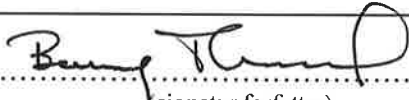




Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## MASTEROPPGAVE

Studieprogram: Master i Risikostyring	Vårsemesteret, 2019  Åpen
Forfatter: Benny Thorrud	 ..... (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Professor Eirik B. Abrahamsen  Veileder: Asbjørn Ueland (Ptil)	
Tittel på masteroppgaven:  Kan tiltak introduseres i programmerbare sikkerhetssystemer for å redusere antall ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner på norsk sokkel?	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Rapportering, ikke verifiserbare deteksjoner, utilsiktede aksjoner, situasjonsforståelse, beslutningsstøtte, trending som verktøy, detektornettverk- konsept	Sidetall: 77  + vedlegg: 14  Stavanger, 3. juni 2019  dato/år

---

## I. Sammendrag

Årlig forekommer det brann- og gassdeteksjoner som ikke kan verifiseres som branntilløp eller gassutslipp. Disse klassifiseres i Petroleumstilsynets database over fare- og ulykkessituasjoner (DFU) med kode 22C – Feil-alarm. Dette er hendelser som ikke har latt seg verifisere som reelle i etterkant. Tilgang til databasen med tilhørende innhold danner grunnlaget for denne oppgaven. En systematisk gjennomgang av datagrunnlaget har vært utført med tanke om å presentere informasjon som kan gi utvidet læring og innsikt i årsaksforhold samt potensielle tiltak som kan implementeres i programmerbare sikkerhetssystem for å redusere omfanget av disse rapporteringene.

Innholdet i databasen er først og fremst skrevet med tanke på varsling og det er ingen føringer på hva "friteksten" i varslingsskjema som benyttes skal inneholde. Dette gjør det vanskelig å sette sammen til informasjon og se klare sammenhenger. Hovedkonklusjonene som trekkes fra datagrunnlaget er at det potensielt er en stigende rapporteringstrend de siste årene og at innholdet som rapporteres bærer preg av utilstrekkelig situasjonsforståelse av hva som er den faktiske årsaken på et tidlig stadium. De største bidragene til databasen kommer fra ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktet aktivering av slukkesystem. Forfatter har derfor gjort et valg om å fokusere på de systemene som opptrer hyppigst i databasen.

Hypotesene som oppgaven har forfulgt videre er:

- 1) Et system med en definert funksjon, typisk slukkesystem, vil kunne ha signaturkurver av "unik" karakter som kan anvendes til å gjenkjenne reelle tilstander.

Basert på innhenting av måleverdier og trendkurver fra systemer i drift viser disse kurvene unike signaturer som kan benyttes for å verifisere reelle tilstander og dermed filtrere ut potensielle feiltilstander.

- 2) Pålitelig brann- og gassdeteksjon kan ikke basere seg på enkeltinstrumenter.

Et tenkt nettverkskonsept bestående av detektorer som holdes adskilt fra det programmerbare sikkerhetssystemet med kontinuerlig tilgang til data fra historiestasjoner vil kunne gi en utvidet situasjonsforståelse.

Begge tiltakene baserer seg på gjenkjenning av reelle tilstander gjennom presentasjon av lett tilgjengelig informasjon. Der hvor dette er oppnåelig, vil også system og instrumenter med avvik kunne fanges opp. Ulike problemstillinger vil kreve ulike tilnærminger hvor verktøyene som benyttes tilpasses oppgavene de er tiltenkt.

Basert på hypotese 1) er det skrevet en egen artikkel som er ment å kunne tilføre næringen utvidet læring og situasjonsforståelse. Artikkelen er plassert under vedlegg og kommer i tillegg til selve rapporten.

---

## II. Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på studiet innen faget Risikostyring ved Universitetet i Stavanger. I kombinasjon med full jobb gjennom studieperioden har det tidvis vært krevende å finne tid, men muligheten til å bygge faglig kompetanse gjennom lærerike emner og kunnskapsrike forelesere har vært drivende.

Jeg vil benytte anledningen til å takke Petroleumstilsynet for tilgangen til den interne databasen som har vært utgangspunktet for denne oppgaven. En spesiell takk til Asbjørn Ueland for tilgjengelighet, veiledning og lærerike samtaler knyttet til innhold av database og næringen generelt.

Jeg vil også rette en takk til min alltid imøtekommende og inspirerende veileder Eirik B. Abrahamsen ved Universitetet i Stavanger for gode innspill knyttet til strukturering og innhold av rapport.

Kongsberg, 03.06.2019

Benny Thorrud

---

### **III. Innholdsfortegnelse**

<b>I.</b>	<b>Sammendrag</b> .....	
<b>II.</b>	<b>Forord</b> .....	
<b>IV.</b>	<b>Forkortelser</b> .....	
<b>V.</b>	<b>Definisjoner</b> .....	
<b>VI.</b>	<b>Liste over figurer</b> .....	
<b>VII.</b>	<b>Liste over tabeller</b> .....	
<b>1</b>	<b>Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Problemstilling.....	2
1.3	Formål.....	3
1.4	Oppbygning av rapport .....	3
1.5	Avgrensninger av rapport .....	4
<b>2</b>	<b>Datagrunnlag</b> .....	<b>6</b>
2.1	Systematisering .....	6
2.1.1	Ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner .....	10
2.1.2	Feilhandling .....	16
2.1.3	Utsiktet aktivering av slukkesystem.....	17
2.1.4	Kontrollsystem.....	21
2.2	Oppsummering.....	22
2.3	Antagelser og usikkerheter .....	23
2.3.1	Rapportering .....	23
2.3.2	Innhold av database .....	24
2.4	Videre arbeide.....	25
<b>3</b>	<b>Systemer og instrumenter</b> .....	<b>27</b>
3.1	Gassdeteksjon .....	28
3.2	Aktiv brannbeskyttelse .....	32
3.3	Kontrollsystem.....	37
3.3.1	Programmerbare sikkerhetssystem .....	40

---

3.4	Presentasjon av måleverdier .....	45
<b>4</b>	<b>Forslag til tiltak .....</b>	<b>49</b>
4.1	Alarmering .....	50
4.2	Utvidet bruk av trender i mimikk .....	52
4.3	Detektornettverk - konsept.....	57
<b>5</b>	<b>Konklusjon og anbefaling .....</b>	<b>60</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>Regelverk, standarder og risikoanalyser .....</b>	<b>62</b>
6.1	Regelverk og standarder .....	62
6.2	Risikoanalyser.....	64
<b>7</b>	<b>NORSOK S001.....</b>	<b>66</b>
7.1	Gassdeteksjon .....	66
7.2	Aktiv brannbeskyttelse .....	69
<b>8</b>	<b>Forslag til oppfølging av rapportering.....</b>	<b>72</b>

## IV. Forkortelser

bar	En måleenhet for trykk (absolutt)
barg	En måleenhet for trykk (relatert til omgivelsene)
B&G	Brann og Gass
CPU	Central Processing Unit
C&E	Cause & Effect
DCS	Distributed Control System
DFU	Definerte fare- og ulykkessituasjoner
ESD	Emergency Shut Down
FAR	Fatal Accident Rate
FPDS	Fire Protection Data Sheet
F&G	Fire and Gas
GL	Guideline
HART	Highway Addressable Remote Transducer
HC	Hydrokarbon
HC <sub>4</sub>	Metangass
H <sub>2</sub> S	Hydrogensulfid
Hz	Hertz
HMI	Human Machine Interface
IEC	International Electrotechnical Commission
IMS	Information Management System
IO	Input/Output
IR	Infrarød
LEL	Lower Explosion Limit
mA	Milliampere
NDE	Normalt de-Energisert
NE	Normalt Energisert
PCS	Process Control System
PDCS	Power Distribution Control System
PLL	Potential Loss of Life
PLS	Programmerbar Logisk Styring
PSD	Process Shut Down
Ptil	Petroleumstilsynet
RNNP	Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet
SAS	Sikkerhets- og Automasjonssystem
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SIL	Safety Integrity Level

SINTEF	Selskapet for Industriell og Teknisk Forskning
SRA	Society for Risk Analysis
V	Volt
QRA	Quantitative Risk Analysis
µm	Mikrometer

## V. Definisjoner

Ex de	Utstyr i eksplosjons- og tennsikker utførelse
Ex i	Utstyr i egensikkersikker utførelse
Faceplate	Et HMI grensesnitt direkte knyttet mot logikk
Ikke verifiserbare deteksjoner	Instrumentdeteksjon av brann- og gasstilstander som ikke har latt seg verifisere i etterkant
In ball ventil	Kontrollventil benyttet av sprinklersystem for automatisk regulering for tilførsel av vann fra brannvannsring
Knock out drum	Tank for utskillelse av gass-væske til fakkell
Kontroller	Programmerbar prosessor for logikkstyring
Kontrollsystem (node)	Kontroller, grensesnitt (I/O) og annen relevant elektronikk ( gjerne plassert i eget kabinett)
Synergi	Et system for å håndtere risikostyring
Utsiktede aksjoner	Utsikket utløsning av slukkesystem eller falskt varsel om utløsning av slukkesystem

## VI. Liste over figurer

<i>Figur 1. Antall innrapporterte hendelser per år i perioden 2010 - 2018 .....</i>	6
<i>Figur 2. Innrapporterte hendelser per innretning i perioden 2010 - 2018 (innretninger anonymisert).....</i>	7
<i>Figur 3. Innrapporterte hendelser per innretning i perioden 2016-2018 (innretninger anonymisert).....</i>	7
<i>Figur 4. Innrapporterte hendelser per innretning 2018 (innretninger anonymisert) .....</i>	8
<i>Figur 5. Ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner - rapporterte årsaker .....</i>	11
<i>Figur 6. Detektortype – bidrag summert per tilstand .....</i>	13
<i>Figur 7. Deteksjonsområder – mer enn 2 innrapporterte ikke verifiserbare deteksjoner .....</i>	15
<i>Figur 8. Slukkesystem – rapporterte årsaker .....</i>	18
<i>Figur 9. Slukkesystem – bidrag per system .....</i>	19
<i>Figur 10. Illustrasjon av punkt-gass og linjegassdeteksjon (Simtronics GD10 operatørmanual) .....</i>	28
<i>Figur 11. Absorpsjonsspekteret for metangass (gaussisk tilnærming).....</i>	29
<i>Figur 12. Absorpsjonsspekter for vann i væske-, gass- og fast form .....</i>	31
<i>Figur 13. Eksempel på presentasjon av brannvannspumper og tilhørende brannvannsring på operatørstasjon (hentet fra innretning norsk sokkel).....</i>	33
<i>Figur 14. Eksempel på presentasjon av deluge på operatørstasjon (hentet fra innretning norsk sokkel).....</i>	35
<i>Figur 15. Eksempel på presentasjon av sprinkler på operatørstasjon (hentet fra innretning norsk sokkel).....</i>	36
<i>Figur 16. Eksempel på SCADA/DCS konfigurasjon .....</i>	37
<i>Figur 17. Eksempel på topologi for Sikkerhets og Automasjonssystem (ABB 800xA system). .....</i>	39
<i>Figur 18. Prinsipiell fremstilling av grensesnitt mellom B&amp;G deteksjon, slukkesystem og node .....</i>	40
<i>Figur 19. MA – Analog funksjonsmal [10] .....</i>	41
<i>Figur 20. Eksempel på alarmgrenser for punkt-gassdetektor (hentet fra innretning norsk sokkel).....</i>	42
<i>Figur 21. Eksempel på FPDS (hentet fra innretning norsk sokkel) .....</i>	43
<i>Figur 22. Eksempel på voteringsblokk for singel gass, bekreftet gass og degradert modus (hentet fra innretning norsk sokkel) .....</i>	44
<i>Figur 23. MA – Analog funksjonsmal med tilhørende terminaler [10] .....</i>	45
<i>Figur 24. Gassdetektorrespons med påtrykt testgass.....</i>	46



---

<i>Figur 25. Sprinkler utløsning - trykkendring .....</i>	52
<i>Figur 26. Deluge utløsning - trykkendring.....</i>	53
<i>Figur 27. Deluge utløsning og brannvannsring - trykkendring .....</i>	54
<i>Figur 28. Eksempel på integrering av trend i mimikk.....</i>	55
<i>Figur 29. Skjema for varsling/melding til Petroleumstilsynet om fare- og ulykkessituasjoner</i>	73
<i>Figur 30. Utdrag av skjema for varsling.....</i>	75

## **VII. Liste over tabeller**

<i>Tabell 1: Kategorier - typisk utvalg av hendelser og bidrag .....</i>	9
<i>Tabell 2: Ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner - rapporterte årsaker og bidrag .....</i>	11
<i>Tabell 3: Detektortype – bidrag summert over alle tilstander.....</i>	13
<i>Tabell 4: Detektortype – bidrag summert per tilstand.....</i>	13
<i>Tabell 5: Slukkesystem - rapporterte årsaker og bidrag.....</i>	18
<i>Tabell 6: Slukkesystem – bidrag per system.....</i>	19
<i>Tabell 7: Eksempel på alarm og diagnoseintervaller for punkt-gassdetektor (Simtronics GD10P operatørmanual) .....</i>	30

---

# 1 Introduksjon

Kapittelet har til hensikt å gi leseren innsikt i bakgrunn, problemstilling og formålet med rapporten. Oppbygning og avgrensning blir også formidlet.

## 1.1 Bakgrunn

Olje- og gassvirksomhet innebærer risiko og har potensial for storulykker. Uønskede hendelser kan utvikle seg til tap av menneskeliv, svekkelse av innretningens integritet og akutt forurensning.

Reguleringen av petroleumsvirksomheten på norsk sokkel er i all hovedsak basert på funksjonskrav. Disse definerer hvilket sikkerhetskrav som skal oppnås, men ikke hvordan kravene skal oppfylles [1]. Alle innretninger for produksjon av olje og gass på norsk sokkel (eksempelvis flytende, faste og flyttbare) er forpliktet til å følge lover og forskrifter lagt til grunn for aktivitetene som utføres, hvor operatør er ansvarlig for å vise til hvordan disse kravene skal etterkommes, gjennomføres og etterleves, slik at et akseptabelt sikkerhetsnivå kan oppnås.

Petroleumstilsynet er et selvstendig, statlig tilsynsorgan med myndighetsansvar for sikkerhet, beredskap og arbeidsmiljø innen petroleumsvirksomheten på norsk sokkel [1]. En viktig funksjon er å følge opp hvordan sikkerhetskravene blir møtt og etterlevd av de enkelte operatørene på de ulike innretningene.

Ved hendelser på innretningene som har storulykkepotensial skal det foretas en varslings for å klargjøre ytterligere beredskap ved behov. Krav om varslings og rapportering er beskrevet i Styringsforskriften [3]. I veiledningen til §29 utdypes følgende

*Følgende situasjoner bør varsles:*

- a) *situasjoner der beredskapsorganisasjonen er aktivert, eller det er satt i verk forberedelser til evakuering*

For å klassifisere de ulike rapporterte hendelsene er det definert et antall ulike fare- og ulykkessituasjoner (DFU) hvor det er etablert egne for de med storulykkepotensial. Det refereres til Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet (RNNP) [6] for de ulike klassifiseringene.

Programmerbare sikkerhetssystemer er med på å ivareta sikkerheten om bord på innretningene ved å tidlig detektere branntilløp og gasslekkasjer samt aktivere konsekvensreduserende effekter (eksempelvis slukkesystem) om en uønsket hendelse skulle oppstå. Blant de innrapporterte hendelsene viser det seg at disse systemene også varsler om tilstander som ikke lar seg verifisere som reelle brann- og gasstilstander i etterkant, men som likevel må betraktes som reelle til de er sjekket ut og klarert. Disse hendelsene faller ikke under DFU'er klassifisert med storulykkepotensial. For disse benytter Petroleumstilsynet en egen kode, 22C – Feil-alarm.

---

Denne oppgaven tar utgangspunkt i databasen med de registrerte hendelsene klassifisert som DFU 22C for videre systematisering og forslag til potensielle tiltak.

## 1.2 Problemstilling

Alarmering og utilsiktet aktivering av konsekvensreducerende effekter ved ikke verifiserbare tilstander har flere negative aspekter i form av driftsforstyrrelser, stress på anlegg og personell samt uønsket medieomtale. Er omfanget tilstrekkelig stort vil også tillitten og påliteligheten til instrumenter og de programmerbare sikkerhetssystemene kunne trekkes i tvil.

De negative konsekvensene må likevel vurderes opp mot risikoen ved å unnlate å alarmere samt utføre konsekvensreducerende aksjoner om en reell uønsket hendelse skulle inntreffe, da en storulykke kan ha et katastrofalt omfang. Håndtering av risiko vil alltid innebære en balansering av kost/nytte for verdiene forsøkt beskyttet.

Petroleumstilsynet sin database inneholder 351 oppføringer (DFU 22C) som er registrert som «andre hendelser – feilalarm» for offshore innretninger i perioden 2010 til 2018. Dette er hendelser hvor sikkerhetssystem har detektert og utført aksjoner, men hvor det i ettertid ikke har blitt verifisert reelle brann- og gasstilstander. I gjennomsnitt for perioden utgjør dette 39 ikke reelle hendelser per år. Ifølge RNNP er følgende reelle hendelser rapportert de siste 2 årene.

*"Det ble registrert ti ikke-antente hydrokarbonlekkasjer 2017 (12 i 2016) og 12 brønnskrollhendelser (14 i 2016). Ni av hydrokarbonlekkasjene var i laveste kategori (0,1- 1 kg/s) mens en var over 1 kg/s i 2017. Alle brønnskrollhendelsene i 2017 var i laveste risikokategori" [6, side 7]*

Det er ikke rapportert om hendelser knyttet til brann av større omfang.

Det har tidligere ikke vært gjort noen systematisk gjennomgang av databasen for de kategoriserte DFU 22C oppføringene. Det er derfor ønskelig med en dypere innsikt i de innrapporterte hendelsene slik at det er mulig å danne seg et bilde av om enkelte kategorier er overrepresentert, hva mulige årsaker kan være og om potensielle tiltak kan implementeres i de programmerbare sikkerhetssystemene for å redusere omfanget. Funn kan potensielt anvendes til fremtidige tilsynsformål og tiltak formidles videre til næringen.

---

## 1.3 Formål

Oppgaven tar utgangspunkt i databasen med de innrapporterte hendelsene klassifisert som DFU 22C. En systematisk gjennomgang utføres med formål om å kunne presentere informasjon som kan gi utvidet læring og innsikt i årsaksforhold. Basert på funn fra databasen vil oppgaven gjøre vurderinger og komme med forslag til tiltak i de programmerbare sikkerhetssystemene, der dette vil kunne gi økt verdi. Ulike problemstillinger vil kunne kreve ulike tilnærminger. Tiltak kan ikke gå på bekostning av teknisk sikkerhet eller risiko for ikke å håndtere en reell hendelse som inntreffer, men etablert praksis kan potensielt utfordres.

Oppgaven vil også presentere eventuelle forslag til forbedringer knyttet til innrapportering/oppfølging av hendelser som ikke har latt seg verifisere i etterkant. Kapitlet som omfatter dette temaet er vurdert å kunne "stå for seg selv" og er av den grunn valgt plassert under vedlegg. Dette for å etablere best mulig flyt og overganger i hovedrapporten.

Følgende belyses i rapporten

- Systematisering av datagrunnlaget fra databasen slik at disse kan sammenstilles og gi meningsfull informasjon for videre arbeide
- Relevant "teori" og eksempel på nyere industripraksis for design knyttet til funn fra datagrunnlag
- Forslag til tiltak som kan implementeres i programmerbare sikkerhetssystemer (eventuelt andre systemer) for økt situasjonsforståelse og som potensielt kan redusere antall ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner samt utilsiktede aksjoner
- Forslag til forbedringer knyttet til systematisering av innrapportering/oppfølging av ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner samt utilsiktede aksjoner internt hos Petroleumstilsynet for fremtidig anvendelse

## 1.4 Oppbygning av rapport

I kapittel 2 presenteres en systematisering av datagrunnlaget fra databasen. Dette er med på å etablere en bakenforliggende innsikt i problemstillingene knyttet til de innrapporterte hendelsene. Funnene fra gjennomgangen av databasen diskuteres samt at det gjøres en siling for hvilke problemstillinger oppgaven velger å forfølge videre.

Relevant "teori", teknologi og prinsipiell design for utvalgte funn presenteres i kapittel 3. Dette er ment å etablere innsikt og forståelse for forslag til tiltak som skisseres.

I kapittel 4 presenteres forslag til tiltak som kan gi en utvidet situasjonsforståelse ved hendelser og som potensielt kan implementeres for å redusere omfanget av ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner. Disse tiltakene må naturlig nok vurderes opp mot risikoen for å ikke å alarmere og utføre tiltenkte aksjoner om en reell hendelse skulle inntreffe.

Rapporten oppsummeres gjennom konklusjon og anbefaling i kapittel 5.

---

For å etablere best mulig flyt og overganger i hovedrapporten er enkelte kapitler valgt plassert under vedlegg. Innholdet ansees som relevant for oppgaven, men det er vurdert dit hen at disse kan leses uavhengig av gjennomgang av database og tiltak knyttet til dette.

Følgende kapitler er plassert under vedlegg:

- Regelverk, standarder og risikoanalyser
- NORSOK S001
- Forslag til oppfølging av rapportering

I tillegg til selve rapporten er det skrevet en egen artikkel basert på utvalgte funn fra databasen som er ment å kunne tilføre utvidet læring til næringen. For sikkerhetssystemer med en dedikert funksjon og hvor aktivering av denne funksjonen genererer unike signaturkurver vil det være mulig å differensiere på ulike tilstander. Verktøyet som presenteres er ment å kunne etablere en utvidet situasjonsforståelse og anvendes for videre beslutningsstøtte og oppfølging av hendelser i kontrollrom. Artikkelen er et vedlegg til rapporten.

- Improved situational awareness with embedded signature curves in mimic

## 1.5 Avgrensninger av rapport

I) Oppgaven tar utgangspunkt i databasen med de innrapporterte hendelsene klassifisert som DFU 22C, hvor en systematisk gjennomgang utføres. Funn fra databasen med tilhørende diskusjon presenteres i kapittel 2. Disse funnene gir føringer for videre arbeide med oppgaven. Oppgaven vil med dette avgrenses underveis. Der hvor disse avgrensningene foretas vil en begrunnelse bli gitt.

II) I veiledningen til Styringsforskriften [3] §29 utdypes følgende

*Følgende situasjoner bør varsles:*

*b) situasjoner der beredskapsorganisasjonen er aktivert, eller det er satt i verk forberedelser til evakuering*

En veiledning setter ikke krav til hva som skal gjøres, men viser til hvordan bestemmelser i en forskrift kan oppfylles. Det er i prinsippet opp til operatør av hver innretning hvordan dette implementeres i eget internt styringssystem. Alternative løsninger kan velges forutsatt at det kan dokumenteres at kravet er oppfylt på minst en like god måte, eller bedre.

---

Med mange innretninger og flere operatørselskap på norsk sokkel er det grunn til å tro at rapportering av ikke verifiserbare tilstander håndteres ulikt. Det som rapporteres av et selskap rapporteres ikke nødvendigvis av et annet selskap. Basert på denne antagelsen, vil ikke nødvendigvis de innrapporterte hendelsene i databasen reflektere det virkelige omfanget av de ulike kategoriene. Det er nærliggende å tro at hendelser som kan avklares før beredskap iverksettes om bord på innretninger ikke alltid rapporteres og kan representere et høyere bidrag, eksempelvis menneskelig feilhandling. Det kan potensielt være mørketall rundt dette som ikke når frem til databasen.

III) Innholdet i databasen baserer seg på tidsperioden 2010 – 2018 og inkluderer kun offshore innretninger. Det er 8 innrapporterte hendelser fra landanlegg. Disse er filtrert ut av databasen.

IV) Rapporten baserer seg på innrapporterte data som er tilgjengelig for offentligheten. Alle data behandles "konfidensielt" og ingen konkrete operatører eller innretninger nevnes med navn. Rapporten bruker eksempler på innrapporterte hendelser for å synliggjøre problemstillinger, da uten direkte knytning mot opphav.

## 2 Datagrunnlag

Over en lengre periode med mottatte varsel har Petroleumstilsynet bygget en database hvor de ulike innrapporterte hendelsene registreres innen respektiv DFU. Det refereres til Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet (RNNP) [6] for de ulike klassifiseringene. Denne databasen inneholder også ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner, eksempelvis feil på detektorer, feilhandlinger og utløsning av slukkesystem som har resultert i driftsforstyrrelser, stress på anlegg og personell samt negativ medieomtale.

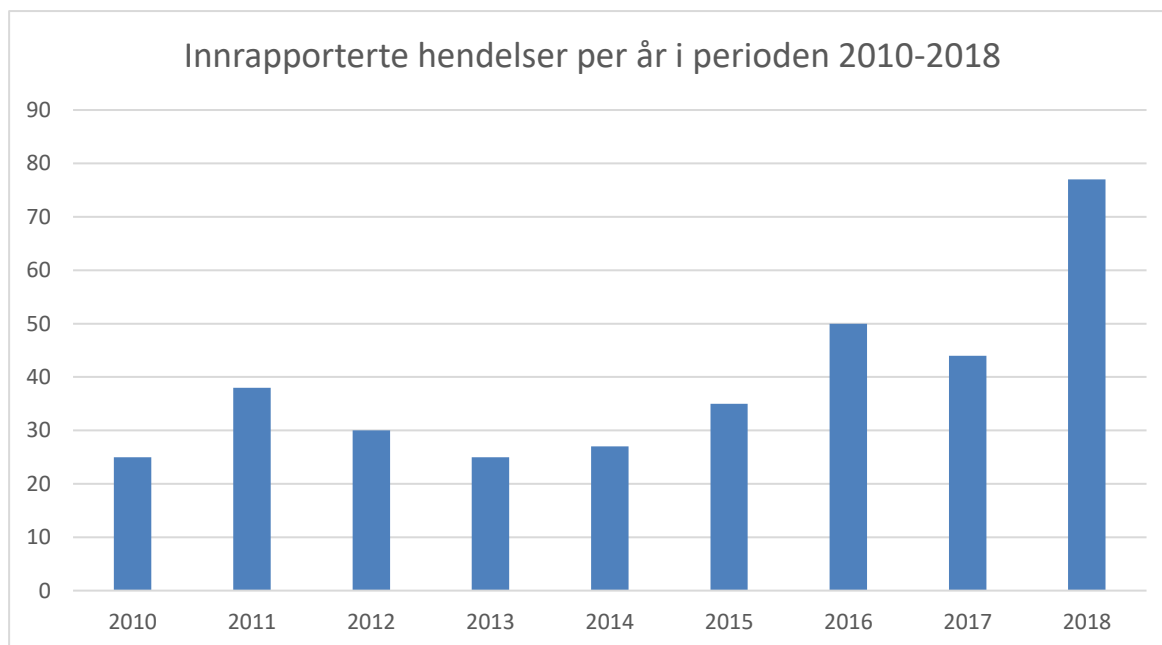
Felles for disse hendelsene er at de er klassifisert som DFU 22C internt hos Petroleumstilsynet, men ikke ytterligere systematisert. Hovedformålet med oppgaven er læring og tiltak som potensielt kan redusere omfanget av disse hendelsene. Det er derfor naturlig å starte med en gjennomgang av databasen for å systematisere innholdet og belyse de ulike problemstillingene.

Dette kapittelet er ment å gi en innsikt i innholdet av databasen samt at funn legges til grunn for videre arbeide i oppgaven. I de påfølgende underkapitlene beskrives og diskuteres den systematiske gjennomgangen av databasen.

### 2.1 Systematisering

For perioden 2010 – 2018 inneholder databasen 351 oppførte hendelser og datamateriale er rapportert fra over 90 ulike innretninger. Antall innretninger på norsk sokkel har variert noe fra år til år gjennom denne perioden.

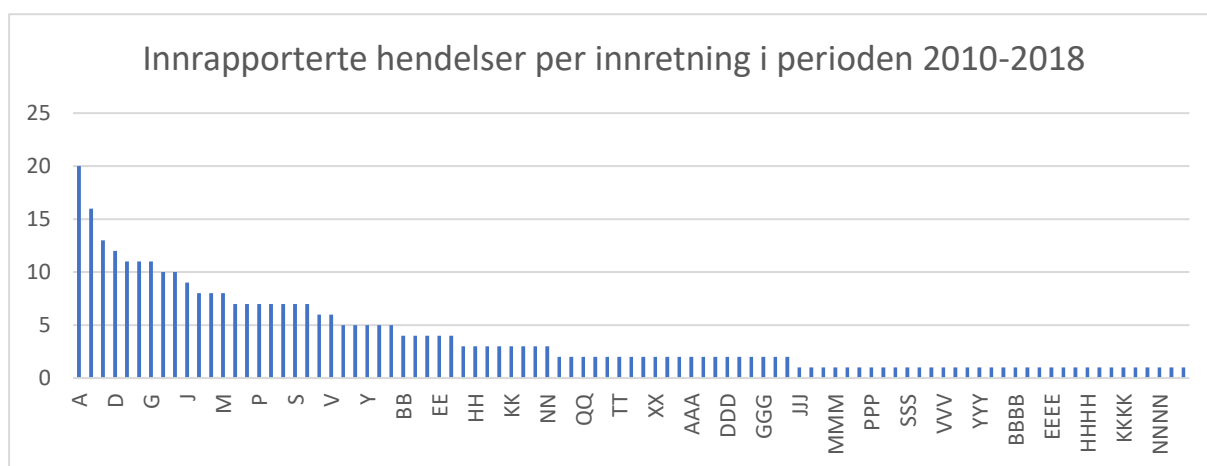
En grafisk presentasjon av antall innrapporterte hendelser per år viser variasjoner over perioden som betraktes.



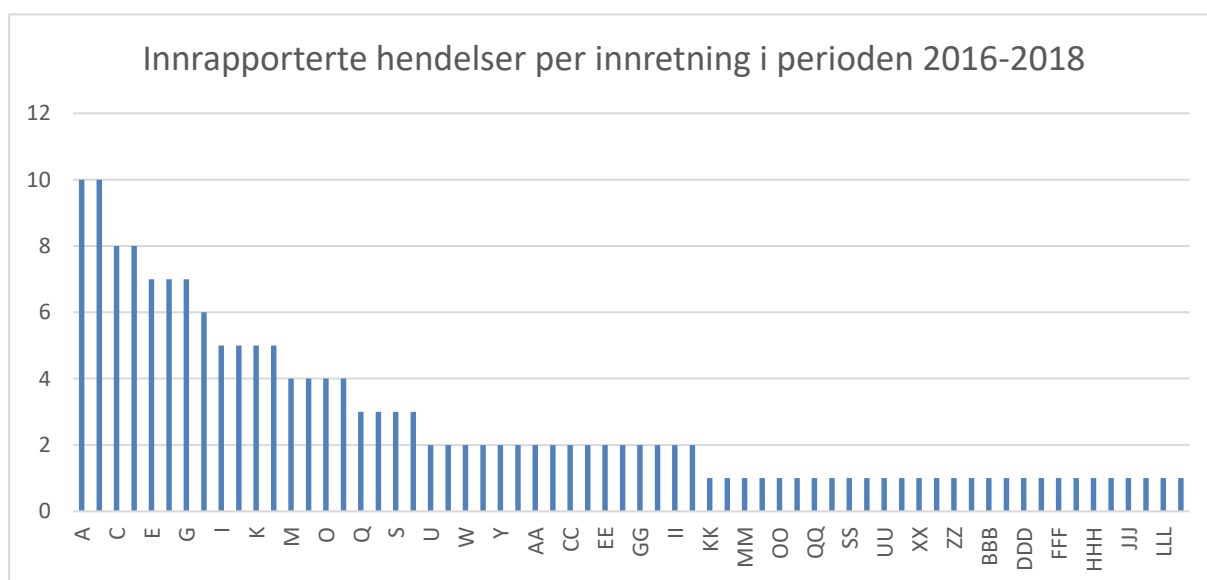
Figur 1. Antall innrapporterte hendelser per år i perioden 2010 - 2018

Figuren synliggjør en potensiell stigende trend i perioden 2013 til 2018 med unntak av 2017. Året 2018 utpeker seg med hele 77 innrapporterte hendelser fra 38 ulike innretninger. Det rapporteres nå flere ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner enn tidligere, nærmere en dobling av gjennomsnittet for hele perioden. Det har ikke vært mulig å identifisere informasjon som kan forklare dette forholdet.

Over de 9 årene som betraktes har innretninger kommet til og andre blitt fjernet. Det har også vært innretninger inne og gjort en jobb over en tidsbegrenset periode (eksempelvis drillrigger). For hele perioden som betraktes inneholder databasen rapporteringer fra totalt 93 ulike innretninger. I figurene under presenteres antall rapporteringer per innretning over perioden på 9 år, de siste 3 årene og for 2018. Innretningene er anonymisert og kodene som er benyttet for dette gir ikke et 1:1 forhold mellom de tre figurene (innretning A i figur 2, 3 og 4 er ikke nødvendigvis den samme).

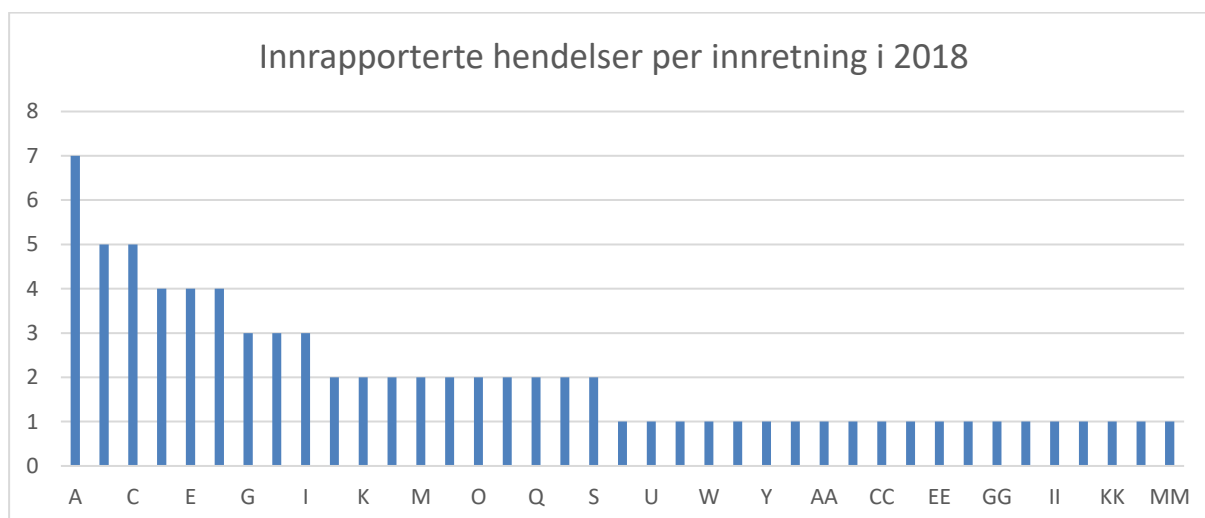


Figur 2. Innrapporterte hendelser per innretning i perioden 2010 - 2018 (innretninger anonymisert)



Figur 3. Innrapporterte hendelser per innretning i perioden 2016-2018 (innretninger anonymisert)





Figur 4. Innrapporterte hendelser per innretning 2018 (innretninger anonymisert)

For de tre figurene over er trenden at et mindretall av innretningene står for en stor andel av de innrapporterte hendelsene. Det kan være nærliggende å tenke seg at dette kan være innkjøringsproblemer for nye innretninger som "går seg til" etterhvert, men databasen gir ingen klar indikasjon på dette. Hvis det kun fokuseres på figur 4, så er 3 av de 5 største bidragsyterne nybygg. Enkelte eldre innretninger har et høyt bidrag for alle de 3 periodene betraktet. De ulike innretningene er bygget i ulike tidsperioder fra 1980 tallet og frem til dags dato. Design, engineering og leverandør av innretning og utstyr kan potensielt ha en sammenheng med at enkelte opplever større utfordringer enn andre. Dette er vanskelig å forfølge videre. Det konkluderes med at databasen viser et ulikt antall rapporteringer fra de ulike innretningene uten direkte mulighet til å konkludere hvorfor. Det er en antagelse om at nybygg under "innkjøring" og innretninger med design utfordringer kan forklare noe.

