

MEDEDEELINGEN
EN
VERHANDELINGEN

50

Dr. J. P. M. Woudenbergh.
Het verband tusschen het weer en
de opbrengst van wintertarwe
in Nederland.

Dr. J. P. M. Woudenbergh.
The correlation between weather
and yield of winterwheat in the
Netherlands.

**HET VERBAND TUSSCHEN HET WEER
EN DE OPBRENGST VAN WINTERTARWE
IN NEDERLAND**

**THE CORRELATION BETWEEN WEATHER
AND YIELD OF WINTERWHEAT IN THE
NETHERLANDS**

INHOUD

	Bladz.
INLEIDING	7
HOOFDSTUK I. CORRELATIEREKENING	10
1. Inleiding	10
2. De landbouwkundige gegevens	10
3. De meteorologische gegevens	12
4. Bepaling van de systematische verandering in de opbrengst.	16
5. Bepaling van de correlatie	19
a. Groningen	19
b. Zeeland	21
c. Zuid-Limburg	21
6. Samenvatting	24
HOOFDSTUK II. HET IDEALE TARWEKLIMAAT	26
1. Inleiding	26
2. Bepaling van het ideale tarweklimaat.	27
a. Groningen	27
b. Zeeland	30
c. Zuid-Limburg	34
3. Voorspelling van den oogst	37
4. Slotbeschouwing	38
SUMMARY	39
LITERATUUR	43

INLEIDING

Reeds hebben tal van onderzoekers, vooral in Amerika en Duitschland, getracht den invloed die het weer heeft op de opbrengst van tarwe op te sporen. De conclusies, waartoe zij zijn gekomen, zijn min of meer uiteenlopend. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Allereerst moet men zich realiseeren, dat de klimatologische omstandigheden in de gebieden, waarvoor de onderzoekingen zijn verricht, zeer uiteen loopen. Men denke b.v. aan de uitgestrekte landbouwgebieden van Noord-Amerika, waar een uitgesproken landklimaat heerscht.

Bovendien dient rekening gehouden te worden met het feit, dat de onderzochte gebieden op verschillende breedten liggen, waardoor de daglengte en de duur der zomers verschillend zijn. Daarom worden in ieder gebied weer andere rassen verbouwd, aangepast aan de klimatologische omstandigheden en den duur van den zomer. Ieder ras heeft een eigen vegetatierhythme. Op hooge breedte dient de tarwe een korte vegetatieperiode te hebben, anders krijgt ze geen gelegenheid voldoende af te rijpen. Door het zoeken naar andere tarwerassen is het mogelijk de tarwegrens steeds noordelijker te leggen. Vanzelfsprekend stellen deze rassen ook weer andere eischen aan het weer.

Voor ieder op zichzelf staand gebied moet dus het verband met de onderscheiden weersfactoren worden bepaald.

Dit is door de diverse auteurs op verschillende wijze geschied.

In Amerika is steeds de correlatierekening gebruikt om het verband op te sporen. Deze onderzoekingen dateeren reeds vanaf het begin dezer eeuw. De voornaamste onderzoekers waren R. H. HOOKER (1) en J. WARREN SMITH (2) (3).

Voor in Duitschland zijn verschillende andere methoden beproefd. We noemen allereerst de methode van HOLDEFLEISZ (4) (5), welke hierin bestaat, dat twee rijen naar afdalende waarden worden gerangschikt en genummerd. De som der verschillen der overeenkomstige rangnummers zegt iets omtrent het verband tusschen de twee rijen.

Vervolgens de methode van v. BOGUSLAWSKI (6). Deze onderzoeker verdeelde het weer in klassen van weersinvloeden en ging dan jaar voor jaar na tot welke klasse het weer behoort en welke opbrengst aan dat weer beantwoordt.

Het bezwaar van deze methoden is, dat ze alleen toegepast kunnen worden op proefveldopbrengsten. In den regel zijn vrij korte reeksen voorhanden, waardoor niet zeer betrouwbare conclusies kunnen worden getrokken.

Tarwe is een van de granen, die, wat betreft het milieu, nogal kritisch is. Vandaar dat de opbrengst en de kwaliteit in de verschillende streken nogal uiteen kunnen loopen. Dit geldt in sterke mate voor ons land met zijn wisselvallige klimaat. Een factor, die hierbij nogal een groote rol speelt, is de vochtigheid.

Is b.v. tijdens het afrijpen en direct na het maaien de neerslag en daarmee de vochtigheid zeer groot, dan kan schot optreden hetgeen de kwaliteit en ook de opbrengst sterk kan beïnvloeden. Hiervan geeft ons het jaar 1936 een voorbeeld. Treedt groote vochtigheid eerst na het maaien op, dan zal optreden van schot afhangen van het tijdstip, waarop de landbouwer het graan binnenhaalt. Is dit bijtijds geschied, dan zal geen schot optreden. Er bestaat een methode van plaatsing der schoven zoodanig, dat bij groote vochtigheid er een geringe kans op schot bestaat. Deze methode wordt nog lang niet algemeen toegepast, zoodat nog steeds met het optreden van schot rekening gehouden dient te worden.

Hier is de vochtigheid als voorbeeld aangehaald. Er zijn vervolgens tal van factoren, waarvan bekend is, dat ze in belangrijke mate de opbrengst kunnen beïnvloeden, maar die moeilijk in het onderzoek te betrekken zijn. Dit is b.v. de grondsoort. Door echter gebieden te nemen met dezelfde grondsoort wordt deze factor grootendeels uitgeschakeld.

Onbekende factoren in het onderhavige onderzoek zijn echter de bemesting, de zaaidatum, de grondstructuur enz. Vooral de zaaidata lopen bij de verschillende landbouwers nogal uiteen. Vervolgens worden in bepaalde gebieden verschillende rassen verbouwd, die ieder hun eigen vegetatierhythme hebben en op een bepaald moment tegenstrijdige eischen aan het weer stellen. Ook ziekten kunnen belangrijke schade aan het gewas toebrengen.

We moeten echter in het oog houden, dat het weer niet alleen van invloed is op de opbrengst, maar ook op de kwaliteit van de korrel. Het ligt echter niet in de bedoeling om in het nu volgende de kwaliteit van het gewas te betrekken. We zullen ons uitsluitend bezig houden met de vraag, wat de invloed is van de weersgesteldheid op de opbrengst.

Een eerste poging om voor ons land het verband tusschen het weer en de opbrengst van wintertarwe vast te leggen is door DR. FEEKES (7) gedaan. Op grond van ervaringen heeft hij het z.g. „ideale tarweklimaat” opgesteld. Dit is het klimaat, dat zou moeten heerschen, om een maximale opbrengst van de tarwe te verkrijgen. Het groeiseizoen wordt in perioden verdeeld en voor elke periode het vereischte weertype aangegeven. Deze perioden zijn zeer globaal genomen. Daarbij is ook geen onderscheid gemaakt tusschen zomer- en wintertarwe.

Bij den groei van tarwe, zooals bij alle granen, worden bepaalde fasen onderscheiden, waarin de plant zeer gevoelig is voor milieu-invloeden. De bloeiperiode vormt wel de voornaamste fase in dit opzicht. Deze verschillende fasen eischen ieder voor zich bepaalde weersomstandigheden. Dit is oorzaak, dat de invloed van het weer op de ontwikkeling en de opbrengst zoo moeilijk te bepalen is. Immers de verschillende fasen vallen ieder jaar niet in hetzelfde tijdvak. In normale jaren, d.z. jaren, die weinig van het gemiddelde afwijken, zullen de onderscheidene fasen wel nagenoeg in hetzelfde tijdvak vallen, indien de zaaidatum ongeveer dezelfde is; de afwijking zal in ieder geval niet zeer groot zijn. Bovendien zijn de opbrengst-

cijfers over alle rassen genomen, die niet alle hetzelfde ontwikkelingsrhythme vertoonen. Na strenge winters en extreem zachte winters kunnen de fasen belangrijk verschuiven. Er zijn daarom eerst goede resultaten met het onderzoek te bereiken, wanneer over een lange reeks van jaren de phaenologische stadia bekend zijn. Deze moeten niet alleen als gemiddelde voor geheel Nederland bekend zijn, maar eveneens voor de diverse landbouwgebieden. Dit vereischt een behoorlijk aantal betrouwbare waarnemingen. Jammer genoeg zijn deze gegevens in ons land slechts over een klein aantal jaren verzameld, n.l. sedert 1934.

Zooals de titel aangeeft betreft dit onderzoek uitsluitend de winter-tarwe. In het algemeen vallen de ontwikkelingsstadia van zomer- en winter-tarwe niet samen. De zomertarwe is in den regel wat later. Daardoor kan het voorkomen, dat de eischen aan het weer tegenstrijdig zijn. Dit maakt, dat de gewassen niet gelijktijdig behandeld kunnen worden. De zomertarwe vereischt een geheel apart onderzoek. Bovendien moet rekening gehouden worden met het feit, dat in Nederland betrekkelijk weinig zomertarwe wordt verbouwd. In onze voornaamste tarweprovincie Zeeland vindt bijna uitsluitend verbouw van wintertarwe plaats.

Alleen na strenge winters, wanneer de tarwe uitgewinterd is, zal ter vervanging zomertarwe uitgezaaid worden.

Een meer systematisch onderzoek naar den invloed van het weer op de tarweopbrengst is begonnen door PROF. VAN EVERDINGEN, waarvan de resultaten in het Landbouwkundig Tijdschrift (8) zijn gepubliceerd. Dit onderzoek loopt over de jaren 1933 t/m 1938, welke jaren ook door DR. FEEKES in het verslag XVII van de Technische Tarwe Commissie worden genoemd.

Als grondslag voor zijn onderzoek heeft PROF. VAN EVERDINGEN het ideale tarweklimaat volgens FEEKES genomen. Door aan het weer gedurende de in dat schema genoemde perioden cijfers toe te kennen, werd getracht een verband met de opbrengst vast te stellen. Dit geschiedde door een zoodanige combinatie van de verkregen cijfers te kiezen, dat het eindresultaat voor ieder jaar klopte met de werkelijke opbrengst. Er werd dus min of meer naar het resultaat toe gewerkt. Het gevonden verband moet dan algemeen gelden. Dit bleek echter bij de waardeering volgens PROF. VAN EVERDINGEN niet het geval te zijn, daar de afwijking bij toepassing op een niet in rekening gebracht jaar, i.c. 1939, vrij groot was, nl. ruim 20 %.

HOOFDSTUK I

CORRELATIEREKENING

1. *Inleidings*

Bij de opstelling van het ideale tarweklimaat heeft Dr. FEEKES zich hoofdzakelijk laten leiden door de ervaring. Daarom is eerst getracht door middel van de correlatierekening de juistheid van de verschillende veronderstellingen na te gaan en op deze wijze de voornaamste groeiperioden der tarwe op te sporen.

Het bleek verder, dat een veel grooter aantal jaren moest worden genomen dan door Dr. FEEKES en Prof. VAN EVERDINGEN in het onderzoek is betrokken, daar anders de onzekerheidsfactor veel te groot wordt en geenerlei betrouwbare conclusies getrokken kunnen worden.

De correlatierekening is uitgevoerd voor Groningen en Zeeland, de twee belangrijkste tarweprovincies, alsmede voor Zuid-Limburg, dat als meer continentaal gebied is onderzocht naast de twee uitgesproken marietie gebieden.

Aan een onderzoek van de tarweopbrengst in Zuid-Limburg zijn bezwaren verbonden, althans in vergelijking tot Groningen en Zeeland. In Zuid-Limburg worden nl. veel Duitsche rassen verbouwd, vooral Siegerländer, hetgeen een vergelijking met Groningen en Zeeland zonder meer niet mogelijk maakt.

