

db

Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
09
E
40

464

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION voor de GROENTEN- en
FRUITTEELT onder GLAS te NAALDWIJK

Onderzoek energieverbruikmeting

J.N.M. van Etten

Naaldwijk, mei 1979

2215480

A
09
E
40

096220 1.

Stamboek nr. 1362

Inhoudsopgave

1. Inleiding	pg. 3
2. Proefafdelingen	
2.1. Temperatuurregeling	pg. 4
2.2. Verwarmingssysteem	pg. 4
2.3. Warmtestroommeting	pg. 5
3. Metingen energieverbruik	pg. 6
4. Afregeling warmtestroommeters	
4.1. Aanleiding	pg. 7
4.2. Drukverschilomvormer	pg. 7
4.3. Integrator	pg. 7 - 8 - 9
5. Onderzoek naar energieverbruik	
5.1. Storende invloeden	pg. 10 - 11 - 12
5.2. Controle meting	pg. 12 - 13
6. Nieuwe metingen energieverbruik	pg. 14
7. Nabeschuwing	pg. 15
8. Literatuurlijst	pg. 16

(vervolg inhoudsopgave)

Bijlagen:

1. Figuur 2. meetopstelling warmtestroommeter in injectie-mengsysteem.
2. Tekening 2.2. kasverwarming proefafdelingen.
3. Foto 2.3. integrator - warmtestroommeter.
Figuur 2.3. blokschema van de warmtestroommeting.
4. Tabel 3. meetresultaten van de warmtestroommeters.
5. Tabel 4.3.1. meetresultaten van de statische controle meting van de integratoren.
6. Tabel 4.3.2. meetresultaten van de dynamisch controlemeting van de integratoren.
Figuur 4.3. meetopstelling voor de simulatie van de retourtemperatuur bij de dynamische controlemeting.
7. Tabel 6. nieuwe meetresultaten warmtestroommeters.
8. Grafiek 6. energieverbruik volgens warmtestroommeters en het verschil tussen buis- en kastemperatuur volgens de controle meting.

1. Inleiding

Op het Proefstation worden in de wintermaanden proeven genomen met het afschermen van kassen met schermdoek dat boven het gewas is aangebracht. Het schermdoek is tijdens de nachtelijke uren gesloten. Het sluiten en openen van het scherm gebeurt geheel automatisch.

Een van de doelen van het onderzoek is het vaststellen, in kwantitatieve zin, van de energiebesparing die daarmee mogelijk is.

Te dien einde zijn er in vier vergelijkbare kasafdelingen warmtestroommeters (w.s.m.) van het fabrikaat Siemens geïnstalleerd.

In het seizoen 74/75 zijn deze meters geïnstalleerd. Onder vergelijkbare omstandigheden (d.w.z. dezelfde kasttemperatuur, buistemperatuur en raamstand) werden onderling grote verschillen gevonden in de aanwijzing van de warmtestroommeters. Hieruit kon de conclusie getrokken worden, dat de warmtestroommeters niet goed functioneerden.

In het seizoen 75/76 is er onderzoek verricht naar de warmtestroommeters en zijn er verbeteringen aangebracht. Na dit onderzoek bestonden er nog twijfels over het functioneren van de warmtestroommeters. Het volgende seizoen 76/77 is er een tweede onderzoek gedaan met medewerking van Siemens. Na dit laatste onderzoek is geconcludeerd dat de warmtestroommeters goed functioneren.

Gedurende het seizoen 78/79 zijn er echter weer afwijkingen in de meetresultaten vastgesteld, zoals te zien is op tabel 3, bijlage 4.

Hierop volgde een nieuw onderzoek naar de warmtestroommeting in samenwerking met:

A.J. Arendzen,

W. Rovers en

J.N.M. van Etten

Proefstation Naaldwijk

In het onderhavige rapport wordt de warmtestroommeting toegelicht en het onderzoek beschreven.

2. Proefkassen

2.1. Temperatuurregeling

De warmtestroommeters zijn geïnstalleerd bij de afdelingen 2, 4, 6 en 8 van het kascomplex B11. Elke afdeling heeft ongeveer een oppervlakte van 180 m². De temperatuur in de kasafdelingen wordt hetzelfde geregeld door middel van een procescomputer. In een cyclustijd van één minuut meet de procescomputer de temperatuur in de kasafdeling en stuurt de regelklep van het verwarmingssysteem.

De grootte en richting van het stuursignaal van de computer is afhankelijk van het verschil tussen de gemeten kastemperatuur en de gewenste kastemperatuur.

2.2. Verwarmingssysteem

De kasafdelingen worden verwarmd door een warmwater-verwarmingsinstallatie. Deze verwarmingsinstallatie werkt volgens het injectie-mengsysteem. In figuur 2 op bijlage 1, is een schema van dit systeem getekend.

Het systeem bestaat uit twee circuits, een "kascircuit" en een "ketelcircuit". Het kascircuit beschikt over een eigen circulatiepomp, die een constante hoeveelheid water rondpompt door het verwarmingsnet. Op tekening 2.2., bijlage 2, is de verwarming van de afdelingen te zien. Het verwarmingsnet bestaat uit een ruimtenet en een gevelnet. Het ruimtenet bevindt zich door de gehele afdeling en het gevelnet bevindt zich langs de buitengevel. De verhouding van de waterhoeveelheid door beide netten kan geregeld worden door middel van een afsluiter, zie tekening 2.2. detail 4. De minimale retourtemperatuur is 15°C en de maximale retourtemperatuur is 80°C.

Het verwarmingswater van de diverse kascircuits wordt aan- en afgevoerd door één ketelcircuit.

Het ketelcircuit bestaat uit de aanvoer- en retourtransportleiding, tussen de c.v. ketel en de kasafdelingen, waardoor het verwarmingswater wordt rondgepompt door middel van een transportpomp. Het ketelcircuit heeft een constante aanvoertemperatuur van $\pm 95^{\circ}\text{C}$. Door een instelafsluiter, die zich tussen het ketelcircuit en kascircuit bevindt, wordt een voordruk ingesteld zodanig dat de waterhoeveelheid per afdeling hetzelfde is. De stand van de regelklep bepaalt de hoeveelheid verwarmingswater, dat vanuit het ketelcircuit in het kascircuit geïnjecteerd wordt.

