

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

www.mep.tno.nl

T 055 549 34 93
F 055 549 32 01
info@mep.tno.nl

TNO-rapport

R 82-012191

**Analysegegevens van afbb-reststoffen
van run 001 t/m run 010**

Datum	September 1982 N.P., tot vrijgave door BEOP
Auteurs	Ir. J.I. Walpot
Met medewerking van	Afd. Analytische Chemie: F.G. Esmeijer Ing. R. Gerritsen G. van der Made
Projectnummer	8722-50062
Trefwoorden	
Bestemd voor	Bureau Energieonderzoekprojecten p.a. ECN Postbus 1 1755 ZG Petten

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

ABSTRACT

At TNO-Apeldoorn a 4 MW_{th} atmospheric fluid bed boiler is built which is operational since June 1982.

In this report the analytical results of the ashes produced in runs 001 up to and including 010 have been compiled.

Evaluation of the data has shown that the possibilities of recycling a filter-ash fraction that is rich in carbon and/or calcium oxide, are limited. It has also been found that while working at steady state process conditions, approx. 30 hours after putting the installation into operation or after changing the process conditions (without renewal of the bed), a state of equilibrium is reached which allows representative ash samples to be taken.

Using comparative figures relating to samples taken from containers and process flows it can be concluded that in all the cases investigated a leaking cyclone ash duct has resulted in contamination of filter ash (in containers) with cyclone ash.

For taking samples from containers, contents of which have proved to be very inhomogeneous, a quick and reliable sampling method has been developed.

INHOUDSOPGAVE

pag.

SAMENVATTING

4

1. INTRODUCTIE

5

2. ANALYSERESULTATEN

6

2.1 Algemeen

6

2.2 Bedassen

7

2.3 Cycloonassen

8

2.4 Filterassen

9

2.5 Overige monsters

10

3. OPMERKINGEN/BIJZONDERHEDEN

11

3.1 Analyseresultaten

11

3.1.1 Normen en voorschriften

11

3.1.2 Proximate analysis

11

3.1.3 Elementenanalyse

13

3.1.4 Zeef-/ziftfracties

19

3.1.5 Deeltjesgrootteverdelingen

21

3.1.6 Porositeit

22

3.2 Stabiliteit procesvoering

22

3.2.1 Reproduceerbaarheid

22

3.2.2 Evenwichtscondities

23

3.2.3 Massabalansen

23

3.3 Processtroom-/containermonsters

25

3.4 Bemonstering van containers

26

4. CONCLUSIES

29

BIJLAGEN

SAMENVATTING

Van assen, vrijgekomen tijdens de runs 001 t/m 010 met de 4 MW_{th}-afbb, zijn in dit rapport analyseresultaten bijeengebracht.

Bij evaluatie van de gegevens is gebleken dat de mogelijkheden voor recycling van een koolrijke en/of calciumoxide-rijke fractie uit filteras beperkt zijn. Tevens is vastgesteld dat bij niet veranderende procescondities ca. 30 uren na opstarten of na verandering van procescondities (zonder vernieuwing van het bed) een zodanige evenwichtsituatie wordt bereikt, dat representatieve asmonsters kunnen worden genomen. Aan de hand van vergelijkingen tussen container- en processtroommonsters is afgeleid dat een lekkende cycloonasleiding steeds verontreiniging van filteras (in containers) met cycloonas heeft veroorzaakt.

Voor monsternamen uit containers, waarvan de inhoud erg inhomogeen gebleken is, is een snelle en betrouwbare methode ontwikkeld.

1. INTRODUCTIE

In dit rapport worden analyseresultaten van afbb-reststoffen, afkomstig van de runs 001 t/m 010, gepresenteerd. Gegevens waarover reeds in een eerder stadium werd gerapporteerd (ref.nr. 82-03019), voornamelijk met betrekking tot run 002, zullen buiten beschouwing worden gelaten.

De gegevens van reststoffen van run 025 zijn als aanvulling opgenomen, omdat gedurende run 025 de 4 MW_{th} -afbb onder dezelfde condities heeft gedraaid als tijdens run 006, waarbij alleen het monsternamprogramma iets was gewijzigd.

Van de analyses, die om uiteenlopende en niet nader te vermelden redenen zijn uitgevoerd ten behoeve van verschillende deelonderzoeken van het afbb-project, worden de resultaten in eerste instantie zonder commentaar in tabelvorm weergegeven (hoofdstuk 2); dezelfde gegevens zijn ook opgeslagen in een database, en zijn daaruit op te vragen. Bijzonderheden en aanvullende opmerkingen met betrekking tot de analysegegevens en/of aspecten van het afbb-onderzoek, komen naderhand apart aan de orde (hoofdstuk 3).

2. ANALYSERESULTATEN

2.1 Algemeen

De analysegegevens zijn, onderverdeeld naar assort, weergegeven in tabellen die hierna volgen (tabel 1, 2, 3 en 4). Hierbij zijn de monsternummers in eerste instantie gerangschikt naar oplopend runnummer (de laatste drie cijfers van het nummer) en vervolgens, bij gelijke runnummers, naar oplopend volgnummer (middelste drie cijfers van het nummer).

Eventuele opmerkingen met betrekking tot bepaalde monsternummers, zijn in de vorm van voetnoten onderaan de tabellen geplaatst.

Bij het type monster wordt onderscheid gemaakt tussen monsters die genomen zijn uit containers en monsters die via kleppen genomen zijn uit processtromen, respectievelijk aangegeven met C en P.

Monsters, waarvan geen analysegegevens beschikbaar zijn of waarvan alléén het asgehalte is bepaald (in verband met afzet naar gebruikers), zijn niet in de tabellen opgenomen.

2.2 Bedassen (tabel 1)

monsternummer*	type monster (P/C)	tijdstip van monstername of containervullen	as (%)	vocht (%)	vluchtig (%)	verbrand- waarde (kJ/kg)	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	carbonaat C (%)	Si (%)	Al (%)	Ca (%)	S (%)	sulfaat S (%)	specif. dichth. (kg/m ³)	stamp dichth. (kg/m ³)	deeltjes- grootte verdeling	calciumverbindingen (%)				SiO ₂ (kwarts) (%)	
																				CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂	CaSO ₄		
51028000A	C	17.11.'81(11.00) - 01.02.'82(15.39)	96.6									12.6	3.35	30.5						bijlage 9	16	<2	15	17.5	18
51028000B	C	17.11.'81(11.00) - 01.02.'82(15.39)	98.5									12.6	3.16	34.3						bijlage 9					
51029000A	C	01.02.'82 - 16.04.'82(02.00)	96.2									10.8	2.84	34.6						bijlage 9	32	<4	21.5	12	22
51029000B	C	01.02.'82 - 16.04.'82(02.00)	98.0									11.7	2.99	31.6						bijlage 9	23	<2	20	11	22
51030000A	C	16.04.'82(02.00) - 28.04.'82	96.1									8.5	2.58	37.2						bijlage 9					
51030000B	C	16.04.'82(02.00) - 28.04.'82	95.4									9.0	2.78	36.1						bijlage 9					
51041002	C	? - 06.11.'81	ZIE BIJLAGE 3 VOOR ELEMENTENANALYSE																						
51006003	P	28.01.'82(20.30)	98.8	0.00	1.39							16.5	5.1	26.7	3.6					bijlage 10					
51007003	P	29.01.'82(04.30)	98.7	0.00	1.51							15.7	4.9	27.4	3.54					bijlage 10	1**		2**	4**	4 **
51008003	P	29.01.'82(12.30)	99.0	0.00	1.22							15.8	5.0	26.8	3.47					bijlage 10					
51009003	P	29.01.'82(20.30)	99.0	0.00	1.04							16.0	5.3	26.5	3.73					bijlage 10					
51010003	P	30.01.'82(05.00)	98.6	0.00	1.41	0.0						16.1	5.4	26.1	3.52					bijlage 10					
51011003	P	30.01.'82	98.6	0.00	1.36		0.68		<0.2		0.54				4.9	3.9				bijlage 10					
51019003	C	30.01.'82(20.15-20.34)															2900	1540							
51012004	P	31.01.'82(10.00)	98.7	0.00	1.38							15.0	5.2	29.0	3.83					bijlage 11					
51013004	P	31.01.'82(18.00)	98.7	0.00	1.26							13.7	5.1	29.4	3.76					bijlage 11					
51014004	P	01.02.'82(05.00)	98.0	0.00	2.21							12.9	4.8	30.5	3.67					bijlage 11					
51015004	P	01.02.'82(12.00)	98.9	0.00	1.06							12.8	4.9	33.0	3.88					bijlage 11					
51016004	P	01.02.'82(22.40)	97.3	0.00	2.97							12.0	4.6	31.3	3.71					bijlage 11					
51017004	P	02.02.'82(04.00)	97.9	0.00	2.21	0.0	1.00	<0.2	<0.2	9.45	0.85				3.6	3.5				bijlage 11	2**		3**	3**	2.5**
51018004	C	02.02.'82(12.35-13.10)																							
51020006	P	08.04.'82(13.30-14.30)	99.5	0.00	1.2											4.2									
51021006	P	08.04.'82(11.00-11.15)	99.6	0.00	1.2											4.5									
51022007	P	14.04.'82(11.00-14.00)	99.3	0.00	1.2											4.8									
51023007	P	14.04.'82(11.00-14.00)	99.4	0.00	1.4											5.1									
51024008	P	15.04.'82(10.00-12.45)	98.5	0.00	2.1											5.0									
51025008	P	15.04.'82(10.00-12.45)	99.3	0.00	1.4											5.1					6	<3	19	20	14
51026009	P	20.04.'82(14.45-16.00)	99.7	0.00	1.5											4.7									
51027010	P	21.04.'82	98.7	0.00	2.3											5.1					25	<3	21	13.5	19

* A. bemonsterd met stofzuigerbuis in midden van container
B. bemonsterd met stofzuigerbuis aan de rand van container

** Getallen minder betrouwbaar (zie tekst, hoofdstuk 3.1.3)

2.3 Cycloonassen (tabel 2)

monsternummer	aandeel op totaal (Z)	type monster (P/C)	tijdstip van monstername of containervullen	as (Z)	vocht (Z)	vluchtig (Z)	verbrand-waarde (KJ/kg)	C (Z)	H (Z)	N (Z)	O (Z)	carbonaat C (Z)	Si (Z)	Al (Z)	Ca (Z)	S (Z)	sulfaat S (Z)	deeltjes-grootte verdeling	calciumverbindingen (Z)				SiO ₂ (kwarts) (Z)
																			CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂	CaSO ₄	
21005003	100.0	P	28.01.'82(20.30-21.30)	61.5	0.21	8.04							10.7	5.8	10.5	1.73		bijlage 12	6*		0.5*	6*	14*
21006003		P	29.01.'82(04.30-05.30)	62.4	0.00	9.36							10.6	5.7	11.0	1.81		bijlage 12					
21007003		P	29.01.'82(12.30-13.30)	65.3	0.00	9.10							10.9	6.1	11.7	1.71		bijlage 12					
21008003		P	29.01.'82(20.30-21.30)										11.1	6.0	11.8	2.00		bijlage 12					
idem, >180µm		-	--					8.6				1.5											
idem, 106-180		-	--					20.6				1.0											
idem, 63-106		-	--					35.2				0.7											
idem, 25- 63		-	--					38.2				1.1											
idem, <25µm		-	--					46.3				0.6											
21009003		P	30.01.'82(05.00-06.00)	67.0	0.02	7.29	7956						11.7	6.1	11.4	1.95		bijlage 12	8*		2 *	7*	6*
21010003		P	(30.01.'82)?	66.3				33.4	0.43	0.47	8.24	1.0				1.94	1.7	bijlage 12					
21011004		P	31.01.'82(10.00-11.00)	76.6	0.00	5.27							11.1	5.5	19.7	2.68		bijlage 13					
21012004		P	31.01.'82(18.00-19.00)	74.7	0.00	12.63							9.9	5.1	19.9	1.80		bijlage 13					
21013004		P	01.02.'82(05.00-06.00)	75.6	0.00	12.81							9.6	4.9	21.3	2.75		bijlage 13					
21014004		P	01.02.'82(12.00-13.00)	78.1	0.00	12.53							9.6	4.8	23.1	2.70		bijlage 13					
21015004		P	01.02.'82(22.40-23.40)	82.2	0.00	11.94							11.0	5.1	22.9	1.83		bijlage 13					
21016004		P	02.02.'82(04.00-15.30)	73.9	0.00	11.37	3690	24.0	0.57	0.37	11.7	1.4				2.72	2.3	bijlage 13					
21017006		P	08.04.'82(10.35-13.25)	71.4	0.2	7.7	8550										2.0						
21018007		P	14.04.'82(11.00-13.48)	48.3	0.2	7.0	16194										0.95						
21019008		P	15.04.'82(10.00-12.48)	58.7	0.2	7.3	13050										1.4						
21010009		P	20.04.'82(15.00-18.15)	55.2	0.4	6.5	13950										1.2						
21021010		P	21.04.'82(14.00-16.30)	41.4	0.5	7.4	18350										0.75						
21027025		P	07.07.'82(11.00-11.01)	61.2															4	<3	0.5	2	4.5
21028025		P	07.07.'82(11.15-11.16)	59.9															4.5	<5	0	3	14
21029025		P	07.07.'82(11.30-11.31)	58.0																			
21030025		P	07.07.'82(11.45-11.46)	58.7																			
21031025		P	07.07.'82(12.00-12.01)	59.6																			
21032025		P	07.07.'82(12.15-12.16)	59.4																			
21033025		P	07.07.'82(12.30-12.31)	57.4																			
21034025		P	07.07.'82(12.45-12.46)	57.9																			
21035025		P	07.07.'82(13.00-13.01)	57.3																			
21036025		P	07.07.'82(13.15-13.16)	57.8																			

* Getallen minder betrouwbaar (zie tekst, hoofdstuk 3.1.3)

monsternummer	aandeel op totaal (Z)	type monster (P/C)	tijdstip van monstername of containervullen	as	vocht	vluchtig	verbrand-waarde	C	H	N	O	carbonaat C	Si	Al	Ca	S	sulfaat S	deeltjes-grootte verdeling	calciumverbindingen (Z)				SiO ₂ (kwarts) (Z)
				(Z)	(Z)	(Z)	(KJ/kg)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)	(Z)		CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂	CaSO ₄	
31013003		P	28.01.'82(20.30-21.30)	66.4	0.51	6.73							12.0	10.5	5.8	1.81		bijlage 15					
31014003		P	29.01.'82(04.30-05.30)	67.3	0.61	6.73							12.5	10.8	6.0	1.69		bijlage 15	2	< 4	0	6	10
31015003		P	29.01.'82(12.30-13.30)	67.3	0.59	7.26							12.2	10.4	5.8	1.64		bijlage 15					
31016003		P	29.01.'82(20.30-21.30)	69.4	0.74	6.59							12.8	11.1	6.0	1.70		bijlage 15					
31017003	100.0	P	30.01.'82(05.00-06.00)	69.8	0.34	5.94							13.0	11.3	5.9	1.68		bijlage 15					
idem,>25µm	2.8							49.0				0.77				6.3							
idem,10-25	37.0							45.3				0.75				3.5							
idem,<10µm	60.2							22.4				0.95				3.2							
31061003	100.0	C	(30.01.'82)?	71.1									13.6	7.3	11.7			bijlage 16					
idem,ziftfr.1	25.6							29.0										bijlage 5					
idem,ziftfr.2	18.7							41.3										bijlage 5					
idem,ziftfr.3	13.4							37.4										bijlage 5					
idem,ziftfr.4	12.9							25.8										bijlage 5					
idem,ziftfr.5	29.4							5.2										bijlage 5					
31077003		C	30.01.'82(18.36-20.41)																				
* 31080003		P	30.01.'82(12.30-23.30)	69.8	0.09	6.75	6487	27.6		0.54	7.22	0.7	12.8	10.6	7.7	1.8	1.5	bijlage 16					
31041004		P	31.01.'82(10.00-11.00)	71.5	0.26	5.82							12.5	11.1	7.0	1.95		bijlage 17	3	< 5	0	8	11
31042004		P	31.01.'82(18.00-19.00)										12.2	10.4	7.8	2.07		bijlage 17					
31043004		P	01.02.'82(05.00-06.00)	70.1	0.17	9.55							12.2	10.2	8.2	2.12		bijlage 17					
31044004		P	01.02.'82(12.00-13.00)	69.5	0.22	9.80							11.5	9.8	9.2	2.12		bijlage 18					
31045004		P	01.02.'82(22.40-23.40)	67.2	0.47	7.88							11.4	9.7	7.7	1.92		bijlage 18					
31046004		P	02.02.'82(04.00-15.30)	67.8	0.23	8.51	7239	30.0		0.47	8.50	1.0	11.1	8.9	9.4	2.1	1.8	bijl.16,18	2.5	< 5	0.5	6	9.5
31073004	100.0	C	01.02.'82 - 02.02.'82	76.1									11.3	6.8	19.0			bijlage 16					
idem,ziftfr.1	22.5							29.4										bijlage 5					
idem,ziftfr.2	21.6							39.2										bijlage 5					
idem,ziftfr.3	12.0							34.8										bijlage 5					
idem,ziftfr.4	13.0							21.4										bijlage 5					
idem,ziftfr.5	30.9							5.0										bijlage 5					
31076004		C	02.02.'82(09.59-12.26)																				
31081006		P	08.04.'82(10.35-13.31)	70.1	0.3	6.1	8250						12.6	11.0	5.8		1.4	bijlage 19					
** 31086006A		C	08.04.'82(09.01-10.50)	65.1									11.7	6.5	9.2			bijlage 19					
31086006B		C	08.04.'82(09.01-10.50)	63.1									11.0	6.9	8.8			bijlage 19					
31086006C		C	08.04.'82(09.01-10.50)	49.8									8.7	7.3	5.2			bijlage 19					
31086006D		C	08.04.'82(09.01-10.50)	50.7									8.8	7.0	5.4			bijlage 19					
31086006E		C	08.04.'82(09.01-10.50)	58.1									10.1	6.8	7.3			bijlage 19					
31082007		P	14.04.'82(11.50-13.44)	64.3	0.4	6.6	9800						11.9	10.5	4.15		1.3	bijlage 20					
31087007		C	14.04.'82(11.14-14.20)	ZIE BIJLAGE 2 VOOR NADERE GEGEVENS																			
31083008		P	15.04.'82(10.00-12.45)	65.4	0.3	6.4	9600										1.4		0.5	< 5	0	5	11.5
31084009		P	20.04.'82(15.00-16.00)	66.2	0.6	6.5	9700						11.2	10.0	6.1		1.2	bijlage 21	2	< 5	0	6.5	10
*** 31088009A		C	20.04.'82(13.16-22.15)	63.9														bijlage 21					
31088009B		C	20.04.'82(13.16-22.15)	62.8														bijlage 21					
31088009C		C	20.04.'82(13.16-22.15)	48.5														bijlage 21					
31085010		P	21.04.'82(14.00-16.30)	50.3	0.7	7.0	14950										1.1		4	< 5	0	5	13
31096025		P	07.07.'82(11.00-11.01)	66.2														bijlage 22					
31097025		P	07.07.'82(11.15-11.16)	64.5																			
31098025		P	07.07.'82(11.30-11.31)	63.4														bijlage 22					
31099025		P	07.07.'82(11.45-11.46)	64.2																			
31100025		P	07.07.'82(12.00-12.01)	65.5														bijlage 22					
31101025		P	07.07.'82(12.15-12.17)	63.8																			
31102025		P	07.07.'82(12.30-12.32)	63.6														bijlage 22					
31103025		P	07.07.'82(12.45-12.47)	63.6																			
31104025		P	07.07.'82(13.00-13.02)	63.4														bijlage 22					
31105025		P	07.07.'82(13.15-13.17)	63.7																			

* monster 31080003 is ontstaan door samenvoeging van processtroommonsters 31018003 t/m 31040003.