Etter første gjennomgang av databasen ble det observert at de oppførte hendelsene hadde en stor spredning, både i form av utstyr involvert og ulike årsaksforhold. For å kunne foreta en hensiktsmessig siling for videre forfølgelse og arbeide har de ulike hendelsene blitt gruppert innen ulike kategorier som er ment å være dekkende for utstyr og årsak. Tanken bak silingen er videre å forfølge de kategoriene som har høyest negativt bidrag og hvor det potensielt vil kunne gi størst nytteverdi av å implementere tiltak.

Kategoriene er presentert i tabellen under med typiske årsaker samt ett bidrag i prosent av alle innrapporterte hendelser over perioden som betraktes.

Tabell 1: Kategorier - typisk utvalg av hendelser og bidrag

Kategori	Typisk utvalg av hendelser	Bidrag (%)
Brann- og gassdeteksjon	Røyk, varme, flamme, gass	48 %
Feilhandling	Testing, utilsiktet aktivering i felt, vedlikehold, feiloperering HMI, oppgradering/utskifting/re-programmering, kalibrering, annet parallelt arbeide	19 %
Slukkesystem	Sensor indikasjon utløsning/trykkfall, teknisk feil manuell utløser, feil på skap/styrepanel, feil/skade på ventil	16 %
Kontrollsystem	Kontroller, grensesnitt mot feltutstyr, brannsentral, elektronikk, internfeil, internode	6 %
Manuell melder	Utilsiktet aktivering felt, feil på elektronikk i feltutstyr av ulike grunner	4 %
Knock out drum	Feil på transmittermålinger i tank	2 %
Feil andre instrument	Instrumentluft, kontakt MEI bryter, N2 transmitter, O2 måling	2 %
Annet ikke klassifisert	Andre hendelser ikke klassifisert	2 %
Eksos	Detektor aktivert grunnet eksosutslipp	1 %

Av alle innrapporterte hendelser utgjør ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner opp mot 50 %. Dette er hendelser hvor en eller flere detektorer indikerer bekreftet tilstand uten at tilstandene har latt seg verifisere av driftsorganisasjonen om bord i ettertid. Se kapittel 2.1.1. for ytterligere systematisering.

Feilhandling har et relativt høyt bidrag med 19 %. Disse hendelsene er indirekte knyttet til instrumenter og annet utstyr med tilhørende deteksjon eller aksjoner. Dette er gjerne menneskelige feilhandlinger, mangelfulle prosedyrer eller brudd på prosedyrer som kjennetegner disse hendelsene. En overordnet innsikt og forståelse for hvordan systemer er oppbygd og hvordan instrumenter påvirkes av annet pågående arbeide er også en mulig feilkilde. Felles for disse aktivitetene er at sikkert arbeide og testing bør dekkes av operatørs interne styringssystem. Se kapittel 2.1.2. for ytterligere systematisering.

Utilsiktede aksjoner i form av slukkesystem har også en relativt høy andel med 16 %. Dette er aksjoner hvor utløsning av ulike konsekvensreducerende systemer aktiveres. Dette inkluderer både indikasjon på utløsning som ikke er verifiserbart og reelle utløsninger. Se kapittel 2.1.3. for ytterligere systematisering.

Bidraget fra kontrollsystem utgjør 6 %. Felles for de innrapporterte hendelsene er at de er generelle og lite konkrete. En mulig forklaring på dette kan være begrenset innsikt og

---

forståelse av sammenhenger og teknologi i bruk. Se kapittel 2.1.4. for ytterligere systematisering.

Bidraget fra de resterende kategoriene er funnet å være av så lavt omfang at de ikke vil bli videre systematisert og forfulgt.

### **2.1.1 Ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner**

Det kommer frem av dataene at mange av hendelsene ikke er skrevet med tanke på omstendighetene rundt selve årsaksforholdet. Rapporteringen er gjort for en klargjøring av ytterligere beredskap ved behov. Det er stor variasjon i språk, terminologi, informasjon og detaljnivå hvor en del oppføringer må tolkes og krever ytterligere oppfølging for å forstå selve problemstillingen. Dette skaper også utfordringer knyttet til en videre oppdeling av de ulike hendelsene innen kategorien brann- og gassdeteksjon.

Et konkret eksempel fra databasen er gjengitt under (ingen ytterligere informasjon gitt i oppføring).

*"Melding om mønstring etter falsk alarm. HC sensor ved luftinntak til boligkvarteret på hoveddekk gikk i high-high. Årsaken var en feil på sensoren"*

Spørsmålet er da om hvordan dette skal tolkes. Er dette en forbigående gassky som detektoren har reagert på, andre tilstander som sensoren potensielt kunne oppfatte som gass, eller en feil på sensoren som bør utbedres/byttes ut? Det er gjennomgående utilstrekkelig informasjon om oppfølging og tiltak der hvor det rapporteres om feil på sensor.

Basert på innhold av databasen og de rapporterte hendelsene knyttet til brann- og gassdeteksjon (B&G) er det funnet hensiktsmessig å etablere følgende tilstander:

**a) B&G tilstand detektert**

Detektor i alarm, ingen kompenserende tiltak identifisert

Antagelse: alarm kvitteres og installasjon tilbakestilles til normal driftstilstand uten videre tiltak for detektor

**b) B&G tilstand detektert med tiltak**

Detektor i alarm, kompenserende detektortiltak (kalibrering, bytte, testing)

Antagelse: bekreftet degradert detektorfunksjonalitet

**c) B&G tilstand detektert andre forhold**

Detektor i alarm med eller uten kompenserende detektortiltak

En ekstern tilstand som detektoren responderer på som en konsekvens av teknologien som er i bruk i detektoren

**d) B&G kommunikasjon**

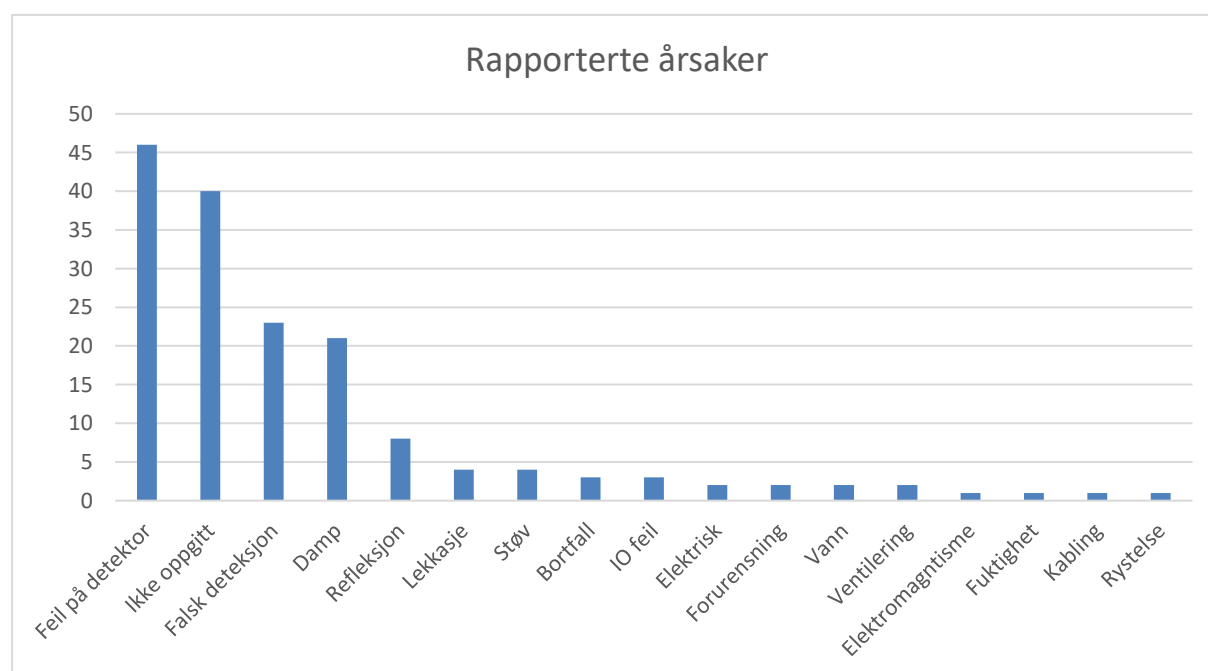
Detektor i alarm grunnet bortfall av kommunikasjon mellom detektor og node

Følgende fordeling ble funnet for tilstandene presentert over

Tabell 2: Ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner - rapporterte årsaker og bidrag

Tilstand	Rapportert årsak	Bidrag (%)
B&G tilstand detektert	falsk deteksjon, feil på detektor, ventilering, ingen årsak oppgitt	61 %
B&G tilstand detektert med tiltak	falsk deteksjon, feil på detektor	7 %
B&G tilstand detektert andre forhold	damp, fuktighet, lekkasje, refleksjon, støv, vann	24 %
B&G kommunikasjon	elektrisk, elektromagnetisme, forurensning, manglende kontakt, IO feil, kabling, rystelse	8 %

Ved å synliggjøre rapportert årsak og bidrag så kommer det tydelig frem at B&G tilstand detektert er den helt klart største gruppen med 61 %. Som en god nummer to kommer B&G tilstand detektert andre forhold med 24 %. Basert på disse funnene vil det derfor være nærliggende å tro at falsk deteksjon og andre forhold (damp, refleksjon etc.) vil komme relativt høyt ut for rapporterte årsaker, noe de også gjør. Det som er mer overraskende er at det som topper antall rapporterte årsaker er "feil på detektor". Dette er tydeliggjort i figuren presentert under.



Figur 5. Ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner - rapporterte årsaker

---

Det ville være nærliggende å forvente at oppføringene med årsaken "feil på detektor" burde være å finne igjen i B&G tilstand detektert med tiltak, hvor feil korrigeres eller detektor byttes ut. En stor del av rapporteringen omhandler altså B&G tilstander detektert hvor det blir konkludert med feil på detektor uten at eksplisitte oppfølgingstiltak er kommunisert. Det er heller ingen indikasjon på at detektoren har blitt testet i etterkant for så å settes tilbake i drift.

Uten denne informasjonen må det derfor antas at disse detektorene går tilbake til "normaltilstand", alarm kvitteres og anlegg/utstyr settes tilbake i drift. Hvis denne antagelsen legges til grunn, så betyr det i prinsippet at detektoren har gjort jobben sin, basert på den teknologien som er i bruk. Det er med andre ord ingen feil på detektor selv om det i varslingen til tilsynsmyndigheter konkluderes med dette.

En mulig forklaring på dette er at rapporteringen foregår på et tidlig tidspunkt hvor det ikke er tilstrekkelig oversikt over hendelsesforløp. På tidspunktet rapporten sendes inn er ikke årsak klar og det er heller ikke mulig å verifisere reelle brann- og gasstilstander i ettertid. Den enkleste tilnærmingen er da en antagelse om feil på detektor. Det er også nærliggende å tro at det er en begrepsforvirring og en lite korrekt bruk av terminologi og språk, hvor det ikke skilles på feil på detektor og ikke verifiserbar deteksjon i rapporteringen (falsk deteksjon er også et begrep som benyttes regelmessig). Før en ikke verifiserbar deteksjon er funnet å være forårsaket av feil på detektor er det uheldig å konkludere med dette, da det virkelige årsaksforholdet til hendelsen kan forbli uavklart samt at påliteligheten til detektorer kan trekkes i tvil uten tilstrekkelig dokumentert grunnlag.

Etter at hendelser er avklart og rapportering ikke kan vise til alvorlige brann- og gasstilstander er det nærliggende å tro at hendelser blir avsluttet uten ytterligere oppfølging fra Petroleumstilsynet sin side. Databasen viser få spor av dette. En begrunnelse kan være at rapporteringene har vært betraktet som enkelthendelser og at disse tidligere ikke har vært satt i sammenheng.

Det antas at disse hendelsene registreres internt hos operatør, eksempelvis i applikasjonen Synergi for videre oppfølging, og at ytterligere informasjon finnes her. Dette er informasjon som eies av selskapene og som ikke er tilgjengelig for offentligheten.

Det benyttes ulike detektortyper for de uønskede tilstandene som brann og gass system har til hensikt å fange opp. Disse detektorene har ulik teknologi og det er derfor viktig å bruke riktig deteksjonsprinsipp på riktig sted. En gjennomgang av databasen viser følgende fordeling for de ulike deteksjonsprinsippene

Tabell 3: Detektortype – bidrag summert over alle tilstander

Type	Sum HC gass *	Sum H2S gass **	Sum Flamme	Sum Røyk	Sum Varme	Sum Brann ***
Bidrag %	26 %	10 %	15 %	25 %	13 %	11 %

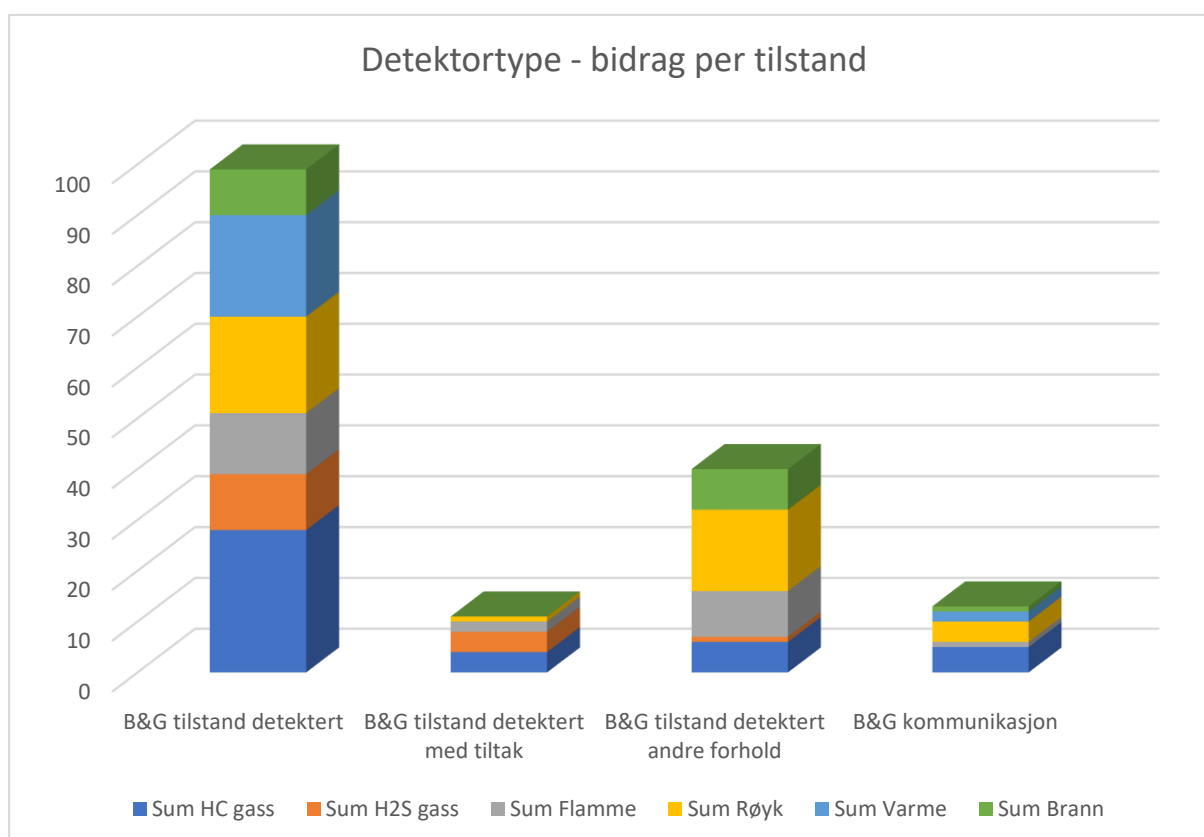
Tabell 4: Detektortype – bidrag summert per tilstand

Tilstand	Sum HC gass	Sum H2S gass	Sum Flamme	Sum Røyk	Sum Varme	Sum Brann	Sum tilstand totalt
B&G tilstand detektert	28	11	12	19	20	9	99
B&G tilstand detektert med tiltak	4	4	2	1	0	0	11
B&G tilstand detektert andre forhold	6	1	9	16	0	8	40
B&G kommunikasjon	5	0	1	4	2	1	13
Sum detektor type totalt	43	16	24	40	22	18	163

\* For hydrokarbongass (HC) er det ikke differensiert på linjegass og punkt-gass da hoveddelen av de innrapportert hendelsene bruker begrepet "HC sensor".

\*\* Det antas at all Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) er av typen punkt-gass (elektrokjemiske)

\*\*\* Begrepet brann brukes om en del hendelser uten eksplisitt å angi hvilken type detektor dette er. Dette er mest sannsynlig å anse som røykdetektorer eller varmedetektorer.



Figur 6. Detektortype – bidrag summert per tilstand

---

Det er B&G tilstand detektert og B&G tilstand detektert andre forhold som utpeker seg med et høyt antall ikke verifiserbare deteksjoner. Bidraget for de ulike detektorene i B&G tilstand detektert fordeler seg relativt jevnt for HC gass, røyk og varme. Det er nærliggende å tro at brann representerer enten røyk eller varme. H<sub>2</sub>S deteksjon og flamme har en vesentlig lavere andel. For B&G tilstand detektert med tiltak observeres det at H<sub>2</sub>S detektorer byttes/korrigeres hyppigst tatt i betraktning antall rapporterte hendelser. Grunnen til at H<sub>2</sub>S detektorer mest sannsynlig feiler er et elektrokjemisk deteksjonsprinsipp. Disse må vedlikeholdes hyppigere og de går ut på dato og må skiftes.

For å kunne etablere et realistisk bilde av det virkelige omfanget må andelen knyttes opp mot hvor mange detektorer som faktisk er i bruk. HC detektorer dominerer fullstendig over H<sub>2</sub>S detektor i antall. Sees antall rapporterte hendelser i sammenheng med totalt antall installerte detektorer av hver type, vil bidraget av rapporterte hendelser for H<sub>2</sub>S detektorer totalt sett være langt høyere enn for HC detektorer. Generelt er det en større anvendelse av disse detektorene på drillrigger enn på faste installasjoner. Det bærer også rapporteringen preg av da alle hendelsene knyttet til H<sub>2</sub>S, unntagen en, er registrert for drillrigger.

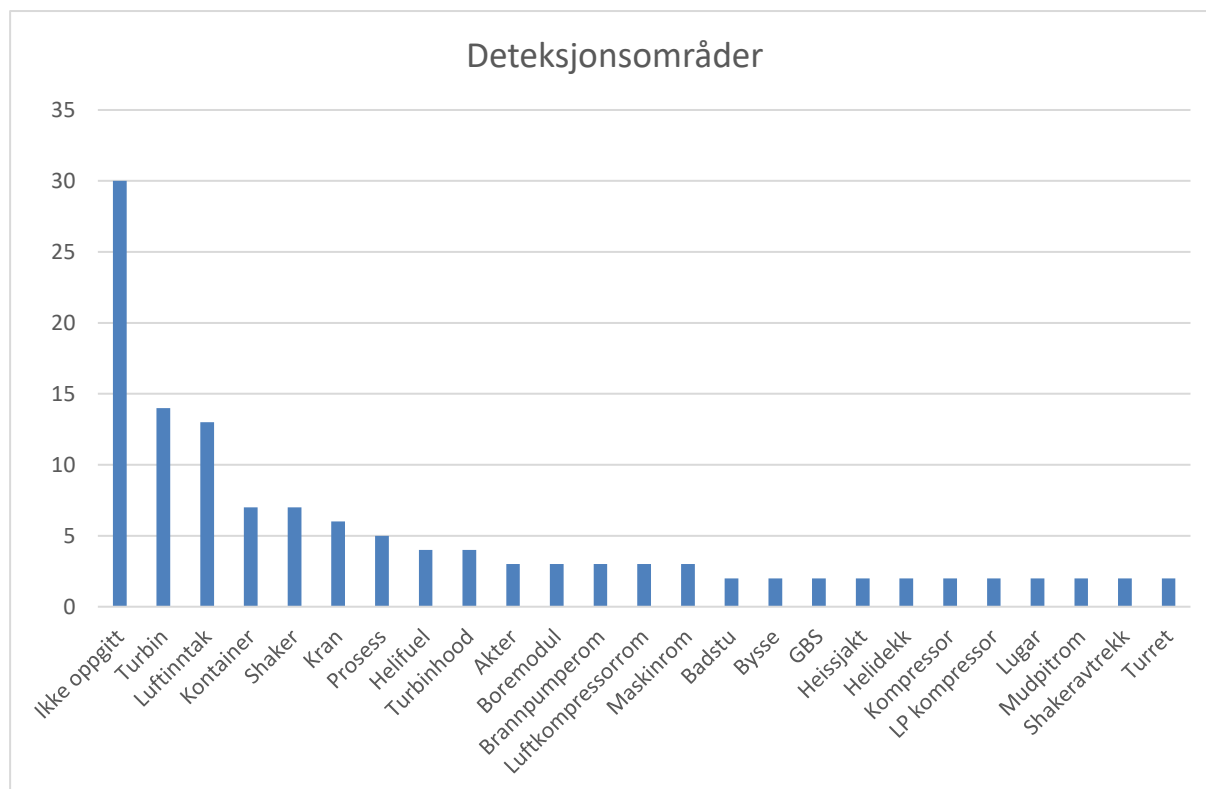
I tilstanden B&G tilstand detektert andre forhold er HC gass, flamme og røyk overrepresentert. Dette er ikke spesielt overraskende da hovedandelen av teknologien som er benyttet for detektorene i bruk er elektromagnetisk stråling og refleksjon. For "varmedetektorer" er det vanskelig å si noe konkret, da det i mange tilfeller har blitt avgitt nok varme for å aktivere disse detektorene, uten at en tilstand nødvendigvis oppfattes som reell av driftspersonell.

Det rapporteres også om bortfall av kommunikasjon mot detektorer grunnet input/output (IO) feil, elektriske problemer og detektorer som løsner fra sokkel. Andelen hendelser er relativt liten. Dette er grunn til å tro at det finnes flere slike hendelser som ikke blir rapportert. Det antas at disse blir ivaretatt på en god måte av alarmeringen i de programmerbare sikkerhetssystemene, for så å bli utbedret. Bortfall av en detektor bør ikke føre til generell alarm på innretningen.

Som for mye annen informasjon i rapporteringen, er deteksjonsområde enten generell eller ikke oppgitt. Flere av deteksjonsområdene som i oppgaven er blitt angitt med "ikke oppgitt" refererer til moduler, typisk M01, M15, P24 etc. Dette er trolig prosess eller utility områder. Hvis disse skal forfølges videre må layout av innretning gjøres tilgjengelig. Det er likevel mulig å danne seg et lite bilde over områder som er høyest representert. Generelt så er alle områder på en installasjon innebefattet, men det kan se ut til at områder som kan "produsere" tilstander som en detektor potensielt kan oppfatte som en reell tilstand, grunnet teknologi i bruk, har en høyere andel. Dette gjelder typisk områder som kan avgi varme, damp, vann, støv, lekkasje m.m.

Det registreres også at flere av de ikke verifiserbare deteksjonene er en konsekvens av andre tilstander som har oppstått, eksempelvis lekkasjer av oljeholdig substanser og stans av kjølemedium. En refleksjon knyttet til dette er om det virkelig er en ikke verifiserbar deteksjon eller om det kan betraktes som en tidligdeteksjon hvor tilstand detektert kunne eskalert til noe mer. Det er mulig å forestille seg at varmeutvikling som detekteres på et tidlig tidspunkt potensielt kan redde utstyr fra større havari og uønsket nedetid.

Figuren under presenterer de ulike områdene med mer enn 2 rapporterte ikke verifiserbare deteksjoner.



Figur 7. Deteksjonsområder – mer enn 2 innrapporterte ikke verifiserbare deteksjoner

Følgende betraktninger gjøres av deteksjonsområdene med mer enn 5 oppføringer

- Turbin – genererer varme, utsatt for lekkasjer, damp og annen forurensning
- Luftinntak – vifter som suger inn større mengder luft og annen forurensning, lavere alarmgrense for deteksjon
- Kontainer – gjerne 3'dje parts utstyr som kommer og går og kobler seg opp mot faste kontaktsett på innretningen, usikkert om vedlikehold ivaretas i samme grad og hvordan ansvarsforhold ivaretas
- Shaker – H<sub>2</sub>S detektorer som trenger mye vedlikehold og går ut på dato, område med høy grad av forurensning
- Kran – Mye bevegelse, luftinntak i områder med potensial for gass, utlufting fra båttrafikk i nærheten, kranmotor



---

Andelen "ikke oppgitt" har det klart største bidraget. Ved å fokusere på detektortype rapportert for disse hendelsene viser det seg at gass (HC og H<sub>2</sub>S) har et tilnærmet like stort bidrag som brann (røyk, varme og flamme). Det er nærliggende å anta at gassdeteksjonen er relatert til prosess- og drillingområder som har den største tettheten av disse detektorene. For branneteksjon benyttes røykdetektorer i inneområder. Der hvor røykdetektorer ikke vil fungere hensiktsmessig benyttes gjerne varmedetektorer, typisk maskinrom og steder med kraftig ventilasjonsavtrekk. Flammedetektorer finnes hovedsakelig i uteområder, men de anvendes også i maskinrom hvor drivstoff og andre brennbare stoffer eksisterer.

Funnene presentert fra den systematiske gjennomgangen av ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner i dette kapitlet legger grunnlaget for videre arbeide i oppgaven. Det henvises til kapittel 2.4 for en beskrivelse av dette.

## 2.1.2 Feilhandling

Feilhandling er den nest største bidragsyteren til oppføringene i databasen. En enkel kategorisering av innholdet knyttet til årsak viser at utilsiktet aktivering av trykknapper i felt, testing og vedlikehold/arbeide på utstyr som gjengangerne med en relativt lik fordeling.

Testing er relatert til blokkeringer som settes feil, blokkeringer som fjernes for tidlig og kombinasjoner av tilstander som sammen med aktive detektorer vil trigge bekreftet deteksjon. Oppføringene viser også at testing av annet utstyr kan føre til utslipp som plukkes opp av detektorene.

Et konkret eksempel fra databasen med et utdrag av innrapportert tekst er gjengitt under

*"Undersøkelser i etterkant har vist at detektor ble aktivert under vedlikeholdstesting av gassdetektorer. Dette bekrefter personalet som jobbet med denne oppgaven. En detektor lå inne med feil i sonen da jobben startet. Ved aktivering av en detektor under testing, vil den som allerede ligger med feil bli betraktet som aktiv i systemet ettersom det er bygget opp med degradering."*

Både forebyggende vedlikehold og annet arbeide i felt kan ha uønskede effekter knyttet til deteksjon og utløsning av slukkesystemer. Rapporteringene viser ingen overrepresenterte aktiviteter, men viser et vidt spenn fra varmt arbeide og sandblåsing til bruk av smøremiddel.

Et konkret eksempel fra databasen med et utdrag av innrapportert tekst er gjengitt under

*"Kl.12:40 ble en gassdetektor (GD) i luftinntaket i modul M11 utløst. M 11 er modulen for kraftgenerering. Generell alarm utløst og alt personell mønstret. Det ble brukt sprayboks for smøring av spjeld ved luftinntaket til modul M11 som utløste GD."*

Hvis antall oppføringer sees i sammenheng med totalt antall tester og vedlikeholdstimer som årlig blir gjennomført på norsk sokkel, så er omfanget begrenset. Det er mulig at omfanget kan være noe høyere, men at dette ikke rapporteres. Styringssystemet om bord på

---

innretningene samt personell involvert i aktivitetene vil potensielt kunne bekrefte at hendelser er relatert til pågående testing/arbeide og ikke er å betrakte som en reell situasjon.

Ut over å påpeke at arbeide og testing kan ha uheldige konsekvenser knyttet til uønsket aktivering av sikkerhetssystem, vil feilhandling ikke bli videre fulgt og diskutert i oppgaven da dette er relatert til aktiviteter som må håndteres internt i en operatørs styringssystem med tilhørende prosedyrer for sikkert arbeide.

### **2.1.3 Utilsiktet aktivering av slukkesystem**

Slukkesystem er benyttet i områder hvor det er ønskelig med en konsekvensreducerende effekt og utløses gjerne etter et føre var prinsipp. Typiske områder er prosess hvor vann vil kunne redusere overtrykkslast ved en gass eksplosjon og kjøling av struktur samt turbinrom med potensiale for hydrokarbonbranner. Det er likevel ikke ønskelig med en utilsiktet utløsning av disse systemene da det er å betrakte som en bekreftet brann- og gasstilstand.

De innrapporterte hendelsene er noe enklere å forholde seg til da det i prinsippet enten er transmittere som indikerer utløsning av ulike slukkesystemer, eksempelvis sprinkler, vanntåke og deluge eller en feil i felt som utilsiktet skaper utløsning.

Et konkret eksempel fra databasen er gjengitt under (ingen ytterligere informasjon gitt i oppføring).

*" Generell alarm på riggen grunnet utløsning av deluge i shaker rom. Hendelsen var falsk og ble utløst av feil på sensor."*

Her refereres det til utløsning samtidig som at hendelsen var falsk. Var det en falsk utløsning og hva betyr det? I tillegg var den falske utløsningen forårsaket av en feil på sensor.

For hendelsene blir det gjennomgående referert til ulike typer slukkesystem og "årsaksforhold". Basert på dette er det funnet hensiktsmessig å etablere følgende tilstander for utilsiktet utløsning

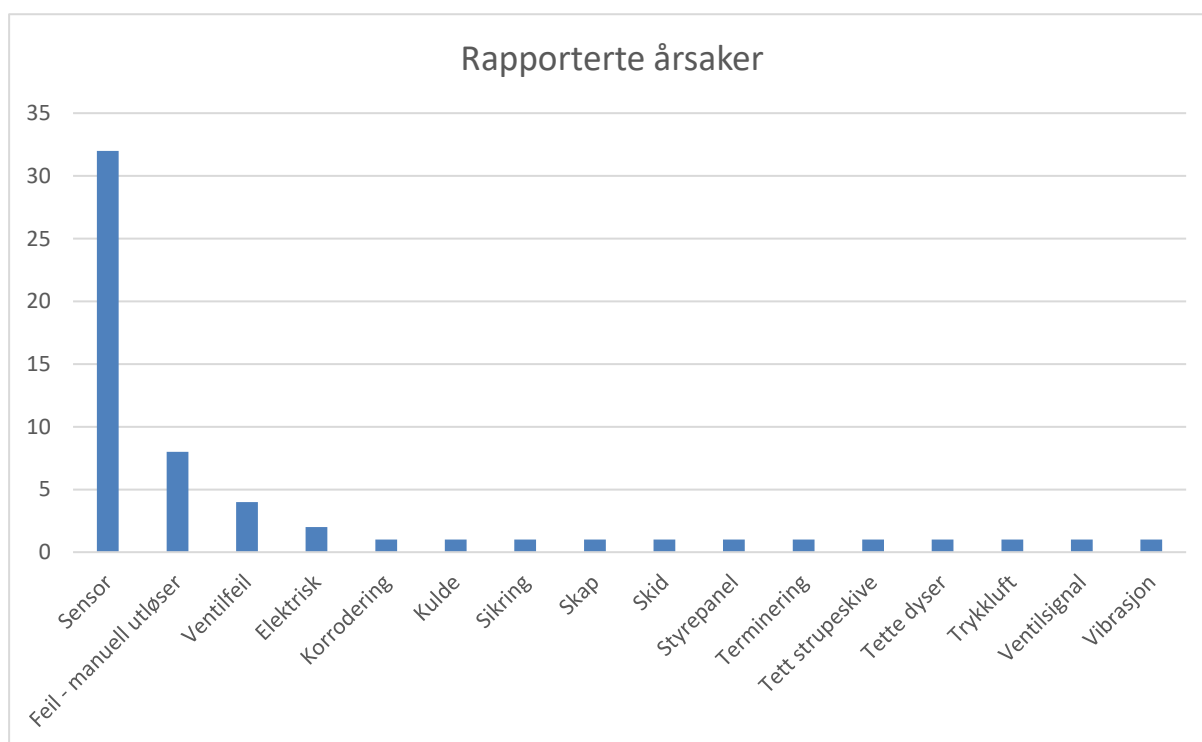
- a) **Slukkesystem – sensor indikasjon**  
Aktivering/indikasjon på aktivering fra sensor
- b) **Slukkesystem – annet utstyr**  
Aktivering/indikasjon på aktivering annet utstyr

Tabell 5: Slukkesystem - rapporterte årsaker og bidrag

Tilstand	Rapportert årsak	Bidrag %
Slukkesystem – sensor indikasjon	Sensor indikasjon utløsning/trykkendring	57 %
Slukkesystem – annet utstyr	Feil på skap/styrepanel, teknisk feil manuell utløser, feil/skade på ventil	43 %

Av de innrapporterte hendelsene så er bidraget fra sensorer 57 %. Majoriteten av disse hendelsene er sensorer som indikerer utløsning, men hvor slukkemiddel ikke kan verifiseres utløst i felt. De resterende 43 % av hendelsene er teknisk feil på utstyr plassert i felt hvor utløsning i stor grad er verifiserbar i ettertid.

I figuren under presenteres rapporterte årsaker knyttet til begge disse tilstandene. Her kommer det tydelig frem at sensorer er den hyppigste årsaken. For Slukkesystem – annet utstyr er det feil på manuell utløser og ventiler som har høyest bidrag.