2.3. Warmtestroommeters

Het energieverbruik van de verwarmingsinstallatie kan gemeten worden door het produkt van de doorgestroomde waterhoeveelheid, soortelijke warmte en temperatuurverschil tussen aanvoer en retour te integreren naar de tijd. Om het energieverbruik te kunnen meten zal dus zowel waterhoeveelheid en temperatuurverschil gemeten moeten worden. Figuur 2, op bijlage 1, laat zien op welke plaatsen deze metingen thans worden uitgevoerd. Het voordeel van het meng-injectiesysteem is dat het debiet onder alle omstandigheden praktisch constant blijft ($\pm 1.7 \text{ m}^3/\text{h}$). Hierdoor zal het gemeten temperatuurverschil evenredig met het warmteverbruik per tijdseenheid variëren. De invloed van temperatuurvariaties op de soortelijke warmte van het water is in het beschouwde toepassingsgebied gering ($< 1\%$), zodat bij de berekening van het energieverbruik hiervoor een constante factor, van $961,9 \text{ Kcal/m}^3 \text{ C}^\circ$, gebruikt mag worden.

Bij de huidige meting wordt gebruik gemaakt van meetapparatuur van het fabrikaat Siemens.

Hierbij wordt uitgegaan van een meetflens en een drukverschilomvormer voor de hoeveelheidsmeting enerzijds en twee dubbele PT 100 weerstands elementen voor de temperatuurmeting anderzijds. De PT 100 weerstanden staan in een brug van Wheatstone geschakeld en worden gevoed door het uitgangssignaal van de drukverschilomvormer, waarmee het produkt van hoeveelheid en temperatuurverschil gevormd wordt. Dit signaal wordt toegevoerd aan een integrator die het produkt van waterhoeveelheid en temperatuurverschil naar de tijd integreert. In figuur 2.3., op bijlage 3, is een blokschema van deze meetmethode te zien.

Het energieverbruik kan op drie verschillende manieren worden waargenomen:

- 1) De integrator registreert het energieverbruik met een teller, waarvan één eenheid overeenkomt met 1 Mcal.
- 2) Ter plaatse van de integrator kan het energieverbruik worden afgelezen met behulp van een analoge meter, die het energieverbruik aangeeft in percentage van het maximum ingestelde energieverbruik. Foto 2.3., op bijlage 3, geeft een beeld van een integrator.
- 3) Tevens wordt een uitgangssignaal van de integrator, dat overeenkomt met het energieverbruik, naar de procescomputer doorgestuurd. De procescomputer registreert in een cyclustijd van één minuut de meetwaarden van alle aangesloten afdelingen in zijn geheugen.

3. Metingen energieverbruik

Gedurende een periode van drie dagen zijn de kasttemperatuur, buistemperatuur en energieverbruik van de vier afdelingen door de computer geregistreerd en gemiddeld over zes uur. De meetresultaten zijn ondergebracht in tabel 3 op bijlage 4.

In de afdelingen 4 en 6 werd 's nachts het scherm gesloten terwijl in afdeling 2 en 8 geen scherm gebruikt werd. Uit de tabel blijkt dat de warmtestroommeters van afdeling 2, 4 en 6 overdag redelijk gelijke waarden aangeven en ook 's nachts blijven de warmtestroommeters van afdeling 4 en 6 redelijk gelijk. Tevens kunnen de onderlinge verschillen redelijk worden verklaard aan de hand van het verschil tussen buis- en kasttemperatuur (zie hoofdstuk 5.2.)

De warmtestroommeter van afdeling 8 geeft echter voortdurend aanzienlijk minder energieverbruik aan dan die van afdeling 2. Dit verschil kan niet worden verklaard uit het verschil tussen buis- en kasttemperatuur. In vergelijking met afdeling 4 en 6, waar 's nachts wordt afgeschermd, had de warmtestroommeter van afdeling 8 aanzienlijk meer moeten aangeven.

Naar aanleiding van deze afwijkende meetresultaten volgde het nieuwe onderzoek naar de warmtestroommeting. Tijdens het onderzoek is elke dag het energieverbruik gemeten met behulp van de warmtestroommeters en/of door de controle meting, die in hoofdstuk 5.2. nader beschreven is. Om het verloop van het onderzoek en de daarbij optredende wijzigingen nauwlettend te volgen zijn de meetresultaten van het energieverbruik dagelijks geregistreerd en verwerkt in representatieve cijfers.

4. Afregeling warmtestroommeters

4.1. Aanleiding

Bij het begin van ons onderzoek zijn de warmtestroommeters van kasafdeling 6 en 8 onderling uitgewisseld. Het gevolg was dat kasafdeling 6 nu voortdurend aanzienlijk minder energie verbruikte dan de andere kasafdelingen, volgens de meetresultaten van de warmtestroommeters. Hieruit kon de conclusie getrokken worden dat de warmtestroommeters onderling een grote afwijking hebben.

Het doel van de nieuwe afregeling van de warmtestroommeters is de onderlinge afwijking kleiner te maken. Tevens wil men het meetbereik van de integratoren verkleinen, zodat de meting nauwkeuriger wordt.

4.2. Drukverschilomvormer

De drukverschilomvormers zijn overeenkomstig de fabriekopgave gecontroleerd met behulp van een waterkolom van max. 800 mm. De uitgangsstroom van het nulpunt en de volle schaal zijn gecontroleerd op respectievelijk 0 en 20 mA, hetgeen overeenkomt met een waterhoeveelheid van 0 en 3,5 m³/h.

Ook zijn enkele tussenliggende waarden op hun juistheid gecontroleerd. Bij alle vier drukverschilomvormers zijn echter geen belangrijke afwijkingen gevonden.

4.3. Integrator

Het statische gedrag van alle vier integratoren is gecontroleerd door middel van een nagebootst constant temperatuurverschil (door middel van gecalibreerde weerstanden) en een nagebootste constante waterhoeveelheid door middel van een MA-stroombron. Bij deze controle bleek dat de integrator van afdeling 8 aanzienlijk afweek van de andere integratoren.

Om de nauwkeurigheid en de onderlinge afwijking van de integratoren te verbeteren zijn de integratoren opnieuw afgeregeld volgens de afregelprocedure (ijkprocedure), die door de leverancier Siemens wordt voorgeschreven. Ook is het meetbereik van de integratoren, dat ingesteld stond op 200 Mcal/h gewijzigd en op 100 Mcal/h gebracht. De reden van deze verandering is de volgende: de integrator kan op verschillende meetbereiken ingesteld worden. Het gewenste meetbereik wordt bepaald door de max. waterhoeveelheid (ϕ v) en door het max. temperatuurverschil (ΔT).

De drukverschilomvormer heeft een vast meetbereik van 0 - 3,5 m³/h, terwijl de max. voorkomende waterhoeveelheid 2 m³/h is. Het max. temperatuurverschil tussen aanvoer en retour is normaal 15°C. Gebleken is echter dat het max. temperatuurverschil bij omschakelen van nacht naar dag temperatuur tijdelijk op kan lopen tot ca. 50°C. Dit is ook de reden dat het meetbereik voor het temperatuurverschil op ca. 60°C stond ingesteld. Het meetbereik van de integrator was daardoor 200 Mcal/h ($\phi v \times \Delta T \times s.w. = 3,5 \times 60 \times 961,9$). Door wijziging van het regelprogramma van de computer zijn er geen schokeffecten meer, zodat het maximum energieverbruik nooit hoger is dan 100 Mcal/h ($\phi v \times \Delta T \times s.w. = 2 \times 50 \times 961,9$). Een meetbereik van 100 Mcal/h is gezien de omstandigheden, naar onze mening, voldoende en nauwkeuriger dan het aanvankelijk groot meetbereik van 200 Mcal/h.

