

Archief  
30

RAPPORT No. 61/11

VERGELIJKENDE TEMPERATUURMETINGEN AAN STRO-  
KARTONMONSTERS GEDURENDE HET DROGEN.

NOORDELIJK TECHNISCH INSTITUUT T.N.O.  
AFDELING TRILLINGS- EN SPANNINGSONDERZOEK  
GEBOUW P.E.B., WINSCHOTERDIEP, GRONINGEN

8279822

NOORDELIJK TECHNISCH INSTITUUT T.N.O. - GRONINGEN

AFD. TRILLINGS- EN SPANNINGSONDERZOEK

Rapport Nr. : 61/11  
Datum : juni '61  
Opdracht Nr. : 699/33

Onderwerp : Vergelijkende temperatuurmetingen aan strokarton-  
monsters gedurende het drogen.

Auteur : A.J. Francken.

Opdrachtgever : Centraal Technisch Instituut T.N.O.,  
Afd. Stroverwerking  
te  
GRONINGEN.

Inhoud : 1. INLEIDING.  
2. MEETMETHODE EN APPARATUUR.  
2.1. Keuze van de meetmethode.  
2.2. Uitvoering van de meetapparatuur.  
2.3. Meetnauwkeurigheid.  
3. METINGEN EN RESULTATEN.  
3.1. Metingen aan droogtrommel C.T.I.  
3.2. Metingen aan droogplaat R.A.S.  
4. DISKUSSIE.

---

Dit rapport mag slechts woordelijk en in zijn geheel worden gepubliceerd; voor reclame alléén na schriftelijke toestemming. Aanvragen om advies worden alleen behandeld op voorwaarde, dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling terzake van de inhoud van het te geven of gegeven advies.

### SAMENVATTING.

Vergelijkende temperatuurmetingen bij het drogen van monsters strokarton en stropapier op de droogtrommel bij het C.T.I., afdeling Stroverwerking en op de droogplaat bij het R.A.S. wezen uit, dat er tamelijk grote verschillen in het temperatuursverloop optreden.

Deze verschillen worden veroorzaakt door de verschillende aard van de toegepaste warmtebronnen.

## 1. INLEIDING.

Teneinde een kooksel, (dat is de massa die wordt verkregen als gehakseld stro bij verhoogde temperatuur met bepaalde chemicaliën wordt behandeld) te kunnen beoordelen, worden hiervan kartons en papiertjes vervaardigd<sup>1)</sup> waarvan de sterkteeigenschappen worden gemeten. Het vervaardigen van de monsters geschiedt in de volgende fase: scheppen, persen en drogen.

De resultaten van het R.A.S. (Research en Adviesbureau voor Stroverwerking) en de Afdeling Stroverwerking van het Centraal Technisch Instituut T.N.O. vertoonden vrij grote verschillen in de sterktecijfers, verkregen met behulp van monsters uit eenzelfde kooksel. Naar aanleiding daarvan werd besloten tussen het R.A.S. en het C.T.I. een vergelijkend onderzoek uit te voeren om te trachten langs deze weg vast te stellen welke verschillen in werkwijze bestonden tussen het R.A.S. en het C.T.I. en wat de invloed daarvan is op de eigenschappen van het geschepte materiaal.

Bij dit onderzoek bleek, dat er nogal ingrijpende verschillen bestonden in de wijze van drogen van de monsters bij het R.A.S. en bij het C.T.I. Dit was de aanleiding tot het uitvoeren van de vergelijkende temperatuurmetingen, die in dit rapport worden besproken.

Het drogen geschiedt bij de Afdeling Stroverwerking van het C.T.I. met behulp van een cilindrische koperen trommel met een diameter van ca. 60 cm. Deze trommel is tot ca. 27 cm boven de bodem gevuld met water van 90 à 95 °C. Langs het cylinderoppervlak kan een gaas worden gespannen. De monsters worden, aan weerszijden bedekt met enige lagen stencilpapier, tussen het cylindervlak van de trommel en het gaas geklemd. Op deze wijze kunnen in één keer acht monsters worden gedroogd. De normale droogtijd bedraagt voor stropapier van 150 g per m<sup>2</sup> 10 minuten, voor strokarton van 500 g per m<sup>2</sup> 15 minuten.

Het drogen van de monsters vindt bij het R.A.S. plaats op een fotodroogplaat

- van -

1) In het vervolg van dit rapport zullen kartons en papiertjes samen met "monsters" worden aangeduid.

van ca.  $45 \times 60 \text{ cm}^2$  (fabrikaat Kindermann en Co. GmbH Oxhsenfurt/Main).

Het opgegeven vermogen bedraagt 660 W.

Tegelijkertijd worden 6 monsters gedroogd. De monsters worden ook met zeefgaas tegen de droogplaat gedrukt, boven de plaat zijn twee drooglampen aangebracht van ieder 250 W. Tijdens de metingen bedroeg de afstand van de lampen tot de bovenzijde van de droogplaat respectievelijk 12 cm en 18 cm. De normale droogtijd bedraagt 12 minuten voor stropapier ( $150 \text{ g/m}^2$ ) en 20 minuten voor karton van  $500 \text{ g/m}^2$ . Normaliter wordt de verwarmingsplaat bij het vervaardigen van monsters continu gebruikt. De droogplaat wordt aangezet en zodra hij op temperatuur is, worden de monsters aangebracht. Na de bovengenoemde droogtijd worden de monsters verwijderd en onmiddellijk worden nieuwe monsters op de plaat gelegd.

## 2. MEETMETHODE EN APPARATUUR.

### 2.1. Keuze van de meetmethode.

Voor het meten van de temperatuur aan de beide oppervlakken van het karton kan in principe gebruik worden gemaakt van thermokoppels of van weerstandsthermometers. De laatste meetmethode is gekozen met de volgende overwegingen.

1. Er moet gebruik worden gemaakt van meetelementen met een kleine warmteinhoud respectievelijk warmteafvoer. Dunne thermokoppels (b.v.  $0,05 \text{ mm } \phi$ ) zijn zeer kwetsbaar. Het overgaan op dikkere toevoerdraden kan een bron zijn van merkbare meetfouten. De toevoerleidingen van de weerstandsthermometers werden uitgevoerd in litze koperdraad waardoor er weinig kans was op beschadiging.

2. Thermokoppels meten de temperatuur zeer plaatselijk. De weerstandsthermometers middelen over een tamelijk groot gebied.

3. De in het laboratorium aanwezige meetapparatuur kon worden gebruikt voor het meten van de weerstandsverandering. Een gelijkstroom buisvoltmeter was niet aanwezig, daarom werd een wisselspanningsbron voor de brugvoeding toegepast.

### 2.2. Uitvoering van de meetapparatuur.

De weerstandsthermometers werden vervaardigd van nikkeldraad ( $0,05 \text{ mm } \phi$ ). Een draad van 35 cm lengte werd in een cirkelboog met  $R = 7 \text{ cm}$  tussen twee stukken stencilpapier geplakt met behulp van celluloselijm. De toevoerdraden

bestaande uit litzedraad (luidsprekersnoer) waren met kleefband aan het filtreerpapier bevestigd. De weerstand van de opnemers bedroeg ca. 12,5  $\Omega$  bij 20 °C.

Als kompensatiweerstanden werd gebruik gemaakt van draadgewonden potentio-meters van 25  $\Omega$ .

De overige weerstanden van de brug bestonden uit rekstrookjes (120  $\Omega$ ), zie Figuur 1.

De voeding van de brug bestond uit 50 Hz wisselspanning. De uitgangsspanning van de brug werd gemeten met een Bruël en Kjaer buisvoltmeter. De bruggen werden in evenwicht gebracht bij ca. 0 °C (in een koelkast).

### 2.3. Meetnauwkeurigheid.

De opnemers werden geijkt in een oven. De temperatuur werd afgelezen op een kwikthermometer die zich in de onmiddellijke nabijheid van de opnemers bevond. De ijkcurves van de toegepaste meetelementen zijn weergegeven in Figuur 2. Om de invloed op de meetnauwkeurigheid van de elektrische geleiding van het karton te bepalen, werd een meetelement vervaardigd, waarvan de meetdraad in het midden over 3 cm onderbroken was.

De isolatieweerstand tussen de beide toevoerdraden werd gemeten op de droog-trommel. (Badtemperatuur 85 °C)

Daarbij werd gebruik gemaakt van een Ohm-meter met een omschakelaar om meetfouten door polarisatie te voorkomen. De kleinste isolatieweerstand die werd gemeten bedroeg ca. 10 k $\Omega$ , hetgeen overeenkomt met een maximale meetfout door geleiding van het karton van 0,2 °C.

De onnauwkeurigheid waarmee de temperatuur werd gemeten wordt geschat op  $\pm 2$  °C. De nauwkeurigheid werd nadelig beïnvloed door de overgangsweerstand van de omschakelaar in de voedingstak van de brug.

### 3. METINGEN EN RESULTATEN.

De metingen werden verricht aan handgeschept strokarton respektievelijk stropapier, vervaardigd uit semi-chemical pulp van tarwestro. De metingen aan de droogtrommel van het C.T.I. vonden plaats op 4 en 5 mei 1961, de metingen aan de droogplaat van het R.A.S. op 5 mei 1961.

De temperatuur tussen de trommel resp. droogplaat en de monsters werden gemeten met behulp van meetelement M 1, de temperatuur tussen de monsters en het gas met meetelement M 2. De meter werd tweemaal per minuut afgelezen, beurtelings op M 1 en M 2. De eerste waarneming van iedere serie werd verricht ca. 30 seconden na het aanbrengen van het monster (op M 1).

#### 3.1. Metingen aan droogtrommel C.T.I.

Het temperatuursverloop van stropapier ( $150 \text{ g/m}^2$ ) werd als functie van de tijd gemeten op 4 plaatsen regelmatig langs de omtrek van de droogtrommel verdeeld. De meetplaatsen zullen worden aangeduid met de letters A t/m D, de metingen werden in duplo uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in de grafieken Figuur 3 t/m 10. In deze grafieken is behalve de temperatuur van de meetelementen ook de temperatuur van het bad opgegeven.