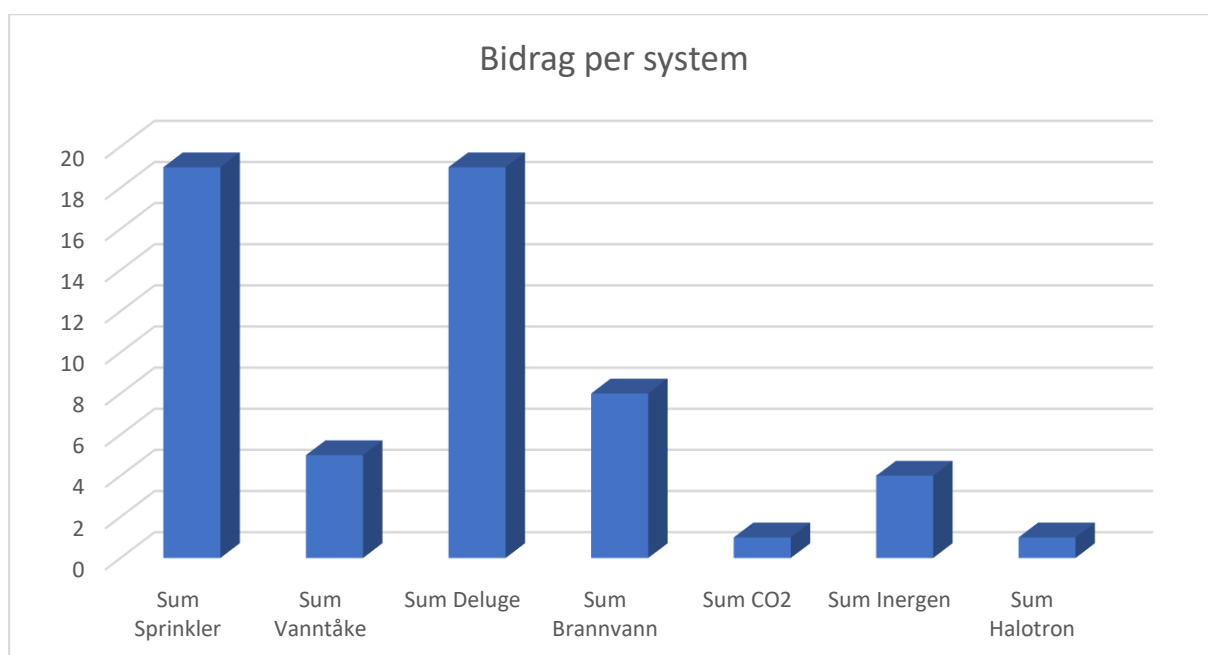
Figur 8. Slukkesystem – rapporterte årsaker

Hovedandelen av sensorer er relatert til bekreftet utløsning av ulike typer slukkesystem. I tillegg er det rapporteringer på trykkfall i distribusjonslinjen til brannvann hvor tap av trykk gir automatisk start av brannpumper. Av de 32 hendelsene hvor sensorer er referert som årsak til utløsning, er det et fåtall som oppgir at slukkemiddel faktisk har blitt utløst i felt. Det kan med andre ord se ut til at det ikke er en verifiserbar tilstand som sensorene sender inn til de programmerbare sikkerhetssystemene.

Det benyttes ulike slukkesystem rundt om på en innretning. Valg av slukkesystem baseres på risikovurderingen som ligger til grunn for området samt aktiviteter og utstyr i bruk. En fordeling av bidraget fra de ulike slukkesystemene er gjengitt i tabellen og figuren under.

Tabell 6: Slukkesystem – bidrag per system

Slukkesystem	Sum Sprinkler	Sum Vanntåke	Sum Deluge	Sum Brannvann	Sum CO2	Sum Inergen	Sum Halotron
Sum totalt	19	5	19	8	1	4	1



Figur 9. Slukkesystem – bidrag per system

Ut av figuren kan det leses at sprinkler og deluge er de slukkesystemene som har den høyeste andelen rapporterte hendelser. Dette samsvarer godt med at disse to slukkesystemene er de mest utbredte i bruk om bord på de ulike innretningene. Deluge benyttes gjerne i prosess og drillingområder mens sprinkler benyttes i inneområder. Felles for disse slukkesystemene er at de begge blir forsynt fra brannvannsring. De skiller seg der hvor sprinkler står med et kontinuerlig trykk mens deluge ikke har noe trykk før ventil mot brannvannsring er åpnet.

---

En gjennomgang av de 19 hendelsene rapportert vedrørende sprinkler viser at 18 av 19 er relatert til innretninger bygget på 1980 og 1990 tallet, og hvor to innretninger står for halvparten av hendelsene. Kun en er bygget på 2000 tallet. Dette kan tyde på at enkelte innretninger har større utfordringer knyttet til design og utstyr og hvor dette er korrigert og forbedret for innretninger bygget i den senere tid.

Basert på utbredelsen av systemene om bord på de ulike innretningene gjøres det et valg om å ikke gå videre med gassrelaterte slukkesystem (CO<sub>2</sub>, Inergen og Halotron) og vanntåke.

Funnene presentert fra den systematiske gjennomgangen av slukkesystem i dette kapittelet legger grunnlaget for videre arbeide i oppgaven. Det henvises til kapittel 2.4 for en beskrivelse av dette.

---

## 2.1.4 Kontrollsystem

De innrapporterte hendelsene som omhandler kontrollsystem er generelle og lite konkrete. Det refereres gjerne til feil på node, brannsentral eller IO kort. I mangel på beskrivende informasjon og et relativt begrenset bidrag av hendelser knyttet til dette, oppfattes det som lite hensiktsmessig å gjøre en ytterligere forfølging av årsaksforhold knyttet til disse hendelsene. Et kontrollsystem bør være i stand til å overvåke seg selv og gå til forhåndsdefinerte tilstander.

Et konkret eksempel fra databasen er gjengitt under (ingen ytterligere informasjon gitt i oppføring).

*" Beskrivelse av hendelsen/tilløpet: Generell alarm ble utløst av Confirmed Fire&Gas som initierte ESD 2 og trykkavlastning. Ingen detektorer var aktiverte. Alle områder ble kontrollert. Ingen tegn til brann eller gass. Feilsøking viste en feil i Node 11."*

Det gjøres ikke noe ytterligere diskusjon av funn fra database ut over dette. Det henvises til kapittel 2.4 for videre arbeide og kapittel 3.3 som er dedikert kontrollsystem.

---

## 2.2 Oppsummering

Det ser tilsynelatende ut til å være en økende trend i antall ikke verifiserbare rapporteringer i perioden 2013 – 2018. Året 2017 skiller seg ut fra denne trenden med en liten nedgang fra foregående år. Ved å se på fordelingen av antall rapporteringer fra de ulike innretningene per år i hele perioden som betraktes, er det mulig å danne seg et bilde uten å trekke noen konklusjoner. Det kan fremstå som at nyere innretninger har et høyere bidrag de første årene i drift samt at enkelt eldre innretninger kommer høyt ut gjennom hele perioden. Dette kan potensielt skyldes uheldig design og løsninger fra tiden innretningen ble bygget. Det er uvisst hva nedgangen i rapporteringer for 2017 skyldes, men det observeres at det totalt er færre innretninger som har rapportert samt at noen få av gjengangerne fra perioden kommer vesentlig lavere ut dette året. For videre oppfølging av innretninger og tilsyn kan det fremstå som hensiktsmessig å ha et forhold til tidsperioden innretningen ble bygget på, da dette gjenspeiler designvalg og utstyr i bruk.

De 3 kategoriene som skiller seg ut med flest antall oppføringer er brann- og gassdeteksjon, feilhandling og slukkesystem. Den første kategorien står for nærmere 50 % av alle rapporteringene. Årsakene som rapporteres er i stor grad feil på sensor og falsk deteksjon uten at dette underbygges. I tillegg er det en høy andel hvor dette ikke er oppgitt. Det kan fremstå som vanskelig for driftspersonell å trekke de rette konklusjonene rundt ikke verifiserbare deteksjoner og at det "skytes fra hoften" i mangel på tilstrekkelig situasjonsinnsikt.

En mulig årsak til varsel om utløst sprinkler og deluge som har vært kommentert, er trykkslag i brannvannsystemet. Det har ikke vært mulig å påvise dette fra de tilgjengelige dataene. Der hvor sensorer rapporteres som årsak til sprinkler og deluge utløsning, er det få verifiserbare tilfeller av utløst slukkemiddel i felt. Av 19 hendelser relatert til sprinkler, er 18 knyttet til innretninger bygget på 1980 og 1990 tallet. Kun en hendelse er rapportert fra innretninger bygget i den senere tid. Dette kan potensielt være relatert til forbedret design, løsninger og utstyr.

Hovedkonklusjonene som trekkes fra datagrunnlaget er at det potensielt er en stigende rapporteringstrend de siste årene og at innholdet som rapporteres bærer preg av utilstrekkelig situasjonsforståelse av hva som er den faktiske årsaken på et tidlig stadium.

---

## 2.3 Antagelser og usikkerheter

Det er flere usikkerheter knyttet til rapportering av ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner. I dette kapitlet synliggjøres dette for å gi et bilde av utfordringene knyttet til systematiseringen av innholdet i databasen med hendelsene kategorisert som DFU 22C og videre arbeide med oppgaven.

### 2.3.1 Rapportering

Ved hendelser på innretningene som har storulykkepotensial skal det foretas en varslings for å klargjøre ytterligere beredskap ved behov. Krav om varslings og rapportering er beskrevet i Styringsforskriften [3]. I veiledningen til §29 utdypes følgende

*Følgende situasjoner bør varsles:*

*c) situasjoner der beredskapsorganisasjonen er aktivert, eller det er satt i verk forberedelser til evakuering*

En veiledning setter ingen krav, men viser hvordan bestemmelser i en forskrift kan oppfylles. Dette kommer også frem av bruk av ordet "bør" i utdraget over. Det er ingen grunn til å tro at reelle brann- og gasstilstander ikke blir rapportert og kategorisert innen respektiv DFU.

Når det gjelder rapportering av ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktet aktivering er det mer usikkert hva som er operatørpraksis. Det kan i prinsippet også være forskjeller fra innretning til innretning for en og samme operatør. Med mange innretninger og flere operatørselskap på norsk sokkel er det grunn til å tro at rapportering av ikke verifiserbare tilstander kan håndteres ulikt.

Basert på denne antagelsen, vil ikke nødvendigvis de innrapporterte hendelsene i databasen reflektere det virkelige omfanget av de ulike kategoriene. Det er nærliggende å tro at hendelser som kan avklares uten mønstring, produksjonsstans og ytterligere etablering av beredskap ved behov ikke nødvendigvis rapporteres og kan utgjøre et høyre bidrag, eksempelvis feilhandling. Det kan potensielt være mørketall rundt dette som ikke når frem til databasen.

Figur 2, 3 og 4 i kapittel 2.1 bygger potensielt opp under denne antagelsen. Her kommer det tydelig frem at det er store variasjoner i antall innrapporterte hendelser i kategorien DFU 22C for de ulike innretningene. Spørsmålet som da kan stilles er om enkelte innretninger har et vesentlig høyere antall ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner, eller om praksisen for hva som rapporteres avviker for de ulike innretningene. Dette diskuteres ikke ytterligere i oppgaven da det ikke er relevant for videre arbeide.



---

## 2.3.2 Innhold av database

For videre arbeide er det viktig å erkjenne kvaliteten på innholdet av databasen og benytte det deretter. Innholdet er først og fremst rapportert for etablering av ytterligere beredskap, ikke en beskrivelse av årsak og oppfølging. Mange av oppføringene bærer preg av at de har blitt formidlet på et tidlig stadium hvor årsaksforhold og oppfølging ikke er avklart. Det er å betrakte som et varsel, hverken mer eller mindre.

Ifølge Petroleumstilsynet er det ikke ønskelig med et nytt rapporteringsskjema eller vesentlige endringer på det som foreligger i dag, se figur 29 for rapporteringsskjema i bruk. Det som derimot er ønskelig, er å systematisere forhold over tid (ikke kun enkelthendelser) for identifisering av eventuelle trender og utvikling som kan benyttes til fremtidige tilsynsformål. Mangel på systematiske data i rapporteringen til bruk for fremtidige tilsynsformål vil kreve en mer aktiv oppfølging fra behandler internt hos Petroleumstilsynet, hvor ytterligere informasjonsinnhenting fra operatør vil kunne være nødvendig. I kapittel 8 presenteres et forslag til forbedringer knyttet til innrapportering/oppfølging av ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner samt utilsiktede aksjoner, hvor tilleggsinformasjon formidles fra operatør, uten store inngripen i eksisterende rapporteringsskjema.

Etter en detaljert gjennomgang av databasen, er det tydelige utfordringer knyttet til innholdet slik det fremstår i dag for videre benyttelse i oppgaven. Følgende kan nevnes

- Begrep, terminologi og språk
- Kompetanse og innsikt i problemstilling på et tidlig tidspunkt hos innsender
- Mangelfull og ufullstendig informasjon
- Unntaksvis oppfølging
- Sporbarhet
- Formål utover varsling

Det som er rapportert inn bærer preg av subjektiv forståelse hos innsender og få eller ingen føringer på hva rapporteringen skal inneholde. To prinsipielt like hendelser kan i praksis formidles ulikt, noe som potensielt kan skape usikkerhet rundt forståelse hos mottaker. Ulik fremstilling av hendelser, ufullstendig informasjon og mangel på oppfølging i databasen leder til utfordringer for videre anvendelse av dataene uten dypere innsikt i problemstillinger. Ved gjennomgang av databasen er det forsøkt unnlatt å gjøre tolkninger da dette ikke nødvendigvis trenger å være korrekt og igjen lede til en høyere grad av usikkerhet. I tillegg er de ikke mulig å forfølge alle oppfølgningene i detalj innenfor rammen av oppgaven. Det ansees mer fornuftig å påpeke mangler for fremtidig oppfølging, læring og utvikling.

Ufullstendig data gjør det vanskeligere å se klare sammenhenger i informasjonen som dette blir forsøkt satt sammen til. Dette leder igjen til mer generelle tilnærmelser da trender og indikatorer ikke er like tydelige. Tiltakene som presenteres i kapittel 4 vil nødvendigvis måtte reflektere en mer generell tilnærming til utvalgte problemstillinger.

---

## 2.4 Videre arbeide

Som diskutert i kapittel 2.3.2 så er det utfordringer knyttet til systematiseringen av innholdet i databasen for videre arbeide. Dette gjør det vanskelig å gå inn på spesifikke problemstillinger knyttet til enkeltutstyr og årsaker for ikke verifiserbare brann- og gassdeteksjoner og utilsiktede aksjoner. Årsakene som oppgis er i all hovedsak feil på detektor, falsk deteksjon, feil på sensor og støykilder i form av damp, refleksjon og lekkasje. For en stor andel av hendelsene er årsak utelatt.

En erkjennelse av varierende kvalitet og detaljgrad på innhold i databasen er en viktig forutsetning for videre arbeide. Innholdet er først og fremst rapportert for etablering av ytterligere beredskap, ikke en beskrivelse av årsak og oppfølging. Det kan fremstå som at det tidligere ikke har vært gjort noen betraktninger rundt fremtidig nytteverdi av disse dataene, noe som fra oppgavens ståsted kan fremstå som en tapt mulighet til å samle meningsfull data for å etablere et større bilde av ulike problemstillinger for industrien. Av den grunn er det vanskelig å gå inn på konkrete problemstillinger som har et høyt bidrag og finne spesifikke tiltak rette mot dette.

En betraktning vedrørende oppføringene er at det generelt er vanskelig for drift å få en rask oversikt over hva som har skjedd samt at det dras konklusjoner uten tilstrekkelig grunnlag. Det kan fremstå som det er et behov for støtteverktøy relatert til måleverdiene som har blitt lest fra feltinstrumentene, for å kunne etablere en bedre situasjonsforståelse.

Programmerbare sikkerhetssystemer er et "samlepunkt" for feltinstrumenter hvor måleverdier leses (samples) med fastsatte intervall. Nyere sikkerhets- og automasjonssystem har mulighet for å lagre unna historiske data og presentere trender i sanntid på operatørstasjoner. De samme trendene kan også hentes ut på informasjonssystemer (IMS), både om bord på innretningen og på land i ettertid. Trender kan benyttes for ulike feltinstrumenter, de er ikke relatert til en gruppe utstyr og vil kunne gi en utvidet innsikt i ulike tilstander, både før og etter en hendelse.

En hypotese er at system med en definert funksjon, typisk slukkesystem, vil kunne ha signaturkurver av "unik" karakter. Ved å trende måleverdier fra enkeltinstrumenter, eller i kombinasjon med måleverdier fra andre instrumenter, vil disse kurvene kunne benyttes for å verifisere reelle tilstander og dermed filtrere ut annen "støy".

Hypotese to er at pålitelig brann- og gassdeteksjon ikke kan basere seg på enkeltinstrumenter. Her må det etableres et større bilde for situasjonsforståelse hvor et nettverk av detektorer er en mulig tilnærming.

Før hypotesene kan forfølges, er det nødvendig med en forståelse av hvordan signaler fra instrumenter hentes inn og prosesseres i det programmerbare sikkerhetssystemet. Fra gjennomgangen av databasen er det brann- og gassdeteksjon og utilsiktet aktivisering av sprinkler og deluge som har de største bidragene. Det vil derfor være naturlig å se nærmere på teknologi, virkemåte og design for disse systemene for å forstå hvilke måleverdier som kan forventes ved ulike tilstander.

---

Eksempel på design er hentet fra en nyere innretning på norsk sokkel og er ment å gi en god innsikt i dagens praksis. Det er likevel verdt å merke seg at disse designløsningene ikke nødvendigvis er sammenfallende for eldre innretninger og at også fremtidige ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner vil rapporteres fra innretninger fra ulike tidsepoker.

Kapittel 3 er ment å være en teknisk oppfølging av oppsummeringen i kapittel 2.2 og etablere en bakenforliggende forståelse for forslag til verifikasjonsverktøy og nettverkskonsept, med tilhørende muligheter og begrensning, som presentert i kapittel 4.

---

## 3 Systemer og instrumenter

Hovedhensikten med dette kapitlet er å etablere et fundament for innsikt og forståelse av teknologi, design og måleverdier som legger grunnlag for forslag til tiltak presentert i kapittel 4.

I dette kapitlet fokuseres det på følgende:

- Gassdetektor
- Aktiv brannbeskyttelse
- Programmerbare sikkerhetssystemer
- Presentasjon av måleverdier

Brann- og gassdeteksjon samt slukkesystem er de systemene som er identifisert å ha det høyeste bidraget av de innrapporterte hendelsene til databasen. Det vil derfor være naturlig å se nærmere på disse. I kapitlet formidles deteksjonsprinsipp for en utvalgt type gassdeteksjon og systemdesign for sprinkler og deluge. Gassdeteksjon er valgt fremfor branneteksjon da dette er å anse for å være av en mer alvorlig karakter. Disse systemene er ment å kunne være representative for enkeltstående instrumenter (gass) og instrumenter som ivaretar en spesifikk funksjon (sprinkler og deluge).

Det gis en prinsipiell introduksjon til realisering av funksjonslogikk i programmerbare sikkerhetssystemer. Dette er ment å kunne gi en grunnleggende forståelse av hva som leses inn fra instrumentene og hvordan måleverdiene prosesseres videre. Design av systemer og teknologi i bruk vil kunne være styrende.

Måleverdiene som leses av det programmerbare sikkerhetssystemet vil endre seg med tilstanden feltinstrumentet til enhver tid blir eksponert for. Disse verdiene samples med fastsatte tidsintervall og datapunktene lagres i historiestasjoner. Ved å trenge disse datapunktene, både i sanntid og historisk, kan verdifull informasjon hentes ut og presenteres. Verktøyet som skisseres i kapittel 4 baserer seg på måleverdiene i sanntid og typiske signaturkurver som kan forventes ved reelle hendelser. Nettverkskonseptet som foreslås benytter historiske data.

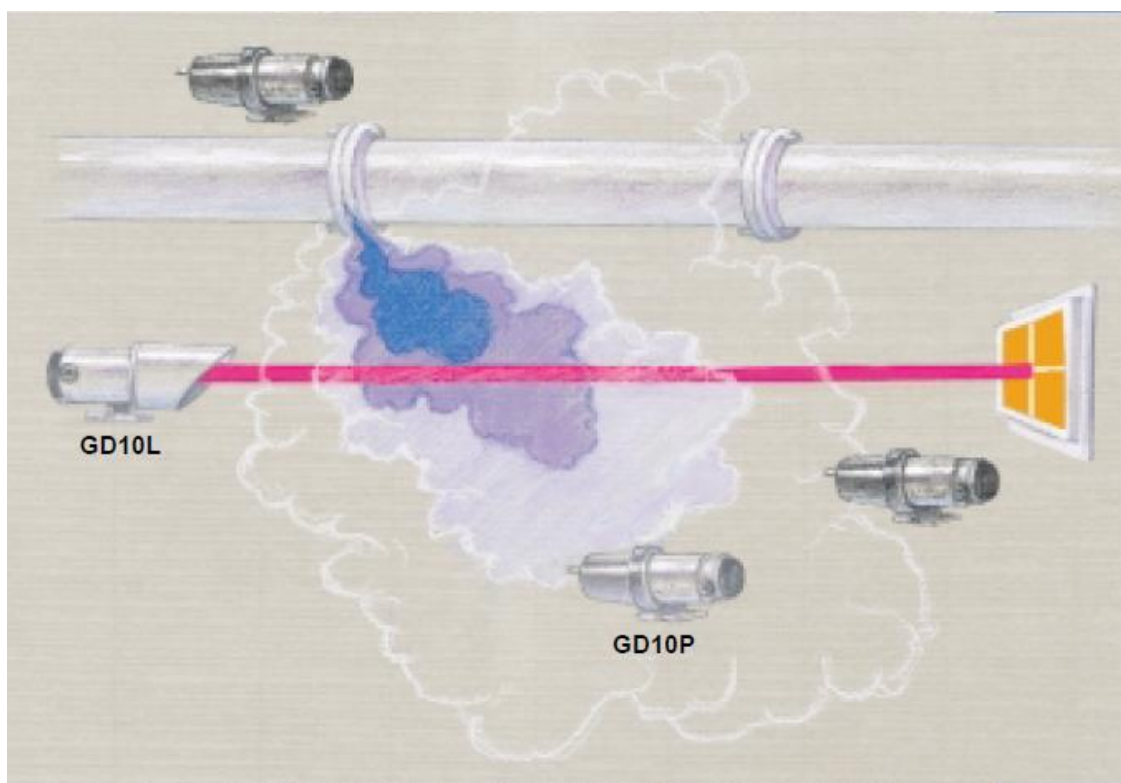
Regelverk, standarder og risikoanalyser har en sentral rolle og setter føringer for både design og implementering av dagens sikkerhetssystem. For å forstå funksjonalitet og virkemåte for utstyr og system i bruk, er en innsikt i bakenforliggende føringer ansett å være av betydning. Et kapittel som omhandler dette er plassert under vedlegg.

Både gassdeteksjon og aktiv brannbeskyttelse er styrt av krav som beskrevet i NORSOK S001 [8], kapittel 13 og 21. I et kapittel under vedlegg er det gjort et utdrag av relevante krav fra denne standarden. Her foretas det en diskusjon hvorvidt denne standarden legger til rette for optimal anvendelse av teknologi og design.

Kapitlene er funnet å være av relevans for både helhetlig forståelse av design, virkemåte og potensielt fremtidig tilpasset anvendelse av programmerbare sikkerhetssystemer. De kan likevel leses uavhengig av teksten i kapittel 2 og 3 som leder frem til presentasjon av verktøy i kapittel 4.

### 3.1 Gassdeteksjon

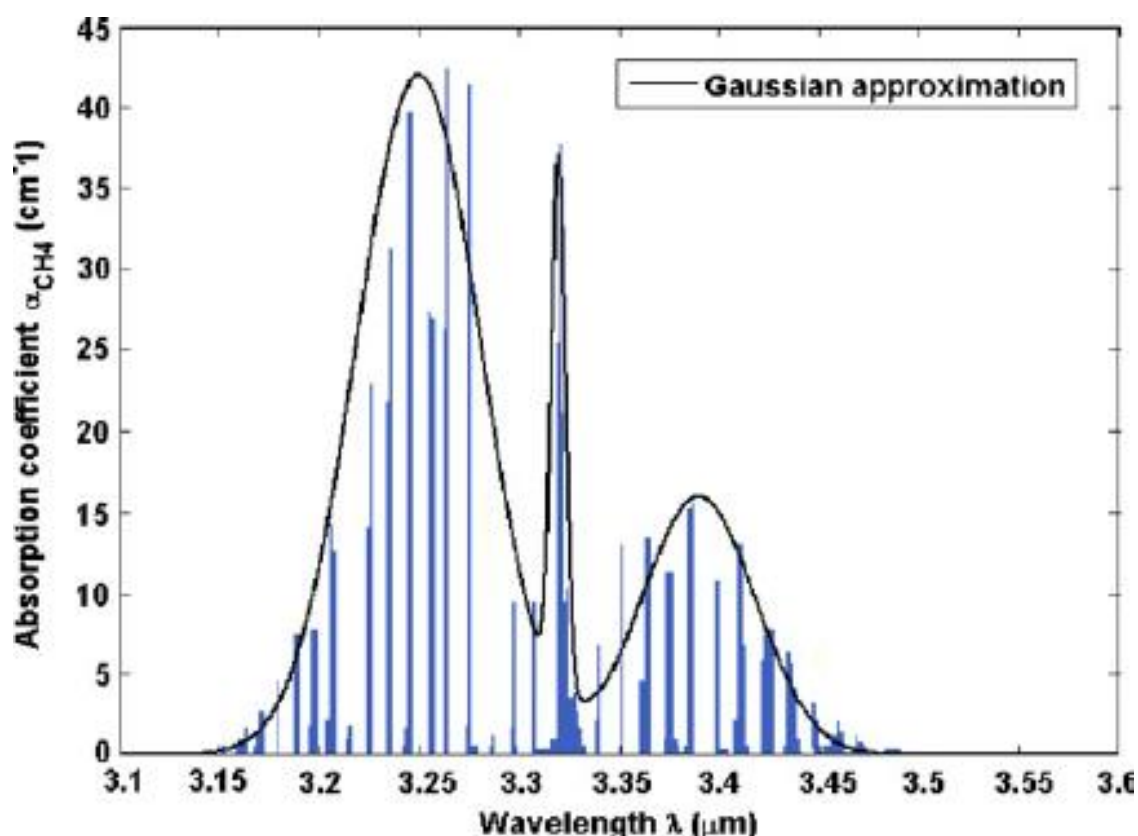
Det finnes ulike typer gassdetektorer på markedet som benytter forskjellig teknologi for deteksjon, eksempelvis optisk, katalytisk og akustisk. Disse kan igjen deles inn i 2 hovedgrupper, punkt- og linjegass (det finnes nå også trådløse). Ved anvendelse av punkt-gass detekteres gass på lokasjonen detektoren er plassert. Gass må dispergere kammeret på detektoren hvor sender/mottaker er montert. Ved anvendelse av linjegass benyttes også en sender og en mottaker. Mellom disse sendes det en stråle som kan måle gass over ulike avstander, typisk 0,5 til 50 meter. Her er det tilstrekkelig at gasskyen befinner seg mellom disse to enhetene for å bli målt. Valg av detektortype er gjerne avhengig av område, layout, utstyr, lekkasjekilder, potensiell spredning osv. Ved å benytte linjegassdetektorer kan antall punkt-gassdetektorer reduseres.



Figur 10. Illustrasjon av punkt-gass og linjegassdeteksjon (Simtronics GD10 operatørmanual)

Kablede gassdetektorer benytter hovedsakelig strømmåling i området 4-20 mA for signaloverføring. Avhengig av instrument så er disse enten 2 eller 3 kablede inn til respektive brann- og gassnoder hvor signalene prosesseres. De fleste nye feltinstrumenter kan supportere HART teknologi, hvor HART er en global standard for å sende overlagret digital informasjon på 4-20 mA strømkretsene. Vedlikeholds- og diagnoseinformasjon hentes gjerne ut fra instrumentene hvor denne standarden er tilgjengelig.

Gassdetektorer kan kalibreres for ulike gasser og det er essensielt at de er satt opp til å detektere den eller de gassene som kan opptre på innretningen. På norsk sokkel er de fleste kalibrert for metangass ( $\text{CH}_4$ ). En optisk gassdetektor som måler hydrokarbongasser sender to IR stråler med to ulike bølgelengder, en målebølgelengde og en referansebølgelengde. Prinsippet som da benyttes er at molekylene i gassen som utsettes for elektromagnetisk stråling (IR) vil absorbere deler av denne strålen. Bølgelengdene som absorberes vil variere fra gass til gass og det er derfor viktig med riktig kalibrering av detektor. Figuren under viser absorpsjonsspekteret til metangass.



Figur 11. Absorpsjonsspekteret for metangass (gaussisk tilnærming)

[https://www.researchgate.net/figure/233388260\\_fig7\\_Fig-7-Mid-IR-absorption-spectrum-of-methaneevaluated-by-Gaussian-approximation](https://www.researchgate.net/figure/233388260_fig7_Fig-7-Mid-IR-absorption-spectrum-of-methaneevaluated-by-Gaussian-approximation)

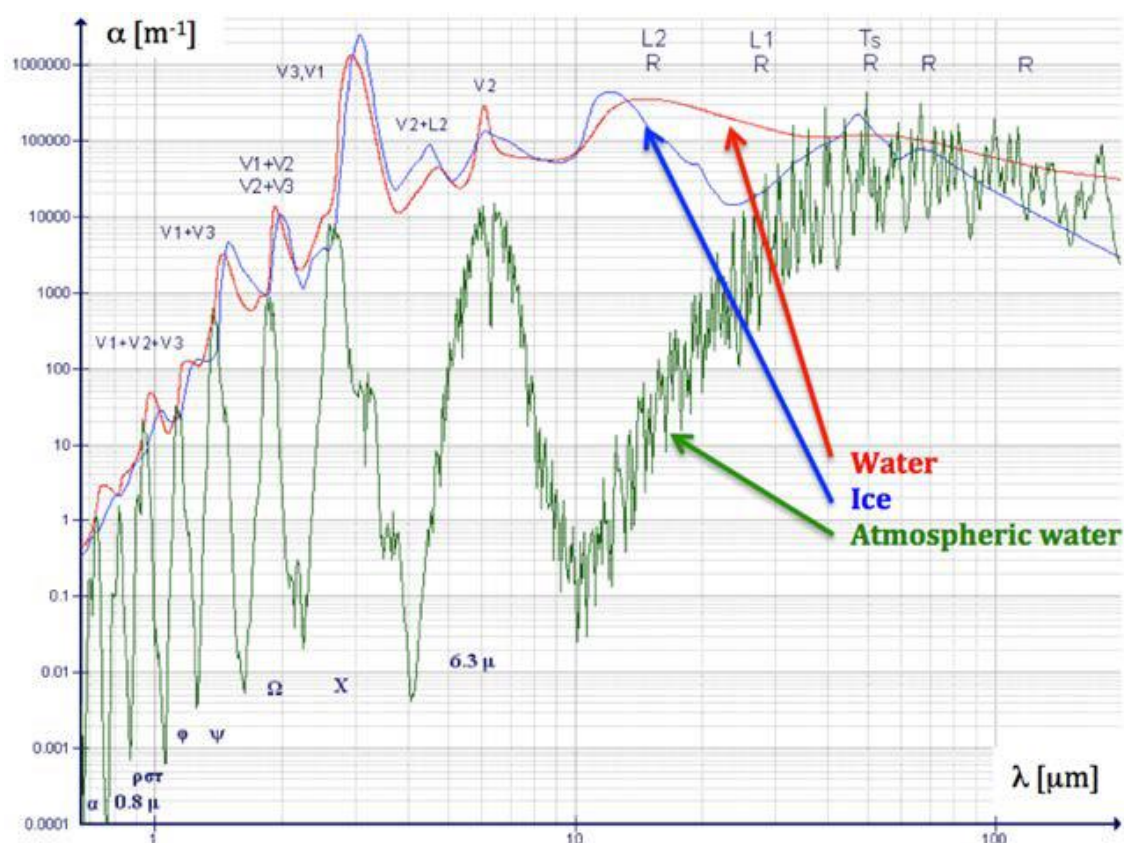
Figuren viser at metangass kan absorbere mye energi fra en IR-stråle med bølglengde 3,3  $\mu\text{m}$ . Denne bølglengden benyttes derfor som målebølglengde. Ved 3,1  $\mu\text{m}$  absorberes ingen energi fra IR-strålen. Denne brukes derfor som referansebølglengde. Når disse to bølglengdene treffer mottaker vil energiene sammenliknes og differansen vil kunne brukes til å si noe om gasskonsentrasjon tilstede. Energien som treffer mottakeren gjøres om til elektrisk strøm i måleområdet 0 til noe over 20 mA, hvor 4-20 mA benyttes for gassmåling. Det er denne måleverdien som leses av det programmerbare sikkerhetssystemet. De fleste detektorer har en innebygget selvdiagnose. Måleområdet under 4 mA benyttes til dette. Disse intervallene varierer fra detektor til detektor og kan være enten absolutte eller konfigurerbare. Typiske alarm og diagnoseintervaller for detektoren GD10P er gjengitt i tabellen under.

Tabell 7: Eksempel på alarm og diagnoseintervaller for punkt-gassdetektor (Simtronics GD10P operatørmanual)

Condition	Analogue output	Comment
Normal gas reading	4 mA - 20 mA	4 mA = 0% of range 20 mA = 100% of range (or higher)
Early Dirty Optics Warning (55% signal reduction)	2 mA <sup>(1)</sup>	Detector will still output gas concentration if it is greater than 7 % of range (FS)
Dirty Optics Warning (70% signal reduction)	1 mA <sup>(1)</sup>	No detection
Detector Fault	< 0,5 mA <sup>(1)</sup>	No detection

Teknologien benyttet i de optiske detektorene på norsk sokkel kan i stor grad sies å være "proven in use" gjennom mange år med drift. Det er ingen grunn til å tro at de ikke gjør jobben de er satt til under normale forhold. Begrensninger i teknologien gjør også at andre tilstander, typisk vann i ulike former, potensielt kan påvirke måleverdien som detektoren sender videre til det programmerbare sikkerhetssystemet. Gjennomgangen av databasen i kapittel 2 viser en del rapporterte hendelser knyttet til damp, fuktighet, lekkasje, refleksjon, støv, vann osv. Dette er kjente problemstillinger for næringen.

Hvert stoff som utsettes for elektromagnetisk stråling har sitt eget absorpsjonsspekter. Dette er spesielt sterkt hvor bølglengder harmonerer med resonansfrekvensen til molekylene i stoffet og vil kunne endre seg med temperatur. Absorpsjonsspekteret til vann er spesielt komplekst da det kan endre seg med de tre ulike fasene fast, væske og gass. Dette gjør at molekylene vibrerer på ulike måter. Figuren under viser et komplekst spekter i intervallet rundt 3  $\mu\text{m}$  som er samme intervall som en gassdetektor benytter for metandeteksjon. Det vil derfor være mulig for en gassdetektor å mistolke ulike tilstander som involverer vann og damp som reelle gasslekkasjer. I figuren under er absorpsjonsspekteret for vann i de 3 ulike formene presentert.



