

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Kruisbroekweg 5, Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

ISSN 1385 - 3015

"ONTWIKKELEN EN INTRODUCEREN VAN EEN METHODIEK TER OPLOSSING VAN KLIMAATVERSCHILLEN IN KASSEN

Project 004-1702(2110)
NOVEM-projectnummer: 335126/2201

L. Nijs en G.A. van den Berg

Naaldwijk, augustus 1998

Rapport 147
Prijs f 50,00

Rapport 147 wordt u toegestuurd na storting van f 50,00 op gironummer 293110 ten name van Proefstation Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 147, "ONTWIKKELEN EN INTRODUCEREN VAN EEN METHODIEK TER OPLOSSING VAN KLIMAATVERSCHILLEN IN KASSEN'.

INHOUDSOPGAVE

Pagina

VOORWOORD	6
SAMENVATTING	7
1. PROJECTINFORMATIE	10
1.1 Aanleiding tot het project	10
1.2 Doel van het project	10
1.3 Achtergrond informatie	10
1.4 Uitgangspunten	11
1.5 Projectorganisatie	11
1.6 Werkwijze	11
1.7 Resultaat	12
1.8 Praktische toepasbaarheid	12
2. PROJECTUITVOERING	14
2.1 Materiaal en methoden	14
2.2 Luchttemperatuurmetingen	14
2.2.1 Indirecte meting via handmatige meting van de substraattemperatuur	14
2.2.2 Indirecte meting via handmatige meting van met watergevulde bierflesjes	15
2.2.3 Directe meting met thermokoppels en dataloggers	15
2.3 Buistemperatuurmeting	16
2.3.1 Handmatige meting van het verwarmingsnet	16
2.3.2 Meting met thermokoppels en dataloggers	17
2.4 Gewaswaarnemingen	17
2.4.1 Plantlengte	17
2.4.2 Bloeisnelheid	17
2.4.3 Uitgroeiduur vruchten	17
2.5 Productie	18
2.5.1 Oogstvelden	18
2.5.2 Padregistratie	18
2.6 CO ₂ -verdeling	19
3. RESULTATEN EN DISCUSSIE	20
3.1 Meting luchttemperatuur	20
3.1.1 Indirecte meting via handmatige meting van de substraattemperatuur	20
3.1.2 Indirecte meting via handmatige meting van met watergevulde bierflesjes	21
3.1.3 Directe meting met thermokoppels en dataloggers	21
3.2 Meting buistemperatuur	22
3.2.1 Handmatige meting van het verwarmingsnet	22
3.2.2 Meting met thermokoppels en dataloggers	22
3.3 Gewaswaarnemingen	23
3.3.1 Plantlengte	23
3.3.2 Bloeisnelheid	23
3.3.3 Uitgroeiduur vruchten	23

3.4	Productie	24
3.4.1	Oogstvelden	24
3.4.2	Padregistratie	26
3.5	CO ₂ -verdeling	27
3.6	Ziekten	27
3.7	Warmte-afgifteprogramma	27
3.8	Adviezen	28
4.	CONCLUSIES	29
5.	VERSLAGLEGGING	31
5.1	Tussenrapporten	31
5.2	Bedrijfsverslagen	31
5.3	Eindrapport	31
5.4	Handleiding voor de praktijk	31
6.	PUBLICATIES	32
7.	KENNISOVERDRACHT	33
	NASCHRIFT	34
	BIJLAGE:	
	Rapport 112: Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen	

VOORWOORD

Klimaatverschillen in kassen (plaatselijke verschillen in licht, temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂-concentratie) komen veelvuldig voor. Klimaatverschillen leiden tot een ongelijk kasklimaat. Dit is ongewenst en moet zo veel mogelijk voorkomen worden. Het leidt namelijk tot een ongelijke gewasontwikkeling, tot verschillen in kwaliteit en tot productieverlies. Ook hebben klimaatverschillen een negatief effect op de energie-efficiency en staan ze een optimaal gebruik van nieuwe energie-efficiënte methoden om het kasklimaat te regelen, zoals één- of meerdaagse 'temperatuur-integratie', in de weg. Deze negatieve effecten worden vaak onderschat. Daarom wordt er dikwijls te weinig aandacht besteed aan de klimaatgelijkheid in de kas. Door een uitgebreid onderzoek in de praktijk, is inzicht verkregen in de omvang en de oorzaken van klimaatverschillen in kassen. Hieruit bleek dat veel klimaatverschillen meestal op een eenvoudige wijze, zonder hoge investeringen, kunnen worden verminderd of opgelost, met als gevolg verbetering van de energie-efficiency. Hiermee wordt een duidelijke bijdrage gegeven aan het bereiken van de doelstellingen van de Meerjaren-Afspraak-Energie, welke tussen overheid en bedrijfsleven zijn gemaakt. Liesbeth Nijs (PBG) voerde dit onderzoek uit. Zij legde haar bevindingen in een praktische handleiding vast. Met deze handleiding kan iedere teler zelf op een eenvoudige manier een duidelijk beeld krijgen van de klimaatverdeling in zijn kassen. Ook beschrijft de handleiding vervolgens op een systematische wijze de mogelijke oorzaken van een geconstateerde klimaatongelijkheid kan opsporen. Middels een groot aantal praktische tips worden mogelijkheden aangereikt om de verschillen te verminderen of te niet te doen. Gezien de goede resultaten die zijn bereikt met het toepassen van deze handleiding wordt hij van harte aanbevolen. In voorliggend rapport wordt het project beschreven en de resultaten vermeld. Het rapport sluit af met de door Liesbeth Nijs geschreven 'Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen'. Deze handleiding is vanaf november 1997 verkrijgbaar bij het PBG. Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door medefinanciering door NOVEM.

Dr.ir. G.A. van den Berg
Hoofd sectie 'Kasklimaat & Techniek', PBG-Naaldwijk

SAMENVATTING

Het project is uitgevoerd op elf praktijkbedrijven met als gewassen: aubergine (1), komkommer (1), paprika (3), roos (2) en typen tomaat (4, van diverse typen te weten; cherry-, tussentype- en vleestomaat). Op deze bedrijven zijn metingen verricht aan de luchttemperatuur, buistemperatuur, CO₂-verdeling en de gewasontwikkeling. Op een tomaten en een paprikabedrijf is tevens de productie gemeten om inzicht te krijgen in de financiële gevolgen van klimaatongelijkheid.

Bepalen luchttemperatuurverdeling middels de mattemperatuur (matmethode)

Er blijkt een hoge correlatie te bestaan tussen de mattemperatuur en de gemiddelde luchttemperatuur ter plekke. Hierdoor is het meten van de mattemperatuur een betrouwbare, snelle, eenvoudige en goedkope methode om de gemiddelde kasluchttemperatuur op een bepaalde plaats te bepalen en die met andere plaatsen te vergelijken. Voor een voldoende gedetailleerd inzicht in de temperatuurverdeling zijn minimaal 40 meetpunten per hectare vereist. Om verstoringen door de verwarmingsbuizen of het druppelsysteem te voorkomen, dient op alle meetplaatsen op dezelfde wijze (tussen twee plantgaten op een vaste diepte in het midden van de mat) gemeten te worden.

Bepalen luchttemperatuurverdeling middels flesjes water (flesjesmethode)

Bij bedrijven die niet in substraat telen of mat- of grondverwarming hebben, is de matmethode uiteraard niet mogelijk. Het meten van de temperatuur van met water gevulde (bier)flesjes blijkt een goed alternatief. De temperatuur van het water in de flesjes reageert vanwege het beperkte volume sneller op veranderingen in de kasluchttemperatuur en de instraling dan de mattemperatuur. Het is daarom van belang dat gemeten wordt voor zonsopkomst of bij donker weer en een stabiele kasluchttemperatuur tijdens de meting.

Metingen met dataloggers

Op twee bedrijven is een meetnet aangelegd van thermokoppels, waarmee met behulp van dataloggers continu de luchttemperatuur kon worden gemeten. De metingen kwamen in hoge mate overeen met die afkomstig van mat- of flesjesmetingen. Nadeel voor de tuinder zijn de hogere kosten. Bovendien is er meer, veelal specialistische, arbeid nodig voor het aanleggen en operationeel houden van het meetnet en voor de verwerking van de gegevens. Een voordeel is, dat het temperatuurverloop in de tijd zichtbaar wordt.

Contourplot van de temperatuurverdeling

Aan de hand van de gevonden data zijn met behulp van een Genstat programma contourplots gemaakt van de temperatuurverdeling. Hiervoor kwam tijdens het project ook een speciaal programma op floppy beschikbaar ('Kastherm'). De gemeten waarden kunnen natuurlijk ook handmatig op een plattegrond worden ingevuld. Hierna is het relatief eenvoudig om met de hand lijnen (isothermen) te trekken tussen meetpunten met een gelijke temperatuur. Ook kan men verschillende temperaturen een verschillende kleur te geven. Om een goed inzicht in de temperatuurverdeling en de eventuele weersinvloeden hierop te krijgen, moet onder verschillende weersomstandigheden (vorst, veel wind) gemeten worden. Per weersconditie wordt minimaal twee maal gemeten. Bij gebruik van een scherm en/of ventilatoren moet zowel met als zonder scherm en draaiende ventilatoren worden gemeten.

Gewaslengte als indicatie voor de temperatuurverdeling

De lengtegroei van de tomaat gaf een goed beeld van de temperatuurverdeling in de kas. Als het gewas bij het planten uniform is kan éénmalig de totale lengte worden gemeten, bijvoorbeeld 6 tot 8 weken na het planten. Per hectare zijn minimaal 30 meetveldjes van minimaal 5 planten per veldje nodig. Bij paprika zijn, vanwege de geringere uniformiteit dan de tomaat,

minimaal 20 planten per veld noodzakelijk. De verschillen in lengtegroei kwamen goed overeen met de verschillen in de kasluchttemperatuur. Het meten kost echter veel tijd. Vier of vijf maal meten van de mat- of flestemperatuur geeft een nauwkeuriger beeld van de temperatuurverdeling (o.a. de invloed van het weer) en is minder arbeidsintensief.

Productieverschillen door temperatuurongelijkheid

Op een tomaten- en een paprikabedrijf is middels meetveldjes in de kas de productie bijgehouden. Door gewicht en aantal van de geoogste vruchten te registreren, was het mogelijk de oorzaak van de verschillen te achterhalen. Een lagere temperatuur veroorzaakte minder (maar zwaardere) vruchten en een latere productie, doordat het gewas zich trager ontwikkelde. De totale gewichtsprductie bleef ook achter. Op de koudste plaatsen was de oogst het meest verlaat. De grootste verschillen traden op bij de vroege productie. Bij tomaat bleven de veldjes met de laagste productie tot 5% achter bij het gemiddelde, terwijl de hoogste veldjes tot 4% hoger scoorden. Bij paprika waren de afwijkingen in productie ten opzichte van het gemiddelde respectievelijk, min 9% en plus 13%.

De verschillen zijn echter niet volledig toe te schrijven aan temperatuurverschillen. Plaatselijke (geringe) verschillen in licht kunnen mede een geringe rol gespeeld hebben. Wanneer in de hele kas de productie kan worden verhoogd tot het niveau van de velden met de hoogste productie, betekent dit voor het tomatenbedrijf een opbrengstverhoging van circa 4%. Voor het paprikabedrijf zou de opbrengstverhoging zelfs circa 13% bedragen.

Padregistratie

Op twee bedrijven is de productie per pad bijgehouden door middel van padregistratie. Uit deze gegevens kon precies worden afgelezen hoe groot de opbrengstverschillen per pad zijn. Uit de productiegegevens bleek, dat er regelmatig productieverschillen van 10-20% voorkomen tussen de paden. Als alle paden met een lagere productie naar het gemiddelde niveau zouden worden gebracht kan de totale productie met ongeveer 5% worden verhoogd. Als de productie gebracht wordt op het niveau van de paden met de hoogste productie is een stijging van zelfs meer dan 5% mogelijk.

Klimaatverschillen evenwijdig aan het pad worden door padregistratie goed zichtbaar. Een nadeel van de padregistratie is, dat verschillen binnen een pad (veroorzaakt door klimaatverschillen die dwars op de padrichting lopen) niet tot uiting komen. De verschillen binnen één pad kunnen soms, bijvoorbeeld van gevel naar middenpad, groot zijn. Inmiddels zijn er ook padregistratiesystemen in de handel waarbij het pad is gesplitst in meerdere delen. Dit zijn ideale systemen om een duidelijk beeld te krijgen van de klimaatverdeling en om de relaties tussen klimaat en productie te bepalen.

Oorzaken klimaatverschillen

Temperatuurverschillen worden dikwijls veroorzaakt door onvolkomenheden in het verwarmingssysteem. Het berekenen van de warmteafgifte van de verwarmingsbuizen en de verdeelleidingen met het bestaande buizenisolatieprogramma van de DLV voldeed niet aan de gestelde eisen binnen dit onderzoek. Daarom is door het IMAG-DLO een nieuw rekenprogramma gemaakt. Dit nieuwe programma geeft op basis van type, aantallen en verdeling van de buizen en de K-waarde (warmtedoorgangscoefficiënt) van kasdek en gevels, een goed inzicht in de theoretische energiebalans en temperatuurverdeling van de kas. Door die te vergelijken met de gemeten temperatuurverdeling kunnen de oorzaken van afwijkingen gerichter, dus sneller, worden opgespoord. Door met een infrarood thermometer de temperatuur te meten van alle verwarmingsbuizen (hoofdleidingen, buisrail- en groeinetspiralen), kunnen temperatuursafwijkingen van afzonderlijke buizen of verwarmingsgroepen snel worden aangetoond en het effect op de temperatuurverdeling worden berekend.

CO₂-verdeling

Een goede indruk van de CO₂-verdeling werd verkregen door in alle CO₂-doseerdarmen de druk te meten. Door ook bij de aanvoer van de darm te meten werd het drukverloop in de darm duidelijk. Op alle bedrijven kwamen grote (tientallen procenten) verschillen voor tussen de afzonderlijke darmen. Soms lag de oorzaak bij slecht onderhoud, maar soms waren de smoorplaatjes niet goed berekend of verkeerde smoorplaatjes geïnstalleerd. Op een van de bedrijven bleek de branderstand van invloed te zijn op de drukverschillen. Bij een lagere branderstand was de druk in de darmen hoger dan bij een hogere branderstand.

Relatie met ziekten en plagen

Een verband tussen klimaatverschillen en ziekten is in dit onderzoek niet gevonden. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat de telers de gebruikelijke bestrijdingsstrategie aan hielden. Op één bedrijf is geregistreerd waar, hoeveel en wat in de kas voorkwam aan ziekten en plagen en welke bestrijdingsmiddelen (chemisch en biologisch) daartegen zijn gebruikt. Koppeling van deze gegevens met de productie leverde geen betrouwbare informatie op. Ook op de andere bedrijven is geen relatie gevonden tussen bepaalde klimaatverschillen en het optreden van ziekten en plagen.

Adviezen

Na verwerking en vergelijking van alle waarnemingen en metingen is per bedrijf een advies opgesteld om de gevonden klimaatverschillen te verkleinen. Hierin werd aangegeven welke technische aanpassingen mogelijk en rendabel zouden zijn. Geadviseerd is onder andere het:

- isoleren van verwarmingsbuizen;
- aanbrengen van extra verwarmingsbuizen;
- aanbrengen van gevelfolie;
- aanpassen van de CO₂-installatie en
- gelijkmatiger verdelen van de gewasdraden.

Het bleek mogelijk om temperatuurverschillen van 3-4 graden (en soms zelfs meer) tot 1-2 graden terug te brengen, ongeacht de grootte van de afdeling.

1. PROJECTINFORMATIE

1.1 AANLEIDING TOT HET PROJECT

Uit de literatuur en eerder onderzoek op praktijkbedrijven is bekend dat de horizontale verdeling van het kasklimaat in de meeste gevallen verre van homogeen is. Temperatuurverschillen binnen een kas van 5 graden en zelfs meer, komen veelvuldig voor. Verschillen van 2 graden, gemiddeld over de teeltperiode, zijn vrij normaal. De oorzaak van deze verschillen ligt in onvolkomenheden van de technische installaties (verwarming, ventilatie, CO₂-dosering, schermen) of in de kasomhulling (kieren, kapotte ruiten). Een ongelijke klimaatverdeling in de kas leidt tot een ongelijk gewas en daardoor tot kwaliteit en productieverlies, een verhoogde kans op het optreden van met name schimmelziekten op de koudste plaatsen (condensvorming!), alsmede een verminderde energie-efficiency. De koude plekken in de kas zijn namelijk mede bepalend voor de temperatuurstelling. Het resultaat is een financieel verlies voor de teler. Als door een betere temperatuurverdeling de kastemperatuur met gemiddeld één graad kan worden teruggebracht, levert dit een directe energiebesparing op van 7-10%. Uit eerder onderzoek zijn een aantal technische mogelijkheden naar voren gekomen om klimaatverschillen te verminderen. Toepassing hiervan wordt sterk belemmerd door het ontbreken van een door de teler zelf toe te passen praktische methode om klimaatverschillen in kassen zichtbaar te maken en vervolgens systematisch aan te pakken.

1.2 DOEL VAN HET PROJECT

Het project had tot doel het ontwikkelen en introduceren van een praktische methode voor het opsporen van horizontale klimaatverschillen in kassen, inclusief het aangeven van de consequenties voor de productie, alsmede het geven van bedrijfsspecifieke oplossingen. De methode dient door de tuinders zelf toegepast te kunnen worden.

1.3 ACHTERGRONDINFORMATIE

Het onderzoek richtte zich met name op de *kasluchttemperatuur en de CO₂-verdeling* in de kas. Door een wetmatig verband tussen de kasluchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid (een verlaging van de luchttemperatuur leidt tot een verhoging en een verhoging van de luchttemperatuur tot een verlaging van de r.l.v., -'Mollierdiagram'-) is de kans op condensvorming op het gewas op de koudste plekken het grootst. Daarom is de temperatuur- en vochtregeling van het kasklimaat in de praktijk in belangrijke mate afgestemd op de koudste plek in de kas. Dit leidt bij grote temperatuurverschillen binnen een kas onvermijdelijk tot onnodig hoge buis- en luchttemperaturen (dus energiegebruik) en een (soms te) lage luchtvochtigheid in de rest, het overgrootte deel, van de kas. Klimaatverschillen belemmeren tevens de toepassing van resultaten van temperatuuronderzoek, onder andere temperatuurintegratie, en de introductie van verbeterde klimaatregelingen gericht op een hogere energie-efficiency. De 'speelruimte' (afstand tussen de hoogst toelaatbare en laagst toelaatbare kastemperatuur) van de integrerende regeling wordt begrensd door de maximaal toelaatbare luchtvochtigheid.

Een bijkomend, maar uit milieu oogpunt belangrijk, voordeel van de vermindering van klimaatverschillen ligt in de mogelijke vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen gericht tegen schimmels en in een beter evenwicht bij biologische bestrijding. Met name een aantal schadelijke schimmels ontwikkelen zich het best bij een hoge luchtvochtig-

heid of op een door condensvorming vochtig gewas.

Literatuur:

- Bakker, J.C. and van Holsteijn, G.P.A., 1989. Horizontal temperature distribution in heated glasshouses: causes and effects. *Acta. Hort.* 245: 226-231.
- Goeijenbier, P.G.H.M., 1986. Special warmteverdeling. *De Tuinderij* 66(24): 25-67.
- Holsteijn, G.P.A., van, 1987. Kleine verschillen in temperatuur, grote verschillen in opbrengst. *Groenten en fruit*, 42(30): 42-43.
- Holsteijn, G.P.A., van, 1989. Klimaat: temperatuurverschillen kosten veel geld. *Groenten en fruit*, 44(29): 48-49.
- Koning, A.N.M., de, 1994. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Thesis Wageningen: 240 pp.
- Nederhof, E.M., 1994. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. Thesis Wageningen: 213 pp.

1.4 UITGANGSPUNTEN

Aan de hand van het opgestelde protocol moet de teler zelf in staat zijn om snel op een eenvoudige en goedkope wijze inzicht te krijgen in de temperatuurverdeling in zijn kas(sen) en gestructureerd actie ondernemen om de situatie, waar nodig, te verbeteren.

1.5 PROJECTORGANISATIE

Het onderzoek is uitgevoerd door een 'fulltime' technisch onderzoeker (HBO), mevrouw ing. E.M.F.M. Nijs. De benodigde assistentie werd verleend door de afdeling 'Teelt & Kasklimaat' van het 'Proefstation voor Tuinbouw onder Glas', na de fusie met het 'Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland', de sectie 'Kasklimaat & Techniek' van het 'Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente', locatie Naaldwijk en door F.Kempkes (IMAG-DLO). Bij het onderzoek was een werkgroep betrokken met als leden: E.M.F.M. Nijs, G.J. van Dijk (DLV), J.C. Bakker (PTG, later IMAG-DLO) en G.A. van den Berg (PBG). Een begeleidingscommissie (stuurgroep) coördineerde en begeleidde het onderzoek op hoofdlijnen. Deze commissie bestond uit: G.A. van den Berg en E.M.F.M. Nijs (beide PBG), M.C. Roelofs (DLV), J.C. Bakker (IMAG-DLO) en C.H.M.G. Custers (NO-VEM). G.A. van Holsteijn, oud medewerker PTG, fungeerde als 'klankbord'.

1.6 WERKWIJZE

Het onderzoek vond voor een groot deel plaats op elf praktijkbedrijven met als gewassen: aubergine (1), komkommer (1), paprika (3), roos (2) en diverse typen tomaat (4). Op deze bedrijven vonden de klimaatmetingen plaats, die vervolgens op het proefstation werden geanalyseerd. Op basis van deze metingen werd een meetprotocol ontwikkeld dat weer op de bedrijven getoetst werd. Ook werd een systematische aanpak van de geconstateerde temperatuurongelijkheid ontwikkeld en getoetst. Het effect van de hierop gebaseerde adviezen werd, na op de bedrijven te zijn uitgevoerd, gecontroleerd. Dit leidde uiteindelijk tot een praktische handleiding voor het opsporen en elimineren van horizontale klimaatverschillen.

Naast klimaatmetingen werden op één tomaten- en één paprikabedrijf waarnemingen aan gewas en productie uitgevoerd. Deze verschaften kwantitatieve informatie over de

gevolgen van klimaatongelijkheid voor de productie.

