

Landbouwhogeschool-Wageningen  
CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

METHODENSTUDIES VAN DE HOUTOOGST IN DUNNINGEN VAN  
PINUS CARIBAEA MORELET  
(onderzoekproject no. 70/8)

Vellings- en opwerkingsgereedschap

N.A. Leek

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

mei 1970

## I N H O U D

	Blz.
1. <u>Samenvatting</u> . . . . .	5
2. <u>Voorwoord</u> . . . . .	5
3. <u>Inleiding</u> . . . . .	6
4. <u>Uitvoering</u> . . . . .	6
5. <u>Resultaten</u> . . . . .	11
6. <u>Wiskundige verwerking</u> . . . . .	15
7. <u>Literatuur</u> . . . . .	16
Bijlage 1 Kostenberekening per boom voor . de velbijnl . . . . .	26
" 2 Kostenberekening per boom voor . de handzagen . . . . .	27
" 3 Kostenberekening per boom voor . de motorzaag . . . . .	28

## 1. SAMENVATTING

In een 6-jarige opstand van *Pinus caribaea* Morelet in de houtvesterij Blakawatra van de Dienst 's Lands Bosbeheer is een methodenstudie verricht van dunningsarbeid.

Het vooronderzoek resulteerde in het toepassen van drie werkmethoden, t.w.:

1. vellen en opwerken met de velbijl (3 pond);
2. vellen met de Jirizaag (60 cm) en opwerken met de 1-mans beugelzaag (Sandvik 51, 70 cm);
3. vellen en opwerken met de lichte motorzaag (Dolmar CA, 3,6 DIN pk, 8,5 kg).

Het werk werd uitgevoerd in 1-manswerk; vellen, onttakken en korten in meterstukken werden achtereenvolgens per boom uitgevoerd. De arbeiders hadden geen ervaring met het dunningswerk en ook niet met de handzagen. In het vooronderzoek is instructie gegeven.

Van de drie genoemde werkmethoden is een tijdstudie gemaakt, waarbij geen prestatieschatting is opgenomen. De prestaties van alle arbeiders verschilden echter weinig van elkaar. De algemene tijden bedroegen 20% voor methoden 1 en 2 (onderhoud, gereedschap, persoonlijke verzorging en rust, storingen en diversen) en 25% voor methode 3 (bovengenoemde elementen, plus technische storingen van de motorzaag).

Voor iedere diameterklasse (bijv. klasse 8: 8,0-8,9 cm) is de normtijd (d.i. normaal tijd + algemene tijden) per boom bepaald. De motorzaag werkt beduidend sneller dan het handgereedschap bij diameters groter dan 11 cm. Onder de 11 cm is de bijl het snelste.

De kosten (inclusief overhead) van een arbeider bedragen Sf. 13,50 per dag. Kosten voor de motorzaag zijn berekend op Sf. 3,- per bedrijfsuur, terwijl de kosten van het handgereedschap zijn verwaarloosd.

Met de normtijden per boom is per diameterklasse een kostenberekening uitgevoerd, waaruit blijkt dat de motorzaag het voordeligste werkt bij diameters groter dan 15 cm. Onder de 15 cm werkt de bijl goedkoper.

## 2. VOORWOORD

Het vooronderzoek is uitgevoerd van 25 t/m 27 februari, de tijdstudie in de periode 10 maart - 16 april 1970. Het onderzoek is geschied in samenwerking met de Dienst 's Lands Bosbeheer (LBB).

### 3. INLEIDING

Om een beter inzicht te verkrijgen omtrent de beste methode van dunnen en de kosten daarvan in het zich sterk uitbreidende Pinusareaal in Suriname, is een methodenstudie verricht van dunningsarbeid in een opstand van Pinus caribaea Morelet in de houtvesterij Blakawatra van LBB.

In de huidige situatie wordt het dunningswerk met de velbijl verricht door derden, in opdracht van de firma Bruynzeel, die het hout gebruikt voor spaanplaat-fabricage.

Aan het eigenlijke onderzoek is een vooronderzoek voorafgegaan, dat bestond uit het testen van gereedschappen, het zoeken naar de beste werkmethode en het instrueren van de arbeiders.

Het eigenlijke onderzoek behelsde een kostenonderzoek, waarvoor een tijdstudie is verricht van respectievelijk de velbijl, handzagen (Jirizaag en l-mans beugelzaag) en de lichte motorzaag bij het vellen en opwerken (onttakken en korten in meterstukken) in een eerste dunning van een 6-jarige P. caribaea-opstand. Ook is onderzoek gedaan naar het houtverlies, om na te gaan of dit van invloed is op de keuze van de meest doelmatige werkmethode, en het meest geschikte gereedschap om te onttakken, t.w. de velbijl, de snoeibijl en de houwer.

### 4. UITVOERING

De tijdopnamen voor deze studie zijn verricht in vak 22a te Blakawatra. De rillen lopen evenwijdig aan de plantrichting en liggen op een onderlinge afstand van 50 m. Bomen in de rillen zijn niet opgenomen.

#### Opstandgegevens:

houtsoort : Pinus caribaea Morelet

plantverband: 3 x 3 m

plantdatum : febr. 1964

betakking werkhout tot topdiameter dbh takdikte: aantal  
van 7,5 cm (gemiddelden voor in cm spreiding  
twee uiteenliggende dbh's) : in cm takken

10	0,7-2,5	15
22	1 -4,5	30

gemiddelde diameter op borst-  
hoogte (dbh) en aantal der  
gevelde bomen :

	<u>dbh</u>	<u>aantal</u>
voor de bijl	15,5 cm	83
" " handzaag	15,7 cm	89
" " motorzaag	16,0 cm	189

gemiddelde hoogte der gevelde  
bomen ')

: 13,2 m (zie grafiek 8)

') steeds betrokken op boom van dbh = 16 cm

gemiddelde werkhoutlengte ')	:	7½ m (zie grafiek 8)
gemiddelde aantal meter- stukken per boom ')	:	7½ (exclusief gevorkte exemplaren; zie grafiek 8)
terreingesteldheid	:	vlak
ondergroei	:	voor het bleszen gekapt
dunningspercentage	:	± 50
percentage vorken der gevelde bomen	:	15,2

Bij het vooronderzoek zijn getest: velbijl, snoei-  
bijl, houwer, Jirizaag, l-mans beugelzaag en de lichte  
motorzaag.

Vanwege de uitbundige harsvlcei die optreedt bij  
het vellen en korten van *Pinus caribaea*, had de mening  
postgevat, dat het gebruik van handzagen niet mogelijk  
was. In het vooronderzoek bleek ook dat de handzagen,  
vooral de Jirizaag, vastliepen in de hars, die uit de  
zaagsneden vloeide. Maar de vervuiling en het vast-  
lopen van de zagen bleek voorkomen te kunnen worden  
door na iedere boom (en eventueel tijdens het zagen)  
de zaagbladen met een mengsel van petroleum en olie  
te bestrijken.

De arbeiders zijn tijdens het vooronderzoek ge-  
instrueerd in het gebruik van de handzagen en in de  
drie toe te passen werkmethoden.

#### Arbeiders en gereedschap

Gegevens hieromtrent worden verdeeld in 3 groepen,  
naar gelang het gereedschap dat de arbeiders gebruikt  
hebben.

Groep I	arbeiders	leeftijd	indiensttreding LBB
	Joes	27	1964
	Taloon	34	1969
	Antonius	25	1965

gereedschap: bijl (+ vijl); merk: Collins  
gewicht: 1500 gr  
steellengte: 90 cm

houtsoort en vorm steel: manbarklak, recht

#### Groep II

Akinda	23	1960
I. Ebicilio	20	1970

gereedschap: Jirizaag; lengte zaagblad: 60 cm  
l-mans beugelzaag; lengte zaagblad: 76 cm  
merk zaagblad: Sandvik 51

houwer (+ vijl)

zakwigje

blik met 1 liter petroleum + ¼ l smeerolie  
+ kwast

' ) steeds betrokken op boom van dbh = 16 cm

Groep III

R. Biswane	24	1960
H. Biswane	19	1970

gereedschap: motorzaag Dolmar CA; lengte zaagblad: 45 cm  
gewicht: 8,5 kg  
snoeibijl (+ vijl); merk: David Dominicus  
gewicht: 1000 gr  
steellengte: 70 cm, recht  
1 tank gasoline, inhoud 6 l  
1 fles olie HD 30, inhoud 4 l  
1 extra ketting

Werkmethode:

Het dunningswerk werd gedaan in 1-manswerk. Bij de tijdopname was de arbeidsorganisatie zo, dat vellen, onttakken en korten in meterstukken per boom direct afgewerkt werden, voordat aan de volgende boom werd begonnen. Het onttakken houdt ook in dat lianen in de geveldde bomen worden verwijderd en dat soms takken van reeds geveldde exemplaren moeten worden opgeruimd.