Uit de resultaten blijkt, dat de temperatuursverdeling langs de omtrek binnen de meetnauwkeurigheid uniform was. De temperatuur van het bad varieerde tussen 92 en 98 °C. Na ca. 10 minuten werd steeds een stationaire toestand bereikt. De temperaturen van het bad, M 1 en M 2 na een droogtijd van 10 minuten zijn in de onderstaande tabel I samengevat.

Meting	Bad temp.	M 1	M 2
A 1	94	90	75
A 2	96	92	77
B 1	92	90	75
B 2	97	92	78
C 1	94	91	79
C 2	98	90	78
D 1	96	91	76
D 2	95	89	76
Gemiddeld	95°C	91°C	77°C

TABEL I. Temperaturen van bad en meetelementen M 1 en M2 na 10 minuten droogtijd (stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$ ) op C.T.I. droogtrommel.

Een tweetal metingen van het temperatuursverloop werden verricht met strokarton van  $500 \text{ g/m}^2$ . De resultaten zijn weergegeven in Figuur 11, en 12. De monsters werden aangebracht op plaats B. De temperatuur van het bad varieerde van  $91$  tot  $98^\circ\text{C}$ . Na 15 minuten werd in beide gevallen een stationaire toestand bereikt. De temperaturen van het bad, M 1 en M 2 na een droogtijd van 15 minuten zijn in de onderstaande Tabel II samengevat.

Meting	Bad temp.	M 1	M 2
B 3	97	92	74
B 4	97	92	77
Gemiddeld	$97^\circ\text{C}$	$92^\circ\text{C}$	$75^\circ\text{C}$

TABEL II. Temperaturen van bad en meetelementen M 1 en M 2 na 15 minuten droogtijd (karton van  $500 \text{ g/m}^2$ ) op C.T.I. droogtrommel.

### 3.2. Metingen aan droogplaat R.A.S.

De invloed van het aantal monsters op het temperatuursverloop werd bepaald door op plaats A (Zie Figuur 13.) het temperatuursverloop te meten met 4 monsters op de droogplaat, (meting A 1 en A 3) en met slechts 1 monster op de droogplaat (het monster waaraan het temperatuursverloop werd gemeten, meting A 2). Deze metingen werden uitgevoerd met strokarton van  $500 \text{ g/m}^2$ .

Uit deze metingen (Figuur 13 en 14) bleek duidelijk, dat de temperatuurstijging bij 1 monster op de plaat aanvankelijk sneller was dan met 4 monsters. Bij de verdere metingen werd daarom steeds met 4 monsters op de plaat gewerkt. Een temperatuursevenwicht was na 34 minuten nog niet bereikt (meting A 1, Figuur 13.). De temperaturen M 1 en M 2 bedroegen toen respectievelijk  $99$  en  $119^\circ\text{C}$ . In de onderstaande Tabel III zijn de temperaturen opgenomen na 20 minuten droogtijd (de droogtijd die normaliter bij het R.A.S. wordt aangehouden voor karton van  $500 \text{ g/m}^2$ ).

Meting	M 1	M 2
A 1	97	78
A 3	97	80
Gemiddeld	$97^\circ\text{C}$	$79^\circ\text{C}$

TABEL III. Temperaturen van meetelement M 1 en M 2 na 20 minuten droogtijd (karton van  $500 \text{ g/m}^2$ ) op R.A.S. droogplaat.



In Figuur 15 t/m 18 is het temperatuursverloop weergegeven op 4 plaatsen op de droogplaat waarbij op de plaat steeds 4 monsters stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$  waren aangebracht. Een temperatuurevenwicht was na 15 minuten nog niet bereikt.

In de onderstaande Tabel IV zijn de temperaturen opgenomen na 12 minuten droogtijd (de droogtijd die normaliter bij het R.A.S. wordt aangehouden voor stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$ ).

Meting	M 1	M 2
A 4	106	90
B 1	112	99
B 2	118	110
B 3	109	91
Gemiddeld	111°C	98°C

TABEL IV. Temperaturen van meetelement M 1 en M 2 na 12 minuten droogtijd (stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$ ) op R.A.S. droogplaat.

Bij meting B 1 (Figuur 18) zijn na 12 minuten de drooglampen uitgeschakeld. Duidelijk blijkt de snelle temperatuursdaling aan het bovenvlak (ca.  $8^\circ\text{C}$ ). De invloed op de temperatuur van het ondervlak is in deze figuur minder duidelijk waarneembaar als gevolg van het tragere verloop.

#### 4. DISKUSSIE.

Bij het drogen op de droogtrommel bij het C.T.I. treedt aan de buitenzijde van de monsters, na aanvankelijk snelle stijging van de temperatuur, een geringe temperatuursdaling op. Hiervoor is geen afdoende verklaring bekend, wellicht treedt in het karton een verandering op, waardoor de verdampingssnelheid toeneemt. (Dit is een suggestie van Dr. F.M. Muller).

In het algemeen vertoonde het temperatuurverloop op de 4 plaatsen op de trommel hetzelfde beeld. Het verschil in temperatuur aan binnen en buitenzijde van het monster bedroeg voor stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$  ca.  $14^\circ\text{C}$  en voor karton van  $500 \text{ g/m}^2$  ca.  $17^\circ\text{C}$ .

De hierboven genoemde temperatuursdaling aan de buitenzijde van het monster werd niet geconstateerd bij de metingen aan de droogplaat bij het R.A.S. In het verloop van de temperatuur op verschillende plaatsen op de plaat ( Figuur 15 t/m 18) trad een vrij grote spreiding op. Afgezien van de hierna te noemen factoren, waardoor de temperatuur moeilijk konstant te houden is, is het duidelijk dat de drooglampen hiervoor verantwoordelijk zijn.

Uit de opstelling van de lampen kon worden verwacht dat de monsters B en C het sterkst werden verwarmd, hetgeen overeenkomt met de meetresultaten. De invloed van de drooglampen op de temperatuur blijkt duidelijk uit Figuur 18. waar na 12 minuten drogen de lampen werden uitgeschakeld en de temperatuur als gevolg daarvan daalde.

Principieel zijn de twee droogsystemen verschillend. De C.T.I.-droogtrommel is een warmtebron met een grote warmteinhoud en een tamelijk konstante temperatuur. Het maakt voor de temperatuur niet uit, of er veel of weinig monsters, dunne of dikke monsters worden gedroogd. De R.A.S.-droogplaat is een warmtebron met een kleine warmteinhoud en een vrijwel konstante warmte-toevoer. De temperatuur van de droogplaat en dus ook de temperatuur van de monsters hangt af van de hoeveelheid warmte, die per tijdseenheid aan de plaat wordt onttrokken. De temperatuur van de plaat is bij het aanbrenge van nieuwe monsters afhankelijk van de hoeveelheid materiaal die tevoren werd gedroogd, van de droogtijd en van de tijd die verstreek tussen het wegnemen van de droge monsters en het aanbrenge van de nieuwe. De gemiddelde temperatuur voor karton van  $500 \text{ g/m}^2$  die bij het C.T.I. na 15 minuten wordt bereikt werd bij de metingen R.A.S. A 1 en A 3 na ca. 18 minuten

op de R.A.S. droogplaat bereikt. De gemiddelde temperatuur voor stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$ , die bij het C.T.I. na 10 minuten wordt bereikt, werd bij de metingen R.A.S. A 4, B 1, C 1 en D 1 na respectievelijk 8, 7, 6 en  $7\frac{1}{2}$  minuut bereikt.

De droogtijden die bij de droogplaat worden aangehouden zijn vergeleken met de resultaten van de C.T.I. droogtrommel te lang, en zouden voor overeenkomstige resultaten voor stropapier van  $150 \text{ g/m}^2$  moeten worden teruggebracht van 12 tot ca. 7 minuten en voor karton van  $500 \text{ g/m}^2$  van 20 tot ca. 18 minuten.

Bij de opstelling van de lampen waarbij deze gericht zijn op de monsters B en C verdient het aanbeveling eerst de monsters A en D aan te brengen en daarna de monsters B en C.

Bij het verwijderen van de monsters eerst B en C en daarna A en D.

