

Refe

IVL

INSTITUTET FÖR VATTEN- OCH LUFTVÅRDSFORSKNING

HÄLSINGEGATAN 43
STEN STUREGATAN 42

BOX 21060
BOX 5207

100 31 STOCKHOLM
402 24 GÖTEBORG

TEL. 08-24 96 80
TEL. 031-81 02 80

TELEX 15581 IVL S
TELEX 21400 IPKIVLG S

FÖRBRÄNNING AV FREON TF

Bengt Ahling och Kerstin Wiberger

**INSTITUTET FÖR VATTEN-
OCH LUFTVÅRDSFORSKNING**
Biblioteket

B 648
Stockholm
januari 1982

5	6	7 MI projekt nr
8 Projekt		
<input type="checkbox"/> 1 Uppläggning	<input type="checkbox"/> 2 Komplettering	<input checked="" type="checkbox"/> 3 Avslutat
10 Intäpportör	11 Kontraktnr	12 Startår
15 Finansierande organ		13 Slutår
		14 MI projekt nr (i förek fall)

Produktkontrollnämnden och IVL

16 Projektets/Rapportens titel och undertitel

Förbränning av Freon TF

17 Projektledare/Rapportförfattare

Bengt Ahling och Kerstin Wiberger

18 Sammanfattning av projektet/rapporten (ange gärna mätsättning, metod, teknik resultat m m)

Freon TF (trichlorotrifluorethane) is used as solvent as well as cooling media in refrigerators. In order to investigate the thermal stability a number of incineration experiments have been performed. These experiments show that Freon TF has an extremely thermal stability. At temperatures of 800-900°C and transit times less than one second the residue of Freon in the flue gas exceeds 1000 mg/litre. A mathematical model for the relation between residue of Freon TF (y), average transit time (t) and combustion temperature (T) has been developed. The developed model follows:

$$y(t,T) = e^{23,4 - 0,033 \cdot T + 1,3 \cdot 10^{-5} T^2}$$

$$+ e^{32,1 - 0,037 \cdot T + 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 4,4 \cdot T}$$

19 Sammanfattningen skriven av
Förf.

20 Föreslag till nyckelord

Förbränning, Freon TF, triklortrifluoretan

21 Klassifikationssystem och klass

22 Indexterm

23 Bibliografiska uppgifter

IVL-publication B 648 januari 1982

24 ISSN

25 ISBN

26 Hemligt

paragraf

 Nej Ja, jämlikt

27 Språk

svenska

28 Antal sidor

18

29 Pris

30 Rapporten beställs hos

IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm
Tel. 08-249680

Vid genomförandet av föreliggande arbete har förutom författarna följande personer medverkat:

Leif Johansson

driftingenjör

Anders Lindström

driftassistent

Jacek Gromulski

beräkningar

Arbetet med den matematiska modellen har gjorts i samarbete med Jerzy Flato vid OVO idé och produktutveckling AB. Projektet har fått ekonomiskt stöd från produktionkontrollnämnden.

FÖRBRÄNNING AV FREON TF

0. SAMMANFATTNING

Freon TF (triklortrifluoretan) används såväl som lösningsmedel som kylmedium i kylnskåp. För att undersöka den termiska stabiliteten för Freon TF har en serie förbränningsförsök genomförts. Dessa försök visar att Freon TF har en hög termisk stabilitet.

Vid temperaturer på $800-900^{\circ}\text{C}$ och en uppehållstid mindre än en sekund är resthalten Freon större än 1000 mg/litern inmatad.

Sambandet mellan resthalt Freon (y), medeluppehållstid (t) och ugnstemperatur (T) har tagits fram.

Den framtagna modellen är följande:

$$y(t, T) = e^{23,4 - 0,033 \cdot T + 1,3 \cdot 10^{-5} T^2} + \\ + e^{32,1 - 0,037 \cdot T + 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 4,4 \cdot t}$$

1. INLEDNING

Freon TF (triklortrifluoretan) används som lösningsmedel inom olika områden t ex vid kem-tvätt av vissa material. Dessutom används det som kylmedium i kylnskåp. Då många fluorföreningar är mycket stabila är det väsentligt att avfall innehållande freon behandlas på ett sätt så att utsläppen minimeras. För att undersöka den termiska stabiliteten och vilka förbränningsbetingelser som erfordras har förbränningsförsök i pilotkala genomförts.

2. METODIK

Försöken har genomförts i den förbränningsanläggning i pilotkala som byggs upp för modellförsök. Anläggningen, som tidigare är beskriven i detalj (1), har en ugnssdel med en volym på ca 1 m^3 (Fig. 1), som är konstruerad

som en schaktugn med inmurade och isolerade väggar.

