proefstation voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond

Benutting afvalwarmte bij vollegronds teelten

Deel I

Utilization of waste heat for outdoor crops

Part I

samenstelling: ing. J.A. Schoneveld

verslag nr. 57
november 1986

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0968 4735

PROEFSTATION agv LELYSTAD

Edelhertweg 1, postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200 - 22714

JSN serie: 57053

INHOUDSOPGAVE blz.

VOORWOORD 1

1. INLEIDING 2
   1.1 Aanleiding tot het onderzoek 2
   1.2 Historie 2
   1.3 Doel en opzet van het onderzoek 5
   1.4 Inhoud van het rapport 6

2. LITERATUUR OVERZICHT 8

3. HET ONDERZOEK 12
   3.1 Het samenwerkingsverband 12
   3.2 De gewassenkeuze 12
   3.3 Het proefveld 14
      3.3.1 Opzet 14
      3.3.2 Bodem van het proefveld 16
      3.3.3 Warmteoverdracht 18
      3.3.4 Beregening 21
      3.3.5 Meten en registreren 22

4. GROEIOMSTANDIGHEDEN 1982 t/m 1985 24
   4.1 Het weer in de proefjaren 24
   4.2 Bodemtemperaturen 33
   4.3 Bodemvocht 39
   4.4 Grondwaterstandsdiepte 39
   4.5 Temperatuur op grotere diepte 40
   4.6 Effect van plasticfolie bedekking op de temperatuur 42

5. INVLOED BODEMVERWARMING OP DE BODEM, WORTELGROEI EN ONKRUIDVEGETATIE 46
   5.1 Invloed bodemverwarming op bodem 46
      5.1.1 Chemische bodemvruchtbaarheid 46
      5.1.2 Fysische bodemvruchtbaarheid 47
      5.1.3 Biologische activiteiten 48
   5.2 Invloed bodemverwarming op de wortelontwikkeling 49
   5.3 Invloed bodemverwarming op de onkruidvegetatie 58

PROEFSTATION VOOR DE AKKERBOUW EN DE GROENTETEELT IN DE VOLLEGROND

BENUTTING AFVALWARMTE BIJ VOLLEGRONDSTEELTEN DEEL I

Utilization of waste heat for outdoor crops part I

Samenstelling: J.A. Schoneveld
Redactie : H. Bosch

Bijdragen van:	F.B.M. ter Beke	PAGV	Lelystad
	R. Booij	PAGV	Lelystad
	C.B. Bus	PAGV	Lelystad
	A. Darwinkel	PAGV	Lelystad
	W.A. Dekkers	PAGV	Lelystad
	J. Hoek	PAGV	Lelystad
	J. Jonkers	PAGV	Lelystad
	C.F.G. Kramer	PAGV	Lelystad
	P. Nicolaï	PAGV	Lelystad
	J.A. Schoneveld	PAGV	Lelystad
	B.W. Veen	CABO	Wageningen
	R.A. Feddes	ICW	Wageningen
	J.G. Wesseling	ICW	Wageningen
	M. Bouwman	PBSG	Boskoop
	M.J. Joustra	PBSG	Boskoop
	J. Dijkstra	PFW	Wilhelminadorp
	S.J. Wertheim	PFW	Wilhelminadorp

Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond,
Edelhertweg 1, postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200-22714
Centrum voor Agrarisch Biologisch Onderzoek,
Bornesteeg 65, postbus 14, 6700 AA Wageningen, tel. 08370-19012
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding,
Marijkeweg 11, postbus 35, 6700 AK Wageningen, tel. 08370-19100
Proefstation voor Boomteelt en Stedelijk Groen,
Valkenburgerlaan 3, postbus 118, 2770 AC Boskoop, tel. 01727-3220
Proefstation voor de Fruitteelt Wilhelminadorp,
Brugstraat 51, 4475 AN Wilhelminadorp, tel. 01100-16390

blz.

6. INVLOED BODEMVERWARMING OP DE GEWASSEN 61
6.1 Aardbei 61
6.1.1 Plantenvermeerdering 61
6.1.2 Consumptieteelt normale rassen 63
6.1.3 Consumptieteelt doordragende aarbeirassen 71
6.2 Vroege consumptieaardappel en cv. Eersteling 74
6.3 Andijvie 83
6.4 Augurk 86
6.5 Bloemkool 92
6.5.1 Herfstbloemkool 92
6.5.2 Winterbloemkool 95
6.6 Zomergerst 98
6.7 Peen 101
6.8 Prei 110
6.8.1 Zomerprei 110
6.8.2 Winterprei 115
6.9 Kropsla 120
6.9.1 Vroege kropsla 120
6.9.2 Zomersla 123
6.9.3 Herfstsla 124
6.10 Snijmais 127
6.11 Spinazie 130
6.11.1 Voorjaarsspinazie 130
6.11.2 Zomerspinazie 131
6.11.3 Herfstspinazie 132
6.12 Suikerbieten 135
6.13 Witlof 139
6.14 Vruchtbomen 142
6.14.1 Pruimestekken 142
6.14.2 Appelbomen 142
6.15 Boomkwekerijgewassen 145
6.15.1 Acer platanoides 148
6.15.2 Acer pseudoplatanus 149
6.15.3 Fagus sylvatica 151
6.15.4 Fraxinus excelsior 151
6.15.5 Forsythia intermedia "Spectabilis" 153
6.15.6 Platanus acerifolia 155
6.15.7 Platanus orientalis klonen 157
6.15.8 Ribes alpinum 158
6.15.9 Cedrus atlantica "Glauca" 159

blz.

6.16 Samenvatting gewasreacties 166
6.16.1 Verschillen in gewassen 166
6.16.2 Vergelijkingsmogelijkheden 167
6.16.3 Effecten van bodemverwarming 168

7. WARMTEAFGIFTE 176
7.1 Inleiding 176
7.2 Methode en middelen 176
7.3 Resultaten 177
7.4 Conclusies 180

8. ECONOMISCHE EVALUATIE 182
8.1 Investeringen en jaarlijkse kosten 182
8.1.1 Inleiding 182
8.1.2 Uitgangspunten voor begrotingen 184
8.1.3 Investeringen en jaarkosten verbonden aan een grondverwarmingsinstallatie zonder aan- en afvoer 185
8.1.4 Investeringen en jaarkosten van een aan- en afvoersysteem per km afstand van afvalwarmteleverancier tot afnemer ... 188
8.1.5 Conclusies 191
8.2 Saldi en saldiverschillen van groente- en akkerbouwgewassen 193
8.2.1 Inleiding 193
8.2.2 Markt en prijs 193
8.2.2.1 Prijs in de loop van het jaar 193
8.2.2.2 Prijsverloop per jaar 197
8.2.2.3 Prijzen voor de verschillende sorteringen resp. kwaliteiten 198
8.2.2.4 Gehanteerde prijzen ter berekening van de bruto-geldopbrengsten 199
8.2.3 Werkwijze saldoberekeningen 201
8.2.4 Saldi, teeltduur en verschillen in saldi 203
8.2.5 Conclusies 206
8.3 Saldi boomteeltgewassen 207
8.3.1 Markt en prijs 207
8.3.2 Bruto-geldopbrengsten 207
8.3.3 Toegerekende kosten 209
8.3.4 Saldi 209
8.3.5 Conclusies 211

blz.

8.4 Rendabiliteit grondverwarming op een groenteteeltbedrijf (incl. aardbeien) 212
8.4.1 Inleiding 212
8.4.2 Uitgangspunten bedrijfsbegrotingen 213
8.4.2.1 Mogelijke teeltactiviteiten vruchtwisseling 213
8.4.2.2 Arbeidsorganisatie en vaste kosten 215
8.4.3 Resultaten bedrijfsprogrammeringen 216
8.4.4 Conclusies 221

9. NABESCHOUWING, CONCLUSIES, AANBEVELINGEN 222
9.1 Inleiding 222
9.2 Beperkingen van de proefplaats 222
9.3 Conclusies 224
9.4 Aanbevelingen 228

SAMENVATTING 229

SUMMARY 236

LITERATUUR 242

BIJLAGEN (in aparte bundel te bestellen bij PAGV)
met gedetailleerde gegevens bij de hoofstukken:
4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7, 6.8, 6.9, 6.11, 6.12, 6.13, 6.15, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4

VOORWOORD

Voor u ligt de eindrapportage over het onderzoek naar de effecten van de toepassing van afvalwarmte in vollegrondsteelten.
Aan het feitelijke onderzoek is een lange periode van overleg voorafgegaan waarbij diverse proefstations en instituten, Provinciaal Electriciteits Maatschappij Gelderland en Nederlandse Energie Ontwikkelingsmaatschappij betrokken waren.
Met overheidssubsidie voor energieonderzoek en met financiële steun van de Europese Gemeenschap, Direktoraat Generaal-XVII, is het onderzoek uitgevoerd. De proef is officieel gestart op 8 mei 1982 met het ontsteken van de verwarmingsketel voor het produceren van water van 30 °C ter simulatie van het koelwater van de Flevocentrale door ir W.F.S. Duffues, directeur Akker- en Tuinbouw.

Een multidisiplinaire werkgroep bestaande uit onderzoekers van instituten en proefstations heeft het veldonderzoek uitgevoerd onder de energieke leiding van projectleider ing. P. Nicolaï. De medewerkers van het proefbedrijf hebben de vele werkzaamheden uitgevoerd en de medewerkers van de Technische Fysische Dienst Landbouw hebben de regelmatig optredende technische problemen met deze experimentele installatie steeds weer weten op te lossen. Voor de uitvoering van het onderzoeksprogramma zijn mw. ing. E. Matthijsen, ing. H. Pijnenburg en ing. F.B.M. ter Beke, als technische onderzoekers speciaal voor het project werkzaam geweest. Speciaal vermeld dient ook ing. J.A. Schoneveld te worden, die na de functiewisseling van ing. P. Nicolaï het projectleidersschap op voortreffelijke wijze heeft overgenomen en zorg heeft gedragen voor de totstandkoming van de eindrapportage.

De koppeling van het experimentele met het modelmatige onderzoek naar warmtetransport, opslag en overdracht in de grond door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding leidt tot meer algemene interpretatiemogelijkheden van de gegevens. Dit zal in een afzonderlijke publikatie (deel II) worden weergegeven.
De aan het veldonderzoek gekoppelde bedrijfseconomische studie is een waardevolle bijdrage om een goede afweging met betrekking tot toepassingsmogelijkheden te maken.

Alle betrokkenen bij dit onderzoek wil ik dank zeggen voor hun inzet en medewerking. De resultaten van dit onderzoek zullen van nut zijn bij beslissingen over bodemverwarming bij zowel vollegronds als beschermde teelten.

dr ir J.H.J. Spiertz

directeur

1. INLEIDING

P. Nicolai

1.1. Aanleiding tot het onderzoek

De directe aanleiding tot het onderhavige onderzoek was de energiecrisis in 1973, waardoor duidelijk werd dat wij niet langer onbeperkt over goedkope energie kunnen beschikken en dat wij uit fossiele energie [1] een laag rendement halen.
Bij de omzetting van fossiele energie in kracht, zoals dit onder andere plaatsvindt bij de opwekking van electriciteit, gaat circa 60% van de ingebrachte energie verloren. Het komt, gebonden aan rookgassen en koelwater, in het milieu terecht. Dit betekent zowel een thermische vervuiling van het milieu als een aanzienlijk energieverlies. De noodzaak tot onderzoek naar wegen om deze verliezen te beperken is daarom groot.
De met het koelwater wegvloeiende energie wordt AFVALwarmte genoemd. Het heeft een temperatuur die 8-10°C hoger ligt dan die van het omringende oppervlaktewater, met een maximum van circa 35°C. Het wordt als een afvalprodukt beschouwd en is daardoor "waardeloos". Daarnaast kennen we ook RESTwarmte. Dit is warmte die op het gewenste temperatuurniveau aan een opwekkingsproces van kracht wordt onttrokken en daardoor wel een zekere waarde vertegenwoordigt. Het temperatuurniveau kan varieren van 40 tot ruim 100°C.
Onderzoek naar rendabel gebruik van afvalwarmte lijkt, gezien de hoeveelheid waarom het gaat, in een energiebesparingsprogramma te passen. Bovendien blijkt, uit eerder verricht onderzoek, dat tenminste technisch de mogelijkheden aanwezig zijn om ook in de vollegrond tuinbouwgewassen te vervroegen en/of tot een hogere produktie te brengen.

1.2. Historie

Na een aantal verkennende gesprekken tussen vertegenwoordigers van de Provinciale Gelderse Electriciteits-Maatschappij en het Ministerie van Landbouw en Visserij is medio 1977 de "Overleggroep benutting rest- en afvalwarmte in de tuinbouw" ingesteld.

1) fossiele energie: kolen, olie, gas

Deelnemers aan het overleg waren vertegenwoordigers van:
de Directie Akkerbouw en Tuinbouw, Ministerie van Landbouw en Visserij;
het Instituut van Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen;
de Provinciale Gelderse Electriciteits-Maatschappij;
het Consulentschap voor Bedrijfsuitrusting en Arbeid;
het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond;
het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk;
het Proefstation voor de Bloemmisterij in Nederland te Aalsmeer;
de Provinciale Landbouwkundige Dienst Gelderland (tijdelijk);
de Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij (in later stadium); het Landbouw Economisch Instituut.

De opdracht van de overleggroep was aanbevelingen te doen omtrent:
- de wenselijkheid van onderzoek;
- eventuele richting en inhoud hiervan;
- de benodigde middelen;
- eventuele bronnen voor financiering.

Het lage temperatuurniveau maakt afvalwarmte ongeschikt voor direct gebruik in de glastuinbouw. Om deze reden heeft de overleggroep haar opdracht tweeledig opgevat: enerzijds de aanbevelingen voor onderzoek betreffende de toepassing van afvalwarmte bij vollegrondsteelten en anderzijds die van restwarmte in de glastuinbouw. Wij bepalen ons hier tot afvalwarmte in de vollegrond.
Door de aanwezigheid van zoveel verschillende disciplines in de overleggroep was het mogelijk de zaak vanuit diverse relevante invalshoeken aan te pakken. Dit gevoegd bij resultaten van eerder verricht onderzoek en bevindingen uit een aantal studiereizen naar ons omringende landen, waar reeds onderzoek was gestart, maakte het mogelijk dat de overleggroep in het najaar van 1978 reeds haar advies kon uitbrengen.
Zij was van mening dat onderzoek naar de benuttingsmogelijkheden van afvalwarmte bij teelten in de vollegrond in Nederland gewenst is.
De situatie hier te lande is zowel wat betreft het klimaat als de teeltomstandigheden zodanig verschillend van eerder verrichte en thans in het buitenland lopende onderzoeken dat hier aanvulling nodig was. Bovendien waren niet altijd de meest in aanmerking komende gewassen in het onderzoek opgenomen.
Het onderzoek moest multidisciplinair worden aangepakt op één proeflocatie, gelegen op het terrein van het PAGV in Lelystad. De afstand tot de Flevocentrale van de PGEM zou dan zo klein mogelijk zijn.
De overleggroep achtte een periode van minimaal 3 jaar nodig om uit het onderzoek de eerste praktisch bruikbare resultaten te kunnen halen.

Om het onderzoek uit te voeren bepleitte de overleggroep om personeel en middelen vrij te maken bij de te participeren instellingen, cq extra mensen aan te stellen en middelen ter beschikking te stellen.
Om aan dat laatste tegemoet te komen was inmiddels bij de EG, Directoraat Generaal Energiezaken, te Brussel een subsidie aangevraagd in verband met de kosten van aanleg van het proefveld en de uitvoering van het onderzoek.
Naast de aanbevelingen heeft de overleggroep een duidelijke aanzet gegeven voor de opzet en de richting van het onderzoek. Op basis waarvan ze ook een (grove) kostenraming heeft opgesteld.

Op grond hiervan en de toezegging van de EG om een belangrijk deel (40%) van de kosten te subsidiëren besliste de directie Akker en Tuinbouw van het Ministerie van Landbouw en Visserij tot de instelling van een projectgroep om het onderzoek verder voor te bereiden en eventueel uit te voeren. Dit laatste afhankelijk van het feit of uit "nationale middelen" de resterende 60% der kosten kon worden gefinancierd.

In de projectgroep hadden medewerkers zitting van:
- het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV);
- het Proefstation voor de Fruitteelt (PFW);
- het Proefstation voor de Boomteelt en Stedelijk groen (PBSG);
- het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW);
- het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO);
- het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB);
- de Vakgroep Natuur- en Weerkunde van de LH; en
- het Landbouw Economisch Instituut (LEI).

Voor het ontwerpen van de technische installatie op het proefveld is de Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw (TFDL) ingeschakeld. Deze dienst heeft de noodzakelijke proces-, meet- en registratieapparatuur ontworpen, voor een deel ontwikkeld en geconstrueerd, en het geheel geïnstalleerd. De leiding van het project is opgedragen aan het PAGV, dat voor dit onderzoek een gedeelte voor haar terrein beschikbaar moest stellen.

Eind 1981 kwam de formele opdracht voor de deelnemende instellingen om het onderzoek te starten. Het proefveld kon toen worden aangelegd.
De opdracht was comform de aanbevelingen van de overleggroep: onderzoek in 3 jaar de mogelijkheden voor rendabel gebruik van afvalwarmte in de vollegrond. Neem daarbij zoveel mogelijk in aanmerking komende gewassen in het programma op en registeer alle optredende effecten. Indien nodig moeten relevante onderzoekinstellingen alsnog in de projectgroep worden opgenomen.

Geënt op de aktiviteiten van het ICW werd daaraan toegevoegd het ontwikkelen en toetsen van modellen voor transport, overdracht en opslag van warmte en vocht in de vollegrond onder invloed van bodemverwarming. Dit om de invloed van het temperatuurniveau van het verwarmde water op de technische installatie en de optredende bodemtemperaturen te kunnen bepalen voor in de praktijk aan te leggen systemen. Een belangrijk onderdeel hierbij was het berekenen van de optimale positie van de verwarmingsbuizen: diepte, onderlinge afstand e.d. Ook kon de eventuele behoefte aan een aanvulling van de vochtvoorraad in de bodem door beregening worden bekeken.

Het onderzoek is overeenkomstig de opdracht uitgevoerd. Door vertraging bij de aanleg van het proefveld is het voorjaar van 1982 voor het onderzoek verloren gegaan. De bodemverwarming is toen pas gestart op 8 mei, terwijl de gewassen al in begin april waren geplant of gezaaid. Daardoor heeft de periode van onderzoek van 3 jaar zich uitgestrekt van zomer/herfst 1982 tot zomer/herfst 1985.

1.3. Doel en opzet van het onderzoek

De centrale vraag is: kan afvalwarmte van electriciteitscentrales en van industriële processen op een economisch verantwoorde wijze worden gebruikt voor bodemverwarming in de vollegrond?
Om op deze vraag een antwoord te kunnen geven kent het onderzoek een aantal doelen:

- De reactie bepalen van gewassen op een verhoogde bodemtemperatuur bij de teelt in de vollegrond onder Nederlandse klimatologische omstandigheden. Mogelijke reacties zijn groeiduurverkorting met als resultaat vervroeging in het voorjaar, verlating in het najaar en/of produktieverhoging.
- Het onderkennen van eventueel optredende negatieve reacties en deze zo mogelijk oplossen. Hierbij valt te denken aan veranderingen van ziekte- en onkruiddruk en aan structuurbederf van de grond, wanneer deze niet of nauwelijks meer bevriest.
- Het afwegen van eventuele baten (door hogere kg prijzen bij vervroeging cq verlating of door een hogere kg-opbrengst) tegen de te maken kosten die nodig zijn voor de aanvoer van het warme water en de overdracht van de warmte aan de bodem (het buizensysteem).
- Het komen tot de mogelijkheid bodemtemperaturen te voorspellen op basis van de temperatuur van het verwarmende medium (afvalwarmte) en het verwarmingssysteem met behulp van modellen.

Of om omgekeerd te komen tot het ontwerp van een systeem als de gewenste bodemtemperatuur bekend is. Hiertoe zullen modellen moeten worden ontwikkeld en getoetst aan de situatie in het veld.
- Het is te verwachten dat ook de vochthuishouding van de bodem zal veranderen onder invloed van temperatuurveranderingen. Reden om deze analoog aan de warmtehuishouding in het onderzoek mee te nemen.

Bij de opzet van het onderzoek is gekozen voor een vorm waarmee het mogelijk moet zijn in de relatief beperkte tijd van 3 jaar voldoende gegevens te verzamelen om aan het doel te kunnen beantwoorden.
Er is een reeks gewassen in het programma opgenomen die mogelijkerwijs positief op bodemverwarming reageren. Deze gewassen worden geteeld bij drie temperatuurniveaus in de bodem: twee met verwarming en één zonder. Dit laatste als referentie voor de waarnemingen. Het effect van de temperatuurniveaus op kieming en aanslag, groei en groeiduur, fysieke opbrengst en kwaliteit is vastgelegd,alsmede de potentiële financiële opbrengst.
Het temperatuur- en vochtverloop in de bodem is op de drie niveaus tot een diepte van 1,50 m- maaiveld vastgelegd.
Bij de zaai/pootbed bereiding in het voorjaar is de bodemstructuur vastgelegd.
Het onderzoek is in enkelvoud opgezet en uitgevoerd vanwege de hoge investering in de aanleg van het proefveld. Dit heeft, zo zal later blijken, bij het uitwerken van de resultaten echter wel de nodige problemen gegeven.
Bij het meten van de bodemtemperaturen en- vochtgehalten is getracht het ontbreken van herhalingen enigszins te ondervangen door op één locatie zeer intensief te meten met een relatief hoge frequentie.

1.4. Inhoud van het rapport

De verslaglegging van het onderzoek gebeurt in 2 rapporten, t.w.:
- Benutting van afvalwarmte in de vollegrond. Deel I. Gewasreacties.
- Benutting van afvalwarmte in de vollegrond. Deel II. Procesbeschrijving.

In deel II worden de processen van warmte- en vochttransport, -overdracht en -opslag beschreven. We vinden hierin ook de formules en de ontwikkeling van modellen en de toetsing ervan aan de op het proefveld verzamelde gegevens. Deel II zal alleen in de Engelse taal verschijnen.

In dit rapport - Deel I - wordt verslag gedaan van de gewasreacties. Het bevat een economische evaluatie van de technische resultaten. Gekozen is voor een vorm van verslaglegging waarbij de projectteamleden ieder een bijdrage leveren voor dat gedeelte uit het onderzoek waarvoor ze verantwoordelijk zijn.

De aanleiding tot het onderzoek, de geschiedenis en de voorbereiding, alsmede de probleemstelling en het doel van het onderzoek worden gegeven in hoofstuk 1. In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van eerder verricht onderzoek. Een beschrijving van het onderzoek en het proefveld staan in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt een karakterisering gegeven van de groeiomstandigheden, zoals klimaat en de situatie omtrent bodemvocht en bodemtemperatuur. In hoofdstuk 5 wordt kort ingegaan op de invloed van bodemverwarming op de bodemstructuur, de onkruidvegetatie en de wortelgroei. Per gewas wordt in hoofdstuk 6 verslag gedaan van de reacties en worden conclusies getrokken op het teelttechnische vlak. Hoofdstuk 7 gaat in op de warmte-afgifte. De economische evaluatie van de technische uitkomsten staat in hoofdstuk 8. Na een integrale bespreking van de resultaten in hoofdstuk 9 worden conclusies getrokken en adviezen opgesteld. In de verschillende hoofdstukken zijn de belangrijkste gegevens samengevat vermeld. Gedetailleerde gegevens zijn in een aparte bundel samengevoegd en verkrijgbaar bij het PAGV te Lelystad onder de titel "Benutting van de afvalwarmte in de vollegrond. Bijlagen".

2. LITERATUUROVERZICHT

P. Nicolai

In 1906 werd reeds het idee gerealiseerd om met warmte uit koelprocessen de bodem te verwarmen. Op praktijkschaal werd het proces waarschijnlijk voor het eerst toegepast in Wiesmoor (Reinken, 1969). Sindsdien is er op dit gebied in verschillende landen onderzoek verricht. Reinken (1969) maakt van een aantal publikaties melding in een overzichtartikel. Ook in publikaties van Weijersberg (1979), Simon (1979), Hinze (1980) en Werning (1980) worden talrijke verwijzingen gedaan naar relevant onderzoek in het verleden.
De actualiteit van onderzoek op dit gebied wordt o.a. beschreven door Vogel e.a. (1964) en Schmid e.a. (1977).

Het systeem

Vogel (1959 en 1962) rapporteert over het gebruik van stoom en water en de te gebruiken materialen. Hard PVC met een diameter van 65 mm en een buisafstand van 90 cm zijn qua kosten het gunstigst bij een watertemperatuur tussen 25 en 45°C. Hij geeft ook optimale lengten van de buizen en stroomsnelheden van het water bij na te streven maximale temperatuurverschillen. Heijna (1978) heeft berekeningen uitgevoerd over de optimale buisdiameter, de onderlinge afstand en de verleggingsdiepte tegen de achtergrond van de te realiseren bodemtemperaturen.

De waterhuishouding

Bij bodemverwarming speelt de waterhuishouding een belangrijke rol. Door de hogere temperaturen van de bodem neemt de verdamping toe, waardoor de voor de planten beschikbare hoeveelheid vocht afneemt (Reinken, 1969; Keschawarzi, 1973 en Hinze 1980), soms met eenvierde deel. Ook Sondern (1977) waarschuwt voor uitdroging. Over de eventuele beïnvloeding van de waterhuishouding op grotere diepte is nog weinig bekend (Reinken e.a., 1978).

Warmte en vochttransport

Lee e.a. (1978) geven informatie over het warmtegeleidingsvermogen in relatie tot het vochtgehalte. Uitdroging van de grond doet het warmtegeleidingsvermogen dalen. Ook Dewalle e.a. (1977) rapporteren over de warmtestroom en de -verliezen. Elwelle e.a. (1978) onderzochten de relatie tussen temperatuur, vochtgehalte, grondsoort en warmte- en vochttransport.

Bodemtemperaturen

Uit de vele publikaties blijkt dat de bodemtemperatuur met laagwaardige (afval)warmte verhoogd kan worden. De gerealiseerde temperatuurverhoging wordt behalve door de temperatuur van het verwarmingswater duidelijk bepaald door de weersomstandigheden c.q. het jaargetijde. De diepte waarop het verwarmingssysteem zich bevindt, speelt ook een rol. Vooral het temperatuurprofiel wordt hierdoor beïnvloed. Ook de fluctuatie in temperatuur op een bepaalde diepte wordt sterk beïnvloed door de buisdiepte. De invloed naar grotere diepten is nog onbekend (Reinken e.a., 1978).

Voedingselementen in bodem en gewas

Reinken (1969) meldt een teruglopen van de gehalten aan voedingselementen in de bodem door een verhoogde bodemtemperatuur. Hinze (1980) vindt daarentegen een toename van het P- en K-gehalte. De N-mineralisatie neemt sterk toe, maar dit heeft geen invloed op het totaal N-gehalte in de bodem. Werning (1980) en Weyersberg (1979) vinden onder invloed van verhoogde bodemtemperaturen een hogere opname aan N, P en K. Het nitraat- en oxaalzuurgehalte in spinazie komen door de bodemverwarming boven de toegestane waarden (Werning, 1980). Wel is de verhoogde opname in het voorjaar veel sterker dan in de zomer. Gedurende de zomer nemen de temperatuurverschillen in de bodem tussen verwarmd en onverwarmd af onder invloed van de inkomende straling (Weyersberg, 1979).
Bij gerst vindt Mack (1965) ook een toenemende onttrekking, het sterkst bij fosfaat. Ook hij vindt seizoensinvloed (groeistadia) en een invloed van het vochtgehalte.
Een versnelde afbraak van organische stof wordt gemeld door Reinken (1969). Hinze (1980) kan dit, waarschijnlijk door het mengen van de grond bij het leggen van de buizen, niet duidelijk vaststellen.

Gewasreacties

Met bodemverwarming in de vollegrond kan bij een groot aantal gewassen de oogst worden vervroegd en/of de opbrengst worden verhoogd. Vogel (1959, 1962, 1966) maakt melding van oogstvervroeging bij sla, radijs, vroege aardappel, spinazie. Een hogere opbrengst wordt door hem gevonden bij augurk, paprika, tomaat, bloemkool (aantallen), koolrabi (vroeg). Hilkenbäumer e.a. (1975) maken melding van een vervroeging bij koolrabi. De invloed van verwarming was echter sterk weersafhankelijk. Verwarming gecombineerd met plastic folie afdekking gaf een betere invloed. De positieve invloed van deze combinatie werd ook gevonden door Vogel (1966), Wendt (div.) en Reinken e.a. (1982).

Wendt (div., 1977-1982) rapporteert over de reactie van vele groentegewassen (waaronder prei) en geeft optimumtemperaturen. Het blijkt dat te sterke opwarming van de wortelzône bij diverse gewassen negatief uitwerkt. Ook Rijkborst e.a. (1975) vinden opbrengstverhogingen c.q. vervroeging van de oogst (broccoli, aardbei, paprika, tomaat) evenals Grauby (1978). Bij asperge, aardbeien en vroege aardappelen komt hij tot kostendekkende reacties.
Vancauwenberghe - De Groote (1980) vindt bij prei een vervroeging en verhoging van de produktie, evenals een verhoogde produktie bij peen, stamslabonen en vroege aardappelen.
Tot positieve resultaten komt ook Sondern (1977). In zijn rapportage zijn vooral interessant de spectaculaire reacties van een aantal boomkwekerijgewassen (Magnolia, Acer en Descesnea).
Werning (1980) vindt bij vroege spinazie een opbrengstverhoging van 90%, ca 48 ton. Ook stamslaboon reageerde positief. Simon (1979) vindt bij aardbeien een sterke vervroeging van de oogst (3-4 weken) in combinatie met plastic folie. Vroeg geoogste planten gaan in juli weer dragen en produceren. Wel vindt hij een opbrengstvermindering in kg. Het aantal grote (klasse I) vruchten neemt echter toe. Ook bij voedergewassen wordt de produktie positief beïnvloed (Rijkborst e.a., 1975; De Walle e.a., 1977; Reinken e.a., 1982).
Bij granen wordt de afrijping vervroegd, maar de korreloogst veelal negatief beïnvloed (DeWalle e.a., 1977; Hinze, 1980). Bij suikerbieten vindt Hinze (1980) een produktietoename. Gras wordt niet positief beïnvloed door bodemverwarming. De Walle e.a. (1977) vinden een lagere opbrengst, evenals Weyersberg (1979).

Economische aspecten

Vooral Vogel (1962) en Boersma (1974) hebben aandacht besteed aan de economische aspecten. Zij komen tot de conclusie dat onder bepaalde voorwaarden de toepassing van laagwaardige (afval)warmte in de vollegrond rendabel kan zijn. Buskermolen (1979) raamde de jaarlijkse kosten verbonden aan toepassing van afvalwarmte op tenminste ƒ 1,- per m^2. Tevens geeft hij aan welke gewassen mogelijk perspectief bieden bij de gehanteerde berekeningswijze.

Analyse

De technische mogelijkheden om de bodem te verwarmen, met het doel een intensiever bodemgebruik mogelijk te maken zijn aanwezig. Een groot aantal gewassen blijkt in de vollegrond te reageren op een verhoogde bodemtemperatuur. Deels door verkorting van de groeiperiode en deels door een hogere produktie. Soms ook kunnen beide worden gerealiseerd. De kosten van de installatie om de bodem in de vollegrond te verwarmen zijn hoog. Om deze reden zullen alleen gewassen met een hoog saldo in aanmerking komen.

Voor een gelijkmatige temperatuur in de bodem is een optimale verdeling van de warmte noodzakelijk. Deze wordt in hoge mate bepaald door de uniformiteit in de dichtheid van de bodem en een voldoende hoog vochtgehalte. Uitdroging van de bodem kan een van de gevolgen van een verhoogde bodemtemperatuur zijn. Het vochtgehalte zal dan moeten worden aangevuld. Ook om voor gewasgroei voldoende vocht beschikbaar te hebben.
Op een vrij groot aantal punten moet meer duidelijkheid komen voordat een afdoend antwoord gegeven kan worden op de vraag of en onder welke voorwaarden het gebruik van afvalwarmte in de vollegrond rendabel zal zijn.
De opdracht die aan het onderhavige onderzoek ten grondslag ligt is (een stuk van) deze duidelijkheid te brengen.

3. HET ONDERZOEK

P. Nicolaï

3.1. Het samenwerkingsverband

In de beperkt beschikbare tijd moet een veelheid van informatie worden verkregen. Dat is alleen mogelijk als gelijktijdig de hiervoor toegeruste instellingen aan het onderzoek deelnemen. Met dit doel is het reeds in de inleiding gememoreerde projectteam ingesteld.
Voor het functioneren van het projectteam zijn een aantal afspraken gemaakt.
De deelnemende instellingen zijn verantwoordelijk voor dat gedeelte van het onderzoek dat normaliter tot hun werkterrein behoort. Dit geldt voor zowel de uitvoering als de ver- en bewerking en de interpretatie van de resultaten uit het onderzoek.
Voor de teeltkundige aspecten zijn dit de drie proefstations, resp. PAGV, PBSG en PFW. De vakinstituten CABO en ICW zijn verantwoordelijk op het terrein van de plantenfysiologie, bodemvruchtbaarheid en de vocht- en warmtehuishouding. Een min of meer adviserende rol wordt gespeeld door IB en de vakgroep Natuur- en Weerkunde van de LH. De TFDL was tijdens het onderzoek verantwoordelijk voor het operationeel houden van de proefinstallatie en de meet- en registratie apparatuur.
De economische evaluatie van de technische uitkomsten wordt verricht door het PAGV in samenwerking met de vakeconomen van de beide andere proefstations.
De algehele coördinatie en eindverantwoordelijkheid (projectleiding) berust bij het PAGV. Vermeld moet hier ook worden het onder verantwoording van het ICW vallende deelproject (Deel II). Het betreft hier het (verder) ontwikkelen en toetsen van modellen voor warmte- en vochthuishouding bij bodemverwarming in het algemeen en speciaal in de vollegrond. Zowel de technische en de gewasgerichte gegevens als de resultaten van de metingen op het voor het onderhavige onderzoek aangelegde proefveld zullen worden gebruikt voor de toetsing van de numerieke modellen.

3.2. De gewassenkeuze

Uiteraard kunnen niet alle gewassen in het onderzoek worden opgenomen. Daarvoor leggen tijd, financiële en personele mogelijkheden en de oppervlakte van het proefveld te veel beperkingen op. Bovendien zou het ook niet nodig zijn.
Er moet dus een keuze worden gemaakt uit een veelheid aan land- en tuinbouwgewassen. Om te kunnen kiezen zijn een aantal criteria aangelegd.
Praktisch gezien komen alleen gewassen met een hoog saldo in aanmerking.

Vervolgens zijn (met name als het gaat om teeltvervroeging en in iets mindere mate om verlating) die gewassen interessant, die naar verwacht mag worden, gunstig op een verhoogde bodemtemperatuur reageren.
Om na te gaan of een verhoogde bodemtemperatuur in de zomer zonder al te veel problemen kan worden aangehouden moeten ook kort groeiende zomergewassen in het onderzoek worden opgenomen.
Naast vroeg zaaien/planten in het voorjaar zou het mogelijk zijn dat gewassen die op het veld overwinteren door een verhoging van de bodemtemperatuur vroeger tot hergroei overgaan en daardoor eerder kunnen worden geoogst, of zelfs in de winter bij vorst kunnen worden geoogst, wanneer de grond niet bevriest om zo tot hoge prijzen te komen.
Houtige gewassen zijn opgenomen omdat daarover tot nu toe relatief weinig bekend is in relatie tot bodemverwarming, met name in de vollegrond. Bovendien zijn het dikwijls hoog salderende gewassen.
Bovenstaand leidt in eerste instantie tot gewassen uit de takken groenteteelt, boomteelt en fruitteelt. Deelname aan het onderzoek door het PAGV, PBSG en PFW is hiermee verklaard.
Binnen de groente-gewassen is uit 4 groepen gekozen:

1. Met het oog op vervroeging en benutting van het primeureffect zijn dit uit de voorjaars-gewassen: vroege consumptieaardappelen, peen, zomerprei, sla, spinazie, witlof en augurk.
2. Om de reactie gedurende de zomermaanden de testen zijn tevens opgenomen: andijvie, sla en spinazie. Dit zijn kort groeiende gewassen die vooral wat de kwaliteit betreft, nogal sterk kunnen reageren op veranderende groeiomstandigheden.
3. Als herfstgewassen zijn andijvie, bloemkool, prei, sla en spinazie gekozen om na te gaan of door bodemverwarming de planttijd verlaat kan worden bij behoud van produktie.
4. Behalve door vroeg planten of zaaien gecombineerd met bodemverwarming kan het ook mogelijk zijn overwinterende gewassen te vervroegen of tijdens de vorst uit verwarmde en niet bevroren grond te oogsten. Om deze mogelijkheden vast te stellen zijn respectievelijk winterbloemkool en winterprei gekozen.

In 1982 is zomergerst en in 1982 en 1983 zijn suikerbieten getest op hun reactie bij groei onder verhoogde bodemtemperaturen. Dit om inzicht te verkrijgen in de situatie waarbij warmteafgevende leidingen in cultuurgrond liggen, wat in de praktijk regelmatig voorkomt.

Bij de boomkwekerijgewassen is vooral gekeken naar de mogelijkheid om de teeltduur tot zogenaamd "leverbaar" produkt met één seizoen te bekorten. Om deze reden zijn gekozen: Forsythia intermedia "Spectabilis" en Platanus acerifolia

als winterstek, en Magnolia soulangeana, Ilex aquifolium "Golden van Tol" en Cedrus atlantica "Glauca" als plantgoed. Voor de onderstammenteelt zijn gekozen Fagus sylvatica, Fraxinus excelsior en Acer pseudoplatanus als zaadgoed. Verder is Peonea als stek opgenomen.
Van de fruitgewassen zijn als winterstek opgenomen de onderstammen Brompton en "St Julien A" en als appel oculatie op M9 de rassen: Cox Orange Pippin, Alkmene, James Grieve, Rode Boskoop "Schmitz Hubsch" en Elstar. Uit de groep kleinfruit is de aardbei opgenomen, waarbij zowel de consumptieteelt als de plantenvermeerdering is onderzocht. Bovendien is ook een doordragend ras getest.

De groentegewassen zijn in de meeste gevallen per seizoengroep op een tweetal data geplant of gezaaid om een zo betrouwbaar mogelijk beeld te verkrijgen van de invloed van bodemverwarming op produktie en vroegheid in de tijd. Ook is om deze reden voor deze gewassen op 3 of 4 tijdstippen de kwantitatieve en kwalitatieve opbrengst bepaald. Op deze wijze is het ook mogelijk om in de meeste gevallen het optimale oogsttijdstip te bepalen. De vroege voorjaarsgewassen zijn gedurende een deel van hun groeiperiode afgedekt met plasticfolie (0,05 mm dik en perforatie) ter bescherming tegen de soms gure bovengrondse omstandigheden. Bij de aardbeien zijn de vroegheid en de omvang en kwaliteit van de produktie vastgesteld. Voor de kwalitatieve beoordeling van de produktie is gebruik gemaakt van de kwaliteits- en sorteringsvoorschriften Groenten van het Centraal Bureau voor Tuinbouwveilingen in Nederland, 1982.
Aan de houtige gewassen zijn de voornaamste metingen en tellingen aan het eind van het seizoen gedaan.

3.3. Het proefveld

3.3.1. Opzet

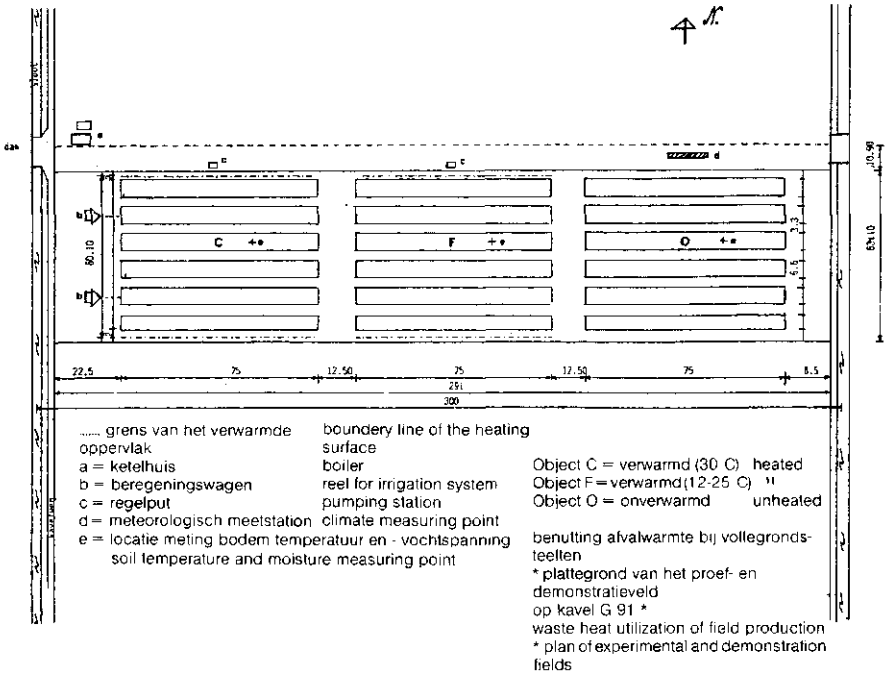
Om het onderzoek uit te kunnen voeren is een proefveld aangelegd met een bruto afmeting van 280 x 74 m. Binnen dit proefveld zijn drie blokken gerealiseerd, met een lengte van 75 m en een breedte van 56 m, met een verschillende bodemtemperatuur, t.w.:

- Object C, waar de bodem wordt verwarmd met water dat een vrijwel constante temperatuur heeft van 30°C (± 1°). Hiermee wordt het temperatuurniveau gesimuleerd van afvalwarmte afkomstig van industriële processen.
- Object F, met bodemverwarming door water waarvan de temperatuur met het seizoen fluctueert. De minimumtemperatuur van het verwarmingswater is in de winter 12°C. De temperatuur bedraagt in de zomer circa 27°C. Op deze wijze wordt het temperatuurniveau van het koelwater van de Flevocentrale gesimuleerd. Deze temperatuur ligt gemiddeld 6°C boven die van het IJsselmeerwater,

dat voor koeling wordt gebruikt. 's Winters geldt een minimumtemperatuur van circa 12°C om het rendement van de centrale te handhaven.

- Object O, zonder bodemverwarming als "controle" voor de beide andere objecten.

Dwars over deze behandeling liggen zes banen ter breedte van 2x3,30 m voor het telen van de gewassen. De banen zijn steeds gescheiden door een strook van 1x3.30 m die onbeteeld blijft (fig. 1). Deze dient voor de bereikbaarheid van de gewassen en als buffer bij de kunstmatige beregening. Om zoveel mogelijk gewassen te kunnen telen zijn deze gewasstroken in de lengterichting opgedeeld. Alle gewassen worden steeds gelijktijdig op de drie behandelingen geteeld.
Om financiële reden is gekozen voor simulatie van de temperatuurniveau's van het water van de beide verwarmde objecten. Hierdoor moest het aanvankelijke plan om het koelwater van de Flevocentrale te gebruiken, worden verlaten.
Op het proefveld is een meteorologsich meetstation ingericht. Door de weerkundige situatie waaronder het onderzoek is verlopen vast te leggen, is het mogelijk iets over de invloed van het klimaat op de bodemverwarming te zeggen en deze te betrekken bij de reactie van de gewasgroei op bodemverwarming.

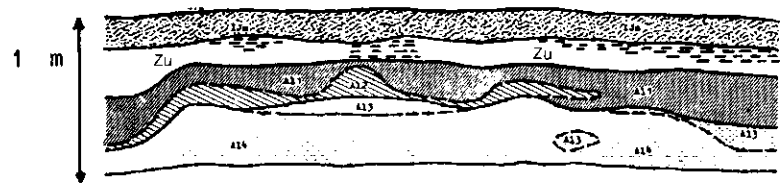


Figuur 1. Plattegrond van het proef- en demonstratieveld.
Plan of experimental and demonstration field.

3.3.2. Bodem van het proefveld

Grondsoort

Het proefveld is aangelegd op een nesvaaggrond. Dit is een niet volledig gerijpte, kalkrijke, jonge zeekleigrond (een matig lichte zavelgrond).
In tabel 3.1 zijn de resultaten gegeven van de granulaire analyse van de bodem, aangevuld met een aantal andere kenmerken.
Het bodemprofiel kenmerkt zich door een gelaagde opbouw. We hebben te maken met drie afzettingen, die tamelijk sterk verschillen. Dit zijn van boven naar beneden: de IJsselmeerafzetting, de Zuiderzee-afzetting en de Almere-afzetting (zie fig. 2). De IJsselmeerafzetting vormt, gedeeltelijk samen met de plaatselijk aangeploegde Zuiderzee-afzetting, de bouwvoor. Daaronder vormt de lichtere Zuiderzee-afzetting een vrij scherpe overgang. Bovendien zitten hierin aan de onderzijde veel schelpen, die veelal de vorm van een laag hebben. Daar beneden vinden we de Almere-afzetting die zich kenmerkt door afwisselend laagjes van lutum en zand. De dikte van deze laagjes varieert van enkele mm tot één cm of meer. Plaatselijk komt in deze afzetting verslagen veen voor, het zogenaamde detritus: elders gevormd en hier afgezet veen.



Legenda (Bakker en Schelling, 1966)

IJm	Ap	zware zavel (bouwvoor); IJsselmeerafzetting heavy "zavel" (topsoil); IJsselmeer-sediment
Zu	C21gp	schelprijk, uiterst fijn zand met brokjes zavel (gewoeld); Zuiderzee-afzetting many shells, extremely fine sand with "zavel" aggregates (reworked); Zuiderzee-sediment
A11	C22g	matig lichte en zware zavel, weinig tot matig sterk gelaagd; Almere-afzetting moderately light en heavy "zavel", little te moderately layered; Almere-sediment
A12	C23g	zeer lichte zavel, matig sterk gelaagd; Almere-afzetting very light "zavel", moderately strong to strong layered; Almere-sediment
A13	C24g	kleiïg uiterst fijn zand, gelaagd; Almere-afzetting clayey extremely fine sand, layered; Almere-sediment
A14	C25g	kleiarm uiterst fijn zand, gelaagd; Almere afzetting clay-poor extremely fine sand, layered; Almere sediment
		schelpen shells

Figuur 2. Doorsnede van het bodemprofiel op het proefveld (gegevens Stiboka).
Cross-section of a soil profile in the trial (source Stiboka).

Tabel 3.1 Enkele kenmerken van de bodem op het proefveld*).

* Verklaring van de gehalten: Org. stof, slib en $CaCO_3$ in % van de droge grond.

Magnesium, Fosfaat en kali in oxyde-vorm

Magnesium in mg/kg
Pw-getal in mg/l) luchtdroge grond

P-AL
Kali) in mg/100 g droge grond
Stikstof

Diepte in cm	0 - 30	30 - 60	60 - 90	Depth in cm
pH-KCl	7.4	7.5	7.4	pH-KCl
$CaCO_3$	7.1	5.1	4.5	$CaCO_3$
organische stof	2.2	1.8	1.6	organic matter
gronddeeltjes				soil grains
Ø in u				Ø in u
0 - 2	17.7	14.5	13.3	0 - 2
2 - 16	11.1	7.3	7.4	2 - 16
16 - 50	21.2	18.2	21.3	16 - 50
50 - 105	38.1	48.0	53.2	50 - 105
105 - 150	10.7	11.2	5.4	105 - 150
150 - 2000	0.7	0.7	0.6	150 - 2000

Table 3.1 Some characteristics of the soil of the experimental field*).

* Explanation of the values: Organic matter, clayfraction and $CaCO_3$ in % of the dry soil.

Magnesium, Phosphate and Potassium in oxyde-stage

Magnesium in mg/kg
Pw-number in mg/l) airdried soil

P-AL
Potassium) in mg/100 g dry soil
Nitrogen

De gelaagdheid van het profiel is erg belangrijk voor het onderzoek i.v.m. de verschillende eigenschappen die deze lagen hebben. Voor dit onderzoek gaat het daarbij vooral om de hydrologische en thermische eigenschappen.

Grondwater

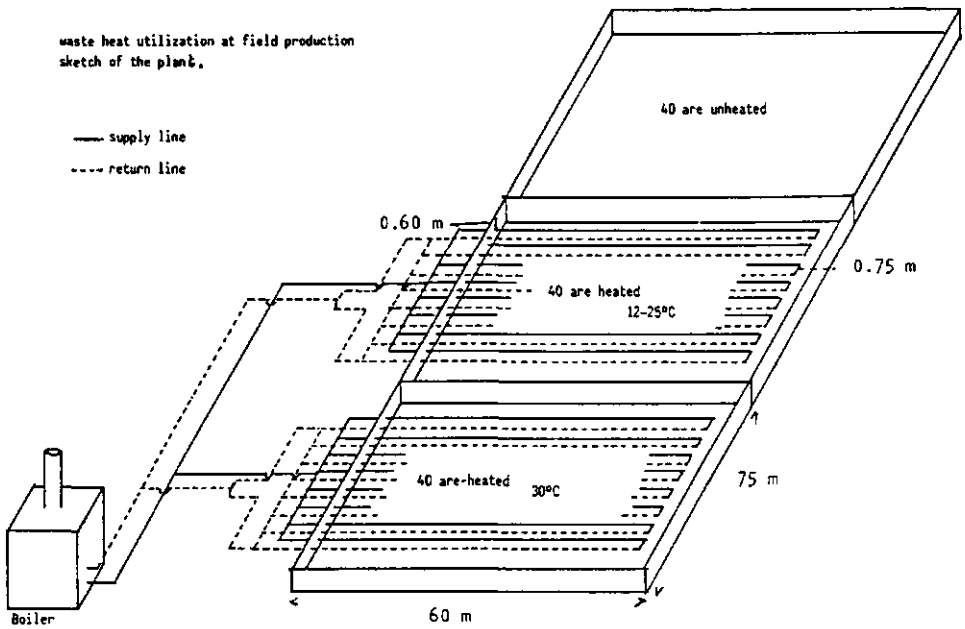
Het grondwater speelt in dit profiel een grote rol. De grondwaterstand varieert tussen ca 180 cm-mv in de zomer en ca 75 cm in de winter. Gedurende perioden met een flink neerslagoverschot staat het grondwater hoger dan hierboven aangegeven. De capillaire opstijging uit het grondwater naar de bouwvoor bedraagt ca 2 mm per etmaal. De bodem is gedraineerd op een diepte van ca 85 cm. De drainafstand is 10 m.

De tamelijk vochtige situatie van de bodem, ook in de zomer, heeft consequenties voor de verwarming: hoe hoger het vochtgehalte, des te hoger het warmtegeleidend vermogen en de warmtecapaciteit van een bodem.

3.3.3. Warmteoverdracht

Buizensysteem

De warmteoverdracht (= verwarming) vindt plaats door een buizensysteem van hard poly-ethyleen (HPE), dat is aangelegd volgens het zogenaamde Tichelmansysteem.



Figuur 3. Schets van het aangelegde proefveld.
Sketch of the field from top to bottom; unheated (O), heated 12-27°C (F) and heated 30°C (C).

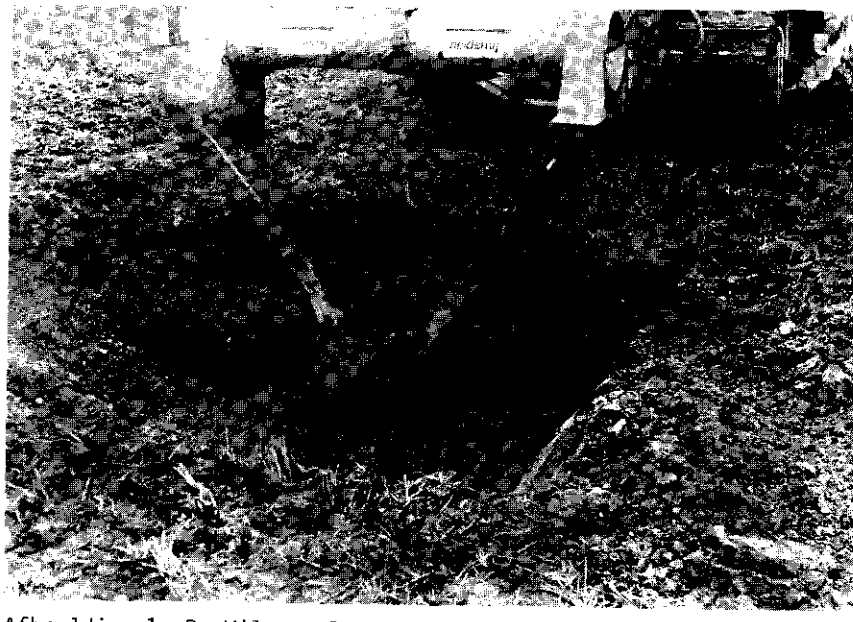
De buizen, die een diameter hebben van 35,4 x 40,0 mm, liggen op een diepte van 60 cm en een onderlinge afstand van 75 cm. Aan de noordzijde van het proefveld zijn de buizen om en om verbonden met een aanvoer- respectievelijk retourleiding (figuur 3). Aan de overliggende zijde zijn de buizen twee aan twee onderling verbonden, zodat een soort haarspeldvorm ontstaat. De hoofdretourleiding ligt in een lus met twee aansluitingen op het afvoersysteem in de put. Op deze wijze zijn de temperatuurverschillen binnen een object minimaal gehouden.

Temperatuurregeling

Essentieel is dat de watertemperatuur wordt geregeld en dat daardoor de bodemtemperatuur een daarvan afgeleide zal zijn, mede beïnvloed door klimatologische en bodemkundige omstandigheden.
Vanuit een gasgestookte cv-ketel wordt water van ca 80°C via een hoofdaanvoerleiding naar het proefveld gevoerd. Het verwarmingssysteem wordt van hieruit via een regelput gevoed (zie ook fig. 1). Uiteraard gaat ook het afgekoelde retourwater via deze put terug naar de ketel. Een regel klep in de put op de aanvoerleiding gaat open zodra de temperatuur van het aanvoerwater in het systeem beneden de gewenste en ingestelde temperatuur daalt.

Aanleg

Het buizennet voor de verwarming onder het proefveld is gelegd met een machine voor het leggen van sleufloze drainage, een zgn. Willnerploeg (afb. 1). Iedere 75 cm is op deze manier een buis onder het proefveld gelegd. Voor het maken van de verbindingen en het leggen van de hoofdleidingen zijn sleuven gegraven (afb. 2). Op het niet verwarmde object heeft ook de Willnerploeg gewerkt zonder buizen te leggen.
Dit om verschillen in dichtheid van de bodem zoveel mogelijk te beperken.



Afbeelding 1. De Wilner ploeg

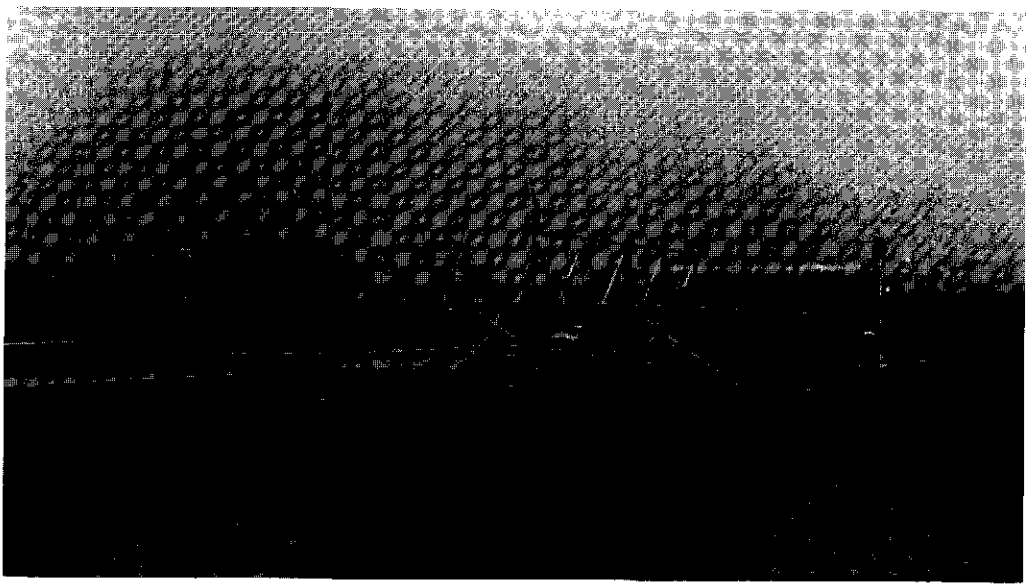
The Wilner plough

Afbeelding 2. Aansluiting van de leiding op aanvoer- en retourleiding
Connection of the pipes on supply and return line.

3.3.4. Beregening

Door verwarming staat de bodem via extra verdamping meer vocht af. Ze wordt daardoor droger en het warmtegeleidend vermogen neemt af. In extreme gevallen kan dit leiden tot isolatie van de leidingen door droge grond eromheen (Reinhey, 1969; Keschawarzi, 1973; Hinze, 1980; Sondern, 1977 en eigen waarnemingen te Klazinaveen, op een in 1980 door een particulier* aangelegd proefproject). Daar het werkelijke verdrogende effect vooraf niet bekend was, is besloten een beregeningsinstallatie op het proefveld aan te brengen. Indien noodzakelijk kan dan kunstmatig vocht worden toegediend.
Bovendien is een goede bedrijfsvoering in de vollegrondstuinbouw niet denkbaar zonder de mogelijkheid van kunstmatige beregening. Het gehele seizoen moet er immers gezaaid of geplant kunnen worden.
Op het proefveld is gekozen voor een haspelinstallatie met een sproeiwagen met bomen. Er zijn twee van dergelijke installaties opgesteld, die elk de helft van het proefveld kunnen beregenen (fig. 1). Elke wagen heeft drie sproeibomen ter breedte van ruim 9 m, elk met 25 sproeidoppen. Op deze manier kunnen de gewasstroken afzonderlijk worden beregend. De bomen worden afzonderlijk bediend via een magneetklep. Op elke gewenste plaats kan dus aan of uit worden geschakeld.

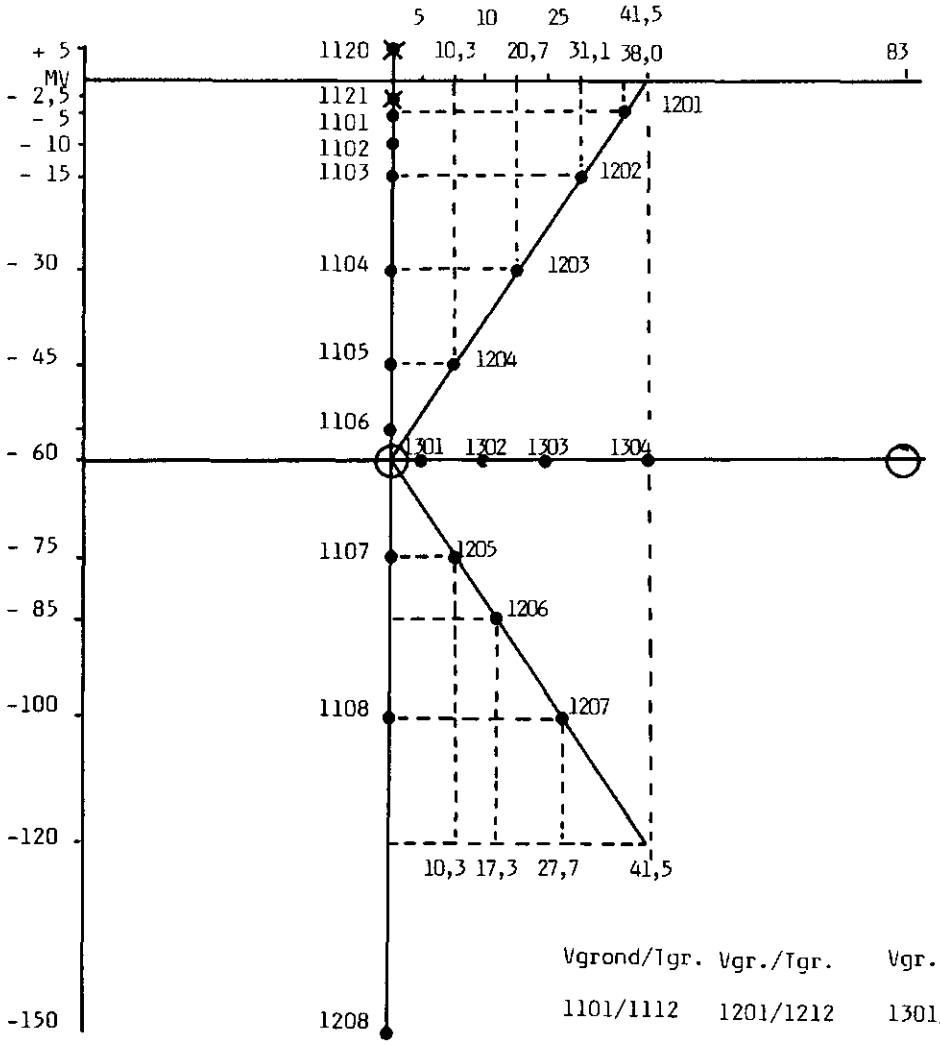
* Op het bedrijf van dhr Moorlag waar 0,25 ha werd verwarmd met afvalwarmte van de Purit. Dit is inmiddels uitgebreid tot 2 ha.



Afb. 3. Beregenings-installatie. / Photo 3. Rain installation.

3.3.5. Meten en registreren

In de vrij korte tijd die voor dit onderzoek is gepland moeten veel gegevens worden verzameld. Het waarnemen en vastleggen is erg arbeidsintensief en daarom in de uitvoering erg kostbaar. Daarom is gekozen voor automatisch meten en registreren van die zaken die frequent en gelijk gemeten moeten worden. In dit onderzoek zijn dat temperaturen van bodem en lucht, het vochtgehalte van de bodem en weerkundige grootheden. Het meten van bodemtemperaturen en -vochtgehalten wordt gedaan op één locatie op elk object (fig. 1). Zoals uit fig. 4 blijkt zijn daar 20 sensoren en 2 halfgeleiders geplaatst. De bodemtemperaturen worden gemeten met behulp van halfgeleiders die een elektrisch stroompje afgeven waarvan de grootte afhankelijk is van de omgevingstemperatuur. Het vochtgehalte wordt bepaald met capacitieve vochtmeters. Door een hoogfrequent signaal tussen twee meetpennen te genereren kan de dielektrische constante van de bodem bepaald worden. Dit houdt in dat de elektrische capaciteit wordt gemeten. Deze capaciteit is afhankelijk van de hoeveelheid vocht die zich in het bodemlaagje bevindt waarin de voeler is geplaatst. Deze spanningen worden automatisch gemeten en doorgezonden via een kabel naar een veldmeetunit op de locatie (3 op C, 2 op F en 1 op O). Vanuit deze units gaan de signalen versterkt door naar een veldmeetstation, opgesteld bij de regelput en het meteoveld. Vervolgens worden de signalen doorgezonden naar de centrale registratie unit bij het ketelhuis (fig. 1). De data worden daar op magneetband vastgelegd. Het gehele proces van meten en registreren wordt gestuurd door een HP85 procescomputer. De frequentie van meten en registreren is afhankelijk van de te verwachten schommelingen in de meetwaarden. Voor de bodemtemperatuur en de vochtcapaciteit varieert de meetfrequentie van 1x per 30 min. tot 1 x per 60 min. De registratie vindt 1x per 60 min. plaats tot -40 cm en voor de waarden beneden 40 cm -mv gemeten 1x per 3 uur.
De meteogegevens worden elke 10 min. gemeten en 1x per 60 min. geregistreerd. De neerslag wordt elke 10 min. ook geregistreerd. De grondwaterstanden worden 1x per 24 uur gemeten en geregistreerd. In het diepere grondwater wordt een aantal malen per jaar de temperaturen manueel gemeten tot 20 m diepte.
De vochtspanning is in een aantal gewassen bovendien gemeten met behulp van tensiometers. Deze vochtmeting samen met de eerder beschreven methode moet inzicht verschaffen in de vochthuishouding.
Een aantal keren is ook de temperatuur manueel opgenomen op andere plaatsen op het proefveld. Bij de automatische metingen lopen ook de watertemperaturen in de aanvoer- en retourleiding in de regelput mee, alsmede de watertemperatuur in de buis op de meetlocatie.



Vgrond/Tgr.	Vgr./Tgr.	Vgr./Tgr.
1101/1112	1201/1212	1301/1312
1102/1113	1202/1213	1302/1313
1103/1114	1203/1214	1303/1314
1104/1115	1204/1215	1304/1315
1105/1116	1205/1216	
1106/1117	1206/1217	
1107/1118	1207/1218	
1108/1119	1208/1219	

✕ = temperatuurvoeler

● = vocht/temperatuurvoeler

(maten in cm)

Figuur 4. Doorsnede van de meetlokatie op C en F.
Cross-section of the measuring points at C and F.

4. GROEIOMSTANDIGHEDEN IN 1982 TOT EN MET 1985

J.G. Wesseling en R.A. Feddes.

4.1. Het weer in de proefjaren

Het verloop van het weer in de jaren waarin op het proefveld metingen zijn verricht (1982 t/m 1985) zal worden vergeleken met het gemiddelde verloop over een lange periode (K.N.M.I. te De Bilt, 1951 t/m 1980). Daar een deel van de op het proefveld gemeten meteorologische waarden niet betrouwbaar is gebleken, worden hier de meteorologische waarden gebruikt van de Minderhoudhoeve, een proefbedrijf van de Landbouwhogeschool Wageningen, dat op 1 km van het proefveld gelegen is.

Decade	Kortg. straling (W.m-2)					Temperatuur (°C)					Neerslagoverschot (cm)				
	1982	1983	1984	1985	gemidd.	1982	1983	1984	1985	gemidd.	1982	1983	1984	1985	gemidd.
1	22.	19.	22.	28.	21.	0.4	6.0	4.7	-5.0	1.5	0.8	3.3	6.6	1.4	2.2
2	40.	17.	23.	26.	26.	-2.7	5.3	3.7	-7.5	1.9	0.1	1.0	3.4	0.2	1.8
3	21.	27.	28.	34.	29.	2.7	5.5	0.7	1.9	2.5	1.5	1.1	0.9	3.5	2.2
4	45.	41.	38.	52.	41.	2.9	1.4	4.4	0.8	2.4	0.4	1.3	4.1	-0.4	1.8
5	49.	60.	63.	76.	49.	2.6	-1.6	-0.9	-5.7	1.6	-0.1	-0.3	-0.2	-0.3	1.4
6	58.	72.	34.	49.	68.	0.1	1.7	1.1	1.4	3.0	0.3	0.1	0.1	-0.1	0.6
7	86.	82.	74.	47.	81.	4.0	4.8	2.8	3.3	3.8	1.2	-0.7	1.3	0.7	0.4
8	91.	77.	110.	91.	88.	4.7	6.3	2.3	1.2	4.7	0.9	1.2	-0.6	-0.3	1.0
9	108.	100.	99.	93.	104.	5.0	4.3	4.7	6.5	5.9	-1.0	2.2	1.0	-0.3	0.8
10	134.	121.	89.	96.	123.	8.0	5.2	3.9	10.3	6.8	-0.2	2.3	0.0	0.6	0.6
11	205.	129.	170.	124.	153.	5.6	8.7	7.5	8.3	8.1	-1.7	-1.1	-1.9	0.9	-0.4
12	168.	143.	235.	191.	170.	7.5	9.6	10.5	5.6	8.9	-1.7	1.5	-3.1	-1.8	-0.6
13	169.	146.	143.	125.	180.	7.3	9.8	8.8	11.4	11.2	-0.3	1.1	-1.7	-2.0	-0.8
14	235.	141.	164.	193.	198.	13.3	10.7	10.4	16.2	12.3	-2.4	1.2	0.1	-3.8	-1.0
15	207.	124.	108.	216.	198.	14.7	10.5	11.7	16.7	12.7	-2.0	2.2	2.9	-4.7	-1.3
16	238.	242.	153.	203.	215.	18.8	15.7	12.5	14.3	14.6	-0.8	-2.3	0.7	-3.5	-1.5
17	142.	251.	217.	170.	211.	12.6	13.9	14.6	11.5	15.2	1.5	-2.8	-2.3	-0.8	-0.9
18	199.	208.	181.	158.	194.	15.1	17.5	12.6	13.3	15.7	0.8	-2.0	-1.0	-0.5	-0.4
19	214.	220.	196.	225.	199.	16.6	18.4	14.5	15.9	16.7	-3.2	-3.6	1.3	-1.5	-0.9
20	239.	0.	125.	191.	177.	18.4	18.9	14.8	16.4	16.4	-3.4	-0.5	0.4	-0.1	0.0
21	184.	44.	183.	156.	179.	17.4	19.1	15.8	16.0	16.6	-2.6	-1.1	-2.8	2.2	-0.5
22	177.	159.	175.	150.	172.	19.6	16.3	16.1	14.5	17.0	-2.0	-1.6	-2.1	1.5	0.0
23	162.	193.	194.	170.	161.	15.8	16.6	16.7	15.5	16.6	0.3	-1.0	-2.7	1.7	0.6
24	136.	167.	160.	153.	156.	13.9	16.7	18.7	15.3	15.9	-0.8	-1.6	-2.8	-1.5	0.6
25	124.	102.	104.	128.	138.	15.0	14.0	14.6	13.0	15.1	-1.4	0.7	2.9	-0.8	0.0
26	123.	90.	84.	101.	119.	15.5	12.1	14.1	14.1	13.9	-0.9	3.9	3.0	1.0	0.7
27	96.	115.	79.	95.	98.	13.6	12.4	11.0	14.0	13.1	-0.1	-0.7	3.0	-0.8	1.1
28	69.	66.	61.	77.	85.	11.5	12.8	11.2	14.2	12.0	1.8	2.5	3.9	1.3	1.1
29	59.	74.	53.	56.	69.	10.8	10.0	12.1	10.7	9.9	1.7	1.7	1.5	-0.4	1.7
30	44.	62.	53.	63.	53.	9.8	5.4	10.5	5.0	9.1	0.0	-0.1	2.4	-0.2	1.9
31	32.	45.	40.	42.	41.	9.6	8.2	8.8	6.2	7.2	-0.1	-0.1	0.1	4.6	2.1
32	30.	38.	29.	28.	30.	7.1	2.3	4.8	0.5	5.6	1.4	0.5	0.9	0.2	2.1
33	18.	22.	28.	17.	24.	5.6	4.6	8.2	-0.8	4.8	0.7	6.8	5.2	0.5	2.7
34	16.	27.	28.	20.	23.	2.8	1.1	5.6	7.8	4.0	1.5	2.6	-0.4	2.0	2.5
35	16.	25.	14.	13.	18.	2.8	0.5	5.4	6.2	3.2	2.2	0.6	1.4	1.2	2.6
36	16.	12.	16.	23.	20.	2.9	7.3	2.5	2.2	2.7	0.5	2.7	1.0	1.8	2.5

Tabel 4.1. Gemiddelden van perioden van 10 dagen van de weersgegevens van de Minderhoudhoeve in 1982-1985 en de gemiddelden van station De Bilt van 1951-1980.

Table 4.1. Averages over 10-day periods of the meteorological data of the station Minderhoudhoeve in the years 1982 - 1985 and the averages of the station De Bilt over 1951 - 1980.

