

**SINTEF RAPPORT**Stiftelsen for industriell og teknisk  
forskning ved Norges tekniske høgskoleRapportnummer  
**STF25 F90011**Gradering  
**Fortrolig**

Rapporten er gjort åpen etter at den ble utgitt i NOU 1991:1B

**N - 7034 Trondheim**

og fått rapport nr. STF25 A91019

Telefon: (07) 59 30 00  
Telex: 55 620 SINTEF N  
Telefax: (07) 59 24 80

Rapportens tittel	Dato
<b>Fullskalaforsøk - overflater i korridor og trappesjakt fra Scandinavian Star. Målerapport.</b>	<b>1990-10-03</b>
Saksbearbeider/forfatter	Antall sider og bilag
<b>Øystein Meland og Lars E. Lønvik</b>	<b>73 + 1</b>
Avdeling	Ansv. sign.
<b>Norges branntekniske laboratorium</b>	<i>Ragnar Wigdor</i>
ISBN nr.	Prosjektnummer
	<b>251568.00</b>
	Prisgruppe

Oppdragsgiver	Oppdrivers ref.
<b>Det Skandinaviske granskningsutvalg for Scandinavian Star - ulykken og Oslo Politikammer</b>	<b>T. Schei N. Bjønness</b>

## Ekstrakt

I en fullskalamodell av deler av trappesjakt (D) og korridor (styrbord bildekk, bakre del) er det gjennomført fullskalaforsøk med simulert antennelsesforløp.

Rapporten inneholder resultater for målinger av temperatur, konsentrasjon av karbonmonoksyd og blåsyregass, samt beregnede verdier for varmeeffekt.

Rapporten inneholder også tilsvarende resultater fra innledende forsøk som underlag for beslutninger for simulerte antennelsesforløp i hovedforsøket.

	Stikkord på norsk	Indexing Terms: English
Gruppe 1	<b>BRANN</b>	<b>FIRE</b>
Gruppe 2	<b>MODELL</b>	<b>MODEL</b>
Egenvalgte stikkord	<b>FULLSKALAFORSØK</b>	<b>FULL SCALE FIRE TEST</b>
	<b>SKIPS - KORRIDOR</b>	<b>SHIP - CORRIDOR</b>

*Kjell Schmidt Pedersen*  
Kjell Schmidt Pedersen

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>BAKGRUNN .....</b>	3
<b>SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....</b>	4
<b>1 FORSØKSOPPSTILLING .....</b>	5
<b>2 MATERIALBESKRIVELSER .....</b>	9
<b>3 MEKANISK VENTILASJON .....</b>	10
<b>4 MÅLEOPPLEGG OG MÅLEUTSTYR .....</b>	12
4.1 MÅLEOPPLEGG .....	12
4.2 TERMOELEMENTER .....	15
4.3 GASSANALYSEUTSTYR .....	15
4.4 OPTISK TETTHET .....	15
4.5 HASTIGHET .....	16
4.6 DATALOGGEUTSTYR .....	16
4.7 BEREGNINGER .....	17
4.8 MÅLENØYAKTIGHET .....	19
<b>5 FORSØKSRESULTATER .....</b>	20
5.1 FORSØKGJENNOMFØRING .....	20
5.1.1 Bakgrunn for valg av startbrann .....	20
5.1.2 Forsøksbetingelser .....	23
5.2 FORSØK SC-1 .....	24
5.2.1 Forsøksbeskrivelse .....	24
5.3 FORSØK SC-2 .....	25
5.3.1 Forsøksbeskrivelse .....	25
5.3.2 Måleresultater .....	26
5.4 FORSØK SC-3 .....	29
5.4.1 Forsøksbeskrivelse .....	29

5.5	FORSØK SC-4 .....	30
5.5.1	Forsøksbeskrivelse .....	30
5.6	FORSØK SC-4A .....	31
5.6.1	Forsøksbeskrivelse .....	31
5.7	FORSØK SC-4B .....	32
5.7.1	Forsøksbeskrivelse .....	32
5.7.2	Måleresultater .....	33
5.8	FORSØK SC-5 .....	36
5.8.1	Forsøksbeskrivelse .....	36
5.9	FORSØK SC-5A .....	37
5.9.1	Forsøksbeskrivelse .....	37
5.9.2	Måleresultater .....	38
5.10	FORSØK SC-6 .....	40
5.10.1	Forsøksbeskrivelse .....	40
5.10.2	Måleresultater .....	41
5.11	FORSØK SC-7 .....	56
5.11.1	Forsøksbeskrivelse .....	56
5.11.2	Måleresultater .....	58
<b>REFERANSER .....</b>		73

## VEDLEGG I

Vedlegget viser bilder fra de respektive forsøk som er beskrevet i rapporten.

- 3 -

## BAKGRUNN

Som en del av arbeidet med å rekonstruere hendelsesforløpet under brannen ombord på Scandinavian Star, 7 april 1990 er det gjennomført forsøk ved SINTEF NBL-Norges Branntekniske Laboratorium.

Forsøkene, som opprinnelig var planlagt gjennomført ombord på skipet, er gjennomført i en fullskalamodell av en korridor og deler av trappesjakt, bygd opp i laboratoriet. Innredningen er hentet fra skipet.

Denne rapporten giengir måleresultater av sentrale parametre under det tidlige brannforløpet. Forsøkserien består av en rekke innledende forsøk, samt to hovedforsøk. De innledende forsøkene ble gjennomført for å skaffe informasjon om hvordan brannen kan ha startet.

Måleresultater fra hovedforsøkene er brukt som inngangsdata for beregning av røykspredning under brannens kritiske fase. Resultater fra disse beregningene er gjengitt i en egen delrapport, STF25 F90012 /5/.

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I en fullskalamodell av deler av korridor 200-seksjonen og trappesjakt ( $D_s$ ) på C-dekksnivå, styrbord side, er det gjennomført brannforsøk. Det er gjennomført totalt 10 forsøk. De innledende forsøkene, totalt 8 stk, er gjennomført for å gi grunnlag for å simulere et realistisk antennelsesforløp m.h.t. type og mengde materiale.

Forsøksresultatene viser at en mulig startbrann, som kan gi en selvunderholdende brann i laminatet som danner korridoroverflatene, kan ha vært forårsaket ved antennelse av en ansamling av sengeutrustning, f.eks i en plast-sekk. Varmeffekten som en slik startbrann forårsaker, i størrelsesorden 150-200 kW, ligger trolig i grenseområdet for hva som skal til for at laminatet i korridoren skal brenne i en selvoppholdende brann.

I de tilfeller hvor den arrangerte startbrannen ikke har startet en selvunderholdende brann, vil flammespredningen typisk være begrenset til et område vertikalt over startbrannstedet, liten eller ingen horisontal spredning i veggoverflaten.

Det ble gjennomført to fullskaforsøk i modellen med to forskjellige antennelsespunkter og med to forskjellige lufttilførselsmengder, d.v.s. ytterpunktene av det mulige.

Lufttilførselen til korridoren tilsvarende den som fremskaffes av det mekaniske ventilasjonsanlegget under normal drift, d.v.s.  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  pr. korridorseksjon, slik det var simulert i et av forsøkene, var ikke tilstrekkelig til å gi brannspredning fra korridor til trappesjakt. En brann med kun denne lufttilførsel vil selvslokke.

Det andre forsøket simulerte et brannforløp, hvor alle de branndører som ble lukket under brannen, var lukket. Dette resulterte i øket lufttilførssel i de "åpne" korridorer. Disse luftmengdene er tilstrekkelig til å hurtig overtinne både korridor og trappesjakt.

- 5 -

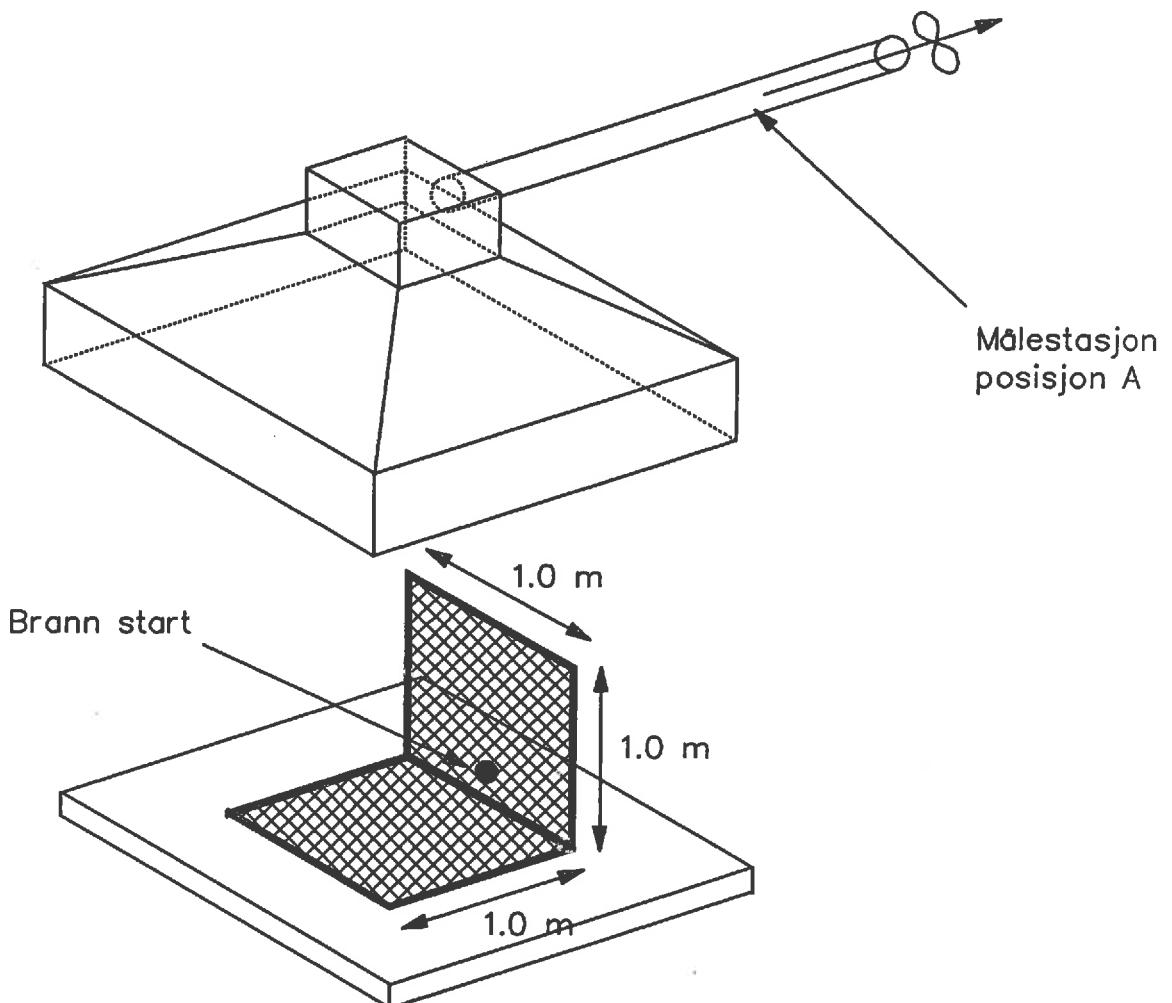
## 1 FORSØKSOPPSTILLING

Det er totalt gjennomført 10 forsøk. Figur 1-5 viser forsøksoppstillingen i de respektive forsøk.

Forsøksbetingelser forøvrig: se Tabell 1.

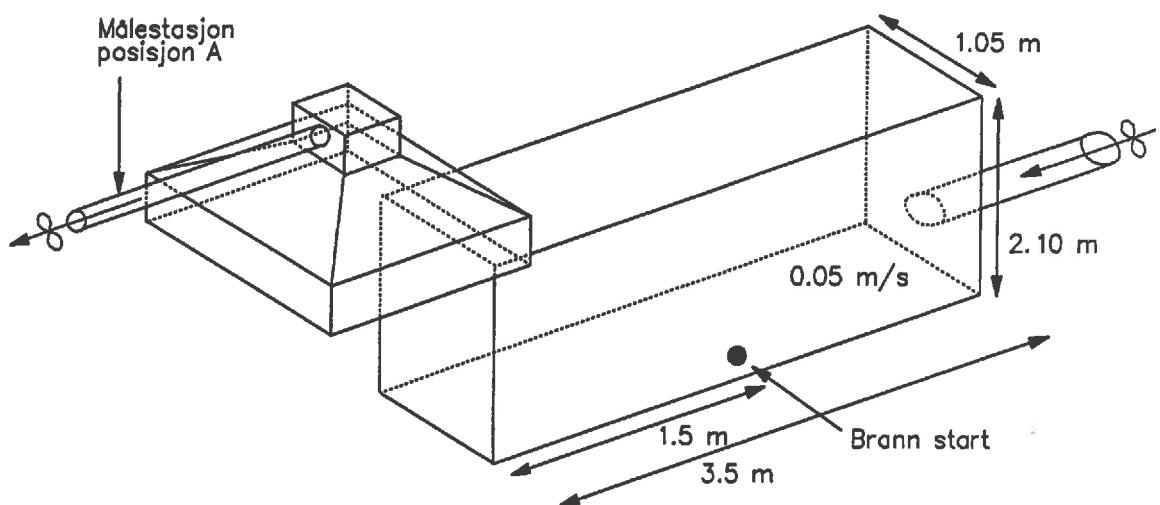
Korridor og trappesjakt er, så langt det har vært praktisk mulig, gjenskapt lik forholdene ombord i skipet.

All innredning med hensyn til brennbart materiale, korridorplater for tak og vegg, samt golvteppet, er hentet fra skipet.

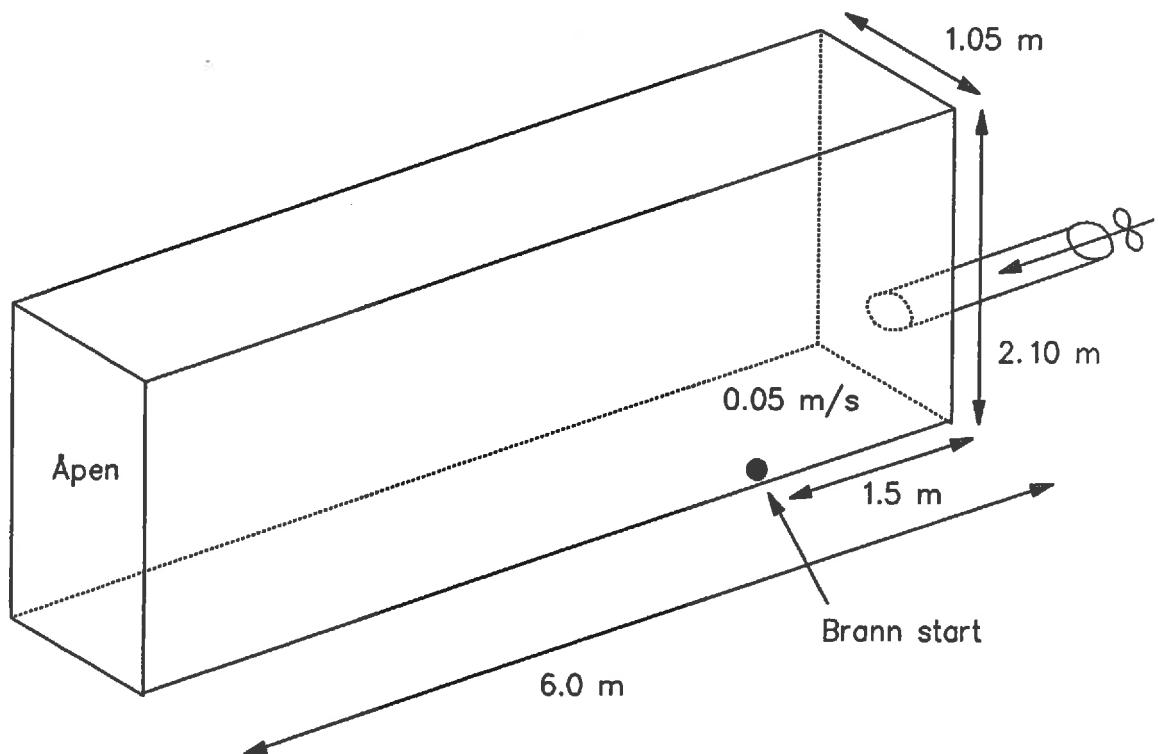


**Figur 1** Skisse av forsøksoppstilling for innledende forsøk SC-1.

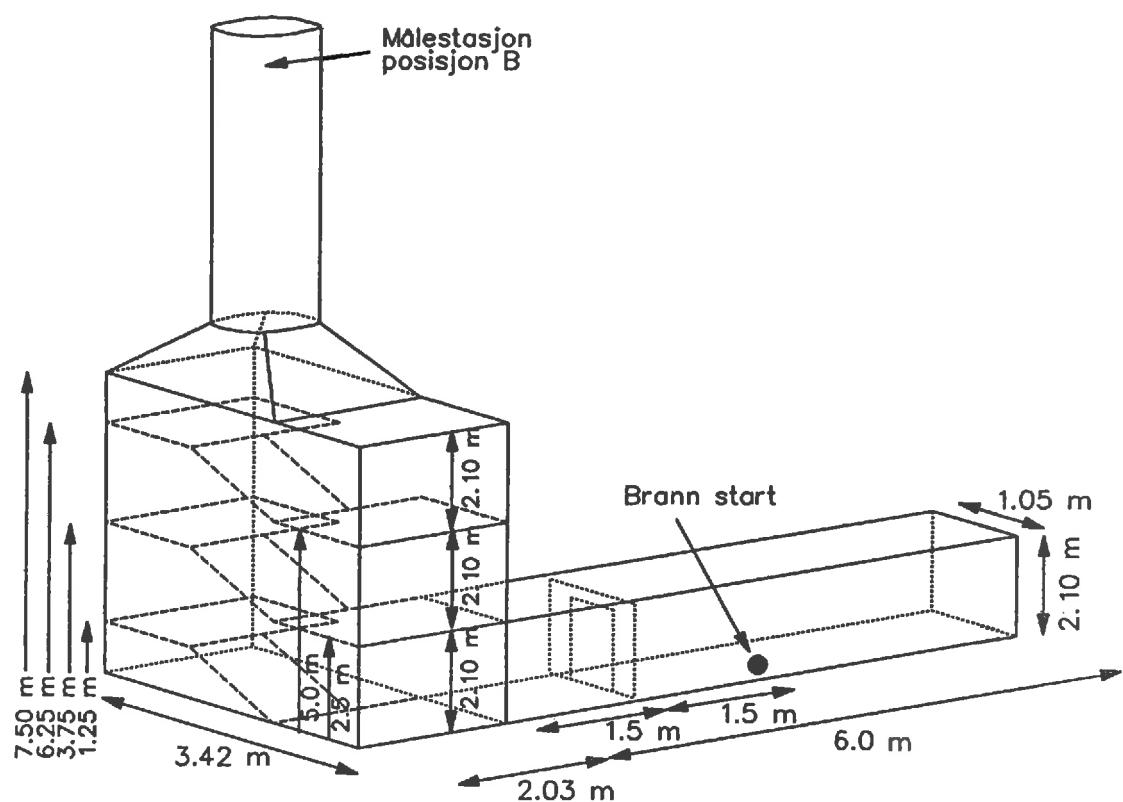
- 7 -



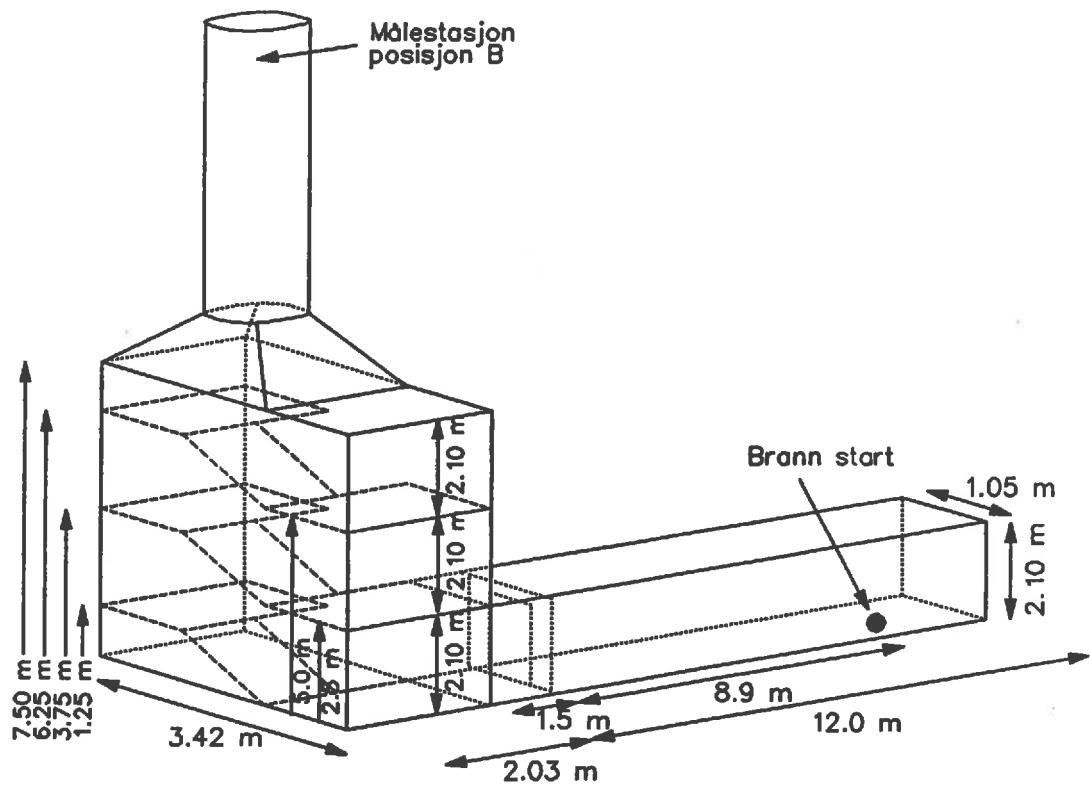
**Figur 2** Skisse av forsøksoppstilling for innledende forsøk SC-2, SC-3, SC-4, SC-4A, SC-4B.



**Figur 3** Skisse av forsøksoppstilling for innledende forsøk SC-5, SC-5A.



Figur 4 Skisse av forsøksoppstilling for forsøk SC-6.



Figur 5 Skisse av forsøksoppstilling for forsøk SC-7.

- 9 -

## 2 MATERIALBESKRIVELSER

Forsøk SC-3, SC-4A, SC-4B, SC-5, SC-5A er initiert ved antennelse av en ansamling komponenter fra sengeutrustning, plassert tilfeldig i en plastsekk. Sengeutrustningen som er hentet fra skipet bestod av laken (bomull), tepper (bomull/acryl/viskose), putevar/-dynetrekk (bomull).

I forsøket SC-1 ble det benyttet sengetepper.

Forsøkene SC-2, SC-3, SC-4, SC-4A, SC-4B, SC-5, SC-5A, SC-6 og SC-7 er det benyttet plater med plastlaminat og golvteppe.

Forøvrig henvises det til kap. 5.10 i hovedrapporten, STF25 F90014 /2/, vedrørende testing i henhold til standardiserte metoder. I samme rapport er det gjenngitt resultater fra testing av laminater og golvtepper.

### 3 MEKANISK VENTILASJON.

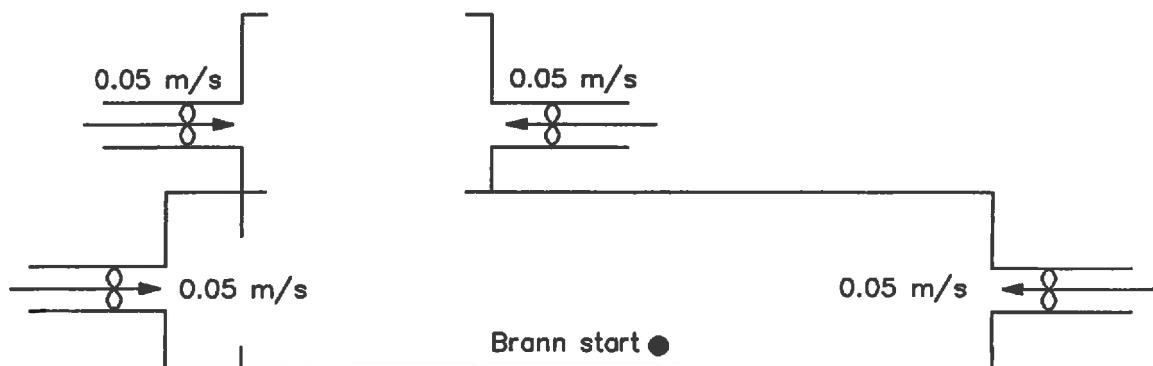
Prinsippet for ventilasjon av oppholdsområder er overtrykksventilasjon, hvilket innebærer at tilluftsmengden er større enn avtrekksmengden. De innledende forsøkene, forsøk SC-2, SC-3, SC-4, SC-4A, SC-4B, SC-5 og SC-5B er gjennomført i en modell (skala 1:1) av deler av korridor på bildekknivå (C-dekk). På bakgrunn av kapasitetsdata for det mekaniske ventilasjonsanlegget er differensen mellom tilluft og avtrekk pr. seksjon fastslått til å ligge i størrelsesorden  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  (se egen delrapport om ventilasjonsanlegget). Med et korridortverrsnitt i størrelsesorden  $2 \text{ m}^2$  gir dette lufthastigheter i korridoren under normal drift i størrelsesorden  $0.05 \text{ m/s}$ .

Fra det tidspunktet branndører stenges, endres strømningsforholdene. I denne forbindelse henvises til delrapport "Brannen ombord i Scandinavian Star. En vurdering av ventilasjonsanleggets betydning i det tidlige brannforløpet." STF F90010 /1/.

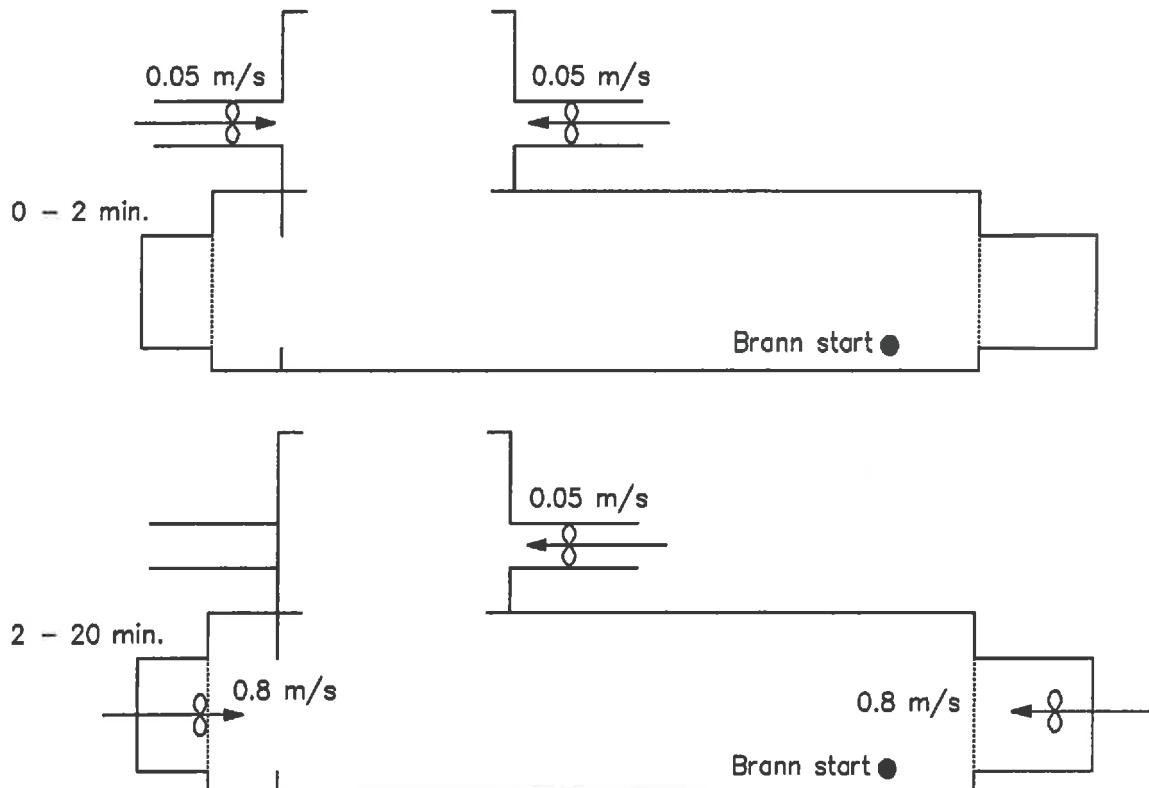
Underskudd av luft som bildekkventilasjonen forårsaker ligger i størrelsesorden  $15000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Pga. av kombinasjonen av åpne/lukkede branndører dekkes dette primært ved strømning gjennom sjakt  $D_b$ , hvor luften i stor grad tilføres via korridorer på bildekknivå. Luftmengden fra dette området er anslått til å ligge i størrelsesorden  $12000 \text{ m}^3/\text{h}$  fordelt på henholdsvis fremre og bakre seksjon. Tilsvarende luft-hastigheter med samme korridortverrsnitt ligger i størrelsesorden  $0.8 \text{ m/s}$ . Denne situasjonen er simulert i forsøk SC-7.

Simulering av ventilasjonsforhold i korridor/trappesjakt forsøk SC-6 og SC-7, se fig. 6 og 7.

- 11 -



**Figur 6** Forsøk SC-6. Mekanisk tilluft, totalt  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ , fordelt på fire seksjoner.



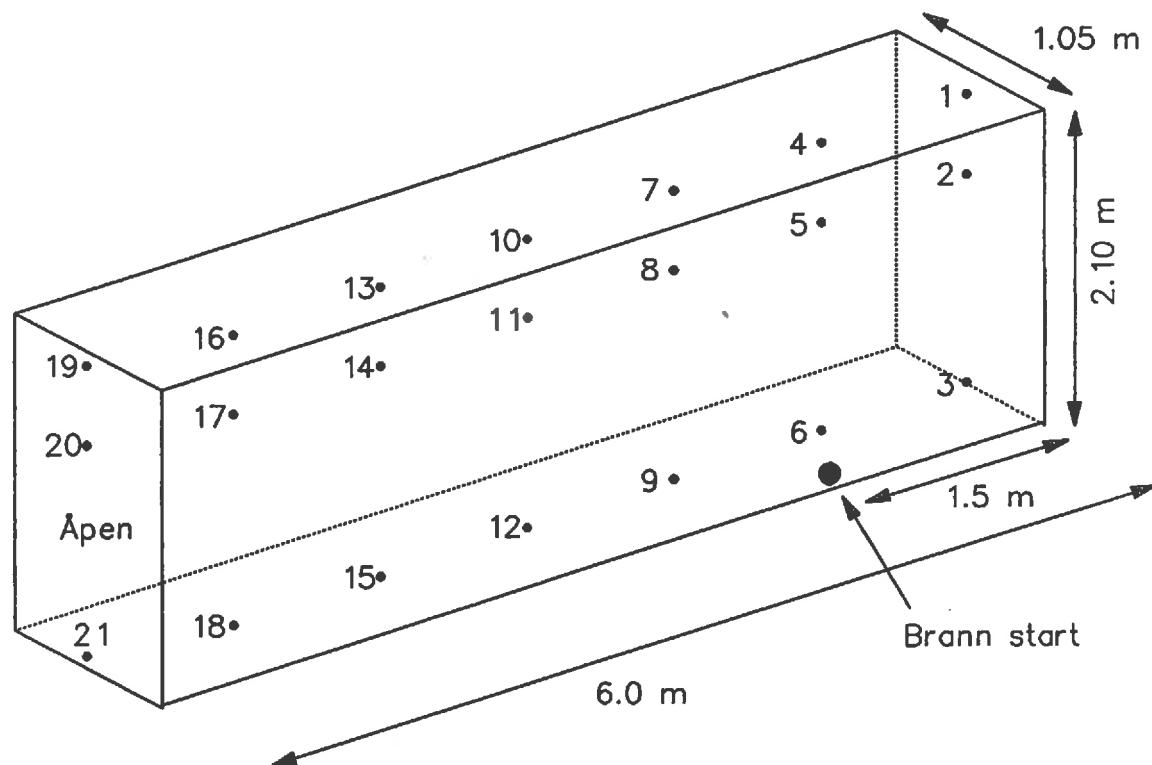
**Figur 7** Forsøk SC-7. Mekanisk tilluft: 0-2 min:  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ , fordelt på to seksjoner. 2-20 min:  $12000 \text{ m}^3/\text{h}$  fordelt på 3 seksjoner.

## 4 MÅLEOPPLEGG OG MÅLEUTSTYR

### 4.1 MÅLEOPPLEGG

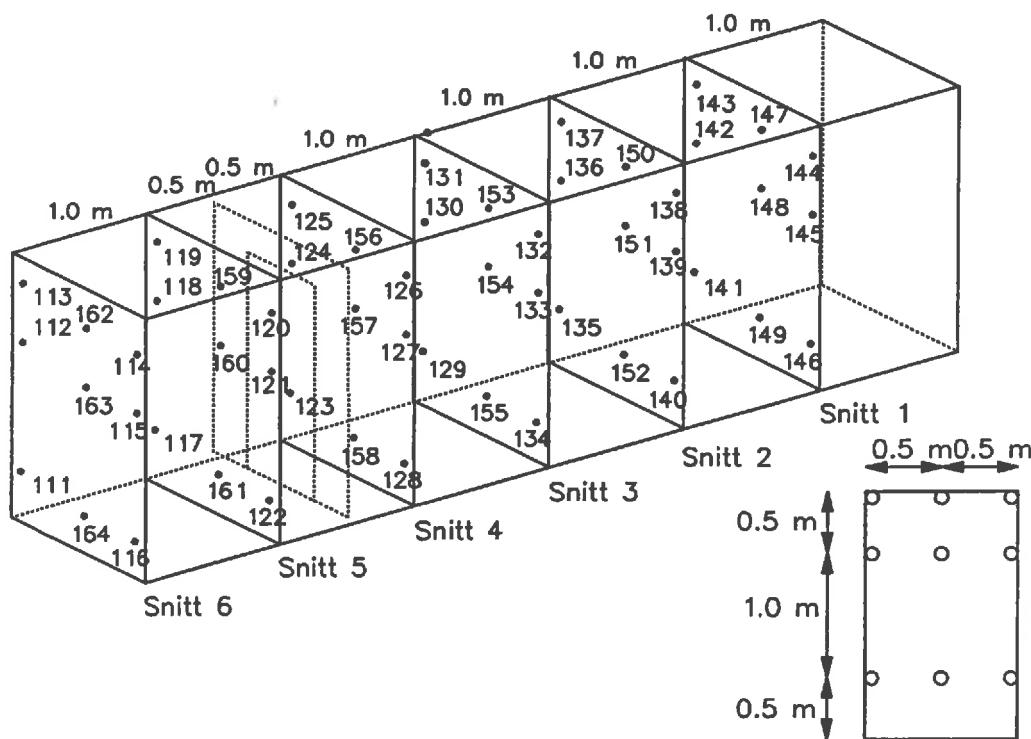
Plassering av målepunkter for temperatur i de respektive forsøk er vist i fig. 8-12.

Plassering av målestasjon for karbonmonoksyd, oksygen, karbondioksyd og optisk tetthet, se fig. 1, 2, 4 og 5.

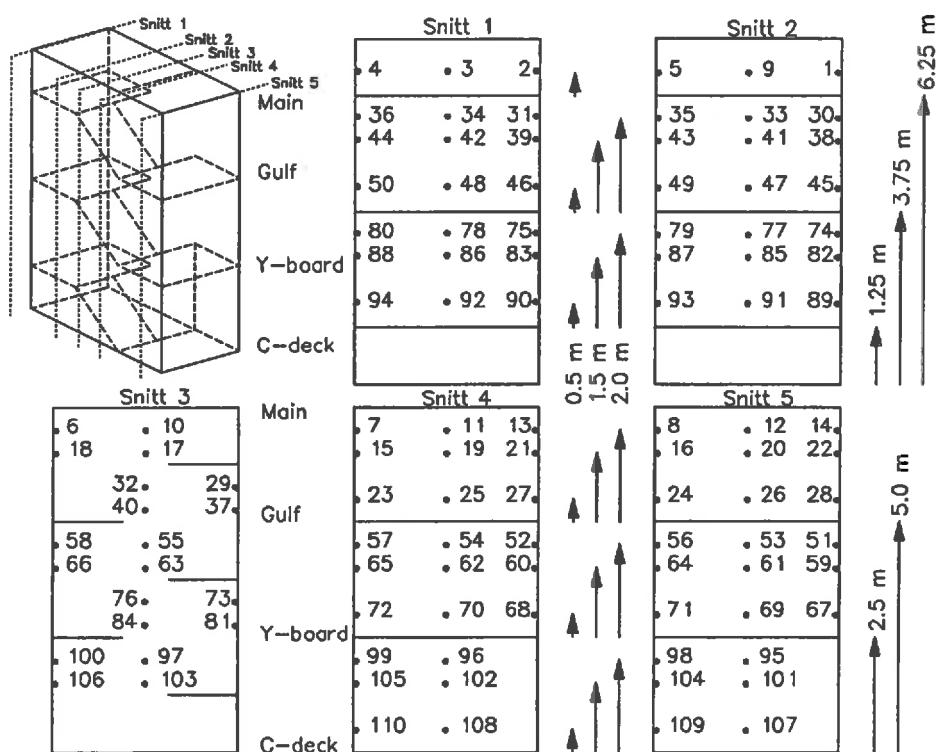


**Figur 8** Plassering av temperatur-målepunkter i forsøk SC-5 og SC-5A. (Forsøk med kun måling av temperatur).

- 13 -

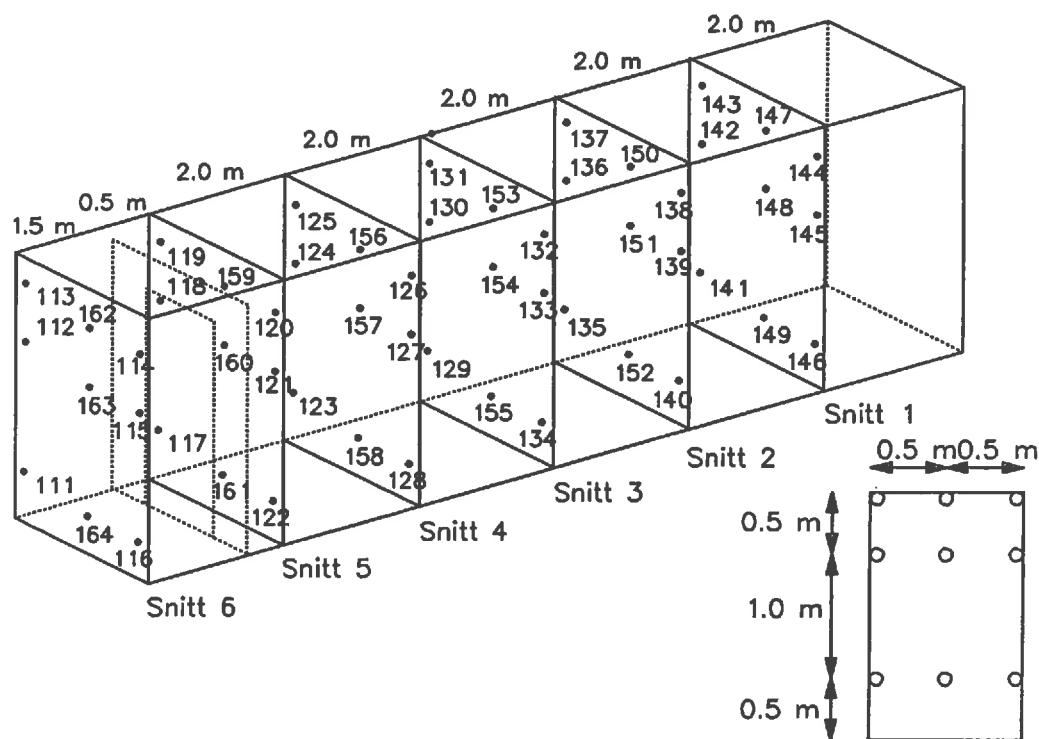


**Figur 9** Plassering av temperatur-målepunkt i korridor, forsøk SC-6

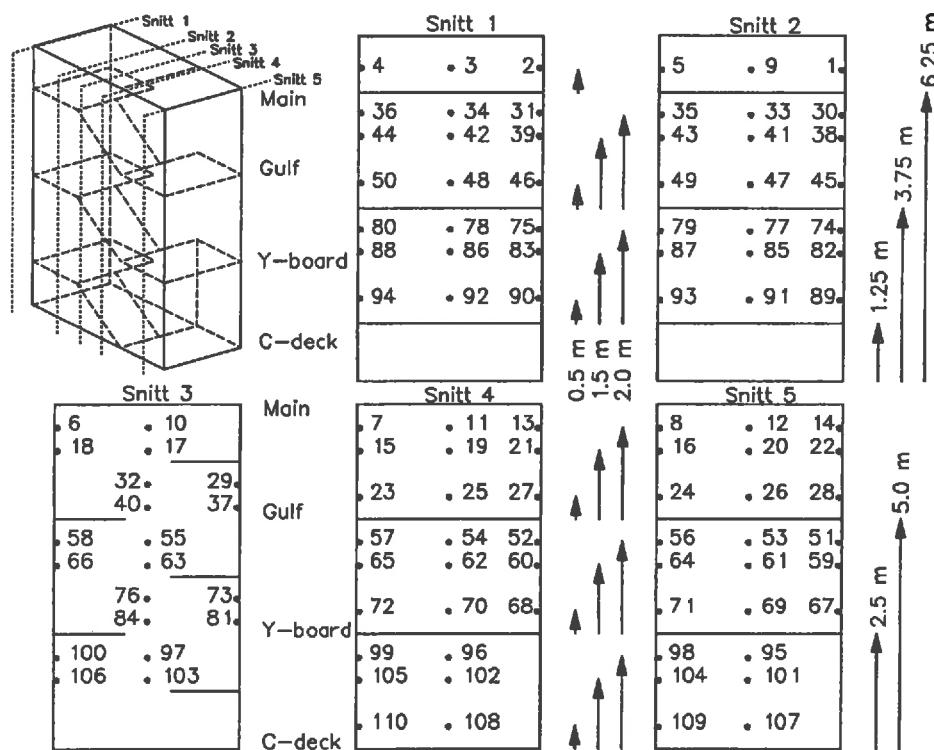


**Figur 10** Plassering av temperatur-målepunkter i trappesjakt, forsøk SC-6.

- 14 -



**Figur 11** Plassering av temperatur-målepunkter i korridor, forsøk SC-7.



**Figur 12** Plassering av temperatur-målepunkter i trappesjakt, forsøk SC-7.

- 15 -

#### 4.2 TERMOELEMENTER

Temperaturen ble ved alle forsøkene målt ved hjelp av termoelement laget av termoelementtråd type K (Chromel-Alumel) type C.S. Gordon K28-1-305.

