



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Aerosolslokkegass i nye områder



Hovedprosjekt utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Brann, Sikkerhet

Av: Stian Andberg
Jon Andersson
Jon Kristian Storli

Kand.nr. 42
Kand.nr. 21
Kand.nr. 45

Haugesund

Våren 2005



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Afdeling Haugesund - ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Aerosol sløkkegass i nye områder.		Rapportnummer
Utført av Stian Andberg Jon Andersson Jon Kristian Storli		
Linje Brann / Sikkerhet		Studieretning Brann
Gradering Åpen	Innlevert dato 06.05.05	Veiledere intern / ekstern Prof. Torgrim Log / Stig Gråberg (Elotec AS)

Ekstrakt

Hensikten med denne rapporten er å finne nye bruksområder for aerosol sløkkerøyk. Et stort potensielt område kan være der mennesker oppholder seg. Fra litteraturen foreligger det manglene og til delt sprikende informasjon om toksikologien og personrisikoen ved bruk av denne typen anlegg, og fokuset er dermed rettet mot dette.

Viktige faktorer som skal vurderes mot personrisikoen er CO, O₂, sikt, overtrykk, lydtrykk og temperatur. Resultatene vil dermed kunne legge grunnlaget om det er forsvarlig å installere aerosol sløkkerøyk der mennesker oppholder seg.

Sikten etter utløsning av generatoren er minimal. Sløkkerøykens CO- konsentrasjon ble registrert meget høye og er livsfarlig allerede etter kort tid. Dette i kombinasjon av at partiklene er irriterende for slimhinner, øyne og lunger kan en eventuell evakuering være meget vanskelig. Det konkluderes derfor med at inerte aerosoler er meget skadelig for mennesker og en installasjon av slikt sløkkesystem der mennesker oppholder seg kan ikke aksepteres.

Forord

Denne prosjektoppgaven representerer vårt avsluttende arbeid i forbindelse med vårt treårige ingeniørstudie innen brann og sikkerhet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Gruppen består av tre medlemmer med relativt forskjellige bakgrunner, noe som i prosjektarbeid sammenheng er positivt.

Prosjektet er gitt av alarm og overvåkningsfirmaet Elotec as og oppgaven omhandler aerosol slukkerøyk i nye områder med tanke på personrisiko og toksikologi. Elotec ville vite om det finnes nye markeder for produktet og poengterte at vi skulle tenke samfunnsnytte i oppgaven.

Det å arbeide med disse nye slukkemidlene gjorde gruppa meget interessert og motivert. Vi hadde lite kunnskap om denne typen slukkemidler fra før, og det hadde også våre forelesere. Så denne rapporten ble noe "helt nytt" for oss og derfor meget spennende.

Dette arbeidet har gitt oss god innsikt om aerosol slukkerøyk, hvordan den virker, er oppbygd og deres fordeler og ulemper. Prosjektet gav oss mye lærdom hvordan man sammen som en gruppe skal komme i mål med en prosjektoppgave, og gjennomført regelmessige møter for å diskutere utarbeidet materiale og framdriften til enhver tid. Vi fikk også stor innsikt i hvordan man utfører forsøk og planlegger seansen til den minste detalj. Under denne prosessen har flere ting gått annerledes enn planlagt og tok derfor lærdom av feilen og utførte det riktig neste gang.

Vi vil gi en stor takk til Elotec as som har gitt oss aerosol generatorene og en spennende prosjektoppgave. Videre vil vi takke våre veiledere professor Torgrim Log (intern) og Stig Gråberg (ekstern, Elotec as) for gode innspill, veiledning og for hjelpen med dokumentasjons innhenting. Bjarne Kristian Hagen (HSH) for økonomisk støtte til forsøkene. Høgskolen Stord/Haugesund og ResQ for lån av utstyr og forsøksrom, Arjen Kraaijeveld for god veiledning under forsøkene. Vi vil også gi en stor takk til Geir Jensen (Cowi as Trondheim) for god hjelp med svar på spørsmål og informasjons innhenting.

Med vennlig hilsen

Haugesund 6.mai 2005

Stian Andberg

Jon Andersson

Jon Kristian Storli

Sammendrag

Nye bruksområder for inerte aerosoler skal vurderes i dette prosjektet. Et stort potensielt område er der mennesker oppholder seg. På grunn av den manglende informasjonen om toksikologi og personrisiko, ble fokuset rettet mot disse områder.

For å få kartlagt de toksikologiske forholdene ved produktet og eventuelle andre forhold som kan påvirke personsikkerheten ble det bestemt å gjøre forsøk på ResQ. Viktige faktorer som skal vurderes er CO, O₂, sikt, overtrykk, lydtrykknivå og temperatur ved utblåsning av sløkkegassen. Disse faktorene er særdeles viktig med tanke på rømning, personrisiko og toksikologi.

Tre forsøk ble gjennomført for å måle CO, O₂, sikt, overtrykk, lydtrykknivå og temperatur etter aktivering av generatoren. En røykdykker plassert i forsøksrommet utførte målinger av CO, O₂, sikt og lydtrykknivå. Lufthastighet ble målt ut av et rør fra rommet for å finne overtrykket. Temperaturøkningen ble målt ved hjelp av seks termoelementer plassert i forsøksrommet. Det fjerde forsøket ble gjennomført for å studere sløkkeeffektiviteten ved brann i en treball.

Fra produsentene er det opplyst at utløst generator gir CO- konsentrasjoner om lag 4.000 ppm. Verdier over 2.000 ppm anses som kritiske for mennesker. Målingene fra dette prosjekt gav opp mot 12.000 ppm i rommet rett etter utblåsning. Partikkelkonsentrasjonen ble omtrent 100 g/m³, og dette påvirker sikten. Sikten rett etter utblåsning ble målt fra 10 til 20 cm. Dette i kombinasjon med at sløkkegassen er irriterende for slimhinner og øyner kan dette gjøre en eventuell rømning meget vanskelig. Det konkluderes derfor med at inerte aerosoler ikke er egnet der mennesker oppholder seg.

Røykdykkeren opplevde ikke ubehag fra temperaturøkningen (20-30°C), lydtrykknivået (90-95 dB) og overtrykket (470-915 Pa). Utenom CO konsentrasjonen, sikt reduksjonen og faren for å få aerosol partikler ned i lungene ble det ikke funnet andre ting i forsøkene som påvirker personsikkerheten til et menneske som blir eksponert for inerte aerosoler.

Brannen i det fjerde forsøket ble umiddelbart sløkket når den kom i kontakt med sløkkegassen, men det ble observert at pallen fortsatt glødet. Det er muligheter for at sløkkegassen ikke bryter denne reaksjonen, ved forbrenning av trekull. Det oppstod også et fettete belegg på plastoverflater, noe som muligens kan skyldes såperester. Alt dette bør sjekkes nærmere.

Produktet har forbedringspotensial. Designet til generatoren gir ikke en trygghetsfølelse og CO -nivået kan muligens bli lavere hvis sløkkegassen ikke kjøles ned så raskt.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	iv
Sammendrag.....	v
Figurliste.....	vii
Tabelliste.....	vii
1. Innledning.....	1
2. Generelt om aerosol.....	2
2.1 Historie.....	2
2.2 Virkemåte.....	3
2.2.1 Aerosol slokkegass.....	3
2.2.2 Aerosol slokkesystem.....	6
2.3 Bruksområder.....	8
2.4 Installasjon.....	8
3 Miljø og helse.....	10
3.1 Miljøaspekter.....	10
3.2 Innvirkninger på personsikkerheten.....	10
3.3 Innvirkninger på menneskers helse.....	11
3.4 Lover og Standarder.....	13
4. Forsøk.....	16
4.1 Grunnlag for forsøk.....	16
4.2 Utstyr og metoder.....	17
4.2.1 Forsøksrom.....	17
4.2.2 Måling av CO- og O ₂ - konsentrasjoner.....	18
4.2.3 Måling av sikt.....	18
4.2.4 Måling av partikkel konsentrasjon.....	19
4.2.5 Måling av temperatur.....	19
4.2.6 Måling av trykk.....	20
4.2.7 Måling av lydtryknivå.....	20
4.9 Forsøk 1: Kun slokkerøykgenerator type MAG-4.....	21
4.9.1 Observasjoner forsøk 1.....	21
4.9.2 Resultater forsøk 1.....	22
4.9.3 Diskusjon forsøk 1.....	23
4.10 Forsøk 2: Kun slokkerøykgenerator type MAG-4.....	25
4.10.1 Observasjoner forsøk 2.....	25
4.10.2 Resultater forsøk 2.....	25
4.10.3 Diskusjon forsøk 2.....	28
4.11 Forsøk 3: Kun slokkerøykgenerator type MAG-5.....	30
4.11.1 Observasjoner forsøk 3.....	30
4.11.2 Resultater forsøk 3.....	30
4.11.3 Diskusjon forsøk 3.....	33
4.12 Forsøk 4: MAG-4 med brann.....	35
4.12.1 Observasjoner forsøk 4.....	35
4.12.2 Resultater forsøk 4.....	35
4.12.3 Diskusjon forsøk 4.....	36
4.13 Forsøksresultater.....	38
5.0 Vurdering av Aerosol slokkegass, nye bruksområder.....	39
5.1 Aerosol slokkegass sammenlignet med andre typer slokkeanlegg.....	39
5.2 Vurdering av nye bruksområder av aerosol slokkegass.....	39
5.3 Forbedringspotensiale.....	41
6.0 Drøfting.....	42
7.0 Konklusjon.....	45
8.0 Forslag til videre arbeid.....	46
9.0 Referanseliste.....	47
10.0 Vedlegg.....	49
10.1 Trykk.....	49
10.2 Forsøksrom.....	53
10.3 Støvpumpe.....	58
10.4 CO-detectortubes.....	59
10.5 O ₂ -detectortubes.....	60
10.6 Brannstatistikk.....	61

Figurliste

Figur 2.1	Kalium binder brannens frie radikaler og stopper brannens kjedereaksjon.....	4
Figur 2.2	Skjematisk oppbygning av aerosol slokkerøykgenerator.....	6
Figur 2.3	Installasjons diagram for de grunnleggende komponentene tilhørende aerosol slokkerøyk.....	9
Figur 4.1	Forsøksrommet sett innenifra. Her ser man generatoren plassert midt i taket, samt siktplanken, døren, observasjonsvinduet og plassering av måleutstyr.....	17
Figur 4.2	Resultater: sikt lengde forsøk 2.....	26
Figur 4.3	Resultater: temperatur i rommet og på generator forsøk 2.....	27
Figur 4.4	Resultater: temperatur i rommet forsøk 2.....	27
Figur 4.5	Resultater: sikt lengde forsøk 3.....	31
Figur 4.6	Resultater: temperatur rom og generator forsøk 3.....	32
Figur 4.7	Resultater: temperatur i rommet forsøk 3.....	32
Figur 4.8	Resultater: temperatur i rommet og på generator forsøk 4.....	36
Figur 5.1	Skrå tretak uten utluftet loftsrom.....	40
Figur 6.1	Installasjon av slokkerøykanlegg fra Byggforsk 550.363.....	42

Tabelliste

Tabell 3.1	Offisielle sikkerhetsavstander til vegger og tak for samtlige generatorer i MAG serien.....	11
Tabell 3.2	Effekt av karbonmonoksidedeksponering på mennesker (NFPA 2000).....	12
Tabell 4.1	Resultater: karbonmonoksidkonsentrasjon forsøk 1.....	22
Tabell 4.2	Resultater: oksygenkonsentrasjoner forsøk 1.....	22
Tabell 4.3	Resultater: karbonmonoksidkonsentrasjon forsøk 2.....	25
Tabell 4.4	Resultater: oksygenkonsentrasjoner forsøk 2.....	26
Tabell 4.5	Andel partikler og størrelse i aerosol slokkegass.....	29
Tabell 4.6	Resultater: karbonmonoksidkonsentrasjon forsøk 3.....	30
Tabell 4.7	Resultater: oksygenkonsentrasjon forsøk 3.....	31
Tabell 4.8	Sammenligning av resultatene fra de forskjellige forsøkene.....	38
Tabell 6.1	Aerosol slokkegass sammenlignet med andre typer slokkeanlegg.....	39

1. Innledning

Elotec AS er en bedrift som har siden 1992 levert brannvarslingssystemer, adgangskontroll og innbruddalarm til alle typer bygg og bolig, og er ledende leverandør av brannvarslingssystemer for det norske landbruket. Firmaet har stort fokus på kontinuerlig videreutvikling av bedriften samt produktspekteret. Elotec har 45 ansatte i eget næringsbygg med avdeling for FoU (Forskning og Utvikling), produksjon, marked, salg og service.

Et eventuelt nysatsningsområde for Elotec AS omhandler aerosol slokkesystem som er utviklet av Soyuz, tidligere Sovjetunionen svar på NASA. Elotec AS har allerede i salg en meget effektiv tv-slokker som er av samme teknikken, og ble derfor interessert i utviklingspotensialet til produktet.

Aerosol slokkegass er et relativt nytt og effektivt brannslokkesystem, men er i dag meget lite utbredt i Norge. Aerosol slokkegass har i dag et begrenset bruksområde og noen firmaer kan allerede tilby produktet.

Elotec AS har interesse å vite hva slokkegassen har for muligheter, begrensninger og om det finnes nye markedesområder for det. For å kunne være først ute med å etablere et nytt markedsområde for produktet. Elotec sjef Jan Kleven poengterede også at samfunnsnytte måtte stå høyt i fokus, fordi produktet må kunne øke sikkerheten i samfunnet.

Ettersom prosjektet er å gi Elotec en vurdering om aerosol slokkegass kan benyttes på nye steder ble det valgt å se på områder der mennesker oppholder seg. Det er et helt nytt og muligens et potensielt bruksområde.

Det finnes en del informasjon om produktet fra forskjellige forskningsinstitutter og ulike leverandører. Dessverre er Soyuz lite villig til å gå ut med informasjon om deres produkter, og henviser dermed til en av deres underleverandører, Pyrogen, for informasjon. Produktet markedsføres som ufarlig og det finnes ikke tydelige forbud mot å bruke det i områder der mennesker oppholder seg. Men det anbefales ikke å bruke produktet der mennesker kan utsettes for slokkegassen. Det er en del språk mellom ulike leverandører angående informasjonen om deres produkter, selv om de kommer fra samme hovedleverandør, Soyuz. Derfor vurderes all faktainformasjon kritisk i denne oppgaven.

Ettersom informasjonen gjeldende toksikologien og personrisikoen for produktet var liten, i mange tilfeller motsigende, så er oppgaven rettet mot dette. Forsøkene gjøres for å finne ut hvor farlig slokkegassen er for å se eventuelle begrensninger og muligheter med tanke på eksponering av mennesker. Faktorer som skal testes med tanke på personrisiko er CO-, O₂- og partikkelkonsentrasjonen, sikt, overtrykk, lydtrykk og temperatur.

2. Generelt om aerosol

2.1 Historie

Etter at Montreal protokollen ble signert av 87 land september 1987, har det blitt fokusert for alvor på slokkerøyk. I denne protokollen ble det gitt restriksjoner på utslipp av halon, på grunn av dens påvirkning på det ytre miljøet. Det har derfor i de senere år blitt fokusert mye på slokkemidler som kan erstatte Halon. Forskingen har fokus på å modifisere gamle slokkemidler og utvikle nye på markedet. Spesielt er det blitt arbeidet mye på områder omkring vanntåke og gassformige slokkemidler, herunder inerte aerosoler og slokkerøyk [1].

Allerede på 1800-tallet ble det utviklet slokkegass, blant annet i Tyskland og USA, men disse er ikke sammenlignbare med dagens produkter/teknologi [2].

Tidligere Sovjetunionen ville lage et fast brensel som ikke kunne oppdages av varmesøkende missiler eller kunne alarmere termiske radar system. Ved å benytte en nesten tilsvarende utgave av dette fast brenselet sammen med kjemiske brannhemmende deler og med flammedempende kjølemiddel, oppdaget Soyuz (daværende Sovjetunionens forskningslaboratorium) en meget effektiv slokkegass [3]. I dag er Russland foregangslandet når det gjelder teknikken med pyroteknisk genererte aerosoler [4]. Soyuz utga sine produkter til den vestlige verden året 1995 [5].

Aerosol brukes i dag blant annet i: maskin- og motorrom, kontrollrom, datarom og ulike ”transport applikasjoner” [4]. Det blir også forsket en del på nye bruksområder som for eksempel til sivile fly. United States Air Force har allerede begynt å bruke det i noen av sine militærfly [1].

2.2 Virkemåte

2.2.1 Aerosol slukkegass

Slokkegassen er i form av aerosoler som er en blanding av en gass og et stoff i partikkelform, der stoffet enten kan være i fast eller flytende form. Slokkegassen består av cirka 40 % faste partikler og 60 % av gass, og har en inert effekt [4].

Aerosol slukkesystem slokker branner på tre forskjellige måter [4]:

Fortrengning av oksygen

Det skjer ved at aerosolgassen dannes og sprer seg svært raskt utover i rommet og av trykkøkningen som oppstår fortrenses litt oksygen. For å få denne slokkeeffekten er plassering av generatoren i forhold til brannen viktig. Det produseres også inerte gasser av den kjemiske reaksjonen mellom aerosolpartiklene og de frie radikalene i flammene, som fører til lokalt lave oksygen konsentrasjoner.

Kjøling

Reaksjonen som oppstår når de frie radikalene bindes til det aktive stoffet aerosolpartiklene består av er en endoterm prosess. Fordampingen av de faste partiklene absorberer energi.

Fjerning/spalting av frie radikaler

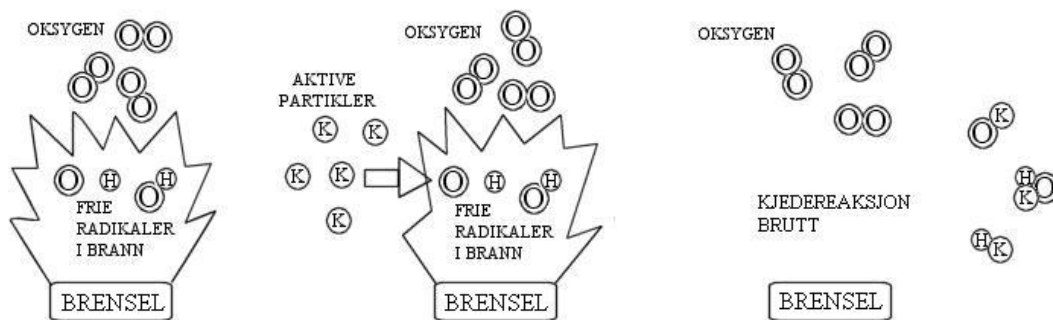
O-, H- og OH- radikalene i brannen bindes til aerosol partiklene. Når disse radikaler fjernes fra brannen stanses den kjemiske brannprosessen.

En brann kan slokkes ved å fjerne en eller flere av følgende alternativ:

- Brenselet
- Oksygenet
- Temperaturen
- De frie radikalene

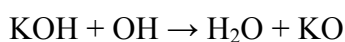
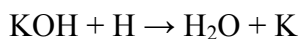
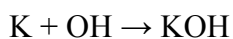
Aerosol slukkesystemet benytter seg av følgende tre delene: oksygentilgang, varmeenergi og den kjemiske prosessen. Den viktigste og mest effektive metoden er bindingen av de frie radikalene slik at den kjemiske prosessen stanser.

Binding av frie radikaler.



Figur 2.1 Kalium binder brannens frie radikaler og stopper brannens kjedereaksjon.

Alkalimetallene (K, Na, Cs, Rb, Sr og NH₄) er alle dokumentert effektive ved binding av de frie radikalene i brannen. Soyuz sløkkerøyk benytter seg av det mest effektive alkaliemetallet kalium. For å få stanset det kjemiske reaksjonsforløpet i en brann er det en funksjon av flere variabler, avhengig av temperatur kan aerosolpartiklene fungere som inhibitorer.



Den kjemiske reaksjonen er avhengig av alkalimetallenes og anionenes (CO₃²⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻ og PO₄³⁻) oppførsel.

Partikkelstørrelse.

Aerosolpartiklene varierer i størrelse fra nanometer til millimeter, størrelsen påvirker både spredningen og sløkkeegenskapene.

En større partikkel påvirkes mer av gravitasjonen og har større treghet, mens en mindre partikkel kan holde seg svevende lengre og påvirkes mer av turbulens. Med partikkelstørrelsen går det an å tilpasse aerosolens egenskaper til de ulike situasjoner.

De mindre partiklene gir en mer effektivere sløkking siden de svever lengre. De større partiklene faller raskere gjennom flammen og minsker dermed sin effektive reaksjonstid. Partiklene må brytes ned til submikron størrelse før de skal kunne interagere effektivt med flammen og produsere de nødvendige inhiberende reaktantene. Andre fordeler med mindre partikler er at de har en relativt større overflate i henhold til massen, det betyr mer kontakt med de frie radikalene som igjen gir en raskere og mer effektiv sløkking.

Størrelsen på partiklene påvirker også den termiske kjølingen av flammen. Hvis partiklene er under en viss størrelse, spesifikt for de ulike stoffene men typisk lavere enn 50 μm , økes aerosolens slokkeeffektivitet merkbart. Det for at partiklene brytes ned og fordampes totalt. Da økes den effektive overflaten merkbart. Nedbrytingen og fordampingen tar også energi fra flammene.

Konsentrasjoner.

For å ha en effektiv slokking er det krav på at aerosolen holder en tilstrekkelig konsentrasjon (g/m^2). Slokkekonsentrasjonen er avhengig av type (A, B, C, E og F) brann, type aerosolgass, partikkelstørrelse, fordelingsevne og ventilasjon. Konsentrasjonene varierer mellom 10 – 250 g/m^2 .

Temperatur.

Aerosolpartiklene blir mer aktiv og effektive jo varmere gassen er. De høye temperaturene gjør også at gassen blir lettere og holder seg svevende lengre. Det betyr en varmere gass trenger lavere konsentrasjoner for å slokke en brann.

Det finnes også en øvre grense for hvor høy temperaturen kan bli, det er da risiko for skader eller antenning av andre materialer i rommet.

