



# Høgskulen på Vestlandet

## Bacheloroppgave Brannteknikk

ING3037

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	30-04-2019 15:50	<b>Termin:</b>	2019 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	08-05-2019 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
<b>SIS-kode:</b>	203 ING3037 1 PRO-1 2019 VÅR Haugesund		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

**Kandidatnr.:** 104

### Informasjon fra deltaker

**Tittel \*:** Personssikkerhet i omsorgssenter: IG-541-gasslukkeanlegg som alternativ til sprinkler

**Engelsk tittel \*:** Personal Safety in Care Center: IG-541 Fire Suppression System as an alternative to Sprinkler

**Egenerklæring \*:** Ja **Inneholder besvarelsen Nei**  
**konfidensiell materiale?:**

**Jeg bekrefter at jeg har Ja**  
**registrert oppgavetittelen**  
**på norsk og engelsk i**  
**StudentWeb og vet at**  
**denne vil stå på**  
**vitnemålet mitt \*:**

### Gruppe

**Gruppenavn:** (Anonymisert)

**Gruppenummer:** 6

**Andre medlemmer i gruppen:** 122

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja



# Høgskulen på Vestlandet



Bachelor utført ved  
Høgskulen på Vestlandet  
Branningeniør

---

Av: Martin Eikrem Helland  
Aleksander Martens

Kandidatnummer: 104  
Kandidatnummer: 122

# BACHELORPROSJEKT

**Studenten(e)s navn:** Martin Eikrem Helland  
Aleksander Martens

---

**Linje & studieretning** Bachelor i ingeniørfag, Brannsikkerhet

**Oppgavens tittel:** *Personsikkerhet i omsorgssenter: IG-541-gasslukkeanlegg som alternativ til sprinkler*

## Oppgavetekst:

Fredheim omsorgssenter i Dovre har gjennom to branntekniske tilstandsanalyser fått anbefalt installasjon av et automatisk slukkeanlegg. I en avviksmelding fra DSB og en rapport fra brannvesenet blir det påpekt avvik på både personsikkerhet og innsattid fra brannvesenet. Med dårlig vanntilførsel til bygget i tillegg, er det ønskelig å se på mulighetene for å installere automatisk gasslukkeanlegg av typen IG-541.

Det er uenighet i bransjen til bruken av IG-541-slukkeanlegg i bygg der personer sover og bor, kommunen ønsker derfor et sikrest mulig grunnlag for valg av løsning. Med bakgrunn av dette må det bli sett på om et IG-541-slukkeanlegg gir likeverdig personsikkerhet som et sprinkleranlegg.

Det er også ønskelig at det blir sett på hvilke prosesser fra start til idriftsettelse som må gjennomføres for at et IG-541-slukkeanlegg kan bli installert. Bl.a. bør en oversikt over leverandørmarkedet og krav til dokumentasjon utgreies om.

**Endelig oppgave gitt:** *Fredag 1. mai 2019*

**Innleveringsfrist:** Onsdag 8.mai 2019 kl. 12.00

**Intern veileder:** Jan Torgil Josefsen

**Ekstern veileder:** Åge Tøndevoldshagen  
**Emailadresse ekstern veileder:** brannsjef@dovre.kommune.no

**Godkjent av studicansvarlig:**  
**Dato:**

*Aredite Henningsen*

*6/5 -19*

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Personsikkerhet i omsorgssenter: IG-541-gasslukkeanlegg som alternativ til sprinkler		(Fylles ikke ut)
Utført av		
Aleksander Martens og Martin Eikrem Helland		
Linje		Studieretning
Branningeniør		Brann
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen		Jan Torgil Josefsen Åge Tøndevoldshagen

**Ekstrakt**

Målet med denne oppgaven er å påvise om et IG-541-gasslukkeanlegg gir likeverdig slukkeevne, pålitelighet og personsikkerhet som et sprinkleranlegg. Dette ble testet gjennom praktiske forsøk og analysert i en komparativ analyse.

I forsøkene kommer det frem at IG-541 har en lavere slukketid enn sprinkler som fører til mindre varme- og røykutvikling. Det ble også klart at IG-541 har vansker med å slukke brann dersom slukking foregår over et lite romvolum med høyt lekkasjetall.

Fra analysen kommer det frem at et IG-541-anlegg har en høyere pålitelighet enn sprinkler.

Rapporten avsluttes med at det kreves videre analyser for å påvise om anlegget kan installeres ved Fredheim omsorgssenter.

## Forord

Denne rapporten er skrevet som siste og avsluttende del på bachelorstudiet som branningeniørstudent ved Høgskulen på Vestlandet (Haugesund). Rapporten har en bredde og arbeidsmengde som skal kunne dekke 20 studiepoeng.

“Personsikkerhet i omsorgssenter: IG-541-gasslukkeanlegg som alternativ til sprinkler” har vist seg å være både givende og spennende å jobbe med som oppgave. Vi håper denne rapporten kan belyse faktiske forhold rundt anvendelse av slukkegassen til personsikring.

Etter som tiden har gått har det oppstått flere utfordringer og vi har fått boltre oss i oppgaver vi ikke har jobbet med tidligere i studiet. Vi har fått mye praktisk erfaring fra forsøkene vi utførte, og utarbeidelsen av den komparative analysen har også vært nyttig for oss. Vi har gått fra å vite ganske lite om både bruken og dokumentasjon av Inergengass til å ha fått bredere innsikt og forståelse for temaet.

I forbindelse med rapporten ønsker vi å takke:

**Jan Torgil Josefsen**

Intern veileder, HVL. Han har gitt oss mye god konstruktiv kritikk og fått oss til å tenke på momenter vi ellers ikke ville gjort. Han har også vært en motivasjonskilde for oss.

**Arjen Kraaijeveld**

Bacheloransvarlig, HVL. Han har vært utrolig hjelpelig med utførelsen av forsøkene og anskaffelse av utstyr.

**Åge Tøndevoldshagen**

Ekstern veileder, Brannsjef i Lesja og Dovre brannvesen. Han har gitt oss mange gode råd og pekt oss i riktig retning, som har resultert i en mer utfyllende rapport.

**Fire Eater Norge avd. Randaberg**

Fire Eater har sponset oss med IG-541-flasker til utførelse av forsøkene og har dekket deler av utgiftene til forsøkene.

**Tor Ivar Hovhaugholen**

Driftssjef i Dovre kommune. Han har bidratt med meget kjapp besvarelse på spørsmål om Fredheim omsorgssenter og vært hjelpelig med å fremskaffe nødvendig dokumentasjon.

**Miriam Berge Olsen**

Student, HVL. Hun har bidratt med korrekturlesing i forbindelse med ferdigstilling av rapporten.

## Innholdsfortegnelse

Forord	i
Innholdsfortegnelse	ii
Figurliste	iv
Sammendrag	vi
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og problemstilling	1
1.3 Begrensninger	1
1.4 Fredheim omsorgssenter	2
2 Teori	3
2.1 Begreper	3
2.2 Personsikkerhet	4
2.2.1 Sikt	4
2.2.2 Varmestråling	5
2.2.3 Temperatur	5
2.2.4 Gasskonsentrasjoner	6
2.2.5 Holdetid for slukkegass	6
2.2.6 Støynivå	7
2.3 Tilgjengelig og nødvendig rømningstid	8
2.4 Komparativ analyse	9
2.5 Risikogruppe - eldre	9
2.6 Brannteori	9
2.6.1 Fasene i en brann	9
2.6.2 Brannfirkanten	10
2.7 Automatiske slukkesystemer	12
2.7.1 Inergengasslukkeanlegg	12
2.7.2 Sprinkleranlegg – våtanlegg	15
3 Inergen til omsorgssenteret: Start til idriftsettelse	17
3.1 Prosessen	17
3.1.1 Konseptnivå	17
3.1.2 Detaljprosjektering	18
3.1.3 Installasjon	18
3.1.4 Driftsfase	18
3.2 Gjeldende standarder og forskrifter	18
3.2.1 TEK17 og SAK 10	19

3.3	Søknader	20
3.4	Leverandørmarkedet i Norge	20
3.4.1	Leverandører for Inergen i Norge	21
3.5	Bransjens mening om Inergen som alternativ til sprinkler	21
4	Forsøk	23
4.1	Utstyrliste	24
4.2	Metode	25
4.2.1	Forsøksrommet	25
4.2.2	Måleutstyr	27
4.2.3	Oppsett for forsøkene	28
4.3	Feilkilder og begrensninger	33
4.4	Resultater	34
4.4.1	Holdetidstest	34
4.4.2	Scenario 1 Brann i person	37
4.4.3	Scenario 2 Brann i seng	45
4.5	Oppsummering av resultater fra forsøk	52
4.6	Diskusjon	54
4.7	Konklusjon fra forsøk	58
5	Komparativ analyse	60
5.1	Spesifisering av avvik/fravik	60
5.2	Kompenserende tiltak	60
5.3	Beskrivelse av analyse- og referansebyggverk	60
5.4	Analysemetode	61
5.5	Akseptkriterier	61
5.6	Fareidentifikasjon	61
5.7	Analyse av årsaker og sannsynlighet	61
5.8	Brannscenarioer	61
5.9	Analyse av konsekvenser	62
5.10	Usikkerhetsanalyse	66
5.11	Sensitivitetsanalyse	66
5.12	Beskrivelse av risiko	66
	Konklusjon	68
	Referanser	69
	Vedlegg	I
	Vedlegg 1	II
	Vedlegg 2	XIX
	Vedlegg 3	XX



Vedlegg 4	XXII
Vedlegg 5	XXIV
Vedlegg 6	XXVII
Vedlegg 7	XXXI
Vedlegg 8	XXXII

## Figurliste

### Figurer

Figur 1.1 Orienteringsplan for hovedplan ved Fredheim omsorgssenter [2].	2
Figur 2.1 Akseptkriterier for personsikkerhet [7].	4
Figur 2.2 Manglende røyksikt per meter versus ganghastighet [8].	5
Figur 2.3 Tid til alvorlige hudsmarter versus varmefluks [8].	5
Figur 2.4 Effekt på personer under eksponering av forskjellige temperaturer. [9].	6
Figur 2.5 Effekt på mennesker under eksponering av forskjellige CO-konsentrasjoner [12].	6
Figur 2.6 Støynivå fra forskjellige kilder [14].	7
Figur 2.7 Tilgjengelig og nødvendig rømningstid [15].	8
Figur 2.8 Faser i brann	10
Figur 2.9 Brannfirkanten [56].	10
Figur 2.10 Typisk brannbelastning for forskjellige bygg [23].	11
Figur 2.11 Gasslukkeanlegg [27].	13
Figur 2.12 Eksponeringstid for Inerte gasser ved forskjellige O <sub>2</sub> -konsentrasjoner [31].	13
Figur 2.13 Fareklassifisering av forskjellige typer bygg [36].	16
Figur 3.1 Prosess fra start til slutt for installasjon av Inergenanlegg [38].	17
Figur 4.1 Plantegning forsøksrom	25
Figur 4.2 Bilder av tak	26
Figur 4.3 Inventar forsøksrom	26
Figur 4.4 Plassering av måleutstyr	27
Figur 4.5 Oppsett av Inergenanlegget	28
Figur 4.6 Oppsett for scenario 1.	30
Figur 4.7 Oppsett for scenario 2.	31
Figur 4.8 Holdetidstest 1 for oksygen med oppvarmet flaske.	34
Figur 4.9 Holdetidstest 2 for oksygen med uoppvarmet flaske.	35
Figur 4.10 Sikt ved holdetidstest 1 oppvarmet flaske	35
Figur 4.11 Siktsammenligning holdetidstest 2 og 1	36
Figur 4.12 Temperaturoversikt forsøk 1.	38
Figur 4.13 Temperaturoversikt forsøk 2.	38
Figur 4.14 Temperatur ved sprinklerhoder scenario 1.	39
Figur 4.15 CO målinger forsøk 1 og forsøk 2.	40
Figur 4.16 Siktforhold forsøk 1.	41
Figur 4.17 Fotografi av siktforhold forsøk 1.	41
Figur 4.18 Siktforhold forsøk 2.	42
Figur 4.19 Fotografi av siktforhold forsøk 2.	42
Figur 4.20 Sikt for redningspersonell forsøk 1.	43
Figur 4.21 Sikt for redningspersonell forsøk 2.	43
Figur 4.22 Skader i person forsøk 1.	44

Figur 4.23 Skader i person forsøk 2. ....	44
Figur 4.24 Temperaturoversikt forsøk 5. ....	46
Figur 4.25 Temperaturoversikt ved sprinklerhode 1, scenario 2.....	47
Figur 4.26 Temperaturoversikt ved sprinklerhode 2, scenario 2.....	47
Figur 4.27 CO-målinger scenario 2.....	48
Figur 4.28 Siktforhold forsøk 3.....	49
Figur 4.29 Fotografi av siktforhold forsøk 3.....	49
Figur 4.30 Siktforhold forsøk 4.....	50
Figur 4.31 Fotografi siktforhold forsøk 4.....	50
Figur 4.32 Siktforhold forsøk 5.....	51
Figur 4.33 Fotografi av siktforhold forsøk 5.....	51
Figur 4.34 Oppsummering temperatur/tid for scenario 1 og 2.....	52
Figur 5.1 Hendelsestre analysebygg.....	64
Figur 5.2 Hendelsestre referansebygg.....	64

## Tabeller

Tabell 2.1 Begreper .....	3
Tabell 3.1 Leverandører for Inergen i Norge. ....	21
Tabell 4.1 Scenario oversikt.....	23
Tabell 4.2 Veggoppsett forsøksrom .....	26
Tabell 4.3 Romforhold forsøk 1.....	30
Tabell 4.4 Romforhold forsøk 2.....	30
Tabell 4.5 Romforhold forsøk 3.....	31
Tabell 4.6 Romforhold forsøk 4.....	32
Tabell 4.7 Romforhold forsøk 5.....	32
Tabell 4.8 Hendelsesforløp forsøk 1. ....	37
Tabell 4.9 Hendelsesforløp forsøk 2. ....	37
Tabell 4.10 Siktforhold forsøk 1. ....	41
Tabell 4.11 Siktforhold forsøk 2. ....	42
Tabell 4.12 Hendelsesforløp forsøk 3. ....	45
Tabell 4.13 Hendelsesforløp forsøk 4. ....	45
Tabell 4.14 Hendelsesforløp forsøk 5. ....	46
Tabell 4.15 Siktforhold forsøk 3. ....	49
Tabell 4.16 Siktforhold forsøk 4. ....	50
Tabell 4.17 Siktforhold forsøk 5. ....	51
Tabell 4.18 Oppsummering scenario 1. ....	52
Tabell 4.19 Oppsummering scenario 2. ....	52
Tabell 4.20 Oppsummering maks temperatur. ....	53
Tabell 5.1 Elementer inkludert i hendelsestreene. ....	63

## Sammendrag

Fredheim omsorgssenter har et avvik i brannvesenets innsatstid på 20 min, hvor kravet som foreligger er 10 min. For å lukke dette avviket kan det installeres et automatisk sprinkleranlegg, men grunnet redusert vannforsyning til senteret er det lagt frem et ønske om installering av et alternativt anlegg; IG-541-gasslukkeanlegg.

Målet med denne oppgaven er påvise om et IG-541-gasslukkeanlegg gir likeverdig slukkeevne, pålitelighet og personsikkerhet som et sprinkleranlegg; hvor personsikkerheten i startbrannrommet er spesielt i fokus. Dette testes gjennom praktiske forsøk og analyseres videre i en komparativ analyse.

Forsøkene er utført i et selvbygget pasientrom som rommer 40,5 m<sup>3</sup>. Det ble gjort forsøk med IG-541 og sprinkler ved to scenarioer; brann i stol med person, og brann i seng med spredning til gardin. Det fremkommer fra forsøkene at IG-541 har en kortere slukketid enn sprinkler, som fører til mindre varme- og røykutvikling. Det ble også klart at IG-541 har vansker med å slukke brann dersom det foregår i et lite romvolum med høyt lekkasjetall. Sikten ved IG-541-forsøkene var også unormalt dårlig grunnet luftfuktighet mellom 84-92% og lav temperatur i rommet mellom 6-11°C.

Byggverket som analyseres i den komparative analysen er begrenset til pasientrom med tilhørende rømningsvei. Videre antas det å oppfylle alle preaksepterte løsninger foruten manglende slokkeanlegg. Analysen tar dermed for seg to bygg:

- Et referansebygg med preakseptert løsning; sprinkleranlegg.
- Et analysebygg med alternativ løsning til preakseptert; IG-541-gasslukkeanlegg.

Valgt analysemetode er en kvalitativ scenarioanalyse som understøttes med analyse av anleggenes pålitelighet, via et hendelsestre. Fra analysen kommer det frem at et IG-541-anlegg har en 4% høyere sannsynlighet for å slukke/kontrollere brannen enn sprinkler. Med grunnlag i dette samt forsøkenes resultater, vurderes slokkeevne, pålitelighet og personsikkerhet som bedre i analysebygget

Rapporten avsluttes med å oppgi at følgende faktorer gjør det vanskelig å trekke en konklusjon:

- Usikkerhet i den komparative analysen i form av manglende statistikk, fører til at en mer omfattende analyse burde utføres før en konklusjon fattes.
- Begrenset antall forsøk gir lite omfang og dermed redusert sikkerhet i resultatene.
- Det er kun sett på en begrenset del av bygget (pasientrom)

Rapporten gir dermed ikke grunnlag for installering av Inergenanlegg ved Fredheim omsorgssenter.

# 1. Innledning

For boliger og enheter hvor personer sover og bor, har det tradisjonelle sprinkleranlegget i mange år vært det eneste alternativet til automatisk slukkeanlegg. De siste årene har det derimot kommet flere alternativer, som blant annet gasslukkeanlegg. Gassanlegg er ikke nytt i bransjen. Det har i mange år blitt benyttet i industrien; bl.a. offshore, i serverrom og maskinrom på båter. Det har altså blitt benyttet som et alternativ i tilfeller der vann kan forårsake mer skade enn det forhindrer. I nyere tider har diskusjonen rundt gass som slukkemiddel til boliger økt, hvor det automatiske gasslukkeanlegget, Inergen av typen IG-541, har stått sentralt i fokus.

## 1.1 Bakgrunn

Fredheim omsorgssenter ligger i Dovre kommune og har i skrivende stund avvik i brannsikkerheten. Gjennom tilstandsanalyser fra Rambøll har omsorgssenteret fått anbefalt installasjon av automatisk slukkeanlegg. I en avviksmelding fra DSB kommer det i tillegg frem at det er avvik i brannvesenets innsatstid. De trenger 20 minutter for å komme frem til omsorgssenteret, mens kravet er på 10 minutter. [1] Dette avviket må lukkes, og automatisk slukkeanlegg er mulig beste løsning. Det kan vise seg problematisk å installere et sprinkleranlegg ettersom det er dårlig vanntilførsel til bygget. Kommunen har derfor kommet med et ønske om å se på mulighetene for å installere et automatisk slukkeanlegg med gass, av typen IG-541 (heretter Inergen). Grunnet mye uenighet rundt bruken av gass som slukkemiddel hvor det sover og bor mennesker, ønsker kommunen at det gjøres rede for hva som kreves av dokumentasjon. Dette ønskes for å unngå oppstyr i etterkant dersom et Inergengassanlegg installeres.

## 1.2 Formål og problemstilling

Denne rapporten vil se på om et Inergengasslukkeanlegg gir likeverdig personsikkerhet som sprinkleranlegg, med hovedfokus på personsikkerhet i startbrannrommet. Forsøk vil gjennomføres for innsamling av data til sammenligning av sprinkleranlegg og Inergenslukkeanlegg. Resultatene vil anvendes i en komparativ analyse med hovedvekt på personsikkerhet. Det vil bli gjennomgått hvilke prosesser, fra start til idriftsettelse, som må gjennomføres for at et Inergenslukkeanlegg kan installeres. Det vil også bli sett på tilgjengelighet mtp. leverandører og markedet for de to nevnte slukkeanleggene.

## 1.3 Begrensninger

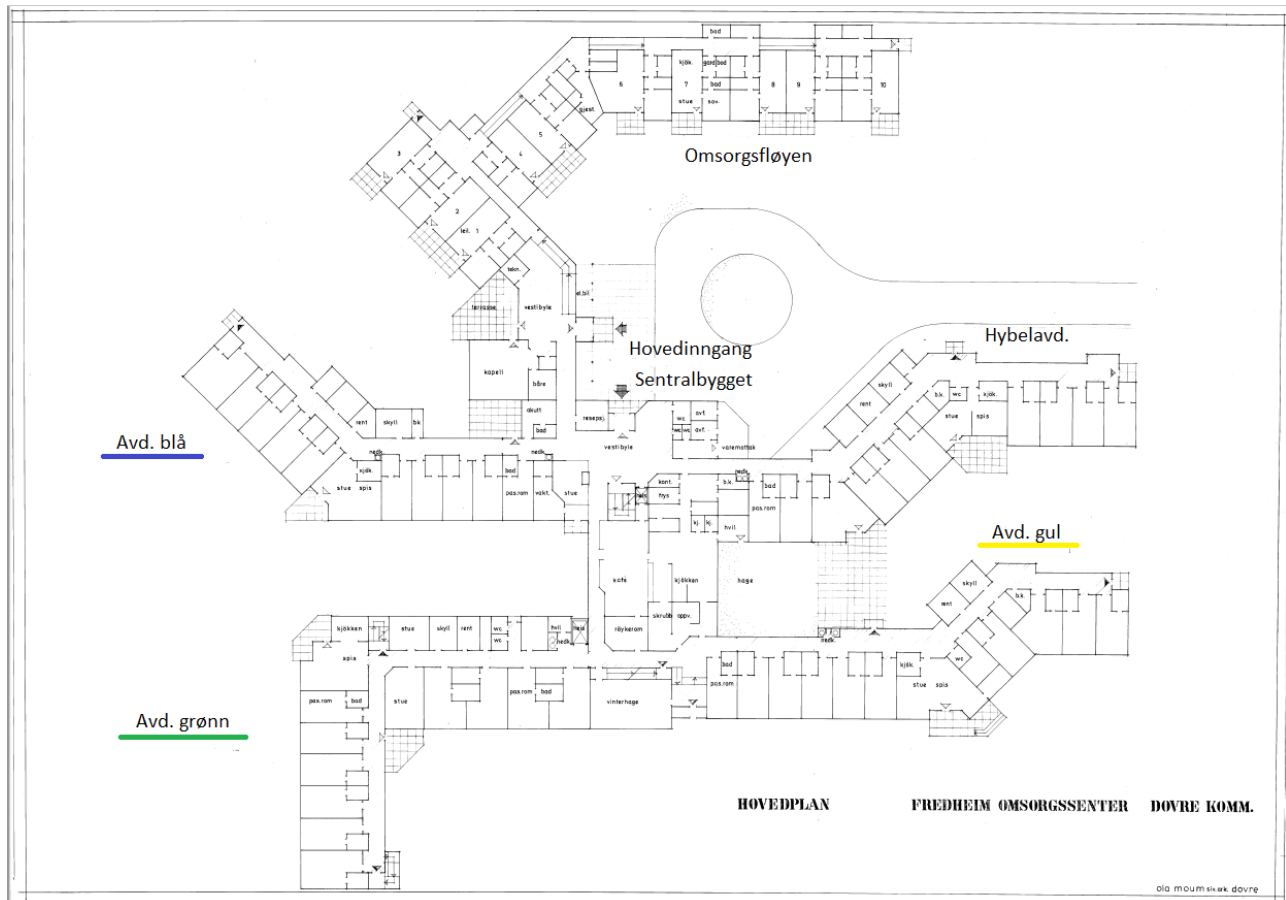
Det er en del muligheter som kan undersøkes for å øke personsikkerheten til omsorgssenteret. Ut fra kommunens ønsker begrenses oppgaven til følgende alternativer:

- Sprinklersystem av typen våtanlegg
- Gassanlegget IG-541

Fra Rambølls tilstandsanalyse (**Vedlegg 1**) ble det presentert en del fravik og anmerkninger. Det vil i denne rapporten ikke bli sett på hvorvidt Inergenanlegg kan brukes til å kompensere for disse. Fokuset er på avviket i innsatstid og det blir valgt å behandle bygget med preaksepterte løsninger fra dagens standard.

## 1.4 Fredheim omsorgssenter

Fredheim omsorgssenter ble bygget i 1960. I 1997 og frem til 2003 ble det utført store påbygg på bygget. Bygget er satt i brannklasse 2 og risikoklasse 6 og består av 3 etasjer og 5 fløyer; Omsorgsfløyen, Nord-Østfløyen, Nord-Vestfløyen, Sør-Østfløyen og Sør-Vestfløyen.



Figur 1.1 Orienteringsplan for hovedplan ved Fredheim omsorgssenter [2].

Hovedetasjen (1.etasje), som har et areal på ca 4500 m<sup>2</sup>, er hver fløy tildelt en egen avdeling med sengeplasser, pleierom og felles stue og kjøkken. Avd. Grønn er plassert i Sør- Vestfløyen og huser 11 pasienter. Videre er Avd. Gul (Sør-Østfløy) med 9 pasienter og Avd. Blå (Nord-Vestfløy) med 11 pasienter. I tillegg kommer Hybelavd. (Nord-Østfløy) med 10 hybler og Omsorgsfløyen med 10 omsorgsboliger.

Underetasjen har et areal på ca 1600 m<sup>2</sup>. Her er det vaskeri, vaktmesterkontor, verksted, garasjer, div. lager og tekniske rom, samt en avdeling tilrettelagt for demente som kan huse 8 pasienter.

Andre etasje er den minste etasjen og har et areal på ca. 1000 m<sup>2</sup>. Her ligger kontorer, legekontor og treningsrom/ aktivitetsrom. Det finnes også et kapell som er plassert i 1.etasje som har plass til maks 50 personer.

Omsorgssenteret har opp mot 40 ansatte på dagtid, og med sine 59 beboere vil bygget ha en personbelastning på 99 personer; pluss eventuelle besøkende. [3]

## 2 Teori

Dette kapitlet vil gå gjennom begreper og teori knyttet til brann. Det vil også bli sett på de automatiske slukkeanleggene Inergenanlegg og sprinkleranlegg. Dette innebærer bl.a. hva som foreligger av standarder og hvilke styrker og svakheter anleggene har.

### 2.1 Begreper

Definisjonsliste	
Kognitive egenskaper	Kognitive egenskaper er personers evne til å oppfatte, tenke og huske. [4]
Innsatstid	Tiden det tar for brannvesenet å nå et bygg hvor det brenner etter at brannen har blitt varslet. [1]
Lekkasjetall	Estimat på hvor tett et rom eller bygg er. Med høyt lekkasjetall betyr det antageligvis at Inergengass kan sige ut av rommet. Dette kan redusere holdetiden til gassen. [5]
Hypoksi	Hypoksi er en tilstand hvor vev og organismer i kroppen ikke får tilført nok oksygen. [6]
Dekningsareal	Størrelse på areal slukkeanlegget skal kunne beskytte mot brann.
Dekningsvolum	Størrelse på volum slukkeanlegget skal kunne beskytte mot brann.

Tabell 2.1 Begreper

## 2.2 Personssikkerhet

Ved at personssikkerhet må ivaretas i et bygg, menes det at en person skal komme seg trygt ut av bygget før kritiske forhold oppstår, med den hensikt at personer ikke skal komme til skade ved en brann. TEK17 beskriver mange krav til hvordan personssikkerhet skal ivaretas og medfølgende veiledninger til hvordan dette skal gjøres.

Figur 2.1 er hentet fra “SN-INSTA/TS 950:2014 Fire Safety Engineering Comparative method to verify fire safety design in buildings” [7]. Forholdene vurderes som trygge dersom ingen av de følgende kritiske forholdene har inntruffet:

Parameter	Criteria						
Visibility	<p>Visibility no less than 3 m in the primary fire compartment at area of <math>\leq 100 \text{ m}^2</math>.</p> <p>Visibility no less than 10 m at height of 2 m in escape routes and compartments of areas <math>&gt; 100 \text{ m}^2</math>.</p> <p>As an alternative to determine visibility, a smoke-free height of <math>1,6 \text{ m} + 0,1 \times H</math>.</p>						
Thermal <sup>a</sup>	Continuous radiation intensity of maximum $2.5 \text{ kW/m}^2$ and, a short-term radiation intensity of maximum $10 \text{ kW/m}^2$ if the maximum radiant dose is less than $60 \text{ kJ/m}^2$ .						
Temperature	Gas temperature not higher than $80 \text{ }^\circ\text{C}$ .						
Toxicity <sup>b</sup>	<table border="1"> <tr> <td>CO</td> <td>&lt; 2 000 ppm</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>&lt; 5 %</td> </tr> <tr> <td>O<sub>2</sub></td> <td>&gt; 15 %</td> </tr> </table>	CO	< 2 000 ppm	CO <sub>2</sub>	< 5 %	O <sub>2</sub>	> 15 %
CO	< 2 000 ppm						
CO <sub>2</sub>	< 5 %						
O <sub>2</sub>	> 15 %						
<sup>a</sup> In addition to the energy from background radiation.							
<sup>b</sup> Toxicity does not need to be calculated when the visibility surpasses 5 m.							

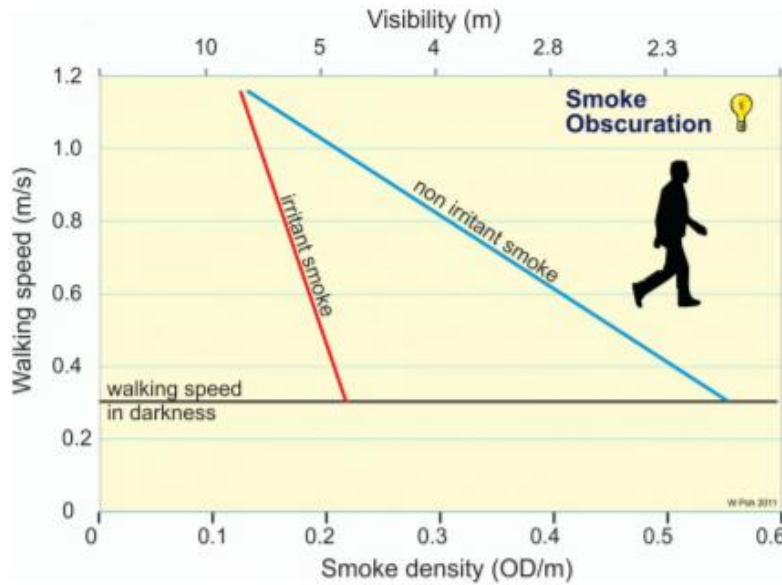
Figur 2.1 Akseptkriterier for personssikkerhet [7].

### 2.2.1 Sikt

Sikt er et mål på hvor tett røyk i et rom er. Røykgasser akkumuleres hovedsakelig i taket, og over tid vil røyklaget bli tykkere og lavere slik at røykfri høyde reduseres.

Redusert sikt i rømningsvei har innvirkning på menneskers oppfattelse under rømning. Dersom rømningsveien er røykfylt kan det føre til at personer som skal rømme beveger seg tregere enn ved normale forhold. Er sikten dårlig nok, kan personer som forsøker å rømme velge å beholde seg i den branncellen de allerede er i, i stedet for å rømme gjennom røyken i rømningsveien.

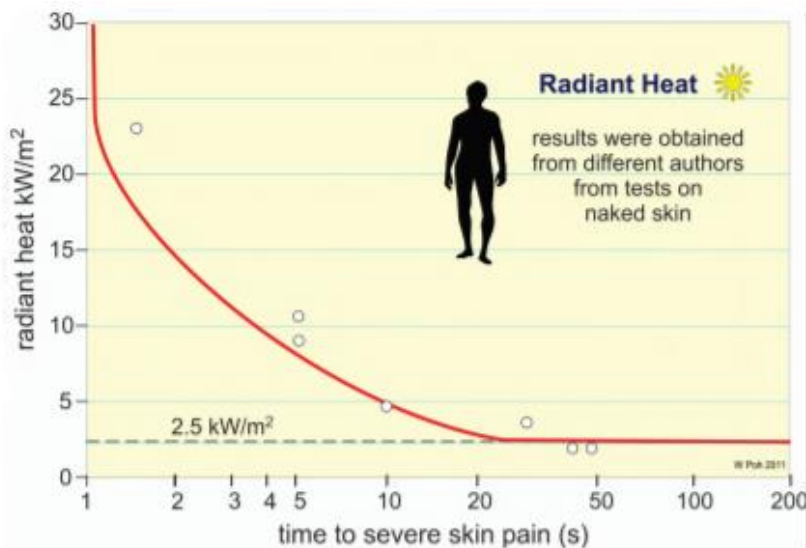
Redusert sikt kan også ha innvirkning for redningspersonell når de skal hente ut personer fra bygg hvor det brenner. [8]



Figur 2.2 Manglende røyksikt per meter versus ganghastighet [8].

## 2.2.2 Varmestråling

Selv uten direkte kontakt med flammer eller røyk kan personer oppleve ekstreme strålemengder som resulterer i forbrenninger på huden eller i verste fall død. Maksimumsstrålingsverdi fra akseptkriteriene er  $10 \text{ kW/m}^2$ . Fra Figur 2.3 viser det seg at det tar 4 sekunder med eksponering på naken hud før smerte blir utholdelige for personer ved denne strålemengden.



Figur 2.3 Tid til alvorlige hudsmarter versus varmekraft [8].

## 2.2.3 Temperatur

Høye temperaturer kan forårsake både skade på hud og pustevansker for mennesker. Høye temperaturer kan dermed forverre rømningsforholdene. Tålegrensen er som nevnt satt til  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . I Figur 2.4 ser man hvilke effekter man kan forvente å oppleve dersom man utsettes for diverse høye temperaturer.



Temperatur [°C]	Effekt
125	Vanskelig å puste
140	5 minutters toleranse tid
150	Temperaturgrense for å kunne evakuere
160	Rask, ulidelig smerte mot tørr hud
180	Irreversibel skade etter 30 sekunder
205	Åndedrettssystem tåler dette mindre enn 4 minutter med våt hud

Figur 2.4 Effekt på personer under eksponering av forskjellige temperaturer. [9].

## 2.2.4 Gasskonsentrasjoner

Karbonmonoksid ansees som en svært giftig gass. Når CO inhaleres bindes de til hemoglobiner (røde blodlegemer), som resulterer i at mindre oksygen kan opptas og fraktes rundt i kroppen [10]. Hvor mye CO personer tåler varierer fra person til person, men risikoen er høyest for små barn og eldre personer over 75 år. [11]

CO-konsentrasjon [ppm]	Effekt
200	Mulig svak hodepine i løpet av 2-3 timer.
400	Hodepine og kvalme i løpet av 1-2 timer.
800	Hodepine, svimmelhet, kvalme i løpet av $\frac{1}{2}$ timer. Kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
1 600	Hodepine, svimmelhet, kvalme i løpet av 20 minutter. Kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
3 200	Hodepine, svimmelhet i løpet av 5-10 minutter. Bevisstløshet og mulig død i løpet av 30 minutter.
6 400	Hodepine, svimmelhet i løpet av 1-2 minutter. Bevisstløshet og mulig død i løpet av 10-15 minutter.
12 800	Umiddelbar effekt, bevisstløshet og død i løpet av 1-3 minutter.

Figur 2.5 Effekt på mennesker under eksponering av forskjellige CO-konsentrasjoner [12].

Karbondioksid er normalt sett ikke giftig i de konsentrasjoner man blir utsatt for. Når CO<sub>2</sub>-nivået i utåndingsluften økes, øker pustefrekvensen fordi kroppen tror man kvitter seg med mer avfallsstoffer enn normalt, og dermed trenger mer oksygen. Dette kan føre til en økning i CO-inntak under brann. [11]

Ved brann i lukket rom vil oksygenkonsentrasjonen gradvis avta ettersom brannen bruker opp oksygenet i rommet. Ved lavere oksygenkonsentrasjoner påvirkes menneskers evner til å handle rasjonelt i krisesituasjoner. Pustefrekvensen kan også øke siden kroppen oppfatter at oksygenopptaket minker [13]. Eksponering for lave oksygenkonsentrasjoner kan resultere i besvimelse og død.

