

Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

PLANTVERBAND EN DUNNING PINUS CARIBAEA MORELET
(onderzoekproject no. 65/1)

Eerste volledige opname in het proefvak te
Moeroekreek

N.A. Leek

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding
van J.H.A. Boerboom en P.G. de Vries

augustus 1970

I N H O U D

	Blz.
1. <u>Samenvatting</u>	5
2. <u>Voorwoord</u>	5
3. <u>Inleiding</u>	5
4. <u>Uitvoering</u>	6
5. <u>Resultaten</u>	8
6. <u>Discussie</u>	11
7. <u>Literatuur</u>	12
Bijlage 1 Diameter van de boom met het . . gemiddelde grondvlak in cm (\bar{d}_g), opperhoogte in m (OH), aantal dode en ontbrekende exemplaren (\dagger) en S % van Hart per meetplot	13
" 2A Wiskundige verwerking van de . . \bar{d}_g -waarnemingen	14
" 2B Wiskundige verwerking van de . . h dom-waarnemingen	18

1. SAMENVATTING

Van 27 januari - 19 februari 1970 werd in de plantverbanddunningsproef van *Pinus caribaea* Morelet, ingericht in mei 1965 te Moeroekreek, Coesewijne-gebied, de eerste volledige opname verricht.

Vóór de opname zijn de bomen gesnoeid en voorzien van een verfring op 1,30 m; de bomen in de eerste N-Z rij van ieder subplot werden voorzien van een Al-nummerplaatje.

De omtrek op borsthoogte en de opperhoogte is bepaald. De laagste waarde voor de opperhoogte per meetplot was 8,29 m ($3\frac{1}{2}$ m-plantverband), de hoogste 11,45 m ($2\frac{1}{2}$ m-plantverband).

Uit de omtrek is de diameter van de boom met het gemiddelde grondvlak (\bar{d}_g) bepaald. De laagste waarde voor \bar{d}_g per meetplot bedroeg 9,8 cm ($2\frac{1}{2}$ m-plantverband), de hoogste 12,3 cm (zowel in 3 m- als in $3\frac{1}{2}$ m-plantverband).

Het blijkt dat bij het groter worden van de plantafstand in het algemeen de opperhoogte afneemt, terwijl \bar{d}_g toeneemt. Relaties tussen plantverband en opperhoogte zijn significant voor twee van de vier Latijnse vierkanten, die tussen plantverband en \bar{d}_g voor alle vier. Bij toetsing met \bar{d}_g zijn in verschillende Latijnse vierkanten rij- of kolomeffekten aantoonbaar, het vruchtbaarheidsverloop binnen het proefperk als geheel is echter grillig; ook de verschillen tussen de vierkanten als geheel blijken significant.

De uitval bedroeg in totaal 320 exemplaren, dat is 4,1%.

2. VOORWOORD

In de periode van 27 januari - 19 februari 1970 werd in de plantverbanddunningsproef voor *Pinus caribaea* te Moeroekreek, Coesewijne-gebied, de eerste volledige opname verricht door de studenten C.J. Gieteling en N.A. Leek in samenwerking met de Dienst 's Lands Bosbeheer.

3. INLEIDING

Om bij *Pinus caribaea* de invloeden na te gaan van plantverband en dunning op de ontwikkeling van de opstand werd in 1965 een proef ingericht in het Coesewijne-gebied onder leiding van Ir. P.G. de Vries (afd. Houtmeetkunde van de Landbouwhogeschool, Wageningen). Een uitgebreid verslag hiervan is te vinden bij DE VRIES (1965).

Het oorspronkelijke hoogbos was in januari en februari 1965 omgestoten, het gevelde materiaal vervolgens op rillen geschoven en verbrand. Het voor de proef bestemde plantmateriaal was gekweekt uit zaad afkomstig uit Brits-Honduras; uitzaaien geschiedde in september '64, verspenen in november '64, planten in mei '65.

