

CODEN: IBBRAH (8-78) 1-33 (1978)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 8-78

VOORTZETTING VAN HET ONDERZOEK NAAR HET OPTREDEN VAN COX'S ZIEKTE IN DE
NOORDOOSTPOLDER IN DE PERIODE 1966-1968

door

P. BOEKEL en J. VAN DER BOON

1978

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 8-78 (1978) 33pp.

INHOUD

1.	Inleiding	3
2.	Wijze van onderzoek	6
3.	Bewerking van de verkregen gegevens	8
4.	Verschil tussen goede en slechte plekken	9
4.1.	Het gewas	9
4.1.1.	De bovengrondse delen	9
4.1.2.	De beworteling	13
4.2.	De eigenschappen van de grond	13
4.2.1.	De bodemfysische eigenschappen	13
4.2.2.	De bodemchemische eigenschappen	16
5.	Samenhang tussen de waarnemingen	18
5.1.	Correlaties tussen de gewasgegevens	18
5.2.	Correlaties tussen gewasgegevens en ontwatering	21
5.3.	Correlaties tussen gewasgegevens en de luchthuishouding van de grond	24
6.	Discussie	30
7.	Samenvatting	32
8.	Literatuur	33
	Bijlage	

1. INLEIDING

In het begin van de jaren '60 kwamen vooral in de Noordoostpolder, maar ook wel elders in het land, sterk afwijkende verschijnselen in Cox's Orange Pippin voor. Het ziektebeeld, kortweg aangeduid met Cox's ziekte, uit zich in het voorjaar door het niet of nauwelijks uitlopen van de knoppen op de één- en tweejarige scheuten of door vorming van enkele kleine blaadjes die later afsterven en afvallen. Dit verschijnsel wordt later gevolgd door sterke vruchtrui. Naast deze zogenaamde voorjaarsziekte treedt in augustus en september het verschijnsel op dat de scheutgroei stopt en het blad verkleurt en gedeeltelijk afvalt ("zomerverschijnselen of middenscheutsbladval"). Zieke bomen vormen ook minder en kleinere scheuten, en de bomen blijven kleiner, resulterend in een aanmerkelijk geringere produktie (Van Oosten, 1962).

Gezien de betekenis qua afzet van Cox's werd het wenselijk geacht te proberen de oorzaak van deze ziekte op te sporen. Daartoe werden de daarop volgende jaren veel waarnemingen verricht, vooral door medewerkers van het Rijkstuinbouwconsulentschap voor de IJsselmeerpolders (Van Oosten, 1962; Van Oosten, 1963; Braams en Van Oosten, 1964). Daarbij kwamen de volgende feiten en meningen naar voren die mogelijk aanwijzingen in de goede richting zouden kunnen geven.

(1) De Cox's Orange Pippin bomen die het dichtst bij een windscherm stonden waren in enkele gevallen duidelijk beter (beschuttingseffect tegen wind, grotere vochtonttrekking en meer lucht in de grond).

(2) De slechte stand in 1961 werd vrij algemeen toegeschreven aan wateroverlast in het voorgaande zeer natte seizoen, waarbij in het bijzonder werd gedacht aan beschadiging of gedeeltelijke afsterving van de wortel door de hoge grondwaterstanden.

(3) Op percelen waar de profielbouw zodanig was dat de bomen in voorgaande jaren matig groeiden, was de stand in 1961 doorééngenomen het best.

(4) Een invloed van grondwaterstandsdiepte werd niet waargenomen; wel bleek een onregelmatige grondwaterstand nadelig.

(5) Op gronden met een grasmat was de stand van de bomen meestal beter dan op zwart gehouden gronden.

(6) Het beeld varieert sterk van jaar tot jaar en er waren aanwijzingen dat de moeilijkheden vooral optraden in beurtjaren. Het is bekend dat in een beurtjaar de boom met betrekkelijk weinig reservevoedsel start en daardoor gevoelig is voor ongunstige factoren.

(7) Moeilijkheden treden vooral bij Cox's op onderstam M 9. De wortelgroei ervan is betrekkelijk gering en mogelijk kunnen de reservestoffen moeilijk de entplaats passeren. De aanwezigheid van een tussenstam werkt vaak gunstig.

(8) Bij zieke bomen heeft het blad lagere gehalten aan elementen als P, Mg en Ca, terwijl het K-gehalte niet afwijkt. Gedacht is aan een ongunstige invloed van de veranderde K/Mg-verhouding.

(9) Gunstige resultaten werden verkregen met het aanbrengen van ringen in de bast over ongeveer de halve stamomtrek, hetgeen een vermindering van de aanvoer van assimilaten naar de wortel betekent. Het is niet bekend wat daarbij precies gebeurt, maar het doet toch wel een belangrijke fysiologische invloed vermoeden.

Deze gegevens blijken te wisselvallig en de meningen te zeer uiteenlopend om een duidelijke uitspraak over de oorzaak te kunnen doen. Dat heeft er toe geleid dat daarna meer gericht onderzoek naar de oorzaken is verricht. Door Das, Oud en Schellekens (1967) worden literatuurgegevens vermeld, waaruit blijkt dat zieke bomen naast een hoger drogestofgehalte een lager gehalte aan Ca, Mg, N en P in het blad hadden. Zij achten in hun onderzoek op een twintigtal bedrijven een minder goed bodemmilieu met de nadruk op een onvoldoende ontwatering een belangrijke oorzaak. Anderen noemen mogelijkheden als virusziekte, niet volledige vergroeiing van de ent met de onderstam, ongunstige K/Mg-verhoudingen en sterke wisselingen van het weer. Dat betekent dat zowel factoren betrekking hebbend op de boom als bodemfactoren als mogelijk belangrijk werden beschouwd. Daarna is het bodemmilieu in de belangstelling gekomen. Visser van de Directie voor de IJsselmeerpolder (1968) heeft o.a. een onderzoek ingesteld naar de invloed van het bodemmilieu

op het voorkomen van Cox's-ziekte, waarbij vooral de beworteling in samenhang met de lucht- en waterhuishouding is bekeken. De voornaamste conclusies waren: (1) dat het bodemmilieu de Cox's-ziekte wel beïnvloedt, maar indirect. Een goed bodemmilieu c.q. een goede ontwatering stimuleert de onder- en bovengrondse groei, waardoor een grotere en sterkere boom ontstaat die minder gevoelig is voor Cox's-ziekte. (2) Bomen met Cox's-ziekteverschijnselen hebben een klein wortelstelsel met relatief veel dode wortels, hetgeen niet via bodemfysische factoren te verklaren was. Het lijkt dan ook zeer waarschijnlijk dat de eigenlijke oorzaak fysiologisch van aard is. Na dit onderzoek was dus nog steeds geen duidelijk beeld over de oorzaak van de Cox's-ziekte gevormd, hetgeen reden was het onderzoek voort te zetten. Door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid werd het door Das, Oud en Schellekens in 1966 opgezette proefplekkenonderzoek voortgezet met waarnemingen tot 1968 op een minder groot aantal bedrijven. De bodemfysische en hydrologische toestand werd nauwkeuriger vastgelegd. Daarover zal in het volgende worden gerapporteerd. Tevens werd in potproeven getracht Cox's-ziekte op te wekken door diverse factoren als verdrinkingsperiode, soort van stikstofbinding, al of niet toevoeging van nitriet en sulfide en wel of niet ringen. (zie Van der Boon, 1978).

2. WIJZE VAN ONDERZOEK

In aansluiting op de door Das, Oud en Schellekens (1967) verrichte waarnemingen werden in herfst 1966 op elf bedrijven, gedeeltelijk gelegen in het teeltcentrum rondom Marknesse en gedeeltelijk bij Kraggenburg, in de tot 1 m diepte te onderscheiden structuurlagen op zowel een goede als een slechte plek ringmonsters genomen (inhoud 100 cc.) waaraan in het laboratorium vocht karakteristieken (pF-curve) en doorlatendheid voor water en lucht werden bepaald. Door de sterke gelaagdheid waren soms zelfs zeven lagen te onderscheiden en het werd niet onmogelijk geacht dat bepaalde lagen vooral onder natte omstandigheden een te geringe doorlatendheid voor lucht en voor zuurstof zouden bezitten (Boekel, 1967) en daardoor bij omslag van droge naar natte omstandigheden afsterfing van wortels zouden kunnen veroorzaken.

Verder werden van begin november 1966 tot 1 november 1967 zoveel mogelijk om de 14 dagen vochtmonsters genomen uit dezelfde profiellagen waarin het vorengenoemde pF-onderzoek had plaats gevonden. De daarbij verkregen gewichtsprocenten water werden met behulp van de bij het pF-onderzoek gevonden volumegewichten omgerekend tot volumeprocenten. Het verschil met het porienvolume gaf dan het luchtgehalte. Door de wisselvalligheid van de gelaagdheid leverde dat echter moeilijkheden op en de nauwkeurigheid laat dan ook nogal te wensen over.

Tevens werden in de periode van eind oktober 1966 tot eind april 1967 de grondwaterstanden geregeld opgenomen.