Van de volgende 3 werkmethoden (voortgekomen uit het vooronderzoek) zijn tijden opgenomen:

1. Alle werkzaamheden zijn uitgevoerd met de velbijl. Hiermee hebben de arbeiders de meeste ervaring.
2. Het vellen werd uitgevoerd met de Jirizaag en het korten met de 1-mans beugelzaag. In verband met de grote hoeveelheid hars in *Pinus caribaea* werd na iedere boom het zaagblad van beide handzagen schoongemaakt met een mengsel van petroleum en smeerolie (4 : 1).

Bij het klemmen van de Jirizaag tijdens het vellen, werd het zaagblad eveneens met het mengsel ingesmeerd, waardoor de zaag duidelijk beter liep. Verder werd de houwer gebruikt bij het voorbereidend vellen (schoonmaken van de stamvoet) en het onttakken. Ook werd bij eventueel klemmen van de zaag een zakwigje achter het zaagblad in de snede geslagen. De twee arbeiders die dit werk uitvoerden hadden nog nooit met de handzagen gewerkt. Aan de opname is een instructie voorafgegaan.

3. Het vellen en korten werd uitgevoerd met de lichte motorzaag. Voorbereidend vellen en onttakken met een snoeibijl.

De twee motorzagers hadden drie maanden ervaring opgedaan met een zwaardere motorzaag (Stihl 070) bij een kaalkapexploitatie. Voor het onderhoud van de Dolmar CA hadden zij instructie gekregen van LBB.

Met de arbeidsmethode bij een dunning had geen van de arbeiders enige ervaring. De indruk was, dat het in de juiste richting vellen het beste werd beheerst bij het werken met de velbijl, vervolgens met de motorzaag en tenslotte met de Jirizaag. Dit wordt bevestigd door het percentage bomen, dat na het vellen is blijven hangen in andere bomen of lianen. Voor de bijl bedraagt het 16%, voor de motorzaag 31,7% en voor de Jirizaag 39,3%. Bij de laatste twee methoden is het belangrijk

om de velrichting goed in de hand te hebben, opdat de bomen vallen over reeds liggende stammen ("werk-vloer"). Zodoende kan makkelijker gewerkt worden met de zaag. Bovendien wordt de zaag minder snel stomp, daar het contact met de grond wordt vermeden. Het vellen in de juiste richting wordt vaak bemoeilijkt door aanwezige lianen.

Bij het korten werd gebruik gemaakt van een meter-stokje, wat bij meer ervaring overbodig wordt.

Aan de sortimenten (blokken) werd als eis gesteld:

- topdiameter minimaal 7,5 cm
- lengte blokken 1 m.

### Opname-methodiek

Bij de tijdopnamen is gebruik gemaakt van de nul-stopmethode, waarbij de wijzer van het stophorloge na elk element steeds op nul terugspringt en waarbij direkt de tijd voor elk arbeidsonderdeel is af te lezen.

Het gewone stophorloge, waarmee hier gewerkt is, belemmert het werken bij het opnemen van opeenvolgende elementen. Tijdens het voortschrijden van het volgende element moet men nl. de wijzer laten terugspringen en weer op gang brengen door 2x in te drukken, hetgeen de aandacht van het werk afleidt en een zekere tijd kost, die de nauwkeurigheid der waarneming vermindert. Uit steekproeven, genomen gedurende de tijdstudies, bleek dit bijna 2 sec. per element (3 keer indrukken plus aflezen) te zijn.

Eén tijdwaarnemer werkte met twee gewone stophorloges en nam daarmee twee arbeiders gelijktijdig op.

Gemeten zijn de tijden van de volgende arbeidsonderdelen (elementen):

- a. lopen;
- b. voorbereidend vellen;
- c. vellen;
- d. ten val brengen;
- e. onttakken;
- f. korten.

ad a. De tijd nodig om na het beëindigen van de laatste snede bij het korten het gereedschap te verzamelen en naar de volgende boom te lopen.

Eindigt bij het neerleggen van het gereedschap.

ad b. Vrijmaken van de stamvoet en het beoordelen van de velrichting, wat bij het gebruik van de Jirizaag en motorzaag uitgebreid wordt met het schoonmaken van de stamvoet. Het voorbereidend vellen eindigt, zodra de arbeider begint te zagen of te kappen.

ad c. Tijd nodig om de boom te vellen, loopt van het inbrengen van zaag of bijl tot het moment, waarop de boom valt. Het blijven hangen van de boom, tenzij korter dan 5 sec., is niet in de veltijd opgenomen.

- ad d. Wanneer na het vellen de boom langer dan 5 sec. blijft hangen in een andere boom of in lianen is dit apart in beschouwing genomen. De tijd nodig om de boom vanuit de hangende positie op de grond te krijgen wordt ten val brengen of hangtijd genoemd.
- ad e. De tijd gaat in op het tijdstip dat de boom op de grond valt en eindigt bij het pakken van het meterstokje.
- ad f. Loopt van het pakken van het meterstokje tot de laatste snede voltooid is.

De hierboven gedefinieerde arbeidsonderdelen zijn opgenomen van:

bijl	83 bomen
handzagen	89 bomen
motorzaag	<u>189 bomen</u>
totaal	<u>361 bomen</u>

Behalve de waargenomen tijden per arbeidsonderdeel werden ook per boom genoteerd: diameter borsthoogte (dbh), het aantal meterstukken en de voorkomende vorken.

Verder zijn van 122 exemplaren, verspreid over de diameterklassen, de hoogten met de Blume Leisz bepaald voor de diameterhoogtekromme. Van 41 bomen is de spreiding in takdikte en het aantal gesnoeide takken opgenomen (zie opstandgegevens). Ook is het houtverlies voor de drie toegepaste methoden nagegaan. Dat voor de handzagen en de motorzaag is geschat a.d.h. van de dikte der zaagsnede. Dat van de bijl is bepaald. Hiertoe zijn de hoogten van de staande stamvoetjes gemeten, houtverliezen (chips) verzameld en gewogen, het vers volumegewicht en de inhoud van de betreffende bomen bepaald om de grammen houtverlies in procenten van het totale boomvolume te kunnen uitdrukken.

### Prestatieschatting

Hiervoor is zeer veel ervaring nodig, die de tijdwaarnemer niet bezat. Van ieder arbeidsonderdeel per boom zou een schatting van de prestatie moeten worden gemaakt. Wel is getracht van een paar arbeiders een schatting te geven, maar deze is niet in de verwerking opgenomen vanwege de grote onbetrouwbaarheid. Door de permanente aanwezigheid van de tijdwaarnemer bij het werk lagen de prestaties voor alle arbeiders redelijk en verschilden weinig van elkaar, zodat zonder prestatieschatting de methoden redelijk goed vergelijkbaar waren.



## 5. RESULTATEN

### Normaaltijden

De tijden voor het vellen, onttakken en korten zijn afhankelijk van de diameter. Tijden voor vellen en korten worden voor de bijl, handzagen en motorzaag weergegeven in de grafieken 1, 2 en 3. Tijden voor het lopen, voorbereidend vellen en ten val brengen (hangtijd) bleken onafhankelijk van de diameter te zijn en werden bepaald als een gemiddelde tijd per boom. Te zamen geven de bovengenoemde tijden de normaaltijd.

Het onttakken geschiedde bij de drie werkmethode op verschillende wijze, namelijk met de velbijl, de houwer en de snoeibijl. De gevonden tijden van deze drie manieren van onttakken zijn grafisch weergegeven in grafiek 4. Daar de verschillen niet duidelijk waren, zijn de drie grafieken gemiddeld. Zie grafiek 5.

De looptijden per werkmethode verschillen weinig van elkaar (tabel 1). De verwachting is, dat de looptijden bij de handzagen en de motorzaag, i.v.m. meer en zwaarder gereedschap, langer zouden zijn dan bij de bijl. Daar ze elkaar niet veel ontlopen, is een gemiddelde looptijd per boom aangenomen van 53 sec.

Tabel 1. Looptijden per werkmethode

werkmethode	waargenomen looptijden
bijl	55 sec.
handzagen	57 sec.
motorzaag	49 sec.

Wat betreft het voorbereidend vellen kan gezegd worden, dat dit bij de bijl beduidend minder tijd vraagt dan bij de handzagen en de motorzaag (tabel 2).

Tabel 2. Tijden voor het voorbereidend vellen per werkmethode

werkmethode	waargenomen voorbereidend vellen
bijl	37 sec.
handzagen	101 sec.
motorzaag	103 sec.