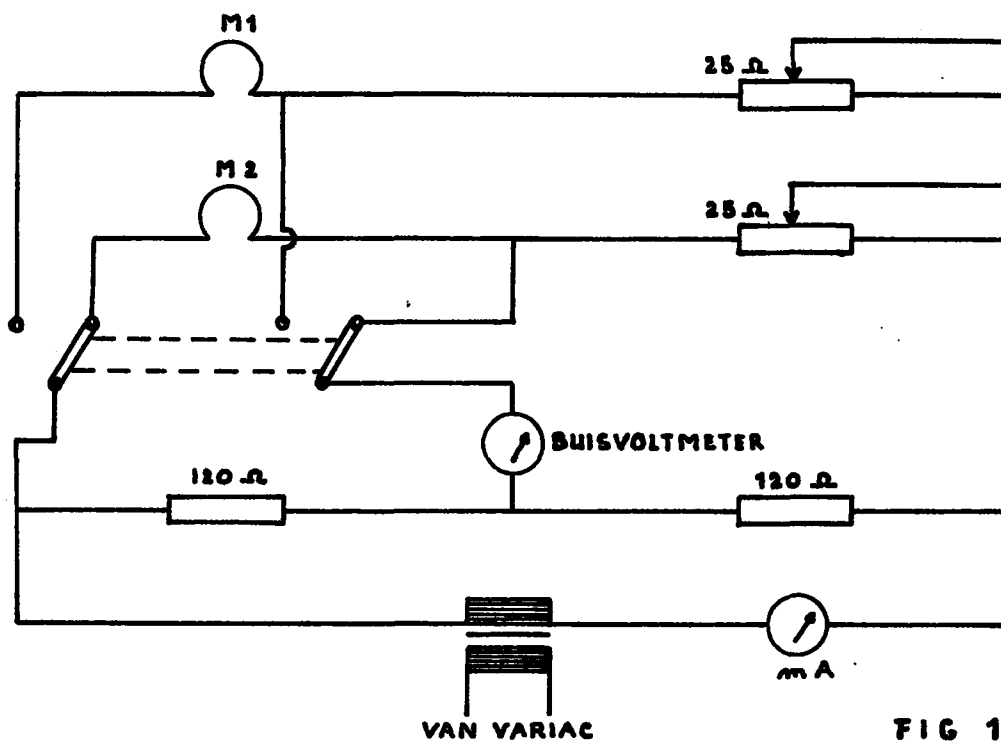


FIG 1

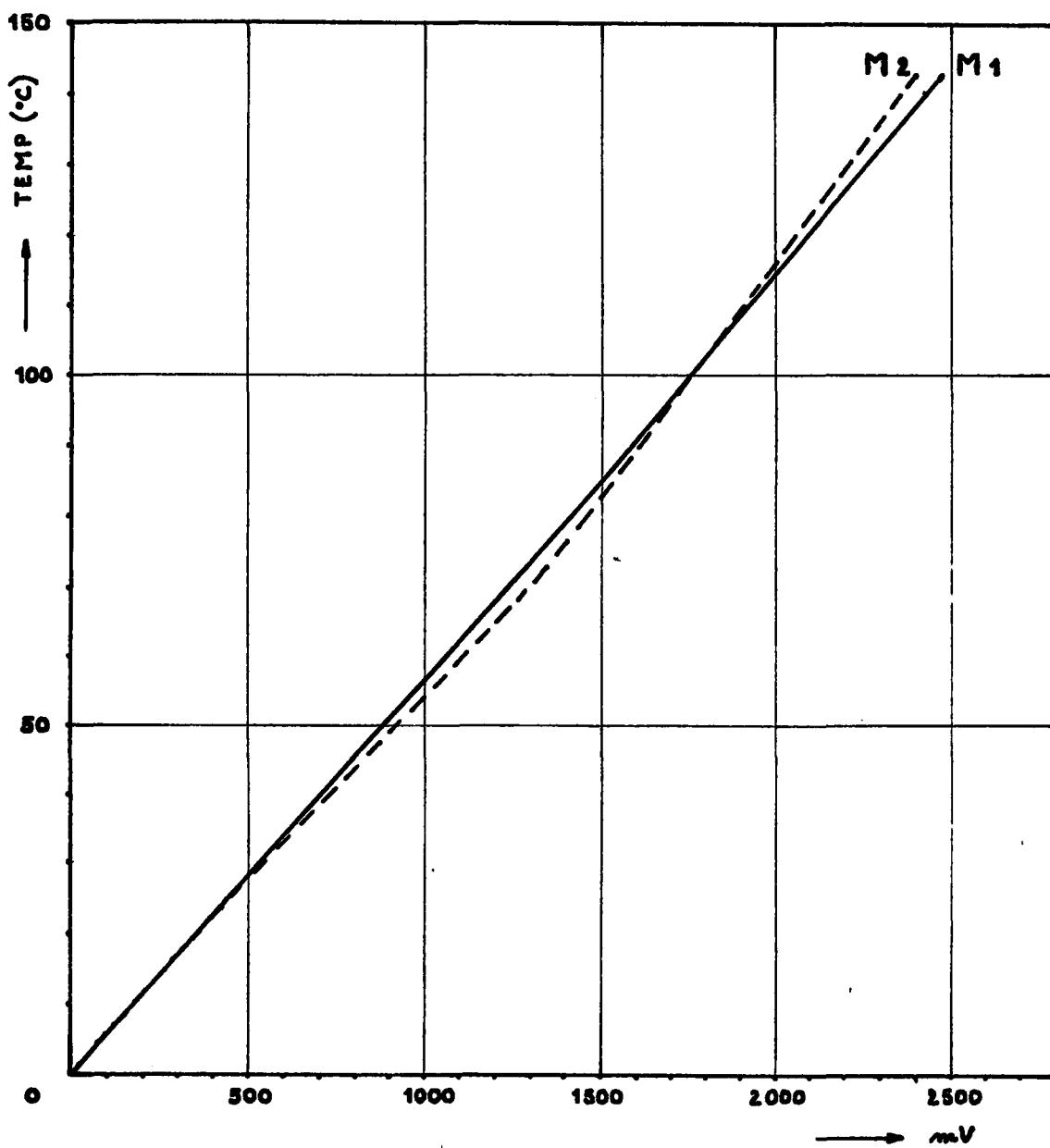


FIG 2

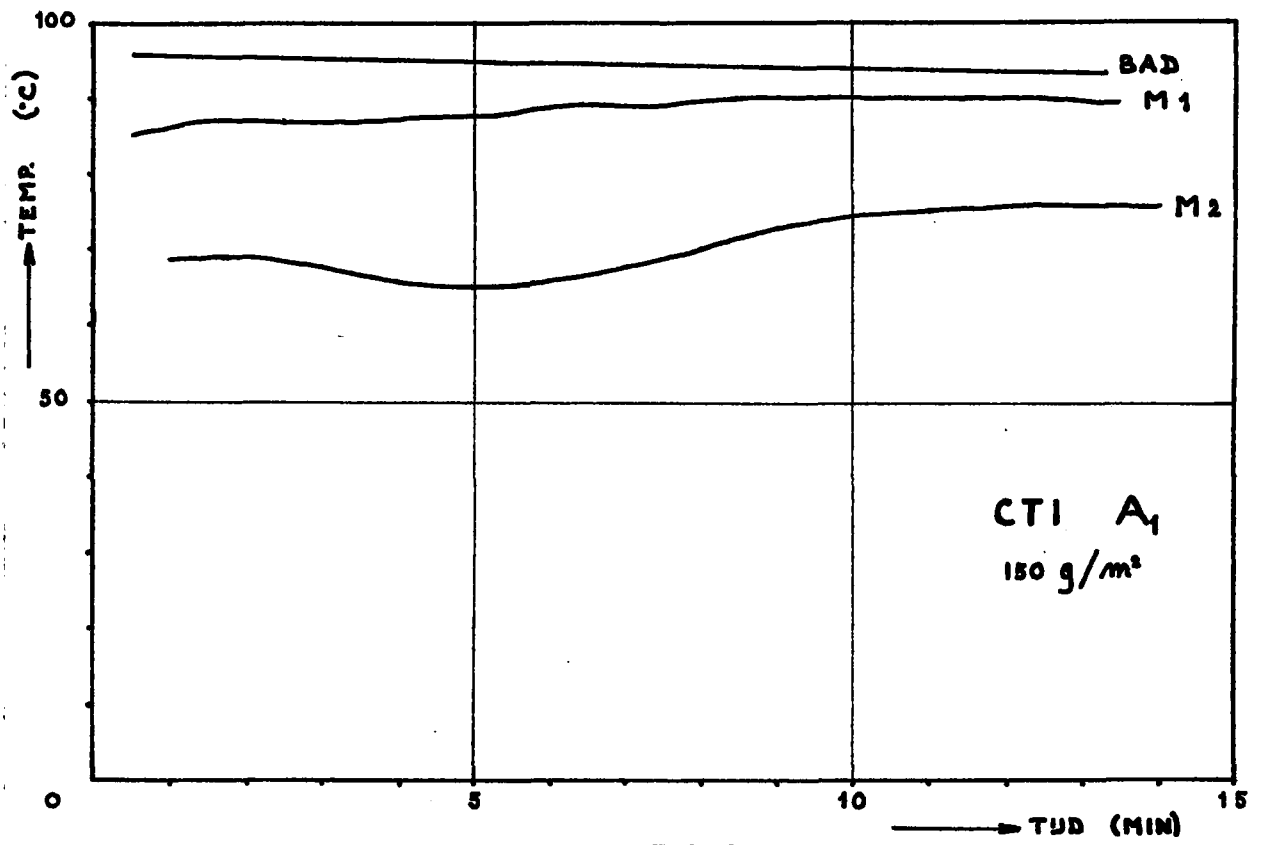


