

OORSPRONKELIJKE BIJDAGEN

*Uit de Afdeling Prothetische Tandheelkunde van het
Tandheelkundig Instituut der Rijks-Universiteit te Utrecht.
Hoofd: Prof. P. H. Buisman*

*Uit de Afdeling Medische Fysica van het
Fysisch Laboratorium der Rijks-Universiteit te Utrecht.
Hoofd: Prof. Dr. H. C. Burger*

HET KAUWRENDEMENT

(inleidend onderzoek)

door A. A. D. DERKSEN, W. VAN HAERINGEN en Dr. J. B. VISSER

Het is begrijpelijk, dat velen van hen, die zich in de loop der tijden hebben beziggehouden met het onderzoek naar de kauwfunctie van het menselijk gebit, zich hebben afgevraagd in hoeverre het mogelijk is, de mate waarin het voedsel wordt verkleind, in vergelijkbare gegevens vast te leggen.

Indedaad heeft sinds de twintiger jaren van deze eeuw een respectabel aantal publicaties op dit gebied het licht gezien. Wanneer men zich na bestudering hiervan de vraag voorlegt of het probleem veel nader tot zijn oplossing is gebracht, dan moet het antwoord in hoofdzaak ontkenkend luiden.

Verwonderlijk is dit niet. Vooreerst is het niet zo eenvoudig te bepalen, wat men onder het in de titel genoemde begrip „kauwrendement” heeft te verstaan. Dit wordt ook duidelijk uit de begripsverwarring die te dien aanzien in de literatuur heerst en uit de veelheid van termen, zoals „masticatory performance” „masticatory efficiency” etc., waarmee men getracht heeft zijn bedoelingen nader vast te leggen. Wij komen daar aanstonds op terug.

Er zijn evenwel nog verschillende andere moeilijkheden. Wil men begrip „kauwrendement” (tot deze term willen wij ons in deze publicatie bepalen) in reproduceerbare gegevens uitdrukken, dan zou men eigenlijk moeten beginnen allerlei individuele factoren – die zich juist hier zo sterk doen gelden – te elimineren. Deze individuele factoren hangen weer samen met de anatomische en fysiologische bijzonderheden van de betrokken weefsels (b.v. de kauwspieren) en niet in de laatste plaats zelfs met psychologische eigenaardigheden. Het is aanstonds duidelijk dat de

Tabel I
OVERZICHT VAN DE DOOR DE VERSCHILLENDE ONDERZOEKERS GEBRUIKTE METHODEN

Onderzoeker	Jaar	Proefvoedsel	Grootte portie	Aant. kauwbew.	Aant. Zeven	Nr.	Maasw.* in mm	Aantal proefpers.
CHRISTIANSSEN	1923	cocosnoot hazelnoot	cilinderv. st.	50	4	1	2	18
						2	1	
STALLARD	1926	asperges cocosnoot selderie		1-12 1-10, 50, 100 1-12	4	3	0,5	5
						4	0,3	
						1	2	
BALTERS	1928	cocosnoot	3 stukken	50	4	1	2,5	12
						2	2	1
JUUL	1932	cocosnoot	6,5 gr. (2 st.)	50	4	3	1,4	
						4	0,8	
						1	2,5	53
						2	2	
REICH	1937	olienoten	± 50 gr. in porties van 15 stuks	60	6	3	1,4	
						4	0,8	4
						1	2,27	
						2	1,92	
						3	1,45	
						4	1,15	
THOMSON	1937	Aardap. (rauw) appel ham (gekookt) kool-selderij sla-wortel paranoten	16,25 gr.	10	5	5	0,92	1
						6	0,75	
						1	4,76	
						2	3,36	
						3	2,38	
						4	2	
ASCHER	1938		3,5 gr.	30 (10, 20, 40)	4	5	1,68	28
						1	3	
						2	2	
						3	0,75	
						4	0,3	
SOBOLIK	1938	amandelen appel ham (gekookt) sla	4,4 gr. kubussen van 0,26 cm ³ 1,8 gr.	15	3	1	4,76	1
						2	2,38	
						3	1,68	
DAHLBERG	1942	geformaliseerde gelatine	cilinderv. st. 23 mm lengte 22 mm	20-40 tot slijkdrempel	10	1	10	917
						2	9	

MANLY, BRALEY.	1950	cocosnoot olienoten roziijnen wortel	5 porties van 3 gr. 3 porties van 5 gr.	20 (5, 10, 20, 40, 80, 120) tot slikdrempel	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	2,00 0,84 0,42 0,177 0,074 2,00 4,76 2,00 0,84 0,42 0,177 2,00 4,00 2,00 2,00	136
MANLY, SHIERE	1950	olienoten	5 porties van 3 gr.	20	1	1	2,00	50
YURKSTAS, MANLY	1950	35 verschillende soorten	porties van 3 gr.	60, 20 (10, 20, 40, 80)	6	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	4,76 2,00 0,84 0,42 0,177 2,00 4,00 2,00 2,00	10
MANLY, VINTON.	1951	olienoten peen	3 porties van 5 gr. 5 porties van 3 gr.	20 tot slikdrempel	1 2	1 1 2 2	2,00 0,074 2,00 2,00	20
MANLY, VINTON.	1951	cocosnoot	5 porties van 3 gr.	40	1	1	2,00	100
VINTON, MANLY.	1952	olienoten	3 porties van 5 gr.	33	1	1	2,00	38
SHIERE, MANLY	1952	olienoten	3 porties van 5 gr.	20 (60, 80)	1	1	2,00	400
TRAPPOZZANO	1952	olienoten	5 porties van 3 gr.	25	1	1	0,149	2
LAZARRI.	1954	wortel	zoveel men wilde kubussen v. ± 1 cm ³ 3 gr.	tot slikdrempel	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	1120
PARMA.		wortel	10 g.					

* Waar de auteurs het aantal openingen van de zeven per cm² of het aantal draden per cm aangaven werd de maaswijdte benaderd zonder rekening te houden met de draaddikte. Bij de omrekening van de Engelse zeefmaten werd gebruik gemaakt van het „Report of Committee on Standards”, (Handbook of Chemistry and Physics 1950-1951).

uitschakeling hiervan zeer grote – zoal geen onoverkomelijke – bezwaren oplevert. Het is dus m.a.w. zeer moeilijk zich te beperken tot het verkleinend vermogen van het *gebit* als zodanig.

Hiermede zijn de problemen echter nog niet uitgeput. Gesteld dat de zojuist genoemde beperking tot de functie van het *gebit* zou gelukken, dan stuit men al dadelijk op het vraagstuk van de methodiek. Dat dit inderdaad een probleem is, komt bij de literatuurstudie eveneens duidelijk aan het licht. Welk proefvoedsel zal men b.v. gebruiken? Zal men natuurlijk voedsel geven of zal men zich – terwille van de reproduceerbaarheid – van synthetisch bereide stoffen bedienen? Hoeveel kauwbewegingen zal men de proefpersoon laten uitvoeren alvorens men tot een nadere analyse van de resultaten daarvan overgaat? Het ligt in de rede dat men voor deze analyse – een schifting der deeltjes naar grootte en hoeveelheid – gebruik zal maken van zeven. Maar dan dringen zich aanstonds nieuwe vragen op: hoe groot moet dan het aantal zeven zijn, welke maaswijdte dienen zij te bezitten en wat zal de toegepaste zeeftechniek wezen? En tenslotte: is ook niet het tijdstip waarop de proefpersoon kauwt een factor van betekenis? Immers volgens MANLY en BRALEY (1950) verhoogt honger het kauweffect!

Sinds CHRISTIANSEN in 1923 als eerste een redelijk uitgevoerd onderzoek naar het kauwendement van het natuurlijke en het kunstgebit instelde, hebben deze vragen de gemoederen van alle onderzoekers op dit gebied beziggehouden. Na de bestudering van hun resultaten kan men slechts tot de slotsom geraken dat het praktisch onmogelijk is, deze te vergelijken. Daartoe liepen hun methoden met betrekking tot bovengestelde vragen te zeer uiteen. Ter illustratie is in tabel I een overzicht gegeven van de door de verschillende auteurs toegepaste proefopstellingen.

Zoals gezegd: het begrip „kauwendement” vraagt in verband met de exactheid van de proeven allereerst een nadere omlijning. Dit hebben diverse onderzoekers duidelijk ingezien.

DAHLBERG voerde het begrip „masticating coëfficiënt” in. Dit is het totale oppervlak van de gekauwde partikels, gedeeld door het volume. MANLY en BRALEY kwamen in aansluiting op een onderzoek van AUSTIN tot de conclusie dat kauwen een selectief proces is, dat de tendens bezit tot onderverdeling van partikels, groter dan 0,84 mm, zonder dat daarmee een overeenkomstige verkleining van kleinere deeltjes gepaard gaat. Op grond hiervan bepaalden zij de „masticatory performance” waaronder is te verstaan het gewichtspercentage dat een zeef van 10 of 20 mesh (maaswijdte 2,00 en 0,84 mm.) passeert. Deze auteurs gebruiken eveneens de term „masticatory efficiency”. Deze hanteerden zij in termen van het

aantal extra kauwbewegingen dat bij een gemutileerd gebit nodig is om dezelfde verkleiningsgraad te bereiken als een fictieve persoon met een standaard-gebit. Tenslotte dient er nog op te worden gewezen dat niet alle onderzoekingen met eenzelfde doel werden verricht.

Tabel II

Onderzoeker		BALTERS	REICH	SOBOLIK	THOMPSON	TRAPPO- ZANO LAZARRI
		1930	1937	1938	1937	1952
	Aant. kauw- bewegingen	50	60	15	10	25
	Aant. zeven	4	6	3	5	1
Kunstkiezen	Ontwerper					
Abrasion . . .	HILTEBRANDT		x			
Anatomisch . .	GYSI	x	x	x	x	
Channel . . .	SEARS				x	
Dynamic. . .	SCHRÖDER		x			
French . . .	FRENCH			x		
Inverted cusp.	HALL		x	x	x	x
Mörser . . .	SCHRÖDER	x				
Rational . . .	FEHR	x				
Teleoform . . .	HILTEBRANDT	x	x			
True Kusp. . .	MEYERSON			x		
Twintig graden. . .	GYSI			x	x	x
de Van . . .	DE VAN					x
	Proefvoedsel	cocosnoot	olienoten	sla, appel, amandelen gekookte ham	r. aardap., peen, appel, selderij, gekookte ham, kool	olienoten wortel

Tabel II geeft een overzicht van de schrijvers die hun onderzoek op het kauweffect van de volledige prothese hebben gericht. Zij onderwierpen daarbij in het bijzonder het verkleinend vermogen van bepaalde kunstkiezen aan een onderzoek. In dit verband is het van belang te vermelden

dat, volgens MANLY en BRALEY (1950), bij prothesedragers niet met één soort proefvoedsel kan worden volstaan. Bij hun onderzoek bleek nl. dat de correlatie-coëfficiënt tussen cocos- en olienootproeven 0,38 bedroeg. Hieruit trokken zij de conclusie dat met beide proefvoedsels bij protheses uiteenlopende aspecten van het kauwendement werden gemeten.

In ons onderzoek is voorlopig slechts sprake van natuurlijke gebitten (gaaf en gemutileerd).

Het proefvoedsel.

Volgens DAHLBERG neemt de moderne mens, wat betreft de consistentie, de volgende soorten voedsel tot zich:

- a. zacht voedsel : 88,5% van het normale dieet
- b. vast en taai : 4,5% „ „ „ „
- c. knappend : 2,-% „ „ „ „
- d. vast (compact): 5,-% „ „ „ „

Bij de keuze van het al dan niet synthetische kauwmetaal dienen de volgende theoretische overwegingen in acht te worden genomen.

1. Het moet tot op zekere hoogte met gewoon voedsel overeenkomen;
2. Het mag niet zwellen of oplossen in water, in verband met het bewerkingsproces;
3. De mate van verkleining moet vast te stellen zijn;
4. Het dient een homogene samenstelling te bezitten.

De meeste natuurlijke voedselsoorten zijn niet reproduceerbaar. Om deze reden maakte DAHLBERG gebruik van een synthetisch proefvoedsel, bestaande uit in formaline geharde gelatine blokjes. (15% gelatine, 5% BaSO₄ en 80% H₂O, gehard in 36-38% formaline; grootte der blokjes ø 22 mm, lengte 22 mm).

Ook wij besloten van een synthetisch proefvoedsel gebruik te maken, hoewel wij ons bewust waren dat in principe alle soorten voedsel in het onderzoek zouden moeten worden betrokken.

In ons onderzoek werd slechts met één soort proefvoedsel gewerkt, dat wat consistentie betreft ligt tussen zacht, vast en taai (niet geheel gaar gekookte aardappelen). Het is derhalve slechts representatief voor een bepaald gedeelte van het normale dieet.

Bij de inleidende proeven werd van het door DAHLBERG samengestelde materiaal uitgegaan. Daar zich hierbij moeilijkheden voordeden die echter in het verdere verloop van de proeven niet essentieel bleken te zijn *) gingen wij over op proefvoedsels die op agarbasis waren samengesteld. De keus viel tenslotte op Perfectocoll van BAKER **). Dit materiaal leende zich ertoe proefblokjes op een nauwkeurige wijze te vervaardigen. Eerst werd met een tabletvorm geëxperimenteerd. Naderhand werd ook hiervan afgezien. Statistische overwegingen maken het n.l. gewenst de vorm, waarin het proefvoedsel wordt gekauwd, zodanig te kiezen, dat de kans op een zo groot mogelijke reproduceerbaarheid bij de eerste kauwbewegingen maximaal is. Om redenen van symmetrie is dit bij de bolvorm het geval. Aan deze vorm kleven echter ook bezwaren, in de eerste plaats vanwege het feit dat de enigszins gladde bolletjes in de aanvang slecht „gegrepen” kunnen worden, in de tweede plaats vanwege de technische moeilijkheden, om het kauwmateriaal deze gedaante te geven. Met het oog hierop werd de kubusvorm gekozen (fig. 1). In fig. 2 is afgebeeld het apparaat waarmee de blokjes werden vervaardigd.

Nadat de Perfectocoll, volgens de voorschriften van de fabrikant, is voorbehandeld, wordt het snel in het voorverwarmde koperen rooster gebracht en met de eveneens op temperatuur gebrachte glasplaat aangedrukt tot deze het rooster raakt (fig. 3). Het geheel wordt met behoud van druk onder stromend water gekoeld tot algehele verstarung is verkregen. Nadat de glasplaat is weggenomen, wordt het rooster uit het koperen bakje genomen en kunnen – nadat het van de uitneembare metalen stroken is ontdaan – de kubussen (ribbe 8 mm) uit de vorm worden verwijderd.

Het bleek, dat bij de vervaardiging van de blokjes de glasplaat niet steeds volledig het metalen rooster raakt. Het gevolg hiervan is dat bij de vervaardiging van verschillende series het volume van de blokjes, dus ook het gewicht, niet geheel constant is. Maximaal werd een verschil van 12% in gewicht waargenomen. Dit betekent dat in de opstaande ribben dus ten hoogste verschillen van ± 1 mm optreden. Het soortelijk gewicht mag echter steeds constant worden verondersteld, althans zolang het materiaal uit één partij afkomstig is.