Na de afregeling is het statisch gedrag van de integratoren gecontroleerd. Bij deze controle is een constante aanvoertemperatuur van 95°C nagebootst door middel van gecalibreerde weerstanden van 136,6 Ω en de retourtemperatuur is nagebootst door middel van instelbare decadebanken. Om de werkelijkheid te benaderen is een waterhoeveelheid van 1,75 m³/h nagebootst door middel van een MA-stroombron van 10 mA.

De meetresultaten van deze statische controlemeting zijn ondergebracht in tabel 4.3.1. op bijlage 5. Uit deze gegevens bleek dat het statisch gedrag van de integratoren onderling max. 4% afweek.

Na de statische controlemeting zijn de warmtestroommeters opnieuw in gebruik genomen. Uit de nieuwe meetresultaten van de warmtestroommeters op de proefafdelingen bleek dat het dynamische gedrag van de integratoren onderling meer dan 8% afweek. Om het dynamisch gedrag te verbeteren zijn de integratoren opnieuw bijgesteld.

Hierna is het dynamisch gedrag van de integratoren gecontroleerd door een wisselende retourtemperatuur te simuleren. De retourtemperatuur is hierbij nagebootst door een dubbele potentiometer, die met behulp van een curveschijf geregeld wordt tussen 136,2 en 124,5 ohm, hetgeen overeenkomt met een temperatuurverschil (ΔT) van 30°C. Een afbeelding van deze regeling is te zien in figuur 4.3., bijlage 6.

Verder is er een constante aanvoertemperatuur van 95°C nagebootst door middel van gecalibreerde weerstanden en een constante waterhoeveelheid nagebootst door middel van een MA-stroombron.

De meetresultaten zijn ondergebracht in tabel 4.3.2. op bijlage 6.

Uit de gegevens blijkt dat het dynamisch gedrag max. 5% afwijkt. Deze afwijking is onafhankelijk van de te meten waterhoeveelheid.

In gebruikstoestand zal het dynamisch gedrag van de integratoren onderling waarschijnlijk minder afwijken, omdat de schommelingen van de retourtemperatuur in werkelijkheid kleiner zijn en trager verlopen dan de gesimuleerde retourtemperatuur.

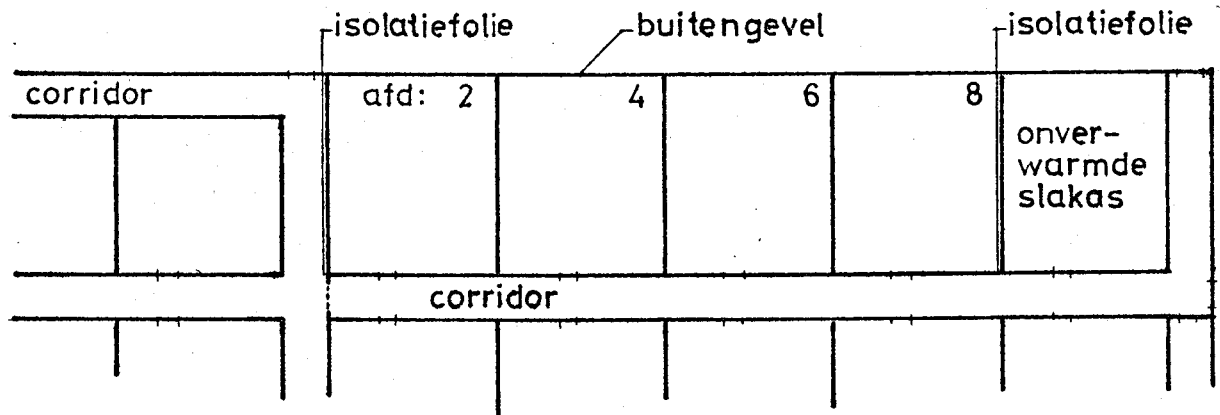
5. Onderzoek naar energieverbruik

5.1. Storende invloeden

De vier kasafdelingen zijn qua constructie en grootte identiek, maar van buitenaf kunnen diverse factoren invloed hebben op het energieverbruik, zoals:

- aangrenzende afdelingen
 - grondtemperatuur
 - kwaliteit van het dek
 - temperatuurregeling
 - verwarmingssysteem
- Aangrenzende afdelingen:

Figuur 5.1.1. laat de ligging van die vier kasafdelingen zien. De situatie van afdeling 4 en 6 zijn vrijwel hetzelfde. Van afdeling 2 grenst één zijde meer aan de corridor, maar dit zal weinig invloed hebben op het energieverbruik, omdat deze zijde voorzien is van isolatiefolie. Tevens is het temperatuurverschil tussen corridor en kas gering.