## 2.2.5 Holdetid for slukkegass

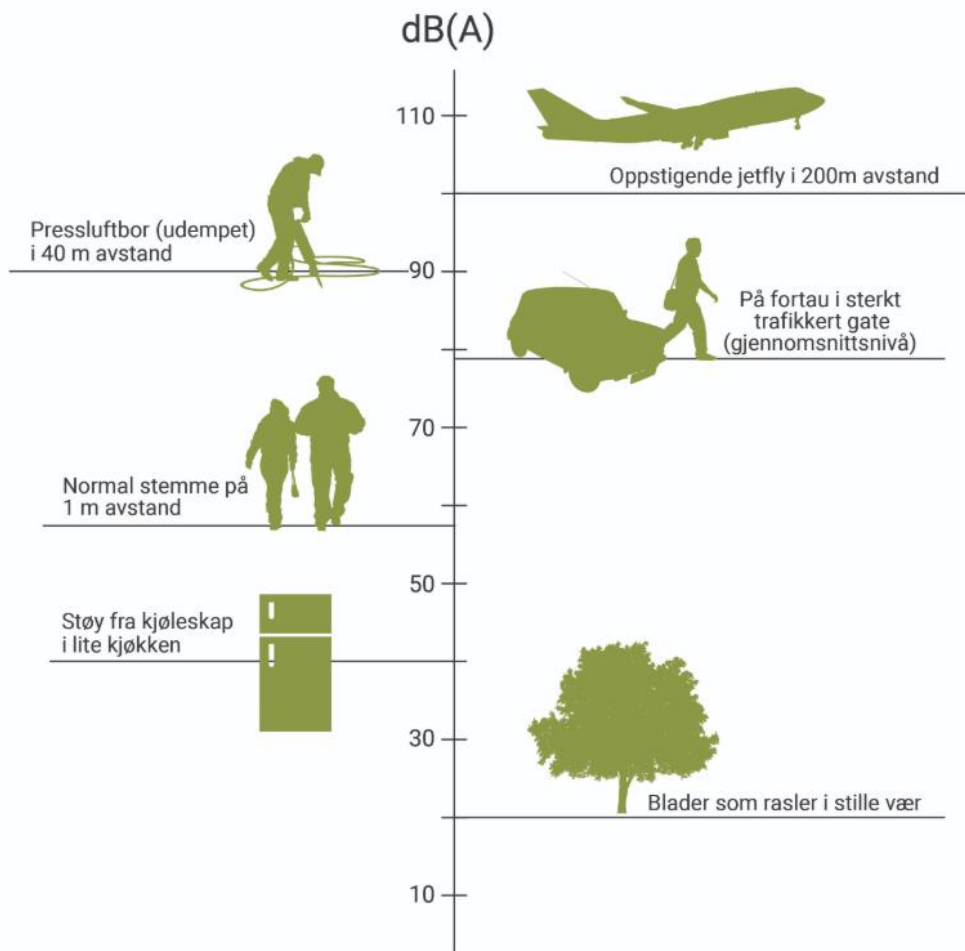
Holdetiden er et akseptkriterie for den tiden en slukkegass skal holde ønsket konsentrasjon i utløsningsvolumet. Akseptkriteriet må oppfylles slik at det oppnås tilstrekkelig brannsikring i den tiden som er satt. Det er flere måter å bestemme akseptkriteriet for holdetiden for slukkegass. I denne oppgaven defineres holdetiden som at Inergengassen skal holde oksygennivået i rommet under 15% i minst 10 minutter.

## 2.2.6 Støynivå

Høyt støynivå er en av innvendingene mot bruken av Inergen. Støy måles i desibel og det finnes flere forskjellige skalaer, hvor A-skala er den vanligste (dBA). Fra miljøstatus.no [14]:

«Risiko for hørselsskade oppstår hvis eksponeringen for støy overstiger følgende nivåer i lange perioder:

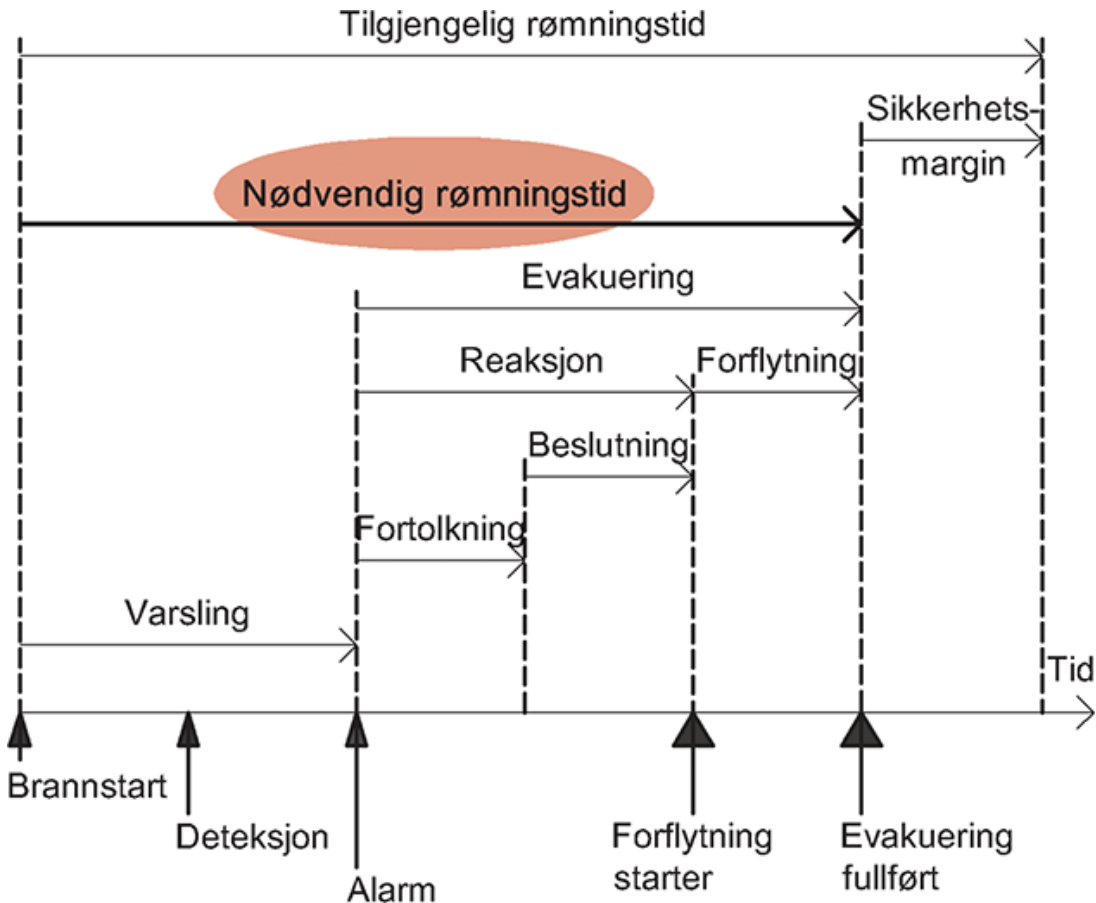
- et gjennomsnittlig lydnivå på 70 dBA gjennom døgnet
  - et gjennomsnittlig lydnivå på 75 dBA gjennom en åtte timers arbeidsdag
- Arbeidsmiljøloven setter en grenseverdi på 85 dBA for en åtte timers arbeidsdag.»



Figur 2.6 Støynivå fra forskjellige kilder [14].

## 2.3 Tilgjengelig og nødvendig rømningstid

Tiden fra en brann starter til det oppstår kritiske forhold som hindrer rømning, betegnes som tilgjengelig rømningstid. For at en skal ha tilfredsstillende rømningssikkerhet må tilgjengelig rømningstid være betraktelig lengre enn nødvendig rømningstid; opptil tre ganger så lang. Differansen mellom tilgjengelig og nødvendig rømningstid kalles sikkerhetsmargin.



Figur 2.7 Tilgjengelig og nødvendig rømningstid [15].

Nødvendig rømningstid er den tiden som trengs for å evakuere ut av bygget, ofte til en designert samleplass vist på rømningsplan. Tiden er basert på følgende:

- **Varslingstid:** Tiden fra brann starter til den oppdages og varsles.
- **Fortolknings- og beslutningstid:** Tiden det tar for personer å fatte en beslutning om å forflytte seg når de har hørt brannalarm, eller at de har blitt gjort oppmerksom på at det brenner på annet vis.
- **Forflytningstiden:** Tiden det tar å flytte seg fra branncellen en befinner seg i, ut til rømningsvei og videre ut av bygget til sikkert sted.

Tilgjengelig rømningstid kan økes ved installasjon av automatisk slukkeanlegg, brannteknisk oppdeling (celler og seksjoner) etc. Nødvendig rømningstid kan reduseres ved å sørge for frie rømningsveier og installasjon av ledelys, automatisk brannalarmanlegg med eller uten talevarsling, opplæring av ansatte om rømningrutiner etc. [15]

## 2.4 Komparativ analyse

En komparativ analyse tar for seg to byggverk, et referansebygg og et analysebygg, og sammenligner brannsikkerheten mellom de to. Analysebyggverket er det bygget som det er behov for å analysere brannsikkerheten til, mens referansebyggverket er sammenlignbart med analysebygget, foruten at det er utført i henhold til de preaksepterte ytelsene beskrevet i TEK. Slik skal det være mulig å sette opp et bestemt antall brannscenarioer som skal skje i begge byggverkene og utføre simuleringer eller beregninger av scenarioene for å få en oversikt over brann-/røykspredning og rømning i byggene. Hensikten er å kunne bekrefte at de valgte løsningene i analysebygget har lik eller bedre brannsikkerhet enn referansebygget. [16]

## 2.5 Risikogruppe - eldre

Risikogrupper i brannsammenheng brukes til å beskrive de gruppene som er mest utsatt for brann i bygg, eldre går under denne kategorien. Personer mellom 60 og 74 år defineres som eldre, og personer over 75 år blir definert som gamle [17] (heretter omtales begge disse gruppene som eldre). Eldre kan ha helsemessige utfordringer som reduserte kognitive og fysiske egenskaper, og er den mest risikoutsatte gruppen for å omkomme i brann. Dette kommer frem fra DSB som sier at personer over 70 år har fire til fem ganger høyere risiko enn resten av befolkningen for å omkomme i brann [18]. Med tanke på at forventet levealder øker, og at flere eldre bor hjemme, utgjør de et viktig satsningsområde for Norges kommuner.

Når de helsemessige utfordringene blir for store kan det gå utover boevnen. Boevnen er personers egenskap til å bo alene uten hjelp eller tilsyn. Manglende boevne kan være at personen ikke klarer å ta vare på seg selv og har vansker med å gjennomføre vanlige gjøremål i hjemmet. [19]

Eldre er mer utsatt for glemsomhet og er kognitivt langsommere. Utover de generelle nedsettelsene i hukommelse er eldre mer utsatt for demens. Demens er en sykdom med symptomer som blant annet hukommessvikt, orienteringsvansker og vanskeligheter med daglige gjøremål [20]. Med de nedsatte kognitive evnene som alderdom fører med seg, blir det blant annet vanskeligere å opprettholde god brannsikkerhet i hjemmet. Dette kan være i form av at en glemmer at ovn, komfyr, strykejern eller andre elektriske gjenstander er på uten oppsyn. Eldres nedsatte fysiske egenskaper kan også påvirke brannsikkerheten. Eldre er mer utsatt for nedsatt rørlighet, balanse, syn og hørsel. Dette kan ha en direkte påvirkning på nødvendig rømningstid og føre til behov for assistert rømning. [21]

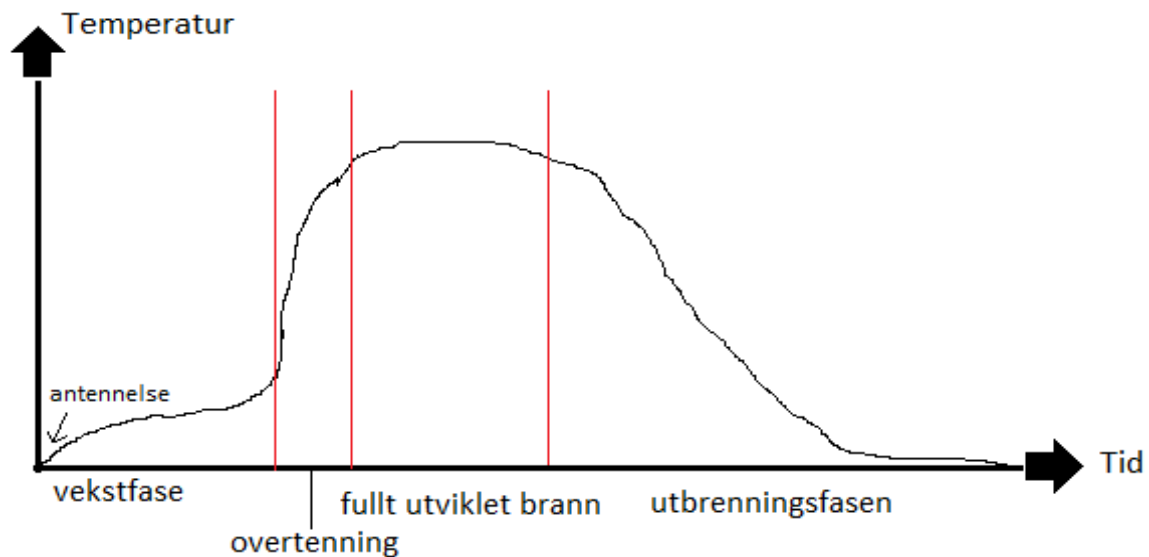
## 2.6 Brannteori

For å forstå hvordan automatiske slukkeanlegg slukker eller kontrollerer en brann, er det viktig å få en forståelse for hvordan en brann fungerer. Dette kapittelet vil ta for seg teorien bak en brann og de elementene som må være tilstede for at en brann skal kunne oppstå.

### 2.6.1 Fasene i en brann

En brann kan deles inn i flere faser; vekstfase, overtenningsfase, fullt utviklet brann og utbrenningsfase. Vekstfasen starter ved antennelse, brannen vil her være brenselskontrollert som vil si at det er stor tilgang på oksygen, men kan være begrenset med brensel. Temperatur

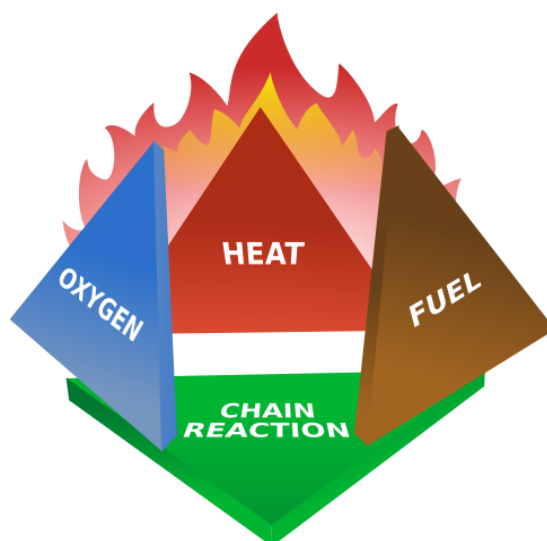
og størrelse på brann vil øke gjennom hele vekstfasen så lenge det er tilgang på brensel og oksygen. Dersom det ikke finnes nok brennbart materiale for brannen til å vokse, vil den gradvis slukke (utbrenningsfasen). Hvis det derimot er nok brennbart materiale, kan brannen gå over i overtenningsfasen hvor alt brennbart materiale rundt brannen antenner. Når alt det brennbare materialet brenner er det en fullt utviklet brann og røyklaget i taket er på sitt tykkeste. Dersom det er mangel på oksygentilførsel vil brannen etter hvert bli ventilasjonskontrollert. Bli det for lite oksygen vil brannen kveles og havne i utbrenningsfasen hvor temperaturen gradvis synker og brannen slukkes. [22]



Figur 2.8 Faser i brann

### 2.6.2 Brannfirkanten

Det er flere faktorer som påvirker hvordan et brannforløp utløper seg. Disse faktorene er del av det man kaller brannfirkanten. En brann kan slukkes ved å fjerne energien, fjerne brenselet, minke oksygenkonsentrasjonen i rommet eller ved å stanse kjedereaksjonene i brannen.



Figur 2.9 Brannfirkanten [56].

## Brensel

Brensel finnes i tre aggregattilstander: fast stoff, væske og gass. Alt brensel må være i gassform for å kunne benyttes i og opprettholde en forbrenning. Oftest smelter faste stoff til væskeform, og fordamper deretter til gassform, mens for noen stoffer går fast stoff direkte til gassform (sublimasjon) som for eksempel i trevirke. [22]

Kategori	Brannenergi MJ/m <sup>2</sup> (80 %-fraktil)
Bolig	948
Sykehus (rom)	280
Hotellrom	377
Bibliotek	1 824
Kontor	511
Klasserom i skoler	347
Kjøpesenter	730
Teater, kino	365
Transport (offentlig område)	122

Figur 2.10 Typisk brannbelastning for forskjellige bygg [23].

## Oksygen

Luft inneholder ca. 21% oksygen og 79% nitrogen. I forbrenninger blir oksygen tilført gjennom luft grunnet trykk- og tetthetsforskjeller. Dersom lufttilgangen hindres, kan det oppstå oksygenmangel. Lufttilgangen kan stanses ved å lukke alle åpninger til et rom, eller ved å benytte seg av automatiske slukkeanlegg som benytter seg av fortregning som slukkemetode. [22] Det er her bruken av inerte gasser til slukking kommer inn. Dette er ikke-reagerende gasser som brukes for å hindre at reaksjoner skjer. Mer spesifikt er det gasser som ikke reagerer med oksygen. Mest brukt er blandinger mellom nitrogen og argon. Inerte gasser kan brukes til å slukke branner som allerede har oppstått eller hindre branner i å oppstå ved å injisere de inerte gassene inn i rommet. Eksempler på inerte gasser er Inergen og Argonite. [24]

## Energi

Energi som bidrar til varmeproduksjon i forbrenningssonen er nødvendig for at en flamme skal brenne kontinuerlig. Energiproduksjonen må være høy nok til at temperaturen opprettholdes og at nok brensel blir omgjort til brennbar gass. Det er vanlig at 30-40% av brannens produserte energi stråles bort til omgivelsene. Energien som går tapt til stråling bidrar ikke til forbrenningsproduktene oppvarming. [22]

## Kjedereaksjoner

Kjemiske reaksjonsligninger benyttes til å beskrive reaktanter og sluttprodukter når to eller flere stoffer reagerer sammen. Delprosessene, kalt kjedereaksjoner eller katalytiske reaksjoner, vises ikke i kjemiske reaksjonsligninger. Frie radikaler som ioner, atomer og molekyler inngår i katalytiske reaksjoner og er nødvendig for å holde en reaksjonsprosess i gang. De frie radikalene brukes ikke opp og forsvinner heller ikke fra reaksjonssonen. I noen slukkesystemer benyttes det atomer og ioner som binder seg til de frie radikalene og stanser kjedereaksjonene som er nødvendig for at det skal fortsette å brenne. [22]

## 2.7 Automatiske slukkesystemer

Det finnes mange typer automatiske slukkesystemer, hvor det mest utbredte anlegget for boliger i Norge er sprinkleranlegg. Dette kapitlet vil ta for seg to automatiske slukkeanlegg; gasslukkeanlegget IG-541 og sprinklersystem typen våtanlegg. Dette er de to type anleggene som er alternativene til omsorgssenteret og er derfor de systemene som det skal fokuseres på i denne oppgaven.

### 2.7.1 Inergengasslukkeanlegg

Inergen er en blanding av flere gasser, og blir brukt til slokking av branner ved at den reduserer oksygennivået i rommet. Blandingen består av gassene; Nitrogen, Argon og CO<sub>2</sub>. Disse gassene kan alle finnes naturlig i atmosfæren, dette gjør at Inergen er miljøvennlig med at den verken påvirker omgivelsene rundt oss eller ozonlaget. Disse gassene kan blandes sammen i mange forskjellige konsentrasjoner, men det vil i denne oppgaven bli sett på gassblandingen IG-541 som består av 52% Nitrogen, 40% Argon og 8% CO<sub>2</sub>. En av styrkene til Inergenslukkeanlegg er tredimensjonalslukkeevne, som vil si at gassen slipper til f.eks. under senger og i åpne skap. [25]

### Komponenter

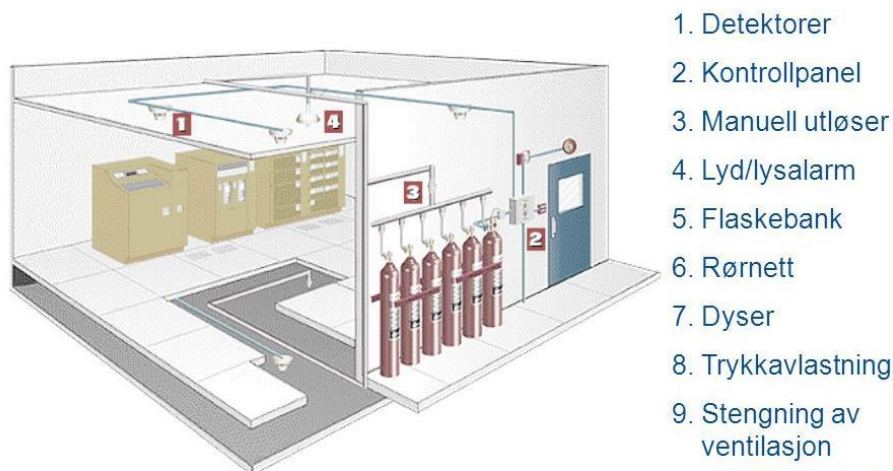
Et gasslukkeanlegg består av:

- Detektorer
- Slukkesentral
- Aktiveringsventil
- Manuell utløser
- Akustisk eller visuell alarm
- Flaskebank med varierende antall flasker [26]
- Rørnett
- Dyser
- Vegg med trykkavlastning/overtrykksskjeld
- Mekanisme for automatisert ventilasjonsavstenging

Anlegg kan installeres for enkeltrom eller flere soner med samme flaskebank. Flaskene rommer vanligvis 80 og 50 liter og er trykksatt med 300 eller 200 bar.

Når en røykdetektor aktiveres, sendes et signal til slukkesentralen, som er forhåndsprogrammert til å bruke aktiveringsventiler for å åpne flaskene i sonen med aktivert detektor. Vanlig tid for aktivering av utløser er 30-90 sekunder, men kan justeres til lengre tid ved ønske. Ved aktivering strømmer gassen gjennom rørnettet til dysene hvor detektoren ble aktivert. Til forsøkene ble det også benyttet *constant flow* ventil og en dyse som reduserer støy og turbulens. *Constant flow* ventilen brukes til å begrense mengden gass som strømmer ut i starten, slik at strømmingen blir jevn og faren for overtrykk ved start er redusert. Det er også lettere å beregne hvor lang tid flasken skal utløses om strømmingen er jevn.

Utløsingstiden for en sone er 60 eller 120 sekunder, hvor en sone kan bestå av flere flasker. [26]



Figur 2.11 Gasslukkeanlegg [27].

### Slukkeevne

I et brannforløp vil et Inergenslukkeanlegg senke oksygenivået i et rom fra 21% til rundt 12% [28]. En brann vil som regel trenge minimum 15-16% oksygen for å kunne brenne [22]. Som følge av det synkende oksygenivået vil brannen “kveles” og etterhvert slukkes.

### Helsemessige aspekter

Oksygenkonsentrasjonen i et rom hvor Inergen er injisert, vil være rundt 12%. Ved normale tilstander der oksygenkonsentrasjonen ligger ved dette nivået, vil personer oppleve pustevansker og havne i en tilstand kalt hypoksi (oksygenmangel) [6]. Inergengassen fjerner dette problemet ved at den inneholder 8% CO<sub>2</sub>. Studier viser at en økt CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i blodet vil øke hjernens oksygentilførsel tilsvarende. Sammen med at pustefrekvensen også vil øke i et miljø med høyere CO<sub>2</sub>-konsentrasjon, vil det være mulig å oppholde seg i et rom hvor oksygenivået er lavt [29] [30].

Exposure Time (min)	Agent Concentration (vol %)	O <sub>2</sub> % at Sea Level	Partial Pressure of O <sub>2</sub> (mm Hg)
Air reference	0	21	159.6
5	43	12.0	91.0
3	52	10.1	76.6
½	62	8.0	60.6

Note: Mean atmospheric pressure at sea level is 760 mm Hg.

Figur 2.12 Eksponeringstid for Inerte gasser ved forskjellige O<sub>2</sub>-konsentrasjoner [31].

Standarden NFPA 2001:2018 beskriver bl.a. maks eksponeringstid for lave oksygenkonsentrasjoner. Ved en oksygenkonsentrasjon på 12% skal det ifølge standarden være en maks eksponeringstid på 5 minutter [31]. Standarden brukes for å oppgi eksponeringstider for gasslukkesystemer. Standarden skiller derimot ikke mellom inerte glassblandinger og inerte glassblandinger med CO<sub>2</sub>-kompensering, slik som Inergen. Erlend Johan Skraastad, Overlege ved St. Olavs Hospital HF, har publisert en rapport angående



«Personsikkerhet ved opphold i atmosfære med redusert oksygennivå kompensert med økt karbondioksidnivå». Her understreker han at det må forventes forskjeller på hvordan personer med sykdommer av forskjellige grader av alvorlighet reagerer når de eksponeres for hypoksiske pustemiljø. [13] Dette fremstår ikke som problematisk ettersom det forventes at sykepleiere henter ut de som behøver assistanse til rømning først, innen 10 minutter.

Til slutt oppsummerer han forskningsartikkelen med [13]: *“Akutt, kortvarig eksponering for en hypoksiske atmosfære tolereres godt av de fleste personer når det ikke samtidig er store fysiske påkjenninger. Individuelle forskjeller i respons på akutt hypoksi må forventes, særlig hos pasienter med samtidig sykdommer av alvorlig art. Ved samtidig opprettholdelse av et gitt nivå av karbondioksid vil hjernens tilførsel av oksygen bedres grunnet opprettholdt blodgjennomstrømning, og sette personen i bedre stand til å håndtere koordinerende oppgaver. Det vitenskapelige grunnlaget for dette er godt og etterprøvd. Ut fra dette vurderes personsikkerheten å være godt ivaretatt i CO<sub>2</sub>- kompensert hypoksiske atmosfære, gitt de oksygen grenser som er gjeldende for brannslukkingsanlegg (12,7-10% O<sub>2</sub>), ved eksponering opp til 30 minutter.”*

Faren for økt karbonmonoksidopptak når pustefrekvensen øker har blitt sett på i ANSULs white paper *“The Physiology of INERGEN Fire Extinguishing Agent”* [32]. Hemoglobiner finnes i røde blodceller og er kroppens transportmiddel for oksygen rundt i kroppen [10]. I tester gjennomført i Europa og USA ved slokking av brann med Inergen, viste det seg at branner av signifikant størrelse i forhold til romvolumet ga CO-nivåer på rundt 400 til 600 ppm. Hvis det ble antatt at personer inhalerte luft som inneholdt CO i 15 minutter, hvor det blir inhalert 40 liter luft per minutt, ville CO-hemoglobinnivået endt på rundt 14% [33]. I 78 forsøk med inhalering av CO i varierende varighet (mellom 20 og 66 minutter) ved havnivå, viste ikke testsubjektene noen symptomer før CO-hemoglobinnivået gikk over 15%. Fra 15% til 25% kunne det oppstå hodepine, svimmelhet og kvalme [34]. Under eksponering av Inergen med CO har et nivå på 15% CO-hemoglobin vist seg å være et tydelig toleransenivå for personer, da de ikke viste noen alvorlige symptomer. Det viste seg at tilføringen av CO<sub>2</sub> i Inergen hadde en positiv effekt og motvirket hypoksien som kom av inhalering av CO [33] [34] [35].

## Svakheter

I rom med høyt lekkasjetall kan holdetiden for Inergengassen reduseres, som vil si at gassen lekker ut av rommet og fører til et økt oksygennivå. Som følge av dette vil faren for reantennning være tilstede ved bruk av Inergen som slukkeanlegg. Det er derfor viktig med tette rom, eller nok gass til å gjøre opp for lekkasjetallet. Det er mulig å kompensere for høyt lekkasjetall ved å bruke flere flasker når gassen utløses.

Når en røykdetektor aktiveres vil gassen utløses etter en gitt tid; vanligvis mellom 30 og 90 sekunder. Skulle en røykdetektor aktiveres ved en feil, ville dette være liten tid til å undersøke om faren er reell eller om utløsningen av Inergen kan stoppes. For å motvirke dette er det mulig å bruke to røykvarslere, hvor begge må aktiveres for at anlegget skal utløses.

Det må være et eget rom for lagring av gasstankene, og en av veggene må være trykkavlastet. Dette kan medføre større plassbehov enn for sprinkleranlegg.

Uten bruk av støyreducerende dyse kan støynivået under utløsning av Inergen anlegg oppleves som ubehagelig høyt.

## 2.7.2 Sprinkleranlegg – våtanlegg

Sprinkleranlegg er et aktivt brannverntiltak og er den mest utbredte formen for automatisk slukkeanlegg i Norge, kanskje i hele verden. Det finnes flere forskjellige typer sprinklersystemer som f.eks.: våtanlegg, tørrøranlegg, pre-action-system osv. [36] Sprinkler har et stort bruksområde og kan brukes i store fabrikker og bygg, så vel som mindre private husholdninger. Sprinkler fremstår som at det har en høy pålitelighet da statistikk viser at 97% av alle branner kontrolleres eller slukkes etter aktivering av ett eller flere sprinklerhoder. [37]

### Komponenter

Det er valgt å se på våtanlegg, som er det mest vanlige systemet og den typen som anvendes i forsøkene. Anlegget består av et kontrollventilsett som forsyner vann til rørsystemet hvor sprinklerhoder er festet på forskjellige designerte punkter. Rørene er trykksatt med vann helt frem til sprinklerhodene. Slik vil vann strømme ut av dysen med en gang et sprinklerhode utløses. [36]

Et sprinklerhode består av en pakning, glassbulb og en deflektor. Pakningen er den komponenten som holder vannet tilbake, og som selv holdes oppe av glassbulben som står som en kile mellom pakningen og deflektoren. Bulben inneholder en væske som vil ekspandere når den blir utsatt for høye temperaturer. Skulle temperaturen bli høy nok, f.eks. 68 °C, vil væsken ekspandere og sprekke glassbulben. Pakningen vil da gi etter for vannets trykk, som derved strømmer ut og ned på deflektoren. Deflektoren fordeler deretter vannet i et bestemt mønster avhengig av hvilken deflektor som brukes. [36]

Rørsystemet består av:

- Et hovedfordelingsrør
- Stigerør
- Fallrør
- Fordelingsrør
- Grenrør

Hovedfordelingsrøret er festet til et kontrollventilsett, som består av:

- Alarmklokke
- Trykkbryter
- Alarmventil
- Trykkutjevningsskammer
- Manometer på anleggssiden
- Test- og dreneringsventil
- Manometer på tilførselssiden
- Hovedstengeventil [36]

### Slukkeevne

Per dags dato er vann det mest anvendte brannslukkemiddelet, og med god grunn. Vann har en fordampningsvarme på 2259 kJ/kg °C, som betyr at for hvert kilo vann som fordamper, vil 2259 kJ absorberes fra brannen. For å gå litt dypere: det kreves 4,19 kJ for å varme opp et kilo vann med en grad celsius. Dette vil si; for å varme opp en liter med vann med romtemperatur, 21°C, til fordampningspunktet til vann, 100 °C, kreves det 331 kJ. Det kommer av dette tydelig frem at vann absorberer betraktelig mer varme i fordampningsfasen. Slukkeeffekten til vann er derfor mye bedre når det fordamper. Det er av den grunn viktig med riktig trykk og spredningsareal for sprinkleranlegget. [28]

## Svakheter

Vann er som nevnt det mest brukte slukkemiddelet, men i noen tilfeller vil det ikke egne seg til slukking. Den mest kjente svakheten til sprinkleranlegg er vannskadene som følger av at systemet utløses. Følgelig vil skadene fra en brann som oftest være betraktelig verre, men ved f.eks. serverrom e.l. vil utløsning av sprinkler føre til samme, om ikke verre, skader. En annen svakhet vann har er evnen til å slukke visse væsker og fettbranner. Grunnen til dette er tettheten til vann. Blandes f.eks. olje og vann, vil oljen legge seg som et lag over vannet. Skulle oljen i dette tilfellet antennes og høye nok temperaturer oppnås vil vannet fordampe under oljen, som vil føre til at olje og brann blir slynget utover som følge av volumutvidelsen som oppstår når vann går fra væske til gassform. Røyklaget i rommet har også potensiale til å legge seg lavere når det blir avkjølt, slik at høyden på den røykfrie sonen i brannrommet blir lavere. Etersom sprinkleranlegg fungerer best når flammene er eksponert, vil anlegget ha begrensede egenskaper dersom brannen f.eks. er under en seng eller et annet sted hvor vannet ikke kommer til.

## Europeisk standard for tradisjonelle sprinkleranlegg NS-EN 12845

Standarden NS-EN 12845 omhandler sprinklersystem og spesifiserer de krav og anbefalinger som er gitt for dimensjonering, installasjon og vedlikehold av systemet. Det omfatter bl.a. vannforsyning for bygget, komponenter som systemet trenger, inndeling i fareklasse etc., hvorav sistnevnte er en klassifisering for bygningene og områdene som skal beskyttes. Hvilken klasse et bygg havner i avhenger av virksomheten, samt hvor høy brannbelastning og brennbarhet materialene som framstilles eller lagres der har. Fareklassene er: lav fareklasse (LH), ordinær fareklasse (OH) og høy fareklasse (HH). Både OH og HH er inndelt i undergrupper. OH er inndelt i OH1-4, mens HH er delt inn i HHP1-4 og HHS1-4. Dette gir totalt 13 grupper som et bygg kan havne i. Tillegg A i NS-EN 12845 inneholder tabeller som skal gi en veiledning til fareklassene. Et utdrag fra tabell A.2 er vist under i Figur 2.13

Virksomhet	Ordinær fareklasse			
	OH1	OH2	OH3	OH4
Diverse	Sykehus Hotell Bibliotek (unntatt bokhandel) Restaurant Skole (se 6.2.2) Kontor (se 6.2.2)	Laboratorium (fysisk) Vaskeri Parkeringsanlegg Museum	Kringkastingsstudio (lite) Jernbanestasjon (Teknisk) driftsrom Gårdsbygning	Kino og teater Konsertsal, Tobakksfabrikk Studio for film- og tv-produksjon

Figur 2.13 Fareklassifisering av forskjellige typer bygg [36].

## 3 Inergen til omsorgssenteret: Start til idriftsettelse

Dette kapitlet introduserer de prosessene som må gjennomføres for at et Inergen-slukkeanlegg kan prosjekteres og installeres på en ryddig og lovlig måte. Dette innebærer søknader, nødvendig dokumentasjon, rutiner for driftsfasen etc. Som nevnt i begrensninger, behandles bygget som om det bruker preaksepterte løsninger fra dagens standard.

### 3.1 Prosessen

For å få Inergen til omsorgssenteret kreves det en prosess som må gjennomgås på lovlig og ryddig måte for å unngå konsekvenser i etterkant. Det må derfor foreligge tilstrekkelig dokumentasjon som beviser at tilfredsstillende brannsikkerhet er oppnådd i bygget ved installasjon av Inergenanlegget.



Figur 3.1 Prosess fra start til slutt for installasjon av Inergenanlegg [38].

#### 3.1.1 Konseptnivå

I første omgang må det avklares hva som ønskes til omsorgssenteret. I dette tilfellet er det mest sannsynlig snakk om et heldekkende Inergenslukkeanlegg. En forhåndskonferanse hvor tiltakshaver, ansvarlig søker og kommunen deltar bør deretter ta sted. Her legger tiltakshaver og ansvarlig søker frem sine ønsker for omsorgssenteret, og kommunen avklarer hva som må foreligge av dokumentasjon for at søknad om tiltak skal innvilges.

Etter avklaring av hva som må foreligge blir en brannteknisk rådgiver (RIBr) engasjert av tiltakshaver. RIBr utarbeider den dokumentasjon som er nødvendig for å bevise at det valgte alternativet oppfyller samme funksjon som sprinkler, og gir likeverdig personsikkerhet og pålitelighet. Dette gjøres gjennom en komparativ analyse. RIBr utarbeider også en teknisk funksjonsbeskrivelse av anlegget som bl.a. inneholder hvor mye volum Inergenanlegget skal dekke, og hvordan anlegget kan inndeles i soner. Beskrivelsen legges ut som anbud på Doffin (kunngjøringsdatabase for offentlige tjenester) hvor leverandører av Inergen kan gi tilbud. RIBr hjelper tiltakshaver med å velge ut riktig leverandør for jobben. Det er antakeligvis mest hensiktsmessig å velge en totalleverandør som leverer detaljprosjektering, installasjon, opplæring av ansatte og brannvesen, kontroll og vedlikehold av anlegget. Tilbudet bør også inkludere en fullskalatest hvor én flaske Inergen utløses i egnet rom.

Etter at leverandør er valgt, må søknad om tiltak sendes inn. Denne bør inneholde nødvendig informasjon for at kommunen skal kunne gi tillatelse til gjennomføring av tiltaket. Dette avhenger at RIBr har påvist at alternativ løsning gir likeverdig brannsikkerhet som preakseptert, og at nødvendig dokumentasjon på dette foreligger i søknaden.

### 3.1.2 Detaljprosjektering

Ved godkjent søknad kan detaljprosjekteringen starte. Det redegjøres for hvilke løsninger som skal brukes for å tilfredstille de ytelser som er satt. Hvor det i dette tilfellet må detaljeres hvordan Inergenanlegget skal settes opp. Ettersom det er færre branningeniører i Norge som har detaljkunnskap om Inergengasslukkeanlegg, er det best at leverandøren utfører detaljprosjekteringen. Tiltakshaver har ansvar for å bestille uavhengig kontroll fra et annet foretak som skal kvalitetssjekke detaljprosjekteringen, og kontrollerklæringen skal foreligge senest ved installasjonsstart.

