Landbouwhogeschool-Wageningen
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

EEN ALGEMENE BESCHOUWING VAN DE HOUTDICHTHEID IN SURINAME VAN PINUS CARIBAEA VAR. HONDURENSIS

(onderzoekproject nr. 70/16)

G. van den Berg

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding van Ir. F.J. Staudt

I N H O U D

blz.

1. Samenvatting 5
2. Voorwoord 6
3. Inleiding 7
4. Probleemstelling 9
5. Methodiek 10
6. Uitvoering 12
7. Resultaten 14
8. Verwerking en discussie 17
   - 8.1. Verband houtdichtheid boormonster en houtdichtheid boom op basis van stamschijven 17
   - 8.2. Verband tussen uiterlijke boomkenmerken en houtdichtheid 22
     - 8.2.1. Verband meetbare uiterlijke kenmerken en houtdichtheid . . . 22
     - 8.2.2. Verband niet meetbare uiterlijke kenmerken en houtdichtheid . . . 24
   - 8.3. Invloed van plantverband en boniteit op houtdichtheid en de variatie in houtdichtheid binnen een proefperk en binnen de boom 27
     - 8.3.1. Invloed plantverband en boniteit op houtdichtheid 27
     - 8.3.2. Variatie in houtdichtheid binnen een proefperk en het patroon van de houtdichtheid in de boom . . . 29
9. Nabeschouwing 30
10. Literatuur 30

1. SAMENVATTING

De laatste jaren is de interesse in de kwaliteit van exotische houtsoorten sterk gestegen. Naast andere aspecten van de kwaliteit is men vooral geïnteresseerd in het vochtgehalte en de houtdichtheid. Dit werkstuk houdt zich bezig met deze kenmerken, maar vnl. met de houtdichtheid.

In aansluiting op een veredelingsprogramma van de Dienst 's Lands Bosbeheer in Suriname werd een dichtheidsonderzoek uitgevoerd in opstanden van Pinus caribaea var. hondurensis van 10-jarige leeftijd.

Om een indruk te krijgen van de invloed van groeiklasse en plantverband op de houtdichtheid werden drie plantverbanden en evenzovele groeiklassen in het onderzoek opgenomen. In de plantverbanden 2 x 2, $2\frac{1}{2}$ x $2\frac{1}{2}$ en 3 x 3 m werd bemonsterd, elk onderverdeeld in drie boniteitsklassen I-II, III-IV en V, aldus vormend een 3 x 3 diagram van in totaal 9 bemonsteringsvakken. Alle proefperken, uitgezet met de Blume-Leisz-hoogtemeter, hadden een oppervlak van 12,65 are. In ieder proefperk werd van alle bomen de diameter bepaald. De opperhoogte werd bepaald door elk proefperk in vieren te verdelen en van elk deel de drie hoogste bomen te bepalen; het op deze wijze verkregen totaal van 12 metingen leverde, na gemiddeld te zijn, de opperhoogte. In ieder proefperk werden steeds tien bomen bemonsterd; in totaal dus 9 x 10 = 90 bomen.

Elke boom werd volgens twee methoden (a en b) bemonsterd. Op 1,30 m hoogte werd van elke boom m.b.v. een aanwasboor met een diameter van 12 mm in zuid-noord richting een radiaal door de stam gaand boormonster genomen. De boormonsters werden, opgesneden in stukjes van $\pm$ 2 cm, in goed afgesloten flesjes gestopt (methode a). Nadat de boom was geveld, werden metingen uitgevoerd op de uiterlijke kenmerken: (1) diameter, (2) totale lengte, (3) kroonlengte, (4) kroonbreedte, (5) aantal takkransen, (6) takdikte, (7) takhoek en (8) naaldlengte. Vervolgens werden van de boom om de meter, beginnend op 0,50 m hoogte en tot een topdiameter zonder bast van 7 cm, schijven gezaagd van $\pm$ 3 cm dikte. De houtschijven werden, ontdaan van bast en verpakt in plastic zakjes (methode b). Tezamen met de boormonsters werden ze naar het laboratorium vervoerd, alwaar dichtheids- en vochtigheidsbepalingen plaatsvonden.

Na rangschikken der gegevens is de auteur tot de volgende waarnemingen en conclusies gekomen:

1. Er is een duidelijk verband gevonden tussen de eenvoudige bemonsteringsmethode (a) en de uitgebreide (b), waardoor men in de praktijk een goede indruk kan krijgen van de houtdichtheid door de boom eenvoudig aan te boren. In formule : $y_i = 0{,}988\ (x_i - 0{,}554) + 0{,}555$ waarin

   y_i = gem. dichtheid van de boom volgens methode b, en

   x_i = dichtheid van het boormonster (methode a). De gemiddelde dichtheid van de overdroge monsters pinushout in Suriname varieert rond een gemiddelde van 0,555 g/cm^3.

2. Het plantverband en de groeiklasse (boniteit) hebben beide een statistisch betrouwbare invloed op de gemiddelde waarde der houtdichtheid. Het plantverband en de groeiklasse vertonen een negatieve correlatie met de houtdichtheid, d.w.z. naarmate de boomafstand groter en de groeiklasse beter wordt zal de houtdichtheid afnemen.
3. De dichtheid binnen de stam neemt toe van binnen naar buiten, en neemt vnl. vanwege haar conische vorm af van beneden naar boven.
4. De toename van de dichtheid van kern naar bast (en daardoor van boven naar beneden in de stam) wordt groter bij nauwer plantverband en lagere groeiklasse.
5. De gewogen gemiddelde dichtheid per boom varieerde van 0,39 tot 0,76 g/cm^3, om een gemiddelde van 0,56 g/cm^3. De dichtheidsafname van de schijven van beneden naar boven varieerde per proefperk van gemiddeld 0,05-0,18 g/cm^3 over een hoogteverschil van 10 m. De dichtheidstoename van kern naar bast, op 1,30 m hoogte in de stam, varieerde gem. per proefperk van 0,07-0,40 gr/cm^3 per 4,5 cm doorsnede.
6. De uiterlijke individuele boomkenmerken bieden geen houvast voor de beoordeling van de dichtheid. Wel is er grafisch een verband aangetoond tussen de gemiddelde dichtheid van de bemonsterde bomen per proefperk en de gemiddelde diameter van die bomen, maar binnen een proefperk is dit verband zoek.

2. VOORWOORD

Dit onderzoek werd uitgevoerd van juni t/m oktober 1971. De Dienst Lands Bosbeheer (LBB) stelde de pinusarealen te Blakawatra ter beschikking en verzorgde het lokale vervoer. Van de door het LBB uitgeleende arbeidskrachten verdient Katjat genoemd te worden, vanwege z'n efficiënt en nauwgezet werk. Van het CELOS verleenden medewerking Hendrik Palé als motorzager, Robby, Mej. Mohan en niet te vergeten Doedhnath voor het vele rekenwerk. De studenten N.G.J. Vollebregt en G.J. Zondervan gaven waardevolle wiskundige adviezen.

Mijn hartelijke dank gaat uit naar het LBB en al de dames en heren die hebben meegewerkt aan de totstandkoming van dit rapport.

Alle werkzaamheden werden gedirigeerd door Ir. F.J. Staudt.

3. INLEIDING

Het is de laatste tientallen jaren steeds meer gebleken dat een inzicht in de houteigenschappen voor de beoordeling van de houtkwaliteit en daaruit voortvloeiende de toepassingsmogelijkheden een onmisbaar element is geworden. Vroeger werd veel meer gelet op de uiterlijke kenmerken, maar ervaringen hebben geleerd dat anatomische, fysische en chemische analyses de kansen op een optimaal, dus doeltreffend, gebruik van de bepaalde houtsoorten verruimen.

Dit onderzoek richt zich speciaal op één der eigenschappen de houtdichtheid en bovendien nog een weinig op het vochtgehalte, en pretendeert dan ook slechts hierover enkele gegevens te distribueren, welke hetzij door eigen onderzoek hetzij uit de literatuur ter ondersteuning van deze studie zijn verzameld.

Op het gebied van de houtdichtheidsbepalingen zijn reeds verscheidene onderzoekingen uitgevoerd, geanalyseerd en gepresenteerd. Het spreekt vanzelf dat de betreffende onderzoekingen zich in de eerste plaats hebben beperkt tot de destijds waardevolle en interessante houtsoorten.

De Pinus caribaea var. hondurensis, waartoe zich dit verslag beperkt, is pas de laatste tientallen jaren interessant geworden in verschillende tropische landen. Deze soort komt, zoals de naam reeds doet vermoeden, uit het Caraibisch gebied, met name Honduras, en vanzelfsprekend vond, en vindt nog, van hieruit z'n verspreiding plaats naar delen van Zuid-Amerika (o.a. Suriname), Zuid-Afrika en Z.O. Azië (o.a. Malaya en Indonesië).

