



Aanvoervoorspelling van bloemkool

Modelstudie op basis van meerjarige aanvoergegevens

W. van den Berg, G. van Kruistum, H. de Putter, A. Everaarts & A. Evenhuis

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is financieel mede mogelijk gemaakt door:



Productschap Tuinbouw
Postbus 280
2700 AG ZOETERMEER

PPO intern projectnummer: 510262

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business-unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente
Adres : Edelhertweg 1
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Opzet onderzoek	9
2.1 Bewerking aanvoer- en temperatuurgegevens	9
2.2 Modellerings	9
3 Resultaten.....	11
3.1 Datasets.....	11
3.2 Relatie datasets met aanvoerprognose	11
3.3 Uitwerking model voor aanvoerprognose.....	17
4 Discussie en conclusies.....	21
5. Referenties	23

Samenvatting

Dit onderzoek is gestart met de hypothese dat variatie in de lengte van de groeiperiode van het gewas bloemkool vooral veroorzaakt wordt door temperatuurgevoeligheid van de koolaanleg. Wanneer een perceel aan het einde van de juveniele fase is en de temperatuur is te hoog dan zal geen koolaanleg plaatsvinden. Wanneer na een warme periode de temperatuur daalt gaan een groot aantal percelen tegelijkertijd over tot koolvorming en zullen ongeveer tegelijkertijd een diameter van 175 mm bereiken. Op deze manier zouden pieken en dalen in de aanvoer van het gewas bloemkool ontstaan.

In dit onderzoek is de aanvoer per dag op Greenery locatie Wervershoof in kaart gebracht voor de jaren 1998 tot en met 2002. Daarnaast zijn de gemiddelde dagtemperaturen in deze periode bekeken, door het KNMI waargenomen in Hoorn. Getracht is om aan de hand van de gemiddelde dagtemperaturen warme perioden aan te wijzen. Het einde van een dergelijke periode werd gebruikt om een piek in de aanvoer van bloemkool te voorspellen na een tijdspanne die overeenkomt met de tijd benodigd voor de koolgroei. De resultaten met deze methode worden besproken. Omdat met alleen deze methode de ontwikkeling van een model voor de praktijk niet haalbaar lijkt wordt ook een model besproken uit de literatuur dat eventueel kan worden aangepast aan de praktijksituatie in Nederland. Dit model beschrijft de groei en ontwikkeling van het gewas bloemkool als functie van de temperatuur. Met het model kan inzicht worden verkregen in de groei en ontwikkeling van het gewas bloemkool.

1 Inleiding

Gedurende het groeiseizoen kan de veilingaanvoer van bloemkool grote variatie vertonen. Deze variatie in aanvoer gaat gepaard met pieken en dalen in arbeidsbehoefte, maar vooral ook met variatie in de prijs van het product. Inzicht in de te verwachten aanvoer kan er toe bijdragen dat een betere prijsvorming wordt gerealiseerd, doordat op de te verwachten schaarste of overvloed van het product kan worden geanticipeerd.

Bloemkool kent een juveniele fase, die overgaat in het volwassen fase wanneer de diameter van de apex 0.6 mm bereikt. Voor de overgang van de juveniele naar de volwassen fase, ook wel koolaanleg genoemd, zijn relatief lage temperaturen nodig. In perioden met hoge temperaturen wordt de koolaanleg geremd. Daalt de temperatuur dan wordt de kool aangelegd en gaan vele percelen tegelijk over tot koolaanleg en zijn ongeveer op dezelfde dag oogstbaar. Dit leidt dan tot een aanvoerpiek.

Doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een methode om de veilingaanvoer van bloemkool te voorspellen met behulp van temperatuursgegevens. De ontwikkelde methode wordt getoetst op betrouwbaarheid en bruikbaarheid voor de praktijk. Wanneer de methode voldoende bruikbaar is, wordt een vervolproject geformuleerd voor het beschikbaar stellen van de methode aan potentiële gebruikers. De resultaten worden aan de Bloemkool commissie van LTO Groeiservice ter beoordeling voorgelegd.

2 Opzet onderzoek

2.1 Bewerking aanvoer- en temperatuurgegevens

Aan de hand van de dagelijkse aanvoer en de gemiddelde dagtemperatuur in de jaren 1998 tot en met 2002 op Greenery locatie Wervershoof werd een studie gemaakt naar het verband tussen het verloop in de aanvoer en de gemiddelde dagtemperatuur. De interesse ging vooral uit naar de teelten die geplant werden van begin maart tot half juli en geoogst werden van 1 juni tot 1 december. De gemiddelde dagtemperaturen werden verkregen van het KNMI te De Bilt en zijn gemeten in Hoorn.

2.2 Modellerings

In dit onderzoek is met verschillende methoden en wiskundige modellen getracht om de pieken en dalen in de aanvoer van bloemkool te relateren aan pieken en dalen van de gemiddelde dagtemperatuur. Wanneer het mogelijk is met alleen de temperatuurgegevens de variatie in aanvoer te voorspellen is het niet nodig om het areaal te weten dat wordt aangeplant. De voorspelmethode wordt dan erg eenvoudig en weinig arbeidsintensief. Aan de andere kant liggen hier nog mogelijkheden om het model te verfijnen, mocht de gekozen strategie niet slagen. Het is ook heel goed mogelijk dat door verandering van het rassen assortiment de relatie tussen temperatuurverloop en aanvoerverloop zich wijzigt. Door het model steeds te blijven testen en eventueel aan te passen op oogstgegevens die elk jaar weer beschikbaar komen, kan dit worden ondervangen.