Bij het gebruik van zagen moet de stamvoet schoon-gemaakt worden om doelmatiger te kunnen werken en de zaag niet te snel bot te maken. Voor de handzagen en de motorzaag is de tijd voor het voorbereidend vellen gelijk gesteld aan 102 sec.

Het aantal hangende bomen is door de geringe ervaring van de arbeiders vrij aanzienlijk. Zie tabel 3.

Tabel 3. Hangtijden en aantallen hangende bomen per werkmethode \*)

werkmethode	hangtijd per boom	aantal hangende bomen als % van het totaal	hangtijd als % v.d. zuivere veltijd
bijl	18 sec.	24,1	16
handzagen	19 sec.	39,3	9,4
motorzaag	21 sec.	31,7	55,1

\*) niet opgenomen zijn bomen die korter dan 5 sec. hingen.

In iedere diameterklasse (bijv. klasse 8 : 8,0-8,9 cm) is de normaaltijd per boom bepaald. Deze is verkregen door optellen van de gemiddelde tijden voor lopen, voorbereidend vellen, ten val brengen en de gemiddelde tijden per diameterklasse voor vellen, korten (uit grafiek 1, 2 en 3) en onttakken (uit grafiek 5). Voor de berekening van de normaaltijden per boom; zie bijlage 1, 2 en 3.

#### Algemene tijden

Algemene tijden worden berekend als percentage van de normaaltijd. Voor het handgereedschap omvatten zij:

- onderhoud gereedschap,
  - persoonlijke verzorging en rust,
  - stortingen,
  - diversen (bijv. meterstokje maken, klemmen zaag).
- De algemene tijden bedroegen voor het handgereedschap gemiddeld 20% van de normaaltijd. Tussen de tijd gebruikt voor het veelvuldig oliën van de handzagen en de diameter is een verband gezocht; dit is niet gevonden.

Bij de motorzaag heeft men behalve de bovengenoemde algemene tijden, tevens:

- technische stortingen van de motorzaag.

Bij het onderhoud zit inbegrepen het halverwege de dag verwisselen van de ketting, doch niet het vijlen ervan en ook niet het dagelijks onderhoud (schoonmaken van de motor) na het werk. Tijden voor het afslaan en slecht starten van de motor werden bij het betrokken arbeidsonderdeel gerekend, als zij korter waren dan twee minuten. Waren deze tijden langer dan twee minuten, dan zijn ze tot storing van de motorzaag gerekend. Het klemmen van het zaagblad werd tot diversen gerekend. Het percentage algemene tijden bedroeg voor de motorzaag 20. Deze waarde is

in vergelijking met het handgereedschap te laag wegens te lage voorbereidings- en onderhoudstijden van de motorzaag, en is daarom gesteld op 25%.

In de literatuur (BOL en GERRITSEN, 1960; BOL, 1964) wordt een percentage algemene tijden aangehouden van 34,3 voor het handgereedschap bij dbh = 15,6 cm en voor de motorzaag van 41 bij dbh = 16 cm, inclusief tijden voor gebruikte schaft (2 x 15 min.), werkvoorbereiding en voor de motorzaag het dagelijks onderhoud. Breidt men de percentages algemene tijden, in deze studie gehanteerd (nl. resp. 20 en 25%), op dezelfde wijze uit als door bovengenoemde auteurs is gedaan, dan komen deze op resp. 30 en 37,5%. Deze waarden benaderen de geciteerde percentages.

### Normtijden

Als bij de normaaltijden het percentage algemene tijden wordt opgeteld, komt men aan de normtijd. Deze is ook per boom voor iedere diameterklasse bepaald (bijlage 1, 2 en 3, kolom 9).

### Kostenberekening

De kosten (inclusief overhead) van een arbeider bij LBB zijn gesteld op Sf. 13,50 per dag van 8 werkuren. Voor het handgereedschap bedroeg het aantal produktieve manuren  $7\frac{1}{4}$ , voor de motorzaag 7. Dit komt neer op 3,1 en 3,2 cent per produktieve minuut. De kosten van het handgereedschap per bedrijfsuur zijn dermate gering, dat deze niet in de kostenberekening zijn opgenomen.

#### Kostenberekening van de motorzaag Dolmar CA:

Aanschafwaarde	Sf. 300	(K)	
Residuwaarde	" -	(R)	
Afschrijvingswaarde	Sf. 300	(A)	
Afschrijvingsperiode in jaren		2	(j)
Aantal bedrijfsuren in de afschr. periode		400	(u)
Rentevoet voor afschrijving (incl.verzekering)		10%	(p)

#### Kostenberekening per bedrijfsuur:

vaste kosten:

1) Afschrijving	$\frac{300}{400}$	(A/u)	Sf. 0,75
2) Onderhoud + reparatie			" 1,50
3) Rente	$\frac{p}{100} \times \frac{1}{2} \times j \times (K + R)$		" 0,10

variabele kosten:

4) Brandstof 1,1 l x	Sf. 0,30	"	0,35
5) Smeerolie en vet		"	0,30
		totaal	Sf. 3,--

Dit bedrag van Sf. 3,- per draaiuur of 5 cent per draaiminut wordt door LBB redelijk geacht.

De arbeidskosten per methode zijn berekend door per diameterklasse de gevonden normtijden in manminuten te vermenigvuldigen met de kosten per productieve manminuut. Bij methode 3 zijn hierbij de kosten van de motorzaag opgeteld, t.w. de draai-minuten van de motorzaag (som tijden voor vallen en korten) vermenigvuldigt met de kosten per draai-minuut. Zie grafieken 6 en 7 en bijlagen 1, 2 en 3.

Wordt vanuit de middendiameter (bij motorzaag dbh = 16 cm) in de algemene tijden een verloop aangebracht van 2% op de 5 cm (zoals bij BOL, 1960), dan blijkt dit bijna geen invloed te hebben op het kostenverloop. Het is daarom ook niet opgenomen.

### Conclusies

Vergelijkt men in grafiek 6 de normtijden van de drie methoden dan blijkt dat de motorzaag bij diameters groter dan 11 cm beduidend sneller is dan de handzagen en de bijl. Bij diameters kleiner dan 11 cm werkt de bijl sneller dan de motorzaag. De handzagen zijn voor alle diameterklassen langzamer dan de bijl.

Bij het vergelijken van de kosten van de drie methoden in grafiek 7 blijkt, dat de motorzaag het voordeligste werkt bij diameters groter dan 15 cm. De bijl werkt het voordeligste bij diameters kleiner dan 15 cm. De handzagen blijken over het gehele diameterverloop duurder uit te vallen dan de bijl, maar werken voordeliger dan de motorzaag bij diameters kleiner dan 13 cm.

Per methode zijn de kosten berekend per 100 blokken. Hiervoor is het aantal bomen per diameterklasse vermenigvuldigt met de kosten voor vellen en opwerken per boom van die klasse. De kosten per diameterklasse gesommeerd geven de totale kosten. Het totaal aantal blokken is bekend, dus ook de kosten per 100 blokken (tabel 4).

Tabel 4. Kosten per 100 blokken

methode	gem. diameter	totale kosten	aantal blokken	kosten/100 blokken
bijl	15,5 cm	Sf. 45,40	586	Sf. 7,75
handzagen	15,7 cm	" 55,78	671	" 8,31
motorzaag	16,0 cm	" 95,76	1410	" 6,78

### Verliesbepaling

Het versvolume-gewicht ( $\pm 1,02 \text{ g/cm}^3$ ) is bepaald aan vier monsters van drie bomen. Met de bijl is het verlies voor vier bomen gewogen en via het volume-gewicht omgerekend naar volume-eenheden. Het volume van dit verlies is als percentage van het totale boom-volume uitgedrukt. Het verliespercentage met de bijl

kwam op circa 3,5%. Bij de handzagen bedroeg het minder dan 0,5% en bij de motorzaag minder dan 1%.

De gemiddelde hoogte van de stamvoeten van de gevelde bomen bedroeg voor de handzaag 7 cm, voor de motorzaag 8 cm en voor de bijl 9 cm.

Het verschil in verlies tussen bijl en motorzaag (circa 2,5%) geeft, als men dit percentage optelt bij de kosten van de bijl-methode, geen duidelijke veranderingen in grafiek 7.

## 6. WISKUNDIGE VERWERKING

Deze heeft alleen plaatsgevonden voor de resultaten van de motorzaag.