Usikkerhet:	0°C - 700°C	< 0.7°C
	700°C - 1065°C	< 1.0°C

#### 4.3 GASSANALYSEUTSTYR

Følgende utstyr for gassanalyse ble benyttet i samtlige forsøk, unntatt SC-5 og SC-5A.

Gassanalyseutstyret besto av følgende utstyr:

O <sub>2</sub>	Simens Oxymat 5E	Måleområde 0-21 Vol.% O <sub>2</sub> i røykgassen. Målenøyaktighet: < 0.05%.
CO	URAS 3G	Basert på infrarød strålingsorbsjon. Måleområde: 0-2 Vol.% CO i røykgassen. Målenøyaktighet: < 0.3% av maks utslag.
CO <sub>2</sub>	URAS 3G	Basert på infrarød strålingsorbsjon. Måleområde: 0-20 Vol.% CO <sub>2</sub> i røykgassen. Målenøyaktighet: < 0.3% av maks utslag.
HCN	URAS 3G	Basert på infrarød strålingsorbsjon. Måleområde: 0-1000 ppm HCN i røykgassen. Målenøyaktighet: < 0.3% av maks utslag.

#### 4.4 OPTISK TETTHET

Ved forsøkene SC-3, SC-4, SC-4A, SC-4B ble følgende utstyr benyttet til måling av siktbarheten:

En lyskilde	ME 82-G	Maurer
Lysdetektor	ME 82-E	Maurer
Forsterker	ME 83	Maurer

Lyskilden hadde et standard lys med en temperatur på  $T_v = 2865$  K i henhold til DIN 5033.

Ved forsøkene SC-6 og SC-7 ble det benyttet en laser av typen RC 1-pol.

Klasse	3 B
Effekt	1 mV

Systemet består av en laser lyskilde, lysdetektor og en forsterker.

Registrering av optisk tetthet falt ut under forsøk SC-2.

#### 4.5 HASTIGHET

Hastighet i forsøkene SC-2, SC-3, SC-4, SC-4A, SC-4B ble målt ved hjelp av en bidireksjonal probe tilkoblet en trykktransducer av typen:

Pressure transducer FFB 11

Måleområde: 0-100 Pa

Ved forsøkene SC-6 og SC-7 ble hastigheten målt med et ringformet rør, av prinsipp likt et pitotrør, /3/. Dette var tilkoblet en trykktransducer av typen:

Pressure transducer FCO40

Måleområde: 10 mmH<sub>2</sub>O

Nøyaktighet: < 1% av målt verdi.

#### 4.6 DATALOGGEUTSTYR

I samtlige forsøk benyttet man følgende dataloggeutstyr:

Solartron IMP-dataloggesystem.

- 17 -

### Oppløsning på 16 bits A/D-omformer

Målenøyaktigheten er som følgende:

Temperatur:

Følsomhet:	-100°C - 1370°C	0,1°C
Feilmåling:	-100°C - 450°C 450°C - 1370°C	< 0.3°C < 1.0°C

Spennin:

Følsomhet:	2mV	1μV
	200mV	10μV
	2V	100μV
	12V	1mV
Feilmåling:	20mV - 12V	< 0.02%

## 4.7 BEREGNINGER

Varmeffekten Q [kW] for forsøk SC-1 til SC-4B blir beregnet som beskrevet i NTF 025 /4/.

Varmeffekten Q [kW] for forsøk SC-6 og SC-7 blir beregnet som beskrevet i Technical report, A FIRE PRODUCTS COLLECTOR FOR CALORIMETRY INTO THE MW RANGE /3/.

Begge metodene beregner avgitt varmoeffekt basert på forbruk av oksygen [O<sub>2</sub>]

Metodene gir CO, CO<sub>2</sub> og HCN i g/s. I denne rapporten er de vist som gram-produsert / gram-forbrent. Omregningen blir gjort som følger:

Ved måling av gasskonsentrasjon i modellen er denne avhengig av hvor en måler. Fortynning med luft skjer etter at gassen forlater forbrenningssonen. I gassanalysatorene måles konsentrasjonen til enhver tid i avsugspunktet, som er plassert øverst i trappesjakten.

For å finne produksjonen av gasskomponentene uttrykt på en måte som gjør det mulig å sammenlikne med det som finnes i andre forsøk, er det beregnet hvor mange gram av hver gasskomponent som utvikles når et gram av et materiale brenner.

Siden avbrenningsraten av overflatematerialer ikke kan finnes direkte ved veiing under fullskala forsøk, er denne beregnet ut ifra avgitt effekt i brannen. Brennverdien for materialene som deltar i brannen, det vil si laminat på vegger og i tak, og golvteppe, er funnet ved egne tester. I beregningen av avbrenningsraten er det benyttet brennverdien funnet ved metode ISO 1716 - 1973, det såkalte bombekalorimeter.

Avbrenningsraten beregnes slik:

$$m_f = Q/\Delta H_c$$

hvor

- $m_f$  : Avbrenningsrate for brenselet [g/s]  
 $Q$  : Varmeutvikling [W]  
 $\Delta H_c$  : Brennverdi for brenselet [J/g]

I omregningen er brennverdien for laminatet, 19.36 [MJ/kg] (19360 [J/g]) benyttet for  $\Delta H_c$ .

Videre beregnes det såkalte utbyttet for de forskjellige gasskomponentene, slik:

$$Y_{CO} = m_{CO}/m_f$$

hvor

- $Y_{CO}$  : Utbytte av CO [g/g]  
 $m_{CO}$  : produksjon av CO [g/s]

Denne omregningen gjøres også for HCN og for CO<sub>2</sub>.

Denne produksjonen av gasskomponenter er inngangsdata for beregninger av gasspredning i resten av skipet, og fra disse beregningene finnes konsentrasjonen av gass til enhver tid i de områdene beregningen omfatter.

#### 4.8 MÅLENØYAKTIGHET.

Nøyaktigheten på størrelser som avgitt effekt og massestrøm av røyk er ikke bare avhengig av nøyaktigheten til måleinstrumentene. Plassering av målesonder i forhold til tilfeldige variasjoner i strømningen påvirker resultatet, og enkelte mindre viktige feilkilder tas heller ikke med ved beregning av effektutviklingen. Av dette kan nevnes at det for eksempel ikke korrigeres for vanndampinnholdet i røyken, siden dette ikke måles.

Spesielt vil målingene være mindre nøyaktige i to tilfeller, ved lav brannbelastning og når flammer omhyller målesondene. Verdier som benyttes videre i beregninger av røykspredning er tatt ifra perioder i brannforløpet hvor disse avvikene har minst innflytelse.

Total nøyaktighet ved angivelse av avgitt branneffekt er ved sammenliknbare forsøk funnet til å være i størrelse  $\pm 20\%$ . Dette vil avspeiles i de øvrige målinger som er avhengig av effektutvikling.

## 5 FORSØKSRESULTATER

### 5.1 FORSØKSGJENNOMFØRING

#### 5.1.1 Bakgrunn for valg av startbrann

Forsøkene i laboratoriet er utført i to etapper. Første etappe hadde som formål å finne ut hvor stor startbrannen måtte være for å få til selvoppholdende brann i en korridor. Neste etappe, forsøk SC-6 og SC-7, hadde som formål å finne brannutviklingen i korridor og trappesjakt avhengig av ventilasjonsforholdene.

I forsøk SC-1 ble 2 sengetepper antent med en fyrstikk, og brannforløpet ble målt. Det medførte svært liten varmeutvikling, i størrelse under 30 kW, nesten ikke målbart i den utrustningen som er benyttet.

I forsøk SC-2 ble en propanbrenner med effekt 200 kW brukt som tennkilde i et 3.5 [m] langt korridorsegment. Dette er den samme tennkilden som ble benyttet i standard testen NT FIRE 025, for undersøkelse av brannspredning i overflatematerialer. Korridoren ble overtent i forsøket.

Ut ifra denne erfaringen ble det undersøkt hvor stor effekt brann i en plastsekk med sengklær kunne utvikle. I forsøk SC-3 ble en sekkr antent med fyrstikk, og effektutviklingen ble målt opp til 150 kW på det maksimale.

Neste forsøk, SC-4, ble så utført i et 3.5 m langt korridorsegment, med en propanbrenner med 100 [kW] effekt. Veggbelegget brant opp bak brenneren, men det ble ingen selvoppholdende brann i korridoren.

I neste forsøk, SC-4A, ble en plastsekk med sengklær plassert som startbrannkilde i et 3.5 m langt korridorsegment, og sekken ble antent med en fyrstikk. Det brant i laminatet bak sekken med sengklær, men det ble ingen selvoppholdende brann i korridoren.

Dette forsøket ble gjentatt, for å finne ut om det var reproducerbart, eller om små tilfeldige variasjoner i startbrannen kunne påvirke resultatet. SC-4B ble gjennomført, identisk med SC-4A, og resultatet nå ble brannspredning i korridoren, med selvoppholdende brann i overflatene.

- 21 -

Startbrannen som måtte til for å få selvoppholdende brann i et 3,5 m langt korridorsegment så ut til å være mellom 150 - 200 kW.

Forsøkene, med henholdsvis en og to sekker som startbrannkilde, ble gjentatt i et 6 [m] langt korridorsegment, og resultatet var at en sekke ikke førte til selvoppholdende brann, mens dette skjedde når to sekker ble brukt. Disse forsøkene er betegnet SC-5 og SC-5A, og indikerer igjen at en startbrann mellom 150 - 200 kW er nødvendig og tilstrekkelig for å få til selvoppholdende brann i en korridor med dimensjoner og materialer som på Scandinavian Star, og at en slik startbrann kan oppstå med et par plastsekker med sengetøy antent med en fyrstikk.

For videre forsøk med brannspredning til trappesjakt ble det valgt å benytte en propanbrenner med effekt 200 kW som startbrann, for å unngå tilfeldige variasjoner.

I de to neste forsøkene ble ventilasjonen regulert til to ytterpunkter i driftsforhold. I forsøk SC-6 ble det tilført en ventilasjonsluftmengde som tilsvarer normalt luftoverskudd til korridorene, uten tilførsel fra andre områder utover det som var normalt ved åpne dører. Startbrannen ble plassert 1,5 m innenfor branndør i korridoren. Resultatet var en utbrenning av overflatene i korridoren fram til trappesjakten, og de nederste delen av trappesjakten, men brannen spredte seg ikke opp i selve trappesjakten. Effektutviklingen ble i en periode begrenset av lufttilførselen til brannsonen. Maksimal effekt ble målt til i overkant av 1000 kW.

I forsøk SC-7 ble ventilasjonsluftmengden holdt på samme nivå som i SC-6 i de første 2 minuttene av brannen, for deretter å bli ti-doblet. Den sterke økningen i ventilasjonsluftmengden ble valgt som en følge av de konklusjonene som er trukket i rapporten om ventilasjonsanleggets driftsforhold, og av det faktum at brannen i korridoren i forsøk SC-6 ble begrenset av lufttilførsel i en periode med sterk effektutvikling.

Resultatet i forsøk SC-7 ble en kraftig økning av effekt etter økning av ventilasjonsluftmengden, og en brann som spredte seg opp hele trappesjakten. Brannspredningen opp trappesjakten var mye hurtigere enn i korridoren. Dette skyldes at vertikale flater blir forvarmet i større grad av varm røyk, og avdampingen av plastmaterialet i laminatet foregår derfor raskere enn ved horisontal brannspredning.

Fra resultatene i forsøk SC-6 og SC-7 framgår at det er en minimum brannbelastning i korridoren som må til for at brannen skal spre seg opp trappesjakten. Overslag tilsier at det må være en brann i korridoren med varm røyk og uforbrente gasser med en varighet utover det som forekom i forsøk SC-6, det vil si en varighet over ca. 2 minutter.

- 22 -

Karakteristisk effektutvikling når det er selvoppholdende brann med brennende gasser ut av korridoren er ca. 1000 kW. Konklusjonen er at for å få til brannspredning fra korridor til trappesjakt må brannen i korridoren være i størrelse 1000 kW i ca 2 minutter.

Detaljert gjennomgang av de enkelte forsøk og grafisk presentasjon av resultater finnes videre i kapittel 5.

### 5.1.2 Forsøksbetingelser

Tabell 1 Forsøksbetingelser.

Forsøk	Brannmateriale	Antennelse	Forsøksoppstilling	Resultat
SC-1 90-06-29	2 stk sengetepper	fyrstikk	plassert på veicelle under avsugshette	
SC-2 90-07-03	innredning: laminat <sup>1</sup> 51kg golvteppe 10kg	gassbrenner 200 kW kontinuerlig	korridor, seksjon 3.5 m plassert under avsugshette	Overtenting
SC-3 90-07-04	sekk med sengeklær	fyrstikk, antennelse i bunn av sekk med klær	plassert på veicelle under avsugshette	
SC-4 90-07-04	innredning: laminat <sup>1</sup> 51kg golvteppe 10kg	gassbrenner 100 kW kontinuerlig	korridor, seksjon 3.5 m plassert under avsugshette	Ingen overtenning
SC-4A 90-07-04	innredning: laminat <sup>1</sup> , golvteppe, sekk med sengeklær	fyrstikk, antennelse i bunn av sekk med klær	korridor, seksjon 3.5 m plassert under avsugshette	Ingen overtenning
SC-4B 90-07-04	innredning: laminat <sup>1</sup> , golvteppe, sekk med senge-klær	fyrstikk, antennelse i bunn av sekk med klær	korridor, seksjon 3.5 m plassert under avsugshette	Overtenting i korridor
SC-5 90-07-05	sekk med senge-klær laminat <sup>1</sup> 84kg golvteppe 10kg	fyrstikk, antennelse i bunn av sekk med klær	korridor, seksjon 6 m plassert åpent i forsøks- hall	Ingen overtenning
SC-5A 90-07-05	laminat <sup>1</sup> 84kg golvteppe 10kg 2 sekker med senge- klær.	fyrstikk, antennelse i berøringsflaten mel- lom sekkene	korridor, seksjon 6 m plassert åpent i forsøks- hall	Overtenting i korridoren
SC-6 90-07-10	innredning: laminat <sup>1</sup> 362kg golvteppe, 108kg	gassbrenner 200 kW kontinuerlig	korridor, seksjon 6 m trappesjakt mekanisk tilluft fordelt på fire seksjoner, totalt 1200 m <sup>3</sup> /h	Overtenting i korridor
SC-7 90-07-12	innredning: laminat <sup>1</sup> 362kg golvteppe, 108kg	gassbrenner 0-4 min 200 kW kon- tinuerlig	korridor, to sek- sjoner á 6m, trappesjakt, mekanisk tilluft: 0-2 min: 600m <sup>3</sup> /h 2-20 min:12000 m <sup>3</sup> /h	Overtenting i korridor og trappesjakt

<sup>1</sup>

Laminattykkelse, begge sider 1.6 mm, total platetykkelse 21,5-23 mm.

## 5.2 FORSØK SC-1

### 5.2.1 Forsøksbeskrivelse

To sengetepper bestående av bomull, akryl og viskose ble plassert på en veiecelle under avsugshetta.

Det ene teppet ble antent langs kanten med en fyrstikk. Selve kanten som er av plastmateriale ble raskt antent, mens selve teppet som var av viskose og acryl var mer tungt antennelig. 3 minutter etter antennelse brant en liten del av teppet med en flammehøyde i størrelsesorden 5-10 cm. Etter ca 17 minutter ble situasjonen noe forandret. Omtrent alt brennbart materiale brant ved dette tidspunktet. Flammehøyden ble anslått til ca. 20 cm.

Røykproduksjonen som denne brannen forårsaket var minimal.

Ca. 30 minutter etter at brannen ble antent, var brannen redusert til et minimum for så å slukne helt ut etter ca. 45 minutter.

Effekten var maksimalt 30 kW.

**- 25 -**

## **5.3 FORSØK SC-2**

### **5.3.1 Forsøksbeskrivelse**

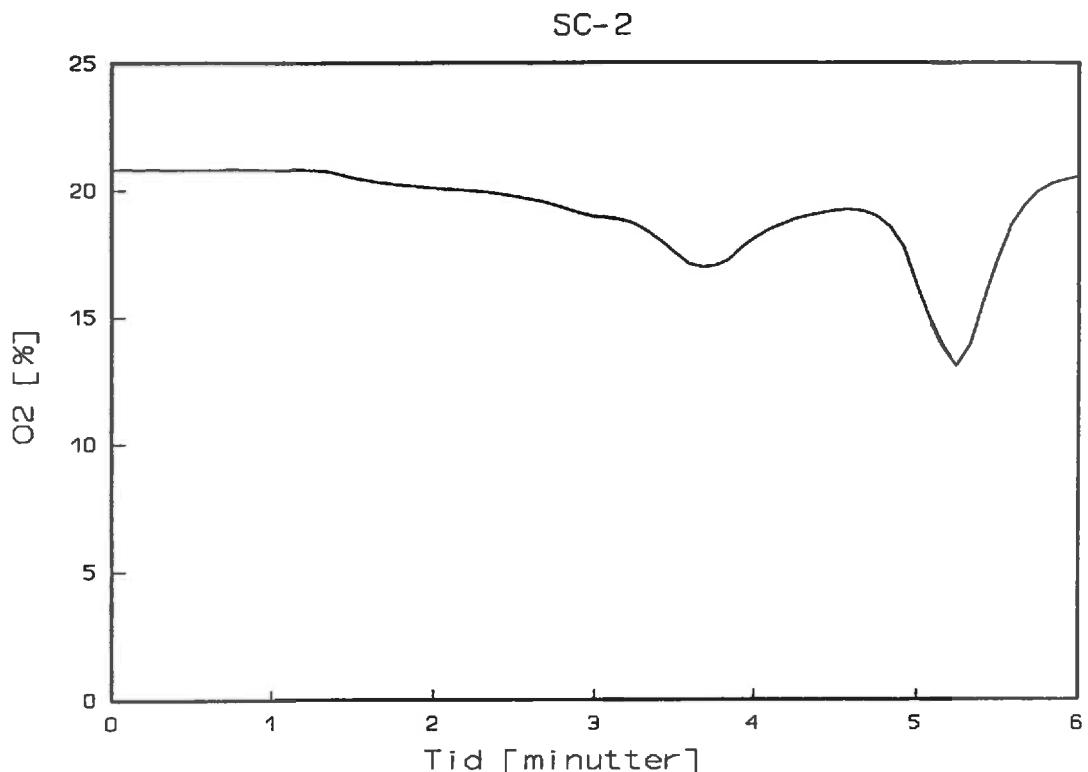
En korridor seksjon på 3,5 meter innredet med laminat og golvteppe fra Scandinavian Star ble plassert med den åpne enden under avsugshetta. Til antennelse ble det benyttet en gassbrenner på 200 kW.

Gassbrenneren var plassert langs en vegg tilsvarende den inn mot cabin, midt i korridoren. Etter ca 2 minutter hadde flammene spredt seg i laminatet rett over gassbrenneren, og nådde deretter taket hvor flammene spredte seg horisontalt likt til begge sider(tilsvarende forover og bakover). Kun en mindre del av motsatt vegg brant ved dette tidspunktet. Deler av det brennende laminatet fra taket falt ned og satte deler av golvteppet i brann. Full overtenting i modellen inntraff etter ca. 4 minutter.

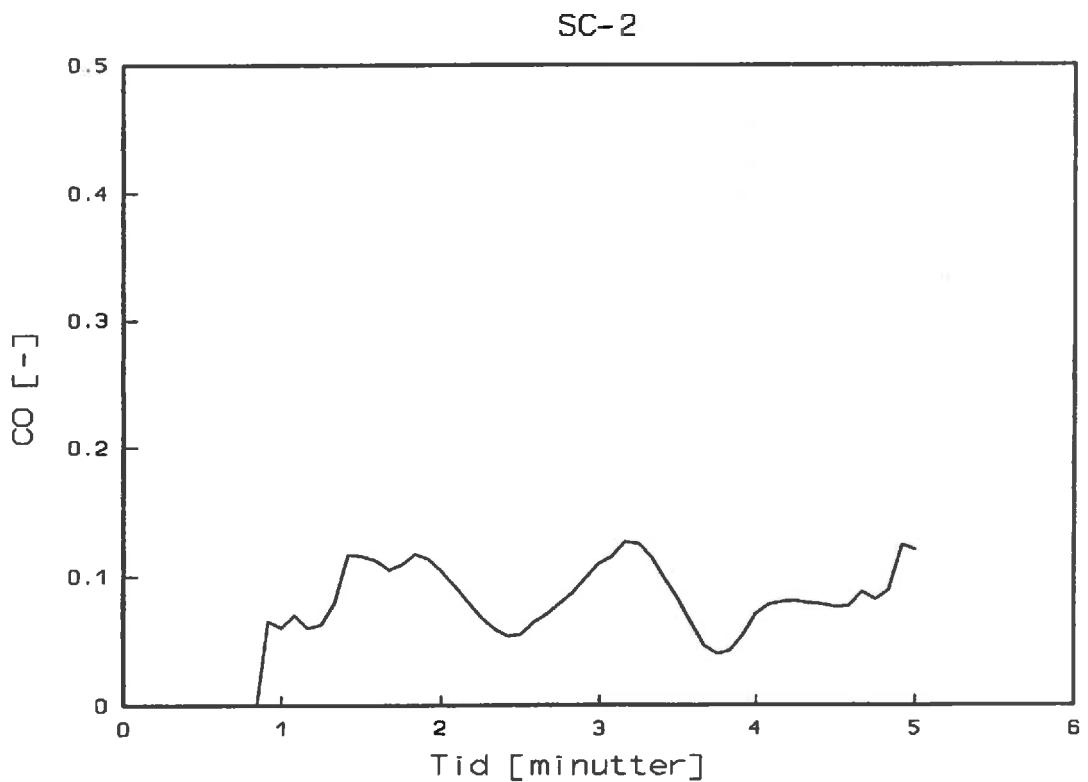
Bilde 1, vedlegg I: Viser korridorseksjonen ca 2 minutter etter at gassbrenneren ble antent.

Bilde 2, vedlegg I: Viser skadebildet etter at slukking har funnet sted.

### 5.3.2 Måleresultater

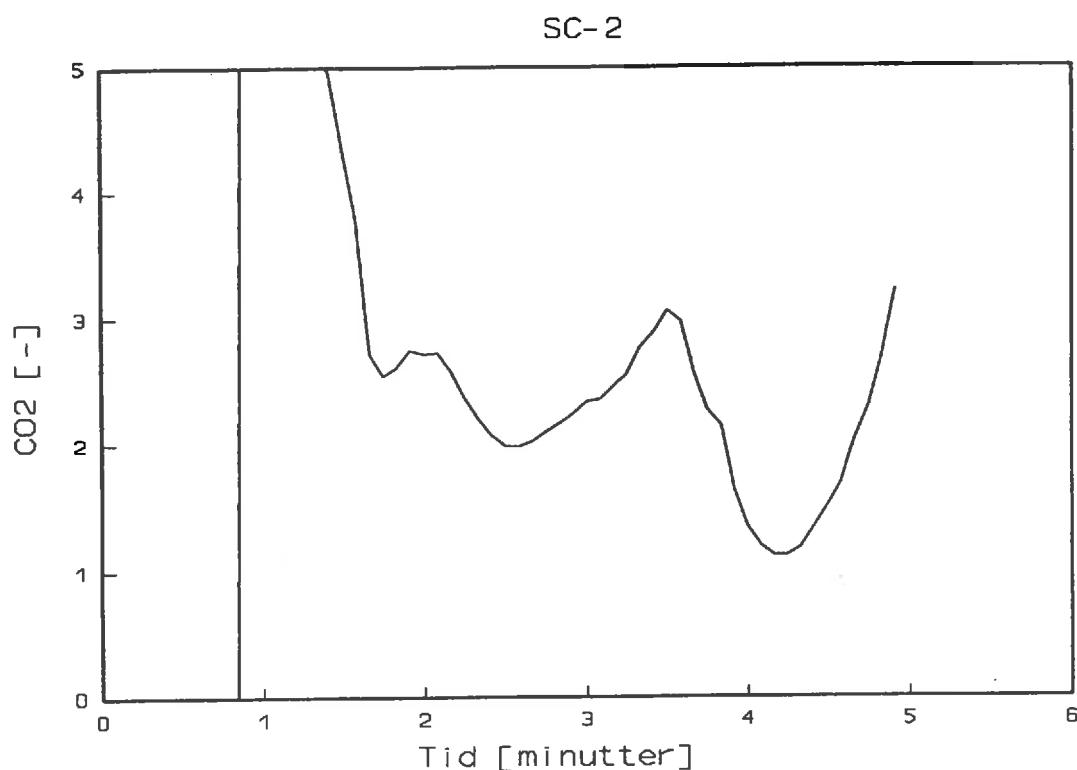


Figur 13 Konsentrasjon av oksygen, O<sub>2</sub> [%] målt i røykrøret (pos. A, se fig. 2)

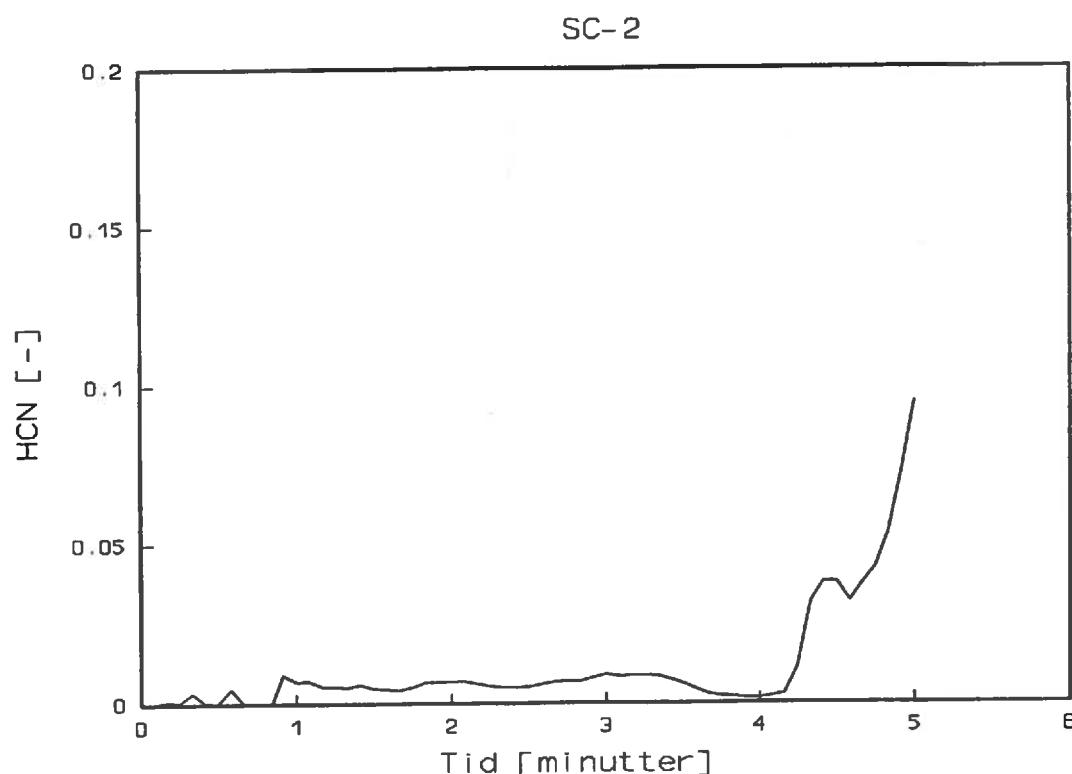


Figur 14 Produksjon av karbonmonoksyd, CO [g/g].

- 27 -

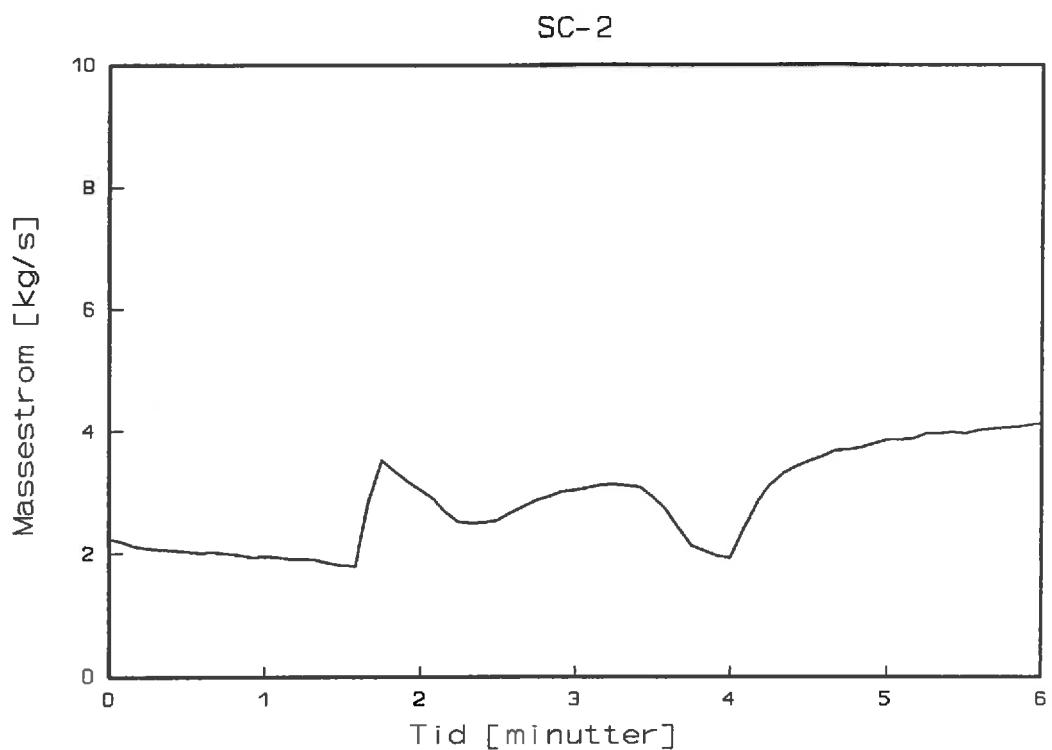


Figur 15 *Produksjon av karbondioksyd, CO<sub>2</sub> [g/g]. Verdier ved tiden ca 1 minutt er feilmålinger p.g.a. måleusikkerhet ved lav effekt.*

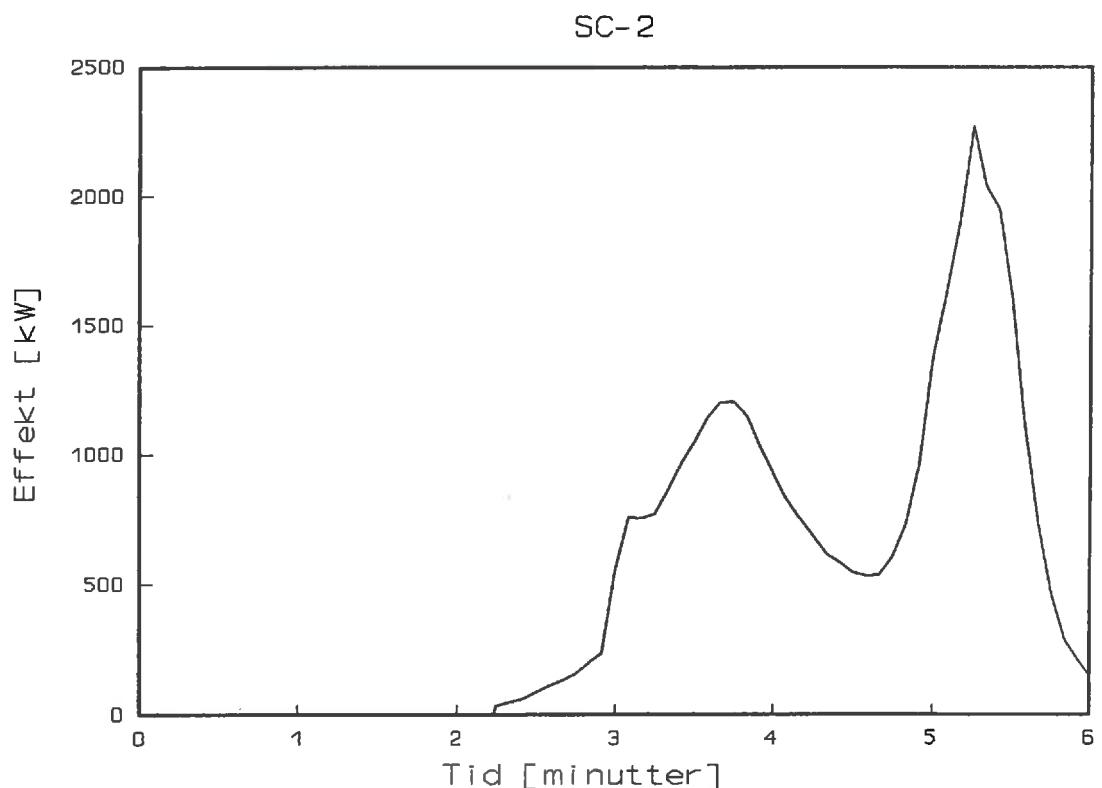


Figur 16 *Produksjon av blåsyre, HCN [g/g].*

- 28 -



Figur 17 *Massestrøm i røykgass [kg/s] målt i røykgassrøret (pos. A, fig.2).*



Figur 18 *Netto varmeeffekt [kW]. Varmeeffekt beregnet ut fra målte oksygen-konsentrasjoner, minus brennereffekten.*

## 5.4 FORSØK SC-3

### 5.4.1 Forsøksbeskrivelse

En sekk med sengeklær plassert på en veiecelle under avsugshetta. Sekken ble antent v.h.a. en fyrstikk.

Forsøket ble gjennomført primært for å bestemme typisk effektutvikling ved brann i en ansamling (sekk) med sengeutrustning. Sekken som forøvrig var av plast ble antent i bunn. Etter ca. 4 minutter brant det i hele sekvensens høyde. 1 minutt senere brant veggen bak sekken i ca. 1 m høyde. Ytterliggere 1 minutt senere ble flammehøyden over toppen av sekken anslått til ca. 1 m. Brannen forløp med tilsynelatende samme intensitet inntil ca. 17 minutter etter start. Fra da av avtok brannen inntil den ble slukket etter 25 minutter. Ved dette tidspunktet var det kun mindre flammer fordelt over hele sekvensens høyde.

Maksimal effekt var ca 150 kW.

Bilde 4, vedlegg I: Viser sekken ca 5 minutter etter antennelse.

Bilde 5, vedlegg I: Viser skadeomfanget når sekken er nesten utbrent.

Det ble benyttet en 3/4 full plastsekk som inneholdt fra bunnen og oppover 2 sengetepper, 1 laken, 1 overtrekk, 1 putevar, 1 håndkle og 1 laken.

## 5.5 FORSØK SC-4

### 5.5.1 Forsøksbeskrivelse

En korridorseksjon på 3,5 meter innredet med laminat og golvteppe fra Scandinavian Star, ble plassert med den åpne enden under avsugshetta. Til antennelse ble det benyttet en gassbrenner.

Gassbrenneren ble plassert langs en vegg tilsvarende den inn mot cabin, i avstand midt i korridoren. Brenneren ble antent, og brant deretter kontinuerlig med en effekt på 100 kW. Etter ca 1 minutt brant laminatet bak og i nivå over brenneren. Toppen av flammene nådde såvidt takflaten. Etter 5 minutter var situasjonen tilnærmet uforandret. Ved dette tidspunktet falt deler av det brente laminatet ned og antente deler av golvteppet. Brenneren ble stengt etter 10 minutter. Ved dette tidspunkt var brannen i laminatet forsatt begrenset til et område bak og over brenner. Ingen form for overtenning inntraff i dette forsøket.

Konklusjonen så langt i forsøksrekken ble således:

En brann i korridoren, dvs laminat og golvteppe, som har utviklet seg til en selvunderholdende brann, og med et skadebilde tilsvarende det man har sett ombord i skipet, trenger en startbrann som gir en varmeeffekt i størrelsesorden 150-200 kW. En slik startbrann kan ha vært en ansamling av sengeutrustning slik det her har vært simulert. Tilfeldigheter, slik som hvor tettpakketøyet er, hvordan sekken er plassert langs veggens osv. kan ha vært utslagsgivende for hvorvidt brannen har resultert i en selvunderholdende brann. Uansett hvordan forløpet for en slik brann har endt er det typisk at spredningsforløpet for flammene er vertikalt før de etter å spre seg horisontalt utover langs taket. Spredning på motsatt vegg inntreffer først like før eller i tilknytning til en overtenning.

Bilde 5, vedlegg I: Viser brannen ca 5 minutter etter antennelse.

Bilde 6, vedlegg I: Viser skadeomfanget etter at brenneren er blitt avslått (til venstre i korridoren).

## 5.6 FORSØK SC-4A

### 5.6.1 Forsøksbeskrivelse

En korridorseksjon på 3,5 meter innredet med laminat og golvteppe fra Scandinavian Star, ble plassert med den åpne enden under avsugshetta.

Startbrann tilsvarende den i forsøk SC-3, dvs sekk med diverse sengeutrustning plassert langs en vegg tilsvarende den inn mot cabin, midt i korridorens lengderetning. Hensikten med forsøket var bl.a å sammenligne med forutgående forsøk med siktet mål å fastlegge nødvendig effekt av startbrann med tanke på hovedforsøket. Brannforløpet ble tilsvarende det som ble observert i forsøk SC-3. Etter 6 minutter var hele sekken overtent mens flammene knapt nok nådde takflaten. Deler av golvteppet rundt omkring sekken brant ved dette tidspunktet. Etter 8 minutter var brannen redusert til et minimum uten at brannforløpet hadde endret seg vesentlig. Etter en kortvarig økning igjen, perioden 10-12 min., avtok brannen kontinuerlig i intensitet inntil slokking ca 16 min. etter start. Skadeomfanget, begrenset til området bak og over sekken som ble antent, var tilsvarende det som ble observert i forsøk SC-3.

Bilde 7, vedlegg I: Viser brannen etter ca 6 minutter.

Bilde 8, vedlegg I: Viser skadeomfanget etter at brannen er slukket.

## 5.7 FORSØK SC-4B

### 5.7.1 Forsøksbeskrivelse

En korridorseksjon på 3.5 meter innredet med laminat og golvteppe fra Scandinavian Star, ble plassert med den åpne enden under avsugshetta.

Forsøket ble anlagt med samme startbrann som forsøk SC-4A, men med plassering av sekken noe lengre inn i korridoren. Selve antennelsen av sekken skjedde på samme måte. Etter ca. 4 minutter brant sekken i hele høyden, og flammene nådde ved dette tidspunktet nesten opp til takflaten. 1 minutt senere hadde brannen spredt seg til taket og fra da av spredte brannen seg langs taket i begge retninger.

