

TNO-rapport

94-171

**Begeleidingsonderzoek Toepassing
Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam,
fase I en II (Eindrapportage)**

Referentienummer 94-171
Dossiernummer 112325-23917/WIT
Datum mei 1994
NP

Auteur
Ir. J.B. de Wit
Ing. A.A. Traversari

Met medewerking van
E.J. Ligtenberg
Drs. A. Weenk

Trefwoorden
- absorptiekoeltechniek
- stadsverwarming
- demonstratieproject
- energiebesparing

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 Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Bestemd voor
NOVEM
t.a.v. Ir. G.W. Boxem
Postbus 17
6130 AA Sittard

Samenvatting

Om in de koelbehoefte van de computerruimte van het nieuwe hoofdkantoor van het GEB-Rotterdam te voorzien wordt een absorptiekoelmachine toegepast. De absorptiekoelmachine wordt aangedreven met warmte uit het stadsverwarmingsnet. Het ministerie van Economische Zaken verleende steun aan dit Demonstratieproject in het kader van de steunregeling energiebesparing en stromingsenergie. Dit rapport geeft de resultaten van het door TNO-ME uitgevoerde begeleidingsonderzoek van dit project. Dit onderzoek is in twee fasen uitgevoerd:

- Fase 1: Metingen aan de absorptiekoelmachine, vaststellen van het functioneren van de koelinstallatie (koudelevering, koudefactor, vrije koeling, noodkoeling).
- Fase 2: Het uitvoeren van metingen aan de absorptiekoelmachine gedurende een jaar, om de koudefactor en de koudelevering op wat langere termijn en bij alle weersomstandigheden vast te stellen.

De resultaten van fase 1 zijn in een eerder stadium gerapporteerd in de vorm van een tussenrapport. Dit eindrapport behandelt zowel de resultaten van fase 1 als de resultaten van fase 2. NOVEM B.V. is opdrachtgever voor dit begeleidingsonderzoek. De belangrijkste resultaten van dit onderzoek zijn:

- De koellast is zeer constant en wordt nauwelijks beïnvloed door het buitenklimaat.
- De maximaal optredende koellast bedraagt circa 50% van de ontwerpcapaciteit.
- De inzet van vrije koeling kan drastisch uitgebreid worden.
- De gemiddelde koudefactor is in deellast lager dan in vollast. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt door de aard van de capaciteitsregeling.
- De overname van de koellast van de vrije koeling door de absorptiekoeling gaat gepaard met inschakeling van de noodkoeling. Deze noodkoeling blijft dan vervolgens een tijdlang - soms enkele dagen - in bedrijf. Dit veroorzaakt uiteraard extra primair energieverbruik dat vermeden moet kunnen worden. De reden van de overname door de noodkoeling is niet bekend en dient nader onderzocht te worden.
- De capaciteitsregeling grijpt in op het heetwaterdebiet door de generator. Bij deellast daalt hierdoor de gemiddelde generatortemperatuur, anders dan bij stoomgedreven absorptiekoelsystemen, relatief sterk waardoor ook - bij gelijke condensoren verdampertemperaturen - de koudefactor daalt.
- Een deel van de capaciteitsreductie wordt derhalve bereikt door verslechtering van de koudefactor, een verslechtering die op basis van de beschikbare aanvoertemperatuur niet nodig is. Uiteraard resulteert deze regeling in relatief lage retourtemperaturen (circa 50 - 55 °C).
- Vermoedelijk zijn met lagere aandrijftemperaturen dan thans zijn toegepast (95 °C) goede resultaten te bereiken met absorptiekoeling. Dit is belangrijk voor die toepassingen waarin grote (vrijwel) gratis afvalwarmtestromen van 70 - 80 °C beschikbaar zijn. Te denken valt aan industriële toepassingen en stadsverwarming gedreven systemen waarvan de temperatuur in de zomerperiode wordt verlaagd. Het VO in de generator dient in dit geval uiteraard aangepast te worden.
- Het verschil tussen de primaire en de secundaire koudefactor is in de zomermaanden aanzienlijk. Dit betekent dat er behoorlijke verliezen aan koude optreden in het transportnet. Dit is zowel ongunstig voor de capaciteit van de installatie als voor het primaire energiegebruik.

Abstract

For cooling of the computer rooms in the new head office of the GEB at Rotterdam, the Netherlands, a absorption chiller was installed. The generator of this absorption chiller is heated by district hot water of 90 °C. The Dutch Ministry of Economic Affairs supports this so called Demonstration Project for Energy Conservation in the Netherlands. NOVEM B.V. is the Principal of this project is NOVEM B.V.

This report gives the main results of the evaluation project of this cooling system, carried out by the department of Heat and Refrigeration technology of the TNO Institute of Environmental and Energy Technology. This project is carried out in two phases:

- Phase 1: Measurements on the district heat driven absorption chiller and a functional test of this chiller (cooling capacity, COP, emergency cooling and free cooling).
- Phase 2: Measurements on the absorption chiller during one year (April 1993 - April 1994) to evaluate the seasonal performance and COP.

The results of phase 1 are reported in TNO report 93-275 (July 1993). This final report gives the results of both phase 1 and phase 2. The most important results of this project are:

- The cooling load is constant and is very slightly influenced by the outdoor climate.
- The maximum cooling load is 50% of the design capacity of the absorption chiller.
- The share of the free cooling can be increased drastically.
- The average COP is lower in part load than in full load situations. This contra-intuitive effect is possibly introduced by the control system.
- The change-over from the free chilling to the absorption chilling is accompanied by a switch-on of the emergency chilling. This mechanical driven emergency chiller is running sometimes during several days. This causes extra use of primary energy. This unfavourable phenomena has to be avoided in the future.
- The capacity control system influences the hot water flow through the generator. At part load, the average generator temperature decreases relatively strong. This causes a decrease of the COP. Steam driven systems does not have this problem.
- The reduction of the capacity is reached partly by decrease of the COP. This control system results in relatively low release temperatures (50 - 55 °C).
- With lower supply temperatures, a relatively good performance is achievable. This is important for applications with free waste streams of 70 - 80 °C. This is the case for some industries and district heating systems with reduced supply temperatures during the summer. The heating surfaces in the generator have to be enlarged properly.
- The difference between the primary COP and the secondary COP is substantial during the summer months. This is caused by relatively large losses of cold in the distribution system. This is unfavourable for the system capacity and the use of primary energy.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Abstract	3
1	Inleiding	5
2	De absorptiekoelmachine	7
3	Het koelsysteem	9
4	De meetapparatuur en het meetprogramma	12
5	Analyse van de meetnauwkeurigheden	14
6	Meetresultaten	16
6.1	Algemeen	16
6.2	'Kortsluiting' in het koelcircuit	16
6.3	De optredende condities rond de absorptiekoelmachine	17
6.4	De koudefactor als functie van de belasting	17
6.5	Inzet vrije koeling	18
6.6	Resultaten van de duurmetingen (periode: 1 april 1993 tot en met 1 april 1994)	18
7	Economie, energiebesparing en milieu-effecten van absorptiekoeling	20
7.1	Energiebesparing en milieu-effecten	20
7.2	Economie	20
8	Conclusies	22
9	Discussie	23
10	Literatuur	24
11	Verantwoording	25

Figuren

Bijlagen

1 Inleiding

In dit Demonstratieproject Energiebesparing wordt een absorptiekoelmachine toegepast om te voorzien in de koelbehoefte van de computerruimten van het nieuw gebouwde hoofdkantoor van het Gemeentelijk Energie Bedrijf (GEB) te Rotterdam. Het bijzondere van deze toepassing is, dat de absorptiekoelmachine wordt aangedreven met warmte uit het stadsverwarmingsnet. Omdat deze warmte afkomstig is uit een grootschalige warmte-kracht installatie wordt zij met een lage extra inzet - de zogenaamde bijstookfactor - van fossiele energiegegenereerd. Er wordt overigens gedurende een deel van het jaar (bij een natte bol temperatuur beneden de 4 °C) ook gebruik gemaakt van vrije koeling, waarbij de warmte uit de computerruimten wordt afgevoerd via een koeltoren, waarmee overigens ook de condensorwarmte/absorberwarmte van de absorptiekoeling wordt afgevoerd als de absorptiekoelmachine in bedrijf is.

De hier toegepaste absorptietechniek is zeker niet nieuw. Voor Nederland is het 'stoken' van dit soort installaties met stadsverwarmingswarmte echter wel nieuw. De toepassing van absorptie koeling is ook interessant voor het gebruik van kleinschaliger warmte-kracht installaties, waarbij in delen van het jaar koude wordt gevraagd *in plaats van* warmte. De relatief hoge investeringen van absorptiesystemen worden voor een groot deel veroorzaakt door de kleine produktie-aantallen ten opzichte van de algemeen toegepaste compressiesystemen die het nadeel van een hoger primair energieverbruik hebben maar het voordeel van flexibeler inzet (elektriciteit in plaats van goedkope warmte) en lagere kosten per kW door massaproductie. Op die plaatsen waarbij de grote hoeveelheden warmte die bij opwekking van elektriciteit vrijkomt ook daadwerkelijk beschikbaar is, zoals bij toepassing van stadsverwarming, is absorptiekoeling in ieder geval energiebesparend, mits de koeling plaatsvindt op uren waarop de stadsverwarmingswarmte niet nuttig ingezet kan worden voor verwarmingsdoel-einden.

Bij GEB Rotterdam is een absorptiekoelmachine met een capaciteit van 450 kW koude geïnstalleerd. Omdat stadsverwarming gedreven absorptiekoeling in Nederland nog niet eerder is toegepast, is subsidie aangevraagd bij het Ministerie van Economische Zaken in het kader van de Steunregeling Demonstratieprojecten. Deze subsidie werd verleend (Demonstratieproject 400). Door NOVEM werd aan TNO-ME afdeling Warmte- en Koudetechniek gevraagd een begeleidend onderzoek uit te voeren. Het doel van dit begeleidingsonderzoek is:

- Het vaststellen van het energetisch rendement, de koudefactor, zowel momentaan (fase 1) als op jaarbasis (fase 2).
- Het evalueren van het gedrag van de absorptiekoelmachine in de praktijk (capaciteit, alternatieven, regeling).
- Het vaststellen van het aandeel van de vrije koeling via de koeltoren in de totale koudevraag.
- Een beoordeling van de regeling van het systeem, in het bijzonder de realisering van de aansluiting van koudevraag en koude-aanbod en de omschakeling van vrije koeling op absorptiekoeling.
- Een economische beoordeling van het gebruik van een absorptiekoelmachine in relatie tot de meerinvestering.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

Dit project werd in twee fasen uitgevoerd. Fase 1 is gericht op de juiste werking van het koelsysteem in het algemeen en de absorptiekoelmachine in het bijzonder, terwijl fase 2 als doel heeft om de energetische en economische resultaten van de absorptiekoelmachine op jaarbasis te evalueren. De jaarmetingen zijn uitgevoerd in de periode 1 april 1993 tot en met 1 april 1994.

Indeling rapport

In hoofdstuk 2 wordt de werking van de absorptiekoelmachine uiteengezet. In hoofdstuk drie wordt vervolgens het gehele koelsysteem - dat bestaat uit koelmachine, koeltoren, verdeelsysteem en koelunits computerruimte - behandeld.

In hoofdstuk vier worden de gebruikte meetapparatuur en het meetprogramma behandeld, terwijl de analyse van de meetnauwkeurigheden in hoofdstuk vijf aan de orde komen. De meetresultaten zullen in hoofdstuk zes aan de orde komen.

De energiebesparing, de milieu-effecten en de economie van absorptiekoeling komt in hoofdstuk zeven aan de orde. In hoofdstuk 8 volgen de conclusies, terwijl in hoofdstuk 9 een discussie volgt met betrekking tot de toepasbaarheid van absorptiesystemen.

2 De absorptiekoelmachine

Zoals bij de meeste andere koelmachines heeft de absorptiekoeling een condensor, een smoorventiel en een verdamper. In de condensor wordt hoge druk koudemiddeldamp (in dit geval: water) vloeibaar gemaakt, waarbij de condensatiewarmte wordt afgevoerd, in dit geval aan de omgeving middels een koeltoren. De hoge druk koudemiddelvloeistof wordt in het smoorventiel in druk verlaagd, zodat verdamping kan plaatsvinden bij veel lagere temperatuur. De taak van de overige componenten is ervoor te zorgen dat de lage druk koudemiddeldamp uit de verdamper wordt gecomprimeerd tot hoge druk koudemiddeldamp aan de ingang van de condensor. In de absorptiekoelmachine gebeurt dit in een aantal stappen. De lage druk damp wordt eerst in de absorber geabsorbeerd in een daarvoor geschikt absorbens (in dit geval Lithium Bromide). Om dit proces in stand te houden moet deze oplossing gekoeld worden. De hierbij vrijkomende warmte dient, tezamen met de condensorwarmte, afgevoerd te worden. De met koudemiddel verrijkte oplossing wordt vervolgens door een hoge druk vloeistofpomp naar de deserteer (meestal generator genoemd) gevoerd, waar de (hoge) condensordruk heerst. In de generator wordt door verwarming het koudemiddel weer uit de oplossing gedreven. Voor deze verwarming wordt de (thermische) aandrijfenergie gebruikt. De gedeeltelijk van koudemiddel ontdane oplossing stroomt via een smoorventiel terug naar de absorber. Foto 1 toont de absorptiekoelmachine.

Omdat de absorptiekoelmachine bijna geen bewegende delen bevat, zal de geluidsproductie laag, de slijtage gering en de levensduur lang zijn.

De prestatie van een koelmachine - en dus ook van een absorptiekoelmachine - wordt uitgedrukt door de verhouding van de aandrijvende warmte (Q_g) ten opzichte van de geleverde koude (Q_o):

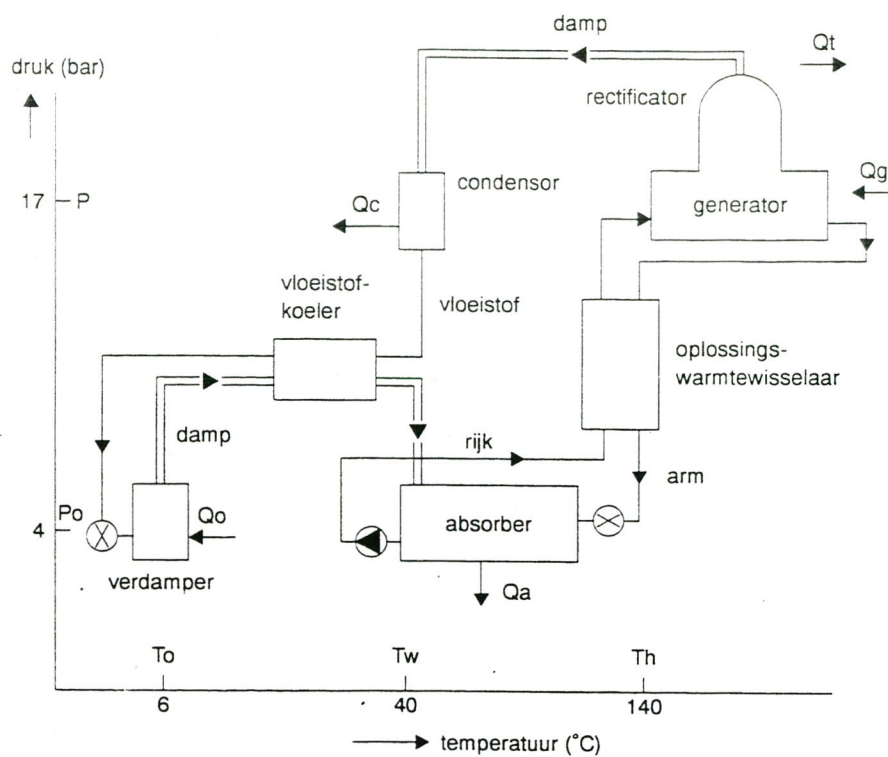
$$\frac{Q_o}{Q_g}$$

Dit wordt de koudefactor genoemd. Theoretisch wordt de waarde van de koudefactor begrensd door de interne verdampertemperatuur, de condensor-/absorbertemperatuur en de generatortemperatuur.

$$\frac{Q_o}{Q_g} = \frac{T_g - T_c}{T_g} \cdot \frac{T_o}{T_c - T_o}$$

De temperatuur van de condensor ligt steeds tussen de temperatuur van de verdamper en de generator. In de praktijk is voor eentraps standaard absorptiekoelmachines een koudefactor van circa 0,7 à 0,8 haalbaar. Dit betekent dat de aandrijfswarmte steeds groter is dan de geleverde koude. De absorptiekoelmachine 'zet veel warmte om', zie bijgaand plaatje. Alle warmte wordt uiteindelijk afgezet aan de omgeving middels de koeltoren, die de condensor koelt. De absorptiekoelmachine zal dus vooral daar worden ingezet waar (bijna) gratis warmte ter beschikking staat of als er speciale redenen zijn waarom compressiesystemen niet inzetbaar zijn.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*



Figuur 1 Principeschema absorptiekoelmachine

3 Het koelsysteem

Het totale koelsysteem kan worden ingedeeld in vier subsystemen:

1. De koelunits in de computerruimte;
2. Het verdeelsysteem;
3. De absorptiekoelmachine;
4. De koeltoren.

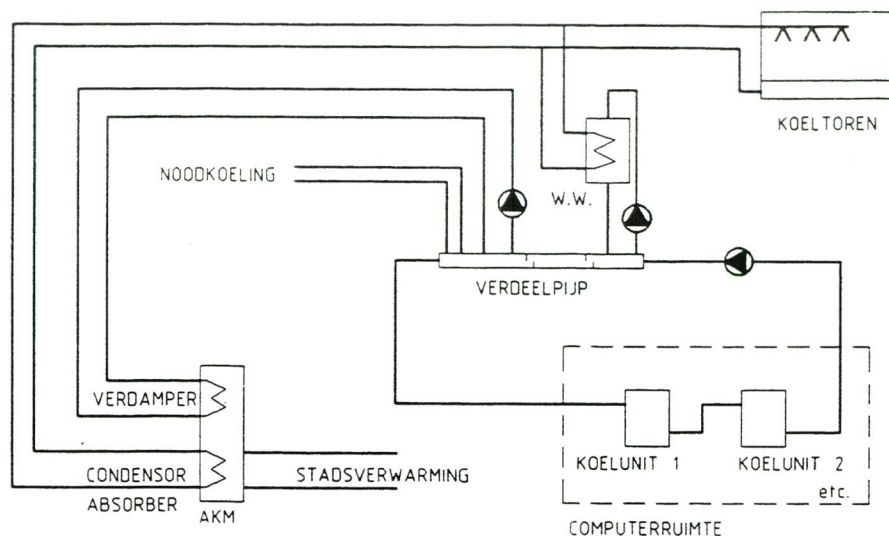
Figuur 2.1 toont het schema van het koelsysteem. De koelunits in de computerruimte zijn fancoil units die de warmte aan de lucht van de computerruimte onttrekken. Het debiet door deze units wordt door middel van een temperatuur gestuurde drieweg verdeelklep geregeld. Bij ontwerpcondities is de aanvoertemperatuur 10 °C en de retourtemperatuur 15 °C. Bij lagere benutting van het koelsysteem is de retourtemperatuur lager: een deel van het koelwater wordt zonder warmte-opname buiten de fancoil unit omgeleid. De aanvoer van het koelwater wordt gerealiseerd vanuit de centrale verdeelpijp. Hierop zijn drie koel'bronnen' aangesloten, namelijk de compressie(nood)koeling, de vrije koeling en de absorptiekoeling. De drukverdeling in de verdeelpijp is bij goede inregeling zodanig, dat het kortsluitdebiet - dit is het debiet door de verdeelpijp tussen aanvoer en retour van de ingeschakelde koudebron - gering is.

Afhankelijk van de buitentemperatuur wordt de absorptiekoelmachine of de vrije koeling ingezet. De compressiekoeling van de kantoren van de laagbouw wordt alleen bij storing van een van de andere koelsystemen ingezet.

De omschakeling vindt plaats bij 4 °C natte boltemperatuur van de buitenlucht. Hierboven wordt de absorptiekoelmachine ingezet, daaronder de vrije koeling. Voor een standaard referentie jaar is er circa 2750 uur vrije koeling beschikbaar, zie bijlage 1. Omdat de koellast bij geen enkele weersomstandigheid onder de circa 170 kW komt is deze vrije koeling ook daadwerkelijk actief gedurende deze uren.

De koeltoren wordt zowel gebruikt voor de koeling van de condensor van de absorptiekoelmachine als voor de vrije koeling. De koeltoren is hiertoe via een warmtewisselaar aangesloten op de verdeelpijp.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*



Figuur 2 Principeschema koelsysteem

1. De koelunits in de computerruimten

Op het koudwatersysteem zijn 9 stuks fancoil units aangesloten met een gezamenlijk vermogen van 427,5 kW. Deze units zijn verdeeld opgesteld en individueel geregeld op (lucht)temperatuur. De relatieve vochtigheid wordt met behulp van stoombevochtiging geregeld. De grootste units (7 stuks met een koelcapaciteit van 52 kW) zijn opgesteld in de computerruimten en de ruimten voor printers en tape recording.

2. Het verdeelsysteem

De kern van het verdeelsysteem wordt gevormd door de verdeelpijp. Hierop zijn drie koelunits aangesloten, namelijk:

- De absorptie koelmachine;
- De mechanische (nood)koeling van het laagbouwdeel;
- De vrije koeling via een koeltoren.

Zoals gesteld treden in de mengpijp lekdebieten op die kunnen veroorzaken dat de geleverde koudwatertemperatuur iets hoger is dan de door de koelmachine afgeleverde temperatuur en dus in een lagere verdampingstemperatuur dan strikt noodzakelijk is. Dit effect blijkt in de praktijk echter vrij gering te zijn. Verlopen van inregelingen moeten echter goed in de gaten gehouden worden. Ook hiervoor zijn de geïnstalleerde warmtemeters nuttig, omdat hiermee ook de debieten van koelmachines en verdeelpijp en hun onderlinge verschillen waaruit het lekdebiet kan worden bepaald, vastge-

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

steld kan worden. Het nominale debiet naar de computerruimte bedraagt 77,4 m³/h (ontwerp) het werkelijke debiet was variërend rond de 81 m³/h.

3. De koelmachine

De absorptiekoelmachine is reeds uitvoerig in het vorige hoofdstuk behandeld. Het debiet door de verdamper bedraagt 77,4 m³/h (ontwerp) in werkelijkheid circa 75 m³/h, terwijl het debiet door de generator in werkelijkheid circa 7 m³/h bedraagt, bij een ontwerpdebet van 27 m³/h.

Het temperatuurverschil aanvoer/retour bedraagt circa tweemaal het ontwerp temperatuurverschil. De aanvoer bedraagt typisch 91 - 94 °C, de retour zit tussen 51 en 62 °C. De pompen van condensor en verdampercircuit worden gelijktijdig met de absorptiekoelmachine aangestuurd.

4. De koeltoren (afvoer condensorwarmte en vrije koeling)

Deze koeltoren koelt de absorber/condensor bij koelmachinebedrijf boven de 4 °C natte boltemperatuur met een ontwerpdebet van 206 m³/h en de ontwerptemperaturen 31,4 °C (in) en 27 °C (uit) bij een natte boltemperatuur van 21 °C (koelcapaciteit 1.053 kW). Beneden de 4 °C natte bol wordt deze koeltoren voor vrije koeling gebruikt. Een platenwarmtewisselaar zorgt dat mengpijpcircuit en koeltorencircuit hydraulisch gescheiden blijven. De koelcapaciteit van de koeltoren als vrije koelunit bedraagt (ontwerp) 450 kW bij 77,4 m³/h en een ingaande temperatuur van 13 °C en een uitgaande temperatuur van 8 °C bij de buitenluchtconditie: 4 °C natte bol. Deze hydraulische scheiding brengt met zich mee dat de koudwatertemperatuur hoger is dan noodzakelijk. Vermijding van de platenwisselaar vergroot het potentieel voor vrije koeling aanmerkelijk. Nagegaan moet worden of deze warmtewisselaar niet vermeden kan worden. Dit heeft naast koeltechnische voordelen (meer vrije koeling, minder energieverbruik) ook het voordeel van lagere investeringen.

4 De meetapparatuur en het meetprogramma

De metingen zijn gestart in juli 1992. De meetinstallatie bestaat in grote lijnen uit:

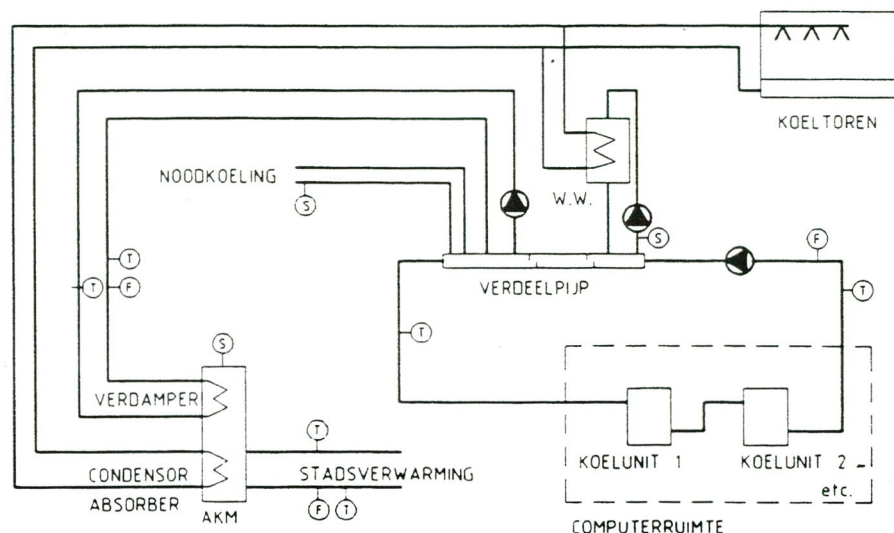
- Drie zeer nauwkeurige warmtemeters;
- Drie status detectoren voor de drie koelmogelijkheden (absorptiekoeling, vrije koeling en compressie(nood)koeling);
- Een Personal computer waarmee - middels het TNO programma VADAS - de metgegevens worden geregistreerd.

De warmtemeters bestaan uit twee PT 500 temperatuurvoelers, een flowmeter en een zogenaamde integrator, waarmee de hoeveelheid warmte die via een watersysteem (zoals de aanvoer van warmte naar de generator en de warmte afvoer naar de verdamp(er) wordt opgenomen of afgegeven wordt berekend.

De PT 500 temperatuurelementen zijn geleverd met een maximale afwijking van $\pm 0,05$ °C van het temperatuurverschil. Deze fout is door kalibratie overigens nog verder verminderd.

Via deze integrator worden, naast deze warmtehoeveelheden, ook het debiet, de aanvoer- en retourtemperatuur, het temperatuurverschil en het cumulatieve debiet via RS 232 doorgegeven aan de PC. Het data-acquisitie programma VADAS zorgt voor opslag van deze gegevens. Bijlage 4 geeft een beeld hoe zo'n meetfile (na verwerking met het pakket SYMPHONY) eruit ziet. Met deze gegevens zijn ook de koelvermogens, de vermogens die werden onttrokken aan het stadsverwarmingsnet, de koudefactoren en de benuttingsgraden van de koelmachine te berekenen. Op deze wijze is het zeer goed mogelijk om een nauwkeurig beeld op te bouwen van het gedrag van de koelinstallatie, zie de meetresultaten in hoofdstuk 5.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*



T = TEMPERATUURMEETPUNT (°C)
 F = DEBIETMEETPUNT (m³/h)
 S = STATUSMEETPUNT
 TWEE TEMPERATUURMEETPUNTEN EN EEN DEBIET-
 MEETPUNT WORDEN GECOMBINEERD TOT EEN WARMTEMETER

Figuur 3 Schema aangebrachte meetpunten

Met het PC VADAS meetsysteem worden de volgende grootheden geregistreerd:

- Het debiet van het stadsverwarmingswater door de generator (momentaan en cumulatief).
- Het debiet van het water door de verdamper (momentaan en cumulatief).
- Het koelwaterdebiet naar de computerruimte (momentaan en cumulatief).
- De aanvoer- en retourtemperatuur van het stadsverwarmingswater.
- De aanvoer- en retourtemperatuur van het water door de verdamper (het primaire koelwater).
- De aanvoer- en retourtemperatuur van het koelwater naar de computerruimte (het secundaire koelwater).
- De status van iedere koelbron (ingeschakeld/niet ingeschakeld).
- De warmtestromen naar de generator, de verdamper en uit de computerruimte.

De buitentemperaturen worden betrokken van de KNMI (station Iepenburg).

Uit deze grootheden kunnen de primaire en de secundaire koudefactor alsmede de benuttingsgraad van de koelmachine worden afgeleid.

5 Analyse van de meetnauwkeurigheden

Er is een analyse uitgevoerd van de meetnauwkeurigheid van de geleverde hoeveelheden koude en de primaire en secundaire koudefactor. Oorzaken van fouten zijn in te delen in verschillende categorieën:

1. Fouten tengevolge van de gevolgde meetmethode.
2. Fouten tengevolge van de plaatsing van meetsensoren.
3. Fouten in de meetsensoren en de conversie naar signalen.
4. Fouten in aangenomen fysische eigenschappen (in dit geval C_p en dichtheid van water als functie van de temperatuur).
5. Fouten in de verwerking van de meetsignalen.

De aard van deze fouten kan stationair of dynamisch zijn. Een essentieel verschil tussen stationaire en dynamische fouten is, simpel gesteld, dat stationaire fouten niet verdwijnen in een stationaire processituatie terwijl dynamische fouten zich uitsluitend manifesteren in overgangen van de ene stationaire toestand naar de nadere. Het effect van dynamische fouten op het meetresultaat hangt derhalve in hoge mate af van het gedrag van het systeem. Voorbeeld: een dynamische fout in een flowmeter die een constante flow meet zal geen invloed hebben, een eventuele stationaire fout wel.

Een analyse van de fouten tengevolge van oorzaken 3, 4 en 5 is uitgevoerd.

- Onnauwkeurigheden in de flowmeting.
- Onnauwkeurigheden in de (DT) temperatuurmeting.
- Onnauwkeurigheden in de integrator.
- Onnauwkeurigheden in dichtheid en C_p waarde van water.

De figuren 5.1.1 en 5.1.2 geven de band waarbinnen de primaire koudefactor zich beweegt op basis van de gemeten flow aan de stadsverwarmingzijde en de verdamperzijde en de temperatuurverschillen (DT) in deze stromen, alsmede de dichtheid en de C_p waarden. Hierin is ook aangegeven de waarde die de warmtemeter heeft aangegeven. Ondanks het feit dat de maximale fout in de DT maximaal +/- 0,05 °C is, is er sprake van een toch nog tamelijk brede band waarbinnen de koudefactor zich beweegt. Overigens bevindt de door de warmtemeter aangegeven waarde zich vrijwel steeds binnen deze band. Een verdere beperking van de breedte van deze band is alleen te verkrijgen door de nauwkeurigheid van de temperatuurmeting nog verder op te voeren. De nauwkeurigheid van de flow heeft een betrekkelijk geringe invloed.

De figuren 5.1.3 en 5.1.4 geven de band waarbinnen de koudefactor zich zou bewegen als de maximale fout in de DT maximaal +/- 0,1 °C zou bedragen. Uit de verschillen met 5.1.1 en 5.1.2 komt naar voren hoe gevoelig de totale fout is voor de fout in de DT. Voor de goede orde: de werkelijk opgetreden fout wordt weergegeven door de figuren 5.1.1 en 5.1.2!

De totale absolute fout in de onttrokken koudestroom bedraagt:

$$\Delta Q_{\text{koude}} = \{ \delta \text{Flow}_{\text{koude}} + \delta \Delta T_{\text{koude}} + \delta C_{p_{\text{water}}} (t) + \delta \rho_{\text{water}} (t) \} \cdot Q_{\text{koude, nominaal}}$$

hierin is:

$\delta \text{Flow}_{\text{koude}}$ = relatieve fout in het koudwaterdebiet door de verdamper

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

$\delta\Delta T_{\text{koude}}$	=	relatieve fout in het temperatuurverschil over dit verdamperdebiet
$\delta C_{p,\text{water}}$	=	relatieve fout in de C_p waarde van water
$\delta\rho_{\text{water}}$	=	relatieve fout in de dichtheid van water
$Q_{\text{koude, nominaal}}$	=	nominale, berekende koudestroom uit de gemeten flow, DT en de berekende C_p en waarden

De totale absolute fout in de warmtestroom uit het stadsverwarmingsnet bedraagt:

$$\Delta Q_{\text{stad}} = \{ \delta \text{Flow}_{\text{stad}} + \delta \Delta T_{\text{stad}} + \delta C_{p,\text{water}} + \delta \rho_{\text{water}} \} \cdot Q_{\text{stad, nominaal}}$$

hierin is:

$\delta \text{Flow}_{\text{stad}}$	=	relatieve fout in het stadsverwarmingswaterdebiet
$\delta \Delta T_{\text{stad}}$	=	relatieve fout in het temperatuurverschil over dit stadsverwarmingswaterdebiet
$\delta C_{p,\text{water}}$	=	relatieve fout in de C_p waarde van water
$\delta \rho_{\text{water}}$	=	relatieve fout in de dichtheid van water
$Q_{\text{stad, nominaal}}$	=	nominale, berekende koudestroom uit de gemeten flow, DT en de berekende C_p en waarden

De totale absolute fout in de primaire koudefactor wordt hiermee:

$$\Delta K = \{ \delta Q_{\text{koude}} + \delta Q_{\text{stad}} \} * K_{\text{nominaal}}$$

hierin is:

$$K_{\text{nominaal}} = \frac{Q_{\text{koude, nominaal}}}{Q_{\text{stad, nominaal}}} = \text{nominale koudefactor}$$

De band waarbinnen de werkelijke koudefactor zich bevindt wordt in figuur 5.1.3 en figuur 5.1.4 weergegeven.

6 Meetresultaten

6.1 Algemeen

De meetresultaten zullen aan de hand van een aantal figuren worden gepresenteerd. Met nadruk wordt hier gesteld, dat er nog geen conclusies getrokken kunnen worden met betrekking tot de resultaten op jaarbasis.

Helaas zijn de condities in het condensorcircuit niet middels metingen vastgesteld. Geconstateerd is namelijk dat de retourtemperaturen tengevolge van de regeling in de stadsverwarmingsstroom door de generator wordt geregeld middels ingrijpen op dit debiet. Hierdoor kunnen lage temperaturen optreden. De temperatuur van de generator ligt tenminste beneden de retourtemperatuur van het stadsverwarmingscircuit. Allereerst zullen echter een aantal algemene conclusies worden getrokken uit de metingen:

- De gevraagde koelcapaciteit is maximaal circa 50% (220 kW) van de capaciteit van de absorptie koelmachine (450 kW).
- De koudevraag varieert nauwelijks: In de zomer komt hij nooit boven de 220 kW en in de winter nooit beneden de 180 kW. De koellast wordt vrijwel volledig bepaald door de interne warmtebronnen.
- De koudefactor lijkt - bij constante generator- en verdampercondities - nauwelijks afhankelijk te zijn van de condensorcondities. Dit vereist nader onderzoek.

6.2 'Kortsluiting' in het koelcircuit

In oktober 1992, toen de installatie voor het eerst op de vrije koeling ging draaien, werd via de meetregistraties geconstateerd dat de absorptiekoelmachine in bedrijf bleef. Dit veroorzaakte, dat de condensorwarmte in het koelcircuit werd geloosd. De koelmachine ging hierdoor op vollast draaien om de uitgaande koelwatertemperatuur op 10 °C te handhaven. De primaire koudefactor wordt relatief hoog, terwijl de secundaire koudefactor heel laag wordt, hetgeen betekent dat de ingezette stadsverwarming slecht wordt benut voor nuttige koude, zie de figuren 5.2.1 en 5.2.2. Het relatief hoog zijn van de primaire koudefactor kan verklaard worden uit het feit dat de verdampertemperatuur en de condensortemperatuur slechts weinig verschillen. De noodzakelijke koeling werd echter steeds geleverd, zodat er geen klachten over het klimaat kwamen. Het warmteverbruik van de absorptiekoelmachine was echter gedurende een behoorlijke periode veel te hoog. In januari 1993 werd deze storing opgeheven door een wijziging in het besturingssysteem. Het laat echter zien dat het nuttig is dat warmtemeters in dit soort installaties - waarin zeer kleine temperatuurverschillen optreden doch waarin heel eenvoudig grote hoeveelheden warmte worden weggekoeld.

6.3 De optredende condities rond de absorptiekoelmachine

Figuur 6.3.1 geeft de condities (temperaturen, debieten) rond de absorptiekoelmachine aan op een warme dag. De belasting van de machine bedraagt 280 kW. Dit is overigens een hogere belasting dan op vergelijkbare dagen een jaar later optreedt. De oorzaak hiervan is niet bekend.

De koudefactor bedraagt circa 0,7, zie figuur 6.3.2.

De temperaturen van het koud water circuit zijn in de zomer en de winter vrijwel gelijk, zie figuur 6.3.3. Het debiet van het koud water circuit is overigens constant. De bijbehorende onttrokken vermogens verschillen overigens ook weinig, zie figuur 6.3.4. De figuren 6.3.5 en 6.3.6 geven de debieten en temperaturen van de generator en de verdampers weer op een warme dag en een - voor de absorptiekoeling - koude dag. Opvallend zijn de zeer geringe verschillen, ook in de koudefactor.

6.4 De koudefactor als functie van de belasting

Door constante koudevraag op slechts een deel van de capaciteit van de machine kan geen goed beeld gevormd worden van het functioneren van de installaties onder ontwerp omstandigheden, zie ook de figuren 6.4.1 en 6.4.2.

Er zijn vier 'extreme' situaties denkbaar:

1. Lage buitentemperatuur, hoge belasting;
2. Hoge buitentemperatuur, hoge belasting;
3. Lage buitentemperatuur, lage belasting;
4. Hoge buitentemperatuur, lage belasting.

Het gedrag van situatie twee is niet bekend. De overgang van situatie drie naar situatie een in oktober 1992 toont aan dat de koudefactor gunstig wordt beïnvloed door de belasting, hetgeen haaks staat op het verwachtingspatroon van absorptiemachines. Een verklaring kan gelegen zijn in het feit dat - door de aard van de capaciteitsregeling (via het debiet door de generator) de generatortemperatuur stijgt bij stijgende belasting, terwijl de verdampertemperatuur nauwelijks daalt omdat de gemiddelde temperatuur aan de koudwaterkant iets stijgt bij toenemende belasting.

De condensor wordt zwaarder, belast, doch hiervan is het ook aannemelijk dat de temperatuur niet of nauwelijks stijgt.

Als de buitentemperatuur stijgt en de belasting neemt tegelijkertijd toe, dan ontstaat het beeld van een stijgende koudefactor. Situatie twee is dus wel enigszins voorgekomen. De voorzichtige en voorlopige conclusie is dan, dat deellast niet gunstig is voor deze machine, hetgeen haaks staat op de algemene kennis van en ervaringen met deze machines. De V.O.'s zijn relatief groter bij lage belasting. Er zal nagedacht moeten worden over een regeling waarbij de generatortemperatuur in ieder geval niet verlaagd wordt om de capaciteit te verminderen. Mogelijk kan dit gebeuren door het debiet door de oplossingspomp te verminderen. Hierdoor stijgt de interne generatortemperatuur bij gelijke warmtestroom vanuit het stadsverwarmingsnet, waardoor de koudefactor vermoedelijk zal verbeteren.

De andere kant van deze zaak is dat met relatief lage generatortemperaturen toch nog een redelijke koudefactor behaald kan worden onder de bij comfortkoeling optredende temperaturen in verdampers en (lucht)condensoren.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

Er zijn dan wel hoge debieten vereist aan de kant van het aandrijfvermogen. Deze situatie is interessant voor absorptiekoeling als vervanging voor grondwaterkoeling in die bedrijfsomstandigheden waarin warmte-overschotten op circa 50 - 60 °C bestaan. De regeling dient dus verbeterd te worden.

6.5 Inzet vrije koeling

De koelwatertemperatuur zou enigszins verhoogd kunnen worden. Dit levert een aanmerkelijk grotere inzet (ten minste 50%) van de vrije koeling, juist in die uren waarin de stadsverwarmingswarmte beter elders ingezet kan worden. Zo blijft de stadsverwarmingswarmte voor de koeling beschikbaar als dit ook werkelijk nodig is. Het laten vervallen van de warmtewisselaar kan de inzet van vrije koeling verder vergroten.

6.6 Resultaten van de duurmetingen (periode: 1 april 1993 tot en met 1 april 1994)

In de periode 1 april 1993 tot en met 1 april 1994 hebben duurmetingen plaatsgevonden. De resultaten worden per maand weergegeven in de figuren 6.6.1 tot en met 6.18.5. Er zijn per maand vijf figuren. Als voorbeeld zal hier april 1993 worden genomen:

- 6.7.1 Temperatuurverschil (DT) primaire en secundaire koudecircuit.
- 6.7.2 De aanvoer- en retourtemperatuur aan de stadsverwarmingszijde.
- 6.7.3 De primaire en de secundaire koudefactor.
- 6.7.4 De buitentemperatuur (blauw) en de benuttingsgraad van de AKM (rood).
- 6.7.5 In één grafiek: het schakelgedrag van de absorptiekoeling, de vrije koeling en de noodkoeling, alsmede de cumulatief geleverde primaire koude in Megawatt uur (MWh).

Uit de maandelijkse gegevens, zoals weergegeven door de grafieken 6.6.1 tot en met 6.18.5, zijn de volgende conclusies te trekken:

- De temperaturen rondom de absorptiekoelmachine zijn opvallend constant. Dit geldt ook voor de temperaturen aan de stadsverwarmingszijde.
- In de maanden juli, augustus en september is de primaire koudefactor aanmerkelijk hoger dan in de maanden maart tot en met juni. Dit kan niet worden verklaard uit verschillen in de buitentemperatuur. De belasting van de absorptiekoelmachine is echter wel iets hoger in de periode juli-september.
- Als de vrije koeling overgenomen moet worden door de absorptiekoeling komt de noodkoeling 'bij'. Dit is echter lang niet altijd het geval. Ook de duur van de inschakeling van de noodkoeling varieert. Het is duidelijk dat dit effect, dat in de maanden november tot en met maart voorkomt, ongewenst is omdat de inzet van de absorptiekoelmachine verkleint ten gunste van de (compressie)noodkoeling.
- Er is een behoorlijk verschil tussen de secundaire en de primaire koudefactor, vooral in de zomermaanden. Dit betekent dat er aanzienlijke verliezen optreden in het transportsysteem van de koude. Het is duidelijk dat dit de netto capaciteit van de koeling aantast en zorgt voor extra energiegebruik.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

Daarnaast worden een aantal signalen over de gehele meetperiode, ruim een jaar, gepresenteerd in de figuren 6.19.1, 6.19.2 en 6.19.3.

In figuur 6.19.1 staan de aanvoertemperatuur en de retourtemperatuur aan de stadsverwarmingszijde. Het debiet aan de stadsverwarmingszijde wordt dan nul. Er is sprake van een vrij constant temperatuurverschil van circa veertig graden Kelvin. De aanvoertemperatuur komt slechts incidenteel boven de 110 °C en beneden de 95 °C, de retourtemperatuur slechts zelden boven de 60 °C.

Op de plaatsen waar de aanvoertemperatuur sterk daalt is sprake van vrije koeling. Het valt overigens op dat het aandeel in de vrije koeling beperkt is, veel beperkter dan op basis het aantal uren dat de natte boltemperatuur in Nederland gelijk of lager is dan 4 °C (zie bijlage 1).

In figuur 6.19.2 staan de benutting van de koelmachine en de cumulatief geleverde koude in MWh. Op 2 juni heeft abusievelijk resetting plaatsgevonden zodat de eindwaarde met circa 300 MWh verhoogd kan worden. De figuren 6.19.3 geeft tenslotte het verloop van de primaire en de secundaire koudefactor. Het valt op dat de primaire koudefactor in de maanden augustus en september aanzienlijk hoger is dan in de maanden maart, april en mei, terwijl de benutting (zie 6.19.2) slechts in geringe mate verschilt en ook de temperatuur aan de condensorzijde vermoedelijk niet gunstiger is. Overigens valt op dat er een aanmerkelijk verschil bestaat tussen de primaire en de secundaire koudefactor. Dit wordt veroorzaakt door de lekstroom door de mengpijp (zie installatieschema).

7 Economie, energiebesparing en milieu-effecten van absorptiekoeling

7.1 Energiebesparing en milieu-effecten

De energiebesparing die ontstaat door inzet van absorptiemachines is berekend in het aan dit demonstratieproject ten grondslag liggende zogenaamde pre-advies. Deze berekening ging uit van:

- 5.000 vollasturen;
- een bijstookfactor van 0,2 ¹⁾;
- een koudefactor van 0,71.

In fase 1 werd uitgegaan van 2.800 vollasturen en 4.536 GJ koude, op basis van de beperkte metingen gedurende fase 1. De werkelijk geleverde hoeveelheid koude bedraagt 5.526 GJ bij 3.411 vollasturen en 7.010 bedrijfsuren. Met een bijstookfactor van 0,2 en een koudefactor van 0,62 is het primaire energieverbruik: 1.782,6 GJ per jaar. De extra elektrische energie van de oplossingspomp (7,5 kW) en de condensorpomp (circa 11 kW meer dan voor de vergelijkbare mechanische koelinrichting) en de ventilatoren op de koeltoren (circa 4 kW meer dan voor de vergelijkbare mechanische koelinrichting) veroorzaken een extra primair energieverbruik van 1.420 GJ per jaar. Het totale primaire energieverbruik van de absorptiekoelmachine bedraagt dus: 3.202 GJ per jaar.

De mechanische koelinstallatie zou 4.765 GJ aan primaire energie per jaar verbruikt hebben. De besparing door absorptiekoeling bedraagt derhalve 1.563,65 GJ/jr. Dit komt overeen met 44.440 Aardgasaequivalenten per jaar en een reductie van CO₂ uitstoot van 81 ton/jaar. Deze getallen zijn aanmerkelijk lager dan de in het pre-advies berekende waarden. Dit wordt veroorzaakt door:

- De aanmerkelijk lagere gem. koudevraag dan aangenomen.
- De slechtere koudefactor.
- Het hogere elektriciteitsverbruik van - wel op vollast draaiende circulatiepompen.

7.2 Economie

Als referentie voor de absorptiekoeling is de conventionele compressiekoeling aangehouden. De meerkosten van absorptiekoeling ten opzichte van compressiekoeling bedragen f 145.000,--.

Door over te gaan op absorptiekoeling wordt 325.208 kWh elektriciteit bespaard. De totale kostenbesparing tengevolge van absorptiekoeling bedraagt:

$$325.208 \text{ kWh} * f 0,128 = f 41.626,--$$

¹⁾ De bijstookfactor is de verhouding van de geleverde stadsverwarmingswarmte (noemer) en de verbrandingswarmte van de extra hiervoor te verstoken brandstof in de warmte-krachtcentrale. Zonder dit bijstoken zou het temperatuurniveau van de stadsverwarmingswarmte onvoldoende hoog zijn in de zomer en in de winter zou te weinig warmte vrijkomen ten behoeve van de stadsverwarming.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

De kosten aan warmte tengevolge van de absorptiekoeling bedragen: $9.210 \text{ GJ} * f 9,81 \text{ (FL/GJ)} = f 90.350,60$.

De totale meerkosten aan energie veroorzaakt door absorptiekoeling bedragen derhalve $f 48.724,-$ per jaar.

Dit verschil wordt uiteraard mede veroorzaakt door de hoge warmtetarieven. Zoals reeds in de inleiding gesteld, is absorptiekoeling alleen aantrekkelijk bij gratis of zeer goedkope warmte. De energiekosten van beide systemen zijn gelijk bij een warmteprijs van $f 4,52/\text{GJ}$.

Aangezien de meerinvestering van de absorptiekoeling circa $f 145.000,-$ bedraagt, is de simpele terugverdientijd van de absorptiekoelmachine bij gratis warmte nog altijd 3,48 jaar. Hierbij moeten echter vier zaken nadrukkelijk in het oog worden gehouden:

- Bij juiste dimensionering en het hanteren van een warmteprijs van circa $f 2,50/\text{GJ}$ zou de terugverdientijd circa 3,6 jaar kunnen bedragen.
- Door de plaatselijke situatie zijn de meerkosten van absorptiekoeling relatief hoog.
- Bij warmtekrachtinstallaties kan gedurende een belangrijk deel van het zomerseizoen met gratis warmte worden gerekend, vooral wanneer de absorptiemachine met relatief lage generatortemperaturen (70°C) kan werken.
- Er wordt gedurende het gehele jaar met de absorptiekoeling gekoeld, ook voor een groot deel in de periode dat de stadsverwarmingwarmte nuttig afgezet zou kunnen worden tbv verwarming, als de natte bol temperatuur tussen circa 4°C en 15°C ligt. In die periode is het ook energetisch gunstig om met compressiekoeling te koelen.

8 Conclusies

- Het benodigde koelvermogen van de computerruimten van het hoofdgebouw van het Gemeentelijk Energiebedrijf (GEB) te Rotterdam blijkt aanmerkelijk lager te zijn dan berekend. Dit beïnvloedt de terugverdientijd en de koudefactor (en daarmee het primaire energieverbruik) ongunstig.
- De absorptiekoelmachine levert een jaarlijkse energiebesparing van circa 44.400 nm³/jr. Omdat de warmteprijs veel hoger is dan op basis van de bijstookfactor in de centrale verwacht zou mogen worden is absorptiekoeling op basis van de gehanteerde warmteprijs (f 9,81/GJ) niet rendabel.
- De reductie van CO₂ uitstoot bedraagt 81 ton/jr.
- De koudevraag wordt nauwelijks beïnvloed door het buitenklimaat doch wordt vrijwel volledig bepaald door de interne warmtelast.
- Voor een rendabele toepassing van absorptiekoeling dienen de warmtepreizen laag te zijn (f 2,50/GJ of lager).
- Zeer grote besparingen, zowel financieel als op primair energieverbruik, zijn te bereiken door het vermijden van koellast. In dit geval circa f 3.000,— per kW aan investering en jaarlijks f 1.500 per kW aan energiekosten (opwekking van gedissipeerde elektriciteit en aandrijving van de koelmachine).
- Dit betekent dat er een grote investeringsruimte - circa f 7.500,—¹⁾ per vermeden kW - is voor minder dissiperende computerapparatuur
- Het aandeel van de vrije koeling is drastisch uit te breiden door vermijding van de hydraulische scheiding middels een warmtewisselaar en het verhogen van de koelwater temperatuur bij gelijke warmte-onttrekking. Het aantal uren dat de vrije koeling in bedrijf is zou hierdoor uitgebreid kunnen worden van circa 2.500 uur/jaar tot circa 4.500 uur/jaar. Dit verlaagt het primaire energieverbruik met circa 10.000 nm³ aardgasequivalenten.
- De koudefactor lijkt ongunstig beïnvloed te worden door deellastbedrijf. Dit vereist nader onderzoek, omdat op theoretische gronden juist een stijging van de koudefactor verwacht mag worden omdat de belasting van alle warmtewisselaars toeneemt. De toegepaste capaciteitsregeling veroorzaakt een daling van de generatortemperatuur bij overigens gelijke verdamper- en condensorcondities. Dit is vermoedelijk de oorzaak van de daling van de koudefactor.
- Door het feit dat de absorptiekoeling en de vrije koeling van dezelfde koeltoren gebruik maken, veroorzaakte het gelijktijdig aanstaan van de absorptiekoelmachine en de vrije koeling, een zeer hoog warmteverbruik van de absorptiekoelmachine. Secundair kon in deze situatie de gevraagde koude echter geleverd worden, zodat er geen klachten ontstonden. Deze kortsluiting kon door de aanwezigheid van de in het kader van dit onderzoek aangebrachte warmtemeters snel ontdekt worden.
- De absorptiemachine zou gedurende een groot deel van het koelseizoen met lagere aanvoertemperaturen kunnen functioneren. Dit zou de bijstookfactor kunnen verlagen. De besparing aan primaire energie neemt hierdoor toe.
- Mogelijk kan de absorptiekoeling in cascade worden geschakeld met andere gebruikers van stadsverwarmingswarmte in de zomer, zoals indirect gestookte boilers.

¹⁾ Bij een 'simpele' terugverdientijd van drie jaar.

9 Discussie

Een van de meest opvallende zaken bij dit project is dat de koellast nauwelijks wordt beïnvloed door het buitenklimaat. Een ander opmerkelijk resultaat is het feit dat het terugregelen van de absorptiekoeling gepaard gaat met een vermindering van de koudefactor. Bovendien blijkt de absorptiekoelmachine ook bij relatief lage generatortemperaturen (aanvoertemperatuur stadsverwarmingswater circa 90 °C, retourtemperatuur circa 50 °C) goed te functioneren. Globaal zou de gehele koelprobleem bij GEB (en bij toekomstige andere toepassingen!) in de volgende volgorde onder de loep genomen moeten worden:

- Probeer koellast zoveel mogelijk te vermijden. Dit levert grote besparingen op. De kosten per vermeden kW mogen in het geval van GEB circa 7.500,— per kW zijn (bij een 'terugverdien'tijd van circa 3 jaar). Meerinvesteringen in weinig dissiperende computersystemen of systemen die onder alle omstandigheden met vrije koeling kunnen werken zijn op deze wijze wellicht sneller terugverdiend dan men algemeen aanneemt.
- Maximaliseer de inzet van vrije koeling door ruime dimensionering van koelunits en koeltoren en door een regeling die een eventuele koelmachine niet onnodig inschakelt. In de praktijk komt dat er op neer dat het warmte-uitwisselend oppervlak in de koelunits en in de koeltoren volledig wordt benut. Bovendien kan de beschikbare stadsverwarmingswarmte in deze uren van vrije koeling beter ingezet worden voor verwarmingsdoeleinden!
- Zorg voor een goed gedimensioneerde koelmachine met een zo laag mogelijk primair energieverbruik. Als de drijvende warmte slechts voor een gering deel ten koste van primaire energie wordt opgewekt dan is een absorptiekoelmachine energiebesparend. Als de warmteprijs ook laag is (maximaal circa f 2,50 /GJ) kan de absorptiekoeling bovendien economisch verantwoord zijn. Als bovendien de uitnutting van het stadsverwarmingswater wordt beloond (lagere retourtemperatuur betekent betere uitnutting) dan kan cascadering warm tapwater opwekking dit economisch rendement nog verder verbeteren.

Daarnaast zou het wellicht zinvol zijn na te denken over de toepassing van een absorptiesysteem dat zowel als koelmachine als warmtepomp kan werken. Als het mogelijk is de generator zowel bij relatief lage temperatuur met gebruik van stadsverwarmingswarmte als met relatief hoge temperatuur (direct gestookt) te verwarmen (waarbij de koelmachine warmtepomp wordt waarbij de absorber/condensor warmte als nuttige warmte voor de verwarmingsinstallatie wordt gebruikt) dan kan het economische rendement van absorptiesystemen verder opgevoerd worden. Dit is vooral daar interessant waar in de zomer een overschot aan stadsverwarmingswarmte is en in de winter een tekort aan stadsverwarmingswarmte. In de winter is het absorptiesysteem als *warmtepomp* direct gestookt, in de zomer als *koelmachine* gestookt met stadsverwarmingswarmte. Uiteraard wordt deze optie te meer aantrekkelijk als er sprake is van gelijktijdige warmte- en koudevraag in perioden waarin alle beschikbare stadsverwarmingswarmte reeds nuttig wordt afgezet en met behulp van bijstookketels in de resterende warmtevraag moet worden voorzien.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

10 **Literatuur**

- [1] Recknagel, Sprenger, Honmann, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, R. Oldenbourg Verlag München Wien, 66e uitgave.
- [2] Niebergall W., Sorptions Kaltemaschinen, Handbuch der Kältetechnik siebenter band, Springer Verlag 1959.

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

11 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

NOVEM

t.a.v. Ir. G.W. Boxem

Postbus 17

6130 AA Sittard

Namen en functies van de medewerkers

Ir. J.B. de Wit

Ing. A.A.J. Traversari

E.J. Ligtenberg

Drs. A. Weenk

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
N.v.t.

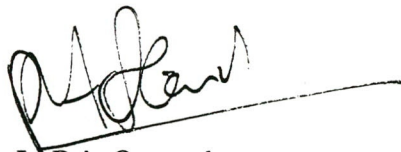
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
april 1992 - april 1994

Ondertekening



Ir. J.B. de Wit
onderzoekleider

Goedgekeurd door



Ir. P.A. Oostendorp
werkgroep leider

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

Figuren

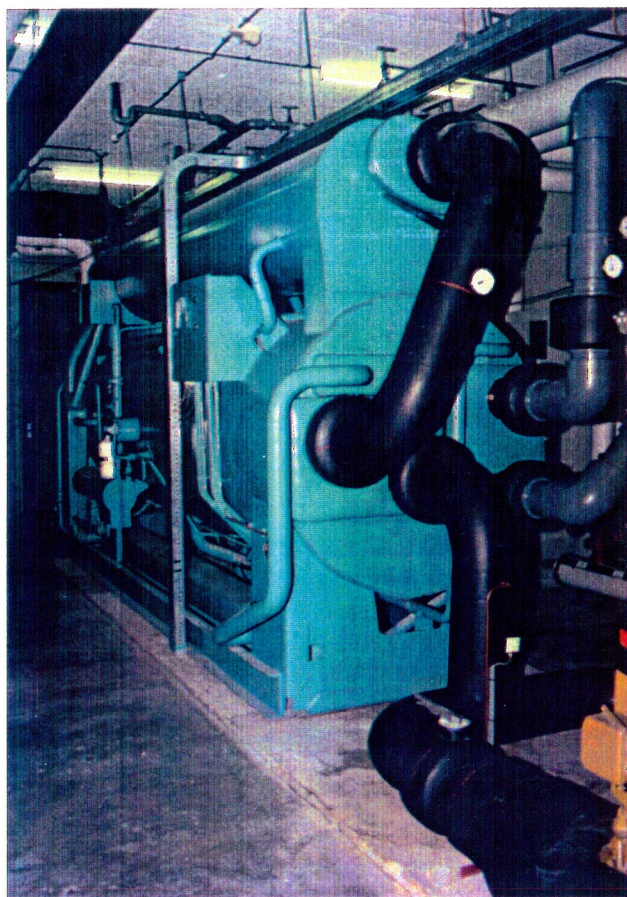
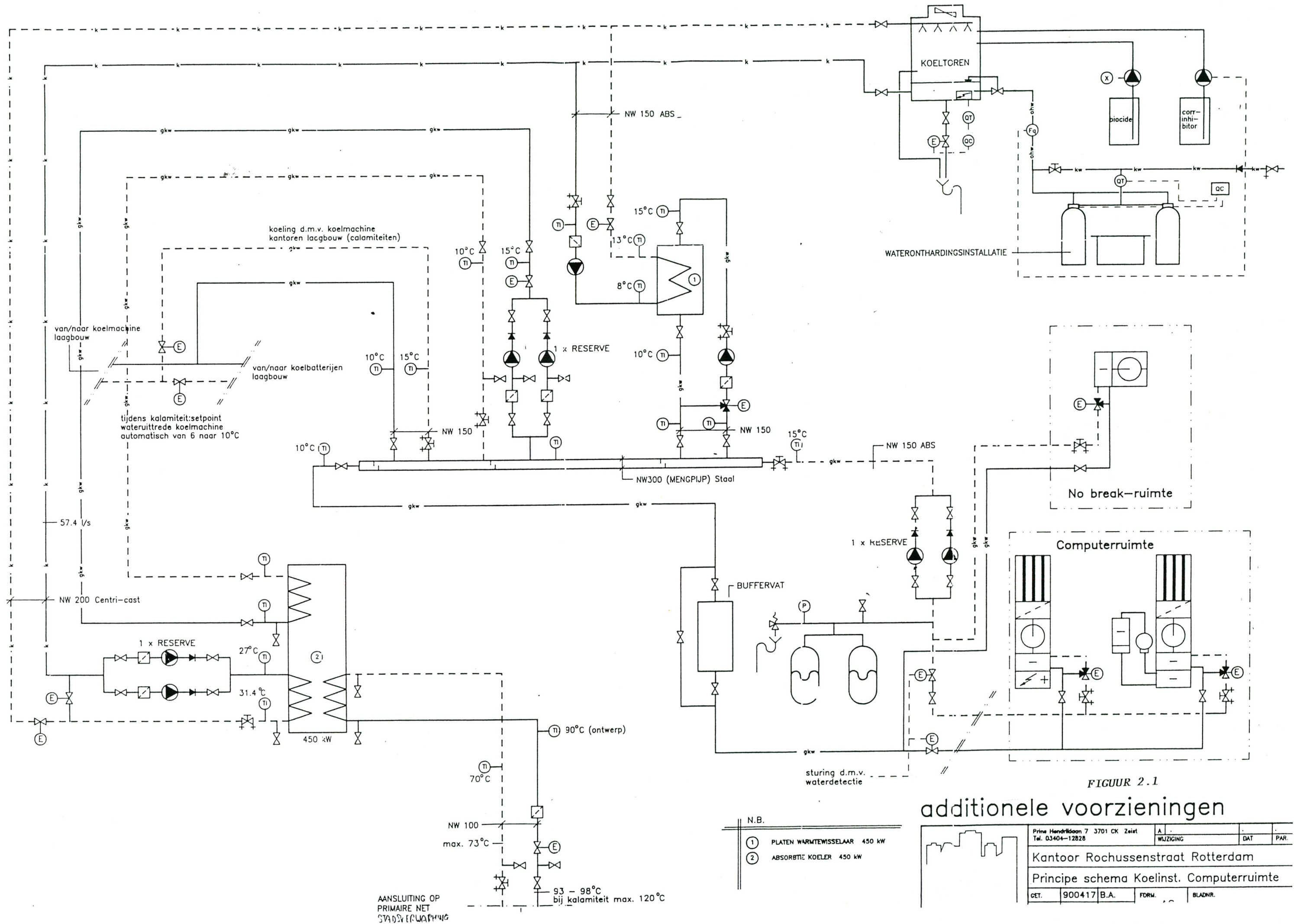
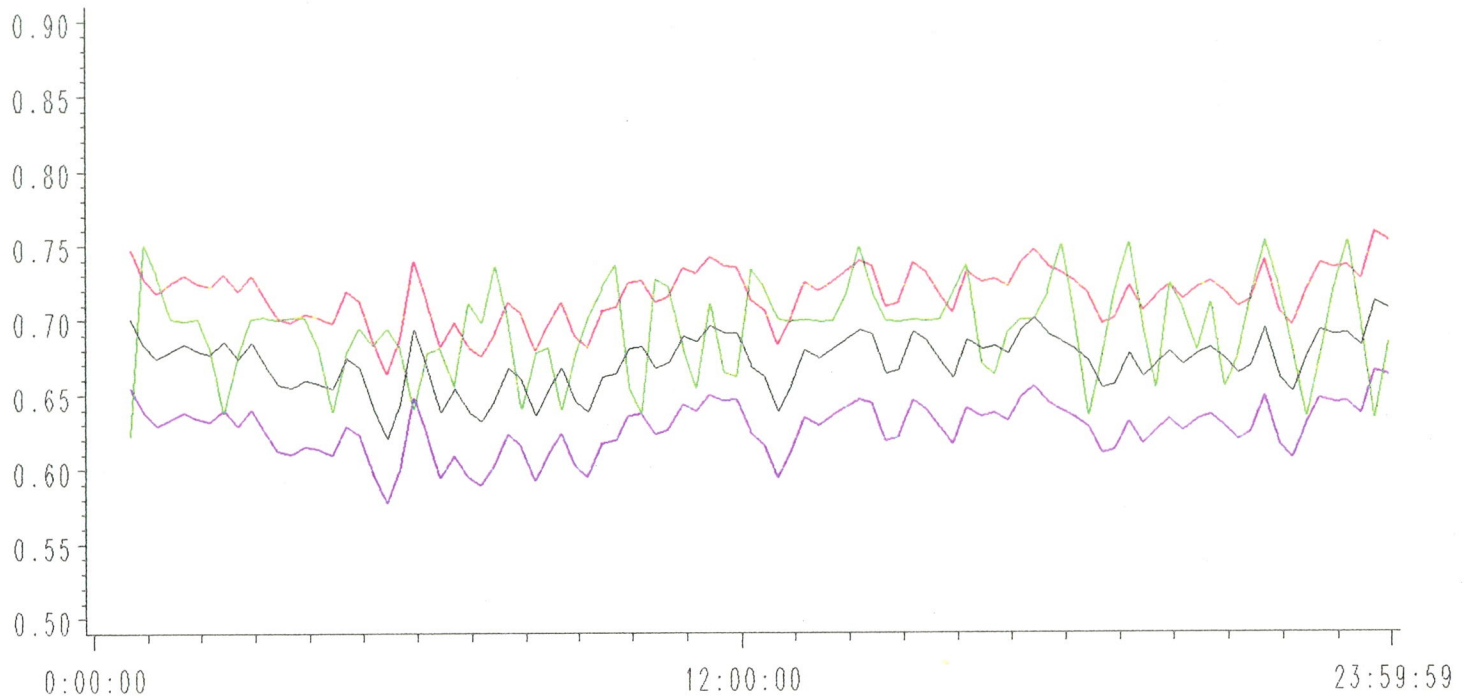


FOTO 1 : DE ABSORPTIEKOELMACHINE



Koudefactor primair

Datum: 09-07-1992

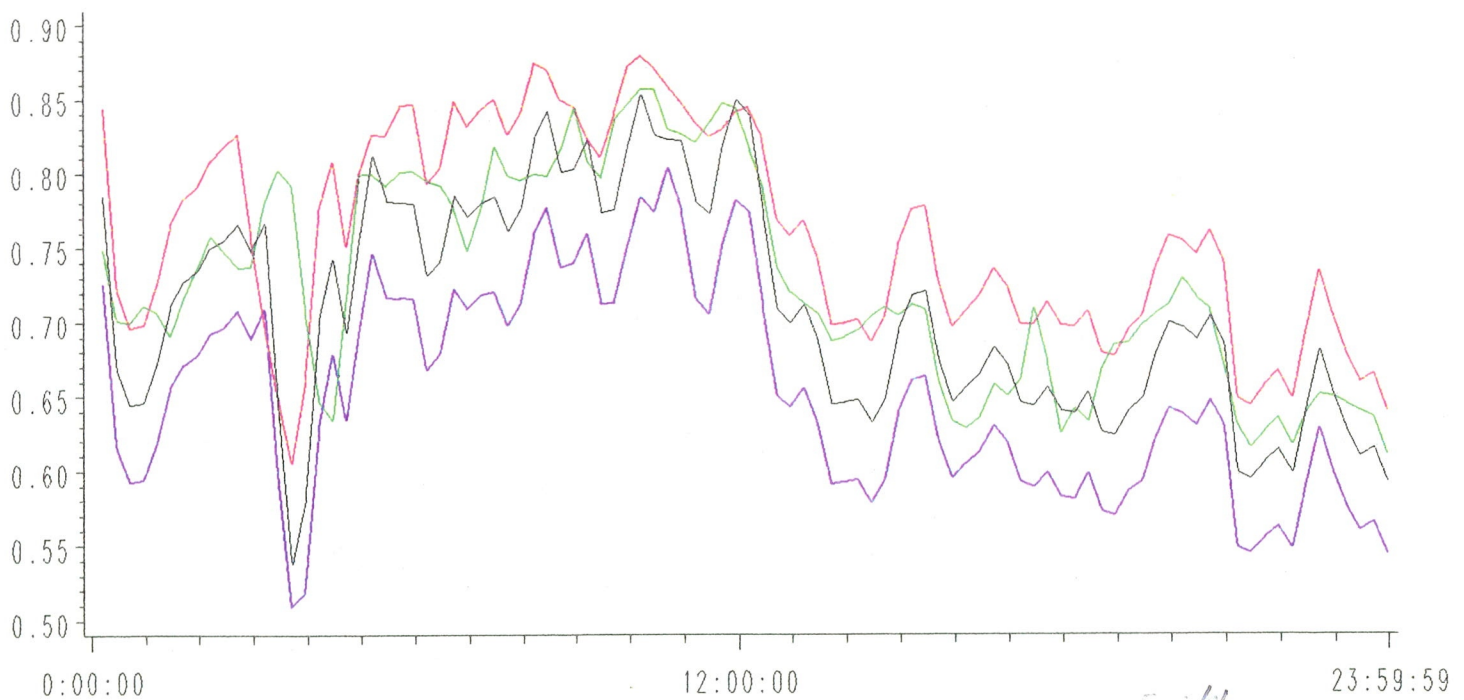


FIGUUR 5.1.3 Tijd

PLOT — Min. waarde band — Max. waarde band
— Berekend via warmtemeter — Berekend via T en phi