*) Achteraf bezien had ook het proefvoedsel van DAHLBERG gebruikt kunnen worden, mits het steeds direct vóór het experiment zou zijn vervaardigd, d.w.z. in vers bereide toestand werd gebruikt.

**) Aangezien de tijd, nodig voor het voorbereiden, veel korter is dan voor het materiaal van DAHLBERG werd besloten het eerstgenoemde te handhaven.

Aangenomen werd dat het geringe verschil in volume der blokjes geen noemenswaardige invloed op het kauwproces uitoefent. (Zie MANLY en BRALEY 1950).

Voor alle zekerheid werd besloten het kauwmetaal steeds een half uur vóór het uitvoeren der proef aan te maken.

De hoeveelheid waarop per keer gekauwd werd bedroeg 8 kubusjes. Dit betekent tezamen $8 \times (0,8)^3 = \text{ca } 4 \text{ cm}^3$. Deze hoeveelheid werd gekozen omdat ze representatief mag worden geacht voor het fysiologisch kauwen.

Een proefpersoon kreeg nu de opdracht 8 blokjes in n kauwbewegingen zo fijn mogelijk te maken. (Het bleek dat de proefpersoon onder deze omstandigheden steeds gebruik maakte van zijn gewoonte-kauwzijde).

Dit werd driemaal herhaald, zodat bij één proef in totaal 32 blokjes werden gebruikt. Op deze wijze werd voldoende gekauwd metaal voor bewerking verkregen.

Het zeefproces

Na het kauwen dient de graad van verkleining te worden bepaald. Hiervoor werd gebruik gemaakt van zeven, een methode die ook door vroegere onderzoekers reeds is toegepast. Bevat het gekauwde metaal water, dan levert de kauwactie partikels op, die niet door droogzeven kunnen worden gesorteerd, vanwege de kans op uitdroging en neiging tot samenklonteren.

Wat betreft het aantal benodigde zeven is DAHLBERG, in tegenstelling tot MANLY van oordeel, dat het eerder aanbeveling verdient te veel dan te weinig zeven te gebruiken. Pas door diverse zeven van afnemende maaswijdte verkrijgt men een goede indruk van de grootte-verdeling der partikels.

Bij ons onderzoek werd gebruik gemaakt van zeven met ronde openingen (niet essentieel) waarvan de diameters (volgens de Ned. normalisatietabel voor zeven) zijn:

9.6 mm/8.0 mm/6.8 mm/5.6 mm/4.8 mm/4.0 mm/3.4 mm/2.8 mm/
2.0 mm/1.0 mm/0.5 mm. (fig. 4).

Een blokje van $8 \times 8 \times 8 \text{ mm}^3$ zal juist een zeef passeren waarvan de diameter der zeefgaten $8\sqrt{2} \text{ mm}$ bedraagt. Het aantal zeven, evenals de afmetingen van de openingen zijn gedeeltelijk vrij te kiezen. Er dient

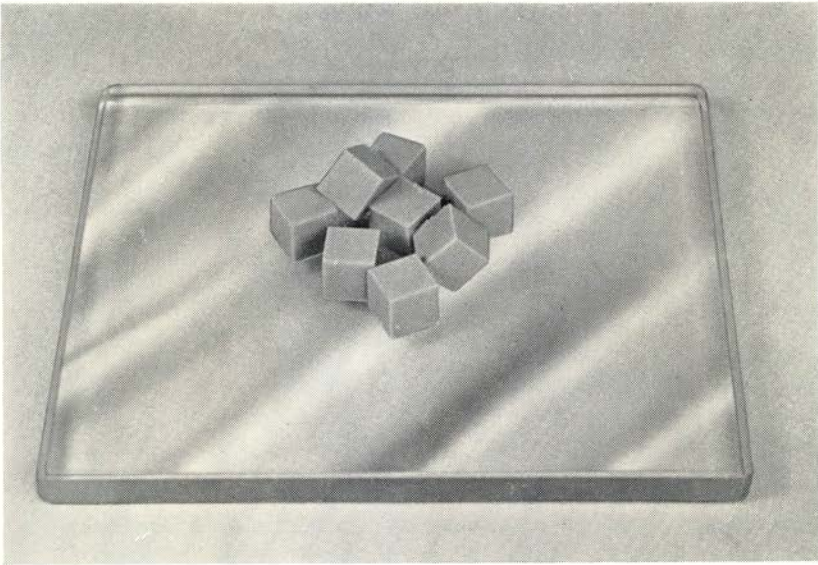


Fig. 1. Kubusjes proefvoedsel

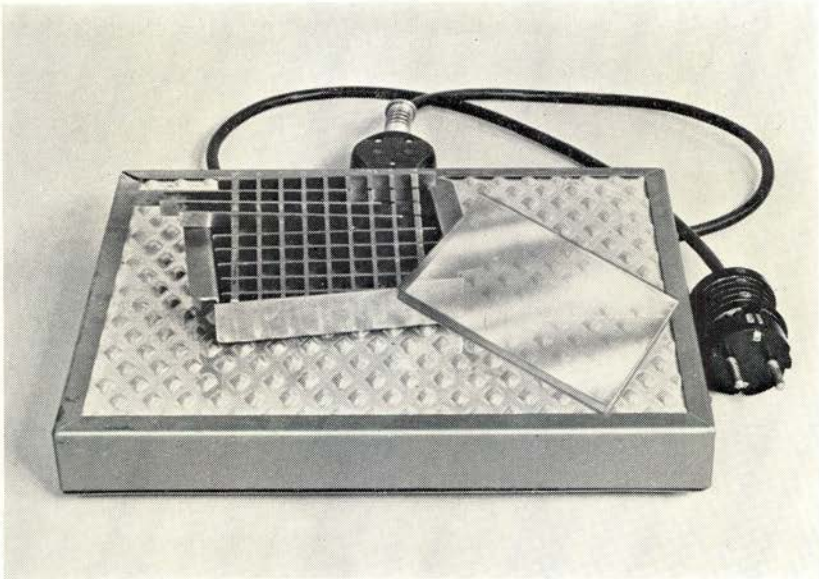


Fig. 2. Apparaat ter vervaardiging van de kubusjes

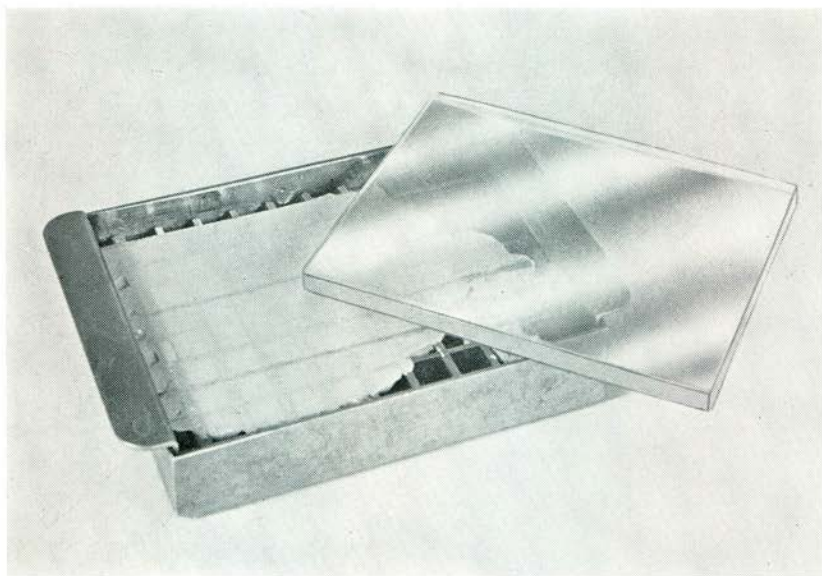


Fig. 3. Vervaardiging v. h. proefvoedsel



Fig. 4. Zeven



Fig. 5. Het zeefproces

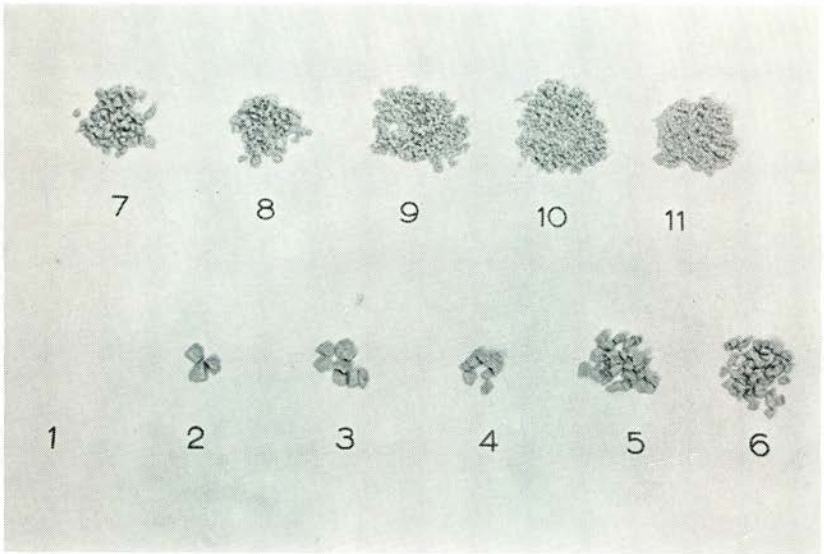


Fig. 6. Proefvoedsel na het passeren van de zeven

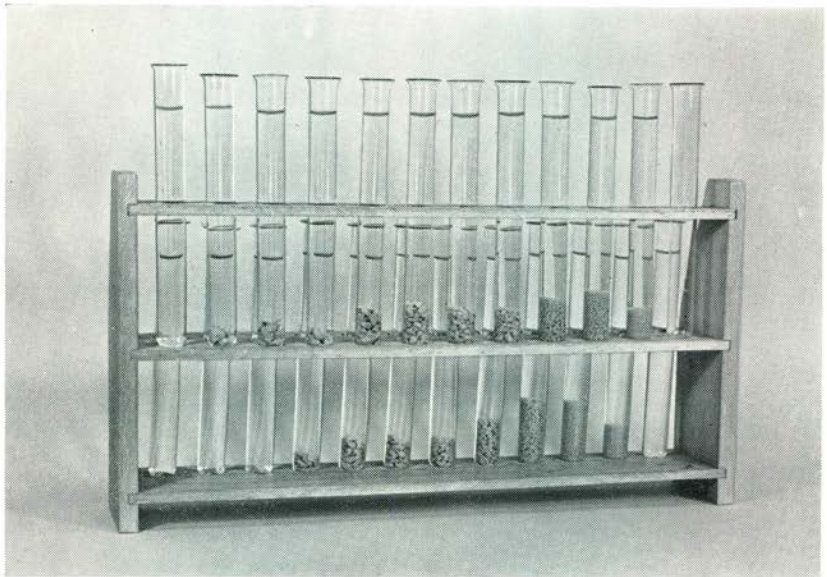


Fig. 7. Fracties na 16× en 32× kauwen

echter rekening mede te worden gehouden dat er fracties overblijven, die zonder een al te grote fout meetbaar moeten zijn. Het verdient aanbeveling de keuze der zeven pas definitief vast te leggen, als men een indruk heeft van de grootte-verdeling der deeltjes. De zeven werden in bovengenoemde volgorde één voor één geschud tot geen enkel deeltje de zeefbodem meer passeerde.

Fig. 5 geeft een voorstelling van de wijze waarop het zeven werd uitgevoerd. Tijdens het schudden van de zeef bleven de deeltjes onder water, waardoor werd bevorderd dat deze de mogelijkheid hadden om in elke richting de zeefbodem te passeren. De partikels die de zeef passeerden werden gevoegd bij de hoeveelheid die op de volgende zeef lag. De allerfijnste partikels, die de laatste zeef (11e) doorliet, werden niet opgevangen. Deze hoeveelheid werd berekend door het totaal van de elf fracties af te trekken van de hoeveelheid waarvan bij het experiment was uitgegaan.

Een fotografische weergave van de verkregen resultaten geven de figuren 6 en 7.

Het weegproces

Zowel de hoeveelheid waarop iedere proefpersoon kauwde, als de verschillende fracties afzonderlijk, werden gewogen. Dit geschiedde onder water. Hiertoe werd besloten op grond van de overweging, dat na indroging de resterende hoeveelheid te gering was. Gebruik werd gemaakt van een z.g. weegflesje.

De fout in de bepaling van het gewicht van een fractie bedraagt $\pm 0,5\%$ van het gewicht van de totale hoeveelheid. Daar de onderlinge variaties bij dezelfde proefpersoon in het algemeen veel groter zijn, doet deze fout aan de betrouwbaarheid van de proef niets af, zodat nauwkeuriger meting van de gewichten niet noodzakelijk was.

Proefpersonen

Het onderzoek werd uitgevoerd bij een zestal proefpersonen met gave, resp. gemutileerde, natuurlijke gebitten. Voor bijzonderheden hieromtrent zij verwezen naar de hierachter vermelde gegevens (pag. 390–392).

De resultaten van de kauwproeven zijn weergegeven in de tabellen IV t/m IX (pag. 397–411) en de grafieken A t/m F (pag. 412–417).