De correlatierekening is uitgevoerd over de jaren 1910 t/m 1939. Als weersfactoren zijn hierbij gekozen de neerslag, de zonneschijn en de temperatuur. De cijfers zijn ontleend aan het Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid van het K.N.M.I. (9). Daar vóór 1925 in dit overzicht de temperatuur in geheele graden staat opgegeven, is deze voor de vroegere jaren ontleend aan de termijntabellen.

De neerslag is opgegeven in mm, de temperatuur in graden Celsius en de zonneschijn in uren volgens registratie van den zonneschijnautograaf van CAMPBELL—STOKES, alle gemiddeld over decaden.

Voor Groningen zijn genomen de cijfers van het hoofdstation Groningen, voor Zeeland die van het hoofdstation Vlissingen. Voor Zuid-Limburg zijn de temperatuur- en neerslaggegevens ontleend aan het station Sittard, de zonneschijn aan het hoofdstation Maastricht.

De tarweopbrengsten werden ontleend aan de Verslagen en Mededeelingen van de Directie van den Landbouw. (10)

2. *De landbouwkundige gegevens*

Het gebruik van deze gegevens is niet geheel zonder bedenking. De cijfers worden nl. verkregen door de geschatte gemiddelde opbrengst in een bepaalde gemeente te vermenigvuldigen met de totale oppervlakte met

dat gewas bebouwd. Men berekent nu verder de gemiddelde opbrengst voor de provincie door de geschatte opbrengsten van iedere gemeente bij elkaar op te tellen en te deelen door de bebouwde oppervlakte.

Nu zal niet in iedere gemeente evenveel zorg worden besteed aan de schatting. Daarom zal de geschatte nog al eens van de werkelijke opbrengst afwijken. Wanneer echter het gemiddelde voor een groot gebied, b.v. een provincie, wordt genomen, zullen de afwijkingen elkaar grootendeels opheffen en wordt een gemiddelde opbrengst verkregen, die niet zoo ver bezijden de waarheid is.

Men zal na opsomming van bovenstaande bezwaren kunnen opmerken, dat correlatierekening met proefveldopbrengsten betere resultaten zal opleveren. Proefvelden zijn echter betrekkelijk gering in aantal. Bij de correlatierekening, die wij uitvoerden, is alleen rekening gehouden met den neerslag, den zonneschijn en de temperatuur, terwijl b.v. de grondtoestand buiten beschouwing is gelaten. Bij zoo'n klein aantal gegevens gaan echter grond- en bemestingsverschillen groot gewicht in de schaal leggen, zoodat ze de voordeelen van een juiste kennis van de opbrengst geheel te niet zullen doen.

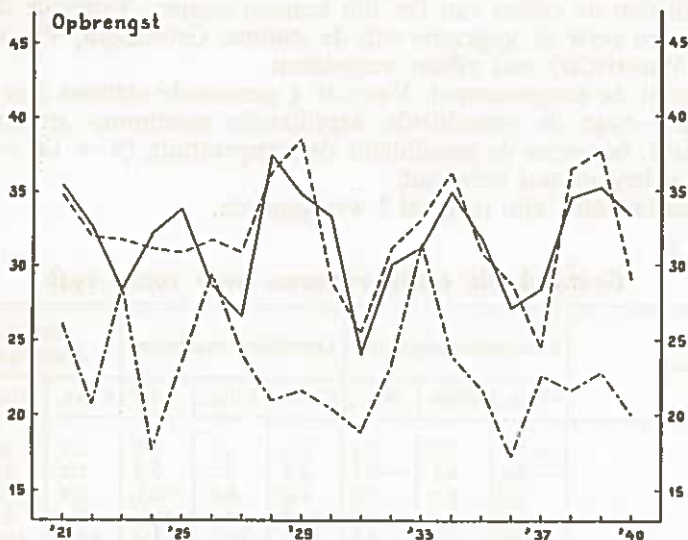


Fig. 1. Tarwe-opbrengsten in Groningen (—), Zeeland (— — —) en Zuid-Limburg (-.-.-), in 100 kg

Nu moet echter eerst nagegaan worden of het zin heeft de drie aangegeven gebieden afzonderlijk te onderzoeken. Daartoe zijn de opbrengsten in de jaren 1921 t/m 1939 in de verschillende gebieden uitgezet in fig. 1. Hierin valt direct op, dat de opbrengsten in Groningen en Zeeland nagenoeg parallel loopen. Vooral in de laatste jaren vallen maxima en minima samen.

Dat dit in de jaren 1922 t/m 1927 niet het geval is, kan aan minder juiste schattingen in de provincie Zeeland te wijten zijn. Het is zeer onwaarschijnlijk, dat de opbrengsten in Zeeland gedurende 6 achtereenvolgende jaren gelijk zouden zijn.

De opbrengstcurve voor Zuid-Limburg vertoont een geheel ander karakter. Deze heeft een veel vlakker verloop. Wel is de gemiddelde opbrengst veel lager dan in Groningen en Zeeland.

De grootste afwijking van het gemiddelde voor de opbrengstcijfers bedraagt voor Groningen, Zeeland en Zuid-Limburg resp. 24, 21 en 17 %. Zeeland vertoont de grootste gemiddelde opbrengst.

3. De meteorologische gegevens

In de inleiding van dit hoofdstuk is reeds gezegd, dat 3 gebieden onderzocht zullen worden, waarvan de tarweopbrengstcijfers gecorreleerd zullen worden met de weercijfers van een meteorologisch station in het betrokken gebied.

Men zou zich echter kunnen afvragen, of met het correleeren met een ander station niet hetzelfde resultaat wordt verkregen. Men zou b.v. voor alle 3 gebieden de cijfers van De Bilt kunnen nemen. Tencinde dat na te gaan, worden eerst de gegevens van de stations Groningen, Vlissingen en Sittard (Maastricht) met elkaar vergeleken.

Allereerst de temperaturen. Voor de 3 genoemde stations zijn over de jaren 1921—1940 de gemiddelde dagelijksche maximum- en minimumtemperatuur, benevens de gemiddelde dagtemperatuur, (8 + 14 + 19 uur) : 3, voor iedere maand berekend.

De gemiddelden zijn in tabel I weergegeven.

TABEL I

Gemiddelde temperaturen over 1921—1940

Maand	Gemiddeld minimum			Gemiddeld maximum			Gemiddelde dagtemperatuur		
	Gron.	Vliss.	Sitt.	Gron.	Vliss.	Sitt.	Gron.	Vliss.	Sitt.
Januari	—0.3	1.7	0.3	4.2	5.7	5.6	2.3	3.8	3.3
Februari	—0.7	1.1	—0.1	4.8	5.7	6.3	2.2	3.9	3.5
Maart	1.0	2.7	1.9	8.4	8.5	10.1	5.1	5.9	6.6
April	3.9	5.3	4.5	11.3	11.9	13.3	8.5	8.7	9.8
Mei	7.7	8.6	8.1	16.6	15.2	18.5	13.0	12.9	14.9
Juni	10.5	11.9	11.0	19.3	18.4	21.6	16.0	15.9	17.9
Juli	13.1	14.2	13.3	21.4	20.6	23.4	18.2	18.1	19.8
Augustus	12.6	14.3	12.9	21.0	20.5	22.6	17.6	18.0	18.9
September	10.2	12.4	10.4	18.4	18.3	19.8	14.7	15.7	15.7
October	6.6	8.8	6.6	13.3	13.9	14.4	10.1	11.5	10.9
November	3.1	5.1	3.3	8.0	9.1	9.0	5.7	7.2	6.3
December	—0.1	1.9	0.1	4.4	5.8	5.1	2.3	4.0	2.8
Jaar	5.6	7.3	6.0	12.6	12.8	14.1	9.6	10.5	10.9

Aan gemiddelde cijfers kleeft het bezwaar, dat de extremen niet naar voren komen. Voor een vergelijking kunnen echter bovenstaande cijfers wel dienen. Wat gemiddelde temperatuur aangaat, verschillen Sittard en Vlissingen niet veel. Alleen is de amplitude voor Sittard groter dan voor Vlissingen.

Aan de vernalisatie-behoefte zal daarom in Zuid-Limburg eerder zijn voldaan dan in Zeeland. In Limburg is echter in den zomer de kans op hitteschade groter.

Kan van het station Groningen gezegd worden, dat het representatief is voor de geheele provincie Groningen, dit geldt niet voor Vlissingen en Sittard, resp. voor Zeeland en Zuid-Limburg.

Vlissingen immers is een kuststation, dat een ander temperatuurbeeld geeft dan een meer landinwaarts gelegen station. Dit kan het best aangetoond worden aan de hand van tabel II. Deze is samengesteld op grond van waarnemingen te Vlissingen en te Goes (voor dit laatste station gedeeltelijk geëxtrapoleerd).

TABEL II

Gem. Minimumtemperatuur 1891—1930

Maand	Vlissingen	Goes
Januari	1.5	0.4
Februari	1.6	0.8
Maart	3.3	2.3
April	5.6	4.8
Mei	9.2	8.7
Juni	12.0	11.2
Juli	14.3	13.1
Augustus	14.5	12.9
September	12.6	11.1
October	8.8	7.8
November	4.8	3.8
December	2.7	1.5
Jaar	7.6	6.5

Zoo blijkt ook, dat de gemiddelde maximumtemperaturen te Goes hooger zijn dan te Vlissingen. De dagelijksche amplitude is dus te Goes veel groter. De isothermen liggen in Zeeland veel dichter bij elkaar dan b.v. in Groningen. De correlatie tusschen de temperatuur te Vlissingen en te Goes zal echter groot zijn daar de weersveranderingen ongeveer parallel loopen, waardoor het gerechtvaardigd is de cijfers van het station Vlissingen te nemen. Beter zou het geweest zijn die van Goes te nemen, doch dit station is in 1920 opgeheven.

Ook treedt hier het bezwaar, dat de temperatuur op 2 m hoogte genomen wordt, niet sterk op den voorgrond, daar door het vlakke land een sterk verband tusschen de gemeten temperatuur en die in het gewas zal bestaan.

Anders wordt dit in Zuid-Limburg. Hier is het terrein sterk geaccidenteerd, waardoor op korte afstand het temperatuurverloop een geheel ander kan zijn. De tarwe vertoont overal een andere ontwikkeling. Dit is niet zoozeer aan verschillen in ras te wijten, maar wellicht aan de gesteldheid van het terrein en den invloed van de grondsoort. De phaenologische gegevens vertoonen een nogal groote spreiding. Dan zal dus het verband tusschen de temperatuur te Sittard en de temperatuur in het gewas in een bepaalde streek minder groot zijn. Van te voren kan reeds gezegd worden, dat een onderzoek naar den invloed van het weer een minder gunstig resultaat zal afwerpen.

Vervolgens dienen de neerslaggegevens beschouwd te worden. Dit kan het beste geschieden aan de hand van tabel III. De cijfers zijn ontleend aan Mededeelingen en Verhandelingen n°. 34a. (11).

De provinciecijfers zijn gemiddelden van de regenstations, die in het betrokken gebied gelegen zijn.

TABEL III

Gemiddelde neerslag in mm in de jaren 1891—1930

	Winter	Lente	Zomer	Jaar	Spreiding in de jaarsommen
Groningen (prov.).	158	134	223	714	680—744
Zeeland	152	133	208	687	596—746
Zuid-Limburg . .	156	147	211	695	591—771
Groningen (stad) .	152	136	229	719	—
Vlissingen	150	134	192	684	—
Sittard	163	148	206	696	—

In de laatste kolom zijn de grootste en de kleinste hoeveelheid neerslag opgenomen.

Hieruit blijkt, dat de gemiddelde neerslag in de 3 gebieden nagenoeg dezelfde is, terwijl dit ook geldt voor de 3 stations, waarvan de cijfers voor de correlatierekening zijn gebruikt.

