

LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN
AFD. BOSEXPLOITATIE
EN BOSHUISHOUDKUNDE

RAPPORT OVER EEN ONDERZOEK
NAAR DE GESCHIKTHEID VAN
MIERENHOUT (*Triplaris surinamensis* Cham.)
ALS MIJNHOUT

DOOR

Ir. WIL THIJSEN

*

NOVEMBER 1956

INHOUDSOPGAVE

I.	VOORWOORD	3
II.	INLEIDING	3
III.	MATERIAAL	5
IV.	APPARATUUR EN UITVOERING	5
V.	GEBRUIKTE FORMULES	7
VI.	BESCHOUWINGEN OVER HET CYFERMATERIAAL	8
VII.	VERGELIJKING MET ANDERE (MIJNHOUT)ONDERZOEKINGEN	12
VIII.	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	16
IX.	LITERATUUR	17
X	BIJLAGEN (1 en 2.).	17

I. VOORWOORD

Dit rapport in de serie betreffende oriënterend mechanisch- en fysisch onderzoek van Surinaamse houtsoorten handelt over een onderzoek ter bepaling van de geschiktheid van mierenhout als mijnhout.

De aanleiding tot het onderzoek was de belangstelling voor mierenhout in de mijnen van het Ruhrgebied in Duitsland.

Aan het onderzoek, dat verricht werd onder leiding van Ir. H.W.JAPING, heeft naast de samensteller van dit rapport, de bosbouwstudent G.H.RAETS deelgenomen.

II. INLEIDING

De eisen, welke aan mijnhout gesteld worden zijn sterk afhankelijk van de functie, die het mijnhout moet vervullen. Wil hout in de mijnbouw gebruikt kunnen worden als ondersteuningsmateriaal, waarover mijnhoutonderzoek een uitspraak moet doen, dan dient het voldoende lang (voor de duur van de exploitatie, enkele dagen tot mogelijk meerdere weken) bestand te zijn tegen de ter plaatse erop uitgeoefende belastingen.

In de moderne mijnen, zoals die in Nederland, waar overwegend stalen stutten gebruikt worden ter ondersteuning, vanwege hun beduidend grotere sterkte, bedrijfszekerheid en langere levensduur (10 jaar is geen uitzondering !), is het hout (als stutten) teruggedrongen tot de, voor stalen stutten, ongeschikte plaatsen (b.v. steile gangen, helling groter dan 30%), en wordt het verder gebezigd voor verlenging van stalen stutten in hoge gangen, wegens het te grote gewicht van geheel stalen stutten).

Veel hout wordt gebruikt als halfhouten in de zijwanden van de galerijen en als dwarslatten op de spanten (z.g. spitzen), welke slechts weinig druk opvangen, maar voornamelijk dienen als bescherming tegen vallende stenen.

Verder vindt het hout toepassing in stortkokers, laadtrechters, luchtkanalen etc., waarvoor meestal geen hoge eisen gesteld worden aan de sterkte-eigenschappen, maar in de eerste plaats aandacht besteed wordt aan een lage prijs.

In minder goed geoutilleerde mijnbedrijven zal voorlopig echter het hout, ook als stutten, een belangrijke plaats blijven innemen.

De belangrijkste functie van het mijnhout is wel de ondersteuning van het erop rustende dak ter voorkoming van plaatselijke instortingen en van steenslag in de gangen. Deze functie kan slechts tijdelijk vervuld worden, omdat de belasting van de aardlagen een veelvoud is van de drukvastheid van de stutten en van de buigvastheid van het kaphout. Door het dynamische evenwicht, waarin de bovenliggende aardlagen verkeren, zal in het algemeen de belasting slechts langzaam en geleidelijk toenemen, het is evenwel zeer goed mogelijk, dat plaatselijk snellere belastingtoename kan optreden, waarmee dus rekening gehouden dient te worden.

De drukvastheid, de buigvastheid en de hier nauw mee verwante slagvastheid (schokvastheid) vormen de criteria ter beoordeling van de geschiktheid voor deze steunfunctie.

In de praktijk doet men dan drukproeven op lange, bastvrije (om door snellere droging schimmelaantasting tot een

minimum te beperken)') stempels (mijnhoutsortimenten), waarbij men van te voren veel aandacht besteedt aan de rechtheid van het hout (i.v.m. eventuele knikbelastingen) en aan voorkomende gebreken, zoals noestkransen bij naaldhout, scheuren etc. (Vgl. Armstrong, Forestry Vol. XXI, 1947).

Het optreden van knik wordt beheerst door de verhouding van de lengte van de stempel en zijn kleinste doorsnede (l/d). WANGAARD onderscheidt 3 soorten houten kolommen ("columns"), t.w. :

1. korte, waarvan $l/d < 11$; hierbij wordt de weerstand tegen belasting evenwijdig aan de vezelrichting uitsluitend bepaald door de drukvastheid. Met dit type stempels heeft de mijnbouw veelal te maken.
2. middelmatig lange, waarvan l/d groter is dan 11 en kleiner dan van stempels, waarvan de toelaatbare spanning per cm^2 $2/3$ deel is van die van een korte stempel (hetgeen doorgaans betekent dat $l/d < 26$ is). We hebben hier te doen met een weerstand ten dele beheerst door de drukvastheid en ten dele door de stijfheid (elasticiteitsmodulus). Naarmate de slankheid toeneemt wordt de weerstand meer afhankelijk van de stijfheid. Er dient dan uiteraard meer aandacht besteed te worden aan de rechtheid van de stutten.
3. lange, waarbij l/d aanzienlijk groter is dan 11 (c.a. 26 en meer) en de maximale drukbelasting uitsluitend bepaald wordt door de stijfheid (knikbelasting).

Bij de praktijkproeven, zoals bij vele mijnbedrijven worden uitgevoerd, wordt slechts de maximale drukbelasting bepaald en het breuktype genoteerd.

Recht hout met voldoende weerstand tegen drukbelasting en een lange, vezelige breuk, welke op taaiheid wijst, in tegenstelling tot een korte, min of meer gladde, breuk, die voor bros hout kenmerkend is, zonder de hierboven genoemde gebreken, met de laagst mogelijke, concurrerende prijs, is dan als mijnhout geschikt.

Kraakt het hout (zoals in het bijzonder met droog, taai hout het geval is) of is de doorbuiging vóór de breuk duidelijk zichtbaar (wat vooral bij nat en soepel hout in het oog valt), dus bezit het waarschuwend vermogen, dan is dit een bijkomende gunstige eigenschap.