2.2.2 Aerosol slokkesystem

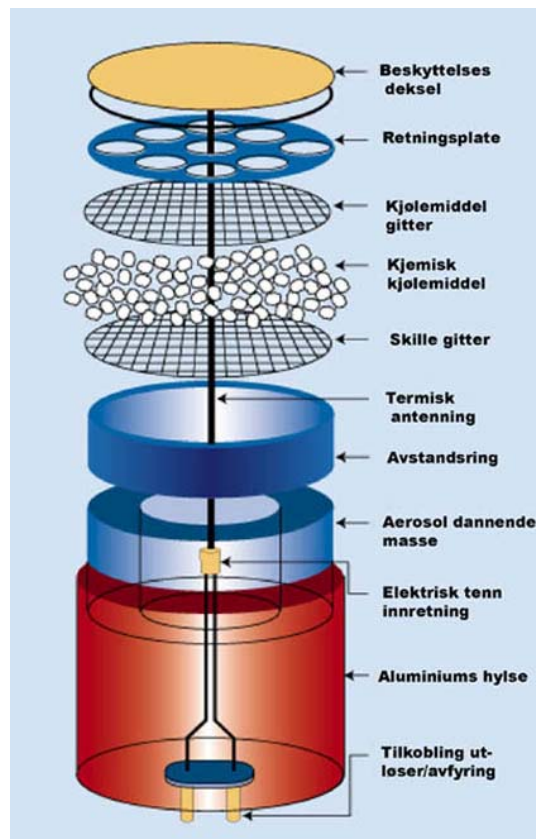
Fordelingsteknikk.

Dispersjons- og kondensasjonsmetoden er de to metodene for å få fordelt gassen ut i rommet på. Den sist nevnte dominerer markedet og de produkter som testes i dette prosjektet er av denne typen. Derfor har vi valgt å ikke legge så stor vekt på forklaringen av dispersjonsmetoden.

Dispersjonsmetoden fungerer ved at et pulver spres med en inert gass fra en trykkbeholder. Gassen fungerer som drivgass, partikkelspreder og har en slokkeeffekt. Dette slokkesystemet krever et røresystem med dyser for å få aerosolgassen spredt utover rommet. Aerosolgassen er kald og er til fordel for rom og inventar som ikke må utsettes for varmpåkjenninger. Men den kalde gassen taper mye av de fordelene som den varme kondensasjonsframstilte aerosolen har. Pulveret har også den ulempen å klumpe seg sammen i beholderen med tiden, noe som kan skape problemer ved utløsning.

Kondensasjonsmetoden innebærer at et fast stoff antennes og det dannes en varm damp. Når dampen kjøles ned kondenserer den og danner en aerosolgass. Metoden er også kalt pyroteknisk genererte aerosoler. Fordeler med dette systemet er blant annet at det ikke kreves trykkbeholder eller fordelingssystem i form av rør og dyser. På grunn av forbrenningen av det faste materialet slipper man også problemet med at pulveret klumper seg sammen.

Generator.



Figur 2.2 Skjematisk oppbygning av aerosol slokkerøygenerator.

1 – Beholder:

Det er viktig at beholderen har høy motstandskraft mot trykk og varme. Beholderen skal klare å kontrollere flammen og det trykk som bygges opp når det aerosoldannende materialet forbrennes. Utformingen har vist seg svært viktig, spesielt forbrenningskammeret og generatorens utløp. Generatorens munning påvirker sløkkeeffektiviteten og det er viktig hvordan denne er utformet og hvilken retning den har.

2 – Tennkilde.

Kan bestå av elektrisk impuls, pyroteknisk (lunte) eller manuell uløsningsmekanisme.

3 – Aerosol dannende masse.

Den kjemiske sammensettingen av det faste materialet bestemmer hva slags aktive komponenter gassen kommer til å bestå av. Etter utløsning har også faktorer som forbrenningstemperatur, forbrenningshastighet og partikkelstørrelse innvirkning på materialets sammensetning.

4 – Forbrenningskammeret.

Utformingen av dette kammeret er viktig angående aerosolens produksjonshastighet og effektivitet. Ved forbrenning kan det oppstå temperaturer oppimot 2000 K, og det settes store krav til beholderen.

5 – Kjemisk kjølemiddel.

Det er ved nedkjølingen av forbrenningsproduktene som danner aerosolgassen. Det er også behov for å nedkjøle gassen før den spres ut i rommet. Dersom gassen ikke hadde blitt kjølt ned hadde det vært stor risiko for antennelse og videre spredning av brannen. For å nedkjøle gassen tilstrekkelig er prinsippet å bruke et fast material i form av små kuler med god varmekonduktivitet og høyt smeltepunkt. Sammenpakningen av kulene er avgjørende da det viktig å optimere kulenes overflate. Dette for å overføre så mye varme som mulig fra gassen. Små kuler gir mer overflate men samtidig kan de gi uønsket trykkfall da flere aerosolpartikler festes på kulenes overflate.

2.3 Bruksområder

Aerosolgeneratorene leveres i mange forskjellige størrelser. De kan plasseres i motorrom på biler, transportkjøretøyer, tog, båter og andre større maskinrom. Slokkegassen leder ikke strøm og er effektiv ved bruk i datakabinetter, datarom og telekommunikasjonsrom. I brannområder som arkiv, museer og lignende der sprinkleranlegg benyttes kan mye av inventaret bli ødelagt av den massive vannmengden. Aerosol slokkegass i disse områdene vil være et bedre alternativ siden gassen ikke ødelegger inventaret [1].

Produktserien fra Soyuz [3] består av generatortypene Purga og Mag. De minste typene er spesielt egnet for slokking av brann i små lukkede volum som TV apparater, vaskemaskiner, tørketromler, sikringskap og andre små enheter. Fra den minste Purga-T som dekker et volum på $0,2 \text{ m}^3$ finnes det forskjellige størrelser opp til Purga-E10 og MAG-17 som dekker 140 m^3 .

Aerosol slokkegass kan ikke benyttes i rom med et sprinkler- eller røykventilasjonsanlegg. Det ettersom vannråpene fra sprinklersystemet vil binde opp de aktive partikler fra aerosolgassen og et røykventilasjonsanlegg vil ventilere ut gassen. Området må være lukket slik at aerosolgassen kan holde tilstrekkelige tetthet og svevetid. En åpning minsker gassens slokkeeffektivitet.

2.4 Installasjon

For at generatorene skal være så effektive som mulig er det veldig viktig med riktig plassering. Ved kvadratiske areal vil en optimal plassering være midt i taket slik at gassen blir jevnt fordelt ut over hele rommet. Rom med en usymmetrisk utførelse må en vurdere plasseringen i hvert tilfelle. Hvis rommet er av stor størrelse må flere installeres der hver generator dekker sitt avgrensede område og ved en eventuell brann må samtlige aktiveres samtidig for å oppnå tilstrekkelig konsentrasjon av aerosolgassen.

Generatorene utvikler høye temperaturer og produsentene oppgir sikkerhetsavstander fra vegger og tak, avhengig av generatortype, fra 150 mm til 2000 mm og at de aldri må installeres i hodehøyde [7].

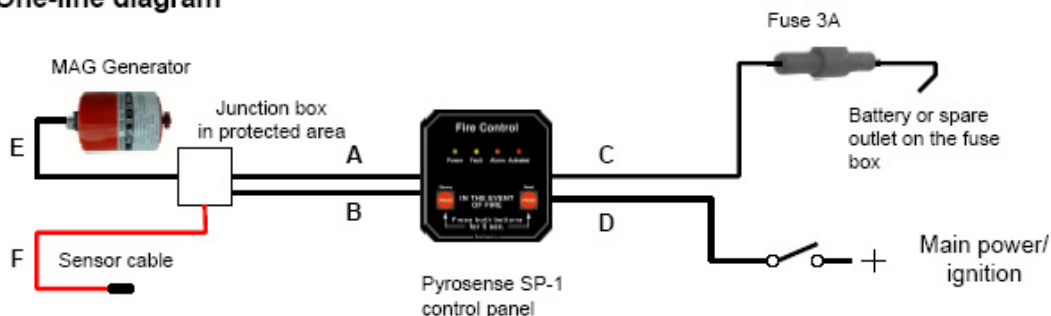
Evakuering av rommet må kunne skje uproblematisk og en installering av generatoren ved rømningsveier må ikke forekomme siden sikten blir vesentlig redusert etter aktivering. Angående evakuering foreligger det forskjellige meninger. Noen skriver at folk kan evakuere under aktivering mens andre skriver at personer må evakuere før [1][8][9][10].

Det finnes tre forskjellige måter å utløse generatorene på, enten ved termisk (lunte), elektrisk aktivering eller manuelt med uttrekkbar splint. Ved installering med lunte benyttes kun braketter som festes på generatoren og i tak/vegger. Luntene antenner ved direkte kontakt med flammen eller ved en omgivelsestemperatur på ca $175 \text{ }^\circ\text{C}$. Ved elektrisk aktivering byttes luntene ut med et kontrollpanel, batteri, ledninger, koblingsboks og varmesensor. Dette er den enkleste installasjonen med kun de grunnleggende komponentene for systemet. Hvis man vil utvide systemet kan man

koble røykdetektorer, varmedetektorer og manuelle brytere. Innebygd i kontrollpanelet finnes en varslingsenhet, som kan utvides til eksterne lyd- og lysorganer for en mer utvidet form for varsling ved brann. Koblingen av systemet skjer ut fra anleggets kontrollpanel. Her strekkes to ledninger som sammen går til en koblingsboks. Derifra går en videre til generatoren og en til varmesensoren. Alle komponenter som koblingsboks og ledninger skal være av brannhemmende karakter.

Installation diagram Basic Kit

One-line diagram



Figur 2.3 Installasjons diagram for de grunnleggende komponentene tilhørende aerosol slokkerøyk.

Funksjonsbeskrivelse ved brannforløp

Ved et brannforløp vil temperaturen stige og ved 175 °C vil varmesensoren gi varsling til brytepanelet i form av en kontinuerlig buzzer alarm og alarmindikatorlampen på panelet lyser. Panelet kan forhåndsinnstilles om aktivering av generatoren skal skje umiddelbart etter alarm eller om personer skal igangsette aktiveringen. Hvis automatisk aktivering er programmert vil generatoren sette i gang slokking umiddelbart eller etter en viss tidsforsinkelse. Dersom en selv ønsker å aktivere slokkingen gjøres det ved å trykke og holde inne to knapper på panelet (merket press) i 5 sekunder. Hvis det er brudd eller dårlig kontakt et sted i anlegget vil indikatorlampen "fault" lyse og en kontinuerlig buzzer alarm starter.

Alle alarmsignaler kan deaktiveres ved å trykke på panelets "silence" knapp og restarte anlegget kan gjøres ved å trykke på "reset" knappen. Etter at generatoren er utløst vil indikator lampen "activated" og en pulserende buzzer alarm starte. Systemet går nå fra alarm til feil modus og lampen "fault" vil begynne å lyse. Det er fordi varmesensoren og generatoren er oppbrukt og må byttes ut, når dette er gjort går systemet igjen tilbake til normal modus og klar for å detektere hvis en ny brann skulle oppstå.

3 Miljø og helse

3.1 Miljøaspekter

Aerosol sløkkerøyk inneholder ikke noe giftige eller miljøfarlige stoffer og har derfor verdi null på ODP (Ozone Depletion Potential) og GWP (Global Warming Potential).

ODP er et mål på et stoffs potensial på å bryte ned ozon. Det er avhengig hvordan stoffet reagerer med ozon og blant annet den tid stoffet oppholder seg i atmosfæren.

GWP er et mål på et stoffs potensial på å delta i den globale oppvarmingen og beskriver den relative effekten av ulike drivhusgasser i sammenligning med CO₂. GWP kan også beskrives som CO₂-ekvivalenter og er avhengig av den tid stoffet oppholder seg i atmosfæren [4][11].

3.2 Innvirkninger på personsikkerheten

For å kunne kartlegge personrisikoen ved bruk av aerosol sløkkegass, er det viktig å kartlegge alle parametrene som spiller inn før, under og etter aktivering. De oppgitte verdier og utsagn i litteraturen kan inneholde feil og mangler siden det ikke foreligger hvordan de er målt og under hvilke omstendigheter. Dette avsnittet er kun vektlagt generatoren i seg selv med tanke på personsikkerheten ved bruk.

Sikt

Sikten i rommet vil bli redusert etter utløsningen av sløkkerøyken. Litteraturen oppgir ingen tall på hvor redusert den vil bli, og dermed vanskelig å si noe om. Hvis sikten blir vesentlig redusert vil det bli vanskeligere for folk å orientere seg og evakuere rommet.

Lydtryknivå

Lydtryknivået til aerosol sløkkegass står oppført i litteraturen som ikke særlig høyere enn andre typer sløkkeanlegg. Det er ikke oppgitt noen målte tallverdier, men sammenlignes med lyden fra et sløkkeapparat eller et inergengass system [7].

Temperatur

Litteraturen oppgir gasstemperaturer fra 250 til 600 °C målt ved dysen under aktivering. Det er dermed utarbeidet sikkerhetsavstander der utenforliggende områder ikke vil overskride 75 °C [7]. Om disse sikkerhetsavstandene er ment for vegger/inventar eller person er ikke oppgitt.

Det vil også skje en temperaturøkning i rommet etter utløsning av de varme gassene, og er ikke oppgitt hvor høye temperaturer det er snakk om. Men dersom økningen i rommet blir meget stor kan dette utøve en fare for personsikkerheten.

Tabell 3.1 Offisielle sikkerhetsavstander til vegger og tak for samtlige generatorer i MAG serien [8]

MAG-02	150 mm
MAG-1	300 mm
MAG-2	400 mm
MAG-3	700 mm
MAG-4 (From each end nozzle)	1000 mm
MAG-5 MAG 5/2 (From each end nozzle)	700 mm
MAG-11...MAG-17	1500...2000 mm

Oksygen nivå.

Oksygenivået etter utløsning vil være normalt eller tilnærmet normalt [8].

Trykk

Under utløsningen av slokkerøyken vil det oppstå en trykkøkning som er oppgitt til 150 mm vs [10]. Denne trykkøkningen vil skje over tid, og at den reelle økningen ikke vil bli så stor på grunn av trykktap til omgivelsene [1]. Mennesket tåler trykkbelastninger opp til under 300 mm vs, raske trykkendringer over denne verdien vil først føre til skade på trommehinner [12].

3.3 Innvirkninger på menneskers helse

Vanligvis vil aerosolgeneratoren opptre sammen med branngasser og de vil danne en rekke kjemiske og giftige stoffer. I dette avsnittet belyses det kun stoffene som aerosol generatoren i seg selv produserer.

For at aerosol slokkerøyk skal kunne være effektiv mot brann kreves en røykkonsentrasjon på 100 g/m³. Forbrenningsstoffene består av: 7 g/m³ kaliumkarbonater (KHCO₃ og K₂CO₃), 1,2 vol % karbondioksid (CO₂), 70 vol % nitrogen (N₂) og vanddamp (H₂O) [1]. Disse stoffene er ikke i seg selv toksiske for mennesker, men under aktivering oppstår det høye temperaturer og det dannes biprodukter som:

- 0,08 % ammoniakk(NH₃)
- 4000 ppm karbonmonoksid (CO)
- 40-100 ppm nitrogenoksid (NO)

Karbonmonoksid (CO) er det biproduktet som er det mest farligste med tanke på menneskenes helse. Gassen er i form av en fargeløs og luktfri gass uansett hvilken konsentrasjon den framstår i. Karbonmonoksid inhaleres og effekten avhenger av eksponeringstid og konsentrasjon. CO fortrenger oksygen (O₂) fra blodlegemenes hemoglobin ved å danne karboksihemoglobin. Dette gir redusert O₂-forsyning til vevene der hjernen og hjertet er spesielt sårbare. Ved høyere konsentrasjoner registreres økende hodepine, slapphet, svimmelhet, kvalme, hjerterytmeforstyrrelser,

bevissthetstap og til slutt død (>2000 ppm). Akutte eksponeringer under graviditet som gir symptomer hos mor og kan forårsake fosterskade, i verste fall fosterdød. Utskillelsen av stoffet kan skje raskt de første timene etter eksponering, men fullstendig utskillelse kan ta en til to dager [13].

Aerosol sløkkerøyk er har oppgitt CO-konsentrasjon til 4000 ppm og kan føre til hodepine og svimmelhet under 5-10 minutter og bevisstløshet ved eksponering under 30 minutter [tabell 3.2].

Tabell 3.2 Effekt av karbonmonoksideksponering på mennesker [15].

50 ppm	Grenseverdi for ingen skadelig effekt
200 ppm	Mild hodepine kan inntreffe etter 2-3 timer
400 ppm	Hodepine og kvalme etter 1-2 timer
800 ppm	Hodepine, kvalme og svimmelhet etter 45 minutter; kollaps og mulig bevisstløshet etter to timer
1000 ppm	Bevisstløshet etter en time
1600 ppm (0,16%)	Hodepine, kvalme og bevisstløshet etter 20 minutter
3200 ppm (0,32%)	Hodepine og svimmelhet etter 5-10 minutter; bevisstløshet etter 30 minutter
6400 ppm (0,64%)	Hodepine og svimmelhet etter 1-2 minutter, bevisstløshet og fare for liv etter 10-15 minutter
12.800 ppm (1,28%)	Umiddelbar fysiologisk effekt; bevisstløshet og fare for liv etter 1-3 minutter

Disse tallene vil ikke være korrekte men en indikasjon på omfanget av CO-utslippet som generatoren har. Etersom rommet også blir fylt med partikler hindrer også disse opptak av oksygen så det er viktig å se disse to i sammenheng og eksponeringstid for å få danne et mer riktig bilde av helse aspektet til aerosol sløkkerøyk. Partiklene er av forskjellige størrelser og store partikler over 20 μm vil kroppens egne filtreringssystemer sørge for at de ikke kommer seg ned til lungene. Men partikler som er mindre vil lett kunne trekkes helt ned til lungeblærene (alveolene)[16]. Hvis en person innånder denne gassen over en lengre periode (5-10 min) vil inntaket av partiklene øke med tiden. Det på grunn av at puste frekvensen vil øke for å kompensere det reduserte oksygenopptaket. Munnen vil benyttes i større grad ved innånding og filtreringsmekanismene greier ikke lengre å filtrere unna de store partiklene og de vil også finne veien ned til lungene. Lungene vil da ikke være i stand til at oppta mer oksygen og litteraturen oppgir eksponeringstid på mer enn 15 min med sløkkemiddelkonsentrasjon på 100 g/m^3 som livsfarlig [1].

Soyuz har oppgitt konsentrasjoner på 40 g/m^3 forårsaker hud-, luftsveis-, og lungeirritasjon hos forsøksdyr. For produktet er det målt en LC_{50} -verdi på 160 g/m^3 for mus med to timers eksponeringstid. Produktet klassifiseres derfor som mindre farlig [12].

Eksponeringstiden og konsentrasjonen spiller en vesentlig rolle med hensyn til i hvilken grad man pådrar seg skade ved en uønsket utløsning av generatoren.

Nitrogenoksidene (NO_x) er ubehagelig ved innånding og ammoniakk (NH_3) gir svie i øyner, munn og andre steder det er fuktighet men de gir mest irritasjon og ubehag [1].

3.4 Lover og Standarder

Med de opplysninger som finnes angående aerosolslokkesystemer er de først og fremst utviklet for å slokke en brann effektivt og ikke være til skade på miljøet. Aerosol slokkerøyk er dermed ikke utviklet med tanke på personrisiko. Det tas opp områder der det kan være en risiko for at det finnes mennesker tilstede. For eksempel kan være et dataserverrom som normalt er ubemannet, men iblant en tekniker tilstede som utfører vedlikehold.

Følgende standarder tar opp aerosol slokkesystem og er aktuelle i Norge:

IMO (International Maritime Organisation)

CEN (European Committee for Standardization)

ISO (International Standard Organisation)

Byggforsk #550.363

IMO er for den maritime virksomhet og bør derfor ikke brukes på land og har tydelige retningslinjer for aerosol slokkesystem. Reglene er tilpasset for aerosol slokkerøyk i lukkede områder uten mennesker.

CEN er den europeiske standarden og har et midlertidig og uoffisielt utkast for pyrotekniske genererte aerosoler. I kapittel 5.2 Safety precautions (5.2.1 General) står det følgende: "Reduced visibility during and after discharge together with potential toxicity restricts the use of a condensed aerosol total flooding system to normally unoccupied and unoccupiable areas only. In any proposed use of condensed aerosol where there is a possibility that people may enter the protected enclosure or be close to the protected risk, suitable safeguards such as personnel training, warning signs, pre-discharge alarms and system isolate switches shall be provided. Means of ventilation after fire should be readily available. Unnecessary exposure to a condensed aerosol shall be avoided."

ISO er den internasjonale standarden og framstår ikke ferdig per i dag. Standarden sier ikke direkte om å benytte aerosol slokkegass der mennesker oppholder seg, og sier heller ingen ting imot dette.

I kapittel 4.4 "Limitations of use" står det:

"The extinguishants referred to in ISO 14520... shall not be used on fires involving the following unless relevant testing has been carried out to the satisfaction of the authority:

- a) chemicals containing their own supply of oxygen, such as cellulose nitrate;
- b) mixtures containing oxidizing materials, such as sodium chlorate or sodium nitrate;
- c) chemicals capable of undergoing autothermal decomposition, such as some organic peroxides;
- d) reactive metals (such as sodium, potassium, magnesium, titanium and zirconium), reactive hydrides, or metal amides, some of which may react violently with some aerosol extinguishants;
- e) environments where significant surface areas exist at temperatures greater than the breakdown temperature of the extinguishing agent and are heated by means other than the fire.
- f) oxidizing agents such as nitric oxides and fluorine;
- g) pyrophoric materials such as white phosphorous or metallo-organic compounds

The above list may not be exhaustive."

Men i **Byggforsk #550.363** finnes det ikke noe om at man ikke får bruke det i områder der mennesker oppholder seg.

Under er direkte sitert fra Byggforsk 550.363:

32 Bruksområder

Bruksområdet er i hovedsak det samme som for sprinkleranlegg. Slokkerøyk kan velges som alternativ til sprinkleranlegg dersom det er behov for spesiell brannsikring av bare ett eller noen få rom og det ikke er aktuelt med sprinkleranlegg ellers i bygget.

Foreløpig anbefales ikke slokkerøyk for større rom, dvs. rom over ca. 50 m², eller rom med mekanisk eller termisk røykventilasjon. Man avventer bedre produkter med hensyn til kontroll av slokkerøykens temperatur og fordeling av slokkerøyk i slike rom. Det er nemlig viktig at slokkerøyken har riktig utløpstemperatur for å bli jevnt fordelt i rommet. Ved for høy temperatur vil konsentrasjonen ved golvet bli for lav i forhold til ved taket.

33 Fordeler og ulemper

Fordeler:

- Slokkerøyk er et meget rimelig slokkeanlegg som ikke krever røranlegg og nesten ikke plass.

- Slokkerøyk skader ikke vanlig inventar eller utstyr og er ikke giftig.