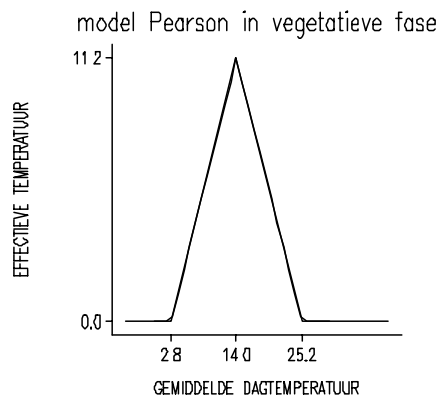
Pieken in temperatuur relateren aan pieken in aanvoer.

De aanleg van de kool is de meest kritische factor in de groei en ontwikkeling van het gewas bloemkool. Vanaf planten moet eerst een temperatuursom worden bereikt voordat het gewas in staat is om tot koolaanleg over te gaan (Pearson *et al.*, 1994). Een andere hypothese is dat eerst 17-19 bladeren moeten zijn afgesplitst voordat de plant geïnduceerd kan worden tot koolaanleg (Booij, 1990). Daarna moet de temperatuur onder een kritische drempel zijn voor daadwerkelijke koolaanleg. De drempeltemperatuur is niet bekend en verschilt mogelijk van ras tot ras. Is het gedurende een groeiseizoen een periode erg warm dan kunnen alle percelen bloemkool die in die periode ontvankelijk worden voor koolaanleg niet tot koolaanleg overgaan. Wanneer er een periode met koeler weer volgt zullen al deze percelen gelijktijdig tot koolvorming overgaan en zal na zekere tijd een piek in de aanvoer ontstaan, voorafgegaan door een dal. Daarom worden veilingaanvoer in stuks per dag en gemiddelde temperatuur van de jaren 1998-2002 grafisch uitgezet om te zien of patronen in de temperatuur zijn terug te zien in de aanvoer. Daarnaast wordt getracht om de pieken en dalen aan elkaar te relateren. Hierbij wordt de koolgroei gemodelleerd als functie van de temperatuur. De periode van koolaanleg tot oogstrijpheid is niet steeds even lang. In de zomer zijn de temperaturen hoger en is de periode van de koolgroei korter dan in voor- en najaar, wanneer de temperaturen lager zijn. Om dit te modelleren is gebruikt gemaakt van een model voor groei van de kool, overgenomen uit Pearson *et al.* (1994). In dat artikel wordt ook de periode tot koolaanleg gemodelleerd als functie van de temperatuursom.

Inductie koolaanleg in Pearson, Hadley & Weldon (1994)

In Pearson *et al.* (1994) wordt een groeimodel (vergelijking 1; grafiek 1) voor bloemkool beschreven dat bestaat uit 2 fasen. In de eerste fase van planttijd tot koolaanleg is de ontwikkeling een functie van de temperatuursom. Deze temperatuursom wordt berekend met de effectieve temperatuur per dag (T_e). De effectieve temperatuur wordt berekend met de gemiddelde luchttemperatuur per dag (T_a), en een drempel van 2.8 °C (T_b) en een optimum van 14 °C (T_o) voor het ras Revito. Bij een effectieve temperatuursom van 296 graaddagen is de kool aangelegd. De effectieve temperatuur per dag wordt berekend als

$$T_e = \text{MAX}[(T_o - |T_a - T_o| - T_b); 0] \quad (1)$$



Grafiek 1. **Effectieve Temperatuur T_e als functie van de gemiddelde dagtemperatuur T_a , voor T_b is 2.8°C en T_o is 14°C.**

Groei van de kool in Pearson, Hadley & Weldon (1994)

In de tweede fase neemt de diameter van de kool exponentieel toe vanaf 0.6 mm, de diameter direct na de koolaanleg. Er kan bijvoorbeeld worden gekozen om de oogst te zetten op een diameter van 175 mm. De relatieve groeisnelheid op dag n na de koolaanleg (RGR_n) van de kool is gelijk aan

$$RGR_n = RGR_0 \text{MAX} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \text{MAX}[T_{ai} - T_b; 0]}{\theta}; 0 \right] \text{MAX} \left[1 - \frac{T_o - T_e}{T_o - T_b}; 0 \right] \quad (2)$$

Hierbij is θ de temperatuursom waarboven de relatieve groeisnelheid en dus ook de groei gelijk is aan 0 en RGR_0 is de relatieve groeisnelheid direct na de koolaanleg, T_b is de temperatuur waaronder geen koolgroei meer plaatsvindt. Wanneer de temperatuursom groter is dan θ , is de relatieve groeisnelheid gelijk aan 0. De parameters RGR_0 en θ en T_b , zijn respectievelijk gelijk aan 0.233, 1300 en -1.