Koudefactor primair

Datum: 07-04-1994

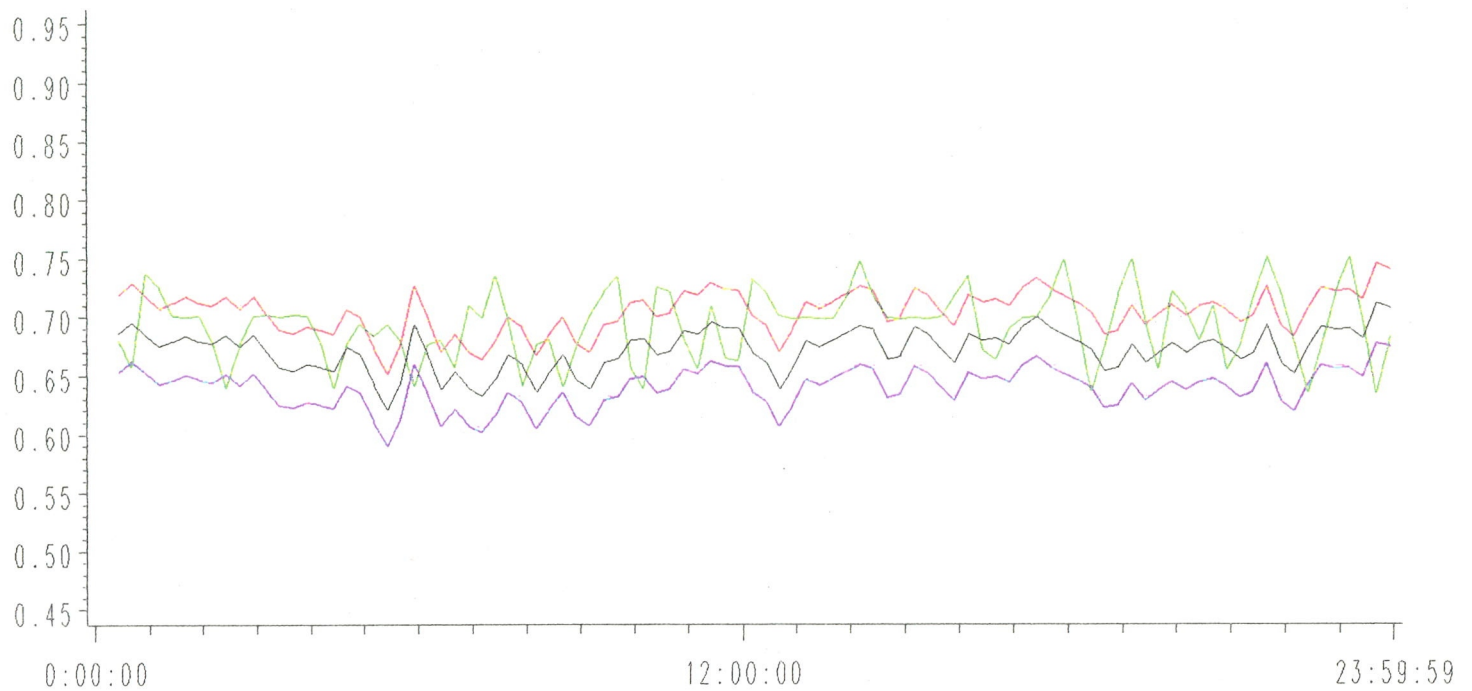


FIGUUR 5.1.4 Tijd

PLOT — Min. waarde band — Max. waarde band
— Berekend via warmtemeter — Berekend via T en phi

Koudefactor primair

Datum: 09-07-1992

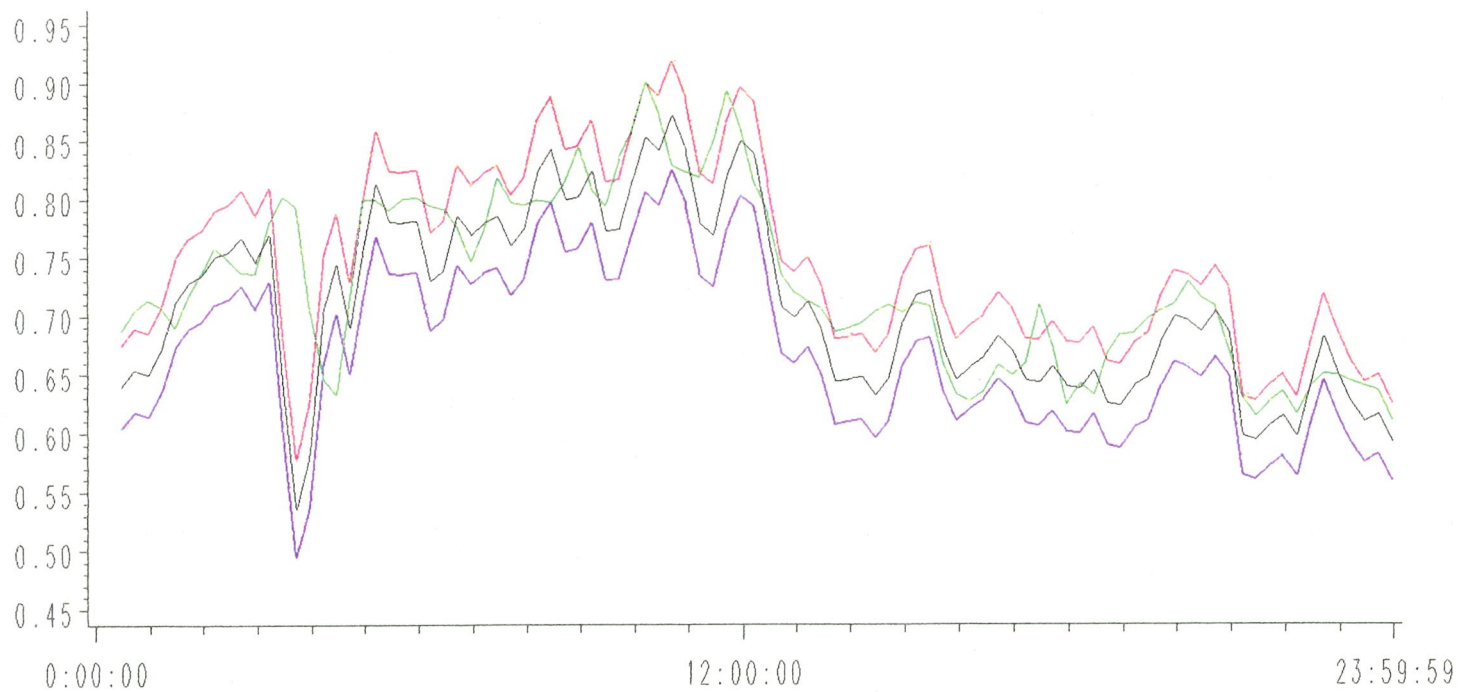


FIGUUR 5.1.1 Tijd

PLOT — Min. waarde band — Max. waarde band
— Berekend via warmtemeter — Berekend via T en phi

Koudefactor primair

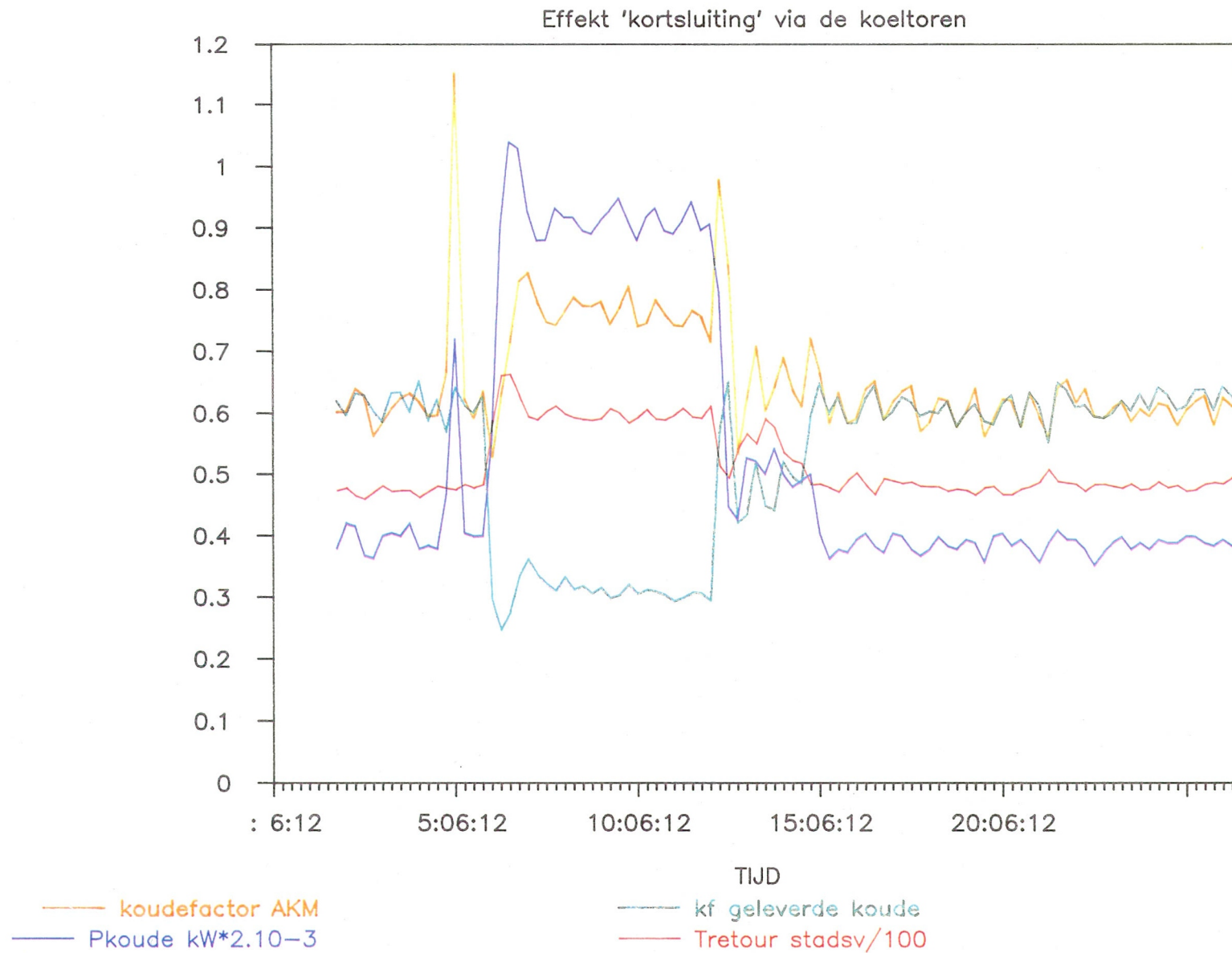
Datum: 07-04-1994



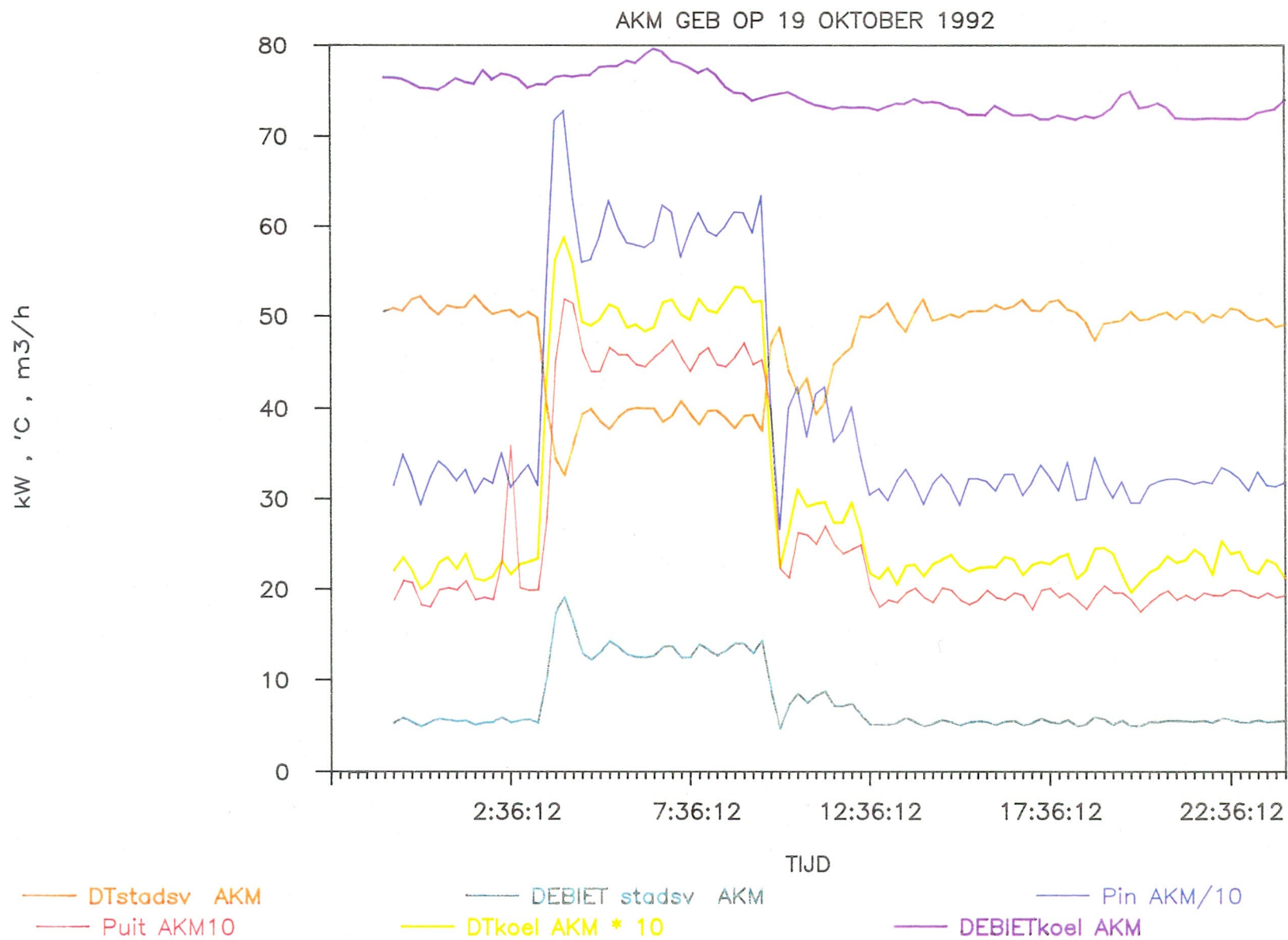
FIGUUR 5.1.2 Tijd

PLOT — Min. waarde band — Max. waarde band
— Berekend via warmtemeter — Berekend via T en phi

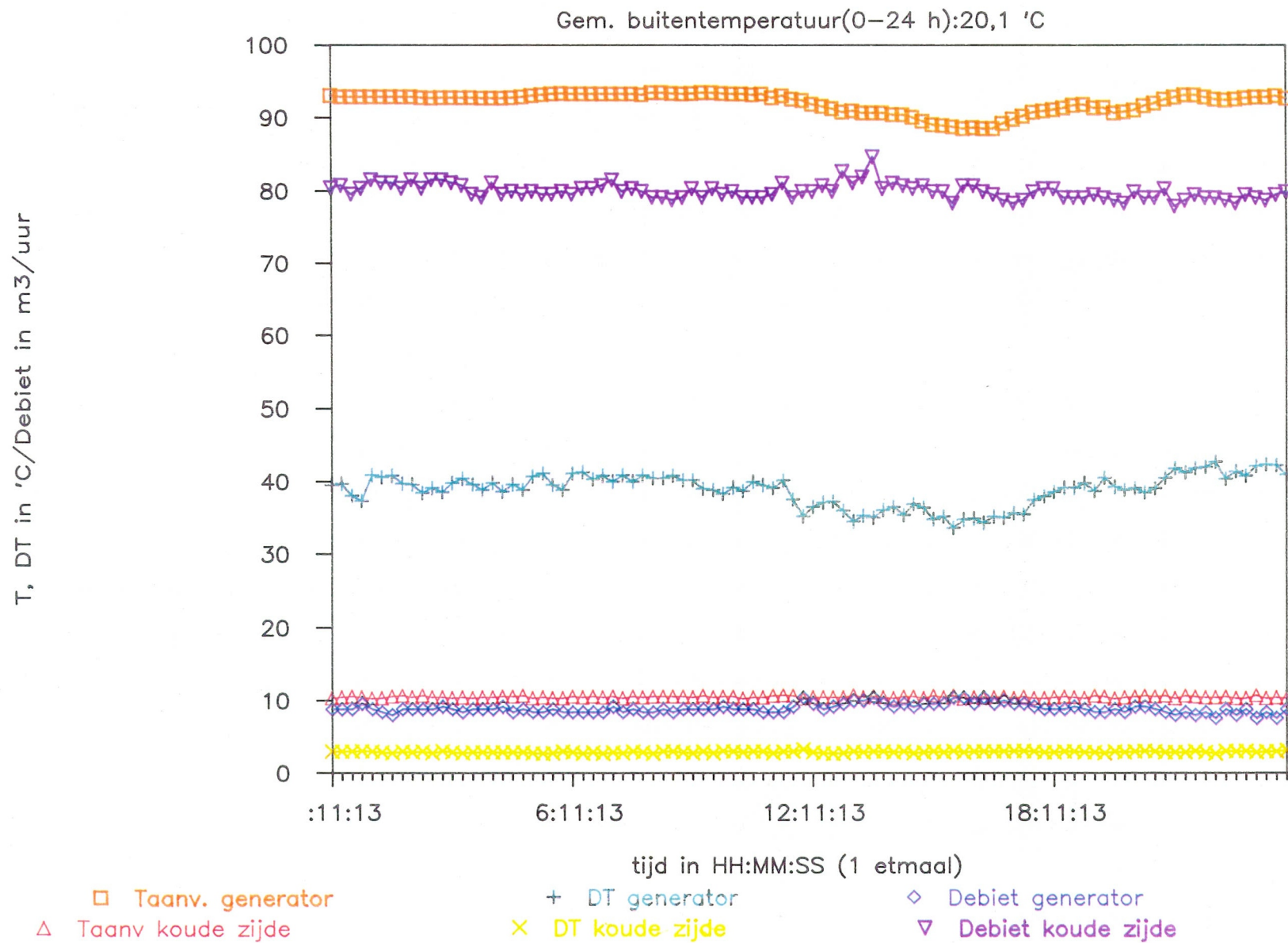
FIGUUR 6.2.1 KOUDEFACCTOR OP 19 OKTOBER 1992



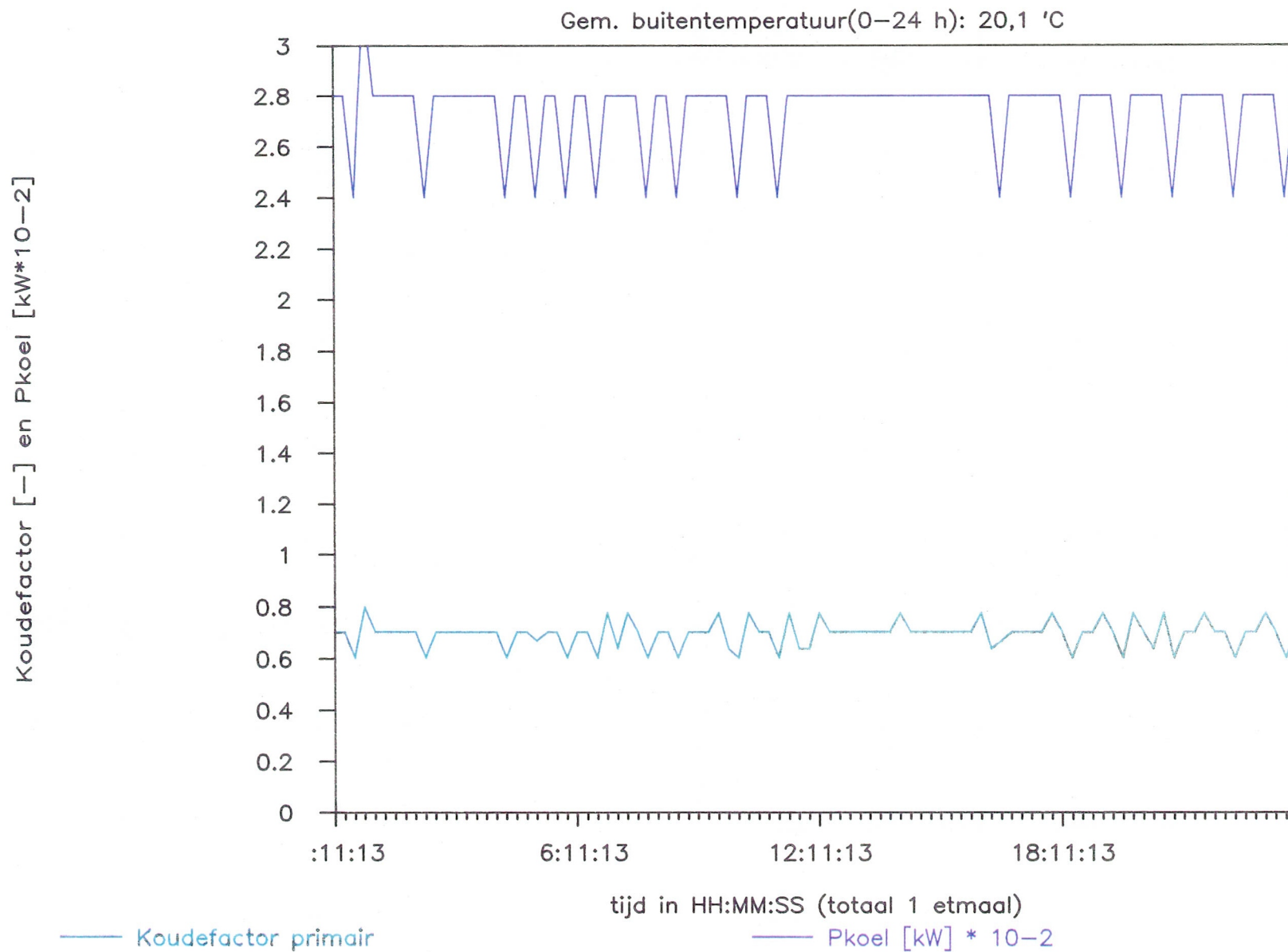
FIGUUR 6.2.2 TEMPERATUREN, DEBIETEN EN VERMOGENS



FIGUUR 6.3.1 GEB Rotterdam, metingen AKM op 9/7/1992

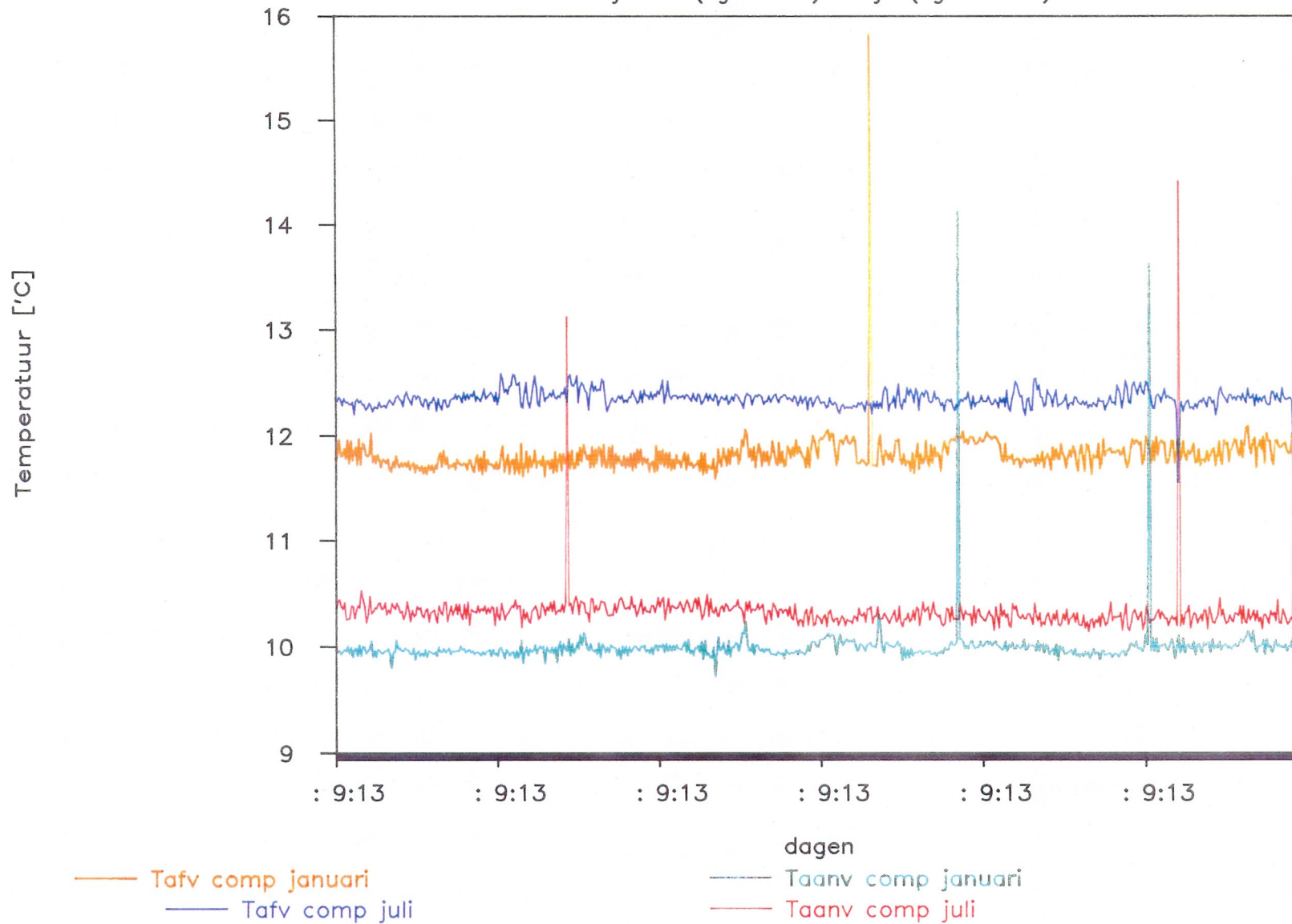


FIGUUR 6.3.2 GEB Rotterdam, metingen AKM op 9/7/1992



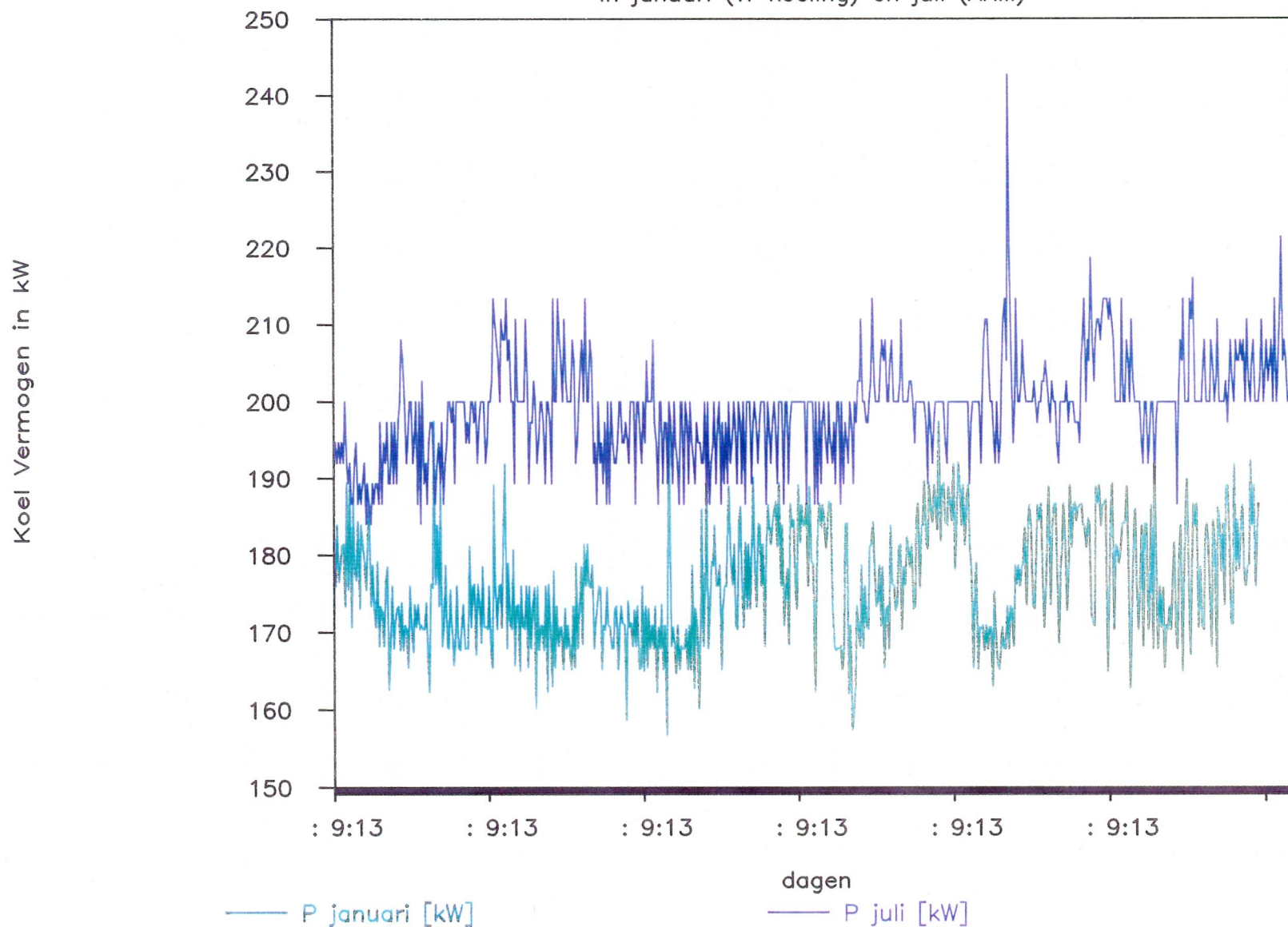
FIGUUR 6.3.3 Koelwatertemperaturen Computerruimte

in januari(Tgem:1.1) en juli(Tgem:19.5)



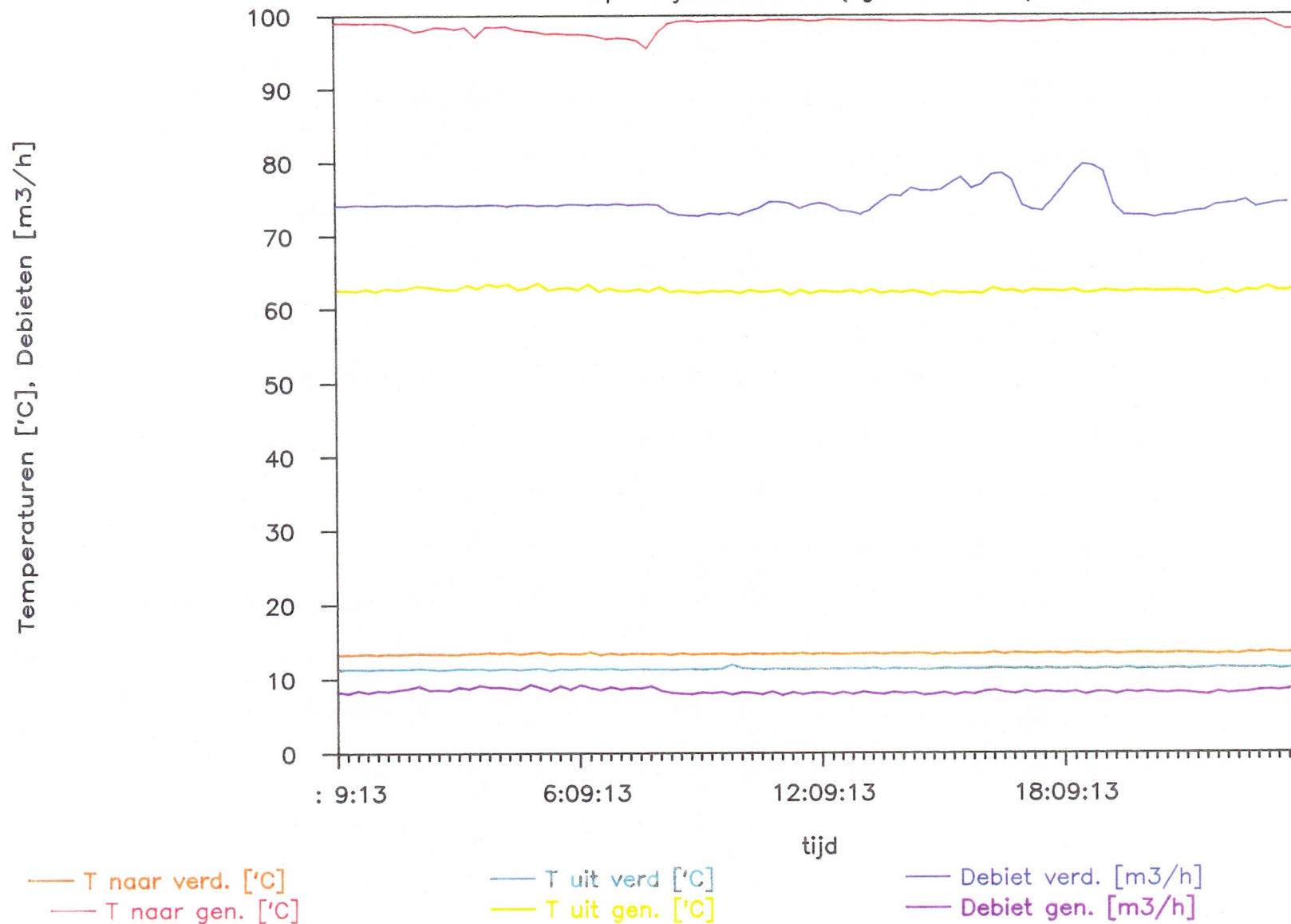
FIGUUR 6.3.4 Onttrokken vermogen aan computer ruimte

in januari (vr koeling) en juli (AKM)



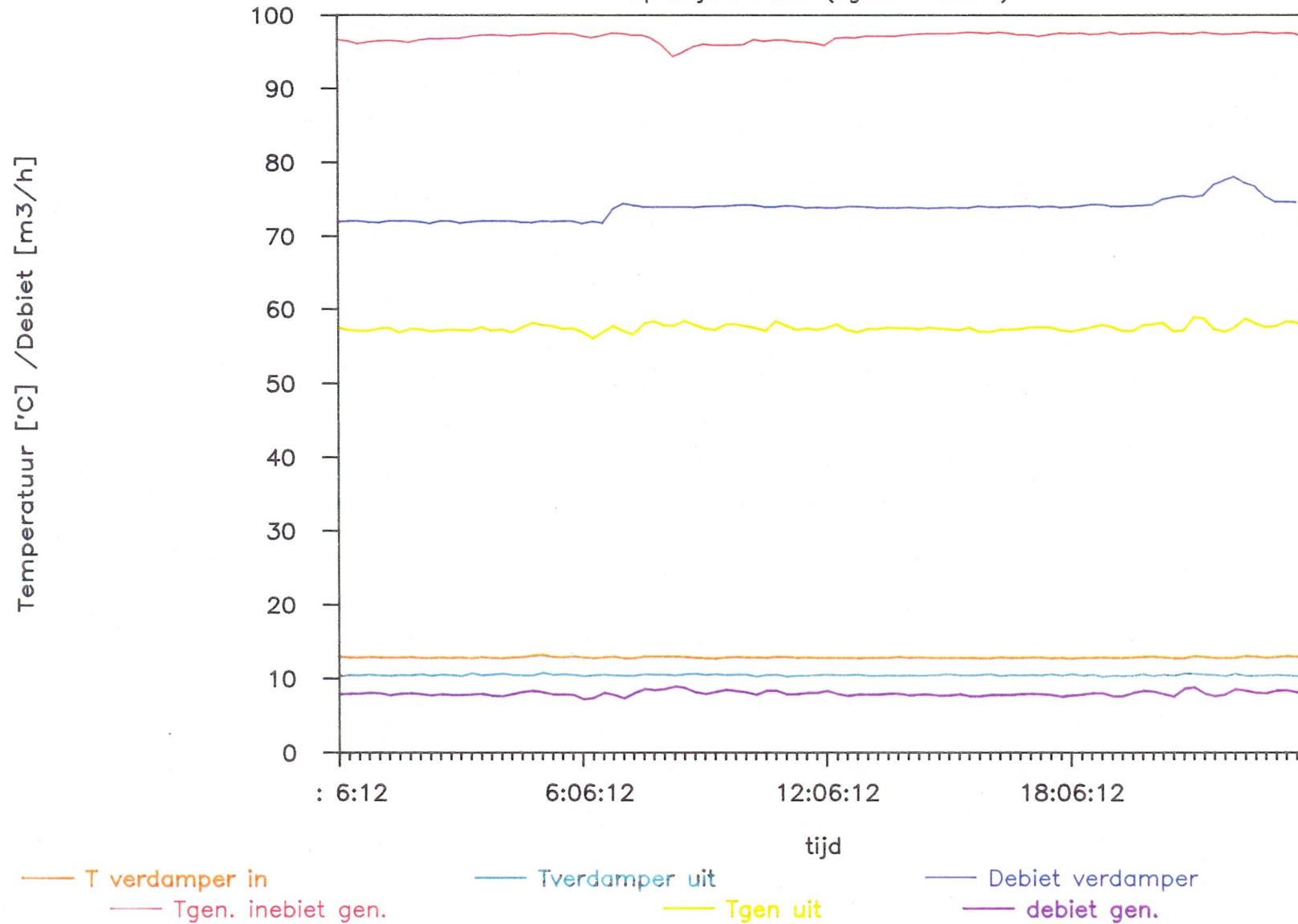
FIGUUR 6.3.5 Temperaturen/debieten rond de AKM

op 15 januari 1993 ($T_{\text{gem}} = 8.8 \text{ } ^\circ\text{C}$)

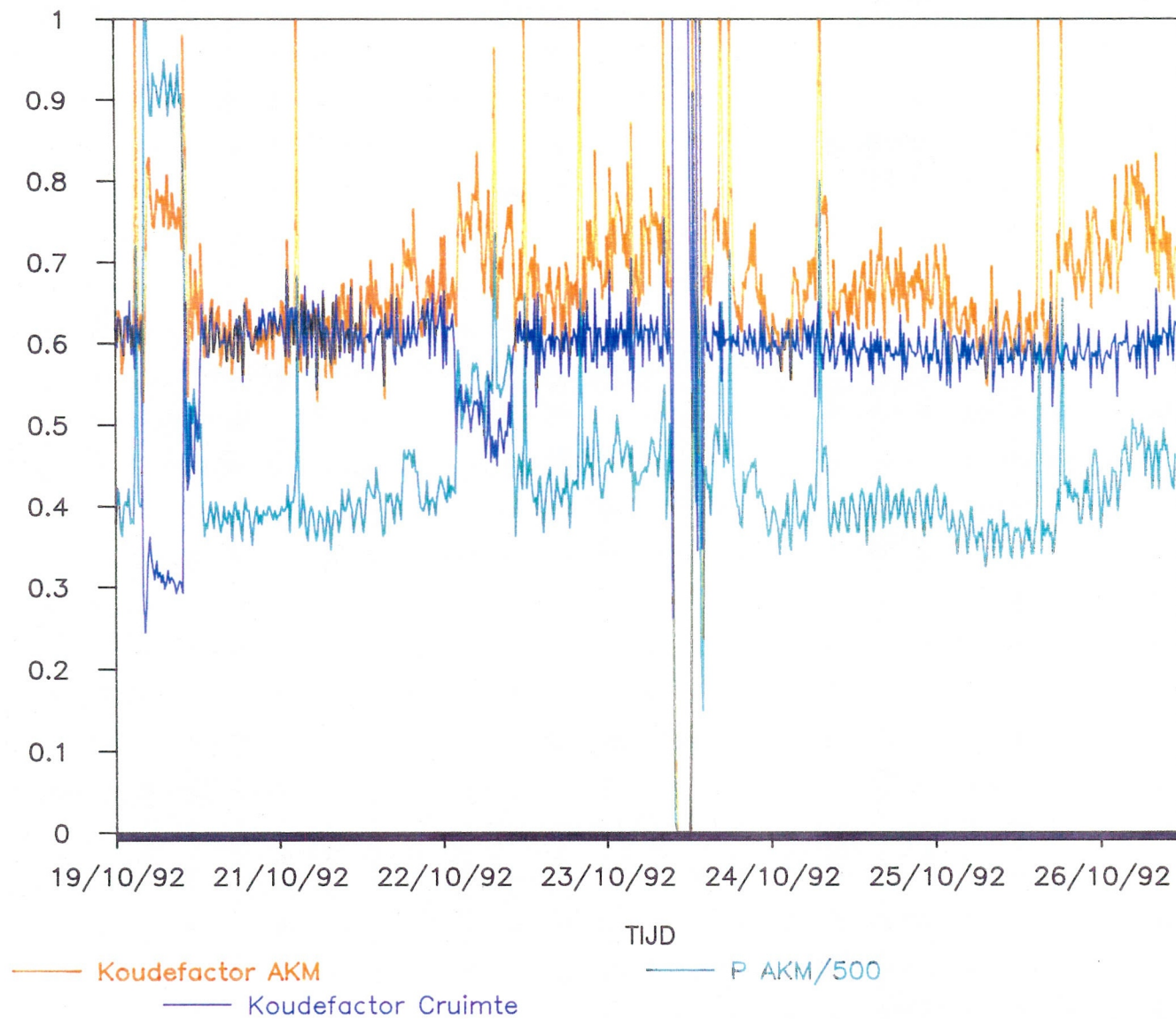


FIGUUR 6.3.6 Debieten en temperaturen rond de AKM

op 8 juni 1993 ($T_{\text{gem}} = 20.4'$)

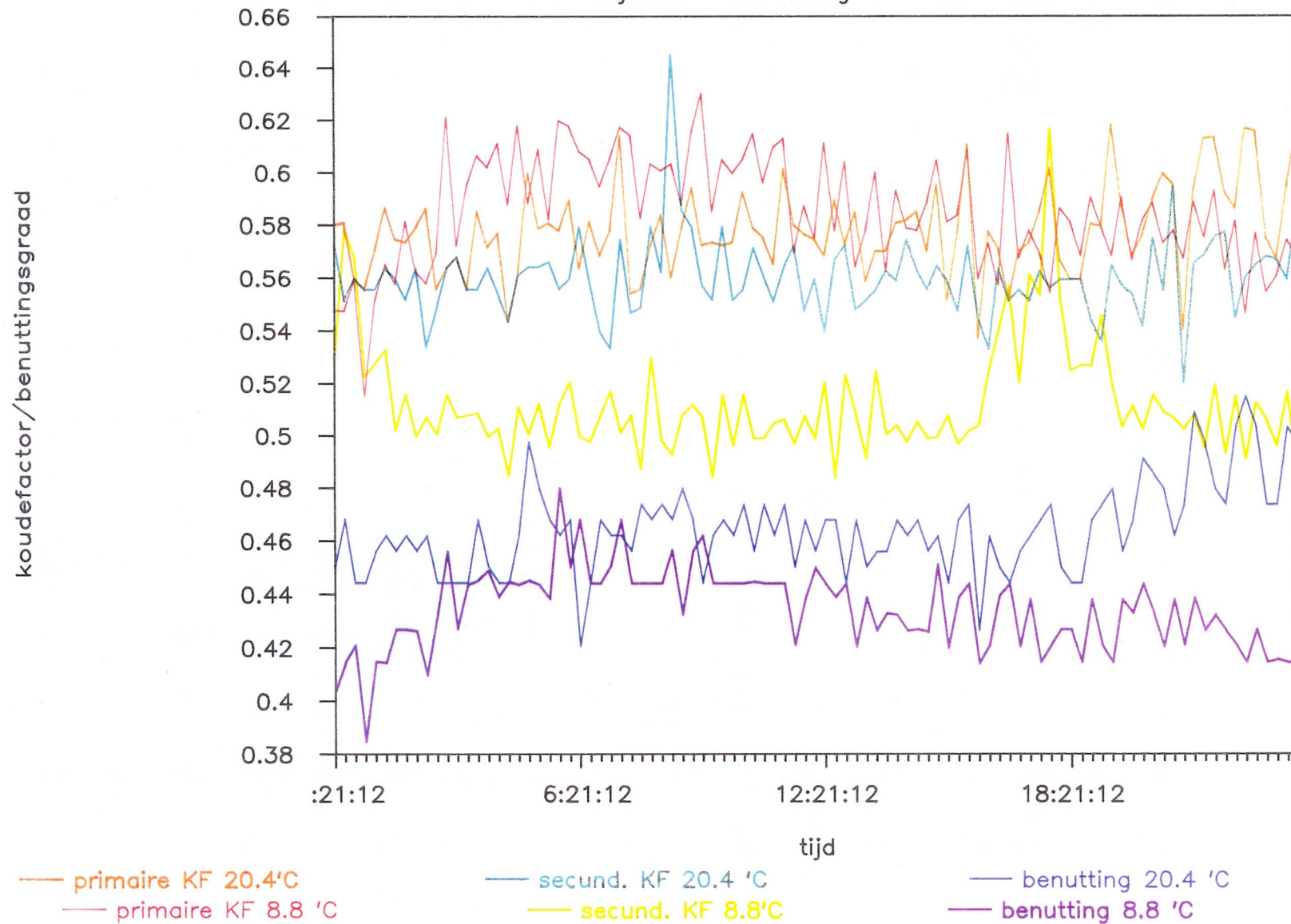


FIGUUR 6.4.1 verloop koudefactor GEB Rotterdam

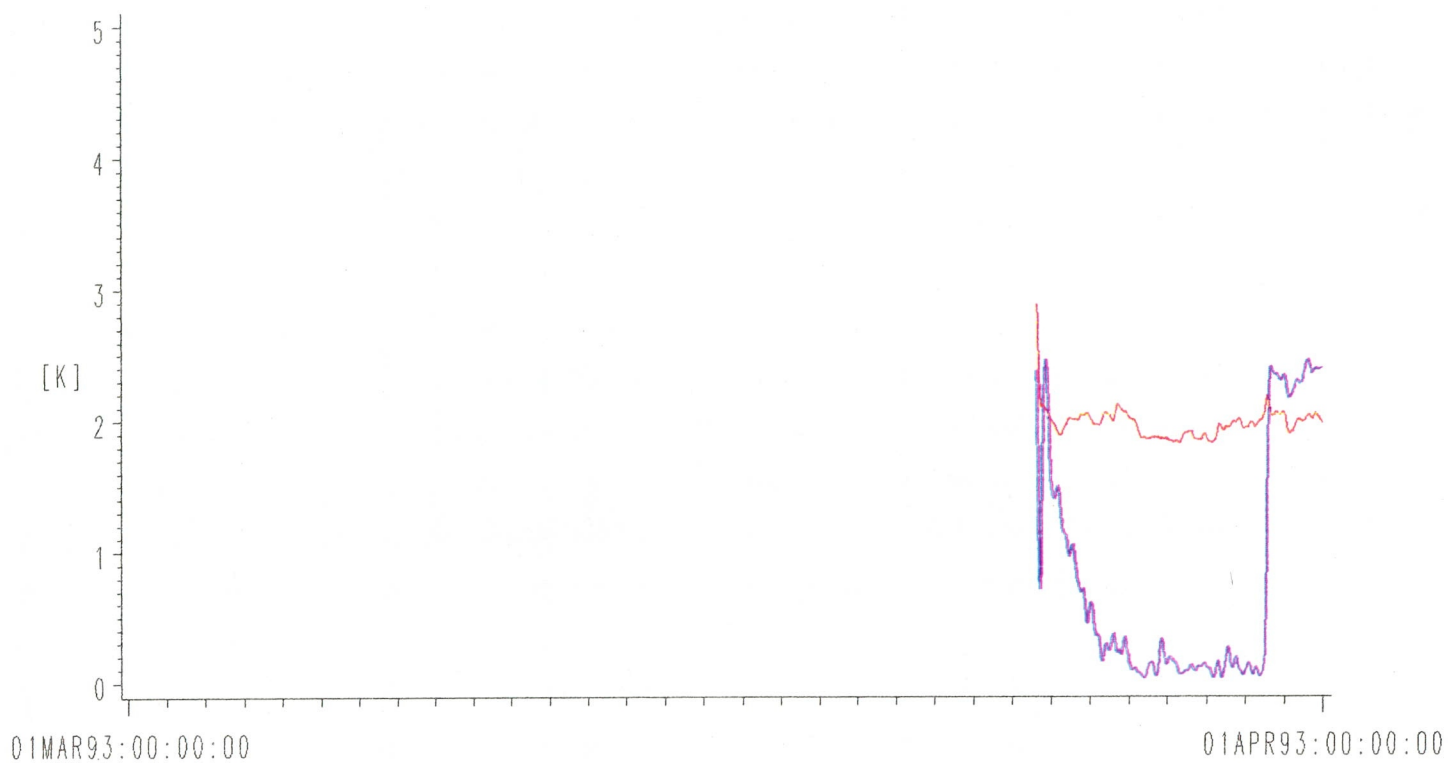


FIGUUR 6.4.2 Koudefactor en benuttinggraad

bij 8.8'C en 20.4'C gem. T-etmaal



maart 1993

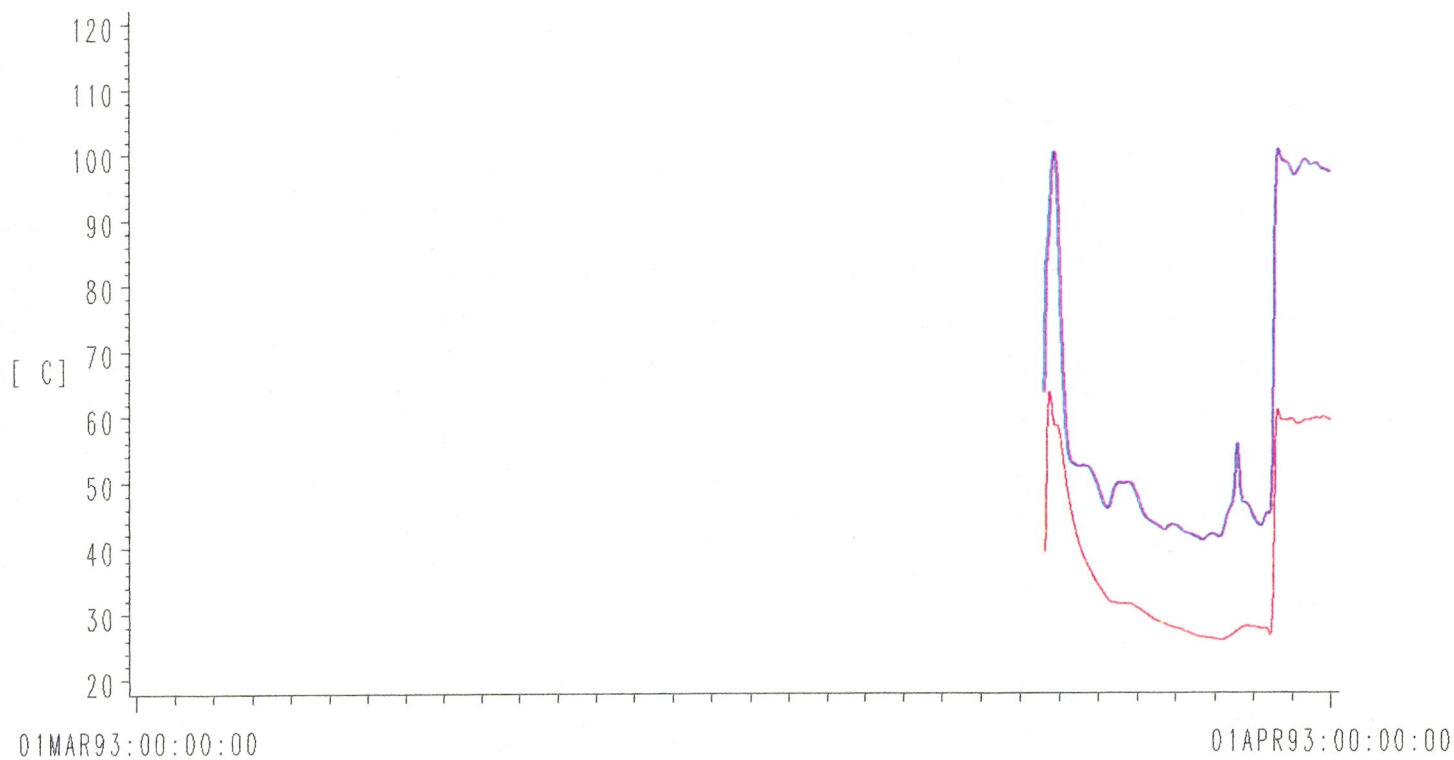


Figuur 6.6.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

maart 1993

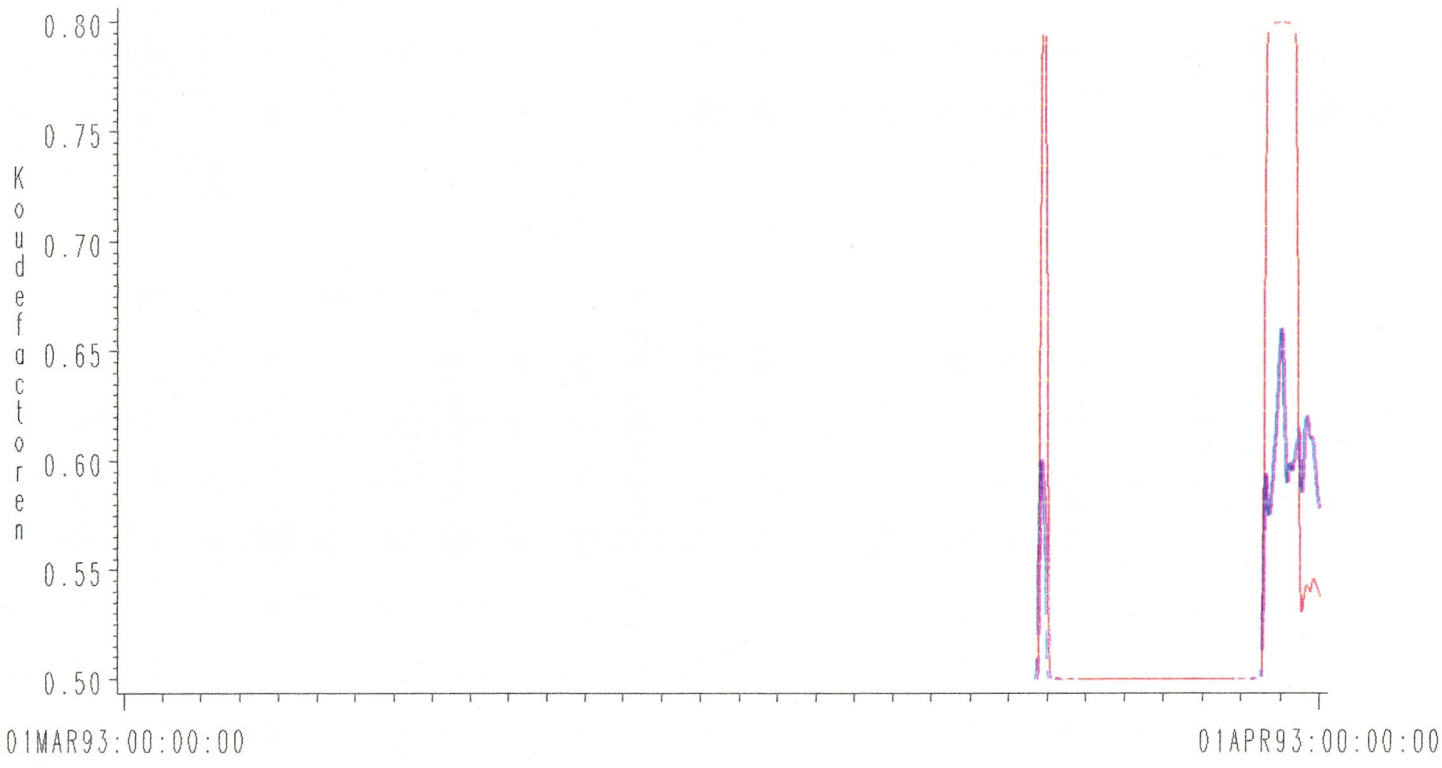


Figuur 6.6.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

maart 1993

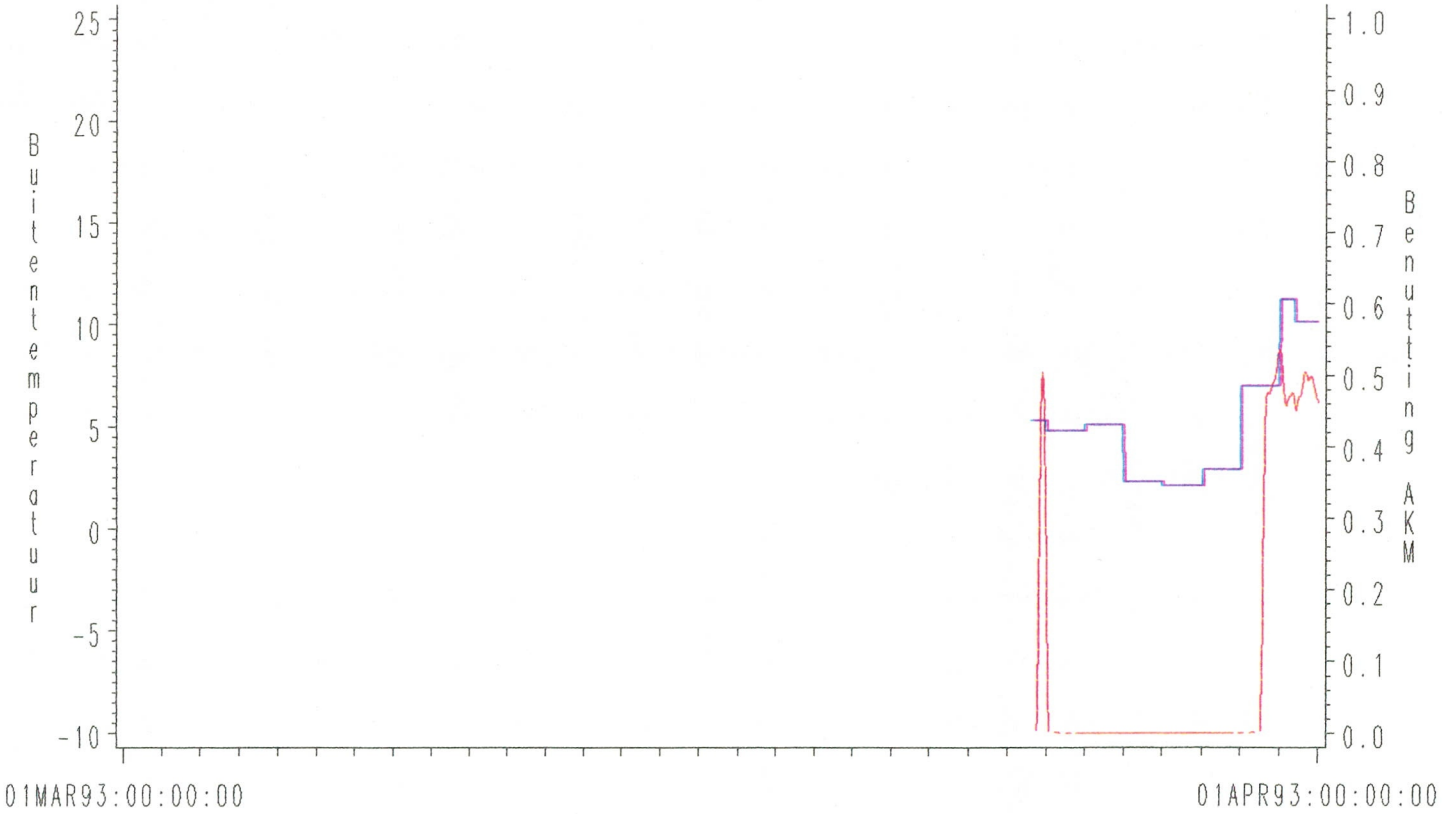


Figuur 6.6.3

Datum & tijd

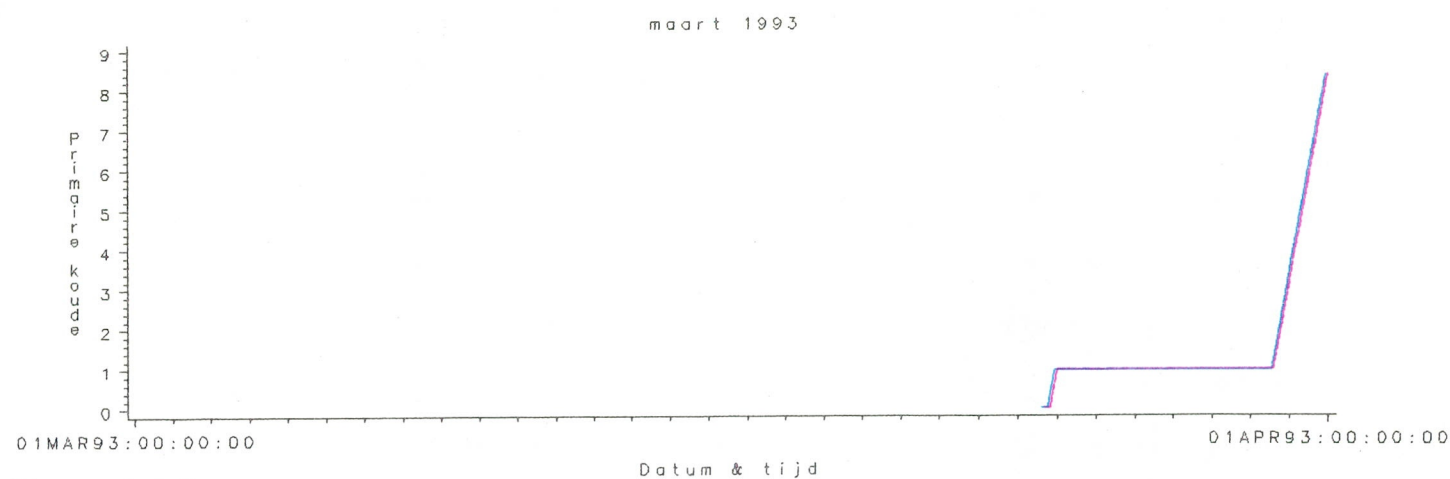
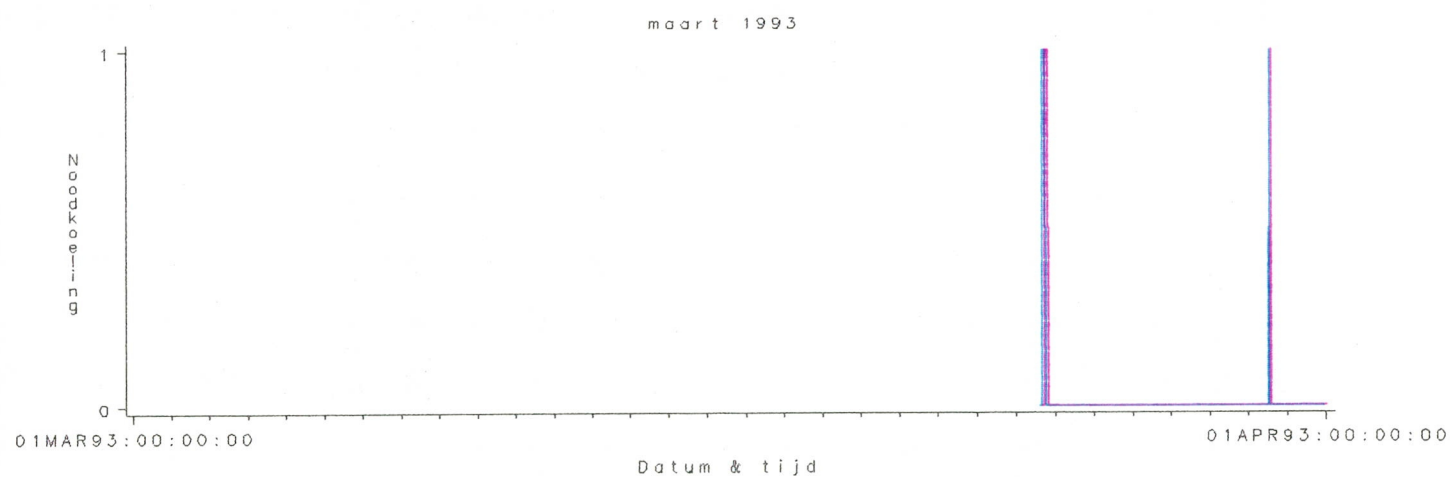
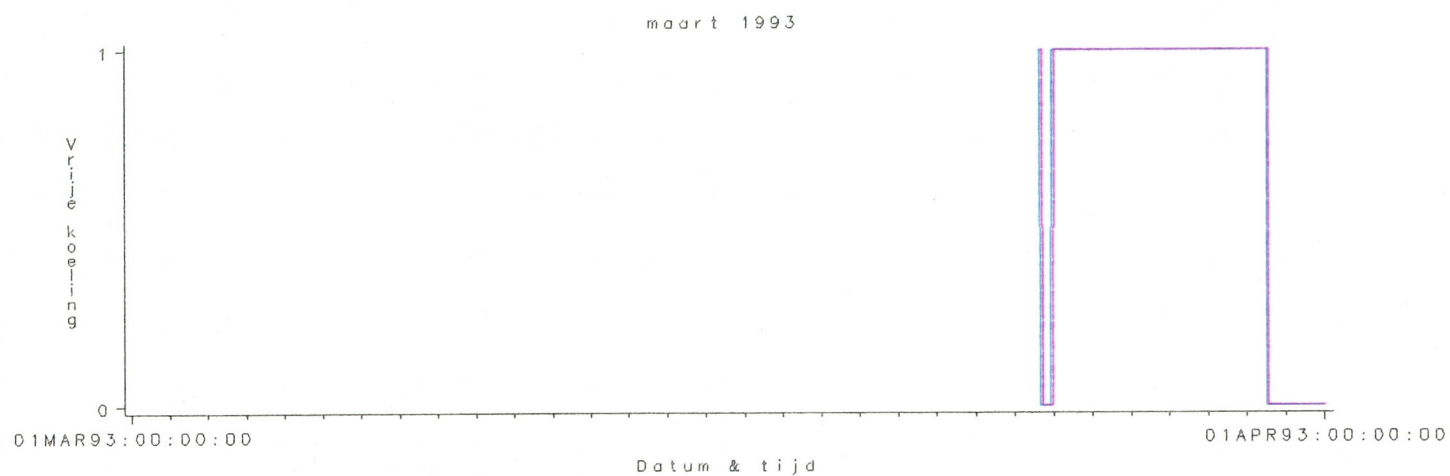
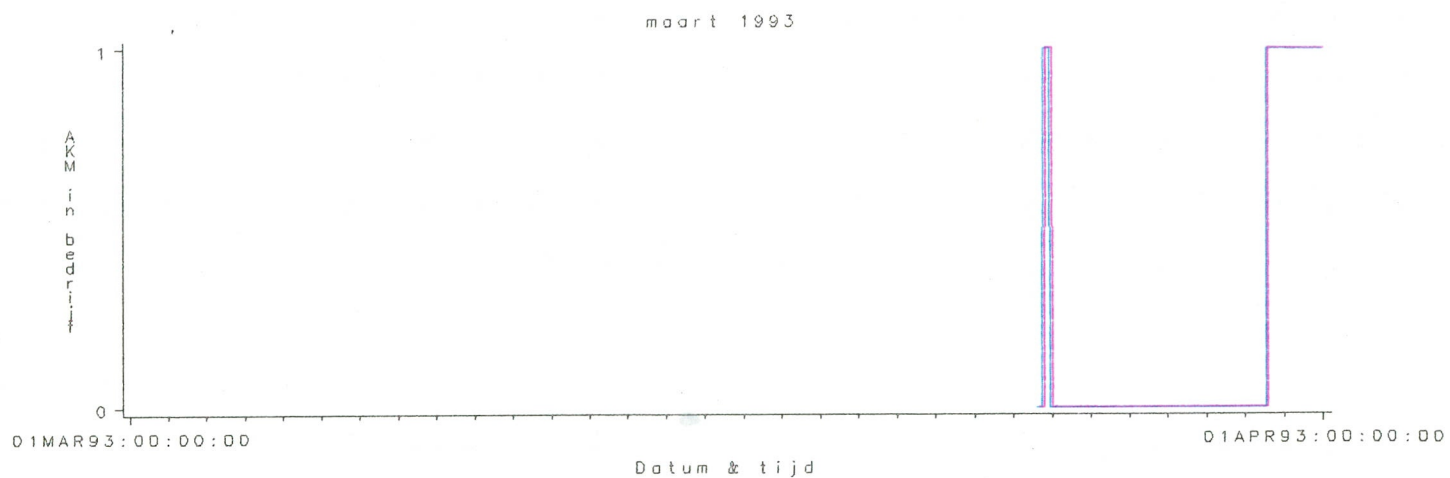
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