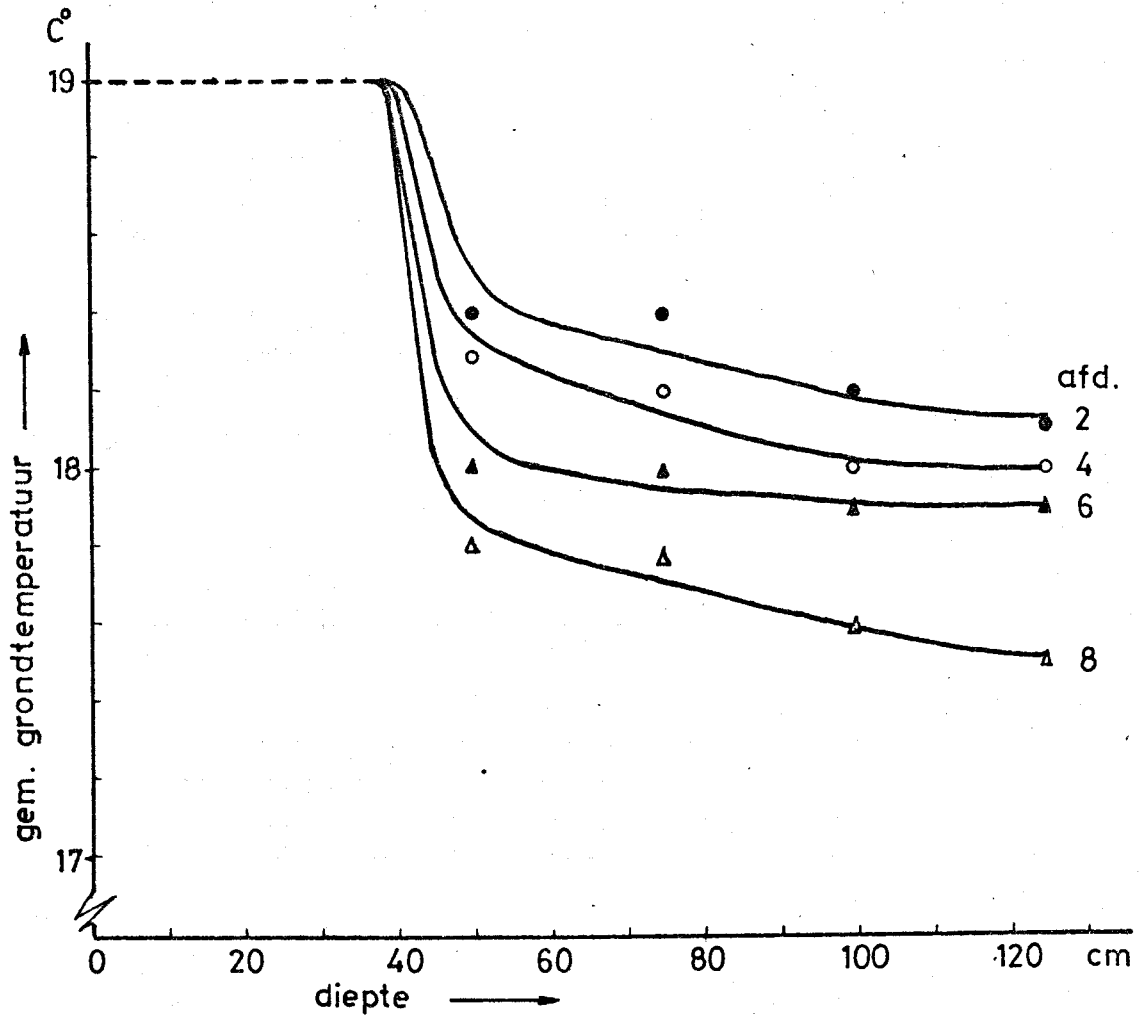


Figuur 5.1.1. ligging van de proefkassen.

Van afdeling 8 grenst een zijde aan een koude slakas. Ondanks dat deze zijde voorzien is van isolatiefolie, zal het grote temperatuurverschil tussen beide kassen invloed hebben op het energieverbruik van afdeling 8.

- Grondtemperatuur:

In de vier proefafdelingen is de grondtemperatuur op verschillende diepten gemeten met behulp van thermokoppels. De meetresultaten zijn verwerkt in figuur 5.1.2.



Figuur 5.1.2. grondtemperatuur in de vier proefafdelingen

Op geringe diepte, tot ± 40 cm, is de grondtemperatuur erg afwisselend, omdat ze sterk afhankelijk is van de kasttemperatuur. Op grotere diepte is de grondtemperatuur op eenzelfde diepte constant, maar wel afhankelijk van de diepte.

Het maximale verschil in grondtemperatuur van de vier proefafdelingen is $0,6^{\circ}\text{C}$. De invloed van dit verschil in grondtemperatuur is zeer gering.

- Kwaliteit van het dek:

In de vier proefafdelingen is het sluiten van de luchtramen gecontroleerd. Van afdeling 4 en 8 bleken de luchtramen minder goed te sluiten dan van de overige afdelingen. Naderhand zijn de luchtramen van alle vier afdelingen bijgesteld.

- Temperatuurregeling:

Ter controle van de temperatuurregeling zijn de thermokoppels en de referentekasten, waarmee de kasttemperatuur in de afdelingen gemeten wordt, gecontroleerd met behulp van smeltend ijs.

Uit de controle bleek dat de afwijking van het geheel kleiner is dan $0,3^{\circ}\text{C}$.

Bij diezelfde controle bleek echter dat de thermokoppeld boven de verwarmingspijpen waren aangebracht, zodat niet de kasttemperatuur, maar de temperatuur boven deze pijp geregeld werd. Om deze reden zijn de thermokoppels in alle vier proefafdelingen verplaatst naar een meer representatieve plaats, tussen het gewas. De thermokoppels zijn in iedere kasafdeling op een zelfde plaats in een dubbelwandige aluminiumkoker aangebracht, zodat zonnestraling geen invloed heeft op de temperatuur meting. De wijziging van het meetpunt heeft tot direct gevolg gehad dat het energieverbruik van de vier afdelingen onderling minder afwijkt. Het verschil in temperatuurregeling van de vier afdelingen door de computer is zeer gering. ($< 0,1^{\circ}\text{C}$).

- Verwarmingssysteem

Bij het onderzoek is vastgesteld dat de vier afdelingen verschillend verwarmd werden. De afsluiter waarmee de verhouding van de waterhoeveelheid door het ruimtenet en gevelnet geregeld wordt, zie detail 4 van tekening 2.2. op bijlage 2, was in de vier afdelingen verschillend ingesteld. Nadat alle vier afsluiters geheel geopend zijn, stemt het energieverbruik van de vier afdelingen meer overeen.

5.2. Controle meting

Om het energieverbruik van de vier afdelingen te onderzoeken bestaat er een tweede meetmethode, die tevens dient als controle voor de warmtestroommeters.

Bij deze methode gaat men uit van een temperatuurverschil (overtemperatuur) tussen het oppervlak van de verwarmingsbuizen en de lucht in de kas. De overtemperatuur van de buizen is namelijk een maat voor de warmte afgifte. De buistemperatuur, die men voor deze controle meting gebruikt, werd gemeten op een pijp midden in het ruimtenet van het verwarmingssysteem. Tijdens het onderzoek hebben we de controle meting verbeterd door de buistemperatuur te meten op de aanvoer- en de retourleiding van het kascircuit.

De kasttemperaturen en buistemperaturen van de vier kasafdelingen worden door de procescomputer geregistreerd in een cyclustijd van één minuut. Het verschil tussen de kasttemperatuur en de gemiddelde buistemperatuur kan als maatstaf gebruikt worden voor het energieverbruik van de afdelingen.

$$\text{overtemp.} = (\text{buistemp. aanvoer} + \text{buistemp. retour})/2 - \text{kastemp.}$$

In tabel 6 en grafiek 6, bijlage 7 en 8, wordt de controle meting gebruikt als vergelijking met de warmtestroommeting.

6. Nieuwe metingen energieverbruik

Op 2 april 1979 zijn de warmtestroommeters opnieuw geïnstalleerd. In deze periode worden in de betreffende kasafdelingen geen schermproeven uitgevoerd, zodat het energieverbruik van de vier kasafdelingen nagenoeg gelijk moet zijn.