Naast dit bodemfysisch onderzoek werd enige aandacht geschonken aan enkele bodemchemische eigenschappen. In het voorjaar van 1967 en 1968 werden op vier resp. vijf bedrijven uit lagen in het profiel, boven de gereduceerde zone monsters genomen waarin op semi-kwantitatieve schaal de aanwezigheid van sulfide, nitriet en ammonium werd nagegaan. Dat gebeurde door het voor de desbetreffende verbinding benodigde reagens in een reageerbuis te brengen, waarin ca. 1,5 g grond met 10 cc water was vermengd. De dan verkregen kleur werd vergeleken met een standaardreeks welke resp. 2-20 $\mu\text{g S}$, 1-10 $\mu\text{g nitriet}$ en 1-20 $\mu\text{g NH}_4$ per liter bevatte. Volgens een literatuurstudie (Bingham et al., 1954; Curtis,

1949; Hewitt, 1951; Mevius, 1958; en nog anderen) kan reeds 10 dpm natriet voor de plant schadelijk zijn bij lage pH. De schadelijkheid bestaat onder meer uit verminderde wortelgroei, afsterven van de wortelpunten, bladverkleuring en als eerste reactie slap hangen van het gewas.

Wat de bomen betreft werden verschillende in de inleiding genoemde verschijnselen beoordeeld en werd in de periode 1966-1968 de stand in een waarderingscijfer uitgedrukt. In 1966 werden bladmonsters genomen waaraan bladgrootte (vers en droog gewicht van 200 bladeren, afkomstig van de basis van eenjarige langloten) en percentage droge stof werden bepaald. Tevens werden deze monsters geanalyseerd op N, P_2O_5 , K_2O , CaO, MgO, B, Mn en suikers. Ook werden in 1966 op uitgebreide schaal waarnemingen verricht over de ontwikkeling van het wortelstelsel.

3. BEWERKING VAN DE VERKREGEN GEGEVENS

De bewerking heeft voor een belangrijk deel betrekking op de in 1966 verzamelde gegevens die reeds eerder in het rapport van Das, Oud en Schellekens (1967) zijn vermeld en verder op de daarna verkregen resultaten waarover wat het bodemfysisch gedeelte betreft ook reeds eerder is gerapporteerd (Boekel, 1967).

Bij de bewerking van dit materiaal werd in de eerste plaats gezocht naar verschillen in gewasontwikkeling en eigenschappen van de grond.

In de tweede plaats werd getracht door het berekenen van de correlaties een mogelijk verband tussen de Cox's-ziekteverschijnselen, beworteling en bodemeigenschappen als luchthuishouding, profielopbouw en ontwatering op te sporen.

Om vast te leggen waarin de goede en slechte plekken verschillen werden de waarnemingsuitkomsten gemiddeld en werd het verschil tussen de gemiddelden met behulp van de t-toets van Student statistisch getoetst.

4. VERSCHIL TUSSEN GOEDE EN SLECHTE PLEKKEN

De verschillen tussen goede en slechte plekken hebben enerzijds betrekking op het gewas, wortelstelsel en bovengrondse delen en anderzijds op de grond en de ontwateringstoestand.

4.1. *Het gewas*

4.1.1. *De bovengrondse delen*

Wat het bovengrondse deel betreft staan er schattingscijfers ter beschikking van 1966 en voor een kleiner deel van 1968. In 1967 werden wegens het geringe optreden van de Cox's-ziekte geen waarnemingen op ruime schaal verricht. In tabel I zijn gegevens over stand, dracht, stamomtrek en hoogte vermeld.

Het is eigenlijk vanzelfsprekend dat er in 1966 duidelijk verschillen in de stand van het gewas zijn omdat op de verschillende bedrijven doelbewust goede en slechte plekken zijn opgezocht. De bomen op de slechte plekken waren veel kleiner (lager en geringere stamomtrek) en brachten daardoor veel minder op. De dracht op de slechte plekken werd in 1966 echter eerder hoger dan lager gewaardeerd dan op de goede plekken. Gewoonlijk wordt dat bij dit ziektebeeld niet waargenomen. Opvallend was dat in 1968 de verschillen in stand van de boom tussen goede en slechte plekken minder duidelijk waren dan in 1966. Dat zou erop kunnen wijzen dat de bomen op de slechte plekken zich aan het herstellen zijn en dus kennelijk minder ziek zijn dan in voorafgaande jaren. Dit verschijnsel is in overeenstemming met wat uit het onderzoek van Visser (1968) naar voren komt, namelijk dat op hetzelfde perceel van jaar tot jaar niet dezelfde bomen door de Cox's-ziekte zijn aangetast. Dit zal tot gevolg kunnen hebben dat de gemiddelde cijfers voor goede en slechte plekken later minder duidelijk uitéénlopen dan in het jaar van uitzoeken van de plekken.

Gegevens over de bladontwikkeling zijn vermeld in tabel II.

TABEL I. Schattingscijfers van goede en slechte plekken voor de gewasontwikkeling op 18 percelen (in 1968 op 17 percelen).

Waarnemingen	Goede plek	Slechte plek	Vershil goede en slechte plek	t-toets [†]
<u>1966</u>				
standcijfers 25/8	8,28	3,11	5,17	3,13 ⁺⁺⁺
drachtcijfers 25/8	6,17	7,39	-1,22	0,52
standcijfers 8/9	8,28	3,67	4,61	2,79 ⁺⁺
kg vrucht/boom	34,3	20,8	13,6	1,68
aantal vruchten				
groter dan 65 mm	86,7	52,9	33,8	1,22
stamomtrek (cm) juli	31,5 ^{††}	23,8	7,2	1,53
hoogte boom in m	3,12	2,35 ^{††}	0,82	1,76 ⁽⁺⁾
<u>1968</u>				
standcijfers 14/5	7,18	4,76	2,41	1,46
standcijfers 22/8	7,71	6,00	1,71	1,45
drachtcijfers 22/8	5,94	5,71	0,23	0,16

†) Statistisch betrouwbaar bij onbetrouwbaarheidsdrempel van $P=0,10$
: (+), $P=0,05$: +, $P=0,01$: ++, $P=0,001$: +++.

††) Eén gegeven ontbreekt.

Uit het lager totaal gewicht van 200 bladeren blijkt dat het blad van zieke bomen kleiner was dan dat van gezonde bomen, terwijl het drogestofgehalte duidelijk iets hoger was.

De resultaten van de bladanalyses zijn vermeld in tabel III. Daaruit blijkt dat in 1966 in de bladeren van de zieke bomen meestal iets hogere gehalten aan suikers, voor en na inversie, werden gevonden. Ook bij uitsplitsing naar gegevens van Marknesse als naar die van

TABEL II. Bladontwikkeling en percentage droge stof op goede en slechte plekken.

	Goede plek	Slechte plek	Vershil goed- slecht	t-toets [†]
<u>1966</u>				
Vers gewicht in g van 200 bladeren	123	102	21	1,40
Droog gewicht in g van 200 bladeren	45,8	39,7	6,2	1,17
Percentage droge stof blad	37,3	38,8	-1,53	1,79 ⁽⁺⁾
<u>1968</u>				
Percentage droge stof blad onderaan langlot	37,7	39,0	-1,31	1,78 ⁽⁺⁾
Percentage droge stof blad bovenaan langlot	34,7	35,2	-0,54	0,94

† zie tabel I.

Kraggenburg werd een verschil tussen de gemiddelden van goede en slechte plekken gevonden, voor Marknesse alleen voor het suikergehalte na inversie. De verschillen voor het totaal en de twee groepen waren statistisch echter niet betrouwbaar. Dat was meestal wel het geval met het verschil in gehalten aan P, K, Ca en Mg. In het blad van zieke bomen waren die gehalten duidelijk lager. Daar dat het geval is met zoveel elementen, ligt het voor de hand de verklaring (deels) te zoeken in ophoping van assimilaten en een daardoor relatieve achteruitgang van de elementen op basis van droge stof. Er is echter ook een beperkte opname door de wortels van voedingsstoffen. Zo zijn de totale hoeveelheden van Ca en Mg in de gehele bladmassa van de zieke boom volgens vergelijking van tabel II met III kleiner dan die aanwezig in het blad van gezonde bomen. Als veel jonge wortels afsterven, is vooral de opname van calcium verstoord (Segeren en Visser, 1971).

TABEL III. Bladanalysecijfers van goede en slechte plekken op 18 percelen in 1966. Onderverdeling naar Marknesse en Kraggenburg.

Blad-analyse	Marknesse (n=8)			Kraggenburg (n=7)			Totaal (n=18)			t-toets
	goede plek	slechte plek	verschil goede en slechte plek	goede plek	slechte plek	verschil goede en slechte plek	goede plek	slechte plek	verschil goede en slechte plek	
N% [†]										
P ₂ O ₅ %	0,453	0,421	0,031	2,51	2,51	0,00	2,54	2,58	-0,03	0,61
K ₂ O %	2,13	2,05	0,08	0,444	0,406	0,039	0,453	0,419	0,034	2,46 ⁺
CaO %	1,93	1,55	0,38	2,15	1,84	0,31	2,10	1,92	0,18	3,52 ⁺⁺
MgO %	0,339	0,246	0,093	1,85	1,43	0,42	2,02	1,61	0,41	4,54 ⁺⁺⁺
B dpm	33,3	34,7	-1,41	0,203	0,201	0,001	0,293	0,238	0,055	2,74 ⁺
Mn dpm	18,5	17,8	0,75	30,2	33,0	-2,8	31,3	33,4	-2,1	2,69 ⁺
suikers: voor				16,6	18,0	-1,4	16,9	16,7	0,1	0,12
inversie	2,29	2,28	0,01	2,27	2,36	-0,09	2,20	2,27	-0,07	1,21
na										
inversie	3,39	3,58	-0,19	3,39	3,54	-0,16	3,27	3,49	-0,23	1,10

† Op Kraggenburg slechts 4 gegevens aanwezig en in totaal 6 gegevens

‡‡ Zie voor rechttopstaande kruisjes tabel I.