FIG 3

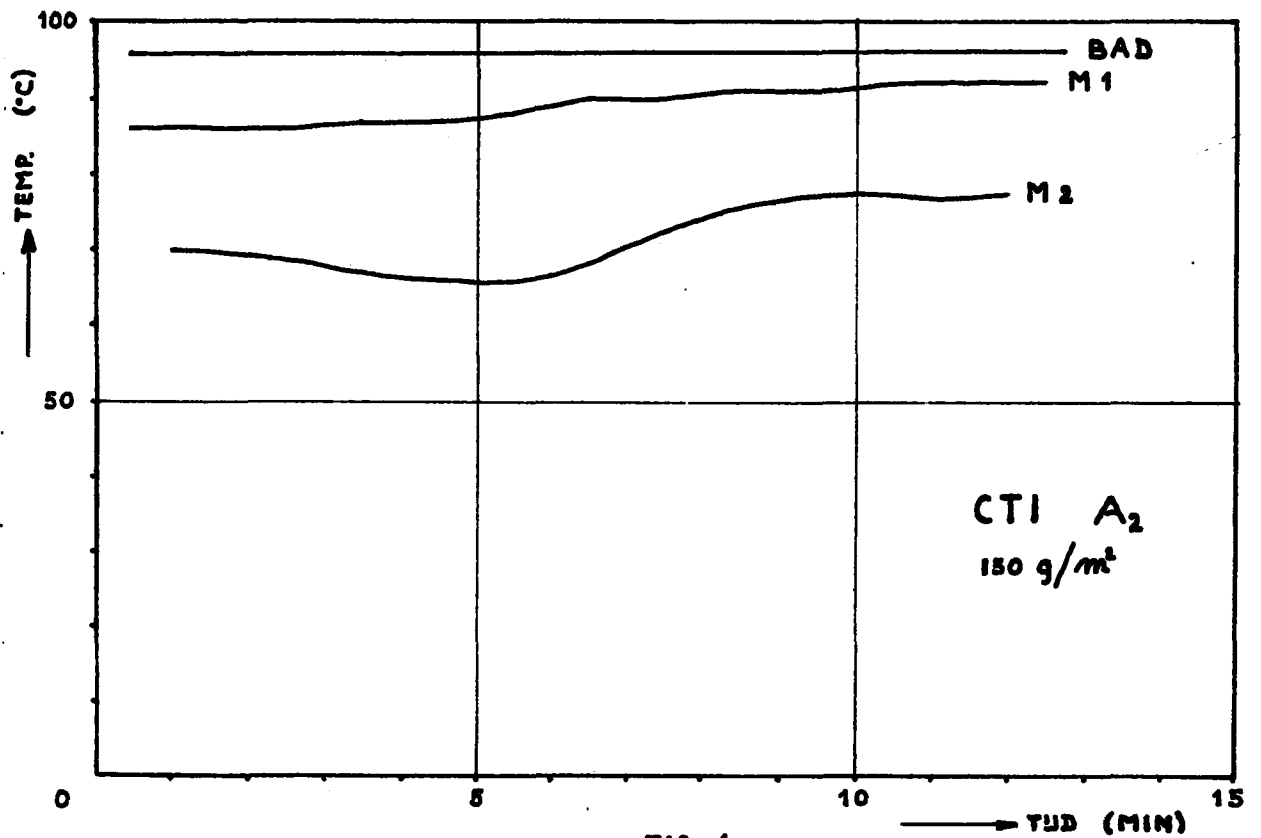


FIG 4

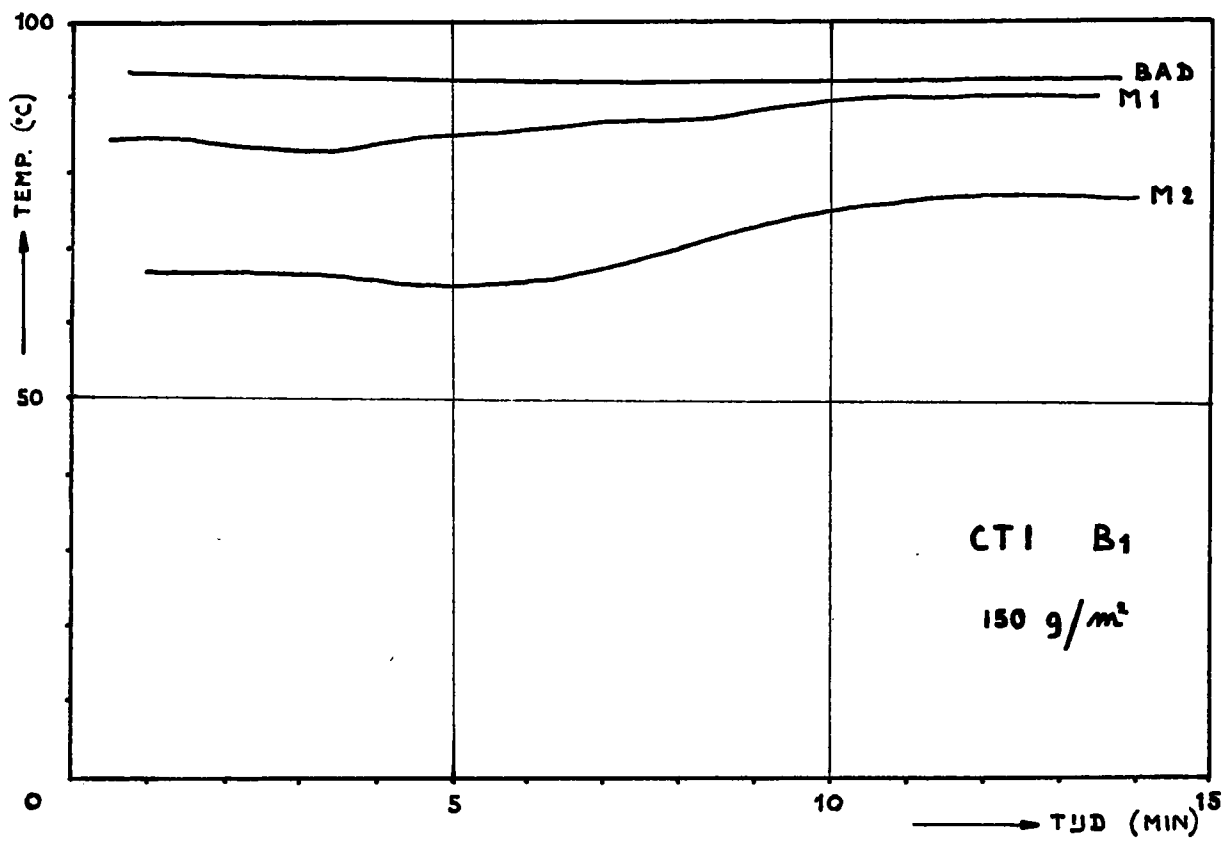


FIG 5

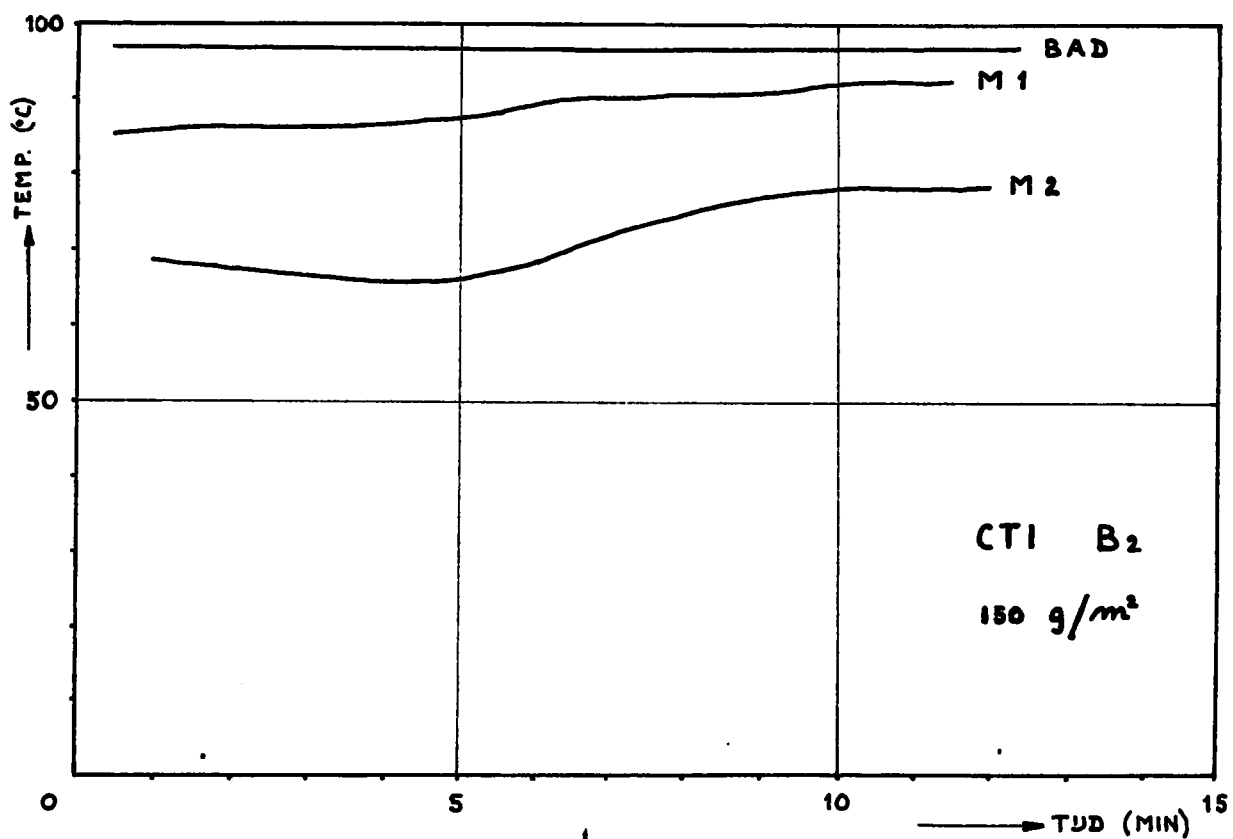