*** subcodes bij monster 31088009:

- A. monster met stofzuiger genomen in midden van container.
- B. monster met stofzuiger genomen halverwege de afstand "centrum-rand" in de container.
- C. monster met stofzuiger genomen aan rand van container.

** subcodes bij monster 31086006:

- A. monster met stofzuiger in midden container, stofzuiger aan zodra zuigbuis op containerbodem is.
- B. monster met stofzuiger in midden container, stofzuiger aan tijdens zakken van zuigbuis.
- C. monster met stofzuiger aan rand container, stofzuiger aan zodra zuigbuis op bodem is.
- D. monster met stofzuiger aan rand container, stofzuiger aan tijdens zakken van zuigbuis.
- E. gehele container over monsterverdeler voor verkrijgen ondermonster.

2.5 Overige monsters (tabel 4)

monsternummer	soort materiaal	type monster (P/C)*	tijdstip van monstername of containervullen	as (%)	vluchtig (%)	sulfaat S (%)	verbrand- waarde (kJ/kg)	deeltjes- grootte verdeling	calciumverbindingen (%)				SiO ₂ (kwarts) (%)
									CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂	CaSO ₄	
01035005	filter-/cycloonas	C	(08.04.'82-14.00)?	63.9	8.0	1.6	10850	bijlage 19	7	<5	6	6	12
81001025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(11.05-11.06)	57.1				bijlage 23					
81002025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(11.20-11.21)	55.4									
81003025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(11.35-11.36)	56.3				bijlage 23					
81004025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(11.50-11.51)	55.1									
81005025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(12.05-12.06)	54.2				bijlage 23					
81006025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(12.20-12.21)	54.6									
81007025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(12.35-12.36)	54.5				bijlage 23					
81008025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(12.50-12.51)	54.5									
81009025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(13.05-13.06)	55.4				bijlage 23					
81010025	filter-/cycloonas	P/C	07.07.'82(13.20-13.21)	55.3									
81011025	filter-/cycloonas	C	07.07.'82	63.7				bijlage 24					
81012025	filter-/cycloonas	C	07.07.'82	49.0				bijlage 24					

* Een aantal monsters is genomen uit de transportschroef van de asleiding naar de containers;
deze zijn aangegeven met P/C.

3. OPMERKINGEN/BIJZONDERHEDEN

3.1 Analyseresultaten

3.1.1 Normen en voorschriften

De gevolgde procedures bij de analyses zijn weergegeven in bijlage 1. Daar waar ISO-normen vermeld staan, zijn soms ook de overeenkomstige en niet of nauwelijks daarvan verschillende NEN-normen gebruikt.

3.1.2 Proximate analysis

Van vrijwel alle assen is het asgehalte bepaald. Daarnaast is bij een aantal assen op de (ook onder "proximate analysis" vallende) parameters vochtgehalte, gehalte vluchtige bestanddelen en verbrandingswarmte geanalyseerd.

Vochtgehalte

Bepaling van het vochtgehalte leverde bij bedassen steeds en bij cycloonassen in enkele gevallen een negatieve waarde op. Dit is vrijwel zeker het gevolg van de meestal hoge concentraties calciumoxide (CaO) in deze assen, waardoor ze dusdanig hygroscopisch zijn dat ze bij verhitting tot 105°C (volgens NEN 924A of ISO 589) ten gevolge van wateropname zwaarder worden in plaats van lichter. De gevallen, waarbij een negatieve waarde is gevonden, zijn in de tabellen opgegeven met de waarde nul bij het vochtgehalte.

Vluchtige bestanddelen

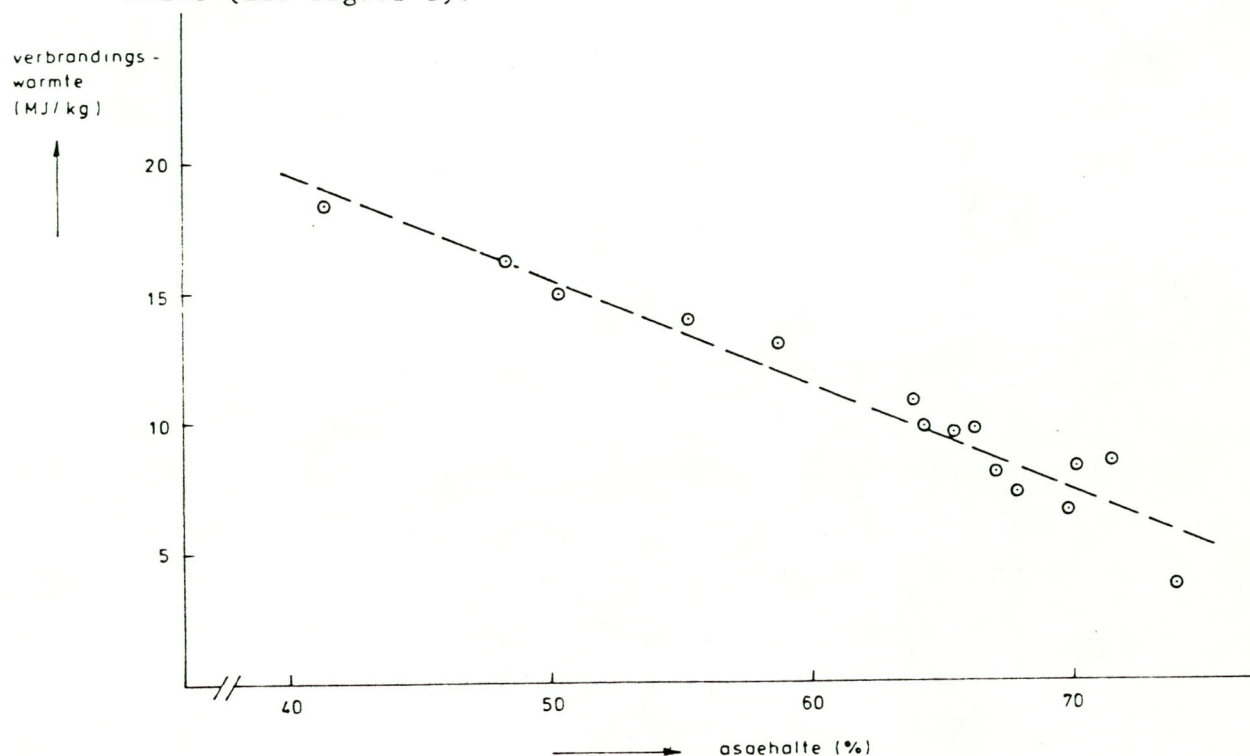
Bij analyse van een materiaal op het gehalte vluchtige bestanddelen enerzijds en het asgehalte anderzijds, kunnen geen bestanddelen van dat materiaal dubbel worden bepaald, zodat de som van de twee analyseresultaten altijd kleiner of gelijk aan 100% moet zijn.

Bij een groot aantal bedasmonsters (zie 2.2) is echter de som van die twee analyseresultaten wel meer dan 100%. Het is niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is, maar een mogelijke verklaring is dat tijdens asgehaltebepaling water en/of koolzuur wordt opgenomen door het in de bedassen aanwezige calciumoxide, waardoor het gevonden asgehalte steeds iets te hoog is.

Verbrandingswarmte

De verbrandingswarmte, betrokken op het oorspronkelijke materiaal (dat wil zeggen zonder droging of iets dergelijks), is voor bedas duidelijk lager dan voor cycloon- of filteras. Bij bedas zijn zelfs alleen maar negatieve waarden gevonden, waarvoor in de tabel nul is opgegeven.

Bij de cycloon- en filterasmonsters is, zoals verwacht mag worden, de verbrandingswarmte ongeveer omgekeerd evenredig met het asgehalte (zie figuur 1).



Figuur 1: Relatie tussen verbrandingswarmte en asgehalte bij cycloonas en filteras.

Asgehalte

Het asgehalte is bij de bedasmonsters steeds bijna 100%; dit komt doordat in het bed de hoeveelheid kolen ten opzichte van kalk en bedmateriaal samen erg klein is.

Van filteras is, overeenkomstig de verwachting, bij alle runs het asgehalte hoger dan van cycloonas, echter met uitzondering van run 004 en, zij het veel minder duidelijk, run 006 (zie tabel 5).

run nr.	gem. asgehalte (%)	
	cycloonas	filteras
003	64.5	68.3
004	76.9	69.2
005	g e m e n g d m o n s t e r	
006	71.4	70.1
007	48.3	64.3
008	58.7	65.4
009	55.2	66.2
010	41.4	50.3
025	58.7	64.2

Tabel 5: Asgehalte van processtroommonsters cycloon- en filteras, gemiddeld per run.

Dit kan niet het gevolg zijn van afwijkende gemiddelde procescondities bij run 004 en 006, want deze verschillen niet ten opzichte van de overige runs (004 is vergelijkbaar met 003, en 006 met 007 en verder). Mogelijk is wel dat enkele sterke fluctuaties zijn opgetreden in bijvoorbeeld de fluïdisatiesnelheid.

Het asgehalte van containermonsters van filteras ligt tussen dat van processtroomfilteras en cycloonas. Dit is het gevolg van vermenging van de twee laatstgenoemde assen (zie 3.3).

Eventuele asgehalteverschillen van enkele procenten kunnen niet verklaard worden op basis van toevallige analysefouten, omdat de reproduceerbaarheid bij asgehaltebepalingen erg goed is (zie duplowaarden in bijlage 2).

3.1.3 Elementenanalyse

De elementenanalyse is voornamelijk gericht geweest op de vooral in organisch-chemische verbindingen voorkomende elementen C, H, N, O en S, en op de belangrijkste elementen van minerale koolbestanddelen en kalk, te weten Si, Al en Ca.

Bedas 51041002

Op één as (bedas met monsternr. 51041002) is een meer uitgebreide elementenanalyse uitgevoerd in verband met mogelijke toepassing van bedas als kalkmeststof in de landbouw. Er is daarbij onderscheid gemaakt in materiaal groter en kleiner dan 2 mm, maar verschillen daartussen blijken minimaal te zijn (zie bijlage 3). Opvallend is dat het calciumgehalte zeer hoog is; in welke verbindingen het calcium voorkomt, zal in de hierna volgende paragraaf aan de orde komen.

Calciumverbindingen

Naar aanleiding van het calciumgehalte van bedas 51041002 is in het voorgaande een opmerking gemaakt over calciumverbindingen in die as. Het voorkomen van verschillende calciumverbindingen, zoals bijvoorbeeld CaO en CaCO_3 is bij verschillende soorten nagegaan met behulp van een op infrarood-analyse gebaseerde methode. Hierbij zijn de volgende punten naar voren gekomen (zie onder andere tabellen 1 t/m 4):

- a) Het gehalte aan calciumoxide is betrekkelijk laag in vergelijking met het gehalte aan calciumhydroxide, calciumcarbonaat en calciumsulfaat.

Het hydroxide kan echter pas in de monsters gekomen zijn na de monstername, omdat het hydroxide in de wervelbedketel niet voorkomt. Dit betekent dat steeds na monstername een deel van calciumoxide onder opname van vocht uit de lucht wordt omgezet in calciumhydroxide (zie ook hoofdstuk 3.1.2 onder het hoofd "vochtgehalte"); evenzo kan een deel van het in de monsters aanwezige calciumcarbonaat ontstaan zijn uit calciumoxide door opname van CO_2 uit de lucht.

Bij interpretatie van het resultaat van een FT-IR analyse dient dus rekening te worden gehouden met de verstreken tijd tussen monstername en analyse.

- b) Bedas bevat duidelijk meer calciumsulfaat dan cycloonas en filteras.

- c) Lettend op het gehalte aan calcium(hydr)oxide dient bedas zonder meer als chemisch afval in de zin van de WCA te worden aangemerkt. Filteras en cycloonas blijven gemiddeld nog juist beneden de in de WCA gestelde grenzen.
- d) Behalve watervrij CaSO_4 zijn ook kristalwaterbevattende sulfaten in de analyses meegenomen, te weten $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, maar deze laatste twee verbindingen bleken in geen der geanalyseerde monsters voor te komen.
- e) De voor de analyse op calciumverbindingen gevolgde analysemethode berust op het vergelijken van een gemeten FT-IR spectrum van een onbekend materiaal (mengsel van zuivere verbindingen) met spectra van zuivere verbindingen. Omdat in een te meten monster ook niet-calciumverbindingen voor kunnen komen, zijn zulke verbindingen bij de gevolgde analysemethode ook steeds meegenomen. Zodoende is gebleken dat de assen een aanzienlijke hoeveelheid kwarts (SiO_2) bevatten. Aangezien het oorspronkelijke bedzand in de loop van de tijd uit het wervelbed verdwenen is, zal het kwarts van de minerale koolbestanddelen afkomstig zijn. Naast kwarts blijken als andere siliciumverbindingen veel alumino-silicaten voor te komen in de filter- en cycloonasmonsters.

De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de FT-IR meetresultaten hangen sterk af van factoren als:

- aan- of afwezigheid van organisch materiaal (bij aanwezigheid van organische verbindingen wordt het IR-spectrum over het gehele golflengtegebied "vervuild");
- korrelgrootte van het preparaat (IR-analyse van vaste deeltjes is een oppervlakte-analysetechniek, zodat voor het verkrijgen van goede resultaten de deeltjes voldoende klein moeten zijn; bij de laatst uitgevoerde analyses is steeds vooraf gemalen tot $< 10 \mu\text{m}$);
- zuiverheid van standaardcomponenten (monsterspectra worden vergeleken met verschillende spectra van zuivere componenten; indien die standaardspectra afkomstig zijn van onzuivere materialen, kan dat een belangrijke invloed hebben op het analyseresultaat).

Om reden hiervan en omdat FT-IR een analysemethode is die nog in ontwikkeling is, dienen analyseresultaten voorlopig met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd.

Uit de analyseresultaten van FT-IR is een totaal-calciumgehalte van de assen te berekenen. Dit kan dan worden vergeleken met het totaalcalciumgehalte dat bij een groot aantal monsters is bepaald. De resultaten van een dergelijke berekening en aansluitende vergelijking zijn weergegeven in tabel 6.

monsternummer	calciumgehalte (%)			afwijking (procentueel)
	berekend		gemeten	
	waarde	*		
51028000 A	20	+	30.5	-35
51029000 A	30	+	34.3	-15
51029000 B	25	+	31.6	-20
51007003	2.5	-	27.4	-90
51017004	3.5	-	n.b.	-
51024008	20	+	n.b.	-
51027010	25	+	n.b.	-
21006003	4.5	-	11.0	-60
21014004	6.5	-	23.1	-70
21019008	4.5	+	n.b.	-
21021010	6.0	+	n.b.	-
31014003	5.5	+	6.0	-10
31041004	7.0	+	7.0	0
31046004	6.5	+	9.4	-30
31083008	5.0	+	n.b.	-
31084009	6.5	+	6.1	+5
31085010	6.5	+	n.b.	-
01035005	11.5	+	n.b.	-

Tabel 6: Vergelijking van berekende (FT-IR) en gemeten (AAS) calciumgehaltenes (n.b. = niet bepaald).