Groningen is een vrij homogeen gebied, terwijl Zeeland dat al weer minder is. Zoo is de gemiddelde neerslag op Schouwen-Duiveland 670, op Tholen 723, Walcheren 640, Zeeuwsch-Vlaanderen 709 mm met een geringe spreiding. Het is niet te verwonderen, dat de neerslagcijfers in Zuid-Limburg zoo uiteenloopen. In deze cijfers is de neerslag te Vaals niet begrepen. Deze bedraagt nl. 863, dus veel meer dan het gemiddelde. Uit het verschil van 180 mm in de uiterste waarden blijkt wel, dat het bezwaarlijk is dit gebied als één geheel te beschouwen.

Overigens valt op te merken, dat de neerslag op de meteorologische stations ongeveer gelijk is aan het gemiddelde voor het geheele gebied, waarin zij zijn gelegen.

Tenslotte dient nog de zonneshijn te worden besproken.

Daarvoor is tabel IV samengesteld. De cijfers zijn ontleend aan Mededeelingen en Verhandelingen van het K.N.M.I. n°. 40 (12) en hebben betrekking op de jaren 1914—1936.

TABEL IV

Gemiddeld aantal uren zonneshijn

Station	April—Augustus	Jaar
Groningen . . .	936.7	1481.1
Vlissingen . . .	1021.6	1637.5
Maastricht . .	936.7	1521.2

Hieruit blijkt, dat in Zeeland meer zonneshijn voorkomt dan in de oostelijke provincies. Groningen en Maastricht verschillen niet veel. Dit moet ook tot uiting komen in de bewolkingspercentages. Deze bedragen voor het jaargemiddelde te Groningen, Vlissingen en Maastricht resp. 7.1, 6.4 en 6.5, terwijl deze cijfers voor Juni zijn resp. 6.6, 5.9 en 6.3. In Groningen is de lucht het meest bewolkt.

Over het algemeen blijken dus de verschillen niet zeer groot te zijn. Dan rijst vanzelf de vraag bij ons op, of dan niet even goed voor alle gebieden de gegevens van het hoofdobservatorium te De Bilt kunnen worden gebruikt. Alvorens deze vraag te beantwoorden moet eerst gewezen worden op het feit, dat alle gegevens gemiddelden zijn, dat dus de weersomstandigheden op hetzelfde oogenblik te Groningen en te Vlissingen geheel anders kunnen zijn. De bloeiperiode bv. duurt vrij kort. Nu kan in Zeeland het weer gunstig zijn voor den bloei, terwijl in dezelfde periode het weer te Groningen vrij ongunstig zou kunnen zijn. Dit zal een nader onderzoek moeten uitwijzen.

Prof. VAN EVERDINGEN (13) heeft reeds aangetoond, dat de correlatie

TABEL V

Correlatie tusschen de gem. temp. Groningen—De Bilt

Tijdvak	r
Januari	0.81 ± 0.04
Juli	0.85 ± 0.03
Jan. II	0.86 ± 0.03
Juli II	0.82 ± 0.04

tusschen de weercijfers van De Bilt en die van Groningen zeer groot is, zoodat hij het gerechtvaardigd vond de tarweopbrengst van Groningen met de weercijfers van de Bilt te correleeren.

De correlatie-coëfficiënten zijn: (tabel V)

In deze tabel wordt met Jan. II bedoeld de tweede decade van Januari.

Om dit ook voor Zeeland na te gaan zijn bovendien de correlaties tusschen de temperatuur te Vlissingen en die te De Bilt bepaald. Hier blijkt het verband nog grooter te zijn (tabel VI).

TABEL VI

Correlatie gem. temp. De Bilt—Vlissingen

Maand	r
Juni	0.96 $\pm$ 0.02
Juli	0.94 $\pm$ 0.02

De correlatie tusschen de zonneshijn te Vlissingen en die te Groningen is veel kleiner, nl. 0.60 ± 0.14 .

Hier zijn echter middelwaarden gebruikt, die op zichzelf geen beteekenis hebben. De temperatuur-amplitude zal een zeer voornamelijk rol spelen, zooals reeds betoogd, en deze loopt nogal uiteen. Daarom is het in ieder geval beter de gegevens van het station in het betrokken gebied te gebruiken.

4. *Bepaling van de systematische verandering*

Daar het de opzet is het verband van de opbrengst van wintertarwe met den zonneshijn, den neerslag en de temperatuur te bepalen, dient van tevoren bekend te zijn of er geen andere factoren in het spel zijn, die de opbrengst grootelijks kunnen beïnvloeden. Dan dient allereerst gedacht te worden aan cultuur- en grondverbeteringen, waardoor de opbrengsten zich in stijgende lijn kunnen bevinden. We moeten m.a.w. de z.g. trend bepalen. Voordat met de bestudeering van de weerselementen wordt begonnen, moet dus deze invloed worden uitgeschakeld.

Reeds HOOKER (14) gebruikte een methode om dezen invloed te elimineren. Deze bestond daarin, dat hij een correlatierekening uitvoerde voor de verschillen tusschen de waarden van een rij.

WALLEN (15) gebruikte de methode van BERGSTRÖM, welke uitging van een formule van CHARLIER (16). Deze methode komt neer op een berekening van de correlatie van de werkelijke opbrengsten met een rij van getallen, die onderling de eenheid verschillen. Een voorbeeld van deze berekening is gegeven in Tabel VII. Uit de correlatie, die hiermede wordt verkregen, wordt de regressiecoëfficiënt berekend en daarmee is de gemiddelde jaarlijksche stijging bekend.

Dit is voor ieder der drie onderzochte gebieden gedaan. De trend be-
draagt voor

Groningen	3.0 kg/ha per jaar
Zeeland	33.9 " " "
Zuid-Limburg	37.7 " " "

De trend is grafisch uitgezet in fig. 2.

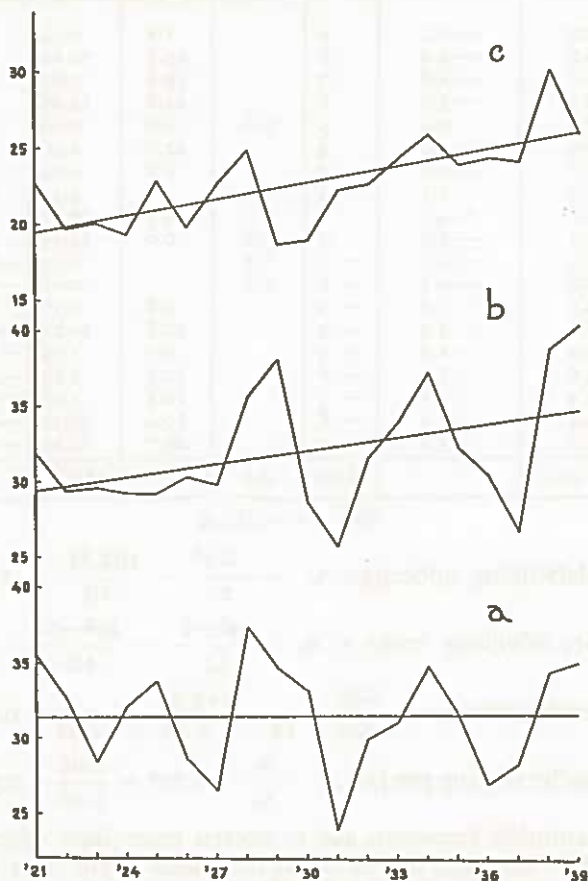


Fig. 2. Bepaling van de systematische verandering in de opbrengst van wintertarwe, in 100 kg

a. Groningen; b. Zeeland; c. Zuid-Limburg

Voor de correlatierekening is de trend over een langere reeks van jaren berekend. Bovenstaande cijfers gelden voor de periode 1921—1939, welke voor de bepaling van het ideale tarweklimaat is gebruikt.

TABEL VII

Berekening van de trend in Zuid-Limburg

Jaar	Opbrengst (100 kg)	Afwijking gemiddelden x	y	Product xy		x ²	Cor- rec- tie	Gecorr. op- brengst
				positief	negatief			
1921	22.7	— 0.2	9		1.8	0.04	3.4	26.1
1922	19.7	— 3.2	8		25.6	10.24	3.0	22.7
1923	20.1	— 2.8	7		19.6	7.84	2.6	22.7
1924	19.3	— 3.6	6		21.6	12.96	2.3	21.6
1925	22.9	0.0	5	0.0	0.0	0.00	1.9	24.8
1926	19.9	— 3.0	4		12.0	9.00	1.5	21.4
1927	22.7	— 0.2	3		0.6	0.04	1.1	23.8
1928	25.0	+ 2.1	2	4.2		4.41	0.8	25.8
1929	18.8	— 4.1	1		4.1	16.81	0.4	19.2
1930	19.1	— 3.8	0	0.0	0.0	14.44	0.0	19.1
1931	22.4	— 0.5	— 1	0.5		0.25	— 0.4	22.0
1932	22.8	— 0.1	— 2	0.2		0.01	— 0.8	22.0
1933	24.5	+ 1.6	— 3		4.8	2.56	— 1.1	23.4
1934	26.1	+ 3.2	— 4		12.8	10.24	— 1.5	24.6
1935	24.2	+ 1.3	— 5		6.5	1.69	— 1.9	22.3
1936	24.6	+ 1.7	— 6		10.2	2.89	— 2.3	22.3
1937	24.4	+ 1.5	— 7		10.5	2.25	— 2.6	21.8
1938	30.4	+ 7.5	— 8		60.0	56.25	— 3.0	27.4
1939	26.2	+ 3.3	— 9		29.7	10.89	— 3.4	22.8
n = 19	M = 22.9		Som	4.9	219.8	162.81		

$$\sum xy = -214.9$$

$$\text{Standaardafwijking opbrengst } s_1 = \frac{\sum x^2}{n} = \frac{162.81}{19} = 2.92$$

$$\text{Middelbare afwijking reeks } y: s_2 = \frac{n^2 - 1}{12} = \frac{19^2 - 1}{12} = 5.84$$

$$\text{Correlatiecoëfficiënt } r = \frac{\sum xy}{n \cdot s_1 \cdot s_2} = \frac{214.9}{19 \times 5.48 \times 2.92} = 0.707$$

$$\text{Systematische stijging per jaar: } r \times \frac{s_1}{s_2} = 0.707 \times \frac{2.92}{5.48} = 0.38 \text{ 100 kg/ha.}$$

Er zijn natuurlijk bezwaren aan te voeren tegen deze wijze van trendberekening. Het kan zijn, dat de trend beïnvloed wordt door factoren, die wel van het weer afhankelijk zijn. Bovendien is hier gemakshalve een rechte lijnige verandering aangenomen, hetgeen niet in overeenstemming met de werkelijkheid behoeft te zijn. Door het kleine aantal jaren is echter geen andere oplossing mogelijk. Aan den anderen kant moet men bedenken, dat de landbouwgegevens van dien aard zijn, dat geen grootere nauwkeurigheid noodig is. Door evenwel de trend te verwaarlozen, zouden we tot onjuiste gevolgtrekkingen kunnen komen.

Uit de grootte van de trend zijn verder conclusies te trekken omtrent de mate van ras- en cultuurverbetering in de diverse gebieden in het beschouwde tijdvak.

Allereerst kan opgemerkt worden, dat de trend in de provincie Groningen gering is in de jaren 1921 t/m 1939. Dit vindt wellicht zijn oorzaak in het feit, dat in Groningen zware stikstofbemestingen worden gegeven teneinde de stroo-opbrengst te verhoogen, waardoor anderzijds de korrelopbrengst min of meer gedrukt wordt. Hier gaat het niet alleen om de korrelopbrengst, terwijl dat in de overige gebieden wel het geval is.

De trends voor Zeeland en Zuid-Limburg zijn nagenoeg even groot. Het percentage van de stijging blijkt in Zuid-Limburg het grootst te zijn, nl. ruim 35 %. In Zeeland bedraagt de stijging in dezelfde jaren ongeveer 19 %.

Alvorens tot de correlatierekening over te gaan, wordt de gevonden correctie voor de trend toegepast. Achtereenvolgens worden de resultaten van deze berekening voor de verschillende onderzochte gebieden weer-gegeven.