3 Resultaten

3.1 Datasets

De datafile is in november 2003 voor het laatst aangepast na overleg met de opdrachtgever. Negatieve aantallen in de datafile zijn in mindering gebracht op de positieve aantallen. De veiling aanvoer liep terug in de jaren 1998-2002. De totale aanvoer nam af van 26.5 miljoen stuks in 1998 naar 14.3 miljoen stuks in 2002 (tabel 1). De aanvoer is berekend als het aantal aangevoerde stuks bloemkool per dag in de jaren 1998-2002. Hierbij is geen onderscheid gemaakt in sortering of klasse. De aantallen zijn per dag getotaliseerd. De dag van de week heeft invloed op de aanvoer. Op zondag is de aanvoer gelijk aan 0. Maar ook op andere dagen is er een effect van de dag (tabel 2).

Tabel 1. **Aantallen stuks aangevoerd in de jaren 1998-2002 in miljoen stuks.**

Jaar	1998	1999	2000	2001	2002
Aantal	26.5	21.2	20.2	17.4	14.3

Tabel 2. **Aanvoer voor jaren 1998-2002 uitgesplitst in percentage aanvoer per dag van de week. Maandag is dag 1.**

Jaar	1998	1999	2000	2001	2002	Gemiddeld
Weekdag						
Maandag	16.8	18.6	17.6	19.5	25.5	19.1
Dinsdag	17.0	18.5	19.9	19.7	17.1	18.4
Woensdag	16.5	17.7	19.0	17.6	18.8	17.8
Donderdag	16.8	18.8	20.3	18.9	17.7	18.4
Vrijdag	21.2	9.5	9.7	6.6	20.3	13.7
Zaterdag	11.7	17.0	13.5	17.6	0.5	12.6
Zondag					0.1	

In 2002 vindt er nauwelijks nog levering op zaterdag plaats. In de vier voorgaande jaren ligt dat tussen 11.7 en 17.6 procent van de totale aanvoer.

3.2 Relatie datasets met aanvoerprognose

In Grafiek 2 tot en met 6 zijn de aanvoer gegevens in duizenden stuks en de temperatuurgegevens voor de jaren 1998-2002 grafisch uitgezet. In de bovenste grafiek is steeds de dagelijkse aanvoer per dag uitgezet tegen het dagnummer binnen het jaar, in de onderste grafiek is de gemiddelde dagtemperatuur uitgezet tegen het dagnummer. In de middelste grafiek is van de gemiddelde temperatuur het dertigjarig gemiddelde afgetrokken na een correctie. De correctie bestaat eruit dat bij het 30 jarig gemiddelden het temperatuurverschil met de gemiddelde temperatuur uit de jaren 1998-2002 is opgeteld. Het dertigjarig temperatuur gemiddelde is ontleend aan Können (1983). De y-as van deze grafiek loopt van -10 tot 10. Een warme periode is nu een periode waarin de temperatuur minus het gecorrigeerde gemiddelde voor 30 jaar groter is dan 0. De vloeiende lijnen in Figuur 2-6 zijn steeds zo berekend dat ze zo goed mogelijk door de puntenwolken gaan. De bedoeling is om zo beter een trend in de puntenwolken te kunnen waarnemen. De plantingen waar we in zijn geïnteresseerd worden geplant vanaf 1 maart. De temperatuur in Grafieken 2 tot en met 6 zijn relevant vanaf dagnummer 60. Daarom is steeds in de middelste grafiek een verticale lijn getrokken bij dag 60. De eerst geplante bloemkoolpercelen worden aangevoerd rond 1 juni; in de bovenste grafiek is daarom steeds een verticale lijn getrokken bij dag 150. De laatste kool wordt aangevoerd rond 1 december. Deze kolen zijn geplant tot half juli. Hieronder wordt getracht variatie in aanvoer binnen een jaar te verklaren uit de temperatuur in dat jaar ten opzichte van het dertigjarig gemiddelde.

1998

In 1998 vertoont de temperatuur vanaf dag 90 tot 110 een dalende trend. In deze periode zal ongeveer de koolaanleg plaatsvinden van de planten die op dag 150 worden aangevoerd. Vanaf dag 110 tot 140 is de temperatuur steeds hoger dan het meerjarig gemiddelde met uitzondering van enkele dagen rond dag 125. Vanaf dag 150 is er veel aanvoer, waarschijnlijk door de koele periode rond dag 100. Wel neemt de aanvoer vanaf dag 150 geleidelijk af tot rond dag 180, wat komt door de warmere periode van dag 110 tot dag 140. Daarna is er steeds een redelijk productie, rond dag 220 lijkt er een dal, mogelijk veroorzaakt door een wat warme periode rond dag 180.

1999

In 1999 is tussen dag 60 en 80 de temperatuurmeting uitgevallen. De aanvoer neemt toe vanaf dag 150 tot 200, daalt dan naar dag 240. Van dag 250 tot 290 is er weer een goede productie. Dat de productie rond dag 240 wat lager is kan samenhangen met de wat warmere periode van 190 tot 220.

