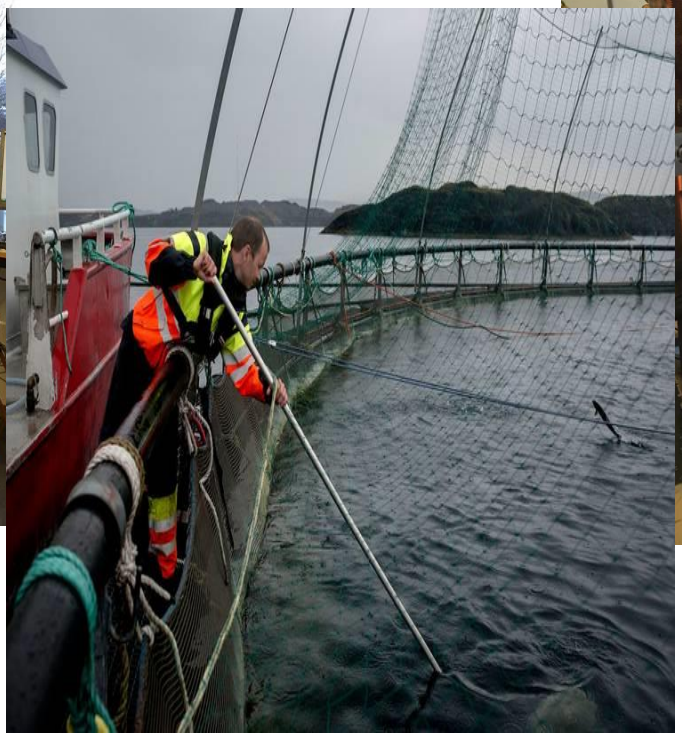
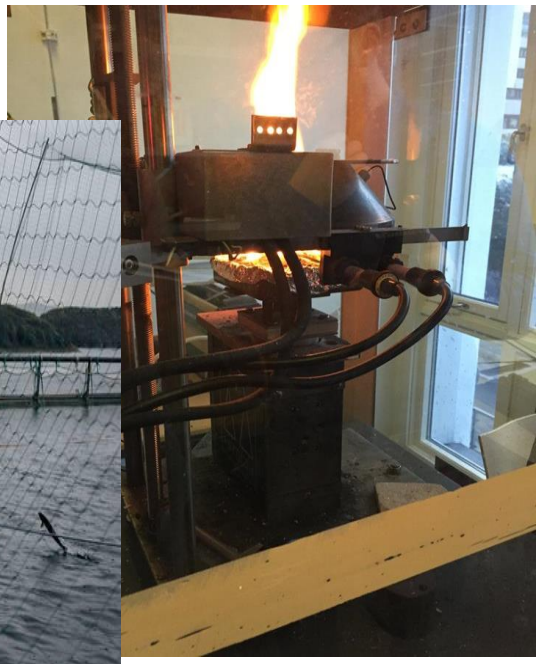
Brann i fôringsflåte og generell beredskap for NRS Feøy





Bacheloroppgave utført av studenter ved Høgskolen i Stord/Haugesund og i samarbeid med NRS Feøy.

Tverrfaglig bachelor – brannsikkerhet og kvalitet-helse, miljø og sikkerhet

av:	Student nr.	Kandidat nr.
Jarl-Martin Bjerke Tuverud	135248	5
Andre Fonneland	135564	25
Nevyan Dimitrov	135251	4

HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

NRS Feøy AS

BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn:

Jarl-Martin Bjerke Tuverud, Brann, sikkerhetsingeniør

Nevyan Dimitrov, Brann, sikkerhetsingeniør

André B. Fonneland, Sikkerhet, HMS

Oppgavens tittel: *Brann i fôringsflåte og generell beredskap for NRS Feøy*

Oppgavetekst:

En av de største eksportvarene i Norge er fisk. Norwegian Royal Salmon, heretter NRS, har sin virksomhet innenfor lakseoppdrett og er lokalisert over hele landet. Bacheloroppgaven tar for seg NRS Feøys avdeling ved Karmøy. Til enhver tid oppbevares det rundt 100 tonn med fiskefôr ombord på lokasjonens fôringsflåte. I flåten er det totalt fire siloer. Siloene ligger vegg i vegg med maskinrommet, hvor et dieselaggregat leverer strøm til flåten.

I denne oppgaven undersøkes fiskefôrets brannegenskaper, samt ved hvilke scenarioer det er mulig for at en brann kan oppstå om bord. Det vil bli gjort simuleringer og forsøk for å finne ut ved hvilken temperatur fôret starter å pyrolysere, hvor lang tid det tar før antennelse, hvor stor energiproduksjon en brann i fôret vil gi og om det vil oppstå kritiske forhold om bord. Det vurderes også hvilke konsekvenser en eventuell brann ved anlegget vil ha for miljø og sikkerhet.

Etter ønske fra NRS Feøy vil det utvikles beredskapsplan knyttet opp mot de scenarioene som er identifisert i undersøkelsen. Det vil også bli gjort en vurdering av brannsikkerheten om bord fôringsflåten er tilstrekkelig.

Endelig oppgave gitt: 2.mars 2016

Innleveringsfrist: 4.mai 2016

Intern veileder Jon Arve Brekken

Ekstern veileder Tsjipke Deuzeman

Godkjent av studieansvarlig: J. C. Lindaas 2/5 - 16

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

Oppgavens tittel Brann i fôringsflåte og generell beredskap for NRS Feøy			Rapportnummer
Utført av Nevyan Dimitrov André Fonneland Jarl-Martin Bjerke Tuverud			
Linje Sikkerhet, Brannteknisk *og* HMS		Studieretning Ingeniør	
Gradering Åpen	Innlevert dato 04/05-2016	Jon Arve Brekken Tsjipke Deuzeman	

Ekstrakt

Til enhver tid blir det oppbevart rundt 100 tonn med fiskefôr på området. Det finnes få studier angående brannegenskapene til fiskefôret, og bedriften er interessert i å fremskaffe mer informasjon om dette. NRS Feøy ville også ha en vurdering av den nåværende sikkerheten om bord i flåten, samt beredskapen for hele bedriften.

Brannegenskapene til fiskefôret har blitt undersøkt med Cone-kalorimeter. Det har i tillegg blitt gjennomført simuleringer med Argos for å se om det oppstår kritiske forhold ved en brann og beregninger for å se om verdiene en får ut fra forsøkene kan bli oppnådd.

I arbeidet med beredskapsplanen har det blitt gjennomført en ROS-analyse som grunnlag for beredskapsplanen.

Forord

Alle studentene som tar en bachelorgrad innen ingeniørfag på Høgskolen i Stord/Haugesund, skal levere en hovedoppgave som en avslutning på studiet. Studentene står fritt til å velge hva de ønsker å skrive om, så lenge oppgaven ligger innen studieretningen deres.

I løpet av femte semesteret fikk en av gruppemedlemmene jobb hos fiskeoppdrettsfirmaet NRS Feøy. Han stilte seg spørsmålet om fiskefôret som brukes kan være antennelig, og om det utgjør en risiko for at brann kan starte i fôrsiloene. Etter samtaler med bedriften kom det fram at dette var noe de ønsket å få mer informasjon om. Gruppen kom fram til at denne problemstillingen kunne danne grunnlag for en tverrfaglig oppgave i brann og HMS. For at det skal kunne gjennomføres en tverrfaglig bacheloroppgave må det være relevante problemstillinger for de aktuelle studieretningene. Utfallet ble at bacheloroppgaven skulle omfatte forsøk, simuleringer og beregninger av brannegenskapene til fôret og en generell beredskapsplan for NRS Feøy.

I løpet av det sjette semesteret har det blitt lagt ned mye tid og innsats i oppgaven. Under dette semesteret har gruppen hatt møte hver tredje uke, hvor det ble arbeidet tett sammen. De ukene hvor gruppen ikke jobbet sammen ble det delt ut oppgaver som skulle gjøres ferdig til gitte datoer. Grunnen til at gruppen jobbet sammen hver tredje uke var fordi alle har fast jobb.

Gruppen ønsker å takke:

Arjen Kraaijeveld, Høgskole lektor, labansvarlig, for hjelp med Cone-kalorimeteret.

Jon Arve Brekken, Høgskole lektor, Intern veileder:

- Gode tilbakemeldinger
- God kontakt under hele semesteret
- Kjapt oppmøte til veiledningstimer

Tsjipke Deuzeman, Kvalitet- og sikkerhetskoordinator, Ekstern veileder:

- Muligheter for å besøke anlegget
- Tilbakemeldinger på bacheloroppgaven og beredskapsplanen
- God kontakt under hele semesteret

Gruppemedlem	Signatur	Dato og sted
Nevyan Dimitrov		
Jarl-Martin Bjerke Tuverud		
Andrè Fonneland		

Sammendrag

Ved NRS Feøy sitt oppdrettsanlegg på Dalsvågen (Karmøy) benytter de seg av en flåte for å levere fôr til de syv produksjonsmerdene de har på anlegget. Til enhver tid blir det oppbevart rundt 100 tonn med fiskefôr på området. Det finnes få studier angående brannegenskapene til fiskefôret, og bedriften er interessert i å fremskaffe mer informasjon om dette. NRS Feøy ville også ha en vurdering av den nåværende sikkerheten om bord i flåten, samt beredskapen for hele bedriften.

Brannegenskapene til fiskefôret ble undersøkt ved hjelp av forsøk med et Cone-kalorimeter. Disse forsøkene har som hensikt å finne den nødvendige energimengden for antennelse av fôret med og uten ekstern tennkilde, og energiproduksjonen ved forbrenning.

Den minste varmestrålingen som skulle til for at fôret ble antent ved hjelp av gnist var 20 kW/m^2. Etter tre forsøk kom det fram at det tok i gjennomsnitt 35,5 sekunder til fôret startet å pyrolysere og gjennomsnitt 244 sekunder til det antente.

Den laveste varmestrålingen som skulle til for å oppnå spontanantennelse var 31,5 kW/m^2. Spontanantennelsen oppstod etter 713 sekunder. Det ble vist at fôret har energiproduksjon av 121,3 kW/m^2 og gjennomsnittlige totall energiproduksjonen er 15,61 MJ/kg ved forbrenning.

Etter vurdering av alle brannscenarioene anses strømgeneratoren i maskinrommet som det mest sannsynlige scenarioet, hvor brann kan oppstå og spre seg videre til silorommet. En eventuell brann i maskinrommet kan føre til svikt i drivstofftanken, og diesellekkasje. Det utgjør en mindre trussel for miljøet da mengder under 18000 liter tynnes ut i vann.

Simuleringer i Argos viser at det tar 1.08, 1.58 og 2.57 minutt før de første kritiske forholdene blir nådd. Høyden på røyken er den første kritiske forhold som oppnås, fordi det ikke er røykventilering og produksjonen av sot starter umiddelbart ved brannstart

Beregninger viser en varmeledning på 496,8 kW/m^2 fra maskinrommet gjennom veggen til nærmeste silo. I selve siloen vil det kun være de første 5 mm med fôr som får tilstrekkelig med stråling for å oppnå spontanantennelse. Dersom det oppstår brann i en silo ledes kun 1,3 kW/m^2 videre til fôret i andre siloer. Ved denne strålingen vil ikke fôret kunne spontanantenne.

Resultatene baserer seg på eksperimentale data, teoretiske beregninger og antagelser. Disse resultatene antyder at en brann i maskinrommet ikke vil gi tilstrekkelig brannenergi for å antenne fôret i siloene. Det kan likevel ikke trekkes endelig konklusjon før det er gjennomført oppfølgende undersøkelser og det er framskaffet data om de branntekniske egenskapene til fôret.

Det har blitt utarbeidet en beredskapsplan i samarbeid med NRS Feøy. Beredskapsplanen bygger videre på de dokumenter bedriften allerede har utarbeidet. Risiko- og sårbarhetsanalysen viser at områdene som må dekkes er brann på kontor og fôringsanlegget, alvorlige personskader og fiskens helse. Det er tatt hensyn til at dette er en liten bedrift og enkeltpersoner må derfor påta seg flere ulike roller.

Egen innsatsstyrke er ikke opprettet, men det blir lagt vekt på at operatører få en grundig opplæring for å takle de ulike situasjonene. Øvelse og opplæring av operatører blir derfor svært viktig da det blir de som kommer til å måtte bidra som innsatsstyrke ved ulike situasjoner. Opprettelse av egen innsatsstyrke er noe bedriften bør vurdere behovet for på sikt.

Som en del av beredskapsplanen er det også utviklet aksjonsplaner for spesifikke hendelser. De er ment som ekstra hjelpemiddel for å sikre effektiv respons og håndtering av hendelser som oppstår. Etter en hendelse må det gjennomføres en evaluering av aksjonsplanene. Hvis det skulle avdekkes svakheter i planene, bl.a. at det identifiseres fare for andre hendelser som kan medføre brann eller andre typer skader på personer og anlegg, må det tas inn i aksjonsplanen.

Selv om resultatene antyder at omfanget av en brann er begrenset, kan det anbefales en del tiltak for å redusere sannsynligheten og begrense konsekvensene ved en eventuell brann ombord på flåten eller andre steder på anlegget:

- **Påføre brannmaling på vegger i maskinrommet og siloene.** Brannmaling har den egenskapen at den ved eksponering for varme vil ekspandere og beskytte materialet bak. Dette vil redusere varmeledningsevnen til metallet.
- **Automatisk slokkesystem i form av et inert system.** Den inerte gassen reduserer oksygenmengden i rommet til et nivå hvor brannen kveles. Grunnen til at inertgass er foreslått er fordi det slokker brannen i en tidlig fase, og det trenger ikke noe annet en flaskebank, tilførselsrør og et utløsningssystem.
- **Brannalarmanlegg koblet opp mot branntavlen.** Dette tiltaket kan forbedre reaksjonstiden til de ansatte på flåtten, minske den nødvendige rømningstid og kan gi bedre muligheter for en effektiv slukningsinnsats.
- **Automatisk ventil på generatoren som stenger tilførselen av diesel ved temperaturøkning i rommet.** Dette reduserer risikoen for at man glemmer å stenge denne ventilen selv og at det tilføres mer brensel til brannen.

Innholdsfortegnelse

Forord IV
Sammendrag V
Definisjoner og ordforklaringer X
Figurliste XI
Bilder XI
Tabeller XI
1. Innledning 1
1.1 Formål 1
1.2 Problembeskrivelse 1
1.3 Metode 2
1.3.1 Forsøkene 2
1.3.2 Simulering 2
1.3.3 Beregninger 2
1.4 Begrensninger 2
2. Brann i foringsflåte 3
2.1 Brannscenarioer 3
2.1.1 Deterministisk analyse av brannscenarioer 3
3. Fôringpellets 4
3.1 Generelt 4
3.2 Innhold, egenskaper og plassering 4
3.2.1 Innhold 4
3.2.2 Plassering 5
3.2.3 Egenskaper 6
4. Forsøk 7
4.1 Cone-kalorimeter 7
4.2 Teori 7
4.3 Eksperimentelt oppsett 8
4.3.1 Utstyr 8
4.3.2 Metode for forsøkene 8
4.4 Resultater 10
4.4.1 Fuktighet i fôr 10
4.4.2 Tid til pyrolyse og tid til antenning med ulike strålinger 10
4.4.3 Forsøk av spontanantennelse av fôret 11

4.4.4 Energiproduksjon 12
5. Simulering av kritiske forhold ved brann 15
5.1 Grunnlag for simulering av kritiske forhold 15
5.2 Kritiske forhold om bord i foringsflåten 15
5.2.1 Argos 15
5.2.2 Metode 15
5.1.3 Kritiske forhold 17
5.2.3 Resultater 18
6. Håndberegninger 21
6.1 Varmeledning 21
6.2 Varmeledning fra silo til silo 22
6.3 Tiden det tar før varmeavgivelse er nådd 24
7. Beredskap for NRS Feøy 25
7.1 Beredskap generelt 25
7.1.1 Hva er beredskap 25
7.1.2 Uønsket hendelse 25
7.1.3 Beredskapsledelse 25
7.1.4 Risikostyring og sårbarhet 26
7.1.5 De nasjonale beredskapsprinsippene 26
7.1.6 Beredskapsorganisasjonen 27
7.1.7 Beredskapsetablering 28
7.1.8 Beredskapsopplæring 29
7.1.9 Førstemøtet, normalisering og demobilisering 29
7.2 Analyser av NRS Feøy 30
7.2.1 Kartlegging av uønskede hendelser ved NRS Feøy 30
7.2.2 Risikomatriser 31
7.2.3 ROS-Analyse 33
7.2.4 Definerte beredskapssituasjoner 39
8 Diskusjon 40
8.1 Forsøk, simulering og håndberegninger 40
8.2 Brannsikring og brannopplæring 42
8.3 Beredskap 43
9 Konklusjon 44
Referanser 47

10. Vedlegg 49
10.1 Resultater fra Cone-kalorimeteret 49
10.2 Beredskapsplan for NRS Feøy (onshore og offshore) 53
10.3 Simulering i Argos 79
10.3.1 Data for simulering i maskinrommet 79
10.3.2 Data for simulering i silorommet 87
10.3.3 Data for simulering i verkstedet 93

Definisjoner og ordforklaringer

Definisjon	Ordforklaring
Brennbarhets grenser	Også kalt eksplosjonsgrenser er delt inn i nedre og øvre brennbarhetsgrense. Dersom en gass eller damp er blandet med oksygen og den ligger mellom nedre og øvre brennbarhetsgrense vil den kunne antenne. Disse grensene beskriver den laveste og høyeste konsentrasjonen av gass og oksygenblanding for antenning.
Pyrolyse(re)	Når et stoff blir påvirket av varme vil dette kunne pyrolysere. Det vil si at stoffet skiller ut en gass som kan antenne, pyrolysegass. «Irreversibel kjemisk spalting av et stoff under påvirkning av varme.» (Kbt, 2016)
Varmestrømning	Og kalt konveksjon er: «transport av varmeenergi når væsker eller gasser strømmer» (Kbt, 2016)
Varmeledning	Også kalt konduksjon er: «transport av varmeenergi i stoffer» (Kbt, 2016)
Varmestråling	«Overføring av varme ved elektromagnetisk stråling.» (Kbt, 2016)
Spontanantennelse	En spontanantennelse er en antenning som oppstår ved at et stoff blir påvirket av en ekstern varmekilde og antenner uten tennkilde. Dette skjer ved at stoffet som blir påvirket av varmekilden ikke klarer å frigjøre den overflødige energien. Denne energien vokser helt til stoffet når den laveste spontanantennelses temperatur.
Spontanantennelses temperatur	Den spontanantennelses temperatur er den laveste temperaturen hvor et stoff vil kunne antenne uten hjelp av ekstern tennkilde.
Deterministisk analyse	En deterministisk analyse er analyser på ett eller flere brannscenarier som har som mål å undersøke de ulike konsekvensene.
Kritiske forhold	Kritiske forhold oppstår når rømningsveiene- og fluktveiene ikke lenger være brukbare. Dette kan være på grunn av at tålegrensene for menneskers eksponering for røyk og varme er overskredet og at konstruksjonen har kollapset. (Sintef, 2016)
Beredskap	Beredskap er en ordning som skal på en sikre og systematiske måter gjør at man er beredt dersom det oppstår uønskede hendelser.
Inert gass	«Ubrennbar gass som brukes som slokkemiddel eller som brannforebyggende tiltak ved fortrenging av luft/oksygen» (Kbt, 2016)
C-test	Testen inngår i kalibreringsprosessen for Cone-kalorimeteret og gjennomføres ved å brenne en bestemt mengde metangass. Før selve forbrenningen, gjennomføres en 1-minutters-basistest, hvor det samles data om oksygennivået. Varmeproduksjonen bestemmes ved å måle oksygenreduksjonen i forbrenningsgassene. Metanstrømningen justeres til 5kW og siden antennelsesvarmen til metan er kjent ($50 \cdot 10^3\ kJ/kg$) og gass målerne er kalibrert, kan selve testen settes i gang. Det måles data over et 5-sekunders intervall i 3 minutter
Merd/produksjonsmerder	Innhegning i sjøen for oppbevaring, fôring og stell av oppdrettsfisk. Merdene består av en notpose som blir holdt oppe av en flytekonstruksjon. Maskene i nota er laget slik at fisken ikke setter seg fast. (Stort norsk leksikon, 2016)
Pilotantenning	«En pilotantennelse er antennelse av brennbare gasser ved en sekundær energikilde, som en flamme, gnist eller glødende metalltråd.» (Kbt, 2016)

Figurliste

Figur 1: Råvareinnhold i fôrpellets..... 4
Figur 2: Figuren viser resultatene for HRR, tid til antennelse, tiden til flammene slukker, totale energiproduksjonen, energi i brenselet og gjennomsnittlige energiproduksjon. 12
Figur 3: Figuren over viser massetapsraten til fôret. Massen til fôret er vist i y-aksen og tiden i sekunder i x-aksen. 13
Figur 4: Figuren viser energiproduksjonen for fôret i antennelsesfasen, fult utviklet brann og utbrenningsfasen..... 13
Figur 5: Figuren viser den totale energiproduksjonen for fôret ved en gitt tid fra 0 til 1400 sekunder. 14
Figur 6: Figuren viser oksygen forbruket under forbrenningen for alle fire forsøk 14
Figur 7: Illustrasjon over simuleringsområdet. Helt til venstre er verkstedet, i midten er silorommet og til høyre er maskinrommet. 15
Figur 8: Figuren viser den hierarkiske beredskapsorganisasjonen. (Lunde, 2014) 27
Figur 9: Figuren viser selve etableringsprosessen som modell. 28
Figur 10: Bildet viser hvordan varmeledningen, konduktiviteten, vil spre seg på en ubehandlet stålvegg..... 40
Figur 11: Bildet viser en vegg eksponert av en brann, men brannmalingen danner et beskyttet lag 45

Bilder

Bilde 1: Cone-kalorimeteret med datamaskin som logger resultatene. 7
Bilde 2: Vekten ble tilbakestilt før materialet ble plassert på aluminiumsfolien. 8
Bilde 3: til høyre i bildet viser datamaskinen temperaturen som er stilt inn og i midten vises varmestrålingen pr kvadratmeter. 8
Bilde 4: Bildet viser at kjeglen stråler ned på målingspinnen. 9

Tabeller

Tabell 1: Tabell over vurdering av hvor stor konsekvens en brann kan ha i de ulike komponentene. Her er konsekvensen ved rangert fra 1-9 hvor 1 er lavest og 9 er høyest konsekvens. 3
Tabell 2: Tabellen viser næringsinnholdet til ulike typer fôr fra fôrprodusenten. Det markerte området viser verdiene for det fôret som ble brukt under forsøkene. 6
Tabell 3: Tabellen viser utstyret som ble brukt under alle forsøkene 8
Tabell 4: Tabell over fuktigheten i fôret..... 10
Tabell 5: Tabellen viser tiden det tar før materialet pyrolyserer og antenner. 10
Tabell 6: Tabellen viser ved tiden det tar før materialet spontanantenner og ved hvilken stråling det oppstår. 11
Tabell 7: Tabell som viser når de kritiske forholdene oppstår (Hagen, 2008) 17
Tabell 8: Der tabellen er markert med rødt vil det ikke lenger være mulig for brannvesenet å gå inn i brannen. Der det er markert grønt er tidspunktet hvor brannen blir mindre. Simuleringen ble avsluttet etter 1 time. 18
Tabell 9: Der tabellen er markert grønt er tidspunktet hvor brannen blir mindre. Simuleringen ble avsluttet etter 1 time. 19
Tabell 10:Der tabellen er markert grønt er tidspunktet hvor brannen blir mindre. Simuleringen ble avsluttet etter 1 time. 20

Tabell 11: Tabellen viser Q, som er den varmeavgivelsen brukt i simuleringen i watt og alfa er koeffisienten for en rask brann i henholdt til tabell 241 i byggforskserien « tilgjengelig rømningstid ved brann» 24
Tabell 12: Tabell over ulike uønskede hendelser og hvor de kan forekomme 30
Tabell 13: Risikomatrise for ytre miljø. 31
Tabell 14: Risikomatrise for HSA. 31
Tabell 15: Risikomatrise for leveringsdyktighet. 32
Tabell 16: ROS-analyse for ytre miljø. 33
Tabell 17:ROS-analyse HSA. 35
Tabell 18: ROS-analyse for leveringsdyktighet. 38
Tabell 19: Oversikt over definerte beredskapssituasjoner. 39

1. Innledning

1.1 Formål

Fiskeoppdrett er den nest største eksportnæringen i Norge. Norway Royal Salmon er et integrert sjømatselskap med virksomhet innen lakseoppdrett, settefisk, slakteri, salg og markedsføring. NRS har 35 konsesjoner for oppdrett av laks i tre kjerneområder: Vest-Finnmark, Senja i Troms og Rogaland/Hordaland. Gjennom sitt eget salgsapparat selger NRS sine produkter til cirka 50 land.

Som en del av NRS konsernet har NRS Feøy drift av fire lokaliteter. Det er to som ligger rett ved Bømlo, og to på Karmøy. Fôringsflåten på Dalsvågen, som er en av lokalitetene på Karmøy, er utgangspunkt for denne bacheloroppgaven.

Fôringsanlegget består av syv produksjonsmerder, som er ringene hvor fisken er plassert, og en fôringsflåte av type Akvasmart.

Hensikten med denne bacheloroppgaven er å ta for seg om fiskefôret som blir brukt kan antennes ved gitte scenarier. Dette fôret har en form som pellets. Hovedfokuset i denne oppgaven vil derfor være om fôret kan antenne og bli omgjort til et brensel ved ulike brannscenarier. Foringsflåten til NRS Feøy er rigget til ved oppdrettsanlegget, noe som vil si at den er stasjonær.

Det er mange tonn med pellets som er lagret om bord på flåten, og bedriften har ønsket en oppgave for å se om det bør gjøres tiltak for å sikre fôret, slik at de ikke opptrer som brensel dersom det oppstår brann om bord. Det vil derfor bli lagt vekt på om pellets vil antenne ved ulike scenarioer og ved hvilken temperatur de pyrolyserer. De ulike scenarioene som blir brukt er brann i maskinrommet, verkstedet og silorommet. Det vil også bli gjort simulering for å se hvor lang tid det tar før det oppstår kritiske forhold ombord.

Samtidig som det blir sett på de ulike brannscenarioene vil det bli utarbeidet en beredskapsplan for bedriften. I arbeidet med beredskapsplanen vil det bli gjennomført en ROS-analyse av lokasjonen på Dalsvågen. Beredskapsplanen vil bygge videre på de aksjonsplanene bedriften allerede har opprettet for å gjøre en overgang til ny plan lettest mulig for bedriften.

1.2 Problembeskrivelse

Det er lite forskning på brannegenskapene til fiskefôr og generelt lite informasjon om det. Gitt at oppdrettsbedrifter oppbevarer store mengder med fôr ombord fôringsflåter til enhver tid, er fiskefôr som potensielt brensel en bekymring for sikkerheten. Fôringsflåten er essensiell for daglig drift for de fleste oppdrettere og en stor finansiell investering. I forbindelse med dette er NRS Feøy interessert i mer informasjon om brannegenskapene til fiskefôr, samt utarbeidelse av ny beredskapsplan og hvordan funnene kan påvirke planen.

1.3 Metode

Metodene ble brukt for å finne ut om fiskefôret kan antenne og om det utgjør en potensiell fare for liv og helse om bord, er en kombinasjon av forsøk, simuleringer og beregninger.