Nu gebleken is dat deze Pinus een zeer goede groeier is, en naar het schijnt zich goed aanpast in een exotische omgeving, is de belangstelling voor deze soort sterk gestegen. Hieruit vloeide een studie voort omtrent de fenologische, genetische en technologische eigenschappen en kwaliteiten, waarvan de technologie pas de laatste jaren onderwerp van studie is geworden. Gegevens over dichtheidsonderzoek zijn maar in geringe mate in de literatuur verschenen.

In de tot nu toe verschenen literatuur, (b.v. ELLIOTT, 1970), komt naar voren dat er betrekkelijk weinig uniformiteit bestaat van dichtheidspatronen zowel in de boom zelve als tussen de bomen onderling. Over het algemeen neemt de dichtheid van het stamhout lineair af, gaande van beneden naar boven. Deze afname is merendeels systematisch, maar kan daarentegen soms in één boom zowel een lineaire als een quadratische component vertonen (BROWN, 1971). Gaande vanuit de kern naar de bast valt er over het algemeen een sterke toename in de houtdichtheid te constateren. Daarmee samen hangt een toename van boven naar beneden. De veranderingen in de dichtheid van beneden naar boven en van kern naar bast schrijft men toe aan de mate van de laathoutvorming. De laathout-vorming vindt tot en met de 2e of 4e groeiring niet plaats. Het hout bestaat daar uitsluitend uit vroeghout (de vroeghoutzone). Van de 2e of 4e groeiring

tot aan de 10e of 12e groeiring valt er een sterke meestal lineaire toename van de laathout-vorming te constateren (een overgangszone). Vanaf de 10e of 12e groeiring is de toename van de laathout-vorming veel minder geprononceerd of wordt gelijk aan nul (de laathoutzone) (ELLIOTT, 1971, en HARRIS, 1971). De laathout- en vroeghoutvorming zijn zowel genetisch als door milieu-omstandigheden bepaald; zo zou bv. (HUGHES, 1971) een afwisselende toevoer van water, door welke omstandigheden dan ook, het aantal banden vroeghout en laathout multipliceren waarmede procentueel meer laathout wordt gevormd; daarentegen geeft een diepe, voor goede watertoevoer zorgende grond, minder aanleiding tot genoemd verschijnsel. Het vroeghout bepaalt in veel mindere mate het verschil in de houtdichtheid. Het verschil tussen vroeghout en laathout ligt in de structuur. Het vroeghout beïnvloedt zeer zeker wel de absolute dichtheidswaarde, maar slechts in geringe mate het dichtheidspatroon. De afname van de dichtheid naar boven toe is hiermee dan ook deels verklaard. Naar boven toe neemt de vroeghoutzone, procentueel toe en daarmede de dichtheid van het hout af. Een verklaring voor de vorming van deze vroeghoutzone kan zijn dat dit hout onder optimale omstandigheden, nl. in de volle kroon, gevormd is en als zodanige voorzien is van voldoende assimilatieprodukten. Op het voorgaande zijn dan bijna alle groeiplaatseffekten terug te voeren.

De tweede belangrijke factor die de dichtheid beïnvloedt is de erfelijkheid; deze is veel moeilijker te analyseren. Het is in de literatuur nog niet helemaal duidelijk geworden hoe en in welke mate de dichtheid wordt beïnvloed.

Sommige onderzoekers (ZOBEL, 1970) hebben de mate van overerven van de factoren die deze dichtheid beïnvloeden nader bekeken. ZOBEL vond een overervingsfactor van 0,5 voor de houtdichtheid. Men dient echter wel te begrijpen dat de dichtheid een afgeleid kenmerk is en bovengenoemd getal een orde van grootte is waarin men dat afgeleide kenmerk in een nieuwe generatie kan terugverwachten. Een veredeling op houtdichtheid, of beter gezegd op factoren die deze dichtheid positief beïnvloeden, is zeker relevant, alhoewel men geen drastische verbetering binnen één generatie moet verwachten.

Een punt voor vele onderzoekers (HUGHES, 1971 en HARRIS, 1971) is de manier van bemonsteren geweest. Om een afgerond geheel en compleet beeld te krijgen van dichtheidswaarden en patronen dient men uitgebreid te bemonsteren. Dit is echter een nogal destructieve manier van handelen. Men heeft daarom uitgezien naar minder rigoreuze handelingen zoals het nemen van boormonsters op borsthoogte of het nemen van een uitgebreide bemonstering van slechts weinig bomen. Deze laatste mogelijkheid blijkt lang niet betrouwbaar te zijn, vanwege de grote variabiliteit tussen de bomen. Uitgaande van boormonsters op borsthoogte vond BROWN (1971) een niet exacte overeenkomst tussen de gewogen gemiddelde dichtheid op basis van de boormonsters en die van de totale boom; ELLIOTT (1970) daarentegen wel.

De tot nu toe gevonden gemiddelde dichtheden van overdrooghout varieerden in Jamaica van 0,300 tot 0,414 gr/cm^3 (BROWN, 1971), andere onderzoekers o.a. (HUGHES, 1971) vonden waarden van dezelfde grootte-orde. SCOTT (1953) vermeldt voor Zuid-Afrika dichtheidswaarden rond de 0,501 gr/cm^3; de laatste waarde betreft evenwel lucht-droog en niet ovendroog hout. Uit Honduras vermeldt LOOCK (1950) dichtheidswaarden rond 0,704 gr/cm^3 bij een vocht-gehalte van 15%.

4. PROBLEEMSTELLING

In een veredelingsprogramma is een selectie van bomen op grond van hun houtkwaliteit minstens zo belangrijk als een op basis van uiterlijke kenmerken, zoals vorm en kwantiteit in houtproduktie. De kwaliteitseisen die men aan hout moet stellen zijn afhankelijk van de doelstelling in de houtproduktie. Is die doelstelling gemengd, voor pulp- zowel als voor zaaghout, of nog onbeslist, zoals in Suriname het geval is met de Pinus caribaea, dan is een selectie op basis van het volumegewicht of de dichtheid van het hout het meest voor de hand liggend. Een grotere dichtheid wijst namelijk zowel in de richting van een hogere cellulose- of pulpproduktie als een hogere sterkte-kwaliteit van zaaghout. Ook de variatie van de dichtheden in de stam is belangrijk voor bepaalde zaaghouteigenschappen, zoals krimp en scheuring, en voor pulpeigenschappen. Tenslotte is het belangrijk te weten of en hoe de gehanteerde uiterlijke selectiekenmerken met de houtkwaliteit samenhangen en zo ja hoe de houtvester door houtteeltkundige maatregelen de dichtheid kan beïnvloeden.

In anatomische zin is de dichtheid een funktie van de verhouding tussen de hoeveelheid celstof en het ruimtelijke celvolume. In fysische zin is de dichtheid van een stof gelijk aan de verhouding tussen het gewicht van die stof en het gewicht van eenzelfde hoeveelheid water van dezelfde temperatuur. In deze studie is de dichtheid gedefinieerd als de verhouding tussen het gewicht van een ovendroog houtmonster en het volume van dat ovendroge monster.

In Suriname vindt de selectie van plusbomen momenteel plaats op tien-jarige leeftijd. De meest voorkomende groeiklasse voor de pinus is de boniteit 3, die over 30 jaar gerekend, een gemiddelde jaarlijkse aanwas van 13 m^3/ha te zien zou geven. De grootste interesse gaat dus uit naar de dichtheid van hout op tien-jarige leeftijd van de derde boniteit.

Essentiële vragen voor de selecteur zijn, (1) hoe en waar de plusbomen bemonsterd moeten worden, (2) door welke uitwendige factoren de genetisch bepaalde dichtheid beïnvloed wordt, (3) hoe de uiterlijke selectiekriteria gecorreleerd zijn aan de dichtheid van het stamhout, en (4) welke kriteria men zal moeten aanleggen bij de beoordeling van een plusboom op basis van de gevonden dichtheid.

Ad (1). Het "hoe" is een compromis tussen boombeschadiging en betrouwbaarheid in de monstername. Gekozen is voor een aanwasboor met een diameter van 12 mm; het "waar" is een vraag die in dit onderzoek opgelost zal worden. Belangrijk in deze zal zijn of met één dan wel met meerdere boringen per boom volstaan zal kunnen worden. Om daarachter te komen zijn alle proefbomen eveneens bemonsterd d.m.v. stamschijven, genomen om de meter.

Ad (2). Hiertoe zal men het effekt van de groeisnelheid van de boom, die afhankelijk kan zijn van het plantverband, de dunningsbehandeling en de boniteit van de opstand, op de houtdichtheid van die boom dienen te onderzoeken. De steekproef moet dusdanig groot zijn dat de genetische variatie in de dichtheid vereffend wordt.