PROEFPERSOON A

Geslacht : man

Leeftijd: 24 jaar

Gebitsstatus :

8 7 6 5 4 3 2 1 | 1 2 3 4 5 6 7 8

Contact in protrale occl. :

R

 L

8 7 6 5 4 3 2 1 | 1 2 3 4 5 6 7 8

Contact in r. laterale occl.:

R

 L

1 | 1

Contact in l. laterale occl.:

R

 L

6 5 3 2 | 1

R

 L

6 5 3 2 |

R

 L

3 6 | 3 6

Goed onderhouden gebit, gesaneerd, weinig vullingen, geen kunstkronen. Geen parodontale afwijkingen.

molaarrelatie : links: Angle klasse 1 rechts: gelijk sagittaal niveau

hor. overbeet : 5 mm

vert. overbeet : 4,5 mm

abrasie : $\overline{4} \overline{5}$ bucco-occlusaal

bijzonderheden: $\overline{5} \overline{5}$ zijn in linguale positie doorgebroken

waarschijnlijk is bij deze proefpersoon sprake van een latero-genie, t.g.v. sagittaal scheef bijten naar rechts

kauwzijde : rechts

PROEFPERSOON B

Geslacht : vrouw

Leeftijd: 28 jaar

Gebitsstatus :

R

 L

7 6 5 4 3 2 1 | 1 2 3 4 5 6 7

Contact in protrale occl. :

R

 L

7 6 5 4 3 2 1 | 1 2 3 4 5 6 7

Contact in r. laterale occl.:

R

 L

1 | 1 2 3 6

Contact in l. laterale occl.:

R

 L

1 | 1 2 3 4 7

R

 L

4 3 |

R

 L

4 3 |

R

 L

7 | 3 4 3 4

Zeer goed onderhouden gebit. Gesaneerd, weinig vullingen, geen kunstkronen. Geen parodontale afwijkingen.

molaarrelatie : links en rechts: gelijk sagittaal niveau

hor. overbeet : 7 mm

vert. overbeet : 3,2 mm

abrasie : geen

bijzonderheden: $\overline{65}$ staan in omgekeerde fissuurbeet

kauwzijde : links

PROEFPERSOON C

Geslacht	:	vrouw	Leeftijd: 23 jaar		
Gebitsstatus	:		7 6 5 4 3 2 1		1 2 3 4 5 6 7
		R	_____		L
			7 6 5 4 3 2 1		1 2 3 4 5 6 7 8
Contact in protrale occl. :					1
		R	_____		L
					1 2
Contact in r. laterale occl. :			7		4 3 2
		R	_____		L
			7		4 3 2
Contact in l. laterale occl. :			7		3 4
		R	_____		L
			7		3 4

Goed onderhouden gebit. Vrijwel gesaneerd; geen kunstkronen. Geen parodontale afwijkingen.

molaarrelatie : rechts: Angle neiging tot klasse 1. Links : idem
 hor. overbeet : 3 mm
 vert. overbeet : 5,2 mm
 abrasie : geen
 bijzonderheden: onderfront staat in suprapositie
 kauwzijde : beide zijden

PROEFPERSOON D

Geslacht	:	man	Leeftijd: 24 jaar		
Gebitsstatus	:		8 7 6 5 4 3 2 1		1 2 3 4 5 6 7 8
		R	_____		L
			8 7 6 5 4 3 2 1		1 2 3 4 5 6 7 8
Contact in protrale occl. :			7		3 2 1
		R	_____		L
			8 7		3 2 1
Contact in r. laterale occl. :			7		2
		R	_____		L
			7		2
Contact in l. laterale occl. :			7		1 2
		R	_____		L
			8		1 2

Zeer goed onderhouden gebit. Gesaneerd, weinig vullingen, geen kunstkronen. Geen parodontale afwijkingen.

molaarrelatie : rechts en links: Angle klasse 1
 hor. overbeet : 2,7 mm
 vert. overbeet : 3,- mm
 abrasie : geen
 bijzonderheden: $\overline{6}$ staat in omgekeerde fissuurbeet
 kauwzijde : rechts

PROEFPERSON E

Geslacht	: man	Leeftijd: 27 jaar	
Gebitsstatus	:		
	R	8 7 5 3 2 1	1 2 3 4 5 7
	L		
Contact in protrale occl. :		8 7 6 5 4 3 2 1	1 2 3 4 6 7
	R	1	
	L		
Contact in r. laterale occl.:		2 1	
	R	3	
	L		
Contact in l. laterale occl.:		3	3
	R		
	L		2 3

Redelijk onderhouden gebit. Vrij veel vullingen, geen kunstkronen. Geen parodontale afwijkingen.

molaarrelatie : links: gelijk sagittaal niveau rechts: Angle klasse 2

hor. overbeet : 5 mm

vert. overbeet : 7,2 mm

abrasie : geen

bijzonderheden: geen

kauwzijde : rechts

PROEFPERSON F

Geslacht	: vrouw	Leeftijd: 24 jaar	
Gebitsstatus	:		
	R	7 6 5 4 3 2 1	1 2 3 4 6 8
	L		
Contact in protrale occl. :		5 4 3 2 1	1 2 3 4 5 7 8
	R	1	1
	L		
Contact in r. laterale occl.:		1	1
	R	5 4 2	
	L		
Contact in l. laterale occl.:		5 4 2	3
	R		
	L		3

Redelijk onderhouden gebit. Niet geheel gesaneerd, vrij veel vullingen, kunstkronen
6 4 3 2 | 4 . Geen parodontale afwijkingen.

molaarrelatie : door mutilatie onbepaald

hor. overbeet : 2,7 mm

vert. overbeet : 5 mm

abrasie : geen

bijzonderheden: onderfront staat in suprapositie. Rechter bovenfrontmolaren zijn ver buiten de niveaulijn uitgegroeid

kauwzijde : links

Interpretatie van de verkregen resultaten

Aanvankelijk werd in analogie met DAHLBERG gedacht aan het verband, dat tussen het totale oppervlak van de deeltjes en de inwerking van de maag- en darmsappen bestaat. Wanneer de vorm van de deeltjes en het aantal bekend is, valt het totale oppervlak te berekenen. DAHLBERG kwam in zijn publicatie tot de overtuiging dat de vorm der deeltjes van zijn eerste 7 zeven zeer veel overeenstemming vertoonde met kubussen, terwijl de partikels die op de resterende zeven bleven liggen, op regelmatige achthoekige vlakken geleken. Hierop voortbouwende bepaalde hij het totale oppervlak. Hij telde daartoe het aantal deeltjes van de eerste 7 zeven, terwijl hij de kleine partikels sedimenteerde. Tevens maakte hij ter controle voor de bepaling van het totale oppervlak gebruik van een colorimetrische methode met congorood. Opmerkelijk is dat deze auteur vermeldt dat het mathematisch berekend oppervlak goed overeenkwam met het door middel van de kleuringsmethode verkregen oppervlak. Verwacht kon worden dat met laatstgenoemde werkwijze een hogere waarde werd gevonden, daar hiermede ook het oppervlak van eventuele barsten en plooiën in de deeltjes werd bepaald. Het verdient daarom aanbeveling na te gaan of het werken met oppervlakken verantwoord is.

Hiertoe wordt uitgegaan van 32 blokjes. Het totale oppervlak hiervan is $32 \times 6 \times 8 \times 8 = 12 \times 10^3 \text{ mm}^2$. Tijdens het kauwen ondergaat het totale oppervlak een vergroting. Voorlopig wordt aangenomen dat alle partikels na n kauwbewegingen een bolvorm bezitten. (Inhoud bol $\frac{4}{3} \pi r^3$, oppervlak bol $4 \pi r^2$). Zij $F(x)$ het percentage dat de zeef met opening-diameter x is gepasseerd. Deze functie wordt gedefinieerd van 0 tot 11.3 mm.

Men denke het interval (0–11,3) verdeeld in n intervallen ter grootte Δx . Op de zeef met zeefmaat x_i bevindt zich dan $F(x_i + \Delta x) - F(x_i)$ %.

Denkt men zich de verdeling in intervallen Δx fijn genoeg, dan kunnen de volumina der deeltjes op die zeef gelijk worden gesteld aan $\frac{4}{3} \pi \left(\frac{x_i}{2}\right)^3$

Het volume van de fractie welke zich op die zeef bevindt is gelijk aan:

$$\frac{F(x_i + \Delta x) - F(x_i)}{100} \cdot V, \text{ waarin } V \text{ het volume der 32 blokjes is.}$$

$$(V = 32 \times 8^3 \text{ mm}^3 = 1,6 \times 10^4 \text{ mm}^3 = 16 \text{ cm}^3.$$

Op die zeef zijn dus $\frac{F(x_i + \Delta x) - F(x_i)}{100} \cdot V \cdot \frac{1}{\frac{4}{3} \pi \left(\frac{x_i}{2}\right)^3}$ deeltjes.

Ieder deeltje heeft een oppervlak $4 \pi \left(\frac{x_i}{2}\right)^2$.

Het totale oppervlak van die fractie is dus gelijk aan:

$$\frac{F(x_i + \Delta x) - F(x_i)}{100} \cdot V \cdot \frac{1}{\frac{4}{3} \pi \left(\frac{x_i}{2}\right)^3} \cdot 4 \pi \left(\frac{x_i}{2}\right)^2 =$$

$$= 0,06 \cdot V \cdot \frac{F(x_i + \Delta x) - F(x_i)}{x_i} \text{ mm}^2.$$

Het totale oppervlak van alle fracties tezamen is dan:

$$\sum_{i=0}^{n-1} 0,06 \cdot V \cdot \frac{F(x_i + \Delta x) - F(x_i)}{x_i} \text{ mm}^2 = 0,06 \cdot V \cdot \int_0^{11,3} \frac{F'(x)}{x} dx \text{ mm}^2.$$

Waren in plaats van bollen andere lichamen verondersteld, dan verkrijgt men hetzelfde resultaat, met dien verstande dat de factor 0,06 een andere is (C_v).

Beschouw tabel III (proefpersoon A (32 x); 23-4'56).

$F'(x) dx$ wordt als volgt benaderd: $F'(x) dx$ is het percentage dat op de resp. zeven gevonden wordt, terwijl voor de x in de noemer het gemiddelde genomen wordt van opeenvolgende zeefdiameters.

De bijdrage van 0-0,5 overtreft met een factor 2 de bijdragen van alle andere fracties tezamen. Hoewel dit een ruwe methode van aangeven is, blijkt toch wel duidelijk, dat de kleine partikels de grootste invloed op het totale oppervlak hebben. Gesteld dat alle partikels met afmetingen (0-0,5) de afmeting 0,5 hadden, dan vindt men voor de bijdrage tot

$$\int_0^{11,3} \frac{F'(x) dx}{x} \text{ van de allerkleinste deeltjes nog altijd: } \frac{23,7}{0,5} = 47,4.$$

Aangezien de partikels $< 0,5$ mm worden weggespoeld, dient te worden geconcludeerd dat bepaling van het kauwendement op deze wijze niet mogelijk is. Bij niet wegspoelen zou trouwens het oppervlak zeer slecht te bepalen zijn. Dit is moeilijker naarmate de partikels kleiner worden.

In deze studie wordt daarom uitgegaan van de volgende definitie van het kauwendement: het kauwendement na n kauwbewegingen wordt aangegeven door de volgende coëfficiënt:

$$C_n = \frac{\int_0^{11,3} F_n(x) dx}{\int_0^{11,3} 100 dx} = \frac{1}{1130} \int_0^{11,3} F_n(x) dx$$

Hierin is $F_n(x)$ het percentage dat de zeef met zeefgat x is gepasseerd,

TABEL III

Zeefmaat	%	$\frac{F'(x) dx}{x}$
9,6 - 11,3	0	0
8,0 - 9,6	0	0
6,8 - 8,0	0,1	$\frac{0,1}{7,4} = 0,0$
5,6 - 6,8	1,4	$\frac{1,4}{6,2} = 0,2$
4,8 - 5,6	2,8	$\frac{2,8}{5,2} = 0,5$
4,0 - 4,8	6,3	$\frac{6,3}{4,4} = 1,4$
3,4 - 4,0	6,6	$\frac{6,6}{3,7} = 1,8$
2,8 - 3,4	10,7	$\frac{10,7}{3,1} = 3,4$
2,0 - 2,8	19,0	$\frac{19,0}{2,4} = 7,9$
1,0 - 2,0	19,4	$\frac{19,4}{1,5} = 12,6$
0,5 - 1,0	9,9	$\frac{9,9}{0,75} = 13,2$
0 - 0,5	23,7	$\frac{23,7}{0,25} = 90,5$

41,3

$$\int_0^{11,3} \frac{F'(x) dx}{x} \text{ benaderd door } 131,5$$

n het aantal kauwbewegingen. De noemer stelt voor het „theoretisch

maximum” van $\int_0^{11,3} F_n(x) dx$. C_n ligt dus tussen 0 en 1 en wordt

„kauw-coëfficiënt” genoemd, dit is dus het getal dat het kauwendement aangeeft bij n kauwbewegingen.

Ter verduidelijking kan b.v. grafiek A^1 worden beschouwd. Het oppervlak van b.v. de kolom 2-2,8 mm is te beschouwen als $F_8(2,8) - F_8(2)$, dit is het percentage gelegen op de zeef met zeefmaat 2 mm. Alle kolom-

men zijn op deze wijze te interpreteren. De polygoon in deze figuur is een benaderde voorstelling van $F_8(x)$, die door sommatie uit het histogram is verkregen. Het oppervlak, begrensd door de horizontale as, de curve $F_8(x)$ en de verticaal door 11,3, geeft een goede benadering van

$$\int_0^{11,3} F_8(x) dx. \int_0^{11,3} 100 dx \text{ (het theoretisch maximum) is het oppervlak}$$

van de rechthoek, omspannen door de horizontale as (0–11,3) en de verticale as (0–100).

Tegen bovengenoemde definitie van C_n kan als theoretisch bezwaar het volgende worden aangevoerd: men kan zich een oneindig aantal verschillende functies $F(x)$ voorstellen, die desondanks dezelfde waarde voor C_n bezitten, waaruit volgt dat C_n onvoldoende informatie omtrent het kauwendement zou verschaffen. Uit de experimenten blijkt echter de vorm van de curve $F(x)$ zodanig te zijn, dat dit bezwaar voor een deel theoretisch is. Dit leidt zelfs tot de onderstelling dat de curve $F(x)$ reeds voldoende bekend mag worden verondersteld, wanneer één functiewaarde, bv. $F(x_i)$ bekend is.

Om de juistheid dezer overweging te toetsen werd het volgende gedaan:

Uit alle experimenten werd $F_n(2)$ uitgezet tegen de berekende coëfficiënt C_n . (zie grafiek G). Hieruit blijkt duidelijk dat bij grotere $F_n(2)$ de correlatie tussen $F_n(2)$ en C_n toeneemt. Een hoog percentage $F_n(2)$ wordt verzekerd o.a. door een groot aantal kauwbewegingen. Mutilatie van het gebit is een beperkende factor in het toenemen van $F_n(2)$.

Uit het bovenstaande blijkt dat de veronderstelling als zou uit één functiewaarde $F(x_i)$ het totale kauwendement kunnen worden afgeleid, jammer genoeg niet algemeen opgaat voor zover het onderzoek betrekking heeft op gemutileerde gebitten. Bovendien is de veronderstelling onjuister naarmate het aantal kauwbewegingen kleiner is.

Ter illustratie zij verwezen naar grafiek G, waarin bovendien voor alle proefpersonen (A t/m F) de waarde $F_{32}(2)$ met een streepje op de $F(x)$ as is aangegeven.

Het voorgaande wil dus alleen zeggen dat ter bepaling van het totale kauwendement zoals dit met de coëfficiënt C_n geschiedt, niet kan worden volstaan met één functiewaarde $F_n(x)$; ofwel: er kan niet met één zeef worden volstaan, in het bijzonder omdat gemutileerde gebitten de grootste aandacht verdienen; m.a.w. de hierboven geuite onderstelling is dus onjuist.

Een overzicht van het experiment bij 6 proefpersonen is te vinden in de tabellen IV t/m IX en bijbehorende grafieken A t/m F (pag. 397–417).