Drie plantverbanden worden onderzocht, t.w.: $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$, 3×3 en $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2}$ m. Het proefschema behelst een 4x herhaald Latijns vierkant, waarbij de vierkanten naast elkaar liggen. In elk plantverband zullen t.z.t. drie dunningsgraden worden toegepast, t.w.: zwak, matig en sterk. Aanbevolen wordt (DE VRIES, 1965) om bij de zwakke dunningsgraad slechts de dode bomen te verwijderen. De matige en sterke dunningsgraden zijn gesteld op 22% en 28% (s-% van Hart).

Tussen de rillen bevinden zich de brutoplots, (60 x 60 m) waarbinnen meetplots zijn genomen van 40 x 40, 48 x 48 en 42 x 42 m. Een meetplot is verdeeld in 16 subplots, waarbinnen 9 ($3\frac{1}{2}$ m-pl.verb.) of 16 plantplaatsen ($2\frac{1}{2}$ en 3 m-pl.verb.) zijn aangebracht.

In 1966 is de eerste hoogtemeting verricht (VREDEN, 1966). In 1968 is de hoogtemeting herhaald en is tevens een opperhoogtebepaling uitgevoerd (DE GRAAF, 1968).

4. UITVOERING

Aan de eerste volledige opname zijn de volgende werkzaamheden voorafgegaan:

- 1) De ondergroei is over het gehele proefterrein met de houwer gekapt.
- 2) De bomen zijn over het gehele proefterrein aldus behandeld:
 - bomen groter dan 6 m opgesnoeid tot op ongeveer 1,75 m,
 - bomen van 4-6 m opgesnoeid tot op ongeveer 1,40 m,
 - bij bomen kleiner dan 4 m alleen de dode takken weggesnoeid.

Het snoeien geschiedde glad langs de stam, gebruikmakend van scherpe snoeizagen. Bij dubbelstammen hebben de snoeiers één stam verwijderd.

- 3) De meetplaats (1,30 m) werd d.m.v. een verfring gemarkeerd.
- 4) Binnen de meetplots zijn de bomen genummerd. Deze nummering is beperkt gebleven tot de bomen van de eerste N-Z rij van ieder subplot. Het nummeren is geschied d.m.v. Al-plaatjes, die met spijkers steeds aan de N-zijde van de boom zijn ingeslagen op 1,40 m. Het aanbrengen van verfnummers, zoals voorgeschreven door DE VRIES (1965) is niet toegepast, omdat dit zeer tijdrovend is en de nummers iedere 1 à 2 jaar over moeten worden geschilderd. Evenzo werd om tijden en kostenbesparing afgezien van het aanbrengen van nummers op alle bomen binnen de meetplots; wegens het regelmatig plantverband is het thans nog gemakkelijk de niet genummerde bomen af te tellen vanuit de wel genummerde O-randrij van ieder subplot. Na een eerste of tweede dunning zullen waarschijnlijk de dan nog resterende niet-genummerde bomen bijgenummerd moeten worden.

- De eerste volledige opname hield in het bepalen van:
- de omtrek op borsthoogte in mm van alle exemplaren binnen de meetplots met de meetband. Boompjes kleiner dan 1,30 m hebben obh = 0 en worden met omtrek "0" in de staat aangegeven;
 - de hoogte in dm van de hoogste "normaal" gevormde boom binnen ieder subplot met de Blume Leiss. Bij de meetplots met plantverband 3 x 3 m is per twee subplots één boom extra genomen. Deze waarnemingen, gemiddeld per meetplot, geven de opperhoogte per meetplot (DE GRAAF, 1968).

Sterk afwijkende vormen van de normaal ontwikkelde kroon zijn vooral de foxtails. Als foxtail worden beschouwd bomen die:

- 1) een takvrij eindlot van minstens 50% van de boomlengte hebben;
- 2) aan de top enige takvorming hebben maar niet voldoende om van een kroon te spreken (een kroon bij 1 à 2 goed ontwikkelde takkransen) en een takvrij stamstuk van minstens 75% van de boomlengte;
- 3) de verschijnselen van 1) of 2) hebben maar enigszins onder de aangegeven percentages liggen en waarvan tevens de top ombuigt.

Verdere afwijkingen vormen de bomen waarvan, door te zware takontwikkeling aan de top, de top is afgebroken of waarvan het duidelijk is dat dit gevaar bestaat (zeer weinig voorkomend). Vorken zijn in de opperhoogtebepaling, door talrijk voorkomen, opgenomen wanneer de gaffeling in de bovenste boomhelft ligt.