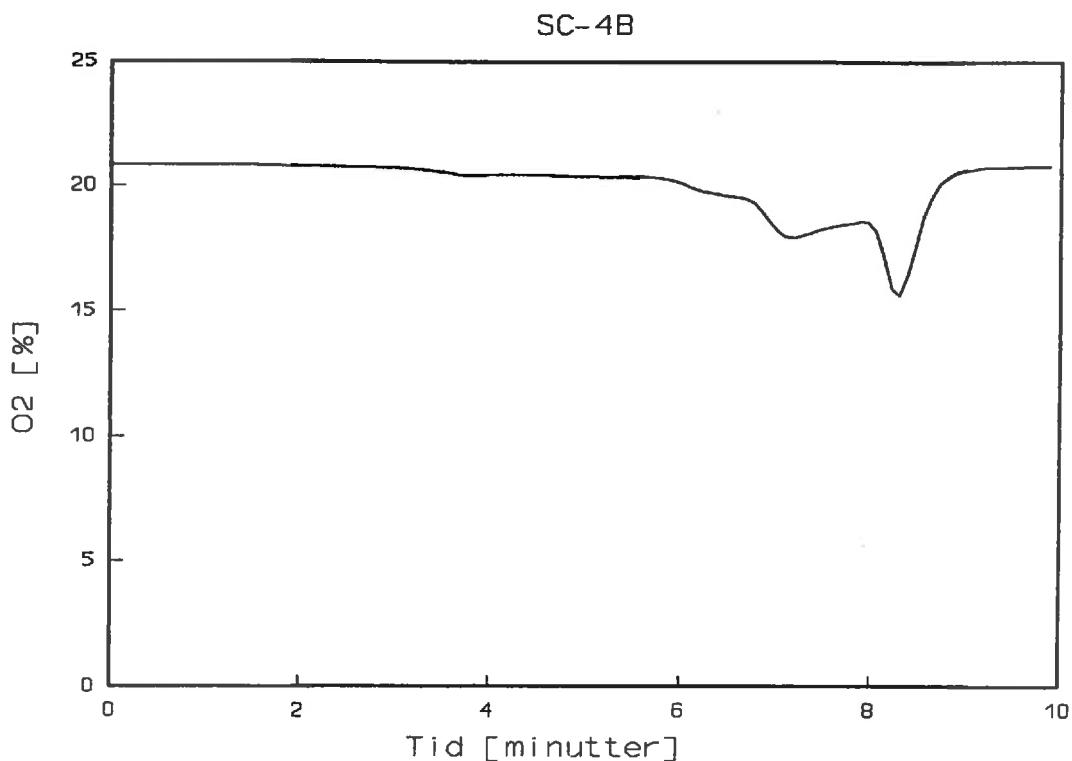
Som tidligere antydet skjedde flammespredningen også her opp og utover langs taket før deretter å spre seg ned langs veggen på andre siden.

Etter ca. 8 minutter skjedde en overtenning i hele korridortverrsnittet. Forskjellen som her ble observert mellom forsøk SC-4 og SC-4A, kan skyldes tilfeldigheter ved startbrannen (tetthet, stablingsmåte osv). Forøvrig må det bemerkes at alt interiør ved start av forsøk SC-4B, hadde en noe høyere temperatur enn tilsvarende ved start av forsøk SC-4A. (oppvarming som skyldes forutgående forsøk).

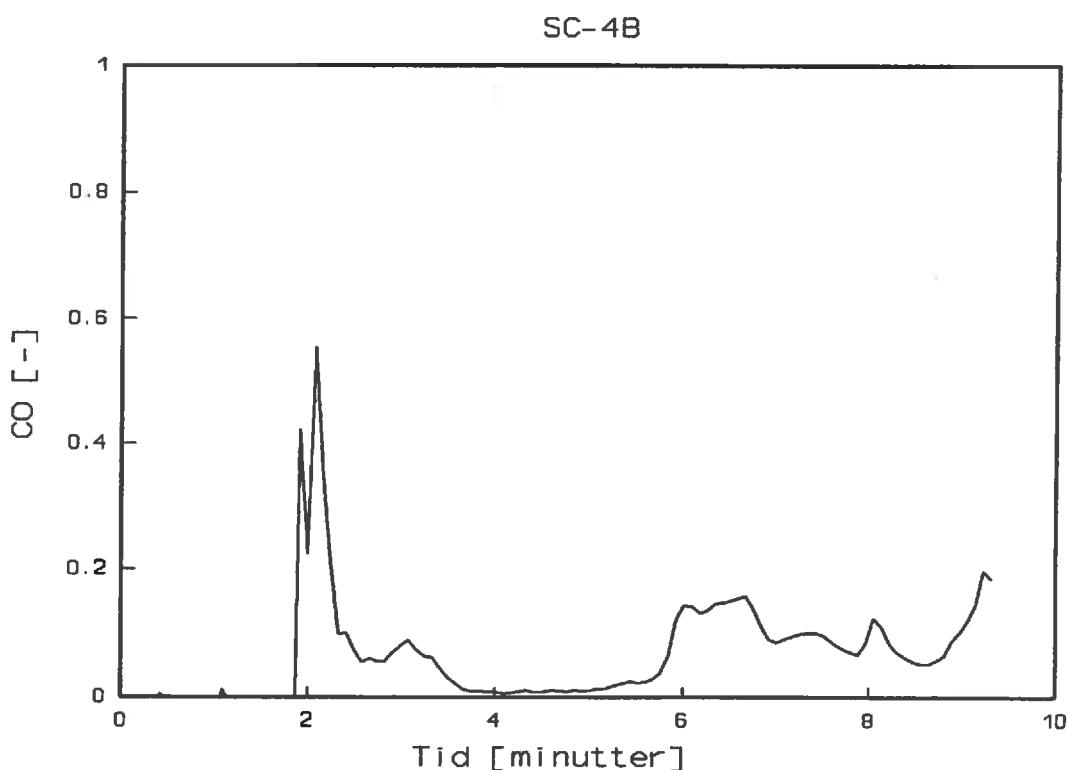
Bilde 9, vedlegg I: Viser brannen i koridoren etter ca 4 minutter.

- 33 -

### 5.7.2 Måleresultater

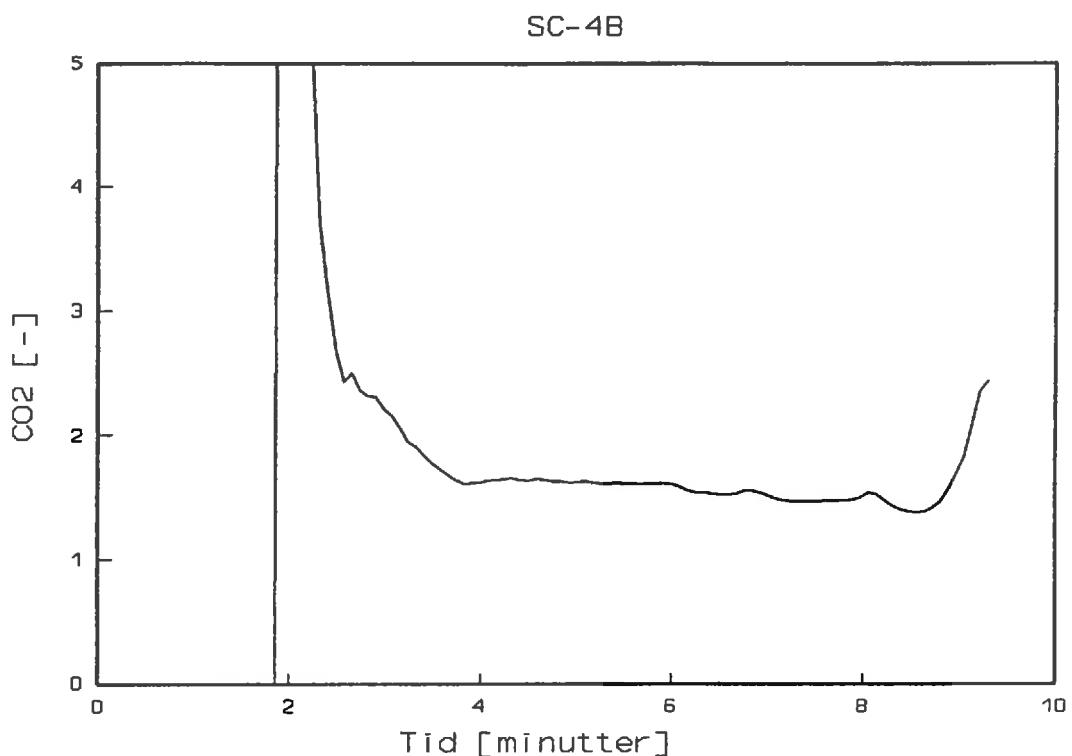


Figur 19 Konsentrasjon av oksygen,  $O_2$  [%] målt i røykrøret (pos. A, fig.2)

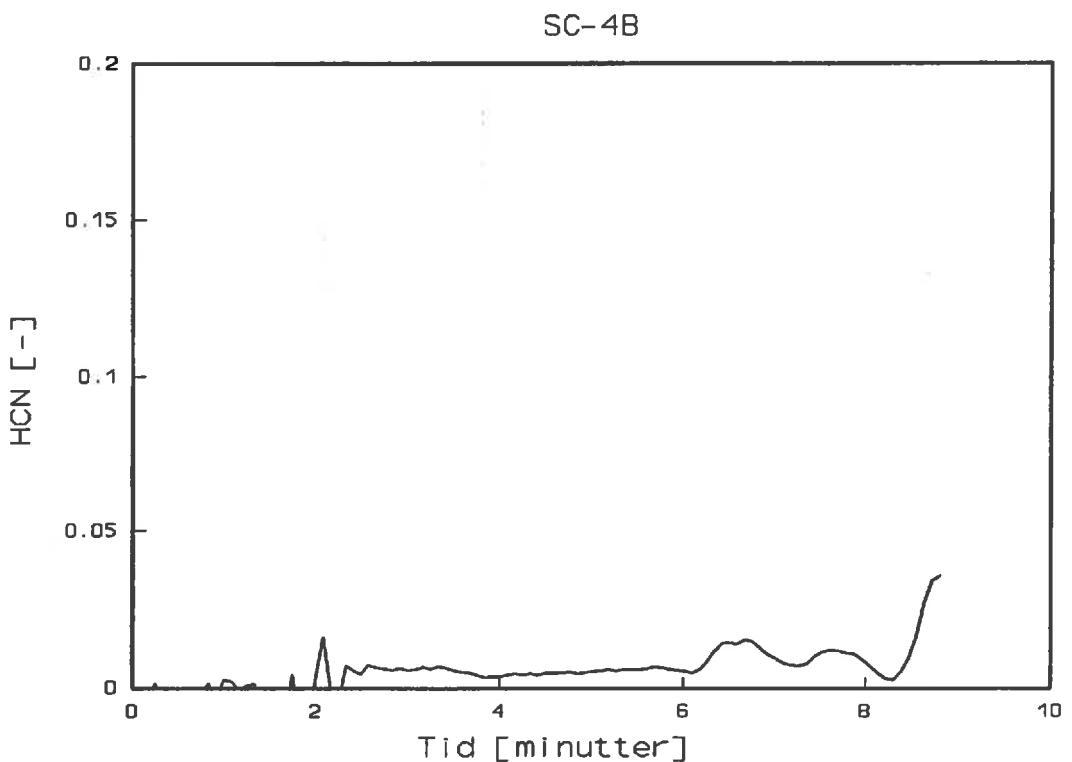


Figur 20 Produksjon av karbonmonoksyd,  $CO$  [g/g]. Toppen ved ca 2 minutter skyldes lave verdier i avbrenningsraten p.g.a.måleusikkerhet i den tidlige brannfasen.

- 34 -

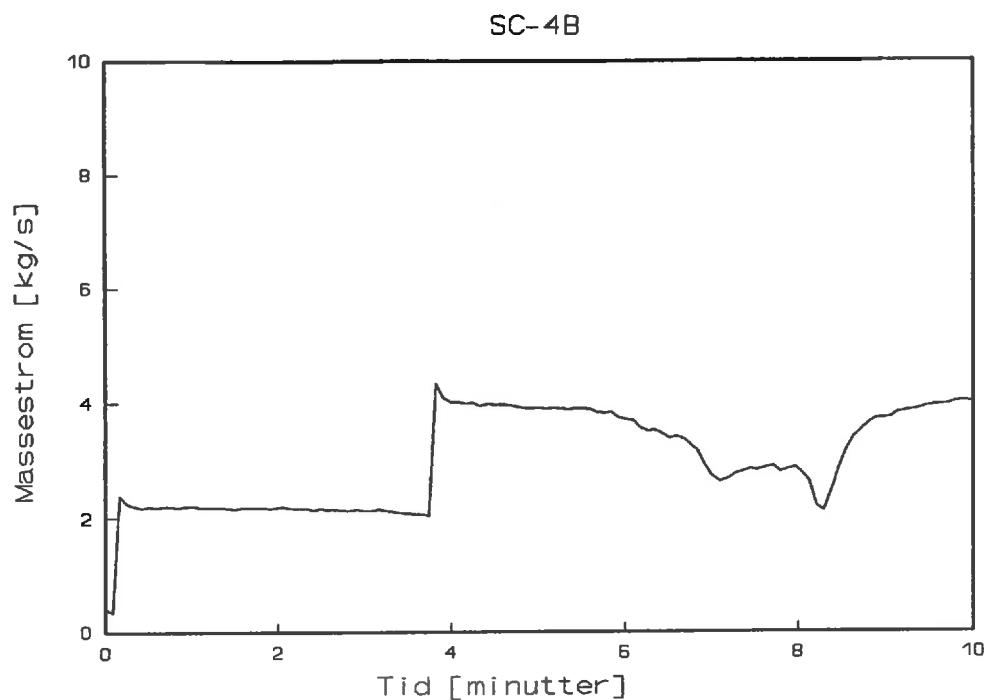


**Figur 21** Produksjon av karbondioksyd, CO<sub>2</sub> [g/g]. Toppen ved ca 2 minutter skyldes lave verdier i avbrenningsraten p.g.a. måleusikkerhet i den tidlige brannfasen.

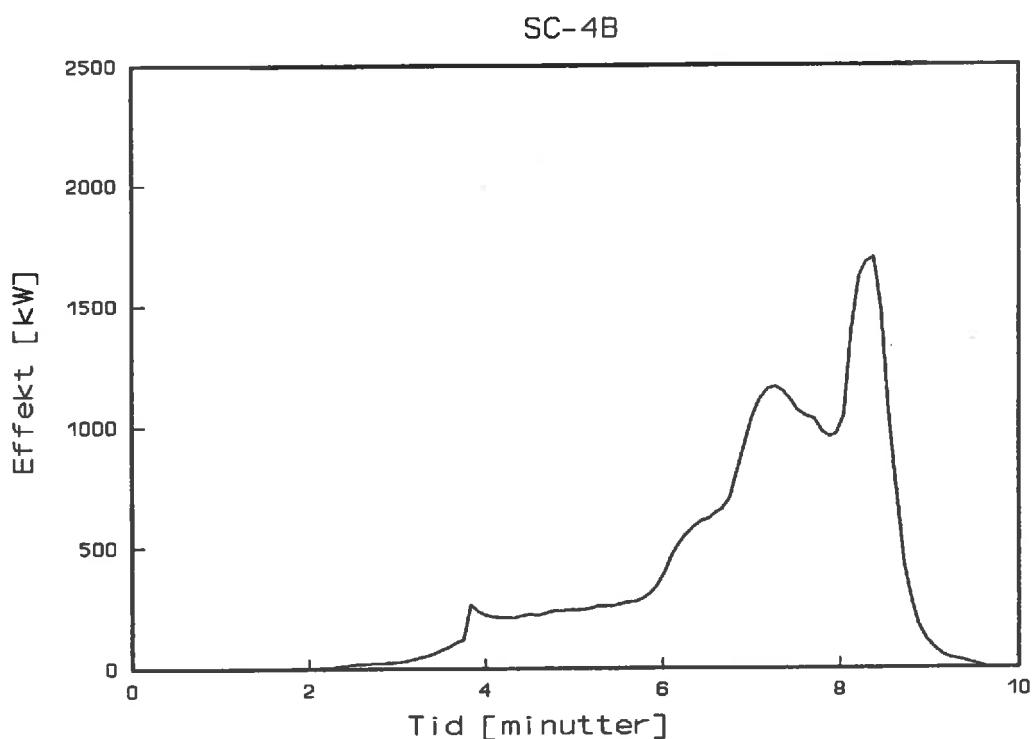


**Figur 22** Produksjon av blåsyre, HCN [g/g].

- 35 -



Figur 23 Massestrøm i røykgass [kg/s] målt i røykrøret (pos.A, fig.2).



Figur 24 Varmeeffekt (kW). Varmeeffekt beregnet ut fra målt oksygen-konsentrasjon.

## 5.8 FORSØK SC-5

### 5.8.1 Forsøksbeskrivelse

En korridor seksjon på 6 meter innredet med laminat og golvteppe fra Scandinavian Star, ble plassert fritt i forsøkshallen.

Startbrannen var en sekk med sengeklær plassert midt i lengderetningen av korridoren på vegg mot bildekk. Brannen forløp tilsvarende det som er beskrevet for forsøk SC-4A. Etter ca. 7 min hadde brannen nådd maksimal intensitet uten at den ved dette tidspunktet hadde spredt seg til takflaten. Etter 10 minutter var det kun mindre flammer i restene av sengeutrustningen, i tillegg brant gelendret som går langs veggen. Forsøket ble stoppet etter 14 minutter uten at flammespredning til tak eller motstående vegg hadde funnet sted.

Bilde 10, vedlegg I: Viser brannen etter ca 7 minutter.

## 5.9 FORSØK SC-5A

### 5.9.1 Forsøksbeskrivelse

En korridor-seksjon på 6 meter innredet med laminat og golvteppe fra Scandinavian Star, ble plassert fritt i forsøkshallen.

Startbrannen var tilsvarende den i forsøk SC-3, men i dette tilfellet ble to sekker med sengeutrustning satt sammen, og det ble antent i den felles berøringsflaten mellom sekkene. Etter ca 1 minutt brant begge sekkene og flammene spredte seg deretter raskt oppover veggen og utover langs taket i begge retninger. Etter ca. 2 minutter spredte flammene seg langs hele takflaten, samtidig som deler av forbrent laminat falt ned og antente golvteppet lokalt. Modellen ble overtent i hele tverrsnittet etter ca. 3 minutter.

Den raske utviklingen mot overtenning i dette tilfellet kan skyldes tilfeldigheter med hensyn til startbrann, som tidligere nevnt, eller det forhold at den ene av de to sekkene var plassert nærmere tilluftsorganet, og på denne måten fikk bedret oksygentilførsel sammenlignet med tilsvarende, forutgående forsøk. I realiteten er disse to momenter to sider av samme sak, da tettheten i sekkene og stablingsmåten influerer på lokale skorsteinseffekter, som igjen bestemmer lufttilførselen til brannsonen.

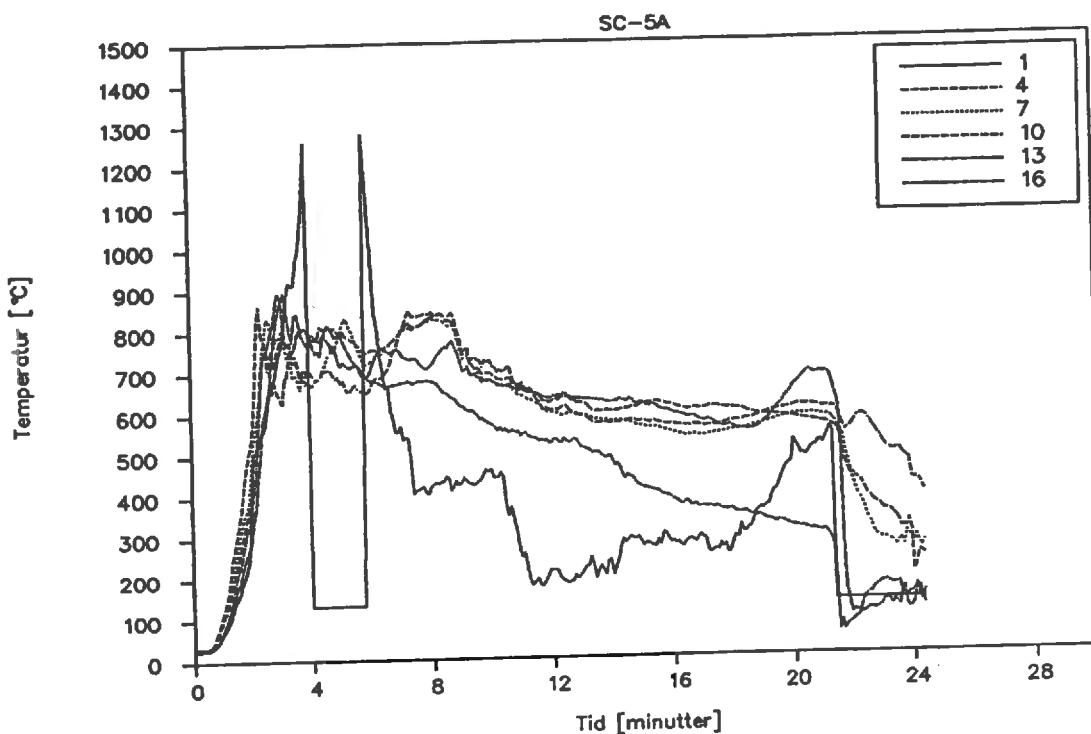
Konklusjonen på den innledende forsøkserien blir derfor at antennelse av sekk med sengeutrustning må betraktes som en aktuell startbrann. Under "gunstige" forhold kan denne ha utviklet en selvunderholdende brann i laminat og golvteppe slik forsøkene har vist.

Bilde 11, vedlegg I: Viser brannen etter ca 2 minutter.

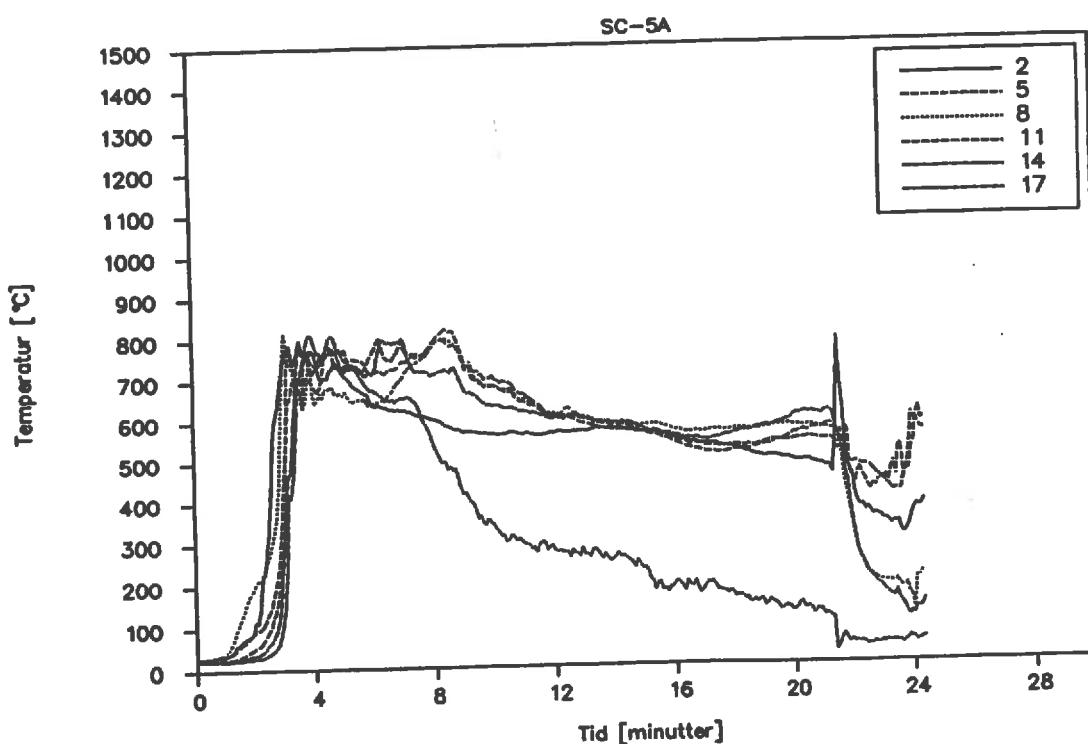
Bilde 12, vedlegg I: Viser korridoren i full overtenning.

Bilde 13, vedlegg I: Viser skadebildet av utbrente vegger og tak samt deler av golvteppet.

### 5.9.2 Måleresultater

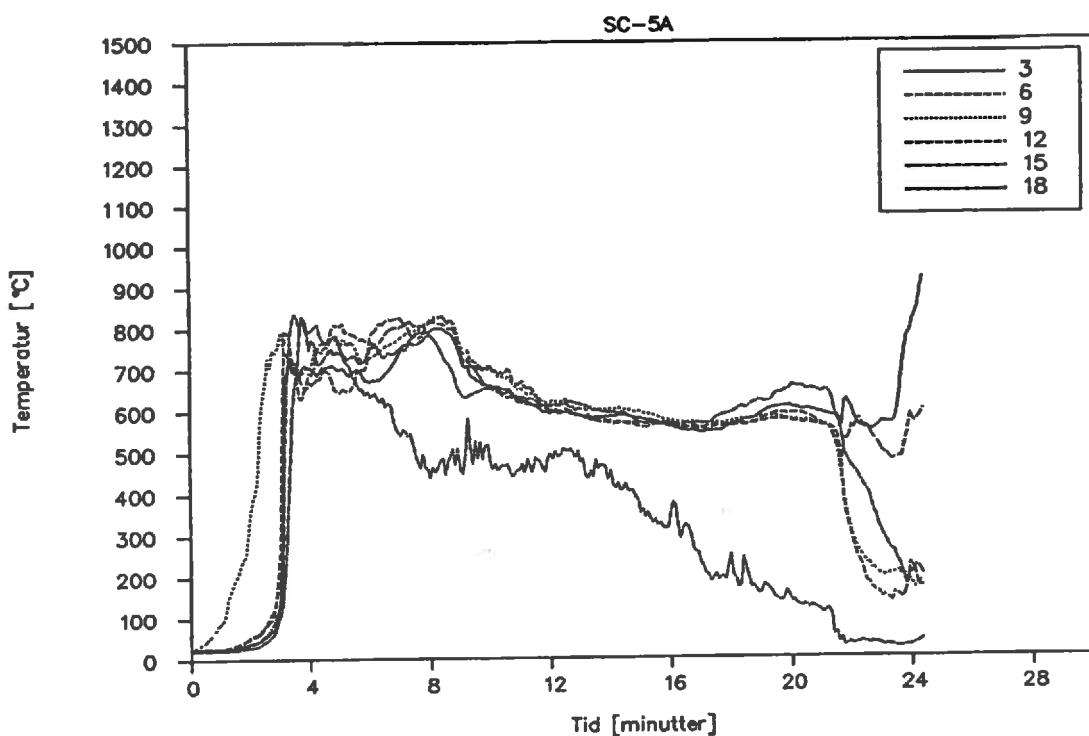


Figur 25 Temperaturforløp. Målepunkt: 1-4-7-10-13-16. For målepunktenes plassering se fig.3. (Feil i registrering for målepunkt 1)

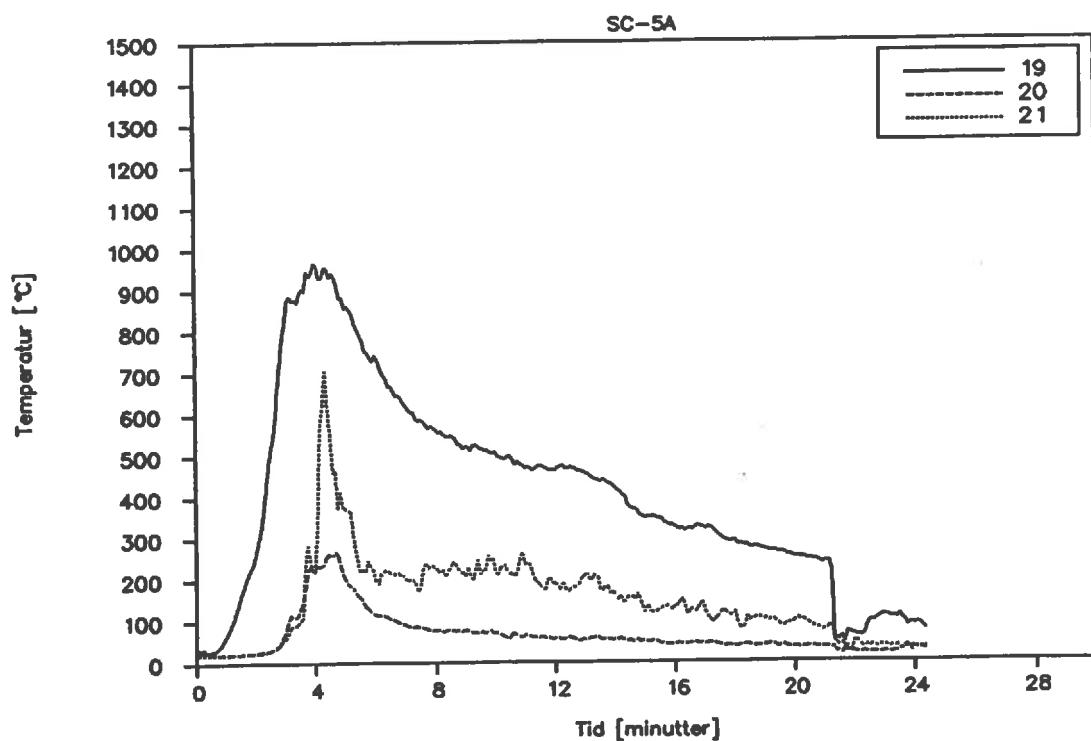


Figur 26 Temperaturforløp. Målepunkt: 2-5-8-11-14-17. For målepunktenes plassering se fig.3.

- 39 -



**Figur 27** Temperaturforløp. Målepunkt: 3-6-9-12-15-18. For målepunktenes plassering se fig.3.



**Figur 28** Temperaturforløp. Målepunkt: 19-20-21. For målepunktenes plassering se fig.3.

## 5.10 FORSØK SC-6

### 5.10.1 Forsøksbeskrivelse

Forsøk med 6 meter korridor koblet sammen med en trappesjakt på 7.5 meter (se fig.4). Det ble mekanisk tilført  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  luft til fire seksjoner, totalt  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$  (se fig. 6).

Gassbrenneren ble plassert langs en vegg tilsvarende den inn mot cabin. Brenneren ble antent, og brant deretter kontinuerlig med varmeeffekt 200 kW. Brannforløpet som ble observert var tilsvarende det som ble observert i forsøk SC-2. Brannen spredte seg i begge retninger utover langs takflaten før motstående vegg ble antent. Se fig 4.

Etter ca. 6-7 minutter brant det i hele korridorens lengde, men fra dette tidspunktet avtok brannutviklingen i intensitet på grunn av lokal oksygenmangel. Brannen stoppet til slutt av seg selv som en følge av dette og skadeomfanget ble begrenset til korridoren og deler av nederste etasje i trappesjakt.

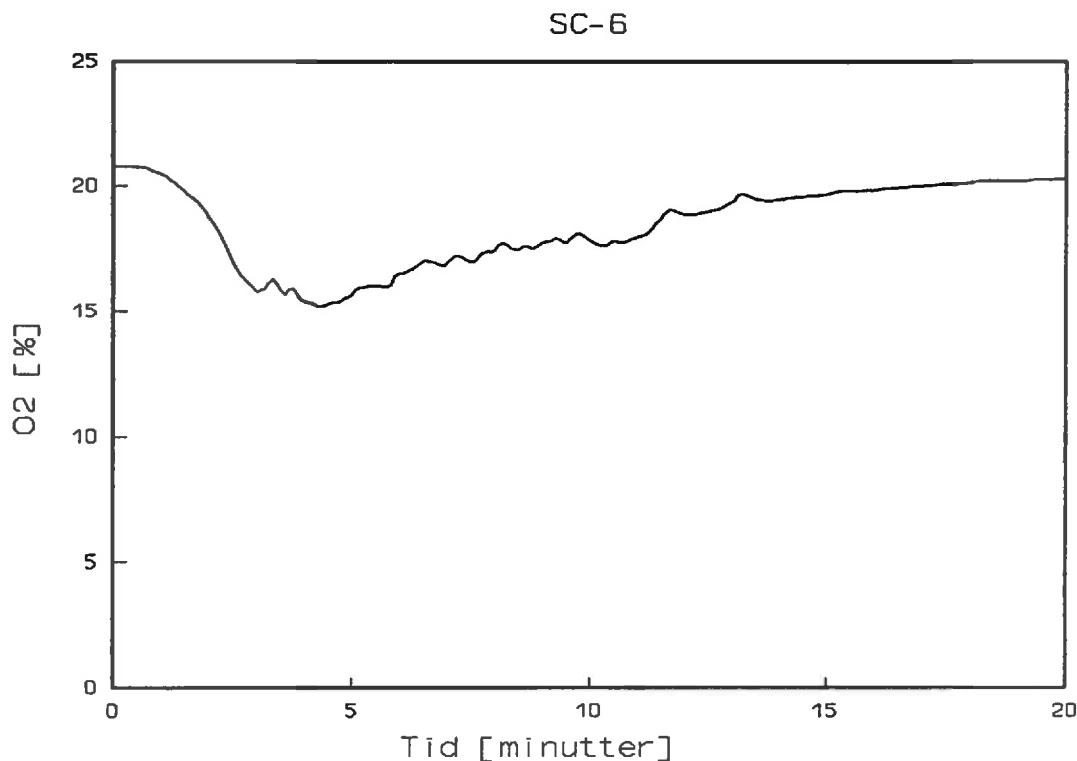
Forsøket har vist at med en realistisk startbrann, i dette tilfellet simulert med gassbrenner, vil man ikke kunne få en selvunderholdende brannutvikling i korridor/trappesjakt-konstellasjon med begrenset oksygentilførsel som ved normal ventilasjon. Se fig. 6.

Bilde 14-18, vedlegg I: Viser skadebildet fra forsøket SC-6.

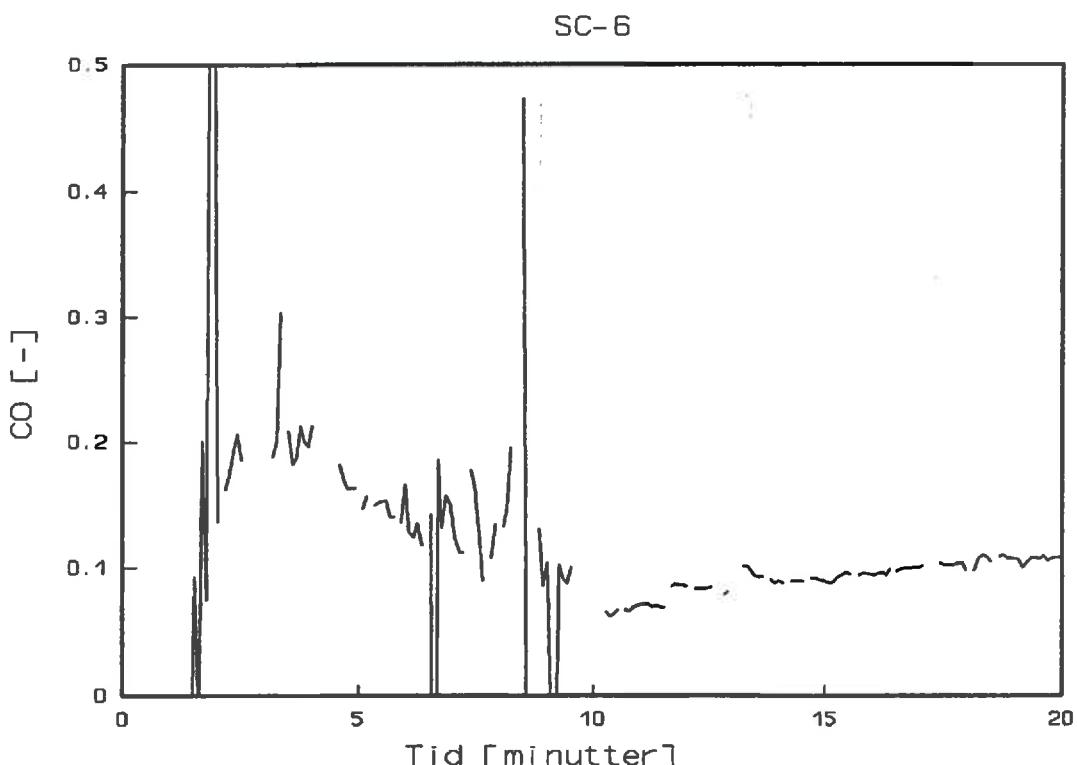
Under forsøket ble det benyttet lufttilførsel på ca  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$  til modellen. Dette medførte at hastigheten i toppen av røykrøret var veldig lav som igjen har medført visse ustabiliteter ved måling av massestrømmen. Dette medførte at den målte massestrømmen ved enkelte tider (p.g.a. lokale forhold i toppen av røykrøret) har fått negative verdier. Dette gjenspeiles i figurene 30 til 34 som brudd på kurvene.

- 41 -

### 5.10.2 Måleresultater

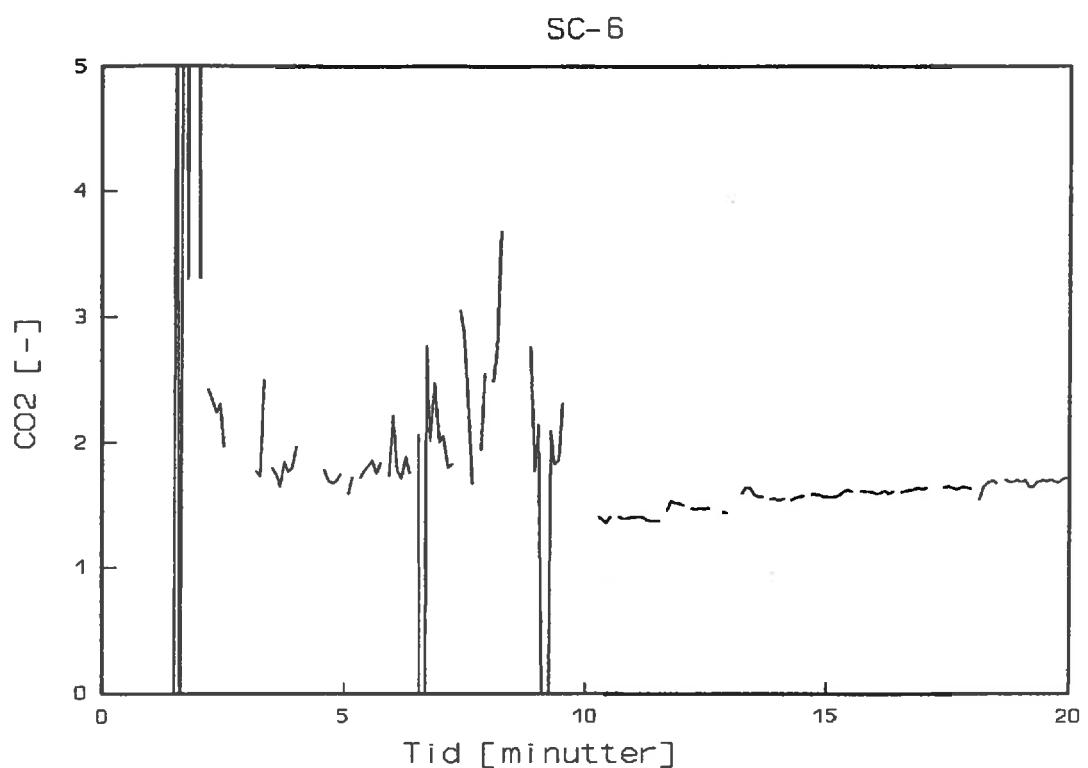


Figur 29 Konsentrasjon av oksygen,  $O_2$  [%] målt i toppen av trappesjakt (pos.B, fig.4)

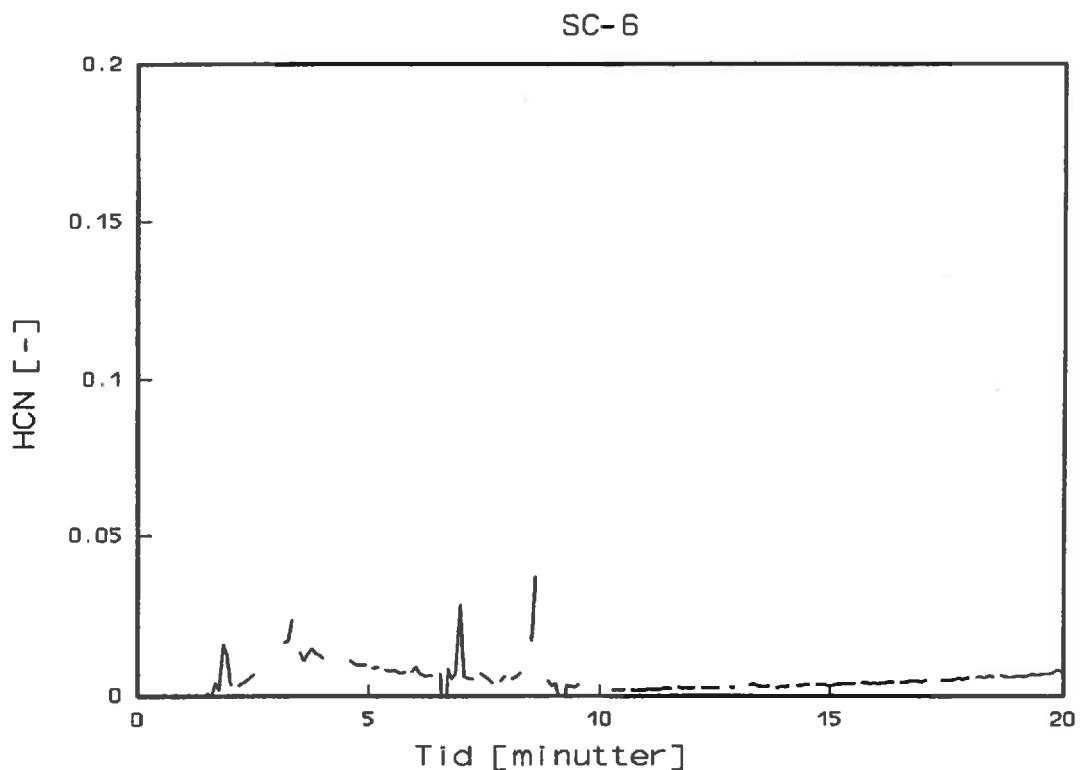


Figur 30 Produksjon av karbonmonoksyd,  $CO$  [g/g]. Toppene som opptrer skyldes problemene med måling av massestrømmen i toppen av trappesjakta.