PROEFPERSOON A

Tabel IV

FRACTIES IN PROCENTEN

8 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	20-11-1956	23-11-1956			gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	16.9	17.8			17.4	0.5
2	8.0- 9.6	14.8	16.9			15.8	1.1
3	6.8- 8.0	12.9	14.1			13.5	0.6
4	5.6- 6.8	12.2	8.6			10.4	1.8
5	4.8- 5.6	9.3	8.2			8.8	0.6
6	4.0- 4.8	4.3	4.5			4.4	0.1
7	3.4- 4.0	4.3	5.7			5.0	0.7
8	2.8- 3.4	3.0	4.3			3.7	0.7
9	2.0- 2.8	4.5	4.8			4.7	0.2
10	1.0- 2.0	3.7	4.5			4.1	0.4
11	0.5- 1.0	1.8	2.8			2.3	0.5
12	0 - 0.5	12.3	7.5			9.9	2.4
coëff.		0.48	0.46			0.47	0.01

16 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	12-7-1956	12-7-1956	16-7-1956	17-7-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	4.1	0.8	0.0	0.0	1.2	1.4
3	6.8- 8.0	1.6	2.9	4.7	5.8	3.5	1.5
4	5.6- 6.8	8.8	7.1	10.4	9.5	8.6	1.1
5	4.8- 5.6	8.7	9.3	12.3	11.5	10.2	1.5
6	4.0- 4.8	11.4	12.1	12.1	9.3	11.4	0.9
7	3.4- 4.0	10.1	9.3	10.1	9.6	9.7	0.3
8	2.8- 3.4	9.3	9.2	9.6	9.7	9.4	0.2
9	2.0- 2.8	13.4	13.8	12.5	11.7	13.1	0.8
10	1.0- 2.0	11.9	12.7	10.0	10.3	11.5	1.1
11	0.5- 1.0	4.6	5.2	5.6	3.4	4.8	0.7
12	0 - 0.5	16.1	17.6	12.7	19.2	16.6	2.0
coëff.		0.71	0.74	0.70	0.72	0.72	0.01

FRACTIES IN PROCENTEN

32 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	23-4-1956	7-5-1956	16-5-1956	13-6-1956	14-6-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
4	5.6- 6.8	1.4	2.2	1.1	1.1	0.9	1.3	0.4
5	4.8- 5.6	2.8	3.5	2.9	3.3	2.9	3.1	0.3
6	4.0- 4.8	6.3	5.4	6.9	8.4	3.9	6.2	1.2
7	3.4- 4.0	6.6	10.0	9.7	9.0	7.9	8.6	1.1
8	2.8- 3.4	10.7	9.4	9.4	11.9	10.3	10.4	0.8
9	2.0- 2.8	19.0	19.0	17.3	18.3	20.7	18.8	0.9
10	1.0- 2.0	19.4	18.8	17.7	17.7	19.4	18.6	0.7
11	0.5- 1.0	9.9	8.4	8.2	8.6	9.4	8.9	0.6
12	0 - 0.5	23.7	23.3	26.7	21.7	24.6	24.0	1.3
coëff.		0.83	0.82	0.82	0.81	0.83	0.82	0.01

48 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	19-7-1956	19-7-1956				gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0				0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0				0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.0	0.0				0.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0	0.5				0.3	0.3
5	4.8- 5.6	0.0	0.3				0.2	0.2
6	4.0- 4.8	4.3	2.1				3.4	1.1
7	3.4- 4.0	6.1	5.2				5.6	0.5
8	2.8- 3.4	11.5	10.9				11.2	0.3
9	2.0- 2.8	20.8	18.4				19.6	1.2
10	1.0- 2.0	20.7	20.0				20.3	0.4
11	0.5- 1.0	9.7	10.1				9.9	0.2
12	0 - 0.5	26.9	32.5				29.7	1.4
coëff.		0.85	0.87				0.86	0.01

PROEFPERSOON A

Tabel IV

FRACTIES IN PROCENTEN

64 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	18-7-1956	18-7-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
5	4.8- 5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
6	4.0- 4.8	0.8	0.2	0.5	0.3
7	3.4- 4.0	3.6	3.5	3.6	0.1
8	2.8- 3.4	7.3	6.3	6.8	0.5
9	2.0- 2.8	21.0	15.7	18.3	2.7
10	1.0- 2.0	21.6	23.3	22.5	0.9
11	0.5- 1.0	11.2	11.4	11.3	0.1
12	0 - 0.5	34.5	39.6	37.0	2.6
coëff.		0.88	0.88	0.88	0.002

128 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	23-5-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.0
3	6.8- 8.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0
5	4.8- 5.6	0.0
6	4.0- 4.8	0.0
7	3.4- 4.0	0.7
8	2.8- 3.4	3.6
9	2.0- 2.8	19.8
10	1.0- 2.0	26.0
11	0.5- 1.0	15.4
12	0 - 0.5	34.5
coëff.		0.885

PROEFPERSOON B

Tabel V

8 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	4-6-1957	7-6-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	11.8	20.3	16.1	4.3
2	8.0- 9.6	28.1	17.0	22.6	5.6
3	6.8- 8.0	14.7	19.2	17.0	2.3
4	5.6- 6.8	7.4	22.2	9.8	2.3
5	4.8- 5.6	5.1	8.3	6.7	1.6
6	4.0- 4.8	3.8	4.5	4.2	0.4
7	3.4- 4.0	1.7	5.4	3.6	1.9
8	2.8- 3.4	2.4	2.2	2.3	0.1
9	2.0- 2.8	3.1	3.4	3.3	0.2
10	1.0- 2.0	4.4	3.7	4.1	0.4
11	0.5- 1.0	1.6	2.0	1.8	0.2
12	0 - 0.5	14.9	1.8	8.4	6.6
coëff.		0.47	0.39	0.43	0.035

PROEFPERSOON B

Tabel V

FRACTIES IN PROCENTEN

16 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	21-6-1956	26-6-1956	27-6-1956	29-6-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	2.3	1.9	0.0	1.8	1.5	0.8
3	6.8- 8.0	6.9	4.1	3.8	4.5	4.8	1.0
4	5.6- 6.8	6.1	14.6	6.3	11.1	9.5	3.3
5	4.8- 5.6	10.8	11.3	10.0	10.5	10.7	0.4
6	4.0- 4.8	9.3	8.4	12.0	8.0	9.4	1.3
7	3.4- 4.0	8.6	11.0	11.0	10.1	10.2	0.8
8	2.8- 3.4	10.7	7.9	8.7	9.6	9.2	0.9
9	2.0- 2.8	12.0	10.2	13.2	12.8	12.1	1.0
10	1.0- 2.0	9.8	10.3	11.6	11.0	10.6	0.6
11	0.5- 1.0	4.3	4.7	6.4	6.4	5.5	1.0
12	0 - 0.5	19.2	15.6	17.0	14.2	16.5	1.6
coëff.		0.71	0.70	0.74	0.71	0.71	0.015

32 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	2-6-1956	6-6-1956	8-6-1956	15-6-1956	20-6-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	1.4	0.0	1.5	0.0	0.6	0.7
3	6.8- 8.0	1.7	0.0	1.8	1.2	0.0	0.9	0.8
4	5.6- 6.8	2.2	2.8	5.6	4.1	2.3	3.4	1.2
5	4.8- 5.6	7.0	5.7	7.1	7.9	4.1	6.4	1.2
6	4.0- 4.8	7.5	5.6	10.0	10.5	12.0	9.1	2.1
7	3.4- 4.0	9.6	8.3	10.0	10.7	11.0	9.9	0.8
8	2.8- 3.4	10.0	11.3	11.3	10.8	11.5	11.0	0.5
9	2.0- 2.8	17.0	16.8	15.6	17.5	16.5	16.7	0.5
10	1.0- 2.0	14.6	17.8	15.0	14.0	16.5	15.6	1.3
11	0.5- 1.0	7.7	8.6	6.3	6.3	9.0	7.5	1.1
12	0 - 0.5	22.7	21.7	17.3	15.5	17.1	18.9	2.7
coëff.		0.79	0.80	0.76	0.75	0.79	0.78	0.015

PROEFPERSOON B

Tabel V

FRACTIES IN PROCENTEN

48 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	4-7-1956	6-7-1956				gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0				0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0				0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.7	0.0				0.4	0.4
4	5.6- 6.8	1.4	0.4				0.9	0.5
5	4.8- 5.6	2.8	2.3				2.6	0.3
6	4.0- 4.8	4.0	3.3				3.7	0.4
7	3.4- 4.0	6.6	7.7				7.2	0.6
8	2.8- 3.4	11.6	10.4				11.0	0.6
9	2.0- 2.8	19.3	19.5				19.4	0.1
10	1.0- 2.0	18.8	19.6				19.2	0.7
11	0.5- 1.0	10.1	11.8				11.0	0.9
12	0 - 0.5	24.7	25.0				24.9	0.2
coëff.		0.83	0.84				0.83	0.01

64 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	3-7-1956	5-7-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.2	0.0	0.1	0.1
5	4.8- 5.6	1.0	1.4	1.2	0.2
6	4.0- 4.8	2.1	3.9	3.0	0.9
7	3.4- 4.0	6.6	6.6	6.6	0.0
8	2.8- 3.4	9.1	12.2	10.7	1.6
9	2.0- 2.8	17.7	18.0	17.9	1.2
10	1.0- 2.0	20.8	18.3	19.6	1.3
11	0.5- 1.0	11.0	8.1	9.6	1.5
12	0 - 0.5	31.5	31.5	31.5	0.0
coëff.		0.86	0.85	0.86	0.005

128 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	6-6-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.0
3	6.8- 8.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0
5	4.8- 5.6	0.1
6	4.0- 4.8	1.0
7	3.4- 4.0	2.8
8	2.8- 3.4	7.5
9	2.0- 2.8	15.2
10	1.0- 2.0	24.3
11	0.5- 1.0	14.8
12	0 - 0.5	34.3
coëff.		0.88

FRACTIES IN PROCENTEN

8 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	17-12- 1956	18-12- 1956					gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	18.3	14.7					16.5	1.8
2	8.0- 9.6	17.2	18.4					17.9	0.7
3	6.8- 8.0	12.1	15.1					13.6	1.5
4	5.6- 6.8	7.1	10.8					9.0	1.9
5	4.8- 5.6	8.4	6.7					7.6	0.9
6	4.0- 4.8	3.2	4.8					4.0	0.8
7	3.4- 4.0	4.3	3.6					4.0	0.4
8	2.8- 3.4	3.8	4.7					4.3	0.5
9	2.0- 2.8	5.1	5.6					5.4	0.3
10	1.0- 2.0	4.3	2.8					3.6	0.8
11	0.5- 1.0	0.8	2.4					1.6	0.8
12	0 - 0.5	15.4	10.2					12.8	2.6
coëff.		0.48	0.47					0.47	0.01

16 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	15-9- 1956	2-10- 1956	9-10- 1956	11-10- 1956	18-10- 1956	23-10- 1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.5	2.5	3.9	0.0	0.0	1.2	1.4
2	8.0- 9.6	8.6	11.7	2.8	4.7	6.8	9.0	7.3	2.5
3	6.8- 8.0	9.4	5.5	8.2	11.6	10.3	6.7	8.6	1.8
4	5.6- 6.8	11.8	11.0	8.8	10.6	12.0	9.4	10.6	1.0
5	4.8- 5.6	9.4	8.6	9.3	8.7	11.0	10.7	9.6	0.8
6	4.0- 4.8	8.9	8.1	5.5	6.4	10.5	6.7	7.7	1.5
7	3.4- 4.0	10.4	8.6	9.1	7.9	8.8	4.9	8.6	0.8
8	2.8- 3.4	7.8	8.9	9.4	7.1	9.1	9.0	8.6	0.7
9	2.0- 2.8	9.3	8.8	12.7	10.1	10.2	10.8	10.3	1.0
10	1.0- 2.0	6.2	8.3	10.3	7.0	6.6	6.7	7.5	1.2
11	0.5- 1.0	2.5	4.2	4.6	2.7	3.5	4.2	3.6	0.7
12	0 - 0.5	15.7	15.8	16.8	19.3	11.2	19.9	16.5	2.2
coëff.		0.64	0.65	0.69	0.65	0.64	0.67	0.65	0.015

PROEFPERSOON C

Tabel VI

FRACTIES IN PROCENTEN

32 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	6-9-1956	12-9-1956	13-9-1956	14-9-1956	14-9-1956	19-9-1956	21-9-1956	8-10-1956	15-10-1956	16-10-1956	22-10-1956	gemid. afw.	gemid.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.8	1.1	0.0	2.3	0.0	0.7	0.5	0.4	2.9	2.8	0.0	1.3	0.0
4	5.6- 6.8	4.0	5.1	0.5	4.6	1.6	0.9	2.9	3.9	2.9	3.6	3.2	3.3	1.1
5	4.8- 5.6	4.1	8.2	0.5	4.8	4.5	5.4	8.3	6.5	7.4	6.3	5.7	6.8	1.8
6	4.0- 4.8	8.0	7.9	4.9	6.4	3.6	13.4	8.1	7.8	8.9	6.4	9.5	8.1	1.8
7	3.4- 4.0	9.8	9.4	5.2	9.2	5.3	1.7	10.5	10.7	10.2	10.3	8.6	10.1	1.5
8	2.8- 3.4	10.8	11.9	8.9	10.2	9.1	10.4	11.8	11.3	11.1	12.0	11.6	11.6	1.0
9	2.0- 2.8	17.5	17.2	21.5	17.5	18.1	17.0	16.2	18.9	19.4	15.9	17.3	17.5	1.1
10	1.0- 2.0	16.4	14.3	18.4	13.3	19.3	6.8	10.9	17.6	12.0	13.2	14.6	13.7	2.8
11	0.5- 1.0	6.4	7.8	9.7	7.6	8.8	7.8	5.1	7.4	6.5	5.5	7.4	6.4	1.3
12	0 - 0.5	23.0	17.1	30.4	24.1	29.7	26.1	25.7	15.5	18.7	24.0	22.1	21.0	4.4
coëff.		0.79	0.77	0.85	0.79	0.84	0.79	0.79	0.78	0.77	0.78	0.79	0.78	0.015

Tabel VI

PROEFPERSOON C

FRACTIES IN PROCENTEN

48 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	29-10- 1956	30-10- 1956															gemid. afw.	gemid.
1	9,6-11,3	0,0	0,0															0,0	0,0
2	8,0- 9,6	0,0	0,0															0,0	0,0
3	6,8- 8,0	0,0	0,0															0,0	0,0
4	5,6- 6,8	1,6	1,2															1,4	0,2
5	4,8- 5,6	1,0	5,2															3,1	2,1
6	4,0- 4,8	9,4	6,2															7,8	1,6
7	3,4- 4,0	9,4	6,5															7,9	1,5
8	2,8- 3,4	12,4	11,5															11,9	0,5
9	2,0- 2,8	29,0	28,0															28,5	0,5
10	1,0- 2,0	14,1	16,3															15,4	1,1
11	0,5- 1,0	5,9	7,6															6,8	0,9
12	0 - 0,5	17,2	17,5															17,4	0,2
coëff.		0,80	0,80															0,80	0,005