Opmerking 1

Door DE VRIES (1965) wordt voorgescreven dat voor ieder meetplot een afzonderlijk veldboekje wordt bijgehouden, in totaal dus 36 veldboekjes. Hieraan kan nog niet worden voldaan. Voorlopig zijn alle gegevens verzameld in drie notitieboekjes. Op een later tijdstip zullen de waarnemingen van deze eerste opname in de voorgescreven veldboekjes worden overgenomen.

Opmerking 2

In verschillende meetplots waren draagmieren aanwezig die zichtbaar schade hadden toegebracht. Nog tijdens de opname zijn deze mieren met Mirex bestreden. Over het gehele proefperk komen veel termietennesten voor. Aan de stamvoet is geen schade geconstateerd. Het spinthout van de markeerpalen is vaak aangetast.

Opmerking 3

Het totaal aantal mandagen, dat benodigd was voor het aanbrengen van een verfring op 1,30 m, het bevestigen van Al-nummerplaatjes en het bepalen van omtrek en opperhoogte bedroeg ongeveer 80. Het meest effectief wordt gewerkt in een ploeg van twee man bij omtrekbe-paling en nummeren der bomen, van drie man bij de opperhoogtebepaling.

5. RESULTATEN

Voor de opperhoogten (OH) per meetplot zie bijlage 1. OH varieert van 8,29 - 11,45 m. OH per plantverband per Latijns vierkant wordt weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Opperhoogten in m per plantverband per Latijns vierkant

plantverband	Latijnse vierkanten				gemiddeld
	I	II	III	IV	
2½	11,03	9,26	9,87	9,15	9,83
3	9,94	9,60	9,39	9,26	9,55
3½	9,65	9,23	9,27	8,38	9,13

De S-percentages van Hart zijn overgenomen van de Dienst 's Lands Bosbaaier en zijn per meetplot opgegeven in bijlage 1. Alleen in het nauwste plantverband (2½ m) wordt de sterkste dunningsgraad (28%) in 5 meetplots gehaald. Deze dunningsgraad zou voor dit plantverband kunnen worden uitgevoerd.

Opmerking

De verhoudingen van het aantal bomen gebruikt voor de bepaling van OH tot het aantal aanwezige bomen in de gehele proefvlakte zijn niet gelijk voor de verschillende plantverbanden. Zie tabel 2.

Tabel 2. Verhouding van het aantal bomen voor de OH-bepaling tot het totaal aantal bomen

plantverband	aantal bomen		aantal bomen OH-bep.
	totaal	OH-bepaling	totaal aantal bomen
2½	3072	192	1:16
3	3072	288	1:10 2/3
3½	1728	192	1:9

Bij een kleinere verhouding heeft men een grotere keuze uit het aantal bomen, waardoor de kans op het vinden van hogere bomen groter is. Er zou een stochastisch effect van het plantverband op de OH kunnen zijn, maar hiervan is nog niets bekend.

Via de omtrek op borsthoogte (o.b.h.) in mm is de diameter van de boom met het gemiddelde grondvlak ($\bar{d}g$) bepaald, volgens:

$$\bar{g} = \frac{\sum g}{n} = \frac{G}{n} = \frac{\frac{n}{4} O^2}{n} = \frac{1}{4} \frac{O^2}{n}$$

waarin g = het grondvlak per boom in mm^2
 \bar{g} = het gemiddelde grondvlak in mm^2
 G = het totale grondvlak in mm^2
 O = boomomtrek in mm op borsthoogte
 n = totaal aantal bomen per plot

Bij de berekende \bar{g} wordt $\bar{d}g$ in de cirkelvlaktabel opgezocht. Voor $\bar{d}g$ per meetplot zie bijlage 1.

Met $\bar{d}g$ per meetplot is, volgens de verwerking van DE VRIES (1965), gezocht naar:

1. het al of niet bestaan van een vruchtbaarheidsgradiënt in de proefvlotte,
2. het al of niet bestaan van een invloed van het plantverband op $\bar{d}g$.