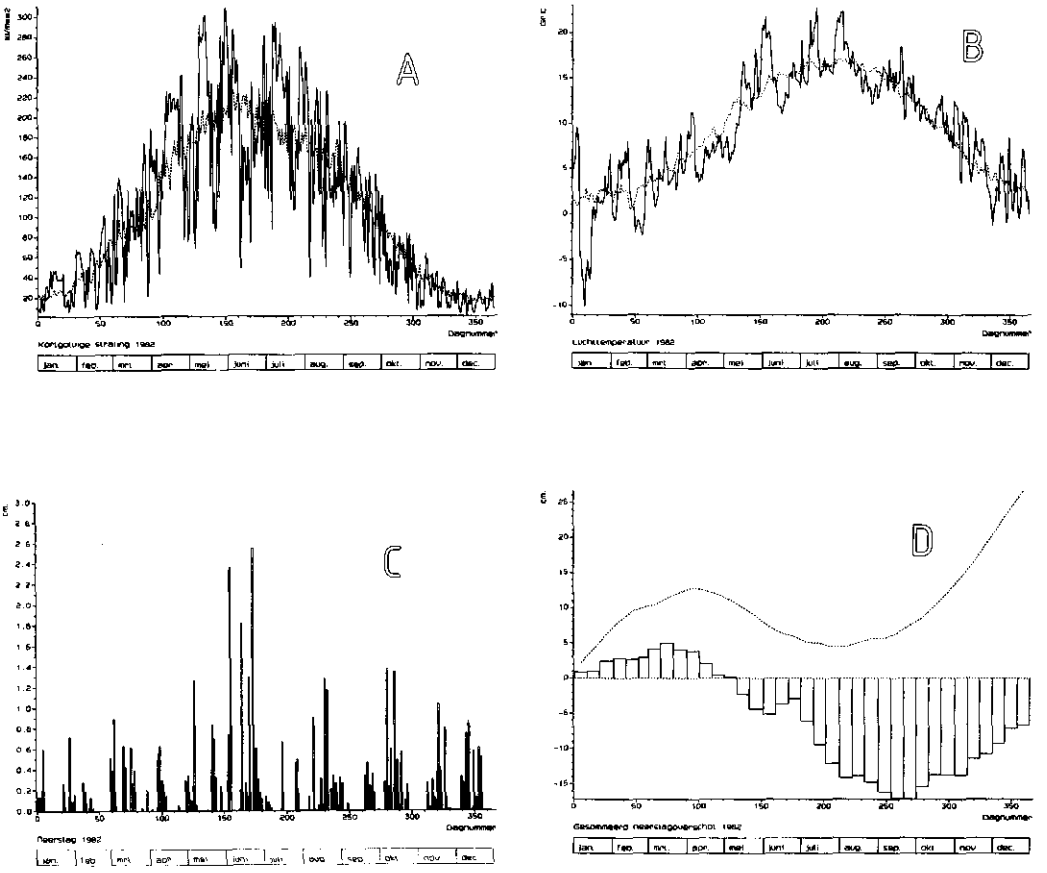


Fig. 5. Meteorologische gegevens Minderhoudhoeve 1982 en gemiddelde van KNMI-gegevens over 1951 - 1980: a. kortgolvige straling; b. temperatuur; c. neerslag; d. neerslagoverschot.

Fig. 5. Meteorological data of the station Minderhoudhoeve 1982 compared to the averages of station De Bilt over 1951 - 1980: a. global radiation; b. temperature; c. precipitation; d. precipitation surplus.

Het jaar 1982 is een warm, zonnig en vrij droog jaar geweest. Alleen januari, april en mei zijn kouder geweest dan normaal. Perioden met temperaturen die hoger waren dan de gemiddelde temperaturen kwamen voor in de maanden juli en november. Gedurende deze perioden was de temperatuur over een vrij lange periode 2°C hoger dan het gemiddelde. De zomer van 1982 behoort tot de 5 warmste zomers van deze eeuw.
Zeer droog zijn februari, april, juli en september geweest; zeer nat is de maand oktober geweest, met gemiddeld 70% meer neerslag dan normaal.
Februari, april, juli en september hebben flinke zonnige perioden gehad.

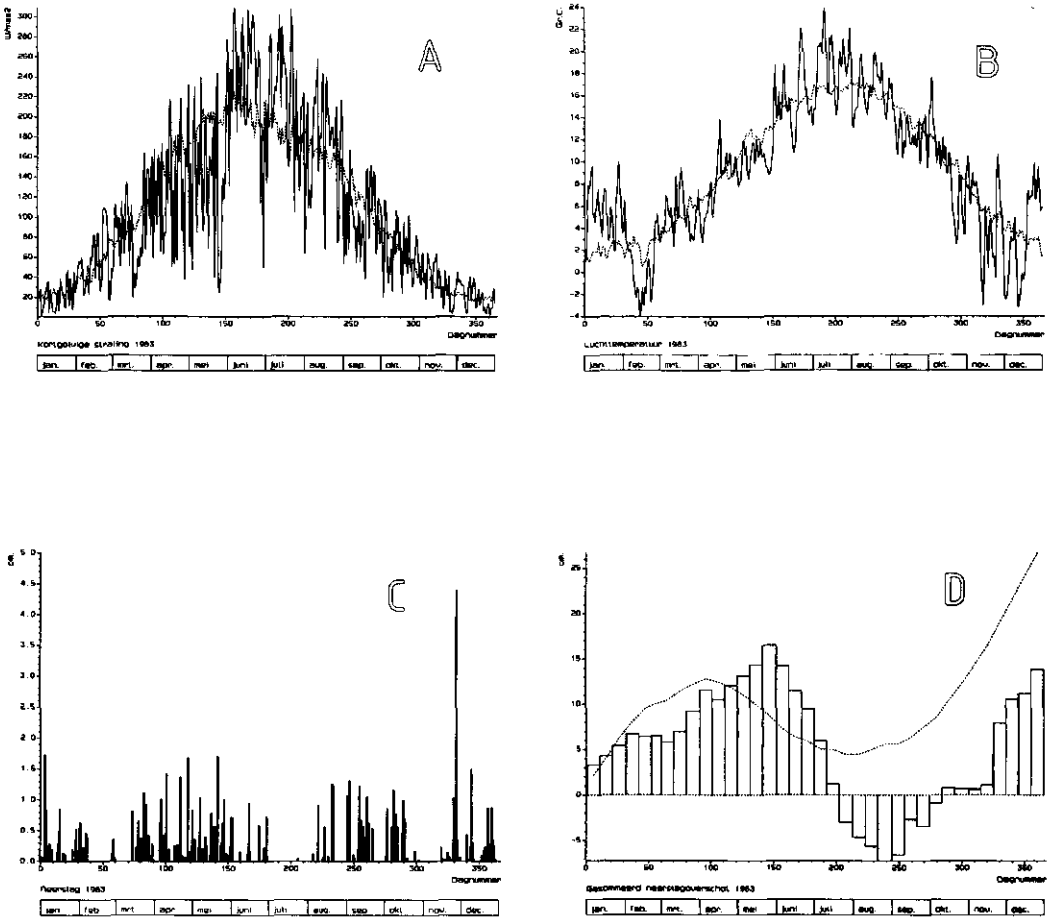


Fig. 6. Meteorologische gegevens Minderhoudhoeve 1983 en gemiddelde van KNMI-gegevens over 1951 - 1980: a. kortgolvige straling; b. temperatuur; c. neerslag; d. neerslagoverschot.

Fig. 6. Meteorological data of the station Minderhoudhoeve 1983 compared to the averages of station De Bilt over 1951 - 1980: a. global radiation; b. temperature; c. precipitation; d. precipitation surplus.

Het jaar 1983 was een warm en vrij nat jaar. De desbetreffende lijn in fig. 6 laat zien dat de hoeveelheid gemeten straling in januari, november en december rond het gemiddelde schommelde.
Gedurende de maanden maart, april en mei lag de hoeveelheid straling beneden het gemiddelde. De volgende drie maanden daarentegen was de hoeveelheid straling groter dan gemiddeld. In september en oktober is weer minder straling gemeten dan op grond van het gemiddelde verwacht mocht worden.
De luchttemperatuur in dit jaar gaf het volgende beeld: na een warme maand januari volgde een relatief koude februari. Maart en april toonden ongeveer gemiddelde temperaturen, terwijl mei koud bleef. Juli was zeer warm. Ook in augustus lag de temperatuur boven het gemiddelde, in september eronder. November en het begin van december toonden gemiddelde temperaturen. Het jaar eindigde relatief warm.
In 1983 was de lente bijzonder nat. De periode van veel neerslag duurde tot begin juni, waarna een periode van droogte volgde. De droge periode duurde tot september, waarna weer meer neerslag is gevallen dan gemiddeld. In de laatste maanden van het jaar was de hoeveelheid neerslag gemiddeld tot iets boven gemiddeld.

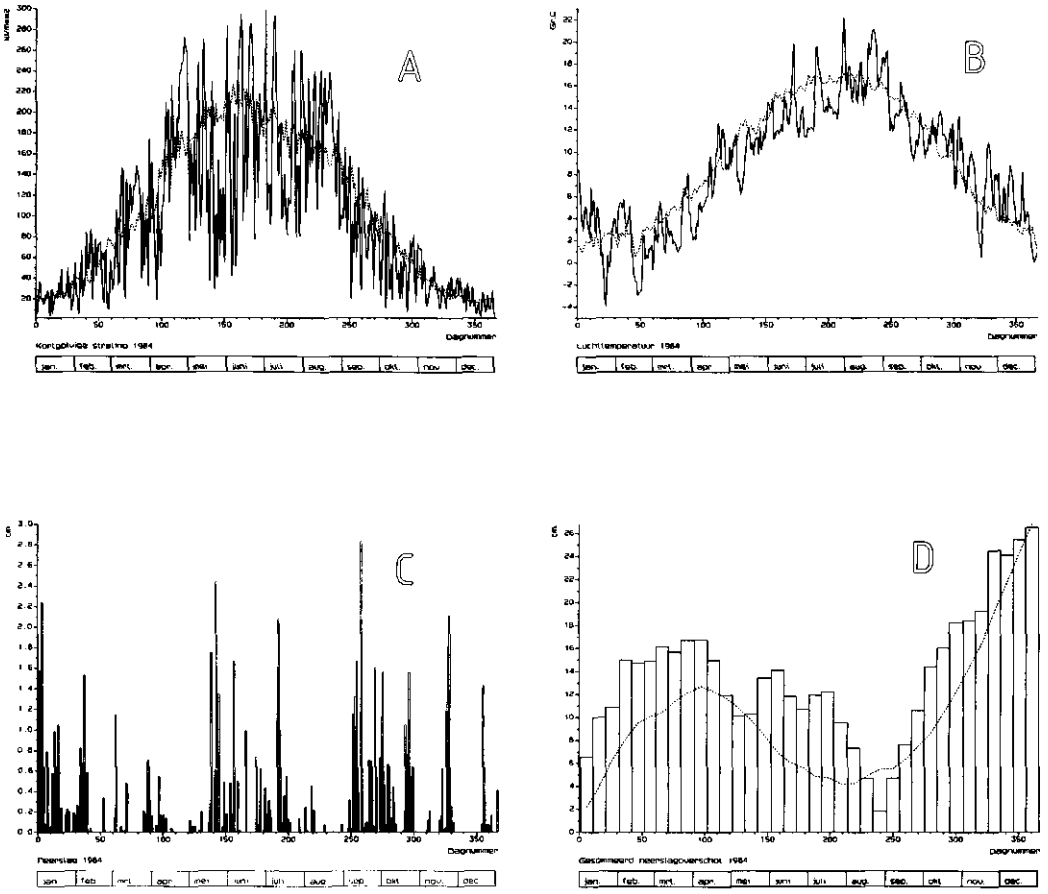


Fig. 7. Meteorologische gegevens Minderhoudhoeve 1984 en gemiddelde van KNMI-gegevens over 1951 - 1980: a. kortgolvige straling; b. temperatuur; c. neerslag; d. neerslagoverschot.

Fig. 7. Meteorological data of the station Minderhoudhoeve 1984 compared to the averages of station De Bilt over 1951 - 1980: a. global radiation; b. temperature; c. precipitation; d. precipitation surplus.

Het jaar 1984 was een somber, nat en vrij koud jaar. De hoeveelheid straling is ver beneden het gemiddelde gebleven. Vooral in de maanden mei en september was deze hoeveelheid klein.
Alleen in april en augustus werd het gemiddelde overschreden. Aansluitend aan de relatief hoge temperaturen van december 1983 lagen ook de temperaturen in de eerste helft van januari boven het gemiddelde. Deze warme periode werd gevolgd door een koude periode, waarna half februari de temperatuur even boven het gemiddelde kwam. Eind februari daalde de temperatuur weer tot beneden het gemiddelde. Dit duurde tot half april. Vervolgens kon er geprofiteerd worden van enkele dagen met relatief hoge temperaturen, waarna echter weer een temperatuursdaling optrad.
De temperatuur bleef dan, op enkele uitzonderingen na, beneden het gemiddelde tot half augustus. Ook in de herfst bleef de temperatuur beneden het gemiddelde.
Het neerslagbeeld van 1984 geeft aan dat dit jaar veel dagen heeft gekend met grote hoeveelheden neerslag. Een lange periode van droogte is gedurende de maand augustus voorgekomen. Ook in de periode eind november - begin december was de hoeveelheid neerslag kleiner dan gemiddeld.

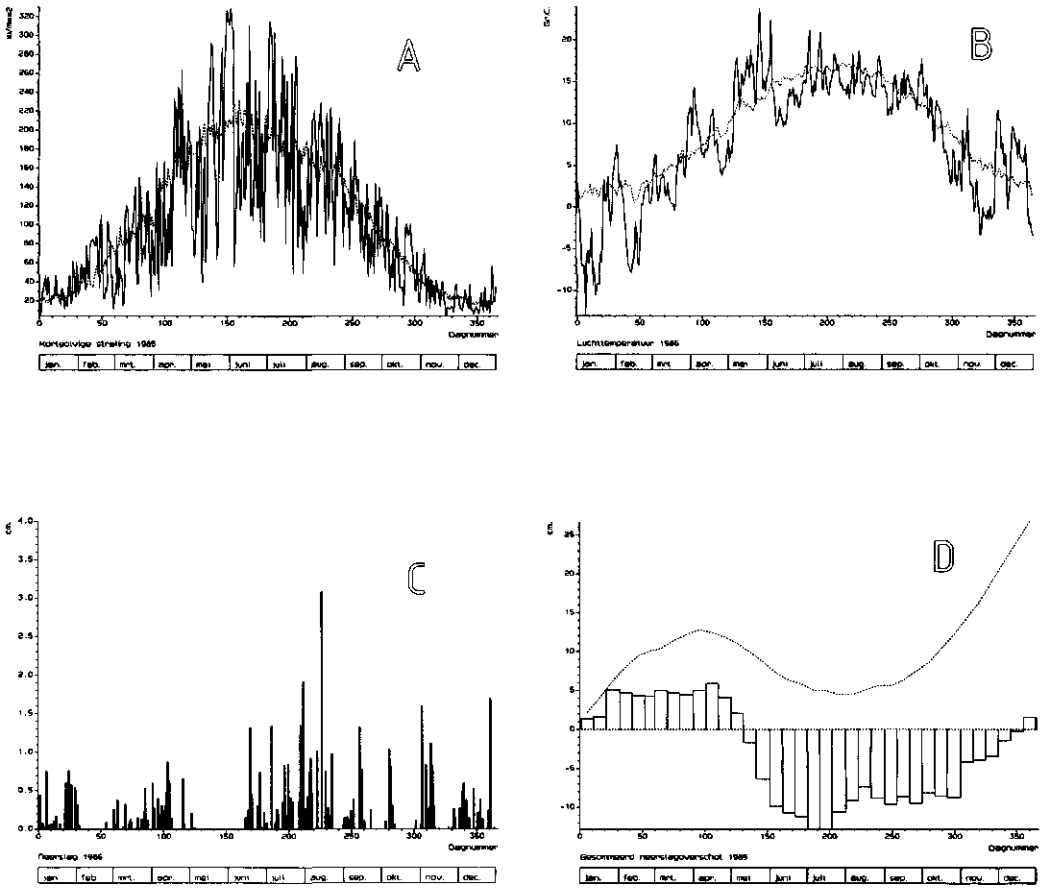


Fig. 8. Meteorologische gegevens Minderhoudhoeve 1985 en gemiddelde van KNMI-gegevens over 1951 - 1980: a. kortgolvige straling; b. temperatuur; c. neerslag; d. neerslagoverschot.

Fig. 8. Meteorological data of the station Minderhoudhoeve 1985 compared to the averages of station De Bilt over 1951 - 1980: a. global radiation; b. temperature; c. precipitation; d. precipitation surplus.

Het jaar 1985 had een koude winter, een warm doch nat voorjaar en een koude zomer en herfst. De eerste twee maanden van 1985 lieten een stralingsbeeld zien dat vrijwel met het gemiddelde overeenkomt. Begin maart volgde een periode met erg weinig straling. Ook de daaropvolgende maanden lag de hoeveelheid straling onder het gemiddelde, met enkele uitschieters naar boven in april, mei en juli. De rest van het jaar schommelde de gemeten hoeveelheid straling rond het gemiddelde.
De eerste 3 maanden van 1985 waren koud. Vooral januari liet enkele zeer lage temperaturen zien met een laagste gemiddelde dagtemperatuur van ongeveer -12 graden. Ook de rest van het jaar was de luchttemperatuur lager dan het gemiddelde. Alleen in april, mei en juli zijn hogere temperaturen gemeten. Ook in september waren nog enkele warme dagen. Hierna daalde de temperatuur tot onder het gemiddelde. Dit duurde tot eind november, waarna eind december weer hogere temperaturen gemeten werden. Wat neerslag betreft is 1985 droog begonnen. Januari laat nog wat neerslag zien, maar in februari is praktisch geen neerslag gevallen. Deze droge periode duurde tot eind maart. Hierna is er vrij veel neerslag gevallen tot eind april. Mede door de hoge grondwaterstand is hierdoor een extreem natte situatie op het proefveld ontstaan, juist in de periode van grondbewerking en zaaien/poten. Eind april, de hele maand mei en het begin van juni zijn zonder neerslag geweest. De tweede helft van juni, juli en het eerste deel van augustus zijn vrij nat geweest. Gedurende het eerste deel van de maand september is wel weer wat neerslag gevallen, terwijl het laatste deel van deze maand droog is gebleven. Eind oktober/begin november is er weer een natte periode geweest. Vanaf eind november tot eind 1985 is weer een grote hoeveelheid neerslag gevallen. Een en ander houdt in dat het neerslagoverschot van dit jaar ver beneden het gemiddelde ligt.
Begin mei was het cumulatieve neerslagoverschot al negatief. Dit cumulatieve neerslagtekort loopt gedurende de zomer op tot 15 cm, waarna het weer af begint te nemen.

4.2. Bodemtemperaturen

In 1983 zijn, vooral in het begin van het jaar, nogal wat problemen opgetreden met de registratie van de gegevens. Hierdoor ontbreken enkele waarden voor de verwerking van de daggemiddelden. Deze ontbrekende waarden zijn geschat met behulp van de Fourieranalyse.

Fig. 9 geeft de temperatuur van het verwarmingswater voor 1983, 1984 en 1985. De temperatuur van het water op het C-object schommelt tussen de 28 en 33°C. De uitschieters zijn een gevolg van storingen. Op het F-object werd eind maart begonnen met het verhogen van de temperatuur. Tot die tijd schommelt de temperatuur van het water rond de 9-11°C. Gedurende de zomer bereikt het water een temperatuur van 23-27°C in augustus, waarna de temperatuur weer af gaat nemen.

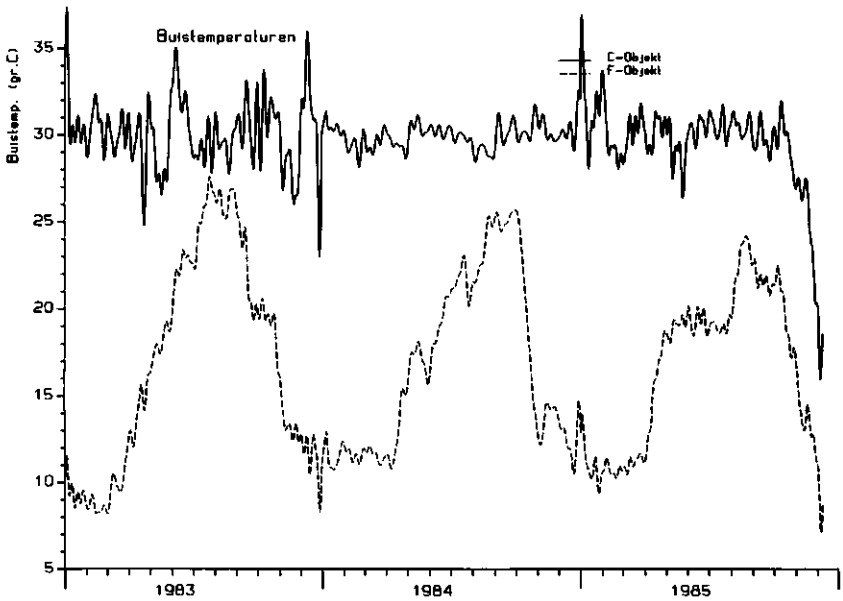


Fig. 9. Temperatuurverloop van het water in de buis over 1983 en 1984.

Fig. 9. The temperature of the water in the heating tubes for 1983 and 1984.

De gemeten bodemtemperaturen vertonen boven in de grond eenzelfde verloop als het onverwarmde object, terwijl op grotere diepte de seizoeninvloed op C afneemt en meer relatie vertoont met de buistemperatuur (fig. 10). De opwarming en afkoeling boven in de grond wordt sterk bepaald door de atmosfeer.

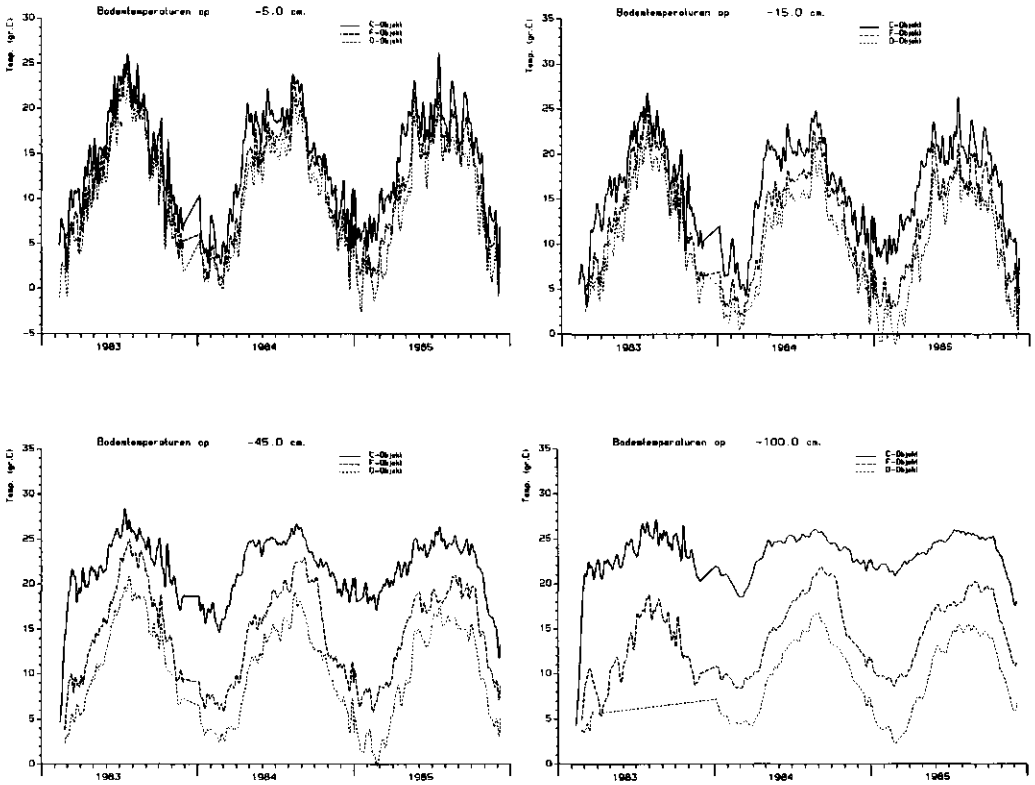


Fig. 10. Het verloop van de bodemtemperatuur in 1983, 1984 en 1985 voor verschillende diepten.

Fig. 10 The temperature of the soil profile at different depths for 1983, 1984 and 1985.

Op 5 cm diepte is het gemiddelde verschil tussen de objecten al groter dan op 2.5 cm diepte, waar het verschil in temperatuur minimaal is.
In figuur 10 is te zien dat op sommige momenten in 1983 de temperatuurlijn van het F-object de lijn van het O-object snijdt. In zo'n geval hebben we meestal te maken met ontbrekende gegevens. Op 15 cm diepte worden de verschillen al groter. Vooral in voor- en najaar is de temperatuur van het C-object aanmerkelijk hoger dan van de andere objecten. Tussen C en F zit dan ongeveer 6°C, terwijl tussen F en O ongeveer 3°C verschil zit. Deze verschillen nemen af tot ongeveer 2°C gedurende de maanden juli en augustus. Ook op grotere diepten is dit verloop in de tijd op de objecten te zien.

De temperatuurverschillen nemen toe met de diepte tot de diepte van de buis. Op diepten groter dan die waarop de buis ligt is de opwarming van het grondwater goed zichtbaar.

Tabel 4.2 en fig. 11 geeft de gemiddelde temperaturen over de derde decade van maart, de eerste decade van juni en de tweede decade van oktober in 1984. De temperatuur op het F- en C-object neemt in maart toe met de diepte, terwijl de temperatuur op het O-object bijna constant is. Dit toont aan dat in deze periode de invloed van buisverwarming groter is dan die van de natuurlijke opwarming.

Tabel 4.2. Gemiddelde bodemtemperaturen (°C) in 1984 respectievelijk derde decade van maart, eerste decade van juni en tweede decade van oktober op object C, F en O.

diepte	C			F			O		
(cm-m.v.)	3^3	6^1	10^2	3^3	6^1	10^2	3^3	6^1	10^2
2,5	8,9	17,6	13,7	6,0	15,2	13,7	-	-	-
5	10,5	18,2	15,0	6,5	15,3	14,0	4,5	14,1	12,1
10	11,9	19,0	16,1	6,9	15,4	14,9	4,4	13,9	12,2
15	13,3	19,8	17,0	7,3	15,5	15,3	4,1	13,7	12,3
30	16,6	22,6	20,0	7,9	15,8	16,7	3,8	13,3	12,5
45	19,4	24,2	22,4	9,0	16,0	18,2	3,7	12,9	12,7
55	25,1	28,0	26,7	9,9	16,5	19,1	-	-	-
75	21,1	25,7	24,7	9,6	15,9	19,7	3,5	11,9	12,7
100	19,6	24,7	24,1	9,4	15,4	20,0	4,1	11,5	12,9
150	19,3	23,5	23,5	9,6	14,7	20,3	4,8	10,3	13,1

Table 4.2. The average soil temperatures (°C) during 1984 for the third 10-day period of March, the first 10-day period of June and the second 10-day period of October on the different objects C, F and O.

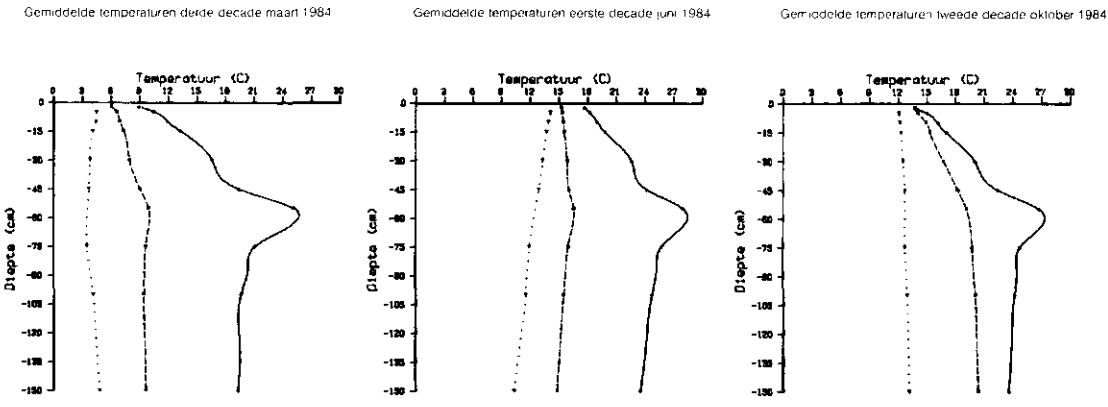


Fig. 11. Gemiddelde decade-temperaturen over 1984: links de derde decade van maart, midden de eerste decade van juni en rechts de tweede decade van oktober.

Fig. 11. Average temperatures of the soil profile over a 10-day period in 1984: left the third 10-day period of March; mid the first 10-day periode of June; right the second 10-day period of October.

De grootste temperatuurverschillen liggen rondom de buis (op 45 cm diepte tussen C en F 10.4°C, tussen F en O 5.3°C). Op 150 cm diepte is het verschil tussen C en F 9.7°C, tussen F en O 4.8°C. Op 5 cm diepte is het verschil tussen C en F slechts 4.0°C, tussen F en O 2.0°C.
Voor de eerste decade van juni zijn de temperaturen rondom de buis ten opzichte van de derde decade van maart niet veel toegenomen. Op 45 cm is het verschil tussen C en F 8.2°C (resp. 24.2°C en 16.0°C). Het O-object heeft op deze diepte een temperatuur van 12.9°C. Hieruit blijkt dat de absolute temperaturen wel zijn toegenomen, maar het verschil tussen C en F is kleiner geworden. Aan de bovenzijde van het profiel, op 5 cm diepte, zijn de temperaturen van C, F en O resp. 18.2, 15.3 en 14.1°C. De kleine verschillen met het onbehandelde object zijn te verklaren uit het feit dat gedurende de zomer de invloed van de netto straling in de bovenlaag van het profiel groter is dan de invloed van de buisverwarming. Op grotere diepte, op 150 cm, is het C-object verwarmd tot 23.5°C, het F-object tot 14.7°C en het O-object komt slechts tot 10.3°C. Hieruit blijkt dat een deel van de aangevoerde warmte gebruikt wordt voor het verwarmen van de ondergrond.

In de tweede decade van oktober begint, vooral in de bovengrond, de gemiddelde temperatuur alweer te dalen. Op 5 cm diepte zijn de waarden voor C, F en O resp. 15.0, 14.0 en 12.1°C, wat inhoudt dat de onderlinge verschillen zijn afgenomen.

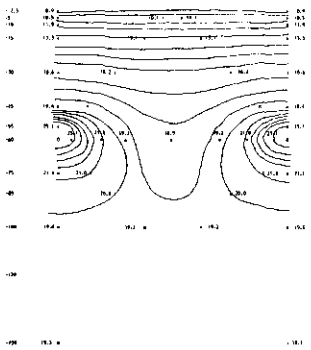
Op 45 cm diepte blijft de temperatuur nog enigszins op hetzelfde niveau (22.4, 18.2 en 12.7°C). Op 150 cm is de temperatuur t.o.v. juni veranderd: op het C-object constant 23.5°C, op het F-object van 14.7 naar 20.3°C en op het O-object van 10.3 naar 13.1°C. Dit zijn verschillen van resp. 0, 5.6 en 2.8°C. De verschillen op het F- en O-object worden veroorzaakt door het naijlen van de bodemtemperatuur t.o.v. de netto straling. Op het F-object heeft nog een extra verwarming door de buis plaatsgevonden, maar op het C-object is waarschijnlijk een stationaire toestand ingetreden met de diepe ondergrond, waardoor er geen toename van de temperatuur meer plaatsvindt.

Figuur 12 geeft de isothermen van deze decade-gemiddelden van maart, juni en oktober weer in 1984. Deze figuur is gemaakt door de meetpunten op een object te spiegelen, zodat twee identieke helften ontstaan tussen twee buizen. Dit was nodig omdat er slechts bij een buis wordt gemeten en voor een redelijk beeld met isothermen de temperaturen bij een tweede buis ook nodig zijn.
In figuur 12 is het horizontale en verticale temperatuurverloop duidelijk te zien. In maart is te zien dat rondom de buizen reeds een behoorlijke temperatuurgradient is ontstaan op het C-object, maar voor het F-object is deze gradient nog vrij klein. Uit het grotere aantal isothermen kan ook worden geconcludeerd dat de opwarming van het C-object in een verder stadium is dan die van het F-object.

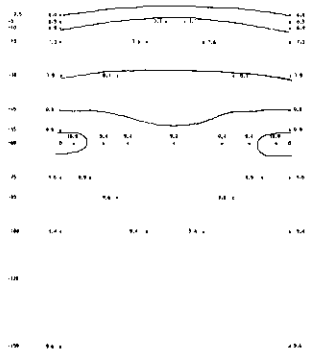
In juni liggen de isothermen op het C-object rondom de buis al niet meer zo dicht bij elkaar als in maart. Hieruit kan worden geconcludeerd dat, geheel volgens verwachting, de warmtestroom naar boven kleiner is dan in maart. Op het F-object is het aantal isothermen toegenomen, zodat hier van meer verwarming kan worden gesproken in vergelijking tot maart.

In oktober blijkt dat de bovengrond iets begint af te koelen. De isothermen rondom de buis op het C-object liggen aan de bovenzijde weer dichter bij elkaar dan in juni, hetgeen betekent dat er meer warmte vanuit de buis naar de bovenzijde van ht profiel zal stromen. Voor het F-object lopende isothermen bijna horizontaal, hetgeen inhoudt dat de verwarming geen effect meer heeft.

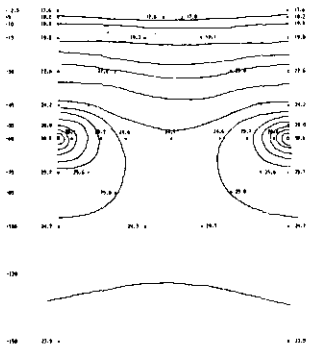
Gemiddelden 3e decade maart C-objekt



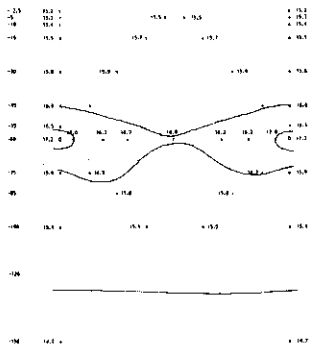
Gemiddelden 3e decade maart F-objekt



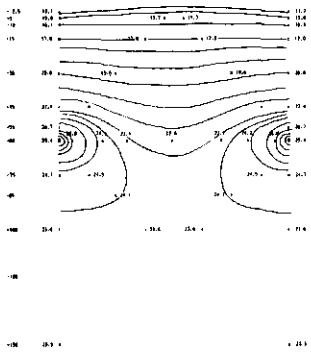
Gemiddelde temperaturen 1e decade juni 1984 C-objekt



Gemiddelde temperaturen 1e decade juni F-objekt



Gemiddelde temperaturen 2e decade oktober C-objekt



Gemiddelde temperaturen 2e decade oktober F-objekt

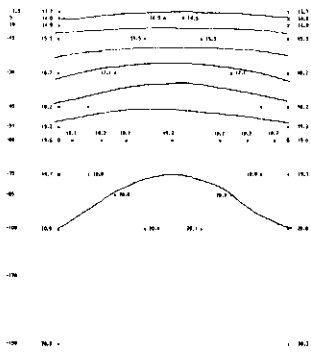


Fig. 12. De temperatuurverdeling in de bodem, tweedimensionaal aangegeven d.m.v. isothermen op het C- en F-object in de derde decade van maart, de eerste decade van juni en de tweede decade van oktober.

Fig. 12. The temperature distribution in the soil with isothermal lines for the C- and F-object in the third 10-day period of March, the first 10-day period of June and the second 10-day period of October.

4.3. Bodemvocht

Mede dankzij de gegeven beregening treedt uitdroging in de bovenste 30 cm voornamelijk op in de periode van half juni tot half september. Gedurende deze periode daalt de vochtinhoud op sommige diepten tot 20 vol.%. In het begin van het jaar treedt door de verwarming op het C-object een sterkere verdamping op, wat resulteert in een lager vochtgehalte in de bovenste lagen. Als het groeiseizoen begint en er vindt beregening plaats, wordt het verschil genivelleerd. Zoals was te verwachten, neemt de variatie van de vochtinhoud in de tijd af met de diepte. Zo treedt op 45 cm diepte nog een variatie van vochtinhoud op van ca 10 vol.%, terwijl dit op 75 cm slechts 5 vol.% is.
In 1985 verschilt de vochtinhoud alleen in de bovenste 15 cm tussen de objecten. Op 5 cm diepte is het verschil ca 10 vol.%. Op 15 cm treedt het grootste verschil nog in het voorjaar op (ca 5%). Gedurende de rest van het jaar wordt het verschil genivelleerd. Op grotere diepte is er geen verschil meer tussen de vochtinhoud van de verschillende objecten.

4.4. Grondwaterstandsdiepte

In 1983 varieerde de grondwaterstandsdiepte tussen 30 cm en 180 cm beneden maaiveld (zie fig. 13). Na het zeer natte voorjaar trad gedurende de zomer een sterke daling op, welke begin juni inzette en duurde tot de grote neerslagperiode in september. Daar hierna de meeste gewassen geoogst waren, trad er weinig transpiratie meer op, zodat de grondwaterspiegel vrij hoog kon blijven.
De gemeten diepte van de grondwaterspiegel varieerde in 1984 van 20 cm tot 170 cm beneden maaiveld (zie fig. 13). In de relatief droge periode van eind maart begin april treedt een grondwaterstandsdaling op. Deze wordt door de hierop volgende neerslagperiode tenietgedaan. Ook de maanden juli en augustus laten een dergelijke daling zien. De dalingen in deze maanden zijn voornamelijk te wijten aan de transpiratie van het gewas. Nadat het gewas is geoogst vindt er, mede door de toegenomen hoeveelheid neerslag, weer een stijging van de grondwaterstand plaats.
Gedurende 1985 heeft de diepte van het freatisch vlak gevarieerd tussen 40 cm en 140 cm. Door het natte koude voorjaar daalt de grondwaterstand zeer langzaam. Het laagste punt wordt eind mei bereikt. Door de overvloedige neerslag komt het grondwater daarna weer omhoog, waarna in juli nogmaals een daling tot ca 130 cm optreedt. Hierna stijgt het grondwater in augustus tot ca 50 cm beneden maaiveld. Vanaf september schommelt de diepte dan rond de 80 cm.
Tussen C, F en O zijn geen grote verschillen te constateren; alleen in de winter van 1984/1985 heeft het O-veld gemiddeld een lagere grondwaterstand.

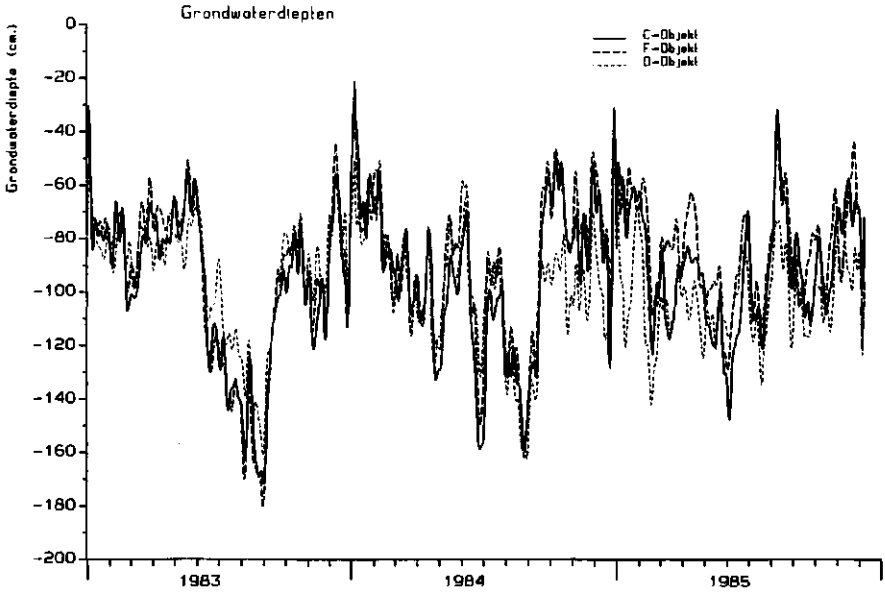


Fig. 13. Het verloop van de diepte van het grondwater in 1983, 1984 en 1985.

Fig. 13. The depth of the groundwater level during the years 1983, 1984 and 1985.

4.5. Temperatuur op grotere diepte (tot -23 m)

Om het warmteverlies naar het diepere grondwater te bepalen zijn ook temperaturen gemeten van het diepe grondwater. Door de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging District Noord van Rijkswaterstaat is, in een notitie, inzicht gegeven in de stromingssituatie in de ondergrond op basis van archiefgegevens. Daaruit blijkt dat de grondwaterstromingsrichting in de zandlagen hoofdzakelijk zuidoost is gericht.
De verplaatsingssnelheid van het grondwater is gering, nl. in het eerste pakket (tot 23 m-mv) gemiddeld 2 m en maximaal 8 m per jaar; in het tweede pakket (>23 m-mv) gemiddeld 3 m en maximaal 12 m per jaar.
In figuur 14 wordt de profielopbouw gegeven in de buurt van het proefveld.
Gezien de veel geringere hydraulische weerstand tegen stroming in de drains ten opzichte van de stroming door het dikke holoceen naar het eerste zandpakket zal de bodemontwatering voornamelijk via de drains geschieden. Kwel van water uit het eerste pakket naar de drains is niet waarschijnlijk gezien de diepteligging van de drains (tussen NAP -5,20 en -5,50 m) en de stijghoogte van het grondwater (tussen NAP -5,30 en 5,40 m).

Afgaande op deze gegevens zijn in 1984 op en romdom het proefveld PVC-buizen geplaatst tot 23 m diepte om de temperatuur te kunnen meten. Dit is gebeurd op 84.08.27, 84.11.01, 85.07.15 en 85.11.15.
Een thermokoppel aan een meetband wordt zeer voorzichtig op een bepaalde diepte gebracht (van boven naar beneden) en nadat de stroomsterkte geen verandering meer ondergaat, wordt deze afgelezen (Unigor GE). Voor een meting wordt thermokoppel en stroomsterktemeter geijkt van ijs tot kokend water (0-100°C).

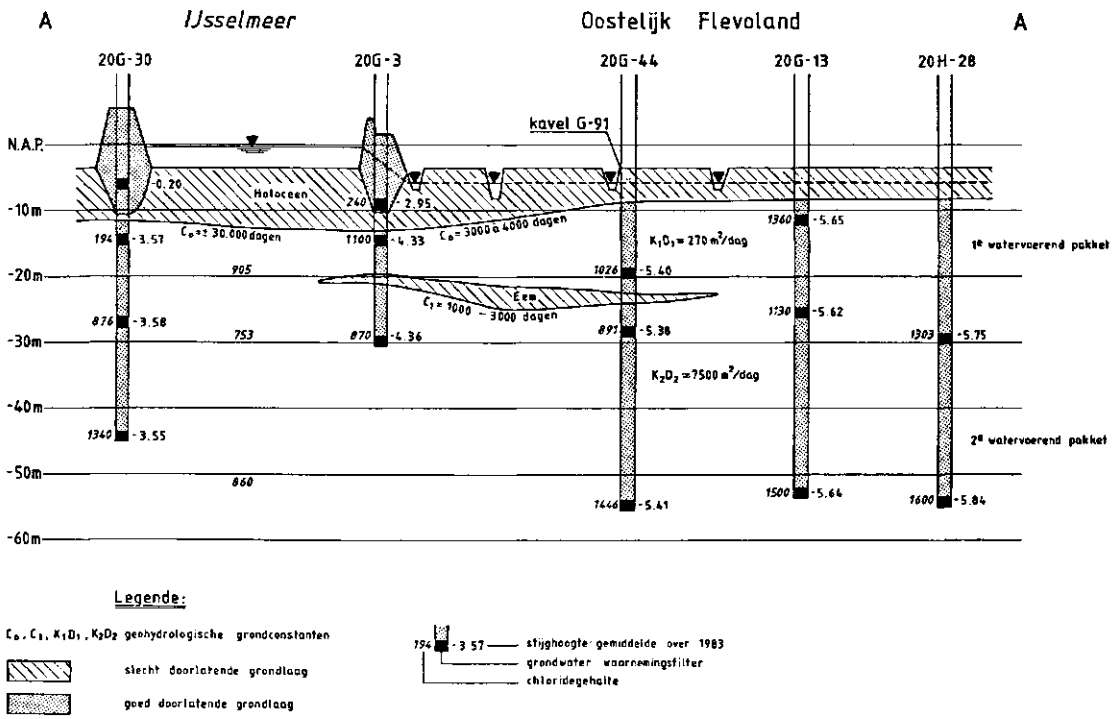


Fig. 14. Geohydrologisch profiel A-A Oostelijk-Flevoland rondom het proefveld op kavel G-91.

Fig. 14. Geohydrological profile Oostelijk-Flevoland round the experimental field G-91.

Resultaten

De temperatuur op 23 m diepte loopt gedurende de 15 maanden in alle meetpunten op van ca 10° tot 13°C. Op het onverwarmde gedeelte op en rondom het proefveld zijn er geen verschillen tussen de meetpunten. Aan het einde van de periode is op object O de temperatuur op een diepte kleiner dan 5 m hoger; op object F kleiner dan 15 m en op object C kleiner dan 23 m; zoals uit fig. 15 blijkt.

In het rechterdeel van de figuur is aangegeven de wijze waarop de temperatuurverhoging onder het C-veld verloopt.
Het merkwaardige feit dat op en om het proefveld de temperatuur op grotere diepte onder de onverwarmde grond stijgt zou verklaard kunnen worden door het plaatsen van de meetbuis zelf, waardoor het water in- en direct rondom de buis gemakkelijker door de atmosfeer verwarmd kan worden.
Concluderend kunnen we zeggen dat het opwarmen van de grond tot op grotere diepten erg plaatsgebonden is. Van horizontale uitstraling is na 4 jaar verwarming nog geen sprake tot ca 10 m afstand. Na nog enkele jaren zal de temperatuur onder het verwarmde veld echter tot op aanzienlijke diepte kunnen toenemen. Hoe dit gebeurt (door warmtegeleiding of door stroming van het grondwater) zal afhangen van het soort bodemprofiel. Het verlies van warmte naar de ondergrond lijkt op dit proefveld van geringe betekenis.

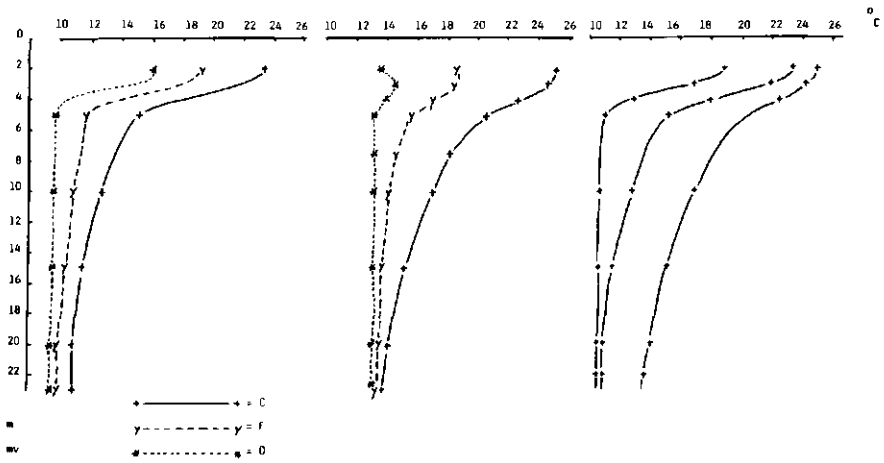


Fig. 15. Temperaturen in °C op grotere diepte. Links: opname 84.08.27; midden opname 85.11.15 en rechts van object C beide data en een vooropname op 84.04.17.

Fig. 15. Temperature in °C on a depth up to 23 m. Left: date 84.08.27, mid date 85.11.15 and right of treatment C both data including previous date of 84.04.17.

4.6. Effect van plastic folie bedekking op de temperatuur

Gedurende het onderzoek is in toenemende mate gebruik gemaakt van 5% geperforeerd poly-ethyleen folie van 0,05 mm dikte. Door het perforeren blijft het beter op het veld of gewas liggen (minder windgevoelig), maar het vermindert het

temperatuurverhogend effect. Op koude en sombere dagen is dit voor de plantengroei iets nadelig, maar op zonnige dagen is het een voordeel. Er ontstaat minder kans op te hoge temperaturen en verbranding. Naast het effect op temperatuur biedt de plastic folie bedekking ook wat meer bescherming tegen nachtvorst, hagel en wind.
Er zijn tijdens het onderzoek weinig gegevens verzameld over het verschil in microklimaat voor de plant tussen wel en niet bedekte gewassen. De gewasreactie is uitvoerig beschreven in hoofdstuk 6.

In 1985 zijn bij bospeen wel temperatuurmetingen verricht op 3 diepten, namelijk 0, 2½ en 10 cm beneden maaiveld. Voor de verschillende gewassen geeft dit een indicatie voor de verklaring van de gewasreactie. Daarbij moeten we wel bedenken dat het tijdstip van bedekking van enige invloed is en ook de zone waarin de plantengroei plaatsvindt. Bij bospeen bijvoorbeeld is deze zone tijdens de kieming tussen 2 cm -mv en 0 cm en bij de verdere groei ook bovengronds; bij vroege aardappelen tussen 10 cm -mv en 0 cm bij de kieming en tijdens de groei tot 20 cm bovengronds. Bij geplante vroege prei bevindt zich het groeipunt op 10-15 cm -mv, terwijl de zone voor groei van geplante sla van 0 tot +5 cm is.

De temperatuurmeting op 0 cm (lucht) is onder het plastic anders geweest dan zonder plastic. Deze laatsten zijn gemeten op het veldstation op 10 cm hoogte met een afschermkapje. Onder het folie zijn de voelers op de grond gelegd, zonder kapje, waarbij het folie op een afstand van 1 cm is gehouden. Na het opleggen van de folie treedt zeer snel condensvorming op. In hoeverre de instraling van de zon de temperatuurmeting van de lucht op deze wijze nog heeft beïnvloed, is niet bekend.

Resultaten

In tabel 4.3 worden de gemiddelde etmaaltemperaturen gegeven gemiddeld over een decade op de verschillende objecten. Daaruit blijkt dat bovengronds het effect van alleen foliebedekking (0+, 0-) groter is dan alleen bodemverwarming. Op 2,5 cm diepte is het effect van alleen bodemverwarming gelijk (F) of groter (C) dan alleen foliebedekking. Het effect van bodemverwarming zal dus groter zijn bij die gewassen waarvan het groeipunt zich (tijdelijk) in de grond bevindt. Het temperatuurverschil bij de combinatie van foliebedekking en bodemverwarming is het grootst. Bedekking met folie heeft een wat accumulerende werking. De temperaturen op 2,5 cm -mv onder het folie dat 14 dagen eerder is opgebracht, liggen ruim 1° hoger dan onder het later opgebrachte folie.

Tabel 4.3. Gemiddelde etmaaltemperaturen van de lucht en in de bodem bij al of niet met geperforeerd plastic bedekte gewassen.

object ± folie	gem. etmaaltemperaturen maand/decade no							gem. temperatuurverschil ± folie	gem. temperatuurverschil met bodemverwarming -folie	gem. temperatuurverschil met bodemverwarming +folie	gem. temperatuurverschil met bodemverwarming combinatie
	3^3	4^1	4^2	4^3	5^1	5^2	gem.	C^+-C^-	C^-F^--O^-	C^+F^+-O^+	C^+F^+-O^-
°C op 0 cm (lucht), folie op: 85.03.13											
C+	-	-	16,3	16,2	18,4	21,9	18,2	5,8		4,5	8,0
C-	-	-	11,7	8,7	12,6	16,6	12,4		2,2		
F+	-	-	11,2	11,1	13,4	18,4	13,5	2,7		-0,2	3,3
F-	-	-	9,2	7,6	11,2	15,2	10,8		0,6		
O+	-	-	11,2	11,7	12,7	19,2	13,7	3,5			
O-	-	-	8,7	6,8	10,7	14,7	10,2				
°C op 2,5 cm -mv, folie op: 85.03.13											
C+	11,4	15,7	15,0	14,3	18,2	-	14,9	3,4		4,5	6,7
C-	8,4	12,1	11,6	11,0	14,5	-	11,5		3,3		
F+	7,7	12,3	11,7	11,7	14,2	-	11,5	1,1		1,1	3,3
F-	6,6	10,9	10,1	10,7	13,6	-	10,4		2,2		
O+	5,1	11,7	10,9	10,7	13,4	-	10,4	2,2			
O-	4,1	10,0	8,9	7,4	10,8	-	8,2				
°C op 2,5 cm -mv, folie op:85.03.28											
C+	-	14,5	13,6	13,8	16,3	-	14,6	2,3		4,1	5,3
C-	-	12,1	11,6	11,0	14,5	-	12,3		3,0		
F+	-	11,8	11,5	12,0	14,3	-	12,4	1,1		1,9	3,1
F-	-	10,9	10,1	10,7	13,6	-	11,3		2,0		
O+	-	10,8	10,0	9,3	12,0	-	10,5	1,2			
O-	-	10,0	8,9	7,4	10,8	-	9,3				

treatment with/without plastic	month/decade no Average 24 hrs temperatures	± plastic average	with soil heating differences in temperature

Table 4.3. Average 24 hrs temperatures (°C) of the air and in the soil covered with and without plastic film.

Conclusie

De bovengrondse temperaturen worden door alleen foliebedekking meer verhoogd dan door alleen bodemverwarming. In de grond zijn de temperaturen bij alleen bodemverwarming hoger dan alleen foliebedekking. Combinatie van bodemverwarming en foliebedekking geeft in en boven de grond de hoogste temperaturen.

5. INVLOED BODEMVERWARMING OP BODEM, WORTELGROEI EN ONKRUIDVEGETATIE

5.1. Invloed van bodemverwarming op de bodem

P. Nicolaï

Een verhoging van het temperatuurregieme in de bodem kan leiden tot verandering van processen die zich in de bodem afspelen. Diverse onderzoekers maken melding van bijvoorbeeld verandering van de gehalten aan voedingsstoffen in de bodem, een verhoogde N-mineralisatie en een versnelde afbraak van de organische stof (hfdst. 2).
Dit aspect is tijdens het onderzoek niet als het meest belangrijke onderdeel beschouwd. Om toch vast te kunnen stellen of er veranderingen op zouden treden en om enig idee te hebben over de omvang ervan zijn periodiek een aantal waarnemingen verricht.

5.1.1. Chemische bodemvruchtbaarheid

Van 1982 t/m 1985 zijn jaarlijks in de winter grondmonsters genomen om het gehalte aan voedingselementen vast te stellen. In 1982 is een mengmonster genomen van elk van de 3 verwarmingsobjecten. De volgende jaren is van resp. 9, 14 en 13 velden van elke behandeling een monster genomen.
In tabel 5.1 zijn de gehalten aan P, K en Mg gegeven als een gemiddelde waarde voor de behandelingen voor de 4 jaren. Hieruit blijkt dat er geen verschillen zijn ontstaan tussen de behandelingen. Vooral het fosfaat- en magnesium niveau is duidelijk gestegen, na een aanvankelijke daling. Deze veranderingen zijn een gevolg van disharmonie tussen de onttrekking door de gewassen en de toegediende bemesting. Deze veranderingen in niveau doen zich binnen de jaren op alle 3 behandelingen voor. Er is geen verandering vastgesteld door een verhoogde bodemtemperatuur.
Gedurende de winters van 1983, 1984 en 1985 zijn er ook grondmonsters onderzocht op het gehalte aan minerale stikstof. De resultaten zijn vermeld in tabel 5.2 als gemiddelden per behandeling. In 1983 en 1985 vinden we op C het hoogste gehalte. Dit duidt op een verhoogde mineralisatie van stikstof door een verhoging van de bodemtemperatuur.

Tabel 5.1. Gehalten aan P, K en Mg in de bodem (0-25 cm) bij bemonstering in de winter.

object	element	1982	1983	1984	1985
C	Pw	37	24	25	38
	P-Al	29	26	27	35
	K-geh	21	15	20	25
	MgO	87	78	125	147
F	Pw	22	24	25	37
	P-Al	25	25	27	33
	K-geh	22	16	19	24
	MgO	91	80	128	151
O	Pw	28	28	28	38
	P-Al	23	27	28	33
	K-geh	18	17	22	25
	MgO	101	83	130	153

Table 5.1. Level of P, K and Mg in the soil (0-25 cm) when sampled in winter.

5.1.2. Fysische bodemvruchtbaarheid

Het organische stofgehalte in de bouwvoor was in 1982 (2,2%) voor het met succes telen van een aantal van de proefgewassen iets te laag. Daarom is toen besloten 4 m^3 tuinturf per are toe te dienen verdeeld over een aantal jaren. In 1985 was hierdoor het organische stof-gehalte gestegen tot 3,4%, een toename dus van ruim 1%. Tussen de behandelingen zijn geen verschillen ontstaan. Bij de gerealiseerde temperatuurverhogingen is geen sprake geweest van een versnelde afbraak van de organische stof in de bouwvoor.

In het vroege voorjaar was wel sprake van verschillen in de structuur van de bodem als gevolg van de bodemverwarming. Op object C (30°) was het aantal kluiten met een doorsnede van meer dan 8 mm groter dan op F en O. Dit werd vastgesteld tijdens de grondbewerking die op de 3 behandelingen op hetzelfde tijdstip plaats vond. Het vochtgehalte was dan ook op object C in de bovenste grondlaag circa 2 volume % hoger dan op F en O.

Of dit werkelijk een verschil in fysische conditie van de bodem betekent, mag worden betwijfeld.

Op grond van ervaringen bij grondbewerking op dit type grond kan worden aangenomen dat ook op C de kluiten niet aanwezig waren geweest indien daar enige dagen eerder bij een hoger vochtgehalte was bewerkt.

Tabel 5.2 N-mineraal (N in mg/kg droge grond) in de bodem (0-50 cm) tijdens de winter, als gemiddelde waarden voor de 3 behandelingen.

Behandeling Treatment	1983	1984	1985
C	20	6	15
F	18	6	10
O	16	6	10

Table 5.2 N-mineral (N in mg/kg dry soil) in the soil (0-50 cm) during wintertime as mean values for the 3 treatments.

5.1.3. Biologische activiteiten

Op het terrein van de biologische activiteiten in de bodem is slechts aandacht besteed aan de nematoden-populatie. In de zomer van 1983 zijn tellingen verricht over de aantallen van 3 soorten vrijlevende alen en cysten in de bouwvoor op de 3 behandelingen.
In tabel 5.3 zijn daarvan de resultaten gegeven.
De gevonden aantallen liggen ver beneden de schadedrempel. Ze bevinden zich bovendien op een niveau, dat gegeven de korte duur van het onderzoek geen grote verschuivingen te verwachten zijn. Reden waarom hieraan verder geen aandacht is geschonken.

Tabel 5.3. De aantallen (per 100 ml grond) van 3 soorten vrijlevende alen en cysten in de bouwvoor in juni 1983.

Behandeling treatment	Pratylenchus	Paratylenchus	Tylenchorynchus	Cysten
C	35	90	15	0
F	35	110	15	0
O	30	105	10	0

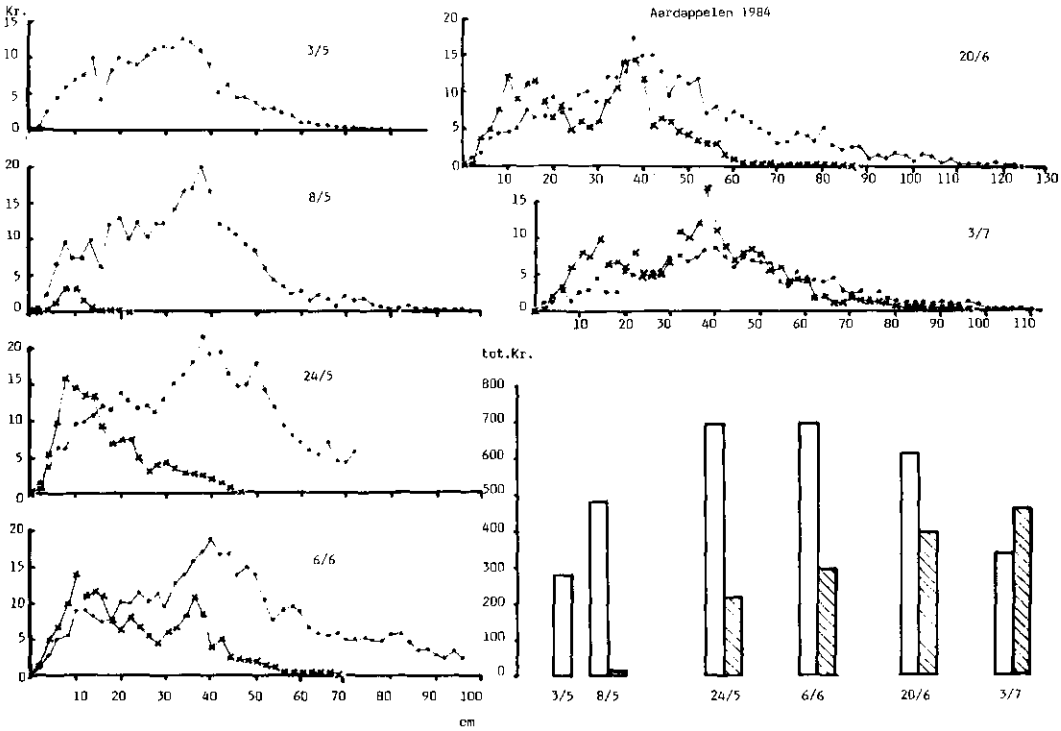
Table 5.3. Numbers (per 100 ml soil) of 3 sorts of nematodes and cysts in the topsoil in june 1983.

5.2. Invloed van bodemverwarming op de wortelontwikkeling

B.W. Veen

De groei van planten kan worden beperkt door zowel bovengrondse factoren als door factoren in het wortelmilieu. Beperkende factoren in de grond kunnen een tijdelijk of plaatselijk gebrek aan water, zuurstof of nutriënten zijn, terwijl de bodemtemperatuur een belangrijke invloed heeft op de wortelgroei en de fysiologische activiteit van het wortelstelsel. Op dit proefveld is getracht de beschikbaarheid van nutriënten en water zo optimaal mogelijk te houden en is bij verschillende gewassen de invloed bestudeerd van bodemverwarming op de wortelontwikkeling.
Er zijn metingen verricht op het O- en C-veld, in de gewassen prei en gerst (1982), winterbloemkool (1982/1983), suikerbieten en witlof (1983) en vroege aardappel (1982 en 1984).

Alvorens nader in te gaan op de metingen is het zinvol enkele opmerkingen te maken over de interpretatie van de invloed van bodemverwarming op de wortelontwikkeling en de consequenties daarvan voor de groei van de plant.
Wortelgroei en wortelsterfte zijn twee processen die gelijktijdig kunnen verlopen. Bij bepaalde ontwikkelingen van de plant (bloei, vorming van reserveorganen en zaden) neemt de groei van nieuwe wortels af, terwijl een groter en ouder wordend wortelstelsel een grotere wortelsterfte vertoont. Daardoor neemt na een aanvankelijke uitbreiding meestal na de bloei de wortellengte weer af. De wortellengte op een bepaald moment is dus de resultante van groei en afsterving die elk op een verschillende wijze door de temperatuur kunnen worden beïnvloed.
De bodemtemperatuur zowel op het C- als op het O-object is niet homogeen. De temperatuur varieert met de diepte en met de tijd. Verbetering van de groeiomstandigheden van een deel van het wortelstelsel heeft in het algemeen een negatieve invloed op de groei van het overige deel van het wortelstelsel (Boone en Veen 1982).
Een betere wortelgroei of potentiële wortelactiviteit betekent niet direct een verbetering van de gewasgroei. Dat is alleen te verwachten als in de bodem een beperkende factor aanwezig is (Nielsen 1971, Van Noordwijk en De Willigen 1979).
De reactie van het gewas op de bodemtemperatuur hoeft niet alleen via het wortelstelsel te verlopen. Er kan ook een directe invloed van de bodemtemperatuur op de spruitgroei zijn. Dat is bijvoorbeeld het geval bij de kieming van gezaaide of gepote gewassen en bij planten waarvan het groeipunt zich onder of nabij het maaiveld bevindt (prei, gerst).



De wortelontwikkeling op 6 data van vroege aardappel, ras Eersteling, plantdatum 19-3-1984.
The root development at 6 dates of early potatoes var. Eersteling, planting date 19-3-1984.

Fig. 16. De wortelontwikkeling van gerst en aardappelen gemeten als het aantal kruisingen met een horizontale lijn (kr.) in afhankelijkheid van de diepte en op 5 data. De staafgrafiek geeft het totaal aantal kruisingen met horizontale en verticale lijnen (tot.kr.) als maat voor de totale wortellengte.

Fig. 16. Root development of spring barley, and early potatoes, measured as the number of intersections with horizontal lines at various depths and at five moments during the growing season. The histogram shows the total number of intersections with horizontal and vertical lines as a measure of the total root length.

Zomerprei, ras Goliath, plantdatum 82.04.15.
Prei heeft een klein en ondiep wortelstelsel met onvertakte wortels, die ontstaan vanuit de stengelbasis en die een sterke verticale groei vertonen. De bodemverwarming heeft een nadelige invloed op de worteldichtheid in de laag van de hoofdmassa (5-20 cm). De wortels groeien daarbij gemiddeld ook horizontaler. De maximale bewortelingsdiepte is voor beide objecten gelijk.

Zomergerst, ras Trumpf, zaaidatum 82.04.01.
De wortelontwikkeling van gerst reageert sterk negatief op bodemverwarming. De worteldichtheid is op C altijd geringer dan op O en vertoont vroeger de reductie in wortellengte. De laag van de hoofdmassa van de wortels en de maximale diepte is op C geringer (zie fig. 16). De richting van de wortels op C en O is gelijk.

Vroege aardappelen, ras Eersteling, pootdatum 82.04.01 en 84.03.19.
In 1982 is de bodemverwarming pas op 4 mei gestart. Daardoor is de versnelde ontwikkeling van gewas en wortels op C veel later begonnen dan mogelijk is. Dit verklaart niet het verschil in wortelontwikkeling in 1982 en 1984. Op het O-object is deze in 1984 ook groter.

In beide jaren is een sterk positieve invloed zichtbaar van de temperatuur op wortellengte terwijl tevens de ontwikkeling van het wortelstelsel versneld verloopt (fig. 16). Behalve door een grotere groeisnelheid wordt de voorsprong in wortelontwikkeling op het C-object veroorzaakt door een eerdere start van de wortelgroei. Het optimale effect van bodemverwarming op wortelgroei heeft plaats zo'n 40 cm onder de top van de aardappelrug. Ook gaan de wortels op het C-object veel dieper dan op O.
Begin juli zijn op O meer wortels dan op C, maar of op O uiteindelijk dezelfde maximale uitbreiding ontstaat als op C valt te betwijfelen.
Het moment waarop vermindering van de totale wortellengte inzet is in beide jaren op het C-object op een vroeger tijdstip dan op O. Het meest duidelijk is dat in 1984, waar na 6 juni reeds de wortellengte afneemt, terwijl tot 3 juli de wortels op het O-object nog in lengte toenemen.
Anders dan bij prei zijn aardappelwortels sterk vertakt en bij toenemende vertakking neemt de geotropie af (tabel 5.5). De uitbreiding van het wortelstelsel hangt voornamelijk af van groeisnelheid en groeirichting van de hoofdwortels. Die zijn echter niet afzonderlijk gemeten, zodat enkel een gemiddelde groeirichting berekend kan worden van alle wortels. De gemiddelde hoek is in beide jaren verschillend. In 1982 groeien de wortels op C iets horizontaler dan op O. In 1984 is het omgekeerde het geval.

Tabel 5.5 Gemiddelde hoek t.o.v. de verticaal van wortels van vroege aardappelen op verschillende tijdstippen in 1984.

object	waarnemingsdatum					
	3/5	8/5	24/5	6/6	20/6	3/7
C	26	36	42	43	45	44
O	--	26	36	43	48	52

Table 5.5 Average angle in regard to the vertical of roots of early potatoes at different dates in 1984.

Winterbloemkool, ras Armado Quick, plantdatum 82.08.17.
De wortelontwikkeling van winterbloemkool is gemeten in het vroege voorjaar van 1983. Ondanks de lage bodemtemperatuur in die periode is de invloed van bodemverwarming op wortelgroei slechts gering. De verschillen treden enkel op in de zone van 10-40 cm. Er is geen verschil in bewortelingsdiepte en richting.

Zeer vroege witlof, ras Zoom, zaaidatum 83.05.05.
Witlof ontwikkelt een uitgebreid wortelstelsel. Bij de rooiing is waarschijnlijk de maximale wortellengte nog niet bereikt. De maximale worteldichtheid is op een diepte van 50-80 cm. Er is een duidelijk positieve invloed van bodemverwarming op de wortellengte. De wortels gaan dieper dan de mini-rhizotron diepte, zodat verschillen tussen C en O met betrekking tot de bewortelingsdiepte niet exact kunnen worden gemeten. Extrapolatie van gegevens op 5 en 27 juli suggereert een grotere max. worteldiepte op C dan op O. De groeirichting is weinig verschillend.

Suikerbieten, ras Monohill, zaaidatum 83.4.14.
De eerste meting aan suikerbietenwortels heeft pas op 23 juni plaats kunnen vinden in verband met het zeer natte voorjaar. Daardoor lijkt de invloed van de bodemtemperatuur nogal negatief. De wortelontwikkeling is echter op C vóór 23 juni vermoedelijk groter geweest dan op O met daarbij een vroeger optredende reductie van de totale wortellengte. Op 23 juni is op C de hoofdmassa van de wortels op een diepte van 50-80 cm; op O is dit stadium omstreeks 25 juli bereikt. Verschillen in maximale diepte en richting zijn gering.

Discussie

Bij vroege aardappelen, witlofwortels, suikerbieten en bloemkool is de reactie van de beworteling op bodemverwarming positief en gelijk aan de reactie van de bovengrondse groei op bodemverwarming.
Bij gerst zijn de reacties van beworteling en bovengrondse groei op bodemverwarming beide negatief. Het is niet bekend of de lagere opbrengst veroorzaakt wordt door de minder goede beworteling.
Bij prei daarentegen reageert het bovengrondse deel positief en de beworteling negatief op bodemverwarming. De invloed van bodemverwarming op de bovengrondse groei is bij dit gewas over het hele groeiseizoen direct omdat het groeipunt zich ca 10-12 cm beneden het maaiveld bevindt. Het veel geringer ontwikkelde wortelstelsel is daarbij op dit proefveld geen belemmering gebleken. Wel is het gewas met bodemverwarming mogelijk kwetsbaarder geworden, zodat waakzaamheid t.a.v. vocht- en meststoffenvoorziening noodzakelijk is.

Conclusie

De invloed van bodemverwarming op de groei van de wortels is positief voor vroege aardappelen, bloemkool, witlof en suikerbieten. De wortelontwikkeling begint eerder, is sneller en intensiever en gaat soms dieper. De wortelsterfte begint echter ook op een vroeger tijdstip. Het moment dat de totale hoeveelheid wortels afneemt is bij bodemverwarming dan ook eerder. De reactie van de wortels komt overeen met die van de bovengrondse delen. Over de oorzakelijkheid kan geen uitspraak worden gedaan.
De reactie van de wortels en gewasgroei op bodemverwarming is bij gerst negatief. Bij prei worden de groei, ontwikkeling en geotropie van het wortelstelsel negatief beïnvloed door bodemverwarming. Bovengrondse groei wordt daarentegen gestimuleerd. Dit vraagt om een goede zorg voor optimale bodemfactoren bij dit gewas bij toepassing van bodemverwarming.

5.3. Invloed bodemverwarming op onkruidvegetatie

J. Jonkers

Op het afvalwarmteproefveld is gedurende de jaren dat dit project liep de onkruidontwikkeling gevolgd.
Hierbij was het belangrijk om na te gaan welke onkruiden voorkwamen voor de aanvang van het project en om na te gaan of er een ontwikkeling in het onkruidsortiment waarneembaar was tussen de verschillende objecten gedurende de onderzoekperiode.
Voor dit onderzoek werden geen vaste waarnemingsplaatsen aangehouden, maar werden waarnemingen verricht voor, tijdens en na de groei van de in dit object geplande gewassen.
Tot 1985 konden er weinig bijzonderheden vastgesteld worden m.b.t. eventuele kwalitatieve verschuiving in de onkruidflora. In ieder geval niet anders dan de verschuiving die zich voordoet bij het intensiever telen van gewassen, met name tuinbouwgewassen. Meestal komt dit door een rijkere bemesting, extra bewerking van de grond en toediening van tuinturf. In 1985, het laatste jaar van dit project, zijn in het gewas kroten de onkruiden wat intensiever gevolgd.
Na het zaaiklaar maken en zaaien van de kroten werden per object twee veldjes uitgezet van 1 m^2. De tellingen werden om de 14 dagen uitgevoerd. Tussen de voorlaatste en de laatste telling was de periode 1 maand.
De onkruiden werden telkens per soort waargenomen en vervolgens verwijderd. Er is geen chemische onkruidbestrijding toegepast.

Resultaten

Tabel 5.6 geeft informatie over de resultaten van deze tellingen.