Partikkelstørrelsen er om lag 1/10 av vanlig slokkepulver, og røyken kan luftes ut som annen røyk. Slokkerøyk kombinerer det beste fra slokking med gass, vanntåke og pulver og har få av ulempene.

- Enkelt vedlikehold

Ulemper:

- Et problem med slokkerøyk er ujevn fordeling. Som andre slokkemidler vil også slokkerøykpartikler kunne fortrenses før de når fram til flammene. Spesielt i høye og store rom er ujevn fordeling av slokkerøyken et problem. Kjøling av slokkerøykkapselen (kjemiske metoder for å holde temperaturen nede) kan motvirke dette, men det foreligger ennå ikke tilstrekkelig ferdig utviklede produkter som kan benyttes for å oppnå slik kjøling.

- Slokkerøyk gir redusert sikt i utløsningsområdet og bør unngås i rømningsveier.

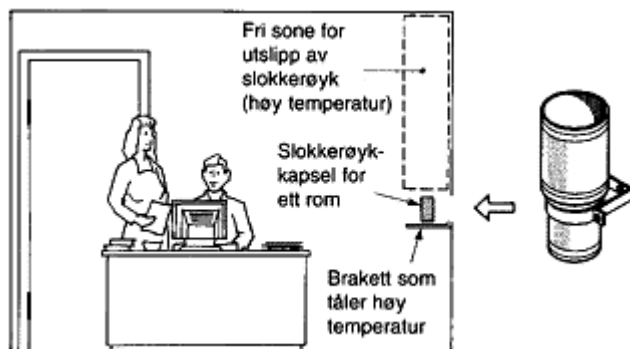


Fig. 34 fra kap 34

Installasjon av slokkerøykanlegg

Eksempel på plassering av slokkerøykkapsel i et rom. Andre typer kan monteres i tak eller på golv.

Sitat slutt.

Av alle standarder og regelverk er det kun i Byggforsk 550.363 aerosol sløkkerøyk, indirekte, blir beskrevet som et mulig sløkkesystem der folk oppholder seg. Illustrasjonsbilde i Byggforsk viser en installasjon av sløkkerøyk generatoren på et kontor med personer tilstede.

IMO og ISO tar ikke opp temaet å benytte aerosol sløkkesystem der mennesker oppholder seg utenom små unntak. CEN er derimot tydelig mot dette ved å beskrive temaet slik; “Reduced visibility during and after discharge together with potential toxicity restricts the use of a condensed aerosol total flooding system to normally unoccupied and unoccupiable areas only”.

Så for å eventuelt kunne bruke aerosol sløkkesystem i områder med mennesker så må det aktuelle produktet være bevist ufarlig og ikke i seg selv føre til økt person risiko. Det viser seg imidlertid at disse lovene og reglene motstrider hverandre i en større grad, som kan være en del at dette produktet ikke er koblet til eksponering av mennesker slik det blir gjort i denne oppgaven.

4. Forsøk

4.1 Grunnlag for forsøk

Hensikten med forsøkene er å kartlegge de fysiologiske og kjemiske effektene ved bruk av aerosol sløkkerøyk, med tanke på personsikkerheten. Det er av interesse å utføre målinger ved bruk av denne typen sløkkerøyk tross oppgitte verdier fra litteraturen. Vurdering av resultatene vil danne grunnlaget for hovedmålet å finne ut om generatoren kan plasseres på nye steder, og risikoen ved feilutløsning med personer tilstede.

Det skal i hovedsak utføres tre forsøk der det benyttes kun generator og et fjerde med generator og brann. Ved forsøk nr 1 og 2 skal det benyttes generatortype MAG-4 som er beregnet for volum på 14 m^3 . Ved forsøk 4 skal en MAG-4G slukke en pallbrann. I forsøk nr 3 skal det benyttes generatortypen MAG-5 som er halvparten så stor MAG-4 og er beregnet for volum på 7 m^3 . Dermed kan det undersøkes i hvilken grad målingene påvirkes av mengden sløkkegass.

Målinger:

- lydtryknivå ved aktivering
- Konsentrasjon av CO i rommet
- Konsentrasjon av O₂ i rommet
- Partikkelkonsentrasjon på to forskjellige høyder i rommet
- Temperatur i rommet og på generatoren
- Sikten i rommet
- Trykkoppbygningen i rommet

Forsøk nr 4 skal utføres for å undersøke sløkkeeffektiviteten til MAG-4. Det gjøres derfor kun temperaturmålinger i dette forsøket.

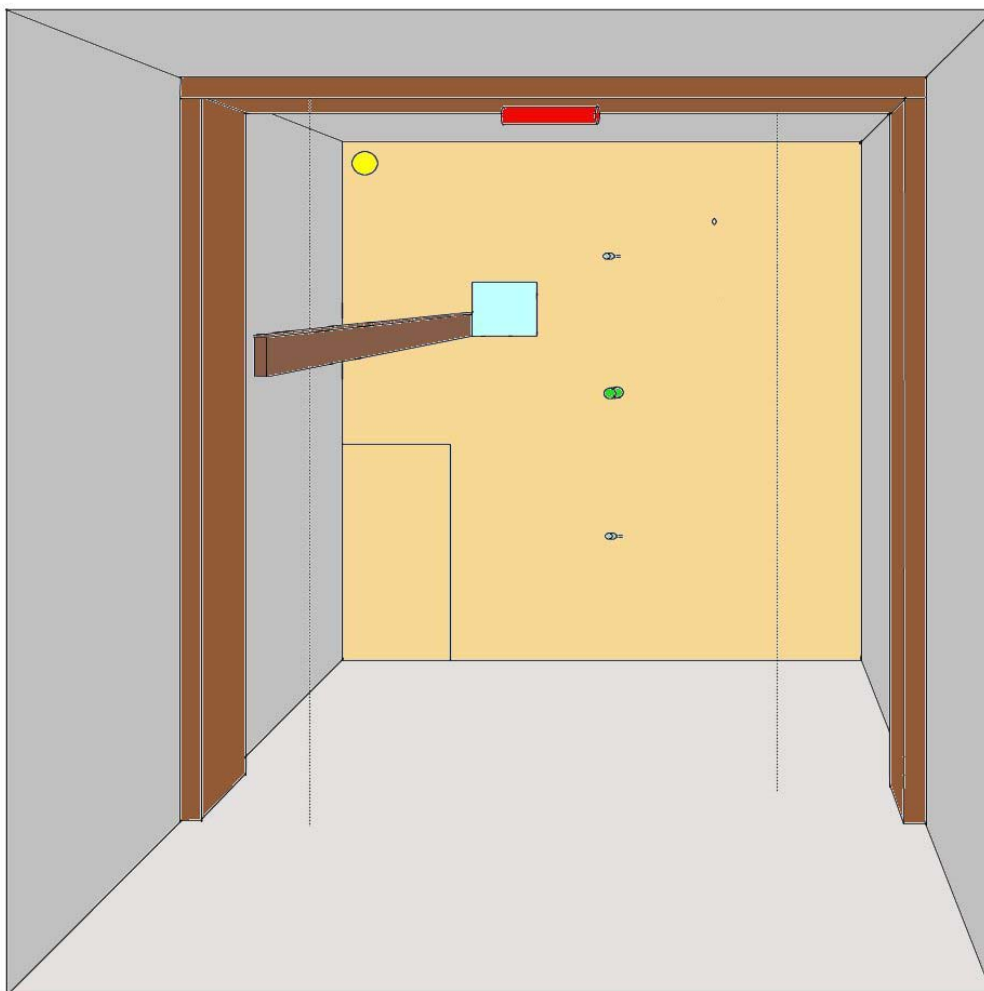
4.2 Utstyr og metoder

4.2.1 Forsøksrom

Rommet som ble benyttet til forsøkene er et standard ISO rom med mål 3,6 m x 2,4 m x 2,4 m med et volum på 20,73 m³. Generatorene som ble brukt var designet for et volum på 14 m³, og måtte derfor monteres opp en vegg av tre og sponplater for å redusere volumet. I veggen ble det montert inn et 25 cm x 33 cm vindu av pleksiglass og liten dør på 50 cm x 90 cm.

Fra produsenten er det oppgitt at generatoren skal benyttes i helt tette rom, og alle små sprekker og utettheter ble tettet igjen med isolasjon og kraftig teip.

Taket i rommet var meget porøst etter tidligere brannforsøk og ble derfor satt opp en bærende trekonstruksjon slik at generatoren kunne festes godt og sikkert i denne [figur 4.1].



Figur 4.1 Forsøksrommet sett innenifra. Her ser man generatoren plassert midt i taket, samt siktplanken, døren, observasjonsvinduet og plassering av måleutstyr [Vedlegg 10.2 Forsøksrom].

4.2.2 Måling av CO- og O₂- konsentrasjoner

For å kunne måle gasskonsentrasjoner av CO og O₂ i rommet ble det benyttet en gasspumpe (Kitagawa Precision gas Detector modell APS) med CO-målerør (carbon monoxide length-of-stain detector tubes, Type SH) og O₂-målerør (oxygen detector tubes). Denne typen måleutstyr ble valgt for den er ikke så følsom for støv og partikler. Prinsippet med pumpen er å dra i et håndtak slik at et vakuum oppstår i kammeret og gassen blir sugd gjennom påmonterte målerør.

Ved måling av CO skulle man trekke maksimalt vakuum på 100 ml og 50 ml på O₂. Røykdykker plassert inni rommet holdt pumpen ca 1,5 meter over gulvet og 1,5 meter inn i rommet. Rørene måtte knekkes i begge ender slik at man kunne trekke gassen igjennom, dette ble gjort inne i rommet for å få de mest korrekte målingene.

Resultatene kunne man lese rett av glassrørene som hadde en innvendig skala. Et stoff inne i røret reagerte mot respektive gass (CO eller O₂) og endret farge. Verdien leses av i grenseområdet mellom ureagert og reagert innhold. Målerøret for oksygen er veldig temperatur følsomt. For å oppnå idealtemperaturen på røret måtte medfølgende kobberklorid (CUCL₂, 10 %) dryppes på rørets ende. Prosessen ble gjort på utsiden av rommet da dette ikke kunne la seg gjøres av røykdykker på grunn av den sterkt reduserte sikten.

De avleste O₂-verdiene måtte korrigeres via en "conversion scale" og en "CO₂ correction table" som kom med O₂-målerørene for å få korrekte verdier [Vedlegg 10.5 O₂- detectortubes].

Det var to forskjellige CO-målerørene med ulike måleområder, en variant fra 50 til 1000 ppm og en variant fra 1000 til 20.000 ppm. De avleste verdiene måtte korrigeres avhengig av temperaturen i rommet med "temperature correction table" som kom med CO-målerørene [Vedlegg 10.4 CO- detectortubes].

4.2.3 Måling av sikt

Sikten i rommet ble kartlagt kontinuerlig under forsøkene av røykdykker med hjelp av oppmontert siktplanke. Siktplanken var en 2,4 meters planke som ble montert fra observasjons vinduet og til rommets motstående vegg. For å lettere kunne lese av sikten ble det spikret spiker hver tiende cm og i forskjellige høyder på planken.

4.2.4 Måling av partikkel konsentrasjon

Pumpene som benyttedes til prøvetakning skal oppfylle følgende krav gitt i NS 1232, NS-EN 12 919 og EN 50 014:

Pumpene skal minimum oppfylle følgende betingelser:

- ha automatisk flowkontroll som holder luftstrømmen konstant under hele forsøket.
- ha mulighet for justering av luftstrømmen (normalt 2 liter per min).
- ha driftstid på minst to timer, helst åtte timer med fullt oppladde batterier
- være tilnærmet pulseringsfrie.

For å oppfylle kravene ble det benyttet to stk. universal Sample Pump modell 224-Pcex7, plassert 60- og 180 cm fra gulvet. Prøvetakningspumpene fungerer slik at enheten suger inn 2 liter luft per minutt gjennom et filter. Filtrene veies før og etter prøvetakningen og gjør det dermed mulig å finne konsentrasjonen av sløkkerøyken i g/m^3 . Filtrene heter nuclepore, størrelse 37 mm og tykkelse 4 μm . Vekten som ble benyttet til å måle filtrene er av typen AND ER-120 A.

Generatorene ble veid før og etter forsøkene for å kartlegge om alt innholdet ble forbrent i prosessen. Ved å benytte differansen av forbrukt brensel, er det mulig å regne ut en teoretisk partikkelkonsentrasjon. Verdiene vil ikke bli eksakte men gir en indikasjon på konsentrasjonene.

Vekt før – vekt etter = vekt brensel forbrukt

Vekt brensel forbrukt / rommets volum = **sløkegass per kubikk** [g/m^3]

4.2.5 Måling av temperatur

Totalt ble det benyttet 6 termoelementer i rommet koblet til en temperaturlogger og datamaskin. Det ble montert to patentbånd fra gulv til tak 60 cm fra begge sideveggene, midt i rommet. Fire termoelementer ble plassert, to på hvert patentbånd, 60 cm og 150 cm fra gulvnivå. For å måle generatorens temperatur ble et termoelement montert på generatorens beholder med teip. Det ble brukt isolasjon for å få en mer korrekt måling av generatorens overflatetemperatur. For å måle temperatur oppunder taket ble det festet et element 23 cm ut fra oppbygd vegg og midt i rommet.

4.2.6 Måling av trykk

Det ble laget et hull i oppmontert vegg og installert et rør av plast, 30 cm langt og med diameter 50 mm. Ved aktivering av generator ble det plassert en vindmåler, av type VelociCalc plus modell 8388-M-S (sist kalibrert 20.7.2004), foran røret for å måle lufthastigheten ut av rommet.

For å kunne finne trykkoppbygningen i rommet benyttes ligningene:

$$\sum_i v * A * \Delta t_i = m/s * m^2 * s = V = m^3 \quad \text{[#1]}$$

og

$$\frac{\Delta V}{V} * P_0 = \Delta P \quad \text{[#2]}$$

[Vedlegg 10.1 Trykk]

4.2.7 Måling av lydtrykknivå

For å kartlegge lydtrykknivået til generatoren, ble det benyttet en desibel måler av type Rion NL 18. Røykdykker som var plassert inne i rommet holdt instrumentet ca 2,5 meter fra generatorene.

4.9 Forsøk 1: Kun slokkerøykgenerator type MAG-4

I første forsøk ble det plassert en generator type MAG-4 som er designet for et volum på 14 m³. For aktivering av enheten ble det benyttet et 12 volts bilbatteri. Generatoren ble montert midt i rommet på oppmonterte konstruksjon.

For å kontinuerlig kunne dokumentere sikten i rommet ble et videokamera plassert foran observasjonsvinduet og inn på siktplanken. Et webkamera ble plassert oppunder taket på innsiden av rommet for å filme generatoren under aktiveringen.

En røykdykker var under alle forsøkene inne i rommet for å utføre målinger og observere. Under alle forsøkene ble temperaturmålingene kontinuerlig logget.

Retten etter aktivering ble både lufthastigheten ut av rommet og lydtrykknivået fra generatoren målt.

Begge partikkelpumpene ble startet 90 sekunder etter aktivering av generatoren og ble stoppet etter 1 minutt måling.

Etter aktivering ble CO målingene (1000-20.000 ppm) foretatt etter 6 og 19 minutter, og (50-1000 ppm) etter 9 minutter. O₂ målingen ble foretatt etter 14 minutter, og hele forsøket pågikk i 21 minutter.

4.9.1 Observasjoner forsøk 1

Umiddelbart etter aktivering av generatoren skjedde utblåsningen overraskende hurtig på ca 9 sek. Den store trykkøkningen førte til bevegelse av oppmonterte vegg og førte til at siktplanken falt ned. Det viste seg at det var små utettheter i den oppmonterte veggen som ble bedre tettet til neste forsøk. Slokkerøyken spredde seg effektivt og raskt i hele rommet med hjelp av kraftig turbulens.

Etter noen minutter observerte vi at aerosolpartiklene la seg på pleksiglasset i form av et mørkt fettete lag. Det ble imidlertid også observert samme fettete lag på hjelmen til røykdykker, desibel måleren og filtholderne. Partiklene var i form av tørt finfordelt materiale i resten av rommet.

Røykdykker som var plassert i rommet opplevde ingen ubehag ved temperaturøkningen, lydtrykknivået, og overtrykket som oppstod rett etter aktivering av generatoren.

Personene som stod utenfor forsøksrommet følte en lettere irritasjon på øynene og tørrhet i munn og svelg etter å blitt eksponert av små mengder aerosol gass.

4.9.2 Resultater forsøk 1

CO-konsentrasjon:

Tabell 4.1 Resultater: karbonmonoksidkonsentrasjon forsøk 1.

Måling	Resultat	Resultat korrigert ¹⁾
6 minutter.	1,0 %	0,82 % (temp=10 °C)
19 minutter	0,7 %	0,54 % (temp=0 °C)

1) korrigert i henhold til temperature correction table [Vedlegg 10.4 CO- detectortubes]

O₂-konsentrasjon:

Det ble foretatt en måling av oksygen konsentrasjonen i forsøksrommet. Etersom CO₂ nivået er ukjent benyttes oppgitte verdier på 1,2 % [8] og det ligger godt under tabellens grense område på 5 %.

Tabell 4.2 Resultater: oksygenkonsentrasjoner forsøk 1.

Måling	Verdi	Resultat ¹⁾	Resultat korrigert ²⁾
15 minutter	15%	18 %	18 % (CO ₂ < 5 %)

1) korrigert i henhold til conversion scale [Vedlegg 10.5 O₂-detectortubes]

2) korrigert i henhold til CO₂ correction table [Vedlegg 10.5 O₂-detectortubes]

Sikt:

Siktplanken falt ned under utblåsningen og siken ble derfor ikke kartlagt i dette forsøket.

Partikkelkonsentrasjon:

Målingen av partikkelkonsentrasjonen ble ikke brukbar.

Vekten til generatoren før forsøket var 3,77 kg og 2,65 kg etter. Generatorens vekt ble redusert med 1,12 kg. Det betyr at 1,12 kg brensel ble omdannet til slokkegass. Benytter man vektdifferansen og fordeler den på 14 m³ gir dette en teoretisk aerosol konsentrasjon i rommet på 80 g/m³.

$$1120 \text{ g} / 14 \text{ m}^3 = 80 \text{ g/m}^3$$

Det er vanskelig å kartlegge alle reaksjonene som binder opp eller splitter seg ved dannelsen av slokkegassen så det er mulig at verdien kan være noe lavere eller høyere.

Temperatur:

Det viste seg at temperaturdataene ikke ble registrert og grunnet en feilkobling ved anlegget så det foreligger ingen temperatur data for dette forsøket.

Trykk:

Maks lufthastighet ut røret ble målt til 19,9 m/s. Det gir en trykkøkningen i rommet på 915 Pa. [Vedlegg 10.1 Trykk]

Lyd:

Måledata ikke tilgjengelig.

4.9.3 Diskusjon forsøk 1

Dette forsøket ble på mange sett et mislykket forsøk der flere målinger ble ubruklige, som var forventet. Derfor ble det planlagt å utføre to identiske forsøk for å kunne korrigere eventuelle feil.

I dette forsøket ble det gjort tre CO-målinger. Det ene røret som hadde måleområdet fra 50-1000 ppm viste umiddelbart fullt utslag. Resten av forsøkene ble det derfor kun brukt prøverøret med skala 1000-20.000 ppm. I litteraturen blir det sagt at CO-konsentrasjonen kan komme opp i 4000 ppm [14] og det var forventet lavere verdier fra forsøkene. Dette på grunn av usikkerheter angående om CO-målingene som er utført av andre ble gjort i atmosfæren i rommet eller i selve sløkkekassen. Etter 5 min ble CO-nivået målt til 8200 ppm, og verdien hadde blitt redusert til 5400 ppm etter 18 minutter. Dette kan skyldes av rommets utettheter og at aerosolgassen siver ut gjennom disse. Det er også mulig at CO reagerer med O_2 og danner CO_2 . Resultatet er overraskende stort, cirka dobbelt så mye som det er oppgitt i våre referanser [14]. Det er vanskelig å sammenligne resultatene med referanseverdiene ettersom det ikke foreligger informasjon om hvordan referansemålingene er blitt utført. Det dannes mye CO ved den høye forbrenningstemperaturen, som vil reagere med O_2 og danne CO_2 . En rask reaksjon mellom CO og O_2 vil kreve høy temperatur. Den høye verdien av CO i forsøket kan skyldes den raske nedkjølingen av generatoren hvor CO ikke rekker å bli omdannet til CO_2 [22].

Det ble kun utført en måling av oksygennivået under dette forsøket. Dette skyldes begrenset antall målerør (5 stykker). Oksygenmålingen ble tatt 15 minutter etter aktivering av generatoren og det ble målt en O_2 -konsentrasjon på 18 % i rommet. Denne reduksjon av oksygen nivået kan skyldes at aerosol gassen fortrenger oksygen i prosessen.

Prøverørene som ble benyttet ble brukt innenfor det anbefalte temperaturområdet og alle prøvene ble avsluttet når identifikasjonsnåla på pumpen viste at forsøket var ferdig. Resultatene er også korrigert etter temperaturen som var i rommet. Dette tyder på at forsøkene ble utført korrekt. For korrigerings av CO ble det benyttet temperaturmålinger fra forsøk 2, dette på grunn av at generatorene er helt identiske. Det antas dermed at temperaturen i rommet er det samme som under forsøk 2.

Den oppmonterte veggen seg bevegde seg grunnet trykkøkningen og det førte til at siktplanken datt ned. Derfor ble ikke sikten målt. Planken og veggen ble festet bedre til de kommende forsøkene.

Resultatene fra støvpumpene kunne ikke benyttes for kartlegging av partikkelkonsentrasjonen. Før forsøket ble filtrene veid sammen med beholderne, noe som viste seg å ikke være en lur løsning. Planen var da å måle vekten av filtrene og beholderne etter forsøket. Aerosol partiklene hadde lagt seg som et fettete lag utpå beholderne og det ville gitt feil resultat, ettersom det var vekten på filtrene som var det interessante.

Ved å benytte teoretisk beregning av generatorens vektforskjell før og etter aktivering kom man fram til en konsentrasjon på 80 g/m^3 som er relativt nærme den offisielle verdien på 100 g/m^3 [7].

Temperaturloggen gikk som normalt under forsøket, men når data skulle overføres til datamaskin viste det seg at temperaturdata ikke var lagret som skyldes en feilkobling.