Om meer inzicht te verkrijgen in de oorzaak van klimaatverschillen werd binnen het project door het IMAG-DLO een prototype warmte-afgifte-model ontwikkeld, op basis waarvan de warmte-afgifte van het verwarmingssysteem en het warmteverlies door de kasomhulling kan worden berekend (energiebalans). Op basis hiervan wordt een theoretische temperatuurverdeling berekend en in beeld gebracht. Deze theoretische verdeling kan worden vergeleken met de waargenomen temperatuurverdeling. Bij het optreden van verschillen kan gericht gezocht worden naar de mogelijke oorzaken hiervan.

1.7 RESULTAAT

Het project heeft tot de volgende concrete resultaten geleid:

- 1) Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen. PBG-rapport 112, november 1997.
Deze handleiding geeft de praktische tuinder een stapsgewijze aanpak voor het in beeld brengen van de temperatuur- en CO₂-verdeling in zijn kas, benevens een systematische methode en een groot aantal praktische tips om verschillen op te lossen. De handleiding kan (en wordt inmiddels ook al door derden, onder andere voorlichtingsdiensten) worden toegepast.
- 2) Methodiek zoals verwoord in de handleiding is opgenomen in de z.g. 'Groenlabel kas'.
- 3) Met het warmte-efficiency kon door het IMAG-DLO worden aangetoond dat in veel kassen de huidige verdeling van aanvoer en retour bij het gebruik van twee verwarmingsnetten leidt tot een structurele temperatuurongelijkheid in de kas van circa 0,5°C.
- 4) Voor elk van de 11 bedrijven, waarop de metingen hebben plaatsgevonden, een rapport over de metingen, de gegeven adviezen en het effect hiervan nadat ze waren uitgevoerd.
- 5) Inzicht in de gevolgen van een ongelijke temperatuurverdeling voor de productie.
- 6) Aangetoond is het nut van padregistratie voor het verkrijgen van inzicht in de relatie klimaat(verdeling) met de productie.

1.8 PRAKTISCHE TOEPASBAARHEID

De handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen is opgesteld voor gebruik door de praktische teler. Dat wil zeggen dat deze zelf, op eenvoudige en goedkope wijze, de temperatuurverdeling binnen de kas zichtbaar kan maken. Hiervoor is slechts pen, (ruitjes)papier en een digitale thermometer nodig. In de handleiding staat precies beschreven welke stappen moeten worden ondernomen om temperatuur- en CO₂-verschillen zichtbaar te maken en hoe vervolgens systematisch naar mogelijke oorzaken gezocht kan worden. Ook is aangegeven hoe te werk dient te worden gegaan om geconstateerde verschillen op te lossen. De handleiding bevat eveneens een groot aantal praktische tips en voorbeelden uit de praktijk.

Of de methode ook voor andere productiesystemen, onder andere volvelds geteelde gewassen (chrysant, amaryllis, op de grond geteelde potplanten) en op (rol)tafels of transporttabletten geteelde gewassen voldoet, wordt in een vervolg project onderzocht. Waar nodig wordt de handleiding en het warmte-afgifteprogramma aangepast.

In plaats van het handmatig tekenen van de isothermen (lijnen die punten met eenzelfde temperatuur verbinden), kan men ook gebruik maken van een computerprogramma. Een programma dat hiervoor speciaal is ontwikkeld "Kastherm" is op floppy verkrijgbaar bij LTO-Groeiservice B.V. (voormalige NTS). Dit programma is door STOAS en Agritec Advies ontwikkeld in opdracht van het Landbouwschap en de NOVEM.

2. PROJECTUITVOERING

2.1 MATERIAAL EN METHODEN

2.1.1 Metingen

Voor het in beeld brengen van de verschillen in lucht- en buistemperatuur is gebruik gemaakt van handmatige metingen en metingen met dataloggers. Bij handmatige metingen is het uiteraard niet praktisch uitvoerbaar om gelijktijdig op tientallen plaatsen te meten. Om te voorkomen dat gedurende het meten de metingen, door schommelingen in de kastemperatuur, beïnvloed werden, werd gebruik gemaakt van indirecte metingen via de substraattemperatuur of de temperatuur van met water gevulde bierflesjes. Behalve temperatuurmetingen, zijn metingen verricht met betrekking tot de CO₂-verdeling, de gewasontwikkeling en de productie.

2.2 METING LUCHTTEMPERATUUR

2.2.1 Indirect via handmatige meting van de substraattemperatuur

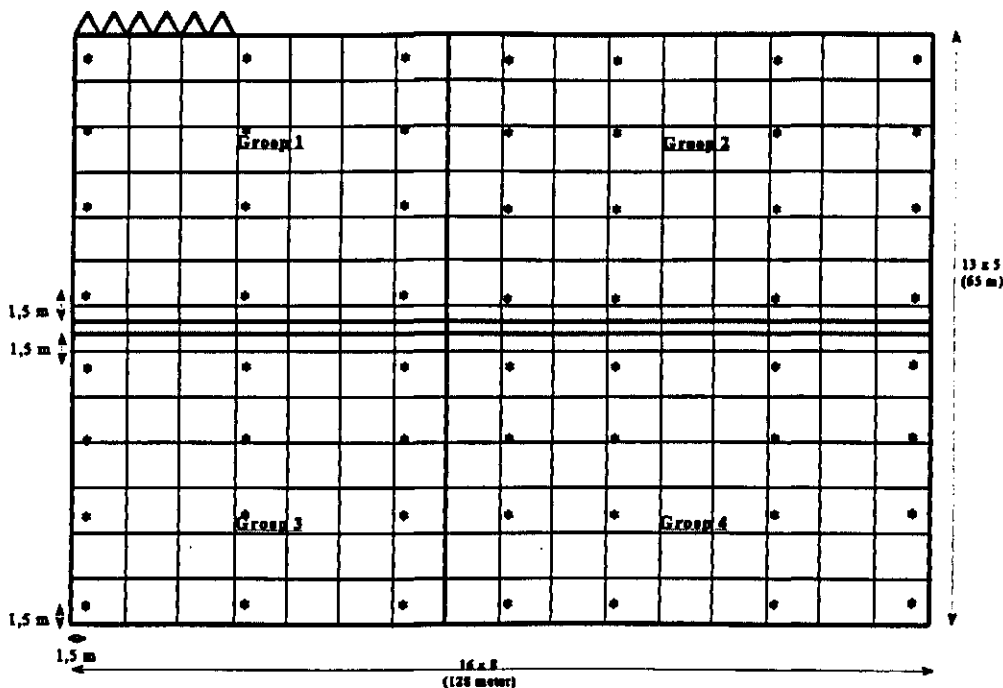
De verdeling van de luchttemperatuur werd via indirecte metingen in kaart gebracht. Dit vond plaats door een aantal keren de temperatuur van de teeltmatten te meten. Omdat de mat gezien kan worden als een grote, met water gevulde zak, zal deze in principe de temperatuur van de omringende lucht aannemen. Vanwege de traagheid van het grote volume water verandert de mattemperatuur langzamer dan de luchttemperatuur. De substraattemperatuur komt daarom meer overeen met de gemiddelde temperatuur dan met de momentane. Omdat het gewas met name reageert op de gemiddelde (geïntegreerde) temperatuur is de mattemperatuur een goede en relevante waarde voor de gemiddelde temperatuur op die bepaalde plaats.

Bij het meten werd als volgt te werk gegaan. Met behulp van een elektronische thermometer werd op al de meetpunten op dezelfde plaats en diepte binnen de mat geprikt, waarna de temperatuur werd afgelezen. De voeler van de thermometer was hiertoe op een bepaalde hoogte dikker gemaakt met tape. Zodoende kon snel overal op gelijke diepte (3 cm) worden gemeten. Gemeten werd in het midden van de mat en midden tussen twee planten. Hierdoor werd het optreden van plaatseffecten, bijvoorbeeld door druppelaars, zoveel mogelijk voorkomen. Per hectare kasoppervlak werden minimaal 40 meetpunten uitgezet. Per meetpad (haaks op het hoofdpad) werd aan beide kanten van het hoofdpad ca. 1.5 meter vanaf de gevel en 1.5 meter vanaf het middenpad gemeten. De overige meetpunten waren op een onderlinge afstand van 20-30 meter hiertussen regelmatig verdeeld (figuur 1).

Om plaatseffecten binnen de kas, zoals de invloed van schaduwgevende delen, verwarmingsbuizen etc. zoveel mogelijk te vermijden, werd steeds op dezelfde plaats in een kap gemeten. Er werd bijvoorbeeld altijd onder de nok gemeten en wel aan dezelfde kant van de buisrailsiraal.

In de winter werd ongeveer één maal per week, 's ochtends gemeten met een digitale thermometer, merk Elmeco. De metingen zijn uitgevoerd onder verschillende weersomstandigheden. Tijdens de meting zijn ook de door de klimaatcomputer geregistreerde buistemperatuur, luchttemperatuur, raamstand en buitenomstandigheden genoteerd. De

meetwaarden zijn met behulp van een Genstat programma verwerkt tot contourplots (thermogrammen).



Figuur 1. Plattegrond van een kas met meetpunten.

2.2.2 Indirect via handmatige meting van met waterge vulde bierflesjes

Op bedrijven met matverwarming is meting van de substraattemperatuur, uiteraard, geen geschikte methode om inzicht te krijgen in de luchttemperatuur. De matverwarming is dan bepalend voor de meetwaarde en niet de luchttemperatuur. Daarom werd in dat geval voor een ander systeem, het zogenaamde 'flesjessysteem', gekozen. Hierbij werden met water gevulde bierflesjes opgehangen. Deze flesjes hebben vanwege hun volume evenals substraatmatten een zekere traagheid en worden niet beïnvloed door de matverwarming. De flesjes werden op ongeveer 1,5 meter hoogte tussen het gewas boven de meetpunten gehangen waar anders de substraattemperatuur gemeten zou worden. Na een dag werd met een digitale thermometer de temperatuur van het water gemeten. Dit had intussen de omgevingstemperatuur aangenomen. Deze methode was van te voren vergeleken met de substraatmethode en bleek goed te voldoen. In plaats van bierflesjes werden ook nog bloemenbuisjes getest, maar die bleken vanwege het kleine volume minder geschikt. De metingen waren niet stabiel genoeg.

2.2.3 Directe meting met thermokoppels en dataloggers

Op twee bedrijven is een meetnet aangelegd van thermokoppels, verbonden met vier dataloggers. Hiermee kon continu de luchttemperatuur worden gemeten. De bekabeling van thermokoppeldraad lag in vier paden in de padrichting langs de steenwolmatten. De kabels zijn gedurende het teeltseizoen niet verplaatst. Met de dataloggers werd aan weerszijde van het middenpad de luchttemperatuur gemeten op vier of vijf plaatsen per pad. De thermokoppels waren tegen instraling van de zon aan de bovenzijde afgeschermd

met schuin afgezaagde plastic buisjes van ± 8 cm lang. De buisjes waren aan de buitenkant bedekt met aluminiumfolie. De buisjes waren op 150 cm hoogte bevestigd aan bamboestokken. De stokken waren, regelmatig verdeeld over het pad, in de grond gestoken tussen de steenwolmatten op nagenoeg dezelfde plek als bij de flesjesmethode. De temperatuur werd eenmaal per vijf minuten gemeten en per 30 minuten gemiddeld en opgeslagen. Het uitlezen van de dataloggers gebeurde met een draagbare PC. De data zijn vervolgens, voor verdere verwerking tot contourplots, overgezet op het computersysteem van het PBG.

De gegevens van de dataloggers zijn op verschillende manieren verwerkt. Met behulp van een Genstat programma zijn de gegevens gemiddeld over een bepaalde periode, gedurende een bepaald aantal uren. De periode waarover werd gemiddeld kon geheel vrij worden gekozen. Met deze gemiddelde waarden zijn contourplots gemaakt. Er zijn plots gemaakt van bijvoorbeeld de gemiddelde temperatuurverdeling over een periode van twee weken, de gemiddelde etmaaltemperatuur, de gemiddelde nacht-, of dagtemperatuur in de gemeten periode en van bepaalde uren in één dag of nacht.

Om in een goed gestabiliseerde periode te meten is voor de dagperiode gekozen om te middelen van 10.00 tot 16.00 uur en voor de nacht van 22.00 tot 4.00 uur.

De contourplots zijn vergeleken met de contourplots afkomstig van de beide andere methoden.

2.3 METING BUISTEMPERATUUR

2.3.1 Handmatige meting van het verwarmingsnet

De temperaturen van het verwarmingsnet zijn éénmalig gemeten met een infrarood meter van het merk Raytek, model Raynger PM 4 CF. Elke buis-rail spiraal werd hierbij gemeten. Dit gaf snel een duidelijk beeld van eventuele temperatuurverschillen tussen de spiralen, die een directe oorzaak kunnen zijn van klimaatverschillen binnen de kas. Bij de gebruikte IR meter van Raytek bleek het meest praktisch om op hele graden af te lezen, dit gaat sneller dan het aflezen van de buistemperatuur op 1 decimaal en is voor de buistemperatuur voldoende nauwkeurig.

De metingen werden uitgevoerd bij een stabiele buistemperatuur, 2 tot 3 uur na het instellen van een vaste buistemperatuur (55 tot 60°C). De temperatuur werd in het midden van de spiraal gemeten, aan het middenpad. Van enkele spiralen werden ook de aanvoer- en retourtemperatuur gemeten. Ook de temperatuur van de groeibuizen is gemeten aan het middenpad en op enkele plaatsen bij de aanvoer en de retour. Indien de bedrijfssituatie dit nodig maakte, werden aanvullende metingen verricht. Op 2 bedrijven zijn op een aantal plaatsen metingen verricht aan de verdeelleidingen. Op één bedrijf zijn per kap de diameters en temperaturen van de aanwezige verdeelleidingen gemeten en de luchttemperatuur in de omgeving van de buizen. Op een ander bedrijf is dit op een paar plaatsen per afdeling gedaan. Aan de hand van deze metingen is de warmte-afgifte op die plaats in de kas berekend, om eventuele verschillen in warmte-afgifte door de verdeelleidingen op te sporen. Met behulp van deze berekeningen zijn aanpassingen geadviseerd om tot een betere temperatuurverdeling te komen.

Vanwege het verschil in stralingskonstante is het belangrijk om overal op dezelfde manier te meten, dus overal op verf, of overal op een niet geverfd stuk buis. Bij de metingen is overal op met verf bedekte plaatsen gemeten, ongeveer op dezelfde plaats van de spiraal. De gemeten waarden werden uitgezet op een plattegrond.

2.3.2 Metingen met thermokoppels en dataloggers

Op een der bedrijven met dataloggers werd in een meetpad behalve de luchttemperatuur ook de buistemperatuur gemeten met behulp van een thermokoppel. Op één plaats aan het begin van een spiraal is een thermokoppel bevestigd op de buis. De thermokoppel werd met tape vastgemaakt op een iets kaal gemaakt stuk buis (met een mesje krabben om eventueel roest en vuil te verwijderen en zo te zorgen voor een goed contact tussen thermokoppel en buis). Dit werd geïsoleerd met een stukje spons met daaromheen een stuk schermdoek met aluminium. Hierdoor werd de invloed van de luchttemperatuur op de meting uitgesloten. De in de kas gemeten buistemperatuur kon zo worden vergeleken met de buistemperatuur die de klimaatcomputer aangaf.

2.4 GEWASWAARNEMINGEN

2.4.1 Plantlengte

De lentegroei van een gewas wordt onder andere beïnvloedt door de luchttemperatuur. Het is dan ook te verwachten dat temperatuurverschillen zich uiten in lengteverschillen. Dit werd onderzocht bij tomaat en paprika.

De lengtegroei van de tomaat is gemeten in 3 velden per pad en wel in de paden waarin ook temperatuurmetingen plaatsvonden. De meetvelden waren als volgt over een meetpad verdeeld: één veld 2 meter vanaf de gevel, één veld 2 meter vanaf het middenpad en één in het midden daar tussenin. Hetzelfde werd gedaan voor het tegenoverliggende pad aan de andere kant van het middenpad. Op één bedrijf is twee keer gemeten (in 48 velden), op één bedrijf één keer (in 54 velden). Een meetveld tomaten bestond uit 5 planten.

Ook is op één paprikabedrijf de lengtegroei gemeten. Hier is ook gemeten in 3 velden per pad. Een veld bestond hier uit 20 stengels aan één kant van het pad. Op het bedrijf waren 30 velden, allemaal in één helft van de kas, rechts van het middenpad.

De data zijn met een Genstat programma verwerkt tot contourplots en vergeleken met de temperatuurmetingen en de temperatuurplots.

2.4.2 Bloeisnelheid

Eens per 4-6 weken (4 voor cherry- en 6 voor tussentype tomaten) werden van de planten in de meetvelden de bloeiende trossen en de bloemen per tros genoteerd en gelabeld. Bij dubbele trossen werd de sterkst ontwikkelde tros geteld. Eventueel verwijderde trossen en bloemen werden meegeteld. Deze waren immers wel aangelegd! De bloeisnelheid werd berekend uit het aantal trossen en bloemen die er tussen twee meetdata waren bijgekomen. Bij één bedrijf werd de hoogst bloeiende tros telkens met een andere kleur gelabeld; bij de overige bedrijven kreeg ieder trosnummer een vaste kleur. Deze laatste methode bleek praktischer dan de eerste. De bloeisnelheid werd gemiddeld per proefveld en met behulp van een Genstatprogramma verwerkt tot contourplots. De plots werden vergeleken met de overige gewaswaarnemingen en de temperatuurplots.

2.4.3 Uitgroeiduur vruchten

Voor de uitgroeiduur zijn de data van de bloeisnelheid gebruikt. Na 6-8 weken is gekeken wanneer van de tros, waarvan de bloei was genoteerd, geoogst zou gaan worden.

Ongeveer één week voor en één week na de geschatte oogst van de betreffende trossen is genoteerd tot en met welke vrucht er geoogst was. Door interpolatie is berekend wanneer de oogst precies had plaats gevonden en wat de uitgroeiduur was. Ook de uitgroeiduur werd vervolgens verwerkt in contourplots.

2.5 PRODUCTIE

2.5.1 Oogstvelden

Op twee bedrijven is de productie gedurende de teelt (aantal en gewicht van de vruchten) op een aantal velden bijgehouden. Op één der bedrijven was de positie van deze oogstvelden gelijk aan die van het jaar daarvoor. Dit was gedaan om te onderzoeken in hoeverre de geadviseerde en uitgevoerde aanpassingen geleid hadden tot een verbetering van de temperatuurverdeling en de productie op die plek. Op een ander bedrijf is de positie van de oogstvelden bepaald op basis van de eerste metingen van de temperatuurverdeling in de kas. In de paden waar de grootste temperatuurverschillen voorkwamen werden per pad drie velden uitgezet waarvan de productie gedurende de gehele teelt is bijgehouden. Er werden twee tegenoverliggende paden gekozen en twee enkele paden. Per gemeten pad is geoogst in één veld ongeveer 3 meter uit de gevel, één veld 3 meter uit het middenpad en één veld daar tussenin. Op deze manier konden zowel in de lengte- als in de breedterichting van de kas de verschillen in productie worden bepaald. Bij de oogstwaarnemingen werd van een vast veld met 10 planten uitgegaan. Zodoende werd de productie van een vast oppervlak gemeten. Bij het toegepaste 'hoge draad' systeem schoven bij het regelmatig laten zakken van het gewas planten in en uit het veld, maar het aantal (10) planten per veld bleef gelijk. Op deze wijze kon een relatie tussen temperatuur(verschil) en productie(verschil) worden vastgesteld.

Aan het begin van het seizoen zijn de smoorplaatjes in de oogstpaden zo aangepast, dat de druk in de CO₂-darmen bij de proefveldjes overal even groot was. Productieverschillen als gevolg van verschillen in de CO₂-verdeling werden hierdoor voorkomen.

Bij tomaat werd drie keer per week op maandag, woensdag en vrijdag geoogst. Bij paprika werd één keer per week, op donderdag, geoogst. De velden waren door rood-wit gestreept lint gemarkeerd en werden apart geplukt. Bij het paprikabedrijf zijn de oogstvelden ook vergeleken met de gegevens van de daar aanwezige padregistratie.

2.5.2 Padregistratie

Op twee bedrijven werd de productie per pad bijgehouden door middel van padregistratie. Elk pad werd apart geoogst en gewogen. Padnummer en gewicht werden ingevoerd in een handcomputer en later verwerkt. Eén bedrijf maakte gebruik van een padregistratiesysteem van De Bock RTS. Bij dit systeem werden gegevens zoals padnummer, gewicht en nummer van de werknemer, in de kas handmatig ingevoerd in een met een weegschaal verbonden computer. Deze weegschaal was verrijdbaar en stond bij het pad waarin op dat moment geoogst werd. De gegevens werden opgeslagen en later uitgelezen met een PC. Bij het tweede bedrijf werd het systeem van SDF gebruikt. Hierbij werden gegevens zoals padnummer, werknemer, oogsttijd en nummer van de plukkar door middel van een barcode ingelezen in een handcomputer. Deze handcomputer werd 's avonds uitgelezen met een PC. Elk pad werd in een aparte plukkar geoogst. De karren werden naar de schuur gereden en daar werd het gewicht ingelezen en direct doorgegeven naar de PC. De weegschaal stond in de schuur, vlak voor de sorteerder en was niet

verplaatsbaar.

De opbrengstgegevens zijn verwerkt tot grafieken van o.a. de totale productie, de productie in het voorjaar en in de zomer, gemiddelde productie, gemiddeld vruchtgewicht en geldelijke opbrengst.

2.6 CO₂-VERDELING

Op alle bedrijven is de druk gemeten in de CO₂-darmen. Met een U-buismanometer is bij het middenpad van alle darmen de druk gemeten. Op een aantal plaatsen in de kas is ook in het midden, aan het einde en bij de aanvoer van een darm, de druk gemeten. Dit werd gedaan om een indruk te krijgen van het drukverloop in een darm. De gemeten waarden zijn uitgezet in een plattegrond. Om te voorkomen dat de druk tijdens de meting wegviel, werd tijdens de meting de dosering hoog ingesteld (circa 1000 ppm).

