

Afbeelding 4.
Illustraties van de
extra verspreiding
van een pluim ten
gevolge van een obstakel.

den gestreefd om, zij het op iets langere termijn (medio 1988), ook deze nieuwe aanbeveling te implementeren. Hiermee komt TNO tegemoet aan de wens die werd geuit op het symposium in november 1986 toen de nieuwe aanbeveling ten doop werd gehouden.

Afbeelding 5. Stack-tip-downwash: Een extreme vorm van "gebouw"-invloed, de pluim wordt ten gevolge van de onderdruk achter de schoorsteen zelf omlaag gezogen.



Heeft uw overbuurman overigens een P.C.?

Verantwoording

Dit onderzoek werd gesubsidieerd door de Directie Lucht van het

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. De auteurs willen Dr. P.J.H. Buijtjes (Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO) en Dr. M.P.J. Pulles (Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieu van de Rijksuniversiteit Groningen) danken voor hun bijdrage aan het onderzoek. ■

Literatuur

- [1] Werkgroep Verspreiding luchtverontreiniging. Modellen voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging, Het lange-termijnmodel. Staatsuitgeverij 1976.
 - [2] Werkgroep Verspreiding luchtverontreiniging. Frequentieverdelingen van luchtverontreinigingsconcentraties. Staatsuitgeverij 1981.
 - [3] Baars H.P., A. van Melle. Invloed van een gebouw op de verspreiding van schoorsteenpluimen. IVEM rapport nr. 4, augustus 1985. Ook verschenen onder MT-TNO rapport CMP 85/10, oktober 1985.
 - [4] Werkgroep Verspreiding Luchtverontreiniging. Invloed van een gebouw op de verspreiding van schoorsteenpluimen; Aanbeveling voor een rekenmethode. Vereniging Lucht, oktober 1986. Verkrijgbaar bij SCMO-TNO, postbus 186, 2600 AB Delft.
- Foto's: Tinus Pulles.

Verklaring van de tekens [1, 2]:

σ_y is de laterale dispersiecoëfficiënt uit de formule van het Gaussisch pluimmodel;

σ_{y0} is de term voor de initiële verspreiding;

σ_z is de verticale dispersiecoëfficiënt.

Vertrek redactielid Ir. H. Zeedijk

De redactie betreurt het vertrek van Ir. H. Zeedijk uit haar gelederen. De heer Zeedijk was redactielid vanaf het eerste uur en heeft 4 jaargangen lang onder andere de rubriek Instrumentennieuws verzorgd. Graag willen redactie en uitgever ook langs deze weg de heer Zeedijk hartelijk danken voor zijn enthousiasme en grote inzet.

Gelukkig kunnen wij tegelijkertijd zijn opvolger de heer Müskens verwelkomen, in het vertrouwen op eenzelfde prettige samenwerking.

Dr. P.J.W.M. Müskens is in 1973 als chemicus afgestudeerd aan de Katholieke Universiteit te Nijmegen. Aan deze universiteit is hij vervolgens tot en met 1978 als wetenschappelijk medewerker verbonden geweest. Zijn proefschrift getiteld "De Analyse ten behoeve van bewaking van dynamische processen" had betrekking op de optimalisatie van meetsystemen.

Na zijn promotie is hij tot 1982 werkzaam geweest bij de dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond en vervolgens was hij tot 1988 bij de milieudienst van de provincie Gelderland werkzaam.

Met ingang van 15 januari 1988 is hij benoemd tot toegevoegd Inspecteur van de Volksgezondheid voor de Hygiëne van het Milieu in Zeeland.

Planten, geteeld of in natuurlijke vegetaties, worden in hun groei en voortplanting sterk door de klimaatsomstandigheden beïnvloed. Voor landbouw komt daar nog bij dat ook veldwerkzaamheden moeten worden uitgevoerd, die eveneens sterk van weersomstandigheden afhankelijk kunnen zijn. Het maatschappelijke en economische krachtenspel rond de landbouw geeft veelal de doorslag voor de keuze van het type landbouw.