Trykkøkningen i rommet ble målt til 915 Pa. Verdien er noe lavere enn oppgitte verdier på 1500 Pa [10]. Trykktapet skyldes blant annet små utettheter i forsøksrommet og at den provisoriske veggen ga etter og førte til ytterligere trykktap. Ettersom det er vanskelig å måle trykkøkning i rom generelt, ble det valgt å benytte en vindhastighetsmåler. Trykkøkningen foregår meget raskt og måleren kan ha unngått å registrere hele trykkforløpet og det kan framstå som en feilkilde. Ved utregningen av trykket er det nødvendig å vite utblåsningstiden av sløkkegassen. Ettersom sikten blir betraktelig redusert er det vanskelig å observere hele utblåsningstiden og det ble estimert etter generator lyden.

Det ble ikke brukbare resultater av generatorens lydtrykknivå ved forsøket som skyldes feilaktig bruk av desibelmåleren. Utblåsing skjedd overraskende raskt og røykdykkeren rakk ikke å notere verdien før den ble lagt i en plastpose for å beskytte den mot støv. Verdiene som ble notert etter forsøket hadde meget høye utslag noe som viste seg å være lyden fra plastposen.

Aerosol partiklene la seg som et fettete lag på visse gjenstander i forsøksrommet og er ikke nevnt i litteraturen. Ved forsøket ble det kun observert denne hendelsen på plastmaterialer. En tilsvarende hendelse ble også observert i [16]. Deres teori var at partiklene kan kanskje oppføre seg sånn ved kontakt med såperester. Det ettersom alle plastgjenstander som hadde dette fettete laget hadde nylig blitt vasket med klut, vann og store mengder såpe.

4.10 Forsøk 2: Kun slokkerøygenerator type MAG-4

I dette forsøket ble det også benyttet en MAG-4 generator. Generatoren ble montert nøyaktig slik som i forsøk 1.

Videokameraet denne gangen ble plassert for å filme generatoren ved utløsning og ble plassert foran observasjonsvinduet. Webkameraet gav for dårlige bilder og ble derfor ikke benyttet i resten av forsøkene.

Under aktivering ble både lufthastigheten ut av rommet og lydtryknivået ca 2,5 meter fra generatoren målt.

For å kunne sammenkjøre målingene opp mot hverandre ble det utarbeidet nye og bedre rutiner. Begge partikkelpumpene ble startet 30 sekunder etter aktivering av generatoren og ble stoppet etter 1 minutt måling. CO måling ble foretatt etter 1 og 10 min, mens O₂ målingene ble målt 5 og 15 min etter aktivering. Sikten ble målt av røykdykker og ble hyppig notert, varigheten totalt for forsøket var 21 minutter.

4.10.1 Observasjoner forsøk 2

Utblåsningen varte totalt i ca 10 sekunder. Den oppmonterte veggen sto i mot den raske trykkøkningen, og kun mindre mengder aerosol gass lakk ut gjennom utetthetene.

Det samme fettete belegget på plastoverflatene ble observert.

Røykdykkeren som var plassert i rommet opplevde ingen ubehag ved temperatur økningen, lydtryknivået, eller trykkøkningen som oppstod rett etter aktivering av generatoren.

Personene som stod utenfor forsøksrommet følte en lettere irritasjon på øynene og tørr i munn/svelg etter å ha pustet inn små mengder aerosol gass.

Aerosolgassen var relativ tykk etter 30 minutter og det ble kastet inn en brennende pappbit for å undersøke slökkeeffektiviteten. Brannen sløkket umiddelbart når den kom i kontakt med slökkegassen.

4.10.2 Resultater forsøk 2

CO-konsentrasjon:

Det ble foretatt to målinger av CO- konsentrasjon i forsøksrommet.

Tabell 4.3 Resultater: karbonmonoksidkonsentrasjon forsøk 2

Måling	Resultat	Resultat korrigert. ¹⁾
1 minutter	1,1 %	1,1 % (temp=25 °C)
10 minutter	0,7 %	0,54 % (temp=3,5 °C)

1) korrigert i henhold til temperature correction table [Vedlegg 10.4 CO-detector tubes]

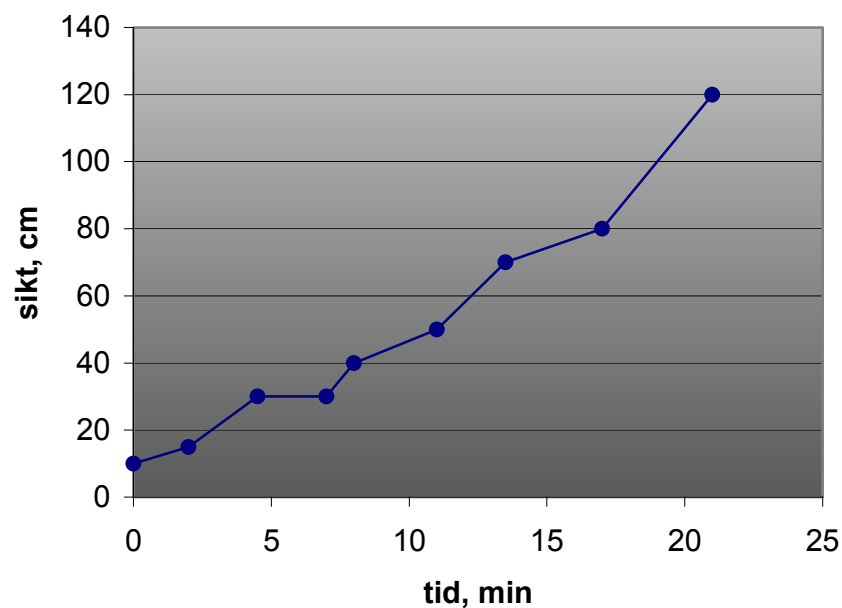
O₂-konsentrasjon:

Det ble foretatt to målinger av oksygenivået i forsøksrommet. Ettersom CO₂ nivået er ukjent benyttes oppgitte verdier på 1,2 % [8]. Det ligger godt under tabellens grense område på 5 %.

Tabell 4.4 Resultater: oksygenkonsentrasjoner forsøk 2.

Måling	Verdi	Resultat ¹⁾	Resultat korrigert ²⁾
5 minutter	16	19 %	19 % (CO ₂ < 5%)
15 minutter	12	15 % (feil)	15 % (CO ₂ < 5%)

- 1) korrigert i henhold til conversion scale [Vedlegg 10.5 O₂-detectortubes]
- 2) korrigert i henhold til CO₂ correction table [Vedlegg 10.5 O₂-detectortubes]



Figur 4.2 Resultater: siktlengde forsøk 2.

Partikkelkonsentrasjon:

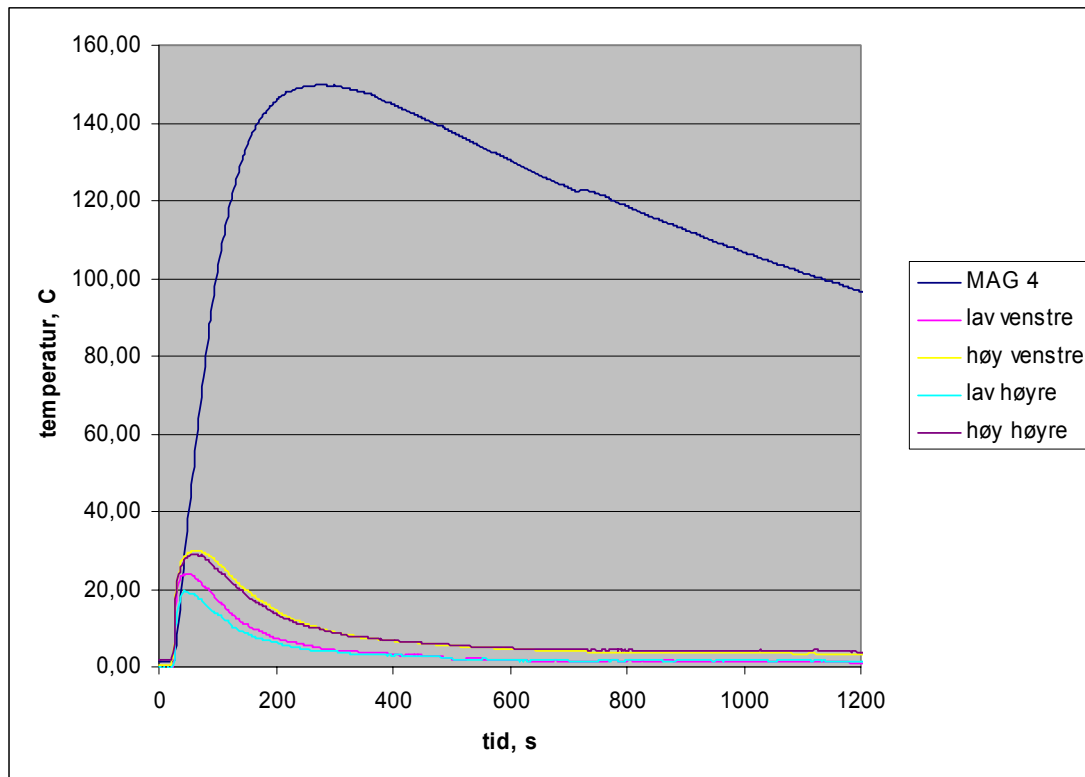
Etter et halvt minutt ble støvpumpene aktivert og sugde inn luft i 1 min. Vektforskjellen på støvfiltrene ble målt til 0,0013 g for det øvre og 0,0012 g for det nedre. Dette gir en konsentrasjon på 0,65 g/m³ for det øvre og 0,6 g/m³ for det nedre.

Den teoretiske konsentrasjonen basert på mengde brensel som er brukt gir høyere verdier. Generatoren veide før 3,70 kg og etter 2,55 kg. Vekttapet på 1,15 kg gir en teoretisk aerosol konsentrasjon i rommet på 82 g/m³.

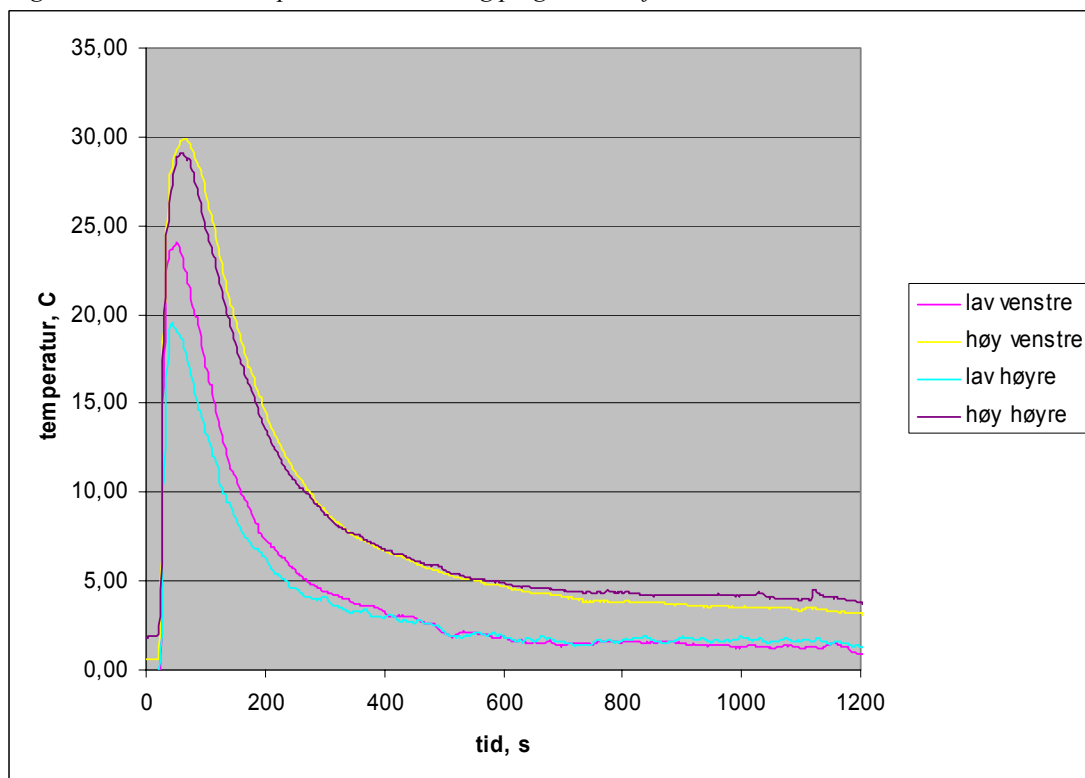
$$1150 \text{ g} / 14 \text{ m}^3 = 82 \text{ g/m}^3$$

Temperaturen i forsøksrommet.

Maksimum temperaturen på generatoren ble målt til 150 °C. Temperaturen i rommet steg med ca 30 grader og differansen mellom de øvre og nedre termoelementene var på 10 grader.



Figur 4.3 Resultater: temperatur i rommet og på generator forsøk 2.



Figur 4.4 Resultater: temperatur i rommet forsøk 2

Trykk:

Lufthastigheten ut av røret ble målt til 17 m/s. Det gir en trykkøkningen i rommet på 815 Pa.

Lydtrykknivå:

Generatoren hadde et lydtrykknivå på 90 desibel, måleren var plassert 2,5 meter i fra enheten.

4.10.3 Diskusjon forsøk 2

Etter et minutt ble CO- nivået målt til 12.000 ppm og hadde blitt redusert til 6000 ppm etter ti minutter. Denne raske nedgangen kan skyldes noe av rommets utettheter og at aerosolgassen siver ut gjennom disse. Resultatet er overraskende stort, hele tre ganger så mye som det er oppgitt i våres referanser (4000 ppm) [14]. Det er vanskelig å sammenligne våre høye tall med referanseverdiene ettersom det ikke foreligger informasjon om hvordan målingene er blitt utført. Den høye verdien kan skyldes den raske nedkjølingen av generatoren hvor CO ikke rekker til å bli omdannet til CO₂ [kap 4.9.3 Diskusjon forsøk 1].

Det ble foretatt to oksygenmålinger der den siste målingen viste ukorrekte verdier. Prøverøret ble ikke oppvarmet tilstrekkelig og fikk feil utslag. Konsentrasjonen på 15 % må være feil og stemmer ikke overens med de andre forsøkene. Den første oksygenmålingen på 19 % er ikke langt i fra det normale. Dette viser også at aerosol gassen ikke fortrenger store mengder oksygen. Siden det kun foreligger denne ene målingen er det vanskelig å si noe om oksygen nivået synker eller stiger med tiden.

Prøverørene ble brukt innenfor anbefalte temperaturområder og samtlige prøver ble avsluttet når pumpens identifikasjonsnål viste at forsøket var ferdig. Dette tyder på at forsøkene ble utført korrekt og at resultatene er troverdige. Resultatene er også korrigert etter temperaturen som var i rommet.

Sikten ble observert av røykdykker inne i forsøksrommet og bemerket bedre sikt når han så mot rommets lyskilde. Sikten måltes ved hjelp av siktplanken med lys fra siden.

Målingene fra støvpumpene ble svært lave. Målt konsentrasjon ved det øverste filteret (180 cm over gulv) var på 0,65 g/m³ og ved nedre (60 cm over gulv) en verdi på 0,60 g/m³. Målefilteret som ble anbefalt å bruke slipper kun gjennom partikler mindre enn 0,4 µm. Ettersom slokkegassen har stor andel av små partikler under 0,4 µm er det sannsynlig at partikkelkonsentrasjonen er høyere enn registrerte resultater. Det er liten sannsynlighet at filtrene tettet seg under forsøket og påvirket resultatet ettersom pumpen kun var aktivert i et minutt.

Tabell 4.5 Andel partikler og størrelse i aerosol slokkegass [4].

Størrelse [μm]	Andel partikler [%]
< 2	42
2 – 5	43
5 – 10	13
> 10	2

De lave konsentrasjonsverdiene kan ha en sammenheng med turbulensen som oppstod i rommet, som muligens påvirket pumpenes kapasitet. Slokkerøyken var imidlertid jevnt fordelt i rommet og kan også sees ut fra verdiene som ble målt.

Ettersom konsentrasjonsmålingene gav feil verdier benyttes generatorens vektdifferanse før og etter forsøket. Generatorens vekt ble redusert med 1,15 kg og fordelt på rommets volum blir det 82 g/m^3 . Dette resultatet virker mer troverdig med hensyn på de visuelle observasjonene som ble gjort.

Under utblåsningen av slokkerøyken oppstod en temperaturøkning på maks 30 grader i rommet, og ble ikke oppfattet ubehagelig av røykdykker. Grafene viser høyere temperaturer på rommets venstre side som trolig skyldes trekk fra dør plassert på rommets høyre side. Temperaturene i rommet sank meget raskt og skyldes den kalde utetemperaturen på 0°C og veggene i rommet hadde tilsvarende temperatur.

Overflatetemperaturen på generatoren nådde en maksimal temperatur på 150°C .

Ettersom generatoren holdt høye temperaturer etter forsøket, måtte det ventes en stund før den ble demontert.

Det ene termoelementet plassert oppunder taket viste seg å være defekt. Tapet av elementet hadde ikke stor betydning for videre forsøk.

Trykket ble målt til 815 Pa. Dette er 100 Pa mindre enn i forsøk 1. Denne differansen kan skyldes blant annet variert mengde brensel inne i generatoren. Trykkøkningen foregår meget raskt og måleren kan ha unngått å registrere hele trykkforløpet og kan være en feilkilde. Under utregningen av trykket er det nødvendig å vite utblåsningstiden av slokkegassen. Denne er meget vanskelig å finne ettersom sikten blir vesentlig redusert. Utblåsningstiden er dermed estimert etter lyden under utblåsningen.

Lyden som oppstod under utblåsningen (90 desibel) ble ikke oppfattet som ubehagelig, verken for røykdykkeren inne i rommet eller personene som stod utenfor. Dette er langt ifra smertegrensen på 120 dB [17]. Desibel måleren var plassert ca 2,5 meter fra generatoren.

Det samme fettete aerosolbelegget oppstod også her på plastoverflater. Alle flater som hadde blitt tilgriset ved første forsøk ble vasket med såpe før dette forsøket startet. Dette støtter sterkere opp mot teorien at aerosol slokkegass blir fettaktig i kontakt med såperester [16].

4.11 Forsøk 3: Kun slokkerøygenerator type MAG-5

I dette forsøket ble det benyttet en generator som er designet for å slokke effektivt en brann i volum på 7 m³.

Generatoren ble plassert i senter av rommet som på tidligere forsøk. For at målegrunnlaget skal bli så sammenlignbart som mulig ble alle målinger og tider utført nøyaktig som forsøk 2.

4.11.1 Observasjoner forsøk 3

Ettersom denne generator typen er mindre enn i de tidligere forsøkene var trykkøkningen ikke fullt så kraftig denne gangen. Rommets volum vil være for stort for generatoren og røykdykker kunne bekrefte at turbulensen var betraktelig mindre enn tidligere. Det kom også mindre aerosolgass ut fra rommets utettheter. Røykdykker opplevde ingen ubehag i form av temperaturøkningen, lydtrykknivået eller overtrykket som oppsto i rommet.

CO- målingene ble foretatt etter 1 og 10 min, mens O₂- målingene ble målt 5 og 15 min etter aktivering. Det ble også i dette forsøket observert det fettete belegget på plastoverflatene som i tidligere forsøk.

Personene som stod utenfor forsøksrommet følte en lettere irritasjon på øynene og tørr i munn/svelg etter å ha pustet inn små mengder aerosol gass.

Det ble lagt inn enn brennende pappbit i forsøksrommet 15 minutter etter aktivering, som slukket umiddelbart etter å ha kommet kontakt med slokkerøyken.

4.11.2 Resultater forsøk 3

CO-konsentrasjon:

Det ble foretatt to CO- målinger etter samme oppsett som forsøk 2.

Tabell 4.6 Resultater: karbonmonoksidkonsentrasjon forsøk 3.

Måling	Resultat	Resultat korrigert ¹⁾
1 minutter	0,6 %	0,6 % (temp=25 °C)
10 minutter	0,35%	0,30 % (temp=3,5 °C)

1) korrigert i henhold til temperature correction table [Vedlegg 10.4 CO-detectortubes]

O₂-konsentrasjon:

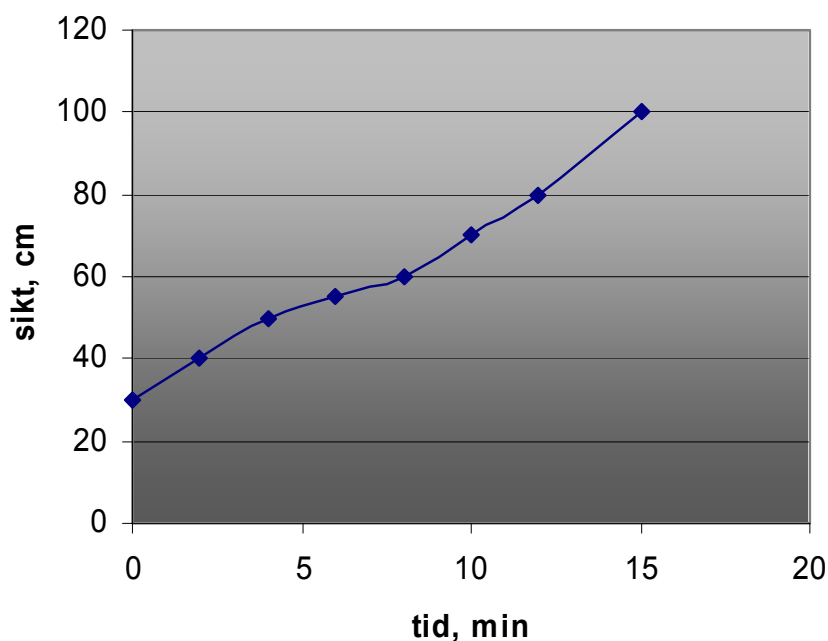
Det ble også foretatt to målinger av oksygenivået i forsøksrommet. Ettersom CO₂-nivået er ukjent benyttes oppgitte verdier på 1,2 % [8] og ligger godt under tabellens grense område på 5 %.

Tabell 4.7 Resultater: oksygenkonsentrasjon forsøk 3.

Måling	Verdi	Resultat ¹⁾	Resultat korrigert ²⁾
5 minutter	18	21 %	21 % (CO ₂ < 5%)
15 minutter	16	19 %	19 % (CO ₂ < 5%)

- 1) korrigert i henhold til conversion scale [Vedlegg 10.5 O₂-detectortubes]
- 2) korrigert i henhold til CO₂ correction table [Vedlegg 10.5 O₂-detectortubes]

Sikt:



Figur 4.5 Resultater: siktlengde forsøk 3.