Verder valt op dat de verschillen in P, K en Ca tussen goede en slechte bomen in de omgeving van Kraggenburg wat meer uitgesproken zijn dan in het fruitteeltgebied rondom Marknesse.

Het gehalte aan B is in tegenstelling met de andere elementen in bladeren van zieke bomen hoger. Blijkbaar loopt het boriumtransport naar het blad parallel met de ophoping van suikers.

Uit de enkele gegevens van het stikstofonderzoek blijkt geen verschil in stikstofgehalte van blad tussen goede en slechte plekken. Het lijkt erop dat de stikstofvoorziening gereguleerd wordt met het uitgroeien van het blad.

4.1.2. De beworteling

Gegevens over de ontwikkeling van het wortelstelsel, zoals dat in 1966 werd opgenomen zijn vermeld in tabel IV.

Uit de tabel volgt dat de beworteling op de goede plekken beter is dan op de slechte plekken. Het doorwortelde bodemvolume is groter althans zoals bepaald aan de verticale profielwand, het aantal wortels is meer en het aantal dode wortels duidelijk minder. De goede plekken onderscheiden zich verder van de slechte doordat de verzadigingsgrens lager ligt, hetgeen betekent dat de rijping en doorluchting van de grond dieper is doorgedrongen.

4.2. De eigenschappen van de grond

4.2.1. De bodemfysische eigenschappen

Een voorlopige bewerking van de gegevens waarover reeds eerder werd gerapporteerd (Boekel, 1967) liet zien dat er tussen de goede en slechte plekken geen duidelijk verschil in luchtgehalte in het profiel aanwezig was. Ook de diepte van de grondwatertoestand en de schommeling daarin in de loop van het seizoen, vertoonden weinig verschil (Tabel V).

Wel is opgevallen dat de sterke gelaagdheid van deze gronden nogal uiteenliep, hetgeen de vraag oproept of dat gevolgen voor de aërobie zou kunnen hebben. De wortels van appelbomen zijn zeer gevoelig voor een onvoldoende voorziening met zuurstof. Een ruime gasuitwisseling met de atmosfeer is daarvoor vereist.

TABEL IV. Bewortelingsopname en vastlegging van verzadigingsgrens op 18 percelen in 1966.

Waarnemingen	Goede plek	Slechte plek	Verschil goede en slechte plek	t-toets ^{††}
worteldichtheid [†] dode				
wortels in ondergrond	113	203	-90	0,94
worteldichtheid levende				
wortels in ondergrond	435	161	274	1,63
totaal aantal dode				
wortels	82	133	-51	0,68
totaal aantal levende				
wortels	472	279	193	1,69
totaal aantal wortels	555	413	142	1,15
% dode wortels	14,3	30,9	-16,6	1,17
beworteld opp. in m ²	0,81	0,69	0,12	1,03
aantal wortels kleiner dan 1 mm diameter	329	177	152	1,67
worteldichtheid	407	251	156	1,21
verzadigingsgrens ^{†††}	71	56	15	2,01

†) Worteldichtheid=aantal wortels, dunner dan 1 mm diameter, per m² verticale profielwand.

††) Zie tabel I.

†††) Grens, waarop bij persen (knijpen) van de grond nog juist water vrij komt.

Over de daarvoor gewenste ruimtelijke opbouw kan de bepaling van de doorlatendheid voor lucht in de onderscheiden lagen uitsluitend geven.

Uit een vergelijking van de doorlatendheid voor lucht bij pF 2 met het luchtgehalte bij deze vochttoestand kon worden afgeleid, dat bepaalde structuurlagen niet aan de eisen van een goede doorlatendheid bij veldcapaciteit voldoen. Die structuurlagen waren 4 Zu I, 5 Zu I, 6 Zu I en zf Zu III[†]) (zie noot op blz. 16).

TABEL V. Enkele gemiddelde gegevens over de grondwaterstand in de periode van oktober 1966-april 1967.

	Gemidd. grond- water- stand	Hoogste grond- water- stand	Laagste grond- water- stand	Verskil tussen hoogste en laagste grond- waterstand
Goede plekken	78,0	56,3	104,6	48,3
Slechte plekken	77,7	59,8	98,5	38,7

TABEL VI. Poriënvolume in vijf lagen.

laag	<u>Poriënvolume</u>		<u>Luchtgehalte</u>				<u>Benodigd</u>	
	goed	slecht	<u>bij bemonste- ring</u>		<u>bij pF 2</u>		<u>luchtgehalte bij pF 2</u>	
			goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht
I	46,5	46,9	7,5	9,1	6,1	7,7	8,7	8,7
II	55,5	55,4	8,3	8,0	8,5	7,2	9,2	9,5
III	57,0	57,8	8,5	6,5	6,1	6,6	7,1	8,3
IV	58,8	59,5	5,4	3,6	4,1	3,9	4,7	4,7
V	60,6	60,5	3,7	2,3	2,4	2,2	5,6	5,8

TABEL VII. Luchtgehalte in vijf lagen.

Laag	<u>Luchtgehalten, afgeleid uit por-vol en periodieke vochtbepalingen</u>									
	<u>nov-dec '66</u>		<u>jan-febr '67</u>		<u>mrt-apr '67</u>		<u>mei-juni '67</u>		<u>nov '67</u>	
	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht	goed	slecht
I	5,9	8,2	5,2	7,9	6,6	9,6	10,5	13,8	6,0	8,1
II	12,3	12,8	10,7	11,2	10,9	12,4	13,1	15,3	10,7	10,7
III	6,2	7,2	5,4	8,5	7,7	10,5	9,5	11,5	6,4	6,2
IV	4,7	6,0	3,5	6,2	3,3	5,2	6,8	6,7	4,5	4,5
V	6,5	6,6	6,0	6,7	6,2	7,4	7,9	8,5	7,1	5,4

In de tabellen VI + VII is in de eerste plaats een overzicht gegeven van de gemiddelde waarden voor poriënvolume en luchtgehalte bij pF 2 en bij bemonstering in november 1966. Daaruit blijkt geen opvallend verschil in poriënvolume en luchtgehalte bij pF 2 tussen goede en slechte plekken. In diepere lagen van de goede plekken is echter het luchtgehalte bij bemonstering wel iets hoger. Dat wijst op een wat nattere toestand op de slechte plekken.

Uit de op verschillende tijdstippen aanwezige luchtgehalten, afgeleid uit het in november 1966 bepaalde poriënvolume en de periodiek bepaalde vochtgehalten - door de sterke gelaagdheid niet zo erg betrouwbaar - blijkt op de slechte plekken het luchtgehalte bovenin duidelijk hoger te zijn geweest. Daar het poriënvolume vrijwel gelijk was, moet de grond daar ook droger zijn geweest.

Verder valt op dat in de diepere lagen III en IV de gehalten aan lucht in de winter niet altijd het vereiste niveau bereiken, maar afgaande op de gegevens van november 1966, die het meest betrouwbaar zijn zou dat op de goede plek wel en op de slechte plek niet voldoende zijn.

4.2.2. De bodemchemische eigenschappen

Wat het onderzoek op sulfide, nitriet en ammonium betreft kan gezegd worden dat de nauwkeurigheid van de bepaling niet groot is, ook gezien de kleine hoeveelheid grond. Er zal niet meer kunnen worden aangeduid dan dat er geen, weinig en veel nitriet voorkwam. In eind mei 1967 werd nitriet in geringe hoeveelheid aangetoond in de lagen net boven de volledige reductiezone, in eind april 1968 kwamen op drie van de vier onderzochte plaatsen sporen nitriet in het profiel voor.

†)

Beschrijving van afgezette lagen in het profiel

Zu I laatst afgezette laag vóór de afsluiting van de Zuiderzee
 Zu III sterkzandige, zeer schelprijke dunne laag (+ 5% lutum)
 4 lichte zavel A (5 - 8% lutum)
 5 lichte zavel B (8 -12% lutum)
 6 zware zavel A (12 -17% lutum)
 z f zeer fijnzandig

Er was echter geen verschil in gehalte tussen goede en slechte plekken. Het sulfidegehalte van de grond boven de reductiezone kan hoog oplopen. In mei 1967 werden zelfs gehalten boven 50 dpm sulfide aangetoond. In voorjaar 1968 waren de gehalten lager. Er was geen verschil tussen goede en slechte plekken. Ook voor de ammoniumgehalten, in 1968 hoger dan in 1967, was er geen systematisch verschil tussen plekken met gezonde en zieke bomen.

5. SAMENHANG TUSSEN DE WAARNEMINGEN

In het volgende worden de resultaten van de berekeningen van de correlaties tussen verschillende gegevens over gewas en grond besproken. De voornaamste resultaten zijn vermeld in de bijlage.

5.1. *Correlaties tussen de gewasgegevens*

Wat de *correlaties tussen de verschillende standcijfers van het gewas* betreft het volgende. Tussen de standcijfers van bomen van goede en slechte plekken waren er in 1966 geen hoge correlatiecoëfficiënten, noch tussen die van 1966 en 1968. Dit houdt dus in, dat de mate van aantasting door de Cox's-ziekte geen verband lijkt te houden met de groei en ontwikkeling van voordien gezonde bomen. Het wisselend beeld van de ernst van de Cox's-ziekte van jaar tot jaar en ook het feit dat de ene boom op een perceel in een bepaald jaar minder ziek kan worden en de andere dat jaar erger, moet de verklaring zijn voor de niet naar voren komende correlatie tussen de standcijfers van 1966 en 1968 binnen de gegevens van de zieke plekken. De over het algemeen goede stand van de bomen op de gezonde plekken maakt dat er maar geringe afwijkingen zijn per perceel en dat geen correlatie wordt gevonden tussen de standcijfers van 1966 en 1968 op de gezonde percelen.