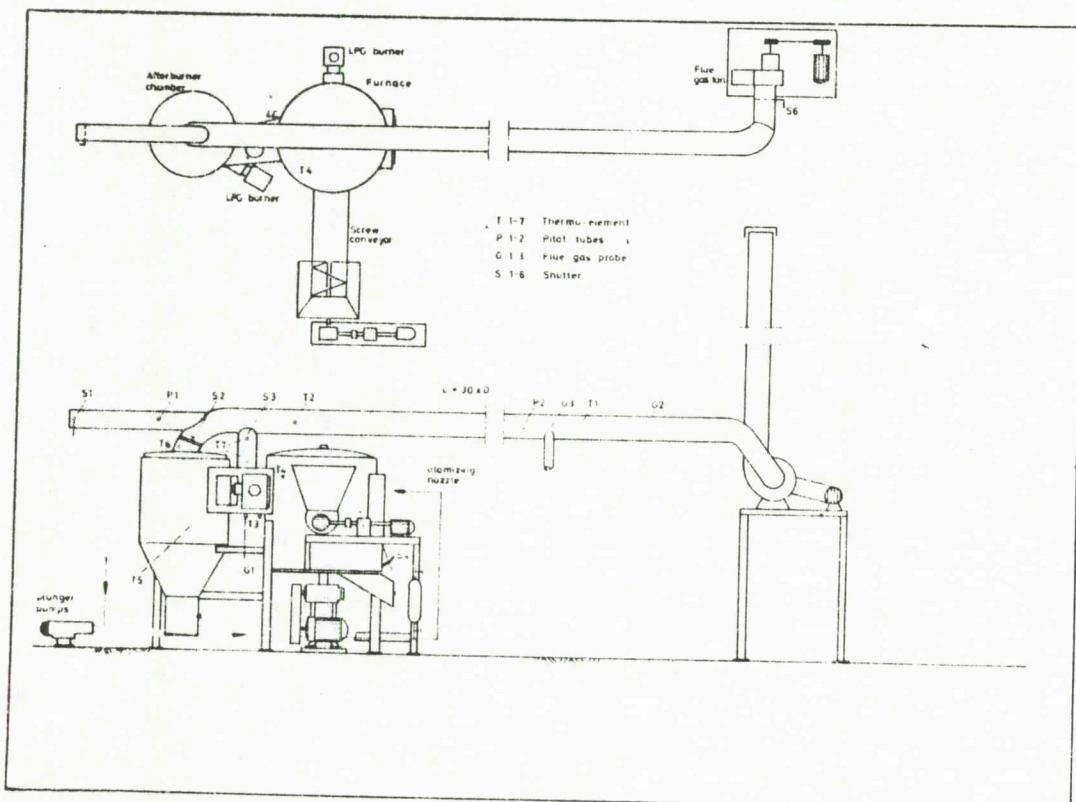


Fig. 1 IVLs pilotanläggning för förbränningstestsök

2.1 Inmatning

Freon pumpas genom ett sprutmunstycke in i ugnen med en kolvdoserpump. Sprutmunstycket ger en finfördelning av freon som sprutas ut med en spridningsvinkel på 20 - 45°.

Temperaturen regleras genom tillförsel av gasol som är stödbränsle. Uppehållstiden regleras genom ändring av varvtalet på rökgasfläkten.

Varje försök genomfördes under 30 minuter varvid 0,5 - 1 kg freon användes.

2.2 Provtagning

Prov på O₂, CO₂ och CO togs som påsprover. Prov på rökgaserna för att bestämma resthalten av freon togs isokinetiskt med en glassond. Partiklarna avskildes i ett uppvärmt stoftfilter med silaniserat glasdun, varefter gasen leddes till en eller flera seriekopplade kylare och en flaska för uppsamling av kondensvattnet. Gasen leddes därefter direkt till två seriekopplade kolonner med aktivt kol (Merck 0,3 - 0,5 mm) för adsorption av freon.

Kolonnerna har en diameter på 10 mm. Den första (provskikt) innehöll 1 g aktivt kol och den andra (kontrollsikt) 0,5 g.

Uppehållstiden beräknades som medeluppehållstid med utgångspunkt från ugnens volym och rökgasflödet vid den aktuella ugnstemperaturen.

2.3 Analys

Från påsproverna analyserades O₂ med syremätare och CO₂ och CO med hjälp av ett URAS IR-instrument.

Totalkolväte analyserades kontinuerligt med ett IPM totalkolväteinstrument.

För analys av resthalten freon analyserades endast kolkolonnerna då förförsök visat att freon inte kan återfinnas i det avskilda stoftet eller kondensvattnet.

Det aktiva kolet överfördes till glasflaskor med teflon-packning och skruvlock. Etanol tillsattes så att kolet täcktes, och flaskorna placerades i ultraljud i 30 min. Etanolen sögs sedan av och analyserades på gaskromatograf med EC-detektor. Kolonnmaterial Porapak Q, temperatur ca 180°C.

3. RESULTAT

Resultaten är redovisade i tabell I-II och figur 2-5.

Av resultatet framgår att Freon TF är ett ämne som är extremt termiskt stabilt. Vid temperaturer på 800-900°C och en uppehållstid mindre än en sekund är resthalten Freon över 1000 mg/liter inmatad.

4. MATEMATISK MODELL

Försök har gjorts att få fram det matematiska sambandet mellan resthalten Freon, medeluppehållstiden och ugnstemperaturen.