1.3.1 Forsøkene

Forsøkene ble utført for å finne ut om fôret har potensial til å antenne, ved hvilken temperatur det starter å pyrolysere, om det vil antenne med og uten ekstern tennkilde, samt hvor stor energiutviklingen er ved brann i fôret. Alle forsøkene ble gjort i et Cone-kalorimeter.

1.3.2 Simulering

For å finne ut om det oppstår kritiske forhold om bord i fôringsflåten under en brann, ble det gjort simuleringer ved hjelp av Argos. Her ble det sett på om de kritiske forholdene blir overskredet. Når det oppstår kritiske forhold vil rømningsveiene og fluktveiene ikke lenger være tilstrekkelige.

1.3.3 Beregninger

Beregningene ble gjennomført basert på brannscenarioet som kan oppstå i maskinrommet. Dette grunnet at maskinrommet er det eneste stedet på flåten hvor det kan oppstå en brann som kan spre seg til siloene ved hjelp av varmestråling og varmeledning. Se brannanalysen i Tabell 1 for gjennomgang av de viktigste og mest omfattende brannscenarioene.

1.4 Begrensninger

Det finnes lite data og mye usikkerhet rundt de branntekniske egenskapene til fiskefôret. Selv om forsøkene med et kalorimeter gir mer informasjon om den nødvendige energimengden som skal til for antennelse og energiproduksjon under forbrenning, er det likevel ikke mulig å undersøke flere egenskaper til fôret med dette apparatet.

En av disse egenskapene som ikke fås ut fra kalorimeteret er varmeledningsevnen. Den er viktig i videre beregninger for å kunne si mer om brannspredningen i selve flåten. For videre beregninger skal det brukes varmeledningsparameterne til raps som er en av de mest brukte ingredienser i fôrproduksjonen.

Beregningene i seg selv er teoretiske og kan ikke gi entydige svar om hvordan brannen vil komme til å spre seg.

2. Brann i foringsflåte

2.1 Brannscenarioer

2.1.1 Deterministisk analyse av brannscenarioer

En deterministisk analyse er en analyse som tar for seg et begrenset antall brannscenarioer for å finne ut hvor store konsekvensene til scenarioene er.

Ombord i fôringsflåten, som består av fire rom, er det varierende hvor stor konsekvensen av en brann vil være for båten og for bedriften, samt liv, helse og miljø. Denne deterministiske analysen vil ta for seg hovedsakelig liv og helse, og mulighetene for at brannen sprer seg til siloene.

Silorommet består av fire siloer og like mange elektriske motorer. Disse motorene fører fôret ut til fiskene via rør. Dersom det oppstår brann i en av disse vil sikringene slå ut, og konsekvensen vil ikke bli stor, fordi disse motorene er små og vil brenne fort ut. De vil heller ikke produsere nok energi til at brannen kan spre seg videre til siloene og antenne fôret.

Verkstedet består av håndverktøy og et mindre sikringsskap. Her vil heller ikke konsekvensen bli særlig høy ved brann i sikringsskapet. Dette grunnet at strømtilførselen vil stenges og det ikke er noe brensel i nærheten som brannen kan spre seg til.

Styringsrommet er innredet som et mindre kontor. Det er plassert elektrisk utstyr slik at man kan observere fôringsprosessen til fisken, samt ovner til varme. Det er vurdert at dersom de elektriske apparatene begynner å brenne, vil det være tilstrekkelig nok brennbart materiale til at konsekvensen blir høy. Konsekvensen er også satt til meget høy da det vanligvis er her den ansvarlige for flåten sitter, og befinner seg mesteparten av arbeidstiden.

Maskinrommet er det mest kritiske rommet i flåten. Her er hovedsikringsskapet plassert. Dersom det oppstår en brann i sikringsskapet vil sikringene slå ut og stenge strømtilførselen. Sikringsskapet er plassert vekk fra annet brensel og vil ikke spre seg. En brann i det elektriske apparatet eller strømgeneratoren, anses å være «worst-case scenario» pga. konsekvensen vil bli meget høy. Det er fordi generatoren er koblet til dieseltankene. Det antas at ved dette brannscenarioet vil det bli høy energiproduksjon og brannen kan spre seg til siloene, og antenne fiskefôret.

Tabell 1: Tabell over vurdering av hvor stor konsekvens en brann kan ha i de ulike komponentene. Her er konsekvensen ved rangert fra 1-9 hvor 1 er lavest og 9 er høyest konsekvens.

	Sted									
Konsekvens ved brann		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Silorom	-	-	Elektrisk motor	-	-	-	-	-	-
	Maskinrom	-	-	-	Sikringsskap	-	-	Elektrisk apparat	-	Strømgenerator
	Verksted	-	-	Mindre sikringsskap	-	-	-	-	-	-
	Styringsrom	-	-	Mindre sikringsskap	-	-	-	-	Elektrisk apparat	-

3. Fôringpellets

3.1 Generelt

I forsøkene tilknyttet oppgaven er det sett på pellets av typen Energy X, produsert av Biomar. Pellets kan variere i størrelse, innhold av energi og næringsstoffer. Størrelsen på pellets tilpasses etter størrelsen på fisken, og forholdet mellom protein og fett endrer seg etter det. Fôret som ble brukt under forsøkene er 5 mm i diameter og inneholder 27,3 % fett, 43,6 % protein og har fra 23,2 til 25 MJ/kg energi. Se *Tabell 2* for de spesifikke egenskapene til fôret.

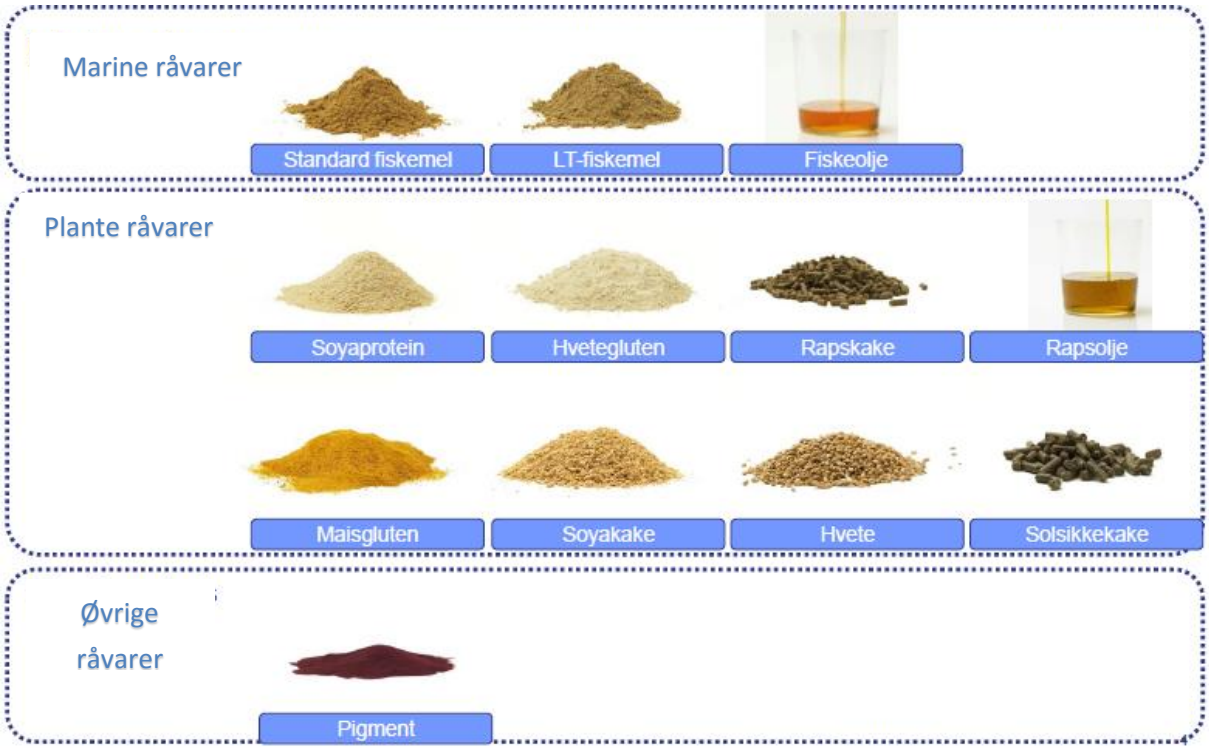
3.2 Innhold, egenskaper og plassering

3.2.1 Innhold

Pellets lages av forskjellige råvarer i tre hovedkategorier:

- Marine råvarer
- Plante råvarer
- Øvrige råvarer

Mer detaljert oversikt over de mest brukte ingrediensene er vist i Figur 1.



Figur 1: Råvareinnhold i fôrpellets

Selve produksjon er fordelt i 9 underprosesser:

- Lagring: Etter levering av råvarene fordeles fôret i separate beholdere.
- Dosering: De forskjellige typer pellets inneholder en spesifikk mengde av noen av de ulike råvarene. Denne mengden måles nøyaktig før produksjonen kan begynne.
- Formaling: Ingrediensene knuses til små partikler.
- Blanding: De knuste ingrediensene blandes sammen.
- Ekstrudering: Blandingen blir satt under press ved høy temperatur og bli presset gjennom dyser for å oppnå den ønskede formen.
- Tørking: Fôret tørkes til det ønskede fuktighetsinnholdet, som vanligvis ligger i underkant av 3 %. Se Tabell 4 for fuktighetsinnholdet i fôret.
- Coating: Pellets tilføres fett i form av raps- eller fiskeolje under høy temperatur.
- Kjøling: Pellets avkjøles før pakking for å unngå kondens.
- Pakking: Det ferdige produktet pakkes i beholdere på 750 kilogram.

Biomar har sertifisert alle prosessene etter:

ISO 9000 – Quality management

ISO 14000 – Environmental management

ISO 22000 – Food safety management

3.2.2 Plassering

Fôringsflåten er ankret fast ute på sjøen, og er ikke koblet til land. Det betyr at fiskefôret må bli fraktet med båt. Denne båten legger seg inntil flåten, hvor beholderne åpnes og blåser fôret gjennom rør ut gjennom et rør og inn i siloene. Det er totalt fire siloer, og disse er plassert i to rader hvorav den ene raden ligger vegg i vegg med maskinrommet. Mengde fôr avhenger av behov og lagringskapasitet på siloene, men til enhver tid er det ca. 100 tonn med oljerikt fôr om bord.

3.2.3 Egenskaper

Selv om det ikke finnes mye informasjon om situasjoner hvor fiskefôr har blitt antent, så har det vært andre hendelser som har oppstått med pellets. Disse hendelsene har oppstått i siloer hvor trepellets eller støv fra de har antent og utviklet seg til å bli storbrann. Det har blitt laget en rapport om «eksplosjons- og brannsikkerhet ved lagring av flis og pellets» av Norsk energi. Denne tar for seg hendelser som har oppstått tidligere og hva slags tiltak som bør gjøres for å redusere sannsynligheten og utfallet av en uønsket hendelse. (Soma, 2016).

Pellets av denne sorten har forskjellige egenskaper enn fôringspellets, siden de lages fra fiber fra grann eller furu. Fyringspellets inneholder også mindre energimengde. Energimengden ligger mellom 17 og 17,9 MJ/kg (Dsb, 2016). Ut i fra sammenligning av disse produktene kommer det fram at fiskefôret har større energimengde enn pellets som blir brukt til fyring.

Egenskapene til fôret kan påvirke utviklingen i eventuelle brannscenarier. Det kan forventes at mer energirikt fôr vil gi større energiproduksjon ved forbrenning, og fukt- og proteininnhold kan ha betydning for den nødvendige antennelsesenergien. Som en kan se ut i fra innholdet i fiskefôret, så inneholder fôret mye fiskeolje og rapsolje. Disse væskene har potensielle egenskaper til å antenne. Dette er en av hovedgrunnene til at det vil bli gjort ulike forsøk på brannegenskapene til fôret og hva slags tiltak som kan være med på å redusere sannsynligheten og utfallet av en uønsket hendelse.

Tabell 2: Tabellen viser næringsinnholdet til ulike typer fôr fra fôrprodusenten. Det markerte området viser verdiene for det fôret som ble brukt under forsøkene.

Produkt	**Pellets størrelse (mm)**	**Energi (Mj/Kg)**	**Fett %**	**Protein %**
Energy X/Energy X HH/ Focus lice / Intro /Q	3,5	22,8-24,6	24,8	45,4
Energy X/Energy X HH/ Focus lice / Focus winter /Intro /Q	**5**	**23,2-25**	**27,3**	**43,6**
Energy X/ Focus lice / Focus winter /primo /Q	7	24,5-26,3	30,2	39,9
Energy X/ Focus lice / Focus winter /primo /Q	10	24,3-26,1	35,1	34,7
Energy X/ Focus lice / Focus winter /primo /Q	10	25-26,8	38,3	32,5

4. Forsøk

4.1 Cone-kalorimeter

Et Cone-kalorimeter er et moderne apparat som blir brukt til å studere oppførselen til små prøvestykker i kondensert fase. Dette brukes i forbindelse med brannsikkerhetsarbeid. Kalorimeteret samler data om antennelsestid, massetap, varmeproduksjon og flere andre parametere knyttet til forbrenning. Prinsippet for kalorimeteret baserer seg på Huggets prinsipp. Huggets prinsipp går ut på at den totale varmeproduksjonen under forbrenning, for alle organiske materialer, avhenger av mengden oksygen forbrukt under prosessen. Navnet Cone-kalorimeter stammer fra den kjegle-formede varmestråleren. Denne produserer en jevn varmestråling over hele prøvestykkets overflate.
Kalorimeteret er et av det mest pålitelige og viktige instrumentet innen brannsikkerhet og branndynamikk studier.

Bilde 1: Cone-kalorimeteret med datamaskin som logger resultatene.

4.2 Teori

Testene som blir gjort med Cone-kalorimeteret er basert på observasjoner. Disse tilsier at materialer bruker like mye oksygen for hver kilo Joule energi som det produseres under forbrenning. Ifølge denne observasjonen er netto forbrenningsvarme proporsjonal med mengden av oksygen, og derfor nødvendig for forbrenning. Kjernen i kalorimeteret har en svært nøyaktig oksygenmåler. Denne er basert på at 1 kg oksygen blir brukt for frigjøring av 13,10 MJ. Denne måleren anses å være en meget nøyaktig og har ikke mer enn 5 % avvik for de fleste hydrokarbon materialer.

Under testing med Cone-kalorimeter brennes det aktuelle prøvestykket under et luftforhold som er likt forholdet i omgivelsene, samtidig som det er utsatt for en forutbestemt ytre varmestråling. Denne varmestrålingen ligger innenfor et område på 0 kW/m^2 til 100 kW/m^2. Overflaten til prøvestykket starter å pyrolysere. Dette skjer på grunn av at strålingen varmer opp materialet slik at det gir fra seg gass, og de brennbare gassene antennes ved hjelp av en ekstern tennkilde. Oksygenkonsentrasjonen og røykstrømningen blir målt. En slik test blir utført etter at Cone-kalorimeteret er blitt kalibrert.

Den forutbestemte varmestrålingen kan også brukes til å finne den nødvendige energimengden som må til for at et gitt prøvestykke antennes.

For å oppnå mer nøyaktige resultater behøves det en serie av tre tester med størrelse av 100 mm x 100 mm. Prøvestykkene som blir brukt kan ikke ha en tykkelse større enn 50 mm.

Prøvene skal utføres med forskjellige ytre varmestråling, og skal brukes for å finne nødvendig tid til antenning, både for pilotantenning og spontan antenning.

For energiproduksjon skal det brukes samme strålings nivå for alle forsøk.

4.3 Eksperimentelt oppsett

4.3.1 Utstyr

Tabell 3: Tabellen viser utstyret som ble brukt under alle forsøkene

Utstyr	Størrelse
Metallbeholder	10x10 cm
Substrat	9,9 x9,9 cm
Varmehanske	2 stk
Aluminiumsfolie	
Prøvestykker av fôr	21 stk - (85,02-85,08 gram)
Vekt	
Datamaskin med programvare	
Cone-kalorimeter	
Kalibreringsvekt	
Ovn	
Glassbeholder	2 l
Stoppeklokke	

4.3.2 Metode for forsøkene

4.3.2.1 Metode for forsøk av fuktighet i fôr:

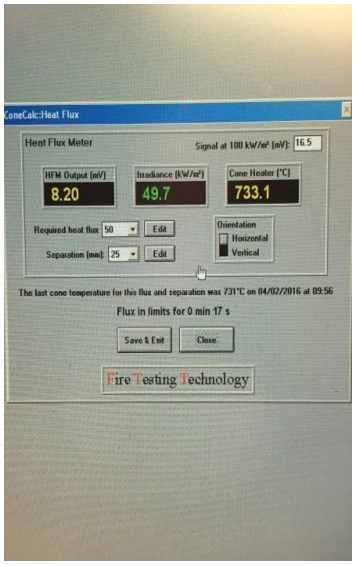
Pellets ble plassert i en glassbeholder. Når glassbeholderen var full, ble det veid opp hvor mye fôr som var i beholderen. Etter å ha funnet ut vekten, ble beholderen plassert i en ovn. Deretter ble ovnen stilt inn på 70 grader og fôret stod inne i ovnen i 24 timer. Etter fôret hadde stått i ovnen i ett døgn, ble det veid opp på nytt og regnet ut hvor mye fuktighet fôret består av. Se *Tabell 3* for resultat.

Bilde 2: Vekten ble tilbakestilt før materialet ble plassert på aluminiumsfolien.

4.3.2.2 Metode for forsøk av tid til pyrolyse og tid til antenning ved diverse strålinger.

Det ble målt opp 13 prøvestykker med en vekt fra 85,02 gram til 85,08 gram. Disse prøvestykkene ble plassert i aluminiumsfolie, og lagt på plass i metallbeholderen. Mellom aluminiumsfolien og metallbeholderen ble det lagt et stykke substrat som skulle forhindre varmeledning fra bunnen av metallet beholderen til fôret. For å finne tid til antennelse med forskjellig strålinger behøves det ingen C-test, kun en kalibrering av strålingsnivået.

Temperaturen stilles inn på Cone-kalorimeteret til det ønskede strålingsnivået. Når tallet som viste strålingen lyste grønt ble det tatt tiden. Dette tallet må være stabilt i 60 sekunder før testen kan utføres. Denne kalibrering må gjennomføres for hver gang strålingen forandres. Det utføres tre forsøk for 10, 20, 30, 40 og 50 kW/m^2. Under disse forsøkene ble det tatt tiden til pyrolysering og pilotantennelse av fôret.



Bilde 3: til høyre i bildet viser datamaskinen temperaturen som er stilt inn og i midten vises varmestrålingen pr kvadratmeter.

4.3.2.3 Metode for forsøk av spontanantennelse av fôret.

Muligheten for spontanantennelse ble undersøkt ved at fire like prøvestykker ble utsatt for ulik varmestråling. Strålingsnivåene som ble brukt er 20, 30, 40 og 50 kW/m^2. Det ble satt av 15 minutter for å se om det oppstod spontan antenning. Dersom det ble brukt lengre enn 15 minutter, ble forsøket avsluttet.

Fremgangsmåten for å oppnå riktig strålingsnivå er lik som i metode 4.3.2.2.

Bilde 4: Bildet viser at kjeglen stråler ned på målingspinnen.

4.3.2.4 Metode for måling av energiproduksjonen[1]

Cone-kalorimeteret skal være plassert i et område hvor det ikke er gjennomtrekk, og temperaturen skal ligge mellom 15ºC og 30ºC. Når dette er tilfredsstilt, kan strømtilførselen skrus på slik at selve konen og eksosviften starter. Innstrømningstettheten blir satt til 50 ± 1 kW/m^2, og strømningsraten av eksos til 0,024 ± 0,002 m^3/s. Etter disse verdiene er satt, kan en teste gjennomsnittlig varme frigitt. Når en skal utføre denne testen brukes et stykke av plast (PMMA). Dette stykket skal ha en tykkelse på minimum 6 mm. Under testen skal det loggføres at den gjennomsnittlige varmen frigitt, de første 3 minuttene, er ca. 530 kW/m^2.

Responstiden til vektapparatet må også kalibreres. Dette skjer ved å undersøke hvor fort vekten reagerer på vektendringer. En gjenstand med en gitt vekt (250 ± 25 gram) plasseres på vekten, for så å fjerne den igjen og registrere responstiden til vekteapparatet. (ISO 5660-1, 2015)

I kalibreringsprosessen inngår en C-test (C er kalibrerings konstant), som gjennomføres ved å brenne en bestemt mengde metangass. Før selve forbrenningen, gjennomføres en 1-minutters-basistest, hvor det samles data om oksygennivået. Varmeproduksjonen bestemmes ved å måle oksygenreduksjonen i forbrenningsgassene. Metanstrømningen justeres til 5kW og siden antennelsesvarmen til metan er kjent ($50 \cdot 10^3\ kJ/kg$) og gass målerne er kalibrert, kan selve testen settes i gang. Det måles data over et 5-sekunders intervall i 3 minutter. C-faktoren kan finnes etter formelen:

$$C = \frac{\dot{q}_b}{12{,}54 * 10^3 * 1{,}10}\sqrt{\frac{T_e}{\Delta P}} * \frac{1{,}105 - 1{,}5X_{O_2}}{X_{O_2}^0 - X_{O_2}} \qquad (1)$$

Hvor $\dot{q}_b$ er strømningsraten til metan (i kW), ($12{,}54 \cdot 10^3$) kJ/kg kommer fra forholdet $\Delta H_c/r_0$ for metan, 1,10 er forholdet mellom mol massen til oksygen og luft, T_e, ΔP, X_{O2} er gjennomsnittlige verdier fra den gjennomførte 3-minutters-testen. $X_{O_2}^0$ er det gjennomsnittet fra oksygenmåleren fra den første 1-minutters-basistesten. (Lindholm, Brink, & Hupa, 2016). En fullstendig kalibrering av Cone-kalorimeteret finnes i ISO 5660-1:2015 (E) (ISO 5660-1, 2015) .

[1] Metode for måling av energiproduksjon er hentet fra en tidligere laboratorieoppgave «Cone Calorimeter» skrevet Nevyan Dimitrov, 16.04-2015.

4.4 Resultater

4.4.1 Fuktighet i fôr

Tabell 4: Tabell over fuktigheten i fôret

Vekt før	Vekt etter 24 timer	Fuktighet
2000 gram	1988 gram	0,06 %

Tabell 4 viser vekten av fôret før og etter å ha stått i en ovn på 70 grader celsius i 24 timer. Differansen av vekten før og etter er fuktighetsinnholdet til fôret.

4.4.2 Tid til pyrolyse og tid til antenning med ulike strålinger

Tabell 5: Tabellen viser tiden det tar før materialet pyrolyserer og antenner.

Prøve nr	Vekt (g)	Tid til pyrolyse (s)	Tid til flamme (s)	Temperatur (°C)
10 KW/m^2				
1	85,06	141	Ingen flamme etter 20 min	380
2				
3				
20 KW/m^2				
1	85,08	34	231	512
2	85,04	35,38	239	
3	85,05	38	263,16	
30 KW/m^2				
1	85,03	17,54	86,32	602
2	85,04	19,4	84,2	
3	85,05	18,63	88,74	
40 KW/m^2				
1	85,02	10,2	45,2	677
2	85,04	9,98	46,8	
3	85,03	8,62	47,3	
50 KW/m^2				
1	85,04	8	28,5	732
2	85,03	8,2	29,38	
3	85,02	8,37	30,28	

Tabell 5 viser den nødvendige tiden til pyrolyse og pilotantennelse for de forskjellige strålingsnivåene, samt den nødvendige temperaturen for å oppnå den aktuelle varmestrålingen. Vekten på alle prøvestykkene er tilnærmet lik 85 gram. Det ble kun utført et forsøk med stråling på 10 kW/m^2, men ble avsluttet etter 20 minutter da det ikke antente.

4.4.3 Forsøk av spontanantennelse av fôret

Tabell 6: Tabellen viser ved tiden det tar før materialet spontanantenner og ved hvilken stråling det oppstår.

Effekt	Temperatur (°C)	Tid til spontan antenning (s)
50 KW/m^2	731	46
40 KW/m^2	674,3	109
31,5 KW/m^2	619	713
30 KW/m^2	602	Avbrutt etter 20 min
20 KW/m^2	512	Avbrutt etter 20 min

Tabell 6 viser den nødvendige tiden som skal til for at det oppstår spontanantennelse for de forskjellige strålingsnivåene, samt nødvendig temperatur for å oppnå den aktuelle varmestråling. Da ingen antennelse ble oppnådd etter 20 minutter, ble forsøkene med 20 kW/m^2 og 30 kW/m^2 avbrutt. 31,5 kW/m^2 ble målt som den laveste nødvendige strålingen for å oppnå spontanantennelse. Det vil si at 619 grader er den laveste spontanantennelses temperatur som skal til for å oppnå antenning uten tennkilde.

4.4.4 Energiproduksjon

Test averages

Test	t(ig) (s)	t(fo) (s)	t(end) (s)	HRR(peak) (kW/m²)	tpeak (s)	THR (MJ/m²)	HRR(60) (kW/m²)	HRR(180) (kW/m²)	HRR(300) (kW/m²)
Mean	**247**	**1340.5**	**1337.5**	**252.18**	**427.5**	**132.72**	**186.78**	**138.94**	**149.84**
1	232	1386	1385	240.75	575	132.02	178.39	137.96	149.14
2	258	1403	1385	248.76	265	129.37	194.90	140.61	154.67
3	234	1313	1300	280.08	600	135.83	187.74	139.24	146.99
4	264	1260	1280	239.14	270	133.65	186.08	137.94	148.58

Test	Flux (kW/m²)	t (mm)	Area (cm²)	m(i) (g)	m(s) (g)	m(f) (g)	Δm (g)	Ave MLR (g/s·m²)	EHC(av) (MJ/kg)
Mean		**10**		**85.0**	**81.4**	**20.1**	**61.3**	**6.9**	**21.63**
1	20	10	100	85.0	81.3	19.8	61.5	6.5	21.52
2	20	10	100	85.0	80.8	19.5	61.3	6.9	21.02
3	20	10	100	85.0	81.7	19.3	62.4	7.1	21.75
4	20	10	100	85.0	81.7	21.8	59.9	7.1	22.24

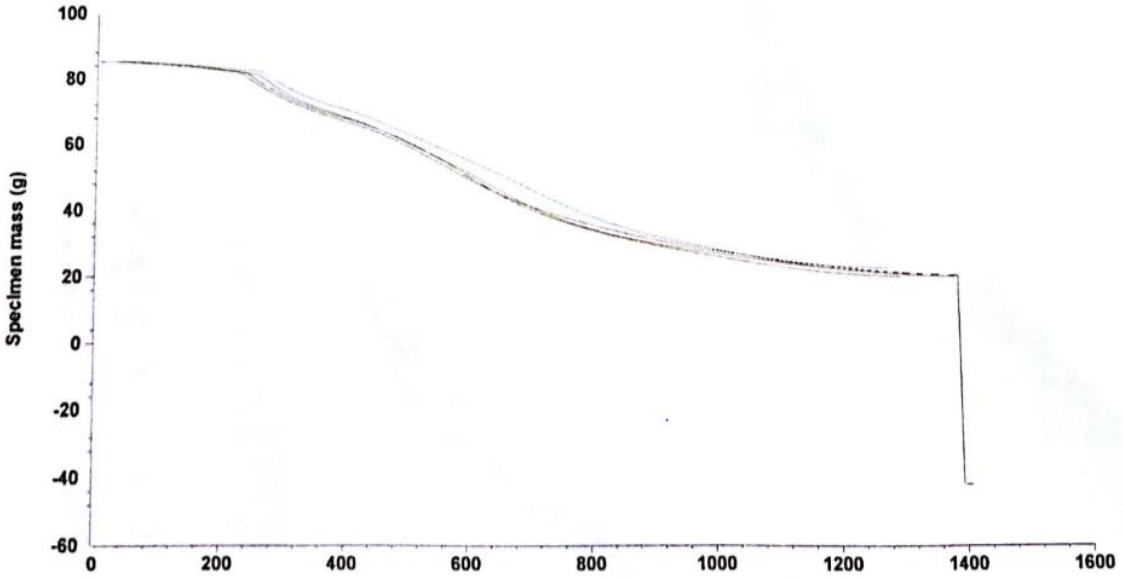
Test	THR(0-300) (MJ/m²)	THR(0-600) (MJ/m²)	THR(0-1200) (MJ/m²)	SPR(av) (m²/s)	SEA(av) (m²/kg)	Fuel load (MJ/kg)	MARHE (kW/m²)
Mean	**11.28**	**57.97**	**129.70**	**0.0043**	**76.54**	**15.61**	**121.30**
1	14.26	62.81	127.56	0.0036	67.27	15.53	119.71
2	9.65	56.08	124.82	0.0039	71.18	15.22	120.01
3	12.70	61.02	133.69	0.0048	82.96	15.98	126.44
4	8.49	51.98	132.73	0.0050	84.77	15.72	119.03

Test	Date	Specimen #	Line colour	Filename
1	04/02/2016	4		C:\CC5\DATA\16010004.CSV
2	04/02/2016	3		C:\CC5\DATA\16010003.CSV
3	04/02/2016	2		C:\CC5\DATA\16010002.CSV
4	04/02/2016	1		C:\CC5\DATA\16010001.CSV

Figur 2: Figuren viser resultatene for HRR, tid til antennelse, tiden til flammene slukker, totale energiproduksjonen, energi i brenselet og gjennomsnittlige energiproduksjon.