Wat de *samenhang tussen standcijfers en gewasanalysecijfers* betreft is gebleken dat de standcijfers in 1966 een duidelijke correlatie met het gewicht van het blad vertoonden: bomen met een hoger standcijfers gewaardeerd hebben grotere bladeren (correlatiecoëfficiënt 0,52 op goede plekken en 0,53 op slechte plekken). Ook ging een betere stand gepaard met een lager drogestofgehalte in het blad (correlatiecoëfficiënt voor goede plekken -0,64, voor slechte plekken -0,64).

In 1966 was er vooral op de slechte plekken een positieve correlatie tussen de stand van de boom en het gehalte van het blad aan P, Ca en Mg (corr. coëff. resp. 0,82, 0,82 en 0,61). Eerder is al aangetoond (tabel III) dat het gehalte aan deze elementen in bladeren van zieke bomen lager is dan in die van gezonde bomen.

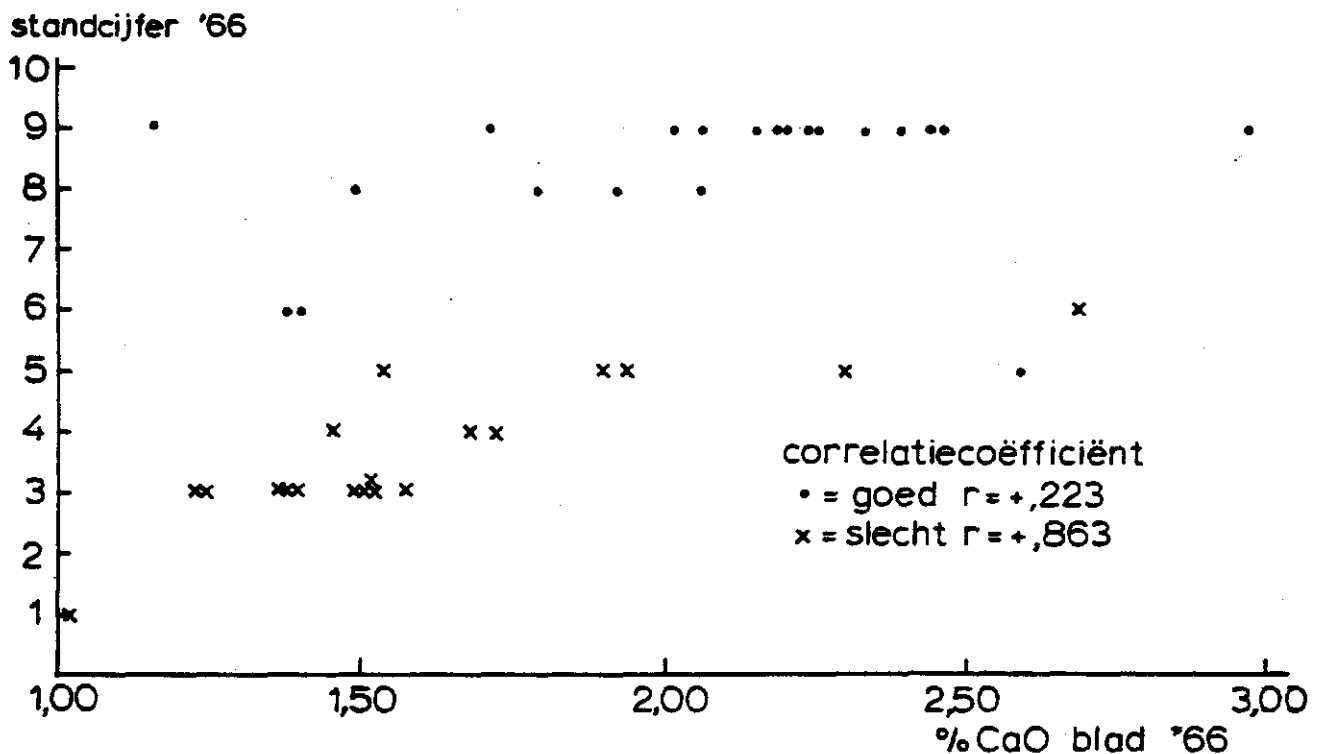


Fig. 1. Verband tussen standcijfers op 8 september 1966 en calciumgehalte van het blad. Gegevens van goede en slechte plekken.

Opvallend is dat er binnen beide groepen plekken - goed en slecht- wel een duidelijk verband is tussen standcijfer en b.v. % CaO in het blad (fig. 1), maar dat die beide samenhangen niet samenvallen. Bij eenzelfde CaO-gehalte is de stand op de goede plekken veel beter dan op de slechte. De Ca-huishouding in het blad van Cox's-zieke bomen is blijkbaar duidelijk verstoord. Dat zou op wateroverlast kunnen wijzen, gezien het feit dat Segeren en Visser (1971) in verdrinkingsproeven vrijwel direct een lager calciumgehalte in het blad vinden. Het niveauverschil tussen de curven is mogelijk ontstaan doordat de gehalten CaO nu weer vrij hoog zijn maar in een ander - vroeger - stadium op de slechte plekken b.v. veel lager zijn geweest, terwijl de stand van de boom zich minder snel heeft kunnen herstellen.

Een andere waarneming was dat op de slechte plekken meer suiker in het blad voorkwam naarmate de stand slechter was (corr.coëff. = -0,70 van V.I. en -0,66 voor N.I.).

De in augustus 1968 opgenomen stand laat heel andere en vaak tegengestelde correlaties met de verschillende gehalten van 1966 zien. Maar dat vindt vermoedelijk zijn oorzaak in het feit dat er na 1966 veel in het ziektebeeld is veranderd.

TABEL VIII. Correlatiecoëfficiënten betreffende de samenhang tussen stand in 1966 en 1968 en beworteling in 1966.

Datum	Plek	Stand	Dode wortels	Levende wortels	Totale hoev. wortels	% dode wortels	Beworteld teld opp.	Worteldichtheid
aug. '66	slecht	2,8	-0,33	-0,03	-0,16	-0,51	0,00	0,06
sept. '66	"	3,4	-0,28	-0,12	-0,21	-0,39	0,13	-0,20
mei. '68	"	4,9	0,15	0,63	0,52	-0,25	0,12	0,69
aug. '68	"	6,1	0,71	0,52	0,67	0,47	0,58	0,35
aug. '66	goed	8,5	-0,55	0,75	0,48	-0,75	-0,11	0,91
sept. '66	"	8,7	-0,38	0,55	0,36	-0,56	-0,11	0,65
mei. '68	"	6,8	-0,37	0,41	0,24	-0,39	-0,46	0,48
aug. '68	"	7,5	0,45	0,10	0,27	0,26	0,22	-0,02

Het verband tussen de verschillende standcijfers en de beworteling in 1966, gezien de in tabel VIII gegeven correlatiecoëfficiënten, doet wat merkwaardig aan.

In 1966 werden zowel op goede als slechte gedeelten duidelijk meer dode wortels en een hoger percentage dode wortels gevonden bij een lage waardering van de stand dan bij een in verhouding goede stand. Op de goede plekken werd daarbij ook een geringere worteldichtheid gevonden naarmate de stand slechter was. Dit is wel volgens verwachting. Merkwaardig is echter dat de in 1968 opgenomen stand van de bomen heel andere en vaak tegengestelde correlaties met de in 1966 opgenomen beworteling te zien geeft. Dat zou er op wijzen dat juist de bomen op de slechtste plekken zich het sterkst hebben hersteld. Dit sluit aan bij een waarneming van Delver (pers. meded.), dat bomen, die na wateroverlast in een voorgaand jaar minder sterk groeien ten gevolge van een beschadigd wortelstelsel, een volgende ongunstige periode beter doorstaan dan gezonde bomen.

Waarom dezelfde bomen het in de voorafgaande periode hebben laten zitten is hiermede niet duidelijk. Het vormt wel een bevestiging dat het beeld van ziek en gezond zijn sterk kan wisselen.

5.2. Correlatie tussen gewasgegevens en ontwatering

Van de in de periode van 28 oktober 1966 tot 25 april 1967 om de een tot twee weken opgemeten grondwaterstanden werden de gemiddelden berekend en de variaties en de hoogste en laagste waarden afgeleid.

De correlaties tussen deze gegevens en de in 1966 en 1968 gegeven standcijfers, hoewel niet een eenvormig beeld tonend, geven toch wel bepaalde indicaties (tabel IX).

TABEL IX. Correlaties tussen stand van de bomen en de grondwaterstand.