Figur 12. Absorpsjonsspekter for vann i væske-, gass- og fast form  
<https://inspirehep.net/record/1279895/plots>

SINTEF [16] har skrevet en rapport for Petroleumstilsynet vedrørende påliteligheten av optiske detektorer under "ekstreme forhold". Basert på to reelle hendelser hvor gass ble detektert har det blitt gjort en gjennomgang av hvordan detektorene ble påvirket av store mengder vann og damp. Det henvises også til denne rapporten for en mer utfyllende og detaljert beskrivelse av deteksjonsprinsipp og absorpsjonsspekter.

I kapittel 3.3.1 gis det en nærmere beskrivelse av integrering og prosessering av måleverdier fra gassdetektorer i programmerbare sikkerhetssystemer.



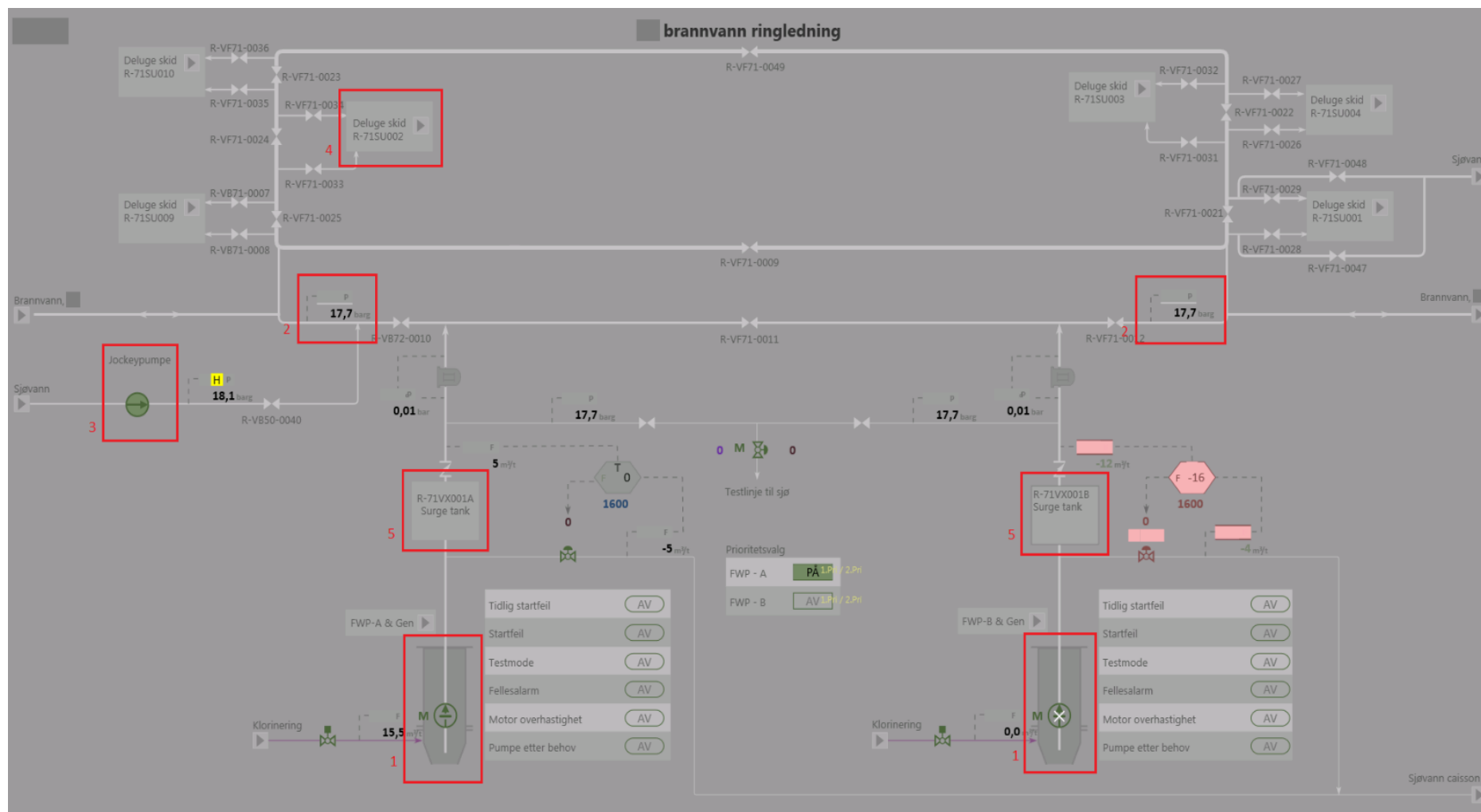
---

## 3.2 Aktiv brannbeskyttelse

Brannvannspumper er et system som har til oppgave å supplere vann for brannbekjempelse rundt om på en innretning. Dette er et system som skal være kapabelt til å opprettholde egen drift uten avhengigheter til andre systemer om bord på innretningen. Kravet til kapasiteten for dette systemet er at det skal kunne supplere det største brannområdet samt det største nærliggende området med en brannvannspumpe ute av drift. Systemet er designet for å hente sjøvann og distribuere dette ut til en brannvannsring. På brannvannsringen er det plassert trykktransmittere som sender måleverdier inn til det programmerbare sikkerhetssystemet. Faller trykket under en fastsatt grenseverdi vil en jockeypumpe startes for fylle på mer vann i ringen, til driftstrykk igjen er opprettet.

Brannvannspumper er også nært knyttet inn mot brann- og gassdeteksjon. Ved bekreftet deteksjon eller bekreftet utløsning av slukkesystem, vil pumpene få et startsignal fra det programmerbare sikkerhetssystemet.

Figuren under viser en typisk konfigurasjon for et brannvannspumpesystem med tilhørende brannvannsring om bord på en innretning på norsk sokkel som presentert på skjerm i kontrollrom. Her suppleres brannvannsringen fra de to brannpumpene som henter vann fra sjø (1). På brannvannsringen sitter 2 stykk trykktransmittere (2) som måler trykk i sanntid og sender måleverdier inn til det programmerbare sikkerhetssystemet. Faller trykket under en fastsatt grenseverdi starter jockeypumpen (3). Ut fra brannvannsringen suppleres de ulike forbrukerne, typisk deluge (4). Pumpene er svært kraftige og kan levere store mengder vann når de startes. Mellom brannvannspumpene og brannvannsring er det derfor installert en trykkutjevningstank (5) for å utligne over- og undertrykk tilstander. Dette er en robustgjøring mot svingninger i trykk som potensielt kan påvirke måleverdier fra transmittere.



Figur 13. Eksempel på presentasjon av brannvannspumper og tilhørende brannvannsring på operatørstasjon (hentet fra innretning norsk sokkel)

---

Deluge er i omfattende bruk, typisk i uteområder for prosess og boring hvor større lekkasjer av gass og branner kan opptre. Primært er dette anvendt for brannbekjempelse og sekundært for å redusere overtrykket. Deluge kan potensielt redusere eksplosjonstrykket ved antennelse av gass. Bjerketvedt & Bakke [27] viser til ulike eksperimenter utført på 1990 tallet hvor deluge ble utløst i moduler før en antennelse av gass fant sted. Disse testene viste i mange tilfeller at tilførsel av vann har en positiv effekt knyttet til overtrykket som ble generert. Testene var likevel ikke entydige da de i stor grad ble påvirket av antennespunktet i gasskyen, tilgjengelig ventilasjon og hvor reaktiv gassen var. Det har også vært rapportert hendelser hvor utløsning av deluge kan ha vært direkte årsak til antennelse fra tennkilder, grunnet fuktighet.

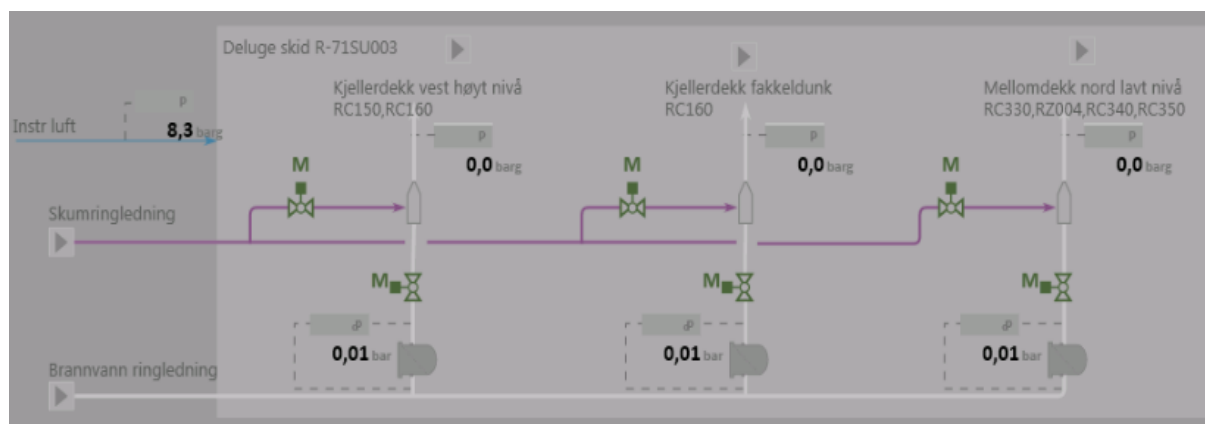
Egne deluge containere er plassert utenfor området som utløsningsdysene dekker og suppleres fra ulike segmenter på brannvannsring. Det er i tillegg blitt vanlig å tilføre skum i vannet som sendes ut til dysene. Skummet blander seg med vannet som har en kjølede effekt og legger seg som en film over det brennbare materialet. Dette fungerer da som en hinne som reduserer overflaten av det brennbare stoffet som kommer i kontakt med oksygen.

De individuelle ventilene til brannvann og skum er stengt i normaltilstand, men kan åpnes fra brann- og gassnoder i det programmerbare sikkerhetssystemet, egne knapper i kritiske aksjonspanel i kontrollrom, manuelle utløsningsknapper i felt samt direkte på containerne. De fleste aktiveringssignaler på en fast innretning har spenning ut til feltinstrumentene, ofte referert til som normalt energisert (NE). Slukkesystemer skiller seg her ut ved at de må tilføres spenning for å kunne aktiveres, normalt de-energisert (NDE). Dette for å hindre aktivering ved utilsiktet bortfall av spenning. Når ventiler først er aktivert må de tilbakestilles i felt.

I rørsegmentet ut til utløsningsdysen er det plassert en trykktransmitter som har til hensikt å rapportere bekreftet utløsning tilbake til det programmerbare sikkerhetssystemet. Ved normaltilstand (stengt ventil mot brannvannsring) vil verdiløsningen fra denne trykktransmitteren være 0 bar fordi det ikke finnes noe vanngjennomstrømning. Ved aktivering og åpning av ventil vil trykket hvor transmitteren sitter raskt bygge seg opp og verdimålingen stige. Dette er normalt å betrakte som en reell brann- og gasstilstand uavhengig om detektorer er aktivert i forkant.

Hvis dette sees i sammenheng med de rapporterte hendelsene knyttet til sensorer i databasen, betyr det i prinsippet at transmitteren har vært utsatt for et påført trykk grunnet gjennomstrømning av vann. En gjennomstrømning av vann kan bare være relatert til at ventiler åpnes tilstrekkelig til å slippe dette igjennom fra brannvannsring. Den andre potensielle årsaken til å rapportere et trykk, er feil på transmitter. Fra gjennomgangen av databasen kan kun 3 av de 19 hendelsene som inkluderer deluge spores tilbake til sensoren. De andre hendelsene er knyttet til feil på utstyr som er plassert i containere, typisk ventil eller manuell utløser. Basert på disse dataene er det ingen grunn til å trekke pålitelighetene til sensorene benyttet for å måle trykk i tvil.

Design av delugesystem som beskrevet over, er innhentet fra en nyere innretning. Det er verdt å merke seg at dette designet ikke nødvendigvis er 100 % representativt for eldre innretninger. Figuren under viser et eksempel på fremstilling av deluge presentert på operatørstasjon i kontrollrom.



Figur 14. Eksempel på presentasjon av deluge på operatørstasjon (hentet fra innretning norsk sokkel)

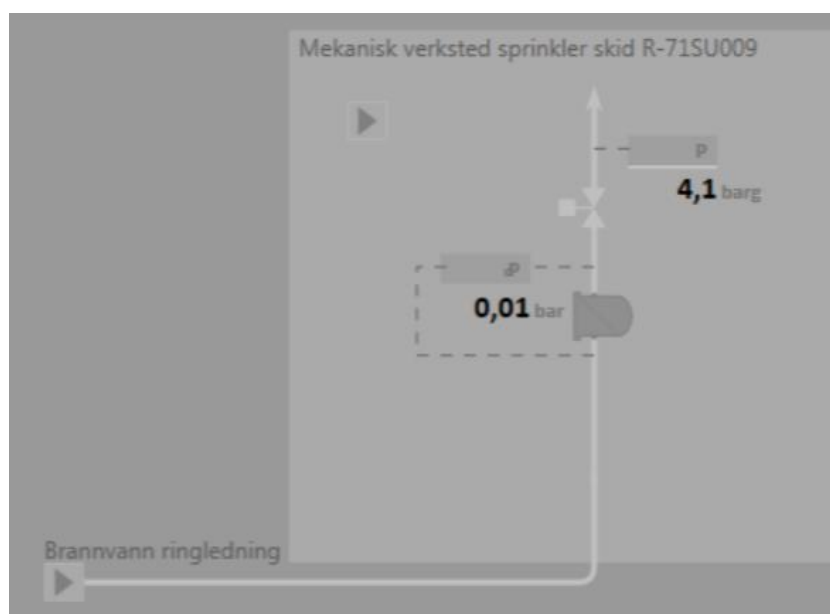
Sprinkler har i stor grad tidligere blitt benyttet i boligmoduler. Etterhvert har det blitt en erkjennelse at mengden brennbart materiale som benyttes er så liten at anvendelsen av dette systemet kan reduseres. Et eksempel på fortsatt anvendelse av sprinkler er i mekaniske verksteder. Sprinklersystem leveres også som egne containere som plasseres utenfor området det er tiltenkt å beskytte og inneholder mye av det samme utstyret som for deluge. Prinsippet som benyttes er likevel ulikt.

Brannvann suppleres fra ulike segmenter på brannvannsring, men det er ingen tilførsel av skum. I rørsegmentet nedstrøms fra ventilen mot brannvannsring og ut til utløsningsdysene står vann under et forhåndsbestemt trykk. Trykktransmitteren som sitter her vil da ha en verdilesning på typisk 5 bar (vil variere) ved normaltilstand. Hvis smelteperlen som sitter i dysen "aktiveres" vil vannet i dette segmentet utløses gjennom dysene og trykket falle brått. Dette er normalt å betrakte som en reell brann- og gassstilstand uavhengig om detektorer er aktivert i forkant. Trykket vil raskt bygge seg opp igjen når in-ball ventilen åpnes opp mot brannvannsring. Dette vil automatisk skje uten noen form for aktivering fra det programmerbare sikkerhetssystemet. Sprinkler kan likevel aktiveres fra manuelle utløsningsknapper i felt samt direkte på containerne.

In-ball ventilen som benyttes vil åpnes og lukkes basert på trykk og kan potensielt være følsom ovenfor endringer. Av de 19 hendelsene som er relatert til sprinkler i databasen er 14 knyttet til selve sensorene. Felles for alle disse hendelsene er at ingen utløsning av vann er verifisert i etterkant. På nyere system benyttes det gjerne trykktransmittere hvor containerne forsyner et område. Der hvor containere forsyner flere områder og det er flere grener med felles ventil, benyttes transmittere for å måle strømminger og ikke trykk. Det mulig at disse kan være mer utsatte for tilstandsendringer, eksempelvis trykkslag som kan forplante seg gjennom systemet.

En gjennomgang av de 19 hendelsene rapportert vedrørende sprinkler viser at 18 av 19 er relatert til innretninger bygget på 1980 og 1990 tallet, og hvor to innretninger står for halvparten av hendelsene. Kun en er bygget på 2000 tallet. Dette kan tyde på at enkelte innretninger har større utfordringer knyttet til design og utstyr og hvor dette er korrigert og forbedret for innretninger bygget i den senere tid. Som tidligere nevnt kan også en mer utbredt anvendelse av dette systemet på eldre innretninger være en mulig grunn til at de er overrepresentert i databasen. Basert på funn så er det ingen grunn til å trekke pålitelighetene til sensorene benyttet på nyere innretninger i tvil.

Design av sprinklersystem som beskrevet over, er innhentet fra en nyere innretning. Det er verdt å merke seg at dette designet ikke nødvendigvis er 100 % representativt for eldre innretninger. Figuren under viser et eksempel på fremstilling av sprinkler presentert på operatørstasjon i kontrollrom.



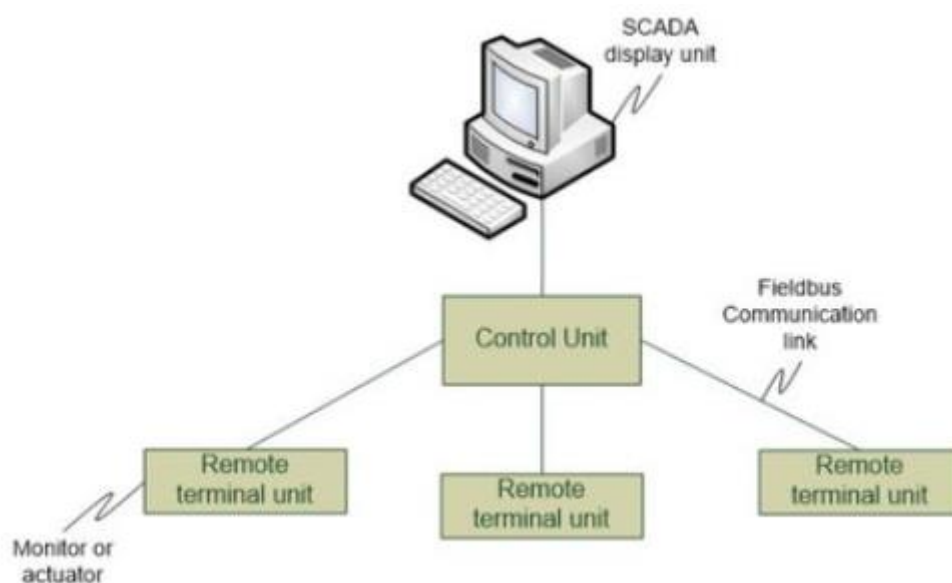
Figur 15. Eksempel på presentasjon av sprinkler på operatørstasjon (hentet fra innretning norsk sokkel)

I kapittel 3.3.1 gis det en nærmere beskrivelse av integrering og prosessering av måleverdier fra transmittere i programmerbare sikkerhetssystem.

### 3.3 Kontrollsystem

Med den digitale revolusjonen kom også introduksjonen av moderne kontrollsystemer som SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) og DCS (Distributed Control Systems). Sammenliknet med dagens teknologi var alle disse kommunikasjonsnettverkene langsomme og det var derfor behov for flere hierarknivå.

DCS kan sies å være prosessdrevet og hadde den direkte kontakten med prosessutstyret hvor data blir innsamlet. Alle handlinger ble utført i en sekvensiell tidsstruktur. Maskinene utførte typisk avanserte regulerings- og styrefunksjoner. DCS'er er i dag typisk konstruksjonen PLS'er (Programmerbar Logisk Styring). Disse dataene ble med faste intervaller sendt videre til SCADA maskinen som presenterte et utvalg av informasjon på dataskjermer i kontrollrom for operatørene. Ingen eller få avanserte styringsfunksjoner ble utført fra SCADA, men data fra flere DCS'er kunne kombineres og settes sammen til informasjon på skjerm. Figuren under viser en typisk SCADA/DCS konfigurasjon.



Figur 16. Eksempel på SCADA/DCS konfigurasjon

Historisk har ulike systemer vært operert og styrt uavhengig av hverandre. Eksempler på dette er Process Control System (PCS), Power Distribution Control System (PDCS) og sikkerhetssystem (ESD, PSD, F&G). NORSOK Standard I-002 [9] har gått i front for å integrere de ulike systemene sammen til et. Dette blir gjerne referert til som Sikkerhets- og Automasjonssystem (SAS) hvor det overordnede målet er å utføre overvåking, kontroll og beskyttelse for en innretning. Generelt kan det sies at alt utstyr som lar seg overvåke og kontrolleres blir knyttet til dette systemet og presentert på operatørstasjoner og skjermer i et sentralt kontrollrom. Her har operatører tilgang til sanntidsdata fra de ulike instrumentene og systemene, og kan operere og styre innretningen fra skjerm etter behov.

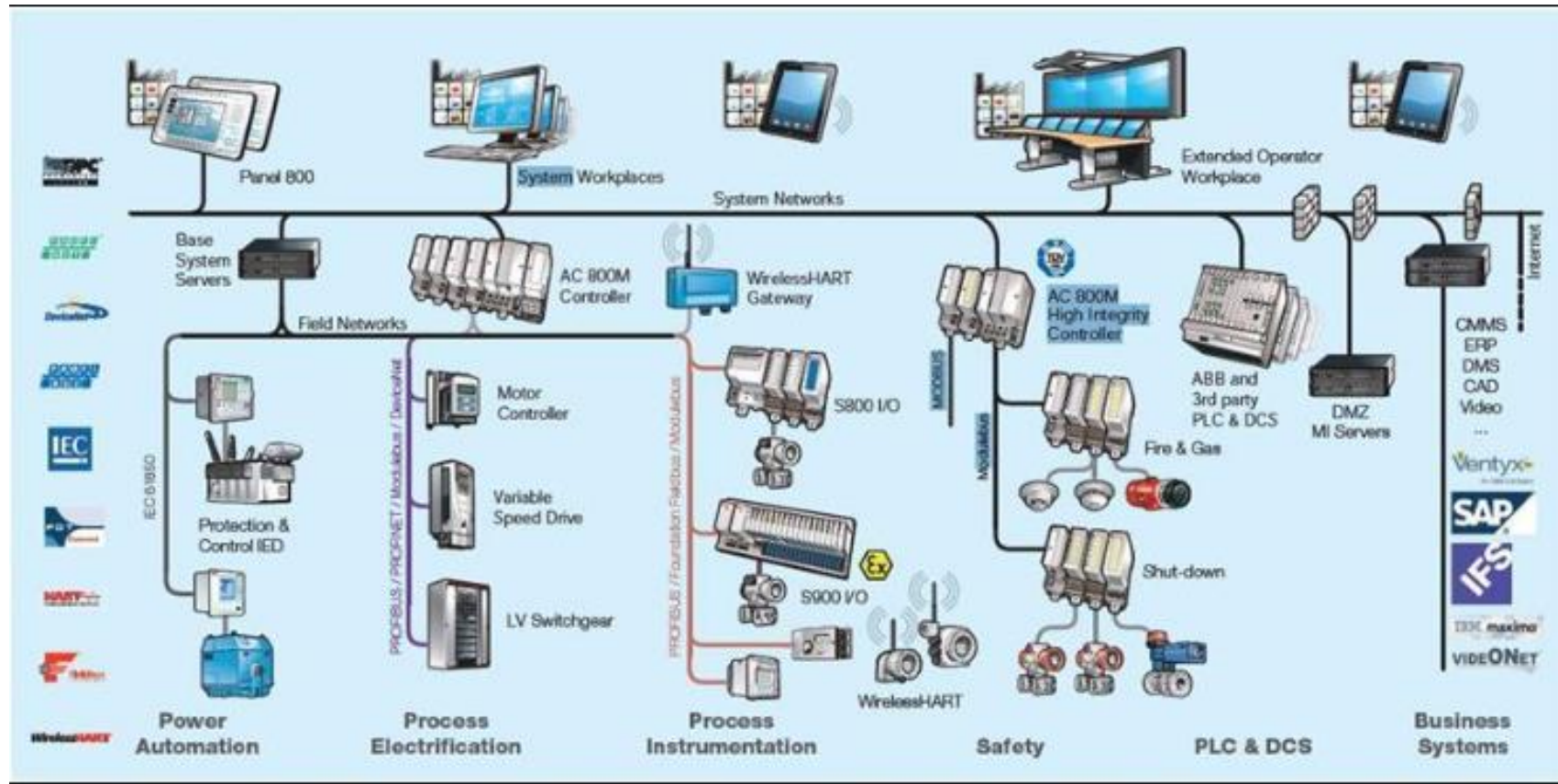
---

De nye Safety- og Automasjonssystemene er svært fleksible, og tillater enkel omprogrammering av styringsfunksjoner og visninger på skjerm. Dette gjør det mulig å bygge om eksisterende systemer, legge til nytt utstyr og endre funksjoner og funksjonalitet under drift ved behov. Flexibilitet knyttet til disse systemene er svært essensielt da en innretning vil stå i flere tiår og gjennomgå flere faser, eksempelvis fra høyt til lavt trykk i produksjonsbrønner, fra å være oljeprodusent til å bli gassprodusent eller tilknytning av nye subsea felt.

Flexibilitet er en god ting så lenge det blir benyttet innenfor gitte rammer. En av utfordringene knyttet til kontrollsystemer er tilgang på mye data og muligheten for å konfigurere inn alarmer. Generelt kan det sies at de fleste kontrollrom har en utfordring med for mange alarmer samt at alarmer kan opptre som lite intuitive. Dette kan gjøre det vanskelig å få oversikt, se sammenhenger og ta riktige beslutninger for operatørene. Optimalisering av alarmer og kontinuerlig rasjonalisering er viktige aspekter for et informativt og brukervennlig HMI grensesnitt [30].

På norsk sokkel finnes det flere SAS leverandører, eksempelvis ABB, Honeywell, Kongsberg Maritime og Siemens. Hardwaren som benyttes av de ulike leverandørene er proprietær mens kommunikasjonsprotokoller baserer seg på anerkjente industristandarder, eksempelvis Profibus og IEC61850. For sikkerhetssystemer benyttes hovedsakelig kabling med 4 – 20 mA signaloverføring for de fleste instrumentene (brannsentraler avviker fra dette). SAS består ikke kun av hardware og software komponenter, men inkluderer også nettverk, gatewayer, busskommunikasjon, termineringskabinett, strømforsyning, operatørstasjoner m.m.

Figuren under viser en forenklet fremstilling av en SAS topologi for et ABB 800xA kontrollsystem (nettverkene som benyttes er i realiteten mer komplekse og segregerte).



Figur 17. Eksempel på topologi for Sikkerhets og Automasjonssystem (ABB 800xA system)

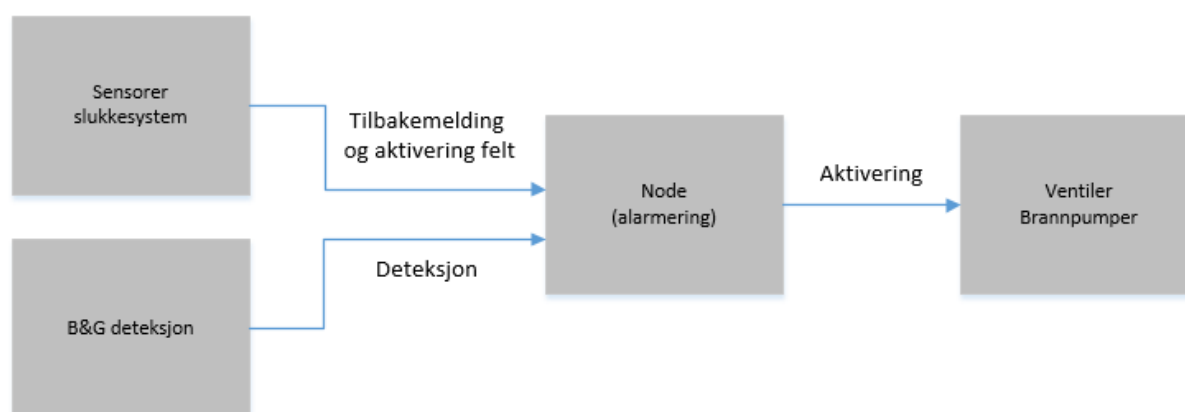


De ulike systemene prosesseres separat i dedikerte kontrollere, gjerne referert til som noder, med tilhørende programmerbar logikk. Disse nodene består ofte av egne kabinetter hvor kablede instrumenter og bussinterfacer termineres. Gjennom dedikerte nettverk har noder mulighet til å kommunisere og utveksle signaler på tvers. Kontrollsystem og sikkerhetssystem segregeres i egne noder og på egne nettverk for å ivareta uavhengighet.

### 3.3.1 Programmerbare sikkerhetssystem

Programmerbare sikkerhetssystem skal ikke være avhengig av eller kunne påvirkes negativt av andre system. For å oppnå dette segregeres disse på egne noder og nettverk. Både gassdetektorer og transmittere, som beskrevet i tidligere kapittel, er knyttet til programmerbare sikkerhetssystemer gjennom dedikerte kabler.

En prinsipiell fremstilling av grensesnitt mellom B&G deteksjon, slukkesystem og node er presentert i figuren under.



Figur 18. Prinsipiell fremstilling av grensesnitt mellom B&G deteksjon, slukkesystem og node

Feltinstrumentene er koblet til dedikerte kanaler på grensesnittkortene hvor de henter spenningen sin fra. Kanalene leser så mA verdier som instrumentene "gir tilbake" basert på tilstanden de til enhver tid måler i felt. Gassdetektorer er hovedsakelig i eksplosjons- og tennsikker utførelse (Ex de) og kan kobles direkte til disse grensesnittkanalene. Transmittere benyttet for slukkesystem er gjerne i egensikker utførelse (Ex i). Feltutstyret har da et grensesnitt mot en barriere som igjen kobles mot grensesnittkanalen på det programmerbare sikkerhetssystemet. Barrierene reduserer energien som tilføres feltutstyret slik at disse ikke skal kunne fungere som en potensiell tennkilde for gass, som kan opptre i området.

På grensesnittkortene skaleres mA signalene om til engineeringverdier. For punkt-gassdetektorer så vil 4–20 mA typisk gjøres om til 0-100 %LEL. Trykktransmittere vil gjerne ha en skala i bar som er tilpasset minimum og maksimum trykk som sensoren er kalibrert for. Måleverdiene omgjort til engineeringverdier benyttes så videre av sikkerhetssystemet for logikkprosessering og grafisk visning på operatørstasjoner i kontrollrom.

Programmerbare sikkerhetssystemer realiserer ulike funksjoner gjennom logikk. NORSOK Standard I-005 [10] definerer et sett med funksjonsmaler hvor hvert objekt representerer en klasse med attributter samt inngangs og utgangsterminaler. Disse funksjonsmalene instansieres og tagges med unike navn, for så igjen å kobles til andre instansierte objekter, for at ønsket funksjonalitet skal kunne realiseres.

MA er et eksempel på en funksjonsblokk som benyttes for analoge signaler (mA). Funksjonsmalen har logikk for å håndtere alarmgrenser, blokkering, visning av statuser m.m. Denne blokken knyttes gjerne mot IO bærere på grensesnittkanalene hvor gassdetektorer og transmittere er tilkoblet. Målesignalet fra feltutstyret leses inn i MA blokken hvor alarmgrenser og terminaler programmeres for ønsket funksjonalitet. Figuren under viser funksjonsmalen for MA som benyttes for å instansiere blokker benyttet for analoge signaler. Det benyttes da typisk en dedikert blokk per instrument med et unikt taggnavn.

<u>Inputs</u>	<b>MA</b>	<u>Outputs</u>
Normal function input	X	Y Normal function output
External fault	XF	YF Function failed
Force blocking alarm HH	FBHH	AHH Action alarm HH
Force blocking alarm LL	FBLL	BHH Status alarm HH
Force suppression alarm HH	FUHH	WH Warning alarm H <sup>2)</sup>
Force suppression alarm WH	FUWH	WL Warning alarm L <sup>2)</sup>
Force suppression alarm WL	FUWL	ALL Action alarm LL
Force suppression alarm LL	FULL	BLL Status alarm LL
		BBHH Action alarm HH is blocked
		BBLL Action alarm LL is blocked
		BU Status suppressed
		BB Status blocked
		BXHH Status event HH
		BXH Status event H
		BXL Status event L
		BXLL Status event LL
<u>Operator station:</u>		<u>Operator station:</u>
Blocking HH on/off		Alarms and faults
Blocking LL on/off		Alarm and event limits
Suppression on/off		Blocked
		Suppressed

Figur 19. MA – Analog funksjonsmal [10]

Hvis en ønsket alarmgrense for en gassdetektor er 20 %LEL (8 mA), konfigureres blokken med denne verdien. Når den analoge måleverdien fra grensesnittkanalen til den aktuelle detektoren overstiger denne alarmgrensen vil modulen presentere alarm på operatørstasjon i kontrollrom, og sette dedikerte utgangsterminaler fra blokken aktive. Utvalgte terminaler er koblet videre til andre blokker for å realisere funksjonalitet som spesifisert i Cause & Effect (C&E) og Fire Protection Data Sheets (FPDS), se figur 21. Funksjonsblokker som kobles sammen på en forhåndsbestemt måte slik at både ønsket funksjonalitet og kvalitet sikres, refereres gjerne til som en «typical». Design og utvikling av disse systemene følger IEC 61508 [12] hos SAS leverandør. Ved å følge rammene som er satt for utstyr og benytte definerte «typicals», kan leveranseprosjektet forholde seg til IEC 61511 [13]. Se kapittel 6.1 under vedlegg for mer om regelverk og standarder. Figuren under viser en MA blokk med alarmgrensene 20 og 30 %LEL.

FUNCTION MODULE: sd_ainput 1.15.0				
OPERATION				
Inhibit	(0/1)	0		
ANALOGUE MEASUREMENT				
Value	-25.00		ERROR	
Scale Lower Value	0.0		IO card failure	1
Scale Upper Value	100.0		Diagnostic alarm	0
			OK	
ALARM DELAY				
On	(sec)	0	COUNTERS	
Off	(sec)	0		0
IO Error	(sec)	0		0
ALARM STATUS				
AlarmHH	0	30.00	DISABLE	SUPPRESS
AlarmH	0	20.00	0	0
AlarmL	0	0.00	1	0
AlarmLL	0	0.00	1	0
Alarm suppressed	0			
Inhibit	0			
Acknowledge	1			
Test	0			

Figur 20. Eksempel på alarmgrenser for punkt-gassdetektor (hentet fra innretning norsk sokkel)

C&E og FPDS er underlaget for programmering av ønsket funksjonalitet. I dette underlaget synliggjøres de aktuelle causene og effektene, samt koblingene mellom disse. Det finnes ulike filosofier om bord på de ulike innretningene, men det er risikovurderinger for områdene som skal beskyttes, som er styrende for ønsket funksjonalitet. Potensielle farer og hendelser med tilhørende konsekvenser blir kartlagt og systematisert, og danner basis for videre engineering av underlag for programmering.