Het rijeffekt is in L.V. II en L.V. III significant bij een betrouwbaarheid van 95%. In L.V. IV is het kolom-effekt significant ook bij een betrouwbaarheid van 95%. Een duidelijke richting van het vruchtbaarheidsverloop over de gehele proefvlotte is niet aanwezig. In L.V. II is een toenemende vruchtbaarheid van de hoofdweg af, terwijl de vruchtbaarheid in L.V. III in die richting juist afneemt. De invloed van het plantverband op de ontwikkeling van $\bar{d}g$ per Latijns vierkant is bij een gepoolde toevalsvariantie voor de vier L.V.'s duidelijk aantoonbaar bij een betrouwbaarheid van 95%. Onderlinge verschillen tussen de vierkanten als geheel en verschillen in plantverband voor de gehele proef (genomen over de vier vierkanten) zijn significant bij een betrouwbaarheid van 99,5%.

Bij groter worden van de plantafstand neemt $\bar{d}g$ toe (tabel 3).

Tabel 3. Diameter van de boom met gemiddeld grondvlak in cm ($\bar{d}g$) per plantverband

	plantverband (m)		
	2½	3	3½
$\bar{d}g$	10,88	11,28	11,68

Met de "New Multiple - Range Test" van Duncan is bepaald of er plantverbanden of vierkanten tot een zelfde groep behoren, d.w.z. niet betrouwbaar van elkaar verschillen. Het blijkt dat de plantverbanden $2\frac{1}{2}$, 3 en $3\frac{1}{2}$ betrouwbaar (95%) van elkaar verschillen. Bij de vierkanten verschillen L.V. II en L.V. IV niet van elkaar, andere mogelijke combinaties verschillen van elkaar. Voor de uitvoering van de berekening met \bar{d}_g , zie bijlage 2A.

Met de OH per meetplot is dezelfde bewerking toegepast als met \bar{d}_g . Wat betreft een eventuele aanwezigheid van een vruchtbaarheidsgradiënt, werd alleen in L.V. II een rijeffekt aangetoond, waarbij de vruchtbaarheid toeneemt van de hoofdweg af. In L.V. I en IV is er een invloed van het plantverband op de ontwikkeling van OH. Verder verschillen de plantverbanden voor de gehele proef, waarbij bij het groter worden van de plantafstand OH afneemt (tabel 4).

Tabel 4. Opperhoogte in m (OH) per plantverband

	plantverband (m)		
	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$
OH	9,83	9,55	9,13

Met de "New Multiple - Range Test" van Duncan blijkt dat de plantverbanden $2\frac{1}{2}$ en $3\frac{1}{2}$ betrouwbaar (95%) van elkaar verschillen. Voor de uitvoering van de berekening, zie bijlage 2B.

Het percentage totale uitval bedraagt 4,1. Sinds de opname van DE GRAAF in januari 1968 is dit met 0,5% toegenomen.

Voor de uitval per meetplot zie bijlage 1. Voor het percentage uitval per plantverband zie tabel 5.

Tabel 5. Percentage uitval per plantverband

	plantverband (m)		
	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$
% uitval	4,0	4,2	4,0

6. DISCUSSIE

De getoetste effecten kunnen worden vergeleken met de resultaten van de in december 1966 en de in januari 1968 uitgevoerde opnamen (VREDEN, 1967; DE GRAAF, 1968). Vreden heeft geen vruchtbaarheidsverloop en ook geen invloed van het plantverband aan kunnen tonen. De berekening is echter niet met de gepoolde toevalsvariantie uitgevoerd.

De Graaf heeft met de gepoolde toevalsvariantie in L.V. I en L.V. II een rijeffekt aangetoond met de gemiddelde hoogte en de opperhoogte bij een betrouwbaarheid van 95%. Verder is ook in L.V. I en L.V. II een invloed van het plantverband op de opperhoogte aangetoond bij een betrouwbaarheid van 95%.