3. RESULTATEN EN DISCUSSIE

De resultaten die in dit hoofdstuk worden besproken zijn gebaseerd op de gegevens van alle bedrijven. De afzonderlijke bedrijven met alle specifieke meetresultaten zijn uitgebreid beschreven in het interne PBG-verslag 53, augustus 1996. Ook hebben de individuele bedrijven een gedetailleerd rapport ontvangen over hun bedrijf.

3.1 METING LUCHTTEMPERATUUR

3.1.1 Indirecte meting via handmatige meting van de substraattemperatuur

De meting van de substraattemperatuur geeft een goede indruk van de temperatuurverdeling over de afgelopen periode. Door de grote massa van het substraat reageert de substraattemperatuur traag op veranderingen van de omgevingstemperatuur, waardoor een meting gedaan binnen 1 tot 1,5 uur een betrouwbaar beeld geeft. Een aantal metingen van de substraattemperatuur, gemeten op verschillende dagen onder verschillende omstandigheden, geeft een betrouwbaar beeld van de temperatuurverdeling in de kas (intern verslag nr.2, januari 1995).

Op één bedrijf was grondverwarming aanwezig. Deze bleek op dit bedrijf geen nadelige invloed te hebben op de metingen van de substraattemperatuur. Er bleek nauwelijks verschil met de meting met de flesjesmethode. De verklaring hiervan is dat de grondverwarming te diep in de grond lag om de mattemperatuur te beïnvloeden.

Een meting van 40 meetpunten per hectare kost ongeveer 30 minuten per hectare wanneer gemeten wordt zoals is beschreven. Omdat bij het meten van de substraattemperatuur geen voorbereidingen nodig zijn, is deze methode weinig arbeidsintensief.

Verwerking van de gegevens met behulp van bijvoorbeeld een Genstatprogramma, zoals hier is gedaan, kost voor de eerste meting de meeste tijd, ongeveer 3 uur. Dit komt omdat het programma moet worden aangepast aan de kas. Invoeren en verwerken van elke volgende meting vergt ongeveer 30 minuten. In zijn totaliteit vergt een meting, na enige oefening, ongeveer één uur.

De contourplots die zijn gemaakt met het Genstatprogramma hebben een interval van 1°C. Een kleiner interval (instelbaar) gaf meestal geen extra informatie, maar maakte het beeld wel onoverzichtelijker. De isothermen (lijnen) lopen op bijvoorbeeld 18°C, 19°C en 20°C. Omdat de ingestelde kastemperatuur wel eens iets zakt of stijgt (<0.5°C), kan het voorkomen dat de isothermenplots soms van elkaar afwijken omdat de lijnen eigenlijk niet goed worden getrokken. Dit veroorzaakt verwarring bij het interpreteren van de gegevens. Om dit probleem op te lossen zijn een aantal metingen op twee manieren verwerkt, namelijk met de isothermen op de hele graad (18, 19, 20°C etc.) en met de isothermen op de halve graad (18.5, 19.5, 20.5°C etc.). De temperatuurinterval blijft hierbij gelijk, één hele graad. Isothermenplots met een interval van een halve in plaats van een hele graad zijn natuurlijk ook mogelijk, maar meestal te gedetailleerd en daardoor lastig te interpreteren.

Voor het maken van contourplots is het niet noodzakelijk om een computerprogramma te gebruiken. Wanneer de gemeten waarden handmatig in een plattegrond worden gezet is het betrekkelijk eenvoudig om met de hand de contourlijnen te tekenen. Eventueel kan men voor verschillende temperaturen verschillende kleuren nemen.

3.1.2 Indirecte meting via handmatige meting van met watergevulde bierflesjes

Uit de metingen bleek dat hoewel bierflesjes door hun grote volume trager reageren dan bloemenbuisjes, de temperatuur toch nog vrij snel wordt beïnvloed door veranderingen in de omgevingstemperatuur. Wanneer de zon gaat schijnen of het scherm open loopt wordt de meting snel beïnvloed en is dan onbetrouwbaar. **Tijdens de meting moeten de omstandigheden daarom constant blijven.** Is dit het geval, dan geeft deze meting een goed beeld van de temperatuurverdeling in de kas en is dan goed vergelijkbaar en even betrouwbaar als de methode met meting van de substraattemperatuur. Het voordeel van de flesjesmethode is dat ze overal kan worden toegepast, ongeacht teeltsysteem en gewas.

Het meten van 40 flesjes per ha kost ongeveer evenveel tijd als het meten van de mattemperatuur, namelijk 30 minuten. Hierbij komt nog het éénmalig vullen, ophangen en later verwijderen van de flesjes.

Opmerking:

Met de mat- of flesjesmethode is het uiteraard een eenvoudige zaak om, indien daartoe aanleiding bestaat, in een bepaald gedeelte van de kas op meer plaatsen te meten. Zo kan een plek met een afwijkende temperatuur gedetailleerder in kaart worden gebracht.

Omdat de metingen ieder moment kunnen worden uitgevoerd is het eenvoudig om inzicht te krijgen in de reactie van de kas op bepaalde weersomstandigheden (storm, regen, windrichting, vorst). Het effect van een ingreep kan ook snel worden vastgesteld.

3.1.3 Directe meting met thermokoppels en dataloggers

Bij bijna alle metingen van de thermokoppels en dataloggers gaf het etmaalgemiddelde in de winter eenzelfde beeld van de temperatuurverdeling als het gemiddelde van de dag- of de nachttemperatuur. Het splitsen van de data gaf voor wat betreft het stookseizoen weinig tot geen extra informatie over de temperatuurverdeling in de kas.

Door het gering aantal meetpaden (4 per bedrijf) was de temperatuurverdeling zoals die door de dataloggers werd gemeten minder gedetailleerd dan de handmatige metingen. Hoewel er continu met de dataloggers werd gemeten, gaven een aantal contourplots van momentane, handmatige metingen een beter en meer gedetailleerd beeld van de temperatuurverdeling. Dit kwam door het grotere aantal meetpunten bij de handmatige metingen. De contourplots van de dataloggers gaven wel een goed beeld van het temperatuurverloop in de tijd. Bij het werken met de dataloggers kwamen enige praktische problemen naar voren:

1. De dataloggers waren een aantal keren niet meer uit te lezen doordat de batterijen veel sneller leeg waren dan gebruikelijk.
2. Er kwamen vooral in de zomer vaak sterk afwijkende meetwaarden voor in de datasets. De oorzaak hiervan was vaak niet te achterhalen, waardoor een aantal meetpunten geen bruikbare waarden opleverde of het gehele dataset van die dag niet bruikbaar was.
3. De aansluitingen en lange draden in de kas gaven vaak problemen. De regelmatige controle van de aansluitingen kostte veel tijd.

4. De dataloggers weken onderling tot $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ af. Dit leidde tot extra complicaties (aanpassingen) bij het gebruik van meer dan één datalogger op een bedrijf.
5. Dataloggers worden meestal voor een bepaalde tijd gehuurd, waardoor er alleen gemeten kan worden onder de dan heersende weersomstandigheden.

Samenvattend is uit de ervaringen gebleken dat de metingen met behulp van dataloggers, in vergelijking met de mat-of flesjesmethoden, voor de tuinder duur en arbeidsintensief zijn. Bovendien geven ze veel praktische problemen, die meestal in de kas niet op te lossen zijn. Om deze redenen is in het tweede meetseizoen geen gebruik meer gemaakt van datalogger.

Inmiddels zijn er kleine dataloggertjes op de markt die men zonder kabels in de kas kan hangen en later individueel op een PC kan uitlezen en vervolgens met een speciaal programma verwerken. Met 40 tot 60 van deze loggertjes per hectare kan men een goed beeld krijgen van de temperatuurverdeling en het eventuele verloop in de tijd. Voor een individuele teler is dit systeem te duur, maar men kan de metingen uitbesteden aan derden (de DLV bijvoorbeeld).

3.2 METING BUISTEMPERATUUR

3.2.1 Handmatige meting verwarmingsnet

Het doormeten van de verwarming door de temperatuur van elke buisrail spiraal te meten met behulp van een infrarood temperatuurmeter geeft snel en eenvoudig aan waar de verwarming problemen geeft. Bij buisrailverwarming geldt als vuistregel, dat een verschil in buistemperatuur van 2 à 3°C bij vier 51 mm buizen per 3.20 m resulteert in een verschil in kasluchttemperatuur van ongeveer 1°C (Van Holsteijn pers. med.). Het kwam vaak voor dat slechts één of enkele spiralen een paar graden afweken van de omliggende spiralen. Dit leidde dan tot een verschil in luchttemperatuur van ongeveer 1°C in de directe omgeving van die verwarmingsspiraal.

Er mag worden verwacht dat de onderlinge verschillen in buistemperatuur evenredig zijn met de hoogte van de buistemperatuur. Dit betekent dat in de winter bij hoge buistemperaturen de verschillen tussen de spiralen het grootst zijn. Het is daarom belangrijk te vermelden op welke temperatuur de buizen gedurende de meting waren vastgezet.

Met de infrarood thermometer is ook de groeibuisverwarming doorgemeten. Als vuistregel geldt bij de groeibuis dat 8 tot 10°C verschil in buistemperatuur 1°C verschil in luchttemperatuur veroorzaakt in een kap, als daar twee 28 mm buizen per 3.20 m liggen.

Het meten van de temperatuur in het midden van de spiraal aan het middenpad bij ongeveer 200 spiralen, plus van 3 tot 4 spiralen de aanvoer en retour, kost ongeveer 2 uur wanneer één persoon meet en een tweede de gegevens noteert. Voorafgaand aan de meting moeten de buizen minimaal 2 uur vaststaan op minimaal 55 tot 60°C (minimum- en maximumtemperatuurinstelling gelijk maken).

3.2.2 Meting met thermokoppels en dataloggers

Doel was om de buistemperatuur in de tijd te vergelijken met de buistemperatuur die de tuinbouwcomputer registreerde. Vanwege problemen (zie 3.1.3) met de dataloggers zijn deze data niet verder gebruikt. Dit had geen negatieve gevolgen voor het onderzoek,

omdat het eventuele verschil in de gemeten gemiddelde buistemperatuur van een kas tussen tuinbouwcomputer en datalogger, de temperatuurverdeling niet beïnvloedt.

3.3 GEWASWAARNEMINGEN

3.3.1 Plantlengte

Gewaswaarnemingen werden uitgevoerd bij één tomaten- en één paprikabedrijf, omdat verschillen in groei en ontwikkeling van het gewas gecorreleerd zijn met klimaatverschillen. Uit het onderzoek bleek dan ook dat de lengte van de tomaat een goede indicatie is voor temperatuurverschillen in de kas. Als het gewas bij het planten uniform is, kan men volstaan door één keer de totale lengte te meten, bijvoorbeeld 8 weken na het planten. De gemiddelde lengte van 5 planten per meetveld geeft op een vrij eenvoudige manier een redelijk beeld van de temperatuurverdeling in de kas. De gegevens werden per veld gemiddeld en met behulp van een Genstatprogramma verwerkt tot contourplots. De contourplots van de gemiddelde lengte kwamen in grote lijnen overeen met de contourplots van de gemiddelde temperatuur van een aantal mattemperatuurmetingen. Voor een goed onderling vergelijk tussen de plantlengte-, de mat- en de flesjesmethode is uiteraard voor alle drie de methoden een even groot aantal meetveldjes vereist.

Eénmalig de lengtegroei meten in de kas met twee personen kost ongeveer 3 uur.

Bij paprika is uit onderzoek niet precies bekend in hoeverre de plantlengte kan worden gebruikt als indicatie voor de temperatuurverdeling. Op één bedrijf is één keer per maand de totale lengte gemeten van een aantal planten in de helft van de kas. Deze metingen zijn per veld van 20 planten gemiddeld en ook verwerkt tot contourplots. Er zijn contourplots gemaakt van de totale lengte per meting en van de lengtegroei in 1 en 2 maanden. - Ook de resultaten van deze metingen kwamen in grote lijnen overeen met de via de mattemperatuur gemeten temperatuurverdeling.

3.3.2 Bloeisnelheid

Het bleek dat het oplossend vermogen van deze methode te grof is voor een goed temperatuurbeeld van de kas. De contourplots weken soms duidelijk af van de contourplots afkomstig van de temperatuurverdeling of de lengtegroei. Grote temperatuurverschillen konden wel worden aangetoond. Omdat via interpolatie de juiste oogstdatum moet worden berekend, bleek deze methode ook nog veel tijdrovender te zijn dan de overige methoden. Deze methode heeft verder nog een praktisch probleem; hij werkt niet bij gewassen waarbij trossnoei wordt toegepast. Om genoemde redenen is daarom geen aandacht meer besteed aan deze methode.

3.3.3 Uitgroeiduur vruchten (tomaat)

De uitgroeiduur bleek een beeld te geven van de temperatuurverdeling in de kas, vergelijkbaar is met het beeld afkomstig van de metingen van de mat- of flesjestemperatuur en de lengtegroei. Omdat de eerste tros vaak onregelmatig is of wordt gesnoeid kan het best vanaf de tweede tros worden gemeten. Deze methode kost wel meer tijd dan het meten van de lengtegroei.

Gewasmetingen geven alleen inzicht in de klimaatverschillen over de gehele teeltperiode

tot aan de meting. Ze zeggen niets over verschillen die door bepaalde weersomstandigheden veroorzaakt worden.

3.4 PRODUCTIE

3.4.1 Oogstvelden

Op twee tomaten- en één paprikabedrijf is de productie (aantal en gewicht) op een aantal proefvelden bijgehouden om een indruk te krijgen hoeveel productie verloren gaat door klimaatverschillen. Dit is een belangrijk gegeven, enerzijds om te laten zien hoeveel verschil in productie (kg/m^2) en dus verschil in opbrengst (gld/m^2) veroorzaakt wordt door klimaatverschillen, anderzijds geeft het aan hoeveel er geïnvesteerd kan worden om deze verschillen te verkleinen. In bijna alle voorkomende gevallen waren de verschillen in productie te verklaren aan de hand van de gemeten verschillen in temperatuur, CO_2 en/of licht. Door gewicht en aantal te noteren, kon worden aangegeven of een afwijkende productie werd veroorzaakt door verschillen in temperatuur óf in licht en/of CO_2 . Wanneer bij een gelijke productie in een veld minder (echter wel zwaardere) vruchten werden geplukt, dan werd dit vrijwel zeker veroorzaakt door een lagere gemiddelde temperatuur. Werden er meer vruchten geplukt met een lager vruchtgewicht, dan was de gemiddelde temperatuur hoger geweest. De temperatuur bepaalt de ontwikkelingssnelheid. Een hoge temperatuur geeft een vroegere productie met meer en kleinere vruchten, een lage temperatuur veroorzaakt een tragere groei met minder vruchten met een hoger vruchtgewicht (De Koning, 1994). Is de productie lager door minder en/of lichtere vruchten, dan zijn de verschillen in de hoeveelheid licht en/of CO_2 de meest waarschijnlijke oorzaak. Dit veroorzaakt namelijk een geringere assimilatie. Hier geldt de vuistregel 1 % meer licht geeft 1 % meer productie ("Licht in de kas", brochure PTG). Verhoging van het aanbod van CO_2 zorgt ook voor een hogere productie (Nederhoff, 1994).

Een enkele keer was een proefveld bij vergissing geplukt door de tuinmedewerkers. In deze gevallen is een schatting gemaakt van de oogst door het middelen van de oogst van alle veldjes van de twee voorgaande weken en deze te vergelijken met de oogst van de andere veldjes op de dag dat van een veldje geplukt was. Het veldje kreeg dan een gewicht naar evenredigheid.

De verschillen zijn in het voorjaar vaak het grootst omdat op veel bedrijven de verschillen voor een groot deel worden veroorzaakt door verschillen in temperatuur. Dit zorgt in het voorjaar voor grote verschillen in vroegheid en productie. Later in het seizoen worden deze verschillen kleiner, doordat de invloed van de verwarming steeds kleiner wordt. Er ontstaan soms ook andere verschillen, bijvoorbeeld als gevolg van verschil in licht en/of CO_2 . Omdat aan het begin van het seizoen de smoorplaatjes in de oogstpaden zo aangepast waren, dat de druk in de CO_2 darmen overal even groot was, konden productiever verschillen als gevolg van verschillen in CO_2 verdeling in deze experimenten worden uitgesloten.

Gedurende het seizoen kan het voorkomen dat de veldjes met de hoogste opbrengst na een tijdje een gemiddelde of zelfs een lagere opbrengst hebben. Het blijkt uit praktijkervaringen dat planten, die in het voorjaar veel produceren, in de zomer een lagere plantbelasting hebben. Dit is vooral bij paprika het geval. Na een periode met een hoge plantbelasting volgt een periode met een lagere plantbelasting doordat er minder vruchten zetten. Aan het eind van het seizoen zijn de verschillen in totale productie (kg/m^2) kleiner dan in het voorjaar. De verschillen in opbrengst (gld/m^2) zijn ongeveer hetzelfde, alleen wanneer de prijzen in het voorjaar hoog zijn wordt dit verschil niet meer ingehaald.

Bij tomaat bleven de laagste veldjes maximaal 5% achter in productie, terwijl de hoogste veldjes maximaal 4% hoger in productie lagen ten opzichte van het gemiddelde. Bij tomaat was de gemiddelde opbrengst van de proefveldjes 42,5 kg/m² (tot en met 22/9/95) met een gemiddelde veilingprijs van f 1,26 per kg (gemiddelde prijs t/m week 38, 1995 uit Groeinet). Dit betekent dat het veld met de laagste productie 2,3 kg of f 2,90 minder heeft opgebracht en het veld met de hoogste productie 1,7 kg of f 2,05 meer per m² (ten opzichte van het gemiddelde).

Ook bij paprika waren de verschillen in het voorjaar het grootst. De velden met de hoogste temperatuur waren het eerst in productie, de koudste veldjes het laatst. Aan het einde van het seizoen waren de verschillen wel kleiner geworden, maar het veld met de laagste productie liep nog 9% achter in opbrengst. Het veld met de hoogste productie lag 13% boven het gemiddelde.

Bij paprika was de gemiddelde opbrengst in de proefveldjes 19,5 kg/m² (t/m 8/9/95) en de gemiddelde veilingprijs was f 3,04 per kg (rode paprika t/m week 36, 1995, Groeinet). Dit betekende, bij het overigens lage prijspeil van 1995, een opbrengstderving van f 5,32 (1,8 kg) per m² voor het veld met de laagste productie en een f 7,87 (2,6 kg) hogere opbrengst voor het veld met de hoogste productie (ten opzichte van het gemiddelde). Deze cijfers worden beïnvloed door de lage prijzen van dit seizoen.

Uit de cijfers blijkt dat een ongelijkmatige klimaatverdeling bij het tomatenbedrijf ongeveer f 3,- (2,3 kg) per m² kost op de plaatsen met de laagste productie en bij het paprikabedrijf ongeveer f 5,- (1,8 kg) per m². Wanneer in de hele kas de productie kan worden verhoogd tot het niveau van de velden met de hoogste productie, wordt de opbrengst bij tomaat met ongeveer f 2,- per m² (4%) verhoogd en bij paprika met ongeveer f 8,- per m² (13%), op basis van het prijsniveau van 1995.

In beide proefjaren ontstonden vanaf juni bij tomaat problemen met de grootte van het proefveld. Omdat alle gegevens van een veld zijn gebaseerd op een vast aantal (10) planten op een vaste grootte van een proefveld, was het erg belangrijk dat de grootte van het proefveld en het aantal planten hierin exact gelijk bleef. Er ontstaan anders lichtverschillen in het gewas die de productie beïnvloeden. Door het laten zakken van het gewas, het aanhouden van dieven en uitval van zieke planten, kwam het voor dat de planten (vooral bij de gevels) niet meer zo netjes verdeeld waren. Geprobeerd is om de grootte van het veld gelijk te houden, waardoor het aantal planten in een veld kon variëren. Enkele planten hingen dus soms "wijder" of "dichter" dan de rest van de planten in een veld of in een ander veld. Vanwege de kleine afmetingen van het proefveld heeft dit al snel invloed op de productie. Er ontstonden afwijkingen in plantdichtheid tot 10% waarvoor gecorrigeerd is. Tot juni, toen het gewas ongeveer tot aan de draad was, traden geen problemen op.

Vanaf begin juni werden (vooral van de velden bij de gevels) de productiegegevens minder betrouwbaar. Reden hiervoor was het laten zakken van het gewas. De productieverschillen in de zomer gaven daarom wel een indicatie van de klimaatverschillen, maar konden niet worden gebruikt om de exacte opbrengstverschillen aan te geven. Vanaf begin juni is daarom bij sommige gevelvelden niet meer geoogst.

Bij paprika is geoogst tot het einde van het seizoen. Omdat het gewas, in tegenstelling tot bij tomaat, niet verschuift is de grootte van het veld en de plantafstand gedurende het gehele seizoen gelijk. Vooral in het voorjaar kwamen grote verschillen in vroegheid naar voren. Gedurende het hele seizoen was het verschil tussen velden met de hoogste en de laagste productie ongeveer 25 %.

Het bijhouden van de productie neemt bij tomaat per oogstdatum per bedrijf ongeveer 1 uur in beslag, bij 9 velden van 10 planten. Dit is per week 3 uur. Bij paprika kost het oogsten ongeveer 3 uur per oogstdatum, bij 12 velden van 16 planten. Dit is per week totaal 6 uur.

3.4.2 Padregistratie

Met behulp van de gegevens uit de padregistratie zijn grafieken gemaakt van de totale productie, de productie in het voorjaar en de zomer, het gemiddeld vruchtgewicht en de opbrengst. Aan de hand van deze grafieken werd inzicht verkregen in de aanwezige verschillen. De figuren geven duidelijk duidelijk aan, tussen welke paden klimaatverschillen voorkwamen en wat deze verschillen precies kostten. Een golfpatroon in een grafiek duidt op (langdurige) klimaatverschillen. Wanneer er een verschil is tussen naast elkaar gelegen paden, moet er een andere oorzaak zijn. Dit kan te maken hebben met lichtverschillen of met gewasverschillen ontstaan omdat de gewaswerkzaamheden door verschillende werknemers zijn uitgevoerd.