4.1 Tidsberoende samband

Först togs fram sambandet mellan resthalt Freon - medeluppehållstid för varje temperaturgrupp. Enligt tidigare erfarenheter är sambandet exponentiellt. Lösningarna söktes alltså av formen:

$$Y_i(t) = a_i + b_i \cdot e^{-c_i \cdot t}, i = 1, 2, 3, 4$$

Efter anpassningen fick vi följande resultat:

$$Y_1(t) = 1,18 \cdot 10^4 + 8,93 \cdot 10^6 \cdot e^{-4,13t}$$

$$Y_2(t) = 600 + 1,74 \cdot 10^5 \cdot e^{-3,86t}$$

$$Y_3(t) = 120 + 1,05 \cdot 10^5 \cdot e^{-5,14t}$$

$$Y_4(t) = 20 + 3948 \cdot e^{-4,5t}$$

Det är alltså exponentiella kurvor, som svänger in sig på nivå a_i (Fig. 2-5).

För vardera temperaturgruppen erhölls alltså ett samband med olika koefficienter a_i , b_i och c_i . En kvalificerad gissning är att exponenten skall vara processens karakteristiska tidskonstant, oberoende av temperaturen. Därför väljs medelvärdet:

$$c = \frac{1}{4} \sum c_i = 4,41$$

Insvängningsnivåer a_i måste vara samma som förut, därför har b_i räknats om för bästa anpassning:

$$y_1(t) = 1,18 \cdot 10^4 + 1,15 \cdot 10^7 \cdot e^{-4,41t}$$

$$y_2(t) = 600 + 2,86 \cdot 10^5 \cdot e^{-4,41t}$$

$$y_3(t) = 120 + 4,73 \cdot 10^4 \cdot e^{-4,41t}$$

$$y_4(t) = 20 + 3650 \cdot e^{-4,41t}$$

De här sambanden är alltså korrigerade för konsistens för hela försöket.

4.2 Temperaturberoende samband

Om koefficienterna a_i och b_i plottas mot respektive gruppens karakteristiska temperatur (t ex medeltemperatur för varje temperaturintervall), erhålls klara samband, som kan identifieras.

För modellen

$$y(t, T) = a(T) + b(T) \cdot e^{-ct}$$

identifieras a och b på formen

$$\ln a(T) = \alpha_1 + \alpha_2 T + \alpha_3 \cdot T^2$$

$$\ln b(T) = \beta_1 + \beta_2 T + \beta_3 \cdot T^2$$

en form, som ganska klart avspeglas i fig. 6.

Parameteridentifiering ger:

$$\ln a(T) = 23,38 - 0,03336 \cdot T + 1,345 \cdot T^2 \cdot 10^{-5}$$

$$\ln b(T) = 32,05 - 0,03685 \cdot T + 1,372 \cdot T^2 \cdot 10^{-5}$$

4.3 Resultatredovisning

Här redovisas alla samband och parametrar:

4.3.1 Okorrigerade samband

$$y_1(t) = 1,18 \cdot 10^4 + 8,93 \cdot 10^6 \cdot e^{-4,13t}$$

$$y_2(t) = 600 + 1,74 \cdot 10^5 \cdot e^{-3,86t}$$

$$y_3(t) = 120 + 1,05 \cdot 10^5 \cdot e^{-5,14t}$$

$$y_4(t) = 20 + 3948 \cdot e^{-4,5t}$$

4.3.2 Korrigerade konsistenta samband

$$y_1(t) = 1,18 \cdot 10^4 + 1,15 \cdot 10^7 \cdot e^{-4,41t}$$

$$y_2(t) = 600 + 2,86 \cdot 10^5 \cdot e^{-4,41t}$$

$$y_3(t) = 120 + 4,73 \cdot 10^4 \cdot e^{-4,41t}$$

$$y_4(t) = 20 + 3650 \cdot e^{-4,41t}$$

4.3.3 Temperaturberoende samband

$$\ln a(T) = 23,38 - 0,03336 \cdot T + 1,345 \cdot T^2 \cdot 10^{-5}$$

$$\ln b(T) = 32,05 - 0,03685 \cdot T + 1,372 \cdot T^2 \cdot 10^{-5}$$

4.3.4 Modellutveckling och 'slutgiltig' form för processmodellen

Modellen utvecklades från tidsberoende samband:

$$y_i(t) = a_i + b_i \cdot e^{-c_i t}$$

sedan korrigerade konsistenta samband:

$$y_i(t) = a_i + b_i \cdot e^{-ct}$$

via antaget temperaturberoende

$$y(t, T) = a(T) + b(T) \cdot e^{-ct}$$

som ger den matematiska processmodellen

$$y(t, T) = e^{\alpha_1 + \alpha_2 T + \alpha_3 T^2} + e^{\beta_1 + \beta_2 T + \beta_3 T^2} \cdot e^{-ct}$$

och slutligen med insatta parametervärden:

$$y(t, T) = e^{23,38 - 0,03336 \cdot T + 1,345 \cdot T^2 \cdot 10^{-5}} + \\ + e^{32,05 - 0,03685 \cdot T + 1,372 \cdot T^2 \cdot 10^{-5} - 4,41 \cdot t} (\pm \Delta y(t, T))$$

Temperaturområdet: 500 - 570°C

Försöksnummer	4	9	6	8	7	3	1	2	5
Ugnstemperatur, °C	540	570	565	570	570	520	500	500	550
Medeluppehållstid, sec	1,07	2,55	1,99	1,56	0,93	1,01	0,91	1,36	3,4
CO ₂ , %	2,0	3,4	2,5	2,1	3,0	1,1	0,8	0,9	2,0
Resthalt FREON, mg/liter	1,5·10 ⁵	12100	55100	19200	11500	1,3·10 ⁴	2,2·10 ⁵	44100	1,9·10 ⁵