Tabel 5.6. Totaal aantal onkruidplanten per m^2 per soort zonder en met een gewas na het zaaiklaar maken van de grond (van 85.04.26 tot 85.08.06).

onkruidsoort		zonder gewas			met gewas		
		C	F	O	C	F	O
straatgras	Poa annua	58	54	58	40	36	39
muur	Stellaria media	1	2	1	1	1	2
kruiskruid	Senecio vulgaris	52	29	73	1	12	71
ganzevoet	Cheno podium spp	6	4	14	3	4	14
boterbloem	Ranunculus sceleratus	6	6	11	1	2	1
moeraskers	Rorippa islandica	1	-	1	-	-	-
totaal		124	95	158	46	55	127

Table 5.6. Total number of weed plants per square meter for different species with and without a crop after seedbed preparation (between 85.04.26 and 85.08.06)

Uit tabel 5.6 valt af te leiden dat op de telplaatsen zonder gewas meer onkruiden tot kieming komen. In de objecten met verwarming is de onkruiddruk in deze proef lager dan in de objecten zonder verwarming. Dit kan het gevolg zijn van een effect van de hogere bodemtemperatuur op het kiemingsritme van de betrokken onkruiden. Zo is het aannemelijk dat de onkruiden op C en F reeds gekiemd waren op het moment dat de grond voor het zaaien van de kroten werd bewerkt en daardoor bestreden zijn. Dit komt vooral naar voren in de strook met het cultuurgewas. Tevens is te zien dat (zoals te verwachten is) het gewas een concurrerende werking op de onkruiden heeft. De gewasontwikkeling op het onverwarmde veld is ook trager, zodat de onkruiden langer de tijd krijgen om zich te ontwikkelen.
Dit is vooral te zien bij klein kruiskruid dat alleen op de verwarmde objecten met gewas geen verhoogde kieming vertoont in de periode 5/7-6/8. Straatgras ondervindt in deze proef de minste invloed van de verwarming. Ook valt op dat straatgras ook hier weer onder lichtarme omstandigheden gewoon doorkiemt.

Conclusie

Dit onderzoek heeft betrekking op een korte onderzoeksperiode in het gewas kroten. De resultaten wijzen erop dat bodemverwarming op zich niet of weinig van invloed is op de onkruidflora en op het aantal onkruiden dat op de verschillende objecten tot ontwikkeling komt. Wel is een indirect effect aanwezig dat samenhangt met de gewasontwikkeling op de betreffende objecten.

6. INVLOED BODEMVERWARMING OP DE GEWASSEN

6.1. Aardbei (Fragaria ananassa Duch.)

J. Dijkstra

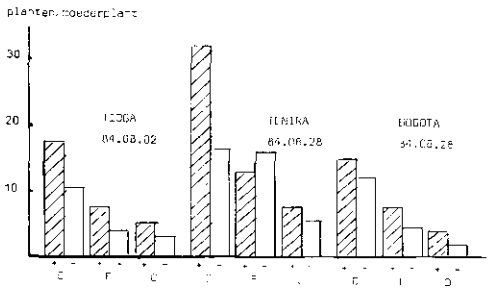
6.1.1. Plantenvermeerdering

Door de opkomst van de eenjarige teelt, waarbij eind juli-begin augustus geplant moet worden, is er vroeg in het seizoen een grotere vraag naar aardbeiplanten gekomen. Aan deze vraag kan veelal niet voldaan worden, omdat in vele jaren rond 1 augustus het aantal uitloperplanten per moederplant nog onvoldoende is. Vervroeging van de vermeerdering met als doel voldoende jonge planten rond 1 augustus is daarom erg gewenst.
Er is nagegaan wat de invloed is van bodemverwarming en afdekken met geperforeerde folie in het voorjaar op de vermeerderingsfactor. Gezien de rasverschillen in reactie op temperatuur en daglengte is daarbij gekozen voor rassen die in dat opzicht sterk verschillen of die slechts weinig uitlopers geven. In de proeven zijn opgenomen Tenira, een Nederlands ras met een grote koudebehoefte; Tioga, een Californisch ras met een relatief geringe koudebehoefte; en Bogota, een ras van Nederlandse herkomst dat bekend staat om de slechte vermeerdering.
In 1983 is geplant op 25 augustus. In het voorjaar is de helft van de velden gedurende ca 6 weken bedekt geweest met geperforeerde plastic folie. In 1984 is geplant op 29 augustus waarbij geen plastic is gebruikt. De plantafstand is in beide jaren 2 x 0,5 m geweest.

Resultaten

In beide jaren is de groei redelijk tot goed verlopen. In 1984 is Tioga opgerooid op 2 augustus; de beide andere rassen op 28 augustus. In 1985 zijn alle rassen op 15 augustus opgerooid. Daarbij zijn de bruikbare aantallen planten per moederplant bepaald en is een waardering gegeven voor plantzwaarte. De aantallen bruikbare planten per moederplant zijn weergegeven in de figuur 17.
In 1984 is er zowel een positieve invloed van het bedekken met plastic folie als van de bodemverwarming. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat de vermeerderingsfactor op de 0-veldjes zonder plastic teleurstellend is. In de praktijk rekent men begin augustus toch op 12 à 15 planten per moederplant. Bij Tioga zijn de planten in het C-veld met plastic reeds wat gerekt, in de andere velden zijn mooie, korte planten geoogst.

Ook in 1985 heeft bodemverwarming een gunstig effect op de vermeerdering van aardbeiplanten. Niet alleen neemt het aantal oogstbare planten toe, ook het percentage zwaar bewortelde planten is hoger bij meer bodemwarmte.



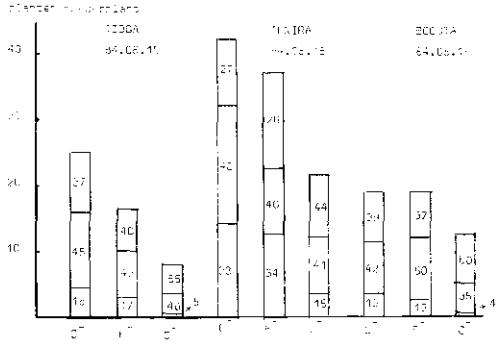


Fig. 17. Aantal bruikbare uitloperplanten per moederplant in 1984 (links): + = bedekt met plastic, - = niet bedekt; in 1985 (rechts): De getallen van onder naar boven zijn percentages zwaar, goed en licht bewortelde planten.

Fig. 17. Numbers of usable runnerplants per motherplant of strawberry, 1984 (left): + means covered with clear perforated plastic, - means not covered; 1985 (right): numbers from below upwards: heavy, good and poor rooted plants.

Conclusie

De vermeerdering van aardbeiplanten reageert gunstig op extra bodemwarmte en bedekken door geperforeerde folie gedurende een 6-tal weken in het vroege voorjaar. Door een snellere start van de groei komt de uitlopervorming sneller op gang en worden meer uitloperplanten gevormd. Het effect van bodemwarmte is groter dan van bedekken. Dit is gunstig omdat inmiddels bekend is dat bedekken de kans op een aantasting door Rhizoctonia zo sterk vergroot, dat bedekken niet aan te bevelen is.

Met bodemwarmte en zonder plastic worden op C 1,5 tot 6 keer, gemiddeld 3 keer, zoveel planten verkregen als op O (zonder bodemwarmte), waarbij tevens gemiddeld een zwaardere plant wordt verkregen. Op F wordt 1,3 tot 2,9 keer, gemiddeld 2 keer, zoveel planten verkregen. De resultaten laten geen principiële verschillen in reactie tussen de drie gebruikte rassen zien.

6.1.2. Consumptieteelt, normale rassen

Het oogsttijdstip van de normale vollegrondsaardbeirassen bepaalt in belangrijke mate de prijs van de vruchten. Als voor de hoofdaanvoerperiode wordt geoogst, is het prijspeil hoger. In de praktijk wordt voor oogstvervroeging gebruik gemaakt van kassen, maar ook van plastic (tunnels of volvelds geperforeerde folie). Het is daarom interessant na te gaan wat het effect van een hogere bodemtemperatuur is op de vroegheid, produktie en kwaliteit van vollegrondsaardbeien.
Aardbeirassen verschillen, behalve in natuurlijke vroegheid, ook in hun koudebehoefte. Voor de proef is daarom behalve voor het vroegrijpende ras Karina gekozen voor Tenira, een ras met een grote koudebehoefte en voor Tioga, een ras met een geringe koudebehoefte.
De proef is uitgevoerd in 1982 met als plantdatum 1 augustus, in 1983 met als plantdatum 10 augustus en in 1984 met als plantdatum 16 augustus. De plantafstand bedraagt 0,9 x 0,35 m (in 1983 bij Karina 0,9 x 0,25 m). Eind februari-begin maart is steeds de helft van de veldjes bedekt met geperforeerde plastic folie, die bij het begin van de bloei weer is verwijderd. Gedurende het hele oogstseizoen is 2 à 3 keer per week geplukt.

Resultaten

Algemeen

In 1982 is de ontwikkeling van de planten slecht, waarschijnlijk door te diep planten en een onvoldoende vochtvoorziening. De oogst in 1983 geeft daarom geen betrouwbare kwantitatieve gegevens. Wel bestaat de indruk dat bedekken met plastic wat meer vervroeging geeft dan extra bodemwarmte. De vervroeging lijkt echter te leiden tot een vermindering van de vruchtgrootte.
In het najaar van 1983 is de gewasontwikkeling goed en in 1984 wordt er een behoorlijke produktie behaald. Ook in het najaar van 1984 verloopt de groei goed. Waarschijnlijk door de strenge wintervorst zijn de produkties in 1985 echter erg laag. Op de vroegst bloeiende veldjes worden in april bovendien veel bloemen beschadigd door nachtvorst. Omdat de reacties per ras verschillend zijn, worden de resultaten van 1984 en 1985 per ras besproken.

Karina

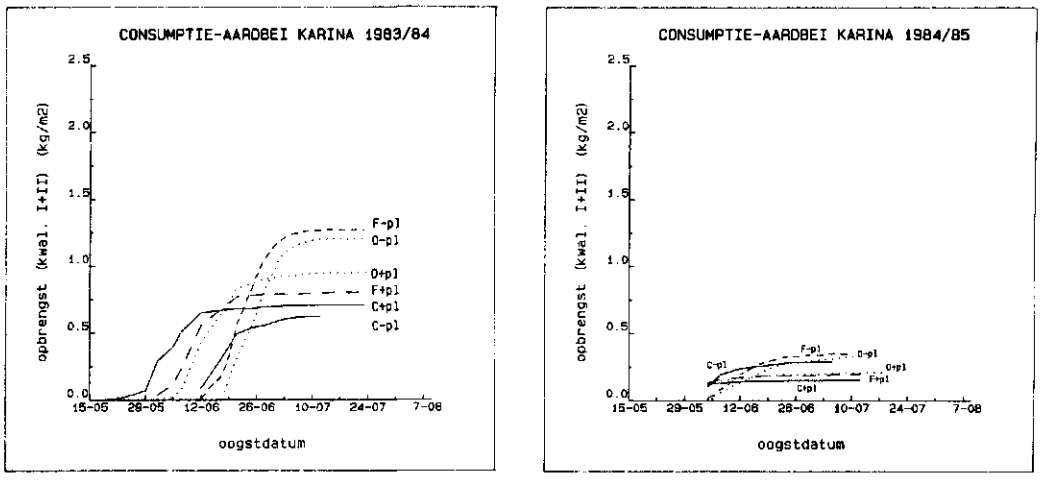
Opvallend is dat bij dit ras zowel in het najaar van 1983 als in de zomer van 1984 de stand op de C- en F-veldjes gemiddeld minder goed is dan op de O-veldjes.

Tabel 6.1. Standcijfers november 1983 en juni 1984 (1 = goed, 10 = slecht) en produktiegegevens 1984 en 1985, ras Karina. (1) in procenten van kwaliteit I en II, 2) m.o.d. = midden oogst datum (50% geplukt).

object	standcijfer		produktie 1984						produktie 1985	
+ en -	nov.	juni	kwal. I		Kwal. II	totaal (incl. rot)			totaal	
plastic	'83	'84	kg/m^2	% 1)	kg/m^2	kg/m^2	gem. vr. gew. (g)	m.o.d. 2)	kg/m^2	m.o.d. 2)
C+	4,3	5,3	0,56	78,2	0,16	0,76	8,7	4 juni	0,16	5 jumi
C-	4,6	5,6	0,54	86,5	0,08	0,78	8,1	17 juni	0,29	5 juni
F+	4,7	5,9	0,65	81,1	0,15	0,85	8,9	10 juni	0,20	5 juni
F-	5,5	7,1	1,12	87,9	0,15	1,42	9,2	22 juni	0,35	13 juni
O+	6,1	7,3	0,79	86,5	0,17	1,05	8,4	13 juni	0,21	4 juni
O-	5,8	7,3	1,02	84,7	0,19	1,31	9,0	25 juni	0,33	14 juni
+ and -	nov.	june	kg/m^2	% 1)	kg/m^2	kg/m^2	average	m.h.d. 2)	kg/m^2	m.h.g. 2)
plastic	judgement		1st qual.		2nd qual.	total	fruit w.		total	
object	for vigour		production in 1984						production 1985	

Table 6.1. Vigour (1 = little, 10 = much) in November 1983 and June 1984 and production in 1984 and 1985, Variety Karina. (1) in percentage of 1st and 2nd quality, 2) mean harvest date (50% harvest).

Uit de in tabel 6.1 en figuur 18 weergegeven produktiegegevens kan worden afgeleid dat bedekken met plastic zowel in 1984 als in 1985 de produktie nadelig beïnvloedt. Ook is de tendens aanwezig dat bedekken kleinere vruchten geeft (1984). Wel geeft bedekken een aanzienlijke oogstvervroeging (1984: ± 12 dagen, 1985: ± 9 dagen). Helaas is het effect van bedekken bij een verhoogde bodemtemperatuur (C) in 1985 verloren gegaan door nachtvorstschade.
Een hogere bodemtemperatuur geeft bij Karina algemeen een duidelijk lagere produktie. In de F-veldjes is deze invloed wat minder dan in de C-veldjes. De hoogste bodemtemperatuur (C t.o.v. O) geeft in 1984 wat minder en in 1985 even veel vervroeging als afdekken met plastic.



Figuur 18. Het produktieverloop van het ras Karina in 1984 en 1985.
The production curves of the variety Karina in 1984 en 1985.

Tenira

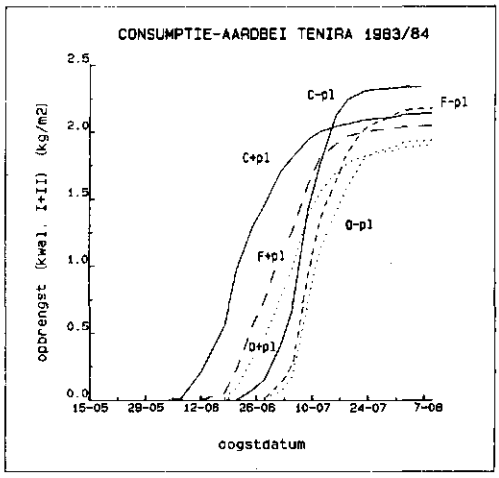
Bij dit ras is de stand van het gewas in het najaar van 1983 het beste op het C-veld. In de zomer van 1984 is het verschil met de F- en O-velden gering (tabel 6.2). Bedekken van het gewas met plastic geeft in 1984 zowel op de O- als op de F- en C-veldjes een wat lagere produktie. In 1985 is er op het O-veld door bedekken een hogere produktie, op de F- en C-velden echter een duidelijk lagere. Het bedekken leidt in 1984 tot kleinere vruchten. De oogstvervroeging door bedekken is in 1984 ongeveer een week, in 1985 ongeveer 10 dagen. Opvallend

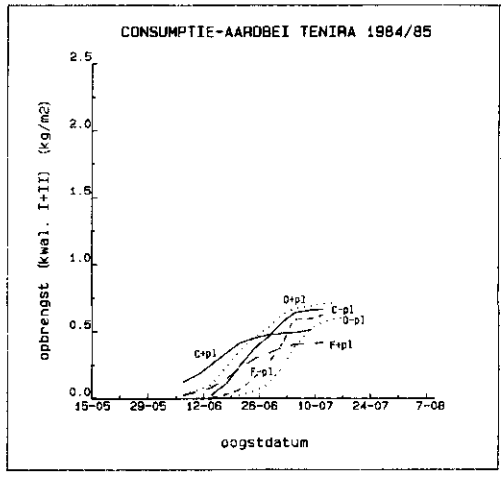
is in 1984 de interactie tussen bedekken en een hoge bodemtemperatuur, waardoor bedekken op het C-veld een extra grote vervroeging gaf.
Extra bodemwarmte geeft bij Tenira in beide proefjaren een wat hogere produktie als niet wordt afgedekt met plastic. In 1985 leidt een combinatie van bedekken en bodemwarmte (C+ en F+ t.o.v. O+) tot een aanzienlijke produktieverlies. De vervroeging met extra bodemwarmte is gemiddeld wat minder dan met plastic. Vooral op de F-veldjes is de vervroeging gering. De combinatie van bodemwarmte en plastic (C+) geeft ten opzichte van het geheel onbehandelde veld (O-) bijna 3 weken vervroeging, in 1984 zonder effect op de produktie, in 1985 echter met een wat lagere produktie. De combinatie heeft echter een veel lager vruchtgewicht tot gevolg.

Tabel 6.2. Standcijfers november 1983 en juni 1984 (1 = goed, 10 = slecht) en produktiegegevens 1984 en 1985, ras Tenira. (1) in procenten van kwaliteit I en II, 2) m.o.d. = midden oogst datum (50% geplukt).

object	standcijfer		produktie 1984						produktie 1985	
+ en -	nov.	juni	kwal. I		Kwal. II	totaal (incl. rot)			totaal	
plastic	'83	'84	kg/m^2	% 1)	kg/m^2	kg/m^2	gem. vr. gew. (g)	m.o.d. 2)	kg/m^2	m.o.d. 2)
C+	7,0	8,2	1,80	84,1	0,34	2,33	11,2	22 juni	0,51	14 juni
C-	6,6	8,3	1,89	80,6	0,45	2,61	12,4	8 juni	0,66	24 juni
F+	6,5	7,6	1,77	86,5	0,28	2,14	13,0	2 juli	0,42	20 juni
F-	6,0	7,7	1,96	89,9	0,22	2,37	14,7	10 juli	0,63	30 juni
O+	6,6	7,9	1,60	84,3	0,30	2,00	12,8	5 juli	0,72	21 juni
O-	5,2	7,5	1,73	89,2	0,21	2,07	15,8	11 juli	0,60	3 juli
+ and -	nov.	june	kg/m^2	% 1)	kg/m^2	kg/m^2	average	m.h.d. 2)	kg/m^2	m.h.g. 2)
plastic	judgement		1st qual.		2nd qual.	total	fruit w.		total	
object	for vigour		production in 1984						production 1985	

Table 6.2. Vigour (1 = little, 10 = much) in November 1983 and June 1984 and production in 1984 and 1985, Variety Terina. (1) in percentage of 1st and 2nd quality, 2) mean harvest date (50% harvest).





Figuur 19. Het produktieverloop van het ras Tenira in 1984 en 1985.
The production curves of the variety Tenira in 1984 en 1985.

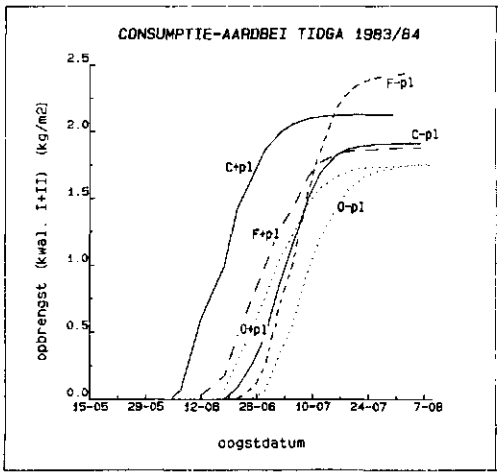
Tioga

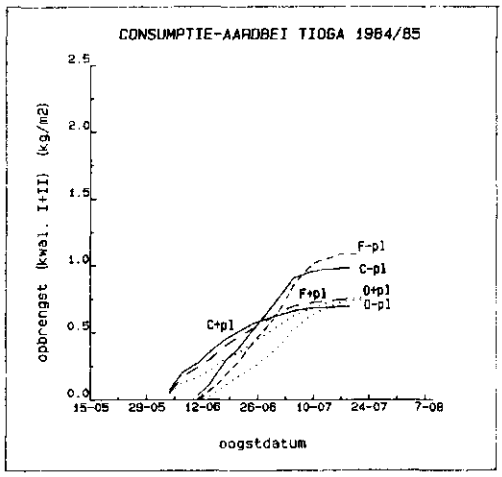
Er zijn bij dit ras noch in het voorjaar van 1983 noch in de zomer van 1984 grote standverschillen (tabel 6.3).
In 1984 is het effect van plastic bedekking op het produktieniveau niet erg duidelijk: op het F-veld was de invloed negatief, op het C-veld positief.
In 1985 was zowel op F als op C de invloed van bedekken negatief. De invloed van bedekken op de vruchtgrootte is erg onduidelijk. Wel geeft bedekken in de meeste gevallen ca 10 dagen vervroeging, waarbij er in 1984 sprake lijkt van een interactie tussen bodemwarmte en bedekken.
Als niet wordt bedekt heeft een hogere bodemtemperatuur in beide jaren een duidelijk positieve invloed op het produktieniveau. Wordt wel bedekt dan is er in 1985 echter sprake van een licht negatieve tendens. Het effect van de bodemwarmte op de vroegheid lijkt iets kleiner dan van bedekken.
De combinatie van bedekken en bodemwarmte leidt in 1984 tot een hogere produktie, in 1985 tot een wat lagere.

Tabel 6.3. Standcijfers november 1983 en juni 1984 (1 = goed, 10 = slecht) en produktiegegevens 1984 en 1985, ras Tioga. (1) in procenten van kwaliteit I en II, 2) m.o.d. = midden oogst datum (50% geplukt).

object	standcijfer		produktie 1984						produktie 1985	
+ en -	nov.	juni	kwal. I		Kwal. II	totaal (incl. rot)			totaal	
plastic	'83	'84	kg/m^2	% 1)	kg/m^2	kg/m^2	gem. vr. gew. (g)	m.o.d. 2)	kg/m^2	m.o.d. 2)
C+	7,7	7,9	1,79	84,2	0,34	2,26	11,0	19 juni	0,69	14 juni
C-	6,2	8,1	1,62	84,9	0,29	2,21	10,7	3 juli	0,98	24 juni
F+	6,8	7,5	1,58	84,1	0,30	2,04	11,5	28 juni	0,75	17 juni
F-	7,5	8,4	2,11	86,6	0,33	2,71	13,1	7 juli	1,09	28 juni
0+	6,8	8,3	1,46	83,3	0,29	1,91	11,2	30 juni	0,76	23 juni
0-	6,7	8,0	1,45	82,5	0,31	2,10	10,8	9 juli	0,75	30 juni
+ and -	nov.	june	kg/m^2	% 1)	kg/m^2	kg/m^2	average	m.h.d. 2)	kg/m^2	m.h.g. 2)
plastic	judgement		1st qual.		2nd qual.	total	fruit w.		total	
object	for vigour		production in 1984						production 1985	

Table 6.3. Vigour (1 = little, 10 = much) in November 1983 and June 1984 and production in 1984 and 1985, Variety Tioga. (1) in percentage of 1st and 2nd quality, 2) mean harvest date (50% harvest).





Figuur 20. Het produktieverloop van het ras Tioga in 1984 en 1985.
The production curves of the variety Tioga in 1984 en 1985.

Discussie

Door het min of meer mislukken van de teelt in 2 van de 3 proefjaren en door het ontbreken van herhalingen is het niet mogelijk harde conclusies te trekken. Duidelijk is wel dat de rassen verschillend reageren op een hogere bodemtemperatuur. Zo neemt de produktie van Karina af naarmate sterker vervroegd wordt. Tenira geeft (zonder bedekking) met bodemwarmte een iets hogere produktie, terwijl Tioga nog sterker positief reageert op een hogere bodemtemperatuur. Ook in ander onderzoek (Simon, 1979 en Sansdrap, 1984) blijken rassen verschillend te reageren. Zo nam in Duitsland de produktie van Sivetta en Senga Sengana af bij een hogere bodemtemperatuur, terwijl die van Redgauntlet niet beïnvloed werd. In België reageerden R10-7, Addie en Redgauntlet negatief, terwijl de reactie van T23-20, Gariguette, Gorella en Goupil duidelijk positief was. Het is niet duidelijk welke factoren de reactie van een ras bepalen. Het is daarom nog nodig de reactie per ras proefondervindelijk vast te stellen.
De reactie wordt mede beïnvloed door de weerstomstandigheden. Naar mate de gewasontwikkeling en de bloei sterker vervroegd worden, neemt het risico door mogelijk ongunstige weersomstandigheden toe. De nadelige invloed van de nachtvorsten in april 1985 is hiervan een voorbeeld.

Opvallend is dat de reactie van Tenira en Tioga niet wezenlijk verschillend is, ondanks het verschil in koudebehoefte. Voor beide rasen is in de proefjaren, ondanks de hogere bodemtemperatuur in de winter, aan de koudebehoefte voldaan. Bij Tioga werd niet meer vervroeging bereikt dan met Tenira. Wel is de produktieverhoging bij Tioga hoger dan bij Tenira (C- en F- t.o.v. O-). De positieve reactie van Tenira en Tioga stemt overeen met die, welke door Simon (1979) voor deze rassen is beschreven.
Het bedekken met geperforeerde folie leidt in de meeste gevallen tot produktieverlies. Dit wordt veroorzaakt doordat onder plastic een weliger gewas geteeld wordt. Als dan bij begin bloei het plastic er afgehaald wordt, ondervindt het gewas een terugslag (afhankelijk van de weersomstandigheden). Naarmate de vervroeging sterker is (bijvoorbeeld vroeg ras en/of extra bodemwarmte) is deze terugslag veelal groter. In de praktijk wordt (onder andere in saldoberekeningen) rekening gehouden met produktieverliezen tot 20%. De terugslag van het gewas na het verwijderen van het plastic is er wellicht de oorzaak van dat in 1985 op de aanvankelijk met plastic bedekte veldjes ook bij Tenira en Tioga minder is geoogst. Het negatieve effect is bij Tenira groter dan bij Tioga.

Conclusie

De onderzochte aardbeirassen reageren verschillend op extra bodemwarmte. De reactie van Karina is negatief, terwijl Tenira en Tioga meer of minder positief reageren. Door de combinatie van bodemwarmte met een bedekking met geperforeerde plastic folie kan, ook bij deze rassen, echter de produktie dalen. De weersomstandigheden na het verwijderen van het plastic spelen daarbij waarschijnlijk een grote rol.

6.1.3. Consumptieteelt, doordragende aardbeirassen

Eén van de kenmerken van de doordragende aardbeirassen is dat ze onder de Nederlandse klimaatsomstandigheden vrijwel onafhankelijk van de daglengte, dus ook onder lange-dagomstandigheden, bloemknoppen aanleggen. Alleen in erg warme zomers is een bloemknopaanleg tijdelijk minder. Door de voortdurende ontwikkeling van bloemstengels is het mogelijk gedurende de hele zomer en tot laat in de herfst aardbeien te oogsten. De produktie hangt daarbij sterk samen met de omvang van de planten. Veelal worden (gekoelde) uitloperplanten in het voorjaar in potten enkele weken voorgetrokken om de plantzwaarte te bevorderen. Ook worden om die reden de eerste bloemstengels weggenomen. De oogstperiode sluit dan aan op die van de normale vollegrondsaardbeien.

In de proeven is nagegaan of extra bodemwarmte leidt tot een zwaardere plant en daardoor tot hogere produkties. Het ras Ostara is daarvoor gebruikt. In 1983 is op 8 maart uitgeplant en in 1984 op 20 maart. In beide jaren is een zwart plastic grondbedekking gebruikt om de bodemwarmte zo goed mogelijk te benutten. De eerste bloemstengels zijn, zoals gebruikelijk, weggenomen. De plantafstand was 1 x 0,6 m.

Resultaten

In beide jaren is de teelt redelijk tot goed verlopen en zijn voor een voorjaarsplanting redelijke produkties behaald. In 1983 is vanaf 27 juni tot 13 oktober geoogst, in 1984 van 12 juli tot eind oktober. De produktiegegevens zijn samengevat in tabel 6.4. In beide jaren leidt extra bodemwarmte tot meer vruchten per plant. Dit resulteert echter niet of nauwelijks in een verhoging van het produktieniveau omdat het gemiddeld vruchtgewicht afneemt bij gebruik van bodemwarmte. Het percentage 1e kwaliteit loopt daardoor, vooral op de C-veldjes, terug. Mede door het verwijderen van de 1e bloemstengels is er nauwelijks sprake van verschil in oogstperiode. Het percentage vruchtrot is niet beïnvloed.

Tabel 6.4. Resultaten doordragende aardbeirassen in 1983 en 1984. (1) in procenten van Kwal. I en II, 2) middenoogstdatum (50% geplukt).

	1e kwaliteit		totaal			
jaar	kg/m^2	%[1)]	kg/m^2	aant.	gem. vr.	m.o.d.[2)]
object				vr/pl.	gew.(g)	
1983						
C	1,14	86,1	1,32	90,6	8,8	1 sept.
F	1,20	89,2	1,35	85,7	9,5	2 sept.
O	1,13	89,7	1,26	74,1	10,2	3 sept.
1984						
C	1,03	85,4	1,27	67,7	11,3	23 aug.
F	1,12	90,3	1,33	64,3	12,4	26 aug.
O	1,08	91,1	1,25	57,6	13,1	26 aug.
object	kg/m^2	%[1)]	kg/m^2	fruits/	average fruit	m.h.d. [2)]
year				plant	weight (g)	
	1st quality			total production		

Table 6.4. Results with everbearing strawberry in 1983 and 1984. (1) in percentage of 1st and 2nd quality, 2) mean harvest date.)

Conclusie

Hoewel extra bodemwarmte een verhoging van het aantal vruchten per plant geeft, is de totale produktie niet of nauwelijks beïnvloed vanwege een lager gemiddeld vruchtgewicht.

Toevoer van extra bodemwarmte lijkt daarom bij een in het voorjaar geplante teelt van doordragers weinig zinvol en kan zeker niet een opkweekperiode in potten onder plastic of in een kas vervangen.

6.2 Vroege consumptieaardappelen cv. Eersteling (Solanum tuberosum)

C.B. Bus.

Vroege aardappelen worden gerooid voordat ze volledig zijn uitgegroeid. Omdat de prijs hoger is naarmate vroeger wordt gerooid, is de geldopbrengst dan veelal hoger. Ze worden niet doodgespoten maar groen gerooid. Het rooien vindt meestal in handwerk plaats om de knollen zonder schilbeschadiging als kwaliteitsprodukt op de verse markt te kunnen aanbieden. Het gewas wordt soms -tijdelijk- met plastic afgedekt om daarmee een extra vervroeging te bereiken.

Methode en materialen

Het pootgoed is tussen eind oktober en begin december wat warmer (5-12°C) gezet en vanaf het begin van de kieming tot het poten op een koele vorstvrije plaats in het licht afgehard. Dit heeft geresulteerd in ongeveer 1-3 grote, stevige lichtkiemen per poter, van 10 tot 30 mm lang, plus veelal enkele kleinere kiemen.
Alle drie objecten (C, F en O) zijn op hetzelfde tijdstip, in maart, met de hand gepoot. Rugopbouw na het poten met behulp van een frees heeft alleen in 1984 plaats gevonden. In beide andere jaren zijn de knollen alleen bij het poten met de schijven van de pootmachine toegedekt. In 1984 en 1985 is een gedeelte van de aardappelen kort na het poten met geperforeerd plastic -0,05 mm dik en 5% perforatie- bedekt. In 1984 is het plastic bij de objekten C, F en O op resp. 24/4, 1/5 en 10/5 verwijderd en in 1985 wat late, resp. op 6/5, 9/5 en 20/5.
In de periode van knolgroei is zoveel mogelijk wekelijks (6 tot 9 keer) per object een 40-tal planten uit de netto velden geoogst. De aardappelen zijn geteeld op bedden van 4 rijen breed.

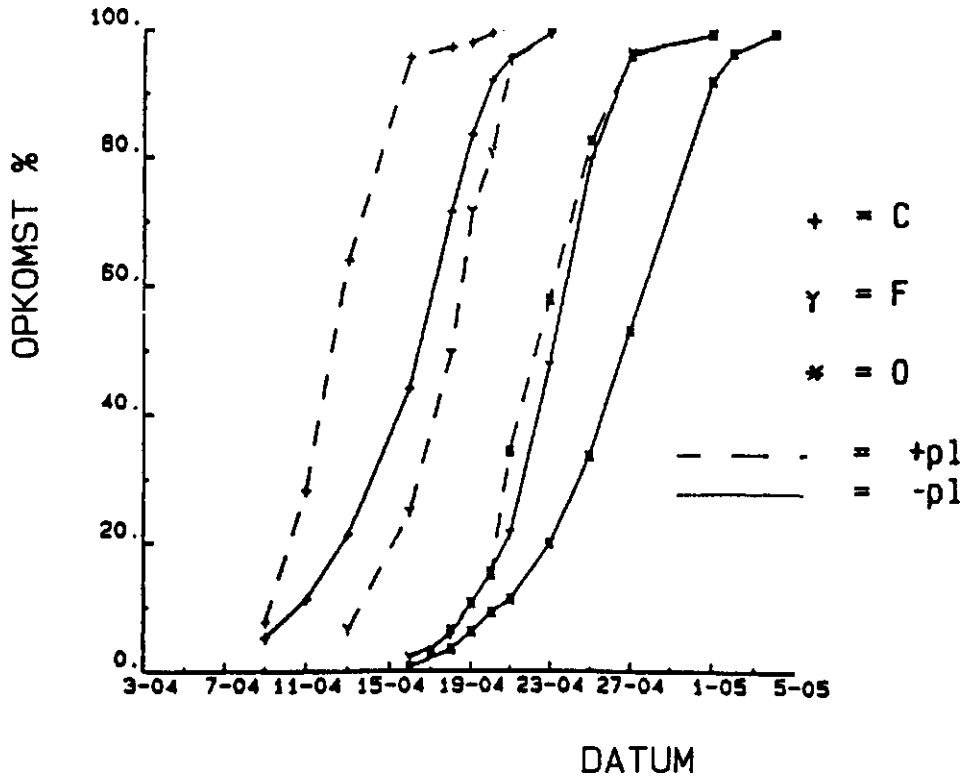
Resultaten

Voorafgaande aan de 3 proefjaren zijn in 1982 voor de eerste keer vroege aardappelen geteeld. Het poten heeft toen op 1 april plaatsgevonden terwijl de bodemverwarming op 4 mei is gestart. Het opwarmen van de bodem heeft enige tijd geduurd (bij 30°C ruim 2 weken). Gunstige luchttemperaturen hebben er vervolgens voor gezorgd dat er nauwelijks verschillen in gewasontwikkeling en in knolopbrengst zijn opgetreden. Tussen 14/6 en 5/7 is de opbrengst op alle 3 objecten van 12 naar 42 ton per ha gestegen.

- Verschillende bodemomstandigheden bij het poten
  Bij dit project is vroeg poten noodzakelijk. Vooral om arbeidstechnische

redenen zijn alle drie objecten op één tijdstip gepoot. Dit heeft tot gevolg gehad dat de objecten F en vooral O in alle 3 jaren onder wat nattere omstandigheden zijn gepoot. Verdichtingen door berijden zijn vermeden doordat van vaste rijbanen naast de bedden gebruik is gemaakt.
Object C is steeds voldoende droog geweest bij het poten. In 1983 was de structuur van object C erg kluiterig zodat het erg moeilijk was de knollen met voldoende grond te bedekken.
In 1984 was de structuur wat beter, hoewel object C wel wat kluiteriger was dan de objecten F en O. In 1985 was de structuur van de bovengrond op alle 3 objecten uitstekend.

- De opkomst
  De opkomst is bepaald door regelmatig het aantal zichtbare planten te tellen. Voor 1985 is het verloop van de opkomst in figuur 21 weergegeven.



Figuur 21. Het verloop van de opkomst in 1985.
Figure 21. Relation between % Emergence and Date in 1985.

Uit deze figuur kan het tijdstip worden afgelezen waarop een bepaald percentage van de planten opgekomen is, bijvoorbeeld 80%.

In tabel 6.5 is dit voor alle 3 proefjaren weergegeven.

Tabel 6.5. Datum waarop 80 % opkomst bereikt is.

object	1983 -plastic	1984 -plastic	1984 +plastic	1985 -plastic	1985 +plastic
C	12/4	19/4	15/4	9/4	6/4
F	18/4	25/4	20/4	17/4	12/4
O	20/4	30/4	25/4	22/4	17/4

Table 6.5. Date on which 80% emergence is reached.

Uit tabel 6.5 blijkt dat t.o.v. O het object F 2 tot 5 dagen en het object C 8 tot 13 dagen eerder is opgekomen. Door de plasticbedekking is de opkomst nog met 3 tot 5 dagen extra vervroegd.

- Problemen bij de gewasontwikkeling
  . Koude- en windschade. In alle 3 jaren is het loof wat beschadigd door nachtvorst, waarbij in 1983 bij object C de groeipunten tot in de grond beschadigd zijn. Dit heeft bij dit object tot extra stengels geleid. Lage temperaturen hebben aanleiding gegeven tot een tijdelijk lichte en gelige kleur van het jonge gewas. Krachtige wind heeft soms tot veel bladbeschadiging geleid. Het klapperen van het plastic door de wind heeft eveneens pleksgewijs tot forse gewasschade geleid.
  . Rhizoctonia. In 1983 en 1984 is het pootgoed met resp. kwik en Solacol behandeld tegen Rhizoctonia. In 1985 is dit niet gebeurd. Dit is dan ook het enige jaar geweest waarin van duidelijke kiembeschadiging door deze schimmelziekte sprake is geweest. Uitgedrukt in percentage aangetaste planten (planten met zwaar aangetaste stengels en/of afgestorven kiemen) was dit bij C, F en O met plasticbedekking respectievelijk 47, 20 en 25% en bij C, F en O zonder plasticbedekking 18, 13 en 6%.
    Het vroegste gewas is dus het zwaarst aangetast.
    In hoeverre Rhizoctonia de knolopbrengst heeft beïnvloed is niet nagegaan.
  . "Aspergespruiten". In 1983 en 1985 is dit verschijnsel (in Engelse lit. aangeduid met "coiled sprout disorder") bij 25-50 % van de planten voorgekomen, in 1984 bij bijna alle planten. Tussen de objecten zijn geen duidelijke verschillen voorgekomen. Het verschijnsel ziet er als volgt uit: Ondergronds

zijn de stengels verdikt en afgeplat en vertonen vaak draaiingen voordat ze boven de grond komen. Op de ondergrondse stengeldelen zitten veelal barsten en bruine strepen. Te vroeg poten van fysiologisch oud pootgoed in te compacte grond (PD-Jaarverslag 1978) zou de oorzaak van dit verschijnsel kunnen zijn. Door deze "aspergespruiten" is de opkomst waarschijnlijk iets vertraagd.

. Phytophthora. In 1983 is in object C reeds vroeg Phytophthora-aantasting opgetreden. Op 17/5 is voor de eerste keer tegen de ziekte gespoten, op 27/5 is de aantasting ontdekt. Vanwege het besmettingsgevaar voor de omgeving is dit object op 30/5 doodgespoten. Voor het overige hebben zich, dankzij wekelijkse preventieve bespuitingen, met deze schimmel geen problemen voorgedaan.

. Onkruid. Veronkruiding is doorgaans een groter probleem naarmate de loofontwikkeling minder is. Ook door plasticbedekking kan de onkruidontwikkeling gestimuleerd worden. Op dit proefveld kan door onkruid de gewasontwikkeling op de loofarme objecten iets geremd zijn.

- Loofontwikkeling

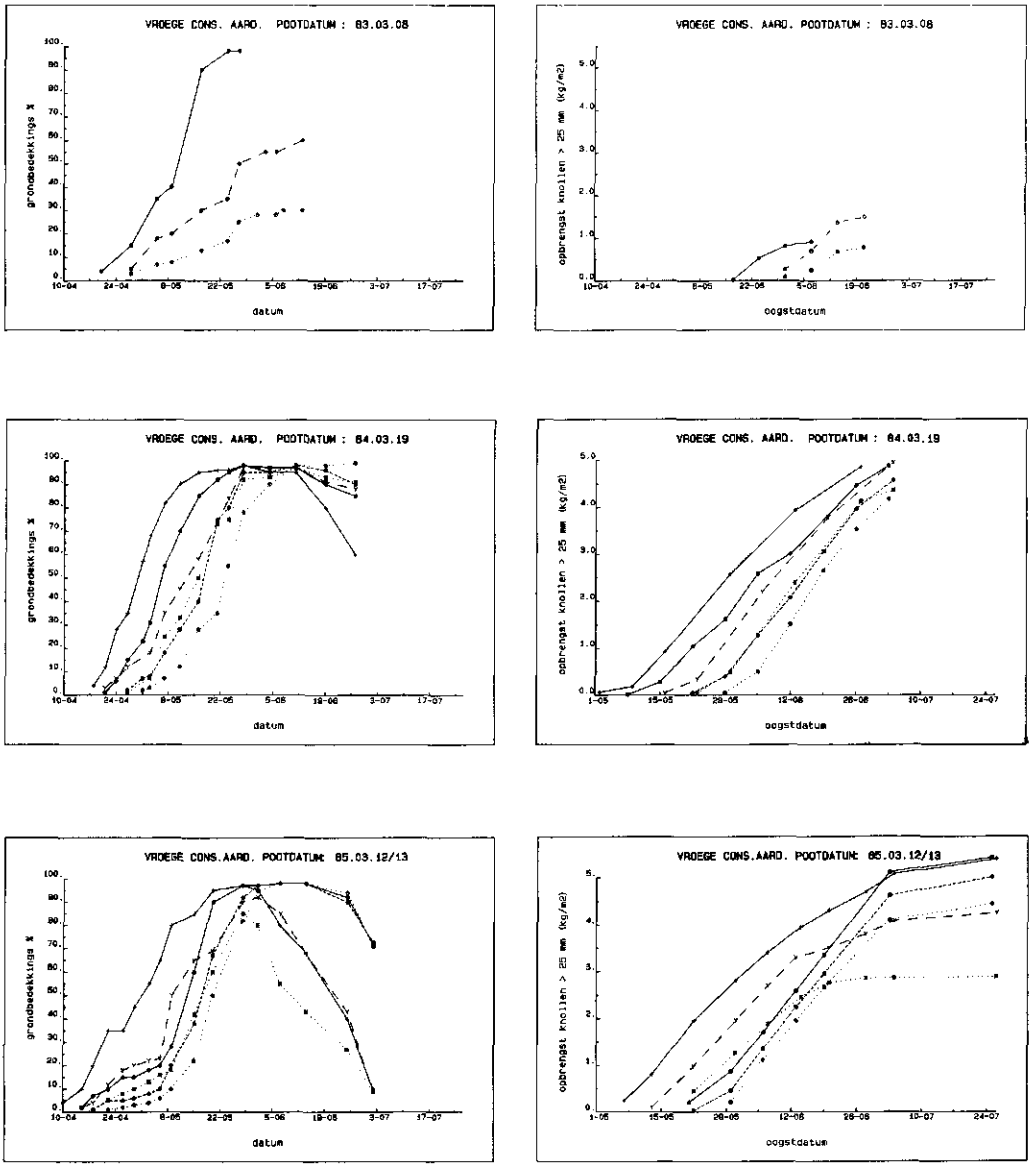
De grondbedekking met groen loof is een maat voor het produktievermogen van het gewas. In figuur 22 is deze bedekking voor alle 3 jaren voor alle 3 objecten weergegeven, in 1984 en 1985 tevens voor de veldjes met en zonder tijdelijke plasticbedekking. Door pijltjes is hierbij het tijdstip aangegeven waarop het plastic verwijderd is. In 1985 was het loof wat verder ontwikkeld op het moment van plasticverwijdering: ongeveer 60 % grondbedekking t.o.v. 20-30 % in 1984.

In figuur 22 valt op dat niet op alle objecten een volledige grondbedekking met groen loof is bereikt. In 1983 is object F maar tot 60 % en O zelfs maar tot 30 % gekomen. In 1985 kwam van de objecten waarop plastic heeft gelegen F niet verder dan 90 % en O niet verder dan ca 85 %. In dat jaar is bij deze beide objecten het loof na verwijdering van het plastic zeer snel verouderd. Uit figuur 22 kan ook het tijdstip worden afgelezen waarop bijvoorbeeld 80 % grondbedekking met groen loof wordt bereikt. Dit is in tabel 6.6 samengevat.

Tabel 6.6. Datum waarop een grondbedekking met groen loof van 80% is bereikt.

	1983	1984		1985	
objekt	-plastic	-plastic	+plastic	-plastic	+plastic
C	16/5	14/5	7/5	18/5	9/5
F	-	24/5	20/5	24/5	24/5
O	-	29/5	26/5	28/5	26/5

Table 6.6. Date on w ich 80% soil coverage with green foliage is reached.



Figuur 22. De visueel geschatte grondbedekking met groen loof en de knolproduktie (> 25 mm) in 1983, 1984 en 1985.

Figure 22. Relation between visually estimated soil coverage with green foliage and date (left) and tuber fresh weight (> 25 mm) and date in 1983, 1984 and 1985 (right).

De data waarop deze loofbedekking is bereikt, blijken bij gelijke objecten in de 3 jaren weinig te verschillen. In vergelijking met de opkomst is de voorsprong van object C nog iets toegenomen, vooral in geval van bedekking met plastic. Ook de totale loofproduktie is een maat voor gewasproduktie. In tabel 6.7 is het maximaal waargenomen verse loofgewicht weergegeven.

Tabel 6.7. Maximaal waargenomen vers loofgewicht, ton/ha.

	1983	1984		1985	
object	-plastic	-plastic	+plastic	-plastic	+plastic
C	33	39	33	36	23
F	13	35	30	36	18
O	6	33	30	25	17

Table 6.7. Maximum foliage fresh weight, tons/ha.

Voor een optimale produktie mag - ook bij een vroeg ras - 20 tot 25 ton vers loof per hectare noodzakelijk worden geacht. Dit is echter in 1983 bij object F en O lang niet gehaald en in 1985 bij deze zelfde objecten, na bedekking met plastic, evenmin.
Vergeleken met het aantal grote kiemen per knol (1-3) bij het poten zijn veel stengels gevormd. In 1983 en 1984 waren dit er 7 tot 9 per plant (bij de aangevroren planten in 1983 zelfs nog enkele meer) en in 1985 ongeveer 5 per plant.
De habitus van de planten was op de objecten die tijdelijk met plastic bedekt zijn geweest duidelijk verschillend van die op de niet bedekte objecten. Op de tijdelijk bedekte objecten zag het gewas er enigszins slap uit met gedraaide stengels en veel kleinere, spitse bladeren, terwijl op de niet afgedekte objecten een stevig gewas stond met forse bladeren.

- Knolproduktie
  . Kg-opbrengst. In figuur 22 is de totale verse produktie aan knollen >25 mm in tonnen per hectare, uitgezet tegen de tijd. In 1985 is een aantal opbrengsten ingeschat op basis van de gemiddelde loofontwikkeling en gewaskennis uit ander onderzoek. Dit is zo gedaan omdat het gewas op het proefveld erg heterogeen was, waardoor de monsteropbrengsten geen goed beeld geven.

Uit figuur 22 blijkt dat in 1983 de opbrengsten laag zijn gebleven.
Het begin van de knolproduktie is overigens redelijk gelijk geweest aan die op de niet bedekte objecten in 1984.
De opbrengsten in 1984 en 1985 komen redelijk overeen, behalve bij het object O met plastic waarop in 1985 de planten vroeg zijn afgestorven.
Uit de ligging van de lijnen ten opzichte van het object O zonder plastic blijkt de vervroeging (de verschuiving van de lijnen naar links) door bodemverwarming en plasticbedekking. Deze vervroeging kan ook worden weergegeven met de datum waarop bijvoorbeeld een knolopbrengst van 20 ton per hectare is bereikt (Tabel 6.8).

Tabel 6.8. Datum waarop 20 ton/ha verse opbrengst >25 mm is bereikt in 1984 en 1985.

	1984		1985	
object	-plastic	+plastic	-plastic	+plastic
C	1/6	25/5	8/6	22/5
F	12/6	5/6	11/6	30/5
O	15/6	10/6	14/6	8/6

Table 6.8. Date on which a tuber fresh weight of 20 tons/ha > 25 mm is reached in 1984 and 1985.

Uit tabel 6.8 blijkt dat zonder het gebruik van plastic object F heeft geleid tot een vervroeging van 3 dagen, object C echter van 14 dagen in 1984 en van 6 dagen in 1985. Door plastic is in 1984 een extra vervroeging van 5 tot 7 dagen verkregen. In 1985 is de vervroeging door plastic bij de objecten C en F echter beduidend groter geweest, namelijk respectievelijk 17 en 12 dagen.

. Aantal knollen. Het aantal knollen per plant > 13 mm toont geen duidelijk verschil tussen de objecten. Het loopt in 1984 uiteen van 13 tot 17 en in 1985 van 12 tot 15 per plant.
. Knolkwaliteit. Knolmisvorming is in geen enkel jaar een probleem geweest. Ook doorwas is bijna niet voorgekomen. Wel zijn in 1983 en 1985 door het nalaten van de normale rugopbouw wat groene knollen waargenomen. In 1984 is tevens bij een beperkt aantal knollen wat oppervlakkige schurft waargenomen.

Discussie

De bodemstructuur en de gewasontwikkeling en daardoor ook de knolopbrengst zijn sterk beïnvloed door de weersomstandigheden. In 1983 heeft zeer ongunstig weer -vooral mei was koud en extreem nat- vooral bij de objecten O en F tot een slechte groei geleid. Bij object C is de gewasontwikkeling aanvankelijk redelijk goed verlopen maar door Phytophthora aantasting is het gewas op 30/5 doodgespoten. De betere gewasontwikkeling op C kan behalve door de hogere bodemtemperatuur ook gunstig beïnvloed zijn door de structuur van de grond. Deze was bij het poten erg kluiterig. Bij droog weer is dit ongunstig maar in een nat voorjaar als 1983 kan het gunstig zijn omdat dan de bovenste grondlaag minder snel dichtslaat (verslempt).

In 1984 is het in april en de eerste dagen van mei droog geweest met normale temperaturen en vrij veel zon. De groei was in deze periode redelijk en het effect van bodemverwarming, maar ook van bedekking met plastic kwam duidelijk tot uiting. De rest van mei is zeer nat, somber en koud geweest.

Het voorjaar van 1985 was nat, somber en koud. Vooral in de periode van 23 april tot 6 mei was het koud met veel wind waardoor de gewasontwikkeling in die periode -behalve bij het object C plus plastic- erg traag verliep. Het gewas op object C plus plastic was het minst geremd door de lage luchttemperatuur en heeft zich wel vlot ontwikkeld (figuur 22) en daardoor een flinke voorsprong bereikt.

Later in mei is de luchttemperatuur ca 2°C boven normaal geweest, waardoor de groei toen ook op de andere objecten goed op gang gekomen is. Juni is zowel in 1984 als 1985 koud, somber en nat geweest.

Door de plasticbedekking is de knolontwikkeling in het algemeen duidelijk vervroegd.

Het tijdstip van verwijdering van het plastic is belangrijk. Langer op het gewas laten liggen betekent als regel een sterkere vervroeging van de knolontwikkeling, maar de totale loofhoeveelheid en daardoor veelal de totaal haalbare opbrengst, blijft doorgaans lager. In 1985 lijkt dit effect zichtbaar. Het plastic is toen op een later tijdstip en bij een verder ontwikkeld gewas -50/60 % grondbedekking t.o.v. 20/30 %- verwijderd dan in 1984. Dit heeft er waarschijnlijk toe bijgedragen dat de tijdelijk met plastic bedekte objecten F en O geen volledig gesloten gewas hebben gegeven en dat deze gewassen vrij vroeg zijn afgestorven. Daardoor is de produktietoename al vroeg minder geworden en is de totale knolproduktie op deze objecten uiteindelijk tegengevallen.

Uit tabel 6.8 en figuur 22 blijkt dat zonder plastic de vervroeging op object F ten opzichte van O maar zeer beperkt is gebleven (3 dagen). Door de geringe verhoging van de bodemtemperatuur is dit ook niet zo verwonderlijk (zie

hoofdstuk 4.2). Bij Object C is in 1984 ten op zichte van O echter een vervroeging van 14 dagen bereikt, in 1985 van 6 dagen.
Gemiddeld is het voorjaar in de drie proefjaren somber en nat geweest.
Mogelijk is het effect van bodemverwarming met plastic hierdoor minder positief uitgevallen dan in een zonrijk koud voorjaar.
In zo'n voorjaar is echter de kans op nachtvorst groter waarbij de kans op afvriezen bij het verst ontwikkelde gewas het grootst is.
Als voordeel van plastic bij neerslag -vooral bij hevige buien- kan nog genoemd worden dat het de bodem beschermt tegen dichtslaan (verslemping).
Uiteindelijk heeft de combinatie van bodemverwarming en plastic bij object C ten opzichte van object O zonder plastic tot een vervroeging geleid van 21 en 23 dagen in respectievelijk 1984 en 1985. Er is gemeten naar het tijdstip waarop een knol-opbrengst van 20 ton per ha werd bereikt.

Conclusies

1. Door de grond te verwarmen is het mogelijk gebleken de opkomst en de loofontwikkeling te versnellen en de knolgroei fors te vervroegen. Hierdoor kan op een eerder tijdstip worden geoogst.
   Een opbrengst van 20 ton aardappelen per hectare is op object C in 1984 14 dagen eerder gehaald dan op object O. In 1985 bedroeg dit verschil 6 dagen. Op object F is in vergelijking tot objekt O, in beide jaren de vervroeging 3 dagen geweest.
2. De tijdelijke plasticbedekking heeft eveneens tot een vervroeging van de gewasontwikkeling geleid. Hierdoor is op C, F en O een verse knolopbrengst van 20 ton per hectare in 1984 respectievelijk 7,7 en 5 dagen vroeger en in 1985 resp. 17, 12 en 6 dagen vroeger bereikt.
3. De combinatie van bodemverwarming en tijdelijke plasticbedekking heeft het grootste effect te zien gegeven: Ten opzichte van een niet verwarmd, tijdelijk met plastic bedekt gewas heeft de vervroeging in 1984 en 1985 voor C respectievelijk 16 en 17 dagen en voor F resp. 5 en 9 dagen bedragen en ten opzichte van een niet verwarmd, niet bedekt gewas voor C resp. 21 en 23 dagen en voor F resp. 10 en 15 dagen.

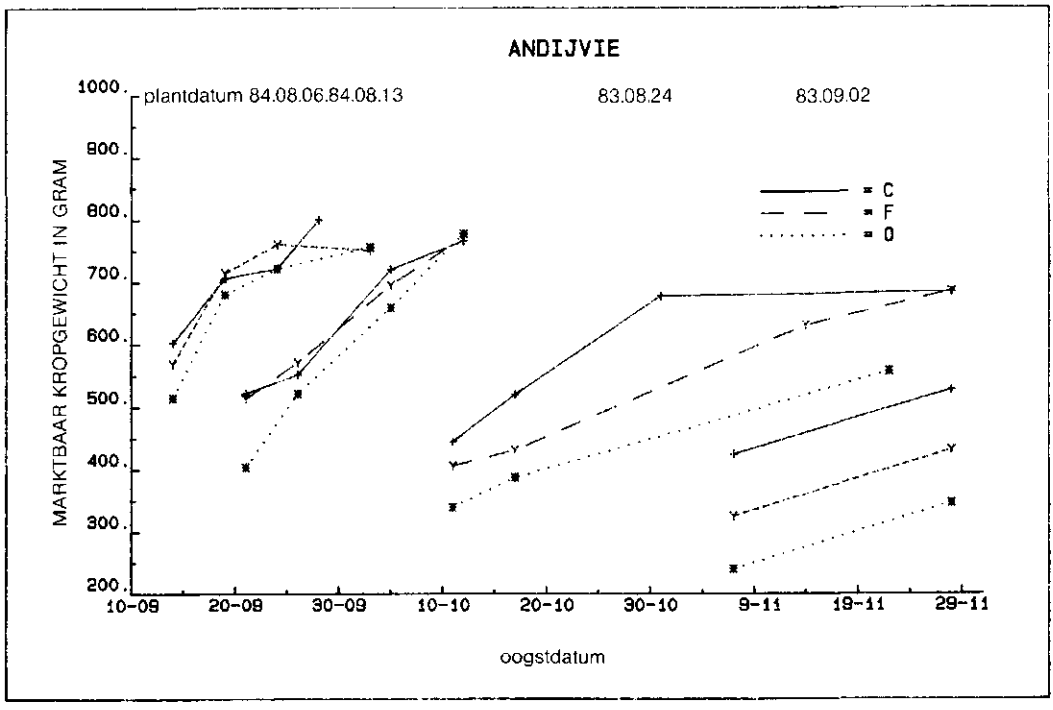
6.3 Andijvie (Chichorium endivia L. var. latifolium)

J.A. Schoneveld

Het bladgewas andijvie is in de herfst geteeld om te zien in hoeverre door bodemverwarming de plantdatum verschoven kan worden, waardoor een intensievere grondbenutting mogelijk wordt. Daarom is in 1983 op 24 augustus en 2 september geplant en in 1984 op 6 augustus en 13 augustus. De planten, in 4 cm perspot, zijn onder glas opgekweekt en uitgezet op een afstand van 35 x 35 cm. Er staan 8,2 planten per m^2. Het gebruikte ras is nummer vijf selectie "Malan". De bestrijding van bladvlekkenziekte (Alternaria dauci) en vuur (Marssonina panattoniana) is tijdig gestopt in verband met het eerste oogsttijdstip. Daardoor is het gewas voor de laatste oogsten onvoldoende beschermd gebleven.

Resultaten

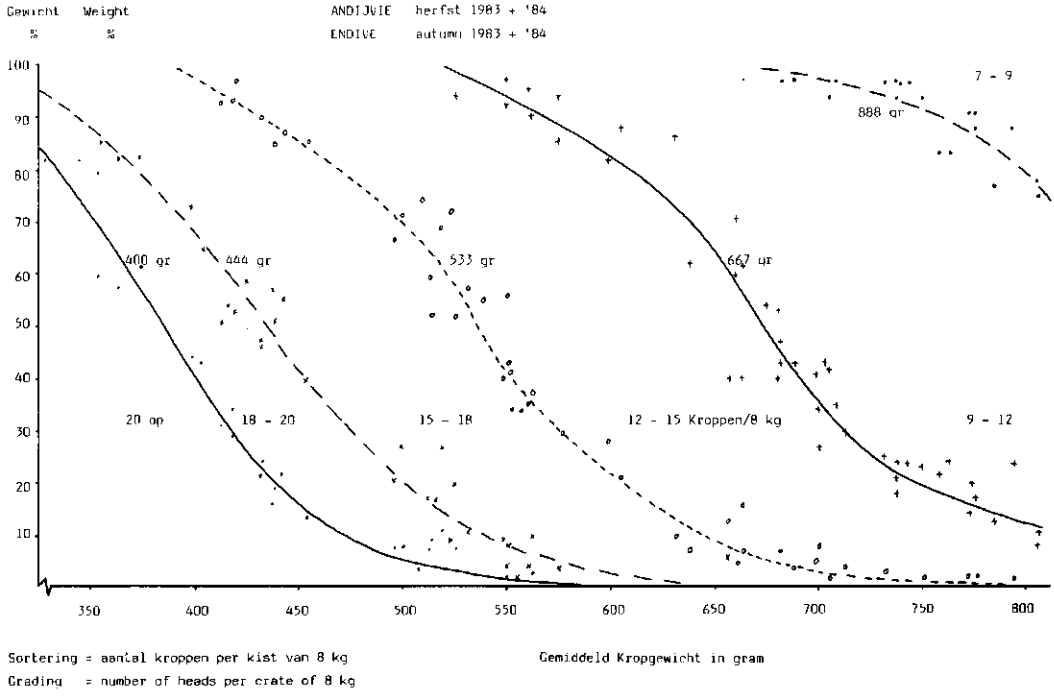
In 1983 groeit het gewas langzaam mede door het late planttijdstip. De ontwikkeling op C verloopt duidelijk sneller gevolgd door die op F en O. Van de tweede planting (2 september) haalt alleen het gewas op C nog een volwaardig produkt. In de tweede helft van oktober treedt in alle objecten bladvlekkenziekte op, waardoor de kwaliteit sterk achteruit gaat. In de tweede helft van november komt daar nog vorstschade bij, waardoor relatief minder verkoopbaar produkt verkregen wordt. In 1984 ontwikkelt het gewas zich veel vlotter. Na 5 oktober treedt in alle objecten bladvlekkenziekte op. Op C treedt na half september vuur op. Echter alleen bij de eerste planting, zodat dit niet direct aan het object toegeschreven kan worden.
De behaalde resultaten worden in figuur 23 weergegeven, uitgedrukt in gemiddeld kropgewicht. Het aantal uitgevallen planten is gering. In 1983 en 1984 respectievelijk 1,8 en 0,25%, waarbij geen verschil over de objecten is waargenomen.



Figuur 23. Het opbrengstverloop van Andijvie, uitgedrukt in marktbaar kropgewicht (g) in de herfst van 1983 en 1984.

Figure 23. The production curves of Endive measured in marketable head weight (g) of two transplanting dates in 1983 and 1984.

Het effect van de hogere bodemtemperatuur (C en F) is bij de plantingen in de eerste helft van augustus beperkt tot 2-4 dagen teeltduurverkorting. Bij de planting van 24/8/1983 bereikt het gewas op C en F resp. 25 en 14 dagen eerder een gemiddeld gewicht van 500 gram dan dat op O. Echter de tweede planting op C, 9 dagen later, bereikt 14 dagen later de 500 gram dan de eerste planting van O. Daaruit volgt dat op object C ca 6-7 dagen later geplant kan worden dan op O om een gelijk oogststadium te bereiken. Met het toenemen van het gemiddeld kropgewicht wijzigt ook de sorteringsverhouding. Dit wordt weergegeven in fig. 24. Daaruit blijkt dat vanaf een gemiddeld kropgewicht (marktbaar) van de 550 gram een groot aandeel van de produktie in de aantrekkelijke sortering van minder dan 15 stuks per 8 kg komt.



Figuur 24. Verband tussen gemiddeld kropgewicht (g) en sorteringsverhouding (gew.%) bij herfstandijvie.

Figure 24. Relation between average head weight (g) and the weight class distribution (%) of Autumn Endive.

Conclusie

Het gewas andijvie reageert positief op bodemverwarming. In de zomer beperkt zich dit voor C en F vermoedelijk tot 1 dag teeltduurverkorting. In september wordt dit 2-4 dagen. In oktober en november loopt dit op tot 25 dagen voor C en 14 dagen voor F. Door de geringe groei in de herfst kan de laatste plantdatum, waarbij nog een redelijk gewas geoogst kan worden, voor C verlegd worden van normaal (0) 24 augustus naar 1 september en voor F naar 27 augustus.

6.4. Augurk (Cucumis sativus L.)

J.A. Schoneveld

De gewasreactie van dit wind- en temperatuurgevoelige gewas is gemeten in een vlakveld teelt. De intensievere teelt aan touw, met een hogere opbrengst per oppervlakte, is in verband met de heersende hoge windsnelheden op de proefplaats niet uitgevoerd. De veldjes van 14 x 6,6 m zijn vóór het planten omgeven door kunststof windschermen van 0.5 m hoogte. Bovendien zijn de planten tot de eerste bloei (± half juni) bedekt met geperforeerd (5%) doorzichtig kunststof folie (0,05 mm dik) ter bescherming tegen wind- en nachtvorstschade. De rijenafstand bedroeg 3 m, om de verwachte sterke plantontwikkeling op de verwarmde objecten te kunnen opvangen. In de rij zijn de perspotten (8 cm) op 30 cm afstand van elkaar gezet met 2 planten per pot, waardoor de plantdichtheid 2,2 planten per m^2 bedroeg.

Het overwegend vrouwelijk bloeiende ras Elena (Royal Sluis) is gebruikt, waarbij enkele gemengd bloeiende planten zijn toegevoegd. Het is een algemeen aanbevolen ras met een vrij sterke groeikracht, een goede produktie en een goede resistentie tegen ziekten. De vruchtvorm is iets kort en buikig.
Naast de normale plantdatum van eind mei is ook nog 14 dagen eerder geplant. Alle objecten zijn regelmatig beregend (uitdroging tot max. pF 2,6) en er is regelmatig bij bemest. Er is overwegend drie keer per week geplukt.

Resultaten

In 1982 is de teelt van augurken niet tot zijn recht gekomen door een slechte gewasontwikkeling als gevolg van te oude planten en veel windschade gevolgd door zonnebrand.
In 1983 ontwikkelt het gewas zich zeer goed, mede als gevolg van de zeer gunstige klimaatomstandigheden. De geboden ruimte is voor de C-objecten bijna te weinig. De F-objecten benutten de grond voor ca 85% en de O-objecten voor 70%.
In 1984 komt de groei langzamer op gang door het koude en zeer natte voorjaar. Ook lijden de planten van de eerste planting (14 mei) nog van enige windschade van de voorjaarsstorm (18 mei). Ook nu benutten de F en O-objecten niet de gehele ruimte namelijk resp. 80 en 65%. Op de O veldjes treedt vermoedelijk door de slechte groeiomstandigheden bij beide plantingen een vrij ernstige uitval van planten op van respectievelijk 20 en 30%.
De produktie van de netto oppervlakte is weergegeven in tabel 6.9 en figuur 25.

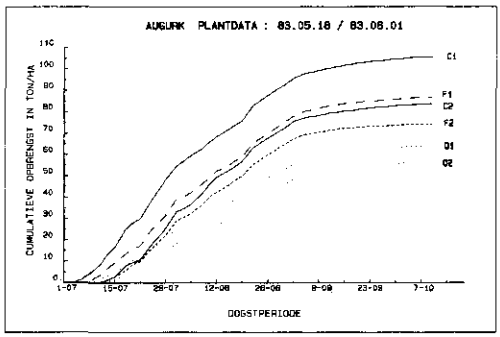
De opbrengst is in 1983 veel vroeger en hoger geweest dan in 1984. In beide jaren treedt in de eerste week van september een sterke vermindering van de produktie op. In beide jaren is de produktie van de C veldjes het hoogst gevolgd door F en O. De hogere produktie is bereikt door een hogere groeisnelheid over de produktieperiode tot eind augustus.
De produktie van de eerste plantdatum is in de meeste gevallen beter dan van de 2e plantdatum, behalve object F in 1984.

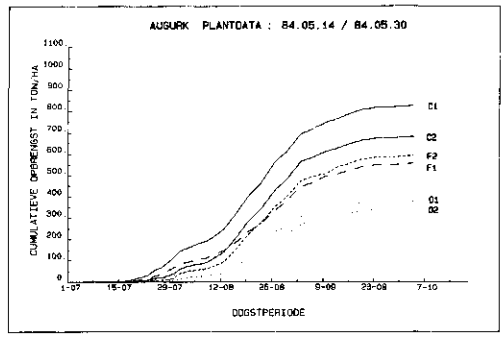
Tabel 6.9. Totale produktie van augurk in ton per ha in 1983 en 1984.

1983				1984			
plantdatum	C	F	O	plantdatum	C	F	O
83.05.14	104.4	84.9	62.6	84.05.19	82.3	55.8	37.7
83.05.30	82.2	72.7	56.6	84.06.01	68.2	57.9	34.0

Table 6.9. Total production of Gerkins in tons per ha of two transplanting dates in 1983 and 1984.

Voor de financiële uitkomst zijn bij augurk ook de sorteringen zeer belangrijk. Er is gesorteerd op diameter. Alle afwijkende vruchten zijn, onafhankelijk van de diameter, verzameld in één klasse (III). In 1983 is iets strenger geoordeeld over kromme vruchten waardoor ca 10% meer in deze klasse terecht is gekomen. In tabel 6.10 wordt de verdeling over de sorteringen vermeld in gewichts procenten van de produktie. Hieruit blijkt dat er fijne augurken zijn geplukt. Verschillen tussen de objecten zijn niet groot. Bij de C-objecten is het aandeel tot en met klasse C 6-8% lager dan bij de O-objecten.
Dit betekent dat de gemeten produktieverschillen vooral veroorzaakt zijn door een verschil in aantal vruchten. Gedurende het oogstseizoen is op gezette tijden het gemiddeld vruchtgewicht per diameter klasse bepaald. Tussen de objecten is daarbij geen systematisch verschil waargenomen. Naarmate het seizoen vordert wordt het gemiddeld vruchtgewicht per klasse lager, wat duidt op iets kortere of buikiger vruchten.





Figuur 25. Opbrengstverloop van augurk in 1983 en 1984 bij twee plantdata.

Figure 25. Production curves of gherkins of two transplanting dates in 1983 and 1984.

Tabel 6.10. Verdeling van de produktie van augurken over de sorteringen in gewichtsprocenten.

Sortering	aantal per kg	diameter in mm	1983 C	1983 F	1983 O	1984 C	1984 F	1984 O
			geplant 83.05.14			geplant 84.05.19		
	>100	<17	1	2	2	0,5	1	1
AI	80-110	17 - 19	2	3	3	1,5	3	3
BI	40- 45	19 - 26	22	26	27	27	34	30
CI	20- 25	26 - 33	30	29	31	36	35	37
DfI	10- 14	33 - 40	16	14	14	16	14	15
DgI	7- 10	40 - 47	7	6	4	7	4	5
EI	4- 7	>47	4	2	2	2	1	1
III		17 ->47	18	18	17	10	8	8
			geplant 83.05.30			geplant 84.06.01		
	>100	<17	2	2	2	0,5	1	1
AI	80-100	17 - 19	3	4	4	2	3	2
BI	40- 45	19 - 26	25	29	31	26	29	30
CI	20- 25	26 - 33	28	30	30	36	37	39
DfI	10- 14	33 - 40	12	12	11	16	15	14
DgI	7- 10	40 - 47	5	3	4	7	4	4
EI	4- 7	>47	2	1	1	2,5	2	1
III		17 ->47	23	19	17	10	9	9

Table 6.10. Distribution of the production of Gerkins over the grading classes in weight percentages of two transplanting dates in 1983 and 1984.

Discussie

De eerste planting geeft een hogere opbrengst dan de tweede planting. De produktie kan mogelijk nog hoger worden wanneer nog eerder wordt geplant. Dit zal vooral voor object C kunnen gelden.
De grote verschillen in produktie gaan gepaard met grote verschillen in ontwikkeling van het gewas. De vruchten groeien aan dat deel van de plant dat zich net heeft ontwikkeld. Aangezien de objecten F en O de geboden ruimte bij de vlakveldsteelt niet volledig benutten, kunnen deze in de praktijk dichter geplant worden bijvoorbeeld op een rijenafstand van resp. 2,5 en 2,0 m. De vergelijking van de opbrengst ziet er dan uit, als in tabel 6.11 aangegeven.

Tabel 6.11. Vergelijking van de opbrengst van augurk bij dezelfde benutting van het oppervlak (F; x 1,2; O; x 1,5). *) gecorrigeerd voor het aantal weggevallen planten.

	1983				1984			
plantdatum	C	F	O	plantdatum	C	F	O	O*
83.05.14	104,4	101,9	93,9	84.05.19	82,3	67,0	56,5	69,8
83.05.30	82,2	87,2	84,9	84.06.01	68,2	69,5	51,0	71,4

Table 6.11. Comparison of the yield of Gerkins by utilization of the same surface. *) Correction for row distance of F; x 1,2 and of O; x 1,5.

In 1983 verdwijnen dan de produktieverschillen bij de 2e plantdatum en verminderen aanzienlijk bij de 1e planting. In 1984 blijven de verschillen nog aanzienlijk. Echter in dit jaar is sprake van plantenuitval bij het O-object. Veronderstellen we dat de produktie hierdoor evenredig is verminderd, dan zou de produktie er uit hebben gezien, zoals aangegeven in de laatste kolom van de tabel. De produktie ligt nu ook in dezelfde orde van grootte als in 1983. Dat bij niet verwarmde grond soms plantenuitval kan voorkomen wordt bevestigd door de resultaten in Auweiler (Reinken 1985).
Tegen plantenuitval kan men zich in de praktijk verzekeren door 25-35% meer planten uit te zetten. De kosten van plantmateriaal zijn dan gemiddeld hoger maar de teler is verzekerd van de maximale opbrengst.
Het aspect van een betere gewasontwikkeling en produktie van verwarmde objecten wordt ook vermeld door Vogel (1959) en Reinken (1976-1981).
Daaruit wordt echter niet de consequentie getrokken dat de onverwarmde objecten dichter geplant kunnen worden (interactie bodemverwarming en rijenafstand).
De door hem vermelde relatieve verschillen zijn hoger dan in onze situatie namelijk 178 tot 297% t.o.v. onbehandeld maar bij een opbrengstniveau van slechts 28 tot 9 ton/ha voor de onbehandelde objecten. Het is duidelijk dat naarmate de teler verder van het potentiële opbrengstniveau is verwijderd, de relatieve verschillen groter zullen zijn, zoals Vogel (1959) beschrijft en Rijkbost e.a. (1975) aantoont.