Bij padregistratie worden de gevolgen van klimaatverschillen wel direct zichtbaar, maar de oorzaken worden niet aangegeven. Door alle geregistreerde gegevens te verzamelen en te verwerken, werd duidelijk waar verschillen optraden, hoe groot ze waren en wat dit voor gevolgen had voor de opbrengst. Naar aanleiding hiervan is onder meer ter plekke in de kas gezocht naar oorzaken. Ook zijn koppelingen gelegd met onder andere de opbrengst per kraanvak of per verwarmingsgroep en is gekeken naar opbrengstverschillen tussen paden onder de goot en onder de nok. De ligging van een pad in een tralie heeft namelijk invloed op de hoeveelheid ontvangen licht. De paden aan weerszijden van de poot zijn iets breder en de planten krijgen daardoor iets meer licht, hetgeen zich weer vertaalt in iets meer productie.

In de praktijk blijkt door tuinders met padregistratie vaak heel veel informatie te worden verzameld. Door een gebrek aan tijd en inzicht in hoe deze data te verwerken, wordt er echter weinig met deze waardevolle informatie gedaan.

Uit de productiegegevens van de afgelopen twee jaar bleek dat er op elk bedrijf grote verschillen in productie voorkomen. Productieverschillen van 20% tussen paden komen voor en verschillen van 10% komen regelmatig voor. Uit de ervaring van de afgelopen twee seizoenen kunnen we vaststellen dat, wanneer alle paden met een te lage productie naar het gemiddelde niveau zouden worden gebracht, de totale productie met ongeveer 5% verhoogd kan worden. In theorie zou de productie ook op het niveau van de paden met de hoogste productie moeten kunnen komen. Wanneer de oorzaken van de gevonden verschillen worden gevonden en de verschillen kunnen worden te niet gedaan, zou dit op sommige bedrijven kunnen leiden tot een productieverhoging van naar schatting 10%. Een goede padregistratie is dan ook snel rendabel.

Gebaseerd op de gemiddelde productie en prijs van 1995 betekent een 5% hogere productie bij rode paprika gemiddeld een opbrengstverhoging van 1,1 kg en 3,2 gld per m² (Groeinet). Bij cherrytomaat is dit gemiddelde niet aan te geven omdat deze groep tuinders niet meedoet aan Groeinet, waardoor de productie en de gemiddelde prijs niet bekend zijn. Vijf procent meer productie betekent een opbrengstverhoging van 1,6 kg/m².

Het verwerken en interpreteren van de gegevens van de padregistratie kost per week gemiddeld ongeveer 8 uur.

3.5 CO₂-VERDELING

Door in alle CO₂-darmen in de kas de druk te meten, ontstaat een goede indruk van de CO₂-verdeling in de kas. Op één bedrijf bleek de verdeling erg slecht. De oorzaak hiervan kon worden opgespoord. Het bleek dat veel darmen geknikt of bekneld waren. Ook kwam er veel water in de leidingen voor. Bij het doormeten van het CO₂-doseersysteem is het van belang dat de darmen van tevoren worden nagekeken op knikken, scheuren, water etc. De meting geeft anders wel aan dat de verdeling slecht is, maar de 'layout' van de installatie wordt niet gecontroleerd.

Bij één bedrijf is de druk in de CO₂-darmen vanwege de grootte van het bedrijf in twee gedeeltes gemeten. Hieruit bleek dat de druk in een aantal darmen tijdens de eerste meting verschilde van de druk tijdens de tweede meting. Er is toen onderzocht wat hier de oorzaak van kon zijn. Op advies van de installateur is toen in een aantal darmen gemeten met verschillende branderstanden. Wanneer er geen warmtevraag is, maar er wordt wel CO₂ gedoseerd, is de branderstand constant. De branderstand wordt door de teler ingesteld. Als er wel warmtevraag is en er wordt CO₂ gedoseerd, dan fluctueert de branderstand, afhankelijk van de grootte van de warmtevraag. De CO₂-meting is in februari uitgevoerd met lage buitentemperaturen. De branderstand kan daarom tijdens de meting gefluctueerd hebben. De druk is in 4 darmen gemeten met twee herhalingen bij twee verschillende branderstanden, namelijk een lage branderstand (warmtevraag laag) en hoge branderstand (warmtevraag groot). De drukverschillen die ontstaan wanneer de branderstand verandert, variëren van 0.5 tot 1 mbar (bij een gemiddelde druk van 8.5 mbar). Uit de metingen blijkt dat bij een lage branderstand de druk het hoogst is en bij een hoge branderstand de druk het laagst. Het is dus belangrijk om bij een fluctuerende warmtevraag tijdens het meten, naast het hoog instellen van het gewenste CO₂-niveau, ook de branderstand vast te zetten.

De druk in alle CO₂ darmen meten kost per bedrijf, afhankelijk van het aantal darmen, ongeveer 2 tot 6 uur.

3.6 ZIEKTEN

Op één bedrijf werd met behulp van het padregistratiesysteem precies bijgehouden welke ziekten er waar en wanneer in de kas voorkwamen. Ook werd geregistreerd waar, wanneer en hoeveel bestrijdingsmiddelen of biologische bestrijders werden gebruikt. Dit zowel preventief als curatief. Getracht is om deze gegevens aan de productiegegevens te koppelen. Door de lage infectiedruk en de gebruikte, weinig agressieve middelen is er geen duidelijk verband gevonden tussen ziekte of bestrijding en de productie. Ook is er geen verband gevonden tussen ziekten (zoals Botrytis) en de temperatuurverdeling.

3.7 WARMTE-AFGIFTEPROGRAMMA

Het berekenen van de warmte-afgifte van de verwarmingsbuizen en de verdeelleidingen met het isolatieprogramma van de DLV voldeed niet aan de, binnen dit onderzoek, gestelde eisen. Het programma was te globaal en niet alle berekeningen bleken te kloppen. Hierdoor was het adviseren van aanpassingen soms moeilijk. Dit bleek een nadeel bij het uitvoeren van het onderzoek. Daarom werd besloten het IMAG-DLO op te dragen een nieuw rekenprogramma (warmte-afgifte programma) te ontwikkelen, dat wel voldeed aan

de gestelde eisen. Bij het testen van dit nieuwe 'warmte-afgifte programma', bleek dit goed te voldoen. In dit programma kan per 'kaspoot' (de oppervlakte begrensd door twee tralies en twee goten of een goot/tralie en een gevel) de verwarming (buistype, buistem-peratuur, doorsnede buis, aantal) en de K-waarde (warmtedoorgangscoefficiënt van dek of gevel) worden ingevoerd. Het programma rekent de warmte-afgifte uit en de te verwachte temperatuurverdeling in de kas. Deze laatste kan vergeleken worden met de gemeten temperatuurverdeling (flesjes- of matmethode). Waar verschillen optreden kan gericht gezocht worden naar de mogelijke oorzaken. Besloten werd het nieuwe programma ook waar nodig aan te passen voor andere verwarmingssystemen. Zo kan het over de hele breedte van de glastuinbouw gebruikt worden. Dit zal plaatsvinden in een vervolg project.

3.8 ADVIEZEN

Per bedrijf is, aan de hand van alle uitgevoerde metingen en berekeningen, aangegeven welke (technische)aanpassingen nodig zijn om de klimaatverschillen te verkleinen. Hierbij is vooral gekeken naar de temperatuurverdeling en de CO₂-verdeling. In het volgende seizoen werd nagegaan in hoeverre de aanpassingen de gevonden klimaatverschillen hadden verkleind en werden, indien nodig, aanvullende adviezen gegeven. Bij alle bedrijven konden de verschillen worden verkleind. De ervaring die is opgedaan bij de elf bedrijven, heeft geresulteerd in een groot aantal praktische tips die zijn opgenomen in de 'Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen'. Deze tips hebben hun effectiviteit bewezen!

4. CONCLUSIES

Op basis van de metingen en de opgedane ervaring kan over de praktische bruikbaarheid van de diverse meetmethoden het volgende worden geconcludeerd:

1. Het meten van de mattemperatuur is een betrouwbare, goedkope en eenvoudige methode om de temperatuurverdeling in de kas te bepalen. Bij afwezigheid van matten of de aanwezigheid van matverwarming dient de 'flesjesmethode' te worden gebruikt. Het is belangrijk dat het kasklimaat tijdens de meting stabiel blijft. De beste meetperiode is daarom voor zonsopkomst bij een vaste kastemperatuur.
De gevonden meetwaarden kunnen handmatig of met de computer worden verwerkt tot contourplots (isothermen) in een plattegrond van de kas.
2. Het meten met dataloggers heeft met name voor de praktische teler een aantal nadelen:
 - De hoge prijs van de dataloggers en het thermokoppeldraad maakt het voor een individuele tuinder niet aantrekkelijk deze methode te gebruiken.
 - Het uitmeten, aanleggen en controleren van het meetnet vraagt veel tijd.
 - Ze geven veel praktische problemen, die meestal in de kas niet eenvoudig door de tuinder op te lossen zijn.
 - Voor de verwerking van de data is een speciaal computerprogramma nodig. Het uitwerken vergt veel tijd.
 - Als dataloggers worden gehuurd, zijn ze maar voor korte tijd op het bedrijf aanwezig en kunnen alleen metingen plaatsvinden onder de dan heersende weersomstandigheden.

Samenvattend kan men stellen, dat metingen met behulp van dataloggers in vergelijking met de mat- of flesjesmethode, voor de tuinder onpraktisch, duur en arbeidsintensief zijn.

3. De lengtegroei geeft bij tomaat een redelijk beeld van de gemiddelde temperatuurverdeling in de kas over een lange periode. Effecten van bepaalde weerscondities worden echter niet zichtbaar. Als het gewas bij planten uniform is kan éénmalig de totale lengte worden gemeten, bijvoorbeeld 8 weken na het planten. Voor een betrouwbaar resultaat wordt om de 30 meter de gemiddelde lengte van 5 planten gemeten. Vanwege de geringe uniformiteit moet bij paprika gekozen worden voor minstens 20 planten.
Een aantal malen de mat- of flesjestemperatuur meten geeft echter een nauwkeuriger beeld van de temperatuurverdeling en is minder arbeidsintensief.
4. Door de productie bij te houden op een aantal velden in de kas en die te relateren aan de temperatuurplaatjes wordt een goede indruk verkregen hoeveel productie verloren gaat door klimaatverschillen. Door behalve het gewicht ook de aantallen te registreren is het mogelijk de oorzaken van de productieverschillen te achterhalen. De grootste productieverschillen komen voor in het voorjaar. De verschillen worden in de zomer kleiner.
5. Padregistratie geeft vooral aan wat de gevolgen zijn van klimaatverschillen, oorzaken komen niet altijd tot uiting. Klimaatverschillen die niet evenwijdig lopen met de paden worden niet goed zichtbaar. Hiervoor moet het pad in stukken worden verdeeld. Dit wordt inmiddels reeds op sommige bedrijven ook toege-

past. Door de gegevens van de padregistratie te verwerken tot grafieken ontstaat inzicht in de situatie, waardoor oorzaken makkelijker zijn op te sporen. De ligging van een pad in de tralie kan invloed hebben op de productie. Doordat de paden binnen één tralie vaak niet allemaal even breed zijn, ontstaan lichte verschillen tussen de rijen. Voor opsporen van klimaatverschillen is het dan ook beter de opbrengsten per tralie te bekijken in plaats van per pad.

6. Om inzicht te krijgen in de oorzaken van temperatuurverschillen, kan éénmalig met een infraroodthermometer het verwarmingsnet worden doorgemeten. Na het vastzetten van de buistemperatuur, om een stabiele situatie te verkrijgen, wordt de temperatuur van alle buizen, groeibuizen en buisrail gemeten. Hierdoor worden afwijkende spiralen of verwarmingsgroepen opgespoord.
7. Door in alle CO₂-doseerdarmen de druk te meten ontstaat een goede indruk van de CO₂-verdeling in de kas. Hierbij is het belangrijk dat tijdens de meting de branderstand niet varieert en de dosering hoog wordt ingesteld.
8. Een verband tussen klimaatverschillen en ziekten is in dit onderzoek niet gevonden.
9. Temperatuurverschillen blijken voor een groot deel veroorzaakt te worden door onvolkomenheden (rekenfouten, of installatiefouten) in het verwarmingssysteem. Om hierin inzicht te verkrijgen is een warmte-afgifteprogramma ontwikkeld. Dit toont een thermogram met de te verwachten temperatuurverdeling van de kas op basis van de warmte-afgifte van de buizen en de warmtetransmissie door dek en gevels. Gelegd naast de isothermenplot van de kaslucht- of mattemperatuur, kan dit inzicht geven in de mogelijke oorzaken van een temperatuurongelijkheid.
10. Temperatuur- en CO₂-verschillen kunnen op een systematische manier worden aangepakt met behulp van binnen het project ontwikkelde stromingschema's, waarin stapsgewijs de te verrichte handelingen en maatregelen zijn beschreven. Op al de onderzochte bedrijven konden, als de gegeven adviezen werden opgevolgd, de klimaatverschillen worden verminderd, meestal tot een niveau van 1-2°C (soms zelfs minder).

5. VERSLAGLEGGING

De verslaglegging bestaat uit tussenrapporten, bedrijfsverslagen, een eindrapport en een handleiding voor de praktijk.

5.1 TUSSENRAPPORTEN

Er zijn twee tussenrapporten verschenen:

- 1) Nijs, L., 1995. 'Ontwikkeling en introduceren van een methodiek ter oplossing van klimaatverschillen in kassen', Tussenrapportage project 2110, Intern verslag 2, Naaldwijk, januari 1995.
- 2) Nijs, L., 1996. 'Ontwikkeling en introduceren van een methodiek ter oplossing van klimaatverschillen in kassen', Tussenrapportage project 2110, Intern verslag 53, Naaldwijk, augustus 1996.

In de tussenrapporten wordt gedetailleerd verslag gedaan van het onderzoek in een winterperiode (meetperiode) op de verschillende praktijkbedrijven.

5.2 BEDRIJFSVERSLAGEN

Voor elk der 11 deelnemende bedrijven is een verslag geschreven waarin gedetailleerd wordt ingegaan op de specifieke situatie van dat bedrijf. De verrichte metingen en waarnemingen komen aan de orde evenals de gegeven adviezen.

5.3 EINDRAPPORT

Het eindrapport (PBG-rapport 147) geeft een overzicht van het gehele project. De achtergronden, de organisatie, het verloop van het project, het projectresultaat en de 'Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen'.

5.4 HANDLEIDING VOOR DE PRAKTIJK

Dit is in feite het belangrijkste product van het onderzoek. Het geeft de ondernemer inzicht in de oorzaken en gevolgen van klimaatverschillen en verschaft hem een eenvoudige goedkope methode om zelf de temperatuurverdeling in zijn kassen in kaart te brengen. Ook geeft het aanwijzingen om van geconstateerde verschillen de oorzaak op te sporen en die te verhelpen. De handleiding is als rapport PBG-112 in november 1997 uitgegeven onder de titel 'Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen', en ook als bijlage aan het eindrapport toegevoegd.

6. PUBLICATIES

- Bakker, J.C., en Zwart, H.F. de, 1997. Nieuw programma bestrijdt klimaatverschillen: door combinatie van meten en berekenen warmteverdeling is forse winst te boeken. Vakblad voor de Bloemisterij 45: p46-47.
- Esmeijer, M., en Nijs, L., 1998. Horizontale klimaatverschillen: eenvoudige methode spoort klimaatverschillen op. Groenten + Fruit/Glasgroenten 8(1998)1: p.15.
- Nijs, L., 1994. Warmteverschillen in kaart brengen. Groenten + Fruit/Glasgroenten 4(1994)223: p.18-19.
- Nijs, L., 1995. Klimaatverschillen simpel te bepalen. Groenten + Fruit/Glasgroenten. 5(1995)7: p.26-29.
- Nijs, L., 1995. Klimaatverschillen simpel in beeld te brengen. Vakblad voor de Bloemisterij 50(1995)7: p. 62-63.
- Nijs, L., 1996. In zes stappen naar een betere temperatuurverdeling. Groenten + Fruit/Glasgroenten 6(1996)16: p.24-25.
- Nijs, L., 1997. Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen. PBG-rapport 112, 32p. ISSN 1385-3015; 112.
- Nijs, L., en Berg, G.A. van den., 1998. Ontwikkeling en introduceren van een methodiek ter oplossing van klimaatverschillen in 'kassen', Eindverslag project 2110 (1702), PBG-rapport 147, 63 pag. Naaldwijk, augustus 1998.

7. KENNISOVERDRACHT

Kennisoverdracht heeft op de volgende wijze plaatsgevonden:

- 1) Publicaties in de vakbladen, een handleiding en een rapport (zie boven).
- 2) Thema special van 'Energie Actueel' 4.1 december 1996. Door NOVEM Agro.
- 3) Energieflits Glastuinbouw 4, december 1997. Horizontale temperatuurverschillen verleden tijd. Stuurgroep MJA-E
- 4) Via posterpresentaties tijdens de reguliere 'Opendagen van het proefstation'.
- 5) Via voorlichtinggeven, o.a. DLV. De DLV was betrokken bij het onderzoek en droeg de (tussentijdse)resultaten uit.
- 6) Via lezingen voor studiegroepen van de LTO-Groeiservice (toen nog NTS).
- 7) Via gesprekken met voorlichters, installateurs en telers.
- 8) De resultaten van het onderzoek worden ook opgenomen in de EVB (Elektronische VraagBaak) van het PBG.

NASCHRIFT

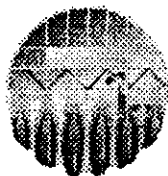
De 'Handleiding voor het opsporen en oplossen van horizontale klimaatverschillen', PBG-rapport 112, voldoet goed voor in rijen of in bedden geteelde gewassen met paden tussen de rijen of bedden, zoals bijvoorbeeld bij: tomaat, aubergine, komkommer, paprika, roos, anjer, alstroemeria, enz. Verbreding naar gewassen die op andere wijze worden geteeld zoals bijvoorbeeld potplanten (tafels, verwarmde vloeren), chrysant en Amaryllis (beide 'volvelds'), gerbera (los van de grond), vindt plaats in een vervolgproject.

De eerste versie van het binnen het eerste project ontwikkelde 'warmte-afgifte programma' blijkt goed te functioneren en een waardevolle hulp te zijn bij het opsporen van de oorzaken van een geconstateerde temperatuurongelijkheid. Het wordt verder ontwikkeld in het vervolgproject.

BIJLAGE

HANDLEIDING VOOR HET OPSPOREN EN OPLOSSEN VAN HORIZONTALE KLIMAATVERSCHILLEN

Project 004-1702



MEER UIT ENERGIE

Rapport 112
Prijs f 35,-

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Kruisbroekweg 5, Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

ISSN 1385 - 3015

HANDLEIDING VOOR HET OPSPOREN EN OPLOSSEN VAN HORIZONTALE KLIMAATVERSCHILLEN

Project 004-1702

L. Nijs

Naaldwijk, november 1997

Rapport 112
Prijs f 35,-

Rapport 112 wordt u toegestuurd na storting van f 35,- op gironummer 293110 ten name van Proefstation Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 112, Handleiding klimaatverschillen'.

INHOUD

VOORWOORD	4
1. INLEIDING	5
2. LEESWIJZER	5
3. TEMPERATUUR	6
3.1 Oorzaken van temperatuurverschillen	6
3.2 Gevolgen van temperatuurverschillen	6
3.3 Bepalen van de temperatuurverdeling in zes stappen	7
Stap 1 Plattegrond van de kas maken	9
Stap 2 Verdelen van de meetpunten	10
Stap 3 Bepalen van de meetmethode	10
Stap 4 Meten	12
Stap 5 Meetwaarden verwerken	14
Stap 6 Oorzaken en oplossingen zoeken	15
3.4 Ventilatoren	22
4. CO₂ VERDELING	23
4.1 Gevolgen van een slechte CO ₂ verdeling	23
4.2 Oorzaken van een slechte CO ₂ verdeling	23
4.3 Bepalen van de drukverdeling in het CO ₂ verdeelsysteem	24
4.3.1 Meten	24
4.3.2 Oorzaken en oplossingen zoeken	24
5. PADREGISTRATIE	28
5.1 Inleiding	28
5.2 Verwerken van de productiegegevens	29
Stap 1 Invoeren van de gegevens	29
Stap 2 Productiegegevens in tabellen zetten	29
Stap 3 Grafieken maken	30
5.3 Beoordelen van de productieveverschillen	30

VOORWOORD

Klimaatverschillen in kassen hebben een directe invloed op de productie, de kwaliteit en het energiegebruik. De aanwezigheid van deze verschillen wordt vaak óf niet onderkend óf als een onoplosbaar probleem ervaren zodat de nadelige effecten blijven voortbestaan. Toch blijkt dat de meeste en tevens de belangrijkste oorzaken vaak met geringe investeringen kunnen worden opgelost waardoor het bedrijfsresultaat sterk kan verbeteren. De productie kan toenemen bij een dalend energiegebruik, het oplossen van klimaatverschillen levert daardoor een wezenlijke bijdrage aan het bereiken van doelstelling van de Meer Jaren Afspraak-Energie.

Mede dank zij steun van de NOVEM was L. Nijs van het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente in staat een uitgebreid onderzoek op dit terrein uit te voeren.

Het voor tuinders meest tastbare en praktisch toepasbare resultaat ligt thans voor u.

Deze handleiding geeft u, als ondernemer, een stapsgewijze aanpak voor én het in beeld brengen van de verschillen én een groot aantal praktische tips voor het oplossen daarvan.

De ervaring heeft geleerd dat als eenmaal de, vaak veel grotere dan verwachte, verschillen zijn geconstateerd en men zich realiseert wat de gevolgen hiervan zijn voor het bedrijfsresultaat, men direct overgaat tot het treffen van maatregelen.

Ik beveel u daarom sterk aan de in deze handleiding geschetste route te volgen om daarmee twee doelstellingen te combineren: een beter financieel resultaat voor uw bedrijf én een betere benutting van energie.