De meetresultaten van de warmtestroommeters en de controle meting (zie hoofdstuk 5.2) zijn met behulp van de procescomputer geregistreerd. Ook is de tellerstand van de warmtestroommeters opgenomen. De gegevens zijn naderhand verwerkt en ondergebracht in tabel 6 op bijlage 7.

Zowel de warmtestroommeters als de controle meting wijzen uit dat het energieverbruik van de vier kasafdelingen niet geheel gelijk is.

De warmtestroommeting en de controle meting wijken maximaal 10% af ten opzichte van elkaar. Opgemerkt dient hierbij te worden dat de controle meting niet nauwkeurig is en enkel als maatstaf gebruikt mag worden.

Op bijlage 8 zijn de meetresultaten van de warmtestroommeters en van de controle meting grafisch uitgezet. Met behulp van de grafieken kan men beide metingen in de vier kasafdelingen onderling vergelijken.

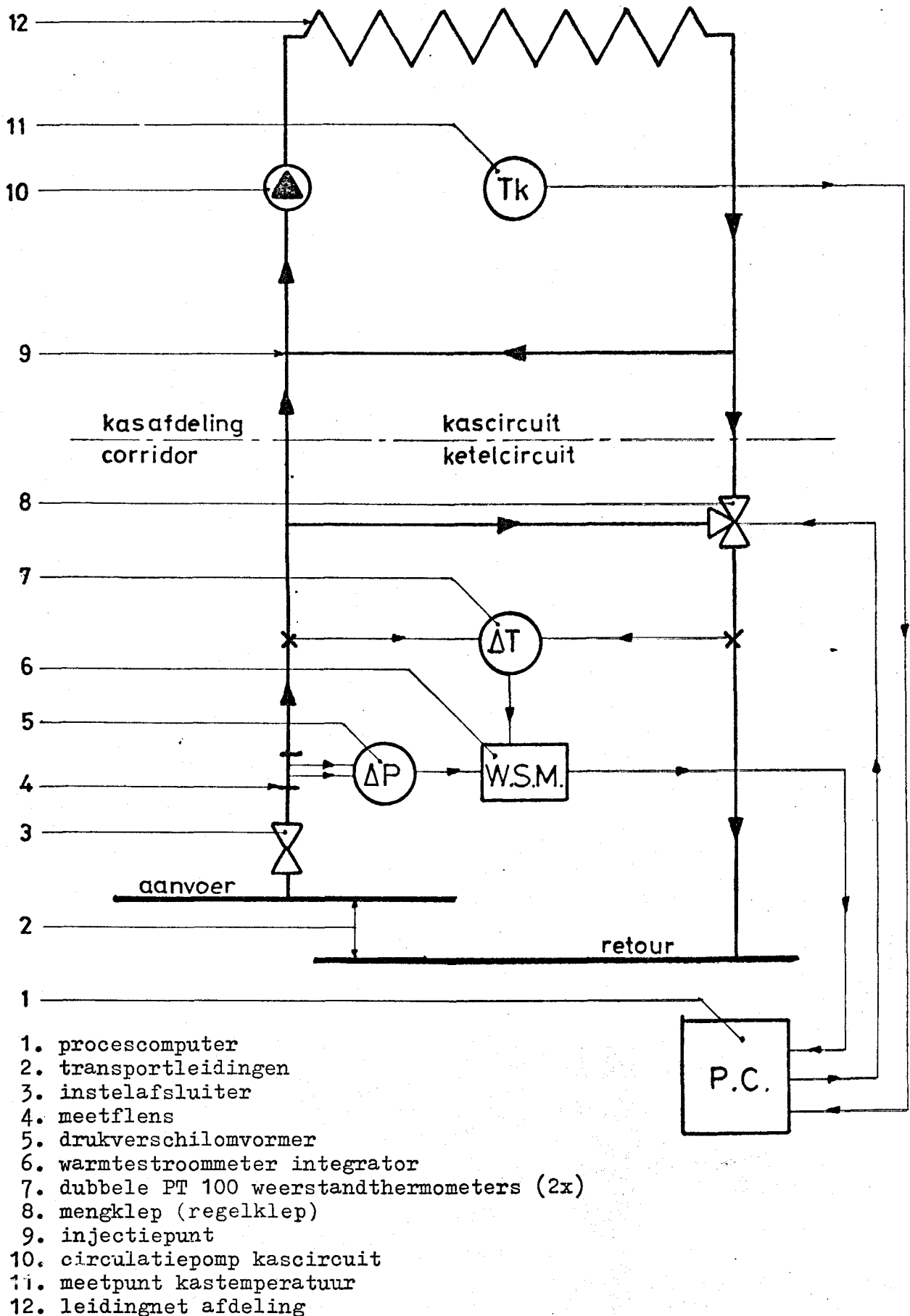
7. Nabeschouwing

- Men dient bij verder gebruik van de warmtestroommeters rekening te houden met het feit dat het energieverbruik van die vier proefafdelingen verschillend is.
- De onderlinge afwijking van de warmtestroommeters is door verbeteringen kleiner gemaakt, maar blijft bestaan. Om de onderlinge meetfout kleiner te maken, zou te overwegen zijn de integrator van afdeling 8 opnieuw te laten afregelen vooral in verband met de grote afwijking in het dynamische gedrag.
- Ten einde de verschillen in apparatuur, geïnstalleerd in de vier kasafdelingen, te elimineren verdient het aanbeveling de meetsignalen door de computer te laten verwerken en integreren.