De relatie tussen de diameter op borsthoogte (dbh) en de tijd nodig voor het vellen, onttakken en korten (dus excl. tijden voor lopen, voorbereidend vellen, ten val brengen of hangen en algemene tijden) kan weergegeven worden door een tweede graadskromme. Deze kromme kan getransformeerd worden tot een rechte, nl. als men de tijden (y) uitzet tegen het kwadraat van de dbh (x). De berekening van deze rechte is hier uitgevoerd, omdat hij eenvoudiger uit te voeren is dan die van de kromme. Behalve de vergelijking voor deze lijn is de correlatie-coëfficiënt tussen y en x (r) berekend uit het produkt van de regressie coëfficiënt van y op x ( $b_{y,x}$ ) en die van x op y ( $b_{x,y}$ ). Deze geeft aan de mate van samenhang tussen x en y. Is de correlatie-coëfficiënt o,p, dan betekent dit dat p<sup>2</sup>% van de variantie van y veroorzaakt wordt door een lineaire regressie van y op x.

De algemene vergelijking van een rechte luidt:  $y = a + b x$ . De berekening van a en b geschiedt als volgt:

$$b = \frac{S x \cdot y - (Sx) (Sy)/n}{S x^2 - (Sx)^2/n} \quad (1)$$

(n is het aantal waarnemingen;  
S staat voor het sommatieteken)

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (2)$$

Vult men de gevonden waarden van x en y in (1) en (2) in, dan volgt hieruit de vergelijking:

$$y = 56 + 1,085 x$$

De berekening van de regressie- en de correlatie-coëfficiënten (resp. b en r) verloopt als volgt:

$$b_{x,y} = \frac{S_{xy} - \bar{x} S_y}{S_y^2 - \bar{y} S_y} \quad \text{Voor } b_{x,y} \text{ wordt gevonden: } 0,657$$

$$b_{y,x} = \frac{S_{xy} - \bar{x} S_y}{S_x^2 - \bar{x} S_x} \quad \text{Voor } b_{y,x} \text{ wordt gevonden: } 1,085$$

$$r^2 = b_{x,y} \cdot b_{y,x} = 0,714 \quad \text{dus } r = 0,84$$

De variantie van de regressie ( $S^2$ ) wordt berekend uit:

$$S^2 = \frac{(1 - r^2) S_y^2 - \bar{y} S_y}{n - 2} = 10103$$

en dus  $s = 101$

De standaardafwijking van de regressie-coëfficiënt van  $y$  op  $x$ , nl.  $s(b_{y,x})$ , wordt berekend uit:

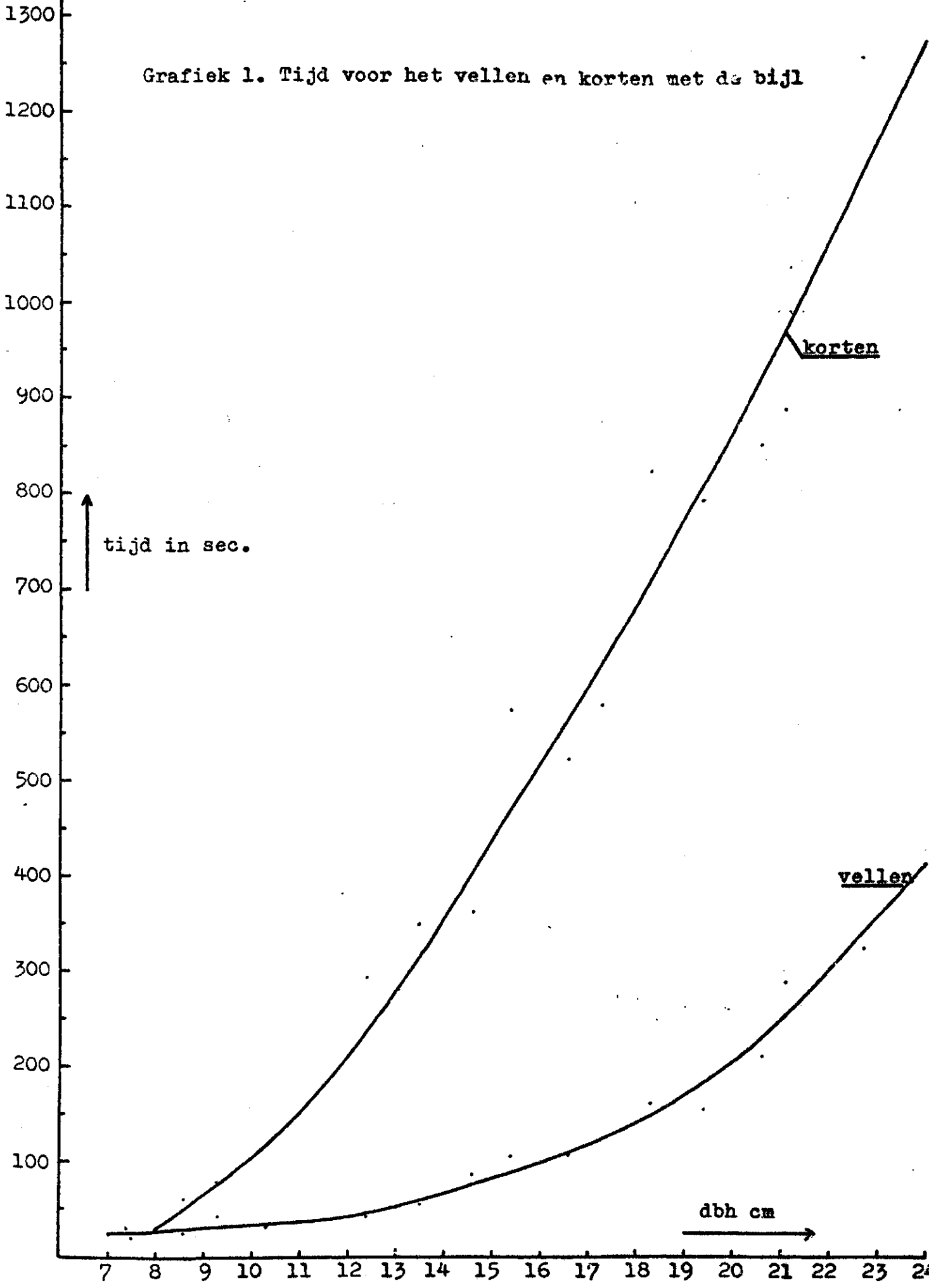
$$s^2(b_{y,x}) = S_{y,x}^2 / (S_x^2 - \bar{x} S_x) = 0,0266$$