J.C. Bakker
IMAG-DLO

1. INLEIDING

In bijna elke kas komen klimaatverschillen voor, dat wil zeggen verschillen in temperatuur, CO₂, licht en luchtvochtigheid. Veel van deze verschillen worden veroorzaakt door onvolkomenheden in de verwarming, de ventilatie, het scherm of de CO₂ dosering. Deze horizontale klimaatverschillen leiden tot extra verbruik van energie, meer kans op het optreden van ziekten, verlies aan productie en kwaliteit en verschillen in vroegheid. Bovendien maken ze het onmogelijk overal in de kas een optimaal klimaat te realiseren. De verschillen in luchttemperatuur leiden daarnaast automatisch tot andere klimaatverschillen, zoals bijvoorbeeld de relatieve luchtvochtigheid. De verschillen in vocht worden niet apart besproken, maar volgen uit de verschillen in temperatuur.

Op bedrijven komen incidenteel temperatuurverschillen voor van meer dan 7°C. Gemiddeld over de teeltperiode liggen de tot nu toe gemeten verschillen rond 3°C. Als dit kan worden teruggebracht met 1°C wil dat zeggen dat de aangehouden stooktemperatuur met 1°C verlaagd kan worden. Dit zal leiden tot een gemiddelde energiebesparing op jaarbasis van 10%.

Op het proefstation in Naaldwijk is in 1993 een onderzoek gestart om een praktische handleiding te ontwikkelen om klimaatverschillen snel en eenvoudig in kaart te brengen, oorzaken op te sporen en de verschillen te verkleinen. Het onderzoek is uitgevoerd op een aantal glastuinbouwbedrijven met de gewassen paprika, tomaat, komkommer, aubergine en roos. Van enkele bedrijven is ook de productie bijgehouden. Dit geeft inzicht in de gevolgen van klimaatverschillen voor de productie.

In deze handleiding wordt op basis van dit onderzoek en opgedane kennis uit eerder onderzoek aangegeven welke stappen u kunt nemen om verschillen in temperatuur en CO₂ verdeling in kaart te brengen. Vervolgens worden richtlijnen gegeven voor het opsporen van oorzaken en het oplossen van de gevonden verschillen. Wanneer de verschillen bekend zijn, kan vaak al op betrekkelijk eenvoudige en goedkope wijze een groot deel van de klimaatongelijkheid worden aangepakt. Meestal kunt u op uw bedrijf veel zelf doen. Temperatuurverschillen kunnen bijvoorbeeld worden verkleind met eenvoudige aanpassingen zoals het isoleren van buizen of gevels. Soms zult u de hulp van een deskundige nodig hebben.

2. LEESWIJZER

De handleiding is verdeeld in een aantal hoofdstukken, in elk hoofdstuk wordt voor één onderdeel van het klimaat uitgelegd welke stappen moeten worden gevolgd om de verschillen in kaart te brengen, oorzaken te zoeken en oplossingen te vinden. Ook wordt aangegeven wat de consequenties zijn van de gevonden verschillen per klimaatfactor.

In hoofdstuk 3 worden temperatuurverschillen behandeld en in hoofdstuk 4 worden verschillen in CO₂ verdeling beschreven. In hoofdstuk 5 wordt voor tuinders die gebruik maken van padregistratie beschreven hoe met behulp van de productiegegevens, klimaatverschillen kunnen worden gevonden en zo mogelijk opgelost.

Met behulp van schema's wordt samengevat wat in de tekst wordt beschreven. Om het schema goed uit te kunnen voeren is het van belang om ook de bijbehorende tekst te lezen.

3. TEMPERATUUR

3.1 OORZAKEN VAN TEMPERATUURVERSCHILLEN

In bijna elke kas komen temperatuurverschillen voor. Op bedrijven komen in koude winters incidenteel verschillen voor van meer dan 7°C. Gemiddeld liggen de tot nu toe gemeten temperatuurverschillen op bedrijven tussen 2 en 4°C.

Er zijn diverse oorzaken aan te geven voor temperatuurverschillen in een kas, waarbij onvolkomenheden in de verwarming één van de belangrijkste is. Ook gebreken aan de ventilatie, het scherm of de kasconstructie kunnen zorgen voor een ongelijke temperatuurverdeling. Hoewel de wind vaak wordt aangewezen als oorzaak voor koude plekken, is dit (bij gesloten ramen) in het onderzoek nauwelijks gevonden. Bij nagenoeg alle metingen blijken warme en koude plekken op een bedrijf altijd op dezelfde plaats te zitten en varieert alleen de grootte van de temperatuurverschillen soms iets. Dit blijkt ook uit metingen die bijvoorbeeld zijn gedaan door DLV, Nutsbedrijf Westland en de Stichting Teeltbegeleiding Tuinbouw.

In moderne, dichte kassen geven relatief kleine verschillen in warmte-afgifte van de verwarmingsbuizen aanleiding tot luchtstromingen. Daardoor worden temperatuurverschillen extra vergroot en ontstaan er bovendien verschillen in CO₂-concentratie. De grootte van het temperatuurverschil wordt sterk beïnvloed door het verschil in binnen- en buitentemperatuur. Hoe groter dit verschil, des te meer er wordt gestookt en meestal ook des te groter de temperatuurverschillen.

3.2 GEVOLGEN VAN TEMPERATUURVERSCHILLEN

Een ongelijke temperatuurverdeling in de kas geeft verschillen in groei en ontwikkeling en daardoor in vroegheid, productie en kwaliteit en het zorgt voor extra energieverbruik. Bovendien maken temperatuurverschillen het onmogelijk overal in de kas een optimaal klimaat te realiseren. Ook geven klimaatverschillen meer kans op het optreden van ziekten. Verschillen in luchttemperatuur leiden automatisch ook tot andere klimaatverschillen, zoals bijvoorbeeld verschillen in relatieve luchtvochtigheid. Dit komt omdat het absolute vochtgehalte in de kas overal gelijk is. Een lagere temperatuur leidt dan automatisch tot een hogere RV.

De temperatuur- en vochtregeling van het kasklimaat is in de praktijk in belangrijke mate afgestemd op de koudste plaats in de kas. Dit leidt bij grote temperatuurverschillen tot onnodig hoge buis-, en luchttemperaturen en lage luchtvochtigheid in de rest van de kas. Op bedrijven komen incidenteel temperatuurverschillen voor van meer dan 7°C. Gemiddeld over de teeltperiode liggen de tot nu toe gemeten verschillen rond 3°C. Als dit verschil 1°C kan worden verkleind, wil dat zeggen dat de aangehouden stooktemperatuur met 1°C verlaagd kan worden. Voor gewassen geteeld bij 18 tot 20°C betekent een verlaging van de stooktemperatuur met 1°C een gemiddeld 10% lager energieverbruik op jaarbasis. Dat wil zeggen dat wanneer de helft van de kas 1°C te warm is, er in totaal 5% te veel energie wordt verbruikt. Voor gewassen geteeld bij een lagere temperatuur is dit verschil procentueel nog groter.

Om een indruk te geven van de kosten van temperatuurverschillen in de kas volgt hier een rekenvoorbeeld :

Voorbeeld 1 :

In een kas met tomaat van 2 ha wordt één afdeling van de kas (5 000 m²) 1 °C te warm gestookt. Uit onderzoek is gebleken dat 1 °C hoger stoken zorgt voor gemiddeld 10% meer energieverbruik op jaarbasis. Bij een gemiddeld gasverbruik van 55 m³/m² geldt voor dit bedrijf:

$$10 \% \times 55 \text{ m}^3 \times 25 \text{ ct} \times 5\,000 \text{ m}^2 = f\,6\,875,-$$

Dit temperatuurverschil kost dus op jaarbasis f 0,34 per m² (voor de gehele kas).

Gedurende twee jaar is op een aantal bedrijven ook de productie bijgehouden om inzicht te krijgen in de financiële gevolgen van klimaatongelijkheid. Hoewel deze productiever- schillen alleen gelden voor deze bedrijven in het gemeten seizoen geven ze wel een idee van de grootte van productiever schillen die kunnen voorkomen op uw bedrijf. Bij alle proefveldjes was de CO₂-concentratie gelijk, waardoor de verschillen voornamelijk zijn veroorzaakt door verschillen in temperatuur. Het temperatuurverschil was op de gemeten bedrijven in de winter ongeveer 2°C.

Voorbeeld 2 :

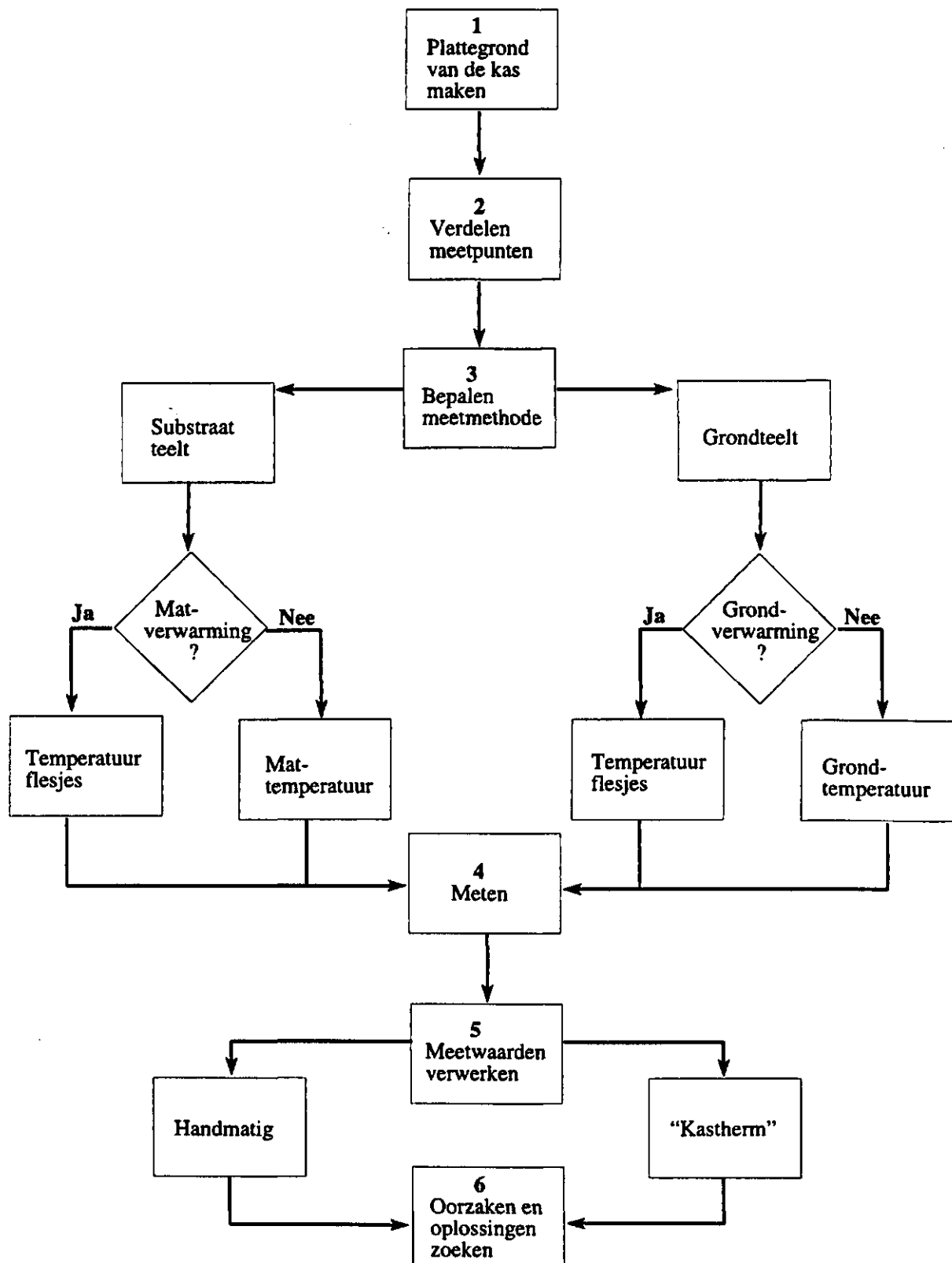
De grootste verschillen kwamen bij de vroege productie naar voren. Op de koudste plaatsen werd bij tomaat en paprika later van de proefvakjes geoogst. De temperatuurverschillen kostten per jaar bij het bedrijf met tomaat ongeveer f 3,- (2.3 kg) per m² op de plaatsen met de laagste productie en bij het bedrijf met paprika ongeveer f 5,- (1.8 kg) per m². Wanneer in de hele kas de productie kan worden verhoogd tot het niveau van de velden met de hoogste productie wordt de opbrengst bij dit bedrijf met tomaat met ongeveer f 2,- per m² (4%) verhoogd, bij paprika met ongeveer f 8,- per m² (13%). Dit is op basis van het prijsniveau van 1995 en geldt alleen voor deze bedrijven.

Omdat de verschillen in klimaat op elk bedrijf anders zijn en de productiever schillen dus ook, is dit niet meer dan een indicatie voor de mogelijke kosten van klimaatverschillen op uw bedrijf. Ze geven wel duidelijk aan dat het gaat om bedragen die groot genoeg zijn om aandacht te besteden aan klimaatverschillen op uw bedrijf.

3.3 BEPALEN VAN DE TEMPERATUURVERDELING IN ZES STAPPEN

Met behulp van het volgende 6-stappenplan kunt u zelf de temperatuurverdeling op uw bedrijf in kaart brengen. Het stappenplan wordt eerst in een schema samengevat. Wanneer u voor de eerste keer gaat meten kunt u met behulp van dit schema het stappenplan volgen. Hebt u de temperatuurverdeling al vaker gemeten, dan kunt u het schema gebruiken als geheugensteuntje (zie schema 1).

Schema 1 : Bepalen van de temperatuurverschillen



Elk onderdeel kunt u zelf uitvoeren of u kunt dit laten doen door een voorlichter of adviseur.

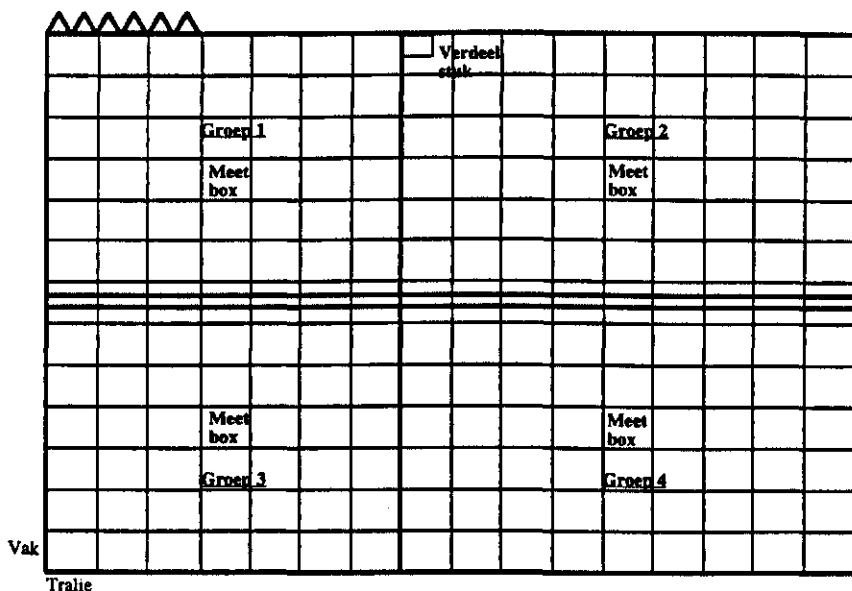
Voor het uitvoeren van het stappenplan heeft u nodig :

- * papier en pen
- * een digitale thermometer

Voor een goede meting moet de thermometer nauwkeurig zijn en snel genoeg om één meetronde op het bedrijf binnen ongeveer 1 uur uit te voeren. In de praktijk komt het erop neer dat de thermometer na enkele seconden de goede temperatuur moet aangeven en daarna niet meer moet fluctueren.

Stap 1 Plattegrond van de kas maken

De eerste stap bestaat uit het maken van een plattegrond van de kas (zie schema 1). Geef hierop aan hoe de verwarmingsgroepen, schermgroepen en luchttingsgroepen verdeeld zijn en waar meetboxen en ventilatoren hangen, waar isolatie is gebruikt of andere bijzonderheden voorkomen. Geef ook de ligging van de kas aan, in verband met de oriëntatie ten opzichte van het noorden. Het is handig om de plattegrond op ruitjespapier te maken, waarbij elk ruitje een tralie en een vak is. Zo is de plaats van het meetpunt in de kas gemakkelijk terug te vinden, dit is handig bij het meten en later bij het oplossen van de verschillen. Een voorbeeld van een plattegrond staat in figuur 1.

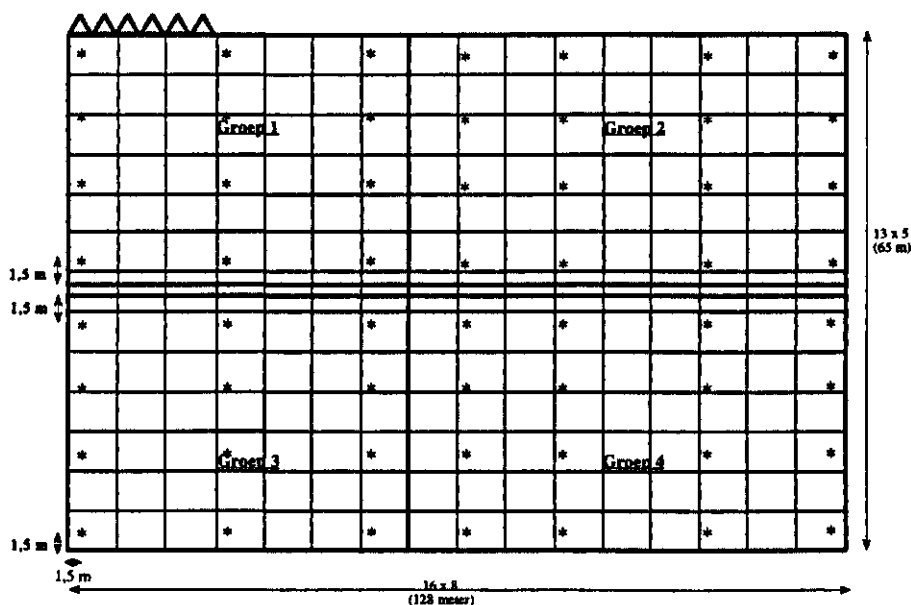


Figuur 1 Plattegrond van een kas

Stap 2 Verdelen van de meetpunten

Geef op de plattegrond aan waar u gaat meten. De invloed van de gevel of het middenpad wordt goed gemeten op 1,5 meter afstand van de gevel of het pad. Verdeel de rest van de meetpunten hier gelijkmatig tussen. Voor een goede indruk van de temperatuurverdeling kan het beste om de 20 tot 30 meter gemeten worden, dat wil zeggen dat er ongeveer 40 tot 60 meetpunten per hectare komen. Minder meten kost weliswaar minder tijd, maar levert ook minder informatie. Probeer de meetpunten zo te verdelen dat ook in de buurt van de meetbox wordt gemeten, zo is na het meten direct te zien of de temperatuur bij de meetbox afwijkt.

Het is belangrijk om de meetpunten consequent te plaatsen, dat wil zeggen overal op dezelfde plaats in een kap en bij het gebruik van flesjes overal op dezelfde hoogte. Meet bijvoorbeeld altijd in de tweede planrij vanaf de poot.



Figuur 2 Plattegrond van een kas met meetpunten

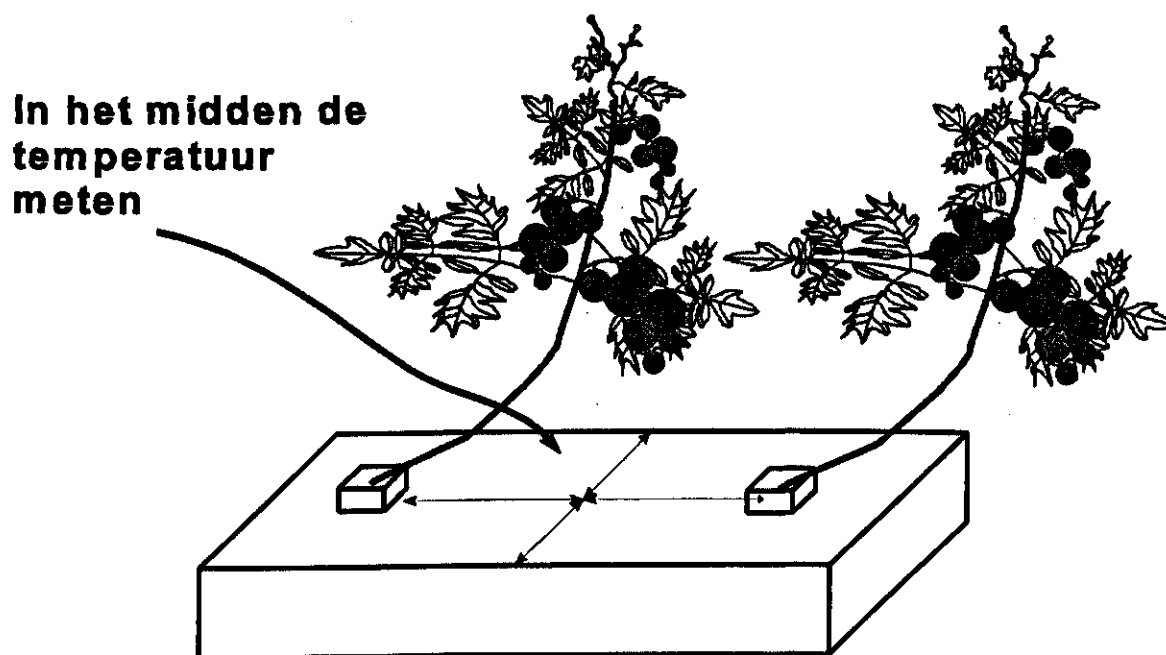
Het is handig om van de plattegrond van uw kas met de meetpunten een aantal kopieën te maken en hierop tijdens het meten de gemeten waarden te schrijven. Zo weet u precies waar u moet meten en dit maakt het verwerken van de meetwaarden ook gemakkelijk.

Stap 3 Bepalen van de meetmethode

De temperatuur meten kan op een aantal manieren. Welke methode voor uw bedrijf het beste is hangt af van uw teeltwijze. Bij een teelt op steenwol, zonder mat- of bodemverwarming kunt u de temperatuur van de mat meten. Bij een grondteelt kunt u de grondtemperatuur meten. Wanneer matverwarming of bodemverwarming wordt gebruikt zal deze verwarming de temperatuur van de mat of de grond beïnvloeden. U kunt dan beter de temperatuur meten van met water gevulde flesjes, die u op de meetplaatsen ophangt.