In dit artikel worden enkele belangrijke klimaatsfactoren besproken. Gekoppeld aan scenario's voor klimaatsverandering is op grond van deze analyse de voorzichtige conclusie mogelijk dat voor de Nederlandse landbouw de directe effecten van een klimaatsverandering zoals die door stijgend atmosferisch CO₂ te verwachten is, niet nadelig zullen zijn. Zeespiegelstijging is hierbij uitdrukkelijk buiten beschouwing gelaten.

J. GOUDRIAAN*

CO₂, sporegassen en broeikas effect

Weer is gedefinieerd als de momentane toestand van de atmosfeer op een bepaalde plaats, en klimaat als het langjarig gemiddelde daarvan. Een echte blijvende klimaatsverandering is deze eeuw nog niet waargenomen. Echter, op theoretische klimatologische gronden mag worden verwacht dat binnen het komende decennium het zg. broeikas effect tgv de CO₂ verrijking van de atmosfeer echt wel zichtbaar zal worden (Coops and Schuurmans, 1986). De stijging van atmosferische verontreiniging met andere sporegassen voegt naar schatting nog eens 50-100% aan dit effect toe. In grote lijnen bestaat dit broeikas effect uit een vermindering van de thermische uitstraling naar de buitenaardse ruimte, waardoor een verhoging van de gemiddelde luchttemperatuur aan het aardoppervlak te verwachten zal zijn. De grootte van het effect ligt in de orde van 2-4 °C temperatuurstijging bij verdubbeling van het atmosferische CO₂-gehalte, te verwachten over 70-100 jaar. Andere klimaatsfactoren zoals neerslag en bewolgingsgraad zullen ook invloed ondervinden, maar op een veel onduidelijker wijze. Over de geografische spreiding van het broeikas effect kan weinig meer worden gezegd dan dat de koude noordelijke winters veel meer, nl met 5-10 °C, zullen worden opgewarmd dan de warme klimaatszones (1-3 °C).

Landbouwkundig belangrijke klimaatsfactoren

Temperatuur

Temperatuur is een van de belangrijkste groeifactoren. Beneden een basistemperatuur die afhankelijk van het gewastype kan liggen tussen 0 en 10 °C, is groei en ontwikkeling van gewassen vrijwel niet meer mogelijk. Komt de temperatuur daarboven, dan gaat het gewas zich ongeveer evenredig met het temperatuuroverschot ontwikkelen. Daarom heeft het zin dit temperatuuroverschot te accumuleren tot een temperatuursom, uitgedrukt in graaddagen.

Gewassen verschillen onderling in de basistemperatuur T_b, en in de graaddagenbehoefte. Op grond van de bekende klimaatsgegevens kan de temperatuursom worden berekend en vergeleken met de gewasbehoefte (Tabel 1).

Tabel 1 Jaarlijkse vereiste temperatuursom (het geaccumuleerde temperatuuroverschot boven de basistemperatuur T_b) voor een aantal gewassen, en de aktueel beschikbare temperatuursommen voor elke basistemperatuur afzonderlijk berekend voor De

Het gewas aardappel blijkt nog de minste eisen te stellen op het gebied van de warmtebehoefte. Zelfs op IJsland kan de knolvulling nog enige tijd plaatsvinden voordat het groeiseizoen afloopt. In Nederland blijken tuinboon, zomertarwe, aardappelen en suikerbieten gemakkelijk verbouwd te kunnen worden, maar voor zonnebloem is het op het nippertje. In de praktijk zullen te veel zomers uitvallen waarin wegens koud en nat weer de afrijping niet wordt gehaald en de oogst dus geheel mislukt. Ook voor snijmais is in Nederland niet veel over, maar aangezien het voor de veevoedertoepassing niet strikt noodzakelijk is dat de kolven afgerijpt zijn vallen de risico's dan wel mee.