Gassdetektorer og trykktransmittere er typiske inngangssignaler til de ulike causene. Når tilstander og måleverdier fra felt matcher programmert funksjonalitet, vil respektive effekter aktiveres. Hvilke effekter som skal aktiveres ved de ulike tilstandene avhenger av lokasjon og risikovurderinger som ligger til grunn for området. Figuren under viser en typisk FPDS for en innretning på norsk sokkel. Utvalgte causer for gassdeteksjon og deluge utløsning er merket med rødt, effekter i grønt. Kryssene indikerer hvilke effekter som aktiveres av de respektive causene.

RC300A		Del. Nt		Effects	
Note		Del.	Nt	Effects	
5.5.1 1. Deluge and foam protection system covers this FDA, RC340A/B/C and FDA RC100A 2. All deluge valves need to be open to give 'Protection System Released' status to HMI & CAP. Discrepancy alarm to be initiated if any deluge valve 'fails to open'. 3. Deluge Released (PST's - Confirmed NooN) is voted with PST's in RC300A for effect 55 signal for confirmed release in RC300A - Intermediate & Mezz Loading: 100% (279)		0:00		L	Platform-ESD 2.0 Main Process Section.
<input type="button" value="Override"/> <input type="button" value="Reset"/>		0:00		L	Emergency Depressurisation (RP - EDP)
		0:00		L	Isolate Equip. Gr. 1A
		1		F	CCR/DUALSD alarm
		2		F	General Alarm
		8	5	F	CAP gas alarm in area
		9	5	F	CAP fire alarm in area
		20	5	F	CAP common Manual Call Point alarm
		01	2.3.5	F	CAP protection system released
		22		F	Driller's Cabin visual alarm
		24	0:00	F	Crane common alarm - gas on platform
		25	0:00	F	Crane common alarm - fire on platform
		30	0:00	L	Isolate /Inhibit start - crane out of serv
		34	0:00 4	F	Start firewater /foam pumps
		38	0:00 1.6	F	Release foam in area + RC340A,B,C
		47	0:00 1.6	F	Release deluge in area +RC340A,B,C-de
		17	0:00 1.6	F	Release foam in area RC100A
		18	0:03 1.6	F	Release deluge in area RC100A - delaye
		33	0:00	F	Park liit
		34	0:00	L	Arm Purge Pressure Low Low in RQ510
		35	0:00 6	L	Deluge released to RC100A
		36	0:00	F	Activate bridge STOP signal light - DP-F
		30	0:00	F	Activate CCTV cameras
		10	0:00	F	LSD - Gas
		11	0:00	F	LSD - Fire
		12	0:00	F	LSD - MCP
		13	0:00	F	LSD - Water
Causes		Nt	Del.		
F	Single HC gas - Manifold/Process are	0:00	2		
F	Conf. HC gas - Manifold/Process are	0:00	3		
F	Degraded HC gas - Manifold/Process	0:00	4		
F	Single Heat - Process area/Enclosure	0:00	15		
F	Single Flame - Manifold/Process area	0:00	16		
F	Conf. Fire - Manifold/Process area (n	0:00	17		
F	Degraded Fire - Manifold/Process are	0:00	18		
F	Manual Release - Deluge w/ Foam (f 1,5	0:00	28		
L	Manual Release - Deluge (from CCR 1,5	0:00	29		
F	Manual Release - Deluge (PST from 1	0:00	30		
F	Manual Call Point (P/B in Field)	0:00	32		
F/L	Deluge Released (PST's - Confirmed 1,2,3	0:00	41		
F	Deluge Rel from RC300A(PST's-Conf	0:00	42		

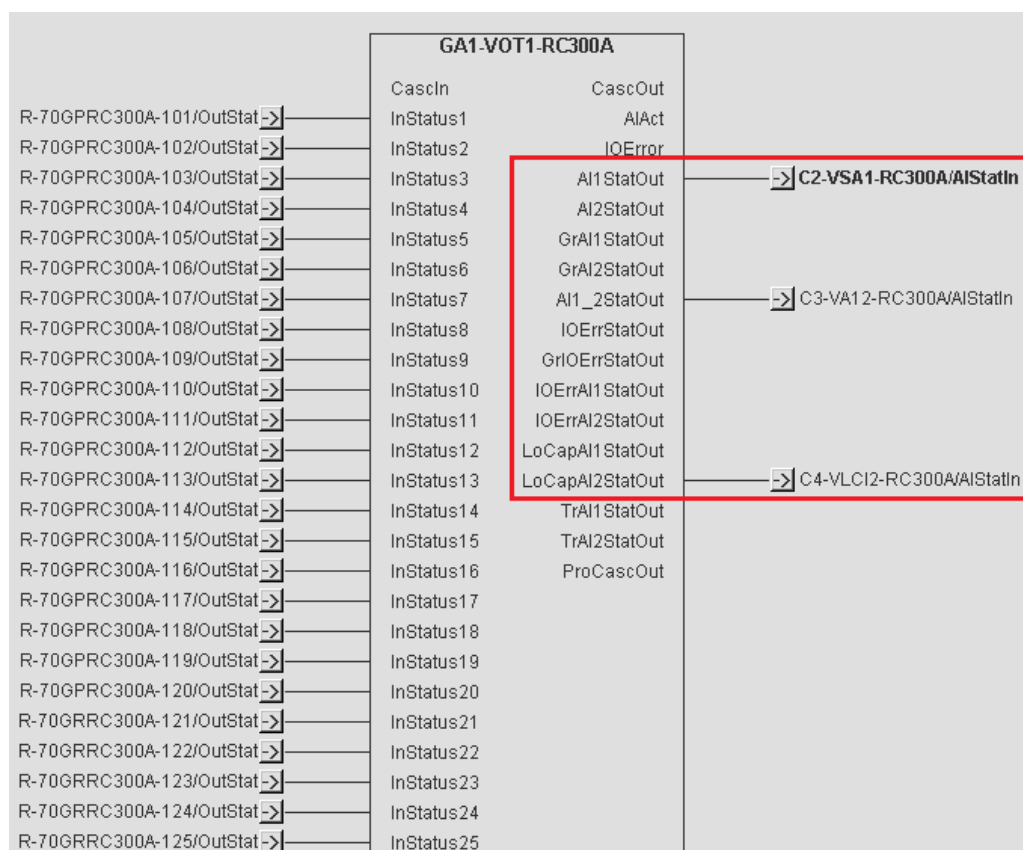
Figur 21. Eksempel på FPDS (hentet fra innretning norsk sokkel)

NORSOK S001 [8] legger føringer for bruk av vøteringer, men ulike filosofier kan legges til grunn for hver innretning. I figuren over er det benyttet 3 causelinjer for gass i dette deteksjonsområdet, singel (cause 2), bekreftet (cause 3) og degradert modus (cause 4).

Vøteringsfilosofien som anvendes er

- Singel, en detektor i 20 %LEL
- Bekreftet, en detektor i 20 %LEL og en detektor i 30 %LEL
- Degradert modus, alle detektorer i vøteringsgruppen (minus to) blokkert eller i IO feil, og en av de to siste i 30 %LEL

Et eksempel på en annen tilnærming til degradert modus vil være en detektor i 30 %LEL og kun en detektor i blokkert eller IO feil. For å unngå uønskede konsekvenser ved testing og vedlikehold under drift må disse kombinasjonene til enhver tid være kjent og tas høyde for. Figuren over viser at disse 3 causelinjene aktiverer ulike effekter. Bekreftet og degradert gass vil typisk sette flere utganger da dette er å anse som mer "kritisk" enn en detektor i alarm. Det kan også observeres at effektlinjen for generell alarm (effekt 5 fra venstre) først aktiveres ved bekreftet og degradert gass. Figuren under viser en voteringsblokk som benytter terminaler for singel gass, bekreftet gass og degradert modus, hvor hver av terminalene er koblet videre til sine respektive cause blokker.



Figur 22. Eksempel på voteringsblokk for singel gass, bekreftet gass og degradert modus (hentet fra innretning norsk sokkel)

På venstre side av voteringsblokken er alle detektorene som inngår i voteringsgruppen. De er koblet videre fra sine respektive analoge funksjonsblokker (figur 19) med alarmgrenser som vist i figur 20. Når målingene fra detektorene som inngår i voteringsgruppen tilfredsstillende en eller flere av de 3 scenarioene som beskrevet over, vil respektiv(e) utgangsterminaler settes og tilhørende cause med effekter aktiveres (figur 21).

Målerverdiene som leses inn fra instrumentene med ønskede frekvenser, kan visualiseres i sanntid og lagres unna på historiestasjoner. I det påfølgende kapittelet presenteres to anvendelser for disse datapunktene.

### 3.4 Presentasjon av måleverdier

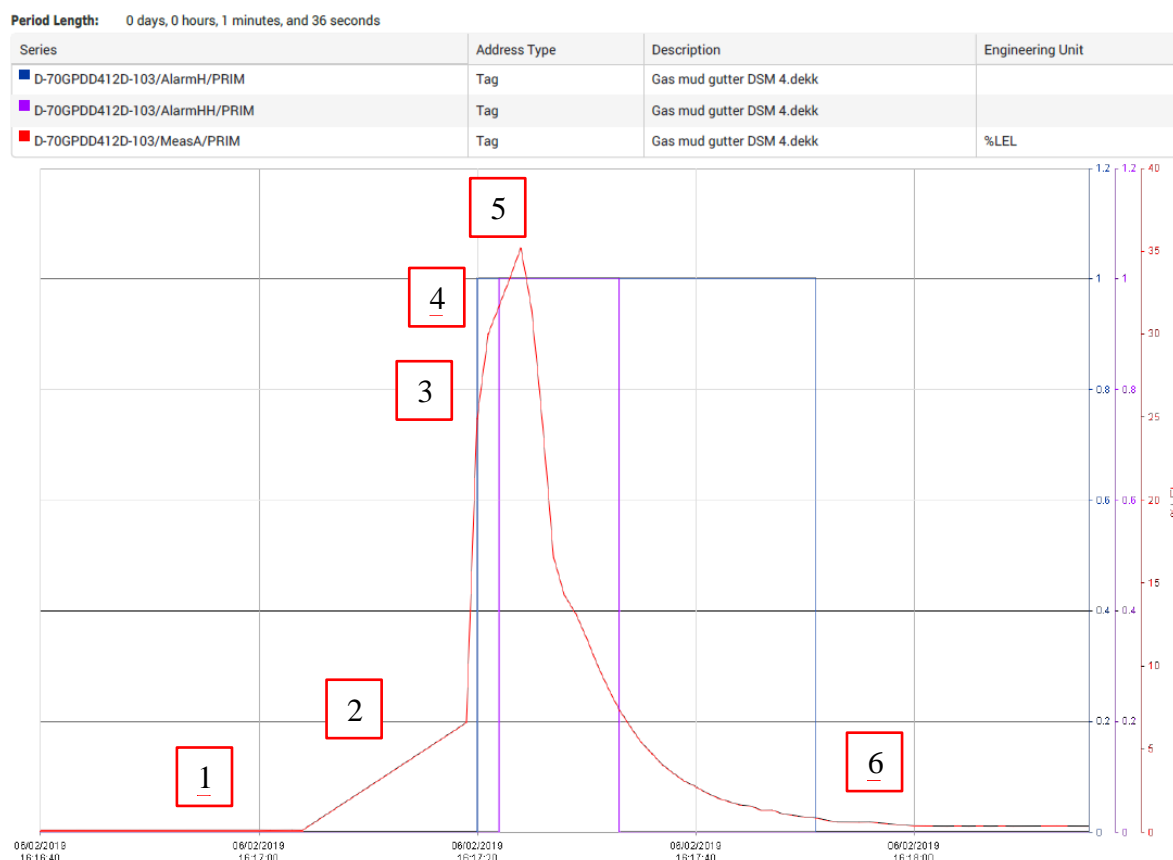
Nyere programmerbare sikkerhetssystemer har mulighet for å synliggjøre verdilesning for målesignaler over tid hvor datapunktene kan leses med ønskede frekvenser, normalt 1 Hz. Disse blir konvertert til engineeringverdier, eksempelvis %LEL, for videre prosessering. Dette gjør det mulig å etablere et øyeblikksbilde av tilstandene feltinstrumentene måler i sanntid gjennom en trend presentasjon på operatørstasjonene i kontrollrom. De samme datapunktene kan også lagres på historiestasjoner og hentes frem på Information Management Systemer (IMS) i ettertid. Selv om informasjonen kan presenteres i sanntid, blir den trolig mest benyttet etter at en uønsket hendelse har inntruffet, for å undersøke årsaksforhold eller til overvåking av utstyr med potensielle problemstillinger.

For å kunne benytte trender må de respektive taggene settes opp med tidsserier. Dette gjøres på terminaler som kan være av interesse for å etablere en bedre forståelse av tilstand og oppståtte hendelser. Figuren under viser tidligere presentert MA modul med tilhørende terminaler.

<u>Inputs</u>	MA	<u>Outputs</u>
Normal function input	X	Y Normal function output
External fault	XF	YF Function failed
Force blocking alarm HH	FBHH	AHH Action alarm HH
Force blocking alarm LL	FBLL	BHH Status alarm HH
Force suppression alarm HH	FUHH	WH Warning alarm H <sup>2)</sup>
Force suppression alarm WH	FUWH	WL Warning alarm L <sup>2)</sup>
Force suppression alarm WL	FUWL	ALL Action alarm LL
Force suppression alarm LL	FULL	BLL Status alarm LL
		BBHH Action alarm HH is blocked
		BBLL Action alarm LL is blocked
		BU Status suppressed
		BB Status blocked
		BXHH Status event HH
		BXH Status event H
		BXL Status event L
		BXLL Status event LL
<u>Operator station:</u> Blocking HH on/off Blocking LL on/off Suppression on/off		<u>Operator station:</u> Alarms and faults Alarm and event limits Blocked Suppressed

Figur 23. MA – Analog funksjonsmal med tilhørende terminaler [10]

For en gassdetektor vil det eksempelvis være fornuftig å legge tidsserier på verdilesningsterminalen (X) og alarmterminalene (WH og AHH). Dette vil kunne gi verdifull informasjon knyttet til deteksjon og respons. Figuren under viser en gassdetektor eksponert for testgass med tilhørende presentasjon av terminaler hvor tidsserier er konfigurert inn.



Figur 24. Gassdetektorrespons med påtrykt testgass

- Den røde kurven viser måleverdiene som detektoren gir på terminal X (omgjort til engineeringverdi %LEL)
- Den blå kurven viser første alarmeringsnivå på terminal WH (20 %LEL)
- Den fiolette kurven viser andre alarmeringsnivå på terminal AHH (30 %LEL)

Følgende kan leses ut fra de tre kurvene med bakgrunn i eksponert testgass på detektor.

- 1) Detektoren leser ingen gassverdier (0 %LEL)
- 2) Testgass påtrykkes et kort øyeblikk og den målte gassverdien begynner å stige
- 3) Første alarmgrense på 20 %LEL aktiveres (rød og blå kurve krysses)
- 4) Andre alarmgrense på 30 %LEL aktiveres (rød og fiolett kurve krysses)
- 5) Testgassen stiger til 35 %LEL før den tynnes ut med annen luft
- 6) Gassverdiene faller tilbake mot 0 %LEL og alarmene kvitteres ut

---

Sett i kontekst så viser disse kurvene hvordan den analoge måleverdien har endret seg over tid og hvordan det programmerbare sikkerhetssystemet har respondert digitalt ved de to definerte alarmgrensene. Logikken som anvendes er i prinsippet ikke problematisk da sikkerheten er ivaretatt gjennom automatiske aksjoner. Det som skaper en utfordring er at logikken ikke er tilrettelagt for å differensiere på ulike tilstander som kan produsere måleverdier som overstiger grenseverdiene og at det som presenteres i mimikker er numeriske engineeringverdier konvertert fra rå milliampere verdier. Det er i prinsippet den digitale responskurven som presenteres på operatørgrensesnittet, uavhengig av hendelse. Det er ingen informasjon knyttet til selve hendelsesforløpet og kontekst som presenteres gjennom måleverdiene (nyere system har ofte trender tilgjengelig på faceplater, men dette må hentes frem).

Situasjonsforståelse er bevissthet til omgivelser og er forskjellen på data og informasjon. Data gir en oppfattelse, men lite eller ingen sammenheng [35] [36]. En grafisk presentasjon av analoge verdier gir en mer intuitiv fremstilling og økt situasjonsforståelse hvor trender er et nyttig verktøy, som kan benyttes for å visualisere informasjon, forutsatt lett tilgjengelighet [37]. Høy-ytelses HMI [29] er en filosofi som i de senere år har blitt adoptert av kontrollsystem, men det er få spor av at programmerbare sikkerhetssystemer har gått i samme retning. Det vil likevel være en vesentlig forskjell. Der et kontrollsystem ønsker å regulere ulike prosesser innenfor gitte vinduer vil et sikkerhetssystem ønske å gjenkjenne reelle tilstander. Ved å kunne differensiere på ulike hendelser, vil videre oppfølging og tiltak kunne reflektere de potensielle problemstillingene. Dette er mulig å oppnå for systemer som har en dedikert funksjon og hvor aktivering av denne funksjonen genererer unike signaturkurver, eksempelvis sprinkler og deluge.

I kapittel 4.2 presenteres et verktøy for økt situasjonsforståelse hvor trender med måleverdier fra analoge signaler integreres i eksisterende mimikk. Ved å presentere informasjon i tillegg til numeriske verdier vil reelle tilstander raskt og enkelt kunne leses ut fra disse kurvene. Avvik kan da også håndteres på en effektiv måte og potensielt føre til en reduksjon i rapportering av ikke verifiserbare tilstander.

Information Management System (IMS) er et generelt uttrykk for programvare med mulighet til å fasilitere for lagring, organisering og presentasjon av informasjon. Dette systemet er uavhengig av SAS, men gjør bruk av dataverdier som er innhentet og lagret fra disse systemene. I et vidt perspektiv er historiske data innsamling av data fra tidligere hendelser knyttet til et spesifikt objekt, som gjerne blir lagret unna på historiestasjoner for senere bruk. Begrensningene som ligger i systemet er i prinsippet størrelse på harddisk og tilgjengelig tid på kontroller for sampling av data og prosessering. Siden dette systemet er uavhengig av SAS, er det også tilgjengelig utenfor kontrollrom, eksempelvis for landorganisasjonen. Dette gjør det mulig å få et innblikk i ulike tilstander og hendelser i etterkant, uavhengig av lokasjon. En av fordelene med dette er at tilleggskompetanse som ikke er tilstede om bord på innretningen, kan påkalles for en grundigere gjennomgang av årsak og videre oppfølging.



IMS benytter tilgjengelig data og kan definere egne rapporter som genererer verdi for organisasjonen. Typiske rapporter som et slikt system kan ha er verifikasjonsrapporter for nedstengning, testintervall, feilrate, blokkeringslogger m.m. I tillegg er det tilgang til alarmer, hendelser og trender for ulike objekt. Disse verktøyene tilgjengeliggjøres gjennom et dashboard i applikasjonen, hvor applikasjonen typisk kan startes i et web-grensesnitt.

Trending av individuelle gassdetektorer vil ikke kunne gi en økt situasjonsforståelse, da et lekkasjescenario vil påvirkes av flere parametere og vil opptre på ulike måter. I kapittel 4.3 presenteres et nettverkskonsept hvor bruk av IMS applikasjoner er en av flere mulige tilnærminger. Tilgang til data, fleksibilitet og informasjonsdeling med kompetanse utenfor innretningen gjør dette systemet potensielt egnet for å etablere et større situasjonsbilde.

---

## 4 Forslag til tiltak

Hovedkonklusjonene som ble trukket fra datagrunnlaget er at det potensielt er en stigende trend av rapporterte ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner de siste årene, og at innholdet som rapporteres bærer preg av utilstrekkelig situasjonsforståelse av hva som er den faktiske årsaken på et tidlig stadium. Det er nærliggende å tro at en umiddelbar situasjonsforståelse også kan være delvis fraværende ved reelle tilstander.

Fra databasen ble gassdeteksjon og slukkesystemene sprinkler og deluge funnet å være av de største bidragsyterne. I kapittel 3 ble det foretatt en presentasjon av teknologi og systemdesign knyttet til disse systemene. Datapunktene som samples med fastsatte intervaller fra disse instrumentene på IO grensesnittet til de programmerbare sikkerhetssystemene danner grunnlaget for verktøy og konsept som presenteres i dette kapittelet. Begrensninger i teknologi og en erkjennelse av hva som kan leses ut av de ulike måleverdiene legger føringer for ulike tilnærminger. Verktøy som skal benyttes må tilpasses jobben som skal utføres.

Hypotesen er at tilstander som et instrument har til formål å identifisere kan ha unike signaturkurver, enten alene eller i kombinasjon med andre, som kan gjenkjennes i måleområdet som benyttes. Et eksempel på dette kan være en gassdetektor som måler reelle gasstilstander som blir omgjort til mA i instrumentet og som leses av det programmerbare sikkerhetssystemet. Hvis dette signalet trendes, vil det ikke være urimelig å tenke seg en "stigende" kurve over et tidsintervall. Konsentrasjonen av gass som instrumentet utsettes for vil være styrende for hvor langt dette tidsintervallet er, før grenseverdier for alarmering nås. Viser den samme trenden et tenkt digitalt hopp i verdi, og ikke en stigende kurve over tid, kan det potensielt være en detektor som har feilet. Begge tilstandene har et potensial for å nå sine konfigurerte grenseverdier med tilhørende alarmering og aksjoner.

I dag ligger "intelligensen" i de programmerbare sikkerhetssystemene hovedsakelig i sensorene i felt og voteringsblokkene i de respektive nodene. Målesignaler overvåkes i liten eller ingen grad før grenseverdier for alarmering og aktivering nås, samt at mimikker baserer seg i stor grad på presentasjon av numeriske verdier uten tilstrekkelig kontekst. Dette er en kombinasjon som ikke tilrettelegger for en hensiktsmessig gjenkjenning av ulike årsaker og hvor alle aktiveringer må ansees som reelle, inntil sjekket ut og klarert.

Alarmer og aksjoner er basert på alvorlighetsgrad og eskalering, eksempelvis singel og bekreftet gass. Det kan argumenteres for at single deteksjon i dagens form ivaretar tidligvarsling, men påstanden er likevel at det fortsatt er en mangel på proaktivitet i et system som anvender grenseverdier med umiddelbar alarm og et sett med begrensede aksjoner når grenseverdier nås. Basert på denne påstanden, vil det være hensiktsmessig å starte med diskusjon rundt dette temaet.

---

## 4.1 Alarmering

Intuitiv alarmering og enkel navigering til presentasjon av status for systemer og instrumenter i mimikk, er essensielt for å kunne etablere en oversikt over de ulike tilstandene en innretning kan eksponeres for [29], [30]. Det er ofte knyttet utfordringer til dette systemet i drift i form av alarmras, lite beskrivende tekster og alarmer som "forsvinner" i mengden av andre. En optimal bruk av et alarmsystem vil være å kunne alarmere før tilstander eskalerer tilstrekkelig til å initiere aksjoner. Dette vil potensielt kunne øke muligheten for å etablere innsikt i situasjonen som vil kunne lede til gode beslutninger og oppfølginger. Dette er dessverre ikke alltid mulig da enkelte hendelser vil være av en karakter som krever umiddelbare aksjoner, eksempelvis større gasslekkasjer.

Med mange instrumenter og plassering i krevende omgivelser (vær og tilsmusning) vil disse kunne melde om behov for vedlikehold, typisk tidligvarsling for skitten linse. Dette er gjerne referert til som diagnosealarmer, se tabell 7. Disse alarmene vil ikke ha behov for samme umiddelbare aksjoner som en reell hendelse, da instrumentene fortsatt vil være operative og i stand til å detektere. Ytre forhold som eksempelvis vær, vil kunne føre til midlertidige alarmer hvor tilstanden forsvinner når instrumentet ikke lenger blir eksponert for dette. For nyere sikkerhetssystemer er det mulig å legge disse inn med egne alarmer og prioriteter. Her kan det potensielt tenkes at det legges inn en tidsforsinkelse for disse alarmene og at de rutes til driftsteknikere kontra kontrollrom.

Degraderte eller blokkerte instrumenter i kombinasjon med alarmer fra andre instrumenter er ofte å betrakte som bekreftede deteksjoner. Dette er trolig en løsning som er valgt basert på Aktivitetsforskriften [4] §26 som setter følgende krav

*" Det skal fastsettes på forhånd hvilke tiltak og begrensninger som er nødvendige for å opprettholde sikkerhetssystemers barrierefunksjon ved overføring, utkobling eller annen svekkelse. De kompensierende tiltakene skal settes i verk så raskt som mulig når slik svekkelse oppstår. Status for sikkerhetssystemer skal være kjent for relevant personell til enhver tid."*

Som følge av dette er degradert modus innført i voteringsblokker. Dette kan i prinsippet være hensiktsmessig for utvalgte områder på en innretning, men det kan stilles spørsmål om det gjøres en tilstrekkelig vurdering av hvor dette bør benyttes eller om det innføres som en generell filosofi for alle brannområder hvor deteksjon inngår. Utkoblinger og degraderte detektorer skal være kjent for relevant personell til enhver tid og skal være av en begrenset karakter. Det kan da fremstå som noe selvmotsigende at områder med et stort antall detektorer og dekningsgrad anvender denne filosofien. Ved å legge en slik logikk inn i voteringsblokkene, kontra andre kompensierende tiltak, vil både testing og vedlikehold gjøres mer sårbart ovenfor utilsiktede kombinasjoner.

En kort oppsummering fra tidligere kapittel viser til både hendelser med storulykkepotensial RNNP [6] og deteksjoner som ikke er verifiserbare i etterkant. Det er med andre ord flere scenario med ulik alvorlighetsgrad som instrumentene kan varsle om. En større gasslekkasje vil etter relativ kort tid aktivere flere detektorer. Overstiges måleverdiene på grenseverdiene

---

for to eller flere detektorer, er det med stor sannsynlighet en reell hendelse. Dette er det tatt høyde for i logikk, både med tanke på alarmering og aksjoner.

Alarmer og aksjoner er basert på alvorlighetsgrad og eskalering, eksempelvis singel og bekreftet gass. Det kan argumenteres for at single deteksjon i dagens form ivaretar tidligvarsling, men påstanden er likevel at det fortsatt er en mangel på proaktivitet i et system som anvender grenseverdier med umiddelbar alarm og et sett med begrensede aksjoner. Ut over singel og bekreftet gass gjøres det få eller ingen forsøk på å differensiere på ulike scenario. Tilstanden til instrumenter som bruker strømmåling (mA) er i liten grad kjent på innretningene før grenseverdier nås og alarmer aktiveres. Det er liten eller ingen kontinuerlig overvåkning av måleverdiene fra disse instrumentene i kontrollrom. Mimikken som reflekterer instrumentene i bruk består av mange «views» samt at mengden av instrumenter totalt sett gjør det utfordrende å følge opp i daglig drift.

For at et alarmsystem skal fange bredt, må det erkjennes at det finnes ulike hendessscenario på en innretning, alt fra storulykkepotensial til mindre lekkasjer og feilkilder. RNNP [6] med henvisning til hendelser med storulykkepotensial og databasen med de ikke verifiserbare deteksjonene og utilsiktede aksjonene er konkrete eksempler på dette. Et velfungerende alarmsystem bør være fleksibelt og kunne å ta høyde for ulike hendelser.

En trend i industrien er nye ubemannede innretninger og redusering av personell tilstede med et større fokus på tilstandsbasert vedlikehold. Uteområder har tidligere (og fortsatt delvis) hatt en god dekning av områdeteknikere som potensielt har kunnet fange opp svake signaler, eksempelvis ved å sniffe små gasslekkasjer. Den nye trenden vil utfordre muligheten for å fange opp dette uten kompensere tiltak.

En påstand er at dagens alarmsystem med tilhørende logikk ikke er proaktivt nok til å kunne fange opp tilstander som over tid vil kunne utvikle seg til noe "mer". Dette, i kombinasjon med numeriske verdier presentert i mimikk, tilrettelegger ikke for en tilstrekkelig situasjonsforståelse for kunne skille på ulike scenario utover større lekkasjer. Kjørereglene for dette systemet vil være et «føre var»-prinsipp med mønstring av personell og potensielle produksjonsstopp, da usikkerheten rundt alarmeringen vil kreve dette. Det er nærliggende å tro at en større andel av oppføringene i databasen kan være en konsekvens av mangel på informasjon.

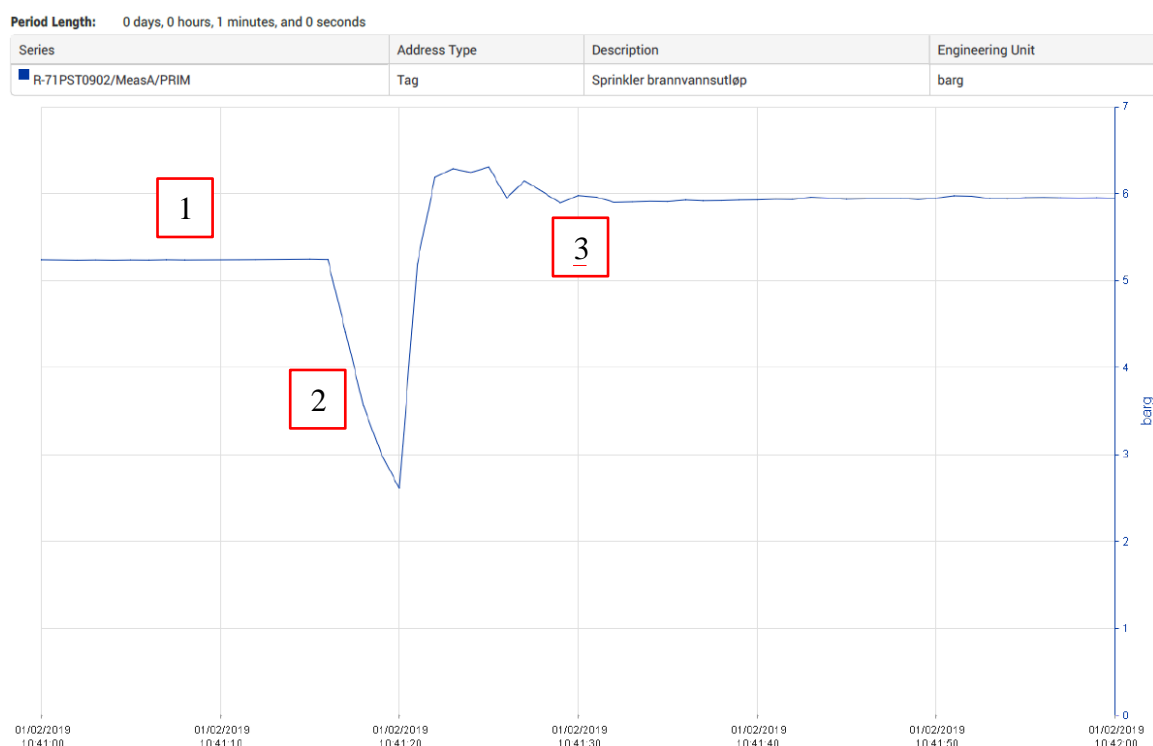
For å kompensere for nye ubemannede innretninger, redusert bemanning og økt situasjonsforståelse, vil en ny og lavere alarmgrense kunne være hensiktsmessig. Dette er utelukkende en alarm på operatørstasjon i kontrollrom uten andre aksjoner. Denne alarmen kan eksempelvis legges inn på grenseverdien 10 %LEL med alarmteksten "Obs, her er det noe som begynner å skje – sjekk trender!".

En tilleggsgevinst av å legge inn et ekstra alarmnivå kan være å fange opp små lekkasjer som for øyeblikket ikke når grenseverdiene sine. Med dagens alarmsetting vil disse potensielt ikke nås før de eventuelt vokser seg store nok. Dette vil kunne gi utvidet læring og forståelse til et område som næringen har begrenset kunnskap om. Kan en liten lekkasje i øyeblikket bli til noe større? Forslaget til en ny og lavere alarmgrense som er foreslått over, må sees i sammenheng med detektornettverk konseptet presentert i kapittel 4.3.

## 4.2 Utvidet bruk av trender i mimikk

Verktøyet som presenteres under er ment å kunne være dekkende for sanntid, og vil kunne tilføre informasjon til eksisterende mimikker i kontrollrom, for en økt situasjonsforståelse. Trendene som verktøyet baserer seg på er tilgjengelige i nyere programmerbare sikkerhetssystemer og vil kunne pre-konfigureres til å presentere utvalgte instrumenter og signaler etter ønsket formål. Tilnærmingen er ment å kunne benyttes for alle systemer og instrumenter hvor dette vil generere verdi, ikke bare for eksemplene som presentert i figurene under.

Systemer og instrumenter med en definert funksjon, vil ha unike signaturkurver knyttet til en reell utløsning. Typiske eksempler på dette er trykktransmittere relatert til slukkesystemene sprinkler og deluge. I kapittel 3.2 ble det gitt en prinsipiell introduksjon til disse systemene gjennom design på en nyere innretning på norsk sokkel. Alle figurene som presenteres i dette kapitlet er reelle hendelser hentet fra samme innretning. For å kunne forstå situasjonsbildet som en trykktransmitter formidler gjennom datapunktene som settes sammen til informasjon i trendene, er det viktig å ha en etablert forståelse av systemdesign og hva som kan forventes av verdilesning ved en reell utløsning. I figuren under er en reell trykkendring (analog verdilesning på trykktransmitter) fra utløst sprinkler presentert på trend format.



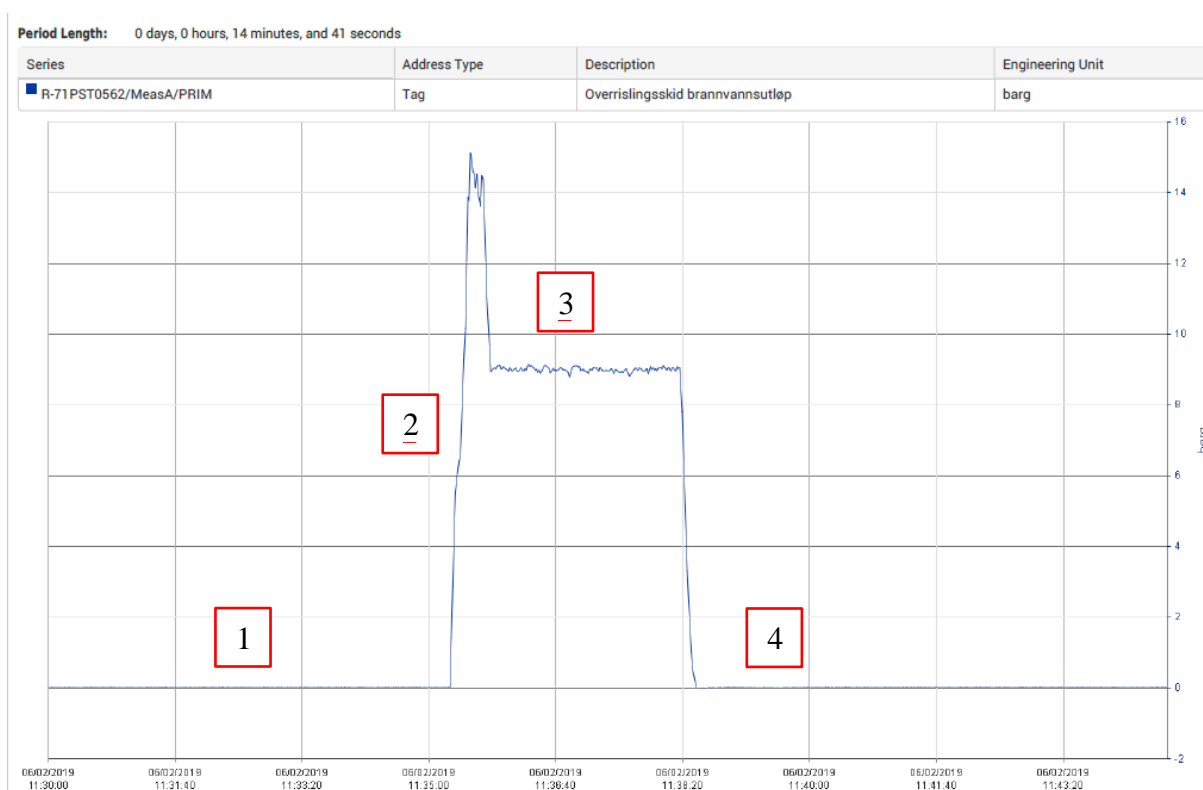
Figur 25. Sprinkler utløsning - trykkendring

Måleverdiene som vist i figuren over må relateres til design og virkemåte for systemet. Knyttes de ulike "fasene" i kurven inn mot systemdesign, kan følgende leses ut fra kurven.