FIG 6

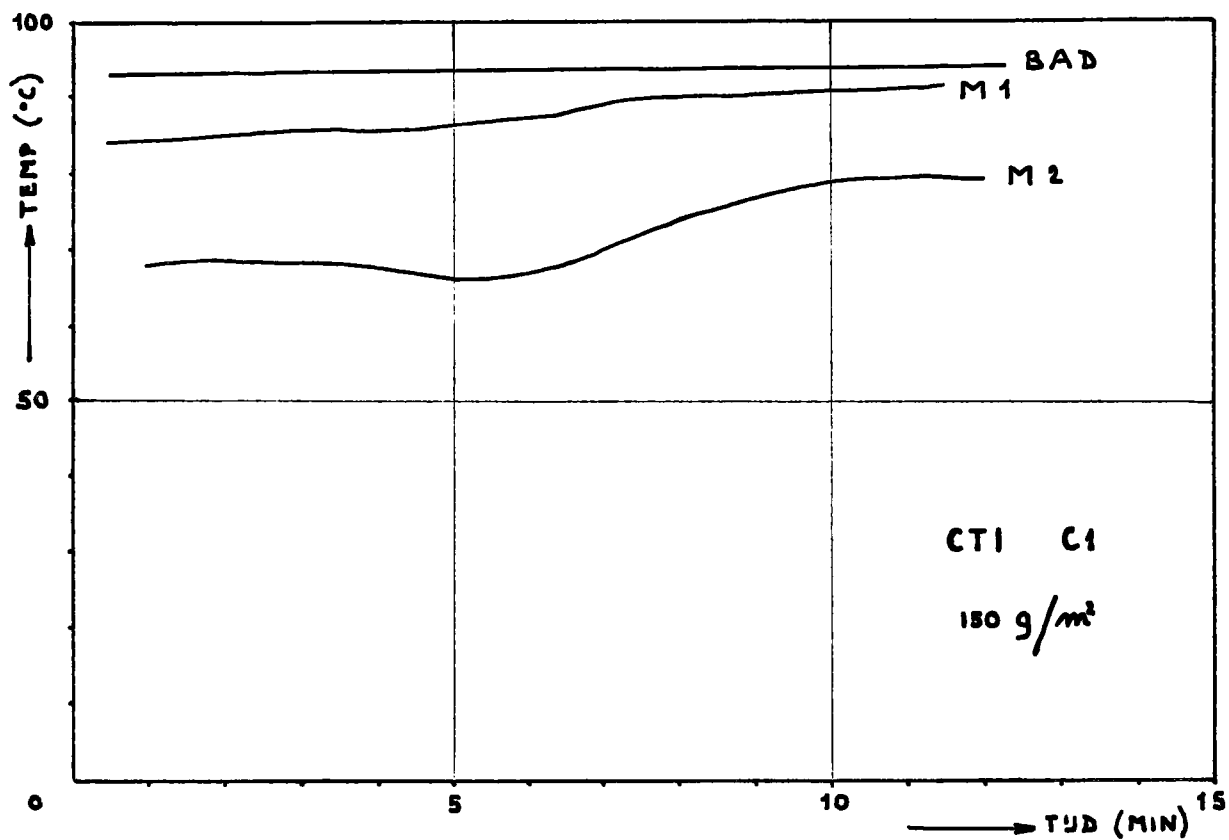


FIG 7

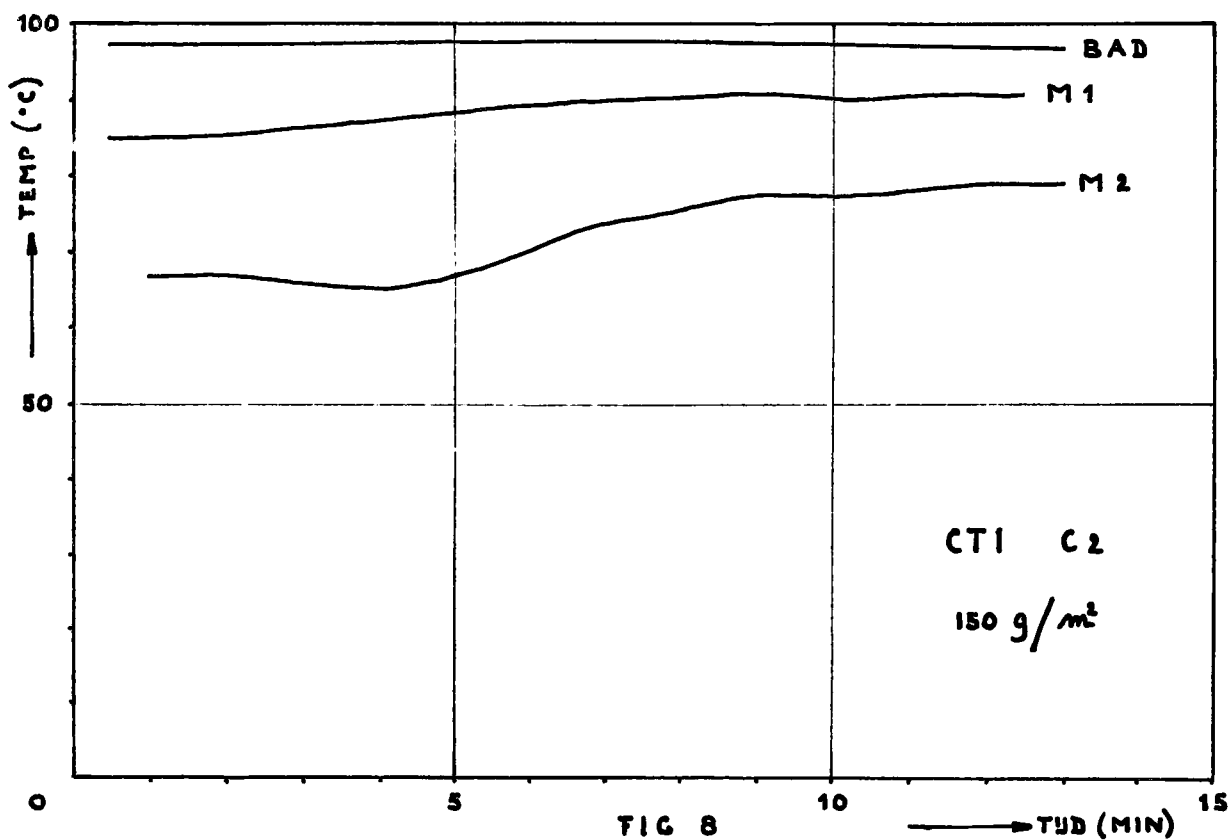


FIG 8

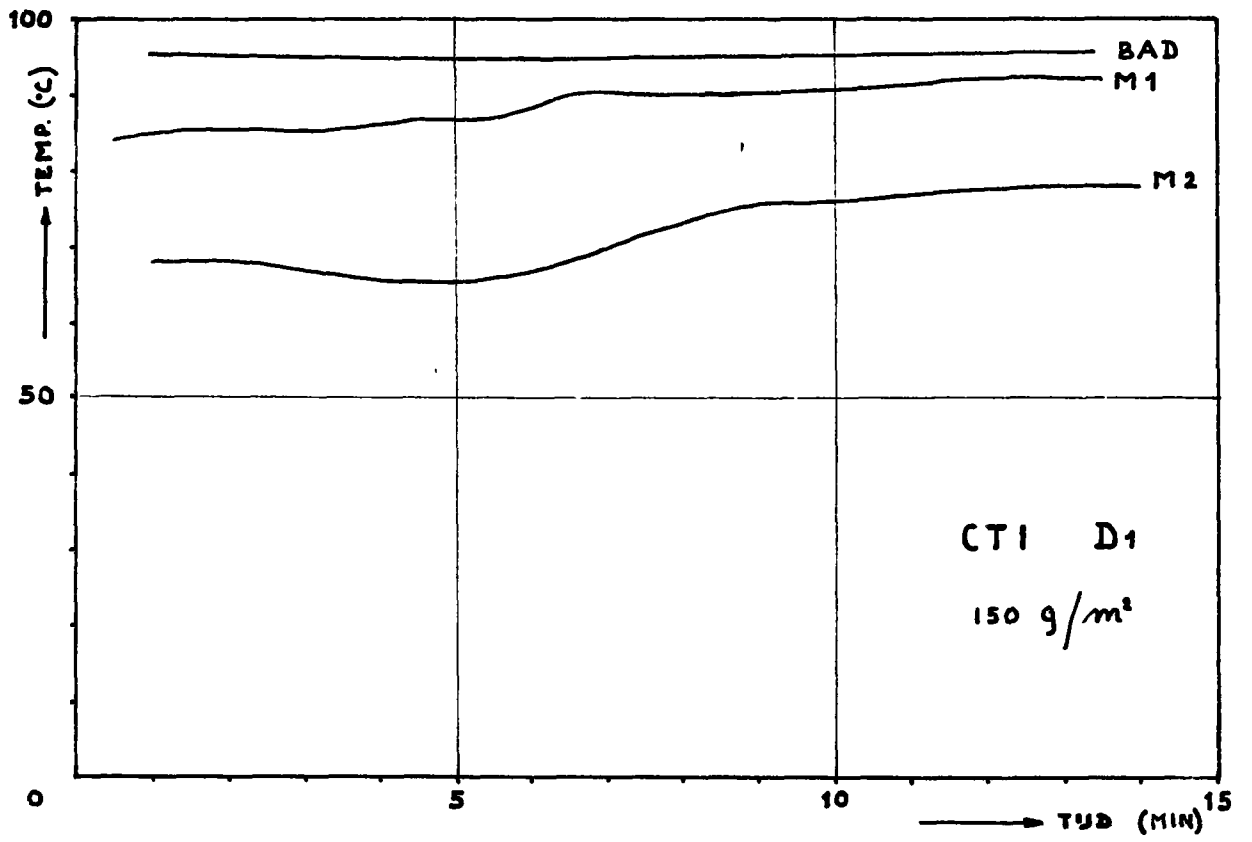