Temperaturområdet: 690 - 740°C

Försöksnummer	17	15	20	19	10	11	16	13	12	21	14	18
Ugnstemperatur, °C	715	710	720	720	690	700	710	700	700	740	700	720
Medeluppehållstid, sec	0,71	1,06	1,6	0,85	0,68	0,63	2,9	2,12	0,96	2,56	2,99	0,72
CO ₂ , %	1,4	2,0	4,0	3,9	4,0	4,0	7,9	8,0	1,5	4,7	3,9	3,7
Resthalt FREON, mg/liter	9780	8030	620	8380	8470	15900	780	1860	67700	5870	6310	3880

Tabell I

Tabell II

Temperaturområdet: 800 - 900°C

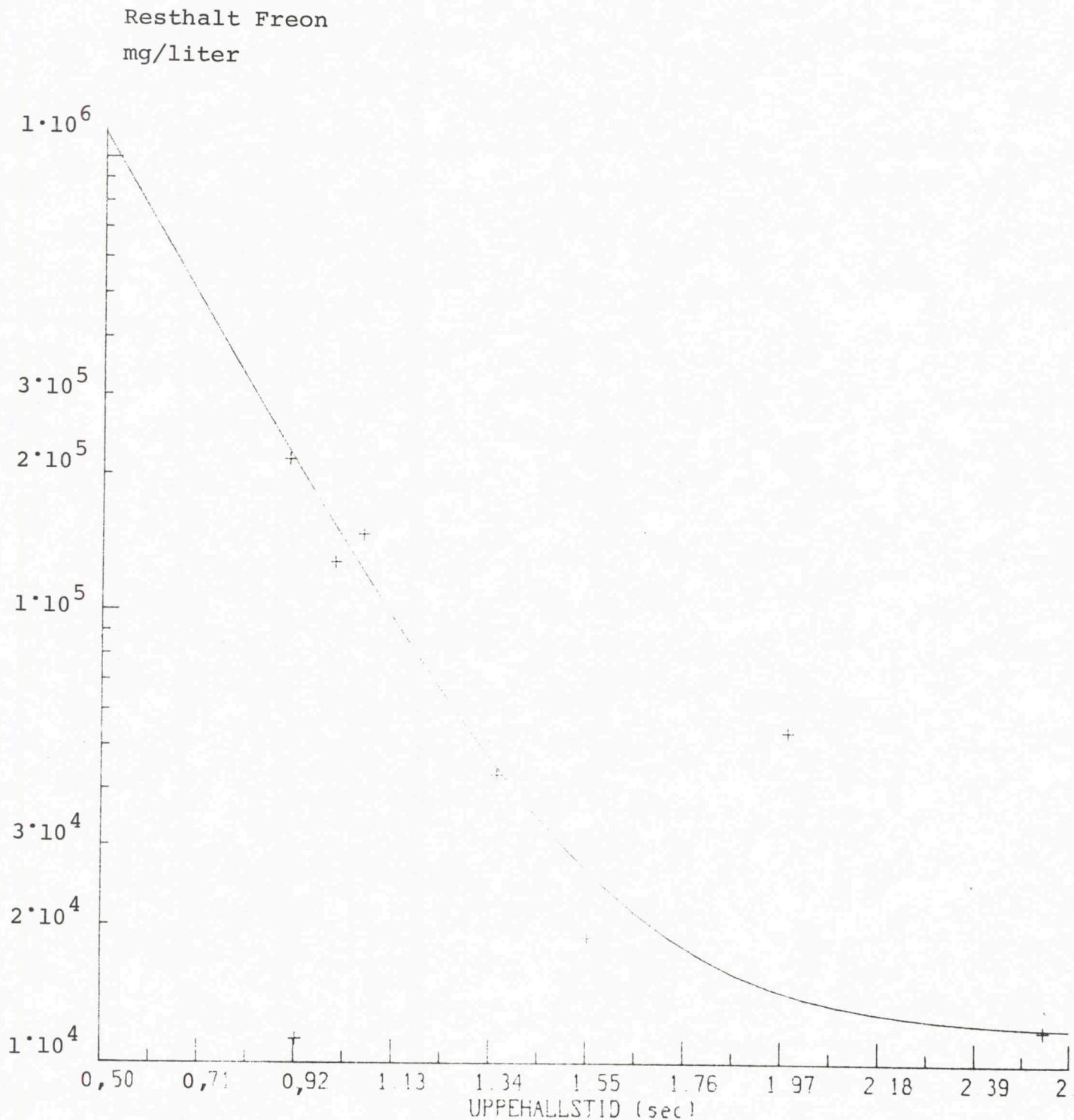
Försöksnummer	26	22	29	28	33	30	31	32	25	23	27	24	34
Ugnstemperatur, °C	860	800	900	890	905	900	900	900	850	800	875	800	925
Medeluppehållstid, sec	0,65	0,98	0,99	0,74	0,65	1,74	2,18	3,25	3,9	1,74	1,84	2,46	2,5
CO ₂ , %	3,1	4,9	6,0	6,4	5,0	5,7	5,1	4,1	10,5	4,3	8,4	5,8	6,8
Resthalt FREON, mg/liter	3450	800	76	2000	4250	235	225	150	130	64	9,3	1430	20

