



**HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND**

## **Utskiftning av CO<sub>2</sub>-anlegg med vanntåkeanlegg på halvt nedsenkbar boligrigg**



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. Haugesund – ingeniørfag

---

*Studieretning: Brann, KHMS, Sikkerhetsingeniør*

Av: Kenneth Drage Berntsen  
Siri Kolstad Lie  
Harald Willumsen

Kandidatnr. 13  
Kandidatnr. 6  
Kandidatnr. 20

---

*Haugesund*

*Vår 2013*

# HOVEDPROSJEKT

**Studenten(e)s navn:** Kenneth Drage Berntsen  
Siri Kolstad Lie  
Harald Willumsen

---

**Linje & studieretning:** Brann, KHMS, Sikkerhetsingeniør

**Oppgavens tittel:** *Utskifting av CO<sub>2</sub> anlegg med vanntåkeanlegg på halvt nedsenkbar boligrigg*

## Oppgavetekst:

I forbindelse med 5 års klassing av COSLRival vurderes det utskifning av CO<sub>2</sub> mot vanntåke.

CO<sub>2</sub> har vært et vanlig middel i forbindelse med aktive slokkeanlegg opp igjennom årene. Dette fordi den har en evne til å kvele oksygentilførselen til brannkilden raskt og effektivt. Men i høye konsentrasjoner er CO<sub>2</sub> skadelig for mennesker. De senere årene har det oppstått mange situasjoner med CO<sub>2</sub> anlegg som har medført fare for liv og helse.

Vanntåke er et ganske nytt system som har den fordel at det ikke er skadelig for mennesker og skal sikre materiale verdier ettersom det avgir lite vann.

Denne oppgaven tar for seg fordeler og ulemper med CO<sub>2</sub> og vanntåke anlegg.

**Endelig oppgave glitt:** Onsdag 6.mars 2013

**Innleveringsfrist:** Fredag 10.mai 2013 kl. 12.00

**Intern veileder** Jon Arve Brækken

**Ekstern veileder** Nils Norheim COSL Drilling Europe AS

**Godkjent av  
studieansvarlig:  
Dato:**

*Brit Føllop  
24/4 - 13*



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

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

Oppgavens tittel Utskiftning av CO <sub>2</sub> -anlegg med vanntåkeanlegg på halvt nedsenkbar boligrigg		Rapportnummer
Utført av Kenneth Drage Berntsen, Siri Kolstad Lie og Harald Willumsen		
Linje Sikkerhet		Studieretning Brann- og KHMS ingeniør
Gradering Åpen	Innlevert dato	Veiledere Jon Arve Brekken Nils Norheim

#### Ekstrakt

COSL Drilling Europe AS vurderer utskiftning av CO<sub>2</sub> slokkeanlegg med vanntåke i forbindelse med 5 års klassing av plattformen COSLRival. Det har vært flere ulykker knyttet til CO<sub>2</sub> slokkeanlegg og rapporten kan være en del av beslutningsgrunnlaget for COSL. Rapporten beskriver fordeler og ulemper av slokkeegenskaper, HMS, regelverk og gir en teknisk beskrivelse av anleggene. Innenfor dette er det en rekke faktorer som blir diskutert.

Det er konkludert med at det anbefales å skifte ut CO<sub>2</sub> slokkeanlegget med vanntåke, siden fordelene som personsikkerhet, utløsning ved deteksjon uten risiko, kjølede effekt og muligheten til videre slokking ansees som bedre og viktige faktorer.

## Forord

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med hovedprosjektet ved ingeniørstudiet på Høgskolen Stord/Haugesund. Det er skrevet på tvers av studieretningene, Brann- og KHMS ingeniør og utgjør 15 studiepoeng. Prosjektet har gitt oss gode teoretiske kunnskaper og erfaring med å jobbe i team.

Hovedprosjektet er utført for COSL Drilling Europe AS, som ønsker å kartlegge vanntåke som et alternativ for CO<sub>2</sub> slokkeanlegget ombord på riggen COSLRival.

Vi vil benytte anledningen til å takke vår interne veileder Jon Arve Brekken for faglig bistand og veiledning. Vi vil også takke ekstern veileder, Nils Norheim for god oppfølging, veiledning og hyggelige møter. Ellers ønsker vi å takke SEMCO Maritime og Alf Lea & Co. Brannvern som tok seg tid til å svare på faglige spørsmål.

Haugesund, 08.05.2013

---

Kenneth Drage Berntsen

---

Siri Kolstad Lie

---

Harald Willumsen

## Innholdsfortegnelse

Forord .....	i
Innholdsfortegnelse .....	ii
Figuroversikt .....	iii
Tabelloversikt .....	iii
Sammendrag .....	iv
Terminologi .....	v
<b>1. Innledning .....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Tema .....	1
1.3 Formål .....	2
1.4 Problemstilling .....	2
1.5 Avgrensning.....	3
1.6 COSL Drilling Europe AS.....	3
1.7 COSLRival .....	4
<b>2. Metode .....</b>	<b>5</b>
2.1 Metodevalg .....	5
2.2 Validitets- og relabilitetsproblemer.....	6
2.3 Rammer for arbeidet .....	6
<b>3. Teori.....</b>	<b>7</b>
3.1 Grunnleggende brannteori.....	7
3.1.1 Fasene i en brann .....	8
3.2 CO <sub>2</sub> anlegg .....	11
3.2.1 Karbondioksid .....	11
3.2.2 Oppbevaring av CO <sub>2</sub> .....	11
3.2.3 Hvordan fungerer CO <sub>2</sub> slokkeanlegg .....	12
3.2.4 CO <sub>2</sub> anlegg sitt virkeområde .....	13
3.3 Vanntåke anlegg.....	14
3.3.1 Vannets egenskaper som slokkemiddel .....	14
3.3.2 Vanntåke som slokkemiddel .....	14
3.3.3 Dråpestørrelser .....	17
3.3.4 Vanntåkeanlegg sitt virkeområde .....	18
<b>4. Regelverk .....</b>	<b>20</b>
<b>5. HMS .....</b>	<b>23</b>
5.1 Helse og miljø risiko ved bruk av vanntåke .....	23
5.2 Helse og miljø risiko ved bruk av CO <sub>2</sub> .....	23
<b>6. Teknisk beskrivelse.....</b>	<b>26</b>
<b>7. Diskusjon.....</b>	<b>31</b>
<b>8. Konklusjon .....</b>	<b>36</b>
<b>9. Referanser .....</b>	<b>I</b>
Vedlegg 1 .....	IV
Vedlegg 2 .....	V

Vedlegg 3 .....	VI
Vedlegg 4 .....	VII

## Figuroversikt

Figur 1 Branntrekanten, (Hagen, 2004). .....	7
Figur 2 Brannfirkanten, (Hagen, 2004). .....	8
Figur 3 Fasene i en brann, (Hagen, 2004). .....	9
Figur 4 Vekstfasen, (Hagen, 2004). .....	10
Figur 5 Metningstrykket av vann i luft ved atmosfærisk trykk, (Ragnar Wighus P., u.å.). ..	16
Figur 6 Forskjell på små og store dråper ved slokkeeffekt, (Wighus R., 1993b). .....	17
Figur 7 Sem-Safe Water Mist pumpeenhet.....	29
Figur 8 Sem-Safe rør sammenlignet med rør med kobling .....	31

## Tabelloversikt

Tabell 1 Maskinrom klasser, (Wighus R., 2000) .....	20
Tabell 2 Regelverk for fastmontert brannsløkkeanlegg, vanntåke. ....	21
Tabell 3 Regelverk for fastmontert brannsløkkingsanlegg, CO <sub>2</sub> .....	22
Tabell 4 Toksikologiske symptomer.....	24
Tabell 5 Slokkeegenskaper ved Vanntåke og CO <sub>2</sub> anlegg .....	31
Tabell 6 HMS, fordeler og ulemper for Vanntåke og CO <sub>2</sub> .....	32
Tabell 7 Teknisk beskrivelse, fordeler og ulemper ved vanntåke og CO <sub>2</sub> anlegg.....	33

## Sammendrag

Sikkerhet og robusthet i sikkerhetssystemer er en av de viktigste prioriteringene for offshore installasjoner. I forbindelse med 5 års klassing av plattformen COSLRival vurderes det utskifting av CO<sub>2</sub> slokkeanlegget med vanntåkeanlegg. Det har vært flere ulykker knyttet til CO<sub>2</sub> slokkeanlegg. Rapporten skal være en del av et beslutningsgrunnlag som COSL trenger for å ta en avgjørelse hvorvidt en utskifting av eksisterende anlegg med et vanntåkeanlegg gir et forbedret sikkerhetsnivå på riggen.

Rapporten tar for seg fordeler og ulemper med slokkeanleggene med fokus på slokkeegenskaper, HMS, regelverk og teknisk beskrivelse. Innenfor dette er det en rekke faktorer som er diskutert.

Det er konkludert med at det anbefales å skifte ut CO<sub>2</sub>-anlegget med vanntåke. Dette fordi fordelene som vanntåke representerer ansees som bedre med tanke på personsikkerhet, utløsning ved deteksjon uten risiko, kjøleende effekt og muligheten til videre slokking med sjøvann.

## Terminologi

**Brannplume:** Når en masse av varme gasser er omgitt av kaldere gasser, vil varmere og mindre tett masse stige oppover på grunn av forskjell i tettheten, dette kalles også oppdrift.

**CO<sub>2</sub>:** Karbondioksid er en fargeløs og luktfri gass. Bygd opp av et karbonatom (C) og to oksygenatom (O).

**EPA:** United States Environmental Protection Agency (EPA), er et byrå i USAs føderale regjering som ble opprettet med formål å verne menneskers helse og miljø.

**Faste slokkeanlegg:** Fastmonterte anlegg som skal ved beste evne slukke en eventuell brann. Det finnes mange forskjellige typer anlegg med ulike egenskaper.

**Halon:** Er en sterkt brannhemmende og lite giftig gass. Fordi gassen virker nedbrytende på ozonlaget, er det ikke lenger lovlig å bruke dette som slökkemiddel i Norge.

**IMO:** Den internasjonale skipsfartsorganisasjonen (IMO), er FNs sjø sikkerhetsorganisasjon, den skal ivareta sikkerheten til sjøs og hindre forurensning av det marine miljøet.

**Inertgasser:** Gasser som bruker oksygenfortrengning og krever stor volumkonsentrasjon for tilstrekkelig sløkkeeffekt.

**ISM koden:** (International Safety Management Code) er et regelverk vedtatt gjennom IMO som legger regler for sikker drift av skip.

**Mimic panel:** er et panel som viser status på et system. Mulighet for stenge/åpne ventiler eller starte/stoppe pumpe.

**Re-kondensere:** Vanndamp som blir til væskeform igjen.

**RO:** (Reverse Osmosis) er en metode for å rense vann.

**SOLAS:** (Safety Of Life At Sea) er en konvensjon underlagt IMO. Omhandler sikkerhet til personell og skip på sjøen.

**Toksikologiske symptomene:** Den negative effekten kjemikalier har på levende organismer.



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bakgrunn for valg av oppgave er basert på ønsket om å skrive på tvers av studieretningene Brann- og KHMS ingeniør, innenfor temaet teknisk sikkerhet. COSL Drilling Europe AS ble kontaktet med hensyn til temaet og bisto med en oppgave innenfor dette. COSL Drilling Europe AS ønsker å se på vanntåke som et alternativ for CO<sub>2</sub> slokkeanlegg, og rapporten skal ta for seg fordeler og ulemper ved slokkeanleggene.

## 1.2 Tema

Opp gjennom årene har det vært flere ulykker knyttet til bruk av CO<sub>2</sub> slokkeanlegg og i det siste har diskusjonen om bruk av CO<sub>2</sub> økt betraktelig, (Sagen, 2012). CO<sub>2</sub> er et populært slokkemiddel i rom der man vil verne om innholdet, som for eksempel maskinrom, tekniske rom eller arkiv. Men en høy konsentrasjon av CO<sub>2</sub> i et rom vil være skadelig for mennesker, (Gjessing, 2011).