Tabel 6. F_8^2 -waarden bij een gepoolde toevalsvariantie in 1968 en 1970

	L.V.	1968		1970	
		\bar{h}	OH	\bar{d}_g	OH
rijeffekt	I	6,88*	19,55***	3,89	1,71
	II	5,39*	21,85***	7,78*	14,19***
	III	0,93	0,39	18,11***	0,85
	IV	0,10	1,13	1,22	0,45
kolomeffekt	I			1,56	
	II			3,44	
	III			0,11	
	IV			4,67*	
effekt plantverband	I	F_8^2	9,96**	F_{18}^2	F_{22}^2 11,05***
	II		4,69*		12,40***
	III		3,82		5,70*
	IV		1,81		6,27**

Overschrijdingskans P:

* $0,01 < P < 0,05$

** $0,005 < P < 0,01$

*** $P < 0,005$

Aan de hand van de bodemkaart (DIENST BODEMKARTERING, 1967) zijn de gevonden rij- en kolomeffecten niet te verklaren.

Uit een vergelijking van het effect plantverband in 1968 en 1970 blijkt, dat bij toenemende leeftijd de invloed van het plantverband geprononceerder wordt.

Wanneer de OH's en $\bar{d}g$'s voor de drie plantverbanden worden vergeleken (tabel 7), dan blijkt dat bij wijder worden van het plantverband $\bar{d}g$ toeneemt en OH juist afneemt. Bij $\bar{d}g$ verschillen de drie plantverbanden van elkaar, terwijl bij OH alleen het $2\frac{1}{2}$ en $3\frac{1}{2}$ m-plantverband verschillen. Bij groter worden van de plantafstand neemt het vormgetal af.

Tabel 7. OH en $\bar{d}g$ per plantverband

	plantverband		
	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$
OH (m)	9,83	9,55	9,13
$\bar{d}g$ (cm)	10,88	11,28	11,68

7. LITERATUUR

- DE GRAAF, N.R., 1968. Eerste volledige hoogtemeting in het proefvak te Moeroekreek. CELOS-rapport no. 11, 1.
- DE VRIES, P.G., 1965. Rapport werkbezoek aan Suriname. Instituut voor Bosbouwkundig Onderzoek, afd. Bosbedrijfsregeling en Houtmeetkunde. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- DIENST BODEMKARTERING, 1967. Voorlopige bodemkaart Moeroekreek.
- SNEDECOR, G.W. en W.G. COCHRAN, 1967. Statistical Methods. 6 ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa U.S.
- VREDEN, F.E., 1966. Metingen in de Plantverband - Dunningsproef te Moeroekreek, (praktijkverslag).

BIJLAGE 1

Diameter van de boom met het gemiddelde grondvlak in cm (\bar{d}_g), opperhoogte in m (OH), aantal dode en ontbrekende exemplaren (+) en S % van Hart per meetplot

L.V. I

7	$\bar{d}_g=11,8$ $2\frac{1}{2}$ OH=10,85 + = 4 S%=25,5	8	12,3 3 10,55 9 31,5	9	12,1 $3\frac{1}{2}$ 10,16 5 37,9
6	11,4 3 9,63 13 34,5	5	12,2 $3\frac{1}{2}$ 9,65 7 40,1	4	11,2 $2\frac{1}{2}$ 10,89 6 28,0
1	12,1 $3\frac{1}{2}$ 9,13 5 42,4	2	11,4 $2\frac{1}{2}$ 11,45 10 28,6	3	11,7 3 9,63 17 34,8

L.V. II

7	11,5 $3\frac{1}{2}$ 9,97 3 37,6	8	11,3 3 10,20 9 32,2	9	10,9 $2\frac{1}{2}$ 10,32 8 26,7
6	9,8 $2\frac{1}{2}$ 8,57 12 32,5	5	11,4 $3\frac{1}{2}$ 8,99 9 43,8	4	11,1 9,43 11 35,1
1	10,5 3 8,57 7 40,0	2	10,1 $2\frac{1}{2}$ 8,88 4 30,5	3	11,1 3 8,73 4 44,5

L.V. III

7	10,8 3 9,29 3 34,8	8	10,6 $2\frac{1}{2}$ 9,71 11 28,4	9	11,5 $3\frac{1}{2}$ 8,93 5 42,6
6	12,0 $3\frac{1}{2}$ 9,68 4 39,5	5	11,6 3 9,49 12 30,8	4	11,2 $2\frac{1}{2}$ 9,47 13 25,9
1	11,9 $2\frac{1}{2}$ 10,44 8 26,5	2	12,3 $3\frac{1}{2}$ 9,21 7 40,6	3	11,8 3 9,38 11 30,8