Ad (3). Om een indruk te krijgen van de verscheidenheid van het genetisch materiaal in afhankelijkheid van de verschillende uiterlijke selectie-kriteria, zal men uit moeten gaan van een flink aantal waarnemingen, in dit onderzoek 90, en m.b.v. de variantie-analyse uit moeten maken of er verbanden zijn. Indien er een evident verband is zal men m.b.v. de regressie-analyse kunnen bepalen in welke mate dat bestaat. Men dient voor ogen te houden dat het verband zowel direct als indirect kan zijn. Een direct verband houdt in dat het wederzijdse beïnvloeding betreft, terwijl bij een indirect verband beide geïnducteerd kunnen zijn door een andere factor of meerdere factoren. Bij een direct verband is selectie en veredeling uiteraard zinvol, echter bij een indirect verband is selectie niet zo zeer onmogelijk als wel zeer moeilijk naar waarde te beoordelen: men weet nl. niet of selectie beide factoren wel in dezelfde mate beïnvloedt.

Ad (4). Van het verband tussen vraag en beschikbaarheid van plusbomen zal afhangen waar binnen het trajekt van voorkomende dichtheden men de norm zal leggen.

5. METHODIEK

De bemonstering van de bomen zal geschieden in de eerste plaats met een aanwasboor, boordiameter 12 mm, loodrecht op de spil van de stam in zuid-noord richting op een hoogte van 1,30 m boven de grond (methode a). En in de tweede plaats zal de bemonstering plaatsvinden door het zagen van ± 3 cm dikke schijven, te beginnen op een hoogte van 0,50 m en vervolgens om de meter tot op de hoogte, waarop de topschijf met bast een geringere diameter dan 7 cm vertoont (methode b).

Methode a: De bemonstering, met de aanwasboor op 1,30 m, kan aan de staande boom geschieden. In die gevallen waarbij de boorplaats nabij een (oude) takaanzet uitkomt, zal men de boor tot boven of onder de takaanzet moeten verplaatsen. Als de boorkernen uit de boor komen, worden eerst de beide bastgedeelten van de uiteinden afgesneden. In het midden, en aan de uiteinden worden stukjes van ± 20 mm afgesneden (z.g. deelmonsters). De resterende delen worden opgedeeld in stukjes van 20 mm of daaromtrent (15-30 mm). Deze deelmonsters worden afzonderlijk in genummerde flesjes gestopt, waarbij de herkomst nauwkeurig op schrift gesteld wordt. Binnen 2 dagen na monstername worden de ongeopende flesjes met monsters gewogen tot in 10^{-3} gram nauwkeurig. De nu geopende flesjes worden in een ventilatie-droogstoof bij 105°C gedroogd tot geen gewichtsafname meer waargenomen wordt. De dopjes worden in een exicator gedroogd. De flesjes worden opnieuw dicht gewogen met en zonder boormonsters tot in 10^{-3} gram nauwkeurig./Voor de volumebepaling worden de lengte en twee keer de diameter (kruislings) gemeten tot in 10^{-1} mm nauwkeurig. (Zie ook onder 6 Uitvoering.)
De verhouding tussen het gewicht en het volume geeft de dichtheid van het ovendroge monster weer.

Methode b: De houtschijven worden, ontdaan van de bast, genummerd en verpakt in plastic zakjes naar het laboratorium vervoerd om daar met plastic zak nat gewogen te worden tot in 10^{-1} gram nauwkeurig. Het gewicht van de plastic zakjes is van te voren bepaald. Na het drogen bij 105°C worden de schijven weer tot in 10^{-1} gram gewogen, geparaffineerd en d.m.v. onderdompeling wordt het volume bepaald. De verhouding tussen drooggewicht en droogvolume geeft de dichtheid.

Het vochtgehalte en de dichtheid op basis van het natte volume, twee voor de praktijk belangrijke grootheden bij de aankoop en het transport van hout, kunnen door extra waarnemingen gemakkelijk verkregen worden. Namelijk door het wegen en onderdompelen van het natte monster, voordat dit de droogstoof in gaat. Alleen de vochtgehaltes zijn in dit rapport vermeld.

Bij het opzetten van de proeven is rekening gehouden met de wensen van de veredelaars en de mogelijkheden die de praktijk biedt. Zoveel mogelijk informatie zal daarom verkregen moeten worden van 10-jarige bomen, nl. de leeftijd waarop momenteel in Suriname geselecteerd wordt op plusbomen, en van bomen uit de groeiklasse (boniteit) III. (De bonitering loopt van I, de hoogste groeiklasse, tot V, de laagste groeiklasse.)

Voor de onder probleemstelling (2) gevraagde informatie is onderzoek verricht naar:

a. Het groeisnelheidseffect van het plantverband op de dichtheid van het stamhout. Hiertoe moesten opstanden uitgezocht worden van dezelfde leeftijd (bijv. 10 jaar), dezelfde boniteit (bijv. III) en verschillend plantverband (hier 2 x 2 m (2500 planten/ha), 2½ x 2½ m (1600 pl./ha) en 3 x 3 m (1100 pl./ha)).

/Het verschil geeft het gewicht van het ovendroge monster aan.

b. Het groeisnelheidseffect van de boniteit op de dichtheid van het stamhout. Hiertoe moesten opstanden uitgezocht worden van dezelfde leeftijd, hetzelfde plantverband en van verschillende boniteiten (bijv. I, III en V).

De oplossing voor zowel a als b zou gevonden moeten worden in een drie bij drie proefschema, waarbij in 3 bosvakken van verschillend plantverband, op drie onder elkaar liggende plaatsen op een helling proefperken uitgezet moeten worden. Binnen elk proefplot zouden dan 10 bomen bemonsterd moeten worden.

Voor de onder probleemstelling (3) gevraagde informatie is onderzoek verricht naar verbanden tussen uiterlijke kenmerken en dichtheid; daartoe zijn alle te bemonsteren bomen ook op hun uiterlijke kenmerken gemeten; dit houdt in meting van de (1) hoogte, (2) kroonlengte en (3) breedte, (4) takhoek en (5) dikte, (6) aantal takkransen en (7) stamdiameter. De gegevens hieromtrent zullen wiskundig verwerkt moeten worden.

6. UITVOERING

In totaal 9 weken is er 's dinsdagsmorgens naar Blakawatra getogen om donderdags met een honderdtal houtschijven en een vijftigtal boormonsters een werkelijke zware terugtocht te ondernemen. Even zovele malen heeft in de weekenden de grote ventilatie-droogstoof van het CELOS al z'n energie ingezet om het hardnekkig tegenstribbelende water uit het hout te drijven. Ook weegapparatuur en bedienend personeel hebben zich flink geweerd en mede gezorgd voor goede resultaten. Een keer verdween één der 1155 houtschijven op onverklaarbare manier, wellicht in de abnormale hongerige maag van één der zeer ijverig werkende assistenten. Een ander maal viel één van de 546 flesjes aan diggelen, gelijk ontspanning biedend aan de overspannen spieren en zenuwen.

Dertien weken zijn nodig gebleken om de in totaal 9 proefperken uit te zoeken, uit te zetten en te bemonsteren. Gestreefd werd om de drie proefperken van één plantverband te situeren op één helling, dit vanwege de realiteit, waarin de boniteit toeneemt van boven naar beneden op de helling.

De proefvelden waren, uitgaande van ruimer wordend plantverband, gelegen resp. in de vakken 12a, 12k en 14, alle in blok 1 in de pinus cultures te Blakawatra, en waren resp. 9, 9 en 10 jaar oud. De genoemde proefperken werden uitgezet m.b.v. de Blume-Leisz-hoogtemeter. Er werd een baakafstand aangehouden van 20 meter, waarmede men tot een cirkelvormig proefperk-oppervlak komt van 12,65 are. De proefperken werden in het begin gemarkeerd door verschillende randbomen te besmeuren met een hardnekkig soort gele verf, waarbij ook diverse kledingstukken hun verder bestaan in geel gingen doorbrengen. Na verloop van tijd werd overgeschakeld op meer natuurlijke hulpbronnen: er werden staken gekapt, het bovenste deel van schors ontdaan en vervolgens steeds om de kwart cirkel in de bodem gepoot, daarmede als witte mastjes de proefperken markerend.

Vervolgens werden met een meetbandje alle in het proefperk staande bomen op diameter beschouwd, de meest extravagante bomen zoals die met een diameter kleiner dan 5 cm en dode exemplaren, overslaand. Tegelijkertijd werden de meest fraaie bomen van een embleem voorzien en ingeschetst op een plattegrond met vermelding van de uiterlijke kenmerken. Naderhand werd aan de hand van de diameterverdeling en de voornoemde schets nagegaan welke bomen voor bemonstering in aanmerking kwamen.

In eerste instantie werd gesteld dat de meest voorkomende diameters ook het sterkst in de bemonstering moesten worden opgenomen, dat geschiedde dan ook in het eerste drietal proefperken, naderhand werd overgegaan, nadat er een aanwijzing was gegeven door een statisticus, op een systeem waarbij de minder voorkomende kleine- en grote diameters sterker en de meest frequente diameters minder werden vertegenwoordigd. (Er werden 4 bomen in de kleine-, 4 bomen in de grote-, en 2 bomen in de gemiddelde diameterklasse bemonsterd.) Later zou blijken dat dit weinig effect had. Voor de bemonstering kwamen in aanmerking de best gevormde bomen; foxtails, gevorkte bomen, bomen met zeer vreemde tak- of naaldvorm kwamen niet voor bemonstering in aanmerking.