2000

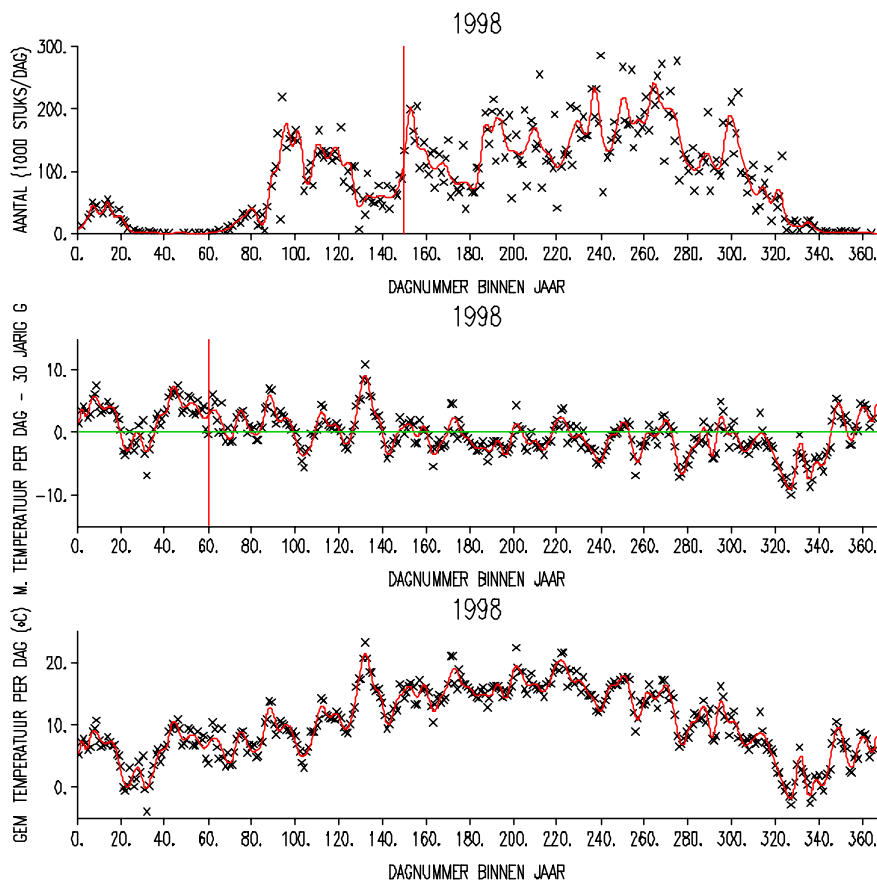
In 2000 is vanaf dag 150 de productie eerst wat laag, wellicht veroorzaakt door de wat hogere temperaturen vanaf dag 110. Van dag 140 tot 220 is de temperatuur relatief laag. De korte warme periode rond dag 170 zou de inzinking van de productie rond dag 210 kunnen verklaren.

2001

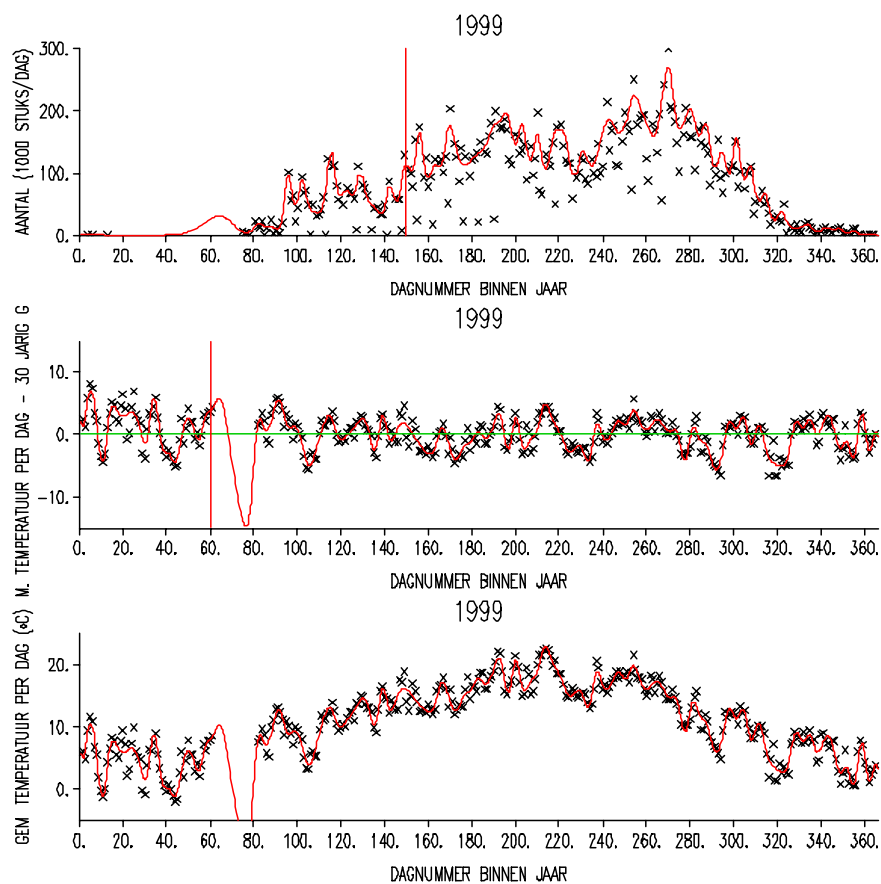
In 2001 zijn er rond dag 70 en 90 een aantal warme dagen vergeleken met het meerjarig gemiddelde. De aanvoer lijkt wat traag op gang te komen vanaf dag 150 maar vertoont een stijgende lijn. Tussen dag 210 en 230 is de productie weer wat lager, wat veroorzaakt zou kunnen zijn door een warmere periode vanaf dag 175. Bij dag 270 is er weer een dal wat wellicht samenhangt met een warmere periode rond dag 230.