L.V. IV

7	11,6 $3\frac{1}{2}$ 8,55 5 45,5	8	10,1 $2\frac{1}{2}$ 8,96 17 31,8	9	10,7 9,21 12 36,9
6	10,8 $2\frac{1}{2}$ 8,98 18 31,0	5	10,9 3 9,16 10 36,1	4	11,1 $3\frac{1}{2}$ 8,30 10 44,6
1	11,3 3 9,41 16 35,9	2	11,2 $3\frac{1}{2}$ 8,29 5 46,1	3	10,7 $2\frac{1}{2}$ 9,51 11 29,0

Wiskundige verwerking van de $\bar{d}g$ -waarnemingen

In bijlage 1 zijn de $\bar{d}g$'s per meetplot opgegeven. Per Latijns vierkant wordt nu de volgende variantie-analyse tabel opgesteld:

L.V. I					
Oorzaak	dim.	/projectie ² /	/proj. ²	/dim.	F
Niveau	1	1253,16	-		
Rijen	2	0,35	0,175		
Kolommen	2	0,14	0,070		
Plantverbanden	2	0,67	0,335		
Toeval	2	0,12	0,060 = S_I^2		
Totaal	9	1254,44			

Zo krijgt men 4 schattingen van de toevalsvariantie (S^2), elk met 2 vrijheidsgraden. Deze 4 schattingen worden gepoold tot:

$$S_{PA}^2 = \frac{S_I^2 + S_{II}^2 + S_{III}^2 + S_{IV}^2}{4} = \frac{0,060 + 0,035 + 0,045 + 0,040}{4} = 0,045$$

met $4 \times 2 = 8$ vrijheidsgraden. Nu wordt het rij- en kolomeffekt getoetst met de gepoolde toevalsvariantie S_{PA}^2 , die dus 8 vrijheidsgraden heeft.

L.V.	I	II	III	IV	Overschrijdingskans:
F_8^2 rijen :	3,89	7,78*	18,11**	1,22	* 0,01 < P < 0,05
kolommen:	1,56	3,44	0,11	4,67*	** 0,005 < P < 0,01 *** P < 0,001

In L.V. II en L.V. III is dus een rijeffekt aantoonbaar. In L.V. IV een kolomeffekt.

Bij de Latijnse vierkanten waar geen rij- of kolomeffekt kan worden aangetoond, kan S_{PA}^2 nu verder worden gepoold met de 4 te onderscheiden S_{PA}^2 waarden van rij- en kolomvariantie, waarbij in het gunstigste geval 24 vrijheidsgraden voor de toevalsvariantie beschikbaar zijn.

In dit geval vallen de rijvarianties van L.V. II en L.V. III en de kolomvariantie van L.V. IV dus af.

De gepoolde toevalsvariantie, waarmee de invloed van het plantverband per L.V. kan worden getoetst, wordt nu:

$S_{PB}^2 = 0,071$ met 18 vrijheidsgraden.

	L.V.	I	II	III	IV
F_{18}^2	plantverb.	4,72*	12,40***	5,70*	6,27**

In alle vierkanten is dus de invloed van het plantverband aantoonbaar.

Verder wordt nagegaan of verschillen in plantverband uit de gehele proef volgen en tevens of de Latijnse vierkanten als geheel onderling verschillen.

Tabel 1. Plantverband-gemiddelden voor $\bar{d}g$

	plantverband			S_{lv}
	2,5	3	3,5	
vierkanten I	11,47	11,80	12,13	35,40
II	10,27	10,97	11,33	32,57
III	11,23	11,40	11,93	34,56
IV	10,53	10,97	11,30	32,80
S_{pl}	43,50	45,14	46,69	135,33

Hieruit ontstaat de variantie-analyse tabel:

Oorzaak	dim.	/projectie ² /	/proj. ² /	dim.
Niveau	1	1526,18		
Vierkanten	3	1,30	0,433	F_6^3 43,3***
Plantverbanden	2	1,89	0,945	F_6^2 94,5***
Toeval	6	0,06	0,01 = S^2	
Totaal	12	1529,43		

Er zijn dus zowel onderlinge verschillen tussen de vierkanten als geheel als tussen de plantverbanden voor de gehele proef aantoonbaar.