Figur 2 viser forskjellige verdier som ble målt gjennom de fire forsøkene for bestemmelse av energiproduksjon. Alle prøvestykkene veier ca. 85 gram, er utsatt for 20 kW/m^2 stråling og antent ved hjelp av gnist. Verdier av interesse i første rad er tiden til antennelse t(ig), tiden til flammen slokker t(fo), den maksimale energiproduksjon HRR(peak) og totale energiproduksjon THR. I tredje rad er det energi i brenselet, Fuel load og gjennomsnittlig energiproduksjon (MARHE) som er verdiene av interesse.

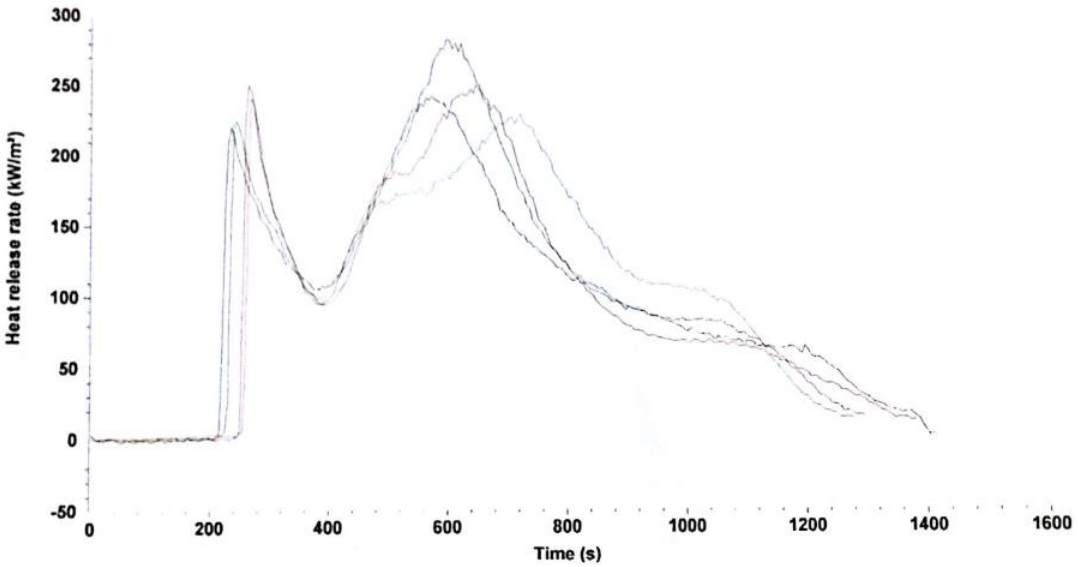
4.4.4.1 Massetapsrate



Figur 3: Figuren over viser massetapsraten til fôret. Massen til fôret er vist i y-aksen og tiden i sekunder i x-aksen.

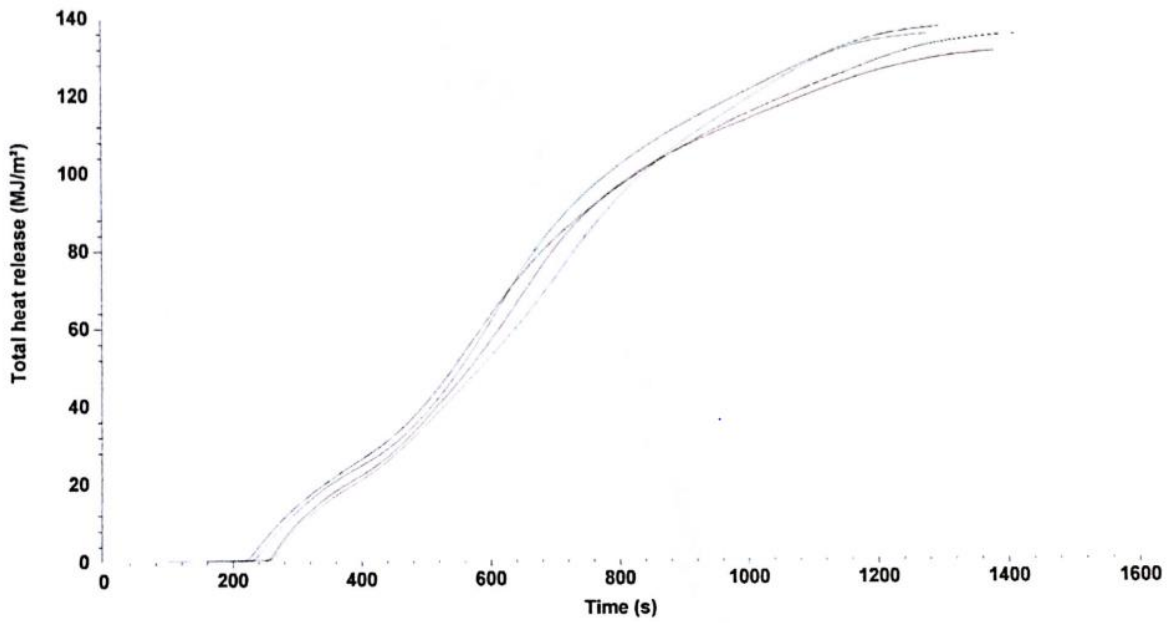
Figur 3 fremstiller massetapsraten for de fire forsøkene. Alle forsøkene viser at de har lignende forløp. Det siste drastiske fallet på kurven ved rundt 1400 sekunder, oppstår når prøvestykket ble fjernet fra apparatet.

4.4.4.2 HRR og den totale HRR



Figur 4: Figuren viser energiproduksjonen for fôret i antennelsesfasen, fult utviklet brann og utbrenningsfasen.

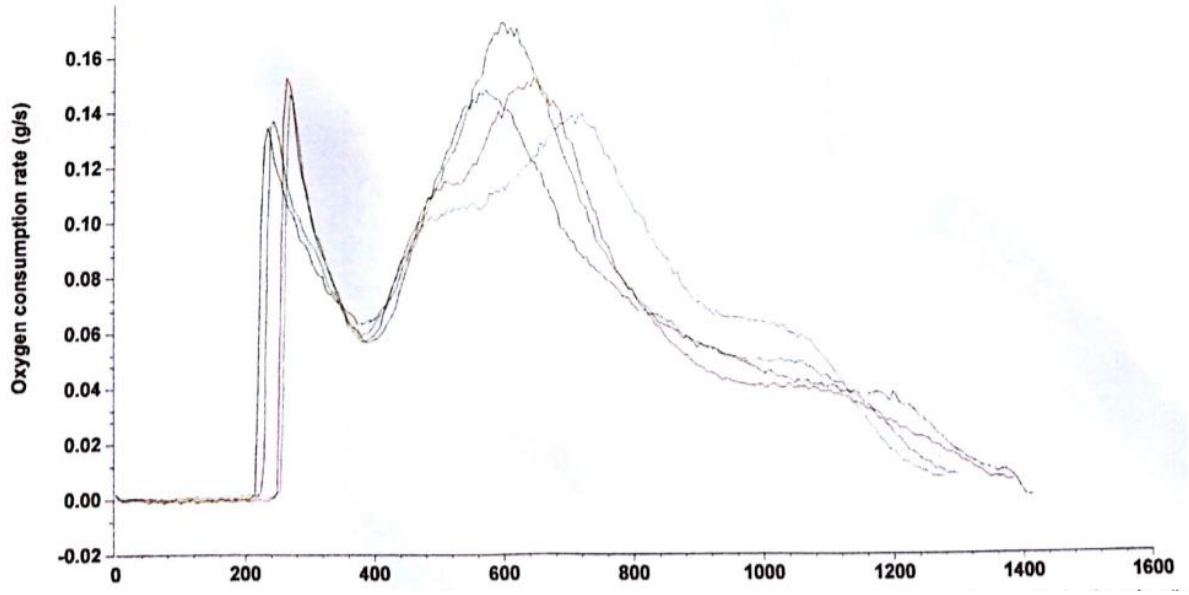
Figur 4 viser hvordan energiproduksjonen utvikler seg gjennom forsøkene. Alle tester viser lignende forløp med bratt stigning i energiproduksjonen etter antennelse, fulget av nedgang og en bratt stigning før energiproduksjonen begynner å avta mot slutten av forbrenningen. Test 1 og 3 har maksimalt energiproduksjon i begynnelsen av forbrenningen, på topp av første stigning, mens test 2 og 4 viser maksimalt energiproduksjon på toppen av andre stigningen.



Figur 5: Figuren viser den totale energiproduksjonen for fôret ved en gitt tid fra 0 til 1400 sekunder.

Figur 5 viser den totale energiproduksjonen for de fire forsøkene. Grafene viser lite spredning mellom de ulike prøvene. Som en kan se så antenner noen av prøvestykkene tidligere enn andre, grunnen til dette er ulike parametere som kommer fram i diskusjonsdelen.

4.4.4.3 Oksygenforbruk



Figur 6: Figuren viser oksygen forbruket under forbrenningen for alle fire forsøk

Figur 6 viser oksygenforbruket under forbrenningen for de fire testene. Oksygenforbruket i grafen er identisk med resultatene i Figur 4, dette grunnet at energiproduksjonen beregnes ut ifra mengden oksygen forbrukt under forbrenningen.

5. Simulering av kritiske forhold ved brann

5.1 Grunnlag for simulering av kritiske forhold

For å finne ut om det oppstår kritiske forhold om bord ble det gjort en rekke simuleringer. Disse simuleringene skal gi svar på om hvor lang tid det tar før kritiske forhold oppstår i de ulike rommene, hva slags forhold det er snakk om og hvilke tiltak som kan iverksettes for å redusere sannsynlighet og utfall ved uønsket hendelse.

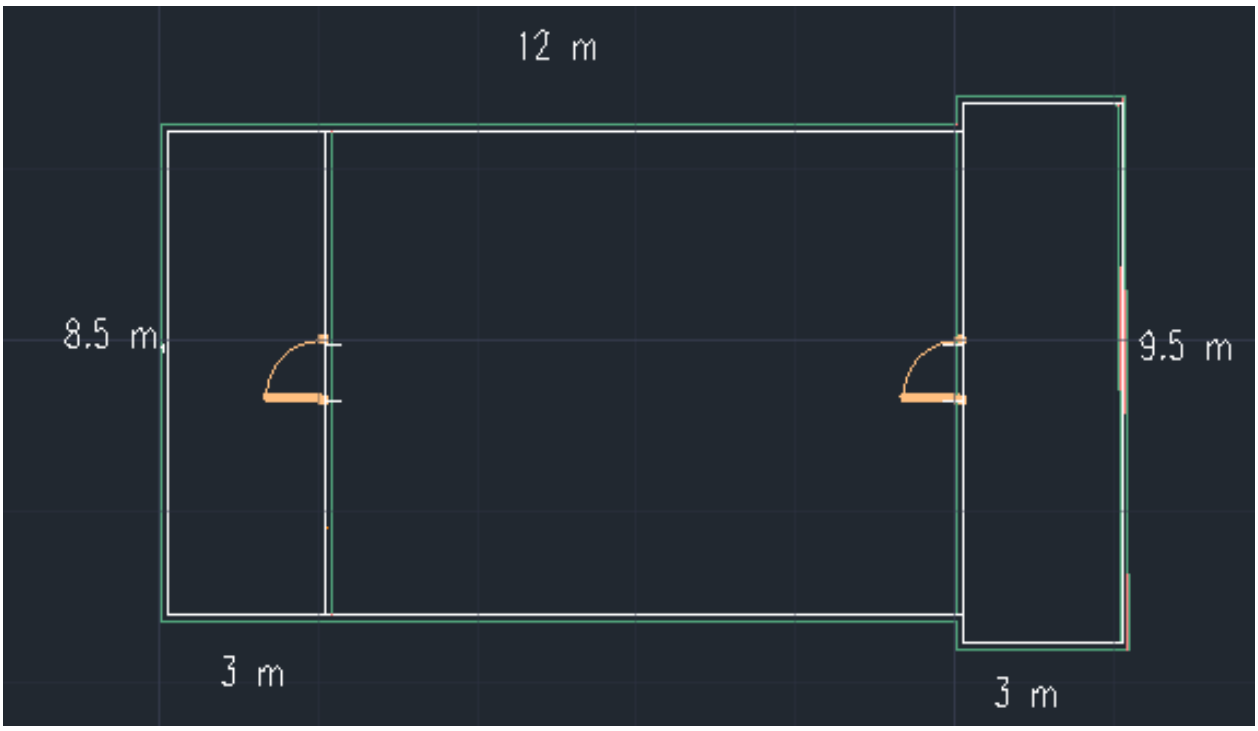
5.2 Kritiske forhold om bord i foringsflåten

5.2.1 Argos

Argos er en programvare laget av det Danske instituttet for brann og sikkerhet. Programmet brukes for å simulere røykutvikling, temperatur og stråling fra en brann. Simuleringene er basert på en 2 sone-modell og kan simulere opptil 10 rom. En 2 sone-modell er når rommet er delt inn i en varm og en kald sone., hvor den varme er øverst og den kalde er nederst. (Dbi, 2015)

5.2.2 Metode

For å simulere kritiske forhold om bord blir det gjort en del forenklinger av designet på silorommet, maskinrommet og verktøyrommet. Dette ble gjort for å gjøre simuleringen lettere. Ved å bruke målene som er sett på Figur 7, ble det regnet fram at den lengste distansen fra en mulig brann til døren blir 4,98 meter for verkstedet, 7,35 meter for silorommet og 3,51 meter for maskinrommet.



Figur 7: Illustrasjon over simuleringsområdet. Helt til venstre er verkstedet, i midten er silorommet og til høyre er maskinrommet.

Det ble gjort tre ulike simuleringer med forskjellige brannscenarier. Det ene brannscenarioet er brann i den elektriske generatoren, den andre er brann i fôr-doseren og den siste er brann i verkstedet. Under alle forsøkene ble det brukt Heskestads formel for flammehøyde, og resultatet blir brukt til å videre regne ut røyksøylehøyde og massetransport. Ved alle brannscenariene ble variert fra sakte til rask brannutvikling. Dette ble vurdert ut ifra hvor stor en potensiell brann kan bli i de ulike rommene og mengde brensel de har.

Heskestads formel for flammehøyde er en av de vanligste formlene å bruke for å finne ut forholdet mellom energiproduksjonen og flammehøyden inne branndynamikk. For å finne flammehøyden ut ifra formelen er det nødvendig å vite $\dot{Q}$ og D er diameteren til brannen.

$$L = 0{,}235 * \dot{Q}^{\frac{2}{5}} - 1{,}02 * D \qquad (2)$$

Aktive og passive brannsikringstiltak ble ikke tatt med under simuleringene, da hovedgrunnen med var å se hvor lang tid det tok før kritiske forhold oppstod i de ulike rommene og hvilke forhold som oppstod. Selve fôringsflåten har brannalarmanlegg, røykvarslere og håndslukkere tilgjengelig. Brannalarmanlegget er koblet opp mot en branntavle som er lokalisert i kontoret. Under befaring på flåten kom det fram at anlegget er koblet fra branntavlen, og ble derfor ikke tatt med i simuleringen. Kontoret blir heller ikke tatt med i simuleringen da det ligger over verkstedet, og er adskilt med en metalluke.

5.2.2.1 Brann i den elektriske generatoren

Som vist i Tabell 1, er den elektriske generatoren det som utgir størst konsekvens ved brann. Det ble vurdert som det scenarioet med størst konsekvens fordi den er koblet til en dieseltank. Dersom generatoren brenner vil det være sannsynlig at røret vil sprekke. Under denne simuleringen ble det benyttet av en rask brann, med høy brannenergi.

5.2.2.2 Brann i doseren

Doseren som er plassert under siloene, utgir ikke en stor risiko for spredning av brannen til fôret eller en stor temperaturøkning i rommet, men det kan være at det oppstår kritiske forhold av røyken som blir produsert. Under simuleringen ble det vurdert at dersom doseren antenner, vil det bli en brann som er langsom og som ikke har høy brannenergi.

5.2.2.3 Brann i verkstedet

I verkstedet er det lagret gjenstander som kan gi høy brannenergi og hurtig spredning ved en brann. I Tabell 1 er det vist at det er elektriske komponenter, slik som sikringsskapet, som utgir størst konsekvens ved brann, da det vil ha en mulighet til å spre seg til andre gjenstander i rommet. Her ble det brukt en rask brann, med middels brannenergi.

5.1.3 Kritiske forhold

Under simuleringene ble det sett på om det oppstår kritiske forhold i de ulike rommene. Når det oppstår kritiske forhold vil rømningsveiene og fluktveiene ikke lenger være brukbare. Dette kan være på grunn av at tålegrensene for menneskers eksponering for røyk og varme er overskredet og at konstruksjonen har kollapset. (Sintef, 2016)

Tabell 7: Tabell som viser når de kritiske forholdene oppstår (Hagen, 2008)

Det oppstår kritiske forhold dersom ett av punktene under er nådd
Karbonmonoksidkonsentrasjon i luft mer enn 2000 ppm
Karbondioksidkonsentrasjonen i luft/røyk er mer enn 5%
Oksygenkonsentrasjonen i det laveste laget er mindre enn 15%
Varmestrålingen fra røykelaget er mer enn 2,5 kW/m2
Temperaturen i røykfri sone overskrider 60-80 ^{0}C
Høyden mellom røykelag og gulv er mindre enn 1,6 m + 10% av rommets høyde
Sikten i rom større enn 100 m2 er mindre enn 10 meter
Sikten i rom mindre enn 100 m2 er mindre enn 3-5 meter

5.2.3 Resultater

5.2.3.1 Brann i maskinrommet

Tabell 8: Der tabellen er markert med rødt vil det ikke lenger være mulig for brannvesenet å gå inn i brannen. Der det er markert grønt er tidspunktet hvor brannen blir mindre. Simuleringen ble avsluttet etter 1 time.

Forhold / **Tid**	**Stråling fra røykelaget er større enn 2,5 kW/m2**	**Høyden mellom røykelaget og gulv er mindre enn 1,6 m + 10% av rommets høyde**	**Oksygenkonsentrasjonen i det laveste laget er mindre enn 15%**	**Optisktetthet Større enn 2,0 dB/m**	**Flashover**
00:01:08		Maskinrom			
00:02:42	Maskinrom				
00:03:08		Fôringsrom			
00:04:25		Maskinrom			
00:04:41		Verksted			
00:05:00					Maskinrom
00:05:08			Maskinrom		
00:05:23					
00:08:12				Fôringsrom	
00:08:35			Fôringsrom		
01:00:00	**S**	**T**	**O**	**P**	**P**

Resultatene fra simuleringen viser at flere kritiske forhold ble oppnådd kort tid etter at brannen startet. Røykelaget utvikler seg fort og oppnår kritisk høyde etter 1 minutt og 8 sekunder. Kort tid etter blir strålingen fra røykelaget større enn 2,5 KW/m^2. Røyken sprer seg til fôringsrommet etter 3 minutter. Ved 4 minutter og 25 sekunder er det ikke lengre trygt for slukningsmannskap å oppholde seg i maskinrommet. Simuleringen viser også at det forekommer flashover i maskinrommet etter 5 minutter og 8 sekunder. Etter flashover begynner oksygenkonsentrasjonen å minske i maskinrommet og brannen avtar. Røykproduksjonen fortsetter og den optiske tetthet av røyken når kritisk verdi i fôringsrommet etter 8 minutter og 12 sekunder. Kort tid etter er også oksygenkonsentrasjonen i rommet mindre enn 15 %.

5.2.3.2 Brann i silorommet

Tabell 9: Der tabellen er markert grønt er tidspunktet hvor brannen blir mindre. Simuleringen ble avsluttet etter 1 time.

Forhold / Tid	Stråling fra røykelaget er større enn 2,5 kW/m2	Høyden mellom røykelaget og gulv er mindre enn 1,6 m + 10% av rommets høyde	Oksygenkonsentrasjonen i det laveste laget er mindre enn 15%	Optisktetthet Større enn 2,0 dB/m	Flashover
00:02:57		Fôringsrom			
00:04:27		Maskinrom			
00:04:34		Verksted			
00:07:04	Fôringsrom				
00:08:55					
00:11:19			Fôringsrom		
01:00:00	**S**	**T**	**O**	**P**	**P**

Resultatene fra simuleringen viser at flere kritiske forhold ble oppnådd. Røykelaget sprer seg fra silorommet til alle andre rom og oppnår kritisk høyde i fôringsrommet, maskinrommet og verkstedet. Andre kritisk forhold er oppnådd kun i fôringsrommet slik som høy stråling fra røykelaget og lav oksygenkonsentrasjon. Strålingen fra røykelaget overstiger 2,5 kW/m^2 etter 7 minutter og oksygennivået er mindre enn 15 % etter 11 minutter og 19 sekunder. Selve brannen begynner å avta etter 9 minutter.

5.2.3.3 Brann i verkstedet

Tabell 10:Der tabellen er markert grønt er tidspunktet hvor brannen blir mindre. Simuleringen ble avsluttet etter 1 time.

Forhold / Tid	Stråling fra røykelaget er større enn 2,5 kW/m2	Høyden mellom røykelaget og gulv er mindre enn 1,6 m + 10% av rommets høyde	Oksygenkonsentrasjonen i det laveste laget er mindre enn 15%	Optisktetthet Større enn 2,0 dB/m	Flashover
00:01:53		Verksted			
00:04:16		Fôringsrom			
00:05:10	Verksted				
00:05:32				Maskinrom	
00:06:20		Maskinrom			
00:07:27					
00:07:52				Verksted	
00:08:47			Verksted		
01:00:00	**S**	**T**	**O**	**P**	**P**

Resultatene fra simuleringen viser at kritiske forhold ble oppnådd i flere rom. Røykelaget når kritisk høyde i verkstedet etter ca. 2 minutter, i fôringsrommet etter 4 minutter og i maskinrommet etter 6 minutter. Strålingen fra røykelaget overstiger 2,5 kW/m^2 kun i verkstedet etter 5 minutter. Det tar 8 minutter og 47 sekunder før oksygennivået er mindre enn 15 %. Røykens optiske tetthet når kritisk nivå etter 5,5 minutter i maskinrommet og etter ca. 8 minutter i verkstedet. Selve brannen begynner å avta etter 7 minutter og 27 sekunder.

6. Håndberegninger

6.1 Varmeledning

Siden diesel er det mest sannsynlige brenselet på flåten, skal det antas at brannen i maskinrommet utvikler seg etter hydrokarbon brannkurve. Dette betyr at den maksimale temperaturen ikke overstiger 1100 °C (Sintef, 2016). Det antas også at overflaten til veggen på brannsiden har samme temperatur som brannen og andre siden har den en start temperatur på 20 °C. Etter disse antagelsene kan en beregne varmestrålingen gjennom veggen ved hjelp av formelen:

$$\dot{q}'' = -k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{3}$$

Hvor:
$\dot{q}''$ er varmestråling
$-k$ er materialets varmeledningsevne
ΔT er differansen mellom temperaturen på varme siden og starttemperaturen på den kalde siden
Δx er veggens tykkelse

$$\begin{aligned} \dot{q}'' &= -k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \\ \dot{q}'' &= k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} = 46 \frac{W}{m°C} \cdot \frac{1100 - 20°C}{0.1m} \\ \dot{q}'' &= 496800 \frac{W}{m^2} = 496{,}8 \frac{kW}{m^2} \end{aligned} \tag{4}$$

Dette er strålingen som går gjennom veggen og ledes til fiskefôret, ved fult utviklet brann i maskinrommet.

Fiskefôret har en diameter på 5 mm og kan betraktes som homogene lag ved denne type beregninger. Forsøk med Cone-kalorimeter viser at fiskefôr kan spontanantenne ved en stråling på 31,5 kW/m^2. En kan beregne hvor langt inn i fiskefôret strålingen fra brannen kommer og om dette er tilstrekkelig nok for å antenne fôret.

Varmeledningsevnene til fôret er ikke kjent så verdiene for rapsfrø benyttes som nærmest troverdig verdi, siden fôret i seg selv inneholder mye rapsolje og planteprotein. (Science Direct, 2016)

$$\begin{aligned} \dot{q}'' &= -k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \\ \Delta x &= k \cdot \frac{\Delta T}{\dot{q}''} = 0{,}153 \frac{W}{m°C} \cdot \frac{1080\,°C}{31500 \frac{W}{m^2}} \\ \Delta x &= 0{,}005\,m \end{aligned} \tag{5}$$

Ut i fra beregningen viser det at det er kun de første 5 mm med fiskefôr som har mulighet til å antenne ved denne strålingen.