FIG 9

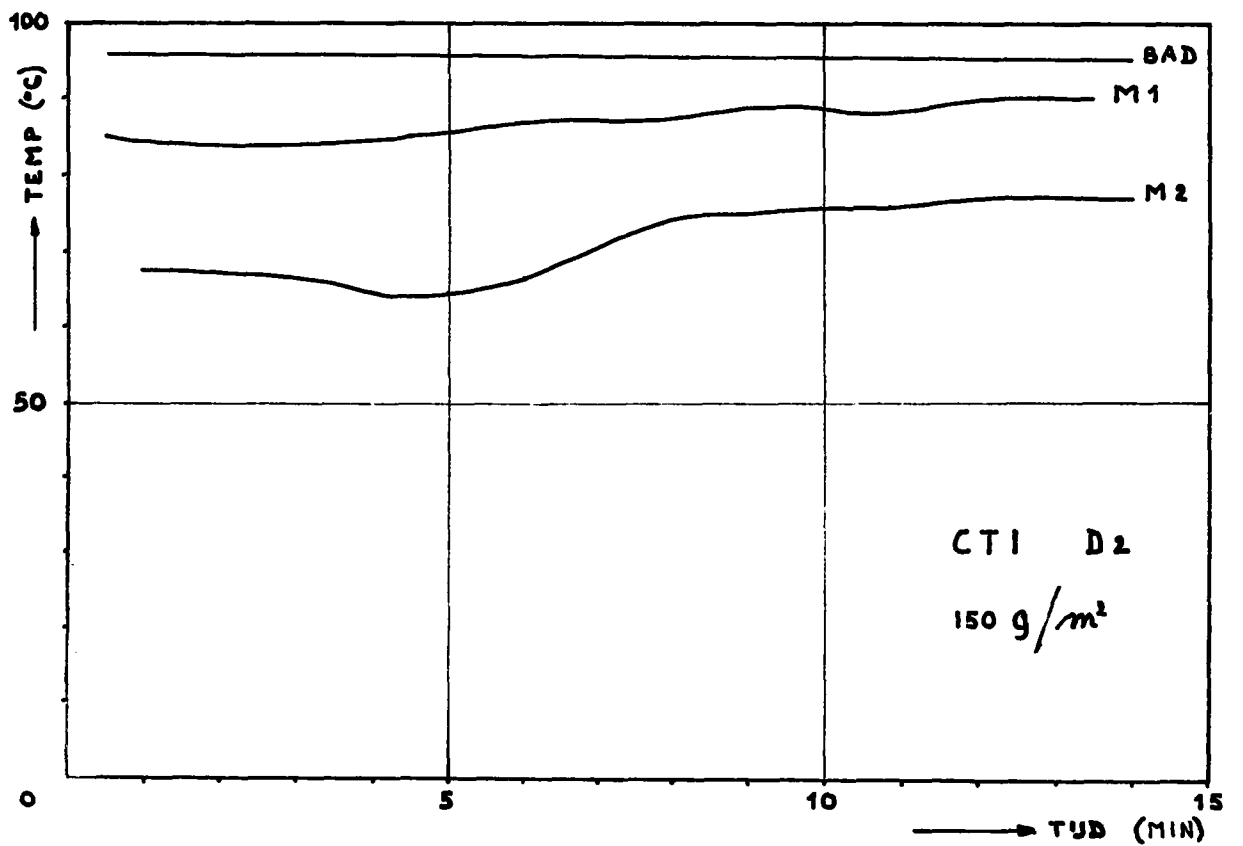
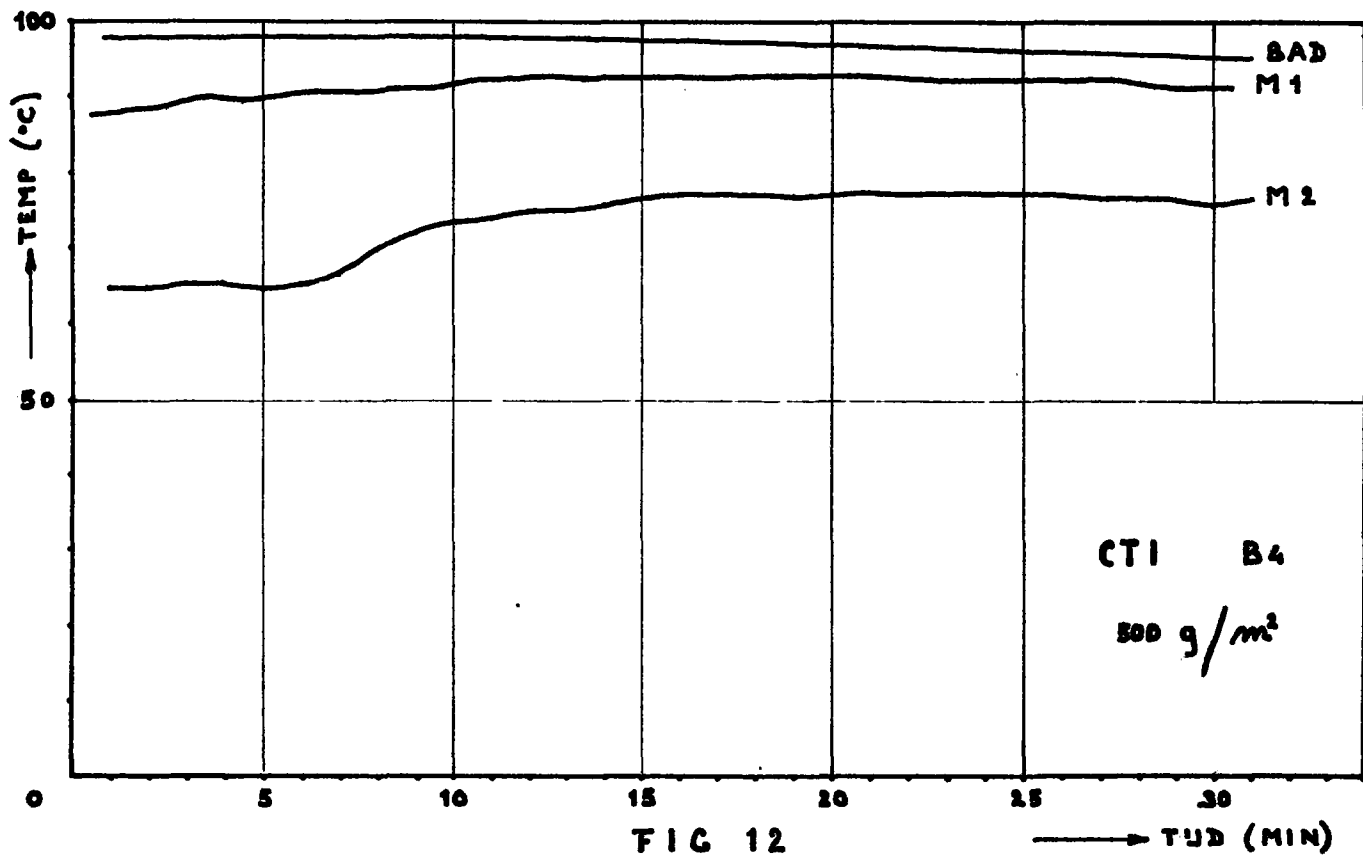
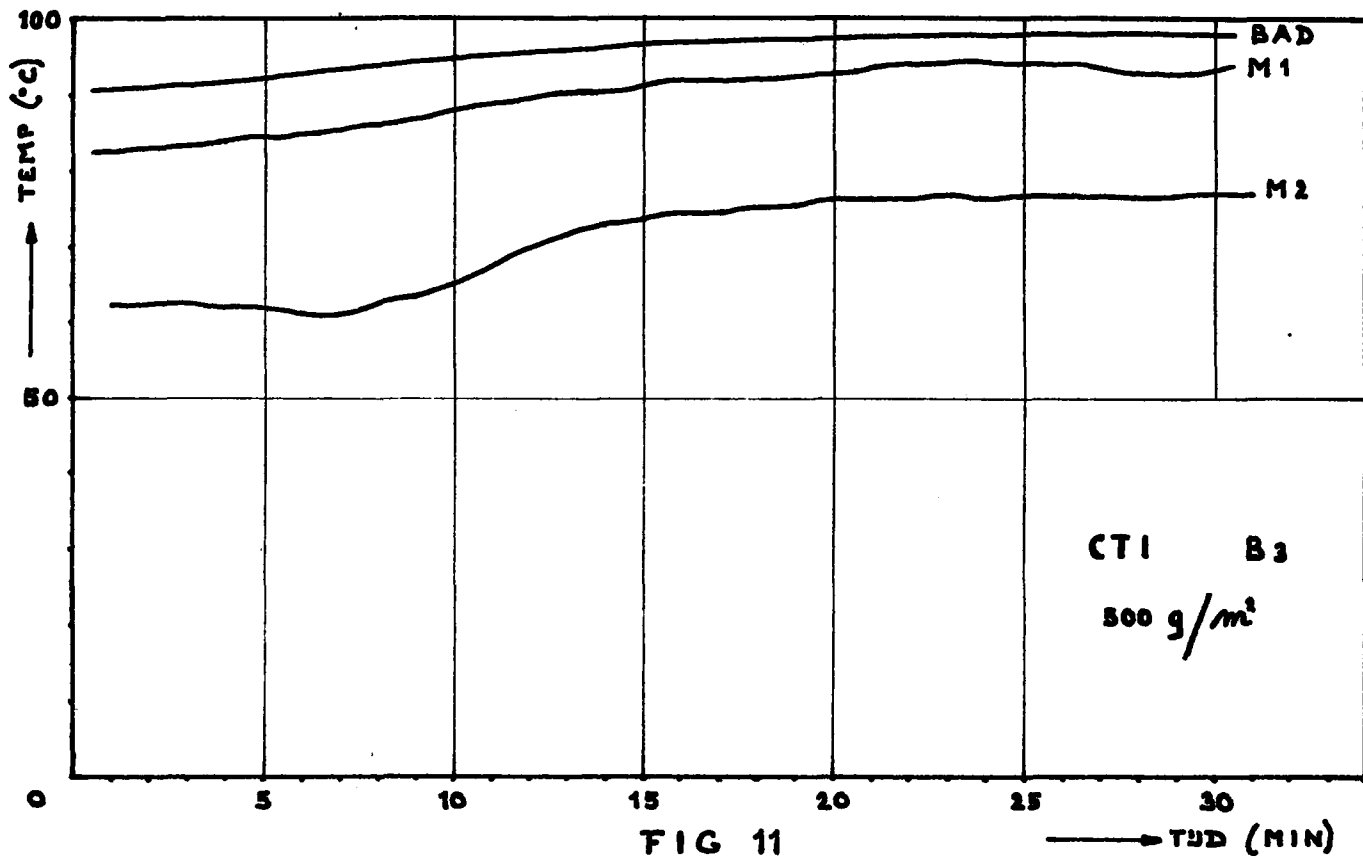