(zie schema 1)

De meest praktische methode is het meten van de **substraattemperatuur**. Prik met de temperatuurvoeler in de mat bij elk meetpunt en schrijf de gemeten waarde in de plattegrond. De luchttemperatuur kan iets afwijken van de temperatuur van de mat, maar de temperatuurverschillen die in de kas voorkomen zijn in de mat nagenoeg hetzelfde als in de lucht. De mat is eigenlijk een grote zak water, die de temperatuur van de omringende lucht aanneemt. Door zijn grote volume ijlt de mattemperatuur na op de luchttemperatuur en is het verloop traag, er is dus tijd genoeg om te meten. Afhankelijk van de grootte van de mat en de vochtigheid, geeft de mattemperatuur de luchttemperatuur weer van ongeveer 3 tot 4 uur geleden. Het is belangrijk om steeds op dezelfde plaats te meten en wel in het midden van de mat, tussen twee plantgaten en altijd aan dezelfde kant van de buisrails (aanvoer of retour). Dit laatste is vooral belangrijk met lage buitentemperaturen waardoor een groot verschil ontstaat tussen aanvoer- en retourwatertemperatuur. Door de voeler op een bepaalde hoogte te markeren (bijvoorbeeld 3 cm) wordt overal ook even diep gemeten. Op deze manier ontstaat geen verstoring door bijvoorbeeld druppelbeurten of verwarmingsbuizen.



Figuur 3 : Plaats van de meting in het substraat

De **grondtemperatuur** meet u op dezelfde manier. Voor een goed beeld moet dieper worden gemeten, ongeveer op 5 cm diepte. Ook hier is het belangrijk overal op dezelfde afstand van de verwarmingsbuizen te meten omdat de grond vlak bij de buizen warmer zal zijn. De grond is ook een afspiegeling van de luchttemperatuur, alleen is deze nog veel trager en ijlt daarom veel langer na. Ook de seizoenen hebben invloed op de grondtemperatuur. De absolute temperatuur van de mat en de grond zal niet hetzelfde zijn als de luchttemperatuur, maar om de temperatuurverdeling te bepalen gaat het om de verschillen tussen koude en warme plaatsen in de kas. Deze verschillen zijn relatief en worden op alle hiervoor genoemde manieren goed gemeten.

De mat- of grondtemperatuur is niet betrouwbaar bij gebruik van grond- of matverwarming. De matverwarming kan de temperatuur van de matten namelijk beïnvloeden, waardoor geen goede afspiegeling van de luchttemperatuur wordt verkregen. Ook wanneer de vochtigheid van de matten of de grond sterk verschilt, bijvoorbeeld in het begin van de teelt, geeft deze temperatuur geen juist beeld. Het is dan beter om flesjes in de kas op te hangen bij de meetpunten en deze met water te vullen. Hang alle flesjes op dezelfde hoogte, welke hoogte is niet van belang. Hang ze bijvoorbeeld op ooghoogte, dit is gemakkelijk bij het meten. Na een paar uur heeft de watertemperatuur de luchttemperatuur aangenomen. Meet daarna de temperatuur in de flesjes. Het volume van de flesjes bepaalt hoe snel de watertemperatuur met de luchttemperatuur mee verandert. Bloemenbuisjes hebben een klein volume en zijn daardoor niet zo stabiel. De omstandigheden in de kas mogen tijdens de meting niet veranderen of er moet heel snel worden gemeten. Het is daarom beter om voor een groter volume te kiezen. Een goedkope oplossing is het ophangen van met water gevulde bierflesjes.

Stap 4 Meten

Meet altijd onder stabiele omstandigheden, bij voorkeur 's ochtends vroeg, vóór het opstoken of, wanneer u in de mat meet, niet langer dan 2 uur na het opstoken. Op deze manier meet u een temperatuurverdeling die tijdens het meten niet heeft kunnen veranderen door opwarmen, luchten of bijvoorbeeld de zon.

Meet bij voorkeur bij een lage buitentemperatuur, meestal zijn de temperatuurverschillen dan het grootst en daardoor duidelijker en beter te verklaren. Tijdens de meting mogen het scherm en de ramen niet van stand veranderen. Meet op een aantal verschillende dagen.

Schrijf de omstandigheden op waarbij gemeten is, zoals buitentemperatuur, windrichting, lucht- en buistemperatuur per afdeling, raam- en schermstand en of de ventilatoren uit of aan staan. Meet een aantal keer met verschillende omstandigheden, bijvoorbeeld 2 keer met scherm open en 2 keer met scherm dicht. Zo ontstaat inzicht in de temperatuurverdeling onder alle situaties die in de kas voorkomen.

Wanneer de zon gaat schijnen warmen flesjes of bloemenbuisjes te snel op, de meting is dan onbetrouwbaar. Om zeker te zijn van een betrouwbare meting is het verstandig na afloop van de meting nog éénmaal de meetpunten van de eerste meetrij te meten. Wijken deze meetpunten nagenoeg niet af van de eerste meting (afwijking is kleiner dan 0.3°C), dan zullen de andere, later gemeten, meetpunten dat ook niet doen en is de meting betrouwbaar. Dit is zeker aan te raden bij het meten van met water gevulde flesjes of bloemenbuisjes, omdat de temperatuur hierbij snel verandert.

Wanneer u niet zeker bent van de betrouwbaarheid van de meting in de mat, is deze meting gemakkelijk te controleren. Omdat de mattemperatuur wordt gebruikt als afspiegeling van de luchttemperatuur, mag de temperatuur van het meetpunt niet te veel afwijken van de temperatuur in de omgeving. Omdat lucht gemakkelijk mengt, is de luchttemperatuur van een klein stukje kas immers overal ongeveer gelijk. Meet tijdens de eerste meting ook naast het meetpunt nog op een aantal plaatsen in de mat en in de naastgelegen matten (wel altijd in het midden van de mat, tussen de planten en op dezelfde diepte). Wanneer deze meetwaarden meer dan 0.3°C afwijken van de waarde van het meetpunt is de meting niet betrouwbaar. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door een onnauwkeurige thermometer, door een te groot verschil in vochtigheid van de mat of door te veel versturende invloeden in de grond, zoals bijvoorbeeld stadsverwarming, slecht geïsoleerde leidingen etc. Controleer in dit geval de werking van de thermometer of gebruik de meetmethode met de flesjes.

Bij het meten is het belangrijk om van te voren goed te bedenken wat u wilt weten. Het volgende schema kan hierbij behulpzaam zijn :

Meet invloed van	Voorwaarden	Bijzonderheden
Verwarming	Meet bij lage buitentemperatuur, dit zorgt voor hoge buistemperatuur. Invloed van de verwarming op de temperatuurverdeling zal het grootst zijn	Metten in de winter, met gesloten ramen en ventilatoren uit (indien aanwezig).
Scherf	Meet 2 tot 3 maal met scherm open en 2 tot 3 maal met gesloten scherm, in beide gevallen met ongeveer dezelfde stooktemperatuur. Vergelijk de temperatuurverdeling	Probeer andere invloeden uit te sluiten.
Ventilatoren	Meet 2 tot 3 maal met ventilatoren aan en 2 tot 3 maal met ventilatoren uit, met ongeveer dezelfde stooktemperatuur. Vergelijk de temperatuurverdeling	Probeer andere invloeden uit te sluiten.
Wind	Minimaal 2 maal meten met zware verwarming en tegengestelde windrichting, de buistemperatuur moet ongeveer 50°C zijn	De windrichting moet een aantal uren hetzelfde zijn zodat de temperatuurverdeling in de kas stabiel is.
Luchting	Meet als er veel verschil is tussen binnen en buiten, met beperkte luchting en zo mogelijk met bewolkt weer.	Kan het best in het voorjaar.
Zon	Meet wanneer de luchtramen dicht zijn en de stooktemperatuur laag is, op een zonnige dag	Kan het best in het voorjaar.

Voor alle metingen geldt dat pas gemeten kan worden wanneer de temperatuurverdeling onder invloed van een bepaalde factor stabiel is.

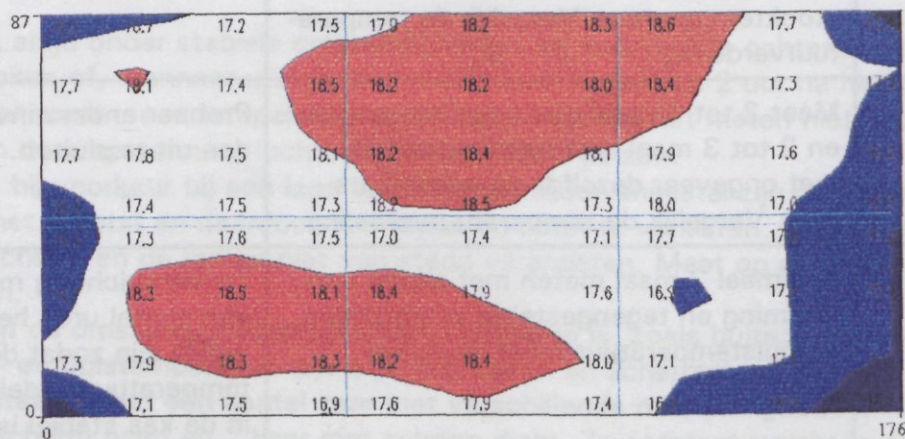
Wanneer de invloed van het scherm wordt gemeten kan bijvoorbeeld alleen 's ochtends worden gemeten als het scherm al vanaf 's avonds dicht is geweest. Dit geldt natuurlijk ook voor het meten van de invloed van ventilatoren.

Probeer één factor van het klimaat te meten door alle andere invloeden uit te sluiten. Wanneer veel factoren van invloed zijn op het klimaat in de kas (scherm, ventilatoren, luchting etc.) moet vaker worden gemeten om een indruk te krijgen van de temperatuurverdeling onder alle omstandigheden die in de kas voor kunnen komen. Voor een goed beeld, zonder kans op meetfouten, is het belangrijk om elke soort meting minstens eenmaal te herhalen.

Stap 5 Meetwaarden verwerken

Zet de meetwaarden tijdens of na de meting in de plattegrond. Voor een goed beeld van de temperatuurverdeling kunt u lijnen trekken met dezelfde temperatuur, dit zijn isothermen. Trek hiervoor lijnen tussen meetwaarden met ongeveer dezelfde temperatuur. Doe dit door bijvoorbeeld tussen twee meetwaarden van 18.6°C en 19.4°C te schatten waar het 19.0°C is en teken daar de lijn door.

Doe dit op hele graden, dus op 18°C, 19°C, 20°C etc. Een kleiner interval geeft veel onduidelijkheid en is waarschijnlijk onbetrouwbaar. Door de koude en warme plaatsen een kleurtje te geven worden de verschillen duidelijker (figuur 4).



Temperatuurverdeling 8/2/96, scherm dicht, buitentemperatuur -4.4°C

Figuur 4 : Voorbeeld van de temperatuurverdeling van een kas

In plaats van het handmatig tekenen van de isothermen, kunt u hiervoor ook een computerprogramma gebruiken. Een programma wat hiervoor speciaal is ontwikkeld is "Kastherm". Het is te verkrijgen bij H. Goossens, LTO-groeiservice B.V. (voormalige Groente-

studieclub) en het is een handig en goedkoop hulpmiddel voor het vastleggen en verwerken van temperatuurmetingen in de kas.

Probeer aan de hand van de isothermenplaatjes in een plattegrond een soort samenvatting te tekenen van de gevonden verschillen. Kijk hiervoor naar verschillen die op elk plaatje ongeveer hetzelfde zijn en probeer de grote lijnen te zien. Houd er rekening mee dat de verschillen afhankelijk zijn van de buitentemperatuur, waardoor de grootte van de verschillen soms verandert. De plaats van temperatuurverschillen zal in de meeste gevallen bij alle metingen gelijk zijn. Maak van elke soort meting een apart plaatje, dus bijvoorbeeld aparte plaatjes voor de temperatuurverdeling met en zonder scherm.

Met het programma 'Kastherm' kan ook een overzicht worden gemaakt van het gemiddelde van alle metingen. Vergelijk dit gemiddelde met de afzonderlijke metingen. Door veranderingen in de buitenomstandigheden kan dit berekende gemiddelde afwijken van de feitelijke situatie.

Stap 6 Oorzaken en oplossingen zoeken

Uit het onderzoek is gebleken dat het moeilijk is om algemene oorzaken en oplossingen te geven voor temperatuurverschillen. Omdat de situatie op elk bedrijf anders is, zijn de oorzaken overal verschillend en daardoor zijn ook de oplossingen bedrijfsspecifiek. Met behulp van twee schema's wordt geprobeerd inzicht te geven in de mogelijke oorzaken en oplossingen van bepaalde temperatuurverschillen. Voor u deze schema's kunt gebruiken is het belangrijk om eerst een aantal malen te meten en deze metingen te verwerken.

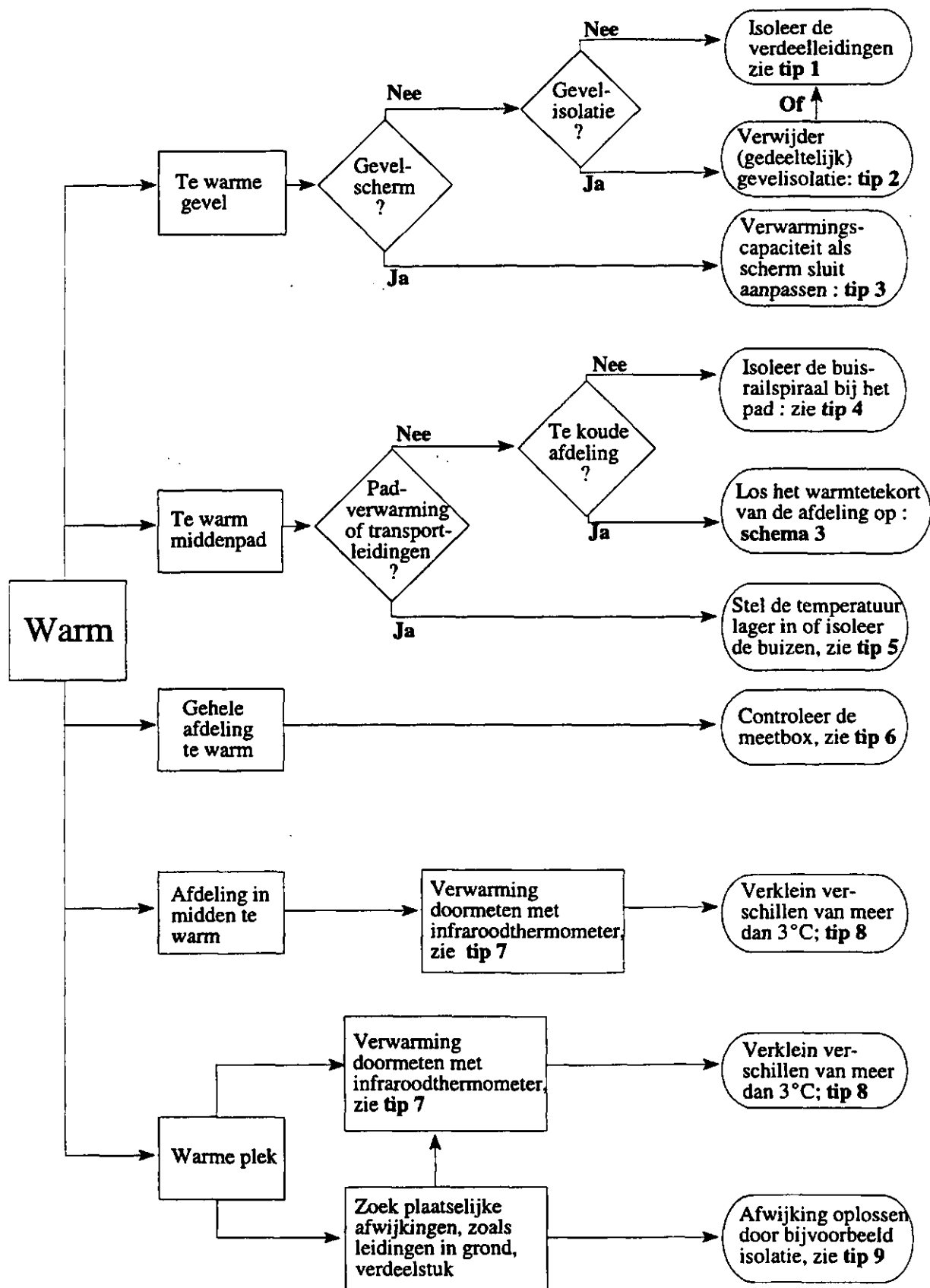
Wanneer een samenvatting is gemaakt, kan in de schema's worden gezocht naar mogelijke oorzaken en oplossingen. Doe dit afzonderlijk voor elke warme of koude plek. Hoewel sommige temperatuurverschillen met elkaar in verband staan, is het beter om elk verschil apart te bekijken. Begin bij de plaatsen met de grootste temperatuurverschillen en pas die het eerst aan. Let op de invloed van de gevel, verdeelstukken in de kas, transportleidingen, middenpad, scherm etc. Besteed niet te veel aandacht aan zeer kleine verschillen (minder dan 1°C), deze zijn waarschijnlijk te klein om rendabel aan te passen. Controleer het effect van een aanpassing door nogmaals de temperatuurverdeling te meten en voer pas daarna andere aanpassingen uit. In het algemeen geldt hierbij dat kleine ingrepen al snel grote gevolgen kunnen hebben. Het is het verstandigst om veranderingen in kleine stappen door te voeren en na elke stap te controleren of de aanpassing het gewenste effect heeft gehad.

Voor een warme plaats in de kas volgt u schema 2, voor een koude plaats schema 3. Begin links in het plaatje en volg de pijlen naar rechts door telkens te kiezen welk probleem op uw bedrijf speelt. Let hierbij goed op of een temperatuurverschil op zichzelf staat of eigenlijk is ontstaan door een naastgelegen, groter temperatuurverschil.

Voorbeeld 3 :

Een warme afdeling kan ontstaan door een te hoge buistemperatuur, maar het is ook mogelijk dat de gevels relatief te koud zijn. Volg dan in schema 3 de oplossing voor koude gevels.

Schema 2 : Oplossen temperatuurverschillen



Met behulp van een reeks tips wordt uitgelegd hoe diverse temperatuurverschillen kunnen worden verkleind. In sommige gevallen wordt uitgelegd wat u nog meer moet meten om tot een goede oplossing van het probleem te komen. Bij deze tips staan praktijkvoorbeelden van goede en slechte oplossingen die tijdens het onderzoek zijn aangetroffen.

Wanneer u de oorzaak van een temperatuurverschil niet kunt vinden met behulp van deze schema's, raadpleeg dan uw voorlichter of verwarmingsinstallateur. Temperatuurverschillen van meer dan 1°C zijn het waard om opgelost te worden.

Voor het beoordelen van de grootte van het temperatuurverschil op uw bedrijf kan het volgende rijtje worden gebruikt :

Temperatuurverschil kleiner dan 1°C	:	goede verdeling
Temperatuurverschil tussen 1 en 2°C	:	redelijke verdeling
Temperatuurverschil tussen 2 en 3°C	:	matige verdeling
Temperatuurverschil groter dan 3°C	:	slechte verdeling

Bovengenoemde temperaturen gelden bij een buistemperatuur van ongeveer 60°C of lager. Bij hogere buistemperaturen zijn grotere temperatuurverschillen aanvaardbaar.

Tip 1 : Verdeelleidingen langs gevels en transportleidingen geven vaak te veel warmte af. Dit is meestal relatief eenvoudig en goedkoop op te lossen door de warme buizen plaatselijk te isoleren. De soort isolatie en de hoeveelheid is afhankelijk van de situatie. Begin voorzichtig, eerst isoleren op de warmste plaats, daarna de temperatuurverdeling nogmaals meten en eventueel meer isolatie aanbrengen. In het algemeen geldt dat kleine wijzigingen soms al grote gevolgen kunnen hebben. De klacht dat temperatuurverschillen elk jaar van plaats veranderen kan soms worden verklaard door een te grote ingreep voor een klein verschil, waardoor een warme plek verandert in een koude plek of andersom. Bij kleine temperatuurverschillen is het vaak voldoende om de buizen te verven met aluminiumverf, dit zorgt voor een isolatie van ongeveer 15%. Wanneer de aluminiumverf vervuilt neemt de warmte-afgifte weer toe. Noppenfolie geeft meer isolatie en soms is zware isolatie met bijvoorbeeld steenwol nodig. In plaats van het isoleren van de verdeelleidingen kan ook plaatselijk de laatste meters van de buisrail worden geverfd. Bij kleine verschillen bijvoorbeeld de laatste 1 of 2 meter, bij grotere verschillen een langer stuk.

Voorbeeld 4 :

Het dichtdraaien van een buis aan een te warme gevel is een erg grote ingreep, die al snel een tegenovergesteld effect heeft. Zo werd bij een tuinder een warmte overschot van 1°C door het dichtdraaien van één buis aan de gevel veranderd in een warmte tekort van 2°C.

Voorbeeld 5 :

De kopgevel van één afdeling is 1°C te warm. Door de laatste 2 meter van de buisrail te verven met aluminiumverf is het temperatuurverschil opgelost.

Tip 2 : Wanneer een warme gevel geïsoleerd is met gevelfolie, kan dit gedeeltelijk worden verwijderd. Begin met het verwijderen van een klein stuk op de warmste

plaats en meet dan nogmaals de temperatuurverdeling. Verwijder daarna zo nodig nog meer. In plaats van het verwijderen van het folie kunnen ook de buizen aan de gevel extra worden geïsoleerd, zie tip 1.