- 1) Et vanntrykk på 5 bar står i rørsystemet
- 2) Smelteperlen "aktiveres" og vann fra rørsystemet utløses, trykket i rørsystemet faller til 3 bar før in ball ventilen åpner og supplerer vann fra brannvannsring
- 3) Tilførsel av kontinuerlig brannvann fører til at trykket stiger og stabiliserer seg på 6 bar

Dette er i tråd med forventning, basert på systemdesign, som formidlet i kapittel 3.2.

Tilsvarende resonnering kan gjøre for utløsning av deluge. I figuren under er en reell trykkendring (analog verdilesning på trykktransmitter) fra utløst deluge presentert på trend format.



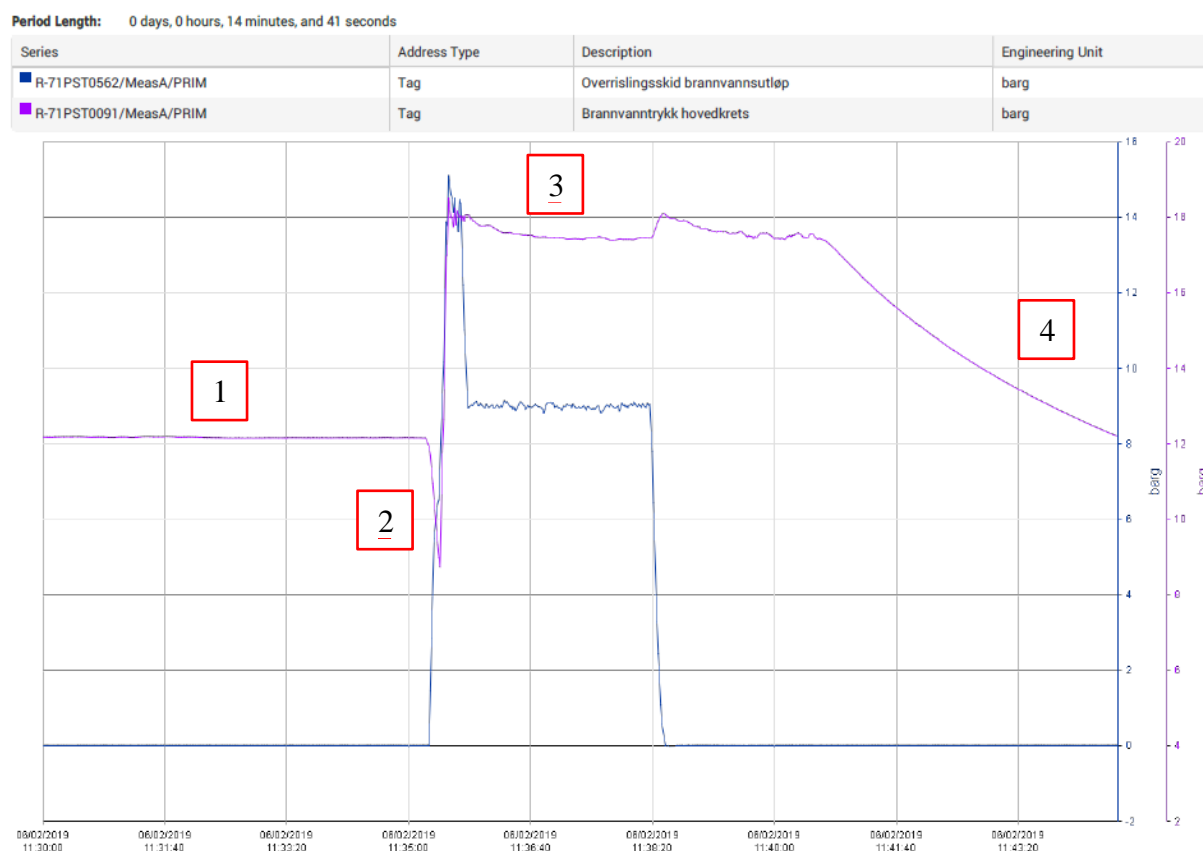
Figur 26. Deluge utløsning - trykkendring

Måleverdiene som vist i figuren over må relateres til design og virkemåte for systemet. Knyttes de ulike "fasene" i kurven inn mot systemdesign, kan følgende leses ut fra kurven.

- 1) Det står ikke noe vanntrykk i rørsystemet (0 bar)
- 2) In ball ventil åpner og supplerer vann fra brannvannsring, trykket i rørsystemet bygges raskt opp og stiger til 15 bar
- 3) Tilførsel av kontinuerlig brannvann fører til at trykket faller og stabiliserer seg på 9 bar
- 4) Ventil stenger og trykket faller tilbake til 0 bar

Dette er i tråd med forventning, basert på systemdesign, som formidlet i kapittel 3.2.

Der hvor verdilesninger fra enkeltinstrumenter ikke nødvendigvis er konkluderende, vil det være mulig å inkludere flere instrumenter. Et eksempel på dette kan være trykkendringer for deluge i kombinasjon med trykkendringer i brannvannsringen som supplerer vannet til rørsystemet, etter at ventil er åpnet. Basert på hva som allerede er kjent fra systembeskrivelsen i kapittel 3.2 vil det være fornuftig å forvente et trykkfall i brannvannsringen før brannvannspumpene starter og bygger opp igjen trykket. I figuren under er reelle trykkendringer (analog verdilesning på trykktransmittere) fra utløst deluge og brannvannsring integrert og presentert på samme trend format.



Figur 27. Deluge utløsning og brannvannsring - trykkendring

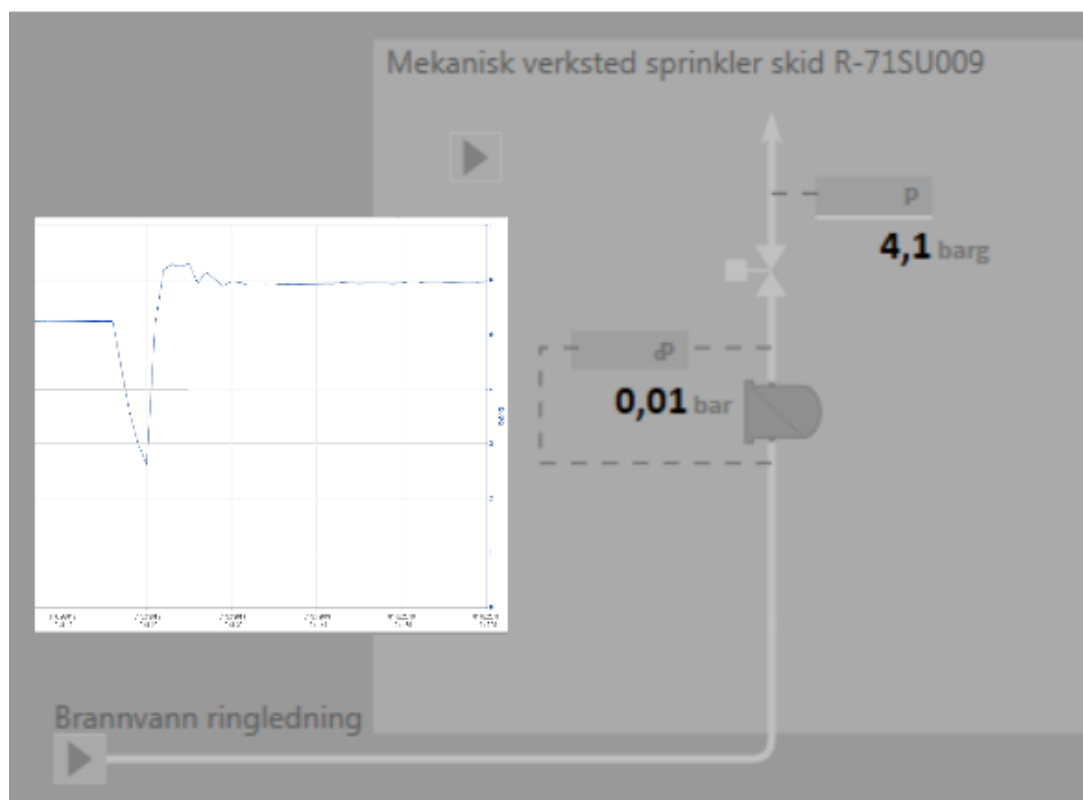
Kurven i blått er fortsatt trykktransmitteren som presentert i figur 26. Den fiolette kurven representerer en av trykktransmitterne som sitter på brannvannsringen. Knyttes de ulike "fasene" i kurven inn mot systemdesign, kan følgende leses ut fra kurven.

- 1) Et vanntrykk på 12 bar står i brannvannsring
- 2) Når in ball ventil åpner og vann tilføres rørsegmentet faller trykket til 9 bar i brannvannsring
- 3) Brannpumper starter og supplerer sjøvann til brannvannsring, trykket stiger og svinger rundt 18 bar
- 4) Brannpumper stopper og trykket i brannvannsring faller tilbake til 12 bar

Dette er i tråd med forventning, basert på systemdesign, som formidlet i kapittel 3.2.

Alle trendene som er presentert i figurene over er å betrakte som unike signaturkurver for bekreftet utløsning av sprinkler og deluge, men de vil reflektere systemdesign og må identifiseres for hver enkelt innretning. Ved å tilgjengeliggjøre datapunktene fra instrumentene gjennom trender, vil et større situasjonsbilde kunne formidles til operatørene i kontrollrom. Det vil her være mulig å skille på en reell utløsning av et slukkesystem kontra en sensorfeil eller en midlertidig trykkendring, da disse tilstandene vil produsere ulike kurver for målesignalet. Dette vil kunne fungere som beslutningsstøtte for videre håndtering av alarmsituasjon.

For å kunne nyttiggjøre seg av informasjonen som trendene gir, må det legges til rette for tilgjengelighet gjennom rask og enkel navigasjon. Det er mulig å oppnå ved å integrere trendene i allerede eksisterende mimikker som er laget for de fleste systemer. Dagens mimikker presenterer i hovedsak numeriske verdier fra trykktransmittere uten tilstrekkelig kontekst. Integrering av trender med pre-konfigurerte tidsintervaller og visning av måleverdier fra utvalgte instrumenter er i tråd med anbefalinger for "høy ytelses" menneske og maskin grensesnitt (HMI) som presentert i kapittel 3.4. Figuren under viser et eksempel på en mulig tilnærming hvor en trend er integrert inn i en eksisterende mimikk for sprinkler.



Figur 28. Eksempel på integrering av trend i mimikk



---

Kurven som presenteres i trenden vil gi et betydelig bedre bilde av tilstandene transmitteren har målt og måler enn verdier som formidles gjennom et dynamisk tall. Her presenteres en kurve for gjenkjenning av hendelse og ikke bare en måleverdi som overstiger en alarmgrense med tilhørende aksjoner. Forkunnskapen knyttet til systemdesign og signaturkurve kan potensielt reduseres noe ved å inkludere en referansekurve for reell aktivering i trendvinduet. Det er mulig å tenke seg en dynamisk kurve med sanntidsverdier i den øvre halvdelen og en statisk referansekurve av en reell aktivering i den nedre halvdelen for visuell sammenlikning (flere tabber i trendvinduet er også en mulig tilnærming).

Prinsipielt kunne hele mimikken presentert i figuren over vært erstattet av en trend som inneholdt verdilesning fra både trykktransmitter og differensialtrykk over filter. Ved også å synliggjøre alarmgrensene for disse instrumentene, vil et raskt blick på trenden kunne gi vesentlig mer informasjon enn dagens tilnærming.

Trending i sanntid av enkeltinstrument er ikke like egnet til bruk for gassdeteksjon. Bildet er mer komplekst og sammensatt samt at det kan være ønskelig med en utvidet historie. Det vil potensielt være mulig å skille ut "digitale" hopp kontra en stigende kurve over et tidsintervall, men dette vil ikke nødvendigvis være en ensbetydende signatur. Teknologien i en IR gassdetektor baserer seg på en referanseverdi og en måleverdi som omgjøres til mA og leses av det programmerbare sikkerhetssystemet. Som presentert i kapittel 3.1 er det andre stoffer som også kan absorberes i måleområdet som benyttes. Det vil derfor være problematisk å differensiere en signatur knyttet til en reell deteksjon av gass kontra eksempelvis vann i en eller annen form, da det vil være rom for feiltolkning og innføring av usikkerhet. Det vil derfor være mer hensiktsmessig å etablere et konsept hvor et "detektornettverk" anvendes for et større bilde og en utvidet situasjonsforståelse.

---

## 4.3 Detektornettverk - konsept

Konseptet er ment å kunne benyttes av applikasjoner (eksempelvis IMS eller skreddersydde 3D modeller), som er uavhengig av sikkerhets- og automasjonssystemer, med mulighet for å hente datapunkter fra historiestasjoner og tilgjengeliggjøre informasjon i kontrollrom og på andre lokasjoner, eksempelvis i samhandlingsrom på land. Begrensninger vil være tilgang på relevant data og funksjonalitet i programvare. Tilnærmingen er ment å kunne benyttes for alle instrumenter hvor dette vil generere verdi (eksempelvis branndeteksjon), ikke kun for gassdeteksjon.

Den optimale tilnærmingen vil være å lage en 3D modell av innretningen som inkluderer utstyr av relevans og potensielle lekkasjepunkter. Detektorer plasseres på sine respektive lokasjoner med mulighet for å vise verdimålinger i form av trender. Data hentes opp i modellen fortløpende og oppdatere visning etterhvert som SAS lagrer dette unna på historiestasjoner. Da ulike lekkasjescenarioer vil påvirkes av vær og vind bør disse parametere gjøres tilgjengelig i modellen. Prinsipielt kan det tenkes at modellene som ble bygget for simulering av gasslekkasje og -spredning for innretningen, ble modifisert til å presentere relevant informasjon fra historiestasjoner som beskrevet over.

I tidligfase av et prosjekt blir ulike lekkasje- og spredningsscenario etablert og simulert. Disse modellene blir i prinsippet aldri verifisert og validert da det ikke finnes noen praktisk mulighet for gjennomføring. Her er det potensielt mulig med en Bayesian tilnærming hvor "empiriske" data fra hendelser med storulykkepotensial føres posterior tilbake til modellene for oppdatering og læring. Dette vil kunne være det nærmeste disse modellene kommer en verifisering og validering.

En enklere tilnærming vil være å benytte allerede eksisterende IMS «dashboard» hvor det lages applikasjoner som har mulighet til å sette sammen trender av måleverdier for mange detektorer med ytre påvirkning fra vindhastighet og -retning. Et par tenkte tilnærminger er presentert under.

- 1) Det lages en applikasjon hvor alle detektorene plassert i områder eksponert for potensielle lekkasjekilder viser måleverdier presentert på trend format. Ved aktivering av ny alarm som foreslått i kapittel 4.1 kan dette grensesnittet benyttes som kilde til informasjon. Fravær av økt verdimåling i dette området vil kunne redusere sannsynligheten for en større hendelse.
- 2) Det lages en dynamisk applikasjon som kun viser detektorer som overstiger en definert måleverdi eller som kan identifisere "rate of change" endringer. Ved triggering av en detektor kan også andre detektorer i området synliggjøres for referanse. Hvis logikk bygges inn bør det også opprettes pålitelig og uavhengig kommunikasjon tilbake til sikkerhetssystem for alarmering.

---

Fordelen med å holde disse applikasjonene vekk fra SAS systemet vil være flere. For det første så vil det være tilgang på historiske data fra alle detektorene som kan settes sammen til informasjon. Summen av dette vil også kunne gjenskapes senere ved eventuelle oppfølginger av ulike hendelser for læring. Den andre fordelen er at det ikke vil være noe begrensninger på hvordan disse applikasjonene forholder seg til og prosesserer dataene om til informasjon, da de holdes adskilt fra SAS. Utsiktet negativ påvirkning av aksjoner fra sikkerhetssystemene vil ikke kunne finne sted.

I kapittel 4.1 ble det foreslått å implementere en ny og lavere alarmgrense. Dette ble gjort av to hovedgrunner. For det første vil dette potensielt kunne gi operatørene i kontrollrom bedre tid til å etablere en situasjonsforståelse og redusere stress rundt videre håndtering av hendelse. For det andre vil applikasjonen kunne fungere som et kompenserende tiltak for redusert bemanning og nye ubemannede innretninger hvor muligheten for å oppdage mindre lekkasjer vil være begrenset. Det vil da være hensiktsmessig å kunne bli informert om disse tilstandene for videre oppfølging. Deteksjoner som i dag er av en slik karakter at de ikke når sine grenseverdier, vil kunne bli fanget opp og presentert for visning i applikasjon som beskrevet over.

Tiden det vil ta før en detektor når grenseverdier for alarmering vil være avhengig av konsentrasjonen av gassen den eksponeres for. Faktorer som vil påvirke dette er plassering i forhold til lekkasjepunkt og konsentrasjonen i gasskyen den kommer i kontakt med. Avhengig av vindretning og – styrke kan det prinsipielt tenkes at to like store lekkasjer fra samme punkt kan aktivere grenseverdier for en utvalgt detektor den ene dagen, men ikke den neste.

Som tidligere nevnt vil en gassky ha ulike konsentrasjoner av gass, avhengig av hvor i skyen målinger blir foretatt. Ved et lekkasjepunkt er den potensielt mettet og i ytterpunktene for lav, til at en antennelse vil kunne forekomme på disse lokasjonene. Inne i gasskyen kan derimot konsentrasjonen være i et område hvor den antenner hvis den kommer i kontakt med potensielle tennkilder. Hvordan en gassky oppfører seg og eventuelt ekspanderer vil være avhengig av mange forhold, eksempelvis størrelse på lekkasje, tetthet på utstyr og lufting, vær og vind etc.

Detektorene som eksponeres for gass på de ulike lokasjonene vil måle ulike gasskonsentrasjoner. Et "nettverk" av detektorer, selv om de ikke snakker direkte sammen, vil med en intuitiv og helhetlig fremstilling kunne si noe om hvor stor en gassky er, hvor den er på vei og konsentrasjonen på de ulike lokasjonene. Denne informasjonen er tilgjengelig ved å benytte datapunktene fra de respektive detektorene rundt om på innretningen som lagres unna på historiestasjonene. En gassky vil typisk oppføre seg forskjellig fra eksempelvis en gassdetektor som testes og vurderes sammen med en annen detektor som er degradert. Et annet eksempel kan være en gassdetektor som går i alarm, der hvor det normalt ikke vil opptre gass uten lekkasje fra et annet område, som er eksponert for dette. Det vil her være mulig å benytte "detektornettverket" for forståelse av hendelse og videre håndtering av alarmsituasjon.

Deteksjoner med storulykkepotensial, eksempelvis Gudrun [14] vil naturlig nok være av en karakter og et omfang som ikke vil etterlate noe tvil om at en større lekkasje har inntruffet. Basert på tall fra RNNP [6] så er hendelser i denne størrelsesorden av begrenset antall per år. Selv ved så alvorlige hendelser vil det være ønskelig med en utvidet situasjonsforståelse. Det er da tenkelig at detektornettverket kan gi innsikt i spredning og rømming/evakuerings alternativ, da det vil kunne gi informasjon om hvor en gassky er på vei.

Oppgaven har ikke gjort noe forsøk på å utfordre allerede etablerte filosofier knyttet til implementert logikk. Basert på læring fra nettverkskonseptet skissert i teksten over, kan det ved en senere anledning være hensiktsmessig å gjøre en vurdering av om dagens logikk som implementert, er den optimale tilnærmingen.

Ut over å presentere et nettverkskonsept med tanker om en applikasjon for større situasjonsforståelse som holdes adskilt fra SAS, gjør ikke oppgaven noe forsøk på å designe en optimal løsning som støtter dette. Dette vil være for omfattende og må skreddersys de respektive innretningene med tanke design samt tilgjengelig teknologi og programvare. I prinsippet er det ikke noe begrensning på hvor avansert eller enkelt et slikt system kan være. Det som bør være styrende er en kost nytte vurdering.

---

## 5 Konklusjon og anbefaling

Hovedkonklusjonene som ble trukket fra datagrunnlaget er at det potensielt er en stigende rapporteringstrend de siste årene, og at innholdet som rapporteres bærer preg av utilstrekkelig situasjonsforståelse for hva som er den faktiske årsaken på et tidlig stadium. Det er trolig at dette gjelder både hendelser som er reelle og de som ikke lar seg verifisere i etterkant. De største bidragene knyttet til innrapporteringene til databasen er ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktet aktivering av slukkesystem.

Dagens programmerbare sikkerhetssystemer baserer seg hovedsakelig på fastsatte grenseverdier for aktivering av alarmer og aksjoner. Det er lite overvåkning av måleverdier før disse grensene nås. Dette, i kombinasjon med mimikker som presenterer numeriske verdier for målesignalene, etablerer ikke en tilstrekkelig situasjonsforståelse i kontrollrom for å skille på ulike tilstander ut over aktivering. Disse systemene er primært designet for alarmering, nedstengning og konsekvensreducerende aksjoner uten tilstrekkelig fokus på identifisering av ulike årsaksforhold.

I kapittel 4.2 ble et verktøy som baserer seg på trending av måleverdier fra instrumenter i sanntid presentert. Et system med en definert funksjon, typisk slukkesystem, vil ha unike signaturkurver knyttet til en reell utløsning. Der hvor det er mulig å gjenkjenne reelle tilstander vil det også være mulig å filtrere bort potensielle feiltilstander. Ved å integrere disse trendene i mimikken til de respektive systemene, vil en utvidet situasjonsforståelse kunne etableres gjennom presentasjon av informasjon. Dette vil redusere usikkerheten knyttet til hendelsen og kan anvendes for videre beslutningsstøtte og oppfølging.

For økt pålitelighet i brann- og gassdeteksjon må et større bilde etableres. Enkeltinstrumenter alene vil ikke kunne gi tilstrekkelig innsikt i et potensielt komplekst scenario. I kapittel 4.3 ble et tenkt nettverkskonsept bestående av detektorer som holdes adskilt fra det programmerbare sikkerhetssystemet med kontinuerlig tilgang til data fra historiestasjoner presentert. Et "nettverk" av detektorer, selv om disse ikke snakker direkte sammen, vil med en intuitiv og helhetlig fremstilling kunne si noe om hvor stor en gassky er, hvor den er på vei og konsentrasjoner på ulike lokasjoner. Ved å etablere et større bilde for situasjonsforståelse, er det potensielt mulig å identifisere deteksjoner som ikke er reelle.

Begge tiltakene baserer seg på gjenkjenning av reelle tilstander gjennom presentasjon av lett tilgjengelig informasjon. Der hvor dette er oppnåelig, vil også systemer og instrumenter med avvik kunne fanges opp. Ulike problemstillinger vil kreve ulike tilnæringer hvor verktøyene som benyttes tilpasses oppgaven de er tiltenkt.

Basert på funn og presentasjon av tiltak, legges følgende anbefalinger til grunn for næringen:

- Et større fokus på alarmering som tilrettelegger for en proaktiv tilnærming
- Bruk av trender i sanntid for presentasjon av informasjon som tilrettelegger for økt situasjonsforståelse og beslutningsstøtte
- Etablering av detektornettverk med tilgang til historiske data som tilrettelegger for økt situasjonsforståelse og beslutningsstøtte

## Vedlegg

Følgende hovedkapitler er plassert under vedlegg:

- Regelverk, standarder og risikoanalyser
- NORSOK S001
- Forslag til oppfølging av rapportering

Artikkel:

- Improved situational awareness with embedded signature curves in mimic

---

## 6 Regelverk, standarder og risikoanalyser

Olje og gassvirksomheten på norsk sokkel er i hovedsak utformet med funksjonskrav, som fastslår hvilket sikkerhetsnivå som skal oppnås, men ikke hvordan [1]. Regelverk, standarder og risikoanalyser ligger til grunn for design av dagens programmerbare sikkerhetssystemer. Det anses derfor som relevant å gi en introduksjon til disse temaene for en innsikt i bakenforliggende krav og føringer for næringen.

### 6.1 Regelverk og standarder

Petroleums- og Arbeidsmiljøloven ligger til grunn for olje- og gassaktiviteten på norsk sokkel [1]. Forskrifter med hjemmel i lovene, eksempelvis Rammeforskriften [2], Styringsforskriften [3], Aktivitetsforskriften [4] og Innretningsforskriften [5] fastsetter regelverkskrav. Egne veiledninger til forskriftene viser hvordan bestemmelser i en forskrift kan oppfylles, men setter ingen egne krav. Forskrift og veiledning bør sees i sammenheng. På enkelte områder gis det også referanser til ulike industristandarder i veiledningene. Krav er å anse som oppfylt hvis disse standardene etterfølges.

I 1994 ble det startet et arbeide for å redusere gjennomføringstiden av prosjekter og utviklings- og driftskostnader for petroleumsinstallasjoner på norsk sokkel, et samarbeide mellom de ulike aktørene involvert i oljeindustrien. Som et resultat av samarbeidet ble det etablert NORSOK standarder [7] som er ment å kunne erstatte interne selskaps-spesifikasjoner.

NORSOK Standard S-001 Teknisk sikkerhet [8], en av de omtrentlig 80 standardene aktivt i bruk, ligger til grunn for design og implementering av sikkerhetssystemer på innretninger som produserer olje og gass. Standarden er i mange tilfeller også benyttet for mobile drillenheter. I S-001 finnes igjen henvisninger til standardene IEC 61508/61511 [12], [13], eksempelvis

*"Design and realisation, inclusive of relevant operating issues, of all safety instrumented systems (SIS) shall be based upon the principles of IEC 61508/IEC 61511. The minimum requirements presented in Norwegian Oil and Gas Association GL070 may be used instead of a full safety analysis/risk assessment for standardised solutions" [8] side 13*

*"The logic solver (firmware, as standard manufacturer provision) shall be in compliance with IEC 61508/IEC 61511 and Norwegian Oil and Gas Association GL070" [8] side 56*

---

IEC 61508 [12] og IEC 61511 [13] er to internasjonale standarder som er gjeldende for programmerbare elektroniske systemer med kompleks teknologi, som benyttes i sikkerhetskritiske applikasjoner. Disse blir ofte benyttet til spesifikasjon, design og under drift for instrumenterte sikkerhetsfunksjoner. Standardene har generelt en relativt stor utbredelse og aksept innen industrien globalt. IEC 61508 er skrevet med en generell tilnærming til instrumenterte sikkerhetssystemer, mens IEC 61511 er skrevet med tanke på prosessindustrien, typisk olje og gass. IEC 61508 vil benyttes av utstyrsleverandører når produkter designes og lages, eksempelvis detektorer, ventiler og kontrollsystem, mens sluttbrukere kan forholde seg til IEC 61511 så lenge produkter og komponenter brukes innenfor rammene som er satt til produktet (IEC 61508).

Standardene har en risikobasert tilnærming som baserer seg på risikobildet som ligger til grunn for hva som skal beskyttes med tilhørende aktiviteter, prosesser og utstyr. Dette setter ytelseskrav til sikkerhetsfunksjonene gjennom kvantitative kalkulasjoner, arkitektur og kvalitative gjennomføringer for å holde risikoen på et akseptabelt nivå. I industrien er dette allment kjent som Safety Integrity Level (SIL) krav, hvor ytelse gjerne kobles mot pålitelighet.

Innholdet i disse to standardene kan oppfattes som abstrakte, og gir rom for ulike tolkninger. Det kreves en del innsikt og forståelse for å komme i "mål". GL070 [11] ble derfor skrevet som et samarbeidsprosjekt i industrien mellom operatører, leverandører, engineeringsselskap med flere, hvor meningen har vært å standardisere og forenkle gjennomføringen av IEC 61508/61511 for norsk petroleumsvirksomhet. I veiledningen settes det et minimum ytelseskrav til kjente funksjoner som må være på plass. Disse minimumskravene kan i prinsippet benyttes som et alternativ til en risikobasert tilnærming, hvor standard løsninger med erfaring fra drift kan dokumenteres og hvor det er en god forståelse av risiko forbundet med aktiviteten som utføres. Det kan diskuteres om dette er den optimale løsningen. Et minimumskrav kan fort bli oppfattet som et toleransekrav hvor beste løsning og tiltak potensielt kan velges bort.



## 6.2 Risikoanalyser

Intensjonen med risikoanalyser og -evaluering er å etablere et risikobilde for beslutningsstøtte, basert på tilgjengelig bakgrunnskunnskap, slik at tiltak kan implementeres for å redusere risiko til et tolererbart nivå [17], [24]. For å nå dette nivået, må det som ønskes oppnådd og det som ønskes unngått balanseres. Det er derfor viktig å finne riktig vektning mellom risiko og kostnader for å optimalisere bruken av begrensede ressurser. Risikoanalysen inngår som en del av en overordnet risikostyringsprosess [24].

For å etablere et godt bilde av hvilke risikoer som ligger til grunn for aktivitetene som utføres, må tilgjengelig bakgrunnskunnskap systematiseres. Innen faget sikkerhet er kvantitative risikoanalyser (QRA) [34] et verktøy som både har vært og fortsatt er svært utbredt. Gjennom mange år med anvendelse har dette tilført verdifull informasjon og høy grad av læring til norsk offshore industri. Et godt bilde av risikoene næringen står ovenfor er etablert.

En forenklet fremstilling av en kvantitativ risikoanalyse vil kunne besvare 3 spørsmål

1. Hva kan gå galt
2. Hvor sannsynlig er det
3. Hva er konsekvensene

Gjennom en kvantitativ risikoanalyse etableres det et fundament for å presentere et informativt risikobilde for videre evaluering og tiltak. Beregningene av de forventede verdiene legger grunnlaget for å sette de ulike risikoene opp mot hverandre [23]. Risiko er typisk formidlet som potensielle tap av liv (PLL) og dødelig ulykkesrate (FAR) [34]. Ifølge Flage & Aven [28] så skal en QRA gi et bredt, informativt og balansert bilde av risiko for beslutningsstøtte.

Det finnes ulike måter å tolke sannsynlighetsbegrepet på og Aven & Reniers [21] viser til objektiv og subjektiv sannsynlighet som to hovedkategorier. Valg av tilnærming vil kunne påvirket risikobildet som presenteres for beslutningsstøtte.

Forventede verdier og sannsynlighetsfordelinger er gjerne et kjennetegn på en objektiv tilnærming. Det finnes flere problemstillinger knyttet til denne presentasjonen. Hvis beslutninger og tiltak baserer seg på disse fordelingene, vil sentrale deler av kurvene kunne prioriteres og andre hendelser med liten sannsynlighet, men med høy usikkerhet og store konsekvenser i "halene" på kurvene oversees. En av flere kritikker rettet mot tradisjonell QRA er en presentasjon av forventede verdier [19], [23], [24].

Det er en analytikers grad av tro og styrke i bakgrunnskunnskapen som legges til grunn ved en subjektiv tilnærming (også referert til som kunnskapsbasert sannsynlighet) [26]. Sannsynlighetstallet som presenteres er et verktøy for å presentere analytikerens usikkerhet og det finnes ingen referanse til en korrekt underliggende verdi. En kunnskapsbasert sannsynlighet uttrykker en analytikers usikkerhet (grad av tro) vedrørende at en hendelse (A) skal inntreffe. Denne sannsynligheten defineres gjerne som  $P(A|K)$  for å synliggjøre at sannsynligheten (P) er betinget av bakgrunnskunnskapen (K) for at hendelsen (A) skal inntreffe.

---

En vanlig forståelse er usikkerhetsstandarden ble først presentert av Lindley [32]. Hvis en analytiker angir en sannsynlighet for en hendelse (A) til å være 0.2, betyr det at analytikeren sammenlikner sin egen usikkerhet (grad av tro) av at hendelsen (A) skal inntreffe med å trekke en tilfeldig rød ball ut av urne som inneholder 10 baller, hvor 2 er røde.

Flage & Aven [28] har foreslått en semi-kvantitativ tilnærming hvor antagelser, data, modeller og konsensus også er en viktig del av analysen. Ulike styrker i bakgrunnskunnskapen vil reflekteres i disse elementene knyttet til de ulike hendelsene, noe som igjen vil gjøre det mulig å fange opp hendelser med liten sannsynlighet, men med store konsekvenser. Det er ingen korrekt underliggende verdi og sannsynlighetene som presenteres må sees i sammenheng med den kvalitative informasjonen. Uten å synliggjøre hva analysen bygger på vil det kunne være vanskelig å danne seg et fullgodt risikobilde og ta de riktige beslutningene.

Ved å tillegge usikkerheter en større betydning i en risikoanalyse samt at sannsynlighetstallene underbygges med styrken i bakgrunnskunnskapen som ligger til grunn, vil et informativt risikobilde for beslutningsstøtte kunne presenteres. Forventede verdier alene er ikke tilstrekkelig.

Risikoanalyser bør suppleres med usikkerhets- og sårbarhetsanalyser. Aven [25] har foreslått en vurdering av potensialet for avvik i de underliggende antagelsene, da dette er ansett for å kunne ha en betydelig påvirkning på sluttresultatet [31]. Ved å endre kritiske parametere i bakgrunnskunnskapen så vil sensitiviteten synliggjøres gjennom effekten dette har på det totale risikobildet [28].