FIG 10





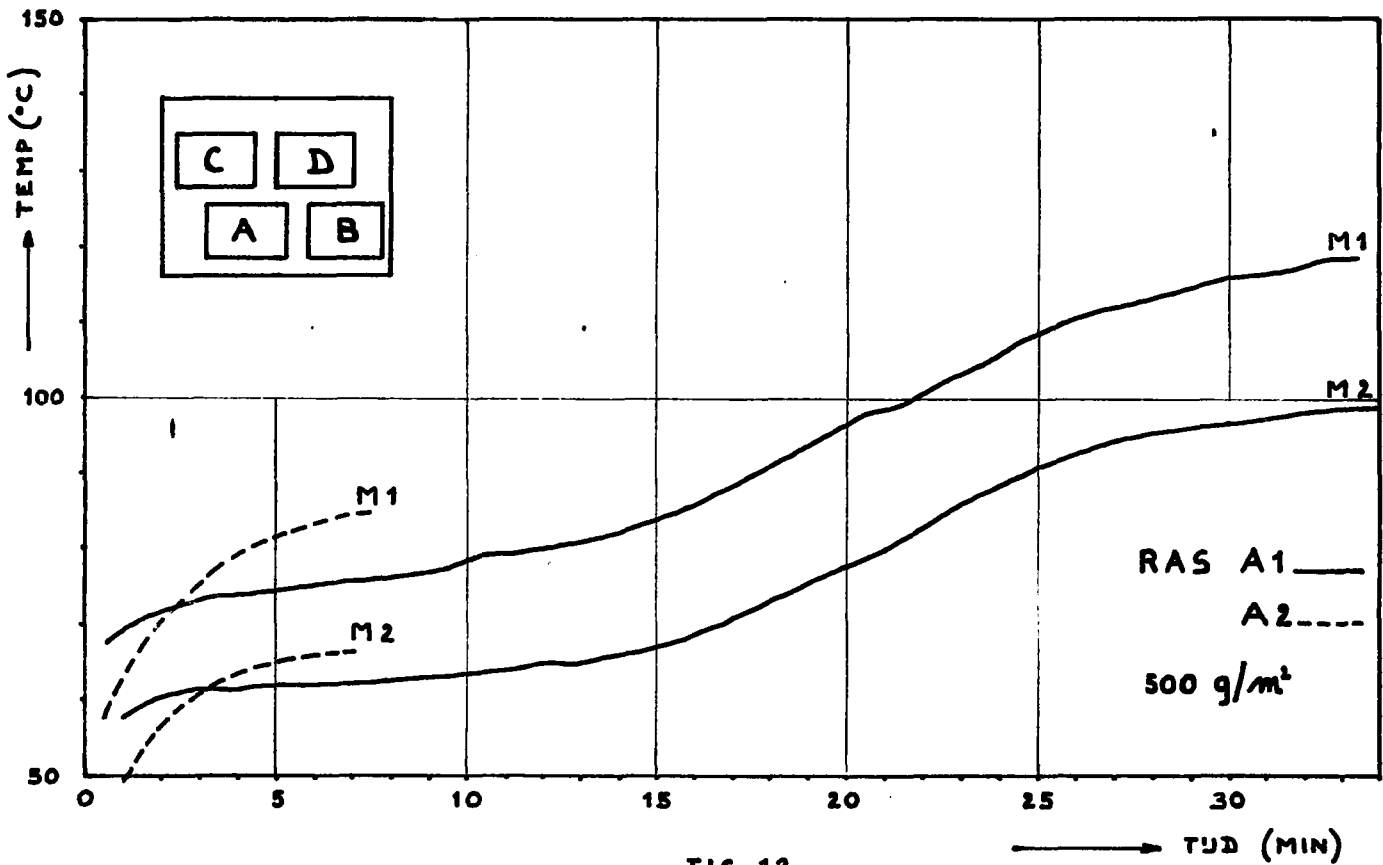


FIG 13

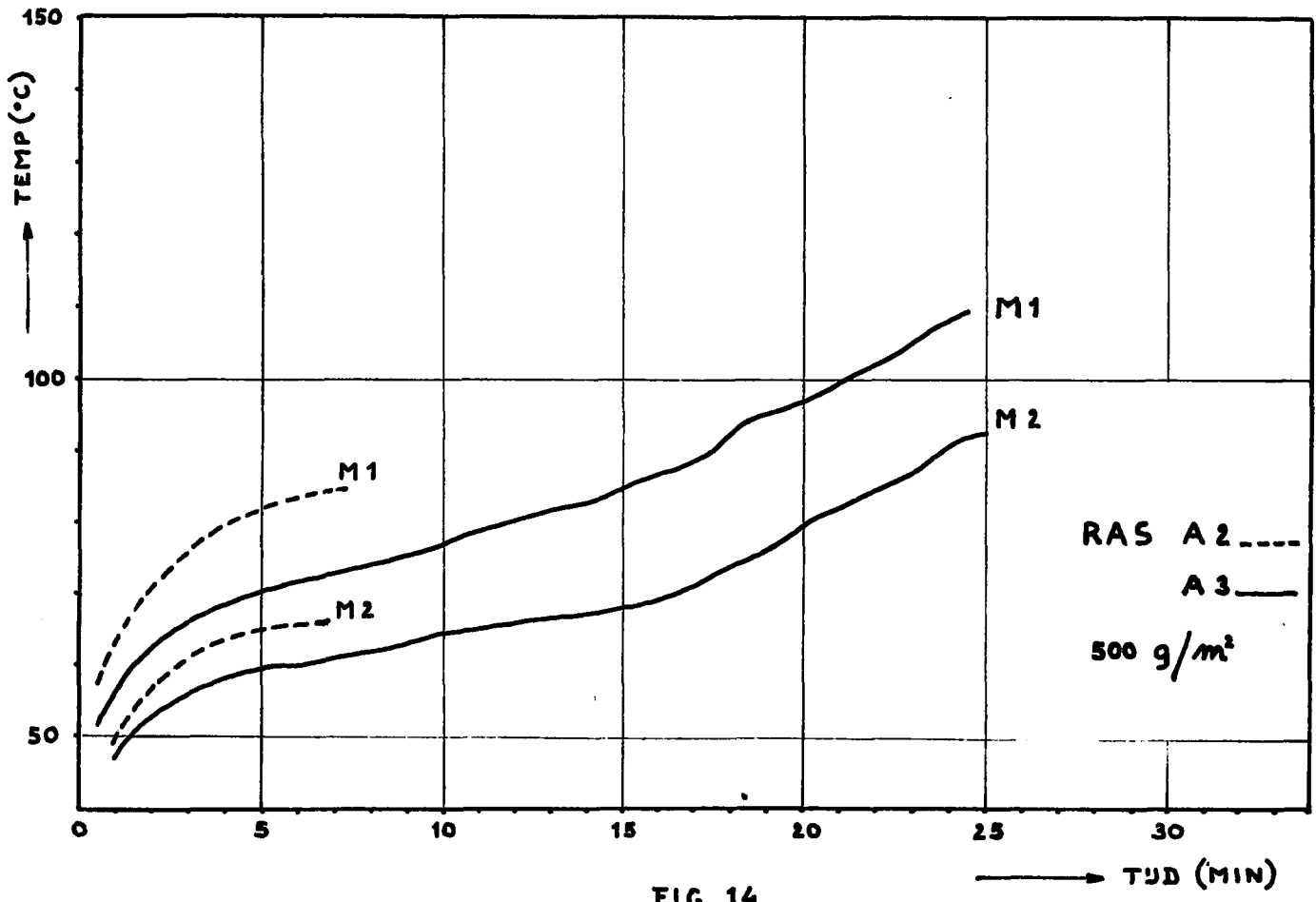


FIG 14

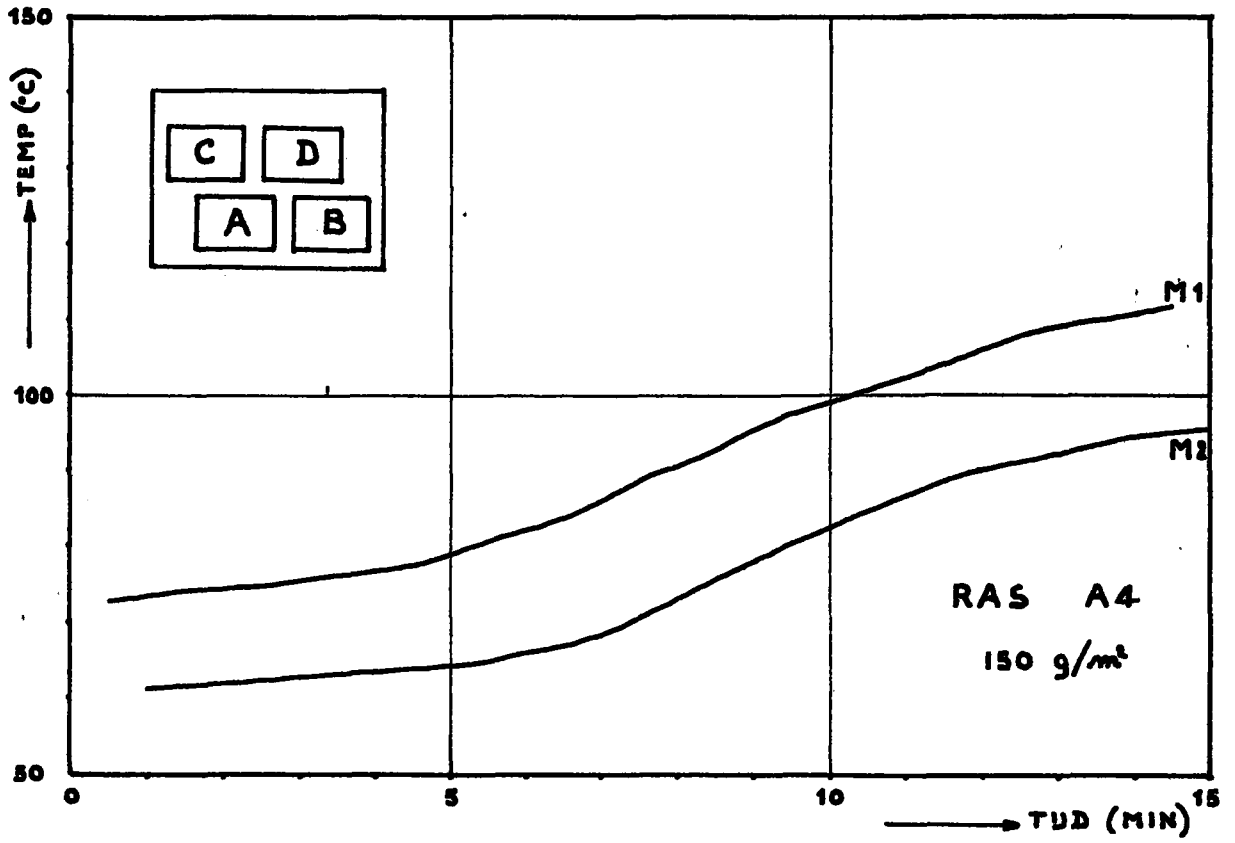