6.2 Varmeledning fra silo til silo

Forsøket med kalorimeteret viser at fiskefôret har en gjennomsnittlig varmeproduksjon på 121,3 kW/m^2 ved forbrenning. Siloene består 2 mm tykke stålvegger og ved brann i siloen kan en anta at alt varmeenergien ledes gjennom veggen. Ved en overflatetemperatur av 20 °C på den kalde siden av veggen kan temperaturen på den varme siden beregnes ved formel:

$$\dot{q}'' = -k \cdot \frac{Th - Tc}{\Delta x} \tag{6}$$

Hvor:
$\dot{q}''$ er varmestråling
$-k$ er materialets varmeledningsevne
Th er temperaturen på den varme siden av veggen
Tc er temperaturen på den kalde siden av veggen
Δx er veggens tykkelse

For å finne temperaturen på den varme siden skrives formelen om slik:

$$\begin{aligned}
\dot{q}'' &= -k \cdot \frac{Th - Tc}{\Delta x} \\
\dot{q}'' &= k \cdot \frac{Th - Tc}{\Delta x} \\
Th - Tc &= \frac{\Delta x . \dot{q}''}{-k} \\
Th &= \frac{\Delta x . \dot{q}''}{-k} + Tc \\
Th &= \frac{0{,}02 m . 121300 \frac{W}{m^2}}{46 \frac{W}{m°C}} - 20°C = 72{,}8°C
\end{aligned} \tag{7}$$

Videre kan varmeledningen fra den varme siden i den brennende siloen til den innvendige siden på den nærmeste silo beregnes etter formel:

$$\dot{q}'' = \frac{Th - Tc}{2\frac{\Delta x}{-k} + \frac{1}{h}} \tag{8}$$

Hvor:

$\dot{q}''$ er varmestråling
$-k$ er materialets varmeledningsevne
ΔT er differansen mellom temperaturen på varme siden av den brennende silo og starttemperaturen på den kalde siden av den nærmeste silo
Δx er veggens tykkelse (den dobles pga. varmeledning gjennom to like vegger)
h er den konvektive varmeoverføringskoeffisient. Den ligger mellom 5 og 25 W/m^2. °C. For beregningen brukes det 25 W/m^2. °C.

$$\dot{q}'' = \frac{(72{,}8 - 20)°C}{2\frac{0{,}02m}{46\frac{W}{m°C}} + \frac{1}{25\frac{W}{m^2°C}}} = 1291{,}9\frac{W}{m^2} = 1{,}3\frac{kW}{m^2} \tag{9}$$

6.3 Tiden det tar før varmeavgivelse er nådd

Ved hjelp av Argos kom det fram til at de første kritiske forholdene ble nådd etter 1.08, 1.53 og 2.57 minutter. Dette er tiden det vil ta med en konstant varmeavgivelse fra brannen. For å finne ut hvor lang tid det tar før brannen vil oppnå denne varmeavgivelsen brukes det formelen for en t^2-brann. En t^2-brann beskriver at varmeavgivelsen under vekstfasen akselererer med tiden opphøyd i andre. Flere branner kan simuleres når tiden i andre multipliseres med brannvekstens koeffisient α. Formelen for varmeavgivelse etter ett gitt tidspunkt er:

$$Q(t) = \alpha * t^2 \tag{10}$$

Hvor:
Q (t) er varmeavgivelsen etter tidspunkt (t)
α er koeffisienten som brukes for brannvekst W/s^2
t er tiden fra brannstart
Ved å gjøre om formelen for å finne t, så får en:

$$t = \sqrt{\frac{Q(t)}{\alpha}} \tag{11}$$

Tabell 11: Tabellen viser Q, som er den varmeavgivelsen brukt i simuleringen i watt og alfa er koeffisienten for en rask brann i henholdt til tabell 241 i byggforskserien « tilgjengelig rømningstid ved brann»

	Maskinrom	**Silorom**	**Verksted**
$Q\ (watt)$	5000000	4000000	4000000
$\alpha\ (\frac{watt}{s^2})$	47	47	47
$t = \sqrt{\frac{Q(t)}{\alpha}}$	$\sqrt{\frac{500000\ w}{47\ \frac{w}{s^2}}}$	$\sqrt{\frac{400000\ w}{47\ \frac{w}{s^2}}}$	$\sqrt{\frac{400000\ w}{47\ \frac{w}{s^2}}}$
t	326 s	292 s	292 s

Tabellen viser at det vil ta 326, 292 og 292 sekunder før brannen oppnår den varmeavgivelsen som blir brukt under simuleringen.

7. Beredskap for NRS Feøy

7.1 Beredskap generelt

7.1.1 Hva er beredskap

Beredskap defineres som:

"Tiltak for å forebygge, begrense eller håndtere uønskede hendelser og kriser." (Lunde, 2014)

Av denne definisjonen kan man se at beredskap ikke bare er konsekvensreduserende, men også sannsynlighetsreduserende. Etablert beredskap kan både redusere sannsynligheten for at faresituasjoner får utvikle seg til en uønsket hendelse, og for å redusere konsekvensene av en hendelse som allerede har inntruffet.

7.1.2 Uønsket hendelse

Sivilbeskyttelsesloven (Lovdata, 2010) beskriver en uønsket hendelse som hendelser som avviker fra det normale, og som medfører eller kan medføre tap av liv eller skade på helse, miljø, materielle verdier og kritisk infrastruktur.

7.1.3 Beredskapsledelse

To sentrale begrep innenfor beredskap er proaktivitet og potensialbasert beredskapsledelse.

Proaktivitet er evnen til å beslutte og handle forsvarlig i nåtid basert på en kvalifisert vurdering av en situasjons fremtidige utvikling. Eksempel på mangel av proaktivitet er at det blir iverksatt for lite ressurser til en hendelse. Ved å bruke "Moderat overreaksjons-prinsippet" sikrer man at man har tilgjengelig overkapasitet på viktige ressurser slik at man kan ta i bruk disse på et så tidlig tidspunkt som mulig.

Potensialbasert beredskapsledelse tar utgangspunkt i konsekvenspotensialet for en uønsket hendelse. Det vil si en realistisk og ikke usannsynlig vurdering av hvor alvorlige konsekvensene kan bli for hver av beredskapsverdiene; mennesker, ytre miljø, økonomiske verdier og omdømme. Konsekvenspotensialet brukes videre til å lage situasjon spesifikke planer for hvordan beredskapsledelsen skal respondere på det definerte potensialet.

Beredskapsorganisasjonen ledes av beredskapsledelsen. Ledelsen kan utøves innen flere ansvarsområder eller beslutningsnivåer i organisasjonen. Ledelsen har gjerne en underliggende stab som bidrar med beslutningsstøtte, iverksetting av tiltak og videre oppfølging av tiltakene. (Lunde, 2014)

7.1.4 Risikostyring og sårbarhet

Beredskap er en viktig del av risikostyring. Lunde beskriver risiko som sammenhengen mellom sannsynligheten for at en hendelse inntreffer, og hva konsekvensene hendelsen kan få. Når man starter arbeidet med en beredskapsplan starter man derfor med en risikoanalyse. Målet med en risikoanalyse er å kartlegge og beskrive risikoen tilknyttet virksomheten gruppen skal opprette beredskap for. For å sikre at man for kartlagt all risiko gjennomfører man gjerne risikovurderinger på alle nivåer, avdelinger eller områder av en virksomhet. Man kan da velge å gjennomføre en analyse bygg for bygg, prosedyre for prosedyre eller prosjekt for prosjekt. All risiko som man finner gjennom disse analysene kan da sammenfattes til et overordnet risikobilde for virksomheten. Risikobildet vil da gi en oversikt over uønskede hendelser, årsakene til disse og konsekvensen for hver hendelse.

DSB beskriver sårbarhet som
"Problemene et system får med å fungere når det utsettes for en uønsket hendelse, samt de problemer systemet får med å gjenoppta sin virksomhet etter at hendelsen har inntruffet." (DSB, 2014)

Oversikten over årsaker og konsekvenser brukes for å finne risikoreduserende tiltak, også kalt barrierer. For å minske sannsynligheten for en uønsket hendelse kan man iverksette sannsynlighetsreduserende barrierer**.** Eksempel på dette kan være opplæring av personal i prosedyrer. På samme måte kan man bruke konsekvensreduserende barrierer for å minske konsekvensen av en uønsket hendelse, som for eksempel alarmer ved brann, automatisk slukkingsanlegg. (Lunde, 2014)

Målet bør være å først og fremst å bruke sannsynlighetsreduserende tiltak, men ettersom det vil være umulig å fjerne all risiko, må man også bruke konsekvensreduserende tiltak hvor man ikke har fått redusert sannsynligheten tilstrekkelig. Selv med sannsynlighets- og konsekvensreduserende tiltak vil det alltid være en restrisiko. Det er for denne restrisikoen man oppretter beredskap.

7.1.5 De nasjonale beredskapsprinsippene

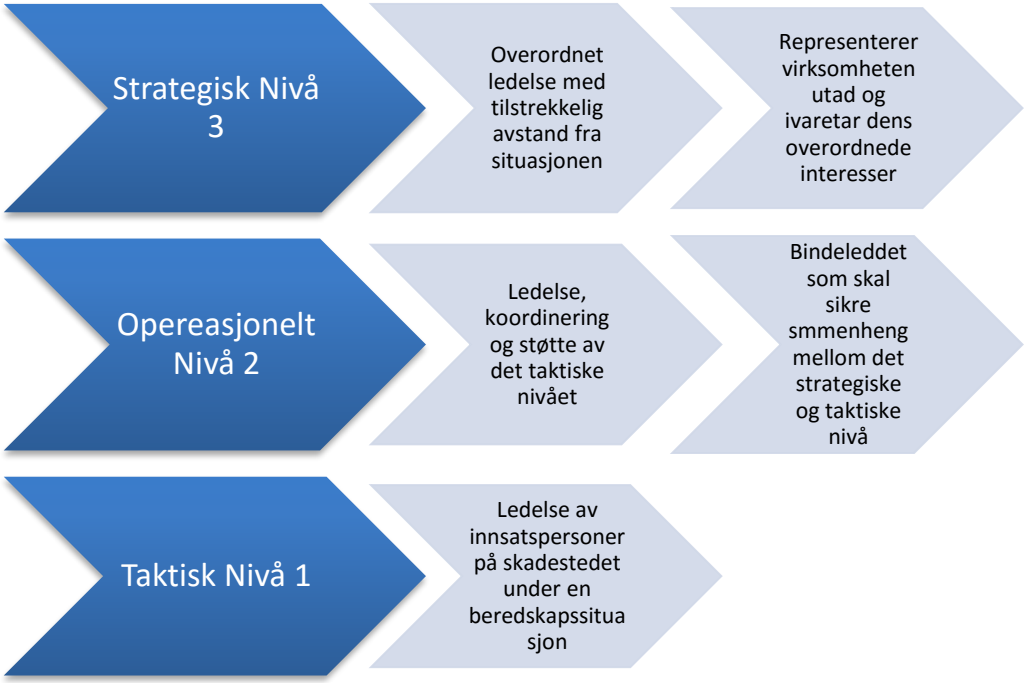
Alle offentlige beredskapsorganisasjoner bygger på de nasjonale prinsippene, og det er anbefalt at også private virksomheter benytter seg av disse.
Likhetsprinsippet sier at organiseringen man opererer med til daglig skal også brukes under uønskede hendelser. (Lunde, 2014)
Ansvarsprinsippet sier at den som har ansvar for et fagområde i en normal situasjon, også har ansvar for å håndtere uønskede hendelser på det samme området.
Nærhetsprinsippet medfører at uønskede hendelser skal håndteres på et lavest organisatorisk nivå. Dette blir spesielt viktig med større bedrifter som jobber enten over flere områder i Norge, eller også verden.
Samvirkeprinsippet stiller krav til at virksomheten på best mulig måte skal sikre samvirke med de aktuelle aktører og virksomhetene i arbeidet med forebygging, beredskap og krisehåndtering.

7.1.6 Beredskapsorganisasjonen

Beredskapsorganisasjonen er etablert med ekstraordinære ressurser og fullmakter for å respondere på hendelser som ikke like effektivt kan håndteres av den ordinære driftsorganisasjon. Det kan være at de har tilgang på interne eller eksterne ressurser som ikke er tilgjengelige under vanlig drift og at de har fått gitt beslutningsmyndighet, beordringsmyndighet eller økonomiske disponeringer som driftsorganisasjonen ikke har. (Lunde, 2014)

Når en hendelse inntreffer må virksomheten vurdere om driftsorganisasjonen kan håndtere hendelsen effektivt selv eller om det er nødvendig å mobilisere beredskapsorganisasjonen for å sikre effektiv håndtering av hendelsen. Her snakker Lunde om et viktig prinsipp, sikker usikkerhets-prinsippet. Er en usikker på om man skal varsle eller mobilisere beredskapsorganisasjonen, eller om en er usikker på om det er nødvendig å iverksette risikoreduserende tiltak, er en i realiteten sikker på at det er riktig å gjøre. Det vil si at man skal være helt sikker på at en kan takle en situasjon uten beredskapsorganisasjonen for å ikke varsle dem.

Lunde peker på at beredskapsorganisasjonen bør bygges opp hierarkisk med tre ledelses nivåer, taktisk, operasjonelt og strategisk.



Figur 8: Figuren viser den hierarkiske beredskapsorganisasjonen. (Lunde, 2014)

7.1.7 Beredskapsetablering

Etableringen av beredskap er en:
"Systematisk prosess som går ut på å planlegge og implementere egnede beredskapstiltak for den aktuelle virksomheten, på basis av gjennomført risiko- og beredskapsanalyse" (Lunde, 2014)

Forenklet består etableringen av 3 prosesser:
Identifisering:

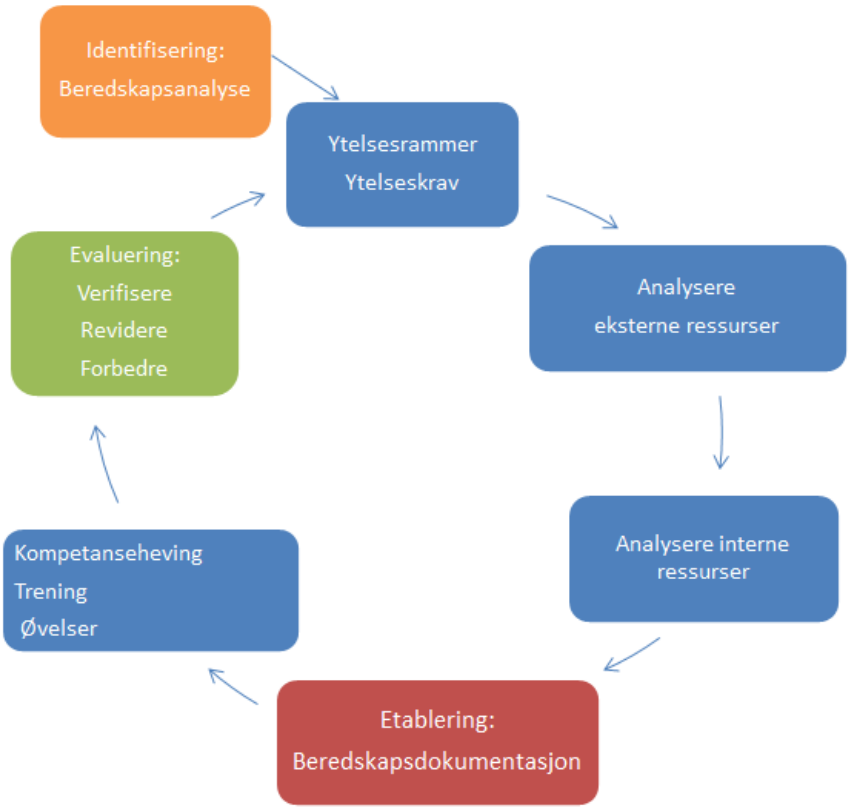
- Hva skal vi etablere beredskap for?
- Hvilke krav skal beredskapen oppfylle?
- Hvilke tiltak og ressurser skal vi benytte for å oppfylle kravene?

Etablering:

- Implementering, organisering og dokumentering av tiltak og ressurser
- Opplæring, trening og øving av beredskapsressurser

Evaluering:

- Tilfredsstiller etablert beredskap eksisterende krav?
- Hvordan kan den etablerte beredskapen kontinuerlig forbedres?



Figur 9: Figuren viser selve etableringsprosessen som modell.

7.1.8 Beredskapsopplæring

Etter at beredskapsdokumentasjonen er etablert må det gjennomføres nødvendig opplæring, trening og øving av beredskapsressursene som bedriften skal benytte (Lunde, 2014). Dette bør gjøres på individ-, gruppe-, og organisasjonsnivå. På individnivå må den enkelte gis nødvendig kompetanse og ferdighetstrening for å kunne ivareta sin rolle under en situasjon.

På gruppenivå bør det legges vekt på samhandling og koordinering internt i de ulike enhetene. En må sikre at kompetansen gruppen innehar er dekkende for oppgavene gruppen er forventet å utføre.

På organisasjonsnivå må samhandling og koordinering mellom de ulike enhetene i beredskapsorganisasjonen trenes og øves. Her må en også påse at man har nok kompetanse til å ivareta de oppgavene som skal utføres.

7.1.9 Førstemøtet, normalisering og demobilisering

Førstemøtet er det første møtet som blir avholdt i en beredskapssituasjon. På møtet samler man all informasjon om situasjonen, konsekvenspotensialet for situasjonen og den situasjonsspesifikke planen for respons på konsekvenspotensialet blir lagt (Lunde, 2014). Det er viktig å mobilisere ressurser ut ifra hvor galt en mener det kan utvikle seg, og ikke bare for å håndtere situasjonen slik den fremstår i nåtid.

Etter en beredskapssituasjon er målet å komme tilbake til ordinær drift så tidlig som mulig. Dette arbeidet kalles normalisering og består av flere ulike oppgaver som kan variere i størrelse eller behov, alt etter størrelse og alvorlighet av beredskapssituasjonen.

Demobilisering er gjennomført når beredskapsledelsen ikke lenger er mobilisert og ledelsen faller tilbake på driftsorganisasjonen. Lunde (2014) peker på at følgende må være avklart før ansvarsoverføringen gjennomføres:

- Konsekvenspotensialet må være avklart.
- Den akutte responsen må være over.
- Det må være tid til å detaljplanlegge den videre håndteringen
- Det må være avklart hvem som skal overta ansvaret.

7.2 Analyser av NRS Feøy

7.2.1 Kartlegging av uønskede hendelser ved NRS Feøy

For å gjøre arbeidet med en ROS-analyse er det blitt foretatt en gjennomgang av alle områder på lokasjonen. Deretter er det satt opp hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe på de ulike stedene.

Tabell 12: Tabell over ulike uønskede hendelser og hvor de kan forekomme

Sted / Uønsket Hendelse	Kontor	Dekk	Maskinrom	Foringsrom	Transport	Tanking	Merd
Innbrudd	X						
Brann	X	X	X	X			
Fall		X					
Klemskader		X	X	X		X	
Eksplosjon			X				
Kuttskader		X	X				
Drukning		X			X		
Lekkasje			X	X			
Kjemikalier			X	X			
Påkjørsel					X	X	
Massedød (Fisk)							X
Rømning (Fisk)							X
Sykdom (Fisk)							X
Skader på anlegg grunnet uvær	X	X	X	X	X	X	X

7.2.2 Risikomatriser

For å sette konsekvens- og sannsynlighetsnivå i ROS-analysene er det tatt utgangspunkt i bedriftens graderingeringer av konsekvens og sannsynlighet for kategoriene ytre miljø, HSA og leveringsdyktighet. Tabell 13, Tabell 14 og Tabell 15 viser bedriftens graderinger.

7.2.2.1 Risikomatrise ytre miljø

Tabell 13: Risikomatrise for ytre miljø.

Hver uke	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
1 gang per måned	**4**	**8**	**12**	**16**	**20**
1 gang per år/syklus	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
1 gang hver 1-5 år	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
1 gang per 5 år eller sjeldnere	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
	Mindre selvopprettelig miljøskade	**Mindre miljøskade som krever opprydding**	**Betydelig miljøskade som må ryddes umiddelbart. Kan ikke håndteres selv**	**Stor langvarig miljøskade, som krever opprydning. Etterlater spor**	**Uopprettelig miljøskade.**

7.2.2.2 Risikomatrise HSA

Tabell 14: Risikomatrise for HSA.

Hver uke	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
1 gang per måned	**4**	**8**	**12**	**16**	**20**
1 gang per år/syklus	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
1 gang hver 1-5 år	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
1 gang per 5 år eller sjeldnere	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
	Ubetydelig skade	**Skade som behøver førstehjelp**	**Medisinsk behandlet skade (MTI)**	**MTI som fører til fravær over 14 dager**	**Ufør eller potensielt dødsfall**

7.2.2.3 Risikomatrise leveringsdyktighet

Tabell 15: Risikomatrise for leveringsdyktighet.

Hver uke	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
1 gang per måned	**4**	**8**	**12**	**16**	**20**
1 gang per år/syklus	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
1 gang hver 1-5 år	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
1 gang per 5 år eller sjeldnere	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
	Drifts- eller aktivitetsstans i inntil 4 timer eller 0,05% av budsjett	**Drifts- eller aktivitetsstans i inntil 1 dag eller 0,1% av budsjett**	**Drifts- eller aktivitetsstans i opptil 1 uke eller 0,5% av budsjett**	**Drifts- eller aktivitetsstans i opptil 1 mnd eller 5% av budsjett**	**Drifts- eller aktivitetsstans i over 1 uke eller 10% av budsjett**

7.2.3 ROS-Analyse

I samråd med bedriften er det blitt utført ROS analyser for ytre miljø, HSA og bedriftens leveransedyktighet.

7.2.3.1 ROS-analyse Ytre Miljø

Tabell 16: ROS-analyse for ytre miljø.

Faremomenter		Beskrivelse og årsak		Vurdering av fare		
NR	**KATEGORI**	**NR**	**BESKRIVELSE**	**K**	**S**	**R**
1	Fôrrester på sjøbunnen under merdene.	1.1	Ved overfôring kan det samler seg rester av fôr på sjøbunnen, dette påvirker sediment og påvirker habitat for bunnlevende dyr og organismer.	4	1	4
2	Næringssalter fra fôr i vannmassen.	2.1	Næringssalter fra fôr i vannmassen.	4	1	4
3	Avfall fra fisk på bunnen og i vannmasse	3.1	Det kan samler seg avfall av fisk på sjøbunnen, dette påvirker sediment og påvirker habitat for bunnlevende dyr og organismer, samt avfall i vannmasse.	4	1	4
4	Rømming av fisk	4.1	Rømmet oppdretts laks kan genetisk påvirke villaks stammer	5	2	10
5	Avfall fra lokaliteten på avveie	5.1	Løst avfall fra lokaliteten kan forurense nærmiljø, sjø, kystlinje	4	1	4
6	Diesel og olje forurensing	6.1	Diesel slippes ut på sjøen under fylling av flåte	3	2	6
		6.2	Diesel slippes ut i ytre miljø under fylling av båten	4	2	8
		6.3	Diesel eller olje slippes ut på grunn av lekkasje i beholder/tank	4	1	4
		6.4	Diesel eller olje slippes ut med lensevann	1	3	3
7	Støy fra båt/flåte foringsutstyr	7.1	Støy fra flåte, utfôring, blåser	4	3	12
		7.2	Støy fra båt	1	2	2
		7.3	Støy ved Fôrleveranse. Under fôrleveranse bråker det fra både båtmotorer, kraner og fôr som blir blåst på flåten.	4	2	8

NR	KATEGORI	NR	BESKRIVELSE	K	S	R
8	Kjemikaliespill/ forurensing på utstyr, produkt, personell.	8.1	Unødvendig bruk av kjemikalier og dermed utslipp til det ytre miljø.	1	1	1
		8.2	Utslipp av kjemikalier på grunn av lekkasje i beholder	4	1	4
9	Lukt	9.1	Lukt som oppstår på grunn av (organisk)avfall	1	3	3
10	Lakselus	10.1	Lus fra oppdrettsfisk smitter over på villfisken	5	3	15
		10.2	Økt lusepress frekvens av avlusing fører til økt forbruk av avlusingskjemikalier. Økt forbruk har konsekvenser for fauna og sediment	5	2	10
11	Medisiner /medisinrester eller kjemikalier tilført omkringliggende økosystem.	11.1	Fugler, pattedyr, fisk og evertebrater kan få i seg spillfôr med medisiner og/eller død fisk med medisinrester. Antibiotika kan representere en fare for resistens, mens lusemidler kan representere en fare for krepsdyrs skallskifte og gjøre bestanden av disse sårbar.	5	3	15

7.2.3.2 ROS-analyse HSA

Tabell 17:ROS-analyse HSA.

Faremomenter		Beskrivelse og årsak		Vurdering av fare		
NR	**KATEGORI**	**NR**	**BESKRIVELSE**	**K**	**S**	**R**
12	Uhell ved løft	12.1	Løft av tunge gjenstander med kran. Fare for at gjenstander sliter av kran og lander på mennesker	5	2	10
		12.2	Løft av gjenstander fra båt eller flåte ved høy sjø, sjansen på at gjenstander sliter av kroken, store belastning på kran, gjenstander slingrer, fare for slaggskader, klemfare	5	2	10
		12.3	Krok i hode ved bruk av kran	5	3	15
		12.4	Løft av bunnringen, kjettinger kan slå som en pisk, slaggskader, risikoen øker kraftig ved bevegelse av båten og med lengde kjetting som blir hevet	5	2	10
		12.5	Feil løft metode ved manuell løft, muskelskade, leddskade	4	2	8
13	Klemskader	13.1	Klemming av fingrer ved bruk av nokk	5	2	10
		13.2	Klemfare mellom gjenstander som står på dekk og beveger seg ved slingring av båten i høy sjø.	4	2	8
		13.3	Klemfare mellom gjenstander ved løfting med kran, faren øker ved høy sjø	5	3	15
		13.4	Bevegende deler i fôrings-anlegg, vifter, doserer, spredere velgere.	4	2	8
		13.5	Fingrer kan klemmes mellom fortøyningstau av båt og merden/flåte. Sjøen er i konstant bevegelse det er også sjøen	4	2	8
14	Kjemikalier	14.1	Bruk av maursyre ved ensilering av død fisken, maursyre er svært etsende.	4	2	8
		14.2	Motorer på anlegget bruker diesel som drivstoff, diesel er giftig.	1	3	3

NR	KATEGORI	NR	BESKRIVELSE	K	S	R
		14.3	Medisin behandling, avlusing og bedøvelse, kan være skadelig for mennesker	4	2	8
		14.4	Rengjørings og desinfiseringsmidler, de midler som blir brukt på anlegget er etsende. Ved sprøyting av midler må det passes for spraytåke og direkte kontakt med hud	1	4	4
		14.5	Rengjøringsmidler som inneholder klor, farer for inhalering av klordamper	4	2	8
		14.6	Blanding av forskjellige typer kjemikalier kan føre til farlige eller giftige reaksjoner	4	2	8
		14.7	Tilsøling av hydraulikk olje, langtidsskade pga organfosfater	1	3	3
		14.8	Kjemikalier som ikke blir oppbevart i original emballasje. Kan føre til feil bruk og til og med svelging av kjemikalier.	4	2	8
15	Bruk av verktøy	15.1	Kapping av fôringsslange kan føre til elektrisk støt pga. statisk elektrisitet.	4	2	8
		15.2	Bruk av vinkelsliper	1	2	2
		15.3	Bruk av kniv og kniver som ligger åpent på arbeidsplassen fare for kuttsår.	4	2	8
		15.4	Bruk av elektrisk verktøy i våt omgivelse fare for elektrisk støt	4	2	8
16	Redningsvest	16.1	Fall på sjøen uten redningsvest kan føre til drukning.	5	2	10
		16.2	Selvoppblåsbar redningsvest som feiler	5	1	5
17	Fall	17.1	Fall på sjøen drukningsfare	5	2	10
		17.2	Skli/snuble fare på grunn av løst liggende gjenstander, olje på dekk, fôr rester i nærheten av sjøen.	5	2	10
		17.3	Fall på sjøen ved om- og fra bordstiging, drukningsfare, klemfare mellom båt og ring	5	2	10

NR	KATEGORI	NR	BESKRIVELSE	K	S	R
18	Båtbruk	18.1	Misser båt ved merden/flåte pga. dårlig fortøyning.	1	3	3
		18.2	Båtkjøring i dårlig vær fører til økt risiko for havari eller forlis av båt og folk	5	2	10
		18.3	Havari, motorproblemer på sjøen kan føre til grunnstøtt	5	2	10
		18.4	ulykker på grunn av for stor fart i forhold til omstendigheter	12	1	12
19	Støy	19.1	Hørselskade pga. høy lyd i maskinrom og fôringsanlegg	8	2	16
20	Smitte	20.1	Fare for salmonella smitte fra fiskefôr	4	2	8
		20.2	Fare for betennelse av sår oppstått under håndtering av død fisk	8	2	16
		20.3	Muggete fôrstøv som fører til finstøv, fare for følgeskader	4	2	8
21	Alenearbeid	21.1	Alle risikoer i denne risikovurdering øker ved alenearbeid.			