Vooraf dient nog opgemerkt te worden, dat bij het onderzoek geen rekening met het ras is gehouden. De cijfers in de Mededeelingen en Verhandelingen van de Directie van den Landbouw geven uitsluitend de totale opbrengsten aan. Ongetwijfeld zou het werken met een bepaald ras het onderzoek in waarde hebben doen stijgen. Dit zou echter niet mogelijk zijn vanwege het feit, dat in de beschouwde jaren het eene ras door het andere geleidelijk vervangen is. Door het berekenen van de trend worden echter de hierdoor ontstane verschillen grootendeels opgeheven.

5. *Bepaling van de correlatie*

a. Groningen

De correlatiecoëfficiënten zijn voor verschillende elkaar overdekkende perioden berekend en wel voor de jaren 1910 t/m 1939. De resultaten zijn in Tabel VIII opgenomen.

Wat in deze tabel direct opvalt is, dat de correlatiecoëfficiënten met den neerslag, behalve in October, alle negatief uitvallen. Alleen voor het kiemen blijkt de tarwe derhalve wel wat vocht te kunnen verdragen. De watervoorraad in den bodem is blijkbaar van dien aard, dat er al spoedig te veel neerslag valt.

Overigens geldt als algemeene opmerking, dat de correlatie-coëfficiënten betrekkelijk klein zijn.

De c.c. met den zonneshijn zijn practisch alle positief. De tarwe verlangt derhalve tijdens het grootste gedeelte van haar groei veel zon. Alleen in de 2e helft van Juni is er geen verband aanwezig.

Behalve in den winter en in de tweede helft van Juli is er nagenoeg geen verband met de temperatuur aanwezig.

Is er ook overeenstemming met de diverse groeistadia?

TABEL VIII

Table VIII

Groningen. Correlatiecoëfficiënten van den tarweopbrengst met:
Correlation coefficients of the yield of wheat with:

Periode Period	Neerslag Precipitation	Zonneschijn Sunshine	Temperatuur Temperature
November + December + Januari + Februari	—0.42	0.30	—0.30
Maart + April	—0.31	0.32	0.21
April + Mei	—0.30	0.48	0.13
Mei + Juni	—0.29	0.25	—0.11
Juni + Juli	—0.66	0.39	0.07
Juli + Augustus	—0.37	0.32	0.07
September	—0.20	—	—
October	0.11	—	0.12
Maart	—0.06	0.03	0.16
April	—0.35	0.41	0.21
Mei	—0.14	0.28	—0.07
Juni	—0.17	0.14	—0.11
Juli	—0.58	0.51	0.23
Augustus	—0.01	0.00	—0.12
April I + April II	—0.25	0.25	0.07
April II + April III	—0.39	0.50	0.22
April III + Mei I	—0.16	0.42	0.20
Mei I + Mei II	—0.14	0.26	—0.09
Mei II + Mei III	—0.17	0.25	—0.11
Mei III + Juni I	—0.20	0.32	0.09
Juni I + Juni II	—0.13	0.18	—0.11
Juni II + Juni III	—0.10	—0.04	—0.22
Juni III + Juli I	—0.42	0.10	—0.15
Juli I + Juli II	—0.59	0.50	0.15
Juli II + Juli III	—0.47	0.56	0.40
Juli III + Augustus I	—0.05	0.15	0.05

Om dat te bepalen dient de hulp van phaenologische gegevens ingeroepen te worden.

De meest kritische phase bij de tarwe is wel de bloei. Het is bekend dat de plant dan koel, bedekt, doch droog weer verlangt.

Blijkens de voorhanden phaenologische gegevens over 1934-1940 begint de bloei in Groningen gemiddeld op den 22en Juni (17) en vindt in het algemeen gedurende de 3e decade van Juni en de 1e decade van Juli plaats. Dan is er practisch geen correlatie met den zonneschijn. Er is alleen een behoorlijke negatieve correlatie met den neerslag.

Over de 2e en 3e decade van April wijzen alle coëfficiënten een extreme waarde aan. In deze periode wordt de stengel gevormd, gedurende welke de tarwe vooral veel zon, doch weinig neerslag vereischt. Deze eischen versterken elkaar, zoodat ook hun onderlinge correlatie groot is.

In Augustus stelt de tarwe practisch geen eischen meer aan het weer. In de 2e en 3e decade van Juli vertoonen de correlatiecoëfficiënten extreme waarden. Dit is de afrijpingsperiode.

Voor het overige zijn uit de tabel geen kritische fasen te halen.

Wat de correlatierekening ons oplevert is uitsluitend de globale kennis van het verband met het weer gedurende de geheele groeiperiode.

Uit het bovenstaande en uit Tabel III verkrijgt men echter nog geen juist beeld van den invloed der diverse weersfactoren, omdat de onderlinge correlaties niet gegeven zijn. In Tabel VIII komen een aantal extreme waarden van de correlatiecoëfficiënten voor. Om een juiste indruk te krijgen is de coëfficiënt van gezamenlijke correlatie berekend van de coëfficiënten van extreme waarde. Deze heeft betrekking op de volgende factoren:

- 1°. de opbrengst,
- 2°. de neerslag in Juni en Juli,
- 3°. de zonneschijn in de 2e en 3e decade van Juli,
- 4°. de temperatuur in de wintermaanden (November, December, Januari, en Februari).

Het resultaat van de berekening is: $R = 0.72 \pm 0.09$.

Met de correlatierekening worden als voornaamste eischen verkregen: droog weer in Juni en Juli, in de laatste weken bovendien nog zonnig. Voor een behoorlijke vernalisatie moet de temperatuur in den winter laag zijn.

Opgemerkt dient nog te worden, dat bovenstaande berekeningen in tegenstelling tot die van de overige provincies, uitgevoerd zijn voor de jaren 1910 t/m 1939, de oorlogsjaren 1914 t/m 1918 derhalve inbegrepen.

Het bleek dat meeneming van deze jaren geen invloed had op het uiteindelijk resultaat.

b. Zeeland

Op dezelfde wijze als voor de provincie Groningen zijn de cijfers voor Zeeland berekend. Hierbij zijn de jaren 1914 t/m 1918 buiten beschouwing gelaten, omdat de invloed in dit geval groot bleek. Door gebrek aan meststoffen en arbeidskrachten en verkeerde opgave van opbrengstcijfers zijn deze niet te vertrouwen.

De resultaten van de berekening zijn in Tabel IX weergegeven. Ook voor Zeeland blijken de correlatie-coëfficiënten klein te zijn. Alleen de c.c. met de temperatuur, de zonneschijn en de regenval in de tweede helft van Juli zijn behoorlijk te noemen. Dit is eveneens het geval met die voor den neerslag en de temperatuur in de wintermaanden.

Overigens kan opgemerkt worden, dat het verloop hetzelfde is als in Groningen. Dit is ook niet te verwonderen, daar de gecorrigeerde opbrengsten voor Zeeland en Groningen niet veel verschillen (fig. 1), terwijl er een hoge correlatie bestaat tusschen de temperatuur te Vlissingen en die te De Bilt.

Evenmin als bij Groningen zijn belangrijke conclusies te trekken. Daarom is alleen de coëfficiënt van gezamenlijke correlatie berekend voor de volgende elementen:

TABEL IX

Table IX

Zeeland. Correlatiecoëfficiënten van den opbrengst met:
Correlation coefficients of the yield of wheat with:

Periode Period	Neerslag Precipitation	Zonneschijn Sunshine	Temperatuur Temperature
November + December + Januari + Februari	—0.46	0.27	—0.48
Maart + April	—0.42	0.45	0.10
April + Mei	—0.38	0.52	—0.16
Mei + Juni	—0.32	0.25	—0.28
Juni + Juli	—0.46	0.51	0.13
Juli + Augustus	—0.48	0.54	0.35
September	—0.58	—	—
October	0.33	—	0.11
Maart	—0.23	0.20	0.18
April	—0.38	0.45	0.01
Mei	—0.19	0.30	—0.24
Juni	—0.19	0.08	—0.24
Juli	—0.47	0.64	0.41
Augustus	—0.18	0.30	0.21
Maart I + Maart II	—0.27	0.19	0.18
Maart II + Maart III	—0.20	0.06	0.11
Maart III + April I	—0.06	0.40	0.07
April I + April II	—0.27	0.46	—0.02
April II + April III	—0.43	0.20	—0.02
April III + Mei I	—0.20	0.28	—0.06
Mei I + Mei II	—0.18	0.35	—0.26
Mei II + Mei III	—0.18	0.21	—0.21
Mei III + Juni I	—0.23	0.16	—0.13
Juni I + Juni II	—0.15	0.29	—0.19
Juni II + Juni III	—0.09	—0.07	—0.21
Juni III + Juli I	—0.15	0.10	—0.13
Juli I + Juli II	—0.43	0.58	0.28
Juli II + Juli III	—0.54	0.65	0.55
Juli III + Augustus I	—0.25	0.37	0.36

- 1°. de opbrengst,
- 2°. de neerslag in de 2e en 3e decade van Juli,
- 3°. de zonneschijn in de 2e en 3e decade van Juli,
- 4°. de temperatuur in de wintermaanden.

Het resultaat der berekening is:

$$R = 0.74 \pm 0.10.$$

De tarwe vereischt in Zeeland derhalve in de 2e helft van Juni droog weer en veel zon en in den winter ook wederom lage temperaturen. Het weer tijdens den bloei komt hier dus niet in voor. De c.c. met den neerslag is in de bloeiperiode (2e helft van Juni) zeer klein. Er is hoogstens een aanwijzing, dat de tarwe dan wat minder zon verlangt ($r = -0.07$).

c. Zuid-Limburg

Ook voor Zuid-Limburg is de berekening zonder de oorlogsjaren uitgevoerd. Het resultaat is in tabel X weergegeven.

Deze tabel laat een geheel ander beeld zien dan bij Groningen en Zeeland het geval is. Allereerst is de correlatiecoëfficiënt met den neerslag niet steeds negatief, terwijl voor den zonneshijn in enkele perioden een zwak negatief verband wordt verkregen.

Over het algemeen zijn de coëfficiënten nog kleiner dan voor Groningen en Zeeland verkregen zijn. Opmerkelijk is echter, dat voor de maand October een zwak negatief verband met den neerslag wordt gevonden, terwijl voor Groningen en Zeeland juist een positieve correlatie wordt afgeleid. Dit is verwonderlijk, daar toch mag worden verwacht, dat de water-voorraad in den grond tijdens den zomer niet te groot zal zijn geworden.

TABEL X

Table X

Zuid-Limburg. Correlatiecoëfficiënten van den opbrengst met:
South-Limburg. Correlation coefficients of the yield of wheat with:

Periode Period	Neerslag Precipitation	Zonneshijn Sunshine	Temperatuur Temperature
November + December + Januari + Februari	0.01	—0.27	0.10
September + October	—0.36	—	—
Maart + April	—0.28	0.11	0.40
April + Mei	—0.38	0.03	0.12
Mei + Juni	—0.03	—0.08	—0.06
Juni + Juli	—0.34	0.49	0.33
Juli + Augustus	—0.26	0.02	0.38
September	—0.32	—	—
October	—0.19	—	0.32
Maart	—0.05	0.07	0.40
April	—0.28	0.11	0.18
Mei	—0.17	—0.06	—0.03
Juni	0.12	—0.05	—0.07
Juli	—0.47	0.31	0.44
Augustus	0.11	—0.35	0.14
Maart I + Maart II	—0.17	0.04	0.42
Maart II + Maart III	0.03	0.12	0.32
Maart III + April I	0.01	0.16	0.30
April I + April II	—0.34	0.02	0.15
April II + April III	—0.36	0.05	0.08
April III + Mei I	—0.05	0.25	0.18
Mei I + Mei II	—0.19	0.21	0.21
Mei II + Mei III	—0.18	—0.16	—0.05
Mei III + Juni I	—0.09	—0.12	—0.04
Juni I + Juni II	—0.01	—0.08	—0.14
Juni II + Juni III	0.17	—0.18	—0.22
Juni III + Juli I	0.11	0.02	—0.02
Juli I + Juli II	—0.46	0.11	0.15
Juli II + Juli III	—0.55	0.43	0.53
Juli III + Augustus I	—0.25	0.32	0.68
Augustus I + Augustus II	0.03	—0.32	0.39

In de 3e decade van Juli en de 1e van Augustus wordt een hooge correlatie met de temperatuur gevonden ($r = 0.68$).