* betrouwbaarheid van berekende waarden (zie tekst).

Het blijkt dat in enkele gevallen grote verschillen optreden tussen de gemeten en berekende waarden. De grootste afwijkingen treden voornamelijk op bij monsters uit run 003 en 004, dat wil zeggen de monsters die het eerst met FT-IR zijn geanalyseerd.

Vanwege een aantal in het voorgaande genoemde oorzaken, zijn deze metingen niet zo goed als de later uitgevoerde metingen (op monsters vanaf run 005).

Indien we nu rekenen met die laatst geanalyseerde monsters (filterassen uit run 003 en 004 horen daarbij, omdat die opnieuw zijn geanalyseerd) dan blijkt bij bedasmonsters het gemeten calciumgehalte gemiddeld globaal 20 à 30% en bij filterasmonsters 5 à 10% (betrokken op de gemeten waarde) groter te zijn dan het berekende calciumgehalte; met betrekking tot cycloonasmonsters is dan geen uitspraak te doen vanwege het ontbreken van gemeten calciumgehaltenes.

Bij de laatst uitgevoerde analyses is de FT-IR methode blijkbaar ook nog niet geheel vrij geweest van de eerder genoemde onvolkomenheden; waarschijnlijk dienen de monsters nog verder verkleind te worden dan 10 µm.

Al/Si-verhouding

Aangezien bij alle runs dezelfde kolen en kalk gebruikt zijn en na de eerste run geen nieuw bedmateriaal (zand) meer is toegevoegd, gelden wat betreft de elementensamenstelling steeds dezelfde specificaties voor de uitgangsmaterialen. Dus de verhoudingen van aluminium en silicium zijn daarbij steeds ongeveer gelijk.

Voor de verschillende assen (waarbij voor filteras onderscheid is gemaakt in processtroom- en containermonsters) zijn de waarden voor de Al/Si-verhouding naast elkaar gezet (zie tabel 7).

Ervan uitgaande dat het oorspronkelijke bedzand na verloop van tijd via slijtage en uitblazen uit het wervelbed is verdwenen, wijst de lage Al/Si-verhouding van bedas erop dat silicium-rijke koolmineralen (bijvoorbeeld kwarts) veel minder snel uit het bed verdwijnen dan aluminium-rijke koolmineralen.

materiaal	gehalte (%)		Al/Si verhouding
	Al	Si	
kolen (met 15.5% as)	2.2 ± 0.1	2.9 ± 0.2	0.71-0.86
"kolenas"	~ 14.2	~ 18.7	0.71-0.86
kalk (voornl. CaCO_3)	0.2 ± 0.05	0.4 ± 0.1	0.48-(0.82)
"kalk" (als CaO)	~ 0.35	~ 0.7	0.48-(0.82)
bedzand (vrij zuiver SiO_2)	~ 0	~ 46.5	~ 0
bedas	2.6-5.4	8.5-16.5	0.25-0.38
cycloonas	4.8-6.1	9.6-11.7	0.46-0.56
filteras (P)	8.9-11.3	11.1-13.0	0.80-0.89
filteras (C)	6.8-7.3	10.1-13.6	0.54-0.84

Tabel 7: Verhoudingen van aluminium en silicium in verschillende materialen.

Bij cycloonas ligt de Al/Si-verhouding lager dan die voor kolen(as). Dit betekent dat deze as ook voor een deel bestaat uit afgesleten bedmateriaal. Er zit ook kalk in (zie calciumcijfers in tabel 2), maar dat beïnvloedt de Al/Si-verhouding niet of nauwelijks doordat:

- het gehalte aan aluminium en silicium in kalk (als CaO gerekend) een factor 40 resp. 25 lager is dan in "kolenas" (zie tabel 7);
- de ingaande massastroom kolenas 3.5 tot 12.6 maal groter is dan de ingaande massastroom CaO (af te leiden uit bijlage 4).

Processtroommonsters van filteras hebben een Al/Si-verhouding die vergelijkbaar is met die van kolen(as), dus hierin komt blijkbaar geen afgesleten bedas in merkbare hoeveelheden voor.

De Al/Si-verhouding van uit containers afkomstige filterasmonsters ligt tussen die van processtroomfilteras en cycloonas in, hetgeen tezamen met andere eigenaardigheden doet vermoeden dat het om een mengsel van die twee assen gaat (zie hoofdstuk 3.3).

Carbonaat/sulfaat

Met betrekking tot koolstof en zwavel is naast de analyse op het totaalgehalte in enkele gevallen ook geanalyseerd op respectievelijk carbonaatkoolstof en sulfaatzwavel.

Het gehalte carbonaatkoolstof is in vrijwel geen enkel geval in de assen groter dan 1%. Dit stemt overeen met het feit dat kalk bij de in de ketel heersende temperaturen ontleedt onder afgifte van CO_2 (zie ook gehalten aan CaCO_3). Het in de cycloon- en filterassen aanwezige zwavel is voor 80 à 90% sulfaatzwavel, terwijl bij bedassen zowel 80% als bijna 100% gevonden is (zie tabel 8).

assoort	monster nr.	zwavel (%)		
		totaal	in sulfaat	verh. (%)
filteras	31080003	1.8	1.5	83
filteras	31046004	2.1	1.8	86
cycloonas	21010003	1.94	1.7	88
cycloonas	21016004	2.72	2.3	85
bedas	51011003	4.9	3.9	80
bedas	51017004	3.6	3.5	97

Tabel 8: Zwavelvormen in de assen.

3.1.4 Zeef-/ziftfracties

Ondermonsters van de filterassen 31063003 en 31073004 zijn met behulp van een kleine zifter (Alpine Zick Zack Sichter, 100 AZR) verdeeld in fracties. Hiervan zijn koolstofgehalte en deeltjesgrootteverdeling bepaald. Uit de gegevens daarvan (zie bijlage 5) is af te leiden dat met ziften bij 5000 rpm meer dan de helft van het in de monsters aanwezige koolstof te concentreren is in minder dan de helft van het oorspronkelijke materiaal (zie tabel 9).

fractie	aandeel op totaal (gew. %)	C-aandeel van totaal-C (gew. %)
310061003 fijne ziftfr. (5000 rpm)	44.3	60.6
31073004 fijne ziftfr. (5000 rpm)	44.1	64.0
21008003 (< 63 μm)	52.7	68.6
31017003 (10-25 μm)	37.0	53.0

Tabel 9: Concentrering van koolstof in asfracties.

Bij zeeffracties van ondermonsters van cycloonas 21008003 en filteras 31017003 (zie bijlage 6) treedt iets soortgelijks op (zie tabel 9). De koolstofconcentrering is waarschijnlijk echter niet voldoende groot om daarop het ontwikkelen van een methode voor restkool-recycling te baseren.

Uit gegevens van calciumanalyses (zie bijlage 6) blijkt dat dit element niet duidelijk in een of meerdere fracties geconcentreerd zit, zodat eventuele recycling van CaO via afzeven niet mogelijk zal zijn. Naast CaO komt ook onder andere CaCO_3 voor; met betrekking tot de variatie die optreedt in het aandeel van CaCO_3 op de totale hoeveelheid calciumverbindingen, is een afschatting gemaakt door de verhouding carbonaatkoolstof/calcium te bepalen (zie bijlage 6).

Wat betreft de calciumanalyses kan nog worden opgemerkt dat deze ten gevolge van een bepaalde foutenmarge (tezamen met de foutenmarge voor gewichtsbepalingen) aanleiding zijn tot afwijkingen tussen fracties en totaalmonsters (zie tabel 10).

monsternummer	calciumgehalte (gew. %)		
	volgens bijlage 6	volgens tabel 2/3	verhouding
21008003	9.3	11.8	0.80
31017003	3.4	5.9	0.56

Tabel 10: Calciumgehaltes, volgens directe bepaling en volgens berekening uit fracties.

3.1.5 Deeltjesgrootteverdelingen

Bij vergelijking van processtroommonsters van filter-, cycloon- en bedas blijkt dat de deeltjesgrootte, volgens verwachting, in diezelfde volgorde toeneemt (zie tabel 11). Voor geen der assoorten varieert de gemiddelde deeltjesgrootte veel over de verschillende runs (hooguit een factor twee); de variaties binnen een run zijn nog kleiner.

Tussen processtroommonsters en containermonsters van filteras zijn wel grote verschillen waargenomen; dit komt nader ter sprake in 3.3.

run nr. \ assort	bedas	cycloonas	filteras
003	930-1000	92-115	26-34
004	950-1000	120-150	29-33
006			18
007			25
009			22
025		80-90	25-30

Tabel 11: Gemiddelde deeltjesgrootte voor processtroommonsters van afbb-as (in μm).

3.1.6 Porositeit

Bij bedasmonster 51019003 zijn de specifieke dichtheid en de "stampdichtheid" bepaald; respectievelijk 2900 kg/m^3 en 1540 kg/m^3 . Uit deze twee gegevens kan de porositeit worden berekend. Hiervoor wordt dan gevonden 0.47 (dus 47% van de ruimte wordt ingenomen door poriën in en tussen de deeltjes).

3.2 Stabiliteit procesvoering

3.2.1 Reproduceerbaarheid

Run 025 is een herhaling van run 006.

Bij run 025 zijn echter een groot aantal parameters niet bepaald (zie bijlage 4), zodat ten aanzien van bijvoorbeeld massastromen, zwavelbinding en verbrandingsrendement niet aan te geven is of run 006 en run 025 goed met elkaar overeenstemmen of niet. Met betrekking tot askarakteristieken is wel enige vergelijking mogelijk (zie tabel 12); hierbij blijkt dat de overeenkomst niet zo goed is. Reproduceerbaarheid van de afbb-procesvoering is dus wat betreft de askarakteristieken bij run 006 en run 025 niet erg groot geweest. Gedeeltelijk zal dit veroorzaakt zijn door de ongelijke looptijden van beide experimenten; run 006 duurde 3 uur en run 025 duurde 25 uur. Bij run 025 zal daardoor eerder sprake zijn van evenwicht dan bij run 006 (zie ook 3.2.2).

assoort	parameter	waarde	
		run 006	run 025
filteras	asgehalte (%)	70.1	64.2
	$d_p(50) (\mu\text{m})$	18.2	28.0
"containeras"	asgehalte (%)	58.1	55.2
	$d_p(50) (\mu\text{m})$	62.1	62.0

Tabel 12: Vergelijking van askarakteristieken van run 006 en run 025.

3.2.2 Evenwichtscondities

Voor het nagaan op welk tijdstip evenwichtscondities bereikt zijn, is het vaststellen van het verloop van askarakteristieken in de tijd één van de mogelijkheden. Bij de runs 003, 004 en 025 zijn van de verschillende assorten voldoende gegevens beschikbaar om een duidelijke weergave van het verloop in de tijd te kunnen verzorgen. In bijlage 7 is dit gedaan voor het asgehalte en de gehalten aan calcium, silicium en aluminium.

Het blijkt dat bij run 004 (zie bijlage 7) de concentraties in de assen veel minder stabiel zijn dan bij run 003 (dit is in overeenstemming met de opmerking, over fluctuaties bij run 004, in hoofdstuk 3.1.2 onder het hoofd "asgehalte").

Indien we stellen dat bij stabiele procesvoering fluctuaties mogen optreden die binnen 5% van de analysewaarden blijven, dan zijn bij run 003 na 30 uur evenwichtscondities bereikt.

Omdat bij run 025 alleen het asgehalte als functie van de tijd is weer te geven, is een "evenwichtstijdstip" bij die run minder duidelijk vast te stellen. Wel vertonen de fluctuaties bij die asgehalten een tendens om kleiner te worden naarmate de tijd vordert.

3.2.3 Massabalansen

In bijlage 4 zijn massastromen van kolen, kalk en as gegeven (afkomstig uit in de computer opgeslagen rungegevens), die gemiddelden voorstellen over de tijdsduur van elke run.

Indien van de massastromen bij elke run een balans wordt berekend, dan wordt steeds (met uitzondering van run 008) een grotere asproductie gevonden dan gemeten is (zie tabel 13).

Die afwijkingen kunnen ontstaan zijn, doordat:

- a) het aftappen van bedas niet in de berekeningen is opgenomen;
- b) massastromen gemiddeld zijn over perioden die niet gelijk zijn aan de "evenwichtsperiodes".

Dit laatste zal vooral een rol spelen bij de kortlopende runs (run 005 t/m run 010).

run	massastroom as (kg/hr)		
	berekend	gemeten	afw. (%)
001	-	-	-
002	-	-	-
003	119	109	9
004	141	126	12
005	151	142	6
006	132	116	14
007	110	102	8
008	123	127	3
009	59	48	23
010	63	51	24
025	-	-	-

Tabel 13: Balansberekeningen op massastromen.

De bij de massabalansberekeningen gevolgde methode wordt hierna als voorbeeld voor run 003 uitgevoerd:

filteras: 30.2 tot 33.6% onverbrand	}	restkool ~ 35 kg/hr
(zie tabel 3)		
109 kg/hr (zie bijlage 4)		
kolen : 502 kg/hr (zie bijlage 4)	}	as ~ 78 kg/hr
~ 15.5% mineralen		
kalk : 11 kg/hr (zie bijlage 4)	}	CaO → 6 kg/hr
$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$		

balans: 35 (restkool) + 78 (as) + 6 (kalk) = 119 kg/hr.

119 kg/hr ten opzichte van de gemeten filterasstroom van 109 kg/hr betekent een afwijking van 9%.

3.3 Processtroom-/containermonsters

De samenstelling van materiaal, dat gedurende de verschillende runs in containers is opgevangen, dient overeen te komen met de samenstelling van processtroommonsters, die genomen zijn terwijl de desbetreffende containers werden gevuld. Om een vergelijking tussen die samenstellingen mogelijk te maken, zijn eerst zo goed mogelijk de in de tijd overeenstemmende processtroom- en containermonsters naast elkaar gezet (zie bijlage 8).

Met behulp van analysegegevens (uit hoofdstuk 2) van de in bijlage 8 genoemde monsters zijn per run de gemiddelde analysegegevens van processtroommonsters in tabel 14 naast containermonsters geplaatst. Dit is beperkt tot gegevens over filterassen, omdat:

- a) van bedassen niet voldoende gegevens beschikbaar zijn voor een goede vergelijking, òf voor bedassen een vergelijking niet zinnig is vanwege de te lange vultijd van de containers (runnummers 000);
- b) mengsels van cycloon- en filteras nader behandeld worden in hoofdstuk 3.4.

run	as (%)		Si (%)		Al (%)		Ca (%)		d _p (50) (µm)	
	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C
003	69.8	71.1	12.9	13.6	11.0	7.3	6.8	11.7	27	66
004	68.7	76.1	11.6	11.3	9.7	6.8	8.6	19.0	31	80
006	70.1	58.1	12.6	10.1	11.0	6.8	5.8	7.3	18	63
007	64.3	47.3							25	61
009	66.2	56.2							22	52

Tabel 14: Vergelijking van processtroommonsters (P) met containermonsters (C) van filteras.

Uit tabel 14 blijkt dat de (gemiddelde) analysegegevens voor filterasmonsters uit containers en uit de processtroom bij elke run aanzienlijk van elkaar verschillen. Gedeeltelijk zou dit verklaard kunnen worden uit het feit dat monsternametijden van processtroom-

monsters en containervultijden nooit helemaal op elkaar passen, waardoor "contaminatie" met andere filterassen een rol speelt. Gezien de grootte van de afwijkingen en de systematiek daarin (bijvoorbeeld: de deeltjesgrootte ligt altijd bij de container-monsters hoger dan bij de processtroommonsters en geen enkele keer andersom), moet er echter nog een andere verklaring zijn. Bij nadere onderzoeken (zie: R. Gerritsen "Karakterisering AFBB-monsters uit run 003, 004, 006 en 009", intern TNO-rapport, 4-6-1982) is die verklaring gevonden; een lekkende cycloonasleiding veroorzaakte een stroom van cycloonas naar de containers, waardoor de filterascontainers steeds een mengsel van filteras en cycloonas bevatten (zie ook hoofdstuk 3.4).

3.4 Bemonstering van containers

De eerste monsternames uit containers zijn uitgevoerd met behulp van een stofzuiger in het midden van de containers (bij runs t/m 004); een zuigbuis werd hierbij loodrecht naar beneden in de container gebracht, waarbij de inhoud van de buis werd opgezogen tijdens het zakken. Door de slechte loopeigenschappen van het materiaal ontstaat tijdens dit zuigen een zuiver rond gat en vindt er geen preferente aanzuiging van fijn materiaal plaats.

De verschillen die geconstateerd werden tussen processtroom- en containermonsters (zie 3.3) werden in eerste instantie toegeschreven aan mogelijke niet-representativiteit van de op deze wijze genomen containermonsters. Daarom is een tijdens run 006 gevulde container (monster 31086006) op een aantal verschillende manieren met de stofzuiger bemonsterd en is er een ondermonster genomen door de gehele inhoud van de container via een monsterverdeler te verdelen.