Temperaturområdet: 1000 - 1175°C

Försöksnummer	41	42	43	39	38	37	40	35	36
Ugnstemperatur, °C	1060	1175	1090	1030	1030	1060	1000	1000	1030
Medeluppehållstid, sec	0,63	1,61	2,25	1,69	1,37	0,85	0,51	1,56	0,74
CO ₂ , %	4,9	9,8	8,0	8,0	7,0	5,5	5,0	4,9	6,0
Resthalt FREON, mg/liter	600	270	16	26	29	106	42	240	1,2

Figur 2

Sambandet mellan resthalt Freon och uppehållstid inom temperaturområdet 500 - 570°C

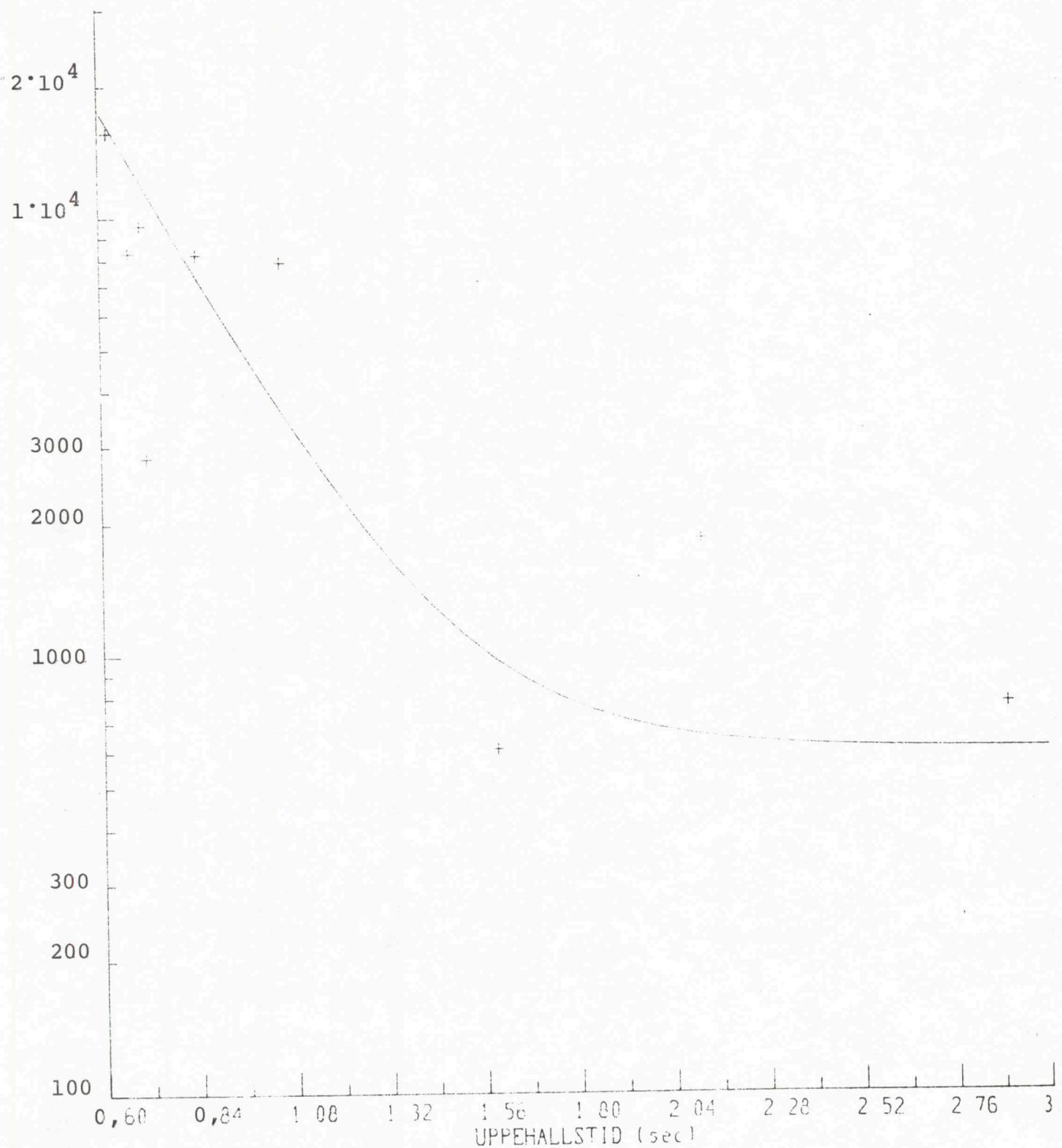


Figur 3

Sambandet mellan resthalt Freon och uppehållstid inom temperaturområdet 690 - 740°C