Een opmerkelijk feit is eveneens, dat voor de periode tijdens den bloei (Juni III + Juli I) een positief verband met den neerslag wordt afgeleid.

In den winter wordt alleen een bevredigend negatief verband met den zonneshijn gevonden. Dit wijst wellicht op een andere vernalisatiebehoefte van de tarwerassen, die in Limburg verbouwd worden.

De interpretatie van de gegevens is voor Zuid-Limburg niet eenvoudig. De reden hiervan ligt in het feit, dat Zuid-Limburg een sterk wisselend landschap vertoont, waardoor locale verschillen meer naar voren zullen komen. De phaenologische data kunnen daarom in de verschillende streken nogal uiteen loopen. Daarmede is waarschijnlijk ook verklaard, waarom de correlatiecoëfficiënten zooveel kleiner zijn dan bij Groningen en Zeeland.

Voor Zuid-Limburg zou dan een meer gespecificeerd onderzoek noodig zijn. Hiervoor ontbreken in de eerste plaats de gegevens en ten tweede wordt in kleine gebieden de onzekerheid grooter.

Tenslotte is dan nog de coëfficiënt van gezamenlijke correlatie berekend voor de volgende elementen:

- 1°. de opbrengst van de wintertarwe,
- 2°. de neerslag in de 2e en 3e decade van Juli,
- 3°. de zonneshijn in de 2e en 3e decade van Juli,
- 4°. de temperatuur in de 3e decade van Juli en de 1e decade van Augustus,
- 5°. de zonneshijn in de wintermaanden.

Als resultaat wordt gevonden:

$$R = 0.71 \pm 0.10$$

Ondanks het feit, dat de onderlinge correlaties nogal gering zijn, wordt hier toch een groote coëfficiënt verkregen.

6. *Samenvatting*

Uit bovenstaande volgt, dat er geen duidelijk beeld kan worden gevormd van het klimaat, dat een optimale opbrengst van de wintertarwe zou bewerkstelligen. Met zekerheid kan echter gezegd worden, dat in Nederland in het algemeen het klimaat voor de tarwe te vochtig is, getuige de negatieve correlatiecoëfficiënten, die bijna steeds met den neerslag worden verkregen. De tarwe verlangt vrij droog weer. Vandaar, dat in Nederland zeer hooge opbrengsten zelden worden bereikt.

Aan den anderen kant wordt de oogst daardoor weer zekerder, omdat op een zeer nat voorjaar zelden een zeer natten zomer volgt. Daarom zullen ook abnormaal lage opbrengsten bijna nooit voorkomen. Dit wil echter niet zeggen, dat een gunstige zomer de gevolgen van een slecht voorjaar geheel te niet zullen doen. Een slechte vruchtzetting door ongunstig weer tijdens den bloei kan niet meer goedgemaakt worden.

De beteekenis van den neerslag moet echter weer niet te hoog worden

aangeslagen. Dit kan het beste aangetoond worden aan de hand van figuur 3, waarin zijn weergegeven de gecorrigeerde opbrengst van de wintertarwe in Zeeland, alsmede de neerslag in het voorjaar (Maart, April en Mei) en die in den zomer (Juni, Juli en Augustus). De drie curven zijn zoodanig geteekend, dat de gemiddelden samenvallen.

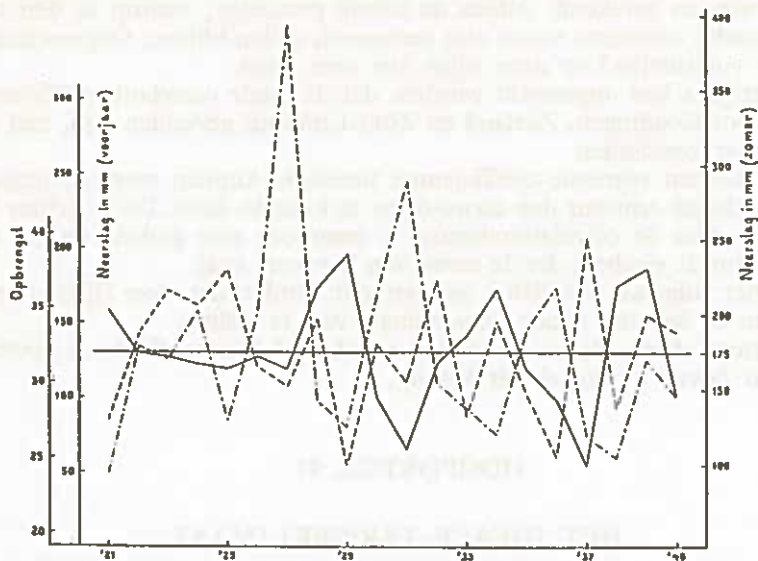


Fig. 3. Vergelijking opbrengst in Zeeland, in 100 kg (—) en den neerslag in het voorjaar (---) en den zomer (-.-.-)

Wanneer het te nat is geweest, hangt het ook van de andere factoren af, hoe de opbrengst is. Deze is vooral afhankelijk van het tijdvak, waarin de neerslag gevallen is. Wanneer echter zoowel het voorjaar als de zomer droog zijn, wordt een betrekkelijk hoge opbrengst verkregen. Dit blijkt bv. in de jaren 1921, 1929 en 1938.

Op dezelfde wijze is dit ook voor de andere gebieden aan te toonen.

Daarnaast zijn er echter ook andere factoren, die de opbrengst van de tarwe bepalen. Vroeger zijn reeds grond- en bemestingsinvloeden genoemd, terwijl ook cultuurverbetering (bepaling van den trend) haar invloed op de opbrengst zal laten gelden. Verder is ook de zaaitijd van belang. Voor wintertarwes, die in het najaar gezaaid zijn, zal die invloed gering zijn. Anders wordt het, wanneer ook de overgangstarwes, die in Februari en Maart gezaaid worden, in de opbrengsten voor wintertarwe zijn opgenomen. De invloed zal niet groot zijn, wanneer de verhouding van de onderscheiden tarwerassen ieder jaar dezelfde is, maar dat is lang niet altijd het geval.

Ook ziekten kunnen de opbrengst zeer sterk drukken. Vooral de tarwegalmug kan nog al schade veroorzaken. Dit is b.v. zeer sterk in 1936 in

Friesland en Zeeland en in 1937 in Zeeland het geval geweest. In het volgende zal aangetoond worden, dat de afwijkingen, die in de genoemde jaren geconstateerd worden, hierdoor zijn te verklaren.

Na strenge winters is het zoo, dat de boeren de uitgewinterde perceelen zullen omploegen en deze niet tot het met wintertarwe bebouwde areaal zullen worden gerekend. Alleen de betere perceelen, waarop in den regel meer koude- resistente rassen zijn verbouwd, zullen blijven. Oogenschijnlijk lijkt de vorstinvloed op deze wijze niet zeer groot.

Overigens kan opgemerkt worden, dat de totale correlatie-coëfficiënten welke voor Groningen, Zeeland en Zuid-Limburg gevonden zijn, niet veel van elkaar verschillen.

Nu zouden regressie-coëfficiënten berekend kunnen worden, teneinde voorspellingen omtrent den tarwe-oogst te kunnen doen. Dit is echter niet geschied. Met de correlatierekening is maar een zeer globale indruk verkregen van de eischen, die de tarwe aan het weer stelt.

In het volgende hoofdstuk zal getracht worden het weer fijner te gaan ontleden en dan het ideale tarweklimaat vast te stellen.

Achteraf dient dan vastgesteld te worden of deze methode de voorkeur verdient boven de correlatierekening.

HOOFDSTUK II

HET IDEALE TARWEKLIMAAT

I. *Inleiding*

Bij de formuleering van het ideale tarweklimaat is de correlatierekening ons te hulp gekomen. Ze is gebruikt om bij de bepaling eenig houvast te hebben.

Boven is reeds aangetoond, dat de tarwe tijdens de verschillende fasen van haar ontwikkeling telkens andere eischen stelt aan het weer. Verder is het ten deele bekend, hoe het weer tijdens de verschillende fasen dient te zijn. Volgens FEEKES verlangt de tarwe tijdens den bloei droog en koel weer. Teneinde dat juist te bepalen is bekendheid met den aanvang en den duur van den bloei noodzakelijk. Kennis van de phaenologische data is dus een eerste vereischte. Zooals gezegd zijn deze eerst vanaf 1934 voorhanden. Zij geven ons een indruk van den gemiddelden duur der onderscheiden stadia. Door te werken met kalenderperioden kunnen groote afwijkingen optreden.

De schema's voor het ideale tarweklimaat, die nu samengesteld kunnen worden, zijn alle gebaseerd op normale jaren, die weinig van het gemiddelde afwijken.

De invloed van het weer op de kwaliteit van de korrel is ook hier weer buiten beschouwing gelaten.

Met behulp van het schema worden cijfers aan het weer in de onderscheiden perioden toegekend. De berekeningen zijn alle uitgevoerd voor de jaren 1922 t/m 1938. Deze komen neer op het zoeken van een zoodanige combinatie van de diverse weercijfers, dat een behoorlijke overeenkomst met de werkelijke opbrengst wordt verkregen. Er wordt dus niet zoo zeer berekend, als wel naar het resultaat toe gewerkt door verschillende combinaties te onderzoeken.

Op de opbrengstcijfers worden wederom de correcties voor de systematische verandering (trend), vermeld op blz. 17, toegepast.

De resultaten voor de drie gebieden zullen achtereenvolgens nagegaan worden.

2. Bepaling van het ideale tarweklimaat

a. Groningen

Nadat de cijfers volgens de in de inleiding aangegeven methode zijn behandeld, wordt het volgende schema het beste geacht:

Ideale tarweklimaat voor Groningen:

- | | |
|---|---|
| a. November, December,
Januari, Februari | 1. vrij droog,
2. niet te zacht,
3. geen vorst beneden -10° C. |
| b. Maart, April I | 1. geen vorst na spruitgroei. |
| c. April II, III | 1. droog,
2. zonrijk,
3. niet te lage temperatuur. |
| d. Mei I, II | 1. koel,
2. regelmatig wat regen. |
| e. Mei III, Juni I, II | 1. zonnig,
2. geen hittegolven,
3. niet te veel regen. |
| f. Juni III, Juli I | 1. koel,
2. droog,
3. bedekt. |
| g. Juli II, III, Augustus I | 1. geen hittegolven,
2. veel zon,
3. warm,
4. droog. |

In dit schema zijn zoowel de resultaten van de correlatierekening als de praktijkervaringen van Dr. FEEKES verwerkt. Ongetwijfeld blijft dit schema hiaten vertoonen.

Verder valt het direct op, dat in den winter geen invloed van een sneeuwdek is genoemd. Bij aanwezigheid van een sneeuwdek zal strenge vorst

lang niet zoo veel onheil aanrichten als bij afwezigheid van sneeuw. Dit is het geval zoo lang de sneeuw los blijft. Indien echter de vorst afgewisseld wordt door lichten dooi, zal het smeltwater, dat naar beneden gezakt is, bij de daarop volgende vorst wederom bevrozen en de daardoor ontstane ijslaag zal groote schade aan het gewas kunnen toebrengen.