September 2011 oppsto det en brann i maskinrommet på MS Nordlys hurtigruta ved Ålesund. Ved evakueringen av maskinrommet, var to ansatte savnet og kapteinen valgte derfor å ikke utløse CO<sub>2</sub>-anlegget, (VG, 2011). Dette medførte at brannen ikke ble slokket og alle måtte evakueres i redningsbåter og passerende skip. MS Nordlys ble tauet inn til Ålesund og brannen ble slokket to dager senere. Begge de to savnede ble funnet omkommet, (Sagen, 2012).

I følge ulykkes arkiv for amerikanske industrianlegg er det 217 tilfeller hvor mennesker har blitt kvelt på grunn av bruk av CO<sub>2</sub> som middel for brannslukking fra 1975 til 2011. Dette har resultert i 72 dødsfall og 145 skadde, (Sagen, 2012).

### **Historie**

Tradisjonelt har sprinklerteknologien vært det mest brukte stasjonære slokkesystemet. I industrier og virksomheter som ikke tåler å bli utsatt for store mengder vann, har gassbaserte slokkeanlegg tatt over. Karbondioksid, CO<sub>2</sub>, blir tatt mye i bruk på skip og i rom med elektriske installasjoner. CO<sub>2</sub> brukes som full dekning i maskinrom, men problemer har oppstått underveis. Ved bruk av CO<sub>2</sub> tilføres store mengder gass slik at oksygenet blir fortynnet. Denne konsentrasjon er skadelig for mennesker å oppholde seg i, (Wighus R., 1993b).

Halon ble så introdusert som redningen. Små mengder gass kunne tilføres, den kunne slokke store og små branner, og mennesker kunne oppholde seg i rommet etter utløsningen. Men så ble det oppdaget hvilken virkning Halon har på ozonlaget og det er nå forbudt å bruke som slokkemiddel. Dette har ført til stor aktivitet for å utvikle erstatninger for Halon, og vanntåketeknologi er blitt lansert som en av løsningene for både Halon og CO<sub>2</sub>, (Wighus R., 1993b). Vanntåke fikk på 1990-tallet stor oppmerksomhet fra det maritime og brukes i dag på skip og offshore installasjoner.

## **1.3 Formål**

Formålet med denne oppgaven er å gjøre en vurdering på om COSLRival bør bytte ut sitt CO<sub>2</sub>-anlegg mot vanntåke når plattformen skal inn til 5 års klassing. Vurderingen gjøres ved å sammenligne fordelene og ulempene med CO<sub>2</sub> og vanntåke.

## **1.4 Problemstilling**

Problemet man står ovenfor i dag er at CO<sub>2</sub> i høye konsentrasjoner utgjør en fare for menneskers liv og helse. Det har oppstått flere situasjoner med CO<sub>2</sub> som slokkeanlegg og det skal avgjøres om anlegget bør skiftes ut med vanntåkeanlegg.

## 1.5 Avgrensning

Oppgaven er avgrenset ved at man kun ser på vanntåke som erstatning for CO<sub>2</sub> slokkeanlegget. Det er kontaktet en leverandør (SEMCO Maritime) for vanntåke og en leverandør (Alf Lea & Co. Brannvern) for CO<sub>2</sub>. Det er kun tatt hensyn deres produkter, informasjon og synspunkter i den tekniske delen, kapittel 6. Det blir ikke tatt hensyn til arbeidsomfanget og kostnader ved utskiftning av slokkeanlegget. Det kan være mulig å bruke deler av eksisterende røropplegg, men det er ikke inkludert i denne oppgaven.

## 1.6 COSL Drilling Europe AS

COSL Drilling Europe AS har sitt hovedkontor i Stavanger Norge, og er datterselskap til China Oilfield Services Limited (COSL) fra Beijing i Kina. COSL Drilling Europe AS eier og driver 3 boreenheter og 2 boligenheter. Alle enhetene er i drift i Nordsjøen, og går under navnene:

- COSLRigmar
- COSLRival
- COSLPioneer
- COSLInnovator
- COSLPromoter

De to boenhetene COSLRigmar og COSLRival opererer begge på langsiktige kontrakter for ConocoPhillips i Norge og Storbritannia, (COSL Drilling Europe AS, 2007).

De resterende boreenhetene er levert fra Yantai CIMC Raffles Offshore verftet. Alle boreenhetene har kontrakter med Statoil og operer på oljefeltet Troll. I tillegg til disse enhetene er det i gang en bygging av en ny boreenhet, COSLProspector. Visjonen til COSL Drilling Europe er å være den foretrukne leverandør innenfor bore- og overnattingstjenester, (COSL Drilling Europe AS, 2007).

## 1.7 COSLRival

COSLRival drives av COSL Drilling Europe AS og er en halvt nedsenkbar boligrigg. Den ble opprinnelig bygget som en borerigg av Mitsu Engineering and Shipping i Japan 1976, og fikk navnet Borgila Dolphin, (COSL Drilling Europe AS, 2004). Etter hvert ble riggen ombygd til en tenderrigg, før den i 2003 ble kjøpt opp av Awilco Offshore, og ombygd til boligrigg med navnet Port Reval. Da China Oilfield Services Limited kjøpte opp Awilco Offshore i 2008, ble riggen omdøpt til COSLRival, (COSL Drilling Europe, u.å.)

COSLRival har 262 enkeltrom og 98 dobbeltrom ombord. Den har kapasitet for 360 personer (Storbritannia) eller 310 personer (Norge). Personer ombord kan benytte en rekke rekreasjonsrom som blant annet trimrom, sauna, kino, kontorer, hospital og etc., (COSL Drilling Europe AS, 2004).

Hoveddimensjonene for COSLRival er:

- Total lengde: 108,20m
- Total bredde: 67,36 m
- Hoveddekk, elevasjon over baselinjen: 36,58m

COSLRival er utstyrt med sprinkleranlegg i boligdelen, men i rom som maskinrom og malingslager brukes CO<sub>2</sub>-anlegg, (COSL Drilling Europe AS, 2004).

## 2. Metode

”Metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme fram til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder” skrev Wilhelm Aubert, (1965, p. 196).

I dette kapittelet vil det begrunnes hvorfor valgt metode er brukt for å samle inn informasjon. Det vil også drøftes fordeler og ulemper som knytter seg til valg av metoden.

### 2.1 Metodevalg

Det er valgt å bruke en kvalitativ tilnærming i oppgaven. Ønsket om gjøre en simulering eller et forsøk ble for omfattende, og ville ikke gitt pålitelig nok data til oppgaven. Det er satt fokus på innsamling av data fra rapporter, regelverk, artikler, standarder og kontakt med leverandører.

Kvalitativ metode brukes for å innhente og bearbeide informasjon som legger vekt på å tolke observasjoner, utsagn og kilder, (Høgskolen i Oslo, 2002). Oppgaven er ikke basert på primærdata, men sekundærdata. Sekundærdata er data som allerede er samlet inn, og er resultater fra tidligere forskning/datakilder som allerede eksisterer, (Tronerud, u.å.).

Ved innsamling av data er skolens bibliotek BIBSYS (HSH) blitt brukt til å finne rapporter og standarder. I tillegg benyttes ulike nettsider for å finne artikler innen temaet. SINTEF er kontaktet for rapporter som har vært vanskelig å finne, og leverandører for informasjon. Dialogen med leverandører er gjennomført via mail og intervju, og leverandørene er utvalgt med bakgrunn på informasjon fra COSL.

Oppgaven skal holdes mest mulig kvalitativt og det er nødvendig å være kritisk til kildene. Dokumenter som har tvilsomme eller ingen kilder ved oppgitt data, er emnet blitt undersøkt for å finne ut om informasjonen er korrekt, og kan brukes i oppgaven.

## 2.2 Validitets- og relabilitetsproblemer

Ved bruk av kvalitativ metode og sekundærdata må man ta hensyn til at feilkilder kan forekomme. Dataene er innsamlet av forskere som har arbeidet ut ifra forskjellige problemstillinger, enn i denne oppgaven. Data som brukes fra leverandører kan være pyntet på og forvridd.

Vår tolkning av hva som er skrevet i rapportene, artiklene og informasjon fra leverandører er også et svakt ledd ved bruk av sekundærdata. Det er så langt det lar seg gjøre prøvd å holde tolkningene objektivt og se på de forskjellige synspunkter ved samme sak. En del av arbeidet har vært å sile ut hvilken informasjon i rapportene som er relevant for vår problemstilling. De fleste av rapportene omhandler mye mer enn det som har trengtes av opplysninger. I tillegg er det lagt fokus på å være kritisk i henhold til meninger og synspunkter som kommer frem i artikler og rapporter.

## 2.3 Rammer for arbeidet

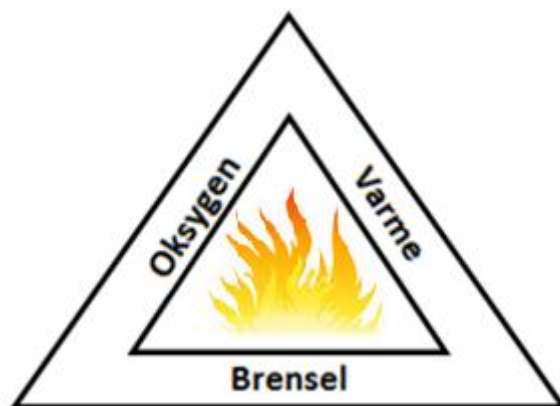
Det kan tenkes at informasjonen som er hentet er begrenset i forhold til hvilket syn de forskjellige forskerne har på området. Ettersom at rapportene er skrevet av SINTEF sitt branntekniske laboratorium er inntrykket at innholdet i rapportene er grundig forsket på. Innsamling av data, spesielt fra leverandører er tidskrevende arbeid.

### 3. Teori

Dette kapitlet inneholder grunnleggende brannteori og en presentasjon av CO<sub>2</sub> og vanntåke som slökkemiddel i rom der man vil verne om innholdet, som for eksempel maskinrom eller tavlerom.

#### 3.1 Grunnleggende brannteori

For å vite hvordan slökkemiddel vil slukke en brann, er det viktig å vite hvordan en brann fungerer. Den tradisjonelle branntrekanten, se Figur 1, illustrerer hvilke betingelser som må være tilstede for at en brann skal oppstå.

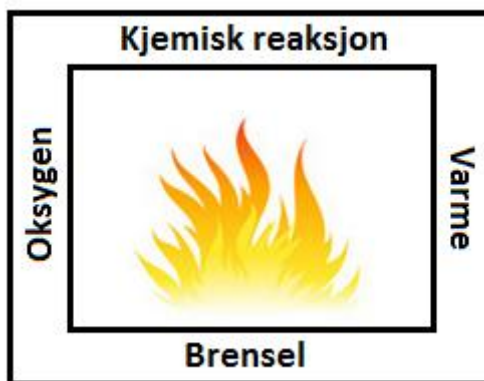


Figur 1 Branntrekanten, (Hagen, 2004).

Betingelsene som må være tilstede er tilstrekkelig tilførsel av oksygen, tilstrekkelig utvikling eller tilførsel av varme og brennbart materiale. Hvis en av disse blir fjernet, slukker brannen, (Wighus R., 1993b).

I senere tid har det også kommet en brannfirkant som er i fokus, se Figur 2. Denne firkanten menes å være mer riktig, og er tilført kjemisk reaksjon som et fjerde ledd. Forskning har vist at hvis det skal kunne skje en forbrenning, må det også være frie

radikaler tilstede i forbrenningssonen. De frie radikalene inngår i kjedereaksjonene som foregår inne i forbrenningssonen, (Hagen, 2004).