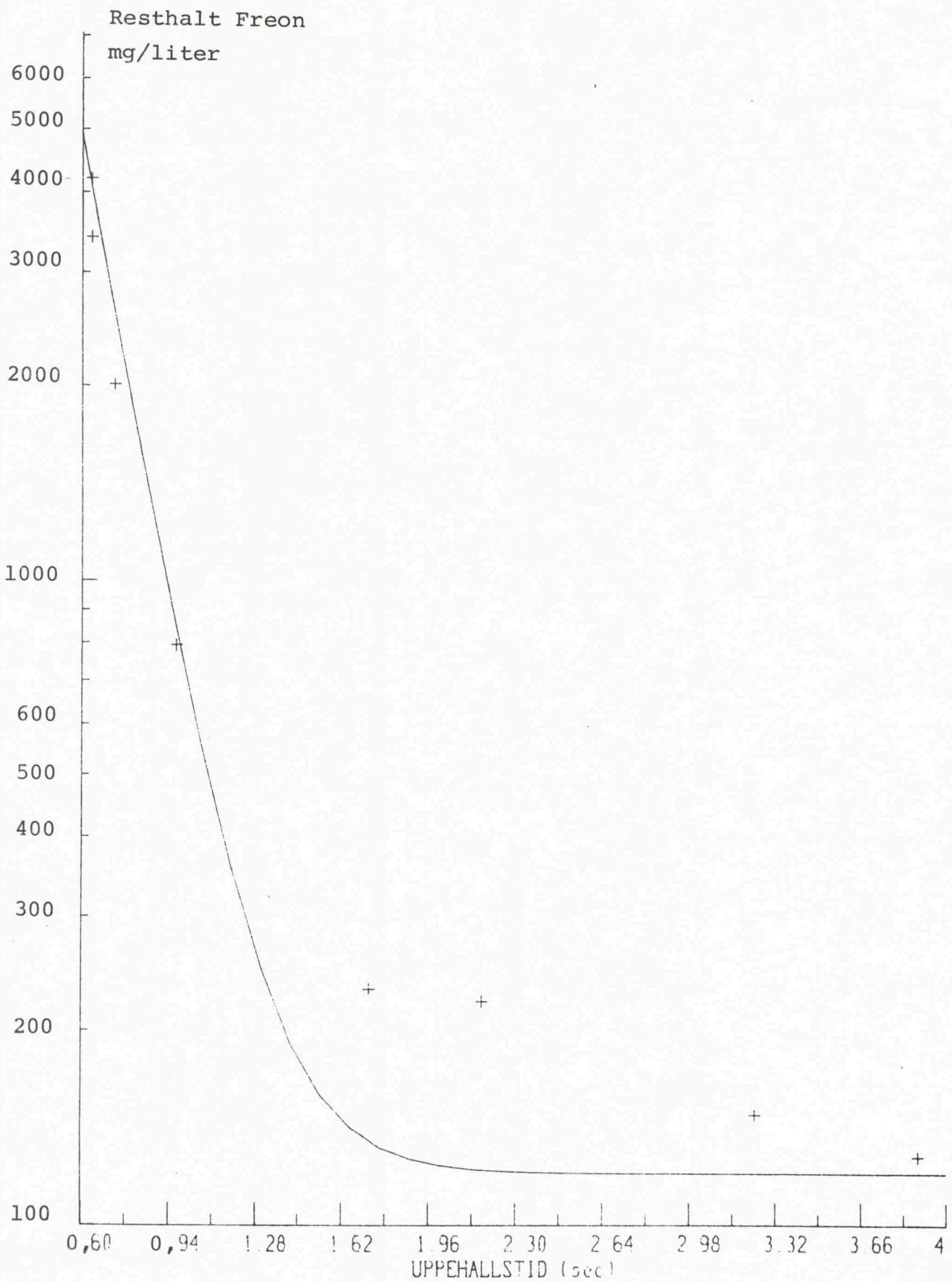
Resthalt Freon

mg/liter



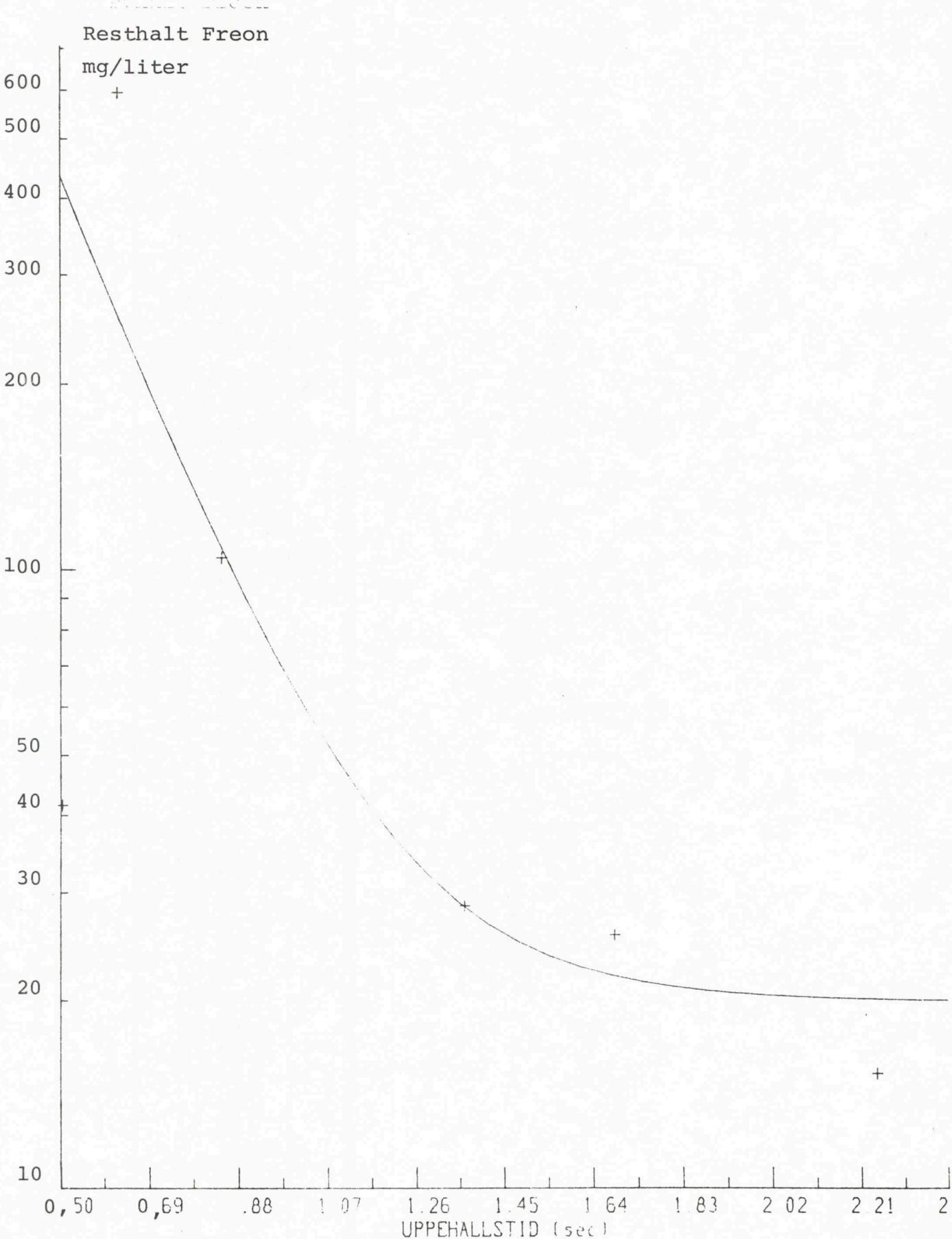
Sambandet mellan resthalt Freon och
uppehållstid inom temperaturintervallet
