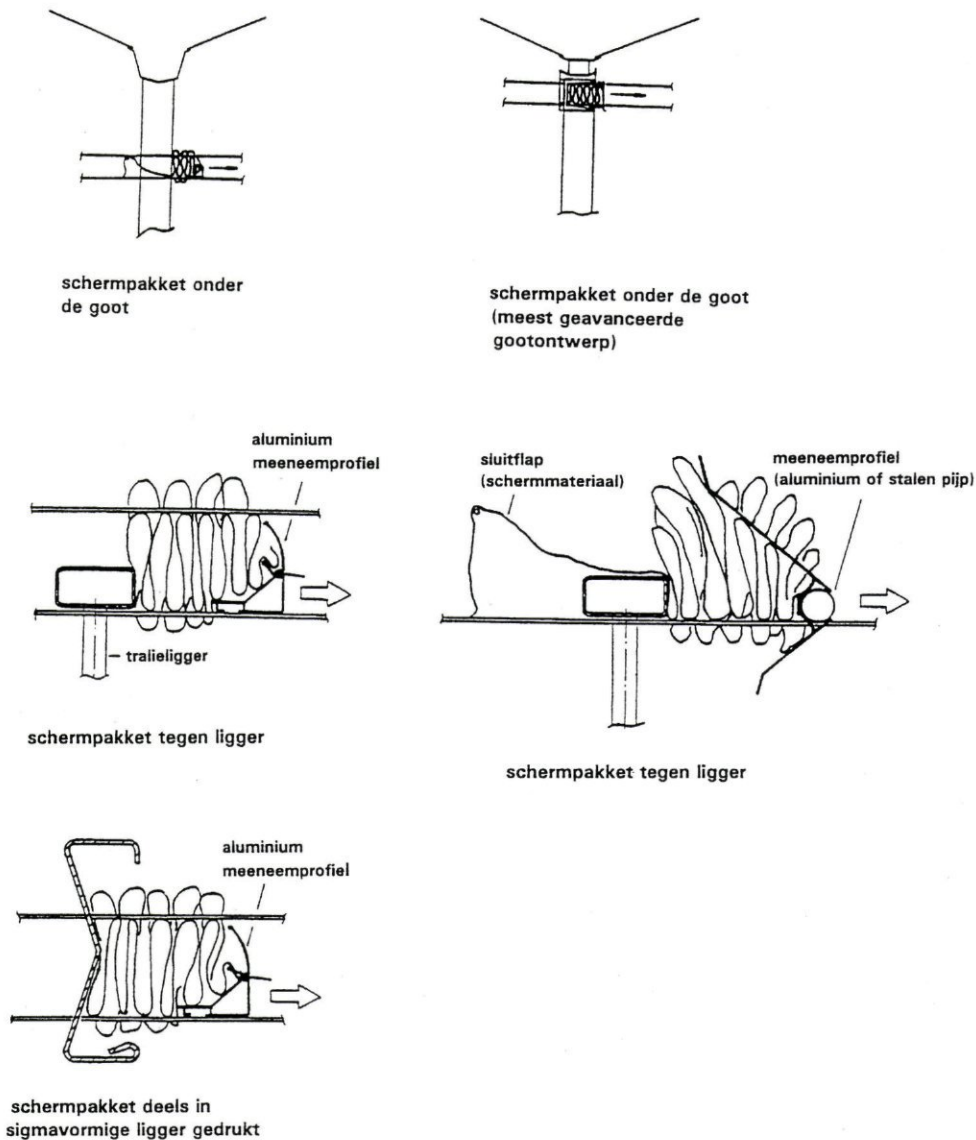
4.2.1 Beperking van lichtverlies

Met de huidige beschikbare schermonderdelen kunnen in "standaardkassen" scherminstallaties aangelegd worden met minimaal lichtverlies door optimalisering van het scherm pakket en door het pakket zo goed mogelijk te laten aanliggen tegen een spant of gording.

Plaatsing van het pakket onder de goot heeft zin in bijzondere gevallen zoals in de gedraaide kas of de GT-kas, waar het scherm pakket zeer dicht onder de "goot" gesitueerd is.

4.2.2 Constructieve mogelijkheden

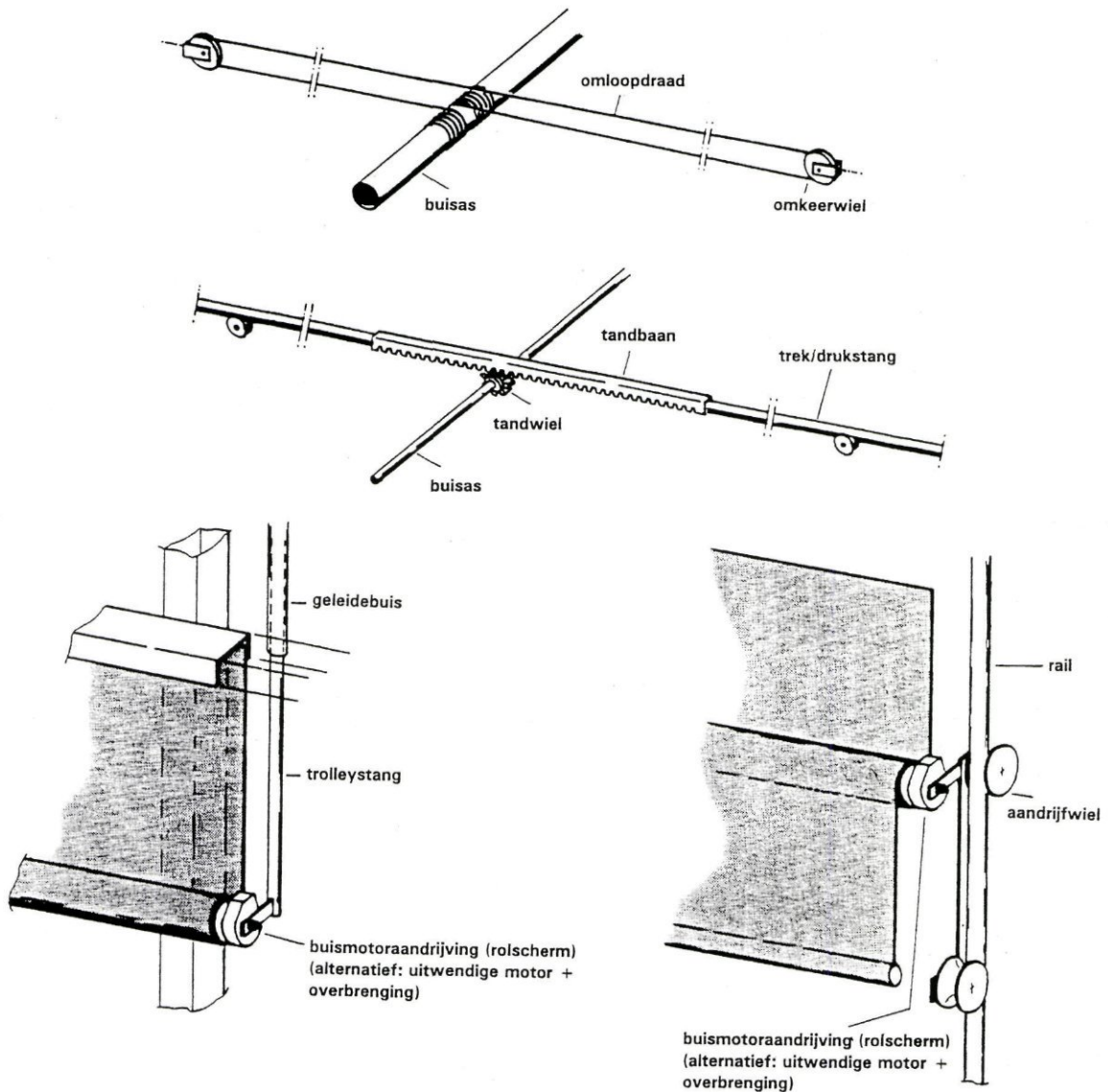
Figuur 20 Integratie van scherminstallaties in kasconstructies



4.3 Aandrijvingen

De aandrijving van een scherminstallatie bestaat uit een samenstelling van componenten (zie figuur 21). Zoals bij een ketting de sterkte wordt bepaald door de zwakste schakel, zo is de maximale aandrukkracht van een scherm bepaald door de zwakste component. Niet altijd is dit dezelfde component: allereerst is er een maximale aandrukkracht van het schermpakket, vervolgens een maximale belasting op de trekdraad of trekduwstang, daarna een maximale belasting op de tandheugel en tenslotte de capaciteit van de motorreductor.

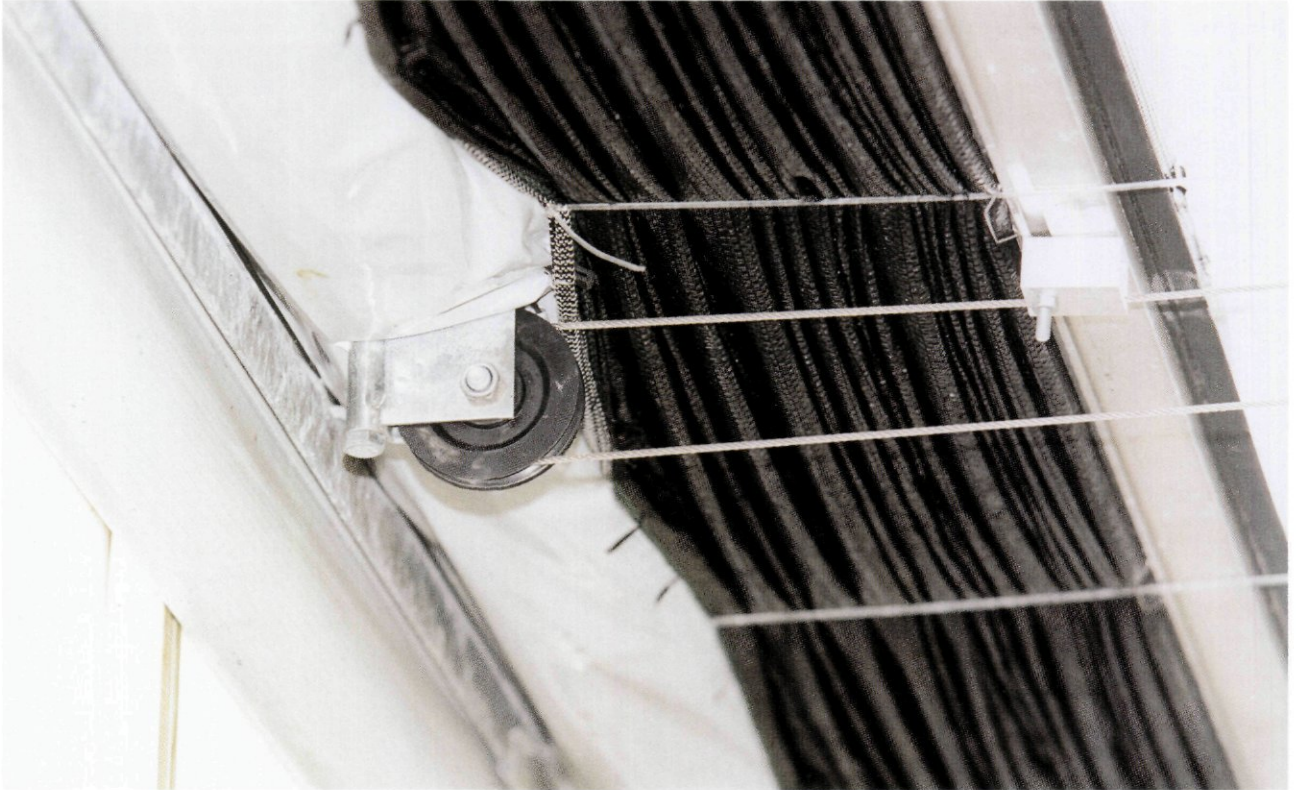
Figuur 21 Aandrijfmechanismen voor openen en sluiten van schermdoeken



Zoals de grafiek van figuur 18 in hoofdstuk 3, paragraaf 3.4.2.1 'Staalkabels' laat zien is de belasting van de aandrijving verre van constant. Bij geheel aangedrukt scherpakket kunnen de krachten ca. 2 tot 3,5 maal zo hoog zijn als tijdens het sluiten of openen van het scherm. Deze belasting treedt slechts gedurende een aantal seconden op, maar afgezien van slijtage en/of levensduur betekent dit dat de verschillende componenten minimaal in stilstaande situatie bestand moeten zijn tegen deze piekbelasting. De selectie van de verschillende componenten van een aandrijving vindt vaak plaats op basis van ervaring. Daarnaast bestaan specificaties van fabrikanten waarin de maximale belasting wordt aangegeven.

4.3.1 Trekdraden

Trekdraad-aandrijvingen zijn kwalitatief beter dan in het verleden doordat steeds meer gelet wordt op de technische eisen die specifiek gelden voor kabels. Dit geldt zowel voor de nu toegepaste kabeltypen als voor de kabeldiameter, de kabelschijfdiameter en de loop van de kabel.



Omkeerwiel bij trekdraadsysteem (foto Alumaf/Hazin)

Vroegtijdige breuk als gevolg van corrosie wordt vermeden door het gebruik van corrosievaste kabels.

Bij trekdraad-aandrijvingen moet bij een eventuele toekomstige schaalvergroting kritisch gekeken worden naar de kabelkwaliteit, de meeneemelementen en de kabelschijfuitvoering (diameter + sterkte).

4.3.2 Trekduwstangen met tandheugelaandrijving

Trekduw-aandrijvingen bezitten een bekende combinatie van voor- en nadelen: nauwkeurigheid, vormvastheid, stabiliteit van meeneemelementen en lagere gevelbelasting staan tegenover hogere aanschafkosten, lichtverlies en kans op grotere vervolgschade bij knik van een trekduwstang. Omdat ook bij deze aandrijvingen sprake is



Geleidingsdraden van scherm zowel onder als boven. Boven: trekduwbuis belichting; onder: trekduwbuis scherming (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)



Schermtandbaan met ronselhuis (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

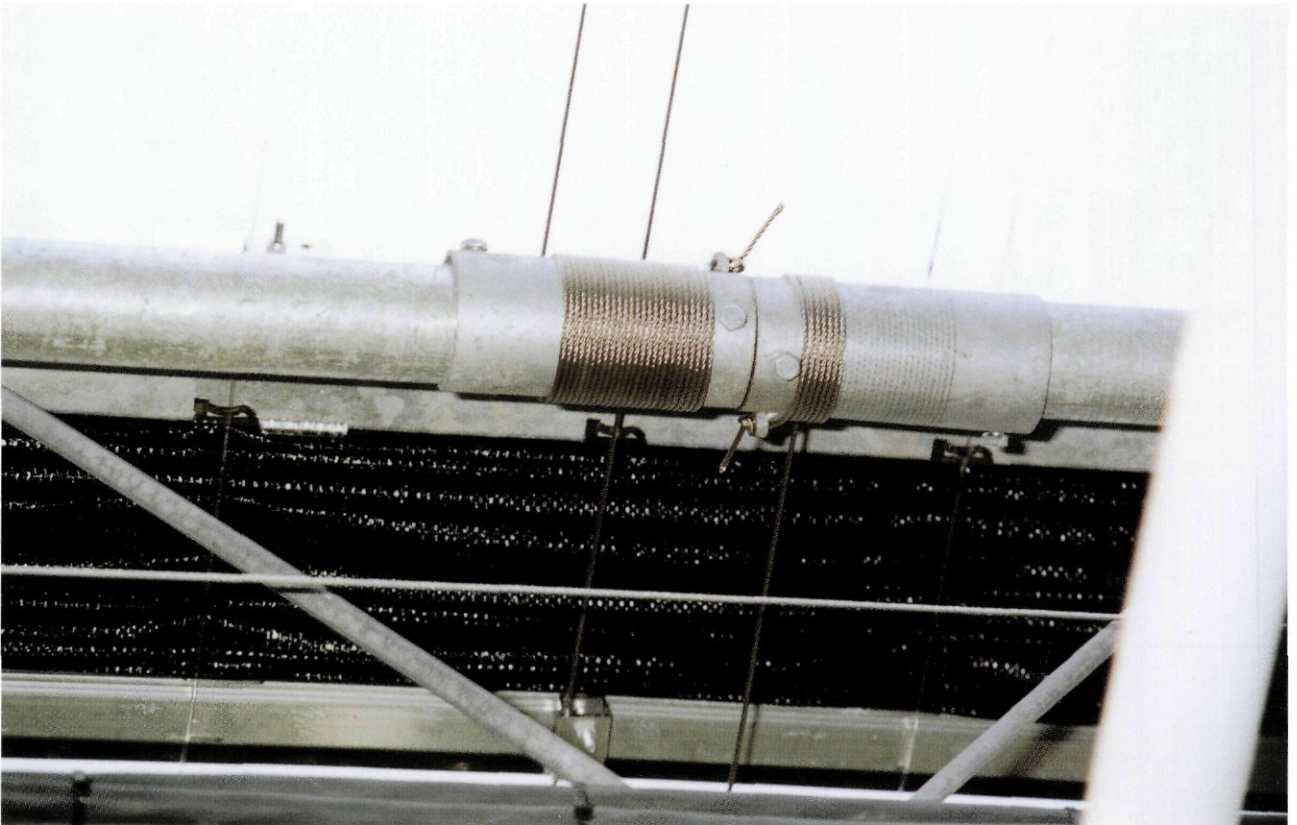


Trekduwstang met tandheugelaandrijving (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

van schaalvergroting, zowel voor wat betreft de vakmaat als de hart-op-hart maat moet ook hier de capaciteit kritisch bekeken worden. Om het scherm pakket meer ruimte te geven bij de afhang zijn tandheugels op de markt die een gedeeltelijke vrije slag hebben. Dit betekent dat het scherm op de normale wijze sluit, maar bij pakketvorming ca. 60 mm achterblijft.

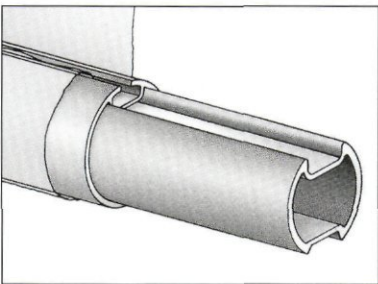
4.3.3 Trekduwstangen met kabelaanrijving

Een aandrijfsysteem met trekduwbuizen die door middel van een kabelmechaniek heen en weer kunnen worden getrokken wordt ook wel "semi-trekduw"-systeem genoemd. Het systeem is ontwikkeld om een eenvoudiger/goedkoper alternatief te bieden ten opzichte van tandheugelaandrijvingen. Daarnaast is de omvang van eventuele vervolgschade kleiner. Het systeem is door de korte kabellengtes weinig gevoelig voor verloop als gevolg van rek. Als nadeel zou kunnen worden genoemd dat het duwende gedeelte van de trekbuis 2 vakken langer is dan bij gebruik van tandheugels.



Trekdraadsysteem voor aandrijving verduisteringsscherm met asbus (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

4.3.4 Oprol-aandrijvingen



Aluminium rolbuis met koppelstuk (tekening van der Valk)

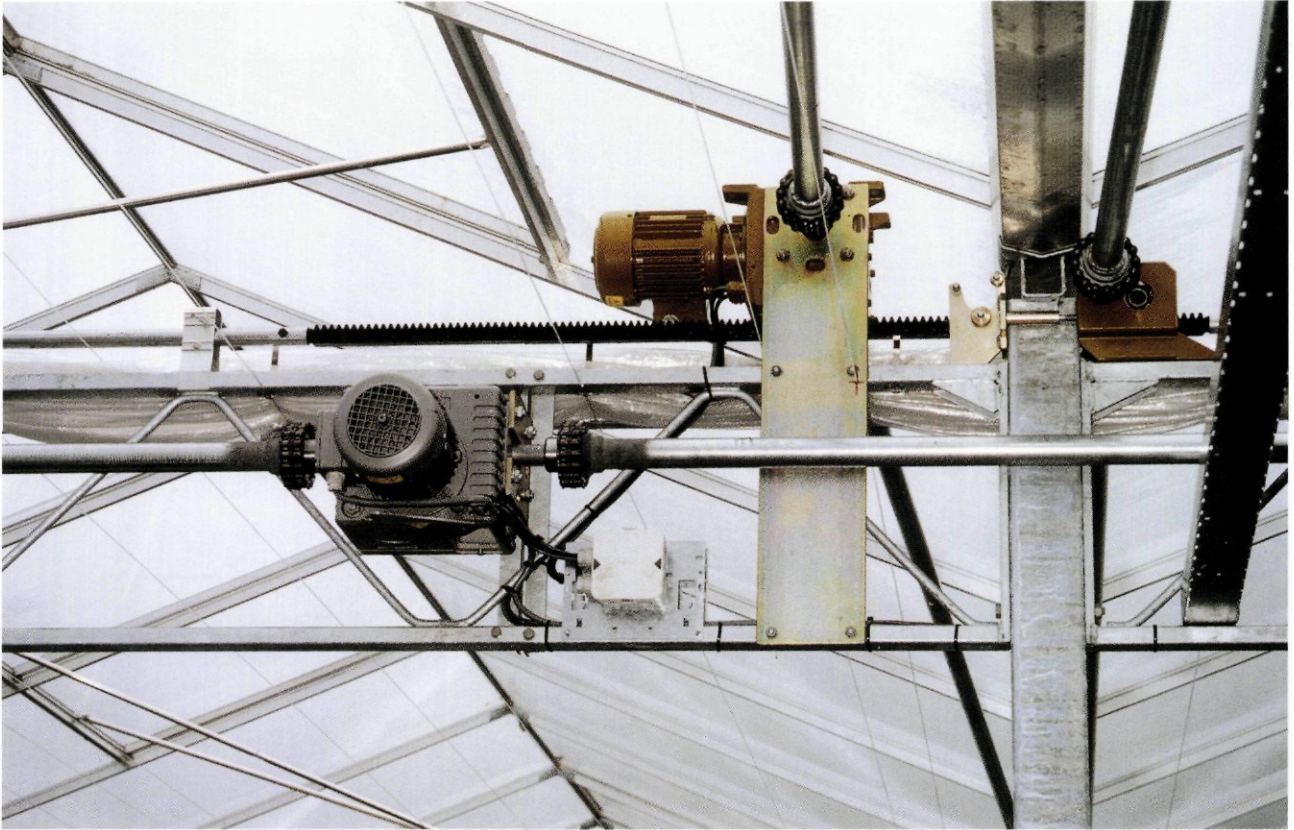
Oprol-aandrijvingen bestaan meestal uit zogenaamde buismotoren die in veel gevallen in de rolbuis zijn aangebracht. Soms wordt de buismotor echter parallel aan de rolbuis geplaatst en drijft dan de rolbuis d.m.v. een kettingoverbrenging aan. Deze oplossing biedt in principe de mogelijkheid om een groter aandrijfkoppel op de rolbuis over te brengen indien de kettingoverbrenging vertraagd is. In sommige gevallen, bijvoorbeeld bij tussengevels waar ruimte voor de aandrijving beschikbaar is, wordt een klein type motorreductor toegepast. De voordelen van deze oplossing zijn de betrouwbaarheid en degelijkheid; nadelen zijn het

relatief grote gewicht en de benodigde ruimte. Bij tussengevels worden oprolaandrijvingen gebruikt waarbij de rolbuis is bevestigd aan een zelfremmende overbrenging ("wormkast"), die kan worden aangedreven met een verplaatsbare motorreductor.

Buismotoren blijken in de praktijk gevoelig te kunnen zijn voor aantasting door vocht in het elektrische gedeelte.

4.3.5 Motorreductoren

Voor de aandrijving van scherminstallaties worden motorreductoren gebruikt van verschillende capaciteiten en in een toerentalgebied dat in de meeste gevallen ligt globaal tussen 3 en 6 omw./min. Bij de meeste scherminstallaties zal de loopsnelheid van het scherm liggen tussen ca. 250 mm/min. en 1100 mm/min. Op aanvraag zijn echt ook andere snelheden mogelijk.



Links: motorreductor voor het scherm; midden: motorreductor voor openen en sluiten van luchtramen vanaf de loefzijde; rechts: tandbaan tegen kolom gemonteerd voor openen en sluiten van luchtramen vanaf de lijzijde (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)



Motorreductor, handmatige bediening bij montage of stroomuitval voor bijstelling (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)



Motorreductor voor scherming met draadsysteem (foto PBG/van Vliet Growing Solutions)

Het vermogen van de elektromotor wordt bepaald door de loopsnelheid van het scherm en het geleverde koppel aan de uitgaande assen. Voor een aandrijving met een grotere loopsnelheid is een groter motorvermogen nodig zijn. Motorvermogens liggen doorgaans in een gebied van 0,12 kW tot 6 kW. Alle gangbare motorreductors zijn leverbaar met bijpassende fundaties of steunen, hetzij geleverd door de motorleverancier, hetzij geleverd door de installateur. (Zie ook hoofdstuk paragraaf 3.1.1.5 'Aandrijving en meeneemelement'). Om overbelasting van een motorreductor te voorkomen kunnen in principe de volgende beveiligingen worden toegepast:

4.3.5.1 Begrenzing van het opgenomen vermogen

De motor stopt nadat het vermogen een van te voren ingestelde waarde heeft bereikt. Niet te verwarren met de motorbeveiligingsschakelaar die bij elke motorbesturing aanwezig behoort te zijn.

Voordelen: geen overbelasting, beter voorspelbare piekkrachten in de installatie.

Nadeel: indien men bij elke installatie de optimale aandrijfkracht wenst dan moet het instellen van de aandrijvingseenheid van te voren door installateur of fabrikant worden aangepast aan de grootte van de scherminstallatie. Niet standaard bij tuinbouwmotoren.

Praktische oplossing zou zijn: de scherminstallaties indelen in een beperkt aantal klassen, waarna op eenvoudige wijze de besturing op de juiste waarde ingesteld kan worden.

4.3.5.2 Mechanische afslag

De motor stopt nadat het geleverde koppel in de uitgaande assen een van te voren ingestelde waarde heeft bereikt. Bij één fabrikant, die jarenlange ervaring heeft met de mechanische afslag, wordt de afslag standaard geleverd.

Het principe is vooral toegepast voor beveiliging van de aandrijving van luchtramen (in verband met vastvriezen) en heeft in Nederland in 1996 in een praktijkproef goed voldaan. In deze praktijkproef is de overbelastingbeveiliging gebruikt om steeds een optimale aandrukkraft en afsluitkraft voor het scherm pakket te bereiken.

Voordelen: geen overbelasting, minder nastelwerk, constante (kleine) pakketbreedte, goede afsluiting, beter voorspelbare krachten in de installatie.

Nadeel: indien men bij elke installatie de optimale aandrukkraft wenst dan moet het instellen van de aandrijvingseenheid van tevoren door installateur of fabrikant worden aangepast aan de grootte van de scherminstallatie. Niet standaard bij tuinbouwmotoren.

Praktische oplossing: scherminstallaties indelen in een beperkt aantal klassen, waarna op eenvoudige wijze het juiste type motorreductor geselecteerd kan worden.

4.4 Regelingen

Voor de regeling van de scherminstallaties worden door de verschillende toeleveranciers standaard besturingen geleverd. Hierin zijn alle normaal gewenste instellingen met betrekking tot energiebesparing en lichtniveau opgenomen.