dus  $s(b_{y,x}) = 0,052$

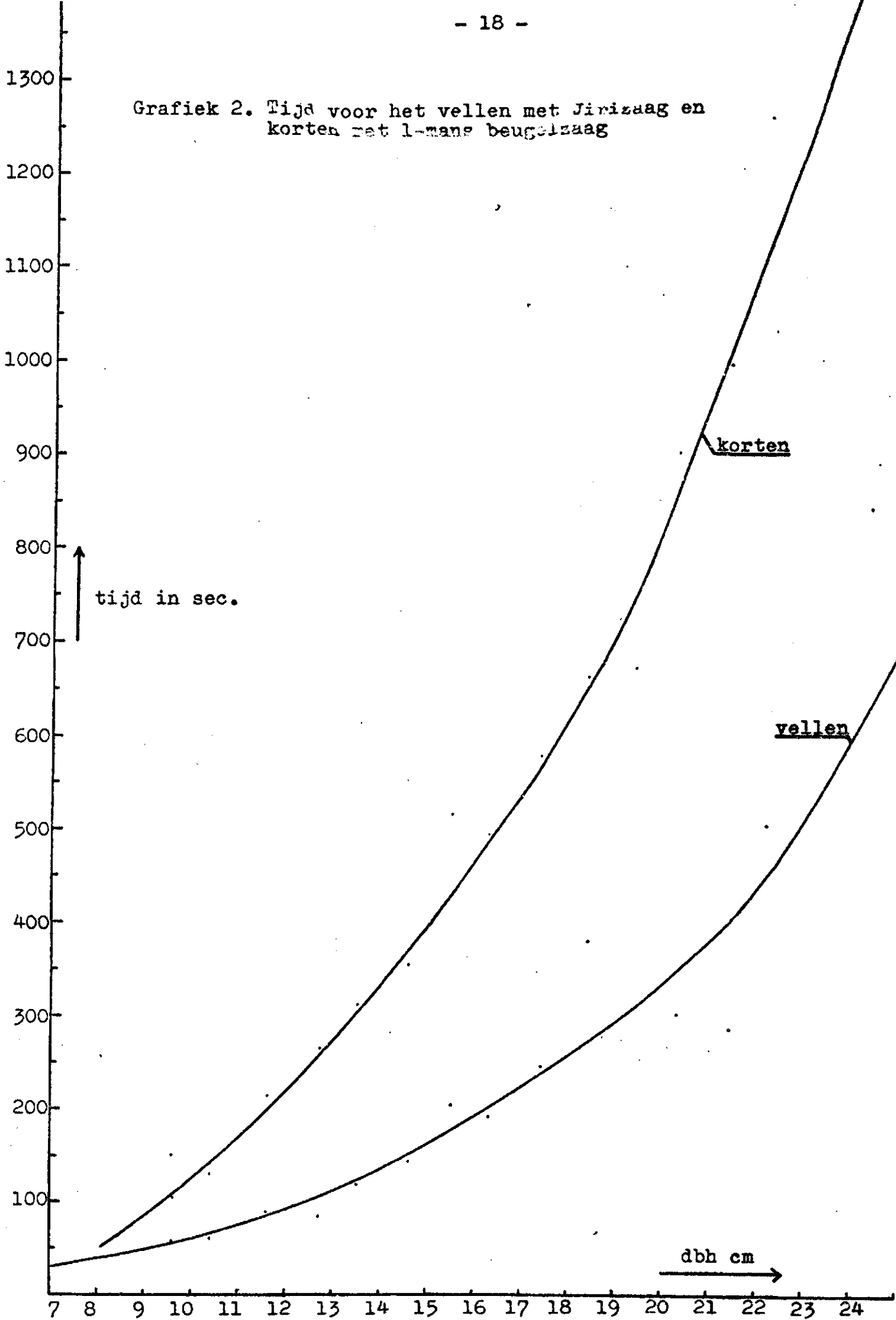
## 7. LITERATUUR

- BOL, M. en A.G. GERRITSEN, 1960. Minutentabellen 1960 voor het vellingswerk van Grove den en Japanse lariks. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 9 : 306-307.
- BOL, M., 1964. Minutentabellen 1964 voor het vellingswerk met de motorzaag voor Grove den. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 8 : 257-267.
- DEN OUTER, R.W., 1958. Tijdstudies bij het vellen, snoeien en schillen van Pinus nigra Arn. var. Corsicana in de Nederlandse bosbouw en een vergelijking van de Nederlandse met de Zwitserse en de Noorse methode. Afdeling Bosexploitatie en Boshuishoudkunde. Landbouwhogeschool. Wageningen.
- HERMANS, H.C., 1964. Arbeidsstudie. Agon Elsevier. Amsterdam.
- KERKHOVEN, C.L.M., 1964. Grondslagen der loontechniek. Vijfde druk N. Samson N.V., Alphen aan de Rijn.
- SHEDECOR, G. and W.G. COCHRAN, 1967. Statistical methods. The Iowa State University Press Ames, Iowa, U.S.A.