7.2.3.3 ROS-analyse leveringsdyktighet

Tabell 18: ROS-analyse for leveringsdyktighet.

Faremomenter		Beskrivelse og årsak		Vurdering av fare		
NR	**KATEGORI**	**NR**	**BESKRIVELSE**	**K**	**S**	**R**
22	Natur katastrofe	22.1	Store alger forekomst dreper hele generasjonen	5	2	10
		22.2	Ekstrem vær som gjør at anlegget kollapser og mest parten av fisken rømmer.	5	1	5
23	Sabotasje	23.1	Noen kommer til anlegget og slipper ut fisk.	5	2	10
		23.2	Noen kommer til anlegget og forgifter fisken motvillig	5	1	5
24	Havari av båter	24.1	Båter som havarerer og slipper ut store mengder med kjemikalier som er skadelig for fisken	5	2	10
		24.2	Båt Havarerer og kjører i anlegget	5	2	10
25	Brann med toxologiske utslepp	25.1	Brann på bygninger på land (spesielt industriområder) som gir toxologisk utslipp som truer fisken	5	2	10
		25.2	Brann på anlegget med toxologisk utslipp	4	2	8

7.2.4 Definerte beredskapssituasjoner

For å lage beredskapsplanen er det blitt etablert definerte beredskapssituasjoner som bygger på ROS-analysene. Ikke alle de uønskede hendelsene er det nødvendig å opprette beredskap for. De definerte beredskapssituasjonene vil bygge opp mot ”worst-case-scenario”. På den måten vil en kunne takle lignende hendelser som har mindre konsekvenser.

Tabell 19: Oversikt over definerte beredskapssituasjoner.

Nr	Definerte beredskapssituasjoner	Beskrivelse av hendelsen som skal håndteres	Dekker uønskede hendelser
1	Brann i kontor/foringsflåte samt skade på anlegg	Brann med toxologiske utslipp	25.1, 25.2
2	Alvorlige personskader	Person faller i sjøen Større alvorlige personskader Kontakt med kjemikalier	12-20
3	Fiskehelse		10, 22, 23, 25.1, 24.1

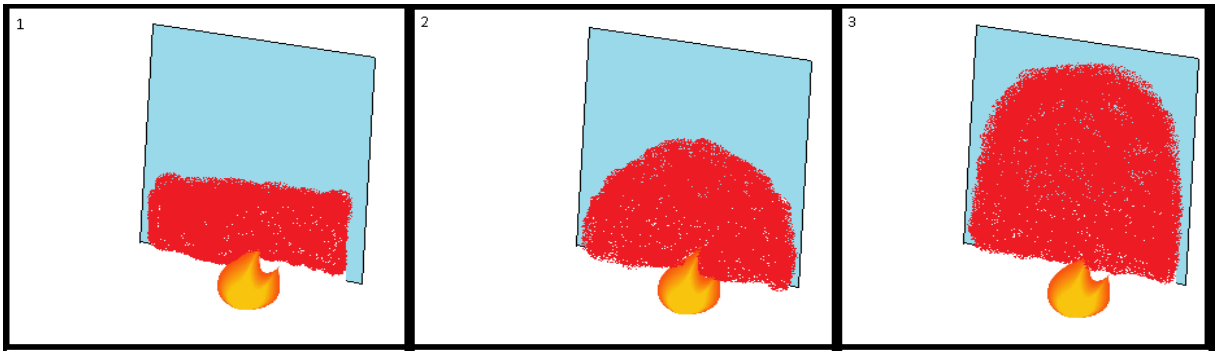
8 Diskusjon

8.1 Forsøk, simulering og håndberegninger

Ut i fra resultatene kommer det fram at dersom fôret blir eksponert for en stråling på 31,5 kW/m^2 vil det kunne spontanantenne før det er gått 12 minutter. Beregninger viser at ved en brann i maskinrommet kan et strålingsnivå på 469,8 kW/m^2 oppnås. Dette er den siden av veggen som er i kontakt med fôret. Denne strålingen vil være nok for å antenne fôret som er i kontakt med veggen, men strålingen når ikke lenger ned i fôret enn 5 mm. Dette resultatet baseres ut ifra varmeledningsegenskapene til raps, siden dette er en av de råvarene som forekommer mest i fôret. Varmeledningsegenskapene til selve fôret er ikke testet og innholdet av råvarer kan variere fra parti til parti. Dette kan i praksis betyr at beregningene gir et subjektivt resultat.

Det scenarioet som er det mest kritiske for at brannen eventuelt sprer seg til fôret og antenner er ved en brann i maskinrommet. I maskinrommet er det den elektriske generatoren som utgjør størst risiko for brann. Dette er grunnet at fôringsflåten ikke er koblet til land, og trenger en egen dieseltank for å drive den elektriske generatoren. Den mest kritiske hendelsen som kan oppstå er at det oppstår en lekkasje og at denne dieselen antenner. Siden maskinrommet er vegg i vegg med silorommet, og det er kun ubehandlet metall mellom siloene, vil varmen bli ledet gjennom metallet.

Metallet som er mellom maskinrommet og silorommet er stål. Stål har en høy varmeledningsevne, og dette er med på å øke risikoen for spontanantennelse. Måten stålet er med på å øke risikoen for spontanantennelse er ved at varmen får mulighet til å spre seg gjennom stålet. Se Figur 10 for illustrasjon av hvordan varmen sprer seg i stålet. Varmeledningsevne, eller også kalt termisk konduktivitet, er en konstant som tilsier hvor mye et material eller stoff leder varme.



Figur 10: Bildet viser hvordan varmeledningen, konduktiviteten, vil spre seg på en ubehandlet stålvegg.

Etter at det ble vist at spontanantennelse kan oppnås, ble det satt i gang forsøk for å se hva det nødvendige strålingsnivået må være for pilotantenning. Forsøkene viser at fiskefôret kan antenne ved hjelp av gnist på et strålingsnivå av 20 kW/m^2 som tilsvarer stråling fra røykelaget til gulvet, under en fult utviklet brann. Det tok under 5 minutter å antenne fôret ved hjelp av gnist ved denne strålingen. Dette scenarioet er viktig i forhold til hvor fort brannen kan utvikle seg. En stråling på 20 kW/m^2 kan oppnås fort og ved en tidligere fase i brannutviklingen og gitt de gode varmeledningsevnene til stålveggen, så kreves det en mindre

brann for å oppnå en stråling på 31.5 kW/m^2. Et strålingsnivå på 20 kW/m^2 kan forårsake spontannantenning i noen typer plastikk og en del av plastikk komponentene til doseren er i direkte kontakt med fôret i siloen. (U.S. Department of Transportation, 2016)

Beregningene viser at strålingen gjennom stålveggen er tilstrekkelig for å gi mulighet for pilotantenning og spontan antenning. Det er usikkerhet om sannsynligheten for at selve brannen kan oppstå, derfor er det tatt utgangspunkt i en hydrokarbonbrann og den maksimale temperaturutviklingen under optimale forhold. Det er usikkert om brannen kan utvikle seg på en slik måte i praksis. Det er flere begrensende faktorer for eksempel:

- Tilgang på oksygen - hvis alle dører er stengt, så er det kun en eksossjakt på 0,5 m^2 som åpning.
- Tilgang på brensel – mengde diesel sølt ved brannens start, lekkasjerate under forbrenningen og generelt mengden diesel om bord på flåten.

Under de to første forsøkene ble det vist at fôret har en egenskap for å antenne. Det ble utført fire forsøk til for å undersøke brannegenskapene til fiskefôret. Disse brannegenskaper er viktig i forhold til generelle sikkerheten om bord i flåten. Forbrenningen under alle fire prøver viser lignende forløp for energiproduksjon og massetapsraten. Grafene for de fire forsøkene viser en mindre forskjell på hvor den maksimale energiproduksjonen forekommer under forbrenningen. I to av testene oppnås maksimal energiproduksjon i begynnelsen av forbrenningen, i første topp på grafen. I de andre to er maksimalt energiproduksjonen i andre toppen av grafen. Dette kan skyldes at det er forskjeller i fordelingen av brenselet i prøvestykkene. Dersom en ser bort fra denne forskjellen, er energiproduksjonen lik under alle fire forsøk.

Gjennomsnittlig energiproduksjon for alle fire forsøk er 121,3 kW/m^2 og den gjennomsnittlige totale energiproduksjon er 15,61 MJ/kg. Ut i fra disse verdiene og verdiene i Tabell 2, hvor produsenten oppgir at energiinnhold i fôret er mellom 23,2 MJ/kg og 25 MJ/kg, vil forbrenningseffektivitet (χ) ligge mellom 0,62 og 0,67.

Resultatene fra forsøket, kombinert med resultatene fra beregninger, viser at strålingen fra en brennende silo til en av de andre siloene, kan antas å være av størrelse på 1,3 kW/m^2. Dette er , etter data fra forsøket, ikke nok stråling for å antenne fôret. Disse resultatene er usikre pga. forenklet beregningsmodell og verdier fra forsøket, som kan variere under et reelt brannscenario.

Ved hjelp av simuleringene i maskinrommet, silorommet og verkstedet kan en se at det tar 1.08, 1.58 og 2.57 minutt før de første kritiske forholdene blir nådd. Grunnen til at det forholdet som blir nådd først er høyden på røyken er fordi det ikke er røykventilering og produksjonen av sot starter umiddelbart ved brannstart.

Når det første kritiske forholdet er nådd vil dette være den tilgjengelige rømningstiden. Tilgjengelig rømningstid er den tiden det tar før et eller flere kritiske forhold oppstår. For å øke den tilgjengelige rømningstiden kan en gjøre diverse tiltak slik som automatisk slokkeanlegg, brannalarmanlegg og røykventilering.

8.2 Brannsikring og brannopplæring

I henhold til arbeidsmiljøloven § 1-1 «Lovens formål»:

«å sikre et arbeidsmiljø som gir grunnlag for en helsefremmende og meningsfylt arbeidssituasjon, som gir full trygghet mot fysiske og psykiske skadevirkninger, og med en velferdsmessig standard som til enhver tid er i samsvar med den teknologiske og sosiale utvikling i samfunnet» (Lovdata, 2016)

Under befaring ble det oppdaget at brannalarmanlegget ikke er koblet opp mot branntavlen om bord i flåten. Dersom det oppstår en brann i nedre dekk, vil ikke den ansatte som befinner seg i øvre dekk, bli varslet. Hovedoppgaven til brannalarmanlegget er å varsle om brann og røykutvikling. Konsekvensen ved at den ansatte ikke blir varslet tidsnok er at det kan oppstå større skader på den materiale, den nødvendige rømningstiden vil bli lengre og den ansatte kan få varige mén. Den nødvendige rømningstiden er den tiden det tar for å rømme ut av en bygning.

Det er derfor i strid med arbeidsmiljøloven at brannalarmanlegget ikke er koblet opp. Arbeidsmiljøloven tilsier at arbeidsmiljøet skal ha full trygghet mot fysiske og psykiske skadevirkninger. Ved brudd på arbeidsmiljøloven plikter de ansatte seg til å informere arbeidstaker om de feilene og manglene som er ved bedriften. Dersom feilene og manglene er alvorlige nok med tanke på helse, miljø og sikkerhet kan arbeidstilsynet stenge arbeidsplassen til disse er bedret.

Det kommer fram at det ikke er tilstrekkelig med brannopplæring i bedriften. I henhold til arbeidsmiljøloven § 3-2 «Særskilte forhåndsregler for å ivareta sikkerheten»:

«at arbeidstaker gjøres kjent med ulykkes- og helsefarer som kan være forbundet med arbeidet, og at arbeidstaker får den opplæring, øvelse og instruksjon som er nødvendig» (Lovdata, 2016)

Et av hovedfokusene i denne bacheloroppgaven har vært å se på de mest sannsynlige brannscenarioene om bord i flåten. I brannanalysen vist i Tabell 1 kommer det fram at flere scenarioer kan utgjøre store skader materialistisk, økonomisk og fysisk. Det er derfor viktig at det utføres øvelser og gis opplæring for å redusere risikoen for dette.

En brannopplæring vil være med på å gi de ansatte den kunnskapen som trengs for å vite hvordan de skal agere dersom det oppstår en uønsket hendelse eller situasjon. For å gi de ansatte et reelt perspektiv og erfaring med hvordan de skal handle er det viktig at det blir utført brannøvelser. Disse brannøvelsene må være reelle i forhold til de ulike brannscenariene som utfør en risiko. Øvelsene skal planlegges på en strukturert måte, og etter de er endt dokumenteres. Dette grunnet at en da har en verifikasjon på at det er blitt gjort øvelser og opplæring som en kan gå gjennom for å se om det tilfredsstiller kravene satt av bedriften.

8.3 Beredskap

Da dette er en mindre bedrift har det betydd at en del ting har måtte falle bort under arbeidet med en beredskapsplan. Bedriften har ikke mannskap til å fylle alle stillinger som til vanlig er i en beredskapsorganisasjon. Istedenfor er oppgavene fordelt på driftsleder og daglig leder. Det har heller ikke blitt opprettet en egen innsatsgruppe, så bedriften må påse at alle operatører er gjort kjent med og har fått opplæring i de handlingsplaner som er satt i beredskapsplanen.

Fra før hadde bedriften utarbeidet noen tiltakskort for ulike hendelser, men dokumentasjonen som en beredskapsplan skal inneholde var mangelfull. Det var blant annet vanskelig å se hvilke faste roller som var i beredskapsgruppen og hvilke oppgaver de hadde. I tillegg var det ikke nedskrevet noen plan for opplæring og gjennomføring av øvelse. Ved å ha god og strukturert dokumentering av øvingsgjennomføringer kan man sikre kontinuerlig læring og forbedring av beredskapsevnen til bedriften (Lunde, 2014). Det kan være nyttig for bedriften å vite at en ikke nødvendigvis må kjøre fulle simuleringsøvelser, da dette ofte kan være kostbart og kreve mye mer tid.

Refleksjonsøvelser er en nyttig øvelsesform som bedriften kan dra nytte av. Hvis en slik øvelse blir gjennomført med alle ansatte så vil man kunne komme til en felles forståelse for hvordan man skal takle de ulike beredskapssituasjonene, og hvem som har det ulike ansvaret. Først når alle i bedriften har en felles forståelse for beredskapsarbeidet vil det lønne seg å kjøre simuleringsøvelser. I simuleringsøvelsene er det utføringen av beredskapsarbeidet som er i fokus, og opplæring i de ferdigheter som trengs for å utføre beredskap. For å sikre at beredskapsorganisasjonen sine evner å respondere på de ulike beredskapssituasjonene, kan en til slutt gjennomføre verifikasjonsøvelser. Målet er da å evaluere om opplæringen er tilstrekkelig, og at beredskapsorganisasjonen holder et tilfredsstillende nivå.

Når det kommer til fiskehelse bør bedriften videre jobbe med å utvikle tiltakskort for hver av de ulike sykdommene som kan forekomme. Dette vil kunne kutte ned responderingstiden ved et eventuelt utbrudd.

I bedriftens tidligere aksjonsplaner er det bare blitt lagt vekt håndtering av ulike hendelser, og gruppen kan ikke se at det finnes noe skriftlig om demobiliseringsarbeidet. I de nye aksjonsplanene er det derfor satt opp ulike oppgaver under demobilisering for å avklare hvem som har ansvar for å få bedriften tilbake i vanlig drift. Det er da viktig med en god teknisk gjennomgang og evaluering av hendelsen for å avdekke mulige forbedringspotensialer.

Av miljøutslipp ble det sett på diesel som den største faren for fisken, da dette er noe som lagres i nærheten av merdene. Det oppbevares opptil 3000 liter om bord i flåten, og ved en eventuell lekkasje vil dette, under riktige forhold, kunne drive mot merdene. Gruppen tok derfor kontakt med mattilsynet for å undersøke hvilke verdier man kan måle i fisken for å avgjøre om den måtte slaktes etter et utslipp. Når det gjaldt oljeutslipp hadde ikke mattilsynet noen fastsatte verdier, men de gjorde enkeltvurderinger for hvert tilfelle. Det blir derfor ikke mulig å gi noen spesifikke retningslinjer til bedriften angående dette.

9 Konklusjon

Siden de branntekniske egenskapene til fiskefôret er lite kjent, grunnet lite forskning på dette området, er resultatene fra forsøket benyttet i oppgaven for å beregne mulighetene for brannutvikling i fôringsflåten. Resultatene kan brukes som indikasjon om hvordan fiskefôret oppfører seg ved forskjellige brannscenarier. Resultatene må behandles med en del forsiktighet. Et problem med kalorimeteret kan være at testene uføres i en for liten skala og under kontrollerte forhold. Det er mulig at brenslet kan oppføre seg på en annen måte ved en fullskala forbrenning eller ved endring av forholdene under forbrenningen**.**

Selve beregningsmetoden er forenklet og basert på flere antagelser pga. manglende opplysninger knytet til egenskapene til fiskefôret og usikkerhet rundt brannscenarioene i maskinrommet. Resultatene indikerer likevel at det i et «worst-case scenario» ligger til rette for at brannen kan spre seg til silorommet. Det er nødvendig med mer detaljerte undersøkelser rundt de branntekniske egenskapene til fiskefôret for å trekke en mer konkret konklusjon om hvordan et brannscenario kan utvikle seg. Spesielt informasjon om varmeledningsevnen til fôret kan være med på å bestemme om alt fôret i siloen vil antenne. Beregningene gjort i oppgaven viser at stråling gjennom veggen ikke kommer langt inn i fôret og kan kun antenne de første 5 med mer med fôr. Dette er ikke nok for å antenne innholdet i hele siloen. Ved eventuell brann i en av siloene er det beregnet at det ledes 19 kW/m^2 til fôret i neste silo. Denne energimengde er mindre enn mengden, nødvendig for pilotantennelse og dette kan indikere at brannspredning mellom siloer er lite sannsynlig.

Den minste varmestrålingen som skulle til for at fôret ble antent ved hjelp av gnist var 20 kW/m^2. Etter tre forsøk kom det fram at det tok i gjennomsnitt 35,5 sekunder til fôret startet å pyrolysere og gjennomsnitt 244 sekunder til det antente. Forsøket med kalorimeteret viser at det er mulig for fiskefôret også å spontanantenne. Den laveste varmestrålingen som skulle til for å oppnå spontanantennelse var 31,5 kW/m^2. Spontanantennelsen oppstod etter 713 sekunder. Det ble vist at fôret har energiproduksjon av 121,3 kW/m^2 og gjennomsnittlige totale energiproduksjonen er 15,61 MJ/kg ved forbrenning.

Etter vurdering av alle brannscenarioene anses strømgeneratoren i maskinrommet som det mest sannsynlige scenarioet, hvor brann kan oppstå og spre seg videre til silorommet. En eventuell brann i maskinrommet kan føre til svikt i drivstofftanken, og diesellekkasje. Office of Response and Restoration i USA viser til at utslipp på opptil 18.000 liter vil fordampe eller spre seg som en tynn film på overflaten, så det er lite man kan gjøre for å hente det ut fra vannet. På grunn av lavere massetett vil ikke dieselen kunne synke til bunns. (Restoration, u.d.). Ut i fra dette konkluderes det med at de 3000 literne med diesel som er på flåten ikke utgjør en stor trussel for miljøet.

Simuleringene i Argos viser at det tar 1.08, 1.58 og 2.57 minutt før de første kritiske forholdene blir nådd. Høyden på røyken er den første kritiske forhold som oppnås, fordi det ikke er røykventilering og produksjonen av sot starter umiddelbart ved brannstart.

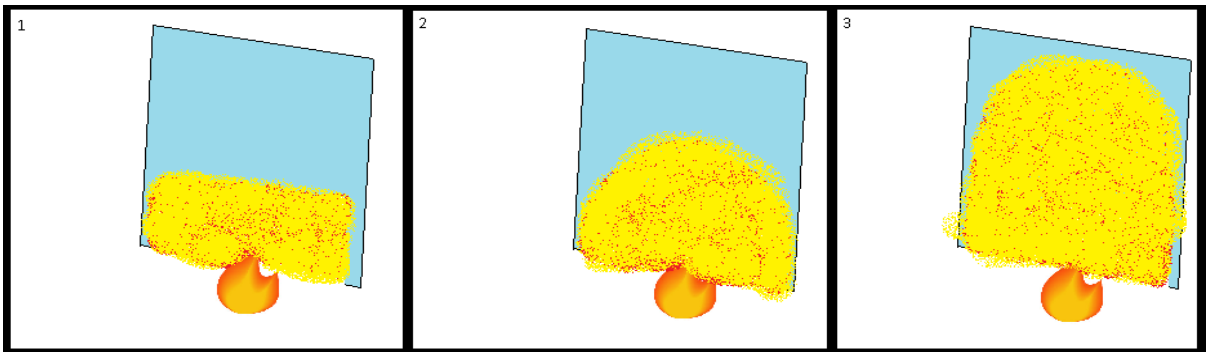
For å unngå en eventuell brannspredning fra maskinrommet, er det mulig å gjøre ulike tiltak som er med på å forebygge skadene og slukke brannen. Disse tiltakene er både aktive og

passive brannsikringstiltak slik som automatisk stenging av dieseltilførsel, installere et slukkesystem med inert gass, påføre brannmaling på alle flater hvor varmeledning kan føre til spredning av brannen og rutiner for lukking av branndører.

Det finnes allerede en manuell stengeventil for dieseltilførsel, men det vil være mer fordelaktig å ha et system hvor denne stenges automatisk når det oppstår en stor temperaturøkning i rommet. Ved å gjøre dette reduserer man risikoen for at man glemmer å stenge denne ventilen selv og at brannen får mer brensel.

Det er flere ulike automatiske slokkesystemer som egner seg for flåten. Det som egner seg best er et system med inert gass. Gassen reduserer oksygenmengden i rommet til et nivå hvor brannen kveles. Grunnen til at inert gass er det som blir anbefalt er fordi det slokker brannen på en tidlig fase, og det trenges bare en flaskebank, tilførselsrør og et utløsningssystem. Et inert system vil også ikke gi noe skade på generator eller det elektriske anlegget, samt at den ikke utgjør noen helsefare for mennesker.

Brannmaling har den egenskapen at dersom den blir eksponert for varme, vil den ekspandere og beskytte materialet bak. Slik som vist i Figur 10 vil varmen spre seg lett gjennom metallet. Dette kan medføre at det blir spredning til andre deler av flåten. Figur 11 er en illustrasjon på hvordan dette laget beskytter stålet.



Figur 11: Bildet viser en vegg eksponert av en brann, men brannmalingen danner et beskyttet lag

Det anbefales at brannalarmanlegget kobles opp mot branntavlen. Dette tiltaket kan forbedre reaksjonstiden til de ansatte på flåtten, minske nødvendige rømningstid og gi bedre mulighet for mer effektiv slukningsinnsats.

En av hensiktene med denne oppgaven var å lage en ny beredskapsplan for NRS Feøy som tok utgangspunkt i det som fantes av dokumentasjon fra bedriften. Etter å ha gjennomført risiko- og sårbarhetsanalyse ble det konstatert at bedriften trenger en beredskapsplan for å kunne takle brann, alvorlige personskader og beredskap knyttet opp mot fiskens helse. Oppbyggingen av beredskapssituasjonen har lagt vekt på at dette er en liten bedrift, hvor ledere må påta seg flere roller, samt at egen innsatsstyrke ikke vil være tilgjengelig.

Øvelse og opplæring av operatører blir derfor svært viktig da det blir de som kommer til å måtte bidra som innsatsstyrke ved ulike situasjoner. Det er blitt utviklet aksjonsplaner for ulike tenkelige hendelser som bedriften bør være lett tilgjengelige alle ansatte. På denne måten kan bedriften sikre effektiv handling og kort responstid.

Det er nødvendig med mer detaljerte undersøkelser rundt de branntekniske egenskapene til fiskefôret for å trekke en mer konkret konklusjon om hvordan et brannscenario kan utvikle seg. Spesielt informasjon om varmeledningsevnen til fôret kan være med på å bestemme om fôret i siloen vil antenne. Det er også nødvendig med undersøkelser av flere typer fiskefôr fra flere produsenter. Dette kan gi oversikt over hvor mye energi- og næringsinnholdet i fôret påvirker brannutviklingen.

Referanser

Dbi. (2016, 04 13). *http://www.dbi-net.dk.* Hentet fra http://www.dbi-net.dk/media/hydrocarbon.pdf

Dbi, T. D. (2015, 03 31). *Dansk Brann Og Sikringsteknisk Intitutt.* Hentet fra http://en.dbi-net.dk/files/Argos/Documentation/Argos_Users_Guide.pdf

DSB. (2014). *Risiko og krisekommunikasjon.* Hentet fra http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2014/Tema/risiko_og_krisekommunikasjon.pdf

Dsb. (2016, 4 15). *Direktoratet for sikkerhet og beredskap*. Hentet fra http://oppslagsverket.dsb.no/content/brann-og-eksplosjonsvern/forskrifter/brannforebygging/veiledning-montering-fyringsanlegg-trepellets/4/

Hagen, B. C. (2008). *Brannteknisk rømningsanalyse.* Bergen: Fagbokforlaget.

ISO 5660-1. (2015). *Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - part 1.* Sveits: Internasjonal standard.

Kbt. (2016, 04 06). *Kollegiet for brannfaglig terminologi*. Hentet fra http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Id=3339

Kbt. (2016, 04 06). *Kollegiet for brannfaglig terminologi*. Hentet fra http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Id=2966

Kbt. (2016, 04 07). *Kollegiet for brannfaglig terminologi.* Hentet fra http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Id=3333

Kbt. (2016, 04 07). *Kollegiet for brannfaglig terminologi.* Hentet fra http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Id=3340

Kbt. (2016, 04 21). *Kollegiet for brannfaglig terminologi.* Hentet fra http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?Id=2660

Kbt. (2016, 04 28). *Kollegiet for brannfaglig terminologi*. Hentet fra http://www.kbt.no/faguttrykk.asp?ID=4396

Lindholm, J., Brink, A., & Hupa, M. (2016, 4 11). CONE CALORIMETER – A TOOL FOR MEASURING HEAT RELEASE RATE. Åbo, Finland. Hentet fra http://www.ffrc.fi/FlameDays_2009/4B/LindholmPaper.pdf

Lovdata. (2010). *Lovdata*. Hentet fra Sivilbeskyttelsesloven: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2010-06-25-45

Lovdata. (2016, 4 11). *Lovdata*. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-62

Lovdata. (2016, 4 11). *Lovdata.no*. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-62#KAPITTEL_2

Lunde, I. K. (2014). *Praktisk krise- og beredskapsledelse.* Oslo: Universitetsforlaget.