Bij zaadgewassen moet aan de temperatuurbehoefte voldaan zijn om te kunnen afrijpen. Een eventueel overschot aan graaddagen verhoogt de opbrengst echter niet, integendeel de opbrengst wordt vaak juist lager, omdat de groeiduur wordt bekort. Daarom worden de hoogste gewasopbrengsten vaak behaald in de buurt van de noordelijke grens van mogelijke verbouw. Daar staat tegenover dat de risico's van totale mislukking door een koude zomer naar het zuiden toe verminderen. Ook zijn er dan meer mogelijkheden om een overwinterend gewas als koolzaad of wintertarwe alvast in te zaaien, en zo de totale opbrengst per hektare grond te verhogen. Het laatste staartje van het groeiseizoen kan dan nog gebruikt worden voor de eerste groei. In het voorjaar kan dan veel eerder een volledige sluiting van het gewas worden bereikt dan bij voorjaarszaai. Deze potentieel hogere gewasopbrengst moet echter worden afgewogen tegen een groter risico: wintergewassen kunnen bij langdurige strenge vorst grote schade oplopen, vooral als de sneeuwbedekking gering of afwezig is. De keuze, die van te voren door de boer ge-

	Vereist	Beschikbaar					
		De Bilt	Brest	Straatsburg	Dijon	Lyon	IJsland
Tuinboon (T _b = 0)	1950	3410	3930	3550	3830	4140	1590
Zomertarwe (T _b = 0)	1700	3410	3930	3550	3830	4140	1590
Begin knolvulling bij aardappelen en suikerbieten:							
aardappelen (T _b = 2)	570	2690	3200	2890	3120	3410	1100
suikerbieten (T _b = 2)	900	2690	3200	2890	3120	3410	1100
snijmais (T _b = 6)	1460	1610	1750	1850	2010	2230	370
zonnebloem (T _b = 7.2)	1300	1340	1390	1590	1730	1940	215
korrelmais (T _b = 10)	850	794	735	1040	1150	1330	0

* Dr. ir. J. Goudriaan is werkzaam bij de Vakgroep Theoretische Produktie-Ecologie van de Landbouwniversiteit in Wageningen.

maakt moet worden, wordt in hoge mate bepaald door zijn ervaring met het plaatselijke klimaat. Een lange periode van strenge vorst zal daarom in Zweden veel minder schade aanrichten dan in Engeland.

Het landbouwsysteem is aangepast aan het klimaat, en het zijn vooral de plotselinge afwijkingen van het gebruikelijke patroon die de schade veroorzaken, eerder dan een trage verschuiving van gemiddeldes.

Waterhuishouding

In Noordwest-Europa hebben we traditioneel meer last van teveel vocht dan van teveel droogte. Zo is in een lange reeks historische gegevens betreffende de opbrengsten van de akkerbouw in Oud en Nieuw-Beijerland een sterke negatieve correlatie met de winterneerslag te zien (Baars, geciteerd in J. de Vries, 1980).

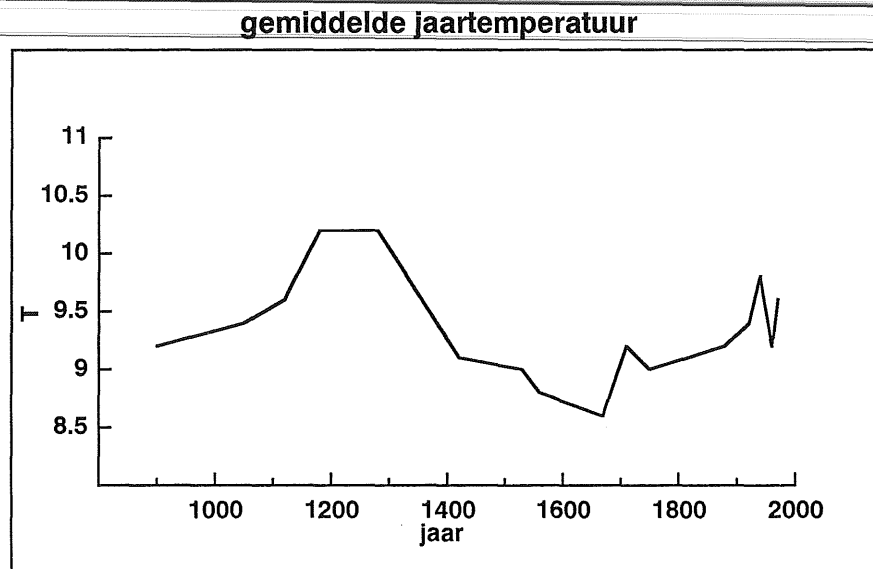
Deze samenhang, die veroorzaakt wordt door de negatieve invloed van een hoge grondwaterstand op de bodembeluchting, beworteling en stikstofhuishouding, was de polderbewoners niet ontgaan, en door installatie van een windmolen in 1740 werd in Oud-Beijerland een aanzienlijke verbetering bereikt. Deze verbetering is als een trendbreuk in de historische gegevens terug te vinden. In een naburige polder, die van Zuid-Beijerland, was zo'n nadelige invloed van de winterneerslag niet te vinden, waarschijnlijk dankzij een veel betere natuurlijke drainage.