8. Literatuurlijst

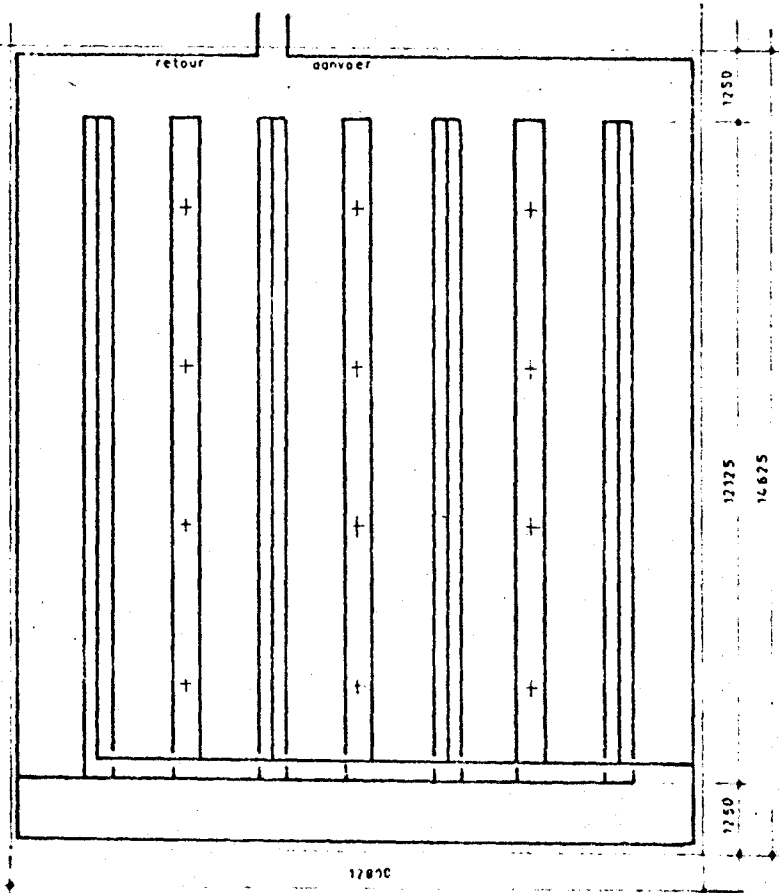
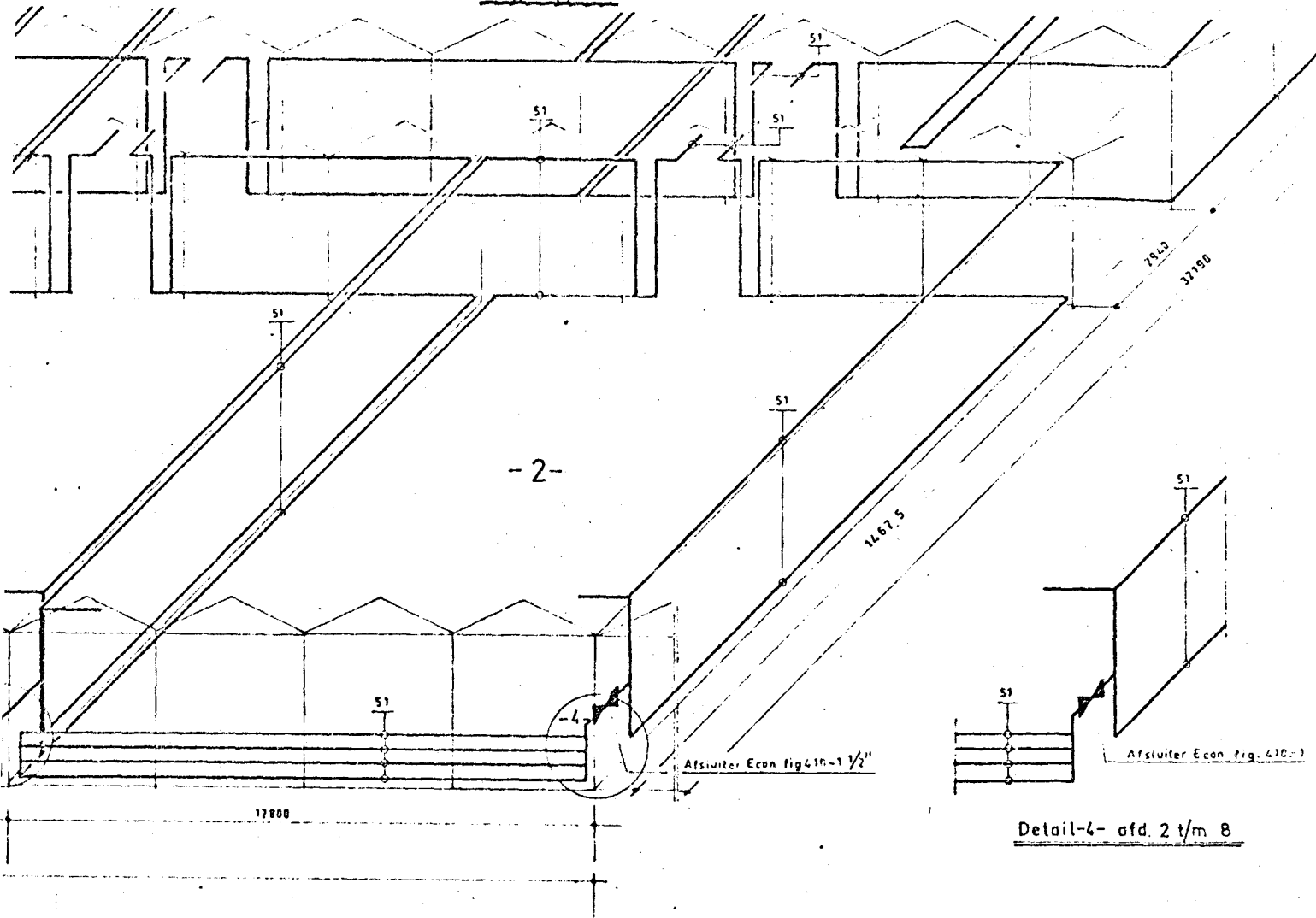
- (1) Jolink, H.H.W. "Rapport betreffende de uitvoeringsvormen en de toepassingmogelijkheden van warmteverbruiksmeters voor warmwaterinstallaties voor kassen", TFDL 46012.3, Wageningen (december 1974).
- (2) Rovers, W. en Arendzen, A. "Intern rapport betreffende de warmteverbruiksmeters in de afdelingen 2, 4, 6 en 8 van kascomplex B 11", Proefstation Naaldwijk (maart 1976).
- (3) Siemens "Warmemengen - Messzusatz zum Anschluss an Messumformer M 72131 - B, -C, -D, -E" Bereich Mess- und Prozesstechnik, Karlsruhe (april 1974).

Bijlage 1



Figuur 2. meetopstelling warmtestroommeter in injectie - mengstelsel.