De opperhoogte werd bepaald door het proefperk op het oog te kwarteren, waarna uit ieder kwart met behulp van de wederom onmisbare Blume-Leisz de hoogte werd gemeten van de drie hoogste bomen. Zodoende, gekomen tot een totaal van 12 hoogtemetingen, werd hieruit door middeling de opperhoogte berekend.

Voornoemde handelingen vonden meestal plaats op de dag van aankomst, waarna het bemonsteren op de twee resterende dagen vrijwel zonder tegenslag kon worden uitgevoerd.

Chronologisch vonden de volgende werkzaamheden plaats: De te bemonsteren boom werd, voor zover nodig, van hinderend materiaal ontdaan. Met behulp van het kompas werd de zuid-noord richting bepaald. Met een boor van Amerikaans fabrikaat, die exact werd gericht door een loodzware, booraanzet (een prototype) werden de boormonsters genomen en behandeld op vroeger beschreven manier. De boormonsters werden genomen op een hoogte van 1,30 m of indien op deze plaats een noest existeerde werd uitgeweken naar een plaats boven of onder de noest, die het dichtst bij het 1,30 m niveau gesitueerd was.

Alvorens te vellen werd, behalve in de proefperken $2\frac{1}{2}$ x $2\frac{1}{2}$ m, een beschrijving gegeven van boommilieu en algemene indrukken van de boom, zoals stam- en kroonvorm. De velling verliep niet altijd naar wens en zelfs na geruime tijd van aanmoediging om het goed te doen, wilde het weleens voorkomen dat de boom precies de andere kant opviel dan gepland was, of bleef hangen in de enige boom waarin dat mogelijk was. Steeds echter, het moet worden gezegd, werd het einddoel bereikt.

Het meten bestond uit:

1. Het bepalen van de hoogte.
2. De bepaling van de kroonlengte, d.w.z. lengte van onderste levende takkrans tot de top.
3. Het tellen van het aantal levende takkransen.
4. De bepaling van de takdikte. De takdikte werd gemeten op vier verschillende hoogten van de kroon en werd bepaald door de gemiddelde dikte van de twee dikste takken op elke hoogte; van de onderste levende takkrans en de twee jongste werd nimmer de takdikte bepaald.
5. De meting van naaldlengte.
6. De meting van kroonbreedte.

Vervolgens werden om de 100 cm, beginnen op 0,50 m hoogte, ± 3 cm dikke schijven gezaagd. Bij eventuele noesten werd uitgeweken naar de dichtsbijzijnde plaats die daarvan verschoond was. De houtschijven werden genummerd en door plastic zakjes beschermd in een grote dubbelgevoerde, van hetzelfde materiaal gefabriceerde zak gedeponeerd.

Bij een dezer behandelingen heeft het lot gewild dat er ook een klein makka-slangetje van ongeveer 40 cm in een onbewaakt moment de zak is ingeslopen, denkend zich goed te voelen in een glibberige wereld van plastic. Vroeg of laat moest het toch tot een ontdekking komen en dat gebeurde dan ook later op het reeds door personeel verlaten laboratorium. Hem werd na deze moedig doorstane reis het leven gegund en op het CELOS-terrein de vrijheid hergeven.

Op het laboratorium werden daarna de noodzakelijke wegingen en drogingen uitgevoerd welke zonder noemenswaardige moeilijkheden verliepen. Wel werd hier op één punt van het oorspronkelijk opgestelde idee afgeweken: van de 3 laatste plots werd de inhoud van het boormonster niet meer volgens lengtemeting berekend maar volumetrisch bepaald d.m.v. onderdompeling in een waterbad. In de praktijk is door meting gebleken dat volume-bepalingen m.b.v. een waterbad practisch overeenkomen of zelfs exacter zijn dan metingen op de lengte-meet-methode. Vóór de onderdompeling in water werd het gedroogde monster in vloeibare (warme) paraffine gedompeld.

Het geheel aan cijfermateriaal werd op schrift gesteld en voor analyse gereed gebracht.

7. RESULTATEN

Berekening en rangschikking der gegevens leveren de volgende resultaten op.

Tabel 1. De gewogen gemiddelde dichtheden op basis van stamschijven, de dichtheden van de boormonsters, en de gewogen gemiddelde vochtgehaltes op basis van stamschijven van tien bemonsterde bomen per boniteit bij een plantverband 2 x 2 m

Boniteit I			Boniteit III			Boniteit V		
DS	DB	V	DS	DB	V	DS	DB	V
0,45	0,43	173,75	0,61	0,71	75,86	0,48	0,49	152,34
0,50	0,48	140,70	0,66	0,70	73,79	0,60	0,60	99,32
0,56	0,53	114,02	0,57	0,61	93,13	0,58	0,59	104,46
0,50	0,53	132,40	0,65	0,66	84,63	0,71	0,71	78,75
0,44	0,41	157,89	0,55	0,59	113,82	0,65	0,67	89,09
0,65	0,58	76,62	0,61	0,60	100,62	0,63	0,67	96,05
0,56	0,59	100,31	0,44	0,49	172,06	0,62	0,62	99,05
0,53	0,58	135,21	0,65	0,64	103,48	0,61	0,58	100,07
0,60	0,58	111,18	0,59	0,59	79,19	0,73	0,75	62,93
0,44	0,42	182,64	0,52	0,50	117,76	0,75	0,72	63,68

DS = gew. gem. stamdichtheid in g/cm^3 op basis van ovendroge stamschijven

DB = dichtheid in g/cm^3 van een ovendroog boormonster op 1,30 m

V = gew. gem. vochtgehalte van de stam in gewichtsprocenten op basis van ovendroge stamschijven

Tabel 2. De gewogen gemiddelde dichtheden op basis van stamschijven, de dichtheden van de boormonsters, en de gewogen gemiddelde vochtgehaltes op basis van stamschijven van tien bemonsterde bomen per boniteit bij een plantverband $2\frac{1}{2}$ x $2\frac{1}{2}$ m

Boniteit I			Boniteit III			Boniteit V		
DS	DB	V	DS	DB	V	DS	DB	V
0,53	0,52	114,97	0,56	0,54	114,80	0,67	0,63	-
0,44	0,52	141,18	0,51	0,52	127,55	0,52	0,54	-
0,43	0,41	156,11	0,59	0,56	103,71	0,63	0,69	91,67
0,57	0,54	104,88	0,57	0,64	110,15	0,49	0,51	120,37
0,45	0,47	130,32	0,62	0,58	91,72	0,61	0,61	105,45
0,59	0,56	86,89	0,57	0,55	104,52	0,49	0,53	136,74
0,72	0,67	68,52	0,55	0,58	78,74	0,76	0,70	60,41
0,60	0,62	90,66	0,56	0,56	101,00	0,68	0,68	84,93
0,50	0,54	137,19	0,66	0,65	76,07	0,63	0,57	74,57
0,51	0,49	-	0,63	0,59	84,00	0,75	0,75	61,11

Tabel 3. De gewogen gemiddelde dichtheden op basis van stamschijven, de dichtheden van de boormonsters, en de gewogen gemiddelde vochtgehaltes op basis van stamschijven van tien bemonsterde bomen per boniteit bij een plantverband van 3 x 3 m

Boniteit II			Boniteit IV			Boniteit V		
DS	DB	V	DS	DB	V	DS	DB	V
0,39	0,36	206,40	0,48	0,46	126,62	0,57	0,58	59,98
0,47	0,47	137,46	0,53	0,53	127,31	0,56	0,55	117,48
0,47	0,46	152,00	0,57	0,55	105,61	0,41	0,43	188,27
0,44	0,51	153,57	0,58	0,61	112,82	0,52	0,53	106,25
0,46	0,51	159,48	0,52	0,49	117,91	0,50	0,51	121,18
0,54	0,54	124,70	0,59	0,57	90,56	0,41	0,49	176,80
0,52	0,55	126,13	0,54	0,56	127,74	0,51	0,53	138,34
0,57	0,53	105,09	0,43	0,41	161,23	0,39	0,37	192,07
0,45	0,46	-	0,54	0,50	-	0,50	0,54	135,82
0,47	0,53	-	0,41	0,39	-	0,66	0,62	75,83

Tabel 4. Een overzicht van opperhoogte (O.H.) en de gemiddelde diameter van het proefperk, en de diameter van de bemonsterde bomen op 1,30 m

plant-verb. (m)	boniteit	O.H. proefp. (m)	gem. diam.van proefperk (cm)	gem. diam. van bemonsterde bomen (cm)
2 x 2	I	21,30	20,4	20,70
	III	18,10	17,2	17,30
	V	15,40	13,8	14,95
$2\frac{1}{2}$ x $2\frac{1}{2}$	I	20,00	19,4	19,10
	III	18,50	16,1	17,50
	V	16,50	13,2	13,75
3 x 3	II	20,50	24,3	24,00
	IV	18,70	20,1	19,95
	V	16,30	16,2	16,72

In het geheel werden ruim 5 maanden door de auteur aan dit onderzoek besteed, waarvan alleen de belangwekkendste resultaten in de volgende hoofdstukken werden beschreven.