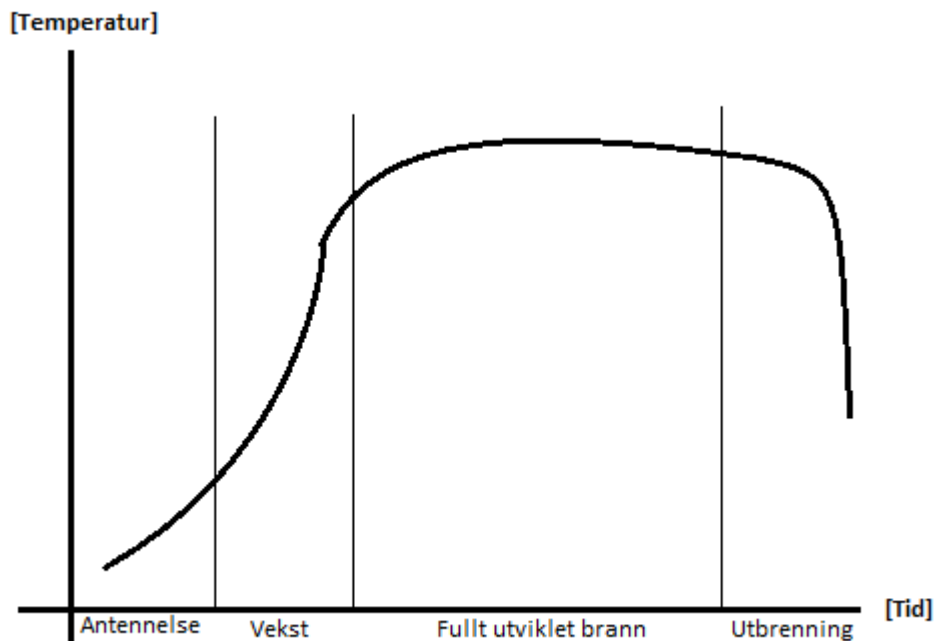
Figur 2 Brannfirkanten, (Hagen, 2004).

Brannfirkanten fungerer likt som branntrekanten, blir en eller flere betingelser fjernet slukkes en eventuell brann.

### 3.1.1 Fasene i en brann

Brann deles inn i fire faser, antennelse, vekst, fult utviklet brann og utbrenning. Hvor høye temperaturer som oppnås eller hvor hurtig brannen utvikler seg, vil variere fra brann til brann, se Figur 3 for illustrasjon av fasene i en brann, (Hagen, 2004).





Figur 3 Fasene i en brann, (Hagen, 2004).

#### Antennelsesfasen:

For at en antennelse skal skje er det nødvendig med tilstrekkelig tennkilde. Ting som kan antenne er faste stoffer, gasser eller væsker. Årsak til antennelse kan være mange, som for eksempel:

- Gnist, glør
- Fyrstikker
- Selvantennelse
- Spontanantennelse

(Hagen, 2004)

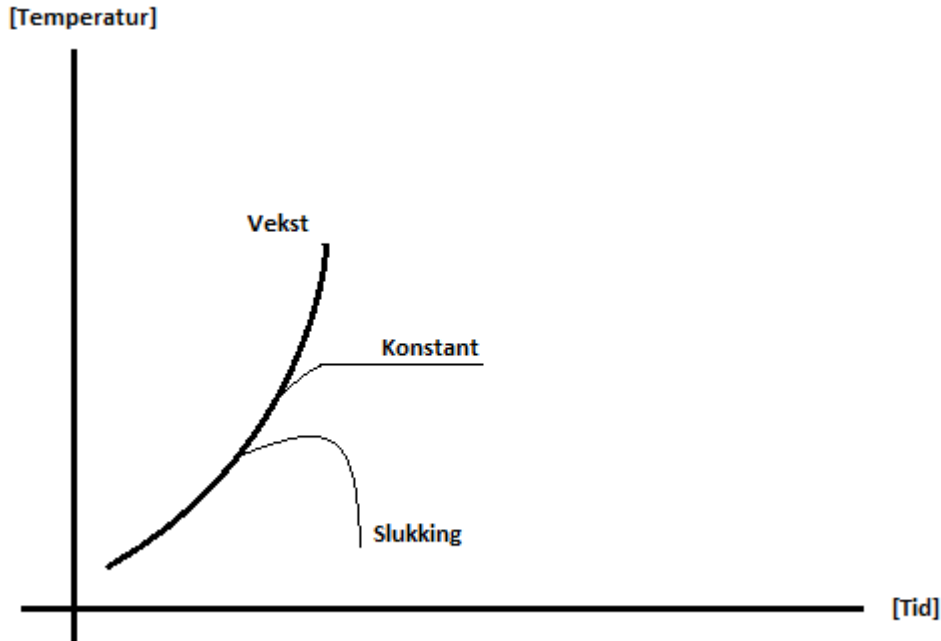
#### Vekstfasen:

Etter at antennelsen har funnet sted kan brannen utvikle seg på tre forskjellige måter, slokke, brenne konstant eller vokse, se Figur 4. Den viktigste faktoren for utviklingen er tilgang på brennbart materiale. Overgangen fra vekstfasen til en fullt utviklet brann kalles overtenning. Dette skjer hvis alle brennbare flater, samt røyklaget under taket antenner samtidig. Men en fullt utviklet brann kan også skje uten overtenning, og derfor er ikke overtenning regnet som en egen fase.

Kriterier for overtenning er:

- Temperaturen i røyklaget overstiger 600°C
- Varmestrålingen fra røyklaget til gulvflaten er mer enn 20 kW/m<sup>2</sup>

(Hagen, 2004)



Figur 4 Vekstfasen, (Hagen, 2004).

**Fullt utviklet brann:**

Når en brann har utviklet seg slik at den ikke kan bli større uten å spre seg til andre rom, er den fullt utviklet. Ved en fullt utviklet brann kan det ofte observeres flammer ut åpninger av rommet. Dette fordi åpningene ikke er i stand til å slippe inn tilstrekkelig med luft til at all gass kan forbrenne inne i rommet. Gassene vil derfor forbrenne når de kommer i kontakt med oksygen. En fullt utviklet brann har et stort forbruk av brennbart materiale, (Hagen, 2004).

**Utbrenningsfasen:**

Når de brennbare materialene i bygget blir redusert, begynner utbrenningsfasen. Dette kalles også avkjølingsfasen siden temperaturen reduseres ettersom energiproduksjonen minker. Avkjøling spiller en viktig rolle i forbindelse med slokking av en brann. Og aktiv slokking vil gjøre at brannforløpet vil bli svært annerledes enn en fritt brennende brann, (Hagen, 2004).

## **3.2 CO<sub>2</sub> anlegg**

### **3.2.1 Karbondioksid**

Karbondioksid er en forbindelse der molekylene er satt sammen av to oksygenatom og et karbonatom. Den finnes naturlig i atmosfæren som en usynlig og nærmest luktfri gass, og har en bestanddel på ca. 0,04 %, (Haraldsen, 2009).

Ved normal temperatur og trykk er CO<sub>2</sub> en gass og er 1,52 ganger tyngre enn luft. Dersom temperaturen synker til -78,5 °C går den over til fast stoff, kalt tørris, (Stensaas, 1993).

Når tørrisen varmes opp vil den ikke smelte, men gå direkte over til gass. Dette fenomenet blir kalt sublimering. For at CO<sub>2</sub> skal kondensere må det utsettes for økt trykk, for eksempel 56,5 atm ved 20 grader, (Haraldsen, 2009).

### **3.2.2 Oppbevaring av CO<sub>2</sub>**

CO<sub>2</sub> blir lagret i stålbeholdere eller tilsvarende materialer under høyt trykk og i væskefase. Flaskene skal ikke inneholde mer enn 45 kg med CO<sub>2</sub> og overstige fylling på 0,67 kg/l flaskevolum. Flasker opp til 53,3 kg (80 liter) kan bli godkjent i enkelte tilfeller basert på tilfredsstillende håndtering av ordninger, (DNV, 2010). CO<sub>2</sub> blir beregnet som farlig gods. Det finnes ingen ensartet farge på flaskene, da det ikke er noen standard som sier noe om dette, (Gjessing, 2011). Alle flaskene skal ha samme

størrelse og hver flaske skal leveres med DNV produktklassifisering, (DNV, 2010). Ved normal romtemperatur er trykket i beholderne på rundt 50 bar. Flaskene er utstyrt med en sikkerhetsmembran som ryker på 160-180 bar, og romtemperaturen vil ligge på 50°C. Sikkerhetsmembranen sitter nedenfor uttaket og når den først ryker, tømmes hele beholderen for CO<sub>2</sub>, (Gjessing, 2011).

### 3.2.3 Hvordan fungerer CO<sub>2</sub> slokkeanlegg

Ved deteksjon vil en alarm utløses. Før gassen blir utløst må man forsikre seg om at det ikke er noen mennesker i brannrommet. Gassen kommer ut i så stor konsentrasjon at det kan medføre livsfare. CO<sub>2</sub> vil fortrenge oksygenet i luften slik at mennesker kan bli kvelt, (Gjessing, 2011).

Rommene må være lukket for å forhindre at gassen lekker ut til nærliggende rom/omgivelser. Dersom CO<sub>2</sub> lekker ut til andre rom eller til omgivelsene kan det være at man ikke klarer å oppnå tilstrekkelig romfylling og slokking blir mislykket på grunn av lav konsentrasjon av CO<sub>2</sub>. Grunnen til dette er at det må være minst 28 % CO<sub>2</sub> i luften for å slukke en flammebrann, (Gjessing, 2011).

For overflate-flammebranner krever det 32% romfylling for å oppnå slokkeeffekt, mens det anbefales en romfylling på 50% for optimal effekt i elektriske branner, (Stensaas, 1993).

#### ***CO<sub>2</sub> som slokkemiddel***

Det finnes to hovedtyper av CO<sub>2</sub> anlegg. Man kan skille mellom høytrykk og lavtrykk;

- Høytrykksystem er det CO<sub>2</sub>-anlegget som blir mest brukt. Denne typen operer med trykk opp til ca. 50 bar ved 13°C. CO<sub>2</sub> trykket avhenger av temperatur, derfor

vil trykket øke når temperaturen øker. Høytrykksystemer anbefales der det er farer for mindre branner eller der plassen er begrenset.

- Lavtrykksystem opererer ved 20 bar og har en nedkjølt lagertank med flytende indikatorer som ligger sentralt for å tjene flere enheter. Lavtrykksystemer er best egnet der det er nødvendig for store mengder CO<sub>2</sub>.

(Bureau of Reclamation, 2005)

### 3.2.4 CO<sub>2</sub> anlegg sitt virkeområde

CO<sub>2</sub> kan brukes effektivt på nesten alle materialer, for uten noen små unntak. Dette er noen få reaktive metaller som natrium, kalium, magnesium, titan og zirkonium, samt materialer som inneholder tilgjengelig oksygen. Karbondioksid brukes mest i slokking av væske branner, fordi det raskt kan danne en midlertidig inert atmosfære over flaten av væsken. I tillegg etterlater ikke CO<sub>2</sub> noen spor, (Pedersen, 1985)

Karbondioksid blir mest brukt til å slokke:

- Gass og brennbare væsker
- Elektrisk utstyr som transformatorer eller tavlerom
- Motorer som bruker bensin og andre brennbare drivstoff (maskinrom)
- Rom som er ubemannet
- Farlige faste stoffer
- Vanlige brennbare stoffer som papir, tre og tekstiler, inkludert varer av høy verdi som er sensitiv til vannskader, (Pedersen, 1985).

### 3.3 Vanntåke anlegg

#### 3.3.1 Vannets egenskaper som slökkemiddel

Vann har gode slokketekniske egenskaper og er det mest brukte slökkemiddelet. Vann er miljøvennlig, lett å få tak i og rimelig.

Fordampningsvarmen og den spesifikke varmekapasiteten til vann er meget høy, sett på vektbasis. Blir vann tilført forbrenningssonen vil vannet bli varmet opp og varmetapet øker. Hvis vannet da i tillegg fordamper vil det kreve enda større varmemengde og temperaturen i forbrenningssonen blir redusert. 1 kilo vann som varmes opp fra 10°C til kokepunktet på 100°C opptar 387 kJ/kg. Hvis vannet fordamper tar det opp 2257 kJ/kg, som er 6 ganger så mye. Derfor er det vesentlig at vannet fordamper dersom man skal utnytte potensialet fullt ut, (SINTEF, 2003). Vann har en kjølede effekt og for god utnyttelse av den kjølede effekten er det viktig at mest mulig av vannet fordamper, (Wighus R., 1993b).