Rechtstreeksche metingen van de dikte van de sneeuwlaag zijn niet geschied. Deze cijfers zijn echter wel uit neerslag- en temperatuurgegevens van de Jaarboeken van het K.N.M.I. te halen. Daar echter het aantal sneeuw-winters in ons land betrekkelijk gering is, heeft het weinig nut een dergelijke factor in de beschouwing op te nemen. Alleen de winter 1928—1929 zou er voor in aanmerking komen.

Aan de hand van bovenstaand schema worden cijfers aan het weer toegekend. Het resultaat is in Tabel XI weergegeven.

Opgemerkt dient te worden, dat de cijfers per decade bepaald zijn voor ieder der eischen in elke periode. De cijfers in de tabel geven de gemiddelden aan.

Voor Groningen blijkt de beste combinatie de volgende te zijn:

$$a + c + d + e + f + g_1.$$

Het blijkt derhalve, dat het weer in Maart en begin April weinig invloed heeft op de opbrengst. Dit was ook reeds uit de correlatierekening gebleken.

Vervolgens blijken in Juli en Augustus alleen de hittegolven eenigen invloed en wel een negatieven, op de opbrengst te hebben. Vandaar dat in tabel XI g_1 nog afzonderlijk vermeld is.

TABEL XI

Table XI

Weercijfers voor Groningen
Weatherdata for Groningen

Jaar	a	b	c	d	e	f	g	g_1
1921	6.9	9.2	7.5	5.8	8.1	9.0	8.2	4.3
1922	7.6	4.2	4.3	7.0	7.7	5.8	5.2	10.0
1923	5.8	9.2	5.8	4.7	5.1	6.7	6.3	5.0
1924	7.9	2.0	2.3	7.0	8.1	5.8	6.0	10.0
1925	6.5	8.0	7.7	4.2	6.0	6.8	6.7	1.0
1926	5.4	9.0	6.3	5.0	5.7	6.2	6.6	8.3
1927	6.7	9.5	3.3	6.3	5.1	4.2	7.0	10.0
1928	6.7	5.5	6.5	7.3	7.7	6.5	5.8	10.0
1929	7.1	7.0	5.5	9.7	8.8	8.0	7.7	10.0
1930	6.3	4.5	4.8	10.0	7.1	1.7	3.4	10.0
1931	6.3	1.8	1.8	6.2	6.0	3.7	6.5	5.0
1932	7.5	2.8	3.3	5.0	7.2	4.8	4.4	6.7
1933	7.7	8.8	6.5	6.0	7.7	5.8	7.8	4.7
1934	8.1	9.5	5.7	5.0	9.0	5.7	6.9	6.7
1935	5.6	4.8	7.7	5.5	6.9	3.5	8.1	10.0
1936	6.4	9.0	0.3	5.0	7.0	3.3	3.6	10.0
1937	5.7	6.8	3.5	8.0	5.4	5.0	5.4	5.7
1938	7.1	9.0	7.5	5.7	6.8	7.2	6.7	5.7
1939	5.5	9.0	3.7	10.0	8.6	4.3	4.2	10.0
1940	6.6	4.2	4.7	5.2	5.5	2.7	5.6	9.7

De overige factoren (g_2 , g_3 en g_4) van de laatste periode zullen wel degelijk eenigen invloed hebben, maar dan wellicht uitsluitend op de kwaliteit van de korrel.

In Tabel XII is het resultaat van de berekening naast de werkelijke opbrengst opgenomen. De overeenkomst kan voortreffelijk genoemd worden. Alleen de jaren 1925 en 1929 geven een vrij groote afwijking te zien. Bij de beoordeeling van deze afwijkingen moet echter in aanmerking worden genomen, dat het schema voor het ideale tarweklimaat opgesteld is voor normale jaren. Van de betrokken jaren had 1929 een strengen winter. Dit kan een vertraging in de ontwikkeling van de tarweplant ten gevolge hebben gehad. Indien dat het geval is geweest, gaat daarmee een verschuiving van de kritische fasen gepaard. Enkele schaarsche phaenologische gegevens uit dat jaar geven ons een aanwijzing in die richting. Wordt hiermede rekening gehouden, dan dient het schema als volgt gewijzigd te worden:

TABEL XII

Table XII

Vergelijking van de berekende met de werkelijke opbrengst in Groningen

Comparison of the calculated with the real yield of wheat in Groningen

Jaar Year	Werkelijke opbrengst Real yield (in 100 kg)	Berekende opbrengst Calculated yield (in 100 kg)	Afwijking Deviation (in %)
1922	32.7	33.5	2.4
1923	28.4	33.5	— 3.5
1924	32.1	34.0	5.9
1925	33.8	28.3	— 16.2
1926	28.7	30.6	6.6
1927	26.6	28.6	7.5
1928	37.4	37.0	— 1.1
1929	34.8	35.6	2.3
1930	33.3	33.0	— 0.9
1931	24.0	24.0	0.0
1932	30.0	28.6	— 4.7
1933	31.2	31.8	1.9
1934	34.9	33.3	— 4.6
1935	31.8	32.5	2.2
1936	27.1	26.6	— 1.8
1937	28.4	27.6	— 2.8
1938	34.5	33.1	— 4.1

Perioden van het ideale tarweklimaat voor 1928/29 in de provincie Groningen

- a. November, December, Januari, Februari.
- b. Maart, April I, II.
- c. April III, Mei I.

- d. Mei II, III.
- e. Juni I, II.
- f. Juni III, Juli I.
- g. Juli II, III, Augustus I.

In tabel XII is het cijfer, verkregen met behulp van dit gewijzigde schema vermeld.

Voor de afwijking van 1925 is geen verklaring gevonden.

Het moet echter op het eerste gezicht van de cijfers in tabel XII niet verbazen, dat de overeenkomst zoo goed is. Er immers min of meer naar het resultaat toe gewerkt. Bovendien is het aantal onbekenden, de factoren a_1, a_2, a_3, b_1 enz., van dezelfde orde van grootte als het aantal gegevens.

Het resultaat krijgt dus eerst zin, wanneer de werkelijke en berekende opbrengst met elkaar overeenkomen in jaren, die niet in de berekening zijn opgenomen. Ter controle zijn genomen de jaren 1921, 1939 en 1940 die aan de door ons onderzochte reeks aansluiten. Het resultaat wordt getoond in tabel XIII.

TABEL XIII

Table XIII

Controlejaren van de berekening voor Groningen
Years for control of the calculation for Groningen

Jaar Year	Werkelijke opbrengst Real yield (in 100 kg)	Berekende opbrengst Calculated yield (in 100 kg)	Afwijking Deviation (in %)
1921	35.5	34.0	— 4.5
1939	35.2	34.9	— 0.9
1940	33.3	28.5	— 14.4

Voor de jaren 1921 en 1939 blijkt de overeenkomst dus zeer goed te zijn, voor 1940 is er echter een vrij groote afwijking.

In fig. 4 is het verloop van de berekende en de werkelijke opbrengst grafisch voorgesteld. Hierin komt de overeenstemming duidelijker naar voren.

b. Zeeland

Op dezelfde wijze als voor Groningen is getracht voor Zeeland een schema voor het ideale tarweklimaat af te leiden.

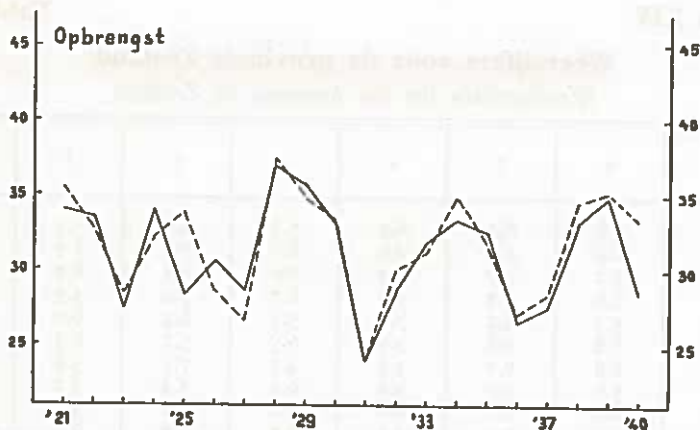


Fig. 4. Vergelijking berekende (—) en werkelijke (---) opbrengst in Groningen, in 100 kg

Dit ziet er als volgt uit:

a. November, December, Januari, Februari

b. Maart

c. April I, II

d. April III, Mei I

e. Mei II, III, Juni I

f. Juni II, III

g. Juli

1. vrij droog,
2. niet te zacht,
3. geen vorst beneden -10°C .
1. veel zon,
2. weinig neerslag.
1. droog,
2. zonnig,
3. normale temperatuur.
1. koel,
2. regelmatig wat regen.
1. zonnig,
2. geen hittegolven,
3. weinig regen.
1. droog,
2. koel,
3. bedekt.
1. geen hittegolven,
2. droog,
3. veel zon,
4. warm.

Op grond van dit schema zijn wederom cijfers aan het weer toegekend met behulp van de gegevens van het hoofdstation Vlissingen.

Het bleek, dat de som van de op deze wijze verkregen cijfers het best de werkelijke opbrengst nabij kwam.

De weercijfers worden in tabel XIV weergegeven.

TABEL XIV

Table XIV

Weercijfers voor de provincie Zeeland
Weatherdata for the province of Zeeland

Jaar Year	a	b	c	d	e	f	g
1921	6.8	8.2	8.2	5.7	7.5	5.5	7.2
1922	6.4	4.2	4.9	8.7	7.9	5.7	4.8
1923	5.7	5.5	8.3	6.0	4.2	8.7	7.4
1924	7.6	5.3	3.0	8.7	7.0	3.3	6.1
1925	5.7	6.2	7.2	5.3	8.3	6.0	7.2
1926	5.8	6.8	3.8	6.5	5.1	6.3	7.4
1927	6.6	7.7	3.5	4.3	7.5	5.8	5.4
1928	5.8	7.0	3.2	6.3	5.5	6.2	7.3
1929	6.9	9.7	6.0	10.0	8.1	5.0	7.9
1930	6.0	7.0	3.7	7.5	6.8	2.5	4.8
1931	5.6	9.2	5.8	4.0	4.8	3.5	3.3
1932	7.8	9.2	0.3	4.7	6.9	4.8	5.6
1933	7.7	5.0	8.2	5.5	8.3	7.3	6.5
1934	7.9	5.3	3.7	5.0	8.6	4.2	8.3
1935	5.2	7.7	3.3	4.3	7.8	3.8	8.9
1936	5.6	6.3	4.0	6.3	7.4	1.7	4.2
1937	4.9	2.2	4.3	9.5	6.7	4.8	6.4
1938	6.6	9.0	7.2	9.5	7.2	7.2	5.4
1939	5.3	1.8	7.5	9.7	6.8	7.3	6.2
1940	6.0	3.3	3.7	5.0	8.8	3.5	5.4

Duidelijker dan bij Groningen wordt hier een invloed van het weer in de maand Maart gevonden. Ook hebben buiten de hittegolven de andere weerselementen in Juli een grooteren invloed.

Voor de jaren 1922 t/m 1938 zijn wederom de opbrengsten aan de hand van tabel XIV berekend en weergegeven in tabel XV.

De overeenkomst is hier minder goed dan voor Groningen. De jaren 1928 en 1937 geven een grootere afwijking te zien. De groote afwijking in 1937 is waarschijnlijk te verklaren door het feit, dat in dat jaar de tarwegalmug zeer ernstige schade aan het gewas heeft toegebracht, waardoor abnormaal lage opbrengsten werden verkregen.