Uit analyses op die monsters en op het bijbehorende processtroommonster (zie tabel 15) is het volgende af te leiden:

- a) monstername in het midden van de container is niet representatief (vergelijk A en B met E);
- b) het maakt weinig of geen verschil op welk moment de stofzuiger bij de monstername wordt aangezet (vergelijk A met B en C met D);

para- meter	containermonsters						proces- stroom- monster
	A	B	C	D	A t/m D gemidd.	E	
as (%)	65.1	63.1	49.8	50.7	57.2	58.1	70.1
Si (%)	11.7	11.0	8.7	8.8	10.1	10.1	12.6
Al (%)	6.5	6.9	7.3	7.0	6.9	6.8	11.0
Ca (%)	9.2	8.8	5.2	5.4	7.2	7.3	5.8
d ₅₀ (µm)	73	65	44	49	58	63	18

Tabel 15: Processtroommonster en verschillende containermonsters van run 006 (filteras). (Voor de betekenis van A t/m E wordt verwezen naar tabel 3).

- c) de inhoud van de container is niet homogeen (vergelijk A en B met C en D);
- d) het gemiddelde van een monster genomen aan de rand en een monster genomen in het midden van de container komt overeen met de gemiddelde inhoud van de container (vergelijk het gemiddelde van A t/m D met E);
- e) de containerinhoud komt niet overeen met het bijbehorende processtroommonster (vergelijk E met het processtroommonster).

Het laatste punt is reeds in 3.3 ter sprake geweest.

Uit de punten c) en d) is af te leiden dat tijdens het vullen van een container ontmenging van asbestanddelen optreedt, op een zodanige wijze dat de uitersten wat betreft analysewaarden gevonden worden aan de rand en in het midden van de container. Dit zou kunnen betekenen dat een representatief monster verkregen kan worden door een container halverwege de afstand "centrum-rand" te bemonsteren. Om dit na te gaan is een container van run 009 bemonsterd (nr. 31088009) in het midden (A), aan de rand (C) en daar tussenin (B). Uit analyseresultaten van deze monsters blijkt B echter niet het gemiddelde te zijn van A en C (zie tabel 16).

parameter	A	B	C
as (%)	63.9	62.8	48.5
d ₅₀ (µm)	49	54	55

Tabel 16: Analyseresultaten van containermonster van run 009 (31088009). (Voor de betekenis van A, B en C wordt verwezen naar tabel 3).

Als meest geschikte bemonsteringsmethode voor containers geldt dus (monsterverdeling van de gehele containerinhoud buiten beschouwing gelaten) het nemen van een "rand- en centrummonster" en het middelen van deze twee.

Een container met cycloonas en filteras van run 025 is op deze manier bemonsterd en het analyseresultaat komt overeen met dat van bijbehorende processtroommonsters van cycloon-/filteras (zie tabel 17).

parameter	containermonsters			proces- stroom- monsters
	centrum	rand	gemidd.	
as (%)	64	49	56	55
d ₅₀ (µm)	77	50	64	62

Tabel 17: Analysegegevens van run 025 (cycloon-/filteras).

Tot slot nog een opmerkelijk verschijnsel:

De inhomogene inhoud van ascontainers is weer redelijk goed te homogeniseren door de container leeg te storten, zoals blijkt uit de kleine verschillen tussen resultaten van analyses op de inhoud van een zestiental zakken die gevuld zijn tijdens het leegstorten van een ascontainer van run 007 (zie bijlage 2).

4. CONCLUSIES

Bij niet veranderende procescondities wordt met betrekking tot de karakteristieken van de assen van de afbb ca. 30 uren na opstarten of na wijzigen van condities (zonder het bed te vernieuwen) een evenwichtsituatie bereikt.

De mogelijkheden voor het ter recycling afscheiden van een koolrijke fractie uit filteras, dienen onder de huidige omstandigheden (Poolse kolen, deeltjesgrootte filteras) niet al te hoog te worden ingeschat. Hetzelfde geldt voor een calciumoxide-rijke fractie uit cycloon- of filteras.

Bij het in containers opvangen van filteras is voortdurend contaminatie opgetreden met cycloonas, afkomstig van een lekkende cycloonasleiding.

Monsternamen aan de rand en in het midden van de container en het midden van de resulterende monsters, is gebleken een betrouwbare en snelle bemonsteringsmethode te zijn voor ascontainers.

Ten gevolge van een gehalte aan calcium(hydr)oxide van ca. 15 tot 25% is bedas een chemisch afval in de zin van de WCA. Bij filteras en cycloonas is dat twijfelachtig, omdat het gehalte aan calcium(hydr)oxide daarin juist onder of boven de 5%-grens zit (bijvoorbeeld tot ca. 6%).

Optimalisatie van het kalkgebruik in afbb-procesvoering kan deze conclusie doen veranderen, doordat deze reststoffen dan niet meer onder de WCA vallen.

BIJLAGEN

1. Analyseprocedures
2. Gegevens over monster 31087007
3. Gegevens over monster 51041002
4. Rungegevens
5. Ziftfracties van 31061003 en 31073004
6. Zeef(zift)fracties van 21008003 en 31017003
7. Verloop van askarakteristieken in de tijd
8. Containermonsters en tegelijkertijd genomen processtroommonsters
- 9 t/m 24. Deeltjesgrootteverdelingen

Gevolgte analysemethoden

grootheid	procedure
asgehalte	ISO 562
vochtgehalte	ISO 589
vluchtig	ISO 1171
verbrandingswarmte	ISO 1928
Al, Ca	smelten met NaOH; smelt oplossen in HCl; bepaling met AAS
Si	smelten met NaOH; SiO ₂ met HCl neerslaan; bepaling gravimetrisch
C, H, N, O, S	micro-analyse methode (intern ontwikkeld)
SO_4^{2-}	ISO 157
CO_2	buisverhitting in argonstroom, met IR-detectie
calciumverbindingen	FT-IR (intern ontwikkelde methode)
deeltjesgrootte	controle-zeven (NEN 2560) en Kراتel-partiscoop
specifieke dichtheid	aircomparison pycnometer
stamp-dichtheid	DIN 53194
ziftfracties	Alpine Zick Zack Sieb

BIJLAGE 2

Filteras (monster nr. 31087007) uit container van run 007 is overgestort in 16 zakken. Uit elke zak is een monster genomen (met stofzuiger). De 16 monsters (A t/m P) zijn op asgehalte (in duplo) en in enkele gevallen op deeltjesgrootte geanalyseerd.

monstercode	asgehalte (%)		deeltjesgrootteverdeling	
	duplo	gemiddelde	d ₅₀ (µm)	bijlage nr.
A	47.12/47.26	47.2	61	bijlage 20
B	48.41/48.39	48.4		
C	49.05/49.40	49.2		
D	48.33/48.34	48.3		
E	47.98/47.96	48.0		
F	47.17/47.27	47.2		
G	47.61/47.49	47.6	63	bijlage 20
H	44.86/44.99	44.9		
I	48.20/48.30	48.3		
J	49.61/49.46	49.5		
K	48.78/48.60	48.7		
L	47.99/47.90	47.9		
M	47.59/47.49	47.5	59	bijlage 20
N	44.66/44.52	44.6		
O	43.72/44.10	43.9		
P	45.23/45.16	45.2		

Bedas (monster nr. 51041002), uit een container die na run 002 in zakken is overgestort, is gezeefd over 2 mm en vervolgens op een aantal elementen geanalyseerd.

element	gehalte (ppm)	
	fractie < 2 mm	fractie > 2 mm
Ca	523000	488000
S	45000	47000
Mg	12400	14100
K	4900	6900
P	2000	2000
Na	1000	1200
Pb	145	150
Zn	145	130
Ni	87	56
B	80	90
Mo	< 50	< 50
N	< 20	< 20
As	7.3	7.7
Cu	< 7	< 7
Cd	0.73	2.8
Hg	< 0.5	< 0.5
F	< 0.2	< 0.2
Se	< 0.1	< 0.1
aandeel (%)	82.5	17.5

Gegevens over uitgevoerde runs, afgeleid uit de database.

run nr.	begintijd	eindtijd	massastromen (kg/hr)			terug stook cycloonas	zwavel retentie (%)
			kolen	kalk	filteras		
001	4-10-81;21.00	6-10-81;16.57	459	36	66	+	58
002	2-11-81;8.20	6-11-81;16.45	494	36	72	+	86
003	28-1-82;12.30	30-1-82;23.59	502	11	109	+	75
004	31-1-82;0.00	2-2-82;16.45	516	41	126	+	95
005	7-4-82;14.00	7-4-82;16.05	501	40	142	-	77
006	8-4-82;10.30	8-4-82;13.41	521	30	116	+	81
007	14-4-82;10.45	14-4-82;14.25	432	12	102	+	82
008	15-4-82;9.45	15-4-82;12.45	468	12	127	+	84
009	20-4-82;14.45	20-4-82;19.35	252	7	48	+	75
010	21-4-82;14.01	21-4-82;17.16	228	6	51	+	86
025	6-7-82;12.45	7-7-82;14.30	*	*	*	+	*

* niet gemeten

Ziftfracties van filterasmonsters 31061003 en 31073004

ziftfractie		zifterinstelling (rpm)	deeltjesgrootteverdeling (µm)			aandeel op totaal (gew.%)	C-gehalte (gew. %)	
nr.	omschrijv.		5% > ..	50%	95% < ..		per fractie	betrokken op totaal
1	fijn	8000	50	30	17	25.6	29.0	7.4
2	fijn	5000	75	41	19	18.7	41.3	7.7
3	fijn	3500	120	61	26	13.4	37.4	5.0
4	fijn	2400	140	81	37	12.9	25.8	3.3
5	grof	2400	350	130	65	29.4	5.2	1.5

totaal voor monster 31061003:

100

24.9

1	fijn	8000	45	26	13	22.5	29.4	6.6
2	fijn	5000	65	38	17	21.6	39.2	8.5
3	fijn	3500	120	60	25	12.0	34.8	4.2
4	fijn	2400	148	82	36	13.0	21.4	2.8
5	grof	2400	350	130	70	30.9	5.0	1.5

totaal voor monster 31073004:

100

23.6

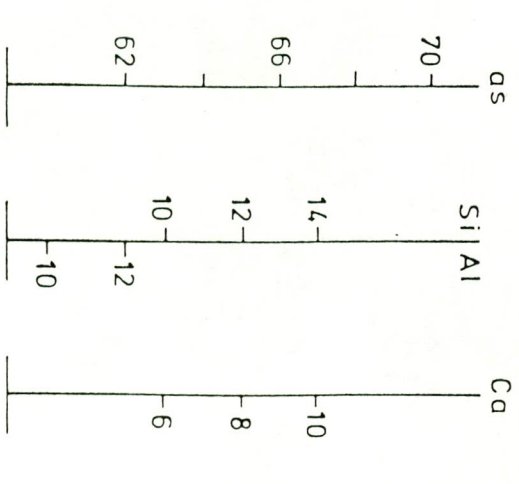
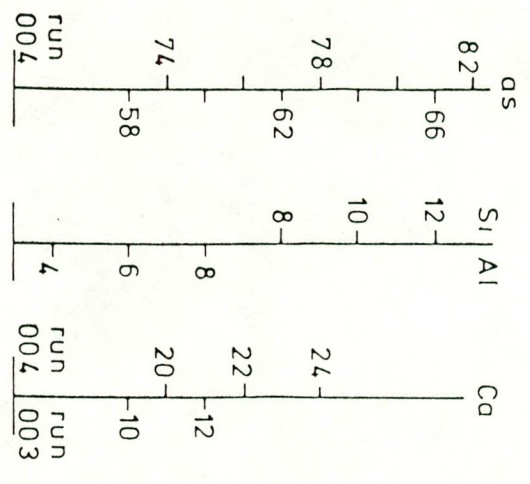
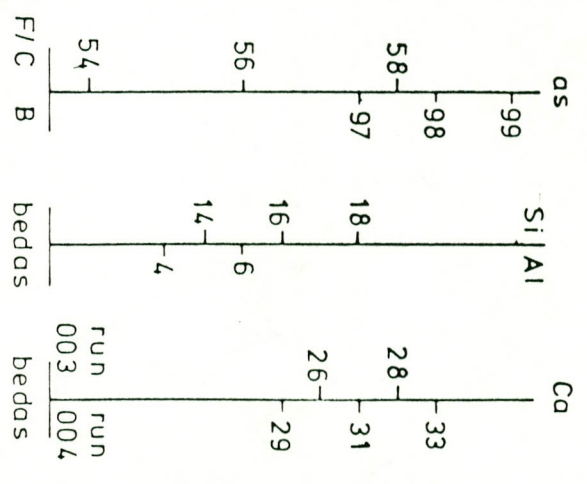
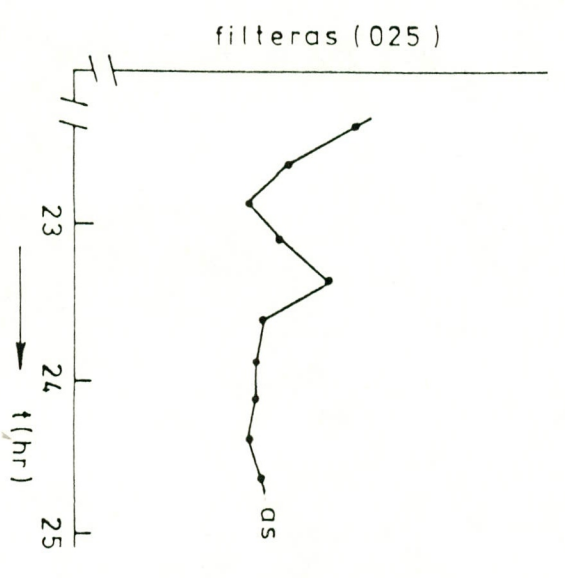
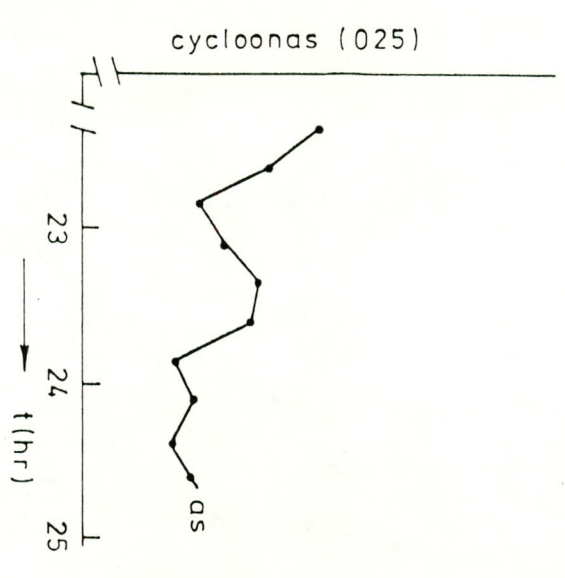
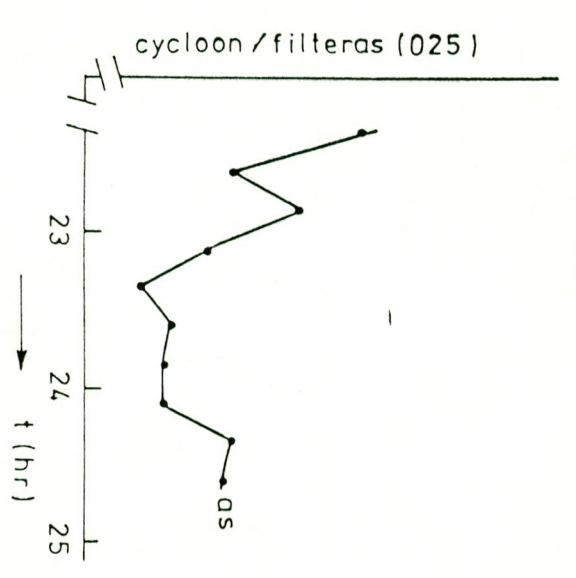
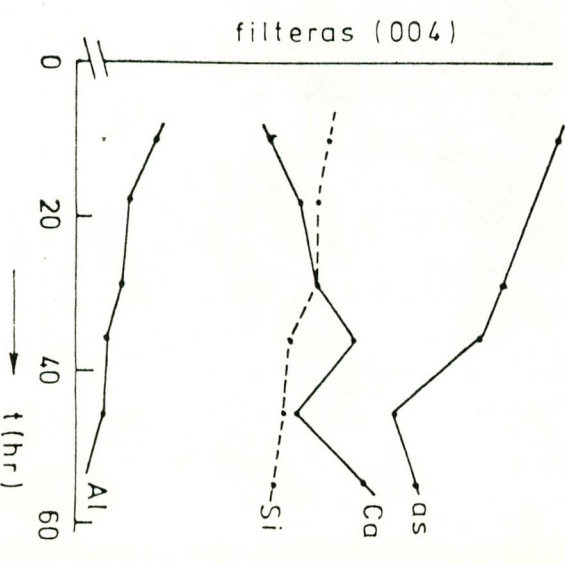
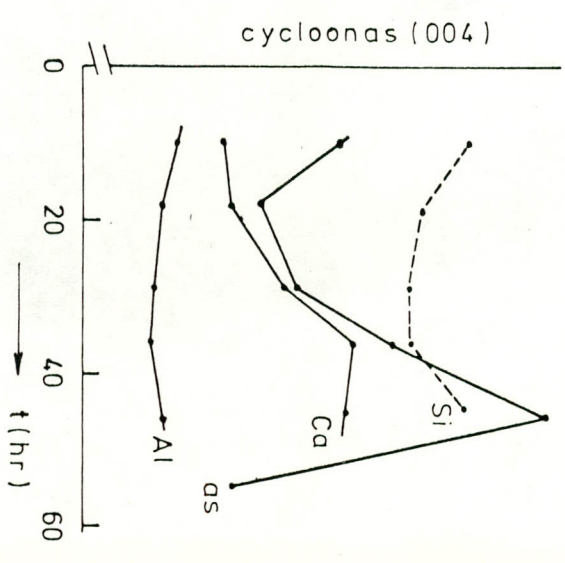
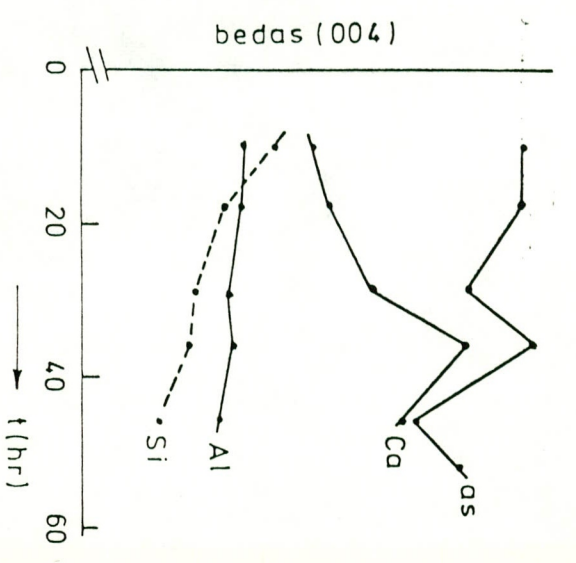
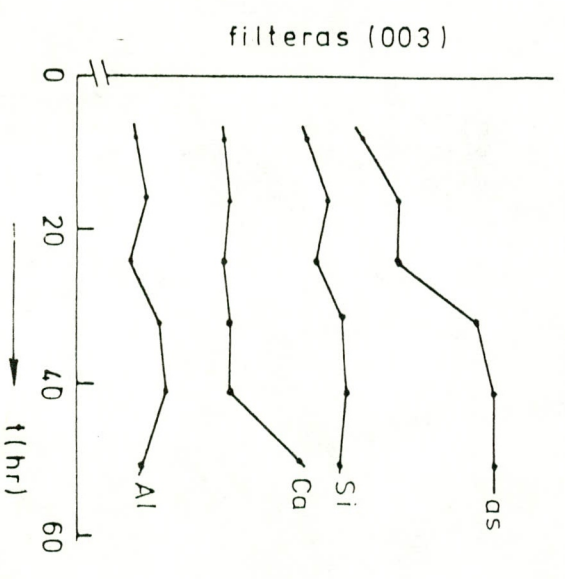
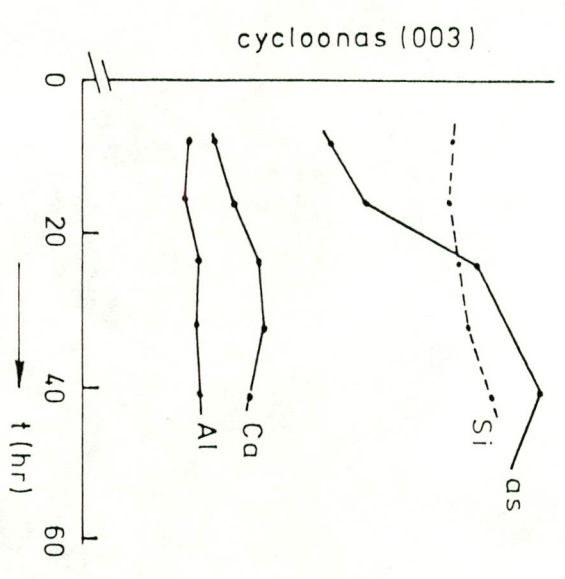
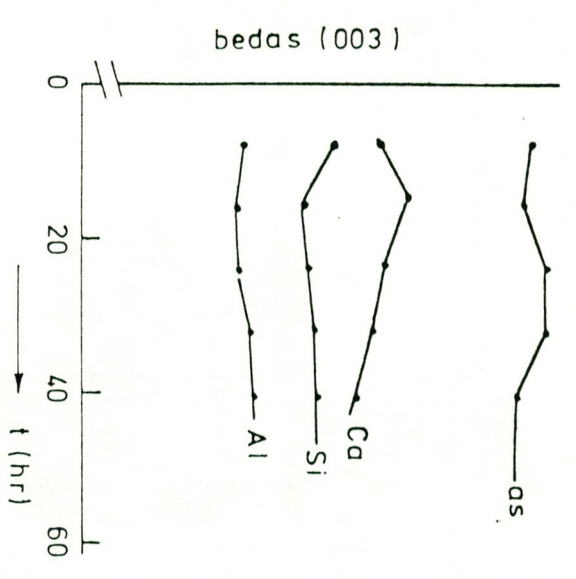
Zeef(zift)fracties van de monsters 21008003 en 31017003