Partikkelkonsentrasjon:

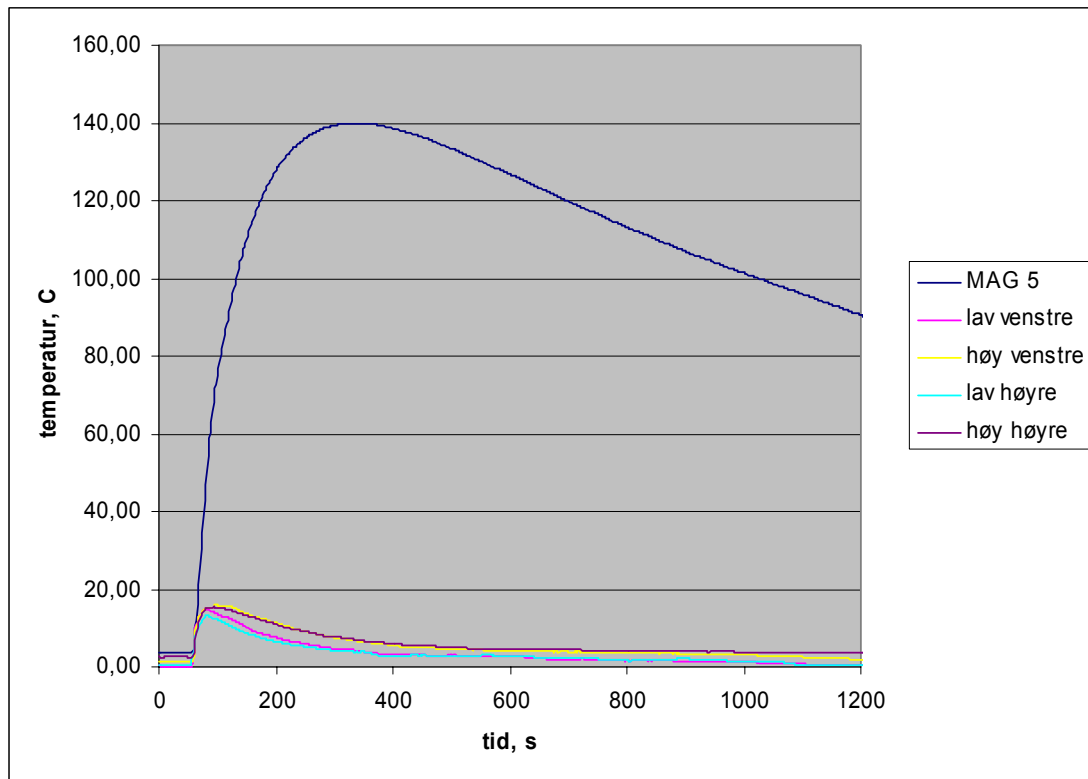
Etter et halvt minutt etter aktivering ble pumpene startet og sugde inn luft i 1 min. Vektforskjellen på øvre og nedre filter var 0,0014 g og 0,0011 g. Dette gir en partikkelkonsentrasjon på 0,7 g/m³ for det øvre og 0,55 g/m³ for det nedre.

Vekten av generatoren var 2,01 kg før og 1,45 kg etter aktivering. Vekttapet på 0,56 kg gir en teoretisk aerosol konsentrasjon på 40 g/m³.

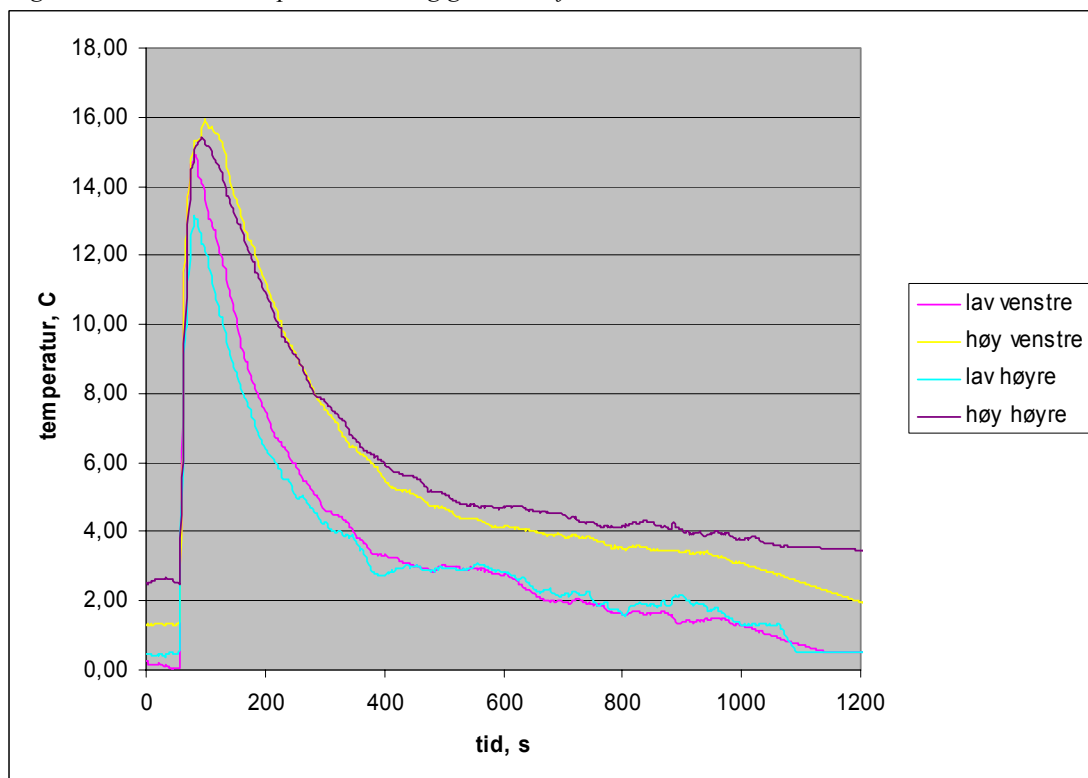
$$560 \text{ g} / 14 \text{ m}^3 = 40 \text{ g/m}^3$$

Temperaturer:

Temperaturen på generatoren nådde en maksimum temperatur på 140 °C. Temperaturen i rommet steg med ca 16 grader og grafen viser en relativt jevn temperatur med største differanse på 2-3 grader mellom termoelementene.



Figur 4.6 Resultater: temperatur rom og generator forsøk 3.



Figur 4.7 Resultater: temperatur i rommet forsøk 3.

Trykk:

Det ble målt en trykkøkning på 470 Pa i forsøksrommet. Maksimal lufthastighet ut røret ble målt til 11 m/s.

Lydtryknivå:

Det ble målt et lydtryknivå på 95 desibel. Desibelmåleren var plassert ca 2,5 meter fra generatoren.

4.11.3 Diskusjon forsøk 3

CO- konsentrasjonen ble målt til ca 6000 ppm etter 1 minutt og sank til ca 3000 ppm etter 10 minutter. Resultatet var forventet mindre og det konkluderes at halvert generatorstørrelse fører til halvert CO- nivå. Dette viser også at forholdet mellom mengde slokkegass og avgitt CO- mengde er lik for de forskjellige generatortypene som ble testet. CO- konsentrasjonen minket i samme grad som tidligere forsøk og skyldes utettheter i rommet. En annen grunn til CO- mengden går ned over tid er at CO vil binde seg med O₂ og gå over til CO₂.

Resultatene viser at oksygenivået avtar med tiden, som tyder på en kontinuerlig reaksjon mellom slokkerøyken, karbonmonoksid og oksygenet i rommet. O₂- konsentrasjonen etter 5 minutter lå på det normale 21 % og etter 15 minutter på 19 %. Disse verdiene var litt høyere enn i de tidligere forsøkene. Det er for at mindre mengder slokkegass vil fortrenge mindre mengder oksygen, samt at noe av CO vil binde seg med O₂ og danne CO₂. Eksempel på en annen reaksjon er at Kalium binder O₂ og danner KO.

Sikten var bedre under forsøket og røykdykker kunne se 20 cm lengre til enhver tid i forhold til tidligere forsøk.

Støvmålingene gav også her feilaktige resultater, men til en forandring en differanse mellom det øvre og det nedre målefilteret. Det øvre filteret fikk en høyere verdi enn det nedre noe som indikerer at partikkelkonsentrasjonen er høyere oppunder taket. Sannsynligvis på grunn av at den varmere slokkegassen stiger oppover. Denne målingen ble utført tidlig etter utløsning og aerosolgassen hadde kanskje ikke fordelt seg ordentlig utover rommet når den ble utført. Det er imidlertid grunn til å tro at gassen vil fordele seg med tiden. Teoretisk beregning av partikkelkonsentrasjonen gav 40 g/m³.

Ettersom rommet var kaldt og det var mindre andel varm gass ble temperaturøkningen lavere enn tidligere. Temperaturen var også her kaldere på rommets høyre side som mest skyldes trekk fra døren. Oppunder taket var det høyere temperaturer enn nede fordi den varme gassen stiger. Det var mindre forskjell på selve temperaturforløpet utenom den generelt lavere temperaturen.

Generatorens overflatetemperatur var 140 °C, det er nesten det samme som temperaturen fra MAG-4 i forsøk 2 på 150 °C.

Trykkøkningen på 470 Pa var mindre sammenlignet med tidligere forsøk på 915 Pa. Oppmonterte vegg ble mindre påvirket under dette forsøket siden en mindre voldsom trykkøkning. Følsomheten til lufthastighetsmåleren er muligens også en feilkilde. Utblåsingstiden er estimert etter lyden av utblåsningen.

Denne generatoren har i motsetning til de andre kun et slokkegass utløp. Siden generatoren er plassert i et større rom enn designet ble også gassturbulensen betraktelig redusert.

Lydtrykknivået var 95 desibel, det er 5 desibel høyere enn fra en MAG-4. Lydmålingen ble utført nøyaktig slik som tidligere forsøk. Det økte lydtrykknivået kan skyldes at slokkerøyken kommer ut fra et utløp og ikke to. Dette er langt ifra smertegrensen på 120 dB [17].

Det samme fettete belegget oppsto også her på alle plastoverflater [kap 4.9.3 Diskusjon forsøk 1].

4.12 Forsøk 4: MAG-4 med brann

I det fjerde og siste forsøk var det av interesse å kartlegge slukkeeffektiviteten til generatoren. Samt å observere hvordan generatoren fungerer i en virkelig brann. Eneste målinger som ble utført var temperatur utviklingen i rommet og beregning av slukkerøykkonsentrasjon.

Som brannkilde ble det benyttet en standard europall plassert stående inntil rommets bakvegg og tilsatt 1 liter heptan.

4.12.1 Observasjoner forsøk 4

Det var først problemer med å få pallen til å brenne. Dette skyldes for lenge venting fra det ble tilsatt heptan til antennelsen fant sted. Det ble derfor tilført mer heptan og pallen ble umiddelbart antent. Brannforløpet gikk meget sakte, noe som kan skyldes at brannen ble tilført for lite oksygen.

Etter en stund oppsto det store røykmengder og man kunne observere tykk svart røyk gjennom rommets utettheter. Personene som stod utenfor rommet følte brannrøyken som mer irriterende for øynene og hals/svelg enn kun aerosol gassen i seg selv fra tidligere forsøk.

Generatoren ble aktivert når røykproduksjonen var meget stor. Røykdykkeren som gjorde observasjoner gjennom pleksiglasset kunne konstantere at brannen sløkket umiddelbart. Det var ingen antydning til oppblussing av pallebrannen, men man så tydelig at det glødet i treverket.

Røyken som kom ut fra rommet etter aktivering hadde en mer gulaktig farge enn vanlig brannrøyk.

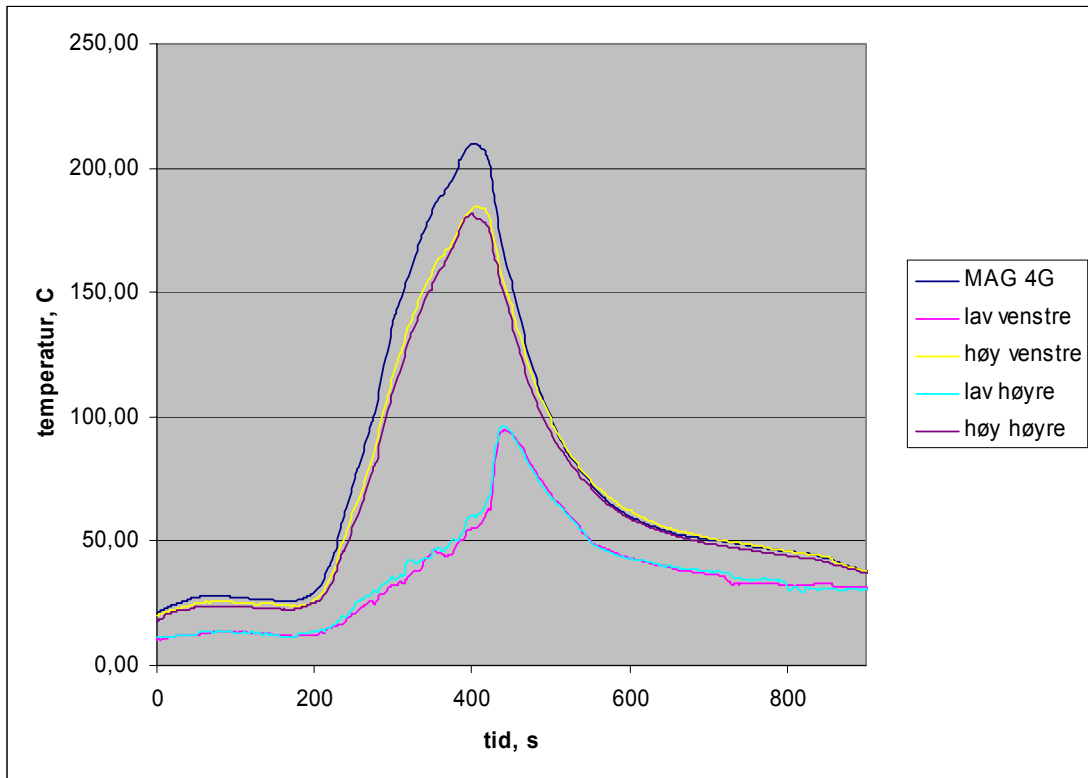
4.12.2 Resultater forsøk 4

Partikkelkonsentrasjon:

Generatoren veide 3,62 kg før aktivering og 2,64 kg etter, det tilsvarer en reduksjon på 0,98 kg. Teoretisk utregning av aerosol konsentrasjonen i rommet var på ca 70 g/m³.

$$1000 \text{ g} / 14 \text{ m}^3 = 70 \text{ g/m}^3$$

Temperatur:



Figur 4.8 Resultater: temperatur i rommet og på generator forsøk 4.

Generatoren ble utløst når temperaturen i røyklaget hadde nådd ca 170 °C. Siden temperaturene i rommet allerede var så høye bidro ikke generatoren til en ytterlig temperaturøkning. Temperaturen ved gulvnivået økte relativt kraftig etter utløsningen. Grafen viser en hurtig nedkjøling av temperaturene i rommet som skyldes at døren ble lukket opp og holdt åpen.

4.12.3 Diskusjon forsøk 4

For å få tilført brannen nok oksygen måtte døren stå åpen helt til generatoren ble aktivert.

Ut fra grafen ser man at temperaturene er en del lavere ved gulvnivå, som skyldes den kalde luften utenfra og den varme røyken fra brannen som stiger og legger seg oppunder taket.

Siden generatoren er tilpasset rom på 14 m³ hadde den ingen problemer med å slokke brannen. Brannbelastningen her var imidlertid meget lav, men om generatoren er i stand til å slokke en stor brann i overtenningsfase i samme volum er fortsatt ukjent.

Partikkelkonsentrasjonen i rommet ble teoretisk målt til 71,5 g/m³.

I figur 4.8 ser man også at temperaturen på generatoren ligger noe høyere enn omgivelsestemperaturene. Dette skyldes at generatoren er montert høyere enn termoelementene. Det varme røyklaget varmet opp generatoren slik at den antas å ha den samme temperatur med det omliggende røyklag.

Etter utløsningen ser man en relativt kraftig temperaturøkning ved gulvnivå på ca 50 grader. Dette skyldes turbulensen som oppstår når generatoren utløses og det varme røyklaget blir presset ned mot gulvet.

Det var mulig å observere større mengde røyk fra utetthetene enn i tidligere forsøk, som kan tyde på at rommet inneholder tykkere røyk.

Under forsøket så man at pallen glødet etter slukkingen. Dette kan skyldes at slukkegassen ikke bryter denne forbrenningsreaksjonen av trekull. En annen mulighet er det under forsøket var for mye ventilasjon.

Hvorfor røyklaget var av gul farge kan være på grunn av sot partikler som er blandet med aerosol slukkerøyken.

4.13 Forsøksresultater

Tabell 4.8 Sammenligning av resultatene fra de forskjellige forsøkene.

	Forsøk 1	min	Forsøk 2	min	Forsøk 3	min	Forsøk 4	min
CO (ppm)	8200	6	11.000	1	6000	1	-	
“	5400	19	5400	10	3000	10	-	
O₂ (%)	-		19	5	21	5	-	
“	18	15	-		19	15	-	
Sikt (cm)	-		10	0	30		-	
“	-		30	5	55		-	
“	-		45	10	70		-	
“	-		75	15	100		-	
Støv kons. (g/m³)	- / 80	1	~0,63 / 82	1	~0,63 / 40	1	- / 70	
Temp MAG (C)	-		53	1	54	1	210	1
“	-		147	5	139	5	50	5
“	-		126	10	121	10	36	10
“	-		109	15	102	15	-	15
Temp lav v. (C)	-		23	1	15	1	55	1
“	-		4	5	3	5	37	5
“	-		2	10	2	10	31	10
“	-		1	15	1	15	-	15
Temp høy v. (C)	-		30	1	15	1	184	1
“	-		7	5	6	5	51	5
“	-		4	10	4	10	36	10
“	-		4	15	3	15	-	15
Temp lav h. (C)	-		19	1	13	1	60	1
“	-		3	5	3	5	38	5
“	-		2	10	2	10	30	10
“	-		2	15	2	15	-	15
Temp høy h. (C)	-		29	1	15	1	181	1
“	-		8	5	6	5	49	5
“	-		5	10	5	10	35	10
“	-		4	15	4	15	-	15
Trykk (Pa)	915	0	815	0	470	0	-	
Lyd (dB)	-		90	0	95	0	-	

5.0 Vurdering av Aerosol slokkegass, nye bruksområder

5.1 Aerosol slokkegass sammenlignet med andre typer slokkeanlegg.

Tabell 6.1 Aerosol slokkegass sammenlignet med andre typer slokkeanlegg [18][19].

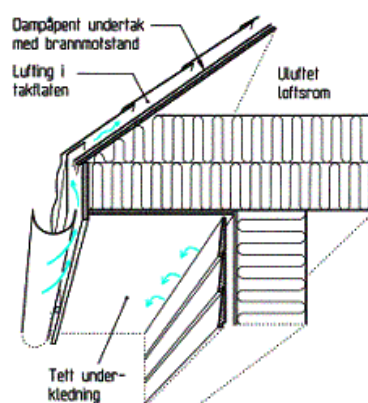
Type slokke-anlegg	Aerosol Slokkegass (Pyroteknisk)	Inergen	CO ₂ -anlegg	Skumanlegg	Sprinkler/ Vanntåke
Enkel/ rask installering	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei
Må ha tilhørende rørsystem	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja
Vedlikeholdsfri	Ja (Kun generator)	Nei	Nei	Nei	Nei
Skader inventar	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja
Enkel å fjerne	enkel	Ikke aktuelt	Meget enkelt	Mindre enkelt	enkel
Personrisiko	Stor	Liten	Stor	Liten	Ingen
Sikker rømning	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja
Sikt	reduisert	Ikke redusert	Ikke redusert	reduisert	Ikke redusert
Toksikologisk for mennesker	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei
Kan mennesker være tilstede	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja

5.2 Vurdering av nye bruksområder av aerosol slokkegass

Aerosol slokkegass kan ikke installeres der folk oppholder seg til vanlig, men den kan muligens installeres i områder der det er en lav sannsynlighet for at folk er tilstede og i kombinasjon med et system som hindrer feilutløsning. Hvis man sikrer seg mot feilutløsning med et brukervennlig system som er i stand til å deaktivere generatoren når personer er tilstede i rommet, kan risikoen for eksponering av slokkegassen muligens bli akseptabel lav.

Aerosol slukkegass på loft

Brannspredning via loft og til nabobebyggelsen er et stort problem i Norge. Brann på et kaldt loft vil kunne spre seg spesielt hurtig, siden loftsrom har mye eksponert treverk og har god lufttilgang. Rommene benyttes ofte til lagerrom og inneholder store mengder brennbart materiale. Rommene er vanskelig tilgjengelig og dermed vanskelig for brannvesenet å slokke. Noe som karakteriserer kalde loft er at de vanligvis har en takstolkonstruksjon med spikerplater. Spikerplateforbindelser har liten brannmotstand og takkonstruksjonen kan dermed bryte sammen etter kort tid [20]. Aerosol vil imidlertid ikke være en god løsning dersom loftet er luftet for slukkegassen vil da bli ventilert ut. Luftede, kalde loft er presentert i Byggedetaljer 525.106



Figur 5.1 Skrå tretak uten utluftet loftsrom.

(Skrå tretak med kaldt loft), men i byggedetaljer 520.108 presenteres det også en løsning der loftsrom ikke luftes [21]. Ved løsninger med tette loft kan aerosol slukkegass egne seg meget godt i forhold til andre typer slukkesystemer som for eksempel sprinkler. Aerosol slukkegass vil ikke ødelegge det lagrete materialet slik sprinkler har en tendens til å gjøre. Aerosol slukkesystem er også enklere å installere i eksisterende bygninger. Så ved løsninger med tette loft og risikoen for brannspredning til nabobebyggelsen skal reduseres kan aerosol slukkegass være et godt alternativ.

Aerosol slukkegass i boder

De fleste bygg der flere huster deler samme inngang har også som regel felles boder. Ettersom disse bodene blir fylt opp med lagret materialer og kanskje brennbare væsker er brannbelastningen meget høyt. Bodene er som regel plassert i byggets kjeller eller i øverste etasje, noe som gjør at det er vanskelig å oppdage brann på et tidlig stadium.

Byggets hovedsikringskap er ofte plassert som en del av bodene som utgjør en mulig brannrisiko og brannspredning til bodene. Dette gjelder primært eldre by gårder med gammelt utdatert anlegg. Problemet med disse anleggene er at de og ikke er dimensjonert til dagens økende strømforbruk og risikoen for varmegang i ledninger og skrukoblinger er økende. I 2003 var 35 % av brannene i bygninger tilknyttet feil på elektriske installasjoner/utstyr/apparater eller av feil bruk av elektriske apparater/utstyr [Vedlegg 10.6 Brannstatistikk].