Met nadruk dient herhaald te worden, dat in moderne, goed geoutilleerde mijnbedrijven voor doeleinden, waar de steunfunctie sterk op de voorgrond treedt (stutten en vaak ook reeds dakspanten) het hout verdrongen is door staal. Bij het kaphout is dat in mindere mate het geval. Waar het hout als vulmateriaal (tussen steenlaag en dak) gebruikt wordt, behoeft het niet te voldoen aan hoge eisen van druk- en buigweerstand, zodat voor deze functie vrijwel alle hout bruikbaar is, mits het voldoende recht is.

Misschien is dit ook de verklaring voor het gunstige oordeel over mierenhout, dat men in het Ruhrgebied heeft. (zie ook SAMENVATTING, Hfdst. VIII).

Het doel van mijnhoutonderzoek is de beproeving van houtsoorten, waaraan hoge eisen betreffende hun

1) Uit het impregneringsonderzoek van Schalk bleek het mierenhout juist op de grens van de doorlaatbaarheidsklassen "matig" en "slecht" te liggen, zodat verduurzaming moeilijkheden zal opleveren.

steunfunctie gesteld worden. Deze houtsoorten moeten een voldoende hoge drukvastheid, buigvastheid en slagvastheid bezitten, een lange, vezelige breuk (grote taaiheid!) tonen; de stempels moeten recht zijn. Zijn zij in het bezit van deze eigenschappen dan wordt hun gebruik uiteindelijk bepaald door de prijs. Dit laatste is in de praktijk veel belangrijker dan bijvoorbeeld het vroeger zo veel besproken waarschuwend vermogen. (zie o.a. Venet, 1951 en vele andere auteurs).

III. MATERIAAL

Het ons uit Suriname toegezonden materiaal (ca. $1,5 \text{ m}^3$ stempels van ca. 1,50 m lang met gemiddeld diameter zonder bast van 11,1 cm, gem. bast $\frac{1}{2}$ 11) verkeerde in goede staat. De rechtheid is een opmerkelijke eigenschap van het mierenhout, voorts komen noesten weinig voor.

IV. APPARATUUR en UITVOERING

De volgende proeven zijn gedaan:

1. buigproef op stempels van wisselende lengte.
2. " " balkjes van 30 x 2 x 2 cm.
3. slagproef " " " " " "
4. drukproef op stempelstukken van 25 cm lang.
5. uitvezelingsproef op stempelstukken van 30 cm lang, aangepunt over 20 cm.

Alle proefstukken zijn nat (d.w.z. hun vochtgehalte lag boven het vezelvezadigingspunt) onderzocht. In de mijnen zal men vermoedelijk in het algemeen met wat droger hout werken, omdat men het materiaal voor het gebruik ruim een half jaar laat liggen. HENSHAW (The use of timber in mining, Timber Development Association Ltd, Jan. 1950) meldt, dat de ervaring geleerd heeft, dat het gunstigste vochtgehalte voor mijnhout tussen 20-30% ligt. Men dient bij de opslag van het hout te waken tegen te snelle, ongelijkmatige uitdroging in verband met mogelijke verzwakking door scheuren.

Balkjes met duidelijke gebreken, als noesten, boordergangen, merg, werden afgekeurd. Dit is een bevoordeling van de balkjes t.o.v. de stempels, die in hun oorspronkelijke staat verwerkt werden.

De gebruikte machines zijn de Amsler houtonderzoekmachine, werkend met oliedruk en de Amsler slaghamer (zie de reeds verschenen rapporten over statische buigproeven (p.11) en slagproeven (p.2)).

De proefstukken werden aangemaakt door de laboratoriumbediende van onze afdeling, de heer C.G. Steenbergen.

Het volumegewicht werd bepaald door eenvoudige weging en meting. Van de balkjes werden de dikte afmetingen met een schuifmaat tot op 0.1 mm. nauwkeurig gemeten, van de stempels met een boomklem tot op 1 mm. nauwkeurig. Wegens de, voor volumebepaling door overkruis meting met de klem, ongunstige vorm van de proefstukken van proef 5, werd hier een aparte volumemeting van luchtdroog hout met de xylometer gedaan¹⁾, evenals

¹⁾ Deze volumegewichtbepaling van luchtdroog hout werd tevens gedaan om het volumegewicht bij 15% vocht nauwkeuriger te kunnen vaststellen, daar bij de andere bepalingen (van nat hout) het omrekeningstraject tot te grote fouten aanleiding gaf bij gebruik van de formule uit Hoofdstuk V.

bij een deel van de proefstukken van de slagproef; bij deze laatste als controle op de andere volumegewichtbepaling.

Deze xylometer is een zinken cilindervormig vat met aan de buitenzijde een gecalibreerde meetbuis, waarop, na onderdompeling van het hout, de verplaatste hoeveelheid water tot op 10 cc nauwkeurig is af te lezen. Om waterinringing tijdens de onderdompeling van het proefstuk te voorkomen (hetgeen tot een te klein volume en dus een te groot volumegewicht zou leiden), werd dit tevoren alzijdig bestreken met een oplossing van paraffine in tetrachloorkoolstof.

Bij ieder der proeven werd het actuele vochtgehalte bepaald in % van het absoluut droge gewicht.

1. Buigproef op stempels

Voor de stempels van variërende lengte (108,5-126,5 cm) en variërende middendiameter (9,3-10,6 cm) werd een gelijke slankheidsgraad vastgesteld daar deze invloed heeft op de buigvastheid. In verband met de capaciteit van de machine werd de slankheidsgraad van 1 : 10 aangenomen, zodat de inspanlengte $10 \times d$ bedroeg (dus variërend van 93-106 cm). Met de 3-tonspers werd de belasting gelijkmatig opgevoerd, terwijl de laststijging per tijdseenheid constant gehouden werd (zie voor de wijze van uitvoering van de proeven 1. en 2. het Rapport Statistische buigproeven). Daar het gebruik van ruiters, ter voorkoming van indrukking van de wigvormige steunblokken in het hout, door de ronde vorm en wisselende diameter van het hout bezwaarlijk bleek, werd hiervan afgezien. De te geringe afronding der steunblokken was nu echter oorzaak, dat aanzienlijke indrukking ervan in het proefstuk optrad. Deze indrukking werd na de proef op de in het Rapport Statistische buigproeven aangegeven wijze, in het buigingsdiagram opgetekend, zodat de indrukking daardoor veroorzaakt, van de gevonden en dus schijnbare doorbuiging bij breuk kon worden afgetrokken, waardoor de bij benadering juiste doorbuiging bij het breukpunt bepaald kon worden (zie fig. 2.).