- 42 -

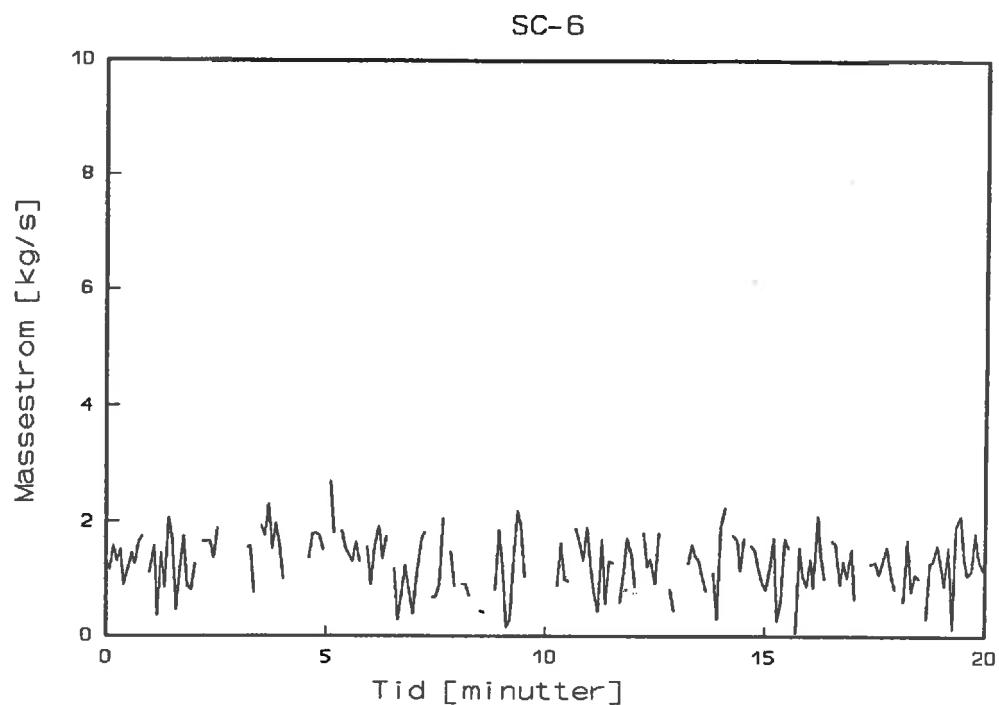


**Figur 31** Produksjon av karbondioksyd, CO<sub>2</sub> [g/g]. Toppene som opptrer skyldes problemene med måling av massestrømmen i toppen av trappesjakta.

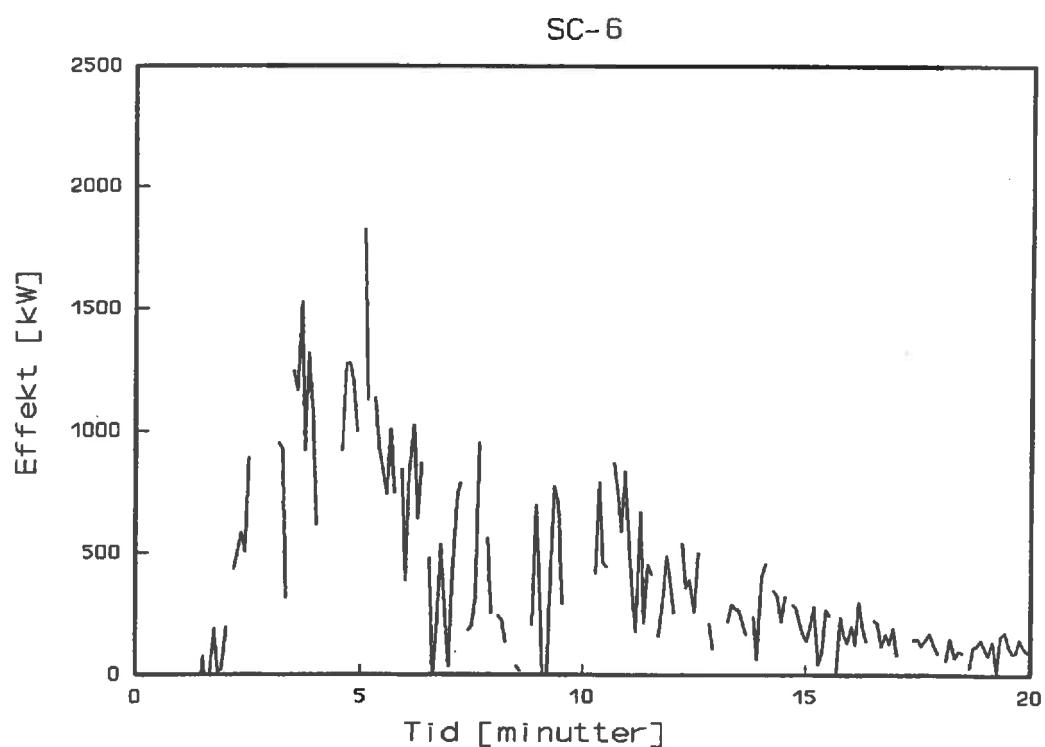


**Figur 32** Produksjon av blåsyre, HCN [g/g].

- 43 -

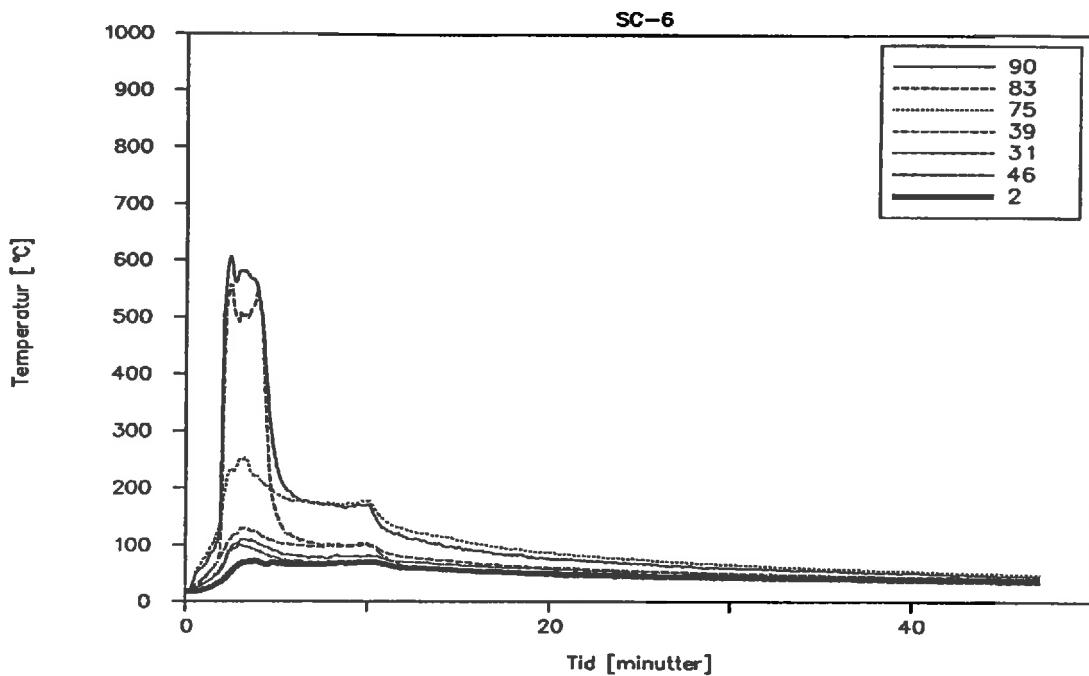


Figur 33 *Massestrøm i røykgassen [kg/s] målt i toppen av trappesjakt (pos.B, fig.4).*

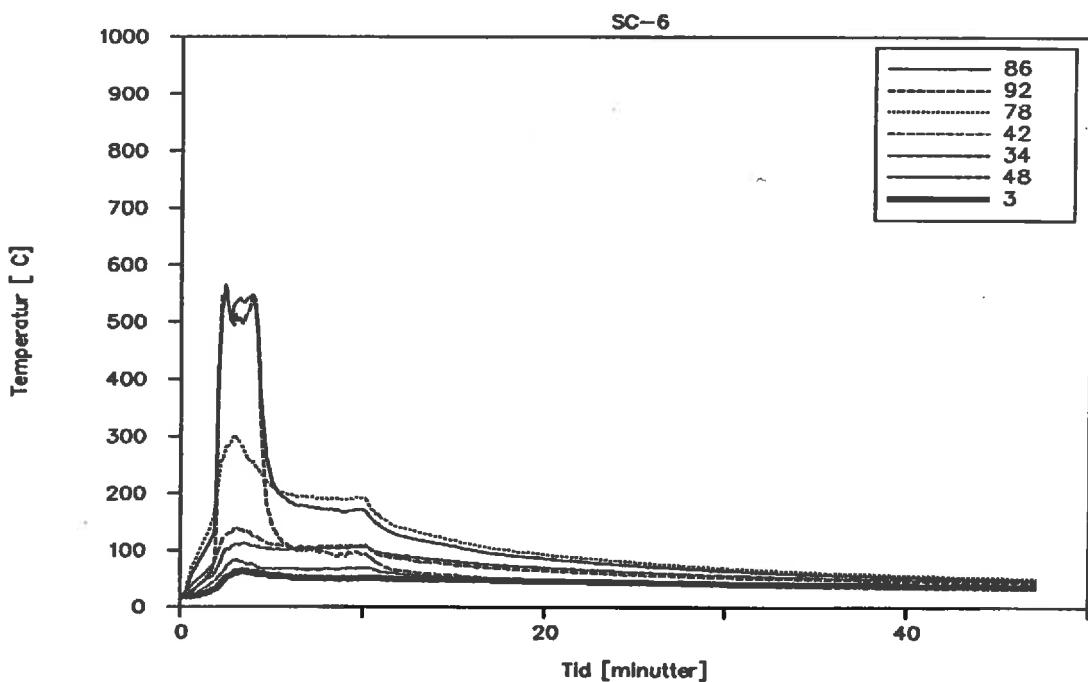


Figur 34 *Netto varmeeffekt (kW). Varmeeffekt beregnet ut fra målt oksygen-konsentrasjon, minus brennereffekten.*

- 44 -

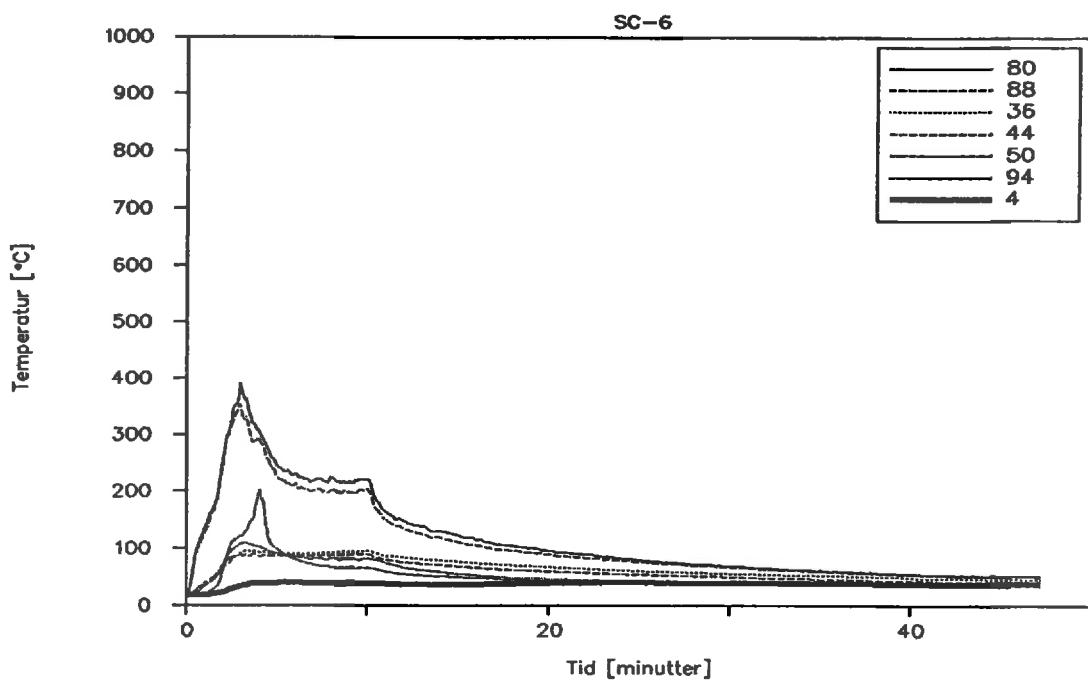


Figur 35 Temperaturforløp. Målepunkt:2-31-39-46-75-83-90. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

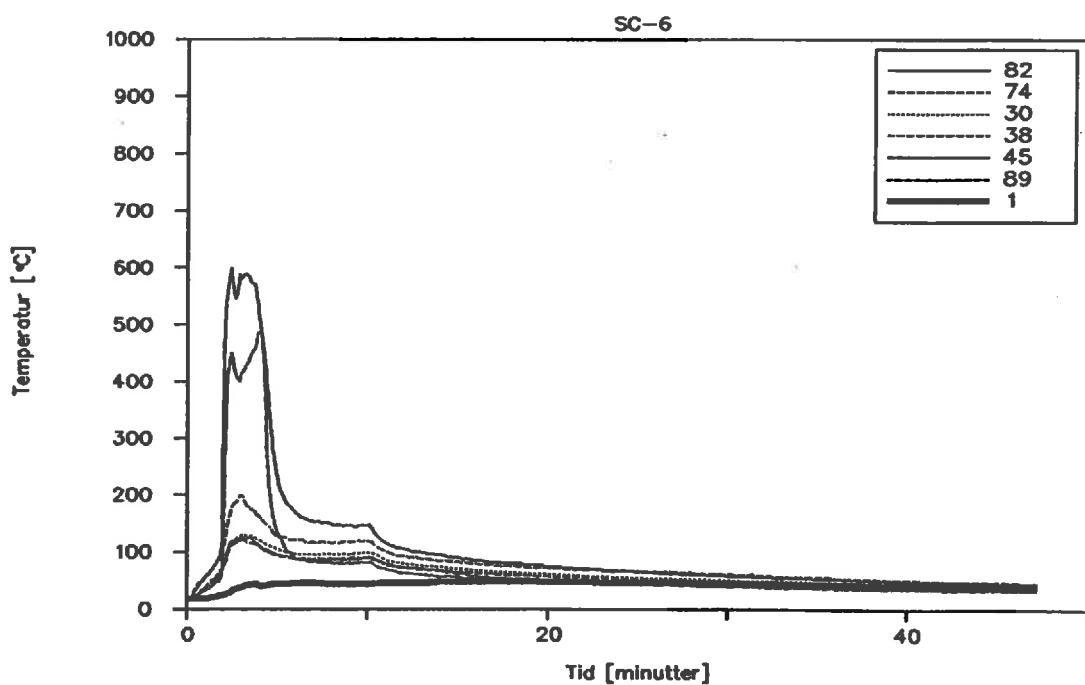


Figur 36 Temperaturforløp. Målepunkt:3-34-42-48-78-86-92. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 45 -

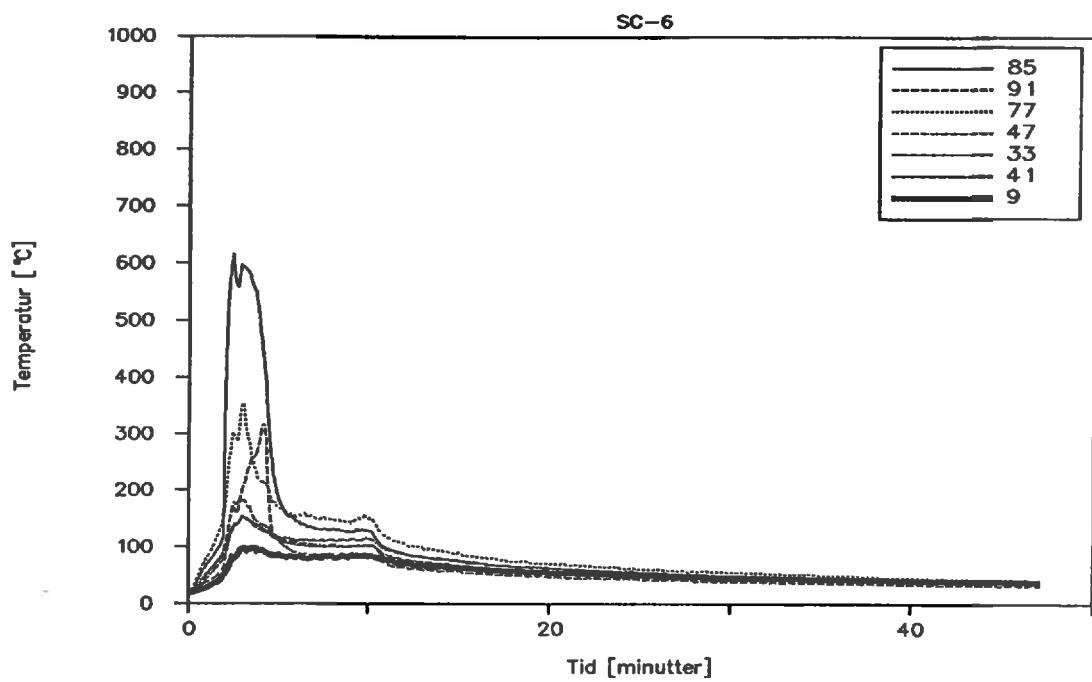


Figur 37 Temperaturforløp. Målepunkt: 4-36-44-50-80-88-94. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

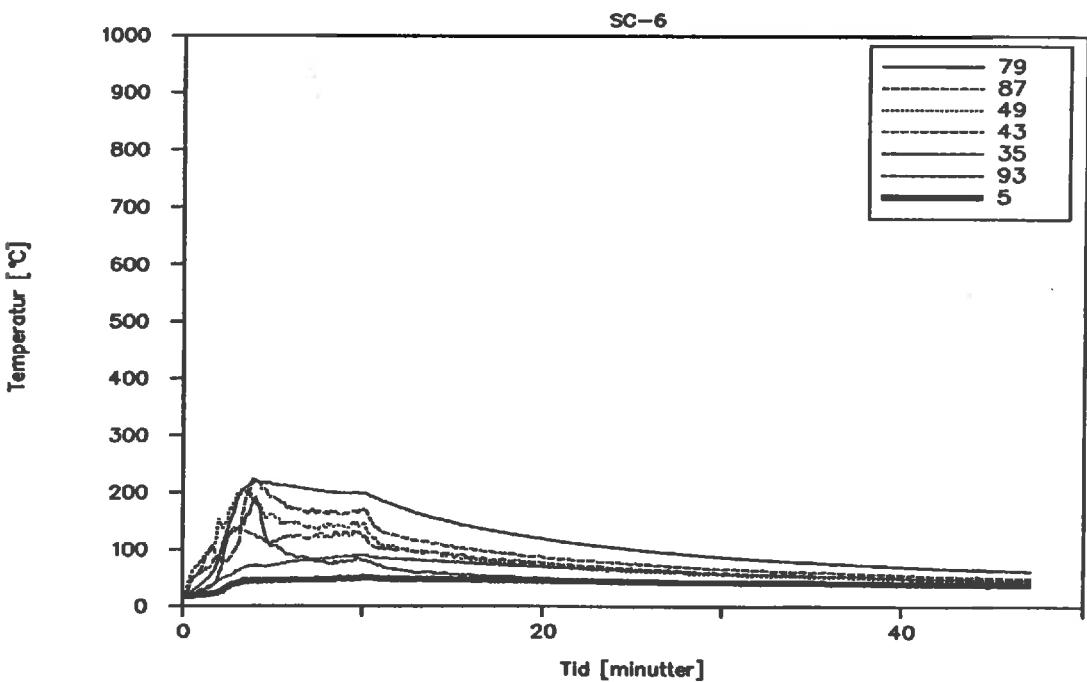


Figur 38 Temperaturforløp. Målepunkt: 1-30-38-45-74-82-89. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 46 -

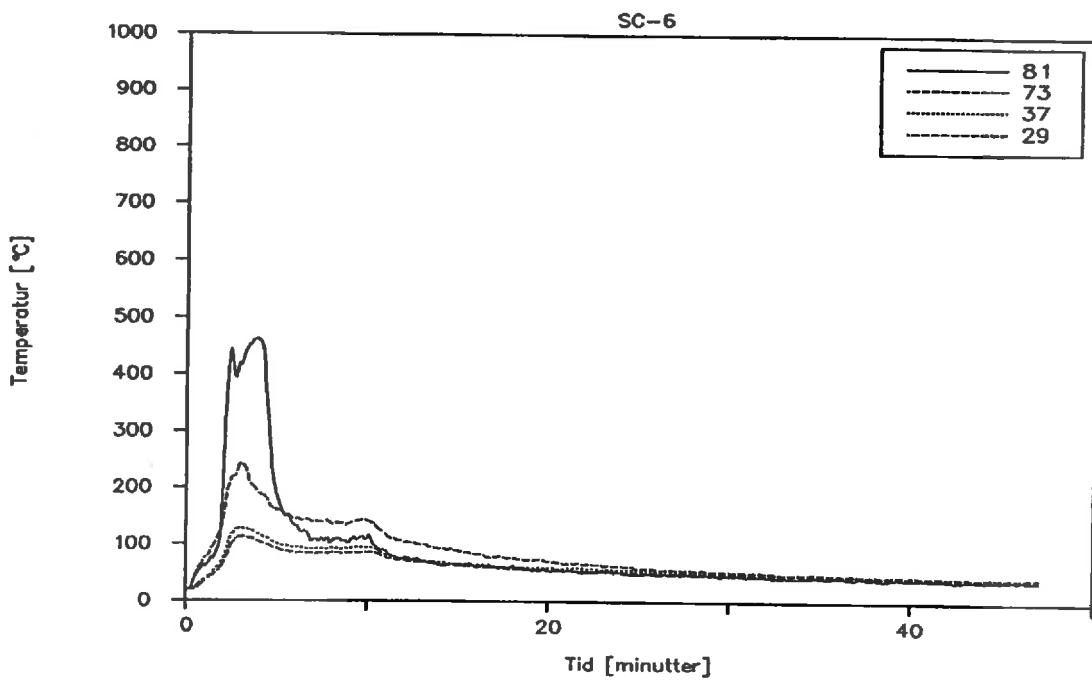


Figur 39 Temperaturforløp. Målepunkt: 9-33-41-47-77-85-91. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

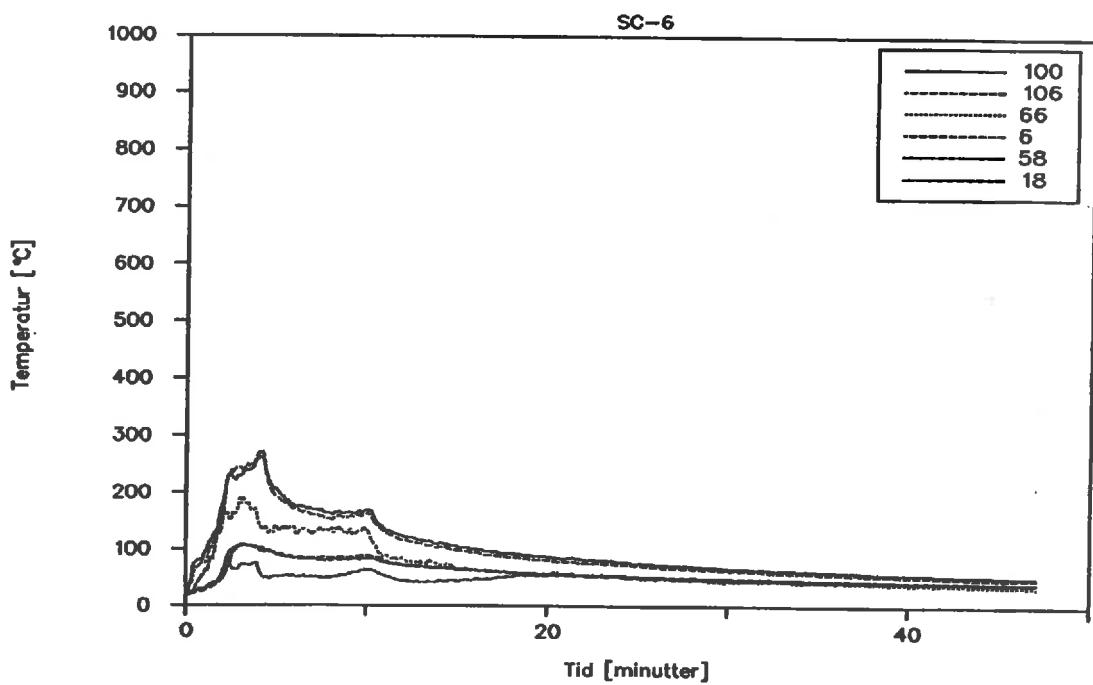


Figur 40 Temperaturforløp. Målepunkt: 5-35-43-49-79-87-93. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 47 -

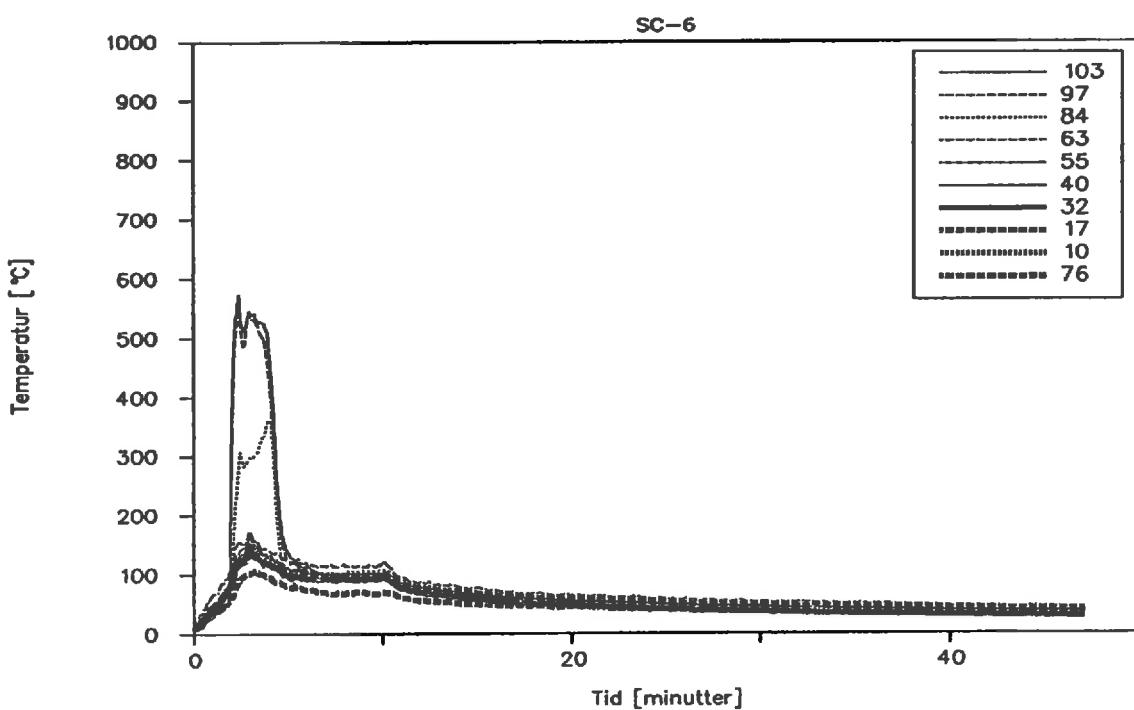


**Figur 41** Temperaturforløp. Målepunkt:29-37-73-81. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

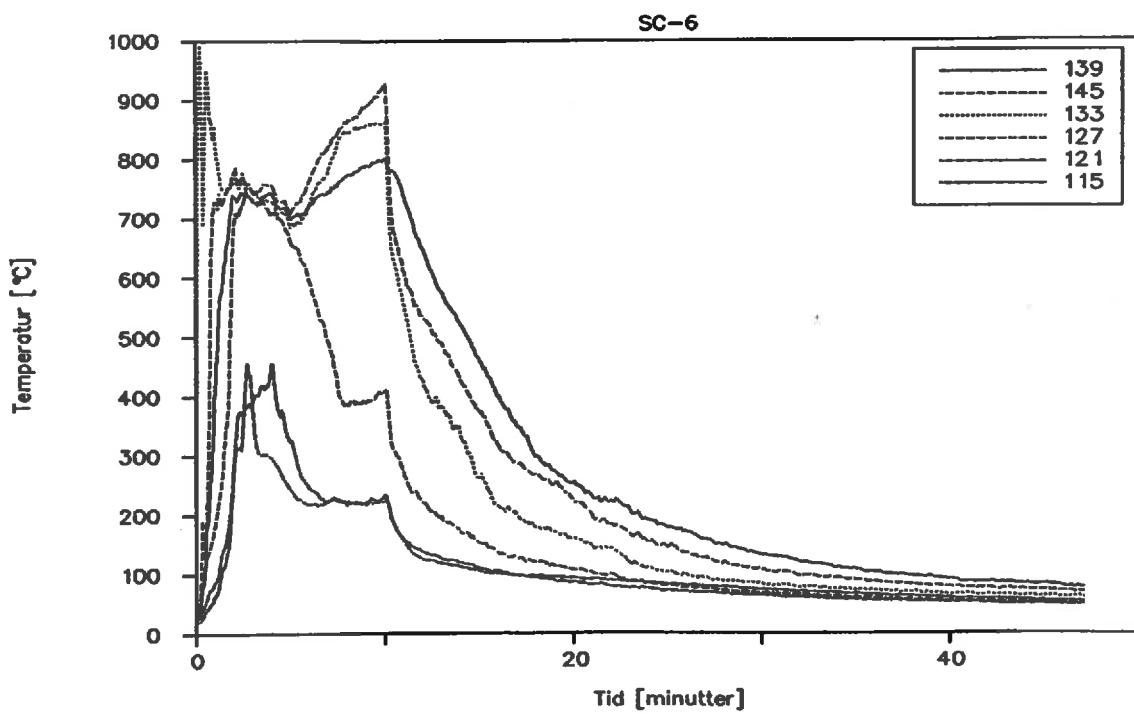


**Figur 42** Temperaturforløp. Målepunkt: 6-18-58-66-100-106. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 48 -

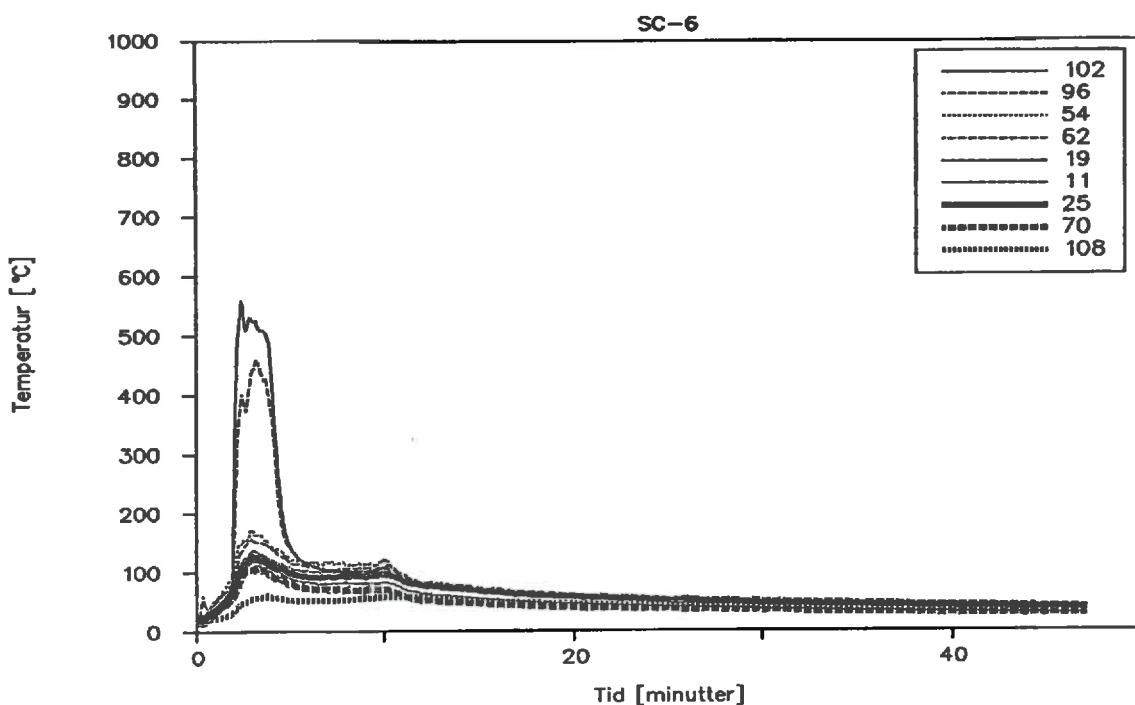


Figur 43 Temperaturforløp. Målepunkt: 10-17-32-40-55-63-76-84-97-103. For målepunktene plassering se fig. 9 og 10.

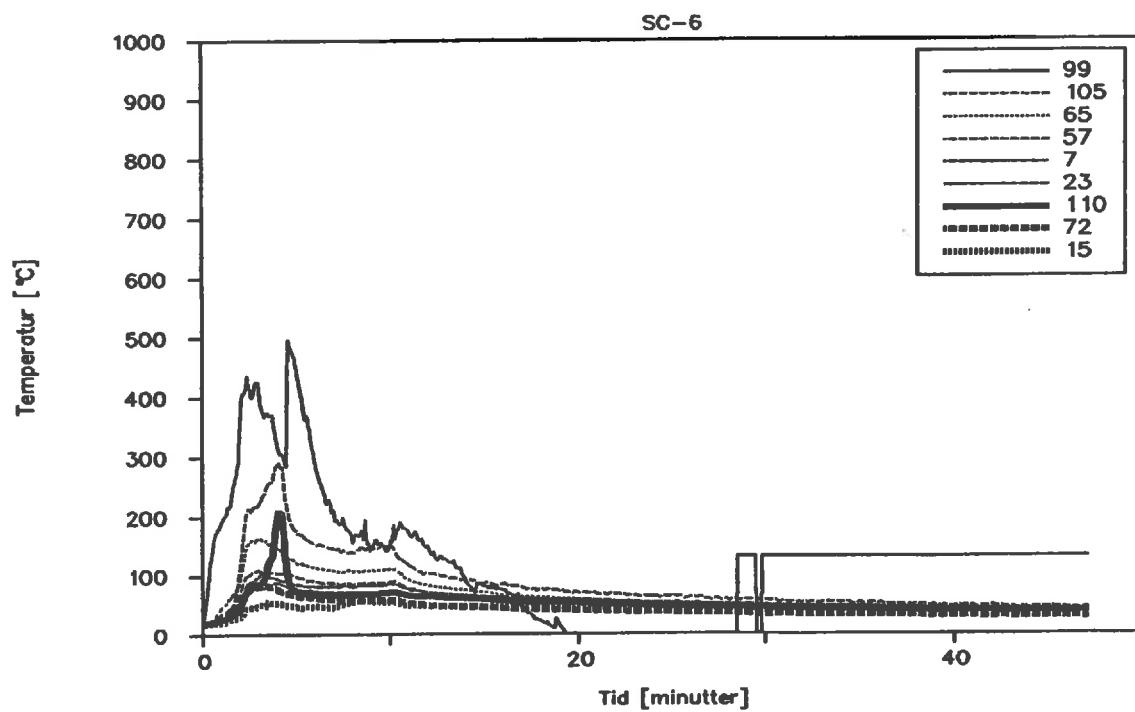


Figur 44 Temperaturforløp. Målepunkt: 13-21-27-52-60-68. For målepunktene plassering se fig. 9 og 10.