2002

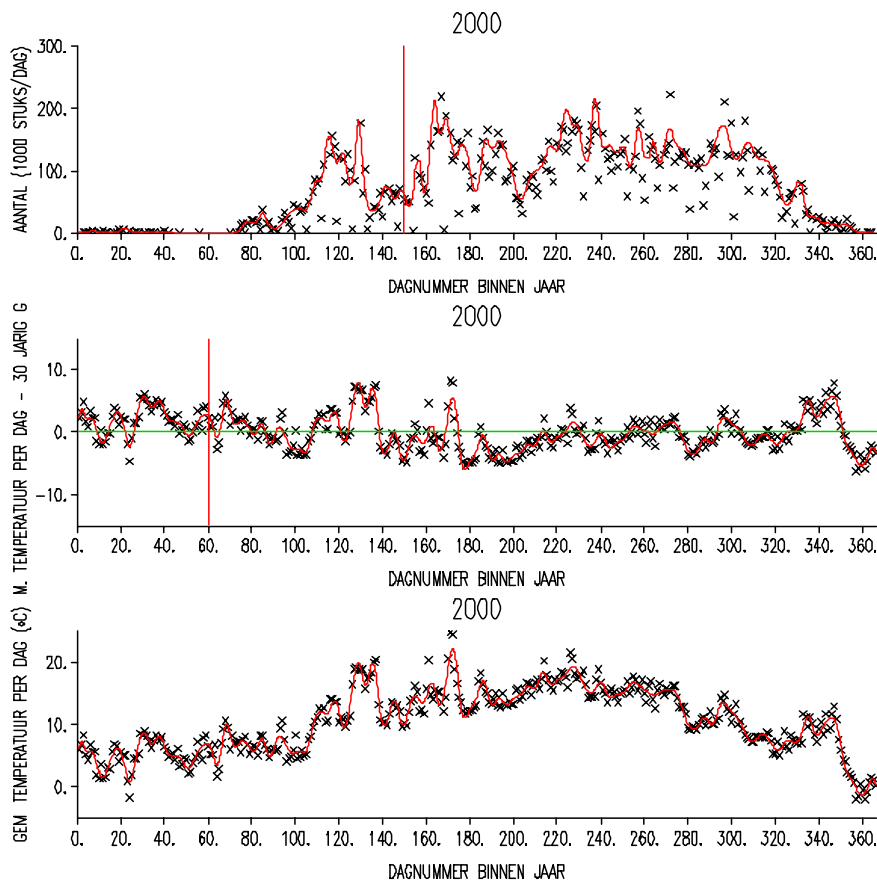
In 2002 is de temperatuur vanaf dag 60 aanvankelijk hoog dus groeizaam weer. Van dag 100 tot 120 is er een periode met temperaturen onder het gecorrigeerde 30-jarig gemiddelde. Vanaf dag 120 tot 140 is de temperatuur steeds boven het 30 jarig gemiddelde wat blijkbaar een dal in de productie heeft veroorzaakt rond dag 190. Van dag 170 tot 200 is er weer een koele periode wat leidt tot een hoge aanvoer van dag 250 tot 270. Vanaf dag 260 is de temperatuur steeds onder het meerjarig gemiddelde. Vanaf dag 280 is de aanvoer niet hoog maar wel stabiel.



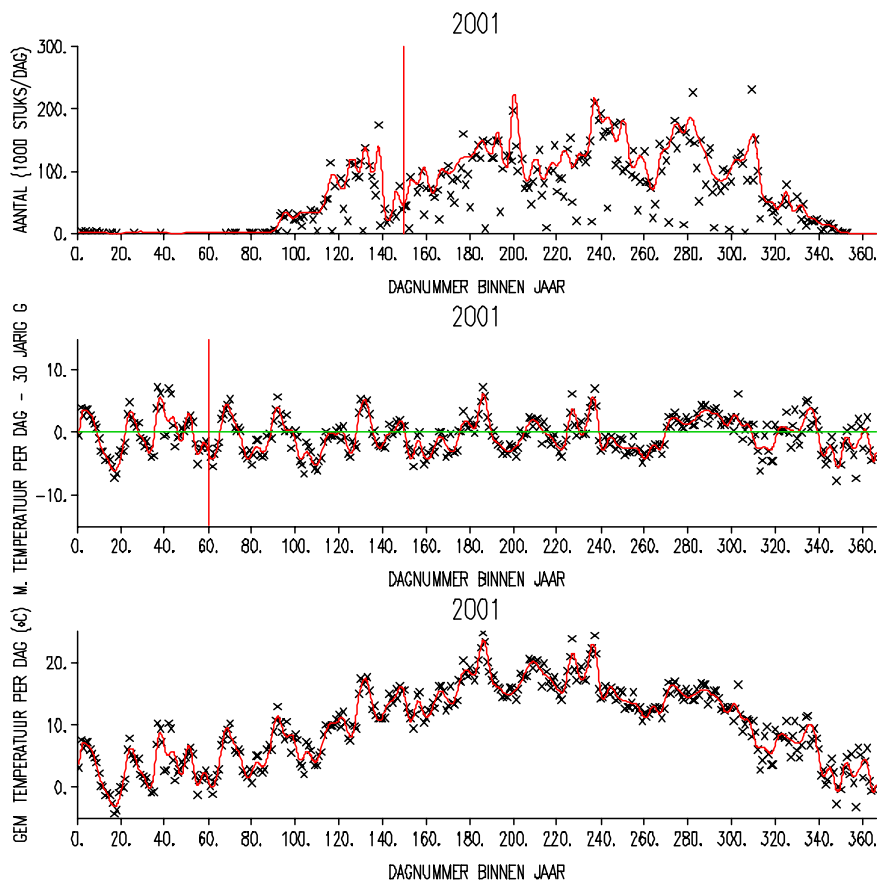
Grafiek 2. **Aantal stuks aangevoerd per dag, temperatuur per dag gecorrigeerd voor 30 jarig gemiddelde en gemiddelde temperatuur 1998-2002 en gemiddelde temperatuur per dag in 1998.**