 $800 - 900^{\circ}\text{C}$

Figur 4



Figur 5

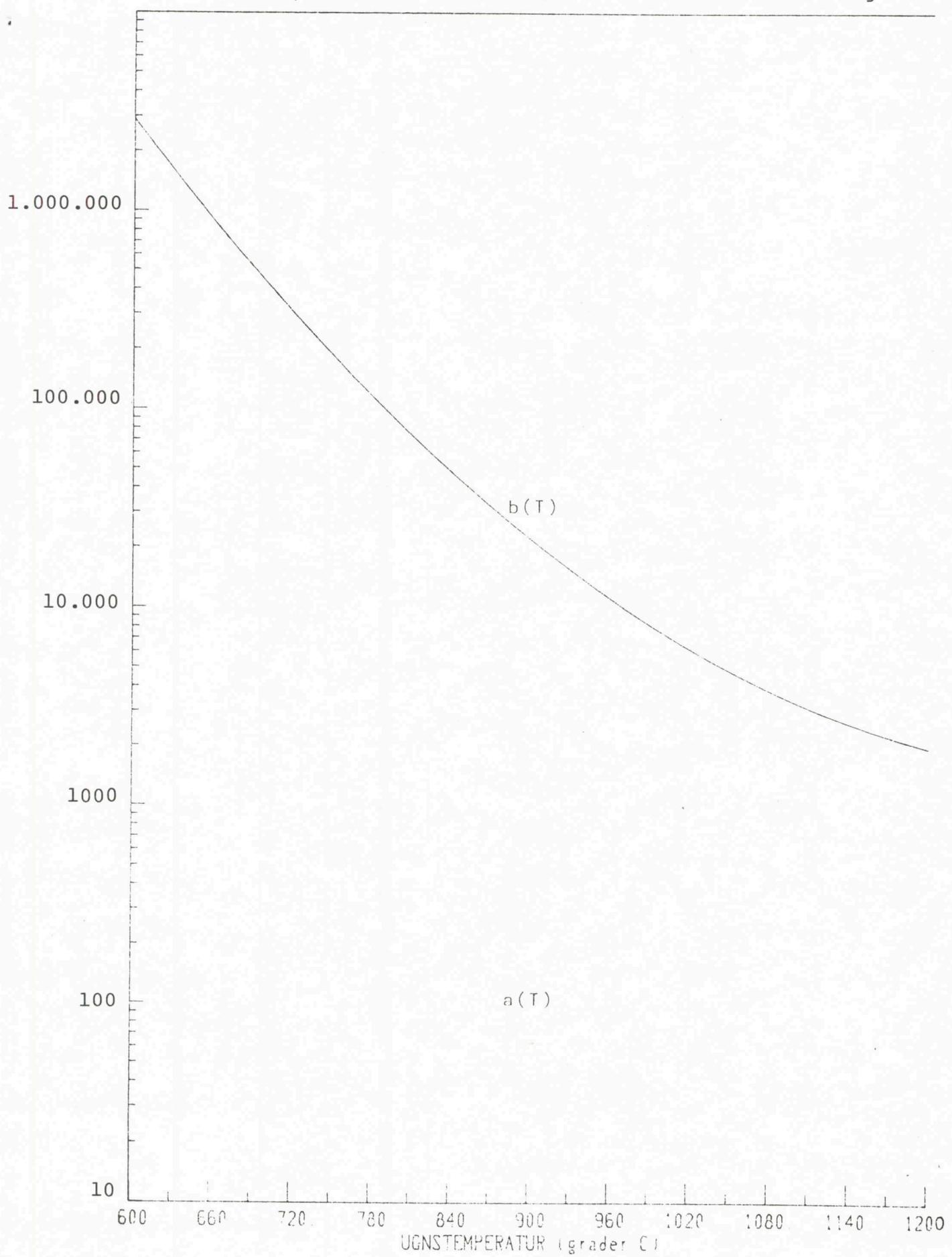
Sambandet mellan resthalt Freon och
uppehållstid inom temperaturområdet 1000 - 1175°C