Nu moet nog worden nagegaan of de toevalsruimte een inter-aktieruimte bevat. Hiervoor kan de individuele toevalsvariantie voor de gemiddelden uit tabel 1 getoetst worden tegen de gepoolde variantie $S_{PA/3}^2$:

$$F_8^6 = \frac{S^2}{S_{PA/3}^2} = \frac{0,01}{0,041/3} = 0,67$$

Deze waarde is niet significant. De H/o: "er is geen interactie" wordt dus niet verworpen.

Om na te gaan of er bij de drie plantverbanden groepen kunnen worden ingedeeld waartussen wel, maar waarbinnen geen verschillen bestaan, wordt de "New Multiple - Range Test" van Duncan toegepast.

Plantverband:	2,5	3	3,5
\bar{d}_g	10,88	11,28	11,68

De standaardafwijking gevonden uit de variantie-analyse bedraagt $\sqrt{0,01} = 0,1$. Er is plantverbandeffekt aangetoond. De vraag is nu welke van deze plantverbandgemiddelden betrouwbaar van elkaar verschillen en welke niet. De standaardafwijking van de plantverbandgemiddelden, $S_{\bar{x}}$ wordt berekend volgens

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(0,1)^2}{4}} = 0,05 \quad (4 \text{ is aantal herhalingen})$$

Aantal behandelingsgemiddelden (p) in de range is minimaal 2 en maximaal 3 zodat $p = 2$ of 3. In een daarvoor bestaande tabel worden nu de "Significant Studentized Ranges" (S.S.R.) opgezocht bij 6 vrijheidsgraden en een overschrijdingskans van 5%. De "Least Significant Ranges" (L.S.R.) worden verkregen door de gevonden SSR waarden met de $S_{\bar{x}}$ te vermenigvuldigen.

	p	
	<u>2</u>	<u>3</u>
SSR	3,46	3,58
LSR	0,173	0,179

De plantverbandgemiddelden worden nu in volgorde van grootte gerangschikt:

plantverband:	<u>2,5</u>	<u>3</u>	<u>3,5</u>
\bar{d}_g	: 10,88	11,28	11,68

De verschillen worden nu als volgt getoetst: grootste minus kleinste, grootste minus op één na kleinste enz. Elk verschil nu, dat groter is dan de corresponderende LSR-waarde wordt als betrouwbaar beschouwd.

3,5 - 2,5	= 11,68 - 10,88	= 0,80	> 0,179	significant
3,5 - 3	= 11,68 - 11,28	= 0,40	> 0,173	significant
3 - 2,5	= 11,28 - 10,88	= 0,40	> 0,173	significant

De drie plantverbanden verschillen dus van elkaar.

De "New Multiple Range Test" toegepast op de Latijnse vierkanten geeft het volgende:

vierkanten	I	II	III	IV
\bar{d}_g	11,80	10,86	11,20	10,93

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(0,1)^2}{3}} = 5,75 \cdot 10^{-2}$$

p is minimaal 2 en maximaal 4 p = 2, 3 of 4
SSR-waarde bij 6 vrijheidsgraden en overschrijdingskans van 5%.

	<u>p</u>		
	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
SSR	3,46	3,58	3,64
LSR	0,199	0,206	0,209

Gerangschikt in volgorde van grootte:

vierkanten	II	IV	III	I
\bar{d}_g	10,86	10,93	11,20	11,80

I - II = 0,94	0,209	significant
I - IV = 0,87	0,206	"
I - III = 0,60	0,199	"
III - II = 0,34	0,206	"
III - IV = 0,27	0,199	"
IV - II = 0,07	0,199	niet significant

De vierkanten II en IV verschillen dus niet van elkaar, andere mogelijke combinaties verschillen van elkaar.

Wiskundige verwerking van de h dom-waarnemingen

Voor de OH's per meetplot zie bijlage 1. Per Latijns vierkant wordt een variantie-analyse uitgevoerd.