Stand v.d. bomen op	Plek	Gemidd. stand	Correlatiecoëfficiënten met de waterstandsgeg.				
			gemidd. stand	variatie st.afw.	hoogste stand	laagste stand	hoogste-laagste
aug. 1966	slecht	2,8	0,01	0,57	-0,25	0,51	0,49
sept. 1966	"	3,4	-0,01	0,69	-0,47	0,59	0,72
mei 1968	"	4,9	-0,09	-0,09	0,16	-0,01	-0,14
aug. 1968	"	6,1	0,21	-0,62	0,55	-0,27	-0,62
aug. 1966	goed	8,5	-0,11	0,41	-0,27	0,50	0,49
sept. 1966	"	8,7	-0,18	0,40	-0,17	0,43	0,38
mei 1968	"	6,8	-0,51	0,34	-0,41	0,10	0,36
aug. 1968	"	7,5	-0,24	-0,14	-0,01	-0,37	-0,22

Daaruit blijkt geen invloed van de gemiddelde grondwaterstand op de stand. Merkwaardig is de tegenstelling dat in 1966 de stand van de bomen beter en in 1968 slechter was naarmate de laagste stand van het water in de winter 1966-1967 dieper was en de variatie daarin groter. De verklaring lijkt het meeste waarschijnlijk dat de stand van de boom met enige vertraging reageert op de ontwatering. De stand van de bomen in 1968 zal bepaald zijn door de stand en het verloop van het grondwater in een daaraan voorafgaande periode.

Voor de standcijfers van 1966 is de grondwaterstand daarvoor echter niet bekend, maar die zal vermoedelijk sterk afwijken van die in 1966 en 1967 (zie regencijfers verderop in tabel XI). Verder werd gevonden dat verschillen in stand, beoordeeld in 1968, tussen goede en slechte plekken, vooral voorkomen op percelen waar de grondwaterstand hoog opliep (correlatiecoëfficiënt, verschil standcijfer - hoogste grondwaterstand = -0,68; zie ook figuur 2).

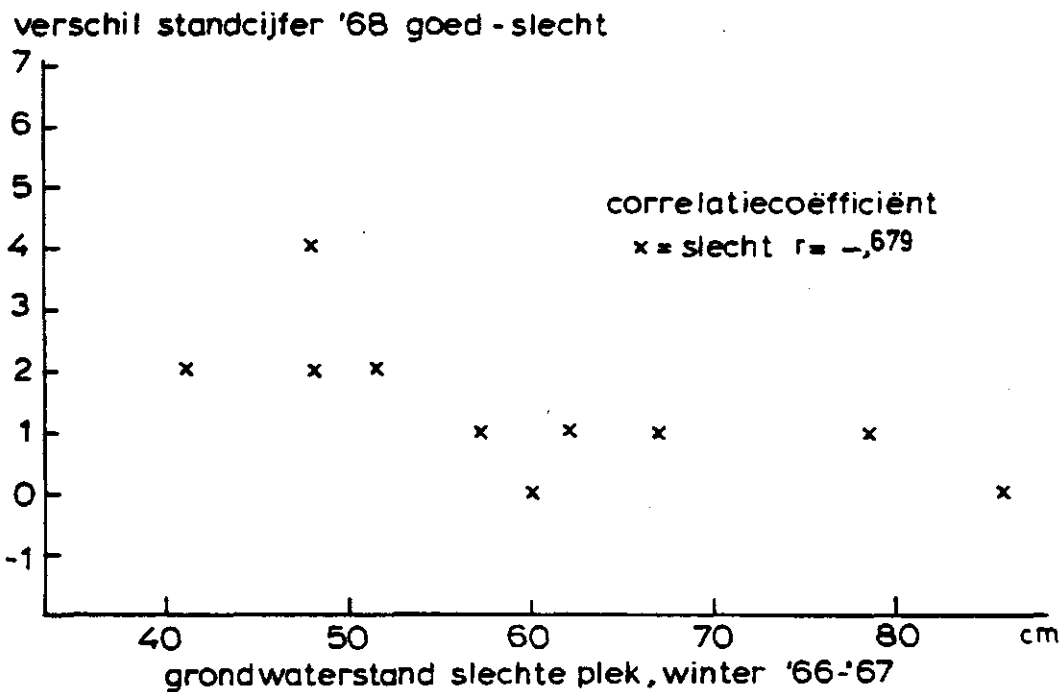


Fig. 2. Verschil in stand op goede en slechte plek, waargenomen op 22 augustus 1968, uitgezet tegen de hoogste grondwaterstand, die voorkwam in de periode oktober 1966-april 1967 op de slechte plek.

Ook was er een aanwijzing dat het in 1968 gevonden verschil tussen goede en slechte stand groter was naarmate de variatie in grondwaterstand groter was (correlatiecoëfficiënt voor goed en slecht 0,63 en 0,75).

Verder vertoonde het percentage droge stof in het blad in 1966 een negatieve correlatie met de laagste grondwaterstand (voor goed en slecht resp. -0,62 en -0,66) en het Ca-gehalte van het blad een positieve correlatie (voor goed en slecht resp. 0,75 en 0,64).

Dit vormen toch wel aanwijzingen dat de Cox's-ziekte verschijnselen zich vooral manifesteren bij een hoogoplopende grondwaterstand en bij een sterke schommeling daarin in de voorafgaande periode.

De correlaties tussen wortelontwikkeling in 1966 en de grondwaterstandsgegevens in winter 1966-1967 zijn weinig doorzichtig (tabel X). Vooral op de goede plekken is er een negatieve correlatie tussen de hoeveelheid dode wortels in de ondergrond en de laagste grondwaterstand (correlatiecoëfficiënt = -0,59). Daarnaast vertoonde de hoeveelheid dode wortels een negatieve correlatie met de schommeling in grondwaterstand (correlatiecoëfficiënt voor goed en slecht resp. -0,83 en -0,54). Dit laatste zou betekenen dat er bij een grote variatie in grondwaterstand minder dode wortels zijn. Dat is moeilijk verklaarbaar.

TABEL X. Correlaties tussen beworteling in 1966 en grondwaterstand in winter '66-'67.

Bewor- teling	Plek	<u>Correlatiecoëfficiënten met waterstandsgegevens</u>			
		gemidd. stand	vari- atie	hoogste stand	laagste stand
dode	slecht	0,16	-0,54	0,42	-0,30
levende	"	-0,27	0,01	0,01	0,01
totaal	"	-0,12	-0,22	0,18	-0,13
% dode	"	0,32	-0,64	0,46	-0,42
dode	goed	0,39	-0,83	0,66	-0,59
levende	"	0	-0,15	0,07	0,05
totaal	"	0,16	-0,40	0,33	-0,20
% dode	"	0,41	-0,74	0,64	-0,48

Verder is er een positieve correlatie tussen hoeveelheid dode wortels en de diepte van de hoogste grondwaterstand. Ook dit lijkt moeilijk aanvaardbaar. Maar vermoedelijk speelt ook hier dat de grondwaterstand in de loop van de tijd kan variëren en dat de toestand opgenomen in de periode '66-'67 anders is geweest dan de daaraan voorafgaande periode die meer doorslaggevend zal zijn geweest voor de beworteling in 1966. Het in tabel XI weergegeven overzicht van de regenval in de periode 1963-1968 ondersteunt deze gedachte.

TABEL XI. Maandelijks neerslaghoeveelheid in 1963-1968 (mm).

Jaar	Maand											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1963	15	14	49	48	71	64	69	155	77	54	91	11
1964	21	32	34	53	37	77	41	93	50	87	37	82
1965	81	24	48	76	100	98	176	54	37	30	73	166
1966	51	81	56	87	43	185	98	57	58	71	103	139
1967	54	69	55	40	97	30	59	92	137	117	97	91
1968	68	28	38	55	75	74	80	115	122	89	57	25

Daaruit blijkt dat de jaren 1963 en 1964 vrij droog zijn geweest, en de daarop volgende zomers 1965 en 1966 zeer nat. De eerste helft van 1967 was droog, de tweede helft nat en 1968 was weer wat droger. Dat zal betekend hebben dat in 1963-1964 de grondwaterstanden diep waren, en dat de rijping van de ondergrond zich tot wat grotere diepte heeft uitgebreid. De beworteling zal zich daarbij hebben aangepast. De daarop volgende natte periode in 1965 en 1966 heeft de waterstanden weer doen stijgen, de aëratie in diepere lagen is teruggelopen en de beworteling heeft het plaatselijk moeilijk gehad en is voor een deel afgestorven. Daarna is weer herstel opgetreden, enerzijds door aanpassing aan de nieuwe situatie, anderzijds door de geringe regenval in 1967.

5.3. Correlaties tussen gewasgegevens en de luchthuishouding van de grond

In het voorgaande is reeds vermeld dat de vochtgehalten van de grond, die in de periode november 1966-november 1967 op zowel de goede als de slechte plekken in vijf lagen werden bepaald met behulp van de eerder bepaalde volumegewichten tot volumepercenten werden omgerekend. Uit de verkregen waarden en het poriënvolume werden de luchtgehalten afgeleid. Correlaties werden berekend tussen de standcijfers en de luchtgehalten in vijf lagen en vijf perioden.

Uit de verkregen gegevens wordt de indruk verkregen dat het luchtgehalte zowel in de bovenste als in de derde laag van belang is.

Het luchtgehalte in de tweede laag niet, maar dat hoeft niet te verba-
zen omdat dit over de gehele linie vrij hoog is. Het luchtgehalte in de
vierde en vijfde laag lijkt beter laag te kunnen zijn, een situatie die
bij praktisch verzadigde grond aanwezig is. Ook dat zou erop kunnen dui-
den dat een constant volledige verzadiging beter is dan schommelingen in
vochtgehalten en luchthuishouding waarbij de wortels in droge perioden
dieper doordringen om later in perioden van wateroverlast weer af te
sterven.