Både hos tilsynsmyndigheter og i industrien har det de siste årene blitt et høyere fokus på å identifisere og kommunisere usikkerheter. En av hovedutfordringen ved en QRA er å gi et informativt risikobilde for beslutningsstøtte. Mye av informasjonen som er nødvendig for å etablere dette bildet er ikke tilgjengelig når beslutninger tas. Dette gjør prosessen mer om til en verifikasjonsaktivitet enn hva som er den tenkte hensikten. Mange av de kvantitative analysene som utføres er for kjente aktiviteter og resultatene som produseres er i stor grad allerede gitt i forkant. Informasjon fra tidligere analyser utført og over en periode på mange år har produsert verdifull innsikt, erfaring og kunnskap. Det kan argumenteres for at dette ikke brukes på en hensiktsmessig måte da dette har hatt liten innvirkning på hvordan nye analyser av tilsvarende aktiviteter og prosesser utføres. I memo fra Norsk Olje og Gas [15] er det foreslått en alternativ tilnærming hvor aktiviteter kategoriseres basert på bakgrunnskunnskapen; godt kjent, delvis kjent og ukjent. Hvis denne alternative tilnærmingen følges videre, kan aktiviteter med høyere usikkerhet tillegges større vekt og fokus samt potensielt fange opp sorte svaner [33].

Risikoperspektivet som legges til grunn vil ha en sterk innvirkning på risikoanalysen. Dette vil igjen kunne påvirke beslutninger og tiltak som treffes [20]. Det refereres til Amundrud et al [18] og Aven [22] for en introduksjon til et teoretisk risikokonsept som ansees å være i tråd med SRA [17], akademia samt masterprogrammet for Risikostyring ved Universitetet i Stavanger.

---

## 7 NORSOK S001

Dette kapittelet er ment å gi en innsikt i utvalgte og relevante krav til gassdeteksjon og aktiv brannbeskyttelse som beskrevet i NORSOK S001 [8], kapittel 13 og 21. I kapittel 7.1 og 7.2 blir det foretatt en diskusjon om dagens design og teknologi møter disse kravene. Det gis også innspill til diskusjon for fremtidige revisjoner som potensielt kan tilføre økt situasjonsforståelse og læring til næringen.

### 7.1 Gassdeteksjon

Dette kapittelet baserer seg på utdrag av innholdet i NORSOK S001 [8], kapittel 13. Kapittelet starter med et utdrag av relevant tekst og deretter en fortløpende diskusjon.

#### Utdrag

Gassdeteksjonssystemet skal kontinuerlig overvåke for tilstedeværelse av brennbare og giftige gasser. Ved deteksjon skal personell alarmeres og aksjoner initieres manuelt eller automatisk for å minimalisere sannsynligheten for eksponering, eksplosjon og brann.

En studie av ulike gasslekkasjescenario skal ta høye for lekkasjekilde og rate, spredning, plassering av utstyr, ventilasjon og sannsynligheten for å detektere små lekkasjer i området når detektorlokasjon og antall detektorer legges til grunn. I tillegg skal plassering og tilstrekkelig beskyttelse mot påvirkning fra ytre forhold vurderes, typisk snø, tåke, sol, regn og vind.

En gassky tilsvarende den dimensjonerte gasskyen som området er designet for (eksplosjonstrykk) skal med 95 % sannsynlighet detekteres av 2 detektorer. I tillegg skal målet være å tilstrebe effektiv deteksjon for alarmering ved mindre lekkasjer, typisk 0,1 kg/sek.

Antagelser lagt til grunn for valg av detektortype og lokasjon skal dokumenteres. Spredningsstudier bør utføres for verifikasjon og optimalisering av både lokasjon og antall detektorer.

Sikkerhetsfunksjonen for deteksjon av gasslekkasjer skal være rask og pålitelig for å unngå at konsentrasjonen av gasskyen vokser seg så stor at det kan utgjøre en trussel mot personell og innretning. Typiske responstider for IR detektorer (T90) skal være mindre enn 5 sekunder for generelle områder hvis ikke annet er spesifisert og mindre enn 2 sekunder for ventilasjonsinntak. Tiden fra detektorens alarmgrense er nådd til alarm presenteres for operatør og aksjoner initieres skal være mindre enn 2 sekunder. Initierte aksjoner skal ikke ha noen pre-definerte tidsforsinkelser så sant det ikke kan dokumenteres at dette er sikrere.

Den foretrukne teknologien for hydrokarbondeteksjon er infrarød (IR) detektorer med selvdagnostikk som er egnet for deteksjon av gassegenskaper, som potensielt kan opptre.

---

Alle detektorer i et deteksjonsområde skal inngå i votering, Votering mellom flere deteksjonsområder kan også anvendes. Bekreftet gass for  $200N$  hvor  $N > 2$  skal være basert på lav alarm grense.  $100N$  hvor  $N > 2$  for bekreftet gass bør kun anvendes hvis sannsynligheten for feil er dokumentert til å være tilstrekkelig lav og singel detektorfeil tolererbar.

Antall detektorer som samtidig kan blokkeres eller være i feil skal vurderes opp mot risiko i området, deteksjonsdekning, tidsrom for utilgjengelighet og kompenserende tiltak. Alternativt ved  $200N$  votering kan blokkerte eller detektorer i feil i kombinasjon med detektor i alarm ansees som bekreftet gass eller degradere votering fra  $2003$  til  $1002$ .  $1001$  deteksjon bør kun benyttes til overvåking og alarmering.

## Diskusjon

Simuleringsmodeller for lekkasje og spredning er utgangspunktet for detektorplassering, valg av detektortype og antall. Et utvalg med representative scenario legges til grunn for disse analysene. Lokasjon, detektortype (punkt eller linje) og antall detektorer må ta høyde for hvordan en gassky potensielt kan opptre under ulike forhold. Disse analysene foregår på et tidlig stadium i design- og byggeprosessen og det er usikkert hvor godt disse analysene kan verifiseres i etterkant og i hvilken grad de holdes oppdatert ved modifikasjoner av ulik karakter. Det er heller ikke kjent at "empiriske" data fra virkelige hendelser benyttes til å oppdatere disse modellene.

Det settes føringer til rask og pålitelig deteksjon med eksplisitte responstider for gassdeteksjon, både for generelle områder og ventilasjonsinntak. Disse responstidene kan selvfølgelig kun oppfylles hvis detektorer eksponeres for tilstrekkelig konsentrasjoner av gass samt at ytre forhold ikke påvirker og forsinker måleresultatet (typisk vindhastighet og -retning). Hendelsen på innretningen Gudrun [14] viser at selv ved en omfattende lekkasje vil det kunne ta noe tid før detektorer plassert i nærheten måler tilstrekkelig mengder gass og initierer alarmering i kontrollrom. Rask responstid og høy pålitelighet i en detektor er ikke det samme som høy pålitelighet i deteksjon. Dette må sees i sammenheng med plassering av detektorer og detektorens mulighet til å kunne fange opp potensielle lekkasjer under ulike lekkasje- og spredningsscenario.

For kontinuerlig overvåking av hydrokarbongasser benyttes IR detektorer med selvdiagnostikk, som er den foretrukne teknologien. Teknologien og detektorene som benyttes har gjennom mange år med drift og i et stort antall vist seg å være pålitelige. Det er likevel noen utfordringer knyttet til bruken av denne teknologien som beskrevet i kapittel 3.1. Ved påvirkninger fra eksterne forhold som vær og vind (som er normalt for miljøet disse står i) vil detektorene kunne degraderes. I de to hendelsene betraktet i [16], viser granskning i etterkant at detektorene ble satt ut av spill i en periode når de ble eksponert for vann og damp under ekstreme forhold.

---

For å kompensere for feil og utilsiktet aktivering av detektorer benyttes ulike alarmgrenser og voteringer i de programmerbare sikkerhetssystemene. Den vanligste anvendelsen er å votere innenfor de respektive deteksjonsområdene. Votering mellom ulike brannområder er lite benyttet, men gjøres unntaksvis der hvor flere brannområder suppleres fra et felles ventilasjonsinntak. Automatiske aksjoner er i prinsippet styrt av individuelle detektorer og alarmgrenser som integreres sammen i voteringsblokker. Ut over dette er det svært lite informasjon og "intelligens" som kan assistere operatørene i kontrollrom med å forstå hva som er i ferd med å skje.

Aktivitetsforskriften [4] §26 setter følgende krav

*" Det skal fastsettes på forhånd hvilke tiltak og begrensninger som er nødvendige for å opprettholde sikkerhetssystemers barrierefunksjon ved overbroing, utkopling eller annen svekkelse. De kompenserende tiltakene skal settes i verk så raskt som mulig når slik svekkelse oppstår. Status for sikkerhetssystemer skal være kjent for relevant personell til enhver tid."*

Som følge av dette er degradert modus innført i voteringsblokker. Aktive detektorer i kombinasjon med svekkede eller utkoblede detektorer ansees gjerne som bekreftet deteksjon. Dette kan i prinsippet være hensiktsmessig for utvalgte områder på en innretning, men det kan stilles spørsmål om det gjøres en tilstrekkelig vurdering av hvor dette bør benyttes eller om det innføres som en generell filosofi for alle brannområder hvor gassdeteksjon inngår. Utkoblinger og degraderte detektorer skal være kjent for relevant personell til enhver tid og skal være av en begrenset karakter. Det kan da fremstå som noe selvmotsigende at områder med et stort antall detektorer og dekningsgrad anvender denne filosofien.

Ved overgang fra katalytiske detektorer (problemer knyttet til drifting over tid) til IR detektorer, har også alarmgrensene blitt nedjustert. Det er verdt å merke seg at en deteksjon på 20 %LEL ikke er eksplosiv. En gass vil ikke kunne antennes før den når en verdi på 100 %LEL. Verdien som detektoren leser er et øyeblikksbilde av gasskonsentrasjonen på en konkret lokasjon (punktgass). En gassky vil ha ulike konsentrasjoner avhengig av hvor i skyen målingene blir foretatt.

Simuleringsmodeller har blitt mer avanserte og legger et godt grunnlag for tidlignanalyser, men det er uvisst hvordan disse holdes oppdaterte gjennom levetiden til en innretning. Det er vanskelig å se at NORSOK i den senere tid har kommet med noe nytt innen deteksjon, utover å innføre enda flere tekniske tilnærminger som presentert over.

Deteksjon av gass med tilhørende alarm og aksjoner skaper alltid en stressende situasjon for operatørene i kontrollrom og den første tanken vil gjerne være "hva skjer?". Teknologien som benyttes for å detektere gass og initiere aksjoner er på plass, men kan det samme hevdes om situasjonsforståelse og læring? Hvordan vil en liten gasslekkasje oppføre seg kontra en lekkasje i Gudrun [14] kategorien? Hvor stor kan en gassky bli ved små lekkasjer og kan små og sakte endringer «rate of change» bli til noe stort?

---

En trend i industrien er nye ubemannede innretninger og redusering av personell tilstede med et større fokus på tilstandsbasert vedlikehold. Uteområder har tidligere (og fortsatt delvis) hatt en god dekning av områdeteknikere som potensielt har kunnet fange opp svake signaler, eksempelvis ved å sniffe små gasslekkasjer. Den nye trenden vil utfordre muligheten for å fange opp dette uten kompensierende tiltak.

Overvåkning av gasslekkasjer og tilhørende programmering av sikkerhetssystemer er å anse for å være i tråd med NORSOK. Design og implementasjon av systemene er dermed i henhold til beste praksis som ansett for industrien. Likevel, som presentert i kapittel 4, så kan ikke detektorene alene eller voteringsgruppene som benyttes i dag gi tilstrekkelig informasjon for situasjonsforståelse. For å oppnå dette må måleverdier fra flere detektorer og ytre påvirkninger (vindretning og -hastighet) settes sammen til et større bilde.

Som innspill til diskusjon for neste revisjon av NORSOK S001 [8] foreslås følgende (sees i sammenheng med kapittel 4.3)

- deteksjonsnettverk for økt situasjonsforståelse
- alarmering som tilrettelegger for proaktiv tilnærming og kan være et kompensierende tiltak for en trend med redusert bemanning og ubemannede innretninger
- anvendelse av "empiriske" data fra reelle hendelser tilbake til simuleringsmodeller benyttet for gasslekkasje og spredning

## 7.2 Aktiv brannbeskyttelse

Dette kapittelet baserer seg på utdrag av innholdet i NORSOK S001 [8], kapittel 21. Kapittelet starter med et utdrag av relevant tekst og deretter en fortløpende diskusjon.

### Utdrag

Hovedhensikten med aktiv brannbeskyttelse er å gi rask og pålitelig brannbekjempelse samt kjøling av utstyr og struktur. Brannbekjempelse har også vist å ha en positiv effekt knyttet til reduksjon av eksplosiv last. Aktiv brannbeskyttelse skal installeres i områder som har risiko for større branner, typisk utstyr som prosesserer større mengder hydrokarboner og andre brennbare materialer.

Brannvannssystemet på en innretning skal til enhver tid ha kapasitet til å dekke det største området med brannbeskyttelse samt det største hosliggende området, i tillegg to brannhydranter og brannvann/nødgenerator kjøling. Denne kapasiteten skal kunne opprettholdes med en brannpumpe ute av drift. Brannvannsringen skal være fylt og stå under trykk samt ta høyde for trykksvingninger.

Automatiske sprinklersystem skal være koblet til trykksatt vann slik at systemet er kapabelt til umiddelbar utløsning uten interaksjon med driftsoperatør. En trykktransmitter nedstrøms sprinklerventilen skal indikere tilstand tilbake til kontrollrom.

---

Deluge skal automatisk utløses ved bekreftet gass i relevant område. Et brannområde kan være dekket av flere ventiler og alle deluge ventiler skal åpnes uansett lokasjon ved detektert gass innen brannområdet. Det skal være mulig å aktivere deluge manuelt fra kontrollrom og fra trykknapper lokalisert ved rømningsveier utenfor brannområdet. Manuell aktivering av deluge fra trykknapper er å anse som bekreftet brann/gass.

En trykktransmitter nedstrøms delugeventilen skal indikere tilstand tilbake til kontrollrom, generere generell alarm og initiere start av brannpumper.

Delugeventiler skal kunne regulere nedstrøms trykk og ikke være sensitive ovenfor trykksvingninger i brannvannsring.

## Diskusjon

Et uavhengig og pålitelig brannvannsystem med kapasitet til å forsyne tilstrekkelig mengder vann danner grunnlaget for aktiv brannbekjempelse og kjøling av utstyr og struktur. En potensiell reduksjon av eksplosiv last er å anse som sekundært. Sprinkler og deluge er de systemene som historisk har hatt størst utbredelse. En erkjennelse av at mengden brennbart materiale som benyttes i boligmoduler, har redusert omfanget av sprinkler på nyere innretninger.

Sprinkler er et system som ikke trenger noen form for interaksjon fra driftsoperatør eller det programmerbare sikkerhetssystemet for å kunne aktiveres. Her utløses vann automatisk ved bortfall av intakt smelteperle. Trykksatt brannvannsring vil supplere etterforsyning av vann frem til manuell tilbakestilling i felt er utført. En dedikert trykktransmitter nedstrøms sprinklerventilen indikerer tilstand tilbake til kontrollrom.

Områder med prosessering av større mengder hydrokarboner utgjør den største risikoen om bord på en innretning. Disse områdene er utstyrt med deluge dekning. Ved bekreftet brann eller gass utløses deluge automatisk i aktuelt område. Ventiler til trykksatt brannvannsring åpnes basert på aktivering fra det programmerbare sikkerhetssystemet og en trykktransmitter nedstrøms deluge ventilen indikerer tilstand tilbake til kontrollrom. Deluge kan også aktiveres manuelt fra kontrollrom og i felt. Dette er å anse som en bekreftet brann- og gasstilstand. Vann tilføres frem til en manuell tilbakestilling utføres i felt. Startsignaler til brannpumper initieres både fra bekreftet gassdeteksjon og fra høyt trykk på transmitter.

Aktiv brannbekjempelse og tilhørende programmering av sikkerhetssystemer er i henhold til NORSOK som beskrevet i kapittel 3.2. Design og implementasjon av systemene er dermed å betrakte som beste praksis ansett for industrien. Basert på oppføringer fra databasen som presentert i kapittel 2.1.3 er det hovedsakelig eldre innretninger som har innrapportert hendelser knyttet til utilsiktet utløsning av sprinkler og deluge. Det er derfor grunn til å tro at nyere systemer kan ha en mer robust design som ikke er like sensitive ovenfor ytre påvirkninger, eksempelvis trykkslag.

Som presentert i kapittel 4 så vil signaturkurvene til både sprinkler og deluge utløsning kunne betraktes som unike grunnet måleverdiene som leses fra trykktransmittere. Dette er grunn til å tro at dette også kan benyttes for andre systemer som anvendes for slukking.

---

Som innspill til diskusjon for neste revisjon av NORSOK S001 [8] foreslås følgende (sees i sammenheng med kapittel 4.2)

- aktiv bruk av trender for gjenkjennelse av reelle hendelser knyttet til utløsning av slukkesystem




---

## 8 Forslag til oppfølging av rapportering

I kapittel 2 ble det foretatt en systematisk gjennomgang av databasen. Hovedfunnene fra gjennomgangen kan oppsummeres som følger

- Det kan se ut til å være en stigende trend for innrapporterte ikke verifiserbare deteksjoner og utilsiktede aksjoner fra 2013, hvor 2018 har det høyeste antallet hendelser
- Det kan fremstå som at nye innretninger kan ha en høyere andel innrapporteringer de første årene i drift
- Enkelte innretninger ser ut til å ha et høyt bidrag relatert til andre innretninger over alle periodene betraktet
- De tre kategoriene med høyest antall bidrag er brann- og gassdeteksjon, feilhandling og slukkesystem
- Det kan fremstå som at utilsiktet utløsning er relatert til innretninger bygget på 1980 og 1990 tallet
- Det kan tilsynelatende se ut som det er en utilstrekkelig forståelse av hva som er den faktiske årsaken til hendelsene på et tidlig tidspunkt

Innholdet av databasen er først og fremst basert på rapportering for å etablere ytterligere beredskap ved behov. Til dette benyttes "Skjema for varsling/melding til Petroleumstilsynet om fare- og ulykkessituasjoner", se figur 29 under. Ut fra skjema og innholdet i databasen er det ikke noe som tilsier at Styringsforskriften [3] og veiledningen til §29 ikke følges for de ulike innretningene. Rapporteringsskjema for varsling som presentert på Ptil sine hjemmesider, er gjengitt i figuren under.

 <b>Varsling/melding til Petroleumstilsynet om fare- og ulykkesituasjoner</b> Sendes pr e-post: <a href="mailto:varsling@ptil.no">varsling@ptil.no</a>			
<b>Hendelse inntraff</b> Dato: Klokkeslett:	<b>Operatør/den ansvarlige:</b> Felt: Innretning/Landanlegg:	<b>Melder:</b> Navn: Tlf: e-post:	GPS posisjon (ved akutt forurensning):
<b>Bekreftelse av varsel etter styringsforskriften:</b> <input type="checkbox"/> § 29 første ledd Situasjoner som har ført til: <input type="checkbox"/> § 29 første ledd Situasjoner som under ubetydelig endrede omstendigheter kunne ha ført til:		<input type="checkbox"/> a) død <input type="checkbox"/> b) alvorlig og akutt skade <input type="checkbox"/> c) alvorlig livstruende sykdom <input type="checkbox"/> d) alvorlig svekking eller bortfall av sikkerhetsfunksjoner eller andre barrierer, slik at innretningens eller landanleggets integritet er i fare <input type="checkbox"/> e) akutt forurensning	
<b>Melding etter styringsforskriften:</b> <input type="checkbox"/> § 29 tredje ledd Melding ved fare- og ulykkesituasjoner som er av mindre alvorlig eller akutt karakter		<input type="checkbox"/> b) skade <input type="checkbox"/> c) sykdom <input type="checkbox"/> d) svekking eller bortfall av sikkerhetsfunksjoner eller andre barrierer, slik at innretningens eller landanleggets integritet er i fare <input type="checkbox"/> e) akutt forurensning	
<b>Beskrivelse av hendelsen/tillopet</b>			
<b>Utfyllende opplysninger:</b>			
<input type="checkbox"/> 1. Ikke antent HC lekkasje (sjø/luft) <input type="checkbox"/> 2. Antent HC lekkasje <input type="checkbox"/> 3. Brønnhendelse <input type="checkbox"/> 4. Brann/ekspl. andre områder, ikke HC <input type="checkbox"/> 5. Skip på kollisjonskurs <input type="checkbox"/> 6. Drivende gjenstand <input type="checkbox"/> 7. Kollisjon, feltrelatert fartøy/innretning/tanker <input type="checkbox"/> 8. Skade innretning/konstruksjon/ankerline/DP <input type="checkbox"/> 9. Lekkasje undervannssystem/rørledning <input type="checkbox"/> 10. Skade på undervannssystem/rørledning <input type="checkbox"/> 11. Evakuering (Førevar/nødevakuering/nedbemannings) <input type="checkbox"/> 12. Helikopterhendelser <input type="checkbox"/> 13. Mann over bord <input type="checkbox"/> 14. Arbeidsulykker <input type="checkbox"/> 15. Sykdom <input type="checkbox"/> 16. Strømsvikt <input type="checkbox"/> 17. Akutte utslipp – ikke HC <input type="checkbox"/> 18. Dykkerhendelse <input type="checkbox"/> 19. H2S utslipp <input type="checkbox"/> 20. Kran og løfteoperasjoner <input type="checkbox"/> 21. Fallende gjenstander <input type="checkbox"/> 22. Andre hendelser (Terror/trusler/kriminelle handlinger/radioaktiv kilde mv.)			
<b>Involvert entreprenør: Navn:</b>			
<input type="checkbox"/> Boreentreprenør <input type="checkbox"/> Brønnserviceselskap <input type="checkbox"/> Driftsentreprenør <input type="checkbox"/> Dykkeentreprenør <input type="checkbox"/> Forpleiningsentreprenør <input type="checkbox"/> Helikopterselskap <input type="checkbox"/> V&M entreprenør <input type="checkbox"/> Reder <input type="checkbox"/> Undervannsentreprenør <input type="checkbox"/> ISO entreprenør <input type="checkbox"/> Annet			
<b>Andre opplysninger:</b>			
Beredskapsorganisasjon aktivert: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei Personell mønstret: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei Driftstans <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei		Området sperret og bevis sikret <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei NOFO mobilisert <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nei Andre iverksatte tiltak:	
Antall skadde eller omkomne:			
<b>Informasjon om annen varsling</b> <input type="checkbox"/> HRS sør el. nord <input type="checkbox"/> Kystverket <input type="checkbox"/> Statens Strålevern <input type="checkbox"/> Luftfartstilsynet <input type="checkbox"/> Politiet <input type="checkbox"/> Brannvesenet <input type="checkbox"/> Sjøfartsdirektoratet <input type="checkbox"/> Andre			

Figur 29. Skjema for varsling/melding til Petroleumstilsynet om fare- og ulykkesituasjoner

---

Som følge av intensjonen varsling, bærer mange av oppføringene preg av at de har blitt formidlet på et tidlig stadium hvor årsaksforhold og oppfølging ikke er avklart samt at dette trolig ikke ansees som prioritert informasjon å inkludere. Dette kan lett identifiseres gjennom følgende observasjoner

- Begrep, terminologi og språk
- Kompetanse og innsikt i problemstilling på et tidlig tidspunkt hos innsender
- Mangelfull og ufullstendig informasjon
- Unntaksvis oppfølging
- Sporbarhet
- Formål utover varsling

Fra Petroleumstilsynet sitt ståsted så er det ønskelig å kunne systematisere forhold over tid (ikke kun enkelthendelser) for identifisering av eventuelle trender og utvikling som kan benyttes til fremtidige tilsynsformål. Som et hjelpemiddel for dette har det blitt antydnet at et verktøy for behandler, typisk sjekklister for oppfølging, kunne være en mulighet. I dette ligger også en erkjennelse av at kvaliteten på databasen med dataene slik den fremstår i dag, ikke er spesielt godt egnet for annet enn generelle betraktninger og at informasjon ut over dette må tolkes eller følges opp videre mot operatør.

Anbefalingen er å starte med skjemaet for varsel. Dette skjemaet er hovedsakelig basert på "tick off" bokser og tilpasset de ulike definerte fare- og ulykkessituasjonene. Det er kun ett felt "Beskrivelse av hendelsen/tilløpet" som er lagt til rette for fritekst, uten føringer. Hendelser som faller inn under de definerte DFU'ene følges videre opp mot operatør av Petroleumstilsynet og ytterligere informasjon tilgjengeliggjøres.

Hendelsene som er betraktet i denne oppgaven faller utenfor de etablerte DFU'ene og blir ikke i like stor grad fulgt opp i ettertid. Skjemaet slik det fremstår i dag, med mangel på føringer ut over det som er skrevet i Styringsforskriften [3] og veiledningen til §29, er lite egnet til å registrere disse hendelsene med god kvalitet. Uten føringer for rapportering og utstrakt oppfølging, vil informasjon og erfaring fra disse hendelsene mest sannsynlig bli liggende ubrukt og ikke systematisert. I stedet for å operere med en sjekklister internt hos Petroleumstilsynet samt å gå tilbake til operatørselskap og etterspørre ytterligere informasjon, vil det være hensiktsmessig å be om noe mer informasjon knyttet til DFU 22C innrapporteringer. Der hvor innsender ikke kan krysse av en av de definerte boksene for de etablerte DFU'ene (1 – 22), kan det i skjemaet etterspørres ytterligere informasjon. Et utdrag med aktuell problemstilling er presentert i figuren under.

<b>Beskrivelse av hendelsen/tilløpet</b>		
<b>Utfyllende opplysninger:</b>		
<input type="checkbox"/> 1. Ikke antent HC lekkasje (sjø/luft)	<input type="checkbox"/> 9. Lekkasje undervannssystem/rørledning	<input type="checkbox"/> 17. Akutte utslipp – ikke HC
<input type="checkbox"/> 2. Antent HC lekkasje	<input type="checkbox"/> 10. Skade på undervannssystem/rørledning	<input type="checkbox"/> 18. Dykkerhendelse
<input type="checkbox"/> 3. Brønnhendelse	<input type="checkbox"/> 11. Evakuering (Førevar/nødevakuering/nedbemannning)	<input type="checkbox"/> 19. H2S utslipp
<input type="checkbox"/> 4. Brann/eksp. andre områder, ikke HC	<input type="checkbox"/> 12. Helikopterhendelser	<input type="checkbox"/> 20. Kran og løfteoperasjoner
<input type="checkbox"/> 5. Skip på kollisjonskurs	<input type="checkbox"/> 13. Mann over bord	<input type="checkbox"/> 21. Fallende gjenstander
<input type="checkbox"/> 6. Drivende gjenstand	<input type="checkbox"/> 14. Arbeidsulykker	<input type="checkbox"/> 22. Andre hendelser (Terror/trusler/kriminelle handlinger/radioaktiv kilde mv.)
<input type="checkbox"/> 7. Kollisjon, feltrelatert fartøy/innretning/tanker	<input type="checkbox"/> 15. Sykdom	
<input type="checkbox"/> 8. Skade innretning/konstruksjon/ankerline/DP	<input type="checkbox"/> 16. Strømsvikt	

Figur 30. Utdrag av skjema for varsling

Forslag til endring i skjemaet vil være å legge til en tilleggstekst slik at rapporteringen knyttet til disse hendelsene blir mer systematisert. Dette krever ikke store endringer relatert til skjemaet som er benyttet i dag. Eksempel på tekst er angitt under

*\* Der hvor hendelsen ikke direkte kan knyttes mot en definert fare og ulykkessituasjon skal følgende meldes inn i etterkant av hendelsen når informasjon er tilgjengelig: lokasjon på innretningen, årsak til hendelsen, systemer og instrumenter relatert til hendelsen, kompenserende tiltak, videre oppfølging.*

Tilleggsinformasjonen som etterspørres vil ikke nødvendigvis måtte rapporteres inn sammen med varslings skjemaet. Det vil være mer hensiktsmessig å la operatør få anledning til å sette seg inn i problemstillingen og avdekke korrekt årsaksforhold, tiltak og oppfølging. For systematisering og fremtidig anvendelse for tilsynsformål vil kvaliteten på disse dataene kunne effektivisere både forberedelser og gjennomføring.

Databasen som benyttes internt hos Petroleumstilsynet bør kunne gjenspeile tilleggsinformasjonen som etterspørres, gjerne gjennom definerte kategorier som gjør informasjon søkbar og som vil muliggjøre systematisering både innenfor innretning og på tvers av alle innretninger på norsk sokkel. Dette vil kunne være med på å etablere innsikt for fremtidige tilsyn på enkelt innretninger samt et større bilde av potensielle problemstillinger innen næringen generelt.

En av fordelene med å hente inn tilleggsinformasjon knyttet til disse hendelsene er en samling av "offentlig" data og ikke er lukket selskapsdatabase. Tilgjengeliggjøring og åpenhet rundt disse dataene vil kunne benyttes til fremtidige forbedringer inne næringen generelt.

---

## Referanser

- [1] Petroleumstilsynet, <http://www.ptil.no>
- [2] Petroleumstilsynet, Rammeforskriften 2017. [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no/category215.html>
- [3] Petroleumstilsynet, Styringsforskriften 2017. [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no/category215.html>
- [4] Petroleumstilsynet, Aktivitetsforskriften 2017. [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no/category215.html>
- [5] Petroleumstilsynet, Innretningsforskriften 2017. [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no/category215.html>
- [6] Petroleumstilsynet, Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet (RRNP) 2017. [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no/risikoniva/category700.html>
- [7] NORSOK Standard, <https://www.standard.no/>
- [8] NORSOK Standard S-001:2018. Technical Safety. [Online] (Tilgjengelig): <https://www.standard.no/>
- [9] NORSOK Standard I-002:2001. Safety and Automation Systems (SAS). [Online] (Tilgjengelig): <https://www.standard.no/>
- [10] NORSOK Standard I-005:2017. System control diagram. [Online] (Tilgjengelig): <https://www.standard.no/>
- [11] Norwegian Oil and Gas Association GL070, Guidelines for the Application of IEC 61508 and IEC 61511 in the petroleum activities on the continental shelf [Online] (Tilgjengelig): <https://www.norskoljeoggass.no/>
- [12] IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems [Online] (Tilgjengelig): <https://www.standard.no/>
- [13] IEC 61511 Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector [Online] (Tilgjengelig): <https://www.standard.no/>
- [14] Gudrun accident investigation report, PSA 2015 [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no>
- [15] Norwegian oil and gas association (2015). Enhanced risk assessment and management. Memo 22 December 2015, version 2. [Online] (Tilgjengelig): [https://www.norskoljeoggass.no/globalassets/dokumenter/drift/formalstjenlig-risikoanalyse/2015-12-22-memo---enhanced-risk-assessment-and-management\\_v2.pdf](https://www.norskoljeoggass.no/globalassets/dokumenter/drift/formalstjenlig-risikoanalyse/2015-12-22-memo---enhanced-risk-assessment-and-management_v2.pdf)
- [16] SINTEF, Håbrekke S, Onshus T. Pålitelighet av optiske gassdetektorer under "ekstreme forhold", 2017. [Online] (Tilgjengelig): <http://www.ptil.no/rapporter-og-seminarer/to-nye-forskningsrapporter-om-gassdetektorer-og-tennkildekontroll-article13424-1048.html>
- [17] SRA. SRA Glossary: 2015. [Online] (Tilgjengelig): ([http://www.sra.org/sites/de\\_fault/files/pdf/SRA-glossary-approved22june2015-x.pdf](http://www.sra.org/sites/de_fault/files/pdf/SRA-glossary-approved22june2015-x.pdf)).
- [18] Amundrud Ø, Aven T, Flage R. How the definition of security risk can be made compatible with safety definitions. *Journal of Risk and Reliability* 2017;231(3): 286-294.
- [19] Apostolakis GE. How useful is quantitative risk assessment? *Risk Analysis* 2004;24 (3): 515–520.
- [20] Aven T. *Risk, surprises and black swans*. New York: Routledge; 2014.
- [21] Aven T, Reniers G. How to define and interpret a probability in a risk and safety setting. *Safety Science* 2013;51: 223–231.

- 
- [22] Aven T. A unified framework for risk and vulnerability analysis and management covering both safety and security. *Reliability Engineering and System Safety* 2007;92: 745-754.
- [23] Aven T, Renn O. The role of quantitative risk assessments for characterizing risk and uncertainty and delineating appropriate risk management options, with special emphasis on terrorism risk. *Risk Analysis* 2009;29(4): 587-600.
- [24] Aven T. *Risk analysis*. New York: Wiley; 2015.
- [25] Aven T. Practical implications of the new risk perspectives. *Reliability Engineering & System Safety* 2013;115: 136-145.
- [26] Aven T. Probabilities and background knowledge as a tool to reflect uncertainties in relation to intentional acts. *Reliability Engineering & System Safety* 2013;119: 229-234.
- [27] Bjerketvedt D, Bakke J.R, Wingerden K. *Gas explosion handbook version 1.2*. Bergen: 1993
- [28] Flage R, Aven T. Expressing and communicating uncertainty in relation to quantitative risk analysis. *Reliability & Risk Analysis: Theory & Application* 2009;2(13): 9-18.
- [29] Hollifield B, Oliver D, Nimmo I., Habibi E. *High Performance HMI Handbook*. United States: 360 Digital Books; 2008.
- [30] Hollifield B, Habibi E. *Alarm Management Handbook*. United States: 360 Digital Books; 2010.
- [31] Khorsandi J, Aven T. Incorporating assumption deviation risk in quantitative risk assessments: A semi-quantitative approach. *Reliability Engineering and System Safety* 2017;163: 22-32.
- [32] Lindley DV. *Making decisions*. New York: Wiley; 1985.
- [33] Taleb NN. *The Black Swan: The impact of the highly improbable*. London: Penguin; 2007.
- [34] Vinnem JE. *Offshore risk assessment*. London: Springer; 2014.
- [35] Helcker. G. May 2016. Part 1: Developing high-performance HMIs. *Control Engineering*: 8-10.
- [36] Robinson. J. Jan 2015: Part 1: High-performance HMIs: Designs to improve operator effectiveness. *Control Engineering*: 1-4.
- [37] Robinson. J. Mar 2015: Part 2: High-performance HMIs: Designs to improve operator effectiveness. *Control Engineering*: 1-4.

\* Figurer hentet fra innretning på norsk sokkel er gjort med tillatelse fra selskap.

---

# IMPROVED SITUATIONAL AWARENESS WITH EMBEDDED SIGNATURE CURVES IN MIMIC

Benny Thorrud & Eirik B. Abrahamsen

•  
University of Stavanger, Stavanger, Norway

## ABSTRACT

Oil and gas activities involve risk and have potential for major accidents, resultant undesirable incidents could escalate to loss of human life, weakened integrity of an offshore unit or acute pollution. To protect the installation and the surroundings, programmable safety systems are installed for early alarming, shutdowns and mitigation of consequences. The last five years show an apparently increasing trend in notifications related to non-verifiable incidents reported by safety systems, where the causal factor often appears to be insufficiently understood and documented at an early stage.

Today's programmable safety systems are reading analogue values from a large number of instruments where automatic alarm and actions are based on pre-configured limits. The measured values from these instruments are rarely monitored in daily operation and raw milliampere values are converted to numerical engineering values and presented in mimics. This is not enough to establish proper situational awareness. To differentiate various conditions, the measured values must be seen in context with system design and expected signature curves for actual activations.