In minder winderige streken wordt de teelt van augurken aan touw toegepast, waarbij een plantdichtheid tot 3,3 pl/m^2 wordt aangehouden. Bij deze teeltwijze kan de opbrengst voor object C en in mindere mate voor F opgewaardeerd worden tot een plantdichtheid van 3,3 planten per m^2. Verwacht mag worden dat de, in deze proef, gerealiseerde verschillen tussen C, F en O dan weer optreden, gegeven het feit dat bij deze teeltwijze produkties mogelijk zijn van 140 ton/ha in overeenkomstige perioden (Rassenproeven Rivro 1982-1983).

Conclusie

- Het gewas augurk reageert positief op bodemverwarming zowel wat gewasgroei betreft als wat betreft de produktie.
- In de vlakveldteelt heeft het gewas bij bodemverwarming echter ook meer ruimte nodig. Wordt de produktie vergeleken met een volledige veldbenutting en dus met een ongelijk aantal planten per ha, dan mag van bodemverwarming (C) een hogere produktie verwacht worden van 10 à 13 ton per ha bij een plantdatum omstreeks half mei. Later planten geeft geen voordeel.
- Het is mogelijk dat bij vroeger uitplanten nog hogere produkties haalbaar zijn, vooral voor het C-object.
- Bij de teelt aan touw kan de produktie worden vergeleken met eenzelfde aantal planten per ha (3,3 pl/m^2). Het is te verwachten dat C en F dan een hogere produktie van respectievelijk ca 40 en 18 ton per ha behalen ten opzichte van onverwarmd (O) bij planten omstreeks half mei.

6.5. Bloemkool (Brassica oleracea L. var. botrytis L.)

R. Booy

Het gewas bloemkool is beproefd in de herfst om een mogelijke "verlating" van de teelt te bewerkstelligen en in een winterteelt om de reactie in de winterperiode en de vroegheid in het voorjaar te kunnen kwantificeren.
Er zijn daartoe op verschillende tijdstippen losse planten geplant. Bij de oogst is 2 à 3 keer per week de oogstrijpe kool gesneden en gesorteerd naar grootte en kwaliteit.

6.5.1. Herfstbloemkool

In 1982 is vanaf eind juli drie keer geplant met een tussenperiode van 5 dagen. In 1983 zijn op de eerste plantdatum een vroeg en een laat ras geplant en op de tweede plantdatum weer het vroege ras. De voorvrucht was zomerprei en de plantafstand bedroeg 60 x 60 cm.

Resultaten/Discussie

Als groeiduur is beschouwd de lengte van de periode vanaf planten totdat 50% van het totaal aantal geoogste kolen is afgeoogst. Dit wordt weergegeven in tabel 6.12. Voor de 2e en 3e planting wordt dit voor 1983 niet weergegeven, omdat er vrijwel niets werd geoogst. Bij vergelijking van de 3 verwarmingsobjecten blijkt dat er geen consistente verschillen in groeiduur kunnen worden geconstateerd. Omdat in 1982 alle plantdata relatief vroeg waren afgeoogst, werd in 1983 een later ras toegevoegd, zodat het effect van bodemverwarming zeer laat in het seizoen beter kon worden nagegaan.
Onder de lengte van de oogstperiode wordt verstaan het aantal dagen tussen het tijdstip waarop 10% is afgeoogst en waarop 90% is afgeoogst. Ook ten aanzien van de lengte van de oogstperiode lijken er geen duidelijke verschillen te zijn tussen de verwarmingsobjecten.
De verschillen tussen de verwarmingsobjecten in het aandeel van de uitgeplante planten dat een oogstbare kool heeft gegeven, waren klein. Er is geen duidelijke relatie tussen al dan niet verwarming en het oogstpercentage. De tamelijk lage oogstpercentages bij de 2e en 3e planting in 1982 zijn hoofdzakelijk het gevolg van uitval direct na het planten. De zeer lage oogstpercentages bij de 2e en 3e planting in 1983 zijn veroorzaakt door vorst. In tabel 6.12 wordt weergegeven welk deel van de nog aanwezige planten na de vorst een kool met vorstschade had en daardoor onverkoopbaar was. Ook hier blijken er geen grote verschillen te

Tabel 6.12. Groei- en oogstduur in dagen en procentuele verdeling naar sorteringsklassen van het geoogste produkt, het aandeel van de geplante planten dat een oogstbare kool heeft gegeven (A) en het aantal planten dat voor een vorstperiode aanwezig was en het aantal kolen dat door de vorst is bevroren (relatief) in 1983.
* W.R. = White Rock, Talb. = Talbion.

object	ras	procentuele verdeling naar sorteringsklassen 6I	6II	8I	8II	10I	10II	stek	A	groei-duur in dagen	oogst-periode in dagen	aantal planten voor vorst bevroren 21/11	29/11	(%)
1982, plantdatum 82.07.30														
C	W.R.	0	0	64	34	0	0	2	93	83	12			
F	W.R.	0	0	63	33	2	1	1	93	87	17			
O	W.R.	0	0	56	31	10	1	2	89	90	18			
plantdatum 82.08.04														
C	W.R.	0	0	48	37	9	3	4	70	88	13			
F	W.R.	0	0	55	28	7	7	3	77	86	19			
O	W.R.	0	0	53	28	9	6	3	78	88	18			
plantdatum 82.08.10														
C	W.R.	0	0	22	12	35	19	7	60	90	22			
F	W.R.	0	0	30	18	30	17	4	67	87	19			
O	W.R.	0	0	19	7	43	21	10	74	92	17			
1983, plantdatum 83.07.27														
C	W.R.	24	2	56	9	5	3	0	74	98	22	10	10	(100)
F	W.R.	25	7	59	8	4	2	1	85	93	24	9	8	(89)
O	W.R.	14	2	72	7	3	0	2	78	94	22	7	6	(86)
plantdatum 83.07.27														
C	Talb.	-	-	-	-	-	-	-	13			110	45	(41)
F	Talb.	-	-	-	-	-	-	-	7			135	42	(31)
O	Talb.	-	-	-	-	-	-	-	9			125	30	(24)
plantdatum 83.08.09														
C	W.R.	-	-	-	-	-	-	-	2			136	91	(67)
F	W.R.	-	-	-	-	-	-	-	3			128	95	(74)
O	W.R.	-	-	-	-	-	-	-	9			107	87	(81)
treat-ment	var-iety	6,1st grade distribution in percentages	6,2nd	8,1st	8,2nd	10,1st	10,2nd		A	length of growing period	length of har-vest period	before frost frozen 21/11 number of plants	29/11	(%)

Table 6.12. Length of growing period (number of days between transplanting and 50% harvest), length of the harvest period (10-90% harvested); grade distribution of the harvested cauliflowers (relative), the percentage of the plants harvested (A) and the number of plants before (21/11) and after (29/11) a period of frost of three transplanting dates in 1982 and 1983 of autumn cauliflower.

zijn tussen de verwarmingsobjecten. Het verschil tussen de 2e en 3e planting in 1983 voor wat betreft het aantal bevroren kolen is een gevolg van het rasverschil. De kolen van Talbion waren op het moment van de vorst nog beter bedekt door blad.
De kolen zonder vorstschade zijn relatief klein en deze gingen verloren door een vorstperiode in de 2e helft van december.
In tabel 6.12 worden ook de sorteringsverhoudingen voor wat betreft grootte en kwaliteit weergegeven. De verschillen t.a.v. de kwaliteit waren klein en alleen bij een late oogst lijkt de sortering iets grover te zijn bij verwarming. Van de 2e en 3e planting in 1983 is de verdeling niet weergegeven i.v.m. het geringe aantal kolen dat is geoogst.

Conclusies

Bodemverwarming heeft geen duidelijke invloed op:
- groeiduur;
- lengte van de oogstperiode;
- kwaliteit;
- bescherming tegen bevriezing.

6.5.2. Winterbloemkool

In 1982 is op 10, 17 en 24 augustus geplant, waarbij van de eerste plantdatum een gedeelte van het veld is afgedekt met plastic folie van 25 februari tot 29 maart.
In 1983 en 1984 is geplant op 9, 16 en 23 augustus, waarbij op de eerste plantdatum een vroeg en een middenvroeg ras is gebruikt. Er zijn losse planten gebruikt op een afstand van 75 x 60 cm. De voorvrucht is witlof.

Resultaten/Discussie

De resultaten van 1984/1985 worden niet weergegeven, omdat alle planten van alle objecten gedurende de winter zijn bevroren. Bodemverwarming kon het uitvriezen niet voorkomen. Daarom worden alleen de resultaten van de overige 2 proefjaren besproken.
De uitval vóór de winter was gering en er was geen effect van de verwarming op dit uitvalpercentage. De uitval gedurende de winter was groot op het C-object in 1983/1984 en in 1982/1983 op het C-object in de combinatie met plastic bedekking (tabel 6.13). De uitval in 1983/1984 trad op na een korte winterperiode gedurende februari en uitte zich door het zacht worden van het merg van de stronk. Daarop volgde de rotting ervan. Gedurende de vorstperiode bleek dat op het C-object overdag dooi optrad, terwijl het er 's nachts weer vroor. Deze variatie in temperatuur heeft waarschijnlijk de schade veroorzaakt.
Er was geen effect van bodemverwarming op de vroegheid van de oogst. Een plastic bedekking had geen vervroeging tot gevolg. De lengte van de oogstperiode werd niet beïnvloed door de bodemverwarming.

Het uitvalpercentage bij de oogst (het aantal niet-geoogste kolen als percentage van het aantal planten bij het begin van de oogst) was bij de eerste twee plantingen in 1982/1983 bij C hoger dan bij F en O, terwijl dit bij de overige twee plantdata lager was. Dit betekent dat door de bodemverwarming een latere plantdatum mogelijk was, zodat de uitval beperkt bleef. In totaal waren de uitvalpercentages in 1982/1983 hoog, doordat de gewasontwikkeling bij het zeer vroege ras op het totale proefveld gering was. Daarom werd besloten in 1983/1984 gedeeltelijk voor een later ras te kiezen. De uitvalpercentages van dit ras waren in 1983/1984 dan ook lager (vergelijk de twee rassen op plantdatum 1). Nu was het uitvalpercentage van alle C-objecten hoger dan van de F- en O-objecten. De kwaliteit van het geoogste produkt was van de C-objecten lager dan van de F- en O-objecten (kleiner aandeel kwaliteit I). In 1982/1983 was de sortering van

Tabel 6.13. Uitval, opbrengst, sortering, 50% oogst, datum en oogstduur van winterbloemkool in de seizoenen 1982/1983 en 1983/1984.

object	1982/1983 uitval in % voor de oogst	tijdens de oogst	aantal geoogst /ha x 1000	% in kwaliteitsklassen I	II	III	50% oogstdatum in april	oogstduur in dagen 10-90%	1983/1984 uitval in % voor de oogst	tijdens de oogst	aantal geoogst /ha x 1000	% in kwaliteitsklassen I	II	III	50% oogstdatum in mei	oogstduur in dagen 10-90%
	Armado Quick, geplant 82.08.10 + plastic								Armado Quick, geplant 83.08.09							
C	11	31	13,63	39	41	20	19	10	30	54	7,15	30	51	18	1	6
F	4	11	18,97	46	42	13	19	8	22	39	10,56	39	36	22	2	9
O	3	12	18,95	51	30	19	19	7	14	33	12,79	41	41	18	3	10
	Armado Quick, geplant 82.08.10								Armado Mei, geplant 83.08.09							
C	6	33	13,98	59	31	10	22	8	35	35	9,38	54	44	10	10	13
F	4	29	15,13	63	27	8	22	9	11	23	15,21	64	27	9	14	11
O	5	27	15,40	65	27	9	20	9	6	14	17,95	59	41	6	14	9
	Armado Quick, geplant 82.08.17								Armado Mei, geplant 83.08.16							
C	3	33	14,43	41	43	15	22	8	55	35	6,50	53	28	18	10	14
F	2	39	13,27	53	26	21	21	8	12	16	16,41	60	33	8	14	12
O	3	51	10,55	53	26	21	21	7	6	15	17,74	57	39	5	15	10
	Armado Quick, geplant 82.08.24								Armado Mei, geplant 83.08.23							
C	5	40	12,65	43	36	21	22	7	45	40	7,33	37	46	13	11	11
F	2	54	10,00	36	37	21	22	9	16	22	14,55	43	45	12	15	9
O	6	70	6,26	42	36	18	22	9	11	25	14,81	56	38	7	15	10
treatment	before harvest % missing	during harvest % missing	number of curds harvested /hax1000	1st distribution of quality classes %	2nd	3rd	50% cutting date (April)	length of harvest period	before harvest % missing	during harvest % missing	number of curds harvested /hax1000	1st distribution quality classes %	2nd	3rd	50% cutting date (April)	length of harvest period

Table 6.13. Percentage of missing plants before and during harvest, yield (number of curds per ha) relative quality distribution, 50% cutting date and length of the harvest period (10-90%) of overwintered cauliflower in 1982/1983 and 1983/1984.

de C-objecten wat grover; in 1983/1984 was die van de C-objecten fijner. Het verschil in beide jaren werd waarschijnlijk veroorzaakt door de marginale teelt in 1982/1983.
Een plastic bedekking in 1982/1983 had vooral in de combinatie met verwarming een slechtere kwaliteit tot gevolg. Omdat plastic bedekking ook geen vervroeging te zien gaf, is dit object in 1983/1984 niet meer opgenomen.

Conclusies

- Een zeer vroeg ras kan door bodemverwarming (C) later worden geplant zonder opbrengstverlies.
- Bodemverwarming heeft bij winterbloemkool geen vervroeging tot gevolg.
- Bodemverwarming kan bij strenge kou uitvriezen niet voorkomen.
- Bij lichte vorst laat in het seizoen heeft bodemverwarming (C) een hoger uitvalpercentage tot gevolg, door herhaaldelijk opdooien, gevolgd door bevriezen.
- De bodemverwarming werkt ten nadele van de kwaliteit.
- Het F-object komt overeen met het O-object.

6.6. Zomergerst (Hordeum vulgare L. sensu lato)

A. Darwinkel

In het eerste beproevingsjaar (1982) is het effect van bodemverwarming op gewasontwikkeling en opbrengst onderzocht bij het gewas zomergerst. De opzet van de proef is eenvoudig: bij elk niveau van bodemverwarming (C, F en O) is op 1 april 1982 zomergerst (ras: Trumpf) ingezaaid. De zaaizaadhoeveelheid bedraagt 100 kg/ha; de rijenafstand is 25 cm. De overige teelthandelingen zijn volgens praktijknormen uitgevoerd:

- een bemesting van 200 kg P_2O_5 en 350 kg K_2O per ha is op 22/2/82 en van 75 kg N per ha op 31/2/82 gegeven;
- onkruid is bestreden met 2½ l MCPA + 2½ l MCPP (26/5/82);
- een bestrijding tegen bladluizen met 0,25 kg Pirimor (2/7/82). Een ziektebestrijding is niet nodig geweest.

De korrelopbrengst is vastgesteld met een proefveld-combine. Door bepaling van de Harvest-index (= aandeel korrels in de bovengrondse massa) in een gewasmonster van 1,25 m^2 kan de stro-opbrengst, alsmede de totale drogestofopbrengst worden berekend.

Resultaten

Een hogere bodemtemperatuur resulteert bij zomergerst in een afname van de drogestofproduktie (tabel 6.14). Deze gegevens zijn in strijd met die van REINKEN en WERNING (1981), maar sluiten aan bij die van MACK (1965). De totale drogestofopbrengst loopt met stijgende bodemtemperaturen terug van bijna 12 naar 9½ ton/ha. Een verklaring van deze negatieve opbrengstaspecten moet worden gezocht bij effecten van hoge temperaturen op groei en ontwikkeling. Omdat de bodemverwarming pas in de loop van de maand mei effectief werd, zullen met name processen zoals aarvorming, korrelzetting en korrelvulling zijn versneld. Daardoor wordt de groeiperiode verkort en de oogst dienovereenkomstig versneld.

Tabel 6.14. Opbrengsten van korrel en stro (in kg ds/ha) en de Harvest-index van zomergerst bij 3 niveaus van bodemtemperaturen (objecten C, F en O).

object	totale produktie	korrel-opbrengst	stro-opbrengst	Harvest-index
C	9.530	4.670	4.860	49,0
F	10.580	5.200	5.380	49,1
O	11.710	5.290	6.420	45,2
treatment	total production	grains	straw	Harvest-index

Table 6.14. Yields of grains and straw (as kg d.m./kg) and the Harvest Index of Spring Barley at 3 soil temperature treatments.

Door een gunstiger verdeling van de drogestof, weergegeven door een hogere Harvest-index bij hogere bodemtemperaturen, zijn de verschillen in korrel-opbrengst kleiner geworden; grote verschillen worden gemeten in de stro-opbrengsten. De verschillen in korrelproduktie zijn minder groot, mogelijk door de kleiner wordende temperatuursverschillen tijdens de korrelvulling (maanden: juni + juli).
Nadere analyse van de korrelopbrengst, vermeld in tabel 6.15, laat zien dat de lage opbrengsten bij de hoge temperaturen zijn ontstaan door een beperkte korrelzetting (minder aren en/of minder korrels per aar). Het achterblijvend korrelaantal wordt slechts gedeeltelijk gecompenseerd door een hoger 1000-korrelgewicht. Bij het object F bleef de korrelopbrengst door een goede korrelzetting en korrelvulling maar weinig achter. De geleidelijk afnemende verschillen in bodemtemperaturen tussen de objecten F en O gedurende het groeiseizoen zullen daartoe hebben bijgedragen.

Tabel 6.15. Korrelopbrengst (kg/ha; 16% vocht), 1000-korrelgewicht (16% vocht) en het aantal korrels per m^2.

object	korrel-opbrengst	1000-korrel-gewicht	aantal korrels per m^2
C	5.560	49,7	11.180
F	6.180	47,3	13.080
O	6.300	47,5	13.250
treatment	grainyield	1000 gram weight	number of grains per m^2

Table 6.15. Grain yields and 1000 grainweight (9) both at 15% moisture content and the number of grains per m^2 of Spring Barley in 1982 at 3 soil heating treatments.

Behalve op de bovengrondse ontwikkeling hebben de bodemtemperaturen mogelijk nog een grotere invloed op de wortelontwikkeling. Doordat de bodemverwarming pas gedurende de maand mei effectief is geworden, konden eind mei nog geen verschillen in de wortelintensiteit worden gemeten. Nadien neemt de bewortelingsintensiteit bij de hoge bodemtemperatuur van object C echter niet verder toe. Bij het object O wordt pas na half juni de maximale bewortelingsintensiteit bereikt. Die is dan ongeveer 3x zo omvangrijk als bij object C. Ook MACK (1965) vond een sterk achterblijvende wortelontwikkeling bij een hoge bodemtemperatuur. Alhoewel de opname van water en voedingsstoffen door kunstmatige beregening is begunstigd, mag bij de hoge bodemtemperatuur van object C het effect van een beperkte bewortelingalsmede een versnelde veroudering ervan op de bovengrondse produktiviteit niet uitgesloten worden geacht.

Conclusie

Verhoging van de bodemtemperatuur heeft bij zomergerst door verkorting van de groeiperiode een negatieve invloed op de opbrengst aan korrels en stro.

6.7. Peen (Daucus carota)

J.A. Schoneveld

Vroege peen brengt doorgaans een hoge prijs op. Het gewas is in 1983, 1984 en 1985 geteeld. In alle jaren was het echter niet mogelijk op de objecten een gelijke standdichtheid te realiseren omdat de objecten met verschillende temperaturen ook een verschillend opkomstpercentage te zien geven. Het vergelijken van de objecten wordt hierdoor bemoeilijkt vooral in het traject van 150-400 planten per m^2. Wordt de produktie per m^2 gemeten, dan zijn de veldjes met een hoge standdichtheid in het voordeel. Drukken we de produktie uit in het gemiddeld wortelgewicht dan zijn deze veldjes in het nadeel. Bij bospeen gaat het vooral om het individueel peengewicht, zowel bij de keuze welke wel of niet in de bos thuishoren, als bij de keuze van het aantal wortels per bos. Daarom is er gekozen om de produktie te meten met het gemiddeld wortelgewicht.
In 1983 zijn na het constateren van de ongelijke opkomst geen verdere waarnemingen meer verricht, zodat van dit jaar geen resultaten vermeld kunnen worden. De opbrengsten van 1984 zijn voor de standdichtheidsinvloed gecorrigeerd volgens de door SHINOZAKI, K en KIRA, T. (1956) uitgewerkte methode.
De correctie op de totale produktie is in het onderhavige traject van 400 tot 1000 naar 300 planten per m^2 gering. Het is dan echter mogelijk geworden om de produktie in het gemiddelde wortelgewicht uit te drukken.
In 1984 is het ras Mokum (F1) gezaaid op 9 en 26 maart, respectievelijk op een afstand van 10 x 1,3 en 10 x 1,0 cm of 750 en 1000 zaden per m^2. De veldjes zijn bedekt met 5 % geperforeerd kunststoffolie (P.E. 0,05 mm). Deze is van de eerste zaai op C en F op 1 mei verwijderd en van de andere veldjes op 15 mei.
In 1985 is hetzelfde ras gezaaid op 13 en 26 maart op een afstand van 12,5 x 2,2 cm of 365 zaden per m^2. De helft van alle veldjes is bedekt met 5 % geperforeerd kunststoffolie (0,05 mm) tot 22 mei en 24 mei respectievelijk voor de 1^e en 2^e zaai. Er is getracht de opkomst en de groei van peen te relateren aan bodem- en klimaatsfactoren. Op alle veldjes zijn daarom temperaturen gemeten op 0, 2½ en 10 cm diepte.

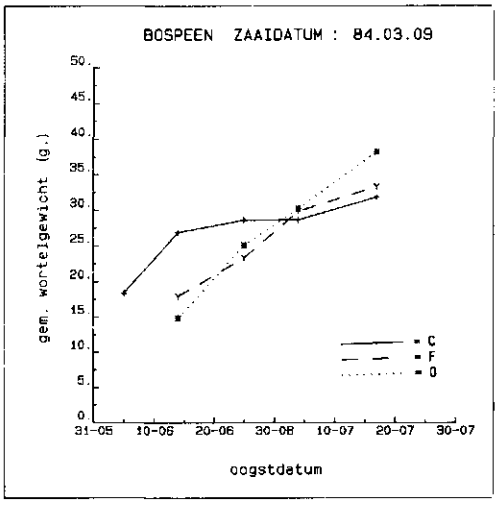
Resultaten 1984

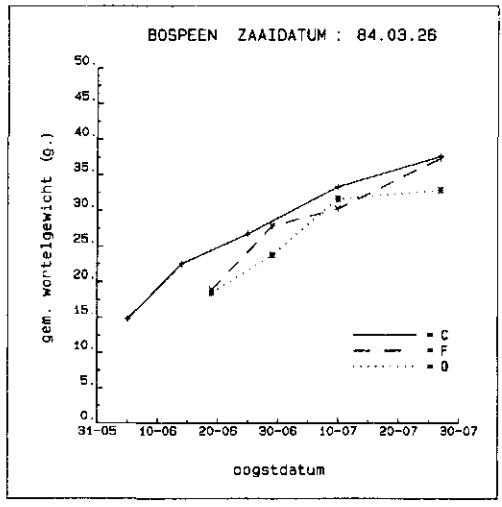
In 1984 is de datum van 90-100 % opkomst bij de eerste zaai voor C, F en O respectievelijk 3, 11 en 12 april. Bij de tweede zaai is dit 12, 15 en 18 april. De opkomst is veel beter bij C van de eerste zaai en C en F van de tweede zaai (tabel 6.16).

Tabel 6.16. Aantal planten en opbrengstgegevens van peen op twee data gezaaid en op verschillende tijdstippen geoogst in 1984.

	C				F				O			
oogst datum	aant. planten /m²	kg per m²	kg/m² bij 300 planten	gem. wortel gewicht (g)	aant. planten /m²	kg per m²	kg/m² bij 300 planten	gem. wortel gewicht (g)	aant. planten /m²	kg per m²	kg/m² bij 300 planten	gem. wortel gewicht (g)
	zaaidatum 84.03.09											
06.05	706	5,7	5,5	18,3								
.14	802	8,5	8,1	26,9	501	5,6	5,4	17,9	538	4,7	4,4	14,8
.25	679	9,0	8,6	28,6	500	7,3	7,0	23,3	589	8,0	7,5	25,1
07.04	681	8,9	8,6	28,6	543	9,3	8,9	29,8	458	9,6	9,1	30,2
.17	567	9,9	9,5	31,8	454	10,5	10,0	33,3	518	13,0	11,5	38,2
	zaaidatum 84.03.26											
06.05	672	4,7	4,4	14,8								
.14	976	7,0	6,7	22,5								
.19					864	6,2	5,7	18,9	802	6,0	5,6	18,5
.25	1118	8,5	8,0	26,7								
.29					986	8,7	8,3	27,8	530	7,3	7,1	23,7
07.10	1115	10,9	10,0	33,3	904	9,6	9,1	30,2	716	10,0	9,5	31,6
.27	972	12,1	11,3	37,6	957	12,7	11,2	37,3	495	10,2	9,8	32,8
harvest date	number of plants /m²	kg per m²	kg/m² 300 plants	average root weight (g)	number of plants /m²	kg per m²	kg/m² 300 plants	average root weight (g)	number of plants /m²	kg per m²	kg/m² 300 plants	average root weight (g)

Table 6.16. Number ofplants and yield data of carrots with two sowing dates and harvested in several dates in 1984.





Figuur 26. Het opbrengstverloop van vroege bospeen in 1984 met twee zaaidata.
Figure 26. The production curves of early carrots with two sowing dates in 1984.

De produktie van peen wordt weergegeven in tabel 6.16. Daarin wordt het aantal geoogste planten per m^2 weergegeven met daarbij het gewicht aan peen in kg per m^2. Daarnaast wordt het gecorrigeerde gewicht aan peen in kg per m^2 weergegeven bij 300 planten per m^2 met daarbij het gemiddeld wortelgewicht. In figuur 26 wordt dit gemiddeld wortelgewicht weergegeven per oogstdatum. Daaruit blijkt dat van de eerste zaai C eerst een hogere en daarna een lagere opbrengst heeft dan F en O. Voor F geldt dit ook t.o.v. O. Een dergelijk beeld wordt ook verkregen bij een te laat afhalen van de kunststoffolie op peen waardoor te hoge temperaturen voor de loofgroei ontstaan. De opbrengst wordt er door vervroegd maar het produktieniveau blijft beperkt. Op de tweede zaai is dit effect veel minder te zien. Voor bospeen is een gemiddeld wortelgewicht van ca 25 gram reeds een goed marktbaar produkt. Dit gewicht wordt bereikt voor C, F en O van de eerste en tweede zaai op respectievelijk 11, 26, 27 en 21, 28 en 30 juni. In vergelijking met de opkomstverschillen is er tussen F en O niet veel veranderd. C is ook van opkomst tot oogst sneller gegroeid dan F en O. Dit is niet verwonderlijk wanneer het verschil in temperatuur onder het plastic, besproken in hoofdstuk 4, in aanmerking wordt genomen.

Resultaten 1985

Opkomst

In april zijn de peenveldjes geteisterd door koud, nat en winderig weer, waardoor de opkomst traag verliep en pas opgekomen kiemplantjes door windschade en slemp van de bovengrond verdwenen. Ook onder folie verdwenen plantjes door het klapperen van de folie. Hierdoor is de stand op de veldjes onregelmatig.
Er kwamen daarbij geen systematische verschillen voor die we aan één van de behandelingen kunnen toeschrijven.
De opkomst wordt vermeld in tabel 6.17. Hieruit blijkt dat de peen op de met folie bedekte veldjes eerder opkomt dan op de niet bedekte veldjes. Voorts, dat in alle gevallen de volgorde van opkomst C, F en O is. Het verschil tussen het eerste en laatste veldje bedraagt 15 dagen tot 50% opkomst en 14 dagen tot 90-100% opkomst. Het criterium 90-100% opkomst is genomen omdat door de weersinvloeden het laatste deel van de opkomst nogal onregelmatig verloopt.
De temperatuursom (^{T}som) is berekend door van de gemiddelde etmaal-temperaturen op 2½ cm beneden maaiveld de minimum temperatuur van 1,3°C af te trekken. Gemiddeld bedraagt de temperatuursom tot 50% opkomst 165 graaddagen overeenkomstig de gegevens uit de literatuur (Buishand; 1982). De met kunststoffolie bedekte veldjes hebben een lagere ^{T}som nodig dan de niet bedekte veldjes. Tussen de verwarmingsobjecten komen geen systematische verschillen voor. Tot 90-100% opkomst zijn de verschillen van de temperatuursom veel minder groot dan bij 50 % opkomst. Alleen bij object C met plastic op de eerste zaaidatum is de ^{T}som hoog. Een temperatuursom van 180-230 en 210 gemiddeld lijkt een redelijk criterium voor het bepalen van de 90-100% opkomst datum.

Tabel 6.17. Datum van opkomst bij de verschillende objecten en de temperatuursom op 2½ cm maaiveld met een minimum van 1,3°C.

	opkomst-data in april						temperatuursom							
zaaidatum	85.03.13			85.03.26			85.03.13				85.03.26			
folie	C	F	O	C	F	O	C	F	O	gem.	C	F	O	gem.
						50% van het aantal opgekomen planten								
+	2	5	8	8	12	14	213	140	124	159	160	159	146	155
-	6	11	15	15	16	17	184	180	147	170	180	186	162	176
gem.							198	160	135	165	170	172	154	165
						90-100% van het aantal opgekomen planten								
+	9	9	15	12	18	19	280	182	185	216	198	219	197	205
-	9	17	19	18	19	23	213	228	189	210	227	210	209	215
gem.							246	205	187	213	212	214	203	210
plastic	C	F	O	C	F	O	C	F	O	av.	C	F	O	av.
sowing date	85.03.13			85.03.26			85.03.13				85.03.13			
	emerge dates in April						temperature sum							

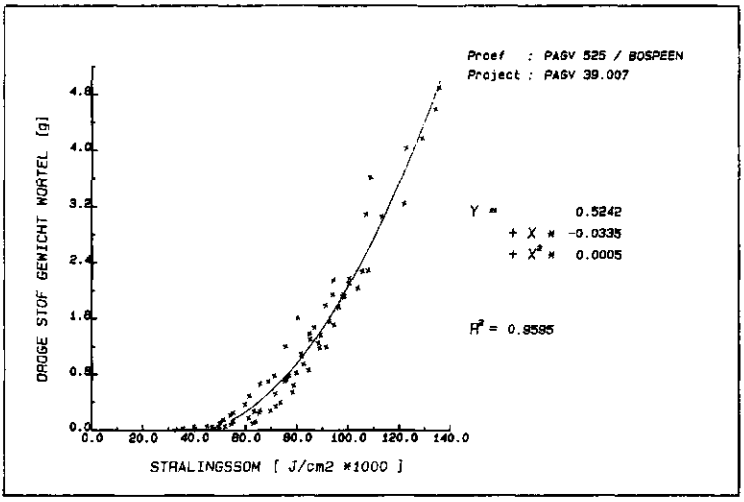
Table 6.17. Emerge dates of soil heating treatments, two sowing dates and with or without plastic cover by 50% and 90 - 100% emerged plants of carrots in 1985.

Produktie

Ondanks de keuze van de redelijk goede gedeelten van het perceel komt bij de periodieke oogsten toch aan het licht dat er nogal wat spreiding in standdichtheid is binnen en tussen de objecten.
Na opkomst wordt de produktie vooral bepaald door de hoeveelheid straling. Alleen onder zeer koude omstandigheden groeit de peen niet of zeer traag ondanks voldoende straling. In de literatuur is deze minimum groei temperatuur niet gevonden. Daarom zijn vergelijkingen gemaakt uit eigen gegevens. Daarbij is de produktie gerelateerd aan de stralingssom onder aftrek van de straling op de dagen met een gemiddelde etmaal-temperatuur van de lucht op 10 cm boven maaiveld van respectievelijk 6, 8 en 10°C. Een gemiddelde etmaal-temperatuur van 8°C geeft het beste resultaat er van uitgaande dat de groeicurve een signoide verloop heeft.
Vervolgens is de produktie op de objecten gerelateerd aan de stralingssom na 90-100% opkomst, waarbij de straling op dagen met een gemiddelde etmaal-temperatuur van de lucht van minder dan 8°C niet zijn meegeteld. Het resultaat wordt weergegeven in figuur 27. Daaruit blijkt, dat het gemiddelde wortelgewicht in 1985 kan worden berekend met de gecorrigeerde stralingssom na 90-100% opkomst met de formule:

$Y = 0{,}5242 - 0{,}0335X + 0{,}0005\ X^2$

(Y= wortel gewicht uitgedrukt in drogestof;
X= stralingssom (kJ/cm^2) verminderd met de straling op dagen met een gemiddelde etmaal luchttemperatuur van <8°C.)



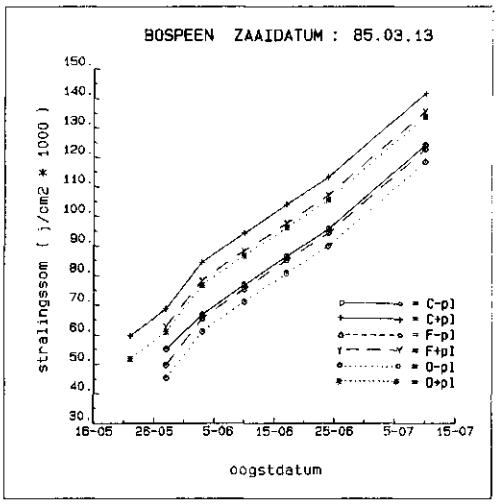
Figuur 27/ Figure 27:
Y= average root weight expressed in dry matter
X= radiation (kJ/cm^2) excluded the radiation on days with average air temperature of <8°C.

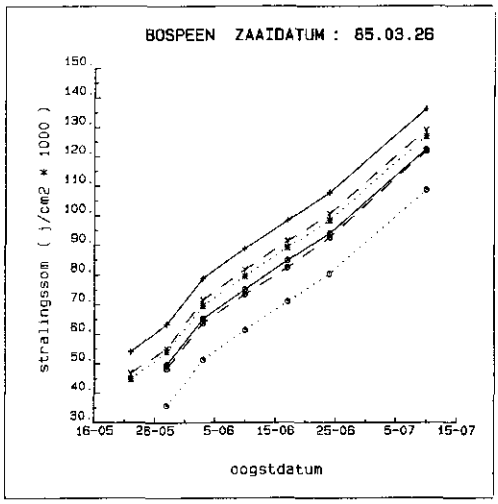
Dit verband geldt in 1985 voor alle objecten, zowel bodemverwarming, zaaidata als al of niet bedekken met plastic. De spreiding in figuur 27 wordt vooral veroorzaakt door onnauwkeurigheden en toevalligheden. De objecten liggen niet systematisch aan de een of andere kant. Wel lijkt vooral bij peengewichten groter dan 2,5 gram een lichte invloed aanwezig van het aantal planten. Enkele extreme plant getallen (<160 en >400) zijn daarom niet in de relatie betrokken. Opgemerkt moet worden dat bospeen wordt geoogst als deze nog volop in de groei is. Van verminderde produktie door veroudering van het blad is nog geen sprake. Voor een goede bospeen van 25 gram versgewicht of 2,1 gram droog gewicht (gemiddeld drogestofgehalte in 1985 is 8,5%) is dus een gecorrigeerde stralingssom nodig van 100.000 J/cm^2. Wanneer deze voor de verschillende objecten in 1985 wordt bereikt, kan worden afgelezen in figuur 28 en is vermeld in tabel 6.18.

Tabel 6.18. Datum waarop per object de gecorrigeerde stralingssom van 100 kJ/cm^2 na opkomst is bereikt overeenkomend met een gemiddeld wortelgewicht van 2,125 droog of 25 gram vers.

	zaaidatum 85.03.13			vervroeging t.o.v. 0		zaaidatum 85.03.26			vervroeging t.o.v. 0	
folie	C	F	0	C	F	C	F	0	C	F
+	14/6	19/6	20/6	6	1	18/6	24/6	25/6	7	1
-	24/6	27/6	30/6	6	3	27/6	29/6	5/7	8	6
vervroeging plastic	10	8	10	gem.9		9	5	10	gem. 8	
plastic cover	sowing date 85.03.13			days earliness with respect to 0		sowing date 83.03.26			days earliness with respect to 0	

Table 6.18. Date on which a treatment the corrected radiation sum of 100 kJ/cm^2 after emergence has reached, corresponding to an average root weight of 2,125 g dry or 25 g fresh weight.





Figuur 28. Verband tussen de stralingsom (= opbrengst) en de oogstdatum.
Figure 28. Relation between the radiation sum (= yield) and the harvest date.

Daaruit ontstaat een vertrouwd beeld: een vervroegingseffect van foliebedekking ten opzichte van onbedekt van ca 8-10 dagen. Het object F zonder folie bij de 2e zaai is in de reeks eigenlijk 2 dagen te vroeg, reeds veroorzaakt door een relatief vroege opkomst tot 90-100%. Voorts een vervroeging van C t.o.v. O van 6 tot 8 dagen en F 1 tot 4 dagen. Gezien het weer in het voorjaar van 1985 een logisch resultaat.

Discussie

Een gewas dat wordt gezaaid is erg moeilijk te vergelijken wanneer de behandeling het opkomstpercentage beïnvloedt. Het zou beter zijn in zo'n geval na de opkomst de objecten te dunnen op een gelijke standdichtheid.
Om toch een vergelijking te kunnen maken zijn in 1984 de opbrengsten voor de standdichtheidsinvloed gecorrigeerd naar 300 planten per m^2. Deze standdichtheid is voor vroege bospeen aan de hoge kant. Normaal is deze tussen 100-200 planten per m^2. Wij hebben niet tot dit niveau gecorrigeerd omdat in 1985 de gemiddelde

standdichtheid ook ca 300 planten per m^2 bedraagt. Bovendien is de kans op fouten groter bij de correctie naar een lager plantgetal omdat in dit traject de produktie sterk onderhevig is aan de standdichtheidsinvloed.
In 1985 is de reactie van peen gemeten aan bodem- en klimaatsfactoren, waarbij twee fasen zijn onderscheiden. De eerste fase tot en met de opkomst waarbij de temperatuur in de laag van 2,5 cm diepte tot boven de grond bepalend is. Na opkomst is de straling bepalend waarbij straling op dagen met een gemiddelde temperatuur <8°C buiten beschouwing is gelaten. Het was de bedoeling deze relatie nader uit te werken, waarbij de loofgroei en bedekkingsgraad ook wordt betrokken in een algemene groeiformule voor peen. Op deze wijze zou het effect van bodemverwarming over een gemiddeld groter aantal jaren berekend kunnen worden. Daar echter de benodigde bodemtemperaturen onder plastic uit vorige jaren ontbraken is hiervan binnen het kader van dit project afgezien.
De teeltduurverkorting van C t.o.v. O afgedekt met folie bedraagt voor de 1e en 2e zaai respectievelijk 16 en 9 dagen in 1984, en 6 en 7 dagen in 1985. Het verschil is verklaarbaar gezien het zeer koude voorjaar van 1984, waardoor een groot temperatuurverschil onder het plastic tussen C en O waarschijnlijk is en waardoor de groei op O en ook F traag is verlopen. De teeltduurverkorting voor F is onder plastic slechts 1-2 dagen; zonder plastic is deze wat hoger: 3-4 dagen (alleen 1985).

Conclusie

Peen reageert positief op bodemverwarming. De opkomst is vroeger en ook beter. Ook de groei na opkomst wordt vooral in de eerste fase op C gunstig beïnvloed. Een gemiddeld wortelgewicht van 25 gram wordt op C 6-16 dagen eerder bereikt dan op O. De vervroeging is groter naarmate de luchttemperatuur in het voorjaar lager is en zo vroeg mogelijk wordt gezaaid. De reactie van F is veel geringer nl. 1-2 dagen vroeger dan O met plastic en 3-4 dagen zonder plastic.
In het vrij sombere voorjaar van 1985 is de teeltduurverkorting door plastic 7-10 dagen onafhankelijk van de verwarmingsobjecten of zaaidata.

6.8. Prei (Allium porrum L.)

F. ter Beke

6.8.1 Zomerprei

Zomerprei is in 1983, 1984 en 1985 beproefd om de reactie op vroegheid, opbrengst en kwaliteit vast te stellen. De planten zijn in bakjes onder verwarmd glas opgekweekt, en met de hand uitgeplant in ponsgaten. Er is uitgegaan van 2 plantdata, één zo vroeg mogelijk en één na een eventueel uit te voeren voorteelt van spinazie. De plantdata zijn: 21 april (1983), 2 en 19 april (1984), 28 maart en 17 april (1985). Het plantverband van de laatste plantdata van 1984 en 1985 is 30x12 cm (28 planten/m^2). De overige teelten zijn geplant op 25x10 cm (40 planten/m^2).
De prei is bedekt met 0,05 mm 5% geperforeerd folie. De folie is omstreeks half mei verwijderd. De overige teeltmaatregelen zijn indien mogelijk volgens de praktijknormen uitgevoerd.
Er is periodiek geoogst waarbij de prei op het veld is schoongemaakt. Deze totale klaargemaakte opbrengst en de opbrengst per sortering is gewogen. De lengte van de schacht en het wit zijn gemeten. Het aantal schieters is geteld. In 1985 is bovendien de lengte van de schietstengel bepaald.

Resultaten

Een samenvatting van de belangrijkste resultaten van de teelten wordt gegeven in tabel 6.19 en figuur 29.
In 1983 is de groei iets onregelmatig door extreem natte voorjaarsomstandigheden. In 1984 en 1985 groeit de prei zonder veel moeilijkheden en geeft ze hoge opbrengsten. Het uitvalspercentage na planten is op alle objecten laag (max. 4%).
In 1984 daalt aan het eind van het oogstseizoen de marktbare opbrengst. Dit is het gevolg van het zichtbaar worden van de bloeistengels (schieters). Tabel 6.19 geeft het percentage schieters en de lengte van de bloeistengel aan (1985). Hieruit blijkt dat de schietneiging het grootst is op O gevolgd door F en C. De prei van de 2e plantdatum schiet ± 3 weken later. Dit vindt op O weer het eerst plaats. De uiterlijke kwaliteitsverschillen tussen de objecten zijn gering. Doordat C een hogere opbrengst geeft komt er wel eerder meer prei in de gunstige sortering van 2-4 cm.
De lengte van het wit, vooral beïnvloed door de plantdiepte, is in 1984 gemiddeld circa 8 cm en in 1985 10 cm. De verschillen tussen de objecten zijn gering.

Tabel 6.19. De marktbare opbrengsten, de schachtlengte, het percentage schieters en de lengte van de bloeistengel van vroege prei per oogstdatum over de jaren 1983-1984-1985. *waarneming op 06.16

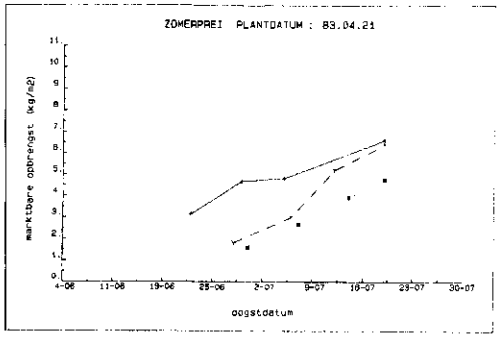
oogst-datum	marktbare opbrengst kg/m² totaal	ø 2-4 cm	1983 schacht-lengte in cm	schie-ters %	oogst-datum	marktbare opbrengst kg/m² totaal	ø 2-4 cm
—					C1 plantdatum 84.04.02 40 pl/m²		
					84.06.07	4,40	1,23
					.20	4,83	2,22
					.07.03	7,69	5,87
					.16	6,96	5,61
					F1 plantdatum 84.04.02 40 pl/m²		
					84.06.14	2,58	0,05
					.25	4,90	1,24
					.07.10	5,85	3,90
					.16	4,20	3,20
					O1 plantdatum 84.04.02 40 pl/m²		
					84.06.19	2,32	0,04
					.29	3,85	1,00
					.07.12	4,30	2,65
					.16	3,26	2,36
C2 plantdatum 83.04.21 40 pl/m²					C2 plantdatum 84.04.19 28 pl/m²		
83.06.22	3,15	0,13	12	-	84.06.19	2,60	0,02
.29	4,67	0,75	13	-	.29	4,91	1,44
.07.05	4,82	1,20	14	-	.07.12	6,69	4,60
.19	6,61	3,51	15	-	.30	8,62	7,18
F2 plantdatum 83.04.21 40 pl/m²					F2 plantdatum 84.04.19 28 pl/m²		
83.06.28	1,82	0,11	12	-	84.06.25	2,48	-
07.06	2,09	0,24	13	-	.07.10	5,35	2,48
.12	5,20	1,00	14	-	.19	7,14	5,04
.19	6,40	4,04	13	2	.30	6,91	5,25
O2 plantdatum 83.04.21 40 pl/m²					O2 plantdatum 84.04.19 28 pl/m²		
83.06.30	1,60	0,03	12	-	84.06.25	2,23	0,04
.07.07	2,69	0,07	13	-	.07.12	4,48	1,07
.14	3,93	0,47	14	1	.19	5,71	3,18
.19	4,74	1,12	14	2	.30	5,63	3,87
harvest date	kg/m² total marketable yield	Ø2-4 cm	lenght of the stem in cm	% shooters	harvest date	kg/m² total marketable yield	Ø2-4 cm

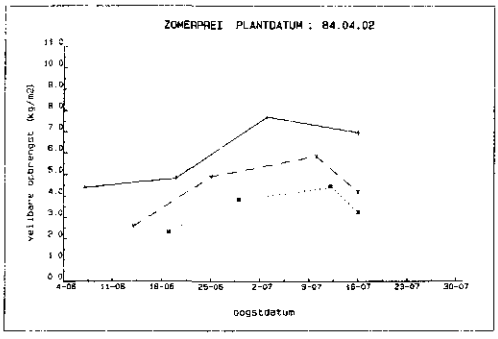
Table 6.19. The marketable yield, the lenght of the stem, the percentage of shooters and the lenght of the flower stalk of early LEEK per harvest date of two transplanting dates in 1983, 1984 and 1985.

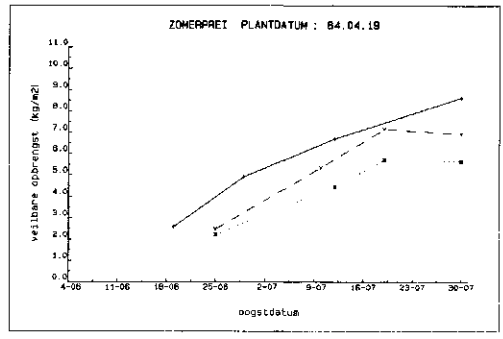
Tabel 6.19 (vervolg)

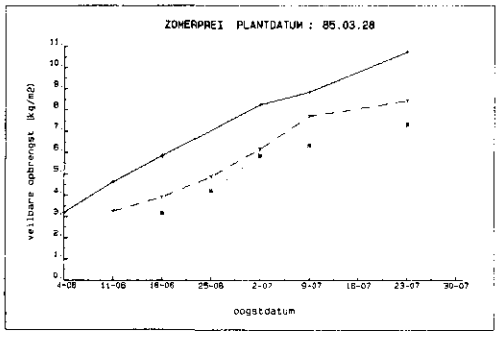
1984 schacht-lengte in cm	schie-ters %	oogst-datum	marktbare opbrengst kg/m² totaal	ø 2-4 cm	1985 schacht-lengte in cm	schie-ters %	lengte bloei-stengel
		C1 plantdatum 85.03.28 40 pl/m²					
15	-	85.06.04	3,20		15		
16	-	.18	5,86	2,61	18		
17	1	.07.02	8,26	5,88	20		1
19	30	.23	10,74	8,84	24	7/16*	7
		F1 plantdatum 85.03.28 40 pl/m²					
12	-	85.06.11	3,26	0,17	15		
15	-	.18	3,90	0,76	14		
16	10	.07.02	6,18	3,43	17		1
17	44	.23	8,44	6,93	21	11/46*	10
		O1 plantdatum 85.03.28 40 pl/m²					
13	-	85.03.28	3,15	0,38	21		
14	1	.07.02	5,87	3,16	17		2
15	24	.09	6,38	3,52	18	3	7
16	36	.23	7,32	5,25	20	17/67*	12
		C2 plantdatum 85.04.17 28 pl/m²					
12	-	85.06.18	3,46	1,06	14	-	-
13	-	.07.02	6,05	4,65	17	-	-
14	-	.23	9,14	8,59	20	2	2
19	10	.31	10,08	9,52	21	3/6*	2
		F2 plantdatum 85.04.17 28 pl/m²					
13	-	85.06.18	2,91	0,38	14	-	-
15	-	.07.02	5,31	3,67	17	-	-
17	2	.23	8,99	8,44	20	-	2
19	16	.31	9,67	9,30	22	0/10*	5
		O2 plantdatum 85.04.17 28 pl/m²					
11	-	85.06.18	1,78	0,02	13	-	-
15	-	.07.02	3,94	2,20	15	-	-
17	1	.23	8,24	7,39	19	-	1
17	22	.31	9,03	8,43	21	2/13*	4
length of the stem in cm	% shooters	harvest date	kg/m² total marketable yield	Ø2-4 cm	length of the stem in cm	% shooters	length of the flower stalk

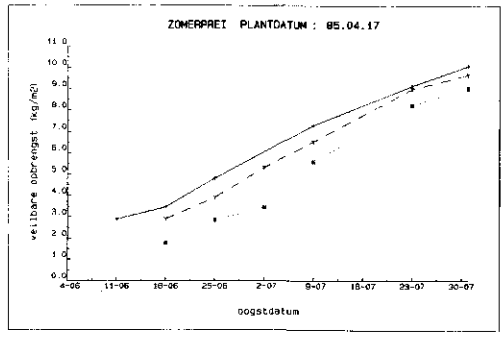
Tabel 6.19 (continu)











Figuur 29. Het opbrengstverloop zomerprei in 1983, 1984, 1985.

_____ = C

_ _ _ _ = F

..... = O

Figure 29. The Productioncurves of summer leek in 1983, 1984 and 1985.

Er is wel een verschil in schachtlengte. Op eenzelfde oogstdatum is door de snellere gewasontwikkeling de schacht van de prei op C 1-3 cm langer dan die van O. De lengte van de schacht bij eenzelfde opbrengstniveau is echter op O groter. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de vroege schietneiging van de prei op O.
De prei reageert positief op bodemverwarming, hetgeen zich uit in een oogstvervroeging en/of hogere opbrengsten. De eind maart geplante prei geeft op C een opbrengstvervroeging van 17-23 dagen en op F 5-7 dagen t.o.v. O. De opbrengstverhoging bedraagt op C 2,5 à 3 kg/m^2 en op F 1 à 1,5 kg/m^2 t.o.v. het onverwarmde object. Bij de tweede planting is de vervroeging van C 12-18 dagen en van F 6-7 dagen t.o.v. O. De meeropbrengsten zijn resp. 1,5 à 2 kg/m^2 op C en 0,5 à 1 kg/m^2 op F t.o.v. O.
Tevens blijkt dan dat de prei op C (die 2½ week later geplant is dan de prei op O) hogere opbrengsten geeft dan die van O. De laatst geplante prei op F blijft iets onder de opbrengst van de eerste planting op O. Echter later in het seizoen is de opbrengst op F hoger.

Discussie

De reactie van vroege prei op bodemverwarming is niet geheel vreemd.
Het groeipunt zit namelijk zo'n 8-10 cm onder de grond. De temperatuur op 10 cm - M.V. is in april op C 7-8 C° hoger dan op O en in mei 5-6 C°. Het temperatuurverschil tussen F en O in deze periode is constant 1 à 2 C°. Dit gegeven gecombineerd met een foliebedekking bovengronds heeft een positief effect op de groei en ontwikkeling. Drie weken later planten geeft op C nog gelijke of hogere opbrengsten t.o.v. O.
Om te gaan bloeien (schieten) heeft de plant een bepaalde koude nodig. In het voorjaar krijgt de prei op O eerder de koude-behoefte dan C. Doordat de prei op C later gaat schieten zijn hier aan het eind van het seizoen zeer hoge marktbare opbrengsten mogelijk.

Conclusies

- Bodemverwarming heeft een zeer positieve invloed op de groei en ontwikkeling van vroege zomerprei, waardoor de marktbare opbrengsten vervroegd en/of verhoogd worden en wel meer naarmate de temperatuur hoger is. De sorteringsverhouding is daardoor op een vroeg tijdstip beter.
- Het gewas blijft op verwarmde grond langer vegetatief. De prei op verwarmde grond schiet later waardoor er langer doorgeoogst kan worden.
- Prei geplant na een eventuele voorteelt van spinazie geeft op C hogere opbrengsten dan prei die 2½ week eerder geplant is op onverwarmde grond. Een voorteelt is mogelijk.
- Er is geen duidelijk verschil in uiterlijke kwaliteit van de prei.

6.8.2. Winterprei

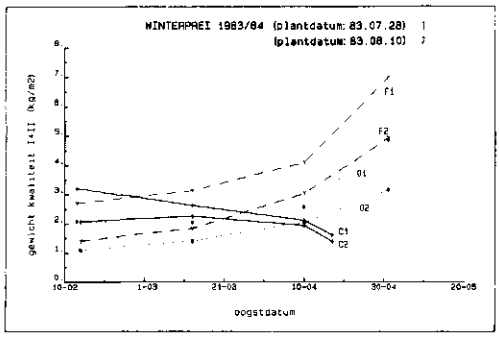
In de seizoenen 1982/83, 1983/84 en 1984/85 is gekeken naar het effect van bodemverwarming op opbrengst en kwaliteit bij de teelt van winterprei. Indien in de zomer op verwarmde grond later geplant kan worden, zonder dat dit ten koste gaat van de opbrengst, komt er meer ruimte in het bouwplan. Een ander aspect is dat er tijdens vorst misschien geoogst kan worden.
Door vermenging van twee rassen is de teelt van 1982/83 buiten beschouwing gelaten. De planten zijn in de vollegrond opgekweekt en met de hand uitgeplant in ponsgaten van 10-12 cm diep. De plantdata zijn respectievelijk 28 juli en 10 augustus in 1983 en 26 juli en 9 augustus in 1984. Het plantverband is 50x12 cm. Er is op 4 à 5 tijdstippen geoogst, waarbij de planten op het veld zijn schoongemaakt. De overige teeltmaatregelen zijn uitgevoerd volgens de praktijknormen.

Afbeelding 4. Groei-afwijking bij winterprei vooral op object C.
Photo 4. Distortion of overwintered LEEK especially at treatment C.

Resultaten

Een samenvatting van de resultaten wordt weergegeven in tabel 6.20 en figuur 30. De opbrengsten zijn sterk bepaald door het aantal oogstbare planten per m^2.
In 1983/84 is het uitvalspercentage relatief laag. Het aantal uitgevroren planten na de strenge winter van 1985 is groot.
De uitval neemt toe naarmate later wordt geoogst en is bij C lager gevolgd door F en O. De latere planting heeft minder uitval.

Vooral op C komen groeiafwijkingen voor. De afwijking bestaat uit het kromgroeien van de binnenste bladeren in de schacht. In de winter is dit bij sommige planten uiterlijk zichtbaar als bobbels op het onderste gedeelte van de schacht. Bij hergroei is vooral het groene blad gebobbeld.
De prei op C schiet eerder dan die op F gevolgd door die op O. Het verschil tussen C en O bedraagt 2-4 weken. Vroeg planten heeft eerder schieten tot gevolg.
De marktbare opbrengst van prei is op C eerst het hoogst, later gevolgd door F en O. Het moment van overgang is per plantdatum en jaar verschillend van eind februari tot en met april. De voorsprong van de prei op C die in de herfst verkregen is, wordt na de winter teniet gedaan door groeiafwijkingen en schieters. De opbrengst op F is altijd hoger dan die van O.
In de relatief zachte winter van 1983/84 zijn met de eerste plantdatum de beste resultaten verkregen. In 1984/85 is dit ook het geval voor O tot half maart en voor F tot half april. De voorsprong van de eerste plantdata gaat dan vooral verloren door meer uitval, schieters en groeiafwijkingen op C. De marktbare planten zijn op C zwaarder dan die op F gevolgd door de marktbare planten op O. De sorteringsverhouding is daardoor op de verwarmde objecten gunstiger. Vroeg uitplanten geeft zwaardere planten. De opbrengst van de prei op C die 2 weken later geplant is dan op O geeft bij een oogst eind april bijna even grote opbrengsten (1984) of grotere opbrengsten (1985) dan op O.
De uiterlijke kwaliteit is in 1983/84 op C het slechtst en in 1984/85 op O. In beide jaren is F kwalitatief het beste. Vroeg planten geeft bijna altijd een slechtere kwaliteit.
Tijdens een vorstperiode is het niet mogelijk prei te rooien van de verwarmde objecten omdat het blad breekt. Na een vorstperiode kan de prei op C 1-3 dagen eerder gerooid worden dan de prei op O.



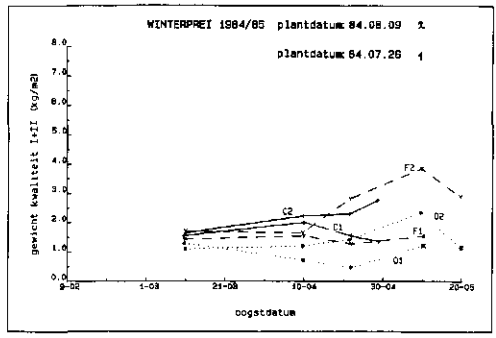


Fig. 30. Het opbrengstverloop van winterprei in het seizoen 1983/1984 en 1984/1985 op twee plantdata.

Fig. 30. The production curves of overwintered Leek transplanted on two dates in the season 1983/1984 and 1984/1985.

Discussie

Winterprei doorloopt drie perioden: de groei tot de winter, gedurende de winter en de hergroei in het voorjaar.
Voor de winter is de reactie van prei op bodemverwarming positief. De prei op C en in mindere mate op F groeit sneller dan die op O. De prei op C zou t.o.v. die op O hierdoor enkele dagen later geplant kunnen worden, maar later planten dan eind juli lijkt niet aan te bevelen.
De hogere bodemtemperatuur op 10 cm -MV op C zorgt er 's winters voor dat de groei daar gestimuleerd wordt, terwijl de strekking bovengronds niet verder gaat. Dit zou mogelijk een verklaring kunnen geven voor de groeiafwijkingen op C. De hergroei start op C vroeger dan F en O waardoor de vegetatieve periode van de prei op C ook eerder beëindigd wordt. De prei gaat vroeger schieten. De groeiafwijkingen en de schieters doen de opbrengst op C in het voorjaar sterk afnemen.
Door het positieve effect op de groei op C voor de winter en de negatieve effecten na de winter lijkt het op verwarmde grond gunstig vroeg te planten en te oogsten in de periode december tot februari.

Op F en O daarentegen worden bij laat rooien de hoogste opbrengsten gehaald na de hergroei van prei in het voorjaar.
Hoe de opbrengst in de winter en hierna gaat verlopen is sterk afhankelijk van het klimaat. Een winter als 1984/1985 komt in Nederland slechts één keer in de zeven jaar voor.
Doordat het groeipunt van de prei op ca 10 cm-MV zit, geeft bodemverwarming in een strenge winter enige bescherming tegen uitvriezen. In dit geval is ook de kwaliteit van de prei op C t.o.v O relatief beter. Na een zachte winter is de slijtage van de prei op C groter dan die van O. De kwaliteit op F is in alle jaren beter dan die op O.
In de praktijk zijn in 1984/1985 goede resultaten verkregen d.m.v. bedekking met plasticfolie tijdens vorstperiodes. De negatieve effecten op C worden hiermee misschien relatief sterker opgeheven.
Een ander voordeel van de folie zou kunnen zijn dat er tijdens een vorstperiode eventueel gerooid kan worden, hetgeen nu niet mogelijk is gebleken.

Conclusies

- Bodemverwarming stimuleert de groei in het najaar waardoor aan het begin van de winter de opbrengsten op C hoger zijn dan op F gevolgd door die op O. Enkele dagen later planten op C t.o.v. O is mogelijk. Vroeg planten en oogsten in de winter is voor C gunstig.
- De prei op C vertoont na een vorstperiode groeiafwijkingen.
- In het voorjaar schiet de prei het eerst op C gevolgd door de prei op F en O.
- In de winter en in het voorjaar wordt de marktbare opbrengst van C lager dan die van F en O door groeiafwijkingen en schieters.
- De kwaliteit van de prei is het beste op F. In zachte winters is O beter dan C en in strenge winters is C beter dan O.
- Tijdens een vorstperiode kan er op verwarmde grond zonder folie -afdekking niet geoogst worden.

Tabel 6.20. Het percentage uitval, planten met groeiafwijkingen en schieters, de opbrengst kwaliteit I en II en het gem. plantgewicht van de winterprei op de objecten C, F en O van twee plantdata op verschillende oogstdata in 1984 en 1985.

object	oogstdatum	% uitval	% planten met groeiafwijkingen	% schieters	opbrengst kwal. I + II kg/m² totaal	opbrengst kwal. I + II kg/m² ø 2-4 cm	gem. plantgewicht marktklaar (gram)	%uitval	% planten met groeiafwijkingen	% schieters	opbrengst kwal. I + II kg/m² totaal	opbrengst kwal. I + II kg/m² ø 2-4 cm	gem. plantgewicht marktklaar (gram)
		plantdatum 83.07.28						plantdatum 83.08.10					
C	84.02.13	-	1	-	3,2	2,8	199	8,8	-	-	2,1	1,3	140
	03.13	0	33	-	2,6	2,5	241	4,8	6	-	2,2	1,8	154
	04.10	1	53	-	2,1	1,8	277	-	37	-	1,9	1,9	189
	04.17	2	51	11	1,6	1,4	268	10,6	39	11	1,4	1,3	213
F	84.02.13	-	1	-	2,7	2,3	166	2,9	-	-	1,4	0,7	90
	03.13	1	-	-	3,1	3,0	194	-	-	-	1,8	1,3	112
	04.10	-	1	-	4,1	3,8	252	1,4	-	-	2,6	2,4	160
	05.01	4	1	-	7,0	5,3	477	4,3	0,5	1,0	4,9	4,4	321
O	84.02.13	1	-	-	2,1	1,5	129	1,0	-	-	1,3	0,3	79
	03.10	1	-	-	2,0	1,6	124	-	-	-	1,4	0,8	86
	04.13	1	-	-	2,6	2,3	159	1,0	-	-	2,1	1,7	127
	05.01	1	-	-	4,9	4,6	302	6,7	-	-	3,3	2,9	218
		plantdatum 84.07.26						plantdatum 84.08.09					
C	85.03.11	26	8	-	1,4	1,4	130	8	9	-	1,5	1,4	123
	04.10	35	4	4	2,0	1,8	210	15	7	-	2,2	2,1	169
	04.22	20	27	36	1,5	1,3	500	12	12	15	2,3	1,9	227
	03.29	31	-	48	1,4	1,2	396	20	-	16	2,8	2,5	260
F	85.03.11	33	4	-	1,3	1,3	126	5	2	-	1,6	1,5	102
	04.10	53	-	-	1,5	1,4	194	27	-	-	1,6	1,4	133
	04.22	63	1	-	1,3	1,0	210	15	-	-	2,8	2,7	200
	05.10	55	-	9	1,6	1,5	264	15	-	6	3,8	3,1	298
	05.20	-	-	-	-	-	-	15	-	51	2,9	2,5	522
O	85.03.11	35	-	-	1,2	1,1	109	20	-	-	1,0	0,9	73
	04.10	69	-	-	0,6	0,5	109	32	-	-	1,1	0,8	102
	04.22	79	-	1	0,4	0,4	128	29	-	-	1,4	1,0	117
	05.10	55	-	13	1,3	1,2	170	30	-	-	2,3	2,2	203
	05.20							44	-	5	1,2	1,1	140
treat-ment	harvest date	% missing	% plants with distort.	% bolters	tot. yield	ø 2-4 cm 1st+2nd qual.	Av. plant weight marketable (gram)	% missing	% plants with distort.	% bolters	tot. yield	ø 2-4 cm 1st+2nd qual.	Av. plant weight marketable (gram)

Table 6.20. The % missing plants, plants with distortion and bolters, the yield of the 1st and 2nd quality and average plant weight of overwintered leek on the objects C, F and O of two planting dates on different harvesting dates in 1984 and 1985.

6.9 Kropsla (Lactuca sativa L. var. capitata L.)

J.A. Schoneveld

Sla is in het vroege voorjaar, in de zomer en in de herfst beproefd om te zien in hoeverre de teelt door middel van bodemverwarming kan worden vervroegd c.q. de teeltduur kan worden bekort. Met dit gewas moest nogal wat ervaring opgedaan worden in de "kale" polder. Een aantal uitgevoerde teelten is dan ook niet vermeld, omdat geen goede vergelijking mogelijk is wegens plaatselijk optreden van vreterij door konijnen, aardrupsen of door water-, wind- en hagelschade.
De voorjaarsteelt van 1982 is niet vermeld omdat de bodemverwarming slechts voor een deel van de groeiperiode heeft gefunctioneerd (opstarten). De planten, in 4 cm perspot, zijn onder glas opgekweekt en ca 4 dagen buiten afgehard. Daarna zijn ze geplant op een afstand van 30 x 25 cm, wat overeenkomt met 13,3 planten per m^2. Het gebruikte ras is meestal Mondian geweest met uitzondering van 1982 toen Cindy is gebruikt.
In het vroege voorjaar is de sla bedekt met 5% geperforeerd kunststof folie (0,05 mm). De folie is verwijderd op het moment van de eerste kropvorming, zoveel mogelijk bij donker en windstil weer, eind april tot begin mei. Object C een aantal dagen eerder dan F en O.
De bemesting, bescherming, beregening en overige teeltmaatregelen zijn overeenkomstig praktijknormen uitgevoerd. Per object is een gedeelte van het veld op verschillende tijdstippen afgeoogst (1-8 keer). Dit om de groeilijn te kunnen vaststellen. Daarbij zijn alle kroppen één voor één gewogen en is de kwaliteit bepaald (1984, 1985). De kroppen zijn meestal op het veld marktklaar gemaakt.

Resultaten

6.9.1. Vroege kropsla

De vroege sla is geplant op 4 maart 1983, 14 en 27 maart 1984 en 8 en 29 maart 1985. De opbrengst is uitgedrukt in het gemiddeld kropgewicht van het geoogste aantal kroppen. Dit wordt weergegeven in tabel 6.21 en figuur 31. Kropsla wordt verhandeld in gewichtsklassen. De procentuele verdeling over de gewichtsklassen behorend bij een gemiddeld kropgewicht wordt weergegeven in figuur 32.
Uit de produktiecurves blijkt, dat de produktie van C 100-200 gram hoger is dan die van O op dezelfde oogstdatum (gemiddeld ca 160 gram). Het verschil tussen F en O is veel geringer en bedraagt 0-120 gram (gemiddeld ca 60 gram).
De vervroeging c.q. teeltduurverkorting van C t.o.v. O bedraagt ongeveer 10

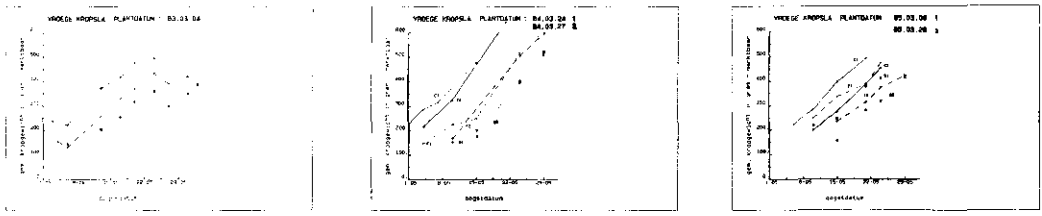


Fig. 31. Het opbrengstverloop van vroege sla in 1983, 1984 en 1985.

Fig. 31. the production curves of early Lettuce, transplanted on different dates in 1983, 1984 and 1985.

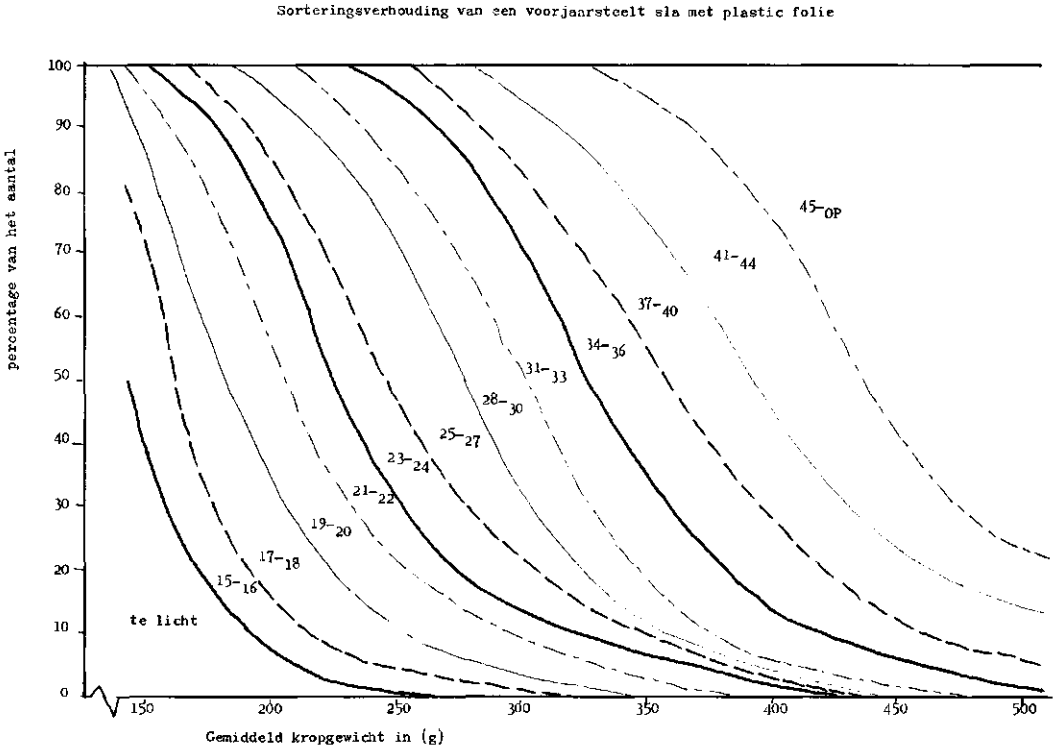


Fig. 32. Het verloop van de sorteringsverhouding in relatie tot het gem. kropgewicht.

Fig. 32. The relation between distribution over weight classes and average head weight.

dagen. De laagste waarde die gevonden is, bedraagt 6 dagen; de hoogste 14 dagen. Het aantal dagen dat F vroeger is dan O loopt uiteen van 2 tot 5 dagen. Gemiddeld genomen is F 3 dagen eerder dan O.
Bij de beoordeling van de kwaliteit is vooral gelet op het voorkomen van gebreken en ziekten en de lengte van de pit c.q. de schietneiging. Over het algemeen loopt de kwaliteit tussen de objecten bij éénzelfde gemiddeld kropgewicht niet ver uiteen. De aantasting van schimmels die hoofdzakelijk smet veroorzaken (Botrytis cinerea, Rhizoctonia solani en Sclerotinia-soorten) is op de verwarmde objecten niet groter of kleiner dan op het onverwarmde object.
Voornaamste kwaliteitsgebrek bij alle objecten is in alle onderzoeksjaren het optreden van rand geweest. Dit is vermoedelijk het gevolg van de harde wind waardoor het folie niet vast genoeg op de sla blijft liggen en gaat klapperen.

Tabel 6.21 Gemiddeld kropgewicht (g) van voorjaarssla in 1983, 1984 en 1985 bij de objecten C, F en O afgedekt met kunststof folie.

		oogstdata									
plantdatum	object	03/5	04/5	06/5	13/5	17/5	20/5	24/5	27/5	31/5	02/6
	C	238	-	222	373	419	475	495	-	-	
83.03.04	F	-	154	131	257	331	368	431	390	421	
	O	-	-	143	204	255	317	359	298	350	388
		01/5	04/5	06/5	07/5	10/5	15/5	21/5	24/5	29/5	
	C	225	286	-	315	-	477		-	-	
84.03.24	F	-	146		-	225	248		514	-	
	O	-	-		-	154	201		396	509	
	C		216			325	-	639	-	-	
84.03.27	F		-			168	-	-	504	594	
	O		-				174	-	402	519	
	C			224		283	396	492	-	-	
85.03.08	F			-		248	335	387	474	-	
	O			-		219	247	378	411	-	
	C			-		200	276	388	455	-	
85.03.27	F			-		-	233	314	374	423	
	O			-		-	156	282	318	418	
transpl. dates	treat-ment	harvest dates									

Table 6.21 Average head weight (g) of early lettuce with different transplanting dates and covering with plastic in 1983, 1984 and 1985.