zeeffractie		aandeel op totaal (gew. %)	C-gehalte (%)		carbonaat C (gew. %)	calcium (gew. %)		verhouding carb.C/Ca
nr.	zeefmaat (µm)		per fractie	betrokken op totaal		per fractie	betrokken op totaal	
1	> 180	16.2	8.6	1.4	1.5	12.9	2.1	0.12
2	106-180	16.5	20.6	3.4	1.0	12.2	2.0	0.08
3	63-106	14.6	35.2	5.1	0.7	8.9	1.3	0.08
4	25-63	34.5	38.2	13.2	1.1	9.7	3.3	0.11
5	< 25	18.2	46.3	8.4	0.6	3.5	0.6	0.17

monster 21008003: 100 31.5 9.3

1	> 25	2.8	49	1.4	0.8	6.3	0.2	0.12
2	10-25	37.0	45.3	16.8	0.8	3.5	1.3	0.21
3	< 10	60.2	22.4	13.5	1.0	3.2	1.9	0.30

monster 31017003: 100 31.7 3.4



containermonsters		processtroommonsters	
nr.	vultijd container	nr.	monsternametijd
01035005	(8/4/82:14.00)?	-	-
31061003	(30/1/82)?	31017003	30/1/82 (5.00-6.00)
"	"	31080003	30/1/82 (12.30-23.30)
31077003	30/1/82 (18.36-20.41)	31080003	30/1/82 (12.30-23.30)
31073004	1/2/82 - 2/2/82	31043004	1/2/82 (5.00-6.00)
"	"	31044004	1/2/82 (12.00-13.00)
"	"	31045004	1/2/82 (22.40-23.40)
"	"	31046004	2/2/82 (4.00-15.30)
31076004	2/2/82 (9.59-12.26)	31046004	2/2/82 (4.00-15.30)
31086006	8/4/82 (9.01-10.50)	31081006	8/4/82 (10.35-13.31)
31087007	14/4/82 (11.14-14.20)	31082007	14/4/82 (11.50-13.44)
31088009	20/4/82 (13.16-22.15)	31084009	20/4/82 (15.00-16.00)
51041002	? - 6/11/81	-	-
*51019003	30/1/82 (20.15-20.34)	51011003	30/1/82
*51018004	2/2/82 (12.35-13.10)	51017004	2/2/82 (4.00)
51028000	17/11/81 (11.00)-1/2/82 (15.39)	51006003	28/1/82 (20.30)
"	"	51007003	29/1/82 (4.30)
"	"	51008003	29/1/82 (12.30)
"	"	51009003	29/1/82 (20.30)
"	"	51010003	30/1/82 (5.00)
"	"	51011003	30/1/82
"	"	51012004	31/1/82 (10.00)
"	"	51013004	31/1/82 (18.00)
"	"	51014004	1/2/82 (5.00)
51029000	1/2/82-16/4/82 (2.00)	51015004	1/2/82 (12.00)
"	"	51016004	1/2/82 (22.40)
"	"	51017004	2/2/82 (4.00)
"	"	51020006	8/4/82 (13.30-14.30)
"	"	51021006	8/4/82 (11.00-11.15)
"	"	51022007	14/4/82 (11.00-14.00)
"	"	51023007	14/4/82 (11.00-14.00)
"	"	51024008	15/4/82 (10.00-12.45)
51030000	16/4/82 (2.00)-28/4/82	51025008	15/4/82 (10.00-12.45)
"	"	51026009	20/4/82 (14.45-16.00)
"	"	51027010	21/4/82
810 ¹¹ ₁₂ 025	7/7/82	81001025	7/7/82 (11.05-11.06)
"	"	81002025	7/7/82 (11.20-11.21)
"	"	81003025	7/7/82 (11.35-11.36)
"	"	81004025	7/7/82 (11.50-11.51)
"	"	81005025	7/7/82 (12.05-12.06)
"	"	81006025	7/7/82 (12.20-12.21)
"	"	81007025	7/7/82 (12.35-12.36)
"	"	81008025	7/7/82 (12.50-12.51)
"	"	81009025	7/7/82 (13.05-13.06)
"	"	81010025	7/7/82 (13.20-13.21)

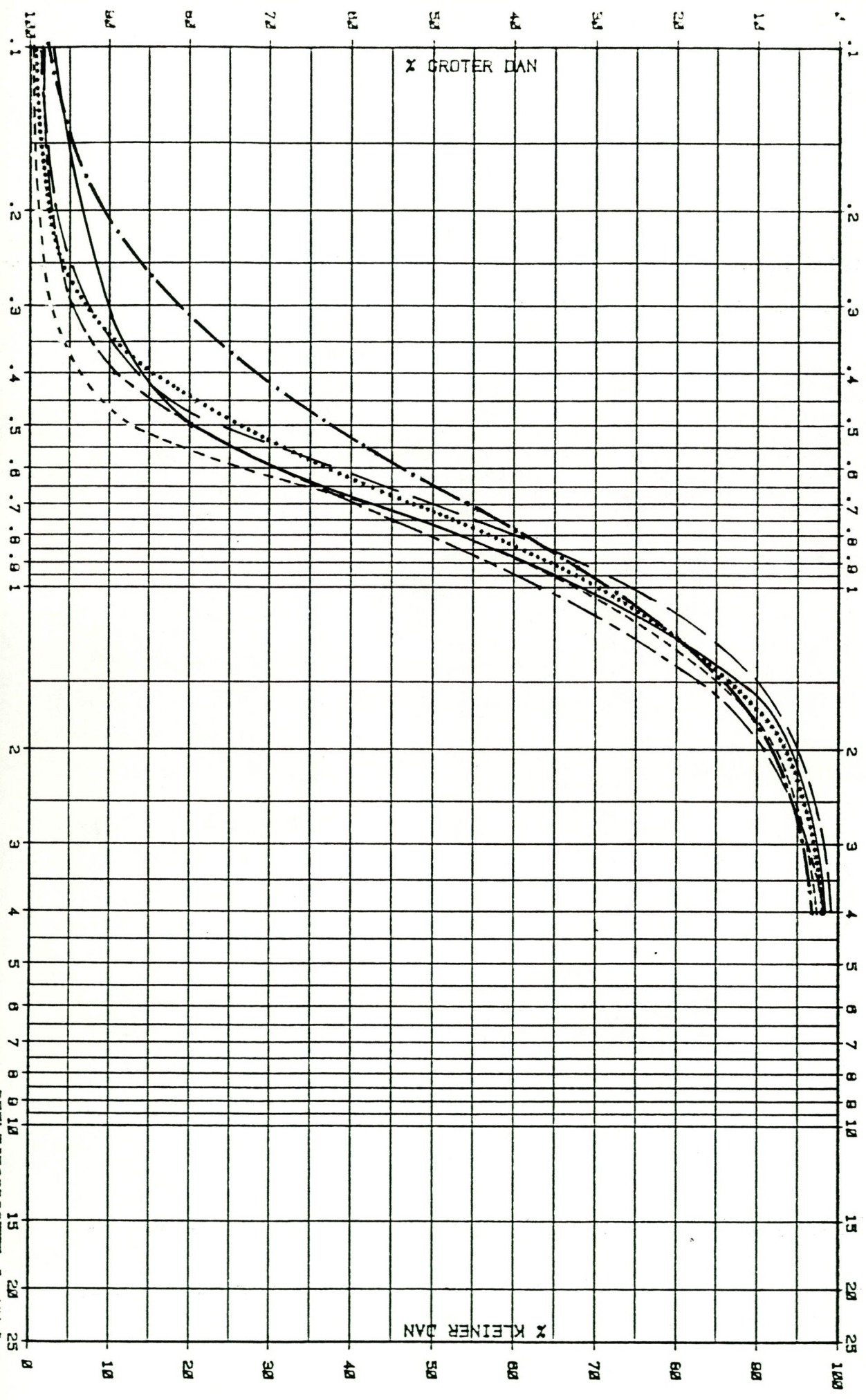
Containermonsters en tegelijkertijd genomen processtroommonsters

* Voor het vullen van deze containers zijn de op de bedas-weegbrug staande containers verwijderd en later weer teruggeplaatst.

Indien tijdens het vullen van een container geen processtroommonster werd genomen, dan is in deze tabel het kortst daarvoor genomen processtroommonster genoemd.

Ten gevolge van overlappen van vultijden van containers en monsternametijden, komen een aantal vermeldingen van monsternummers dubbel voor.

- 51028000 - MONSTER A
- 51028000 - MONSTER B
- 51029000 - MONSTER A
- 51029000 - MONSTER B
- 51030000 - MONSTER A
- 51030000 - MONSTER B



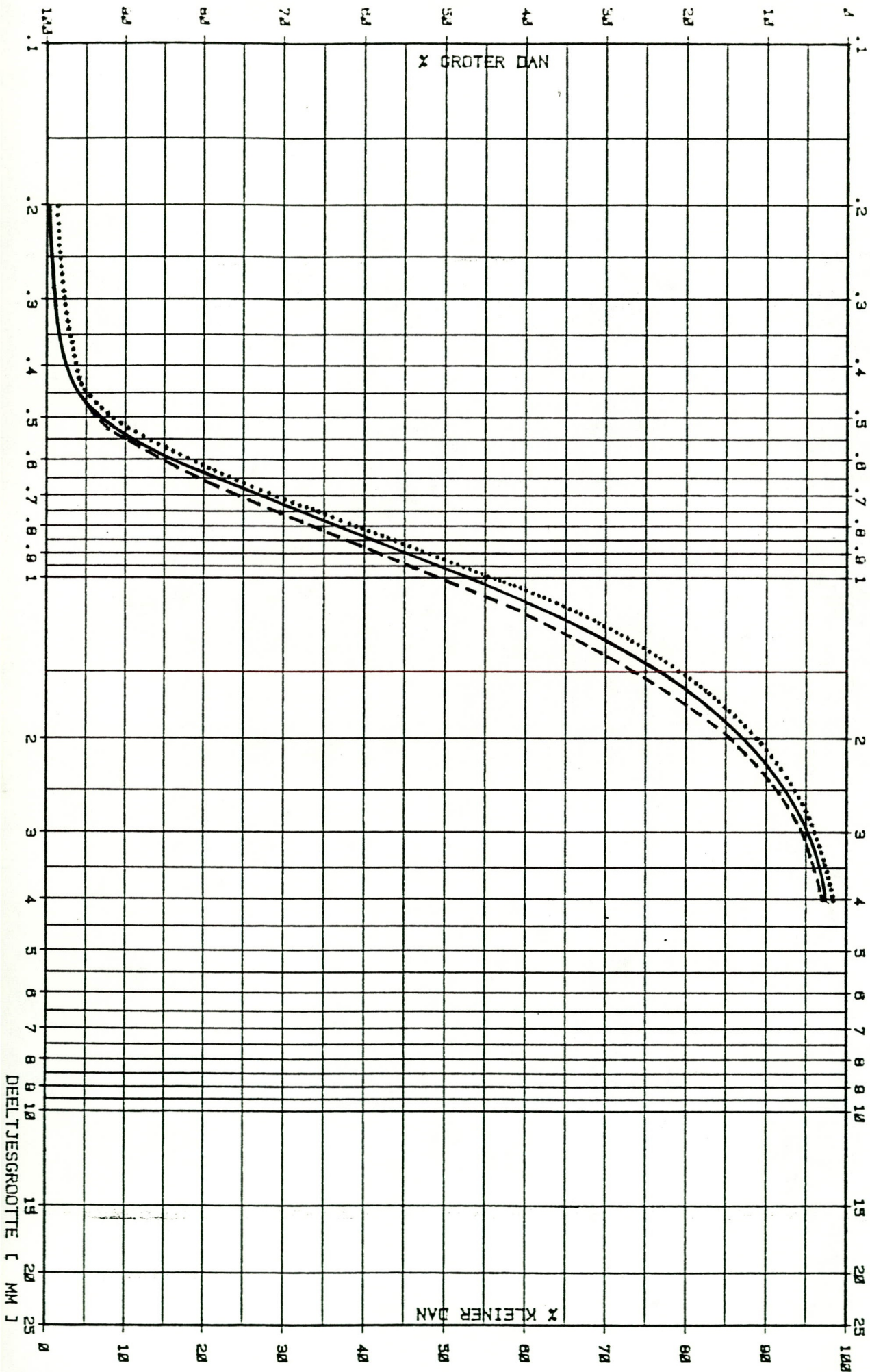
Bijlage 9

DEELTJESGROOTTE [MM]