De laatste honderd jaar zijn de gewasopbrengsten sterk gestegen: voor tarwe van ca 1000 kg korrels ha⁻¹ tot nu soms 9000 kg ha⁻¹ in de Flevopolders. Het watergebruik door de gewassen is echter ongeveer evenredig toegenomen, en daardoor komt ook in onze streken nu altijd wel enig watertekort voor gedurende de zomer. Het spreekt vanzelf dat deze tekorten groter zullen zijn in een warmer klimaat. Indien het broeikas effect doorzet zal de hydrologische situatie in ons land zeker als punt van zorg in het lange termijn beleid voor de landinrichting dienen te verschijnen (Gezondheidsraad, 1986).

Verspreidingsgebieden

Het natuurlijke en het landbouwkundige verspreidingsgebied van een landbouwgewas vallen zeker niet samen. Subtiele voordelen in de concurrentieverhoudingen in het vrije veld t.o.v. andere soorten beslissen of een soort kan blijven voortbestaan. Wordt de concurrentie van die andere soorten weggenomen doordat de mens aan het wieden slaat en die andere soorten ver-

Figuur 1. Verloop van de gemiddelde jaarlijkse temperatuur in Engeland in de laatste duizend jaar (Naar Lamb in Flohn and Fantechi, 1984)



wijdt, dan wordt het potentiële verspreidingsgebied van een plantesoort ineens geweldig uitgebreid. Voor ons in West-Europa betekent dit met name dat veel landbouwgewassen ver ten noorden van hun natuurlijk areaal voorkomen. Zonder onkruidbestrijding zou bv. de suikerbiet volkomen overwoekerd worden.

Dit wil niet zeggen dat er voor landbouwgewassen helemaal geen concurrentie meer is, maar de concurrentie speelt zich af op een ander vlak. Het is nu de mens geworden die op grond van vooral economische factoren beslist aan welk gewas hij de voorkeur zal gaan geven. Het klimaat heeft dan invloed zowel aan de opbrengstkant, als aan de kostenkant. De opbrengstkant spreekt voor zich, al moet worden bedacht dat het vooral om het oogstbare deel gaat, en dat dat oogstbare deel tot rijpheid moet kunnen komen. Ging het in de traditionele verbouw van mais om de kolven, nu wordt de hele plant gebruikt als veevoedergewas. Met deze wijziging van oogstbaar deel werd deze plant een reëel landbouwgewas in onze streken. Bij de kostenkant moet gedacht worden aan zaken als werkbaarheid van het veld waardoor de planning van de werkzaamheden in het nauw kan komen, aan gewasverzorgende maatregelen als irrigatie en aan gewasbeschermende maatregelen tegen ziekten, plagen en onkruiden.

Historische gegevens (Lamb in Flohn and Fantechi, 1984)

Ondanks interpretatieproblemen van de historische gegevens staat wel vast dat rond het jaar 1100 een warmere periode in West-Europa is be-

gonnen die voortduurde tot ca. 1300. (Fig 1) In deze periode, die gemiddeld 0.5-0.8 °C warmer was dan voorheen schoof de bovengrens van de gerstverbouw in Noorwegen en Schotland 200-300 m omhoog de heuvels in, en wijn werd noordelijker dan nu, o.a. ook in Engeland, verbouwd. Het was een periode van relatieve economische bloei.