Volumet på vannet øker ca. 1700 ganger i forbrenningssonen. Det vil si at 1 liter vann vil kunne fordampe og oppta et volum på 1,7 . Dampen fortynner og fortrenger oksygenet fra forbrenningssonen og vil virke inert. Oksygenivået vil synke og dampen vil ha kveldende effekt på brannen, (Wighus R., 1993b).

Vann har også den fordel at det begrenser tilgangen på brensel til brannssonen. Ved fukt økes motstanden mot antennelse og det hindrer at brannen sprer seg i materialet. Væskebranner kan i noen tilfeller sløkkes med rent vant, men kun hvis vannet greier å senke væsketemperaturen til under flammepunktet for væsken, (Wighus R., 1993b).

#### 3.3.2 Vanntåke som slökkemiddel

Vanntåke består av dråper hvor 90% volumetrisk middeldråpediameter (på massebasis) har diameter mindre enn 1 mm (1000 µm). Volumetrisk 90% middeldråpediameter er en

diameter som deler vanninnholdet i en tåke, slik at 10% er større og 90% mindre enn denne diameteren, (Wighus, 2011).

Definisjonen på vanntåke har i dag en vid ramme, og det er kravene til slokkesystemet som til sist avgjør hva som kan regnes som vanntåke. Vanntåke kan fremstilles på tre måter. For å kunne oppnå små vanndråper fra en dyse, må man enten ha liten dyseåpning eller en stor hastighetsforskjell mellom omgivelsene og vannstrøm idet det kommer ut fra dysen. Man kan skille mellom tre hovedtyper:

- Lavtrykksystemer: Dyser med form og utførelse som skaper stor hastighetsforskjell mellom vann og omgivelsene ved hjelp av kanaler som skaper rotasjon i dysemunnstykket. Eller hindringer som knuser dråpene rett etter utløpet.
- To-fluid systemer: Skaper stor hastighet i dyseåpningen ved tilførsel av en gass under trykk ved utløpet.
- Høytrykksystemer: Vannet blir presset ut gjennom små dyseåpninger under høyt trykk.

(Wighus R., Vanntåke, 2011)

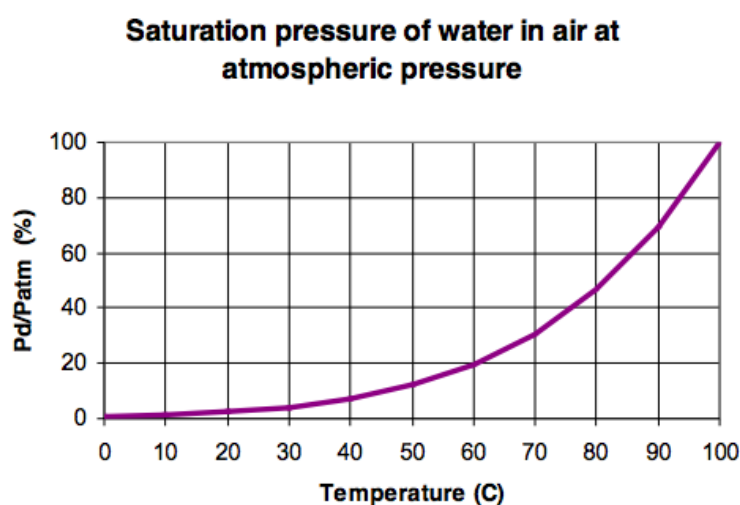
Når et vanntåkeanlegg blir utløst vil de små dråpene danne en sky, og spre seg i luften som en gass. Utgangshastigheten til vanndråpene og sirkulasjonen som skapes av brannen, vil føre vanntåken inn i forbrenningssonen. Siden dråpene er så små vil den totale vannflaten som eksponeres mot brann bli svært stor. Dette gjør at vannet kommer lettere i kontakt med flammer, varme gasser og overflater. Vanndråpene oppvarmes og fordampes lettere siden kontaktoverflaten er så stor. Dette vil igjen gi en kjølede effekt ved at en større del av vannet fordampes, og tar mer energi fra brannen. Jo større fordampning vannet gir, jo mer vanndamp blir dannet, som igjen fører til en inert atmosfære som stopper forbrenningen, (Wighus R., 1993b)

Vanntåke oppfører seg ikke som en "normal" slokkegass. Når vannet blir sprøytet ut i rommet, så blir ikke alle dråpene direkte involvert i brannslukkingen. De blir fordelt i rommet på følgende måter:

- Dråper blir blåst bort før de når brannen.
- Dråper som trenger inn i brann plumen eller som når den brennende overflaten under brann plumen, hemmer pyrolyse etter avkjøling. Den resulterende dampen fortynner den tilgjengelige oksygenet.
- Dråper som treffer oppvarmet flater, som f.eks. vegg, gulv eller tak vil avkjøle disse. Er ikke flatene varme nok vil dråpene renne av.
- Dråper som fordamper mens de strømmer gjennom rommet vil bidra til avkjøling av brannplumen, varme gasser, rommet og andre overflater.

(Zhigang Liu, u.å.)

Hvis temperaturen i et rom holdes over 70 grader, er inertiserings effekten fra vanndamp tilstrekkelig nok til å undertrykke brann på samme måte som et gass system. Dette skyldes metningstrykket til vann ved atmosfærisk trykk, som tillater ca. 30% vannvolum til å fordampe ved 70 grader, vist i Figur 5, (Ragnar Wighus P., u.å.).

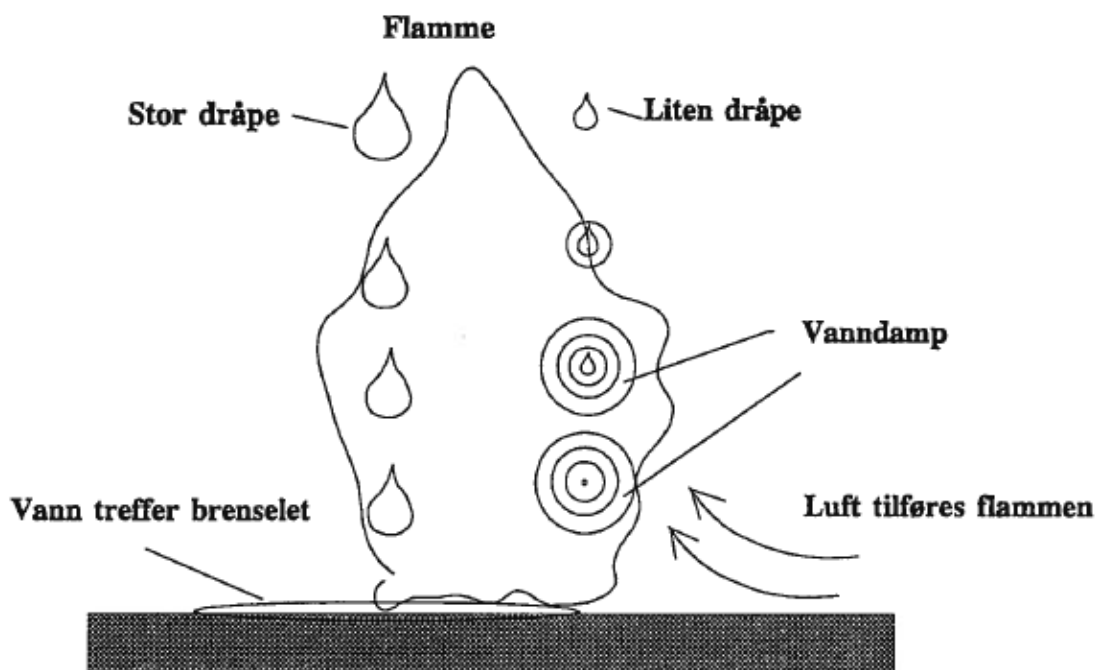


Figur 5 Metningstrykket av vann i luft ved atmosfærisk trykk, (Ragnar Wighus P., u.å.).



### 3.3.3 Dråpestørrelser

Forskjellen på små og store dråper ved slokkeeffekt er vist i Figur 6. De store dråpene vil trenge igjennom flammene og varm røyk uten å fordampe. Vannet vil da nå frem til brenseloverflaten og vil bli avkjølt og fuktet. De små dråpene fordamper i flammesonen og dampen som blir utviklet fortrenger luften som ikke er påvirket av brannen, og trekkes inn i forbrenningssonen. Forbrenningsprosessen kan da stanses ved lav temperatur og mangel på oksygen, (Wighus R., 1993b).



Figur 6 Forskjell på små og store dråper ved slokkeeffekt, (Wighus R., 1993b).

Fysiske forklaringen på hvordan man kan lage små dråper ligger i oppbrytningsmekanismen for en vannstråle. Hastigheten til en vannstrøm kombinert med dyseåpning er det som gir dråpestørrelsen, (Wighus R., 1993b).

Tidligere ble vanntåken definert i 3 klasser, men selve dråpestørrelsene har i dag forsvunnet fra dokumentasjon og diskusjon. Grunnet at en vannspray som består av en

variasjon av dråpestørrelser vil være mer universell med hensyn til brannbekjempelse. I tillegg kom det stor motstand fra bransjen, fordi leverandørene som leverte dråper i klasse 3 (lavtrykkssystemer) følte de ble rangert dårligere enn klasse 1 og 2, (Wighus, 2011).

### 3.3.4 Vanntåkeanlegg sitt virkeområde

Generelt foretrekkes vanntåke i lukkede rom hvor det forventes at brannutviklingen er stor, og steder hvor lufttilførelsen er begrenset og kontrollert. Vanntåke brukes også når det er viktig å unngå vannskade eller vannforbruket må være lite. Anvendelsesområder for vanntåke er:

- Skip
- Offshore
- Prosessanlegg på sjø og land
- Bygninger på land
- Luftfart
- Jernbane og veitrafikk
- Tunneler og undergrunns anlegg.

(Wighus R., Vanntåke, 2011)

Vanntåke har vist seg i noen grad å ha de egenskaper som ønskes ved totalbeskyttelse av rom, men det finnes branntyper og ventilasjonsforhold der systemet ikke fungerer optimalt. De små dråpene krever transport til områder der det foregår forbrenning. Drivkreftene til denne transporten er delvis utgangshastigheten til vandrdråpene, og i hvor stor grad dråpene følger strømmene av luft og gass til forbrenningssonen, (Wighus R., Vanntåke, 2011).

Vanntåke som slokkemiddel har en del begrensinger. For at vanntåke skal kunne fungere optimalt er det viktig at vanddamp dannes. Det er varmen fra brannen som fordamper vannet og danner damp, samtidig som forbrenningen selv bruker opp oksygenet i lufta.

Dette gjør at det er vanskelig å slokke små branner med vanntåke, og det samme kan gjelde dypt sittende branner, gløde- og ulmebranner. Vanntåken klarer ikke å trenge inn i brannsonen, men fordamper på ytterflatene til materialet som gløder og ulmer, (Wighus R., 1993b)

En faktor som skiller vanntåke fra CO<sub>2</sub>, er at effekten vil avta ved avkjøling. Ved temperatur under 100 °C re-kondenserer vanndampen, og hvis deler av rommet har lavere temperatur så vil dampen som blir produsert kondensere når den kommer i kontakt med disse områdene. Vanndampen sin konsentrasjon vil avta både på grunn av lekkasjer fra rommet, ved nedkjøling og kondensasjon, (Wighus R., 1993b).

SINTEF gjorde i 1992-1993 undersøkelser på virkningen av vanntåkesystemer i reelle offshore omgivelser. Fullskala kopi av et gassturbinrom på plattformer i Nordsjøen og i et dobbelt så stort rom ble brukt. Turbinrommet er på ca. 70 m<sup>2</sup>, og utstyrt med ventilasjonsanlegg. Flere mulige brannscenarioer ble undersøkt, fra små diesel branner til størst mulig brannscenario. Resultatene fra forsøkene har gitt grunnlag for en rekke viktige faktorer. Noen av disse faktorene er listet opp under:

- Vanntåke er veldig effektiv på store branner
  - Ventilasjons kontrollerte branner kan lett slokkes
  - Små branner er vanskelig å slokke, utenom når dysen er direkte mot brannen
- (Ragnar Wighus, 1994)

## 4. Regelverk

FN er det øverste organet for lover og regelverk. IMO (International Maritime Organization) er det internasjonale organet som ligger under FN med ansvar for sjøfart. IMO sin underorganisasjon MSC (Maritime Safety Committee) har ansvar for utformingen av standarder. Gjennom regelverket SOLAS (Safety Of Life At Sea) regulerer IMO sikkerheten til sjøs, (IMO, u.å.).