Door de beschadigingen ontstaat tijdelijk uitdroging en daardoor rand. Gevolg hiervan is dat bij een kropgewicht van ca 400 gram de kwaliteit achteruit gaat. De schietneiging is voor alle objecten klein. De lengtes van de pitten waren zodanig, dat nog niet van schieters gesproken kon worden. Pas bij kropgewichten groter dan 500 gram begonnen de lengtes van de pitten toe te nemen.
Het percentage uitval is weergegeven in tabel 6.22. Daaruit blijkt dat de verwarmde objecten C en F iets meer uitval vertonen dan het onverwarmde object O.

Tabel 6.22. Het percentage uitval van de objecten C, F, O bij de verschillende plantdata.

object	gem.	83.03.04	84.03.14	84.03.27	85.03.08	85.03.29
C	1,7	1,4	2,5	1,4	1,1	2,3
F	1,2	0,4	0,0	0,7	0,7	3,4
O	0,3	0,1	0,9	0,0	0,0	0,7

Table 6.22. The percentage missing of the treatments C,F, O with different planting dates.

6.9.2. Zomersla

De sla is geplant op 10 juni 1982 en 26 juli 1983. De resultaten zijn vermeld in tabel 6.23. In 1982 is er wel verschil in ontwikkeling, waarbij F in de loop van de oogstperiode wat achterblijft in groei. Het verschil tussen C en O bedraagt ca 60 gram of 1 dag in groeitijd. Het kwaliteitsverloop is evenals in het voorjaar gekoppeld aan de ontwikkeling van het gewas. Bij ca 400 gram is de kwaliteit matig ongeacht het verwarmingsobject.
In 1983 is er weinig verschil te constateren in groei, opbrengst of kwaliteit tussen de objecten, behalve dan dat F 1,5% meer uitval heeft dan de andere objecten.

Tabel 6.23. Gemiddeld kropgewicht (g) van zomersla in 1982 en 1983 (1982 Cindy; 1983 Mondian).
* 2e kwaliteit

		oogstdata						
plantdatum	object	14/7	16/7	19/7	26/8	30/8	1/9	5/9
	C	299	406*	-				
82.06.10	F	261	305	402*				
	O	233	352	439*				
	C				304	387	392*	402*
83.07.26	F				318	400	422*	427*
	O				304	416	415*	411*

Table 6.23. Average headweight (g) of summer Lettuce planted at 82.6.10 and 83.07.26 and harvested in different dates in July and August.
* 2nd quality.

6.9.3. Herfstsla

De sla is in 1982 geplant op 23 augustus, in 1983 op 13 september en in 1984 op 17 augustus. Een normale laatste plantdatum op onverwarmde grond in Nederland is voor sla 24 augustus. De opbrengsten zijn vermeld in tabel 6.24 en figuur 33. De groeiperiode van sla in de herfst is erg afhankelijk van het tijdstip van planten. In 1984 is de groeiduur tot een gewicht van 300 gram bij O 39 dagen en in 1982 49 dagen bij een verschil in planttijd van 6 dagen. Het verschil in groeiduur van 10 dagen is nog laag, omdat de groeisnelheid in 1984 lager was dan normaal door een lagere hoeveelheid straling en een lagere luchttemperatuur. In 1983 is het gewas niet meer aan een normaal kropgewicht toegekomen, zowel door het late planttijdstip van 13 september als door de lagere hoeveelheid straling en de lagere luchttemperatuur in september en een vroeg ingevallen vorst.
Het gemiddeld kropgewicht van object C is 30-70 gram hoger dan O, wat een groeiduurverkorting betekent van ongeveer 6 dagen en een planttijdstipverlating van ongeveer 3 dagen. Het verschil tussen F en O bedraagt ca 10-20 gram, overeenkomend met een groeiduurverkorting van 1 à 2 dagen.
Er werd geen verschil in kwaliteit geconstateerd tussen de objecten op dezelfde oogstdata. Dit in tegenstelling tot de voorjaars- en zomersla. Daar werden op hetzelfde tijdstip wel kwaliteitsverschillen geconstateerd, omdat de sla op de objecten zich in een verschillend ontwikkelingsstadium bevond. Het verminderen van de kwaliteit werd zichtbaar bij een gemiddeld kropgewicht van 350 à 400 gram. Dit gewicht is bij de herfstteelten niet bereikt. De kwaliteitsachteruitgang bij vochtige omstandigheden, zoals in de herfst, is vooral veroorzaakt door het optreden van smet veroorzaakt door Botrytis cinerea, Rhizoctonia solani en Sclerotinia-soorten. De mate van aantasting is afhankelijk van klimaatomstandigheden en groeiduur.

Tabel 6.24. Gemiddeld kropgewicht (g) van najaarssla in 1982, 1983 en 1984 (1982 Cindy; 1983 en 1984 Mondian).
* 2e kwaliteit

		oogstdata									
plantdatum	object	19/9	24/9	28/9	29/9	1/10	3/10	9/10	11/10	13/10	22/11
	C				221	257			371	-	
82.08.23	F				204	230			315	-	
	O				168	204			-	320	
	C										128*
83.09.13	F										84*
	O										66*
	C	304	311	369			352	-			
84.08.17	F	263	285	331			340	-			
	O	278	302	323			-	333			

Table 6.24. Average head weight (g) on different harvest dates of autum Lettuce planted at 82.08.23, 83.09.13 and 84.08.17.
* 2nd quality.

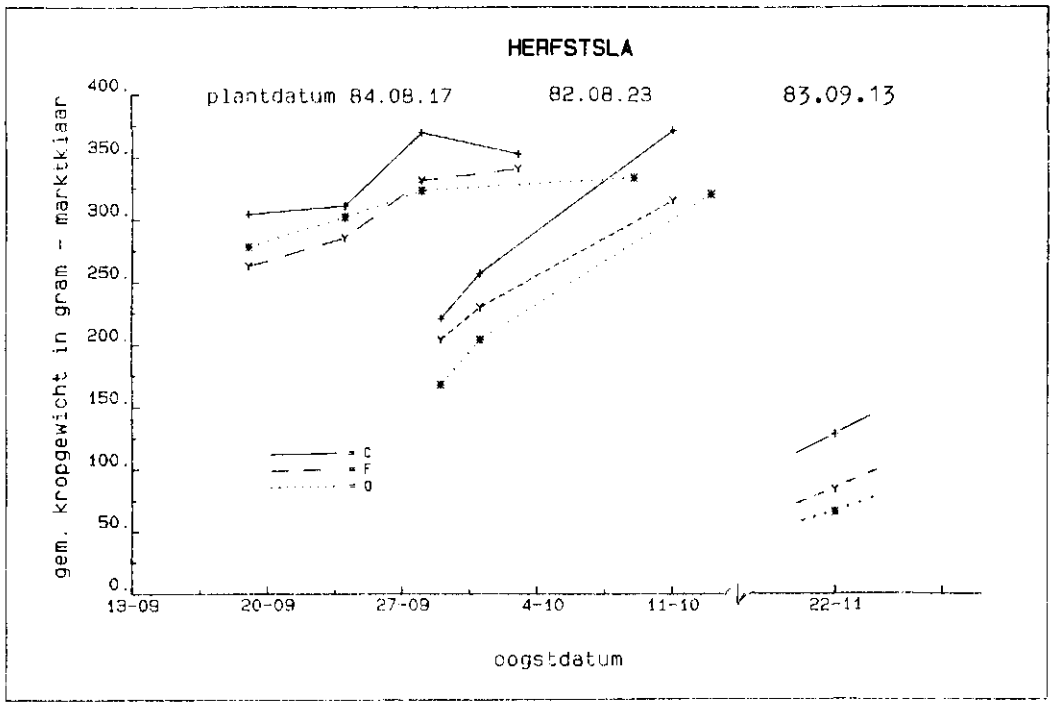


Fig. 33. Het opbrengstverloop van herfstsla in 1982, 1983 en 1984.
Fig. 33. The production curves of autumn lettuce planted at 82.08.23, 83.09.13, and 84.08.17.

Conclusie

Het gewas kropsla ontwikkelt zich sneller naarmate de bodem meer is verwarmd. Dit resulteert in een groeiduurverkorting van C t.o.v. O van gemiddeld 10 dagen in het voorjaar, een halve dag in de zomer en 6 dagen in de herfst. In de herfst kan daardoor het planten 3 dagen later plaatsvinden. Voor F t.o.v. O is de groeiduurverkorting in het voorjaar, de zomer en de herfst respectievelijk 3, 0 en 1½ dag.
De kwaliteit is in het voorjaar en in de zomer afhankelijk van het ontwikkelingsstatium van het gewas en in de herfst meer afhankelijk van de klimaatomstandigheden op een bepaald tijdstip.

6.10. Snijmaïs (Zea mays L.)

J. Hoek

Het effect van bodemverwarming op groeisnelheid en de opbrengst van snijmaïs is in 1985 onderzocht. Teeltvervroeging bij snijmaïs kan ook nagestreefd worden door toepassing van een bodembedekkende folie.
Sinds 1984 doet het PAGV dan ook onderzoek naar de perspectieven van foliegebruik bij snijmaïs. Naast de bodemverwarming als behandeling is dan ook gekozen voor een tweede behandeling, namelijk het al of niet aanbrengen van een bodembedekkende folie.
Ras: Irla; zaaidatum: 9 mei; oogstdatum: 18 oktober.
Bemesting: 200 kg N/ha (als kalkammonsalpeter);
K_2O en P_2O_5 normale onderhoudsbemesting.
Onkruidbestrijding: 2,5 kg Atrazin; vóór het zaaien.

Resultaten

In de tabellen 6.25 en 6.26 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 6.25. Gewasgegevens bij snijmaïs bij 3 niveau's van bodemverwarming en al of niet toepassen van plastic folie. Proefbedrijf Lelystad 1985.

object	systeem	gewas-lengte in cm 21-5	kolfaan-deel in droge-stof	ds %	eindopbrengst in ton ds/ha	eindopbrengst relatief
0	normaal	20	49,3	28,6	16,5	100
	folie	26	57,1	34,7	18,5	112
F	normaal	24	53,1	32,8	17,0	103
	folie	33	55,9	33,2	19,8	120
C	normaal	29	50,5	31,9	17,8	108
	folie	38	52,9	34,3	20,5	124
treat-ment	system	crop-length in cm 21 May	cobpart of dry-matter (%)	dry matter %	yield dry matter in ton/ha	yield relative

Table 6.25. Crop results of silagemaize at 3 levels of soilheating and 2 cultivation systems: normal and under a transparant plasticfoil. Lelystad 1985.

Uit tabel 6.25 blijkt dat de lengtegroei zowel door bodemverwarming als door plasticfolie versneld wordt. Uiteindelijk resulteert deze betere -bovengrondse-groei in een hogere eindopbrengst aan droge stof per ha.
De opbrengstverhoging door bodemverwarming is zonder folie 1,3 ton drogestof per ha; bij de folie-objecten 2 ton drogestof per ha.
Bodemverwarming gecombineerd met foliebedekking lijkt een positieve interactie te vertonen, immers:

opbrengstverhoging door folie object 0 : 2 ton ds/ha;
" " door bodemverwarming (0-C) : 1,3 ton ds/ha;
" " door bodemverwarming én folietoepassing: 4 ton ds/ha.

Duidelijk is wel dat de opbrengstverhoging door folie groter is dan die door bodemverwarming. Het kolfaandeel - zeer waardevol bij snijmaïs - lijkt door plasticfolie sterker te worden verhoogd dan door bodemverwarming.

Tabel 6.26 geeft aan dat het 1000-korrelgewicht door bodemverwarming én door foliegebruik wordt verhoogd. Dit geldt niet voor het aantal korrels per m^2. Het totale korrelgewicht per m^2 neemt - dankzij het hogere 1000-korrelgewicht - toe, zowel voor folie, als voor bodemverwarmingsobjecten.

Tabel 6.26. Kolfgegevens bij snijmaïs bij 3 niveau's van bodemverwarming en al of niet toepassen van plastic folie. Proefbedrijf Lelystad 1985.

object	systeem	aantal kolven per m^2	1000-korrel-gew (g)	aantal korrels per kolf	aantal korrels per m^2	korrelgewicht in g per kolf	korrelgewicht in g per m^2
0	normaal	12,3	221	325	4009	71,8	886
	folie	11,7	264	296	3451	78,1	911
F	normaal	12,3	251	268	3303	67,2	829
	folie	14,3	286	239	3427	68,3	980
C	normaal	10,3	267	362	3742	96,7	999
	folie	11,7	278	309	3604	85,9	1002
treat-ment	system	number of cobs/ m^2	weight of 1000 grains (g)	cob number of grains per:	m^2	cob grainyield g. per:	m^2

Table 6.26. Cob results from silagemaize at 3 levels of soilheating and 2 cultivation systems: normal and under transparent plasticfoil. Lelystad 1985.

Conclusie

Verhoging van de bodemtemperatuur versnelt de groei en resulteert bij snijmaïs in een hogere drogestofopbrengst per ha. Toepassing van bodemverwarming en gebruik van bodembedekkende folie lijkt een positieve interactie te vertonen.

6.11 Spinazie (Spinacia oleracea L.)

F. ter Beke.

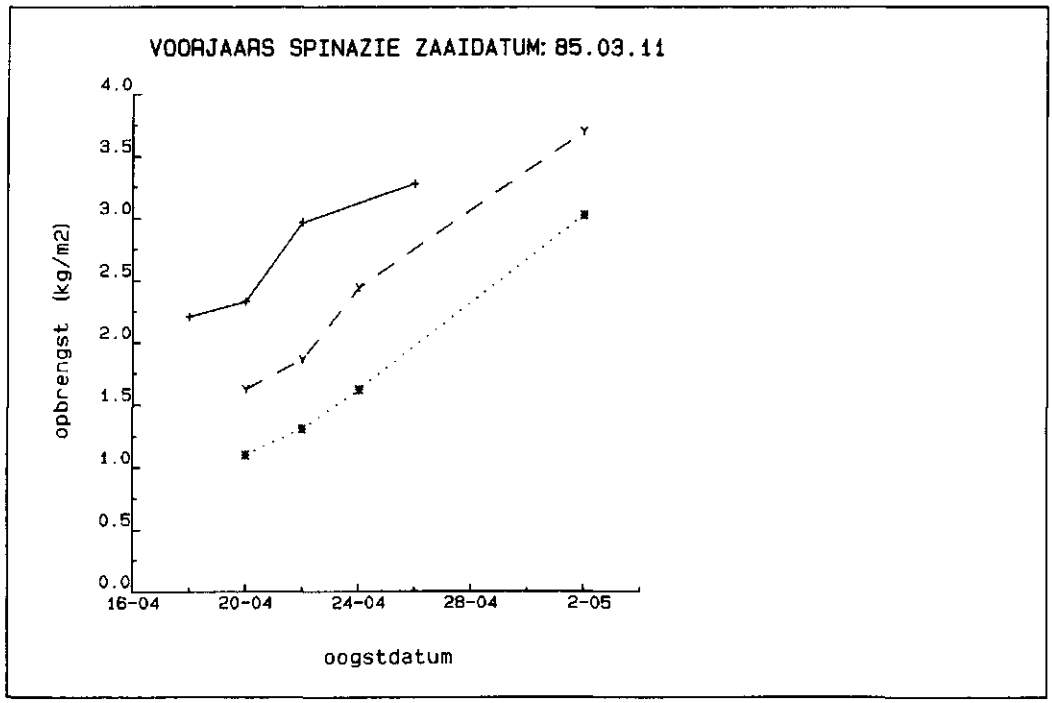
Spinazie behoort tot een groep snelgroeiende bladgewassen. Hierdoor wordt het vaak als voor- of nateelt gebruikt. Bodemverwarming kan de groeiduur verminderen, waardoor in het voorjaar een vervroeging mogelijk is en in het najaar later gezaaid kan worden. Indien de groeiperiode kort is, zal een bouwplan met de bodemverwarming geïntensiveerd kunnen worden.
De in de proef geteelde spinazie is verdeeld over 3 perioden: het vroege voorjaar, de zomer en het najaar. In 1985 is op 11 maart 35 g/m^2 breedblad scherpzaad (RS) gezaaid en bedekt met 0,05 mm 5% geperforeerd folie. Het folie is op 16 april bij donker weer verwijderd.
Voor de zomerteelt is het ras Maruska (RS) gebruikt. De zaaidata in 1982 zijn 11 juni en 12 juli met respectievelijk 30 en 28 g/m^2 zaaizaad. In 1983 is op 21 juli 45 g/m^2 gezaaid.
Bij de najaarsteelt is 1x het ras Polka gezaaid op 11 augustus 1982 (32 g/m^2). Verder is in het najaar het ras Wolter gebruikt. In 1982 is 39 g/m^2 gezaaid op 9 september. In 1983 en 1984 respectievelijk 23 g/m^2 zaaizaad gebruikt op 23 september en 25 g/m^2 op 6 september.
De overige teeltmaatregelen zijn volgens de praktijknormen uitgevoerd.

Resultaten en discussie

6.11.1 Voorjaars Spinazie (1985)

De opkomst op C is 15 dagen na het zaaien. F en O komen 2 dagen later op. Na de opkomst is onder het folie plaatselijk slemp ontstaan door wateroverlast waardoor een deel van de kiemplanten is weggevallen. Het op en neer klapperen van het folie heeft schade veroorzaakt aan de kiemplanten. Plaatselijk vallen er planten weg. De schade op C is het grootst omdat hier het gewas verder ontwikkeld is. Bij de eerste 2 oogsten is daardoor de kwaliteit matig. Het verschijnsel is bij de volgende oogsten verdwenen. Op F en O is een goede kwaliteit spinazie geoogst.

Bij een verse opbrengst van 2,5 kg/m^2 is C ongeveer 8 en F 4 dagen vroeger dan O (figuur 34). Op eenzelfde datum geeft C 1,5 kg/m^2 en F 0,7 kg/m^2 meeropbrengst dan O.



Figuur 34. Het opbrengstverloop van voorjaarsspinazie in 1985.

_____ = C

- - - = F

..... = O

Figure 34. The production curve of Spring Spinach in 1985.

6.11.2 Zomerspinazie (1982, 1983)

De opbrengsten, weergegeven in tabel 6.27, variëren per zaaidatum sterk.

Tabel 6.27. Verse opbrengst zomerspinazie in kg/m^2 op de verschillende oogstdata bij 3 verschillende zaaitijden.

object	zaaidata										
	82.06.11			82.07.12				83.07.21			
	oogstdata										
	07.09	07.12	07.14	08.04	08.06	08.09	08.12	08.12	08.15	08.17	08.22
C	4,2	5,0	5,5	1,6	2,5	3,2	4,1	2,7	3,0	3,3	5,0
F	3,8	4,4	5,3	1,3	2,1	3,3	3,8	2,3	4,2	4,7	4,8
O	3,5	9,9	5,0	1,5	2,3	3,6	4,3	2,6	3,6	4,0	5,0
treatment	harvest dates										
	sowing dates										

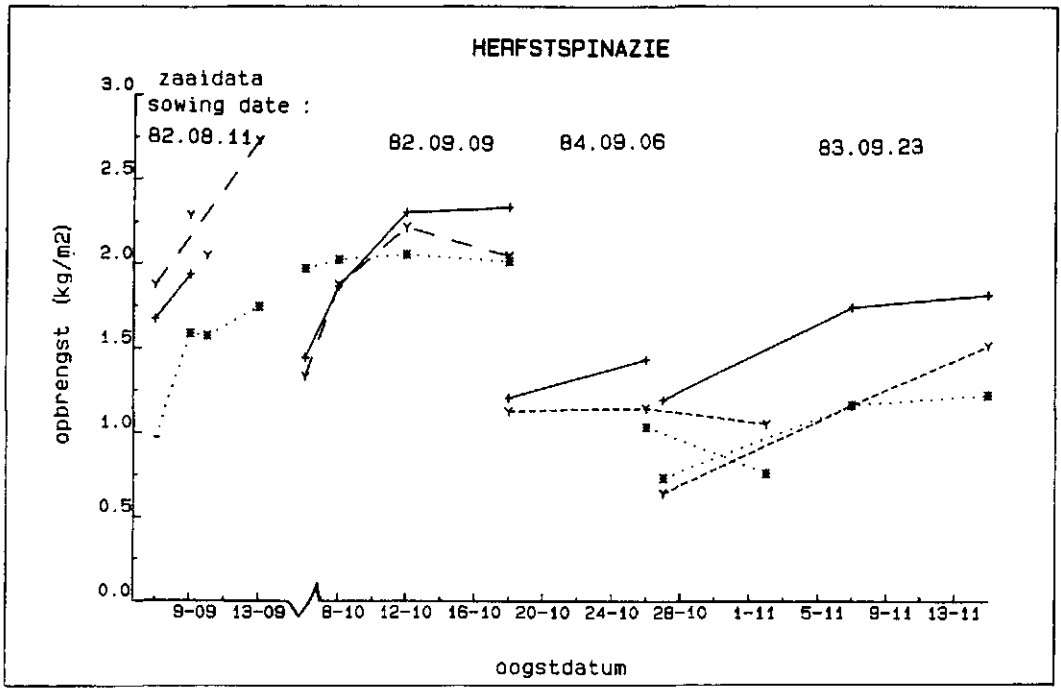
Table 6.27. Fresh yield of Summer Spinach in kg/m^2 sowed at 82.06.11, 82.07.12 and 83.07.21 and harvested on different dates in July and August.

Naast grote verschillen in straling en luchttemperatuur zijn ook variaties in het zaaibed hier debet aan. Het aantal planten per strekkende meter bij de zaai van 11 juni 1982 is op C 147 gevolgd door O en F met respectievelijk 114 en 88 planten per meter. In de eerste fase van de groei blijft de temperatuur hier ver beneden normaal. Dit verklaart samen met bodemverwarming mogelijk de gunstige invloed van C en F t.o.v. O.
In de 2e zaai in 1982 zijn weer grote verschillen in plantaantal per meter. Op C, F en O respectievelijk 76, 45 en 110 planten. Het verschil in opbrengst is hierdoor zeker beïnvloed. De temperatuur en straling in die periode liggen boven normaal.
In 1983 is het effect van bodemverwarming nihil of mogelijk iets negatief. Straling en temperatuur liggen hier boven normaal.
Bij het tot stand komen van de produktie in de zomer is de invloed van bodemverwarming gering.

6.11.3 Herfstspinazie (1982, 1983, 1984)

De opbrengst van de herfstspinazie is in het algemeen laag (fig. 35).
Uit figuur 35 blijkt, dat naarmate de teelt later is de groeisnelheid sterk afneemt. Na half oktober stopt de produktie bijna geheel. Onder vochtige omstandigheden bij relatief hoge temperaturen kan smet optreden waardoor de kwaliteit achteruit gaat (1984).

In 1982 (1e zaai) en 1983 is object C vroeger en heeft een hogere opbrengst dan O. De straling en de luchttemperatuur zijn hier beneden normaal. Bij normale luchttemperaturen en hoeveelheden straling is het effect veel geringer (1982, 2e zaai, 1984).
Gemiddeld geeft object C 0,4 kg/m^2 en F 0,2 kg/m^2 meer opbrengst t.o.v. O.
C zou in het najaar 1-5 dagen en F ca 2 dagen later gezaaid kunnen worden dan O.



Figuur 35. Het opbrengst verloop van herfstspinazie in 1982, 1983 en 1984.

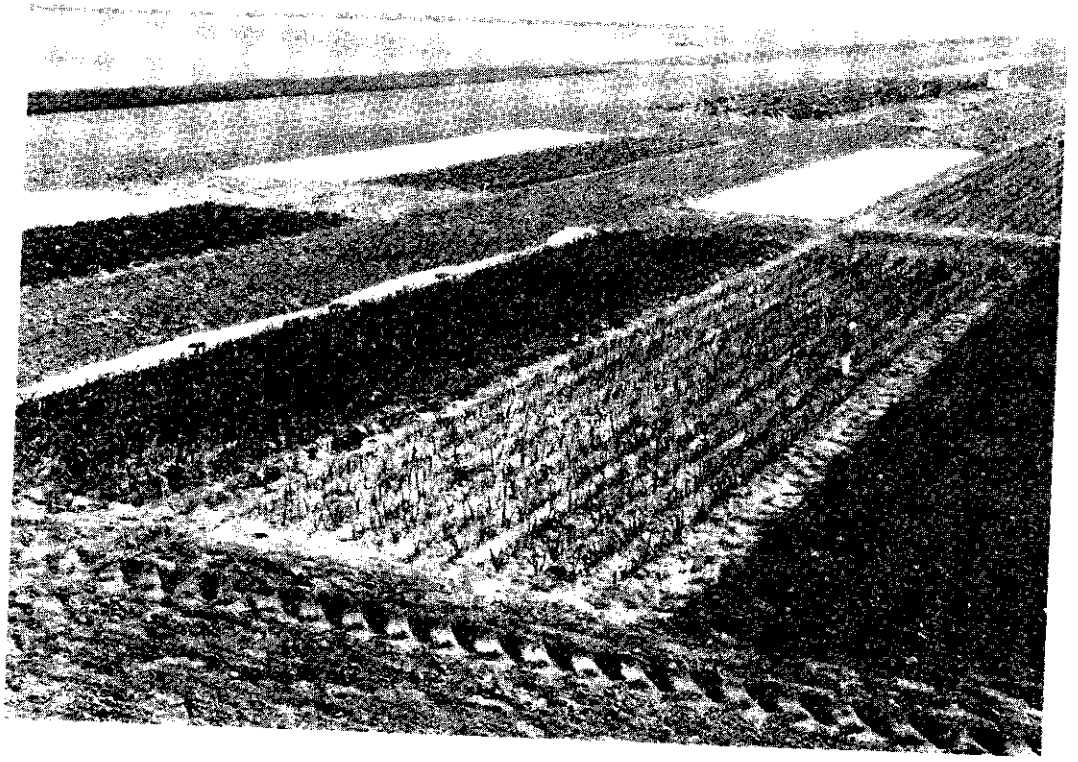
_____ = C
- - - - = F
..... = O

Figure 35. The production curves of Autumn Spinach sowed at 82.08.11, 82.09.09, 83.09.23 and 84.09.08 .

Conclusies

- Bodemverwarming kan gecombineerd met folieafdekking in het vroege voorjaar een oogstvervroeging geven of een opbrengstverhoging.
- In de zomer heeft bodemverwarming nauwelijks of geen invloed op de opbrengst.
- Indien de groeiomstandigheden ongunstig zijn reageert spinazie in de herfst positief op bodemverwarming. Er kan later gezaaid worden, of bij gelijke zaaidata wordt op dezelfde oogstdatum een hogere opbrengst behaald.

Afbeelding 5. Overzicht van de proefvelden.
Photo 5. Overview of the experimental field.



6.12. Suikerbieten (Beta Vulgaris L.)

W.A. Dekkers

In 1982 en 1983 zijn bieten in het proefplan van het restwarmteproject opgenomen. De bieten zijn zo vroeg mogelijk gezaaid. Het zaaitijdstip is bepaald door het eerste moment dat op alle drie objecten een zaaibedbereiding mogelijk was, met voor het zaaien van bieten overigens ook gunstige omstandigheden. De zaaidatum was in 1982 31 maart en in 1983 14 maart. Het zaaien geschiedde machinaal op eindafstand: in 1982 op 15 cm en in 1983 op 10 cm.
Na opkomst is indien nodig het bestand gedund tot ongeveer 80 000 planten per ha.

In 1982 zijn er drie tussentijdse oogsten uitgevoerd (oppervlakte tweemaal 2 m^2) en is op twee tijdstippen een eindoogst uitgevoerd namelijk eind september, samenvallend met de voorlevering, en eind oktober. In 1983 zijn slechts twee tussentijdse oogsten uitgevoerd en is de eindoogst bepaald rond eind september.

Van de bieten is de opbrengst bepaald en het gehalte aan suiker en aan schadelijke bestanddelen.

Resultaten

In 1982 vertonen de opkomst en de gewasontwikkeling in de beginperiode geen verschillen, aangezien pas in mei met de bodemverwarming is gestart. Later in het seizoen ontstaat er toch een verschil in ontwikkeling waarbij met name de groei van het gewas op het C object sneller is. Echter in de herfst treden verschijnselen van veroudering van het bladapparaat het eerst op het C object op. Het verschil tussen de planten op het F object en de planten op het O object is minder duidelijk.

In 1983 blijkt het verschil in de reactie van de planten op de bodemverwarming nog duidelijker. In 1983 is vroeg gezaaid en is er na het zaaien een aanzienlijke koude periode. De opkomst verloopt sneller en de ontwikkeling van het gewas is sneller naarmate de bodemtemperatuur hoger is. De grond op het C-object is dan ook eerder volledig door het gewas bedekt. Het aantal opgekomen planten blijft op het O object achter bij dat van de overige objecten door de structuur en temperatuur van het zaaibed. De structuur van het zaaibed is op het O object duidelijk minder geweest dan op de andere objecten (zie ook hoofdstuk 5).

Een duidelijk effect van de verwarming in het voorjaar komt later in het seizoen tot uiting in het aantal planten dat neiging tot schieten (vorming bloeistengel) vertoont. Het C object vertoont duidelijk minder schieters dan het F object. Op het F object komen weer minder schieters voor dan op het O object. In het najaar rijpen de bieten op het C object eerder af dan op de andere objecten (het blad vertoont eerder veroudering en sterft eerder af). Het verschil in afrijping tussen het F en het O object is gering.

De resultaten van de eindoogst van de bieten op de verschillende objecten zijn samengevat in tabel 6.28. In de tabel zijn de eindoogsten van respectievelijk 1982 (12 oktober) en 1983 (29 september) weergegeven. De suikeropbrengst van de bieten bij de eindoogst is in beide jaren het hoogst voor het C object. In beide jaren blijkt deze verhoogde produktie tot stand te zijn gekomen door een hogere netto opbrengst, terwijl het suikergehalte in beide jaren verschillend heeft gereageerd. In 1982 is het hoogste suikergehalte gerealiseerd op het O object; in 1983 is dit echter gerealiseerd op het C object. Hetzelfde beeld als het suikergehalte laat zien, is ook terug te vinden in de kwaliteitskenmerken van de biet, het gehalte aan schadelijke stikstof en het gehalte aan kalium en natrium in de biet. Het F object heeft in 1982 een lagere opbrengst dan het niet verwarmde O object. In 1983 is echter de opbrengst van het F object iets hoger dan die van het O object.

Tabel 6.28. Opbrengstgegevens van de bieten verbouwd op de objecten met en zonder verwarming.

* kalium en natrium in meq per 100 g brei

** schadelijke stikstof in mg N per 100 g brei

Oogsttijdstip	12 - 10 - 1982			29 - 9 - 1983			
Object code	C	F	O	C	F	O	
suikeropbrengst (ton/ha)	14.50	12.41	13.05	15.73	14.67	14.09	sugar yield tons/ha
netto bietopbrengst (ton/ha)	87.0	68.5	69.0	94.5	92.9	88.0	Net yield of beetroot ton/ha
suikergehalte (%)	16.67	18.11	18.92	16.65	15.79	16.01	Sugar content %
drogestofgehalte biet (%)	20.4	22.0	23.2	20.29	18.15	19.03	Dry matter content %
gehalte schadelijke stikstof**	2.24	2.82	1.89	1.37	2.02	3.11	Content of amino nitrogen
gehalte kalium in de biet*	6.73	6.15	5.67	7.33	7.63	7.48	Potassium content of the beetroot
gehalte natrium in de biet*	0.25	0.15	0.14	0.51	0.58	0.60	Sodium content of the beetroot
verhouding (blad+kop)/biet	0.55	0.63	0.57	0.40	0.60	0.64	Top/root ratio
aantal bieten per ha x 1000	87.5	80.	87.5	82.5	90.0	82.5	Number of plants per ha x 1000

Table 6.28 Yield date of sugarbeet grown on the objects with and without heating of the soil.

* Amino nitrogen in mg N/100 g mashed beetroot

** Potassium and Sodium in meq/100 g mashed beetroot

In beide jaren komt er op het C object aan het eind van het seizoen een gewas voor dat in sterkere mate afrijping vertoont dan de andere objecten. Dit wordt weerspiegeld in de (blad+kop) /biet verhouding. Een lage verhouding geeft aan dat er relatief minder blad aanwezig is en dat dus het bladapparaat van de bieten op dit object op zijn retour is, vergeleken met het bladapparaat op de andere objecten.

Discussie

Mogelijk is het resultaat van 1982 beïnvloed door de late start van de verwarming. Het is mogelijk dat door het later in het voorjaar op temperatuur brengen van de bovengrond ten gevolge van de verwarming een extra impuls voor stikstof mineralisatie is uitgegaan, waardoor er in totaal meer stikstof is gemineraliseerd, met name op het C object. Daardoor kan er voor de verwarmde objecten meer beschikbaar zijn dan voor het niet-verwarmde object. Deze hogere beschikbaarheid kan ook verklaren waarom in 1982 de kwaliteit van de bieten slechter is op de verwarmde objecten dan op het niet-verwarmde object. Eenzelfde effect op de kwaliteit mag men ook in 1983 verwachten als door het verschil in verwarming een verschil in mineralisatie zou optreden. In dit jaar is waarschijnlijk het voornaamste verschil in mineralisatie tussen objecten het tijdstip waarop de mineralisatie begint. Of hierdoor verschillen ontstaan die het verschil in kwaliteit verklaren, blijft een open vraag. Een intensieve bemonstering van de grond ter bepaling van de stikstofhuishouding had hier uitsluitsel kunnen geven.

Conclusie

Bij de teelt van bieten levert bodemverwarming met water met een temperatuur van 30° C geen schade aan de opbrengst op. Met enige voorzichtigheid kan men stellen dat deze verwarming een opbrengstverhoging oplevert van één tot anderhalve ton suiker. Verwarming met water met een variërende temperatuur (F object) heeft een minder positief effect op de opbrengst. Gezien de resultaten van beide jaren kan een positief effect op de opbrengst voornamelijk worden toegeschreven aan een verhoging van de produktie. Een beïnvloeding van de kwaliteit in positieve zin noch in negatieve zin kan niet door de voorliggende proefresultaten bevestigd worden. Het effect op de kwaliteit kan veroorzaakt worden door een mogelijk effect van de verwarming op de stikstofhuishouding van het profiel.

6.13 Witlof (Cichorium intybus L.)

R. Booy

Witlof is een gewas waarbij eerst op het veld wortels worden geteeld die vervolgens in een trekruimte worden geforceerd. Het is erg moeilijk om in augustus en september voldoende opbrengst en kwaliteit te halen. De wortel heeft een voldoende lang groeiseizoen nodig, terwijl in het voorjaar niet te vroeg kan worden begonnen met zaaien in verband met te lage temperaturen, waardoor de opkomst slecht is en voortijdige bloei kan ontstaan (schieters). De vroegste zaai wordt daarom afgedekt met plastic folie.
De reactie van bodemverwarming is daarom nagegaan met 4 objecten, nl. 3 zaaidata en bij de laatste zaai al of geen toepassing van plastic folie. In 1983 is gezaaid op 11 maart, 18 en 26 april. In 1984 op 20 maart, 1 en 20 april. Er is gezaaid met een pneumatische precisiezaaimachine op 2,5 cm in de rij en 37,5 cm tussen de rijen en op 2,5 cm diepte. Na opkomst is zonodig gedund op 11 cm in de rij. Het gebruikte ras is Zoom. Bij de oogst in 1983 en 1984 op respectievelijk 4 en 3 augustus is het blad op 3 cm hoogte gehakseld en is met de hand gerooid. De wortels zijn 7 dagen gekoeld bij 1°C. Ze zijn getrokken in hydrocultuur bij een temperatuur van 7 dagen 15°C en daarna een watertemperatuur van 22½°C en een luchttemperatuur van 18°C. Er is bemest met 150 gram kalksalpeter per m^2 trekoppervlak.
In 1983 vond een oogst plaats op 5, 7 en 8 september; in 1984 op 31 augustus, 3 en 4 september. Er is gesorteerd volgens voorschriften van het P.G.F.

Resultaten

De opkomst was in de meeste gevallen enkele dagen vroeger op het C-object dan op het F- en O-object. In 1983 was de opkomst zodanig dat kon worden gedund tot de gewenste plantafstand. Dit laatste was in 1984 niet mogelijk door een zeer onregelmatige en slechte opkomst, vooral van het onverwarmde object. Hierdoor zijn er grote verschillen in de plantdichtheid ontstaan.
In beide jaren traden schieters op bij de eerste zaaidatum. Het F- en O-object vertoonden 100% schieters, terwijl er in het C-object ongeveer 20% schieters voorkwam. Bij de overige zaaidata kwamen slechts enkele schieters voor.
Het aantal bruikbare wortels (met een diameter groter dan 2 cm) was in 1983 bij het C-object hoger dan bij het O-object (tabel 6.29). De totale wortelopbrengst per ha was eveneens hoger. Het gewicht van 100 opzetbare wortels vertoonde weinig variatie.

Tabel 6.29. Resultaten van vroege witlof op het veld en na de trek in 1983 en 1984.

verwarmingsobject	1983 wortelopbrengst bruikbaar Ø ≥ 2 cm gewicht tot. (t/ha)	gewicht /100 wortels (kg)	aantal per ha x 1000	lofopbrengst per 100 wortels in kg tot.	kwal.I	per ha in ton tot.	kwal.I	1984 wortelopbrengst bruikbaar Ø ≥ 2 cm gewicht tot. (t/ha)	gewicht /100 wortels (kg)	aantal per ha x 1000	lofopbrengst per 100 wortels in kg tot.	kwal.I	per ha in ton tot.	kwal.I
zaaidatum: 83.04.18 + plastic								84.04.01 + plastic						
C	35,0	15,4	227	6,6	4,0	14,9	9,1	37,6	26,7	141	8,1	5,5	11,4	7,8
F	36,2	15,5	223	6,3	4,0	14,6	9,3	34,6	29,4	118	9,1	4,8	10,7	5,6
O	30,9	15,6	198	6,2	3,4	12,2	6,8	24,1	28,8	84	7,9	2,1	6,6	1,8
zaaidatum: 83.04.26 + plastic								84.04.20 + plastic						
C	30,0	14,2	211	3,5	1,0	7,4	2,1	38,6	22,2	174	7,9	4,8	13,7	8,3
F	32,4	15,2	213	4,4	1,7	9,4	3,7	38,7	22,3	174	9,4	5,6	16,3	9,7
O	30,3	16,0	189	5,2	2,4	9,9	4,6	17,8	25,3	70	4,8	1,5	3,4	1,1
zaaidatum: 83.04.26 - plastic								84.04.20 - plastic						
C	31,0	13,9	223	4,5	1,8	10,0	3,9	36,1	18,2	198	5,3	3,0	10,6	5,9
F	28,1	14,8	190	5,5	2,8	10,4	5,4	37,3	19,1	195	7,1	3,5	13,8	6,9
O	27,8	14,3	194	4,7	1,5	9,0	2,9	28,0	19,9	141	7,2	1,3	10,1	1,8
treatment	total ton/ha weight	/100 roots	number roots/ha x 1000	total 1st qual. per 100 roots		tot. 1st qual. ton/ha		tot. ton/ha weight	/100 roots	number roots/ha x 1000	total 1st qual. per 100 roots		tot.1st qual ton/ha	
	root yield Ø ≥ 2 cm			chicon yield				root yield Ø > 2 cm			chicon yield			

Table 6.29. Root- and chicon yield in the field and after forcing of witloof chicory sowed on different dates and covered with (+) and without (-) plastic in 1983 and 1984.

Uit de analyse van de drogestof blijkt dat het drogestof-gewicht per plant, blad en wortel afnam naarmate de intensiteit van bodemverwarming afnam (alleen de 3e zaaidatum + plastic op C wijkt af). Het drogestof percentage van de wortel nam eveneens af bij een afname van verwarmingsintensiteit.
De lofopbrengst per 100 wortels was in 1983 voor alle objecten het hoogst van de zaai op 18 april, zowel wat betreft de totale lofopbrengst als de hoeveelheid kwaliteit I. Tussen de verwarmingsobjecten was geen verschil. Dit was ook het geval in 1984 waarbij ook de 2e zaai (1 april) gemiddeld de hoogste lofopbrengst per 100 wortels gaf.
De lofopbrengst per ha was in 1983 ook bij de 2e zaai (18 april) het hoogst. Door het geringere aantal bruikbare wortels op O was de totale opbrengst en kwaliteit I ca 2,5 ton lager. In 1984 was de lofopbrengst per ha van de derde zaai (20 april) het hoogst, van C en F met plastic en O zonder plastic, veroorzaakt door het groter aantal bruikbare wortels per ha.

Discussie

De opbrengst per ha van vroege witlof is vooral een kwestie van aantal bruikbare wortels per ha. Wanneer het aantal planten per oppervlakte kleiner is, vindt er bijna geen compensatie plaats door hogere wortel- en kropgewichten.
Het aantal bruikbare wortels wordt beïnvloed door de opkomst, het aantal schieters en het aantal te kleine wortels, afhankelijk van plantverband en groei. Bodemverwarming had een positieve invloed op het aantal bruikbare wortels. In 1983 vooral tijdens de groei en in 1984 vooral door een veel betere opkomst. De vraag is nog hoe het resultaat op O in 1984 zou zijn geweest wanneer een dubbele hoeveelheid zaaizaad was gebruikt en daardoor een vergelijkbare plantdichtheid was bereikt. Waarschijnlijk wel beter dan nu, maar toch niet zo goed als C en F, zoals 1983 aantoont of door verschil in totale lofopbrengst of door verschil in kwaliteit (26 april zonder plastic).

Conclusie

Bodemverwarming kan het schieten van vroege witlof voor een belangrijk deel tegengaan.
Bodemverwarming beïnvloedt het aantal bruikbare wortels positief door een betere opkomst, minder schieters en minder te kleine wortels, waardoor de totale lofopbrengst per ha en de kwaliteit I naar schatting 2-4 ton hoger zal zijn.
Tussen C en F kan geen verschil worden aangetoond.
Vroege witlof kan met bodemverwarming van 1-15 april gezaaid worden. Zonder bodemverwarming is dit afhankelijk van het weer van 1-30 april.

6.14 Vruchtbomen

S.J. Wertheim

6.14.1 Pruimestekken (Prunus sp.)

Op maart 1983 zijn de virusvrije stekken van de pruimeonderstammen St. Julien A en Brompton gestoken en uitgeplant op een afstand van 50 x 25 cm.
Het aantal stekken voor St. Julien A bedraagt 3 x 30 en voor Brompton 2 x 25 stuks. Bij het planten is de grond op object O goed plantbaar; de structuur is uitstekend. Bij de andere objecten is de grond grof en kluiterig. Op 16 oktober 1983 zijn de pruimestekken en de levende en dode stekken geteld.

Resultaten

De pruimstekken zijn gedeeltelijk slecht aangeslagen. Op veld C zijn van St. Julien A 64% en van Brompton 31% afgestorven. Misschien is dit mede een gevolg van de slechte bodemstructuur bij de planten. Waarom bij object F geen afsterven voorkomt is niet duidelijk. Overigens zijn er geen verschillen in groei en beworteling tussen de objecten waargenomen. De groei is normaal te noemen (circa 50 cm scheutlengte).

6.14.2 Appelbomen (Malus. sp.)

Op 9 maart 1983 zijn virusvrije handveredelingen van de appelrassen Schmitz Hösch en Elstar (alle op M. 9) geplant. De veredelingsplaats is 15 cm boven de grond gehouden. De plantafstand bedraagt 150 x 35 cm (appel) en per ras zijn 2 x 10 bomen uitgezet.
Bij het planten is de structuur op O uitstekend; op de andere objecten wat grof en kluiterig.
Op 14 maart 1984 zijn de onvertakte appelbomen gemeten (lengte vanaf de grond en stamomtrek op 25 cm boven de grond). Daarna zijn alle bomen op 50 cm hoogte ingesnoeid en is de tweede en derde knop onder de snoeiwond verwijderd om de bovenste groei op de bovenste knop te concentreren.
Op 19 novemner 1984 zijn de appelbomen (lengte van de kroon = lengte van de stam van de insnoeiplaats tot de top) en het aantal zijscheuten langer en korter dan 15 cm apart geteld.

Resultaten

In lengtegroei in het eerste groeijaar zijn de verschillen niet groot en grillig. Bij Cox's O.P., Alkmene en James Grieve is object C het minst, maar dit geldt niet voor de andere twee rassen. In stamomtrek zijn de verschillen zo mogelijk nog grilliger. Bij Cox's O.P. lijkt object O de dikste bomen te geven. Bij Alkmene de dunste. Bij James Grieve geeft object F de dikste bomen, bij Elstar object C en bij Rode Boskoop blijft object F achter bij de andere twee objecten, die gelijk zijn (zie tabel 6.30).
Er is ook geen goed verband tussen de stamomtrekken en de lengte van de bomen. Normaal geldt dat de langste bomen ook de dikste stammen bezitten. Dit was niet het geval in deze proef.
Na het tweede groeijaar is de kroonlengte opgenomen. De lengte van de boom is 50 cm langer. Er bestaat erg weinig verschil in kroonlengte tussen de drie objecten. In ieder geval zijn de kleine verschillen (bijvoorbeeld bij Elstar) niet van praktische betekenis.
Belangrijke verschillen in "geveerdheid" komen niet voor tussen de drie objecten. Bij Alkmene lijkt object F het aantal lange zijscheuten wat bevorderd te hebben. Hetzelfde geldt voor object C bij Rode Boskoop. Worden de 2 scheutlengtes echter samengenomen (15 cm is ten slotte een willekeurige scheiding) dan is alleen object C bij Rode Boskoop wat beter. Omdat de norm voor AA-bomen luidt dat tenminste 4 twijgen langer dan 15 cm zich hoger dan 40 cm boven de grond moeten bevinden, zijn de verschillen niet van praktische betekenis. De goed vertakkende rassen halen het allemaal; de niet goed vertakkende Boskoop blijft in alle objecten onder deze norm.

Conclusie

Het opvoeren van de gronddtemperatuur in het groeiseizoen heeft geen positieve invloed op de aanslag en de groei van pruimestek en bergt op deze grond het risico van afsterven in zich. Verhogen van de grondtemperatuur heeft geen duidelijke invloed op de groei en ontwikkeling van de handveredelingen van appel, noch in het eerste, noch in het tweede groeijaar.

Tabel 6.30. Lengte en stamomtrek van appelbomen na één groeijaar (14 maart 1984). Kroonlengte en aantal zijscheuten per boom langer (>) en korter (<) dan 15 cm, na het tweede groeijaaar (19 november).

ras	lengte in cm			stamomtrek in cm			kroonlengte in cm			aantal zijscheuten per boom					
										C		F		O	
	C	F	O	C	F	O	C	F	O	>	<	>	<	>	<
Cox O.P	114	126	126	9,1	9,2	10,0	105	105	105	5,3	1,6	5,6	1,7	6,1	1,7
Alkmene	97	101	102	10,3	10,6	9,9	94	95	94	4,7	6,3	7,1	5,5	5,5	6,1
James Grieve	112	117	118	9,7	10,1	9,6	106	107	103	4,4	3,2	4,0	3,2	3,7	3,7
Rode Boskoop	126	122	130	10,6	10,0	10,6	121	117	122	3,6	2,1	2,3	1,1	2,7	1,6
Elstar	126	131	126	11,0	10,5	10,1	113	114	108	8,1	1,9	7,2	2,9	7,5	2,6

variety	length in cm	trunk circumference in cm	tree height in cm	number of laterals per tree

Table 6.30. Lenght and trunk circumference after one growing season (14 march 1984). Tree height and number of laterals per tree longer (>) and shorter (<) than 15 cm after the second growing season (19th november 1984).

6.15 Boomkwekerijgewassen

M.K. Joustra

Inleiding

De produktiewaarde per m^2 van diverse boomkwekerijgewassen is zodanig hoog, dat het interessant leek ook deze gewassengroep op te nemen in het onderzoek naar de benuttingsmogelijkheden van afvalwarmte bij vollegrondsteelten. De gewassenkeus voor dit onderzoek is slechts ten dele aan de literatuur ontleend. Daarnaast is geprobeerd om enkele gewassen uit sterk uiteenlopende cultuurgroepen te toetsen: zaaigewassen, gewassen van winterstek, plantgoed van sierheesters en laanbomen. De gekozen gewassen worden in de praktijk meestal op andere grondsoorten dan die van het proefveld geteeld. Zaalingen worden in het algemeen op zandige gronden (rondom Zundert en op dalgronden in Oost-Groningen) geteeld. Winterstek wordt, behalve langs de kust, her en der op zandgronden, en ook op het veen in en om Boskoop gestoken. Plantgoed van sierheesters wordt bij voorkeur ook op een zand- of veengrond gezet. Diverse laanbomen (inclusief Platanus van winterstek) worden in de praktijk veel op een zandgrond of op rivierklei (Opheusden en omgeving) geteeld.
Ondanks dat enkele groeiomstandigheden (grondsoort en beschutting) op het proefveld niet optimaal werden geacht voor de teelt van diverse boomkwekerijgewassen, werd toch besloten van 1983 tot en met 1985 boomkwekerijgewassen in het project op te nemen.
De in de proef opgenomen zaailingen kunnen alle als onderstam of als bosplantsoen worden verkocht. Een onderstam wordt in het algemeen op dikte van de wortelhals gesorteerd, terwijl bosplantsoen op bovengrondse plantlengte wordt beoordeeld. De onderstammen dienen onder normale marktsituaties een rechte wortelhals te hebben; voor bosplantsoen is de rechtheid van weinig belang.
Bij de winterstekken is het bewortelingspercentage allereerst van belang. Van de bewortelde stekken wordt de waarde vooral bepaald door de plantlengte en vaak ook door de vertakkingen. Voor het plantgoed van heesters en coniferen zijn de plantlengte en de zwaarte (vertakking) van de plant sterk waardebepalend. In 1983 en 1984 zijn tijdens het groeiseizoen globale metingen aan de gewassen gedaan. Na het rooien zijn in alle drie proefjaren tellingen en metingen per plant uitgevoerd.
Bij de behandeling van de afzonderlijke gewassen worden verdere bijzonderheden over het materiaal en de gevolgde methoden gegeven.

Literatuuroverzicht

Het effect van grondverwarming in de vollegrond buiten is aan houtige gewassen nog weinig onderzocht. In de jaren 1966 en 1967 bestudeerde Sondern (Sondern 1966 en 1967) in Nederland vermoedelijk voor het eerst het effect van grondverwarming gedurende het gehele groeiseizoen. Van 25 september tot 20 maart werd de verwarming uitgeschakeld. Met diverse gewassen, zoals coniferen, bomen, Rhododendron en bladverliezende heesters, werd een beduidende groeiwinst verkregen op de verwarmde veldjes.
In de jaren 1978, 1979 en 1981 zijn op het Proefstation voor de boomkwekerij te Boskoop proeven met winterstek op verwarmde en onverwarmde grond buiten uitgevoerd. Slechts een paar gewassen bewortelden op grondverwarming beter dan op koude grond. Dat waren Ribes uva-crispa "Whitesmith" in 1978 en Platanus acerifolia en Populus alba in 1981. (Van Elk en Ravensberg 1978, Van Elk 1979 en Joustra 1981).
Op de boomteeltproeftuin Noord-Nederland te Noordbroek werd in de jaren 1975 - 1977 onderzoek verricht met stekken van Prunus - onderstammen op bodemwarmte in de vollegrond. De bodemwarmte werd alleen in het voorjaar gegeven.
Bij Prunus "St Julien A" was het bewortelingspercentage van de stekken alle drie jaren op bodemwarmte hoger dan zonder bodemwarmte. Voor enkele andere Prunus-onderstammen was het effect neutraal (Anonymus 1975, 1976 en 1977).
Buiten beschouwing blijft hier het onderzoek over effecten van bodemverwarming in tabletten of bakken in de kas of buiten. Dergelijk onderzoek is voor de vegetatieve vermeerdering van houtige gewassen op diverse plaatsen in binnen- en buitenland uitgevoerd.
Teeltonderzoek op bodemwarmte met bewortelde planten werd in Boskoop uitgevoerd in de jaren 1977, 1979 en 1981. In 1977 en 1979 werd de grond verwarmd van begin maart tot begin juni en in 1981 werd de grond in het voorjaar slechts 7 weken (begin maart - eind april) verwarmd. Net als bij de winterstekken reageerden betrekkelijk weinig gewassen positief op grondverwarming.
Opvallend was dat Magnolia stellata in 1977 en 1979 negatief of nauwelijks reageerde op bodemwarmte, terwijl dit gewas bij Sondern juist zeer gunstig reageerde (Rijswijk 1977, Groenen 1979 en Joustra 1981).
Van de gewassen die in 1983 tot en met 1985 in het onderzoek zijn opgenomen, reageerde Magnolia soulangiana in het verleden zeer gunstig op grondverwarming gedurende het hele groeiseizoen (Sondern 1966 en 1967). Platanus acerifolia bewortelde en groeide in Boskoop (Joustra 1981) op bodemwarmte beter dan op koude grond. Ilex aquifolium "Golden van Tol" reageerde in Boskoop (Groenen 1979) zwak postief.
Voor zover bekend is er tot nu toe geen economische evaluatie van grondverwarmingsonderzoek van boomkwekerijgewassen uitgevoerd.

Methoden en materiaal

De voorvrucht was voor alle boomkwekerijgewassen de augurk. Alle drie blokken (C,F en O) werden ingedeeld in 50 veldjes van 3 x 1 m.
De grondbewerking en de bemesting zijn op voor de boomkwekerij normale wijze uitgevoerd. Vóórdat er de eerste keer is gezaaid of geplant, is per are 5 m^3 tuinturf door de bouwvoor gemengd. Na het eerste groeiseizoen is op de braakliggende veldjes nog eens per are 2 m^3 tuinturf ondergespit.
Per gewas zijn op alle drie objecten jaarlijks vijf veldjes beschikbaar. Van de jaarlijks per object beschikbare 50 veldjes zijn in 1983 15 veldjes en in 1984 10 veldjes met vruchtboomgewassen beplant (zie hoofstuk 6.14).
Het planten en het steksteken is in 1983 en in 1984 in de tweede week van maart en in 1985 begin april gebeurd. Het zaaien is steeds in de eerste helft van april uitgevoerd. De gewasverzorging is op de voor de gewassen normale manier uitgevoerd. Er is alle jaren tussen half oktober en half december gerooid, over het algemeen als het blad grotendeels was gevallen.
De volgende gewassen zijn opgenomen:

- eenjarige teelt uit zaad:
  Acer platanoides in 1985;
  Acer pseudoplatanus in 1983, 1984 en 1985;
  Fagus sylvatica in 1983;
  Fraxinus excelsior in 1984 en 1985.
- eenjarige teelt uit winterstek:
  Forsythia intermedia "Spectabilis" in 1983, 1984 en 1985;
  Platanus acerifolia in 1984 en 1985;
  Platanus orientalis klonen in 1985;
  Ribes alpinum in 1983;
- eenjarige teelt uit plantgoed:
  Platanus acerifolia in 1985;
- twee- of driejarige teelt uit plantgoed 20/30:
  Cedrus atlantica "Glauca" in 1983 en 1984;
  Ilex aquifolium "Golden van Tol" in 1983 - 1985;
  Magnolia soulangiana in 1983 en 1984;
- eenjarige teelt van vaste planten:
  Paeonia lactiflora "Sarah Bernhardt".

Resultaten

Zaaigoed

6.15.1. Acer platanoides

Na het rooien zijn in 1985 alle planten op lengte en op dikte van de wortelhals gesorteerd. Ook werden alle planten op rechtheid van de wortelhals verdeeld over de categorieën "recht" en "krom". Al deze sorteringen spelen een rol bij de verkoop van dit gewas. In tabel 6.31 is de sortering op lengte van het totaal van recht en krom samengevat.

Tabel 6.31. Totaal aantal planten per m^2 en de procentuele verdeling van de sortering op lengtemaat (in cm) van Acer platanoides.

object	aantal	<10	10-15	15-30	30-50	50-80	80-100
C	100	2	5	25	32	34	2
F	86	4	7	35	41	13	0
O	80	5	12	44	34	5	0

Table 6.31. Total number of plants per m^2 and the grading on length (cm) in % of the total number of plants of Acer platanoides.

Het totaal aantal planten per m^2 is op C veel en op F iets groter dan op O. Vermoedelijk was de kieming van Acer platanoides in warmere grond beter dan in koudere grond.
Uit de procentuele verdeling van de sortering blijkt, dat de lengtegroei op C het sterkst is geweest, gevolgd door F en door O. Dit kan mede door de plantdichtheid zijn beïnvloed.
Aangezien planten korter dan 10 cm of dunner dan 2 mm als onderstam zeker niet verhandelbaar zijn, zijn deze categorieën planten in tabel 6.32 niet meegeteld. Voor een indicatie van de standdichtheid zijn de totalen van alle rechte en kromme planten ook weer opgenomen.

Tabel 6.32. Totaal aantal planten per m^2, het gesorteerd aantal rechte planten per m^2 en de procentuele verdeling van de sortering op diktemaat (in mm Ø) van de rechte planten van Acer platanoides.

object	totaal aantal	gesorteerd aantal	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14
C	100	78	10	22	32	18	13	5
F	86	63	7	25	40	19	6	3
O	80	60	9	25	45	14	6	1

Table 6.32. Total number of plants per m^2, the graded number of stems with a straight collar per m^2 and the grading on thickness of the root collar (in mm Ø) in % of the straight stems of Acer platanoides.

Ondanks een afnemende standdichtheid voor resp. C, F en O zijn de planten op C dikker dan op F en op C en F dikker dan op O. De bodemwarmte heeft dus de diktegroei bevorderd.
De gemiddelde percentages krom bedroegen voor C, F en O resp. 21%, 25% en 24%. Op basis van deze gegevens is er geen reden om voor Acer platanoides een verband tussen het percentage krom en de grondtemperatuur te veronderstellen. De bewortteling van de Acer-zaailingen verschilde sterk met wat men in de boomkwekerij van de zandgronden gewend is. De op dit proefveld gegroeide Acer-zaailingen hadden een veel grover en minder fijn vertakt wortelgestel dan zaailingen van een zandgrond. Verschillen tussen C, F en O zijn in dit opzicht niet waargenomen.

6.15.2. Acer pseudoplatanus

In 1983 werd waargenomen, dat de opkomst op de verwarmde veldjes eerder was dan op O. Dat werd in 1984 bevestigd: op C begon de opkomst 12 dagen na het zaaien, op F na 15 dagen en op O na ongeveer 17 dagen. De kieming is dus door warmte bevorderd. De globale waarneming uit 1983, dat halverwege het groeiseizoen de planten op C groter waren dan op F en op F groter dan op O, is eveneens door metingen in 1984 bevestigd. In tabel 6.33 is de gewashoogte op 28 juni en 7 augustus weergegeven.

Tabel 6.33. Gemiddelde gewashoogte (in cm) van Acer pseudoplatanus op 28 juni en 7 augustus 1984.

object	28 juni	7 augustus
C	30	80
F	20	50
O	20	50

Table 6.33. Mean plant height (cm) of Acer pseudoplatanus on two dates.

Het bevorderend effect van grondverwarming op de groei van Acer pseudoplatanus bleek ook in juli nog te bestaan. Alhoewel de gewashoogte aan het eind van het seizoen niet meer is vastgesteld, bestond de indruk, dat de verschillen tussen C, F en O zeker niet kleiner waren geworden.
Aangezien de plantdichtheid met name de diktegroei van de planten beïnvloedt, is in tabel 6.35 een overzicht gegeven van de totale aantallen planten per m^2 voor de drie proefjaren.
Een duidelijk behandelingseffect kan met deze cijfers niet worden aangetoond. De veldopkomst is, gemiddeld genomen, niet door de grondverwarming beïnvloed.
In 1983 is aan het eind van het groeiseizoen de gemiddelde plantlengte bepaald.

Deze was op C, F en O resp. 63, 52 en 53 cm. In 1984 en 1985 zijn de planten op lengte gesorteerd (tabel 6.34).
In alle jaren werden de planten op C langer dan op O, terwijl alleen in 1984 op F een licht positief effect is bereikt.
Wanneer de zaailingen als onderstammen worden gebruikt, moet de sortering worden gericht op de dikte van de wortelhals. Deze gegevens zijn samengevat in tabel 6.35.

Tabel 6.34. Procentuele verdeling van de sortering op lengte (in cm) voor Acer pseudoplatanus in 1984 en 1985.

jaar	object	<20	20-40	40-60	60-100
1984	C	2	20	25	53
	F	12	29	26	33
	C	13	35	32	20
1985	C	20	35	24	21
	F	25	41	24	21
	O	23	41	25	11

Table 6.34. Grading on length (cm) in % of the total number of plants of Acer pseudoplatanus in 1984 en 1985.

Tabel 6.35. Procentuele verdeling van de sortering op dikte van de wortelhals (in mm Ø) van Acer pseudoplatanus, het totaal aantal planten en het aantal gesorteerde planten per m^2 waarop de sortering betrekking heeft.

jaar	object	tot. aantal	aantal gesort.	<4	4/6	6/8	8/10	>10
1983	C	163	163	40	26	20	14	-
	F	160	160	28	32	28	12	-
	O	176	176	38	34	22	6	-
1984	C	94	94	11	30	22	20	17
	F	114	114	21	30	23	15	11
	O	110	110	16	35	26	14	9
1985	C	165	127	29	30	20	10	11
	F	159	119	34	28	21	11	6
	O	129	91	31	24	25	12	8

Table 6.35. Grading on thickness of the root collar (mm Ø) in % of the number of stems with a straight collar of Acer pseudoplatanus, the total number and the graded number of plants per m2.

Aangezien de standdichtheid de diktegroei negatief beïnvloedt (dichtere stand geeft dunnere planten), is uit tabel 6.35 niet zonder meer af te lezen of grondverwarming de diktegroei van zaailingen van Acer pseudoplatanus beïnvloedt. Uit een vergelijking van veldjes op C, F en O met een vergelijkbare standdichtheid, kon slechts in 1984 een positief effect van grondverwarming op de diktegroei waarschijnlijk worden gemaakt. Gelet op de overige resultaten moet echter worden geconcludeerd, dat onvoldoende is aangetoond dat de grondtemperatuur de diktegroei van zaailingen van Acer pseudoplatanus beïnvloedt.
Aangezien een onderstam een rechte wortelhals moet hebben, is in 1984 en 1985 het percentage kromme stammen vastgesteld. Dat was in 1984 voor C, F en O resp. 16%, 14% en 16% en in 1985 21%, 24% en 28%. Slechts in 1985 was er dus een gunstig effect van de grondverwarming op het percentage krom. Totaal genomen is dat effect echter niet overtuigend.
Evenals bij Acer platanoides was het wortegestel van Acer pseudoplatanus van dit proefveld grover en minder vertakt dan van Acer-zaailingen afkomstig van zandgrond waar ze normaal worden gezaaid. Een verschil tussen de objecten is niet waargenomen.

6.15.3. Fagus sylvatica

De eerste kiemplanten kwamen op zowel C, als op F en op O 29 dagen na het zaaien op. Op C kwamen de overige kiemplanten daarna wat sneller en gelijkmatiger boven de grond dan op O. De opkomst op F lag daar tussen in. De verschillen waren klein; ze waren eind juli grotendeels verdwenen. Toen kon er juist op C en F wat meer dor blad worden waargenomen dan op O.
Uit de aantallen planten per m^2 en de sorteringscijfers kan geen effect van grondverwarming op de veldopkomst of op de groei van Fagus sylvatica zaailingen worden afgeleid. Om deze reden is het gewas in 1984 en 1985 niet weer in het onderzoek opgenomen.

6.15.4. Fraxinus excelsior

In 1984 kwamen de eerste kiemplantjes op de C-veldjes 15 dagen na het zaaien boven de grond. Vier dagen later kwamen op F de eerste kiemplantjes op en na nog drie dagen gebeurde dat op O. In tabel 6.36 is de gewashoogte op enkele data in het groeiseizoen 1984 vermeld.

Tabel 6.36. De gemiddelde gewashoogte (in cm) van Fraxinus excelsior op 28 juni en 7 augustus 1984.

object	28 juni	7 augustus
C	20	50
F	16	40
O	12	30

Table 6.36. Average plant height (cm) of Fraxinus excelsior on two dates.

Evenals dat bij Acer pseudoplatanus het geval was, blijkt er tenminste tot begin augustus een positief effect van grondverwarming op de lengtegroei van Fraxinus excelsior te zijn geweest. De sortering op lengte per plant aan het eind van het groeiseizoen is samengevat in tabel 6.37.

Tabel 6.37. Gesorteerd aantal planten per m^2 en de procentuele verdeling van de sortering op lengte (in cm) van Fraxinus excelsior in 1984 en 1985.

	1984				1985				
object	aantal	10-20	20-40	>40	aantal	<15	15-30	30-50	>50
C	182	20	78	2	91	8	21	38	33
F	214	35	56	9	84	15	33	41	11
O	178	52	47	1	80	22	46	24	8

Table 6.37. Graded number of plants per m^2 and the grading on length (cm) in % of the number of plants of Fraxinus excelsior in 1984 en 1985.

Uit de tabel blijkt dat Fraxinus excelsior in alle objecten in 1985 veel beter is gegroeid dan in 1984.
Zowel in 1984 als in 1985 is er een positief effect van grondverwarming op de lengtegroei. Voor 1984 blijkt het duidelijk uit de percentages 10-20 en voor 1985 uit de percentages >50.
Uit de vermelde aantallen planten per m^2 blijkt, dat er een groot verschil in veldopkomst tussen de jaren is geweest. Dergelijke verschillen zijn normaal bij dit gewas. Beide jaren was het streefgetal ruim 120 planten per m^2. Gezien de spreiding van de gemiddelden kan geen effect van de bodemtemperatuur op het aantal planten per m^2 en dus op de veldopkomst aannemelijk worden gemaakt.
De sortering op de dikte van de wortelhals van de rechte planten is samengevat in tabel 6.38.

Tabel 6.38. Aantal rechte planten per m^2 en de procentuele verdeling van de sortering op dikte van de wortelhals (in mm Ø) van Fraxinus excelsior in 1984 en 1985.

jaar	object	aantal	2/4	4/6	6/8	8/10	10/12	12/14
1984	C	132	13	42	26	16	2	1
	F	177	18	42	22	15	2	1
	0	151	14	55	23	7	1	0
1985	C	71	5	15	24	21	20	15
	F	61	4	13	24	27	20	12
	0	55	2	13	34	27	14	10

Table 6.38. Number of stems with a straight root collar and the grading on thickness of the root collar (mm Ø) in % of the straight stems of Fraxinus excelsior in 1984 en 1985.

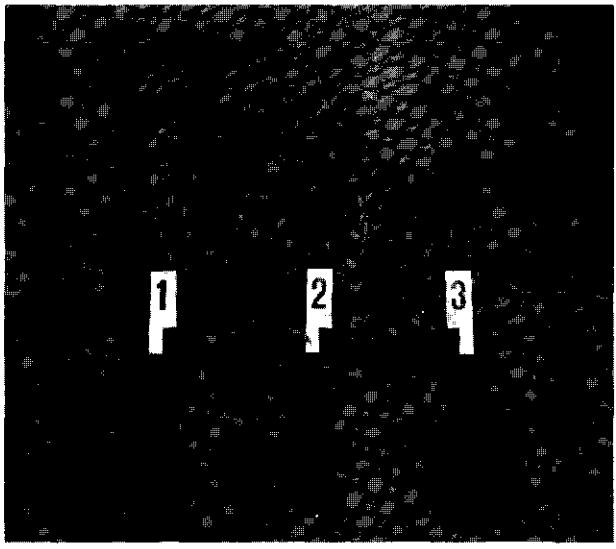
De dichte stand op F in 1984 in aanmerking nemend, moet uit tabel 6.38 worden afgeleid, dat de diktegroei op C en F nauwelijks verschillend is geweest en dat de planten op zowel C als op F dikker zijn geworden dan op 0.
Bij Fraxinus excelsior lijkt de voor diktegroei optimale grondtemperatuur iets lager te liggen dan die voor lengtegroei.
De percentages krom zijn voor C, F en 0 resp. 9, 17 en 14 in 1984 en 21, 27 en 32 in 1985. In 1985 zijn de percentages krom beduidend hoger dan in 1984. Vermoedelijk heeft dit te maken met de standdichtheid en met de weersomstandigheden in de eerste fasen van de groei. Een hoge bodemtemperatuur (object C) lijkt het percentage krom te beperken.
Het wortelgestel van de Fraxinus-zaailingen is normaal. Het is zwaarder naarmate het opgewas zwaarder is.

Winterstek

6.15.5. Forsythia intermedia "Spectabilis"

In 1983 begint de scheutgroei op de stekken al in mei. In 1984 en 1985 komt de scheutgroei veel later op gang. Op de C-veldjes zijn in 1983 al op 30 mei scheuten van 10 cm waargenomen; in beide andere jaren is dat ongeveer een maand later. In 1984 is op 28 juni op C de scheutlengte maximaal circa 10 cm, op F 5 cm en op 0 3 cm. In juli zet de groei goed door, zodat op 7 augustus 1984 op C, F en 0 gewaslengten van resp. 50, 35 en 25 cm konden worden vastgesteld.
In 1983 en 1984 zijn vrijwel alle stekken beworteld. In 1985 is er wat meer uitval gewest, voor C, F en 0 resp. 13, 3 en 2%. Het is niet duidelijk in hoeverre

het hoge percentage op C op het toeval berust of op de droogte in mei 1985. Aan het eind van het jaar zijn de gerooide planten gesorteerd op plantlengte en op aantal stevige takken per plant (zie tabel 6.39).



Afb. 6. Forsythia int. Sp. afkomstig van de objecten C (=1), F (=2) en O (= 3).

Photo 6. Forsythia int. Sp. from the objects C (= 1), F (= 2) and O (= 3).

Tabel 6.39. Gemiddelde plantlengte (in cm) en de percentuele verdeling van de sortering naar aantal takken per plant voor Forsythia intermedia "Spectabilis".

			aantal takken				
jaar	object	lengte	0	1	2	3	4
1983	C	95	-	8	41	33	18
	F	87	-	22	41	29	8
	O	71	-	35	45	18	2
1984	C	107	10	14	48	27	1
	F	76	43	22	30	5	0
	O	53	83	11	6	0	0
1985	C	103	16	26	40	16	2
	F	97	24	25	43	8	0
	O	58	91	9	0	0	0

Table 6.39. Average plantlength (cm) and the grading on number of good branches per plant in % of the number of plants of Forsythia intermedia "Spectabilis".

In alle drie proefjaren heeft bodemwarmte de groei sterk bevorderd. Opvallend is, dat in 1983, toen de groei tamelijk vroeg begon, de verschillen tussen C, F en O kleiner waren dan in 1984 en 1985, toen de groei later op gang kwam.
In 1984 en 1985 is een iets scherpere sorteernorm gehanteerd dan in 1983. De tendens van het behandelingseffect is in alle jaren evenwel dezelfde: op C meer takken dan op F en op F meer dan op O.
Hoewel er geen directe vergelijking getrokken kan worden met het traditionele boomkwekerijgebied, bestond in 1984 toch de indruk, dat vooral op C, er meer lagere knoppen waren uitgelopen dan normaal het geval is.
De wortelontwikkeling hing alle jaren nauw samen met de bovengrondse groei. Bij een zwaar opgewas hoorde altijd een zwaar wortelgestel, schijnbaar onafhankelijk van de behandeling.
Samenvattend kan worden geconcludeerd, dat Fortsythia intermedia "Spectabilis" op verwarmde grond sneller groeit dan op onverwarmde grond. Dit uit zich in een grotere plantlengte, meer stevige takken per plant en een beter wortelgestel.

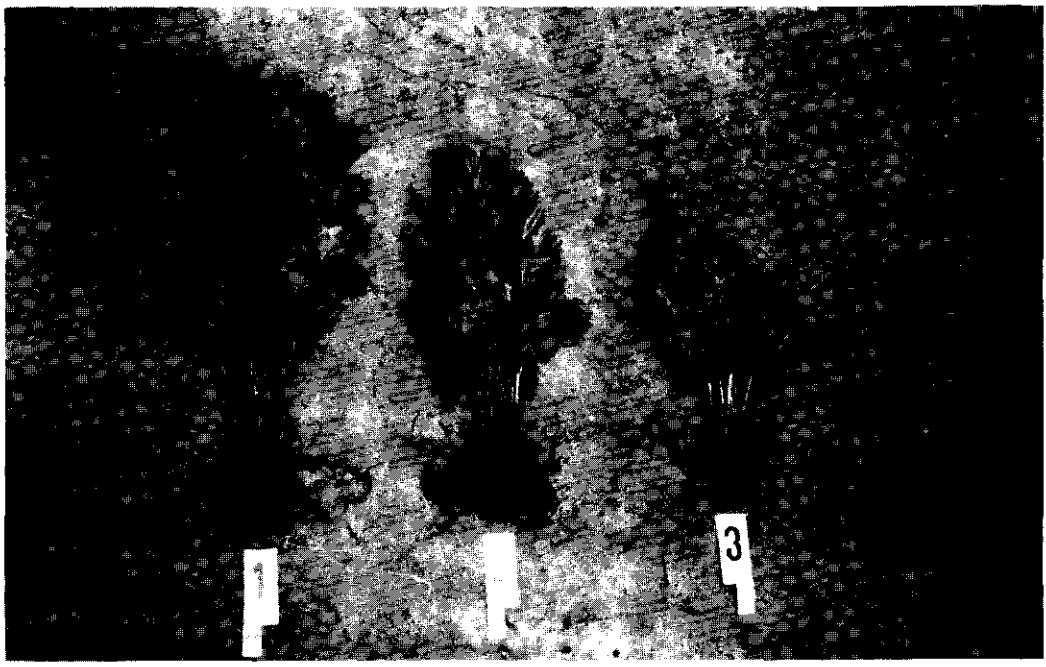
6.15.6. Platanus acerifolia

De groei van de Platanus-stekken kwam in 1984 op object O net zo traag op gang als bij Forsythia. Beide jaren, maar vooral in 1985, bleven veel stekken onbeworteld. Deze uitvalspercentages waren voor C, F en O resp. 29,38 en 49% in 1984 en 53, 86 en 91% van 1985. De zeer hoge percentages in 1985 zijn vooral veroorzaakt door een matige kwaliteit van het stekhout. In beide jaren was het effect van de behandeling op de beworteling duidelijk: hoe warmer de grond was, des te beter de winterstekken van Platanus acerifolia bewortelden.
De groeimetingen aan de bewortelde stekken zijn samengevat in tabel 6.40.