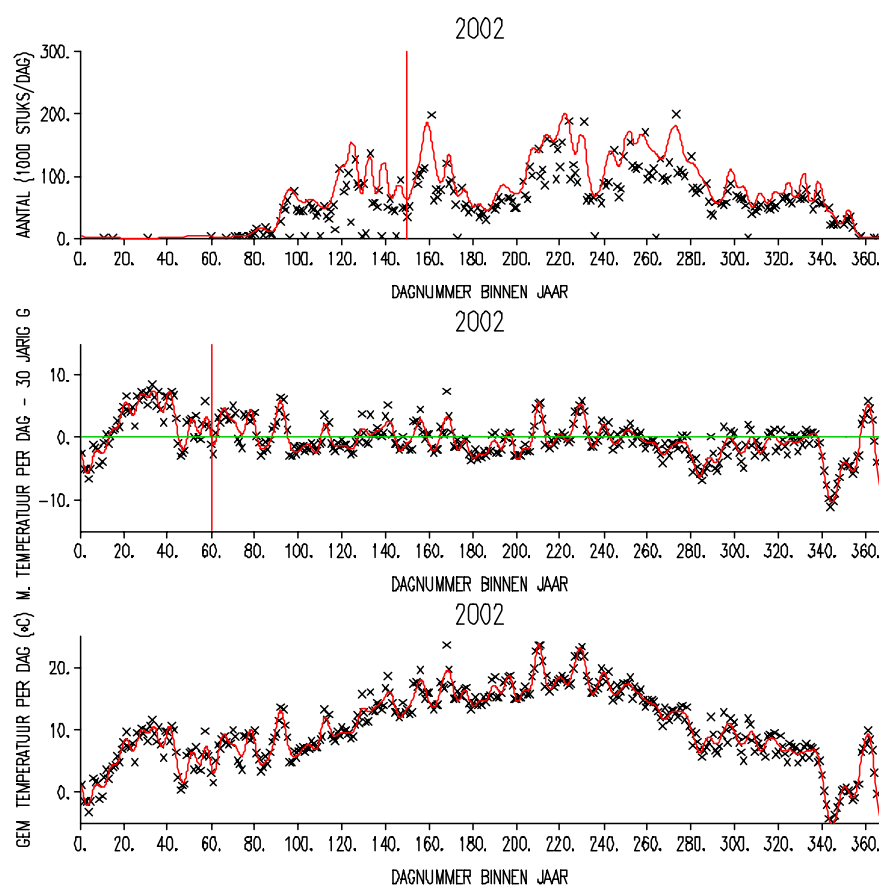
Grafiek 3. Aantal stuks aangevoerd per dag, temperatuur per dag gecorrigeerd voor 30 jarig gemiddelde en gemiddelde temperatuur 1998-2002 en gemiddelde temperatuur per dag in 1999.



Grafiek 4. Aantal stuks aangevoerd per dag, temperatuur per dag gecorrigeerd voor 30 jarig gemiddelde en gemiddelde temperatuur 1998-2002 en gemiddelde temperatuur per dag in 2000.



Grafiek 5. Aantal stuks aangevoerd per dag, temperatuur per dag gecorrigeerd voor 30 jarig gemiddelde en gemiddelde temperatuur 1998-2002 en gemiddelde temperatuur per dag in 2001.



Grafiek 6. Aantal stuks aangevoerd per dag, temperatuur per dag gecorrigeerd voor 30 jarig gemiddelde en gemiddelde temperatuur 1998-2002 en gemiddelde temperatuur per dag in 2002.