8. VERWERKING EN DISCUSSIE

8.1. VERBAND HOUTDICHTHEID BOORMONSTER EN HOUTDICHTHEID BOOM OP BASIS VAN STAMSCHIJVEN

Het verband tussen de bovengenoemde dichtheden werd bepaald uit de gegevens van de gewogen gemiddelde dichtheden van de boom op basis van de houtschijven en van het boormonster (eig. deelmonsters).

Het gewogen gemiddelde van de dichtheid van een boom wordt gedefinieerd als de sommatie van het product van de diameter der stamschijven in het kwadraat en de dichtheid van de betreffende schijf en dat gedeeld door de som der kwadraten van de diameters; in formule:

$$\frac{\sum (d_i^2 \cdot D_i)}{\sum d_i^2}$$

Het gewogen gemiddelde wordt uitgedrukt in g/cm^3. De gewogen gemiddelde dichtheid van de deelmonsters op 1,30 m hoogte, wordt gedefinieerd als de som van de producten van het verschil in de kwadraten van de afstanden van de uiteinden der deelmonsters tot de boomkern en de daarbij behorende dichtheid, gedeeld door de som van die verschillen in de kwadraten; in formule:

$$\frac{\Sigma \left\{ (d_{i_1}^2 - d_{i_2}^2)\ D_i \right\}}{\Sigma (d_{i_1}^2 - d_{i_2}^2)}$$

Als eenheid geldt ook hier de g/cm^3.

Met behulp van de regressie-analyse werd het verband berekend tussen de genoemde twee soorten gemiddelden. Als men er van uit gaat dat het gewogen gemiddelde van de deelmonsters het uitgangsgeven (x) is, en de dichtheid van de stam (op basis van de stamschijven) de afgeleide (y), dan kan men voor het verband tussen x en y een regressielijn opstellen. Aan de hand van de grafische lineaire voorstelling (zie figuur 1) werd uitgegaan van de volgende formule:

$$y_i = b\ (x_i - \bar{x}) + \bar{y}$$

waarin: y_i = gew. gem. dichtheid in honderdste g/cm^3 van een bepaalde boom (i) op basis van houtschijven

$\bar{y}$ = de gemiddelde waarde van y

x_i = dichtheid in honderdste g/cm^3 van het boormonster op 1,30 m van die bepaalde boom (i)

$\bar{x}$ = gemiddelde waarde van x

b = regressiecoëfficiënt van y op x

b wordt bepaald m.b.v. de volgende formule:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})\ (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}$$

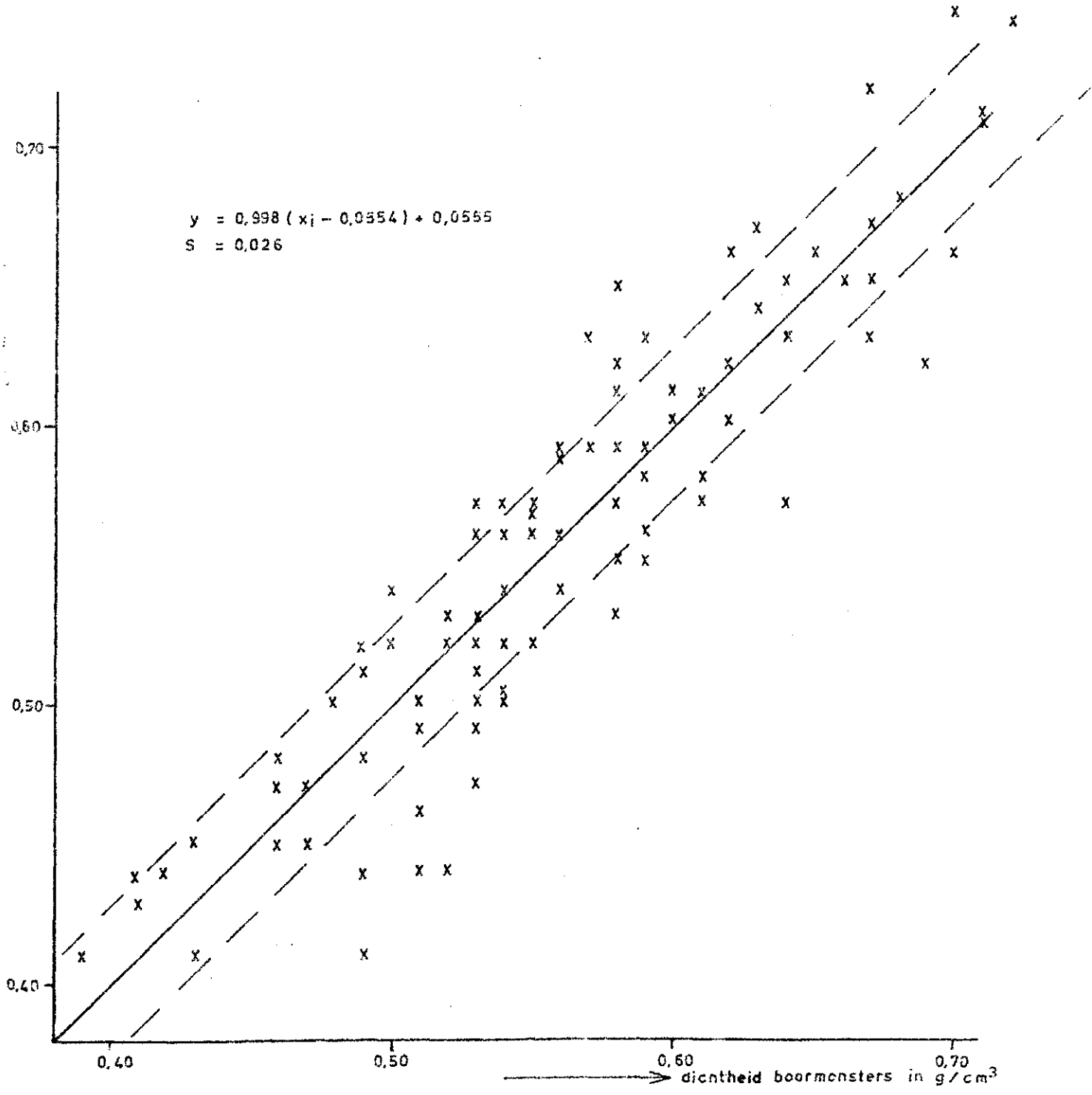


Fig. 1. Regressielijn opgesteld uit gegevens van 90 bomen. Op de x-as is uitgezet de dichtheid van het boormonster op 1,30 m hoogte, op de y-as de dichtheid van de stam op basis van stamschijven.

De bijbehorende standaardafwijking werd berekend volgens onderstaande formules:

$$S = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i)^2 - b^2 \sum (x_i - \bar{x})^2 - n(\bar{y})^2}{n-2}}$$

SSE = som van de kwadraten der afwijkingen

n = aantal waarnemingen

Voor elk proefperk apart is een regressielijn opgesteld. Tabel 5 geeft een indruk van de gevonden regressiecoëfficiënten en standaardafwijkingen en tabel 6 een overzicht van gevonden gemiddelde dichtheden volgens de twee methoden.

Tabel 5. De regressiecoëfficiënten en standaardafwijkingen van de regressielijnen opgesteld voor ieder proefperk afzonderlijk

plantverb. (m)	boniteit	regr. coëff.	stand. afw.
2 x 2	I	0,854	0,036
2 x 2	III	1,010	0,028
2 x 2	V	0,975	0,023
2½ x 2½	I	1,097	0,041
2½ x 2½	III	0,720	0,034
2½ x 2½	V	1,080	0,044
3 x 3	II	0,704	0,035
3 x 3	IV	0,823	0,019
3 x 3	V	1,071	0,034

Uit tabel 5 valt op te maken dat er een betrekkelijk grote variatie in de regressiecoëfficiënten is. Hoogstwaarschijnlijk is deze te verklaren uit het geringe aantal waarnemingen per proefperk. Het is derhalve niet betrouwbaar om op deze wijze regressielijnen op te stellen, welke een goed verband weergeven tussen genoemde dichtheden.

Het probleem zal aanzienlijk worden vergemakkelijkt wanneer alle gegevens van de verschillende proefperken tezamen verwerkt worden.