2. Buigproef op balkjes

Op balkjes van 30 x 2 x 2 cm, kruisgewijs gezaagd uit de stempels, zó, dat de laagste nummers (het overgrote deel, met index 1.) aan de buitenkant in de stempel gelegen zijn, werd met de 300 kg-pers een constant toenemende belasting uitgeoefend op het radiale vlak. De inspanlengte bedroeg 24 cm.

3. Slagproef op balkjes

De weerstand tegen schokbelasting op het tangentielle vlak werd bepaald aan balkjes van 30 x 2 x 2 cm. Belasting op het radiale vlak vond niet plaats door gebrek aan equivalente proefstukken. Overigens is het verschil ten gunste van de belasting op het tangentielle vlak bij mierenhout slechts gering (zie Rapport Slagproeven, uitslaande tabel achterin).

4. Drukproef op stempelstukken (belasting evenwijdig aan de vezelrichting).

In de mijnbouw heeft men te maken met hoge drukbelastingen op het ondersteuningsmateriaal. Men hecht derhalve grote waarde aan een hoge drukvastheid in de vezelrichting. De gebruikte Amsler-machine is helaas niet in staat stempels van mijnhoutsortimenten op drukbelasting in vezelrichting te beproeven, zodat genoegen genomen moest worden met onderzoekma-

teriaal van kleinere afmetingen, zowel wat betreft lengte als dikte. Stempels van 25 cm lengte en een middendiameter variërend van 9.2 - 11.6 cm werden met de 30 t.-pers beproefd.

Als gevolg van de droging waren vrij veel houtscheuren van kleine afmetingen in de stempels ontstaan.

Hiernaast werden 5 lange mierenhoutstempels met een grote 60-tons pers beproefd in het Centraal Proefstation van de Staatsmijnen te Treebeek (zie BIJLAGE, Hfdst.X).

5. Uitvezelingsproef op stempelstukken

Het proefmateriaal bestond uit een partij stempelstukken van 30 cm lengte, aangepunt over 20 cm met een ondervlak van 1 x 1 cm, en een evengrote partij van dezelfde lengte en punt met een ondervlak van $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ cm. De constante laststijging per tijdseenheid werd door de 3 tons-pers geleverd.

Men punt in de mijnbouw de stempels aan om een meegeven- de ondersteuning te verkrijgen. Naarmate de druk toeneemt ziet men de vezelgroepen bij de punt uiteengaan, waar- door het steunvlak breder wordt, het hout wordt dus zichtbaar zwaarder belast. Deze z.g. uitveze- ling (bij goed-vezelende houtsoorten vormt zich een soort van vaatkwast, zie fig.1) zal de stempel voor plotselinge, onverwachte breuk vrijwaren. Bij een starre ondersteuning kan ook het dak plotseling ingedrukt worden.

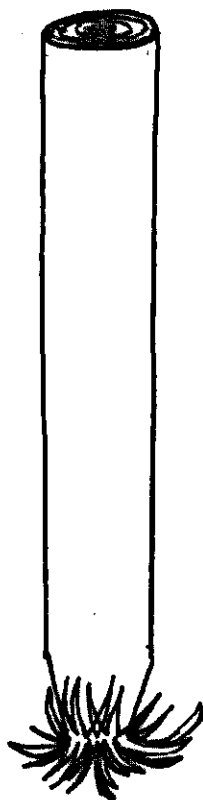


Fig.1

Bij de Nederlandse stalen Titan-stutten wordt deze drukverhoging tot ca.40 ton door een in elkaar schuivend systeem van vrijingsvlakken met toene- mende vrijving, opgevangen, waarbij de stut korter wordt, hetgeen energie kost. Wanneer de stut over de maximaal mogelijke lengte afgeschoven is, ge- durende welke tijd de tegendruk ca. 40 ton blijft, moet bij verder toenemende belasting de stut bui- gen en uiteindelijk breken. Bij gebruik van mee- gaande stalen stutten in de moderne mijnen heeft men dan ook nog maar weinig belangstelling voor het aanpunten, daar deze stalen stutten op de meeste plaatsen bruikbaar zijn.

DIXON en HOGAN, en HENSHAW, vonden dat door het aanpunten van de stempels de totale drukvastheid geringer werd (cirkelvormige ondervlakjes, waarvan het oppervlak $\frac{1}{2}$ en $\frac{1}{4}$ van het middenvlak der stem- pels bedroeg, waren het gunstigst).

Bij ideaal vezelende stutten behoeft dit theoretisch nauwelijks het geval te zijn, omdat na uitvezeling het steunvlak gelijk aan of groter dan de stempel- doorsnee is geworden. Wel is echter het verband tussen de ve- zels deels verbroken.

Uit de verrichte uitvezelingsproeven met mierenhout zal blijken, dat mierenhout geenszins ideaal vezelt.

V. GEBRUIKTE FORMULES

De volgende formules werden bij de berekeningen gebezigd:

Vochtgehalte: $\frac{g_1 - g_2}{g_2} \times 100$ (%);

g_1 = gewicht bij vochtgehalte van de proef.

g_2 = absoluut droge gewicht

Volumegewicht: voor omrekening op 15% vocht (tenzij anders vermeld):

$$V_{15\%} = \frac{115 V_g}{100 + p} \quad (\text{g/cm}^3);$$

V_g = gevonden volumegewicht bij vochtgehalte van $p\%$ tijdens de proef.

Spanning (bij prop.- en breukgrens):

$$S = 3/2 \frac{Pl}{bh^2} \quad (\text{kg/cm}^2);$$

P = belasting in kg bij prop.-, resp. breukgrens

l = inspanlengte

b = breedte proefstuk

h = hoogte proefstuk

Elasticiteitsmodulus:

$$E = \frac{Pl^3}{4fbh^3} \quad (\text{kg/cm}^2);$$

f = doorbuiging in cm bij prop.grens.

Arbeid:

in mkg, door planimetreren uit arbeidsdiagram;

in mkg/dm³, door deling daarvan door het volume van het proefstuk tussen de twee steunpunten.

VI. BESCHOUWINGEN OVER HET CIJFERMATERIAAL

Door de onderafdeling Wageningen van de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten van de Centrale Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (T.N.O.) (Hoofd de heer J.C.A.ZAAT) werden onze waarnemingen wiskundig verwerkt.