Bijlage 2



Tekening 2.2. kasverwarming
proefafdelingen

Bijlage 3

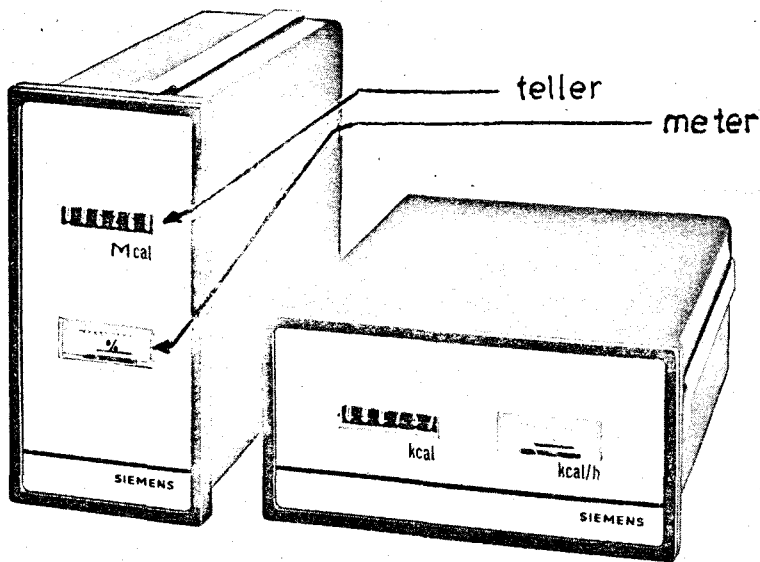
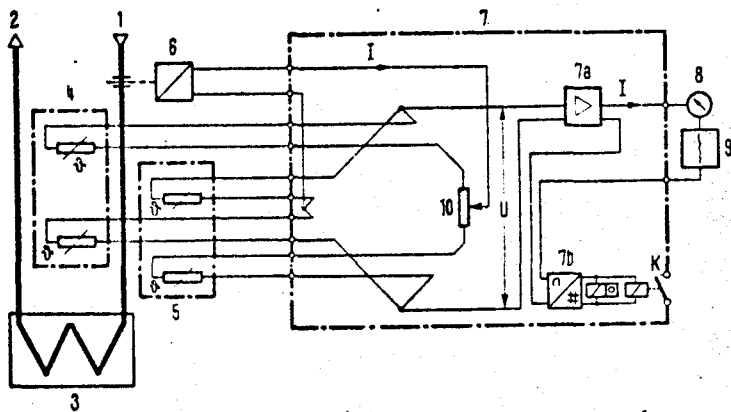


Foto 2.3. integrator - warmtestroommeter



1. aanvoer
2. retour
3. verwarmingnet
4. weerstandthermometer met meetweerstand PT 100 in retour
5. weerstandthermometer met meetweerstand PT 100 in aanvoer
6. drukverschilomvormer
7. integrator (w.s.m.)
- 7a. meetversterker
- 7b. gelijkstroomteller
8. analoge meter
9. uitgang naar procescomputer
10. potentiometer PO voor nulpunt instelling

Figuur 2.3. blokschema van de warmtestroommeting.

Bijlage 4

Tabel 3. Meetresultaten van de warmtestroommeters (w.s.m.) en het verschil tussen buis- en kasttemperatuur in kascomplex B 11 in de afdelingen 2, 4, 6 en 8.

Datum	tijd h	buis - kasttemperatuur %				w.s.m. energieverbruik %			
		2	4	6	8	2	4	6	8
26-1-1979	4 - 10	100	75	78	99	100	79	81	31*
	10 - 16	100	89	106	100	100	89	96	40*
	16 - 22	100	75	77	105	100	73	76	87
	22 - 4	100	70	71	104	100	72	72	78
27-1-1979	4 - 10	100	75	78	101	100	79	81	82
	10 - 16	100	101	116	106	100	100	108	63
	16 - 22	100	77	78	112	100	75	75	83
	22 - 4	100	73	75	107	100	74	75	87
28-1-1979	4 - 10	100	58	61	76	100	82	84	90
	10 - 16	100	106	121	127	100	102	109	74
	16 - 22	100	76	76	110	100	71	70	92
	22 - 4	100	66	68	107	100	65	65	92

Opmerkingen:

- Afdelingen 4 en 6 worden 's nachts afgeschermd ten behoeve van energiebesparing.
- De meetresultaten van afdeling 2 zijn op 100% gesteld. Alle meetresultaten zijn over 6 uur gemiddeld.

* = meetfouten

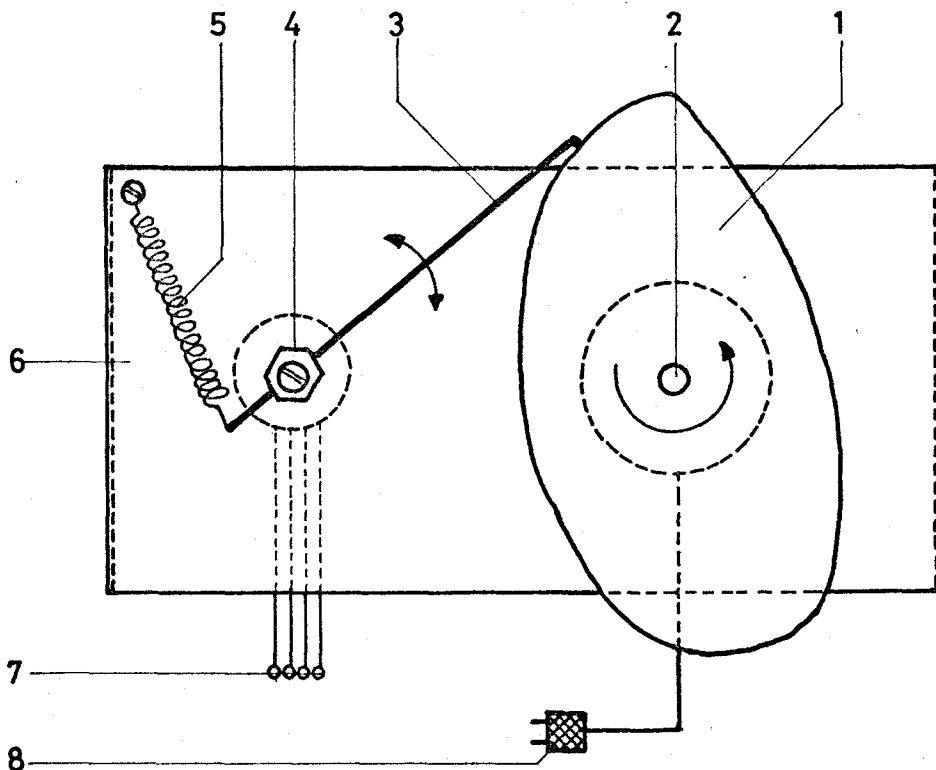
Tabel 4.3.1. Overzicht meetresultaten van de statische controle meting van de integratoren (I) die in de afdelingen 2, 4, 6 en 8 gebruikt zijn. Bij de controle meting is een watergoeveelheid (ϕv) van 1,75 m³/h nagebootst door middel van een MA-stroombron van 10 mA en een aanvoertemperatuur (Ta) van 95°C nagebootst door middel van gecalibreerde weerstanden van 136,6Ω.