Tabel 6. Vergelijking van de gem. dichtheid van de stam en de dichtheid van het boormonster per proefperk in gr/cm^3

Boniteit	I of II		III of IV		V	
Plantverband (m)	A	B	A	B	A	B
2 x 2	0,523	0,513	0,595	0,609	0,636	0,640
$2\frac{1}{2}$ x $2\frac{1}{2}$	0,534	0,534	0,582	0,577	0,622	0,621
3 x 3	0,478	0,492	0,519	0,507	0,503	0,515

A = gem. dichtheid in honderdste g/cm^3 van de tien boormonsters per proefperk;

B = gem. dichtheid in honderdste g/cm^3 van de tien stammen per proefperk.

Een nieuw uitgevoerde regressie-analyse voor alle 90 waarnemingen heeft geleid tot de volgende formule:

$$y_i = 0{,}998\ (x_i - 0{,}554) + 0{,}555$$

met een standaardafwijking van 0,026. In figuur 1 is de regressielijn uitgebeeld.

Gemakshalve kan men de regressiecoëfficiënt zonder veel bezwaar op 1,0 stellen, waardoor simpelweg de dichtheid van het boormonster gelijk kan worden gesteld aan die op basis van de stamschijven (x = y).

Figuur 1 toont aan hoe van de 90 bomen de individuele verschillen in dichtheid op basis van boormonsters en stamschijven liggen. De maximale afwijking van de regressielijn x = y, is 0,08 g/cm^3.

De geniddelde houtdichtheid blijkt te liggen bij 0,56 gr/cm^3. De uiterste waarnemingen zijn 0,39 en 0,76 gr/cm^3.

Het voorspellingsinterval (bij lineaire regressie) voor een enkele y-waarde is eveneens berekend. Stel het voorspellingsinterval bij een zekere onbetrouwbaarheid (a) ligt tussen y + g en y - g. Berekening van g geschiedt dan als volgt (zie Snedecor and Cochran, 1967, blz. 154):

$$g = \sqrt{2\ F^2_{n-2\ (a)}}\ S. \sqrt{1 + 1/n + \frac{(x-\bar{x})^2}{\sum(x_i-\bar{x})^2}}$$

Bij a = 10% (de F^2_{88} wordt dan gelijk aan 2,37), wordt g, afhankelijk van de x_i waarde, b.v.:

x_i = 0,554 g = 0,057
x_i = 0,400 g = 0,058
x_i = 0,700 g = 0,058

Tenslotte moet vermeld worden dat wanneer de bemonstering geen normale exemplaren uit een proefperk betreft doch geselecteerde plusbomen, het voorspellingsinterval gunstiger komt te liggen (zie 8.2.2).

8.2. HET VERBAND TUSSEN UITERLIJKE BOOMKENMERKEN EN HOUTDICHTHEID

8.2.1. Verband meetbare uiterlijke kenmerken en houtdichtheid

Een groot aantal metingen van uiterlijke boomkenmerken werd uitgevoerd in de hoop enige correlaties te vinden tussen de houtdichtheid en die kenmerken; immers bij een correlatie zou het selecteren van de juiste bomen daardoor aanzienlijk worden vergemakkelijkt.

Voor dit doel werd gebruik gemaakt van de toets van Spearman. Om te toetsen werden de bemonsterde bomen per plot genummerd volgens oplopende dichtheid. Vervolgens werden de bomen opnieuw genummerd, nu echter volgens de waarderingsvolgorde van één der uiterlijke kenmerken. Men verkreeg aldus per boom en per kenmerk twee getallen en per proefperk 10 paren getallen. De toetsingsgrootheid werd verkregen door de sommatie van de kwadraten van het verschil tussen de twee getallen van alle bemonsterde bomen per proefperk. Voor een aantal van 10 paren getallen dient deze som van kwadraten kleiner te zijn dan 90 bij een positieve correlatie, of groter dan 240 bij een negatieve correlatie; de genoemde kritieke waarden worden gevonden bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0,10.

Elk der uiterlijke kenmerken werd per plot met de dichtheid getoetst, hetgeen een totaal van 9 (aantal proefperken) x 9 (aantal uiterlijke kenmerken) = 81 toetsingsgrootheden opleverde (zie tabel 7).

In Tabel 7 is er in 11 (onderstreepte) gevallen sprake van een negatieve of positieve correlatie. In het proefperk met plantverband 2 x 2 m en boniteit V wordt bijv. viermaal een correlatie tussen dichtheid en uiterlijk kenmerk gevonden, nl.: de dichtheid vertoont een positieve correlatie met het aantal takkransen en negatieve correlaties met de diameter op borsthoogte, takdikte en naaldlengte. Helaas worden deze correlaties in de andere proefperken geenszins gestaafd. Bepaalde correlaties spreken elkaar soms tegen. Zo vindt men in het proefperk met plantverband 3 x 3 m en boniteit V een positieve (algemeen verwachte) correlatie tussen dichtheid en

Tabel 7. Toetsingsgrootheden bepaald volgens Spearman om het verband na te gaan tussen uiterlijke boomkenmerken en houtdichtheid. Bij een onbetrouwbaarheid van 0,10 zijn waarden kleiner dan 90,0 of groter dan 240,0 kritiek (zie onderstreepte getallen)

plv. 2 x 2	DIAM.	TAKKR.	TAKDIKTE	TOT. H.	KR. L.	KR. B.	TAKH.	NAALDL.	BASTD.
Boniteit I	223,0	184,5	137,5	152,0	148,0	222,0	177,5	164,0	89,5
" III	220,5	92,0	166,0	116,0	121,5	214,0	183,5	162,5	194,0
" V	<u>309,5</u>	<u>73,0</u>	<u>269,5</u>	212,0	212,0	234,5	114,0	<u>255,0</u>	181,5

plv. 2½ x 2½									
Boniteit I	212,5	119,5	158,0	239,5	97,0	237,0	130,0	116,5	171,0
" III	184,0	122,0	231,0	188,0	100,0	92,5	150,0	130,0	<u>244,0</u>
" V	181,5	172,0	163,5	208,0	151,0	147,0	206,0	-	222,0

plv. 3 x 3									
Boniteit II	183,5	184,5	164,0	147,0	132,5	215,0	<u>67,5</u>	<u>278,5</u>	139,0
" IV	<u>267,5</u>	113,5	178,0	200,0	<u>86,0</u>	185,5	133,0	182,0	237,5
" V	176,0	116,0	136,5	<u>77,5</u>	101,0	163,0	176,0	181,0	127,5

DIAM. = Diameter op borsthoogte
TAKDIKTE = Takdikte
KR. L. = Kroonlengte
TAK. H. = Takhoek
BASTD. = Bastdikte

TAKKR. = Aantal takkransen
TOT. H. = Totale hoogte
KR. B. = Kroonbreedte
NAALDL = Naaldlengte

lengte van de boom, maar een bij de onbetrouwbaarheidsdrempel van 0,10 nog net niet kritieke waarde voor een negatieve correlatie in het proefperk met plantverband 2½ x 2½ m en boniteit I. Duidelijkheidshalve zij nog vermeld dat de correlatie tussen dichtheid en lengte zijn beschouwd binnen éénzelfde proefperk en dienen dan ook niet verward te worden met boniteitseffecten (zie 8.3).

Gezien de resultaten van tabel 7 moet men tot de conclusie komen dat er geen statistisch betrouwbare correlaties bestaan tussen de houtdichtheid en de uiterlijke kenmerken, mitsdien beschouwd per plantverband en per boniteit.

Toch is het misschien gerechtvaardigd om het verband tussen diameter op borsthoogte en de dichtheid aan een nader, hier niet uitgevoerd, onderzoek te onderwerpen. Want uit de tabel blijkt dat er in twee gevallen sprake is van een negatieve correlatie en in de andere gevallen de toetsingsgrootheid ruim boven de mediaan van 165 ligt, ofwel de kans is vrij groot dat men bij een dikkere boom een lagere houtdichtheid aantreft.

Er bestaat wel een redelijk verband tussen de gemiddelde diameter van de bemonsterde bomen per plot en hun gemiddelde houtdichtheid. Tabel 8 en figuur 2 geven hiervan een overzicht.

Tabel 8. Verband tussen de gem. dichtheid en de gem. diameter per proefperk (diameters in oplopende volgorde)

Plv. (m)	2½x2½	2 x 2	3 x 3	2 x 2	2½x2½	2½x2½	3 x 3	2 x 2	3 x 3
Boniteit	V	V	V	III	III	I	IV	I	II
Dichtheid	0,622	0,636	0,509	0,595	0,582	0,534	0,519	0,523	0,478
Diam. (cm) (op 1,30 m)	13,75	14,95	16,72	17,30	17,50	19,10	19,95	20,70	24,00

8.2.2. Verband niet meetbare uiterlijke kenmerken en houtdichtheid

Tijdens het bemonsteren werd er in de plantverbanden 2 x 2 en 3 x 3 m, naast de opname van uiterlijke kenmerken, ook een beschouwing van minder duidelijke meetbare karakteristieken uitgevoerd. In het plantverband 2½ x 2½ m, dat het eerst werd bemonsterd, werden deze beschouwingen niet uitgevoerd of slechts ten dele. In de hiernavolgende berekeningen en discussies worden de proefperken in 2½ x 2½ m buiten gesloten. Een beoordeling werd uitgevoerd van betakking, rechtheid van stam en kroonvorm.