1 desember 1994 vedtok IMO (International Maritime Organization) retningslinjer for alternativ til Halon anlegg i maskin- og pumperom og åpnet for bruk av vanntåke. I retningslinjene er det beskrevet egne testprosedyrer og de forskjellige klassene av maskinrom danner mønster for hvor store rom det blir utført tester i, se Tabell 1, (Wighus R., 2000).

Tabell 1 Maskinrom klasser, (Wighus R., 2000)

Klasse	Volum ( )
1	Opp til 500
2	Opp til 3000
3	Over 3000

IMO har gradvis revidert og innført krav til tester av vanntåkeanlegg. Leverandørene gjennomfører tester for godkjenning etter IMO 1165 (IMO 668/728) og IMO 913. MSC/circ.1165 er retningslinjer for godkjenning av fast vannbasert brannsløkkeanlegg for maskinrom og pumperom, som romdekkende system. MSC/circ.913 er retningslinjene for godkjenning av fast vannbasert brannsløkkeanlegg for maskinrom i kategori A, som lokalt system.

For maskinrom og tekniske rom skal COSLRival benytte seg av regelverket i Tabell 2 ved bruk av vanntåkeanlegg som fast montert.

Tabell 2 Regelverk for fastmontert brannsløkkeanlegg, vanntåke.

lover og regelverk	Kommentar/Forklaring
Rammeforskriften § 3, Anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten til havs.	Rammeforskriften § 3 henviser til at COSLRival skal bruke sjøfartsdirektoratets regelverk for flytbare innretninger.
FOR 1984-01-31 NR 227: Forskrift om sikringstiltak mot brann og eksplosjon på flyttbare innretninger, § 10.1, 10.22	NMD 227:Forskrift om brannsikring, flyttbar Innretning. § 10.1 omhandler hvilke rom som skal ha et fast opplagt brannsløkkingssystem for total romsløking. § 10.2.2 omhandler overrislings-/vannforstøvningsanlegg og henviser til SOLAS II-2 og MSC/circ.668/728.
SOLAS kapittel II-2, regel 10 MSC/circ. 668/728→ revidert til MSC/circ.1165	SOLAS, kap.II-2, regel 10 omhandler brannsløkking.  MSC/circ.1165 som er retningslinjer for godkjenning av tilsvarende vannbaserte brannsløkkesystemer for maskinrom og laste pumpe-rom. Brukes når vanntåkeanlegget utføres som romdekkende.
MSC/circ.913	MSC/circ.913 er retningslinjer for godkjenning av fast vannbasert brannsløkkeanlegg til bruk i maskinrom kategori A som lokalt system.
DNV OS D301 Brann beskyttelse, kapittel. 2, del 3 og 4.	DNV OS D301 kapittel 2. Del 3 omhandler brannsløkkingssystemer (og del 4 er brann og deteksjonssystem.)

### Regelverk for CO<sub>2</sub>

Ved bruk av CO<sub>2</sub> anlegg er regelverket enklere. Fastmontert brannslukkingsanlegg med CO<sub>2</sub> som slukkemiddel skal benytte seg av lovene i Tabell 3. The International Code for Fire Safety Systems (FSS Code) er en kode som gir spesifikke tekniske spesifikasjoner i henhold til det som kreves i SOLAS kapittel II-2. FSS Code kapittel 5 omhandler faste gasslokkeanlegg og CO<sub>2</sub> slokkeanlegg.

Tabell 3 Regelverk for fastmontert brannslukkingsanlegg, CO<sub>2</sub>

Lover og Regelverk	Kommentar/Forklaring
Rammeforskriften § 3, Anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten til havs.	Rammeforskriften § 3 henviser til at COSLRival skal bruke sjøfartsdirektoratets regelverk for flytbare innretninger.
FOR 1984-01-31 NR 227: Forskrift om sikringstiltak mot brann og eksplosjon på flyttbare innretninger, § 10.2.1	NMD 227:Forskrift om brannsikring, flyttbar Innretning, § 10.2.1 omhandler gasslokkeanlegg og henviser til SOLAS kapittel II-2 regel 5 og MSC/circ. 776.
SOLAS kapittel II-2	SOLAS kapittel II-2 kapittel 10, del 4.1.1.1 henviser til at gasslokkeanlegg skal samsvare med bestemmelser i Fire Safety Systems Code (FSS Code)
MSC/circ. 776→Revidert til MSC/circ. 848	MSC/circ. 848 er retningslinjer for godkjenning tilsvarende gasslokkingsanlegg for maskinrom og last pumperom.
FSS Code Ch.5 Fixed Gas Fire-extinguishing Systems	FSS Code Ch.5 omhandler generelle krav for gasslokkeanlegg og generelle krav for CO <sub>2</sub> slokkeanlegg.
DNV OS D301 Brann	

## 5. HMS

Fokus på helse, miljø og sikkerhet er et viktig aspekter. HMS skal sikre trygghet for ansatte, brukere og bedriften. Ved valg av slokkesystem er HMS viktig, med tanke på de farene en brann representerer.

### 5.1 Helse og miljø risiko ved bruk av vanntåke

De amerikanske myndighetene, EPA, har laget en liste over slokkemidler som er akseptable som erstatning for Halon. Den dokumenterer at vanntåke er klassifisert som ikke giftig og uten ozon-nedbrytende virkning, såkalt drivhuseffekt, (EPA, 2012). Vanntåke er ikke helseskadelig og man kan oppholde seg i et rom hvor vanntåke løses ut. Ved brann så blir det dannet irriterende og giftige stoffer, og det er ingen garanti mot helseskade dersom man oppholder seg i rommet, (Wighus R., 1997).

### 5.2 Helse og miljø risiko ved bruk av CO<sub>2</sub>

Kroppen skiller ut karbondioksid gjennom utåndingsluften ved kroppens forbrenning av næringsmidler. Ved høy fysisk aktivitet øker forbrenningen og utskillelsen av karbondioksid blir større og behovet for oksygen øker. Det er mengden av karbondioksid som regulerer pustefrekvensen, og tar vi inn mer karbondioksid enn normalt (opp til 0,06%) vil det skje en økning i pustefrekvensen, (Gjessing, 2011). Innånding av høye konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> kan øke surhetsgraden i blodet som utløser negative effekter på luftveiene, hjerte og sentralsystemet. Hvilken effekt CO<sub>2</sub> har på mennesker avhenger av eksponeringsvarighet og CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen ved innånding. De toksikologiske symptomene vil da variere, se Tabell 4, (Harper, u.å.).

Tabell 4 Toksikologiske symptomer

CO <sub>2</sub> i luft volum %	Tid	Symptomer
2%	Mange timer	Hodepine, 50 % økning av pustefrekvens
3%	1 time	Utvidelse av cerebrale blodkar, økt lunge ventilasjon og oksygentilførsel til vev
4-5%	Innen få minutter	Mild hodepine, svetting og økt pustefrekvens ved hvile
	1-2 minutter	Hørsel og synsforstyrrelser
6%	< 16 minutter	Hodepine og økt pustefrekvens
	Mange timer	Ufrivillige bevegelser
7-10%	Få minutter	Bevisstløshet eller nær bevisstløshet
	1,5 minutter-1 time	Hodepine, økt hjerterefrekvens, pustebesvær, svimmelhet, svetting, rask pust
10-15%	1 +minutt	Svimmelhet, tretthet, alvorlig muskelrykninger og bevisstløshet
17-30%	< 1 minutt	Tap av kontrollert og målrettet aktivitet, bevisstløshet, kramper, koma og død

Ved bruk av CO<sub>2</sub> slokkeanlegg kreves det minimum 28% karbondioksid i rommet for å oppnå slokking, som tilsvarer en oksygenkonsentrasjon i rommet på ca. 15%. I følge Norges branntekniske laboratorium er slokkekonsentrasjoner på 30-50% CO<sub>2</sub> akutt dødelig, (Opstad.K, 1998).

CO<sub>2</sub> er en svak klimagass, og har en globalt oppvarmingspotensial-verdi lik 1.0. Til sammenligning har Halon en GWP-verdi på 6,900. CO<sub>2</sub> har ingen innvirkning på ozonlaget. (Nordon, u.å). Gassen som brukes til slokking er hentet som et biprodukt fra andre



prosesser. Den renses og tas vare på slik at den kan brukes som slokkegass, (Gjessing, 2011).

### ***Sikkerhet ved bruk av CO<sub>2</sub> slokkeanlegg***

IMO sine retningslinjer, MSC/circ.1318, for vedlikehold og inspeksjoner av faste karbondioksid slokkesystemer inneholder hva som minimum kreves. Når det skal utføres inspeksjon eller vedlikehold på CO<sub>2</sub>-anlegget, er det viktig å ha strenge sikkerhetsrutiner for å forhindre at personer kan komme til skade. En sikkerhetsplan bør utvikles for å ta hensyn til de farer som et CO<sub>2</sub>-anlegg representerer. Det er viktig med et godt og effektiv kommunikasjonssystem mellom personell som utfører inspeksjon/vedlikehold og vaktmannskap. Tiltak for å unngå utslipp bør være første prosedyre i sikkerhetsplanen. Alt personell skal varsles når det utføres vedlikehold, (IMO, 2009).

I løpet av årene har det vært store endringer i prosedyrene for evakuering av mannskap før aktivering av CO<sub>2</sub>-anlegg. Opprinnelig hadde mannskapet en tidsperiode på tre til fem minutter etter at brannalarmen hadde gått, til CO<sub>2</sub>-anlegget ble utløst, (Sagen, 2012). I senere tid har dette blitt endret for å legge vekt på sikkerheten til de ansatte. Fire Safety System Code Ch.5.2.1.3.2 tilsier at CO<sub>2</sub> slokkeanlegg skal ha installert en automatisk tidsforsinkelsesenhet ved utløsning. Tidsforsinkelsen skal ha mulighet til å bli overstyrt manuelt, og ha en tavle som gir instruksjoner. Men i små rom som for eksempel sentralbordrom eller malingslager, kan noen av kravene fritas. I tillegg er ikke automatisk tidsforsinkelse et krav for små lokale slokkesystemer, (DNV, 2010). CO<sub>2</sub>-anlegg kan ikke utløses før alt av ventiler, dører etc. er lukket og mannskapet er gjort rede for. Dette kan føre til at utløsningen av CO<sub>2</sub>-anlegget forsinkes.

Rom beskyttet av CO<sub>2</sub> som fast slokkesystem der personell normalt arbeider eller har tilgang til, skal ha en utløsningsknapp. Dette for at personell selv skal kunne lukke døren og sette i gang CO<sub>2</sub>-anlegget for raskest mulig slokking, (DNV, 2010).

## 6. Teknisk beskrivelse

Dette kapitlet skal ta for seg en generell tekniske beskrivelse av vanntåke og CO<sub>2</sub> slokkeanlegg. Vanntåketeknologien er avansert, og per dags dato finnes det mange forskjellige leverandører på markedet. COSL har tidligere brukt SEMCO Maritime som leverandør av vanntåkeanlegg til sine nyere plattformer, og derfor er SEMCO sitt produkt Sem-Safe Water Mist blitt valgt til sammenligning mot CO<sub>2</sub> slokkeanlegget.

COSLRival sitt CO<sub>2</sub> slokkeanlegg er levert av Alf Lea & Co. Brannvern og er et høytrykkssystem. Slokkeanlegget er installert på maskinrom, malingslager, nød generatorrom, RO og renseanlegg, fremdriftsrom (styrbord), fremdriftsrom (babord).

Sem-Safe Water Mist system er utviklet av Danfoss-SEMCO og er et høytrykks vanntåkeanlegg komponert av spray dyser, rustfrie stålrør, seksjonerte ventiler og pumpe.