Restoration, O. o. (u.d.). *Small Diesel Spills (500-5000 gallons)*. Hentet fra Office of Response and Restoration: htttp://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/resources/small-diesel-spills.html

Science Direct. (2016, 4 13). *Science Direct.* Hentet fra http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009261405008274

Sintef. (2016, 05 03). *Betong.net*. Hentet fra http://www.betong.net/arkiv/Kursrom/Brann-%20og%20ekpl.sikr%20i%20petro%2007/Brann%20og%20ekspl.sikr%2007%20arkiv/(16)Ulf%20Danielsen.pdf

Sintef. (2016, 3 31). *Byggforsk.* Hentet fra www.bks.byggforsk.no: http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=322

Soma, M. H. (2016, 04 07). *Nobio.no.* Hentet fra http://nobio.no/upload_dir/pics/Driftseminar-NoBio-151013_mhsoma.pdf

Stort norsk leksikon. (2016, 05 03). *SNL.no*. Hentet fra https://snl.no/merd%2Finnhegning

U.S. Department of Transportation. (2016, 4 11). *U.S. Department of Transportation.* Hentet fra http://www.fire.tc.faa.gov/pdf/05-14.pdf

10. Vedlegg

10.1 Resultater fra Cone-kalorimeteret

Report produced with the Fire Testing Technology ConeCalc software

page 1

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name	Fiskefôr		
Operator	B04		
Sponsor			
Manufacturer			
Sample description	See individual reports		
Material name/ID	See individual reports	Report name	See individual reports
Heat flux	20 kW/m²	Surface area	100 cm²
Orientation	Horizontal	Retainer frame used?	Yes

Test averages

Test	t(ig) (s)	t(fo) (s)	t(end) (s)	HRR(peak) (kW/m²)	tpeak (s)	THR (MJ/m²)	HRR(60) (kW/m²)	HRR(180) (kW/m²)	HRR(300) (kW/m²)
Mean	**247**	**1340.5**	**1337.5**	**252.18**	**427.5**	**132.72**	**186.78**	**138.94**	**149.84**
1	232	1386	1385	240.75	575	132.02	178.39	137.96	149.14
2	258	1403	1385	248.76	265	129.37	194.90	140.61	154.67
3	234	1313	1300	280.08	600	135.83	187.74	139.24	146.99
4	264	1260	1280	239.14	270	133.65	186.08	137.94	148.58

Test	Flux (kW/m²)	t (mm)	Area (cm²)	m(i) (g)	m(s) (g)	m(f) (g)	Δm (g)	Ave MLR (g/s·m²)	EHC(av) (MJ/kg)
Mean		**10**		**85.0**	**81.4**	**20.1**	**61.3**	**6.9**	**21.63**
1	20	10	100	85.0	81.3	19.8	61.5	6.5	21.52
2	20	10	100	85.0	80.8	19.5	61.3	6.9	21.02
3	20	10	100	85.0	81.7	19.3	62.4	7.1	21.75
4	20	10	100	85.0	81.7	21.8	59.9	7.1	22.24

Test	THR(0-300) (MJ/m²)	THR(0-600) (MJ/m²)	THR(0-1200) (MJ/m²)	SPR(av) (m²/s)	SEA(av) (m²/kg)	Fuel load (MJ/kg)	MARHE (kW/m²)
Mean	**11.28**	**57.97**	**129.70**	**0.0043**	**76.54**	**15.61**	**121.30**
1	14.26	62.81	127.56	0.0036	67.27	15.53	119.71
2	9.65	56.08	124.82	0.0039	71.18	15.22	120.01
3	12.70	61.02	133.69	0.0048	82.96	15.98	126.44
4	8.49	51.98	132.73	0.0050	84.77	15.72	119.03

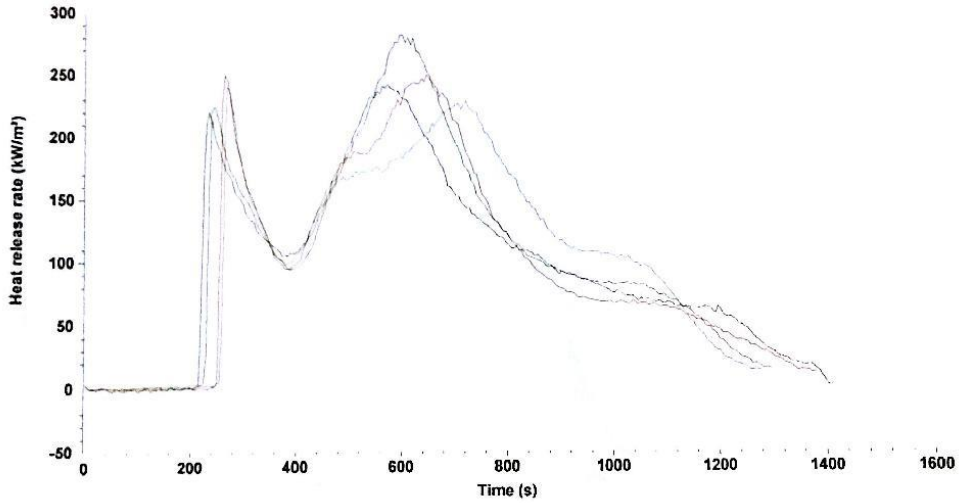
Test	Date	Specimen #	Line colour	Filename
1	04/02/2016	4		C:\CC5\DATA\16010004.CSV
2	04/02/2016	3		C:\CC5\DATA\16010003.CSV
3	04/02/2016	2		C:\CC5\DATA\16010002.CSV
4	04/02/2016	1		C:\CC5\DATA\16010001.CSV

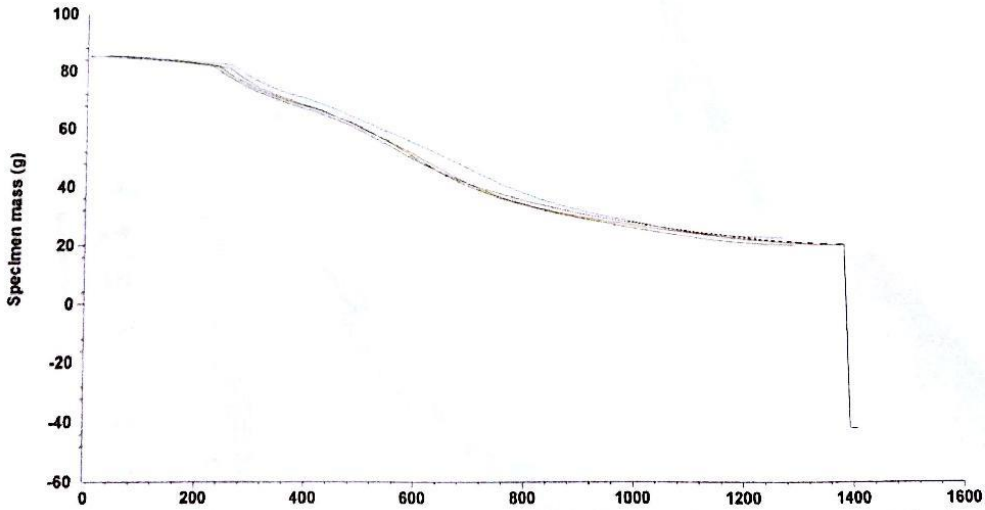
The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Scanned by CamScanner

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name	Fiskefôr		
Operator	B04		
Sponsor			
Manufacturer			
Sample description	See individual reports		
Material name/ID	See individual reports	Report name	See individual reports
Heat flux	20 kW/m²	Surface area	100 cm²
Orientation	Horizontal	Retainer frame used?	Yes



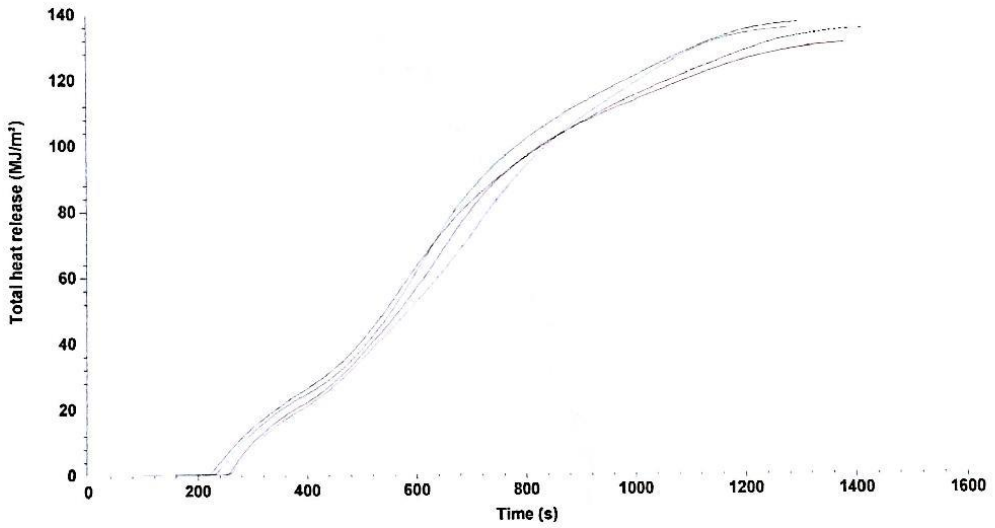


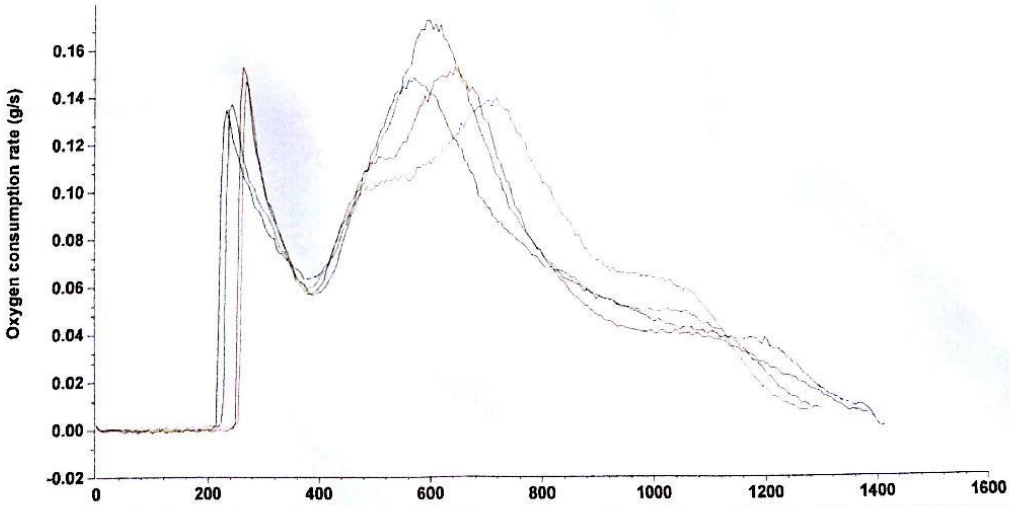
The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Scanned by CamScanner

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name	Fiskefôr		
Operator	B04		
Sponsor			
Manufacturer			
Sample description	See individual reports		
Material name/ID	See individual reports	Report name	See individual reports
Heat flux	20 kW/m²	Surface area	100 cm²
Orientation	Horizontal	Retainer frame used?	Yes



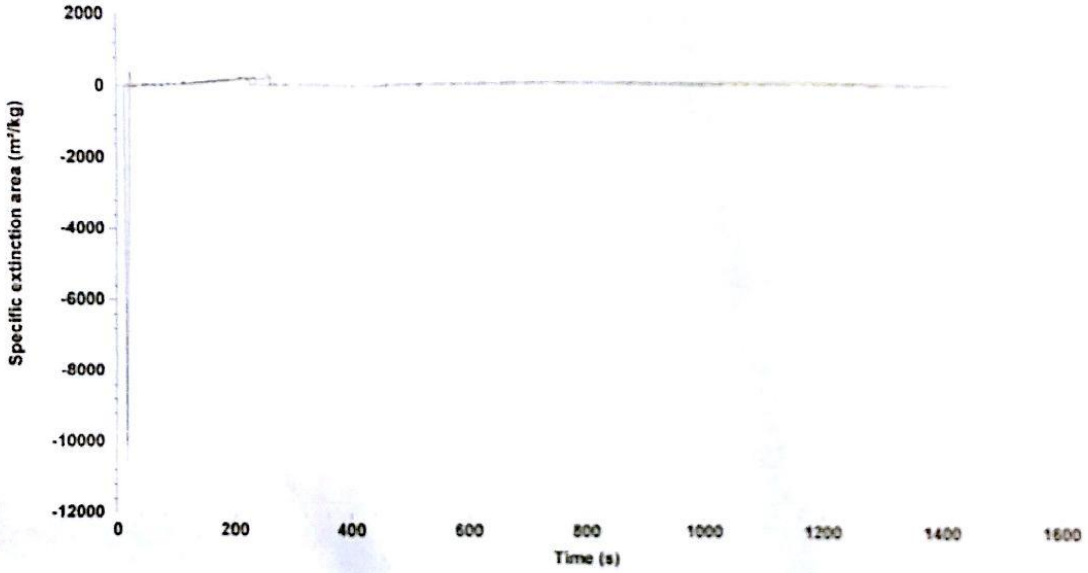


The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.

Scanned by CamScanner

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name	Fiskefôr		
Operator	B04		
Sponsor			
Manufacturer			
Sample description	See individual reports		
Material name/ID	See individual reports	Report name	See individual reports
Heat flux	20 kW/m²	Surface area	100 cm²
Orientation	Horizontal	Retainer frame used?	Yes



Scanned by CamScanner

10.2 Beredskapsplan for NRS Feøy (onshore og offshore)

Beredskapsplan

Politi – 112
Ambulanse – 113
Brann- 110

Innholdsfortegnelse

Operativ del: ... 56
1. Varslingsmottaksskjema ... 56
2. Varslingsmatrise ... 57
3. Umiddelbare aksjoner ... 58
4. Mobiliserings- og kommunikasjonsplan ... 59
5. Tilgjengelige resurser for innsats ... 60
6. Støtteark for effektiv situasjonsspesifikk planlegging ... 61
6.1 Førstemøte ... 61
7. Aksjonsplaner for pre-definerte beredskapssituasjoner ... 62
7.1 Aksjonsplan for havari i anlegget med rømning av fisk ... 62
7.2 Aksjonsplan for massedød av fisk ... 63
7.3 Aksjonsplan for skade på anlegget ved storm ... 63
7.4 Aksjonsplan for sykdom blant oppdrettsfisk ... 64
7.5 Aksjonsplan for nød slakting av fisk ... 64
7.6 Aksjonsplan for brann på anlegget ... 65
7.7 Aksjonsplan ved eksplosjon ... 66
7.8 Aksjonsplan ved akutt forurensning ... 66
7.9 Aksjonsplan ved høye vanntemperaturer ... 67
7.10 Aksjonsplan ved algeoppblomstringer ... 67
7.11 Aksjonsplan ved store nedbørsmengder med fare for skade på anlegg. ... 68
7.12 Aksjonsplan ved personskader/ ulykker med dødsfall ... 68
7.13 Aksjonsplan ved ulykker med personskader ... **Feil! Bokmerke er ikke definert.**
8 Funksjonsbeskrivelse av beredskapsgruppe og innsatspersonell ... 69
8.1 Beredskapsledelsen ... 69
9. Mediehåndtering ... 70
9.1 Pressemeldinger fra NRS Feøy ... 70
9.1.1 Informasjon ... 70
9.1.2 Medieansvarlig ... 70
10. Demobilisering og normalisering ... 71
10.1 Normalisering ... 71
10.2 Demobilisering og defusing ... 71
10.3 Debrifing ... 71
10.4 Teknisk gjennomgang og evaluering ... 71
Administrativ del: ... 72
11. Administrasjon ... 72

11.1 Formål og revisjon 72
11.2 Ansvar 72
11.3Øvelse 72
11.4 Pressekontakt 72
11.5 Pårørende 72
12. Oppbygning av beredskapsorganisasjon 73
13. Vedlegg 74
a. Kartlegging av uønskede hendelser for NRS Feøy 74
b. ROS-analyse 75
c. Definerte beredskapssituasjoner 76
d. Risikomatrise 77
a. NRS Feøy oppbevaring av de ulike stoffene som brukes 77

Operativ del:

1. Varslingsmottaksskjema

Personinfo		
Navn på innringer	Sted	Kontaktinformasjon

Informasjon om hendelsen
Hva har skjedd?
Hvor har hendelsen intruffet?
Omfang (personskade, lekkasje, materielleskader)

Varsel motatt		
Klokkeslett:	Navn:	Dato:

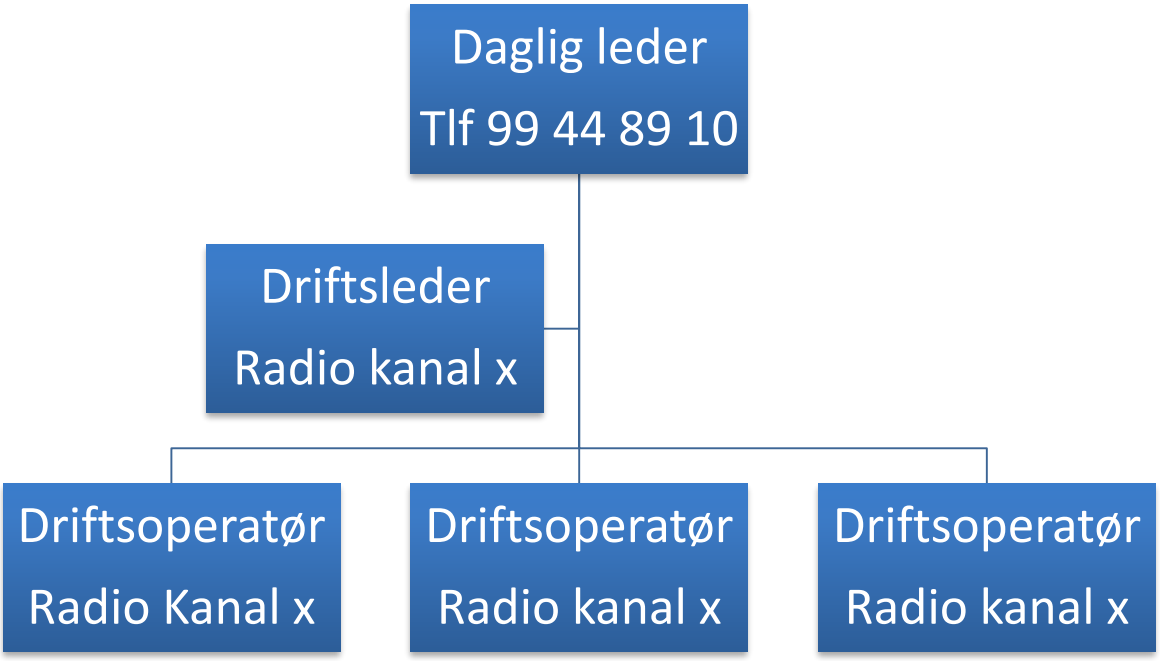
2. Varslingsmatrise

Intern hendelse	Intern varsling		Ekstern varsling	
	Kontaktperson	Telefon nr	Kontakt	Telefon
Brann	Driftsleder		Brann	113
	Daglig leder	99 44 89 10	Ambulanse	110
Eksplosjon	Driftsleder		Brann	113
	Daglig leder	99 44 89 10	Ambulanse	110
			Politi	112
Personskade	Driftsleder		Ambulanse	110
	Daglig leder	99 44 89 10	Arbeidstilsynet	815 48 222
			Giftinfosentralen	22 59 13 00
Fiskehelse	Driftsleder		FoMAS avd Haugesund	52 71 13 66
	Daglig leder	99 44 89 10	Mattilsynet	22 40 00 00
Lekkasje/miljøutslepp/Rømming			Lekkasje: Karmsund Havnevesen	52 70 37 50
			Miljøutslepp: Miljøvernavdelinga hos Fylkesmannen	
			Rømming: Fiskeridirektoratet	03415

3. Umiddelbare aksjoner

Umiddelbare aksjoner		
Tid vurdert	Umiddelbare aksjoner som skal vurderes iverksatt	Tid utført
	Varsle de rette myndigheter/nødsentraler ved ulike scenarioer	
	Opprette kontakt med resten av arbeidsstyrken over radio	
	Starte håndtering og risikoreduserende arbeid i henhold til tiltakskort	
	Ved ankomst av brann/politi, informer om arbeidet som har blitt gjort	
	Om nødvendig – Evakuer fra anlegget til samlingsplass	

4. Mobiliserings- og kommunikasjonsplan



[2]

Ved større hendelser vil daglig leder involvere hovedkontors driftsdirektør (CDO)

[2] NRS Feøy fører inn de radiokanaler de bruker

5. Tilgjengelige resurser for innsats

FØRSTEHJELPSUTSTYR
Komplett førstehjelpsutstyr på alle lokaliteter

BRANNSLOKKINGSUTSTYR
3 stk brannslukningsapparat 1 stk spyleslange om bord hver arbeidskatamaran

SJØREDNINGSUTSTYR
2 stk arbeidskatamaran 2 stk fritidsbåt Vester

FORURENSING
5 stk Beredskapsgarn

6. Støtteark for effektiv situasjonsspesifikk planlegging

6.1 Førstemøte

Førstemøte	
Hva har skjedd: • Hvor mange er involverte i hendelsen? • Fakta om ulykken/hendelsen • Hva slags tiltak er iverksatt?	
Hva er hendelsespotensial? • Fryktet antall skadde • Hva slags skadetype det er snakk om • Omfang av den uønskede hendelsen	
Situasjonspesifikkplan • Hva slags tiltak må gjøres for å håndtere omfanget av den uønskete hendelsen.	
Hva trenger vi • Hva slags resurser må mobiliseres: - Eksterne - Interne	
Varsling • Internvarsling • eksternvarsling	
Konsekvenser for drift • Normal • Redusert • Stans	
Fokusområder • Ved endt førstemøte er det viktig å sette opp det som skal prioriteres og hvilke tiltak som skal iverksettes først	

7. Aksjonsplaner for pre-definerte beredskapssituasjoner

7.1 Aksjonsplan for havari i anlegget med rømning av fisk

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle driftsleder.	Starter sikring av not/anlegg og andre deler av anlegget som står i fare for å bli skadet. Starte innsamling av rømt fisk med en gang det er mulig. Gjenfangstgarn er plassert på Duøy-kaien på Feøy.	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder	Lede beredskap Kontakte gjenfangstfiskere.	Normalisering av drift, gjennomgang av hendelse
Daglig leder	Har ansvaret for å kontakte Fiskeridirektoratet Tlf: 03415, skjema sendes per e-post (fmc@fiskeridir.no) eller pr fax (55238276).	Tilkalle båter, skaffe utstyr og dykkere for å sikre anlegget. Skaffe dokumentasjon vedr «NYTEK-forskriften».	Oppstart og avslutning av gjenfangstfiske skal meldes til Fiskeridirektoratet. Sende dokumentasjon til forsikringsselskap.

7.3 Aksjonsplan for massedød av fisk

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle driftsleder.	Prøve å avgrense skadene.	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder	Lede beredskap Skaffer tilveie ensileringsutstyr viss ikke anlegget har nok kapasitet. Kontakter Tank og Masse Transport 56 14 73 00	Kontakter Tank og Masse. Sørger for å minimalisere smittepresset Kontakter veterinær i samråd med daglig leder. Unormal dødelighet skal meldes til Mattilsynet
Daglig leder	Kontakter veterinær i samråd med lokalitetsansvarlig	Ved unormal dødelighet skal mattilsynet kontaktes	Bistår driftsleder med normalisering

7.4 Aksjonsplan for skade på anlegget ved storm

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle driftsleder	Bistå i beredskapsarbeidet under ledelse av driftsleder	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder og kontakte tilstrekkelig med operatører for å håndtere situasjonen	Når det blir varslet om storm, skal not innfestninger, fortøyninger og lensepumper kontrolleres med en gang. Følg loggskjema. Har ansvaret for å lede beredskapen. Reiser ut til anlegget dersom det er mulig. Koordinerer beredskap i lag med daglig leder.	Normalisering av drift, gjennomgang av beredskapsarbeidet
Daglig leder	Vurdere videre varsling	Vurderer om det skal settes i gang ekstra tiltak Sette lokal servicebåt i beredskap	Bistår driftsleder med normalisering

7.5 Aksjonsplan for sykdom blant oppdrettsfisk

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Ved mistanke om sykdom skal driftsleder varsles straks.	Bistå i beredskapsarbeidet under ledelse av driftsleder	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Informerer daglig leder, Kontakter veterinær	Sette i gang avgrensing av smittespredning	Normalisering av drift
Daglig leder	Informere selskap med nærliggende lokaliteter	Informere Mattilsynets distriktskontor. Vurdere nødslakt eller andre smitteavgrensende tiltak	Informere forsikringsselskap

7.6 Aksjonsplan for nød slakting av fisk

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør/driftsoperatør	Varsle driftsleder	Bistår i arbeid med å hente ut fisk til slakting	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder	Bistår i arbeid med å hente ut fisk til slakting	Normalisering av drift og gjennomgang av beredskapssituasjon
Daglig leder	Kontakter slakteri som kan slakte fisken. Kontakter brønnbåt for frakting av fisken. Kontakter Tank og Masse Transport 56 14 73 00 for henting av ensilasje	Innhenter dispensasjon fra Mattilsynet for eventuell seilingsrute/merdsetting pakkeri. Leder arbeidet med nedslaktingen. Kontakter Tank og Masse for henting av ensilasje	Bistår driftsleder med normalisering

7.6 Aksjonsplan for brann på anlegget

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle brannvesen (110) og driftsleder	Starte slukking av brannen, og leder slukking til lokalitetsansvarlig kjem. Sikre skadested.	Defusing med driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder og leder slukking	Sørge for å skaffe båter for å evakuere personell og fisk dersom det blir nødvendig. Ved brann i maskinrom sørges; sørg for å få stengt dieseltilførsel	Avholde defusing med de involverte Intern granskning av hendelse, bistå politi ved behov i deres granskning
Daglig leder	Vurdere behov for kontakt med CDO	Holde løpende kontakt med CDO Ved miljøutslepp; Kontakt Miljøvernavd hos fylkesmannen	Bistå politi ved behov i deres granskning

7.7 Aksjonsplan ved eksplosjon

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Starte evakuering om mulig Varsle driftsleder	Møte på evakueringsområde	Defusing med driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder Varsle nødetatene	Skaffe båter til evakuering av personell og fisk om nødvendig Opprettholde kontakt med nødetatene og gi løpende informasjon de måtte trenge om anlegget	Avholde defusing med de involverte Starte intern granskning av hendelsen, bistå politi ved behov i deres granskning
Daglig leder	Samkjøre videre innsats i lag med lokalitetsleder	Informerer pårørende	Bistå politi ved behov i deres granskning

7.8 Aksjonsplan ved akutt forurensning

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle driftsleder	Prøve å begrense skadene	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Vurdere hvor forurensingen kommer fra, eget anlegg eller eksterne kilder. Kontakt daglig leder	Viss forurensingen kommer fra eget anlegg, utbedre skaden. Vurdere eventuell skade på fisk i samråd med veterinær	Normalisering av drift Starte intern granskning av hendelsen
Daglig leder	Vurdere videre varsling	Dersom oljesøl, kontakt Haugesund Havnevesen for å låne lenser og pumper, for lokaliteter i Farsund/Lyngdal, kontakt Farsund Fortøyningselskap AS og /eller Farsund brannstasjon. Vurdere flytting av fisk evt. destruering. Vurdere risiko for rømming ved evt. flytting. Ved forurensing må man varsle Miljøvernavdelinga hos Fylkesmannen, og naboer.	Bistå i normalisering av drift

7.9 Aksjonsplan ved høye vanntemperaturer

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle driftsleder viss temperaturen i vannet overstiger $18°C$ og fiskens appetitt er synkende	Starte evt. flytting av fisk Kjøle ned vannet ved hjelp av is	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Vurdere situasjon og kommende meldinger for vær og temperatur, Kontakte veterinær	Måle oksygennivå Vurdere å stoppe foring i samråd med daglig leder	Normalisering av drift
Daglig leder	Vurdere videre varsling	Vurdere flytting av fisk. Vurdere risiko for rømming ved evt. flytting av fisk,	Bistå i normalisering av drift

7.10 Aksjonsplan ved algeoppblomstringer

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Vurdere algeoppblomstringa, vurdere type alger ut fra vassfarge, siktedjup og fikseadferd. Varsle driftsleder dersom fisken oppfører seg uvanlig, begynner å svime eller dør.	Gjennomføre tiltak i samråd med driftsleder	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Kontakter daglig leder, Vurdere situasjon, Kontakte veterinær	Starte tiltak for å redusere skadene, Ta ut vannprøver og sende inn til lab.	Normalisering av drift
Daglig leder	Vurdere videre varsling	Vurdere flytting av fisk. Vurdere risiko for rømming ved flytting. Vurdere om det er mulig å omrøre vann. Vurdere bremse- not.	Bistå i normalisering

7.11 Aksjonsplan ved store nedbørsmengder med fare for skade på anlegg.

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Varsle driftsleder	Bistå i beredskapsarbeidet om nødvendig	Tilbake i vanlig arbeid etter melding fra driftsleder
Driftsleder	Varsle daglig leder Reiser ut til anlegget dersom det er mulig.	Lede beredskap på anlegget Koordinere beredskap sammen med daglig leder	Normalisering av drift
Daglig leder	-	Koordinerer beredskapen sammen med driftsleder	Bistå i normalisering av drift

7.12 Aksjonsplan ved personskader/ ulykker med dødsfall

	Varsling og mobilisering	Handtering og risikoreduksjon	Demobilisering og normalisering
Observatør	Dersom det er nødvendig med medisinsk hjelp, varsle lokalt legekontor eller medisinsk nødhjelp tlf 113. Starte førstehjelp Varsle daglig leder	Starte livredning/førstehjelp Om forsvarlig, transporter skadet person til land	Delta på debrifing
Driftsleder	Varsle daglig leder Varsler politi/innsatspersonell	Bistå innsatspersonell	Intern granskning av hendelse Vurdere behov for nye rutiner og prosedyrer. Holde debrifing.
Daglig leder	Varsle beredskapsgruppa Vurdere behovet for kriseteam Varsle nærmeste pårørende Varsle Arbeidstilsynet	Holde de pårørende oppdatert	Bistå politi og arbeidstilsynet i granskning av hendelse

8 Funksjonsbeskrivelse av beredskapsgruppe og innsatspersonell

8.1 Beredskapsledelsen

Kriseleder/beredskapsleder	Starter loggføring av ulykken med engang. Danne seg et bilde av omfanget av den uønskede hendelsen.	Leder beredskapsarbeidet i lag med daglig leder	Holde defusing
Stabssjef	Ansvar for å videreføre loggføringen som kriseleder startet på.	Ansvar for å oppdatere pårørende under/etter en hendelse	
Informasjonsansvarlig	Tar seg av kommunikasjonen med media. Viktig at det kommer en pressemelding fra bedriften så fort som mulig, slik at mediene unngår i å spekulere rundt den uønskede hendelsen.	Viktig at informasjonsansvarlig og personalleder har tett kommunikasjon slik at pårørende blir oppdatert via bedriften og ikke via media.	Det må komme tydelig fram når det skal gis pressemeldinger. Disse bør komme ofte og være presise.
Personalleder	Skal sørge for å finne ut hvor mange ansatte som er berørt av ulykken og hvem som er i sikkerhet.	Ha et tett samarbeid med dagligleder og informasjonsansvarlig slik at pårørende blir oppdatert av bedriften før media.	