Alvorens het gemiddelde en de standaardafwijkingen t.o.v. dit gemiddelde te kunnen berekenen werd nagegaan of de gemeten grootheden door een normale, Gauss-verdeling benaderd mogen worden. De frequentie-verdelingen, getekend op cumulatief normaal-waarschijnlijkheidspapier (Model Techn.Botanie) bleken overtuigend te zijn voor de aanname, dat we inderdaad met normale verdelingen te doen hebben (zie bijlage 2).

Buigproeven balkjes

Om na te gaan of de verschillen tussen de stempels, waaruit de balkjes zijn aangemaakt, voor de gemeten grootheden reëel zijn, werd een variantie-analyse toegepast, waarbij bleek, dat voor het vol.gewicht, de spanning bij prop.- en breukgrens, de doorbuiging bij de prop.grens en de arbeid (tót en ná de breuk) géén significante verschillen tussen stempels aantoonbaar waren, in tegenstelling tot de grootheden doorbuiging bij breuk, "sécurité visible" en "sécurité de nerf principale", waarbij dit wél het geval was. Dit laatste was ook het geval voor de elasticiteitsmodulus met de restrictie, dat de

verdeling per stempel, niet als normaal mag worden beschouwd, hetgeen impliceert, dat de hiervoor berekende standaardafwijking voorzichtig geïnterpreteerd dient te worden.

Het volgende tabelletje laat dit zien (onderzocht werden 56 balkjes uit 17 stempels):

TABEL 1

variabele		gem.	S ^{binnen} stempels	S ^{tussen} stempels	S ^{totaal}	
					absoluut	in %
vol.gew.15% ¹⁾	g/cm ³	0,54	-	-	0,07	13
spann.prop.grens	kg/cm ²	365	-	-	93,3	25
spanning bij breuk	kg/cm ²	643	-	-	125,8	20
doorb.prop.grens	cm	0,18	-	-	0,07	41
doorb.bij breuk	cm	0,75	0,101	0,096	0,14	19
arbeid tot breuk	mkg/dm ³	8,45	-	-	1,88	22
arbeid na breuk	mkg/dm ³	5,97	-	-	1,99	33
elasticiteitsmod.	1000kg/cm ²	95,8	34,0	18,3	38,6	40
séc.visible	mm	0,4	1,00	0,8	1,3	-
séc.nerf princ.	mm	5,2	0,95	1,1	1,4	27

¹⁾ Het vol.gew.15% is omgerekend van gemiddeld vochtgehalte 41,9% naar 15% met de formule aangegeven onder V, en moet daarom met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Buigproeven stempels

Voor de stempels geldt het volgende tabelletje:

TABEL 2

		gemiddelde	standaardafwijking	
			absoluut	in %
vol.gew.15% ¹⁾	g/cm ³	0,53	0,04	8
spanning bij breuk	kg/cm ²	462	64	14
séc.visible	mm	-1,1	7,7	-
séc.nerf princ.	mm	11,4	2,6	22,7

¹⁾ Zie onder tabel 1, nu van 49,6% naar 15%.

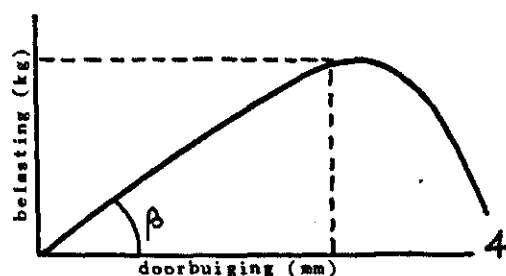
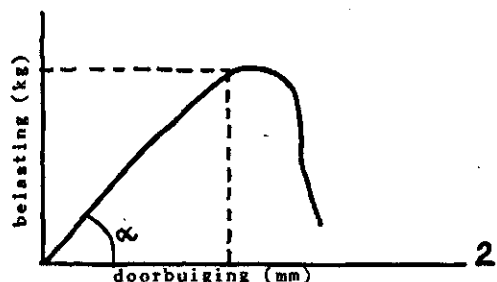
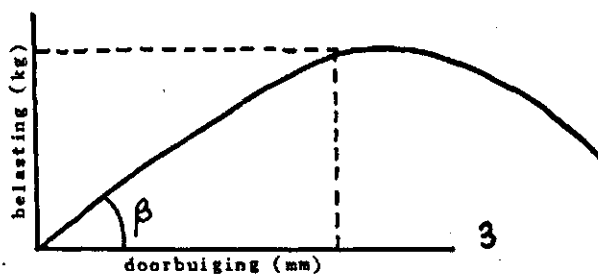
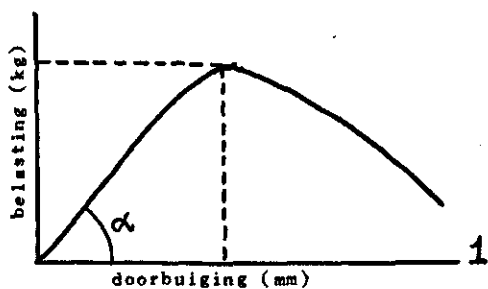
Er werden 32 stempels onderzocht, waarvan er 2 niet opgenomen werden in de berekeningen, omdat ze voor de Amsler-machine te sterk waren.

Uit deze tabellen blijkt reeds duidelijk, dat voor het mierenhout, evenals dat bij andere houtsoorten gevonden werd, niet bepaalde, vaststaande absolute cijfers gegeven kunnen worden door de grote spreiding inhaerent aan het materiaal.

Van belang voor de mijnbouw zijn de grootheden "sécurité visible" en "sécurité de nerf principale". Deze, door de Franse onderzoekers de RAUCOURT en VENET, ingevoerde termen geven resp. de opgenomen arbeid vanaf het punt, waar de doorbuiging 3% van de inspanlengte bedraagt tot de breuk (J.VENET neemt aan, dat een doorbuiging groter dan 3% van de

inspanlengte gemiddeld zichtbaar is) en de arbeid, door het hout opgenomen na de breuk tot het punt, waar de belasting de helft van de breukbelasting bedraagt (VENET), weer.