maart 1993



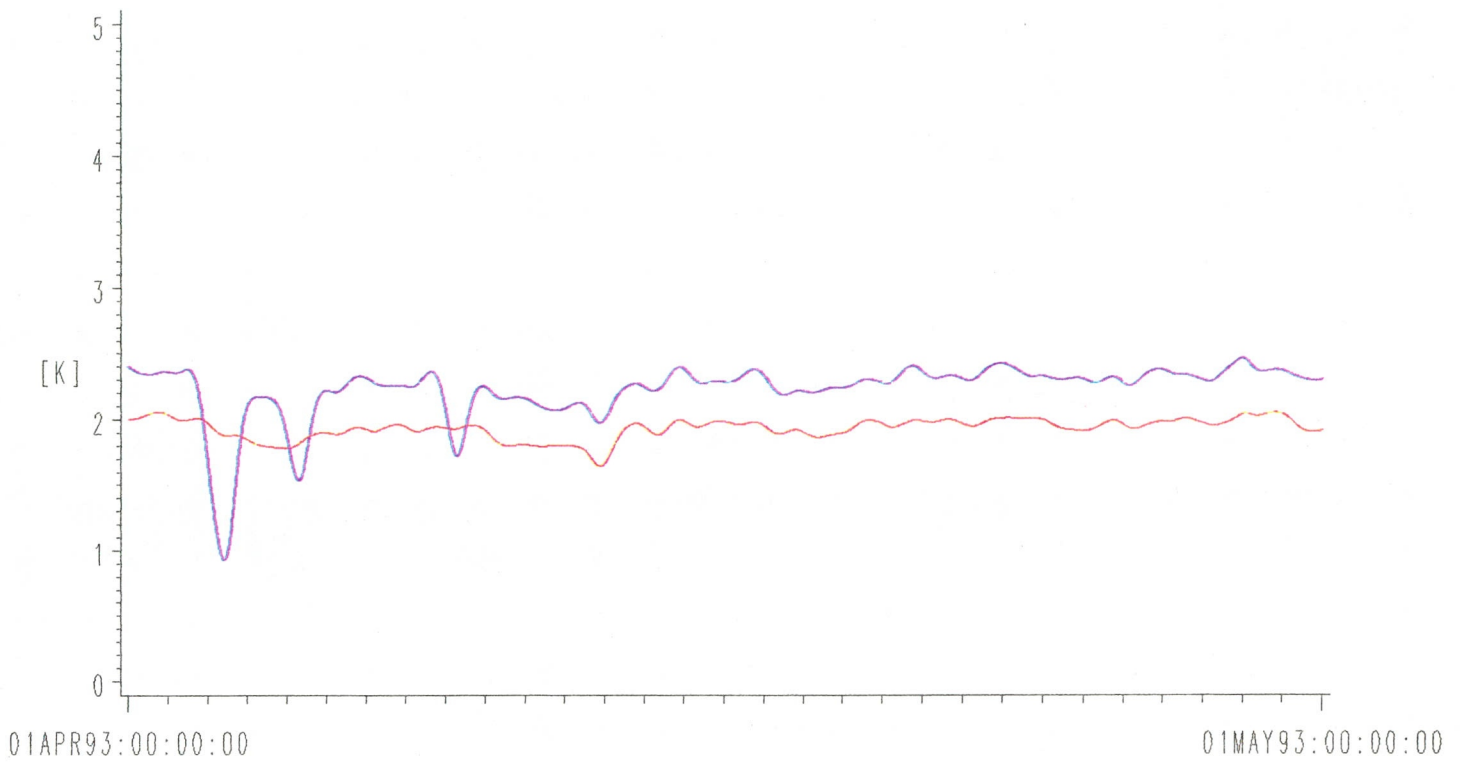
Figuur 6.6.4

Datum & tijd



Figuur 6.6.5

april 1993

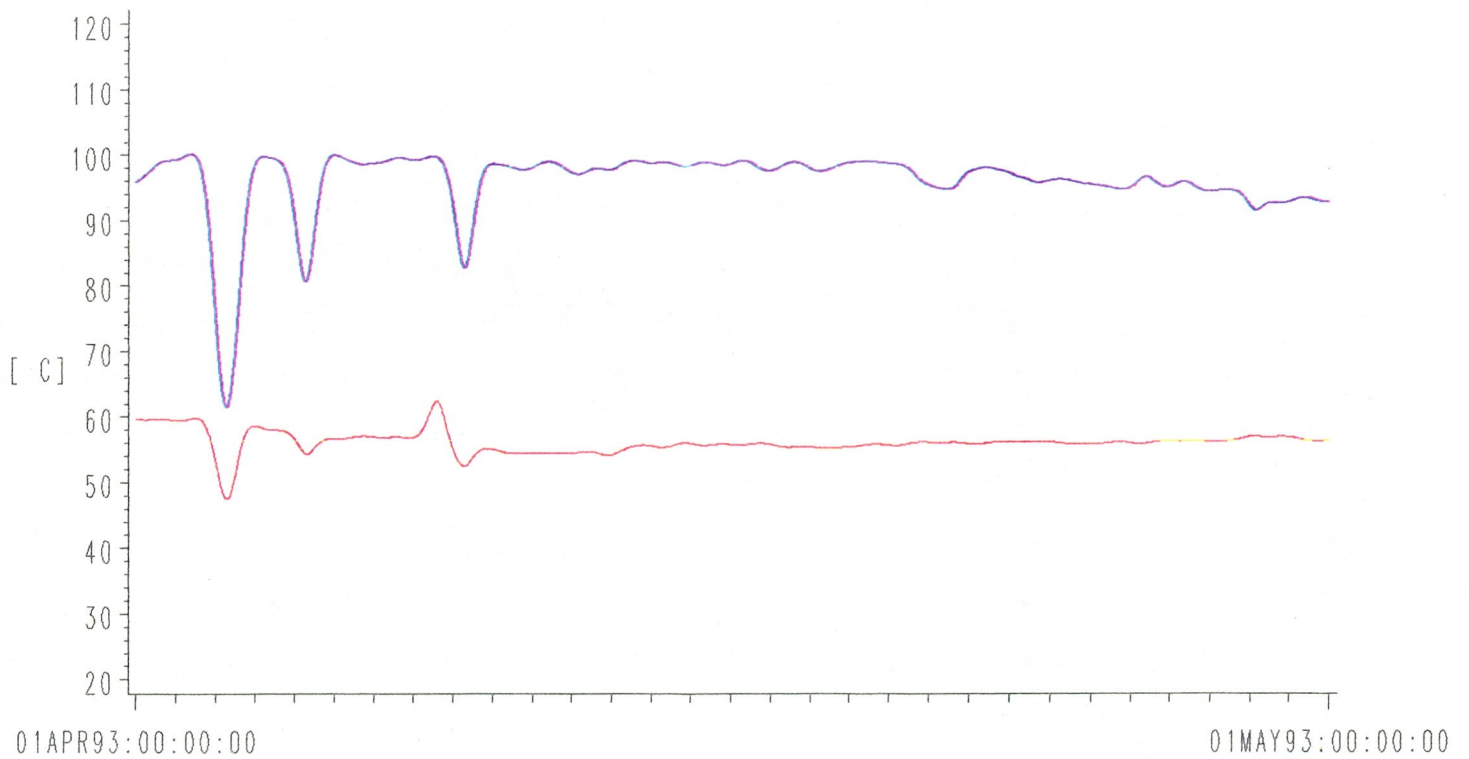


Figuur 6.7.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

april 1993

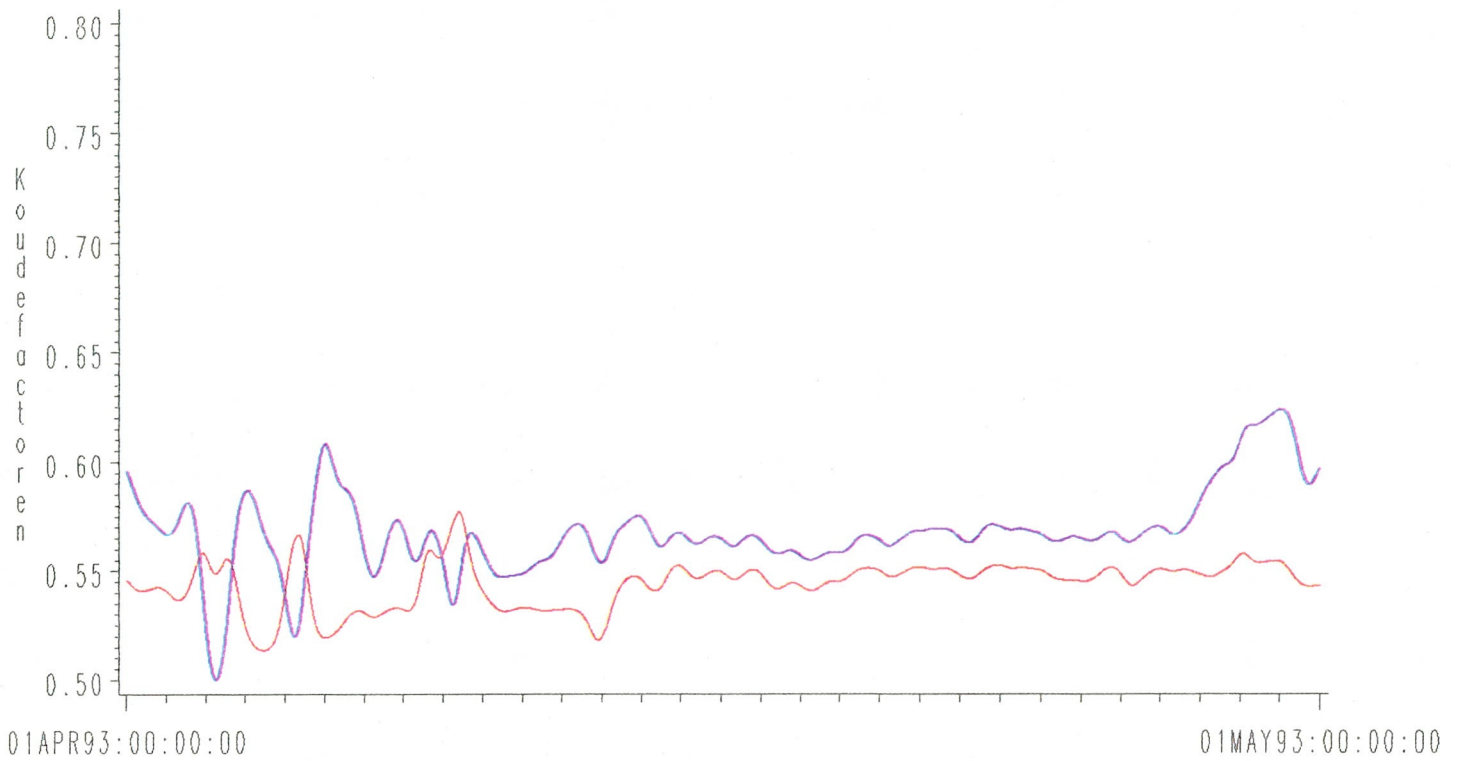


Figuur 6.7.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

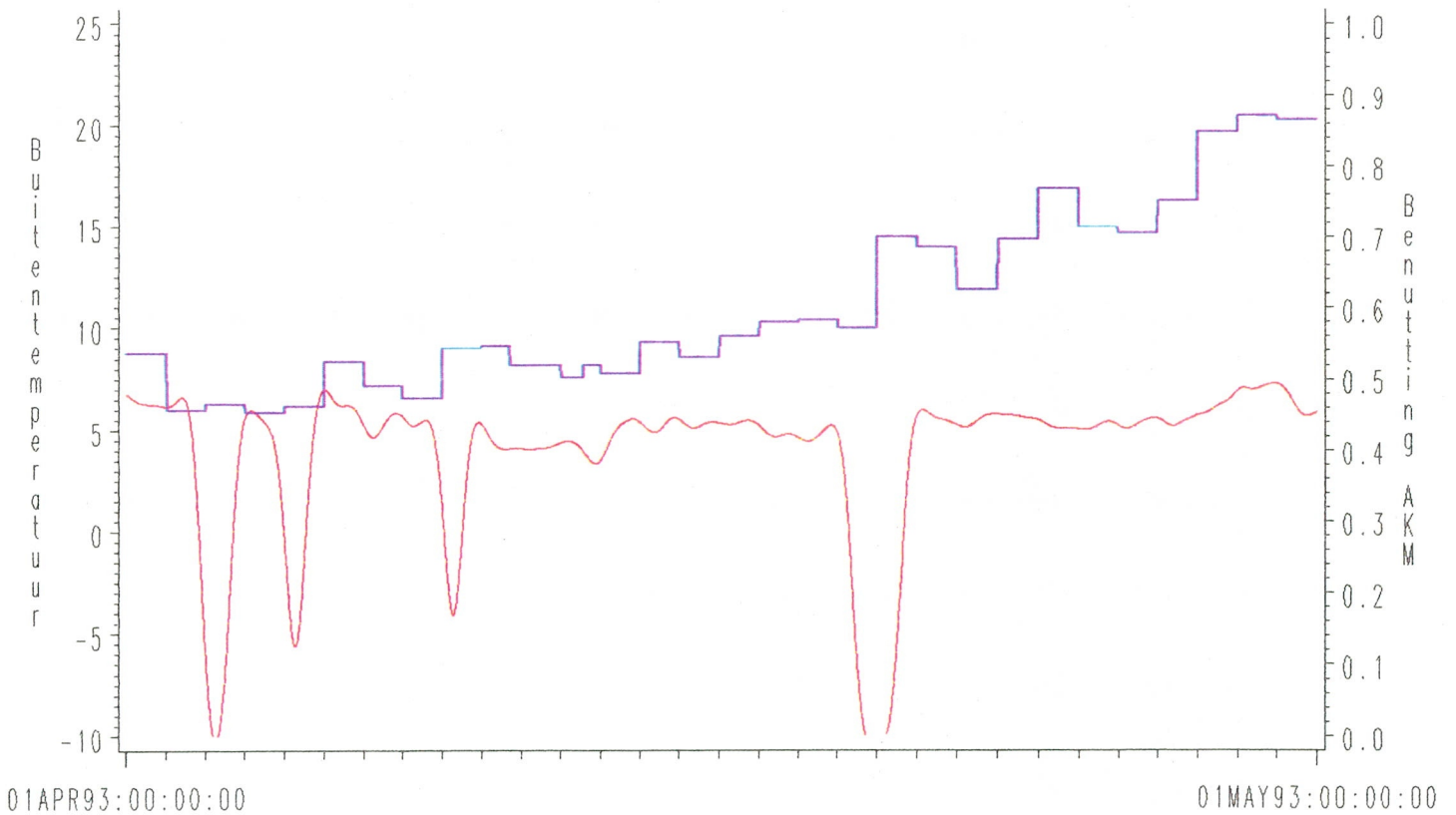
april 1993



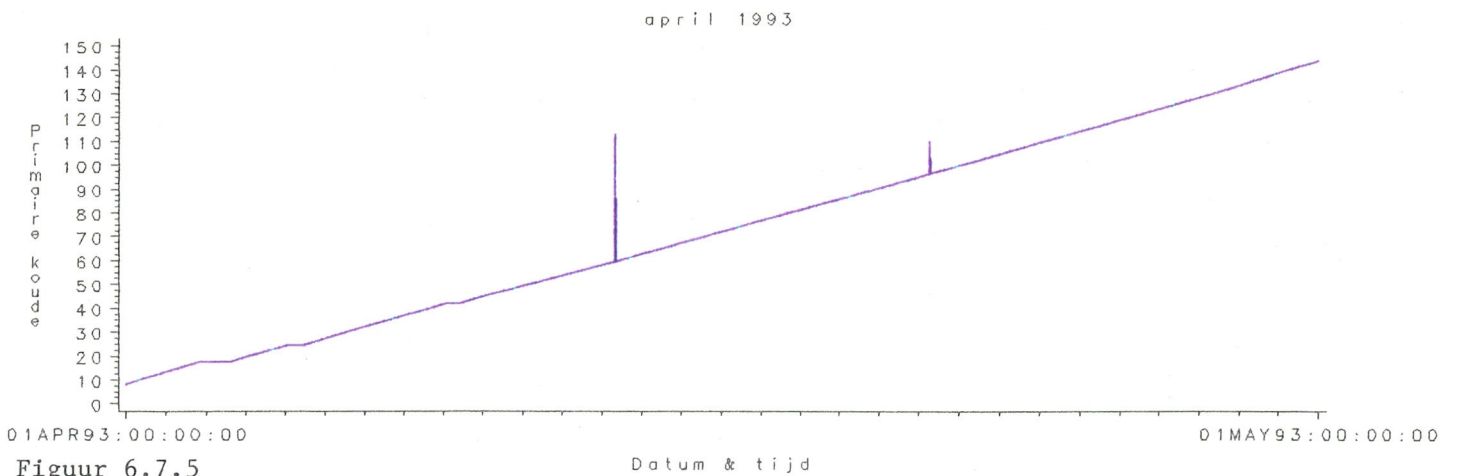
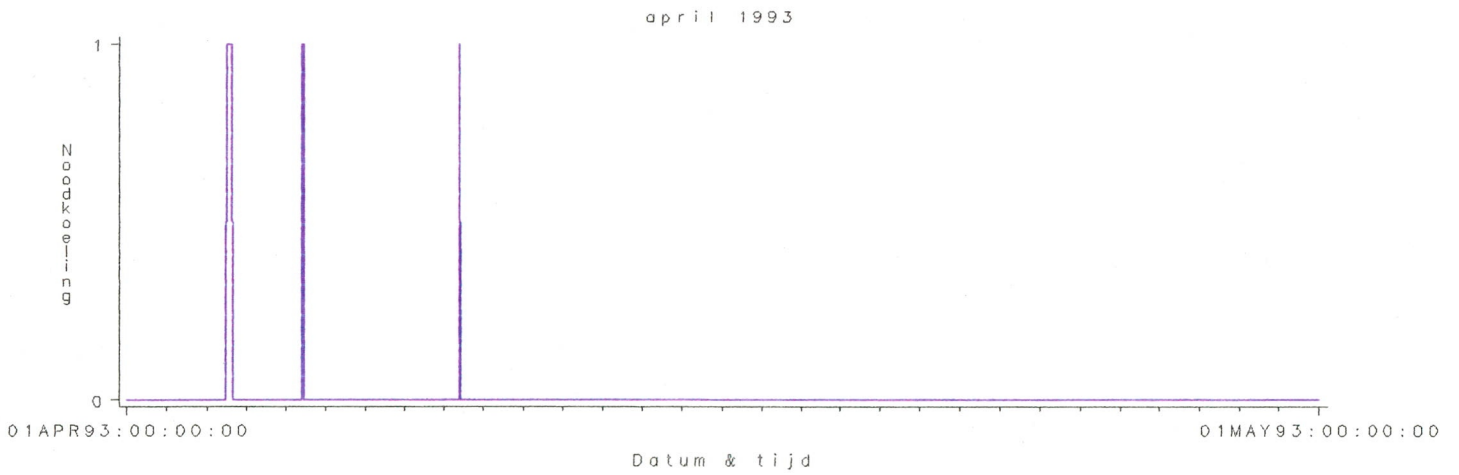
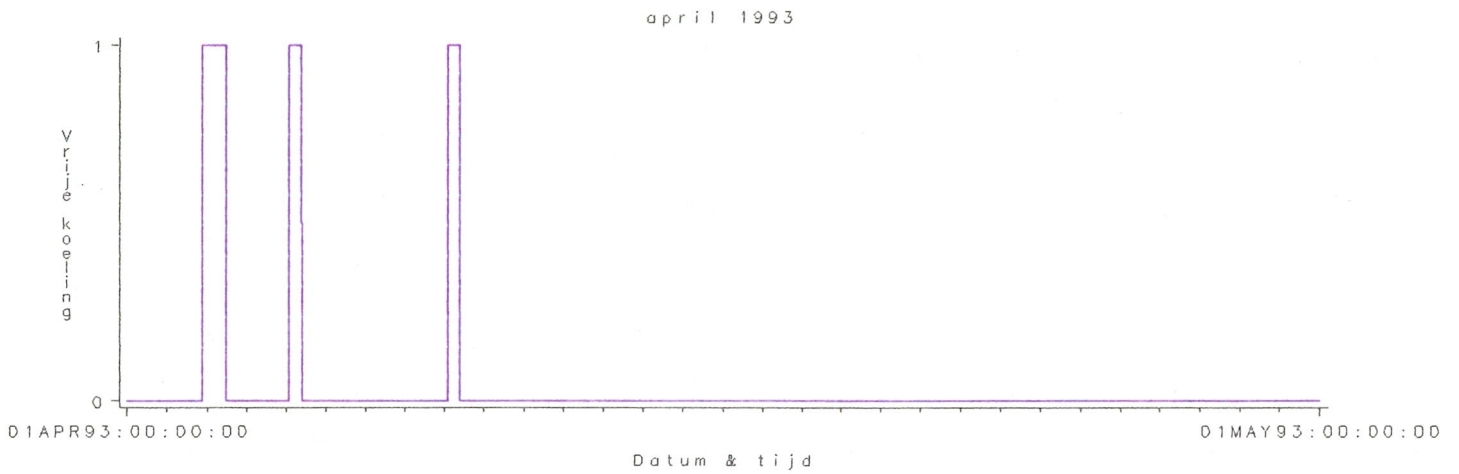
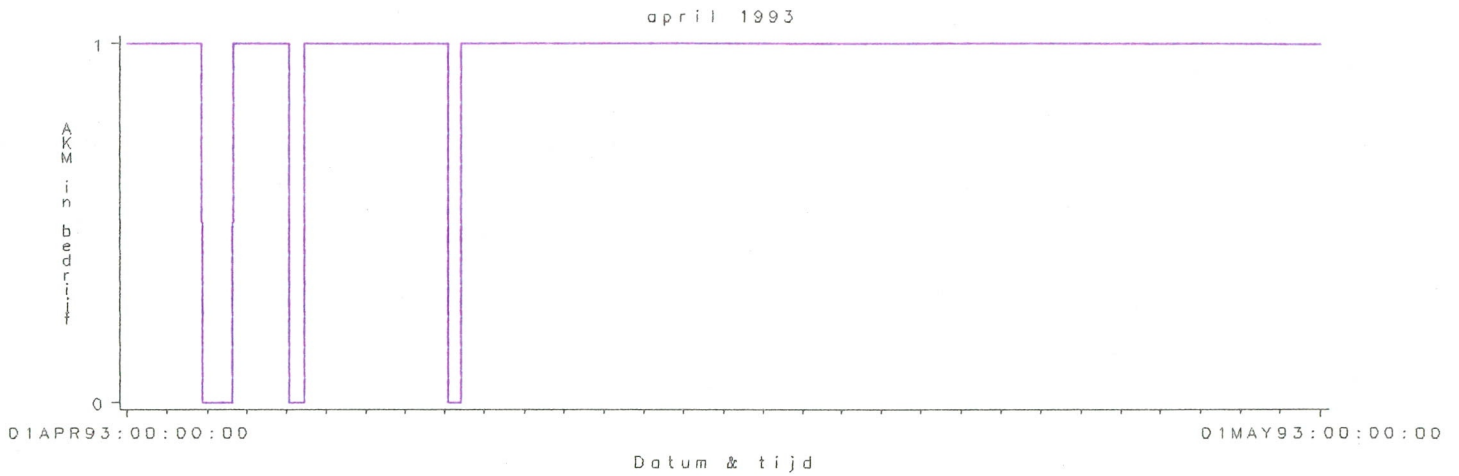
Figuur 6.7.3

PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

april 1993

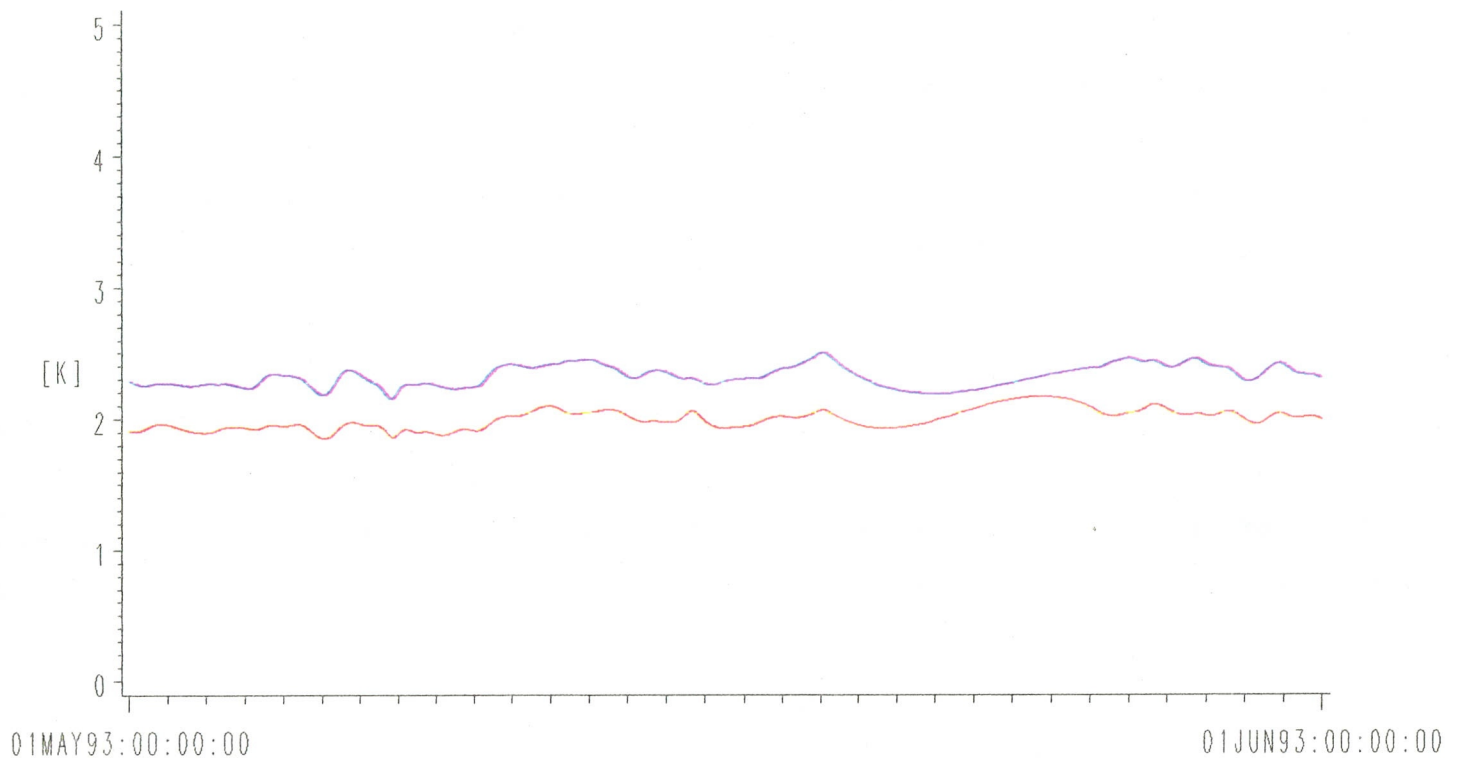


Figuur 6.7.4



Figuur 6.7.5

mei 1993

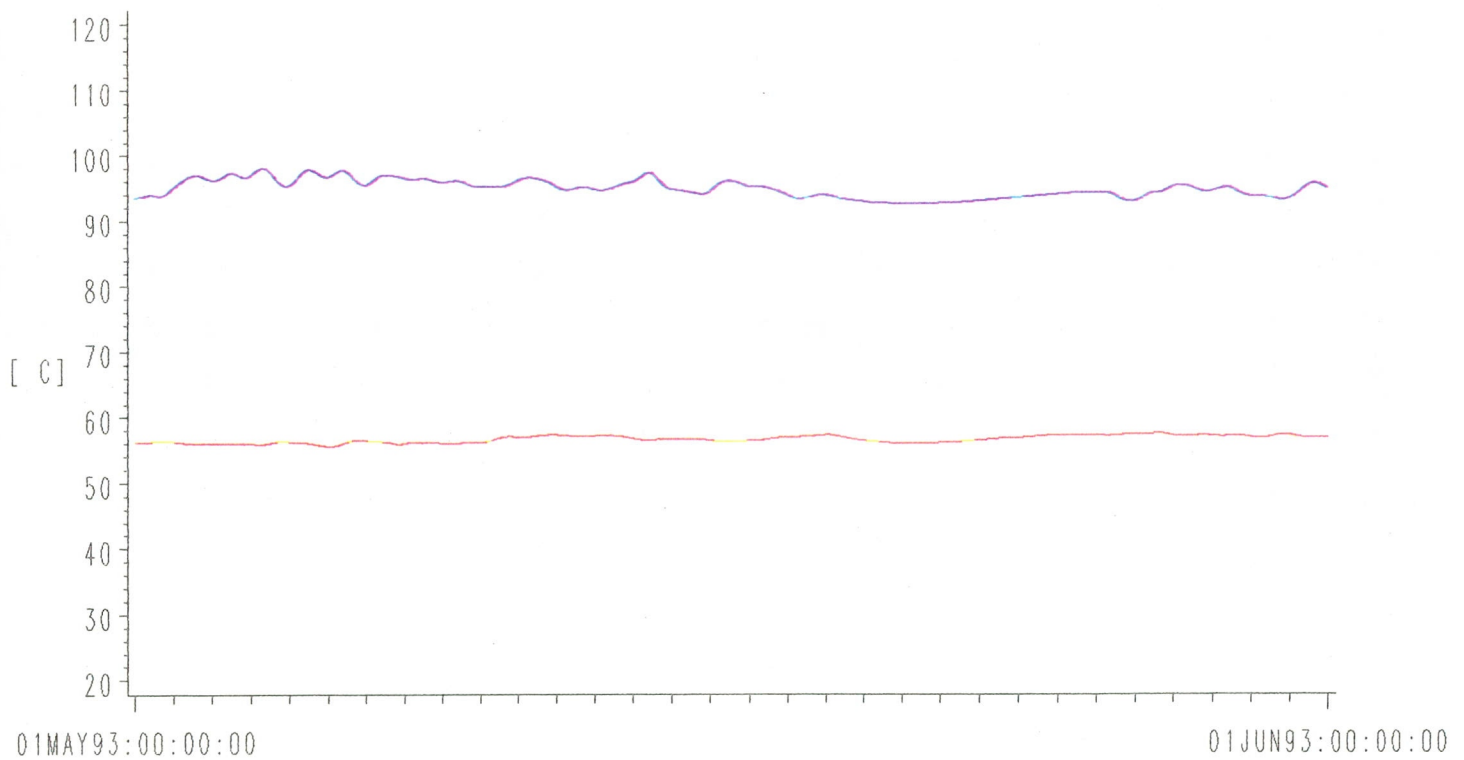


Figuur 6.8.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

mei 1993

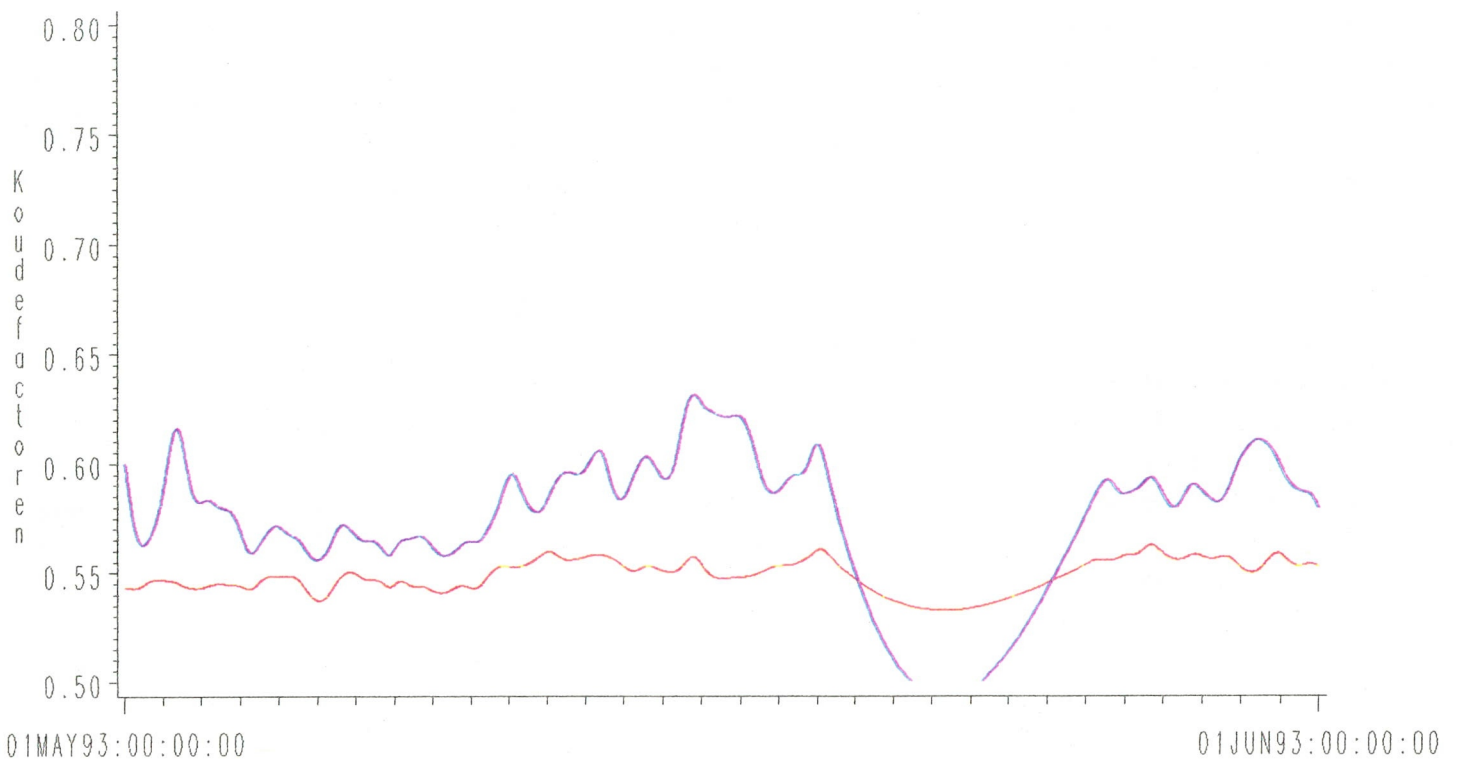


Figuur 6.8.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

mei 1993

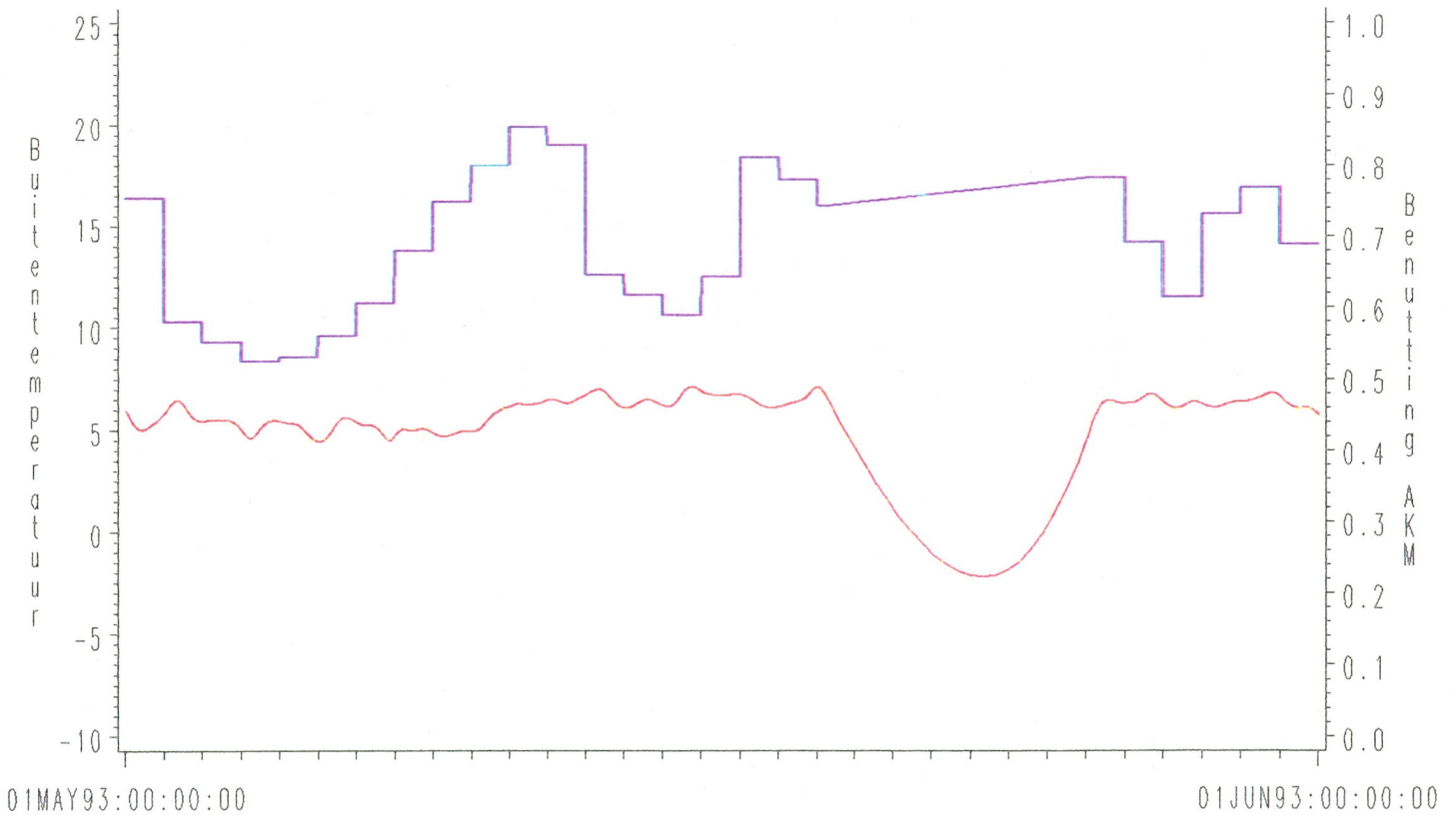


Figuur 6.8.3

Datum & tijd

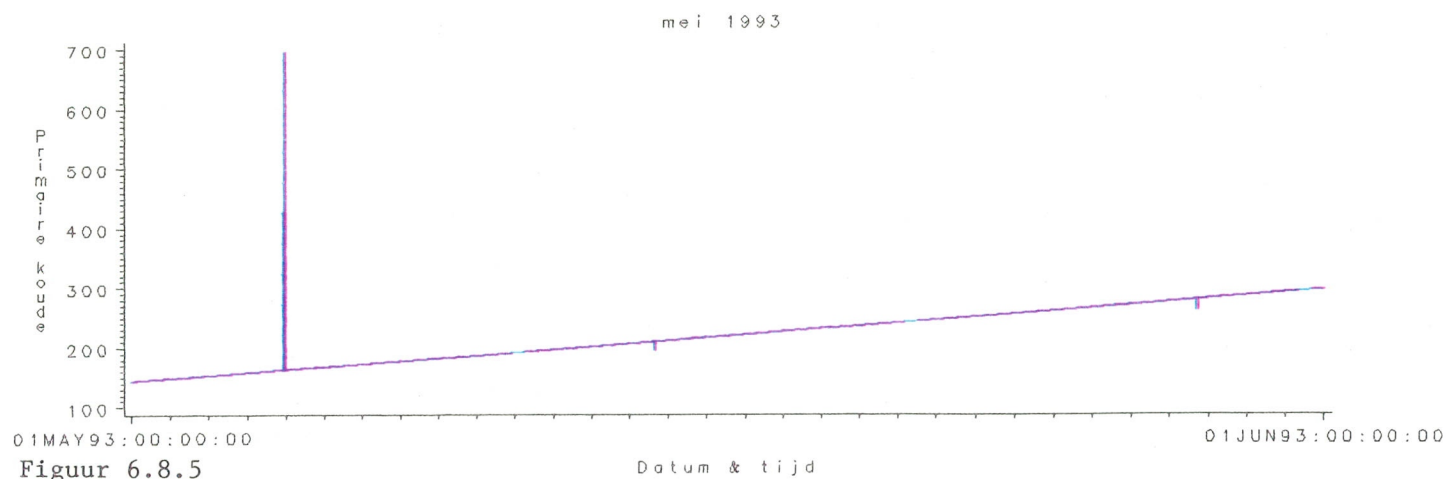
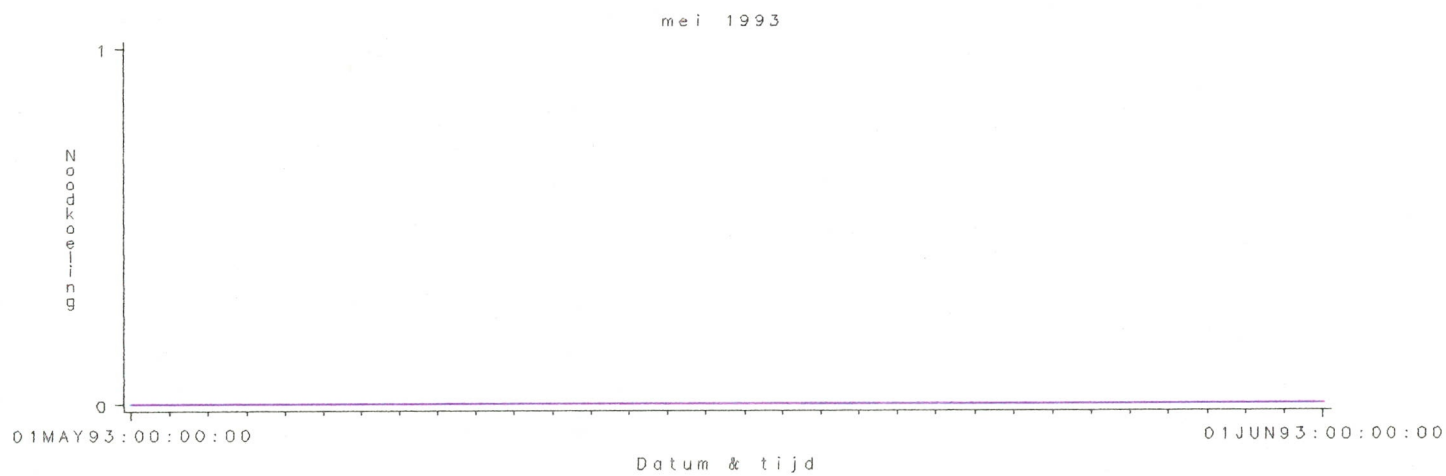
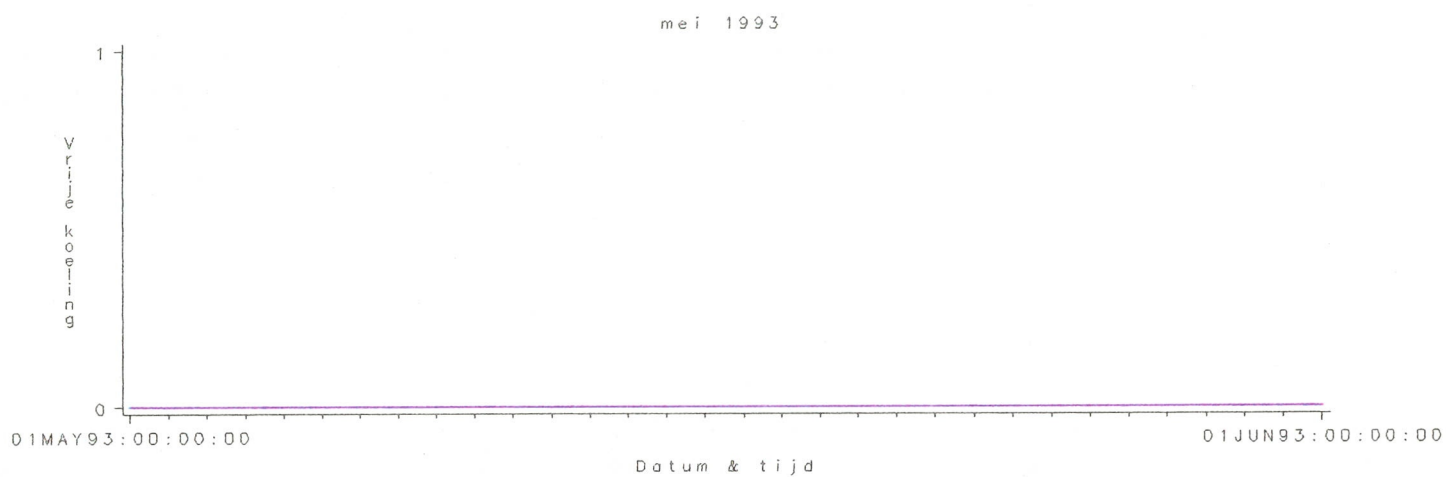
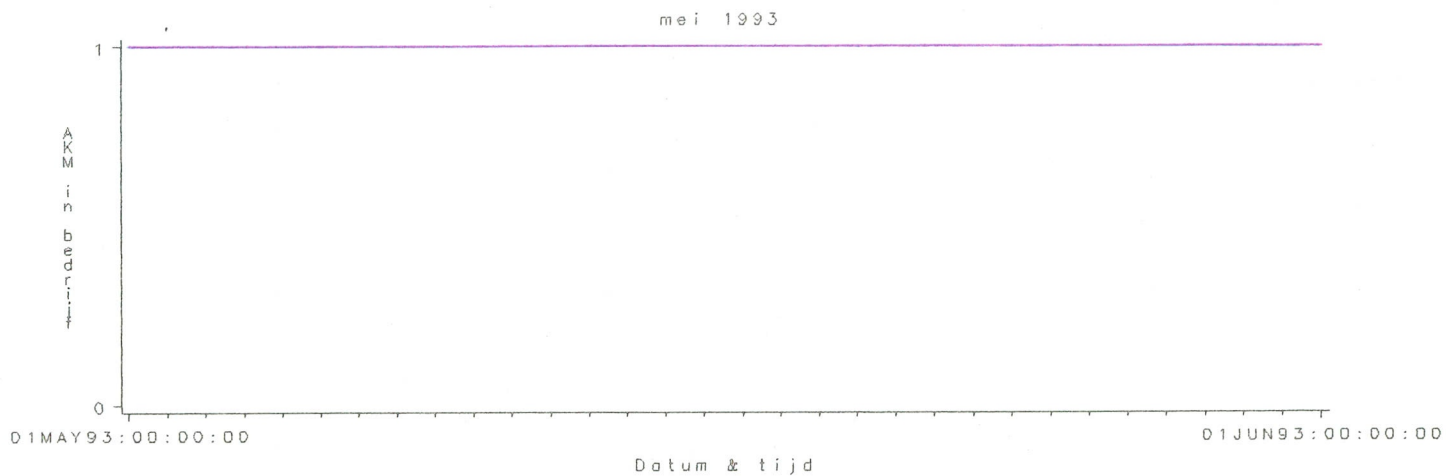
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

mei 1993



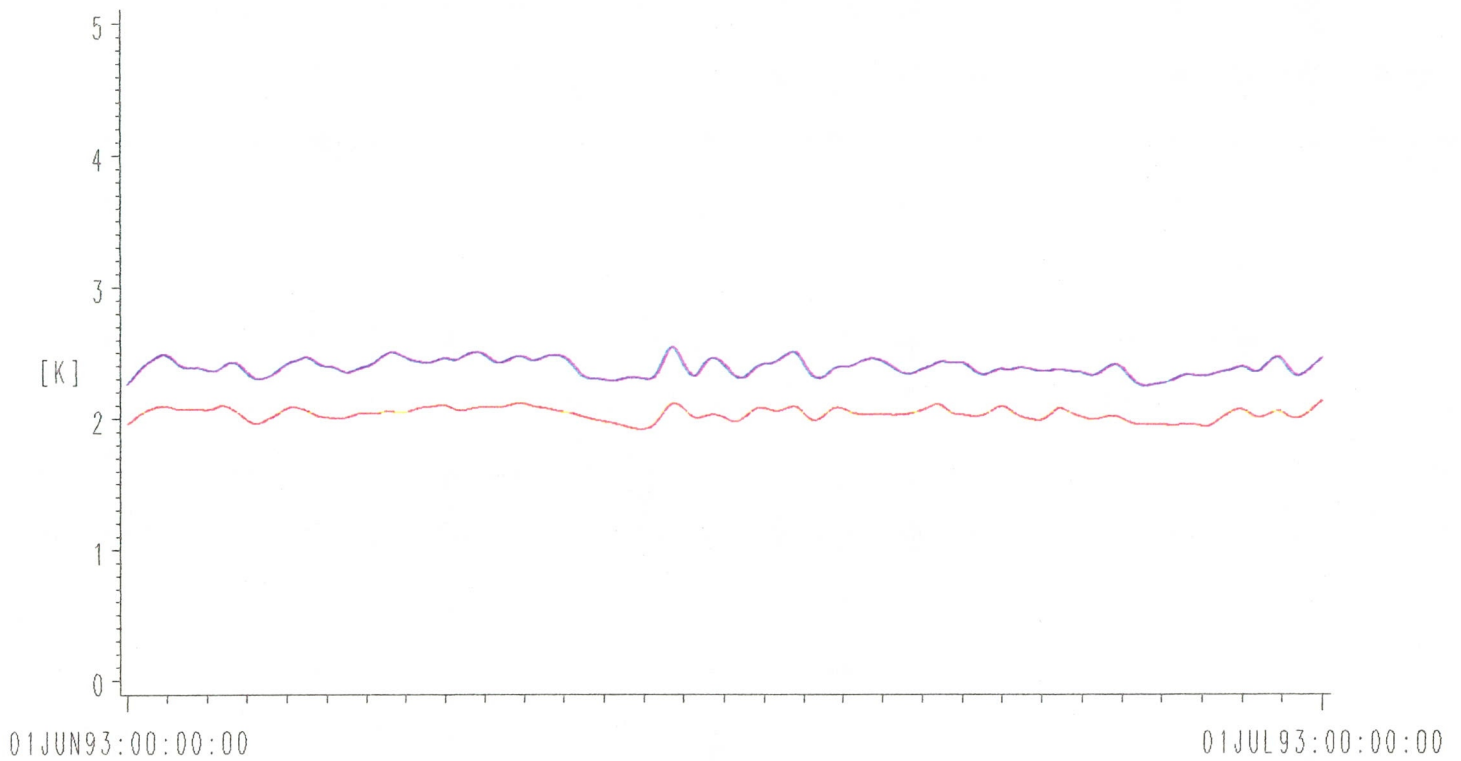
Figuur 6.8.4

Datum & tijd



Figuur 6.8.5

juni 1993

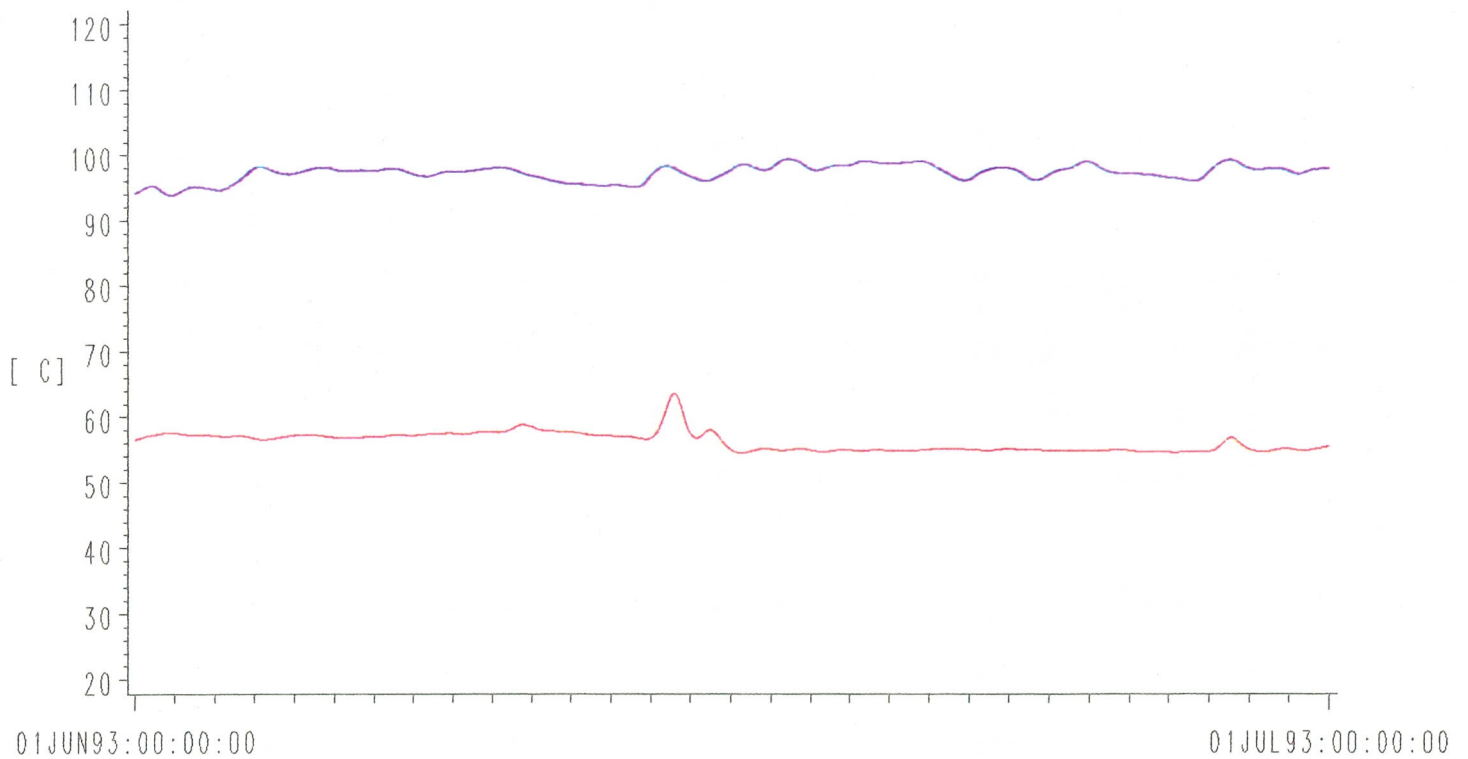


Figuur 6.9.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

juni 1993

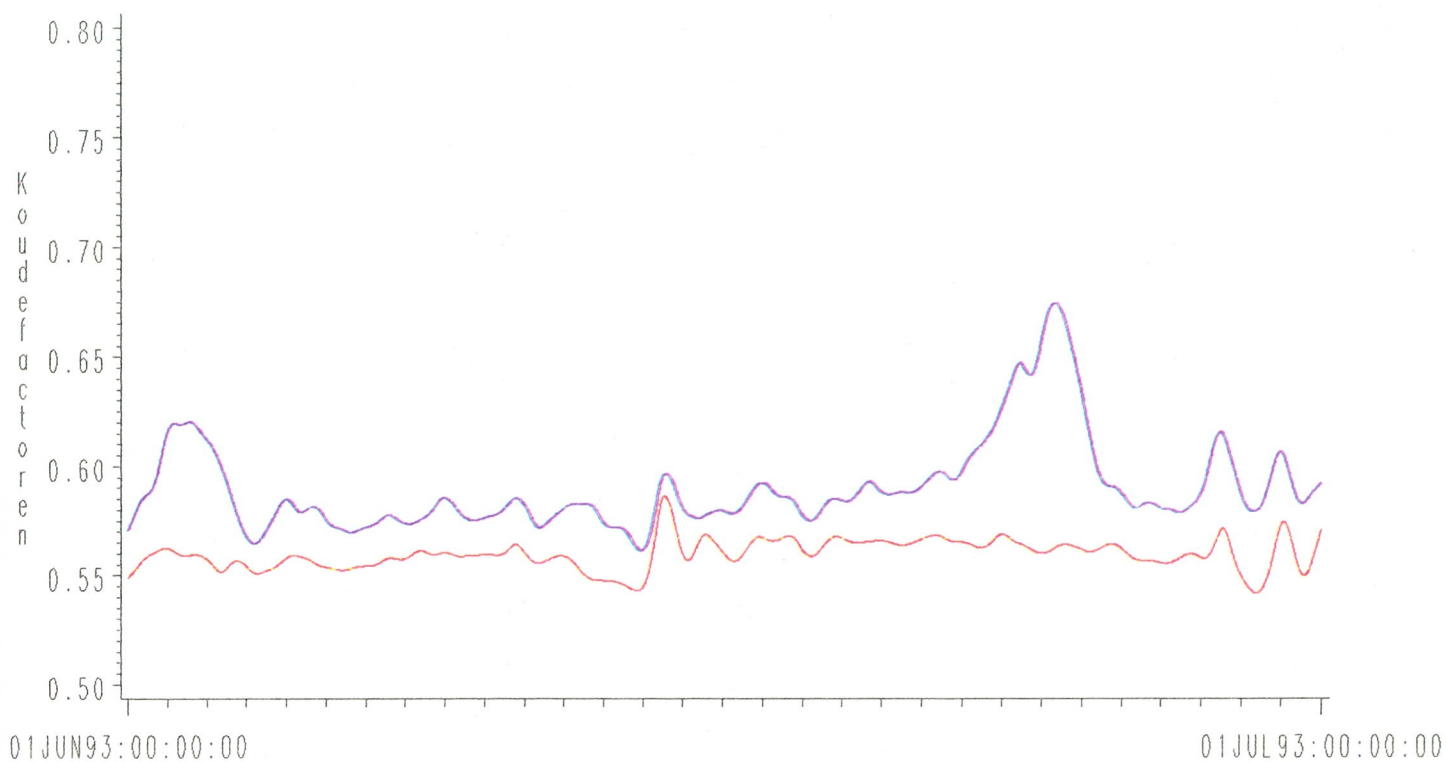


Figuur 6.9.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

juni 1993

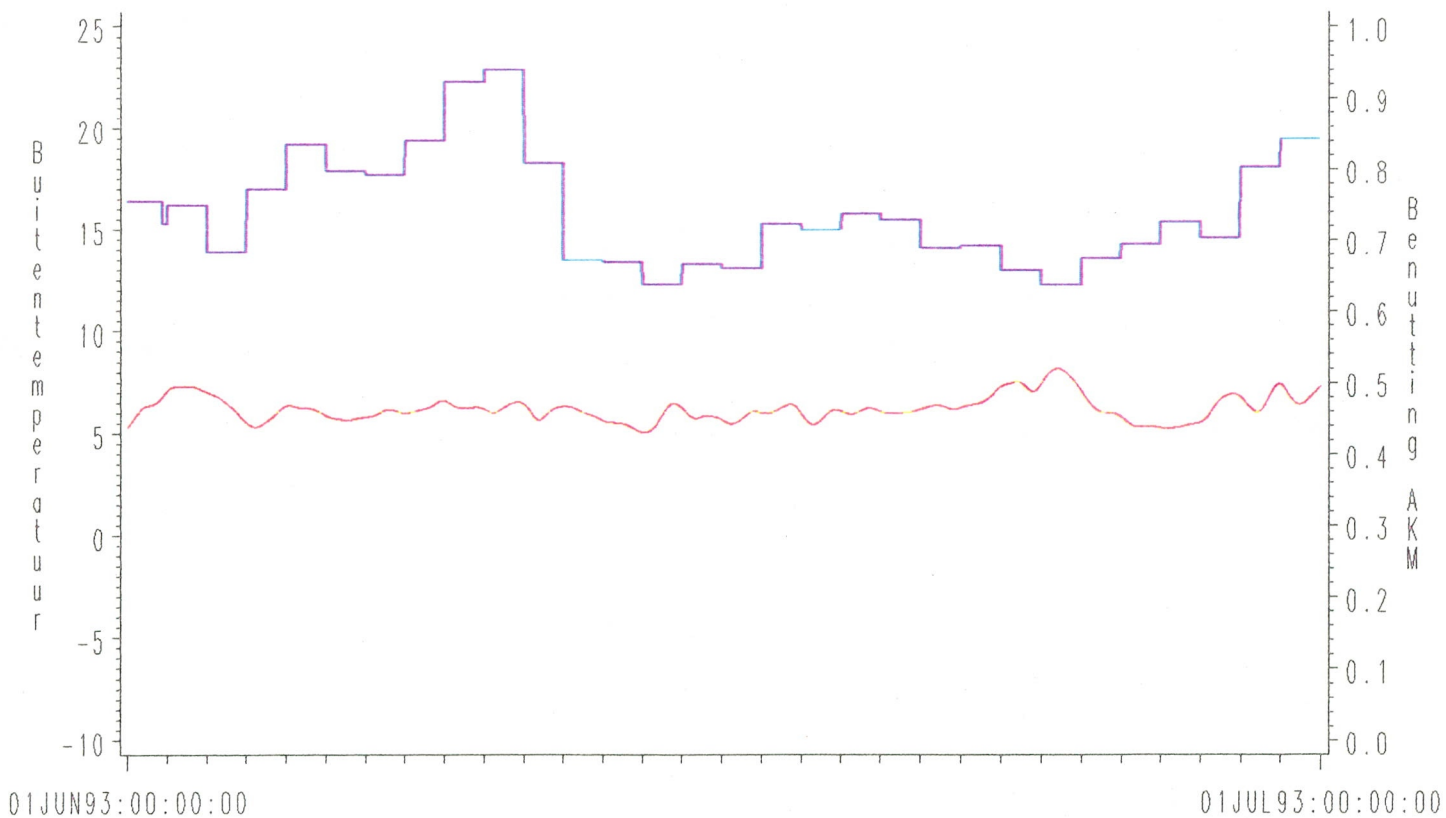


Figuur 6.9.3

Datum & tijd

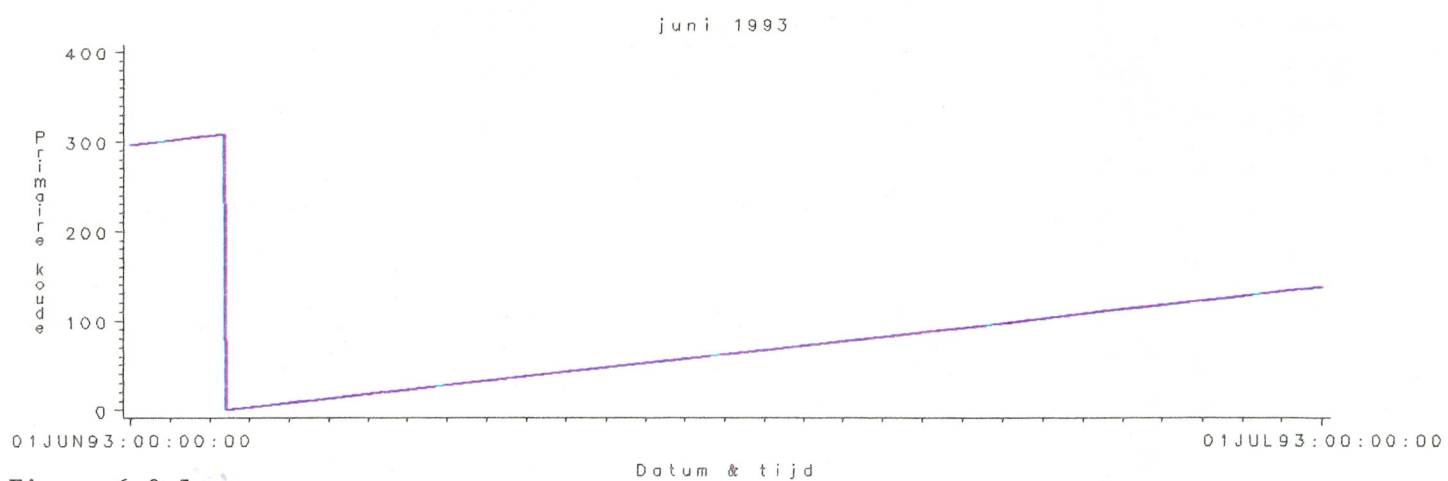
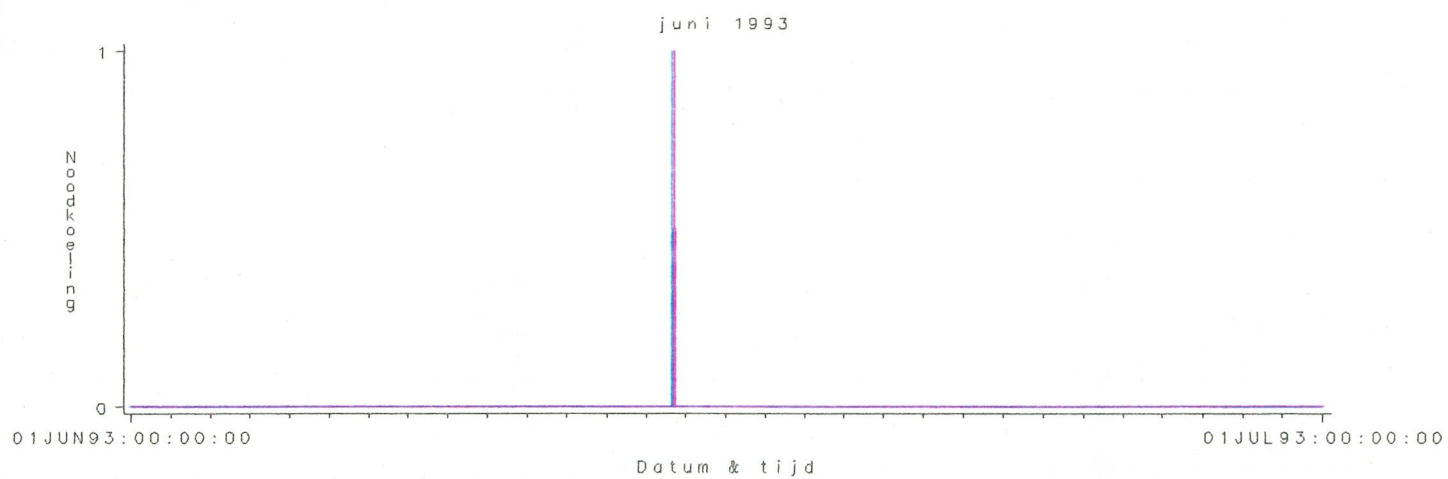
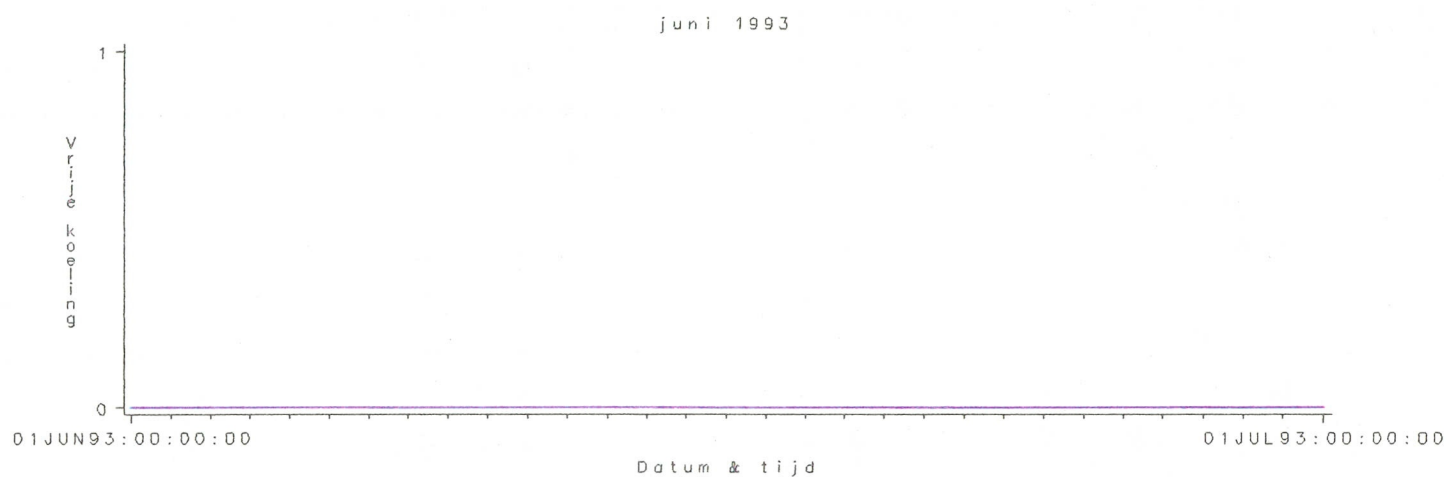
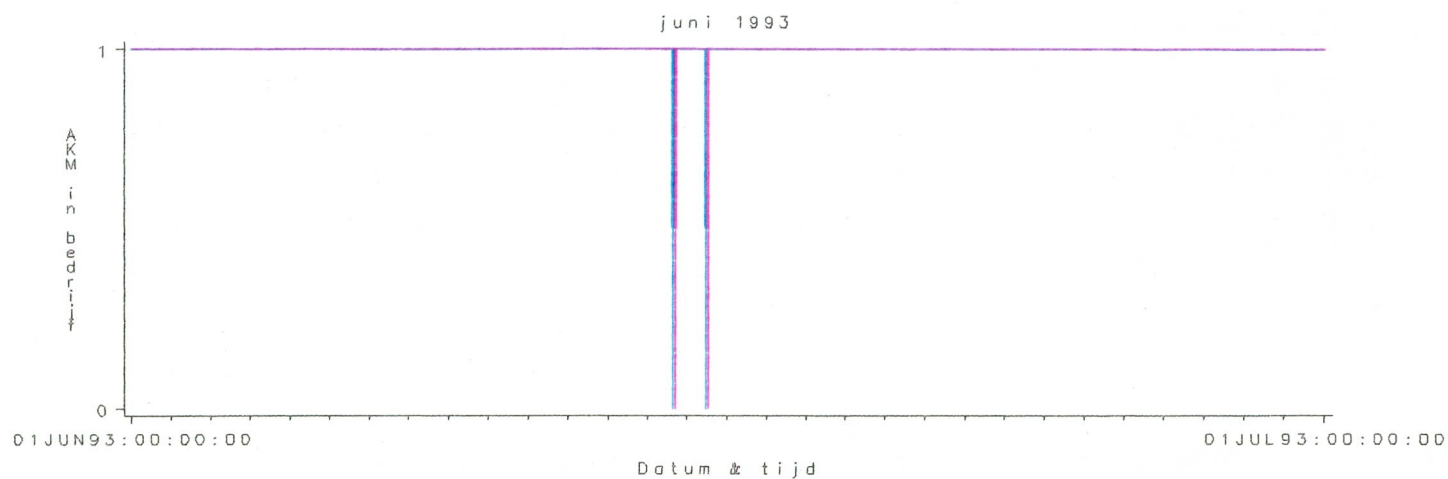
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