Sem-Safe Water Mist System for maskinrom har tørre rør på stand-by. Lokalt system vil bli aktivert når detektorene registrer flamme, røyk eller varme ut ifra hvilken type detektor som blir brukt. Dysene er dimensjonert i seksjoner og alle dysene i seksjonen blir utløst. Dysene kan være utstyrt med smeltesikring og når varmen stiger over en satt temperatur, aktiveres systemet. Det totale beskyttelses systemet er dimensjonert med en seksjon per brannsoner og blir aktivert manuelt fra panelet i maskin kontrollrommet eller ved mimic panel. Dersom en feil på kontrollsystemet oppstår, kan systemet startes ved å overstyre en kontakt på pumpens startpanel og manuelt åpne seksjonsventilene.

### ***Prosjekteringsgrunnlag***

Vanntåkeanlegg finnes det ingen allment akseptert design- og installasjonsmetode, og det kreves tester for å kvalifisere bruk av vanntåke i nye situasjoner, (Wighus R., 2004). Sem-Safe Water Mist overholder alle maritime standarder og har godkjenninger på verdensbasis, (Danfoss Semco A/S Fire Protection, 2011).

Systemets spray dyser er sertifisert av Det Norske Veritas, mens rør, koblinger, ventiler og andre systemkomponenter må godkjennes for hvert prosjekt. Følgende elementer som må godkjennes er ;

- Systemets planbeskrivelse skal inneholde ruting av rør, plassering av spray dysene, seksjons ventiler, pumper, utløserstasjon og vannforsyning
- Dokumentasjon av strømforsyning og kontrollsystem
- Spesifikasjon av rør, seksjonsventiler, pumpe enhet og tilhørende komponenter
- Beregninger av trykkfall og vanntåkens kapasitet
- Design, installasjon, drift og vedlikeholds manual  
(SEMCO Maritime, 2013)

CO<sub>2</sub> slokkeanlegget prosjekteres etter de kravene som står beskrevet i regelverkene. Det kreves ikke at det gjennomføres tester av anlegget, men godkjennes gjennom å følge beregningsmetoder og krav.<sup>1</sup>

#### ***Vedlikeholds frekvens og kostnader***

Vedlikehold av Sem-Safe Water Mist systemet innebærer:

- Månedlig inspeksjon av eget mannskap ombord, ca. 10-20 minutter
- 6 måneders test av rig mannskap, ca. 1 time
- Årlig service, kan i noen tilfeller bli gjennomført av eget mannskap ombord, men i fleste tilfeller anbefales det at leverandør utfører arbeidet. Kostnadene vil være ca. 30.000-40.000,- kroner
- 5 års re-sertifisering, SEMCO er DNV og ABS sertifisert for arbeidet. Kostnadene vil være ca. 80.000-100.000,- kroner.<sup>2</sup>

Systemet kan være i drift under vedlikehold og kostandene for systemet i drift er nær til ingen.<sup>2</sup>

Vedlikehold av CO<sub>2</sub> anlegg innebærer:

- Månedlig inspeksjon av eget mannskap ombord.

---

<sup>1</sup> John Erik Kristiansen, Ingeniør Teknisk ved Alf Lea & Co. Brannvern, se Vedlegg 3.

<sup>2</sup> Jacob Maienborg Christiansen, Senior Engineer ved Semco Maritime, se Vedlegg 2.

- Årlig inspeksjon/service, kan gjennomføres av eget mannskap ombord i noen tilfeller, men ved eksternt vil kostnadene være ca. 30 000,- kroner eksklusiv reiseutgifter og reparasjonsdeler.
- Hvert 2 år inspeksjon/service, må gjennomføres av eksternt firma. Kostnadene vil være ca. 30 000,- kroner eksklusiv reiseutgifter og reparasjonsdeler, se Vedlegg 4 for kostnadsoverslag.

En service av eksternt firma kan bli ca. 80 000-120 000,- kroner, siden det som regel er deler som skal skiftes. Utskiftning av en flaske koster ca. 4500,- kroner. CO<sub>2</sub> anlegget må avslås under deler av vedlikeholdet, blant annet når utlørsystemet testes. CO<sub>2</sub> anlegget har mindre avanserte komponenter enn vanntåke, og vedlikeholdet er enklere.<sup>1</sup>

### ***Plassbehov***

CO<sub>2</sub> anlegg trenger stor lagringsplass. Gassen er lagret i væskeform og CO<sub>2</sub> flaskene må oppbevares i eget rom, se Vedlegg 4 for P&ID CO<sub>2</sub> på COSLRival. En flaske med 45 liter væske veier 100 kg.<sup>1</sup> COSLRival har 18 CO<sub>2</sub> flasker som utgjør en vekt på ca. 1,8 tonn.

Pumpeenheten til Sem-Safe bruker 8 plass og veier opp mot 3 tonn, se Figur 7, (Semco Maritime, 2012). Pumpeenheten består av 5 pumper og 1 en redundant pumpe, samt en full vanntank på 1200 liter.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Patrick John Brogan, Sales Manager ved Semco Maritime, se Vedlegg 2.

### Tilgjengelighet

Sem-Safe Water Mist systemet har en vanntank som inneholder 1200 liter og en buffertank på pumpen som skal holde i minimum 1 minutt på maksimal kapasitet. Blir begge tankene oppbrukt fortsetter systemet å pumpe opp sjøvann, (Semco Maritime, 2012). CO<sub>2</sub> er en lett tilgjengelig gass og kan kjøpes stort sett over hele verden. Blir anlegget utløst og gassen oppbrukt, vil det utgjøre en risiko om brannen ikke er slukt eller blusser opp igjen. Det kan ta lang tid før forholdene er normalisert, da gassen må luftes ut og flaskene skiftes.



Figur 7 Sem-Safe Water Mist pumpeenhet

### Skader og rengjøring

CO<sub>2</sub> som slukkemiddel vil ikke utgjøre noen sekundærskader. CO<sub>2</sub> er en ren gass og trenger kun å luftes ut.<sup>1</sup> Siden gassen ikke kjøler er det viktig å påse at materialer som

pyrolyserer er nedkjølt før utlufting, for å forhindre at brannen blusser opp. Målinger blir foretatt underveis for å forsikre at atmosfæren er trygg for mennesker.

Vanntåke vil etterlate seg vann som må tørkes opp. I utgangspunktet vil ikke vanntåke skade komponenter som ikke er høyt følsomme for vann, siden det spres i små partikler, Hvis vanntåkesystemet går over til saltvann, kan problemer oppstå. Vann som inneholder salt kan påføre skader på utstyr over tid. Rengjøring i etterkant er derfor veldig viktig.

### ***Design av anlegget***

Vanntåkeanlegg skal bli designet i henhold til sin liste for spesifikke farer og beskyttelsesformål som er angitt. For at vanntåke skal fungere optimalt, er plasseringen av dysene viktig. Det er dokumentert at vanntåke er dårlig på små branner, (Ragnar Wighus P., 1994). Vanndråpene følger ikke luftstrømmen perfekt, så er det nødvendig at dysene blir montert slik at de dekker der det er størst risiko for brannutvikling. Derfor må slokkeanlegget skreddersys for hvert enkelt prosjekt, (Ragnar Wighus P., u.å.) Dysene kan utstyres med smeltesikringer for å hindre unødvendig utløsning, (Ragnar Wighus, 1994).

CO<sub>2</sub> -anlegg er relativt enkelt å designe. Det består av mindre komponenter enn for eksempel vanntåkeanlegg, samtidig som at komponentene er enklere. Dysene monteres med hensikt på at rommet blir fylt med CO<sub>2</sub> innenfor en viss tid.<sup>1</sup>

### ***Materialer***

Sem-Safe Water Mist bruker kun rustfritt stål, men andre materialer kan brukes dersom de har samme brann og rustmotstand. Rørene er så myke at de kan bli bøyd og formet med håndverktøy, som sparer bruk av rørdeler og reduserer risikoen for lekkasje, (Danfoss Semco A/S Fire Protection, 2011). CO<sub>2</sub> slokkeanlegget har rustfrie flasker og rør av stål. Dysene og ventilene er lagd av messing eller bronse.<sup>1</sup> For å forhindre at motstanden i rørene reduseres, må de legges så rett som mulig og kortest vei til dysene. Beslagene må ikke monteres slik rørene er eksponert for korrosjon, (DNV, 2010). Figur 8 illustrer forskjellen på rørene til Sem-Safe Water Mist og rør med kobling.



Figur 8 Sem-Safe rør sammenlignet med rør med kobling

## 7. Diskusjon

Fokus på sikkerhet og robusthet i sikkerhetssystemer er en av de viktigste prioriteringene i regelverket for operasjon på Norsk sokkel. En brann kan få store konsekvenser både for installasjonen og personellet ombord. Brannsikkerheten er derfor av høy prioritet og innenfor dette er valg av slokkesystem viktig. Systemet skal være riktig prosjektert og installert, slik at det kan oppdage og slokke/kontrollere en brann i tidligst mulig fase. Valg av type middel og system som skal brukes er derfor en viktig avgjørelse.

I vurderingen for valg av slokkeanlegg skal faktorer som; slokkeegenskaper, HMS, regelverk og teknisk beskrivelse legges i grunn. Det vurderes fordeler og ulemper ved hvert av slokkesystemene i forhold til de nevnte faktorene.

Tabell 5 tar for seg fordeler og ulemper ved hvert av systemene med tanke på slokkeegenskaper.

Tabell 5 Slokkeegenskaper ved Vanntåke og CO<sub>2</sub> anlegg

Vanntåke		CO <sub>2</sub>	
Fordeler	Ulemper	Fordeler	Ulemper
Virker på alle sidene av branntrekanten	Vanskelig å slukke små branner	Slokker små og store branner	Gir ingen (lite) kjøling
Effektiv på store branner	Kreves en viss størrelse/temperatur på brannen for at damp kan dannes.	Krever ingen faseendring som vanntåke	Rommene må være lufttette

Vanntåke har den fordel at den virker inn på alle sidene av branntrekanten, mens CO<sub>2</sub> kun tar vekk oksygen tilførselen. For at vanntåke skal ha full effekt som slokkesystem, er det avhengig av at vannet fordampes, slik at det skapes en inert atmosfære. Dette tilsier at vanntåke vil fungere best på store branner, der brannenergien er høy. Forskning har vist at ved små branner fungerer systemet dårlig, siden vanntåken ikke klarer å tre inn i brannsonen og fordampes. CO<sub>2</sub> kommer ut som en gass, og må ikke gjennom noe prosess for å starte en effektiv slokking. Den vil derfor slokke en brann uavhengig av størrelsen og spre seg raskt i rommet. For at CO<sub>2</sub> gassen skal opprettholde en inert atmosfære, må alle åpninger være lukket og ventilasjonsanlegget avstengt.

Helse, Miljø og Sikkerhet har en sentral rolle ved valg av slokkesystem, i Tabell 6 er det listet opp fordeler og ulemper.

Tabell 6 HMS, fordeler og ulemper for Vanntåke og CO<sub>2</sub>

Vanntåke		CO <sub>2</sub>	
Fordeler	Ulemper	Fordeler	Ulemper
Skader ikke miljøet		Skader ikke miljøet	Skadelig for mennesker
Skader ikke mennesker			Streng prosedyrer før utløsning
Kan utløses med en gang			

CO<sub>2</sub> og vanntåke har ingen negativ virkning på miljøet, og CO<sub>2</sub> blir hentet som et biprodukt fra andre prosesser. Karbondioksid er ikke en giftig gass, men siden den er oksygenfortrengende vil den være farlig for mennesker. Det kreves et minimum på 28% karbondioksid i rommet for å kunne slokke en brann, og en så høy konsentrasjon er dødelig for mennesker. Vanntåke har en stor fordel ved at den ikke er skadelig for mennesker og kan utløses med en gang, selv med mennesker i rommet.