PROEFPERSOON C

Tabel VI

FRACTIES IN PROCENTEN

64 kauwbewegingen

128 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	5-11-1956	6-11-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
5	4.8- 5.6	0.9	0.5	0.7	0.2
6	4.0- 4.8	1.9	3.2	2.6	0.7
7	3.4- 4.0	8.4	5.1	6.8	1.7
8	2.8- 3.4	10.6	12.2	11.4	0.8
9	2.0- 2.8	24.3	20.0	22.2	2.2
10	1.0- 2.0	22.2	24.3	23.3	1.1
11	0.5- 1.0	8.5	9.3	8.9	0.4
12	0 - 0.5	23.2	25.4	24.3	1.1
coëff.		0.84	0.85	0.84	0.005

zeef no.	zeefmaat	22-1-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.0
3	6.8- 8.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0
5	4.8- 5.6	0.0
6	4.0- 4.8	0.0
7	3.4- 4.0	0.0
8	2.8- 3.4	5.8
9	2.0- 2.8	19.7
10	1.0- 2.0	20.6
11	0.5- 1.0	9.3
12	0 - 0.5	44.6
coëff.		0.90

PROEFPERSOON D

Tabel VII

8 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	12-2-1957	13-2-1957				gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	31.8	17.0				24.4	7.4
2	8.0- 9.6	25.7	26.5				26.1	0.6
3	6.8- 8.0	8.4	11.8				10.1	1.7
4	5.6- 6.8	8.4	11.6				10.0	1.6
5	4.8- 5.6	4.9	6.3				5.6	0.7
6	4.0- 4.8	3.4	6.7				5.1	1.7
7	3.4- 4.0	1.9	3.5				2.7	0.8
8	2.8- 3.4	1.3	3.0				2.2	0.9
9	2.0- 2.8	2.9	2.9				2.5	0.5
10	1.0- 2.0	1.6	2.0				1.8	0.2
11	0.5- 1.0	0.0	0.0				0.0	0.0
12	0 - 0.5	10.6	8.7				9.7	1.0
coëff.		0.35	0.49				0.42	0.07

FRACTIES IN PROCENTEN

16 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	25-11-1956	10-12-1956	12-12-1956	14-12-1956	9-1-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	3.9	7.3	4.6	4.9	11.2	6.4	2.3
2	8.0- 9.6	28.0	14.1	17.9	18.6	17.5	19.2	3.5
3	6.8- 8.0	9.3	16.7	12.8	10.9	13.0	12.5	2.0
4	5.6- 6.8	11.2	10.0	6.0	12.8	9.5	9.9	1.7
5	4.8- 5.6	8.4	11.1	7.4	10.9	7.0	9.0	1.7
6	4.0- 4.8	10.3	7.8	7.9	7.0	10.2	8.6	1.3
7	3.4- 4.0	5.7	8.4	5.5	8.8	6.7	7.0	1.3
8	2.8- 3.4	5.2	7.1	7.4	6.1	3.9	5.9	1.1
9	2.0- 2.8	5.8	6.7	6.6	7.2	6.3	6.5	0.4
10	1.0- 2.0	3.6	5.8	5.5	3.2	3.3	4.3	1.1
11	0.5- 1.0	0.7	3.3	3.8	2.9	1.5	2.4	1.1
12	0 - 0.5	7.9	1.7	14.6	6.7	9.9	8.2	3.3
coëff.		0.49	0.51	0.57	0.52	0.52	0.52	0.02

32 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	22-6-1956	23-6-1956	12-11-1956	14-11-1956	26-11-1956	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.3	0.5
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	5.6	3.6	9.2	3.7	3.0
3	6.8- 8.0	2.6	2.8	5.9	5.5	5.5	4.5	1.6
4	5.6- 6.8	5.4	4.4	9.1	10.3	7.8	7.4	2.0
5	4.8- 5.6	5.4	5.1	10.8	8.2	7.2	7.3	1.7
6	4.0- 4.8	6.4	7.0	10.3	8.2	8.0	8.0	1.0
7	3.4- 4.0	7.7	8.0	8.9	9.8	8.1	8.5	0.7
8	2.8- 3.4	8.7	10.1	9.5	9.4	10.0	9.5	0.4
9	2.0- 2.8	19.8	17.7	13.7	14.2	12.1	15.5	2.6
10	1.0- 2.0	16.5	13.4	8.3	9.5	8.9	11.3	2.9
11	0.5- 1.0	7.7	5.5	4.1	5.0	4.2	5.3	1.1
12	0 - 0.5	19,8	26.0	12.1	16.3	19.0	18.6	3.6
coëff.		0.78	0.79	0.66	0.70	0.68	0.72	0.045

PROEFPERSOON D

Tabel VII

FRACTIES IN PROCENTEN

48 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	24-1-1957	29-1-1957				gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0				0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	2.3				1.2	1.2
3	6.8- 8.0	3.9	2.2				3.1	0.9
4	5.6- 6.8	5.7	6.4				6.1	0.7
5	4.8- 5.6	8.5	10.2				9.4	0.9
6	4.0- 4.8	11.1	10.8				11.0	0.2
7	3.4- 4.0	12.3	10.3				11.3	1.0
8	2.8- 3.4	11.1	10.3				10.7	0.4
9	2.0- 2.8	16.9	16.2				16.6	0.4
10	1.0- 2.0	13.7	8.7				11.2	2.5
11	0.5- 1.0	4.6	3.7				4.2	0.5
12	0 - 0.5	12.2	18.9				15.6	3.4
coëff.		0.73	0.73				0.73	0.01

64 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	31-1-1957	5-2-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.8- 8.0	1.4	0.0	0.7	0.7
4	5.6- 6.8	6.3	5.1	5.7	0.6
5	4.8- 5.6	7.2	2.8	5.0	2.2
6	4.0- 4.8	8.8	9.0	8.9	0.1
7	3.4- 4.0	9.9	7.3	8.6	1.3
8	2.8- 3.4	11.4	9.4	10.4	1.0
9	2.0- 2.8	16.4	16.3	16.4	0.1
10	1.0- 2.0	12.9	10.8	11.9	1.1
11	0.5- 1.0	6.4	4.5	5.5	1.0
12	0 - 0.5	19.3	34.8	27.1	7.8
coëff.		0.77	0.82	0.79	0.025

128 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	7-2-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.0
3	6.8- 8.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.6
5	4.8- 5.6	1.6
6	4.0- 4.8	4.0
7	3.4- 4.0	5.8
8	2.8- 3.4	10.6
9	2.0- 2.8	20.4
10	1.0- 2.0	20.0
11	0.5- 1.0	6.9
12	0 - 0.5	30.1
coëff.		0.85

FRACTIES IN PROCENTEN

8 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	2-4- 1957	7-5- 1957				gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	13.8	5.5				9.7	4.2
2	8.0- 9.6	29.8	21.0				25.4	4.4
3	6.8- 8.0	10.9	27.4				19.2	8.3
4	5.6- 6.8	7.0	11.8				9.4	2.4
5	4.8- 5.6	4.3	5.9				5.1	0.8
6	4.0- 4.8	4.6	3.6				4.1	0.5
7	3.4- 4.0	3.5	4.8				4.2	0.7
8	2.8- 3.4	2.6	3.5				3.1	0.5
9	2.0- 2.8	1.8	2.9				2.4	0.6
10	1.0- 2.0	3.5	3.6				3.6	0.1
11	0.5- 1.0	2.2	2.5				2.4	0.2
12	0 - 0.5	15.0	7.5				11.3	3.8
coëff.		0.49	0.46				0.47	0.015

16 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	7-3- 1957	12-3- 1957	19-3- 1957	26-3- 1957	28-3- 1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	2.8	0.0	0.0	0.0	2.3	1.0	1.2
2	8.0- 9.6	14.7	6.2	8.2	14.1	8.0	10.2	3.3
3	6.8- 8.0	20.4	12.6	14.9	10.0	13.2	14.2	2.8
4	5.6- 6.8	14.4	18.8	20.6	17.0	18.5	17.9	1.7
5	4.8- 5.6	7.3	7.0	10.5	8.6	9.8	8.6	1.2
6	4.0- 4.8	6.7	9.7	7.8	7.9	7.1	7.8	0.8
7	3.4- 4.0	4.9	6.8	7.2	5.1	7.1	6.2	1.0
8	2.8- 3.4	3.0	4.0	2.0	6.1	5.0	4.0	1.2
9	2.0- 2.8	4.3	5.5	4.5	5.1	6.3	5.1	0.6
10	1.0- 2.0	3.1	5.5	3.3	5.3	5.5	4.5	1.1
11	0.5- 1.0	3.2	3.4	2.0	2.0	2.7	2.7	0.5
12	0 - 0.5	15.2	20.5	19.0	18.8	14.5	17.6	2.2
coëff.		0.55	0.64	0.60	0.60	0.59	0.60	0.02

FRACTIES IN PROCENTEN

32 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	14-2-1957	21-2-1957	26-2-1957	28-2-1957	5-3-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.0- 9.6	3.0	1.6	2.4	0.6	0.0	1.5	1.0
3	6.8- 8.0	7.5	5.0	7.8	7.5	1.4	5.8	2.2
4	5.6- 6.8	10.1	10.6	6.8	9.4	4.8	8.3	2.1
5	4.8- 5.6	10.9	10.9	9.7	10.5	7.9	10.0	1.0
6	4.0- 4.8	10.7	12.9	9.7	10.6	10.9	11.0	0.8
7	3.4- 4.0	10.8	10.2	10.2	10.7	10.7	10.1	0.6
8	2.8-3.4	6.9	6.5	9.4	7.5	9.0	7.9	1.1
9	2.0- 2.8	7.4	9.7	8.2	8.6	10.8	8.9	1.1
10	1.0- 2.0	9.8	9.3	10.2	6.6	12.7	9.7	1.6
11	0.5- 1.0	5.8	5.1	5.0	4.2	7.0	5.4	0.8
12	0 - 0.5	17.1	18.2	20.6	23.8	26.8	21.3	3.2
coëff.		0.69	0.71	0.71	0.71	0.78	0.72	0.025

48 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	10-5-1957	28-5-1957				gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.0				0.0	0.0
2	8.0- 9.6	0.0	0.0				0.0	0.0
3	6.8- 8.0	0.0	6.8				3.4	3.4
4	5.6- 6.8	4.7	7.6				6.2	1.5
5	4.8- 5.6	9.9	11.3				10.6	0.7
6	4.0- 4.8	5.6	10.3				8.0	2.4
7	3.4- 4.0	22.4	15.3				18.9	3.6
8	2.8- 3.4	11.5	10.6				11.1	0.5
9	2.0- 2.8	20.0	11.2				15.6	4.4
10	1.0- 2.0	10.0	8.8				9.4	0.6
11	0.5- 1.0	5.5	4.1				4.8	0.7
12	0 - 0.5	10.4	14.1				12.3	1.9
coëff.		0.75	0.70				0.72	0.025

PROEFPERSOON E

Tabel VIII

FRACITIES IN PROCENTEN

64 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	14-5-1957	16-5-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0,0	0,0	0,0	0,0
2	8.0- 9.6	0,0	0,0	0,0	0,0
3	6.8- 8.0	1.1	3.5	2.3	1.2
4	5.6- 6.8	4.1	3.7	3.9	0.2
5	4.8- 5.6	8.5	6.5	7.5	1.0
6	4.0- 4.8	8.5	12.6	10.6	2.0
7	3.4- 4.0	14.7	15.7	15.2	0.5
8	2.8- 3.4	12.3	10.9	11.6	0.7
9	2.0- 2.8	13.2	11.2	12.2	1.0
10	1.0- 2.0	11.7	8.9	10.3	1.4
11	0.5- 1.0	8.8	4.9	6.9	2.0
12	0 - 0.5	17.1	22.1	19.6	2.5
coëff.		0.76	0.75	0.76	0.005

128 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	21-5-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.0
3	6.8- 8.0	0.0
4	5.6- 6.8	0.0
5	4.8- 5.6	1.0
6	4.0- 4.8	2.4
7	3.4- 4.0	8.5
8	2.8- 3.4	13.2
9	2.0- 2.8	17.2
10	1.0- 2.0	14.7
11	0.5- 1.0	8.8
12	0 - 0.5	34.2
coëff.		0.85

PROEFPERSOON F

Tabel IX

8 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	28-6-1957
1	9.6- 1.3	17.8
2	8.0- 9.6	42.6
3	6.8- 8.0	14.0
4	5.6- 6.8	8.2
5	4.8- 5.6	3.9
6	4.0- 4.8	1.6
7	3.4- 4.0	0.5
8	2.8- 3.4	0.7
9	2.0- 2.8	1.0
10	1.0- 2.0	1.8
11	0.5- 1.0	1.2
12	0 - 0.5	6.7
coëff.		0.332

16 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	19-6-1957	21-6-1957	24-6-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	2.9	3.1	5.5	3.5	
2	8.0- 9.6	29.2	21.4	31.4	26.5	
3	6.8- 8.0	21.6	27.3	27.5	25.1	
4	5.6- 6.8	12.8	15.9	18.3	15.1	
5	4.8- 5.6	8.0	9.1	6.5	8.1	
6	4.0- 4.8	3.6	6.3	3.5	4.7	
7	3.4- 4.0	3.7	4.1	0.6	3.2	
8	2.8- 3.4	2.0	3.2	1.3	2.3	
9	2.0- 2.8	1.9	3.3	1.4	2.4	
10	1.0- 2.0	3.9	3.8	1.3	3.3	
11	0.5- 1.0	1.8	2.1	0.9	1.7	
12	0 - 0.5	8.6	0.4	1.8	4.0	
coëff.		0.45	0.44	0.37	0.43	0.035

PROEFPERSON F

Tabel IX

FRACTIES IN PROCENTEN

32 kauwbewegingen

zeef no.	zeefmaat	14-6-1957	17-6-1957	28-6-1957	gemid.	gemid. afw.
1	9.6-11.3	0.0	0.9	0.0	0.4	
2	8.0- 9.6	5.5	8.8	7.1	7.1	
3	6.8- 8.0	13.5	13.0	14.9	13.6	
4	5.6- 6.8	24.1	20.0	25.7	22.8	
5	4.8- 5.6	9.8	12.4	19.5	12.8	
6	4.0- 4.8	9.0	7.4	9.6	8.5	
7	3.4- 4.0	6.0	6.2	3.9	5.7	
8	2.8- 3.4	5.2	4.2	2.7	4.3	
9	2.0- 2.8	5.6	6.1	2.9	5.3	
10	1.0- 2.0	5.5	6.9	2.7	5.5	
11	0.5- 1.0	2.8	4.1	2.4	3.2	
12	0 - 0.5	13.0	10.0	8.6	10.9	
coëff.		0.60	0.58	0.55	0.58	0.015