Disse bodene er som regel ikke stengt med lås noe som også gjør dem sårbare for eventuelle ildspåsettere. I tre års perioden fra 2001- 2003 er det registrert ca 240 påtente branner i bygninger hvert år [Vedlegg 10.6 Brannstatistikk]. På grunn av bodenes utsatte risiko og høye brannbelastning kan det på kort tid etablere seg en brann som kan gi bygget alvorlige brannskader og kan føre til at bygget brenner ned. Ved å installere aerosol slukkerøyk i disse bodene kan være et effektivt tiltak og kan stanse en eventuelt brann i tidlig fase samt redde liv og materielle verdier. Fordelen med aerosolgeneratorene er at de er meget enkelt å installere i eksisterende rom.

Aerosol slokkegass i hytter

Fritidsboliger står for ca 4 % av alle bygningsbranner i Norge, i henhold til statistikk fra 2001-2003 (hvor ca 55 % av brannene er i hus/leiligheter der folk stadig oppholder seg) [Vedlegg 10.6 Brannstatistikk]. Denne statistikken viser ikke om det var personer tilstede da brannen oppstod. Fra brannårsaksrapporten fra samme periode [Vedlegg 10.6 Brannstatistikk] er mange brannårsaker i fritidshus knyttet til at folk var tilstede. Brannårsakene var blant annet ved bruk av bar ild og feil bruk av elektrisk utstyr. Rundt 20 % av brannårsakene (elektrisk feil, selvantenning, lyn) kan skje selv om fritidsboligen står tom. Cirka 40 % av disse er av ukjente årsaker og at det er ukjent kan tyde på at folk ikke var der.

Fritidsboliger står tomme store deler av året og er sjeldent brannsikret i samme grad som boliger. Hvis en brann oppstår når en fritidsbolig står tom er det sannsynlig at den blir oppdaget altfor sent. Et aktivt brannsikringstiltak som aerosol slokkegass kan være hensiktsmessig å installere på grunn av det. Da er bygget beskyttet mot brann i de perioder man ikke er tilstede. Fordelene med dette slokkesystemet er at det fungerer uavhengig av elektrisitet eller vanntilførsel, og det er bra ettersom mange fritidsboliger er langt fra både vann og elektrisitet, eksempelvis jakthytter og andre fritidshytter eksempelvis i fjelltraktene.

5.3 Forbedringspotensiale

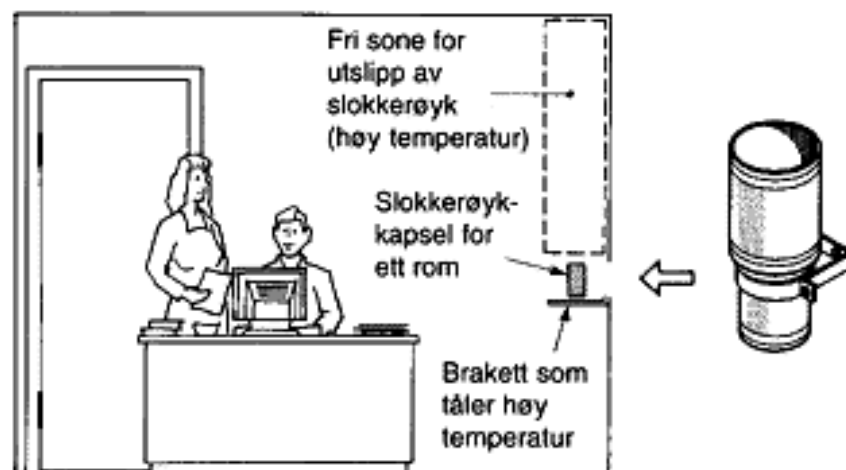
- Redusere CO- konsentrasjonen så den ikke er livstruende for mennesker. På grunn av den høye forbrenningstemperaturen når generatoren aktiveres dannes store mengder CO.
- Optimere partikkelkonsentrasjonen mellom slokkeeffektivitet og personsikkerhet. En lavere partikkelkonsentrasjon gir dårligere slokkeeffektivitet men bedre personsikkerhet. Dagens produkt er kun utviklet for slokkeeffektivitet.
- Utvikle sikkerhetssystem for å unngå uønsket eksponering. Det krever stor pålitelighet, brukervennlighet og lav pris.
- Forbedre design for å få en mer tiltalende produkt. Den har også tydelige preg av at den har blitt utviklet i militære sammenheng. Per dags dato ser generatoren ut som en rakett eller en granat og det gir ikke en følelse av trygghet.

6.0 Drøfting

Drøfting

I litteraturen om aerosol slokkegass finner man forskjellige meninger om det er mulig å benytte denne typen for slokkesystem der mennesker oppholder seg. Dette kan tyde på dårlig testing og informasjon om produktet for øvrig.

I Byggforsk blad 550.363 ” Brannslokkeanlegg. Alternativer og supplement til sprinkleranlegg” belyses produktet som ikke giftig og bør unngås å installeres i rømningsveier. Dette gir indirekte opplysninger om at produktet kan plasseres der personer oppholder seg. Bilde under er fra Byggforsk og viser en installasjon av generatoren i rom der personer som oppholder seg. Med tanke på resultatene fra forsøkene i denne rapporten vil personrisikoen være meget høy og en slik installasjon kan ikke aksepteres.



Figur 6.1 Installasjon av slokkerøykanlegg fra Byggforsk 550.363 [9]

Litteraturen har et meget dårlig skille mellom generatorens to faser som før og etter aktivering samt produkt og biprodukt og klarer dermed å framstille produktet som mindre farlig for mennesker. Bruksområdene per i dag er mindre tette rom der personer ikke oppholder seg. Produktet blir da ofte sett i sammenheng med branngasser som også er farlig for mennesker. Men den blir ikke vurdert i sammenheng ved evt. en feilutløsning og personrisiko.

Generatoren aktiveres ved meget høye temperaturer og det oppstår store mengder biprodukter (blant annet CO) som i litteraturen ikke er koblet til personrisikoen ved eksponering. Ved forsøkene ble CO konsentrasjonen kartlagt og den er 3 ganger så høy som oppgitte verdier på rundt 4000 ppm [14]. Allerede konsentrasjoner på over 2000 ppm kan føre til alvorlig skade og til og med død [13].

Aerosol slokkegass har blitt testet på dyr og leverandøren oppgir at konsentrasjoner på 40 g/m^3 forårsaker hud-, luftsvai-, og øye irritasjon hos forsøksdyr. Og 160 g/m^3 gir LC_{50} verdi på mus etter 2 timer eksponering. Dermed klassifiseres produktet som mindre farlig for mennesker [10]. Hvordan denne testen er utført står det ingen ting om, men tyder sterkt på at forsøksdyrene er kun utsatt for partiklene i seg selv og ikke de tilhørende bi produkter som oppstår. Problemet med partiklene er at de kan dras hele veien ned til lungene uten å fanges opp av kroppens egne filtreringssystemer. Slokkerøyken må ha en konsentrasjon på 100 g/m^3 for å kunne slokke en brann effektivt. Denne konsentrasjonen er høy og fører til vesentlig pustevansker, irritasjon på øynene og meget redusert sikt. Dersom en ansamling av disse stoffene finner sted i lungene kan dette over tid føre til kreft [4].

Personrisiko

Det største problemet ved bruk av aerosol slokkegass er først og fremst den høye konsentrasjonen av CO som genereres under utløsning. I forsøkene ble det registrert gjennomgående konsentrasjonsverdier på rundt 11.000 ppm, noe som er meget høyt. Det er imidlertid vanskelig å si hvorfor disse verdiene er så høye som de er, og det er vanskelig å sammenligne dem med offisielle verdier ettersom det ikke foreligger hvordan forsøkene er gjennomført. Resultatene fra forsøkene ble sammenlignet med oppgitte verdier for eksponering av CO, kan eksponering på rundt 3 min være livsfarlig [tabell 3.2]. CO fortrenger O_2 fra blodlegemenes hemoglobin ved at det dannes karboksihemoglobin, som gir redusert O_2 -forsyning til vevene. Hjerne og hjerne er spesielt sårbare for O_2 -mangel.

Problemet er ikke bare CO-konsentrasjonen i seg selv men også partiklene som svever i samme atmosfære. Felles for disse er at de begge hindrer opptak av oksygen til kroppen. Hvis en person innånder kun partiklene over en lengre periode (5-10 min) vil inntaket av partiklene øke med tiden. Det på grunn av at puste frekvensen vil øke for å kompensere det reduserte oksygenopptaket. Munnen vil benyttes i større grad ved innånding og filtreringsmekanismene greier ikke lengre å filtrere unna partiklene og de vil finne veien ned til lungene. Lungene er da ikke i stand til at oppta mer oksygen og litteraturen oppgir eksponeringstid på mer enn 15 min av slokkemiddelkonsentrasjon på 100 g/m^3 som livsfarlig [4].

Ettersom generatoren skal utløses når brannen starter så blir sikten meget dårlig i den viktige perioden da folk skal evakuere rommet. En brann kan utvikles utrolig raskt men man har som oftest noen minutter på seg for kritiske forhold oppstår. Dersom aerosolgeneratoren utløses tidlig så må evakuering skje på mye kortere tid og under vanskeligere forhold, uansett om brannen slokker eller ikke.

Nye bruksområder

Aerosol slokkerøyk kan ikke umiddelbart installeres der mennesker oppholder seg, men kan kanskje benyttes der sannsynligheten for at folk oppholder seg er meget liten. Generatoren må da med et system kunne deaktiveres når personer befinner seg i området for å minimere risikoen for å bli eksponert for slokkegassen ved feilutløsning. Det kan også finnes en sannsynlighet for feilutløsning avhengig av følsomheten til systemet eller ved en evt. feilhåndtering. Hvordan systemet skulle være oppbygd er avhengig av rommet, generatortypen, hvor hyppig rommet brukes. Et system kan muligens gjøres nesten 100 % sikkert, men prisen kan være en begrenset faktor. Det må også være så brukervennlig at folk både kan og vil bruke det. Hvordan dette systemet må utvikles kan ikke utdypes noe mer i denne rapporten.

Dersom det finnes et system som hindrer feilutløsning, vil bruksområder som boder, loft, garasjer og mindre hytter (fritidsboliger) kanskje være aktuelle områder. Felles for flere av områdene er at de typisk har en høy brannbelastning og en overhengende fare for brannspredning til bygget generelt eller nabobebyggelsen. Generatoren har positive egenskaper i form av enkel installering, noe som gjør det lett å integrere den i eksisterende områder. Aerosol slokkegass kan være meget hensiktsmessig ved bruk i mindre hytter når man selv ikke er tilstede, dersom en brann skulle oppstå vil slokkegassen tidlig og effektivt kunne slokke brannen og redusere skadeomfanget.

7.0 Konklusjon

Med bakgrunn av den dokumentasjonen som foreligger og forsøkene utført i denne rapporten egner ikke aerosol slukkegass seg i bruk i områder der mennesker til vanlig oppholder seg. Hvis det skal kunne installeres aerosol slukkerøyk i områder der sannsynligheten er lav for at personer er tilstede, må generatoren sikres med et system som hindrer en feilutløsning.

Aerosol slukkegass er oppgitt i litteraturen som lite toksikologisk farlig for mennesker og grunnlaget for dette er generatorens materiale ved lagret tilstand og ikke etter aktivering og en definisjon av produkt og biprodukt. Ettersom enheten aktiveres ved meget høye temperaturer oppstår en stor mengde biprodukter (blant annet CO) som i litteraturen ikke er koblet til personrisikoen ved eksponering. Et av kriteriene ved et brannscenario er blant annet å oppnå en sikker rømning ved brann og aerosol slukkerøyk kan ikke oppfylle dette kriteriet på grunn av sikt reduseringen og gassens toksikologi.

- Aerosol slukkegass har meget høye konsentrasjoner av karbonmonoksid (11.000-13.000 ppm) som utfall av generatorens kjemiske biprodukt. Selv korttids eksponering på mindre enn 2 minutter kan føre til alvorlig skade og død [14][15].
- Sikten blir kraftig redusert umiddelbart etter aktivering. Personer vil ikke ha muligheten til å evakuere rommet ettersom partikkelkonsentrasjonen må være rundt 100 g/m^3 for å oppnå effektiv slokking [7].
- Aerosol gassen består av meget små partikler som dras ned i lungene og hindrer opptak av oksygen.
- CO₂- konsentrasjonen øker pustefrekvensen som utgjør at større mengder partikler og CO- gass inhaleres.
- Aerosol slukkegass sammen med et system for å hindre feilutløsning kan muligvis brukes i områder der folk sjelden oppholder seg.
- Det er ikke påvist at generatoren skaper farlige forhold med tanke på trykk, lydtryknivå og oksygenkonsentrasjon.

8.0 Forslag til videre arbeid

Teste slokkeeffektiviteten med mindre slokkegass konsentrasjon i rom med lavere brannbelastning. Produktet er utviklet til rom så som motorrom, maskin installasjoner og lignende der brannbelastningen ofte er mye høy og består av brannfarlige væsker og materialer. Det interessante er å se om en lavere slokkegass konsentrasjon kan slokke branner i hytter, og andre liknende steder, på en effektiv måte. Hvis det er mulig å gå ned i slokkegasskonsentrasjon så synker CO- nivået lineært og sikten blir bedre.

Undersøke om CO nivået muligvis blir lavere hvis slokkegassen ikke kjøles ned så raskt.

Utføre flere forskjellige tester for å bekrefte denne rapportens resultater.

Finne ut hvorfor slokkegassen danner fettete lag på plastoverflater.

Utvikle systemer som gjør at aerosol slokkesystem kan brukes uten risiko for feileksponering på personer.

Undersøke om punktsikring av objekter med høy brannrisiko kan benyttes i større rom og samtidig gi lav slokkerøykonsentrasjon slik at personer kan være tilstede.

Utføre tester om slokkegassen bryter den kjemiske prosessen ved en glødebrann.

9.0 Referanseliste

- [1] Blakseth Anders L., Evensen Eirik G. (1999) Slokkerøyk - inerte aerosoler (internet). Brannmannen.no (internet) nr. 1 – 99. Tilgjengelig fra: <<http://www.brannmannen.no/arkiv/1999/1-99/sider-1-99/slokkeroyk.htm>> [lest 2005-03-01]
- [2] Blakseth, Anders Leonhrad og Evensen, Eirik Gonsholt (1997) Hovedprosjekt inerte aerosoler. Haugesund, høgskolen Stord/Haugesund.
- [3] Soyuz hjemmeside, tilgjengelig fra: <http://www.vimi.ru/> og <<http://www.vimi.ru/fcdt/frame/frame-e.htm>> [lest 2005-01-10]
- [4] Kangedal, Peter, Hertzberg, Tommy og Arvidson, Magnus (2001) pyroteknisk genererte aerosoler för brandsläckning – en litteraturstudie. Brandforsk projekt 507-991. SP Rapport 2001:28. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- [5] New Revolution in Fire Suppression Technology PowerPoint Presentation (internet). Pyrogen.co.uk (internet). Tilgjengelig fra: <<http://www.pyrogen.co.uk/downloads/PowerPoint%20Product%20Presentation%20-%20Electrical.ppt>> [lest 2005-01-15]
- [6] A revolution in fire suppression technology (internet). Pyrogen.com (internet). Tilgjengelig fra: <<http://www.pyrogen.com/Pyroleaflet.pdf>> [lest 2005-01-15]
- [7] PyroSense SP-1, Fire Detection & Fire Suppression system Installation & User Manual (internet). Pyrogen.co.uk (internet). Tilgjengelig fra: <<http://www.pyrogen.co.uk/downloads/SP-1%20Users%20Manual%20Rev.2.0.pdf>> [lest 2005-01-15]
- [8] Design, Operation & Maintenance Manual (internet). Pyrogen.com (internet). Tilgjengelig fra: <<http://www.pyrogen.com/secure/Industrial%20Design%20Manual.pdf>>
- [9] Byggforsk #550.363. Brannsløkkeanlegg. Alternativer og supplement til sprinkleranlegg. Byggdetaljer (internet). Tilgjengelig fra: <<http://bks.byggforsk.no/>> [lest 2005-02-16]
- [10] Dansk Brandteknisk Institut (1992) Haloner og brandslukning, Delrapport 1. ”Forsøg med alternative slukningsmidler og sikringsmuligheder”. København, Miljøstyrelsen.
- [11] Gjessing, Einar K (2004) De nye slokkemidlene, FIRE-PRO (internet). Brannmannen.no (internet) nr. 5 – 04. Tilgjengelig fra: <http://www.brannmannen.no/arkiv/2004/5-04/sider/de_nye_slokkemidlene_fire.htm> [lest 2005-03-01]
- [12] Lees, Frank P. (1996) Loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control -2nd. Ed. London, Butterworths.
- [13] Moen, Bente E. (2003) Kjemiske helsefaktorer. Håndbok for bedriftshelsetjeneste, del2. Arbeidsmiljøforlaget

- [14] Dr. Julia Berezovsky, PhD Chem (2000) Brev til Mr. Jon Buckley “RE: Exposure to Pyrogen aerosol – compliance with COSHH” (internet). Pyrogen (internet) Tilgjengelig fra: <<http://www.pyrogen.com/COSHHassessment.doc>> [lest 2005-02-23]
- [15] National Fire Protection Association, NFPA 101: Life safety code. 2000ed. Quincy, MA.
- [16] Jensen, Geir (1996) Slokkealternativer i vitale rom. IGP AS for Statsbygg.
- [17] Vinsrygg, Gudrun (2002) Dagliglivets støy. Daglig leder Torleif Johnsen, Norsk forening mot Støy, Oslo intervjuet av Gudrun Vinsrygg (internet). Helsenytt for alle (internet) 16 desember. Tilgjengelig fra: <<http://www.helsenytt.no/artikler/stoey.htm>> [lest 2005-04-20]
- [18] Fire Protection Engineering. Product Catalogue: Gaseous systems (internet). Tilgjengelig fra: <<http://www.fpe.no/GASEOUS/Gaseous%20Systems.pdf>> [lest 2005-04-26]
- [19] SINTEF NBL as. Håndbok i Branntekniske Analyser og – Beregninger (internet). Tilgjengelig fra: <<http://nbl.sintef.no/handbook/index.html>> [lest 2005-03-18]
- [20] Byggforsk #525.106. Skrå tretak med kaldt loft. Byggdetaljer (internet). Tilgjengelig fra: <<http://bks.byggforsk.no/>> [lest 2005-04-27]
- [21] Byggforsk #525.108. Brannsikring av bygninger med kaldt loft. Konstruktive løsninger. Byggdetaljer (internet). Tilgjengelig fra: <<http://bks.byggforsk.no/>> [lest 2005-04-27]
- [22] Samtal med prof. Torgrim Log. Professor ingeniørfag, Ingeniørutdanning, Haugesund. Høgskolen Stord/Haugesund.
- [23] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Brann- og uhellsstatistikk 2003 (HR-2071) (internet). Tilgjengelig fra: <<http://www.dsb.no:81/File.asp?File=PDF/brann-uhell2003.pdf>> [lest 2005-04-23]
- [24] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Brannårsaksstatistikk 2003 (HR-2076) (internet). Tilgjengelig fra: <http://www.dsb.no/File.asp?File=Publikasjoner/brannarsaksrapport_2003_utskrift.pdf> [lest 2005-04-23]
- [25] Karlsson, Björn, Quintiere, James G. (2000) Enclosure fire dynamics. Florida, CRC Press LLC.

10.0 Vedlegg

10.1 Trykk

Formel for summen av volum økning:

$$\sum_i v * A * \Delta t_i = m/s * m^2 * s = V = m^3 \quad [\#1]$$

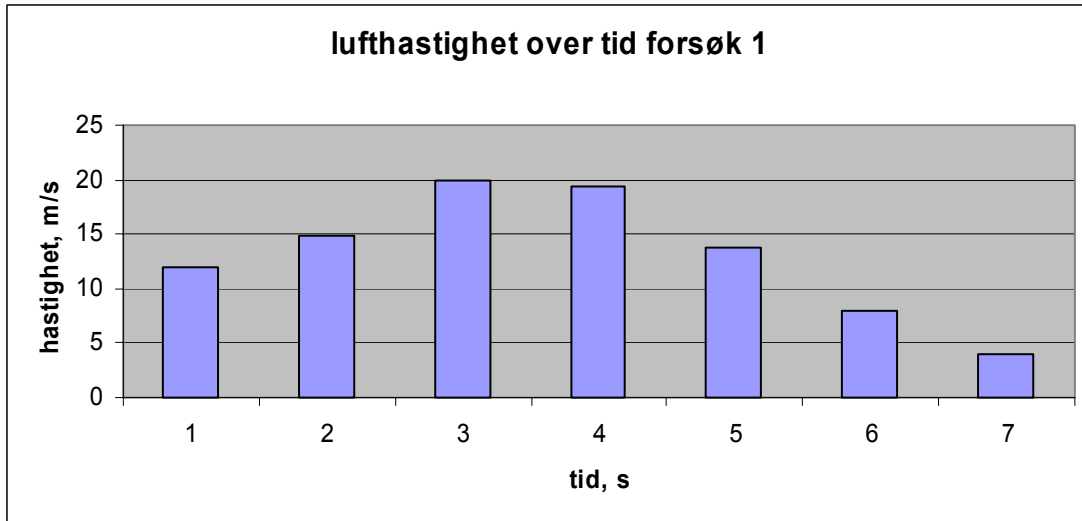
- v = hastigheten angitt med meter per sekund.
- A = areal på åpningen av utblåsningsrøret.
- t = tid i sekunder.
- V = volumøkning angitt i kubikk meter.

Når volumøkningen for utblåsningen er funnet kan man finne trykkøkningen i rommet ved hjelp av denne formelen:

$$\frac{\Delta V}{V} * P_0 = \Delta P \quad [\#2]$$

- ΔV = volum økningen i rommet.
- V = volumet til rommet
- P_0 = atmosfære trykk
- ΔP = overtrykket.