CO<sub>2</sub> slokkeanlegg krever strenge prosedyrer med tanke på installasjon, vedlikehold og bruk. Slokkeanlegget skal være utstyrt med tidsforsinkelse, samt at alt personell må gjøres rede for. Forsinkelse av utløsning kan føre til at brannen eskalerer, som kan



forårsake skade på utstyr og farlig røykutvikling for mennesker. Ulykker kan også skje under vedlikehold eller installasjon av slokkeanlegget, feil som gjøres er ofte menneskelig. Det er ikke til å unngå at menneskelig feil er den største svikt, men er også noe man ikke kan unngå i fremtiden.

Vanntåke		CO <sub>2</sub>	
Fordeler	Ulemper	Fordeler	Ulemper
Systemet kan være i drift under vedlikehold	Nytt i forhold til regelverk	CO <sub>2</sub> som slokkesystem har eksistert lenge	Systemet må være låst/avslått under vedlikeholde
Lett tilgjengelig	Må testes	Lett å prosjektere	Flaskene krever eget rom
Pumper sjøvann som reserve	Slokkeanlegget må skreddersys	Ingen rengjøring	Kan kun utløses en gang
Lett håndterbare materialer	Krever rengjøring	Enkelt system å vedlikeholde	Brann kan blusse opp igjen
		Ingen skader på utstyr	

Den tekniske delen ved slokkeanleggene har flere fordeler og ulemper, Tabell 7 viser oversikten.

Tabell 7 Teknisk beskrivelse, fordeler og ulemper ved vanntåke og CO<sub>2</sub> anlegg

Ved prosjektering av slokkesystemer er det viktig å følge regelverk, standarder og retningslinjer. CO<sub>2</sub> anlegg har en stor fordel ved at regelverket er tydeligere og det ikke er krav til gjennomføring av tester. Vanntåke er et nyere slokkeanlegg og det finnes ingen allment akseptert design- og installasjonsmetode, og det er krav til tester for å vise at anlegget tilfredsstillende de fareklassene som skal dekkes. Sem-Safe Water Mist overholder alle maritime standarder.

Vedlikehold er nødvendig for å sikre at systemene er funksjonelle. Vanntåke krever oftere vedlikehold og må re-sertifiseres hvert 5 år. Kostnadene ved vedlikehold kommer først ved den årlige service, og ligger på ca. 30 000 og oppover for begge anleggene. Det er

vanskelig å si noe om hvilket av systemene som har de største kostnadene, siden dette påvirkes av flere faktorer.

Vanntåkeanlegget har en stor fordel ved at det kan være i drift under vedlikehold, slik at det kan igangsettes til enhver tid. CO<sub>2</sub> anlegget derimot må stenges av periodevis med tanke på farene som gassen kan utgjøre ved en feil utløsning. Dette utgjør en risiko dersom en brann skulle oppstå når vedlikeholder pågår.

På en flyterigg som COSLRival er vekt og plass viktige faktorer. CO<sub>2</sub> anlegg vil bruke større plass enn et vanntåkeanlegg, fordi CO<sub>2</sub> flaskene tar opp et stort areal og krever eget rom. CO<sub>2</sub> er installert på COSLRival, så i dette tilfelle er det viktig at vanntåkeanlegg ikke bruker mer plass. Pumpeenheten til Sem-Safe er et kompakt system som veier 3 tonn og bruker 8 plass, mens CO<sub>2</sub> flasker vil utgjøre en vekt på 1,8 tonn. Det er vanskelig å estimere totalvekten av anleggene, da man ikke vet hvor mye rør og andre komponenter som benyttes.

Vanntåkeanlegget har en tank på 1200 liter med ferskvann, og en buffer som minimum skal vare i 1 minutt på maksimal kapasitet. Blir tankene tømt for vann, kan man fortsette med å pumpe opp sjøvann. Dette er en stor fordel, med tanke på at det gjerne står om menneskeliv og store materielle skader når slokkeprosessen har kommet så langt. CO<sub>2</sub> anlegget har ikke denne muligheten, og det kan det by på store problemer dersom brannen ikke er slukket eller skulle blusse opp igjen. Ved utløsning av slokkeanlegget kan det ta tid før forholdene er normalisert, siden CO<sub>2</sub> flaskene må skiftes.

CO<sub>2</sub> anlegget har en stor fordel ved at ikke gir noen sekundærskader. Etter utløsning må gassen luftes ut, og kan ta tid. Vanntåkeanlegget vil etterlate seg vann som må tørkes opp, men komponentene skal ikke ta skade av vannet siden det spres i små partikler. Brukes sjøvann som middel, kan skader på utstyr oppstå over tid.

For at vanntåkeanlegget skal fungere optimalt, må det skreddersys til hvert enkelt prosjekt. Mye av arbeidet ligger i designet av et vanntåkeanlegget, og et godt designet anlegg fungerer med en viss ventilasjon av rommet, for eksempel en åpen dør eller

påslått ventilasjonsanlegg. CO<sub>2</sub> anlegg har en stor fordel siden det er relativt enkelt å designe. Komponentene er enklere enn på et vanntåkeanlegg, og målet er at rommet blir fylt med en gitt mengde CO<sub>2</sub> innenfor en viss tid.

Materialene i slokkeanleggene må være rustfrie og ha riktig trykkklasse. Sem-Safe har minsket bruk av rørdeler, siden rørene enkelt kan formes med håndverktøy. Dette fører til at risikoen for lekkasje minskes. CO<sub>2</sub> anlegget bruker rør med kobling. Rørene skal legges rettest mulig og med korteste vei til dysene, for å minke risikoen for korrosjon. Vanntåkeanlegget må skreddersys og materialbruken er nok større enn ved CO<sub>2</sub> anlegget. Både Sem-Safe og CO<sub>2</sub> anlegget har rustfrie rør av stål.

## 8. Konklusjon

I vurderingen av å velge et slokkeanlegg er det totale bilde som avgjør valget. Det er lagt vekt på slokkeegenskaper, HMS, regelverk og teknisk beskrivelse når vi har vurdert anleggene opp mot hverandre. Begge slokkeanleggene har flere fordeler og ulemper, men noen viktigere enn andre.

CO<sub>2</sub> slokkeanlegg har vært i bruk lenge og har gode slokkeegenskaper. Anlegget krever ingen renhold etter utløsning og utgjør ingen sekundærskader, men er skadelig for mennesker og har strenge sikkerhetstiltak før utløsning. De strenge sikkerhetstiltakene medfører at det kan tid før anlegget blir utløst og dermed kan brannen utvikle seg til å bli større enn nødvendig. Ved utløsning av slokkeanlegget kan det ta tid før forholdene er normalisert, da CO<sub>2</sub> flaskene må skiftes.

Vanntåke er blitt lansert som erstatter for Halon og CO<sub>2</sub> slokkeanlegg, da det har mange av de samme slokkeegenskapene og har i tillegg en kjølede effekt. Vanntåke har fordel ved at den ikke er skadelig for mennesker slik at det kan utløses ved deteksjon uten risiko. I tillegg blir en eventuell brann bekjempet i en tidlig fase og hindrer en hurtig brannutvikling. Slokkeanlegget kan utløses flere ganger og pumpe sjøvann som reserve. De største ulempene for vanntåke er at slokkeanlegget må skreddersys for hvert prosjekt og at det er krav til tester. Det er bevist at vanntåke fungerer dårlig på små branner, fordi det ikke dannes nok damp til å skape en inert atmosfære.

Rapportens hovedmål har vært å diskutere og vurdere fordeler og ulemper ved de forskjellige slokkeanleggene, det er derimot COSL som skal gjøre den endelige beslutningen. Vår konklusjon er imidlertid å skifte ut eksisterende CO<sub>2</sub> -anlegg med vanntåkeanlegg. Årsaken til denne konklusjonen er gitt av hensyn til personsikkerhet, utløsning ved deteksjon uten personell risiko, kjølede effekt og muligheter for videre slokking med sjøvann.

## 9. Referanser

Bureau of Reclamation. (2005). *CO2 System Operation and Maintenance*. Hydroelectric Research and Technical Service Group. Denver: Bureau of Reclamation.

COSL Drilling Europe AS. (2004). *COSL*. Hentet Mars 20, 2013 fra [www.cosl.no/doc/Brosjyre/AWONO\\_n58099\\_v1\\_COSLRival\\_Brochure.pdf](http://www.cosl.no/doc/Brosjyre/AWONO_n58099_v1_COSLRival_Brochure.pdf)

COSL Drilling Europe AS. (2007). *COSL*. Hentet Mars 20, 2013 fra [www.cosl.no](http://www.cosl.no)

COSL Drilling Europe. (u.å.). *COSL*. Hentet Mars 20, 2013 fra <http://www.cosl.no/doc//AWO/riggspec/COSLRival%20spec.pdf>

Danfoss Semco A/S Fire Protection. (2011, September). *The Water Mist Fire Fighting System for Commercial and Industrial Applications*. Hentet April 11, 2013 fra [http://www.danfoss-semco.com/media/Industrial\\_and\\_commercial\\_general\\_brochure.pdf](http://www.danfoss-semco.com/media/Industrial_and_commercial_general_brochure.pdf)

DNV. (2010, Desember). *DNV Statutory Interpretations*. Hentet April 3, 2013 fra SOLAS: <http://exchange.dnv.com/publishing/StatutoryInterpretations/2011-06/StatutoryInterpretations.pdf>

EPA. (2012, December 14). *Halon substitutes under SNAP as December 14, 2012*. Hentet Mars 13, 2012 fra United States Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/ozone/snap/fire/halon.pdf>

Gjessing, E. (2011, Juni 27). *Karbondioksid*. Hentet Mars 13, 2013 fra Brannmannen: <http://www.brannmannen.no/arkiv.aspx?M=NewsV2&PID=17&NewsID=162>

Hagen, B. C. (2004). *Grunnleggende brannteknikk*. Hagensforlag.

Haraldsen, H. (2009, Februar 14). *Karbondioksid*. Hentet Mars 15, 2013 fra Store Norske

Leksikon: <http://snl.no/karbondioksid>

Harper, P. (u.å.). *Assesment of the major hazard potential of carbon dioxide (CO2)*. Hentet Mars 15, 2013 fra Health and Safety Executive: <http://www.hse.gov.uk/carboncapture/assets/docs/major-hazard-potential-carbon-dioxide.pdf>

Høgskolen i Oslo. (2002, Januar 3). *Undersøkellesmetoder m/statistikk*. Hentet April 1, 2013 fra Bibliotek- og informasjonsstudiene: <http://www.jbi.hio.no/bibin/BoS21/def.htm#K>

IMO. (2009, Juni 11). *Guidelines for the maintenance and inspections of fixed carbon dioxide fire extinguishing system*. Hentet April 4, 2013 fra <http://www.mardep.gov.hk/en/msnote/pdf/msin0939anx1.pdf>

IMO. (u.å.). *International Maritime Organization*. Hentet April 3, 2013 fra <http://www.imo.org/Pages/home.aspx>

Nordon. (u.å.). *Bruk av naturlige kuldemedier på nye områder*. Hentet Mars 13, 2013 fra Klima og forurensningsdirektoratet: [http://www.klif.no/arbeidsomr/luft/kuldemedier/kuldemedier\\_faktablad\\_2.2.2.pdf](http://www.klif.no/arbeidsomr/luft/kuldemedier/kuldemedier_faktablad_2.2.2.pdf)

Opstad, K. S. (1998). *Håndbok i Brann tekniske Analyser og -Beregninger*. Trondheim: SINTEF Norges Brann tekniske laboratorium.

Pedersen, K. S. (1985). *Slukkemidlenes virkemåte, anvendelse, begrensninger og giftighet. Valg av Strategi*. Norges Brann tekniske laboratorium. Trondheim: SINTEF.

Ragnar Wighus, P. A. (1994). *Fine Water Spray System- extinguishing tests in medium and full scale turbine hood*. Norges Brann tekniske Laboratorium. Trondheim: SINTEF.

Ragnar Wighus, P. A. (u.å.). *Water mist versus sprinklers and gas fire suppression systems – differences and similarities*. Norwegian Fire Research Scientist. SINTEF.

Sagen, A. (2012, Desember). When safety equipment becomes a hazard. *Seaway magasin*

Semco Maritime. (2012, November). *Products and Technology*. Hentet April 12, 2013 fra <http://ipaper.ipapercms.dk/SemcoMaritime/ProductsTechnology/ProductsTechnology/>

SEMCO Maritime. (2013). *Technical Description of Waster Mist System*. SEMCO Maritime.