3.3 Uitwerking model voor aanvoerprognose

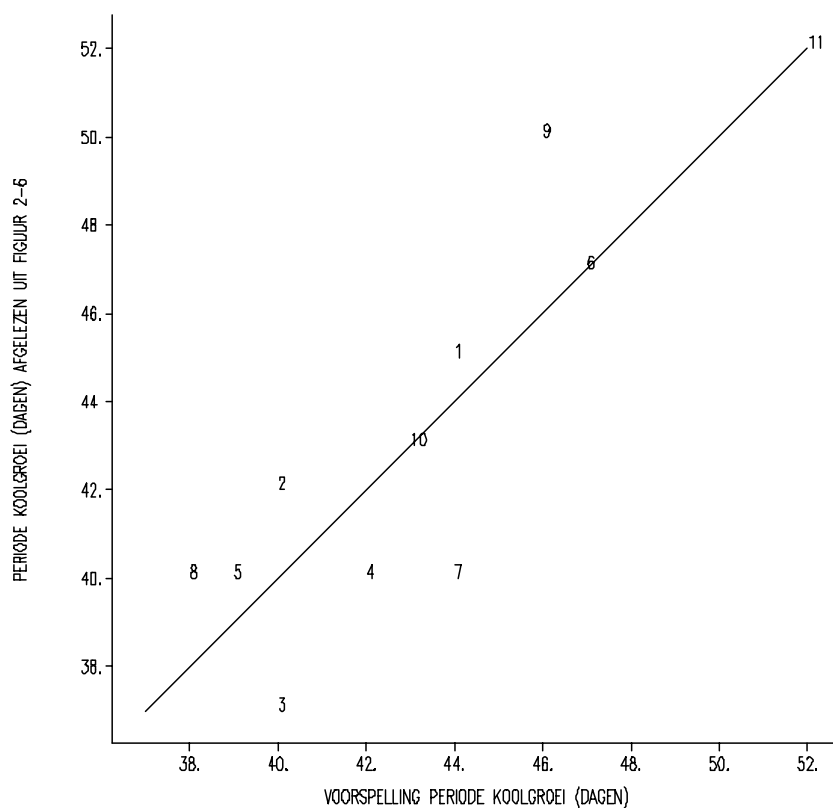
Op het oog werden een aantal pieken in temperatuur aangewezen in de grafieken 2 tot en met 6. Het moment waarop de puntenwolk onder de lijn van het meerjarig gemiddelde zakt, is genomen als einde van de betreffende warme periode. Er zijn uit grafiek 2 tot en met 6 zo elf momenten aangewezen, drie in 1998, en steeds twee uit de jaren 1999, 2000, 2001 en 2002. Vervolgens is het begin van een aanvoerpiek met het oog bepaald, weer uit de grafieken 2 tot en met 6. Daarna is het model van Pearson *et al.* (1994) gedraaid vanaf einde van een warme periode en is de parameter T_b gelijk aan nul gesteld, voor de begindiameter van de kool is 0.6 mm genomen en voor de diameter bij oogst 175 mm. De parameters RGR_0 , θ en T_e zijn zo gekozen dat kwadraten som van begin aanvoerpiek minus voorspelling minimaal zou zijn. De som van deze verschillen was 2 (tabel 3) en de som van de kwadraten was gelijk aan 64, wanneer RGR_0 , θ en T_e respectievelijk gelijk waren aan 1272, 0.2743 en 21.87.

Grafiek 7 geeft het verband tussen de voorspelde groeiduur van de kool en de groeiduur afgelezen uit grafieken 2-6. De afwijking was + of - 4 dagen, 75 % van de variantie van de afgelezen groeiduur werd verklaard door de groeiduur voorspeld door het model van Pearson *et al.*, (1994). In de groeiseizoenen werden nog andere periodes met warm weer waargenomen, waarbij later in het seizoen geen duidelijke aanvoerpiek gevonden kon worden.

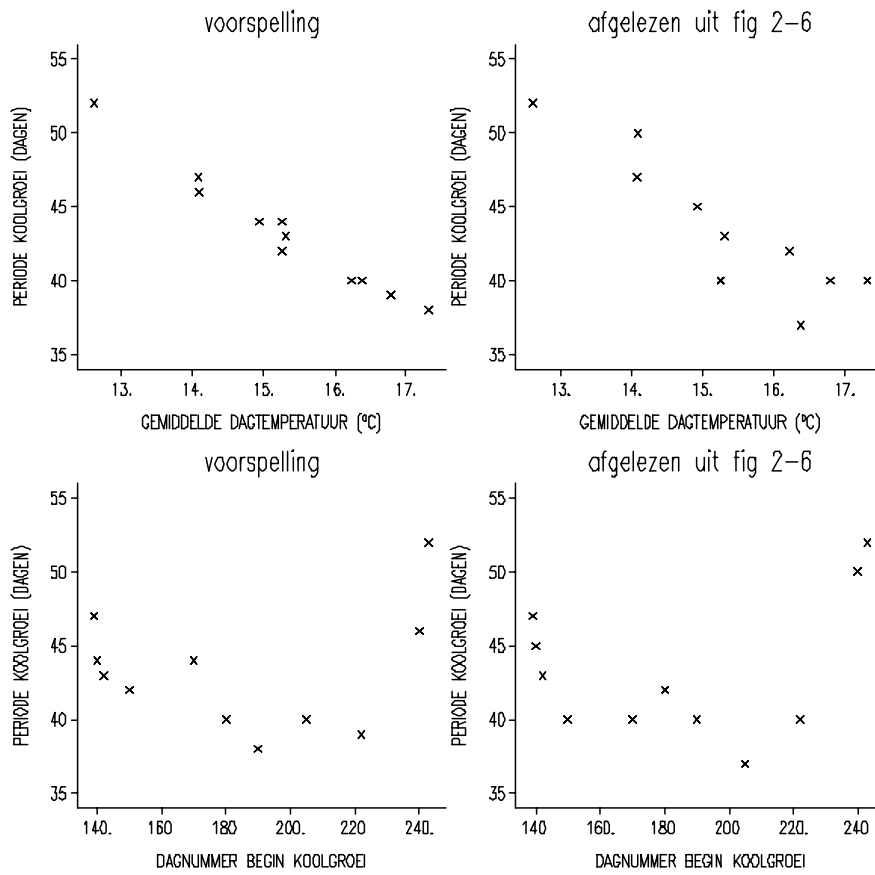
Grafiek 8 geeft de periode voor koolgroei in dagen bij verschillende gemiddelde dagtemperaturen en bij het moment in het seizoen dat de groei begint. De koolgroei in dagen is voorspeld volgens het model en afgelezen uit de grafieken 2-6. Globaal komt de voorspelling overeen met de werkelijke gegevens.