De "séc.vis." vormt het zichtbare waarschuwend vermogen. Door deze grootheden niet als arbeid (dus als oppervlakten) op te vatten, maar als de lengten corresponderend met de abscis van hun oppervlakten in het arbeidsdiagram, karakteriseert de "sécurité visible" de soepelheid en de "sécurité de nef principale" de taaiheid. Men kan dan in dit verband theoretisch de volgende 4 gevallen onderscheiden:

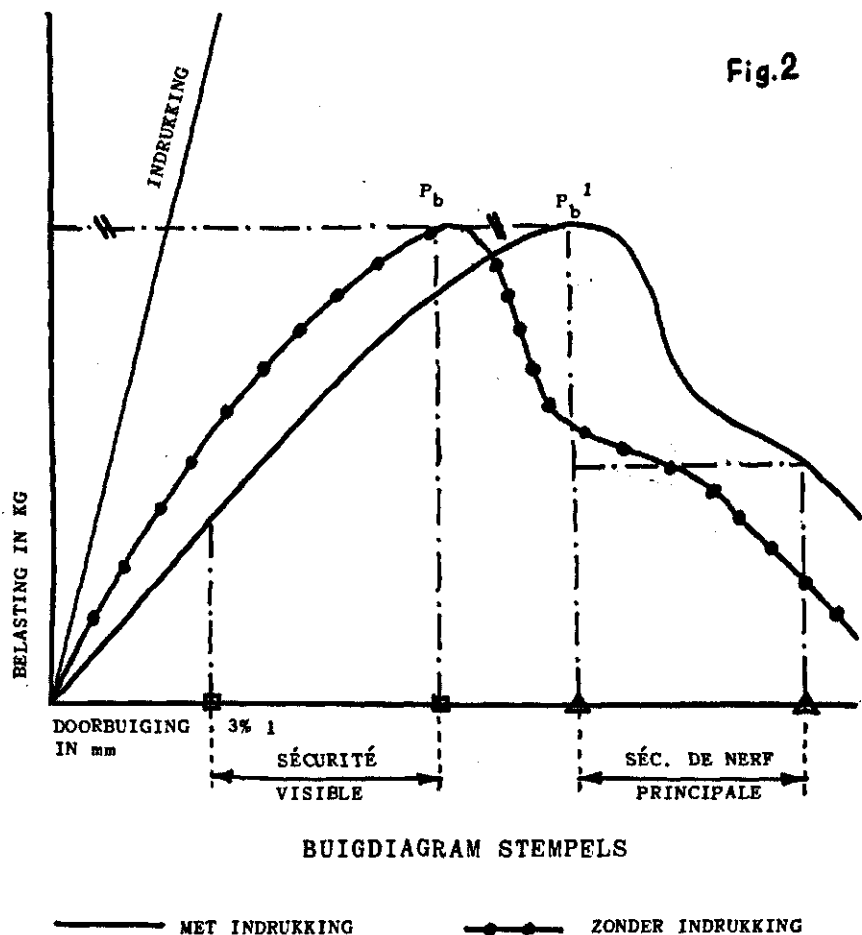


- Geval 1: taai, niet soepel (stijf)
 " 2: niet taai (bros), niet soepel (stijf)
 " 3: taai, soepel.
 " 4: niet taai (bros), soepel.

Voor mijnhout zal dan geval 3, het gunstigst zijn, mits deze twee gunstige eigenschappen gecombineerd zijn met een voldoende grote weerstand bij de maximale belasting. Theoretisch moeten deze begrippen weerstand, en taaiheid en soepelheid scherp gescheiden worden, immers deze weerstand is een grootte, uitgedrukt in krachtseenheden (kg), daarentegen worden de taaiheid en soepelheid uitgedrukt als een doorbuiging, dus in lengteenheden (mm).

Uit de gegeven tabellen (1 en 2) blijkt, dat beide sécurité's zeer gering zijn, bij de stempels is zelfs de gem. séc. vis. negatief, hetgeen betekent, dat een waarschuwend doorbuiging vóór de breuk niet zichtbaar is (DRUYFF vond bij Jap.lariks ook een aantal balkjes met een negatieve séc. vis.; vermoedelijk een gevolg van het ontbreken van de buitenste (sterkere en taaiere!) jaarringen).

Het onderzochte mierenhout bezit relatief een kleine reserve na de breukbelasting, zal dus niet taai zijn. Dit wordt verder bevestigd door het breuktype, dat, zowel bij de buigproeven als bij de slagproeven, en de drukproeven van het Centraal Proefstation, een zeer korte, over het geheel broze breuk, laat zien.



Slagproeven

Fig. 2

Ook bij deze proef (173 balkjes uit 20 stempels) viel de totaal-spreiding uiteen in twee componenten, n.l. die binnen eenzelfde boom en die tussen bomen onderling.

De grotere spreiding binnen bomen dan tussen bomen wordt veroorzaakt door het grote verschil tussen hartbalkjes en buitenbalkjes (de laatste zijn aanmerkelijk sterker).

Het vol.gewicht (0,58) werd apart van luchtdroog materiaal xylometrisch bepaald, waarna omrekening op 15% vochtgehalte ($\frac{1}{2}\%$ per 1% vochtverandering) volgde.

TABEL 3

gem. opgen. arbeid mkg / dm ³	s _{tussen bomen}	s _{binnen bomen}	s _{totaal}	
			absoluut	in %
18,8	2,9	5,3	6,0	32

Drukproeven evenwijdig aan de vezelrichting.

Deze drukproeven vallen uiteen in drukproeven op stempestukken van 25 cm lengte en 2 series z.g. uitvezelingsproeven op aangepunte stempestukken. Voor de drukproeven werd gevonden:

TABEL 4

breuklast in kg			drukvastheid in kg/cm ²		
gem.	absol. stand. afw. (s)	s in %	gem.	absol. stand. afw. (s)	s in %
19940	2559	13	254	40,1	16

Bij de uitvezelingsproeven werd nagegaan d.m.v. de t-toets of de verschillen tussen de 2 series (A: met ondervlakje 2,5 x 2,5 cm²; B: met ondervlakje 1 x 1 cm²) significant waren, hetgeen niet het geval bleek te zijn.

Daar van het uitgevezelde c.g. opgespleten (zie hieronder) gedeelte der proefstukken uiteraard geen diameter was vast te stellen, kon de drukvastheid (kg/cm²) niet bepaald worden, zodat genoeg genomen moest worden met de berekening van de gemiddelde breuklast en de standaardafwijking ten opzichte daarvan.

Opmerkelijk was de vrijwel volledige afwezigheid van uitvezeling, in plaats daarvan trad een a.h.w. telescopische indringing van de punt op, waarvan 2-4 zijde splijting van het proefstuk het gevolg was.