- 49 -

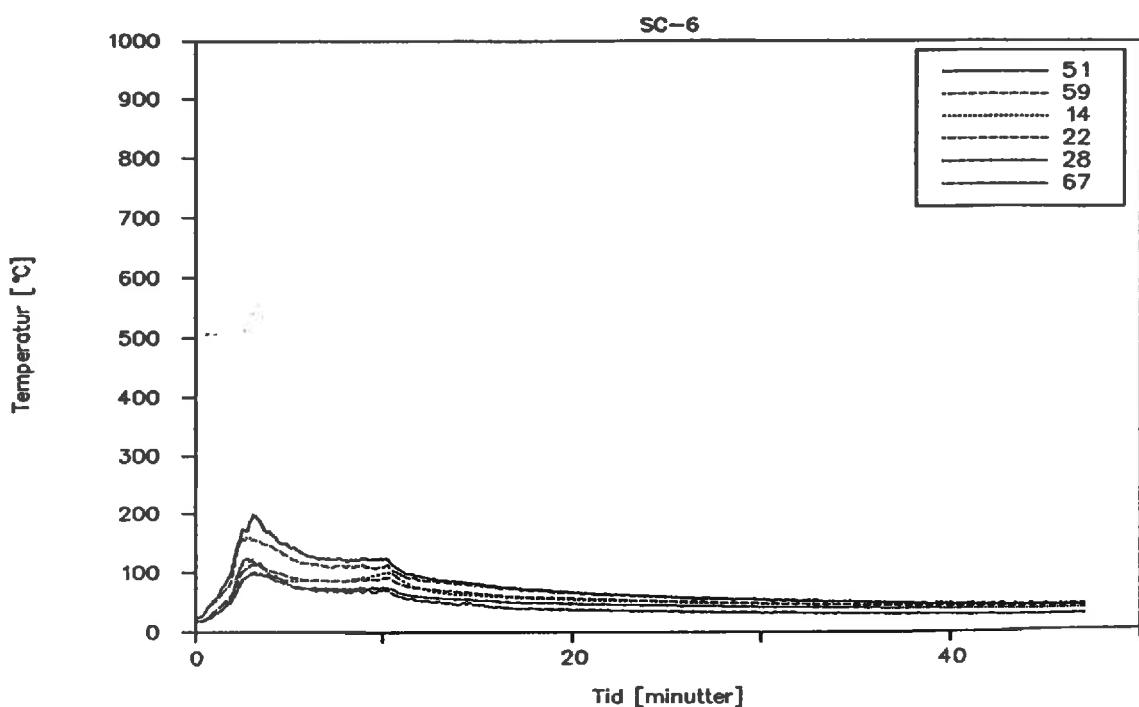


**Figur 45** Temperaturforløp. Målepunkt:11-19-25-54-62-70-96-102-108. For målepunktene s plassering se fig. 9 og 10.

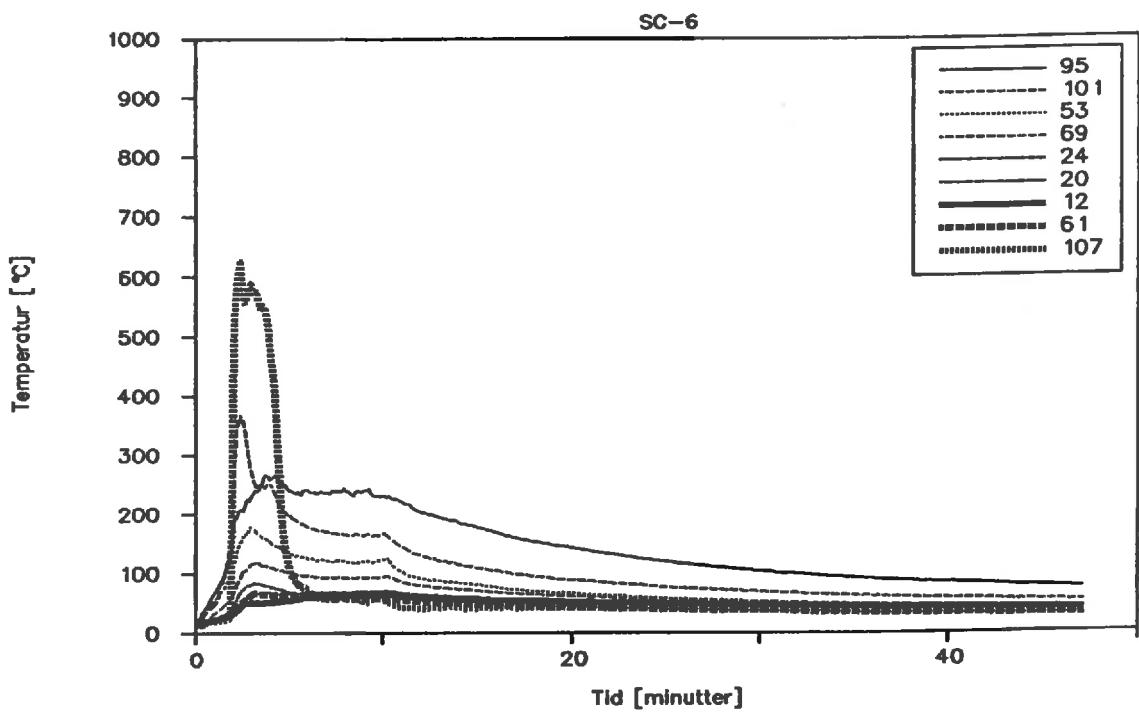


**Figur 46** Temperaturforløp. Målepunkt:7-15-23-57-65-72-99-105-110. For målepunktene s plassering se fig. 9 og 10.

- 50 -

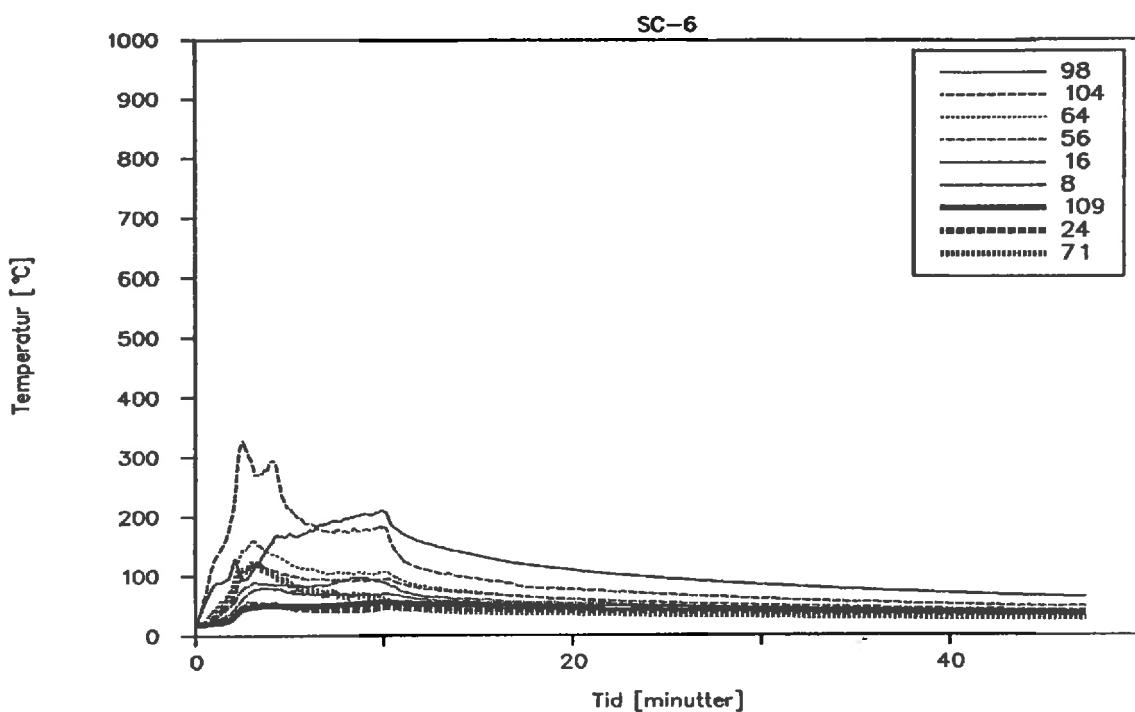


Figur 47 Temperaturforløp. Målepunkt:14-22-28-51-59-67. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

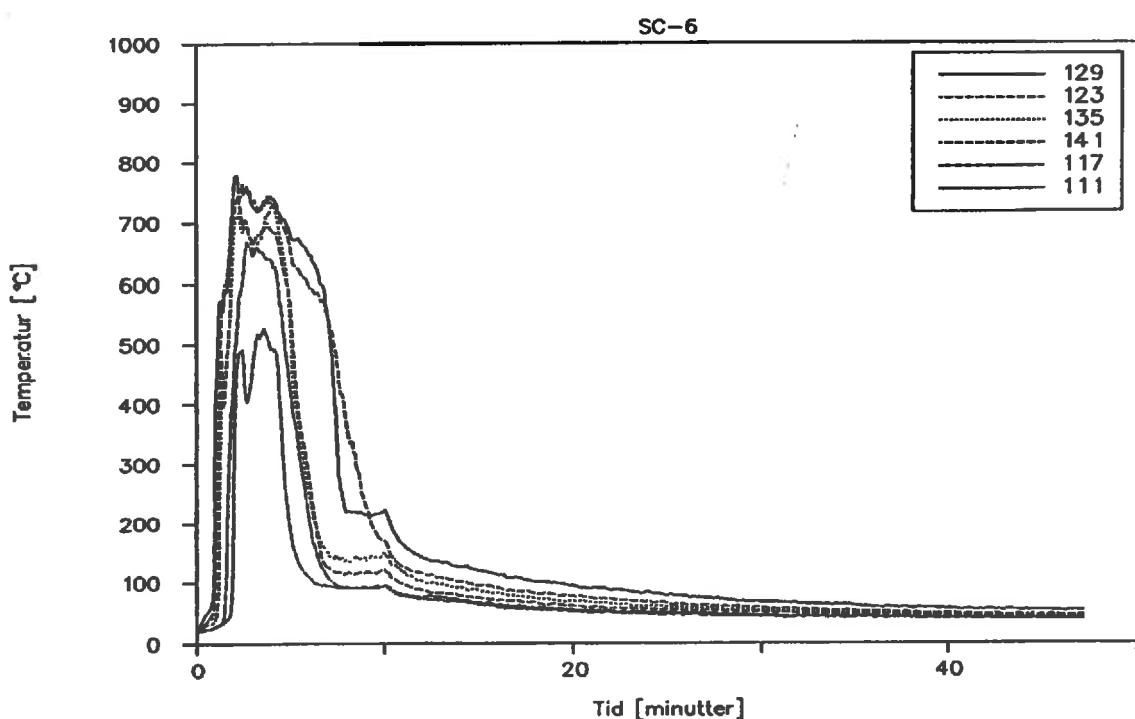


Figur 48 Temperaturforløp. Målepunkt:12-20-26-53-61-69-95-101-107. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 51 -

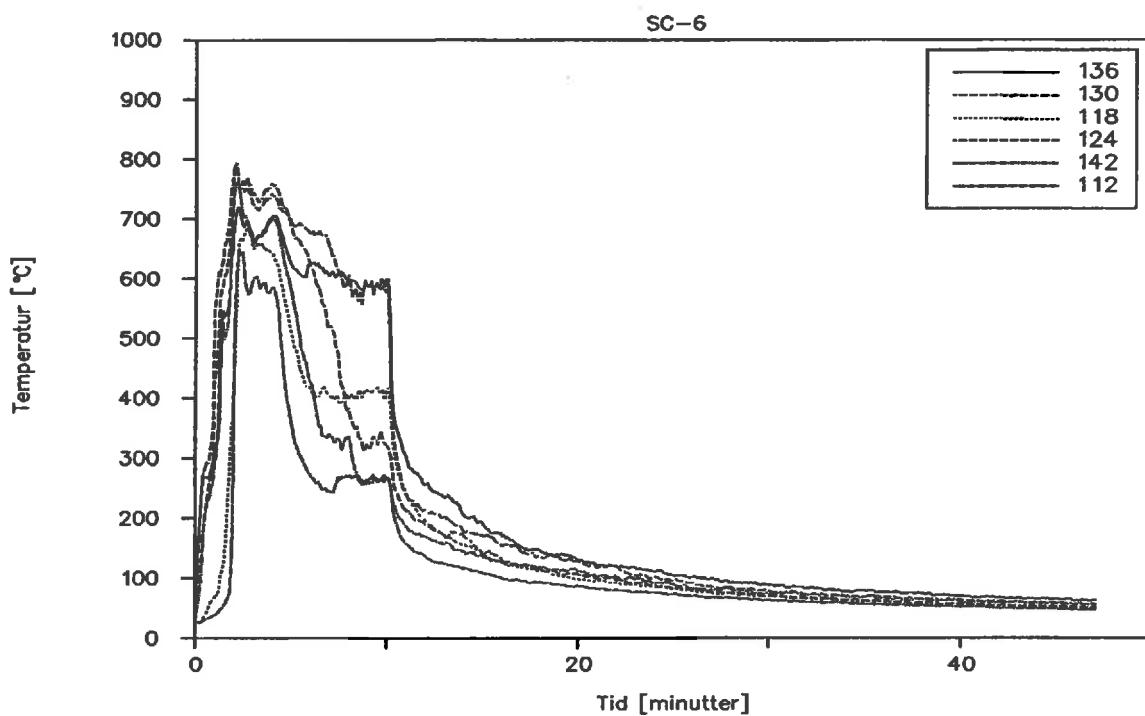


Figur 49 Temperaturforløp. Målepunkt:8-16-24-56-64-71-98-104-109. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

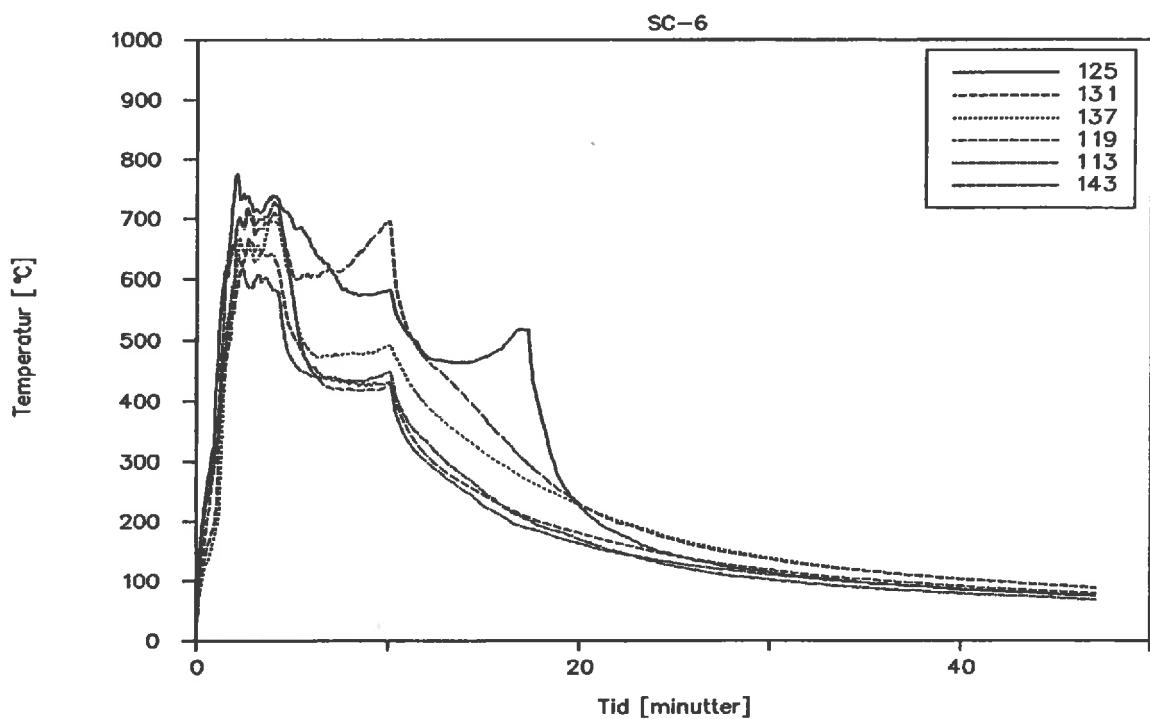


Figur 50 Temperaturforløp. Målepunkt:111-117-123-129-135-141. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 52 -

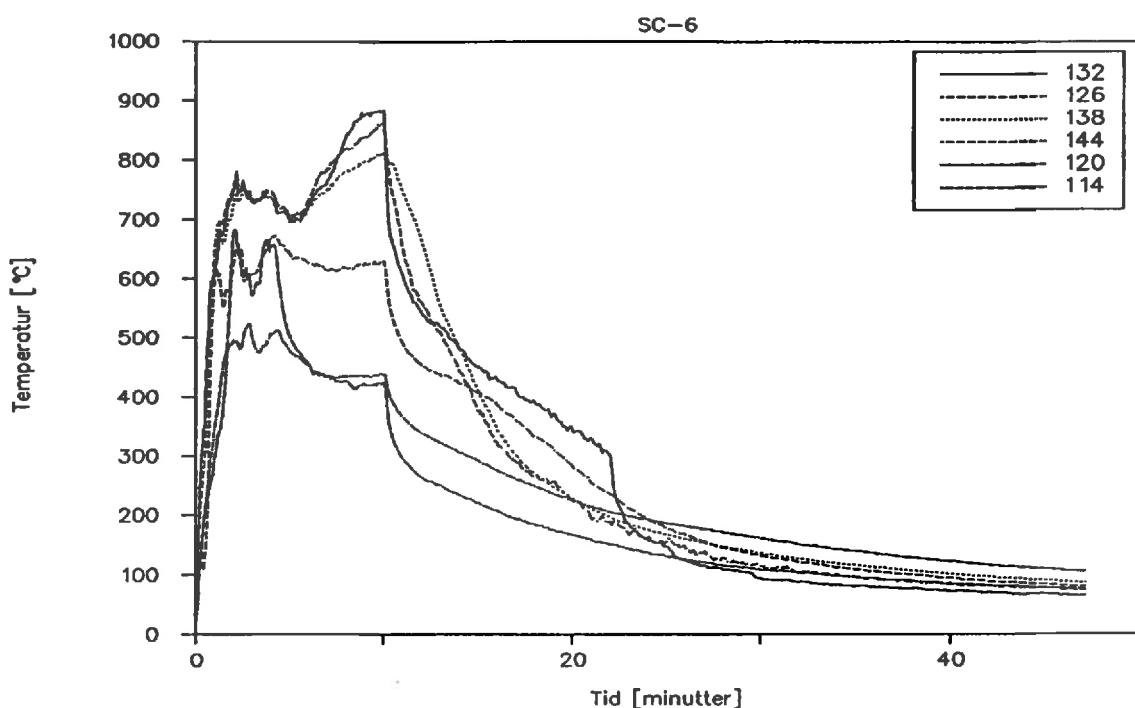


**Figur 51** Temperaturforløp. Målepunkt: 112-118-124-130-136-142. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

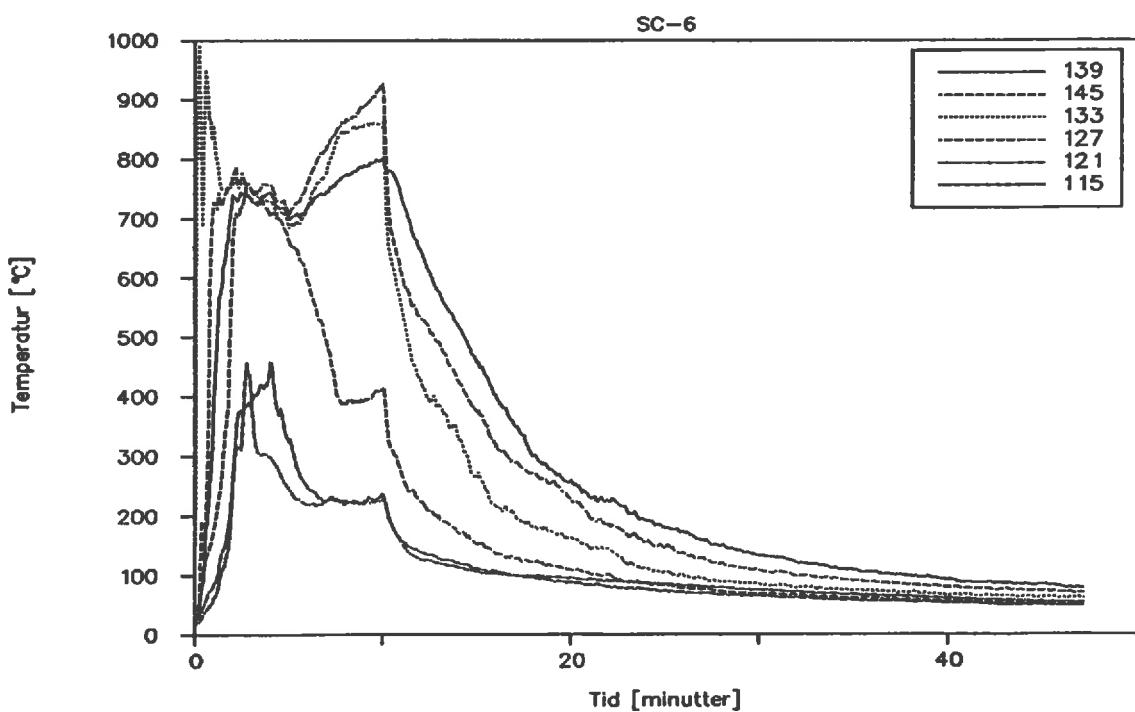


**Figur 52** Temperaturforløp. Målepunkt: 113-119-125-131-137-143. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 53 -

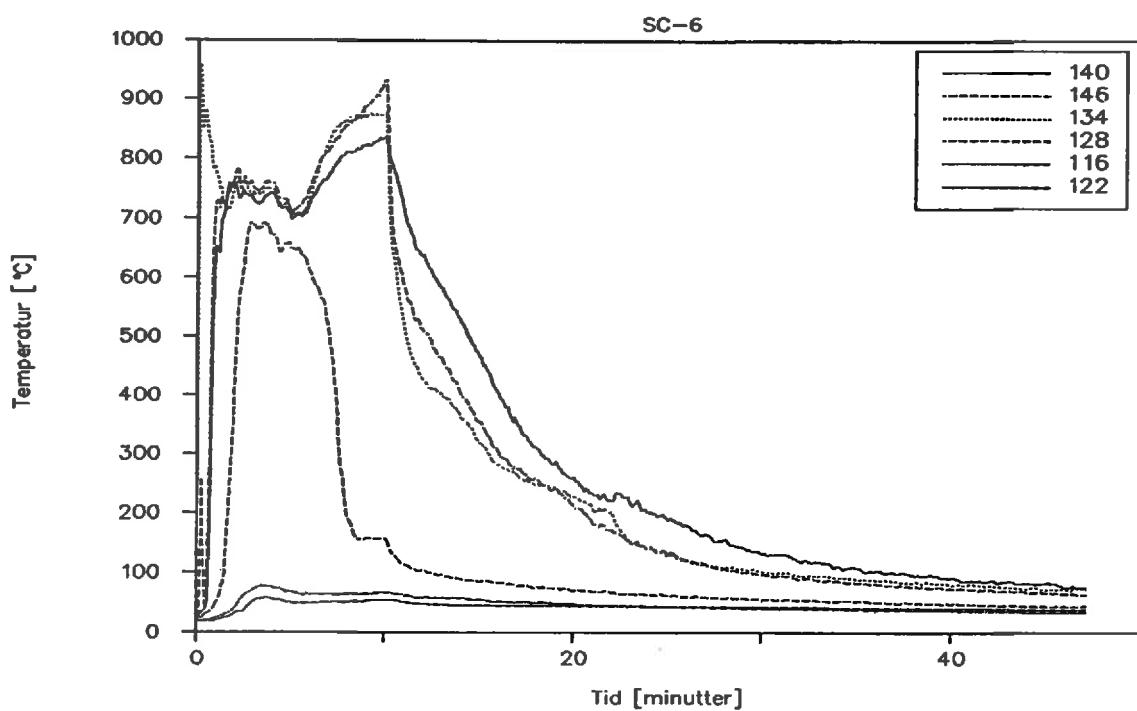


**Figur 53** Temperaturforløp. Målepunkt: 114-120-126-132-138-144. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

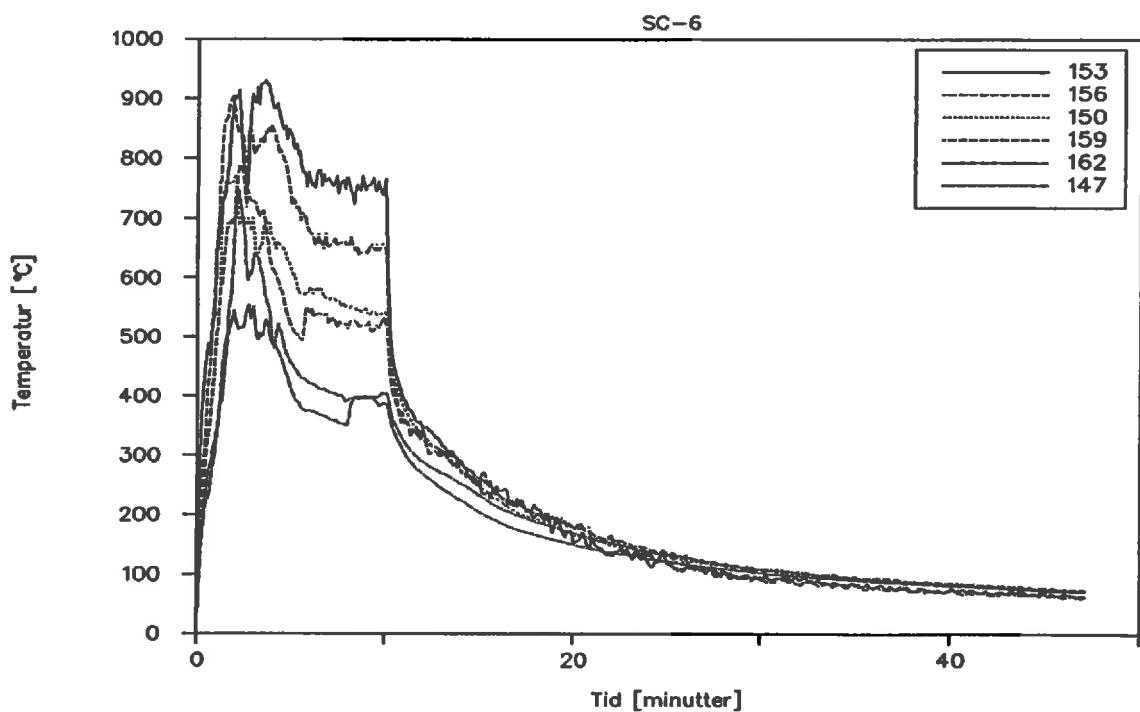


**Figur 54** Temperaturforløp. Målepunkt: 115-121-127-133-139-145. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

- 54 -

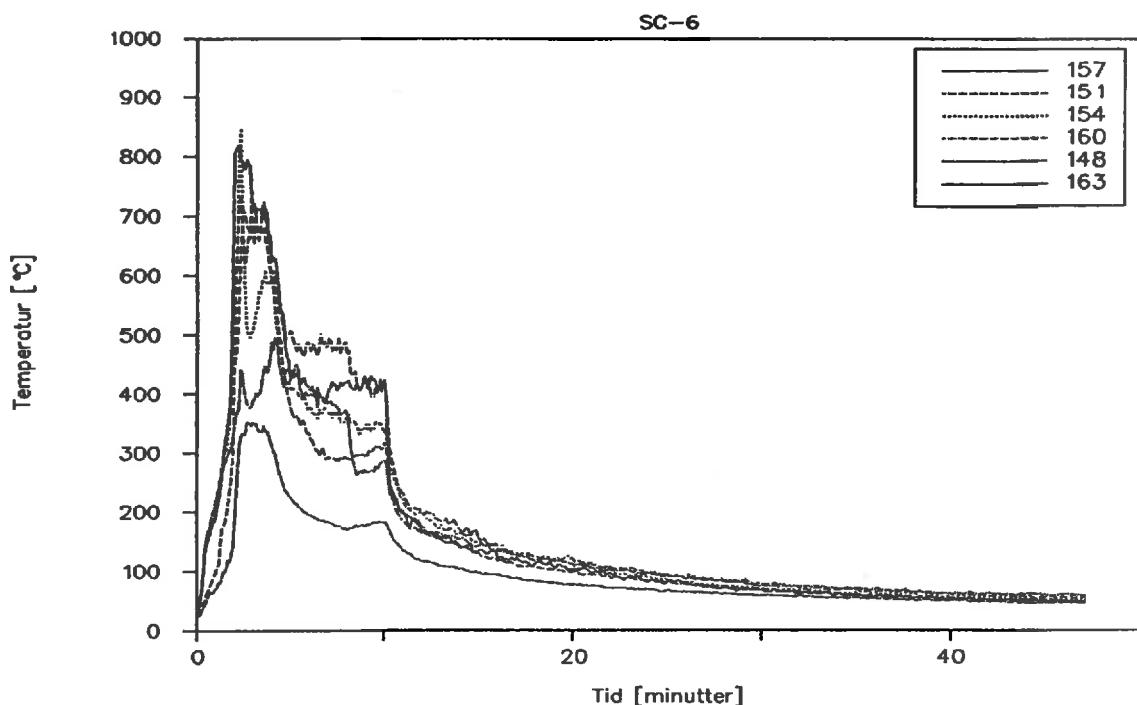


Figur 55 Temperaturforløp. Målepunkt:116-122-128-134-140-146. For målepunktene plassering se fig. 9 og 10.

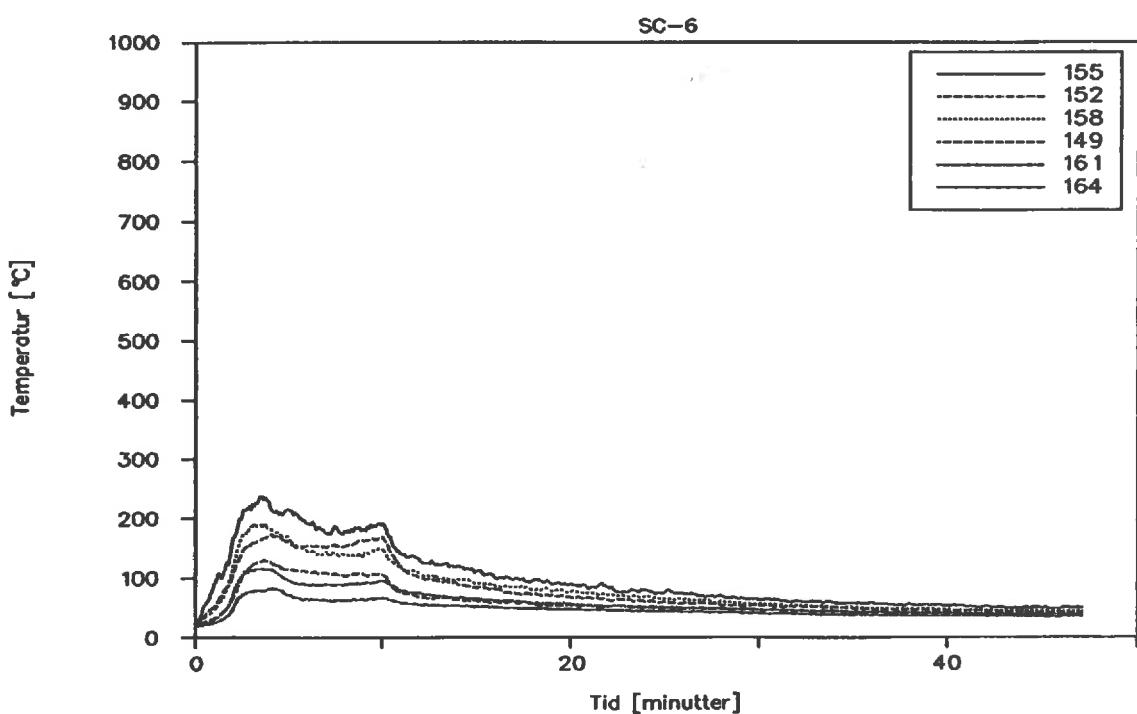


Figur 56 Temperaturforløp. Målepunkt:147-150-153-156-159-162. For målepunktene plassering se fig. 9 og 10.

- 55 -



**Figur 57** Temperaturforløp. Målepunkt:148-151-154-157-160-163. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.



**Figur 58** Temperaturforløp. Målepunkt:149-152-155-158-161-164. For målepunktenes plassering se fig. 9 og 10.

## 5.11 FORSØK SC-7

### 5.11.1 Forsøksbeskrivelse

Forsøk med 12 meter korridor koblet sammen med en trappesjakt på 7.5 meter (se fig.5). Det ble mekanisk tilført  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  luft til to seksjoner, totalt  $600 \text{ m}^3/\text{h}$ , i de to første minuttene, og deretter totalt  $12000 \text{ m}^3/\text{h}$  fordelt på tre seksjoner under resten av brannforløpet (se fig. 7).

Gassbrenneren ble plassert langs en vegg tilsvarende den inn mot cabin. Brenneren ble antent, og brant deretter kontinuerlig med en varmeeffekt på  $200 \text{ kW}$ . Brannforløpet som ble observert under første del av forsøket var tilsvarende det som ble observert i forsøk SC-2. Fordi brenneren i dette forsøket var plassert nærmere endeveggen i korridoren enn i forsøk SC-2, se fig 5, spredte flammene seg nesten umiddelbart langs taket i korridoren i retning mot trappesjakten. Etter 2 minutter simulerte man stenging av branndører. Fra da av ble lufttilførselen øket til korridordelen, jfr. fig 7.

Etter ca. 4 minutter brant taket i hele korridorens lengde. Fra dette tidspunktet begynte også flammer å slå ut gjennom døren til trappesjakten, samtidig som korridoren ble overtent. Ved dette tidspunktet ble gassbrenneren stengt av. Drøyt 1 minutt senere brant hele trappesjakten med påfølgende overtenning, ca. 4 minutter og 30 sekunder etter brannstart. Flammer slo ved dette tidspunktet ut på toppen av modellen. Etter ca. 7 minutter var korridoren omrent utbrent, men det brann fortsatt i selve trappesjakten. Fra ca. 8 minutter avtok brannen i trappesjakten i intensitet. Brannen sloknet av seg selv etter ca. 20 minutter. Ved dette tidspunktet var hele modellen, dvs korridor og trappesjakt, utbrent.

Sikten gikk under 1 meter oppe i målerøret i løpet av et par minutter etter start.

Ved ca 5 - 8 minutter etter brannstart kom flammene ut av modellen noe som medførte at HCN og CO målerne gikk ut over innstilt måleområde. Dette medfører at en ikke med sikkerhet kan si hvor stor konsentrasjonen kan ha vært i flammesonen. Når det gjelder O<sub>2</sub>-måleren så var den kalibrert ved en nedre grense på 4.2 % O<sub>2</sub>. Dette medfører at resultatet som er målt under denne grensen (5-8 minutter) vil ha en større unøyaktighet. Generelt kan en ikke stole på målingene når flammene nådde toppen av modellen.

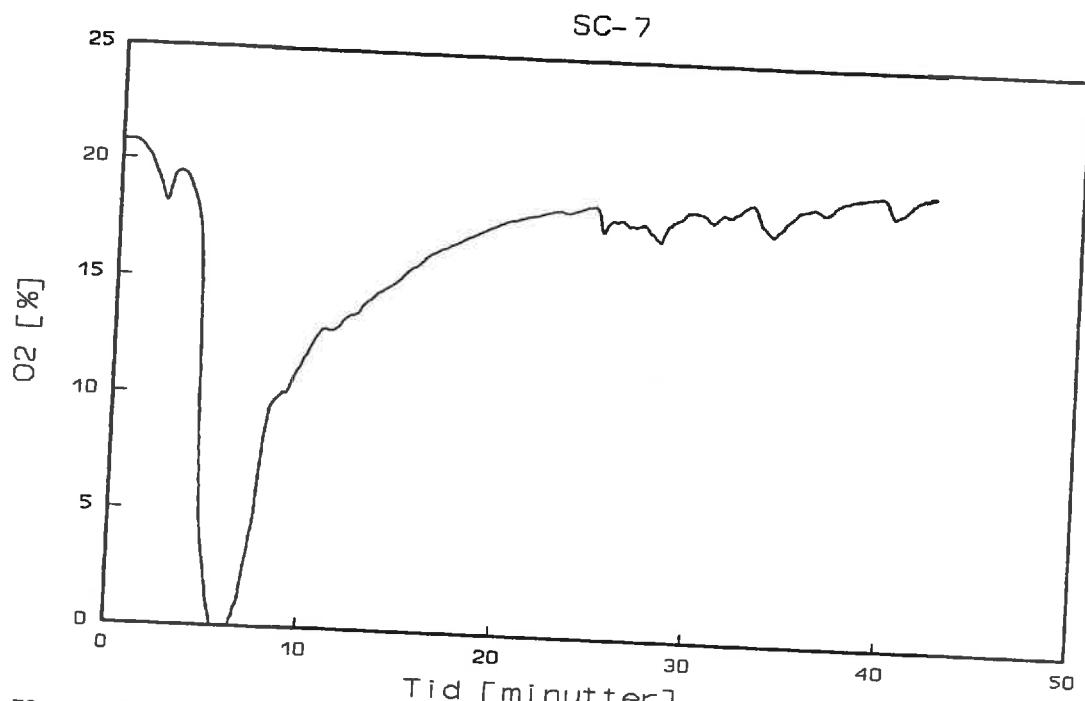
- 57 -

Grunnen til at det ikke ble benyttet andre måleområder under forsøket, er at ved alle forforsøkene kom en ikke opp i tilnærmedesvis så høye verdier.

Verdiene som er benyttet ved beregningene er diskutert i delrapporten STF25 F90012, "Beregning av røykspredning ved brannen i Scandinavian Star" /5/.

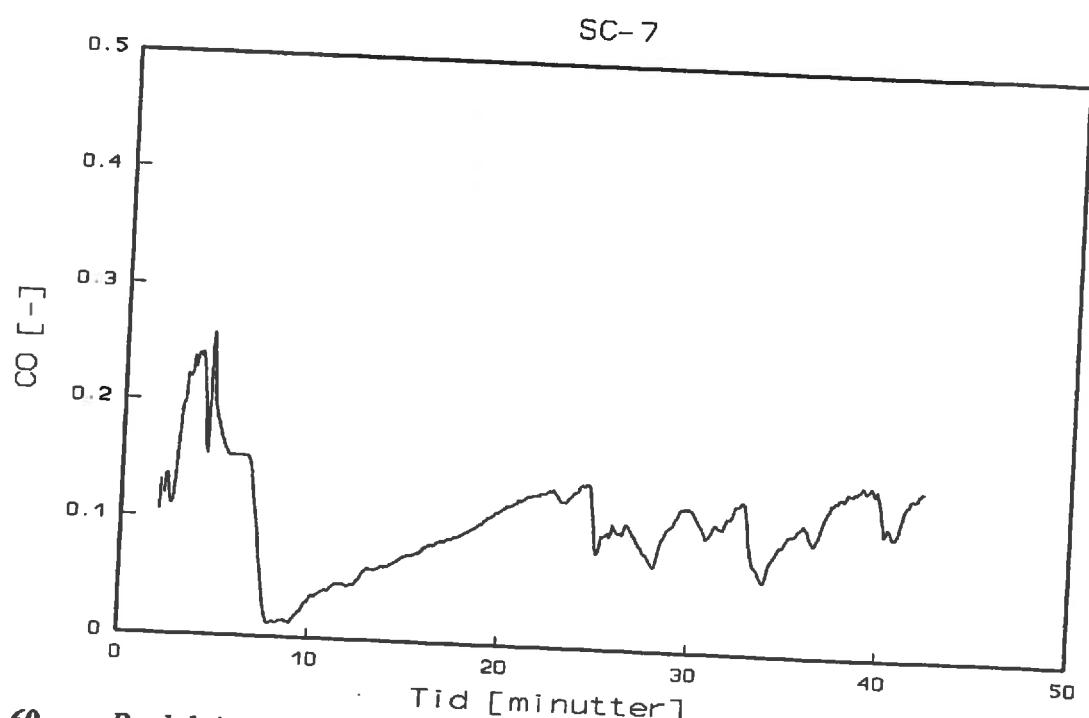
Bilde 19-23, vedlegg I: Viser skadebildet fra forsøket SC-7.

### 5.11.2 Måleresultater



Figur 59

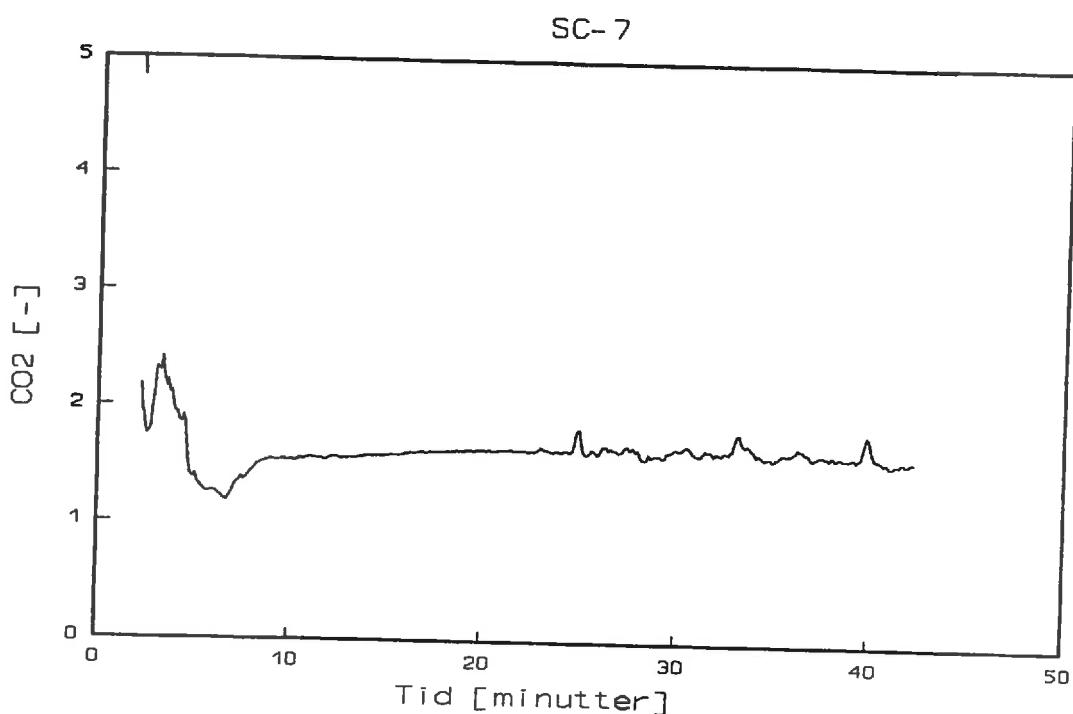
Konsentrasjon av oksygen,  $O_2$  [%] målt i toppen av trappesjakt (pos.B,fig.5). Verdier under 4.2%  $O_2$  har en større unøyaktighet p.g.a. kalibrering av apparatet.