Variantie-analysetabel voor L.V. I

Oorzaak	dim.	/projectie ² /	/proj. ² /	dim.
Niveau	1	939,22		
Rijeffekt	2	0,42	0,21	
Kolomeffekt	2	0,69	0,385	
Effekt plantverband	2	3,36	1,68	
Rest	2	0,21	0,105 = S_I^2	
Totaal	9	943,90		

Nu worden de toevalsvarianties van de vier L.V.'s gepoold:

$$S_{pA}^2 = \frac{S_I^2 + S_{II}^2 + S_{III}^2 + S_{IV}^2}{4} = \frac{(0,105 + 0,11 + 0,16 + 0,09)}{4} = 0,116$$

Met de gepoolde toevalsvariantie (S_{pA}^2), die 8 vrijheidsgraden heeft, wordt het rij- en kolomeffekt getoetst:

	L.V.	I	II	III	IV
F_8^2	rijeffekt	1,81	15,04***	0,91	0,47
	kolomeffekt	3,32	1,42	1,94	0,34

Alleen in L.V. II is een rijeffekt aanwezig. Nu wordt verder gepoold met de rijen en kolommen, waar geen effect aangetoond is: $S_{pB}^2 = 0,16$ met 22 vrijheidsgraden.

Met S_{pB}^2 wordt het effect plantverband getoetst:

	L.V.	I	II	III	IV
F_{22}^2	plantverband	10,50***	0,16	1,91	4,31*

In L.V. I en IV is er dus een invloed van het plantverband op de ontwikkeling van OH.

Vervolgens worden de drie plantverbandgemiddelden uit elk der vier Latijnse vierkanten aan een variantie-analyse onderworpen om na te gaan of in de gehele proef opperhoogteverschillen per plantverband bestaan.

Tabel 2. Opperhoogte per plantverband

	plantverband			S _{lv}	S _{lv} ²
	2½	3	3½		
L.V. I	11,06	9,94	9,65	30,62	937,58
II	9,26	9,40	9,23	28,09	789,03
III	9,87	9,39	9,27	28,53	813,96
IV	9,15	9,26	8,38	26,79	717,70
S _{pl}	39,31	38,19	36,53	114,03	3258,29
S _{pl} ²	1545,28	1458,48	1334,44	4338,20	

Hieruit ontstaat de variantie-analysetabel:

Oorzaak	dim.	/projectie ² /	/proj. ² /	dim.	F
Niveau	1	1083,57			
Effekt vierkanten	3	0,98	0,327		F _{3/6} = 2,39
Effekt plantverband	2	2,53	1,265		F _{2/6} = 9,23*
Rest + Interaktie	6	0,82	0,137 = S ²		
Totaal	12	1087,90			

Er zijn dus opperhoogteverschillen per plantverband voor de gehele proef.

Nu moet nog worden nagegaan of de toevalsruimte een interaktieruimte bevat. Hiervoor kan de individuele toevalsvariantie voor de gemiddelden uit tabel 2 getoetst worden tegen de gepoolde variantie $S_{PA/3}^2$:

$$F_{8/6}^6 = \frac{S^2}{S_{PA/3}^2} = \frac{0,137}{0,116/3} = 3,51$$

Deze waarde is niet significant. De H/o: "er is geen interactie" wordt dus niet verworpen.

Duncan test:

	plantverband		
	2½	3	3½
OH	9,83	9,55	9,13

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{0,137}{4}} = 0,185$$

	<u>p</u>	
	<u>2</u>	<u>3</u>
SSR	3,46	3,58
LSR	0,64	0,66

Volgorde van grootte voor de OH-gemiddelden:

<u>3$\frac{1}{2}$</u>	<u>3</u>	<u>2$\frac{1}{2}$</u>
9,13	9,55	9,83

- 2,5 - 3,5 : 0,7 > 0,66 significant
2,5 - 3 : 0,28 < 0,64 niet significant
3 - 3,5 : 0,42 < 0,64 niet significant

De plantverbanden 2 $\frac{1}{2}$ en 3 $\frac{1}{2}$ verschillen van elkaar bij een betrouwbaarheid van 95%.