### 3.1.3 Installasjon

Ved ferdig detaljprosjektering, kan leverandøren utføre installasjon av anlegget i henhold til detaljprosjekteringen. Ved ferdigstilling bør det igjen utarbeides en kontrollerklæring av uavhengig foretak.

### 3.1.4 Driftsfase

Når anlegget er ferdig installert og byggefasen går over i driftsfasen, vil brann- og eksplosjonsvernloven bli gjeldende i stedet for plan- og bygningsloven.

I denne fasen er det viktig at personalet ved Fredheim omsorgssenter får nødvendig opplæring for et gasslukkeanlegg. Rutiner for drift og vedlikehold av anlegget må opprettes av omsorgssenteret i samsvar med leverandøren. Internkontrollen må utvides til å inneholde jevnlig sjekk av Inergenanlegget og det må opprettes rutiner for rapportering av anleggets feil og mangler.

## 3.2 Gjeldende standarder og forskrifter

Ifølge paragraf §11-12, ledd C i VTEK 17 [39] kan det der det er krav om automatisk brannslukkeanlegg benyttes andre tiltak som gir tilsvarende sikkerhet ved å hindre, begrense eller kontrollere en brann lokalt der den oppstår. Dette betyr at et alternativ til sprinkleranlegg kan benyttes dersom det foreligger dokumentasjon på at valgt løsning minst har tilsvarende sikkerhet, funksjon og pålitelighet som et automatisk sprinkleranlegg.

Det vil derfor være nødvendig å legge frem hvilken funksjon, pålitelighet og beskyttelse et sprinkleranlegg gir for omsorgssenteret. Slik kan det dokumenteres at det valgte alternativet, Inergenanlegg, har samme funksjon og gir likeverdig beskyttelse og pålitelighet.

Dokumentasjon i form av standarder, forskrifter og veiledninger som må legges til grunn ved installasjon av et Inergenanlegg er følgende:

- TEK 17 - Byggeteknisk forskrift, 2017
- VTEK 17 - Veiledning til byggeteknisk forskrift, 2017
- NS-EN 15004-1:2008 - Faste brannslukkesystemer - Gass-slukkesystemer - Del 1: planlegging, installasjon og vedlikehold.
- NS-EN 15004-10:2017 - Faste brannslukkesystemer - Gass-slukkesystemer - Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-slukkesystemer for IG-541-slukkemiddel
- NS 3960:2019 - Brannalarmanlegg - Prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold

- NFPA - 2001 - Standard on clean agent fire extinguishing systems
- NS-EN 12094:2003 - Faste brannslukkesystemer- komponenter til gass-slukkesystemer

### 3.2.1 TEK17 og SAK 10

De krav som er stilt til dokumentasjon kommer frem fra SAK 10, kap 5 og 10, samt TEK17, kapittel 2, 3 og 4, med tilhørende veiledning.

#### **TEK 17 kapittel 2 Dokumentasjon for oppfyllelse av krav**

§ 2-1 Dokumentasjon for oppfyllelse av krav. Generelt

Fra innledning til kapittel 2 [40]:

*«Dokumentasjonen i et byggeprosjekt (tiltak) omfatter skriftlig eller digitalt materiale som tegninger, beskrivelser, analyser, beregninger, protokoller, sjekklister, fotografier osv. Denne dokumentasjonen må samlet sett bevise at kravene i forskriften er oppfylt.*

*Paragraf 2-1 gir generelle krav til dokumentasjon. Paragrafene 2-2 til 2-4 stiller krav til dokumentasjon av*

- *konsept (hovedutforming) – dokumentasjon for oppfyllelse av funksjonskrav og underlag som er tilstrekkelig for detaljprosjekteringen*
- *detaljprosjektering – dokumentasjon for oppfyllelse av ytelse og produksjonsunderlag som er tilstrekkelig for utførelsen*
- *utførelse - dokumentasjon for at utførte løsninger er i samsvar med produksjonsunderlaget»*

#### **TEK17 kapittel 3 Dokumentasjon av produkter**

§ 3-1. Dokumentasjon av produkter til byggverk [41]

Ledd 1 i paragrafen viser til at dokumentasjon av produkter kommer frem fra “Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) “.

Ledd 2 stiller krav til at før produkter bygges inn i byggverk skal det dokumenteres at produktene har de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket skal tilfredsstillere kravene i forskriften.

#### **TEK17 kapittel 4 Dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold (FDV)**

Fra innledning til kapittel 4 [42]:

*«Dette kapitlet omfatter bestemmelser om dokumentasjon som grunnlag for forvaltning, drift og vedlikehold av byggverket (FDV-dokumentasjon). Når et byggverk tas i bruk skal det foreligge FDV-dokumentasjon som gir tilstrekkelig informasjon for å kunne drifte byggverket med tekniske installasjoner optimalt. Slik dokumentasjon vil også være nødvendig for å kunne gjøre tilpasninger på grunn av ombygginger og endringer i bruken som kan oppstå over tid.»*

#### **SAK 10 kapittel 5**

§5-5. Dokumentasjon som skal foreligge i tiltaket

Fra paragrafen kommer følgende frem [43]:

«Dokumentasjon som viser oppfyllelse av krav gitt i eller med hjemmel i plan- og bygningsloven skal foreligge i tiltaket og være kjent for den ansvarlige i den grad de er relevante for foretakets oppgaver. Dokumentasjonen skal være tilgjengelig ved tilsyn. Dokumentasjon skal være på norsk eller et annet skandinavisk språk. Dette gjelder blant annet:

- Tillatelsen
- Tegningsmateriale og annet produksjonsunderlag
- Samsvarserklæringer og kontrollerklæringer
- Dokumentasjon for driftsfasen
- Dokumentasjon for oppfyllelsen av byggt teknisk forskrift kapittel 2 og § 3-1 tredje ledd
- Dokumentasjon for oppfyllelse av kvalifikasjonskrav som følger av kapittel 9 til 11»

### SAK10 kapittel 10

§ 10-2. Dokumentasjon for oppfyllelse av kvalitetssikringsrutiner

I innledningen til paragrafen står det [44]:

*«I erklæring om ansvarsrett skal foretaket bekrefte at det har tilstrekkelig kvalitetssikring i tiltaket. Ved søknad om sentral godkjenning skal det dokumenteres at krav til kvalitetssikringsrutiner er oppfylt.»*

### 3.3 Søknader

Fra kapittel 21 i plan og bygningsloven (PBL) kommer følgende informasjon angående søknad frem fra paragraf 21-1 og 21-2 [45]:

«§ 21-1. Forhåndskonferanse:

*For nærmere avklaring av rammer og innhold i tiltaket kan det holdes forhåndskonferanse mellom tiltakshaver, kommunen og andre berørte fagmyndigheter. Andre berørte kan også innkalles. Forhåndskonferanse kan kreves av tiltakshaver eller plan- og bygningsmyndighetene.*

§ 21-2. Søknad om tillatelse

*Første ledd: Søknad om tillatelse skal være skriftlig og undertegnet av tiltakshaver og søker. Søknaden skal gi de opplysninger som er nødvendige for at kommunen skal kunne gi tillatelse til tiltaket. Det skal framgå av søknaden om det søkes om dispensasjon, jf. kapittel 19.*

*Tredje ledd: Søknaden skal i tillegg gi de opplysninger som er nødvendige for at kommunen skal kunne avgjøre om tiltaket skal underlegges uavhengig kontroll etter § 24-1.»*

### 3.4 Leverandørmarkedet i Norge

I skrivende stund finnes det i Norge minimum 4 leverandører for sprinkleranleggskomponenter og minimum 4 leverandører for Inergenanleggskomponenter. I kontrast til dette er det trolig flere rådgivere innenfor bransjen som kan sprinkler i forhold til Inergen. Det kan her ses på bruksområdene til de to anleggene. Sprinkler som er den mest anerkjente formen for slukkeanlegg, er preakseptert i TEK17 og tas i bruk i de fleste bygg plassert i RKL 4 (med heis) og 6 [39], hvor det er krav om automatisk slukkeanlegg. I

motsetning brukes Inergen i et mer begrenset omfang, ofte i tilfeller hvor det skal unngås at slukkemiddelet medfører skade på inventar i serverrom, museer, osv. Med større bruksområde for sprinkler, er det mulig at det er en bredere kompetanse for sprinklersystem. Det er derfor viktig å få en oversikt over leverandørmarkedet slik det er i Norge.

### 3.4.1 Leverandører for Inergen i Norge

Bedrift	Leverer Inergen	Leverer sprinkler	Installasjon	Vedlikehold
FireEater	X		X	X
FireSafe	X		X	X
Nortronik	X		X	X
Midtnorsk Brannsikring	X		X	X
Sprinklertech		X	X	X
Sprinklerpartner		X	X	X
Norsk Sprinklerteknikk		X	X	X
Kruge AS		X	X	X

Tabell 3.1 Leverandører for Inergen i Norge.

Det er i Tabell 3.1 en oversikt over de bedrifter som leverer, installerer og tilbyr vedlikehold av anlegget.

Med flere alternativer til valg av leverandør for Inergen er det rom for konkurranse som kan gi gunstige priser. Valg av utenlandske aktører er også en mulighet, som følgelig øker antall alternativer. Spesielt aktuelt er Danmark hvor Fire Eater har sitt hovedkontor.

## 3.5 Bransjens mening om Inergen som alternativ til sprinkler

I forbindelse med denne rapporten ble det sendt ut et skriv med spørsmål angående Inergen som alternativ til sprinkler. Dette ble gjort i håp om å få en oversikt og innsyn i hvordan bransjens oppfattelse var rundt dette temaet. Skrivet, fra **Vedlegg 2**, ble sendt ut til diverse personer innenfor både sprinkler og Inergen. Ut fra svarene mottatt, ble det fort tydelig at det hersket stor uenighet om bruken av Inergen til personssikring var egnet som alternativ til sprinkler. Noen var behjelpelige og viste stor entusiasme rundt prosjektet, mens andre var negative og mente at det nærmest var bortkastet tid. Derimot kom det frem noen gode argumenter og forslag til hva som kunne utføres i forsøkene.

Fra et av svarene fremkom det et brev skrevet av SP Fire Research AS (**Vedlegg 3**) på vegne av flere firma til DiBK. Brevet omhandler bruken av gasslukkeanlegg i bemannede rom (boliger og overnattingssteder). I brevet uttrykkes det bekymring for at bruken av Inertgassanlegg til boliger og overnattingssteder kan føre til usikre løsninger, både med



hensyn til brannbeskyttelse av bygninger og konstruksjoner, og til beskyttelse av liv og helse. Manglende dokumentasjon på totalløsning med slik gass tas også opp som en bekymring, hvor manglende dokumentasjon på følgende spesifiseres:

*“Forhold vedrørende deteksjon, styring av utløsning, sikkerhet mot variasjon i konsentrasjon både ved overfylling og underfylling av rom, varigheten av fyllingsgraden på grunn av naturlig og styrt ventilasjon, effekten av inertgass i utette rom, lyd- og trykkbølger ved rask ifylling og reaksjoner på dette fra mennesker med ulik bakgrunn og forutsetning til å forstå hva dette systemet medfører. “ (Vedlegg 3)*

SP Fire Research har i ettertid sendt ut en kunngjøring (**Vedlegg 4**) hvor de tar avstand fra misbruk av nevnt brev. De fremhever at det tolkes på en annen måte enn det som var intensjonen, hvor de presiserer at det ikke er grunn til å tro at opphold i Inergen er helsefarlig, i de konsentrasjoner det er testet ved. Brevet avsluttes:

*“Vi håper at det brevet vi sendte vil føre til en konstruktiv oppklaring av regelverk og veiledninger, slik at anvendelsen av inertgasser i bebodde hus og anlegg og i anvendelser som ikke har vært vanlig hittil, kan bli basert på fakta og ikke på ubegrunnede rykter og påstander.” (Vedlegg 4)*

## 4 Forsøk

I forbindelse med hvordan personsikkerheten i startbrannrommet ivaretas av de to automatiske slukkeanleggene, sprinkleranlegg og Inergenslukkeanlegg, ble det gjort diverse forsøk for begge anlegg. Disse forsøkene ble utført i Hall of Flame, ved ResQ sitt anlegg i Haugesund. Nødvendig utstyr ble anskaffet av HVL og ekstern veileder. Forsøkene fokuserer på tiden fra brann starter til en eventuell utløsning av slukkeanleggene, samt hvordan tilstanden i rommet er frem til brannen er slukket eller under kontroll. Det ble utført forsøk for scenarioene presentert i Tabell 4.1.

Scenario 1	Brannstart i stol med person
Scenario 2	Brannstart i seng, puter og gardiner tar fyr, dør er åpen

Tabell 4.1 Scenario oversikt.

Scenario 1 ble valgt av den grunn at det i 2018 oppsto en brann i et omsorgssenter [46]. (Se **Vedlegg 5**). Brannen skal ha startet i en stol hvor det satt en person. Senterets installerte sprinklersystem utløste og kontrollerte brannen, men det oppsto stor røykutvikling. Dette førte til at de ansatte ved senteret ikke hadde mulighet til å gå inn for å hente ut personen i brannrommet. Brannmennene som senere ankom senteret fikk hentet ut pasienten, som fremdeles var i live, men vedkommende omkom senere på sykehuset av røykskadene påført under brannen. Det vil som følge av dette tilfellet bli sett på hvordan tilstandene i rommet er ved utløsning av et Inergenanlegg i motsetning til et sprinkleranlegg, og om Inergen er bedre egnet til personsikring.

Scenario 2 ble designet for å få frem eventuelle svakheter til et Inergengasslukkeanlegg. Dette er anlegget under etterretning, og det må derfor kunne bevises at det vil gi likeverdig eller bedre brannsikkerhet enn et sprinkleranlegg; selv ved et *worst case* scenario.

Med hensyn til dette ble døren satt åpen under forsøket, noe som kan føre til et høyere lekkasjetall og minsket holdetid for Inergengassen. I tillegg ble det tilført mer brennbart materiale, som puter og gardiner, for å se på risikoen for reantening samt slukkeevne ved større brann.

Hypotesen for forsøkene var følgende:

For scenario 1 var det begrenset med brennbart materiale og dermed grunn til å tro at sprinkler ikke ville aktivere, eventuelt aktivere sent. Dette ville resultert i uakseptabel røykutvikling, med hensyn til akseptkriteriet for sikt i rom. Det kunne i motsetning tenkes at Inergen ville aktivere tidlig og slukke brannen med resultat i sikt innenfor akseptkriteriet.

For scenario 2 hvor det var mer brennbart materiale, var teorien at sprinkler ville klare seg bedre med hensyn til at Inergen ville slite med det antageligvis høye lekkasjetallet.

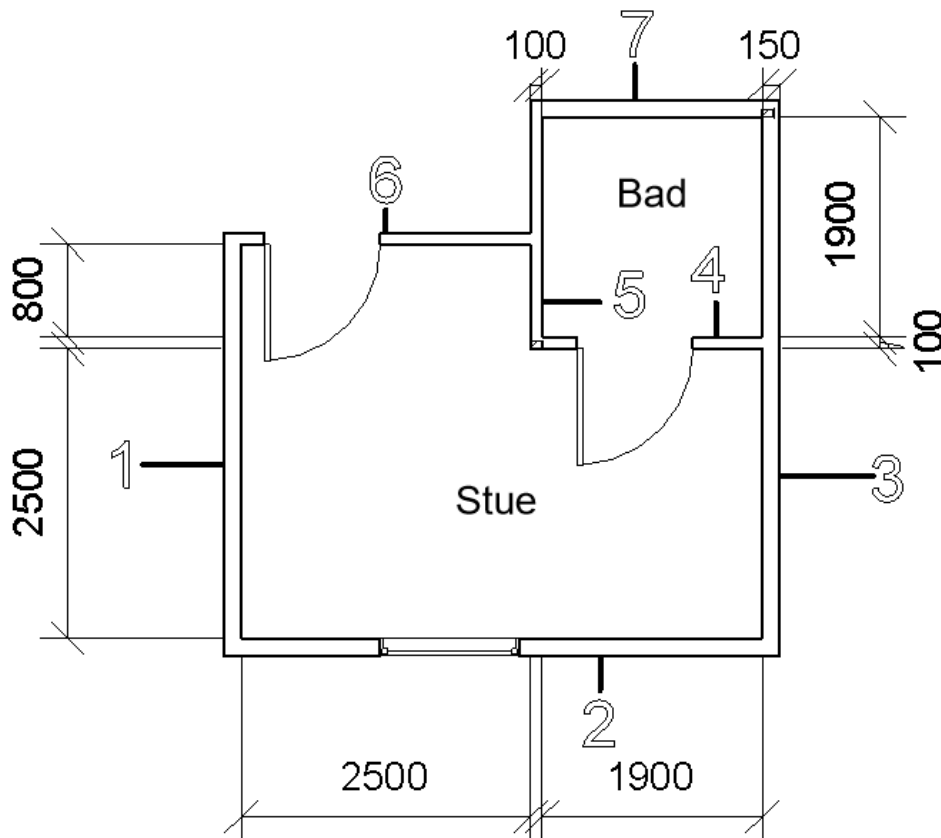
## 4.1 Utstysrliste

- Brannrom bestående av trevegger (C24-stendere) kledd med ubrennbart materiale (gips)
- Biltema røykvarsler
- Inventar: Sofa, lenestol, stuebord, diverse puter, gardiner i polyester, eldre gardiner, lamper, duker, aviser, madrass og overmadrass, bomullsdyne
- Dukker: bulldog workwear blå kjeledress, Papa Lou treningsbukse 100% polyester og overdel i 65% polyester og 35% bomull, GLAVA PROFF 34 isolasjonsrull, t-skjorte i bomull
- Vitaulic Firelock V27 modell V2707/2708 hengende sprinklerhoder (K=80)
- 80 liters gassflasker fylt med Inergen under trykk på 300 bar
- *Constant flow* ventil
- Fire Eater FSN støy- og turbulensreducerende dyse
- Fem Kitvision ESCAPE HD5 actionkameraer med stativ
- Diverse belysning
- Måleinstrumenter: Dräger Pac 6x00 CO-måler, RIKEN KEIKI OX-03 O<sub>2</sub>-måler, NORSONIC Type 102 støymåler, Extech Instruments RH390 luftfuktighetsmåler, termoelementer, HAWKEYE HF LASER DETECTOR, Pentronic PHTFM (Plate thermocouple for measuring heat flux) fluksmåler
- Biltema ventilasjonsvifte, dimensjon: Ø100

## 4.2 Metode

For å utføre forsøkene var det behov for å bygge et forsøksrom som var mest mulig likt pasientrommene på Fredheim omsorgssenter. Rommet ble bygd som vist i Figur 4.1. Viktig å merke seg her, er at rommet er mindre enn pasientrommene på Fredheim. Grunnen for dette vil forklares nærmere i kapittel 4.3 «feilkilder og begrensninger». Det er ellers satt opp riktig, med plassering av bad, dører, vinduer og høyde på tak. Rommet har et areal på 16,9 m<sup>2</sup> og et volum på 40,5 m<sup>3</sup>. Én flaske fyller opptil 43 m<sup>3</sup> (se **Vedlegg 6**).

### 4.2.1 Forsøksrommet



Figur 4.1 Plantegning forsøksrom

#### Vegger

Oppsett av veggene i forsøksrommet vises i Tabell 4.2.

	Beskrivelse
Vegg 1, yttervegg	To stk. 2,4•2,4 m vegger bestående av stendere, skråbånd og gipsplater.
Vegg 2, yttervegg	To stk. 2,4•2,4 m vegger bestående av stendere, skråbånd, gipsplater og vindu i 90 cm høyde. .
Vegg 3, yttervegg	To stk. 2,4•2,4 m vegger bestående av stendere, skråbånd og gipsplater.

Vegg 4, indrevegg	En 2 m lang og 2,4 m høy vegg, bestående av stendere, skråbånd og gipsplate. (Dør ble ikke installert, men et representativt hull ble laget for å illustrere en åpen dør.)
Vegg 5, indrevegg	En 2 m lang og 2,4 m høy vegg, bestående av stendere, skråbånd og gipsplate.
Vegg 6, indrevegg	En 2,5 m lang og 2,4 m høy vegg, bestående av stendere, skråbånd og gipsplate.
Vegg 7, yttervegg	Består av to 2,4•2,4 m vegger bestående av stendere, skråbånd og gipsplater.

Tabell 4.2 Veggoppsett forsøksrom

For å tette hull dannet av ujevnheter, ble det brukt GLAVA isolasjonsrull og fugemasse.

### Tak

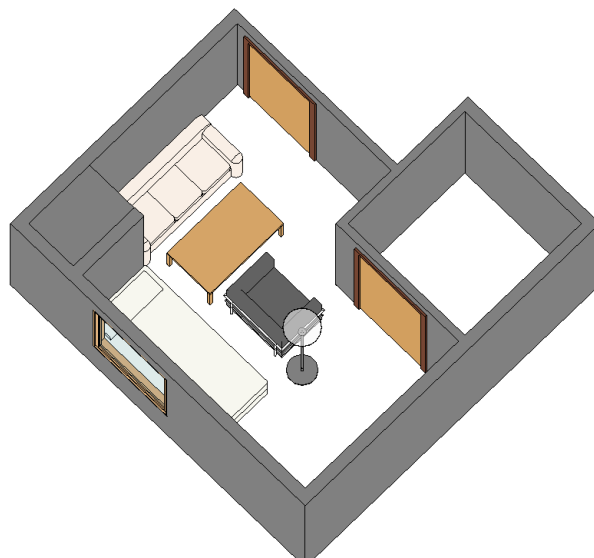


Figur 4.2 Bilder av tak

Taket består av fire sammensatte vegger av ti stendere og to sviller hver (se bilde), totalt 4,8•4,8 m. Taket henger etter kjettinger festet på to stålbjelker som er hengt opp med to taljer hver, og taket kan senkes og heves manuelt.

### Inventar

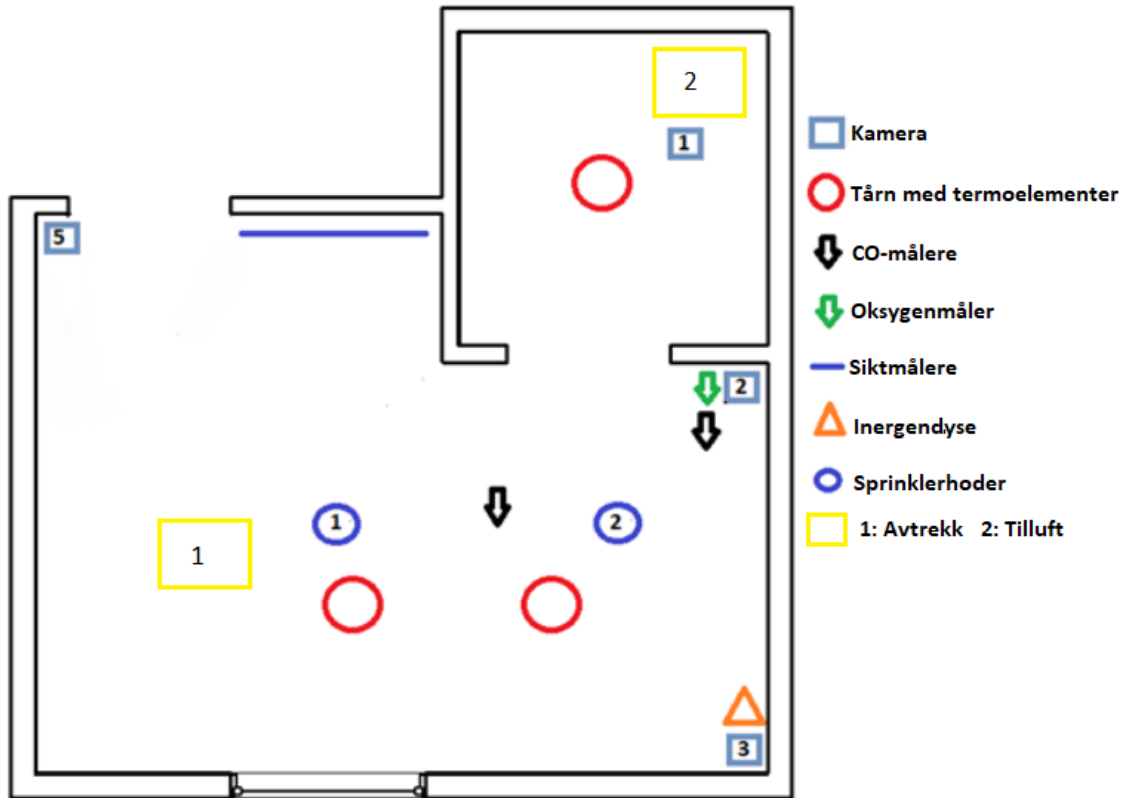
Forsøksrommet ble møblert som et omsørgsrom; med seng, stol, sofa, puter, bord og lampe som vist i Figur 4.3.



Figur 4.3 Inventar forsøksrom

### 4.2.2 Måleutstyr

For å dokumentere forsøkene ble det plassert ut fem kameraer, nummerert fra 1-5. Måleutstyr anvendes for å sammenligne forsøkene forhold, samt for å overvåke om noen verdier er utenfor akseptkriteriene presentert i kapittel 2.2. Plassering av både kameraer og måleutstyr vises i Figur 4.4.



Figur 4.4 Plassering av måleutstyr

For å hente ut nødvendig data fra forsøkene ble det anvendt følgende måleutstyr:

- 32 termoelementer plassert som følger:
  - 26 stk. fordelt i 3 tårn i høyder mellom 55-230 cm
  - 1 ved hvert sprinklerhode
  - 4 stk. ved brannstartområde i de forskjellige forsøkene
- 1 oksygenmåler hengt opp i ståltråd foran kamera 2, ca. 50 cm høyde
- 2 CO-målere plassert som følger:
  - 1 i lampen, ca. 150 cm høyde
  - 1 opphengt i ståltråd foran kamera 2, ca. 50 cm høyde
- 3 siktmålere plassert på vegg 6 i hhv. 75 cm, 125 cm og 175 cm høyde
- Stang med fluksmåler i ca. 130 cm høyde
- 1 støymåler (brukt i kun et forsøk)

### Temperatur

Termoelementenes plassering ble valgt for å dekke følgende:

- I tårnene: for å få oversikt over temperaturen ved forskjellige høyder
- Ved sprinklerhodene: for å få temperaturmåling i røyklaget og ved utløsning av sprinkler
- Ved brannstartområde: for å måle brannens temperatur i forskjellige avstander

## O<sub>2</sub>

Oksygenmåleren leses av manuelt hvert femte sekund, og resultater skrives inn i Excel.

## CO

Data fra CO-måleren blir hentet ut via dataprogrammet “*Dräger Gas Vision*”.

## Sikt

Siktmålerne fungerer ved å sende ut en spenning i form av en laser fra et punkt til en mottaker, og avstanden mellom sender til mottaker er 1 m. Spenningen måles i volt. Spenningen mottatt av mottakeren avhenger av hvor stor andel av laserstrålen som kommer frem. Dersom det er gass i banen til laseren vil den blokkere noe av spenningen og mottakeren vil ikke motta hele ladningen. Det vil dermed være mulig å se på hvor mye volt som sendes ut i forhold til hva som mottas, noe som igjen gir en indikasjon på hvordan sikten er i rommet. Resultatene relateres med usikkerhet til tabell 11.3 og figur 11.4 fra boken “*An introduction to fire dynamics*.” [47]

## Stråling

Stang med fluksmåler ble plassert foran dukken i scenario 1, og foran sengen i scenario 2. Fluksmåleren måler en temperatur som kan konverteres til varmekraft ved hjelp av Ulf Wickströms regneprogram, (Vedlegg 8).

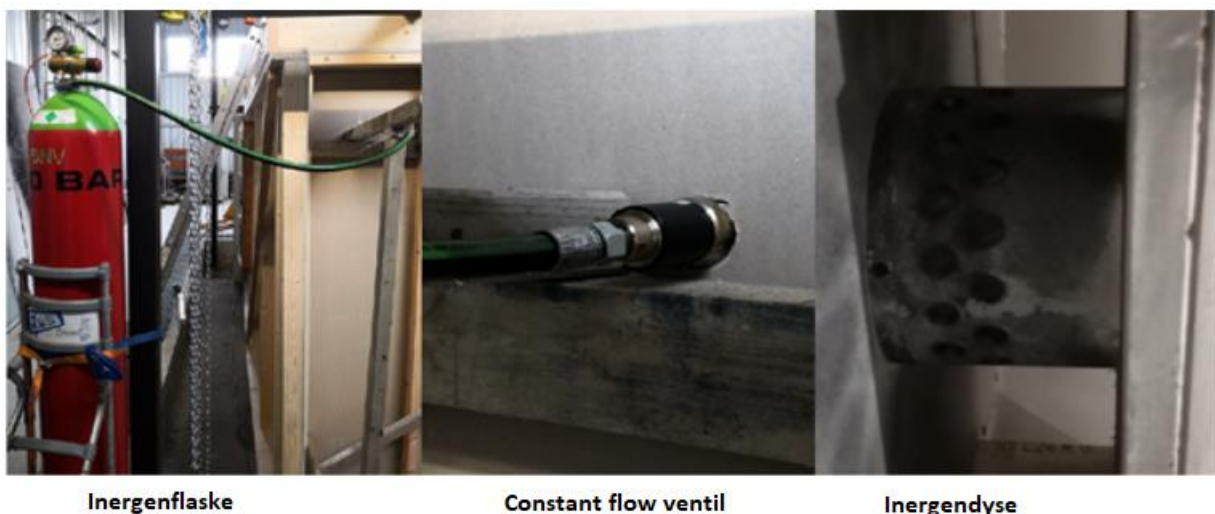
## Støy

Støymåleren sto på bordet under holdetidstest 2. Den hadde som hensikt å måle støy ved injisering av Inergen.

### 4.2.3 Oppsett for forsøkene

#### Oppsett for Inergen

Inergendysen ble plassert som vist i Figur 4.5. Den er plassert 25 cm fra taket og ble for estetikken sin skyld dekket av en boks med åpninger i bunn og topp.



Figur 4.5 Oppsett av Inergenlegget

Fra ventilen på Inergenflasken går det en slange frem til en *constant flow* ventil, som videre kobles til Inergendysen inni forsøksrommet. Ved injisering av Inergen ble den røde knappen på flaskeventilen trykket inn 30 sekunder etter utløst røykvarsler. Etter 2 minutter er ca. 90% av Inergengassen sluppet ut i rommet.

### Oppsett for sprinkler

Sprinklerhodene er 2 m fra hverandre og plassert som vist i Figur 4.4, med følgende mål:

- Sprinklerhode 1:
  - 1,6 m fra vegg 1
  - 1,3 m fra vegg 2
  - 2,1 m fra vegg 6
  - Dekningsareal: 8,84 m<sup>2</sup>
- Sprinklerhode 2:
  - 1,3 m fra vegg 2
  - 0,9 m fra vegg 3
  - 1,2 m fra vegg 4
  - Dekningsareal: 4,75 m<sup>2</sup>

### Holdetidstest

To holdetidstester ble utført for å sjekke om holdetidskravet på 10 minutter ble opprettholdt for forsøksrommet:

- Holdetidstest 1
  - 40,5 m<sup>3</sup> romvolum
  - O<sub>2</sub>-måler ble plassert på vegg 1 i en høyde på ca. 1,20 m
  - Flaske oppbevart i rundt 21 °C i ca. 7 timer
- Holdetidstest 2
  - 46 m<sup>3</sup> romvolum (Forskjellen fra test 1 skyldes forskjellig takhøyde)
  - O<sub>2</sub>-måler ble plassert på vegg 2 i en høyde på ca. 0,95 m
  - Flaske oppbevart i rundt 6-7 °C over flere dager

Testene ble utført med kun injisering av Inergen. O<sub>2</sub>-konsentrasjonen ble skrevet ned hvert femte sekund fra Inergen ble utløst i rommet. Målet var å få en indikasjon på om rommet var tett nok. Ettersom resultatene ble notert for hånd, kan de avvike fra de faktiske tilstandene.

Ved holdetidstest 2, utført tidligere av en annen bachelorgruppe, ble det observert kondensasjon når Inergengassen ble injisert. På bakgrunn av dette utførte denne bachelorgruppen en ny holdetidstest, holdetidstest 1, hvor flasken ble forsøkt varmet opp.

### Scenario 1

I scenario 1 simuleres en brann på person i stol. Dette settes opp følgende:

1. Dukke (bestående av klær fylt med glava) plasseres i lenestol
2. Stearinlys plasseres på venstre armlene
3. Snor festes rundt stearinlyset og legges i bane rundt dukke og ut vinduet
4. Stearinlys antennes
5. Snor trekkes i, stearinlys velter ned i fanget, dukken antenner





Figur 4.6 Oppsett for scenario 1.

#### Romforhold for forsøk 1 (person, Inergen)

Starttemperatur i rommet	6,8 °C
Luftfuktighet	92%
Dørstatus under forsøket	Lukket
Kapasitet (utskiftninger per time)	3,4 inn, 3,48 ut (Gir lett undertrykk)
Tilluft	Skrus av 5 sek etter branndeteksjon
Slukkeanlegg	Utløses 30 sek etter branndeteksjon
Avtrekk	Skrus av 120 sek etter branndeteksjon

Tabell 4.3 Romforhold forsøk 1.

#### Romforhold for forsøk 2 (person, sprinkler)

Starttemperatur i rommet	8,8 °C
Luftfuktighet	89,5%
Dørstatus under forsøket	Lukket
Ventilasjonskapasitet (utskiftninger per time)	3,4 inn, 3,48 ut (Gir lett undertrykk)
Tilluft	På
Slukkeanlegg	Utløses når bulben når 68 °C og sprekker
Avtrekk	På

Tabell 4.4 Romforhold forsøk 2.

## Scenario 2

I scenario 2 simuleres det brann i seng. Dette settes opp på følgende:

1. På sengen plasseres overmadrass, puter og dyne som vist i Figur 4.7
2. To gardiner henges opp i vinduet
3. Ytre gardin legges over putene, mens indre gardin legges under
4. En avis krølles sammen og plasseres delvis på gardinen og delvis under dynen
5. Et stearinlys plasseres slik at den antenner avisen når den velter
6. Snor festes til stearinlyset og legges mellom putene og ut vinduet
7. Snor trekkes i, stearinlys velter, avis antenner



Figur 4.7 Oppsett for scenario 2.

Under forsøk med Inergen i scenario 2 oppsto det en mindre brann enn forventet og avtrekket ble ikke skrudd av som planlagt. Utløsning av Inergen anlegget ble derfor utsatt i håp om at brannen skulle vokse, men dette skjedde ikke. Som følger ble det vurdert at et nytt forsøk med Inergen skulle utføres. Begge Inergenforsøkene vil tas med videre i vurderingen i resultater og diskusjon.

### Romforhold for forsøk 3 (seng, Inergen 1, sen utløsning)

Starttemperatur i rommet	7,7 °C
Luftfuktighet	92%
Dørstatus under forsøket	Lukket
Ventilasjonskapasitet (utskiftninger per time)	3,4 inn, 3,48 ut (Gir lett undertrykk)
Tilluft	Av 5 sek etter branndeteksjon
Slukkeanlegg	Utløses 95 sek etter branndeteksjon
Avtrekk	På

Tabell 4.5 Romforhold forsøk 3.

**Romforhold for forsøk 4 (seng, Inergen)**

Starttemperatur i rommet	8,6 °C
Luftfuktighet	84,6%
Dørstatus under forsøket	Åpen
Ventilasjonskapasitet (utskiftninger per time)	3,4 inn, 3,48 ut (Gir lett undertrykk)
Tilluft	Skrus av 5 sek etter branndeteksjon
Slukkeanlegg	Utløses 30 sek etter branndeteksjon
Avtrekk	Skrus av 120 sek etter branndeteksjon

*Tabell 4.6 Romforhold forsøk 4.*
**Romforhold for forsøk 5 (seng, sprinkler)**

Starttemperatur i rommet	10,4 °C
Luftfuktighet	89,2%
Dørstatus under forsøket	Lukket
Ventilasjonskapasitet (utskiftninger per time)	3,4 inn, 3,48 ut (Gir lett undertrykk)
Tilluft	På
Slukkeanlegg	Utløses når bulben når 68 °C og sprekker
Avtrekk	På

*Tabell 4.7 Romforhold forsøk 5.*

### 4.3 Feilkilder og begrensninger

Dette ble ikke foretatt CO<sub>2</sub>-målinger grunnet manglende måleutstyr.

Forholdene i hallen hvor forsøkene ble utført avviker fra forholdene ved Fredheim omsorgssenter på flere punkter. Temperaturen i forsøksrommet lå mellom 6-11 °C, som skiller seg fra temperaturen på rundt 21 °C i omsøksrommene ved Fredheim omsorgssenter. Luftfuktigheten var også høy og varierte mellom 84-92%.