Op het gebied van klimaatregeling in de winterperiode bestaan mogelijkheden om het scherm beperkt te openen om vocht af te voeren. Zie ook de paragrafen 7.3.2 en 7.3.3. Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat voor die situatie een nauwkeurige kierregeling noodzakelijk is. Hiervoor zijn de mogelijkheden nog te beperkt. Tot nu toe zijn oplossingen zoals zeer traag openende schermen en twee-toerenmotoren uitsluitend proefsgewijs toegepast om het gewenste resultaat te bereiken.

Een andere techniek – bij een andere toepassing – is een snelheidsverschil dat gerealiseerd wordt met behulp van een frequentieregeling (“open/dicht-kas”). Naar aanleiding van verschillende onderzoeken wordt gesproken over een nauwkeurigheid van 0,5 cm tot 2 cm per stap (zie ook paragraaf 7.2) maar deze nauwkeurigheid is nog niet “standaard” te realiseren zonder minder gunstige bij-effecten.

Het uiteindelijke doel is een scherm dat met een normale snelheid sluit of opent én waarmee tevens een kleine kier kan worden ingesteld. Dit kan worden bereikt met ontwikkelingen bij de aandrijvingen, maar ook bij de besturingen.

Zie ook paragraaf 3.1.1.5 ‘Aandrijving en meeneemelement’, in verband met beveiliging tegen overbelasting en nauwkeurigheid bij openen en sluiten.

5 Onderhoud, ontwerpregels en veiligheid

5.1 Onderhoud scherminstallatie

Als richtlijn moet worden aangehouden dat een scherminstallatie eenmaal per jaar wordt nagekeken en waar nodig gerepareerd of bijgesteld. Eventueel noodzakelijke tussentijdse reparaties moeten niet worden uitgesteld om grotere vervolgschade te voorkomen. Scherminstallaties moeten minimaal op trekdraden, trekduwstangen, afsluiting en aandrijving worden gecontroleerd.

5.1.1 Trekdraden

- √ Waar nodig naspannen.
- √ Controleren op beschadigingen.
- √ Controleer de buitenste trekdraad altijd.

5.1.2 Trekduwstangen

- √ Controleer of de buizen goed in de steunrollen lopen.
- √ Tandheugels smeren volgens voorschriften leverancier.

5.1.3 Afsluiting

- √ Motorafstelling open/dicht.
- √ Meeneemprofiel of meeneembuis tegen spant of strook.
- √ Langs de gevels, onder andere afdichtingen bij afhangen.
- √ Gat en scheuren in het schermmateriaal.

5.1.4 Aandrijving

- √ Motorafstelling open/dicht.
- √ Olielekkage.

5.2 Ontwerp, constructie en veiligheidseisen

5.2.1 Machine Richtlijn

De Machine Richtlijn (MR) is richtlijn 98/37/EG van de Europese Unie, die wettelijk verplichte bepalingen geeft met betrekking tot gezondheid en veiligheid van ontwerp, constructie, bediening en onderhoud van machines. De MR is bedoeld voor ontwerpers en fabrikanten/leveranciers van machines.

De (eind)gebruiker van een machine is echter ook verplicht uitsluitend machines te gebruiken die voldoen aan de Europese normen en dus voorzien zijn van de “CE”-markering en andere minimumvoorschriften (Richtlijn Arbeidsmiddelen).

De fabrikant van een daarvoor in aanmerking komende machine is zelf verantwoordelijk voor zijn product. Bij de machine behoort een zogenaamde verklaring van overeenstemming, ondertekend door de fabrikant, waarin deze verklaart dat de machine voldoet aan de eisen die gesteld zijn in de Machine Richtlijn.



Schade in een gewas door een kapot getrokken scherm

Machines moeten minimaal voorzien zijn van de volgende merktekens:

- naam van de fabrikant en zijn adres;
- "CE"-markering;
- serie- of type-aanduiding;
- serienummer, voor zover bestaand;
- bouwjaar.

Omdat scherminstallaties meestal hoog in de kas zijn geïnstalleerd en zich dus buiten het bereik van personen bevinden, is de kans op ongelukken door bijvoorbeeld beknelling relatief gering. Risico's voor onderhoudspersoneel zijn groter, maar zij worden geacht de installatie te kennen en moeten weten wat te doen in geval van storingen en ze worden geacht op de juiste wijze te kunnen ingrijpen in noodgevallen. De installatie moet vanzelfsprekend voldoen aan mechanische en elektrische veiligheidseisen en eisen aan de elektrische uitrusting en aansluiting.

Indien delen van de scherminstallatie wel direct binnen het bereik van personen zijn geplaatst, moet worden nagegaan hoe groot de kans op een ongeval is en wat de ernst van een ongeval zou kunnen zijn. Ook moet worden nagegaan of kinderen bij zo'n installatie gevaar lopen.

Een verhoogde kans op ongevallen of schade zou bijvoorbeeld kunnen optreden bij een gevelscherm dat automatisch wordt bestuurd en dat langs een looppad is gesitueerd. In dergelijke gevallen moet met name steeds worden gekeken naar de volgende punten:

1. Wat is de ernst van de mogelijke schade?
2. Hoe vaak worden mensen aan het betreffende gevaar blootgesteld?
3. Hoe groot is de kans op het optreden van het gevaar?
4. Zijn er mogelijkheden om het gevaar te ontwijken?

Een concreet voorbeeld is de aandrijving door middel van een tandheugel die met lichaamsdelen of kleding in contact kan komen. Doordat de loopsnelheid van schermaandrijvingen meestal zeer gering is, is de kans op mogelijke schade klein, maar eventuele gevolgen kunnen ernstig zijn.

Let op: in het kader van de Machine Richtlijn moet ook worden gedacht aan:

“te voorziene abnormale omstandigheden”.

De elektrische uitrusting dient vanzelfsprekend aan de in Nederland geldende normen en voorschriften te voldoen.

5.2.2 EMC Richtlijn

De Richtlijn Electro-Magnetische-Compatibiliteit (EMC) van de Europese Unie (89/337/EEG + 92/31/EEG + 93/68/EEG) bevat wettelijke bepalingen over essentiële veiligheidseisen voor een elektrisch systeem, zoals aandrijf- en besturingsinstallaties.

De EMC-richtlijn omvat algemene regels voor apparaten of systemen over veilig gebruik, goed functioneren en het voorkomen van storende signalen voor andere apparatuur.

De EMC-richtlijn is bedoeld voor ontwerpers en fabrikanten/leveranciers van elektrotechnische installaties. Het zal duidelijk zijn dat deze richtlijn uiterst belangrijk is voor de tuinbouw, gezien de computer gestuurde processen op het tuinbouwbedrijf.

5.2.3 Norm tuinbouwkassen

Voor Nederland geldt op dit moment nog de norm NEN 3859 “Tuinbouwkassen, Constructieve eisen”. Deze norm is ingevoerd “om te worden toegepast in de relatie tussen tuinders, kassenbouwers, fabrikanten, constructeurs, financiers, overheid en verzekeraars”. NEN 3859 bevat eisen voor o.a. de sterkte en stabiliteit van tuinbouwkassen en is gebaseerd op- en afgeleid van NEN 6700:1991, de Technische Grondslagen voor Bouwconstructies 1990 (TGB 1990), met de bijbehorende normen voor aluminium-, beton-, funderings-, hout- en staalconstructies. Voor tuinbouwkassen zijn enkele afwijkende rekenwaarden voor belastingen en materiaaleigenschappen opgenomen gezien de gespecialiseerde uitvoering en toepassing t.o.v. andere gebouwen.

Op termijn zal een Europese kassenbouwnorm gaan gelden waarvan inmiddels een ontwerp is gepubliceerd met het nummer NEN-EN 13031-1, “Tuinbouwkassen: ontwerp en constructie. - Deel 1: Commerciële tuinbouwkassen.”

Eén van de hoofdstukken in de normen voor kassenbouw geeft minimumvoorschriften over de belastingen die op een kasconstructie werken, bijvoorbeeld het eigen gewicht, wind, sneeuw en/of gewassen die de constructie belasten.

In de paragraaf over ‘belastingen door installaties’ zijn onderstaande waarden in de norm NEN 3859 opgenomen.

Voor het eigen gewicht van installaties zoals verwarmingsinstallaties, zonwering, koeling, verduistering, belichting, beluchting en bijv. beperking van energieverbruik:

- Alle genoemde installaties samen 70 N/m²

Voor krachten in draden:

- Opwaaidraden, spandraden en geleidedraden 500 N per draad
- Trekdraden 1000 N per draad
- Ophangdraden voor de beregeningsleiding 2500 N per draad

Het moet duidelijk zijn of de kas geschikt is voor één of meer scherminstallaties en voor welk type scherminstallatie, zoals schuifscherm met trekdraden, schuifscherm met trekduwsysteem, rolscherm of hangend scherm.

Indien bijvoorbeeld bij de berekening van een kasconstructie de minimum waarden aangehouden worden volgens de nieuwe Europese norm, zal deze constructie niet zonder meer geschikt zijn voor een scherminstallatie in de huidige (Nederlandse) gangbare uitvoeringsvorm met de huidige installatiemethodiek.

N.B.

Bij een omkeerwiel van een trekdraad moet dus minimaal 2000 N in rekening worden gebracht i.v.m. het 180° omleiden van de kabel.

Trekduwaandrijvingen worden niet met name genoemd in de normen voor kassenbouw. Het zal echter duidelijk zijn dat deze aandrijvingen op de plaats van de bevestigingen aan de kasconstructie eveneens relatief grote krachten zullen uitoefenen. Ook hier moet gedacht worden aan krachten ter grootte van min. 1000 N.

Bij niet genoemde installaties zoals transportleidingen moet het werkelijke gewicht in rekening worden gebracht.

In de nieuwe Europese norm EN 13031-1 zullen voor de genoemde draden de volgende waarden als minimum worden voorgeschreven:

- steundraden en opwaaidraden 250 N per draad
- trekdraden 500 N per draad
- ophangdraden voor beregeningsleiding 1250 N per draad

Welke krachten aanhouden?

Metingen in het verleden hebben aangetoond dat de kracht in een trekdraad vaak zal oplopen tot waarden boven de 1000 N die in NEN 3859 wordt genoemd.

De spankracht in kunststof steundraden zal daarentegen vaak lager zijn dan de 500 N die in deze norm is voorgeschreven.

In de Nederlandse praktijk lijkt het daarom aan te bevelen om voorlopig de volgende waarden als globale uitgangspunten te nemen:

Per scherminstallatie, type schuifscherm:

- trekdraden 1250 N (dus 2500 N bij een omkeerwiel)
- trekduwstangen 1250 N (ter plaatse van het bevestigingspunt)
- steundraden en opwaaidraden 250 N (kunststof draden)

Het is noodzakelijk dat bekend is voor welke grootte van schermkrachten een kasconstructie geschikt is. In de toekomstige kassenorm EN-13031-1 wordt voor elke nieuwe kas een gebruikershandleiding voorgeschreven. In deze handleiding zullen, naast diverse andere gegevens, de ontwerpbelastingen voor de betreffende kas vermeld moeten zijn.

Indien uit betrouwbaar onderzoek wordt aangetoond dat in trekdraden en trekduwstangen afwijkende krachten optreden, die bijvoorbeeld door technische hulpmiddelen worden begrensd op een bekend maximum, kunnen deze afwijkende waarden eventueel in de berekening van de kasconstructie worden meegenomen.

Voor zover dit niet voldoet aan de minimum eisen in de norm zal hierover overeenstemming moeten worden bereikt met de diverse betrokken partijen, zoals verzekeraars, TNO, Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG) en tuinbouworganisaties.

5.2.4 Beveiligingen

In deze brochure zijn reeds beveiligingen behandeld namelijk overbelastingsbeveiligingen voor motorreductoren (zie paragraaf 4.3.5) en verschuifbare meeneemelementen (zie paragraaf 4.2.1.5).

Andere beveiligingsmogelijkheden zijn bijvoorbeeld breekbeveiligingen in meeneemprofielen en een signalering van slaphangende trekdraden.

Dit soort beveiligingen kan in voorkomende gevallen relatief grote schade helpen voorkomen. Raadpleeg hierover de leverancier en oriënteer u bij bedrijven die deze systemen in gebruik hebben.

Een groot voordeel van overbelastingsbeveiligingen zoals krachtbegrenzers is ook het feit dat "zwart op wit" kan worden aangegeven wat de maximale belasting zal zijn. In het kader van de vorige paragraaf is dit een belangrijk gegeven dat uiteindelijk moet resulteren in een goed op elkaar afgestemd geheel van kas en scherminstallatie(s).

6 Scherm en kasklimaat

6.1 Invloed van scherm op kasklimaat

6.1.1 Lichtniveau

Een gesloten schermdoek en het scherm pakket bij een geopend scherm geven lichtverlies. Lichtverlies dat een gevolg is van lichtobstructie door een opgevouwen scherm is besproken in hoofdstuk 3. De mate waarin een gesloten schermdoek licht afschermt, wordt bepaald door de eigenschappen van het doek. In hoofdstuk 3 is beschreven dat schermdoeken kunnen voldoen aan bepaalde combinaties van eisen op het gebied van energiebesparing en zonwering.

6.1.2 Energiebalans

De energiebalans van de kas wordt gevormd door de optelsom van alle inkomende energiestromen aan de ene kant en de optelsom van alle uitgaande energiestromen aan de andere kant. Wanneer de balans in evenwicht is zijn de twee optelsommen aan elkaar gelijk en treden er geen temperatuurveranderingen op. Wanneer de inkomende energiestroom groter wordt dan de uitgaande, bijvoorbeeld als er meer zon komt, dan zullen de temperaturen in de kas gaan stijgen.

De uitgaande energiestroom zal zich hieraan aanpassen (warmteverlies) en even groot worden waardoor er weer evenwicht ontstaat bij een andere kastemperatuur. Als de nieuwe kasluchttemperatuur afwijkt van de ingestelde kasluchttemperatuur, zal de klimaatregeling de buistemperatuur of de raamstand bijregelen totdat de ingestelde kasluchttemperatuur bereikt is.

In het eerste geval wordt de inkomende energiestroom verlaagd en in het tweede geval wordt de uitgaande energiestroom verhoogd. Beiden hebben tot gevolg dat de kasluchttemperatuur gaat dalen totdat de inkomende en uitgaande energiestromen weer in evenwicht zijn.

De uitgaande energiestroom bestaat uit drie onderdelen: warmteverlies door straling, transmissieverlies en warmteverlies door ventilatie.

Het warmteverlies door straling wordt veroorzaakt door het kwijtraken van warmte van alles wat in de kas aanwezig is via straling aan het kasdek dat op zijn beurt warmte uitstraalt naar de buitenlucht. De grootte van deze warmtestroom via straling hangt af van het temperatuurverschil tussen het gewas (en in de kas aanwezige onderdelen) en het kasdek.

Het transmissieverlies ontstaat doordat de kaslucht langs het kasdek stroomt en daaraan warmte overdraagt (convectie). Het kasdek verliest op dezelfde wijze weer warmte aan de buitenlucht. Het transmissieverlies is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen kaslucht en kasdek.

Het warmteverlies door ventilatie tenslotte komt tot stand doordat er uitwisseling is tussen de warme kaslucht en de koudere buitenlucht hetzij via geopende luchtramen hetzij door lekventilatie. Het warmteverlies door ventilatie is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen kas- en buitenlucht en de grootte van de openingen van ramen en kieren. De aanwezigheid van een (gedeeltelijk) gesloten scherm verkleint de warmteverliezen die via straling, convectie (transmissie) en ventilatie plaats vinden. De toegevoerde energie vanuit de kas neemt af met als gevolg dat de temperatuur van het kasdek ook naar beneden gaat. De ruimte boven het scherm zal minder warmte toegevoerd krijgen waardoor de luchttemperatuur boven het scherm zal dalen.

De klimaatregelaar zorgt ervoor dat de kaslucht onder het scherm dezelfde temperatuur houdt. Het scherm is de afscheiding tussen de warme kaslucht er onder en de koudere kaslucht er boven. De temperatuur van het scherm ligt er tussen in.

De bovenzijde van het gewas zal nu niet meer direct naar het koudere kasdek warmte verliezen via straling maar naar het warmere scherm. Het gevolg hiervan is dat de temperatuur van de bovenzijde van het gewas hoger zal zijn dan bij de situatie zonder scherm.

6.1.3 Luchtvochtigheid boven en onder scherm

Temperatuurverschillen tussen de compartimenten onder en boven het scherm kunnen groot zijn. Bij een energiescherm kan het zelfs voorkomen dat de luchttemperatuur boven het scherm onder het vriespunt daalt, terwijl onder het scherm de kasluchttemperatuur op 18 °C ligt. Figuur 21A geeft het temperatuurverloop boven en onder het scherm aan op een koude winterdag met buitentemperaturen tussen min 6 en min 3 °C.

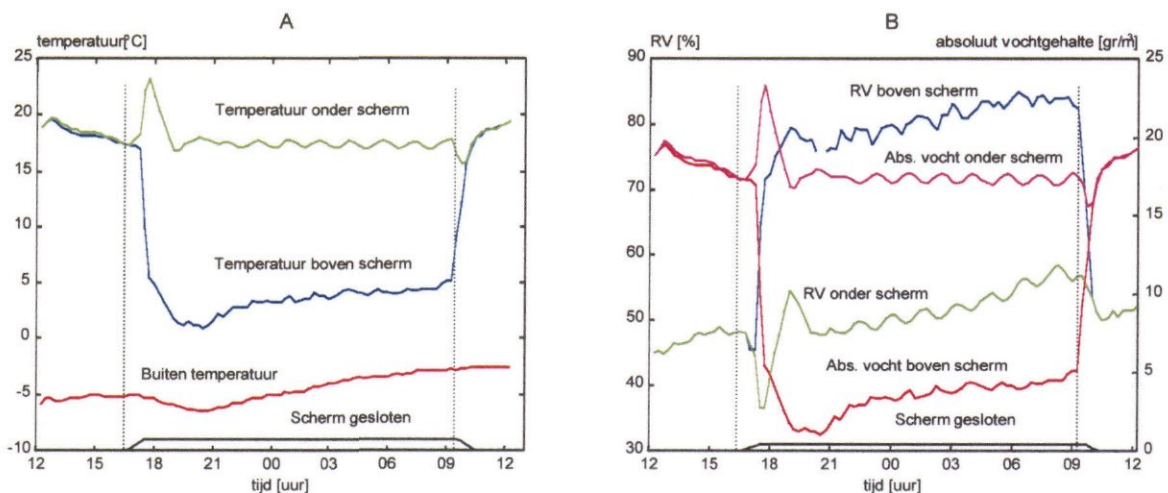
Figuur 21B geeft het verloop aan van RV en absolute luchtvochtigheid bij dezelfde buitentemperaturen.

In figuur A is duidelijk te zien dat de luchttemperatuur boven het scherm met de buitentemperatuur meeloopt. In figuur A en B zijn stippellijnen getekend op het moment van openen en sluiten van het scherm. Bij het scherm sluiten is een sterke temperatuurstijging van meer dan 5.5 °C te zien.

Dit is het gevolg van de (nog) warme verwarmingsbuizen (70 °C) tijdens en vlak na het sluiten van het energiescherm. Bij een gesloten scherm nemen de energieverliezen sterk af. De temperaturodaling (kouval) bij het scherm openen blijft beperkt tot 2 °C. Om kouval te voorkomen moet dan ook een klein deel (10 %) van het scherm rustig en met ruime wachttijden stapsgewijs worden geopend. Na het begin van het openen van het scherm duurt het meer dan een half uur voordat de temperatuur in het compartiment boven het scherm op gelijk niveau is met de kasluchttemperatuur onder het scherm. Na het scherm sluiten daalt de RV in het onderste compartiment sterk, hetgeen een gevolg is van de sterke temperatuurstijging in dit compartiment. In dezelfde periode stijgt het absoluut vochtgehalte sterk. Dit wordt veroorzaakt door het naitjen van de gewasverdamping. Door het scherm te sluiten, wordt de vochtafvoer abrupt afgebroken, terwijl de verdamping van de plant nog niet op het lagere nachtniveau is gekomen.

De piek in de RV onder het scherm om 20.00 uur wordt veroorzaakt door een temperaturodaling van de kaslucht. Tijdens de nacht stijgt de RV boven en onder het scherm geleidelijk. Het

Figuur 21 Temperatuur, RV en absolute vochtgehalte bij open en gesloten scherm



absoluut vochtgehalte blijft onder het scherm vrijwel constant. Bij het openen van het scherm daalt het absoluut vochtgehalte in het compartiment onder het scherm kortstondig (ongeveer 1 uur) vrij sterk. Op het moment van openen zal veel vocht tegen het koude (mogelijk zelfs bevroren) kasdek condenseren, waardoor het absoluut vochtgehalte afneemt.

6.1.3.1 Horizontale temperatuurverdeling

Het sluiten van het scherm heeft zonder aanpassingen gevolgen voor de horizontale temperatuurverdeling. Een gelijkmatig horizontale temperatuur is om diverse redenen van belang:

- 1 om de gewasontwikkeling zo gelijk mogelijk te laten verlopen;
- 2 om te koude plekken te voorkomen, waar condensatie op het gewas op kan treden;
- 3 om te warme plekken te voorkomen.

Energiescherm

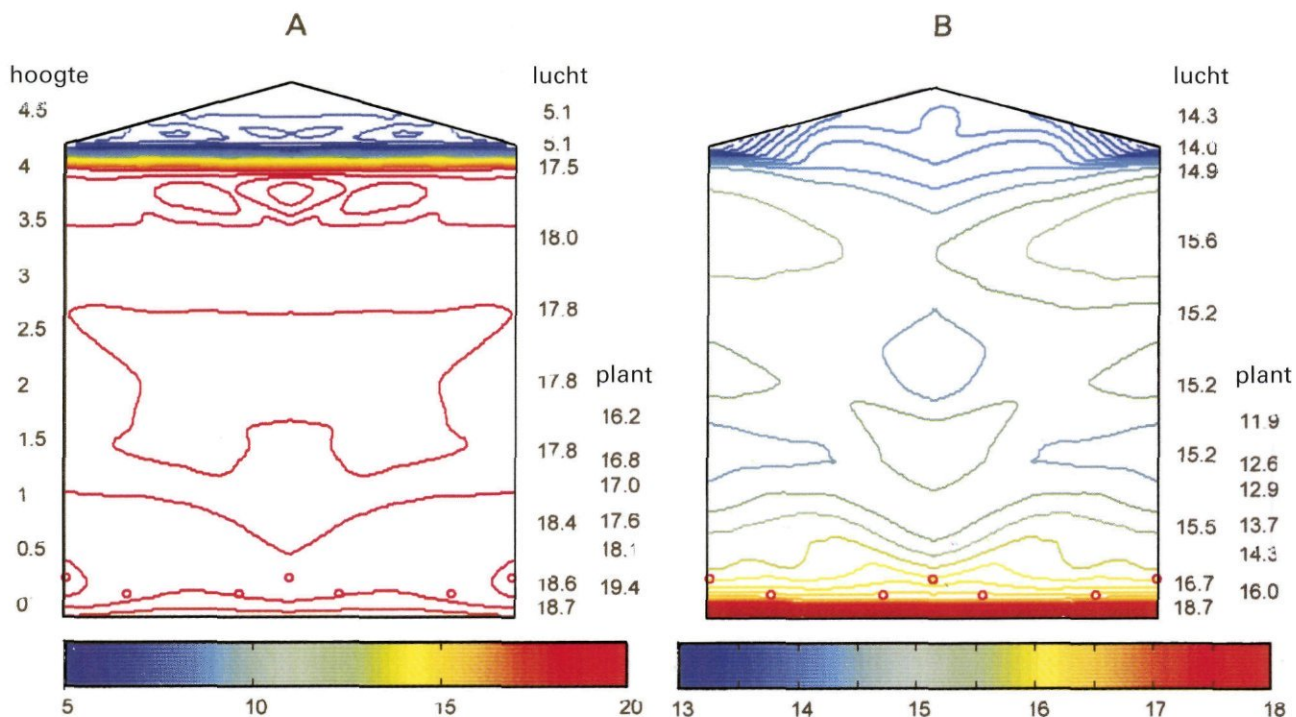
Als het scherm gesloten wordt, daalt het warmteverlies naar het kasdek. De kaslucht onder het scherm koelt minder af en de buistemperatuur gaat omlaag. In het midden van de kas of kasafdeling waar de thermometer hangt, blijft de temperatuur op het gewenste niveau. Langs de gevels echter zal de kaslucht extra afkoelen. Immers het warmteverlies naar buiten is hier nog groot en de buistemperatuur nu te laag om dit te compenseren. Als gevolg hiervan ontstaat een koude luchtstroom langs de gevels. Vanuit de gevels naar het midden van de kas loopt de temperatuur op tot het niveau rond de meetbox. De extra afkoeling bij de gevels is te voorkomen door deze te schermen of door extra verwarming langs die gevels te plaatsen. Deze gevelverwarming gaat aan als het bovenscherm gesloten is, en weer uit als het bovenscherm wordt geopend. Het plaatsen van extra verwarming of het aanbrengen van gevelschermen is niet altijd direct mogelijk maar verdient de voorkeur.

Als tijdelijke oplossing kan er voor gekozen worden om de gevels met vaste folie te bedekken. Deze folie kan verwijderd worden als het bovenscherm niet of nauwelijks meer wordt gebruikt. Een nadeel van vast folie is dat het overdag de warmte meer vasthoudt en het daardoor warmer wordt langs de gevels dan in de rest van de kas. Ook houdt folie licht tegen. Kieren in het bovenscherm veroorzaken plaatselijk koude plekken. Planten die gedurende langere tijd bij lagere temperaturen groeien, ontwikkelen zich trager dan de rest van het gewas dat bij een iets hogere temperatuur groeit. Kieren en koude gevels zorgen dus voor verschillen in de ontwikkeling van het gewas.

Zonweringscherm

Bij gedeeltelijk sluiten van een scherm tegen straling ontstaan banen in de kas waar de zon wel en niet meer rechtstreeks binnen valt. Bij een noord-zuid opstelling van de kas krijgt steeds hetzelfde stukje kas nog wel zon. Maar het scherm was juist gesloten omdat de instraling te hoog was voor een goede plantengroei. Dit betekent dat de gewasbanen in de zon voortdurend 'stress' hebben, en de andere stroken niet. Als deze situatie enige dagen aan houdt is dit te zien aan de ontwikkeling van het gewas. Om problemen met het klimaat te voorkomen moeten de klimaatmaatregelen per afdeling genomen kunnen worden. Dit betekent dat scherm, verwarming en ventilatie per afdeling regelbaar moeten zijn. In de praktijk komt het regelmatig voor dat de verwarming voor twee afdelingen tegelijk regelbaar is. Dat is niet erg als beide afdelingen volledig gelijk gestuurd worden ten aanzien van schermen en ventileren, maar soms wordt in de ene groep geschermd (voor verduistering, lichtwering of energiebesparing) en in de andere groep niet. In de ongeschermdde groep kan het hierdoor te koud worden.

