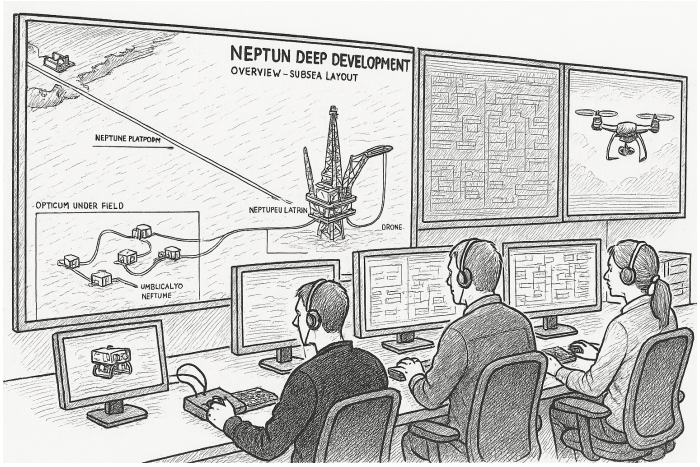
2025:00787 2025:00787- Åpen

# Rapport

## Bakgrunn og resultater fra MAS prosjektet - behov for oppdatering av CRIOP metoden

**Forfatter(e)**
Stig Ole Johnsen, Hedvig Aminoff,
Mina Saghafian, Jooyoung Park




**SINTEF Digital**
Sikkerhet og pålitelighet
2025-07-23

SINTEF Digital
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

# Rapport

# Bakgrunn og resultater fra MAS prosjektet - behov for oppdatering av CRIOP metoden

EMNEORD:
CRIOP
MTO
Menneskelige faktorer
Automatisering

**VERSJON**
2025-07-23

**DATO**
2025-07-23

**FORFATTER(E)**
Stig Ole Johnsen, Hedvig Aminoff
Mina Saghafian, Jooyoung Park

**OPPDRAGSGIVER(E)**
Forskningsrådet

**OPPDRAGSGIVERS REF.**
MAS

**PROSJEKTNR**
102017861

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**
171 (76 sider i vedlegg)

**SAMMENDRAG**
Denne rapporten er basert på et forskningsrådsprosjekt, MAS, hvor et av aktivitetene var å oppdatere CRIOP metoden. Resultatene fra MAS prosjektet er vitenskapelig publisering, HFC møter, lærebok om HFE og ny CRIOP. Denne rapporten er tillegg til de planlagte aktivitetene.

Rapporten oppsummerer gjennomgang og funn fra prosjektaktiviteter: litteraturgjennomgang, intervju av eksperter, arbeidsmøter og erfaring med bruk av den nye CRIOP metoden. Funn fra MAS prosjektet er viktigheten av meningsfull menneskelig kontroll, design for sikkerhet/ brukervennlighet, «på-se» oppfølging og bedre metoder for ulykkes - gransking hvor man bør undersøke dårlig design som årsak til ulykker.

Oppdatering av CRIOP metoden er basert på meningsfull menneskelig kontroll ved digitalisering, (fjernstyring/automatisering), og bruk av AI.

| | |
|---|---|
| **UTARBEIDET AV**<br>Stig Ole Johnsen, Hedvig Aminoff | SIGNATUR |
| **KONTROLLERT AV**<br>Hedvig Aminoff | SIGNATUR |
| **GODKJENT AV** | SIGNATUR |

| **RAPPORTNR** | **ISBN** | **Åpen** |
|---|---|---|
| 2025:00787 | 978-82-14-07287-7 | Åpen |

SINTEF

# Innholdsfortegnelse

## Oppsummering av MAS med beskrivelse av sentrale funn og konklusjoner

Denne rapporten dokumenterer hovedresultatene fra MAS prosjektet (Meningsfull Menneskelig Kontroll), et forskningsprosjekt finansiert av forskningsrådet og brukere fra HFC. Prosjektet utforsket hvordan sikkerhetskritiske systemer kan designes for å oppnå meningsfull menneskelig kontroll ved digitalisering (dvs. fjernstyring, automasjon og bruk av KI-Kunstig Intelligens). Et viktig delmål for prosjektet var å oppdatere CRIOP metoden som brukes for å øke sikkerhet og kvalitet av kontrollsystemer. Denne rapporten gir en oppsummering av funn og bakgrunnen for de mindre endringene i CRIOP metoden i tillegg til de produserte vitenskapelige artiklene og lærebok om HFE.
Prosjektet baserte seg på gransking av ulykker, litteratursøk, intervjuer og arbeidsgruppemøter med sentrale aktører for å besvare kritiske forskningsspørsmål om digitalisering og sikkerhet.