Følgene dette får for forsøkene er bl.a. kondens som oppsto når fuktigheten i luften frøs som følge av injisering av den kalde Inergengassen. Sikten ble dårlig som følger av dette. Som et tiltak mot dette ble Inergenflaskene, som hadde stått i kalde forhold over lengre tid, flyttet inn i et oppvarmet rom i ca. 24 timer før forsøkene ble utført. Ettersom det fremdeles oppsto kondens kan det stilles spørsmål om flaskene ble varmet opp nok til å representere temperaturen som flaskene normalt sett har, eller om den høye luftfuktigheten har mye mer betydning for mengde kondensering.

Forholdene i forsøksrommene ikke like fra forsøk til forsøk. Som nevnt var luftfuktigheten under forsøkene 84-92%, som ligger over ideell luftfuktighet. I vintermånedene skal luftfuktigheten være mellom 20-40%. Det er mulig at varierende temperatur og luftfuktighet har gitt utslag på resultatene, men hvor signifikant utslag, er usikkert.

Det er usikkerhet knyttet til siktreelasjonen ettersom figuren og tabellen i “*An introduction to fire dynamics*” [47] egentlig er ment for *scattered light sources*.

Gulvet i hallen var ujevnt grunnet et fall mot midten av rommet for drenering av vann. Dette førte til at vegger sto ujevnt i forhold til hverandre, som videre førte til at gliper og hull oppsto i veggene. Disse ble tettet med glava og fugemasse til en viss grad, men ikke alle hull var lette å oppdage. Dette kan ha gitt følger for lekkasjetallet og dermed holdetiden for Inergengassen.

Oksygenkonsentrasjonen ble manuelt avlest hvert 5 sekund. Resultatene fra holdetidforsøkene vil som følger ha mindre nøyaktighet med hensyn til tid og utførte målinger.

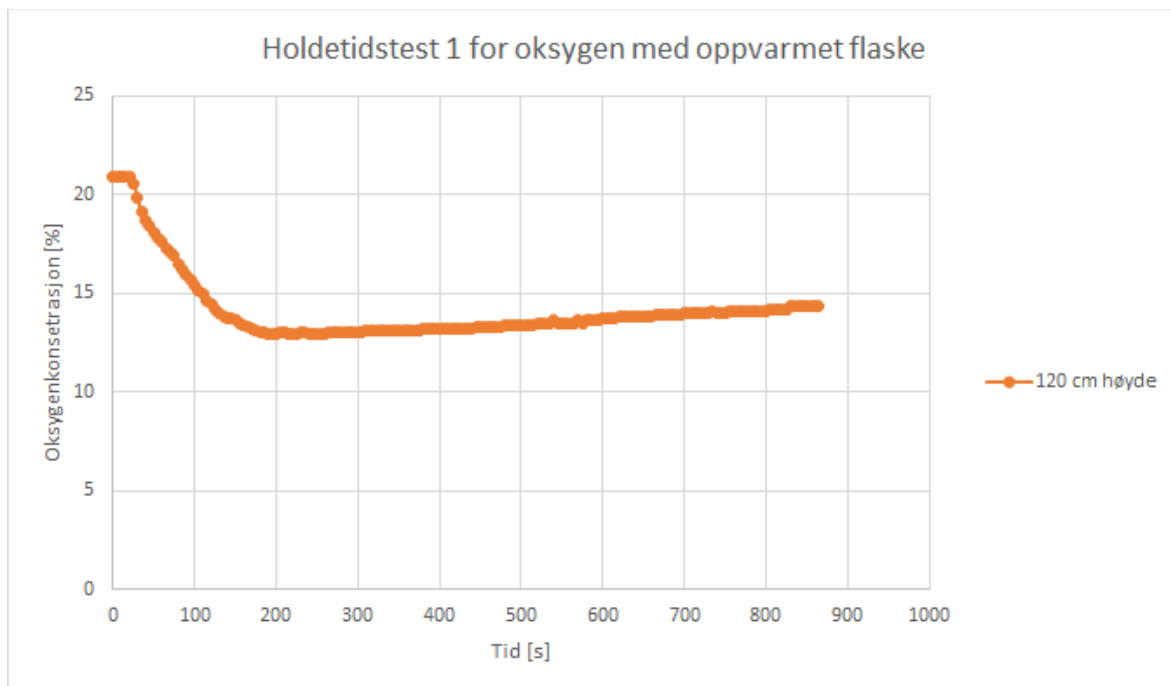
Oksygenkonsentrasjonen fra forsøkene skulle bli lest av ved å se på videoopptak fra kamera 2, men det var for vanskelig, spesielt når sikten i rommet ble verre. Det har derfor ikke blitt gjort.

Under scenario 2 ble termoelementene som skulle måle temperaturen i brannen, plassert forskjellig fra sprinkler og Inergen. I forsøkene med Inergen, var det lite utslag fra termoelementene grunnet plassering for langt ifra brannen. Plasseringen ble derfor endret i forsøket med sprinkler, slik at temperaturen kunne måles. Resultatene fra flammetemperatur for scenario 2, Inergen (95 sek utløsning) og Inergen (30 sek utløsning) med er derfor utelatt i kapittel 4.3, men finnes i **Vedlegg 7**.

For å få en oversikt over når brannen ble slukket i de forskjellige forsøkene ble kameraenes videoopptak anvendt. Grunnet mye røyk som ga dårlig sikt, var det vanskelig å fastslå et eksakt tidspunkt. Det ble derfor skrevet ned tidspunkt for når siste tegn til flamme ble observert, og ut ifra det sjekket opp mot temperatur målt av termoelementene. Tidspunkt for når brannen slukket er derfor kun en estimering og ikke et eksakt tidspunkt.

## 4.4 Resultater

### 4.4.1 Holdetidstest

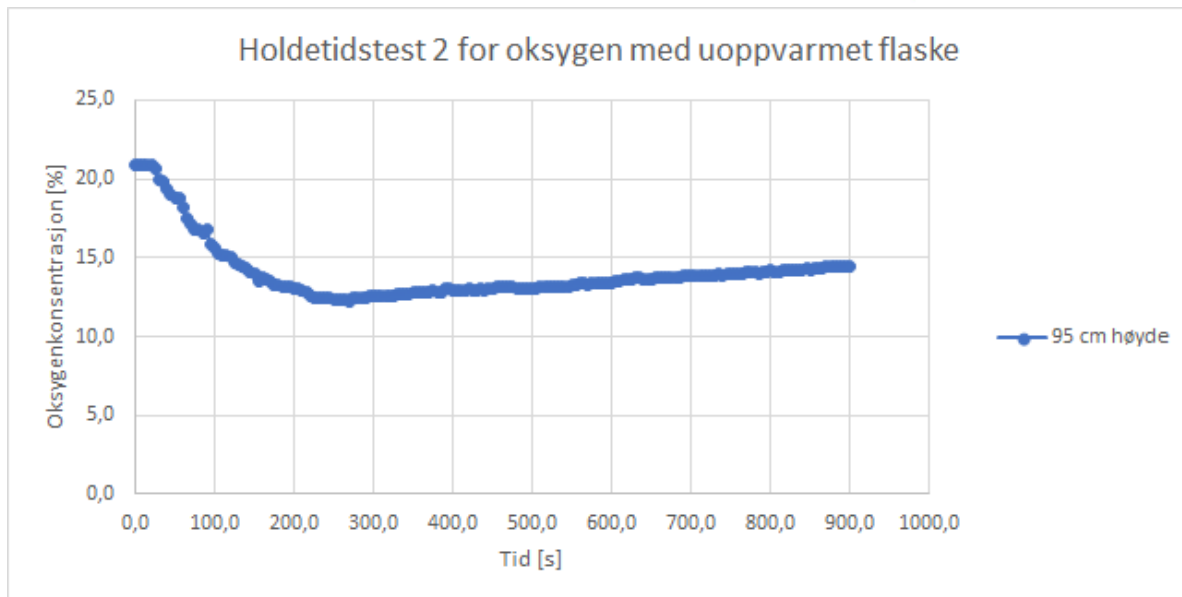


Figur 4.8 Holdetidstest 1 for oksygen med oppvarmet flaske.

Ved start var oksygenkonsentrasjonen i rommet 20,9%. Verdier for oksygen ble skrevet ned hvert 5. sekund i opptil 17 min. Minste oksygenkonsentrasjon ble målt til 12,9% ved vegg 1. Målt maksverdi mellom 12-15 min etter utløsning av Inergen, lå rundt 14,3% ved vegg 1.

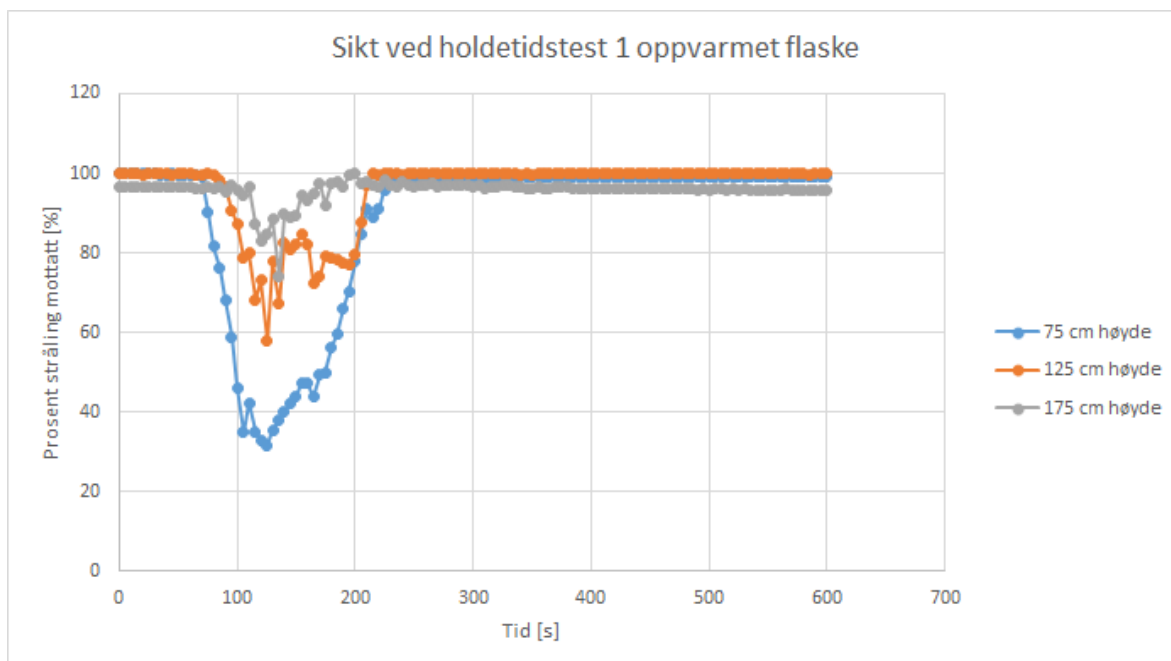
Ettersom kravet for innsatstid er 10 min, er det også interessant å se på hva verdien for oksygenkonsentrasjon ligger på her. Den ble målt til 13,7% ved vegg 1. Krav om holdetiden over 10 min for slukkegassen ble opprettholdt ettersom oksygenkonsentrasjonen holder seg under 15% fra 110 sek til siste måling.

Høyeste støynivå fra dysen ble målt til 81,6 dBA, som var i det øyeblikket anlegget ble utløst. Støynivået lå deretter på rundt 78,4 dBA.



Figur 4.9 Holdetidstest 2 for oksygen med uoppvarmet flaske.

Oksygenkonsentrasjon ved start var 20,9%. Høyeste oksygenkonsentrasjon mellom 12 -15 min var 14,5%. Støynivået var det samme i begge holdetidstester. Mht. innsatstid var oksygenkonsentrasjonen 13,4% ved 10 min. Krav om holdetiden over 10 min for slukkegassen ble opprettholdt ettersom oksygenkonsentrasjonen holder seg under 15% fra 120 sek til siste måling.



Figur 4.10 Sikt ved holdetidstest 1 oppvarmet flaske

Det ble ikke foretatt noen siktmålinger ved holdetidstest 2, men sikten kan sammenlignes med bilder fra actionkameraet.



*Figur 4.11 Siktsammenligning holdetidstest 2 og 1*

Figur 4.11 viser sikten i holdetidstestene 90 sek etter utløsning.

Ved holdetidstest 2 var ikke lampen i rommet.

Kameraet er plassert likt som kamera 2 (se Figur 4.4). I bildet til venstre hadde gassflasken ikke blitt varmet opp. I bildet til høyre hadde flasken stått inne på et varmere rom i ca. 7 timer.

#### 4.4.2 Scenario 1 Brann i person

##### Hendelsesforløp forsøk 1 (person, Inergen)

Hendelse	Tid fra antennelse
Antennelse	0 sek
Røykvarsler aktivert	5 min og 30 sek
slukkeanlegg aktivert/utløst	6 min og 2 sek
Brann slukket (Siste synlig flamme observert)	7 min og 42 sek
Tegn til ulmebrann (synlig røyk)	11 min og 14 sek
Ingen tegn til reantennelse	23 min og 32 sek

Tabell 4.8 Hendelsesforløp forsøk 1.

##### Hendelsesforløp forsøk 2 (person, sprinkler)

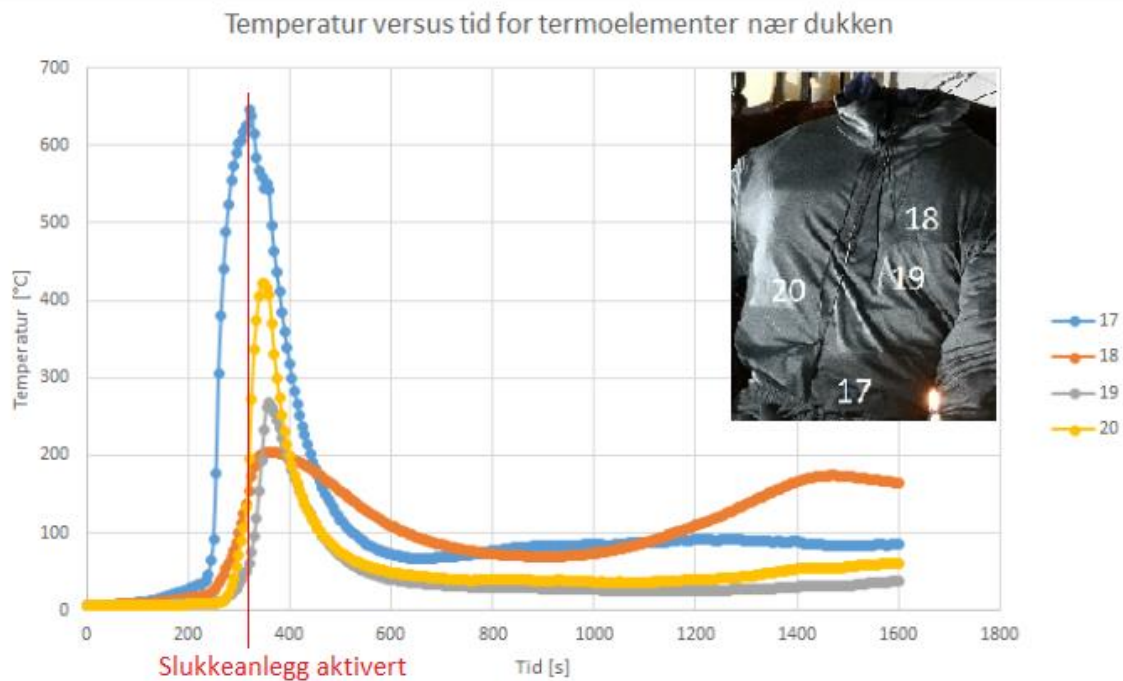
Hendelse	Tid fra antennelse
Antennelse	0 sek
Røykvarsler aktivert	2 min og 8 sek
slukkeanlegg aktivert/utløst	6 min og 51 sek
Brann slukket (Siste synlig flamme observert)	7 min og 2 sek

Tabell 4.9 Hendelsesforløp forsøk 2.

Tidsforskjellen i aktivering av røykvarsler er stor. Dette har trolig grunn i forskjellige brannforløp og diskuteres nærmere i kapittel 4.5.

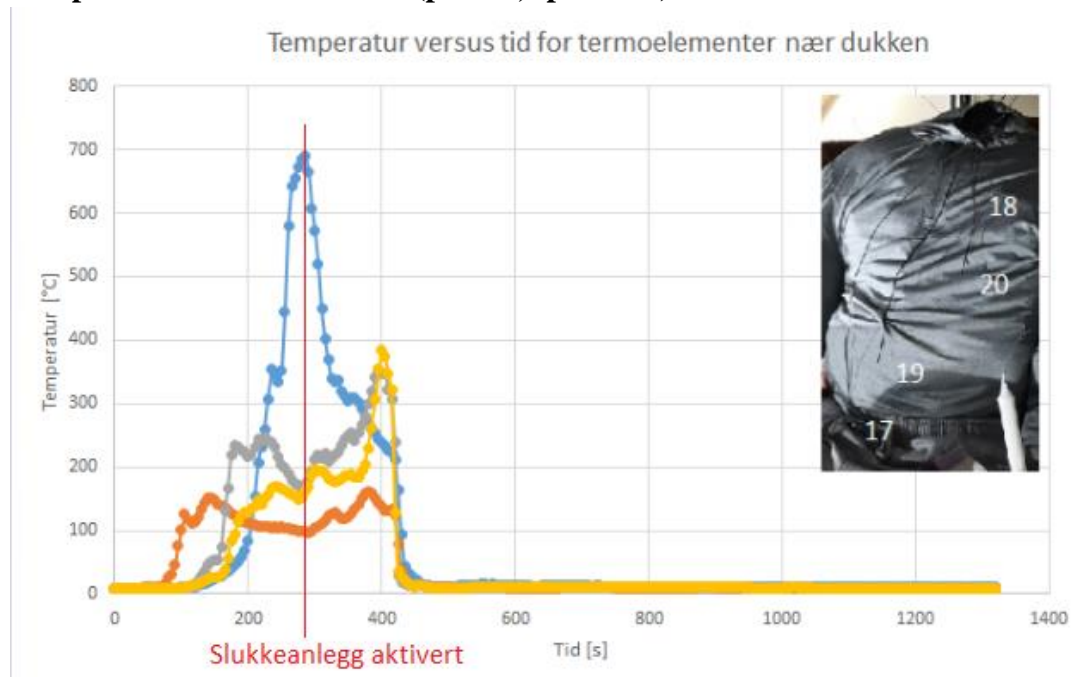


## Temperaturoversikt forsøk 1 (person, Inergen)



Figur 4.12 Temperaturoversikt forsøk 1.

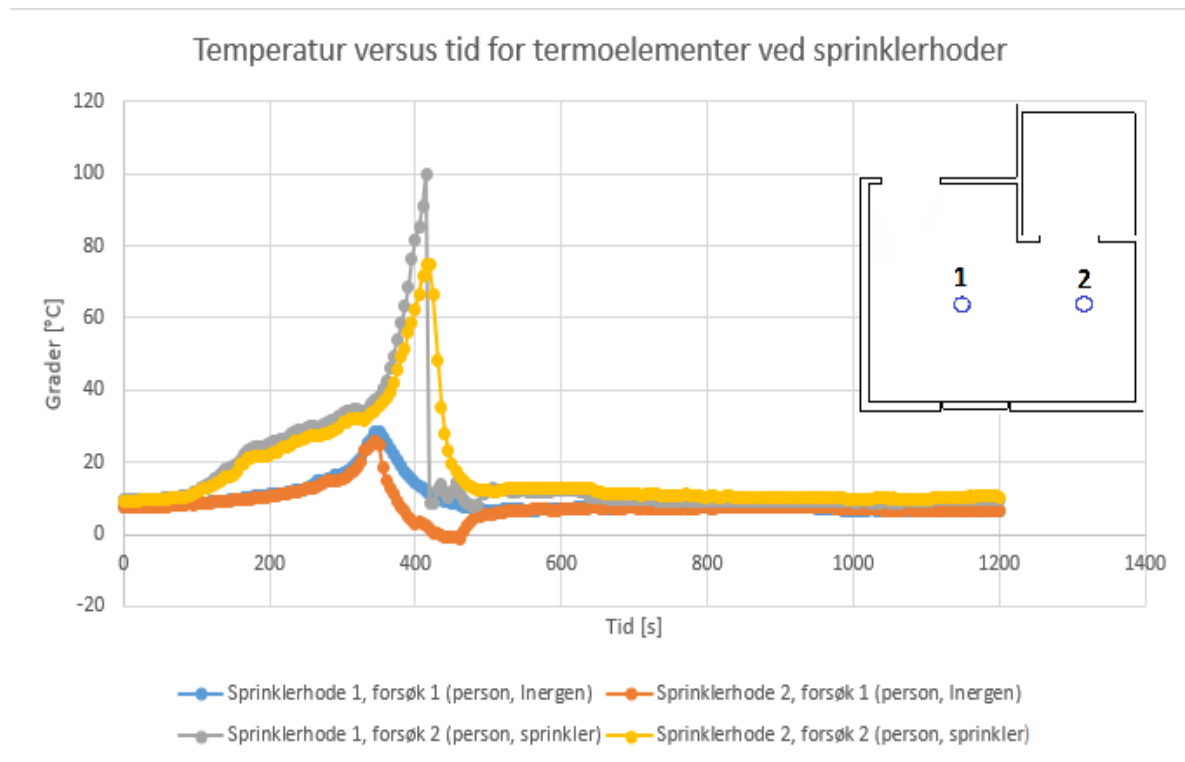
## Temperaturoversikt forsøk 2 (person, sprinkler)



Figur 4.13 Temperaturoversikt forsøk 2.

Fra Figur 4.12 og Figur 4.13 kommer temperaturoversikten fra scenario 1 frem. Figurene inneholder grafer som viser forskjellene i temperatur nedgangen etter utløst slukkeanlegg. Temperaturen blir målt via termoelementene som vist på bildene i høyre hjørne i figurene.

## Temperatur ved sprinklerhoder scenario 1

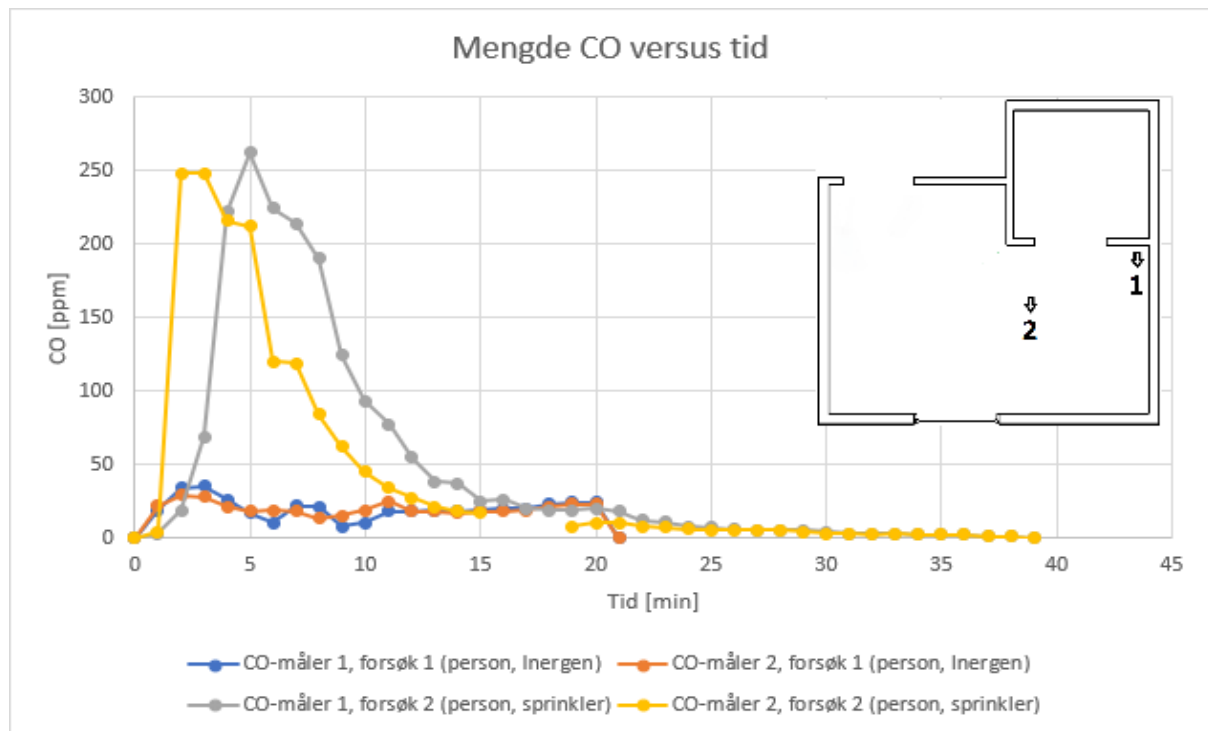


Figur 4.14 Temperatur ved sprinklerhoder scenario 1.

Kun sprinklerhode 1 utløste under forsøk 2.

- Ved forsøk 1 (person, Inergen) nådde termoelementet ved sprinklerhode 1 makstemperatur på 28,6 °C og termoelementet ved sprinklerhode 2 nådde 26,1 °C.
- Ved forsøk 2 (person, sprinkler) nådde termoelementet ved sprinklerhode 1 makstemperatur på 100,0 °C og termoelementet ved sprinklerhode 2 nådde 75,0 °C.

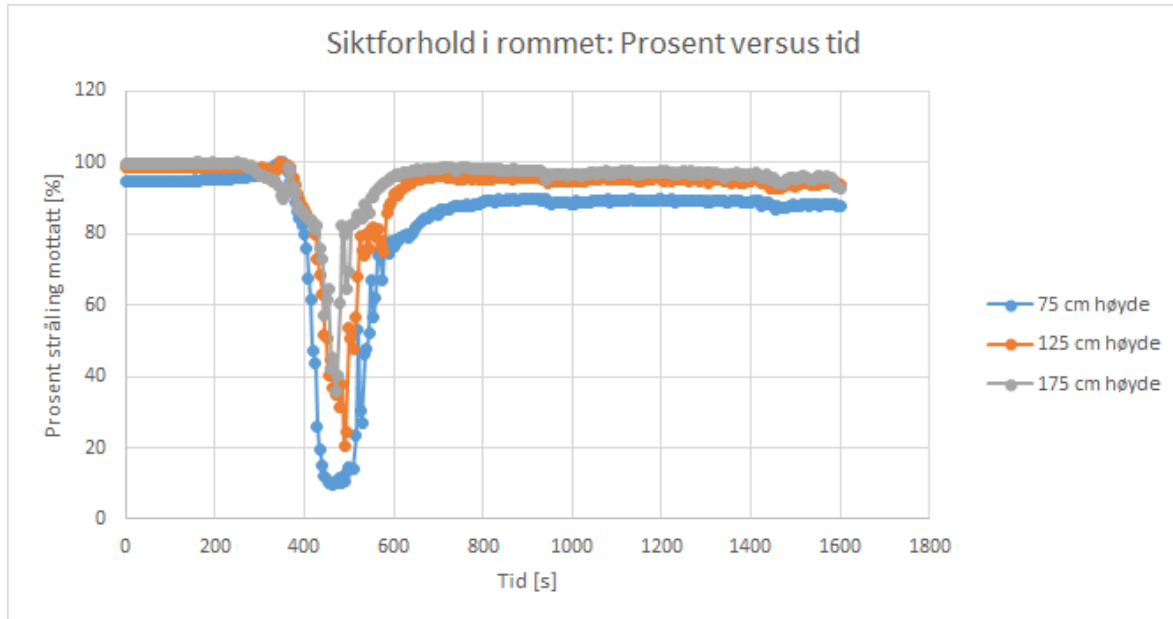
### CO-målinger forsøk 1 (person, Inergen) og forsøk 2 (person, sprinkler)



Figur 4.15 CO målinger forsøk 1 og forsøk 2.

CO-målingene ved sprinklerforsøket er høyere enn ved Inergenforsøket, men alle målingene ligger langt under akseptkriteriet.

### Siktforhold forsøk 1 (person, Inergen)



Figur 4.16 Siktforhold forsøk 1.

Ved 100% er sikten klar. Ved 10% sikten være rundt 1 m.

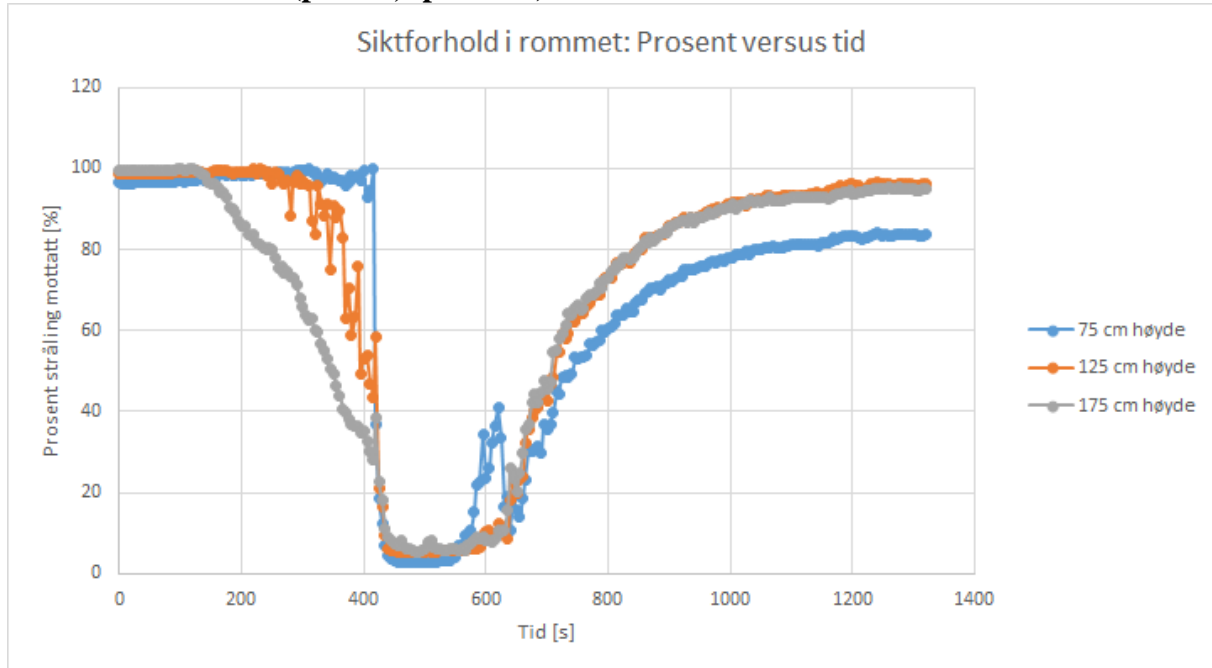
Siktmåler	Spenning sendt ut	Laveste spenning mottatt	Laveste prosent mottatt	Sikt relatert til <i>optical density per metre</i>
75 cm høyde	2,2 V	0,22 V	10%	1,0 m
125 cm høyde	1,22 V	0,25 V	20%	1,0-2,0 m
175 cm høyde	1,44 V	0,51 V	35%	1,25-2,25 m

Tabell 4.10 Siktforhold forsøk 1.



Figur 4.17 Fotografi av siktforhold forsøk 1.

- Bildet til venstre viser siktforholdene i rommet før forsøket startet.
- Bildet i midten viser siktforholdene rett før utløsning av slukkeanlegg
- Bildet til høyre viser siktforholdene i rommet 90 sek etter utløsning.

**Siktforhold forsøk 2 (person, sprinkler)**


Figur 4.18 Siktforhold forsøk 2.

Etter sprinkler har blitt aktivert tar det lang tid før sikten bedrer seg i forhold til Inergenforsøket. Sikten var dårligere i sprinklerforsøket enn Inergenforsøket.

Siktmåler	Spenning sendt ut	Laveste spenning mottatt	Laveste prosent mottatt	Sikt relatert til <i>optical density per metre</i>
75 cm høyde	2,3 V	0,06 V	2,6%	0,5-1,0 m
125 cm høyde	1,22 V	0,06 V	4,9%	0,5-1,0 m
175 cm høyde	1,47 V	0,08 V	5,4%	0,5-1,0 m

Tabell 4.11 Siktforhold forsøk 2.



Figur 4.19 Fotografi av siktforhold forsøk 2.

- Bildet til venstre viser siktforholdene i rommet før forsøket startet.
- Bildet i midten viser siktforholdene rett før utløsning av slukkeanlegg.
- Bildet til høyre viser siktforholdene i rommet 90 sek etter utløsning.

### Sikt for redningspersonell forsøk 1 (person, Inergen)

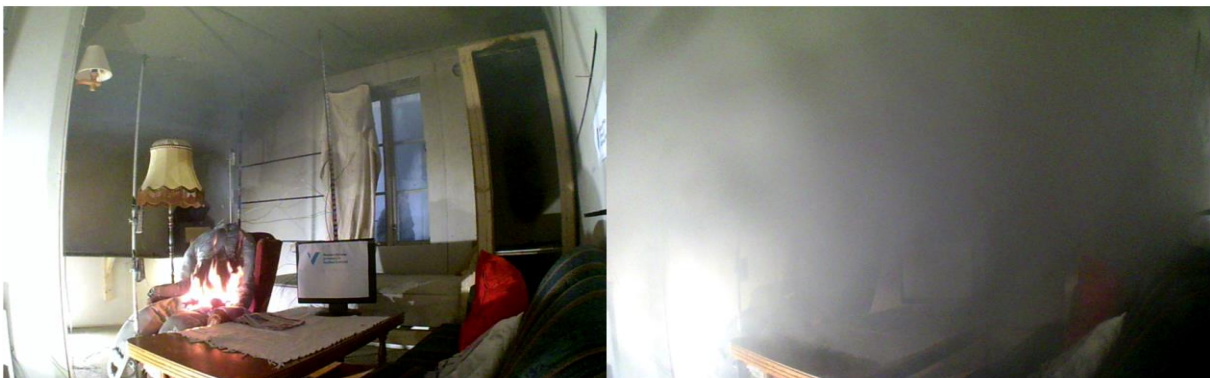
Ved brann i et omsorgssenter vil pasienter som trenger assistert rømning evakueres i en tidlig fase, innen 10 minutter. I Figur 4.20 og Figur 4.21 vises en oversikt over hvordan siktforholdene var etter 2 og 8 minutter i forsøkene med brann i person. Dette er bilder tatt i en høyde på rundt 1 m. Hensikten her var å se på muligheten for ansatte å gå inn i rommet og hente ut pasienten.



Figur 4.20 Sikt for redningspersonell forsøk 1.

- Bildet til venstre viser sikt 2 minutter etter aktivert røykvarsler.
- Bildet til høyre viser sikt 8 minutter etter aktivert røykvarsler.

### Sikt for redningspersonell forsøk 2 (person, sprinkler)



Figur 4.21 Sikt for redningspersonell forsøk 2.

- Bildet til venstre viser forhold ca. 2 minutter etter aktivert røykvarsler.
- Bildet til høyre viser forhold 8 minutter etter aktivert røykvarsler. Her er også sprinkler utløst.

### Skader i person forsøk 1 (person, Inergen)



Figur 4.22 Skader i person forsøk 1.

- Bildet til venstre viser skader på dukken mens den sitter i stolen etter fullført forsøk.
- Bildet i midten viser skader på front av dukken.
- Bildet til høyre viser skader bak på dukken.

Dukken ble forbrent både på front- og bakside.

### Skader i person forsøk 2 (person, sprinkler)



Figur 4.23 Skader i person forsøk 2.

- Bildet til venstre viser skader på dukken mens den sitter i stolen etter fullført forsøk.
- Bildet i midten viser skader på front av dukken.
- Bildet til høyre viser skader på baksiden av dukken.

Dukken ble kraftigere forbrent i front ift. Inergenforsøket, men mindre forbrent på baksiden.

#### 4.4.3 Scenario 2 Brann i seng

##### Hendelsesforløp forsøk 3 (seng, Inergen, sen utløsning)

Hendelse	Tid fra antennelse
Antennelse	0 sek
Røykvarsler aktivert	6 min og 28 sek
slukkeanlegg aktivert/utløst	7 min og 58 sek
Brann estimert slukket	9 min og 20 sek
Tegn til ulmebrann (synlig røyk)	17 min og 53 sek
Reantennelse (synlige flammer)	18 min og 55 sek
Manuell slukking	23 min og 50 sek

Tabell 4.12 Hendelsesforløp forsøk 3.

Her oppsto det gjentening, og brannen var avhengig av manuell slukking.

##### Hendelsesforløp forsøk 4 (seng, Inergen)

Hendelse	Tid fra antennelse
Antennelse	0 sek
Røykvarsler aktivert	2 min og 46 sek
slukkeanlegg aktivert/utløst	3 min og 17 sek
Brannen slukket ikke fullstending	-
Manuell slukking	7 min og 10 sek

Tabell 4.13 Hendelsesforløp forsøk 4.

Her slukket ikke brannen og det måtte benyttes manuell slukking.