Figuur 22 Isothermenplot bij gesloten (A) en open (B) scherm



6.1.3.2 Verticale temperatuurverdeling

Bij de verticale temperatuurverdeling moet onderscheid gemaakt worden tussen de plant- en luchttemperatuur. Over het algemeen zal de planttemperatuur redelijk dicht bij de luchttemperatuur liggen. In een kas zonder scherm zal in de nacht de kop van de plant koud worden door uitstraling naar het koude kasdek (zie ook de paragraaf energiebalans in dit hoofdstuk). Hoe helderder de hemel, hoe groter de uitstraling is, des te kouder het kasdek en de kop van de plant worden. In deze situatie zal het onder in de kas warmer zijn dan boven in de kas. Overdag zal bij veel instraling van de zon de kop van de plant warm worden. De plant gaat dit direct compenseren door extra te gaan verdampen. Hierbij is het boven in de kas meestal warmer dan onder in de kas.

De schermfuncties: verduistering, schaduw en of energiebesparing kunnen twee gevolgen hebben op de verticale temperatuurverdeling. Bij een verduisterings- of schaduwfunctie van het scherm wordt geprobeerd om het licht en de temperatuur in de kas te temperen. Hierdoor zal de kop van het gewas wat minder warm worden waardoor hij ook minder hoeft te verdampen.

De functie energiebesparing heeft als doel de energieverliezen in de kas te beperken. Omdat het schermdoek tussen plant en kasdek is geplaatst, is de uitstraling van de plant naar het kasdek beperkt en zal de kop van de plant dus minder koud worden dan in een situatie zonder scherm. Bij de functie energiebesparing zal het onder in de kas warmer zijn dan boven in de kas.

In figuur 22A is bij wijze van voorbeeld een isothermenplot van een nachtsituatie met gesloten energiescherm weergegeven bij het gewas tomaten. De kas is uitgerust met een energiescherm, met 4 \varnothing 51mm buisrail en met 2 \varnothing 27mm groeibuizen per kap van 3,2 meter. De buitentemperatuur is min 7 °C en de buisrail- en groeibuistemperatuur zijn 46 °C. De gekleurde lijnen in figuren 22A en 22B geven de temperatuur aan. Naast de figuren A en B staan onder 'lucht' de gemiddelde kasluchttemperaturen zoals gemeten is op die hoogte.

De onderste temperatuur onder de kolom 'lucht' is de bodemtemperatuur, gemeten op een diepte van 5 centimeter. Boven het scherm is de luchttemperatuur ongeveer 5 °C. In het gebied tussen de verwarmingsbuizen en het scherm daalt de luchttemperatuur met ongeveer 1 °C. Naast de luchttemperaturen staan onder 'plant' de gemiddelde planttemperaturen zoals gemeten zijn op die hoogte. Omdat het gewas in dit voorbeeld nog klein is, zijn er geen temperatuurwaarnemingen boven de 1,80 meter. De planttemperatuur varieert tussen de 19,4 en 16,2 °C. Het blad dat dicht bij de verwarmingsbuizen hangt, is in deze situatie wat warmer dan de luchttemperatuur.

Dat de kop van de plant kouder is dan de luchttemperatuur, komt door uitstraling van de plant naar het koude scherm, dat een temperatuur zal hebben die ligt tussen de temperaturen van de lucht onder en boven het scherm.

In figuur 22B is een isothermenplot van dezelfde kas een half uur na de situatie in figuur 22A weergegeven. Het energiescherm is geopend, waarna de lucht- en planttemperatuur fors zijn gedaald. De temperatuur van de bodem is nog niet gedaald en de luchttemperatuur boven de verwarmingsbuizen is redelijk constant. In de planttemperaturen zijn echter wel grote temperatuurverschillen gemeten. De onderste bladeren worden direct opgewarmd door warmtestraling van de verwarmingsbuizen, terwijl de bovenste bladeren veel warmte uitstralen naar het koude kasdek dat ongeveer 1 °C is.

6.2 Regeltechniek van het scherm in relatie tot kas- en buitenklimaat

6.2.1 Overzicht schermfuncties

Afhankelijk van het type schermdoek (folie, energie- of verduisteringsscherm) regelt de klimaatcomputer specifieke schermfuncties. Middels de klimaatcomputer kunnen de specifieke eigenschappen van schermen optimaal benut worden. Daarnaast bevat het computerprogramma ook functies die voor alle typen schermen van toepassing zijn zoals bijvoorbeeld de relatie buitentemperatuur en het sluiten van het scherm. De meeste leveranciers van klimaatcomputers hebben de volgende schermfuncties in hun programma's verwerkt:

- verduisteren;
- vocht;
- zonwering;
- energie.

Afhankelijk van de gekozen schermfunctie zijn andere functies van belang. Vaak wordt één type scherm voor meerdere functies gebruikt waarbij één functie de belangrijkste is om daarmee het gewas niet in gevaar te brengen. Bijvoorbeeld een folie, die een specifieke vochtfunctie heeft en waarmee geschermd gaat worden voor zonwering om het scherpste licht weg te houden. Het scherm is dan voor 80 tot 90% ingesteld voor temperatuur en vochtregulatie, hetgeen bij een speciaal zonweringscherm meestal niet nodig is. Veel functies zijn niet onafhankelijk van elkaar en moeten dan ook in samenhang met elkaar worden geprogrammeerd. Van de genoemde functies zullen we de belangrijkste parameters bespreken.

6.2.1.1 Verduisteren

Bepaalde gewassen hebben in een etmaal een bepaalde donkerperiode nodig. Met behulp van de verduisterfunctie kan de nachtperiode verlengd worden. De belangrijkste regelbare parameters hierbij zijn:

- Schermtijd Begin- en eindtijd waartussen het scherm gesloten moet worden om de kas te verduisteren.
- Uitzonderingen Door het sluiten van het scherm kan het klimaat zodanig worden beïnvloed dat de kasluchttemperatuur en of het vochniveau op een onaanvaardbaar hoge waarde komen, zodat het gewas hier schade van ondervindt.

6.2.1.2 Vocht

Bij het regelen van het vochniveau moet goed onderscheid worden gemaakt tussen een scherm, waarmee een verhoging van het vochniveau in de kas het doel is en het open houden van kieren, waarbij het vochniveau tot een bepaalde waarde het hoofddoel is. Hier zal alleen worden ingegaan op het open houden van kieren. De belangrijkste regelbare parameters hierbij zijn:

- Schermtijd Begin- en eindtijd waartussen het scherm gesloten moet worden.
Kiergrootte Regeltraject voor het scherm om de kiergrootte te regelen waarmee het vochniveau in de hand wordt gehouden.
- Vochtraject Vochniveau waarboven de schermkieren geopend moeten worden.

6.2.1.3 Zonwering

Veel gewassen kunnen niet goed tegen te hoge stralingsniveaus. Ook bij grote weersveranderingen kunnen sommige gewassen de sterk toegenomen verdamping niet aan. Met behulp van het scherm kan een zonwering worden gecreëerd waardoor de instraling en verdamping afneemt. De belangrijkste regelbare parameters hierbij zijn:

- Schermtijd Periode(n) waarbinnen het scherm open en gesloten is.
- Stralingstraject Vanaf welk stralingsniveau moet er geschermd gaan worden en wanneer moet het scherm geheel gesloten zijn .
- Schermstand Naast specifieke zonweringschermen, worden ook andere schermen zoals een folie of energiescherm voor zonwering gebruikt. Bij deze doeken wordt de schermstand vaak beperkt tot 80 à 90 % om voldoende luchtuitwisseling te behouden tussen het compartiment onder en boven het scherm.

6.2.1.4 Energie

De belangrijkste regelbare parameters hierbij zijn:

- Schermtijd Begin- en eindtijd waartussen het scherm gesloten moet worden om de kas te verduisteren.
- Stralingsgrens De hoeveelheid straling waaronder het scherm sluit bij koud weer.
- Schermstand Hierbij kunnen meestal twee mogelijkheden worden ingesteld, of een absolute buitentemperatuur waarbij bijvoorbeeld beneden de 8 °C het scherm gesloten wordt, of een relatieve buitentemperatuur waarbij bijvoorbeeld bij een verschil in binnen- buitentemperatuur groter dan 5 °C het scherm gesloten wordt.
- Openen Om kouval te voorkomen kan het scherm gefaseerd worden geopend. Dit wordt onder andere geregeld door het scherm in kleine stappen te openen voor aanpassing van de verwarming. Bij grote kou kan het openlopen van het scherm op deze wijze veel tijd in beslag nemen (wel meer dan een uur) waarbij kouval voorkomen wordt.
- Windinvloed Afhankelijk van de windsnelheid kunnen de criteria om het scherm te sluiten worden aangepast. Immers bij grote windsnelheid nemen de energieverliezen van de kas toe. Naast deze criteria is er ook nog een



Voorbeeld van een schermkier (foto PBG)

stormbeveiliging. Om stormschade te voorkomen wordt de computer zodanig geprogrammeerd dat het scherm boven bepaalde windsnelheden niet meer gesloten mag worden. Deze instelling geldt dan ook voor de andere schermfuncties.

Verwarming

Bij het sluiten stopt de verwarming om doorschieten van de temperatuur te voorkomen als het scherm dicht loopt. Vlak voor het openen van het scherm wordt de verwarming automatisch aangezet om kouval te voorkomen.

6.2.2 Het reguleren van vocht in de kas in relatie tot het energieverbruik

Bij het gebruik van energieschermen blijft het aantal schermuren vaak beperkt omdat bij te hoge RV-niveaus in de kas het scherm wordt geopend. De manier van reguleren heeft veel invloed op de te bereiken energiebesparing.

Om hoge RV-niveaus in de kas te voorkomen moet er vocht worden afgevoerd. Dit kan door een schermkier, een raamkier of een combinatie van deze twee. Het komt voor dat er een schermkier van enkele procenten wordt voorgeprogrammeerd, die niet meer verandert. Zo'n ingestelde grens RV heeft de meeste invloed op de te bereiken energiebesparing.

Bij een gesloten scherm is de vochtafvoer minder dan bij een open scherm omdat luchtuitwisseling tussen de compartimenten boven en onder het scherm beperkt is waardoor de afvoer van vocht via condensatie tegen het kasdek afneemt. Daarentegen is het kasdek bij een gesloten scherm veel kouder dan bij geopend scherm. De luchtvochtigheid onder het scherm zal dus oplopen.

Bij een te hoog RV-niveau kan via een schermkier vocht worden afgevoerd door extra condensatie tegen het koude kasdek.

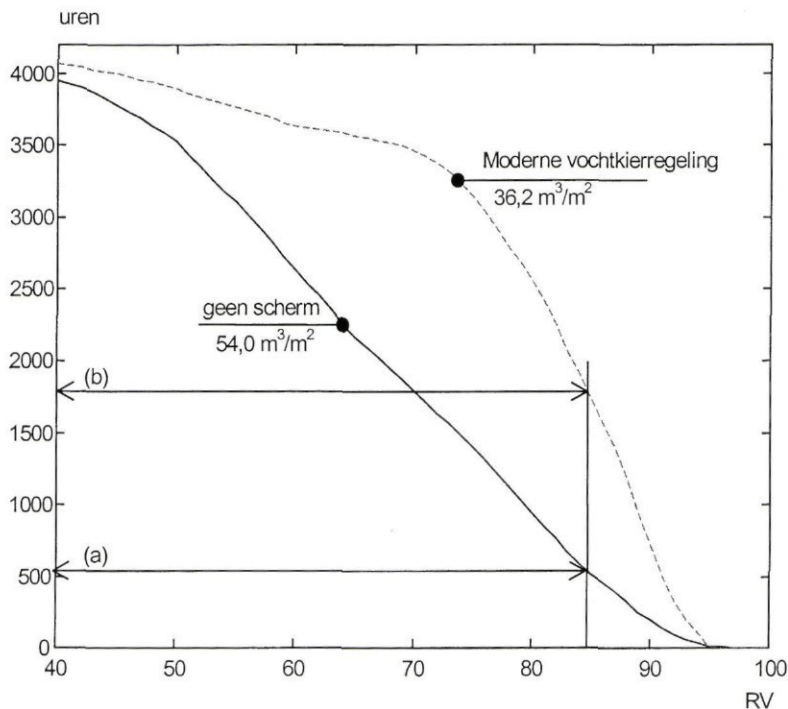
Bij het reguleren van de schermkieren is de nauwkeurigheid van groot belang. De kiergrootte van het scherm moet eigenlijk met stapjes van maximaal 1 centimeter te regelen zijn. (bij een vakmaat van vier meter is de regelnaauwkeurigheid dan 0,25 %). Deze kleine stapgrootte is van belang om de schermkieren zeer geleidelijk groter te maken. Bij grotere stappen zal kouval kunnen optreden en/of (te)veel vocht worden afgevoerd. Behalve een kleine stapgrootte zijn wachttijden tussen de stappen van groot belang. Het proces van vochtafvoer door de schermkier moet eerst op gang worden gebracht. De vochtmeting is (meestal) een indirecte berekening uit de droge en natte boltemperatuur in de meetbox die ergens tussen het gewas in de kas hangt. Het vergt dus enige tijd (meerdere minuten) voordat het effect van het openen van de schermkier meetbaar is. Een kleine stap voorkomt ook dat het koude kasdek teveel wordt opgewarmd, immers het koude kasdek moet door middel van condensatie het vocht afvoeren. De combinatie van kleine stappen en wachttijden zorgt voor een gelijkmatig proces met weinig schermbewegingen.

In figuur 23 is een overzicht weergegeven van het aantal uren dat de RV zich boven een bepaald niveau bevindt in een kas met en zonder scherm bij een tomatengewas. In een kas zonder scherm is de RV nog altijd 520 uur boven de 85 % (lijn(a)) en 1740 uur boven de 85 % bij een moderne vochtkierregeling. De vastgestelde setpoints RV waren 95 % 's nacht en 85 % in de nanacht, waarbij de nanacht de periode van 3 uur voor zonsopgang tot een half uur na zonsopgang besloeg. Hoewel deze gekozen setpoints RV op een hoog niveau liggen hebben zich geen problemen voorgedaan met het gewas. Het energieverbruik daalt van 54 m³ naar 36,2 m³ per m². Uit onderzoek is bekend dat een hoog vochniveau geen nadelige gevolgen voor het gewas hoeft te hebben. Bij het regelen van een schermkier in de nanacht bij RV overschrijding en RV setpoints van 85% 's nachts en 80% in de nanacht kwam het verbruik uit op 39 m³/m².

Voor een goede regeltechniek van de schermkieren moeten de volgende punten in acht worden genomen:

- Het scherm 's nachts sluiten bij buitentemperaturen onder 10 °C of bij een temperatuurverschil binnen - buiten van meer dan 6 °C.
- De schermkier bij een te hoge kastemperatuur op 2% zetten.
- De schermkier bij te hoge RV in stappen openen van ca. 0,3% met een wachttijd van 5 minuten tot maximaal 4%.
- Blijft de RV te hoog dan de ramen gedeeltelijk openen, maar het scherm niet verder openen.

Figuur 23 Aantal nachtelijke uren boven gegeven RV bij het gewas tomaat



Blijft de RV in de nacht te hoog, dan kan deze alleen verder verlaagd worden door meer ventilatie via de ramen. Om daarbij schade aan het scherm door wind te voorkomen, is het verstandig het scherm dan geheel te openen.

6.2.3 Kouval

Onder kouval wordt het sterk dalen van de temperatuur verstaan na het openen van het scherm. Ook zonder schermgebruik kan kouval voorkomen, vooral in het voorjaar bij buig weer met flinke opklaringen. Hierbij kan de kasttemperatuur ook in korte tijd vele graden dalen. Het is niet bekend of kouval nadelige gevolgen voor het gewas heeft. Bij sommige bloemisterij gewassen (korte-dag, lange-dag en dagneutrale) kan kouval zelfs gebruikt worden om de lengtegroei af te remmen. Het moment waarop kouval gewenst is, valt niet voor alle gewassen samen met zonsopkomst, zodat kouval ten gevolge van het openen van het scherm niet altijd ingezet kan worden voor beperking van de lengtegroei. Door in de nacht het scherm gesloten te houden, een hoge temperatuur aan te houden en overdag met geopend scherm gedurende een periode een lage teelttemperatuur aan te houden, kan een behoorlijke energiebesparing gerealiseerd worden. Dit wordt ook wel negatieve DIF genoemd. Het verschil tussen kouval en negatieve DIF is de lengte van de temperatuurdaling. Gewassen waarbij kouval werkt zijn onder andere Ctenanthe, Dracaena, Yucca, Fatsia, Pelargonium en diverse perkplanten.

Tegen kouval wordt door tuinders verschillend aangekeken. Sommigen vinden het hinderlijk, maar niet ernstig, terwijl anderen het ten koste van alles willen voorkomen. Kouval komt met name voor bij snelle veranderingen van de schermstand en bij lage buitentemperaturen. De figuren 22A en 22B in paragraaf 1 van dit hoofdstuk geven hier een duidelijk voorbeeld van. Hierbij is het scherm binnen een kwartier geopend bij een buitentemperatuur van min 7 °C terwijl de verwarming het niet kan bijhouden. De kasttemperatuur is vervolgens in een kwartier met meer dan 4 graden gedaald. Bij een meer geleidelijke overgang zou kouval hier te voorkomen zijn geweest, zoals in Figuur 21 in

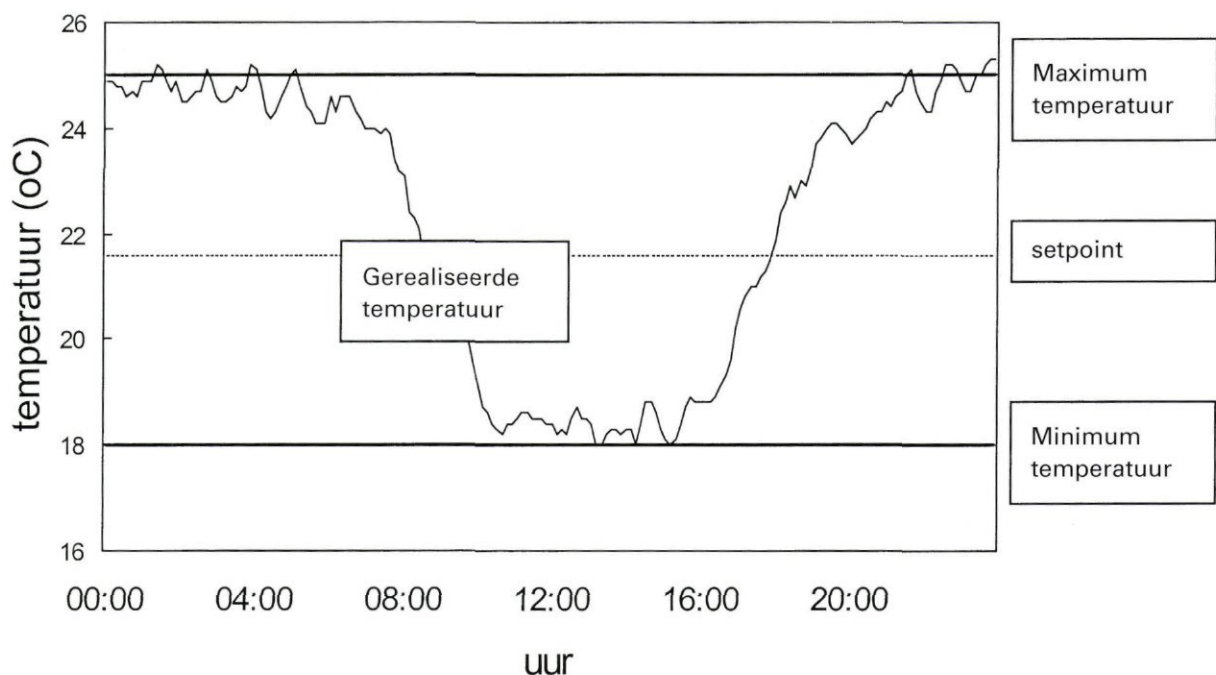
paragraaf 1 van dit hoofdstuk is te zien. Om kouval te voorkomen zit in het programma van de klimaatcomputer een breed scala van regelmogelijkheden. Kouval komt met name voor bij het gebruik van de energiefunctie van schermen. Bij grote kou is het vochniveau meestal aan de lage kant zodat er geen vochtproblemen ontstaan en er dus ook geen schermkier opengezet hoeft te worden. Is dit wel het geval dan zal door middel van kleine stappen de temperatuurdaling gering zijn. Uitgebreide metingen hebben bevestigd dat dan van kouval geen sprake is. Bij het gebruik van folies zal eerder een kier gebruikt moeten worden.

6.2.4 Temperatuurintegratie geeft hoger rendement van energiescherm

Door een strakke temperatuurregeling los te laten kan flink wat energie worden bespaard, zonder dat dit ten koste gaat van het gewas (zie figuur 24). Dit bleek uit proeven met temperatuurintegratie die zijn uitgevoerd bij verschillende gewassen op praktijkbedrijven en op het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente.

Als gebruik wordt gemaakt van een computerprogramma dat de temperatuur regelt en die binnen een etmaal integreert, dan blijkt een energiescherm grote invloed te hebben op de energiebesparing. Sluiten van het scherm heeft tot gevolg dat de ruimte onder het scherm beter wordt geïsoleerd. Daardoor hoeft minder gestookt te worden om de gewenste temperatuur aan te houden en wordt bespaard op energie. Als nu bij gesloten scherm de temperatuur wordt verhoogd, dan kan in een later stadium als het scherm opengaat de temperatuur lager worden gehouden, zodat de ingestelde etmaaltemperatuur niet verandert. De te behalen besparing hangt uiteraard af van de isolatiewaarde van het schermdoek. In de proeven met een LS-10 schermdoek gaf temperatuurintegratie met een bandbreedte (dit is de speelruimte voor temperatuurintegratie) van 8 °C een extra besparing van 10%. Het resultaat van deze manier van regelen is een omgekeerde dag- / nachttemperatuur, ook wel negatieve DIF genoemd.

Figuur 24 Temperatuurmetingen in het kader van temperatuurintegratie



Bij onderzoek dat in het verleden gedaan is aan DIF bleek dat het omkeren van de dag- en nachttemperatuur binnen een etmaal in veel gevallen mogelijk is zonder productiebeperkingen. Het heeft wel invloed op de strekkingsgroei. Bij sommige gewassen is dit ongewenst, hetgeen de instellingen voor temperatuur integratie beperkt. Bij andere gewassen is het effect op strekking juist wel gewenst.

Bij enkele gewassen kan bij toepassing van een omgekeerde dag- nachttemperatuur in de winter een lichtere blad- en vruchtkleur ontstaan als gevolg van verlaging van het chlorofylgehalte. Dit hoeft geen nadelig effect te hebben op de gewasgroei en kan hersteld worden door de dagtemperatuur te verhogen. De temperatuurintegratie dient dan enige dagen uitgezet te worden. Problemen met negatieve DIF kunnen optreden wanneer de absolute nachttemperatuur van belang is voor de knopaanleg. In deze gewasfase dient de integratieregeling dan beperkt te worden. Door bij temperatuurintegratie rekening te houden met de gewastoestand kan energie bespaard worden zonder het gewas te schaden.

6.2.4.1 Besparing in voorjaar

In het voorjaar neemt de instraling snel toe. Door nu de ventilatietemperatuur wat hoger in te stellen blijft de gratis zonnewarmte in de kas. In tegenstelling tot de winter wordt in het voorjaar dus de meeste energie bespaard door een hogere dagtemperatuur aan te houden en die te compenseren met een verlaagde nachttemperatuur. Hiermee kan meer dan 30% op het energiegebruik worden bespaard, zo bleek uit de proef. De absolute besparing (m³) door gebruik van het energiescherm is in het voorjaar echter vanwege het lage energieverbruik in die periode niet zo groot. Een bijkomend voordeel van de hogere ventilatietemperatuur is een hogere CO₂-concentratie in de kas. Dit heeft een positief effect op productie en kwaliteit. De conclusie is dat fors op het gasverbruik kan worden bespaard door in de winter bij gebruik van een energiescherm een omgekeerde dag- nachttemperatuur in te stellen. In het voorjaar wordt energie bespaard door op zonnige dagen een hogere temperatuur aan te houden bij ventilatie, gecombineerd met een lagere nachttemperatuur. Dit kan ook met conventionele regelapparatuur worden gerealiseerd, maar dat vraagt nogal wat naloop. Uiteraard is het beter gebruik te maken van computerprogramma's waarin de temperatuurintegratie is ingebouwd. Deze zorgt ervoor dat gemiddelde temperatuur die ingesteld is, goed wordt gerealiseerd.

6.2.5 Openingsstrategie bij meerdere afdelingen

Het openen van het scherm heeft een sterke stijging van de warmtebehoefte tot gevolg. Bij een te kleine ketelcapaciteit of om piekmomenten in de gasafname te voorkomen, kan het van belang zijn om het openen van schermen over verschillende afdelingen te spreiden. Hierbij moeten echter wel enkele kanttekeningen geplaatst worden:

- Het komt voor dat de aansturing van verwarming en ventilatie van verschillende afdelingen afzonderlijk in de klimaatcomputer is geprogrammeerd en dat voor alle afdelingen maar één schermfunctie is ingesteld. Alle schermen worden dan altijd gelijk gestuurd. In zo'n geval kan er geen sprake zijn van spreiding.
- Bij het openen van een scherm op één afdeling, waarbij de overige afdelingen gesloten blijven, zullen, wanneer er kouval optreedt, grote horizontale temperatuurverschillen in de kas ontstaan en daardoor een sterke luchtstroming. Indien er tussenwanden aanwezig zijn speelt dit probleem geen rol.
- Om kouval te voorkomen is er veel tijd nodig voor het geleidelijk openen van het scherm. Bij het na elkaar openen van de schermen in de verschillende afdelingen zal het lang duren voordat alle schermen geopend zijn. Verlies van licht is hiervan het gevolg. Om dit

te voorkomen kan wel eerder begonnen worden met het openen van de schermen, maar dan gaat er warmte verloren.

Indien het scherm reeds is geopend en er door extreme weersomstandigheden (bijvoorbeeld hagelbuien) een piek in de warmtebehoefte optreedt, is het mogelijk het scherm tijdelijk te gebruiken. Dit heeft echter als nadeel dat er een forse tijdvertraging in het sluiten van het scherm zit.

Op veel bedrijven bedraagt de tijd van openen of sluiten van het scherm al gauw meer dan 10 minuten. Daarnaast zijn dergelijke extreme omstandigheden lastig in de klimaatregeling op te nemen. In de praktijk zal bij dergelijke omstandigheden het scherm handmatig worden gestuurd.

Een andere mogelijkheid om een piekbelasting van de ketel te voorkomen is om bij een grote warmtebehoefte gebruik te maken van warmte uit de buffer. Het voert hier echter te ver om daar nader op in te gaan.

7 Schermen en gewasreacties

Planten hebben voor de groei licht, warmte, vocht, CO₂ en mineralen nodig. Een scherm beïnvloedt direct het lichtniveau, de temperatuur en het vochtgehalte van de kaslucht. Indirect heeft een scherm ook invloed op het CO₂-gehalte van de lucht (door de invloed op het ventilatievoud) en op de mineralenopname door de invloed op de verdamping. Door al deze invloeden heeft het gebruik van een scherm gevolgen voor de groei van het gewas. Groei en ontwikkeling van de plant worden op verschillende manieren gestuurd. Voor de groei van het gewas zijn vooral de lichthoeveelheid, de hoeveelheid CO₂, water en mineralen van belang. De opeenvolging van verschillende ontwikkelingsstadia wordt meer door de temperatuur en de lengte van de lichtperiode bepaald.