SINTEF. (2003). *Vanntåke anvendt i bygninger*. Norges brann tekniske laboratorium.

Stensaas, J. P. (1993). *Alternativer til brannsløkkingsanlegg med Halon, en veiledning*. Norges brann tekniskelaboratorium . Trondheim: SINTEF.

Tronerud, J. (u.å.). *Metodevalg*. Hentet April 1, 2013 fra Brukertest: <http://brukertest.com/brukertest/metodevalg>

VG. (2011, September 24). *Brannen på "Nordlys" burde vært slukket automatisk*. Hentet Mars 2, 2013 fra VG: <http://www.vg.no/nyheter/innenriks/artikkel.php?artid=10038844>

Wighus. (2011). *Brannfaglig fellesorganisasjon*. Hentet Mars 7, 2013 fra Vanntåke - siste nytt og krav til kompetanse: [http://www.bfobrann.no/fileadmin/1130164/Wighus\\_Vanntaake\\_siste\\_nytt\\_og\\_krav\\_til\\_kompetanse.pdf](http://www.bfobrann.no/fileadmin/1130164/Wighus_Vanntaake_siste_nytt_og_krav_til_kompetanse.pdf)

Wighus, R. (2011, Februar 10). Hentet Mars 8, 2013 fra Vanntåke: <http://www.sintef.no/Byggforsk/SINTEF-NBL-as/Branntesting/Slokketesting/Vanntake/>

Wighus, R. (1993b). *Utvikling innen slokketeknikk- Vanntåke til brannslukking*. Norges branntekniske laboriatorium. Trondheim: SINTEF.

Wighus, R. (2004, Mars 24). *Vanntåke - Kan det brukes mer offshore?* Hentet April 22, 2013 fra [http://nbl.sintef.no/publication/lists/docs/NBL\\_S04131.pdf](http://nbl.sintef.no/publication/lists/docs/NBL_S04131.pdf)

Wighus, R. (2000, Desember 28). *Vanntåke slokketeknologi - status 2000*. Hentet Mars 20, 2013 fra [http://nbl.sintef.no/publication/lists/docs/STF22\\_A00852.pdf](http://nbl.sintef.no/publication/lists/docs/STF22_A00852.pdf)

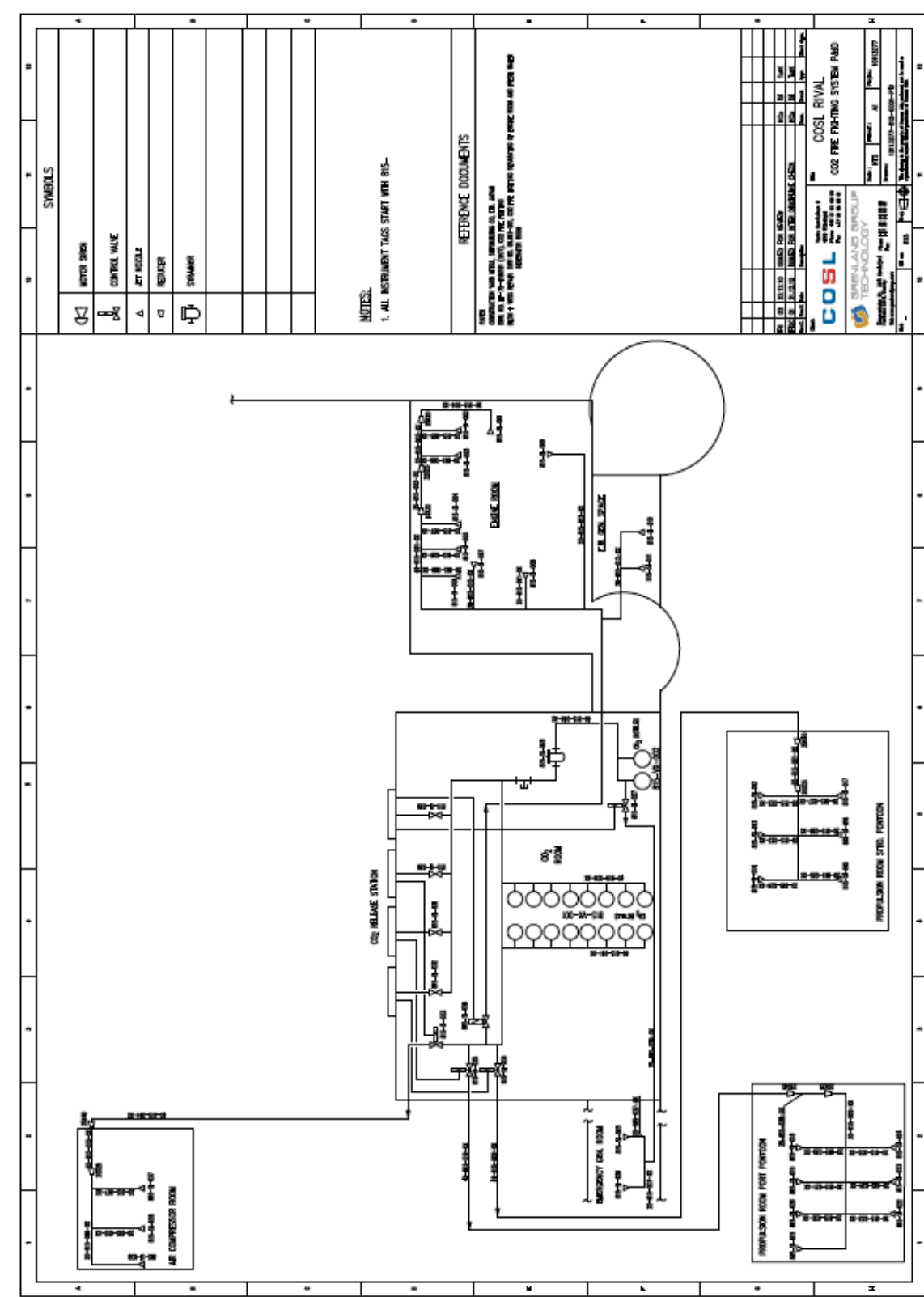
Wighus, R. (1993a). *Videreutviklet slukketeknologi*. Norges Branntekniske laboratorium. Trondheim: SINTEF.

Wilhelm, A. (1965). *Det skjulte samfunn. Metodelære*.

Youtube. (u.å). *Gassulykke på skip ved Kristiansand (1970)*. Hentet fra <http://www.youtube.com/watch?v=w5Zd6bOdBwQ>

Zhigang Liu, A. K. (u.å.). *A review of water mist fire supression systems-fundamental studies*. Hentet Mars 14, 2013 fra National Institute of Standards and Technology: <http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire00/PDF/f00180.pdf>

Vedlegg 1





## Vedlegg 2

### Spørsmål og svar fra leverandør (SEMCO)

**Spørsmål: Hva er vedlikeholdsfrekvensen på SEMSAFE etter og hva er kostnaden på vedlikeholdet?**

Det skal være en månedlig inspeksjon av riggmannskapet. Varigheten på inspeksjonen er mellom 10-20 minutter. I tillegg skal det være en 6 månedlig test som gjennomføres av riggmannskapet. Testen tar ca 1 time. Årlig service på systemet kan gjennomføres av riggmannskap, men SEMCO anbefaler at en sertifisert leverandør gjennomfører servicen.

Kostnadene for årlig service på anlegget gjennomført av SEMCO koster ca 30000-40000 NOK. 5 års re-sertifisering kan gjennomføres av SEMCO da de er DNV og ABS sertifisert. Kostnadene på 5 års sertifisering er på ca 80000-100000 NOK.

**Er systemet operativt under vedlikehold?**

Ja, det er operasjonelt.

**Hva er kostnadene på systemet når det er operativt?**

Tett på null, det vil bruke vann, ca 250-300 liter/min er maksimal kapasitet og elektrisk kraft er ca 66 kW når pumpene er i gang.

**Er det lett å installere?**

Ja, SEMCO bruker komprimerte deler som reduserer varmearbeidet til et minimum.

**Hvor tung er høytrykkspumpen og vanntanken?**

En pumpeenhet består av seks pumper, det vil si fem pumper pluss en redundant med full vannbeholder, vil totalvekten være 3 tonn.

## Vedlegg 3

### Spørsmål ALF LEA CO<sub>2</sub>-anlegg

#### Hva prosjekteres CO<sub>2</sub> anlegget etter?

Det prosjekteres etter kravene som står beskrevet i regelverkene. Det kreves ingen tester av anlegget på samme måte som vanntåke. Godkjennes gjennom å følge beregningsmetoder og krav.

#### Hvordan er vedlikehold av CO<sub>2</sub> anlegg?

Det skal være månedlig inspeksjon som gjennomføres av eget mannskap på plattformen. Hvert andre år må det til service/inspeksjon av eksternt firma. Utskifting av flasker koster ca 4500 kroner. CO<sub>2</sub> anlegget har mindre komponenter enn vanntåkeanlegget, og vedlikeholdet er enklere.

#### Må anlegget være avslått under vedlikehold?

Ja, det må være avslått under deler av vedlikeholdet. Blant annet når utlørsystemet testes.

#### Hvor stor plass krever CO<sub>2</sub> anlegget?

Det varierer fra prosjekt til prosjekt, men CO<sub>2</sub> flaskene må oppbevares i eget rom. 1 flaske med 45 liter veier ca 100 kg.

#### Vil CO<sub>2</sub> påføre sekundærskader etter utløsning og hvordan er det med rengjøringen?

CO<sub>2</sub> vil ikke utgjøre sekundærskader. Det er en ren gass og trenger bare å luftes ut. Målinger blir gjennomført for å forsikre at atmosfæren er sikker for mennesker.

#### Hvordan er design av anlegget?

Det er relativt enkelt og består av mindre komponenter enn for eksempel vanntåke. I tillegg er komponentene enklere. Dysene monteres med hensikt på at rommet blir fylt med CO<sub>2</sub> innenfor en viss tid.

#### Hvilke materialer brukes?

Flasker og rør består av rustfritt stål, og dysene og ventilene er laget av messing eller bronse.

Vedlegg 4

Tilbud

Tilbudside 22549		Tilbudsdato: 2013-04-19	
Kjedenr.: 16299	Kundenr.: 0	Lev.beting.: EXW	
Fakturaadr.: COSL Offshore Management AS Postboks 34 4064 STAVANGER	Leveringsadr.: Coslrival	Bet.beting.: Pr. 30 dager	
		Utløpsdato: 2013-06-18	
Deres ref.: Arnt Fløgsstad	Vår ref.: Jarl Inge Øvrebo		
Foresp.nr.:	Sendingsnr.:		
Transportør:	Sendingsdato:		



**Alf Lea & Co. Brannvern AS**  
Tollbodg 3  
5527 HAUGESUND  
Tlf.: 52 70 44 70  
Fax: 52 72 77 19  
Email: mail@alflea.no  
Bankgiro: 5337 05 08131  
Foretaksregisteret  
Org.nr: NO 996 987 590 MVA

Artnr	Tekst	Ant.best.	Enh.pris	% Rab.	Sum
	Estimert tidsforbruk på kontroll av 7 stk CO2 slukkeanlegg.				
	1 Teknikker 2 dager a 12 timer hvis han får litt hjelp ombord. Eventuelt 2 mann.				
	Det er ikke tatt med reisetid og ventetid i estimatet.				
	Reisekostnader blir fakturert netto +10%				
	Deler/reparasjon er ikke medregnet.				
ALB-50	Offshore Arbeid Dagtid 07.00-19.00	24.00 timer	955.00		22920.00
ALB-55	Offshore Arbeid 100% Overtid 19.00-07.00	0.00 timer	1140.00		0.00
ALB Lugar	Delt lugar/hot Beding	0.00 stk	883.00		0.00
			Sum		22920.00

Avgiftsspesifikasjon med sammendrag		
Sats	Mva.grt.	Sum
25.00	22920.00	28650.00
<b>Totalt:</b>	<b>22920.00</b>	<b>28650.00</b>