9. Mediehåndtering

9.1 Pressemeldinger fra NRS Feøy

9.1.1 Informasjon

Ved oppstått uønsket hendelse er det viktig at bedriften kommer med en pressemelding så tidlig som mulig. Dette er for å oppdatere media, slik at det ikke blir noe rom for at de skal spekulere hva som har skjedd og for å holde folk oppdatert.

Viktige faktorer
Det budskapet som skal formidles må være godkjent av beredskapslederen før det blir gitt ut.
Det er viktig at budskapet blir gjentatt ofte slik at det ikke blir noen feil tolkninger.
Gi informasjon om hva NRS Feøy gjør for å takle situasjonen og hvor de pårørende kan henvende seg for å få hjelp.
Gi et detaljert overblikk over skadeomfanget fortløpende. Det er viktig å **IKKE** gi ut informasjon om personer, dersom det er skader og dødsfall, før pårørende har blitt oppdatert.

9.1.2 Medieansvarlig

Bedriften velger ut en medieansvarlig som skal holde media og pårørende oppdatert om ulykken.

Viktige faktorer
Være klar og tydelig, prøve å gjenta budskapet i pressemeldingen så ofte som mulig.
Ha et godt kroppsspråk og snakke i et riktig toneleie.
Veldig viktig at denne personen setter seg inn i sitasjonen.
Ha 2-3 konkrete budskap.
Ikke nøle når budskapet skal framlegges og holde seg oppdatert i det som skjer.

10.Demobilisering og normalisering

10.1 Normalisering

Driftsleder er ansvarlig for normalisering driften etter en beredskapssituasjon. Normalisering startes etter at defusing er avholdt med de involverte.

10.2 Demobilisering og defusing

Når en uønsket hendelse er i avslutningsfasen er det nødvendig å følge opp innsatspersonellet, granske hendelsen og vurdere om håndteringen var tilfredsstillende. Personer som er påvirket av hendelsen må følges opp når de demobiliseres.

Defusing blir også kalt for demobiliseringssamtaler. Disse samtalene skal utføres umiddelbart etter en uønsket hendelse. Under disse samtalene skal innsatspersonellet snakke om inntrykkene og opplevelsene de har fått.

10.3 Debrifing

Debrifing eller oppfølgingssamtaler er samtaler som finner sted kort tid etter demobiliseringen, gjerne neste arbeidsdag. Samtalen har som hensikt å få personer som er påvirket av den uønskede hendelsen til å snakke ut om det. Dette er for å forebygge skader som kan komme i ettertid, slik som psykologiske skader. Disse samtalene kan gjennomføres individuelt eller i grupper. Det bør være obligatorisk å møte opp på disse samtalene og gjennomføres av en ekstern fagperson med ekspertise på området.

10.4 Teknisk gjennomgang og evaluering

Etter en beredskapssituasjon skal driftsleder lede teknisk gjennomgang av hendelsen. Det vil da satt fokus på hendelsesforløpet, faglig vurdering av utførelse av tiltak og forbedringspunkter.

Administrativ del:

11.Administrasjon

11.1 Formål og revisjon

Beredskapsplanen skal gi en oversikt over de rutiner som gjelder for varsling og mobilisering av beredskapsorganisasjonen og hvordan NRS Feøy skal håndtere ulike uønskede hendelser.

NRS Feøy må årlig gjennomgå beredskapsplanen for å sikre at den er oppdatert for nye situasjoner som kan oppstå, og se etter forbedringspotensial i håndtering av etablerte beredskapssituasjoner. Ved gjennomgang må også tilgjengelig beredskapsutstyr, beredskapsgruppens kvalifikasjoner, oversikt over uønskede hendelser og personlig verneutstyr oppdateres.

11.2 Ansvar

N.N. har det overordnede ansvaret for beredskapsplanen. Alle ansatte ved NRS Feøy har ansvar for å gjøre seg kjent med beredskapsplanens innhold. De aksjonsspesifikke planene gjøres lett tilgjengelig for de ansatte. Ved innleiing av eksternt personell må også disse settes inn i beredskapsplanen.

11.3 Øvelse

N.N. har ansvar for å gjennomføre øvelser på spesifikke situasjoner kartlagt i beredskapsplanen. Øvelsene gjennomgås av ledelsen etterpå og evt. oppdateringer av beredskapsplanen gjøres.

Beredskapsøvelsene deles ofte inn i 3 hovedfaser:

* Planlegging

* Gjennomføring

* Evaluering

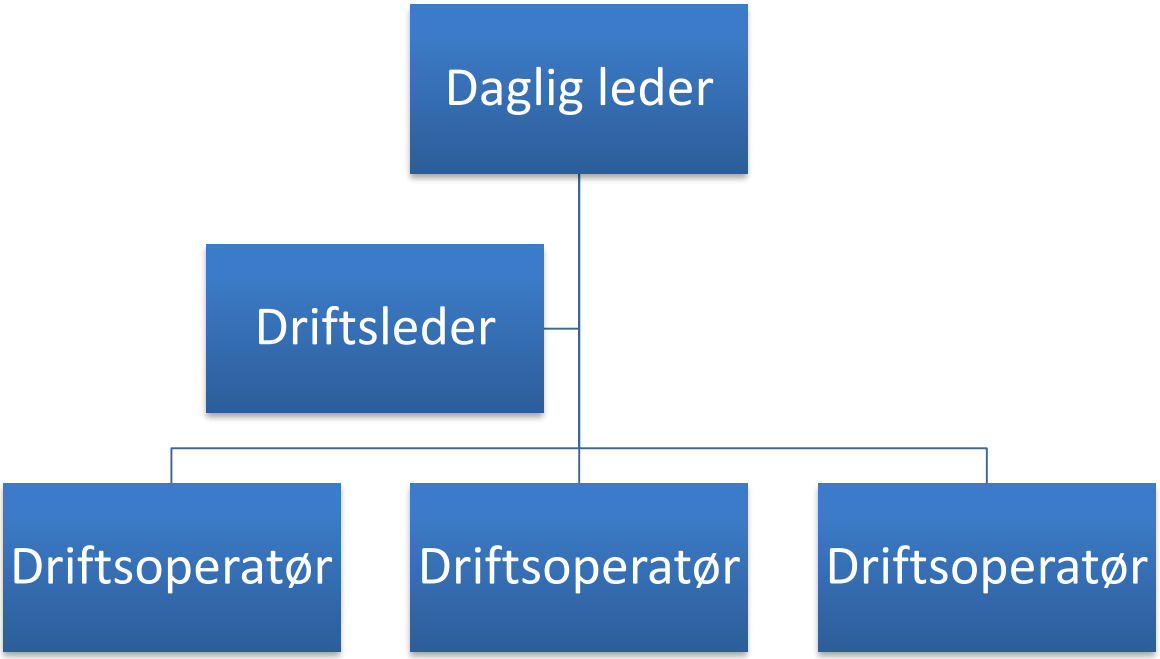
11.4 Pressekontakt

Ved en beredskapssituasjon skal all kommunikasjon med presse samkjøres med hovedkontor. Hovedkontoret er de som skal uttale seg til media, med mindre de har delegert oppgaven videre.

11.5 Pårørende

N.N. har ansvar for kommunikasjon med pårørende under og etter en beredskapssituasjon. Ved større hendelse kan det iverksettes en pårørendegruppe og et pårørendesenter hvor pårørende kan samles. Helsevesenet har ansvar for kontakt med pårørende til personer som er tatt under behandling av helsevesenet. Varsling av pårørende til døde, savnede og skadde som ikke er tatt under behandling er politiets ansvar. Er en person lettere skadet bør han få anledning til å kontakte sine pårørende selv.

10 Oppbygning av beredskapsorganisasjon



11 Vedlegg

a. Kartlegging av uønskede hendelser for NRS Feøy

Sted / Uønsket Hendelse	Kontor	Dekk	Maskinrom	Foringsrom	Transport	Tanking	Merd
Innbrudd	X						
Brann	X	X	X	X			
Fall		X					
Klemskader		X	X	X		X	
Eksplosjon			X				
Kuttskader		X	X				
Drukning		X			X		
Lekkasje			X	X			
Kjemikalier			X	X			
Påkjørsel					X	X	
Massedød (Fisk)							X
Rømning (Fisk)							X
Sykdom (Fisk)							X
Skader på anlegg grunnet uvær	X	X	X	X	X	X	X

b. ROS-analyse

Nr.	Uønsket hendelse	Årsak	Konsekvens	Risiko		Usikkerhet
				Sannsynlighet	Konsekvens	
1.	Brann	Feil på elektrisk anlegg. Produksjonsfeil på motor og generator. Antennelse av lekkasje.	Katastrofale	2	5	Stor
2.	Fall fra høyde	Fall i trapp.	Moderat	2	4	Moderat
3.	Person i sjøen	Arbeid på dekk. Faller ut under ombordstigning på foringsflåte	Moderat/ Katastrofal	3	5	Lav
4.	Klemskader	Arbeid i motorrom. Klemming i dør. Avstigning av båt. Lasting av drivstoff og fôr.	Moderat	2	3	Lav
5.	Påkjørsel	Dårlig sikt. Dårlig opplæring. Uaktsomhet. Dårlige rutiner. Dårlig vær.	Moderat	2	2	Moderat
6.	Lekkasje	Hull i tank. Feil under påfylling. Feil på anlegg.	Moderat/ Katastrofal	3	4	Lav
7.	Innbrudd	Dårlig sikkerhet.	Lav/ Moderat	1	2	
8.	Eksplosjon	Feil på motor og generator. Kjemikalier antenner.	Katastofal	1	5	Stor
9.	Massedød fisk	Sykdom.	Moderat	2	4	Moderat
10.	Rømning (fisk)	Menneskelig feil. Feil på anlegg	Moderat	3	4	Moderat
11.	Skader på anlegg	Uvær. Dårlig vedlikehold.	Moderat/ Katastrofal	2	4	Moderat/ Stor
12.	Kontakt med kjemikalier	Uforsiktighet. Dårlig opplæring	Lav/ Moderat	2	3	Lav
13.	Sykdom (fisk)	Dårlige rutiner for å holde fisken frisk. Lekkasje.	Moderat/ Katastrofalt	1	4	Stor

c. Definerte beredskapssituasjoner

Nr.	Definerte beredskapssituasjoner.	Beskrivelse av hendelsen som skal håndteres.	Dekker uønskede hendelser
1.	Brann i kontor/foringsflåte samt skade på anlegg	Brann i kontor/foringsflåte	1, 11
2.	Eksplosjon i foringsflåte	Eksplosjon i foringsflåte	8
3.	Alvorlige personskader	Kuttskader som er av en alvorlig grad. Person faller i sjøen. Klemskader.	2,3,4,5
4.	Kontakt med kjemikalier	Inhalering av farlige kjemikalier. Kontakt med kjemikalier	6,12
5.	Fiskehelse samt rømning av fisk	Massedød av fisk Rømning fisk Sykdom fisk	9, 10,13
6.	Lekkasje på anlegget	Lekkasje av drivstoff og olje	6
7.	Innbrudd	Innbrudd ved kontor eller anlegg	7

d. Risikomatrise

Hver uke					
1 gang per måned					
1 gang per år/syklus				6, 10,	3
1 gang hver 1-5 år		5	4,12	2, 9, 11,	1
1 gang per 5. År eller sjeldnere		7		13	8
	Ubetydelig	Mindre alvorlig	Alvorlig	Svært alvorlig	Katastrofal

a. NRS Feøy oppbevaring av de ulike stoffene som brukes

Stoff	Mengde	Egenskaper	
Desinfektant	60 liter	Tilstandsform	Væske.
		Farge	Fargeløs.
		Lukt	Stikkende.
		pH (handelsvare)	Verdi: < 1
		pH (bruksløsning)	Verdi: ~ 4
		Kommentarer, pH (bruksløsning)	I 0,5 % løsning.
		Kokepunkt / kokepunktintervall	Verdi: ~ 105 °C Testmetode: beregnet verdi
		Flammepunkt	Verdi: 74-83 °C Testmetode: closed cup
		Blandbarhet	Løselig i vann i alle forhold
Maursyre		Tilstandsform: Væske, danner tåke i fuktig luft Lukt: Stikkende, skarp (maursyrelukt) Farge: Klar Løselig i vann: Blandbar Relativ tetthet: 1,2 g/cm^3 Kokepunkt/kokepunkts-intervall: 101 °C pH (bruksløsning): < 3,8 Damptrykk: 33,4 mmHg (20 °C) Damptetthet: 1,2 Luktgrense: ca. 20 ppm (AS)	

Diesel	3000 liter	Utseende: Fargeløs til gulaktig væske Lukt: Kan inneholde en reodorant Nedre kokepunkt og kokeområde:170 – 390 °C Flytepunkt: <= 6 °C Flammepunkt: > 55 °C Øvre/nedre brennbarhets- Eller eksplosjonsgrenser: 1 – 6 % (V) Tenn temperatur: > 220 °C Damptrykk:1 hPa ved 20 °C Tetthet: 0,82 – 0,89 g/cm^3 ved 15 °C Delingskoeffisient, n-oktanol/vann: 3 – 6 Kinematisk viskositet:1,5 – 6 mm^2/s ved 40 °C (Shell)
Kjøleveske	40 liter	Farge: Gul Fysisk tilstand: Væske Lukt: Svak eller mild pH: 8.2 - 8.6 Damptrykk: Ingen data tilgjengelig Damptetthet (luft = 1): Ingen data tilgjengelig Kokepunkt:165 °C (329 °F) (min.) Løselighet: Løselig i vann. Frysepunkt: Ingen data tilgjengelig Tetthet: 1.1 kg/l @ 20 °C (68 °F) Viskositet: Ingen data tilgjengelig
Motorolje	100 liter	Tilstandsform: Væske. Farge: Fargeløs. Lukt: Stikkende. pH (handelsvare): Verdi: < 1 pH (bruksløsning): Verdi: ~ 4 Kommentarer, pH (bruksløsning): I 0,5 % løsning. Kokepunkt / kokepunktintervall: Verdi: ~ 105 °C Testmetode: beregnet verdi Flammepunkt: Verdi: 74-83 °C Testmetode: closed cup Blandbarhet: Løselig i vann i alle forhold

10.3 Simulering i Argos

10.3.1 Data for simulering i maskinrommet

Calculation

Basic information

Client:	NRS Feøy
Scenario name:	Brann i fôringsflåte
Consultant:	Jarl-Martin Bjerke Tuverud
Reference no.:	
Company type:	Industry, food
Basic bldg. construction:	Reinforced concrete
Last revision:	17.03.2016 08:26:13
Revision No.:	38

Calculation options

Post flash-over model enabled:	X
Time limit [min]:	60
Plumemodel:	Heskestad

Fire brigade

Fire brigade active:	X
City area:	X
24 hour:	X
Distance/fire station [km]:	0,0
Calculated response time [min]:	2
Time before manual alarm [min]:	10

Fire start

Fire start room:	Maskinrom
Fire start, type:	Energy formula fire
Fire start, name:	Fast
Fire start, code:	-
Optical smoke potential [dB/m]:	100,0
Maximum Q(t) [MW]:	5,00
Parabolic growth [MW/min²]:	0,1692
Parabolic growth [kW/s²]:	0,0470
Linear growth [MW/min]:	0,0000
Constant fire [MW]:	0,0000
Initial fire [kW]:	0,00
Doubling time [min]:	0,00

Fire installations

	[—— In operation ——]						
Room name	AFV Heat	AFV Smoke	AFV Timer	Sprinkler	AFA Heat	AFA Smoke	Windload [m/s]
Maskinrom	–	–	–	–	–	–	0,00
Fôringsrom	–	–	–	–	–	–	0,00
Verksted	–	–	–	–	–	–	0,00

Events

Fire progression:
Energy formula fire > Fast
Plumemodel > Heskestad
00:01:08 : Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m
00:02:42 : Critical condition in room 'Maskinrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:03:08 : Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m
00:03:30 : Room 'Maskinrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
00:04:25 : Room 'Maskinrom': Entry by fire brigade is no longer possible
00:04:41 : Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m
00:05:00 : Room 'Maskinrom': Flash-over
00:05:08 : Room 'Maskinrom' is now filled with smoke
00:05:23 : Fire is declining
00:08:12 : Critical condition in room 'Fôringsrom': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:08:35 : Critical condition in room 'Fôringsrom': Oxygen level less than 15%
00:08:35 : Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke
01:00:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

RHR and smoke layer temperature in all rooms

Time	Rate of heat release [kW]	[---------- Smoke layer temp. [ºC] ----------] Maskinrom	Fôringsrom	Verksted
00:00:00	0	20	20	20
00:01:08	222	60	20	20
00:01:08		Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m		
00:02:42	1 238	209	51	20
00:02:42		Critical condition in room 'Maskinrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²		
00:03:08	1 669	254	63	20
00:03:08		Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m		
00:03:30	2 090	294	73	20
00:03:30		Room 'Maskinrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²		
00:04:25	3 313	396	95	36
00:04:25		Room 'Maskinrom': Entry by fire brigade is no longer possible		
00:04:41	3 729	427	101	40
00:04:41		Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m		
00:05:00	4 236	465	106	45
00:05:00		Room 'Maskinrom': Flash-over		
00:05:08	4 673	536	110	46
00:05:08		Room 'Maskinrom' is now filled with smoke		
00:05:23	5 227	601	119	49
00:05:23		Fire is declining		
00:07:23	4 265	600	137	59
00:08:12	3 990	595	137	60
00:08:12		Critical condition in room 'Fôringsrom': Optical density greater than 2,0 dB/m		
00:08:35	3 895	593	137	60
00:08:35		Critical condition in room 'Fôringsrom': Oxygen level less than 15%		
00:08:35	3 894	593	137	60
00:08:35		Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke		
00:10:35	3 662	594	139	61
00:12:35	3 500	597	141	63
00:14:35	3 380	601	143	64
00:16:35	3 288	605	145	66
00:18:34	3 218	609	148	67
00:20:34	3 164	614	150	68
00:22:33	3 122	618	152	69
00:24:32	3 088	623	154	71
00:26:32	3 061	627	156	72
00:28:32	3 042	632	158	73
00:30:32	3 025	637	159	74
00:32:32	3 013	642	161	75
00:34:32	3 006	647	163	76
00:36:31	2 998	652	165	77
00:38:31	2 992	657	167	78
00:40:31	2 984	661	168	79
00:42:31	2 981	666	170	80
00:44:31	2 978	670	172	81
00:46:30	2 976	675	173	82

00:48:30	2 972	679	175	82
00:50:30	2 975	683	176	83
00:52:30	2 970	687	178	84
00:54:30	2 968	691	179	85
00:56:30	2 966	695	181	86
00:58:30	2 966	699	182	87
01:00:00	2 968	702	183	87
01:00:00		MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!		

Simulation results for each room

Maskinrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [ºC]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,010
00:01:08	0,33	2,58	1,96	60	0,44	0,021
00:01:08	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:02:42	0,19	9,01	0,93	209	2,51	-0,433
00:02:42	Critical condition in room 'Maskinrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:03:08	0,18	10,46	0,81	254	3,68	-0,710
00:03:08	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:03:30	0,17	11,61	0,70	294	5,00	-1,071
00:03:30	Room 'Maskinrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:04:25	0,19	14,62	0,42	396	10,00	-2,334
00:04:25	Room 'Maskinrom': Entry by fire brigade is no longer possible					
00:04:41	0,21	15,67	0,34	427	12,12	-2,849
00:04:41	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:05:00	0,24	17,02	0,25	465	15,00	-3,508
00:05:00	Room 'Maskinrom': Flash-over					
00:05:08	0,00	20,50		536	21,84	-4,284
00:05:08	Room 'Maskinrom' is now filled with smoke					
00:05:23	0,00	27,95		601	29,82	-5,630
00:05:23	Fire is declining					
00:07:23	0,00	33,61		600	29,66	-6,736
00:08:12	0,00	33,78		595	29,01	-6,816
00:08:12	Critical condition in room 'Fôringsrom': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:08:35	0,00	33,84		593	28,76	-6,832
00:08:35	Critical condition in room 'Fôringsrom': Oxygen level less than 15%					
00:08:35	0,00	33,85		593	28,76	-6,834
00:08:35	Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke					
00:10:35	0,00	33,79		594	28,89	-6,807
00:12:35	0,00	33,69		597	29,25	-6,810
00:14:35	0,00	33,55		601	29,74	-6,819
00:16:35	0,00	33,40		605	30,30	-6,830
00:18:34	0,00	33,23		609	30,92	-6,842
00:20:34	0,00	33,06		614	31,54	-6,854
00:22:33	0,00	32,89		618	32,19	-6,865
00:24:32	0,00	32,69		623	32,85	-6,873
00:26:32	0,00	32,51		627	33,55	-6,884
00:28:32	0,00	32,32		632	34,31	-6,896
00:30:32	0,00	32,14		637	35,06	-6,906
00:32:32	0,00	31,96		642	35,84	-6,918
00:34:32	0,00	31,79		647	36,65	-6,933
00:36:31	0,00	31,63		652	37,43	-6,945
00:38:31	0,00	31,46		657	38,19	-6,955
00:40:31	0,00	31,30		661	38,91	-6,961
00:42:31	0,00	31,15		666	39,69	-6,972
00:44:31	0,00	31,00		670	40,45	-6,981
00:46:30	0,00	30,85		675	41,21	-6,991
00:48:30	0,00	30,71		679	41,94	-6,998
00:50:30	0,00	30,57		683	42,70	-7,004
00:52:30	0,00	30,44		687	43,44	-7,016
00:54:30	0,00	30,31		691	44,16	-7,023
00:56:30	0,00	30,18		695	44,86	-7,029
00:58:30	0,00	30,06		699	45,58	-7,038

Maskinrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [ºC]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
01:00:00	0,00	29,97		702	46,10	-7,034
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

Fôringsrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [ºC]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,005
00:01:08	0,00		3,60	20		0,022
00:01:08	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:02:42	0,29	3,51	2,37	51	0,47	0,886
00:02:42	Critical condition in room 'Maskinrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:03:08	0,29	4,95	1,96	63	0,57	1,185
00:03:08	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:03:30	0,28	6,28	1,65	73	0,67	1,347
00:03:30	Room 'Maskinrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:04:25	0,35	9,82	1,11	95	0,90	1,561
00:04:25	Room 'Maskinrom': Entry by fire brigade is no longer possible					
00:04:41	0,40	10,94	0,99	101	0,96	1,483
00:04:41	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:05:00	0,45	12,28	0,86	106	1,03	1,287
00:05:00	Room 'Maskinrom': Flash-over					
00:05:08	0,48	13,02	0,80	110	1,08	2,575
00:05:08	Room 'Maskinrom' is now filled with smoke					
00:05:23	0,53	14,89	0,69	119	1,18	1,203
00:05:23	Fire is declining					
00:07:23	0,00	32,10	0,12	137	1,45	-2,305
00:08:12	0,00	36,70	0,03	137	1,45	-2,745
00:08:12	Critical condition in room 'Fôringsrom': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:08:35	0,00	38,53		137	1,45	-2,854
00:08:35	Critical condition in room 'Fôringsrom': Oxygen level less than 15%					
00:08:35	0,00	38,54		137	1,45	-2,861
00:08:35	Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke					
00:10:35	0,00	46,11		139	1,47	-2,840
00:12:35	0,00	51,46		141	1,50	-2,870
00:14:35	0,00	55,40		143	1,53	-2,905
00:16:35	0,00	58,33		145	1,57	-2,940
00:18:34	0,00	60,50		148	1,60	-2,973
00:20:34	0,00	62,11		150	1,63	-3,006
00:22:33	0,00	63,29		152	1,66	-3,036
00:24:32	0,00	64,14		154	1,69	-3,062
00:26:32	0,00	64,74		156	1,72	-3,088
00:28:32	0,00	65,14		158	1,76	-3,116
00:30:32	0,00	65,40		159	1,79	-3,141
00:32:32	0,00	65,55		161	1,82	-3,167
00:34:32	0,00	65,61		163	1,85	-3,195
00:36:31	0,00	65,61		165	1,88	-3,221
00:38:31	0,00	65,56		167	1,91	-3,244
00:40:31	0,00	65,47		168	1,94	-3,264
00:42:31	0,00	65,35		170	1,97	-3,288
00:44:31	0,00	65,22		172	2,00	-3,310
00:46:30	0,00	65,06		173	2,03	-3,331
00:48:30	0,00	64,90		175	2,05	-3,350
00:50:30	0,00	64,73		176	2,08	-3,369
00:52:30	0,00	64,55		178	2,11	-3,391
00:54:30	0,00	64,37		179	2,14	-3,409
00:56:30	0,00	64,18		181	2,17	-3,427
00:58:30	0,00	64,00		182	2,20	-3,446
01:00:00	0,00	63,86		183	2,22	-3,457
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