Uit de weinige phaenologische gegevens, die ons in 1937 uit Zeeland ten dienste staan, kan worden geconcludeerd, dat de bloei van de tarwe dat jaar vrij vroeg plaats vond, nl. het begin omstreeks 11 Juni. Deze datum valt toch juist in den voor den bloei beschouwde periode f (Juni II, III). De gemiddelde aanvang van den bloei over een lange reeks van jaren (1934—1943) valt op den 16en Juni. Indien dus het begin van de periode op 11 Juni wordt gesteld, is dat in de meeste gevallen te vroeg. Dit bezwaar kan ondervangen worden door kortere perioden, bv. pentaden of weken, in plaats van decaden te nemen. Daar in andere gevallen bleek, dat de nauw-

TABEL XV

Table XV

Vergelijking berekende en werkelijke opbrengst in de provincie Zeeland

Comparison of the calculated and the real yield of wheat in Zeeland

Jaar Year	Werkelijke opbrengst Real yield (in 100 kg)	Berekende opbrengst Calculated yield (in 100 kg)	Afwijking Deviation (in %)
1922	32.0	31.6	— 1.3
1923	31.8	34.0	6.9
1924	31.2	30.4	— 2.6
1925	30.9	34.1	10.4
1926	31.7	30.9	— 2.5
1927	30.9	30.3	— 1.9
1928	36.2	30.6	— 15.5
1929	38.5	39.8	3.4
1930	28.9	28.4	— 1.7
1931	25.5	26.9	5.5
1932	31.1	29.2	— 6.1
1933	33.1	36.0	8.8
1934	36.2	31.9	— 11.9
1935	30.9	30.4	— 1.6
1936	28.8	26.3	— 8.7
1937	24.5	28.8	17.6
1938	36.3	38.7	6.6

keurigheid hierdoor toch niet grooter wordt, is dit extra rekenwerk achterwege gelaten.

Bij Groningen was dit bezwaar niet ondervonden, omdat dan het gemiddelde begin van den bloei juist bij den aanvang van de 3e decade van Juni viel.

Ter controle dient nog nagegaan te worden, wat het resultaat is in de niet in de berekening opgenomen jaren. Dit wordt getoond in Tabel XVI.

TABEL XVI

Table XVI

Controlejaren van de berekening voor Zeeland

Years for control of the calculation for Zeeland

Jaar Year	Werkelijke opbrengst Real yield (in 100 kg)	Berekende opbrengst Calculated yield (in 100 kg)	Afwijking Deviation (in %)
1921	34.8	36.4	4.6
1939	37.6	33.1	— 12.0
1940	29.0	26.5	— 8.6

Binnen bepaalde grenzen is dus een redelijke verwachting van den tarwe-oogst te maken.

Ter verduidelijking zijn de resultaten in figuur 5 uitgezet.

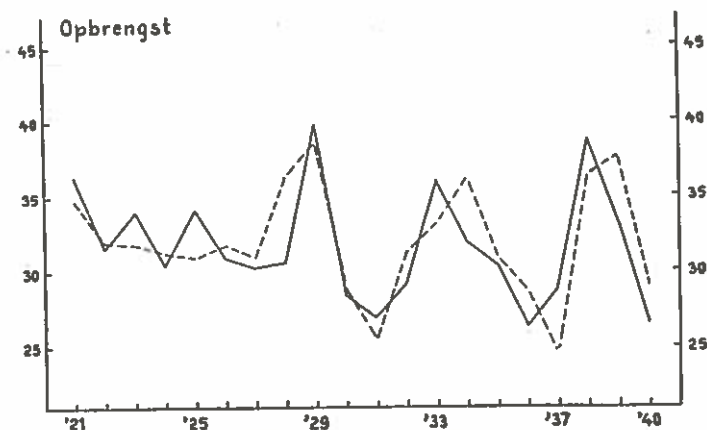


Fig. 5. Vergelijking berekende (---) en werkelijke (—) opbrengst in Zeeland, in 100 kg

c. Zuid-Limburg

Voor het bepalen van het ideale tarweklimaat in Zuid-Limburg gelden dezelfde bezwaren als bij de correlatierekening zijn genoemd. Van te voren kan gezegd worden, dat de resultaten nogal pover zullen zijn.

De resultaten van het onderzoek naar het ideale tarweklimaat zijn neergelegd in het volgende schema:

- | | |
|---|--|
| a. November, December,
Januari, Februari | 1. vrij droog,
2. niet te zacht,
3. geen vorst beneden -10°C . |
| b. Maart, April I | 1. warm. |
| c. April II, III | 1. niet te koud,
2. droog. |
| d. Mei I, II | 1. koel,
2. regelmatig wat regen. |
| e. Mei III, Juni I, II | 1. geen hittegolven,
2. niet al te zonnig. |
| f. Juni III | 1. koel,
2. bedekt. |
| g. Juli | 1. geen hittegolven,
2. droog,
3. warm,
4. zonnig. |

Voor Zuid-Limburg blijkt de combinatie van alle in dit schema genoemde grootheden de beste te zijn:

$$a + b + c + d + e + f + g.$$

Het negatieve verband, dat bij de correlatierekening in de periode e voor de zonneshijn te voorschijn kwam, is in dit schema verwerkt. Dat negatieve verband blijkt dus ook hier op te gaan.

Overigens geeft dit schema weinig bijzonders te zien. Alleen zijn de perioden verschoven of de tijdsduur veranderd in vergelijking met de vorige schema's.

Op grond van dit schema zijn cijfers aan het weer in de verschillende perioden toegekend en in tabel XVII weergegeven.

TABEL XVII

Table XVII

Weercijfers voor Zuid-Limburg
Weatherdata for South-Limburg

Jaar Year	a	b	c	d	e	f	g
1921	7.1	8.0	5.8	7.5	6.3	4.2	6.8
1922	5.6	2.8	2.8	7.5	4.4	9.5	5.4
1923	5.0	6.5	8.8	5.0	10.0	10.0	7.2
1924	6.8	2.0	4.0	5.5	6.3	1.5	6.2
1925	5.5	2.8	6.8	6.5	6.0	10.0	5.6
1926	5.7	7.5	10.0	7.0	10.0	8.5	5.4
1927	6.7	8.0	4.5	2.5	9.5	8.5	4.6
1928	5.7	5.8	2.5	9.5	9.2	0.0	5.9
1929	6.9	5.0	2.5	7.2	3.5	10.0	4.6
1930	5.8	7.8	4.8	9.2	4.6	1.5	3.8
1931	6.4	8.0	3.5	7.2	2.3	0.0	7.4
1932	7.2	7.2	3.2	7.5	8.3	3.0	6.2
1933	7.3	9.8	10.0	5.5	7.7	10.0	7.4
1934	7.8	6.2	7.5	3.5	7.2	4.0	7.9
1935	5.5	5.5	5.0	6.8	9.2	0.0	8.1
1936	6.0	4.8	1.5	5.8	7.6	1.5	4.5
1937	4.8	5.0	5.2	8.0	2.6	7.0	7.1
1938	6.1	7.8	3.2	7.5	7.5	1.8	5.8
1939	5.6	5.5	5.0	9.8	4.5	4.5	7.1
1940	5.8	6.0	5.2	6.5	7.0	0.0	8.8

Met behulp van deze cijfers zijn de opbrengsten voor ieder jaar berekend. De resultaten zijn met de werkelijke opbrengst in tabel XVIII weergegeven. De afwijkingen zijn in vele jaren vrij groot te noemen. Het heeft dus weinig zin om een aantal contrôlejaren te nemen. Volledigheidshalve is dit toch geschied en het resultaat in tabel XVIII vastgelegd.

TABEL XVIII

Table XVIII

Zuid-Limburg. Vergelijking berekende en werkelijke opbrengst
South-Limburg. Comparison of the real and calculated yield

Jaar Year	Werkelijke opbrengst Real yield (in 100 kg)*	Berekende opbrengst Calculated yield (in 100 kg)	Afwijking Deviation (in %)
1922	20.7	22.7	— 8.8
1923	28.6	22.7	26.0
1924	17.6	21.6	— 18.5
1925	23.5	24.8	— 5.2
1926	29.4	21.4	21.4
1927	24.1	23.8	1.3
1928	21.0	25.8	— 18.6
1929	21.6	19.2	12.5
1930	20.4	19.1	6.8
1931	18.9	22.0	— 14.1
1932	23.2	22.0	5.4
1933	31.4	23.4	34.2
1934	24.0	24.6	— 2.4
1935	21.8	22.3	— 2.2
1936	17.2	22.3	— 22.9
1937	21.6	21.8	— 0.9
1938	21.6	27.4	— 21.2

TABEL XIX

Table XIX

Contrôle-jaren voor Zuid-Limburg
Years for control of the calculation for South-Limburg

Jaar Year	Werkelijke opbrengst Real yield (in 100 kg)	Berekende opbrengst Calculated yield (in 100 kg)	Afwijking Deviation (in %)
1921	26.1	24.9	— 4.6
1939	22.8	22.8	0.0
1940	20.0	21.6	8.0

De resultaten van de tabellen XVIII en XIX zijn in fig. 6 grafisch weergegeven. Hierin vallen de groote afwijkingen direct op. De afwijkingen zijn echter voor de contrôlejaren gering.

Nu zijn de opbrengsten berekend door de gemiddelden van de sommen a t/m g en die van de werkelijke opbrengsten over de geheele periode van 17 jaar gelijk te stellen. De hieruit verkregen reductiefactor wordt op ieder jaar toegepast. Bij groote afwijkingen en een betrekkelijk gering aantal jaren is deze methode niet meer te handhaven. Aan de uitkomsten bij toepassing op de jaren 1921, 1939 en 1940 behoeft dus ook niet zooveel waarde

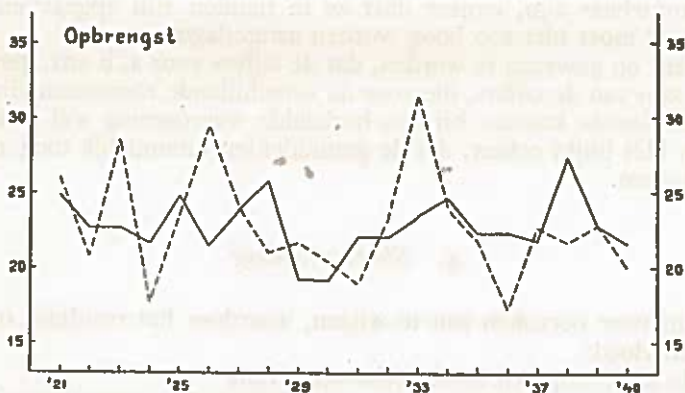


Fig. 6. Vergelijking berekende (—) en werkelijke (---) opbrengst in Zuid-Limburg, in 100 kg

te worden gehecht. Dat de berekende en werkelijke opbrengsten zoo goed met elkaar in overeenstemming zijn, kan derhalve zuiver aan het toeval te wijten zijn. Er is nog getracht om door middel van kortere perioden (weken) een fijnere indeeling van het ideale tarweklimaat te verkrijgen. De nauwkeurigheid werd er echter niet door verhoogd. De afwijkingen bleven van dezelfde orde van grootte. Deze zijn blijkbaar een gevolg van het feit, dat de phaenologische data door het heuvelachtige terrein en het verschil in grondsoort nogal uiteenloopen.

3. Voorspelling van den oogst

Tenslotte zal nog nagegaan worden of het schema van het ideale tarweklimaat ook gebruikt kan worden ter voorspelling van den tarwe-oogst. Dan dient bij de beoordeeling steeds tusschen de drie gebieden onderscheid gemaakt te worden.

De toepassing op de jaren 1921, 1939 en 1940 (zie tabellen XIII, XVI en XIX) kan als een voorspelling opgevat worden. Het blijkt immers, dat het weer, vooral in Groningen, in de maanden Juli en Augustus geen belangrijken invloed heeft op de opbrengst.

Zooals reeds opgemerkt is, kan aan de toepassing voor de genoemde jaren in Zuid-Limburg niet veel waarde worden gehecht. Hieruit volgt dan tevens, dat voor Zuid-Limburg geen trefzekere verwachting voor den oogst gemaakt kan worden.

De conclusie is dus, dat voor Groningen en Zeeland begin Juli een vrij zekere verwachting omtrent den oogst kan worden uitgesproken. Dit geldt echter niet voor Zuid-Limburg.