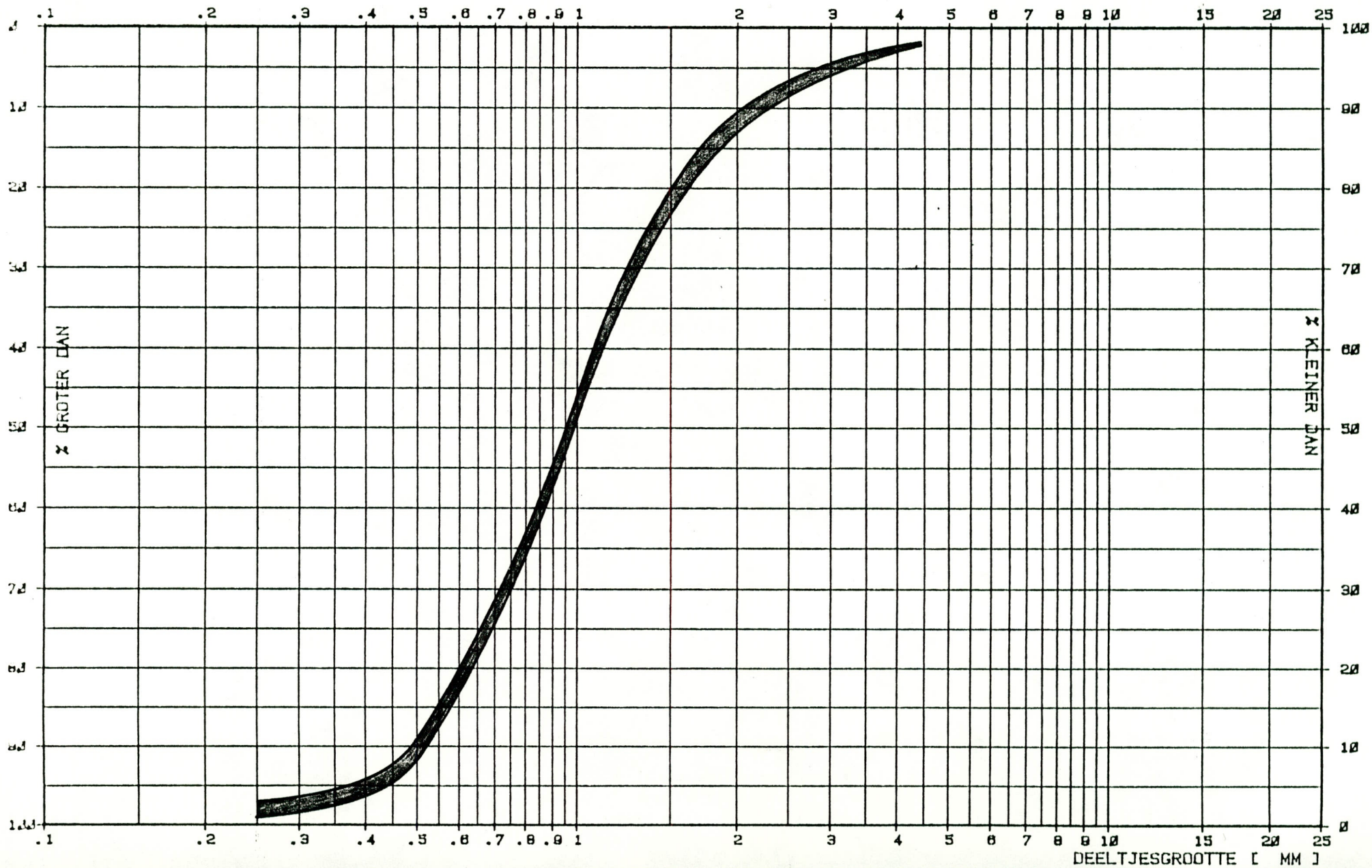
51006003 Elm 51010003

..... 51011003 - I

----- 51012003 - II



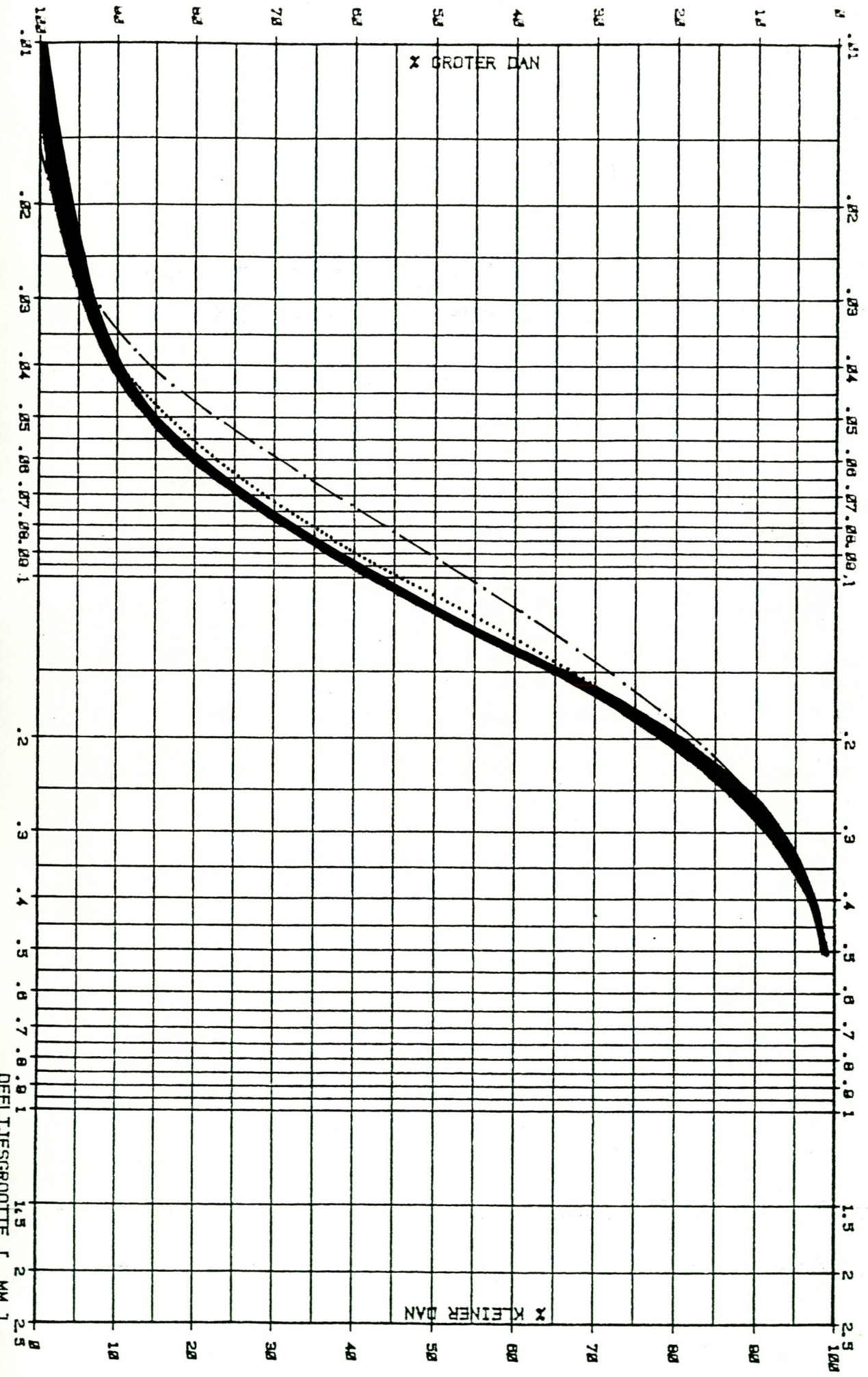
51012004 t/m 51017004



21005003, 21006003, 21007003, 21009003

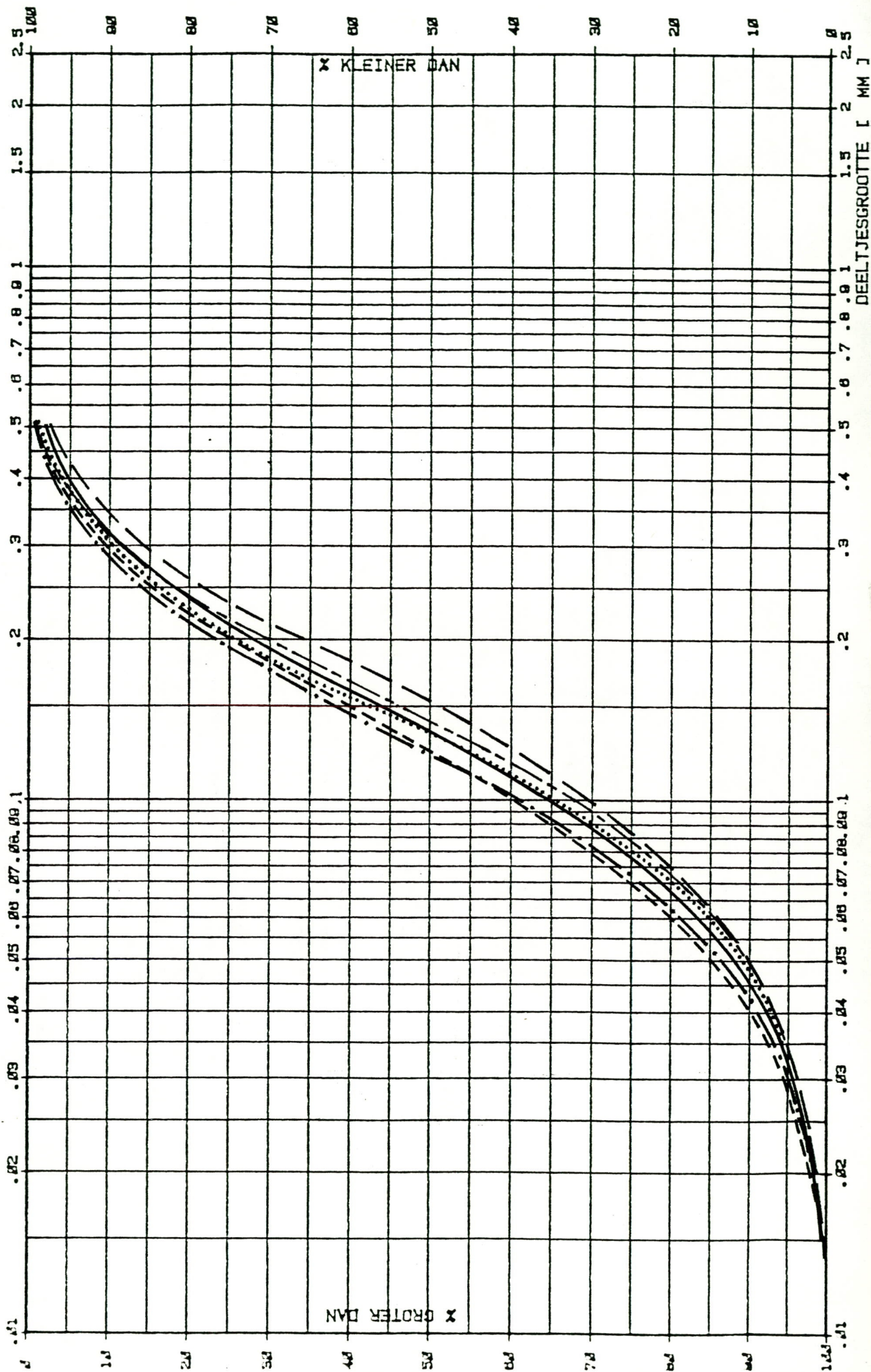
21008003

21010003

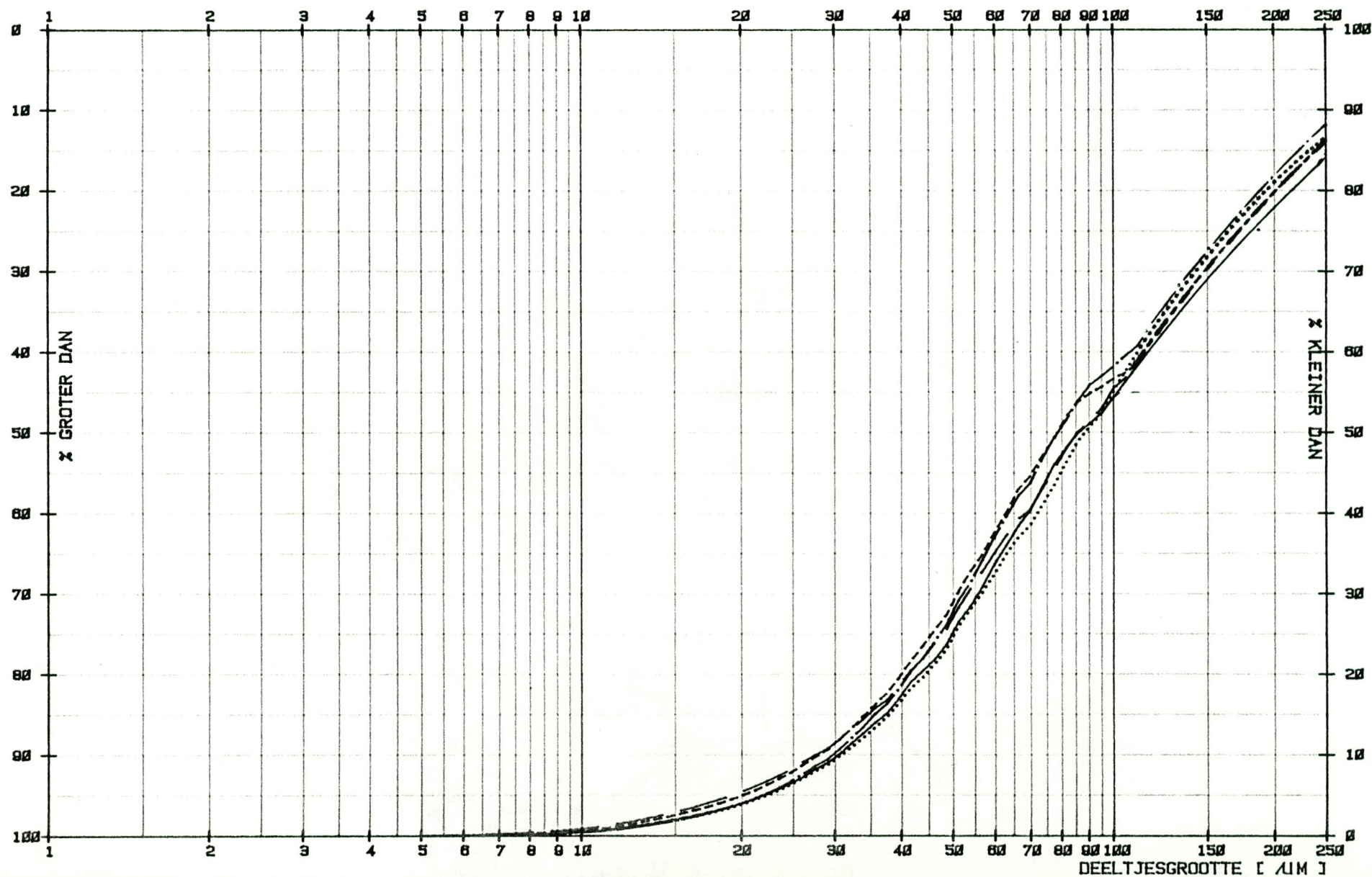


..... 21014004
—— 21015004
----- 21016004

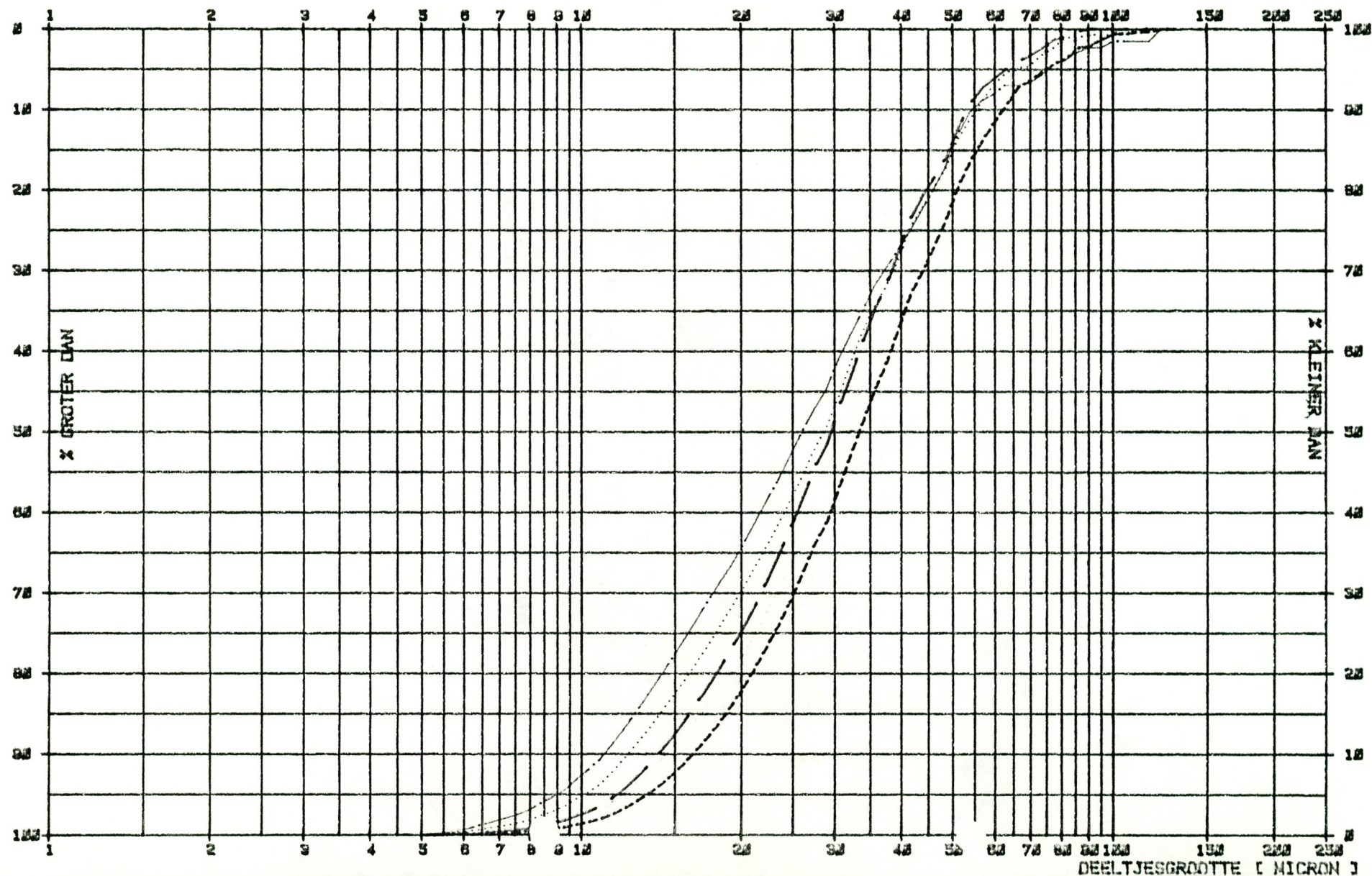
—— 21011004
----- 21012004
-.-.- 21013004