Tabel 6.40. Maximale scheutlengte (in cm) van Platanus acerifolia op enkele data in 1984.

object	28 juni	7 augustus	12 december
C	22	50	135
F	15	33	110
O	5	12	70

Table 6.40. Maximum shoot length (cm) of Platanus acerifolia on three dates in 1984.



Afb. 7. Platanus acerifolia van winterstek na één teeltjaar; C (= 1), F (= 2) en O (= 3); 10 planten per behandeling.

Photo 7. Platanus acerifolia from hardwood cuttings after one growing season; C (= 1), F (= 2) and O (= 3); 10 plant per treatment.

Op de verwarmde objecten C en F groeiden de Platanus-stekken in de zomer en in de herfst beduidend sneller dan op O. Uit het groter worden van de verschillen tussen C, F en O volgt, dat de grondverwarming gedurende het gehele groeiseizoen effectief is geweest.
In tabel 6.41 is de verdeling van de sortering aan het eind van het groeiseizoen samengevat.

Tabel 6.41. Procentuele verdeling van de sortering op lengte (in cm) van winterstek van Platanus acerifolia na één groeiseizoen.

jaar	object	<40	40-60	60-100	100-125	>125
1984	C	2	3	27	46	22
	F	15	19	57	9	0
	O	54	40	6	0	0
1985	C	18	46	36	0	0
	F	80	20	0	0	0
	O	92	8	0	0	0

Table 6.41. Grading on length (cm) in % of the number of rooted hardwood cuttings of Platanus acerifolia after one growing season.

De sorteringscijfers bevestigen de indruk die tijdens de groeiseizoenen was ontstaan, namelijk, dat de planten op C langer werden dan op F en op F langer dan op O. Bodemwarmte bevorderde de groei van Platanus acerifolia sterk.
De vooral in 1984 tijdens het groeiseizoen gevestigde indruk, dat er op de warmere veldjes sprake zou zijn van een regelmatiger gewasontwikkeling, wordt door de sorteringscijfers niet bevestigd. Integendeel, de verschillen in plantlengte zijn op C steeds groter dan op F en op F groter dan op O.

6.15.7. Platanus orientalis klonen

Drie klonen onder nummer 02-12, 02-11 en 02-09 zijn beproefd. Evenals bij Platanus acerifolia in 1985, is het stekhout van de klonen van matige kwaliteit. Dit komt onder andere tot uitdrukking in lage bewortelingspercentages. Kloon 02-12 bewortelde voor 30-35%, kloon 02-11 voor 11-20% en kloon 02-09 voor 64-68%. Een relatie tussen de grondverwarmingsbehandelingen en de bewortelingspercentages, zoals waargenomen bij Platanus acerifolia, kon bij geen van de drie klonen worden vastgesteld.
Van de bewortelde planten werd in het najaar de lengte gemeten. Deze resultaten zijn samengevat in tabel 6.42.

Tabel 6.42. De gemiddelde plantlengte (in cm) en de procentuele verdeling van de sortering op lengte (in cm) van winterstek van drie klonen van Platanus orientalis.

kloon	object	lengte	<40	40-60	60-80	80-100
02-12	C	57	28	29	29	14
	F	47	43	43	14	0
	O	22	83	17	0	0
02-11	C	60	17	25	50	8
	F	43	33	61	6	0
	O	29	100	0	0	0
02-09	C	70	7	17	43	33
	F	50	25	52	23	0
	O	34	63	37	0	0

Table 6.42. Average plantlength (cm) and the grading on length (cm) in % of the number of rooted hardwood cuttings of three different clones of Platanus orientalis.

Voor alle drie klonen blijkt de gemiddelde plantlengte op C groter te zijn dan op F en op F veel groter dan op O. De sortering loopt hiermee ongeveer parallel. De wortelbeoordeling levert weinig behandelingsverschillen op. Opvallend is, dat bij kloon 02-12 veel planten naar verhouding een slecht tot matig ontwikkeld wortelgestel hebben. Overigens was het wortelgestel zwaarder naarmate het opgewas meer gegroeid is.

6.15.8. Ribes alpinum

Aanvankelijk blijft de groei op de O-veldjes iets achter bij die op F en C. Op 28 juli zijn de planten op C iets langer dan op F en op F iets langer dan op O. In de herfst van 1983 blijkt de gemiddelde plantlengte in alle behandelingen 63 cm te zijn. De sortering op aantal takken levert een iets genuanceerder beeld op (zie tabel 6.43).

Tabel 6.43. De procentuele verdeling van de sortering naar aantal takken per plant voor Ribes alpinum.

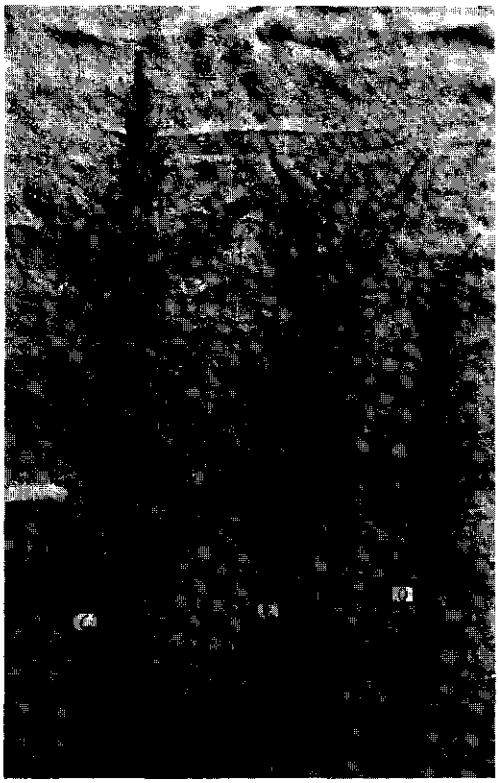
	aantal takken			
object	1	2	3	4
C	6	41	43	10
F	4	33	51	12
O	7	29	46	18

Table 6.43. Grading on number of good branches per plant in % of the number of plants of Ribes alpinum.

Het aantal planten met 3 of 4 takken per plant is op O en F vrijwel gelijk en op beide groter dan op C. Het aantal planten met 4 takken per plant is op O groter dan op F. Het effect van bodemwarmte op de takontwikkeling is dus negatief.
De wortelontwikkeling hangt sterk samen met de gewasmassa bovengronds.
Op basis van deze resultaten is Ribes Alpinum uit het onderzoek genomen.

Plantgoed

6.15.9. Cedrus atlantica "Glauca"
Met dit gewas is in 1983-1984 een tweejarige teelt uitgevoerd. De groei van de planten komt in 1983 traag op gang. Rekening houdend met de (voor dit gewas niet optimale) grondsoort en met de lage temperaturen gedurende het voorjaar, is dat niet zo verwonderlijk. Toch begint de scheutgroei op C eerder dan op F en op F iets eerder dan op O.



Afb. 8. Cedrus atlantica "Glauca" na 2 jaar op de objecten C, F en O.

Photo 8. Cedrus atlantica "Glauca" after 2 years of growth on the objects C, F and O.

Tabel 6.44. Gemiddelde plantlengte (in cm) in 1983 en 1984 en de procentuele verdeling van de sortering op lengte (in cm) van Cedrus atlantica "Glauca".

object	plantlengte		lengtesortering			
	1983	1984	<80	80-100	100-125	125-150
C	78	125	0	5	47	48
F	76	114	2	17	64	17
O	68	99	14	43	43	0

Table 6.44. Average plantlength (cm) at the end of 1983 and 1984 and the grading on length (cm) in % of the harvested number of plants of Cedrus atlantica "Glauca".

Uit tabel 6.44 blijkt dat de planten groter werden naarmate ze meer bodemwarmte kregen. Uiteindelijk is het groeiverschil tussen de planten op C en F in 1983 minimaal. Alleen op O zijn de planten duidelijk korter dan op C en F. In 1984 is het verschil in lengte tussen de planten op C en F groter, terwijl het verschil van F en O nauwelijks meer toeneemt (tabel 6.44).
In 1984 valt de sterkere vertakking en de betere groei van de zijtakken op C ten opzichte van F en O op. Dit komt tot uitdrukking in een gemiddeld kwaliteitscijfer van 2,3 voor C, 2,0 voor F en 1,4 voor O (1 = vertakking naar verhouding slecht, 2 = matig, 3 = goed).
In behandeling O groeit de Cedrus slechter dan wat men op een goede kwekerij gewend is. Wellicht hebben de sub-optimale groei-omstandigheden op het proefveld het grondverwarmingseffect sterker doen uitkomen dan wanneer onder goede omstandigheden was geteeld.
Het wortelgestel is zwaarder naarmate het opgewas zwaarder is.

Ilex aquifolium "Golden van Tol"
Met Ilex is een driejarige teelt uitgevoerd. Net als bij Cedrus komt de groei in 1983 traag op gang. De groeiverschillen tussen de behandelingen blijven het eerste jaar beperkt. Toch zijn de planten op C gemiddeld iets groter dan op F (30 cm t.o.v. 27 cm) en op F iets groter dan op O (23 cm).
In 1984 nemen de groeiverschillen iets toe, maar de eindbeoordeling is uitgesteld tot eind 1985. Gedurende de winter 1984-1985 verslechtert de kwaliteit van de planten sterk. Diverse planten zijn dood gegaan zonder dat daarbij een behandelingseffect is te onderkennen. Van de 12 planten per m^2 bleven er 7 à 8 per m^2 over. Uiteindelijk is er van het oorspronkelijk aantal planten van C, F en O na drie teeltjaren respectievelijk slechts 13%, 22% en 9% leverbaar. De overige levende planten hebben voor de kwalificatie leverbaar een te slechte kwaliteit. De plantlengte op C, F en O is eind 1985 gemiddeld respectievelijk 52, 52 en 45 cm. Ook dit levert te weinig aanknopingspunten op om een effect van grondverwarming op de groei van Ilex aquifolium "Golden van Tol" aannemelijk te maken.

Magnolia soulangiana
Met Magnolia is in 1983 en 1984 een tweejarige teelt uitgevoerd. Beide jaren komt de groei erg traag op gang. Pas in juli-augustus verandert de bladkleur van geel-groen naar groen, het eerst op C en het laatst op O. De metingen zijn samengevat in tabel 6.45.

Tabel 6.45. Gemiddelde plantlengte (in cm) in 1983 en 1984, het gemiddeld aantal takken per plant in 1984 en de procentuele verdeling van de sortering op lengte (in cm) in 1984 van Magnolia saulangiana.

object	lengte		aantal	sortering					
	1983	1984	takken	<30	30-40	40-50	50-60	60-80	>80
C	54	74	5,4	1	0	4	11	67	18
F	50	68	4,4	1	5	9	21	53	11
O	44	46	2,7	11	33	32	16	7	1

Table 6.45. Average plantlength (cm) at the end of 1983 and 1984, the average number of branches per plant in 1984 and the grading on length (cm) in % of the harvested number of plants of Magnolia soulangiana.

Vanaf het eerste jaar zijn de planten op C langer dan op F en op F langer dan op O. Opvallend is, dat de planten op O in 1984 nauwelijks zijn gegroeid en op C en F wel. De onderlinge verschillen tussen C, F en O nemen met de jaren toe.
De waarde van een Magnolia-plant wordt onder andere bepaald door de maat en door het aantal takken. Uit tabel 6.45 blijkt, dat beide factoren op C gunstiger uitkomen dan op F en op F veel gunstiger dan op O.
De wortels zijn langer en dikker en het wortelgestel is als geheel zwaarder, naarmate het opgewas zwaarder is.
Samenvattend kan worden geconcludeerd, dat de groei van Magnolia soulangiana door hogere bodemtemperaturen sterk is bevorderd.

Platanus acerifolia

Plantgoed uit de proef met winterstek van 1984 is in 1985 weer op C, F en O uitgeplant. Daarbij zijn de planten van C, F en O van 1984 in 1985 als drie herkomsten beschouwd. Van iedere herkomst is in 1985 materiaal op zowel C, F als O uitgeplant.
De groei van al dit plantgoed komt in 1985 traag op gang. Veel planten sterven in de kop wat in voordat de groei goed op gang komt. Aan het eind van het groeiseizoen zijn de planten gemeten (tabel 6.46). Ter berekening van de groei in 1985 is de gemiddelde eindlengte van 1984 van de diverse eindlengten van 1985 afgetrokken.

Tabel 6.46. Gemiddelde plantlengte en aanwas (in cm) in 1985 van Platanus acerifolia afkomstig van drie behandelingsherkomsten van 1984.

object 1985	lengte	groei 1985	object 1985	lengte	groei 1985	object 1985	lengte	groei 1985
herkomst 1984 C (109 cm)			herkomst 1984 F (73 cm)			herkomst 1984 O (43 cm)		
C	166	57	C	158	86	C	116	73
F	141	32	F	129	56	F	105	52
O	137	28	O	116	43	O	94	51

Table 6.46. Average plantlength and the growth (cm) in 1985 of Platanus acerifolia from three sources: the C, F and O-object of 1984.

Uit tabel 6.46 blijkt, dat door grondverwarming de planten langer worden en dat de grootste planten het minste profijt van de warmte hebben gehad.
Het wortelgestel is zwaarder naarmate het opgewas zwaarder is.

Paeonia bactiflora "Sarah Bernhardt"

Na op 6 maart 1984 te zijn geplant, komen op C de eerste planten na 37 dagen boven de grond, op F na 41 dagen en op O na 46 dagen. Pas na 58 dagen, op 3 mei, staan op C, F en O vrijwel alle pioenen boven de grond.
Circa 1 augustus begint het blad op C al te verouderen en te verdrogen. Deze planten hebben niet gebloeid. Op F begint een enkel blad te verdorren en is er één (verdroogde) bloemknop. Op de O-veldjes is het blad van de pioenen nog mooi groen. Enkele planten hebben op O gebloeid of hebben in knop gestaan. De gewashoogte is op C, F en O respectievelijk 20-60 cm, 15-45 cm en 15-45 cm.
Aangezien de waarde van pioenen afhangt van het aantal groeipunten ("neuzen") op de knolvormig verdikte vlezige wortels, zijn in oktober de aantallen grote en kleine neuzen per plant geteld (tabel 6.47). Een leverbare plant heeft 3 of meer grote neuzen. Is dat aantal lager, dan spreekt men van plantgoed.

Tabel 6.47. Gemiddelde aantallen grote en kleine neuzen per plant en de percentages leverbare planten voor Paeonia bactiflora "Sarah Bernhardt".

object	C	F	O
grote neuzen	3,3	3,1	3,3
kleine neuzen	2,1	2,0	2,0
% leverbaar	77	64	76

Table 6.47. Average number of large and small growing points per plant and the percentages of marketable plants of Paeonia lactiflora "Sarah Bernhardt".

Alhoewel in voorjaar en zomwer wel groeiverschillen waren geconstateerd, blijkt uit tabel 6.47 dat bij het gerooide gewas de verschillen waren verdwenen.

Discussie en conclusies

Het proefveld is vanwege de grondsoort en het gebrek aan beschutting geen ideale groeiplaats voor boomkwekerijgewassen. De plantkwaliteit van diverse gewassen is op O slechter dan normaal. Een vergelijking met teeltresultaten uit gebruikelijke boomkwekerijgebieden biedt weinig mogelijkheden om daarbij het grondverwarmingseffect te betrekken. Het is mogelijk, dat effecten van grondverwarming onder normale omstandigheden minder duidelijk zijn dan op dit proefveld. Hiermee dient bij de beoordeling van de conclusies rekening te worden gehouden.
Voor alle gewassen blijkt dat, als aan het eind van het groeiseizoen groeiverschillen tussen de diverse objecten zijn waargenomen, de verschillen gedurende het groeiseizoen geleidelijk zijn opgebouwd. Verschillen in kieming, veldopkomst of in beworteling van stekken zijn uiteraard al in het voorjaar gerealiseerd.
De verschillen in wortelgroei komen in het algemeen overeen met de verschillen aan de bovengrondse delen van de planten.
De vaste plant, Paeonia lactiflora "Sarah Bernhardt", reageert niet op de aangelegde behandelingen.
De zaailingen reageren zeer verschillend op de temperatuursverhoging van de grond. Op Fagus sylvatica is het effect eerder negatief dan positief. De veldopkomst en de dikte van de wortelhals is het best c.q. het grootst op het controle-object, O c.q. op O en F (= verwarmd op "Flevo-niveau"). De zaailingen van Acer platanoides groeien in alle opzichten op warmere grond het beste, terwijl bij Acer pseudoplatanus vooral de lengtegroei positief reageert op grondverwarming. Fraxinus excelsior groeit op warme grond het beste; het effect van grondverwarming op de veldopkomst is niet overtuigend.
Bij de winterstekken is de kwaliteit van het uitgangsmateriaal in 1985 matig, vooral van de Platanus-soorten. Bovendien zijn in 1985 alle stekken erg laat gestoken. Deze beide factoren kunnen de relatief sterke uitval bij de stekken in 1985 verklaren. Eventuele verschillen tussen de objecten zijn er echter niet mee verklaard.
Bij de winterstekken reageert alleen Ribes alpinum niet positief op grondverwarming. Dit gewas groeit op O beter dan op F en C (= meest verwarmd). Voor het overige groeien de winterstekken op de meest verwarmde grond meestal het beste. Forsythia intermedia "Spectabilis" heeft meer stevige takken. Ze zijn op C langer dan op F en op F langer dan op O. Helaas blijft de vorming van bloemhout achterwege. Platanus acerifolia en drie klonen van Platanus orientalis zijn langer op C dan op F c.q. op F dan op O.

Plantgoed van Platanus acerifolia groeit in een éénjarige teelt ook beter naarmate de grondtemperatuur hoger is. De grootste planten hebben een minder sterk bodemwarmte-effect dan kleinere planten. Het lijkt interessant om grondverwarming bij een spillenteelt (tot tenminste 2 m) te toetsen.
Bij het plantgoed groeien Cedrus atlantica "Glauca" en Magnolia soulangia in de tweejarige teelt beter naarmate de grondtemperatuur hoger is. Voor Magnolia soulangiana is dit resultaat in overeenstemming met de literatuur (Sondern 1966 en 1967).
Voor Ilex aquifolium "Golden van Tol" kan geen gunstig effect van grondverwarming worden vastgesteld. Wellicht ten gevolge van de strenge winter 1984/1985 zijn er na drie teeltjaren van Ilex te weinig leverbare planten over om conclusies te mogen trekken.
De grondverwarming leidt bij geen enkel gewas tot aparte overwinteringsproblemen.

Samenvatting

Van 1983 - 1985 zijn gedurende één of meer jaren 13 gewassen in het onderzoek opgenomen. Het effect van grondverwarming gedurende het gehele jaar is niet eerder aan boomkwekerijgewassen onderzocht. Sondern verwarmde de grond alleen gedurende het groeiseizoen.
In dit onderzoek zijn vier zaailingen, vier gewassen van winterstek, vier gewassen van plantgoed en één vaste plant getoetst. De volgende gewassen groeien beter of veel beter naarmate de grond warmer is: de zaailingen (eenjarige teelt) Acer platanoides, Acer pseudoplatanus en Fraxinus excelsior; van winterstek (eenjarige teelt): Forsythia intermedia "Spectabilis", Platanus acerifolia en Platanus orientalis klonen; van plantgoed: Cedrus atlantica "Glauca" (2-jarige teelt), Magnolia saulangiana (2-jarige teelt) en Platanus acerifolia (eenjarige teelt). Niet of negatief reageren: Fagus sylvatica (eenjarig uit zaad), Ribus alpinum (eenjarig uit winterstek), Ilex aquifolium "Golden van Tol" (3-jarig van plantgoed) en Paeonia lactiflora "Sarah Bernhardt" (eenjarige teelt).
Positieve effecten zijn gedurende het gehele groeiseizoen geleidelijk opgebouwd. Voor diverse gewassen is de plantkwaliteit op onbehandeld (0) slechter dan normaal. Wellicht zijn de effecten van grondverwarming op boomkwekerijgewassen geteeld op gebruikelijke boomkwekerij-grondsoorten minder duidelijk dan op dit proefveld.

6.16 Samenvatting gewasreacties

J.A. Schoneveld

6.16.1 Verschillen in gewassen

Tussen de gewassen komen verschillen voor in geoogste organen, in groeiperiode, in groeiduur, in oogststadium en in wijze van oogsten (eenmalig of meermalig).

Geoogste organen

Beproefde gewassen waarvan het blad en soms ook een gedeelte van de stengels worden geoogst zijn: andijvie, prei, sla en spinazie. Gewassen, die een wortel of knol leveren, zijn: aardappel, suikerbiet, peen en witlofwortel. De witlofwortel wordt vervolgens geforceerd en de krop hoort tot de groep bladgewassen. Van bloemkool wordt de bloeiwijze geoogst en van aardbei en augurk de vrucht. Het gehele bovengrondse deel van de plant is van belang bij gerst en snijmais, terwijl van de boomkwekerijgewassen en aardbeiplanten de gehele plant inclusief wortelstelsel wordt verkocht.

Groeiduur en groeiperiode

Gewassen met een korte groeiduur, die dus maar een gedeelte van een seizoen door klimaat- en bodemomstandigheden beïnvloed worden, zijn spinazie (4-6 weken), sla (5-8 weken), andijvie (6-10 weken), vroege aardappelen (10-14 weken), bospeen (10-14 weken), bloemkool (14-16 weken), zomer- en herfstprei (14-20 weken) en zomergerst (20-22 weken).

Gewassen met een langere groeiduur en die een voorjaar, zomer en herfst op het veld staan, zijn aardbei "doordragers", augurk, witlofwortels, suikerbieten, snijmais en boomkwekerijgewassen.

Er zijn ook gewassen met een langere groeiduur die in zomer, herfst, winter en voorjaar op het veld staan, zoals winterprei, winterbloemkool, consumptie-aardbei en aardbeiplantenvermeerdering, zgn. overwinteringsteelten.

Tenslotte staan sommige boomkwekerijgewassen meer jaren op het veld voordat ze afgeleverd kunnen worden.

Oogststadium en wijze van oogsten

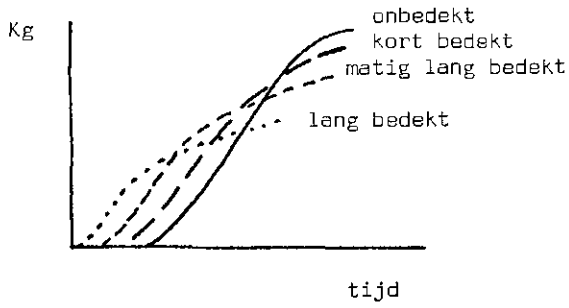
Bij de onderzochte gewassen zijn er die geoogst worden aan het einde van de groei of waarvan een gewenst stadium is bereikt. Hiervan worden gerst, witlof-

wortels, suikerbieten, snijmaïs, aarbeiplanten en verschillende boomkwekerijgewassen in de praktijk in één keer geoogst. Van aardbei, augurk en bloemkool worden tijdens de oogstperiode regelmatig de rijpe delen geoogst (dooroogsten). Voor het onderzoek zijn de gewassen, die geen absoluut oogstcriterium hebben, de moeilijkste. Deze gewassen worden namelijk geoogst wanneer ze volop in de groei zijn en hun maximale produktie nog niet hebben bereikt. De vroegere oogst geschiedt uit oogpunt van te behalen (hogere geldopbrengst door prijs en kwaliteit.
Deze gewassen zijn in het onderzoek op gezette tijden geoogst (periodiek éénmalig geoogst) waarbij de produktie, de sortering en de kwaliteit zijn bepaald. Met deze gegevens is het verloop van de produktie in de tijd aan te geven in produktielijnen. Met deze produktielijnen en de prijzen per periode per kwaliteitsklasse kan dan het economisch resultaat worden berekend.

De hiervoor beschreven verschillen maken dat de reactie van de plant en vooral dat deel wat de consument waardevol vindt, op bodemverwarming nogal verschillend kan zijn.

6.16.2 Vergelijkingsmogelijkheden

In de loop van het onderzoek is steeds meer plastic bedekking in het voorjaar toegepast. Enerzijds om gewassen te vervroegen (onverwarmd) of extra te vervroegen (verwarmd), anderzijds om het vroeg ontwikkelde gewas te beschermen tegen risico's van nachtvorst-, wind- en hagelschade op de bovengrondse delen.
Deze bescherming is niet volledig, omdat bij harde wind toch beschadiging aan de plant kan optreden door het klapperen. Bij nachtvorst bevriezen toch die plantendelen die met plastic in aanraking komen en dit kan soms leiden tot kwaliteitsverlies (bladgewassen) en/of produktieverlies (aardbei). Er is 5% geperforeerd folie (PE) van 0,05 mm dikte gebruikt, enerzijds om te hoge temperaturen en anderzijds om het afwaaien bij te harde wind te voorkomen. Bij veel regenval kunnen slempplekjes ontstaan in de buurt van de gaatjes omdat ter plekke veel water afgevoerd moet worden.
Onder het plastic is de temperatuur enkele graden hoger afhankelijk van de mate van zonneschijn en bodemverwarming. Daarbij doet zich soms het verschijnsel voor dat wanneer het folie lang op het gewas blijft liggen, de produktie vroeg op gang komt, maar ook vroeg afneemt en op een gegeven moment lager is dan van een veld dat niet met folie bedekt is geweest (fig. 36). Vaak wordt vermeld dat dit verschijnsel wordt veroorzaakt door de weersomstandigheden na het verwijderen van het plastic (koud, droog, zeer warm) waardoor de bedekte velden een terugslag vertonen.



Figuur 36. Het tijdstip van het verwijderen van het folie beïnvloed door het produktieverloop.
Figure 36. Time of removing the foil influenced by the production.

Dit verschijnsel doet zich echter ook voor bij vergelijking van het opbrengstverloop tussen verwarmd en niet verwarmd of bij verschillende plantdata (zomerprei).

In proeven waarbij wel en geen plastic bedekking is toegepast, kunnen 4 vergelijkingen worden gemaakt, te weten:
a) effect van plastic (O^+ - O^-);
b) effect van bodemverwarming (C^- - O^-) (F^- - O^-);
c) effect van bodemverwarming onder plastic (C^+ - O^+) (F^+ - O^+);
d) effect van de combinatie bodemverwarming en plastic (C^+ - O^-) (F^+ - O^-).
Wanneer er dan ook nog interacties zijn met plantdatum (augurk, witlof), rassen (consumptie-aardbei) of proefjaren (aardappel, aardbei) dan is het duidelijk dat het niet eenvoudig is conclusies te trekken.

6.16.3 Effecten van bodemverwarming

Opkomst en aanslag

Bodemverwarming vervroegt de opkomst van gewassen in het voorjaar. Aangezien de temperatuur op F dan ook nog laag is, doet zich dit verschijnsel vooral voor op het C-object. Het is geconstateerd bij vroege aardappel, peen, snijmais, spinazie, suikerbiet, witlofwortel, Acer platanoides, Acer pseudo platanus, Fraxinus en Peonia.
Bij gezaaide gewassen is het opkomstpercentage hoger waardoor er meer planten op

C voorkomen dan op F en O : peen, spinazie, witlofwortels, Acer platanoides en Acer pseudo platanus.
De invloed van bodemverwarming op het aantal aangeslagen planten is veel geringer en soms ook omgekeerd. Bij augurk is op C minder uitval van planten geconstateerd evenals bij Platanus acerifolia op C en F. Bij boomkwekerijgewassen (Forsythia in 1985, pruimenstekken) en een beetje bij sla is op C de aanslag slechter geweest door een minder goede structuur. De praktische betekenis van het verschil in aantal planten hangt af van het gewas. Bij sommige gewassen kan men namelijk het risico van weinig planten compenseren door meer zaaizaad of planten te gebruiken. Dit verhoogt de kosten maar men voorkomt produktieverlies. Dit kan alleen als de eventuele iets dichtere stand geen problemen geeft (bospeen, suikerbiet, gerst, maïs, augurk).

Groei en ontwikkeling
De groei en ontwikkeling van de planten komt met bodemverwarming eerder op gang en verloopt soms sneller dan zonder bodemverwarming. Dit heeft vooral in het voorjaar en in mindere mate ook in de herfst het effect dat de groeiduur korter is. Deze kortere groeiduur varieert van gewas tot gewas en van jaar tot jaar. Het verschil van jaar tot jaar wordt vooral veroorzaakt door een verschil in groei op het niet-verwarmde object. Bodemverwarming verandert aan de bovengrondse groeiomstandigheden weinig. Daarom is in het vroege voorjaar ook plastic bedekking nodig om het gewas te beschermen, waardoor meestal nog een kortere groeiduur wordt verkregen. Men zou kunnen stellen dat voor vervroeging alleen plastic bedekking gebruikt kan worden en dat bodemverwarming in het vroege voorjaar vaak met plastic bedekking gecombineerd moet worden.

Ziekte en onkruid
Er zijn geen extra problemen geconstateerd met ziekte- of onkruiddruk door bodemverwarming. Wel treedt onkruidkieming eerder op.
Extra ziekteproblemen kunnen zich wel voordoen met plastic bedekking, omdat hieronder de luchtvochtigheid ook aanzienlijk hoger is (aardappelen, Phytophthora en aardbei, Rhizoctonia).
Bovendien kost een herhaalde bestrijding onder het plastic extra arbeid voor het afhalen en weer aanbrengen van het plastic, waardoor een optimale bestrijding, zo die er al is, in de praktijk nogal eens te wensen overlaat.

Kwaliteit
Met bodemverwarming zijn er weinig problemen ten aanzien van de kwaliteit geconstateerd. Aangezien de groei en ontwikkeling in de tijd voor de objecten verschillend zijn, is er wel een verschil in kwaliteit op het zelfde tijdstip geconstateerd (sla, zomerprei), maar niet in hetzelfde ontwikkelingsstadium. Zo

treedt soms ook eerder een afrijpings- of verouderingsproces op (gerst, witlof, suikerbieten, aardappelen). Alleen bij winterbloemkool en winterprei was de kwaliteit op C slechter dan op F en O. Naast meer uitval in de winter was ook de kwaliteit van de geoogste kolen op C lager. De winterprei vertoont op C en in een zeer geringe mate ook op F groeiafwijkingen. In het hart van de plant beginnen de bladeren sterk te golven, waarschijnlijk doordat de groei in de grond doorgaat en bovengronds stagneert. Bij de hergroei vertonen de groene bladeren een sterk gegolfd uiterlijk.
Indirect doen zich wel kwaliteits- of sorteringsverschillen voor, namelijk door hogere of lagere produkties. Daardoor komt het eindprodukt in een andere verhouding in de sorterinsklassen. Het hangt dan van de voorkeur van de consument af of iets voor- dan wel nadelig is. Bij prei, aardbei, sla en boomkwekerijgewassen zijn de prijzen van grovere sorteringen hoger en bij augurk juist de fijne sortering.
Verder vermindert bodemverwarming het vroegtijdig in bloei schieten van een niet overwinteringsteelt (andijvie, peen, prei, suikerbieten, witlof). Winterprei daarentegen schiet eerder op de velden met bodemverwarming. Het is niet duidelijk of dit komt door een optimalere vernalizatie-temperatuur in de winter of dat dit samenhangt met het eerder in een bepaald ontwikkelingsstadium komen.

Produktieverloop

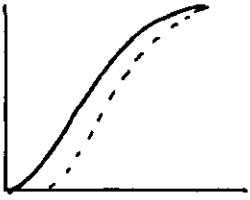
Het verloop van de produktie in de tijd is voor de objecten verschillend. In de verkregen gegevens vinden we de volgende varianten. Bij de voorbeelden wordt het gewas en groeiseizoen vermeld en tevens welke vergelijking wordt gemaakt. Daarbij is a= (O^+ - O^-); b= (C^- - O^-) of (F^- - O^-; c=(C^+ -O^+) of (F^+ -O^+; d=(C^+ -O^-) of (F^+ - O^-). O= onverwarmd, C= bodemverwarming met water van 30°C en F= bodemverwarming met water van 12 - 27°C; += met en -= zonder plastic bedekking.

1. Er is geen verschil in het verloop van de produktie. Aardbei doordragers 1983, 1984 Cb Fb; consumptie 1984/1985 Fc herstbloemkool 1983, 1984 Cb Fb; spinazie zomer 1983, 1984 Cb Fb suikerbiet 1982 Fb. Acer pseudo platanus. 1983, 1984 Fb.

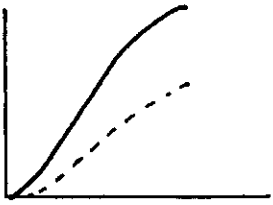
2. Aanvankelijk een hogere maar later een lagere produktie. Aardbei consumptie, Karina 1983/1984, Oa Cbcd Fcd, 1984/1985 Oa Cbcd Fd. Tenira 1984/1985 Ccd Fcd. Tioga 1983/1984 Oa, 1984/1985 Ccd. Aardappel 1985 Oa. Bloemkool, winter 1983/1984, 1984/1985 Cb. Peen 1984 Ccd Fcd. Prei, winter 1983/1984 Cb.

3. Parallel vroeger en gelijke produktie.
   Sla, zomer 1983 Cb Fb.

4. Afnemend vroeger en gelijke produktie.
   Aardbei, consumptie Tenira 1983/1984 Oa, Tioga 1984/1985 Oa Fcd. Aardappel 1985 Fd. Andijvie zomer 1984 Cb Fb. Spinazie vroeg 1985 Cc Fc, zomer 1982 Cb Fb.

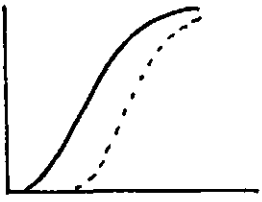


5. Toenemend vroeger en hogere produktie,
   Aardbei consumptie Tenira 1983/1984 Cb Fb. Tioga 1983/1984 Cbc Fb, 1984/1985 CbFb. Aardappel 1983 Cb, 1985 Cbc Fc. Augurk 1983,1984 Cc Fc. Prei vroeg 1983 Fc, 1985 Cc. Spinazie herfst 1982, 1983, 1984 Cb Fb. Acer pseudo platanus 1983/1984 Cb. Fraxinus excelsior 1986 Cb Fb. Forsythia 1984 Cb Fb. Platanus acerifolia 1984 Cb Fb.



6. Parallel vroeger en hogere produktie.
   Aardbei plantenvermeerdering 1983/1984, 1984/1985 Cb Fb, consumptie Karina 1983/1984, 1984/1985 Fb. Tenira 1983/1984 Ccd Fcd. Tioga 1983/1984 Cd Fcd. Aardappel 1983 Cb 1984 Fb. Andijvie herst 1983 Cb Fb. Peen 1985 Oa Cbcd Fbcd. Prei vroeg 1984 Cc Fc 1985 Fc. Prei winter 1984/1985 Cb Fb. Sla vroeg 1983, 1984, 1985 Cc Fc. Sla herfst 1982, 1983, 1984 Cb Fb. Suikerbiet 1982, 1983 Cb.

7. Afnemend vroeger en hogere produktie.
   Aardbei consumptie 1984/1985 Oa Cb Fb. Aardappel 1983 Oa 1984 Oa Cbcd Fcd 1985 Cd. Prei vroeg 2e pl. 1985 Cc. Snijmais 1985 Oa Cbcd Fbcd.



Het onverwarmd object bepaalt vooral de vergelijking van de produktielijnen, waardoor ze van jaar tot jaar, van gewas tot gewas en per periode kunnen verschillen.
Het hangt van de hoogte en het verloop van de prijzen af welk deel van het traject voor de praktijk relevant is. Daarop wordt in hoofdstuk 7 verder ingegaan.

Vervroeging

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat het begrip vervroeging niet eenduidig is. Vervroeging in aantal dagen kan alleen maar aangegeven worden bij een bepaald opbrengstniveau. In tabel 6.48 is een overzicht samengesteld van de verrichte proeven gerangschikt volgens de mogelijke vergelijkingen a, b, c en d.
Hieruit blijkt dat alleen bedekken met plastic folie (a) slechts in één geval minder vervroeging geeft dan alleen bodemverwarming (b) namelijk bij aardappel 1984 op C. Bodemverwarming met bedekking van folie (c) geeft in bijna alle gevallen extra vervroeging en wel meer op C dan op F. Combinatie van bodemverwarming en plastic bedekken t.o.v. onverwarmd en onbedekt (O^-) geeft natuurlijk de grootste vervroeging (d).
De bereikte vervroeging in de herfst werkt nadelig in een markt met oplopende prijzen. Het is dan beter op verwarmde grond later te planten. Door de langzame groei kan dit op F slechts enkele dagen en op C maximaal een week later. Practisch gezien is dit niet van grote betekenis.
Tenslotte blijkt dat aardbeien, aardappelen, augurk, bospeen, vroege prei en sla sterk vervroegd worden, waarbij de vervroeging op C veel sterker is dan op F.

Produktieniveau

In tabel 6.49 is een overzicht gemaakt van het verschil in de maximaal gemeten produktie tussen de 4 mogelijke vergelijkingen a, b, c en d.
Daarbij is tevens het produktieniveau aangegeven van onverwarmd en onbedekt (O^-). Daar waar alleen sprake is van bedekking is het niveau van onverwarmd en bedekt aangegeven (O^+).
Enkele teelten waarbij geen maximum is bereikt zijn niet opgenomen.
Uit de tabel blijkt dat aardbei, wat produktie betreft, negatief op plastic bedekking (a) reageert. Dit geldt ook bij alleen bodemverwarming op C voor het aardbeienras Karina, bloemkool, zomergerst en winterprei. De andere aangegeven negatieve effecten zijn zeer klein. Het negatieve resultaat van zomergerst is vermoedelijk versterkt door wel een vroegere afrijping en geen vroegere start, omdat in 1982 de verwarming pas op 4 mei is begonnen.
Alleen bedekking met plastic (a) is gemiddeld beter dan alleen bodemverwarming (b) bij het aardbeiras Karina, aardappel op F en snijmais. Alleen bodemverwarming (b) is beter dan alleen plastic bedekking (a) aardbeiplanten, aardbeienrassen Tenira en Tioga en aardappelen op C.
Bodemverwarming en plastic bedekking (c) geeft in de meeste gevallen een extra positief effect op de produktie behalve bij consumptie-aardbei.
Dit is ook het geval voor de combinatie van bodemverwarming en plastic bedekking (d).

Sterk verhoogde produkties zonder plastic bedekking, worden verkregen bij aardbeiplanten, consumptie-aardbeirassen Tenira op C, Tioga op F; met bedekking zijn dat aardappelen, augurk, vroege prei, snijmais en witlof.
Het effect wordt met name verkregen in het voorjaar wanneer de bodemtemperatuur in het minimum is.

Van de boomkwekerijgewassen reageren de volgende gewassen niet of negatief: Fagus sylvatica (éénjarig uit zaad), Ribus alpinum (éénjarig uit winterstek), Ilex aquifolium "Golden van Tol" (3-jarig van plantgoed), Paconia lactiflora "Sarah Bernhardt" (éénjarige teelt), pruimestekken St. Julien A en Brompton en de opkweek van appelbomen. De volgende gewassen groeien beter of veel beter naarmate de grond warmer is, de zaalingen (éénjarige teelt): Acer plantanoides, Acer pseudoplatanus en Fraxinus excelsior; van winterstek (éénjarige teelt): Forsythia intermedia "Spectabilis", Platanus acerifolia en Platanus orientalis klonen; van plantgoed: Cedrus atlantica "Glauca" (2-jarige teelt), Magnolia saulangiana (2-jarige teelt) en Platanus acerifolia (éénjarige teelt).
Positieve effecten zijn gedurende het gehele groeiseizoen geleidelijk opgebouwd.
Voor diverse gewassen is de plantkwaliteit op onbehandeld (0) slechter dan normaal. Wellicht zijn de effecten van grondverwarming op boomkwekerijgewassen geteeld op gebruikelijke boomkwekerij-grondsoorten minder duidelijk dan op dit proefveld.

Tabel 6.48. Samenvatting vervroeging van onderzochte gewassen/teelten.

Getallen in een kolom geven de resultaten in de proefjaren weer.

1) In geval alleen met plastic bedekking is gewerkt, is het niveau en tijdstip van 0^+ aangegeven. 2) Gemiddeld kropgewicht in gram.

Gewas/teelt/plantdatum/jaar	produktie niveau st. kg/m² op 0^- 1)		tijd-stip op 0^- 1)		vervroeging in aantal dagen: met plastic folie $0^+ - 0^-$		met bodemverwarming, zonder plastic $C^- - 0^-$		$F^- - 0^-$		met bodemverwarming, met plastic $C^+ - 0^+$		$F^+ - 0^+$		$C^+ - 0^-$		$F^+ - 0^-$	
Vergelijking:					a		b		b		c		c		d		d	
Aardbei consumptie; Karina 10/8/83, 16/8/84	0,25	0,10	21/6	6/6	11	6	4	6	2	2	8	1	2	1	19	7	13	7
Tenira " "	0,75	0,25	8/7	2/7	7	14	4	11	1	4	13	4	4	-4	20	18	11	10
Tioga " "	0,75	0,25	7/7	25/6	9	9	6	8	5	5	14	6	3	5	23	15	12	14
Aardappel vroeg 19/3/84, 12/3/85	2,0	2,0	15/6	14/6	5	6	14	6	3	3	16	17	5	9	21	23	10	15
Andijvie zomer, planting 6/8, 13/8/84	5,1	5,1	18/9	4/10			2	4	2	4								
herfst 24/8 2/9/83	4,0	2,8	11/11	28/11			25	36	14	16								
Augurk volvelds 14/5/83, 19/5/84	5,0	2,5	28/8	29/8							28	15	17	8				
Peen bos 9/3/84, 13/3/85	7	7	27/6	30/6		10		6		3	16	6	1	1		16		11
26/3/84, 26/3/85	7	7	30/6	5/7		10		8		6	9	7	2	1		17		11
Prei vroeg 2/4/84, 28/3/85	4	4	6/7	23/6							31	16	16	4				
" 21/4/83, 19/4/84, 17/4/85	4 4 4		15/7 9/7 4/7								19 14 14		6 5 8					
Sla vroeg 4/3/83, 24/3/84, 8/3/85	350	2)	24/5 22/5 20/5								12 14 6		5 5 2					
zomer 10/6/82, 26/7/83	350		16/7 28/8				0	1	0	0								
herfst 23/8/82, 17/8/84	300		24/9 12/10				5	7	1	2								
Spinazie vroeg 11/3/85	2,5										8		4					
zomer 11/6/82, 12/7/82, 21/7/83	3,5		9/7 9/8 15/8				3 2 3		1 1 3									
herfst 11/8/82, 9/9/82,	1,5		9/9 5/10				3	3	4	3								
23/9/83, 6/9/84			26/10 3/11				11	8	8	0								

Crop/plantingdate/year	production level nr. kg/m² on 0^- 1)		harvest date on 0^- 1)		with plastic cover		without plastic, with soil heating, number of days earlier production				with plastic, with soil heating, number of days earlier production							

Table 6.48. Summary of earliness on the various crops.

Figures in a column give the results in the years.

1) When only plastic cover is used the level and time is given of 0^+.

2) Mean head weight in grams.

Tabel 6.49. Samenvatting van de verschillen in maximum produktieniveau van onderzochte gewassen/teelten.
Getallen in één kolom hebben betrekking op de verschillende proefjaren.
1) In geval alleen met plastic bedekking is gewerkt, is het niveau van 0^+ aangegeven. 2) Bij 16% vocht 3) Drogestof 4) Kg suiker

Gewas/teelt/plantdatum/jaar	max. produktie niveau kg; st/m² op 0^- 1)	verschil in kg of stuks/m² op maximum niveau: met plastic folie	met bodemverwarming, zonder plastic		met bodemverwarming, met plastic			
		$0^+ - 0^-$	$C^- - 0^-$	$F^- - 0^-$	$C^+ - 0^+$	$F^+ - 0^+$	$C^+ - 0^-$	$F^+ - 0^-$
Vergelijking:		a	b	b	c	c	d	d
aardbei plantenvermeerdering								
Tioga pl. 25/8/83,29/8/84; geoogst 2/8/84,15/8/85	3,1 7,9	2,1	7,5 17,4	1,0 8,7	12,3	2,2	14,4	4,3
Tenira pl. " " ; geoogst 28/8/84,15/8/85	5,5 21,4	2,0	11,2 20,8	10,4 15,8	24,6	5,4	26,6	7,4
Bogota pl. " " ; geoogst 28/8/84,15/8/85	2,0 12,3	1,8	9,8 6,6	2,5 6,8	10,9	3,8	12,7	5,6
Aardbei consumptie; Karina 10/8/83, 16/8/84	1,31 0,33	-0,26 -0,12	-0,53 -0,04	0,11 0,02	-0,29 -0,05	-0,20 -0,01	-0,55 -0,17	-0,46 -0,13
Tenira " "	2,07 0,60	-0,07 +0,12	0,54 -0,06	0,30 0,03	0,33 -0,21	0,14 -0,30	0,26 -0,09	-0,07 -0,18
Tioga " "	2,10 0,75	-0,19 +0,01	0,11 0,23	0,61 0,34	0,35 -0,07	0,13 -0,01	0,16 -0,06	-0,06 0
doordragers 8/3/83, 20/3/84	1,26 1,25		0,06 0,02	0,09 0,07				
Aardappel vroeg 19/3/84, 12/3/85	4,18 4,1	0,19-1,24	0,7 1,02	0,4 0,52	0,89 2,22	0,58 1,22	1,08 0,98	0,77 -0,02
Andijvie zomer 6/8, 13/8/84	6,2 6,3		0,3 -0,1	-0,1 0				
herfst 24/8 2/9/83	4,5 2,8		1,0 1,4	1,0 0,7				
Augurk volvelds 14/5/83, 19/5/84	6,26 3,77				4,18 4,46	2,23 1,81		
na correctie op rijenafstand	9,39 5,65				1,05 2,58	0,80 1,05		
30/5/83, 1/6/84	5,66 3,40				2,56 3,42	1,61 2,39		
na correctie op rijenafstand	8,49 5,10				-0,27 1,72	0,23 1,85		
Bloemkool herfst 1/7-10/8/82	2,08		-0,14	0,03				
winter 10/8/82, 9/8/83	1,54 1,80		-0,10 -0,86	-0,03 -0,16				
Gerst zomer korrel2)/stro3) 1982	0,63 0,64		-0,07 -0,15	-0,01 -0,10				
Prei vroeg 2/4/84, 28/3/85	4,3 7,32				3,40 3,42	1,55 1,12		
" 19/4/84, 17/4/85	5,71 9,03				2,92 1,05	1,43 0,64		
winter 28/7/83, 26/7/84	4,87 1,25		-1,64 0,72	2,12 0,32				
" 10/8/83, 9/8/84	3,32 2,32		-1,09 0,41	1,63 1,50				
Snijmais 9/5/85 3)	1,65	0,20	0,13	0,05	0,20	0,13	0,40	0,33
Suikerbiet 31/3/82, 14/3/83 4)	1,31 1,41		0,14 0,16	-0,07 0,06				
Witlof 18/4/83, 20/4/84	1,22 1,01				0,27	0,24	0,36	0,62

crops/planting date/year	max. production level kg; nr/m² on 0^- 1)	with plastic cover	without plastic cover, with soil heating		with plastic cover			
		differences in kg or numbers/m² on max. level						

Table 6.49. Summary of the differences in maximum production level of various crops.
Figures in a column give the results in the years.
1) When only plastic cover is used, the level and time is given of 0^+. 2) By 16% moisture content 3) Dry matter 4) Kg sugar

7. WARMTEAFGIFTE

J.A. Schoneveld

7.1 Inleiding

Met het oog op eventueel aan te leggen projecten waarbij met afvalwarmte de bodem wordt verwarmd, is het belangrijk te weten om welke hoeveelheden warmte het gaat. Op grond hiervan moeten immers warmte-overdrachtsystemen en warmte-transportsystemen worden ontworpen, gegeven een aantal randvoorwaarden als begin- en eindtemperatuur op het veld en bij de bron.
Uiteraard zijn hiervoor formules beschikbaar om de benodigde capaciteit te berekenen. Gegevens van dit proefveld bieden de mogelijkheid de werkelijk verbruikte hoeveelheden vast te stellen en te relateren aan klimaatfactoren.

7.2 Methode en middelen

Voor 1983 is het werkelijk gebruikte warmtevermogen per maand voor het C en F object berekend met behulp van het gemeten temperatuurverschil tussen aanvoer- en retourleiding. Deze warmte-afgifte is omgezet in gasverbruik per maand per object. Het gasverbruik van beide objecten bij elkaar geteld kan dan worden vergeleken met het geregistreerde gasverbruik.

Het warmtevermogen is daarbij berekend met de formule:

$P = I_m \cdot c \cdot \Delta t$. (1)

P = warmtevermogen in kW of kJ/s^{-1}
I_m = Massastroom (de hoeveelheid verplaatste vloeistof per tijdseenheid; kg/s);
c = soortelijke warmte van het medium (water = 4,18 J/kg.K);
Δt = verschil in temperatuur van het medium in de aanvoer- en de retourleiding (°C).

De massastroom (I_m) is voor C en F respectievelijk 42 en 16,4 kg/sec. Het is berekend op grond van o.a. het te verwarmen oppervlak, het warmtegeleidingsvermogen van de grond, het maximaal toelaatbare temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour (2,7°C) en het te overbruggen temperatuurverschil (30°C voor C en 12°C voor F).
Het gebruikte warmtevermogen is per m^2 berekend door per object te rekenen met 6313 m^1 leiding HPE Ø 40 mm, 0,75 m uit elkaar en 156 m^1 aanvoer- en retourleiding HPE Ø 160 mm. Een totale lengte van 6469 m^1 en een oppervlakte van 4850 m^2.

Het gasverbruik is berekend met de formule:

$$V = \frac{P \times t}{Hv \times Ng} \quad (2)$$

V = gasverbruik in m^3 per maand
P = warmtevermogen in $kJ.s^{-1}$ uit formule 1
t = tijdseenheid = aantal dagen per maand x 24 uur x 3600 seconden
Hv = verbrandingswaarde per m^3 aardgas (35,17 $M.J./m^3$)
Ng = gebruiksrendement van de ketel inclusief rookgascondensor (= gesteld op 90%).

Het werkelijke gasverbruik zal iets hoger liggen, omdat er warmte verloren gaat in de geïsoleerde aanvoerleiding naar het veld en door het verwarmen van de porto-cabin naast het ketelhuis.
Tenslotte wordt over de gehele onderzoeksperiode een overzicht gegeven van de warmte afgifte van object C en F samen (uitgedrukt in gasverbruik per maand) en de gemiddelde luchttemperatuur om te controleren of het uitgewerkte jaar 1983 overeenkomt met de gehele periode.

7.3 Resultaten

In tabel 7.1. en figuur 37 wordt het gebruikte vermogen per maand over 1983 gegeven voor het C en F object en gerelateerd aan de gemiddelde luchttemperatuur. Daaruit blijkt dat het verbruikte vermogen voor object C sterk verband houdt met de luchttemperatuur volgens de formule: $J.s^{-1}/m^2 = 47,8 - 1,83\ T$ lucht. Het minimum gebruikte vermogen per maand is 13 $J.s^{-1}/m^2$; het maximum 46 $J.s^{-1}/m^2$ in november. Het maximum gebruikte vermogen over enkele dagen bedroeg 51 $J.s^{-1}/m^2$.
De spreiding kan niet verder verklaard worden met andere klimaatgegevens als regenval en windsnelheid. De fluctuaties in het temperatuurverschil in de aanvoer- en retourleiding van ± 0,1°C zijn zeer traag door de grote warmtevoorraad waardoor de directe invloed van het dagklimaat gering is. Enkele afwijkingen zijn wel verklaarbaar.
De hogere afgifte in januari is mogelijk veroorzaakt door de gemiddeld veel hogere windsnelheid van 6,7 m/s ten opzichte van 3-5 m/s in andere maanden.
De lagere afgifte in februari (ook in andere jaren) kan zijn veroorzaakt doordat het proefveld dan is gespit, waardoor er een isolerend effect optreedt. Het ongespitte veld bevriest bijna niet terwijl dit met een gespit veld wel het geval is. In november en december zijn er enkele reparaties aan de ketel

verricht voor het verhelpen van de vele lekkages. Het totale gasverbruik kan dus afwijken door zowel het F als het C object of beide.

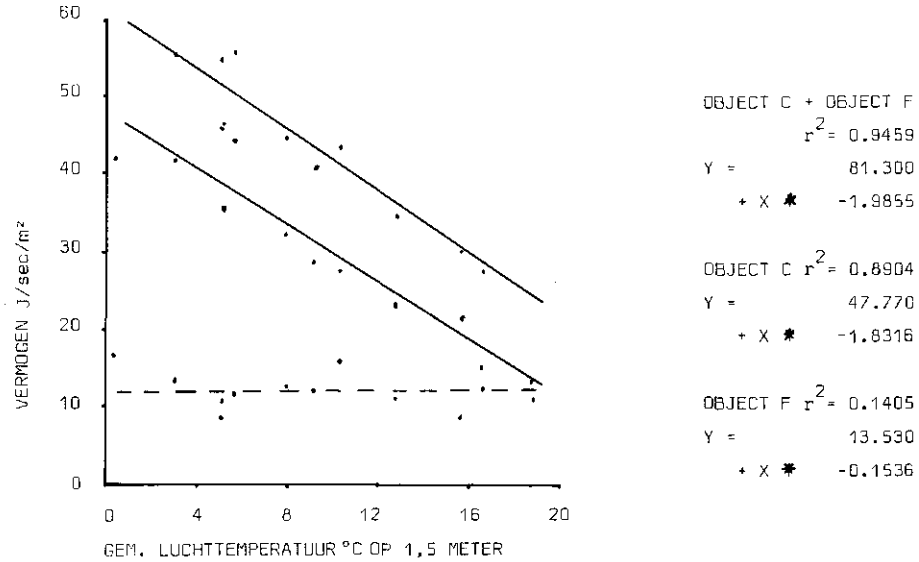


Fig. 37. Verband tussen gebruikte warmtevermogen op object C en F en de luchttemperatuur.

Fig. 37. Relation between the used power on treatment C and F and the air temperature.

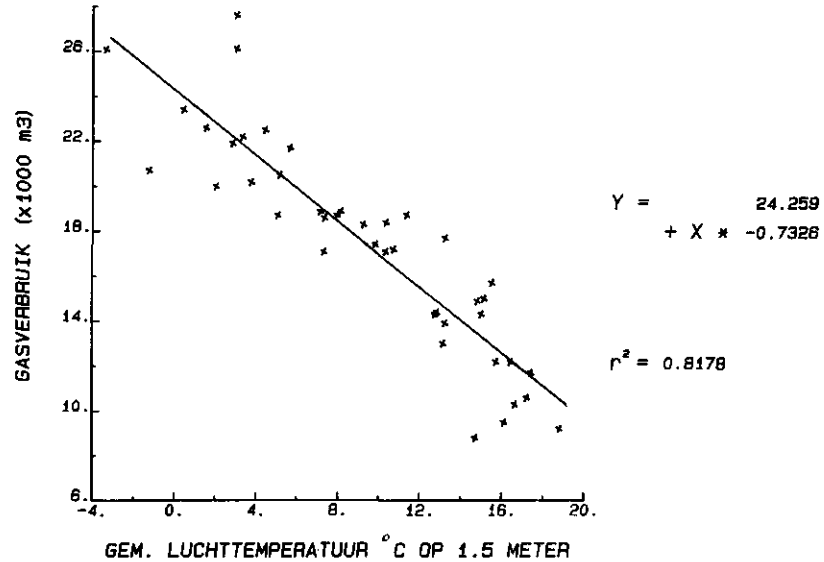


Fig. 38. Warmte-afgifte van C en F samen uitgedrukt in gebruikte hoeveelheid aardgas (m^3) in relatie tot gem. luchttemperatuur °C op 1,5 m hoogte.

Fig. 38. Used m^3 natural gas in relation with the mean air temperature °C on 1,5 m heigth.

Tabel 7.1. Gemeten temperatuurverschil tussen aanvoer en retour en het daaruit berekende gebruikte vermogen en gas voor object C en F in 1983.

1) hoge windsnelheid 2) proefveld gespit 3) lekkage + reparatie

maand	C temp. verschil aanvoer-retour	C vermogen kJ.s^{-1} tot.	C vermogen J.s^{-1} /m^2	C bereekend m^3 gas x 1000	F temp. verschil aanvoer-retour	F vermogen kJ.s^{-1} tot.	F vermogen J.s^{-1} /m^2	F bereekend m^3 gas x 1000	totaal m^3 gas x 1000 bereekend	totaal m^3 gas x 1000 werkelijk	gem. lucht temp. °C op 1,5 m	gem. wind snelh. m/s op 2,0m
jan.	1,22[1)]	214	44,2	18,1	0,82	56	11,6	4,8	22,9	21,7	5,6	6,7
febr.	1,17[2)]	204	42,0	15,6	1,18	81	16,7	6,2	21,8	23,4	0,4	4,4
maart	0,98	172	35,5	14,6	0,77	53	10,9	4,4	19,0	20,5	5,1	4,8
april	0,89	156	32,2	12,8	0,88	60	12,4	4,9	17,7	18,7	7,9	5,2
mei	0,76	133	27,5	11,3	1,12	77	15,8	6,5	17,8	18,4	10,3	3,8
juni	0,59	104	21,4	8,5	0,62	43	8,8	3,5	12,0	12,2	15,7	3,7
juli	0,37	65	13,4	5,5	0,78	53	11,0	4,5	10,0	9,2	18,8	3,0
aug.	0,42	73	15,2	6,2	0,88	60	12,4	5,1	11,3	10,3	16,6	3,2
sept.	0,64	112	23,2	9,2	0,81	56	11,4	4,5	13,7	14,4	12,8	4,5
okt.	0,79	139	28,6	11,7	0,86	59	12,2	5,0	16,7	18,3	9,2	4,3
nov.	1,27[3)]	223	45,9	18,2	0,62	43	8,8	3,5	21,7	18,7	5,0	3,2
dec.	1,16[3)]	204	41,9	17,2	0,94	65	13,4	5,5	22,7	26,1	3,0	4,4
gem.	0,86	149,9	30,9	12,4	0,86	58,7	12,1	4,9	17,3	17,6	9,2	3,5
month	diff. in temp. between supply-return	tot. kJ.s^{-1} power	J.s^{-1}/m^2	calc. m^3 gas x 1000	diff. in temp. between supply-return	tot. kJ.s^{-1} power	J.s^{-1}/m^2	calc. m^3 gas x 1000	calc. total m^3 natural gas x 1000	real	mean air temp. °C on 1,5 m	mean wind speed m/s on 2 m

Table 7.1. Measured differences in temperature between supply and return pipe and the calculated used power and gas for treatment C and F in 1983.

De warmte-afgifte op F schommelt rond de 12 J/s/m^2. Toch is het minder constant dan verwacht. De temperatuur is echter ingesteld op grond van de gemiddelde temperatuur van het lozingswater in een afgelopen periode. Daarin zit een naijl-effect. Bovendien is de centrale in augustus buiten bedrijf geweest, waarbij de temperatuur van juli is gehandhaafd (te hoog?). In de maanden december, januari en februari wordt de temperatuur, uit rendementsoverwegingen, op 12°C gehouden. Hierdoor kan het te overbruggen temperatuurverschil hoger worden dan normaal (ca 5,5°C), waardoor ook meer warmte-afgifte plaatsvindt. In mei is de temperatuur te hoog ingesteld geweest.
Het maximale verbruik over enkele dagen heeft op object F 19 J/s/m^2 bedragen.
De maximale warmte-afgifte op C en F is aanmerkelijk lager (48%) dan vooraf is berekend. Er moest rekening worden gehouden met veel onzekere factoren zoals het warmte-verlies naar de ondergrond of via het drainwater en de invloed van de windsnelheid. Dit blijkt op dit proefveld erg mee te vallen.

Het op beide objecten berekende gasverbruik komt gemiddeld aardig overeen met de werkelijkheid (-1,7%). In november en december is het verschil vrij groot. Mogelijk een gevolg van de toen optredende lekkage in de ketel en de daarvoor benodigde herstelwerkzaamheden.
Dat het werkelijk gasverbruik in sommige maanden lager is dan het berekende kan worden veroorzaakt door een iets te hoog inschatten van het rendement van de ketel. Mogelijk treedt ook een naijl-effect op, door de grote warmtevoorraad in de grond.

In tabel 7.2 en fig. 38 wordt de werkelijke warmte-afgifte per maand (uitgedrukt in m^3 aardgas) van object C en F over de gehele onderzoekperiode weergegeven. Ook hieruit blijkt het verband met de luchttemperatuur. Gedurende de twee strenge winters valt de warmte-afgifte mee mede veroorzaakt door het isolerend effect van de grondbewerking (spitten). Het gebruikte vermogen in relatie tot de luchttemperatuur in 1983 is niet veel afwijkend van de gehele periode. Omrekening van de relatie over de hele periode uitgedrukt in gasverbruik per maand naar gebruikt vermogen per maand geeft de vergelijking J/s/m^2 61,2-1,847 T lucht ten opzichte van 61,3-1,96 T lucht in 1983.

7.4. Conclusie

De warmte-afgifte op object C neemt lineair af met toenemende luchttemperatuur volgens de formule: J.s^{-1}/m^2 = 47,8 - 1,83 T lucht. Op object F schommelt de warmte-afgifte rond een constant peil van 12,1 J.s^{-1}/m^2.
De warmte-afgifte heeft op object C en F maximaal respectievelijk 51 en 19 J.s^{-1}/m^2 bedragen. Dit is 48% lager dan oorspronkelijk werd berekend.

Tabel 7.2 Warmte-afgifte uitgedrukt in werkelijk gebruikte hoeveelheid aardgas voor het totale project (object C + F) en de gemiddelde lucht-temperatuur in °C op 1,5 m gedurende de proefperiode.

* opwarmen proefveld.

	1982		1983		1984		1985		gem.		30 j.
	gasver-bruik	gem. lucht temp.	gasver-bruik	gem. lucht temp.	gasver-bruik	gem. lucht temp.	gasver-bruik	gem. lucht temp.	gasver-bruik	gem. lucht temp.	gem. lucht temp.
maand	x 1000 m^3	°C op 1,5m	x 1000 m^3	°C op 1,5m	x 1000 m^3	°C op 1,5m	x 1000 m^3	°C op 1,5m	x 1000 m^3	°C op 1,5m	op 1,5 m
jan.			21,7	5,6	27,0	3,0	26,1	-3,4	25,1	2,0	1,7
febr.			23,4	0,4	23,6	1,5	20,7	-1,3	22,2	0,2	2,0
maart			20,5	5,1	22,2	3,3	20,2	3,7	21,0	4,0	5,0
april			18,7	7,9	17,1	7,3	18,9	8,1	18,2	7,8	8,5
mei	(19,3)*	11,8	18,4	10,3	17,1	10,3	14,9	14,8	16,8	11,8	12,4
juni	15,7	15,5	12,2	15,7	13,9	13,2	13,0	13,1	13,7	14,6	15,5
juli	11,7	17,4	9,2	18,8	14,3	15,0	9,5	16,1	11,2	16,8	17,0
aug.	12,2	16,4	10,3	16,6	10,6	17,2	15,0	15,1	12,0	16,3	16,8
sept.	8,8	14,7	14,4	12,8	17,7	13,2	14,3	12,7	13,8	13,3	14,3
okt.	17,2	10,7	18,3	9,2	18,7	11,3	17,4	9,8	17,9	10,3	10,0
nov.	18,9	7,1	18,7	5,0	18,6	7,3	20,0	2,0	19,0	5,4	5,9
dec.	21,9	2,8	26,1	3,0	22,5	4,4			23,6	3,4	3,0
tot.	125,1		211,9		222,9		190,0		214,5		
gem.			17,6	9,2	18,6	8,9			17,9	8,8	9,3
month	used gas x 1000 m^3	mean air temp.	used gas x 1000 m^3	mean air temp.	used gas x 1000 m^3	mean air temp.	used gas x 1000 m^3	mean air temp.	used gas x 1000 m^3	mean air temp.	mean air temp.

Table 7.2 Real used m^3 natural gas of the treatments C and F together and the mean air temperature in °C on 1,5 m heigth during the period of

8. ECONOMISCHE EVALUATIE

C. Kramer

8.1. Investeringen en jaarlijkse kosten.

8.1.1. Inleiding

Omvang van investeringen en jaarkosten verbonden aan een grondverwarmingsinstallatie voor toepassing van afvalwarmte zijn afhankelijk van velerlei factoren zoals:

1) De omvang van de voorzieningen die moeten worden getroffen bij de afvalwarmteleverancier voor een betrouwbare levering van warmte.
2) De afstand tussen afvalwarmteleverancier en afnemer en het systeem van afvalwarmtetransport dat kan worden toegepast zowel tussen leverancier en afnemer als in het veld.
3) De voorzieningen bij de afnemer zoals het buizennet in de grond en de technische voorzieningen.

ad 1) De omvang zal van leverancier tot leverancier verschillen. Hierop zal in het volgende niet verder worden ingegaan. Steeds is verondersteld dat de afvalwarmteleverancier de afvalwarmte zonder extra kosten gratis ter beschikking stelt.

ad 2) In dit verband kunnen worden onderscheiden:
- enkelvoudige transportsystemen waarbij het warme water na gebruik afvloeit en niet opnieuw wordt gebruikt voor afvalwarmtetransport;
- cyclische transportsystemen waarbij het warme water na afkoeling terug wordt getransporteerd naar de afvalwarmteleverancier;
- ondergronds respectievelijk bovengronds transport;
- transport door middel van natuurlijk verval in de bodem dan wel met behulp van pompen.

ad 2 en 3) Vogel (1963) begroot de jaarlijks kosten van een gehele grondverwarmingsinstallatie bij een enkelvoudig transportsysteem over 500 m en transport door middel van natuurlijk verval in de gehele installatie op 5.000 DM/ha. In geval van een cyclisch systeem en watertransport door middel van pompen werden de jaarkosten begroot op ± 12.000 DM/ha. In Nederland lijkt transport door middel van natuurlijk verval op weinig plaatsen te realiseren. Van de verder in de literatuur vermelde investe-

ringen of kostenschattingen, zijn die van Tuinbouwwerkgroep Z-Vlaanderen (1985) en die van Buskermolen (1979) voor Nederlandse omstandigheden relevant. De tuinbouwwerkgroep Z-Vlaanderen (1985) (De Grootte A. en andere) geeft bij een afstand tot de afvalwarmteleverancier van 1300m voor een kavel van 32 bij 250 meter waarin verwarmingsbuizen zijn gelegd op een afstand en diepte van gemiddeld 55 cm en met een gemiddelde uitwendige diameter van 45 mm een investering op in verwarmingsnet plus afvoerkanaal van omgerekend ca ƒ 8,- tot ƒ 9,60 per m^2. Voor de aanvoer vanuit de centrale naar het terrein en de aanvoerpompen wordt een investering van omgerekend ƒ 6,25 tot ƒ 7,50 per m^2 opgegeven. Buskermolen begrootte de jaarkosten bij een afstand leverancier-afnemer van gemiddeld 5,5 km en een projectgrootte van 250 ha op minstens ƒ 1,- per m^2.

ad 3) De grondverwarmingsinstallatie in het veld wordt bepaald door de vereiste maximale capaciteit en het maximaal toelaatbaar temperatuurverschil tussen water in de aanvoer- en retourleiding. Vogel (1962) ging uit van een capaciteit van maximaal 71 Watt/m^2 en maximaal 4°C temperatuurverschil. Dit kwam neer op het rondpompen van 185 m^3 water per ha per uur. Direct hieraan gekoppelde investerings- en kostenbeïnvloedende factoren zijn hier de keuze van buisdiameter, buisdiepte en buisafstand, welke mede worden bepaald door het temperatuurniveau van de afvalwarmte, waarover kan worden beschikt (zie Tödt, 1982). Vogel (1962) berekende de economische optimale buisafstand op 90 cm bij een diameter van 65 mm, een diepteligging van ± 35 cm en een watertemperatuur van 25 tot 45°C. Schmisseur (1975) gaat uit van een buisafstand van 183 cm, een diameter van 51 mm, een diepteligging van 90 cm en een watertemperatuur van 35°-38°C. De Tuinbouwgroep Zuid Vlaanderen (1985 De Grootte A. en andere) bepleit verder onderzoek naar de beste installatiewijze.

Gezien het voorgaande kan door middel van een investerings- en kostenbegroting niet meer dan een indicatie gegeven worden van de investeringen en jaarlijkse kosten verbonden aan een grondverwarmingsinstallatie voor toepassing van afvalwarmte. Dit te meer daar practische toepassing van grondverwarming voor opengrondteelten niet of nauwelijks voorkomt. Opgestelde en op te stellen begrotingen konden en kunnen dan ook niet of nauwelijks nog getoetst worden aan de praktijk.

8.1.2. Uitgangspunten voor begrotingen

In deze paragraaf zijn de uitgangspunten van de investerings- en jaarkosten begrotingen gegeven. Voor de te maken begrotingen is de grondverwarmingsinstallatie opgesplitst in 2 delen namelijk:

1) Het grondverwarmingsonderdeel bij de afvalwarmteafnemer in het veld.
2) Het aan- en afvoerdeel omvattende de voorzieningen voor afvalwarmtetransport tussen leverancier en afnemer.

De begrotingen zijn gemaakt voor de twee objecten die ook op het proefveld zijn gesimuleerd namelijk:

C. Water met een constante temperatuur van ca 30°C. Daarbij is de warmtebehoefte in de winter aanzienlijk groter dan in de zomer, zoals blijkt uit het vorige hoofdstuk.

F. Een constante warmtecapaciteit waarbij de temperatuur in de winter aanzienlijk lager zal zijn (12°C) dan in de zomer (26°C).

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- projectgrootte van ± 60 tot 70 ha voor het transportonderdeel;
- een cyclisch buizensysteem in de grond, zowel in het veld als voor het transport tussen afvalwarmteleverancier en afnemer. In het te verwarmen veld eenzelfde buisafstand als op het proefveld namelijk 75 cm;
- als benodigd pompvermogen voor het grondverwarmingsonderdeel is uitgegaan van berekeningen gemaakt voor het proefveld (C ca 22 kW en F ca 3 kW per ha). Deze zijn aangepast voor het optredende drukverlies bij de zogenaamde inregelventielen (C, 20% en F, 50%). Voor van het proefveld afwijkende verwarmingscapaciteiten en/of buisdiameters is voor het benodigd pompvermogen aangenomen dat dit evenredig is aan de verschillen in drukverlies zoals deze uit een zogenaamde leidingweerstandsgrafiek kunnen worden afgelezen;
- afvalwarmte wordt gratis door de leverancier ter beschikking gesteld.

Technici schatten de levensduur van het buizennet zowel voor transport als voor de verdeling in het veld op zeker 20 jaar, mits de temperatuur in de buizen niet hoger wordt dan ca 45°C. Er is daarom een afschrijvingspercentage van 5% gehanteerd. Van pompen en andere technische voorzieningen is een levensduur van 10 jaar aangenomen. De restwaarde is steeds nihil verondersteld. Voor onderhoud en verzekering is 1% van de nieuwwaarde gerekend. De rentedervingskosten tenslotte zijn berekend uitgaande van een rentevoet van 8% en een gemiddeld geinvesteerd vermogen van 50% van de nieuwwaarde.