- Tip 3 :** Bij gebruik van een scherm treden vaak temperatuurverschillen op. Dit wordt veroorzaakt doordat de gevels vaak niet op dezelfde manier worden geschermd als het kasdek. Wanneer de gevel niet in temperatuur afwijkt als het scherm open is, moet alleen de situatie met gesloten scherm worden aangepast. Zorg ervoor dat de verwarmingscapaciteit aan de gevel vermindert wanneer het scherm sluit. Dit kan door één of meerdere buizen van de gevelverwarming af te sluiten of in temperatuur te verlagen als het scherm sluit. Wanneer de gevel alleen wordt verwarmd door de verdeelleidingen is dit natuurlijk niet mogelijk. Wanneer de temperatuurverschillen erg groot zijn kan de installatie van een aparte gevelverwarming worden overwogen. De verdeelleidingen moeten dan volledig worden geïsoleerd. Overleg met uw verwarmingsinstallateur.
- Tip 4 :** Een warmte overschot bij het middenpad kan worden verkleind door een gedeelte van de buisrailsdraal te verven met aluminiumverf. Begin met het verven van de bocht van de draal en meet dan opnieuw de temperatuurverdeling. Verf zo nodig meer, zie ook tip 1.
- Tip 5 :** Stel de temperatuur van de padverwarming lager in wanneer het middenpad te warm is. Is dit niet mogelijk dan kunnen bovengrondse (transport-)leidingen worden geïsoleerd met aluminiumverf. Wanneer slechts een gedeelte van het pad te warm is, kan plaatselijk worden geverfd. In verband met lichtverlies kunnen deze buizen beter niet worden geïsoleerd met bijvoorbeeld noppenfolie o.i.d. Maak de buizen eventueel afsluitbaar met kraantjes wanneer het warmteoverschot hierna nog te groot is. Door het meer of minder dichtdraaien van de kraantjes kan het warmte overschot worden verkleind. Meet na het dichtdraaien van kraantjes altijd nogmaals de temperatuurverdeling om een te koud middenpad te voorkomen.
- Tip 6 :** Wanneer de meetbox van één afdeling een afwijkende temperatuur aangeeft zal deze afdeling een temperatuurverschil in de kas veroorzaken. Hang bij de teeltwisseling de meetboxen naast elkaar en controleer of alle meetboxen dezelfde waarde aangeven. Laat de meetboxen eventueel iken door uw leverancier.
- Tip 7 :** Een te warme of te koude afdeling of een koude of warme plaats in de kas kan worden veroorzaakt door een afwijkende temperatuur van de buisrailsdraalen op die plaats of van de gehele verwarmingsgroep.
Om de verwarming te controleren kan éénmalig de verwarming worden doorgemeten met een infrarood thermometer. Zet de verwarming 2 tot 3 uur voor het meten vast op minimaal 60°C, de watertemperatuur mag tijdens de meting niet veranderen. Meet de temperatuur van elke buisrailsdraal bij het middenpad met een infraroodthermometer. Probeer deze bij uw verwarmingsinstallateur te lenen of neem contact op met uw voorlichter. Let erop dat overal wordt gemeten op óf witte verf óf kale buis óf roest. Het oppervlak van de buis heeft namelijk invloed op de meting. De temperatuur van een buis geverfd met aluminiumverf kan gemeten worden door een stukje plakband op de buis te plakken en daarop te meten. De aluminiumverf heeft een andere emissiecoëfficiënt waardoor de

meting wordt beïnvloed. Meet op een aantal plaatsen in een verwarmingsgroep ook de aanvoer- en retourwatertemperatuur, dit geeft inzicht in verschillen in doorstroomsnelheid van het water. Schrijf alle gemeten waarden goed op zodat u afwijkende spiralen makkelijk terug kunt vinden in de kas.

In de praktijk blijken veel temperatuurverschillen te worden veroorzaakt door een afwijkende temperatuur in de buisrails spiralen. Het is aan te raden om de verwarming altijd éénmalig door te meten bij een onderzoek naar temperatuurverschillen in de kas. Vaak levert dit verrassende resultaten op.

Tip 8 : Bij vier buisrails spiralen in een tralie van 6.40 meter zorgt een verschil in buistemperatuur van 2½ á 3°C gemiddeld al voor een verschil in luchttemperatuur van 1°C ! Als de buistemperatuur van een verwarmingsgroep gemiddeld 3°C of meer afwijkt van het gemiddelde van de andere groepen moet dit aangepast worden. Controleer de werking van de pomp en pas eventueel de instelling van de minimum- en maximumbuis aan.

Voorbeeld 6 :

Eén verwarmingsgroep blijft bij het gebruik van een minimumbuis altijd wat achter in temperatuur. Het blijkt dat de retourwatertemperatuur in deze groep bij een vaste buistemperatuur overal ongeveer 3°C lager is. De pomp van deze afdeling is iets te klein. Om dit verschil op te lossen zonder de pomp te vervangen wordt de temperatuur van deze afdeling (bij een vaste buistemperatuur) 1°C hoger ingesteld.

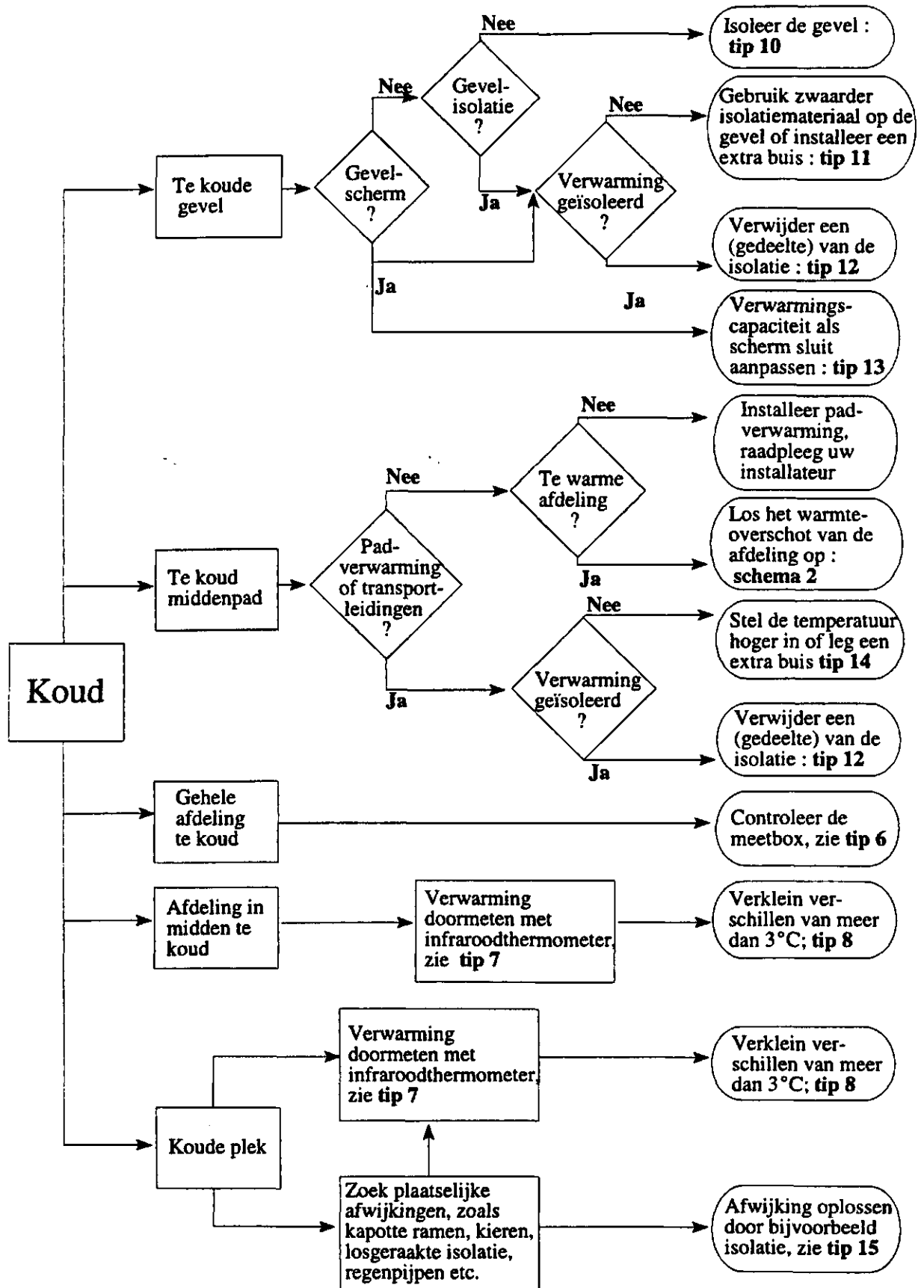
Afzonderlijke buizen mogen niet meer dan 3°C afwijken van de gemiddelde temperatuur van de groep. Meet eventueel bij afwijkende buizen de aanvoer- en retourwatertemperatuur. Een verschil in retourwatertemperatuur bij gelijke aanvoerwatertemperatuur wijst op verschil in doorstroomsnelheid van het water. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door vuil in de buizen, maar ook door slordig lassen waardoor de opening van de buis gedeeltelijk dicht kan zitten. Ook een onvolledig sluitende mengklep kan zorgen voor temperatuurverschil in de verdeelleiding. Raadpleeg zo nodig uw verwarmingsinstallateur.

Voorbeeld 7 :

In één verwarmingsgroep loopt de temperatuur altijd wat achter. Na doormeten blijken veel buizen een lagere retourwatertemperatuur te hebben. Bij de teeltwisseling worden de buizen goed doorgespoeld en ontdaan van een grote hoeveelheid troep. De temperatuurverschillen blijken voor een groot deel opgelost.

Bij de aanleg van meerdere verwarmingscircuits in de kas moet elk circuit zodanig worden berekend en geïnstalleerd, dat ze bij afzonderlijk gebruik een gelijke horizontale temperatuurverdeling geeft. Bedenk hierbij dat een verwarmingscircuit aangelegd voor water met een lage temperatuur, bijvoorbeeld voor warmte uit de rookgascondensor, misschien wel eens wordt gebruikt voor water met aanzienlijk hogere temperatuur. (Bron: Handboek Verwarming Glastuinbouw) Omdat de diameter van een groeibuis klein is, de afstand tussen twee buizen groot en de watertemperatuur laag, is de invloed op de temperatuurverdeling meestal klein. Bij twee 28 mm buizen per 3.20 meter geldt dat een verschil in buistemperatuur van 8 tot 10°C een verschil in luchttemperatuur veroorzaakt van 1°C.

Schema 3 : Oplossen temperatuurverschillen



Voorbeeld 8 :

De temperatuurverdeling is bij zeer lage buitentemperaturen erg slecht. Oorzaken worden niet gevonden bij de gevelverwarming of in de buisrilspiralen. Uiteindelijk wordt de temperatuur van de groeibuizen gemeten. Er zijn buizen bij die meer dan 10°C in temperatuur afwijken. De groeibuizen worden bij deze lage buitentemperaturen gebruikt om bij te stoken, de watertemperatuur is nu veel hoger dan normaal en de invloed van de afwijkende buizen is nu groot.

Tip 9 : Verdeelstukken en menggroepen in de kas zijn altijd storende elementen voor een uniform kasklimaat. Probeer ze zoveel mogelijk te isoleren en isoleer zo nodig een gedeelte van de leidingen in de omgeving. Doe dit voorzichtig, zie tip 1.

Ondergrondse leidingen kunnen de temperatuurverdeling verstoren, wanneer deze niet verder geïsoleerd kunnen worden, kunnen bovengrondse buizen plaatselijk worden geïsoleerd met aluminiumverf, zie tip 1.

Tip 10 : Een te koude gevel kan gemakkelijk worden geïsoleerd met behulp van gevelfolie. Bij een klein temperatuurverschil kan het folie worden bevestigd tot de eerste gording, bij een groot temperatuurverschil tot de tweede gording. Zorg dat het gevelfolie overal goed vastzit, het mag geen kieren hebben en het glas nergens raken. In verband met het lichtverlies door het folie kunt u overwegen het in het voorjaar te verwijderen, in ieder geval het gedeelte boven de eerste gording.

Bij gebruik van een scherm worden de gevels niet altijd op dezelfde manier geschermd als het kasdek, dit zorgt vaak voor grote temperatuurverschillen. Wanneer het bovenscherm sluit zal de buistemperatuur dalen, omdat het warmteverlies aan de gevels even groot blijft zullen de gevels te koud worden wanneer geen gevelscherm wordt gebruikt. Om dit temperatuurverschil op te lossen kunt u het best een gevelscherm installeren of een aparte gevelverwarming aanleggen die dit warmte tekort compenseert. Een goedkopere oplossing is het aanbrengen van gevelfolie, maar dit folie kan een warmte-overschot veroorzaken wanneer het scherm geopend is.

Tip 11 : Wanneer de gevel na aanbrengen van gevelfolie nog steeds te koud is en de isolerende werking van het folie is goed (goed bevestigd, geen kieren) kunt u de gevel tot de eerste gording zwaarder isoleren, bijvoorbeeld met noppenfolie. Afhankelijk van de situatie kunt u soms beter een extra verwarmingsbuis installeren, de diameter en temperatuur van deze buis moeten wel precies worden berekend. Gebruik hiervoor het Handboek Verwarming Glastuinbouw of overleg met uw verwarmingsinstallateur.

Tip 12 : Een te koude gevel kan ontstaan doordat de verdeelleidingen te zwaar zijn geïsoleerd. Een gedeelte van de isolatie kan worden verwijderd om dit warmte tekort op te lossen. Doe dit voorzichtig, begin met verwijderen van een stukje isolatie op de koudste plaats en meet daarna de temperatuurverdeling. Zo nodig kan daarna nog meer isolatie worden verwijderd. De isolerende werking van aluminiumverf verdwijnt door de buis over te verven met gewone, witte verf.

- Tip 13 :** Wanneer een gevelscherm niet dezelfde isolerende werking heeft als het bovenscherm kan een temperatuurverschil ontstaan. Dit is op te lossen door de gevel extra te isoleren, een aparte gevelverwarming te installeren of door eventueel aanwezige isolatie van de verdeelleidingen te verwijderen.
- Tip 14 :** Bij een te koud middenpad met padverwarming kan de temperatuur van de verwarming hoger worden ingesteld. Wanneer dit niet mogelijk is en het temperatuurverschil is te groot kunt u, in overleg met uw installateur, een extra verwarmingsbuis aanleggen. De diameter en temperatuur moeten exact worden berekend.
- Tip 15 :** Kijk bij koude plekken of de ramen wel goed sluiten en of er geen kieren in het scherm zitten. Ook kapotte ruiten kunnen zorgen voor grote temperatuurverschillen. Oud isolatiemateriaal vertoont vaak gaten en scheuren, controleer dit tijdens de teeltwisseling.

Voorbeeld 9:

In één afdeling is het te koud aan de gevels, bij zeer lage buitentemperaturen is zelfs de gehele afdeling te koud. Het temperatuurverschil is het grootst wanneer de grondtemperatuur wordt gemeten, de luchttemperatuur wijkt minder af. De plaats van de koude wordt beïnvloed door de windrichting. De afdichting van de voet blijkt vol te zitten met gaten, veroorzaakt door een leger van mollen en muizen. Wanneer alle gaten zijn gedicht is het temperatuurverschil opgelost.

3.4 Ventilatoren

Op veel bedrijven worden ventilatoren gebruikt om klimaatverschillen te verkleinen. Omdat ventilatoren niet de oorzaken van de verschillen aanpakken is dit, zelfs als het werkt, in principe geen goede oplossing. Als een koude plek wordt veroorzaakt door kieren in een luchtraam of scherm is het natuurlijk veel beter om iets aan deze kier te doen. Bovendien brengen ventilatoren de lucht in beweging. Deze stroomt nu sneller langs het koude kasdek en zal dus ook sneller afkoelen, hierdoor kan het energieverbruik met 5 % stijgen. Zeker met zeer lage buitentemperaturen zijn deze extra energiekosten niet te verwaarlozen. Het is beter om de oorzaken van de verschillen te zoeken en deze aan te pakken. Met relatief kleine investeringen kunnen de klimaatverschillen dan vaak goedkoper en beter worden opgelost.

4. CO₂ VERDELING

4.1 GEVOLGEN VAN EEN SLECHTE CO₂ VERDELING

De aanwezige CO₂-concentratie beïnvloedt de opname van CO₂ door de plant. Een hogere concentratie betekent een grotere CO₂-opname door de plant, waardoor meer assimilaten worden aangemaakt. Meer assimilaten betekent meer groei en meer productie. De opname stijgt niet rechtevenredig met de concentratie, maar vlakkt af. Bij lage concentraties stijgen de opname en productie sneller dan bij hoge concentraties. Een voorbeeld; als de CO₂-concentratie van 300 ppm naar 400 ppm oploopt, neemt de productie met 17% toe. Een verhoging van eveneens 100 ppm van 1000 naar 1100 ppm geeft nog maar een extra productiestijging van 1,5 %.

Bij een slechte CO₂-verdeling zijn er plekken in de kas met een lage concentratie. Dit kost productie. Op andere plaatsen zal de concentratie juist hoger zijn. Door de afnemen-de meeropbrengst bij een hogere CO₂-concentratie zal de extra productie die dit oplevert minder zijn dan het tekort bij plaatsen met de lage concentratie. Netto is de productie lager dan bij een goede verdeling waarbij evenveel CO₂ wordt gedoseerd.

Een ongelijke CO₂-verdeling in de kas betekent dat er plekken zijn waar de CO₂-concentratie lager is dan gewenst. Planten op die plek kunnen minder CO₂ opnemen dan ze willen, en daardoor minder groeien dan mogelijk is. Er blijft een stuk productie liggen. Op andere plekken kan de CO₂-concentratie juist weer hoger zijn dan nodig. Dit is vooral vervelend als dit net bij het aanzuigpunt van de CO₂-meter is. De CO₂-meter geeft dan een te hoge waarde aan, waardoor de dosering te vroeg wordt gestopt. Het grootste gedeelte van de kas ontvangt hierdoor te weinig CO₂ en ook dat kost productie.

Wanneer de ramen geopend zijn kunnen temperatuurverschillen in een kas ook verschillen in CO₂-concentratie geven. De lucht gaat circuleren en CO₂ wordt naar de warme plekken gezogen. Hier stijgt de lucht op. Door uitwisseling met de buitenlucht koelt de lucht af en neemt de CO₂-concentratie af. Deze lucht zakt naar beneden en veroorzaakt koude plekken met een lage CO₂-concentratie.

4.2 OORZAKEN VAN EEN SLECHTE CO₂ VERDELING

Op veel bedrijven komen grote verschillen voor in CO₂-verdeling. Dit wordt veelal veroorzaakt door drukverschillen in de CO₂-darmen. Verschillen in druk in de CO₂-darmen kunnen een aantal oorzaken hebben. Een aantal van de meest voorkomende oorzaken worden hierna genoemd. De capaciteit van de ventilator kan niet goed zijn afgestemd op het verdeelsysteem, waardoor achter in de kas te weinig druk is. Soms zijn geen smoorplaatjes gebruikt bij het aansluiten van de darmen op de verdeelleiding; hierdoor zal de druk achterin de kas het laagst zijn. Een veel voorkomende oorzaak van een slechte verdeling is de aanwezigheid van condenswater in de darmen of in de verdeelleiding. Verder kunnen verschillen ontstaan door een verschil in lengte van de verschillende hoofdleidingen vanuit het ketelhuis naar de kas, of doordat in een hoofdleiding meer bochten zitten dan in de andere. Verschillen tussen naast elkaar gelegen darmen ontstaan vaak door scheuren, beknelling, vervuiling, waterophoping en dergelijke. Het is belangrijk om gedurende de gehele teelt te letten op een goede ligging en dus werking van de CO₂-darmen.

4.3 BEPALEN VAN DE DRUKVERDELING IN HET CO₂-VERDEELSYSTEEM

4.3.1 Meten

De CO₂-verdeling wordt bepaald door de drukverdeling in de CO₂-doseerdarmen te meten. Dit is de enige goede manier. Het meten van concentratieverschillen is lastiger en duurder, en geeft bovendien geen goed beeld. Door luchtstromingen kunnen verschillen in CO₂-concentratie ontstaan, ook wanneer de verdeling goed is. Deze luchtstromingen kunnen veroorzaakt worden door de wind of een slechte afstelling van de luchtramen.

Met een drukmeter wordt bij het middenpad de druk gemeten in alle darmen. Op een aantal plaatsen in de kas wordt ook in het midden van de darm en bij de aanvoer de druk gemeten om een indruk te krijgen van het drukverloop in een darm.

Zorg ervoor dat de CO₂-set tijdens de meting aan blijft staan door een vaste branderstand in te stellen. Bij sommige installaties kan de druk in de darmen namelijk variëren met de branderstand.