Onder goede betakking wordt hier verstaan een onder een regelmatige hoek met de stam staande, rechte betakking, met een regelmatig verlopende dikte en lengte. Geklassificeerd werd er in twee groepen: goed of slecht.

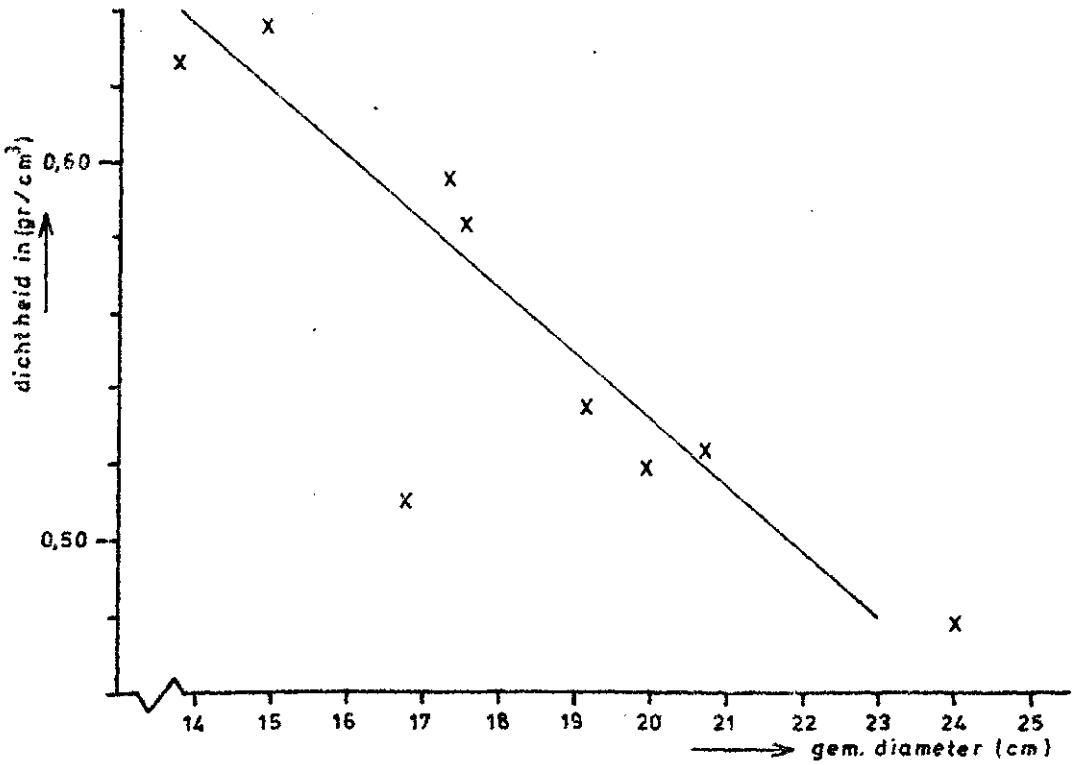


Fig. 2. Verband tussen gem.dichtheid en de gem.diameter (op 1,30 m)van steeds 10 bomen per proefperk.

Een goede kroon is hier een kroon die goed geproportioneerd is en waarin de betakking regelmatig, hetzij in takkransen of enkelvoudig, is verspreid. Onderscheid werd gemaakt tussen goed en slecht.

Onder het recht zijn van de stam wordt verstaan een stam die zuiver recht is, de stam mag wel hellen. Hier werd verschil gemaakt tussen recht en niet recht.

Naderhand werden deze drie alternatieven per boom vergeleken met de maat van afwijking van de dichtheid met de regressielijn, die gemakshalve op x = y gesteld werd. Tabel 9 geeft een overzicht van de gevonden resultaten.

Uit tabel 9 blijkt dat een boom die een afwijkend kenmerk heeft, gemiddeld een grotere afwijking vertoont met de regressielijn.

Toetsing volgens Fisher bevestigt de invloed van deze drie eigenschappen op de afwijking. De toets van Fisher houdt hier in een sommatie van de afwijking van de dichtheid met de regressielijn in het kwadraat, gebaseerd op de bomen met een bepaalde slechte eigenschap, gedeeld door het aantal slechte bomen, en dat nogmaals gedeeld door de waarde die op dezelfde wijze wordt verkregen, maar dan van de goede bomen.

Tabel 9. De gem. afwijking van de dichtheid van de slechte en goede bomen met die volgens de regressielijn

	plv. 2 x 2 en 3 x 3 m	
	aantal bomen	gem. dichtheids-afwijking
goede betakking	35) 60	0,19
slechte betakking	25)	0,30
goede kroon	27) 60	0,18
slechte kroon	33)	0,28
rechte stam	37) 60	0,19
kromme stam	23)	0,31

In formule levert dat de volgende vergelijking

$$\frac{\Sigma (D_s - \bar{D})^2 / n_s}{\Sigma (D_g - \bar{D})^2 / n_g} \simeq F \begin{matrix} n_s \\ n_g \end{matrix}$$

$D_s - \bar{D}$ = de afwijking van de dichtheid van de slechte bomen met de regressielijn

$D_g - \bar{D}$ = de afwijking van de dichtheid van de goede bomen met de regressielijn

n_s = aantal slechte bomen

n_g = aantal goede bomen

De op deze wijze verkregen waarden zijn:

Voor de betakking : $\frac{332/25}{204/35} = 2{,}2783 \simeq F \begin{matrix} 25 \\ 35 \end{matrix}$ (P $<$ 5%)

Voor de kroon : $\frac{380/33}{156/27} = 1{,}9931 \simeq F \begin{matrix} 33 \\ 27 \end{matrix}$ (P $<$ 5%)

Voor rechtheid stam: $\frac{304/23}{232/37} = 2{,}1170 \simeq F \begin{matrix} 23 \\ 37 \end{matrix}$ (P $<$ 5%)

Het is niet mogelijk om voor de drie alternatieven een variantiebepaling te doen, aangezien er interactie optreedt tussen deze drie kenmerken. Uit het voorgaande moet geconcludeerd worden dat de houtdichtheid van de boormonsters van de bomen met één of meerdere voornoemde slechte eigenschappen, niet overeenkomt met de houtdichtheid op basis van de stamschijven. Wat hiervan de oorzaak is valt buiten het bestek van deze beschouwing.

Voor het selecteren van plus-bomen is het voorgaande erg belangrijk. Men mag nu gezien de resultaten van 8.1 en 8.2.2 concluderen dat een houtdichtheidsbepaling van boormonsters op 1,30 m hoogte representatief is voor de gemiddelde dichtheid van de boom, mits het goede bomen betreft. Minder fraai uitgevoerde exemplaren worden qua dichtheid minder goed door de dichtheid van de boormonsters benaderd; evenwel zullen deze minder goede bomen niet opgenomen worden in een veredelingsprogramma.

8.3. INVLOED VAN PLANTVERBAND EN BONITEIT OP DE HOUTDICHTHEID EN DE VARIATIE IN HOUTDICHTHEID BINNEN EEN PROEFPERK EN BINNEN DE BOOM

8.3.1. Invloed plantverband en boniteit op de houtdichtheid

De gemiddelde dichtheden zijn na interpolatie in onderstaande tabel gerangschikt naar plantverband en boniteit.

Tabel 10. De gemiddelde houtdichtheid per boniteit en per plantverband

Boniteit / Plantverb. (m)	I - II*	III - IV	V+
2 x 2	0,542	0,595	0,635
2½ x 2½	0,518	0,590	0,633
3 x 3	0,465	0,501	0,507

*) Bedoeld is het midden tussen de twee genoemde boniteiten.

De verwerking met behulp van de regressie-analyse (en F-toets) toonde aan een significant boniteitseffect ($P < 5\%$)/een zeer significant plantverbandeffect ($P < 1\%$).

Men kan concluderen dat men lagere gemiddelde dichtheden vindt in opstanden met een ruimer plantverband. Uit de berekeningen blijkt duidelijk dat de gemiddelde dichtheid van de bomen uit de proefperken 2 x 2 m en 2½ x 2½ m per boniteit significant hoger ligt dan die van de bomen uit de proefperken 3 x 3 m. Het dichtheidsverschil per

/en

boniteit in de proefperken met 2 x 2 m en 2½ x 2½ m is niet duidelijk. Hoogstwaarschijnlijk spelen hier de verschillende bezettingsgraden een doorslaggevende rol. De bezettingsgraden van de proefperken worden in eerste plaats bepaald door het plantverband, maar daarnaast in hoge mate beïnvloed door de mate van de dunningen en mortaliteit. Nu is in de plantverbanden 2 x 2 m en 2½ x 2½ m eind 1968, en in de plantverbanden 3 x 3 m begin 1969 gedund. Onderstaande tabel laat in procenten zien in welke mate deze dunningen hebben plaatsgehad en hoeveel bomen zich op het moment van bemonsteren in het proefperk bevonden.