Ook op de goede plekken wordt nog een behoorlijk percentage dode wortels
aangetroffen (zie tabel IV), wat wijst op de in sommige perioden te lage
luchtgehalten in het in de nieuwe polders sterk gelaagd profiel. De in fi-
guur 3 weergegeven samenhang suggereert een betere stand bij toenemend
luchtgehalte in de derde laag in de winterperiode

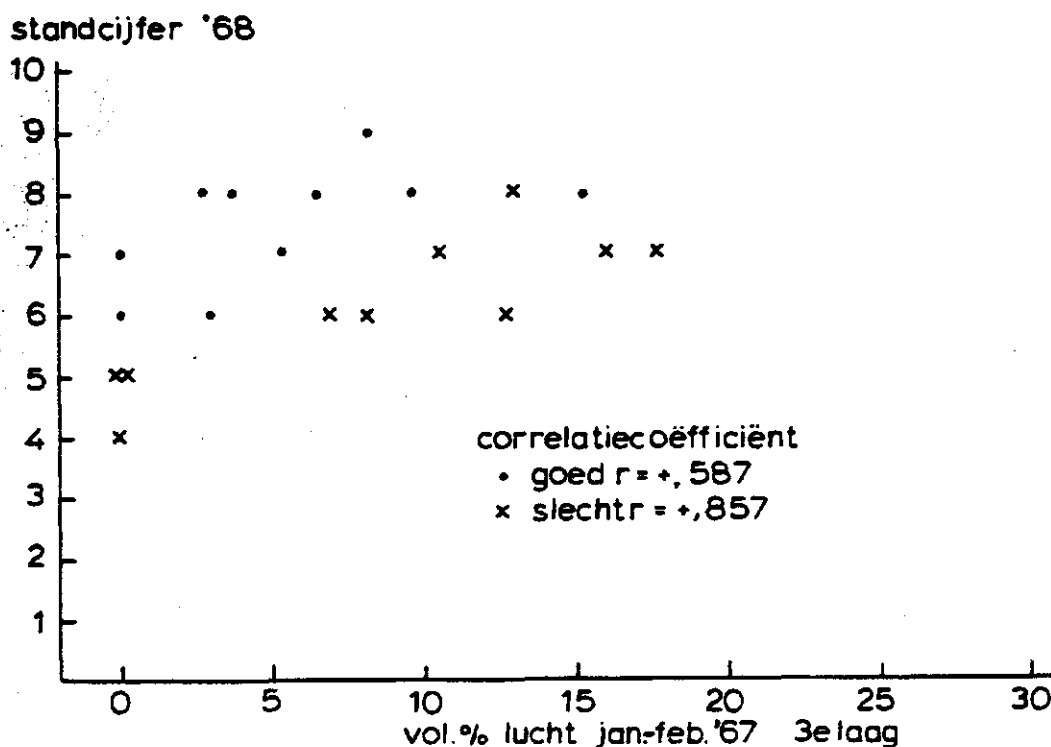


Fig. 3. Verband tussen standcijfers van 22 augustus 1968 op goede en slechte plekken en het luchtgehalte in de derde laag, 40-45 cm diepte, zoals bepaald in de periode van januari-februari 1967.

Een luchtgehalte van 4-6 % is gewenst. Het verschil tussen gezonde en zieke bomen wordt echter niet geheel hierdoor verklaard. Het verschil in stand tussen goede en slechte plekken in het voorjaar 1968 is negatief gecorreleerd met het volume % lucht in de 3e laag in maart-april 1967 (correlatiecoëfficiënt resp. voor goede en slechte plekken = -0,79 en -0,33). In 1966 was het verschil in stand van het gewas tussen gezonde en zieke bomen groter bij een lager poriënvolume in de bovenste laag (correlatiecoëfficiënt resp. voor gezond en ziek = -0,55 en -0,83).

Wat de correlatie tussen bladanalysecijfers en luchthuishouding betreft, daarbij werd gevonden dat het verschil in percentage droge stof tussen goede en slechte plekken in augustus 1966 groter was als het poriënvolume van de bovenste laag lager was (correlatiecoëfficiënt resp. voor poriënvolume van goede en slechte plekken = 0,62 en 0,72; fig. 4).

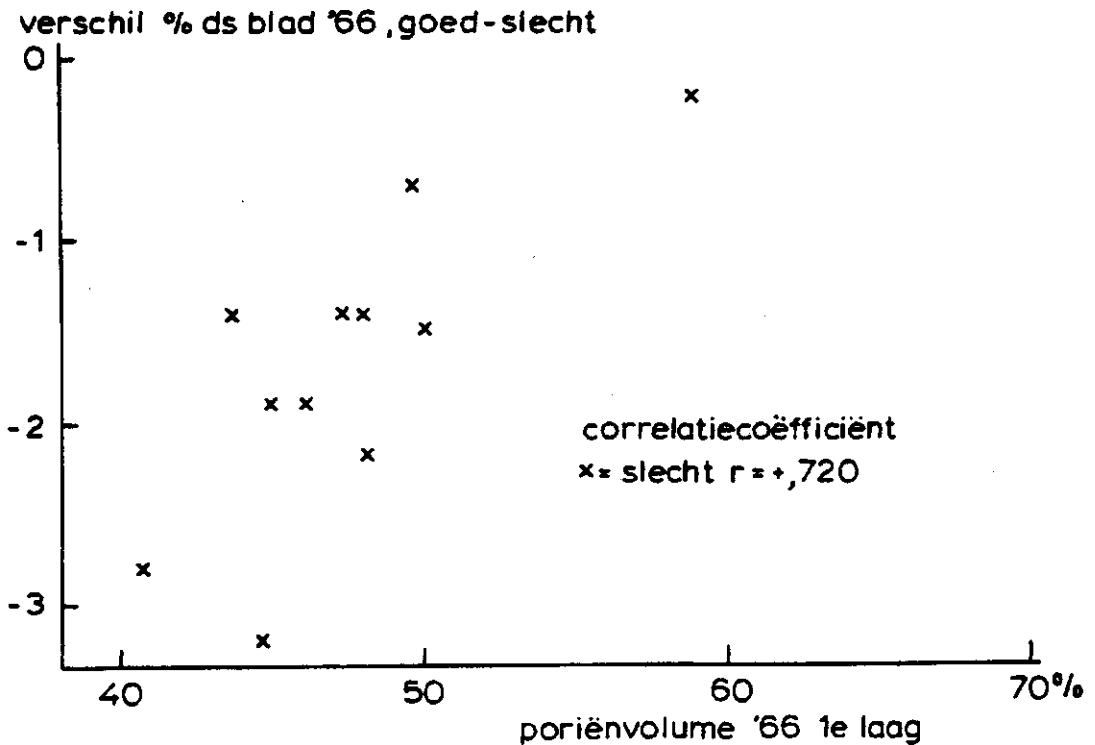


Fig. 4. Verschil in percentage droge stof in het appelblad op 25-26 augustus 1966 uitgezet tegen het poriënvolume in de bovenlaag.

Bij het bestuderen van het verband tussen de bladanalysecijfer van augustus 1966 en de luchtinhouding in het profiel valt het op, dat het verschil in kaligehalte tussen een goede en slechte plek op een perceel groter was als het poriënvolume in de bovenste laag kleiner is (correlatiecoëfficiënt met poriënvolume op slechte plekken = -0,70). Dit houdt dus in dat in een boomgaard met een minder goede structuur van de bovenlaag het verschil tussen het kaligehalte van gezonde bomen en zieke bomen sterker naar voren komt. Ook op de goede plekken lijkt de structuur meer dan eens niet te voldoen aan de optimale eisen.

Voor een goede zuurstofvoorziening van de wortels is niet alleen een bepaald luchtgehalte in de grond gewenst maar ook de mogelijkheid van een voldoende uitwisseling tussen verbruikte en verse lucht. Daarom werd ook de luchtdoorlatendheid van de vijf onderscheiden structuurlagen in de grond bepaald. Als een kritieke grens van $10 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$ daarbij wordt aangenomen, kan uit het verband tussen luchtdoorlatendheid en luchtgehalte bij pF 2 worden bepaald, welk luchtgehalte minimaal in de grond aanwezig moet zijn voor voldoende verversing van de lucht. Als wordt aangenomen dat de derde laag van de grond de belangrijke laag voor het wel of niet goed functioneren van het wortelstelsel is - deze laag bevindt zich gemiddeld op 40-45 cm diepte -, dan blijken de standcijfers op 22 augustus 1968 een correlatie te vertonen met het verschil, waarmee het luchtgehalte in de wintermaanden januari-februari 1967 afwijkt van het luchtgehalte, dat volgens berekening benodigd is voor een voldoende gasuitwisseling bij veldcapaciteit. Naarmate dit verschil positiever uitvalt des te hogere standcijfers werden gegeven voor de ontwikkeling van de bomen, zowel op de goede als op de slechte plekken (fig. 5; correlatiecoëfficiënt resp. voor goede en slechte plekken = 0,69 en 0,83). Het verschil in goede plek en slechte plek blijft gedeeltelijk bestaan zodat hiermee niet alle standverschillen zijn te verklaren. Het verschil in suikergehalte van het blad in augustus 1966 tussen goede en slechte plek neemt ongewenste vormen aan bij een onvoldoende mogelijkheid van zuurstofuitwisseling op de diepte van de vierde laag (gemiddeld over 10 proefplekken = 55-60 cm.); dit volgt uit de correlatie met het verschil tussen het volumepercentage lucht in jan.-febr. 1967 en het luchtgehalte, benodigd voor een goede uitwisseling (correlatiecoëfficiënt met verschil in luchtgehalte op slechte plek = 0,70; fig. 6).