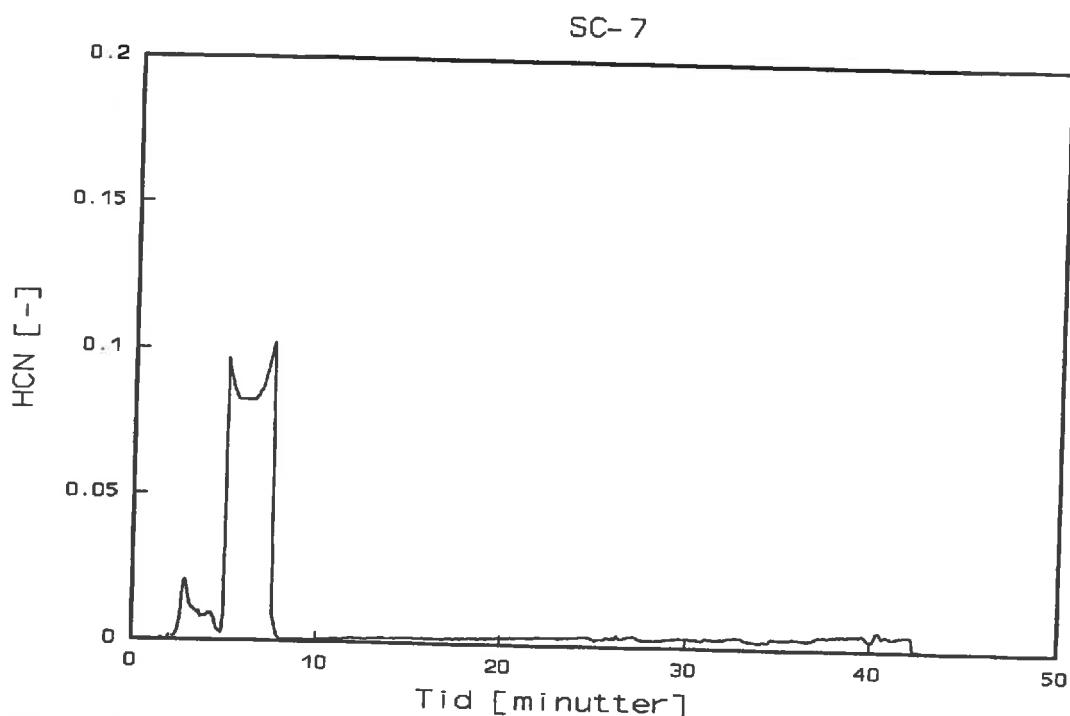
Figur 60

Produksjon av karbonmonoksyd,  $CO$  [g/g]. I tiden 5-8 minutter er konsentrasjonen større enn måleområdet for apparatet. Dette skjer når flammene når

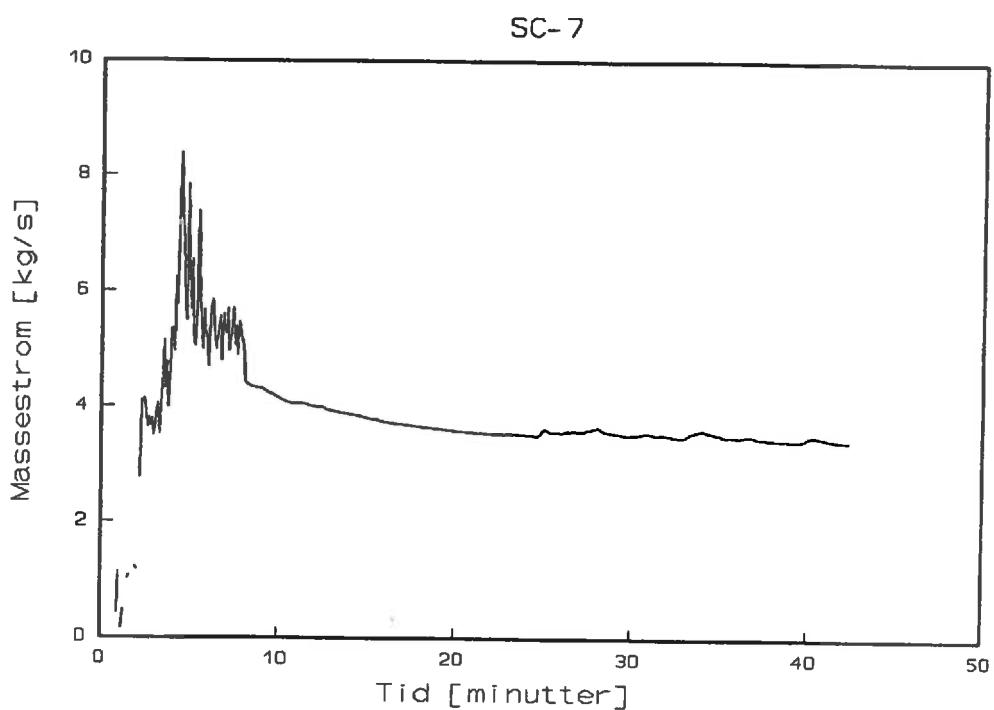
- 59 -



Figur 61 *Produksjon av karbondioksyd, CO<sub>2</sub> [g/g].*

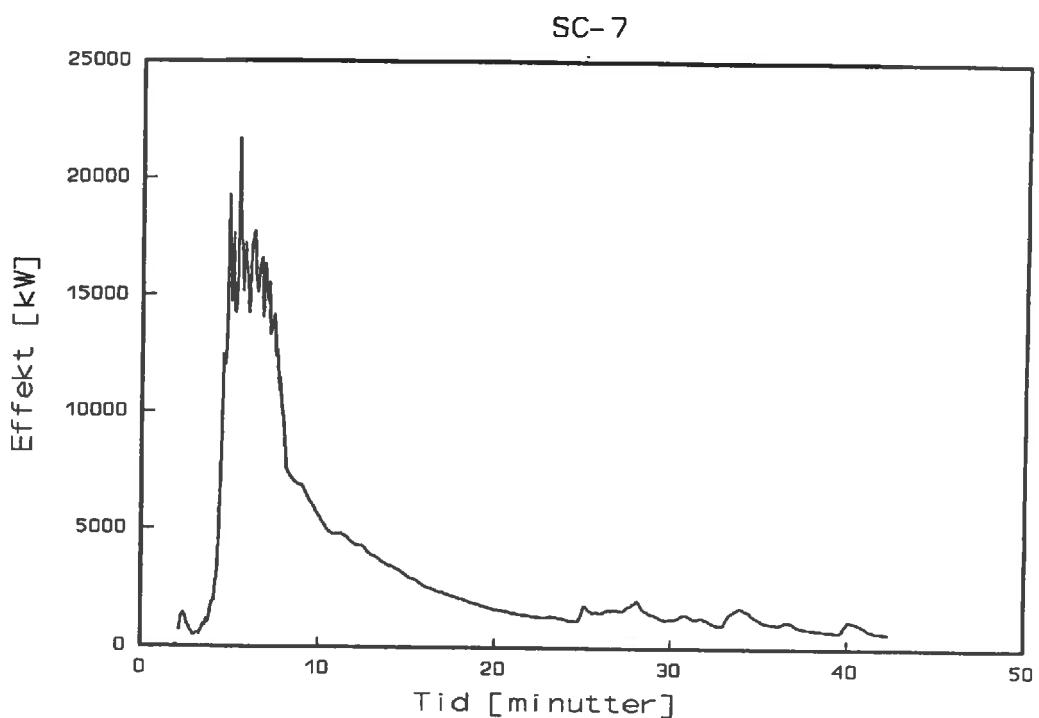


Figur 62 *Produksjon av blåsyre, HCN [g/g]. I tiden 5-8 minutter kommer konsentrasjonen av HCN opp i koncentrasjoner større enn måleområdet for måleren, når flammene når måleområdet.*



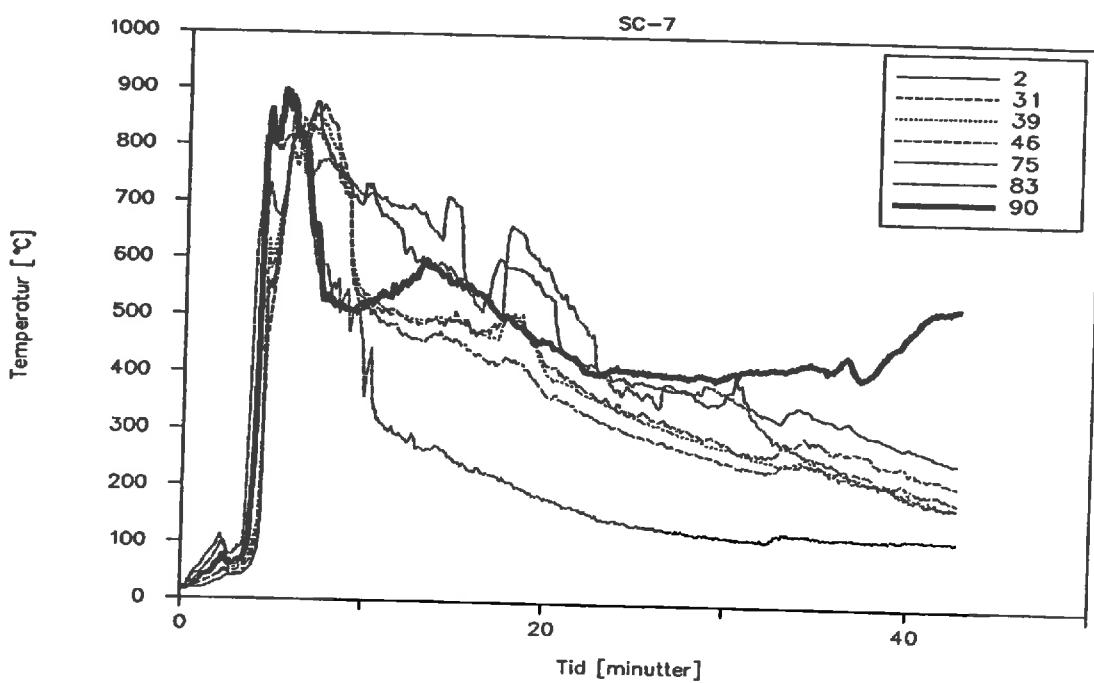
Figur 63 Massestrøm i røykgassen [kg/s] målt i toppen av trappesjakt (pos B, fig.5).

Ved tiden ca 8 minutter, ble målesonden for massestrøm ødelagt. Etter dette tidpunktet er massestrømmen simulert ved at den følger forløpet for O<sub>2</sub>-konsentrasjon . Tilført massestrøm til modellen fra tiden 2 minutter og utover er ca 3.9 kg/s.

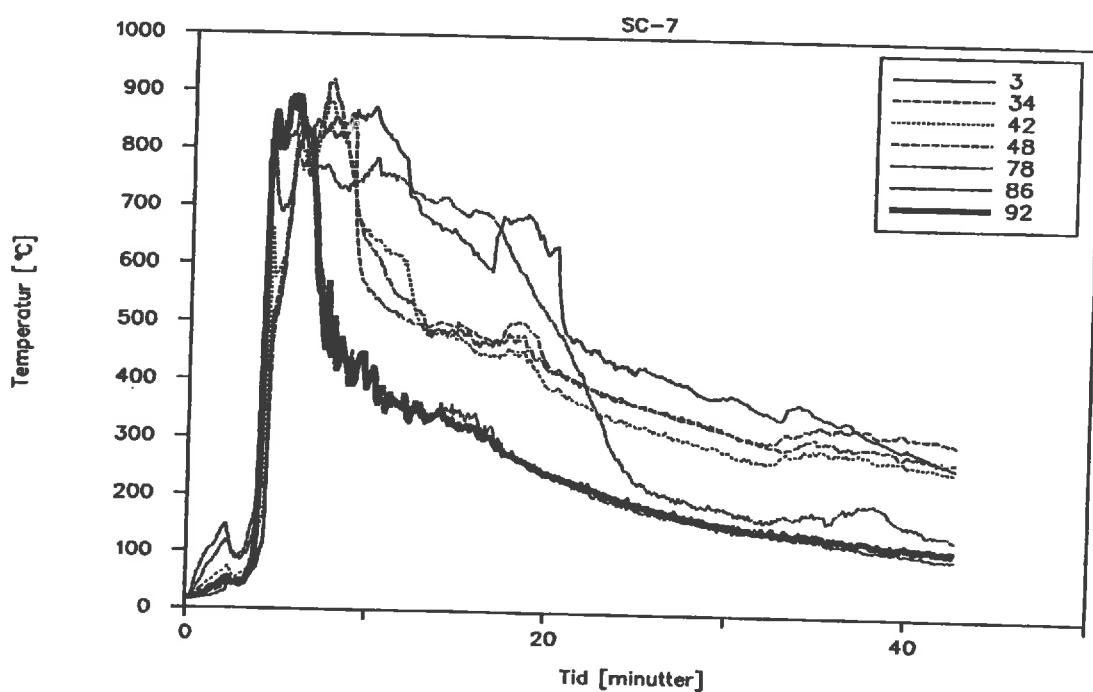


Figur 64 Netto varmeeffekt (kW). Varmeeffekt beregnet ut fra målt oksygen-konsentrasjoner, minus brennereffekten.

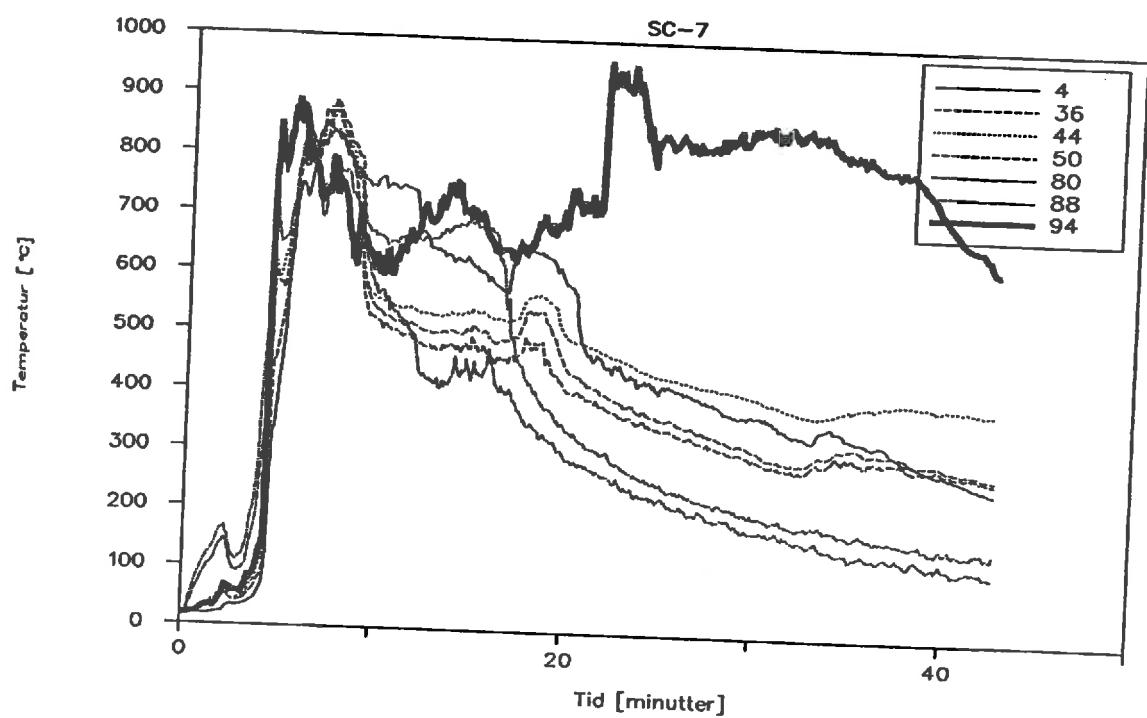
- 61 -



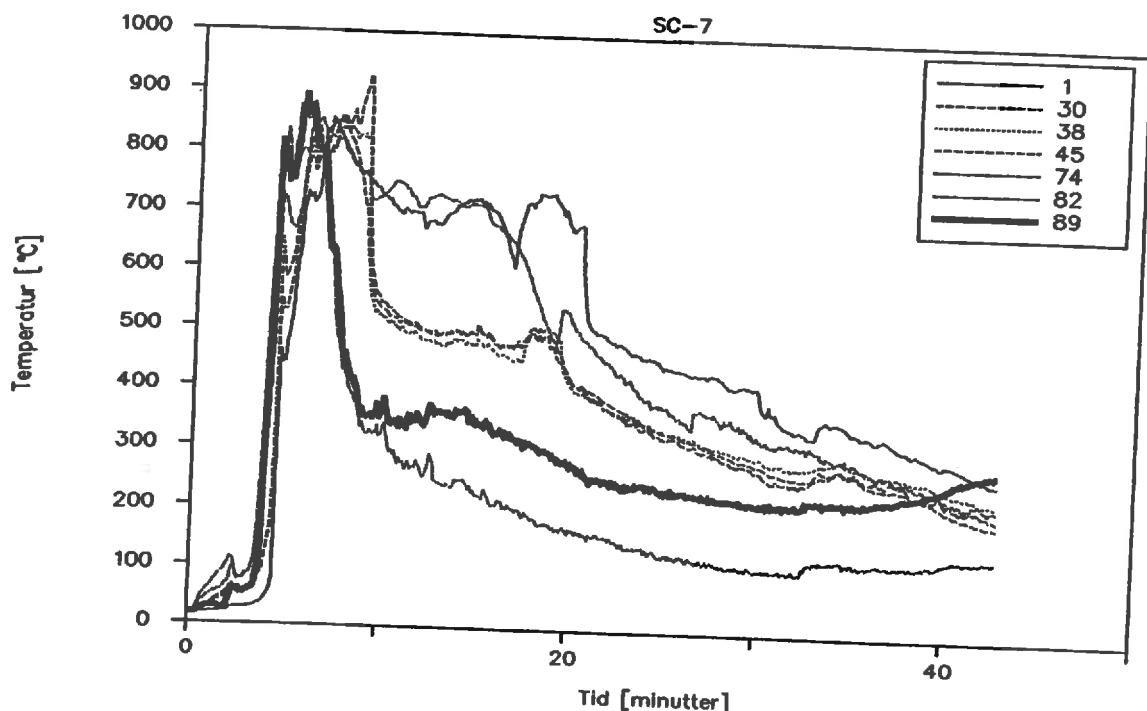
**Figur 65** Temperaturforløp. Målepunkt:2-31-39-46-75-83-90. For målepunktene plassering se fig. 11 og 12.



**Figur 66** Temperaturforløp. Målepunkt:3-34-42-48-78-86-92. For målepunktene plassering se fig. 11 og 12.

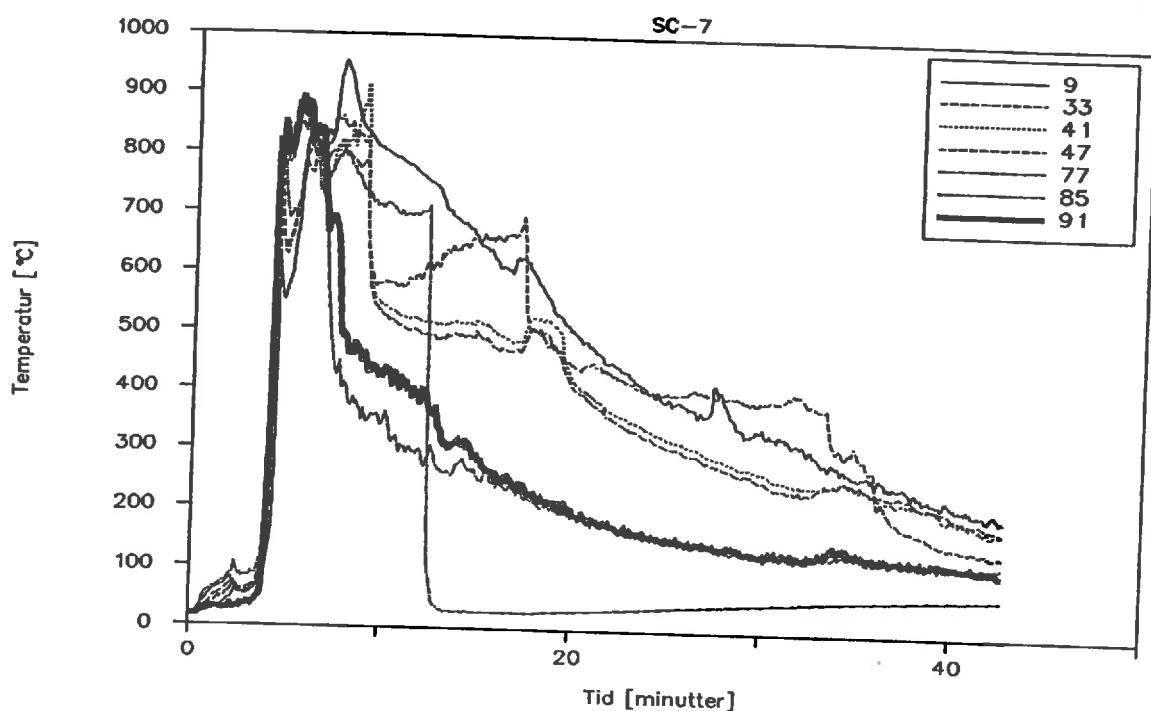


**Figur 67** Temperaturforløp. Målepunkt: 4-36-44-50-80-88-94. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

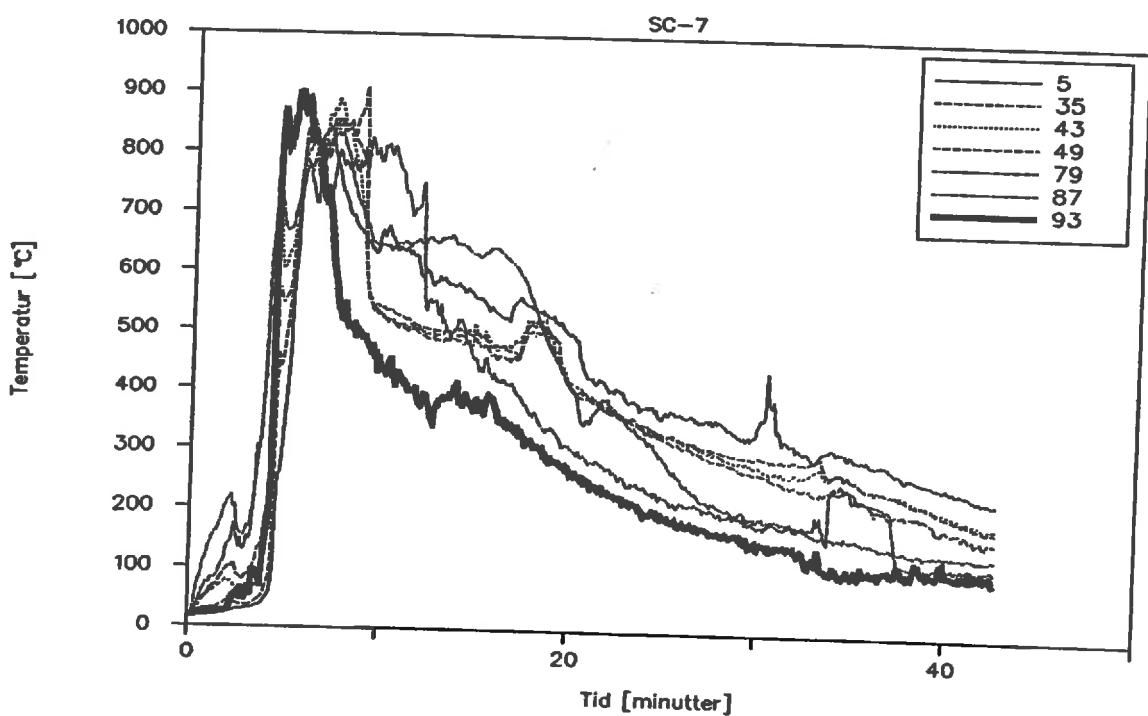


**Figur 68** Temperaturforløp. Målepunkt: 1-30-38-45-74-82-89. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

- 63 -

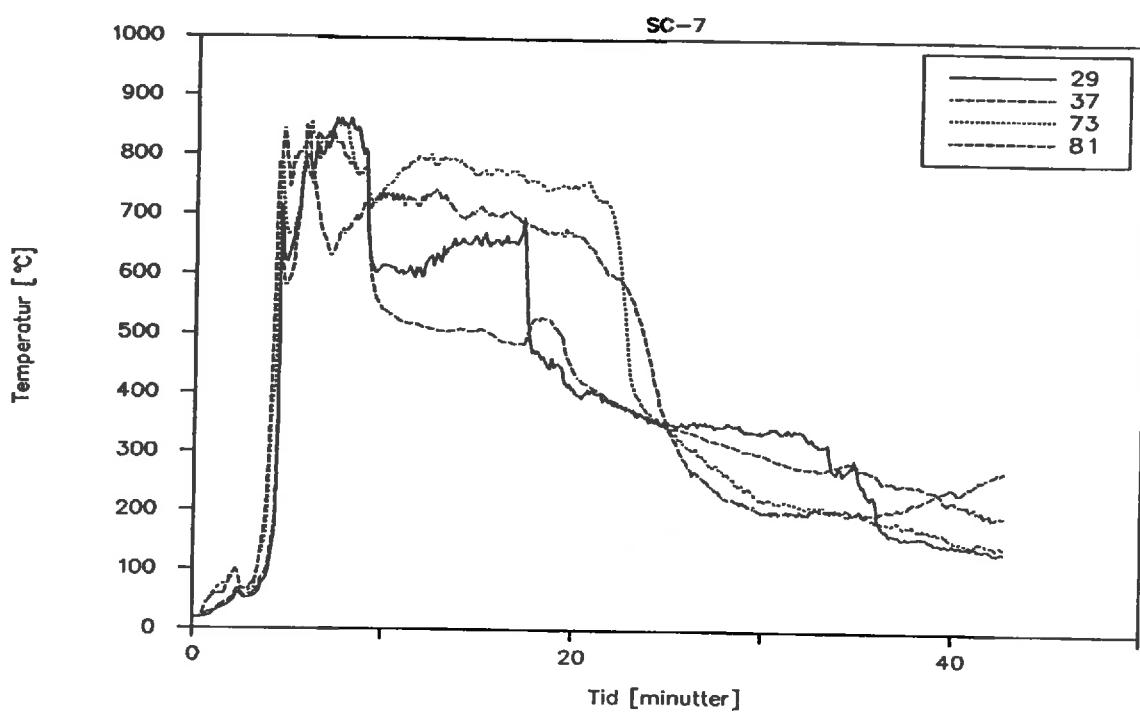


**Figur 69** Temperaturforløp. Målepunkt: 9-33-41-47-77-85-91. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

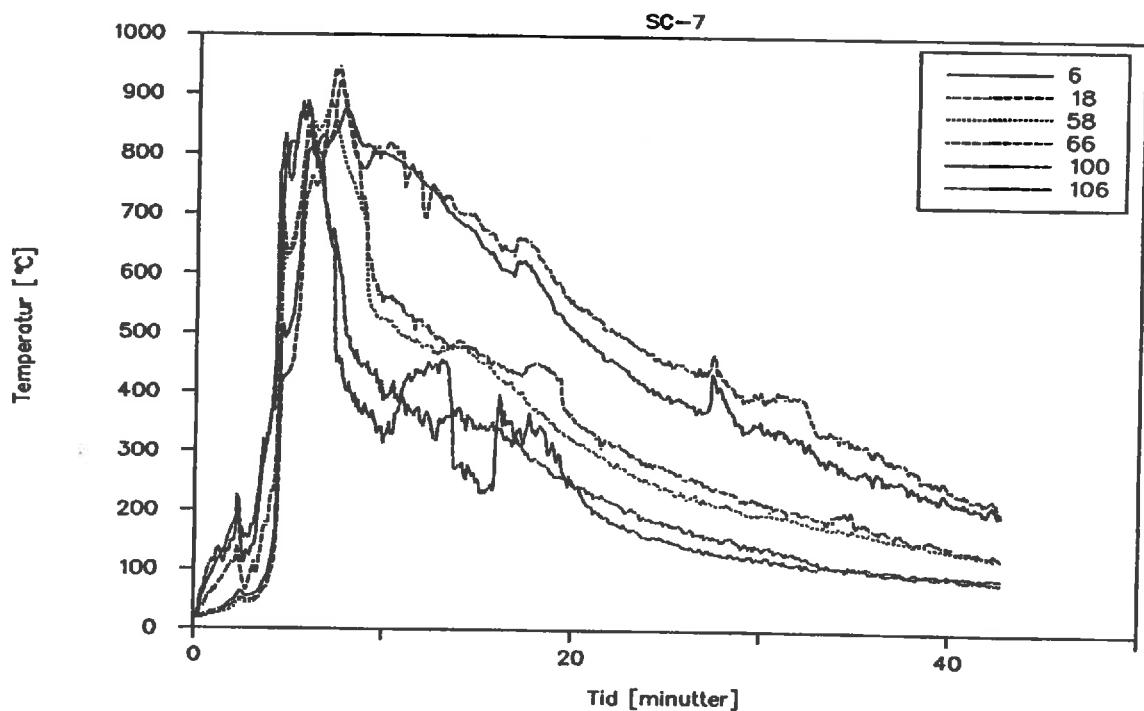


**Figur 70** Temperaturforløp. Målepunkt: 5-35-43-49-79-87-93. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

- 64 -

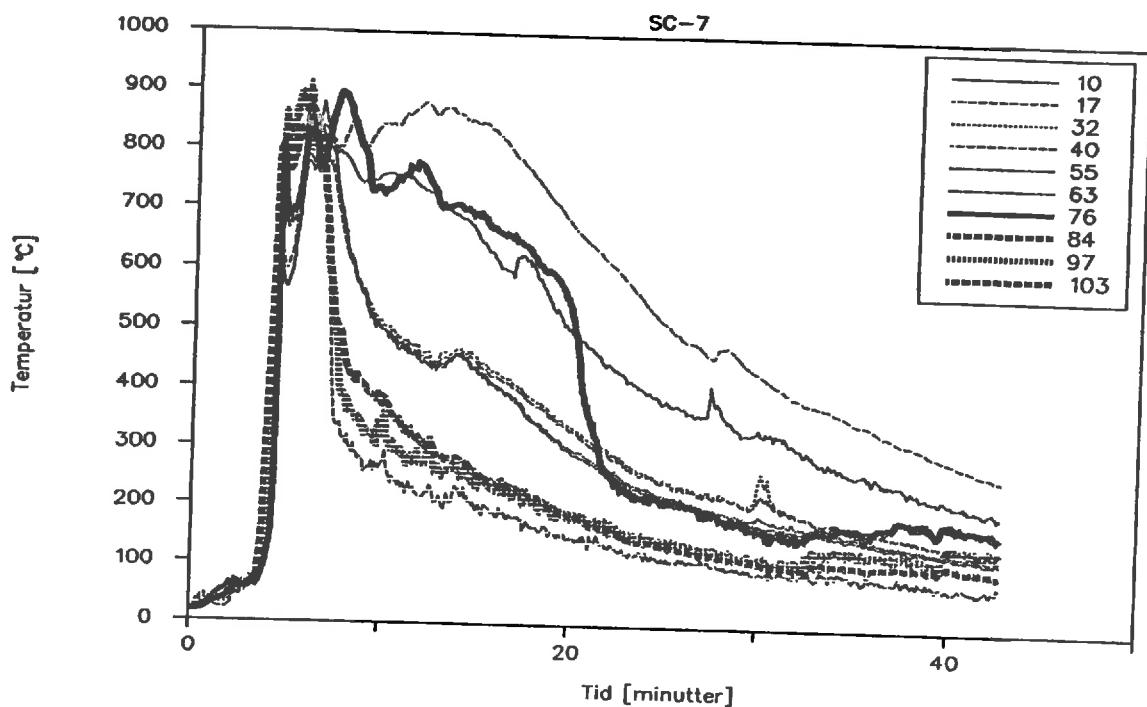


**Figur 71** Temperaturforløp. Målepunkt:29-37-73-81. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

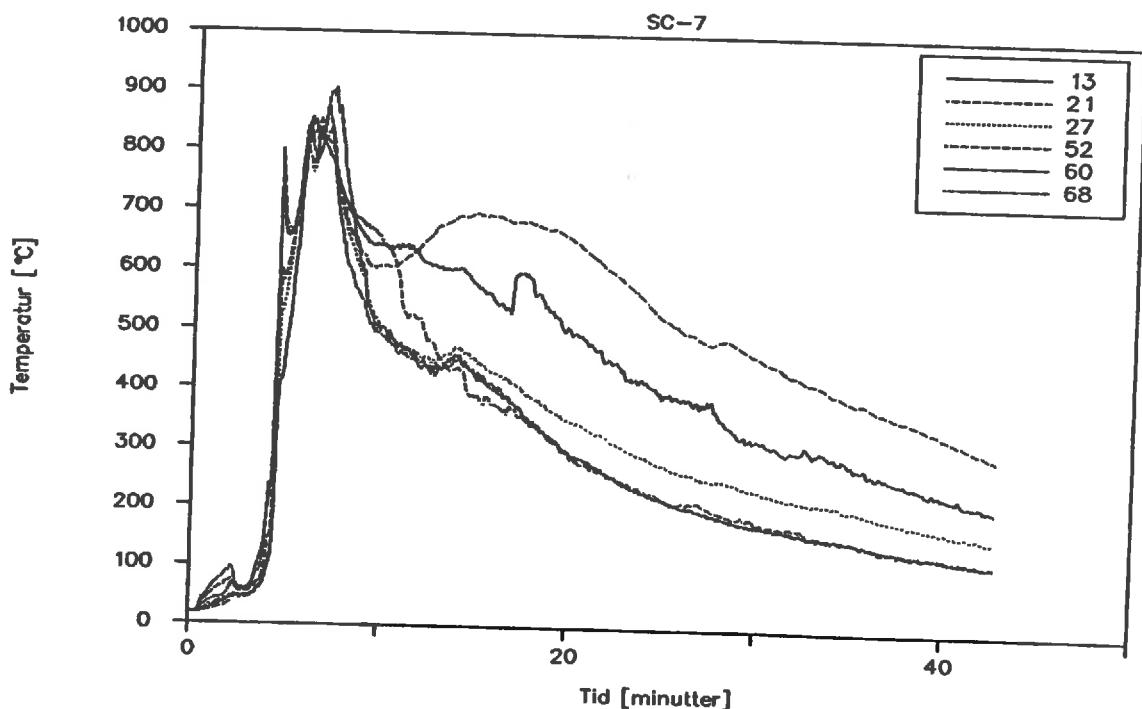


**Figur 72** Temperaturforløp. Målepunkt:6-18-58-66-100-106. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

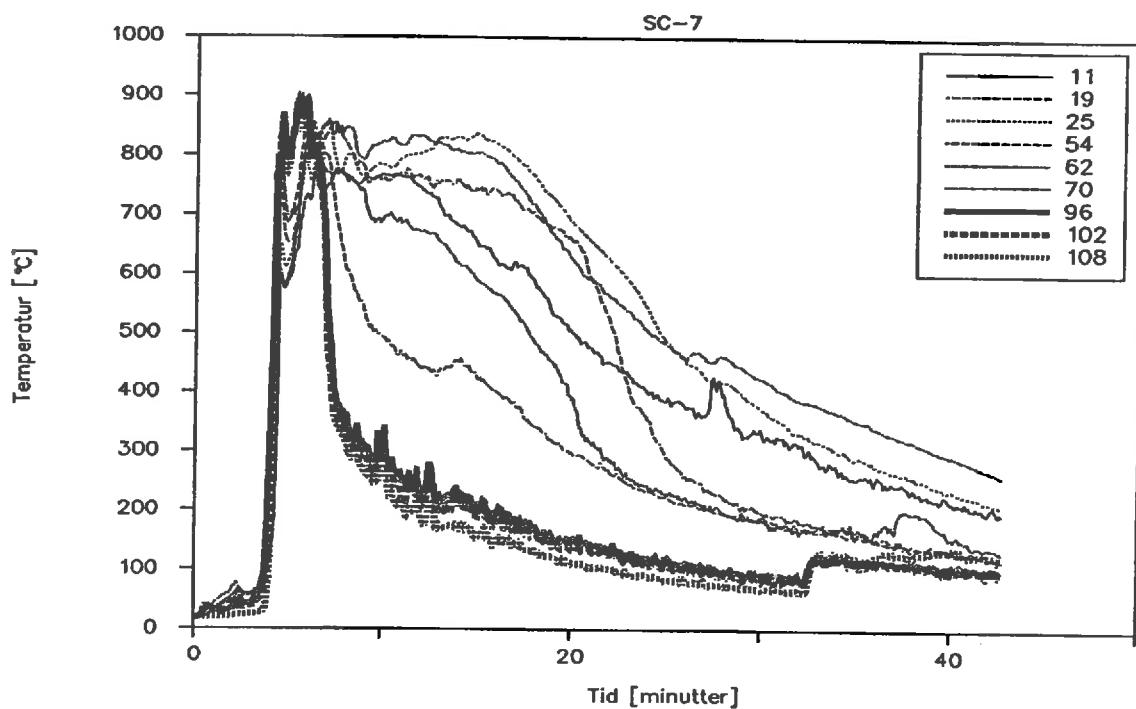
- 65 -



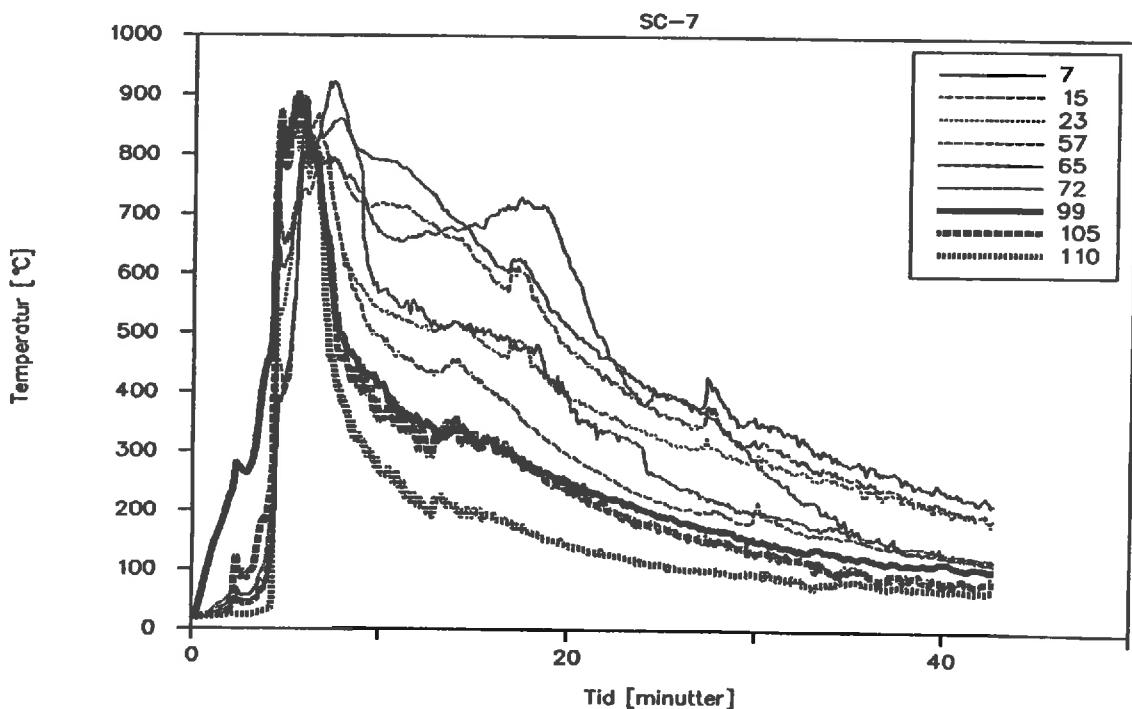
**Figur 73** Temperaturforløp. Målepunkt:10-17-32-40-55-63-76-84-97-103. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.