Wij zijn ons er terdege van bewust, dat de hierboven ontwikkelde methode zeer subjectief is. De opgegeven weercijfers doen het voorkomen, alsof ze

zeer betrouwbaar zijn, temeer daar ze in tienden zijn opgegeven. Vooral de decimaal moet niet zoo hoog worden aangeslagen.

Er dient op gewezen te worden, dat de cijfers voor a, b enz. gemiddelde waarden zijn van de cijfers, die voor de verschillende elementen zijn gevonden. Deze laatste kunnen bij een herhaalde waardeering wel eens anders uitvallen. Het blijkt echter, dat de gemiddelden uiteindelijk toch nagenoeg overeenkomen.

4. Slotbeschouwing

Er zijn twee oorzaken aan te wijzen, waardoor het resultaat ongunstig wordt beïnvloed:

1. de altijd nog vrij korte reeks van jaren,
2. het nagenoeg ontbreken van phaenologische waarnemingen.

Wat de meteorologische gegevens betreft, zou het onderzoek reeds bij 1906 kunnen beginnen. De opgaven van de tarwe-opbrengst zijn echter in de jaren voor den eersten wereldoorlog vrij onzeker, terwijl bovendien weinig onderscheid gemaakt werd tusschen spelt en zomertarwe. In de oorlogsjaren 1914—1919 en ook van 1939—1945 zijn de cijfers weinig betrouwbaar, omdat de opbrengst gedrukt wordt door te weinig meststoffen en bovendien zullen de cijfers in den regel toch reeds te laag opgegeven zijn. Alleen de jaren tusschen den eersten en tweeden wereldoorlog zijn dus te gebruiken.

Aangaande punt 2 kan opgemerkt worden, dat men door het ontbreken van phaenologische waarnemingen heeft moeten werken met kalenderdata, welke berusten op gemiddelde tijdvakken. De resultaten zouden ongetwijfeld beter zijn, wanneer de juiste data van in aar komen, van den bloei enz. bekend zouden zijn.

In 1934 zijn de phaenologische waarnemingen door Ir. KOESLAG begonnen. Na diens overlijden en vooral tijdens de oorlogsjaren is het aantal waarnemers aanzienlijk gedaald, zoo zelfs, dat geen streekgemiddelden meer konden worden bepaald.

Door het K.N.M.I. worden daarom thans krachtige pogingen in het werk gesteld, teneinde een behoorlijk corps van waarnemers te verkrijgen. Dat zal de waarde van de verwachtingen ongetwijfeld doen stijgen.

Wellicht dat een dicht waarnemersnet in Zuid-Limburg de mogelijkheid doet ontstaan, ook voor dit gebied een behoorlijke verwachting te geven.

SUMMARY

In this research the influence of different weather elements on the yield of winterwheat has been estimated.

First of all this has been done by means of a correlation-calculation, and that for three districts: Groningen, Zeeland and South-Limburg.

The weather elements examined are precipitation, sunshine and temperature, which data have been derived from the „Maandelijksch Overzicht van de Weersgesteldheid in Nederland” (9).

Before doing this calculation, we have to ascertain that no other factors can influence the yield greatly. In the first place we think of the breed-and culture-amelioration. Therefore the trend has been estimated. This trend amounts in the period 1921—1940 for

Groningen: to 3.0 kg/ha a year.

Zeeland: „ 33.9 „ „ „

South-Limburg: „ 37.7 „ „ „

The trend has been laid down in figure 2.

The data for the yield have been derived from the „Verslagen van den Landbouw” (10).

After having corrected the yield data, we have calculated the correlation of the yield with the different weather elements in the various districts. For the above-mentioned districts the correlation-coefficients have been collected in Table VIII, IX and X respectively.

The correlation with precipitation is negative in all cases, and positive with the sunshine in Groningen and Zeeland all the time; in South-Limburg some negative coefficients with sunshine were found.

The coefficient of total correlation has been calculated for the largest-coefficients in the tables VIII, IX, and X. This means that we have taken the following elements:

For Groningen:

- 1°. yield of wheat,
 - 2°. precipitation, in June and July,
 - 3°. sunshine in the 2nd and 3rd decade of July,
 - 4°. temperature in winter (November, December, January, February).
- The coefficient is $R = 0.72 \pm 0.09$.

For Zeeland:

- 1°. yield of wheat,
- 2°. precipitation in the 2nd and 3rd decade of July,
- 3°. sunshine in the 2nd and 3rd decade of July,
- 4°. temperature in winter.

The coefficient is: $R = 0.74 \pm 0.09$.

For South-Limburg:

- 1°. yield of wheat,

- 2°. precipitation in the 2nd and 3rd decade of July,
- 3°. sunshine in the 2nd and 3rd decade of July,
- 4°. temperature in the 3rd decade of July and the 1st of August,
- 5°. sunshine in winter.

The coefficient is $R = 0.71 \pm 0.09$.

The correlation-calculation has only been a means for determining the „ideal wheat-climate”. This method for determining the correlation of the yield of wheat and the weather is an idea of Prof. VAN EVERDINGEN, who started from the ideal wheat-climate of DR. FEEKES. With the help of the experiences of DR. FEEKES and the correlation-coefficients we have composed a scheme for the ideal wheat-climate in the different districts.

This scheme is for Groningen:

- | | |
|---|---|
| a. November, December,
January, February | 1. rather dry,
2. not too mild,
3. no frost below -10°C . |
| b. March, April I | 1. no frost after growth of tillers. |
| c. April II, III | 1. dry,
2. sunny,
3. not too low temperature. |
| d. May I, II | 1. cool,
2. regularly some rain. |
| e. May III, June I, II | 1. sunny,
2. no heat-waves,
3. not too much rain. |
| f. June III, July I | 1. cool,
2. dry,
3. covered sky. |
| g. July II, III, August I | 1. no heat-waves,
2. much sun,
3. warm,
4. dry. |

According to this scheme marks have been given to the weather in a scale from 1 to 10. The sum of the factors *a*, *b*, *c*, etc gives the calculated value of the yield, reduced with the help of the average value of the real yield. The results are given in Table XI.

The above scheme only applies to normal years. After strong winters and also after very mild springs this scheme must be changed.

The years 1922—1938 have been used for the calculation, the remaining years 1921, 1939 and 1940 for control on the exactness of the method. The tables XII and XIII show this respectively. The data are laid down in figure 3. The agreement between the calculated and the real yield is very good.

The same calculation has been worked out for Zeeland. The scheme for the ideal climate is as follows:

- | | |
|--|---|
| <i>a.</i> November, December,
January, February | 1. rather dry,
2. not too mild,
3. no frost below -10°C . |
| <i>b.</i> March | 1. sunny,
2. little precipitation. |
| <i>c.</i> April I, II | 1. dry,
2. sunny,
3. normal temperature. |
| <i>d.</i> April III, May I | 1. cool,
2. regularly some rain. |
| <i>e.</i> May II, III, June I | 1. sunny,
2. no heat-waves,
3. little rain. |
| <i>f.</i> June II, III | 1. dry,
2. cool,
3. covered sky. |
| <i>g.</i> July | 1. no heat-waves,
2. dry,
3. much sun,
4. warm. |

According to this scheme marks have again been given to weather. Table XIV shows us the results. The sum of all these factors in the table gives us the relative calculated yield of wheat, which sum must be reduced.

For the years 1922—1938 the calculated and real yield are given in table XV. The agreement here is less than in the case of Groningen. The data are laid down in figure 5.

Finally we have calculated the scheme of the ideal climate for South-Limburg.

- | | |
|--|---|
| <i>a.</i> November, December,
January, February | 1. rather dry,
2. not too mild,
3. no frost below -10°C . |
| <i>b.</i> March, April I | 1. warm, |
| <i>c.</i> April II, III | 1. not too cold,
2. dry. |
| <i>d.</i> May I, II | 1. cool,
2. regularly some rain. |
| <i>e.</i> May III, June I, II | 1. no heat-waves,
2. not too sunny. |
| <i>f.</i> June III | 1. cool,
2. covered sky. |
| <i>g.</i> July | 1. no heat-waves,
2. dry,
3. warm,
4. sunny. |

The marks given to the weather according to this scheme are given in table XVII. The sum of a, b, c, d, e, f and g , reduced with the help of the average value of the real yield of wheat in the years 1922—1938, gives the calculated yield (see table XVIII). The calculation is put into practice for the years 1921, 1939 and 1940. (see table XIX). The data are laid down graphically in figure 6.

Though the agreement with the real yield in table XIX is very good, yet we cannot attach great signification to the result, as the agreement in table XVIII, on which the marks of table XIX are founded, is bad.

The application of the calculation may be considered as a prediction of the yield of wheat. It appears indeed that in July four factors have their influence on the yield. Therefore the variation in the factor g is not very great as to be seen in tables XI, XIV and XVII. We may forecast the size of the yield of wheat already at the end of June. From the facts mentioned above follows that this is of value only to Groningen and Zeeland, the two marine districts.

The objection to this method is that it is very subjective. The marks for a, b, c, d, e etc. are the average of the marks for the different weather elements. It appears that the average marks agree at different appreciations.

There are two causes which affect in a bad way the results:

1. the short number of years,
2. the missing of reliable phenological observations.

Due to the untrustworthiness of the data for the yield of wheat in the years of war we only could start with the year 1921.

As for item 2 we were obliged to work with calander data, which hold good only for normal years.

LITERATUUR

- (1) R. H. HOOKER. The correlation of the weather and the crop. Journ. Roy. Stat. Soc. LXX, 1907.
- (2) J. WARREN SMITH. The effect of weather upon the yield of corn. M. W. Rev. Vol. 42, 1914.
- (3) J. WARREN SMITH. Agricultural Meteorology, 1920.
- (4) P. HOLDEFLEISZ. Ueber den Einfluss der Witterungsfaktoren auf die Ernteerträge. Kühn-Archiv IX, 1925.
- (5) P. HOLDEFLEISZ. Agrarmeteorologie, 1930.
- (6) E. v. BOGUSLAWSKI. Ein Verfahren zur Statistischen Untersuchung der Abhängigkeit der Ernteerträge von Standort und Klimatischen Faktoren. Forschungsdienst 13, 301, 1942.
- (7) Dr. W. FEEKES., Verslagen van de Technische Tarwe Commissie, XVII, 1941.
- (8) Prof. Dr. E. v. EVERDINGEN. Eenige opmerkingen over het verband tusschen het weer en de tarweopbrengst. L.T. 55, 357, 1943.
- (9) Maandelijksch Overzicht der Weersgesteldheid in Nederland, K.N.M.I., n°. 94a, 1910—1940.
- (10) Verslagen en Mededeelingen van de Directie van den Landbouw, 1911—1943.
- (11) Dr. C. BRAAK. Het klimaat van Nederland. A (vervolg) Neerslag. Mededeelingen en Verhandelingen van het K.N.M.I., n°. 34a, 1933.
- (12) Dr. C. BRAAK. Het klimaat van Nederland. F. Zonneschijn en bewolking. Mededeelingen en Verhandelingen K.N.M.I., n°. 40, 1937.
- (13) Prof. Dr. E. v. EVERDINGEN. Correlaties tusschen decadijfers van de Bilt en de opbrengst van suikerbieten. Notulen van de 19e Verg. der Commissie voor Landbouwcologie, 1941.
- (14) R. H. HOOKER. On the correlation of successive observations, illustrated by corn-prices. Journ. Roy. Stat. Soc. LXVIII, 1905.
- (15) A. WALLÉN. Sur la corrélation entre les récoltes et les variations de la température et de l'eau tombée en Suède. K.Sv.Vetensk. Handlingar. Bnd. 57, n°. 8.
- (16) C. V. L. CHARLIER. Contributions to the mathematical theory of statistics. Archiv for matematik, astronomy och fysik. Bnd. 8, n°. 4.
- (17) Phaenologische waarnemingen aan landbouwgewassen. Verschijnt in L.T.