TABEL 5

	gem. breuklast kg	absol. stand. afw. (s) kg	s in %
serie A (ondervl. 2,5 x 2,5 cm ²)	7597	1520	20
serie B (ondervl. 1 x 1 cm ²)	8247	1408	17

Hieruit (Tab. 4 en 5) volgt, dat bij het onderzochte mierenhout de totale weerstand tegen drukbelasting van niet-aangepunte stempels meer dan 2x zo groot is als van aangepunte stempels hetgeen door de splijting (zie boven) veroorzaakt wordt.

Volumegewicht

De xylometer-proeven met 30 luchtdroge stempelstukken gaven de volgende waarden:

TABEL 6

gem. vol. gew. 15%	absol. stand. afw. (s)	s in %
0,55	0,045	8
g/cm ³	g/cm ³	

Er werd geen significant verschil tussen stempels gevonden.

VII. VERGELIJKING MET ANDERE (MIJNHOUT) ONDERZOEKINGEN

In 1954 werd eveneens fysisch -technisch onderzoek van mierenhout verricht door de afd. Bosexploitatie. Destijds is hiervoor luchtdroog mierenhout gebruikt, waardoor de sterkte-waarden, vergeleken met onze cijfers, hoger zullen zijn over het algemeen.

De proefstukken werden toen aangemaakt uit stamklossen waarvan de gemiddelde diameter 31 cm bedroeg; deze proefstukken bevatten dus relatief meer hout van buiten het hart. De volume-gewichtbepalingen wijzen hier ook op, daar de stempels van ons onderzoek gemiddeld aanmerkelijk lichter waren. Dit, gecorreleerd met de conclusie van het rapport, Volume-gewichten, waarin het hart lichter en zwakker is bevonden, verklaart de gevonden lagere volume-gewichten en de lagere sterkte-cijfers. Ook het verschil in volume-gewicht tussen de buigstempels en de

buigbalkjes is hierdoor te verklaren (hoofdzakelijk balkjes buiten het hart waren bruikbaar).

De absolute cijfers verkregen uit ons onderzoek zijn voor de praktijk zonder waarde als men niet weet van welke orde van grootte de optredende krachten zijn, waaraan het hout wordt blootgesteld. Daarom is naar een maatstaf gezocht, die bij de Nederlandse mijnen gebruikt wordt. Deze is tendele gevonden in het grovedennemijnhoutonderzoek, dat in 1939 in de Staatsmijn Emma verricht is. Gegevens, verkregen uit een groots opgezette drukproef op stempels van courante mijnhoutafmetingen werden ons, door de vriendelijke bemiddeling van het Centraal Proefstation voor de Staatsmijnen te Treebeek, verstrekt.

De zeer grote hoeveelheid materiaal (meerdere wagonladings grovedennemijnhout van binnen- en buitenlandse herkomst) werd met een 60 t-oliepers beproefd bij een vochtgehalte, dat vermoedelijk lag tussen het imbibitiemaximum en het luchtdroge vochtgehalte.

Men leidde uit de gegevens van het onderzoek van dit hele materiaal de volgende formule af voor het gemiddeld draagvermogen per stijl:

$$246 - (6,88q) \quad (\text{kg/cm}^2), \text{ waarin}$$

$$q = \frac{\text{lengte (in cm)}}{\text{diameter (in cm)}}$$

Deze empirische formule geldt strikt genomen alleen voor dit onderzochte grovedennemateriaal onder de, ten tijde van de proefnemingen, optredende omstandigheden.

Omdat de formule afgeleid werd als een gemiddelde uit een dergelijke grote hoeveelheid materiaal, zal dit gemiddelde een voldoende zuivere schatting zijn, dus voor ons een bruikbare maatstaf.

Berekenen we nu de gemiddelde stempellengte en de gemiddelde diameter voor dat materiaal, dan vinden we resp. $l = 104$ cm en $d = 12,5$ cm, zodat

$$q = \frac{104}{12,5} = 8,3, \text{ dit gesubstitueerd in de}$$

hierboven gegeven formule geeft:

$246 - (6,88 \cdot 8,3) = 190 \text{ kg/cm}^2$, of
voor het totale draagvermogen van die gemiddelde grovedennemijnstempel:

$$190 \frac{1}{4} \pi (12,5)^2 = \text{ca } 23 \text{ ton}$$

In het uiterste geval, waarin de weerstand van de stempel nog niet volledig bepaald wordt door zijn drukvastheid (WANGAARD), waarbij dus l/d nog juist kleiner is dan 11, vinden we, door substitutie, als gemiddeld draagvermogen een waarde, die groter dan 170 kg/cm^2 moet zijn.

De kleinste beproefde afmetingen bedroegen destijds 50×8 cm met een totaal draagvermogen van 10,2 ton. Een berekening maakt duidelijk, dat hierbij van een overmaat aan veiligheid sprake kan zijn, aangezien l/d juist kleiner dan 11, een diameter van 5 cm geeft met een totaal draagvermogen van ca. 3,5 ton. Ook dan nog voldoet het hout van deze afmetingen

aan de gestelde eisen, t.w. $l/d < 11$ en gemiddeld draagvermogen $> 170 \text{ kg/cm}^2$.

Men heeft hierbij dus een teveel aan weerstand van bijna 7 ton, hetgeen alleen verantwoord is, wanneer zou blijken, dat hout van dunne afmetingen, dus over het algemeen van bomen van lagere leeftijd, praktisch niet voldoet aan de gestelde eisen (hout van jongere bomen is doorgaans zwakker dan hout van oudere bomen). Zou na proefneming in de praktijk met dunner hout (b.v. $50 \times 5 \text{ cm}$) met een i.h.a. lagere sterkte waarde blijken, dat de sterkte boven het toelaatbare minimum blijft, dan verdient het aanbeveling de aankoop van dit dunnere hout, met het oog op zijn lagere prijs in overweging te nemen.

De bruikbaarheid van de grote stempels hangt samen met hun gewicht. Aannemende, dat een stempel van 25 kg nog goed hanteerbaar is, krijgen we voor de groveden, bij een volumegewicht van ca. 0,60, een toelaatbaar volume van ca. 41670 cm^3 .

$$\text{Uit } \frac{1}{4} \pi d^2 = 41670 \quad (1) \text{ en}$$

$$l/d < 11 \quad (2) \quad \text{volgt:}$$

$$l = \frac{41670}{\frac{1}{4} \pi d^2}, \text{ dus } \frac{l}{d} = \frac{41670}{\frac{1}{4} \pi d^3} = < 11$$

Hieruit volgt dat $d^3 < 4825$, dus $d < 17 \text{ cm}$ en het middenvlak kleiner dan 227 cm^2 . Daar $l < 11d$, is $l < 190 \text{ cm}$. Het totale draagvermogen wordt dan: $227 \cdot 170 = \text{ca } 38 \text{ ton}$.