7.1 Invloed op licht

7.1.1 Het nut van licht voor de plantengroei

Planten hebben licht nodig als energiebron voor de fotosynthese. Dat is het proces waarbij van water en koolzuur (CO₂) suiker wordt gemaakt. Over het algemeen geldt dat naarmate de planten meer licht kunnen opvangen, ze ook meer suikers aan kunnen maken. Zoals in hoofdstuk 2 reeds vermeld is, vermindert een scherm altijd de hoeveelheid licht in een kas. Een geopend scherm geeft altijd nog voor enkele procenten lichtverlies. Een oude maar nog steeds actuele vuistregel luidt dat één procent lichtverlies één procent productieverlies geeft. Deze regel gaat op in alle situaties waarin de overige groeifactoren ook optimaal zijn. Op jaarbasis wordt bij veel gewassen minder productieverlies gevonden. Het blijkt namelijk dat in sommige situaties geen productieverlies ontstaat onder een gesloten scherm. De reden hiervoor is dat andere factoren, met name vocht en temperatuur, op dat moment zo ongunstig zijn dat de plant niet optimaal van het licht kan profiteren, of dat de lichthoeveelheid zelfs te veel kan zijn. Door het scherm te sluiten verbeteren in die situaties de overige factoren van het kasklimaat. Soms komt het voor dat het gewas de fotosynthese in het volle licht niet bij kan houden; het kan de gevormde assimilaten niet snel genoeg afvoeren. Dit kan zich voordoen wanneer het gewas nog klein is of de 'sink' niet groot genoeg is. Een voorbeeld hiervan is tomaat. Als er te weinig vruchten zijn gevormd, ontstaat in de zomer kort blad. Bladeren gegroeid onder donkere omstandigheden passen hun fotosynthese hieraan aan. Als het gewas ineens aan het volle licht wordt blootgesteld, kan dit tijdelijk problemen geven. De plant moet zich instellen op de nieuwe lichtomstandigheden en dit duurt even.

Kort blad bij tomaat

Bij tomaat ontstaat kort blad in de zomer. De planten hebben te weinig vruchten om alle gevormde assimilaten in op te nemen. Daarom slaat de plant deze op in de bladeren, die daardoor korter en dikker worden dan gebruikelijk. Op deze manier wordt het bladoppervlak verkleind, de fotosynthesecapaciteit vermindert en de plant maakt geen overschot meer aan. Dit is een leuke zelfbescherming die werkt tot het moment dat de lichthoeveelheid afneemt en de plant ineens te weinig fotosynthesecapaciteit over heeft. Tomatentelers lossen dit tegenwoordig op door bijtijds extra stengels aan te houden, zodat de plant de assimilaten altijd wel op een nuttige manier kwijt kan.



Dubbelscherm bij Anthurium voor energiebesparing (onder) en lichtwering (boven) (foto Ludvig Svensson)

7.1.2 De gevolgen van teveel invallend licht

Er zijn dus situaties waarbij het juist een voordeel is om de hoeveelheid licht te verminderen. Meestal gebeurt dat om te voorkomen dat de temperatuur te hoog oploopt en de verdamping van de plant te sterk toeneemt. Veel instraling en de bijbehorende te hoge temperatuur kunnen op veel manieren schadelijk zijn:

- De plant kan onvoldoende water opnemen. De verdamping neemt sterk toe. Als de plant niet voldoende water kan opnemen om de verdamping bij te houden, sluiten de huidmondjes. Dit beperkt de CO₂-opname en dus de assimilatie en de groei. Het gevolg is dat ook de planttemperatuur oploopt. Om zichzelf toch te kunnen koelen, ontrekt de plant vocht uit de vruchten en andere plantendelen. Uiteindelijk gaat de plant slap hangen. Wordt echter de vochtvoorziening snel verbeterd en de temperatuur verlaagd, dan kan de plant zich herstellen. De groei is dan tijdelijk gestagneerd en het eindresultaat is minder dan van een plant die goed heeft kunnen doorgroeien.
- De ademhaling neemt sterk toe, waardoor de plant meer assimilaten verbrandt dan aanmaakt. Dit resulteert aanvankelijk in een afname van de groei, maar kan zelfs tot een afname van de plantgrootte leiden.
- Veel plantprocessen raken ontregeld bij hoge planttemperaturen.
- Bij te veel straling ontstaat het gevaar van verbranding. De temperatuur van de plant of een deel van de plant loopt te hoog op en het weefsel verbrandt. Cellen sterven af en dit

leidt tot misvormingen dan wel dode plekken op blad en vruchten, bijvoorbeeld brandplekken bij paprika. Dit verschijnsel kan heel plaatselijk optreden, bijvoorbeeld omdat het getroffen blad of vrucht in de volle zon hangt of vlak naast een te warme buis. Hetzelfde verschijnsel kan ook optreden na een bespuiting met pesticiden die de huidmondjes doen sluiten. Beschadiging van het blad betekent afname van de groei want het fotosynthetiserende oppervlak is kleiner geworden. Brandplekken op delen die verkocht worden, betekenen ernstig kwaliteitsverlies en zelfs zodanig dat het product onverkoopbaar is.

- Sommige plantensoorten zoals Fresia groeien beter bij een lage knol- en ruimtetemperatuur. Het beperken van de binnenkomende zonne-energie wordt dan belangrijk om te voorkomen dat de ruimtetemperatuur te hoog oploopt. Hier moet altijd een ventilerend bandjesweefsel worden gebruikt om luchtuitwisseling mogelijk te maken. Het schermdoek moet al dicht zijn voordat de temperatuur gaat oplopen. Daarnaast is het voor de groei belangrijk dat er nog wat licht door het doek valt.

7.1.3 Wanneer een scherm sluiten voor zonwering?

De hoogte van het stralingsniveau waarbij de plant schade oploopt, hangt af van het gewas of de variëteit, van de omstandigheden in het verleden en van de huidige omstandigheden. Dit maakt het moeilijk om een algemeen geldend recept voor zonwering te geven.

Bij een goed groeiend gewas dat voldoende water op kan nemen en de gevormde assimilaten kwijt kan, geeft overdag schermen juist productieverlies. Grondregel is dan ook dat overdag het scherm zoveel mogelijk open moet zijn. Dit betekent ook dat een geopend scherm zo weinig mogelijk lichtverlies mag geven. Zodra één of meer groeifactoren ongunstig zijn, kan veel licht (= zonnestraling) averechts werken. Het scherm kan dan worden gesloten. Meestal zal de reden tot sluiten liggen in het beperken van de verdamping of ter voorkoming van een te hoge temperatuur en slechts zelden omdat het licht op zich schadelijk is. Het sluiten van een zonwerings scherm heeft tot gevolg dat de planttemperatuur minder hoog oploopt; wel kan de ruimtetemperatuur soms nog stijgen. De planttemperatuur is echter het belangrijkste.

Een zonwerings scherm moet eerder dicht:

- 1 als het gewas hoge ruimtetemperaturen slecht kan verdragen, bijvoorbeeld Fresia en Alstroemeria;
- 2 naarmate de capaciteit van het watergeefstelsel geringer is;
- 3 als er te weinig bladoppervlak is om de RV op peil te houden; na een snede bijvoorbeeld;
- 4 na een periode met donker weer of een slechte gewasgroei. Dit is altijd een tijdelijke maatregel, bedoeld om het gewas de tijd te geven zich aan te passen aan het nieuwe lichtniveau.

7.1.4 Kunstlicht

De hoeveelheid licht in Nederland is vaak onvoldoende voor een goede groei. Om die reden worden veel siergewassen kunstmatig belicht met assimilatielampen. Ook in opkweek van groenteplanten in de winter worden lampen gebruikt. De lampen hangen onder het scherm waardoor geen lichtverlies optreedt. Het scherm kaatst het naar boven gestraalde licht zelfs terug waardoor de lichtopbrengst voor het gewas bij gesloten scherm zelfs hoger is dan zonder scherm. Bij gebruik van stuurlicht gaat het om zo weinig licht dat hiervan geen effect valt te verwachten. Een scherm beperkt echter de warmteafvoer in de kas. Onder een gesloten scherm kan de temperatuur te hoog oplopen als gevolg van de warmteafgifte van de assimilatielampen. Omdat de planten doorgaan met verdampen, verdient een vochtdoorlatend scherm de voorkeur.

7.1.4.1 Wettelijk verplicht sluiten

Wettelijke richtlijnen voor het beperken van de lichtuitstoot bepalen veelal de noodzaak tot het sluiten van het scherm. Vaak moet gedurende een deel van de nacht het scherm toch deels worden geopend in verband met het te hoog oplopen van de temperatuur.

In de verplichte donkerperiode moeten de lampen uit bij een (deels) geopend scherm of het scherm moet gesloten blijven.

7.2 Invloed op gewastemperatuur

De gewastemperatuur is overdag onder invloed van de zonnestrallen meestal hoger dan de ruimtetemperatuur en in de nacht lager. De temperatuur van het gewas ijlt na. In het begin van de nacht is zij nog hoger dan de ruimtetemperatuur, 's ochtends als de zon op komt, stijgt de ruimtetemperatuur sneller en is de gewastemperatuur lager. Het verschil in temperatuur tussen gewas en ruimte is van belang voor verdamping en condensatie. Alleen een gesloten scherm heeft invloed op de gewastemperatuur. De mate waarin het scherm invloed heeft, hangt af van het type scherm en het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur. Bij veel instraling werkt elk scherm min of meer als een zonweringscherm en doet de planttemperatuur dalen. Bij lage buitentemperaturen functioneert elk scherm min of meer als energiescherm en zorgt voor een hogere gewastemperatuur.

Een energiescherm draagt er toe bij dat een plant niet te koud wordt. Het gaat om het verschil tussen gewas- en ruimtetemperatuur:

- Kou kan leiden tot 'bevrozing' van plantendelen. Kouschade loopt een plant ook op bij temperaturen boven nul. Veel kasgewassen komen oorspronkelijk uit de tropen en zijn gewend aan hogere temperaturen. Bijvoorbeeld bij tomaat staat de groei bij 6 °C al volledig stil. De minimumtemperatuur is voor elk gewas en elke variëteit weer anders.
- Als een deel van de plant kouder wordt dan de dauwpunttemperatuur van de lucht ter plaatse, dan condenseert vocht op de koude plek. Dit vocht vormt een gemakkelijke invalspoort voor ziekten. Vooral zonder scherm komt het regelmatig voor dat de kop van de plant te koud wordt, zie ook paragraaf 6.1.3.1 'Horizontale temperatuurverdeling'. In de ochtend warmen de vruchten traag op, waardoor ze een lagere temperatuur hebben dan de kaslucht en het risico van natslaan aanwezig is.
- Lage temperaturen veroorzaken een trage ontwikkeling. Het duurt langer voor de plant tot bloei komt en de vruchten afrijpen.

7.2.1 Wanneer een energiescherm sluiten?

In koude nachten zorgt een gesloten scherm voor energiebesparing. Naarmate de temperatuurbehoefte van een plant groter is, is het zinvol een scherm eerder te sluiten. Daarnaast voorkomt een gesloten energiescherm dat de temperatuur onder het scherm te laag wordt en de buistemperatuur te hoog oploopt. Vooral bij buizen tussen het gewas is het van belang dat ze niet te warm worden. Er kan hitteschade ontstaan aan het gewas.

7.3 Invloed op de verdamping en RV

Straling in de vorm van licht of warmte is samen met het vochtdeficit van doorslaggevend belang voor de verdamping. In paragraaf 6.1.3 is beschreven wat de invloed van een

energiescherm op het vochtgehalte en de temperatuur van de kaslucht is. Het vochtgehalte van de kaslucht samen met de temperatuur van het blad bepalen voor een groot deel de verdamping. Een gesloten scherm beperkt vrijwel altijd de gewasverdamping. Dit komt door het beperken van de vochtafvoer waardoor het vochtgehalte van de kaslucht stijgt en door het afremmen van de stijging van de planttemperatuur waardoor in beide gevallen de verdamping afneemt.

7.3.1 Teveel verdamping

Een te grote verdamping leidt tot verlies van celspanning (turgor). Bladeren of andere plantendelen gaan slap hangen of krullen om. In de houtvaten wordt de xyleembaan onderbroken (cavitatie). Het verhinderen van een te hoge verdamping door de instraling tijdig te beperken is gunstig. Het voorkomt dat de plant in waterstress raakt en de huidmondjes te ver sluit. Zie ook paragraaf 7.3.3 'Verdamping en watergift'. De groei van een gewas is beter dan wanneer het scherm niet gesloten zou zijn.

7.3.2 Hoge RV en dan?

Onder de meeste schermen neemt de absolute luchtvochtigheid toe. Het vochtdeficit wordt daardoor kleiner en de verdamping van de plant wordt afgeremd. Tegelijkertijd loopt de luchttemperatuur op en dit stimuleert de verdamping. Het effect (bij scherming) op de verdamping blijkt het sterkst afhankelijk van het vochtgehalte van de kaslucht. Per saldo neemt de verdamping dus af.

Bij een sterk drogend buitenklimaat (hoge instraling en veel wind of vriezend weer) en weinig verdampend oppervlak in de kas kan de luchtvochtigheid in de kas flink afnemen. Het gewas moet dan zoveel verdampen dat het aan groeien niet meer toekomt. Het beperken van de vochtafvoer uit de kas zorgt voor een hogere luchtvochtigheid en daarmee een groeizamer klimaat.

Een hogere luchtvochtigheid onder een scherm hoeft niet ongunstig te zijn voor de gewasgroei. Veel planten blijken prima te groeien bij een hogere luchtvochtigheid. De vorming van zijscheuten verloopt sneller en er worden grotere en dunnere bladeren gevormd. Dit is onder meer gevonden bij Saintpaulia, Poinsettia, Begonia en komkommer. Voor roos was de stuksproductie hoger maar waren de takken lichter. Saintpaulia en Begonia bloeiden eerder. De productie van tomaat en aubergine nam echter af. Dit werd bij tomaat mede veroorzaakt door calciumgebrek. De kwaliteit van de geogste aubergines was wel beter. Recent zijn bij rozen aanwijzingen gevonden dat continue hoge luchtvochtigheid tot problemen in houdbaarheid kan leiden. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door een aanpassing (adaptatie) van de huidmondjes en gaat dit voor meer siergewassen op. Een wisselende luchtvochtigheid lijkt een goede remedie. ('s nachts een hoge luchtvochtigheid onder het scherm en overdag een lagere).

Welke luchtvochtigheid nog acceptabel is, verschilt echter per gewas. Eén aspect is bij elk gewas van belang. Verdamping zorgt voor passief transport van bepaalde noodzakelijke stoffen zoals calcium en cytokininen, een plantenhormoon. Deze plantenhormonen worden in de wortels aangemaakt en vandaar uit met het water omhoog getransporteerd. Bij een langdurig lage verdamping kan gebrek aan deze stoffen in bladeren en groeipunten ontstaan. Calciumgebrek kent vele vormen, zoals kiepstelen bij tulp, neusrot bij tomaat en bolblad bij komkommer. Dit probleem is deels te voorkomen door een voldoende hoge calciumconcentratie in de voedingsoplossing. Als de vochtname door de wortels 's nacht doorgaat kan bij lage verdamping guttatie optreden.

7.3.3 Verdamping en watergift

De absolute grenswaarden voor de verdamping zijn nauwelijks bekend. Het is onmogelijk om een verdampingsrecept in de vorm van minimaal x en maximaal y mm water per dag te geven. Ten eerste bestaan hierover zeer weinig gegevens en ten tweede zijn deze grenswaarden afhankelijk van de overige omstandigheden. Bij een goede watervoorziening liggen deze grenzen ruimer en bij onvoldoende watervoorziening nauwer. Verandering van de verdamping impliceert een andere waterbehoefte. De watergift dient hieraan aangepast te worden om te voorkomen dat het gewas te veel of te weinig water krijgt. De beste methode is vooralsnog gebruik te maken van het PBG watergeef-rekenmodel. Dit model berekent de wachttijd tussen de waterbeurten. Naarmate een plant meer water verbruikt, wordt er eerder water gegeven. Het model baseert de wachttijd op een berekende verdamping op basis van het kasklimaat en de daadwerkelijk gemeten hoeveelheid drainwater.

Op veel tuinen wordt de watergift bepaald op basis van de straling buiten de kas. Als het scherm overdag gesloten is, is de straling in de kas lager en de verdamping minder sterk. Het gewas krijgt dan teveel water. Dit is te verhelpen door de lichtmeting in de kas onder het scherm uit te voeren, of door de straling bij gesloten scherm te corrigeren. Beter is het om de watergift mede af te stemmen op de gemeten hoeveelheid drainwater. Dat is een redelijke indicatie of de planten voldoende water krijgen.

Een apart probleem vormen de gedeeltelijk gesloten schermen, vooral bij een noord-zuid opstelling van de plantrijen. Sommige plantrijen staan voortdurend of voornamelijk in de zon en hebben veel water nodig; andere daarentegen staan continue of vrijwel continue in de schaduw en kunnen met minder water toe. Wordt de watergift niet apart gereguleerd dan betekent dit dat de zonrijen te weinig en de schaduwrijen te veel water krijgen. Bij een oost-west opstelling wisselen zon en schaduw elkaar in de loop van de dag af. Dan is er nog steeds sprake van watertekort in de zonrij en teveel in de schaduwrij, maar dat middelt zich in de loop van de dag.

7.3.4 Luchtvochtigheid en ziekten en plagen

De luchtvochtigheid in de kas blijkt ook van belang voor ziekten en plagen. Een hoge luchtvochtigheid bevordert onder meer de ontwikkeling van bepaalde bacteriën en vooral van heel veel verschillende schimmels met als bekendste Botrytis. Voor veel schimmels geldt dat voorkómen beter is dan genezen. Het standaardadvies hiervoor is hoge luchtvochtigheid te voorkómen en vooral te zorgen dat het gewas droog blijft, dus voorkómen dat condensatie op het gewas optreedt.

Een hoge luchtvochtigheid speelt diverse mijten in de kaart, zoals spint en begoniamijt maar ook veel roofmijten. Bij lage luchtvochtigheid verdrogen de eieren, een hoge luchtvochtigheid versnelt de ontwikkeling van sommige soorten.

Bestrijding met systemische middelen die via de wortels opgenomen moeten worden, is gebaat bij een grote verdamping waardoor het middel snel over de plant wordt verspreid. Een lage verdamping kan de effectiviteit van het middel beperken.

7.4 Werkklimaat

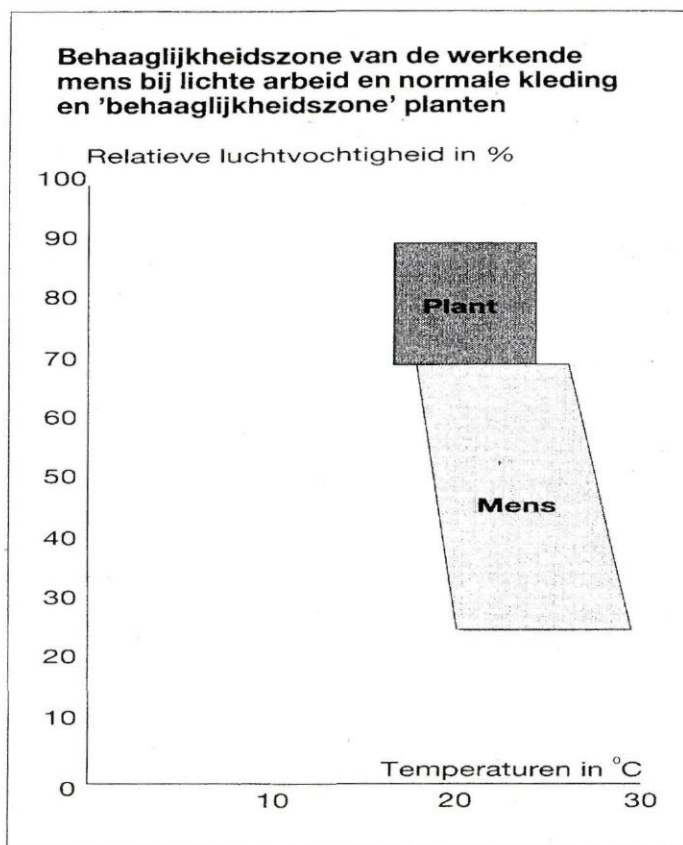
Anders dan voor het gewas of voor energiebesparing kan een scherm ook gesloten worden om het werkklimaat te verbeteren. Op sommige dagen in de zomer kan de temperatuur in de kassen zo hoog oplopen dat het te warm wordt om lekker door te kunnen werken. Tijdig

sluiten van een scherm beperkt de instraling en zorgt voor een prettiger arbeidsklimaat. In figuur 25 staan de klimaatomstandigheden waarbinnen het prettig werken is. Natuurlijk kan er ook onder minder gunstige omstandigheden worden gewerkt. De arbeidsprestatie ligt dan echter lager dan onder optimale werkomstandigheden. Voor de arbeidsmotivatie kan het sluiten van een scherm tijdens een hittegolf gunstig werken.

Zoals in figuur 25 te zien is, komen optimale werkomstandigheden niet volledig overeen met de optimale omstandigheden voor plantengroei. Het scherm alleen sluiten om lekker te kunnen werken, kan dus negatieve gevolgen hebben voor de plantengroei. Naarmate een scherm minder licht doorlaat – en dus de kas koeler houdt – is het effect groter. Bijvoorbeeld het telkens in de zomer overdag sluiten van een scherm bij tomaat veroorzaakt problemen met de vruchtzetting. Wanneer het mogelijk is om een deel van het scherm te sluiten en de werkzaamheden niet dagelijks op dezelfde plek worden uitgevoerd, dan kan boven de paden waar gewerkt wordt geschermd worden. De volgende dag wordt dan weer een ander stukje van de tuin geschermd. Omdat het minimaal een week duurt voor de plant weer 'in het donker' staat, krijgt het gewas ruimschoots de tijd zich te herstellen. Voorbeelden zijn het laten zakken van tomatenplanten en de oogst van eenmalig oogstbare gewassen. Een bijkomend voordeel is dat het geoogste product minder hittestress oploopt, voordat het naar de schuur wordt afgevoerd.

Als alleen de hele tuin geschermd kan worden moet voorzichtig met schermen worden omgegaan. Alleen in uitzonderlijke gevallen kan ten behoeve van het werk het scherm worden gesloten. Of er kan gekozen worden om het scherm slechts gedeeltelijk te sluiten. Als dit te vaak gebeurt, werkt het verschillen in het gewas in de hand.

Figuur 25 Optimale klimaatomstandigheden voor mens en plant



8 Praktijkervaringen

8.1 Schermen bij leliebloementeel

8.1.1 Gebruik in de praktijk

In Nederland wordt op circa 240 ha leliebloemen geteeld op veelal gespecialiseerde bedrijven. Naar schatting wordt op 80% van deze bedrijven een schermdoek gebruikt. Daarnaast wordt ook nog het krijten van ramen toegepast.

Van alle bedrijven die gelegenheidsbroei toepassen, hebben zo'n 25 - 30% een scherm. Een scherm is vaak wel aanwezig op bedrijven waar ook andere bloemen worden geteeld, omdat voor veel gewassen de temperatuur van april tot september te hoog is. Het gaat meestal om enkelvoudige installaties met bandjesschermen. Lelie vereist een klimaat met voldoende verdamping, dus een te sterk gesloten doek of folie is ongewenst.

8.1.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Gezien de verdergaande specialisatie en modernisering van kassen zal een schermdoek nog meer ingang vinden. Schermdoek in combinatie met een hoge goot en verwarming tussen het gewas lijkt de ideale combinatie.

8.1.3 Waarom wordt geschermd

Energiebesparing in de winter. De besparing is het hoogst bij Oriëntals. Aziatische lelies worden geteeld bij temperaturen tussen 12 °C en 16 °C. Oriëntal lelies worden bij 16 - 18 °C geteeld. In de zomer is gebruik van schermen nodig voor een goede gewaslengte. Door teveel instraling loopt de temperatuur te hoog op en daardoor blijven lelies te kort. Met name in de start van de teelt is een gematigde temperatuur gunstig voor een goede ontwikkeling van (stengel)wortels. Veel problemen in de verdere teelt zijn hiermee te voorkomen. In het voor- en najaar wordt door een sterk wisselende luchtvochtigheid te zwak blad gevormd, dat erg gevoelig is voor verbranding. Een combinatie van schermen, stoken en luchten helpt dit probleem te voorkomen.

8.1.4 Toepassing

In de zomer wordt geschermd om het teveel aan instraling tegen te houden. Vaak gebeurt dit in combinatie met het krijten van ramen. Met gekrijte ramen is het klimaat in de kas vooral koeler en minder benauwd. Het krijt moet begin september van het glas af zijn. Daarna kan het nog zonnig en warm zijn, waarbij een zonweringscherm van pas kan komen. In de winter moet een energiescherm 's nachts gesloten blijven en overdag zoveel mogelijk open om alle zonlicht te benutten. In het voor- en najaar is een zo gelijkmatig mogelijke luchtvochtigheid gewenst; grote schommelingen in luchtvochtigheid en temperatuur zijn funest voor een goede gewasopbouw en geven vaak problemen met verbranding. Op zijn tijd is vochtsparen dus ook nodig. De maand maart is wat het licht betreft een twijfelperiode. Een aantal kwekers sluit in het voorjaar het scherm voor straling als deze boven een waarde komt van circa 400 a 500 W/m². Daarbij speelt de stand van het gewas ook een rol. Als bijvoorbeeld in een jong gewas strekking nog gewenst is, zal men eerder schermen.

8.1.5 Negatieve effecten

Door te lang te schermen kan knopval optreden. Dit geldt vooral voor cultivars die gevoelig zijn voor knopval.

8.1.6 Ervaringen en tips

Bij schermen met een kier voor de afvoer van vocht moet men oppassen voor directe zoninstraling op de knoppen. Dit kan in lage kassen hitteschade geven. In zo'n geval is het beter het scherm geheel te sluiten of de ramen te krijten of een vochtdoorlatend scherm toe te passen. Bij belichten van leliebloemen in najaar en winter zal in verband met het uitstralen van licht een gevelscherm noodzakelijk zijn.

8.2 Schermen bij tulp

8.2.1 Gebruik in de praktijk

Het gebruik van schermen is in de tulpenbroeierij in de eerste plaats toegenomen om energie te besparen. Daarnaast voorkomt het scherm dat de bloemen bij veel instraling open gaan. Als het scherm gemaakt is van open weefsels zoals bandjesweefsels en doeken, zijn er geen problemen te verwachten met de luchtvochtigheid. Door boven het scherm (of met het scherm op een kier) te luchten kan de tuinder nog invloed uitoefenen op de RV onder het scherm. Bij gebruik van plastic folie loopt de luchtvochtigheid onder het scherm vaak te hoog op.

Bij de aanschaf van schermdoeken gaat de voorkeur uit naar bandjesweefsels bestaande uit aluminiumbandjes in combinatie met lichtdoorlatende bandjes.

8.2.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Voor nieuwe broeibedrijven is een schermdoek zonder meer noodzakelijk. Op grootschalige bedrijven vindt in de toekomst het tulpen broeien plaats op tabletten. De oogst en verwerking van tulpen met een korte kasperiode vinden plaats in een centrale ruimte. Om de oogst goed te kunnen plannen, is een gelijkmatig en daarom goed regelbaar klimaat nodig. Een beweegbaar scherm maakt daar onderdeel van uit.

8.2.3 Te hoge temperatuur voorkómen

Door zoninstraling kan de temperatuur in de kas te hoog oplopen. Tulpen komen door een te hoge temperatuur té snel in bloei, waardoor de bloemen te rijp worden. Met een schermdoek is dat te voorkomen.