48 kauwbewegingen

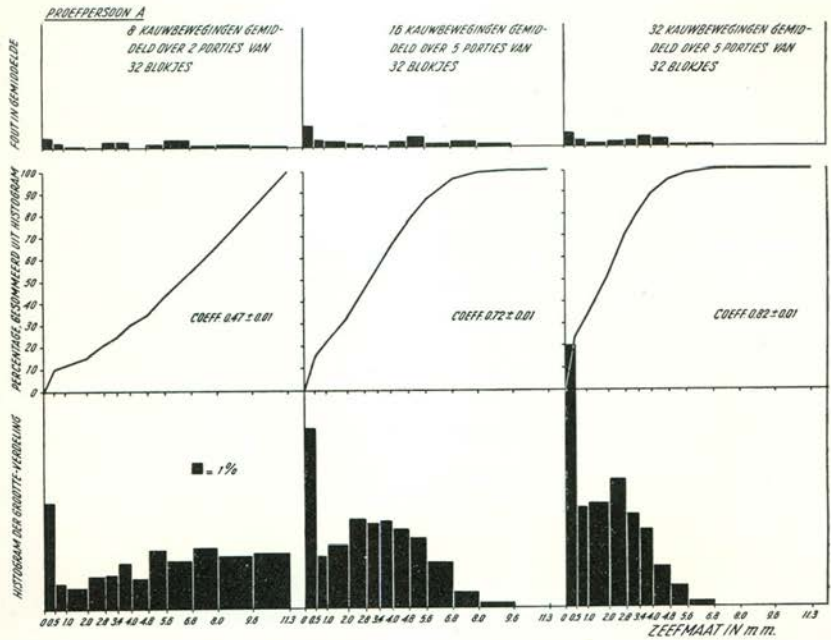
zeef no.	zeefmaat	25-6-1957
1	9.6-11.3	0
2	8.0- 9.6	1.4
3	6.8- 8.0	6.8
4	5.6- 6.8	19.5
5	4.8- 5.6	14.6
6	4.0- 4.8	14.6
7	3.4- 4.0	7.4
8	2.8- 3.4	5.3
9	2.0- 2.8	5.5
10	1.0- 2.0	5.6
11	0.5- 1.0	2.9
12	0 -0.5	16.4
coëff.		0.65

64 kauwbewegingen

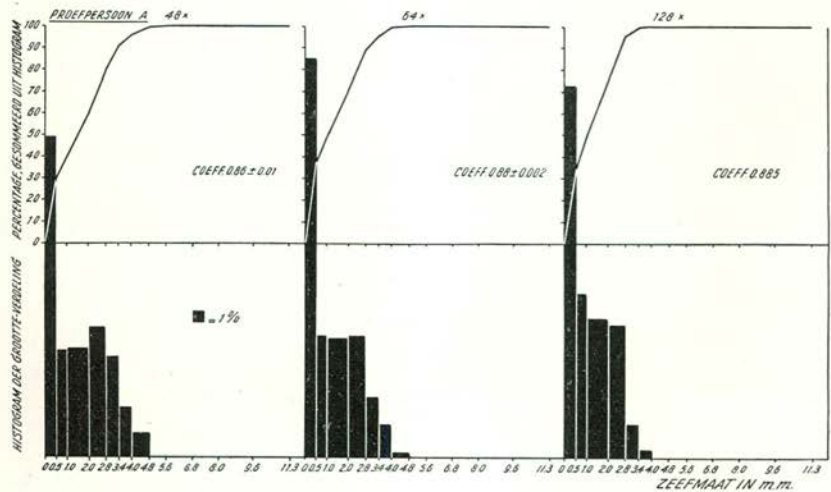
zeef no.	zeefmaat	3-7-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.6
3	6.8- 8.0	5.5
4	5.6- 6.8	13.1
5	4.8- 5.6	16.0
6	4.0- 4.8	14.6
7	3.4- 4.0	9.8
8	2.8- 3.4	7.5
9	2.0- 2.8	8.0
10	1.0- 2.0	7.7
11	0.5- 1.0	4.8
12	0 - 0.5	12.4
coëff.		0.67

128 kauwbewegingen

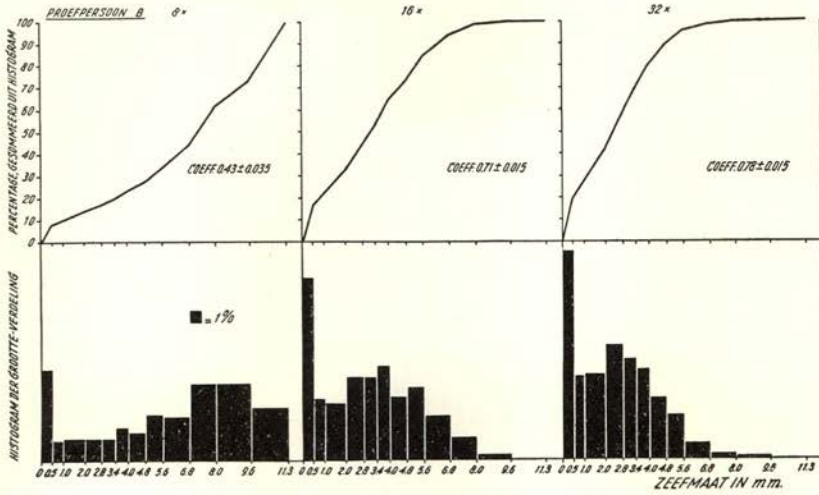
zeef no.	zeefmaat	5-7-1957
1	9.6-11.3	0.0
2	8.0- 9.6	0.0
3	6.8- 8.0	0.0
4	5.6- 6.8	2.3
5	4.8- 5.6	4.1
6	4.0- 4.8	11.2
7	3.4- 4.0	14.8
8	2.8- 3.4	12.6
9	2.0- 2.8	14.2
10	1.0- 2.0	12.8
11	0.5- 1.0	5.7
12	0 - 0.5	22.3
coëff.		0.79