Verksted

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [ºC]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,003
00:01:08	0,00		3,60	20		0,022
00:01:08	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:02:42	0,00		3,60	20		0,886
00:02:42	Critical condition in room 'Maskinrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:03:08	0,01		3,60	20		1,185
00:03:08	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:03:30	0,14		3,60	20		1,368
00:03:30	Room 'Maskinrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:04:25	0,82	3,82	2,48	36	0,31	1,987
00:04:25	Room 'Maskinrom': Entry by fire brigade is no longer possible					
00:04:41	0,82	4,90	1,95	40	0,37	2,095
00:04:41	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:05:00	0,82	6,26	1,47	45	0,44	2,093
00:05:00	Room 'Maskinrom': Flash-over					
00:05:08	0,82	6,91	1,27	46	0,47	3,472
00:05:08	Room 'Maskinrom' is now filled with smoke					
00:05:23	0,82	7,97	0,95	49	0,51	2,226
00:05:23	Fire is declining					
00:07:23	0,00	20,91	0,04	59	0,62	-0,617
00:08:12	0,00	26,98	0,01	60	0,63	-0,829
00:08:12	Critical condition in room 'Fôringsrom': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:08:35	0,00	29,65		60	0,63	-0,874
00:08:35	Critical condition in room 'Fôringsrom': Oxygen level less than 15%					
00:08:35	0,00	29,68		60	0,63	-0,878
00:08:35	Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke					
00:10:35	0,00	42,27		61	0,64	-0,874
00:12:35	0,00	52,17		63	0,65	-0,904
00:14:35	0,00	59,75		64	0,66	-0,936
00:16:35	0,00	65,49		66	0,67	-0,970
00:18:34	0,00	69,81		67	0,68	-0,999
00:20:34	0,00	73,06		68	0,69	-1,028
00:22:33	0,00	75,52		69	0,70	-1,056
00:24:32	0,00	77,36		71	0,71	-1,080
00:26:32	0,00	78,73		72	0,72	-1,103
00:28:32	0,00	79,74		73	0,73	-1,125
00:30:32	0,00	80,47		74	0,74	-1,146
00:32:32	0,00	80,99		75	0,75	-1,169
00:34:32	0,00	81,35		76	0,76	-1,193
00:36:31	0,00	81,59		77	0,77	-1,217
00:38:31	0,00	81,73		78	0,77	-1,238
00:40:31	0,00	81,80		79	0,78	-1,255
00:42:31	0,00	81,81		80	0,79	-1,275
00:44:31	0,00	81,78		81	0,80	-1,292
00:46:30	0,00	81,72		82	0,81	-1,311
00:48:30	0,00	81,63		82	0,82	-1,328
00:50:30	0,00	81,52		83	0,82	-1,343
00:52:30	0,00	81,39		84	0,83	-1,365
00:54:30	0,00	81,26		85	0,84	-1,380
00:56:30	0,00	81,11		86	0,85	-1,395
00:58:30	0,00	80,96		87	0,86	-1,412
01:00:00	0,00	80,85		87	0,86	-1,425
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

10.3.2 Data for simulering i silorommet

Calculation

Basic information

Client:	NRS Feøy
Scenario name:	Brann i fôringsflåte
Consultant:	Jarl-Martin Bjerke Tuverud
Reference no.:	
Company type:	Industry, food
Basic bldg. construction:	Reinforced concrete
Last revision:	17.03.2016 08:26:13
Revision No.:	38

Calculation options

Post flash-over model enabled:	X
Time limit [min]:	60
Plumemodel:	Heskestad

Fire brigade

Fire brigade active:	X
City area:	X
24 hour:	X
Distance/fire station [km]:	0,0
Calculated response time [min]:	2
Time before manual alarm [min]:	10

Fire start

Fire start room:	Fôringsrom
Fire start, type:	Energy formula fire
Fire start, name:	Medium
Fire start, code:	-
Optical smoke potential [dB/m]:	100,0
Maximum Q(t) [MW]:	4,00
Parabolic growth [MW/min²]:	0,0432
Parabolic growth [kW/s²]:	0,0120
Linear growth [MW/min]:	0,0000
Constant fire [MW]:	0,0000
Initial fire [kW]:	0,00
Doubling time [min]:	0,00

Fire installations

	[—— In operation ——]						
Room name	AFV Heat	AFV Smoke	AFV Timer	Sprinkler	AFA Heat	AFA Smoke	Windload [m/s]
Maskinrom	–	–	–	–	–	–	0,00
Fôringsrom	–	–	–	–	–	–	0,00
Verksted	–	–	–	–	–	–	0,00

Events

Fire progression:
Energy formula fire > Medium
Plumemodel > Heskestad
00:02:57 : Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m
00:04:27 : Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m
00:04:34 : Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m
00:07:04 : Critical condition in room 'Fôringsrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:08:55 : Room 'Fôringsrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
00:09:16 : Fire is declining
00:11:19 : Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke
01:00:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

RHR and smoke layer temperature in all rooms

Time	Rate of heat release [kW]	[---------- Smoke layer temp. [ºC] ----------] Maskinrom	Fôringsrom	Verksted
00:00:00	0	20	20	20
00:01:59	171	20	42	20
00:02:57	379	20	59	20
00:02:57		Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m		
00:04:27	857	44	99	38
00:04:27		Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m		
00:04:34	902	47	102	40
00:04:34		Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m		
00:06:33	1 858	88	176	63
00:07:04	2 160	98	198	70
00:07:04		Critical condition in room 'Fôringsrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²		
00:08:55	3 440	123	286	100
00:08:55		Room 'Fôringsrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²		
00:09:16	3 702	127	303	105
00:09:16		Fire is declining		
00:11:16	2 594	104	274	111
00:11:19	2 576	104	273	110
00:11:19		Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke		
00:13:18	2 076	95	247	104
00:15:16	1 793	90	231	99
00:17:15	1 621	87	221	96
00:19:13	1 513	85	214	94
00:21:09	1 444	84	210	93
00:23:05	1 399	83	208	93
00:25:02	1 369	83	206	93
00:27:01	1 350	83	206	93
00:28:56	1 337	83	206	93
00:30:53	1 330	84	207	94
00:32:53	1 325	84	207	95
00:34:51	1 323	85	208	95
00:36:40	1 322	85	209	96
00:38:28	1 321	86	210	97
00:40:23	1 322	86	212	98
00:42:23	1 323	87	213	98
00:44:21	1 324	87	214	99
00:46:02	1 326	88	216	100
00:47:44	1 327	88	217	101
00:49:25	1 328	89	218	101
00:51:06	1 330	89	219	102
00:52:47	1 331	89	220	103
00:54:28	1 333	90	221	103
00:56:11	1 334	90	223	104
00:57:54	1 336	91	224	105
00:59:36	1 338	91	225	105
01:00:00	1 338	91	225	106

Simulation results for each room

Maskinrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [°C]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,010
00:01:59	0,01		3,60	20		0,010
00:02:57	0,06		3,60	20		0,040
00:02:57	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:04:27	1,26	3,38	1,95	44	0,36	0,119
00:04:27	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:04:34	1,26	3,74	1,67	47	0,40	0,094
00:04:34	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:06:33	0,39	10,02	0,61	88	0,83	-0,493
00:07:04	0,18	11,78	0,51	98	0,94	-0,760
00:07:04	Critical condition in room 'Fôringsrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:08:55	0,00	19,08	0,31	123	1,25	-1,714
00:08:55	Room 'Fôringsrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:09:16	0,00	20,79	0,29	127	1,30	-1,875
00:09:16	Fire is declining					
00:11:16	0,00	25,53	0,18	104	1,03	-2,318
00:11:19	0,00	25,63	0,17	104	1,03	-2,317
00:11:19	Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke					
00:13:18	0,00	28,60	0,10	95	0,94	-2,268
00:15:16	0,00	30,42	0,06	90	0,89	-2,214
00:17:15	0,00	31,64	0,04	87	0,86	-2,169
00:19:13	0,00	32,47	0,02	85	0,84	-2,136
00:21:09	0,00	33,03	0,02	84	0,83	-2,115
00:23:05	0,00	33,39	0,01	83	0,82	-2,104
00:25:02	0,00	33,62	0,01	83	0,82	-2,100
00:27:01	0,00	33,74	0,01	83	0,82	-2,101
00:28:56	0,00	33,79	0,01	83	0,83	-2,106
00:30:53	0,00	33,79	0,01	84	0,83	-2,114
00:32:53	0,00	33,75	0,01	84	0,83	-2,124
00:34:51	0,00	33,69	0,01	85	0,84	-2,135
00:36:40	0,00	33,63	0,01	85	0,84	-2,147
00:38:28	0,00	33,55	0,01	86	0,84	-2,158
00:40:23	0,00	33,46	0,01	86	0,85	-2,171
00:42:23	0,00	33,36	0,01	87	0,85	-2,184
00:44:21	0,00	33,26	0,01	87	0,86	-2,198
00:46:02	0,00	33,17	0,01	88	0,86	-2,209
00:47:44	0,00	33,08	0,01	88	0,87	-2,221
00:49:25	0,00	33,00	0,01	89	0,87	-2,232
00:51:06	0,00	32,91	0,01	89	0,88	-2,243
00:52:47	0,00	32,83	0,01	89	0,88	-2,255
00:54:28	0,00	32,74	0,01	90	0,89	-2,266
00:56:11	0,00	32,66	0,01	90	0,89	-2,277
00:57:54	0,00	32,58	0,01	91	0,90	-2,288
00:59:36	0,00	32,50	0,01	91	0,90	-2,298
01:00:00	0,00	32,48	0,01	91	0,90	-2,303
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

Fôringsrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [°C]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,005
00:01:59	0,33	2,01	3,22	42	0,37	0,021
00:02:57	0,33	3,28	1,96	59	0,55	0,077
00:02:57	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:04:27	0,43	6,22	1,06	99	0,94	0,004
00:04:27	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:04:34	0,46	6,49	1,03	102	0,98	-0,037
00:04:34	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:06:33	0,63	12,07	0,43	176	2,07	-1,401
00:07:04	0,54	13,89	0,29	198	2,51	-2,104
00:07:04	Critical condition in room 'Fôringsrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:08:55	0,00	23,26	0,04	286	5,00	-4,419
00:08:55	Room 'Fôringsrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:09:16	0,00	25,53	0,02	303	5,62	-4,754
00:09:16	Fire is declining					
00:11:16	0,00	36,21		274	4,57	-5,654
00:11:19	0,00	36,39		273	4,54	-5,649
00:11:19	Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke					
00:13:18	0,00	41,71		247	3,74	-5,282
00:15:16	0,00	45,10		231	3,30	-5,035
00:17:15	0,00	47,33		221	3,04	-4,865
00:19:13	0,00	48,78		214	2,88	-4,751
00:21:09	0,00	49,72		210	2,78	-4,676
00:23:05	0,00	50,32		208	2,73	-4,630
00:25:02	0,00	50,67		206	2,70	-4,603
00:27:01	0,00	50,87		206	2,69	-4,591
00:28:56	0,00	50,95		206	2,69	-4,589
00:30:53	0,00	50,95		207	2,70	-4,593
00:32:53	0,00	50,90		207	2,72	-4,603
00:34:51	0,00	50,82		208	2,74	-4,616
00:36:40	0,00	50,71		209	2,77	-4,629
00:38:28	0,00	50,60		210	2,79	-4,644
00:40:23	0,00	50,47		212	2,82	-4,661
00:42:23	0,00	50,32		213	2,85	-4,679
00:44:21	0,00	50,18		214	2,88	-4,697
00:46:02	0,00	50,05		216	2,91	-4,713
00:47:44	0,00	49,92		217	2,94	-4,729
00:49:25	0,00	49,79		218	2,97	-4,745
00:51:06	0,00	49,66		219	2,99	-4,761
00:52:47	0,00	49,53		220	3,02	-4,777
00:54:28	0,00	49,41		221	3,05	-4,792
00:56:11	0,00	49,28		223	3,08	-4,808
00:57:54	0,00	49,15		224	3,11	-4,823
00:59:36	0,00	49,02		225	3,14	-4,839
01:00:00	0,00	49,00		225	3,15	-4,845
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

Verksted

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [°C]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,003
00:01:59	0,00		3,60	20		0,021
00:02:57	0,00		3,60	20		0,077
00:02:57	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:04:27	0,60	2,72	2,15	38	0,35	0,507
00:04:27	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:04:34	0,60	2,99	1,95	40	0,37	0,523
00:04:34	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:06:33	0,00	8,10	0,17	63	0,65	-0,135
00:07:04	0,00	9,82	0,07	70	0,71	-0,418
00:07:04	Critical condition in room 'Fôringsrom': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:08:55	0,00	19,15		100	0,99	-1,521
00:08:55	Room 'Fôringsrom': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:09:16	0,00	21,63		105	1,05	-1,747
00:09:16	Fire is declining					
00:11:16	0,00	37,68		111	1,11	-3,024
00:11:19	0,00	38,04		110	1,11	-3,018
00:11:19	Room 'Fôringsrom' is now filled with smoke					
00:13:18	0,00	49,15		104	1,03	-2,781
00:15:16	0,00	55,92		99	0,98	-2,621
00:17:15	0,00	60,07		96	0,95	-2,513
00:19:13	0,00	62,63		94	0,93	-2,443
00:21:09	0,00	64,23		93	0,92	-2,400
00:23:05	0,00	65,22		93	0,92	-2,375
00:25:02	0,00	65,82		93	0,92	-2,364
00:27:01	0,00	66,18		93	0,92	-2,363
00:28:56	0,00	66,35		93	0,92	-2,368
00:30:53	0,00	66,42		94	0,93	-2,378
00:32:53	0,00	66,40		95	0,93	-2,392
00:34:51	0,00	66,34		95	0,94	-2,408
00:36:40	0,00	66,25		96	0,95	-2,424
00:38:28	0,00	66,14		97	0,96	-2,441
00:40:23	0,00	66,01		98	0,96	-2,459
00:42:23	0,00	65,86		98	0,97	-2,478
00:44:21	0,00	65,71		99	0,98	-2,498
00:46:02	0,00	65,58		100	0,99	-2,514
00:47:44	0,00	65,44		101	1,00	-2,531
00:49:25	0,00	65,31		101	1,00	-2,548
00:51:06	0,00	65,17		102	1,01	-2,564
00:52:47	0,00	65,04		103	1,02	-2,580
00:54:28	0,00	64,91		103	1,03	-2,596
00:56:11	0,00	64,77		104	1,03	-2,613
00:57:54	0,00	64,64		105	1,04	-2,629
00:59:36	0,00	64,51		105	1,05	-2,644
01:00:00	0,00	64,48		106	1,05	-2,651
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

10.3.3 Data for simulering i verkstedet

Calculation

Basic information

Client:	NRS Feøy
Scenario name:	Brann i fôringsflåte
Consultant:	Jarl-Martin Bjerke Tuverud
Reference no.:	
Company type:	Industry, food
Basic bldg. construction:	Reinforced concrete
Last revision:	17.03.2016 08:26:13
Revision No.:	38

Calculation options

Post flash-over model enabled:	X
Time limit [min]:	60
Plumemodel:	Heskestad

Fire brigade

Fire brigade active:	X
City area:	X
24 hour:	X
Distance/fire station [km]:	0,0
Calculated response time [min]:	2
Time before manual alarm [min]:	10

Fire start

Fire start room:	Verksted
Fire start, type:	Energy formula fire
Fire start, name:	Medium
Fire start, code:	-
Optical smoke potential [dB/m]:	100,0
Maximum Q(t) [MW]:	4,00
Parabolic growth [MW/min²]:	0,0432
Parabolic growth [kW/s²]:	0,0120
Linear growth [MW/min]:	0,0000
Constant fire [MW]:	0,0000
Initial fire [kW]:	0,00
Doubling time [min]:	0,00

Fire installations

	[—— In operation ——]						
Room name	AFV Heat	AFV Smoke	AFV Timer	Sprinkler	AFA Heat	AFA Smoke	Windload [m/s]
Maskinrom	–	–	–	–	–	–	0,00
Fôringsrom	–	–	–	–	–	–	0,00
Verksted	–	–	–	–	–	–	0,00

Events

Fire progression:
Energy formula fire > Medium
Plumemodel > Heskestad
00:01:53 : Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m
00:04:16 : Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m
00:05:10 : Critical condition in room 'Verksted': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
00:05:32 : Critical condition in room 'Maskinrom': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:06:20 : Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m
00:06:36 : Room 'Verksted': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
00:07:27 : Fire is declining
00:07:52 : Critical condition in room 'Verksted': Optical density greater than 2,0 dB/m
00:08:47 : Room 'Verksted' is now filled with smoke
01:00:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

RHR and smoke layer temperature in all rooms

Time	Rate of heat release [kW]	[---------- Smoke layer temp. [ºC] ----------] Maskinrom	Fôringsrom	Verksted
00:00:00	0	20	20	20
00:01:53	155	20	20	49
00:01:53		Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m		
00:03:53	653	20	41	129
00:04:16	787	20	47	149
00:04:16		Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m		
00:05:10	1 158	20	61	199
00:05:10		Critical condition in room 'Verksted': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²		
00:05:32	1 323	20	66	220
00:05:32		Critical condition in room 'Maskinrom': Optical density greater than 2,0 dB/m		
00:06:20	1 738	38	77	270
00:06:20		Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m		
00:06:36	1 884	43	80	287
00:06:36		Room 'Verksted': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²		
00:07:27	2 391	50	91	342
00:07:27		Fire is declining		
00:07:52	2 306	50	93	348
00:07:52		Critical condition in room 'Verksted': Optical density greater than 2,0 dB/m		
00:08:47	2 186	48	94	347
00:08:47		Room 'Verksted' is now filled with smoke		
00:10:47	1 746	44	90	323
00:12:46	1 432	42	85	298
00:14:45	1 224	40	82	279
00:16:43	1 080	39	79	264
00:18:43	983	39	77	253
00:20:41	917	38	76	245
00:22:37	870	38	75	240
00:24:33	835	38	74	236
00:26:33	809	38	74	233
00:28:31	789	38	74	230
00:30:25	775	38	73	229
00:32:20	764	38	74	228
00:34:13	756	38	74	228
00:36:04	750	38	74	228
00:37:57	745	39	74	228
00:39:55	742	39	74	228
00:41:44	740	39	75	228
00:43:36	738	39	75	229
00:45:28	738	39	75	230
00:47:05	737	39	76	231
00:49:02	738	40	76	232
00:50:57	738	40	77	233
00:52:57	739	40	77	234
00:54:37	740	40	77	235
00:56:19	741	40	78	236

00:58:00	742	41	78	237
01:00:00	743	41	79	238
01:00:00		MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!		

Simulation results for each room

Maskinrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [ºC]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,010
00:01:53	0,00		3,60	20		0,009
00:01:53	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:03:53	0,11		3,60	20		0,058
00:04:16	0,16		3,60	20		0,067
00:04:16	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:05:10	1,10		3,60	20		0,066
00:05:10	Critical condition in room 'Verksted': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:05:32	2,02		3,60	20		0,062
00:05:32	Critical condition in room 'Maskinrom': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:06:20	3,70	6,66	1,95	38	0,34	0,082
00:06:20	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:06:36	3,70	7,82	1,35	43	0,42	0,013
00:06:36	Room 'Verksted': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:07:27	2,44	11,31	0,71	50	0,53	-0,257
00:07:27	Fire is declining					
00:07:52	1,50	12,59	0,58	50	0,54	-0,481
00:07:52	Critical condition in room 'Verksted': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:08:47	0,39	15,07	0,39	48	0,54	-0,672
00:08:47	Room 'Verksted' is now filled with smoke					
00:10:47	0,00	19,54	0,17	44	0,52	-0,817
00:12:46	0,00	23,24	0,07	42	0,50	-0,814
00:14:45	0,00	26,18	0,03	40	0,49	-0,791
00:16:43	0,00	28,49	0,01	39	0,49	-0,766
00:18:43	0,00	30,32		39	0,48	-0,745
00:20:41	0,00	31,74		38	0,48	-0,731
00:22:37	0,00	32,83		38	0,48	-0,722
00:24:33	0,00	33,66		38	0,48	-0,716
00:26:33	0,00	34,30		38	0,48	-0,713
00:28:31	0,00	34,77		38	0,48	-0,713
00:30:25	0,00	35,11		38	0,48	-0,714
00:32:20	0,00	35,35		38	0,48	-0,716
00:34:13	0,00	35,52		38	0,48	-0,719
00:36:04	0,00	35,62		38	0,48	-0,723
00:37:57	0,00	35,69		39	0,48	-0,727
00:39:55	0,00	35,72		39	0,48	-0,733
00:41:44	0,00	35,72		39	0,48	-0,738
00:43:36	0,00	35,70		39	0,49	-0,744
00:45:28	0,00	35,66		39	0,49	-0,750
00:47:05	0,00	35,62		39	0,49	-0,756
00:49:02	0,00	35,55		40	0,49	-0,763
00:50:57	0,00	35,48		40	0,49	-0,769
00:52:57	0,00	35,40		40	0,49	-0,777
00:54:37	0,00	35,32		40	0,49	-0,783
00:56:19	0,00	35,24		40	0,49	-0,789
00:58:00	0,00	35,17		41	0,49	-0,795
01:00:00	0,00	35,07		41	0,50	-0,803
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

Fôringsrom

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [ºC]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,005
00:01:53	0,00		3,60	20		0,018
00:01:53	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:03:53	0,59	3,13	2,45	41	0,41	0,116
00:04:16	0,59	4,01	1,96	47	0,47	0,130
00:04:16	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:05:10	0,59	6,62	1,21	61	0,60	0,061
00:05:10	Critical condition in room 'Verksted': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:05:32	0,62	7,81	1,03	66	0,65	-0,015
00:05:32	Critical condition in room 'Maskinrom': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:06:20	1,12	10,79	0,73	77	0,76	-0,348
00:06:20	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:06:36	1,36	11,85	0,65	80	0,79	-0,503
00:06:36	Room 'Verksted': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:07:27	1,91	15,93	0,45	91	0,89	-1,005
00:07:27	Fire is declining					
00:07:52	1,91	18,14	0,37	93	0,91	-1,441
00:07:52	Critical condition in room 'Verksted': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:08:47	1,45	23,28	0,25	94	0,93	-1,818
00:08:47	Room 'Verksted' is now filled with smoke					
00:10:47	0,00	33,11	0,12	90	0,89	-2,141
00:12:46	0,00	40,09	0,06	85	0,84	-2,138
00:14:45	0,00	45,00	0,03	82	0,81	-2,092
00:16:43	0,00	48,53	0,01	79	0,78	-2,038
00:18:43	0,00	51,16	0,01	77	0,77	-1,986
00:20:41	0,00	53,10		76	0,75	-1,947
00:22:37	0,00	54,55		75	0,75	-1,919
00:24:33	0,00	55,65		74	0,74	-1,899
00:26:33	0,00	56,49		74	0,74	-1,886
00:28:31	0,00	57,10		74	0,74	-1,878
00:30:25	0,00	57,54		73	0,74	-1,875
00:32:20	0,00	57,85		74	0,74	-1,875
00:34:13	0,00	58,06		74	0,74	-1,877
00:36:04	0,00	58,20		74	0,74	-1,882
00:37:57	0,00	58,28		74	0,74	-1,888
00:39:55	0,00	58,32		74	0,74	-1,897
00:41:44	0,00	58,31		75	0,75	-1,906
00:43:36	0,00	58,28		75	0,75	-1,915
00:45:28	0,00	58,22		75	0,75	-1,926
00:47:05	0,00	58,16		76	0,76	-1,935
00:49:02	0,00	58,07		76	0,76	-1,947
00:50:57	0,00	57,97		77	0,76	-1,959
00:52:57	0,00	57,85		77	0,77	-1,972
00:54:37	0,00	57,75		77	0,77	-1,983
00:56:19	0,00	57,63		78	0,77	-1,995
00:58:00	0,00	57,52		78	0,78	-2,006
01:00:00	0,00	57,39		79	0,78	-2,020
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					

Verksted

Time	Smoke room [dB/m]	Smoke layer [dB/m]	Floor layer [m]	Layer temp. [°C]	Heat radiation [kW/m²]	Floor pressure [N/m²]
00:00:00	0,00		3,60	20		-0,003
00:01:53	0,29	2,21	1,95	49	0,42	0,025
00:01:53	Critical condition in room 'Verksted': Smoke free height less than 1,96 m					
00:03:53	0,46	7,77	0,69	129	1,29	-0,920
00:04:16	0,52	9,06	0,60	149	1,57	-1,255
00:04:16	Critical condition in room 'Fôringsrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:05:10	0,58	12,24	0,40	199	2,50	-2,181
00:05:10	Critical condition in room 'Verksted': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²					
00:05:32	0,59	13,58	0,33	220	2,99	-2,612
00:05:32	Critical condition in room 'Maskinrom': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:06:20	0,00	17,09	0,18	270	4,42	-3,715
00:06:20	Critical condition in room 'Maskinrom': Smoke free height less than 1,96 m					
00:06:36	0,00	18,45	0,14	287	5,00	-4,089
00:06:36	Room 'Verksted': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²					
00:07:27	0,00	23,96	0,04	342	7,32	-5,146
00:07:27	Fire is declining					
00:07:52	0,00	26,88	0,02	348	7,58	-5,733
00:07:52	Critical condition in room 'Verksted': Optical density greater than 2,0 dB/m					
00:08:47	0,00	31,81		347	7,56	-6,013
00:08:47	Room 'Verksted' is now filled with smoke					
00:10:47	0,00	38,42		323	6,46	-5,989
00:12:46	0,00	42,14		298	5,43	-5,752
00:14:45	0,00	45,00		279	4,73	-5,548
00:16:43	0,00	47,23		264	4,24	-5,376
00:18:43	0,00	48,89		253	3,91	-5,239
00:20:41	0,00	50,08		245	3,68	-5,138
00:22:37	0,00	50,96		240	3,53	-5,064
00:24:33	0,00	51,61		236	3,42	-5,008
00:26:33	0,00	52,11		233	3,34	-4,966
00:28:31	0,00	52,47		230	3,28	-4,936
00:30:25	0,00	52,72		229	3,25	-4,916
00:32:20	0,00	52,90		228	3,22	-4,903
00:34:13	0,00	53,00		228	3,21	-4,896
00:36:04	0,00	53,06		228	3,21	-4,894
00:37:57	0,00	53,08		228	3,21	-4,895
00:39:55	0,00	53,07		228	3,22	-4,899
00:41:44	0,00	53,03		228	3,23	-4,905
00:43:36	0,00	52,98		229	3,25	-4,913
00:45:28	0,00	52,90		230	3,27	-4,923
00:47:05	0,00	52,83		231	3,29	-4,932
00:49:02	0,00	52,73		232	3,31	-4,945
00:50:57	0,00	52,62		233	3,34	-4,958
00:52:57	0,00	52,50		234	3,37	-4,972
00:54:37	0,00	52,40		235	3,39	-4,984
00:56:19	0,00	52,29		236	3,42	-4,997
00:58:00	0,00	52,18		237	3,45	-5,010
01:00:00	0,00	52,04		238	3,48	-5,026
01:00:00	MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!					