Het grovedennenmijnhout verschaft ons nu de volgende standaard (ervan uitgaand, dat $l/d < 11$, hetgeen meestal het geval bleek te zijn):

TABEL 7

	totale draagvermogen	
zeer kleine mijnhoutsortimenten ($50 \times 5 \text{ cm}$)	gemiddelde mijnhoutsortimenten ($100 \times 12 \text{ cm}$)	grote mijnhoutsortimenten ($190 \times 17 \text{ cm}$)
$> 35 \text{ ton}$	$> 21 \text{ ton}$	$> 38 \text{ ton}$

Omdat het totale draagvermogen (het draagvermogen per stempel) afhankelijk is van l/d , dus van de sortimenten, zal het aanbeveling verdienen in de praktijk een indeling te maken in sortiments-sterkteklassen van het standaardmateriaal, waarin alle gewenste sterkte eigenschappen dienen te worden ondergebracht, zodat eenvoudige vergelijking met andere houtsoorten mogelijk is.

Bij de beoordeling van het draagvermogen van stutten is het uiteraard gunstig wanneer dit hoog is, maar daarnaast dient men wel te bedenken, dat een sterke stut, die na zijn maximale belasting plotseling breekt, zoals dit bij mierenhout het geval is, voor de steunfunctie in de mijnen gevaar kan opleveren.

Uit bovenstaand tabelletje (7) in verband gebracht met onze cijfers (zie p.11), volgt, dat het mierenhout voldoet aan de eisen wat betreft zijn drukvastheid evenwijdig aan de vezelrichting.

BLAAK deed in 1950 mijnhoutonderzoek aan groveden, maar werkte helaas niet steeds onder dezelfde condities, zodat de waarden niet volkomen correct vergelijkbaar zijn. Ook het werk van KOLLMANN verschafte enige gegevens, samengevat in het volgende tabelletje:

TABEL 8

		GROVEDEN				MIERENHOUT	
		BLAAK 15% vocht		"KOLLMANN" b. imb. max.		boven imbibitie max.	
		gem.	abs. stand. afw.	gem.	abs. stand. afw.	gem.	abs. stand. afw.
breuksp. buigstempels	kg/cm ²	424	52,2	-		462	63,8
breuksp. buigbalkjes	kg/cm ²	665	99,4	460		643	125,8
slagvastheid	mkg/dm ³	11,46	6,30	16,7		18,8	6,0
relatieve '1) slagvastheid	mkg/dm ³	21,6	-	32,1		32,4	-
elast.mod.	kg/cm ²	-	-	106.000		95.800 ⁺	38.600
drukvastheid	kg/cm ²	271	52,0	250		254	40,1

'1) Hieronder verstaan we de gem. slagvasth. in mkg/dm³ gedeeld door het vol. gew. + Deze waarde is niet geheel betrouwbaar, zie hoofdstuk VI."

Bij vergelijking van deze cijfers dienen we, afgezien van de verschillen veroorzaakt door omrekening op 15% (BLAAK) (daardoor hogere waarden), te bedenken, dat de door KOLLMANN genoemde proefstukken niet speciaal uit mijnhout zijn aangemaakt. Waarschijnlijk is zelfs, dat er ouder sterk geselecteerd hout is gebruikt, daar hij zegt: "kleine fehlerfreie Proben mit geradem Faserverlauf", zodat deze waarden zeker niet minimaal zullen zijn.

Voor de beoordeling van deze 3 series waarnemingen moeten dus zowel de cijfers van BLAAK als van "KOLLMANN" als te gunstige waarden worden aangemerkt. We zien, dat het mierenhout over de gehele linie, uitgezonderd de elasticiteitsmodulus, gelijke of hogere waarden heeft dan de groveden. De vergelijking van de 2 sécurité's van het onderzoek van BLAAK en van ons is incorrect, omdat beide waardenseries betrokken zijn op hout, dat boven het imbibitiemaximum verkeerde.

TABEL 9

	GROVEDEN				MIERENHOUT			
	stempels		balkjes		stempels		balkjes	
séc. visible (mm)	4,7	9,0	1,4	2,8	-1,1	7,7	0,4	1,3
séc. de nerf princ. (mm)	-	-	3,8	3,5	11,4	2,6	5,2	1,4
	gem.	absol. stand. afw.	gem.	absol. stand. afw.	gem.	absol. stand. afw.	gem.	absol. stand. afw.

"1) In het rapport over de statische buigproeven wordt als gem. waarde van de elast. mod. voor hout afkomstig van dikkere stammen 132.000 kg/cm² vermeld.

Uit tabel 9 blijkt een veel grotere "sécurité visible" voor de groveden, terwijl bij de balkjes het mierenhout een grotere "sécurité de nerf principale" heeft.

Om een min of meer volledig beeld van de onderzochte houtsoort te verkrijgen is het van belang ook de opgetekende arbeidsdiagrammen te beoordelen en deze met elkaar te vergelijken. Doen we dit, dan blijkt het mierenhout een tendens te bezitten tot uitrekking van het arbeidsdiagram evenwijdig aan de ordinaat (sterkte), de groveden daarentegen evenwijdig aan de abscis (soepelheid en taaiheid).

M.a.w. het mierenhout is sterker, maar verbruikt zijn weerstand sneller dan het grovedennenhout. Hier komt bij dat op het moment van breken de maximale belasting bij mierenhout hoger is, zodat ook het mogelijke gevaar groter is.

Juist omdat het tijdselement een belangrijke rol in de mijnbouw speelt (mogelijkheid tot vervanging of bijplaatsing van stutten, eventueel het zich in veiligheid stellen door zich vóór de instorting snel te verwijderen) zal de praktijk uit moeten maken of de meerdere sterkte opweegt tegen de snellere afname van de weerstand.

VIII. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Mijnhout kan men naar zijn gebruik indelen in twee grote groepen, t.w. de ene groep zal moeten voldoen aan bepaalde eisen wat betreft de sterkte eigenschappen, verband houdend met zijn steunfunctie, de andere groep zal in de allereerste plaats door zijn lage prijs en veelsoortige gebruiksmogelijkheid niet op economische wijze door andere materialen vervangbaar zijn (de sterkte-eigenschappen zijn hierbij van minder belang). Het onderhavige mijnhoutonderzoek houdt zich slechts bezig met de eerste groep en stelt zich dan ten doel de drukvastheid, de buig - en slagvastheid van proefstukken te bepalen om zodoende een advies te kunnen geven aan de praktijk.