**Figur 74** Temperaturforløp. Målepunkt:13-21-27-52-60-68. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

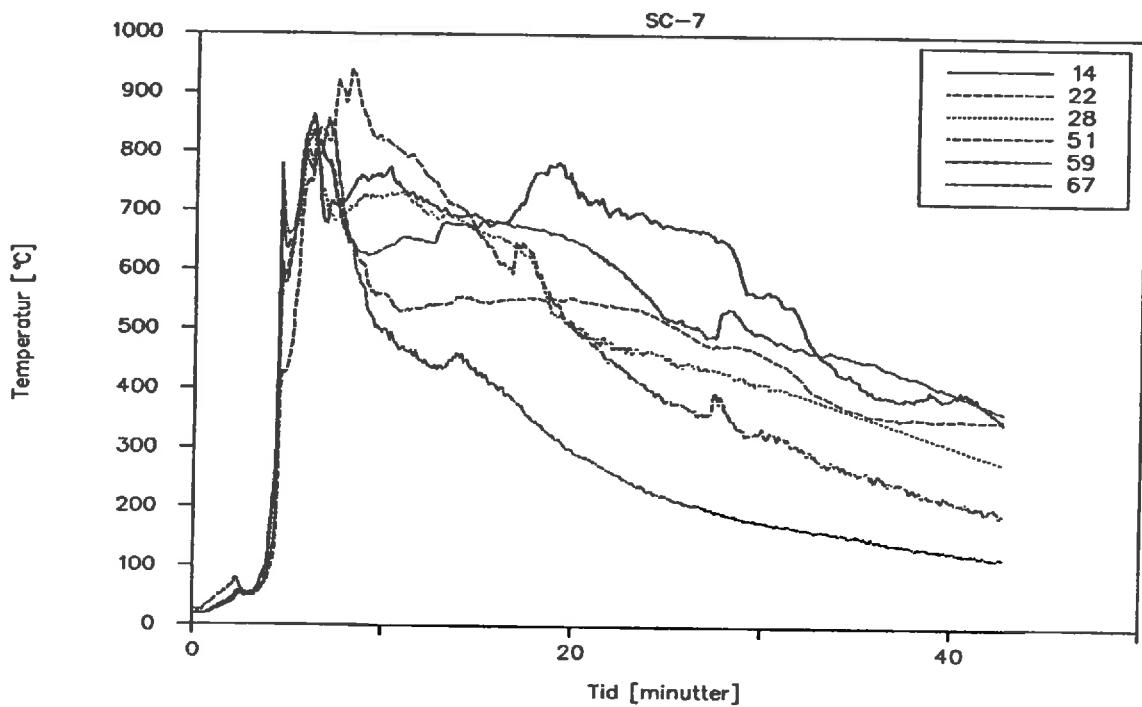


**Figur 75** Temperaturforløp. Målepunkt:11-19-25-54-62-70-96-102-108. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

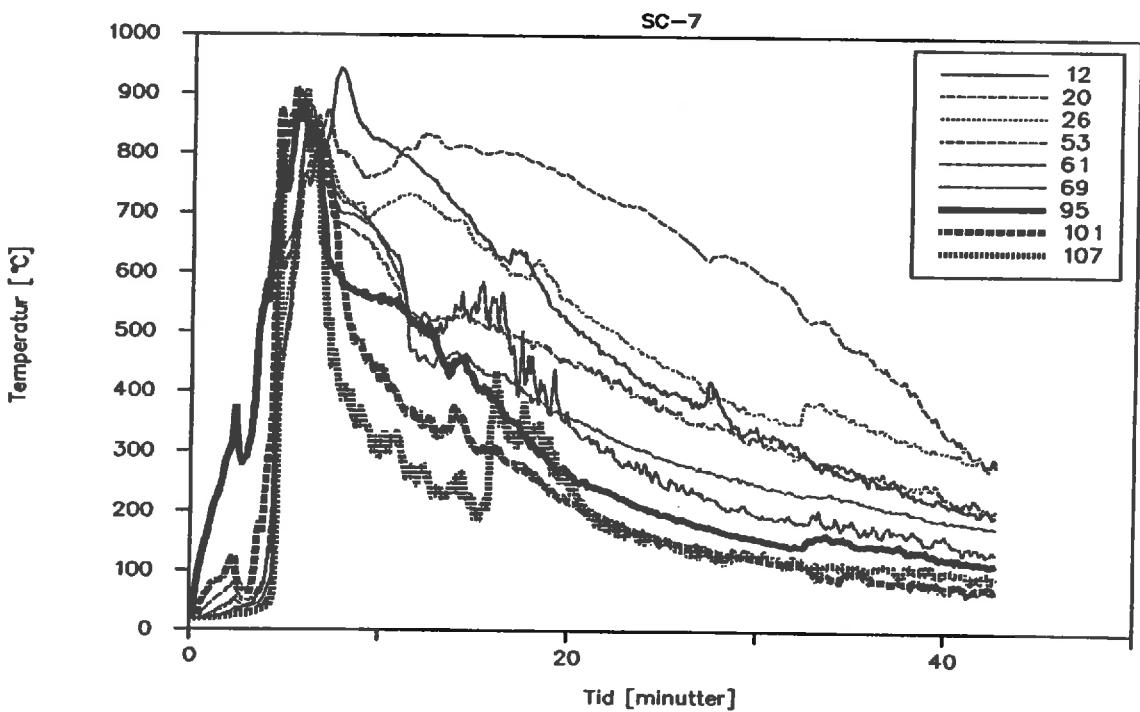


**Figur 76** Temperaturforløp. Målepunkt:7-15-23-57-65-72-99-105-110. For målepunktenes plassering se fig 11 og 12.

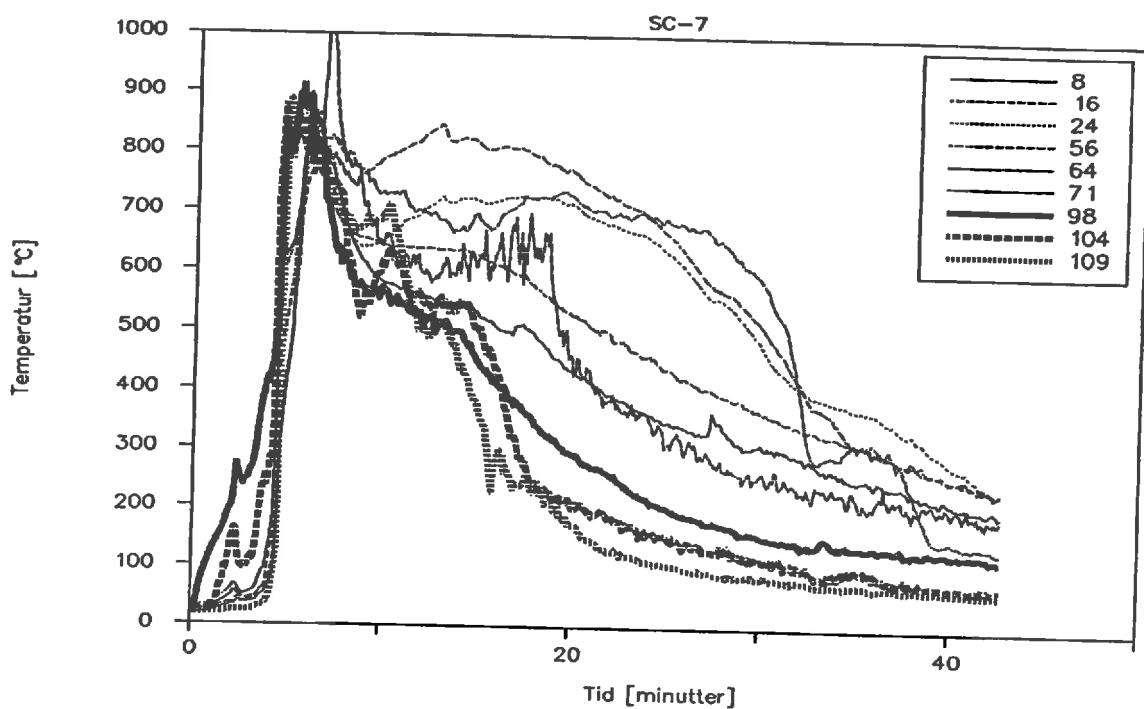
- 67 -



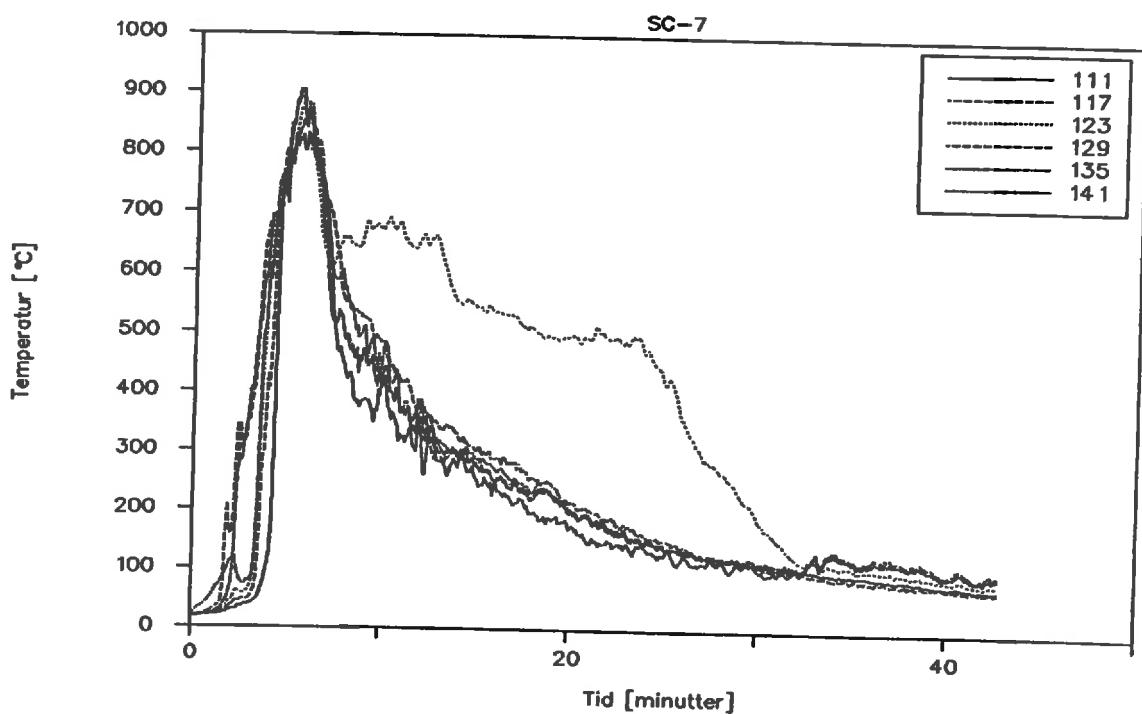
**Figur 77** Temperaturforløp. Målepunkt:14-22-28-51-59-67. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.



**Figur 78** Temperaturforløp. Målepunkt:12-20-26-53-61-69-95-101-107. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

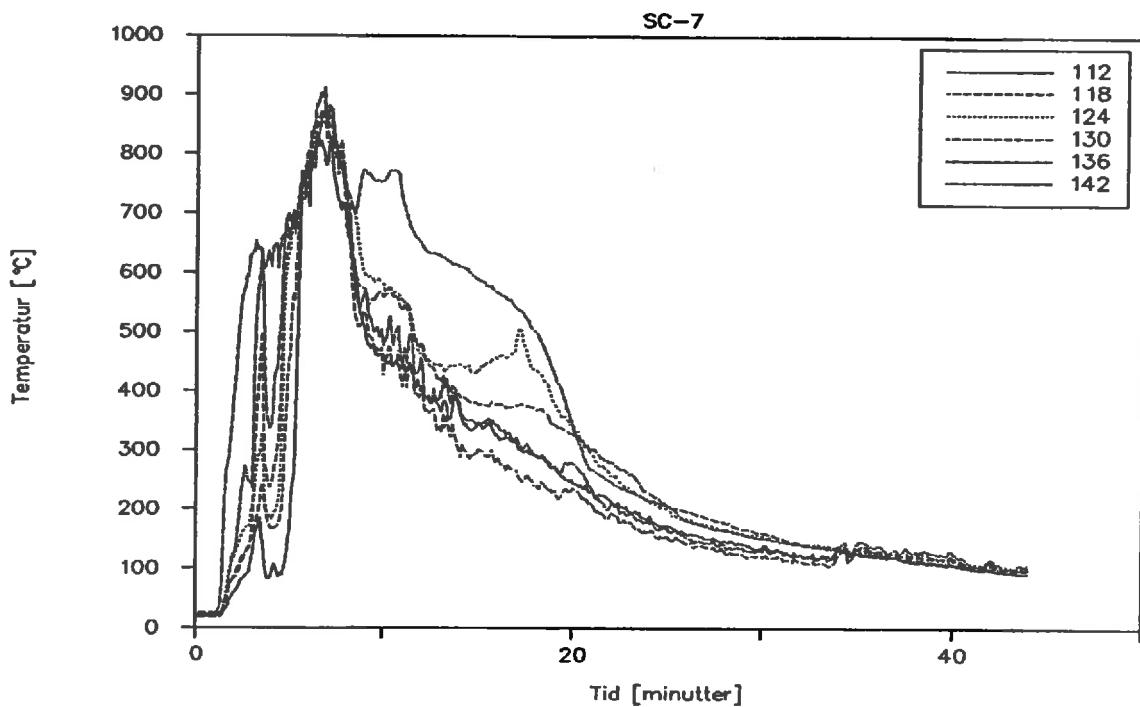


Figur 79 Temperaturforløp. Målepunkt: 8-16-24-56-64-71-98-104-109. For målepunktene plassering se fig. 11 og 12.

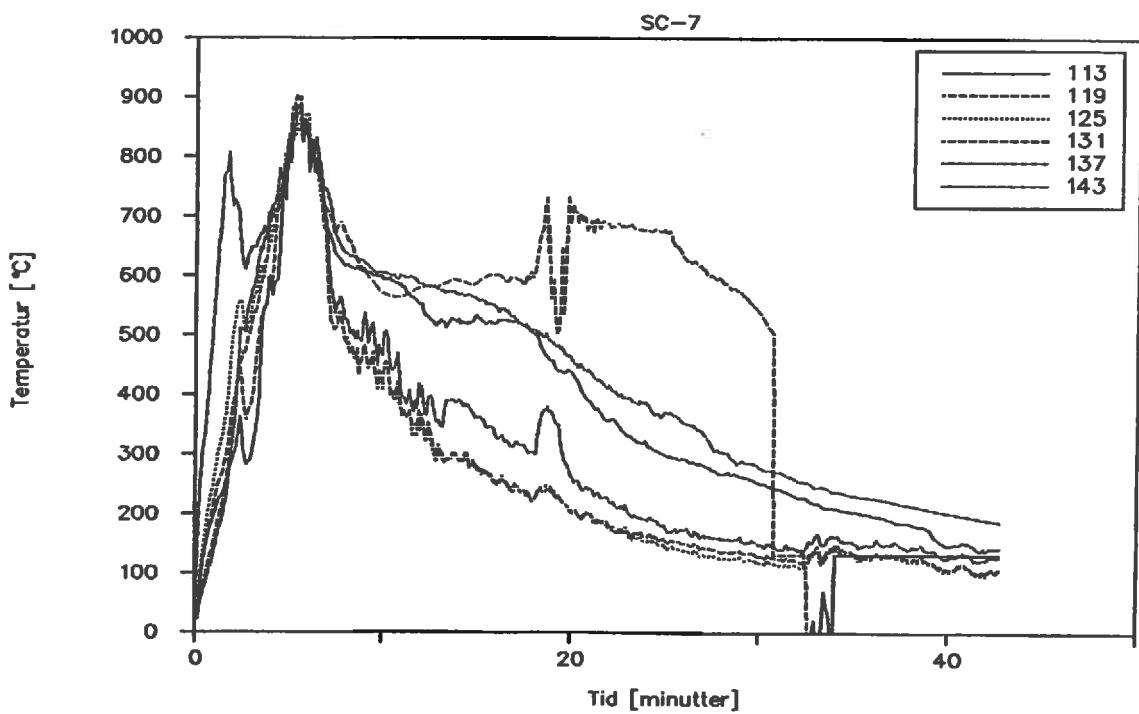


Figur 80 Temperaturforløp. Målepunkt: 111-117-123-129-135-141. For målepunktene plassering se fig. 11 og 12.

- 69 -

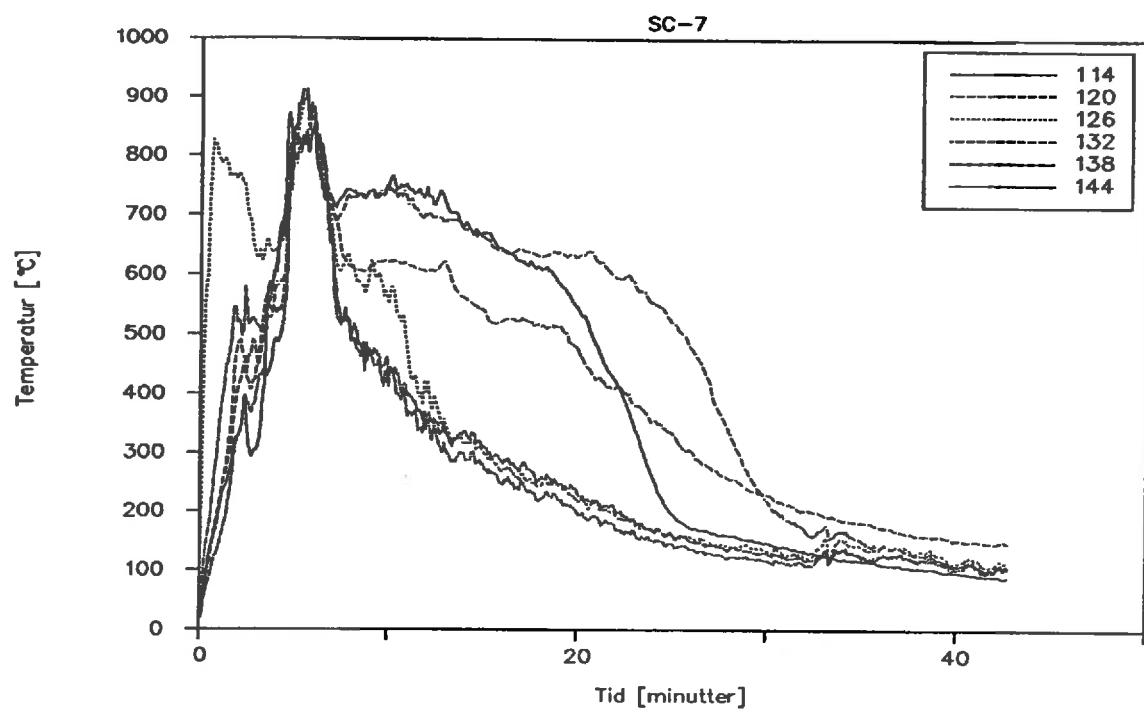


**Figur 81** Temperaturforløp. Målepunkt:112-118-124-130-136-142. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

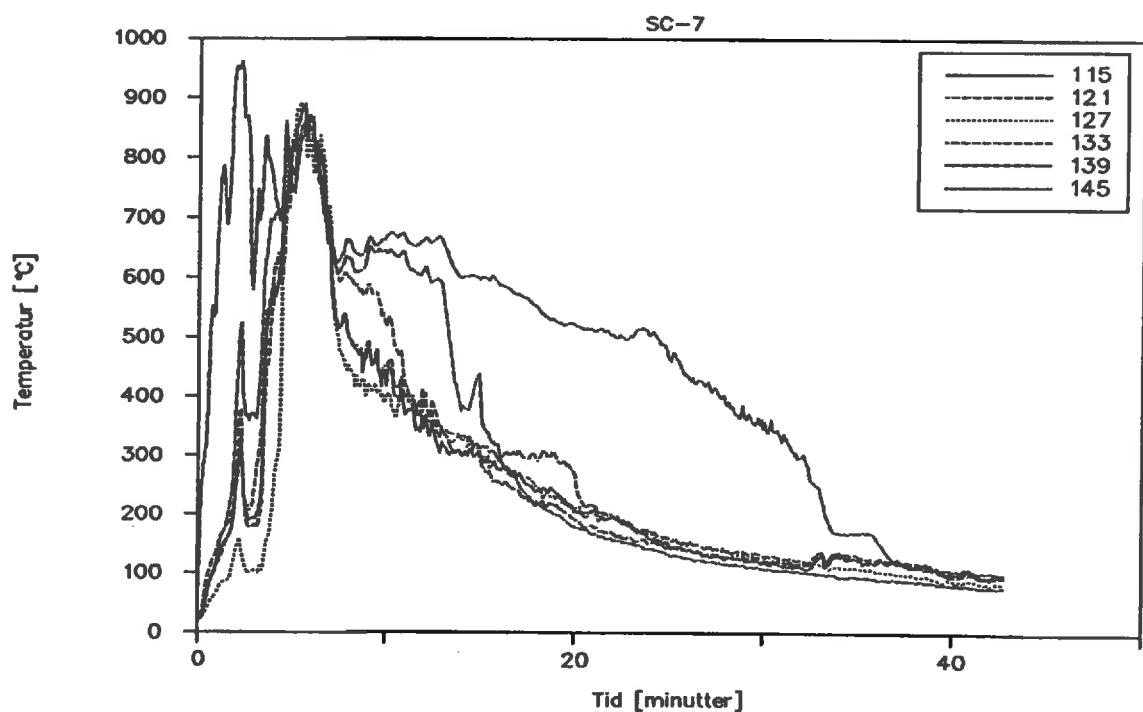


**Figur 82** Temperaturforløp. Målepunkt:113-119-125-131-137-143. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

- 70 -

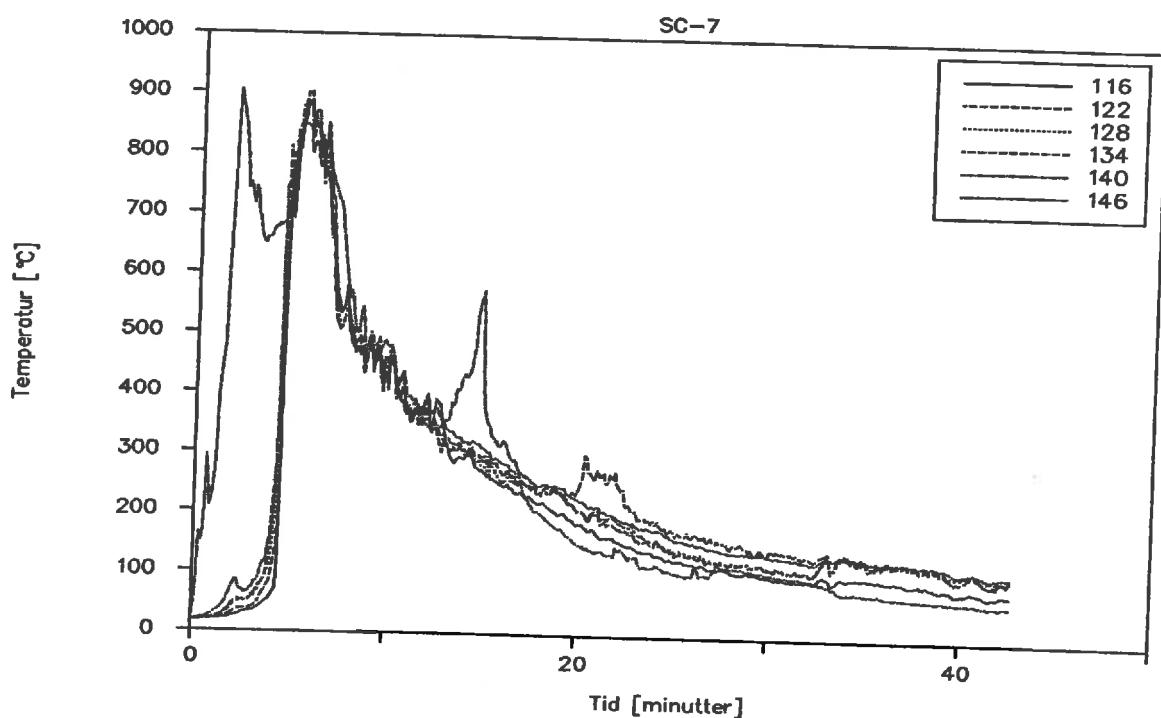


**Figur 83** Temperaturforløp. Målepunkt: 114-120-126-132-138-144. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

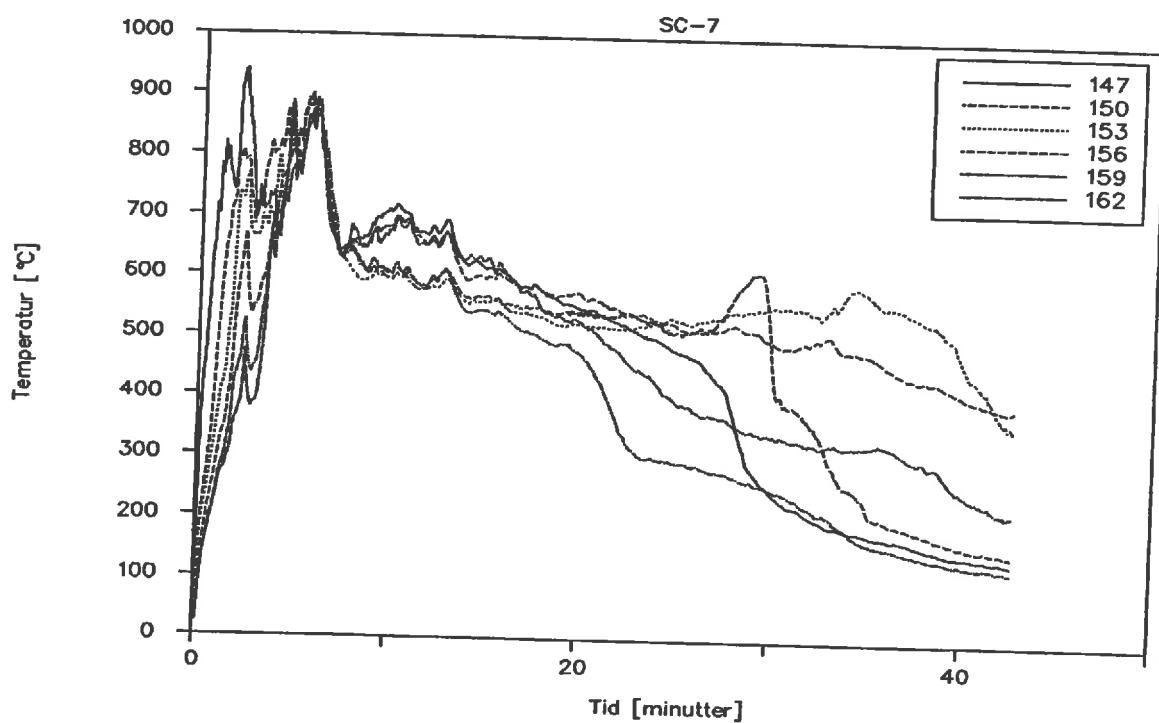


**Figur 84** Temperaturforløp. Målepunkt: 115-121-127-133-139-145. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

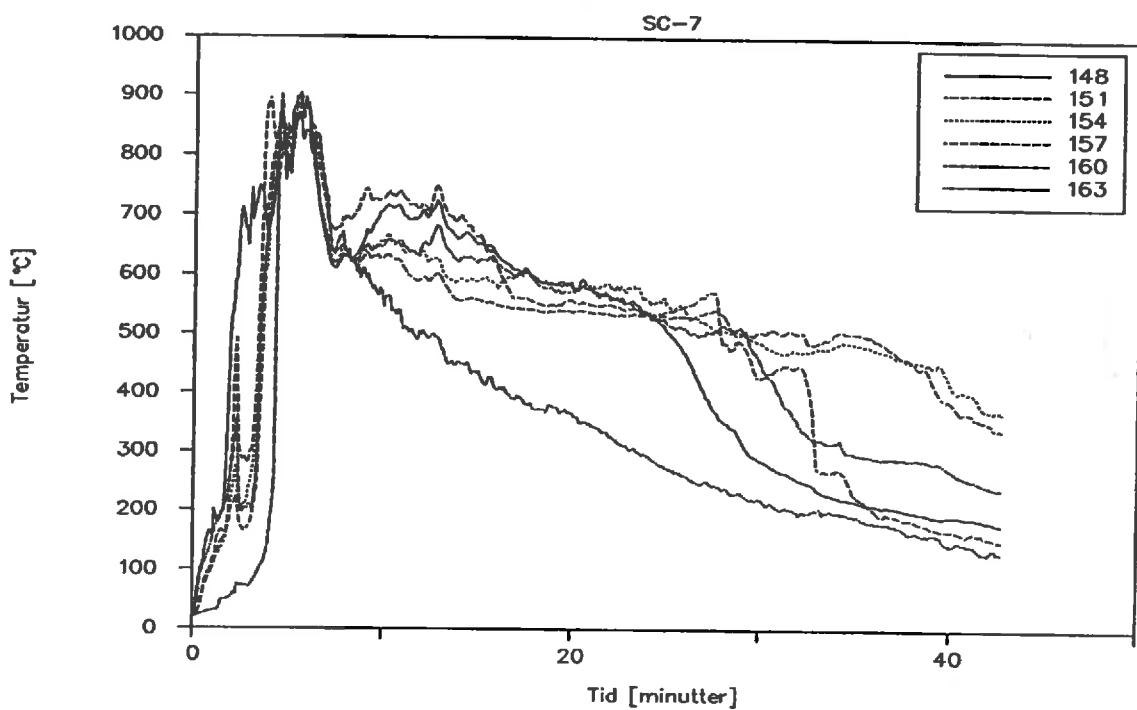
- 71 -



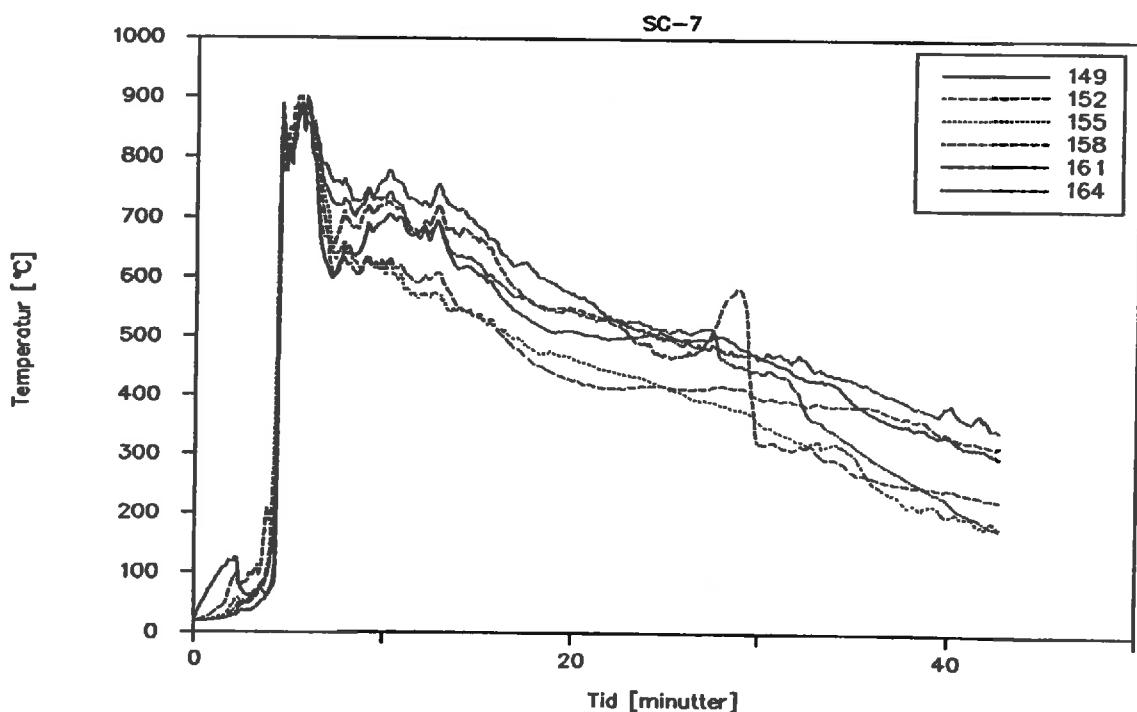
**Figur 85** Temperaturforløp. Målepunkt:116-122-128-134-140-146. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.



**Figur 86** Temperaturforløp. Målepunkt:147-150-153-156-159-162. For målepunktenes plassering se fig 11 og 12.



**Figur 87** Temperaturforløp. Målepunkt: 148-151-154-157-160-163. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.



**Figur 88** Temperaturforløp. Målepunkt: 149-152-155-158-161-164. For målepunktenes plassering se fig. 11 og 12.

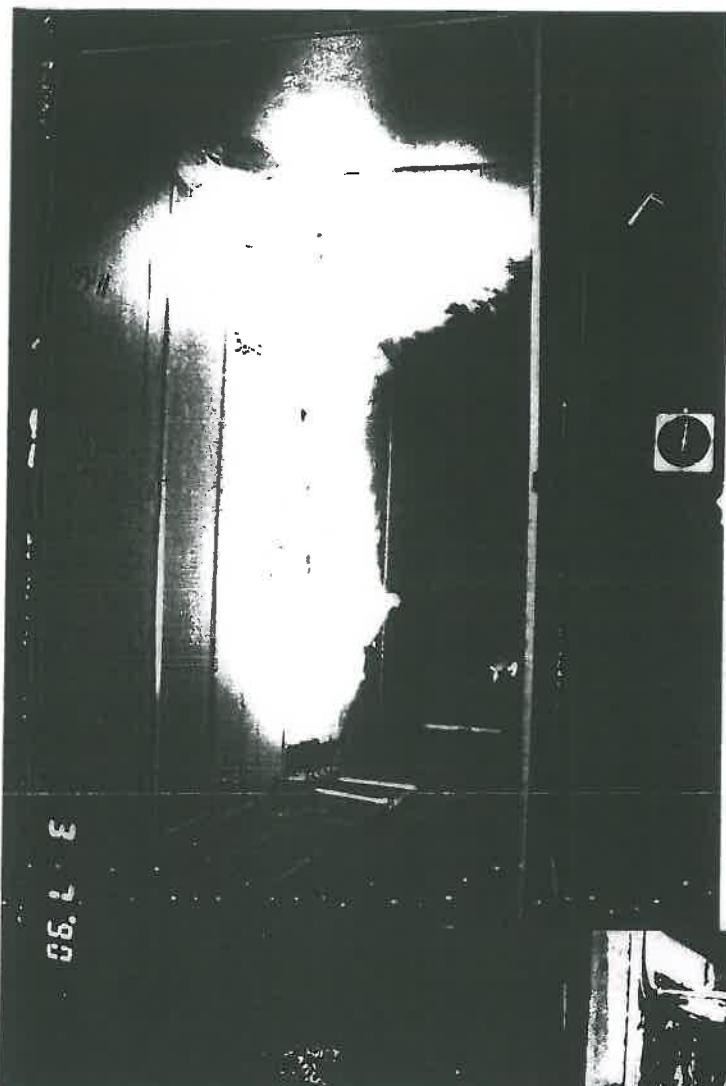
- 73 -

## REFERANSER

- /1/ Brannen ombord på Scandinavian Star. En vurdering av ventilasjonsanleggets betydning i det tidlige brannforløpet. Øystein Meland, SINTEF NBL 1990. STF F90010.
- /2/ Brannen på M/S "Scandinavian Star" 7 april 1990. Sakkyndig uttalelse om det fysiske brannforløp. Ejnar Danö, Dantest, Kjell Schmidt Pedersen, SINTEF NBL, 1990, STF25 F90014.
- /3/ Technical report, A FIRE PRODUCTS COLLECTOR FOR CALORIMETRY INTO THE MW RANGE, Gunnar Heskestad, June 1981, FMRC J.I. 0C2E1.RA
- /4/ Nordtest methode NT FIRE 025, Room fire test in full scale. Nordtest, Approved 1986-05
- /5/ Beregninger av røykspredning ved brannen i Scandinavian Star. Ragnar Wighus, Jan Arne Fagertun, SINTEF NBL 1990. STF25 F90012.

## VEDLEGG I

Vedlegget viser bilder fra de respektive forsøk som er beskrevet i rapporten.

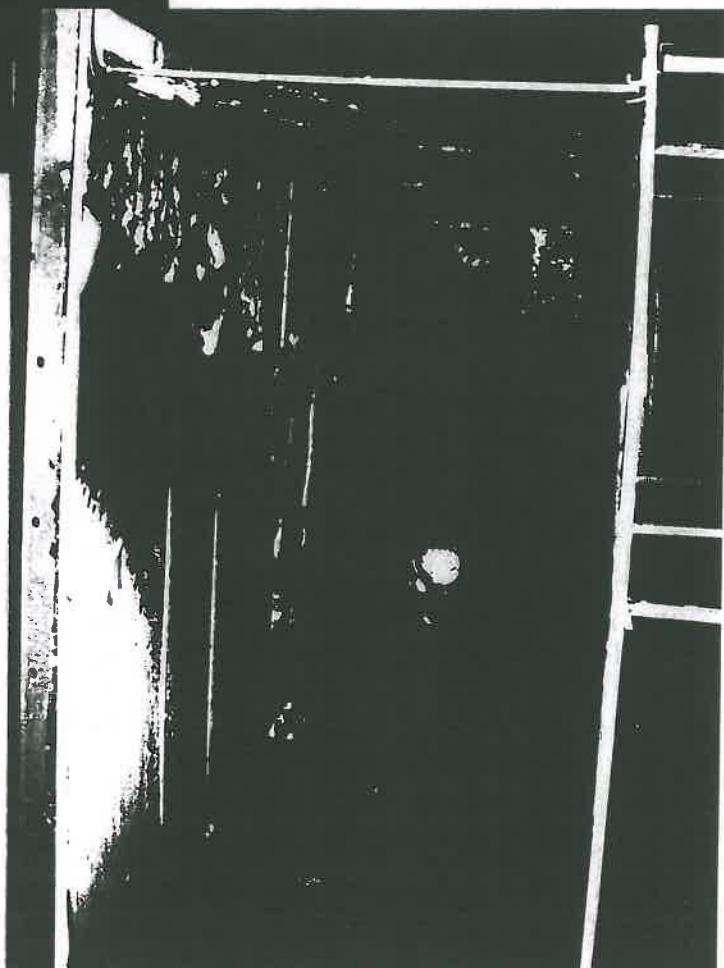


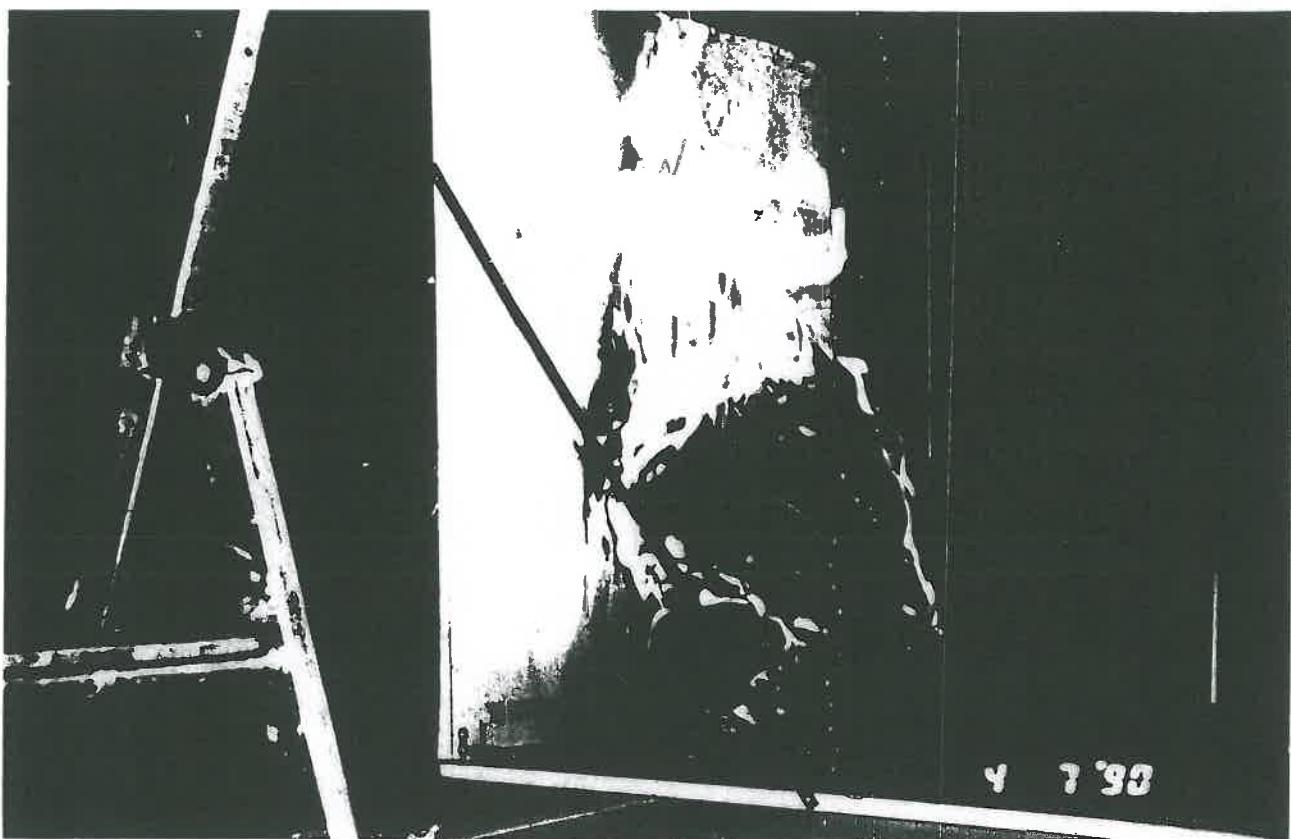
Bilde 1

Forsøk SC-2; Gassbrenner, varmeeffekt 200 kW. Etter ca. 2 minutter har flammeene spreidt seg i laminatet og når takflaten. Fra da av spreer flammeene seg langs takflaten til begge sider.