Grafiek 1. Tijd voor het vellen en korten met de bijl

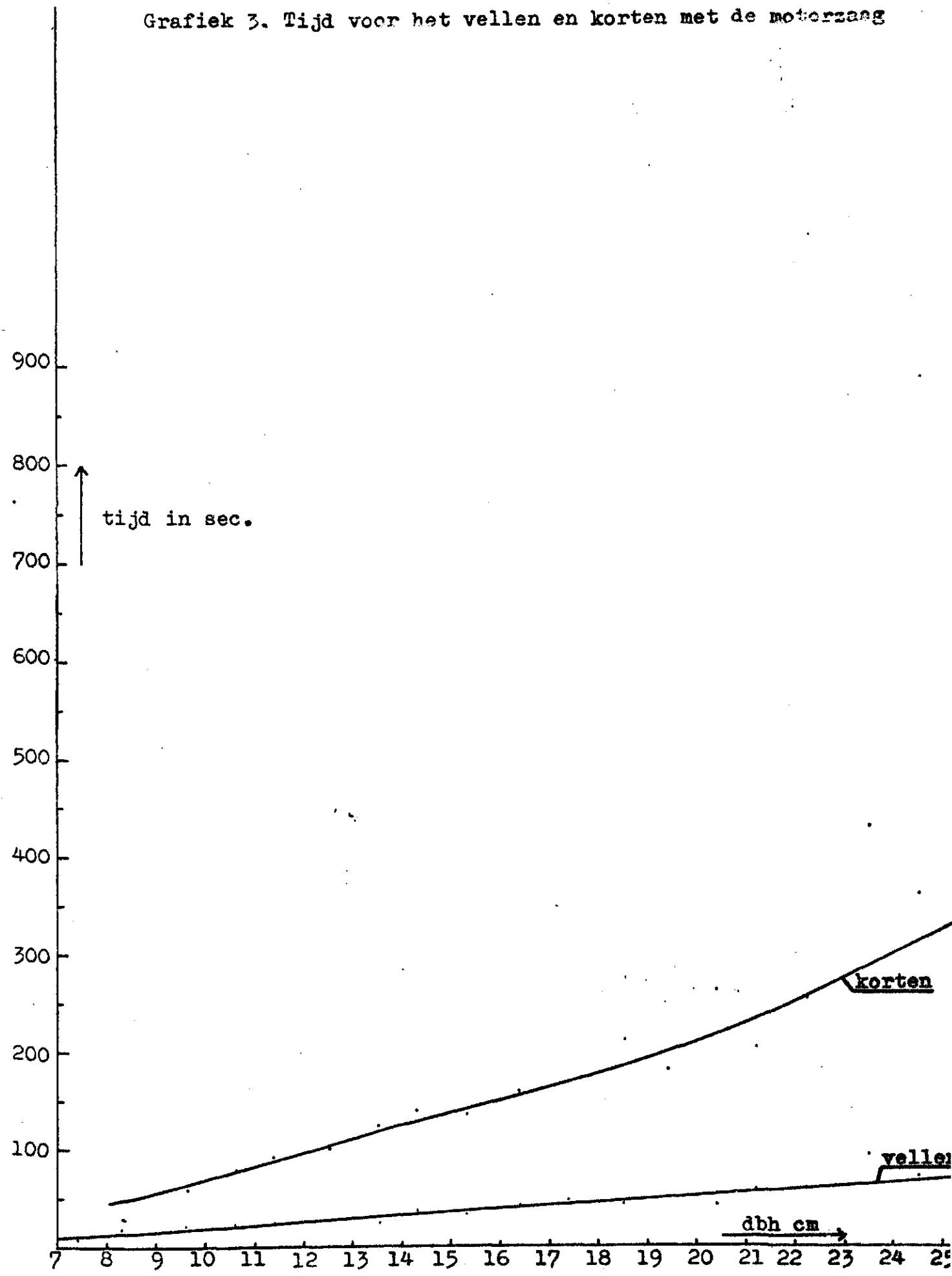


Grafiek 2. Tijd voor het vellen met Jirizaag en korten met l-mans beugelzaag

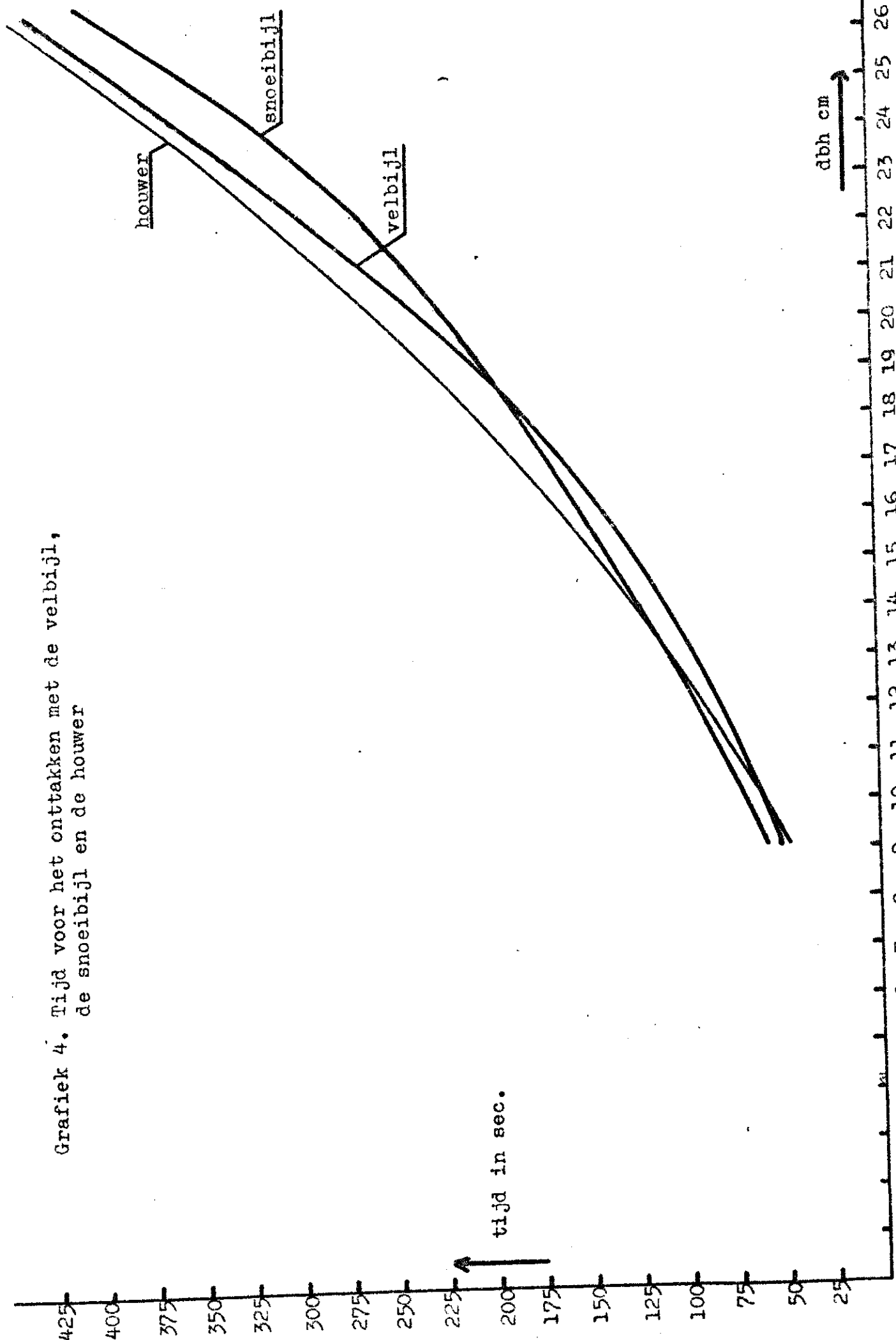




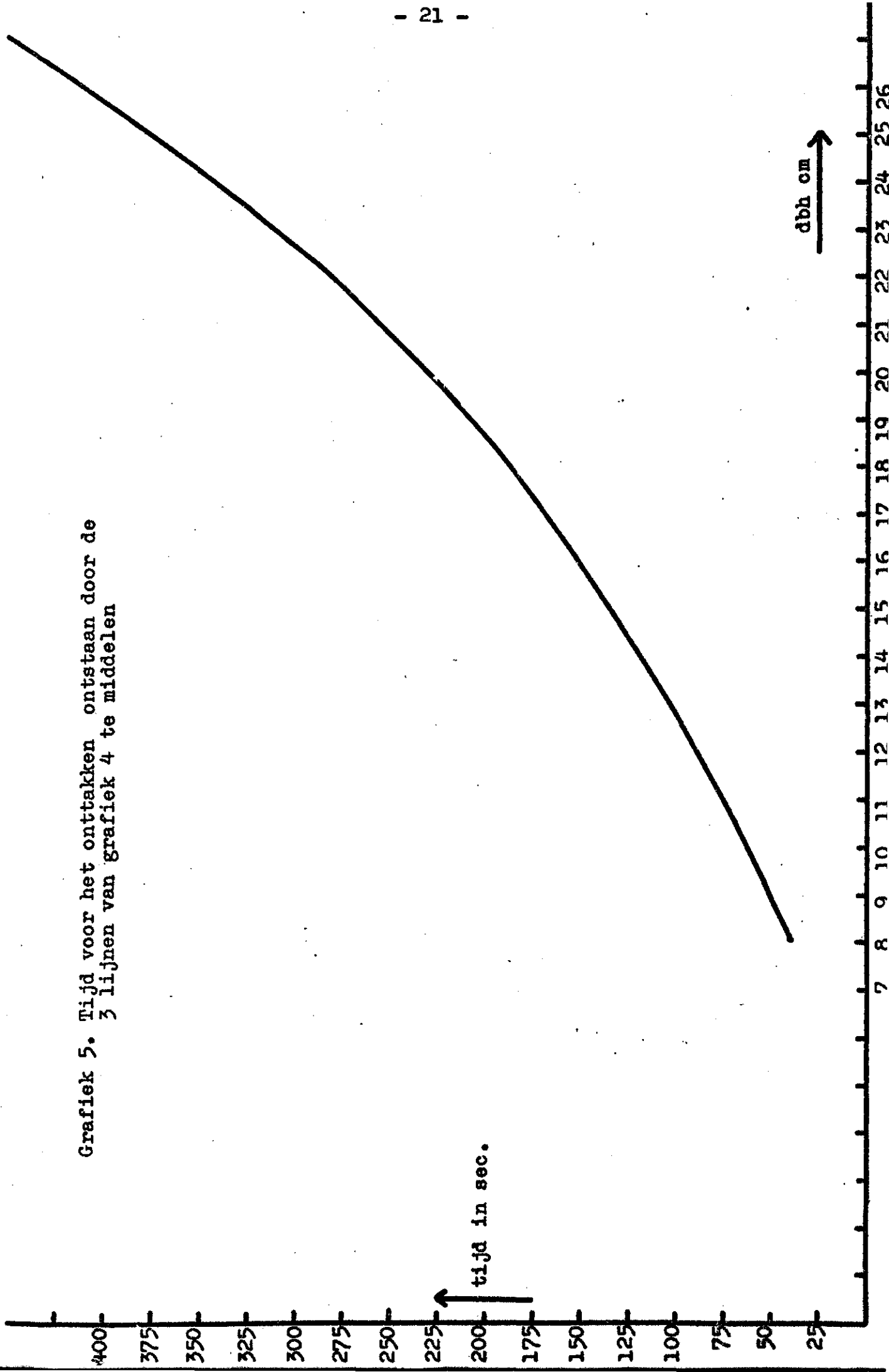
Grafiek 3. Tijd voor het vellen en korten met de motorzaag



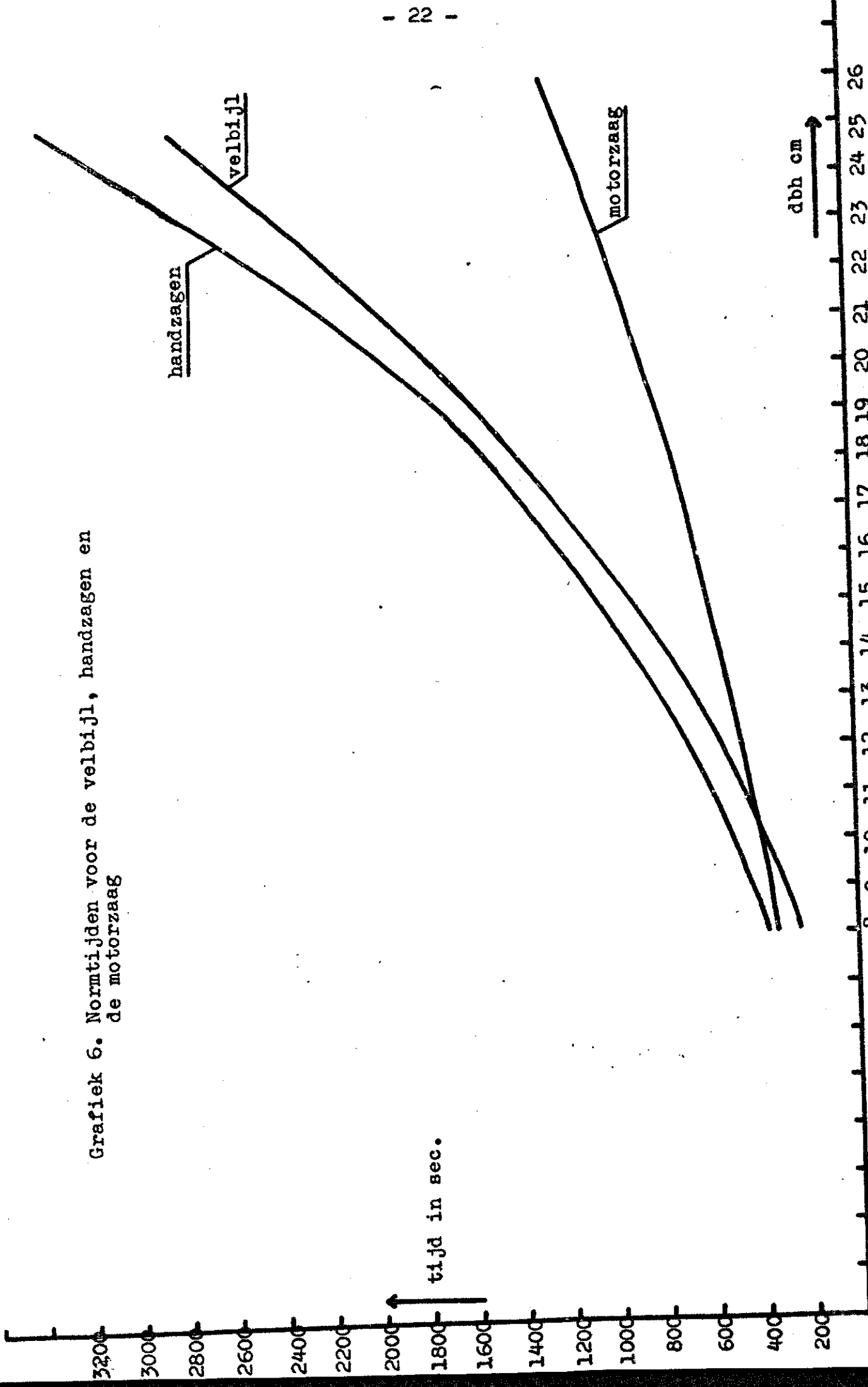
Grafiek 4. Tijd voor het onttakken met de velbijl, de snoeibijl en de houwer