## Hendelsesforløp forsøk 5 (seng, sprinkler)

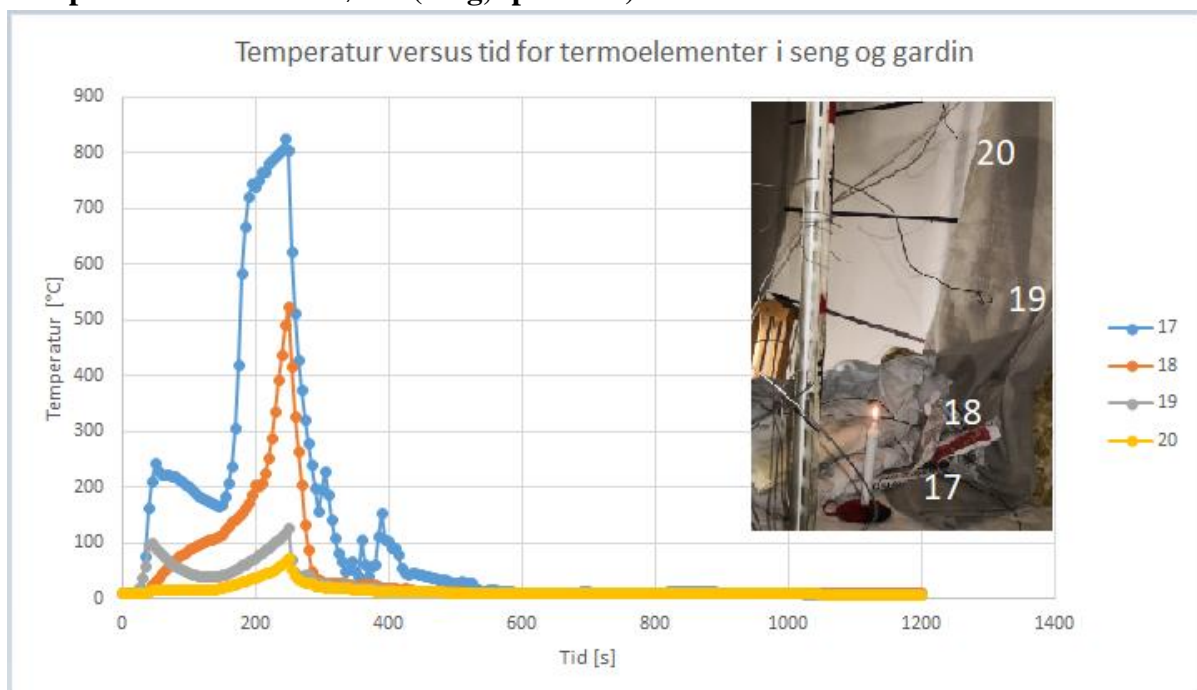
Hendelse	Tid fra antennelse
Antennelse	0 sek
Røykvarsler aktivert	1 min og 23 sek
slukkeanlegg aktivert/utløst	3 min og 49 sek
Brann estimert slukket	9 min og 42 sek

Tabell 4.14 Hendelsesforløp forsøk 5.

Her tok det lang tid før brannen slukket fullstendig ettersom gardinen brant i en høyde hvor vannet ikke nådde flammene.

Merk at det tar dobbelt så lang tid for røykvarsleren å aktivere i forsøk 4 enn forsøk 5, dette kan forklares av forskjeller i brannforløpet som diskuteres i kapittel 4.5

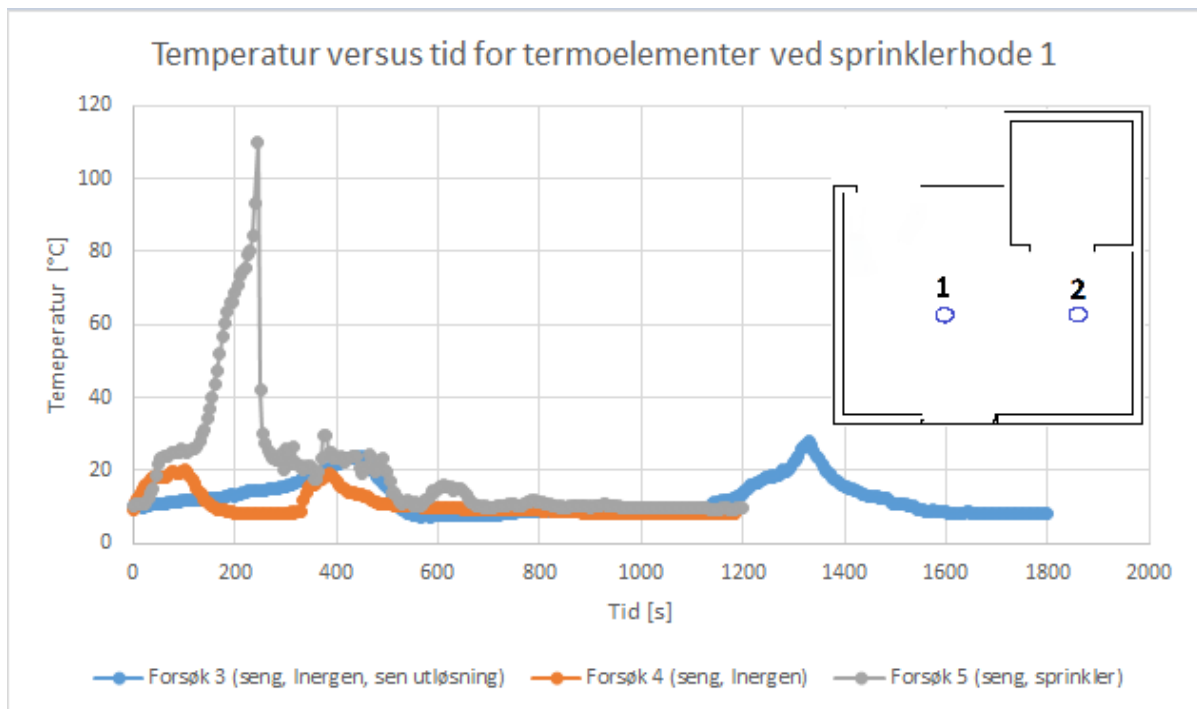
## Temperaturoversikt forsøk 5 (seng, sprinkler)



Figur 4.24 Temperaturoversikt forsøk 5.

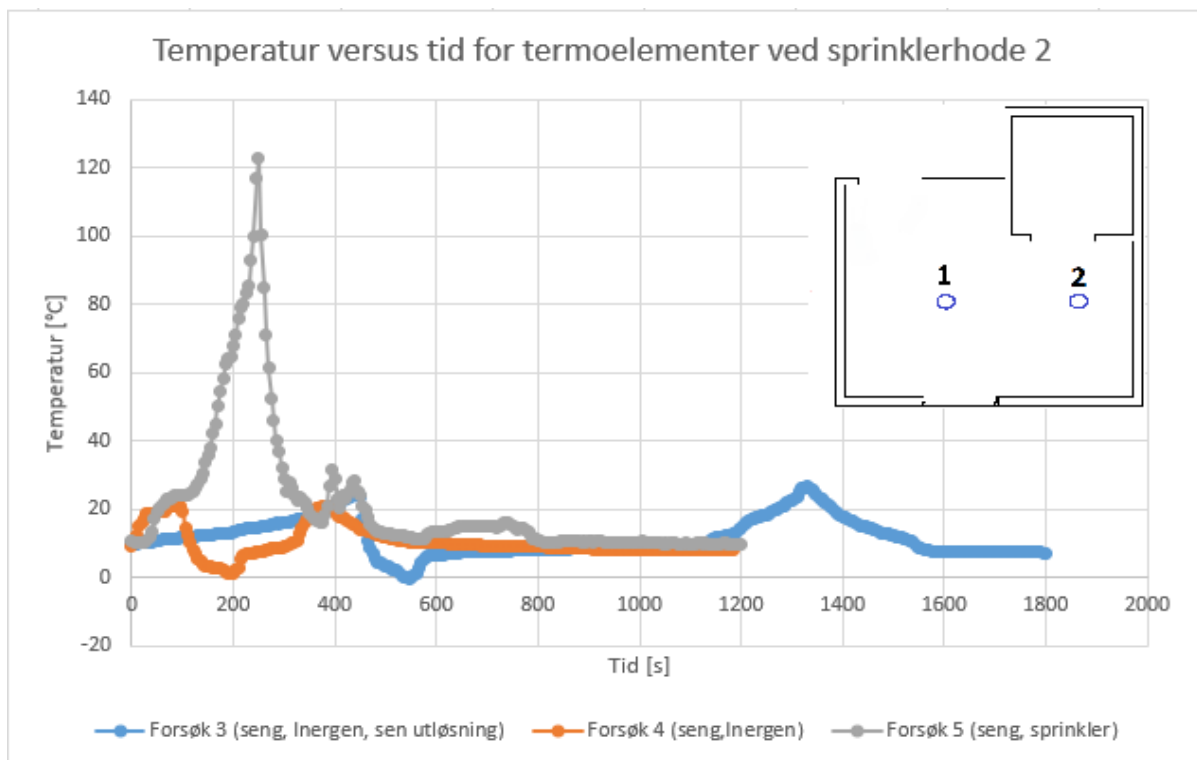
Temperaturen synker raskt i termoelementene, til tross for at det fortsetter å brenne i øvre del av gardinen etter utløsning av sprinkler.

## Temperaturoversikt ved sprinklerhoder, scenario 2



Figur 4.25 Temperaturoversikt ved sprinklerhode 1, scenario 2.

- I forsøk 3 stiger temperaturen igjen når brannen gjentennes.
- I forsøk 4 er temperaturen tilnærmet lik etter at injiseringen av Inergen er ferdig.
- I forsøk 5 synker temperaturen raskt, men holder seg rundt 21°C til gardinen er oppbrent. Det samme gjelder for sprinklerhode 2.

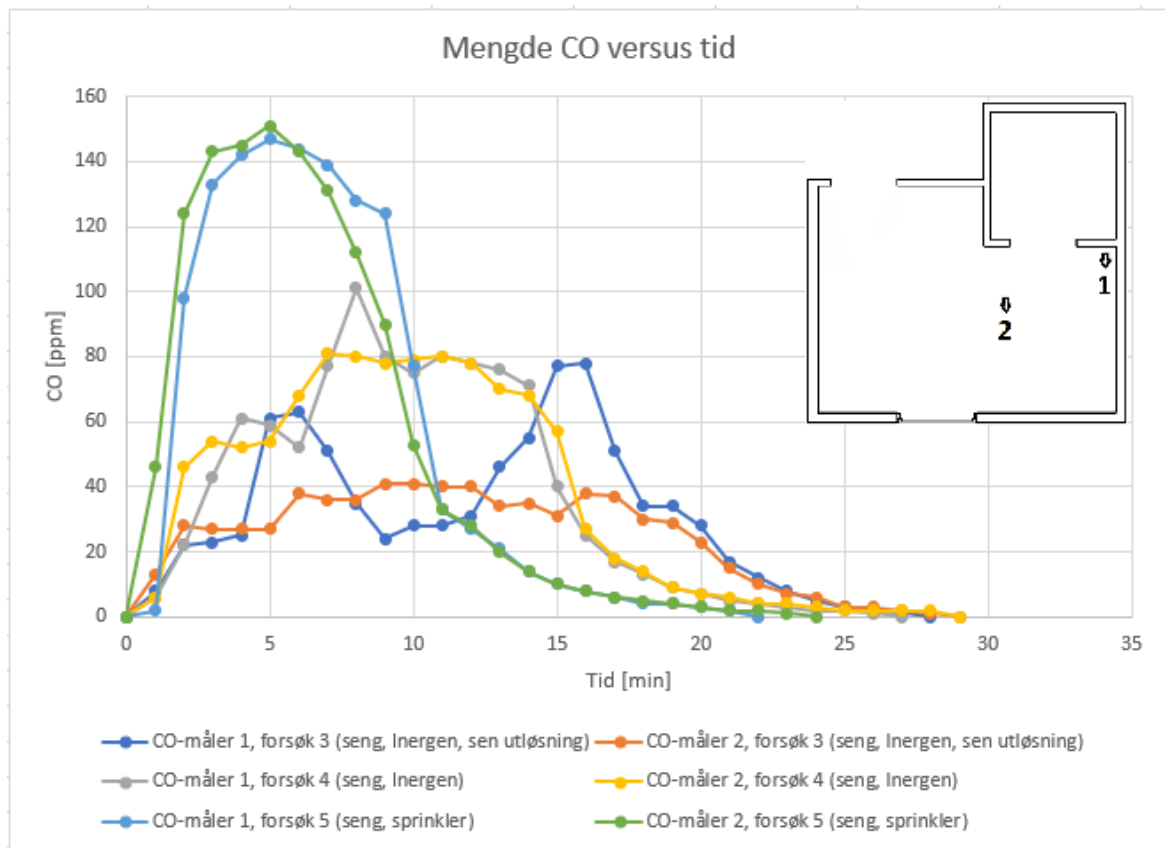


Figur 4.26 Temperaturoversikt ved sprinklerhode 2, scenario 2.

Kun sprinklerhode 1 utløste i forsøk 5.

- I forsøk 3 nådde termoelementet ved sprinklerhode 1, en makstemperatur på 28,2 °C. Termoelementet ved sprinklerhode 2 nådde 27,0 °C.
- I forsøk 4 nådde termoelementet ved sprinklerhode 1, en makstemperatur på 20,3 °C. Termoelementet ved sprinklerhode 2 nådde 21,2 °C.
- I forsøk 5 nådde termoelementet ved sprinklerhode 1, en makstemperatur på 110,0 °C. Termoelementet ved sprinklerhode 2 nådde 122,8 °C.

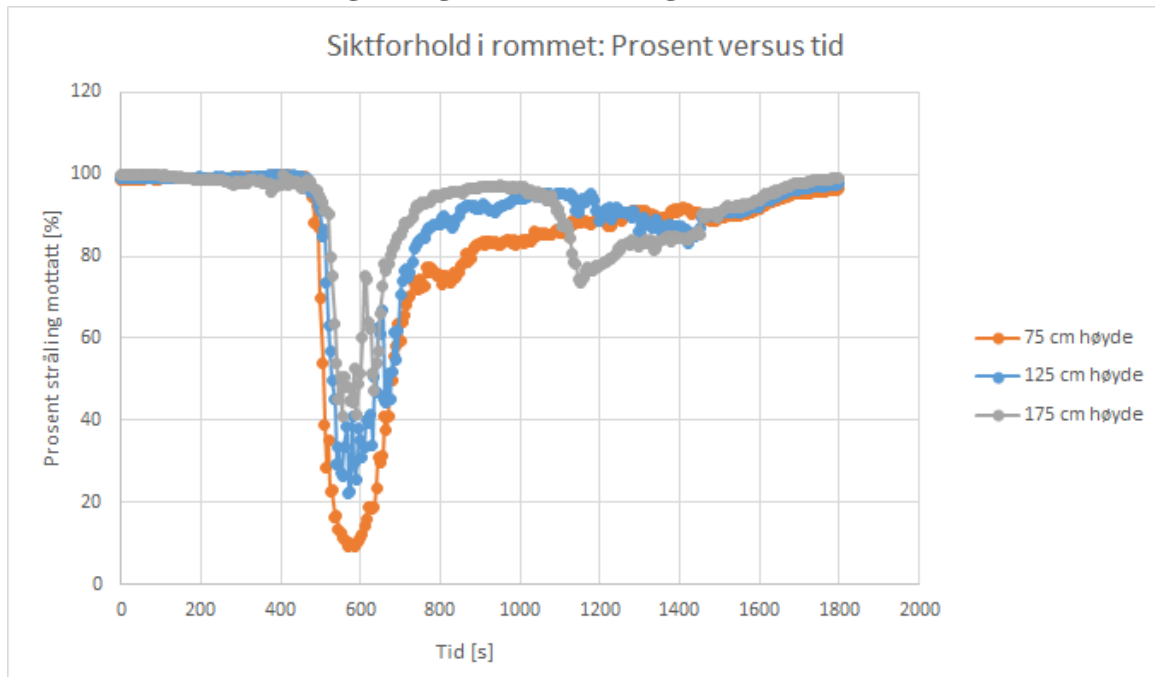
## CO-målinger scenario 2



Figur 4.27 CO-målinger scenario 2.

Her er det mindre forskjell på CO-verdiene mellom sprinkler og Inergenforsøkene enn i scenario 1, men alle verdiene ligger under akseptkriteriet.

### Siktforhold forsøk 3 (seng, Inergen, sen utløsning)



Figur 4.28 Siktforhold forsøk 3.

Det tar lengre tid for sikten å bedre seg i dette forsøket enn ved forsøk 1 (person, Inergen).

Siktmåler	Spenning sendt ut	Laveste spenning mottatt	Laveste prosent mottatt	Sikt relatert til <i>optical density per metre</i>
75 cm høyde	2,1 V	0,19 V	9%	0,9-1,0 m
125 cm høyde	1,21 V	0,27 V	22%	1,1-2,1 m
175 cm høyde	1,45 V	0,6 V	41%	1,3-2,3 m

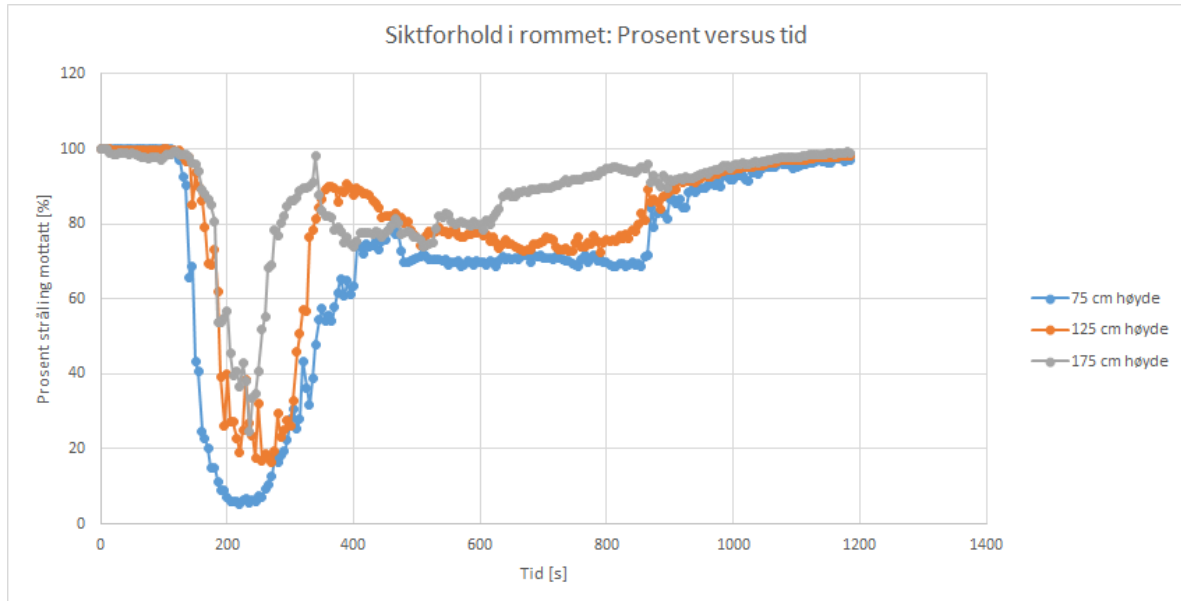
Tabell 4.15 Siktforhold forsøk 3.



Figur 4.29 Fotografi av siktforhold forsøk 3.

- Bildet til venstre viser siktforholdene i rommet før forsøket startet.
- Bildet i midten viser siktforholdene rett før utløsning av slukkeanlegg.
- Bildet til høyre viser siktforholdene i rommet 90 sek etter utløsning.

### Siktforhold forsøk 4 (seng, Inergen)



Figur 4.30 Siktforhold forsøk 4.

Det tar lengre tid for sikten å bedre seg i dette forsøket enn ved forsøk 1 (person, Inergen).

Siktmåler	Spenning sendt ut	Laveste spenning mottatt	Laveste prosent mottatt	Sikt relatert til <i>optical density per metre</i>
75 cm høyde	2,2 V	0,20 V	9,1%	0,9-1,0 m
125 cm høyde	1,20 V	0,20 V	17%	0,9-1,9 m
175 cm høyde	1,47 V	0,36 V	24%	1,15-2,15 m

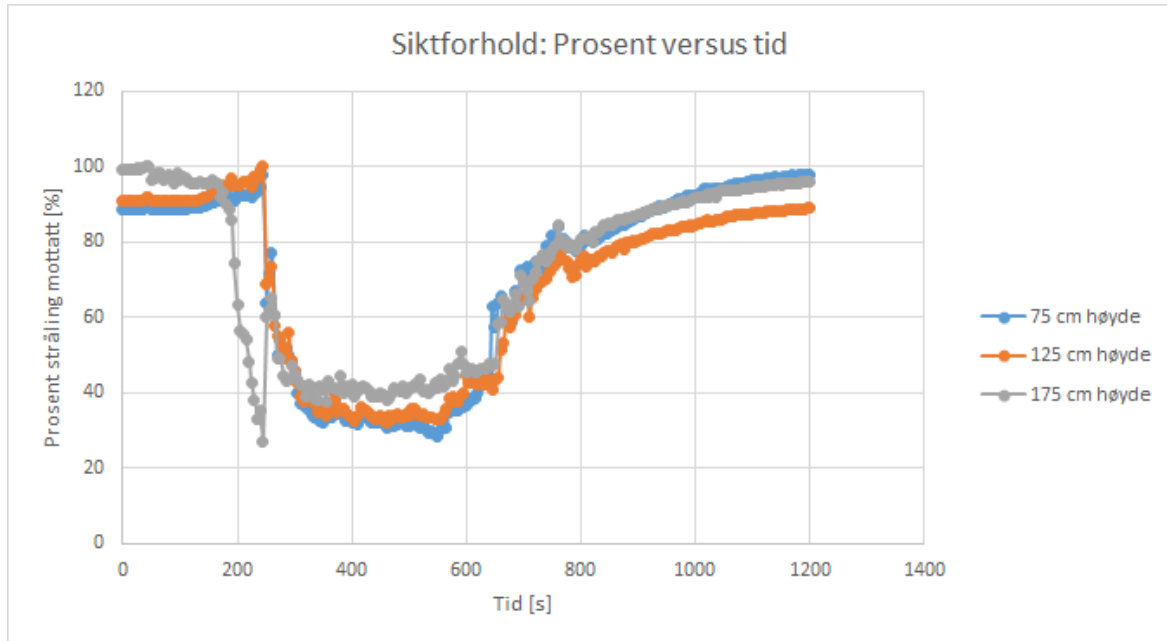
Tabell 4.16 Siktforhold forsøk 4.



Figur 4.31 Fotografi siktforhold forsøk 4.

- Bildet til venstre viser siktforholdene i rommet før forsøket startet.
- Bildet i midten viser siktforholdene rett før utløsning av slukkeanlegg.
- Bildet til høyre viser siktforholdene i rommet 90 sek etter utløsning.

### Siktforhold forsøk 5 (seng, sprinkler)



Figur 4.32 Siktforhold forsøk 5.

Forsøk 5 ga best siktforhold i scenario 2.

Siktmåler	Spenning sendt ut	Laveste spenning mottatt	Laveste prosent mottatt	Sikt relatert til <i>optical density per metre</i>
75 cm høyde	3,2 V	0,91 V	28%	1,2-2,2 m
125 cm høyde	1,3 V	0,43 V	33%	1,2-2,2 m
175 cm høyde	1,41 V	0,38 V	27%	1,2-2,2 m

Tabell 4.17 Siktforhold forsøk 5.



Figur 4.33 Fotografi av siktforhold forsøk 5.

- Bildet til venstre viser siktforholdene i rommet før forsøket startet.
- Bildet i midten viser siktforholdene rett før utløsning av slukkeanlegg.
- Bildet til høyre viser siktforholdene i rommet 90 sek etter utløsning.

## 4.5 Oppsummering av resultater fra forsøk

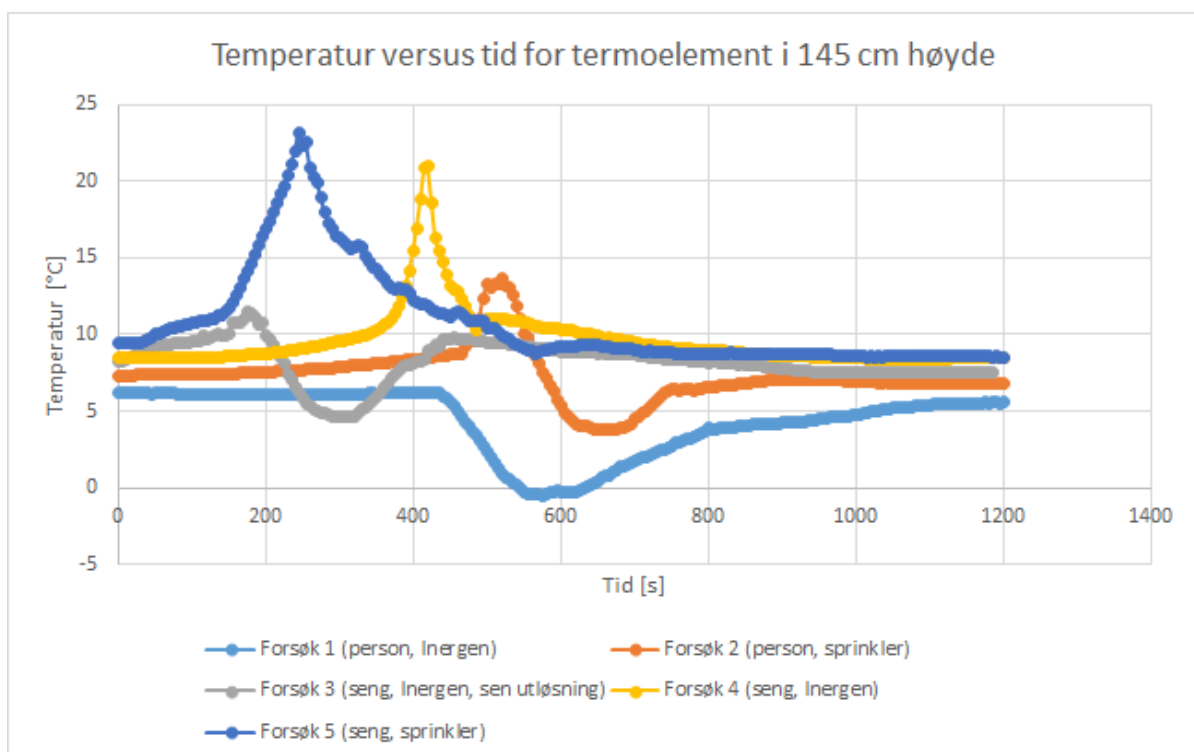
Høyeste varmefluks målt i alle forsøkene ble målt til ca.  $1,5 \text{ kW/m}^2$  ( $86 \text{ °C}$  konvertert ved hjelp av Ulf Wickströms regneprogram, Vedlegg 8).

Scenario 1	Utløsningstid	Slukketid
<b>Forsøk 1 (person, Inergen)</b>	32 sek	1 min og 40 sek
<b>Forsøk 2 (person, sprinkler)</b>	4 min og 43 sek	11 sek
<b>Differanse</b>	4 min og 11 sek	1 min og 29 sek

Tabell 4.18 Oppsummering scenario 1.

Scenario 2	Utløsningstid	Slukketid
<b>Forsøk 4 (seng, Inergen)</b>	31 sek	-
<b>Forsøk 5 (seng, sprinkler)</b>	2 min og 26 sek	5 min og 49 sek
<b>Differanse</b>	1 min og 55 sek	-

Tabell 4.19 Oppsummering scenario 2.



Figur 4.34 Oppsummering temperatur/tid for scenario 1 og 2.

Ingen av temperaturene i røykfrisone ved 145 cm høyde overstiger  $80 \text{ °C}$ .

<b>Termoelement nummer</b>	<b>Maks temperatur forsøk 1 (person, Inergen)</b>	<b>Maks temperatur forsøk 2 (person, sprinkler)</b>	<b>Maks temperatur forsøk 5 (seng, sprinkler)</b>
17	646,5 °C	689,4 °C	824,8 °C
18	203,6 °C	160,4 °C	521,7 °C
19	268,7 °C	51,0 °C	126,3 °C
20	422,3 °C	384,1 °C	73,4 °C

Tabell 4.20 Oppsummering maks temperatur.



## 4.6 Diskusjon

### Lekkasjetallet

Det må tas i betraktning at lekkasjetallet for forsøksrommet antageligvis er høyere enn pasientrommene ved Fredheim. Et profesjonelt prosjektert Inergenanlegg utløses i soner som dekker flere rom. Det vil derfor ha mindre å si om en dør står åpen ettersom atmosfæren utenfor brannstartrommet også vil være inertisert. Følgelig vil Inergengassen ikke presses ut av rommet ettersom atmosfæren er homogen over hele dekningssonen. Forsøkene utført her kan dermed betraktes som et *worst case* scenario for Inergen.

### Varmestrålingsmålinger

For å undersøke om det var nødvendig å ta med varmemålinger i rapporten, ble det først sjekket hva høyeste oppnådde varmefluks var. Denne ble målt til ca. 1,5 kW/m<sup>2</sup> og bør håndteres godt av alle personer. Til sammenligning er effekten til solinnstråling utenfor atmosfæren 1,4 kW/m<sup>2</sup> [48]. Det ble derfor ikke gjort noen andre betraktninger rundt strålingsnivået.

### Støynivå

Som nevnt i kapittel 0 er støynivået en av innvendingene mot bruken av Inergen. Arbeidsmiljøloven har en støynivågrense på 85 dBA ved en åtte timers arbeidsdag. Fra forsøkene er støynivået ved utløsning av Inergen målt til lavere enn dette (ca. 78,4). Dette støynivået kan sammenlignes med støynivået i en trafikkert gate [14]. Ettersom personer utsettes for støynivået i maks 20 minutter, fremstår ikke dette som problematisk.

### Røykvarslers utløsningstid

Røykvarsleren utløser ved forskjellig tid for forsøkene i både scenario 1 (brann i person) og scenario 2 (brann i seng). Dette tilsier at det har oppstått utilsiktede forskjeller i både brannvekst og røykutvikling. Dette kommer best frem i scenario 1:

Røykvarsleren i forsøk 1 (person, Inergen) aktiverer 5 min og 30 sek etter antennelse, mens i forsøk 2 (person, sprinkler) aktiverer røykvarsleren etter 2 min og 8 sek.

Mulig forklaring på dette kan være at det har oppstått enn kraftigere brannvekst/røykutvikling for forsøk 2 (person, sprinkler). Grunner til dette kan bl.a. være:

- Stearinlyset som skulle velte i fanget på dukken glei litt ut av posisjon ved Inergen-forsøket. Brannstart ble dermed noe lengre borte fra overkroppen i forhold til ved sprinklerforsøket.
- Luftfuktighet og temperatur i forsøksrommet, ble målt til 92% og 6,8 °C for Inergen-forsøket, mens det i sprinklerforsøket ble målt til 89,5% og 8,8°C.

I scenario 2 (brann i seng) er det 1 min og 23 sek forskjell mellom aktivering av røykvarsler for forsøk 4 (Inergen) og forsøk 5 (sprinkler). Igjen kan det ses på hvordan lyset falt. For Inergen landet lyset oppå avisen, mens for sprinkler landet den innimellom avissidene. Dette gjorde at avisen tok raskere fyr i sprinklerforsøket.

### Utløsningstid og slukketid

Som det fremkommer fra Tabell 4.18 har sprinkler en utløsningstid på 4 min og 11 sek mer enn Inergen i scenario 1 (brann i person). Det oppsto her en større brann i sprinklerforsøket enn i Inergenforsøket. Det kan derfor stilles spørsmål ved utløsningstiden til sprinkleranlegget dersom dette forsøket også hadde hatt en mindre brann. Utløsningstiden ville trolig økt i et

slikt tilfelle. Dette understøttes av at sprinkler får en lavere utløsningstid i scenario 2 hvor brannen er større, enn ved sprinkler i scenario 1, hvor brannen er mindre.

Fra samme tabell kommer det frem at sprinkler har en lavere slukketid enn Inergen i Scenario 1 (brann i person). Det er dermed ikke gitt at brannen kontrolleres raskere med Inergen, selv om anlegget utløser først. Dette understøttes av temperaturgrafer, hvor temperaturen synker hurtigere etter utløsning av sprinkler enn den gjør ved utløsning av Inergen.

Det er dermed hensiktsmessig å se på differansen mellom slukketid og utløsningstid for de to anleggene. Denne viser at sprinkler bruker 2 min og 42 sek lengre tid på å slukke brannen. For et omsorgssenter kan dette være en kritisk forskjell, spesielt for pasienter som oppholder seg i brannrommet og ikke har mulighet til å flykte uten assistanse.

### Reantenning

Temperaturmålingene i Figur 4.13 viser at temperaturene i forsøk 2 (person, sprinkler) holder seg lave og stabile etter slukking. I motsetning får temperaturene i forsøk 1 (person, Inergen) gradvis økning etter slukking. Dette viser til faren for reantenning ved bruk av Inergen.

Det vil dermed være hensiktsmessig å se på reantenning i forsøkene med Inergen:

- I forsøk 1 (person, Inergen) var det synlig røyk i dukken i opptil 18 min og 2 sek etter aktivering av røykvarlser, men reantennelse oppsto ikke
- I forsøk 3 (seng, Inergen, sen utløsning) oppsto det en reantennelse
- I forsøk 4 (seng, Inergen) slukket ikke brannen av Inergen anlegget, men måtte manuelt slukkes

For forsøk 3 spilte følgende faktorer sannsynligvis en rolle i reantenningen:

- Åpen dør
- Avtrekk ble ikke skrudd av under forsøk

Viktig å nevne er at den reantente brannen var håndterbar for slukking med et håndslukkeapparat. Etersom temperaturen i røykfri sone holdt seg nærmest uendret gjennom brannforløpet, CO-mengden ikke steg over 80 ppm og sikten bedret seg raskt, kunne personalet trolig ha entret selv for manuell slukking.

### Sikt

For Inergenforsøkene var sikten unormalt dårlig, mtp. kondenseringen som oppsto (trolig som følge av den lave temperaturen og høye luftfuktigheten). Dette er noe som antakeligvis ikke ville forekommet ved Fredheim omsorgssenter, hvor det er mindre luftfuktighet og høyere temperaturer i rommene.

En subjektiv sammenligning av bildene for sikt 90 sek etter utløst slukkeanlegg gir:

- Scenario 1: bedre sikt i Inergenforsøket enn sprinklerforsøket (Figur 4.17 versus Figur 4.19).
- Scenario 2: bedre sikt i sprinklerforsøket enn Inergenforsøket (Figur 4.31 versus Figur 4.33).

Dette understøttes av resultatene fra grafene (Figur 4.16, Figur 4.18, Figur 4.30 og Figur 4.32). Fra disse grafene kan det også tolkes at sikten bedres raskere i Inergenforsøkene enn ved sprinklerforsøkene.

### **Sikt for redningspersonell**

Bildene som viser hvordan sikten vil være for redningspersonell etter 2 min og 8 min i scenario 1 (brann i person), skal som nevnt gi et inntrykk for hvordan forholdene ville vært dersom ansatte skulle gått inn og hentet ut en pasient under et brannforløp. Følgende kommer her frem:

Sikt etter 2 minutter:

- Bildet fra Inergenforsøket viser trolig maks 2 meter sikt, som vil gjøre det vanskelig for personale å entre rommet
- Bildet fra sprinklerforsøket viser at siktforholdene er gode, som vil gi personalet en grei oversikt over situasjonen i rommet som igjen gjør det enklere å entre rommet

Det kan antas at dersom det ikke hadde vært kondensering under utløsning av Inergengassen, ville siktforholdene vært annerledes for Inergenforsøket. Kanskje til og med bedre enn for sprinkler ettersom brannen er slukket på dette tidspunktet.

Sikt etter 8 minutter:

- Bildet fra Inergenforsøket viser at forholdene er gode nok til å en oversikt over situasjonen. Det vil trolig være mulig å gå inn å assistere en pasient i rømning under disse forholdene
- Bildet fra sprinklerforsøket viser dårlig sikt. Her vil det mest sannsynlig være vanskelig for en person å inn uten beskyttelsesutstyr

### **Skader på dukke**

Hensikten med å observere skade i dukkene var å få en indikasjon på hvordan personsikkerheten ble ivaretatt i startfasen av de to anleggene. Dukken i forsøk 2 (sprinkler) var kraftigere forbrent i fronten enn i forsøk 1 (Inergen). Derimot var dukken i forsøk 2 mindre forbrent på baksiden enn i forsøk 1.