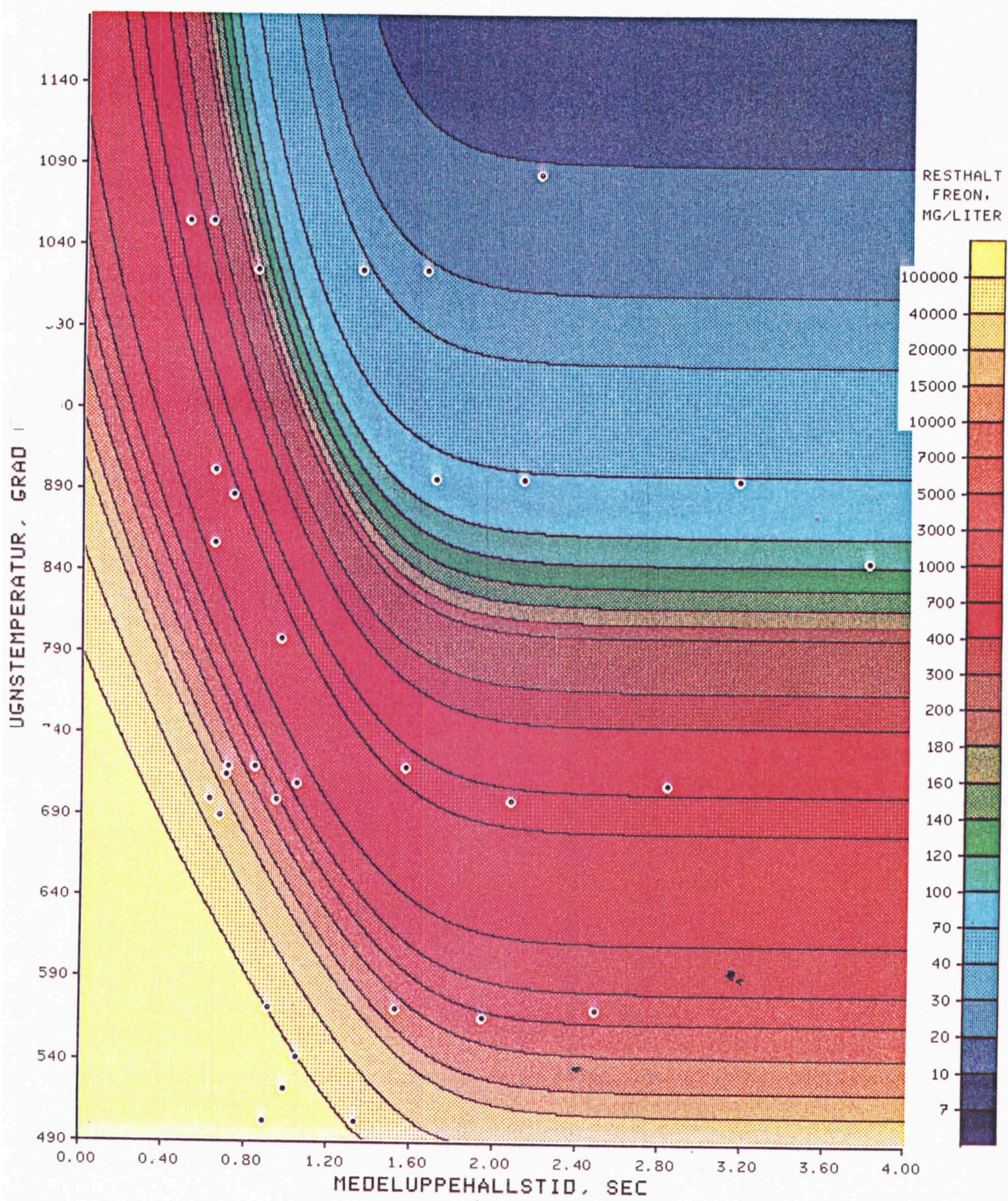
Temperaturberoendet för koefficienter a och b

i sambandet $y(t, T) = a(T) + b(T) \cdot e^{-ct}$

Figur 6



D



Resthalt Freon som en funktion av
temperatur och uppehållstid.

Figur 8