8.1.3. Investeringen en jaarkosten verbonden aan een grondverwarmingsinstallatie zonder aan- en afvoer

Op grond van de metingen op het proefveld (zie hoofdstuk 7) kan worden gesteld dat de warmtebehoefte op C maximaal 50 watt per m^2 bedraagt. Uitgaande van een maximaal temperatuurverschil tussen in- en uitgaand water van 2,7°C, leidingen van hardpolyetheen op een onderlinge afstand van 75 cm, is een buizennet met een inwendige diameter van 35,4 mm en een bijbehorend benodigd pompvermogen van 2,9 kW/ha technisch en economisch optimaal in geval van jaarrond gebruik op gemiddeld 50% van de maximale capaciteit.
Op het F object kunnen we uitgaan van een maximale warmteafgifte overeenkomend met 19 watt/m^2. Uitgaande van dezelfde uitgangspunten als hiervoor genoemd, is hier een buizennet met een inwendige diameter van 28 mm en een pompvermogen van 0,6 kW/ha technisch economisch optimaal in geval van jaarrond gebruik op gemiddeld 100% van de maximale capaciteit.
De investeringen voor het buizennet in het veld kunnen op 2 manieren benaderd worden namelijk:

- Uitgaande van de aanlegkosten van het proefobject voor dit onderdeel. Deze bedroegen ruim ƒ 100.000 per ha.
- Op basis van gegevens t.a.v. aanlegkosten grondverwarming in de glastuinbouw.

Gekozen is voor de laatste manier. Dit gezien het betrekkelijk kleinschalige en unieke karakter van het proefobject. De gegevens voor de glastuinbouw zijn aangepast voor wat betreft gebruikte buisafstand en buisdiameter. Verondersteld is dat de investeringen lineair toenemen bij een kleinere buisafstand. Voor wat de buisdiameter betreft is verondersteld dat de aanlegkosten voor 50% bestaan uit materiaalkosten en dat deze stijgen respectievelijk dalen overeenkomstig de prijsverhouding tussen de verschillende buisdiameters. Investeringen in het buizennet zijn op grond van voorgaande ingeschat op basis van de
formule: $I = (1 + 0{,}5\ (PV - 1)\ (ƒ\ 2 + ƒ\ 1{,}6\ A)$
waarin : I = investering per m^2,
pv = prijs gebruikte buis/prijs buis met inw.Ø van 21 mm
A = 1/buisafstand in meters.

Voor C resulteert dit bij de hiervoor genoemde uitgangspunten in een investering in het buizennet van:

$$1 + 0{,}5\ (1{,}79 - 1)\ (ƒ\ 2 + ƒ\ 1{,}6 + 1{,}33) = ƒ\ 5{,}80/m^2$$

De investering van pomp plus aandrijving bedraagt voor C:

$$(ƒ\ 3700 + ƒ\ 200 \times 2{,}9\ (\text{aantal kW pompvermogen})/10.000 = ƒ\ 0{,}43/m^2$$

Voor F komen hiervoor genoemde investeringen bij een buisprijsverhouding van 1,26 en een pompvermogen van 0,6 kW uit op ƒ 4.67 m^2 voor het buizennet en 0,38 cent per m^2 voor pompaandrijving. Voor meng-, meet- en regelsystemen is zowel voor C als F een investering van ƒ 1 per m^2 ingerekend.
Voor de electriciteitskosten is uitgegaan van een gemiddelde belasting van 80%. Bij een kWh prijs van 0,25 cent zijn de electriciteitskosten bij continu draaien per dag voor:
C: 2,9 x 0,8 x 24 x 0,25 = ƒ 14 per dag (afgerond)
F: 0,6 x 0,8 x 24 x 0,25 = ƒ 3 per dag (afgerond).

Op C wordt echter de volledige capaciteit het gehele jaar niet volledig benut. Door al of niet bijschakelen van pompen is het technisch mogelijk in de zomer op energiekosten te besparen. Gemiddeld is bij de berekening uitgegaan van een benutting van 50%. Het resultaat van de calculatie is vermeld in tabel 8.1.

Tabel 8.1. Investering en jaarkosten per ha voor een grondverwarmingsinstallatie exclusief aan- en afvoer bij gebruik gedurende het gehele jaar.

Omschrijving	Type afvalwarmte en verwarmingscapaciteit				
	C (max 50 W/m^2)		F (constant 19 W/m^2)		
	invest.	jaarkosten	invest.	jaarkosten	
Grondverwarmingsbuizensysteem	ƒ 58.000	ƒ 5.800	ƒ 47.000	ƒ 47.000	soil heating pipes
Pomp + aandrijving	ƒ 4.300	ƒ 650	ƒ 3.800	ƒ 570	pump and maintenance
Aansluitingen, meet- en en regelsystemen	ƒ 10.000	ƒ 1.500	ƒ 10.000	ƒ 1.500	connectors, measure and regulator systems
Totaal investeringen en vaste kosten	ƒ 72.300	ƒ 7.950	ƒ 60.800	ƒ 6.770	total investments and fix costs
Electriciteitskosten ƒ 14/dag x 364 x 0,5		ƒ 2.550	ƒ 3/dag x 364 x 1	ƒ 1.090	Electricity costs
Tot. jaarkosten		ƒ 10.500		ƒ 7.860	Total annual costs
description	invest-ment	annual costs	invest-ment	annual costs	
	C (max 50 W/m^2)		F (constant 19 W/m^2)		
	Type of heat source (and heating capacity)				

Table 8.1. Investment and annual costs/ha for a soil heating plant without the supply and discharge lines when used for a full year round.

Uit de tabel blijkt dat de investering voor het C object op 72.300 wordt begroot

met aan vaste jaarkosten ƒ 7.950 per ha. Voor F is de investering op 60.800 begroot met aan vaste jaarkosten ƒ 6.770. De variabele jaarkosten aan electriciteit bedragen resp. ƒ 2.530 en ƒ 1.090.

Uit de literatuur en proefresultaten is bekend dat de belangrijkste resultaten met grondverwarming behaald worden in een beperkt deel van het jaar, met name het voorjaar. Daarom is t.o.v. de eerder vermelde resultaten bij jaarrondexploitatie nagegaan welke besparing een beperking van de gebruiksperiode tot respectievelijk 1 maart - 1 november of 1 maart - 1 juni oplevert.
Tabel 8.2 geeft hiervan de resultaten.

Tabel 8.2. Investeringen en jaarkosten voor een grondverwarmingsinstallatie exclusief aan- en afvoer bij gebruik gedurende een deel van het jaar.

Omschrijving	C (maximaal 50 W/m²)		F (constant 19 W/m²)		
	investering	jaarkosten	investering	jaarkosten	
Gebruik van 1/3 - 1/11					Use from 1/3-1/11
Totale investering en vaste kosten (voor specificatie zie tabel 8.1)	72.400	7.950	60.800	6.770	Total investments and fixed costs (for specification see table 8.1)
Electriciteitskosten		1.250		545	Electricity costs
Totaal		9.200		7.315	Total
Gebruik van 1/3-1/6					Use from 1/3-1/6
Grondverw. buizensyst.	46.700	4.670	41.300	4.130	Soil heating pipes
Pomp + aandrijving	5.800	870	4.100	615	pump and maintenance
Meet- en regelsysteem	10.000	1.500	10.000	1.500	Measuring- and regulator system
Totaal vaste kosten	62.500	7.040	55.800	6.245	Total fixed costs
Electriciteitskosten		1.650		760	Electricity costs
Totaal		8.690		6.905	Total
description	investment	annual costs	investment	annual costs	
	C (max. 50 W/m²)		F (constant 19 W/m²)		
	Type of heat source (and heating power)				

Table 8.2. Investments and annual costs/ha for a soilheating plant without the supply and discharge lines (between field and the source of heat) when used a part of the year.

Tabel 8.3. Investeringen en jaarkosten per ha voor het aan- en afvoersysteem over 1 km bij gebruik gedurende het gehele jaar.

omschrijving	C (max. 50 W/m²)		F (constant 19 W/m²)		
	investeringen	jaarkosten	investeringen	jaarkosten	
Bij temperatuurverschil in- en uitgaande water van 2,7°C					
At a temperature difference between in coming and out going water of 2,7°C					
Transport buizen					
incl. aanleg	40.000	4.000	23.500	2.350	Transport pipes including laying
Pomp + aandrijving	1.000	150	500	75	Pump and maintenance
Totaal vast	41.000	4.150	24.000	2.425	Total fixed
Electriciteit (gem. ƒ8,75/dag)		3.150	(ƒ 6,50/dag)	2.340	Electricity costs
Totale kosten		7.300		4.765	Total costs
Bij temperatuurverschil van in- en uitgaand water van 8,1°C					
At a temperature difference between in coming and out going water of 8,1°C					
Totaal vast	22.000	2.250	12.000	1.220	Total fixed
Electriciteit (gem. ƒ 2,92/dag)		1.050	(ƒ 2,17/dag)	780	Electricity
Totale kosten		3.300		2.000	Total costs
Bij temperatuurverschil van in- en uitgaand water 16,2°C					
At a temperature difference between in coming and out going water of 16,2°C					
Totaal vast	14.000	1.475	8.000	810	Total fixed
Electriciteit (gem. ƒ 1,46/dag)		525	(ƒ 1,08/dag)	390	Electricity
Totale kosten		2.000		1.200	Total costs
Description	investments	annual costs	investments	annual costs	
	C (max. 50 W/m²)		F (constant 19 W/m²)		
	Type of heat source (and heating power)				

Table 8.3. Investments and annual costs per ha for the supply and discharge system over a length of 1 km between the source of heat and field when used for a full year.

Uit tabel 8.3 blijkt dat de jaarkosten sterk afhankelijk zijn van de delta-T die kan worden gerealiseerd en de vereiste maximale verwarmingscapaciteit. De delta-T welke kan worden gerealiseerd zal vooral afhankelijk zijn van het temperatuurniveau van de afvalwarmte waarover kan worden beschikt. Bij hantering van een hogere delta-T bij het transport als in het veld moet rekening gehouden worden met extra investeringen in menggroepen en of warmtewisselaars. Tevens zal het electriciteitsverbruik stijgen door de extra weerstand die deze installaties met zich meebrengen. Hiermee is in tabel 8.3 nog geen rekening gehouden. Verder is de projectgrootte van belang. Globaal kan gesteld worden dat bij een 6-voudige verkleining van de projectomvang de investeringen en de hiermee verbonden kosten per ha waarschijnlijk ruimschoots zullen verdubbelen.
Beperking van het gebruik tot een gedeelte van het jaar tenslotte levert in principe ook hier mogelijkheden tot besparingen op investeringen en/of electriciteitskosten. Er van uitgaande dat de diameter van de transportbuizen gelijk blijft, is de besparing op de inverstering nihil en op het electriciteitsverbruik evenredig aan de bekorting van het gebruik. In hoeverre het dan economisch interessant wordt de buisdiameter te wijzigen is hier, evenals de keuze van een economisch optimale buisdiameter, niet nagegaan.

8.1.5. Conclusies

- Investeringen en jaarkosten van een grondverwarmingssysteem op basis van afvalwarmte blijken afhankelijk van de vereiste (maximale) verwarmingscapaciteit, afstand tussen afvalwarmteleverancier-gebruiker, temperatuurniveau afvalwarmte (o.a. in verband met mogelijk te realiseren delta-T in aan- en afvoersysteem). Ook de lengte van de gebruiksduur binnen het jaar blijkt van invloed op de hoogte van de investeringen en/of jaarkosten.
  De veronderstelde economische levensduur van het basissysteem (hier gesteld op 20 jaar) heeft een belangrijke invloed op de jaarkosten.
- De investeringen en jaarkosten van een grondverwarmingssysteem exclusief transportsysteem tussen leverancier en gebruiker bij gebruik gedurende het gehele jaar zijn voor een systeem overeenkomstig C begroot op ƒ 73.000 en ƒ 11.000 per ha en voor een systeem overeenkomstig F op ƒ 60.000 en ƒ 8.000 per ha. Bij gebruik gedurende slechts een gedeelte van het jaar zijn hierop beperkte besparingen mogelijk variërend van circa 5 tot 20%.
- De toename van investering en jaarkosten per ha door de afstand tussen plaats van produktie van afvalwarmte en plaats van gebruik is gegeven de afstand, het systeem van aanleg en de vereiste capaciteit vooral afhankelijk van de delta T tussen aanvoer en retour water. Uitgaande van een project van circa 60 - 70 ha en een delta T van 2,7°C zijn de extra investeringen en jaarkosten per ha per

km afstand begroot op ƒ 41.000 en ƒ 7.000 voor een systeem overeenkomstig C en op ƒ 24.000 en ƒ 5.000 voor een systeem overeenkomstig F. Bij een delta T van circa 16°C bedragen de investeringen en jaarkosten bij eenzelfde projectgrootte naar schatting 1/3 tot een 1/4 hiervan.

- Veronderstellen we een minimale afstand van 1 km tussen plaats van produktie van afvalwarmte en plaats van gebruik dan kunnen op grond van voorgaande de jaarkosten voor objecten overeenkomstig C en F bij gebruik het hele jaar respectievelijk 3 maanden (1 maart-1 juni) van het jaar worden begroot op minimaal:

Gebruiksduur	hele jaar		3 maanden (1/3-1/6)	
object	C	F	C	F
jaarkosten per ha:				
grondverwarmingsonderdeel in het veld	ƒ 10.500	ƒ 7.900	ƒ 8.700	ƒ 7.000
aan- en afvoer	ƒ 5.300	ƒ 3.400	ƒ 3.800	ƒ 2.200
totaal jaarkosten per ha	ƒ 15.800	ƒ 11.300	ƒ 12.500	ƒ 9.200

Bij deze begroting is uitgegaan van een delta T in het aan- en afvoersysteem van 5,4°C en een projectgrootte van ± 60-70 ha.

8.2. Saldi en saldiverschillen van groente- en akkerbouwgewassen

8.2.1. Inleiding

Het te behalen saldo van een teelt gemiddeld over meer jaren vormt een van de belangrijkste kengetallen noodzakelijk voor de beoordeling of een teelt of teeltmethode bedrijfseconomisch interessant is. In deze paragraaf is daarom ingegaan op dit te behalen saldo per teelt per verwarmingsobject op basis van de teelttechnische onderzoeksresultaten zoals die in hoofdstuk 6 zijn beschreven. Om op basis van de saldi een zo goed mogelijke selectie te kunnen maken van perspectief biedende teelten op grondverwarming, is naast de gebruikelijke toegerekende kostenposten tevens losse arbeid toegerekend: voor 75% van de arbeidsbehoefte bij de planten en voor het opzetten van witlofwortelen; en 100% van de arbeidsbehoefte van die oogstwerkzaamheden waar in het algemeen losse arbeid bij wordt ingeschakeld. Op deze wijze konden verschillen in arbeidsbehoefte als gevolg van verschillen in fysieke produktie in de saldi worden verrekend.
De saldi per teelt op de grondverwarmingsobjecten worden (vooral) bepaald door:
- het verloop van de produktiecurves;
- het prijsniveau en het prijsverloop in de tijd.

Het verloop van de produktiecurve wordt o.a. in belangrijke mate bepaald door het plant- resp. zaaitijdstip. Dit tijdstip per teelt is steeds ongeveer gelijk geweest voor de verschillende verwarmingsobjecten. Met name bij de latere teelten zijn vele andere (bedrijfseconomisch optimale) keuzen van plant- resp. zaaitijdstip mogelijk per verwarmingsobject (zie volgende paragraaf). Daarom zijn voor de zomer- en herfstteelten van andijvie, sla en spinazie geen saldi en saldiverschillen berekend, hoewel wel een effect van grondverwarming bij deze teelten is waargenomen.
Herfst- en winterbloemkool zijn niet verder doorgerekend omdat hier geen of slechts negatieve effecten zijn waargenomen. Tenslotte zijn in deze paragraaf de 2e teelt van augurken en de 2e teelt bospeen (met plastic folie) buiten beschouwing gebleven vanwege de duidelijk te verwachten lagere saldi voor deze teelten dan bij de vroegste teelten van deze gewassen het geval is.

8.2.2. Markt en prijs

8.2.2.1. Prijs in de loop van het jaar.

De prijzen zijn voor vele produkten verschillend in de loop van het jaar als gevolg van verschillen in vraag en aanbod. In figuur 39 is dit geillustreerd

Figuur 39. De gemiddelde aanvoer per week van 1980 t/m 1984 op de Nederlandse veilingen, de behaalde gemiddelde weekmiddenprijzen en de oogst respectievelijk afzetperiodes gehanteerd bij de saldibegrotingen voor prei, witlof, sla en spinazie.

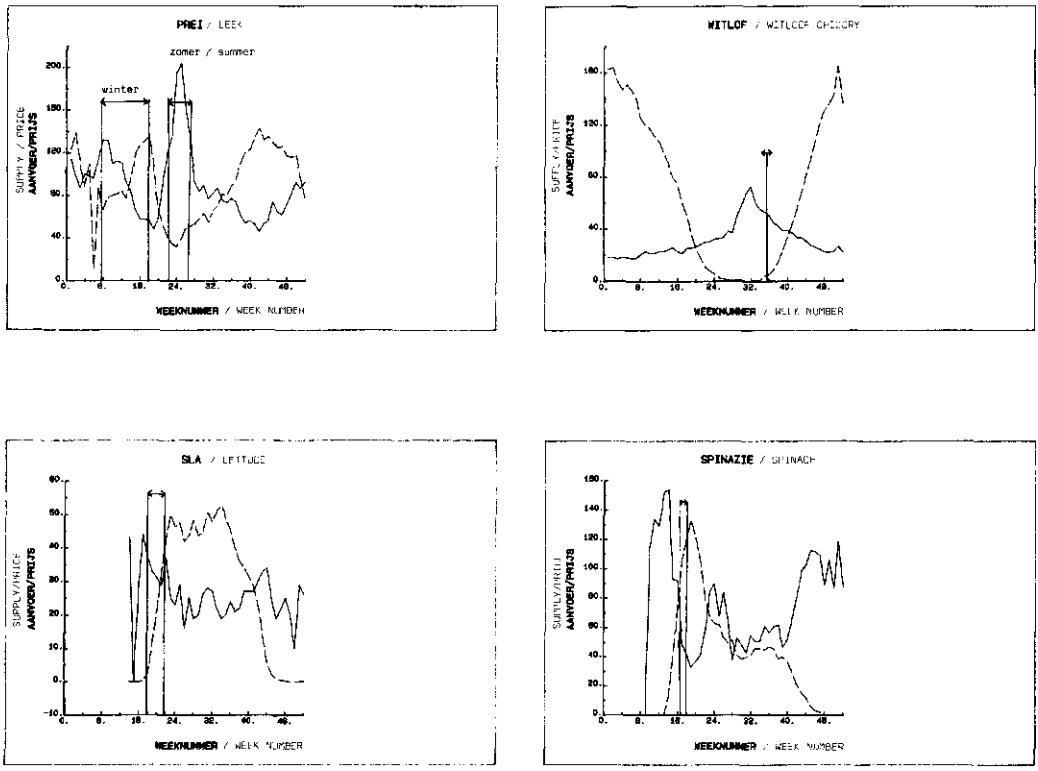


Figure 39. The average weekly supply in 1980 to 1984 on the Dutch auctions, the average midweek prices and the harvest respectively supply periods used for gross margin estimates of leek, witloof chicory, lettuce and spinach.

Figuur 40. De gemiddelde weekmiddenprijzen van 1980 t/m 1984 en de weekmiddenprijzen van de Nederlandse veilingaanvoer in de bij de saldibegrotingen gebruikte proefjaren rond de periode van oogst respectievelijk afzet voor vroege aardappelen, bospeen, spinazie, sla en witlof.

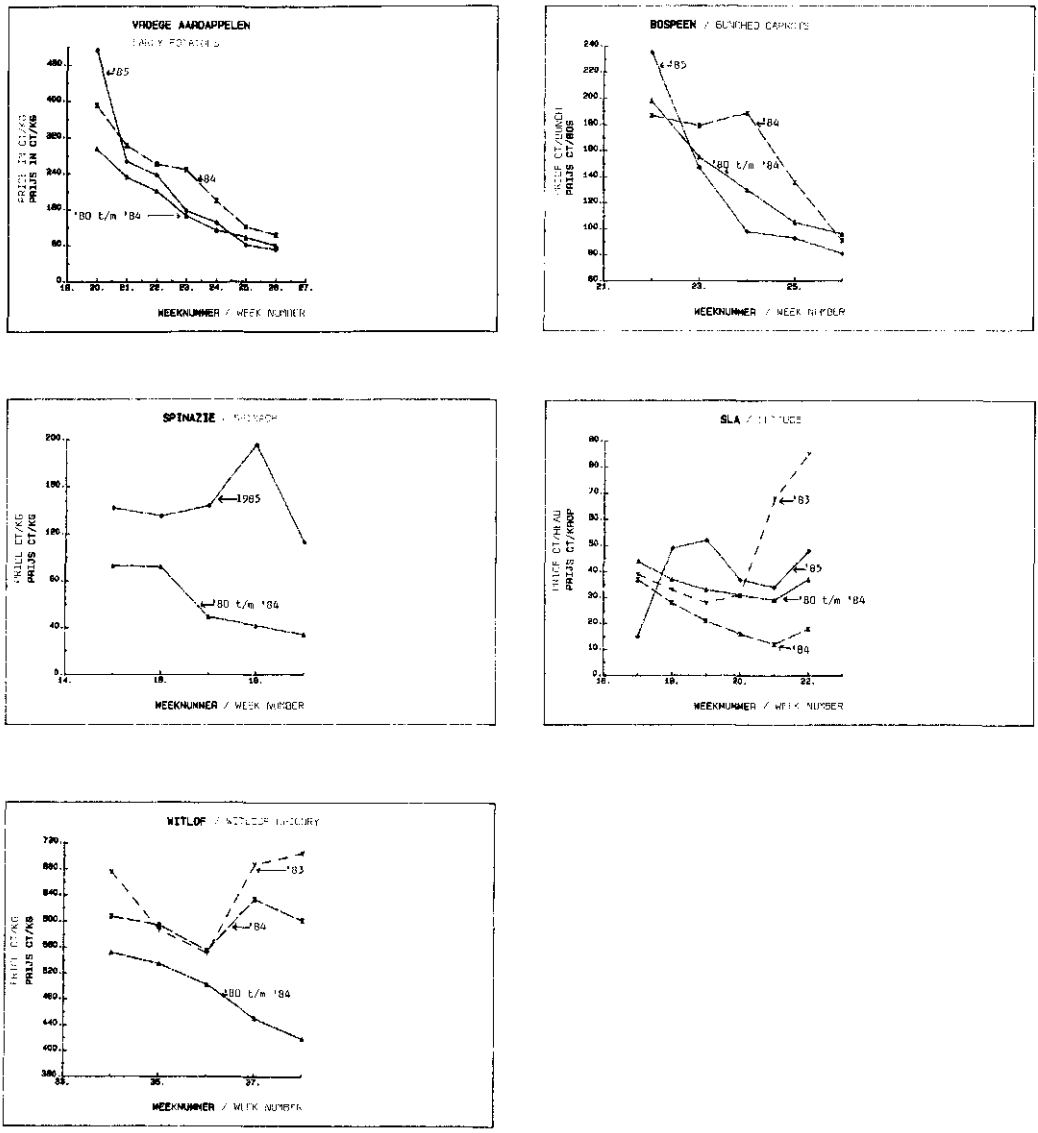


Figure 40. The average midweekprices from 1980 to 1984 inclusive of the Dutch auction supply and weekly average prices of the Dutch auction supply for the trial years used for the gross margin estimates in the period of harvest respectively sale for early potatoes, bunched carrots, spinach, lettuce and witloof chicory.

voor prei, witlof, sla en spinazie d.m.v. het 5-jarig (1980 t/m 1984) gemiddelde veilingaanbod en prijsverloop per week. In de meeste gevallen blijkt de prijs aan het begin van het produktieseizoen het hoogst, gevolgd door een periode met lagere prijzen waarna de prijzen aan het eind van het produktieseizoen weer hoger worden. Over bepaalde (kortere) perioden kan het prijsverloop hieraan tegengesteld verlopen als gevolg van toevallige invloeden op vraag en aanbod. Ook van jaar tot jaar kan dit prijsverloop over bepaalde kortere perioden soms tegengesteld zijn. Zie in dit verband het prijsverloop van sla in de proefjaren uitgezet in figuur 40.
Eén van de belangrijkste effecten van bodemverwarming is vervroeging van de produktie door een vroegere en snellere groei en ontwikkeling. Gezien de prijsontwikkeling is dit effect alleen aan het begin van het seizoen economisch gunstig. In de periode van gelijkblijven van de prijzen geeft een vervroeging van de produktie geen hogere geldopbrengst per teelt. Een hogere fysieke opbrengst kan dan wel een hogere geldopbrengst geven. Bij stijgende prijzen is vervroeging nadelig voor de bruto geldopbrengst per teelt. In dat geval is het beter evenredig zoveel later te planten respectievelijk te zaaien als de versnelde groei toelaat.

In figuur 39 zijn per produkt tevens de oogstperioden van de betreffende teelten aangegeven die bij de saldiberekeningen zijn gehanteerd (zie 8.2.3.). Met uitzondering van winterprei en spinazie blijkt dat de betreffende oogstperiodes gekenmerkt worden door een relatief lage aanvoer en een relatief hoge prijs. Ook bij vroege aardappelen (niet in figuur 39 opgenomen) wordt de oogstperiode gekenmerkt door een relatief nog lage aanvoer en een relatief hoge prijs. Gezien het vrij grote verschil in oogsttijdstip tussen verwarmd en niet-verwarmd (zie 8.2.3.) geldt dit voor C en F in sterkere mate als voor O. De totale aanvoer op de Nederlandse veilingen gemiddeld over de jaren 1980 t/m 1984 bedroeg tijdens de oogstperiode gehanteerd voor de saldiberekeningen van de teelt van vroege aardappelen (+ plastic folie) op C gemiddeld 56 ton (overeenkomend met ca 3 ha). Voor F was dit 206 ton/week (± 10 ha) en voor 0,1426 ton/week (ca 60 ha).
Bij bospeen is de aanvoer in de oogstperiode vrij groot doordat dit produkt in deze periode ook (nog) uit de kas komt. De prijs per bos is echter t.o.v. later in het seizoen wel relatief hoog. Bij augurk komt de produktie met name op de verwarmde objecten iets eerder op gang, maar komt verder ongeveer overeen met de oogstperiode van de normale vlakveldsteelt. Welke invloed verhoging van het hiervoor aangegeven, vaak vrij kleine veilingaanvoer zal hebben op de prijsvorming als gevolg van toepassing van grondverwarming is onbekend en vormt als zodanig een onzekere factor.

8.2.2.2. Prijsverloop per jaar.

Niet alleen in de loop van het jaar, maar ook van jaar tot jaar kunnen de prijzen van vele produkten aanzienlijk verschillen. Dit wordt in figuur 40 geïllustreerd aan de hand van de middenweekprijzen van de Nederlandse veilingaanvoer voor vroege spinazie, sla, aardappelen, witlof en bospeen. In de grafieken zijn de middenweekprijzen van de proefjaren rond de oogstperiode per teelt uitgezet en de met de veilingaanvoer (per week) gewogen gemiddelde middenweekprijzen over 1980 t/m 1984. Duidelijk komen in de grafiek de verschillen in weekmiddenprijzen, zowel van jaar tot jaar als binnen het jaar van week tot week, naar voren. Bij sla blijken de schommelingen zowel van jaar tot jaar als binnen het jaar van week tot week het grootst. Bovendien vertoont de prijsontwikkeling in de tijd van jaar tot jaar en t.o.v. het meerjarig gemiddeld voor de overeenkomstige periode soms een tegengesteld beeld (zie grafieken van sla, spinazie, en witlof). Dit is een oorzaak (naast jaarlijkse verschillen in produktiecurve) dat het effect van vervroeging het ene jaar positief en het andere jaar negatief kan uitvallen. Ook kan het economisch optimale oogstmoment hierdoor van jaar tot jaar verschillend liggen. Dat kan achteraf aan de hand van produktiecurve en prijsverloop worden vastgesteld (L. van Horen 1985). Het prijsniveau rond de oogstperiode in de proefjaren blijkt voor spinazie, vroege aardappelen en witlof duidelijk boven het meerjarig gemiddeld te liggen. Voor sla en bospeen lijkt het prijsniveau gemiddeld in de proefjaren minder systematisch van het gemiddelde prijsniveau 1980 t/m 1984 af te wijken.

In plaats van vergelijking met de (met de veilingaanvoer (per week)) gewogen gemiddelde middenweekprijzen 1980 t/m 1984 kunnen we ook het rekenkundig gemiddeld nemen. Argumentatie hiervoor zou kunnen zijn dat de op grondverwarming (onder folie) uit te voeren teelten minder onderhevig zijn aan weersinvloeden, welke verschuiving van het aanbod in de tijd veroorzaken, dan de overige teelten. Tabel 8.4 geeft de verhouding ongewogen/gewogen gemiddelde middenweekprijzen 1980 t/m 1984 voor een aantal produkten rond de periode van de oogst gehanteerd in de proeven. Uit tabel 8.4 blijkt dat het rekenkundig gemiddelde in het algemeen gelijk of iets hoger (0-12%) ligt dan het gewogen gemiddelde. Bij spinazie en aardbeien blijkt met name in week 17 en 18 het rekenkundig gemiddelde aanzienlijk hoger dan het gewogen (47 en 60%) gemiddelde. Dit wijst op forse aanvoerschommelingen van jaar tot jaar, welke leiden tot sterk schommelende prijzen. Bij sla tenslotte blijkt het rekenkundig gemiddelde vaak lager te liggen dan het gewogen gemiddelde. Dit wijst op schommelingen in de vraag van jaar tot jaar.

Tabel 8.4. Verhouding van de rekenkundig gewogen[1)] gemiddelde middenweekprijzen 1980 t/m 1984 (maal 100) van de Nederlandse veilingaanvoer van een aantal produkten tijdens de oogsperiode in de proeven.
1) Gewogen met de Nederlandse veilingaanvoer per week.

weeknr.	7	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	weeknr.
winterprei	98	100		102	100	100	100	100		108		winterleek
spinazie			99	137	112	147	160	114	223			spinach
sla								88	97	106	98	lettuce

weeknr.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	36	weeknr.
vr. aardappelen	103	105	108	107	104	106	108					potatoes
bospeen		101	104	106	102	101						bunched carrots
zomerprei			109	109	106	101	100	102	105	102		summer leek
aardbei			134	128	112	118	138	133	127			stawberries
witlof											103	witloof chicory

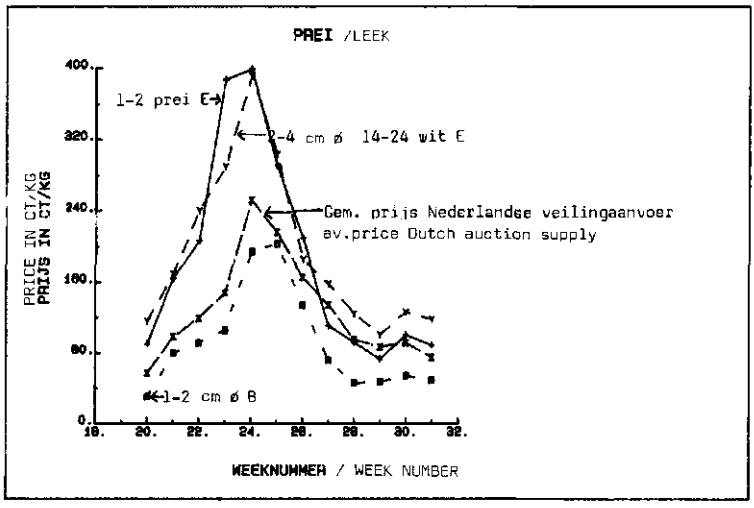
Table 8.4. Ratio arithmetic/weighted average midweek prices 1980 to 1984 inclusive multiplied with 100 of the Dutch auction supply for a number of products during the period of harvest in the trials.
1) Weighted with the Dutch aunction supply per week.

8.2.2.3. Prijzen voor de verschillende sorteringen resp. kwaliteiten.
Prijzen verschillen naar gelang de sortering respectievelijk kwaliteit van een product. Figuur 41 illustreert dit voor zomerprei en sla aan de hand van de rekenkundig gemiddelde middenweekprijzen ('82 t/m '84 voor prei (veiling RBTB Breda) en '83 t/m '85 voor sla (veiling Z.H.Z.) per sortering resp. kwaliteitsklasse. Tevens zijn de rekenkundige gemiddelde middenweekprijzen '80 t/m '84 van de totale Nederlandse Veilingaanvoer (gemiddelde van alle sorteringen en kwaliteiten) uitgezet. Uit figuur 41 blijkt duidelijk de invloed van sortering respectievelijk kwaliteit op de gemiddelde weekprijs. Bij prei is het prijsverschil tussen de onderscheiden kwaliteiten het grootst (vergelijk 1-2 prei E (= exportkwaliteit) met 1-2 prei B (= binnenlandse kwaliteit), terwijl dit bij sla juist het verschil tussen de onderscheiden sorteringen is. Vergelijk in dit verband sla met een gewicht van ± 215-225 gram per krop klasse I A met sla met een gewicht van 285-305 gram per krop klasse I A in figuur 41. Deze verschillen blijken verder absoluut aanzienlijk toe te nemen bij een hoger prijsniveau. Voor prei hangt de hiervoor genoemde prijsbeweging samen met het samenvallen in de tijd van de laatste aanvoer van (gemiddeld relatief lage kwaliteit) winterprei en de eerste aanvoer van (gemiddeld relatief hoge kwaliteit) zomerprei.

Met de hier genoemde prijsverschillen per sorterings- resp. kwaliteitsklasse is voor prei, sla en witlof rekening gehouden door het hanteren van prijzen per sorterings- resp. kwaliteitsklasse. Voor de overige gewassen resp. teelten is aangenomen dat de sortering resp. kwaliteit van het afgeleverde produkt overeenkwam met de Nederlandse veilingaanvoer in de betreffende periode.

8.2.2.4. Gehanteerde prijzen ter berekening van de brutogeldopbrengsten.
In het voorgaande zijn het belang en enige mogelijke invloeden van de keuze van te hanteren prijzen aangegeven. Daar hier de te verwachten economische effecten gemiddeld over een langere periode moeten worden ingeschat, is gekozen voor de (met de veilingaanvoer per week) gewogen gemiddelde middenweekprijzen '80 t/m '84 van de totale Nederlandse veilingaanvoer ter berekening van de saldi. Deze periode blijkt enerzijds lang genoeg om toevallige jaarinvloeden op de prijs te elimineren. Anderzijds is ze ook niet zodanig lang dat sprake kan zijn van een belangrijke invloed van eventuele structurele verschuivingen in vraag en aanbod welke verstorend werken. Het gewogen gemiddelde is genomen omdat er vanuit is gegaan dat toepassing van grondverwarming de teelten niet in belangrijke mate weersongevoeliger maakt.

Figuur 41. De gemiddelde weekprijzen 1980 t/m 1984 van de Nederlandse veilingaanvoer rond de periode van oogst respectievelijk afzet van zomerprei en voorjaarssla en de gemiddelde weekprijzen per sortering resp. kwaliteitsklasse:
- voor prei gemiddelde 1982 t/m 1984 veiling RBT Breda;
- voor sla gemiddelde 1983 t/m 1985 veiling ZHZ, Barendrecht.



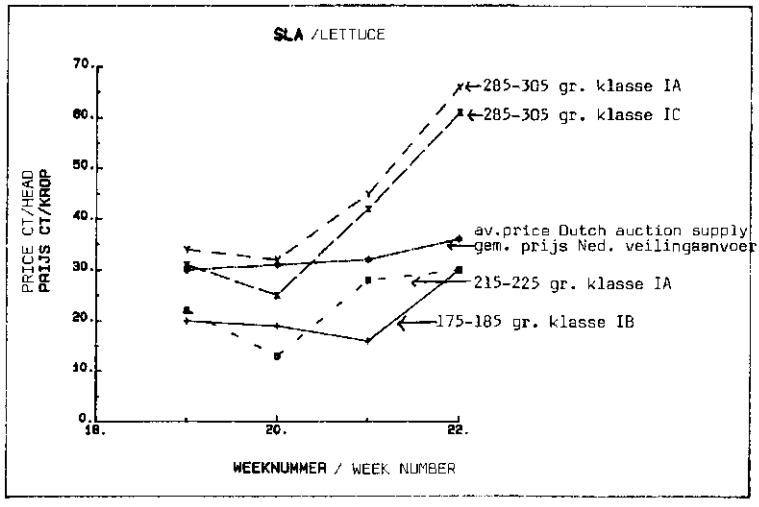


Figure 41. The average midweek prices 1980 to 1985 inclusive of the Dutch auction supply for the period of harvest respectively sale for summer leek and spring lettuce and the average weekprices per grading respectively quality-classes:
- for leek average 1982 to 1984 inclusive of auction RBT, Breda;
- for lettuce average 1983 to 1985 inclusive of auction ZHZ, Barendrecht.

Voor augurken waren de gemiddelde middenweekprijzen '80 t/m '84 niet beschikbaar. Daarom is de prijs voor dit produkt evenals voor de E.E.G. marktondernemingsprodukten suikerbieten en gerst ontleend aan Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw en Groenten in de Vollegrond '85/'86.
Bij aardbeien tenslotte, waarvoor de saldibegroting is opgesteld door de heer J. Dijkstra van het PFW te Wilhelminadorp, is uitgegaan van de weekprijzen gemiddeld over de jaren 1979 t/m 1984.
Daarbij is eerst het prijsverloop in de tijd gecorrigeerd voor jaarinvloeden door de topaanvoer op één lijn te brengen.
Voor aardbeienplantvermeerdering konden geen saldi worden begroot wegens het niet beschikbaar zijn van prijsgegevens per kwaliteitsklasse en per tijdstip van aflevering.

8.2.3. Werkwijze saldoberekeningen

Berekening brutogeldopbrengsten per teelt.
De in hoofdstuk 6 gegeven fysieke opbrengsten per teelt zijn gegeven per nettobeteelde oppervlakte-eenheid. In de praktijk zal de beteelbare oppervlakte afhankelijk van het toegepaste teeltsysteem in het algemeen niet voor 100% netto beteelbaar zijn. Bovendien zijn de teelten op basis waarvan de gemiddelde brutogeldopbrengsten zijn berekend ter wille van de vergelijkbaarheid van de objecten in het algemeen gebaseerd op geslaagde teelten terwijl in de praktijk ook teeltmislukkingen voorkomen. Daarom is voor de brutogeldopbrengstberekening uitgegaan van 80% van de fysieke opbrengsten van de bij de berekening betrokken proeven.
Uitgaande van proefresultaten over enkele jaren laat een gemiddeld te behalen brutogeldopbrengst zich op verschillende wijze berekenen, namelijk op basis van:
- het rekenkundig gemiddelde van de brutogeldopbrengsten per proefjaar. De brutogeldopbrengsten per proefjaar zijn hierbij berekend op basis van fysieke opbrengsten en prijzen in het betreffende proefjaar.
- idem hiervoor genoemd. De brutogeldopbrengsten per proefjaar worden echter eerst vermenigvuldigd met een meerjarig prijsgemiddelde gedeeld door prijs proefjaar als correctie op mogelijk toevallige prijsinvloeden op de brutogeldopbrengst.
- Het rekenkundig gemiddelde van de fysieke opbrengsten in de proefjaren maal een meerjarig prijsgemiddelde.

Eerstgenoemde methode lijkt methodisch het meest ideaal daar hier eventuele relaties tussen fysieke produktie per oppervlakte-eenheid en prijs als gevolg van weersinvloeden op de produktie worden meegenomen. Bij de 2e en 3e methode wordt deze relatie als verwaarloosbaar of als niet aanwezig verondersteld wanneer van een rekenkundig meerjarig prijsgemiddelde wordt uitgegaan. Gaat men uit van een gemiddelde berekend via weging met bijvoorbeeld de veilingaanvoer

dan wordt dit waarschijnlijk nog wel (enigszins) verdisconteerd, hoewel ook andere invloeden van invloed kunnen zijn op veilingaanvoer zoals bijvoorbeeld verandering in areaalomvang per teelt van jaar tot jaar. Praktisch bezwaar van de 1e methode is dat men moet kunnen beschikken over fysieke opbrengsten van een behoorlijk aantal jaren (bij grote fluctuaties in fysieke opbrengst en prijs van jaar tot jaar) om deze te kunnen toepassen. Hier is deze methode dan ook niet toegepast, gezien het betrekkelijk kleine aantal jaren per teelt (variërend van 1 tot 3) waarover proefresultaten beschikbaar zijn.
Voor sla (voorjaar), zomerprei en witlof is wegens het niet beschikbaar zijn van 5-jarig gemiddeld weekprijzen per sorterings- resp. kwaliteitsklasse de 2e methode gevolgd. Voor de overige teelten is de laatste methode toegepast. In beide gevallen is steeds gewerkt met de gewogen gemiddelde middenweekprijzen van de Nederlandse veilingaanvoer over de jaren '80 t/m '84.
Voor wat het oogsttijdstip betreft, is bij de teelten welke op meerdere tijdstippen eenmalig zijn geoogst als volgt gehandeld:

- Voor aardappelen en zomerprei is per verwarmingsobject uitgegaan van een oogstperiode van ± 3 weken rondom het tijdstip met de hoogste gemiddelde brutogeldopbrengst op de hiervoor genoemde wijze berekend. Bij voorjaarsspinazie van ± 1,5 week.
- Bij bospeen is uitgegaan van oogst bij een gemiddeld wortelgewicht van ± 12 tot 28 gram per wortel evenredig verdeeld over dit traject. Dit komt overeen met een oogstperiode van ± 3 weken. (De maximale geldopbrengst lag voor C en O bij een gemiddeld wortelgewicht van ± 25 gram en voor F bij ± 20 gram.)
- Voor voorjaarssla is uitgegaan van oogst bij een gemiddeld gewicht per krop tussen de 275 en 425 gram (evenredig verdeeld over dit traject). Afhankelijk van de groei in het betreffende jaar varieerde de bijbehorende oogstperiode van 1 tot 2 weken per verwarmingsobject.
- Voor winterprei is het gemiddelde genomen van de oogsttijdstippen tussen ± half februari en begin mei. Dit in verband met de invloed welke de winter kan hebben op de oogstperiode van dit gewas.

Toegerekende kosten.
De meeste teeltmaatregelen zijn overeenkomstig praktijknormen uitgevoerd bij de verschillende teelten. Toegerekende kosten zijn daarom ingerekend overeenkomstig de gegevens per teelt in Kwantitatieve Informatie '85/'86 en voor aardbeien, vroege aardappelen en bospeen overeenkomstig "Saldoberekeningen voor Vollegrondsgroentegewassen" van het Consulentschap voor Akker- en Tuinbouw te Tilburg.

Aangepast zijn de posten plantgoed, veilingprovisie en overige afzetkosten (fustpallethuur, vrachtkosten en koelkosten) bij verschillen in plantdichtheid, brutogeldopbrengst en/of fysieke opbrengst. Ook het gebruik van plastic folie is al naar gelang het wel of niet in de proeven gebruikt is, ingerekend. Verder zijn geen verschillen in direct toerekenbare kosten verondersteld. Kosten grondverwarmingsinstallatie zijn hier als niet direct toerekenbaar beschouwd.

8.2.4. Saldi, teeltduur en verschillen in saldi.

Tabel 8.5 geeft de begrote saldi met bijbehorend tijdstip waarop de teelt eindigt. Voor dit laatste is het weeknummer gegeven van de laatste oogstweek van de oogstperiode welke bij de saldiberekeningen is gehanteerd (zie paragraaf 8.1.3). Tevens zijn in de tabel 8.5 de verschillen in saldi en teeltduur tussen verwarmd en niet verwarmd aangegeven. In deze tabel is in plaats van de 2e planting augurken vlakveldsteelt een saldobegroting augurkenteelt aan touw (planting 1e helft mei) opgenomen op basis van mogelijk te behalen teelttechnische resultaten met deze teeltmethode zoals aangegeven in paragraaf 6.4.

Uit tabel 8.5 blijkt dat het hoogste saldo is begroot voor bospeen (zaai 1e helft maart) op C. Hierna volgen zomerprei (planting eind maart) en augurkenteelt aan touw beide op het C-object. Het saldiverschil tussen C en O is het grootst bij zomerprei (planting eind maart) gevolgd door bospeen, aardbeien (tioga), augurkenteelt aan touw, witlof [inclusief trek (+ plastic-folie)] en vroege aardappelen (+ plasticfolie). Bij zomerprei is met de 2e teelt op O een hoger saldo (ƒ 0,56) behaald dan met de 1e teelt. De saldi van de vroegste teelt van winterprei liggen (evenals die van de vroegste teelten van bospeen en augurk waarvan geen saldiberekeningen van de 2e teelt in de tabel zijn opgenomen) per verwarmingsobject steeds hoger als die van de er opvolgende 2e teelt. Dit geldt ook voor de saldiverschillen verwarmd - niet verwarmd. Bij sla daarentegen heeft de 2e teelt (als gevolg van verschillen in prijs in de tijd) hogere saldi dan de 1e teelt. De verschilen tussen C en O zijn steeds groter dan die tussen F en O met uitzondering van winterprei en witlofwortelen (incl. trek) zonder plastic. Bij witlof moeten we dit waarschijnlijk toeschrijven aan (toevallige) verschillen in gerealiseerde plantdichtheid tussen de objecten. Saldi en saldiverschil liggen bij vroege aardappelen en aardbeien met uitzondering van tioga op F met toepassing van plastic folie per verwarmingsobject eveneens hoger dan bij de overeenkomstige teelten zonder folietoepassing. Bij witlof en aardbei (tioga) is op F het omgekeerde het geval. Bij winterprei op C (planting 2e helft juli) en zomergerst zowel op C als F blijkt de invloed van bodemverwarming op het saldo (evenals op de fysieke opbrengst) negatief te zijn.

De verschillen in teeltduur per teelt blijken te variëren van 0 tot 5 weken tussen de verwarmingsobjecten. Bij de vroegste teelten blijkt deze groter of

gelijk te zijn aan de daar opvolgende 2e teelt van het betreffende gewas met uitzondering van prei (zomer) 2e planting waar het verschil tussen C en O aanzienlijk groter is als bij de 1e planting. Met plastic-folie blijkt de vervroeging bij vroege aardappelen duidelijk groter dan zonder folie. De verschillen tussen C en O tenslotte blijken steeds groter of gelijk te zijn aan die tussen F en O.

Tabel 8.5. Begrote saldi in guldens per m^2 beteelbare oppervlakte en het einde van de teeltperiode (aangegeven met weeknummer).

1) in de berekeningen opgenomen

2) berekend op basis van de gemaakte extrapolatie van vlakveldsteelt in paragraaf 6.4

3) op de met - aangegeven plaatsen kon vanwege de gevolgde proef of berekeningsmethodiek geen verschillen ontstaan.

gewas/teelt	folie	proef-jaren 1)	saldi C	saldi F	saldi O	saldiverschil C-O	saldiverschil F-O	Einde teeltperioden einde in weeknummers C	F	O	
C. aardbeien: tenira	+	'83/'84	2.83	1.26	0.94	1.89	0.32	31	32	32	table strawberries
	-	'83/'84	0.98	0.95	0.79	0.19	0.16	32	32	32	
tioga	+	'83/'84	3.85	1.61	1.00	2.85	0.61	32	32	32	
	-	'83/'84	1.03	1.30	0.61	0.42	0.69	32	32	32	
Vroege aardappelen											Early potatoes
pl. ± helft maart	+	'84 + '85	2.90	2.01	1.31	1.59	.70	23	24	26	pl. ± the middle of March
pl. ± helft maart	-	'84 + '85	1.92	1.54	1.26	.66	.28	26	27	27	pl. ± the middle of March
Augurk											Gherkin
pl. 1e half mei volvelds	+	'83 + '84	1.78	1.49	1.34	.44	.15	41	41	41	pl. ± first middle of May flat on the field
" aan touw 2)	+	('83 + '84)	1.91	4.91	3.27	1.64	.64	-	-	-	pl. ± first middle of May on strings
Bospeen											Bunched carrots
zaai 1e helft maart	+	'84 + '85	7.53	5.44	4.68	2.85	.76	24	25	25,5	seeding first middle of March
Prei											Leek
zomer: pl. eind maart	+	'84 + '85	6.34	2.57	1.03	5.31	1.54	26	27	27	summer: pl. end of March
pl. 2e helft apr.	+	'83, '84 +'85	2.52	2.36	1.65	.87	.71	27	31	31	pl. second middle of April
winter : pl. 2e helft juli	-	83/84 + 84/85	-1.23	-.57	-1.09	- 0.14	.52	18	18	18	winter: pl. second middle of July
pl. 1e helft aug.	-	83/84 + 84/85	-1.30	-.93	-1.50	0.20	.57	18	18	18	pl. first middle of August
Sla											Lettuce
pl. 1e helft maart	+	'83, '84 +'85	1.40	1.00	.90	.50	.10	20	21	22	pl. first middle of March
" 2e helft maart	+	'84 + '85	1.48	1.28	1.22	.26	.06	20	21	22	pl. second middle of March
Spinazie											Spinach
voorjaar	+	'85	.54	-.02	-.13	.67	.15	17	18	18	Spring
											Chicory roots (including forcing)
Witlofwortelen incl. trek	+	'83 + '84	3.62	3.39	2.08	1.54	1.31	36	36	36	- -
	-		2.98	3.88	2.31	.67	1.57	36	36	36	- -
Zomergerst	-	'82				- .09	- .06				Summer barley
Suikerbieten	-	'82 + '83				.07	0				Sugarbeet

crop/culture	plastic film	trial years	gross margin C	gross margin F	gross margin O	difference in gross margin C-O	difference in gross margin F-O	end growing period in weeknumbers C	F	O	

Table 8.5. Estimated gross margins in guilders per m^2 area and the end of the growing period (specified with weeknumber).

8.2.5. Conclusies

- Toepassing bodemverwarming heeft in het algemeen een positieve invloed op de te behalen saldi per teelt. Alleen bij winterprei (op C-object) en zomergerst was sprake van een negatieve invloed op de hier berekende saldi.
- In paragraaf 8.1. zijn de totale jaarkosten verbonden aan een grondverwarmingsinstallatie werkend op basis van afvalwarmte begroot op minimaal ƒ 12.500,- en ƒ 9.600 per ha voor objecten overeenkomstig C respectievelijk F bij gebruik van de installatie van 1 maart tot 1 juni.
  Met een teelt of teeltcombinatie zal voor een rendabele exploitatie in het algemeen minimaal een zodanig saldo behaald moeten worden t.o.v. niet verwarmde teelten, dat de hiervoor genoemde totale jaarkosten worden goedgemaakt.
  Op grond van de in deze paragraaf begrote saldiverschillen tussen verwarmd en niet verwarmd kan geconcludeerd worden, dat er economisch perspectief is voor toepassing van grondverwarming voor de volgende begrote teelten:
  - consumptie aardbeien (met plastic folie) op object overeenkomstig C;
  - vroege aardappelen (met plastic folie) op object overeenkomstig C;
  - augurkenteelt aan touw op objecten overeenkomstig C en F;
  - bospeen (met plastic folie) op objecten overeenkomstig C;
  - zomerprei (planting eind maart) op objecten overeenkomstig C en F;
  - zomerprei (planting 2e helft april) met een voorteelt van spinazie op C;
  - witlof (zaai april) op objecten overeenkomstig C en F.

  Uit de begrote jaarkosten en saldiverschillen kan verder worden geconcludeerd dat het mogelijke economisch perspectief voor een object overeenkomstig C aanzienlijk groter is dan bij deze teelten als voor een object overeenkomstig F.
- Het economisch optimale oogsttijdstip wordt op verwarmde grond in het algemeen eerder of op hetzelfde tijdstip bereikt als op niet verwarmde grond. Het prijsverloop gedurende het produktieseizoen maakt dat vervroeging in het algemeen alleen aan het begin van het produktieseizoen een positieve invloed heeft op het te behalen saldo per teelt. Vervroeging in combinatie met een van jaar tot jaar verschillend prijsverloop in de tijd maakt dat het effect van bodemverwarming het ene jaar positief en het andere jaar negatief kan uitvallen.

8.3. Saldi boomteeltgewassen

M. Bouwman

8.3.1. Markt en prijs

De markt van boomteeltprodukten kenmerkt zich door een grote mate van ondoorzichtigheid. De producent heeft nauwelijks inzicht in de vraag- en aanbodsituatie, omdat het grootse deel van de transacties via persoonlijke contacten verloopt. Bovendien heeft een boomteler te maken met een groot aantal verschillende afnemers onder andere exporteurs, tussenhandel, pakkethandel, hoveniers, tuincentra en grootgroenvoorzieners. De positie van de afnemer is in het algemeen de sterkste, omdat de afnemer over meer informatie beschikt.
Gebrekkige informatievoorziening en een geringe flexibiliteit van de produktie (meerjarige teelten) leidt gemakkelijk tot overschotten en tekorten. In hoeverre dit prijsschommelingen tot gevolg heeft is nauwelijks bekend. Voor het vaststellen van de verkoopprijs wordt namelijk vaak gebruik gemaakt van minimum-maximum richtprijzen. Deze worden jaarlijks in gezamenlijk overleg tussen boomtelers en handelaren vastgesteld. Het is bekend dat produkten regelmatig beneden de minimum richtprijs worden verhandeld. Bij schaarste stijgt de prijs vaak niet verder dan de maximum richtprijs, die 15% boven de minimum richtprijs ligt.
Uit het bovenstaande blijkt dat het niet eenvoudig is een prijs vast te stellen voor de berekening van de geldopbrengsten van de proefobjecten. Ook de prijzen die bij verkoop via de veiling tot stand komen bieden weinig houvast. Van de totale produktiewaarde van boomteeltgewassen wordt slechts ongeveer 10% via de klok of het bemiddelingsbureau gerealiseerd. Om toch een uitspraak te doen over de bedrijfseconomische perspectieven van bodemverwarming bij boomteeltgewassen is voor alle gewassen een gelijke prijsbasis gekozen. Uitgangspunt voor de berekeningen is steeds de minimum richtprijs voor het afzetseizoen 1985/1986.
In het richtprijzensysteem zijn alleen de meest geteelde gewassen in een beperkt aantal sorteringen opgenomen. Bovendien ontbreekt vaak een goede omschrijving van de kwaliteitseisen waaraan een bepaalde sortering moet voldoen. In de proeven zijn de objecten zoveel mogelijk volgens praktijknormen beoordeeld.
Met uitzondering van het gewas Cedrus atlantica "Glauca" waren geen prijsaanpassingen voor kwaliteitsverschillen nodig. Deze prijsaanpassingen en de prijzen van ontbrekende sorteringen zijn in overleg met boomtelers vastgesteld.

8.3.2. Brutogeldopbrengsten

In hoofdstuk 6 zijn de fysieke opbrengsten per netto beteeld oppervlak weergegeven. Voor de berekening van de geldopbrengsten per bruto beteeld oppervlak zijn de opbrengsten van de zaailingteelten (teelt op bedden) met een factor 0,7

en de overige teelten met een factor 0,9 vermenigvuldigd.
Zaailingen worden afhankelijk van de maat en vraag als onderstam of als bosplantsoen verkocht. Onderstammen zijn in een beperkt aantal dikten van de wortelhals verhandelbaar. Ze moeten tevens een minimale lengte hebben. Bosplantsoen wordt op lengte verkocht.
Voor de bepaling van de geldopbrengsten van de zaailingteelten zijn twee varianten berekend. Enerzijds zijn de geldopbrengsten berekend voor de situatie dat alle planten als bosplantsoen worden verkocht. Anderzijds is bepaald hoe hoog de geldopbrengsten zijn wanneer zoveel mogelijk planten als onderstam worden verkocht. Het resterende deel wordt als bosplantsoen verhandeld. Verondersteld is dat kromme zaailingen geen waarde hebben. De werkelijke verkopen zullen zich tussen deze extremen bewegen, omdat de vraag naar "dunne" onderstammen (4/6 mm Ø) in het algemeen gering is.
Voor Acer pseudoplatanus en Fraxinus excelsior zijn de geldopbrengsten per jaar bepaald en daarna gemiddeld. De kieming en daarmee de standdichtheid van zaailingen kan van jaar tot jaar sterk wisselen. De standdichtheid bepaalt voor een belangrijk deel de lengte en dikte die de planten bereiken. De fysieke opbrengst is dus een combinatie van standdichtheid, dikte en lengte.
Een eenjarige teelt van Forsythia intermedia "Spectabilis" levert onder normale omstandigheden meestal alleen plantgoed op. Een deel van de planten op de verwarmde objecten heeft echter voldoende takken van een bepaalde lengte om als leverbaar te worden verkocht. Op het eenjarige hout zijn echter geen bloemknoppen aanwezig. Bij een ruim aanbod van tweejarige leverbare struiken met bloemhout zullen de eenjarige planten vermoedelijk niet als leverbaar, maar als zwaar plantgoed worden verhandeld. Voor beide verkoopmogelijkheden zijn de geldopbrengsten bepaald op basis van het rekenkundig gemiddelde van de fysieke opbrengsten in de proefjaren.
De bruto geldopbrengsten van de overige gewassen waarvoor saldi zijn berekend, zijn gebaseerd op de proefresultaten van één teelt.
In de berekeningen zijn niet opgenomen:
1) Fagus sylvatica (zaailing);
2) Paeonia lactifolia "Sara Bernhardt" (vaste plant);
3) Ribes alpinum (heester van winterstek);
4) Ilex aquifolium "Golden van Tol" (heester van plantgoed uit stek);
5) Platanus acerifolia (spil van plantgoed uit winterstek);
6) Platanus orientalis (plantgoed uit winterstek).

Bij de eerste drie gewassen zijn geen of negatieve effecten van grondverwarming waargenomen. Voor de overige drie gewassen zijn geen saldi berekend vanwege teleurstellende proefresultaten voor alle objecten.

8.3.3. Toegerekende kosten

De toegerekende kosten zijn gebaseerd op de opkweek onder de omstandigheden in het gebied waar het gewas veel wordt geteeld. In de afzetkosten is rekening gehouden met verschillen in fysieke opbrengsten tussen de objecten.
Arbeidskosten worden in principe niet toegerekend.
Naast verschillen in fysieke opbrengsten zullen echter verschillen in arbeidsbehoefte optreden. Om de saldi onderling te kunnen vergelijken zijn de kosten van de extra arbeid van C en F ten opzichte van O wel toegerekend. De kosten van grondverwarming zijn niet toegerekend. Deze moeten nog uit de saldi van de verwarmde objecten worden vergoed.

8.3.4. Saldi

In tabel 8.6 zijn de begrote saldi voor de verschillende gewassen en objecten samengevat.
In de tabel is te zien welke saldiverschillen tussen verwarmde en onverwarmde teelt zijn begroot. Voor alle gewassen is het verschil tussen C en O groter dan tussen F en O. Gecombineerde verkoop van onderstammen en bosplantsoen levert voor alle beproefde zailingteelten een hoger saldo op. In tegenstelling tot de twee andere zaailingteelten is bij Fraxinus excelsior ook het saldiverschil tussen C en O en tussen F en O groter bij gecombineerde verkoop.

Tabel 8.6. Begrote saldi boomteeltgewassen in guldens per m^2 beteelbare oppervlakte.

1) Voor de berekening van gemiddelde plantdichtheid over de proefjaren is 1983 ook meegerekend;
2) Tweejarige teelt;
3) Voor de berekening van gemiddelde percentage uitval over de proefjaren is het proefjaar dat tussen haakjes is gezet ook meegerekend.

gewas/teelt	proefjaren	saldi			saldiverschillen		
		C	F	O	C-O	F-O	
zaailingen							seedlings
Acer platanoides	"85						Acer platanoides
- verkoop bosplantsoen		8,05	5,--	3,--	5,05	2,--	- saled as seedling trees and shrubs
- verkoop onderstam/bosplantsoen		8,65	6,60	4,35	4,30	2,25	- saled as rootstocks/seedling trees and shrubs
Acer pseudoplatanus	('83+)'84/+85[1]						Acer pseudoplatanus
- verkoop bosplantsoen		10,50	8,10	6,85	3,65	1,25	- saled as seedling trees and shrubs
- verkoop onderstam/bosplantsoen		11,55	9,85	8,85	2,70	1,--	- saled as rootstock/seedling trees and shrubs
Fraxinus excelsior	'84+'85						Fraxinus excelsior
- verkoop bosplantsoen		8,20	6,85	5,45	2,75	1,40	- saled as seedling trees and shrubs
- verkoop onderstam/bosplantsoen		12,85	10,95	9,20	3,65	1,75	- saled as rootstocks/seedling trees and shrubs
Siergewassen van plantgoed							Ornamental plants from young plants
Magnolia soulangiana	'83/'84[2]	15,--	10,25	0,40	14,60	9,85	Magnolia soulangiana
Cedrus atlantica "Glauca"	'83/'84[2]	24,70	14,80	-/-4,70	29,40	19,50	Cedrus atlantica "Glauca"
Gewassen van winterstek							Crops of hardwood cuttings
Forsythia intermedia "Spectabilis"	('83+)'84/+85[3]						Forsythia intermedia "Spectabilis"
- verkoop plantgoed		8,--	5,65	6,65	1,35	-/-1,--	- saled as young plants
- verkoop plantgoed/leverbaar		11,30	6,80	6,65	4,65	0,15	- saled as young plants/saleable size
Platanus acerifolia	'84 (+'85)[3]	14,40	5,10	1,20	13,20	3,90	Platanus acerifolia
crop/culture	experimental years	C	F	O	C-O	F-O	
		gross margin			difference in gross margin		

Table 8.6. Estimated gross margins of nursery crops in guilders per m^2 cultivated surface.

1) For the calculation of the average plantdensity experimental year 1983 has been taken into account too.
2) Biennial culture.
3) For the calculation of the average percentage waste the experimental year between brackets has been taken into account too.

Uit de proefresultaten van de afzonderlijke jaren van Fraxinus excelsior blijkt dat gecombineerde verkoop alleen in 1984 grotere saldiverschillen oplevert dan verkoop als bosplantsoen. Vermoedelijk is dit te wijten aan de grote verschillen tussen de objecten in het percentage onderstammen maat 6/10 en de hoge standdichtheid van het gewas in 1984.
De saldi van de onverwarmde objecten van de siergewassen Magnolia soulangiana en Cedrus atlantica "Glauca" zijn opvallend laag in vergelijking tot de saldi die in de regio Boskoop worden behaald. Voor het onverwarmde object Platanus acerifolia is ook een laag saldo begroot. Dit gewas wordt evenwel in de praktijk op zavel- en kleigronden geteeld. Verwarming met een constante temperatuur (C) levert een aanzienlijk beter resultaat op dan het verwarmingsregiem van F. Wanneer de marktsituatie het toelaat een deel van de planten van Forsythia intermedia "Spectabilis" als leverbaar te verkopen zijn de saldi en de saldiverschillen, met name tussen C en O groter.

8.3.5. Conclusies

- Bodemverwarming heeft bij 7 van de 14 gewassen waarvan dit min of meer werd verwacht (zie hoofdstuk 6.15) een positieve invloed op de te behalen saldi onder proefomstandigheden. De vraag of onder optimale omstandigheden de saldi van de verschillende objecten evenredig hoger zijn, kan niet worden beantwoord.
- Het resultaat op het zwaar verwarmde object C is altijd beter dan op het licht verwarmde object F.
- Op grond van de begrote saldiverschillen tussen verwarmd (C en F) en niet verwarmd en de begrote exploitatiekosten van ƒ 1,60/m^2 en ƒ 1,15/m^2 voor respectievelijk de objecten C en F (zie conclusies 7.2.5.) lijkt bodemverwarming voor de volgende teelten perspectief te bieden:
  - Acer platanoides object C en F;
  - Acer pseudoplatanus object C;
  - Fraxinus excelsior object C en F;
  - Magnolia soulangiana object C en F;
  - Cedrus atlantica "Glauca" object C en F;
  - Platanus acerifolia object C en F;
  - Forsythia intermedia "Spectabilis" - verkoop plantgoed/leverbaar object C.
- In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat het economisch perspectief van een project overeenkomstig object C groter zal zijn dan die van een project overeenkomstig F.

8.4. Rendabiliteit grondverwarming op een groenteteeltbedrijf (incl. aardbeien)

C. Kramer

8.4.1. Inleiding

Begrote saldi voor het C-object in hoofdstuk 8.2. geven aanleiding tot de vraag in hoeverre toepassing van grondverwarming op basis van dit type afvalwarmte in bedrijfsverband economisch aantrekkelijk kan zijn.
Een antwoord op deze vraag voor alle mogelijke denkbare bedrijfssituaties is niet mogelijk. Bovengenoemde probleemstelling is daarom ingeperkt tot de volgende vraagstelling. Welk bedrijfsresultaat kan behaald worden met een opengrondsgroentebedrijf (incl. aardbeien) met grondverwarming overeenkomstig object C t.o.v. een bedrijf zonder grondverwarming in geval:

I. De totale bedrijfsoppervlakte is voorzien van grondverwarming.
II. Een zodanig deel van de bedrijfsoppervlakte is voorzien van grondverwarming dat dit bedrijfseconomisch optimaal binnen het bedrijf past.

Het eerst genoemde bedrijfstype zou mogelijk kunnen ontstaan d.m.v. een projectmatige stichting van nieuwe bedrijven op een aaneengesloten stuk grond wat voorzien is van grondverwarming op basis van afvalwarmte. Het 2e type wanneer bestaande bedrijven gunstig gelegen t.o.v. een bepaalde afvalwarmteleverancier een deel van de bedrijfsoppervlakte willen gaan verwarmen. Als vergelijking is steeds gekozen voor een bedrijf zonder grondverwarming met dezelfde bedrijfsoppervlakte, een vergelijkbaar arbeidsaanbod en dezelfde mogelijke opengrondsteelt activiteiten (met uitzondering van het aspect grondverwarming).
Met behulp van een opgesteld lineaire programmeringsmodel zijn economisch optimale bedrijfsplannen berekend voor de hiervoor vermelde 2 bedrijfstypen met grondverwarming en het bedrijf zonder grondverwarming. Bedrijfsplannen zijn voor deze bedrijfstypen berekend voor het geval witloftrek (op basis van aangekochte wortels) niet en wel als teeltkeuze-optie wordt meegenomen bij een bedrijfsoppervlakte variërend van 1 tot 8 ha. Tabel 8.7 geeft een overzicht van de berekende bedrijfsplannen.

Tabel 8.7. Overzicht berekende bedrijfsplannen.

Mogelijke teelt-	Aandeel bedrijfsoppervlakte voorzien van grondverwarming		
activiteiten	100%	optimaal %	0%
zonder witloftrek	1 - 8 ha	1 - 8 ha	1 - 8 ha
met witloftrek	1 - 8 ha	1 - 8 ha	1 - 8 ha
Possible crop-	100%	optimal %	0%
activities	Percentage of farm area supplied with soil heating		

Table 8.7. Survey of calculated farm plans, without and with witloof (chicory) forcing.

8.4.2. Uitgangspunten bedrijfsbegrotingen

8.4.2.1. Mogelijke teeltactiviteiten vruchtwisseling

Als mogelijke teeltactiviteiten op verwarmde en niet verwarmde grond is in eerste instantie voor die teelten gekozen waarvoor een groter saldoverschil tussen het C en O object is begroot dan ƒ 12.500 (minimale begrote jaarkosten grondverwarming overeenkomstig het C-object) per ha. Voorjaarsspinazie is opgenomen omdat het eventueel als voorteelt voor augurk geteeld kan worden. Vroege sla (planttijd 1e helft maart) en zomerprei (planttijd 2e helft april) zijn toegevoegd als extra mogelijkheid ter oplossing van eventuele knelpunten in vruchtwisseling en of arbeidsbezetting. Witlofwortelen (incl. trek) zijn niet als teeltmogelijkheid opgenomen hoewel het begrote saldiverschil in tabel 8.8 groter is dan ƒ 12.500. Dit omdat uit een vergelijking van deze vervroegde teelt met teelt en trek van langbewaarde wortels bleek, dat de vervroegde teelt (bij het op de proefobjecten gehanteerde oogsttijdstip) niet kan concurreren met teelt en trek van lang bewaarde wortels.
De vermelde teelten in tabel 8.8 van vroege aardappelen, bospeen en zomerprei (planttijd eind maart) zijn opgesplitst in 2 teelten met een oogstperiode van elk een halve maand.
Bovengenoemde teeltmogelijkheden op verwarmde en niet verwarmde grond zijn aangevuld met de volgende mogelijke teeltactiviteiten waarbij geen verwarming van de grond wordt toegepast:

- bloemkool : oogst september t/m november;
- bospeen : oogst juli t/m november;
- prei : oogst augustus t/m april;
- sla : oogst mei t/m oktober;
- spinazie : oogst mei t/m oktober;
- witloftrek : oogst september t/m mei.

Tabel 8.8 geeft een samenvattend overzicht van de veronderstelde mogelijke teeltactiviteiten met de gehanteerde saldi (waarbij geen losse arbeid is toegerekend) en vruchtwisselingseisen.

Tabel 8.8. Overzicht van de teeltactiviteiten met hun respectievelijk saldi (in guldens) en gehanteerde vruchtwisselingseis (maximaal aandeel in de bedrijfsoppervlakte).

1) Op basis aangekochte wortels van niet verwarmde grond.

Teeltactiviteit		Saldi		Vruchtwisseling	
Gewas	Oogstperiode	Verwarmd	Niet verwarmd		
Cons. aardbeien	juni 1	53800	-	50%	Table strawberries
	juni 2	-	19600	50%	
Vr. aardappel	mei 2, juni 1	28800	-	25%	Early Potatoes
	juni 1, juni 2	-	14700 - 16000	25%	
Augurken (aantouw)		70900	35700	33 1/3 %	Gherkins
Bloemkool	sept. t/m nov.	-	18870 - 12520	25%	Cauliflower
Bospeen	mei 2, juni 1	95800 - 105800	-	25%	Bunched carrots
	juni 1 t/m nov.	-	76800 - 42800	25%	
Prei	juni 1 t/m juli 2	85800 - 35300	-	50%	Leek
	juni 2 t/m mei	-	30200 - 16000	50 - 25%	
Sla	mei 1	19300	-	50%	Lettuce
	mei 2 t/m okt.	-	16000 - 6130	50%	
Spinazie	april 2	7000	-	50%	Spinach
	mei 1 t/m okt.	-	5980 - 10980	50%	
Witloftrek 1)	sept. t/m mei	-	22850 - 11360	-	Witloof chirory forcing
Crop	Harvest period	Heated	Not heated		
Production activity		Gross margin		Croprotation	

Table 8.8. Summary of production activities with their respective gross margin (in guilders and crop rotation assumption max. part in the farm area).

1) based on bought witloof chicory of not heated soil.

Uit de gestelde vruchtwisselingseisen in tabel 8.8 blijkt dat aan verwarmde en niet verwarmde teelten dezelfde (vrij hoge) vruchtwisselingseisen zijn gesteld. Er zijn geen aanwijzingen beschikbaar dat deze vruchtwisselingseisen voor verwarmde teelten eventueel anders gesteld zouden moeten worden.

8.4.2.2. Arbeidsorganisatie en vaste kosten

In tabel 8.9 wordt een overzicht gegeven van de gehanteerde uitgangspunten t.a.v. arbeidsaanbod, loonwerk en arbeidsbehoefte. Steeds is uitgegaan van 1 vaste arbeidskracht per bedrijf met een arbeidsaanbod van 80 uur per halve maand voor teeltgebonden werkzaamheden. Tegen ƒ 15,- per uur kan losse arbeid worden aangetrokken voor een aantal werkzaamheden, zoals vermeld in tabel 8.9.

Tabel 8.9. Uitgangspunten t.a.v. arbeidsaanbod, loonwerk en arbeidsbehoefte.

Arbeidsaanbod: - 1 vaste arbeidskracht per bedrijf welke 80 uur per halve maand voor teeltgebonden werkzaamheden aanbiedt.
- losse arbeid: à ƒ 15,-/uur
  . wieden maximaal 100% arbeidsbehoefte.
  . planten, opzetten witlofwortelen, indraaien ranken augurken, oogsten maximaal 80% arbeidsbehoefte van deze werkzaamheden.
  . aardbeien plukken onbeperkt tegen ƒ 0,50 per kg.

Werkzaamheden in loonwerk:
- Grondontsmetten van aardbeien.
- Rijenfrezen bij aardappelen.
- Plastic leggen bij augurken.
- Naar de veiling brengen van eind produkten.

Arbeidsbehoefte:
- Gebaseerd op eigen 4 wielige trekkermechanisatie met uitzondering van bovengenoemde loonwerkactiviteiten.
- Steeds is uitgegaan van aangekocht plantmateriaal.
- Gebaseerd op gegevens vermeld in diverse handboeken en praktijkgegevens verstrekt door de voorlichtingsdienst.

Table 8.9. Assumed labour supply, contracting and labour requirements.

Tabel 8.10 geeft een overzicht van de gehanteerde jaarkosten voor duurzame produktiemiddelen, vaste arbeidskracht en de algemene bedrijfskosten.
Aan de verwarmde aardbeienteelt is ƒ 3000 per ha extra grondverwarmingskosten toegerekend omdat bij deze teelt is uitgegaan van verwarming van de grond gedurende het gehele jaar.