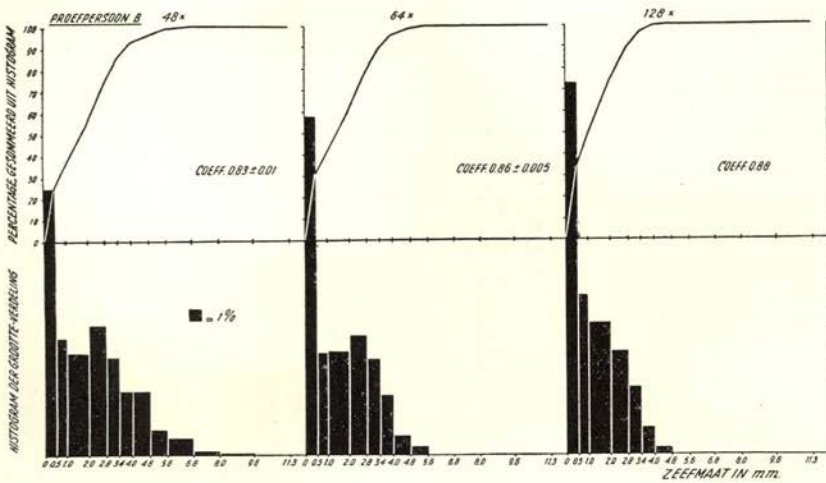
Grafiek A¹



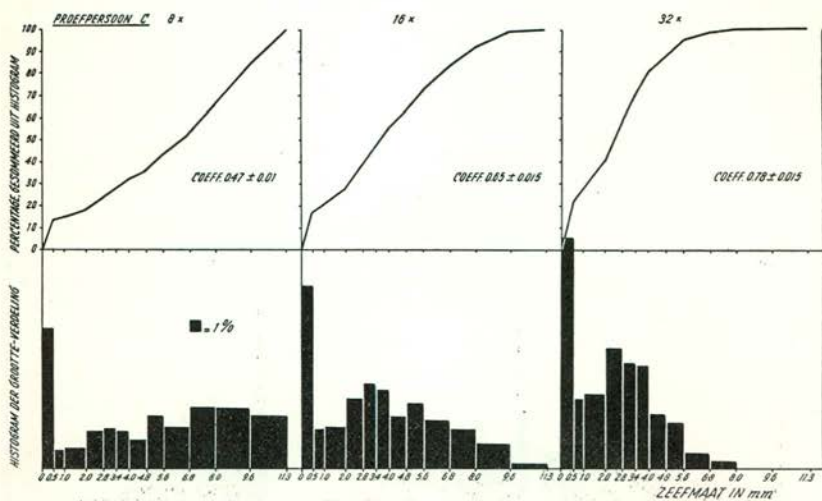
Grafiek A²



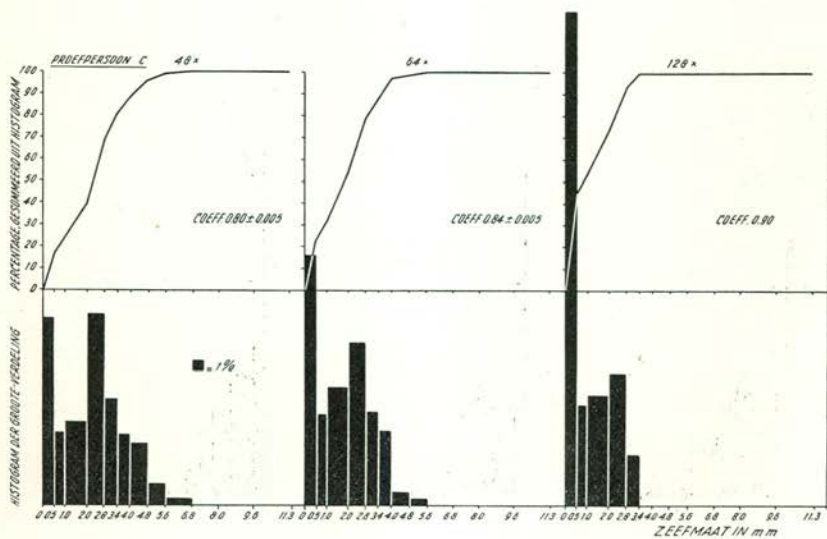
Grafiek B¹



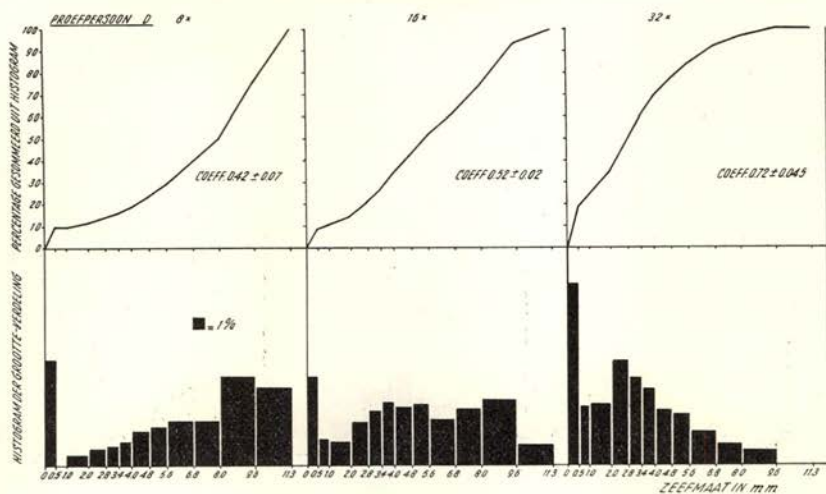
Grafiek B²



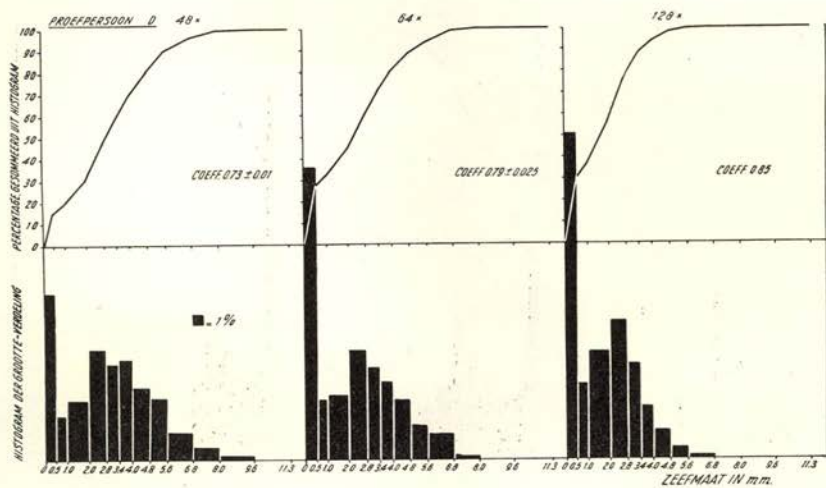
Grafiek C¹



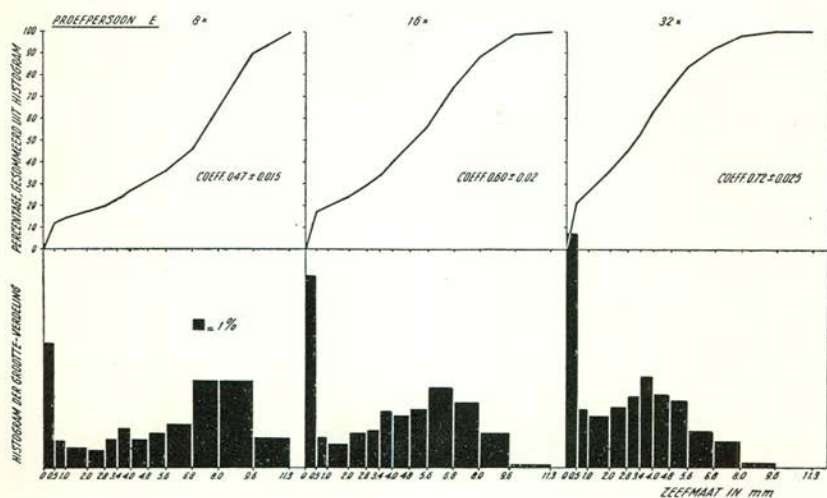
Grafiek C²



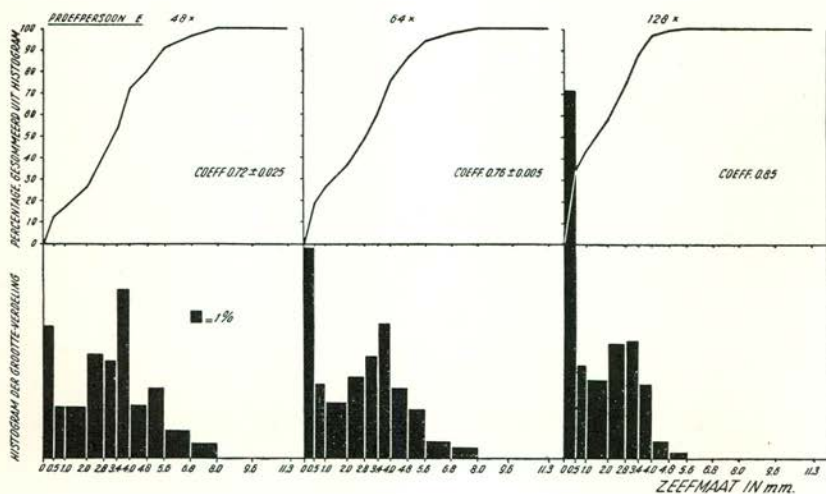
Grafiek D¹



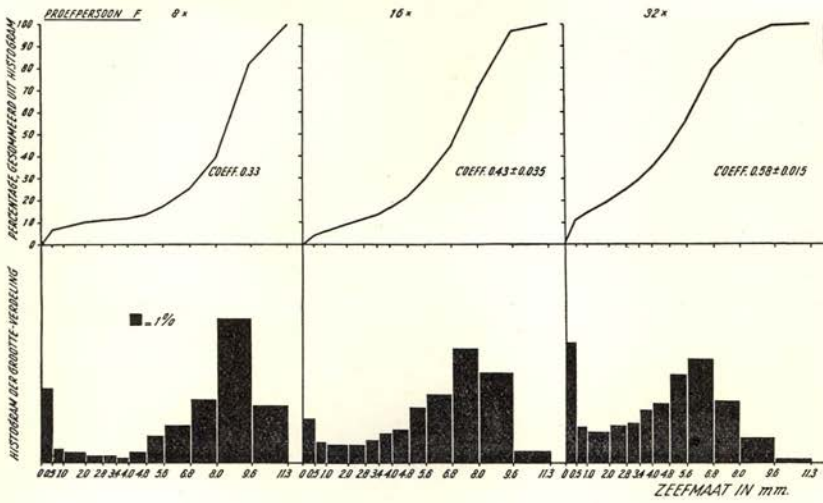
Grafiek D²



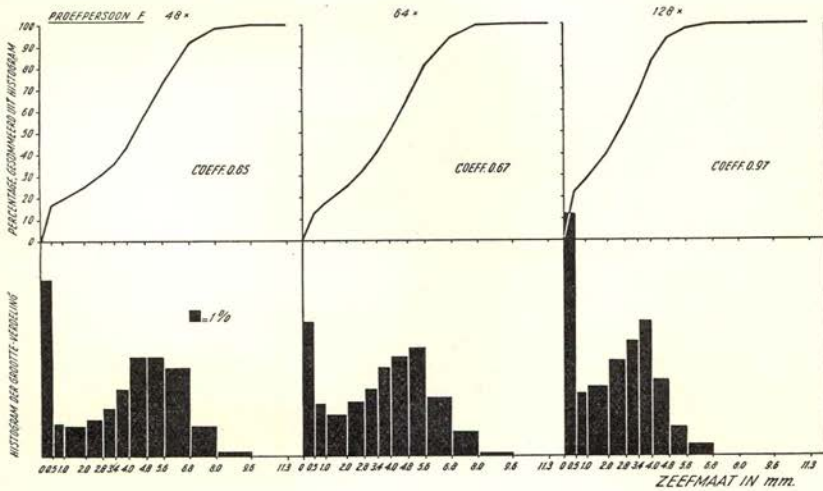
Grafiek E¹



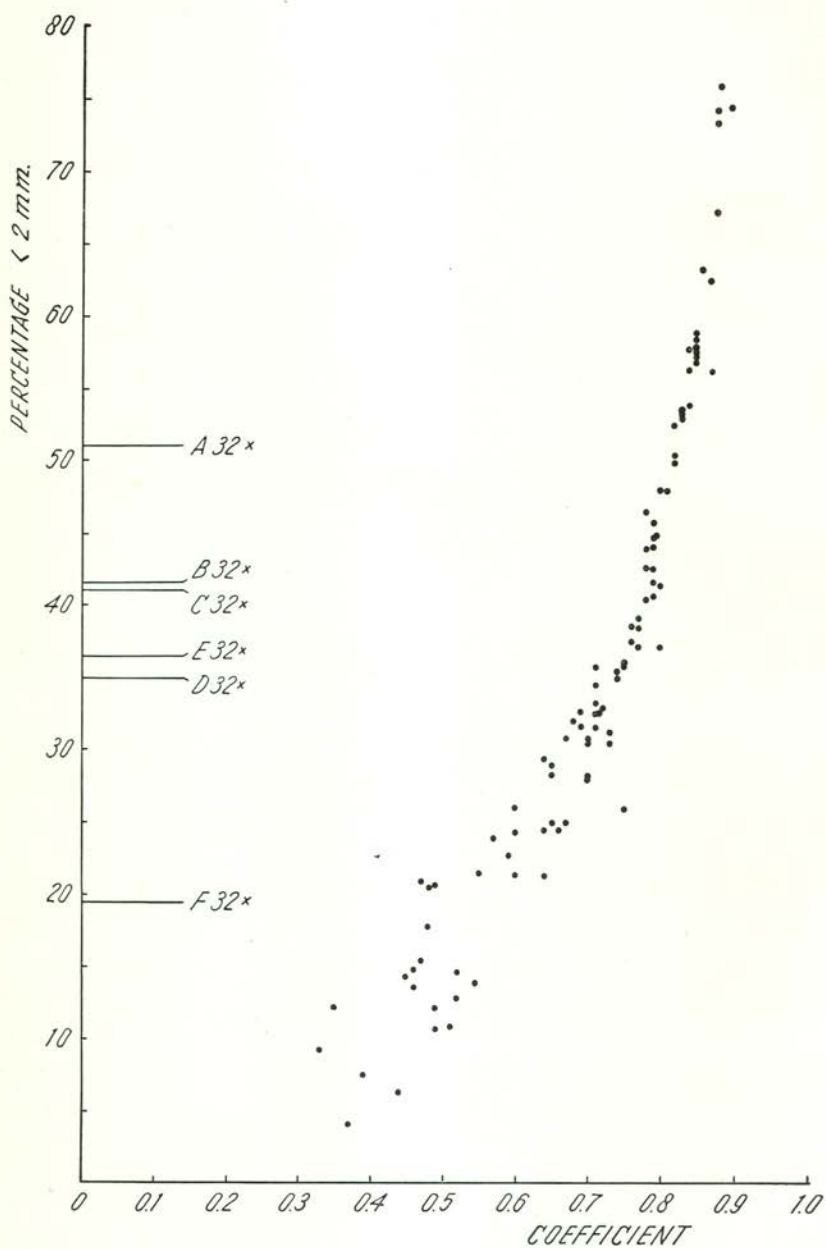
Grafiek E²



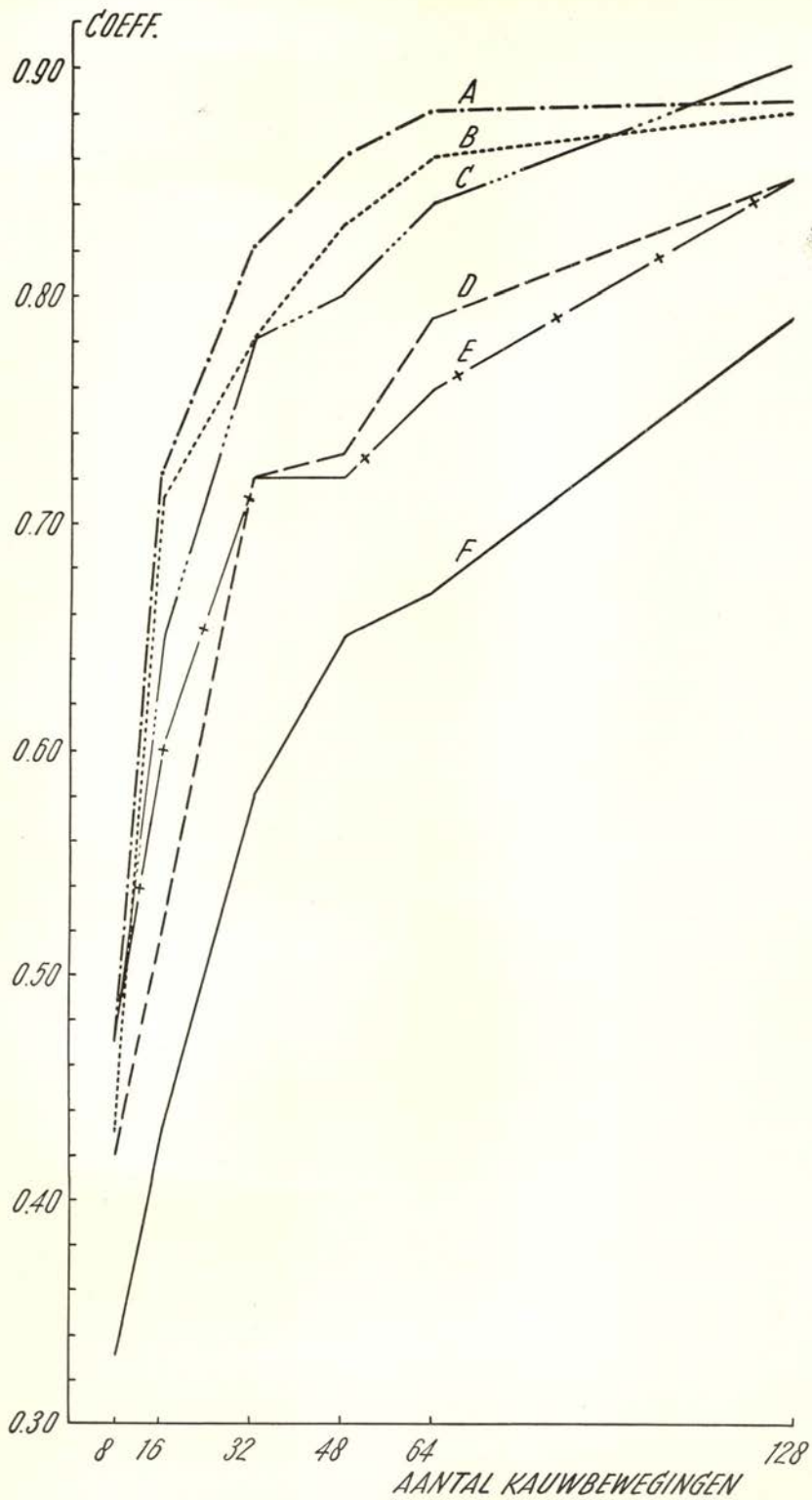
Grafiek F¹



Grafiek F²



Grafiek G



Grafiek H

Tabel X geeft van iedere proefpersoon de kauwprestaties aan.

TABEL X

Aantal kauwbe- wegingen	Kauwcoëf- ficiënt A	Kauwcoëf- ficiënt B	Kauwcoëf- ficiënt C	Kauwcoëf- ficiënt D	Kauwcoëf- ficiënt E	Kauwcoëf- ficiënt F
8 ×	0,47 ± 0,01	0,43 ± 0,035	0,47 ± 0,01	0,42 ± 0,07	0,47 ± 0,015	0,33
16 ×	0,72 ± 0,01	0,71 ± 0,015	0,65 ± 0,015	0,52 ± 0,02	0,60 ± 0,02	0,43 ± 0,035
32 ×	0,82 ± 0,01	0,78 ± 0,015	0,78 ± 0,015	0,72 ± 0,045	0,72 ± 0,025	0,58 ± 0,015
48 ×	0,86 ± 0,01	0,83 ± 0,01	0,80 ± 0,005	0,73 ± 0,01	0,72 ± 0,025	0,65
64 ×	0,88 ± 0,002	0,86 ± 0,005	0,84 ± 0,005	0,79 ± 0,025	0,76 ± 0,005	0,67
128 ×	0,885	0,88	0,90	0,85	0,85	0,79

*)

* Dat in de kolom van proefpersoon F slechts twee fouten zijn aangegeven, vindt zijn oorzaak in de omstandigheid dat de proef slechts éénmaal kon worden uitgevoerd.

Grafiek H geeft een grafische voorstelling van deze tabel.

Doel van het onderzoek was aanvankelijk het kauwendement vast te stellen van gave en gemutileerde gebitten ten opzichte van kunstgebitten met verschillende soorten kunstkiezen. Bij de bestudering van de literatuur en de eigen inleidende experimenten bleek echter al spoedig dat een zekere beperking nodig was. Alvorens men zou kunnen komen tot het eigenlijke doel, diende klaarheid te worden geschaft ten aanzien van verschillende punten, met name de begripsbepaling en de methodiek.

Deze klaarheid hebben wij dan ook trachten te brengen. Het verleent aan dit onderzoek echter een voorlopig karakter. Pas daarna zijn voortgezette onderzoekingen mogelijk opdat aan het aanvankelijke doel kan worden voldaan.

Met inachtneming van het bovenstaande is het duidelijk dat de verrichte experimenten eigenlijk slechts voorbarige conclusies toelaten omtrent de kauwprestatie als zodanig.

Men ziet echter uit tabel X het volgende:

1. Bij de proefpersonen A, B en C wordt de fout in de coëfficiënt C_n bij toeneming van het aantal kauwbewegingen kleiner.
2. Bij D blijkt de fout zeer onregelmatig te zijn verdeeld. Dit zou kunnen worden toegeschreven aan het feit dat de betrokken proefpersoon ten tijde van het experiment grote psychische moeilijkheden te verwerken had. Na een tijdelijke onderbreking van de proeven bleek de coëffi-

ciënt – zoals de tabellen laten zien (bij $32 \times$ kauwen b.v.) – van $\pm 0,79$ tot $\pm 0,68$ te zijn afgenomen. De coëfficiënt bij $48 \times$ kauwen was in dit stadium lager dan bij $32 \times$. Dit is vóór het begin van genoemde moeilijkheden. Deze uitkomsten doen vermoeden dat de psychische gesteldheid van de proefpersoon van grote invloed is op zijn resultaat;

3. De fout bij proefpersoon D blijkt over het geheel genomen iets groter te zijn dan bij A, B en C.
4. Uit grafiek H blijkt dat, afgezien van proefpersoon D, C_n van gave natuurlijke gebitten (proefpersonen A, B en C) vrij veel overeenstemming vertoont, terwijl E, en in het bijzonder F, een aparte plaats innemen, die overeenkomt met hetgeen de graad van gemutileerdheid dezer gebitten reeds deed vermoeden.
5. De verschillen tussen A, B en C, die uit grafiek H zijn af te lezen, kunnen moeilijk worden verklaard uit de gebitsgesteldheid der betrokken personen, maar moeten worden toegeschreven aan bepaalde individuele verschillen, waarvan in de inleiding al gewag werd gemaakt.

Samenvatting:

Verslag van inleidende proeven bij 6 personen ter bepaling van het kauwendement bij gave en gemutileerde gebitten. Terwille van de reproduceerbaarheid werd een synthetisch proefvoedsel gebruikt: Perfectocoll van BAKER. Elke proefpersoon kreeg de opdracht, 8 kubusjes hiervan (ribbe 8 mm) in n kauwbewegingen zo fijn mogelijk te maken: deze proef geschiedde steeds 4 keer.

Na het kauwen werd de graad van verkleining bepaald door middel van 11 zeven met ronde openingen, waarvan de afmetingen (volgens Nederlandse normalisatietabel voor zeven) als volgt waren: 9,6 mm; 8,0 mm; 6,8 mm; 5,6 mm; 4,8 mm; 4,0 mm; 3,4 mm; 2,8 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm. De zeven werden in volgorde van grotere naar kleinere zeefgaten één voor één onder water geschud, totdat geen enkel deeltje de zeefbodem meer passeerde. De partikels, die een zeef doorliet, werden gevoegd bij de hoeveelheid die op de volgende zeef lag. De allerfijnste partikels, die de laatste (11e) zeef passeerden, werden niet opgevangen. Deze hoeveelheid werd berekend door het totaal van het gewicht der 11 fracties af te trekken van de hoeveelheid waarmee het experiment werd begonnen.