juni 1993



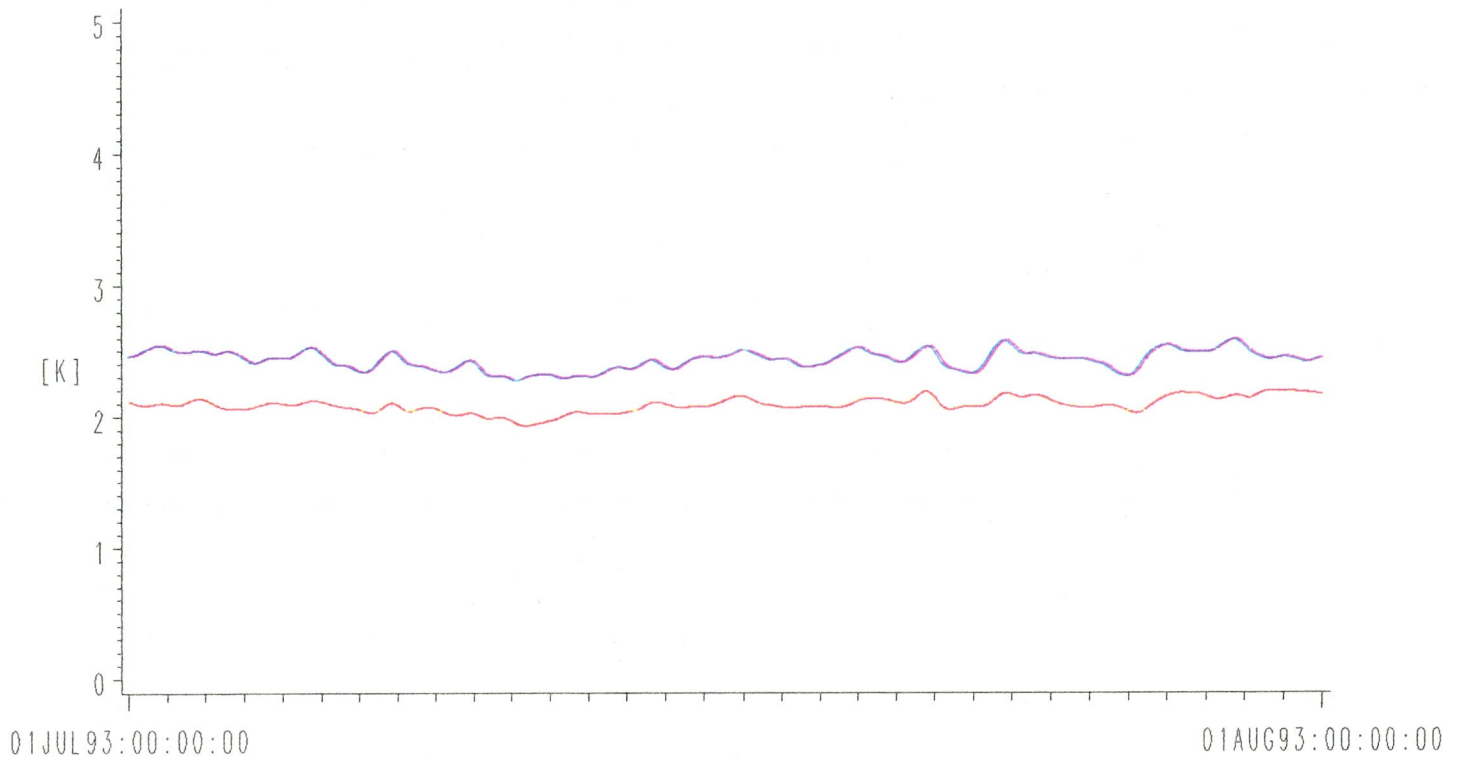
Figuur 6.9.4

Datum & tijd



Figuur 6.9.5

juli 1993

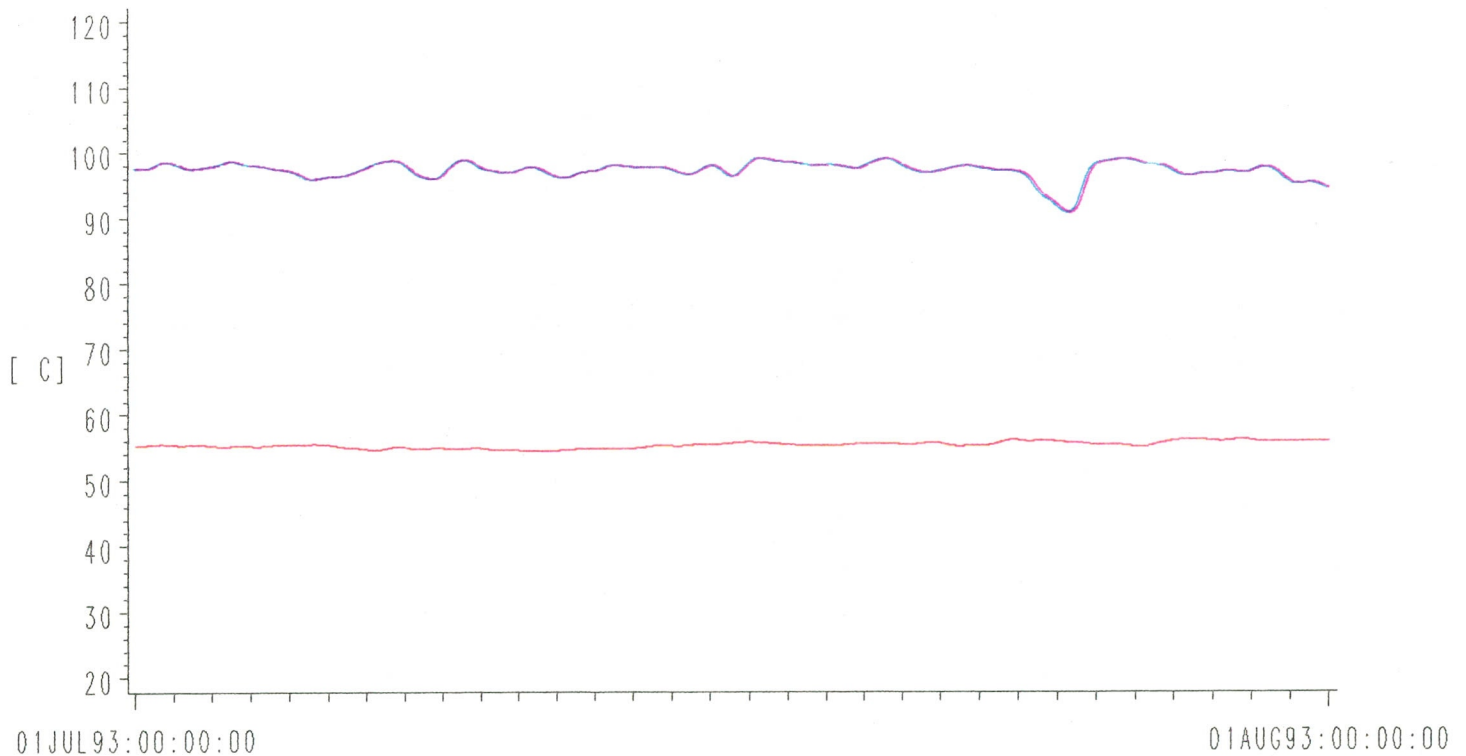


Figuur 6.10.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

juli 1993

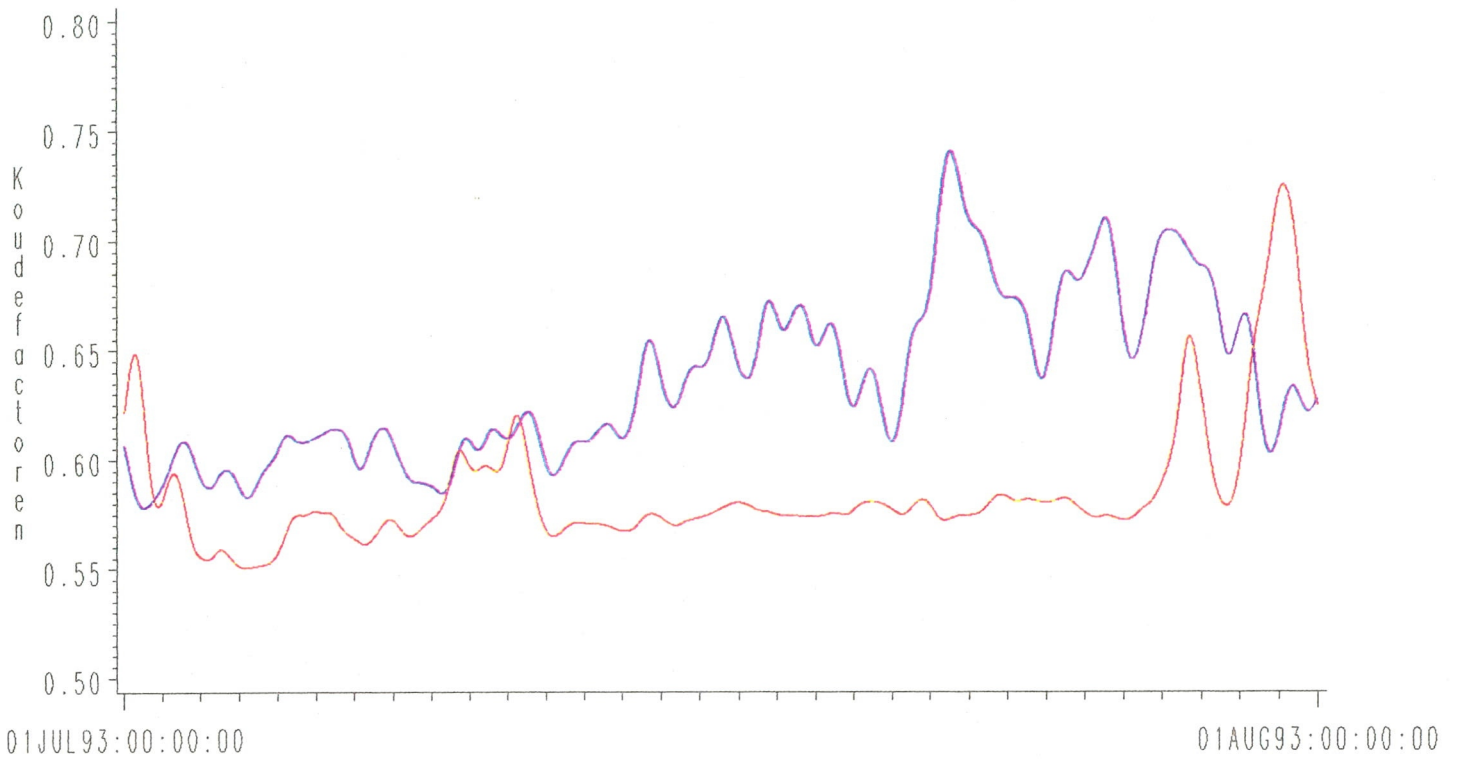


Figuur 6.10.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

juli 1993

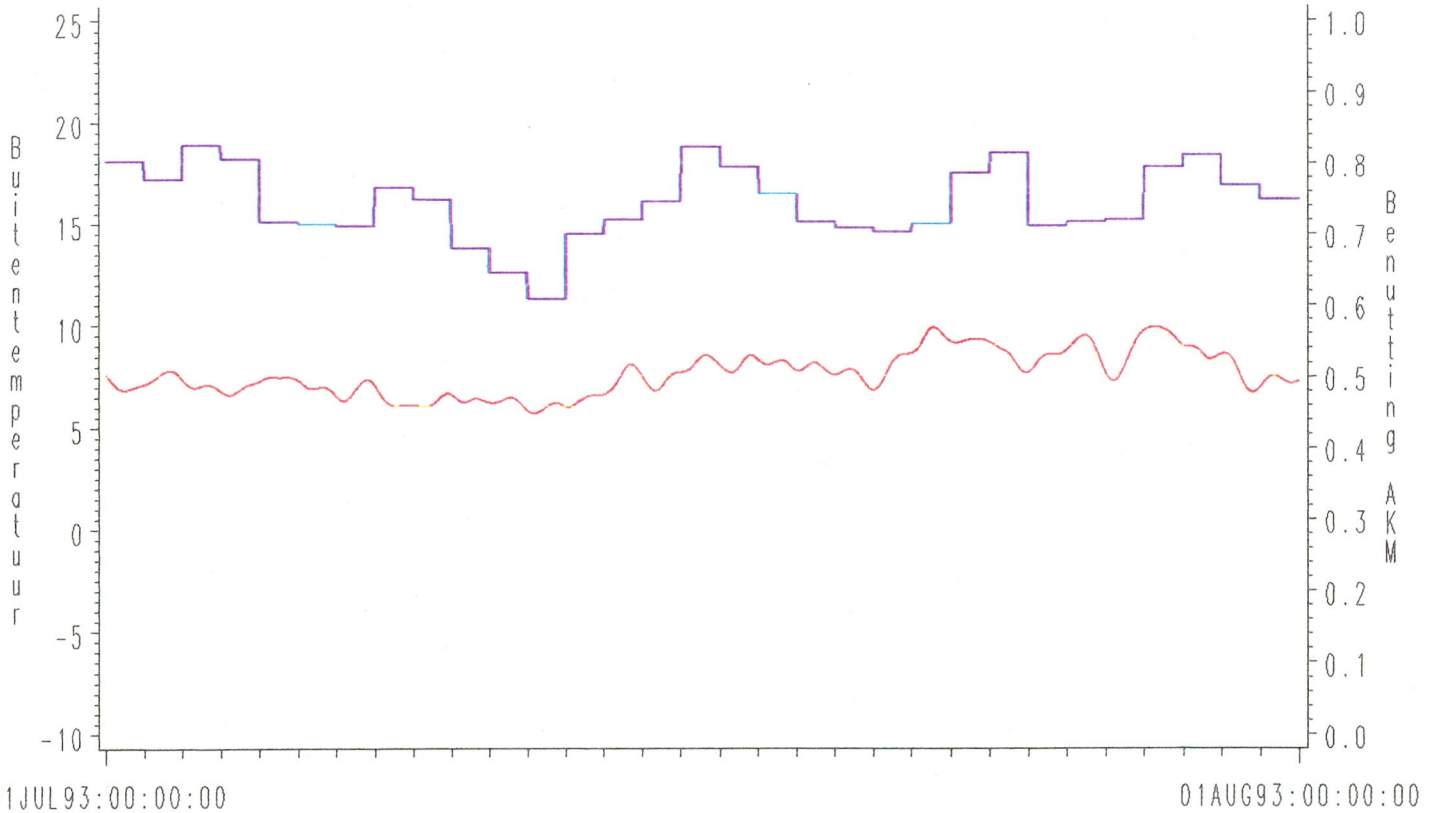


Figuur 6.10.3

Datum & tijd

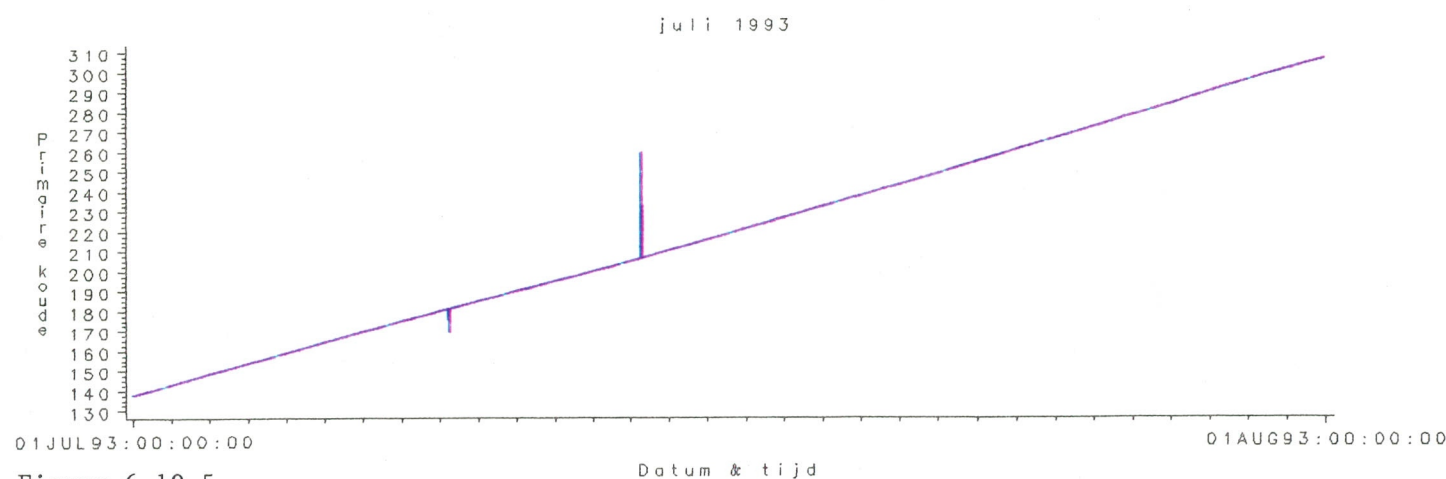
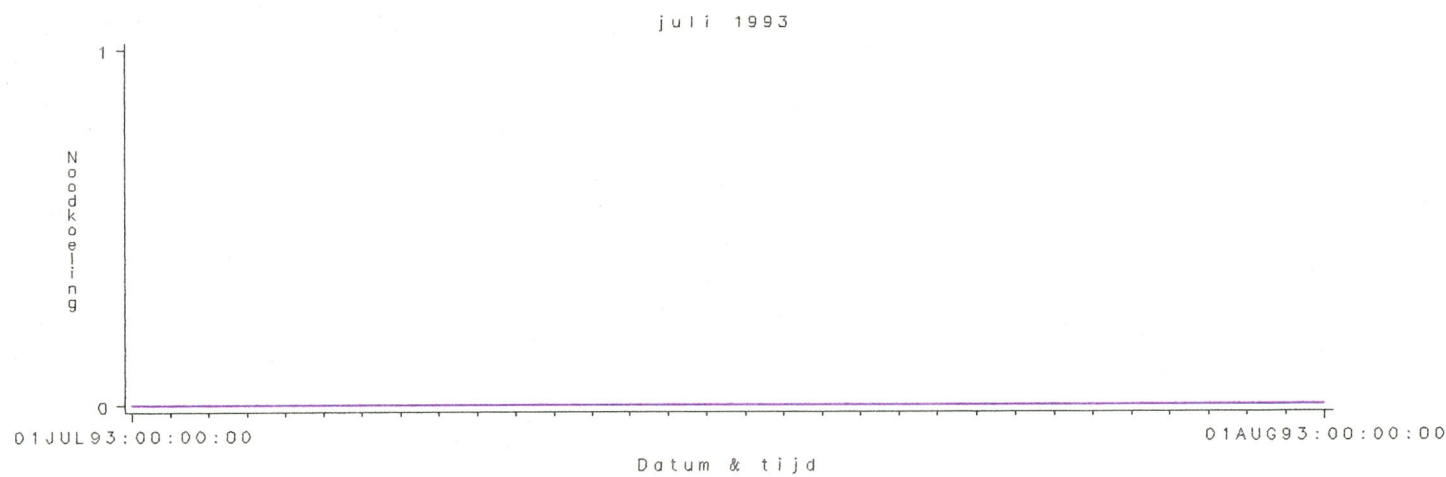
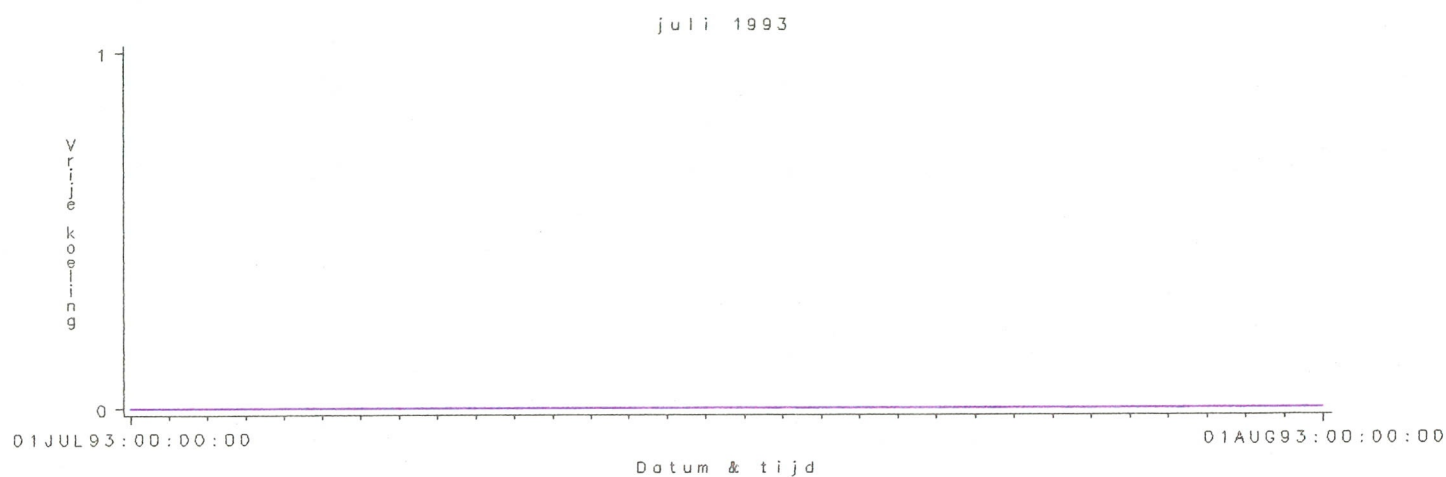
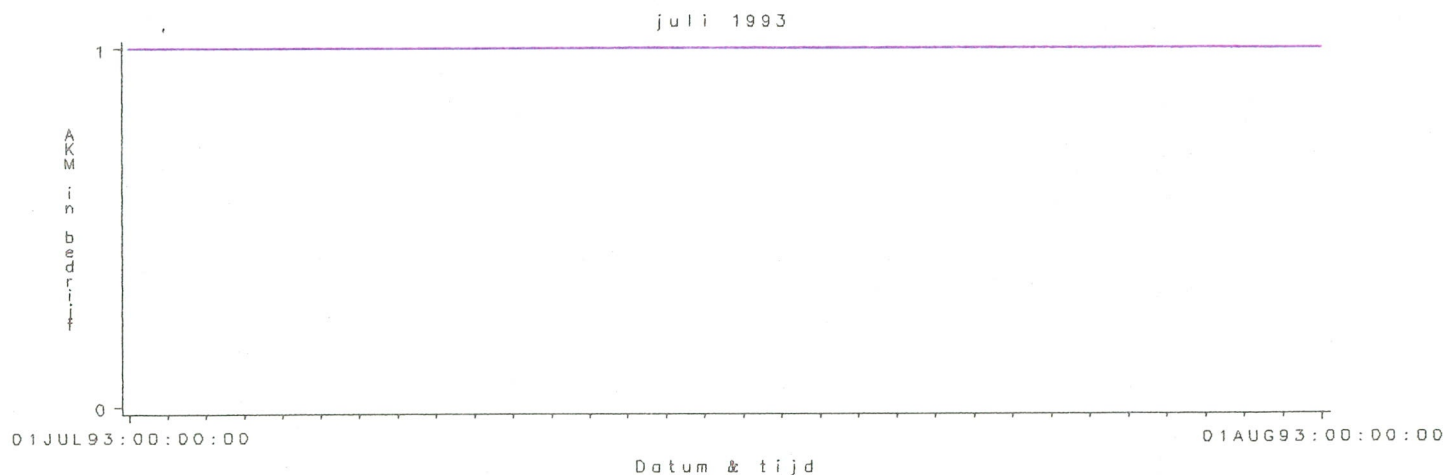
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

juli 1993



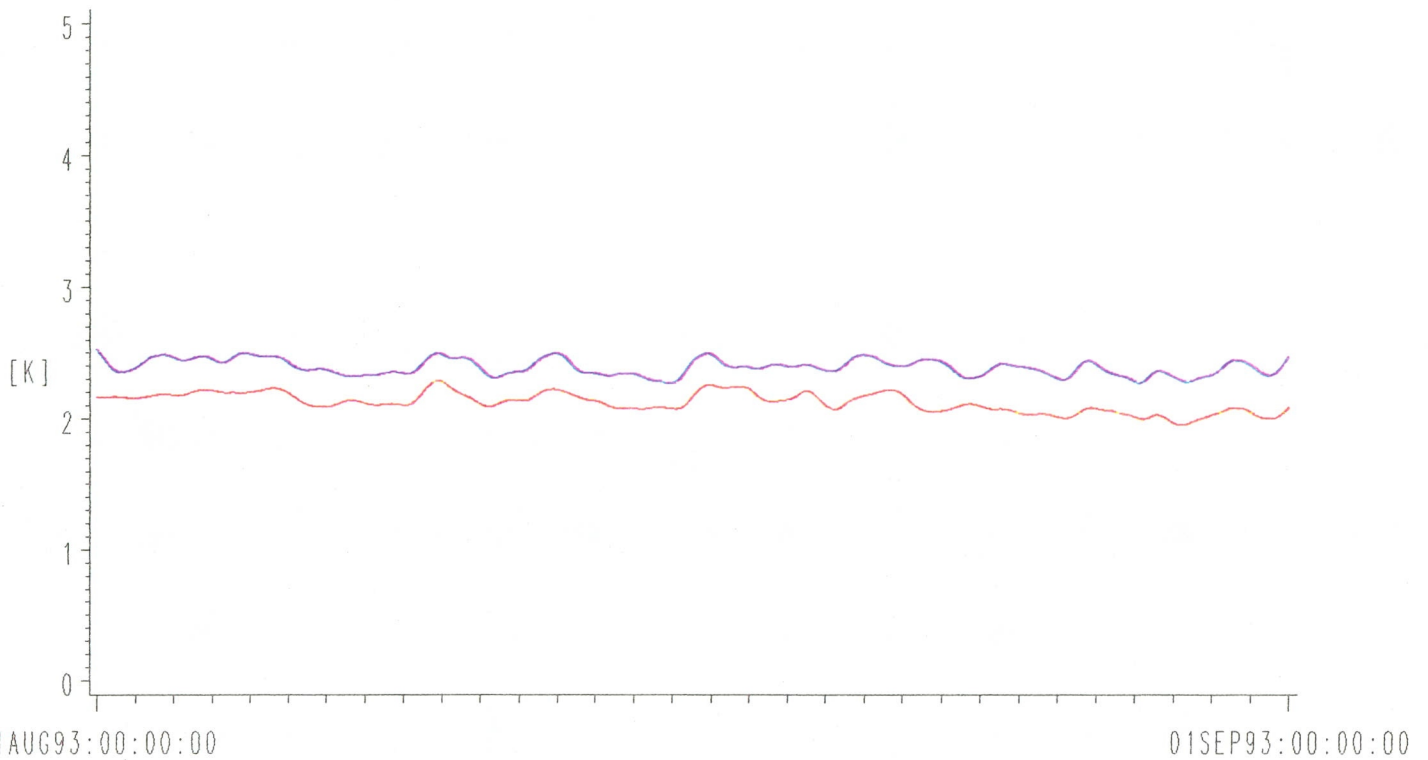
Figuur 6.10.4

Datum & tijd



Figuur 6.10.5

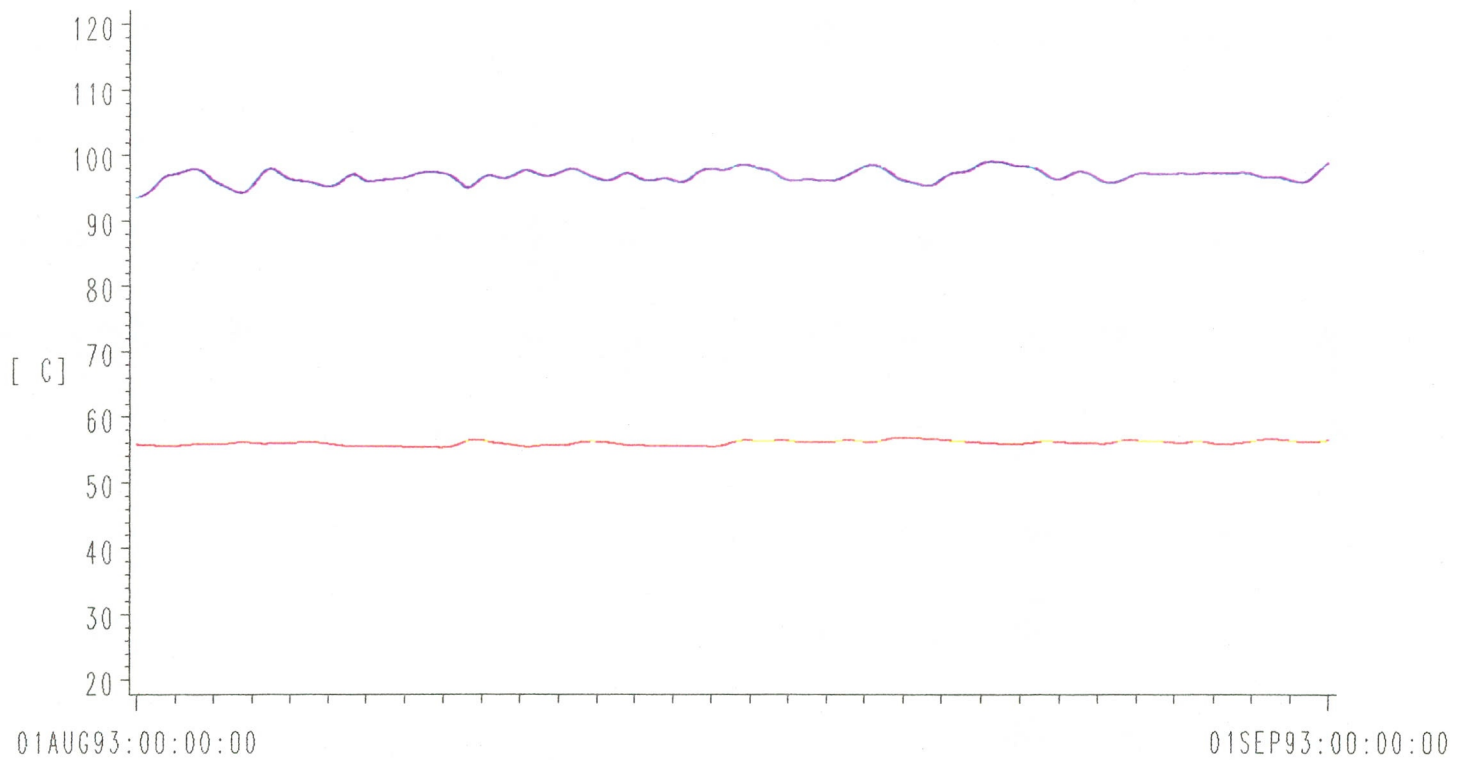
augustus 1993



Figuur 6.11.1

Datum & tijd
PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

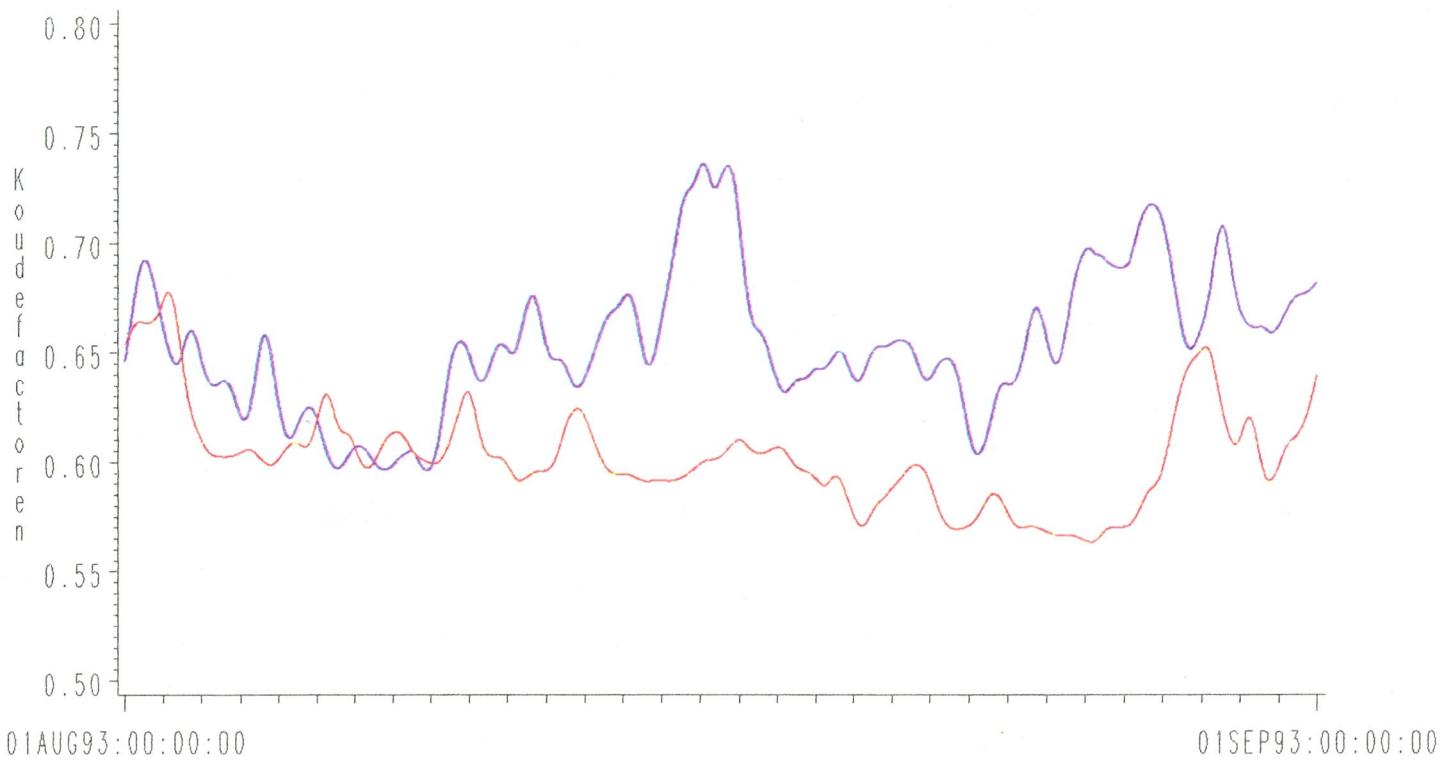
augustus 1993



Figuur 6.11.2

Datum & tijd
PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

augustus 1993

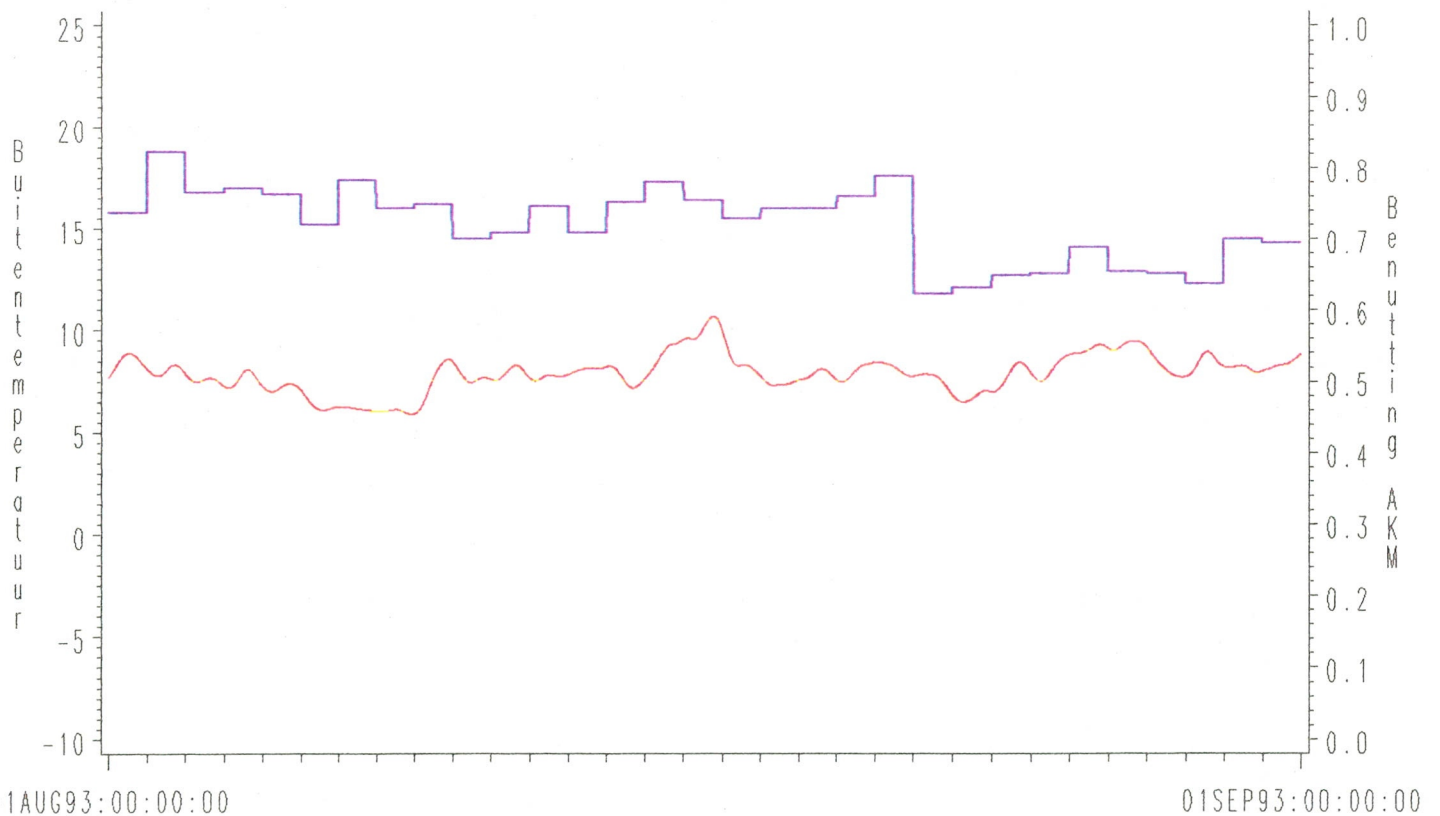


Figuur 6.11.3

Datum & tijd

PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

augustus 1993

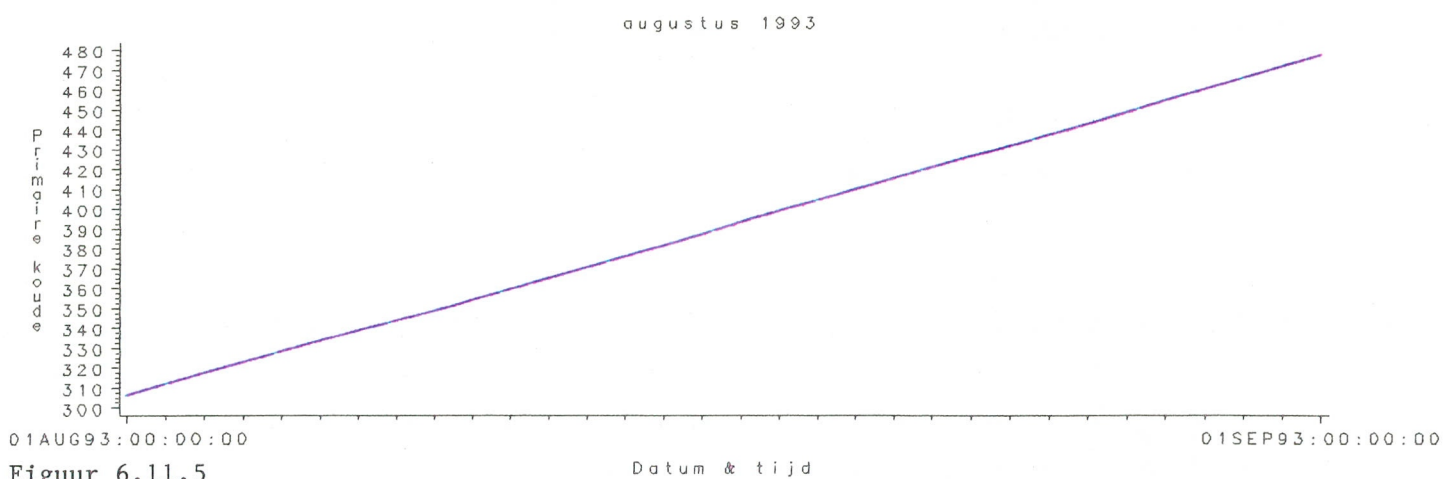
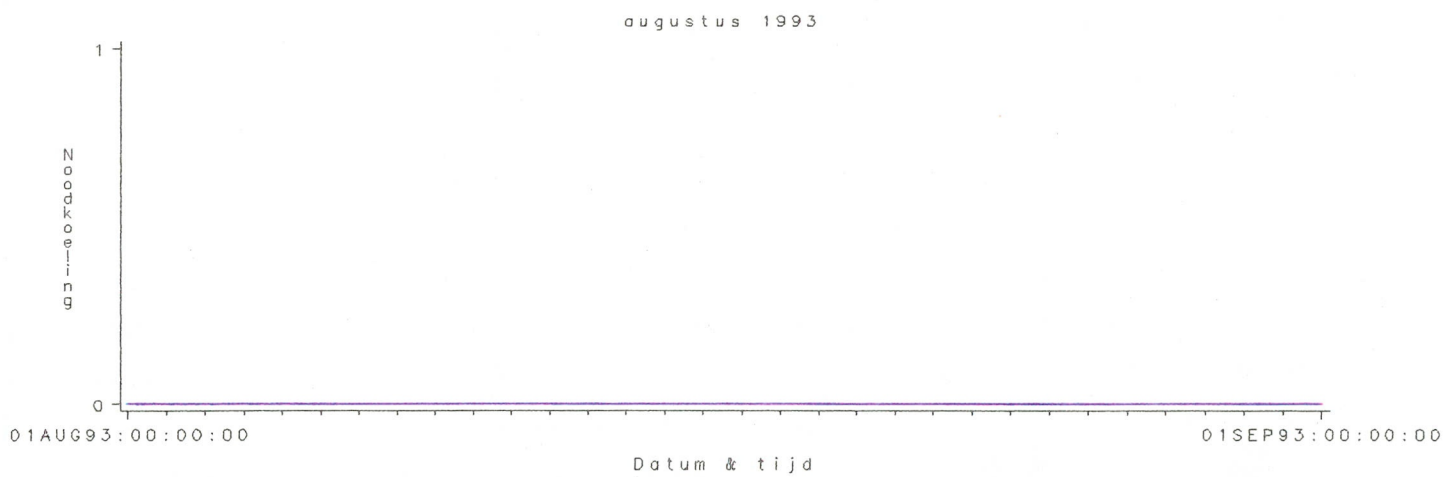
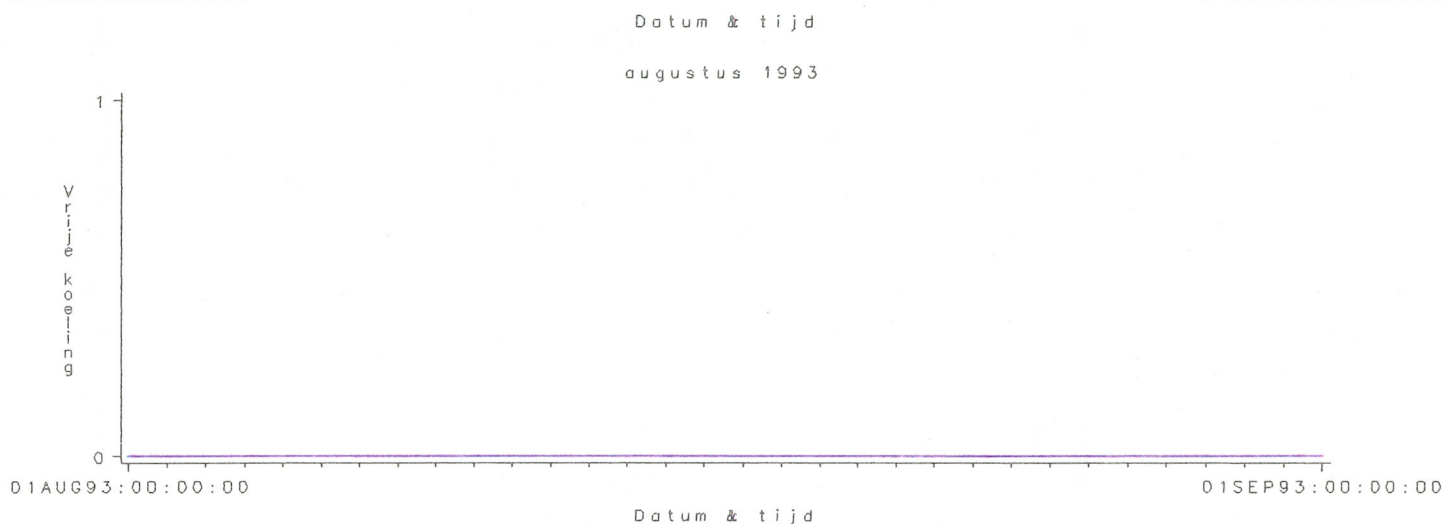
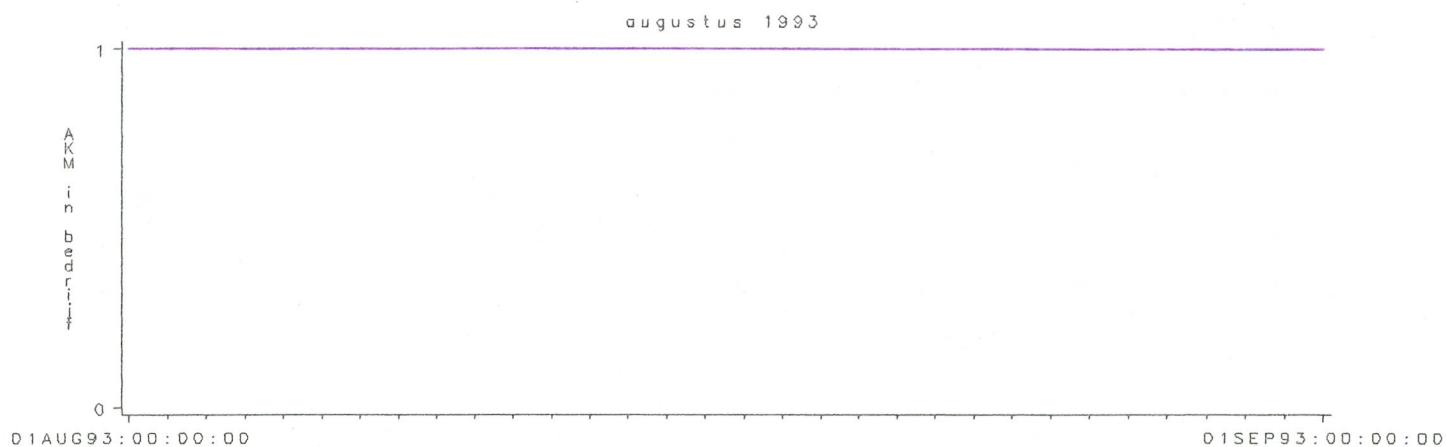


01AUG93:00:00:00

01SEP93:00:00:00

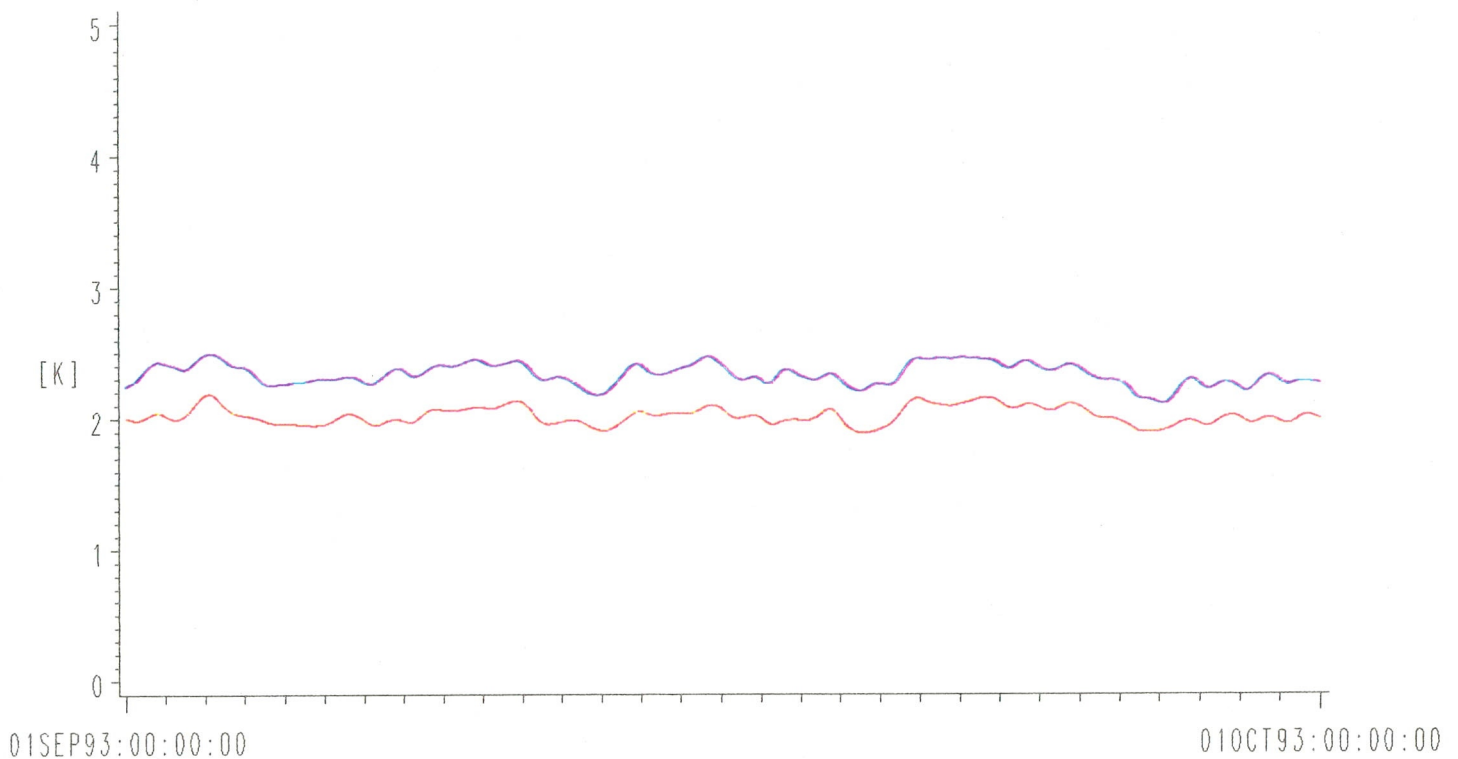
Figuur 6.11.4

Datum & tijd



Figuur 6.11.5

september 1993

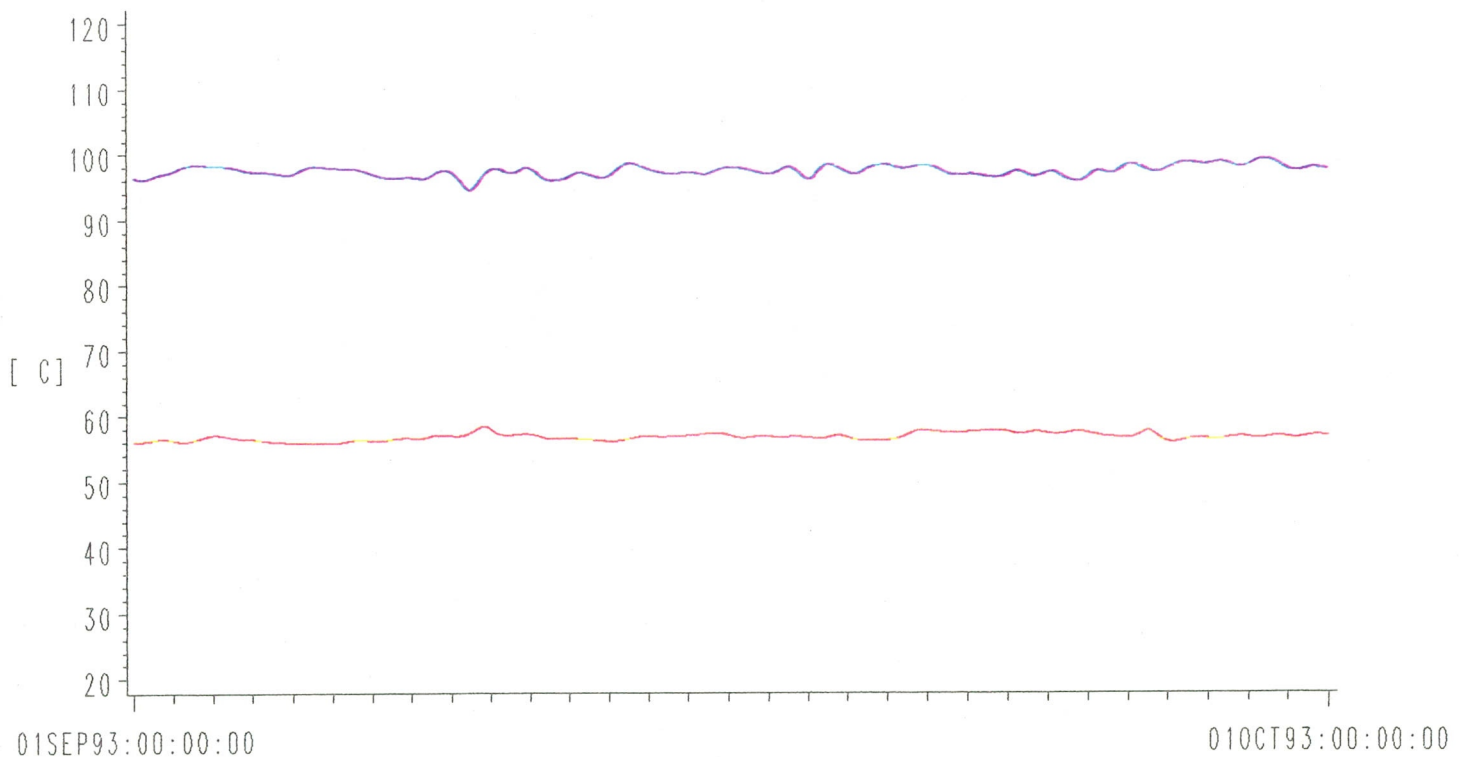


Figuur 6.12.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

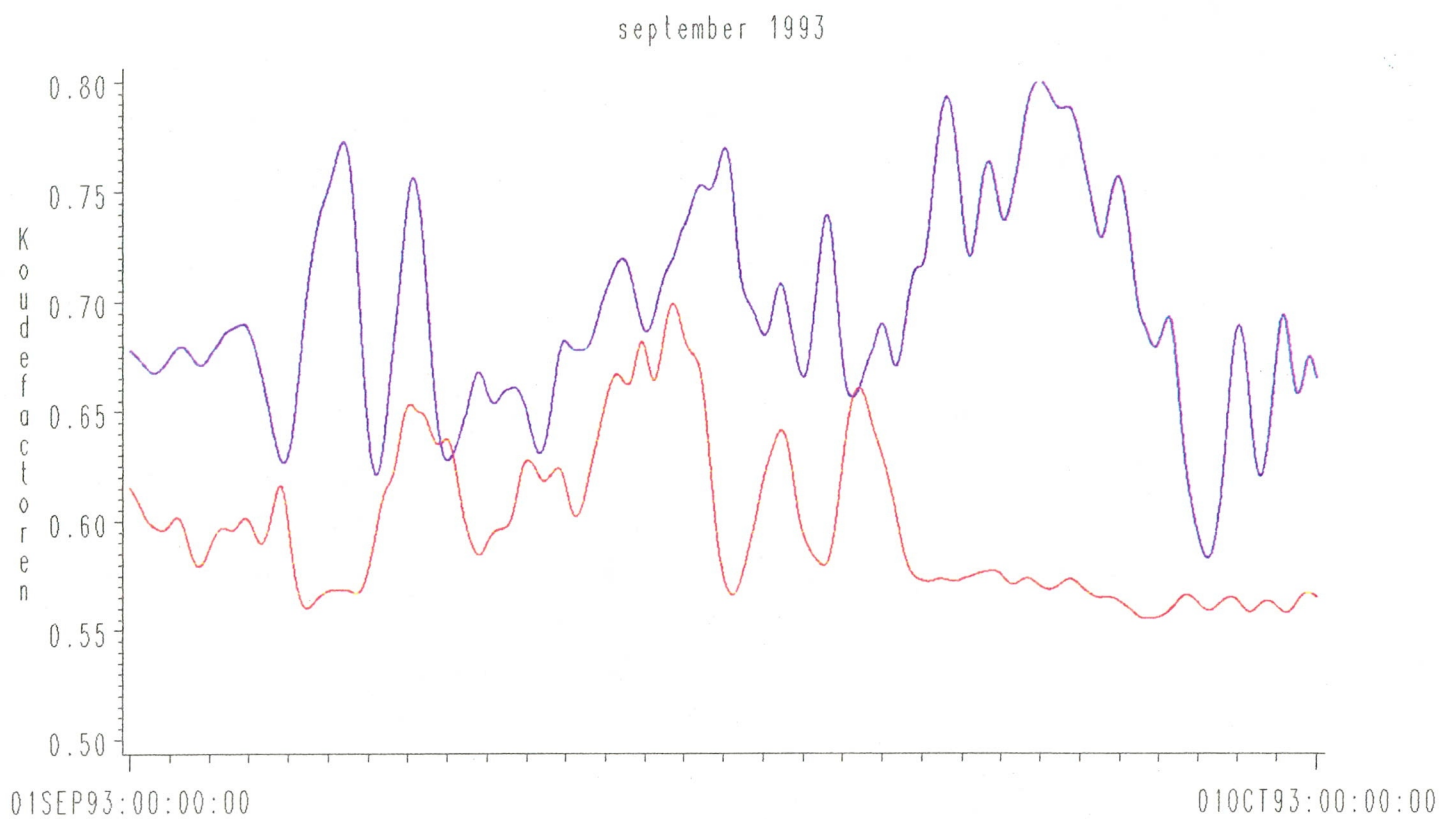
september 1993



Figuur 6.12.2

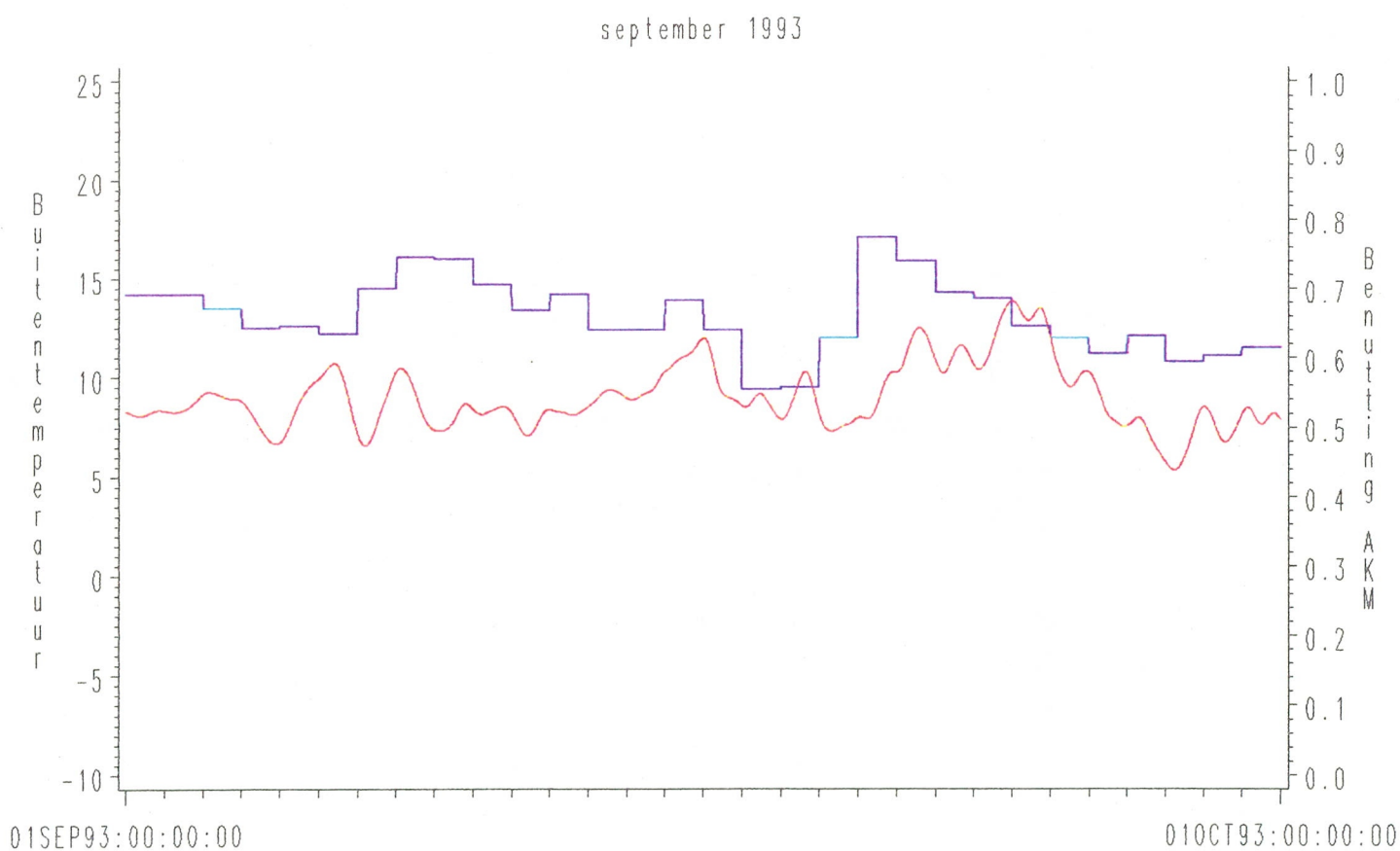
Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet



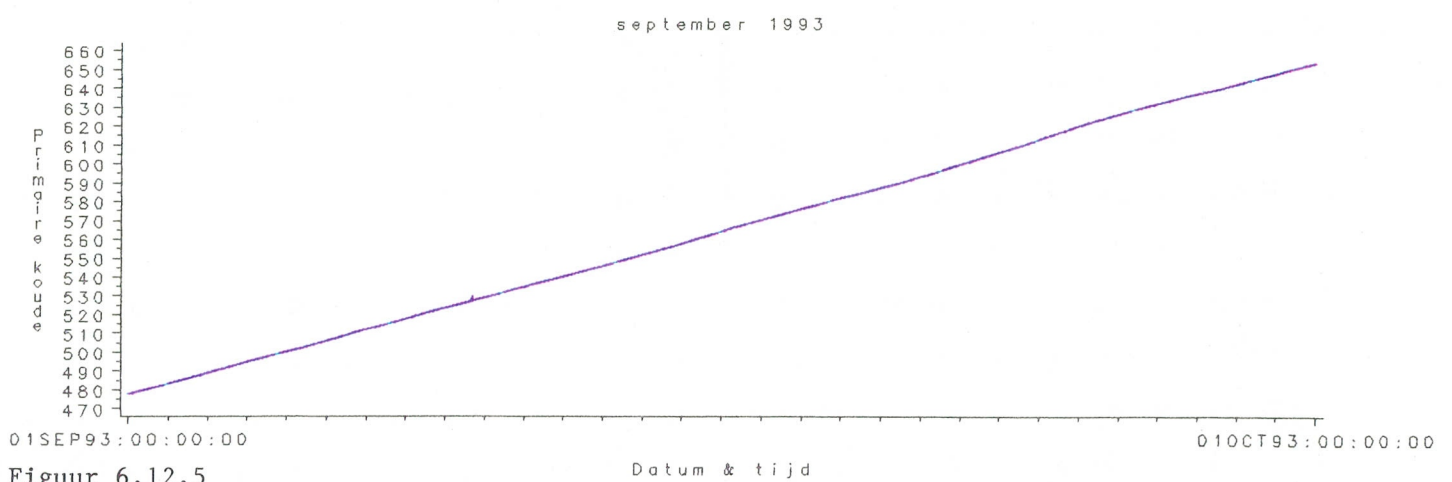
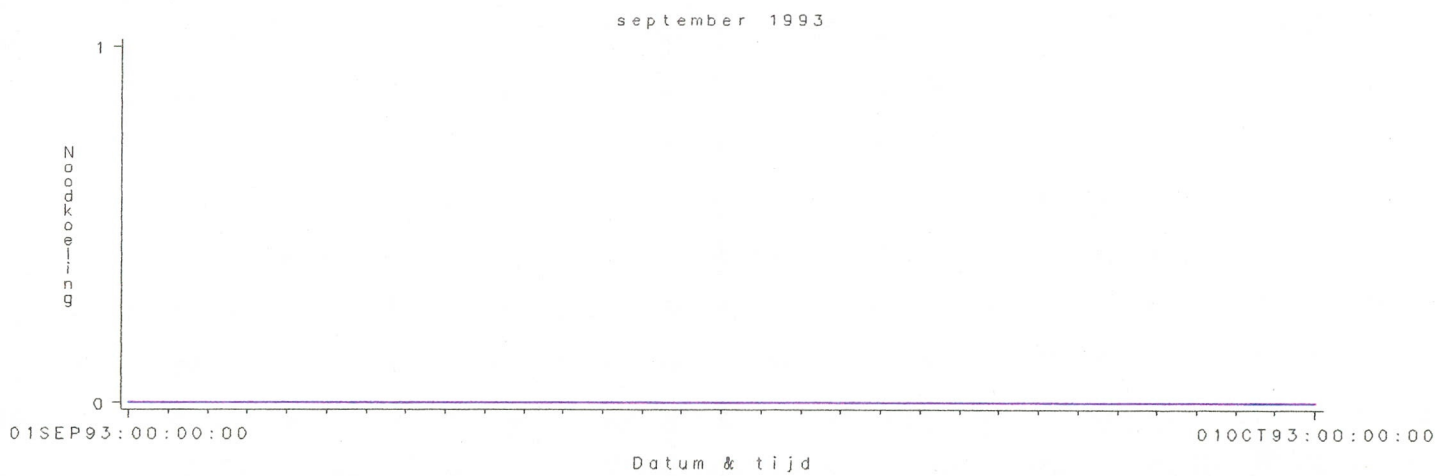
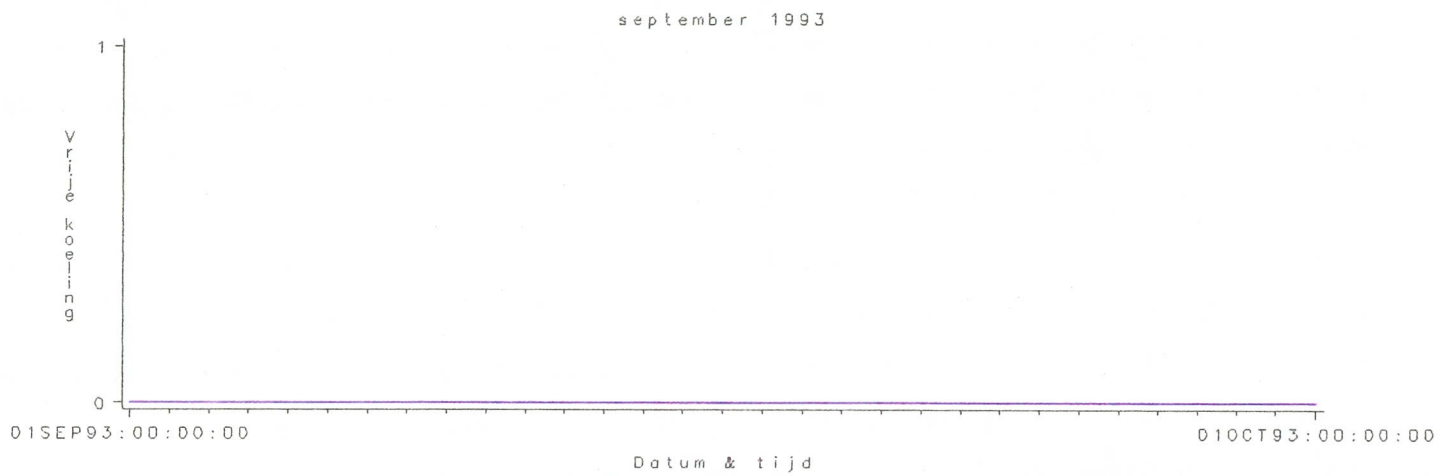
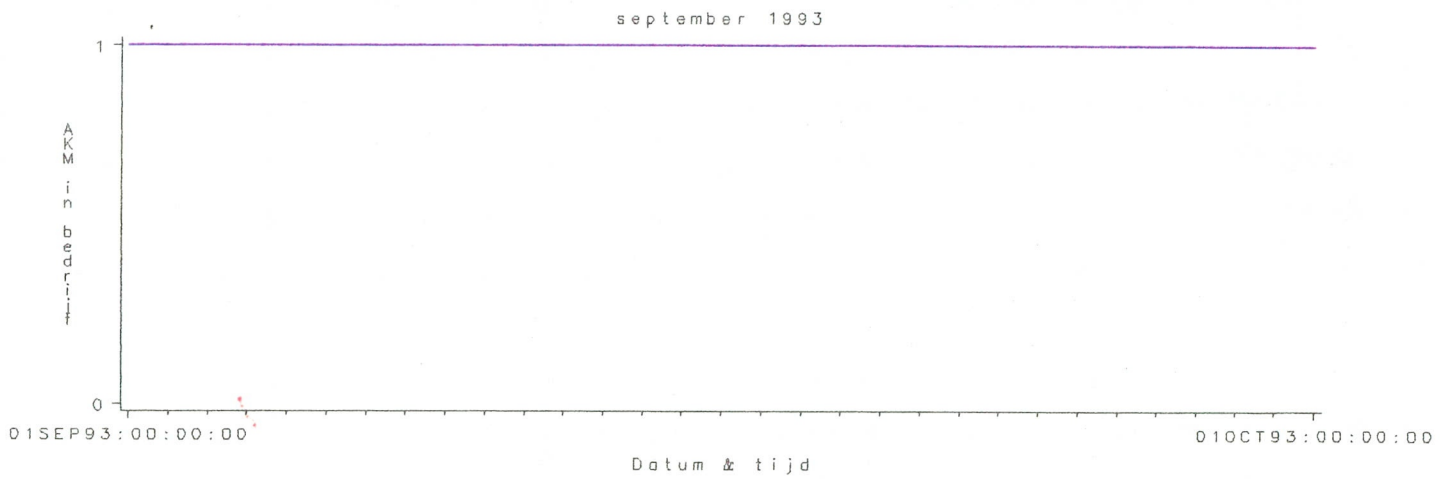
Figuur 6.12.3

PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair



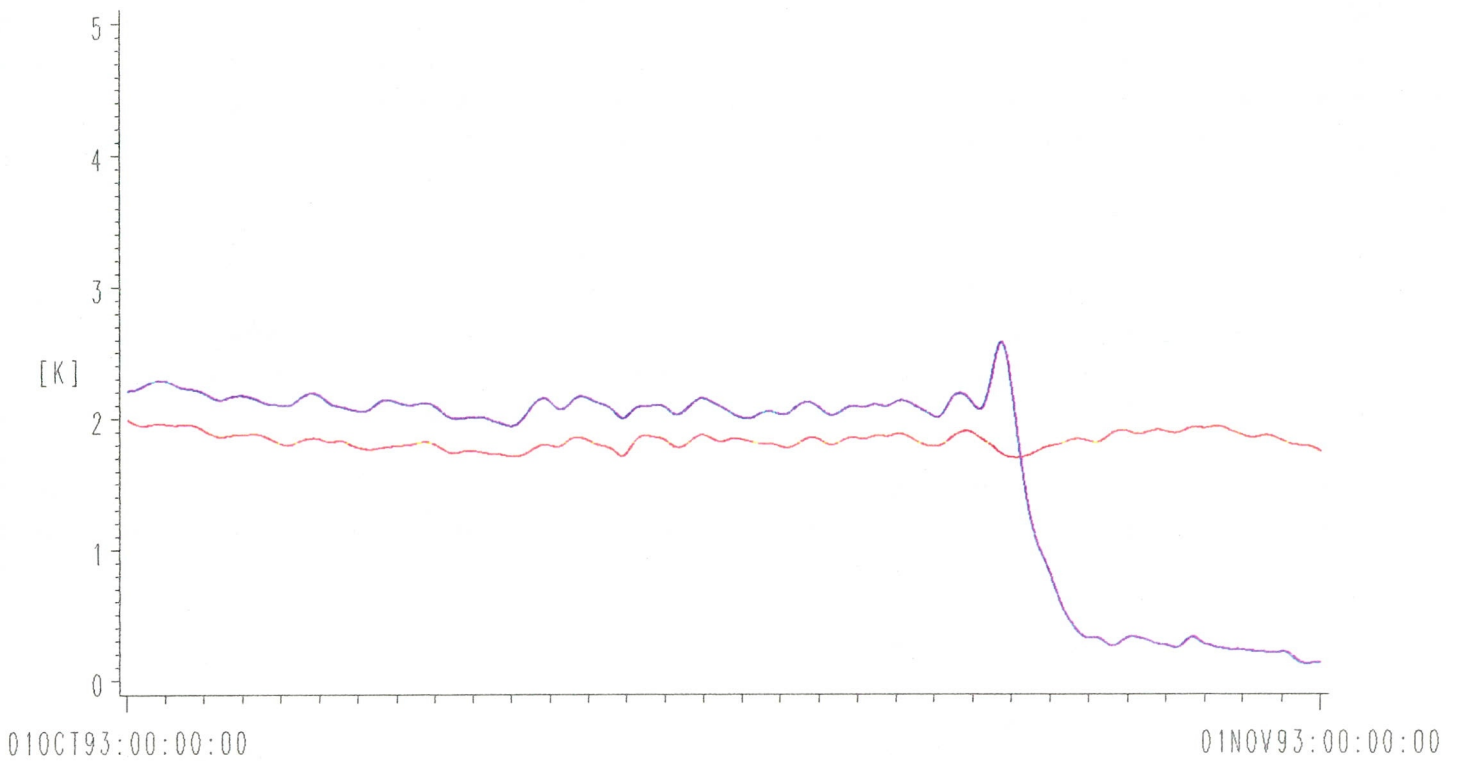
Figuur 6.12.4

Datum & tijd



Figuur 6.12.5

oktober 1993

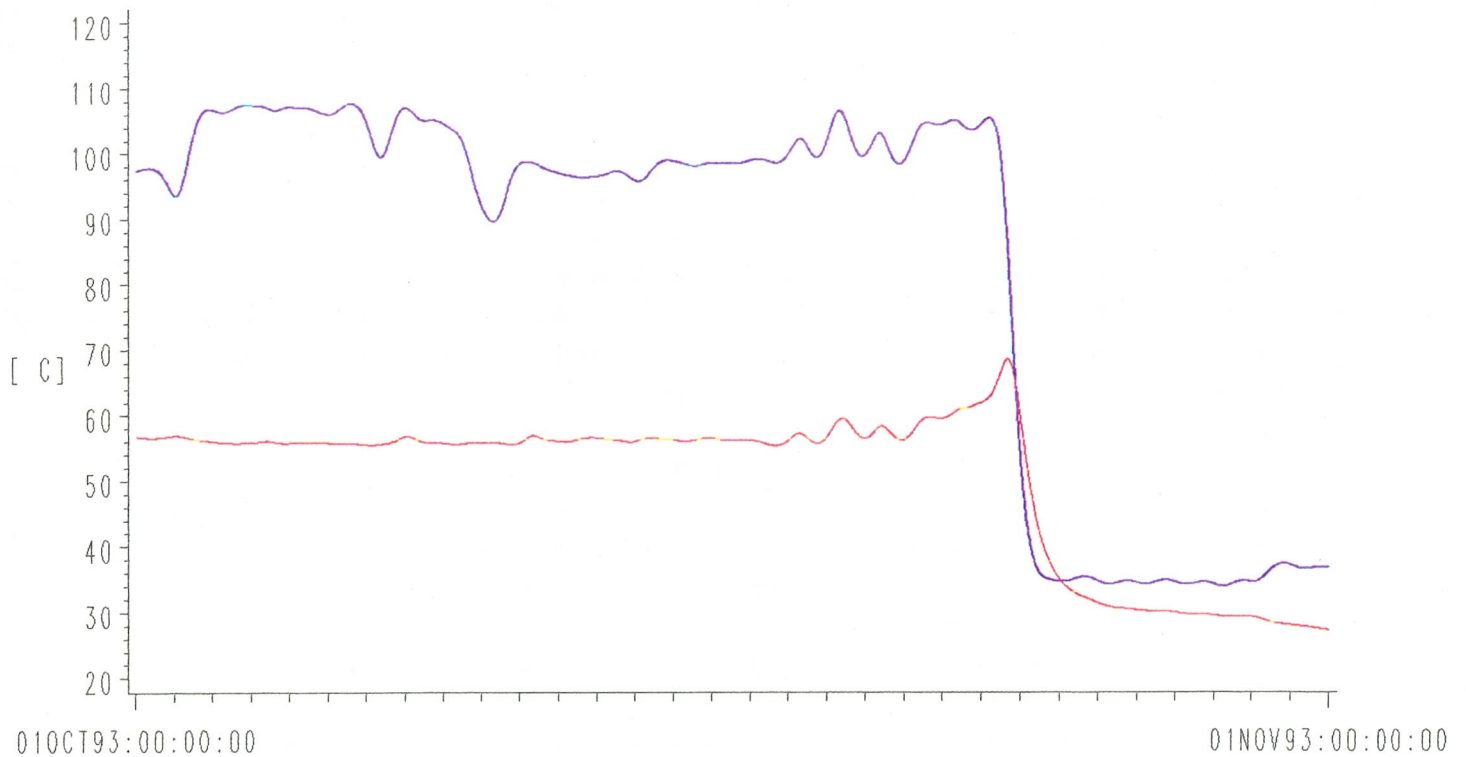


Figuur 6.13.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

oktober 1993

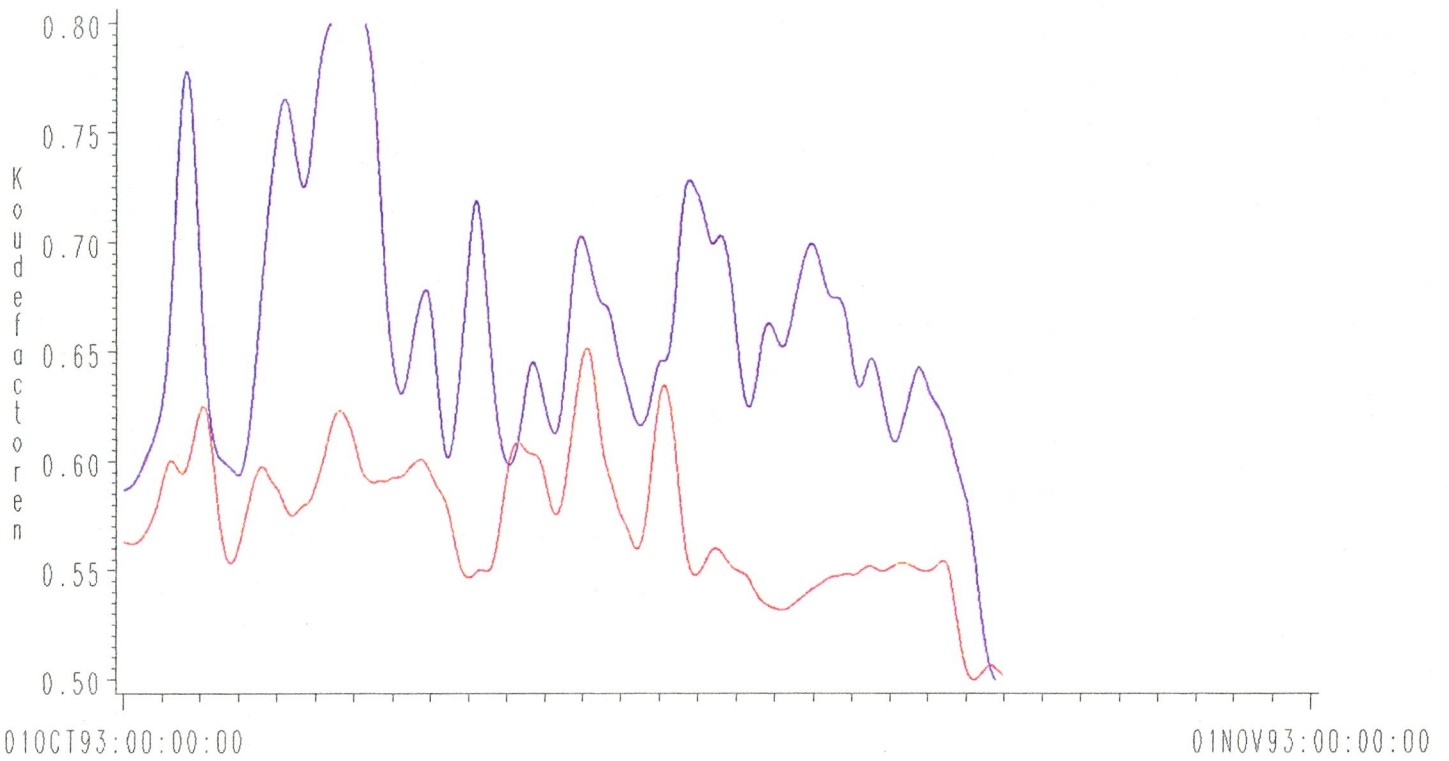


Figuur 6.13.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

oktober 1993

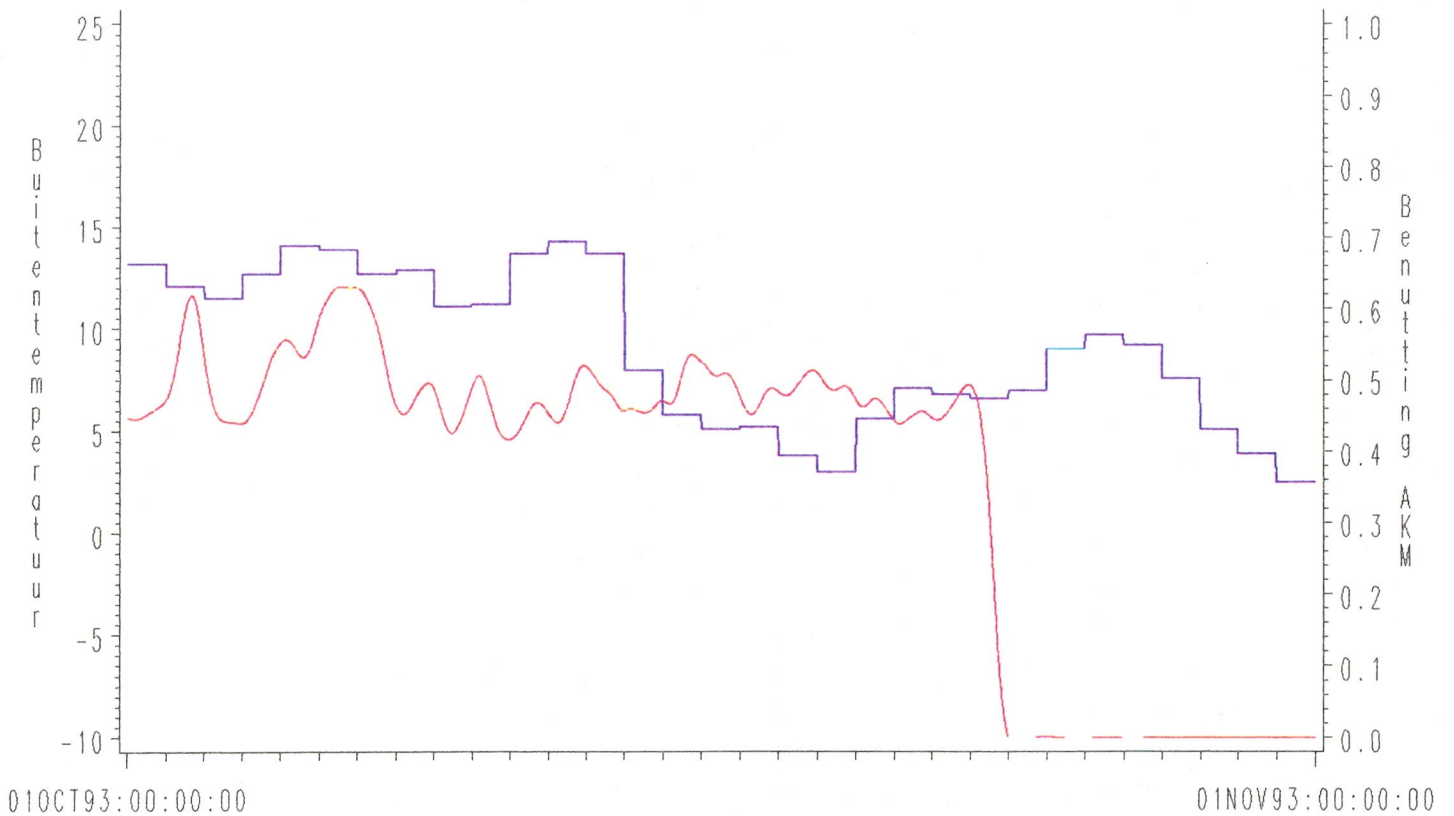


Figuur 6.13.3

Datum & tijd

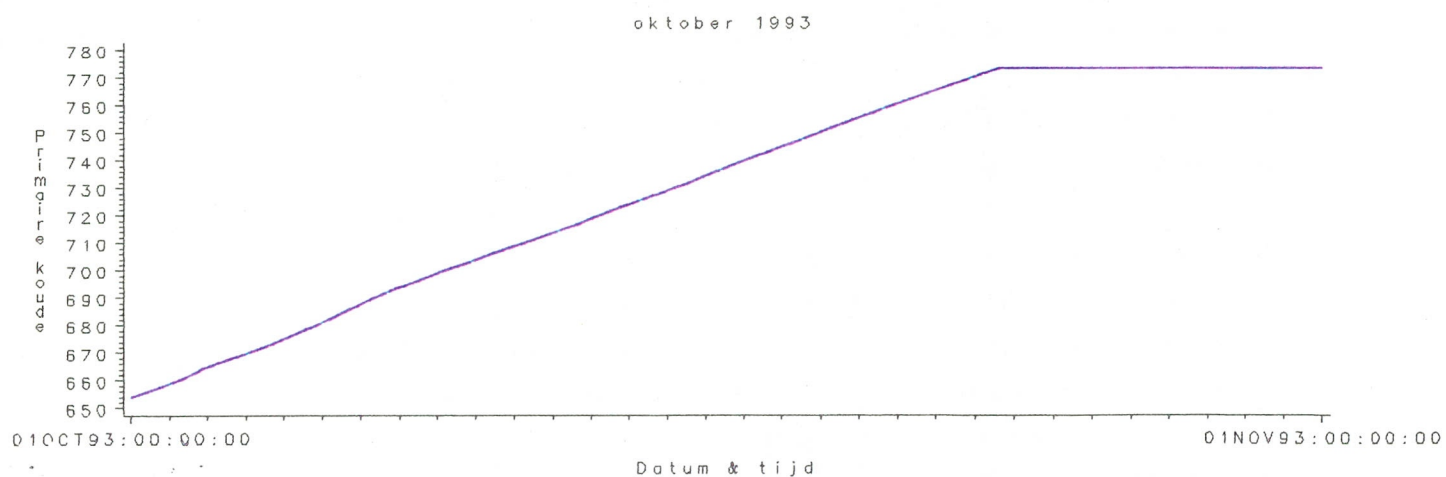
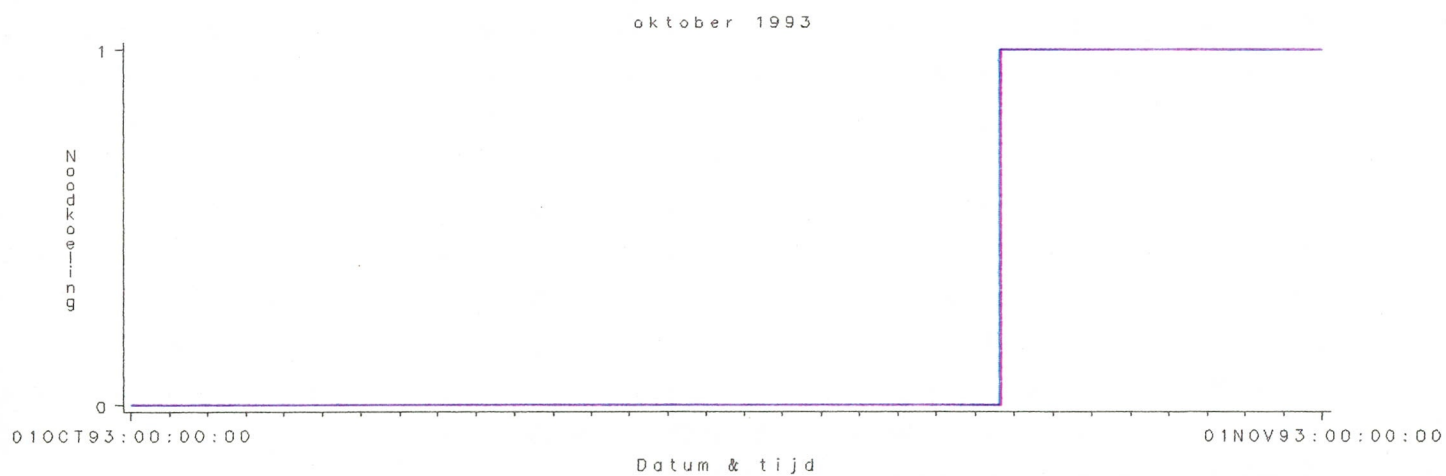
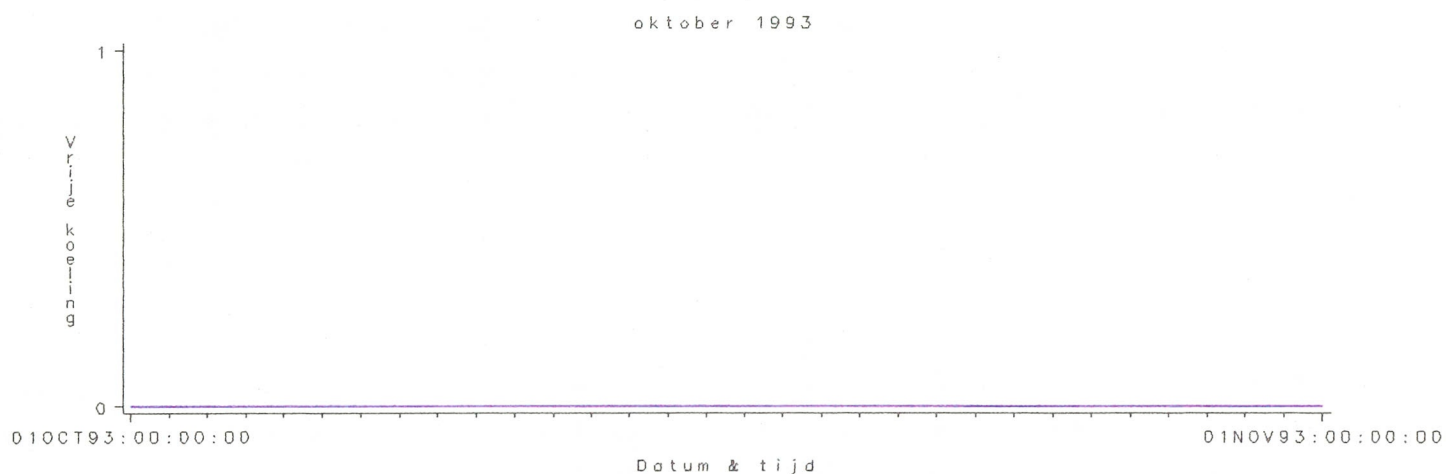
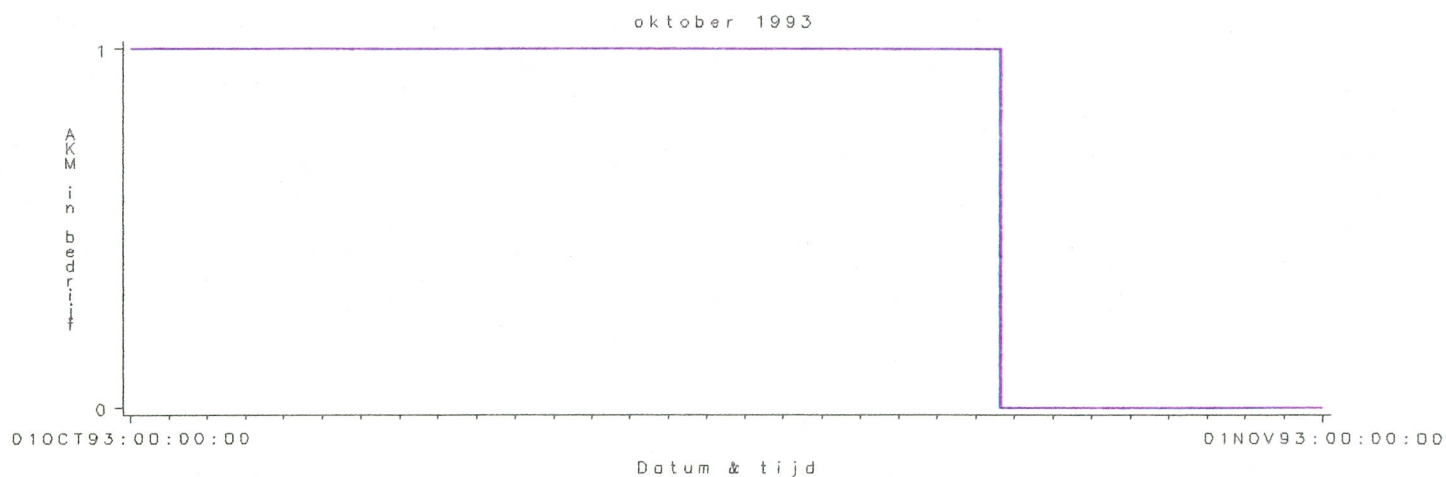
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

oktober 1993



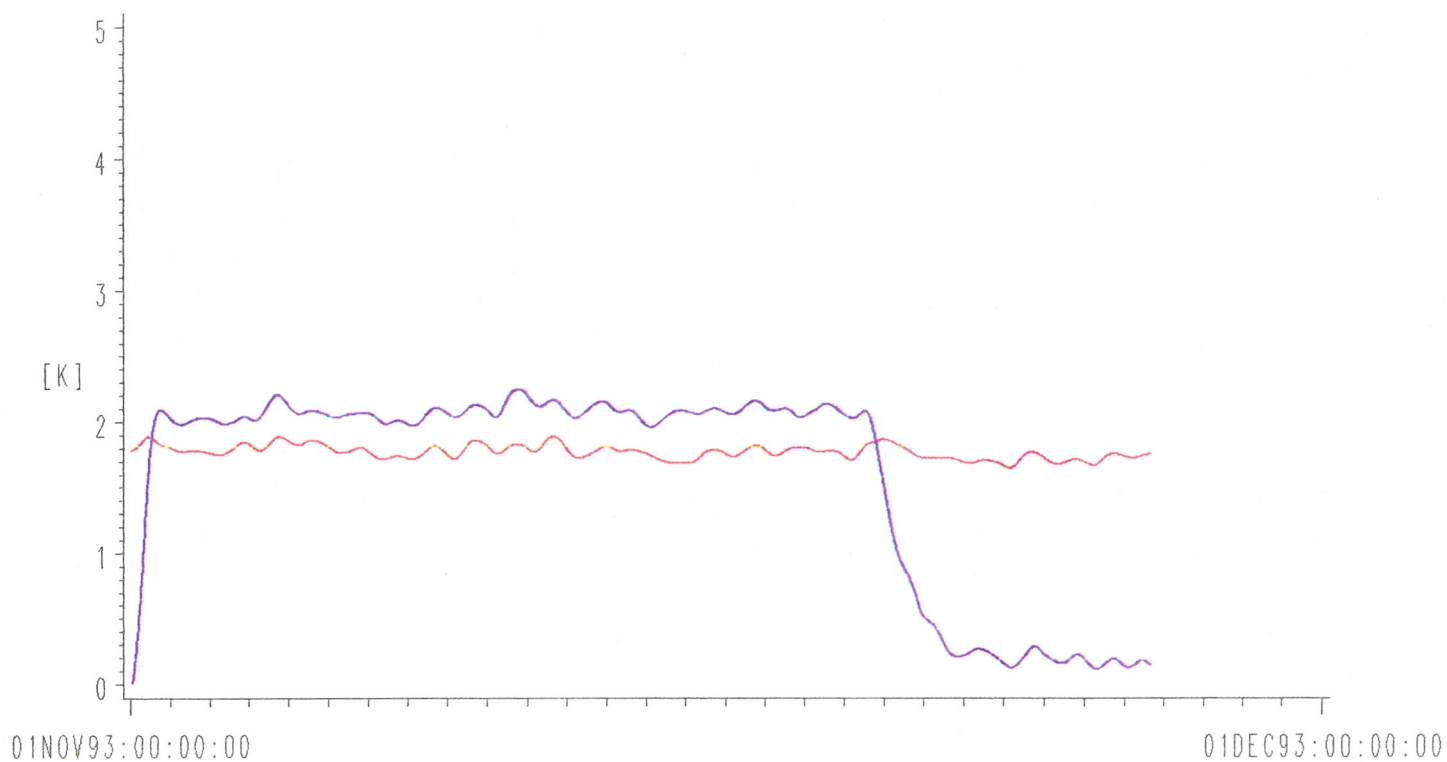
Figuur 6.13.4

Datum & tijd



Figuur 6.13.5

november 1993

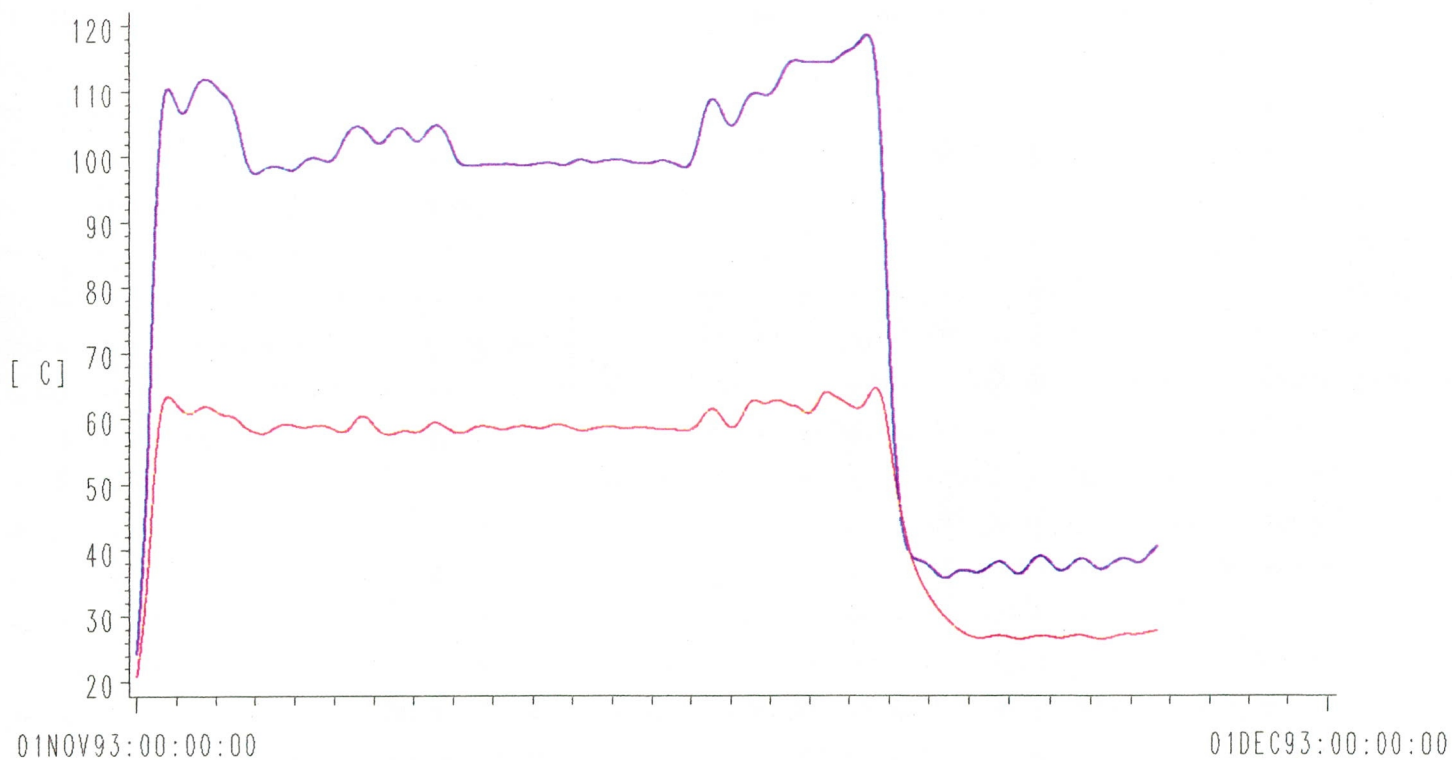


Figuur 6.14.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

november 1993

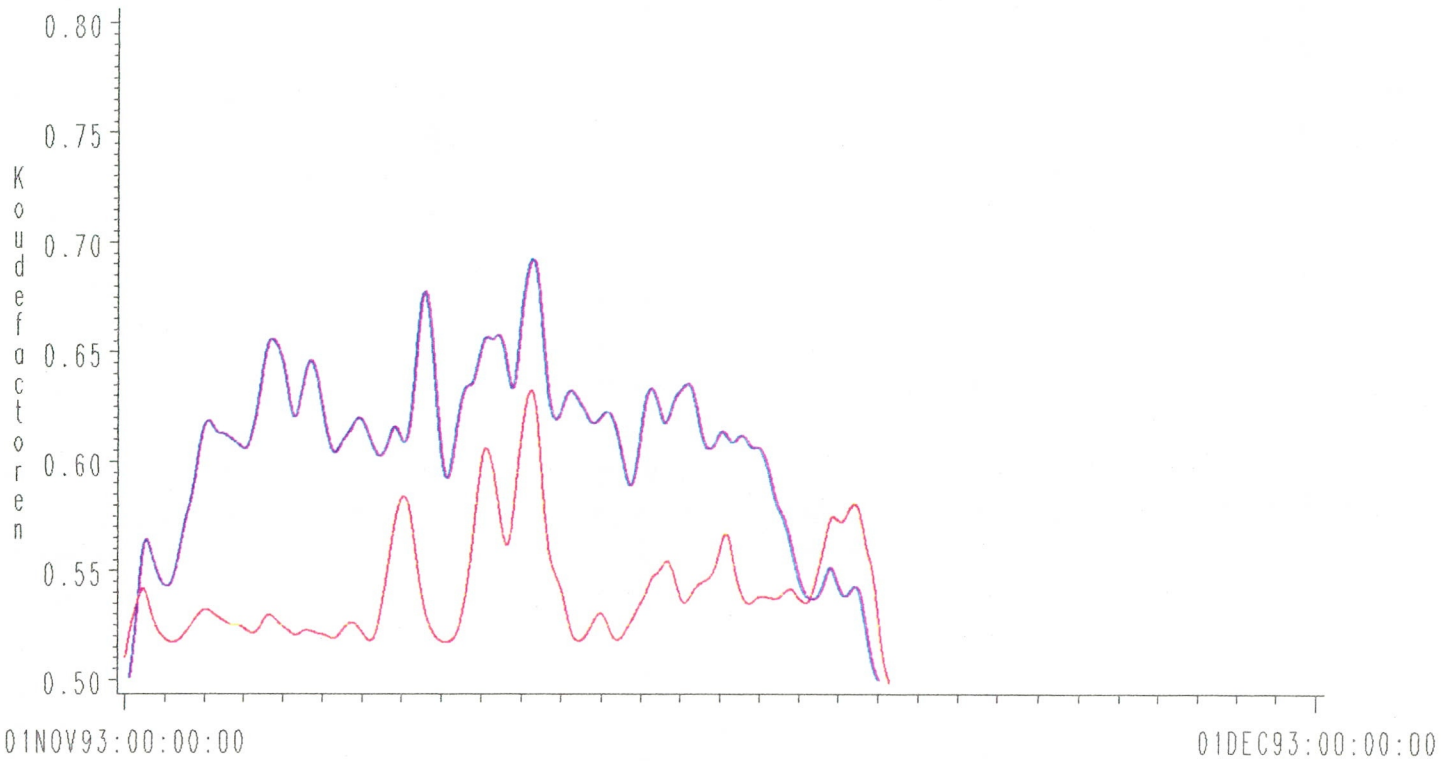


Figuur 6.14.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

november 1993

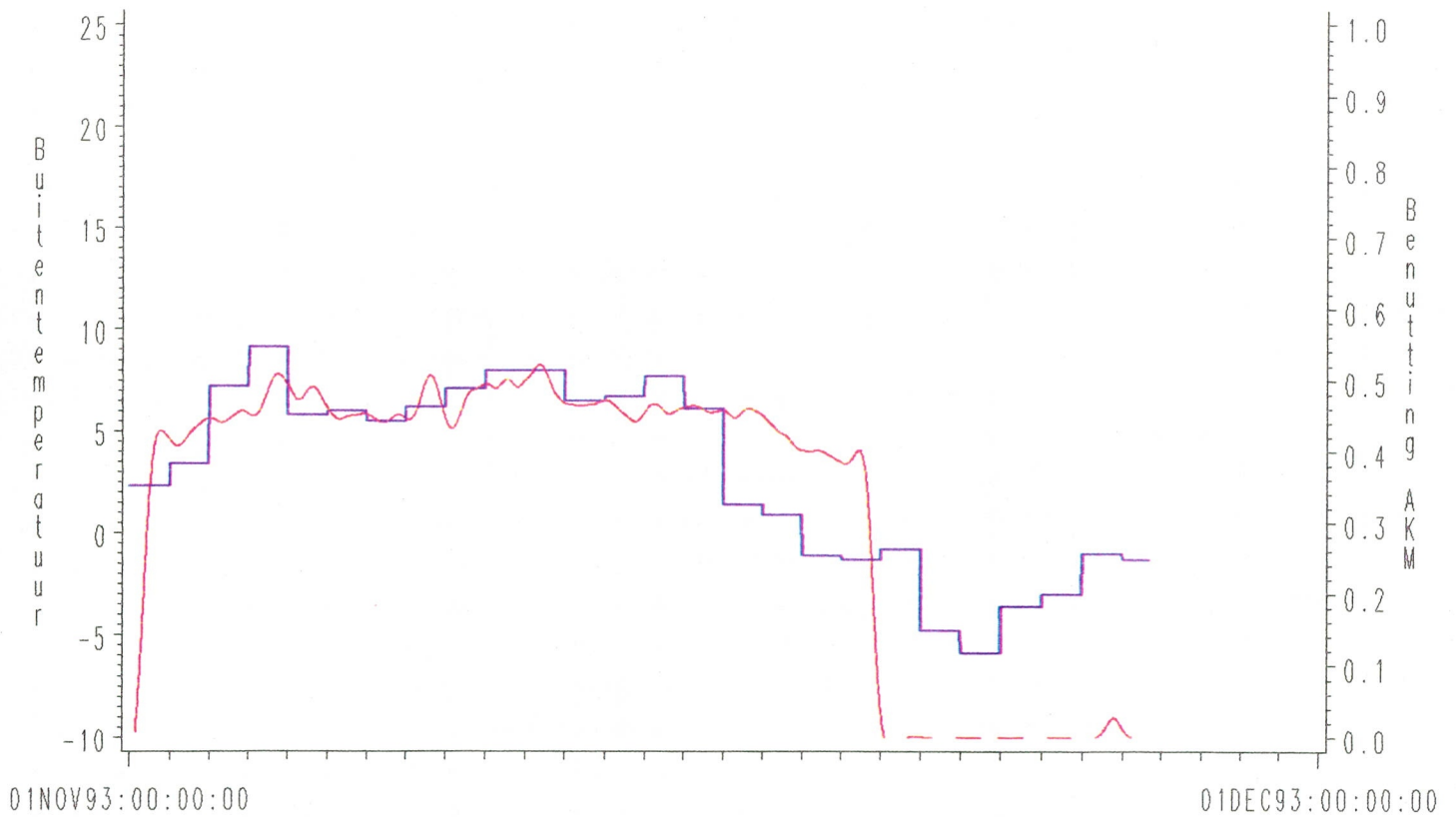


Figuur 6.14.3

Datum & tijd

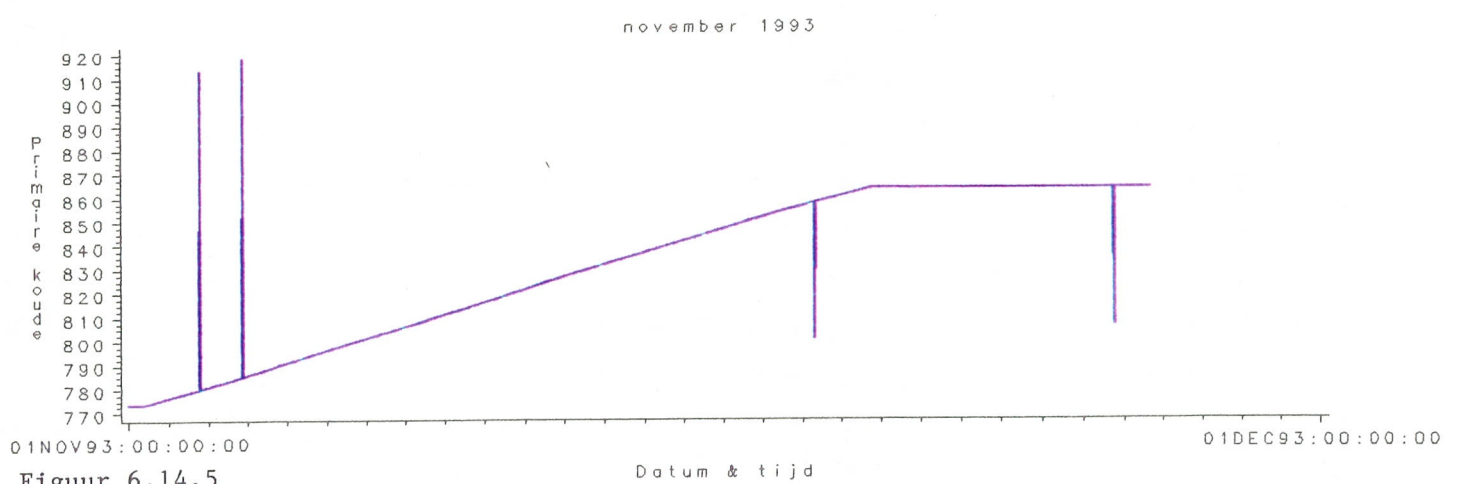
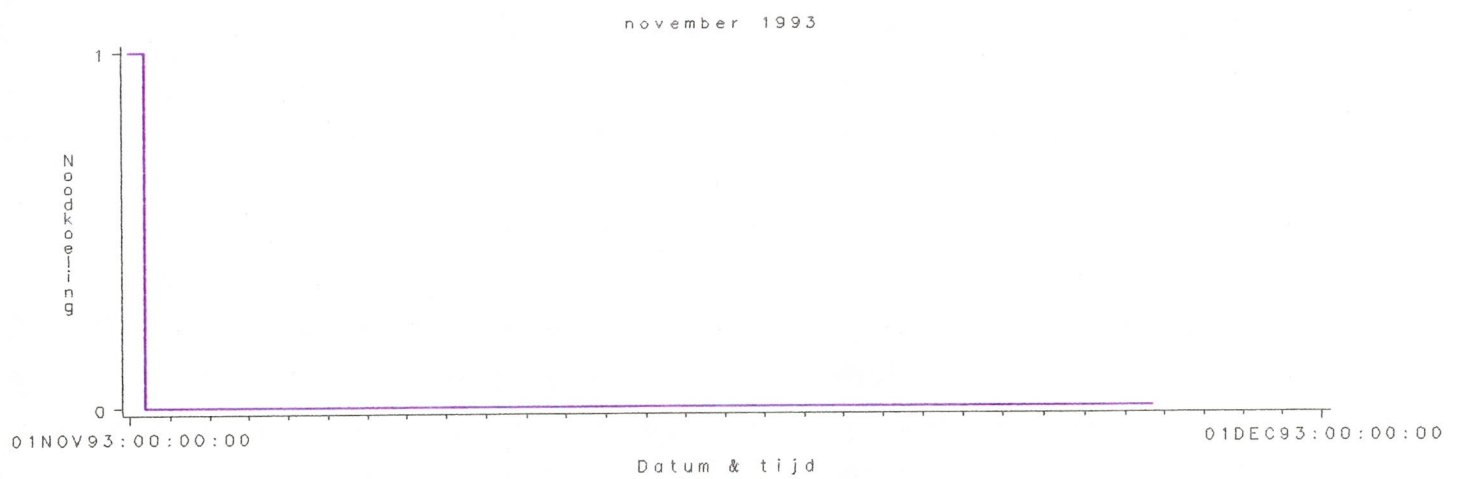
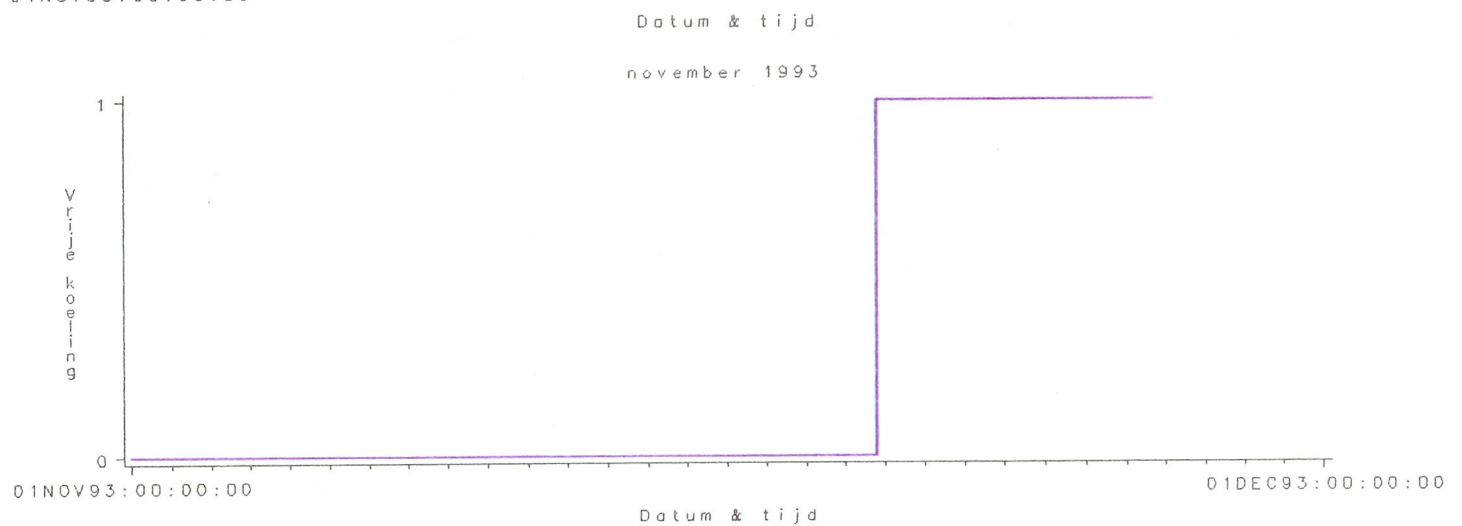
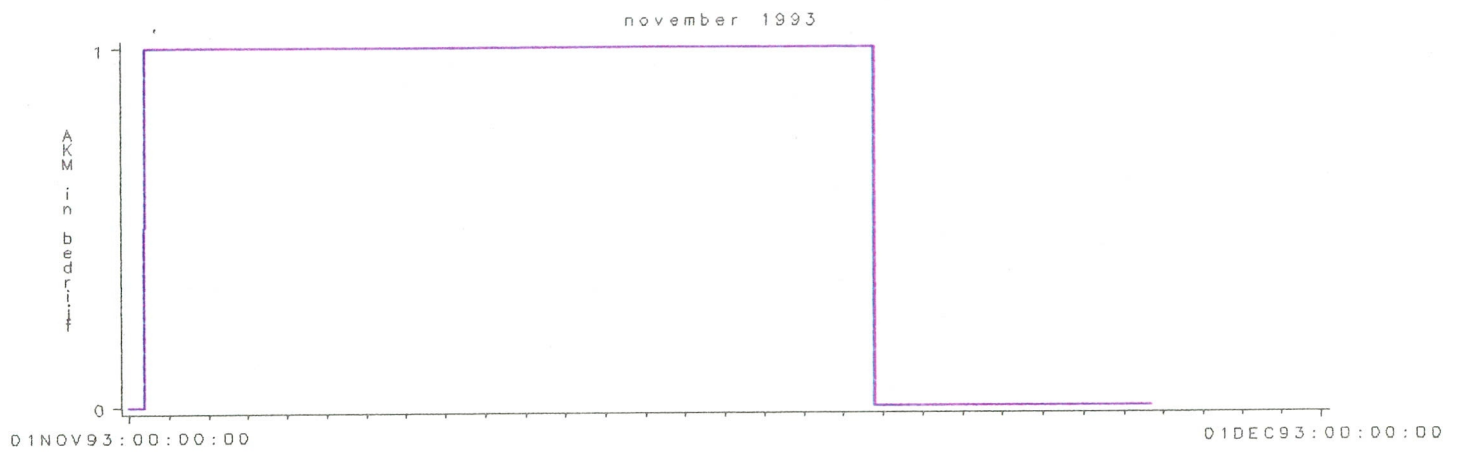
PL0T — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

november 1993



Figuur 6.14.4

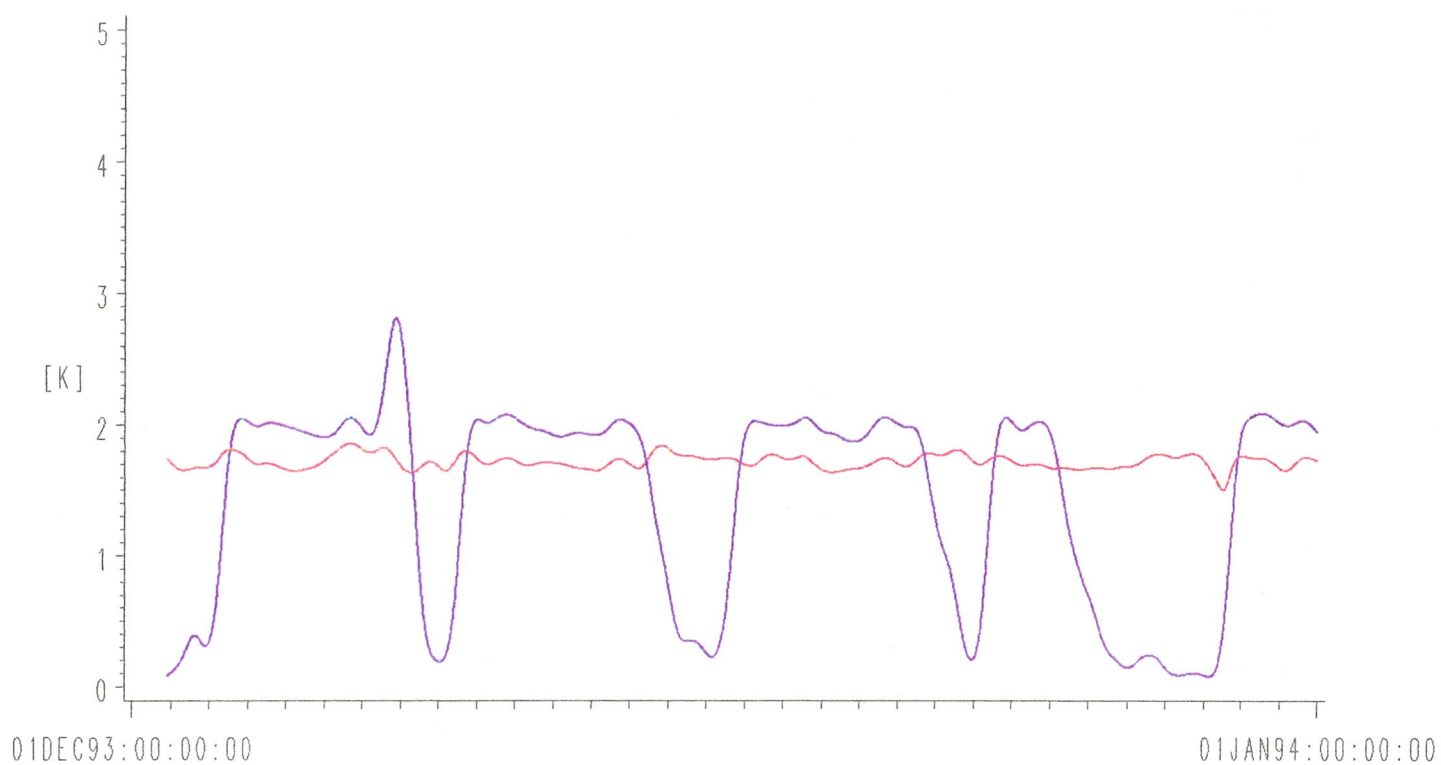
Datum & tijd



Figuur 6.14.5

Datum & tijd

december 1993

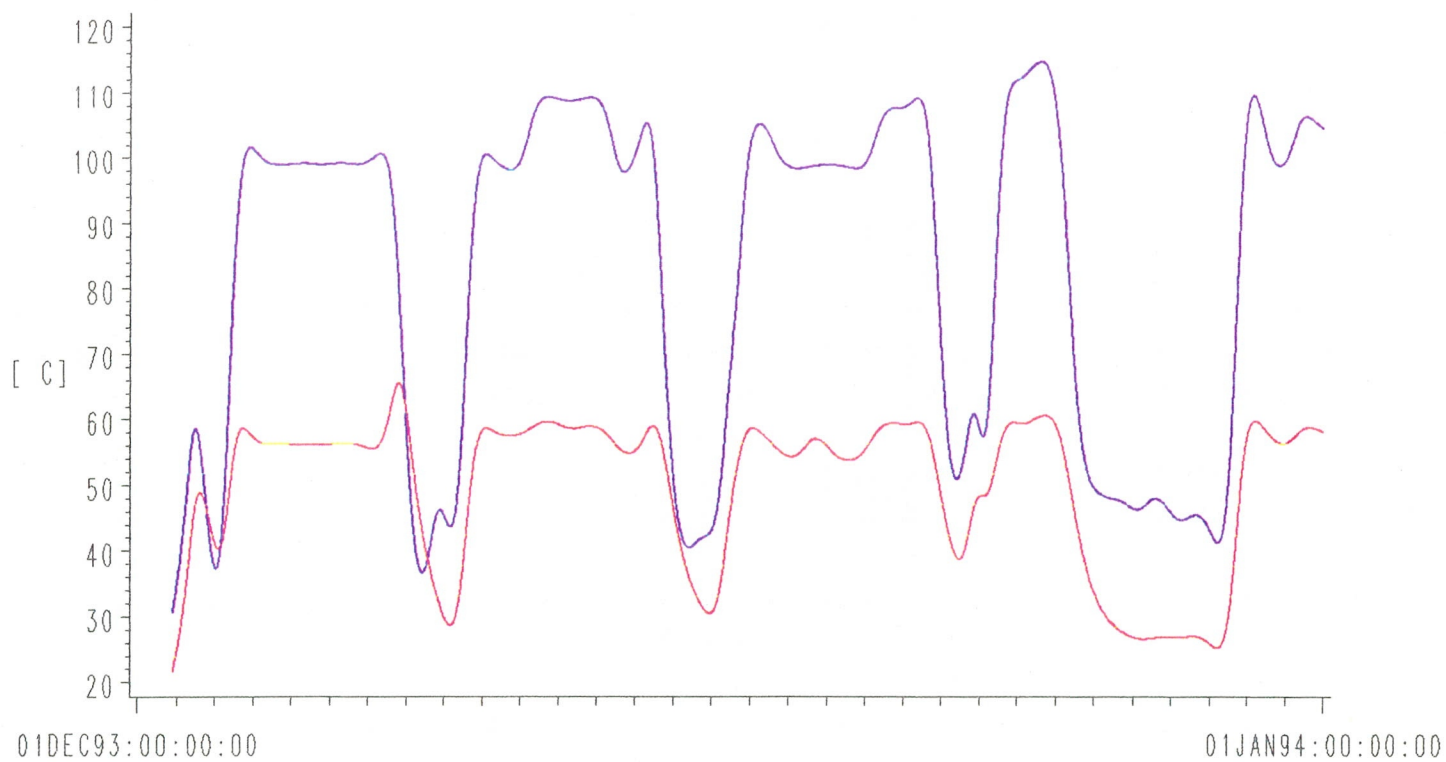


Figuur 6.15.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

december 1993



Figuur 6.15.2

Datum & tijd

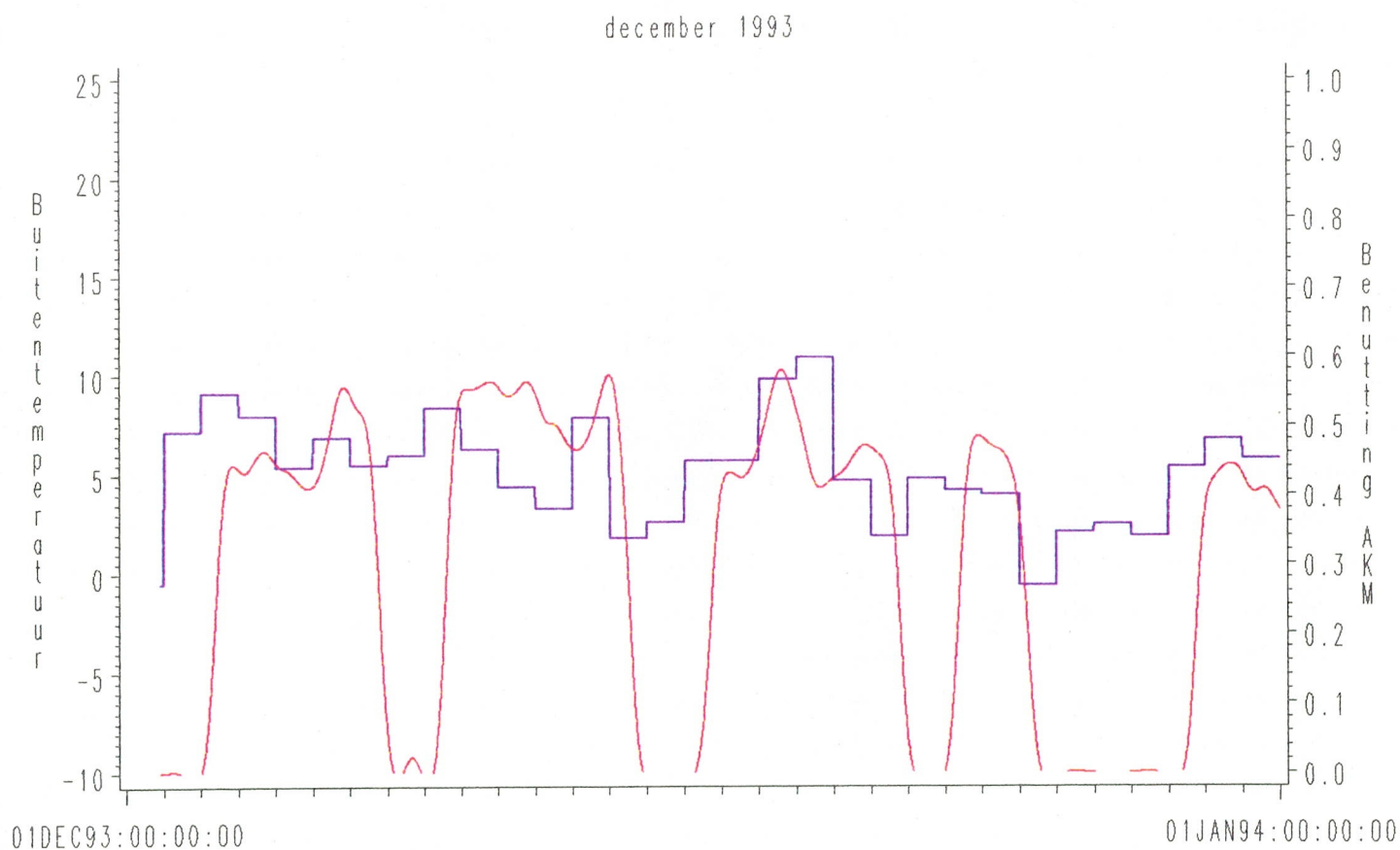
PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet



Figuur 6.15.3

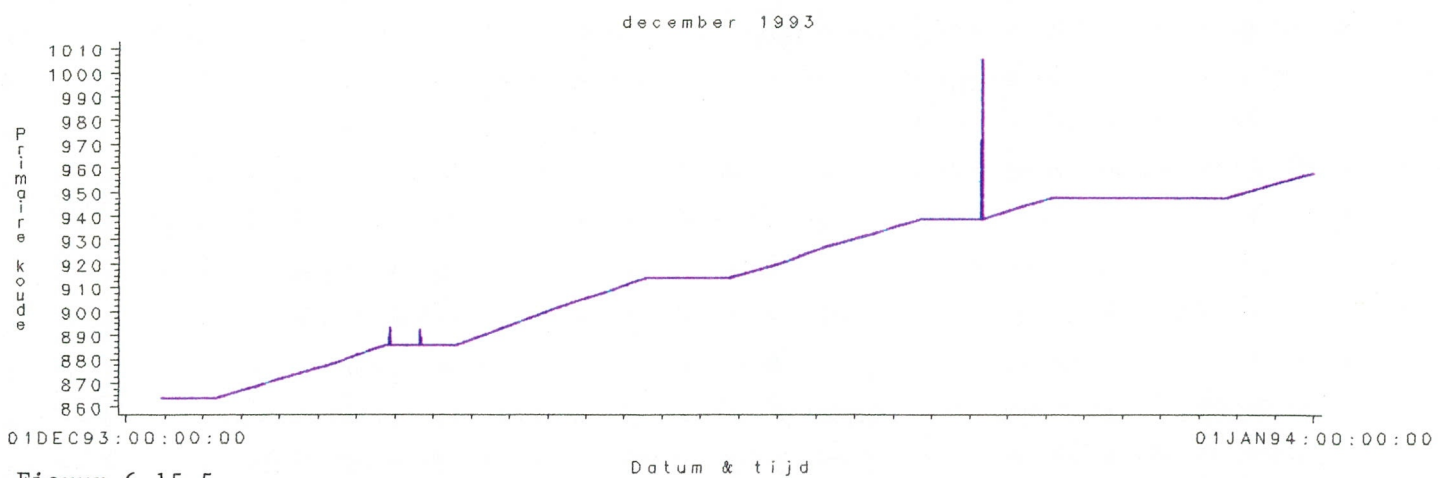
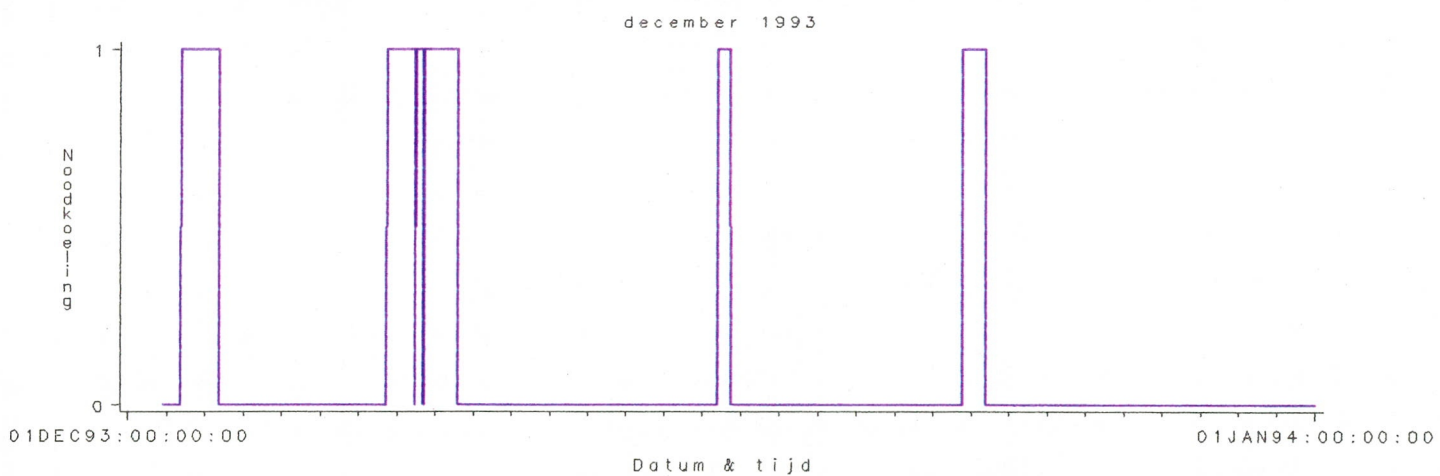
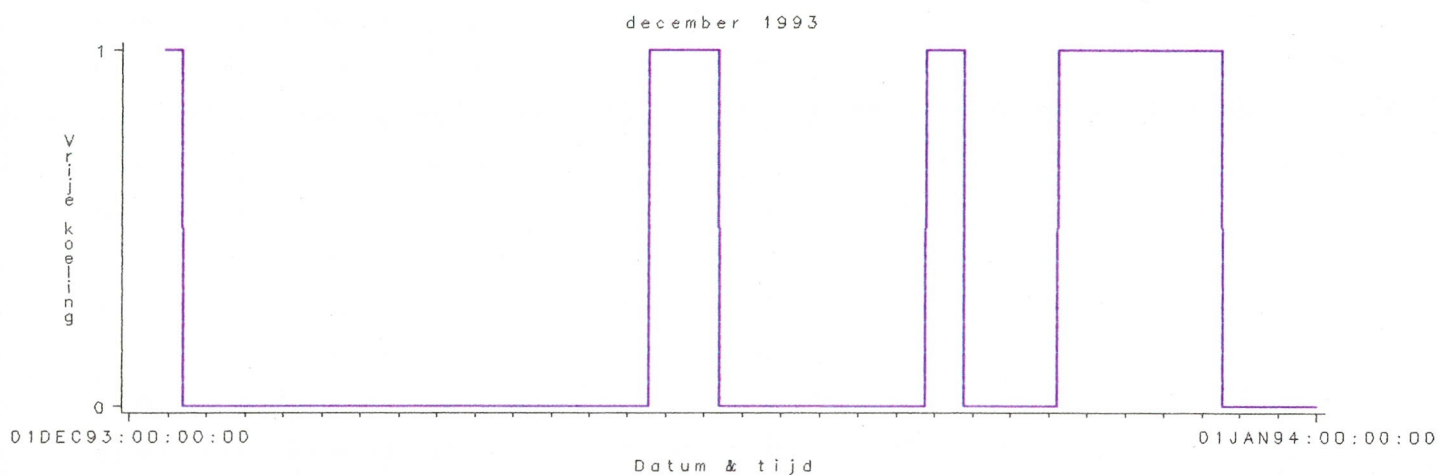
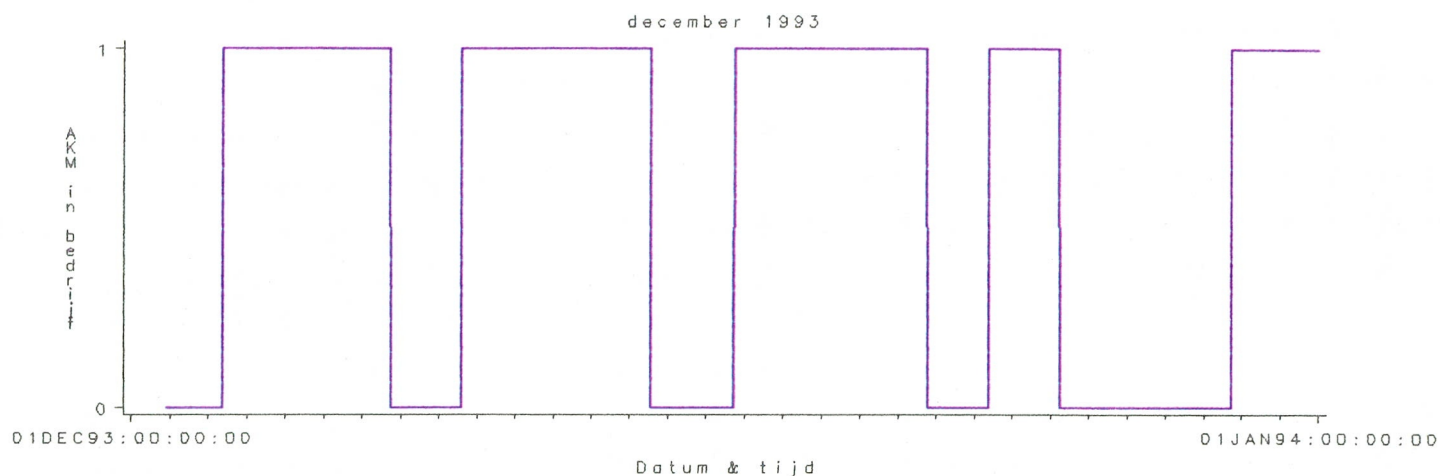
Datum & tijd

PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair



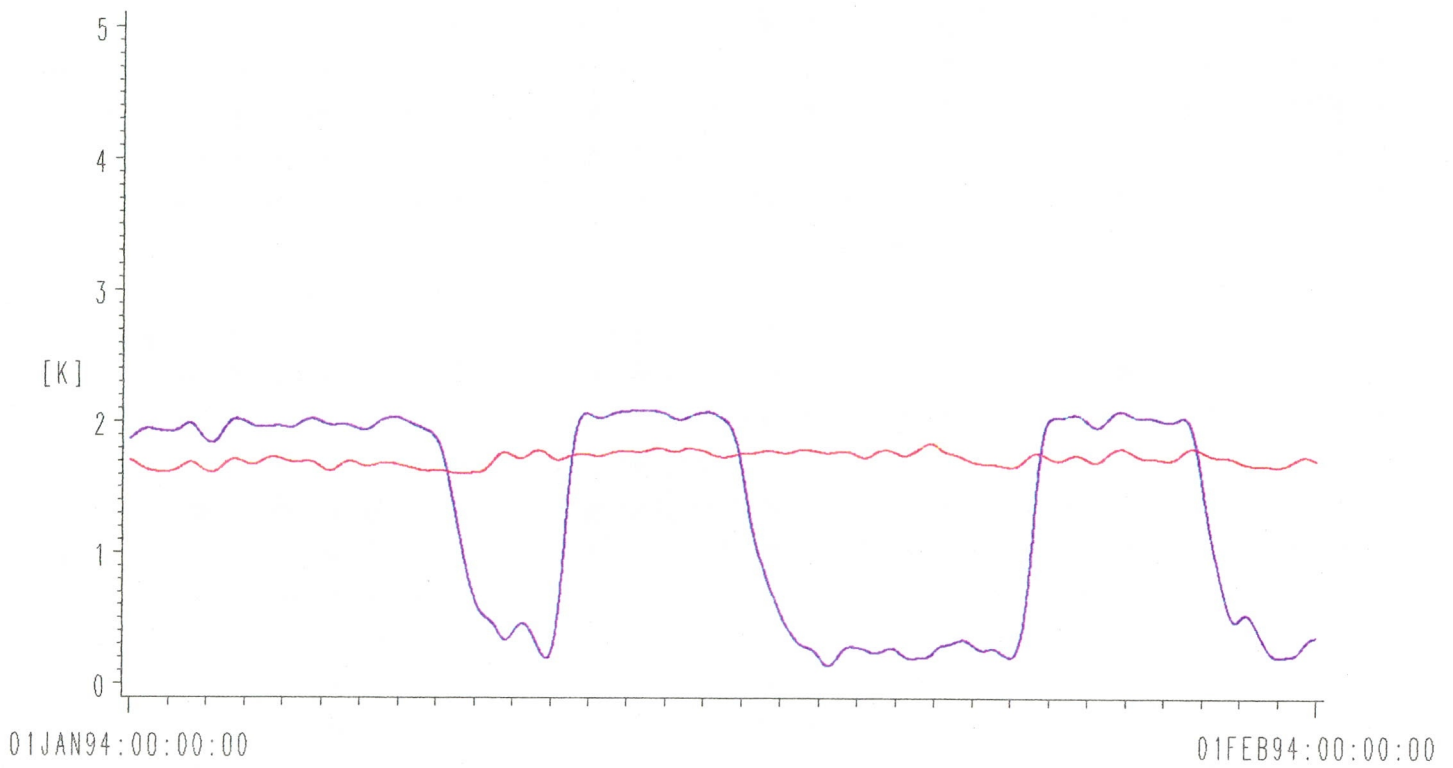
Figuur 6.15.4

Datum & tijd



Figuur 6.15.5

januari 1994

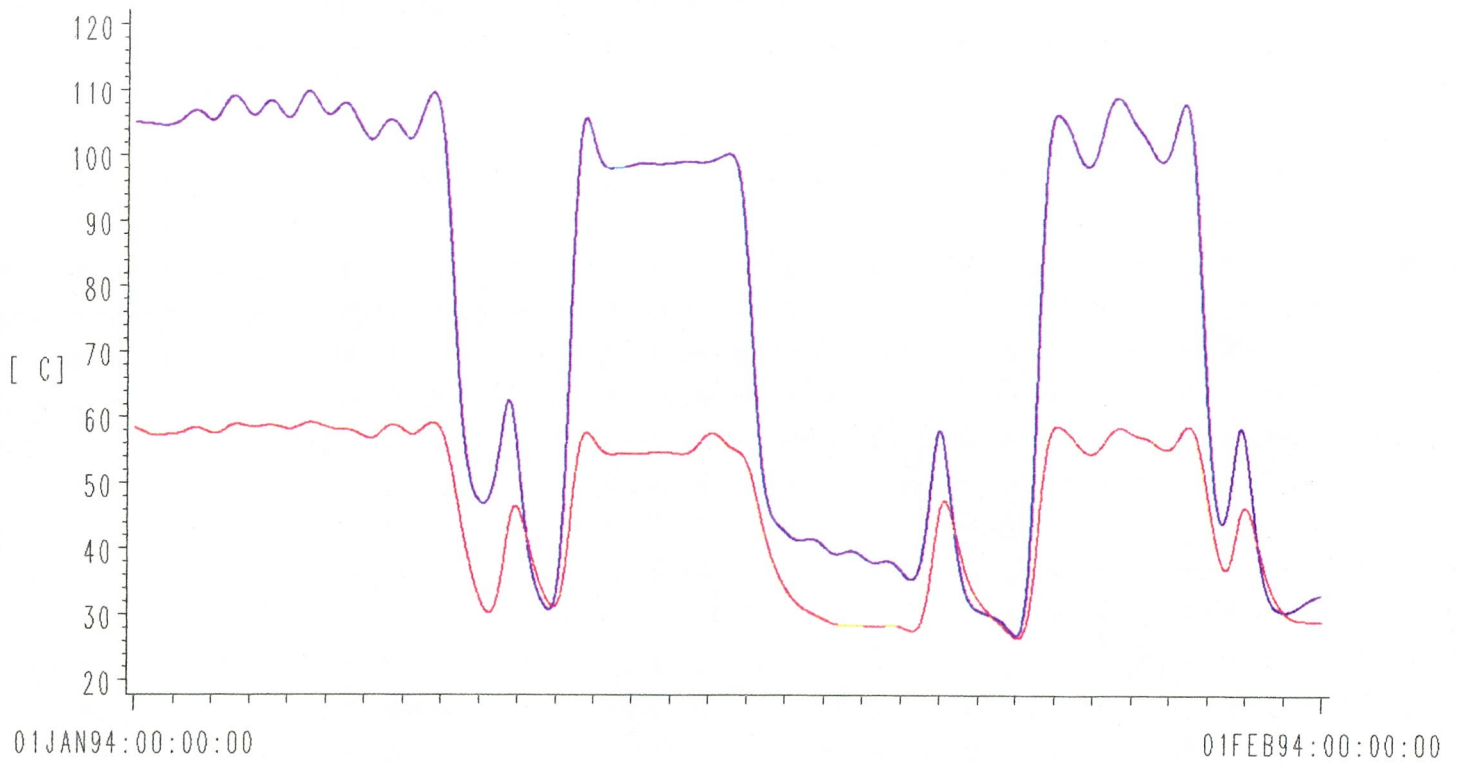


Figuur 6.16.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

januari 1994

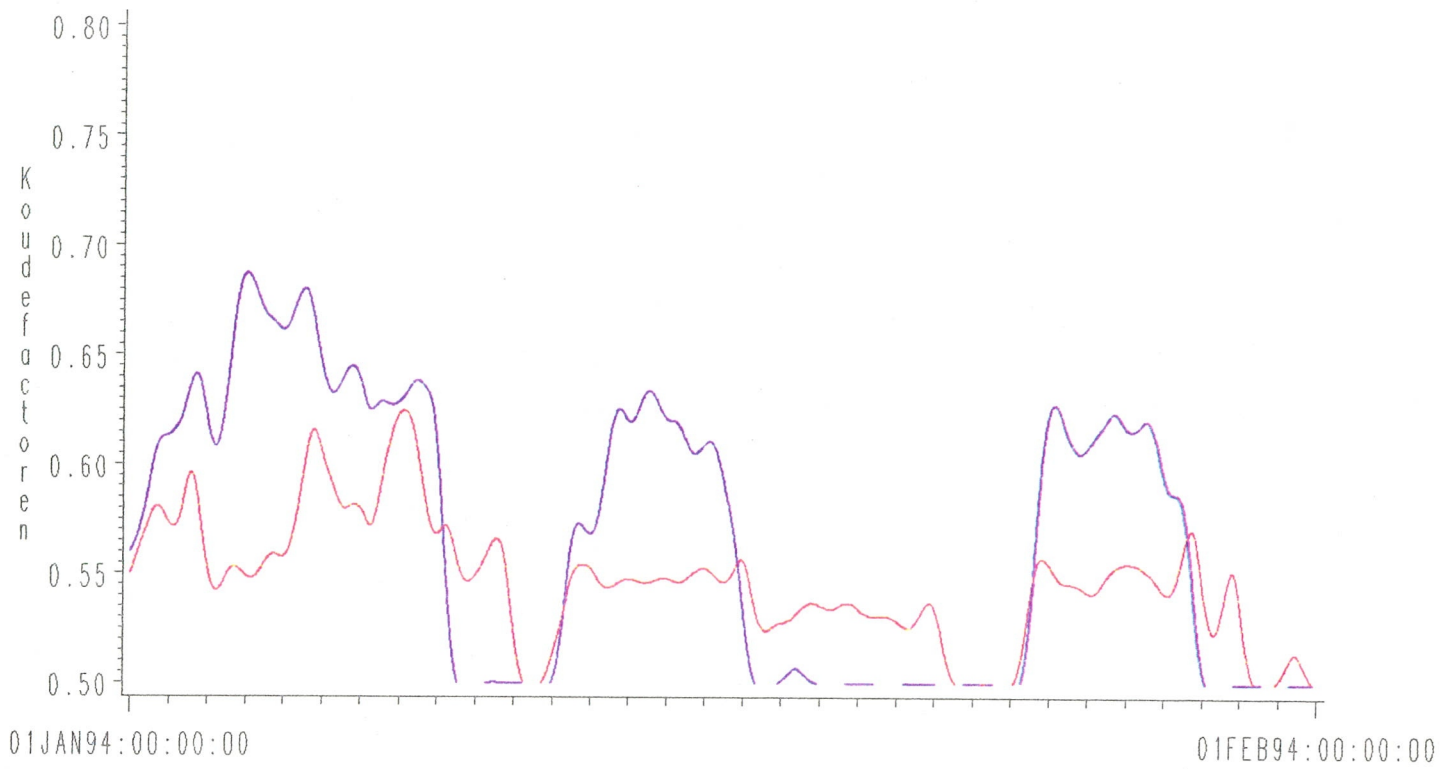


Figuur 6.16.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

januari 1994

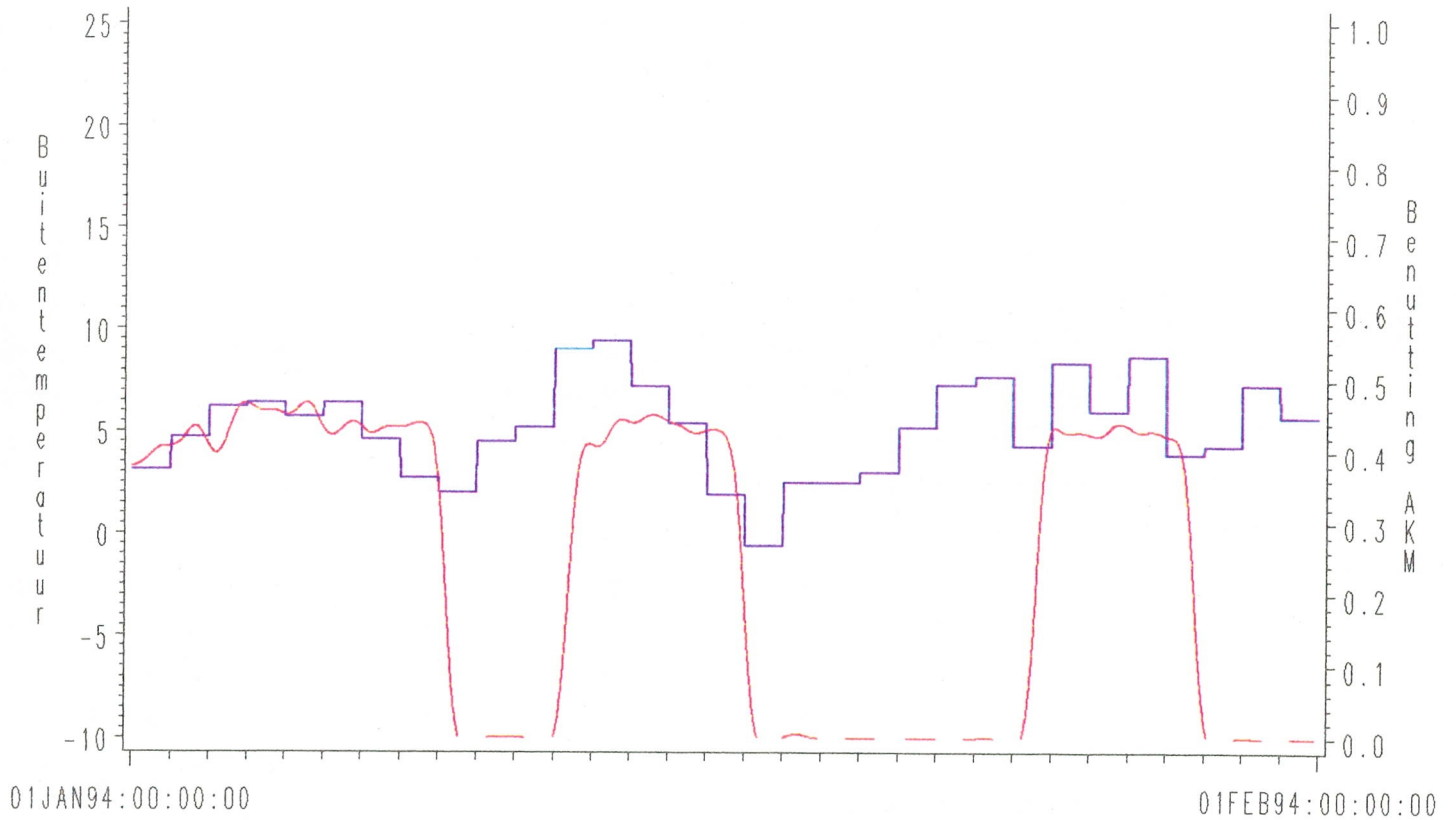


Figuur 6.16.3

Datum & tijd

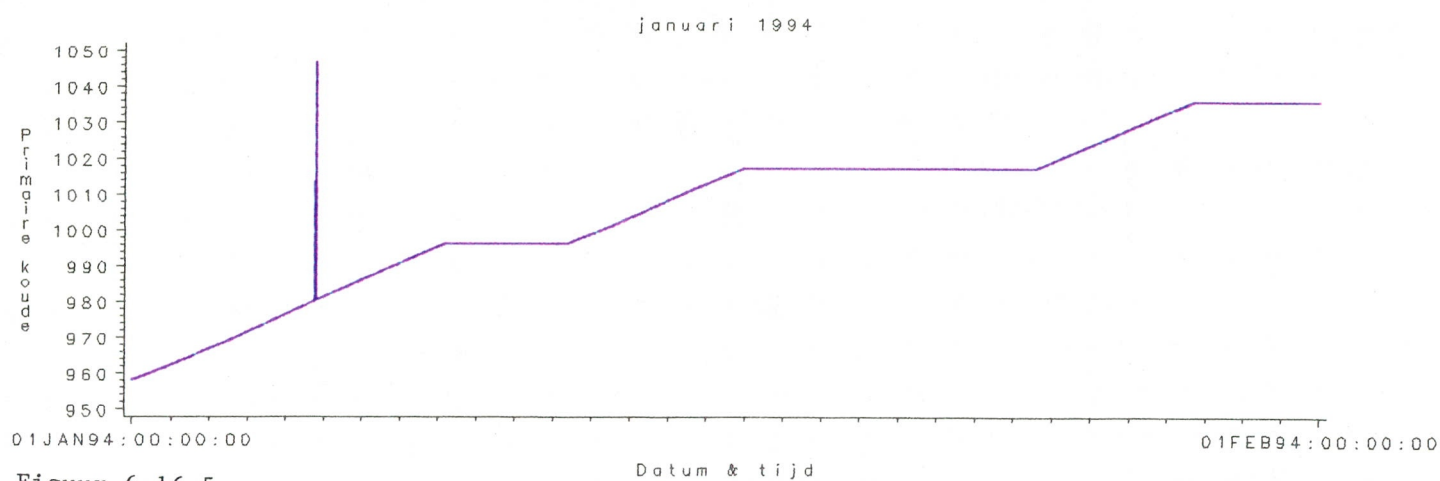
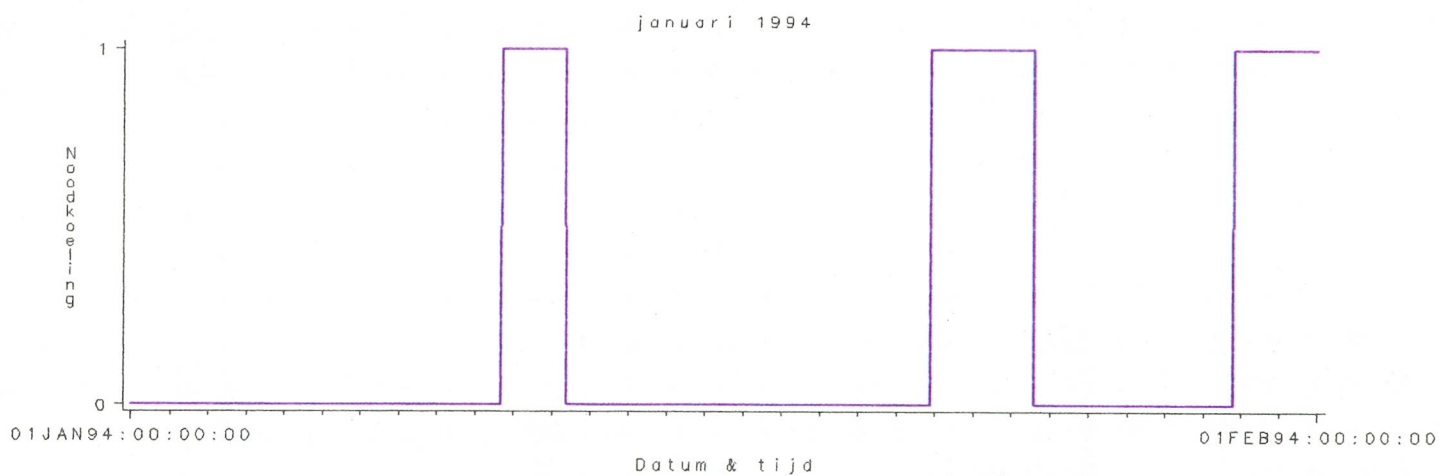
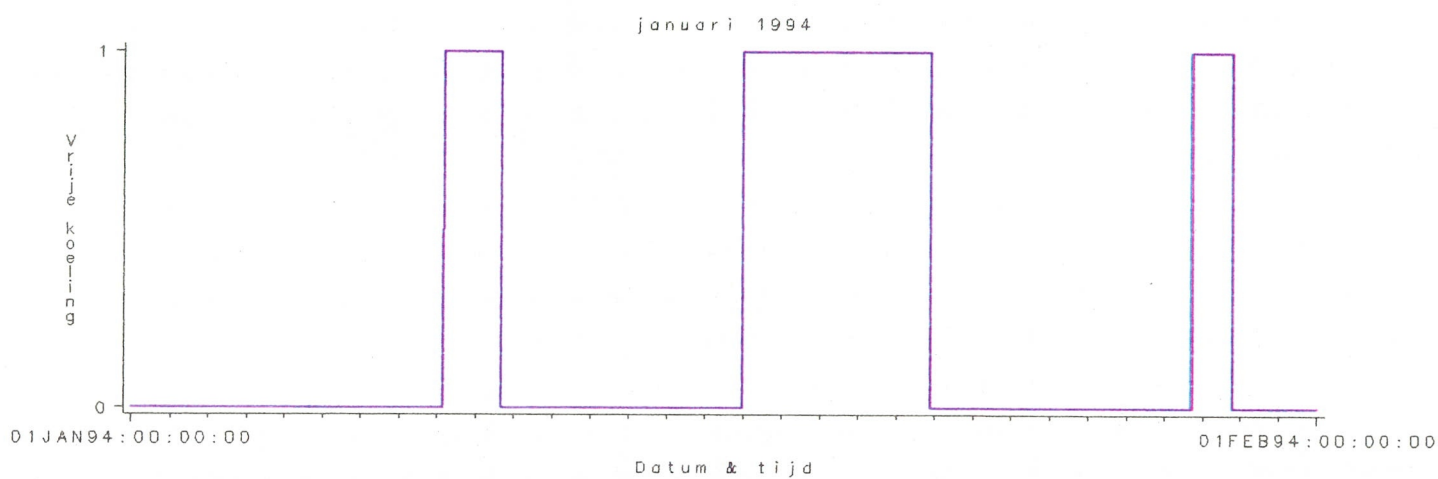
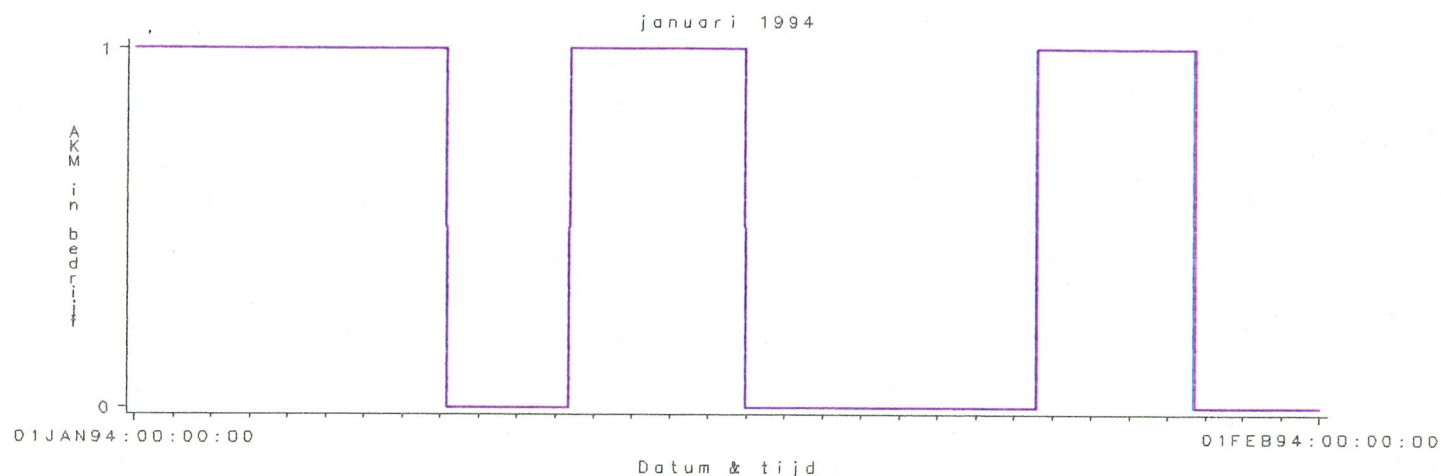
PL0T — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

januari 1994



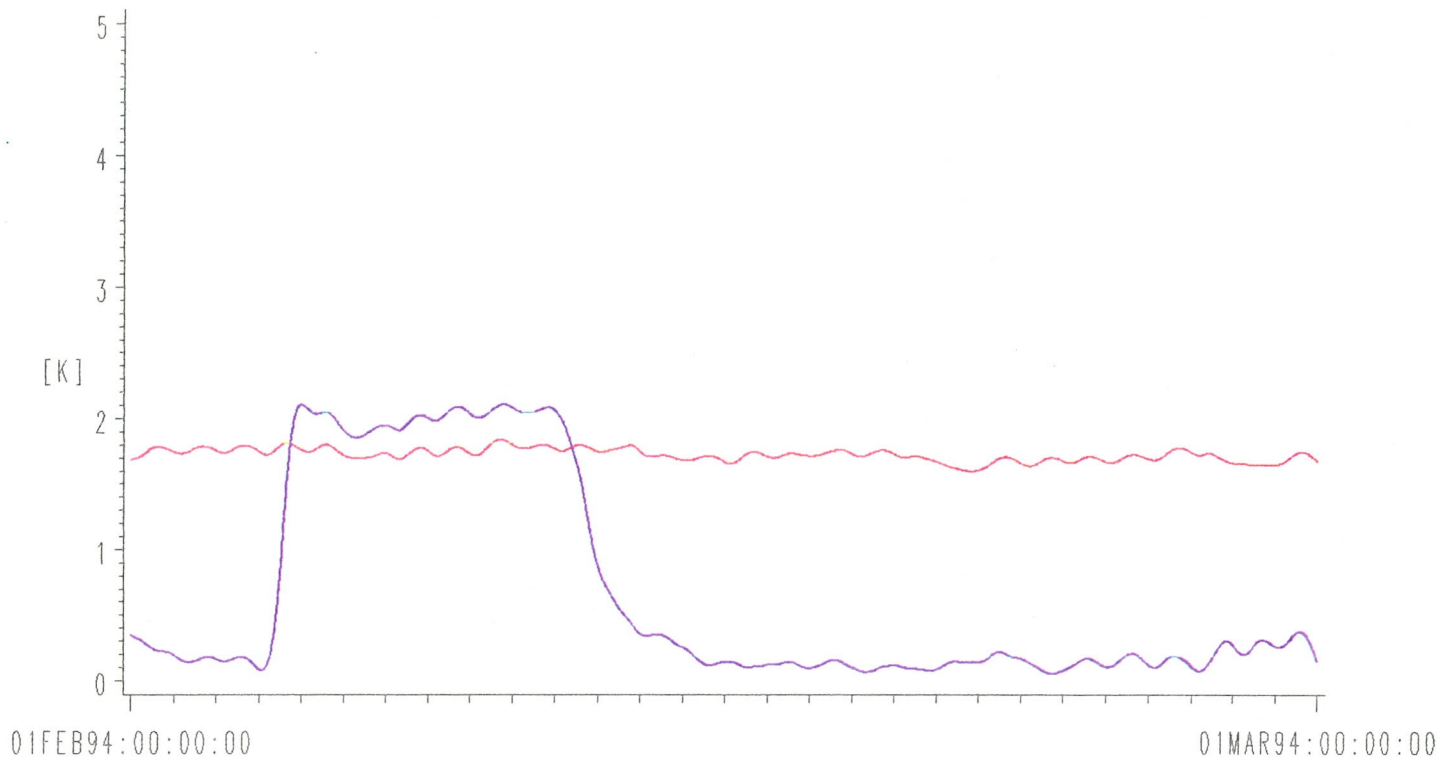
Figuur 6.16.4

Datum & tijd



Figuur 6.16.5

februari 1994

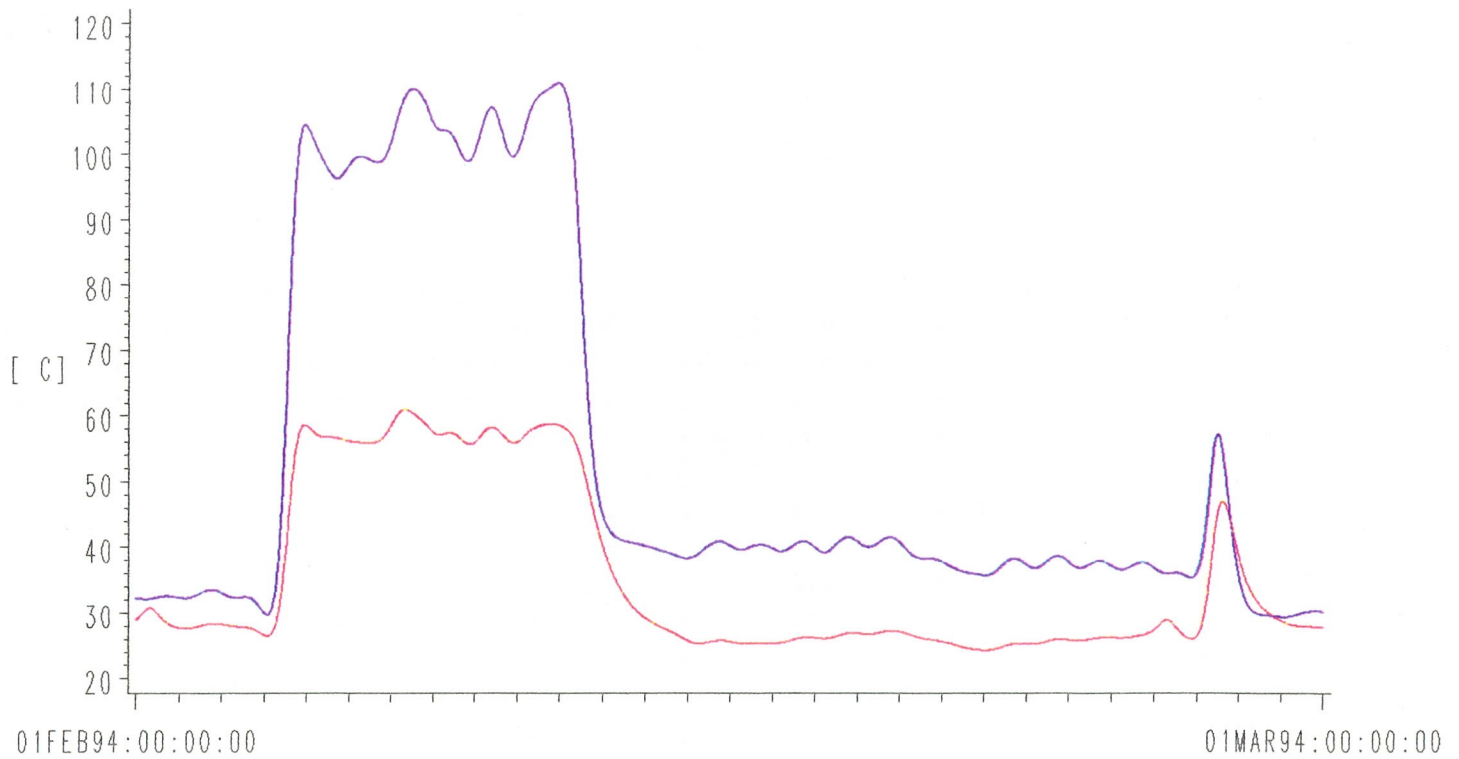


Figuur 6.17.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

februari 1994

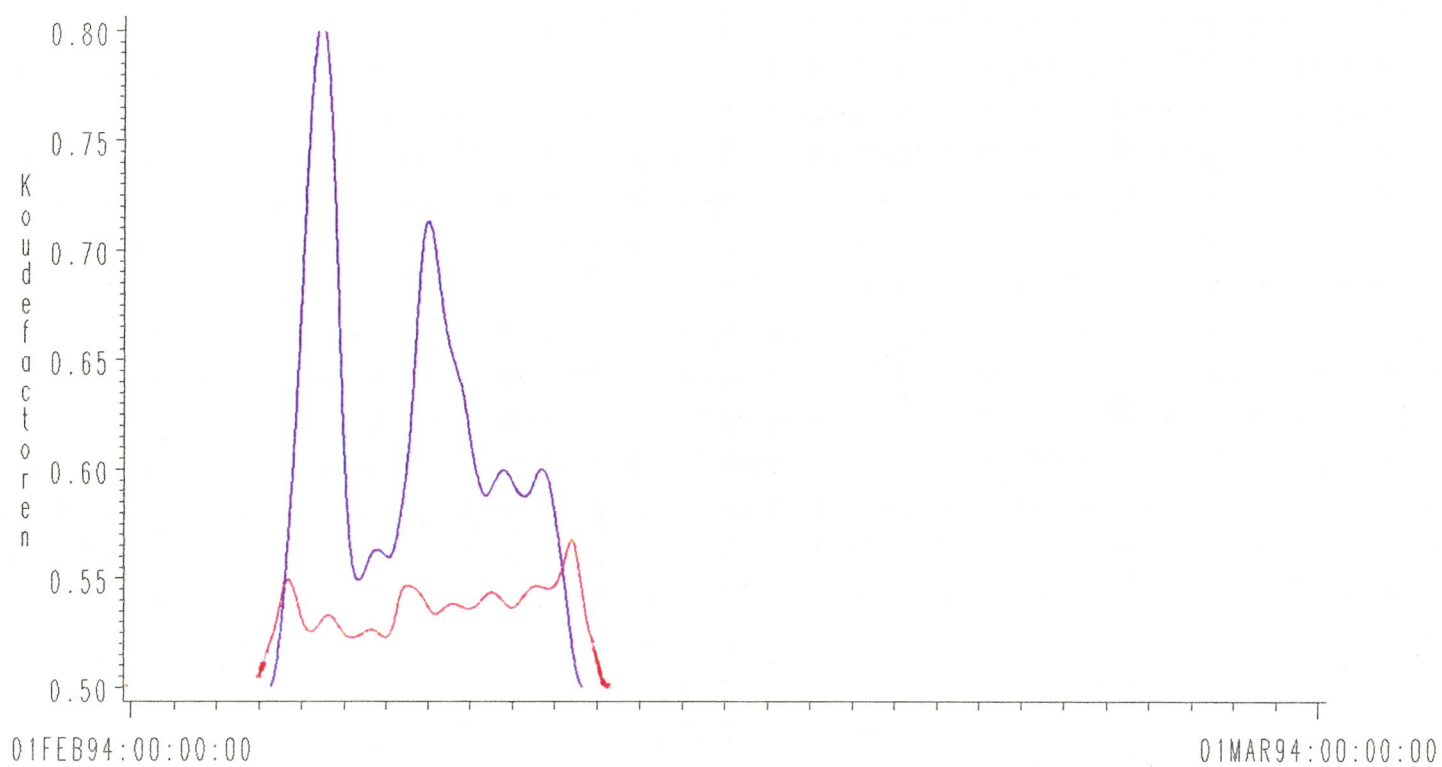


Figuur 6.17.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

februari 1994

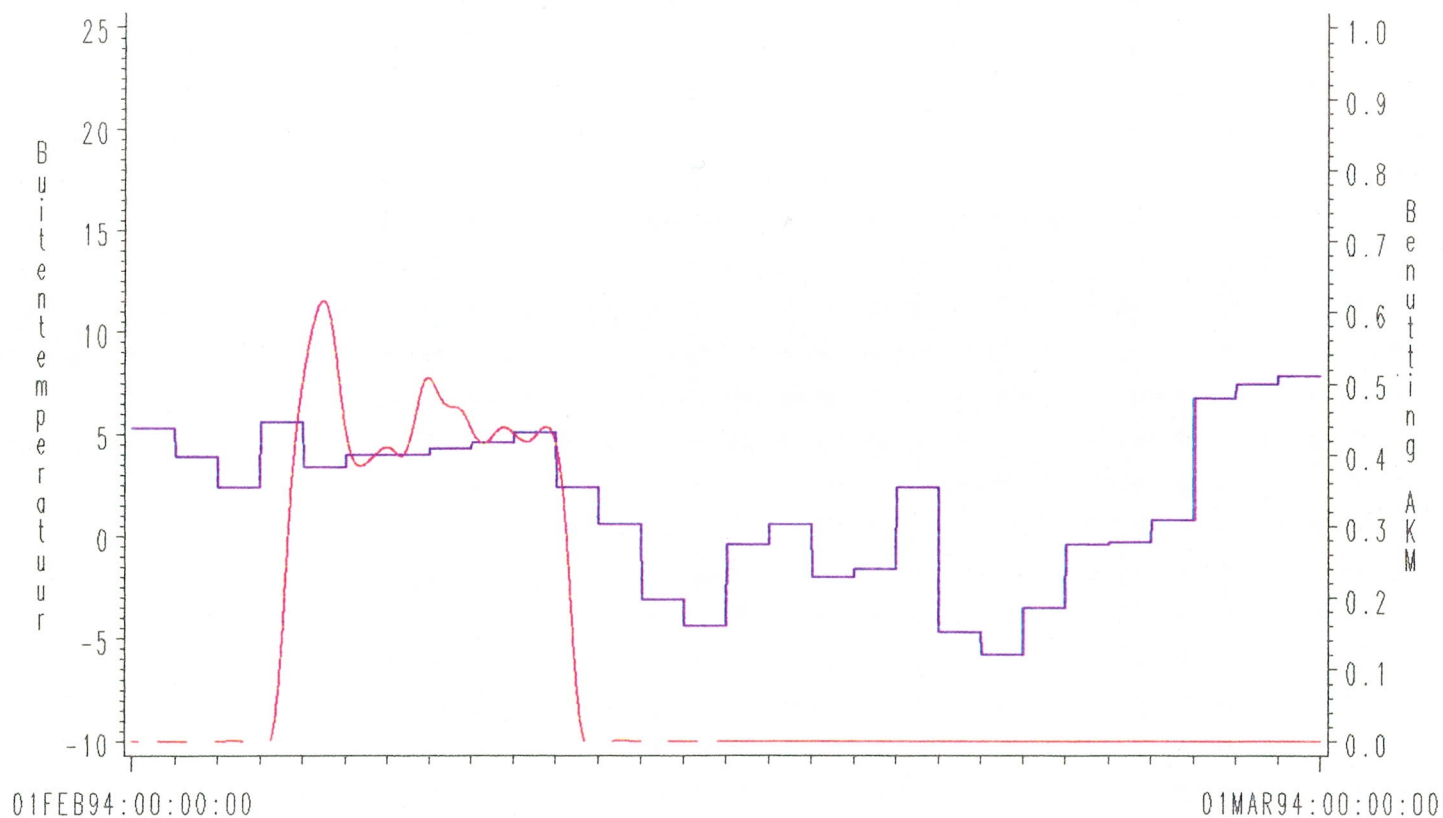


Figuur 6.17.3

Datum & tijd

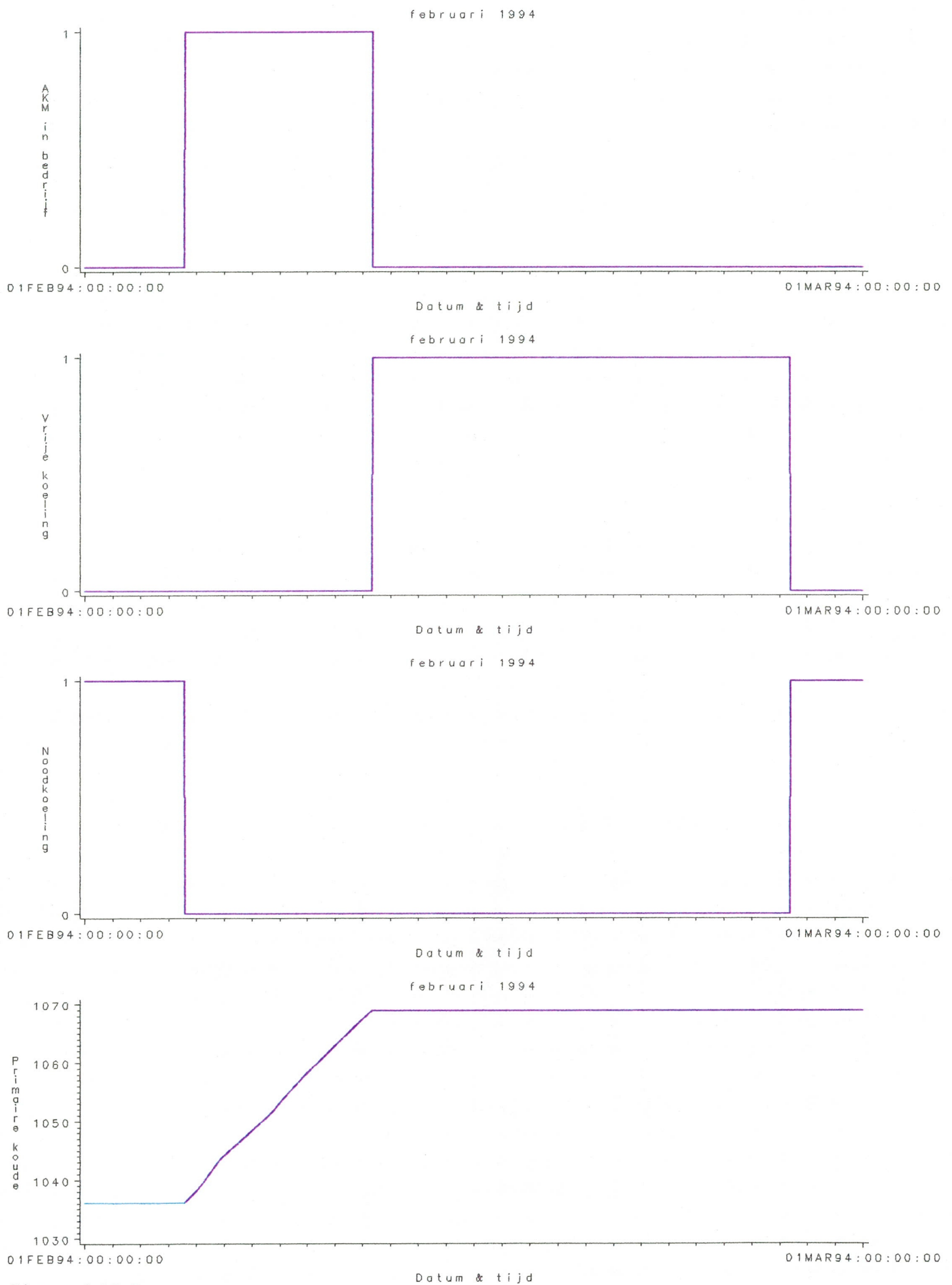
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

februari 1994



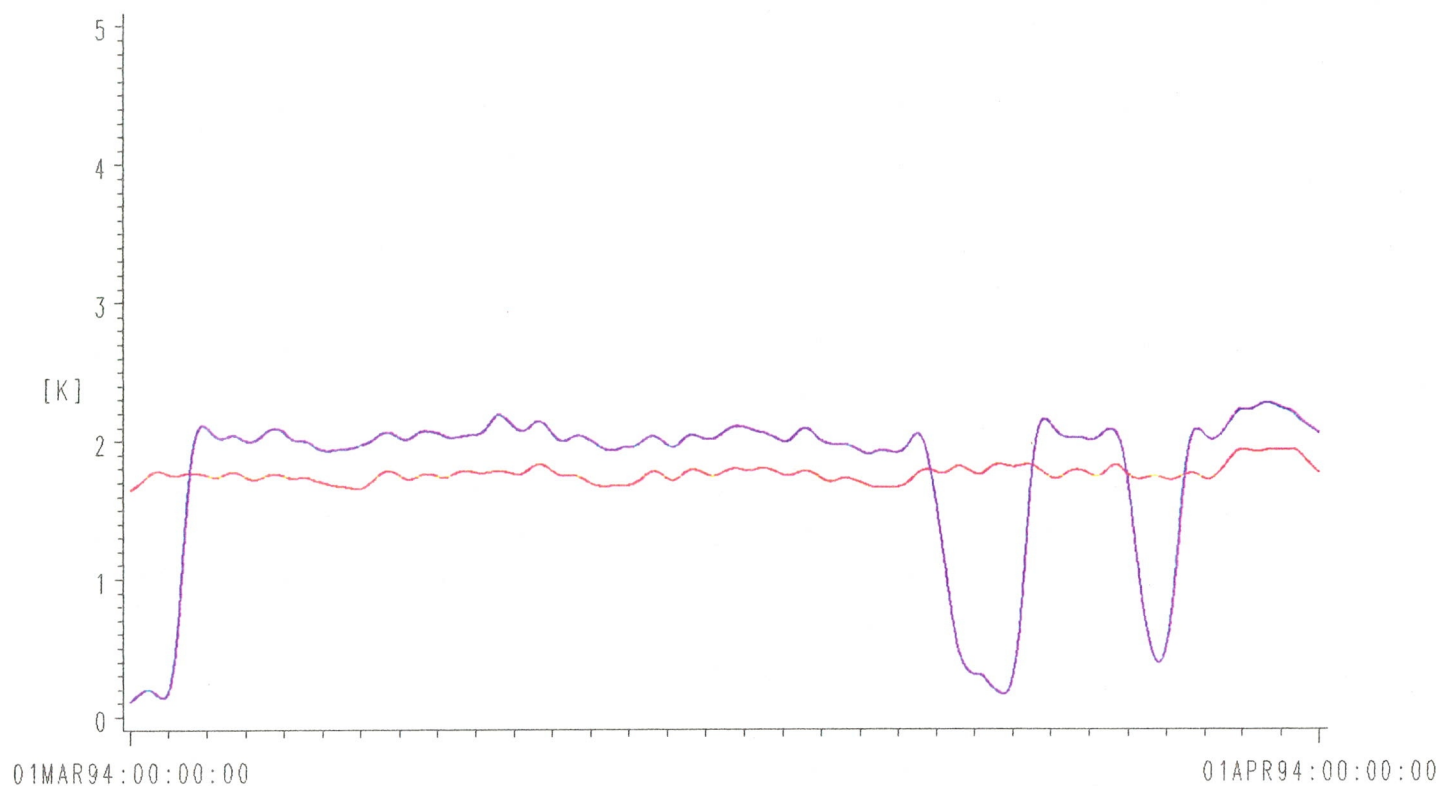
Figuur 6.17.4

Datum & tijd



Figuur 6.17.5

maart 1994

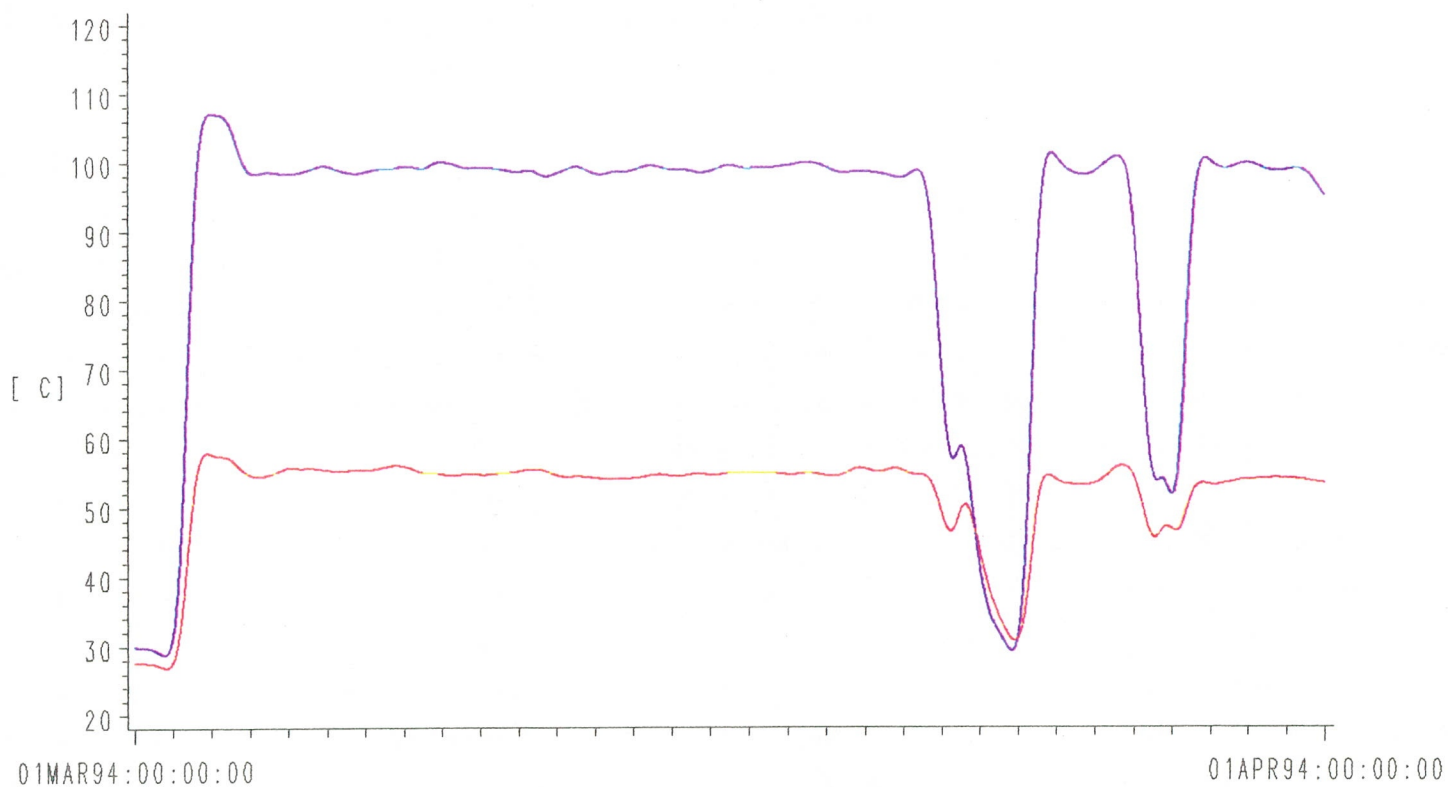


Figuur 6.18.1

Datum & tijd

PLOT — dT koudecir. prim. — dT koudecir. sec.

maart 1994

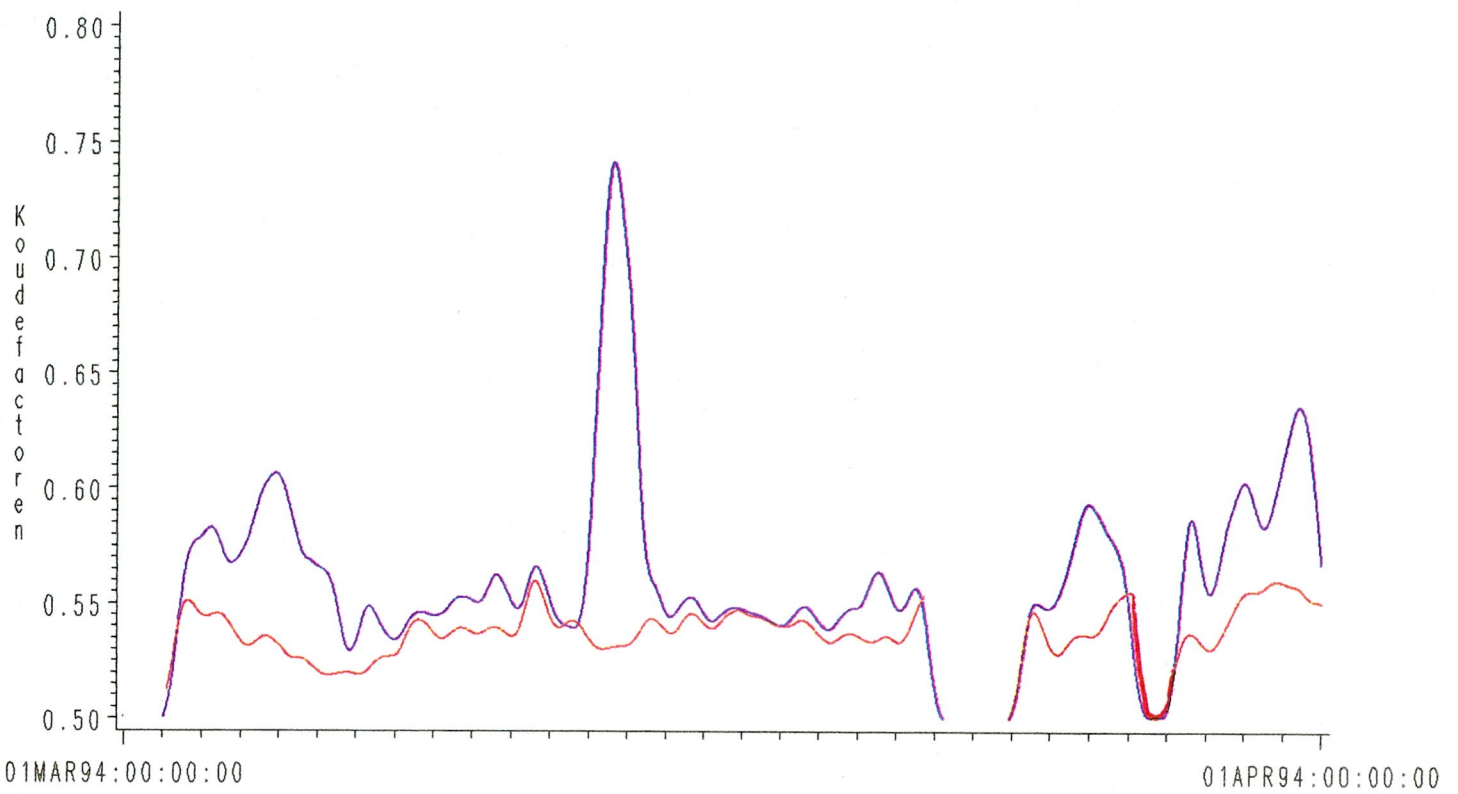


Figuur 6.18.2

Datum & tijd

PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

maart 1994

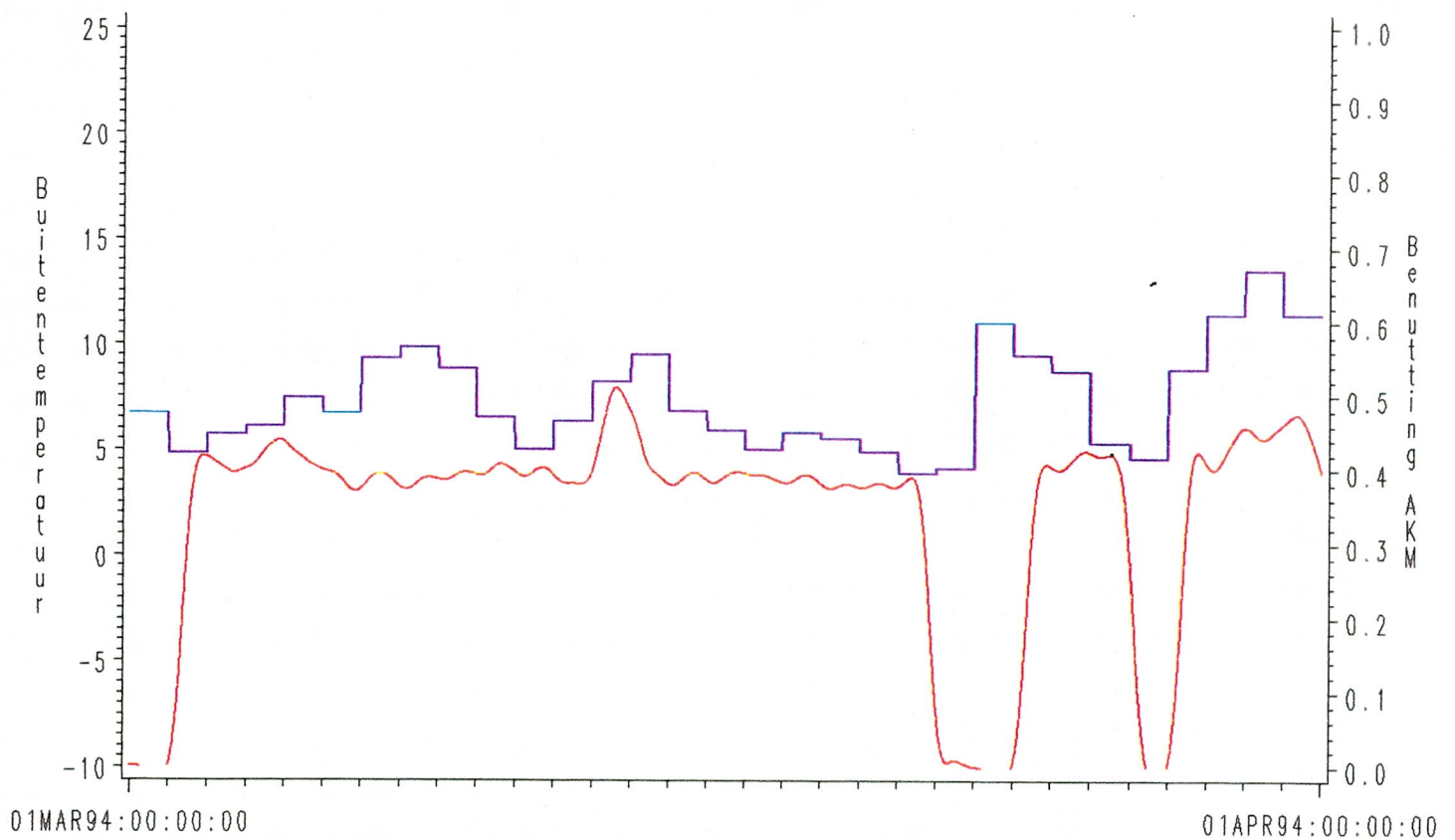


Figuur 6.18.3

Datum & tijd

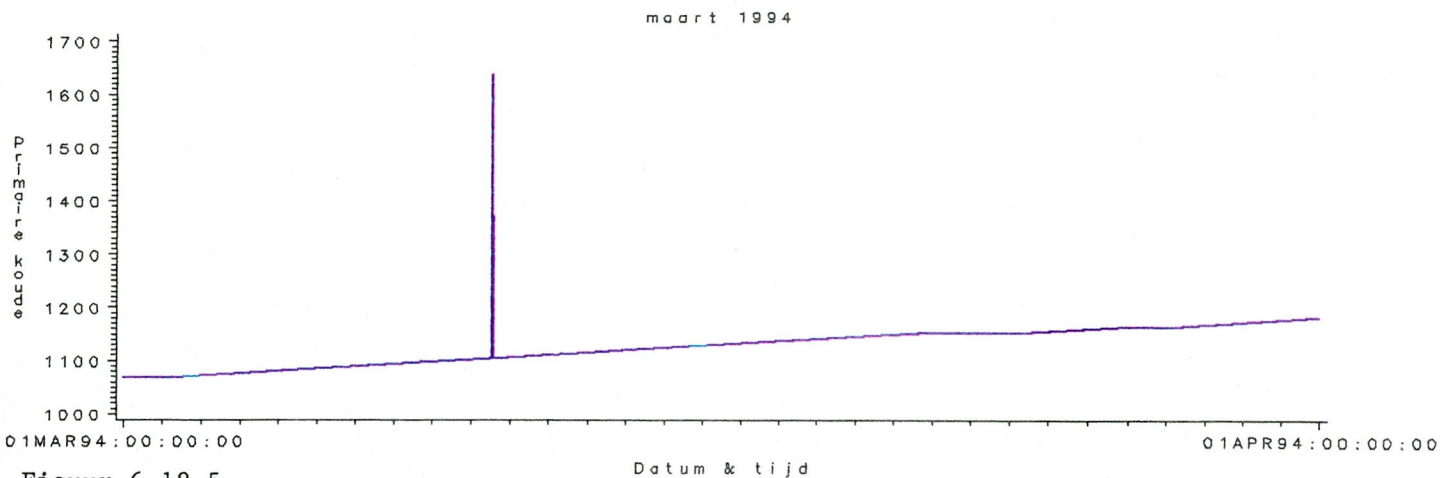
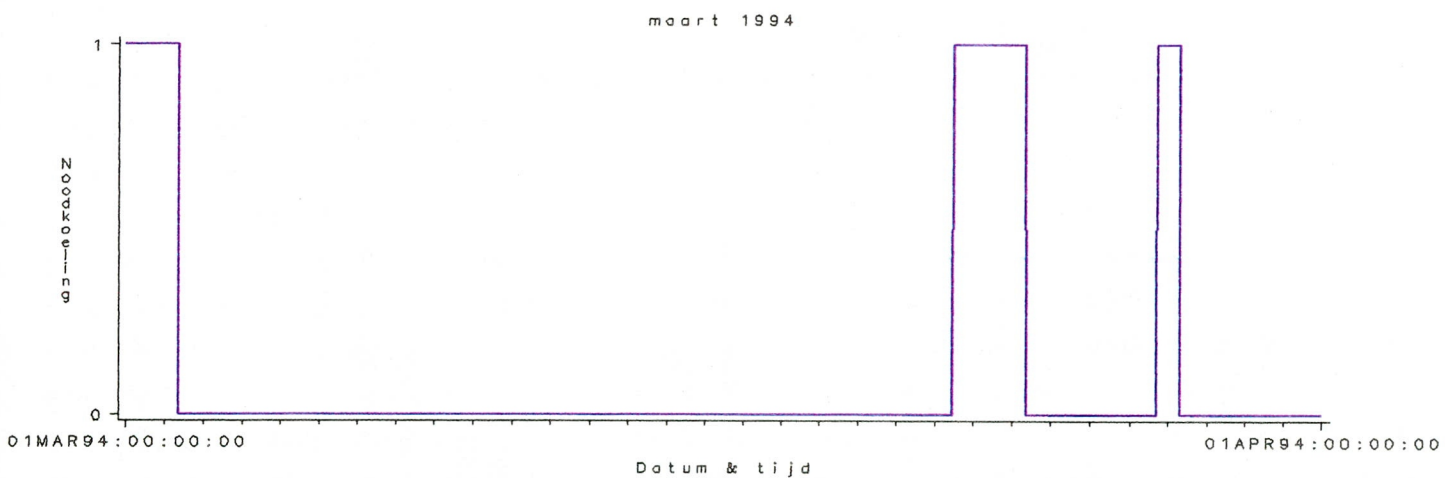
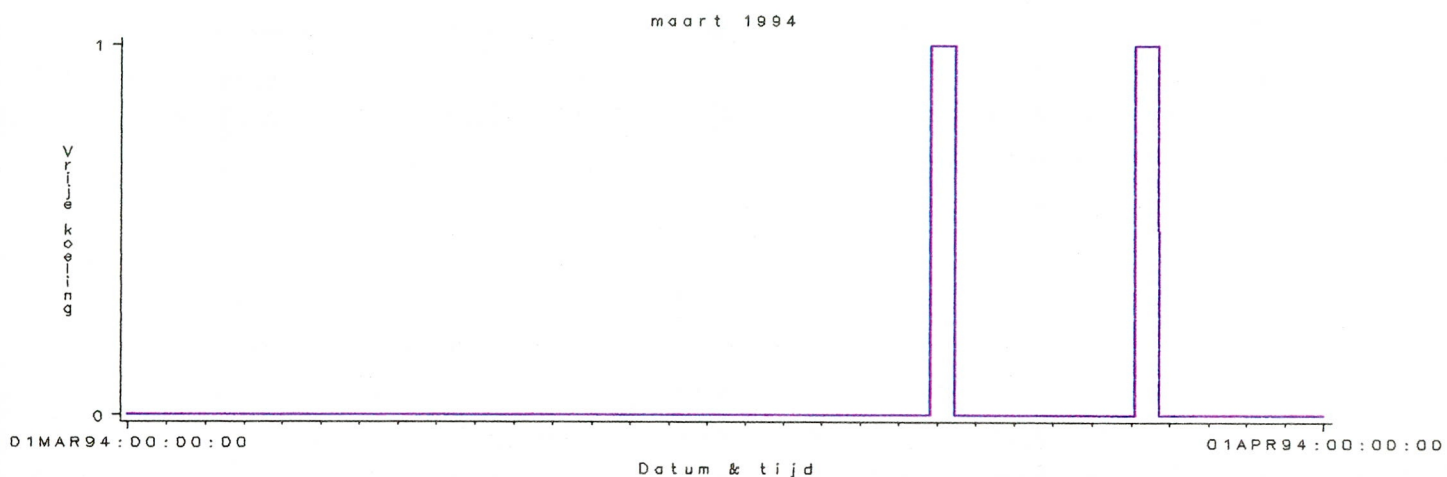
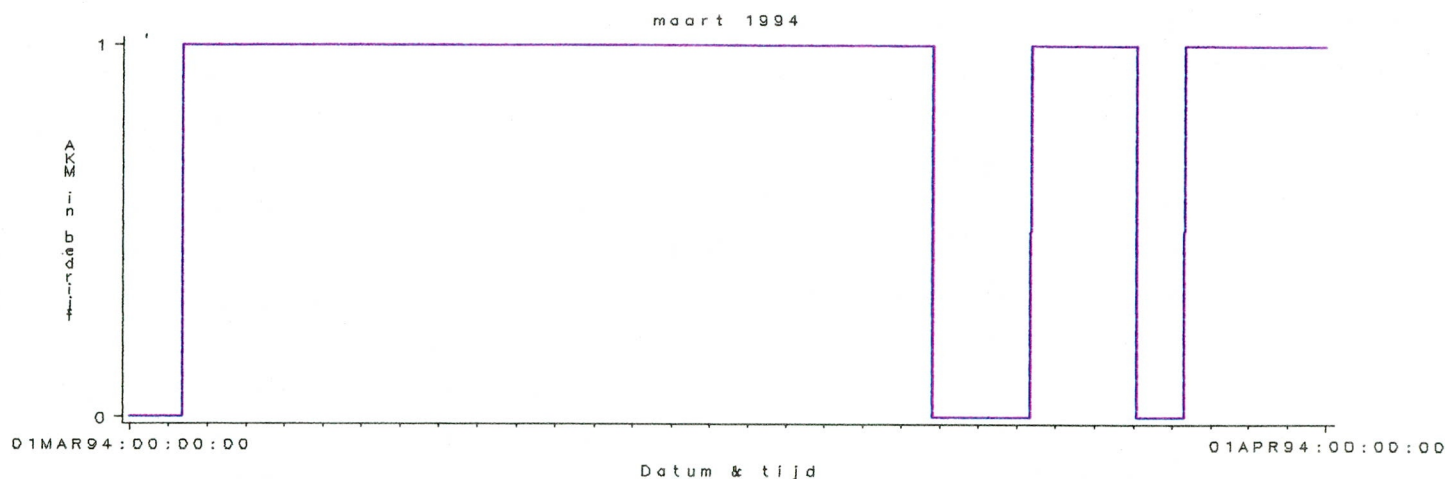
PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