Bij de broei van ijstulpen is de groei nog sneller. Deze teelt vindt plaats in de late zomer en herfst. Dan is de temperatuur vaak nog te hoog, omdat voor ijstulpen de groei bij circa 15 °C optimaal is. In een kas moet er dan veel gelucht en geschermd worden. Aan de andere kant is voor een goede kwaliteit weer voldoende licht nodig. Zodra de temperatuur het toelaat, moet het scherm weer open.

8.2.4 Toepassing

Met schermen kan energie worden bespaard, maar een te hoge relatieve luchtvochtigheid (RV) in de kas moet worden voorkomen. De maximum waarde van de RV is 85% bij 18 °C. De luchtvochtigheid moet net boven het gewas worden gemeten. Voldoende verdamping is te bewerkstelligen door het scherm overdag niet geheel te sluiten. Voor tulp is per dag minimaal 4 uur verdamping nodig om voldoende stevige stelen en blad te verkrijgen.

In het voorjaar (maart) kan de instraling van de zon al behoorlijk hoog zijn. Daardoor kunnen grote verschillen in temperatuur en vochtigheid binnen een etmaal optreden, waardoor er problemen met Botrytis ontstaan. In die periode is het gebruik van een scherm (naast luchten en verwarming) vooral gericht op het verkrijgen van een zo gelijkmatig mogelijk klimaat.

8.2.5 Negatieve effecten

Het overdag gesloten houden van het scherm heeft een slechte invloed op de kwaliteit van tulpen. Een tulp groeit in drie weken van bol tot bloem en in die korte tijd moet er een stevige bloem met een mooie bladkleur ontstaan. Onder een scherm is het in de winter al snel te donker en daarbij vaak erg vochtig. Door de geringe hoeveelheid licht kan de bladkleur te licht blijven en het gewas te slap worden. Onder een gesloten scherm kan ook snel een te hoge relatieve vochtigheid ontstaan. Hierdoor krijgen ziekten (Botrytis-pokken) en fysiologische problemen (kiepen, waterstelen, zweten) een kans. Deze problemen zijn te voorkómen door overdag minder of niet te schermen. Door overdag het zonlicht te benutten voor extra verdamping is het mogelijk een goede kwaliteit te verkrijgen.

In een zachte, bewolkte winter is het onder een scherm gauw te vochtig, elk beetje direct zonlicht is dan al gauw welkom. Krijgt een tulp dat niet dan zijn er snel problemen met kiepen en zweten.

8.3 Schermen bij roos

8.3.1 Gebruik in de praktijk

Ongeveer 70% van de rozentelers heeft een scherminstallatie. Het scherm wordt voor zowel energiebesparing als het verminderen van de instraling gebruikt. Daarnaast zijn kwekers die kunstmatig hun gewas belichten verplicht tot het gebruik van zijschermen. Kwekers die tijdens de verplichte donkerperiode willen belichten, moeten over een lichtdicht bovenscherm beschikken. Het doek varieert van helder folie tijdens de start van een teelt tot energiedoek met meer dan 95% lichtreductie.

8.3.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Afhankelijk van de locatie in Nederland wordt bij nieuwbouw meestal direct gekozen voor de aanleg van een scherm. Nieuwe installaties werken steeds nauwkeuriger en hebben een compact scherpakket. Bedrijven met een warmtekrachtkoppeling (WKK) en een hoge belichtingsintensiteit hebben vaak een warmteoverschot als er belicht wordt, waardoor het nut van een energiescherm beperkt is.

Met de invoering van de nieuwe energiewet neemt waarschijnlijk ook het aantal scherminstallaties toe omdat pieken in de gasafname 's nachts afgevlakt worden.

Als de uitstraling van assimilatielicht in de toekomst verder aan banden wordt gelegd, zal een lichtdicht bovenscherm noodzakelijk worden.

8.3.3 Waarom een scherm

- Energiebesparing: een gesloten energiedoek kan het warmteverlies in de nacht al snel met circa 40% terug brengen.
- Vermindering van instraling: een sterke instraling kan aanleiding zijn om voor een aantal cultivars een scherm te gebruiken.
- Verbetering van klimaat: tijdens de start van een nieuwe teelt zijn een lage luchtvochtigheid en hoge instraling nadelig voor de groei van het gewas. Het scherm kan zowel bij een zomer- als een winterplanting worden toegepast.
- Verbetering van spuitcondities: het snel opdrogen van een bespuiting is bij een aantal middelen nadelig voor de werking ervan. Daarnaast kan ook gewasschade optreden als er gespoten wordt in de volle zon.
- Beperking van de uitstraling van assimilatielicht door de gevels.



Lichtweringscherm bij roos (foto Ludvig Svensson)

8.3.4 Toepassing

Het energiescherm sluit bij nachttemperaturen van 1 tot 10 °C en vanzelfsprekend onder het vriespunt. Bij een heldere nacht kan het scherm eerder dicht, de vochtafvoer is dan goed. Ook bij een hogere windsnelheid of droge wind (oosten) kan het scherm eerder dicht. Onder vochtige omstandigheden, of bij een hoge buitentemperatuur kan beter niet geschermd worden.

Het zonweringscherm sluit bij een instraling tussen 400 en 800 Watt. Het snel openen en sluiten van het scherm is alleen van toepassing voor extreem gevoelige cultivars. Voor de groei van rozen zelf is er vrijwel nooit teveel licht. Het moment waarop een scherm dicht loopt is sterk afhankelijk van zowel de cultivar als de omstandigheden. Met name rode cultivars zijn gevoelig voor bladverbranding of bloembeschadiging. Bij o.a. gele cultivars is kleurverlies de reden om te schermen. Daarnaast kunnen de rozen beschermd worden bij scherpe weersovergangen door enkele dagen de stralingspieken weg te schermen. Bij een jonge aanplant hebben de planten nog weinig blad, de luchtvochtigheid blijft hierdoor snel laag terwijl het wortelstelsel zich nog moet ontwikkelen.

In de zomer zal gedurende de eerste 2 tot 14 dagen veel geschermd worden, daarna wordt dit geleidelijk verminderd. In de winter is het scherm dicht zolang er geen instraling te verwachten is. Als de buitentemperatuur overdag onder 0 °C komt, zal er in de eerste week van het planten ook overdag geschermd worden.

Tijdens een bespuiting en 2 uur na bespuiting is het scherm voor circa 75% gesloten.

Tijdens het belichten worden de zijgevels geschermd omdat de lichtval naar buiten voor 95% gereduceerd moet zijn.

8.3.5 Negatieve effecten

- Het scherm pakket neemt altijd licht weg; dit geeft dus altijd productieverlies. Het is belangrijk om de lichtonderschepping zoveel mogelijk te beperken door te kiezen voor een smal scherm pakket.
- Ook als met scherm bewust straling wordt tegen gegaan, heeft dit gevolgen voor de fotosynthese. Scherm daarom alleen om stress te voorkomen.
- Onder het scherm kunnen hoge temperaturen ontstaan als gevolg van assimilatiebelichting en een hoge buitentemperatuur. Bedrijven met een eigen WKK en een hoog geïnstalleerd vermogen assimilatiebelichting hebben minder voordeel van een schermdoek.
- Teveel vocht kan schimmelproblemen veroorzaken (met name Botrytis en meeldauw) of in de vorm van vochtblaadjes. Bij cultivars die hiervoor gevoelig zijn, dient daarom extra aandacht aan de vochtregulering tijdens het schermen geschonken te worden.

8.3.6 Ervaringen

- Wanneer een lichtdoorlatend schermdoek 's ochtend langer gesloten blijft, krijgt de zon de kans de koude lucht boven het scherm op te warmen zonder dat veel licht verloren gaat.
- In het voorjaar kunnen scherpe weersvergangen optreden. Na enkele bewolkte dagen volgt een heldere dag met veel instraling. Het gewas loopt in deze situatie gevaar voor bladverbranding. Onder deze omstandigheden is het goed om het scherm direct voor ca 75% te sluiten. Nieuwere typen schermdoeken lenen zich ervoor om helemaal gesloten te worden.
- Een vochtkier is al snel te groot. Het afvoeren van vocht gaat gemakkelijk door een kleine kier van 2 tot 8 cm bij vakken van 4 meter breed. Als meer dan 20% kier open is, is er geen sprake meer van vocht afvoeren, maar van warmte afvoeren. Een te grote kier geeft kouval en tocht.
- Een vochtregulering gekoppeld aan de relatieve luchtvochtigheid (R.V.) in de kas geeft vaak een veelvuldig heen en weer schuiven van het het scherm. Beter is om te werken met een vaste kier of met een kier die afhankelijk is van de buitentemperatuur. Bij sommige schermdoeken wordt eerst boven het doek gelucht voordat een kier nodig is.
- Vochtgevoelige cultivars, zoals bijvoorbeeld Bianca, Gold Strike en Sacha mogen 's nachts bij een buitentemperatuur van meer dan circa 3 °C niet geschermd worden. Problemen van inrotting en pokken kunnen op deze wijze voorkomen worden.

8.3.7 Beperkt gebruik

De kracht van schermen tegen hoge instraling zit in de beperking van het gebruik. Door alleen op momenten te schermen van te grote instraling, waarbij het gewas de instraling zelf niet meer aan kan (stress), wordt een maximale productie en kwaliteit gerealiseerd. Hierbij heeft een beweegbaar scherm voordeel ten opzichte van bijvoorbeeld krijten. Het gebruikte schermdoek zal ook niet teveel licht mogen wegnemen. Voor een goede temperatuur en vochtverdeling is het van belang dat de gekozen kiergrootte overal gelijk is.

8.4 Schermen bij chrysant

8.4.1 Gebruik in praktijk

Bijna alle telers in chrysant gebruiken een verduisteringscherm voor het creëren van de korte dag periode. Het verduisteringscherm is tevens als energiescherm te gebruiken in de

nacht periode. Een enkele teler gebruikt nog zwart folie. Een zeer klein percentage van de telers heeft een dubbele scherminstallatie: verduisterings scherm en energiescherm. Het energiescherm kan dan bij koud weer ook overdag worden gebruikt.

8.4.2 Ontwikkelingen in toekomst (verwachte uitbreiding de komende 5 jaar)

Bij een stijgende energieprijs en voldoende rendement zullen er hoogstwaarschijnlijk in de komende vijf jaar meer dubbele scherminstallaties worden aangelegd. Bij de huidige gasprijs van 27 cent per m³ is dit niet interessant.

8.4.3 Waarom een scherm

- Om van half maart tot half september een korte-dagperiode te creëren in verband met de knopaanleg;
- Voor energiebesparing in de periode van half september tot half maart;
- Bij scherp zonnig weer overdag leidt schermen tot:
 - een betere start van de teelt;
 - een betere kwaliteit van oogstgewassen;
 - een beter werkklimaat.



Verduisteringscherm bij chrysant (foto Bonar Phormium)

8.4.4 Toepassing

Voor de knopvorming is een donkere periode van ongeveer 13 uur per etmaal nodig. Van half maart tot half september moet om deze reden worden geschermd. De natuurlijke nachtlengte is dan te kort.

Van half september tot half maart is de nachtlengte voldoende koud voor energiebesparing. Zodra het donker is kan het scherm dicht om maximaal energie te besparen.

Bij zeer scherp en zonnig weer kan overdag maximaal geschermd worden van 10.00 tot 16.00 uur in een oogstvak. Bij de start van de teelt is de schermtijd korter, namelijk uiterlijk van 12.00 tot 15.30 uur. Het beste is om het scherm handmatig te sluiten bij een instraling boven de 600 W/m². In het scherm blijft een kier van ongeveer 10% open. Omdat tijdens het schermen het lichtniveau op planhoogte sterk terugloopt, dus ook de fotosynthese, moet alleen geschermd worden in stresssituaties.

8.4.5 Negatieve effecten

In de zomer kan door te hoge kastemperaturen onder het schermdoek vertraging in de knopvorming ontstaan. Per ras en bedrijf is de gevoeligheid hiervoor verschillend.

Overdag te veel schermen bij zonnig en scherp weer kan kleurverlies geven bij de oogstvakken. Het is dus belangrijk hier voorzichtig mee om gaan. Als er geen stress te verwachten is, leidt schermen tot vermindering van groei.

Te veel en met een te grote schermkier schermen in vakken met jonge planten heeft vooral als nadeel het ongelijk indrogen van perspotten in een plantvak. Hierdoor wordt het erg moeilijk om de juiste gietfrequentie toe te passen.

Onder een dicht schermdoek kan in de nacht een vochtig klimaat ontstaan. De gevoeligheid voor ziekten zoals Japanse Roest, Botrytis, Erwinia en zwartstelen neemt hierdoor toe.

Daarom 's nachts het scherm gebruiken met een permanente kier.

8.4.6 Ervaringen

In de zomer is het belangrijk om het schermdoek bij warm weer laat te sluiten en laat te openen, bijvoorbeeld van 19.00 tot 8.00 uur. Dit heeft als voordeel dat de temperatuur onder het schermdoek in het begin van de avond minder hoog oploopt. Het scherm gaat sneller dicht waarbij een kier geopend blijft en de warmte dus sneller kan worden afgevoerd. De kans op vertraging in de knopvorming is hierdoor kleiner.

De grootte van een kier in het schermdoek in de nacht kan het beste gerelateerd zijn aan de buitentemperatuur. Een goed traject is bijvoorbeeld 8 – 12 °C buitentemperatuur, waarbij de grootte van de kier op 5% wordt gehouden. Deze regeling voorkomt dat het schermdoek regelmatig open en dicht gaat, waardoor het kasklimaat aan grote schommelingen onderhevig is. Schermkieren die door het computerprogramma aangestuurd worden op kastemperatuur en RV en waarbij ook de grootte van de kier op 5% wordt gehouden, maken de kans op problemen met ziekten kleiner.

Bij het openen van een vochtkier is het van half maart tot half september belangrijk dat het computerprogramma goed ingesteld staat op de tijden van zon op en zon onder. Anders loopt men het risico dat de schermkier open staat op het moment dat het licht is geworden. Dit geeft vertraging in de knopvorming.

Bij het sluiten van het schermdoek bij koud weer kunnen door het snel oplopen van het dauwpunt van de kastemperatuur problemen ontstaan met natslaan van de gewassen waardoor Japanse Roest kan optreden. Het advies is om in de periode voor het sluiten van het doek de buistemperatuur te begrenzen, bijvoorbeeld op 60 °C. Vervolgens kan het schermdoek dan voor 95% dichtlopen, waarna de laatste 5% in kleine stappen moet gebeuren. Wanneer

het scherm niet goed gesloten is, ontstaan er in de winter problemen met koude plekken en in de zomer ontstaan plaatsen waar het niet donker genoeg is. Bijstelling van het schermdoek is nodig wanneer de kieren in het scherm niet overal even groot zijn.

Diverse klimaatcomputers hebben programma's waarbij de hoeveelheid energie die het schermdoek bespaart wanneer het doek 100% dicht is, ingevoerd kan worden. Voor chrysant is dit ongeveer 50%. Staat een verkeerd percentage ingesteld, dan heeft dit tot gevolg dat de regeling van de buistemperatuur niet goed verloopt. De verwarming reageert dan te snel of te traag.

8.4.7 Duo-gebruik

De meeste energiebesparing is te bereiken door het verduisteringscherm in de periode van half maart tot begin juni laat te sluiten en laat te openen, bijvoorbeeld van 19.00 tot 8.00 uur. In het vroege voorjaar wordt dan maximaal energie bespaard.

In de ochtend het scherm laat open te laten gaan, betekent namelijk de koude ochtendperiode ontlopen.

8.4.8 Bijzonderheden

Telers met een tank voor warmteopslag of met 4000 lux assimilatiebelichting (Één 600 Watt lamp per 17 m²) kunnen onder het doek te maken krijgen met hoge temperaturen. Bijtijds een kier aanbrengen in het schermdoek is dan belangrijk.

De nachttemperatuur moet bij voorkeur niet hoger dan 21 °C worden.

8.5 Schermen bij gerbera

8.5.1 Gebruik in de praktijk

95% van de gerberatelers gebruikt een schermdoek. Het schermdoek wordt in de winter gebruikt als energiescherm en in de zomer als zonweringscherm. Het meest gebruikte schermdoek is een doek met een bandje aluminium en een bandje transparant plastic (type LS15/PH55). Enkele telers gebruiken een schermdoek dat geheel transparant is. De hogere lichtdoorlatendheid in de zomer (meer assimilatie) en in de winter (langer dicht laten liggen in de ochtend omdat er voldoende licht doorheen valt om er onder te kunnen werken) zijn hiervoor de belangrijkste argumenten.

8.5.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Het gebruik van de transparante schermdoeken is een ontwikkeling van de laatste drie jaar. Dit komt vooral voor op bedrijven waar voorheen groente is geteeld (komkommer en paprika). Op een aantal nieuwbouwprojecten is dit type schermdoek ook geïnstalleerd. De verwachting is dat bij nieuw te installeren schermdoeken (bij vervanging en uitbreiding) de nadruk meer op energiebesparing komt te liggen dan op 'zoveel mogelijk licht door te laten', en wel om de volgende redenen: in de zomer van 1999 is veel ervaring met luchtbevochtigingssystemen opgedaan.

Met deze systemen blijkt het kasklimaat zo goed beheersbaar bij hoge lichtintensiteit en temperatuur dat schermen niet meer nodig is. Ook op bedrijven waar geen luchtbevochtigingsinstallatie aanwezig is, hebben telers minder geschermd door de lichtgrens te verhogen (voorheen +/- 600 W/m², in 1999 +/- 750 W/m²).

Dit is onder andere gedaan na een studiereis naar Californië waar gerberatelers pas bij nog hogere lichtintensiteiten schermen.

8.5.3 Waaron een scherm

- Opvangen van sterke overgangen van donker naar zonnig weer in het voorjaar.
- Klimaatbeheersing. Dit is de RV zo hoog mogelijk houden waardoor bloemverkleuring bij een aantal rassen en verkorting van de steel worden voorkomen, prettiger werkklimaat.
- Energiebesparing in de winter (oktober-maart).

8.5.4 Toepassing

Gerbera is erg gevoelig voor grote wisselingen in licht. Vooral in februari en maart gaan de meeste gerberagewassen bij een plotselinge grote toename van de instraling slap hangen. Een voor circa 85% gesloten scherm vermindert de straling op het gewas en helpt een dergelijke weersovergang op te vangen.

Als tussen april en augustus de stralingsintensiteit hoger dan 550 W/m^2 wordt, wordt het scherm voor 50-60% gesloten. Boven de 650 W/m^2 sluit het scherm tot 80%. Na een donkere periode worden deze grenzen tijdelijk met 100 W verlaagd om de overgang naar een lichtrijke periode op te vangen. Tijdens een aanhoudende zonnige periode worden deze grenzen in stappen van 25 W per dag met maximaal 100 W verhoogd.

8.5.4.1 Energiebesparing

Het scherm wordt volledig gesloten bij een instraling lager dan 75 W/m^2 en als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten van 8°C , 10°C of 12°C voor respectievelijk kassen ouder dan 15 jaar, tussen de 5 en 15 jaar of jonger dan 5 jaar.

Als de RV oploopt naar 90% wordt boven het scherm gelucht. Bij een RV van 90% wordt ook een kier in het scherm getrokken.

8.5.5 Negatieve effecten

Om pendelen van het scherm te voorkomen stelt men de lichtintensiteit waar beneden het scherm weer open moet lopen ver beneden de grens waarop het scherm dicht gaat of zet het scherm handmatig vast. Sluiten van het scherm vermindert de hoeveelheid licht op de plant waardoor de plant minder assimileert (er vanuit gaande dat er voldoende CO_2 wordt gedoseerd), tenzij hiermee stress wordt voorkomen.

In de zomer geeft men een hoeveelheid water aan de hand van de gemeten buitenstraling. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met de stand van het schermdoek waardoor planten op bepaalde momenten van de dag teveel water krijgt aangeboden. Dit is aan te passen door een correctiefactor bij gesloten scherm op te geven of door licht in de kas te meten. Bij een noord-zuid ligging van de kas zijn er plantrijen die bijna de gehele dag in de zon staan en daardoor kunnen groeiverschillen met de wel geschermdde rijen ontstaan. De RV neemt toe onder gesloten doek. Dit kan problemen met Botrytis geven.

Bij gevoelige rassen, die ook bij hoge temperatuur en hoge lichtintensiteit korte stelen produceren, moet er op gelet worden dat 's nachts onder het scherm de temperatuur niet hoger dan op de dag wordt. Dit kan door het stoken aan te passen. Een scherm pakket van een geopend scherm geeft het gehele jaar schaduw. Dit vermindert, ook op donkere zomerse dagen de assimilatie.

8.5.6 Ervaringen

Het tijdelijk slap hangen van het gewas door één dag met wisselende weersomstandigheden niet te schermen, is verantwoord.

Een te grote vochtafvoer moet worden voorkomen door de maximum raamstand te verkleinen tijdens het openen van het schermdoek of door het doek langzaam te openen.

De lichtmeter gekoppeld aan het computerprogramma voor water doseren dient in de kas onder het schermdoek te worden geïnstalleerd. Ook een startbak om het drainwater te meten of een watergehaltemeter kan hiervoor worden gebruikt.

Om kieren bij een gesloten scherm te voorkomen moet het scherm in september afgesteld worden. Bij te veel vocht in de kas (optreden Botrytis) het laten sluiten van het scherm afstemmen op een groter verschil in tussen binnen- en buitentemperatuur. Er wordt dus minder snel geschermd waardoor het vocht beter kan worden afgevoerd.

Om bij een volledig gesloten scherm een verkleining van het vochtdeficit van 2.0-1.5/RV van 85-90% te krijgen, is een vochtkier van 0-5% noodzakelijk. Omdat dit echter erg afhankelijk is van het type kas, het gewas en het klimaatprogramma is het moeilijk om hiervoor een meer nauwkeuriger richtlijn te geven.

Om het te hoog oplopen van de ruimtetemperatuur tegen te gaan, dient de maximum buistemperatuur 45 minuten voordat het scherm sluit, verlaagd te worden.

Wanneer het energiescherm wordt gebruikt, is het niet nodig het gewas in de nanacht met een van temperatuurverhoging te activeren. De buitentemperatuur bij zonsopgang is toch al op z'n laagst, waardoor via het computerprogramma de buistemperatuur automatisch al oploopt. Door niet met een nanachtverhoging te werken, wordt kouval beperkt.

Wanneer er problemen met te korte stelen optreden, dient de nachttemperatuur bij gesloten scherm te worden verlaagd.

8.5.7 Gebruik in de winter

Bedrijven die veel gebruik maken van het energiescherm hebben in januari en februari vaak te maken met een slechtere kwaliteit van het gewas in vergelijking met hun collega's die minder of niet schermen. Door het sluiten van het energiescherm blijft de planttemperatuur ongeveer gelijk aan de ruimtetemperatuur.

Bij bedrijven die niet schermen daalt de planttemperatuur, zeker bij vriezend weer met een heldere hemel, tot 4°C onder de ruimtetemperatuur. Een hogere planttemperatuur leidt tot een hogere dissimilatie waardoor de steelkwaliteit achteruit gaat en bloemdiameter kleiner wordt.

8.5.8 Bijzonderheden

Proeven met temperatuurintegratie bij gerbera hebben aangetoond dat de productie in de winterperiode wordt bepaald door de etmaaltemperatuur. Het maakt niet uit of de temperatuur in de nacht of op de dag wordt gerealiseerd. Met een sortiment gerbera's dat ook in de winter voldoende steellengte heeft, kan besparing van energie interessant worden. Deze besparing is onder andere te bereiken door 's nachts onder een gesloten doek een hogere temperatuur te realiseren dan overdag bij een geopend doek.

8.6 Schermen bij Anthurium

8.6.1 Gebruik in de praktijk

Ongeveer 95% van de telers heeft een beweegbaar schermdoek. De overige 5% installeert folie in de winter. Het schermdoek heeft twee functies.

In de winter als energiescherm en in de zomer dient het voor zonwering. Circa 20% van de bedrijven heeft een dubbele scherminstallatie, waarvan het onderste schermdoek een LS 10 ultra/plus is of een schermdoek dat daar vergelijkbaar mee is.

Het bovenste schermdoek voor zonwering is een open doek met 55-75% scherming (LS 16F of iets vergelijkbaars).

8.6.2 Ontwikkelingen in de toekomst

In de toekomst zal steeds meer gebruik worden gemaakt van een dubbele scherminstallatie, waarbij het schermdoek voor de zomer een open structuur heeft, waardoor de kas koeler blijft dan bij een schermdoek met een gesloten structuur.

Daarnaast zal in de toekomst gekozen worden voor schermdoeken die meer lichtdoorlatend zijn om in het voorjaar meer licht in de kas te krijgen. 's Zomers moet er gekrijt worden om de temperatuur voldoende laag beneden de 30 °C te houden.



Bij een stijgende gasprijs zullen meer dubbele scherminstallaties worden aangeschaft (foto Ludvig Svensson)

8.6.3 Waarom een scherm

- Van half september tot half april voor energiebesparing en het voorkomen van te een hoge buistemperatuur, in verband met kwaliteitsverlies. Met name cultivar Midori is gevoelig voor een hoge buistemperatuur, waardoor de knoppen blijven vastzitten.
- Van half februari tot oktober tegen te hoge instraling om bloemverkleuring en gele/bruine kolven te voorkomen en om de etmaaltemperatuur onder de 23 °C te houden.

8.6.4 Toepassing

Voor energiebesparing wordt het doek bij een buitentemperatuur van circa 14 °C in de nacht gesloten. In het winterhalfjaar wordt het energiedoek (LS10 Plus of vergelijkbaar) in de

ochtenduren na zonsopgang gebruikt en in de uren voor zonsondergang afhankelijk van de hoeveelheid licht en de buitentemperatuur. Een combinatiescherm voor zonwering en energiebesparing wordt in het winterhalfjaar 's nachts op een buitentemperatuur van circa 14 °C gesloten. Vanaf februari wordt het schermdoek gebruikt voor zonwering. Een combinatiescherm haalt veelal 50-70% van het licht weg.

Een transparant energiescherm laat in deze periode nog voldoende licht door voor groei. Vandaar de opkomst van dubbele scherminstallaties. In verband met het negatieve effect van het openen en sluiten van het combinatiescherm op het lichtniveau en daardoor op de fotosynthese en de groei, moet voorkomen worden dat het doek gaat pendelen.

8.6.5 Negatieve effecten

In het vroege voorjaar neemt het schermdoek teveel licht weg, maar daarmee wordt verkleuring van de bloemen voorkomen.

In de zomer loopt de temperatuur onder het schermdoek hoog op, waardoor de etmaaltemperatuur vaak boven de 23 °C uitkomt, wat nadelig is voor de groei. Krijten van ramen heeft een groter effect op de temperatuur (koeler) dan schermen.

In het winterhalfjaar kan bij een eerstejaars-gewas veel glazigheid of blauwverkleuring ontstaan als gevolg van worteldruk en hoge RV. Een vochtmier in het schermdoek kan dan glazigheid/blauwverkleuring voorkomen.

8.6.6 Ervaringen

Een hoge luchtvochtigheid van rond de 90% in het najaar hoeft geen nadelige gevolgen te hebben voor Anthurium. Een vochtmier in het schermdoek is dan ook niet altijd noodzakelijk. Indien wel een vochtmier wordt ingesteld, dan een vaste mier van circa 4 cm gebruiken.