FIG 15

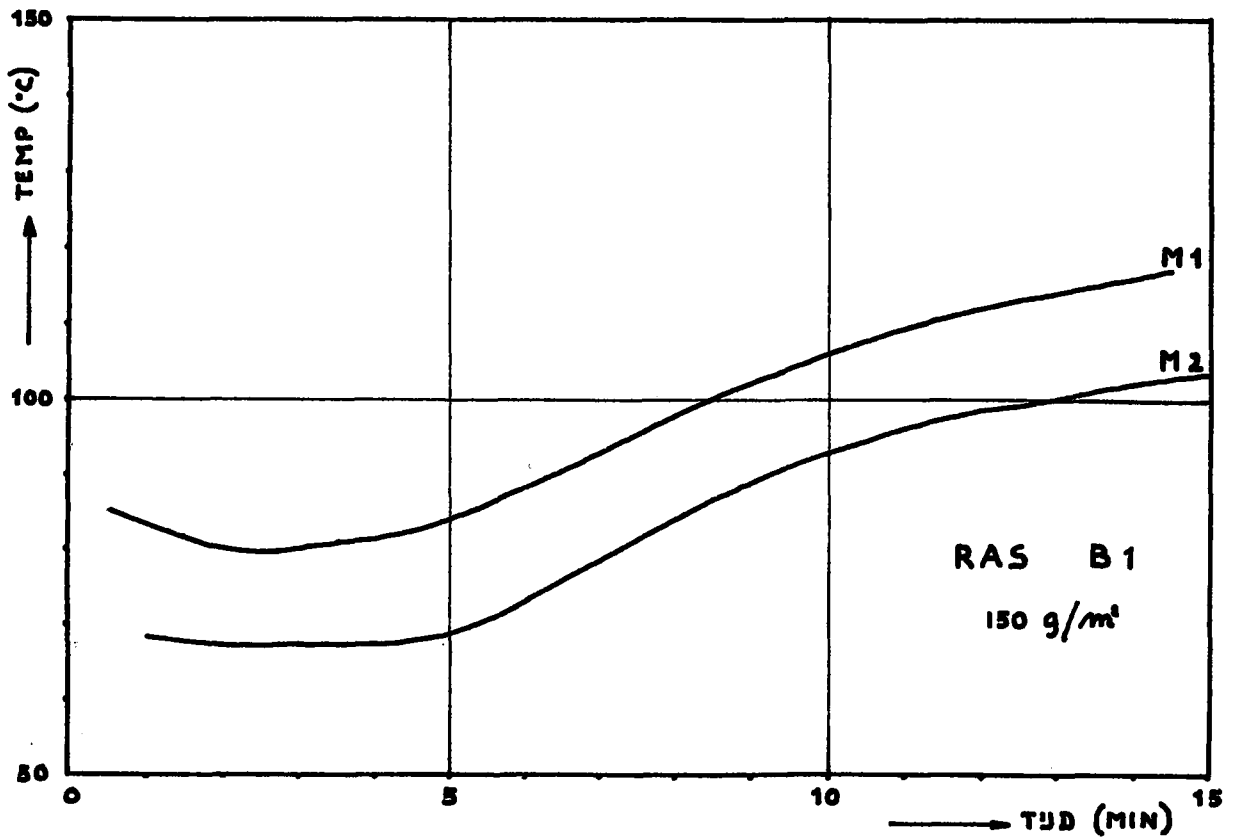


FIG 16

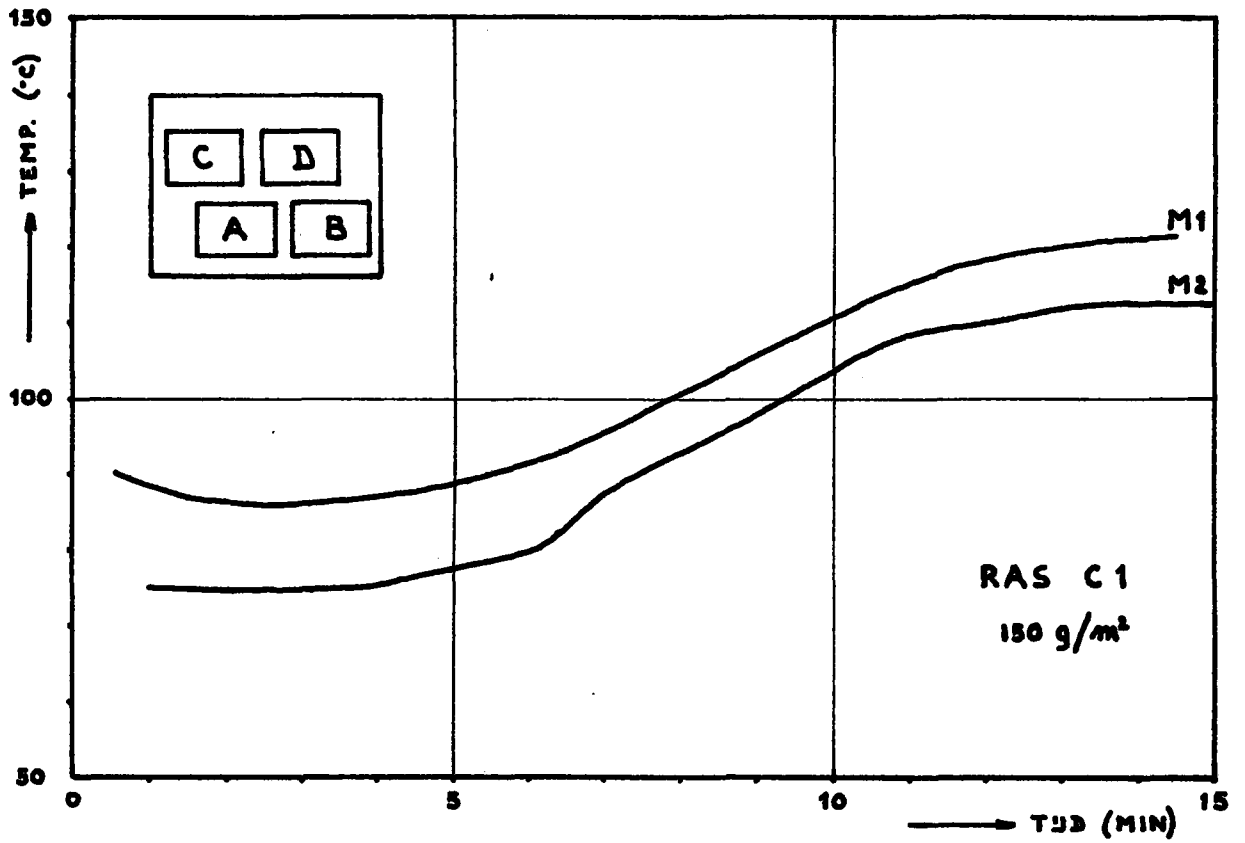


FIG 17

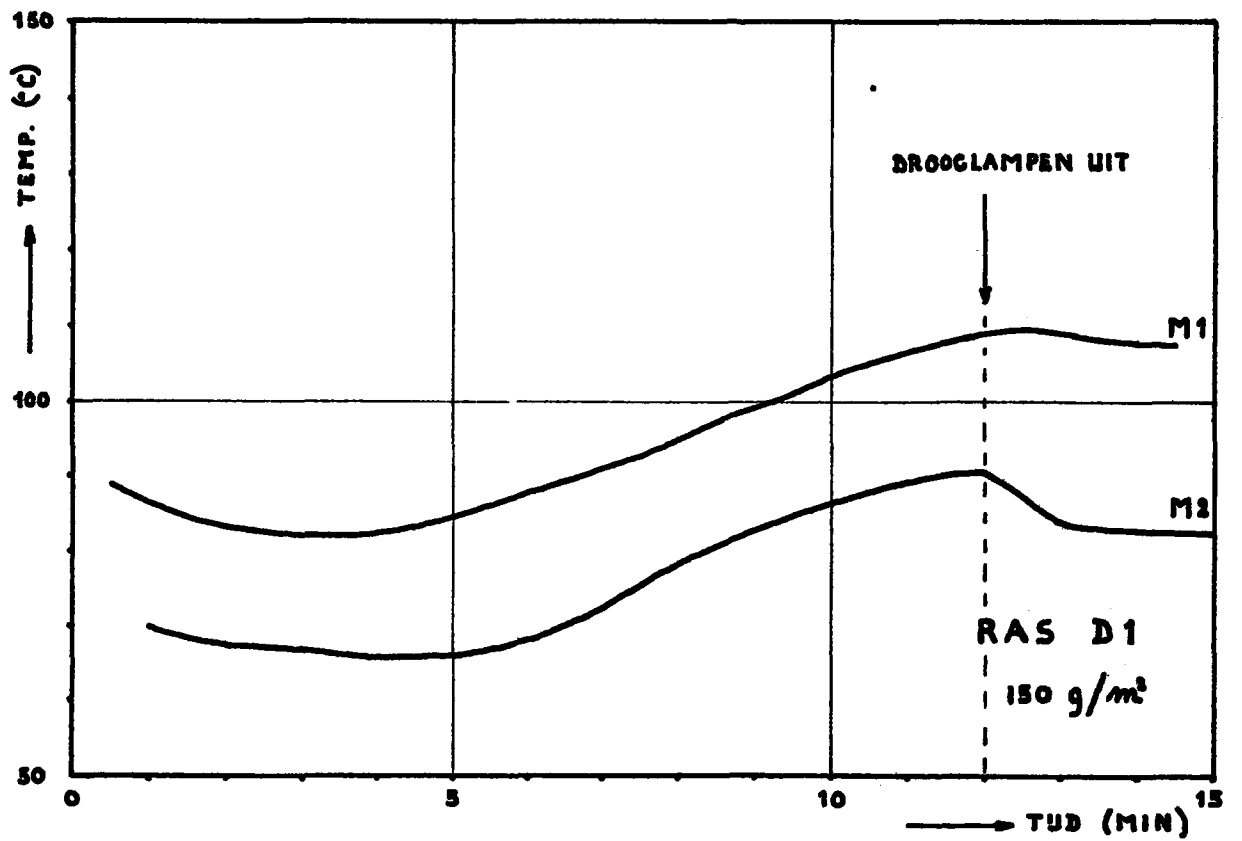


FIG 18