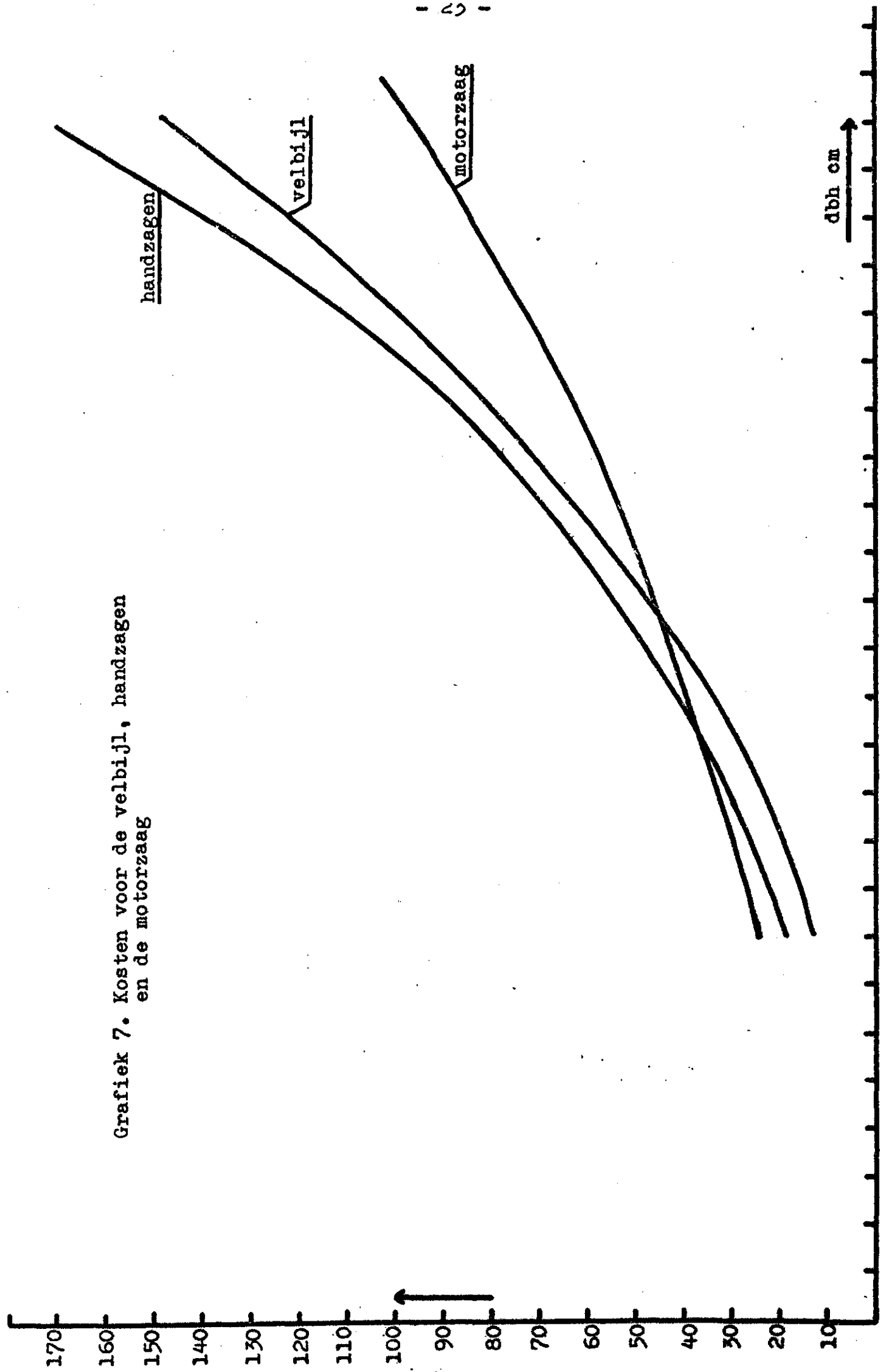
Grafiek 5. Tijd voor het ontakken ontstaan door de 3 lijnen van grafiek 4 te middelen



Grafiek 6. Normtijden voor de velbijl, handzagen en de motorzaag

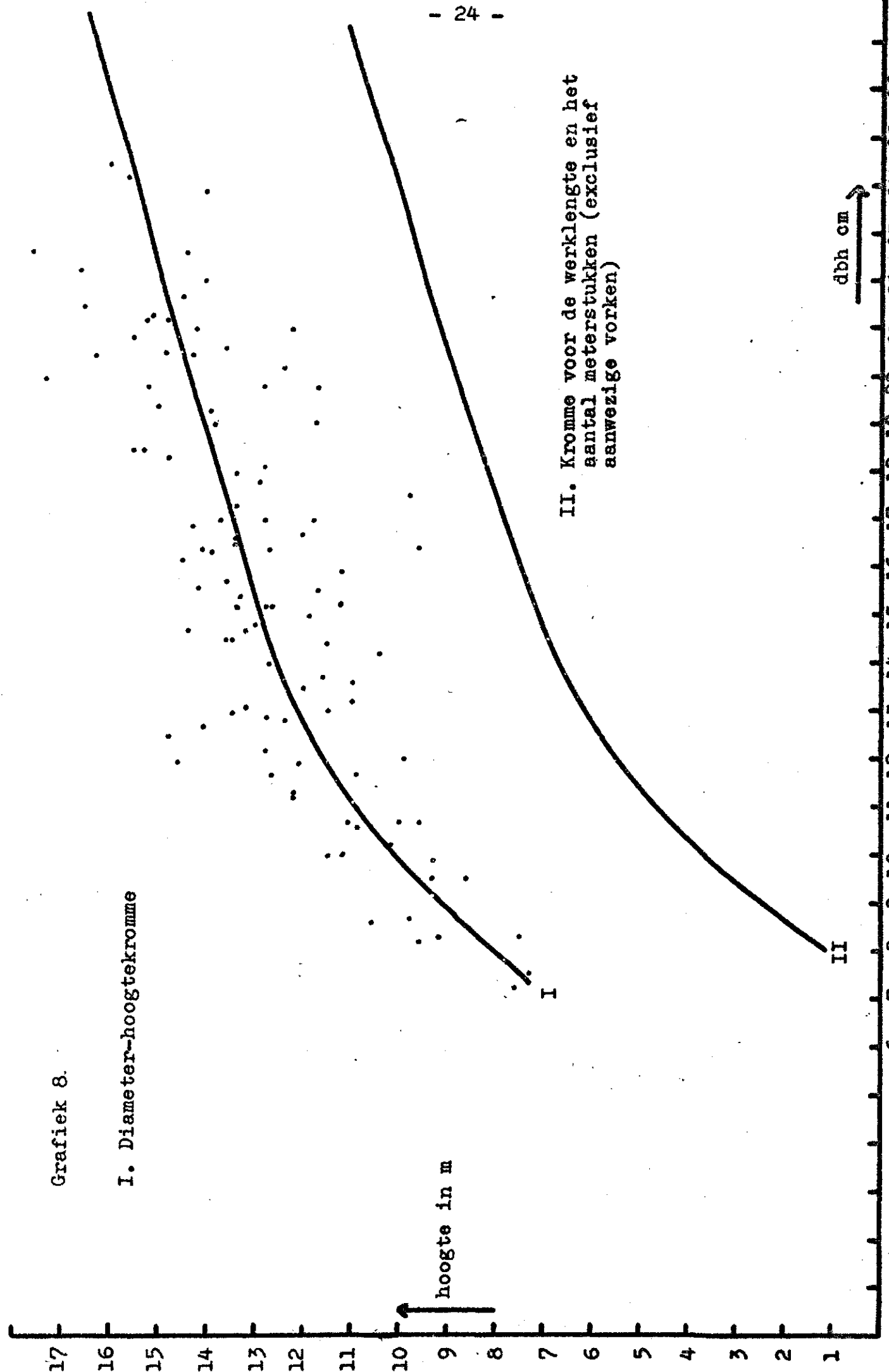


Grafiek 7. Kosten voor de velbijl, handzagen  
en de motorzaag



Grafiek 8.