retourtemp Tr Ω	temp.verschil $\Delta T = Tr - Ta$ °C		Berekend warmteverbruik Mcal/h (sw x ϕv x ΔT)	Gemeten warmteverbruik Mcal/h				afwijking gemeten ten opzichte van berekend warmteverbruik %			
	Ω	°C		I2	I4	I6	I8	I2	I4	I6	I8
113	23,7	61,56	103,63	102,00	106,00	102,50	103,50	-1,57	+2,29	-1,09	-0,12
114	22,7	58,96	99,25	98,40	101,50	100,00	95,00	-0,86	+2,27	+0,76	+0,14
115	21,7	56,36	94,87	94,10	96,85	93,50	95,00	-0,81	+2,08	-1,45	+0,14
116	20,7	53,77	90,51	89,75	92,90	89,50	86,25	-0,84	+2,20	-1,12	+0,13
117	19,7	51,17	86,14	85,50	88,45	85,00	86,25	-0,74	+2,69	-1,32	+0,13
118	18,7	48,57	81,76	81,15	83,90	81,00	75,25	-0,74	+2,62	-0,93	-2,76
119	17,7	45,97	77,38	76,80	79,40	76,50	75,25	-0,75	+2,61	-1,14	-2,76
120	16,7	43,38	73,02	72,45	74,90	72,00	68,50	-0,78	+2,58	-1,39	-0,24
121	15,7	40,79	68,66	68,15	70,40	68,00	68,50	-0,75	+2,53	-0,97	-0,24
122	14,7	38,18	64,27	63,80	65,95	63,50	59,95	-0,73	+2,61	-1,20	+0,18
123	13,7	35,58	59,84	59,45	61,45	59,00	59,95	-0,65	+2,71	-1,40	+0,18
124	12,7	32,99	55,53	55,15	56,95	55,15	51,20	-0,68	+2,56	-0,68	+0,08
125	11,7	30,39	51,16	50,80	50,25	50,85	51,20	-0,70	-1,76	-0,61	+0,08
126	10,7	27,79	46,78	46,45	47,90	46,55	42,50	-0,71	+2,39	-0,50	+0,24
127	9,7	25,19	42,40	42,20	43,50	42,20	42,50	-0,47	+2,59	-0,47	+0,24
128	8,7	22,60	38,04	37,85	39,00	37,85	42,50	-0,50	+2,53	-0,50	+0,10
129	7,7	20,00	33,67	33,50	34,50	33,50	33,70	-0,50	+2,48	-0,50	+0,10
130	6,7	17,40	29,29	29,20	30,00	29,20	33,70	-0,31	+2,42	-0,31	+0,08
131	5,7	14,81	24,93	24,85	25,55	24,85	24,95	-0,32	+2,49	-0,32	+0,08
132	4,7	12,21	20,55	20,50	21,05	20,50	20,60	-0,24	+2,43	-0,24	+0,24
133	3,7	9,61	16,18	16,15	16,55	16,15	16,20	-0,19	+2,29	-0,19	+0,12
134	2,7	7,01	11,80	11,85	12,05	11,80	11,85	+0,42	+2,12	-0,00	+0,42
135	1,7	4,42	7,44	7,53	7,61	7,50	7,50	+1,21	+2,28	+0,81	+0,81
136	0,7	1,82	3,06	3,20	3,11	3,17	3,14	+4,58	+1,63	+3,43	+2,61

Bijlage 6

Tabel 4.3.2. Overzicht meetresultaten van de dynamisch controle meting van de integratoren (I) die op afdelingen 2, 4, 6 en 8 gebruikt zijn. Bij de meting is een aanvoertemperatuur (T_a) van 95°C nagebootst door middel van gecalibreerde weerstanden en een wisselende retourtemperatuur nagebootst tussen de $94 - 64^{\circ}\text{C}$ door middel van een dubbele potentiometer.

waterhoeveelheid ϕ_v		tijd nodig voor een energieverbruik van 10 Mcal ($\Delta 10$ eenheden) sec.			
mA	m ³ /h	I2	I4	I6	I8
10	1,75	1007	1013	999	962
20	3,5	504	506	498	480
afwijking t.o.v. I2 in %		—	+ 1	- 1	- 4



- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. curveschijf | 5. veer |
| 2. motor (n = 2 omw/min) | 6. statief |
| 3. arm | 7. aansluiting integrator (w.s.m.) |
| 4. dubbele potentiometer (1 K Ω) | 8. voeding motor |

Figuur 4.3. Meetopstelling voor het simuleren van de retourtemperatuur bij de dynamische controle van de integratoren.

Tabel 6. Nieuwé meetresultaten van de warmtestroommeters en van de controle meting in kascomplex B 11 op afdeling 2, 4, 6 en 8.

tijdstip	w.s.m. energieverbruik Δ Mcal/h								controle meting overtemperatuur $^{\circ}\text{C}$				meetgegevens
	datum	tijd h	2(8)	4(6)	6(2)	8(4)	2	4	6	8	afdeling (integrator)		
3-4-1979	16 - 18	15,3	18,1	15,5	20,0	21,55	24,8	23,25	23,7	metingen door de proces-computer gemiddeld over 2 uur			
	18 - 20	11,8	12,6	10,6	14,6	15,3	17,55	16,9	18,4				
4-4-1979	20 - 22	26,5	25,4	27,0	26,9	20,15	21,9	21,8	21,4				
	20 - 0	26,0	26,5	25,3	28,6	24,65	25,8	26,15	24,4				
	0 - 2	26,0	27,1	25,5	29,7	25,7	27,45	27,4	26,7				
	2 - 4	28,3	27,9	26,0	31,2	25,6	27,85	27,75	28,2				
	4 - 6	27,7	27,8	26,9	31,4	26,85	29,0	29,05	29,9				
	6 - 8	38,1	34,4	34,7	38,4	33,05	33,95	34,5	34,6				
	8 - 10	2,1	3,6	1,3	3,3	15,55	17,10	15,55	16,65				
	10 - 12	0,7	0,6	0,3	1,2	4,25	5,4	4,35	4,95				
12 - 14	0,6	0,6	0,3	1,3	3,45	3,8	3,0	3,55					
14 - 16	5,8	5,9	6,5	7,6	5,05	6,05	5,7	6,30					
16 - 18	6,8	8,8	7,6	10,9	7,25	8,55	8,3	9,25					
18 - 20	18,4	17,9	18,2	21,3	14,35	16,85	16,55	17,5					
20 - 22	22,2	23,8	23,6	24,5	20,0	21,9	22,85	22,15					
5-4-1979	22 - 0	23,6	24,6	23,3	24,6	21,85	24,4	24,55	22,75				
	0 - 2	25,8	25,5	24,4	28,4	24,35	26,3	26,15	24,85				
	2 - 4	25,5	26,3	25,0	30,0	24,25	26,8	26,8	26,85				
	4 - 6	18,2	19,4	18,8	18,7	20,75	23,75	23,7	21,9				
	6 - 8	30,8	32,0	29,7	32,9	27,35	30,5	29,5	27,60				
	gemiddeld												
van 3/4 tot 5/4	16 8	19,01 100	19,44 102	18,53 98	21,28 112	19,07 100	20,99 110	20,69 108	20,58 108	gemiddeld % t.o.v. afdeling 2			
van 3/4 tot 5/4	16 8	663 100	680 103	642 97	738 111					Mcal; tellerstand % t.v.o. afdeling 2			