### **Sammenligning mht. slukkeevne scenario 2 (brann i seng)**

I scenario 2 ble det testet med åpen dør for å undersøke hvordan Inergens slukkeevne ivaretas under forhold med høyt lekkasjetall. Følgende resultater kom frem:

Forsøk 4 (seng, inergen):

- Inergenanlegget klarte ikke å slukke brannen
- Manuell slukking ble utført etter 3 min og 53 sek (for å forhindre unødvendige skader på brannrommet)

Forsøk 5 (seng, sprinkler):

- Sprinkler kontrollerer brannen, men brannen sprer seg oppover gardinene og opp til taket.
- Brannen går tomt for brennbart materiale
- Siste synlig flamme observert etter 5 min og 49 sek

Basert på resultatene kan det se ut som Inergen sin slukkeevne svekkes ved åpen dør. Det må bemerkes at dette gjelder for et lite romvolum, hvor en åpen dør vil resultere i større lekkasjetall enn ved et større romvolum.

For sprinklerforsøket kan det stilles spørsmål rundt eskalering av brannforløp dersom taket hadde bestått av tre eller annet brennbart materiale. Dette med tanke på at sprinkler ikke nådde frem til brannen i taket, men at den slukket av å gå tom for brennbart materiale.

### **Kritiske forhold**

For å vite om personsikkerheten ivaretas er det viktig å se på hvilke kritiske forhold som inntraff i forsøksrommene.

#### CO-målinger:

- Akseptkriteriet: 2000 ppm
- Høyeste verdi målt i forsøkene: 264 ppm

CO-verdiene i rommet ligger dermed under akseptkriteriet. Det må her bemerkes at selv om det ikke oppstår kritiske forhold her, måles det høyere CO-verdier for sprinklerforsøkene.

Maksverdiene for CO ble målt til:

- Scenario1 (brann i person): Opptil 84% lavere i forsøk 1 (person, Inergen) enn for forsøk 2 (person, sprinkler).
- Scenario 2 (brann i seng): Opptil 31% lavere i forsøk 4 (seng, Inergen) enn for forsøk 5 (seng, sprinkler)

Forskjellen mellom CO-nivåene for Inergen og sprinkler kan forklares med ulike brannforløp samt hvor tidlig eller sent anleggene utløste.

#### Temperatur i røykfri sone:

Følgende oversikt viser maks temperatur målt av termoelement i tårn, i 145 cm høyde.

- Akseptkriteriet: 80 °C
- Forsøk 1 (person, Inergen): 6°C
- Forsøk 2 (person, sprinkler): 14 °C
- Forsøk 3 (seng, Inergen): 12°C
- Forsøk 4 (seng, Inergen): 22°C
- Forsøk 5 (seng, sprinkler): 24°C

Akseptkriteriet for temperatur i røykfri sone blir dermed ikke brutt.

#### Forsøkene brudd i akseptkriterier:

- Sikt for alle forsøk
  - Akseptkriteriet: sikt skal ikke være mindre enn 3 m
- Røykfri høyde i sprinklerforsøkene
  - Akseptkriteriet: 1,84 m (1,6 m+10% av takhøyde)

Dette er vurdert fra bilder ved forsøk 2 (person, sprinkler) og 5 (seng, sprinkler) hvor det rett før utløsning av slukkeanlegget kan observeres at røyklagshøyden ligger rett ved, eller under de øverste svarte strekene på veggene som ligger ved 178,5 cm høyde.

## 4.7 Konklusjon fra forsøk

Holdetidstest 1 og 2 viser at forsøksrommet holder ønsket oksygenkonsentrasjon i over 10 minutter. Med tanke på at dette er et rom med flere hull og sprekker enn et profesjonelt bygget rom, og rommene ved Fredheim omsorgssenter vil være inndelt i soner hvor flere dyser blir utløst om gangen. Vil det være rimelig å anta at holdetiden ved Fredheim vil være over 20 minutter og at avviket om økt innsatstid har mulighet til å lukkes.

For scenario 1 var hovedpoenget å se på personsikkerhet i brannstartrommet. Her var det mest interessant å se på de første minuttene, fra antennelse til slukking.

Fra diskusjonskapittelet kom det frem at sprinkler bruker 2 min og 42 sek mer enn Inergen på å slukke brannen. Mht. pasientene som trenger assistert rømning er dette en kritisk forskjell. Dersom det tas som en selvfølge at en brann i omsorgssenteret vil slukkes av anleggene, kan det påstås at Inergen ivaretar personsikkerheten i startbrannrommet minst like bra som sprinkler – om ikke bedre.

For scenario 2 var hovedpoenget å se på slukkeevnen til Inergen med tilsynelatende høyt lekkasjetall (åpen dør) og følgelig fare for gjenntenning.

Lekkasjetall:

- Med høyere CO-målinger for forsøk 4 (seng, Inergen) enn forsøk 1 (person, Inergen) og en økning i slukketid/svikt i slukking. Det kommer her tydelig frem at Inergen presterer dårligere med åpen dør. Vær oppmerksom på at dette gjelder for små romvolum ( $40,5 \text{ m}^3$ )

Gjenntenning:

- I forsøk 3 (seng, Inergen, sen utløsning) oppsto det gjenntenning. Det var også synlig tegn til røyk fra ulmebrann i forsøk 1 (person, Inergen). Gjenntenning er dermed tilsynelatende en fare ved bruk av Inergenlegg. Vær oppmerksom på at dette gjelder for rom hvor tiltak for holdetid ikke er utført (utdypes senere i kapittelet).

Til sammenligning fikk sprinkler tilsynelatende liten innvirkning av at døren sto åpen. De tydelige forskjellene i slukketid fra scenario 1 (person, sprinkler) tilsier at plasseringen av brannen hadde stor innvirkning på slukkeevnen til sprinkler. Derimot var faren for gjenntenning ikke til stede for noen av sprinklerforsøkene, hvor det ikke ble observert noe tegn til ulmebrann.

Det kommer frem at utløsning av kald Inergengass inn i et rom med høyluftfuktighet og romtemperatur rundt  $6-11^\circ\text{C}$  skaper dårlige siktforhold i rommet. Dersom Inergenlegg skal benyttes til personsikring bør det opprettes rutiner for at luftfuktigheten i bygget ikke overstiger normale verdier på ca. 20-40% og at romtemperaturer ikke er lavere enn nødvendig. Slik forhindres eventuelle dårlige siktforhold ved utløsning av Inergenlegg.

Med den økte innsatstiden for Fredheim omsorgssenter er det ekstra viktig at anleggene klarer å kontrollere brannen innenfor nødvendig tidsrom. Ses det først på sprinklerforsøkene blir brannen kontrollert og slukket innen 10 minutter. Dette gjør sprinkler godt egnet til å gjøre opp for den økte innsatstiden.

For Inergenforsøkene er det ikke like rett frem.

I forsøk 1 (person, Inergen) og forsøk 3 (seng, Inergen, sen utløsning) slukkes brannen, men ved begge tilfeller ble det observert tegn til ulmebrann etter slukking.

- Ved forsøk 3 (seng, Inergen, sen utløsning) førte ulmebrannen til reantennelse. Dette skjedde etter 20 minutter og brannen kan dermed betraktes som kontrollert i den tid som er nødvendig.
- For forsøk 1 (person, Inergen) oppstod det i motsetning ingen reantennning, og brannen kan derfor også her regnes som kontrollert i den tid som er nødvendig.
- I forsøk 4 (seng, Inergen) ble brannen kontrollert, men som nevnt slukket den aldri og var tilslutt avhengig av manuell slukking. Dermed ble ikke brannen slukket i den tid som var nødvendig, men den var kontrollert tilstrekkelig til å kunne håndteres med et håndslukkeapparat.

Ettersom brannen ikke slukkes i forsøk 4 bør det bevises at tilsvarende hendelse ikke kan oppstå i pasientrommene ved Fredheim omsorgssenter. Dette kan gjøres ved å ta i bruk tiltak for holdetiden.

Omstendighetene rundt forsøkene var ikke optimale for Inergen, men likevel interessante mht. Inergens evne til å slukke under dårlige forhold. Største svakhet som fremkommer er slukkeevne i et lite romvolum med høyt lekkasjetall (åpen dør). Ved kjennskap til denne svakheten, kan det utføres kompenserende tiltak, som: selvslukkende dører med magnet, vinduer med begrensning til åpningsvinkel og ventilasjonsstyring koblet opp mot brannalarmen for automatisk avstengning av ventilasjon. Det er også mulig å anvende flere flasker ved utløsning dersom lekkasjetallet er problematisk. Ved en eventuell prosjektering av et Inergenlegg ved Fredheim omsorgssenter, vil en utløsningssone ha et større dekningsvolum som dekker f.eks. flere rom med tilhørende gang. Følgelig vil en åpen dør ut av dekningssonen gi mindre konsekvenser for slukkeevnen til Inergenlegget. Det anbefales uansett å tilpasse slukkeanlegget etter lekkasjetall hvis mulig.

## 5 Komparativ analyse

Fredheim omsorgssenter ble bygget i 1960, som et minimum må bygget da tilfredsstillende byggeforskrift 1985 (BF85). Det har derfor ikke vært krav til automatisk slukkeanlegg ved senteret, noe det ville vært ved oppføring under dagens standarder. Denne analysen vil ta for seg TEK17 og dens krav til automatisk slukkeanlegg ved Fredheim omsorgssenter.

Preakseptert løsning fra TEK17 er sprinkler [39], men som følge av den dårlige vanntilførselen til omsorgssenteret er det ønskelig å se på alternativet, Inergenslukkeanlegg. En komparativ analyse vil dermed bli utført ved å stille et analysebyggverk med Inergensanlegg opp mot referansebyggverk med sprinkleranlegg. Med den hensikt å påvise om brannsikkerheten ved analysebyggverket er ekvivalent til referansebyggverket.

Følgende komparative analyse er skrevet i henhold til NS 3901 [16], og har tatt inspirasjon fra komparativ analyse fra en annen bacheloroppgave [49].

### 5.1 Spesifisering av avvik/fravik

Krav til innsatstiden til brannvesen er gitt i veiledning til forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen, §4-8 Innsatstid [1]. Der tolkes det at sykehus/sykehjem m.v (pleieinstitusjoner som krever assistert rømning) er en av tre typer risikoobjekter der det er satt spesielt kort innsatstid (10 minutter).

Innsatstiden til Fredheim omsorgssenter er satt til 20 minutter.

Fra paragraf §11-12 ledd 1 del b i VTEK17 [39], kommer det frem at byggverk i risikoklasse 6 skal ha automatisk slukkeanlegg.

### 5.2 Kompenserende tiltak

Som kompenserende tiltak er det ønskelig å ta i bruk et Inergengasslukkeanlegg.

### 5.3 Beskrivelse av analyse- og referansebyggverk

Personsikkerheten for personer som oppholder seg i brannstart rommet er av spesiell interesse. Etersom dette er eldre personer som krever assistert rømning, er det essensielt med tidlig slokking, eventuelt kontroll av brann i den grad det er mulig for ansatte å hente ut pasienten uten medfølgende skader.

Byggverkene sammenlignet i denne analysen er begrenset til pasientrom og medfølgende rømningsvei. Begge byggene defineres av de preaksepterte ytelsene gitt i VTEK 17, foruten fravik fra sprinkleranlegg i analysebyggverket. Byggverkene står som følger:

- Et referansebygg med preakseptert løsning; sprinkleranlegg.
- Et analysebygg med alternativ løsning til preakseptert; IG-541-gasslukkeanlegg.

Analysebygget vil i tillegg ha tiltak for at holdetiden til slukkegassen skal opprettholdes i den grad det er nødvendig. Dette innebærer:

- Overtrykkspjeld
- Automatisk avstengningsmekanisme for ventilasjonsanlegg

Slukkesonen til IG-541-gassen vil være over hele byggverket (pasientrom og rømningsvei).

## 5.4 Analysemetode

Med fokuset på å analysere et pasientrom med sprinkler versus et med Inergenanlegg. Kan bygget som skal analyseres bli betraktet som et ukomplisert bygg, med alternativt slukkeanlegg som eneste fravik fra preakseptert.

Analysemetode valgt er dermed en kvalitativ scenarioanalyse som vil bli understøttet av en analyse av påliteligheten til anleggene via et hendelsestre.

## 5.5 Akseptkriterier

For at en slutning skal kunne treffes, må det påvises at alternativ løsning ikke gir lavere slukkeevne, pålitelighet og personsikkerhet enn preakseptert løsning. Følgende akseptkriterier må derfor oppfylles for alternativ løsning:

Alternativ løsning skal:

- gi likeverdig eller bedre personsikkerhet i brannstartrommet
- gi likeverdig eller bedre økonomisk- og materiellsikkerhet
- kontrollere/slukke brann i den tid som er nødvendig
- gi likeverdig eller bedre forhold under rømning og redning av personer

## 5.6 Fareidentifikasjon

Et Inergenanlegg avhenger av følgende ledd som kan føre til økt fare for analysebyggverket.

- Røykvarsler
  - Svikt: fører til at anlegget ikke utløser
- Automatisk avstengningsmekanisme for ventilasjonanlegg
  - Svikt: Fører til ventilasjon av slukkegass

En komparativ analyse vurderes som relevant og dekkende for disse farene og de vil dermed bli tatt med i analysen.

## 5.7 Analyse av årsaker og sannsynlighet

Det er ikke blitt avdekket forskjeller med hensyn til årsaker til brann og sannsynlighet for brann i forhold til referansebyggverket.

## 5.8 Brannscenarioer

Som kommer frem fra NS 3901 [16] skal alle brannscenarioer som kan forventes å gi forskjellige utfall i referansebyggverket i forhold til analysebyggverket, analyseres for både referansebyggverket og analysebyggverket.

Brannscenarioer gitt i standarden er:

- 1. Et alvorlig brannscenario med rask utvikling og høy branneffekt som representerer det verste troverdige brannscenarioet i byggverket.
- 2. Brann som oppstår i et rom som normalt er uten personer, og som kan true et større antall personer i andre deler av byggverket
- 3. Brann som utvikler seg langsomt, og som ikke vil utløse seg et automatisk slukkeanlegg.
- 4. Representative brannscenarioer for det aktuelle byggverket som skal analyseres for å avdekke robustheten i den branntekniske utformingen.



En vurdering må dermed bli gjort for hvilke scenarier som forventes å gi forskjellig utfall

### **Verst tenkelig scenario**

Det verst tenkelige scenarioet for det valgte byggverket er vurdert å være brann i rømningsvei som hindrer evakuering av pasienter. Ettersom hensikten med tiltakene i både analyse- og referansebyggverk er å slukke/ kontrollere brannen i en tidlig fase, og begge anleggene skal gi økt tilgjengelig rømningstid. Kan det bli antatt at kun små forskjellige vil forekomme for et slikt utfall. Det er likevel de små forskjellene som kan utgjøre forskjellen mellom liv og død under brann. Dette scenario vil derfor bli tatt med videre i analysen

### **Brann i rom uten personer**

Denne komparative analysen fokuserer på sammenligning av pasientrom med tilhørende rømningsvei. Brannscenario 2 vil som følger ikke være gjeldende for dette byggverket, og vil ikke bli tatt med videre i denne analysen.

### **Brann som utvikler seg langsomt**

Dersom en brann utvikler seg langsomt og fører til at brannalarmanlegget utløser, men ikke sprinkleranlegget. Kan det forventes at dette scenarioet vil gi et forskjellig utfall, ettersom en utløsning av brannalarmanlegget vil føre til en utløsning av Inergenanlegget. Dette kan gi en forskjell i personsikkerhet mellom analyse- og referansebyggverket. Dette scenariet vil bli tatt med videre i analysen.

### **Representative brannscenarier**

Fra “*Enclosure fire dynamics*” tabell 3.7 [50] blir vekstraten for pleiehjem satt til rask, dette blir dekket av brannscenario 1 som dermed blir et representativt brannscenario.

For å avdekke robustheten i tiltakene ved analyse- og referansebyggverket kan det være hensiktsmessig å se på brannen som er nevnt innledningsvis i forsøkskapittelet. Ettersom dette er en dødsbrann som har oppstått i et omsorgssenter med preakseptert løsning, og det allerede er gjort forsøk med tilhørende diskusjon og konklusjon som gir relevant informasjon, kan dette brannscenarioet bli ansett som representativt og vil bli tatt med videre i analysen.

Som også kommer frem fra forsøkskapittelet, er at scenarier med tilsynelatende høyt lekkasjetall er av interesse og kan forventes å gi forskjeller i utfall mellom de to byggverkene. Dette scenarioet vil dermed også bli tatt med videre.

## **5.9 Analyse av konsekvenser**

Det er blitt valgt å se på brann som oppstår inne i pasientrommet. I bakgrunn av overnevnte gjeldende brannscenarier, er det blitt valgt å se på følgende to scenarier.

- Scenario 1. Brannen blir definert som sakte utviklende brann med lav branneffekt, men skadelig røykproduksjon. Aktivering av sprinkler skjer ikke som følge av lav temperatur.
- Scenario 2. Brannen blir definert som en raskt utviklende brann med høy branneffekt.

En følgende kvalitativ analyse vil avdekke konsekvenser for pasienter i brannstartrommet, ansatte som skal assistere med rømning og materielle verdier.

De kompensierende tiltakene for analysebyggverket er som nevnt, et Inergenanlegg, selvlukkende dører med magnet, avstengningsmekanisme for ventilasjon, og begrensning for åpning av vinduer. Inergenanlegget vil etter sin hensikt, slukke brannen i en tidlig fase og dermed hindre spredning av brannen, røykproduksjon og minske skader på materiale. Resterende kompensierende tiltak blir iverksatt for at ønsket konsentrasjon av Inergengassen vedvarer i den tid som er nødvendig.

I referansebygget er det valgte tiltaket automatisk sprinkleranlegg. Sprinkler sin oppgave er å kontrollere (slukke i beste tilfelle) brannen i en tidlig fase, ved å begrense både brann og røyk til et mindre område. Som følge vil sprinkler minske brannskader, men mulig forårsake vannskader.

Med grunnlag i brannens lave branneeffekt i scenario 1, som gir følger i at sprinkler ikke vil aktivere, og den trolige aktivering av Inergenanlegget, som følger av aktivert brannalarmanlegg. Kan det påstås at analysebygget vil gi best løsning for sagt scenario. For scenario 2 kommer det ikke tydelig frem hvilket anlegg som gir best løsning. Et Inergen-anlegg vil trolig utløse fortere, men et sprinkleranlegg slukker/kontrollerer fortere når først utløst. Derimot kommer det frem fra forsøk utført i denne rapporten at samlet slukketid er kjappere for Inergen dersom konsentrasjon av gassen holder seg ved ønsket nivå. Med tanke på personsikkerhet til pasienten som befinner seg i rommet, vil en kjappere slukketid gi best løsning.

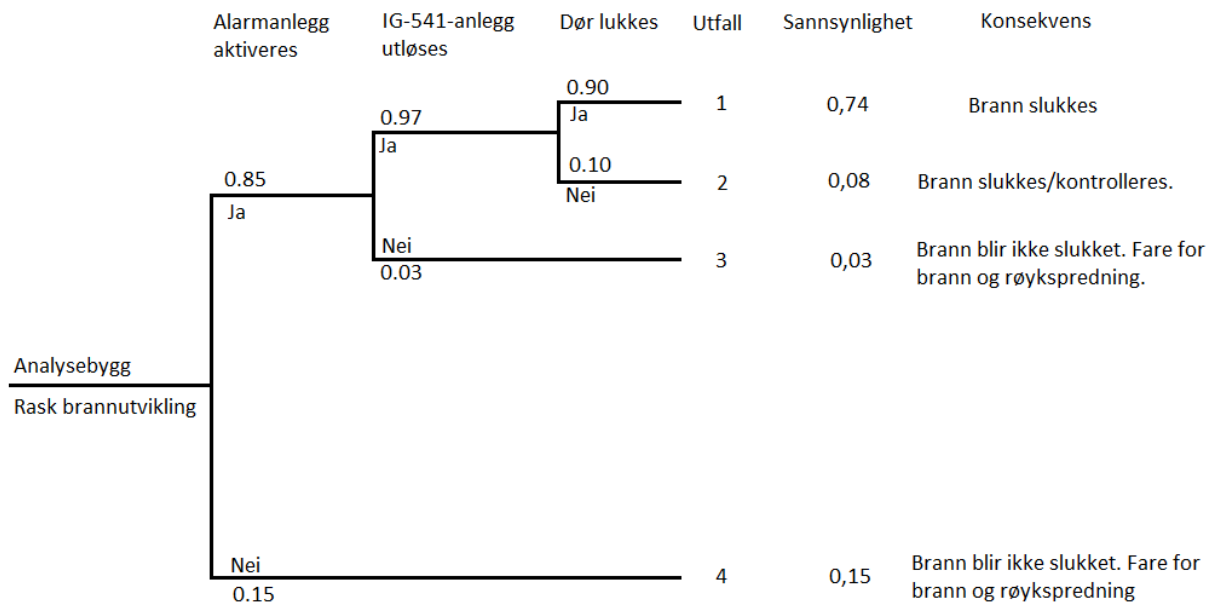
Problemer kan derimot oppstå for et Inergenanlegg med tanke på holdetid, utløsning og annen barriere svikt. Dette gjelder også for sprinkleranlegg. En analyse av påliteligheten til barrierene for analyse- og referansebyggverket vil derfor bli foretatt i et hendelsestre.

### Hendelsestre

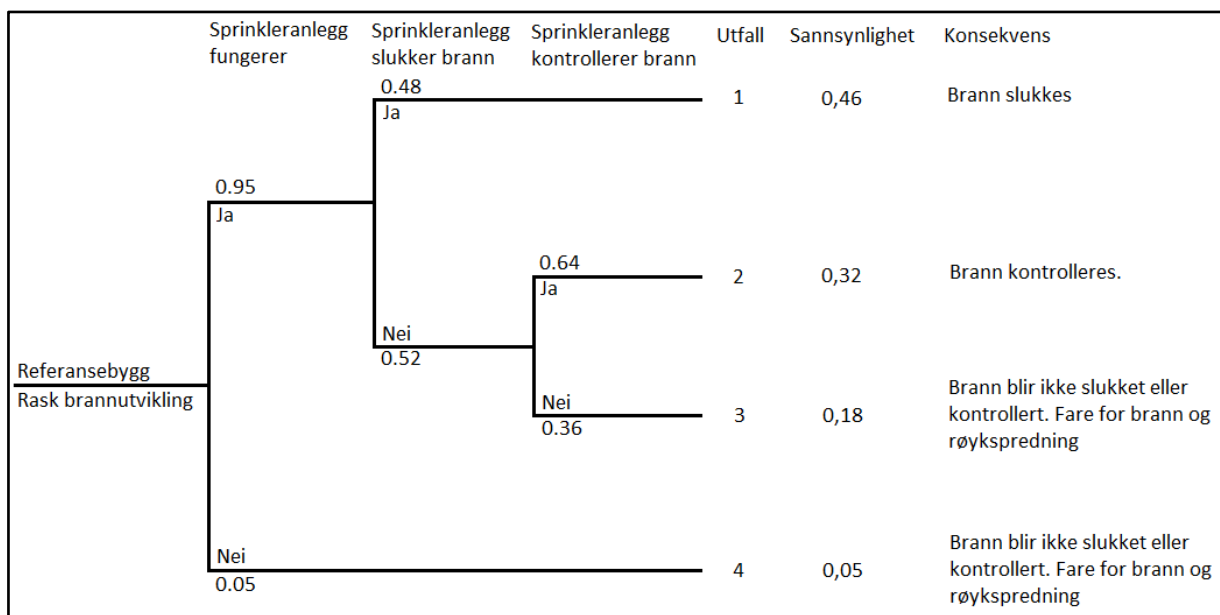
I hendelsestreet vil barrierenes pålitelighet bli sett på ved å ta for seg sannsynlighet for vellykket slukking opp mot svikt i anlegget. Meningen er å påvise at akseptkriteriene som beskrevet tidligere blir ivarettatt på en likeverdig eller bedre måte for analysebyggverket. Fra kommer pålitelighet for tiltakene frem.

<b>Tiltak</b>	<b>Pålitelighet</b>
Alarmanlegg aktiveres	85 % [51]
Inergenanlegg utløses	97 % [52]
Selvlukkende dør fungerer	90 % [53]
Sprinkler aktiveres	95 % [54]
Sprinkler slukker brann	48 % [54]
Sprinkler kontrollerer, men slukker ikke	64 % [54]
Overtrykkspjeld	Er mekanisk og antas å ha en 0% feilrate. Inkluderes ikke i hendelsestreet.

Tabell 5.1 Elementer inkludert i hendelsestreene.



Figur 5.1 Hendelsestre analysebygg.



Figur 5.2 Hendelsestre referansebygg.

Ut ifra analysen av barrierenes pålitelighet i analysebyggverket, kan den sammenlagte sannsynligheten for at brannen slukkes finnes. Ved å legge sammen 74 % sannsynlighet for at brannen slukkes og 8% sannsynlighet for at brannen slukkes/kontrolleres, blir sammenlagt sannsynlighet på 82% for at brannen slukkes eller kontrolleres. Ved samme utførelse for analysen av barrierenes pålitelighet i referansebyggverket, blir sammenlagt sannsynlighet på 78% for at brannen slukkes eller kontrolleres.

Med 4% høyere sannsynlighet for å slukke/kontrollere brannen, blir alternativ løsning vurdert som bedre enn preakseptert løsning.

### **Personsikkerhet i brannstartrommet**

Med personsikkerhet i startbrannrommet menes det at personen som befinner seg i rommet hvor brannen oppstår, blir evakuert før kritiske forhold oppstår.

Med grunnlag i at Inergenanlegget har en lavere slukketid, samt en høyere sannsynlighet for å slukke/kontrollere brannen, blir personsikkerheten i brannstartrommet vurdert som bedre enn ved referansebygget.

### **Økonomisk- og materiallsikkerhet**

For den økonomiske- og materiellesikkerheten inngår det at byggets verdier og bygget i seg selv blir ivare tatt på best mulig måte. Begge anleggene hindrer brann i en tidlig fase og begrenser omfanget av skadene. Derimot kan utløsning av sprinkler medføre vannskader hvor Inergengassen ikke har noen dokumenterte skademomenter for et bygg av denne typen. I tillegg kan det også her trekkes frem at Inergenanlegget har høyere sannsynlighet for slukking, samt lavere slukketid.

Følgelig kan økonomisk- og materiellsikkerhet for analysebyggverket bli vurdert som bedre enn referansebyggverket.

### **Kontrollere/slukke brann i den tid som er nødvendig**

For Fredheim omsorgssenter inngår slukking/kontroll av brann i den tid som er nødvendig, 20 min. Fra forsøkene kommer det frem at begge anleggene slukker/kontrollerer brann innen den tid, men slukkeevnen for Inergenanlegget viste seg å bli svekket ved åpen dør. Derimot vil de ekstra tiltakene som er satt for analysebygget motvirke denne svakheten, og som kommer frem fra hendelsestreet har tiltakene i analysebygget en høyere sannsynlighet for å slukke/kontrollere brannen. Følgelig kan slukking/kontrollering av brann i den tid som er nødvendig i analysebygget bli vurdert som bedre enn referansebyggverket.

### **Forhold for rømning og redning av personer**

Med forhold for rømning av personer menes det at personer som skal rømme ut av bygget ikke skal bli utsatt for kritiske forhold som kan forhindre rømning til det fri, i den tid som er nødvendig for rømning. For redning av personer menes det at ansatte ikke skal utsettes for kritiske forhold når de henter ut pasienter som har behov for assistert rømning. Tas det hensyn i at Inergenanlegget har en hurtigere utløsningstid samt slukketid, blir det potensielt mindre røykutvikling ila. brannforløpet. Dette kan føre til bedre rømning- og redningsforhold. Med grunnlag i at Inergenanlegget i tillegg har en høyere sannsynlighet for å slukke/kontrollere brannen, blir forholdene for rømning og redning vurdert som bedre.

## 5.10 Usikkerhetsanalyse

### Brannscenario

Det er usikkerhet rundt brannvekst og størrelse, ettersom dette kan være et ganske bredt spekter.

### Forenklinger

Bygget er forenklet til å ha preaksepterte løsninger fra TEK17, men med manglende slukkeanlegg.

### Sannsynlighetsstatistikk

Det er usikkerhet knyttet til anvendt sannsynlighetsstatistikk. Statistikken for røykvarslere ved sykehjem, selvlukkende dører og sprinkleraktivering er fra 1995 og 1996 [51] [53] [54]. Følgelig er det usikkerhet om gitt data er representativ for dagens løsninger. Spesielt er det trolig at dagens røykvarslere har blitt betraktelig forbedret etter over 20 år.

### Automatisk avstengningsmekanisme for ventilasjonsanlegg

Resultatene til analysebygget har usikkerhetsmomenter grunnet manglende statistikk for påliteligheten til automatisk avstengningsmekanisme for ventilasjonsanlegg. Dersom nevnt statistikk hadde vært tilgjengelig ville dette økt antall ledd i hendelsestreet for analysebygget og følgelig økt antall utfall. Dette innebærer et utfall hvor svikt forekommer i både automatisk lukking av dører og automatisk avstengningsmekanisme for ventilasjonen. Om sistnevnt utfall innebærer at slukkekonsentrasjonen i rommet vil gå over grensen på 15%, er derimot usikkert.

### Overtrykkspjeld

Det er usikkerhet rundt den antatte feilraten på 0% til overtrykkspjeldet.

## 5.11 Sensitivitetsanalyse

Det er ikke utført beregninger i denne komparative analysen.

## 5.12 Beskrivelse av risiko

### Brannscenario

De brannscenarioer som er tatt med i denne analysen er ikke representativ for alle branner som kan oppstå, men en vurdering på sannsynlige branner og verst tenkelig scenario for beskrevet byggverk. Analysen vil dermed ikke dekke alle muligheter og gir ikke en helomfattende oversikt over brannsikkerheten for bygget. Det må utføres en mer grundig analyse for dette.

### Forenklinger

Med kun bruk av en forenklet versjon av Fredheim omsorgssenter, kan ikke denne komparative analysen brukes som grunnlag for å installere et Inergenanlegg til senteret. Dette med grunnlag i at det er flere fravik som må tas hensyn til, og det ikke er sikkert at valgt tiltak i analysebygget vil kompensere for disse. Analysen tar kun for seg fraviket i automatisk slukkeanlegg, og vil dermed kun gjelde for dette området.

### **Sannsynlighetsstatistikk**

Med grunnlag i at noe av statistikken er over 20 år gammel, er det trolig at det har blitt gjort forbedringer på de fleste områder slik at statistikken i realiteten vil peke i positiv retning. Sannsynlighetene for slukking eller kontroll av brann er da trolig bedre for både sprinkler og Inergen.

### **Automatisk avstengningsmekanisme for ventilasjonsanlegg**

Dersom avstengning av ventilasjon ikke fungerer 100% av tiden vil dette som nevnt føre til flere utfall for analysebygget og mulig senke faktisk slukkerate som kommer frem fra hendelsestreet. Antas det en feilrate på 5% i den automatiske avstengningsmekanismen vil dette tilsvare en sannsynlighet på 0,4 % for at både dør og ventilasjon svikter.

### **Overtrykkspjeld**

Risikoen rundt en feil i overtrykkspjeldet vil føre til at et overtrykk oppstår i volumet hvor gassen blir injisert. Dette kan i verste fall føre til at vinduer knuser eller vegger svekkes.

## Konklusjon

Denne rapporten har tatt for seg bruken av et Inergengasslukkeanlegg, med gass av typen IG-541, som et alternativ til sprinkleranlegg ved Fredheim omsorgssenter. Hovedfokuset har vært på å påvise om Inergenanlegget gir likeverdig slukkeevne, pålitelighet og personsikkerhet som et sprinkleranlegg. Spesielt har det blitt sett på hvordan personsikkerheten i startbrannrommet ble ivaretatt. Gjennom praktiske forsøk har det blitt samlet inn data til bruk av sammenligning mellom de to anleggene, og en komparativ analyse har tatt for seg påliteligheten til anleggene.

Det er mange faktorer som kan spille inn ved en sammenligning av to automatiske slukkeanlegg som utført i denne oppgaven. Dette fører til en viss usikkerhet ved oppgavens presenterte resultater, ettersom alle relevante faktorer muligens ikke representeres. Likevel gir resultatene innsikt i hvordan anleggene stiller i forhold til hverandre, mtp. slukkeevne, pålitelighet og personsikkerhet, for de faktorer som er presentert og tatt hensyn til.

Innsatstiden på 20 min til Fredheim omsorgssenter har stått sentralt i denne rapporten. Fra resultatene kommer det frem at sprinkleranlegg kan kompensere for dette avviket, i og med at brannen slukkes innen 10 min for begge sprinklerforsøkene. Dette understøttes også i VTEK 17 hvor sprinkler er preakseptert løsning.

Problemstillingen var om Inergenanlegg også kan kompensere for dette avviket. Forsøkene tilsier at Inergen alene vil slite med å slukke brann i små romvolum med høyt lekkasjetall (åpen dør). Det er derfor usikkert om anlegget klarer å kompensere for avviket i innsatstid, men det vil med høyere sannsynlighet kompensere for avviket dersom tiltak for svakheter inkluderes, som: selvlukkende dører med magnet, vinduer med begrensning til åpningsvinkel, inndeling i dekningssoner og automatisk avstengning av ventilasjon. Dette understøttes av den utførte komparative analysen, hvor det kommer frem at analysebygget med Inergenanlegg og tilhørende tiltak, vurderes til å gi bedre slukkeevne, pålitelighet og personsikkerhet enn referansebygget med sprinkler. Det understøttes videre av den lavere slukketiden til Inergen som spesielt ivaretar personsikkerheten i brannstartrommet.

Det er tre faktorer som gjør det vanskelig å trekke en konklusjon basert på resultater fra denne rapporten alene:

- Usikkerhet i den komparative analysen i form av manglende statistikk
- Begrenset antall forsøk gir lite omfang og dermed redusert sikkerhet i resultatene
- Det er kun sett på en begrenset del av bygget (pasientrom)

Denne rapporten alene gir dermed ikke nok grunnlag for installering av Inergenanlegg ved Fredheim omsorgssenter. Det må utføres en mer grundig analyse av påliteligheten til IG-541-anlegget med tilhørende tiltak for holdetid, samt analyser av de resterende fravikene fra Rambølls tilstandsanalyse for å avdekke hvilke tiltak som vil gi tilfredsstillende brannsikkerhet for hele bygget.