In de winter is licht voor Anthurium de beperkende factor. Toch kan het raadzaam zijn om het energiescherm op vorstdagen in de ochtend laat te openen en in de middag ruim voor zonsondergang te sluiten. Dit voorkomt dat de buistemperatuur stijgt naar 70-80 °C. Een hoge buistemperatuur is nadelig voor Anthurium en veroorzaakt een sterke uitdroging van het substraat. Met name de cultivar Midori heeft daardoor meer last van vastzitters in de schacht. In het najaar is een goed sluitend schermdoek belangrijk. Met name de afstand en de kieren tussen gevel en doek veroorzaken veel trek. Deze trek heeft als gevolg dat planten uitvallen. Uitval van planten kost veel productie, met name in een meerjarig gewas.

In het voorjaar kan het pendelen van het zonweringscherm worden voorkomen door het groter maken van het verschil tussen de lichtsterkte waarop het scherm dicht gaat en de lichtsterkte waarop het scherm open gaat. Daarnaast kan de som van de lichtafwijking die gerelateerd is aan het openen van het scherm, hoger worden ingesteld. Het tegengaan van pendelen van het scherm is belangrijk voor de optimale productie van het gewas.

In het vroege voorjaar kan bij een dubbele scherminstallatie de eerste tijd met het transparante energiescherm worden geschermd. Hiermee wordt de hoeveelheid licht in de kas niet teveel beperkt. Zolang de kastemperatuur onder de 28 °C blijft en de bloemkleur en kolven er nog goed uitzien, kan het energiescherm worden gebruikt. Bij meerdere afdelingen is het verstandig om niet alle doeken tegelijk te openen, omdat dan de temperatuur te laag wordt met als gevolg schade door kouval. Eerst het doek in de afdeling die het verste van het ketelhuis af ligt, openen. 15-20 Minuten later het scherm van de volgende afdeling enz.

8.6.7 Gebruik januari-april

Tussen half januari en half april mag de etmaaltemperatuur oplopen van 19,5 °C naar 22,5 °C. In deze periode neemt het licht toe van een minimum waarde (100 J/cm²) tot de

optimale waarde (1000 J/cm²) voor Anthurium. In deze periode kan de nachttemperatuur relatief hoog worden ingesteld, zodat met een gesloten schermdoek en niet te hoge buistemperatuur de etmaaltemperatuur bereikt kan worden. Met name het snel bereiken van de etmaaltemperatuur verhoogt en vervroegt de productie in het voorjaar.

8.7 Schermen bij potplanten

8.7.1 Gebruik in de praktijk

Vrijwel alle potplanten worden geteeld met een schermdoek. Er is echter een grote variatie in lichtdoorlatendheid van schermen die gebruikt worden bij diverse potplanten. De keuze wordt voornamelijk bepaald door de gewenste hoeveelheid straling in voorjaar en zomer. Een 65-85% aluminium zonweringsdoek (bijvoorbeeld LS 16-18) wordt veelal gebruikt in onder andere Marantaceae, Saintpaulia, Anthurium, Spathiphyllum en Dieffenbachia. Een 50% aluminium zonweringsdoek (bijvoorbeeld LS 15) is meestal voldoende bij Ficus, Kalanchoë en de meeste kuip- en perkplanten.

Er wordt meestal gekozen voor een 'gesloten' scherm, zodat het zonwerings scherm ook gedurende de nacht gebruikt kan worden voor energiebesparing.

Bij enkele 'korte dag bloeiers' zoals Begonia, Kalanchoë en Potchrysanthe is daarnaast een 100% verduisteringsscherm nodig om een uniforme en planmatige bloei te verkrijgen. In sommige oudere kassen kan geen beweegbaar scherm worden geïnstalleerd. Dit wordt dan opgevangen met extra krijten van het kasdek in het voorjaar en de zomer. Voor energiebesparing wordt dan in de winter met een plastic folie gewerkt.

Op veel kassen met een energie- of zonnescherm wordt in voorjaar en zomer ook krijt aangebracht.

8.7.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Alhoewel een dubbel schermdoek nog niet veel in de praktijk wordt gebruikt, zal dit in de toekomst toenemen, vanwege verdere temperatuurintegratie en maatregelen op gebied van energie en milieu. Het (open) aluminium scherm kan dan het juiste percentage schaduw geven tijdens zonnige dagen, terwijl het transparante energiescherm helpt voor energiebesparing tijdens de nacht en op koude dagen.

Daarnaast is een combinatie van twee doeken mogelijk om optimaal licht te benutten en energie te besparen. Bijvoorbeeld met een 20 en 30% doek geeft dit de mogelijkheid van 20%, 30% en 55% schaduw.

8.7.3 Waarom een scherm

- Voorkomen van te veel instraling. Door te veel instraling kunnen de ruimte- en planttemperatuur te hoog oplopen en kan het vochtdeficit te groot worden. Schermen voorkomt bladverbranding, verkleuring en stress voor de plant. Deze verschijnselen kunnen de groei (=netto assimilatenoverschot) en ontwikkeling van de plant remmen.
- Energiebesparing in de nacht.
- Verduisteringsschermen voor de vegetatieve en generatieve ontwikkeling.

8.7.4 Toepassing

- Voor energiebesparing kan het scherm (gesloten aluminium of energiedoek) gesloten worden zodra de buitentemperatuur 10 °C (aluminiumscherm) tot 15 °C (foliescherm)



Zonweringscherm bij potplanten (foto Bonar Phormium)

lager is dan de stooktemperatuur. Belangrijk hierbij is dat de luchtvochtigheid niet te hoog oploopt. Het openen van een kier om vocht te verwijderen, kan dit voorkomen. In combinatie met een verduisteringsscherm mag alleen een kier voor vochtafvoer aangehouden worden als de straling 0 is.

- Als zonweringscherm wordt bij scherp en zonnig weer (afhankelijk van de teelt), boven de 200-700 W per m² het scherm gesloten. Hierbij moet bij te hoge temperaturen een kier geopend worden om de temperatuur te doen dalen.

8.7.5 Negatieve effecten

- Problemen met het gebruik van het energiescherm in de nacht zijn meestal terug te voeren op te hoge luchtvochtigheid en de daarmee samenhangende inactiviteit (verminderde mestopname) van de plant. Naast Botrytis en roest in blad en bloemen kan verzwakking van de plant resulteren in een snelle aantasting door wortelschimmels en versnelling van bacterieziekten.
- Ook kan in de nacht bij hoge luchtvochtigheid door een combinatie van te hoge worteldruk en lage verdamping de celstructuur kapot gedrukt worden, waardoor vergroeiingen en misvormingen van groeipunt, blad en bloem kunnen ontstaan. Bijvoorbeeld het afsterven van groeipuntjes bij *Senecio herreanus*, glazigheid, guttatie en verkurking.
- Grote schommelingen in luchtvochtigheid en temperatuur, vooral bij het openen van het scherm moeten voorkomen worden door het schermdoek in etappes te openen en eventueel door het verhogen van de kastemperatuur.

- Alhoewel zonnescerm en krijgt het (werk)klimaat in de kas verbeteren bij scherp zonlicht, wordt er echter vaak te veel geschermd, wat ten koste gaat van de groeisnelheid en kwaliteit. Het streven is te telen onder "de maximale lichtintensiteit waarbij nog geen stress optreedt".

8.7.6 Ervaringen

Bij gebruik van een scherm overdag is de kans op horizontale temperatuurverschillen (en dus ook vochtigheidsverschillen) groter.

Groeiverschillen en plaatselijke schimmelaantastingen krijgen dan een kans. Het gebruik van een scherm doet de behoefte aan water verminderen en beïnvloedt ook de opname van meststoffen. Aanpassingen van voedings-EC en de samenstelling van de A+B-bak kan noodzakelijk zijn.

8.7.7 Duo-gebruik

- Bij diverse pot-, perk-en kuipplanten wordt met een negatieve dif gewerkt (nachttemperatuur hoger dan de dagtemperatuur) om ongewenste lengtegroei te voorkomen. Gebruik van een goed energiescherm maakt dit ook qua energieverbruik gunstig.
- In verband met groeioptimalisatie zal het scherm meestal alleen in de nacht voor energiebesparing gebruikt worden. Bij extreme lage buitentemperaturen is het schermgebruik in de winter overdag echter te verantwoorden als de stookcapaciteit onvoldoende zou zijn om de gewenste minimum kastemperatuur te handhaven.

Bij gebruik van assimilatiebelichting kan onder het doek de temperatuur zo hoog oplopen dat het openen van een kier noodzakelijk is om de temperatuur te doen dalen.

8.8 Schermen bij tomaat

8.8.1 Gebruik in de praktijk

Maximaal 10% van de tomatentelers gebruikt een energiescherm. Meestal worden heldere doeken of (geperforeerde) folies gebruikt en in enkele gevallen gedeeltelijk gealuminiseerde doeken.

8.8.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Bij een stijgende energieprijzen zullen er waarschijnlijk meer energieschermen in gebruik worden genomen. Bij de huidige gasprijs van 27 cent per m³ is dit niet interessant. Alle nieuwe kassen voor de tomatenteelt worden uitgerust zonder scherm, maar telers doen er goed aan om bij nieuwbouw de kas zo te laten bouwen dat een beweegbaar scherm achteraf kan worden geïnstalleerd. Bij verhoging van de gasprijs kan dan altijd nog een scherm worden gemonteerd.

8.8.3 Waarom een scherm

Met een energiescherm is het mogelijk om in de winterperiode 8-10m³/m² aardgas te besparen. Vooral wanneer de teelt met een kleine plant begint, kan er in een aantal weken 30 tot 40% energie worden bespaard. Een enkeling schermt in de zomer bij scherp zonnig weer voor een betere groei.

8.8.4 Toepassing

Gemiddeld schermt men 1500 uur per teeltseizoen en alleen in de winterperiode. Het gebruik van het scherm begint vanaf de plantdatum (planten op de tuin) tot uiterlijk het moment dat de kop van het gewas een halve meter onder het scherm komt. Het is beter eerder te stoppen bij 1 meter onder het scherm.

In de winterperiode tot week 1 wordt over het algemeen het scherm dichtgetrokken, zodra de buitentemperatuur 's nachts onder de 7 °C komt. Vaak wordt onder het scherm een minimum buistemperatuur van 40 °C aangehouden. Desnoods wordt het scherm gedeeltelijk geopend (kier). Bedrijven met een lichtdoorlatende folie kunnen het scherm 4 tot 5 weken dag en nacht gesloten houden, afhankelijk van de R.V.

Tussen de eerste en zesde week na de jaarwisseling stopt men met schermen. Een geperforeerd vast foliescherm wordt, afhankelijk van de plantdatum, rond half januari verwijderd. Bij latere zaaidata kan het schermen vanwege een kortere gewasstand nog wat langer doorgaan. Bedrijven met een beweegbaar schermdoek gaan meestal langer door met schermen zolang de buitentemperatuur onder de 4 °C is. Vooral vanaf half februari is de plant vaak zo groot dat bij het schermen de verdamping een belangrijke factor is geworden. Het scherm gaat veel minder dicht. Ook de R.V. kan dan een probleem worden.

8.8.5 Negatieve effecten

Te lang doorgaan met schermen geeft vaak hoge luchtvochtigheden onder het scherm, waardoor een te weelderige gewasgroei ontstaat. Dergelijke omstandigheden geven in de regel meer kans op schimmelziekten zoals Botrytis. Dit is te voorkómen door een vochtkier in te stellen.

Een scherm pakket onderschept gemiddeld zo'n 4% licht met als effect een derving van de productie van 2,4 tot 2,8%.

Bij gebruik van een scherm komt de eerste en soms ook nog de tweede tros traag op gang. De trossen daarna compenseren overigens de tragere start enigszins.

8.8.6 Ervaringen

- De voorkeur gaat uit naar een scherm dat makkelijk vocht doorlaat en minder snel vervuilt.
- In de nacht de luchtvochtigheid zoveel mogelijk onder de 90% houden.
- Wanneer bij beweegbare schermen in de ochtend het scherm in één keer wordt geopend, dan blijft het vochtdeficit hoog en het gewas wordt geactiveerd.
- Naast een goede kierregeling is het belangrijk dat een eventuele (vocht)kier tot ongeveer 0,5 cm nauwkeurig kan worden ingesteld.
- Omdat onder een scherm het gewas minder verdampt, moet het geven van water beduidend minder zijn dan bij bedrijven zonder scherm. Dit geldt bij zonweringschermen.

8.9 Schermen bij paprika

8.9.1 Gebruik in de praktijk

Vrijwel elk paprikabedrijf gebruikt in het begin van de teelt een vast, al dan niet geperforeerd schermfolie, of een beweegbaar scherm met folie of doek. Zo kan in het begin van de teelt de gewenste temperatuur worden gerealiseerd zonder dat de verwarmingsbuizen te heet worden. De luchtvochtigheid blijft door het gebruik van een scherm beter op peil, waardoor het gewas

beter groeit. De meeste moderne bedrijven beschikken over een beweegbaar scherm met doek en soms folie. Zo'n scherm wordt ook gebruikt om in het voorjaar jonge vruchten te beschermen tegen te scherpe instraling.

8.9.2 Ontwikkelingen in de toekomst

Bij de aanschaf van schermen wordt steeds vaker gekozen voor doeken in plaats van folies. Doeken laten méér vocht door dan folies en kunnen daardoor gedurende een langere periode worden benut. Een andere eigenschap van doeken is, dat ze minder licht doorlaten. Hierdoor kunnen ze in het voorjaar en de zomer ook goed dienen als zonweringscherm. Daarbij komt dat bij een juist gebruik een doek per saldo méér energiebesparing geeft dan een folie. Bij de start van de teelt kan onder een schermdoek nog een folie worden aangebracht. Hiermee kan meer energie worden bespaard en is zeker onder koude omstandigheden een snellere én betere gewasontwikkeling mogelijk.

8.9.3 Waarom een scherm

- Energiebesparing.
- Goede gewasopbouw. De eerste weken van de teelt zorgt een scherm voor een goede gewasopbouw, doordat met een lagere buistemperatuur de juiste ruimtetemperatuur en een hogere luchtvochtigheid gerealiseerd wordt.
- Bescherming van jonge vruchten. In het voorjaar beschermt een scherm bij schrale gewassen de jonge vruchten tegen verbranding door de zon; ook kan door gericht gebruik van een scherm méér gewasgroei worden gerealiseerd.
- In de laatste fase van de teelt om vruchten van de laatste vruchtzetting te kunnen laten afrijpen met een zo laag mogelijk energieverbruik

8.9.4 Toepassing

- Het openen van schermfolies is afhankelijk van de combinatie luchtvochtigheid en buistemperatuur. Schermdoeken houden meer het licht tegen en het open gaan is afhankelijk van de buitentemperatuur.
- Bij gewassen met een schrale gewasopbouw moet op z'n vroegst vanaf 12.00 uur het scherm dicht bij een instraling van meer dan 650 W/m^2 , een vochtdeficit hoger dan 5,5 gram en bij een temperatuur van meer dan $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Bij blijvend zonnig weer op die dag, moet men blijven schermen tot het eind van de middag als de kracht van de zon snel afneemt.

8.9.5 Negatieve effecten

- Te lang schermen veroorzaakt een zwakke, welige gewasopbouw met meer kans op mergnecrose en later in de teelt meer kans op Fusarium op de splitsing en op de vruchtkroontjes.
- Te véél schermen veroorzaakt een zwakkere gewasopbouw en te weinig groeikracht. Dit leidt tot productieverlies.
- Een te hoge luchtvochtigheid doet de kans op uitval door middel van schimmelvorming zoals Botrytis toenemen

8.9.6 Ervaringen

- Op het klimaatprogramma dient het besparingspercentage van het gesloten energiescherm ingesteld te worden. Het computerprogramma houdt dan bij de berekening van de buistemperatuur rekening met het dicht zijn van het schermdoek.

(Let op: het in te vullen besparingspercentage is lager dan het energiebesparingspercentage dat voor het doekmateriaal zélf is opgegeven, omdat het doek alleen bovenin de kas is aangebracht!).

- In de eerste fase van de teelt moet een beweegbaar scherm geopend worden als de buistemperatuur langdurig lager blijft dan 40 °C en als de luchtvochtigheid langdurig boven de 80% blijft.
Het gewas ontwikkelt zich dan beter door een betere lichtbenutting.
- Bij gebruik van schermdoeken in de eerste fase van de teelt moet het scherm bij zonnig weer geopend worden, waarbij de ruimtetemperatuur iets mag zakken onder de streefwaarde.
- 's Nachts kan in het vroege voorjaar het scherm zonder risico dicht bij een verschil van meer dan 10 °C tussen de (gewenste) ruimtetemperatuur en de buitentemperatuur.
- 's Ochtends moet het scherm in de loop van de teelt steeds vroeger open, vóórdát de verdamping van het gewas écht op gang komt.
- Het moment waarop het scherm sluit is afhankelijk van buitenomstandigheden en de stand van het gewas; bij een groeizaam gewas moet het scherm langer open blijven.

8.9.7 Duo-gebruik

Bij wat oudere kassen veroorzaakt een vast folie aan het begin van de teelt een beter klimaat, doordat het vocht beter wordt vastgehouden. Bovendien bespaart zo'n folie energie.

8.10 Schermen bij komkommer

8.10.1 Gebruik in de praktijk

Van alle komkommertelers gebruikt 80 tot 90% een scherm. Ongeveer 10% gebruikt een vast foliescherm en de rest een beweegbaar scherm. 15% van de beweegbare schermen bestaan uit folie, 45% uit doek (voornamelijk SLS 10 Ultra) en 35% uit Phormilux. Bij een stijgende energieprijs verwacht men dat alle komkommertelers een beweegbaar scherm zullen gaan aanschaffen.

8.10.2 Waarom een scherm

De hoofdreden om een scherm aan te schaffen is energiebesparing. Een beweegbaar scherm gebruikt men vanaf de start van de teelt in december of januari t/m april. Een beweegbaar folie gebruikt men tot eind maart. Vast Extra Helder (EH) folie wordt vaak één tot twee weken gebruikt, vast Anti Condens (AC) folie twee tot drie weken.

Andere redenen zijn:

- Bij de start van de voorjaarsteelt schermt men voor een beter startklimaat.
- Bij scherp zonnig weer wordt bij de start van de zomer- en de herfstteelt het scherm soms dichtgetrokken als zonwering.
- Verder wordt het scherm soms gebruikt bij scherpe weersovergangen, vooral bij zwakke planten.

8.10.3 Toepassing

Een vast foliescherm wordt meestal toegepast in oude lage kassen. Een beweegbaar scherm is in dergelijke kassen te duur of niet mogelijk. AC folie kan men in principe langer gebruiken maar is duurder dan EH folie (extra helder).

Op een beweegbare installatie kiest men meestal apart voor een bepaald type folie. Dit is goedkoper, geeft een vochtiger klimaat bij de start en vangt minder licht weg dan schermdoeken, omdat telers de folie doorgaans in maart verwijderen.

Nadelen van een vaste folie zijn:

- vanwege het korte gebruik minder energiebesparing ten opzichte van een beweegbare installatie;
- veel arbeid om de folie erin te trekken en er uit te halen;
- meer afval (elk jaar vernieuwen).

Een SLS 10 Ultra doek of een schermdoek van Phormilux is langer bruikbaar, maar geeft wel meer lichtverlies ten opzichte van beweegbaar folie. Phormilux is vergeleken met SLS 10 Ultra goedkoper maar veroorzaakt een vochtiger klimaat. Het scherm pakket van Phormilux is groter, wat meer lichtverlies geeft. Ook vervuilt Phormilux sneller dan SLS 10 Ultra.

Bij de start van een jong gewas in het voorjaar is het dichtgaan van het scherm afhankelijk van de instraling en de ontwikkeling van het gewas. Bij dezelfde hoeveelheid instraling wordt de ruimtetemperatuur bij een jong gewas veel hoger en de relatieve luchtvochtigheid veel lager dan bij een oud gewas.

Bij een volgroeid gewas kan men het scherm iets gemakkelijker reguleren. Meestal mag het scherm pas dicht na 12.00 uur, boven de 27 °C, boven de 600 Watt instraling per m² en bij een relatieve luchtvochtigheid onder de 70% of een vochtdeficit van boven de 7 gram/m³. Maar in principe is de toestand van de plant bepalend voor het dichtgaan van het scherm. Meestal worden, indien aanwezig, meerdere hulpmiddelen tegelijk ingezet, bijvoorbeeld daksproeiers of vernevelaars.

8.10.4 Ervaringen en tips

Tijdig luchten boven het (vaste) scherm en het scherm tijdig verwijderen zijn belangrijk om broeikoppen en Botrytis te voorkomen. Daarom gebruikt men over het algemeen geperforeerde folie met gaatjes van 6 mm in doorsnee. In een dichte kas is de onderlinge afstand 10 bij 10 cm en in een kas met schermkieren 20 bij 20 cm.

Een vast scherm wordt verwijderd zodra het vocht onvoldoende boven het scherm met luchten kan worden afgevoerd. Vaak is dit het geval bij een relatieve luchtvochtigheid van 80 á 85%.

Een EH folie wordt eerder verwijderd, omdat er druppels aan de folie gaan hangen. Dit geeft lichtverlies. AC folie kan men langer gebruiken, omdat de druppels uitvloeien. Bij minder geperforeerde folies is er een grotere kans op zogenaamde "waterzakken".

De folie kan het best verwijderd worden op een dag met weinig wind, weinig zon, en een lage buistemperatuur. Sommige telers maken eerst gaten in het scherm om de plant te laten wennen.

Wanneer het 's nachts koud is en de buitentemperatuur overdag hoog, moet men veel gaten maken om de kans op broeikoppen en broeirandjes te verkleinen.

Op sommige bedrijven, met een kleine verwarmingscapaciteit, schuift men de vaste folie tijdelijk aan de kant om bij koude perioden de folie toch nog enigszins dicht te schuiven. Veel telers maken in de buitenste strook geen gaten in de vaste folie om kouval enigszins te voorkomen. Daarnaast spannen sommige telers draden boven het gewas, zodat er een soort dakje in de folie ontstaat.

De druppels die dan van de folie vallen, vallen dan niet op het gewas maar in het looppad.

Bij een beweegbaar scherm wordt, afhankelijk van de toestand van het gewas, meestal in de nanacht het vocht afgevoerd met een kier van minimaal 0,5% en maximaal 2%. Geadviseerd wordt het traject vroeg in te gaan en niet wachten tot de relatieve luchtvochtigheid te hoog is opgelopen.

De temperatuur van de aanvoerbuis voor de verwarming zou dan aan relatief grote schommelingen onderhevig zijn. Boven de 85% dient het scherm geheel open te worden getrokken.

Schermen van Phormilux en schermdoeken moeten in principe overdag open staan. Beweegbare folies blijven vaak dicht wanneer direct na het planten de buitentemperatuur onder de -1 á -3 °C is gezakt. Als de beweegbare EH folie overdag nat wordt, moet ze open worden gezet, omdat ze anders teveel licht wegneemt.

Beweegbare schermen in een nieuwe kas gaan 's nachts in januari/februari dicht beneden een temperatuur van 5 á 6 °C en in een oude kas beneden een temperatuur van 7 á 8°C. Bij beweegbaar folie is dit in nieuwe kassen beneden de 3 á 4 °C en in oude kassen beneden de 5 á 6 °C. Wanneer in maart de buitentemperatuur onder de 12 °C komt, kan het scherm worden gesloten, afhankelijk van de kas, het soort scherm en de windsnelheid. Het openen van een beweegbaar scherm gebeurt vaak stapsgewijs, omdat anders de temperatuur te snel daalt. Vaak wordt de buistemperatuur een half uur voordat het scherm wordt geopend, alvast verhoogd.

8.10.5 Negatieve effecten

- Om temperatuurverschillen zoveel mogelijk te voorkomen is het van belang het scherm goed gesloten te houden en ook de gevels van schermen te voorzien. Sommige telers gaan de luchtstroming onder of boven het scherm tegen door stroken folie boven of onder het scherm aan te brengen.
- Bij teveel schermgebruik van met name een foliescherm kunnen broeikoppen en Botrytis ontstaan.
- Bij teveel schermgebruik in het voorjaar vermindert de kwaliteit van vruchten en gewas. Teveel schermgebruik in de zomer kan productie kosten en de planten kunnen te zwak worden.
- In de lichtarme maanden kunnen zwakke gewassen ontstaan. De kans op bladverdroging is dan groter, zeker in combinatie met hoge CO₂-concentraties en hoge temperaturen.

8.10.6 Bijzonderheden

Bij een berekening van de buistemperatuur tijdens het openen en sluiten van het scherm hoort in de computer het percentage energiebesparing ingevuld te worden. Meestal neemt men de helft (soms ruim de helft) van de theoretische besparing van het schermdoek die de fabrikant opgeeft. Geeft de fabrikant een energiebesparing op van 40% is dan stelt men de computer in op 20 tot 25%.

Verder wordt de temperatuur van de groeibuis vaak gebruikt om kouval tijdens het openen van het scherm enigszins op te vangen, bijvoorbeeld 15 minuten voor het openen van het scherm de temperatuur op te laten lopen tot 80 °C. Dit gebeurt met name bij koud weer. De groeibuis moet dan wel een stuk boven het gewas hangen.

9 Economische evaluatie

9.1 Investering, gebruiksduur en onderhoud

De investering in een scherminstallatie bestaat uit de aanschaf van een scherminstallatie langs kasdek en gevel, en de aanschaf van schermdoeken. Normen voor de aanschafwaarden worden jaarlijks gepubliceerd in de PBG-brochure 'Kwantitatieve Informatie' (KWIN) en bedragen voor 1999:

- scherminstallatie kasdek f 7,50 – 10,00 per bruto m² kas
- schermdoek f 3,50 – 6,00 per bruto m² kas
- rolscherm in dek breedkapperf 30,00 per bruto m² kas (incl.doek)
- scherminstallatie gevel f 15,00 per m² gevel
- schermdoek gevel f 6,00 – 8,00 per m² gevel

De werkelijke investeringsbedragen zullen van bedrijf tot bedrijf variëren, afhankelijk van de kasconstructie en de plaats van het bedrijf. Voor een realistische berekeningen zal het bedrijf offertes moeten opvragen bij één of meer installateurs.

Tot de aanschaf van een scherminstallatie kan besloten worden vanwege de effecten op zonwering of verduistering. Het investeringsbedrag dat moet worden terugverdiend uit de te behalen energiebesparing zal beperkt blijven tot de meerkosten die gemaakt worden om deze besparing te realiseren.

De scherminstallaties worden volgens de norm in 7 jaar en de schermdoeken in 5 jaar afgeschreven. In de praktijk worden scherminstallaties altijd gelijktijdig met het schermdoek vervangen zodat een realistische afschrijvingstermijn 10 jaar zal bedragen.

Voor een goede werking en om beschadiging te voorkomen moet aan scherminstallaties onderhoud worden gepleegd. Volgens de norm moet hiervoor 5% van de aanschafwaarde worden berekend.

Om het berekenen van individuele bedrijfsituaties te vergemakkelijken is een rekenmodel ontworpen.