The hypothesis is that selected safety systems with a specific functionality will generate a unique signature curve when the assigned function is carried out as intended, and that knowledge of this curve can be used to filter out other faulty conditions. To support this hypothesis, actual releases for sprinkler and deluge systems from a newer installation on the Norwegian Continental Shelf (NCS), are provided and used as examples. By embedding trends with measured values from selected instruments into existing mimics, real incidents can be recognized, thereby potentially reducing the number of notifications related to non-verifiable incidents.

### Keywords:

Non-verifiable detections, unintentional actions, situational awareness, decision support, unique signature curves, embedded trends.

## 1 INTRODUCTION

In the event of an incident with a major accident potential on the Norwegian Continental Shelf (NCS), a notification shall be sent to the Norwegian Petroleum Authority (PSA) [1] to establish additional emergency preparedness on demand. Requirements for notifications and

reporting is highlighted in «Styringsforskriften §29» [2]. Based on records over decades, notifications also show track of incidents related to safety systems that could not be verified as real. Alarming and unintentional activation of consequence reducing measures for non-verifiable conditions have several negative aspects in the form of operational disturbances, stress on facility and personal, as well as negative media coverage.

To classify the various incidents a set of defined danger and accident situations (DFU) have been established. Reference is made to «Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet» (RNNP) [3] for the different classifications. Incidents which cannot be assigned to a defined DFU are collected in an internal PSA database with the code «DFU 22C – Fault-alarm». These are incidents that could not be verified as real.

Access to this database and a systematic review of the contents in the period from 2010 to 2018 form the basis for this paper. The database holds 351 records from more than 90 different installations in this period. A graphical presentation of reported incidents per year, for the entire period considered, is shown below.

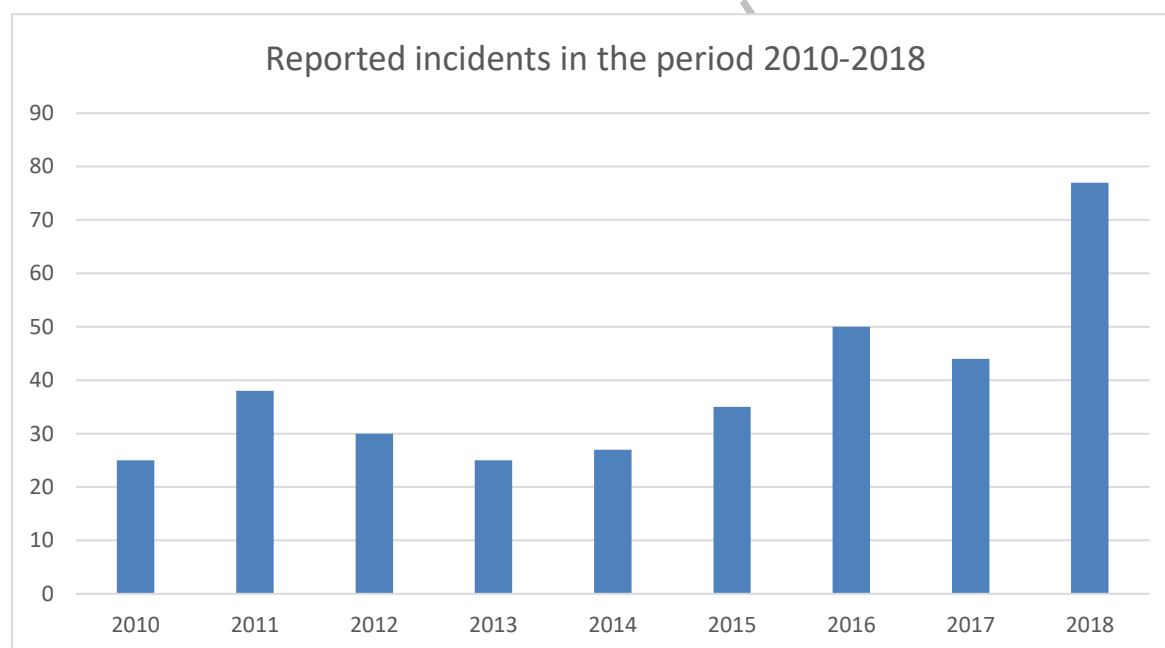


Figure 1. Number of reported incidents per year in the period 2010 - 2018

There appears to be an increasing trend of non-verifiable reported incidents in the period from 2013 to 2018 with a small decrease in 2017. The three categories that stands out with most records in the database are fire and gas detection, incorrect human interactions and active firefighting systems. The causal factors are in general poorly documented. Many of the notifications report faulty sensor and false detection, without being able to substantiate the findings and document appropriate measures for follow-up. It could therefore be inferred that it can be difficult for operations to establish a proper insight at an early stage, and that there is



---

limited situational awareness. Notifications related to non-verifiable incidents, can probably be linked to this.

Situational Awareness (SA) is most frequently referred to in operational terms [14] and is about being fully conscious of our surroundings. There are multiple definitions of the term situational awareness in the literature, but there are three dominating approaches [7], [12], [24]. Theoretical models have strongly originated from the definitions and early research was initially conducted in the aviation industry with regards to safety implications. Endsley [13] has presented a "three-level model of situational awareness" for the information processing approach, with emphasis on the cognitive processing of perceiving the right information, comprehending the information, and prediction of future states. Reference is made to Stanton et al [26], for a broader and more detailed discussion with regards to the SA concept.

The most fundamental part of the Information System (IS) field is the concepts of data, information and knowledge [16]. According to Davenport & Prusak [10], these are not interchangeable, and it is crucial to know what you need, what you have and, how you can utilize them. Data is usually seen as facts about objects and events while information is processed data which makes a difference. Davenport & Prusak [10] also define knowledge, with the essence as framed experience which provides a framework for evaluating and incorporating new experiences and information. The definitions of the concepts have been combined into theoretical models where various approaches to relationships and hierarchies have been established, each with its strength and weaknesses [18], [25]. How we see and utilize data, information and knowledge, is highly linked to situational awareness.

Automation has improved efficiency, safety and quality as well as liberating humans from laborious work. In the other end, operator system awareness and manual skills are reduced while monitoring workload has increased [23]. The current human operators have taken on a supervisory controller role [19]. With the "passive" safety design, with emphasis on replacing human decisions and interventions by automatic actions, human factor becomes critical with regards to situational awareness and follow-up after incidents have been triggered. Issues related to automation systems were already in the 1980's brought to attention by Bainbridge [6] through the famous argument of 'ironies of automation'. Many issues are still considered unresolved today [27]. There are different levels of automation (LOAs) [20], but a common denominator which needs to be accounted for, is the human-automation interaction. To assist operations building and maintaining full SA, tools must be suitable for dynamic environments [11].

To identify various conditions and make proper decisions [9], measured values must be seen in context with system design and expectations. A hypothesis is that a system with a specific functionality, typical active firefighting, will generate a unique signature curve when the assigned function is carried out as intended. By trending measured values from a single instrument or a combination of instruments, faulty conditions can be differentiated from intended functionality. To support this hypothesis, actual releases for sprinkler and deluge systems from a newer installation on the NCS are provided and used as examples. The information provided by these unique curves can potentially increase situational awareness in operations and arrange for better decision making with regards to further follow-up.

The subsequent text is organized as follows. Section 2 is introducing current practice related to processing and presentation of analogue signals in programmable safety systems. Deluge is used as an example to illustrate applied logic. A discussion related to issues considering current practice is addressed in section 3. Section 4 is illustrating how extended situational awareness for sprinkler and deluge can be established by embedding trends into existing HMI mimics. Section 5 concludes.

## 2 CURRENT PRACTICE - ALARM LIMITS AND PRESENTATION OF NUMERICAL VALUES

Current practice is to configure alarm limits for selected signals, e.g. gas detectors and pressure transmitters, which will initiate automatic alarm and actions when the measured analogue value is exceeding pre-configured limits. An example of applied logic is presented in section 2.1. The severity level of the detected incidents determines the extent of the alarming and the equipment to be shut down. To assist the control room operators identifying various conditions, dedicated mimics are made for each system. The figure below shows a typical mimic for deluge skids with pressure transmitters, valves and differential filters.

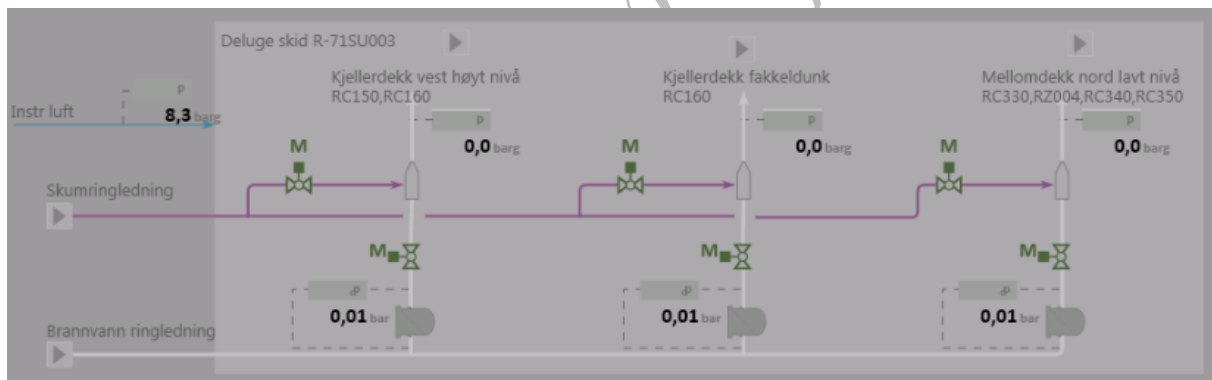


Figure 2. Example of deluge mimic presenting numerical values

Common for these mimics and systems, are presentation of numerical engineering values converted from raw milliampere values. These values are updated regularly, but there is limited (or no) monitoring prior to activation at pre-configured limits. Attention is first given when alarm and actions are initiated. With partial information with respect to causal factors that can assist operations in identifying various scenarios, all conditions are likely to be handled in the same manner when the logic is triggered. Data gives a perception, but not a context [15], [21].

Newer programmable safety systems are capable of storing sampled data and trending measured values (also other terminals) over time. Trends can be accessed from faceplates but are hardly used in daily operation due to a large number of instruments and trends not always

being easily accessible. It is far more common to use this tool to search for causal factors and conditions that triggered the incident after the situation has been clarified and restored.

To visualize current practice related to applied logic for analogue signals in programmable safety systems, an actual release of deluge is used as an example. The example presented in the sub section below illustrates how the function is configured to respond in a digital manner at a pre-configured alarm limit.

## 2.1 Example – Applied Logic

Programmable safety systems are realizing various functions through logic, e.g. gas detection and release of active firefighting systems. NOR-SOK Standard I-005 [4] defines a set of function templates where each object has a pre-defined functionality with assigned attributes and input/output terminals. MA is a function block dedicated to instruments with analogue signals (mA), e.g. gas detectors and pressure transmitters. This block is normally connected to the channels on the input interface card where the respective detectors and transmitters from the field are terminated. The measured values from the field instruments are sampled with a pre-defined scan time and transferred to the X terminal on the MA block. The template also contains logic for handling alarm limits, blocking, presentation of statuses etc.

The figure below shows the MA template block and associated terminals. Terminals highlighted in red are visualized in figure 4.

Inputs	MA	Outputs
Normal function input	X	Y Normal function output
External fault	XF	YF Function failed
Force blocking alarm HH	FBHH	AHH Action alarm HH
Force blocking alarm LL	FBLL	BHH Status alarm HH
Force suppression alarm HH	FUHH	WH Warning alarm H <sup>2)</sup>
Force suppression alarm WH	FUWH	WL Warning alarm L <sup>2)</sup>
Force suppression alarm WL	FUWL	ALL Action alarm LL
Force suppression alarm LL	FULL	BLL Status alarm LL
		BBHH Action alarm HH is blocked
		BBLL Action alarm LL is blocked
		BU Status suppressed
		BB Status blocked
		BXHH Status event HH
		BXH Status event H
		BXL Status event L
		BXLL Status event LL

Operator station:  
Blocking HH on/off  
Blocking LL on/off  
Suppression on/off

Operator station:  
Alarms and faults  
Alarm and event limits  
Blocked  
Suppressed

Figure 3. MA – Analogue function template block and associated terminals [4]

Figure 4 presents a trend from an actual release of deluge collected from an installation on the NCS where time series [8] have been configured on the terminals as highlighted in figure 3.



Figure 4. Deluge release – measured pressure and digital response when alarm limit is triggered

It can be observed that when the measured analogue value (violet) on the X terminal reaches the pre-configured alarm limit of 2 bar (1), a digital response (blue) is triggered on the AHH terminal. The logic is basically transferring an analogue value into a digital border limit for further alarming and activation of effects, according to Fire Protection Data Sheets (FPDS) for the area protected.

The current logic is in principle not an issue because safety is maintained through automatic actions carried out. The problematic part is the current mimic presentation which is not able to differentiate the various conditions that can produce measurement values above 2 bar.

Operations are basically left with a numerical value which have exceeded the alarm limit and a digital response curve (AHH terminal) for all conditions, without further context. The next section discusses issues related to current practice.

### 3 DISCUSSION

The main function of a safety system is to go to safe state if required and can never be compromised. This is maintained through existing logic which is according to best practice as considered by the governing NORSOK S-001 [5] industry standard. However, incidents have shown that safety systems also can indicate conditions which cannot be verified as real. In an environment with harsh conditions, considerable activity, pollution, human mistakes and

---

system and instruments which may fail, various scenarios are likely to be present and must be accounted for.

A faulty sensor or an undesirable change in pressure condition caused by operation of equipment or maintenance, could potentially cause measured values that trigger pre-configured limits for alarms and actions. It is uncertain how the measured values would behave in response to a faulty condition, but all other pressure changes will be intercepted by a healthy transmitter. It is therefore problematic to include compensating measures on the IO interface that could cope with all possible scenarios, without potentially degrading the desired shutdown functionality for real conditions. Introducing additional logic and filters into safety systems for potentially identifying states that are not real, could potentially compromise safety and is not desirable. The consequences could be dangerous situations that are not recognized due to additional uncertainty introduced into shutdown lines.

Instruments are becoming more and more sophisticated and contain a higher degree of self-diagnostics and monitoring than before. This makes it easier to identify equipment that is soon to fail or require preventive maintenance. However, introducing additional electronics and software could potentially increase complexity, vulnerability and add additional sources of errors. Alarms and action are sometimes based on degraded mode in combination with other instruments in alarm, e.g. gas detection. If this is not accounted for during testing of other instruments, shutdown lines can potentially be triggered.

Ideally, it would be beneficial if the programmed logic could identify and respond differently to the various scenarios that can occur, to limit operational disturbances and stress on facility and personal. This is unfortunately not achievable. Due to the sensitivity and the tasks that are assigned to these systems, we must acknowledge that the environment these systems and instruments are prone to, and the instruments themselves, can generate states that have to be considered as real until further investigated and clarified.

The existing mimics are providing limited support to identify the different scenarios that can occur. Presentation of numerical values without a context is not enough. A drop of pressure in a piping section for a sprinkler system cannot really be differentiated from a faulty sensor value or a leakage, unless water is verified as released into the protected area. Due to assumption of a fire, before any verifications are carried out, mustering is often initiated as a precaution. With the current logic and mimic presentation, most activations are responded to in the same manner, even if they preferably should be addressed differently. There is reason to believe that a portion of the records in the database could be related to absent of situational awareness for the reported incidents.

Over decades, most of these systems have proven themselves reliable and there are continuous development and improvements to design and technology. However, we must also acknowledge and consider that errors and faulty conditions may appear. Since the logic cannot be programmed to differentiate the various scenarios, situational awareness needs to be strengthened and given adequate attention.

---

To establish proper situational awareness for decision support, measured values must be seen in context with system design and expected signature curves. Analogue values are better understood when presented graphically and trending is a powerful tool which can be used to visualize this information, assuming easy access [22]. Control systems have adopted this approach and are moving towards the philosophy of high-performance HMI [17], but there are very few traces of programmable safety systems doing so. However, there will be differences. Where a control system wants to regulate a process variable within a window, a safety system wants to recognize a unique signature curve for a real activation. Fast and easy access to information can establish a proper foundation for decision making and follow-up, and potentially limit further escalation of cascading effects, e.g. mustering.

The next section presents two examples for sprinkler and deluge where unique signature curves of actual releases have been identified. By embedding trends with measured values into existing HMI mimic, real activations can be differentiated from other conditions by providing information in addition to numerical values.

#### **4 IMPROVED SITUATIONAL AWARENESS WITH EMBEDDED SIGNATURE CURVES IN MIMIC**

This section presents unique signature curves for sprinkler and deluge releases with trending as a tool. All trends in this section are collected from a newer installation on the NCS and are from real and confirmed releases. However, it is important to be aware that these curves will be unique and only apply to the systems installed and in use on the specific installation considered.

The basis for a sprinkler system is water under a fixed pressure ready to be released. The installed pressure transmitter in the piping segment will typically measure 5 bar under normal conditions. At the end of the piping section, within the area where the nozzles are located, a melting plug is installed. When this plug bursts, the water will be released. When the pressure in the piping section drops due to release of water, the in-ball valve between the piping section and the firewater ring will open and supply water. This will last until the sprinkler system is reset in the field. Figure 5 presents a unique curve for the values measured by the pressure transmitter during an actual release of sprinkler.

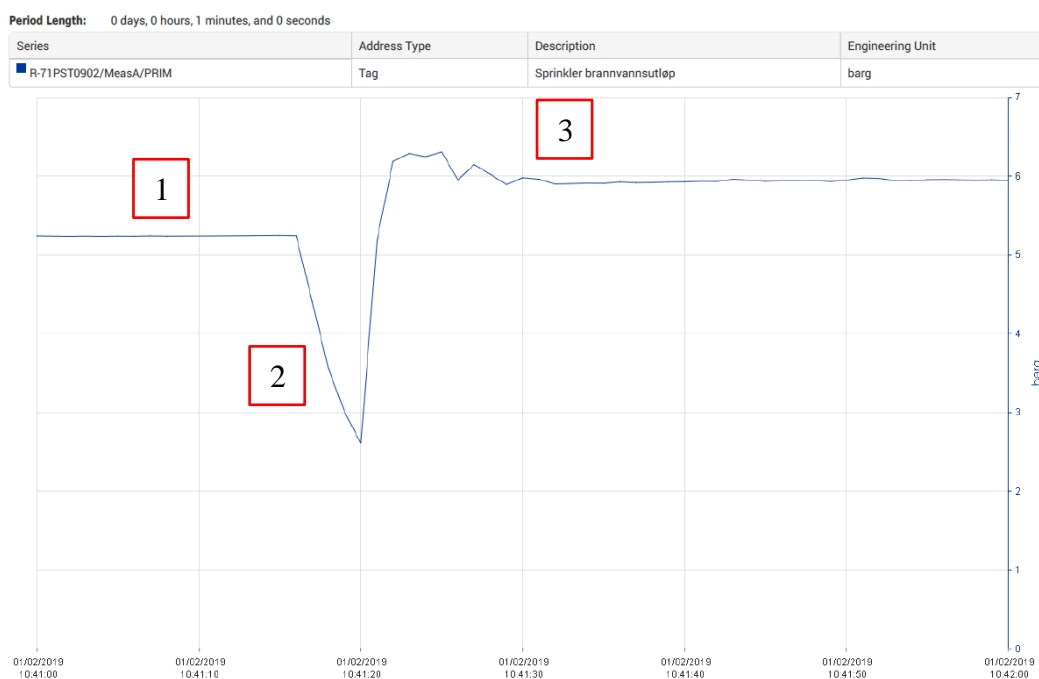


Figure 5. Sprinkler – changes in pressure during an actual release

If the curve is seen in context with the system design, the response is as expected.

- 1) 5 bar pressure at normal conditions
- 2) Pressure drops suddenly when the melting plug bursts and water is released
- 3) Pressure builds up and stabilizes at 6 bar when the in-ball valve to firewater opens

Deluge is a system with a pressure of 0 bar under normal conditions. Before any increase in pressure can be measured, the in-ball valve between the piping section (where the transmitter is located) and the firewater ring needs to open and supply water. Figure 6 presents a unique curve for the values measured by the pressure transmitter during an actual release of deluge.

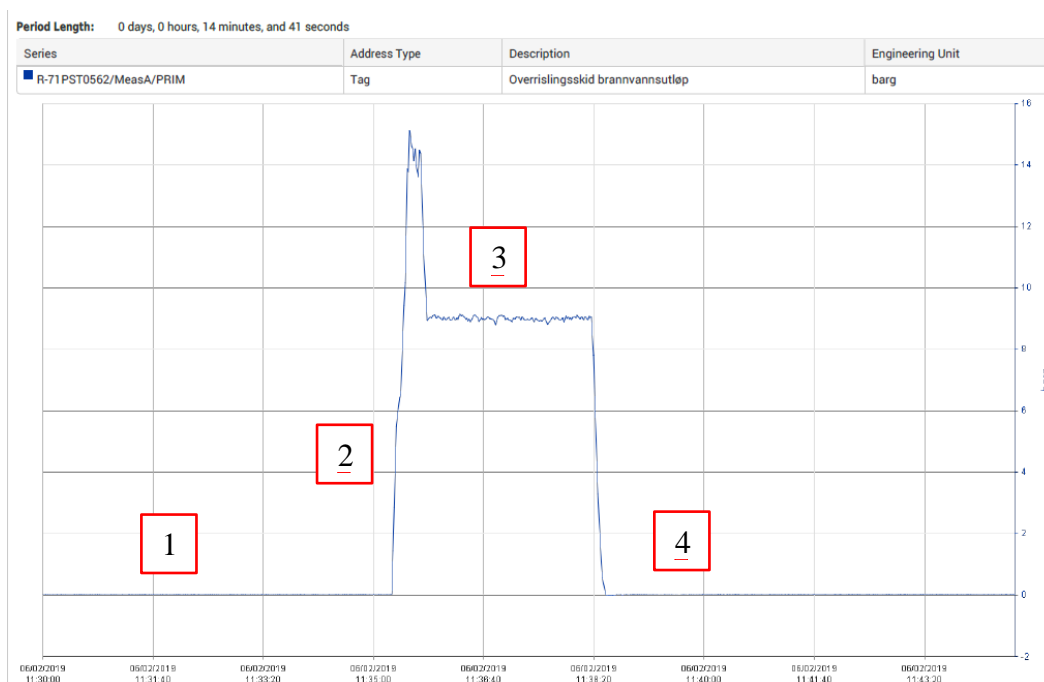


Figure 6. Deluge – changes in pressure during an actual release

If the curve is seen in context with the system design, the response is as expected.

- 1) 0 bar pressure at normal conditions
- 2) A sudden increase in pressure when the in-ball valve to firewater ring opens
- 3) Supply of firewater stabilizes at 9 bars
- 4) The system is reset in the field and falls back to 0 bar

Sometimes it might be desirable to include more than one instrument to identify unique curves. If the curves for the deluge release example in figure 6 potentially can be misinterpreted with other conditions, measured values from additional instruments can be included in the same window for improved recognition. When the in-ball valve to the firewater ring is opened and water supplied, the pressure in the firewater ring will drop until the firewater pumps start up and supplies additional seawater. Figure 7 presents unique curves for the values measured by the pressure transmitter in the deluge piping section in combination with one of the pressure transmitters on the firewater ring.



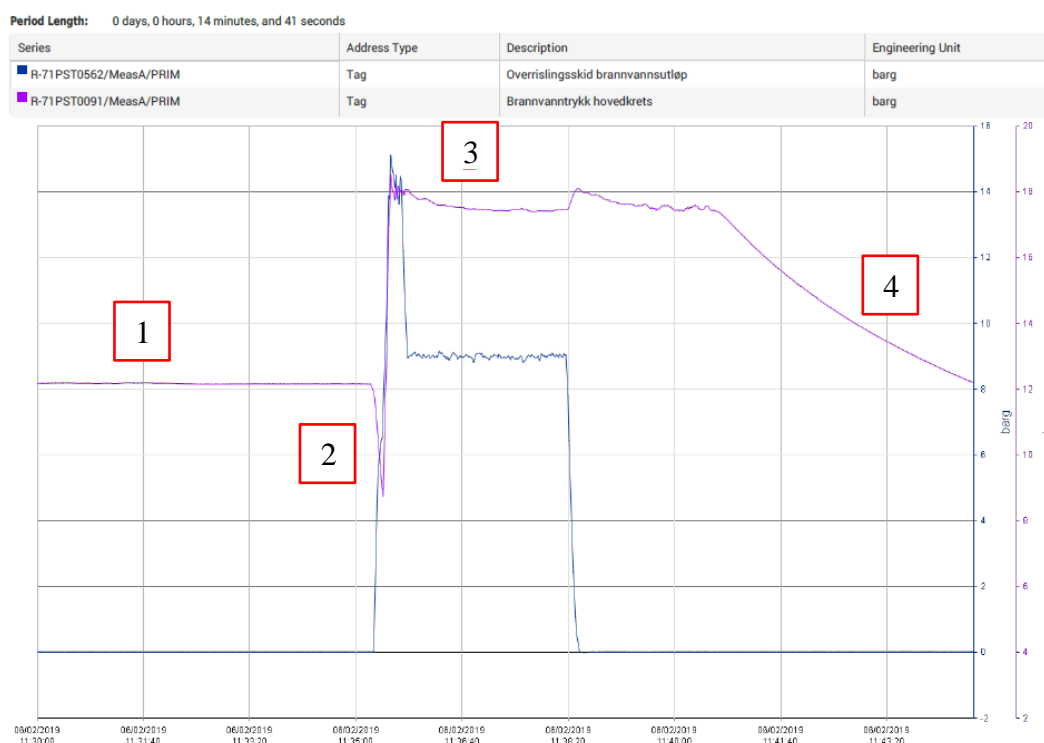


Figure 7. Deluge and firewater ring – changes in pressure during an actual release

The blue curve is still the pressure transmitter as presented in figure 6. The violet curve is the pressure transmitter from the firewater ring, and the following can be read:

- 1) 12 bar pressure at normal conditions
- 2) Pressure drops suddenly to 9 bar when the in-ball valve to deluge is opened
- 3) The fire pumps start and supplies seawater to the ring, pressure increases and stabilizes at 18 bar
- 4) The fire pumps are stopped, pressure falls gradually back to 12 bar

As presented in the figures above, data from measured values can be combined into meaningful information. By seeing the two curves presented in figure 7 in context with system design, it will be difficult to argue against an actual release of deluge in the protected area. The next question to answer is how the mimic can present this information in an intuitive manner with ease of access.

Dedicated mimics are already available for the areas protected by the two systems today. However, only numerical values are displayed, not information. The pressure transmitter presents the current value readings, but it cannot differentiate actual incidents from other conditions since there is no context. Figure 8 presents a mimic for a sprinkler system protecting a mechanical workshop, initially with (1) as the only transmitter interface.

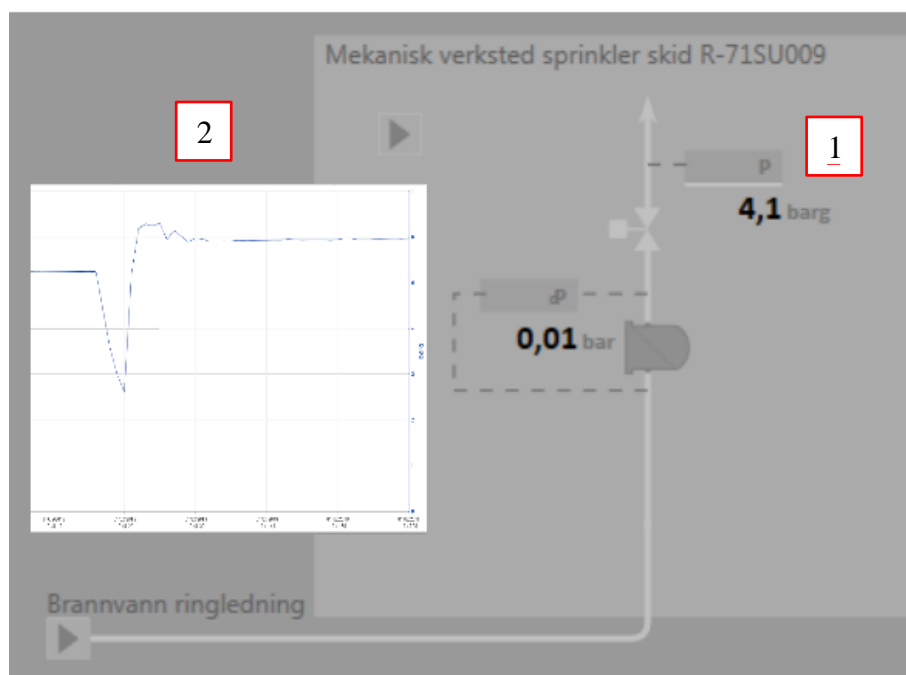


Figure 8. Example of embedded trend in existing sprinkler mimic

To add information to the existing mimic, a trend with the measured values can be embedded, as illustrated in (2). As presented, operator knowledge of system design and unique release curve from the sprinkler system is a pre-requisite for recognition. To potentially limit the need for detailed knowledge, a reference curve could be included in the same trend. The upper part could display dynamic live values while the lower part displayed a static reference curve for an actual activation and comparison (multiple tabs in trend window is also a possible approach). This will not only give quick and easy access to information, but also provide increased situational awareness for the systems and instruments under consideration, due to recognition of actual activation.

The tool is considered suitable for real-time presentation and is assumed to add value to decision making and follow-up in operations. The trends are available on newer programmable safety systems and can be embedded and pre-configured for selected instruments and terminals based on desired demand. The approach is not only applicable to the examples presented in this paper but can be used for all systems and instruments where unique signature curves can be identified and provided for recognition.

Fire and gas detection are also a major contributor to non-verifiable incidents. Trending of individual instruments alone will not be enough to establish a comprehensive picture, due to technology in use and dynamic leak and dispersal scenarios. A possible approach would be to investigate a network concept, where data from individual detectors are combined and seen in context, for improved situational awareness. Different issues will require different tools, which can identify various conditions in dynamic environments.

## 5 CONCLUSION

The main conclusions drawn from the contents of the database, is a potential increasing trend in reported notifications related to non-verifiable incidents where the causal factors are not sufficiently understood and documented at an early stage. There is reason to believe that this can also be the case for real incidents. To be able to differentiate between various conditions that can occur in a dynamic environment, supporting systems must arrange for an intuitive and holistic presentation of relevant information.

Today's programmable safety systems have emphasis on replacing human decisions and interventions by automatic alarms and actions, but measured values from instruments are rarely monitored prior to activation of pre-configured alarm limits. This, in combination with mimics presenting numerical values from the instruments, do not establish a proper situational awareness for differentiating faulty conditions from actual activations.

This paper has presented a tool which can add information for better decision making through increased situational awareness. By embedding trends with measured values from instruments under consideration into existing mimics, real incidents can be recognized through unique signature curves. Where this is achievable, systems and instruments with deviant behaviors can also be identified. This can potentially reduce stress and uncertainties related to an incident and establish an improved foundation for further decision making and follow-up in operations. Increased situational awareness can possibly reduce the number of notifications related to category DFU 22C for selected safety systems.

## REFERECES

- [1] Petroleum Safety Authority, <https://www.ptil.no/kontakt-oss/innrapportering-til-ptil/varsling-av-fare--og-ulykkessituasjoner-sokkel-og-land/>
- [2] Petroleum Safety Authority, Styringsforskriften 2017. [Online] (Available): <http://www.ptil.no/category215.html>
- [3] Petroleum Safety Authority, Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet (RRNP) 2018. [Online] (Available): <http://www.ptil.no/risikoniva/category700.html>
- [4] NORSOK Standard I-005:2017. System control diagram. [Online] (Available): <https://www.standard.no/>
- [5] NORSOK Standard S-001:2018. Technical Safety. [Online] (Available): <https://www.standard.no/>
- [6] Bainbridge, L. (1988). The ironies of automation. *Automatica* 19 (6); 775-779.
- [7] Bedny, G., Meister, D. (1999). Theory of activity and situation awareness. *Int. J. Cognitive Ergonomics* 3 (1); 63-72.
- [8] Box, G.E.P., Jenkins, G.M, Reinsel, G.C., Ljung, G.M. (2016) *Time series analysis: forecasting and control*. Wiley.
- [9] Carver, L., Turoff, M. (2007). Human-computer interaction: the human and computer as a team in emergency management information systems. *Communication of the ACM* 50 (3); 33-38.

- 
- [10] Davenport, T.H., Prusak, L. (1998). *Working knowledge: how organizations manage what they know*. Harvard Business School Press.
- [11] Durso, F.T., Sethumadhaven, A. (2008). Situation awareness: understanding dynamic environments. *Human Factors* 50 (3); 442-448.
- [12] Endsley, M.R. (1988). Design and evaluation for situational awareness enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting* 32 (2); 97-101.
- [13] Endsley, M.R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic-systems. *Human Factors* 37 (1); 32-64.
- [14] Endsley, M.R., Garland, D.J. (2008). *Situation awareness analysis and measurement*. New York: CRC Press.
- [15] Helcker, G. (May 2016). Part 1: Developing high-performance HMIs. *Control Engineering*; 8-10.
- [16] Hirschheim, R.A., Klein, H.K., Lyytinen, K. (1995). *Information systems development and data modelling*. Cambridge University Press.
- [17] Hollifield, B., Oliver, D., Nimmo, I., Habibi, E. (2008). *High performance HMI handbook*. United States: 360 Digital Books.
- [18] Kettinger, W.J., Li, Y. (2010). The infological equation extended: towards conceptual clarity in the relationship between data, information and knowledge. *Journal of Information Systems* 19 (4); 409-421.
- [19] Lin, C.J., Yenn, T.C., Yang, C.W. (2010). Automation design in advanced control rooms of the modernized nuclear power plants. *Safety Science* 48; 63-71.
- [20] Parasuraman, R., Wickens, C.D. (2008). Humans: still vital after all these years of automation. *Human Factors* 50 (3); 511-520.
- [21] Robinson, J. (January 2015). Part 1: High-performance HMIs: designs to improve operator effectiveness. *Control Engineering*; 1-4.
- [22] Robinson, J. (March 2015). Part 2: High-performance HMIs: designs to improve operator effectiveness. *Control Engineering*; 1-4.
- [23] Singh, I.L., Molloy, R., Parasuraman, R. (1997). Automation-induced monitoring inefficiency: role of display location. *Int J. Human - Computer Studies* 46; 17-30.
- [24] Smith, K., Hancock, P.A. (1995). Situation awareness is adaptive, externally directed consciousness. *Human Factors* 37 (1); 137-148.
- [25] Spiegler, I. (2000). Knowledge management: A new idea or a recycled concept? *Communications of the Association for Information Systems* 3 (14); 1-23.
- [26] Stanton, N.A., Chambers, P.R.G., Piggott, J. (2001). Situational awareness and safety. *Safety Science* 39; 189-204.
- [27] Strauch, B. (2018). Ironies of automation: still unresolved after all these years. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 48 (5); 419-433.

\* Figures from offshore unit are presented with permission from company.