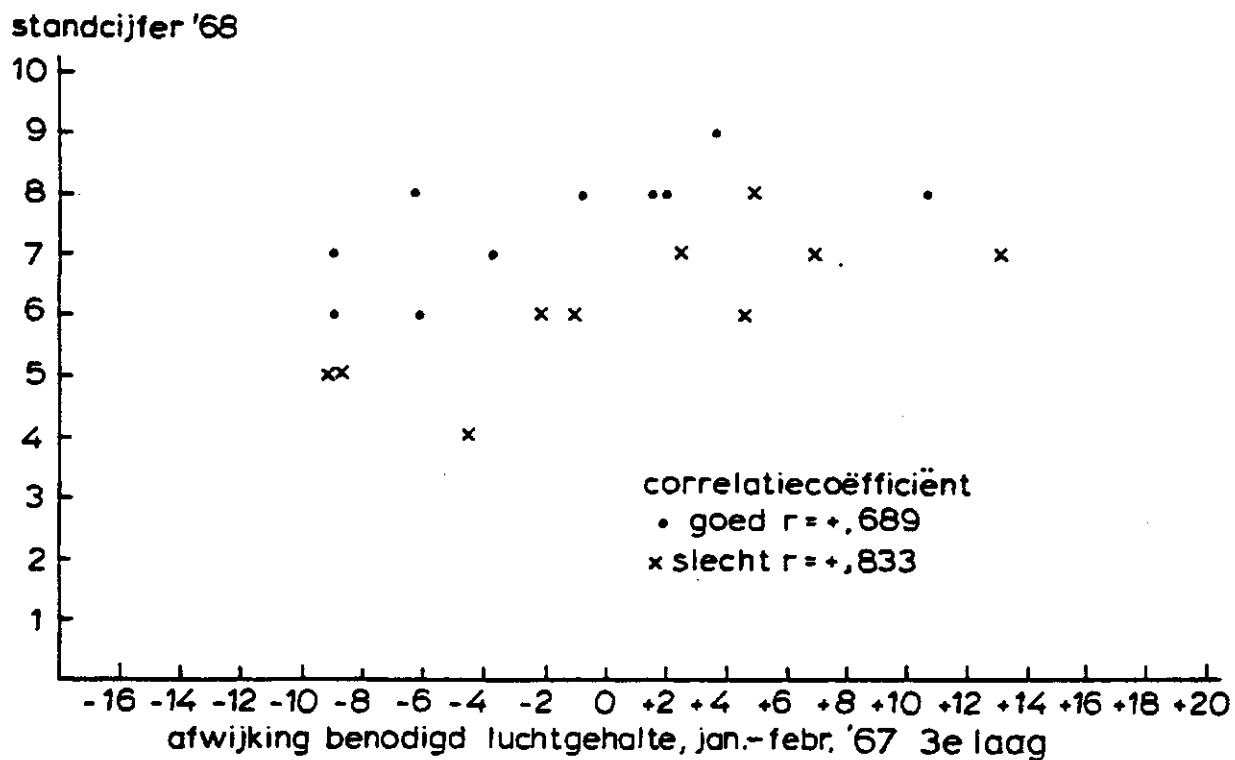


Fig. 5. Verband tussen standcijfers van 22 augustus 1968 en het verschil in het luchtgehalte, aanwezig in de periode van januari-februari 1967 en het luchtgehalte, nodig voor een voldoende zuurstofuitwisseling in de derde laag, 40-45 cm diepte.

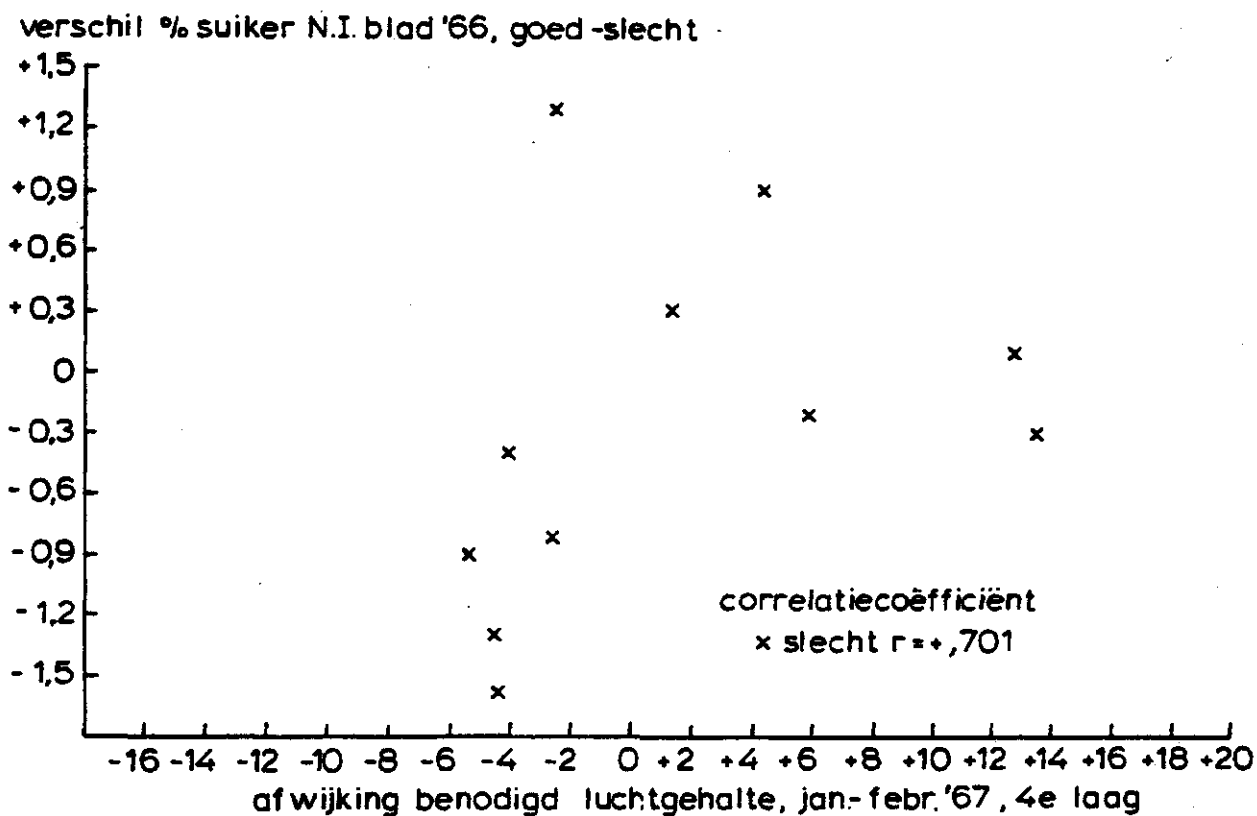


Fig. 6. Verschil in suikergehalte in het appelblad, bepaald na inversie aanwezig op 25-26 augustus 1966, tussen gezonde en zieke bomen, uitgezet tegen het verschil in het luchtgehalte, aanwezig in de periode van januari-februari 1967 en het luchtgehalte, nodig voor een voldoende zuurstofuitwisseling in de vierde laag, 55-60 cm diepte.

6. DISCUSSIE

Evenals vroeger onderzoek heeft ook dit onderzoek geleerd dat het optreden van de Cox's-ziekte wisselvallig is. In 1966 werden plaatselijk ernstige ziekteverschijnselen geconstateerd, in 1967 kwamen er minder ziektesymptomen voor en in 1968 was de aantasting weer ernstiger, maar minder dan in 1966. Het zijn kennelijk bepaalde jaren dat de verschijnselen sterk naar voren komen. Het jaar 1966 was dat duidelijk het geval.

De zieke bomen kenmerkten zich in 1966 door kleinere bladeren met een hoger drogestofgehalte, een lager gehalte aan P_2O_5 , CaO en MgO, en een hoger gehalte aan suikers. Dit wijst in de richting van een onvolgroeid uitgroeien van het blad door verstoorde opname van voedingsstoffen en water. En gezien de ongunstige toestand van de wortels - veel dode en relatief weinig levende - is dat ook wel verklaarbaar. Verder was de afvoer van suikers vanuit het blad naar de wortel blijkbaar bemoeilijkt.

De vraag is dan uiteraard wat de oorzaak is van de slechte gesteldheid van het wortelstelsel. Het zou voor de hand liggen om de verklaring te zoeken in tijdelijk slechte ontwatering en de daarmee verband houdende aëratie. De verkregen correlaties geven daaromtrent geen volledig uitsluitsel. Dat kan ook voor de gegevens van 1966 niet omdat de ontwaterings- en aëratietoestand gelijk na de opname van de beworteling is opgenomen, terwijl mag worden aangenomen dat de beworteling vooral zal worden beheerst door de bodemkundige en hydrologische toestand voorafgaande aan dat tijdstip. Maar die is niet bekend en gezien de nogal andere weersomstandigheden is die zeker anders en ongunstiger geweest dan die tijdens de opname. In overeenstemming met het voorgaande is de waarneming dat de ontwateringstoestand in de periode 1966-1967 wel een redelijke relatie te zien gaf met de stand van de bomen in 1968. In het sterk gelaagd profiel in de Noordoostpolder worden in bepaalde lagen de minimum voorwaarden van luchtgehalten en luchtdoorlatendheid niet altijd bereikt. Gezien dit feit en mede gezien de regenvalgegevens van 1964 t/m 1968 lijkt het aannemelijk dat in de droge jaren 1963 en 1964 deze jonge poldergronden wat verder ingedroogd en gerijpt zijn, waardoor ook de beworteling zich dieper heeft kunnen ontwikkelen.