maart 1994



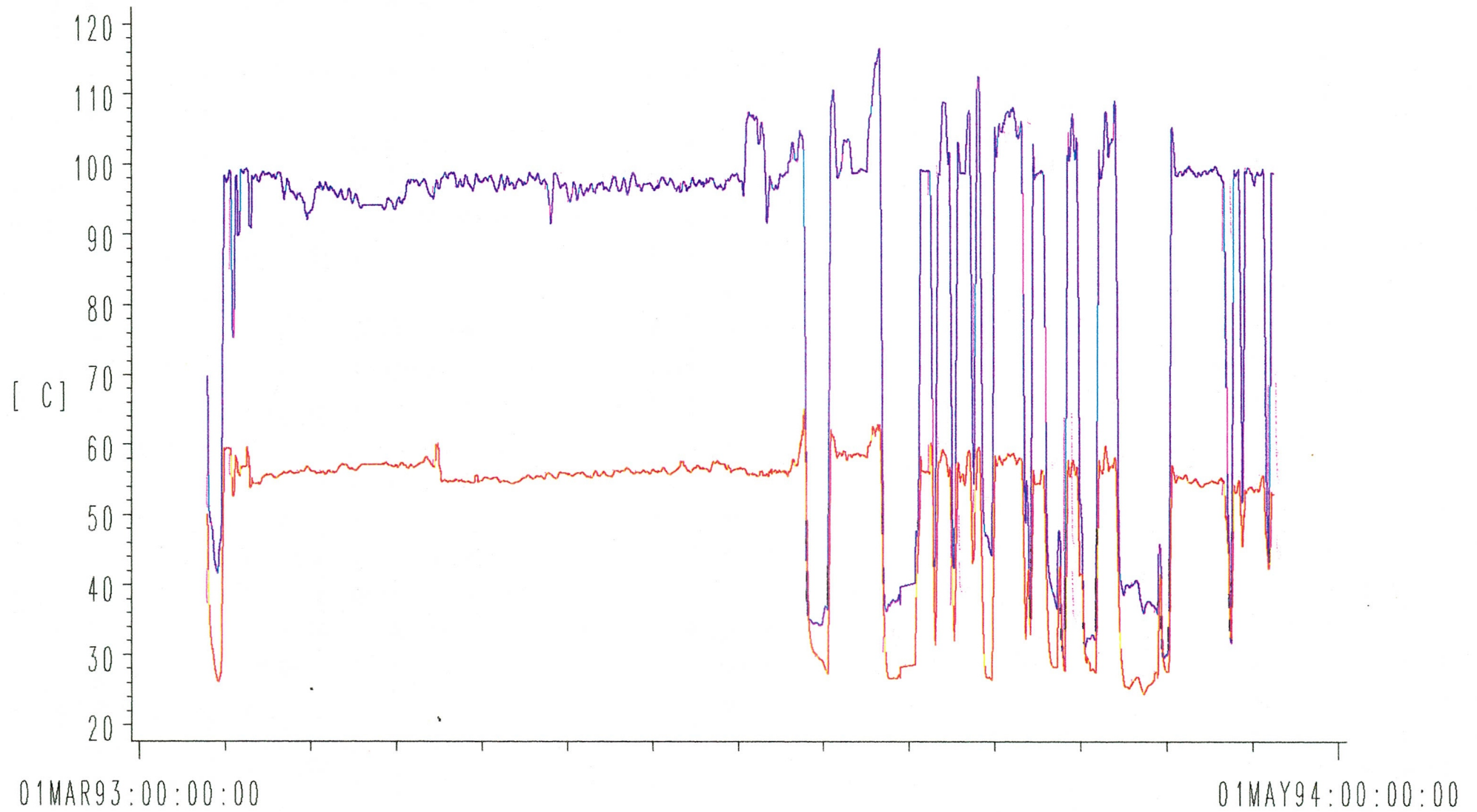
Figuur 6.18.4

Datum & tijd



Figuur 6.18.5

maart 1993 – april 1994

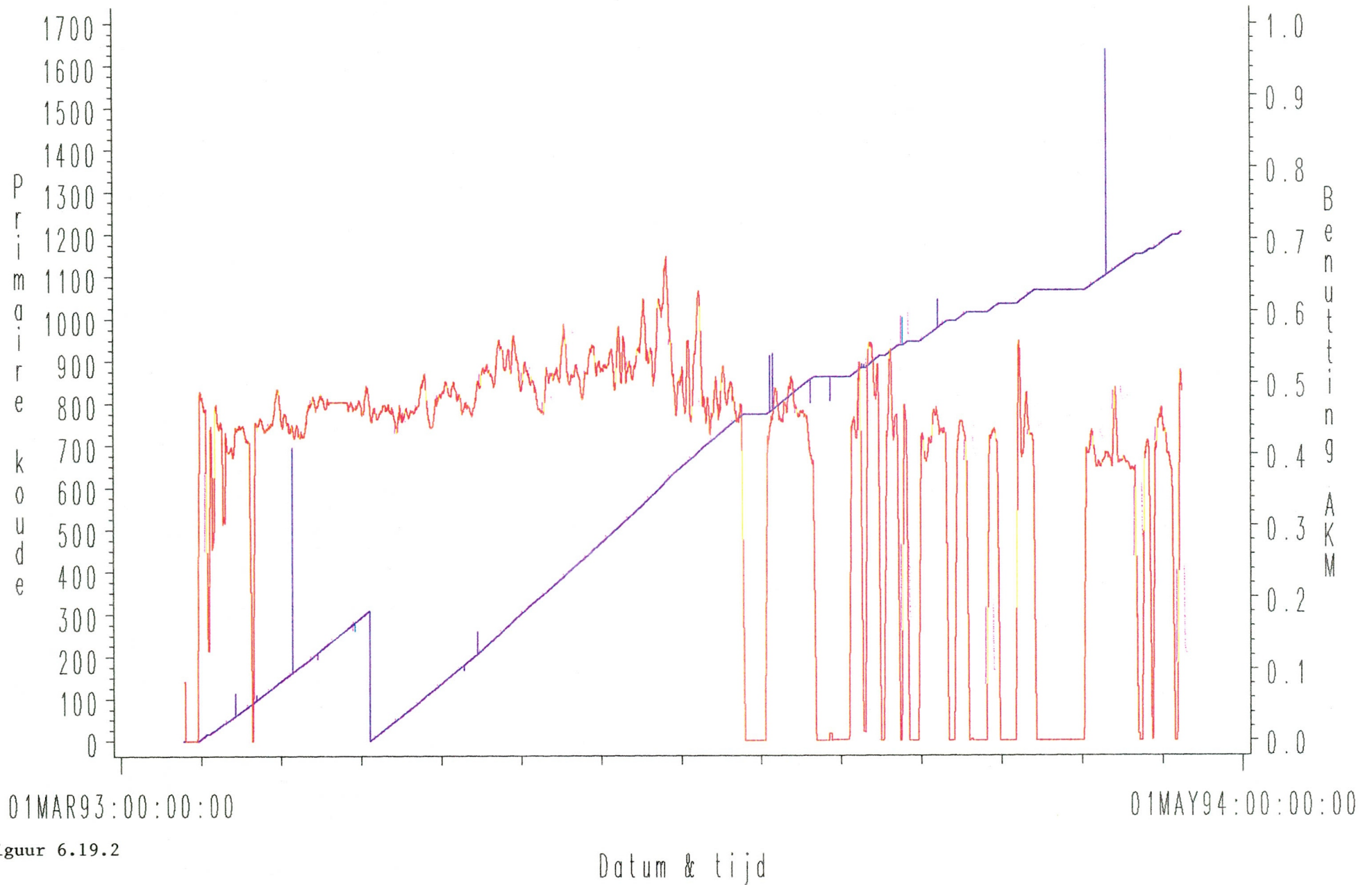


Figuur 6.19.1

Datum & tijd

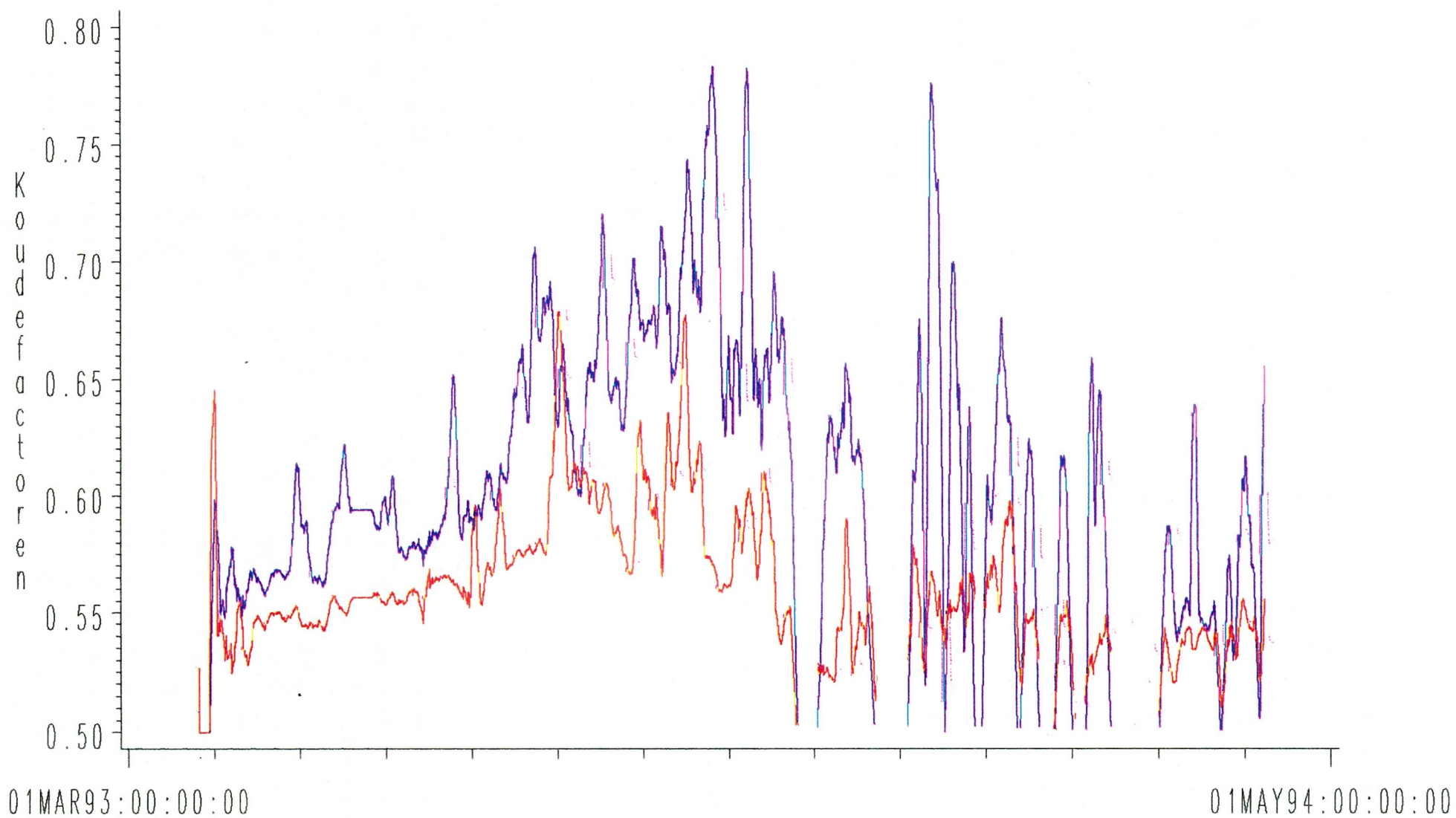
PLOT — Taanvoer stadsnet — Tretour stadsnet

maart 1993 – april 1994



Figuur 6.19.2

maart 1993 – april 1994

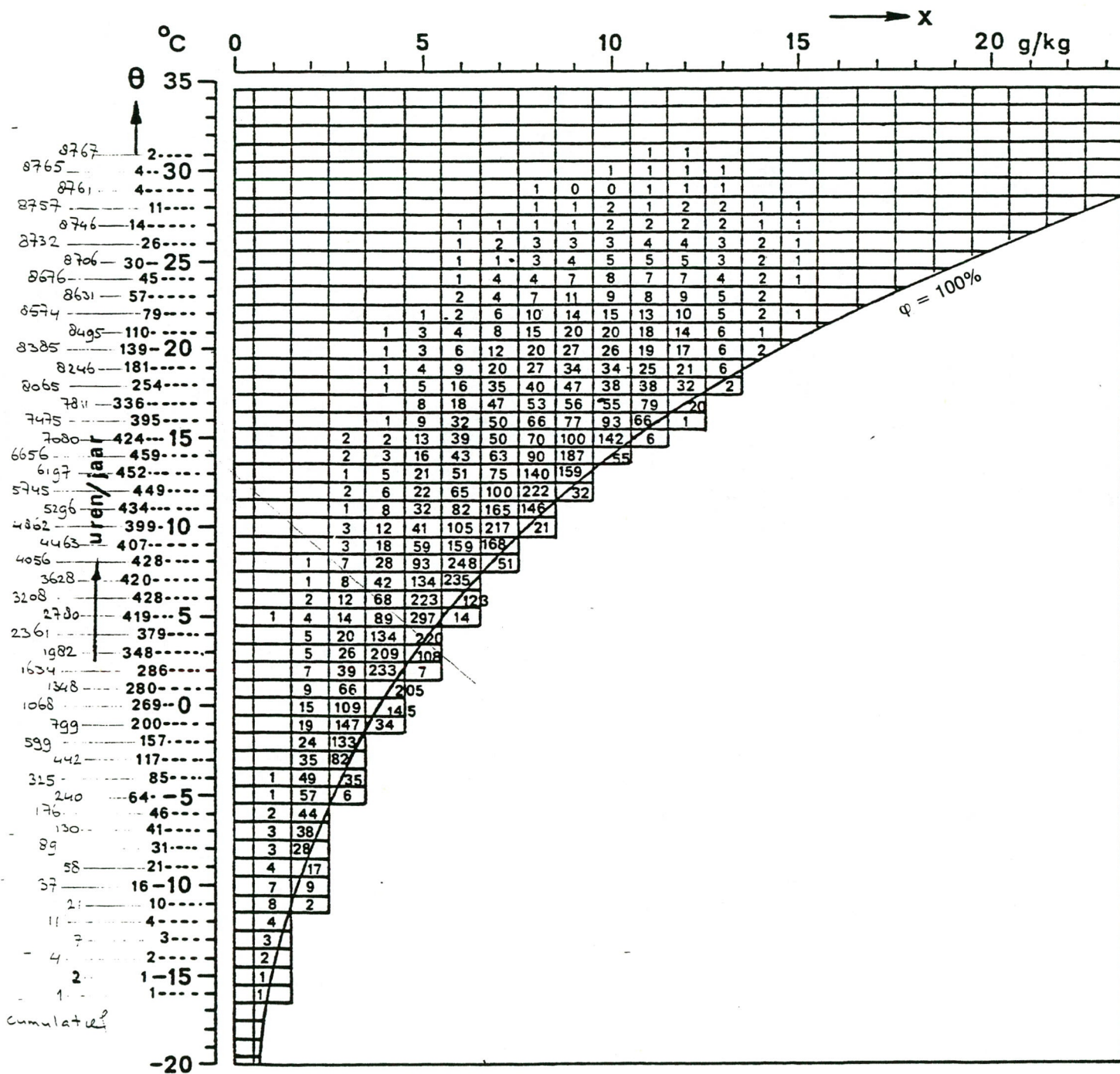


Figuur 6.19.3

PLOT — Koudefactor primair — Koudefactor secundair

Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)

Bijlage 1 **Verdeling van de 24 uren gemiddelde temperaturen en relatieve vochtigheden in het standaard referentiejaar**



*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

Bijlage 2 Beschrijving Warmte-Krachtcentrale EZH

Warmtekrachteenheid

Gallileïstraat R o t t e r d a m



De stoom- en gaseenheid (STEG) in de centrale Galileïstraat te Rotterdam, werd op 9 december 1988 officieel in gebruik gesteld. De STEG staat in één van de acht centrales van de n.v. Electriciteitsbedrijf Zuid-Holland. EZH verzorgt de produktie en het transport van elektriciteit in Zuid-Holland en de levering van warmte aan de stadsverwarming van Rotterdam/Capelle aan den IJssel, Leiden en Den Haag.

De STEG-eenheid in de Galileïstraat levert elektriciteit aan het openbare net, en warmte aan Rotterdam en Capelle aan den IJssel.

In april 1986 startte de bouw, op de fundamenteën van oude, met kolen gestookte, eenheden. Deze deden dienst van 1934 tot 1975.

De levering van elektriciteit begon 1 september 1988. Op 30 september 1988 werd de warmtelevering overgenomen van de centrale Schiehaven, die op 1 januari 1990 officieel buiten bedrijf werd gesteld.



Stoom en gas

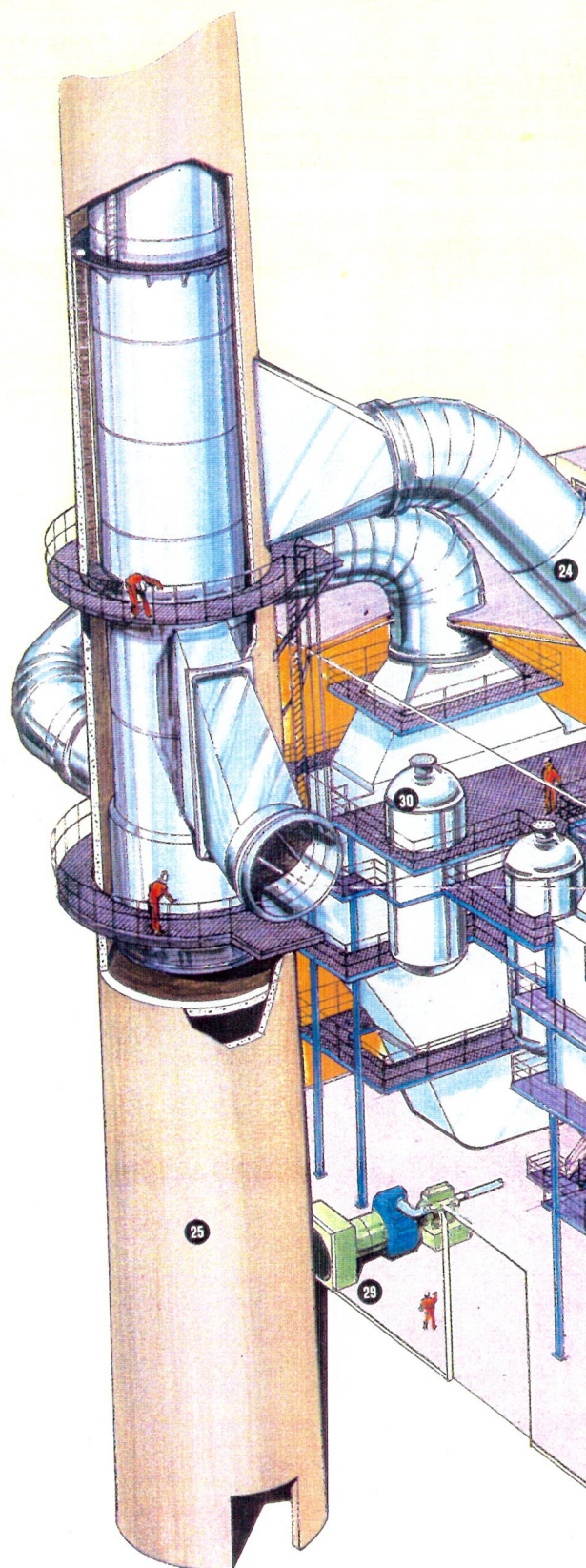
In de centrale zijn voor de stoom- en gaseenheid drie gasturbines -die aardgas verstoffen- en één stoomturbine opgesteld. De hete uitlaatgassen van de gasturbines worden naar de ketels geleid, waar zij nuttig worden gebruikt voor de produktie van stoom en voor het opwarmen van het water van de stadsverwarming. Zo nodig zorgen bijstookbranders nog voor extra warmte. De stoom drijft de stoomturbine aan en is daarna ook nog warm genoeg om water van de stadsverwarming op temperatuur te brengen. In die situatie wordt het lage-druk gedeelte van de stoomturbine ontkoppeld, waardoor er geen warmte wordt afgevoerd met het koelwater.

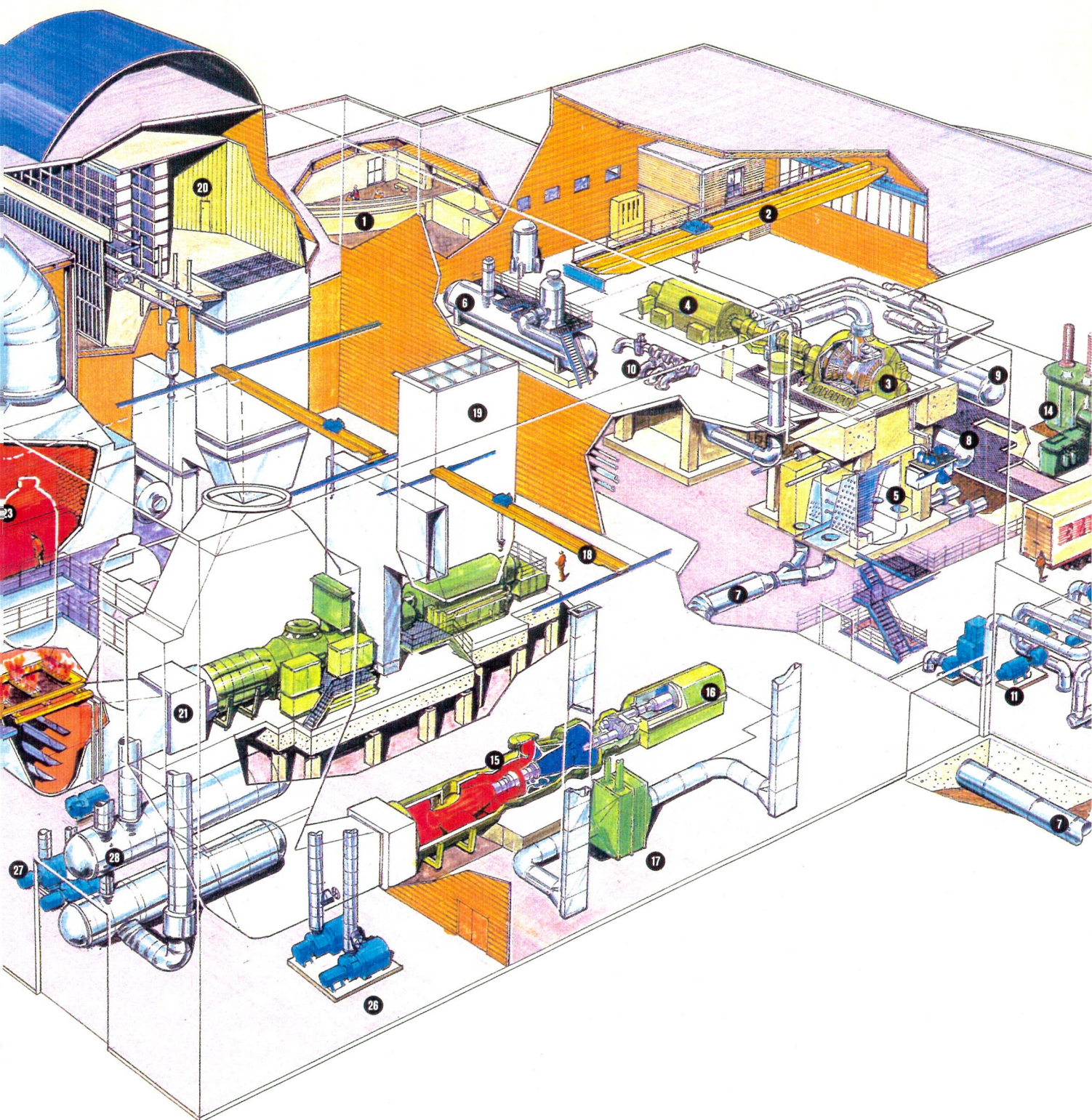
Door toepassing van stadsverwarming kan circa 80% van de toegevoerde energie (in de vorm van aardgas) worden omgezet in elektriciteit en warmte.

Het elektrisch rendement van de installatie bedraagt circa 45% (tegen ongeveer 40% bij een conventionele installatie, die niet werkt met een combinatie van stoom- en gasturbines)

Apparatenbenaming Galileïstraat

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Warmte wacht | 21 Rookgasseninlaatkanaal |
| 2 40-tons bovenloopkraan | 22 Bijstookinrichting afgassenketel |
| 3 Stoomturbine | 23 Afgassenketel |
| 4 Generator | 24 Rookgassenuitlaatkanaal |
| 5 Condensor | 25 Schoorsteen |
| 6 Ontgasser | 26 Ketelcirculatiepompen |
| 7 Koelwaterkanaal | 27 Ketelheetwaterkringloop-pompen |
| 8 Stadsverwarmings-condensor I | 28 Ketelheetwaterkringloop-pompen |
| 9 Stadsverwarmings-condensor II | 29 Noodstroomaggregaat |
| 10 Verse stoom verdeelbalk | 30 Demi-watervoorraad-tanks |
| 11 Retourwaterpompen | |
| 12 Aanvoerwaterpompen | |
| 13 Stadsverwarmings-leidingen | |
| 14 Machinetransformator | |
| 15 Gasturbine | |
| 16 Generator | |
| 17 Rotorkoelluchtkoeler | |
| 18 20-tons bovenloopkraan | |
| 19 Luchtinlaatkanaal gasturbine | |
| 20 Luchtinlaatkast gasturbine | |





Elektriciteit

Aan de stoom- en gasturbines zijn generatoren gekoppeld, die elektriciteit opwekken. Het totale netto elektrisch vermogen van de centrale is 219 megawatt (MW). Dit is verdeeld over één stoomturbine-generator van 74 megawatt en drie gasturbine-generatoren van elk 49 megawatt.

Ongeveer 3 MW is nodig om het 'eigen bedrijf' op gang te houden. Hieronder vallen alle installaties, die direct betrokken zijn bij de productie van stoom en elektriciteit.

Twee machine transformatoren - op elk zijn twee generatoren aangesloten - brengen de generatorspanning van 11.500 volt naar 150.000 volt. Daarna wordt de elektriciteit geleverd aan het koppelnet in het 150.000 volt-station Marconistraat.

De generatoren, die zijn gekoppeld aan de gasturbines, doen tevens dienst als startmotor van die turbines. Daartoe worden de generatoren tijdens de start gevoed door zogenaamde 'statische frequentie-omvormers' en op het toerental gebracht, dat nodig is om de branders van de turbines te ontsteken.

Vervolgens nemen de turbines de aandrijving over en het toerental wordt verder opgevoerd tot de nominale waarde. De generatoren gaan dan elektriciteit opwekken, in plaats van als motor te werken.

Stadsverwarming

De stoom uit de stoomturbine is nog warm genoeg om het water van de stadsverwarming te verhitten. Dit gebeurt in 'warmtewisselaars' bij de centrale. De stoom wordt er doorheen geleid en draagt zijn warmte over aan het water van het stadsverwarmingscircuit. Dit water loopt via pijpenbundels door de wisselaars.

Het thermisch vermogen (warmtevermogen) voor de stadsverwarming is maximaal 260 megawatt. Dat is 80% méér dan de capaciteit van de oude centrale Schiehaven, die voordien voor de warmte van de stadsverwarming zorgde.



Pompenkamer (stadsverwarmingspompen)

Warmwatercircuit

Het verhitte water voor de stadsverwarming kan direct in het warmwatercircuit worden gepompt of opgeslagen in twee buffertanks met een inhoud van 12.500 kubieke meter elk. De inhoud van deze buffertanks vormt de reserve voor de perioden dat de STEG-eenheid geen water verwarmt.

Het warme water in het circuit wordt naar de stadswijken geleid. Daar wordt de warmte - opnieuw via wisselaars - afgegeven aan verwarmingscircuits van de huizen en voor verwarming van het tapwater.

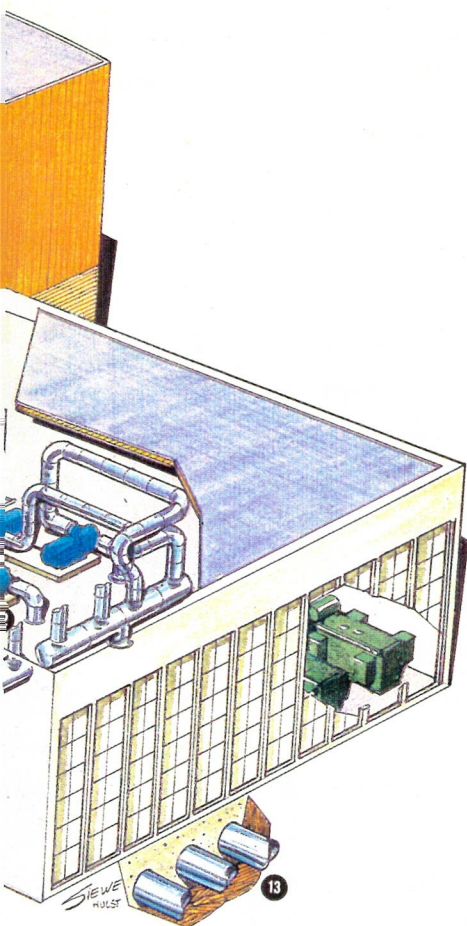
Overigens levert niet alleen de STEG-eenheid van de Galileïstraat warmte voor het stadsverwarmingscircuit. Dat gebeurt ook door de Roca-centrale in Rotterdam Oost en zo nodig in het centrum van Rotterdam door de onderstations aan de Blekerstraat en de Delftse Vaart, waar hulpketels staan.

Start-stop eenheid

De NV Samenwerkende elektriciteitsproductiebedrijven (Sep) in Arnhem bepaalt dagelijks voor het gehele land welke centrales stroom moeten leveren en welke niet. Hierbij spelen de prijs van de verstookte brandstof en het rendement van de centrale een belangrijke rol. Deze keus is erop gericht zo goedkoop mogelijk elektriciteit te produceren.

Sommige centrales, zoals de EZH-kolencentrale op de Maasvlakte, werken het meest economisch als zij doorlopend in bedrijf zijn. Andere zijn beter geschikt te worden gestart als er méér elektriciteit nodig is of te worden gestopt bij afnemende vraag.

De nieuwe STEG-eenheid in de Galileïstraat is zo'n start-stop eenheid.



Algemene gegevens

Gasturbines

leverancier	: Asea Brown Boveri B.V.
type	: GT - 8
aantal	: 3
brandstof	: aardgas
toerental gasturbine	: 6339 omwentelingen per minuut
elektrisch vermogen	: 49,3 MW per gasturbine, basislast en bij een omgevingstemperatuur van 5 o/C
turbine intredetemp.	: 1085 o/C. *)
turbine uittredetemp.	: 523 o/C. *)
massa van de rookgassen	: circa 185 kg/sec *)

*) omgevingstemperatuur 5 o/C.

Stoomturbine

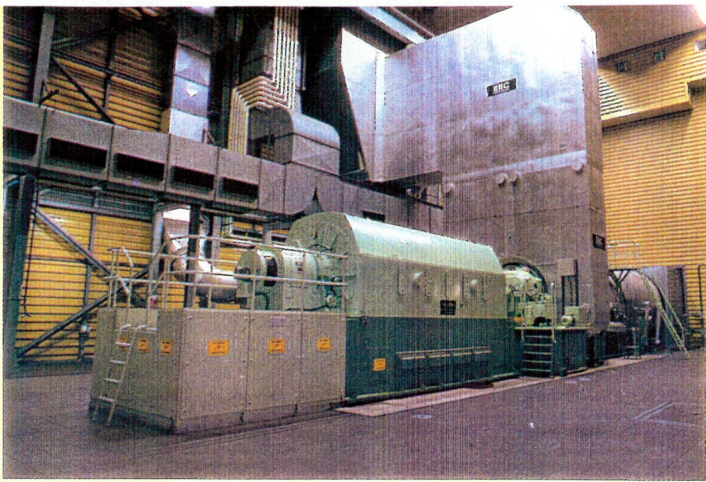
leverancier	: Asea Brown Boveri B.V.
aantal	: 1
vermogen	: 73,5 MW bij de levering van uitsluitend elektriciteit, 57,2 MW met 148,6 MWth voor de stadsverwarming (Lagedruk deel van de turbine afgeschakeld)
lagedruk deel stoomturbine	: afschakelbaar tijdens bedrijf
aantal stadsverwarmings	
condensors	: 2
pijpmateriaal hoofdcondensor	: titanium



Machinehal met stoomturbine en generator

Afgassenketel

leverancier	: Backer en Rueb Breda BV
aantal	: 3
stoomproductie	: 22,6 kg/sec.
stoomdruk	: 51 bar
stoomtemperatuur	: 496 o/C.
pinch-point-temperatuur	
verdamer uitlaat	: 7 o/C.
vermogen stadsverwarmingsbundel	: 22,7 MWth
capaciteit bijstookinricht.	: 3,5 Nm ³ (aardgas)
drukverlies rookgaszijde	: 20 millibar



Gasturbine met generator

Generatoren

leverancier	: Asea Brown Boveri B.V.
fabrikaat	: Holec (ABB-licentie)
nominaal	: gasturbine generatoren 55 MW
vermogen	: stoomturbine generator 77 MW
spanning	: 11,5 kV + 10%
cosphi	: stoomturbine generator 0,9 inductief gasturbine generator 0,8 inductief
koeling	: lucht, met lucht/water warmtewisselaars

Machinetransformatoren

leverancier	: Smit Transformatoren B.V.
vermogen	: 1 x 85,5/56,6/142 MVA; 1 x 56,6/56,6/113,2 MVA
spanning	: 11,5/11,5/160 kV

Generatorschakelaars

leverancier	: ASEA Brown Boveri B.V.
vermogen	: stoomturbinegenerator 24 kV / 6300 A gasturbinegeneratoren 17,5 kV / 3600 A

Leveranciers algemeen

ASEA Brown Boveri B.V.	: meet- en regelinstallatie en de inrichting van de centrale bedieningspost
Stork Ketels BV, Hengelo	: stoomleidingen
Verolme Machinefabriek	
IJsselmonde BV, IJsselmonde	: leidingen voor de stadsverwarming
Vermeer Bouw BV,	
Hoofddorp	: betonbouw en afbouw van het gebouw
ISC Staalbouw Best BV, Best	: staalconstructies

Colofon

Uitgave	N.V. Electriciteitsbedrijf Zuid-Holland Afdeling Voorlichting Postbus 909 2270 AX Voorburg
Ontwerp	Maarten Balyon, Leiden
Tekening	Siewe Technisch Commerciële Illustraties, Hulst
Foto's	Ron Bazuin, EZH Voorburg
Druk	Koninklijke drukkerij De Swart bv, Den Haag

Centrale bedieningspost

Een centrale bedieningspost van de STEG-eenheid, de 'proceswacht', regelt de elektriciteitsproductie en de warmtelevering aan de stadsverwarming.

Er is veel aandacht besteed aan de automatisering en bewaking van de installaties en aan de registratie van storingen hierin.

De centrale bedieningspost is vierentwintig uur per dag bemand. In totaal werken bij deze eenheid ongeveer twintig personen (per dienst van acht uur drie medewerkers). Hierbij komen nog de personeelsleden voor het onderhoud en het beheer van de installaties.



Warmtewacht

Milieuvriendelijke installatie

De STEG-eenheid van de centrale aan de Galileïstraat is een milieuvriendelijke installatie.

Gezichtsbepalend is de schoorsteen voor het afvoeren van de rookgassen. Door zijn hoogte van 125 meter - dat is vijftientig meter hoger dan in de vergunning werd geëist - wordt bereikt dat de uitstoot van rookgassen boven het nabije Europointgebouw uitkomt.

Bij het stoken van aardgas komt geen vliegas vrij, terwijl ook het zwavelgehalte in de rookgassen verwaarloosbaar klein is. Speciale branders voor de gasturbines zorgen voor een lage uitstoot van stikstofoxiden (NO_x).

Tenslotte gebruikt stadsverwarming minder fossiele brandstof, dan afzonderlijke conventionele verwarmingsinstallaties van de huizen. Dit lagere verbruik betekent op zichzelf al minder milieubelasting.

Kosten

Het project vergt een investering van circa f. 315 miljoen. Ongeveer 75% daarvan werd geplaatst bij de Nederlandse industrie.



Machinetransformator

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

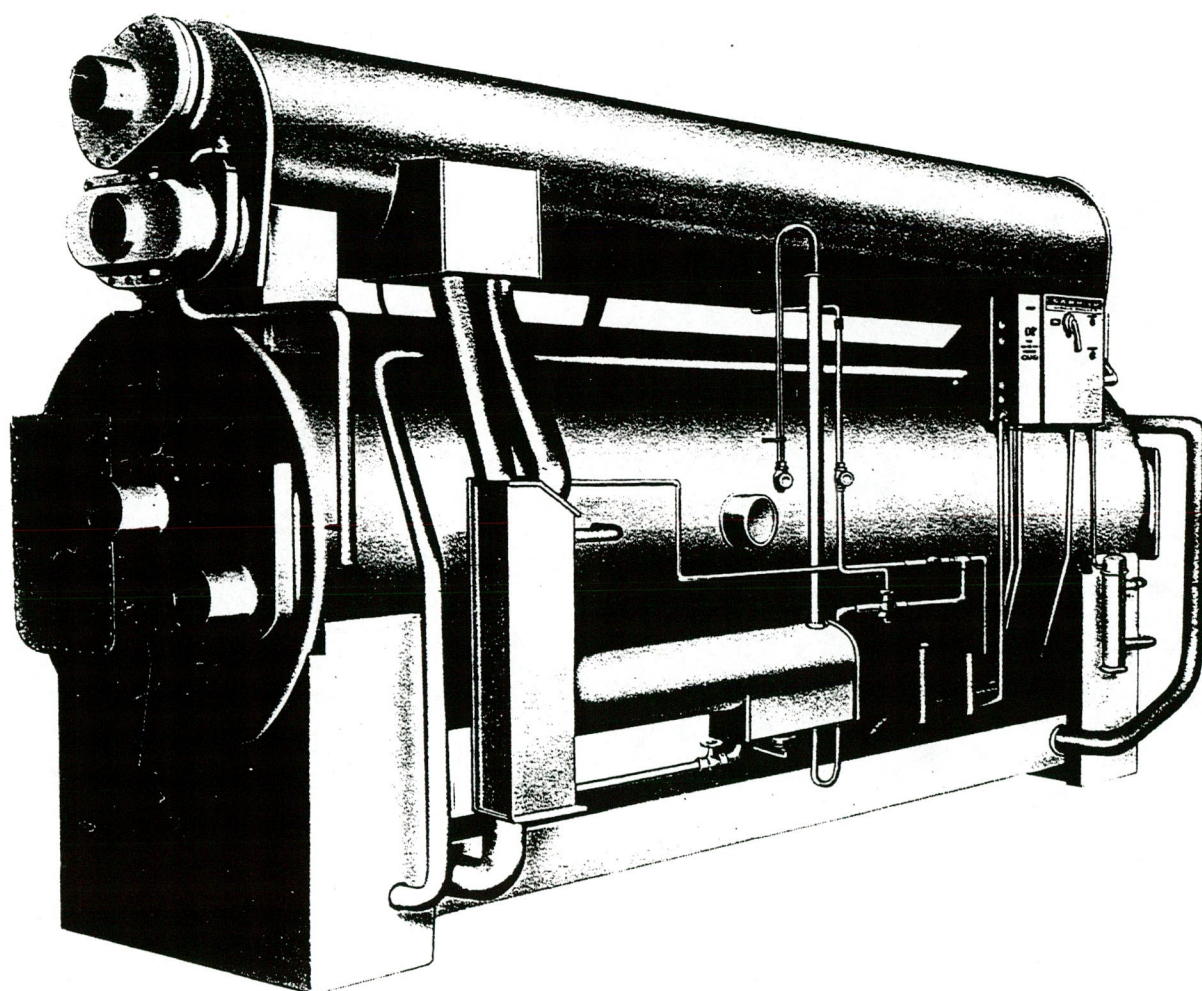
**Bijlage 3 Beschrijving CARRIER Absorptiekoelmachine
16 JB/JE**



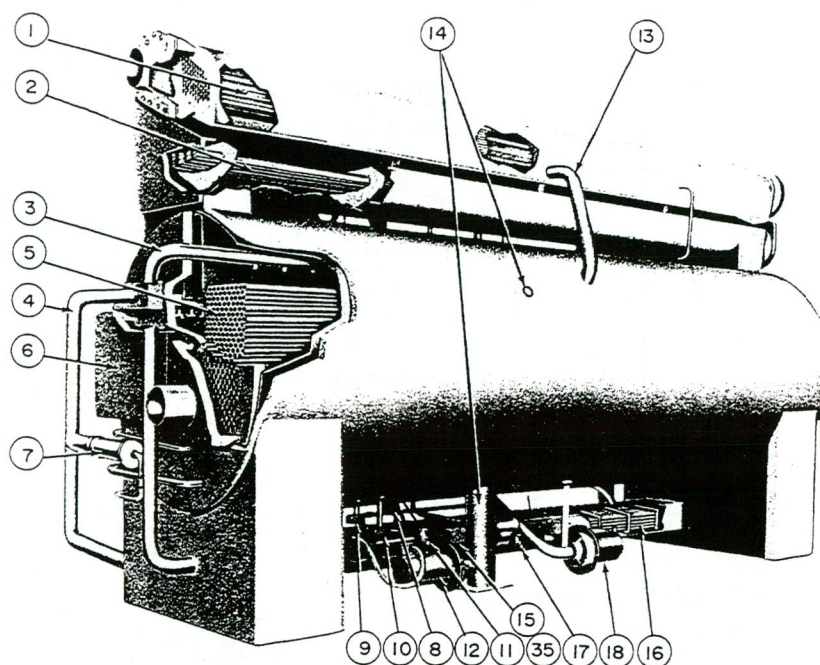
**Bediening
Onderhoud**

**Absorptie
koelmachine**

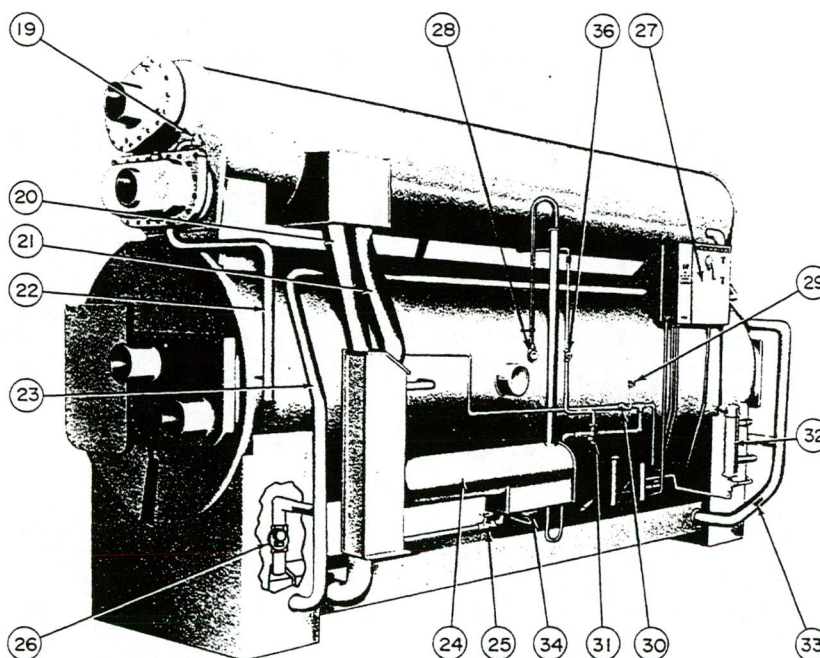
16 JB/JE



SAMENSTELLING	
Machine	3
Bedienings- en schakelkast	4
BESCHRIJVING MACHINE	4
Inleiding	4
Koelcyclus	4
Capaciteitsregeling	5
Overconcentratieregeling	5
Ontgassingssysteem	5
EQUILIBRIUM-DIAGRAM	6
Beschrijving	7
Kringloop	7
START-STOP SYSTEMEN	7
Semi-automatisch	7
Vol-automatisch	7
INBEDRIJFSTELLING	7
Na beperkte bedrijfsonderbreking	8
Na langdurige bedrijfsonderbreking	8
Na vorstperiode	8
BUITENBEDRIJFSTELLING	8
Bij condities boven het vriespunt	8
Bij condities onder het vriespunt	8
PERIODIEK PLANMATIG ONDERHOUD	8
Elke maand	9
Elke twee maanden	9
Jaarlijks	9
Elke twee jaar	9
Elke zeven jaar	9
ALGEMEEN ONDERHOUD	9
Journalbladen	9
Ontgassing	9
Vervuiling condensorpijpen	9
Niet-condenseerbare gassen	9
Monster lithium-bromide en koelmiddel	10
Bepaling absorberverlies	10
Toevoeging octyl alcohol	11
Bepaling koelmiddelhoeveelheid	11
Hulpvacumeren	12
Lithium-bromide in koelmiddel	12
Dekristallisatie	12
Analyse lithium-bromide oplossing	13
Instelling vorstbeveiliging	13
Werking CYCLE-GUARD	13
Werking laag niveauregeling	13
Automatische verdunningscyclus	13
Instelling capaciteitsregeling	13
Vervanging membranen service-afsluiter	13
Inspectie hermetische pompen	13
VOORBEELD JOURNAALBLAD	14
OPHEFFEN VAN STORINGEN	15



VOORZIJD



ACHTERZIJD

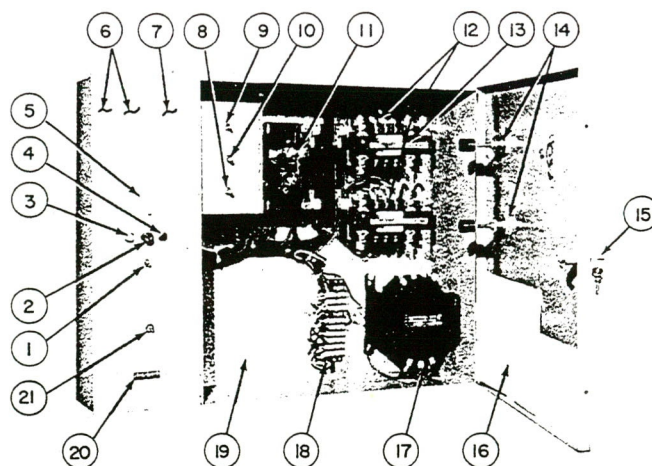
- 1 - Condensor-pijpenbundel
- 2 - Regenerator-pijpenbundel
- 3 - Sproei pijp-koelmiddel
- 4 - Sproei pijp-oplossing
- 5 - Verdamper-pijpenbundel
- 6 - Absorber
- 7 - Absorberklep (oudere types)
- 8 - CYCLE-GUARD® indicatielamp
- 9 - Koelmiddel-niveauschakelaar (laag niveau)
- 10 - Verdunningschakelaar (oudere types)
- 11 - Service-afluiters koelmiddelpomp
- 12 - Koelmiddelpomp

- 13 - Koelmiddel-condensaatleiding
- 14 - Montageplaats vorstbeveiligingsvoeler in koeler (bij oudere types)
- 15 - CYCLE-GUARD® klep niet zichtbaar
- 16 - Warmtewisselaar
- 17 - Service-afluiters oplossingpomp
- 18 - Oplossingpomp
- 19 - Vacuumbreker-stoomaansluiting
- 20 - Leiding sterke oplossing
- 21 - Overstortleiding sterke oplossing
- 22 - Stoom-condensleiding
- 23 - Leiding zwakke oplossing

- 24 - Verzamelkamer ontgassingssysteem
- 25 - Ontgassings-retourafsluiter
- 26 - FLOTENDER® (oudere types)
- 27 - Controlepaneel
- 28 - Ontgassings-afluiters
- 29 - Afluiters hulpontgassing
- 30 - Ontgassings-venturi (absorber)
- 31 - Ontgassings-venturi (condensor)
- 32 - Niveaucontrole koelmiddel
- 33 - Voelerbuizen van thermostaten
- 34 - Ontgassings-niveauschakelaar
- 35 - Laag niveaulep (alleen op nieuwe types)
- 36 - Afluiters ontgassingssysteem

® geregistreerd handelsmerk

Fig. 1 - Samenstelling machine



- | | |
|------------------------------------|--|
| 1 - CYCLE-GUARD® schakelaar | 11 - Gezekerde hoofdschakelaar |
| 2 - Stuurstroomzekering | 12 - Magneetschakelaars koelmiddel- en oplossingpomp |
| 3 - Signaallamp „IN BEDRIJF“ | 13 - Overbelastingbeveiligingen |
| 4 - Signaallamp ontgassingssysteem | 14 - Reset magneetschakelaars |
| 5 - „START-STOP“ schakelaar | 15 - Afsluitbare paneel deur |
| 6 - Thermostaten | 16 - Stuurstroomschema |
| 7 - Koelmiddel vorstthermostaat | 17 - Transformator |
| 8 - Schakelaar capaciteitsregeling | 18 - Klemmenstrook |
| 9 - Schakelaar-oplossingpomp | 19 - Capaciteitsregeling (hier niet geplaatst) |
| 10 - Schakelaar koelmiddel-pomp | 20 - Bedrijfsurenteller |
| | 21 - Reset schakelaar |

Fig. 2 - Bedienings- en schakelkast

beschrijving machine

Inleiding

De Carrier hermetisch gesloten absorptie-vloeistofkoelmachine zet warmte om in koelvermogen. Het onderste gedeelte van de machine bevat de verdamper en de absorber; het bovenste gedeelte de regenerator en de condensor. Als absorbent wordt een lithium-bromide oplossing gebruikt; water fungeert als koelmiddel. Een oplossing- en een koelmiddelpomp zorgen voor circulatie van de vloeistoffen.

Een absorptiekoelmachine werkt volgens het principe, dat onder lage absolute druk (vacuum) water zal verdampen (koken) bij een lage temperatuur en de voor het verdampen benodigde warmte aan de omgeving, dat wil zeggen het te koelen water, zal onttrekken. De lithium-bromide oplossing absorbeert de vrijgekomen waterdamp; met behulp van stoom of heet water wordt de oplossing geregenereerd, waardoor een koelcyclus ontstaat.

Koelcyclus.

In fig. 3 is het principieschema van de machine weergegeven. De te koelen vloeistof passeert de pijpenbundels in de verdamper en wordt gekoeld door het verdampen van het over het oppervlak van de pijpen versproeide koelmiddel (water). De koelmiddeldamp wordt van de verdamper naar de absorber geleid door het absorberend vermogen van de over de absorberpijpen versproeide lithium-bromide oplossing. De opgenomen warmte is door de koelmiddeldamp verplaatst van het te koelen medium naar de absorber en wordt afgevoerd door het door de absorberpijpen stromende condensorwater.

De lithium-bromide oplossing in de absorber wordt verdund doordat de oplossing het koelmiddel absorbeert. Daarna wordt de oplossing naar de regenerator gepompt.

In de regenerator wordt de verdunde of zwakke oplossing door stoom of heet water verhit, het koelmiddel uitgedampt en de lithium-bromide op deze wijze geregenereerd.

Het uitgedampte koelmiddel passeert de condensor, de damp wordt gekoeld door het condensorwater en condenseert. Het gecondenseerde koelmiddel vloeit door het hoogteverschil terug in de verdamper waar de koelcyclus opnieuw begint.

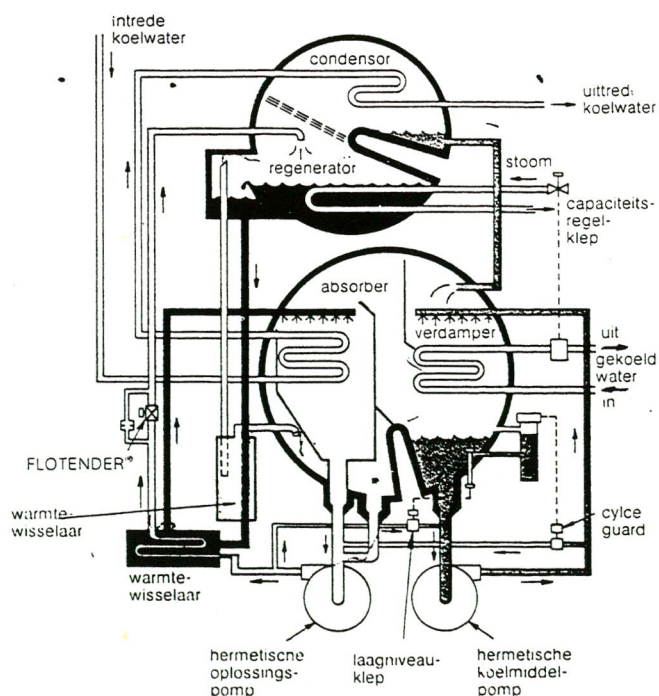


Fig. 3 - Stromingsdiagram (met laagniveau regeling)

De opnieuw geconcentreerde (sterke) oplossing stroomt van de regenerator via een warmtewisselaar terug naar de absorber om daar een nieuwe kringloop te beginnen. Deze warmtewisselaar verhoogt het rendement door de van de absorber naar de regenerator gepompte, relatief koude, zwakke oplossing in contact te brengen met de relatief warme sterke oplossing, die van de regenerator naar de absorber terugvloeit.

Capaciteitsregeling

Een capaciteitsregelklep regelt de stoom- of heetwater-toevoer naar de regenerator en wordt gestuurd door een voeler, aangebracht in het uitgaand gekoeld-water circuit. Bij volle belasting is de regelklep geheel geopend. Indien de temperatuur van het gekoelde water beneden de ontwerptemperatuur daalt, zal de klep door een tussenstand de belasting op de juiste waarde brengen. Indien geen belasting aanwezig is zal de capaciteitsregelklep geheel sluiten.

Bij de machines type 16JE077 tot 16JE124 worden twee capaciteitsregelkleppen toegepast. Onder bepaalde omstandigheden kan bij lage belasting slechts één klep geopend zijn. Wanneer de belasting boven een vooraf bepaald punt stijgt, zal de tweede klep bekrachtigd worden.

Ook het pompsysteem is dubbel uitgevoerd. Beide pomp-systemen werken bij elke belasting.

Overconcentratierегeling

In figuur 4 wordt de Carrier overconcentratierегeling aangegeven. Als de oplossing te sterk wordt, met als gevolg een hoog koelmiddelniveau, opent de CYCLE-GUARD (fig. 4b). Hierdoor wordt koelmiddel rechtstreeks naar de absorber overgebracht om de concentratie van de oplossing te verminderen. Een combinatie van drie koelmiddelniveauschakelaars en twee temperatuurgestuurde schakelaars in de oplossing beschermen de oplossing tegen een onjuiste concentratie.

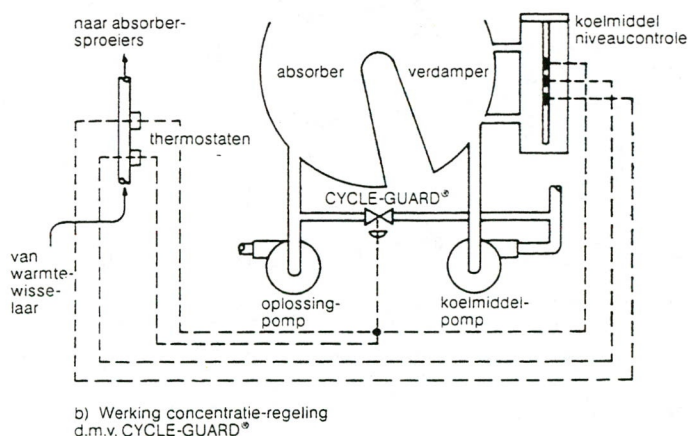


Fig. 4 – Overconcentratierегeling

Ontgassingssysteem

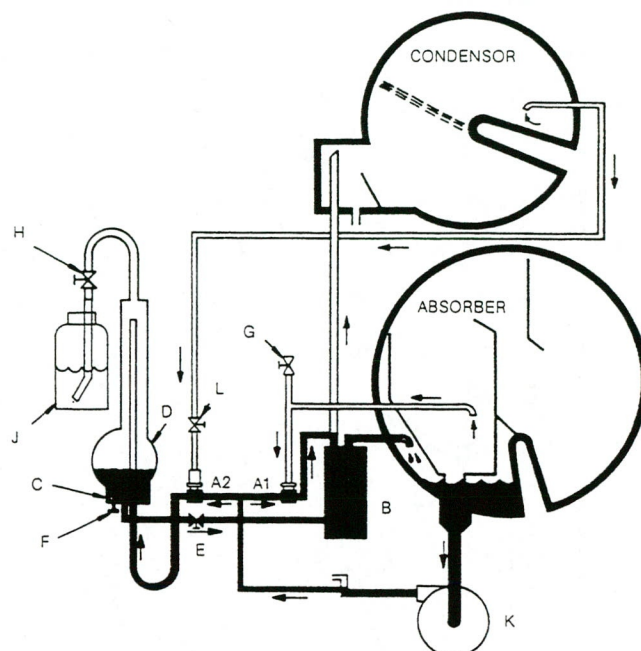
De basiscomponenten en het leidingschema van het 16JB-motorloos ontgassingssysteem zijn aangegeven in fig. 5. Gedurende de tijd, dat de machine in bedrijf is, stroomt lithium-bromide oplossing van de perszijde van de oplossingpomp K naar twee leidinggedeelten. Via een venturi A1 wordt de oplossing naar de secundaire warmtewisselaar B gepompt, waarbij door het zuigende effect van de venturi de niet-condenseerbare gassen uit de absorber worden aangezogen en meegevoerd.

Vanuit de warmtewisselaar B verplaatsen deze gassen zich via een stijgleiding naar de condensor. Vandaar

worden ze afgezogen met behulp van een tweede venturi A2 en verplaatst naar de scheidingskamer C. Van deze scheidingskamer C worden de niet-condenseerbare gassen in de verzamelkamer D, dus **buiten** de machine, opgeslagen, terwijl de oplossing via de warmtewisselaar B in de absorber wordt teruggevoerd.

Als de verzamelkamer D zich met niet-condenseerbare gassen vult wordt het niveau van de oplossing omlaag gedrukt, waarbij de verplaatste oplossing terugvloeit naar de absorber.

Wanneer het niveau van de oplossing in de verzamelkamer tot een vooraf bepaald punt daalt, zal een signaallamp op het bedieningspaneel gaan branden ten teken, dat de noodzaak tot ontgassen aanwezig is.



- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| A1 ontgassings-venturi (absorber) | F niveau indicator |
| A2 ontgassings-venturi (condensor) | G hulp vacuümafsluiters |
| B secundaire warmtewisselaar | H ontgassings-afsluiter |
| C scheidingskamer | J gasafscheiderflës |
| D verzamelkamer | K oplossingpomp |
| E ontgassings retourafsluiter | L ontgassings-afsluiter |

Fig. 5 – 16 JB/16 JE ontgassingssysteem

Het verwijderen van niet-condenseerbare gassen begint met het sluiten van de ontgassings-retourafsluiters E en L. Vanaf de perszijde van de pomp wordt de oplossing daarbij in de verzamelkamer gedrukt, waarbij de niet-condenseerbare gassen worden samengeperst tot een druk, hoger dan de atmosferische druk. De ontgassings-afsluiter H moet na ca. 5 min. geopend worden om de gassen in de gasafscheiderflës te verzamelen en te worden gesloten nadat de gassen in de gasafscheiderflës zijn gebracht. Om het ontgassingssysteem weer automatisch te laten functioneren moeten de afsluiters E en L weer geopend worden om het terugstromen van de oplossing naar de absorber mogelijk te maken. De niet-condenseerbare gassen worden buiten de machine opgeslagen, waarbij terugstromen van deze gassen wordt voorkomen. Het CARRIER ontgassingssysteem functioneert continu, automatisch en zonder gebruik van motorvermogen.

Zie voor volledige omschrijving blz. 11 ALGEMEEN ONDERHOUD – Ontgassing.

De bedieningsman dient het tijdstip, waarop ontgassen noodzakelijk was, nauwkeurig in het machine-journaalboek te noteren.

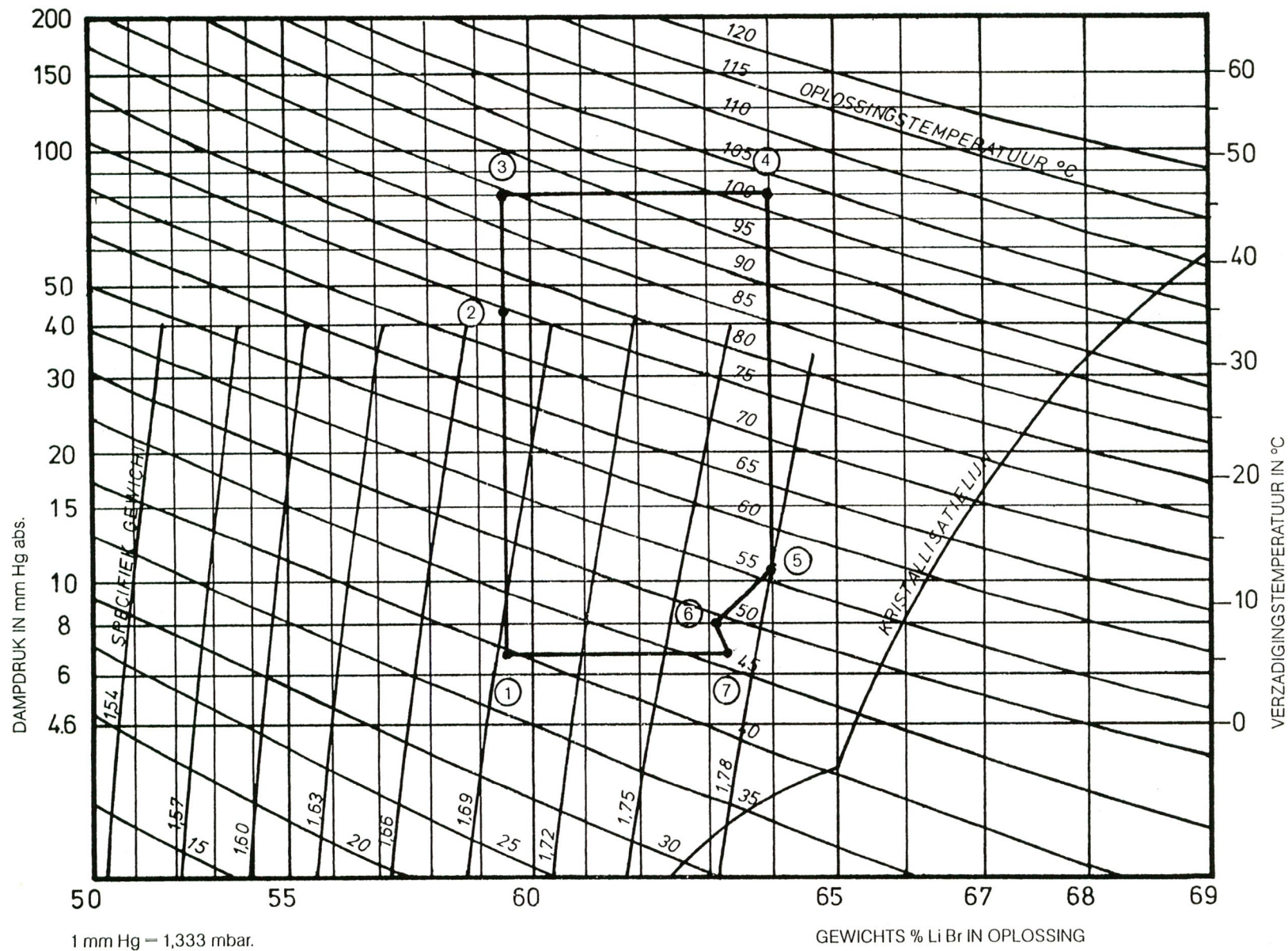


Fig. 6 - Equilibrium diagram

equilibrium-diagram

Beschrijving

Het equilibrium- of evenwichtsdiagram voor lithium-bromide in oplossing met water is aangegeven in fig. 6.

De horizontale lijnen geven op de linkerschaal de dampdruk van de oplossing aan in mm Hg abs. en op de rechterschaal de overeenkomende verzadigingstemperatuur van het koelmiddel (water).

De verticale lijnen geven op de basis van het diagram de concentratie van de oplossing aan, uitgedrukt in gewichtsprocenten. Een lithium-bromide concentratie van bijvoorbeeld 60% houdt in dat 60% lithium-bromide met 40% water in oplossing is.

De gebogen lijnen lopend van links naar rechts zijn de lijnen van gelijke oplossingstemperatuur. (Verwar deze lijnen niet met de horizontale lijnen van gelijke verzadigingstemperatuur).

De gebogen lijn rechts onder in het diagram stelt de kristallisatielijns voor. Bij elke combinatie van temperatuur en concentratie op of rechts van deze lijn zal kristallisatie optreden, waardoor doorstroming van de oplossing verhinderd wordt.

De lichtgebogen lijnen van links onder naar rechts boven zijn de lijnen van gelijk soortelijk gewicht (s.g.).

De lithium-bromide concentratie van een bepaalde oplossing kan gevonden worden door bepaling van het s.g. met behulp van een densimeter en het meten van de oplossingstemperatuur.

Uitgezet in het diagram kan vanuit het snijpunt van deze twee lijnen een lijn loodrecht naar beneden worden getrokken en het percentage van de oplossing op de onderste schaal worden afgelezen.

Kringloop

In fig. 6 is de oplossingskringloop met een voorbeeld aangegeven. Specifieke waarden van elk punt zijn aangegeven in fig. 7. Deze waarden kunnen variëren bij andere belastingen en bedrijfsomstandigheden.

Meet punt	Temperatuur oplossing °C	Dampdruk mm Hg	Percentage oplossing	Verzadigings temperatuur °C
1	39,5	6,75	59,5	6,0
2	74,3	42,1	59,5	35,0
3	89,2	80,0	59,5	46,0
4	102,5	80,0	64,0	46,0
5	56,2	10,5	64,0	12,8
6	49,0	8,0	63,1	8,5
7	46,3	6,75	63,3	6,0

Fig. 7 – Kringloop

De verklaring van de in de tabel vermelde punten en het in fig. 6 weergegeven proces luidt als volgt:

Punt 1 – wordt bepaald, daar waar de zwakke oplossing de absorber verlaat na absorptie van de waterdamp en de warmtewisselaar binnentreedt.

Punt 2 – geeft het punt aan waar de zwakke oplossing de warmtewisselaar verlaat in dezelfde concentratie als in punt 1, doch met een hogere temperatuur.

Punt 3 – geeft de zwakke oplossing aan in de regenerator na tot het kookpunt verwarmd te zijn.

Punt 4 – geeft de maximale concentratie van de oplossing aan nadat het koelmiddel is uitgedampt.

Punt 5 – wordt bepaald, daar waar de sterke oplossing de warmtewisselaar verlaat na warmte te hebben afgegeven aan de zwakke oplossing.

Punt 6 – geeft het punt aan, waarop de sterke oplossing de sproeiers verlaat.

Punt 7 – geeft de sterke oplossing aan, gemeten op het punt, waar deze oplossing door de sproeiers in de absorber wordt verspreid.

start-stop systemen

Het type start-stop systeem voor een machine wordt door de gebruiker bepaald. De toegepaste methode is afhankelijk van de mogelijkheden. De meest voorkomende systemen zijn hieronder omschreven, te weten:

Semi-automatisch start-stop systeem

Volgens dit systeem is de machine standaard uitgevoerd, waarbij hulpapparatuur, zoals gekoeld water- en condensatorwaterpompen, koeltorenventilatoren e.d., in de bedrading van het controlepaneel kan worden opgenomen. De machine moet handbediend worden gestart en stopt met behulp van de schakelaar START-STOP op het paneel.