## Referanser

- [1] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «dsb.no,» 26 Juni 2002. [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/veiledning-til-forskrift-om-organisering-og-dimensjonering-av-brannvesen/#organisering-av-beredskap-og-innsats>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [2] S. O. Moum, *Orienteringsplan Hovedplan Fredheim omsorgssenter*, Dovre kommune, 2000.
- [3] T. I. Hovhaugholen, *E-post med info om bygget.*, Dovre kommune, 2019.
- [4] U. Malt, «Store Norske Leksikon,» 3 Februar 2017. [Internett]. Available: [https://snl.no/kognitive\\_funksjoner](https://snl.no/kognitive_funksjoner). [Funnet 7 Mai 2019].
- [5] T. A. Sverre Holøs, «SINTEF Byggforsk,» Desember 2014. [Internett]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/4126/luftlekkasjemaaling\\_av\\_bygninger\\_hensikt\\_og\\_vurdering](https://www.byggforsk.no/dokument/4126/luftlekkasjemaaling_av_bygninger_hensikt_og_vurdering). [Funnet 7 Mai 2019].
- [6] T. Nordseth, «Store Norske Leksikon,» 21 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://sml.snl.no/hypoksi>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [7] Standard Online AS, «SN-INSTA/TS 950:2014 Fire Safety Engineering Comparative method to verify fire safety design in buildings,» April 2014. [Internett]. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=692000>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [8] D. W. Poh, «Tenability criteria for design of smoke hazard,» Umowlai, August 2011. [Internett]. Available: <http://umowlai.com.au/wp-content/uploads/2016/08/2011-Ecolibrium-Tenability-Criteria-Aug-11.pdf>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [9] A. Pryor, «Full scale evaluation of the fire hazard of interior wall Finishes,» South West Research Institute, San Antonio, Texas, 1968.
- [10] S. A. Evensen, «Stor Norske Leksikon,» 23 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://sml.snl.no/hemoglobin>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [11] J. P. S. R. W. Bodil Aamnes Mostue, «Rise Fire Research,» 14 Mai 2003. [Internett]. Available: <https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/nb110-a03105.pdf>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [12] G. Harzell, «Understanding of Hazard to Humans,» *Advances in Combustion Toxicology*, pp. 19-37, 1989.
- [13] E. J. Skraastad, «Personsikkerhet ved opphold i atmosfære med redusert oksygenivå kompensert med økt karbondioksidnivå,» Trondheim, 2017.
- [14] Miljødirektoratet, «Miljøstatus,» 11 Mai 2017. [Internett]. Available: <https://www.miljostatus.no/tema/stoy/stoy-og-helse/Rapport>. [Funnet 2019 Mai 2019].
- [15] «SINTEF Byggforsk,» Mai 2016. [Internett]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/322/noedvendig\\_roemningstid\\_ved\\_brann](https://www.byggforsk.no/dokument/322/noedvendig_roemningstid_ved_brann). [Funnet 7 Mai 2019].
- [16] Standard Online AS, «NS 3901:2012 Krav til risikovurdering av brann i byggverk, kapittel 7,» Juni 2012. [Internett]. Available:



- <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=532801>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [17] K. Engedal, «Store Medisinske Leksikon,» 11 Mars 2019. [Internett]. Available: <https://sml.snl.no/alderdom>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [18] «Sikker hverdag,» DSB, [Internett]. Available: <https://www.sikkerhverdag.no/brann/forebygge-brann/bedre-brannsikkerhet-for-eldre/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [19] Det norske akademis ordbok, «NAOB,» [Internett]. Available: <https://www.naob.no/ordbok/boevne>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [20] K. Engedal, «Store medisinske leksikon,» 9 April 2019. [Internett]. Available: <https://sml.snl.no/demens>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [21] Den Norske Legeforening, «Den Norske Legeforening,» 9 Oktober 2001. [Internett]. Available: <https://legeforeningen.no/Emner/Andre-emner/Publikasjoner/Statusrapporter/statusrapport-om-situasjonen-i-helsetjenesten-ar-du-blir-gammel-og-ingen-vil-ha-deg/kapittel-2-kunnskap-om-eldre-og-eldres-sykdommer/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [22] B. C. Hagen, «Grunnleggende Brannteknikk, Brannkjemi,» [Internett]. Available: <http://www.hagensforlag.no/brannkjemi.pdf>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [23] SINTEF Byggforsk, «Brannenergi i bygninger. Beregninger og statistiske verdier,» Desember 2013. [Internett]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/4096/brannenergi\\_i\\_bygninger\\_beregninger\\_og\\_statistiske\\_verdier](https://www.byggforsk.no/dokument/4096/brannenergi_i_bygninger_beregninger_og_statistiske_verdier). [Funnet 7 Mai 2019].
- [24] SINTEF Byggforsk, «Brannsikringsløsninger for rom med skadefølsomt innhold,» April 2009. [Internett]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/511/brannsikringsloesninger\\_for\\_rom\\_med\\_ska\\_defoelsomt\\_innhold](https://www.byggforsk.no/dokument/511/brannsikringsloesninger_for_rom_med_ska_defoelsomt_innhold). [Funnet 7 Mai 2019].
- [25] Opplysningskontoret for automatiske slokkeanlegg, «OFAS Generelt om gasslokkeanlegg,» [Internett]. Available: <http://www.slokkeanlegg.no/Slokkeanlegg/Gass>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [26] A. Kraaijeveld, *Presentasjon Inergen, 9 april 2018*, 2018.
- [27] T. Knut Linrud, «Slideplayer, slide 23,» 2015. [Internett]. Available: <https://slideplayer.no/slide/1897293/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [28] Brannmannen.no, «Slokkemidler,» 1 Mai 2001. [Internett]. Available: <http://www.brannmannen.no/fagstoff/slokkemidler/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [29] C. Lambertsen, «Chemical control of respiration at rest, in *Medical Physiology*,» *Medical Physiology*, pp. 1774-1827, 1980.
- [30] E. C. Pierce, «Blood Pco<sub>2</sub> and brain oxygenation at reduced ambient pressure,» *Journal of*, pp. 899-908, 1962.
- [31] National Fire Protection Association, «NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=2001>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [32] ANSUL, «The Physiology of INERGEN Fire Extinguishing Agent,» Tyco, 2016.

- [33] C. Lambertsen, «Summary of Relations, Physiologic Factors and Fire Protection Engineering Design Scenarios,» 1993.
- [34] L. J. o. M. P. J.L., «The Effect of Oxygen-Pressure on the Uptake of Carbon Monoxide by Man at Sea Level and at Altitude,» *American Journal of Physiology* 145, pp. 346-350, 1945.
- [35] G. Field, «The Physiological Effects on Humans of Exposure to Gas Mixtures of Air and INERGEN,» Department of Respiratory Medicine, the Prince Wales Hospital, Sydney, Australia, 1992.
- [36] Standard Online AS, «NS-EN 12845:2015 Faste brannsløkkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold,» 1 September 2015. [Internett]. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=811100>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [37] Opplysningskontoret for automatiske slokkeanlegg, «OFAS Fordeler og utfordringer med sprinkler,» [Internett]. Available: <http://www.slokkeanlegg.no/Slokkeanlegg/Sprinkler/Fordeler-og-utfordringer>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [38] Direktoratet for byggkvalitet, «Tilsyn 3.2.4. Prosjektprosessen tilpasset funksjonsbaserte krav,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.4.-prosjektprosessen/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [39] Direktoratet for byggkvalitet, «VTEK17 § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/iv/11-12/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [40] Direktoratet for byggkvalitet, «TEK17 Innledning til kapittel 2 Dokumentasjon for oppfyllelse av krav,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/2/innledning/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [41] Direktoratet for byggkvalitet, «TEK17 § 3-1. Dokumentasjon av produkter til byggverk,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/3/3-1/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [42] Direktoratet for byggkvalitet, «TEK17 kapittel 4 Dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/4/innledning/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [43] Direktoratet for byggkvalitet, «SAK10 § 5-5. Dokumentasjon som skal foreligge i tiltaket,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggeregler/sak/2/5/5-5/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [44] Direktoratet for byggkvalitet, «SAK10 § 10-2. Dokumentasjon for oppfyllelse av kvalitetssikringsrutiner,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggeregler/sak/3/10/10-2/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [45] Lovdata, «Kapittel 21. Krav til innhold og behandling av søknader,» 8 Mai 2009. [Internett]. Available: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL\\_4-2#KAPITTEL\\_4-2](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_4-2#KAPITTEL_4-2). [Funnet 7 Mai 2019].
- [46] H. Raa, «Ny dødsbrann etter brannsikring for fem millioner ved omsorgssenter,» NRK Sørlandet , 14 September 2018. [Internett]. Available:

- <https://www.nrk.no/sorlandet/beboer-omkom-etter-brann-ved-omsorgssenter-1.14206496>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [47] D. Drysdale, «Optical density per metre,» i *An introduction to fire dynamics*, John Wiley & Sons, 2011, p. 449.
- [48] Norsk solenergiforening, «Norsk solenergiforening,» [Internett]. Available: <https://www.solenergi.no/begreper>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [49] O. A. R. Bjørnar Røsdal, «Bruk av risikovurdering ved brannprosjektering,» 2015. [Internett]. Available: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/293823>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [50] K. Björnsson, «Typical Growth Rates Recommended for,» i *Enclosure fire dynamics*, CRC Press LLC, 2000, p. 57.
- [51] J. Hall, «U.S. Experience with Smoke Detectors and Other Fire Detectors,» National Fire Protection Association, 1995.
- [52] A. Kraaijeveld, «Rapport vedrørende anvendelse av IG-541 som alternativ til sprinkleranlegg s. 17,» Høgskulen på Vestlandet, Haugesund, 2018.
- [53] Fire Code Reform Centre, *Fire Engineering Guidelines*, first edition, Sydney, Australia: Fire Code Reform Centre, 1996.
- [54] Warrington Fire Research, «Probabilistic Risk Assessment Data - Delphi Exercise,» Warrington, UK, 1996.
- [55] V. Flook, «The Effect of Carbon Monoxide and Other Toxic Gases on the Normal Healthy Subject Breathing Air/INERGEN Mixture,» Department of Biomedical Sciences, University of Aberdeen, Aberdeen, 1993.
- [56] G. B., «Wikipedia,» 7 Mars 2006. [Internett]. Available: [https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Fire\\_tetrahedron.svg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Fire_tetrahedron.svg). [Funnet 7 Mai 2019].
- [57] Direktoratet for byggkvalitet, «TEK17 § 2-1. Dokumentasjon for oppfyllelse av krav. Generelt,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/2/2-1/>. [Funnet 7 Mai 2019].
- [58] SINTEF Byggforsk, «byggforsk.no,» Mai 2016. [Internett]. Available: [https://www.byggforsk.no/dokument/322/noedvendig\\_roemmingstid\\_ved\\_brann](https://www.byggforsk.no/dokument/322/noedvendig_roemmingstid_ved_brann). [Funnet 7 Mai 2019].

## Vedlegg

- Vedlegg 1: Brannteknisk tilstandsanalyse fra Rambøll
- Vedlegg 2: Utsendt brev til bransjen
- Vedlegg 3: Brev fra SP Fire Research AS vedrørende bruk av gasslokkeanlegg i bemannede rom 1
- Vedlegg 4: Brev fra SP Fire Research AS vedrørende bruk av gasslokkeanlegg i bemannede rom 2
- Vedlegg 5: Brannforløp Berge gård senter
- Vedlegg 6: IMT-beregninger
- Vedlegg 7: Grafer fra forsøk 3 og 4, temperatur versus tid for termoelementer i seng og gardiner
- Vedlegg 8: Wickströms konvertering fra celsius til varmfluks

# Vedlegg 1

## Brannteknisk tilstandsanalyse fra Rambøll

BRANNTÉKNISK TILSTANDSANALYSE

9

**Tabell 3 Tilstandsanalyse**

Henvising til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-2 Risikoklasser</b>	<b>2.1 Risikoklasse - RKL</b> RKL 2, 5 og 6	-	Kontor – RKL 2(2.etg og sokkel) Pleieinstitusjoner – RKL 6(sokkel og 1.etg) Kapell – RKL 5 (1.etg)	-
<b>§ 11-3 Brannklasser</b>	<b>3.1 Brannklasse - BKL</b> BKL 2	-	3 tellende etasjer.	-
<b>§ 11-4 Bæreevne og stabilitet</b>	<b>4.1 Bæreevne og stabilitet</b> <i>Hovedbæring</i> R 60 [B60]	Ok	Betong/murte konstruksjoner (vegger, søyler, bjelker). Bæresystem av tre i Dovrehallen. Støpte bærekonstruksjoner vurderes å tilfredsstillende min. R60.	Eventuelle tiltak vurderes å ligge utenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.
	<i>Sekundærbæring og etasjeskillere</i> R 60 [B60]	Ok	Støpt plate på mark i U. etasje og deler av 1.etg. plasstøpte dekker i etasjeskillere. Takkonstruksjoner av tre (søyler, bjelker, sperrer).	Eventuelle tiltak vurderes å ligge utenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.
	<i>Trappeløp</i> R 30 [B30]	Bedre enn	Trappeløp er støpt.	Eventuelle tiltak vurderes å ligge utenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.  Krav til trappeløp stilles for å muliggjøre rednings- og slukkeinnsats og for å ivareta sikkerheten til rednings- og slukkepersonell.
	<i>Utvendig trappeløp</i> R 30 eller A2-s1,d0 [ubrennbart]	-	-	-
<b>§ 11-5 Sikkerhet ved eksplosjon</b>	<b>5.1 Farlig stoff</b>	-	Propan benyttes til matlaging og klestørking (tørketrommel). Nitrogen benyttes ifm. vakumpakking. Propan oppbevares utvendig i nedgravd tank. Nitrogen oppbevares i gassflaske inne på kjøkken.	Det forutsettes at brann- og eksplosjonsfarlige varer oppbevares og brukes i samsvar med gjeldende lover og forskrifter.

M:\2017-OPDRAG\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTÉKNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

Henvising til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-6</b> <b>Tiltak mot brannspredning mellom byggverk</b>	<b>6.1 Avstand mellom bygg</b> Krav om avstand på 8 meter mellom byggverk.	Ok	Avstand til nabobygg er over 8 m.	-
<b>§ 11-7</b> <b>Brannseksjoner</b>	<b>7.1 Brannseksjoner</b> Største bruttoareal pr. etasje uten seksjoneringer er 1200 m <sup>2</sup> forutsatt spesifikk brannenergi 50-400MJ/m <sup>2</sup> . Med brannalarmanlegg tillates 1800 m <sup>2</sup> .  Evt. seksjoneringskonstruksjon må tilfredsstillere REI120-M A2-s1,d0 [A120] i BKL 2 og med brannenergi < 400 MJ/m <sup>2</sup> .  Bygg i RKL 6 beregnet for pleieinstitusjoner må deles vertikalt i minst to brannseksjoner, for å kunne forflytte/evakuere sengepasienter til sikkert sted ved brann.	Fravik.	Største areal pr plan er ca 4500 m <sup>2</sup> (1. etasje).  Bygget er etablert med fire seksjonerings skiller for å ivareta krav om mulighet for horisontal evakuering av sengepasienter. Seksjonerings skiller er imidlertid beheftet med enkelte mangler: - Vegger mot nord-vestfløy og sør-østfløy går ikke kontinuerlig ned i kjeller. - Det er ikke etablert tiltak for å motvirke brannspredning mellom ulike seksjoner i takfot. - Tekniske gjennomføringer i seksjoneringsvegger ble registrert branntettet men vil ikke tilfredsstillere krav til 120 minutters brannmotstand.  Det er etablert heldekkende brannalarmanlegg.	Krav om mulighet til horisontal evakuering til sikkert sted for sengepasienter, må tilfredsstillere. Det vurderes å være tilstrekkelig å videreføre eksisterende seksjonerings skiller men at disse tilfredsstillere krav til brannmotstand EI 60 A2-s1,d0. Dette vurderes også opp mot etablering av automatisk slokkeanlegg. Se §11-12.  Gjennomføringer i seksjoneringsvegger må kontrolleres opp mot vedlagte branntegninger og utbedres ved behov.

M:\2017-OPPDRAG\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTÉKNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

Henvi­sing til para­graf i TEK/VTEK	Anbefalt lø­sing iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert til­stand iht. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-8 Brann­celler</b>	<b>8.1 Brann­celler</b> Rom som har forskjellig bruk og/eller brannenergi bør normalt være egne brann­celler.	Ok  Fravik	Det fore­ligger ikke brann­tegninger for bygget. Det er utarbeidet forslag til brann­tegninger som vedlegg til denne rapporten.  Ut­drag av rom skal være skilt ut som egne brann­celler på tegninger: - Trapperom - Korridorer - Beboerrom - Fellesstuer - Kantine inkl. kjøkken, sentralt fellesareal og vestibyle - Lagerrom - Kontorareal - Heis - Tekniske rom (Vent., EL.) - Garderobes - Kapell med tilhørende rom - Garasje - Sjakter  Observerte avvik: Sjakt for skittentøysnedkast ender opp i nød­aggregatrom.  Fellesstue i sørvestfløy er åpen mot rømningskorridor.	Det hen­vises til vedlagte brann­tegninger for brann­celle­inndelingen som er lagt til grunn for vurderingene i denne rapporten.          Skittentøysjakt må skilles som egen brann­celle adskilt fra nød­aggregatrom.  Fellesstue må skilles fra korridor med min E 30 [F 30] konstruksjoner. Kravet forutsetter at bygningen sprinkles.

Henvising til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-8 Brannceller</b>	<i>Branncellebegrensende konstruksjon</i> EI60 [B60]	Ok	Konstruksjoner i branncelleskiller, består hovedsakelig av støpte/murte vegger eller isolert bindingsverk (tre el. stål) med gipsplatekledning.	Det må foretas kontroll for å verifisere at tilstanden til branncellebegrensende konstruksjoner er iht. branntegninger.
	<b>8.2 Ytelseskrav dører</b> <i>Branncelle – branncelle og seksjonerings skiller:</i> EI <sub>2</sub> 60- S <sub>a</sub> A2-s1,d0 [A60 m/ terskel] <i>Branncelle – trapperom</i> EI <sub>2</sub> 30- CS <sub>a</sub> [B30S m/terskel] <i>Korridor – trapperom Tr 2</i> E 30- CS <sub>a</sub> [F30S] <i>Branncelle – korridor</i> EI <sub>2</sub> 30- S <sub>a</sub> [B30] <i>Dører i røykskiller</i> E 30- CS <sub>a</sub> [F30S] <i>Fellestue- korridor:</i> E 30- CS <sub>a</sub> [F30S] <i>Heisdør:</i> E 90 [F 90] / EI 60 [A 60]	Fravik.	Dører i branncellebegrensende konstruksjoner har generelt nødvendig brannmotstand. Generelt har tekniske rom B60-dører, og dører til beboerrom har B 30 dører. Heis er utført med A 60 dør.  Enkelte branndører uten faste terskler er etablert med heve/senke-terskler eller slepelist. Eksisterende dører må kontrolleres mht tetthet/funksjon.  Fleire dører mellom fellesstuer og korridorer stod åpne på kiler e.l.	Det må tas en etterkontroll for å sikre at alle dører i branncelleskiller har brannmotstand tilstrekkelig brannmotstand.  Dører til fellesstuer må etableres med holdemagnet og kobles opp mot brannalarmanlegget.
	<b>8.3 Røykkontroll</b> Trapperom som er rømningsvei i byggverk med flere enn to etasjer må røykventileres.	Ok	Hovedtrapperom, fra 1. etasje til loft (4. etg) er røykventilert. Hovedtrapp defineres ikke som rømningsvei fra 2.etg men vil være hovedangrepsvei til 2.etg for brannvesenet. Røykventilering er først og fremst et tiltak for brannvesenet.	Funksjon på røykventilasjon må kontrolleres.

M:\2017-OPPDRA\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTekNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKPLAN.DOC



Henvising til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
	<b>8.4 Utvendig brannspredning</b>			
	<i>Krav vertikalt:</i> Kjølsoner mellom uklassifiserte vindu minimum lik høyde på underliggende vindu.	Anmerkn.	Kjølsoner mellom vinduer i ulike etasjer er med noen unntak generelt større enn høyden til underliggende vindu. Fare for vertikal brannspredning vil være ivarettatt ved at bygningen sprinkles.	Forholdet ses i sammenheng med krav om etablering av sprinkleranlegg.
	<i>Krav horisontalt:</i> Krav til brannklassifisert glass ved avstand mindre enn 4 m mellom vindu i innvendige hjørner.	Anmerkn.	For sprinklede bygg er det kun krav til skjerming av rømningsvei i innvendige hjørner. Forholdet er ivarettatt ved at det installeres sprinkleranlegg i bygget.	
	<i>Krav takfot/gesims:</i> Spredning til kaldt loft etc. skal forhindres.	Anmerkn.	Det kunne ikke registreres tiltak for å hindre en eventuell brannspredning opp til gesimskasse og loft. Da dette hovedsakelig påvirker verdisikkerheten, og personsikkerheten er ivarettatt, vurderes ikke forholdet nærmere.	Sees også i sammenheng med krav om sprinkling av bygningen.
	<b>8.5 Brannceller over flere plan</b>			
		-	Ikke aktuelt.	
<b>§ 11-9 Materialer og produkters egenskaper ved brann</b>	<b>9.1 Overflater og kledninger</b>			
	<i>I brannceller som ikke er rømningsvei</i> B-s1,d0 [In1], K210 B-s1,d0 [K1]	Fravik	Striebelagt gipsplatekledning, betong/mur og enkelte innslag av trekledning i fellesarealer.	Eksisterende trekledning aksepteres videreført. Krav til overflater og kledninger må hensyntas ifm. vedlikehold og ombygginger.
	<i>I sjakter og hulrom</i> B-s1,d0 [In1], K210 A2-s1,d0 [K1-A]	-	Ikke registrert	-
	<i>I rømningsvei</i> B-s1,d0 [In1], K210 A2-s1,d0 [K1-A]	Ok	Striebelagt gipsplatekledning, betong/mur	-

HenviSning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løSning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-9 Materialer og produkters egenskaper ved brann</b>	<i>Gulv i rømningsvei</i> D <sub>fl</sub> -s1 [G]	Ok	Golvbelegg og flis.	-
	<i>Utvendig</i> B-s3,d0 [Ut1]	Anmerkn.	Pusset mur, betong og trekledning på enkelte deler av bygget.	Utvendig trekledning er oppdelt i mindre felt eller går kun sammenhengende over en etasje. Eksisterende bruk tillates videreført.
	<i>Rør- og kanalisolasjon</i> PII. I rømningsvei PI.	Anmerkn.	Registrert kanaler med og uten brannisolering. Rørføringer registrert med kondensisolering.	Eksisterende situasjon mht. brannisolering av ventilasjonskanaler tillates videreført. Forholdet ses i sammenheng med krav om sprinkling av bygget.
	<i>Taktekking</i> B <sub>Roof</sub> (t2) [Ta]	Ok	Takstein.	-
	<b>9.2 Isolasjonsmaterialer</b>			
Må tilfredsstillende A2-s1,d0 [ubrennbar, begrenset brennbar]	Ok	Registrert bruk av mineralull på loft. Det forutsettes at det generelt er benyttet ubrennbar isolasjon.	-	
<b>9.3 Hulrom</b>				
<i>Hulrom generelt, samt over himling, må ikke bidra til økt fare for brannspredning.</i>	Ok	Hulrom på loft er delt opp ved at seksjoneringsvegger er ført opp over tak. Nøyaktig areal av de enkelte delene av kaldloft er ikke kjent.	Ytterligere oppdeling av kaldloft anses ikke som hensiktsmessig ut fra en kost/ nytte vurdering.	

M:\2017-OPPDRAG\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOk\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTekNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ifl. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-10 Tekniske installasjoner</b>	<b>10.1 Ventilasjonstekniske installasjoner</b>			
	Ventilasjonsanlegg skal utføres slik at det ikke bidrar til brann- og røykspredning i kanalnettet eller på grunn av utettheter mellom kanal og den bygningsdelen som kanalen føres gjennom, eller brannspredning på grunn av varmeledning i kanalgodset.	Anmerkn.	Funksjon av ventilasjonsanlegg under brann, er ikke kjent. Det ble registrert kanaler både med og uten brannisolasjon.  Ventilasjonsgjennomføringer i seksjoneringsvegger må brannisoleres der de ikke er utført med brannisolasjon. Øvrige gjennomføringer aksepteres utført med branntetting men uten brannisolasjon.  Ventilasjonsprinsipp ved brann er ikke kjent, men det forutsettes i utgangspunktet et «trekk ut» prinsipp der ventilasjonsanlegget går ved brann.	Gjennomføringer i seksjonerings- og branncellebegrensende skiller må etterkontrolleres og branntettes/ isoleres der dette ikke er gjort. Det vises til vedlagte branntegninger for oversikt over brannskiller.  Ved detektert brann skal både tilluft og avtrekk på ventilasjon gå som normalt eller gires opp til å gå for fullt hvis ventilasjonsanlegget er koblet opp mot brannalarmanlegget.
	<b>10.2 Rørtekniske installasjoner</b>			
	Gjennomføringer skal ikke svekke konstruksjonenes brannmotstand.	Ok	Rørgjennomføringer i branncellebegrensende konstruksjoner ble registrert branntettet der det ble gjennomført stikkprøver.	

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
	<p><b>10.3 Elektriske installasjoner</b> Kabler inntil 50 MJ/løpemetere aksepteres i rømningskorridor uten særskilte tiltak.</p> <p>Strømforsyning til installasjoner som skal ha en funksjon under brann og slokking må sikres ved at kabler beholder sin funksjon og driftsspennning i minst 60 min (alt. innstøpte rør med krav til overdekning 30 mm).</p>	<p>Ok</p> <p>Fravik</p>	<p>Det ble ikke observert større mengder kabler over himling i korridorer.</p> <p>Det er ikke kjent hvilken batteribackup brannalarmanlegget eller utgangsmarkeringene har.</p>	<p>Batteribackup må kontrolleres ifm. service på brannalarmanlegg og utgangsmarkeringer.</p>
<p><b>§ 11-11</b> <b>Generelle krav om rømning og redning</b></p>	<p><b>11.1 Generelle krav</b> Sikker rømning og redning for personer med funksjonsnedsettelse skal ivaretas.</p> <p>Fluktvei skal være oversiktlig og lettfattelig.</p>	Anmerkn.	<p>Det antas at de fleste av beboerne vil måtte ha assistanse ved evakuering. Det ble opplyst om at det er redningslaken på hvert rom og at disse i utgangspunktet benyttes ved assistert evakuering av sengeliggende beboere. Assistent rømning av personer med funksjonsnedsettelse, forutsettes ivaretatt i brannvernorganisasjonen mht rutiner.</p>	<p>Rutiner er ikke gjennomgått og vurdert. Det forutsettes at det under brannøvelser også øves på slik evakuering, slik at alle er klar over hvilke roller og ansvar den enkelte har om en uønsket hendelse skulle oppstå.</p>

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand iht. VTEK10	Kommentar	Tiltak
§ 11-12 <b>Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider</b>	<b>12.1 Automatisk slokkeanlegg</b> Bygg i RKL 6 skal ha automatisk slokkeanlegg.  Pleieinstitusjoner er i §11-12 Tabell 2 angitt med sprinkler etter NS-EN 12845, men hvor beboelsesrom og tilhørende rømningsveier kan sprinkles etter NS-INSTA 900 type 3. Det skal benyttes hurtigutløsende sprinklere for beboelsesrom og tilhørende rømningsveier.	Fravik	Det er ikke installert automatisk slokkeanlegg i bygningen.	Det må installeres sprinkler. Dette vil gi økt person- og verdisikkerhet, og vil kompensere for bygningsmessige svakheter/ skjulte feil og mangler og lang utrykningstid og lite slokkevann for brannvesenet.  Foruten markant økning i tilgjengelig rømningstid, vil sprinkler kompensere for innv. hjørneproblematikk og takfotutfordringer. Videre vil sprinkler kunne kompensere for manglende brannisolering av ventilasjonskanaler (branntetting må likevel tas).
				Sprinkler vil også sikre at slokkearbeid igangsettes umiddelbart ved tilstrekkelig temperaturutvikling i brannrommet, noe som vil hindre overtenning, og således bli håndterbar for stedlig brannvesen når de ankommer stedet.

M:\2017-OPPDRAG\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTÉKNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-12</b> <b>Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider</b>	<b>12.2 Brannalarmanlegg</b>			
	Krav om heldekkende brannalarmanlegg (kat. 2).	Ok	Det er installert heldekkende brannalarmanlegg i bygget.  Brannalarmsentral er plassert ved hovedinngang som også vil være brannvesenets hovedangrepsvei. Det er hengt opp orienteringsplan ved sentralen med oversikt over manuelle meldere og detektorer.	Det må etableres serviceavtale for brannalarmanlegg.  Det må etableres 2 sett med orienteringsplaner ved hovedinngang. Slik at innsatspersonell kan ta med seg et eksemplar for å finne frem. Seksjoneringsvegger skal også vises på O-planer
	<b>12.3 Ledesystem</b>			
	Alle byggverk må ha markeringsskilt plassert over alle utganger til og i rømningsvei.  Ledesystem i bygning i brannklasse 2 må fungere i 60 minutter etter et eventuelt strømbrudd.	Anmerkn.  -	Det er montert elektriske utgangsmarkeringer og ledelys. Utgangsmarkeringer er av ulik alder. Dekningsgrad ser ut til å være i orden, men må ettergås i forhold til vedlagte branntegninger.  Batteribackup ikke kjent.	Det må etableres serviceavtale for elektriske utgangsmarkeringer og ledelys. Ifm. service må det verifiseres hvorvidt de eldste utgangsmarkeringen tilfredsstiller gjeldende krav.  Batteribackup må verifiseres ifm. service.
	<b>12.4 Røykventilasjon</b>	-	Se kap. 8.3 Røykkontroll.	-

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-13 Utgang fra branncelle</b>	<b>13.1 Utgang fra branncelle</b> Fra brannceller skal det minst være én utgang til sikkert sted, eller utganger til to uavhengige rømningsveier eller én utgang til rømningsvei som har to alternative rømningsretninger som fører videre til uavhengige rømningsveier eller sikre steder.	Ok	1.etg: <i>Omsorgsfloya:</i> Leiligheter har utgang direkte til det fri. I tillegg har leiligheter utgang til korridor med utgang i hver ende.	-
		Ok	<i>Nord-vestfløy:</i> Beboerrom har utgang til korridor med utgang til det fri i hver ende, i tillegg er det mulig å rømme gjennom seksjoneringskille til sentralt fellesareal. Fellesstue har utgang til det fri.	
		Ok	<i>Nord-østfløy:</i> Beboerrom har utgang til korridor med utgang til det fri mot øst og nord. i tillegg er det mulig å rømme gjennom seksjoneringskille til sentralt fellesareal. Fellesstue har utgang til det fri.	
		Ok	<i>Sør-vestfløy:</i> Beboerrom har utgang til korridor med utgang til trapperom, utgang til det fri mot øst og mulighet til å rømme gjennom brannskille til sentralt fellesareal. Fellesstue har utgang til det fri.	
		Ok	<i>Sør-østfløy:</i> Beboerrom har utgang til korridor med utgang til det fri i enden mot øst og fra midt i korridoren mot nord. i tillegg er det mulig å rømme gjennom seksjoneringskille til sentralt fellesareal. Fellesstue har utgang til det fri.	
		OK	<i>Sentralt fellesareal ( branncelle med kafe, kjøkken, vestibyle og tilliggende arealer):</i> Utgang til det fri via hovedinngang, fra hvilerom ved kjøkken og fra vestibyle utenfor kapell.	

M:\2017-OPPDRAK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTekNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

HenviSning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løSning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-13 Utgang fra branncelle</b>		Ok	2.etg: Dovrehallen har utgang til tr1 trapperom og utgang til korridor med tilgang til to trapperom. Øvrige arealer har tilgang til korridor med utgang til to trapperom.  Underetasje: <i>Skjermet avd.:</i> Beboerrom har utgang til korridor med utgang til det fri i sørenden og mot nord. Fellesstuer har utgang direkte til det fri.	
		Ok	<i>Vaskeri, garderober, verksted:</i> Utgang til korridor/ trapperom og videre til det fri. Verksted har utgang direkte til det fri.	
		Fravik	Flere beboerrom har utgang direkte til fellesareal.	Brannskiller må etableres slik at alle beboerrom får utgang til rømningskorridor. Alternativt kan det etableres utgang fra beboerrom direkte til det fri.
	<i>Fluktvei</i> Avstand til utgang fra branncelle skal være maks 25 m i risikoklasse 6 .	Ok	Ingen avstander overstiger dette.	-
	<i>Blindkorridor</i> I RKL 6 kan brannceller ha utgang til del av rømningsvei som ikke ligger mellom trapperom eller utganger til det fri, dersom avstanden til nærmeste trapp/utgang er mindre enn 7 m.	Fravik	Omsorgsfløy, nord-østfløy, sør-vestfløy og sør-østfløy har blindkorridor lengre enn 7 m.	Mulighet til å rømme gjennom seksjoneringsskille til sentralt fellesareal vurderes å kunne kompensere for lang blindkorridor. Seksjoneringsskillene i de aktuelle fløyene ligger i enden av korridor slik at alle beboerrom ligger mellom to uavhengige utganger.



Henvising til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-13 Utgang fra branncelle</b>	<i>Trapperom</i> Byggverk i risikoklasse 6 med inntil 8 etasjer skal minimum ha to trapperom Tr2. For arealer i RKL 2 er det kun krav til Tr 1 trapperom.	Anmerkn.	Bygningene har trapperom utført både som Tr1 og Tr2.  De er kun sør-vestfløy som har rømning via trapperom. Her er trapperom mot sør utført som Tr2. Trapp mot nord har utgang direkte fra branncelle i underetasje og 2.etg. Forholdet aksepteres videreført siden dør til vaktrom er stengt i underetasje og at dør til Dovrehallen i 2.etg er stengt og kun brukes som alternativ rømningsvei.	-
	<i>Rømningsvindu</i> - Høyde min. 0,6 m - Bredde min. 0,5 m - Totalt 1,5 m b+h (- Høyde til planert terreng maks 5 m for RKL 2)	Ok	Ingen arealer er forutsatt med vindusrømning, selv om arealer i RKL 2 kan ha vindusrømning. I RKL 6 er det ikke tillatt med rømning via vindu.  Forhold vurderes ikke nærmere.	-
	<i>Dør skal slå ut i rømningsvei.</i>	Ok	Dører slår generelt ut i rømningsretning.	-
	<i>Dør i utgang til rømningsvei må lett kunne åpnes.</i>	Ok	Stikkprøvekontroll viste at dører lar seg lett åpne. Det forutsettes at automatiske skyvedører i utganger kan åpnes ved evt. strømbrudd.	-
	<i>Bredde på dør til rømningsvei i risikoklasse 6 skal ha minimum 0,9 m fri bredde, og et totalt antall dører som til sammen tilfredsstillende 1 cm pr. person i fri bredde.</i>	Ok	Dør til rømningsvei er generelt 10M-dører med åpningsbart sidefelt.	-

HenviSning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løSning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand iht. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-13 Utgang fra branncelle</b>	Dør til rømningsvei kan være låst når bygningen har brannalarmanlegg og låsesystemet åpnes automatisk ved alarm. I tillegg må det være tydelig merket knapp for manuell åpning av døren. Dør til rømningsvei må ha et låsesystem som gjør det mulig å vende tilbake, dersom rømningsveien skulle være blokkert, med mindre andre tiltak gir tilsvarende sikkerhet.	Ok	Låsesystem ikke kontrollert direkte, men rømningsdører lar seg generelt åpne uten bruk av nøkkel.  Det ble videre registrert panikkbeslag på utgangsdører fra korridorer.  Det ble ikke registrert bruk av smekklås.	Det anbefales en etterkontroll av låsesystem, som sikrer at det ikke er behov for nøkler i rømningsveien. Dette inngår også som et punkt for egenkontroll.
<b>§ 11-14 Rømningsvei</b>	<b>14.1 Rømningsvei</b>			-
	Avstand fra dør i branncelle til nærmeste trapp eller utgang til sikkert sted må være maksimum 30 m der det finnes flere trapper eller utganger.	Ok	Ingen avstander overstiger dette.	-
	Fri bredde i rømningsvei må minimum være 1 cm pr. person, men uansett minst lik 1,2 m for byggverk i risikoklasse 6. Hvor det er behov for sengetransport, må fri bredde tilpasses dette. Dette gjelder også for dører i rømningsvei.	Ok	Dører er generelt to-fløyede dører i korridorer og ut til terreng, som gir min 1,2 meter i lysåpning/fri bredde.	
	Korridor som er lengre enn 30 m må deles med bygningsdel og dør minst klasse E 30-CS <sub>s</sub> [F30S] med innbyrdes avstand på høyst 30 m.	Anmerkn.	Alle fløyer med beboerrom har korridorer som er lengre enn 30 m.	Eksisterende situasjon mht. oppdeling av korridorer aksepteres videreført med bakgrunn i at hver fløy inneholder et lite antall rom og at det derfor er mindre sjanse til at røykspredning i korridoren skal påvirke rømningsforholdene for mange beboere/ ansatte.

M:\2017-OPPDRAG\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTekNISK TILSTANdSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand iht. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-14 Rømningsvei</b>	Rømningsvei skal utgjøre egen branncelle og være fri for brannbelastning.	Anmerkn.	Rømningsvei fra beboerfløyer gjennom seksjoneringskille går til sentralt fellesareal med kjøkken, servering og annen virksomhet.	Grunnet flere utganger og seksjoneringskillers, vurderes forholdet å være i orden. Ses også i forhold til krav om sprinkling av bygget.
	Rømningsvei kan inneholde mindre avgrensede rom for andre formål dersom forutsatt bruk av byggverket gjør dette nødvendig og dersom disse ikke reduserer rømningsveiens funksjon. Eksempler er resepsjon/vaktrom med inntil 20 m <sup>2</sup> .	Anmerkn.	Det er plassert en god del møbler og inventar i rømningskorridorer.	Møblering i rømningskorridorer må begrenses til et minimum og plasseres slik at de ikke er i veien for rømning. Stoppede møbler og stearinlys må byttes ut med begrenset brennbare møbler og elektriske lys.
	Oppholdsrom inntil 50 m <sup>2</sup> kan være del av rømningsvei når arealet har automatisk slokkeanlegg og er skilt fra rømningsvei med konstruksjoner med brannmotstand E30 [F30].	Anmerkn.	Dører og glassfelt mellom fellesstuer og korridor er utført med min E 30 brannmotstand.	Forholdet vurderes å være i orden sett i forhold til krav om sprinkling av bygget.
<b>§ 11-15 Tilrettelegging for redning av husdyr</b>	<b>15.1 Redning av husdyr</b>	-	Ikke relevant.	
		-		-

M:\2017-OPPDRAG\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM RIBR\7-PROD\F-BRANN\_SIKKERHET\DOK\1350026364 FREDHEIM SYKEHJEM\_BRANNTÉKNISK TILSTANDSVURDERING MED TILTAKSPLAN.DOC

HenviSning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løSning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand iht. VTEK10	Kommentar	Tiltak
<b>§ 11-16</b> <b>Tilrettelegging manuell slokking</b>	<b>16.1 Brannsløkkingsutstyr</b> I RKL 6 kreves brannslanger forutsatt trykkvann. Det er krav at brannslanger skal dekke alle rom. Maksimalt uttrekk brannslange 30m. Brannslanger skal ikke monteres i trapperom.	Anmerk.	Slokkemidler er brannslanger og håndsløkkeapparater. Det er minst et brannslangeskap i hver fløy.	Dekning av håndsløkkere og brannslanger må kontrolleres. Ved behov må det suppleres med nye brannslanger/håndsløkkere.
<b>§ 11-17</b> <b>Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap</b>	<b>17.1 Generelle krav</b> <i>Tilgjengelighet fram til bygningen</i>	Ok	God kjørbær adkomst til hovedinngang og rundt store deler av bygget.	-
	<i>Tilgjengelighet til oppforede tak og hulrom, plan under øverste kjellergulv</i>	Ok	Generelt god tilgjengelighet til kaldloft. Øvrige hulrom ikke registrert.	-
	<b>17.2 Vannforsyning</b>			
	<i>Vannforsyning utendørs</i> Brannkummer bør plasseres innenfor 25-50 m slik at de dekker alle deler av bygningen. Kapasitet skal være 50 l/s pr. uttak og minst to uttak.	Fravik	Kun tilgang til en brannkum på området. På befaring var kummen nedsnødd og ikke merket. Slokkevannskapasitet er opplyst å være 15-20 l/s.	Brannkum må merkes og være lett tilgjengelig også vinterstid. Dårlig kapasitet på slokkevann vurderes å være akseptabelt med bakgrunn i etablering av sprinkleranlegg som vil begrense et ev. branttilløp i påvente av brannvesenets innsats. Det trenger ikke å dimensjoneres for uttak til slokkevann for brannvesenet og sprinkleranlegg samtidig.