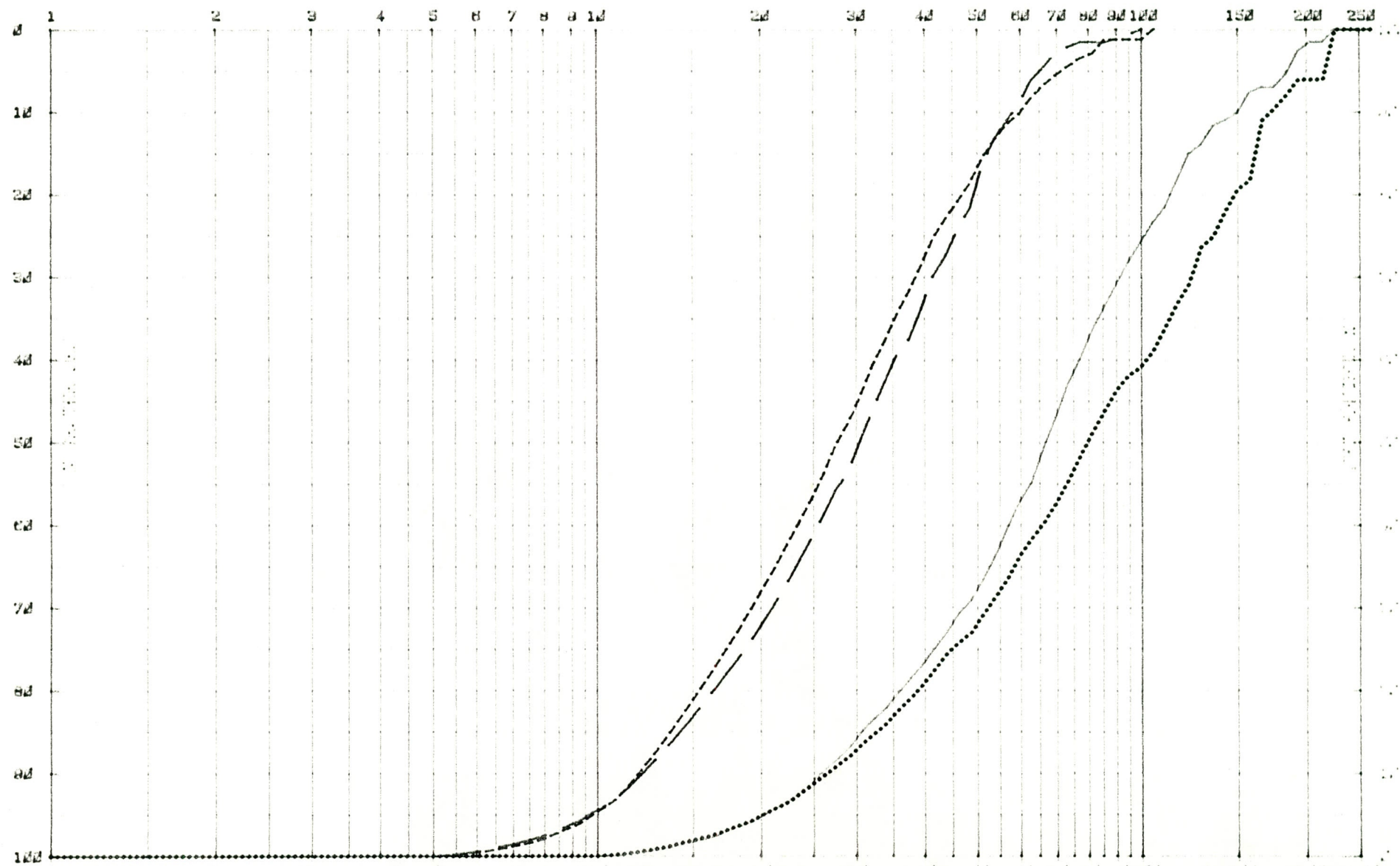
———— VOLUMEVERDELING	: AFBB 21027025-B	35011 DEELTJES	D ₅₀ = 86.15	µM	RANGE 3, 16 JULI 1982
..... VOLUMEVERDELING	: AFBB 21029025-B	35172 DEELTJES	D ₅₀ = 88.62	µM	RANGE 3, 16 JULI 1982
----- VOLUMEVERDELING	: AFBB 21031025-B	28960 DEELTJES	D ₅₀ = 78.68	µM	RANGE 3, 16 JULI 1982
———— VOLUMEVERDELING	: AFBB 21033025-B	28886 DEELTJES	D ₅₀ = 85.7	µM	RANGE 3, 16 JULI 1982
..... VOLUMEVERDELING	: AFBB 21035025-B	59203 DEELTJES	D ₅₀ = 78.69	µM	RANGE 3, 16 JULI 1982



.....	VOLUMEVERDELING	: 3101503	55564 DEELTJES	$D_{50} = 32.35$ MICRON	: 30.03.82	: 32.23 u.
-----	VOLUMEVERDELING	: 3101603	50242 DEELTJES	$D_{50} = 22.5$ MICRON	: 30.03.82	: 23.05 u.
-----	VOLUMEVERDELING	: 3101703	35954 DEELTJES	$D_{50} = 26.1$ MICRON	: 30.03.82	: 26.09 u.

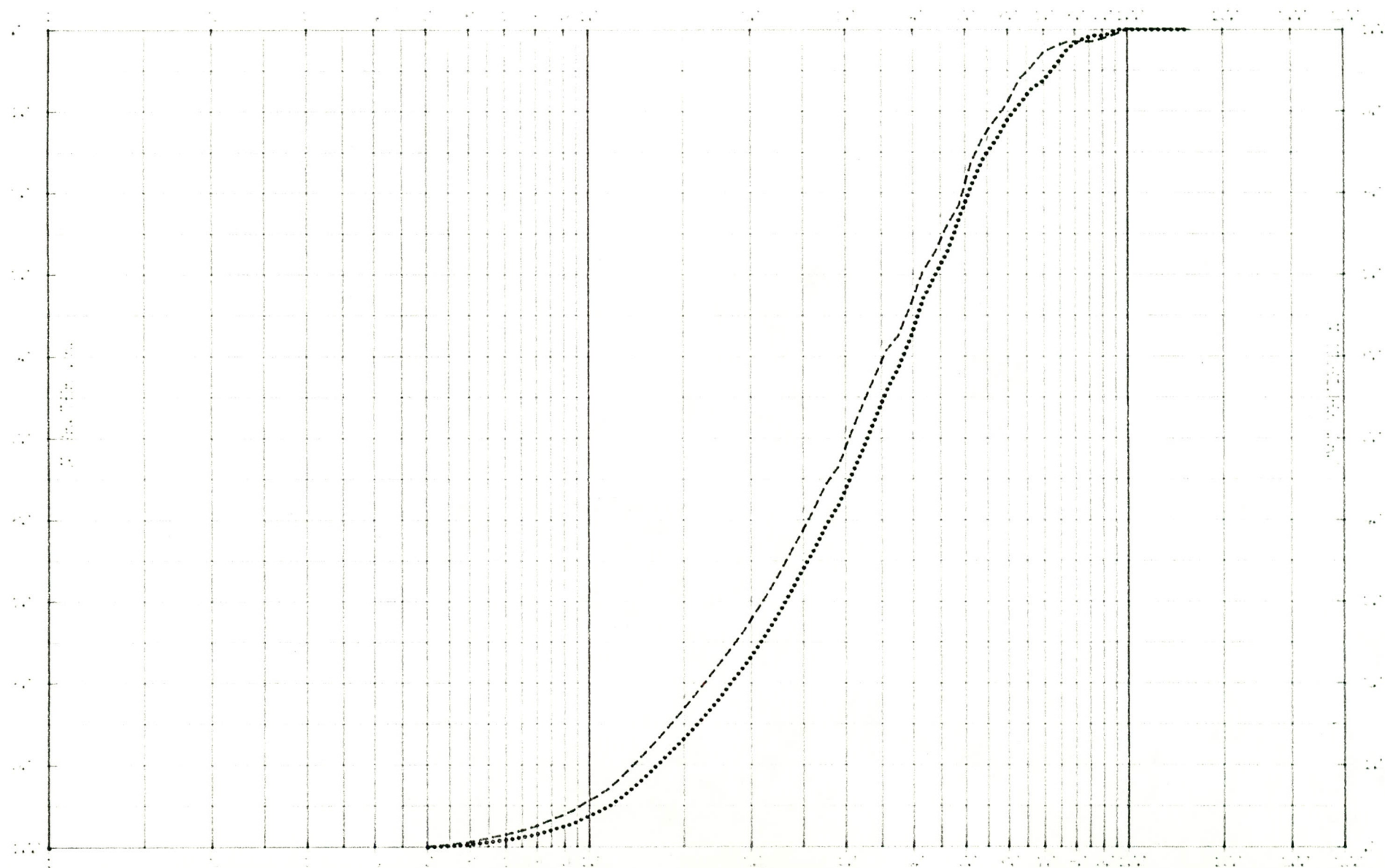


..... VOLUMEVERDELING ; 91061003 18291 DEELTJES ; D₅₀ = 66.85 MICRON ; 14 APRIL 1982 ;
 VOLUMEVERDELING ; 91075004 8577 DEELTJES ; D₅₀ = 78.75 MICRON ; 14 APRIL 1982 ;
 VOLUMEVERDELING ; AFBB-91060003 42255 DEELTJES ; D₅₀ = 27.73 MICRON ; RANGE 3 ; 22-12-81
 VOLUMEVERDELING ; AFBB-91046004 37684 DEELTJES ; D₅₀ = 30.49 MICRON ; RANGE 3 ; 30.09.82



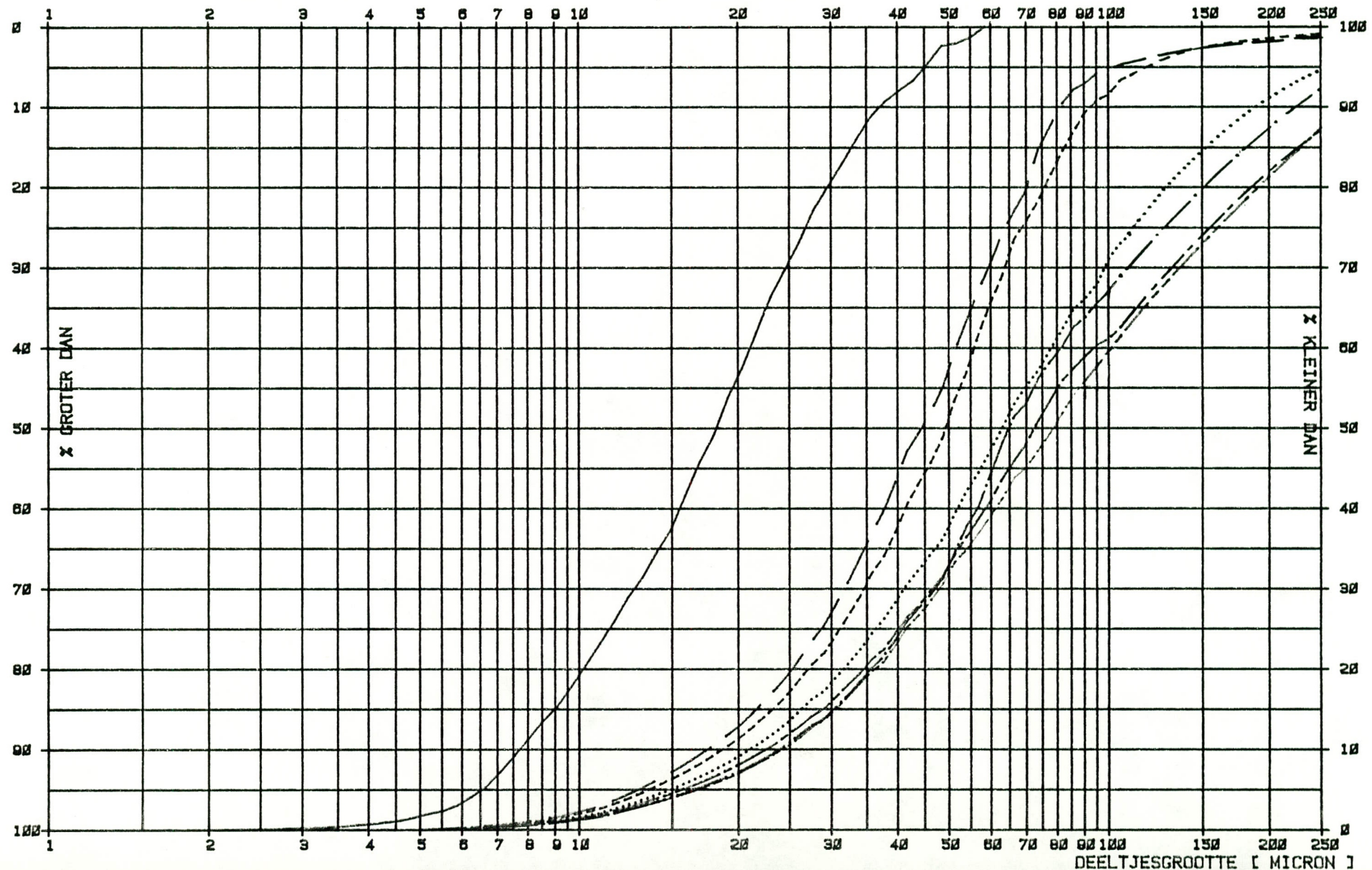
58282 DEELTJES ; D 54	= 20.57 MICRON ;	54.23.62 ;	49.24 u.
41112 DEELTJES ; D 50	= 20.62 MICRON ;	54.23.62 ;	49.29 u.

TITEL:
 VOLUMEVERDELING ; 31045004
 VOLUMEVERDELING ; 31046004
 38259 DEELTJES, $D_{50} = 32.85$ MICRON, 30.03.82, 80.42 u.
 37684 DEELTJES, $D_{50} = 30.49$ MICRON, 30.03.82, 80.47 u.