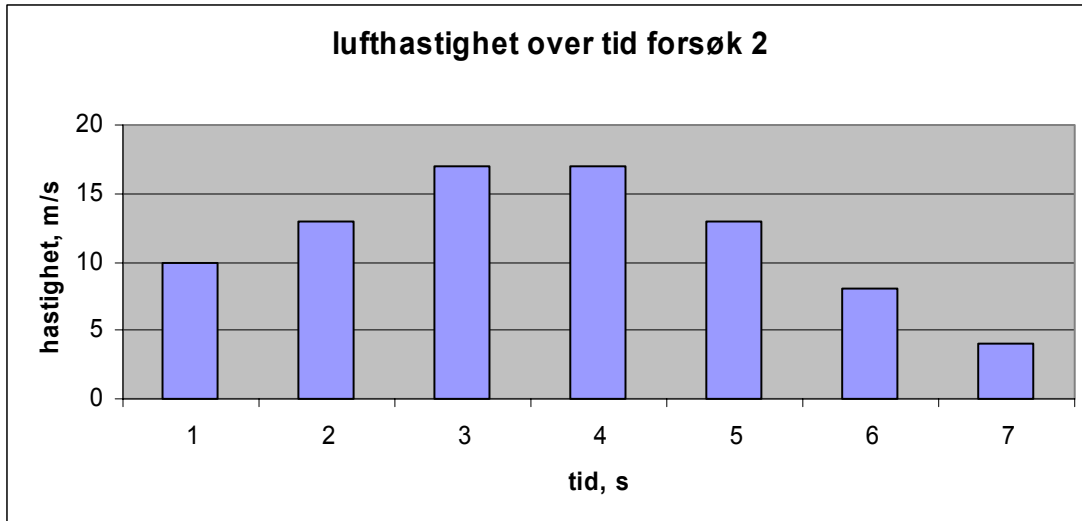
Når man har funnet trykkøkningen må man gange den med en Cd verdi. Dette på grunn av turbulens som oppstår rundt røret. I boken "Enclosure fire dynamics" [25] anbefales det å sette den lik 0.7 for små åpninger.



tid (s)	hastighet (m/s)	volum økning.
1	12	0,023562
2	14,9	0,02925615
3	19,9	0,03907365
4	19,4	0,0380919
5	13,8	0,0270963
6	8	0,015708
7	4	0,007854
	sum volumøkning	0,180642
	Trykk økning	915,1775325

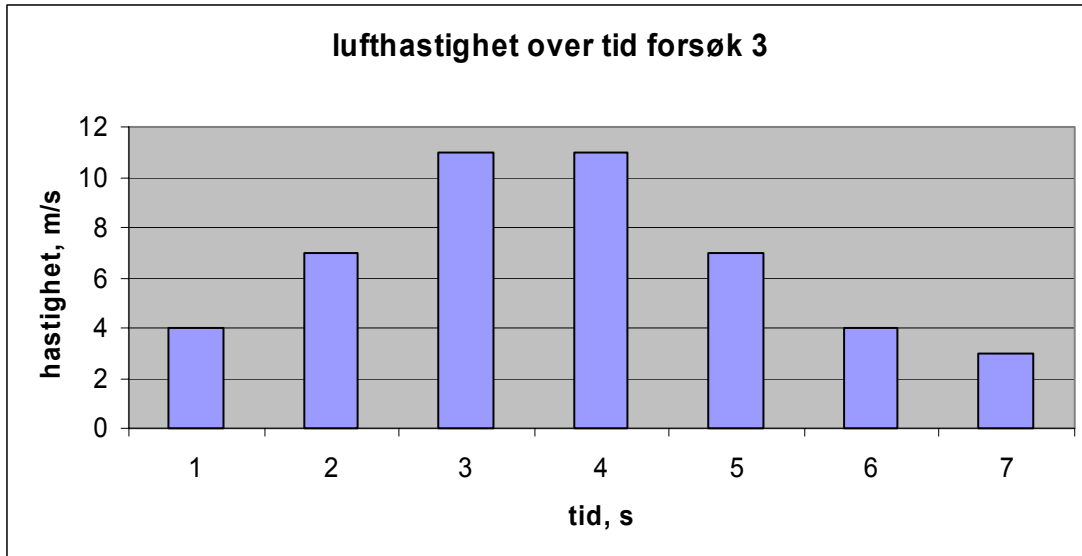
Formel [#1]

Formel [#2]



tid(s)	hastighet (m/s)	volum økning.
1	10	0,019635
2	13	0,0255255
3	17	0,0333795
4	17	0,0333795
5	13	0,0255255
6	8	0,015708
7	4	0,007854
	sum volumøkning	0,161007
	Trykk økning	815,7017138

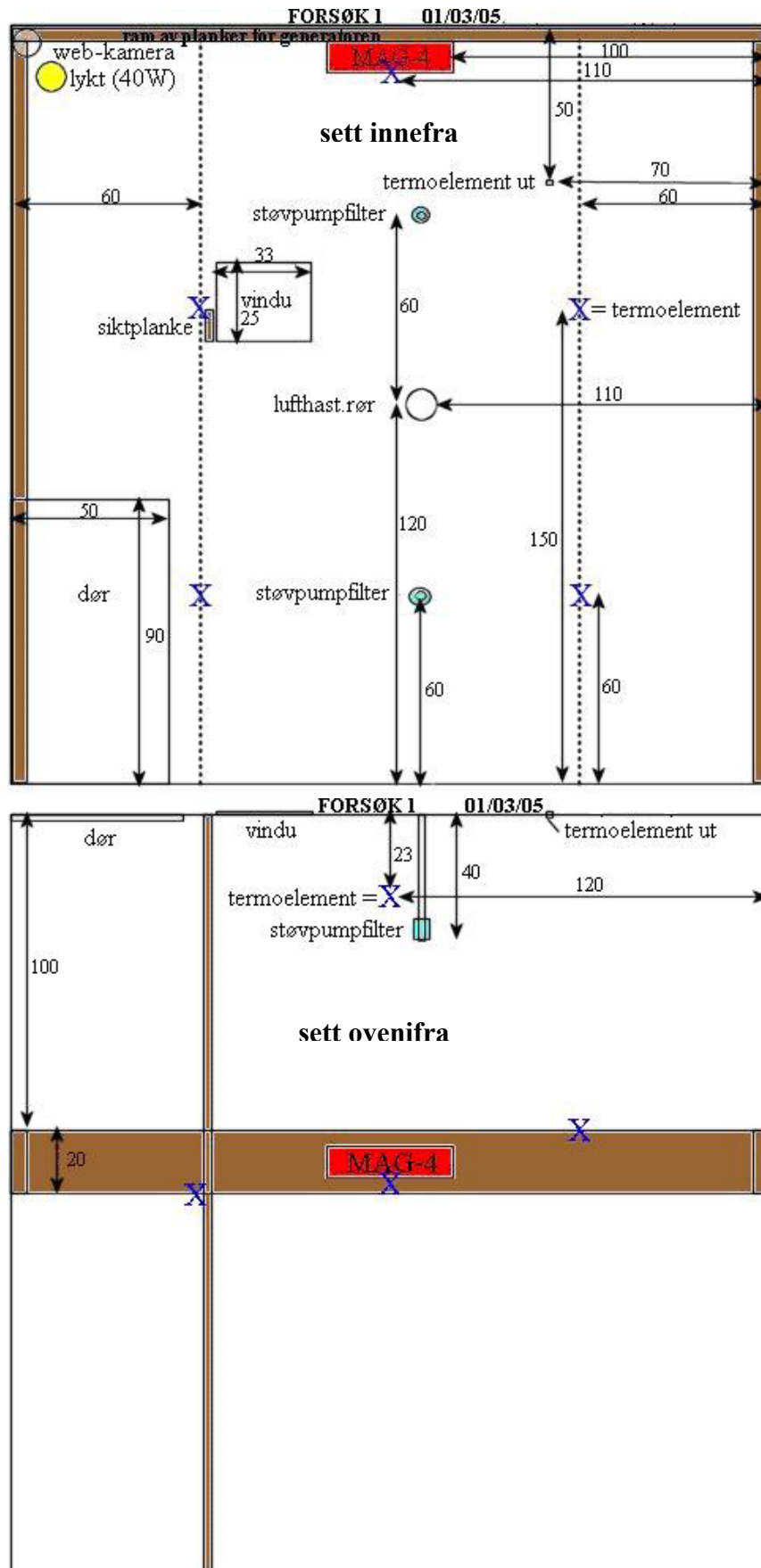
Formel [#1] is associated with the sum volumøkning row.
Formel [#2] is associated with the Trykk økning row.

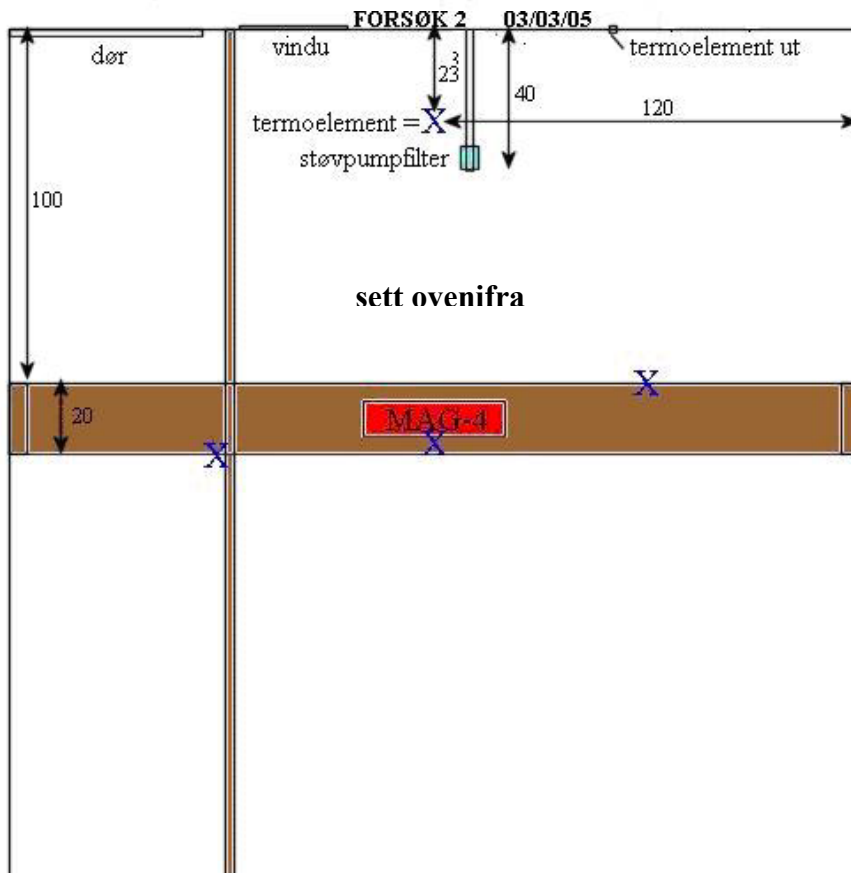
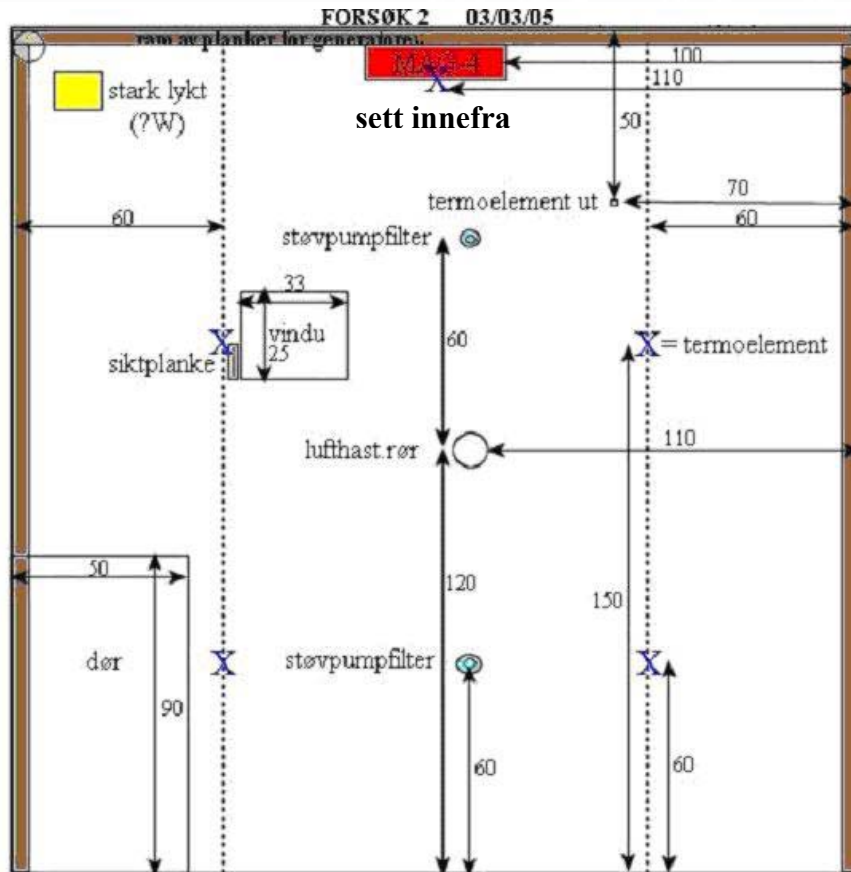


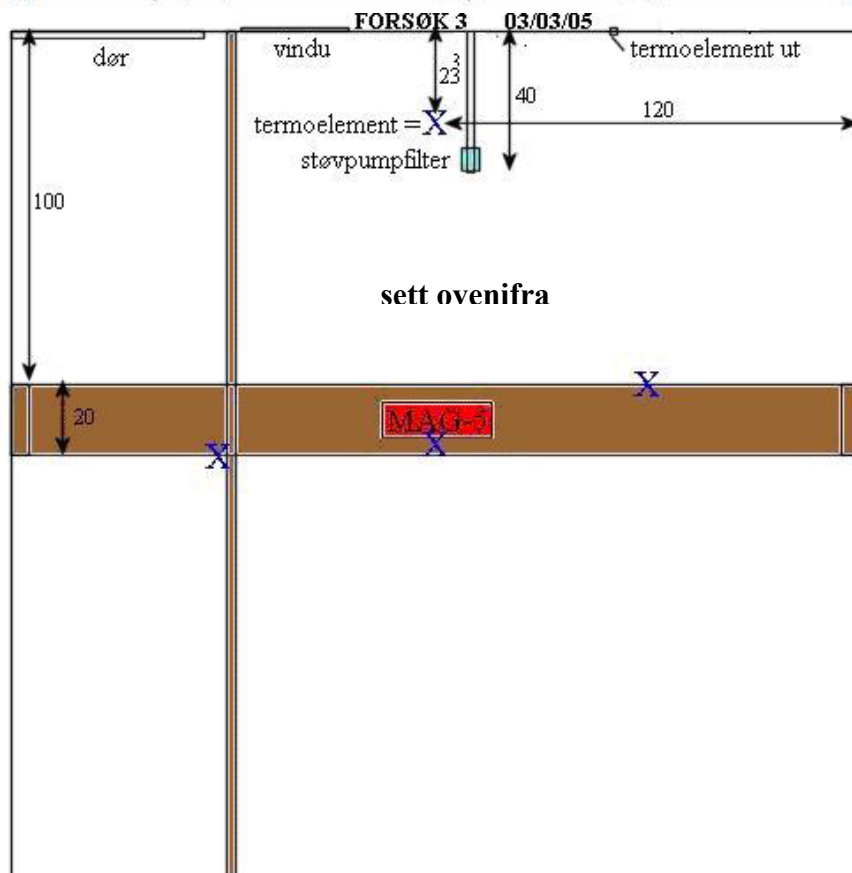
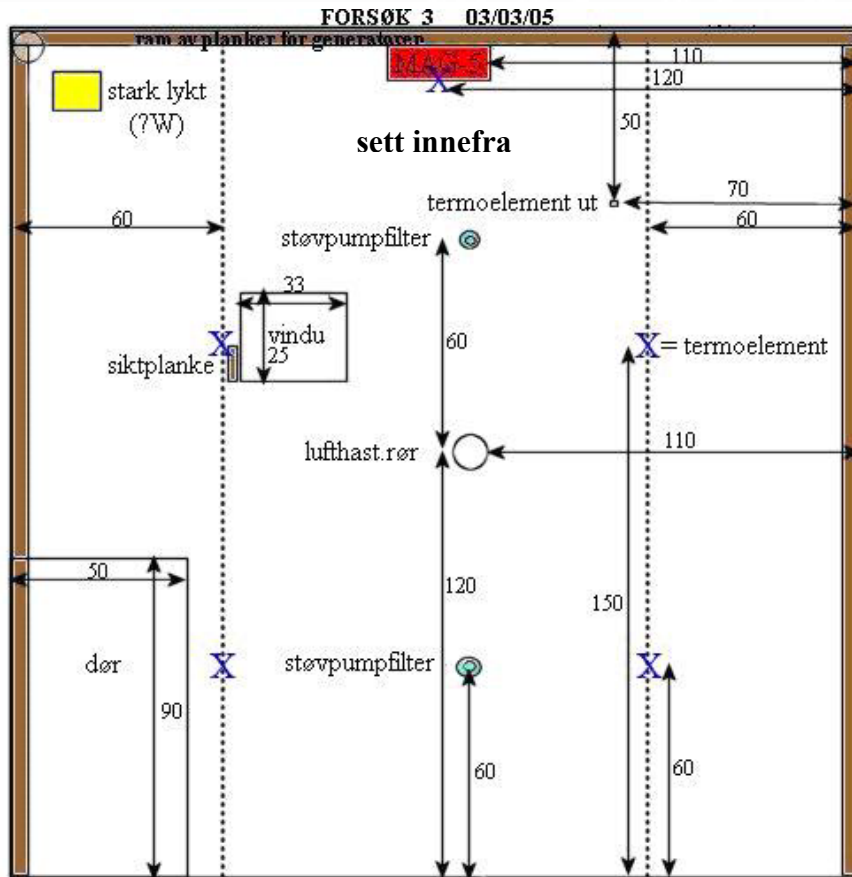
tid(s)	hastighet (m/s)	volum økning.
1	4	0,007854
2	7	0,0137445
3	11	0,0215985
4	11	0,0215985
5	7	0,0137445
6	4	0,007854
7	3	0,0058905
	sum volumøkning	0,0922845
	trykk økning	467,5363481

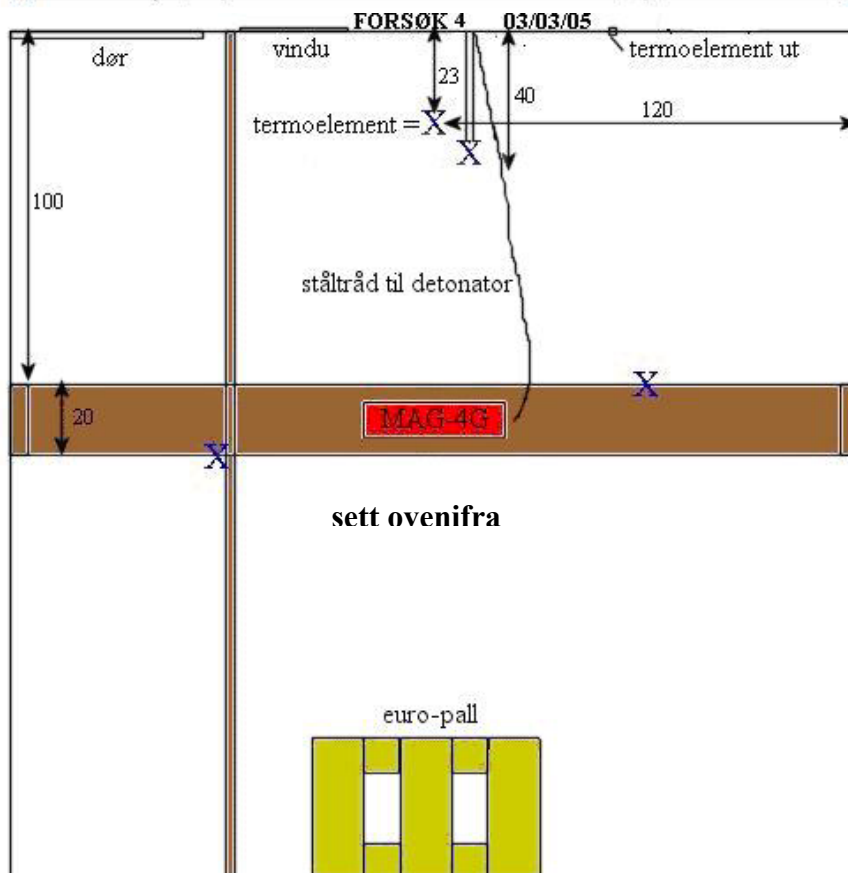
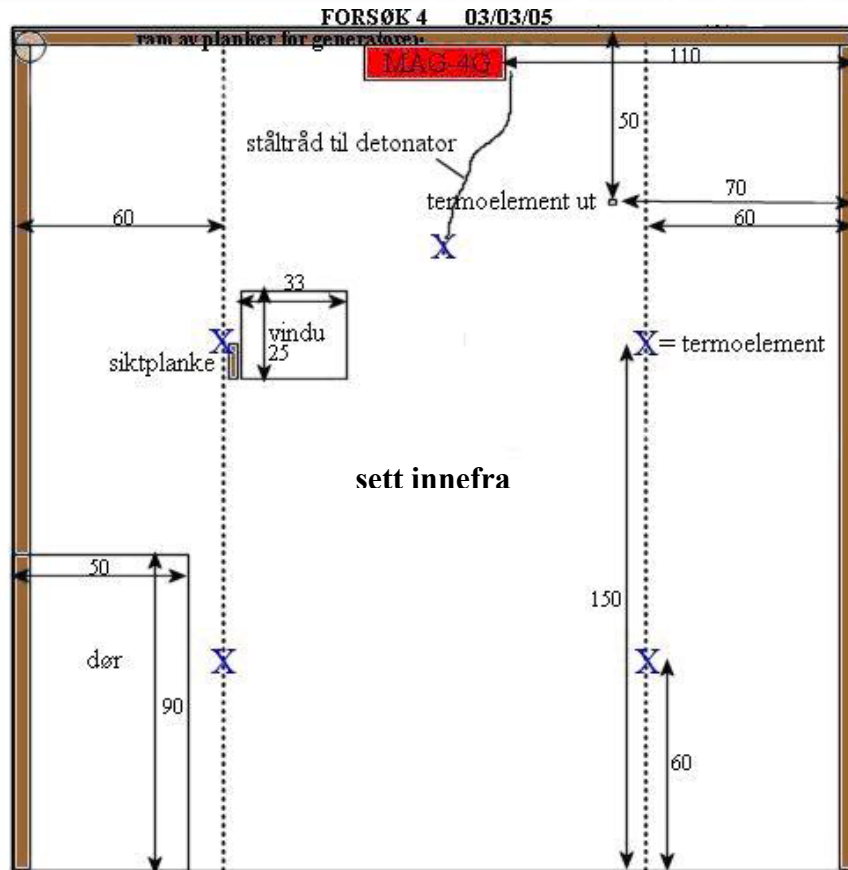
Formel [#1]
Formel [#2]