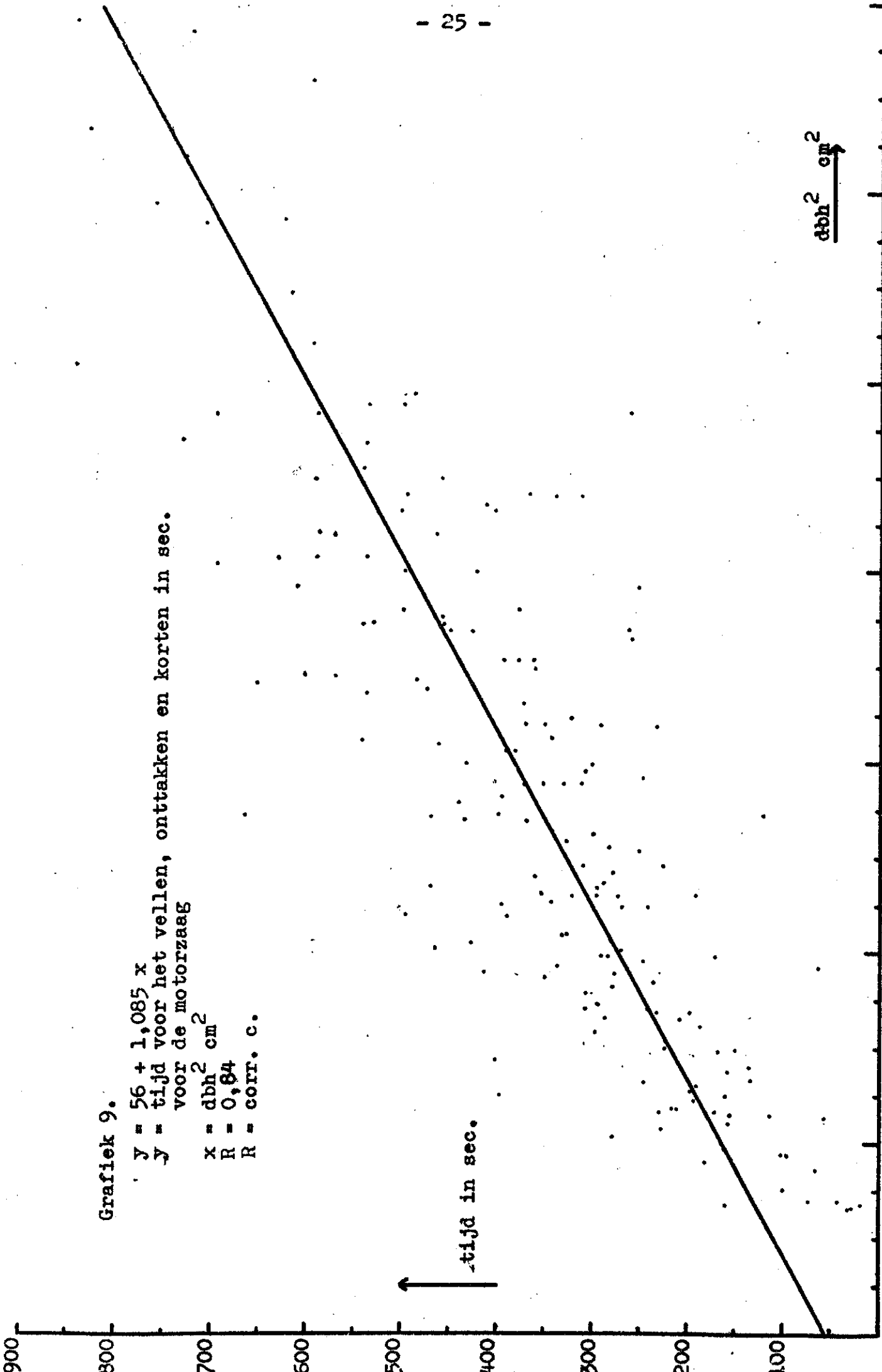
I. Diameter-hoogtekromme



II. Kromme voor de werklengte en het aantal meterstukken (exclusief aanwezige vorken)

Grafiek 9.

$y = 56 + 1,085 x$   
 $y$  = tijd voor het vellen, ontakken en korten in sec.  
 $x$  =  $dbh^2 \text{ cm}^2$   
 $R = 0,84$   
 $R = \text{corr. c.}$



KOSTENBEREKENING PER BOOM VOOR DE VELBIJL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	53	37	30	20	45	50	235	282	0,15
9	53	37	33	20	56	85	284	341	0,18
10	53	37	37	20	70	126	343	412	0,21
11	53	37	43	20	83	181	417	500	0,26
12	53	37	50	20	97	245	502	602	0,31
13	53	37	60	20	111	304	585	702	0,36
14	53	37	75	20	127	407	719	863	0,45
15	53	37	92	20	145	490	837	1004	0,52
16	53	37	110	20	161	562	943	1132	0,59
17	53	37	130	20	177	646	1063	1276	0,66
18	53	37	152	20	197	735	1194	1433	0,74
19	53	37	187	20	219	820	1336	1603	0,83
20	53	37	229	20	243	915	1497	1796	0,93
21	53	37	275	20	268	1015	1668	2002	1,04
22	53	37	331	20	295	1121	1857	2228	1,15
23	53	37	387	20	324	1225	2046	2455	1,27
24	53	37	445	20	357	1325	2237	2684	1,39

Verklaring kolommen 1 t/m 10:

1. diameterklasse bijv. klasse 8 : 8,0-8,9 cm
  2. looptijd
  3. tijd voor het voorbereidend vellen
  4. veltijd
  5. hangtijd
  6. tijd voor het onttakken
  7. tijd voor het korten
  8. normaaltijd
  9. normtijd bij 20% algemene tijden
  10. arbeidskosten in Sf.
- Alle tijden zijn gegeven in sec.



BIJLAGE 2

KOSTENBEREKENING PER BOOM VOOR DE HANDZAGEN

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	53	102	47	20	45	68	335	402	0,21
9	53	102	58	20	56	105	394	473	0,24
10	53	102	70	20	70	147	462	554	0,29
11	53	102	83	20	83	194	535	642	0,33
12	53	102	100	20	97	250	622	746	0,38
13	53	102	123	20	111	305	714	857	0,44
14	53	102	147	20	127	367	816	979	0,51
15	53	102	175	20	145	435	930	1116	0,58
16	53	102	206	20	161	505	1047	1256	0,65
17	53	102	240	20	177	568	1160	1392	0,72
18	53	102	275	20	197	655	1302	1562	0,81
19	53	102	315	20	219	765	1474	1769	0,91
20	53	102	356	20	243	892	1666	1999	1,03
21	53	102	405	20	268	1030	1878	2254	1,17
22	53	102	458	20	295	1173	2101	2521	1,30
23	53	102	550	20	324	1310	2359	2831	1,46
24	53	102	635	20	357	1440	2607	3128	1,62

Voor verklaring kolommen 1 t/m 10 zie onder Bijlage 1.

KOSTENBEREKENING PER BOOM VOOR DE MOTORZAAG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	53	102	14	20	45	50	284	355	0,19	64	0,05	0,24
9	53	102	17	20	56	63	311	389	0,21	80	0,07	0,28
10	53	102	20	20	70	77	342	428	0,23	97	0,08	0,31
11	53	102	23	20	83	90	371	464	0,25	113	0,10	0,35
12	53	102	26	20	97	103	401	501	0,27	129	0,11	0,38
13	53	102	30	20	111	117	433	541	0,29	147	0,13	0,42
14	53	102	33	20	127	130	465	581	0,31	163	0,14	0,45
15	53	102	36	20	145	143	499	624	0,33	179	0,15	0,48
16	53	102	40	20	161	155	531	664	0,35	195	0,16	0,51
17	53	102	43	20	177	167	562	703	0,37	210	0,18	0,55
18	53	102	47	20	197	182	601	751	0,40	229	0,19	0,59
19	53	102	50	20	219	199	643	804	0,43	249	0,21	0,64
20	53	102	53	20	243	218	689	861	0,46	271	0,23	0,69
21	53	102	57	20	268	240	740	925	0,49	297	0,25	0,74
22	53	102	60	20	295	263	793	991	0,53	323	0,27	0,80
23	53	102	63	20	324	287	849	1061	0,57	350	0,29	0,86
24	53	102	67	20	357	310	909	1136	0,61	377	0,32	0,93
25	53	102	70	20	392	336	973	1216	0,65	406	0,34	0,99

Verklaring kolommen 1 t/m 13:

1 t/m 8 zie onder Bijlage 1

9. normtijd bij 25% algemene tijden

10. arbeidskosten in Sf.

11. tijd voor het vellen en korten

12. motorzaagkosten in Sf.

13. totale kosten (kolom 10 + 12) in Sf.