9.2 Energiebesparing

Een scherminstallatie wordt in elk geval gesloten tijdens koude nachten en zal daarmee het piekverbruik van energie doen dalen. Niet alleen het effect van lage buitentemperaturen op het gasverbruik wordt kleiner, ook het effect van wind op het gasverbruik neemt sterk af. Dit laatste is met name belangrijk voor solitair gelegen bedrijven. De warmtebehoefte van een kas met gesloten scherm neemt, afhankelijk van het gekozen schermdoek, af met 40–60%.

De totale energiebesparing (in %) die gerealiseerd kan worden, hangt sterk van het gebruik van de scherminstallatie en van het gekozen schermdoek. Het aantal uren dat het schermdoek is gesloten, wordt grotendeels bepaald door een van te voren vastgestelde buitentemperatuur. Het doek gaat dicht wanneer deze buitentemperatuur wordt bereikt. Daarnaast is van belang of het scherm op basis van een ingestelde rv op een kier wordt gezet of weer geheel wordt geopend. Het effect van deze instelling is afhankelijk van het gewas. De energiebesparing hangt af van het soort gewas, de gewenste teelttemperatuur, de verdampingssterkte van het gewas en het gerealiseerde gasverbruik zonder schermtoepassing. Het effect van een lagere piekbehoefte in het energieverbruik als een absolute afname ervan op de gasrekening is momenteel niet geheel in te schatten vanwege

de liberalisatie van de aardgasmarkt. De uitwerking was nog niet bekend tijdens het gereed komen van deze brochure.

9.2.1 **Geschatte energiebesparing afhankelijk van gekozen uitgangspunten**

Het gasverbruik van een individueel bedrijf kan redelijk worden ingeschat op basis van een aantal bedrijfskenmerken. Door de buitentemperatuur waarbij het scherm wordt gesloten te variëren, kan een redelijke indruk worden verkregen van de realiseerbare energiebesparing. In het hier gehanteerde rekenmodel is rekening gehouden met de volgende factoren:

- kaskenmerken zoals kasoppervlak, geveloppervlak, scherm en belichting;
- bedrijfskenmerken zoals, ligging en aanwezigheid van condensoren en warmtebuffer;
- klimaatinstelling o.a. teelttemperatuur, belichting en schermsluiting;
- (nog) niet opgenomen instelling min. buis en schermkier
- weersinvloeden (standaardjaar), buitentemperatuur (dag/nacht), instraling en wind.

Het betreft een globaal rekenmodel waarin de waarden per jaar (evt. per 4-weekse periode) worden ingebracht. Hierbij wordt wel rekening gehouden met de variatie in buitentemperatuur, daglengte en instraling bij vertaling van de ingestelde naar te realiseren waarden. De in te voeren uitgangspunten en een voorbeeld van de berekende energiebesparing zijn ter illustratie opgenomen in tabel 7a en 7b.

9.3 **Economische consequenties aanschaf scherminstallatie**

De te realiseren energiebesparing is niet de enige relevante factor om te berekenen of een investering in een scherminstallatie wordt terugverdiend. Een scherminstallatie verlaagt de lichttransmissie van de kas met 1,5 tot 4% en dit zal in heel veel gevallen leiden tot opbrengstdaling. Een neveneffect van het gebruik van de scherminstallatie is dat de rv beter geregeld kan worden, met een productieverhogend effect.

Bij aanwezigheid van assimilatiebelichting zal tevens het belichtingsniveau iets worden verhoogd door reflectie van het uitgestraalde licht.

Het rekenmodel biedt de mogelijkheid om productie-effecten volgens een eigen inschatting in de berekeningen mee te nemen.

De in te voeren uitgangspunten, het berekende rendement en de terugverdientijd van de scherminstallatie is ter illustratie in een voorbeeld uitgewerkt (tabel 8).

Tabel 7a Kasafmetingen

Kaplengte	100	m
Kapbreedte	8.00	m
Aantal kappen	13	
Goothoogte	4.00	m
Nokhoogte	6.00	m
Kasoppervlak	10400	m ²
Opp. buitengevel	1840	m ²
Opp. gevelschem	1632	m ²

Tabel 7b Klimaatinstellingen

Verwarmings- of stooktemperatuur					
Periode	Dag (°C)	Nacht (°C)		Etmaal (°C)	Belichting aan (ja=1)
		onbelicht	belicht		
1	20	19	19	19.0	1
2	20	19	19	19.0	1
3	20	19	19	19.0	1
4	20	19	19	19.0	1
5	20	19	19	19.0	1
6	20	19	0	19.0	0
7	20	19	0	19.0	0
8	20	19	19	19.0	1
9	20	19	19	19.0	1
10	20	19	19	19.0	1
11	20	19	19	19.0	1
12	20	19	19	19.0	1
13	20	19	19	19.0	1

Lichtverhoging dag 2 °C/KJ/cm²
 Lichtverhoging 100% gerealiseerd 25 KJ/cm²

Schermb

Isolatiewaarde scherm
 - temperatuurverlies 40%
 - ventilatieverlies 75%
 Schermsluiting (buitentemperatuur <...°C) 10 °C ('s nachts)
 Schermsluiting (straling>...Watt) 400 Watt/m² (overdag)

CO₂

CO₂-concentratie (ramen dicht) 700 ppm

Belichting

Belichtingsintensiteit 800 lampen/ha
 600 Watt/etmaal
 Belichtingsduur 19 uur/etmaal
 Gebruiksduur 0 uur/jaar

Tabel 7c Berekening energiebesparing

Besparing scherm	10.38	m ³ /m ² /jaar
Besparing warmtebuffer (WK)	4.09	m ³ /m ² /jaar
Besparing WK zonder scherm	0.00	m ³ /m ² /jaar
Besparing WK met scherm	0.00	m ³ /m ² /jaar

	Zonder warmtebuffer		Met warmtebuffer	
	zonder scherm	met scherm	zonder scherm	met scherm
Gas verwarming	66.08	55.70	66.08	55.70
Gas CO ₂	5.67	5.67	1.58	1.58
Gas WK	0.00	0.00	0.00	0.00
Extra CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00
Gasverbruik totaal	71.75	61.38	67.66	57.28

Tabel 8 Berekening investeringen en jaarkosten

	Investering			jaarkosten	
	energie	zonwering/ verduistering	gebruiksduur (jaar)	zonder buffer	met buffer
Scherminstallatie					
kasdek	f 10,00	f 10,00	10	f 0,00	f 0,00
gevel	f 15,00	f 0,00	10	-f 0,41	-f 0,41
Schermdoek					
kasdek	f 4,00	f 3,50	5	-f 0,14	-f 0,14
gevel	f 6,00	f 0,00	5	-f 0,26	-f 0,26
Besparing					
energiekosten				PM	PM
aansluiting				f 2,36	f 2,36
gasverbruik				-f 0,50	-f 0,50
Opbrengstreductie				-f 0,38	-f 0,38
winter 1% van f 50,00					-f 0,50
zomer -0,75% van f 50,00					-f 0,38
Extra opbrengst					
- winter 0 % van f 50,00				f 0,00	f 0,00
- zomer 1 % van f 50,00				f 0,50	f 0,50
Winst/verlies per jaar				f 1,17	f 1,17
Terugverdientijd in jaren				9.09	9.09

10 De natuurkunde van het schermen

10.1 Inleiding

Bij het beoordelen van de effecten van warmtesparende maatregelen is het gemakkelijk iets van de natuurkundige achtergronden te weten. Bij elke maatregel veranderen er in de kas vele factoren tegelijk en het kan geen kwaad het gebeuren eens systematisch na te lopen. In dit hoofdstuk behandelen we daarom eerst de warmtetransporten vanuit de kas in het algemeen. Daarna zien we hoe schermen de warmtetransporten (warmteverliezen) kunnen wijzigen. De warmtetransporten vinden plaats door middel van ventilatie, convectie en straling. De waterdamp in de lucht speelt daarbij ook nog een eigen rol.

10.2. De warmte-inhoud van de lucht

Aan lucht kunnen we warmte toevoeren en als de lucht daardoor warmer wordt voelen we dat. Vandaar ook dat we in dit geval van voelbare warmte spreken. Om een kilogram lucht een graad op te warmen is 1 kilojoule nodig en om de warmte-inhoud te bepalen rekenen wij steeds vanaf 0 °C. De warmteinhoud van (droge) lucht van 20 °C is dan 20 kJ/kg. Voegen we daar 10 kJ warmte per kg lucht aan toe dan zal de temperatuur van deze lucht 30 °C worden. Gewone lucht is nooit helemaal droog en bevat altijd wel wat waterdamp. Die waterdamp is erin gekomen door verdamping van water. Nu is bekend dat voor het verdampen van water warmte nodig is en wel 2501 kJ/kg bij 0 °C. Voor het opwarmen vanaf 0 °C van 1 kg waterdamp is 1,87 kJ/°C nodig.

Laten we als rekenvoorbeeldje eens lucht van 20 °C en 70% rel. vochtigheid nemen. Deze bevat 10,2 g waterdamp per kg droge lucht. De waterdamp bevat dan $(2501 + 1,87 \times 20)$ kJ/kg, dat is per 10,2 g 25,9 kJ. Samen vertegenwoordigen 1 kg droge lucht en 10,2 g waterdamp van 20 °C dus $(20 + 25,9)$ kJ = 45,9 kJ op 1,0102 kg. Zie ook figuur 30.

Nu moeten wij nog een kleine correctie maken van 1,0102 kg naar 1 kg, dus 45,9 kJ vermenigvuldigen met 1/1,0102. Wij komen dan uit op een warmteinhoud van 45,4 kJ/kg voor lucht van 20 °C en 70% r.v.

Soms is het gemakkelijker te rekenen met kubieke meters in plaats van met kilogrammen. We moeten dan nog vermenigvuldigen met de soortelijke massa (vroeger het soortelijk gewicht genoemd) van de lucht. Hoewel we ons er in het dagelijks leven niet altijd van bewust zijn dat lucht ook een massa heeft, is dat niettemin wel het geval.

Gebruikte eenheden

1 joule (J) = 0,24 calorie; 1 watt (W) = 1 J/s dus 1 W/m^2 . $1 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) = 0,86$

$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, zodat 7 W ongeveer gelijk is aan $6 \text{ cal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

De instraling wordt soms uitgedrukt in $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$, soms in W/m^2 . $1 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) = 2,78$

W/m^2 en $1 \text{ W}/\text{m}^2 = 0,36 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$. De joule is een maat voor energie en kan daarom zowel bij warmte als bijvoorbeeld bij straling worden gebruikt. De hoeveelheid energie per tijdseenheid, dus J/s oftewel de Watt, noemen wij het vermogen.

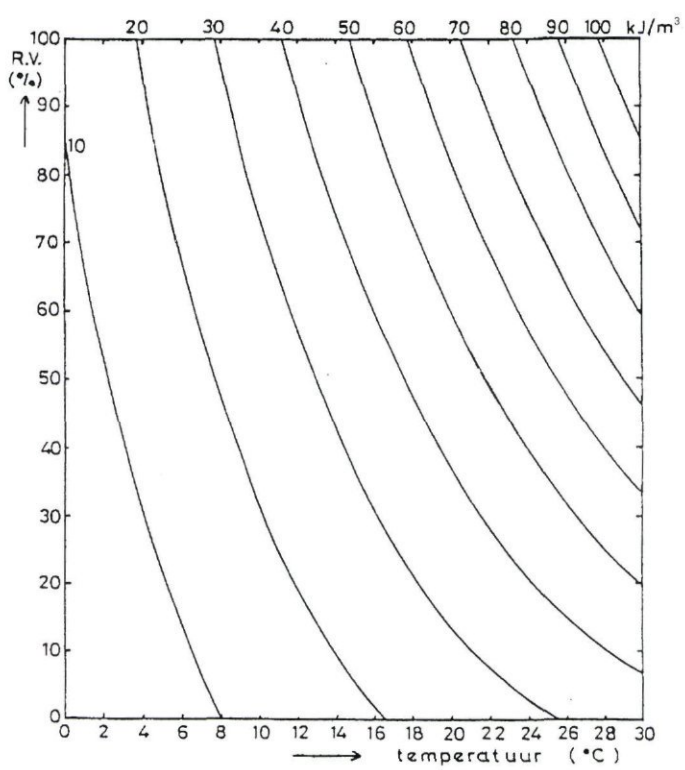
Bij 0 °C kunnen wij voor de massa van de lucht $1,29 \text{ kg}/\text{m}^3$ nemen, bij 10 °C is het 1,24, bij 20 °C 1,20 en bij 30 °C $1,15 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Heel nauwkeurig gezien heeft lucht van 20 °C en 70% r.v. een massa van 1,197 kg/m³; de warmte-inhoud van de lucht in ons voorbeeld is nu 1,197 x 45,4 kJ/m³ = 54,3 kJ/m³. Kortweg samengevat in formulevorm krijgen we dan:

$$I = \frac{D}{1 + x} (t + x (2501 + 1,87t))$$

waarbij I = warmte-inhoud (kJ/m³), D = soortelijke massa lucht (kg/m³), x = de hoeveelheid waterdamp in kg (!) per kg lucht en t = temperatuur (°C). Dat gedeelte van de warmte-inhoud dat voor rekening van de waterdamp komt noemen wij de latente (dat wil zeggen verborgen, niet direct waarneembare) warmte. Dit begrip doet in het begin wat onwennig aan. Toch sluit het helemaal aan bij de ervaring die we hebben als we een kas met gewas met een lege kas vergelijken. Bij een flinke zonnestraling wordt de onbegroeide kas veel heter doordat hier alle energie in voelbare warmte wordt omgezet. De warmte die in de kas met gewas voor verdamping gebruikt is, is in de waterdamp als latente warmte gaan zitten en wordt met de waterdamp afgevoerd. Eventueel deels naar het glas door condensatie. In figuur 26 is de warmte-inhoud van de lucht gegeven in afhankelijkheid van temperatuur en luchtvochtigheid. Let op de sterke toename van de warmte-inhoud bij stijgende luchtvochtigheid.

Figuur 26 Warmte-inhoud van de lucht



10.3 Ventilatieverliezen

Nu we in het voorgaande het begrip warmte-inhoud wat uitgeplozen hebben, is het mogelijk ook de verliezen van warmte en vocht door ventilatie wat meer getalsmatig aan te pakken.

Laten wij als voorbeeld nemen de situatie dat het in de kas $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ is met een relatieve luchtvochtigheid (r.v.) van 90%, terwijl het buiten $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ is bij een r.v. van 90%.

Dat betekent dat de kaslucht 8,48 g waterdamp per kg droge lucht bevat en de buitenlucht 4,85 g. Met behulp van de rekenformules in de vorige paragraaf kunnen we nu uitrekenen dat de warmteinhoud van de kaslucht $44,06\text{ kJ/m}^3$ is en voor de buitenlucht komen we op $21,64\text{ kJ/m}^3$.

Dat betekent dat we voor elke kubieke meter die uitgewisseld wordt ($44,06 - 21,64$) kJ = 22,42, zeg maar 22,5 kJ verliezen.

Is de kas gemiddeld 4 meter hoog, dan houdt een ventilatievoud van 1 x per uur een luchtuitwisseling van $4\text{ m}^3/\text{h}$ per m^2 grondoppervlak in. Dit ventilatievoud van één luchtuitwisseling per uur bij tien graden temperatuurverschil tussen binnen en buiten komt dan neer op een verlies van $90\text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$. Dat is 25 W/m^2 . Een ventilatievoud van 5 x per uur geeft in deze omstandigheden een verlies van 125 W/m^2 . Of wat algemener: als we het ventilatievoud Z noemen, is het verlies $25 \times Z\text{ W/m}^2$.

De waarde 25 W/m^2 is alleen gegeven als illustratie van de orde van grootte. Doordat bij hogere temperaturen de lucht veel meer waterdamp kan bevatten en de waterdamp voor een groot gedeelte de warmte-inhoud bepaalt, is de waarde 25 W/m^2 voor een temperatuurverschil van $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ bij hogere temperaturen in het algemeen ook hoger. Zo wordt bijvoorbeeld bij een binnentemperatuur van 25°C bij 80% r.v. terwijl het buiten $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ bij 70% r.v. is, het verlies $36,5 \times Z\text{ W/m}^2$. Zou de r.v. van de buitenlucht in dit laatste geval 40% in plaats van 70% geweest zijn, dan was het verlies zelfs $43 \times Z\text{ W/m}^2$ geweest. Dat alles dan voor een kas van gemiddeld 4 meter hoog.

Figuur 27 geeft als voorbeeld de ventilatieverliezen, uitgaande van een kas van gemiddeld 4 meter hoog, waarin de temperatuur $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ is en de r.v. 80%, bij een luchtuitwisseling van eenmaal per uur. Wij zien de verliezen toenemen naarmate het buiten kouder is, maar ook naarmate het buiten droger is. Heel ruw gerekend heeft één graad lagere temperatuur buiten hetzelfde effect als een 10% lagere vochtigheid buiten.

10.4 Stralingsverliezen

Een niet onbelangrijk deel van het nachtelijk stralingsverlies aan energie kan door uitstraling veroorzaakt worden. Elk voorwerp straalt warmte uit en ontvangt ook weer stralingswarmte van de omgeving.

De hoeveelheid uitgezonden straling hangt af van de temperatuur en van de aard van het oppervlak. Bij de temperatuur rekenen wij hier met de absolute temperatuur in Kelvin (K) en niet met de temperatuur in graden Celsius. Een temperatuur van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ komt overeen met een temperatuur van 273 Kelvin, maar "de streepjes op de schaal" staan bij beide even ver van elkaar. Dus om de temperatuur in Kelvin te weten hoeven we alleen maar 273 bij de waarde in graad Celsius op te tellen.

De warmtestraling waarmee we hier te maken hebben, is langgolelige straling, ze is voor ons oog niet zichtbaar. De hoeveelheid uitgestraalde energie per seconde is evenredig met de vierde macht van de absolute temperatuur.

De evenredigheidsfactor wordt in de regel aangeduid met de griekse letter sigma (σ).

Het verband tussen temperatuur en uitgestraalde energie is dus

$$Q = \sigma \cdot T^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

met Q = uitgestraalde energie per seconde per m² oppervlakte (J/s.m² = W/m²)

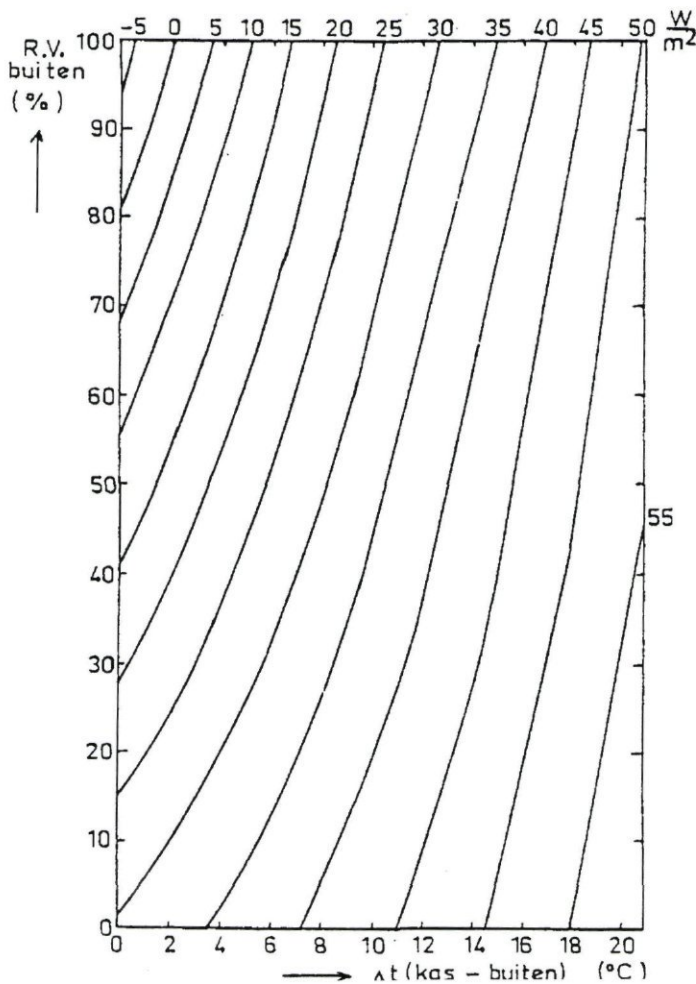
T = absolute temperatuur (K)

σ = stralingsconstante = $5,67 \times 10^{-8}$ (W/(m².K⁴))

Dit geldt voor een absoluut zwart lichaam, ook wel zwarte straler genoemd. In werkelijkheid stalen oppervlakken wat minder uit. Hoeveel minder duiden we aan met de letter epsilon (ϵ), de emissiecoëfficiënt, die voor glas 0,94 is. De vergelijking wordt uiteindelijk:

$$Q = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Figuur 27 Verliezen bij een ventilatievoud van 1 x per uur voor een kas met een gemiddelde hoogte van 4 meter, een temperatuur van 16 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 80%.



Een kas straalt uit naar de hemel. Hoeveel straling ze daarvan terugontvangt hangt van de hemeltemperatuur af. Deze kan aanzienlijk variëren, maar om de gedachten te kunnen bepalen kunnen we aannemen dat deze bij onbewolkt weer 's nachts een 20 °C beneden de buitentemperatuur ligt en bij bewolkte hemel een 2 °C beneden. De hemel kunnen we vrijwel als een zwarte straler beschouwen voor de warmtestralen. Voor het warmtetransport

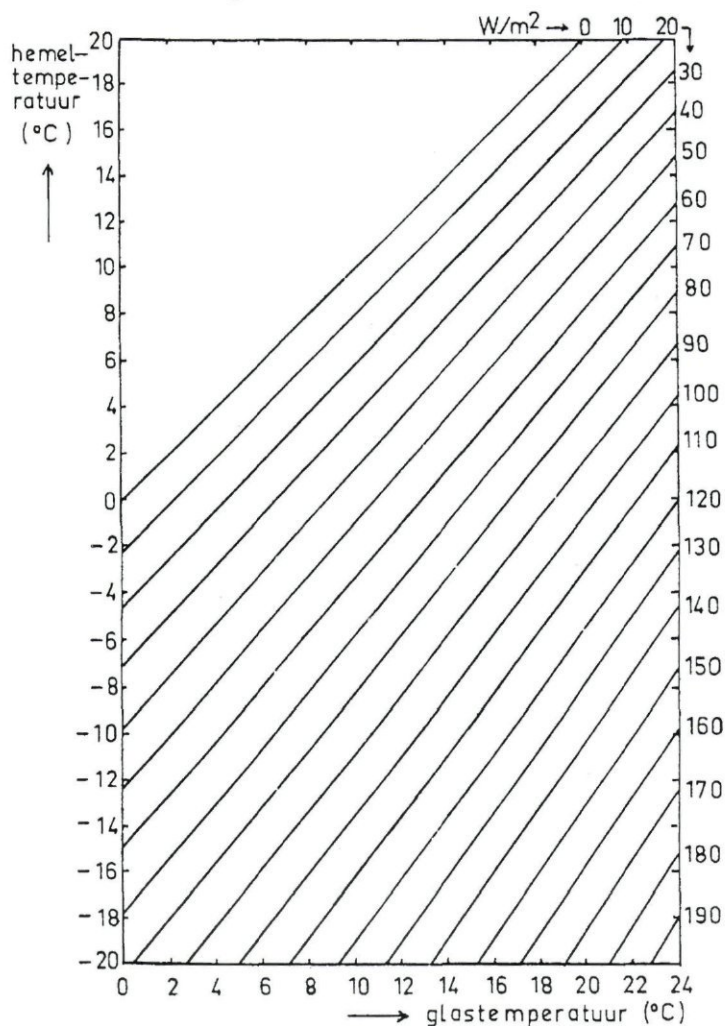
tussen glasdek en hemel wordt de formule dan:

$$Q = \epsilon_{\text{glas}} \sigma \cdot (T_{\text{glas}}^4 - T_{\text{hemel}}^4)$$

Figuur 28 geeft een indruk van de stralingsverliezen zoals deze bepaald worden door glastemperatuur en hemeltemperatuur. De grafiek is berekend met de formule:

$$Q = 0,94 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (T_{\text{glas}}^4 - T_{\text{hemel}}^4).$$

Figuur 28 Stralingsverlies in W/m^2 in afhankelijkheid van glas- en hemeltemperatuur



Voor het gemak is daarbij aangenomen dat het dek geheel van glas zou zijn en geen aparte berekeningen voor nok, roeden enz. zijn gemaakt. Het kasdek kunnen wij wat de straling betreft als een plat vlak beschouwen, de vierkante meters zijn dus meteen m^2 grondoppervlak.

De warmtestraling die op een voorwerp komt wordt gedeeltelijk geabsorbeerd en gedeeltelijk teruggekaatst (reflectie). Een "zwart" lichaam absorbeert alle opvallende straling, de absorptiecoëfficiënt die getalsmatig gelijk is aan de emissiecoëfficiënt is dan 1 en de reflectiecoëfficiënt 0. Bovendien zijn er materialen die een deel van de warmtestraling doorlaten (transmissie). De absorptiecoëfficiënt a , de reflectiecoëfficiënt r en de transmissiecoëfficiënt τ (tau) zijn samen 1, dus $a + r + \tau = 1$.

Wat betekent het nu als van een bepaald scherm opgegeven wordt $a = 0,70$, $r = 0,10$, $\tau = 0,20$? Om uit te rekenen welke warmtestraling van het scherm naar beneden gaat, gaan we er van uit dat het scherm voor 70% straalt overeenkomstig zijn eigen temperatuur aangezien de emissiecoëfficiënt gelijk is aan de absorptiecoëfficiënt. Voor 10% straalt het met de kasttemperatuur, aangenomen dat de gewastemperatuur ongeveer gelijk is aan de kasttemperatuur en de straling van het gewas gereflecteerd wordt. Doordat we door het scherm heen nog 20% van wat zich er achter bevindt "zien", komt 20% van de straling van het glas, dat overeenkomstig de glastemperatuur straalt.

Zou de kasttemperatuur 16 °C zijn, de schermtemperatuur 14 °C en de glas-temperatuur 8 °C, dan berekenen wij de stralingstemperatuur van het scherm volgens:

$$T^4 = 0,7 \times 287^4 + 0,1 \times 289^4 + 0,2 \times 281^4 = 6,69 \times 10^9$$

$$T = 286,0 \text{ K of } 13,0 \text{ °C}$$

10.5 Convectieverliezen

De kas geeft warmte af aan de buitenlucht door het glas heen. De grootte van dit verlies is evenredig met het temperatuurverschil tussen de kaslucht en de buitenlucht. Dus als we de warmtedoorgang in W/m^2 glas met Q aangeven, het temperatuurverschil in °C òf K met Δt , en de evenredigheidsconstante in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ k noemen krijgen wij kortweg:

$$Q = k \times \Delta t$$

De k is dan de bekende kwarde, de warmtedoorgangscoefficiënt, die we in verband met warmteverliezen wel vaker tegen komen. De k -waarde wordt door drie processen beheerst:

1. De warmteoverdracht van de kaslucht naar het glas. Evenredig met het temperatuurverschil tussen lucht en glas. De evenredigheidsfactor, hier warmteovergangscoefficiënt geheten, noemen we α_1 . Bij vrijwel stilstaande lucht is ze $7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
2. De geleiding van warmte door het glas. Het geleidingsvermogen λ (labda) van glas is $0,81 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ is hierbij van belang en ook de dikte d , waar we $0,004$ meter voor kunnen nemen.
3. De warmteoverdracht van glas naar de buitenlucht is α_2 maal het temperatuurverschil glaslucht. Is de windsnelheid buiten v m/s, dan wordt voor deze warmteoverdracht wel aangenomen: $2 + 10 \sqrt{v}$ ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$).