Tabel 3. **Einde warme periode en begin aanvoerpiek, voorspelling van de aanvoer piek met model van Pearson *et al.* (1994), verschil tussen begin aanvoerpiek en de voorspelling en de gemiddelde dagtemperatuur in periode van de koolgroei.**

Nr	Jaar	Einde warme Periode	Begin aan- Voerpiek	Voorspelling	Begin aanvoerpiek Minus voorspelling	Gem. dag- temperatuur
1	1998	140	185	184	1	15
2	1998	180	222	220	2	16
3	1998	205	242	245	-3	16
4	1999	150	190	192	-2	15
5	1999	222	262	261	1	17
6	2000	139	186	186	0	14
7	2000	170	210	214	-4	15
8	2001	190	230	228	2	17
9	2001	240	290	286	4	14
10	2002	142	185	185	0	15
11	2002	243	295	295	0	13



Grafiek 7. **Voorspelde groeiduur kool en groeiduur afgelezen uit grafiek 2-6.**



Grafiek 8. Groeiperiode kool bepaald als verschil tussen einde warmtepiek en begin aanvoerpiek.

4 Discussie en conclusies

In dit onderzoek is gekeken of perioden met hoge temperatuur gevolgd werden door pieken in de aanvoer. De tijdspanne tussen deze twee verschijnselen komt dan overeen met de periode van de koolgroei. Voor 11 pieken in temperatuur is dit verband op het oog afgelezen uit de gemaakte grafieken. De groeiperiode van de kool nam af met stijging van de temperatuur en was dus in de zomer het kortst. Dit stemt overeen met Booij (1990) en Pearson *et al.* (1994). Op basis van het gebruikte model week de voorspelde aanvoerpiek maximaal 4 dagen af van de waargenomen aanvoerpiek. De voorspelling viel zowel 4 dagen voor als 4 dagen na de waargenomen aanvoerpiek. De marge was dus + of – vier dagen. In de meeste gevallen werd de aanvoerpiek iets na de werkelijke aanvoerpiek voorspelt. Opgemerkt moet worden dat een aantal warme periodes later in het seizoen geen duidelijk aanvoerpiek lieten zien. Dit geeft aan dat het gebruikte model beperkt bruikbaar is.

Doordat geen gegevens bekend zijn over de hoeveelheid kool die wordt aangeplant door het groeiseizoen heen, kunnen de aanvoergegevens nu beïnvloed zijn door de schommelingen in het areaal dat door het seizoen wordt ingeplant. De hoeveelheid kool die elke dag wordt aangeplant kan natuurlijk geregistreerd worden. Dan kunnen voorspelling van wiskundige modellen ook beter vergeleken worden met de data. Volgens Booij (1990) is er verschil tussen plantingen in begingroei die niet met een temperatuursom model beschreven kan worden. In dat geval zou er voor gekozen kunnen worden om het model voor de kool groei uit te breiden met een model voor koolinductie en niet zoals in Pearson *et al.* (1994) te werken met een temperatuursom vanaf de dag van planten.

Bij een of meerdere bedrijven kan door het jaar heen worden gevolgd wanneer kool wordt geplant, wanneer de koolaanleg plaatsvindt en wanneer de kool oogstrijp is. Met de temperatuursgegevens kunnen de modellen uit de literatuur worden aangepast aan de zo verkregen data.

Conclusie

Het gebruikte model voorspelde de aanvoerpiek met een nauwkeurigheid van + of – 4 dagen in elf geselecteerde gevallen. Er waren echter ook waarbij pieken in temperatuur waarbij geen relatie vastgesteld kon worden met aanvoerpieken later in het seizoen. Dit leidt tot een beperkte bruikbaarheid van de voorspelling.

De periode van koolgroei kan goed worden beschreven met een model van Pearson *et al.* 1994. Dit model kan worden aangevuld met een model voor koolinductie en met deze twee modellen kan de variatie in aanvoer van de bloemkool waarschijnlijk nauwkeuriger worden voorspeld.

5. Referenties

Booij, R., 1990. Development of cauliflower and its consequences for cultivation. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.

Können, G.P., 1983. Het weer in Nederland, Wisselend Bewolkt, een Overzicht van Ons Weer door het KNMI (The Weather in The Netherlands). Thieme, Zurphen, 143 pp. (In Dutch)

Pearson, S., P. Hadley, A.E. Wheldon, 1994. A model of the effects of temperature on the growth and development of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytus*). *Scientia Horticulturae* 59, 91-106.

Wien H.C. (ed). The physiology of vegetable crops. CAB International Wallingford Oxon, UK.