Tabel 11. Dunning (incl. mortaliteit) in procenten en totaal aantal aanwezige bomen en proefperken

Boniteit	I of II		III of IV		V	
Plantverb. (m)	dun.in %	aantal bomen	dun.in %	aantal bomen	dun.in %	aantal bomen
2 x 2	62,5	118	47,5	165	47,5	165
2½ x 2½	46,8	107	25,0	151	0,6	200
3 x 3	65,5	62	36,8	102	36,8	102

Uit de tabel blijkt dat de dunningen bij 2 x 2 m aanzienlijk hoger liggen dan bij 2½ x 2½ m. Het aantal bomen ligt bij 2½ x 2½ m, boniteit V, na de dunning zelfs hoger dan bij 2 x 2 m bij vergelijkbare boniteit. In principe is dit een beleidsfout van de auteur, maar het zou wel het geringe verschil kunnen verklaren in de dichtheden tussen deze twee plantverbanden. Het een en ander zou in een anatomisch onderzoek van de houtmonsters onderzocht kunnen worden.

De relatie tussen de boniteit en de gemiddelde dichtheid per proefperk is duidelijker: de afname van de groeiklasse in de drie beschouwde plantverbanden vertoont een significant verband met de toename van de gemiddelde dichtheid per proefperk.

Wat zijn nu de oorzaken van deze genoemde verschillen in dichtheid per proefperk? In de inleiding is er reeds op gewezen dat de hoeveelheid laathout, vanwege z'n structuur en ruimtelijke ordening maatgevend is voor de hoogte van de dichtheid. Nu schijnt de mate van laathoutvorming onder meer afhankelijk te zijn van de toevoer van vocht- en voedingsstoffen. Wordt de toevoer van vocht en voedingsstoffen minder gunstig of treden er stagnaties op dan wordt er relatief meer laathout gevormd, hetgeen de dichtheid doet toenemen. De invloeden van plantverband en boniteit moeten dan ook in dit kader worden gezien.

8.3.2. Variatie in houtdichtheid binnen een proefperk en het patroon van de houtdichtheid in de boom

De variatie in houtdichtheid rond het proefperk-gemiddelde is vrij hoog. Er is een tendens dat de variatie toeneemt bij afnemende groeiklasse (dus van I naar V). Erg duidelijk is dit evenwel niet. Het grootste verschil binnen een proefperk bedroeg 0,29; het kleinste 0,18 gr/cm^3. Vergelijking met cijfermateriaal uit Jamaica (BROWN, 1971) toont aan dat deze verschillen in Suriname op vergelijkbaar niveau liggen.

Hoe verloopt nu de dichtheid in de boom zelf? Onderzoekingen hebben uitgewezen dat de dichtheid toeneemt van kern naar bast en afneemt van beneden naar boven. Deze veranderingen zijn te danken aan de formatie van laathout die een erfelijke en een fenologische oorzaak heeft. Het zou erfelijk bepaald zijn dat de laathoutvorming niet optreedt tot en met de 2e of 4e groeiring (vroeghoutzone), vervolgens snel toeneemt tot de 10e of 12e groeiring en daarna een constante toename vertoont. De invloed van het milieu zou kunnen zijn de frequentie van het voorkomen van groeiringen en dus de hoeveelheid laathout. Dit zijn mogelijkheden die in Suriname nader onderzocht moeten worden.

In tabel 12 is de gemiddelde dichtheidstoename per boniteitsklasse en plantverband gebaseerd op een interval van 4½ cm, gerekend vanuit de kern. Het interval van 4½ cm werd genomen opdat ook de kleinste diameters in het vergelijkende onderzoek konden worden opgenomen.

Tabel 12. De gemiddelde horizontale dichtheidstoename in honderdste g/cm^3 per boniteitsklasse en plantverband gebaseerd op een interval van 4½ cm gerekend vanuit de kern op 1,30 cm

Plantverb. (m)	2 x 2	2½ x 2½	3 x 3
Boniteit I-II	16,4	14,7	6,9
" III-IV	32,5	22,6	13,3
" V	39,7	27,7	18,1

Het blijkt dat de houtdichtheid gaande van kern naar bast sneller toeneemt bij kleiner plantverband. De slechtere groeiklassen blijken ook gecorreleerd met een snelle dichtheidstoename.

De afname van de houtdichtheid van beneden naar boven staat in nauw verband met de toename van kern naar bast. Van beneden naar boven neemt het aantal groeiringen stelselmatig af, waardoor ook het aandeel van het laathout afneemt en daarmede de houtdichtheid. De afname is overigens minder geprononceerd dan de toename van kern naar bast:

per proefperk varieert deze van 0,05 (bij 3 x 3 m en boniteit III) tot 0,18 gr/cm^3 (bij 2 x 2 m en boniteit I) over een hoogteverschil van 10 m.

9. NABESCHOUWING

Uit de verwerking is naar voren gekomen dat de houtdichtheid van de boormonsters op 1,30 m een goede graadmeter is voor de gemiddelde dichtheid van de boom. Vooral van belang is dit voor het uitzoeken van selectiebomen in het kader van een veredelingsprogramma. Het is noodzakelijk om de houtdichtheid van de selectiebomen te bepalen vanwege de grote variatie in dichtheid van de onder vergelijkbare omstandigheden opgegroeide bomen. Een selectie niet gebaseerd op de houtdichtheid kan vèrstrekkende gevolgen hebben.

De meetbare uiterlijke kenmerken bieden geen houvast voor een bepaling van de houtdichtheid; de niet meetbare uiterlijke kenmerken helpen wel mee tot een juiste bepaling van de houtdichtheid op basis van de boormonsters.

Hoe ruimer het plantverband is en hoe beter de groeiklasse hoe lager de gemiddelde dichtheid. Daar staat tegenover dat een ruim plantverband en goede groeiklasse hout produceren dat de minste variabiliteit in dichtheid in de boom zelf vertoont. Wat is nu het beste hout? Dit nu hangt af van de doelstelling van het hout. Wordt het hout gebruikt door de pulpindustrie dan zal de gemiddelde dichtheid van het hout een belangrijker rol spelen dan het patroon van de dichtheid in de boom. Men streeft naar maximale droge-stof-produktie per oppervlak. Welk plantverband hierbij het meest economisch is hangt af van het geproduceerde volume en de dichtheid. Gaat het om de produktie van bijv. zaaghout dan gaat het dichtheidspatroon in de boom ook een rol spelen. Men zal streven naar een grootst mogelijke uniformiteit in dichtheid. Ook hier speelt natuurlijk de volume-opbrengst per oppervlak een belangrijke rol.

10. LITERATUUR

ANDREW, I.A., 1971. Wood quality of Pinus merkusii Jungh. et de Vriese: a review.
15th IUFRO congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.

BROWN, G.A., 1971. A statistical analysis of density variation in Pinus caribaea (Morelet) grown in Jamaica. 15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.

BURLEY, J., J.F. HUGHES, P. FRANKLIN & I. GOURLAY, 1971. Summary report on variation in density and tracheid length of ten trees of Pinus caribaea var. hondurensis from Jamaica.
15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.

DESCH, H.E., 1968. Timber its structure & properties, 4th edition. Publ. by Little Essex Street London WC_2, pp. 115-149.

ELLIOTT, G.K., 1970. Wood Density in Conifers Technical Communication no 8, Commonwealth Forestry Bureau, Oxford, England.

HARDIE, A.D.K. & C.L. INGRAM, 1971. Utilization Potentials and Problems for Exotic Conifers in Zambia, with special Reference to Pinus kesiya Royle ex. Gord. 15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.

HARRIS, J. MADDERN, 1971. The use of Beta Rays to examine wood density of tropical Pinus grown in Malaya. 15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.

HUGHES, J.F., 1971. The wood structure of Pinus caribaea in Relation to Use Characteristics, Growth Conditions and Tree Improvement. 15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.

KOCK, R.B. DE, 1971. Een computerprogramma voor het berekenen van vochtgehalte en dichtheid van houtmonsters. CELOS rapporten, 49 (2).

KOLLMANN, F.F.P. & W.A. CÔTÉ, Jr., 1968. Principles of Wood Science and Technology, I: Solid Wood. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp. 160-179.

LOOCK, E.E.M., 1950. The pines of Mexico and British Honduras. Bulletin no 35. Department of Forestry, Pretoria.

SCOTT, M.H., 1953. Utilization notes on South African Timbers. Bulletin no 36, Department of Forestry, Pretoria.

ZOBEL, B. & R.C. KEULSON, 1971. Should wood be included in a pine tree improvement program. 15th IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA. Beperkte verspreiding.