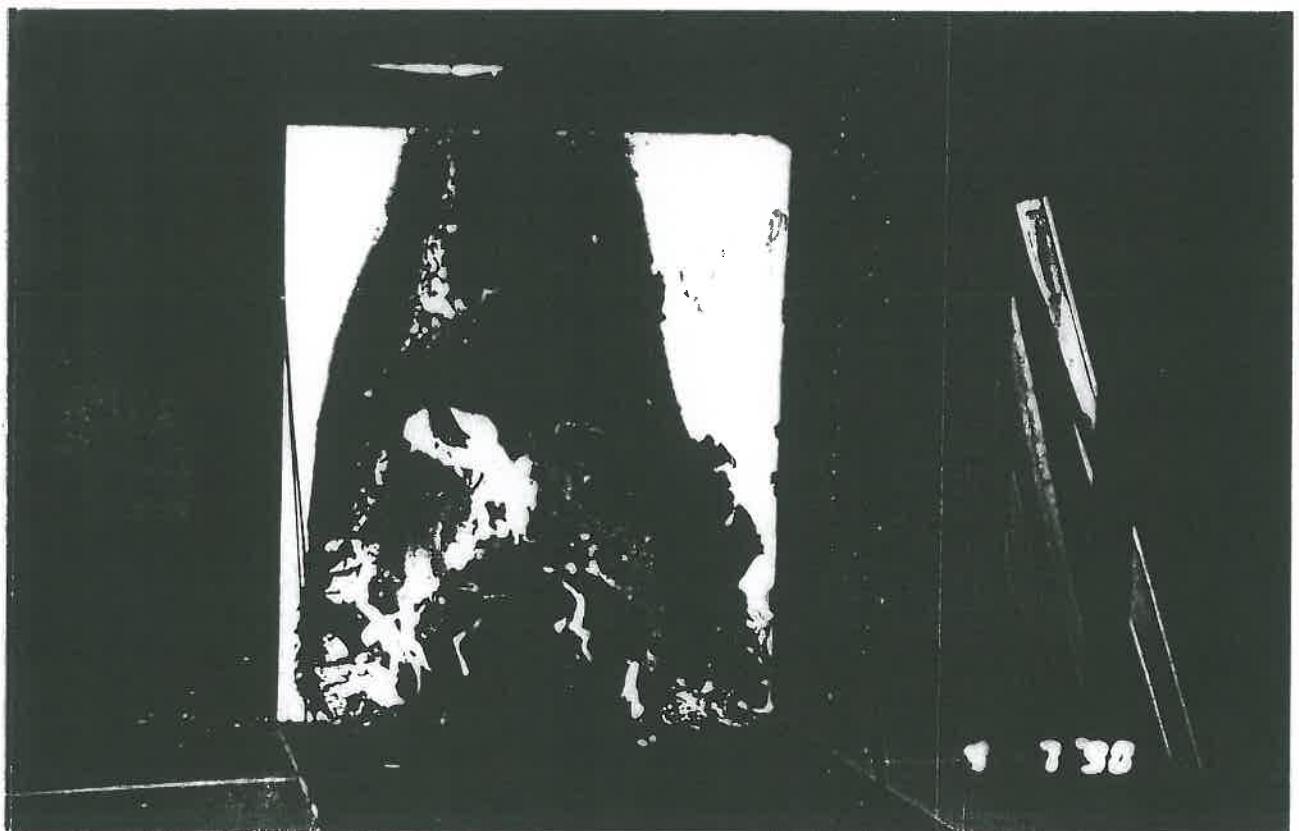
Bilde 2

Forsøk SC-2; Typisk stadtstillede, takflaten og en del av veggen er utbrant. Brannen ble sløddet umiddelbart etter at overtenning inntraff.





Bilde 3 *Forsøk SC-3; Antennelse av sekkk med sengeutrustning. Etter ca. 5 minutter brenner det i hele sekkkens høyde.*

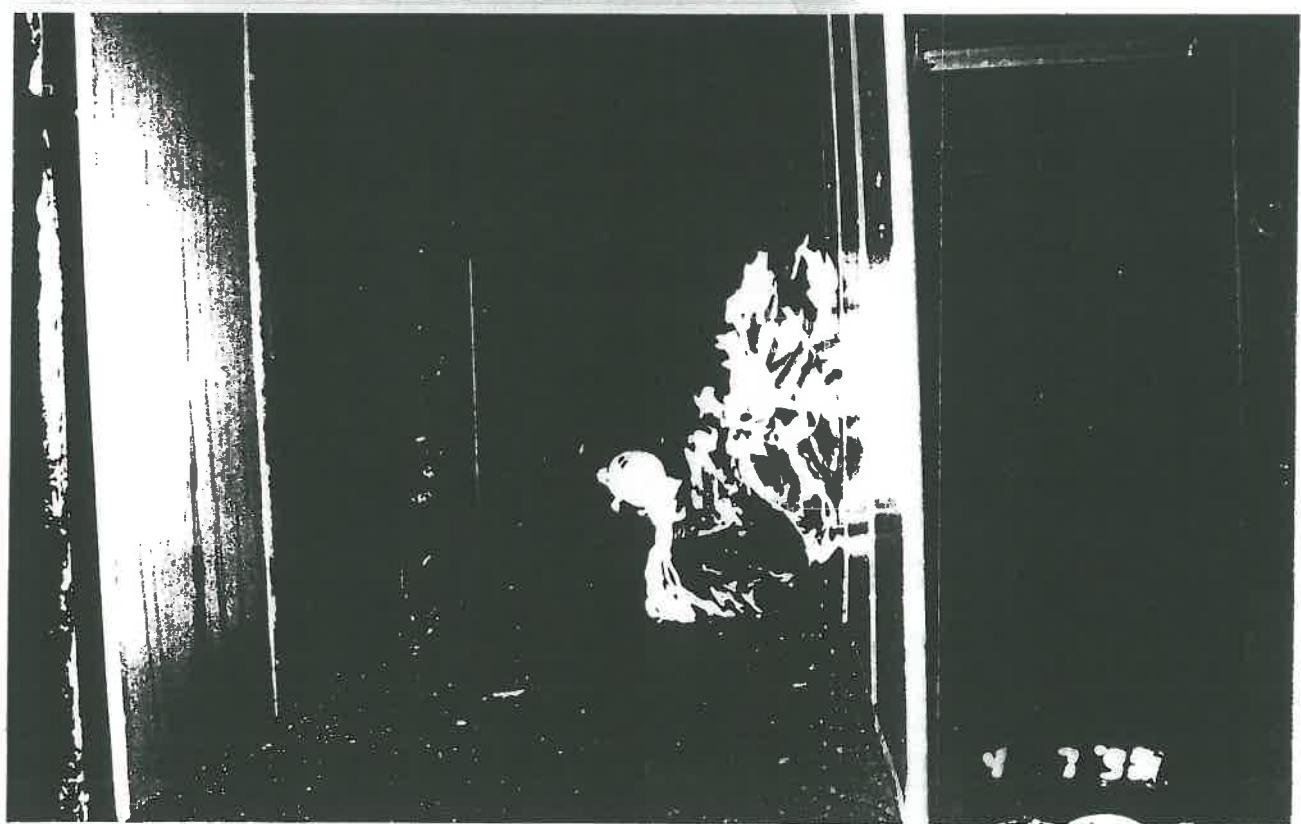


Bilde 4 *Forsøk SC-3; Antennelse av sekkk med sengeutrustning. Bildet viser skadeomfang på bakvegg.*

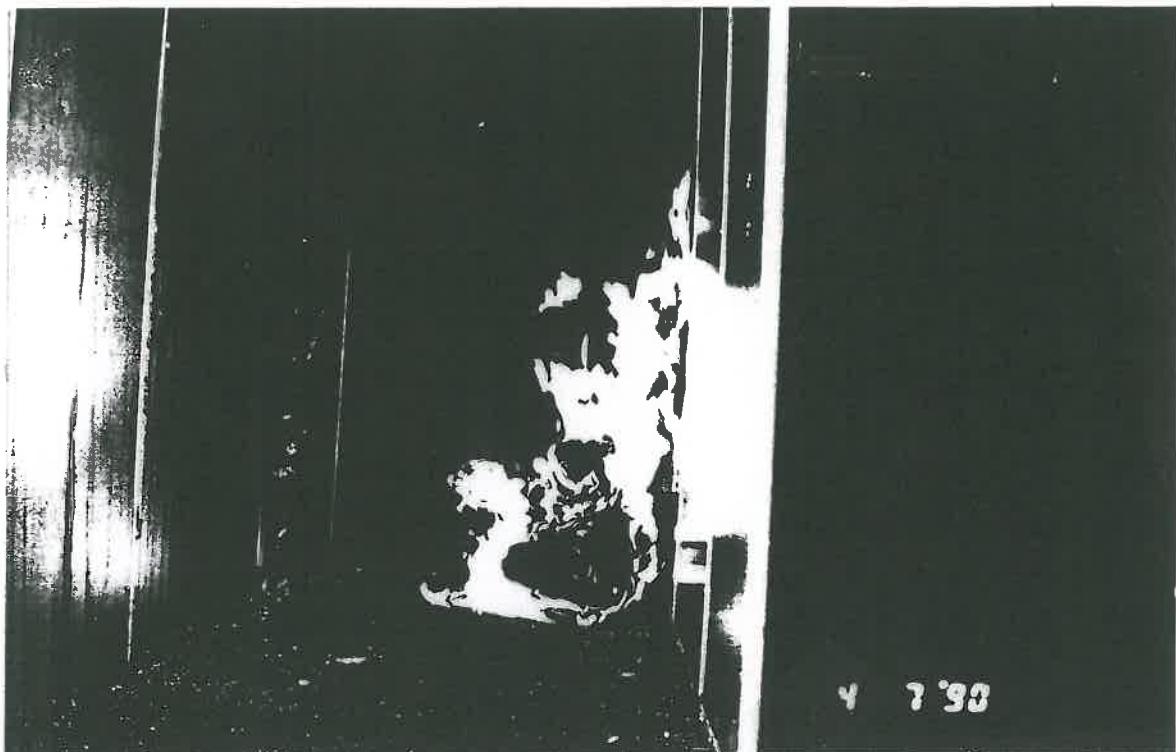


Bilde 5

Forsøk SC-4; Gassbrenner, varmeeffekt 100 kW. Etter ca. 5 minutter har flamrene spredt seg i hele veggflatens høyde, men varmefekten er ikke stor nok til at takflatene antennes.

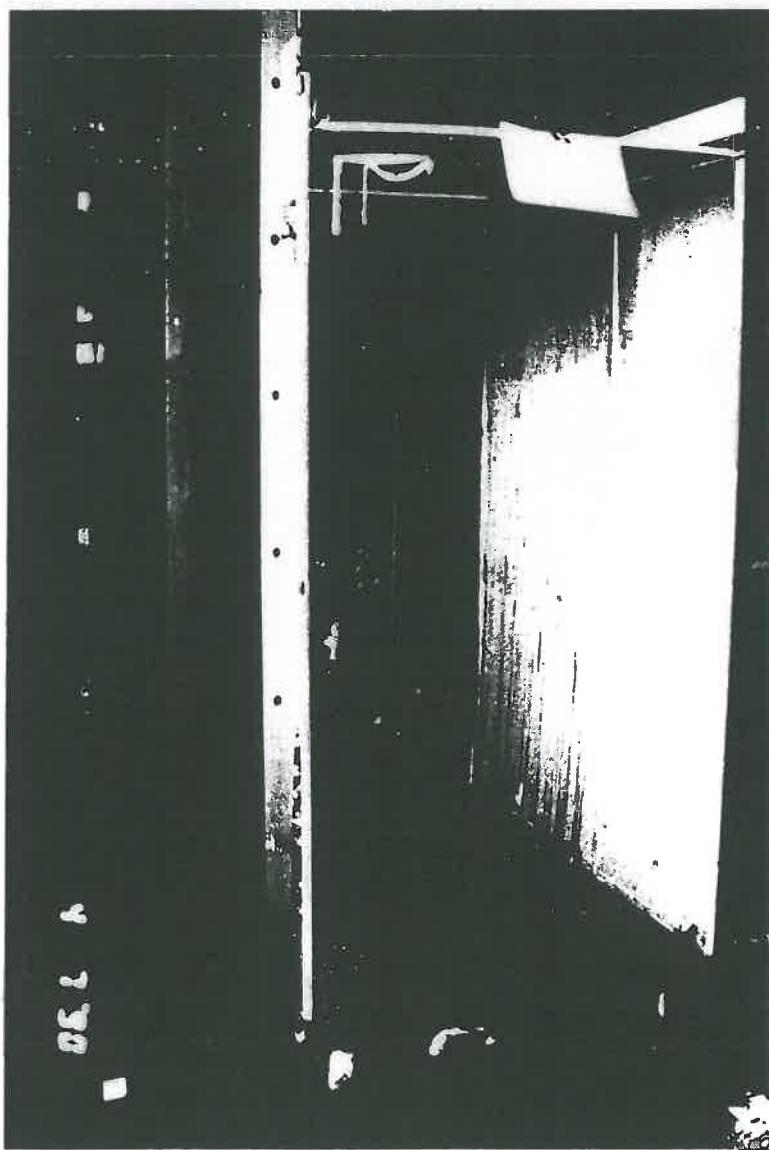


Bilde 6 Fosøk SC-4; Skadebilde etter brann med gassbrenner 100 kW kontinuerlig.



Bilde 7

Forsøk SC-4A; Brann i sekkk med sengeutrustning. Etter ca. 6 minutter var hele sekken overtent samtidig som deler av golvteppet brenner. Fra dette tidspunktet avtar brannen naturlig.



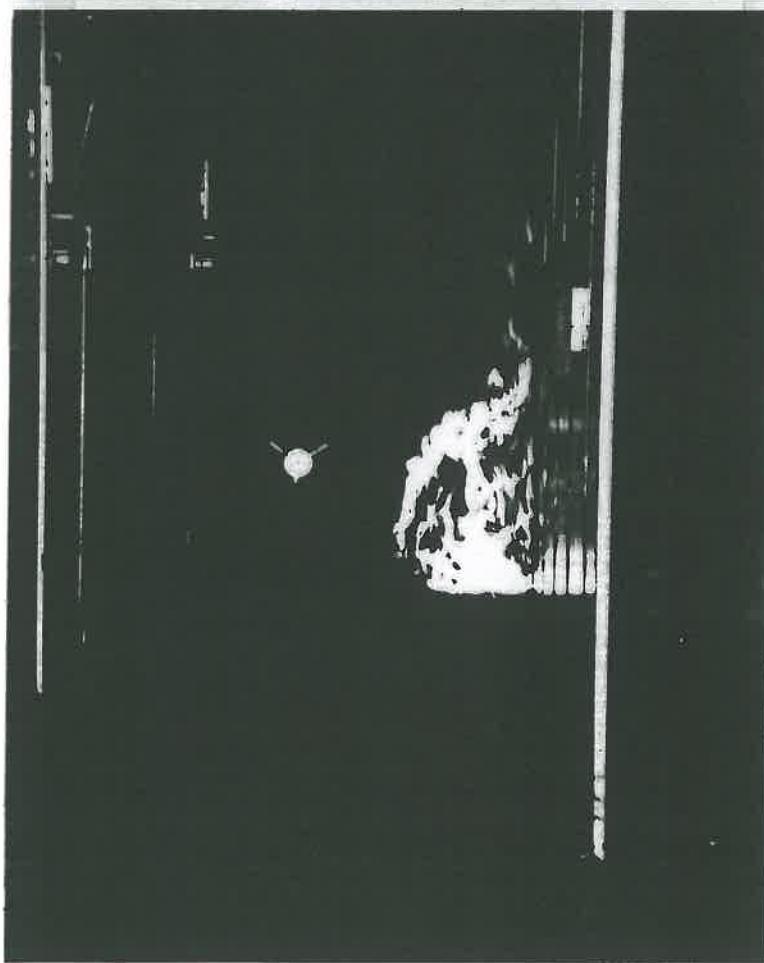
Bilde 8

Forsøk SC-4A; Skadebilde etter brann i sekkk med sengeutrustning. Ingen overtenting.



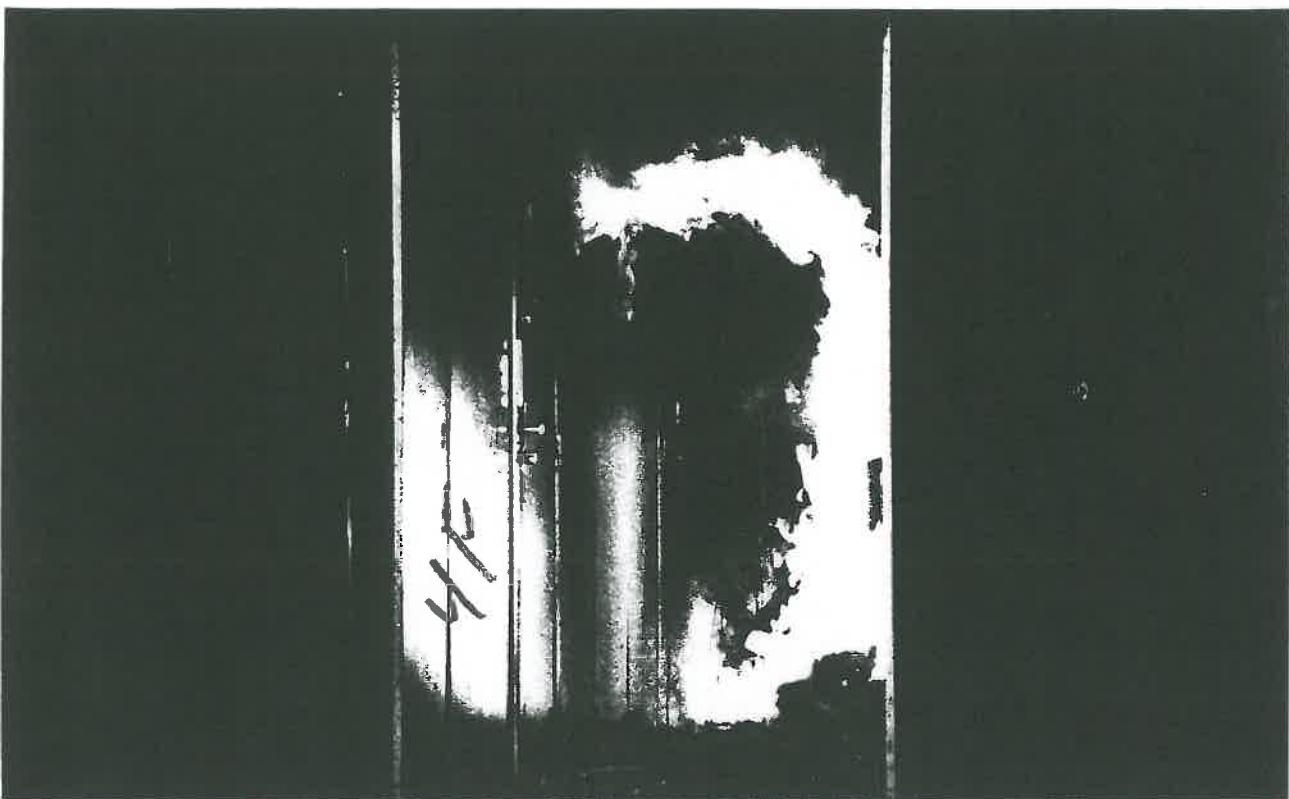
Bilde 9

Forsøk SC-4B; Brann i sekk med sengeutrustning tilsvarende forutgående forsøk, men med plassering av sekken noe nærmere endeveggen i korridoren. Etter ca. 4 minutter brenner hele sekken og deler av veggflaten. Ca. 1 minutt senere brenner deler av takflaten. Overtenning i modellen inntrer etter ca. 8 minutter.

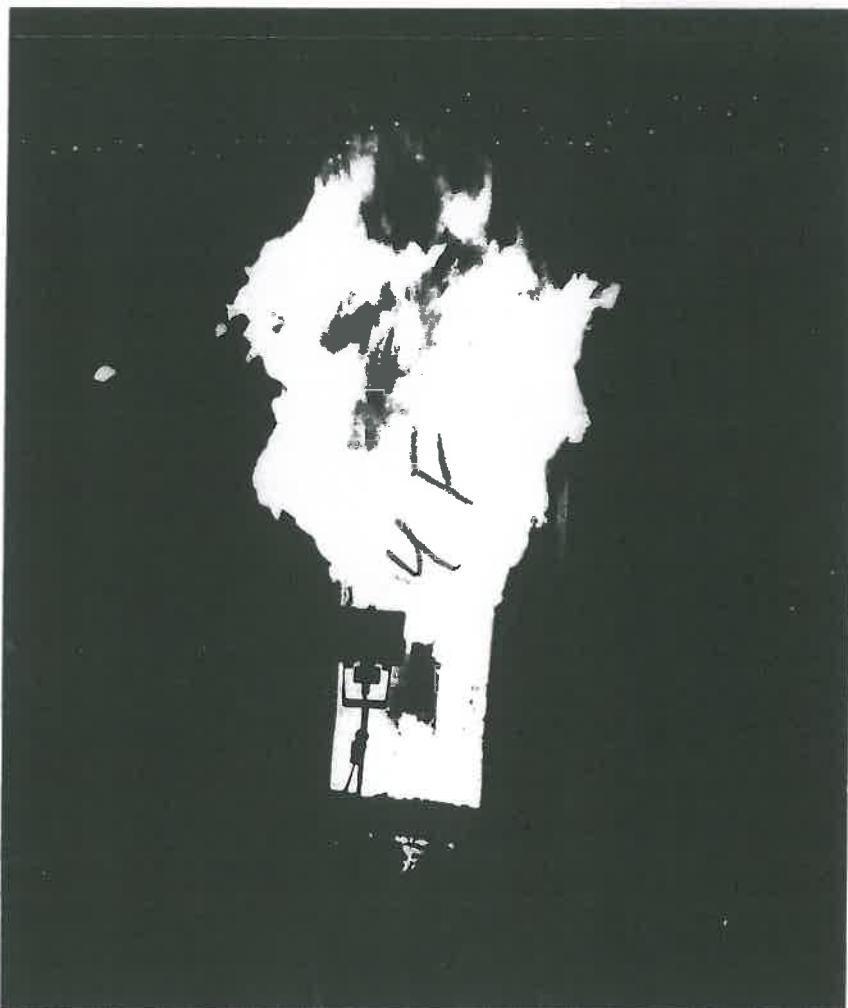


Bilde 10

Forsøk SC-5; Korridor, 6 m seksjon. Brann i sekk med sengeutrustning. Etter ca. 7 minutter når brannen maksimal intensitet. Etter dette tidspunktet avtar brannen.



Bilde 11 *Forsøk SC-5A; Brann i 2 stk sekker med sengeutrustning. Etter 2 minutter brenner veggene og deler av takflaten. Modellen overtennes etter ca. 3 minutter.*

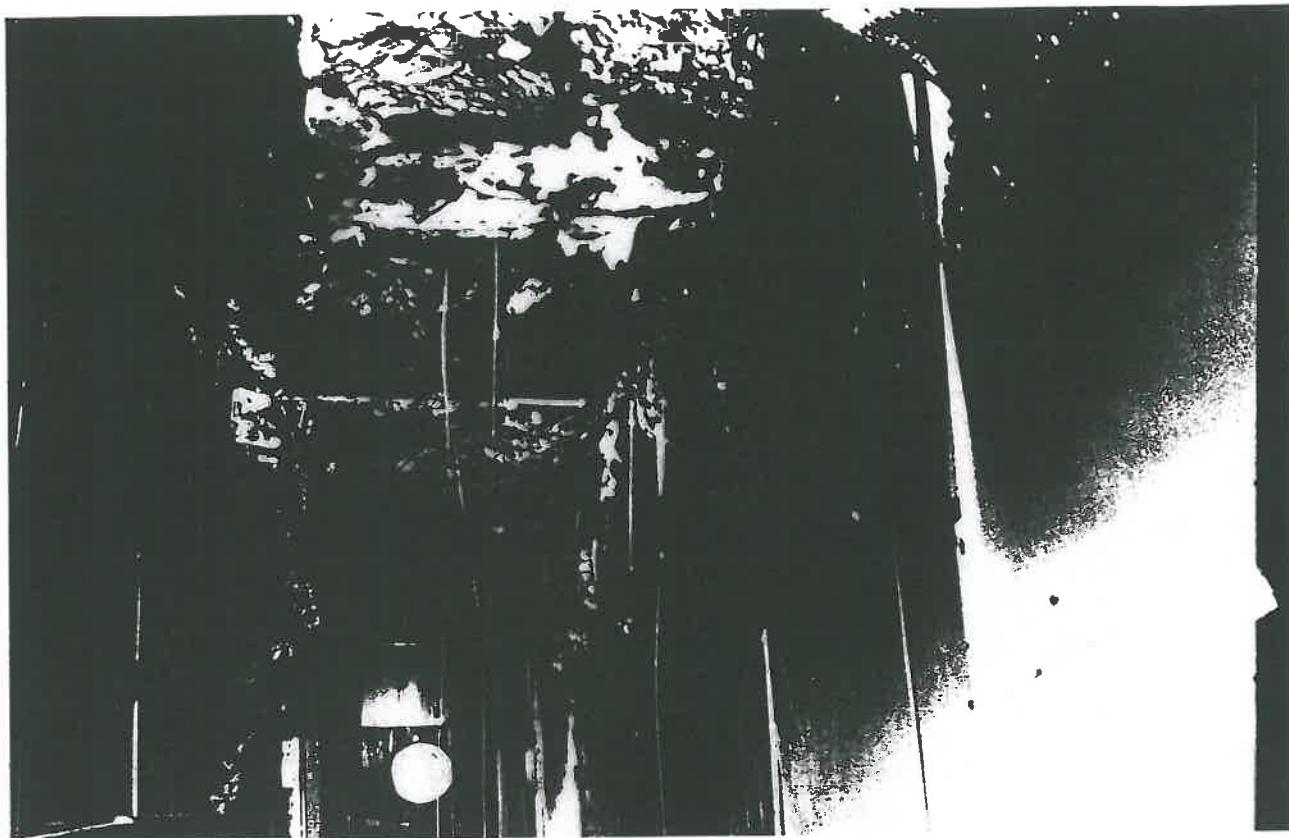


Bilde 12

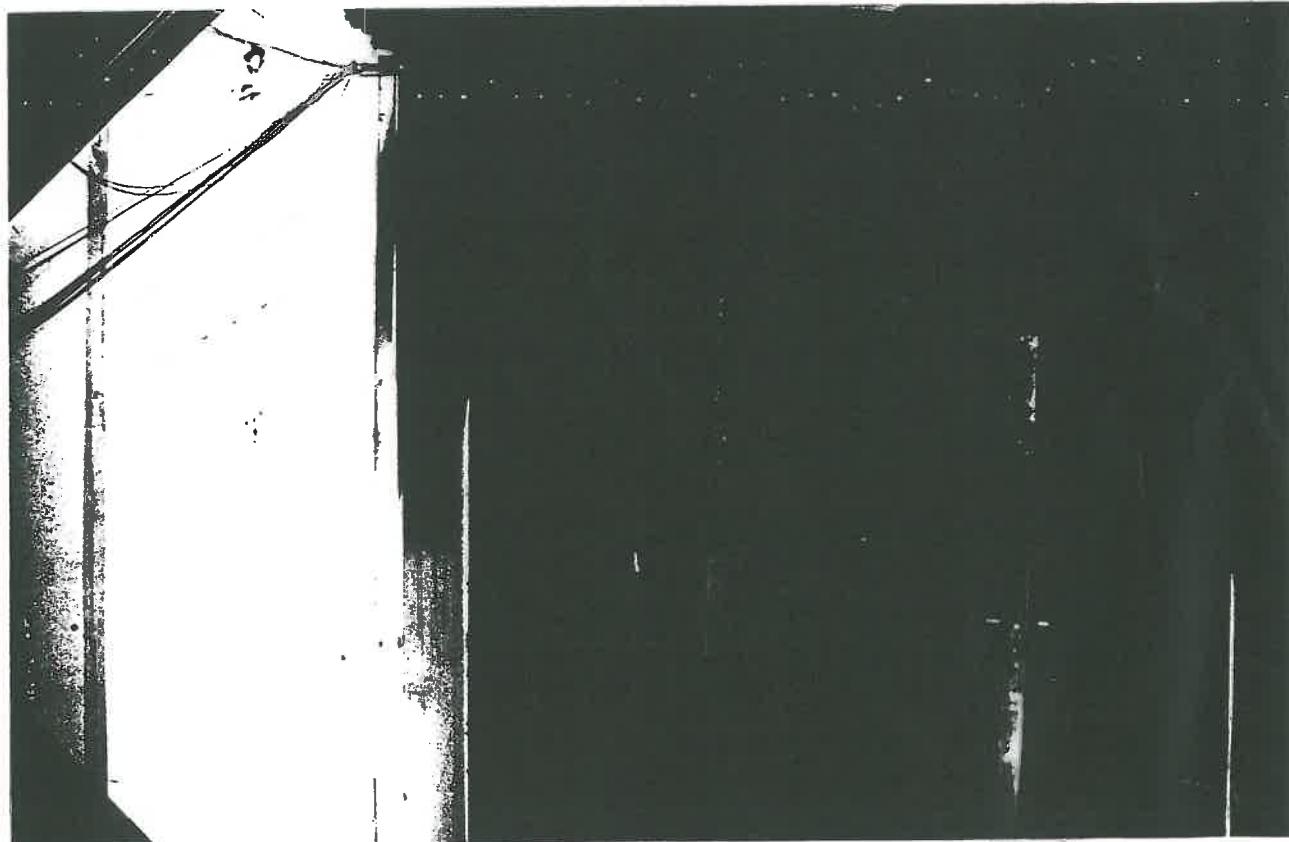
*Forsøk SC-5A; Full overtenting. Flammer slår ut gjennom den åpne enden av korridøren.*



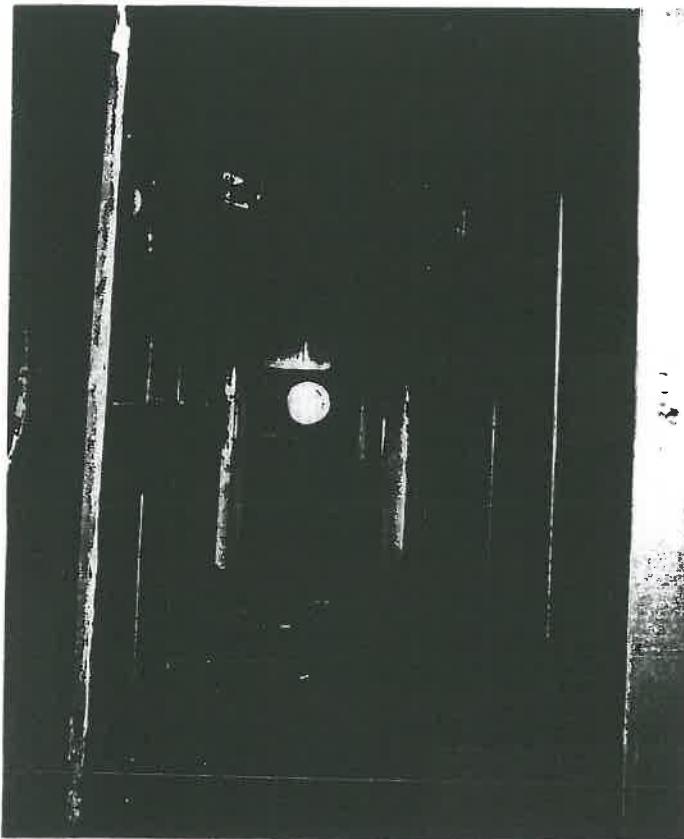
Bilde 13 *Forsøk SC-5A; Skadebilde, vegger og tak utbrent samt deler av golvteppet.*



Bilde 14 *Forsøk SC-6; Skadebilde. Utsnitt av korridor sett fra bunn av trappesjakt.*

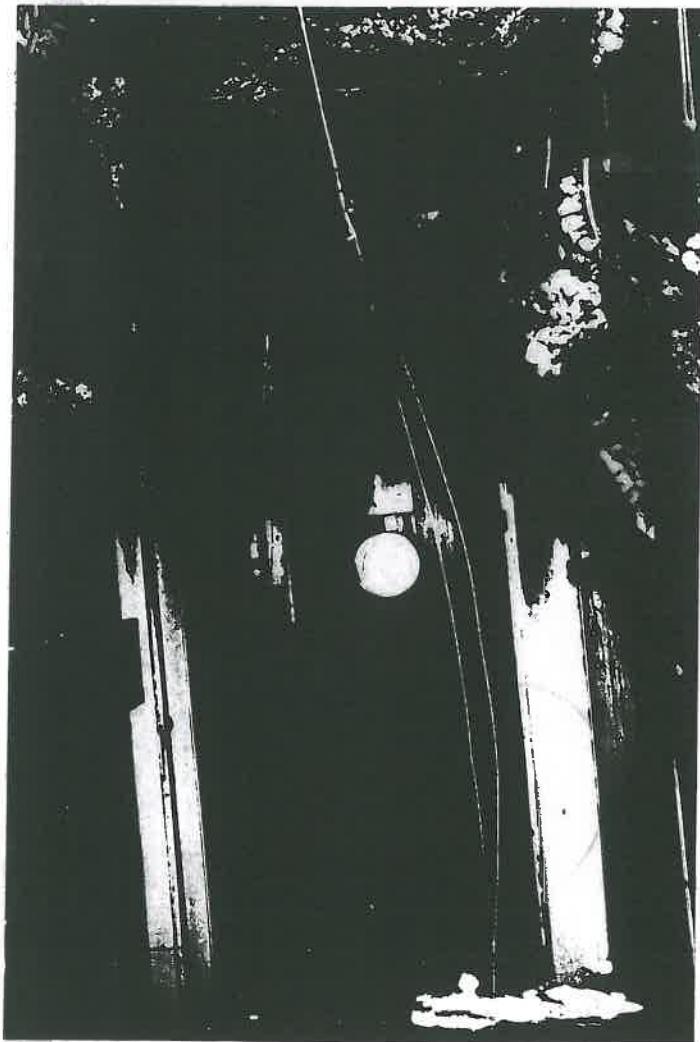


Bilde 15 *Forsøk SC-6; Skadebilde, nedre del av trappesjakt.*



Bilde 16

Forsøk SC-6; Skadebilde, tak og øvre del av veggflaten utbrent. Brann stoppet naturlig pga. av oksygenmangel.



Bilde 17

Forsøk SC-6; Skadebilde. Utsnitt av området ved branndør, sett fra korridor mot bunn av trappesjakt.



**Bilde 18** *Forsøk SC-6; Skadebilde. Utsnitt av området ved branndør, sett fra bunn av trappesjakt og i retning inn i korridøren.*



Bilde 19

Forsøk SC-7; Skadebilde, fullstendig utbrent korridor.



Bilde 20

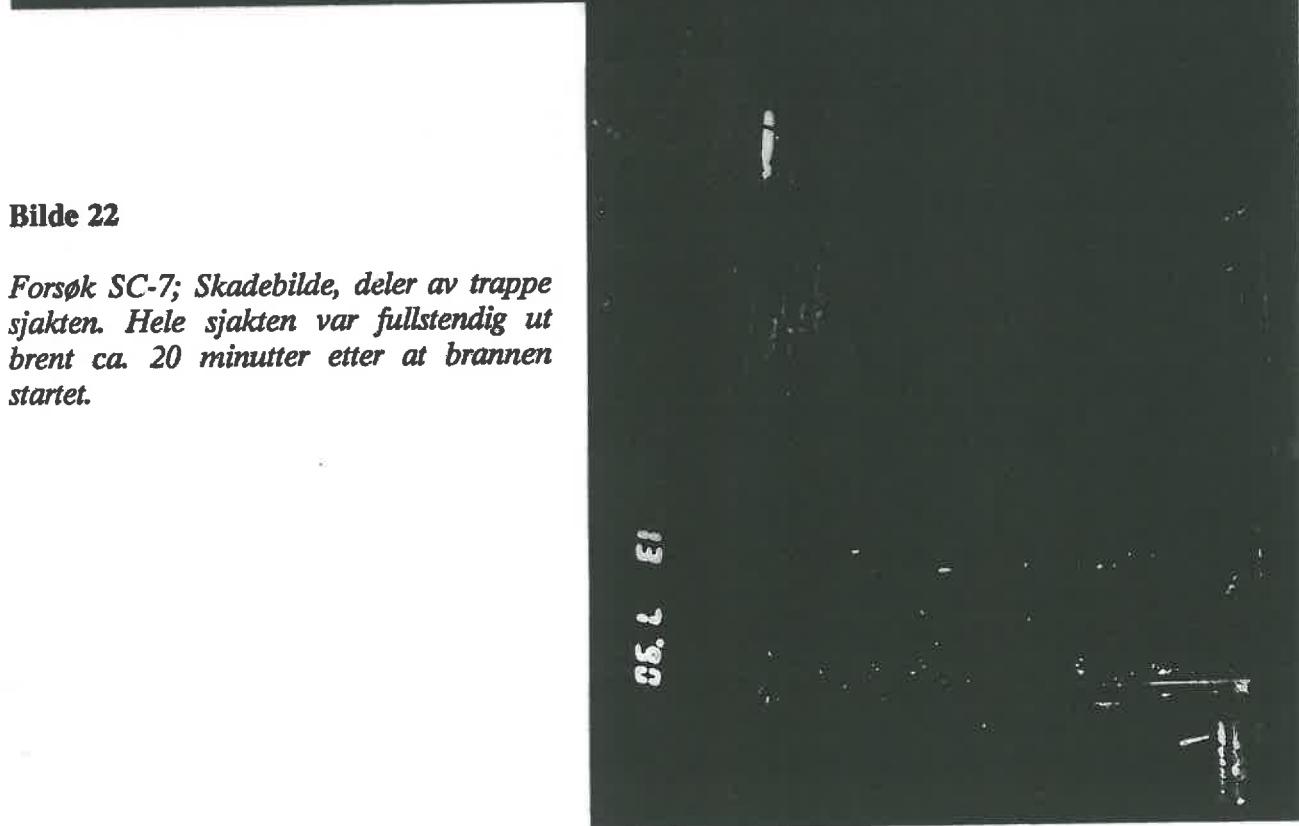
Forsøk SC-7; Skadebilde. Utbrenning av korridor med nedfall av himlingsplater.

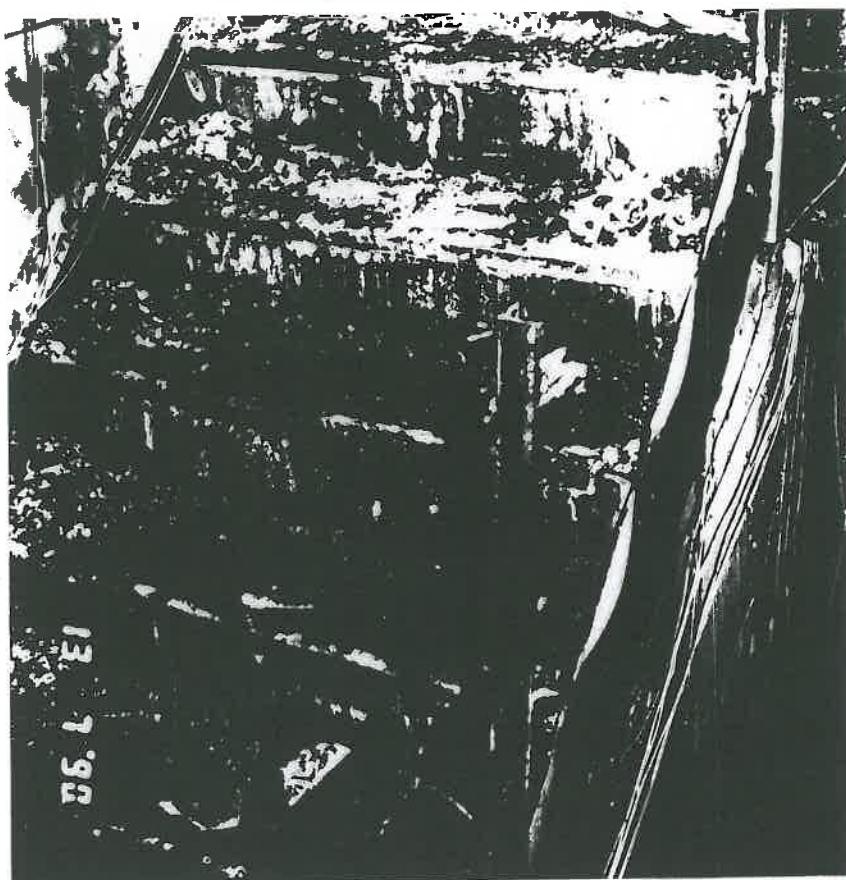


Bilde 21

Bilde 21

Forsøk SC-7; Skadebilde. Området i bunn av trappesjakt hvor det i virkeligheten var plassert et lintøyskap.





Bilde 23    *Forsøk SC-7; Skadebilde. Utbrenning av trapp i bunn av trappesjakt.*