In de daaropvolgende 14de eeuw zette een aanzienlijke afkoeling in, en deden zich grote rampen voor als de pest, hongersnoden en grote overstromingen. Het koudere en nattere klimaat had tot slechtere oogsten geleid en daarmee tot een verslechtering van de voeding van de bevolking. In Noorwegen raakten hele streken ontvolkt: in 1430 bedroegen de belastingopbrengsten van een aantal distrikten nog slechts een vierde van rond 1300. Grote watersnoden, die met name in de Duitse Bocht enorme verwoestingen aanrichtten, hingen waarschijnlijk samen met een versterkte zeespiegelstijging die in de warmere voorafgaande eeuwen geleidelijk op gang was gekomen. De Sint Elizabethsvloed van 1421 (ontstaan van de Biesbosch) kan ook in deze reeks geplaatst worden.

Tussen 1400 en 1600 veranderde het klimaat niet veel, tussen 1600 en 1700 werd het echter nogmaals aanzienlijk kouder (met ca 0.5-0.7 °C). Deze in onze Gouden Eeuw vallende periode wordt wel de Kleine IJstijd genoemd. In vergelijking met de warme 13de eeuw was het groeiseizoen zelfs een maand korter geworden. De variabiliteit van het weer was sterker, er kwamen meer extreme weersomstandigheden voor. Toch was de Westeuropese samenleving veel beter in staat dan in de Middeleeuwen om de verde-

re klimaatsverslechtering te doorstaan. Dit zal te danken zijn geweest aan de inmiddels opgetreden technische vooruitgang en de versterkte handel.

In 1700 was de Kleine IJstijd voorbij, en braken een periode aan van betrekkelijke warmte met vrij zachte winters. Pas in 1739-1740 was de winter weer heel streng, hetgeen grote problemen veroorzaakte bij de turfvoorziening (De Vries, 1980). Eigenlijk waren de winters een halve eeuw eerder minstens zo streng geweest zonder tot soortgelijke moeilijkheden te leiden, maar veertig jaar is een lange tijd in mensenheugenis. Het gevaar was veronachtzaamd geraakt.

Vooruitblik

Voor ons in Nederland zullen de gevolgen van het zg. broeikas effect voor de landbouw een nogal gecompliceerd geheel van verschuivingen omvatten, waarbij negatieve gevolgen niet lijken te overheersen. Het directe effect van stijging van atmosferisch CO₂ treedt tegelijk met het klimaateffect op en moet zelfs als vrij positief worden ingeschat. Voor de landbouw liggen de directe CO₂ effecten in dezelfde orde van grootte als de klimaateffecten.

gevolgen broeikas effect

Onze voorouders zouden ons de weelde van onze zg. landbouwproblematiek niet hebben kunnen indenken. In plaats van te leven op de rand van het bestaan, geteisterd door de grillen van het weer, hebben wij ons nu een veel betrouwbaarder basis van de voedselvoorziening kunnen verschaffen. Als we iets kunnen leren van de geschiedenis dat nu nog relevant is, dan is het dat het belangrijk is alert te blijven en het reaktievermogen van het landbouwsysteem intact te houden. Bij voldoende speelruimte in de agrarische sektor zal dan op wijziging van klimatologische, maar ook van economische of van wettelijke randvoorwaarden zonder al te veel problemen kunnen worden gereageerd.

Literatuur

Berger, A. (Ed), 1980. Climatic variations and variability: Facts and theories. Nato advanced study instit. series, Reidel, Dordrecht.
Coops, A.J. and C.J.E. Schuurmans, 1986. Detection of the CO₂ effect upon the climate of Western

Europe. Theor. Appl. Clim.

Flohn, H. and R. Fantechi, 1984. The Climate of Europe: Past, present and future. Atmospheric Sciences Library, Reidel, Dordrecht.