De totale hoeveelheid gekauwd proefvoedsel, zomede de afzonderlijke fracties werden vanwege het gevaar voor uitdroging onder water in weegflesjes gewogen.

Aangetoond werd dat de partikels $< 0,5$ mm werden weggespoeld en niet tijdens het kauwen werden doorgeslikt. Uit de omstandigheid dat hiervan de belangrijkste bijdrage tot het totale oppervlak afkomstig is, werd geconcludeerd dat de bepaling van het kauwendement met behulp van het totale oppervlak der deeltjes onuitvoerbaar is.

Uit de literatuur blijkt dat verschillende onderzoekers onder het begrip „kauwendement” niet steeds hetzelfde verstaan. Op grond van de tijdens het onderzoek

opgedane ervaringen definiëren wij het kauwendement na n kauwbewegingen met de volgende coëfficiënt:

$$C = \frac{\int_0^{11,3} F_n(x) dx}{\int_0^{11,3} 100 dx}$$

Hierin is $F_n(x)$ het percentage dat de zeef met zeefgat x is gepasseerd, n het aantal kauwbewegingen. De noemer is een normerings-constante.

C_n ligt dus steeds tussen 0 en 1 en wordt „kauwcoëfficiënt” genoemd, d.i. het getal dat het kauwendement aangeeft bij n kauwbewegingen.

Tegen bovenstaande definitie van C_n kan als theoretisch bezwaar het volgende worden aangevoerd: Men kan zich een oneindig aantal verschillende functies $F(x)$ voorstellen, die desondanks dezelfde waarde voor C_n bezitten, waaruit volgt dat C_n onvoldoende informatie omtrent het kauwendement zou verschaffen.

Uit de experimenten blijkt echter de vorm van de curve $F(x)$ zodanig te zijn, dat dit bezwaar voor een deel theoretisch is. Dit leidt zelfs tot het vermoeden dat de curve $F(x)$ reeds voldoende bekend mag worden verondersteld, wanneer één functiewaarde (b.v. $F(x_i)$) bekend is. Uit grafiek G blijkt evenwel dat de veronderstelling als zou uit één functiewaarde $F(x_i)$ het totale kauwendement kunnen worden afgeleid, geen algemene geldigheid kan worden toegekend, speciaal waar het het onderzoek betreft van gemutileerde gebitten, m.a.w. er kan niet met één zeef worden volstaan.

Doel van het onderzoek was aanvankelijk het kauwendement vast te stellen van gave en gemutileerde gebitten ten opzichte van kunstgebitten met verschillende soorten kunstkiezen. Bij de bestudering van de literatuur en de eigen inleidende experimenten bleek echter al spoedig dat een zekere beperking geboden was. Alvorens men zou kunnen komen tot het eigenlijke doel diende klaarheid te worden geschaft t.a.v. verschillende punten, met name de begripsbepaling en de methodiek.

Deze klaarheid hebben wij dan ook trachten te brengen. Dit geeft aan het onderzoek inderdaad een voorlopig karakter. Pas daarna zijn voortgezette onderzoekingen mogelijk opdat aan het aanvankelijke doel kan worden voldaan.

Met inachtneming van het bovenstaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Bij de proefpersonen A, B en C wordt de fout in de coëfficiënt bij toeneming van het aantal kauwbewegingen kleiner.
2. Bij D blijkt de fout zeer onregelmatig te zijn verdeeld. Dit zou kunnen worden toegeschreven aan het feit dat de betrokken proefpersoon gedurende de experimenten grote psychische moeilijkheden te verwerken had. Na een tijdelijke onderbreking van de proeven bleek de coëfficiënt – zoals de tabellen laten zien (bij $32 \times$ kauwen b.v.) – van ± 0.79 tot ± 0.68 te zijn afgenomen. De coëfficiënt bij $48 \times$ kauwen was in dit stadium lager dan bij $32 \times$. Dit is vóór het begin van genoemde moeilijkheden. Deze uitkomsten doen vermoeden dat de psychische gesteldheid van de proefpersoon van grote invloed is op zijn resultaat;
3. De fout bij proefpersoon D blijkt over het geheel genomen iets groter te zijn dan bij A, B en C.

4. Uit grafiek H blijkt dat, afgezien van proefpersoon D, C_n van gave natuurlijke gebitten (proefpersonen A, B en C) vrij veel overeenstemming vertoont; terwijl E, en in het bijzonder F, een aparte plaats innemen, die overeenkomt met hetgeen de graad van gemutileerdheid dezer gebitten reeds deed vermoeden.
5. De verschillen tussen A, B en C, die uit grafiek H zijn af te lezen, kunnen moeilijk worden verklaard uit de gebitsgesteldheid der betrokken personen, maar moeten worden toegeschreven aan bepaalde individuele verschillen, waarvan in de inleiding al gewag werd gemaakt.

Summary:

A description is given of preliminary investigations in order to determine the masticatory performance of intact and mutilated dentitions in six test subjects. Reproducibility was ensured by the use of a synthetic test food (BAKER'S Perfectocoll). Every test subject was asked to chew eight cubes of this food (edge 8 mm.) for maximal effect in n masticatory movements. All subjects submitted to four such tests.

The degree of fractionation was determined after completion of the test with the aid of 11 sieves with round orifices, of decreasing diameter according to the Dutch normalization table for sieves, as follows: 9.6, 8.0, 6.8, 5.6, 4.8, 4.0, 3.4, 2.8, 2.0, 1.0 and 0.5 mm. The sieves were shaken under water one by one, in the order of decreasing diameters, until the sieve bottom no longer passed a single particle. The particles passed by a sieve were added to the amount on the next sieve. The minimal particles passed by the last (11th) sieve were not collected. This quantity was calculated by subtracting the total weight of the 11 fractions from the initial quantity with which the experiment was started.

The total quantity of test food masticated, and the separate fractions, were weighed in weighing bottles under water in view of the risk of desiccation.

It was demonstrated that particles < 0.5 mm. were washed away rather than swallowed during mastication. The fact that this affords the most important contribution to the total surface led to the conclusion that determination of masticatory performance with the aid of the total surface of the particles is impracticable.

The literature shows that various investigators attach different meanings to the term „masticatory performance". On the basis of experience gained during this investigation we would circumscribe the masticatory performance following n masticatory movements bij means of the following equation:

$$C = \frac{\int_0^{11,3} F_n(x) dx}{\int_0^{11,3} 100 dx}$$

in which $F_n(x)$ is the percentage passed by the sieve with diameter x , and n the number of masticatory movements. The numerator is a constant of normalization.

C_n , thus, invariably lies between 0 and 1, and is referred to as „masticatory coefficient", i.e. the figure which indicates the masticatory performance after n masticatory movements (see Fig. 00).

The following theoretical objection can be made to the above definition of C_n : it is possible to presume an infinite number of different functions $F(x)$ which nevertheless possess an identical value for C_n ; this warrants the conclusion that C_n affords insufficient information regarding masticatory performance.

The experiments have shown, however, that the shape of curve $F(x)$ is such as to render this objection largely theoretical. It can even be assumed that curve $F(x)$ can be regarded as sufficiently known whenever a functional value (e.f. $F(x_i)$) is known. Graph G shows, however, that the assumption that the total masticatory performance could be deduced from a single functional value $F(x_i)$ is not generally acceptable, particularly in the case of mutilated dentitions. In other words, determinations cannot be confined to the use of a single sieve.

The initial object of the investigation was determination of the masticatory performance of intact and mutilated dentitions as compared with that of dentures composed of various types of artificial teeth. A study of the literature and personal observations in the course of preliminary experimentation soon showed, however, that some restrictions were inevitable. Before the actual object of the investigation could be pursued, clarity had to be obtained in regard to various points in conception and method.

It is such clarity that we have sought to obtain and it is therefore that this investigation has indeed been of a preliminary nature. Only after this will it be possible to institute further investigations in order to reach the initial goal.

Bearing these restrictions in mind, the above considerations would seem to warrant the following conclusions:

1. The error in the coefficient decreased with an increase in the number of masticatory movements in test subjects A, B and C.
2. The error showed exceedingly irregular distribution in subject D. This could be attributable to the fact that this subject had to cope with considerable psychological difficulties during the experiments. After a temporary discontinuation of experiments the coefficient showed a decrease from ± 0.79 to ± 0.68 , as shown in the tables (e.g. at 32 masticatory movements). In this stage the coefficient at 48 masticatory movements was lower than that at 32 movements. This was prior to the onset of the abovementioned difficulties. The results would seem to suggest that the test subject's psychological disposition is a factor of importance with a view to the results obtained.
3. The error in test subject D slightly exceeded that in A, B and C in general.
4. Graph H shows that, apart from test subject D, the coefficient C_n of intact natural dentitions (test subjects A, B and C) shows considerable correspondence, whereas E, and particularly F, occupy a special position in accordance with expectations based on the degree of mutilation of these dentitions.
5. Differences between A, B and C as read in graph H can hardly be explained on the basis of the condition of the subjects' dentitions but must be ascribed to certain individual differences casually mentioned in the introduction.

Literatuur:

1. ABEL L. F., MANLY R. S.: Masticatory efficiency of partial denture cases among navy personnel. *J. D. Res.* 31 : 491, 1952. (Abstract).
2. ASCHER F.: Kautest der geschlossenen Zahnreihe und des Lückengebisses. *Dtsch. Z.M.K.* 5 : 60-74, 139-154, 307-317, 1938.
3. BALTERS W.: Untersuchungen über das Kauvermögen von Prothesen mit und ohne Berücksichtigung der individuellen Gelenkbahn. *Dtsch. Z. Wch.* 31 : 969-976, 1928.
4. BALTERS W.: Untersuchungen über das Kauvermögen von Prothesen mit verschiedenartigen Zähnen. *Z. Rundsch.* 39 : 81-85, 1930.

5. CHRISTIANSEN E. G.: Einige Untersuchungen über das Kauvermögen des natürlichen und künstlichen Gebisses. *Vjschr. Zahnhk.* 39 : 1-17, 1923.
6. DAHLBERG B.: The masticatory effect. *Acta. Med. Scand.* 139, 1942.
7. EICHNER K., HERRMANN D., MUNK P.: Ein Beitrag zur Theorie und Praxis der totalen Prothese: Kau-effektsprüfungen mit verschiedenen Verfahren bei natürlichen und künstlichen Gebissen. *Dtsch. Z.Z.* 9 : 1427, 1954.
8. GELMAN S. E.: Die Kaufunktionsprobe. *Oest. Z. f. Stomat.* 31 : 866-878, 922-936, 1933.
9. JUUL K. A.: Kaudruck und Zerkleinerungsfähigkeit bei Kindern mit normaler und anormaler Okklusion. *Z. Zahnärztl. Orthop.* 24 : 115-118, 1932.
10. MANLY R. S.: Relation of food platform area to masticatory performance and efficiency. *J. D. Res.* 30 : 475, 1951. (Abstract)
11. MANLY R. S.: Factors affecting masticatory performance and efficiency among young adults. *J. D. Res.* 30 : 874-882, 1951.
12. MANLY R. S., BRALEY L. C.: Masticatory performance and efficiency. *J. D. Res.* 29 : 448-462, 1950.
13. MANLY R. S., HOFFMEISTER F. S.: Masticatory function of children with malocclusion. *J.D. Res.* 30 : 474, 1951. (Abstract)
14. MANLY R. S., SHIERE F. R.: The influence of the changing dentition on masticatory function. *J.D. Res.* 30 : 474, 1951. (Abstract)
15. MANLY R. S., SHIERE F. R.: Effect of dental deficiency on mastication and food preference. *Or. Surg. M.P.* 3 : 674-678, 1950.
16. MANLY R. S., VINTON P.: Survey of the chewing ability of denture wearers, *J.D. Res.* 30 : 314-321, 1951.
17. MANLY R. S., VINTON P. Factors influencing denture function. *J. Prosth. D.* 1 : 578-586, 1951.
18. ONO I.: The crushing power and masticatory area of the teeth as the foundations of oral hygienics. *D. Cosmos.* 63 : 1278-1283, 1921.
19. PARMA C.: Die Kaufähigkeit bei Erkrankungen des Verdauungstraktes. *Oest. Z. f. Stomat.* 49 : 643-652, 1952.
20. PAYNE S. H.: A study of posterior occlusion in duplicate dentures. *J. Prosth. D.* 1 : 322-326, 1951.
21. REICH L.: Untersuchungen über den Kau-effekt verschiedener künstlicher Zahnformen in der totalen Prothese nach der von CHRISTIANSEN angegebenen Methode. *Schweiz. M.Z.* 47 : 705-733, 1937.
22. REUMUTH E.: Experimentelle Untersuchungen über den Kauvorgang bei Gebissen mit normaler und abwegiger Okklusion. *Dtsch. Z.M.K.* 24 : 375-404, 1956.
23. SCHULTZ A. W.: Comfort and chewing efficiency in dentures. *J. Prosth. D.* 1 : 38-48, 1951.
24. SHIERE F. R., MANLY R. S.: Influence of the changing dentition on masticatory function. *J.D. Res.* 30 : 474, 1951. (Abstract)
25. SHIERE F. R., MANLY R. S.: The effect of the changing dentition on masticatory function. *J. D. Res.* 31 : 526-534, 1952.
26. SOBOLIK C. F.: Observations on occlusal forms by an edentulous dentist. *D. It. Int.* 60 : 762-771, 1938.
27. SOGNAES R. T.: Studies on masticatory efficiency. *Am. J. Orth. Or. Surg.* 27 : 309-312, 383-388, 458-460, 552-556, 1941.

28. STALLARD H.: Function of the occlusal surfaces of the teeth. *J. Am. D. Ass.* 13 : 1392-1412, 1926.
29. THOMPSON M. J.: Masticatory efficiency as related to cusp form in denture prosthesis. *J. Am. D. Ass.* 24 : 207-219, 1937.
30. TRAPOZZANO V. R., LAZZARI J. B.: An experimental study of the testing of occlusal patterns on the same denture bases. *J. Prosth. D.* 2 : 440-457, 1952.
31. VINTON P., MANLY R. S.: Masticatory function during a six month's period following insertion of dentures. *J.D. Res.* 31 : 490, 1952. (Abstract).
32. YURKSTAS A.: Compensation for inadequate mastication. *Brit. D. J.* 91 : 261-262, 1951.
33. YURKSTAS A., MANLY R. S.: Measurement of occlusal contact area effective in mastication. *Am. J. Orth.* 35 : 185-195, 1949.
34. YURKSTAS A., MANLY R. S.: Value of different test foods in estimating masticatory ability. *J. Applied. Physiol.* 3 : 45-53, 1950.