De daarop volgende jaren 1965 en 1966 waren erg nat, de grond heeft weer extra water opgenomen, waardoor de aëratie ongunstiger is geworden en een deel van het wortelstelsel in moeilijkheden is gekomen, waardoor de Cox's ziekteverschijnselen zijn opgetreden. Daarna is herstel in 1967 en 1968 opgetreden omdat het wortelstelsel zich weer aanpast aan de nieuwe situatie en mogelijk ook omdat deze jaren weer wat droger zijn geweest.

Visser (1968) vond eveneens een aanwijzing over de periode 1964-1967, dat het weer in het voorafgaande groeiseizoen het optreden van Cox's-ziekte beïnvloedt, waarbij het weer tijdens het groeiseizoen versterkend (natte zomer van 1966) of afzwakkend (droge zomer van 1967) werkt. Ook Delver (1971) legt een verband tussen optreden van schadesymptomen in vruchtbomen en wateroverlast in de voorgaande zomer. De schade door wateroverlast was groter bij sterk groeiende, weinig dragende bomen. Bij dergelijke bomen treedt de Cox's-ziekte vooral op. Een niet dragende boom stuurt meer assimilaten naar de wortels. Dit verhoogt het zuurstofverbruik en vergroot de gevoeligheid voor wateroverlast.

Deze verklaring voor het optreden van Cox's-ziekte komt er dus op neer dat deze vooral het gevolg is van afsterven van veel wortels door tijdelijk ongunstige bodemomstandigheden in het gelaagde en deels onrijpe profiel in de Noordoostpolder, waarbij jaarlijkse variaties in regenval een grote rol spelen.

7. SAMENVATTING

In een aantal boomgaarden in de Noordoostpolder werd het optreden van Cox's-ziekte in 1966-1968 bestudeerd. Waarnemingen werden verricht op plekken met gezonde en zieke bomen over bovengrondse ontwikkeling van het gewas en bodemfysische en hydrologische toestand van de grond.

Een aanwijzing werd verkregen mede aan de hand van regencijfers van voorgaande jaren dat het optreden van Cox's-ziekte een gevolg is van het afsterven van veel wortels door tijdelijke ongunstige bodemomstandigheden daarvoor.

In het gelaagde profiel van de Noordoostpolder lijkt de luchthuishouding van de bovenlaag en van de derde laag op 40-45 cm onder vochtige omstandigheden kritiek te kunnen zijn. Het verschil in stand tussen gezonde en zieke bomen in 1968 was gecorreleerd met het luchtgehalte in een voorafgaande winterperiode van 1966-1967. Maar ook de gezonde bomen op de goede plekken vertoonden een verband met de luchthuishouding, zodat de indruk bestaat dat in het gelaagde profiel van de Noordoostpolder de luchthuishouding meer dan gewenst onder natte omstandigheden in de knel lijkt te komen.

8. LITERATUUR

- Bingham, Fr.T., Chapman, H.D. and Pugh, A.L., 1954. Solution culture studies of nitrite toxicity to plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 18: 305-308.
- Boekel, P., 1967. Onderzoek naar de oorzaak van de Cox-ziekte. Verslag Inst. Bodemvruchtbaarheid, Haren; 4 pp.
- Boon, J. van der, 1978. Het opwekken van Cox's-ziekte in Cox's Orange Pippin. Verslag potproef VP 915 en 916. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 6 -78.
- Braams, B.W. en Oosten, A. van, 1964. Vruchtbaarheidsproblemen bij Cox's op IX in de Noordoostpolder. *Fruittelt* 54 : 207-210.
- Curtis, D.S., 1949. Nitrite injury on avocado and citrus seedlings in nutrient solution. *Soil Sci.* 68 : 441-450.
- Das, A., Oud, P. en Schellekens, A., 1967. Inleiding en Verslag onderzoek Cox's-ziekte in de Noordoostpolder in 1966. Rapp. Rijkstuinbouwcons. Bodemaangel. Wageningen, 12 pp, 7 bijlagen, 8 fig.
- Delver, P., 1971. Inundatie van appelbomen in potten 1967-1978. Versl. Prov. Onderzoekcentrum Zeeland, Commissie Waterbeheersing en ontziltting, Werkgr. "Drainage in de Fruittelt", 9 pp., 7 fig.
- Hewitt, E.J., 1951. Sand and waterculture methods used in the study of plant nutrition. *Commonw. Bur. Techn. Communic.* 22 (revised) Hort. Plantat. Crops East Malling.
- Mevius, W., 1958. Nitrite-W. Ruhland. *Handbuch der Pflanzenphysiologie. Der Stickstoffumsatz.* Band 8. Springer - Berlin.
- Oosten, A.v., 1962. Problemen bij de teelt van Cox's Orange Pippin. Verslag over verrichte waarnemingen 1961. Nota R.T.C. Emmeloord.
- Oosten, A.v., 1963. Waarnemingen bij Cox's Orange Pippin in 1962. Nota R.T.C. Emmeloord.
- Segeren, W.A. en Visser, J., 1971. Nieuwe normen voor de ontwatering van appelboomgaarden. Van zee tot land, 49 : 103-126.
- Visser, J., 1968. De invloed van het bodemmilieu op het voorkomen van Cox's-ziekten in de IJsselmeerpolders. *Flevoberichten Rijksdienst IJsselmeerpolders*, Zwolle, 56 : 24 pp., 17 fig.

Bijlage:

Correlatiecoëfficiënten ($\times 100$) tussen standcijfers, bladgehalten, wortelwaarnemingen, grondwaterstand en luchtgehalten, zowel op goede als slechte plekken. Waarden alleen weergegeven boven $P=0,20$.

Eigenschap	1 stand '66	2 stand '68	3 hoogte	4 vers blad	5 droog blad	6 % dr. stof	7 P ₂ O ₅	8 K ₂ O	9 CaO	10 MgO	11 B	12 Mn	13 suiker v.i.	14 suiker n.i.	15 suiker n.i.-v.i.
1 stand 1966				52	44	-64	50		54	54					
2 stand 1968				55	63										-65
3 hoogte boom				58	47	-74		77					58		
4 versgew. blad	53				98	-75		67			-57	-52	47		
5 drooggew. blad				95		-60		56			-55	-58	46		
6 % droge stof	-64							-77				52			
7 % P ₂ O ₅	82		-44	58		-66			74	79			-58		
8 % K ₂ O	57		-51			-80	64				-46				-51
9 % CaO	82	-50	-47	60	44	-56	91	61		55	-44			-51	
10 % MgO	61					-67	58		67						
11 B dpm		65				-60		50				50			
12 Mn dpm															
13 suiker v.i.	-70	46					-69		-76					86	
14 suiker n.i.	-66		44	-58	-52		-67		-73				68		53
15 suiker n.i.-v.i.				-50	-45									72	
16 aantal dode wort.		71					-44		-46		56	69			
17 aantal levende wort.		52			-50	-47						-44	59	53	
18 tot. aantal wort.		67				-65			-44		50		71	48	
19 % dode wortels	-51	47					-54		-45	-50					
20 worteldichtheid				-53	-66							-46	45	54	
21 gem. waterstand												-49			
22 hoogste waterstand		55					-46	-65				-65			
23 laagste waterstand	51		-67			-66	57	44	64	80					
24 verschil waterstand	49	-62	-56			-53	71	80	70	44			-56		
25 luchtgeh. jan.'67 laag 1	63			51	52				60				-55	-72	-45
26 luchtgeh. jan.'67 laag 2	-69						-50		47				73	57	
27 luchtgeh. jan.'67 laag 3		86					-46		54		53		48		
28 luchtgeh. jan.'67 laag 4			-52				50							-54	-59
29 luchtgeh. jan.'67 laag 5					47						-54	-45			-49

goede plekken

slechte plekken

Eigenschap	beworteling					waterstand				luchtgehalte				
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	dode wort.	levende wort.	totaal wort.	% dode wort.	wortel dichth.	gem.	hoogste	laagste	verschil	laag 1	laag 2	laag 3	laag 4	laag 5
1 stand 1966	-55	75	48	-75	91			50	49					53
2 stand 1968	45											59	-67	
3 hoogte boom	44	55	70				54			-69		45		
4 versgew. blad		44	50							-47		60		
5 drooggew. blad												65		
6 % droge stof		-63	-58		-61			-62		84				
7 % P ₂ O ₅	-53			-55	50		-48	65	73					
8 % K ₂ O								47		-60		45		
9 % CaO	-64			-63			-46	75	77					
10 % MgO	-46			-61	68		-66		68	-48				
11 B dpm						-54	-52	-48						-59
12 Mn dpm											70			
13 suikerv.i.		54	60									64		53
14 suikern.i.														
15 suiker v.i.-n.i.													-45	
16 aantal dode wort.				93			66	-59	-82		-45			
17 aantal levende wort.	52		91		87					-50				
18 tot. aantal wort.	79	93			66					-46		46		
19 % dode wortels	69				-64		64	-48	-75		-51			
20 worteldichtheid		91	73							-53				
21 gem. waterstand							72				-49		45	
22 hoogste waterstand				46		77			-81					
23 laagste waterstand						54			70	-54				
24 verschil waterstand	-52			-63			-84	52					-44	
25 luchtgeh. jan'67 laag 1		-44	-45											
26 luchtgeh. jan'67 laag 2	56	44	55							-61				
27 luchtgeh. jan'67 laag 3	80		61	60			60	-48	-76					
28 luchtgeh. jan'67 laag 4														
29 luchtgeh. jan'67 laag 5											49			

goede plekken

slechte plekken