De kwarde moet nu berekend worden uit:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{d}{\lambda}$$

Voor het geval dat we binnen vrijwel geen luchtbeweging hebben en de windsnelheid buiten 2 m/s is komen wij dan op $\alpha_1 = 7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ en $\alpha_2 = 2 + 10 \sqrt{2} = 16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Dat geeft:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + \frac{1}{16} + \frac{0,004}{0,81} = 0,255 \text{ dus } k = 4,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Voor een windsnelheid van 6 m/s vinden we zo:

$$k = 5,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

Bij deze warmteverliezen moeten we wèl in de gaten houden dat de oppervlakte glas groter is dan de grondoppervlakte. Bij een dakhelling van 25° is er 1,103 m² glas per vierkante meter grond; bij een dakhelling van 30° is er 1,155 m² glas per m² grond.

Te berekenen uit: oppervlakte glas = (opp. grond)/(cosinus van dakhelling). De gevonden k-waarden moeten we daarom nog met deze factor vermenigvuldigen. In figuur 29 is daar 1,12 voor genomen.

Deze figuur geeft de k-waarde afhankelijk van de windsnelheid. Er zijn bij deze berekeningen wat vereenvoudigingen aangenomen, dus een grote nauwkeurigheid moet er niet van verlangd worden. Waar het om gaat is dat één k-waarde eigenlijk niet bestaat en dat deze waarde van de omstandigheden afhangt. In de praktijk rekent men met wat grotere k-waarden, ook wel k genoemd, waar ook stralings- en lekverliezen in verdisconteerd zijn. Voor het dimensioneren van verwarmingen bijvoorbeeld is die maat beter hanteerbaar. Een van de vereenvoudigingen die we hebben toegepast is het verwaarlozen van goten, roeden enz. Waar het schermen betreft zullen we de invloed van gevels buiten beschouwing laten.

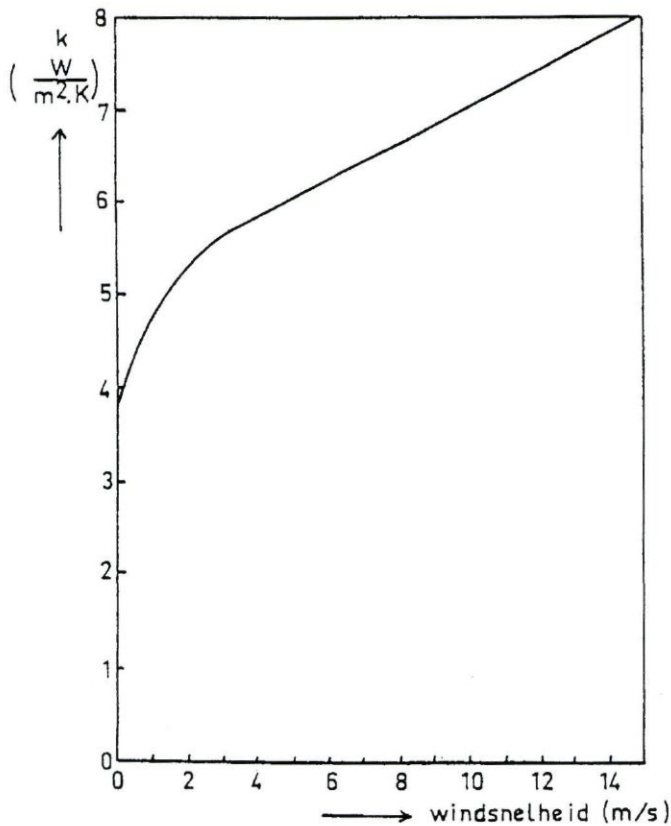
10.6 Waterdampstromen

We zagen al dat de waterdamp in de lucht een hoeveelheid warmte bevat. Om de waterdamp in de lucht te krijgen is verdampingswarmte nodig geweest. Condenseert de damp tegen het dek dan komt ze weer vrij. We noemen het dan ook wel condensatiewarmte. Deze warmte komt voornamelijk in het glas terecht en – omdat het glas daardoor warmer wordt waardoor het verlies naar het kasdek afneemt – gedeeltelijk weer in de lucht als voelbare warmte. Het damptransport naar het glas zal doorgaan zolang de dektemperatuur onder het dauwpunt ligt. Hoe groot het warmteverlies is door het condenseren en verdwijnen van warmte in het glas dat het weer voor een groot deel aan de buitenlucht afstaat is moeilijk te bepalen. Wij beperken ons daarom tot een paar opmerkingen hierover. Een kas met lucht van 16 °C en 90% r.v. bevat aan waterdamp 12,4 g/m³. Koelt het glas in de loop van de nacht tot 8 °C af, dan zal het dauwpunt van de lucht ook ongeveer 8 °C geworden zijn, en bevat de lucht nog maar 8,4 g/m³. Er zal dus 4 g/m³ uit condenseren, dat is een 16 gram per m² grond, overeenkomende met een condensatiewarmte van ongeveer 40 kJ/m². Wordt deze toestand in acht uur (= 28800 seconden) bereikt, dan betekent dat een gemiddelde energiestroom van 1,4 W/m². Dat is niet veel, maar de lucht zal in de regel steeds opnieuw waterdamp uit de grond of vanuit de planten opnemen, zodat de stroom in werkelijkheid veel groter is.

Zou er per m² glasoppervlak 0,25 mm water neerslaan in 8 uur dan is dat 275 g per m² grondoppervlak en dat vertegenwoordigt een energiestroom van 24 W/m². Dat is berekend als volgt: de verdampingswarmte van water is 2501 – 2,36.t kJ/kg, waarbij t de temperatuur in °C is. Nemen wij voor de glastemperatuur 10 °C, dan geeft dat:

$$Q = \frac{275 \times (2501 - 2,36 \times 10)}{8 \times 3600} \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = 24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Figuur 29 De invloed van de windsnelheid op de warmtedoorgangscoefficiënt k .



10.7 Ventilatieverliezen en schermen

De schermen reduceren de ventilatieverliezen doordat ze de luchtuitwisseling tussen de ruimte waar de verwarming hangt en de buitenlucht sterk belemmeren. In dit opzicht zijn folies beter dan doeken, want bij doeken is, vooral bij sterke wind, nog wel luchtverplaatsing door het scherm mogelijk. Geen scherm sluit natuurlijk hermetisch af; ook bij folies blijver er nog wel wat kleine kieren.

Een scherm maakt ook de ruimte kleiner die verwarmd moet worden. Dit is echter veel minder belangrijk als we ons realiseren dat het op temperatuur houden van een luchtmasa alleen maar energie kost als er warmteverliezen zijn. De warmteverliezen ontstaan aan het buitenoppervlak van de beschouwde ruimte en op een hele kas bezien is de oppervlakte van een 4 m hoge ruimte haast gelijk aan die van een 3 m hoge ruimte. Immers: de boven en zijoppervlakken bij een ruimte van $100 \times 50 \text{ m}^2$ en 3 m hoog zijn samen $5\,900 \text{ m}^2$. Bij 4 m hoog is het $6\,200 \text{ m}^2$, dat is 5% meer. Nemen wij $10\,000 \text{ m}^2$ ($100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$) worden het $11\,200$ en $11\,600 \text{ m}^2$, wat 3,6% scheelt.

Bovendien is bij het hoger hangen van het scherm de ruimte boven het scherm kleiner. Als 's morgens het scherm open gaat wordt een kleinere hoeveelheid koude lucht van boven het scherm gemengd met de lucht onder het scherm wat voor de regeling plezierig is.

Een nadeel bij het goed afsluiten met folie is het optreden van condens op de folie. De druppels die er, vooral bij het openen, afvallen kunnen een gewas goed nat maken. Een hoge luchtvochtigheid gedurende de nacht is op zichzelf geen probleem. De planten komen

niet onder het dauwpunt van de lucht en zolang dat niet het geval is treedt er op de planten ook geen condensatie op.

Door schermdoeken heen kan wel damptransport plaats vinden. Dat kan een merkwaardig gevolg hebben, namelijk dat er in koude nachten, onder een niet te zwaar doek een lagere luchtvochtigheid heerst dan in een kas zonder scherm. De oorzaak moeten wij zoeken in de glastemperatuur. Het glas boven een scherm is kouder dan het glas in een nietgeschermd kas. Daar waar het glas het koudst is, zal het meeste vocht condenseren en zal het dauwpunt van de lucht het laagst zijn. Bij een vrij doorlatend schermmateriaal kan zich voldoende waterdamp naar de ruimte boven het scherm verplaatsen, zodat onder het scherm een lager vochtgehalte van de lucht dan in een ongeschermd kas bewerkstelligd wordt.

De ventilatieverliezen kunnen vooral bij sterke wind en zeker bij wat oudere, niet geheel dichte kassen, aanzienlijk zijn, zodat het beperken van deze verliezen een belangrijk aspect van het schermen is. Door de geringere ventilatie en door de lagere buistemperaturen ontstaat een heel ander luchtbewegingspatroon onder het scherm. Dat heeft tot gevolg dat er andere verticale temperatuurgradiënten in de kas ontstaan, vergeleken met een ongeschermd kas. Maar ook treden er vaak grote horizontale temperatuurgradiënten op. Deze laatste kunnen erg hinderlijk zijn doordat ze de gelijkmatigheid van het gewas verstoren, want ze werken meest in dezelfde richting. Horizontale luchtstromingen boven het scherm van koude, dus relatief zware lucht naar de kant waar de kas het laagst is door het afschot, zijn daar voor een groot deel verantwoordelijk voor.

10.8 Het tegengaan van convectieverliezen

De convectieverliezen zijn evenredig met het temperatuurverschil dat tussen de lucht aan weerszijden van het glas heerst. Door het scherm is de warme lucht onder het scherm ingekapseld en kan de lucht boven het scherm sterk afkoelen. De kas als geheel verliest warmte door convectie door dek en gevels en bij een kleiner temperatuurverschil aan weerszijden van het glas is het verlies navenant kleiner. Er zijn natuurlijk ook convectieverliezen door het temperatuurverschil tussen de ruimte onder en boven het scherm. Wij kunnen het scherm en het glas beschouwen als twee weerstanden tegen het convectieve warmtetransport, die in serie (= achter elkaar) staan. De totale weerstand tegen het verlies is dan gelijk aan de som van de twee andere weerstanden.

Door gebruik van een dubbel scherm wordt de weerstand nog vergroot. Als in de ruimte tussen de schermen stilstaande lucht aanwezig is, dan is de isolerende werking extra groot want lucht is een bijzonder slechte warmtegeleider. Normaal gaat het leeuwedeel van de warmteoverdracht via lucht door luchtstromingen, waarbij de luchtdeeltjes door contact met oppervlakken warmte opnemen en weer afgeven. Folies langs de gevel zijn dan ook effectiever naarmate er minder luchtcirculatie tussen folie en glas kan optreden.

De schermtemperatuur ligt ergens tussen de temperatuur onder en boven het scherm. Bij folies kan daardoor veel condens neerslaan, doordat waterdamp uit de warme ruimte tegen een kouder vlak condenseert. Is de temperatuur onder het scherm hoger dan onder in het gewas, zoals voor kan komen bij schermdoeken voor verduistering waar de verwarmingsbuizen tussen gewas en scherm liggen, dan is het condensgevaar minder groot.

Bij een dubbel scherm is het onderste scherm minder koud. In eerste instantie verwacht men dan veel minder condens. In de praktijk blijkt er in veel gevallen wel condens op te treden. Bij dubbel folie stelt zich echter een ander evenwicht in met een wat hogere luchtvochtigheid, zoals ook te zien is bij dubbele dekken.

10.9 Stralingsverliezen en schermen

De ruimte onder het kasdek is 's nachts bij een gesloten scherm kouder dan in het geval dat het scherm open is of dat er helemaal geen scherm is. Het dek zal dan niet alleen minder warmte afgeven aan de buitenlucht die er langs strijkt, maar ook de uitstraling zal minder zijn. Ruwweg kunnen wij zeggen dat elke graad lagere glastemperatuur een 5 W/m^2 minder uitstraling geeft (zie figuur 28).

Het glas krijgt de warmte niet alleen van de lucht onder het glas, maar ook door straling van het gewas en verwarmingsbuizen. Het scherm houdt ook deze warmteverliezen tegen, maar er is een groot verschil in schermmaterialen. Transparant polyetheen laat de warmtestralen voor een 80% door, althans in nieuwe en schone toestand. Een polyetheen folie die gedurende de nacht beslaat laat de warmtestraling steeds minder door want water absorbeert warmtestraling. Polyester en acryl absorberen de langgolvlige straling goed en deze materialen laten ze vrijwel niet door. Als een schermdoek dun en los gefabriceerd is, kan er natuurlijk wel veel straling doorheen.

Folies, en ook wel schermdoeken, worden soms van een aluminium coating voorzien, vanwege de zeer hoge reflectiecoëfficiënt ($r = 0,9$) en de daarmee samenhangende lage emissiecoëfficiënt van aluminium. Om het aluminium tegen verwerking en slijtage te beschermen wordt er vaak nog een dun laagje polyetheen over aangebracht. Dat heeft weinig invloed op de reflectie doordat polyetheen de straling maar weinig hindert.

Schermen met een coating worden met de reflectielaag naar boven aangebracht. Eén van de redenen is dat de reflectielaag alleen maar werkt als ze droog is en aan de onderkant treedt vaak condens op. Een laagje water van 0,02 mm absorbeert al 98% van de warmtestraling, wat de reflectie danig vermindert. Bovendien zal de schermtemperatuur hoger zijn als de onderzijde de warmtestraling niet reflecteert en door de lage emissiecoëfficiënt van de coating naar boven weinig warmte uitstraalt. Daardoor zal de condensatie tegen het scherm wat minder worden, maar normaliter niet zoveel dat condensatie voorkomen wordt.

Een belangrijk argument om de reflectielaag, die dus een hoge reflectiecoëfficiënt maar een lage emissiecoëfficiënt heeft, bij voorkeur aan de bovenzijde te houden kan ontleend worden aan de temperatuurverschillen tussen scherm, glas en gewas.

De schermtemperatuur zal dichterbij de gewastemperatuur liggen dan bij de glastemperatuur. Met de coating naar beneden zal de uitstraling van het gewas teruggekaatst worden. Van het gewas uit gezien zal de "stralingstemperatuur" van het scherm ongeveer die van het gewas zelf zijn.

Met de coating naar boven is deze stralingstemperatuur de temperatuur van het scherm zelf. Het verschil tussen deze twee gevallen is niet zo groot dat daar een grote winst in zit.

Met de coating naar beneden zal de bovenzijde veel warmte uitstralen naar het koude glasdek. In koude nachten kan dit door de lage glastemperatuur een vrij groot verlies zijn.

Dat verlies is te beperken door de coating aan de bovenzijde van het scherm aan te brengen, zodat de warmtestraling naar boven door de lage emissiecoëfficiënt sterk gereduceerd wordt. De reflectie aan de onderkant groot maken, zodat de warmte zoveel wordt teruggekaatst, blijkt achteraf niet de beste oplossing te zijn.

Er zal meer energie bespaard kunnen worden door het stralingsverlies naar het koude glasdek te verminderen.

Op de volgende pagina is ter illustratie het zogenaamde Mollierdiagram weergegeven. In dit diagram zijn de verschillende eigenschappen van de kaslucht grafisch weergegeven.

Voorbeeld:

Voor de lucht in het aangegeven punt gelden de volgende condities (afgerond).

1. Temperatuur (droge boltemperatuur): 19,5 °C
2. Relatieve luchtvochtigheid: 70%
3. Natte bol temperatuur: 16 °C
4. Dichtheid: 1,2 kg/m³ (= gewicht van één m³ lucht)
(Eén kg lucht heeft dus een volume van $1/1,2 = 0,83$ m³, of 830 liter)
5. Absolute luchtvochtigheid: 10 g waterdamp per kg droge lucht (=12 g/m³)
6. Vochtinhoud bij verzadiging: 14,5 g/kg (=17 g/m³)
7. Vochtdeficit: 4,5 g/kg (=5g/m³)
8. Dauwpunttemperatuur: 14 °C
9. Dampspanning: (1,6 kPa)
10. Energie-inhoud: 45 kJ per m³

Om 'per kg' om te rekenen naar 'per m³', moet met de dichtheid (in dit geval 1,2 kg/m³) vermenigvuldigd worden.

10.10 Diversen

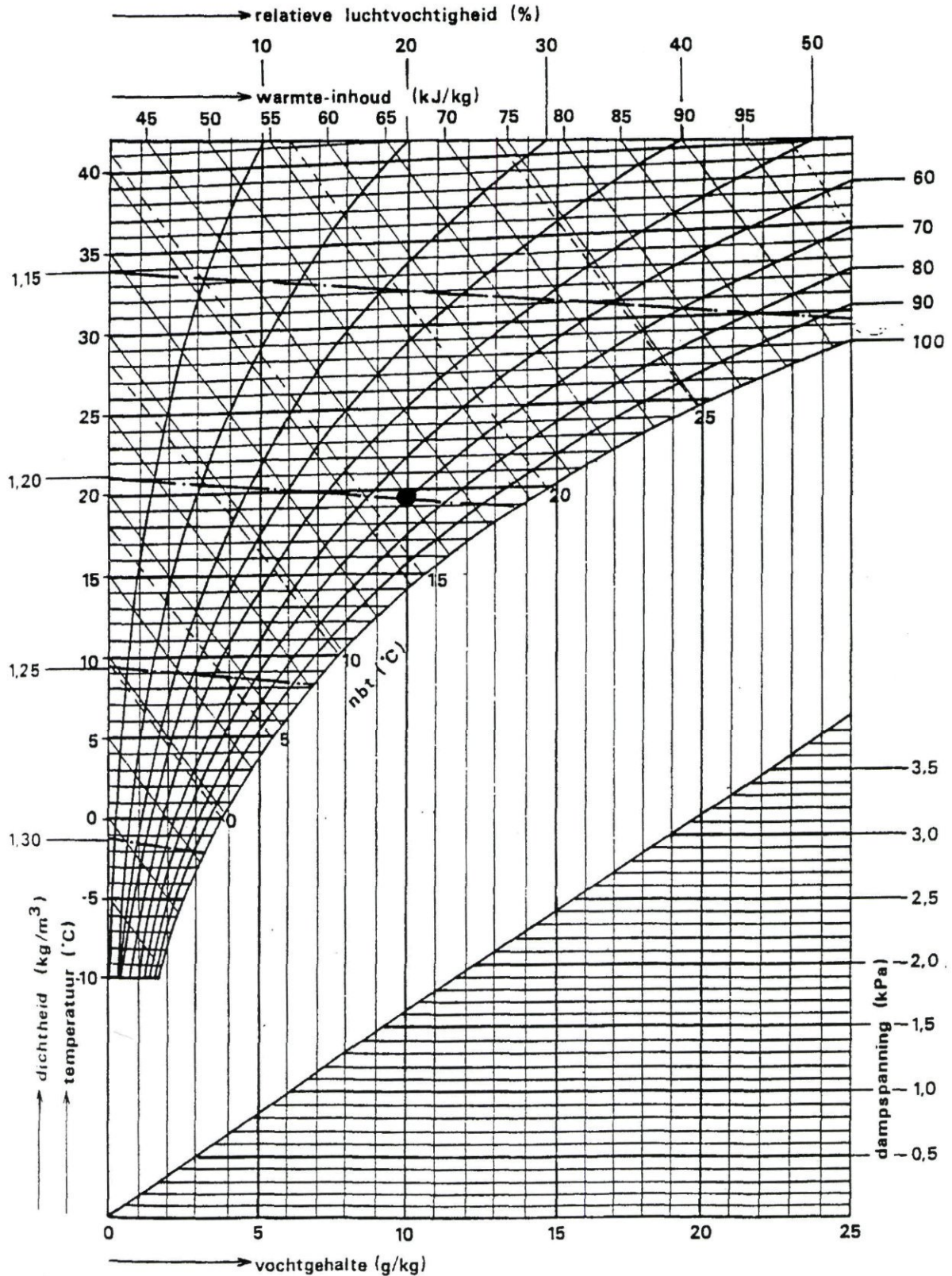
Onder een scherm heersen lagere buistemperaturen of er lopen minder buizen mee. Dat houdt in dat er minder stralingswarmte beschikbaar is om gedurende de nacht de grond en plantendelen direct op te warmen. Dat onder een scherm minder uitstraling van de bladeren plaatsvindt en daardoor de bladtemperatuur hoger is dan in een ongeschermd kas, gaat lang niet altijd op. Door de mindere straling die de bladeren bij de lagere buistemperatuur ontvangen, zijn ze vaak minder warm bij dezelfde luchttemperatuur. Verschillen in bladtemperatuur tussen geschermd en ongeschermd kassen worden vooral veroorzaakt door andere luchttemperatuurgradiënten. Ook de buisligging en de vorm van het gewas spelen een rol.

In de zomer kunnen schermen worden gebruikt om overmatige zonnestraling op planten te voorkomen. Schermen die hiervoor in aanmerking komen zijn voornamelijk doeken, hoewel ook wit folie gebruikt kan worden. Om een te benauwd klimaat te voorkomen moet wel een bepaald percentage gaten in het doek zitten. Dat percentage bestaat uit de openingen die overblijven wanneer het doek niet helemaal gesloten is plus de openingen in het doekweefsel zelf. De doeken die voor dit doel het meest geschikt zijn, zijn vrij open doeken, die in de winter 's nachts wel besparing geven, maar dat minder doen dan schermen die in de eerste plaats voor energiebesparing bedoeld zijn.

Verduisteringsschermen mogen geen licht doorlaten en uit dien hoofde worden ze zodanig gefabriceerd en aangebracht dat ze ook goede besparingseigenschappen hebben.

10.11 Het Mollier-diagram

Figuur 30 Het totale Mollier-diagram voor vochtige lucht (bij 101,3 kPa)



11 Terminologie

Aandrijving	Samenstelling van motorreductor, as en bijvoorbeeld tandheugels met trekduwstangen of trekdraden met kabelschijven aan de kasgevels
Afhangdraad	Buitenste steundraad bij een schuifscherm. Het schermmateriaal hangt bijv. 500 mm over deze draad.
Afhangstrook	Gedeelte van het schermmateriaal dat over de buitenste steundraden afhangt.
Attest	Een document dat verklaart dat de eigenschappen van een bouwdeel in overeenstemming zijn met bepaalde eisen die door de opdrachtgevers of de overheid gesteld worden aan bouwwerken, mits het bouwdeel op een voorgeschreven wijze wordt vervaardigd (verwerkingsmethode) met gebruikmaking van producten met voorgeschreven "technische specificaties" (SBK-HCB).
Beoordelingsrichtlijn	Een opsomming van eisen welke worden gesteld aan een prototype product en/of proces, welke na advies van een College van Deskundigen door een Certificaatinstelling zijn vastgesteld en bindend zijn verklaard voor de afgifte van een kwaliteitsverklaring.
College van Deskundigen Tuinbouw	College van vertegenwoordigers van belanghebbende groeperingen met als taak het functioneren van het KOMO-keurmerk te begeleiden.
CE-markering	Verplichte aanduiding met het genormaliseerde "CE"-symbool. Daarnaast moeten machines voorzien zijn van merktekens ter identificatie.
DIF	Difference, omgekeerde dag- en nachttemperatuur
Doek of Schermdoek	Veel gebruikte aanduiding voor schermmateriaal
EMC Richtlijn	De EMC Richtlijn is richtlijn 89/337/EEG + 92/31/EEG + 93/68/EEG van de Europese Unie, die wettelijk verplichte bepalingen geeft met betrekking tot essentiële veiligheidseisen voor een elektrisch systeem, zoals aandrijf- en besturingsinstallaties.
Emissiefactor	Het deel van de straling dat door een vlak uitgestoten wordt.
Hangend scherm	Scherminstallatie waarbij het schermmateriaal onder steundraden is opgehangen aan haken, waardoor het zich enigszins harmonica-vormig op kan vouwen.
Koppel	Draaimoment, getal waarmee de te leveren kracht in de aandrijving berekend kan worden.
k^2	Waarde van de warmtedoorgangscoefficiënt bij een luchttemperatuur boven de meetopstelling van 2 °C (gebruikt in de beoordelingsrichtlijn BRL 2365/01).
Machine Richtlijn	Richtlijn 98/37/EG van de Europese Unie, die wettelijk verplichte bepalingen geeft met betrekking tot gezondheid en veiligheid van ontwerp, constructie, bediening en onderhoud van machines.
Meeneemprofiel	Beweegbaar aandrukprofiel (profiel of buis) waarmee het scherm gesloten en tot een pakket geschoven kan worden.
Meeneemelement	Vaste, verende of schuifbare verbinding tussen trekduwstang of trekdraad en meeneemprofiel.

Omkeerwiel	Kabelschijf waaromheen een trekdraad geleid wordt.
Merkttekens	Verplichte aanduidingen op elke machine.
Pakketomvang	Afmetingen van het scherm pakket, vaak wordt hiermee uitsluitend de breedte mee aangeduid.
Pakketvorming	Het samendrukken van een scherm materiaal bij samenschuiven en aandrukken.
Porositeit	Poreusheid, mate van poreus zijn.
Prestatie	Eigenschap van een scherm materiaal welke kenmerkend is voor het gedrag onder praktijkomstandigheden.
Productcertificaat	Een document dat verklaart dat een product in overeenstemming is met bepaalde "productspecificaties".
Reflectiefactor	Het deel van de straling dat door een vlak wordt teruggekaatst.
Rolscherm	Scherminstallatie waarbij het scherm materiaal om een buis gewikkeld wordt.
Scherminstallatie	Complete installatie bestaande uit steun- en bevestigingsonderdelen, aandrijving en scherm materiaal.
Schermmateriaal	Weefsel, breisel, folie enz
Schermonderdeel	Alle onderdelen van een scherminstallatie m.u.v. het scherm materiaal.
Schermpakket	Samengedrukt scherm materiaal bij een geopend schuifscherm systeem.
Schuifscherm	Meest toegepaste scherm principe waarbij het scherm materiaal op steundraden ligt en m.b.v. een meeneemprofiel wordt gesloten of samengeschoven tot een pakket.
Transmissiefactor	Het deel van de straling dat door een vlak wordt doorgelaten.
Veroudering	De verandering van fysische en mechanische eigenschappen alsook optisch waarneembare aspecten in negatieve zin gedurende een gegeven periode als gevolg van het blootgesteld zijn aan het kasklimaat.
Vouw- of harmonicascherm	Scherminstallatie waarbij het scherm materiaal langs evenwijdige lijnen zigzag gevouwen wordt.
Warmtedoorgangs- coëfficiënt	Getal dat de mate waarin een scherm materiaal warmte doorlaat ("k-waarde") aangeeft.

PBG Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a
1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352 525
Fax 0297-352 270

PBG Naaldwijk
Kruisbroekweg 5
Postbus 8
2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636 700
Fax 0174-636 835

PBG Zuid-Nederland
Dr. Droesenweg 5
5964 NC Horst
Tel. 077-397 8333
Fax 077-397 8339

PBG Noord-Nederland
Gantel 12
7891 XA Klazienaveen
Tel. 0591-349 191
Fax 0591-349 176