Gezondheidsraad, 1986. Advies inzake CO₂-problematiek. Staatsuitgeverij, Dan Haag.
Jones, H.G., 1983. Plants and microclimate. Cambridge University Press, Cambridge.
Kates, R.W., J.H. Ausubel and M. Berberian, 1985. Climate impact assessment. SCOPE 27. John Wiley & Sons, Chichester.
Mota, F.S. da, 1978. Soya bean and weather. WMO report 498. Genève.
Pitcock, A.B. and H.A. Nix, 1986. The effect of changing climate on Australian biomass production - a preliminary study. Climatic Change 8: 243-255.
Robertson, R.G., 1971. Sunflower phenology-year, variety and date of planting effects on day

and growing degree summations. Crop Science 11: 635-638

Splitters, C.J.L., D.W.G. van Kraalingen and H. van Keulen. (in press) A simple and universal crop growth simulator: SUCROS87. In: Rabbinige and Van Laar (Eds), Simulation in plant protection and pest management. PUDOC, Wageningen.

Vries, J. de, 1980. Measuring the impact of climate on history: the search for appropriate methodologies. J. of interdisc. Hist. X(4): 599-630
Wilson, G.A. and J.F.B. Mitchell, 1987. Simulated climate and CO₂-induced climate change over Western Europe. Climatic Change 10: 11-42

Boekbespreking

Luchtverontreiniging in de troposfeer, Drs. J. Lelieveld en Dr. G. Helas, Meulenhoff 1987; 181 pp; f 39,50.

De verschijning van een monografie over luchtverontreiniging in het Nederlands taalgebied is geen alledaags gebeuren. In Nederland zelf zijn die op één hand te tellen: Biersteker's "Verontreinigde Lucht" (1966), "Luchtverontreiniging en Weer" (KNMI, 1974) en de boeken van Poortenga en van Van Ooyen en De La Court over Zure Regen uit 1984. De doelgroep verschuift in deze opsomming van de groep vakgenoten naar een breder publiek.

Met het werkstuk van Lelieveld en Helas is duidelijk gekozen voor de vakgenoten. Het voorwoord van Prof. Paul Crutzen bevestigt dat. Een aantal hoofdstukken dat samen bijna de helft van het boek beslaat, is echter ook begrijpelijk voor de geïnteresseerde leek.

De auteurs beperken zich tot de atmosfeer zelf. Na wat basisinformatie in twee inleidende hoofdstukken wordt uitvoerig ingegaan op de samenstelling van de troposfeer en vooral op de atmosferische chemie. Verspreiding en verwijdering worden beknopter en meer kwalitatief behandeld evenals de emissie van luchtverontreinigende stoffen. In een hoofdstuk over "Zure Regen" wordt weer wat meer cijfermatig materiaal gepresenteerd. Het boek wordt afgesloten met een hoofdstuk over het "broeikas effect".

Door de verschillen in diepgang waarmee de elementen van het luchtverontreinigingsgebeuren zijn behandeld is er sprake van een zekere one-

venwichtigheid. Het boek zou met name gediend zijn geweest met wat meer cijfers over emissies. In het verspreidingshoofdstuk mist men de modellen voor de Europese schaal (ECE-EMEP, RAINS-IIASA en PHOXA); temeer omdat een correcte voorstelling van de chemische omzettingen, waarover de schrijvers nu juist zoveel te zeggen hebben, daar het nauwst luistert.

Het hoofdstuk over de chemie van de troposfeer vormt zeker het "pièce de résistance" van het boek. Hoewel een betere afbakening tussen planetaire grenslaagchemie en de chemie van de vrije troposfeer de duidelijkheid zou hebben verhoogd, zijn de schrijvers hier het meest in hun element. Met name de behandeling van het onoverzichtelijke gebied van de omzettingen op deeltjes en in wolken dwingt respect af.

Het boek telt ook nog wel wat kleinere tekortkomingen. Dat neemt echter niet weg dat er gesproken kan worden van een aanwinst voor de literatuur over luchtverontreiniging.

De hoofdstukken over troposferische samenstelling, zure regen en broeikasproblematiek zijn heel bruikbare, op zichzelf staande bijdragen die in het middelbaar en hoger beroepsonderwijs van nut kunnen zijn. De schrijfstijl is acceptabel (maar waarom steeds: "het component"?), en wie het naadje van de kous wil weten wordt verder geholpen door een uitvoerige literatuurlijst.

Uw recensent meent daarom dat dit sober uitgegeven boek zowel bij vakgenoten als in openbare en schoolbibliotheken in de kast hoort te staan.

J. van Ham