Het onderzochte mierenhout bleek ruim voldoende sterk te zijn, maar een tamelijk broze breuk te bezitten. Vergelijken met de taaiheidsindicatoren, zoals de "sécurité visible", de "séc. de nerf principale" en de relatieve slagvastheid, van het grovedennenhout, onderzocht en genoemd door BLAAK en KOLLMANN, blijkt het zichtbare waarschuwend vermogen van het mierenhout onvoldoende te zijn, terwijl de absolute reserve na de maximale belasting (breukbelasting) vermoedelijk groter is dan bij de groveden, doch sneller verbruikt zal zijn. Verder is zijn relatieve slagvastheid niet kleiner dan die van de groveden (vgl. KOLLMANN).

Resumerend komen we dan tot de volgende conclusie: Mierenhout zal o.h.a. sterker zijn dan grovedennenhout, maar deze, aanvankelijk, grotere weerstand zal na het bereiken van de maximale belasting i.h.a. sneller verbruikt zijn. Een gunstige menging van mierenhout en groveden in de ondersteuning zal de tekorten van beide kunnen aanvullen.

Blijkt uit dit onderzoek, dat het mierenhout, vergeleken met de mijnhoutstandaard der Nederlandse mijnen (het grovedennenhout) niet zonder meer afgekeurd mag worden, een proef in de mijnen zelf (waarbij dan een indeling in sortimentssterkteklassen van het standaardmateriaal als permanente maatstaf ontworpen dient worden) en een daarop volgende overweging van de mogelijkheid het mierenhout goedkoper te leveren als

het grovedennenhout, zullen het gebruik van mierenhout als mijnhout in de Nederlandse mijnen bepalen.

IX. LITERATUUR

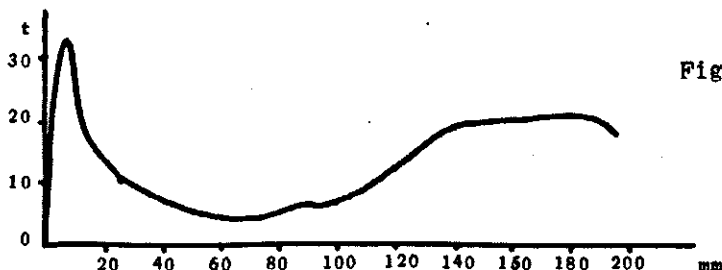
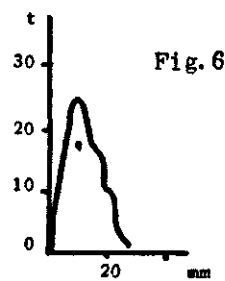
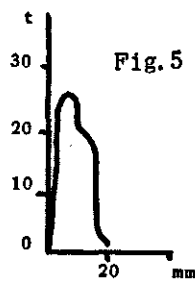
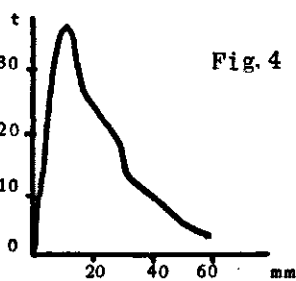
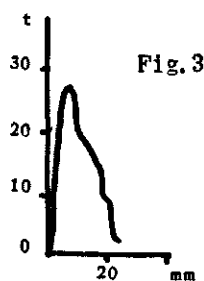
- ARMSTRONG, F.H. The strength of the home-grown timber pitprops. Forestry Vol. XXI. 1947.
- BLAAK, J.A. Scriptie over mijnhoutonderzoek aan groveden. 1950.
- DIXON, S.M. en Tests on timber pitprops. Safety in mines. M.A.HOGAN. Research board paper. 1931 no.72.
- DRUYFF, A.H. Scriptie over mijnhoutonderzoek aan Japanse lariks 1953.
- KOLLMANN, F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Erster Band., 1951 (Tafel V).
- LEKKERKERKER, C.F. Scriptie over mijnhoutonderzoek aan Amerikaanse eik. 1952.
- RAUCOURT, M de. Les essais des bois de mine. Rev. de l'industrie minerale 1935.
- VENET, J. Etude de la résistance mécanique des bois de mine 1951. Extrait des Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la station de Recherches et Expériences. (Tome XII - Fasc.2.-1951).
- WANGAARD, F.F. The mechanical properties of wood 1950.
- RAPPORTEN SURINAAMS HOUTONDERZOEK, Afd. Bosexploitatie, Landbouwhogeschool, Wageningen.

X. BIJLAGE 1.

Aan het interne rapport van RAETS over ons bezoek aan de Staatsmijn Emma, waarbij dus een vijftal stempels van mierenhout op drukbelasting evenwijdig aan de vezelrichting onderzocht werden, zijn de volgende grafieken ontleend.

Hierbij wordt een beeld gegeven van het weerstandsverloop (op de ordinaat is weergegeven de drukbelasting in tonnen, op de abscis de samendrukking in mm) van mierenhoutstempels (ca. 1,40 m lang en met ca. 15 cm middendiameter) bij een constant toenemende, evenwijdig aan de vezelrichting aangrijpende, drukbelasting, geleverd door een 60-tons oliepers.

Het bijzondere beeld van de stempel in fig.7. werd veroorzaakt door een zijdelings uitwijken van de stempelbasis, waardoor een zekere vezeling optrad en de weerstand weer toe kon nemen.



Onderwerp: Mijnhoutonderzoek Mierenhout

Buigproeven Mierenhout

Datum:
Verricht door:
Duplo/Controle:
Berekening no:

Stempels. Volumegewicht in g/cm³

Volume gewicht 15/vocht	Aantal	Cumul. aantal.	Cumul. pers.
0.46	1	1	3,2
0.47	1	2	6,5
0.48	2	4	12,9
0.49	1	5	16,1
0.50	5	10	32,3
0.51	1	11	35,5
0.52	5	16	51,6
0.53	1	17	54,8
0.54	3	20	64,5
0.55	2	22	71,0
0.56	1	23	74,2
0.57	1	24	77,4
0.58	1	25	80,6
0.59	2	27	87,1
0.60	1	28	90,3
0.61	2	30	96,8

→ Vol. gewicht