Tabel 8.10. Jaarkosten van duurzame productiemiddelen, vaste arbeidskracht en algemene kosten.

Grond incl. drainage	ƒ 2.870,- per ha	Are incl. tiling
Grondverwarming	ƒ 12.600,- per ha + ƒ 3000 voor aardbeien	Soil heating
GEBOUWEN EN WERKTUIGEN:		Buildings and implements:
Schuur	ƒ 8.000,-	Shed
Koelcel	ƒ 3.750,-	Coolrooms
Machines en werktuigen	ƒ 22.250,-	Machines and implements
Totaal	ƒ 34.000,-	Total
WITLOFTREK:		Witloof chicory forcing:
Trekinstallatie	ƒ 5.600,- + ƒ 21 per m^2 trekoppervlak.	Forcing plant
Koelcapaciteit + palletkisten	ƒ 100,- per ton benodigde capaciteit.	Cooling capacity + palletboxes
Heftruck	ƒ 10.000,-	Forkliftruck
Vaste arbeidskracht	ƒ 50,000,-	Fixed labour force
Algemene kosten	ƒ 7.000,- + ƒ 70 per ha.	General costs

Table 8.10. Annual costs of capital goods, fixed labour and general costs.

8.4.3. Resultaten bedrijfsprogrammeringen

In tabel 8.11 is een samenvattend overzicht gegeven van teeltplan en bedrijfsresultaten bij een bedrijfsoppervlakte van 2, 4, 6 en 8 ha voor de onderscheiden bedrijfstypen.
Uit de tabel blijkt dat naarmate de bedrijfsoppervlakte toeneemt het teeltplan bij alle onderscheiden bedrijfstypen extensiever wordt. Wanneer de oppervlakte voorzien van grondverwarming optimaal wordt gekozen, neemt deze oppervlakte sterk af met het toenemen van de bedrijfsoppervlakte. Augurkenteelt aan touw blijkt op alle onderscheiden bedrijfstypen bij geen van de onderscheiden bedrijfsoppervlakten in het teeltplan te zijn opgenomen. Aardbeien komen alleen op de verwarmde bedrijfstypen voor bij alle onderscheiden bedrijfsoppervlakten.

Tabel 8.11. Teeltplan en bedrijfsresultaten bij een bedrijfsoppervlakte van 2, 4, 6 en 8 ha voor de 3 onderscheiden bedrijfstypen in geval witloftrek geen teelttiekeuzeoptie is.

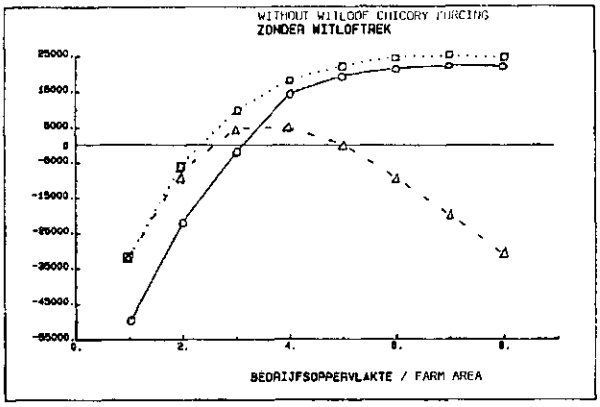
Bedrijfstype	Volledig grondverwarming				Opt. oppervlakte grondverwarming				Geen grondverwarming			
Bedrijfsoppervlakte	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
Oppervl. voorzien van grondverw.	2	4	6	8	1,19	0,60	0,80	0,58	0	0	0	0
Teeltplan in ha's:												
aardbeien	0,74	0,81	0,57	0,27	0,43	0,08	0,35	0,15				
vroege aardappelen	0,50	1,00	1,48	2,00	0,40	0,45	0,20	0,44	0,23	0,67	0,51	0,49
augurken												
bloemkool	0,50		1,50	2,00	0,50	1,00	1,35	2,00	0,50	1,00	1,50	2,00
bospeen	0,49	0,57	0,43	0,26	0,50	1,00	0,64	0,24	0,50	0,99	0,64	0,44
prei	0,84	1,05	1,03	1,71	0,79	1,25	1,67	1,84	0,79	1,49	1,66	1,66
sla	0,17	1,68	1,12	1,20	0,40	1,85	1,73	2,61	1,00	1,76	2,74	2,73
spinazie	-	1,62	2,99	4,00	0,53	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	2,99	4,00
Totaal beteeld:	3,24	6,73	9,12	11,44	3,55	7,63	8,94	11,28	4,02	7,91	10,04	11,31
Saldo teeltplan	ƒ 114740	157930	174320	183460	106600	128540	142900	145700	74740	116910	129520	135900
Vaste kosten: Grond incl. drainage"	5740	11480	17220	22960	5700	11480	17220	23000	5740	11480	17220	22900
Grondverwarming "	25200	50400	75600	100800	15000	7560	10080	7300				
Overige dpm's "	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000
Algemene kosten "	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
Vaste arbeidskosten "	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Totaal vaste kosten	ƒ 121940	ƒ 152880	ƒ 183820	ƒ 214760	ƒ 111700	ƒ 110040	ƒ 118300	ƒ 121300	ƒ 96740	ƒ 102480	ƒ 108220	ƒ 113980
Ondernemersoverschot	- 7200	+ 5050	- 9500	- 31300	- 5100	+ 18500	+ 24600	+ 24400	- 22000	+ 14530	+ 21300	+ 22000
Aantal uren losse arbeid (excl. pluk aardbei)	1196	2087	2460	3069	1130	2994	2876	3120	1077	3141	3169	3175
Uren t.b.v. aardbeienpluk	1174	1255	883	419	666	124	542	233				
Totaal losse arbeid	2370	3292	3343	3488	1796	3118	3418	3353	1077	3142	3169	3175

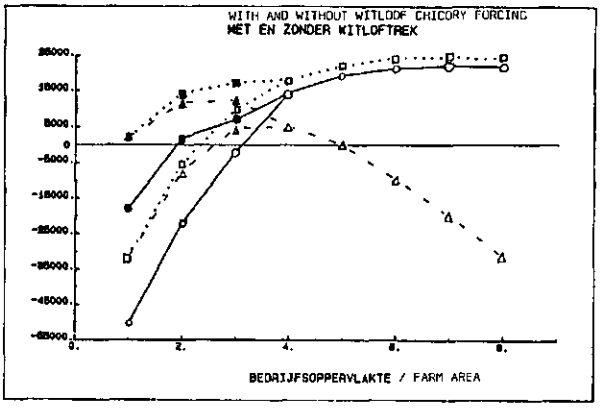
Table 8.11. Production plan on farm results for a farm area of 2, 4, 6 and 8 hectare for three distinguishable types of farms if witloof(chicory) forcing is no production option.

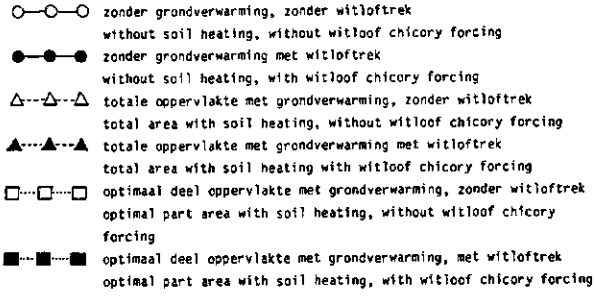
Farmtype	Total area soil heated				Optimum area supplied with soil heating				No soil heating			
Farm area	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
Area supplied with soil heating	2	4	6	8	1,19	0,60	0,80	0,58	0	0	0	0
Production plan in hectares:												
strawberries	0,74	0,81	0,57	0,27	0,43	0,08	0,35	0,15				
early potatoes	0,50	1,00	1,48	2,00	0,40	0,45	0,20	0,44	0,23	0,67	0,51	0,49
gherkis												
cauliflower	0,50		1,50	2,00	0,50	1,00	1,35	2,00	0,50	1,00	1,50	2,00
bunched carrots	0,49	0,57	0,43	0,26	0,50	1,00	0,64	0,24	0,50	0,99	0,64	0,44
leek	0,84	1,05	1,03	1,71	0,79	1,25	1,67	1,84	0,79	1,49	1,66	1,66
lettuce	0,17	1,68	1,12	1,20	0,40	1,85	1,73	2,61	1,00	1,76	2,74	2,73
spinach	-	1,62	2,99	4,00	0,53	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	2,99	4,00
Total area cultivated:	3,24	6,73	9,12	11,44	3,55	7,63	8,94	11,28	4,02	7,91	10,04	11,31
Gross margin production plan	ƒ 114740	157930	174320	183460	106600	128540	142900	145700	74740	116910	129520	135900
Fixed costs: Area inclusive drainage	" 5740	11480	17220	22960	5700	11480	17220	23000	5740	11480	17220	22900
Soil heating	" 25200	50400	75600	100800	15000	7560	10080	7300				
Remaining capital goods	" 34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000
General costs	" 7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
Fixed labour costs	" 50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Total fixed costs	ƒ 121940	ƒ 152880	ƒ 183820	ƒ 214760	ƒ 111700	ƒ 110040	ƒ 118300	ƒ 121300	ƒ 96740	ƒ 102480	ƒ 108220	ƒ 113980
Net farm earnings	- 7200	+ 5050	- 9500	- 31300	- 5100	+ 18500	+ 24600	+ 24400	- 22000	+ 14530	+ 21300	+ 22000
Number of hours casual labour	1196	2087	2460	3069	1130	2994	2876	3120	1077	3141	3169	3175
(exclusive picking strawberries)	1174	1255	883	419	666	124	542	233				
Hours for picking strawberries	2370	3292	3343	3488	1796	3118	3418	3353	1077	3142	3169	3175
Total hours casual work												

Verder verschillen de teeltplannen nog op een aantal punten. Zo blijkt in de teeltplannen zonder grondverwarming bij alle onderscheiden bedrijfsoppervlakten een grotere tot een ongeveer gelijke hoeveelheid bospeen, sla, spinazie en bloemkool in de optimale teeltplannen voor te komen. Bij vroege aardappelen en prei is het beeld bij de verschillende bedrijfsoppervlakten wisselend.
De benodigde hoeveelheid arbeid neemt toe met het toenemen van de bedrijfsoppervlakte bij alle onderscheiden bedrijfstypen, echter minder dan evenredig. Verder blijkt de losse arbeidsbehoefte op de bedrijfstypen met grondverwarming bij alle onderscheiden bedrijfsoppervlakten wat hoger te liggen dan de losse arbeidsbehoefte bij het bedrijfstype zonder grondverwarming en overeenkomstige bedrijfsgrootte.
Het teeltplansaldo ligt bij alle onderscheiden bedrijfsoppervlakten het hoogst bij het bedrijf met volledig grondverwarming gevolgd door het bedrijf met gedeeltelijk grondverwarming. Dit geldt echter ook voor het totaal van de vaste kosten. Het teeltplansaldo neemt evenals de vaste kosten toe met de toename van de bedrijfsoppervlakte bij alle onderscheiden bedrijfstypen. De mate van toename is echter per bedrijfstype verschillend.
Het ondernemeroverschot in relatie tot de bedrijfsoppervlakte heeft dan ook voor alle bedrijfstypen geen eenduidig verloop. Bij het bedrijf met de totale oppervlakte voorzien van grondverwarming neemt het ondernemersoverschot toe tot een bedrijfsoppervlakte van 4 ha terwijl het daarboven weer sterk afneemt. De twee andere bedrijfstypen laten een toename van het ondernemersoverschot zien over het gehele oppervlaktetraject. Na 4 ha is de toename gering.
In fig. 42A is het verloop van het ondernemersoverschot weergegeven in relatie tot de bedrijfsoppervlakte, waarbij geen witloftrek ter keuze is gegeven. Hieruit blijkt dat grondverwarming van de gehele bedrijfsoppervlakte beter is dan geen grondverwarming tot een oppervlakte van 3,2 ha. Echter het overschot wordt positief vanaf circa 2,8 ha, zodat er maar een klein traject is waar de bedrijfsvoering rendabel is en een hoger bedrijfsresultaat geeft dan niet verwarmd. Het maximum van het ondernemersoverschot blijft ƒ 17.000,- onder het maximum behaald zonder grondverwarming bij circa 7 ha.
Wanneer een optimaal gedeelte van de bedrijfsoppervlakte wordt verwarmd is het verschil t.o.v. niet verwarmd over het gehele traject afnemend positief.

Als witloftrek wel kan worden opgenomen wordt het ondernemersoverschot van alle bedrijfstypen hoger tot een oppervlakte van circa 4 ha (fig. 42B).
Zonder grondverwarming wordt het ondernemersoverschot vanaf 2 ha positief en bereikt haar maximum ook bij 7 ha.
Gebruik van grondverwarming over de gehele oppervlakte van het bedrijf geeft een positief ondernemersoverschot van 1 tot 5 ha met een maximum bij 2 tot 3 ha. Dit







Figuur 42. Ondernemersoverschot in relatie tot de bedrijfsoppervlakte:

a. in geval witloftrek niet ter keuze als mogelijke teeltactiviteit wordt gesteld;

b. in geval witloftrek wel als mogelijk teeltactiviteit ter keuze wordt gesteld.

Figure 42. Profit margin in relation to farm area:

a. in case of witloofchicory forcing is not a production option;

b. in case of witloofchicory forcing is a production option and is not a production option.

maximum is echter ƒ 10.000,- lager dan het maximum zonder verwarming bij 7 ha. Verwarming van de grond op een optimaal deel van het bedrijf heeft een afnemend positief effect op het ondernemersoverschot in het traject van 1 tot 7 ha met een maximum ondernemersoverschot bij 7 ha. Dit maximum is ƒ 2000,- hoger dan het maximum bij 7 ha onverwarmd. Daarbij is er nog geen rekening mee gehouden dat deze vorm hogere kosten met zich mee zal brengen voor het transport.
Hoewel niet onaanzienlijke saldoverschillen voor grondverwarming overeenkomstig het C-object zijn begroot, blijkt het economisch perspectief in bedrijfsverband voor dit type grondverwarming op basis van de thans beschikbare gegevens gering. Als belangrijkste oorzaken hiervoor zijn aan te voeren:

- de economisch perspectief biedende teelten leggen grotendeels in dezelfde periode beslag op de grond met daarin de installatie;
- deze gewassen moeten grotendeels in dezelfde korte periode worden geoogst zodat zij elkaar beconcurreren;
- de investeringen en jaarkosten verbonden aan toepassing van grondverwarming zijn hoog;
- de daarin opgenomen afschrijvingsperiode van 20 jaar is lang, met alle onzekerheden van dien.

8.4.4. Conclusies

Het benutten van afvalwarmte op een groenteteeltbedrijf blijkt weinig perspectief te bieden. Bij afvalwarmte overeenkomstig van het C-object zijn wel aanzienlijke saldi verschillen begroot bij een aantal gewassen. Daardoor wordt het ondernemersoverschot bij kleine bedrijfsoppervlakten ook aanzienlijk verhoogd. Echter bij de optimale bedrijfsoppervlakte van 2 à 3 ha blijft het ondernemersoverschot toch circa ƒ 10.000,- lager dan bij de optimale oppervlakte van 7 ha op het onverwarmde bedrijf.
Verwarmen van een optimaal deel van de bedrijfsoppervlakte biedt wat meer perspectief. Echter daarbij is nog geen rekening gehouden met de waarschijnlijk hogere kosten van transport.
De reden van dit resultaat moet gezocht worden in de hoge kosten verbonden aan grondverwarming gepaard aan de relatief korte periode (mei, juni), dat de gewassen met voordeel geoogst moeten worden.

9. NABESCHOUWING, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

J.A. Schoneveld

9.1. Inleiding

De centrale vraag waarop dit onderzoek een antwoord moet geven is: Kan afvalwarmte in Nederland op een economisch verantwoorde wijze voor bodemverwarming in de volle grond gebruikt worden? Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn vier doelstellingen geformuleerd, te weten:

- het bepalen van de reactie van de gewassen op een verhoogde bodemtemperatuur;
- het onderkennen van eventueel optredende negatieve verschijnselen en deze zo mogelijk oplossen;
- het afwegen van kosten en baten;
- het voorspellen van bodemtemperaturen op basis van het temperatuurniveau van afvalwarmte en het verwarmingssysteem met behulp van modellen waarbij ook de vochthuishouding wordt betrokken.

De eerste drie doelstellingen zijn in dit verslag behandeld terwijl de laatste doelstelling in een aparte publikatie van het ICW (deel II) nader zal worden uitgewerkt. Aangezien uit de resultaten van dit model onderzoek mogelijk richtlijnen voor het ontwerpen van een doelmatiger verwarmingssysteem kunnen worden afgeleid, kan de kosten - baten analyse in dit verslag slechts een voorlopige zijn, namelijk gebaseerd op het verwarmingssysteem zoals dat op dit proefveld is gebruikt.
De proeven zijn genomen op een proefveld op het PAGV-terrein nabij Lelystad. De verkregen resultaten hebben betrekking op de op deze proefplaats heersende omstandigheden zoals klimaat, bodemomstandigheden en daarmee samenhangende keuze van de gewassen.
Tijdens het onderzoek zijn een aantal beperkingen naar voren gekomen waardoor het niet mogelijk is exacte conclusies te trekken voor alle voorkomende gevallen in Nederland. Derhalve kan op de centrale vraag op dit moment slechts een beperkt antwoord gegeven worden.

9.2. Beperkingen van de proefplaats

Alvorens tot een aantal conclusies te komen is het goed de aandacht te vestigen op enkele van deze beperkingen ten aanzien van de proefplaats.

De wind heeft nogal wat problemen gegeven in dit weinig beschutte landschap. Weliswaar is in toenemende mate gebruik gemaakt van plastic bedekking. Naast een verbetering van de bovengrondse groeivoorwaarden (hogere temperaturen) geeft dit ook bescherming bij sommige gewassen tegen neerslag, wind en nachtvorst. Toch leidt het klapperen van het plastic soms tot meer windschade dan op meer beschutte plaatsen het geval is. Deze wind noopte ons er ook toe om de augurken vlakvelds te telen, bedekt met plastic folie en omgeven door een windscherm. De meer attractieve teelt aan touw kon niet worden toegepast.

De bodem is licht van kleur en bevat in het voorjaar tot 40 volume % water. Het land warmt daardoor in het vroege voorjaar niet snel op en is niet erg vroeg bewerkbaar of berijdbaar. Om dit euvel zoveel mogelijk te beperken is gebruik gemaakt van vaste rijpaden (3.3 m), toevoeging van tuinturf in de loop van de proefjaren en waar nodig is een aantal bewerkingen met de hand uitgevoerd. Gezien de aanvoer van produkten in andere delen van Nederland hebben we op deze proefplaats echter niet de maximale vroegheid kunnen bereiken. Daardoor kan de economische haalbaarheid van bodemverwarming op beschutte vroege plaatsen groter zijn, dan op deze proefplaats omdat daar geoogst kan worden in een periode met nog hogere prijzen.

De hier gemeten verschillen tussen C, F en O kunnen onder andere omstandigheden groter en/of kleiner zijn. In het vroege voorjaar is, door de werkzaamheden gedeeltelijk in handwerk te verrichten, op alle objecten op hetzelfde tijdstip gezaaid of geplant. Bij een wat meer gemechaniseerde uitvoering, zoals in de praktijk gebruikelijk is, zou object F en O wat later gezaaid of geplant zijn dan object C. In een enkel geval geeft de tweede zaai- of plantdatum in het voorjaar op F en O uiteindelijk een gelijke of iets hogere opbrengst dan de eerste plantdatum (augurk en sla). Meestal is echter de eerste zaai- of plantdatum de beste ondanks de minder goede groeivoorwaarden. Bij de vergelijking van de objecten (C, F en O) nemen we voor elk object de beste zaai- of plantdatum. Voor de praktijk, waarbij ook de mechanische uitvoering een rol speelt, zijn de aangegeven verschillen tussen C, F en O daardoor een iets te lage schatting van de mogelijkheden op een zavelgrond. Deze grond heeft ook een beperkte groeisnelheid waardoor de vroegheid en/of het produktievermogen op een bepaald tijdstip voor sommige gewassen niet maximaal is. Daardoor kan het hier gemeten verschil tussen C, F en O groter zijn dan op een vroege, groeikrachtige grond.
Voor de groente- en akkerbouw gewassen menen wij toch een goede schatting te kunnen geven van het effect van bodemverwarming. Voor de boomkwekerij-gewassen is het laatst genoemde bezwaar zo groot dat aanvullend onderzoek op voor de teelt optimale omstandigheden (grond) gewenst is alvorens voor de praktijk aanbevelingen te kunnen doen.

Op deze proefplaats kon een mogelijk aantrekkelijk gewas asperges niet worden beproefd. Enerzijds omdat de grond te zwaar is om aspergebedden op te ploegen en daarin te oogsten. Anderzijds was de proefperiode te kort om de reactie van dit gewas te onderzoeken. Er zijn echter wel resultaten in de literatuur te vinden die een effect van bodemverwarming bij asperges aangeven. Hieruit blijkt dat asperges mogelijk bruikbaar zijn wanneer in de praktijk benutting van afvalwarmte wordt overwogen.
Uit de veelheid van gewassen en teelten moest een keuze worden gedaan. Wanneer ook andere gewassen worden overwogen, dan die hier konden worden beproefd, kan getracht worden het betreffende gewas in zijn reactie te vergelijken met de wel onderzochte gewassen bijvoorbeeld wat betreft schietneiging en reactie op hogere temperaturen, bijvoorbeeld rode biet met suikerbiet, ijsbergsla met sla of andijvie enz. Daarbij is het van groot belang ook het prijsverloop van de betreffende produkten te bezien.

9.3 Conclusies

Het benutten van afvalwarmte is op twee manieren gesimuleerd namelijk met water met een constante temparatuur van 30°C (object C) en met water met een temperatuur overeenkomend met het lozingswater van de Flevo-electriciteits-centrale (object F; 6 - 8°C hoger dan het oppervlaktewater = 10 tot 27°C). Hierdoor worden andere voorwaarden voor de produktie geschapen.

- Vooral op het C object ontstaat een groot temperatuurverschil tussen 60 cm - mv (ligging van de buis) en het maaiveld. De temperatuur op 5 cm diepte is in het voorjaar op het C object 6°C en op het F object 2°C hoger dan op onverwarmde grond.
- De grond droogt door bodemverwarming iets meer uit. Daardoor is de grond in het voorjaar iets eerder berijdbaar en bewerkbaar. Door beregening is het extra vochtverlies zo nodig aangevuld. Problemen met uitdroging in de grond rondom de buizen hebben zich niet voorgedaan.
- Wanneer de grond in de winter niet bevriest, is de structuur in het voorjaar, vooral op C, veel kluiteriger. Dit kan problemen geven met kieming en aanslag van de planten. Als kort voor een vorstperiode wordt gespit, kan de grond ook op C bevriezen, omdat tijdelijk de aansluiting met de ondergrond wordt verbroken. Overigens kan op het object C de grond redelijk zaai- of plantklaar gelegd worden wanneer deze precies op het juiste moment wordt bewerkt.
- De invloed van bodemverwarming op bodemfysische, -chemische en -biologische eigenschappen kon niet exact worden vastgesteld, maar was hier van zeer beperkte betekenis. Ten aanzien van ziektedruk of onkruidgroei hebben zich geen extra problemen voorgedaan.

Ten aanzien van de reacties van de gewassen kan het volgende worden geconcludeerd.

- De planten reageren in het algemeen positief op bodemverwarming door een vroegere en vaak betere kieming, soms een betere aanslag en een vroegere en of een snellere groei en ontwikkeling. Dit effect is groter op object C dan op object F en is groter naarmate het groeipunt van de spruit zich dieper en/of langer in de grond bevindt.
- Ook de beworteling komt met bodemverwarming eerder op gang en is intensiever en soms dieper. Alleen prei en zomergerst vertoonden een negatieve reactie van de wortels op bodemwarmte. Van een effect op de opbrengst en/of kwaliteit door de beworteling is eerst sprake bij vocht- en/of nutriënten gebrek. Hiervan was echter geen sprake.
- Door de vroegere ontwikkeling van een gewas met bodemverwarming worden in het voorjaar de risico's met betrekking tot schade door nachtvorst, hagel, regen en wind groter. Dit kan voor een groot deel voorkomen worden door een bedekking met geperforeerd plastic folie. Naast de beschermende werking heeft het ook een verhoging van de temperatuur en daardoor een kortere groeiduur tot gevolg. Deze groeiduurbeperking bij alleen foliebedekking is bijna altijd groter dan bij alleen bodemverwarming, behalve bij vroege aardappelen in 1984 op C. Bovendien zijn de kosten verbonden aan het plastic folie veel lager dan die aan bodemverwarming. In een enkel geval heeft plastic bedekking wel een hogere ziektedruk tot gevolg (aardbei).
- De combinatie van bodemverwarming en bedekken met folie geeft de grootste groeiduurverkorting of de meeste opbrengstverhoging. Het is dan ook het meest aantrekkelijk gebleken ook in economisch opzicht.
- De schietneiging van een gewas wordt door bodemverwarming verminderd bij een in 't voorjaar gezaaid of geplant gewas. Na overwintering wordt het schieten bevordert of door een optimalere vernalisatie temperatuur of door het vroeger bereiken van het generatieve ontwikkelingsstadium.
- Van een oogstverlating in de herfst is door bodemverwarming geen sprake, omdat de bovengrondse omstandigheden bij bodemverwarming niet anders zijn dan bij onverwarmde grond. Afdekken met folie heeft in deze periode weinig perspectief, omdat het licht de meest beperkende factor is.
- Winterbloemkool, winterprei en het aardbeienras Karina verdragen bodemverwarming gedurende de winter met water van 30°C slecht. Winterbloemkool gaf meer uitval en een slechtere kwaliteit. De bladeren in het hart van de prei gingen sterk kronkelen. Bij uitgroei was het groene blad sterk gegolfd. Vermoedelijk wordt dit veroorzaakt door doorgaande groei in de grond en stagnatie van de groei bovengronds.

Later planten van deze gewassen op dit object, om ze in een gelijk ontwikkelingsstadium te laten overwinteren, bleek geen voordeel te bieden.
Bodemverwarming gedurende de winter op een niveau van 12°C (F) is voor winterbloemkool neutraal, voor winterprei en voor de aardbeienrassen Tenira en Tioga positief. Van deze laatst genoemden is de opbrengst op C het ene jaar beter, het andere jaar slechter dan de opbrengst op F.
Aardbeiplanten-vermeerdering is op C aanzienlijk beter dan op F en deze weer beter dan op O. Dit is in overeenstemming met de meeste niet-overwinteringsteelten.

- Andere directe kwaliteitsproblemen dan vermeld bij overwinterende teelten hebben zich niet voorgedaan. Indirect wordt de kwaliteit of sortering wel beïnvloed door hogere of lagere opbrengsten, waardoor een andere sorteringsverhouding wordt verkregen (augurk, prei en boomkwekerijgewassen).

Warmteafgifte.

- De warmte afgifte op object F was min of meer constant 12 Watt/m^2 met een maximum van 18 Watt/m^2. De warmteafgifte op C was afhankelijk van de luchttemperatuur (Watt/m^2 = 47,8 - 1,83 x luchttemperatuur; °C) en bedroeg 13 - 46 Watt/m^2 met een maximum van 51 Watt/m^2.

Kosten-baten-analyse.

Hoewel afvalwarmte geen waarde meer vertegenwoordigt, zijn aan het benutten ervan hoge investeringen en kosten verbonden. Deze zijn o.a. afhankelijk van de afstand tussen afvalwarmtebron en het te verwarmen veld, vereiste maximale verwarmingscapaciteit, projectgrootte en de gebruiksperiode van het systeem binnen het jaar.

De totale jaarkosten voor objecten overeenkomstig C respectievelijk F zijn begroot op ƒ 1,58 en ƒ 1,13 per m^2 bij gebruik gedurende het gehele jaar en ƒ 1,25 en ƒ 0,96 bij gebruik gedurende 3 maanden in het voorjaar. Hierbij is uitgegaan van gemiddeld 1 km afstand tussen afvalwarmtebron en het te verwarmen veld en een projectgrootte van ± 60 tot 70 ha. De bedragen geven een orde van grootte weer omdat toetsing met praktijkgegevens niet mogelijk was.

- Voor gewassen die in het voorjaar en voorzomer worden geoogst is de kortere groeitijd financieel aantrekkelijk omdat de prijzen dan een dalend verloop hebben.
- De zomergewassen, behalve augurk, brengen financieel gezien op verwarmde grond weinig of niets meer op dan op onverwarmde grond.

- Voor gewassen die in de nazomer geplant worden, leidt de kortere groeitijd (uitgaande van dezelfde plant- resp. zaaidatum) tot lagere geldopbrengsten omdat de prijzen in de oogstperiode van deze gewassen vaak oplopen.
  Dit nadeel kan worden voorkomen door later te planten. Hierdoor komt in principe ruimte vrij voor hieraan voorafgaande teelten. Deze is echter van geringe betekenis omdat het slechts om enkele dagen op object F tot maximaal een week op object C gaat.
- De volgende gewassen geven op object C en F, onder aftrek van de kosten van het verwarmingssysteem en plastic, een hoger saldo dan van het onverwarmde object met plastic: augurk, vroege prei, witlof, Acer platanoides, Fraxinus excelsior, Magnolia soulangiana, Cedrus atlantica "Glauca" en Platanus acerifolia. Alleen op object C zijn het bovendien de gewassen consumptie-aardbei, vroege aardappel, bospeen, Acer pseudoplatanus en Forsythia intermedia "Spectabilis". Het saldoverschil op object C is veel groter dan op object F, zodat om economische reden F niet aantrekkelijk is.
- Uit optimale bedrijfsbegrotingen berekend voor een groenteteeltbedrijf blijkt dat het benutten van afvalwarmte over de gehele bedrijfsoppervlakte overeenkomstig object C weinig perspectief biedt bij de huidige beschikbare gegevens. Het ondernemersoverschot wordt bij kleine bedrijfsoppervlakten aanzienlijk verhoogd. Echter bij de optimale bedrijfsoppervlakte van 2 à 3 ha blijft het ondernemersoverschot ƒ 10.000,- lager dan bij de optimale bedrijfsoppervlakte van 7 ha op het onverwarmde bedrijf.
  Gedeeltelijk verwarmen van de bedrijfsoppervlakte biedt wat meer perspectief. Het ondernemersoverschot is over het gehele oppervlaktetraject van 1-7 ha afnemend hoger; bij de optimale bedrijfsoppervlakte van 7 ha echter slechts ƒ 2.000,- hoger dan van het onverwarmde bedrijf. Gezien de vele nog bestaande onzekerheden is dit laag.
  De reden van dit resultaat moet gezocht worden in de hoge kosten verbonden aan de installatie, de vereiste vruchtwisseling en de korte periode van enkele maanden dat het voordeel behaald kan worden en waarin de gewassen elkaar ten aanzien van de oogstcapaciteit beconcurreren.

Slotconclusie.

Geconcludeerd kan worden dat verwarming van de grond in het algemeen een positieve invloed heeft op de gewasontwikkeling en produktie. De grond kan bij dit temperatuurregiem in principe zonder nadelige gevolgen voor de produktie als koelmedium gebruikt worden, mits in de winter het niveau niet te hoog is en in de zomer beregenen mogelijk is.

T.a.v. het economisch benutten van afvalwarmte bij de teelt van vollegrondsgroentegewassen moet voorlopig geconcludeerd worden dat wanneer de hieraan ver-

Teelttechnische aspecten

Vooral op het C-object ontstaat een groot temperatuurverschil tussen 60 cm - mv (ligging van de buis) en het maaiveld. De temperatuur op 5 cm diepte is in het voorjaar op het C-object 6°C en op het F-object 2°C hoger dan op onverwarmde grond. Het verwarmen van de grond heeft weinig invloed op bodemfysische en chemische eigenschappen gehad. Als de grond niet bevriest (C-object) is de structuur in het voorjaar kluiteriger. Door kort voor een vorstperiode te spitten kan de grond ook op het C-object bevriezen door verbreking van het contact met de ondergrond. Door op het juiste moment de grond te bewerken kan dit euvel grotendeels worden voorkomen.

De beworteling van de gewassen komt met bodemverwarming eerder op gang evenals de bovengrondse gewasgroei. Minder beworteling werd geconstateerd bij zomerprei en zomergerst.

Er is geen verhoging van ziektedruk of onkruidgroei vastgesteld. Wel bleek de onkruidgroei eerder op gang te komen.

Daar verwacht werd dat door bodemverwarming eerder gezaaid of geplant kan worden, zijn, voor een goede vergelijking, soms meer plantdata toegepast. In de meeste gevallen gaf zowel object C als op object F en object O de vroegste plantdatum het beste resultaat. Bij augurk in 1984 op object F en witlof in 1984 op object C en F was dit het geval voor de tweede planting.

In het algemeen reageren de gewassen positief op bodemverwarming door een eerdere en meestal betere kieming, soms een betere aanslag, een eerdere groei en ontwikkeling en minder snel schieten bij niet overwinteringsteelten. Deze verschijnselen treden meer op bij object C dan bij object F (hogere temperatuur in het voorjaar). Bovengenoemde verschijnselen treden ook sterker op wanneer het groeipunt van de spruit zich dieper en langer in de grond bevindt en op deze manier meer van de hogere temperatuur profiteert (prei, vroege aardappel, snijmais, bospeen, witlof, suikerbieten). Bij enkele boomkwekerijgewassen en augurk is geconstateerd dat de verschillen die het voorjaar zijn opgebouwd in de loop van de zomer vergroot worden.

Er zijn weinig kwaliteitsproblemen opgetreden, behalve bij de overwinteringsteelten op object C (winterbloemkool, winterprei).

Door de vroegere ontwikkeling van het gewas met bodemverwarming worden de risico's van nachtvorst, hagel- en windschade in het voorjaar groter. Daarom is in toenemende mate gebruik gemaakt van bedekking met geperforeerd (5%) plastic folie (poly-actyleen van 0,05 mm dikte). Naast de beschermende werking heeft dit ook een temperatuurverhogend effect, dat op object C groter is dan op object F en op object F groter is dan op object O. Daardoor komt of blijft het groeipunt langer onder invloed van de hogere temperatuur.

Vervroeging door alleen plastic-foliebedekking is meestal groter dan alleen bo-

demverwarming. Hierbij speelt het afhaaltijdstip van het plastic een rol. Hoe langer het blijft liggen, hoe meer vervroeging maar des te meer kan dit de uiteindelijke produktie beperken.
Combinatie van bodemverwarming en plastic bedekking geeft in het voorjaar de beste resultaten.

In tabel S1 wordt een overzicht gegeven van de reacties van de gewassen. Het negatieve resultaat tijdens de winter wordt veroorzaakt door meer uitval bij bloemkool en prei en groeiafwijkingen en vroeger schieten bij prei. Het negatieve resultaat bij zomergerst is waarschijnlijk versterkt door wel een snellere afrijping maar geen vroegere opkomst en ontwikkeling omdat de verwarming pas 4 mei is gestart.
Een kortere groeiperiode in de herfst is vaak nadelig voor de te behalen geldopbrengst in verband met de doorgaans oplopende prijzen. In de praktijk moet dit vertaald worden in later planten wat op F enkele dagen en op C oploopt tot een week hetgeen van weinig betekenis is. Verlating is door bodemverwarming niet mogelijk omdat in deze periode de hoeveelheid licht de meest beperkende factor is. De verschillen bij de kortgroeiende zomergewassen zijn van beperkte betekenis. Het onderscheid tussen matig en zeer positief reagerende gewassen is bepaald op grond van saldoberekeningen die van deze teelten zijn gemaakt (zie onder saldi).

Tabel S1 Reactie van gewassen op bodemverwarming.

zeer positief	matig positief	geen of licht positief	negatief
Op C en F	op C	op C en F	op C en F
aardbeirassen	voor- en najaarsspinazie,	zomerspinazie, -sla,	Ribes alpinum
Tenira en Tioga	-sla en -andijvie	-andijvie	
Acer platanoides	snijmais	herfstbloemkool	Op C
Fraxinus excelsior	suikerbiet	doordragende aarbeien	winterbloemkool
Magnolia soulangiana		vruchtbomen	winterprei
Cedrus atlantica "Glauca"	op F	Fagus sylvatica	aardbei Karina
Platanus acerifolia	vroege aardappel	Ilex aquifolium	zomergerst 1982
	augurk	"Golden van Tol"	
op C + plastic	vroege bospeen	Paeonia lactififlora	
vroege aardappelen	vroege prei	"Sarah Bernardt"	
augurk	winterprei		
vroege bospeen	vroege witlof	op F	
vroege prei	aardbeivermeerdering	voor- en najaarsspinazie,	
vroege witlof	Acer pseudoplatanus	-sla, -andijvie	
	Forsythia intermedia	winterbloemkool	
op C - plastic	"Spectabilis"	aardbei Karina	
aardbeivermeerdering		zomergerst 1982	
Acer pseudoplatanus		snijmais	
Forsytia intermedia		suikerbiet	
"Spectabilis"			

Warmte-afgifte.

De warmte-afgifte op object C (water van 30°C) bleek afhankelijk van de luchttemperatuur (Watt/m^2 = 47,8 - 1,83 x luchttemperatuur °C). Het maximum heeft 51 Watt/m^2 bedragen. De warmte-afgifte op object F (water van 12-27°C) is min of meer constant 12 Watt/m^2 met een maximum van 18 Watt/m^2.

Investering en jaarkosten.

Er zijn begrotingen gemaakt voor de investeringen en jaarkosten voor een verwarmingsproject in de praktijk 60 à 70 ha groot (tabel S2). De bedragen geven een orde van grootte weer omdat toetsing met praktijkgegevens niet mogelijk is. Daaruit blijkt, hoewel afvalwarmte geen waarde meer vertegenwoordigt, dat het benutten ervan duur is. De totale jaarkosten zijn begroot op ƒ 1,- à ƒ 1,60 per m^2. Eén van de aanbevelingen is dan ook een nauwkeuriger studie te maken of deze kosten niet beperkt kunnen worden.

Tabel S2. Investering en jaarkosten per ha voor bodemverwarming met afvalwarmte.

omschrijving object		investeringen in f per ha			jaarkosten in f per ha		
		buizen-stelsel	transport over 1 km	totaal	buizen-stelsel	transport over 1 km	totaal
jaarrond gebruik	C	73,000	32,000	105,000	10,500	5,300	15,800
	F	61,000	18,000	79,000	7,900	3,400	11,300
gebruik van 1/3-1/6	C	63,000	32,000	95,000	8,700	3,800	12,500
	F	56,000	18,000	74,000	7,000	2,200	9,200

Saldi en saldiverschillen

Om te kunnen beoordelen welke teelten perspectief bieden om afvalwarmte te benutten zijn saldiberekeningen uitgevoerd (geldopbrengst verminderd met de variabele kosten) van de relevante teelten. Naast het verloop van de produktie zijn de te behalen prijzen maatgevend. Voor enkele groentegewassen is nader ingegaan op de markt en prijs in de loop van het jaar, tussen de jaren en de invloed van sortering en kwaliteit.

De bruto-geldopbrengst kan op verschillende wijze worden berekend. Enige mogelijke methoden worden aangegeven en besproken. Gezien de prijsfluctuaties van jaar tot jaar en het betrekkelijke gering aantal jaren waarover proefresultaten beschikbaar waren, zijn hier de bruto-geldopbrengsten per teelt als volgt berekend. Uitgegaan is van 80% van het gemiddelde van de fysieke opbrengsten (per oogsttijdstip) behaald in de bij de economische evaluatie betrokken proefjaren. Dit is vermenigvuldigd met de gewogen gemiddelde weekprijzen over de jaren 1980/1984. De boomkwekerijgewassen zijn berekend met de minimum richtprijzen, die jaarlijks in overleg tussen boomtelers en handelaren worden vastgesteld. De zaailingopbrengsten zijn daarbij met de factor 0,7 en de overige met een factor 0,9 vermenigvuldigd om van proefveldopbrengsten op bedrijfsopbrengsten te komen. De toegerekende kosten zijn gebaseerd op de produktie onder normale praktijkomstandigheden.

Bij de zeer positief reagerende teelten (tabel S1) zijn de begrootte saldi, onder aftrek van de minimale jaarkosten voor verwarming, hoger dan die op het onverwarmde object; met uitzondering van de aardbeienplantenvermeerdering, waarbij geen verschil in prijzen gedurende het seizoen worden gehanteerd.

Rendabiliteit in bedrijfsverband.

De boomkwekerijgewassen worden in de praktijk op andere grondsoorten geteeld, waardoor de groei beter is dan op het onverwarmde deel van dit proefveld. De

vraag of onder optimale bedrijfsomstandigheden de saldi van de verschillende objecten evenredig hoger zijn, kan uit de beschikbare gegevens niet worden beantwoord.
Voor de groentegewassen (inclusief aardbeien) is nagegaan welk bedrijfsresultaat is te behalen met grondverwarming overeenkomstig object C ten opzichte van een bedrijf zonder grondverwarming in geval: a) de totale bedrijfsoppervlakte en b) een optimaal deel van de bedrijfsoppervlakte van een grondverwarmingsinstallatie wordt voorzien.

Economisch optimale plannen zijn berekend van 1 tot 8 ha waarbij al of geen witloftrek met aangekochte wortels ter keuze is gesteld.
Hieruit bleek dat alle teeltplannen extensiever worden bij toename van de bedrijfsopperlakte en daarmee de verhouding van de beschikbare grond en beschikbare arbeid.
Witloftrek wordt in alle plannen opgenomen tot een bedrijfsoppervlakte van ruim 3 ha. Het ondernemersoverschot wordt daardoor verhoogd. Zonder grondverwarming wordt het ondernemersoverschot dan vanaf 3 ha positief en bereikt het maximum bij 7 ha. Gebruik van bodemverwarming over de gehele bedrijfsoppervlakte van het bedrijf geeft een positief ondernemersverschot vanaf 1 ha tot 5 ha met een maximum bij 2 tot 3 ha. Dit maximum is echter ƒ 10.000,- lager dan het maximum bij 7 ha zonder verwarming.

Verwarming van de grond op een optimaal deel van de bedrijfsoppervlakte heeft een afnemend positief effect op het ondernemersoverschot van 1 tot 7 ha met een maximum bij een bedrijfsoppervlakte van 7 ha. Dit maximum is ƒ 2000,- hoger dan het maximum bij 7 ha zonder verwarming. Het effect op het totale bedrijfsresultaat is dus beperkt.
Daarbij is echter nog geen rekening gehouden met de waarschijnlijke hogere kosten van transport van afvalwarmte voor deze vorm van toepassing in de praktijk.

Dit resultaat geeft voorlopig aan dat het benutten van afvalwarmte over de gehele bedrijfsoppervlakte op een groenteteeltbedrijf (incl. aardbeien) weinig perspectief biedt. De gewassen, geteeld overeenkomstig object C, die een aanzienlijk hoger saldo behalen moeten bijna alle gedurende een korte periode (mei, juni) geoogst en afgeleverd worden.
Incidenteel kan een bedrijf, dat dicht bij de afvalwarmtebron ligt, wel voordeel behalen bij gebruik van een optimaal deel van de bedrijfsoppervlakte voor grondverwarming overeenkomstig object C. De onzekerheden over de lange periode van afschrijven zijn echter groot.

Bij realisering van benutting van afvalwarmte in de vollegrond gaat de voorkeur uit naar een vroege, beschutte plaats, dichtbij de verwarmingsbron die de afvalwarmte gratis ter beschikking stelt, met leveringsgarantie in de betreffende periode.
Bij de aanleg moet men bedacht zijn op het feit dat PE-leidingen diffuus zijn, waardoor zich ernstige corrosieverschijnselen kunnen voordoen op daarvoor gevoelige materialen.
Het zou wenselijk zijn te onderzoeken of de investeringen en jaarkosten van de installatie voor grondverwarming en transport niet beperkt kunnen worden.

Summary

J.A. Schoneveld

After the energy crisis of 1973 it was realised that a lot of waste heat (cooling water with a temperature of 12-40°C) was being lost. The question is if this waste heat can be used for soilheating outdoors in an economic acceptable way. To be able to answer this question 4 objectives were formulated namely:

- determination of the reaction of crop to a higher soil temperature;
- to distinguish eventual occurring negative symptoms and find a possible solution for these;
- evaluation of costs and returns;
- forecasting of soil temperatures on the basis of the temperature level of waste heat and the heating system by means of models of which moisture control is also part.

In literature, clear indications were found that the growing period of crops can be reduced by soilheating so that earlier and/or higher yields can be possible. After five years study, preparation and jointventure financing by the EEC, a team of experts has determined the reaction of 26 crops, between 1982 and 1985, in several types of cropping with 3 treatments on a trial area at Lelystad: Treatment C - heated water with a constant temperature of 30°C, Treatment F - water with an equal temperature of that of the waste water of the Flevo(centrale) power station (12-27°C) and Treatment O - unheated.
The heating pipes with a diameter of 40/35, 4 mm were laid at depth of 60 cm, 75 cm apart.
By means of irrigation (overhead) extra moisture loss was compensated for.
Also many recordings were made in respect to climate, soil temperature and moisture control.
Through the I.C.W. in Wageningen a model will be developed on the basis of these recordings, by which the effect of other piping systems or other soil and climate circumstances can be calculated. This will be done in a seperate publication (part (III). Since the costs of the heatingsystem is also determined by the results of this modelling research, the costings in this report can only be preliminary, namely based on the heating system as was being used in this trial.

Growing aspects

Especially in treatment C a large temperature difference occurred between 60 cm-mv (position of pipe) and the soil surface.
The temperature at 5 cm depth, was in treatment C 6°C in spring and in treatment F 2°C higher than the unheated soil. Soil heating has had little influence on the soil physical and chemical characteristics. If the soil did not freeze (treatment C) the soil structure in spring was more lumpy.
By cultivating shortly before a frostperiod, the soil in treatment C could also freeze because of breaking the contact with the subsoil. If the soil is worked (cultivated) at the right moment this problem can largely be overcome.
Rootformation of the crops starts earlier with soil heating as well as above ground crop development. Less rootformation was noticed in summerleeks and summerbarley.
No increase in disease or weed pressure was determined. Yet weed growth did appear to start earlier. Since it was expected that sowing or planting could be carried out earlier because of soil heating, more planting dates were sometimes added for a good comparison.
The earliest planting date gave in most cases, in treatment C as well as in treatment F and treatment O, the best result.
For gherkins in 1984, in treatment F and witloof in 1984 in treatment C and F, was this the case for the second planting.
In general crops reacted possitively to soil heating because of an earlier growth and development and slower bolting in none-overwintering crops. These symptoms occur more in treatment C than in treatment F (higher temperature in spring). Above mentioned symptoms appear to be stronger when the growing tip is situated deeper and stays longer in the soil and in this way can profit from the higher temperature (leek, early potato, green feed maize, bunched carrots, witloof, sugarbeets). In a few arbocultural crops and gherkins was observed that differences build up in spring are being enlarged during the summer.
Very few quality problems have occurred, except in overwintering crops in treatment C (winter cauliflower, winter leeks).
Because of earlier development of the crop due to summerheating, risks of nightfrosts, hail and wind damage in spring will be greater. Therefore increasing use was made of covering crops with perforated plastic film (poly-acetyleen of 0.05 mm thickness).
Apart from the protection this gives it also has a temperature increase effect, which is larger in treatment C than in treatment F and is larger in treatment F compared to that of treatment O.

For that reason the growing tip stays longer under the influence of a higher temperature.
Increasing earliness by using only plastic film covering is better in the main than only soil heating. In this case the removal date of the plastic plays a role. The longer it stays on, the more earliness is increased but the more it can also limit eventual production.
Combination of soil heating and plastic covering will produce best results in spring.
In table S1 a summary is given on the reaction of the crops. The negative result during the winter is caused because of more losses in cauliflower and leek and growth distortions (deviations) as well as earlier bolting in leek.
The negative result in summerbarley is probably increased due to a faster ripening, but no earlier germination and development, since the heating was only started on the 4th of May. A shorter growing period in autumn is often detrimental in expected monotary return due to mainly increasing prices.
In practise this means later planting which in treatment F is several days and in treatment C up to a week, which is of little importance. Delay is not possible in soil heating because the amount of light in this period is the most important limiting factor.
The differences in shortseason summercrops are of limited importance.
The distinguishment between moderate and very positive reacting crops is determined based on gross margin calculation which have been made for these crops (see under cost calculation).

Table S1. Reaction of crops to soil heating.

very positive	moderately positive	no of light positive	negative
In C and F	In C	In C and F	In C and F
strawberry cvs	spring and autumn spinach,	summer spinach,-lettuce	Ribes alpinum
Tenira and Tioga	-lettuce and -endive	-endive	
Acer plananoides	green feed maize	autumn cauliflower	In C
Fraxinus exelsior	sugarbeet	remonting strawberries	winter cauliflo
Magnolia soulangiana		fruittrees	winterleek
Cedrus atlantica "Glauca"	In F	Fagus sylvatica	strawberry Kari
Platinus acerifolia	early potato	Ilex aquifolium	summerbarley 19
	gherkins	"Golden van Tol"	
In C + Plastic	early bunched carrots	Paeonia lactififlora	
early potatoes	early leek	"Sarah Bernardt"	
early bunched carrots	early witloof		
early leek	strawberry multiplication	In F	
early witloof	Acer pseudoplatanus	spring and autumn spinach,	
	Forsythia intermedia	-lettuce, -andive	
In C - Plastic	"Spectabilis"	wintercauliflower	
strawberry multiplication		strawberry Karina	
Acer pseudoplatanus		summerbarley 1982	
Forsythia intermedia		sugarbeet	
"Spectabilis"			

Heat-release

The heat release in treatment C (water of 30°C) appeared to be depended on the airtemperature (Watt/m^2 = 47.8 - 1.83 x airtemperature °C). The maximum was 51 Watt/m^2. The heat release in treatment F (water of 12-27°C) is more or less constant 12 Watt/m^2 with a maximum of 18 Watt/m^2.

Investment and annual costs

Estimates have been made for investments and annual costs for a waste heatproject in practise (commercial circumstances) of 60-70 ha (Table S2). The amounts indicate the order of size since testing with commercial data was not possible.

This shows that, although waste heat does not represent any value, the use of waste heat is very expensive. The total annual costs are calculated to be Hfl. 1.- -- Hfl. 1.60 per m^2. One of the recommendations is than that a more detailed study is necessary to see if costs cannot be reduced.

Table S2. Investments and annual costs per ha for soilheating with waste heat.

description treatment		investments in guilders/ha pipelines	transport 1 km	total	annual costs in guilders/ha pipelines	transport 1 km	total
Yearround use	C	73.000	32.000	105.000	10.500	5.300	15.800
	F	61.000	18.000	79.000	7.900	3.400	11.300
use 1/3-1/6	C	63.000	32.000	95.000	8.700	3.800	12.500
	F	56.000	18.000	74.000	7.000	2.200	9.200

Cost calculations

To be able to judge which crops offer perspective in utilizing waste heat, cost calculations have been carried out (monetary return less variable costs) of the relevant crops. Apart from the production progress the to be obtained prices are indicative.
For a few vegetable crops a closer study is made of market and price during the year, between years and the influence of grading and quality.

The gross monetary return can be calculated in several ways.
Some possible methods will be given and be discussed. In view of the yearly price fluctuations and the relative small number of trial years which were available, the gross monetary returns per crop have been calculated as follows. 80% of the average physical yields (per harvestdate) obtained during economical evalutation in the trial years was used as a base.
This was multiplied with the weighted average weekly prices during the years 1980-1984. The arbocultural crops have been calculated with minimum guide line prices which have been laid down after deliberation between nurserymen and merchants.
The seedling returns have been muliplied with the factor 0.7 while the others have been multiplied with the factor 0.9 to change from trial return figures into commercial return figures.
The added costs have been based on production under normal commercial circumstances. In very positive reacting crops (table 51) the estimated returns less the minimum annual costs for heating are higher than those in the unheated treatment: with the exception of strawberry plant multiplication where no differences in prices during the season are being used.

Farming system profitability

The arbocultural crops are being grown economically on different soil types, which gives a better growth than on the unheated part of the trial site.
After looking at the available results, the question remains if under optimum commercial circumstances the returns of the various treatments would have been proportionally higher. An investigation was carried out for vegetable crops (strawberries inclusive) to see what trading results can be obtained with soil heating corresponding to treatment C, in relation to a property without soilheating in the case: a) total area and b) an optimum part of the area is supplied by a soilheating installation.

Economical optimum plans have been calculated for 1 to 8 ha with a choice of having no witloof forcing or witloof forcing with bought in roots.
From this it was concluded that all cropping plans are becoming more extensive when the area is increased, as well as the relationship of available soil and available labour.
Witloof forcing has been included in all plans up to an area of some 3 ha. The trading surplus will therefore be increased. Without soil heating the trading surplus will be positive from 3 ha onwards and reaches a maximum at

7 ha. Use of soil heating over the whole of the area of the property will give a positive trading surplus from 1 to 5 ha with a maximum between 2 to 3 ha. This maximum is some ƒ 10.000 lower however than the maximum at 7 ha without heating. Heating of the soil on the optimum part of the area produces a reducing positive effect on the trading surplus from 1 to 7 ha with a maximum on an area of 7 ha. This maximum is ƒ 2.000.-- higher than the maximum at 7 ha without heating. The effect on the total trading result is therefore limited. However not taken into account are the probable higher costs of transport of waste heat for this form of use in practise.

The result so far indicates that using waste heat over the whole area of a market garden (strawberries inclusive) does offer little perspective. Crops grown according to treatment C, which obtained a substantial higher return, nearly all had to be harvested and delivered during a short period (May, June). Properties close to a waste heat source could incidentally gain an advantage by using an optimum part of the area for soil heating corresponding to treatment C. The uncertainties in respect to depreciation over a long period are rather large.
By realisation of using waste heat in the outdoor preference is given to an early, sheltered spot close to be source of heat which supplies the waste heat free, with supply guarantee for the respective period.
During construction, one has be on guard to the fact that PE pipes are porous so that serious corosion symptoms can occur on sensitive materials. It would therefore be desirable to investigate if the investments and annual costs of the installation for soil heating and transport cannot be confined.

LITERATUUR

Anonymus (1984). Beschrijvende rassenlijst van groentegewassen; Vollegrondsgroenten 1982, 1983, 1984, Wageningen Rivro.

Anonymus (1982). Centraal Bureau van de Tuinbouwveilingen in Nederland. "Kwaliteits- en sorteringsvoorschriften Groenten".

Anonymus (1982). Overleggroep "gebruik van restwarmte voor de glastuinbouw". Verkenningen. Studie naar het gebruik van restwarmte van grote electriciteitscentrales voor het verwarmen van kassen. Imag.

Anonymus (1975). Pruimestek op grondverwarming, in de kas en buiten onder plastic tunnel of gestoken door zwart plastic. Verslag van het onderzoek in 1975 van de Stichting Boomteeltproeftuin Noord-Nederland: 58-60.

Anonymus (1976). Pruimestek onder diverse omstandigheden. Verslag van het onderzoek in 1976 van de Stichting Boomteeltproeftuin Noord-Nederland: 53-59.

Anonymus (1977). Stek buiten onder diverse omstandigheden. Verslag van het onderzoek in 1977 van de Stichting Boomteeltproeftuin Noord-Nederland: 53-57.

Alpert, Jt; S.C. Vandemark; D.D. Fritton; D.R. Dewalle (1976). Soil temperatures and heat losses for a hot water pipe network burried in irrigated soil. J. Environ. Qual. 5(1976) 5 (Oct) 400-405.

Ballingand, P., (1976). Recuperation des calories perdues des rejets thermiques avec et sans pomper à chaleur. A.I.M. Liège, 26-29 janvier 1976. Lettre 3.

Ballingand, P., P. le Gouellec, M. Dumont and A. Grauby (1978). Experience gaind in France on heat recovery from nuclear plants for agriculture and pisciculture. Nuclear Technology vol. 38 April 1978: 90-96.

Becker, N.J.I., (1979). Verfahren zur Nutzung der Abwärme von Wärmekraftwerken. Patentblatt (Germany FR) 99(1979). 1 (Jan.):2

Bierhuizen, J.F., en W.A. Wagenvoort, (1974). Some aspects of seed germination in vegetables. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. Scientra Horticultures: 2 (1974): 213-219.

Boersma, L., e.a. 1974. A systems analysis of the Economic Utilization of Warm Water Discharged from power generating stations. Bulletin no.48, November 1974. Engeneering Experimental Station, Oregon State University, Corvallis.

Böhm, W., (1979). Methods of studying root systems. Springer Verlag, Berlin.

Boone, F.R. en B.W. Veen. (1982). The influence of mechanical resistance and phosphate supply on morphology and function of maize roots. Neth. J. Agric. Sci. 30: 179-192.

Buchner, W., L. Werning und F.J. Viehweg, (1980). Wärmeverhalten ganzjährig beheizter Freilandböden-Agrotherm. Z.J. Kulturtechnik und Flurbereinigung 21:135-144.

Buskermolen, J.P.M., (1979). Benutting afvalwarmte bij Vollegrondsteelten. Stageverslag RHTS Utrecht/LEI (niet gepubliceerd).

Elk, B.C.M. van, en K. Ravensberg. (1978). Winterstekken gestoken op bodemwarmte onder een plastic tunnel. Jaarboek 1978 van het Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 29-33.

Elk, B.C.M. van.,(1979). Winterstekken gestoken op een perceel met of zonder bodemwarmte al dan niet in een plastic tunnel. Jaarboek 1979 van het Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 26-27.

Elwell, D.L., W.L. Roller and A. Ahmed (1978). Waste heat for root-zone heating - Aphysical study of heat and moisture transfer. Proceedings of the Second Conference on Waste Heat Management and Utilization. December 4-6.1978, Miami Beach, Florida.

Epstein, E., (1966). Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. Agronomy Journal, Volume 58, March-April 1966: 169-171.

Germing, G.H., (1980). Verwarming van kassen met afvalwarmte. Bedrijfsontwikkeling 11, 7/8: 713-718.

Germing, G.H., (1981). Studeren op gebruik afval- en restwarmte. Vakblad voor de Bloemisterij 7: 40-43.

Germing, G.H., (1981). Niederlande, Energieverbrauch und mögliche Alternativen. Gärtnerbörse und Gartenwelt 39: 892-893.

Grauby, A., (1978). Thermal releases of nuclear power plants, their utilization for plant and fish production. Paper on the 5th International Fair and Technical Meetings of Nuclear Industries. 3-7 October 1978. Basel/Switzerland.

Groenen, G.P.M., (1979). Grondverwarming buiten en in een kas. Jaarboek 1979 van het Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 47-48.

Grootte, A en anderen, (1985). Tuinbouw werkgroep Zuid Vlaanderen. Intercom, Restwaarde uit koel water van electriciteitscentrale ten behoeve van openveldtuinbouw. Onderzoek en technische factoren.

Gregory, P.J., (1979). A periscope method for observing root growing and distribution in field soil. J. exp. Bot. 30: 205-214.

Heina, B.J., Diepte en steek van de buizen in een verwarmingsnet. IMAG, nov. 1978 (niet gepubliceerd).

Heine, Ch., (1978). Utilisation de la chaleur residuelle des centrales en agriculture, aqaculture, pisciculture, etc.

Heine, Ch., (?) L' Utilisation de chaleur a basse temperature pour l' horticulture et la pisciculture. Premiere experiences belges. Nota SA. Electrobel Belgique.

Hilkenbäumer, F. und Th. Wendt (1975). Untersuchungen zum Einsatz einer Bodenheizung im Freiland. Gartenbauwissenschaft 6/1975: 261-266.

Hinze, G.C., (1980). Einfluss ganzjähriger Bodenheizung auf physikalische und chemische Eigenschaften einer Parabraunerde sowie auf den Pflanzenertrag. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

Joustra, M.K., (1981). Winterstekken op bodemwarmte buiten. Jaarboek 1981 van het Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 21-24.

Keschawarzi, S., (1973). Verdunstung und Energiebedarf künstlich beheizter und beregneter Freilandböden. Diss. T.U. Hannover.

Lenger, A., (1977). Een systeem voor het benutten van afvalwarmte in de landbouw. Politechnisch Tijdschrift. pt.p. 32;1:31-34.

Mack, A.R., (1965). Effect of soil temperature and moisture on yield and nutrient uptake by barley. Can. J. Soil Sci. Vol. 45 (1965): 337-346.

Mack, A.R., (1971). Yield of Bromegrass and removal of Nitrogen, Phosphores and Potassium under modified soil-temperature fieldconditions. Can. J. Soil Sci. 195-209 (june 1971).

Mathijssen, E.W.J.M. en P. Nicolaï, (1984). Afvalwarmte in de vollegronds tuinbouw. Bedrijfsontwikkeling 15;4 : 345-348.

Nicolaï, P., (1980). Toepassing van afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Bedrijfsontwikkeling 11, 7/8: 719-723.

Nielsen, K.F., (1974). Roots and Root temeperatures. In: The Plant Root and its Environment. Eds: E.D. Carson, Univ. Press of Virginia.

Noordwijk, M .van en P. de Willigen, (1979). Calculation on the root density required for growth in soils of different P-status. In: The soil-root interface. Eds: J.L. Harley en R. Scott Russel. Acad. Press, London.

Reinken, G., (1969). Bodenheizung in Gemüsebau Landtechnik, 24: 41-47.

Reinken, G., e.a. (1978). Agrotherm: Abwärmeverwertung von Kraftwerken mittels Rohrsystem zur ganzjährigen Beheizung von Freilandböden. Wasser und Boden, 10: 260-264.

Reinken, G., (1981). Abwärmenutzung eine Chance für den Gemüsebau. II. Anwendung. Gemüse 5: 274-278.

Reinken, G. und L. Werning, (1982). Auswirkung ganzjähriger Bodenerwärmung auf Boden und Pflanze. Agrotherm-Ergebnisbericht 1976-1978. Landw. Kammer Rheinland, Bonn, Februar 1982.

Reinken, G., (1985). Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn. Mondelinge informatie.

Rijkbost, K.A., L. Boersma, H.J. Mack and W.T. Schmisseur, (1975). Yield respons to soil warming Agronomic crops and vegetable crops. Agronomy Journal, Volume 67, number 6: 733-743.

Rijswijk, J., (1972). De teelt van boomkwekerijgewassen onder staand glas. Jaarboek Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 94-99.

Rijswijk, J., (1974). idem: 64-66.

Rijswijk, J., (1977). Het telen van planten op verwarmde grond buiten. Jaarboek 1977 van het Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 63.

Sansdrap, A., (1984). l'Utilisation d'eau tiede residuelle dans la culture du fraisier. Le Fruit Belge 52, no. 408: 361-366.

Schihora, G., (1982). Hat sich das Agrotherm vervahren bewahrt? Umschau 82. Heft 6: 185.

Schmid, G. von., e.a. (1977). Verwertung von Wärmemüll aus Kernkraftwerken in der Landwirtschaft. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 54. Heft 3/77: 275-289.

Schmisseur, W.E, en anderen, (1975). Yield Response to Soil Warming: Economic Feasibility, Agronomy Journal: vol 67.

Shinozaki, K. en T. Tira., (1956). Intraspecific competion among higher plants. VII Logistic theory of C-D effect. Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D 7, 35-72.

Simon, P., (1979). Einfluss von ganzjähriger Bodenheizung und Folienbedeckung während des Winters und Frühjahrs auf das vegetative und generative Wachstum von Erdbeeren. Diss. Rheinisch Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

Sondern, J.A., (1966). Bodemverwarming voor planten op het I.T.T. Jaarboek 1966 van het Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 158-162.

Sondern, J.A., (1967). Bodemverwarming voor planten op het I.T.T. Jaarboek Proefstation voor de Boomkwekerij te Boskoop: 132-136.

Sondern, J.A., (1977). Soil warming in the open. Institute of Agricultural Engineering, Research Report, 77-5.

Stender, J.A., (1980). Mogelijkheden van energiebesparing in de tuinbouw. Bedrijfsontwikkeling 11, 3: 319-322.

Tödt, H.J., (1982). Untersuchungen an Warmwasserbodenheizungen .....

Toureau, P., (1976). Utilisation des calories en agriculture et aquaculture. A.I.M. Liège. 26-29 janvier 1976. Lettre 5.

Vancauwenberghe-De Groote, A., (1980). Jaarverslag over de werkzaamheden van het studiecentrum voor toegepaste elektriciteit in de land- en tuinbouw. Januari 1980.

Vogel, G., (1959). Untersuchungen über den Einfluss der Bodenheizung im Freiland mittels Dampf auf die Frühzeitigkeid und Höhe des Ertrages der wichtigsten Gemüsearten. Arch.f. Gartenbau 7. Band, Heft 3: 208-240.

Vogel, G., (1962). Untersuchungen zum Aulegesystem der Bodenheizung im Freiland durch Wasser mit niedrigen Temperatur (25°C bis 45°C). Arch.f. Gartenbau, 10. Band, Heft 3/4: 347-372.

Vogel, G., (1963). Der Einfluss der Bodenheizung im Freiland durch Wasser mit niedriger Temperatur (25°C bis 45°C) auf die Ertragsleistung und Wirtschaftlichkeit einiger Gemüsearten. Arch.f. Gartenbau, 11. Band, Heft 2: 101-123.

Vogel, G. und H. Weche., (1964). Moglichkeiten der Verwertung von Industrienutz - und - abwärme Arch.f. Gartenbau, 12. Band, Heft 4: 311-324.

Vogel, G., (1966). Der Einfluss der Bodenheizung und der kurzzeitigen Pflastfolienüberdeckung auf die Ertragsleistung im FrUhkartoffelanbau. Arch.f. Gartenbau, 14. Band, Heft 5/6: 257-266.

Vos, J. en J. Groenwold, (1983). Estimation of root densities by observation tubes and endoscope. Plant and Soil 74: 295-300.

Vijverberg, A.J., (1978). Wat is er te doen met afvalwarmte? Tuinderij 18, 24: 16-19.

Wendt, Th., Bodentemperatur bei Gemüsekulturen. Zeitschrift "Gemüse".

1977	Winterkultur von Radies	13, 268-270
1978 a	Frühkultur von Kohlrabi	14, 43-46
1978 b	Buschbohnen	14, 288-289
1979 a	Gemüseerbsen	15, 229-231
1979 b	Möhren	15, 284-286
1980 a	Stangenbohnen	16, 210-212
1980 b	Grünkohl und Porree	16, 326-328
1980 c	Spinat	16, 396-398
1981	Eissalat	17, 290-292
1982 a	Knollensellerie	im Druck
1982 b	Speisezwiebeln	im Druck
1982 c	Abschließende Übersicht	im Druck

Werning, L., (1980). Wachstum, Ertrag, Qualität und Naturstofgehalte von Spinat und Buschbohnen bei ganzjähriger Bodenerwärmung und verschiedenen pflanzenbaulichen Massnahmen. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

Weversberg, C., (1979). Einfluss ganzjähriger Bodenheizung auf Ertrag und Qualität eniger Gräserarten und -sorten im Abhängigheit vom Stickstoff- Versorungs grad. Diss. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

Witzig, W.F. and D.R. DeWalle., (1978). A summary of US activities in low-temperature reject heat utilization. Nuclear Technology, Vol. 38, april 1978: 25-32.

Tot nu toe verschenen PAGV-uitgaven

Verslagen

1. Epipré-achtergrondinformatie ; ir. I. van Leeuwen-Pannekoek, ir. K. Reinink en ir. F.H. Rijsdijk (LH), maart 1982 ..... *f* 5,—
2. Epipré-instructiemap 1982 ; ir. I. van Leeuwen-Pannekoek en ir. K. Reinink, maart 1982 ..... *f* 5,—
3. Bedrijfseconomische evaluatie over 1975 t/m 1980 van de intensiteit van het grondgebruik op " De Schreef " ; ing. H. Preuter, april 1982 ..... *f* 5,—
4. Stikstofhoeveelheden op grasgroenbemesting en de invloed daarvan op het gewas suikerbieten ; C. Mulder, augustus 1982 ..... *f* 10,—
5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen ; ing. Th. Huiskamp, september 1982 ..... *f* 10,—
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs ; ir. C.A.A.A. Maenhout et al, januari 1983 ..... *f* 10,—
7. Epipré-evaluatieverslag 1982 ; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982 ..... *f* 10,—
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen in het zuidwesten van Nederland ; ir. C.B. Bus, ing. K.W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D.W. de Hoop (LEI), februari 1983 ..... *f* 10,—
9. Acht jaar grondbewerkingssystemenonderzoek te Westmaas ; ing. L.M. Lumkes, ing. I. Ovaa (Stiboka) en ing. H. Preuter, april 1983 ..... *f* 10,—
10. Epipré-instructieboekje 1983 ; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983 ..... *f* 10,—
11. Stomen van sorteergrond van aardappelen. Verslag van een praktijkproef ; Ir. C.D. van Loon en W.Th. Runia (Proefstation voor Tuinbouw onder Glas), augustus 1983 ..... *f* 10,—
12. Een geautomatiseerd begeleidingssysteem voor de onkruidbestrijding in wintertarwe ; achtergronden en instructie. Ir. H.F.M. Aarts en ing. H. Drenth, augustus 1983 ..... **
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten ; ing. Th. Huiskamp, september 1983 ..... *f* 10,—
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen ; G.J. Bom, september 1983 ..... *f* 10,—
15. Epipré-evaluatieverslag 1983 ; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984 ..... *f* 10,—
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984 ..... *f* 10,—
17. Contactdag conservenpeulvruchten 1984. Ir. P.H.M. Dekker, januari 1984 ..... **
18. Rendabiliteit van continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984 ..... *f* 10,—
19. Biologie en ecologie van kleefkruid (Galium aparine). Ir. W.G.M. van den Brand, april 1984 ..... *f* 10,—
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alpha-pootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984 ..... *f* 10,—
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984 ..... *f* 10,—
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland ; 1978-1982. Ing. J. Alblas, april 1984 ..... *f* 10,—
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeeklei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984 ..... *f* 10,—
24. Oogstplanning van bloemkool in " de Streek ". Ir. R. Booij, oktober 1984 ..... *f* 10,—
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin " Noord-Limburg ". Ing. D. van der Schans en ir. A.J. Hellings, oktober 1984 ..... *f* 10,—
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984 ..... *f* 10,—
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J.A. Schoneveld, november 1984 ..... *f* 10,—
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985 ..... *f* 10,—
29. Epipré - evaluatieverslag 1984. Ir. K. Reinink, februari 1985 ..... *f* 10,—
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid ; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,—
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging ; Maarheeze 1974 - 1984. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,—
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid ; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J.J. Schröder, maart 1985 ..... *f* 10,—
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985 ..... *f* 10,—
34. Bedrijfseconomische gevolgen van beperking van de stikstof-bemesting op het akkerbouwbedrijf. Ir. B.A. ten Hag, ing. S.R.M. Janssens, ir. H.H.H. Titulaer, april 1985 ..... *f* 10,—

35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W.G.M. van den Brand, maart 1985 ..... f 10,—
36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985 ..... f 10,—
37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C.L.M. de Visser, ir. H.F.M. Aarts, april 1985 ..... f 10,—
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985 ..... f 10,—
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels- en Italiaanse raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 ..... f 20,—
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C.L.M. de Visser, juni 1985 ..... f 10,—
41. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van spruitkool, sluitkool, bloemkool, boerenkool, Chinese kool, koolraap, koolrabi en broccoli. Ir. C.L.M. de Visser en J. Jonkers, juli 1985 ..... f 10,00
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegronds-groenteteelt, juli 1985 ..... f 10,00
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 ..... f 10,—
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C.L.M. de Visser, augustus 1985 ..... f 20,—
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 ..... f 10,—
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C.L.M. de Visser, september 1985 ..... f 10,—
47. Biologie en ecologie van melganzevoet (Chenopodium album). Ir. W.G.M. van den Brand, december 1985 ..... f 10,—
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H.P. Versluis, december 1985 ..... f 10,—
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J.G.H. Stassen, december 1985 ..... f 10,—
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986 ..... f 10,—
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N.J. Snoek, juli 1986 ..... f 10,—
52. Biologie en ecologie van hanepoot (Echinochloa crus-galli). Ir. W.G.M. van den Brand, juli 1986 ..... f 10,—
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W.G.M. van den Brand, oktober 1986 ..... f 10,—
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaad-gewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,—
55. De stikstofbemesting van zaadteeltgewassen Engels raai, veldbeemd en rood-zwenk. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,—
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W.J.M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,—
57. Benutting afvalwarmte bij vollegronds teelten. Ing. J.A. Schoneveld, november 1986 ..... f 10,—

Abonnement PAGV-verslagen

Door f 100,-- over te maken (bij voorkeur voor 1 februari) op postgiro 2249700 t.n.v. PAGV Lelystad, onder vermelding " Abonnement PAGV-verslagen ", ontvangt u alle verslagen die in het lopende jaar verschijnen. U hoeft dan geen enkele informatie te missen.
Losse exemplaren zijn te verkrijgen door het erachter vermelde bedrag op bovengenoemde postgiro over te maken onder vermelding van verslag nr...