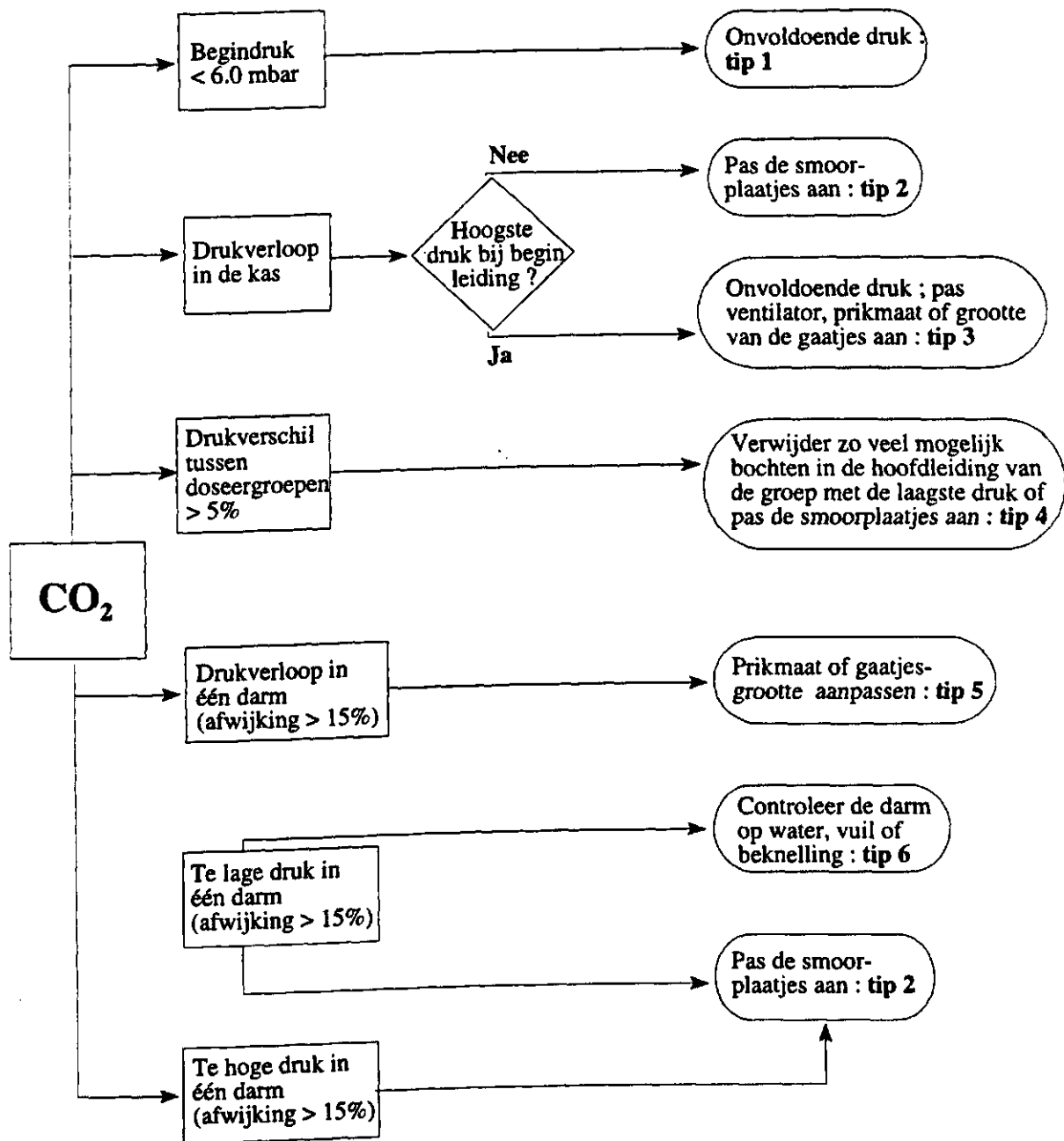
Schrijf alle gemeten waarden in een plattegrond van het bedrijf zodat afwijkende darmen snel terug te vinden zijn. Uit een plattegrond met meetwaarden wordt ook snel duidelijk of er een verloop aanwezig is in de kas, bijvoorbeeld een hoge druk voorin de kas en een lage druk achterin.

4.3.2 Oorzaken en oplossingen zoeken

Verschillen in druk in de CO₂-doseerdarmen worden vaak veroorzaakt door vuil, bekneling, scheuren of condenswater in de leidingen. Let hierop gedurende de teelt en controleer dit zo mogelijk vóór het meten. Let ook op verschillen in druk in gedeelten van de kas, zoals bijvoorbeeld drukverschil links of rechts van het middenpad, voor- of achterin de kas en aan het begin of eind van een CO₂-doseerdarm. Voor een goede CO₂-dosering is een minimale begindruk in de darmen van 6.0 mbar vereist. Een druk van 1 mbar is hetzelfde als een druk van 1 cm waterkolom. Bij voldoende druk zullen gewasresten en vruchten de darmen minder snel afknellen. Wanneer de druk in een darm niet veel verloopt is de prikmaat goed afgestemd op de ventilatorcapaciteit. Voor een goede drukverdeling mag de druk in afzonderlijke darmen niet meer dan 15% afwijken van de gemiddelde druk, darmen die hiervan afwijken moeten worden aangepast.

Met behulp van een schema kunt u oorzaken en oplossingen zoeken voor een ongelijke drukverdeling in de CO₂ doseerdarmen (zie schema 4). De meest voorkomende situaties en oplossingen worden hierin behandeld, maar het kan voorkomen dat op uw bedrijf de situatie anders is. Wanneer de oorzaak van een slechte verdeling niet gevonden kan worden, raadpleeg dan uw installateur. Laat bij erg grote verschillen uw CO₂ verdeelsysteem narekenen of opnieuw uitrekenen.

Schema 4 : Oplossen CO₂ verschillen



- Tip 1 :** Bij een te lage druk aan het begin van de darm is de kans groot dat er een lek of waterophoping is in de aanvoerleiding. Er zal een verschil ontstaan in druk ten opzichte van andere hoofdleidingen. Waterophoping is te zien aan een drukmeting die fluctueert en/of het meten van een plotseling lagere druk, gemeten van voor naar achter. Waarschijnlijk is er een verzakking in de aanvoer, waar water in staat. Het kan ook voorkomen dat darmen worden afgekneld door gewasresten of vruchten, waardoor de CO₂-verdeling niet overal gelijk zal zijn. Een te lage druk kan ook te maken hebben met een verkeerde installatie. Scherpe bochten in de aanvoer geven veel weerstand en verlagen hierdoor de druk in de leiding. Haal overbodige bochten weg of probeer ze te vervangen door flauwe bochten. Controleer de werking van de ventilator. Staat de ventilator verkeerd om? Blijft de druk te laag dan zal een ventilator met een grotere capaciteit nodig zijn. Overleg met uw installateur.
- Tip 2 :** Bij een duidelijk drukverloop in de kas, bijvoorbeeld wanneer de druk in het midden van de kas het hoogst is, zijn de smoorplaatjes waarschijnlijk niet goed berekend. Vaak wordt na installatie het doseersysteem niet meer nagemeten. Wanneer een klein aantal darmen afwijken kunnen de smoorplaatjes eventueel handmatig worden aangepast. Bij een te lage druk moet de opening worden vergroot, doe dit voorzichtig, eerst een klein stukje groter en dan opnieuw meten. Bij een te hoge druk moet een smoorplaatje met een kleinere opening worden gebruikt. Wijken veel darmen af dan is het beter om de smoorplaatjes opnieuw te laten berekenen en aanleggen.
- Tip 3 :** Een hoge druk bij het begin van de hoofdleiding en een lage druk bij het einde wordt veroorzaakt door te weinig druk in het systeem. De ventilator en de prikmaatafstand zijn niet goed op elkaar afgestemd. Is de prikafstand misschien te klein ? Het vergroten van de prikafstand geeft een hogere druk, maar de doseercapaciteit neemt af. Wanneer te weinig wordt gedoseerd kan de druk in de hoofdleiding mogelijk worden verhoogd door bochten weg te nemen of door een goede afwatering. Controleer ook de werking van de ventilator. Als laatste oplossing kan gekozen worden voor een grotere ventilator. Overleg met uw installateur.
- Tip 4 :** Bij veel bedrijven wordt de CO₂ vanaf de aanvoer via verschillende hoofdleidingen links en rechts van het middenpad verdeeld. Vaak is één van deze leidingen langer of heeft meer bochten. Wanneer de smoorplaatjes hierop niet zijn aangepast ontstaan drukverschillen. Dit geldt natuurlijk ook wanneer de kas voor het CO₂-verdeelsysteem op een andere manier is opgedeeld. Pas de installatie zeker aan wanneer het verschil tussen de doseergroepen meer dan 5% is. Verschillen ontstaan waarschijnlijk door bochten in de leidingen of door verzakking en vochtophoping. Verwijder zo veel mogelijk bochten in de hoofdleiding van de groep met de laagste druk, pas de diameter van één van de leidingen aan of laat de smoorplaatjes opnieuw berekenen. Ook het aanbrengen van een klep waarmee de verdeling over de hoofdleidingen links en rechts van het middenpad handmatig ingesteld kan worden kan een oplossing zijn.
- Tip 5 :** Een drukverloop binnen één darm geeft verschil in CO₂-verdeling binnen een pad en dus productiever verschillen. Waarschijnlijk zijn de prikmaat of de grootte van de

gaatjes niet goed op elkaar of op de ventilatorcapaciteit afgestemd, pas dit aan. Bij een vergroting van de prikafstand wordt de druk hoger. Het is wel belangrijk dat voldoende wordt gedoseerd, eventueel moet de ventilatorcapaciteit worden aangepast.

Tip 6 : Meestal wordt een lage druk in afzonderlijke darmen veroorzaakt door scheuren, beknelling van gewasresten of vruchten, vervuiling of condenswater in de darm of in de hoofdleiding. Probeer de oorzaak weg te nemen en let gedurende de hele teelt op dat darmen niet afknellen, knikken of vervuilen. Veel water in de leidingen geeft een ongelijke verdeling en onregelmatige toevoer van CO₂. Zorg voor afvoer van het condenswater. Dit kan bijvoorbeeld door darmen met een ophangflap boven de grond te hangen. Deze darmen hebben gaatjes onderin. Blijft de druk afwijken dan is het smoorplaatje waarschijnlijk de boosdoener, pas dit aan.

Het is erg belangrijk dat de temperatuur van de rookgassen zo laag mogelijk is. Dit kan alleen bij een optimaal werkende condensor. Dit zorgt er tevens voor dat de doseercapaciteit hoog is. Een lagere temperatuur van de rookgassen geeft een lager volume, waardoor er meer rookgassen per uur door het systeem kunnen.

5. PADREGISTRATIE

5.1 INLEIDING

Een andere manier om klimaatverschillen in beeld te brengen is met behulp van padregistratie. Er zijn inmiddels een aantal padregistratiesystemen op de markt. Bij elk systeem worden per pad diverse oogstgegevens geregistreerd. Uit deze productiegegevens komen verschillen in opbrengst naar voren, die aanwijzingen geven voor verschillen in klimaat. Wanneer de oorzaken van deze verschillen worden gevonden en een gelijkmatiger klimaat wordt gerealiseerd zal de totale opbrengst stijgen.

Bedrijven die gebruik maken van padregistratie verzamelen een grote hoeveelheid informatie die niet altijd op een eenvoudige manier beoordeeld kan worden. Hoewel de meeste bedrijven met padregistratie de productie weten van elk pad worden vaak alleen gegevens over arbeid gebruikt. Door inzicht in arbeid en productie kan veel winst worden behaald, maar veel andere waardevolle informatie blijft zo onbenut. Uit de productiegegevens kan precies worden afgelezen hoe groot de opbrengstverschillen per pad zijn. Uit onderzoek op een klein aantal bedrijven blijkt dat in een kas productieverschillen tot 20% voorkomen. Gebaseerd op de ervaringen van twee jaar bestaat de indruk dat op deze bedrijven de totale productie met ongeveer 5% kan worden verhoogd wanneer alle paden met een te lage productie naar het gemiddelde niveau kunnen worden gebracht. Het is niet waarschijnlijk dat dit alleen voor de onderzochte bedrijven geldt, productieverschillen in een kas zijn groot en komen overal voor.

Oorzaken van deze verschillen zijn niet eenvoudig aan te geven, maar uit onderzoek is gebleken dat de factoren temperatuur, licht en CO₂ een grote invloed hebben op de productie. Behalve het klimaat spelen ook andere factoren een rol, zoals bijvoorbeeld arbeid. Gewasverzorging en wijze van oogsten hebben natuurlijk ook invloed op de productie.

Een nadeel van de huidige padregistratiesystemen is dat verschillen binnen een pad niet tot uiting komen, terwijl de klimaatverschillen van de gevel naar het pad vaak erg groot zijn. Om opbrengstverschillen en klimaatverschillen optimaal te kunnen vergelijken zal een pad in stukken moeten worden verdeeld, zodat de opbrengstverschillen binnen een pad ook tot uitdrukking komen.

Om inzicht te krijgen in productieverschillen is het belangrijk de grote hoeveelheid gegevens zo te verwerken dat oorzaken gevonden kunnen worden. Met behulp van een spreadsheet programma (zoals bijvoorbeeld Lotus of Excell), kunnen op een relatief eenvoudige manier grafieken en tabellen worden gemaakt die een overzichtelijk beeld geven van de productieverschillen gedurende het seizoen.

Het analyseren van de productiegegevens kost wat tijd, maar een gelijkmatiger klimaat zal de productie op uw bedrijf altijd verhogen. Het volgende gedeelte van deze handleiding wil u hierbij op weg helpen.

5.2 VERWERKEN VAN DE PRODUCTIEGEGEVENS

Voor het verwerken van de productiegegevens op de volgende manier is een spreadsheetprogramma gebruikt. De gegevens zijn op het PBG verwerkt met behulp van LOTUS, maar vergelijkbare programma's kunnen ook worden gebruikt. Wanneer u niet beschikt over een dergelijk programma, sla de volgende hoofdstukken dan niet over. Met behulp van de gegeven informatie kunt u ook op andere manieren tot resultaat komen.

Stap 1 Invoeren van de gegevens

Begin met het invoeren van de productiegegevens per pad. Dit kan bij sommige systemen door de productie per pad in een ASCII bestand in te lezen. Dit bestand kan vervolgens worden ingevoerd in LOTUS. Wanneer dit niet mogelijk is moet de productie handmatig worden ingevoerd. Doe dit zo mogelijk per maand of voor meerdere maanden tegelijk, dit kost minder tijd. Let goed op ontbrekende paden of producties, bij de analyse gaat het immers ook om verschillen per pad.

Stap 2 Productiegegevens in tabellen zetten

Maak een aantal tabellen door de productie per pad om te rekenen naar :

1. Totale productie per m² (oogst in kilo's per pad van alle oogstperioden optellen en omrekenen naar oogst per m²)
2. Gemiddelde van de totale productie per m² (zie voorbeeld 10)
3. Totale en gemiddelde productie in voorjaar (vanaf eerste oogst tot bijvoorbeeld week 20)
4. Totale en gemiddelde productie in zomer (bijvoorbeeld vanaf week 20 tot einde oogst)
5. Totale en gemiddelde productie per tralie (tel de totale oogst per pad van alle paden in één tralie bij elkaar op)
6. Totale en gemiddelde productie per 'soort' pad (zie voorbeeld 11).
7. Totale en gemiddelde productie per verwarmingsgroep en/of kraanvak en/of luchttingsgroep etc. (afhankelijk van de verdeling van de diverse groepen)

Voorbeeld 10 : Door het gemiddelde van een aantal paden te berekenen worden grote verschillen tussen direct naast elkaar gelegen paden afgevlakt en ontstaat inzicht in patronen in de kas. Dit kan het best als volgt gebeuren : bereken het gemiddelde van een vast aantal paden en schuif dit telkens één cel op. Neem het aantal paden per tralie als vast aantal. Met 4 paden in een tralie gaat dit als volgt :

padnr.	productie	gemiddelde	
1	85,4		
2	86,3		
3	95,4	88,6	(gemiddelde van pad 1 t/m 4)
4	87,1	88,3	(gemiddelde van pad 2 t/m 5)
5	84,2	87,5	(gemiddelde van pad 3 t/m 6)
6	83,4	85,6	(gemiddelde van pad 4 t/m 7)
7	87,8	83,6	(gemiddelde van pad 5 t/m 8)
8	78,9	84,7	(etc.)

Bij 6 paden per tralie : neem het gemiddelde van 6 paden en schuif dit telkens één cel op. Het gemiddelde van de eerste en de laatste paar cellen kan niet worden berekend.

Voorbeeld 11 : De ligging van het pad in de tralie kan invloed hebben op de productie, soms zijn de paden naast de poot bijvoorbeeld smaller, waardoor de productie daar lager is. Om productieveverschillen te vinden die veroorzaakt worden door de plaats van een pad in een tralie is het handig om de productie van alle soortgelijke paden te vergelijken. Voeg een extra kolom in en geef hier elk pad een 'plaats'-nummer, sorteer daarna op plaatsnummer. Met 4 paden in een tralie gaat dat als volgt :

padnr.	plaats	productie	padnr.	plaats	productie
1	1	85,4	1	1	85,4
2	2	86,3	5	1	84,2
3	3	95,4	9	1	88,6
4	4	87,1	2	2	86,3
5	1	84,2	6	2	83,4
6	2	83,4	10	2	83,8
7	3	87,8	3	3	95,4
8	4	78,9	7	3	87,8
9	1	88,6	4	4	87,1
10	2	83,8	8	4	78,9

Vervolgens kan de totale productie of het gemiddelde van plaats 1, 2, 3 en 4 worden berekend en vergeleken. Bedenk hierbij dat kleine verschillen niet betrouwbaar hoeven te zijn, ze geven wel een aanwijzing voor oorzaken die mogelijk kunnen worden aangepakt.

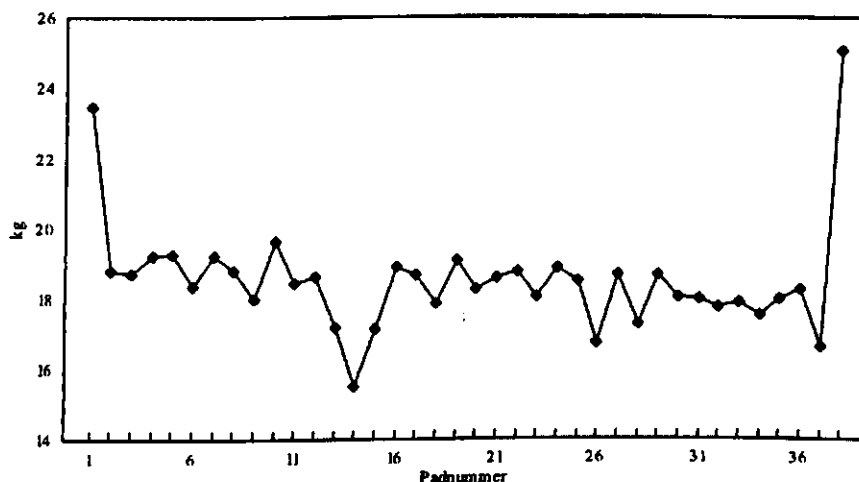
Stap 3 Grafieken maken

Grafieken geven een beter inzicht in productieveverschillen over meerdere paden dan rijtjes getallen, maak daarom van de tabellen een grafiek. Om de invloed van plaats in de kas te beoordelen moet de productie links en rechts van het middenpad worden gesplitst. Maak de grafiek zo dat tegenoverliggende paden op dezelfde plaats in de grafiek staan, en vergelijk de producties. Bij een groot aantal paden is het beter om aparte grafieken te maken van elk gedeelte van de kas.

5.3 BEOORDELEN VAN DE PRODUCTIEVERSCHILLEN

Vergelijk de grafieken en gegevens van de totale productie, de productie in het voorjaar en in de zomer en de gemiddelde productie. Bepaal de hoogste en de laagste productie (geen gevelpaden) dit geeft de grootte van de verschillen aan en daarmee ook het belang van het oplossen van de verschillen. Omdat het klimaat niet sterk per pad kan verschillen is het beter om de productie per tralie of groep tralies te vergelijken.

Productie per pad :



Grafiek 1 : Oogst in kg/m² van week 10 t/m week 41

Grafiek 1 geeft een voorbeeld van productie per pad. De verschillen kunnen te maken hebben met verschillen in gewasverzorging of oogsten wanneer dit per pad door verschillende werknemers wordt gedaan. U kunt dit uitproberen door in (een gedeelte van) de kas elke werknemer een vast pad te geven en de productie aan het einde van het seizoen te vergelijken.

Verschillen tussen paden kunnen ook veroorzaakt worden door verschillen in licht. De ligging van een pad in een tralie heeft meestal invloed op de hoeveelheid licht, de paden aan weerszijden van de poot zijn bijvoorbeeld breder en de planten krijgen hier dus meer licht. In sommige paden zijn meer schaduwgevendende delen, zoals bijvoorbeeld ventilatoren. Let ook op de verdeling van de gewasdraden, is dit erg ongelijk dan zal ook de hoeveelheid licht per plantrij verschillen. Meestal hebben gevelpaden een veel hogere productie door de grotere hoeveelheid licht, zie grafiek 1. Bij het berekenen van een gemiddelde kunnen gevelpaden ook beter niet worden meegerekend omdat ze een vertekend beeld geven van de werkelijke productie. Meer licht betekent altijd meer productie, ook 's zomers is dit het geval !

Verschillen over meerdere paden :

Een golfpatroon in de grafiek duidt op (langdurige) klimaatverschillen, waarschijnlijk door verschillen in temperatuur of CO₂. Voor klimaatinvloeden moet gekeken worden naar de grote lijnen. Er ontstaat een duidelijker beeld wanneer bijvoorbeeld per tralie wordt gemiddeld.

Vergelijk voor klimaatinvloeden drie grafieken: gemiddelde productie in de zomer, in het voorjaar en totaal.

Wanneer de productie in het voorjaar in een gedeelte van de kas lager is en dit is in de zomer niet meer het geval, wijst dit op temperatuurverschillen. Bij een lagere temperatuur zal de oogst later beginnen, temperatuur beïnvloedt immers de vroegheid van een gewas. Vaak wordt deze achterstand in de zomer (gedeeltelijk) weer ingelopen, waardoor dit verschil in de totale productie niet zo duidelijk zal zijn. Vergelijk de productiecijfers met de temperatuurmetingen (zie hoofdstuk 3).

Een hogere productie in het voorjaar met een lagere productie in de zomer wijst ook op verschillen in temperatuur. De vroegheid in het begin van het seizoen veroorzaakt door een hogere temperatuur wordt bij sommige gewassen 'ingehaald' in de zomer door een iets lagere productie.

Een hoge of lage totale productie of productie in de zomer op plaatsen waar in het voorjaar geen verschillen waren, duiden op verschil in CO₂ verdeling. In het begin van het seizoen is CO₂ meestal niet de beperkende factor voor de groei van de plant, waardoor verschillen in CO₂ niet naar voren komen. In de zomer, bij voldoende licht, kan CO₂ wel de beperkende factor worden, en gaan paden met een lagere CO₂ concentratie achterlopen in productie. Meet de CO₂ drukverdeling en vergelijk deze meting met de productiegegevens (zie hoofdstuk 4).

Verschillen in de zomer, met name bij hoge temperaturen, kunnen ook wijzen op een ongelijkmatige watergift. Wanneer een gedeelte van de kas onvoldoende water krijgt bij hoge temperaturen, wordt de verdamping beïnvloed, en daarmee ook de productie. Vergelijk de productie per kraanvak en controleer eventueel de drukverschillen in het watergeefstelsel. Dit kan bijvoorbeeld door bij een aantal paden met een hoge productie en bij paden met een lage productie in bijvoorbeeld koffiebekertjes de watergift op te vangen en te vergelijken.

Niet alle verschillen in productie zullen veroorzaakt zijn door het klimaat, en ook niet alle productieverschillen zijn op te lossen. Aan bijvoorbeeld de kasconstructie valt weinig te veranderen. Klimaatverschillen die niet evenwijdig lopen met de padrichting worden op deze manier niet duidelijk. Hiervoor zou het pad in stukken moeten worden verdeeld.