TNO-MT APELDOORN AFD. F.C.T. DEELTJESGROOTTEMETING MET PARTOSCOPE F. OPERATOR: R. Gerritsen

.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-31081006	42066 DEELTJES	, D ₅₀ =18.21	MICRON	, RANGE 2	, 27 MEI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-31086006-E	52414 DEELTJES	, D ₅₀ =63.11	MICRON	, RANGE 3	, 27 MEI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-31086006-D	35847 DEELTJES	, D ₅₀ =49.39	MICRON	, RANGE 3	, 27 MEI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-31086006-C	35326 DEELTJES	, D ₅₀ =44.43	MICRON	, RANGE 3	, 27 MEI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-31086006-B	21919 DEELTJES	, D ₅₀ =64.81	MICRON	, RANGE 3	, 27 MEI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-31086006-A	58112 DEELTJES	, D ₅₀ =72.46	MICRON	, RANGE 3	, 27 MEI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	, AFBB-01035005	23562 DEELTJES	, D ₅₀ =78.63	MICRON	, RANGE 3	, 2 JUNI 1982



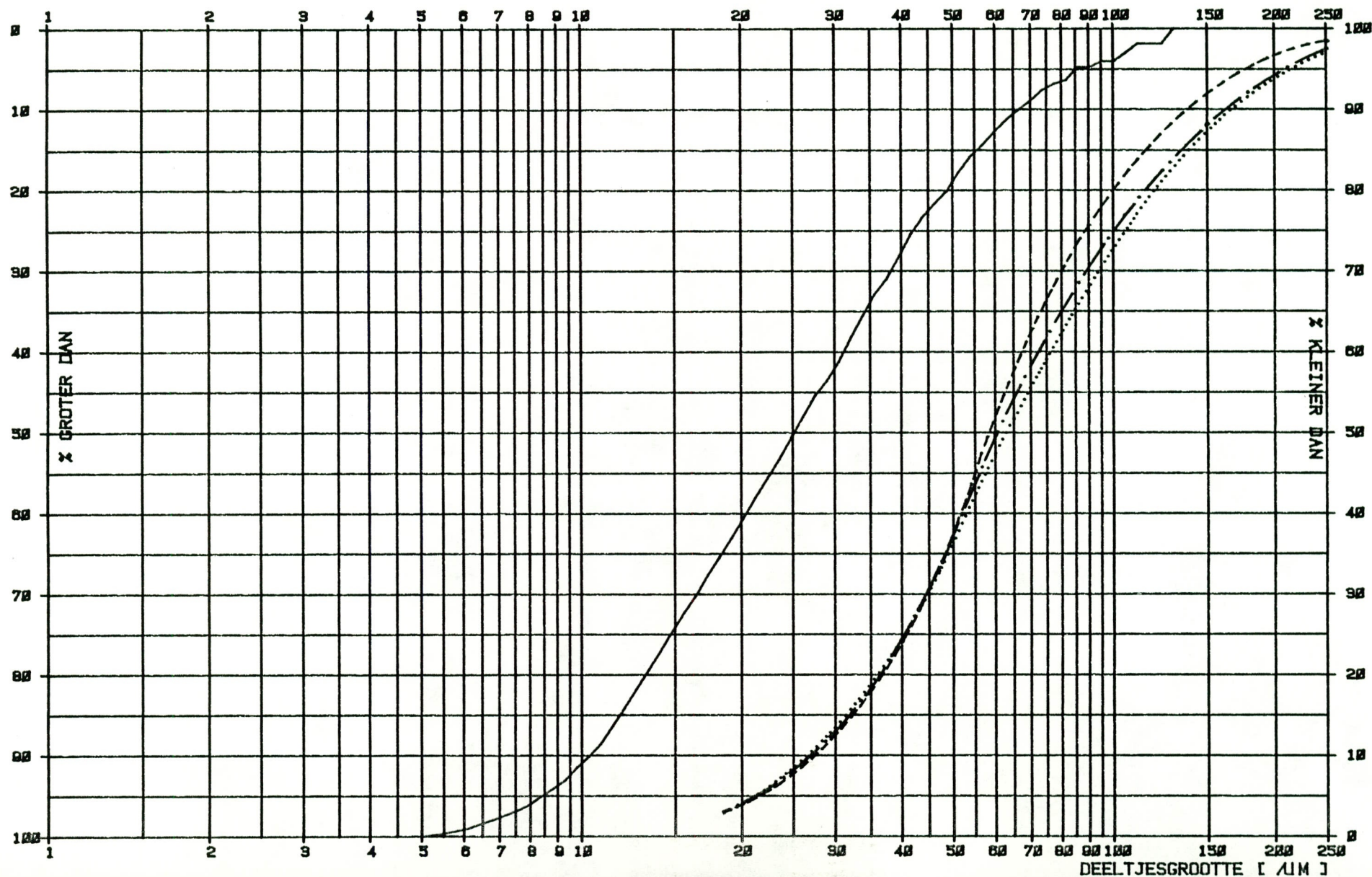
VOLUMEVERDELING , AFBB-91082007

38684 DEELTJES , $D_{50} = 25.17 \mu\text{m}$, RANGE 9 , 17 AUG. 1982

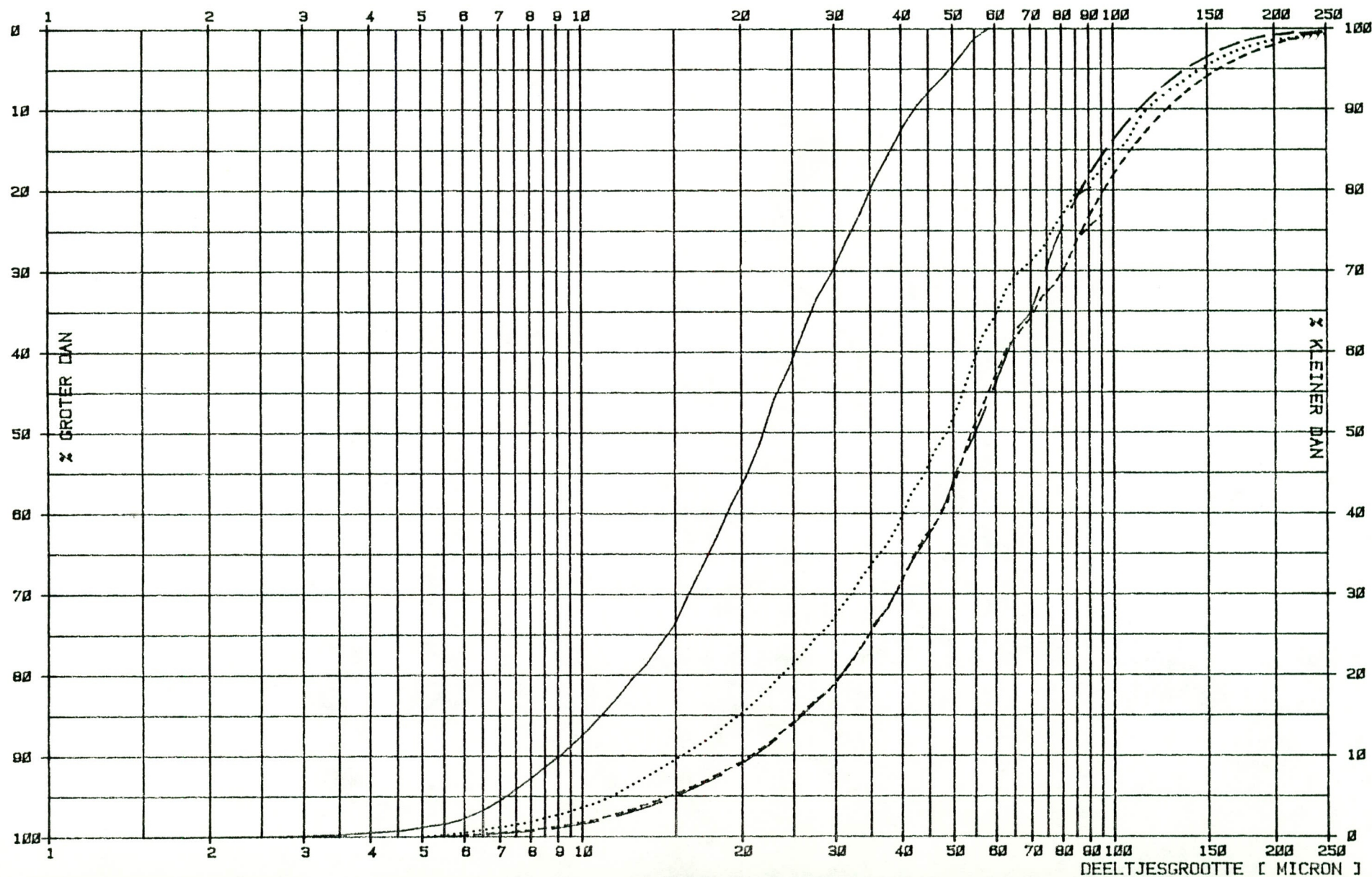
31087007-J

31087007-O

31087007-F

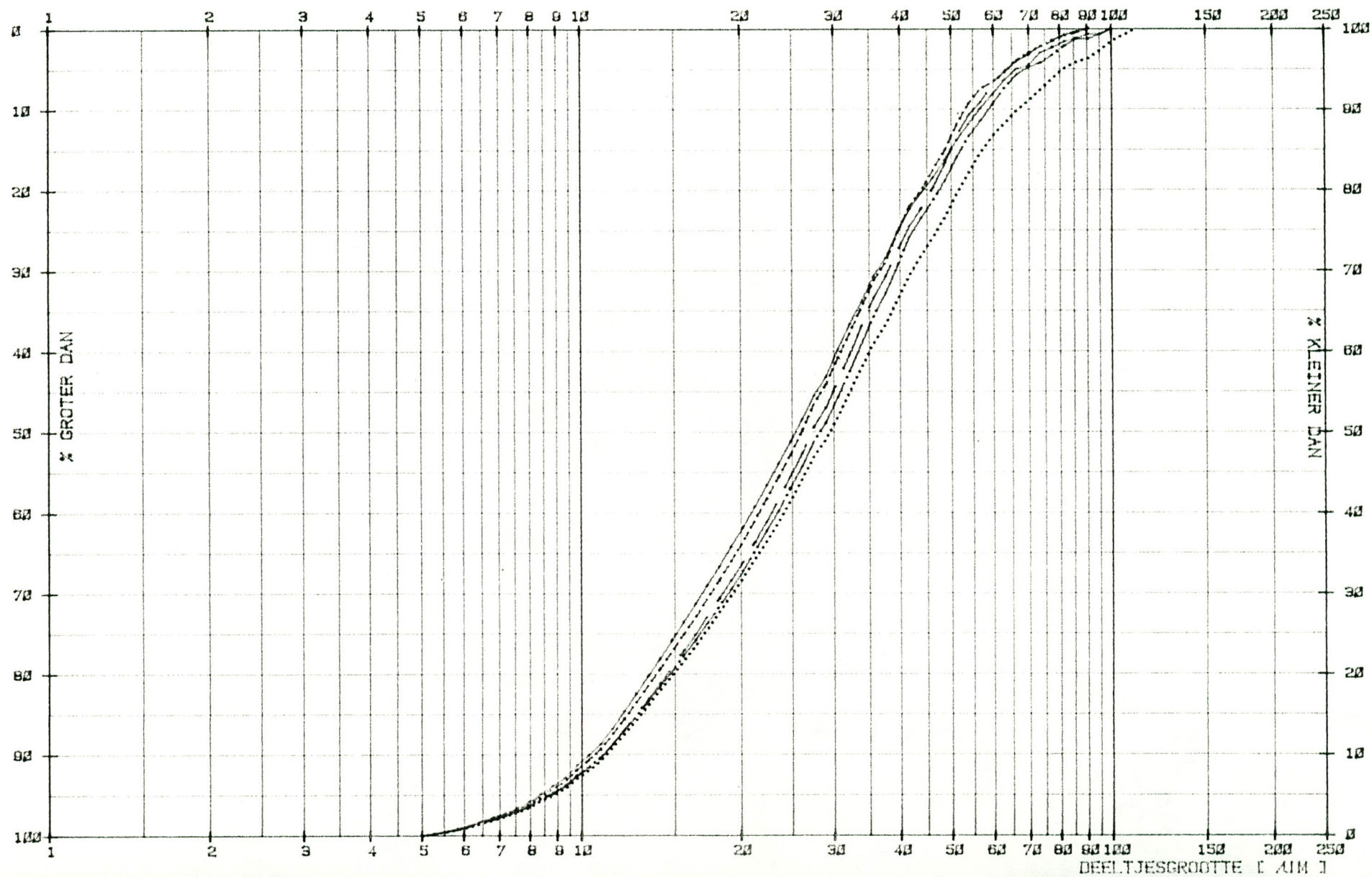


.....	VOLUMEVERDELING	: AFBB-31084009	33852 DEELTJES ;	D ₅₀ =21.99	MICRON ; RANGE 2 ; 2 JUNI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	: AFBB-31088009-A	14506 DEELTJES ;	D ₅₀ =48.68	MICRON ; RANGE 3 ; 2 JUNI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	: AFBB-31088009-B	15473 DEELTJES ;	D ₅₀ =54.07	MICRON ; RANGE 3 ; 2 JUNI 1982
.....	VOLUMEVERDELING	: AFBB-31088009-C	17798 DEELTJES ;	D ₅₀ =55.01	MICRON ; RANGE 3 ; 2 JUNI 1982



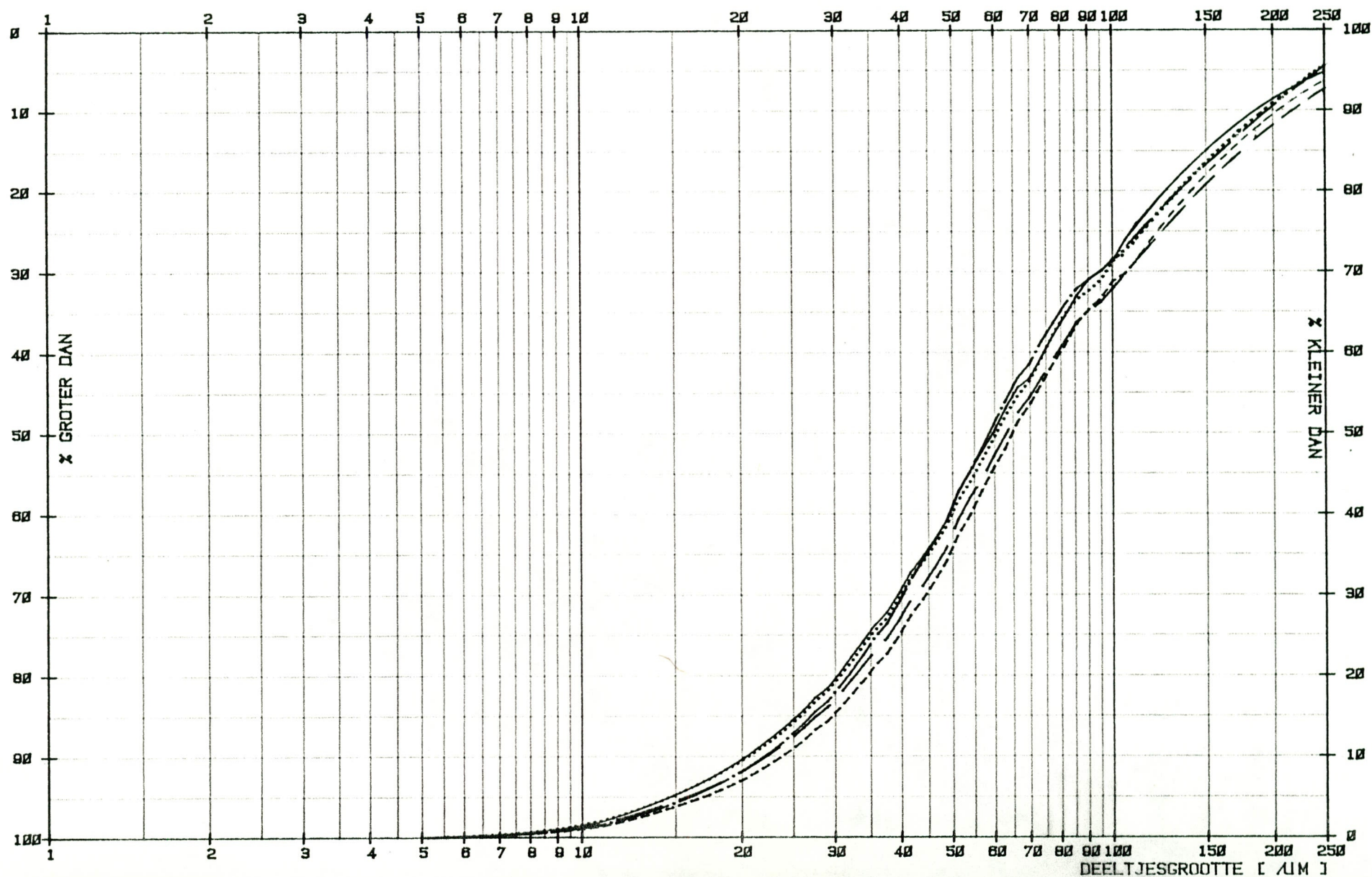
..... VOLUMEVERDELING : AFBB 31096025-B
 VOLUMEVERDELING : AFBB 31098025-B
 VOLUMEVERDELING : AFBB 31100025-B
 VOLUMEVERDELING : AFBB 31102025-B
 VOLUMEVERDELING : AFBB 31104025-B

53274 DEELTJES ; D₅₀ = 25.39 µm ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 46759 DEELTJES ; D₅₀ = 29.59 µm ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 48228 DEELTJES ; D₅₀ = 26.08 µm ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 48412 DEELTJES ; D₅₀ = 27.26 µm ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 42521 DEELTJES ; D₅₀ = 28.27 µm ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982



_____ VOLUMEVERDELING ; AFBB 81001025-B
 VOLUMEVERDELING ; AFBB 81003025-B
 ----- VOLUMEVERDELING ; AFBB 81005025-B
 _____ VOLUMEVERDELING ; AFBB 81007025-B
 VOLUMEVERDELING ; AFBB 81009025-B

49398 DEELTJES ; D₅₀ = 59.78 μ M ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 42788 DEELTJES ; D₅₀ = 60.68 μ M ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 41352 DEELTJES ; D₅₀ = 64.99 μ M ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 38953 DEELTJES ; D₅₀ = 63.38 μ M ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982
 52092 DEELTJES ; D₅₀ = 58.8 μ M ; RANGE 3 ; 16 JULI 1982



TNO-MT APELDOORN AFD. F.C.T. DEELTJESGROOTTEMETING MET PARTOSCOPE F. OPERATOR: R. Gerritsen

..... VOLUMEVERDELING , AFBB 81011025-B (RECHT) 97004 DEELTJES , $D_{50} = 77.8$ μm , RANGE 9 , 20 JULI 1982 (1)
 VOLUMEVERDELING , AFBB 81012025-B (SCHUIN) 41971 DEELTJES , $D_{50} = 50.52$ μm , RANGE 9 , 20 JULI 1982 (2)

DOEKENFILTER / CYCLOHAS UIT CONTAINER (3)