De volgende variaties kunnen worden toegepast:

a. Met hulprelais

De magneetschakelaars van de hulpapparatuur worden bekrachtigd vanuit het stroomcircuit van de machine en zullen gelijktijdig met de machine inschakelen. Stromingschakelaars worden direct geschakeld in het machinebeveiligingscircuit, terwijl de magneetschakelaars van de hulpapparatuur met de bijbehorende overbelastingsbeveiligingen in een extern circuit zijn opgenomen. Na het uitschakelen zal de machine met hulpapparatuur blijven functioneren totdat automatische verdunning van de oplossing heeft plaatsgevonden en de verdunningsthermostaat de machine via het stroomcircuit uitschakelt.

b. Handbediend

Dit systeem wordt toegepast, daar waar de hulpapparatuur, onafhankelijk van de machinestart en voordat met de machinestart kan worden begonnen, geheel met de hand moet worden ingeschakeld. De stromingschakelaars voor de condensatorwater- en gekoeld waterpompen zijn opgenomen in het stroomcircuit en moeten gesloten zijn alvorens de machine in werking kan treden. De hulpapparatuur kan pas worden uitgeschakeld als de machine automatisch na verdunning van de oplossing gestopt is.

Volautomatisch start-stop systeem

Dit is in principe gelijk aan de semi-automatische methode met uitzondering van het feit, dat de START-STOP schakelaar parallel geschakeld is met een bouwzijdig aangebracht(e) thermostaat of tijdrelais. Bij het startcommando, het uitschakelen op vorstbeveiliging of bij herstart na spanningsonderbreking, dient de "RESET" schakelaar met de hand te worden ingeschakeld.

inbedrijfstelling

De 16JB "START-STOP" schakelaar is een tuimelschakelaar met een aparte "RESET" voorziening. Het stroomcircuit kan alleen dan worden bekrachtigd, als de

"RESET" schakelstand is ingedrukt. Dit is slechts kortstondig het geval en de schakelaar zal, indien losgelaten, terugvallen. De machine start slechts dan, als de schakelaar op de stand "START" is geplaatst.

Na inbedrijfstelling zal de "Reset" stand alleen worden gebruikt na een spanningsonderbreking of na het uitschakelen van een beveiliging.

De gevolgde inbedrijfstellingsprocedure is afhankelijk van de periode waarin de machine buiten gebruik is geweest. Is de machine over een periode van 3 dagen tot 3 weken buiten bedrijf geweest, dan dient de instructie 'Inbedrijfstelling na beperkte bedrijfsonderbreking' te worden gehanteerd. Voor onderbrekingen van langere duur geldt het voorschrift 'Inbedrijfstelling na langdurige bedrijfsonderbreking'.

Inbedrijfstelling na beperkte bedrijfsonderbreking

De bedieningsschakelaars dienen in de volgende standen te worden geplaatst:

Schakelaar	Stand
Refrigerantpomp(s)	On
Solutionpomp(s)	On
Capacity Control	Auto
Cycle-Guard	Auto
START-STOP	Start

De machine behoort op normale wijze te starten. Als echter het uitgaand gekoeld water niet tot de ontwerp-temperatuur daalt, kunnen niet-condenseerbare gassen in de machine aanwezig zijn. Om vast te stellen of deze gassen aanwezig zijn, dient het absorberverlies te worden bepaald. (Zie ALGEMEEN ONDERHOUD).

Bij de machines type JE077 tot 124 dient het absorberverlies aan beide einden van de machine te worden bepaald.

Is het absorberverlies 3 K of groter, dan dient de startprocedure voor langdurige bedrijfsonderbreking te worden gevolgd. Is het absorberverlies minder dan 3 K dan zal de temperatuur in korte tijd tot de ontwerpconditie dalen. Dit als gevolg van het automatisch werkende ontgassingssysteem, waarmee de machine wordt ontluicht. Een geheel ontluichte machine heeft onder normale omstandigheden een absorberverlies van ca. 1 K of minder.

Inbedrijfstelling na langdurige bedrijfsonderbreking

Start de machine op normale wijze door de schakelaars in de volgende standen te plaatsen:

Schakelaar	Stand
Refrigerantpomp(s)	On
Solutionpomp(s)	On
Capacity Control	Off
Cycle-Guard	Auto
START-STOP	Start

Bepaal het absorberverlies nadat de koelmiddelpomp is gestart (zie ALGEMEEN ONDERHOUD). Als het absorberverlies 3 K of minder bedraagt kan de schakelaar CAPACITY CONTROL teruggeplaatst worden in de stand AUTO en de machine zal inbedrijf komen. Is het absorberverlies groter dan 3 K, dan is hulpvacumeren noodzakelijk, omdat de niet-condenseerbare gassen normaal bedrijf verhinderen (zie ALGEMEEN ONDERHOUD). Bij een absorberverlies van minder dan 3 K kan de schakelaar CAPACITY CONTROL op stand AUTO geplaatst worden. Het ontgas-

singssysteem zal de machine verder ontgassen tot een normaal absorber-verlies van ca. 1 K of minder.

Na ontgassing moet de machine op dichtheid gecontroleerd worden door middel van een controle op de verzamelde hoeveelheid niet-condenseerbare gassen (zie ALGEMEEN ONDERHOUD). Mocht bij het ontgassen octyl-alcohol zijn verwijderd, dan dient dit te worden aangevuld (zie ALGEMEEN ONDERHOUD).

Vorstperiode

Indien de machine in een niet-vorstvrije ruimte is opgesteld, dienen alle leidingen, voorzover deze uit voorzorg waren afgetapt, te worden gevuld. Volg hierna de instructie Inbedrijfstelling na langdurige bedrijfsonderbreking. Vooraf dient de lithiumbromide uit het koelmiddelcircuit verwijderd te zijn door een service-technicus van NEDAIRCO.

Voor een automatische regeling raadpleeg NEDAIRCO.

buitenbedrijfstelling

Bij condities boven het vriespunt

Zet de schakelaar voor START-STOP in de stand STOP. De machine zal in bedrijf blijven totdat de oplossing voldoende verdund is waarna automatisch uitgeschakeld wordt door de laag niveauschakelaar. De machine kan zo blijven staan tot de volgende start.

Bij condities onder het vriespunt

Zet de schakelaar voor START-STOP in de stand STOP. Wacht totdat de oplossing in de machine voldoende verdund is en alle pompen automatisch zijn gestopt. Vul een slang met water en verbind hiermede de service-afsluiters van de lithium-bromidepomp en de koelmiddelpomp. De verbindingen tussen de slang en de fittingen dienen luchtdicht te zijn. Open daarna beide ventielen.

Zorg ervoor, dat geen lucht in de machine kan komen.

Stel de diverse schakelaars van de machine als volgt in:

Schakelaar	Stand
Refrigerantpomp(s)	Off
Solutionpomp(s)	On
Capacity Control	Off
Cycle-Guard	Off
START-STOP	Start

Laat de lithium-bromidepomp ca. 5 minuten draaien. Hierdoor zal de lithium-bromide oplossing zich met koelmiddel mengen, waardoor het vriespunt van het koelmiddel daalt. Zet daarna de schakelaar SOLUTIONPUMP in de stand OFF. Sluit de service-afsluiters van de lithium-bromide pomp en de koelmiddelpomp. Zet de schakelaar REFRIGERANTPUMP gedurende 30 seconden in de stand ON om de oplossing goed te mengen; daarna in de stand OFF. Laat dan de warmtewisselaars leeglopen en spoel alle waterzijdige pijpen met een antivries middel, bijvoorbeeld glycol. Deze voorzorgen dienen te worden genomen als algehele bescherming tegen vorstgevaar.

periodiek planmatig onderhoud

Het normale preventieve onderhoud voor 16JB/JE absorptiekoelmachines vereist regelmatig en planmatig

ge inspecties en service. Zie voor de vereiste handelingen het hoofdstuk ALGEMEEN ONDERHOUD.

A. Elke maand

1. Bepaal het absorberverlies.
2. Controleer het koelmiddel.
3. Bepaal de hoeveelheid niet-condenseerbare gassen.
4. Controleer de instelling van de capaciteitsregeling.

B. Elke twee maanden

1. Controleer de minimum temperatuurbedeving.
2. Controleer de werking van de CYLCE-GUARD.

C. Jaarlijks

1. Laat de lithium-bromide oplossing analyseren.
2. Controleer de koelmiddelvulling.
3. Controleer de vervuiling van de pijpen.

D. Elke twee jaar

- Vervang de membranen van de service-afsluiters.

E. Elke zeven jaar

- Inspecteer de hermetische pompen.

Een onderhoudsovereenkomst op basis van het CAR-RIER PLANNED SERVICE SYSTEM waarborgt dat het onderhoud planmatig en door vakkundig personeel wordt uitgevoerd. NEDAIRCO verstrekt u hierover gaarne nadere informatie.

algemeen onderhoud

Bij normaal onderhoud is het niet nodig de lithium-bromide en het koelmiddel uit de machine te verwijderen. Dit is alléén noodzakelijk bij het vervangen van de membranen van de service-afsluiters.

Journaalbladen

Periodieke waarnemingen van machine- en systeemtemperaturen en -drukken dienen op journaalbladen te worden genoteerd om de bedieningstechnicus in staat te stellen afwijkingen van de normale bedrijfstoestanden te herkennen. Het ingevulde journaalblad is tevens belangrijk bij het opstellen van een onderhoudsschema en het opsporen van de storingsoorzaken. Journaalbladen worden door NEDAIRCO tegen kostprijs ter beschikking gesteld (zie voorbeeld op blz. 14).

Ontgassing

1. Sluit de ontgassings-retourafsluiters E en L (fig. 5).
2. Wacht ca. 5 minuten om de druk in de verzamelkamer te laten stijgen tot boven atmosferische druk.
3. Open de ontgassings-afsluiter H langzaam. Als het niveau in de ontgassingsfles daalt, sluit dan de afsluiter en wacht weer 2 minuten.
4. Open de ontgassings-afsluiter weer langzaam. Als belletjes in de ontgassingsfles ontstaan laat dan de afsluiter open totdat belvorming ophoudt en het niveau in de fles begint te stijgen. Sluit dan de afsluiter. De ontgassing is nu voltooid.
5. Open de afsluiters E en L.
6. Open de ontgassings-afsluiter weer en laat de oplossing uit de fles teruglopen in de verzamelkamer. Laat het niveau dalen tot de fles $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ vol is. Sluit de ontgassings-afsluiter weer voordat het niveau in de fles tot het eind van de slang is gedaald.
Zorg ervoor, dat geen lucht in de machine kan komen.

Vervuiling absorber/condensorpijpen

Vervuiling in de absorber- of condensorpijpenbundels kan worden vastgesteld door uittredetemperatuursverschillen te meten. Hiertoe dient men voor de absorber het temperatuursverschil tussen de zwakke oplossing vóór de warmtewisselaar (monster) en het koelwater uit de absorber te meten bij vollast.

Normaal is 4,5 - 6,7 K

Dubieus is 6,7 - 8,7 K

Gevaar meer dan 8,7 K

Voor de condensor dient men het temperatuursverschil tussen het koelmiddelcondensaat en het koelwater uit de condensor te meten bij vollast.

Normaal is 3,3 - 5,6 K

Dubieus is 5,6 - 8,3 K

Gevaar meer dan 8,3 K

Vervuiling en kalkafzetting bemoeilijkt de warmteoverdracht en heeft consequenties voor de capaciteit en het rendement van de machine. Een zachte aanslag in de pijpen kan met borstels worden verwijderd. Is de aanslag hard dan kan het nodig zijn de pijpen chemisch te reinigen; raadpleeg Nedairco. Het verdient aanbeveling een effectieve waterbehandeling toe te passen. Hiervoor kan men het best contact opnemen met een hierin gespecialiseerd bedrijf.

Niet-condenseerbare gassen

Een belangrijk onderhoudsaspect van de absorptiekoelmachine is het binnen aanvaardbare grenzen handhaven van de dichtheid van de machine. Deze dichtheid kan worden gecontroleerd door het bepalen van de hoeveelheid aanwezige niet-condenseerbare gassen.

Machine 16JB/JE	Maximaal toegestane hoeveelheid
010, 012, 014	5 cm ³ /uur
018, 021	7 cm ³ /uur
024, 028	10 cm ³ /uur
032, 036	12 cm ³ /uur
041, 047	16 cm ³ /uur
054, 057	15 cm ³ /uur
061, 068	20 cm ³ /uur
077, 084	23 cm ³ /uur
097, 107	33 cm ³ /uur
115, 124	36 cm ³ /uur

Fig. 8 – Maximaal toegestane hoeveelheid niet-condenseerbare gassen (tijdens bedrijf)

Een kleine hoeveelheid niet-condenseerbare gassen komt normaal in de machine vrij, maar een lekkage of de noodzaak extra inhibitor toe te voegen wordt aangegeven als de maximaal toegestane hoeveelheid uit fig. 8 wordt overschreden. Na vacumeren of andere onderhoudswerkzaamheden dient de machine tenminste één week in bedrijf geweest te zijn alvorens de hoeveelheid niet-condenseerbare gassen kunnen worden vastgesteld.

Ga dan als volgt te werk:

1. Neem een met water gevulde slang en verbind deze met de ontgassings-afsluiter. Breng het vrije einde in een bak met water. Sluit de ontgassings-retourafsluiter. Wacht 5 minuten en open dan de ontgassings-afsluiter. Wacht enige minuten en herhaal dan deze stap. Het ontgassingssysteem blaast af als belletjes aan de vloeistofoppervlakte verschijnen. Laat de ontgassings-afsluiter open totdat het borrelen stopt en het vloeistofniveau gaat stijgen. Draai dan de ontgassings-afsluiter dicht. Het systeem is dan ontvlucht.

2. Open de ontgassings-retourafsluiter en laat de machine 24 uur inbedrijf.
3. Vul een literfles met water en stop deze in een schone, met water gevulde bak (fig. 9).
4. Breng het vrije einde van de met water gevulde slang in de fles.
5. Ontgas de verzamelkamer volgens punt 1. De niet-condenseerbare gassen zullen water uit de fles wegdrücken. Ga hiermee door tot het borrelen stopt en slechts oplossing uit de slang stroomt.
6. Sluit de ontgassings-afsluiter en markeer het vloeistof-niveau op de ondergedompelde fles. Haal daarna de fles uit de waterbak.
7. Open de ontgassings-retourafsluiter.
8. Meet de hoeveelheid gas, die in de fles is opgevangen. Als een fles met een schaalverdeling wordt gebruikt kan de hoeveelheid (inhoud) van de niet-condenseerbare gassen worden afgelezen op de schaalverdeling van de fles. Als een fles zonder schaalverdeling wordt gebruikt, ledig dan de fles en vul deze tot aan de merkstreep, die na het ontgassen is aangebracht. Doe deze hoeveelheid vloeistof daarna in een maatbeker om het volume te bepalen.
9. Vergelijk de gevonden waarden met fig. 8 voor de maximaal toegestane hoeveelheid niet-condenseerbare gassen gedurende bedrijfstoestand. Als de opgevangen hoeveelheid gas groter is dan voor de betreffende machine in de tabel staat aangegeven, dan treedt in de machine lucht lekkage op of dient inhibitor te worden toegevoegd. Neem contact op met NEDAIRCO teneinde, aan de hand van een lithium-bromide analyse, de samenstelling en de hoeveelheid van de toevoeging te bepalen.

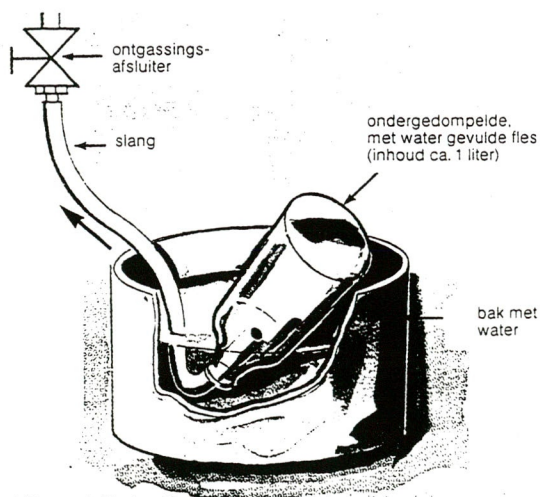


Fig. 9 – Verzamelen van niet-condenseerbare gassen

Monster lithium-bromide en koelmiddel

De volgende werkwijze dient te worden toegepast wanneer een monster van de lithium-bromide oplossing of koelmiddel moet worden genomen. Het monster wordt afgenomen via de service-afsluiter van de oplossing- resp. koelmiddelpomp, terwijl de betreffende pomp draait. (Zie fig. 10).

1. Monteer een nippel aan de service-afsluiter. *Gebruik geen koperen fittingen want koperoxide verbindt zich met de oplossing.*
2. Vul de slang met water en verbind één zijde met de nippel aan de afsluiter. Breng het andere eind van de

slang in een fles met water. (Zorg ervoor, dat dit eind ondergedompeld blijft).

3. Open de afsluiter een klein stukje. Als het waterniveau in de fles stijgt, wacht dan enige seconden om het water uit de slang te verdrijven, haal dan de slang uit het water en vul een flesje met de vloeistof.

Voordat een monster wordt genomen, dient men zich ervan overtuigd te hebben dat de machine bij een constante belasting werkt. Ook de CYCLE-GUARD klep mag niet zojuist in bedrijf zijn geweest. Een gelijkmatig bedrijf is voor het nemen van een monster zeer belangrijk.

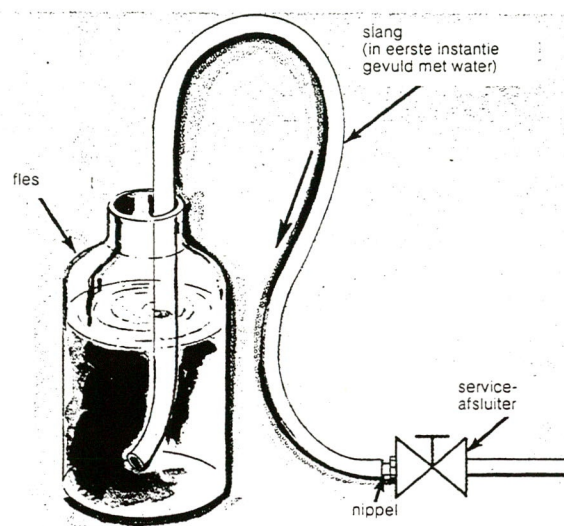


Fig. 10 – Toevoegen of verwijderen van vloeistof

Bepaling absorberverlies

Metingen voor het bepalen van het absorberverlies worden gedaan als de machine met stabiele temperaturen werkt en de CYCLE-GUARD klep gesloten is (de indicatielamp van de CYLCE-GUARD is dan uit). Voor nauwkeurige aflezingen dient men de thermometer-insteekhulzen aan de uittredezijde van de oplossingspomp en de koelmiddelpomp te isoleren. Tevens dient men warmtegeleidende pasta in de thermometerhulzen aan te brengen. Neem een monster van de lithium-bromide oplossing (zie fig. 10), en bepaal hiervan het soortelijk gewicht en de temperatuur. Dit monster dient na meting in de machine teruggevoerd te worden via de ontgassingsfles. Controleer eerst het s.g. van het koelmiddel. Als deze lager is dan 1,02 gebruik dan een equilibrium diagram en teken het snijpunt in van de gevonden lijn van het soortelijk gewicht en de temperatuur van de oplossing. Lees op de rechterzijde van het diagram de bij deze oplossingstoestand behorende verzadigingstemperatuur van de oplossing af. Lees vervolgens de koelmiddeltemperatuur af op de persleiding van de koelmiddelpomp. Trek dan de verzadigingstemperatuur van de oplossing af van de gevonden koelmiddeltemperatuur. Het verschil is nu het absorberverlies. Als het s.g. van het koelmiddel meer dan 1,02 bedraagt, kan de verzadigingstemperatuur niet zonder meer van de koelmiddeltemperatuur worden afgetrokken. Hiertoe dient dan eerst de koelmiddelverzadigingstemperatuur te worden vastgesteld in figuur 11 door het snijpunt van de s.g.-lijn en oplossingstemperatuur te bepalen. Van hieruit dient een lijn horizontaal naar links te worden getrokken. De gevonden temperatuur is thans de koelmiddelverzadigingstemperatuur, waarvan de oplossingsverzadigingstemperatuur (zoals reeds gevonden bij voorgaande procedure) kan worden afgetrokken. Het aldus gevonden verschil is het absorberverlies. Herhaal deze aflezingen met een tweede monster om de stabiele

toestand van de machine te controleren. Bij de machines van het type 077 tot en met 124 dient het absorberverlies aan beide zijden van de machine te worden bepaald. Als het absorberverlies groter is dan 3 K, is hulpvacumeren noodzakelijk om niet-condenseerbare gassen te verwijderen. (Zie Hulpvacumeren). Verder wordt verwezen naar de storinggids voor mogelijke oorzaken van een te groot absorberverlies en de voorgestelde oplossingen.

Toevoeging octyl alcohol

Indien het uittrede temperatuurverschil gekoeld water/koelmiddel boven de ontwerp temperatuur begint te stijgen kan het nodig zijn octyl alcohol toe te voegen. Aangezien de temperatuurstijging van het uittrede gekoeld water ook een gevolg kan zijn van andere oorzaken, kan men aan de hand van de volgende procedure nagaan of toevoeging van octyl alcohol nodig is. Raadpleeg eventueel NEDAIRCO.

Neem een monster lithium-bromide oplossing via de service-afsluiter. Als de oplossing geen alcoholgeur heeft (sterk prikkelend), dan dient octyl alcohol te worden toegevoegd. Octyl alcohol toevoeging is normaal vereist, nadat de unit is gevaccineerd. De hoeveelheid octyl alcohol die nodig is voor de verschillende machines is als volgt:

Machine type 16JB/JE	Liter
010-021	3,8
024-028	7,6
032-068	11,4
077-124	15,2

Vul de slang met water en verbind één eind van de slang met de service-afsluiter van de oplossingspomp. (zie fig.

10). Dompel het andere eind in een fles met octyl alcohol. Zet de oplossingspompschakelaar in de OFF stand, waardoor deze stopt en open de service-afsluiter, zodat alcohol in de machine wordt gezogen. Sluit de afsluiter voordat lucht in de slang kan worden gezogen. Zet de oplossingspomp schakelaar weer AAN.

BELANGRIJK!

VUL NOOIT OCTYL ALCOHOL BIJ ALVORENS NEDAIRCO HIEROVER TE HEBBEN GERAADPLEEGD.

Bepaling koelmiddelhoeveelheid

Voor normaal bedrijf moet de juiste hoeveelheid koelmiddel (water) in de verdamper aanwezig zijn. Een toename van de hoeveelheid water kan duiden op een pijplekkage. De koelmiddelvulling kan worden gecontroleerd indien:

- De machine bij stabiele temperaturen werkt. Bij 80% of 100% belasting.
- Het absorberverlies 1,5 K of minder is (zie Bepaling absorberverlies).
- Het soortelijk gewicht van het koelmiddel niet groter dan 1,02 is (zie Koelmiddelverontreiniging).

Pas de volgende procedure toe:

- Zet de CYCLE-GUARD schakelaar in de OFF stand.
- Neem een monster lithium-bromide oplossing en bepaal soortelijk gewicht en temperatuur. Bepaal het snijpunt van de lijn van het soortelijk gewicht en de temperatuur in het equilibrium diagram (zie fig. 6). Lees de bij dit punt behorende concentratie in procenten af op de horizontale schaal aan de onderzijde van het diagram.
- Wijzig de condities van de machine totdat de machine in stabiele toestand werkt met één van de volgende concentraties van de zwakke oplossing ($\pm 0,1\%$): a. 60%; b. 58%; c. 57%.

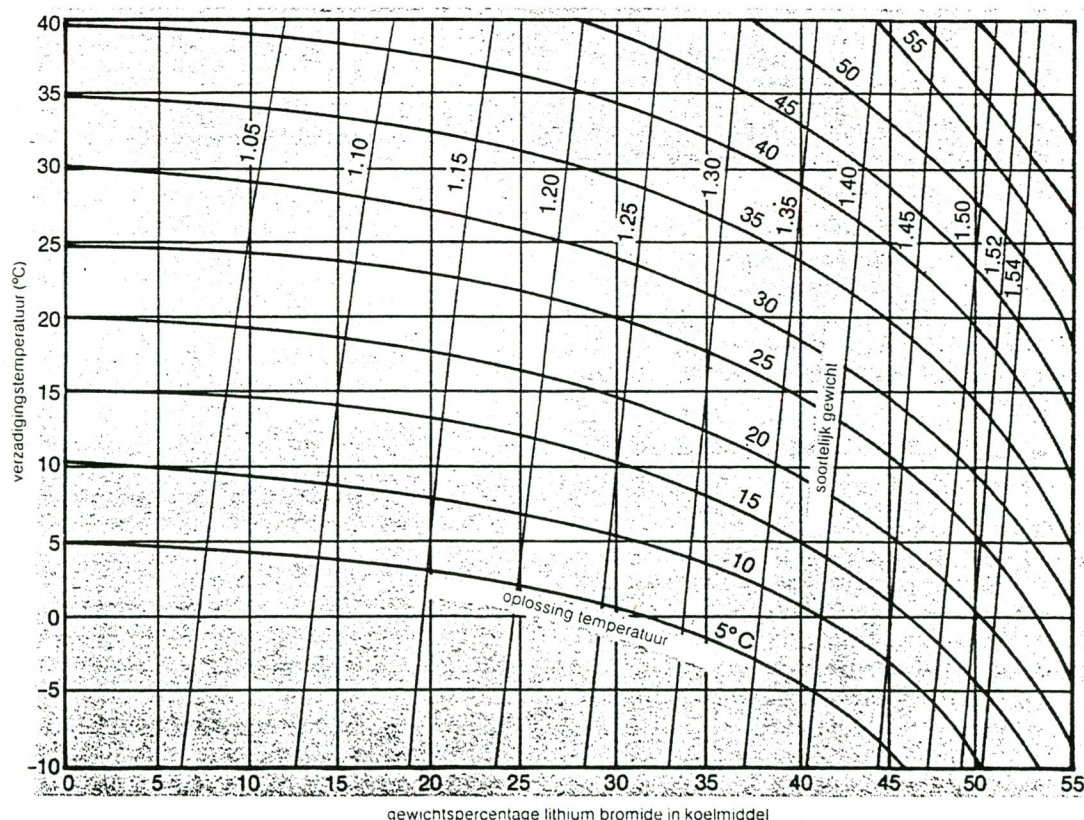


Fig. 11 – Equilibrium diagram voor lithium bromide in koelmiddel

De concentratie kan tijdelijk worden verhoogd door:

- a. De belasting te verhogen.
 - b. De gekoeldwatertemperatuur te verlagen (gebruik hiervoor het instelpunt van de regelaar in het regelpaneel).
 - c. De condensorwatertemperatuur te verhogen.
4. Afhankelijk van de concentratie van de oplossing dient men als volgt te werk te gaan:
- a. 60% – Zet een streepje bij de instelling van de thermostaten TSW-1 en TSW-2 (zie fig. 3, punt 6). Draai beide instelknoppen geheel tegen de wijzers van de klok in (55°F) om de schakelaars te openen.
 - b. 58% – Zet een streepje bij de instelling van TSW-1 en TSW-2. Draai de instelknop van TSW-1 geheel tegen de wijzers van de klok in om het contact van de schakelaar te openen en de instelknop van TSW-2 geheel met de wijzers van de klok mee om deze schakelaar te sluiten.
 - c. 57% – Zet een streepje bij de instelling van TSW-1. Draai de instelknop van TSW-1 geheel met de wijzers van de klok mee om de schakelaar te sluiten.
5. Zet de CYCLE-GUARD schakelaar in de stand AUTO.
6. Als de CYCLE-GUARD klep en de indicatielamp bekrachtigd zijn (afsluiter open), tap dan langzaam koelmiddel af via de service-afsluiter totdat de CYCLE-GUARD afsluiter sluit. Als de CYCLE-GUARD klep niet wordt bekrachtigd voeg dan kleine hoeveelheden koelmiddel (water) aan de machine toe, totdat de CYCLE-GUARD klep bekrachtigd wordt. Koelmiddel kan aan de machine worden toegevoerd via de service-afsluiter. Verbind hiervoor een slang met vacuumdichte aansluitingen aan de afsluiter (zie fig. 10). Vul de slang met water en dompel het andere eind in een met water gevulde fles. Zet de schakelaar van de koelmiddelpomp UIT. Open de service-afsluiter langzaam en zuig een beetje koelmiddel in de machine. Sluit daarna de afsluiter.
- WAARSCHUWING:** *Zorg ervoor, dat er geen lucht in de machine kan komen.*
- Zet de schakelaar van de koelmiddelpomp AAN. De CYCLE-GUARD klep kan niet worden bekrachtigd als koelmiddelpomp uitgeschakeld is.
- Na het toevoegen of onttrekken van koelmiddel aan de machine dient men de machine gedurende 10 minuten te laten werken om de temperaturen en concentraties te laten stabiliseren. Controleer gedurende het bijvullen van koelmiddel periodiek de concentratie van de zwakke oplossing en corrigeer indien nodig de condities van de machine.*
7. Zet TSW-1 en TSW-2 instelknoppen naar de oorspronkelijke stand (110°F voor TSW-1 en 122°F voor TSW-2).

Hulpvacumeren

Vacumeren is eventueel noodzakelijk om een teveel aan niet-condenseerbare-gassen te verwijderen. Wanneer na een machinestop de absolute druk in de machine 25 mm Hg (33,325 mbar) of meer bedraagt of het absorberverlies groter is dan 3 K, is hulpvacumeren noodzakelijk. Raadpleeg in voorkomende gevallen NEDAIRCO, die over de benodigde apparatuur hiervoor beschikt.

Lithium-bromide in koelmiddel

Tijdens normale bedrijfsomstandigheden is de mogelijkheid door de werking van de laagniveau-schakelaar aanwezig, dat lithium-bromide in het koelmiddel terechtkomt. Om deze aanwezigheid vast te stellen dient het soortelijk

gewicht aan de hand van een monster van het koelmiddel te worden bepaald.

Neem bij de machines type JE 077 tot 124 monsters aan beide einden van de machine.

Om koelmiddel naar het oplossingscircuit te verplaatsen dient de CYLCE-GUARD schakelaar op MANUAL geplaatst te worden. Het koelmiddel zal dan door de CYLCE-GUARD klep naar het oplossingscircuit stromen, waar de lithium-bromide gescheiden wordt van het water.

Neem na 15 minuten opnieuw een koelmiddelmonster en controleer het soortelijk gewicht. Indien de waarde 1,02 of minder bedraagt dan is de terugwinning voltooid. Bij hogere waarden dient de cyclus te worden herhaald, totdat de juiste waarde is bereikt.

Plaats na beëindiging de CYCLE-GUARD schakelaar op AUTO, waardoor de CYCLE-GUARD klep stroomloos wordt en sluit.

Dekristallisatie

Kristallisatie van de lithium-bromide oplossing kan onder bepaalde omstandigheden voor komen, bijvoorbeeld gedurende een langdurige en onvoorziene periode van buitenbedrijfstelling van de machine (zoals een spanningsonderbreking) zonder dat voldoende verdunning van de oplossing heeft plaatsgevonden. Deze kristallisatie zal daar beginnen waar de sterke oplossing de warmtewisselaar binnentreedt en hierdoor de terugvoer van geregenereerde sterke oplossing vanaf de regenerator verhinderen, zodat de sterk verhitte oplossing door de overstortpijp direct in het reservoir van de absorber stroomt. De oplossingpomp zal dan de hete sterke oplossing door de pijpen van de warmtewisselaar persen en hier automatisch verhitting en dus dekristallisatie bewerkstelligen.

Bij langdurige kristallisatie kan de oplossingpomp blokkeren. De overbelastingbeveiliging zal de pomp dan uitschakelen. In zo'n geval dient de volgende dekristallisatieprocedure te worden gevolgd. (Overleg met NEDAIRCO wordt aanbevolen).

1. Verwarm het pomphuis en de toevoerleiding met stoom.

Ten aanzien van deze hermetisch gesloten pompen dienen speciale voorzorgsmaatregelen te worden genomen. Het pomphuis mag met stoom verwarmd worden, maar directe verwarming van de motor en elektrische beveiligingen dient onder alle omstandigheden voorkomen te worden. In het bijzonder dient men te verhinderen, dat de pakkingen tussen de flenzen worden aangetast.

2. Controleer of de oplossingpomp draait. Dit is vast te stellen door de persdruk van de pomp te bepalen aan de service-afsluiter. Directe waarneming of de pomp functioneert is niet mogelijk. Monteer een manometer op de service-afsluiter. Herstel de pomp maximaalbeveiliging in het bedieningspaneel indien deze is aangesproken. Als de pomp normaal draait zal de manometer een waarde boven atmosferische druk aangeven. Zijn het pomphuis en de persleiding volledig geblokkeerd, dan zal de manometer een nuldruk aangeven. Indien de pomp slechts gedeeltelijk geblokkeerd is geeft een diep vacuum aan dat de pomp niet draait.

In dergelijke omstandigheden dient verwarming van pomp te worden gecontinueerd totdat de manometer aangeeft, dat de pomp draait (vanzelfsprekend nadat de beveiligingsschakelaar van de pomp gereset is). Als de warmtewisselaar eveneens geblokkeerd is zal het dekristallisatieproces, zoals hierboven beschreven, aanvagen zodra de pomp weer gestart is.

Mocht de leiding voor sterke oplossing van de warmte-wisselaar naar de absorber-sproeipijpen geblokkeerd zijn, schakel dan de condensorwaterpompen uit en laat de machine draaien met geheel (langzaam) geopende capaciteitsregelklep. Tijdens deze procedure dient hulp-vacuering plaats te vinden. Plaats de CYCLE-GUARD schakelaar op MANUAL om de oplossing te verdunnen. De gehele machine zal warmte opnemen en de kristallisatie opheffen. Als de machine op deze wijze verwarmd wordt dienen de voelers van de vorst-beveiliging en de thermisch gestuurde schakelaars te worden verwijderd en beschermd tegen oververhitting. Wanneer de temperaturen in de machine weer tot de normale waarden zijn teruggebracht dienen alle voelers opnieuw te worden aangebracht en de apparatuur geijkt. (Zie Instelling vorstbeveiliging en Werking CYCLE-GUARD). Zie voor de mogelijke oorzaken van kristallisatie en de voorgestelde maatregelen het hoofdstuk OPHEFFEN VAN STORINGEN.

Analyse lithium-bromide oplossing

Een analyse van de lithium-bromide oplossing geeft een indicatie ten aanzien van de dichtheid van de machine en zal tevens een aanwijzing geven betreffende de kwaliteit van de inhibitor. De inhibitor kan geleidelijk afgebroken worden gedurende de tijd, dat de machine normaal in bedrijf is. Gehele of gedeeltelijke aanvulling van de inhibitorhoeveelheid kan na verloop van tijd noodzakelijk zijn. Het monster dient te worden genomen via de service-afsluiter bij een draaiende machine. De concentratie mag, om een goede analyse mogelijk te maken, niet lager zijn dan 58%, d.w.z. de machine moet voldoende belast zijn. Indien noodzakelijk kan de concentratie tijdelijk worden verhoogd door verhoging van de belasting of van de condensorwatertemperatuur. Men kan een andere methode toepassen door de machine uit te schakelen en de temperatuur van het te koelen water te laten stijgen; na herstart van de machine kan het monster worden genomen. Analyse van het monster wordt door NEDAIRCO verzorgd.

Instelling vorstbeveiliging (LTCO)

Controle c.q. ijking van deze beveiliging is noodzakelijk elke keer wanneer de voeler aan een temperatuur boven 50°C is blootgesteld. Verwijder het temperatuur-gevoelige element uit de bulb op de verdamper(s). Dompel de voeler in een bakje water. Voeg geleidelijk gestampt ijs aan het water toe dusdanig, dat de temperatuur van het water niet sneller daalt dan 0,5 K per minuut. Controleer de temperatuur waarbij het contact wordt verbroken; deze dient 3 K onder de temperatuur van het uitgaand water te liggen met een minimum van 1,1 K. Wanneer de machine op deze beveiliging uitschakelt moet de machine onmiddellijk stoppen zonder dat de automatische verdunning wordt ingeschakeld. Als de voeler ca. 1,5 K wordt verwarmd dient de machine weer in bedrijf te komen. Herstart de machine door de schakelaar in de stand RESET te plaatsen. Herplaats de voeler in de voelerbuis op de oorspronkelijke plaats.

Werking CYCLE-GUARD

Om de werking te controleren dient de CYCLE-GUARD schakelaar in de stand MANUAL te worden geplaatst. De overstortklep en bijbehorende witte signaallamp worden bekrachtigd. Het doorstromende koelmiddel zal de bindingsleiding tussen de klep en het oplossingsreservoir voelbaar afkoelen. Deze leiding voelt niet koud aan bij gesloten, niet bekrachtigde, klep. Plaats de CYCLE-GUARD schakelaar terug op stand AUTO.

Tijdens normale bedrijfsomstandigheden wordt de CYCLE-GUARD klep geschakeld door twee temperatuurgestuurde schakelaars (TSW-1 en TSW-2), die de tempe-

ratuur waarnemen van de sterke oplossing stromend naar de absorbersproeipijpen en drie koelmiddel-niveauschakelaars (SW8, SW9 en SW10), die zijn aangebracht in het bovenste gedeelte van de koelmiddel-niveauschakelruimte. De schakelaars TSW-1 en TSW-2 zullen sluiten bij een temperatuurdaling naar respectievelijk 43,5 en 50 K ($\pm 0,5$ K). Niveauschakelaars SW8, SW9 en SW10 zullen sluiten bij stijgende koelmiddel-niveaus, overeenkomend met een concentratie van de oplossing van respectievelijk 57%, 58% en 60% ($\pm 0,1\%$).

Werking laag niveau regeling L.L.S.

Tijdens lage belasting en/of lage koelwatertemperaturen kan een laag koelmiddel-niveau ontstaan in de verdamper. Om droogdraaien van de koelmiddelpomp te voorkomen zal de laag niveau vlotter-schakelaar de laag niveauklep, welke in de leiding tussen de oplossingspomppijpen- en de koelmiddelpomp zuigzijde is gemonteerd, openen. Hierdoor wordt wat lithium-bromide in de verdamper gebracht, waardoor de verdamping van het koelmiddel afneemt (door het stijgen van de dampspanning c.q. het kookpunt). Dientengevolge stijgt het koelmiddelniveau weer tot een veilig niveau.

Bij toenemende belasting zal het niveau verder stijgen tot het punt waar de cycle-guard wordt ingeschakeld en het lithium-bromide samen met koelmiddel weer naar de absorberzijde wordt gepompt. Op deze wijze zal geleidelijk alle lithium-bromide weer teruggebracht worden naar de oorspronkelijke zijde en zal koelmiddel s.g. weer 1 (zuiver water) worden.

Automatische verdunnings cyclus

Bij het stoppen van de machine blijven de pompen nog draaien en zal door het openen van de cycle-guardklep de oplossing in de absorber verdund worden tot een veilige concentratie. Hierdoor zal na enige tijd het niveau tot het punt dalen waar de laag niveau vlotter-schakelaar aanspreekt (concentratie voldoende verdund), waardoor de machine stopt.

Instelling capaciteitsregeling

Controleer de temperatuur van het uitgaand water. Als de ontwerp-temperatuur niet wordt gehandhaafd, corrigeer dan het instelpunt van het elektronisch of pneumatisch paneel.

Vervanging membranen service-afsluiter

Voor het vervangen van deze membranen is het noodzakelijk, dat het vacuüm van de machine met stikstof verbroken wordt. Het koelmiddel en de lithium-bromide moeten uit de machine verwijderd worden. Deze werkzaamheden dienen uitsluitend door service technici van NEDAIRCO uitgevoerd te worden.

Inspectie hermetische pompen

De door Carrier toegepaste hermetisch gesloten pompen zijn zonder afdichtingen tussen pomp en motor uitgevoerd. Het verpompte medium zorgt voor de benodigde motorkoeling; de motoren zijn thermisch beveiligd door gecompenseerde maximaalstroombeveiligingen. De pompen en de motoren dienen elke 7 jaar of na 30.000 draaiuren geïnspecteerd te worden.



**Carrier
planned
service**

198.

[illegible]

OPHEFFEN VAN STORINGEN

STORING	MOGELIJKE OORZAAK	OPHEFFING
TE LAGE CAPACITEIT	Onjuiste afstelling capaciteitsregelklep.	Stel klep in op ontwerptemperatuur en controleer instelling regelpunt.
	Oplossing in regenerator bij vollast onder ontwerpconcentratie.	Verhoog stoomdruk/water-temperatuur tot ontwerpconditie. Controleer filters en condensafvoer-systeem.
	Tekort aan octyl alcohol.	Voeg octyl alcohol toe.
	Onvoldoende condensorwater of condensortemperatuur te hoog.	Controleer koeltorenventilatoren. Controleer filters en kleppen in koelwatersysteem.
	Absorber of condensorpijpen zijn vervuild, (geringe warmte-overdracht).	Reinig de pijpen. Ga na of water-behandeling noodzakelijk is.
	Machine gekristalliseerd	Zie onder kristallisatie.
	Hoog absorberverlies (niet-condenseerbare gassen in de machine.	Zie onder – HOOG ABSORBER-VERLIES.
	Onvoldoende werking CYCLE-GUARD (lage concentratie).	Controleer koelmiddelvulling, ijk thermostaten en controleer cycle-guardklep.
	Machinevulling niet correct.	Neem contact op met NEDAIRCO.
MACHINE SCHAKELT UIT OP BEVEILIGING	Condensorwaterpomp of gekoeld waterpomp is uitgeschakeld op overbelastingsbeveiliging. Stromingsschakelaar is uitgeschakeld.	Herstel schakeling en ga oorzaak na.
	Koelmiddelpomp of oplossingpomp schakelt uit op overbelastings-beveiliging.	Herstel het stuurstroom circuit en stel oorzaak vast. Controleer waarde thermisch pakket.
	Schakelt uit op vorstbeveiliging.	Controleer instelling vorst-beveiligingsthermostaat en corrigeer zonodig. Dit geldt tevens voor thermostaat in uitgaand gekoeld water. Ga na of capaciteitsregelklep juist is afgesteld en voldoende afsluit. Controleer ook de gekoeld-water hoeveelheid.
KRISTALLISATIE TIJDENS INBEDRIJFSTELLING OF TIJDENS BEDRIJF	Onjuiste werking CYCLE-GUARD (te hoge concentratie).	Controleer koelmiddelvulling, instelling thermostaten en werking CYCLE-GUARD.
	Niet condenseerbare gassen.	Controleer absorberverlies.
KRISTALLISATIE TIJDENS MACHINE STOP	Onvoldoende verdunning van de oplossing.	Controleer laag niveauschakelaar (L.L.S.). Zwakke oplossing dient verdund te worden tot 56% of minder tijdens machine stop.
HOOG ABSORBERVERLIES	Lekkage aan vacuumszijde van de machine.	Bepaal hoeveelheid niet-condenseerbare gassen. Overleg met NEDAIRCO of oplossing analyse wenselijk is. Laat na eventuele reparatie lektest uitvoeren.
	Onjuiste werking ontgassings-systeem	Zie onder – MACHINE KAN NIET ONTLUCHT WORDEN –
	Inhibitor uitgewerkt.	Laat oplossing analyse uitvoeren om de mate van inactiviteit vast te stellen.

STORING	MOGELIJKE OORZAAK	OPHEFFING
VACUUMVERLIES NA MACHINE STOP	Lekkage van de machine.	Overleg met NEDAIRCO voor eventueel uit te voeren reparatie c.q. lektest.
TEVEEL NIET CONDENSEERBARE GASSEN IN MACHINE	Hoeveelheid niet-condenseerbare gassen boven verwerkingscapaciteit ontgassingseenheid.	Bepaal hoeveelheid niet-condenseerbare gassen. Laat oplossing analyse uitvoeren ten einde vast te stellen of lekkage dan wel inhibitor-inactiviteit is opgetreden. Overleg met NEDAIRCO hoe te handelen.
	Ontgassings-afsluiters niet in positie overeenkomstig instructies.	Controleer stand afsluiters.
	Ontgassingseenheid gekristalliseerd.	Voer dekrystallisatie uit.
	Onvoldoende stroming van oplossing via pomp naar ontgassingssysteem.	Neem contact op met NEDAIRCO.

Nedairco

Nedairco B.V. Postbus 151 2394 ZH Hazerswoude Rijndijk
Rijndijk 141 Tel. (01714) 9010 Telex 39140

25078087 wijzigingen voorbehouden 16JB/JE-BO-2N

nr. 1 ter wereld
in
airconditioning

Carrier

Bijlage 4 Voorbeeld uitdraai meetfile, aangemaakt met ASYST-VADAS

Verklaring gebruikte kolommen:

Kolom 0:	Tijd
Kolom 1:	Status signaal Absorptiekoelmachine (> 0.00 : AKM in bedrijf)
Kolom 2:	Status signaal Vrije koeling (> 0.00 : Vrije koeling in bedrijf)
Kolom 3:	Status signaal Noodkoeling (> 0.00 : Noodkoeling in bedrijf)
Kolom 750:	Geleverde primaire koude in mWh
Kolom 751:	Cumulatief debiet primaire koude in m ³
Kolom 752:	Retourtemperatuur primaire koude in 'C
Kolom 753:	Aanvoertemperatuur primaire koude in 'C
Kolom 754:	Delta T (retour - aanvoer) in K
Kolom 760:	Geleverde stadsverwarmingswarmte in mWh
Kolom 761:	Cumulatief debiet stadsverwarming in m ³
Kolom 762:	Aanvoertemperatuur stadsverwarming in 'C
Kolom 763:	Retourtemperatuur stadsverwarming in 'C
Kolom 764:	Delta T (retour - aanvoer) in K
Kolom 770:	Geleverde secundaire koude in mWh
Kolom 771:	Cumulatief debiet secundaire koude in m ³
Kolom 772:	Retourtemperatuur secundaire koude in 'C
Kolom 773:	Aanvoertemperatuur secundaire koude in 'C
Kolom 774:	Delta T (retour - aanvoer) in K

In de volgende kolommen: aanduiding 51 - primaire koude
 aanduiding 61 - stadsverwarming
 aanduiding 71 - secundaire koude

ASYST - VADAS : ---.WR1 file conversie .
 Projektoomschrijving : METING GEB ROTTERDAM
 Meetdata filenaam : C:GEB4.D2
 ---.WR1 filenaam : A:GEB41.WR1
 File conversie : 02/05/93 13:20:53

Scan Tijd	1 V	2 V	3 V	750 MGw	751 m ³	752 dgC	753 dgC
: 9:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.7119	87241.71	13.34000	11.29999
:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.7579	87260.21	13.32666	11.32666
:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.8020	87278.72	13.36000	11.30000
:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.8486	87297.25	13.44666	11.23333
1:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.8933	87315.77	13.32666	11.27333
1:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.9386	87334.28	13.43333	11.28666
1:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	537.9846	87352.82	13.35333	11.30000
1:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.0306	87371.34	13.44666	11.30666
2:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.0773	87389.85	13.52000	11.40666
2:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.1246	87408.39	13.40666	11.27333
2:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.1706	87426.90	13.43333	11.20666
2:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.2159	87445.44	13.38000	11.25333
3:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.2613	87463.96	13.38666	11.33333
3:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.3093	87482.46	13.5	11.28666
3:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.3546	87500.99	13.47333	11.34000
3:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.4033	87519.50	13.59333	11.20666
4:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.4506	87538.03	13.47333	11.28666
4:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.4999	87556.57	13.57999	11.31999
4:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.5466	87575.05	13.36666	11.19333
4:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.5920	87593.58	13.53333	11.31333
5:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.6400	87612.11	13.68666	11.39333
5:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.6893	87630.62	13.37333	11.07999
5:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.7340	87649.14	13.48666	11.30666
5:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.7800	87667.65	13.44000	11.26666
6:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.8246	87686.20	13.38666	11.35333
6:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.8720	87704.75	13.64666	11.30000
6:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.9193	87723.27	13.26666	11.21999
6:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	538.9626	87741.82	13.51999	11.37333
7:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.0093	87760.35	13.34000	11.19333
7:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.0533	87778.92	13.40666	11.26666
7:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.0986	87797.44	13.41333	11.28000
7:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.1427	87815.97	13.36000	11.23333
8:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.1880	87834.52	13.45333	11.24666
8:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.2326	87853.04	13.23333	11.17999
8:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.2773	87871.32	13.47333	11.24000
8:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.3213	87889.50	13.30666	11.31333
9:09:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.3653	87907.66	13.38666	11.26666
9:24:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.4107	87925.79	13.38666	11.32666
9:39:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.4545	87944.02	13.41333	11.35333
9:54:13	10.44000	-1.75	-1.73999	539.4992	87962.21	13.29333	11.89333

ASYST - VASYST - VADAS : ---.WR1 file conversie .
 ProjektomProjektoomschrijving : METING GEB ROTTERDAM
 Meetdata Meetdata filenaam : C:GEB4.D2
 ----.WR1 ----.WR1 filenaam : A:GEB41.WR1
 File convFile conversie : 02/05/93 13:20:53

Scan	754	760	761	762	763	764	770
Tijd	dgC	GWh	m ³	dgC	dgC	dgC	GWh
: 9:13	2.039999	1593.966	30760.45	99	62.45999	36.53999	625.4880
:24:13	2	1594.051	30762.51	99	62.5	36.5	625.5319
:39:13	2.059999	1594.135	30764.51	98.94001	62.36667	36.57332	625.5753
:54:13	2.213333	1594.222	30766.59	98.94001	62.66000	36.28000	625.6192
1:09:13	2.053333	1594.307	30768.60	98.96000	62.30665	36.65333	625.6626
1:24:13	2.146666	1594.393	30770.69	98.90668	62.73333	36.17333	625.7079
1:39:13	2.053333	1594.479	30772.75	98.74000	62.55333	36.18666	625.7512
1:54:13	2.139999	1594.566	30774.87	98.34666	62.71333	35.63332	625.7966
2:09:13	2.113333	1594.653	30777.02	97.75334	63.08666	34.66666	625.8413
2:24:13	2.133333	1594.742	30779.27	97.96664	62.97333	34.99333	625.8880
2:39:13	2.226666	1594.828	30781.37	98.41999	62.69333	35.72666	625.9320
2:54:13	2.126666	1594.915	30783.48	98.34666	62.56666	35.77999	625.9773
3:09:13	2.053333	1595.000	30785.57	98.09998	62.62666	35.47333	626.0206
3:24:13	2.213333	1595.090	30787.77	98.38667	63.16666	35.21999	626.0665
3:39:13	2.133333	1595.175	30789.92	96.98667	62.74000	34.24666	626.1113
3:54:13	2.386666	1595.265	30792.19	98.40668	63.40000	35.00666	626.1593
4:09:13	2.186666	1595.354	30794.40	98.38668	63.04666	35.34000	626.2059
4:24:13	2.259999	1595.443	30796.59	98.50666	63.34666	35.15999	626.2526
4:39:13	2.173333	1595.531	30798.76	98.03334	62.54667	35.48667	626.2987
4:54:13	2.220000	1595.616	30800.87	97.86669	62.81333	35.05333	626.3433
5:09:13	2.293333	1595.707	30803.16	97.74665	63.50666	34.23999	626.3900
5:24:13	2.293333	1595.794	30805.36	97.45999	62.48667	34.97333	626.4359
5:39:13	2.180000	1595.879	30807.43	97.48667	62.70666	34.77999	626.4800
5:54:13	2.173333	1595.967	30809.68	97.39334	62.82000	34.57332	626.5253
6:09:13	2.033333	1596.052	30811.80	97.39334	62.48666	34.90666	626.5693
6:24:13	2.346666	1596.140	30814.08	97.32665	63.33333	33.99333	626.6152
6:39:13	2.046666	1596.228	30816.25	97.09999	62.27333	34.82666	626.6599
6:54:13	2.146666	1596.311	30818.36	96.76664	62.69333	34.07332	626.7032
7:09:13	2.146666	1596.396	30820.56	96.84666	62.34666	34.5	626.7472
7:24:13	2.139999	1596.479	30822.67	96.83332	62.39333	34.43999	626.7906
7:39:13	2.133333	1596.566	30824.84	96.48001	62.59333	33.88666	626.8347
7:54:13	2.126666	1596.649	30827.00	95.47332	62.22000	33.25333	626.8800
8:09:13	2.206666	1596.735	30829.24	97.54000	62.90666	34.63333	626.9246
8:24:13	2.053333	1596.820	30831.31	98.81999	62.17999	36.64000	626.9686
8:39:13	2.233333	1596.905	30833.31	99.15999	62.36667	36.79333	627.0113
8:54:13	1.993333	1596.988	30835.27	99.26665	62.18666	37.07999	627.0553
9:09:13	2.119999	1597.071	30837.23	99.02666	62.04666	36.97999	627.0979
9:24:13	2.059999	1597.157	30839.24	99.15999	62.30666	36.85333	627.1413
9:39:13	2.060000	1597.240	30841.22	99.20665	62.23999	36.96666	627.1853
9:54:13	1.820000	1597.325	30843.24	99.21334	62.29333	36.91999	627.2313


```

ASYST - V      ASYST - VADAS      : ---.WR1 file conversie .
Projektom      Projektoomschrijving : METING GEB ROTTERDAM
Meetdata      Meetdata filenaam    : C:GEB4.D2
----.WR1      ----.WR1 filenaam    : A:GEB41.WR1
File conv      File conversie       : 02/05/93   13:20:53

```

Scan Tijd	771 m ³	772 dgC	773 dgC	774 dgC	debiet 51 [m3/h]	debiet 61 [m3/h]	debiet 71 [m3/h]
: 9:13	74991.24	12.88666	11.07999	1.806666			
:24:13	75011.92	12.86666	11.03333	1.833333	74.03125	8.234375	82.75
:39:13	75032.61	12.83333	11.02666	1.806666	74.03125	8	82.75
:54:13	75053.32	12.88666	11.06000	1.826666	74.125	8.320312	82.8125
1:09:13	75073.99	12.86666	11.03333	1.833333	74.0625	8.046875	82.6875
1:24:13	75094.67	12.91333	11.08000	1.833333	74.0625	8.34375	82.71875
1:39:13	75115.34	12.86000	11.03333	1.826666	74.125	8.242187	82.6875
1:54:13	75136.03	12.91333	11.05333	1.859999	74.09375	8.484375	82.78125
2:09:13	75156.72	13.06666	11.13333	1.933333	74.0625	8.625	82.75
2:24:13	75177.44	12.90666	11.02666	1.879999	74.125	8.976562	82.875
2:39:13	75198.10	12.89333	10.99333	1.899999	74.0625	8.390625	82.65625
2:54:13	75218.78	12.87333	11.03999	1.833333	74.15625	8.4375	82.71875
3:09:13	75239.49	12.94000	11.07999	1.859999	74.0625	8.367187	82.8125
3:24:13	75260.17	12.94000	11.06000	1.879999	74.03125	8.828125	82.71875
3:39:13	75280.85	12.96666	11.10000	1.866666	74.09375	8.59375	82.75
3:54:13	75301.57	13.05999	11.07999	1.979999	74.0625	9.0625	82.84375
4:09:13	75322.26	12.97999	11.00666	1.973333	74.125	8.828125	82.78125
4:24:13	75342.97	13.06666	11.10666	1.959999	74.125	8.789062	82.84375
4:39:13	75363.63	12.82000	11	1.819999	73.9375	8.664062	82.625
4:54:13	75384.33	12.99333	11.12666	1.866666	74.125	8.460937	82.8125
5:09:13	75405.03	13.12666	11.13333	1.993333	74.125	9.148437	82.78125
5:24:13	75425.71	12.78666	10.97999	1.806666	74.03125	8.78125	82.71875
5:39:13	75446.40	13.01999	11.10666	1.913333	74.09375	8.3125	82.78125
5:54:13	75467.11	12.86000	11.06000	1.800000	74.03125	8.992187	82.84375
6:09:13	75487.78	12.96666	11.04000	1.926666	74.1875	8.476562	82.6875
6:24:13	75508.48	13.06666	11.11333	1.953333	74.1875	9.117187	82.78125
6:39:13	75529.16	12.75999	10.97333	1.786666	74.09375	8.6875	82.71875
6:54:13	75549.83	13.00666	11.14000	1.866666	74.21875	8.421875	82.6875
7:09:13	75570.52	12.78000	11.00666	1.773333	74.125	8.789062	82.75
7:24:13	75591.45	12.85333	11.07333	1.779999	74.25	8.453125	83.71875
7:39:13	75612.51	12.85333	11.07333	1.780000	74.09375	8.6875	84.25
7:54:13	75634.57	12.81333	11.04666	1.766666	74.125	8.648437	88.25
8:09:13	75655.96	12.89333	11.06666	1.826666	74.1875	8.953125	85.53125
8:24:13	75676.95	12.66666	10.96666	1.700000	74.09375	8.28125	83.96875
8:39:13	75698.16	12.88000	11.09333	1.786666	73.09375	7.984375	84.84375
8:54:13	75719.46	12.80666	11.08666	1.719999	72.75	7.867187	85.1875
9:09:13	75740.58	12.85333	11.10666	1.746666	72.625	7.8125	84.5
9:24:13	75761.78	12.85333	11.10000	1.753333	72.53125	8.054687	84.78125
9:39:13	75783.37	12.90666	11.12666	1.780000	72.90625	7.921875	86.375
9:54:13	75805.11	12.82000	11.09333	1.726666	72.78125	8.078125	86.96875

ASYST - V	ASYST - VADAS	:	---.WR1 file conversie
Projektom	Projektoomschrijving	:	METING GEB ROTTERDAM
Meetdata	Meetdata filenaam	:	C:GEB4.D2
----.WR1	----.WR1 filenaam	:	A:GEB41.WR1
File conv	File conversie	:	02/05/93 13:20:53

Scan Tijd	VERSCHIL DEBIET	VERMOGEN 51 [kW]	VERMOGEN 61 [kW]	VERMOGEN 71 [kW]	K factor primair	K factor secundair	Benutting AKM
: 9:13							
:24:13	8.71875	184.0820	341.3085	175.7812	0.539341	0.515021	0.409071
:39:13	8.71875	176.0253	338.3789	173.3398	0.520202	0.512265	0.391167
:54:13	8.6875	186.7675	346.6796	175.7812	0.538732	0.507042	0.415039
1:09:13	8.625	178.7109	338.8671	173.5839	0.527377	0.512247	0.397135
1:24:13	8.65625	181.1523	343.2617	181.1523	0.527738	0.527738	0.402560
1:39:13	8.5625	184.0820	347.1679	173.3398	0.530239	0.499296	0.409071
1:54:13	8.6875	183.8378	346.6796	181.6406	0.530281	0.523943	0.408528
2:09:13	8.6875	186.7675	349.1210	178.7109	0.534965	0.511888	0.415039
2:24:13	8.75	189.4531	354.4921	186.5234	0.534435	0.526170	0.421006
2:39:13	8.59375	183.8378	343.75	176.0253	0.534801	0.512073	0.408528
2:54:13	8.5625	181.1523	346.6796	181.3964	0.522535	0.523239	0.402560
3:09:13	8.75	181.6406	341.3085	173.3398	0.532188	0.507868	0.403645
3:24:13	8.6875	191.8945	360.3515	183.5937	0.532520	0.509485	0.426432
3:39:13	8.65625	181.3964	341.3085	178.9550	0.531473	0.524320	0.403103
3:54:13	8.78125	194.8242	360.3515	191.8945	0.540650	0.532520	0.432942
4:09:13	8.65625	188.9648	355.4687	186.7675	0.531593	0.525412	0.419921
4:24:13	8.71875	197.2656	356.4453	186.5234	0.553424	0.523287	0.438368
4:39:13	8.6875	186.7675	350.0976	184.3261	0.533472	0.526499	0.415039
4:54:13	8.6875	181.6406	341.3085	178.7109	0.532188	0.523605	0.403645
5:09:13	8.65625	191.8945	362.3046	186.5234	0.529649	0.514824	0.426432
5:24:13	8.6875	197.2656	349.1210	183.8378	0.565034	0.526573	0.438368
5:39:13	8.6875	178.7109	338.3789	176.2695	0.528138	0.520923	0.397135
5:54:13	8.8125	184.0820	352.0507	181.3964	0.522884	0.515256	0.409071
6:09:13	8.5	178.4667	339.3554	175.7812	0.525899	0.517985	0.396592
6:24:13	8.59375	189.4531	354.0039	183.8378	0.535172	0.519310	0.421006
6:39:13	8.625	189.4531	349.6093	178.7109	0.541899	0.511173	0.421006
6:54:13	8.46875	173.0957	333.0078	173.0957	0.519794	0.519794	0.384657
7:09:13	8.625	187.0117	341.3085	176.0253	0.547925	0.515736	0.415581
7:24:13	9.46875	175.7812	333.4960	173.5839	0.527086	0.520497	0.390625
7:39:13	10.15625	181.3964	346.6796	176.2695	0.523239	0.508450	0.403103
7:54:13	14.125	176.0253	330.5664	181.1523	0.532496	0.548005	0.391167
8:09:13	11.34375	181.3964	346.1914	178.7109	0.523977	0.516220	0.403103
8:24:13	9.875	178.4667	338.8671	175.7812	0.526657	0.518731	0.396592
8:39:13	11.75	178.7109	339.3554	170.8984	0.526618	0.503597	0.397135
8:54:13	12.4375	176.0253	332.5195	176.0253	0.529368	0.529368	0.391167
9:09:13	11.875	176.0253	330.5664	170.4101	0.532496	0.515509	0.391167
9:24:13	12.25	181.3964	344.7265	173.5839	0.526203	0.503541	0.403103
9:39:13	13.46875	175.5371	332.5195	176.0253	0.527900	0.529368	0.390082
9:54:13	14.1875	178.7109	341.7968	184.0820	0.522857	0.538571	0.397135

*Begeleidingsonderzoek Toepassing Absorptiekoelmachine bij GEB Rotterdam, fase I en II
(Eindrapportage)*

**Bijlage 5 Documentatieblad
Demonstratieproject Absorptiekoelmachine**

Projectomschrijving 400

Novem bv. postbus 8242, 3503 RE Utrecht
 telefoon 030 - 363444



In het kader van de steunregeling energiebesparing en stromingsenergie, van het ministerie van Economische Zaken, wordt steun verleend aan:

Gemeente-Energiebedrijf Rotterdam,
 Postbus 1313,
 3000 DE Rotterdam.

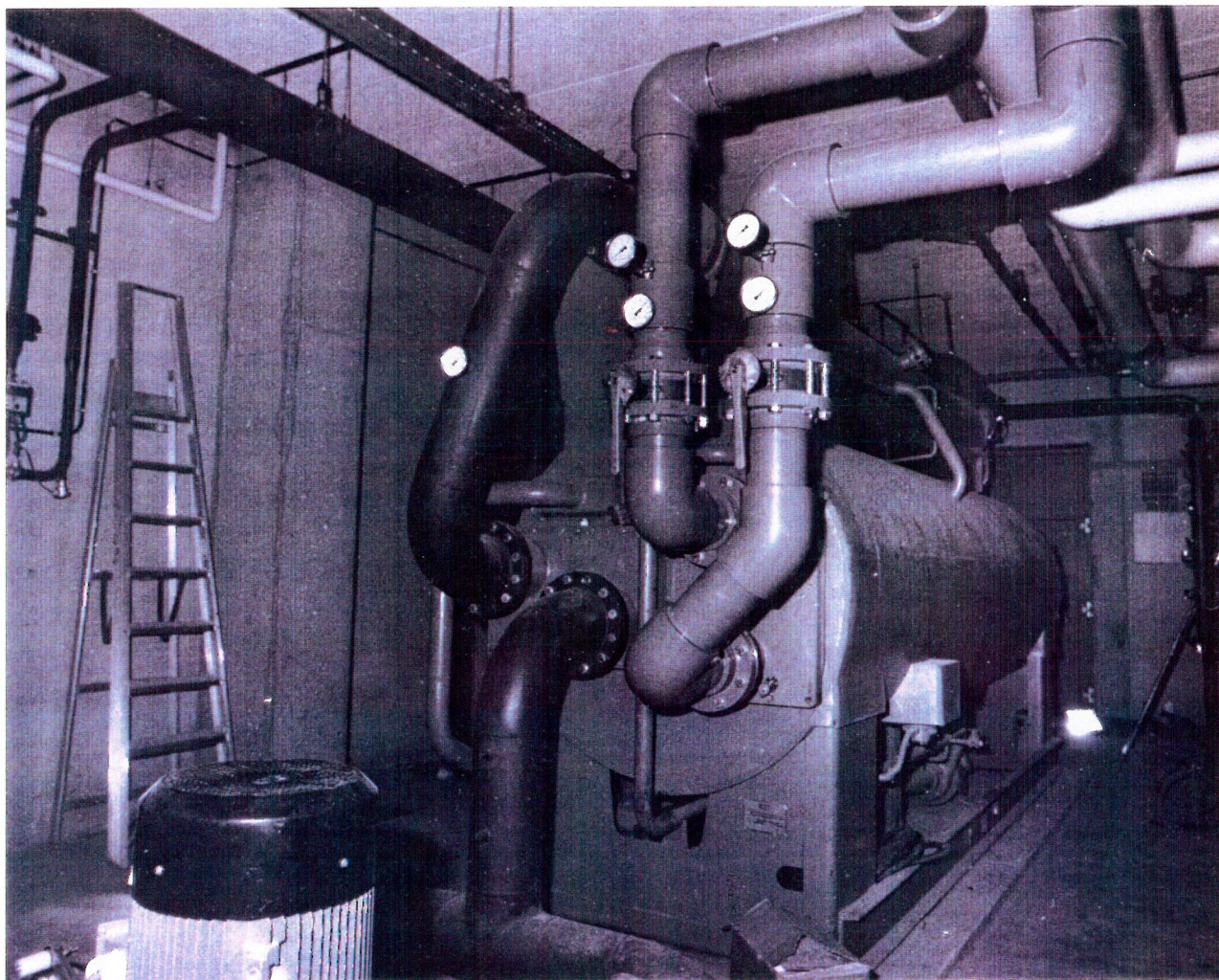
DEMONSTRATIEPROJECTEN energiebesparing

Projectomschrijving:

Om in de koelbehoefte van de computer-ruimten van het nieuwe hoofdkantoor van het GEB-Rotterdam te voorzien, wordt een absorptiekoelmachine (AKM) toegepast. Het koelvermogen bedraagt 450 kW. De AKM wordt aangedreven met warmte uit het stadsverwarmingsnet. Het bijzondere van deze toepassing is dat bij relatief lage aanvoertemperatuur (90° C) het temperatuurverschil over de AKM ook relatief groot is (20° C). De retourtemperatuur van het water naar het SV-net mag maximaal 70° C bedragen. Omdat deze warmte afkomstig is van een warmte/kracht-installatie wordt zij met een lage (extra)

inzet aan fossiele energie gegenereerd.

De investering in een absorptiekoelmachine is rendabel, wanneer deze een groot aantal vollasturen heeft. Het meest aantrekkelijk voor een stadsverwarmings-systeem is dat warmte door de absorptie-koelmachine hoofdzakelijk in de zomer wordt afgenomen, omdat dan het stadsverwarmingsnet onderbenut is. De markt bestaat dus veelal uit gebouwen met airconditioning (hetzij op de werkplek, hetzij voor computerruimten) die op een stadsverwarmingssysteem zijn aangesloten of die een WK-installatie gebruiken (bijvoorbeeld kantoorgebouwen en ziekenhuizen).



Projectomschrijving 400

Novem bv. postbus 8242, 3503 RE Utrecht
telefoon 030 - 363444

Nadere informatie:

Voor meer informatie over dit project kunt u terecht bij Novem, die uitvoerder is van de subsidieregeling voor demonstratieprojecten en het project begeleidt. Informatie over andere demonstratieprojecten of over het indienen van nieuwe projecten is ook verkrijgbaar bij Novem.

DEMONSTRATIEPROJECTEN

energiebesparing

Verwachte besparing:

Er wordt een besparing verwacht van 120.000 m³ aardgasequivalenten per jaar.

Investering:

De meerinvestering van de nieuwe installatie bedraagt f 515.000,-.

Financiële overheidssteun:

Subsidie: f 128.750,-.
Krediet: f 128.750,-.

Realisatie:

Ontwerp: GEB Rotterdam.

Meetprogramma:

Zodra de installatie naar behoren functioneert, wordt er een meetprogramma uitgevoerd waarbij de besparingen zullen worden vastgesteld.

Projectresultaat:

Na afronding van het project volgt een Novem-publikatie van het projectresultaat.