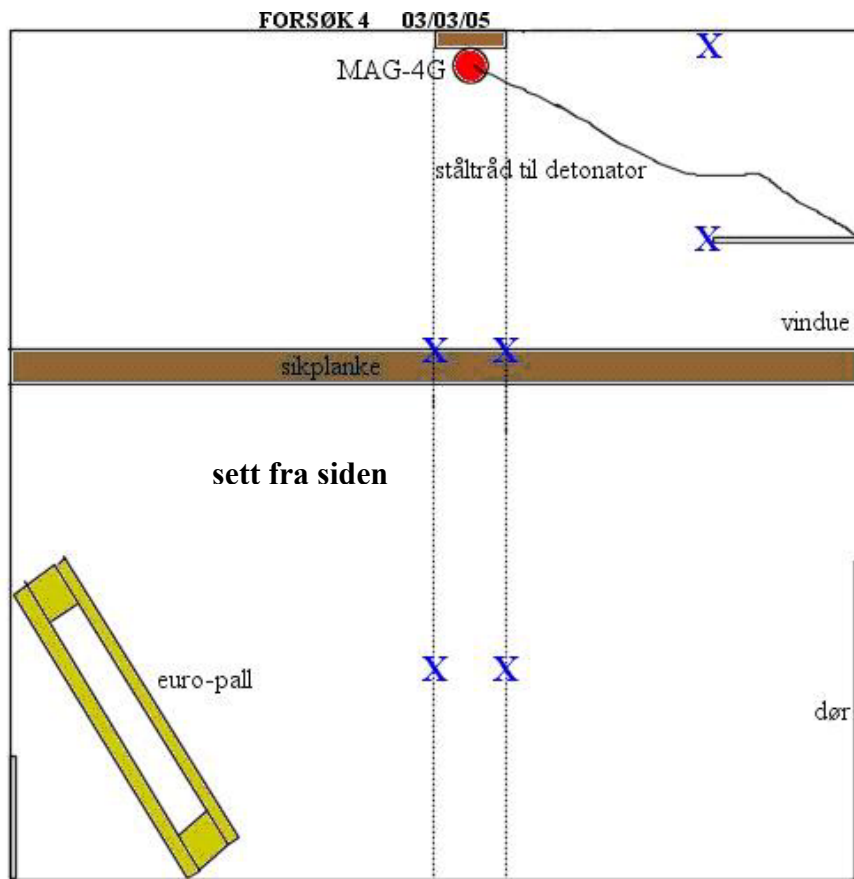
10.2 Forsøksrom











10.3 Støvpumpe

2. DIAGRAMS/GLOSSARY

FIGURE 1

NO.	DESCRIPTION	FUNCTION
1	LCD Display	Indicators for all sampler functions
2	Flow and Battery Check Key	Allows setting flow rate and testing battery condition
3	Digit Select/Total Elapsed Time Key	Allows selecting which time digit is being set-up mode or viewing total elapsed time during the actual sampling cycle
4	Noise Key	During set-up allows changing between delayed start, pump run time and total elapsed time
5	Digit Set/Pump Run Time Key	Allows setting the flashing digit to the desired value during the actual pump run time during the actual sampling cycle
6	Start/hold key	Used when ready to begin the sampling cycle. Pressing the key starts the sampling cycle and restarts the cycle after pause
7	Set-up key	Allows setting the delayed start time, pump run time and total elapsed time desired
8	"ON/STONE" Switch	Allows the pump to be shut down completely for long periods of storage (over 30 days)
10	Anti-tamper cover	Protects controls from incidental contact or tampering
11	Cover Screw	Fastens anti-tamper cover
12	Flow Adjustment Control	Adjusts flow from 1 - 4000 ml/min
13	Necessary Mounting Screws (2)	Secure accessories such as Impinger and trap holders
14	Filter Housing (intake)	Air intake port and trap
15	Screws (4)	Secure filter housing
16	Filter O-ring	Positive leak seal for filter in housing
17	Filter (10 micron nylon)	Filters particulates before entering pump
18	Built-in Flowmeter	Monitors for flow changes
19	Regulator Shut-off Cap Screw	Accesses regulator shut-off valve
20	Discharge Air Cap Screw	Accesses Exhaust Port
21	Regulator Adjustment Cap Screw	Accesses regulator pressure adjust
22	Battery Pack Screws (2)	Secures pack to pump
23	Battery Pack Assembly	Provides power to pump
24	Charging Jack	Connector for battery charger
25	Belt Clip	Secures Pump to worker
A	Compensation Pot A Anti-tamper Cover	Protects compensation pot A from accidental adjustment
B	Compensation Pot B Anti-tamper Cover	Protects compensation pot B from accidental adjustment

33

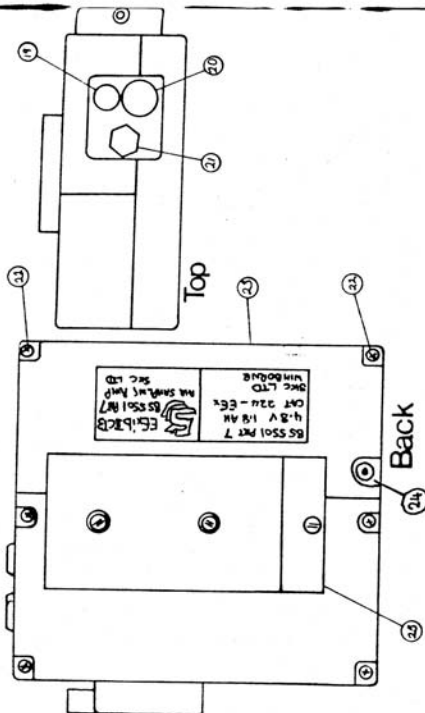
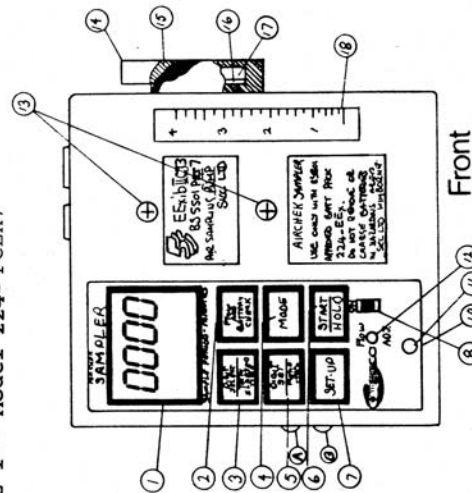


FIGURE 1 - Model 224-PCEX7



32

10.4 CO-detectortubes

Kitagawa No. 106SH

CARBON MONOXIDE LENGTH-OF-STAIN DETECTOR TUBES

(Type SH)
(Direct Reading Type)

PERFORMANCE:

Measuring Range	: 0.1 - 2.0%
Sampling Time	: 3 minutes (1 pump stroke)
Colour Change	: White - Dark brown
Detectable Limit	: 0.02%
Storage Condition	: In a cool and dark place, not exceed 25°C (77°F)
Aspirating Pump	: Model 400, 400A or AP-1

FLOW CONTROL ORIFICE SUPPLIED WITH PUMPS PRIOR TO SEPTEMBER, 1985 SHOULD NOT BE USED WITH THIS TUBE.
READ CAREFULLY THE "USER RESPONSIBILITY" SECTION PRIOR TO USING THIS PRODUCT.

SAMPLING AND MEASUREMENT:

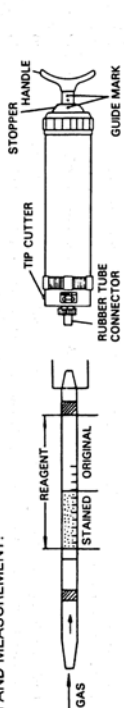


Fig. 1

1. Break both ends of a new detector tube by using the tip cutter.
CAUTION: SAFETY GLASSES AND GLOVES SHOULD BE WORN TO PREVENT INJURY FROM AIRBORNE PIECES OF BROKEN GLASS AND SHARP CUT GLASS EDGES.
2. And insert the tube end securely according to the direction of printed arrow mark into the rubber tube connector as shown in Fig. 1.
3. Align the guide marks (red dots) on the shaft and stopper of the pump. Pull the handle at a full stroke and wait for 3 minutes. (In case of using the previous Model 400, turn the handle by 1/4 to lock after pulling it.)
4. Remove the detector tube from the rubber tube connector on the completion of sampling. A reading can be obtained directly from the scale printed on the detector tube.

SPECIAL NOTE:

When the top of the stained layer is made obliquely, read the concentration at the centre between the longest and shortest points of the stained layer. The total stain length should be read, even if the stained layer gets multi-colour discoloration.

CORRECTION FOR AMBIENT CONDITIONS:

The scale is calibrated based on the temperature of 20°C (68°F). Readings obtained in other temperature circumstances should be corrected with the following temperature correction table.

Scale Readings (%)	True Concentration (%)			
	0°C (32°F)	10°C (50°F)	20°C (68°F)	40°C (104°F)
2.0	1.24	1.52	2.00	2.98
1.8	1.14	1.38	1.80	2.64
1.6	1.04	1.25	1.60	2.28
1.4	0.93	1.11	1.40	1.90
1.2	0.82	0.97	1.20	1.62
1.0	0.71	0.82	1.00	1.12
0.8	0.60	0.68	0.80	1.02
0.6	0.47	0.53	0.60	0.73
0.4	0.33	0.37	0.40	0.48
0.2	0.17	0.18	0.20	0.22
0.1	0.08	0.09	0.10	0.11

Humidity:

No corrections are necessary.

Atmospheric Pressure:

Tube readings can be corrected by using either the following equations:

True Concentration = Tube reading × 101.3 / (Atmospheric pressure in mbar)
or True Concentration = Tube reading × 760 / (Atmospheric pressure in mmHg)

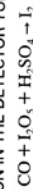
INTERFERENCES:

Coexistence of more than 15% of n-Propane, 0.12% of iso-Butane or 0.1% of n-Hexane respectively with Carbon monoxide produces a spotted stain and gives higher readings. Coexistence of more than 0.3% of Acetylene or 0.15% of Ethylene respectively with Carbon monoxide produces a similar stain and gives higher readings.

HAZARDOUS AND DANGEROUS PROPERTIES OF CARBON MONOXIDE:

- T.L.V.♦: 25ppm (NOTICE OF INTENDED CHANGES)
Explosive range in air: 12.5 - 74%
♦ Threshold Limit Value established by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1992.

CHEMICAL REACTION IN THE DETECTOR TUBE:



INSPECTION OF ASPIRATING PUMP:

Before testing, the pump shall be checked for proper performance. Leakage of air will affect accuracy of readings. The leakage check should be carried out by pulling the handle fully with unopened tube into the connector and waiting for 3 minutes. If the handle comes back thoroughly to the original position when the lock is released, the performance is good.

- Any pump showing signs of leakage should be immediately removed from use until the leakage is corrected.

CAUTION:

Keep the detector tubes out of the reach of children and used tubes should be discarded carefully according to relevant regulations.

USER RESPONSIBILITY:

It is the sole responsibility of the user of this equipment to ensure that the equipment is operated, maintained, and repaired in strict accordance with these instructions and the instructions provided with each Model 400, 400A or AP-1 aspirating pump, and that detector tubes are not used which are either beyond their expiration date or have a colour different than referenced under Performance Specifications. The Manufacturer and Manufacturer's Distributor shall not be otherwise liable for any incorrect measurement or any damages, whether damages result from negligence or otherwise.

Printed in Japan

10.5 O₂-detectortubes

03/17/2005 13:40
17/03 2005 THU 12:43 FAX

2005 THU 12:43 FAX

INSTRUCTION MANUAL No. 159SA, 159SB

Kitagawa OXYGEN DETECTOR TUBES

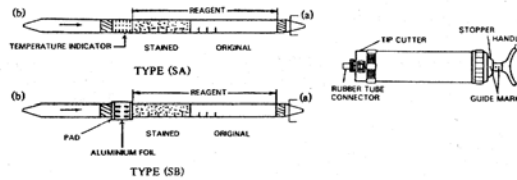
*READ CAREFULLY THIS INSTRUCTION MANUAL AND THE INSTRUCTIONS OF THE ASPIRATING PUMP PRIOR TO USING THIS PRODUCT.
*DON'T DISCARD THIS INSTRUCTION MANUAL UNTIL ALL THE TUBES IN THIS BOX ARE USED UP.

1. PERFORMANCE:	
Measuring Range	2-24%(1/2 pump stroke, 2minutes)
and Sampling Time	Graduations on the detector tube apply to 1/2 pump stroke.
Colour Change	White-Brown
Operating temperature	0-40°C(32-104°F)
Aspirating Pump	Model AP-1, 400A or 400

CAUTION!
1. DETECTOR TUBE CONTAINS CORROSIVE REAGENTS. (POTASSIUM HYDROXIDE AND PYROGALLOL.)
2. DON'T TOUCH THESE REAGENTS DIRECTLY ONCE TUBES ARE BROKEN.
3. KEEP THE TUBES OUT OF THE REACH OF CHILDREN.

- NOTICE**
- THE USE OF ASPIRATING PUMPS OTHER THAN MODELS AP-1, 400A OR 400 MAY CAUSE CONSIDERABLE ERROR IN INDICATION.
 - DON'T USE FLOW CONTROL ORIFICE WITH THIS TUBE. (FOR MORE DETAIL, REFER TO THE INSTRUCTIONS OF THE ASPIRATING PUMP.)
 - BEFORE TESTING, CHECK THE ASPIRATING PUMP FOR LEAKS (REF. ITEM 9). ANY PUMPS SHOWING SIGNS OF LEAKAGE SHOULD BE CORRECTED BEFORE USE.
 - DON'T USE THIS TUBE OUTSIDE THE STATED OPERATING TEMPERATURE RANGE.
 - STORE TUBES IN A COOL AND DARK PLACE (0-25°C/32-77°F), AND USE BEFORE EXPIRATION DATE PRINTED ON TOP OF THE BOX.
 - PRIOR TO USE, READ CAREFULLY ITEM 10 "USER RESPONSIBILITY".

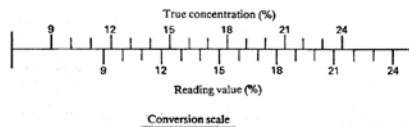
2. SAMPLING AND MEASUREMENT:



- ① Type(SA): Heat the temperature indicator of the tube with a match or cigarette lighter until the indicator is changed to purple from red.
Type(SB): Drop several drops of green solution in a small plastic bag, which is supplied with the tubes, over the aluminium foil, so that the pad under the aluminium foil is saturated with the solution and that the original color of the aluminium foil is discolored to dark brown.
- ② Break end (a) first and end (b) second of a detector tube.

CAUTION!
SAFETY GLASSES AND GLOVES SHOULD BE WORN TO PREVENT INJURY FROM SPLINTERING GLASS.

- Insert the detector tube into aspirating pump securely as shown in Fig. 1. (Arrow mark shall point to the pump.)
- Use of Model 400A or AP-1 aspirating pump:
 - Align the guide marks on the shaft and stopper of the aspirating pump. And pull the handle 1/2 stroke (to 50ml line), and it will be automatically locked.
 - Wait for 2 minutes as it is.
 - Remove the detector tube from the pump inlet on the completion of the sampling. The reading can be obtained directly from the scale printed on the detector tube.
- Use of Model 400 aspirating pump:
 - Without connecting the tube, pull the handle 1/2 stroke (to 50ml line.) Insert the tube end (a), of which direction is marked with broad arrow securely into pump inlet, as shown Fig. 1.
 - Pull the handle fully (to 100ml).
 - Lock it with 1/4 turn (90°). Wait 3 minutes as it is.
 - Convert the reading value, with using the following conversion scale.



SPECIAL NOTE:

- The scale is calibrated at 20°C(68°F) and 1013hPa. Readings obtained in other circumstances should be corrected (REF. ITEM 3).
- When the top of the stained layer is unclear, read the scale at the centre between the longest and shortest points.

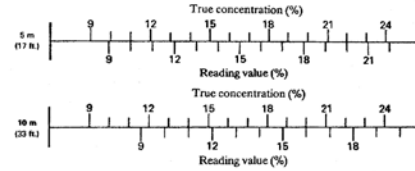
NOTICE:

If using rubber extension hose, wait the following sampling time and convert the reading value with using the conversion scale.

1) Aspirating pump: Model 400A or AP-1

Sampling time: 3 minutes

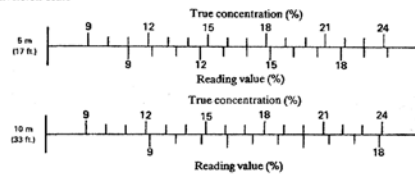
Conversion scale



2) Aspirating pump: Model 400(AP-400)

Sampling time: 4 minutes

Conversion scale



3. CORRECTION FOR AMBIENT CONDITIONS:

- Humidity: No corrections are necessary.
- Atmospheric Pressure: Correct the temperature corrected concentration by the following equation.

$$\text{True concentration} = \frac{\text{Temperature corrected concentration} \times 1013}{\text{Atmospheric pressure (in hPa or mbar)}}$$

4. INTERFERENCES:

Hydrogen sulphide or Nitrogen dioxide does not change by itself and coexistence of more than 2%, 2% respectively with Oxygen gives higher readings. Carbon dioxide or Sulphur dioxide produces similar stains and coexistence of more than 5%, 2%, respectively with Oxygen gives higher readings. When more than 5% of Carbon dioxide coexists, the readings from the scale should be corrected with the correction table as follows.

Scale Readings (%)	CO ₂ Correction Table			
	True Concentration(%)			
	CO ₂ 5%	CO ₂ 10%	CO ₂ 15%	CO ₂ 20%
2	2.0	—	—	—
6	6.0	2.5	—	—
9	9.0	6.4	—	—
12	12.0	10.0	7.0	6.0
15	15.0	12.8	10.0	7.8
18	18.0	16.0	14.0	12.1
21	21.0	19.0	16.6	14.4
24	24.0	21.2	19.6	17.9

5. CHEMICAL REACTION IN THE DETECTOR TUBE:

Alkaline Pyrogallol reacts with Oxygen.

6. DISPOSAL OF TUBE:

USED TUBES SHOULD BE DISCARDED CAREFULLY ACCORDING TO RELEVANT REGULATIONS, IF ANY.

7. REMARKS:

When the danger of gas explosion exists, the use of Oxygen detector tube Type(SB) is recommended for the measurement, particularly where any combustible gases such as Methane or so, might coexist.

8. OXYGEN DEFICIENCY: Less than 18%

9. INSPECTION OF ASPIRATING PUMP:

Checking for leaks:

- Insert sealed, unbroken detector tube into the pump.
- Align the guide marks on the shaft and stopper of the pump.
- Pull the handle to full stroke and wait for 3 minutes. (If using Model 400, turn the handle by 1/4 turn to lock.)
- Unlock the handle and allow it to return slowly into the pump with holding the cylinder and handle securely.

CAUTION! HANDLE WILL TEND TO SNAP BACK INTO THE PUMP QUICKLY.

- If the handle returns completely to the original position, the performance is satisfactory. Otherwise, refer to maintenance procedure in the pump instructions to correct the fault.

10. USER RESPONSIBILITY:

It is the sole responsibility of the user of this equipment to ensure that the equipment is operated, maintained, and repaired in strict accordance with these instructions and the instructions provided with each Model AP-1, 400A or 400 aspirating pump, and that detector tubes are not used which are either beyond their expiration date or have a colour change different to that stated in the Performance specifications.

The Manufacturer and Manufacturer's Distributor shall not be otherwise liable for any incorrect measurement or any damages, whether damages result from negligence or otherwise.

10.6 Brannstatistikk

Branner i fritidsboliger, årsaksfordeling

Årsak	2001		2002		
	Antall	Prosent	Antall	Prosent	
Påsatte branner					
Bar ild	4	4,26	8	10,81	
Annet	0	0	0	0	
Sum	4	4,26	8	10,81	
Bar ild					
Røyking	1	1,06	0	0	
Levende lys	0	0	0	0	
Aske fra ildsted, askebeuger m.m.	1	1,06	2	2,7	
Piper og ildsteder	13	13,83	13	17,57	
Fyrstikker/fyrtøy	1	1,06	0	0	
Varmearbeider	0	0	1	1,35	
Fyrverkeri	1	1,06	0	0	
Annet	4	4,26	2	2,7	
Sum	21	22,33	18	24,32	
Elektrisk årsak					
Jordfeil	0	0	2	2,7	
Serielysbue	3	3,19	2	2,7	
Krypestrøm	0	0	0	0	
Termostatsvikt	0	0	0	0	
Annet	4	4,26	9	12,16	
Sum	7	7,45	13	17,56	
Feil bruk av elektrisk utstyr					
Tørrekoking, overoppheting o.l.	0	0	1	1,35	
Tildekking	1	1,06	0	0	
Stråling	2	2,13	1	1,35	
Dårlig vedlikehold	0	0	0	0	
Annet	1	1,06	0	0	
Sum	4	4,25	2	2,7	
Eksplisjon					
Støv	0	0	0	0	
Sprengstoff	0	0	0	0	
Gass	0	0	0	0	
Annet	0	0	0	0	
Sum	0	0	0	0	
Selvtenning					
Biologisk årsak	0	0	0	0	
Fysisk årsak	1	1,06	0	0	
Kjemisk årsak	3	3,19	0	0	
Annet	1	1,06	0	0	
Sum	5	5,31	0	0	
Lynnedslag	Sum	4	4,26	6	8,11
Annet					
Friksjon	0	0	0	0	
Stråling og ledning	0	0	0	0	
Utstyr for flytende/gass brensel	0	0	1	1,35	
Annet	2	2,13	1	1,35	
Sum	2	2,13	2	2,7	
Ukjent	Sum	47	50	25	33,78

Bygningsbranner etter brannsted. 2002-2003

	2001		2002		2003	
	Antall	Prosent	Antall	Prosent	Antall	Prosent
Enebolig	1147	35,93	1069	35,92	1111	36,14
Rekkehus	152	4,76	149	5,01	131	4,26
Blokk/leilighet	447	14	446	14,99	424	13,79
Fritidsbolig	134	4,2	109	3,66	119	3,87
Campinghytte	0	0	1	0,03	0	0
Boligbrakke	9	0,28	8	0,27	5	0,16
Garasje	122	3,82	117	3,93	120	3,9
Fly	0	0	1	0,03	0	0
Skip	19	0,6	34	1,14	23	0,75
Annen bygning	173	5,42	172	5,78	152	4,94