Henvisning til paragraf i TEK/VTEK	Anbefalt løsning iht. VTEK (Hentet fra veiledning til TEK10)	Vurdert tilstand ift. VTEK10	Kommentar	Tiltak
	<b>17.3 Branntekniske installasjoner – merking og informasjon</b>			
	Informasjon til brannvesen og Informasjonstavle ved hovedangrepsvei.	Anmerkn.	O-planer er oppslått på vegg ved brannalarmsentral.	Det må etableres 2 sett med orienteringsplaner ved hovedinngang. Slik at innsatspersonell kan ta med seg et eksemplar for å finne frem.
	<b>17.4 Brannvesenets innsatsstyrke og utstyr, innsatstid</b>		Nærmeste brannstasjon er på Dombås ca 13 km unna. Innsatstid vil dermed være noe over 10 minutter som er krav i forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesenet.	Kompenserende tiltak ifm. innsatstid og slokkevann må avklares med lokalt brannvesen.
	<b>Organisatoriske tiltak</b>	-  -  Fravik	Det ble opplyst om at brannøvelser blir jevnlig utført.  Det er ikke kjent om det gjennomføres egenkontroller for branncellebegrensede konstruksjoner og brannverntiltak.  Det ble registrert lagring på noen tekniske rom og trapperom.	Brannøvelser må dokumenteres.  Egenkontroller må gjennomføres og dokumenteres.  Lagring må skje på egnet sted adskilt fra teknisk rom og trapperom.
	<b>Dokumentasjon av brann- og rømningssikkerhet</b>	-  -  -	Det er ikke hengt opp rømningsplaner i bygningen.  Branntegninger er utarbeidet i forbindelse med arbeidet med denne rapporten.  Under befaring ble dokumentasjon på gjennomført service på brannalarmanlegg, fremvist.	Det må utarbeides rømningsplaner som viser rømningsmulighetene for de ulike delene av bygget.  Branntegninger må kontrolleres opp mot faktisk situasjon. Underlagstegninger er ikke nødvendigvis fullt oppdatert i forhold til dagens planløsning.  -

## Vedlegg 2

### Utsendt brev til bransjen

Hei

Vi er to studenter som jobber med en bachelor ved HVL. Oppgavens tittel er: "Personersikkerhet i omsorgssenter: IG-541-gasslokkeanlegg som alternativ til sprinkler". Det skal bli sett på om et IG-541-slokkeanlegg gir likeverdig brannsikkerhet i forhold til et sprinkleranlegg i et omsorgssenter og hvilke krav til dokumentasjon som må foreligge. Vi lurer på om du/dere kan svare på et par spørsmål, slik at vi kan fremstille bransjens synspunkter om bruk av Inergen til personsikring. Det er også ønskelig å få frem argumenter for og mot både Inergen og sprinklersystem, slik at dette kan drøftes i oppgaven.

- Har du noen argumenter mot bruk av sprinkler til personsikring i enheter hvor personer sover/bor?
- Har du noen argumenter mot bruk av Inergen til personsikring i enheter hvor personer sover/bor?
- Hva er dine tanker rundt påliteligheten til et sprinkleranlegg i forhold til IG-541 anlegg?
- Virker lagring av gassflasker problematisk?
- Hva mener du må foreligge av dokumentasjon for at Inergen skal kunne bli installert i et omsorgssenter?

Det skal gjøres forsøk i et 41 m<sup>3</sup> rom, det vil bli møblert i henhold til et pasientrom. Vi har satt opp 3 scenarioer til nå som alle vil bli testet med både sprinkler og IG-541 som slokkesystem:

- Scenario 1: Brannstart under seng
- Scenario 2: Brannstart på bord (gardiner tar fyr) med åpen dør
- Scenario 3: Brannstart i stol med person

Har du/dere noen innspill til scenarioene våre? Noe som bør endres? Har du/dere et nytt scenario som kan være relevant å teste?

Vi setter stor pris på svar.

Mvh.  
Martin Eikrem Helland og Aleksander Martens

## Vedlegg 3

### Brev fra SP Fire Research AS vedrørende bruk av gasslokkeanlegg i bemannede rom



DiBK  
+Kopi til DSB

Deres ref.:	Vår ref.:	Prosjekt / Sak:	Dato
	RW		2016-06-27

#### Bruk av gass-slokkeanlegg i bemannede rom (boliger og overnattingssteder)

Vi har i lengere tid vært vitne til at slokkegass (spesielt blandingsgass med tilsats av CO<sub>2</sub> for å øke pustefrekvensen) blir markedsført og benyttet til brannbeskyttelse i bemannede rom (boliger og overnattingssteder). Vi har også lagt merke til at denne teknologien markedsføres i anvendelser hvor det ikke er lagt fram dokumentasjon på virkningen, kun demonstrasjoner av ulike slag hvor kravene til realisme, reproduserbarhet og repeterbarhet ikke er tilfredsstillt.

Vi er sterkt bekymret for at dette kan føre til usikre løsninger, både med hensyn til brannbeskyttelse av bygninger og konstruksjoner, og til beskyttelse av liv og helse.

Blanding av inerte gasser (argon, nitrogen og CO<sub>2</sub>) har ganske sikkert en slokkevirkning, dette er kjent og veldokumentert, men det er grunner til at inertgassanlegg ikke benyttes til beskyttelse av beboelsesrom og til trehusbebyggelse. En av de viktigste grunnene til at inertgass ikke benyttes i beboelsesrom eller rom med varig opphold, er at lav oksygenkonsentrasjon fører til fare for liv og helse ved lengere tids eksponering. Lav oksygenkonsentrasjon er nødvendig for å oppnå slokkeeffekt, og dette medfører inertgasskonsentrasjoner i området 30%. Med sikkerhetsmargin for lekkasje vil ofte konsentrasjonen være høyere. CO<sub>2</sub> er mye brukt som inertgass, men det er strenge krav til at alle mennesker som oppholder seg i området hvor gassanlegget løses ut er evakuert ved utløsning av anlegget. Det har vært en debatt om det skulle innføres forbud mot CO<sub>2</sub>-anlegg på skip, hvor begrunnelsen var at feilutløste anlegg har ført til mange dødsfall. Allikevel er slike systemer i bruk, men det er strenge krav til rutiner for utløsning, og det er ikke tillatt å ha automatisk utløsning av CO<sub>2</sub>-anlegg i bemannede områder.

Inertgassanlegg er i de fleste kjente applikasjoner benyttet i områder uten permanent bemanning, og de har egenskaper som ved rett dosering er ment å gi sikker evakuering. Dette er i de fleste tilfeller tenkt å være i løpet av noen minutter. Helsefare ved opphold i inertgass med den spesielle sammensetningen hvor CO<sub>2</sub> inngår i en konsentrasjon som ikke stanser pusterefleksjonen, selv ved lav oksygenkonsentrasjon, er dokumentert og lagt fram i ulike sammenhenger, og vi vil ikke stille spørsmål om denne dokumentasjonen i denne omgang.

Det vi er bekymret for er hvor lite totalløsningen med slik gass er dokumentert. Vi tenker da blant annet på forhold vedrørende deteksjon, styring av utløsning, sikkerhet mot variasjon i konsentrasjon både ved overfylling og underfylling av rom, varigheten av fyllingsgraden på grunn av naturlig og styrt ventilasjon, lyd- og trykkbølger ved rask ifylling og reaksjoner på dette fra mennesker med ulik bakgrunn og forutsetning til å forstå hva dette systemet medfører. I tillegg stiller vi spørsmål om effekten av

---

#### SP Fire Research AS

Postadresse	Besøksadresse	Telefon	E-post / web	Foretaksnummer	1 av 2
Postboks 4767 Sluppen 7465 Trondheim	Tillerbruveien 202 7092 Tiller	464 18 000	post@spfr.no www.spfr.no	NO 982 930 057 MVA	



inertgass i utette rom, i trehusbebyggelse med mange hulrom som medfører vanskelige forhold ved brannslukking tradisjonelt.

Hvis vi sammenlikner med vannbaserte systemer til bruk i bemannede områder, er faremomentet med variasjon i konsentrasjon av oksygen og CO<sub>2</sub> ved utløsning av systemet uten forutgående brann ikke relevant. Feilutløsning av vannbaserte brannbekjempelsessystemer fører i verste fall til vannskader og at folk blir våte. Allikevel er det strenge regler fra myndigheter og kontrollorgan når det gjelder krav til dokumentasjon av slike anlegg, siden dette inngår i en overordnet sikkerhetssammenheng som berører planlegging av bygninger, deteksjon og varsling av brann, utløsning av systemer, evakuering og redningsinnsats.

Vi som har undertegnet denne bekymringsmeldingen har en bred kompetanse innen brannsikkerhet og deltar i prosessen med utarbeidelse av standarder og regelverk, både på vegne av de institusjoner vi representerer og på vegne av norske myndigheter. Vi ber om en snarlig gjennomgang av regelverk og veiledninger med henblikk på anvendelse av inertgassanlegg i bebodde hus og anlegg, og i tillegg en vurdering av den dokumentasjonen som er framlagt for å begrunne at slike anlegg tenkes benyttet i områder dette ikke har vært vanlig.

Med vennlig hilsen  
for SP Fire Research AS

Paul-Halle Zahl Pedersen  
Administrerende direktør

Dette brevet er støttet av følgende:

Geir Jensen	COWI	Teknisk senior brann
John Utstrand	COWI	Faglig leder, Brann
Ingrid Alvsåker	COWI	Faglig leder, Sprinkler & vanntåke
Knut Linrud	Tyco	Nordic Sales Manager
Ronny Samuelsen	Multiconsult	Seniorrådgiver Brannslukkeanlegg
Ragnar Wighus	SP Fire Research AS	Sjefsforsker
Ole Jacob Eide	Tore Eide AS	Daglig Leder
Per Arne Lindvik	Teknologisk Institutt	Senior Rådgiver fagansvarlig brann
Håvard Grønstad	Finans Norge Skadeforsikring-FG	Fagsjef Brann
Jarle Johansen	JAMO-tek AS	Leverer og installerer Inergen
Dag Denstad	Rambøll	Avdelingsleder Spesialfag Bygg



## Vedlegg 4

### Brev fra SP Fire Research AS vedrørende bruk av gass-slokkeanlegg i bemannede rom



DiBK  
Postboks 8742 Youngstorget  
0028 OSLO

Deres ref.:	Vår ref.:	Prosjekt / Sak:	Dato
	RW		2016-09-12

#### Ang. bruk av gass-slokkeanlegg i bemannede rom (boliger og overnattingssteder)

SP Fire Research AS har blitt gjort oppmerksom på at det brev vi sendte 2016-06-28 på vegne av flere firma til DiBK om bruk av gass-slokkeanlegg i bemannede rom (boliger og overnattingssteder) blir tolket på en annen måte enn det som var intensjonen med brevet.

Vi vil presisere at vi ikke tviler på at blanding av inerte gasser (argon, nitrogen og CO<sub>2</sub>) har en slokkevirkning. Vi har heller ingen grunn til å tvile på at det ikke er helsefare ved opphold i inertgass med den spesielle sammensetningen hvor CO<sub>2</sub> inngår, som er representert ved gassblandingen INERGEN, i de konsentrasjoner det er testet ved. Dette er også dokumentert og lagt fram i ulike sammenhenger, og vi vil ikke stille spørsmål om denne dokumentasjonen i denne omgang.

SPFR tar avstand mot misbruk av det nevnte brevet, og vil presisere at vi har sendt en bekymringsmelding til myndighetene fordi det er stor usikkerhet om hvor det ifølgende regelverk og veiledninger kan anvendes inertgassanlegg i bebodde hus og anlegg, og i tillegg en vurdering av den dokumentasjonen som er framlagt for å begrunne at slike anlegg tenkes benyttet i områder dette ikke har vært vanlig.

Usikkerheten som er bakgrunn for bekymringsmeldingen har bakgrunn i ulik praksis og til dels motstridene fortolkninger, både fra byggrådgivere, leverandører av brannbekjempelsesanlegg og av forsikringsselskaper.

Vi håper at det brevet vi sendte vil føre til en konstruktiv oppklaring av regelverk og veiledninger, slik at anvendelsen av inertgasser i bebodde hus og anlegg og i anvendelser som ikke har vært vanlig hittil, kan bli basert på fakta og ikke på ubegrunnede rykter og påstander.

Med vennlig hilsen  
for SP Fire Research AS



Paul-Halle Zahl Pedersen  
Administrerende direktør

---

#### SP Fire Research AS

Postadresse	Besøksadresse	Telefon	E-post / web	Foretaksnummer	1 av 2
Postboks 4767 Sluppen 7465 Trondheim	Tillerbruveien 202 7092 Tiller	464 18 000	post@spfr.no www.spfr.no	NO 982 930 057 MVA	

Kopi av dette brevet går også til følgende:

DSB, Rambergveien 9, 3115 Tønsberg

Adm. Dir. Torbjørn Laursen, Fire Eater A/S, Vølundvej 17, DK-3400 Hillerød

Underskrivere av brevet datert 2016-06-28:

Geir Jensen	COWI	Teknisk senior brann
Ingrid Alvsåker	COWI	Faglig leder, Sprinkler & vanntåke
Knut Linrud	Tyco	Nordic Sales Manager
Ronny Samuelsen	Multiconsult	Seniorrådgiver Brannsløkkeanlegg
Lars Erik Sørthe	Multiconsult	Faglig leder fagområdet brann sikkerhet
Ragnar Wighus	SP Fire Research AS	Sjefsforsker
Ole Jacob Eide	Tore Eide AS	Daglig Leder
Per Arne Lindvik	Teknologisk Institutt	Senior Rådgiver fagansvarlig brann
Håvard Grønstad	Finans Norge Skadeforsikring-FG	Fagsjef Brann
Jarle Johansen	JAMO-tek AS	Leverer og installerer Inergen
Dag Denstad	Rambøll	Avdelingsleder Spesialfag Bygg

## Vedlegg 5

### Brannforløp Berge gård senter

**Brannobjektet:**

Berge gård senter ble oppført som et fire etasjers bygg med blandet bruk, boliger, omsorgsboliger og institusjon. Fra brannteknisk utredning utført av Brann- og sikkerhetsrådgivning AS, datert 1999, hentes følgende:

*«Bygningen er delt inn i 4 brannseksjoner. Brannseksjon 1 som er i 4 etasjer er betraktet som bolig i BBKL 2. Brannseksjon 2 som er i 4 etasjer er betraktet som bolig i BBKL 2. Brannseksjon 3 er i 2 etasjer er betraktet som sykehus og pleieanstalt i BBKL2. Brannseksjon 4 som er i 1 etasje + loft er betraktet som bolig i BBKL 4. Totalt bruttoareal for bygningen er 6828 m<sup>2</sup>. Bygningen er generelt utført i betong/tre og ansees derfor å ha middels brannmotstand. ...»*

I etterkant av tidligere hendelser på stedet, samt tilsynsrapporter har det blitt utført en brannteknisk oppgradering av bygningsmassen. Det er utarbeidet en ny brannteknisk prosjektering for oppgradering til risikoklasse 6, kategori pleieinstitusjon, utført av Agder Consult, datert 30.05.2017.

Den 08.02.2018 ble det søkt om tillatelse til endring av bygningsmassen til sykehjem, den 13.02.2018 ble det av bygningsmyndigheten i sak nr. 18/1233-4 gitt tillatelse til oppgradering av brannklasse og den 17.09.2018 ble det i sak nr. 18/1233-7 gitt ferdigattest for ovennevnte tiltak – brannverninstallasjoner.

I komplekset er det 76 leiligheter, hvorav ca. 70 % har behov for assistanse ved rømning. Mange av beboerne har kognitive utfordringer.

Leiligheten som brant ligger i 2. etasje i fløyen mot parkeringsplassen. Inngang til leiligheten er via korridor i 2. etasje. Leiligheten har veranda ut mot parkeringsplassen med utgang fra soverom. Hver leilighet er utført som egen branncelle med brannmotstand EI60, dør mot korridor EI30. Korridor er også egen branncelle med brannmotstand EI60, dører mot beboerrom EI30 og er delt opp i røykskiller med brannmotstand EI15.

Det er installert sprinkleranlegg og heldekkende brannalarmanlegg med direkte varsling til nød meldesentral (110). Objektet er døgnbemannet med personell som har fått systematisk opplæring og øvelser innenfor brannvern.

**Beskrivelse av hendelsen:**

En brann har oppstått i en leilighet ved Berge gård senter. Brannen oppstår i eller i tilknytning til stolen som beboer sitter i. Brannen utvikler seg svært raskt. Beboer trykker på trygghetsalarmen, røykdetektor utløser først forvarsel, deretter brannalarm og installert sprinkleranlegg utløses. Til tross for utløst sprinkleranlegg er røykutviklingen så intens at betjeningen på stedet ikke har mulighet til å gå inn i leiligheten.

Onsdag 12.09.2018 kl. 15:14:50 kom det inn automatisk brannmelding fra Tønnevoldsgate 19, Berge gård senter, til Agder 110 sentral. Grimstad brann- og feiertjeneste ved vaktlag og overbefal mottar varsel om utløst brannalarm 15:15:17. Vaktlaget rykker ut fra stasjonen 15:17:17. På vei til adressen mottar vaktlaget følgende meldinger:

- Sprinkleranlegg har utløst. (Ikke tidfestet opplysning på logg, kommer før brannbilen har forlatt stasjonen.)

- 15:17:37 Leilighet 29 brenner.
- 15:19:50 Dame ca. 80 år savnet, mye røyk.
- 15:22:05 Beboer er røyker, har ikke oksygen på rommet.
- 15:22:35 Har evakuert resten av leilighetene i usikker sone.

Kl. 15:25:08 ankommer vaktlaget fra Grimstad brann- og feiertjeneste stedet. 15:27:13 melder utrykningsleder fra om at røykdykkere er på vei inn i leiligheten. Kl. 15:31:33 melder utrykningsleder fra om at beboer er tatt ut av leiligheten og blir transportert av ambulanse.

6 minutter og 25 sekunder etter at brannvesenet kom på stedet, var beboer tatt ut av leiligheten og plassert i ambulanse. Selve røykdykker innsatsen varte kun i 4 minutter og 20 sekunder fra røykdykkerne gikk inn i leiligheten og til beboer ble overlevert til ambulanse.

### **Erfaringer etter brannen:**

Etter brann- og feiertjenestens vurdering av hendelsen er det tydelig at de ansatte på stedet har fått god opplæring og har gjennomført øvelser, med tanke på den risikoen som finnes i objektet.

Det har vært en anerkjent oppfatning at sannsynligheten for dødsbranner i bygninger som er sprinklet er svært lav. Imidlertid viser den aktuelle brannen oss at det alltid finnes en rest risiko. Beboer var svært uheldig med tanke på at brannen oppsto i stolen som hun satt i, og at det da har brent i stolen og hennes klær, eventuelt også en eller flere aviser. Beboer var i live da hun ble tatt ut av leiligheten av brannvesenet, men døde senere av skadene som oppsto i brannen.

At bygningen var sprinklet medførte at brannen ikke påførte bygningen store brannskader, heller ikke i startbrann rommet. Statistikk over brann i sprinklede bygninger sier at anslagsvis 97 % av alle branner som oppstår i sprinklede bygg blir sløkket eller kontrollert ved at et sprinklerhode utløses. Det stemte også i dette tilfellet.

Erfaringer vi kan høste etter brannen er at sprinkleranlegg hever graden av sikkerhet dersom brann oppstår ved at anlegget slukker eller begrenser brannen slik at den kontrolleres frem til brannvesenet er på stedet.

Imidlertid vil det være en risiko for liv og helse dersom brannen oppstår i eller i nærheten av personer som oppholder seg i rommet/leiligheten. Sprinkleranlegget vil ikke løse ut før temperaturen ved sprinklerhodet overstiger angitt temperatur ved prosjektering av anlegget. Det vil si at dersom personer oppholder seg nær der en brann oppstår vil man kunne få dødsbranner selv om bygningen er sprinklet. Dette bør tas hensyn til i bygg hvor det bor personer med helsemessige utfordringer, som har vanskeligheter med å kunne evakuere seg selv. Men for de andre beboerne og ansatte i bygget vil sprinkleranlegget bety svært mye for sikkerheten ved at de fleste branner slukkes helt eller kontrolleres til brannvesenet ankommer, med kun et utløst sprinklerhode.

Dette er en type brann som er en fare for tap av mange liv, fare for helse, samt tap av store verdier. Til tross for brannens tragiske utfall, sørget sprinkleranlegget for at brannen holdt seg i startbrannrommet og de bygningsmessige brannskadene selv her ble minimale.

**Brannen ble slokket /(Kun en liten glohaug som brant da brannvesenet gikk inn i rommet) kontrollert av kun ett utløst sprinklerhode.**

Med vennlig hilsen

Helge Hansen  
Branningeniør  
Tlf: 37 25 04 93  
E-post: [helge.hansen@grimstad.kommune.no](mailto:helge.hansen@grimstad.kommune.no)  
Grimstad brann- og feiertjeneste

## Vedlegg 6

### IMT-beregninger

# IMT V.2.2.3

<b>User</b>	Jøm Karlsen
<b>Printed</b>	3. mai 2019 kl 09.03 CEST
<b>Filename</b>	HVL-Testrom-43m3.imt
<b>Company</b>	Høgskulen på Vestlandet
<b>Address</b>	
<b>ZIP &amp; City</b>	
<b>Your ref.</b>	
<b>Telephone No.</b>	
<b>Our reference</b>	Jøm Karlsen
<b>Information</b>	Testrom 43m3

### Inergen System Data

Fire Hazard		Flame ext	
Tee Design factor			
Safety factor applied			EN 15004
Minimum design conc.		41.5 %	

Cylinder Type	Inergen 80L steel cylinder		
Cylinder fill	15.0 C°		300.0 bar
Cylinder Storage	20.0 C°		308.7 bar
Temperature (Room)	20.0 C°		
Atmospheric pressure (Room)	1013.0 mbar		
Pressure relief resistance	1.0		

Room	1	2	3	Total
Name	Room 1			
Volume of room [m³]	43.0			43.0
Actual conc. [%]	42.1			
Flooding [%]	54.6			
INERGEN [kg]	33.14			33.14
Final O <sub>2</sub> [%]	12.1			
Final CO <sub>2</sub> [%]	3.4			
Max flowrate [kg/sec]	0.92			0.92
Structural strength [Pa]	500			
Pressure relief [cm²]	152.0			152.0

Cylinder quantity	1	pcs.
Pipe to Cylinder volume	0.2	%

Discharge time	120.0	Sec. to target
Target type	Inergen conc.	
Target	39.4 %	
Pipe type	Schedule 80 Galvanized API 5L Grade A or B steel pipe.	

## Pipe system

No	N1	N2	Elv	Start	End	Elb	Con	Usr	Noz	Room	L	vol	T	N/P	DN	Pres	Dia	M
MT_no1															15	273.8	4.5	
Pipe																58.9		
1	1	2	-1.0	pP	pP				IN-15	1	1.0	43.0	100.0	50.3	15	54.7	9.4	0.252

Volume of pipe system  $1.0E-4 \text{ m}^3$   
Min. Pipe working pressure. 60.0 bar

## Description

MT: Manifold  
 Pipe: Pipe system inlet  
 N1, N2 : Nodes start & end  
 Elv: Elevation m  
 Start: Which kind of fitting is the pipe START connected to  
 End: Which kind of fitting is the pipe END connected to  
 pP: Plain pipe  
 pB: Branch Tee  
 pR: Run Tee  
 Elb: Fitting Elbow Qty  
 Con: Fitting Connector Qty  
 Usr: Fitting user defined Qty  
 Noz: Nozzle type (IN-15, IN-20, ...)  
 Room: Room number 1-3  
 L: Length of pipe in meters m  
 Vol: Volume of room protected by this pipe.  $\text{m}^3$   
 T: Tee split ratio (pipe inlet/upstream pipe mass flow ratio) %  
 N/P: Nozzle to pipe Area ratio %  
 Dn: Nominial pipe size  
 Pres: Max pressure in pipe section at outlet bar  
 Dia: Diameter of orifice (Nozzle / Manifold) mm  
 M: Mach number of gas in pipe

## Nozzle calibration

Nozzle family : Mono orifice nozzle, maximum working pressure 125 bar.  
Thread type : NPT

Node no.	Nozzle name	Nozzle type	Orifice mm <sup>2</sup>	Orifice diameter (1 hole)	Drill 6*	Oxygen level	Max nozzle flow rate	total IG-541 mass
			mm <sup>2</sup>	mm	mm	O <sub>2</sub> %	kg/s	kg
2	Nozzle1	IN-15	69.1	9.4	3.8	12.1	0.9	33.1

## Orifice

Thread type : NPT

Orifice name	Orifice connections	Orifice diameter (mm)	Orifice type	Hose type
MT_no1	1	4.5	CI-MT1 manifold	Hose DN10-400 0.5m to 2.0m

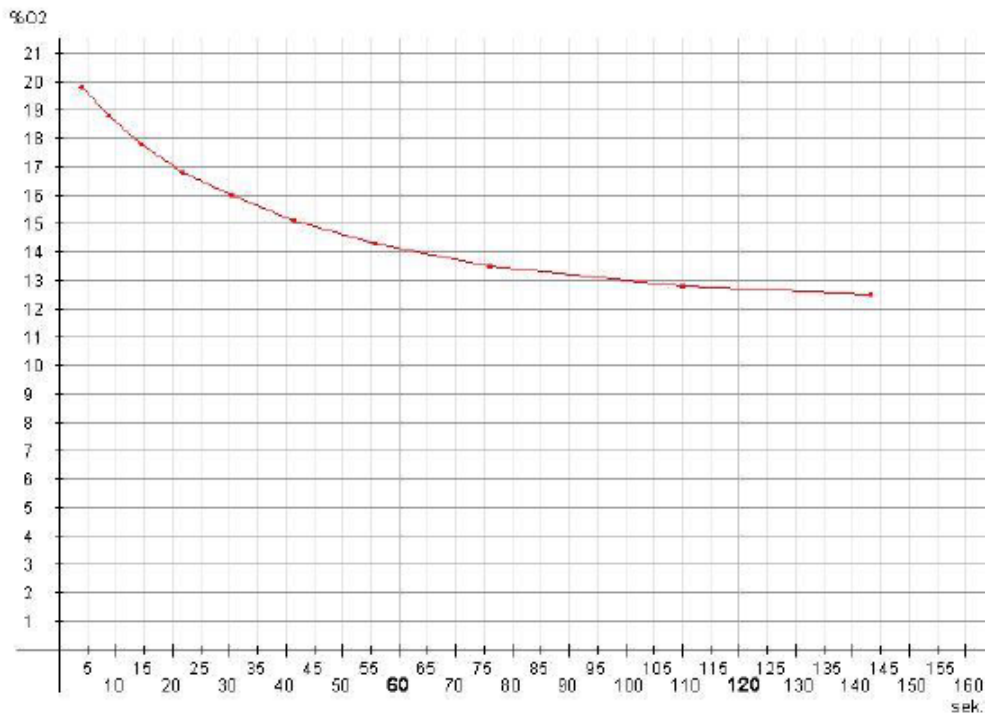
Calibration QA : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_



## Oxygen VS time

	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	
<b>Time</b>	4.0	8.8	14.6	21.7	30.5	41.5	55.8	76.0	110.0	143.3	<b>Sec.</b>
<b>Room 1</b>	19.8	18.8	17.8	16.8	16.0	15.1	14.3	13.5	12.8	12.5	<b>% O<sub>2</sub></b>

### Room 1



## Calculation report

Hand wheel valve type: HWV Ø8mm type  
Discharge valve type: Ci-IV8 type

Calculation method: Calculated pipe & orifices  
Calculation time: 03.mai.2019 09:03:31

Vendor: Fire Eater A/S  
Program: IMT 2011 UL  
IMT version: 2.2.3  
Flow design engine: 2014-08-27  
Room design engine: 2014-07-23

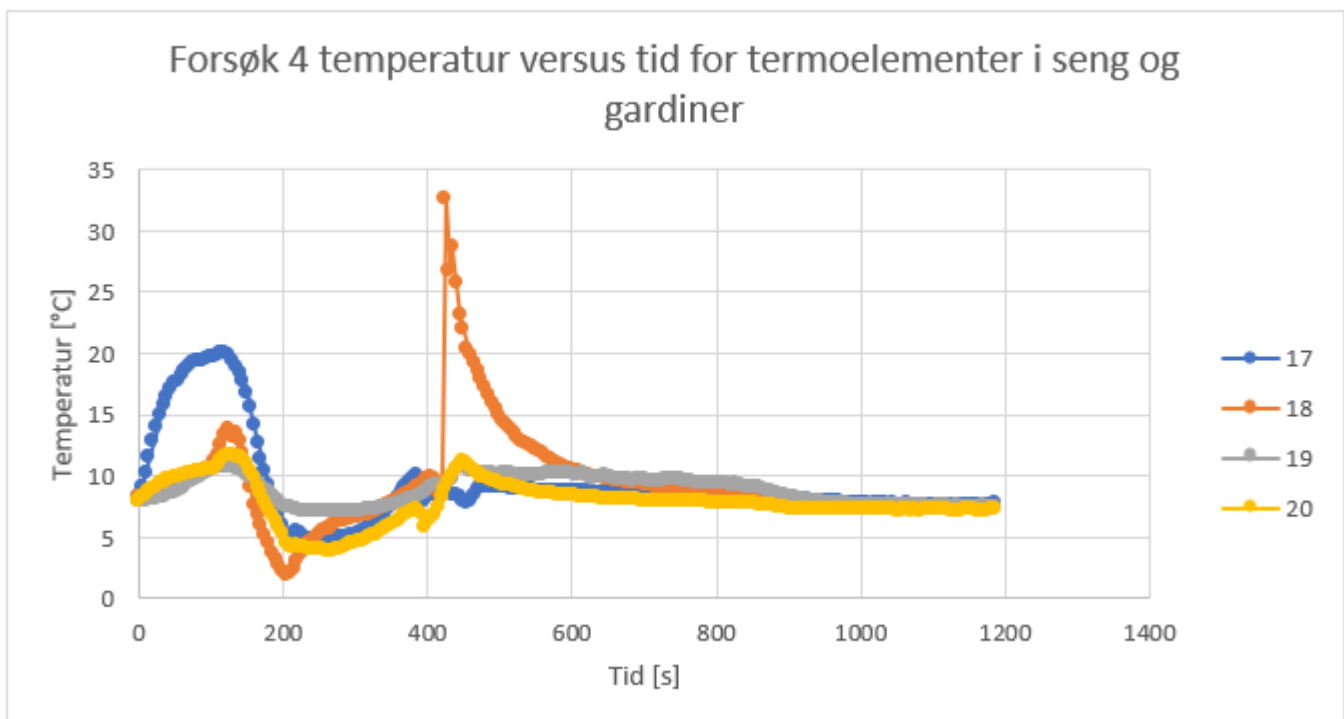
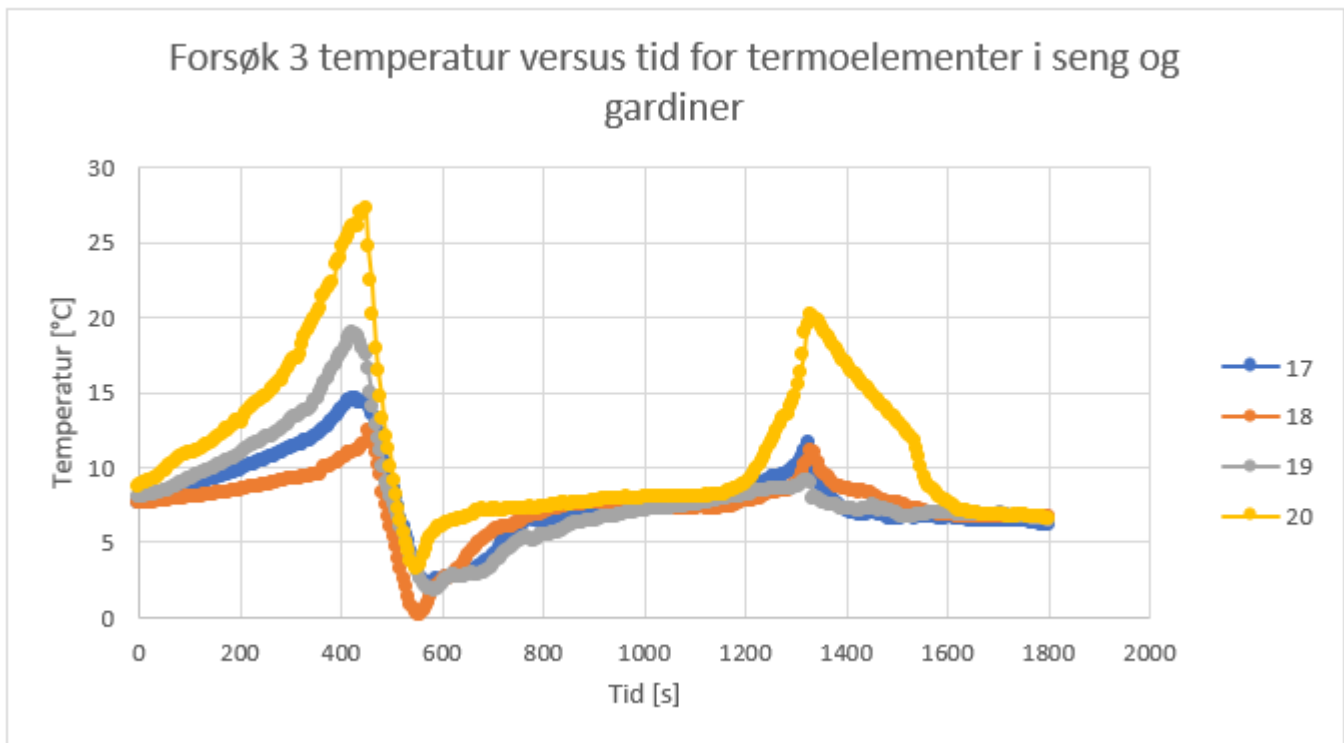
No errors during calculation.  
No cautions during calculation.

### Warnings

The system is designed with a user defined pipe system working pressure equal to 60.0 barg. The user is responsible for ensuring a safe pipe pressure!

## Vedlegg 7

### Grafer fra forsøk 3 og 4, temperatur versus tid for termoelementer i seng og gardiner



## Vedlegg 8

### Wickströms konvertering fra celsius til varmfluks

#### Incident radiant heat based on PTHFM measurement.

delT= 5

sigma=

5,67E-08

Tgas	20	20	20	20
Input		eps	eps	eps
Tpt	h	0,95	0,9	0,85
		qinc.95,20	qinc.90,20	qinc.85,20
0	4,9	211	206	199
5	4,4	268	265	260
10	3,9	323	321	318
15	3,1	374	373	372
20	0,0	418	418	418
25	3,0	463	464	465
30	3,8	518	520	522
35	4,3	578	582	586
40	4,7	643	649	655
45	5,0	712	720	728
50	5,3	785	794	805
55	5,6	861	873	885
60	5,8	941	954	970
65	6,0	1024	1039	1057
70	6,2	1109	1127	1147
75	6,3	1198	1218	1241
80	6,5	1290	1312	1338
85	6,6	1384	1409	1438
90	6,7	1482	1509	1540
95	6,9	1582	1612	1646
100	7,0	1686	1718	1755
105	7,1	1792	1827	1866
110	7,2	1901	1939	1981
115	7,3	2013	2054	2099
120	7,4	2128	2172	2220
125	7,5	2247	2292	2344
130	7,5	2368	2416	2471
135	7,6	2492	2543	2601
140	7,7	2620	2674	2734
145	7,7	2751	2807	2871
150	7,8	2885	2944	3010
155	7,9	3022	3084	3153
160	7,9	3162	3227	3300
165	8,0	3306	3374	3450
170	8,0	3454	3524	3603
175	8,1	3605	3678	3760
180	8,1	3759	3836	3921
185	8,2	3918	3997	4085
190	8,2	4079	4161	4253