**Hovedfunn**
**Sikkerhetsutfordringer ved digitalisering**

- 40-60% av ulykker synes å skylde dårlig design av systemer og arbeidsrutiner
- Svak koordinering mellom teknologisk modenhet (TRL) og menneskelig beredskap (HRL)
- Komplekse systemer som gir dårlig situasjonsforståelse og problematisk alarmhåndtering
- Inntrykk av at økonomi følges opp bedre enn sikkerhetsutfordringer f.eks. ved utsetting av arbeid, og at psykologisk trygget har blitt redusert

**Suksessfaktorer for vellykket digitalisering**
"Prevention through Design"- eliminere eller minimere farer tidlig i designprosessen er mest effektivt og bør brukes som et nøkkelprinsipp. Andre suksessfaktorer er:

- Systematisk bruk av Human Factors fra start: utnytt luftfarten som beste praksis:
- Brukersentrert innføring med iterativ, gradvis implementering
- Åpen rapporteringskultur og "Just Culture" som prioriterer læring fremfor skyld

**Hovedanbefalinger**
For CRIOP at hele metoden brukes aktivt fra start med HF eksperter involvert:

- Problemavgrensning og design som støtter meningsfull menneskelig kontroll
- MTO-tilnærming med systematisk bruk av Human Factors Engineering (HFE)
- Følge opp «På-Se» ansvar med klar ansvarspresisering og krav fra start
- Bruke standarder for HMI og alarmer for å sikre SA og akseptabel avvikshåndtering
- Periodisk vurdering av gap mellom "work as done" vs "work as imagined"
- Støtte åpen rapporteringskultur for avvik og systemproblemer

Det er gjort mindre endringer av CRIOP metoden, med ca. 20 nye spørsmål og ca. 10 fjernet. CRIOP er sett på som et viktig MAS-resultat fra Equinor.

For sikker digitalisering, prioriter åpen deling av erfaringer og understøtt «Just Culture»:

- Bruk tiltakspyramiden: prioriter eliminering, substitusjon og tekniske design før administrative tiltak
- Koordiner teknologisk og menneskelig modenhet gjennom hele utviklingsløpet
- Sikre meningsfull menneskelig kontroll gjennom transparent og forståelig automatisering

- Sikre åpen og ærlig rapportering av hendelser inklusive arbeid som er satt ut
- Forbedrede granskingsmetoder ved ulykker som vurderer design og situasjonsforståelse

**Hovedkonklusjon**

Trygg digitalisering krever en helhetlig MTO-tilnærming hvor menneskelige faktorer prioriteres fra konseptfase til drift. Luftfartens suksess med systematisk Human Factors-arbeid viser en vei fremover. CRIOP-metoden som er oppdatert med nye prinsipper for meningsfull menneskelig kontroll, kan bidra til sikrere implementering av automatisering og KI i sikkerhetskritiske systemer. Ut fra avsnittene i denne rapporten, med læring fra flere hendelser og beste praksis, Helgar (2022) og Bjørneseth (2021), bør man bruke CRIOP metoden med vekt å prioritere/forbedre:

- **1.Problemavgrensning og Design** som støtter sikkerhet og meningsfull menneskelig kontroll basert på en anerkjent brukersentrert arbeidsprosess (ISO 11064/9241-210). Tiltakspyramiden bør benyttes for prioriteringer for å ta tak i viktigste områder.
- **2.Kunnskap og bruk av Human Factors Engineering (HFE)** som ser på helheten (MTO) og bidrar til løsninger som understøtter meningsfull menneskelig kontroll. Med HFE mener vi: Oppgaveanalyse, arbeidsbelastning-analyse, fordeling av ansvar, analyse av SA – Situasjonsforståelse (Situation Awareness, SA), HMI- og alarmdesign, brukertesting og brukeropplæring. (Kompetansenivået innen HF/HFE, eks. Kunnskap om god praksis for alarmer, burde kartlegges for å sikre god dialog og felles forståelse).
- **3.Periodisk vurdering av arbeidsoperasjoner** innen kritiske områder for å kartlegge gap mellom «work as done» vs «work as imagined», via aksjonsforskning Antonsen et al., (2007), eller andre tilnærminger Shorrock (2021), Nazaruk (2022). Inklusive det som er «outsorcet» med oppfølging av «På Se ansvaret», hvor tiltakspyramiden bør brukes.
- **4.Rapportering av avvik til ledelsen** (f.eks. om det er mange stående alarmer), basert på en åpen rapporteringskultur og «Just Culture» så de som sier i fra ikke blir straffet eller får problemer, Edmondson (2018), Dekker (2016). Graden av åpen rapporteringskultur/ psykologisk trygghet bør kartlegges for å sikre at risikoer kommer frem og for å styrke effektiviteten av HOP prinsippene.
- **5.Gransking og læring fra hendelser og ulykker** er sentralt for å bli bedre. Det er viktig at bruke og forbedre anerkjente metoder fra Havarikommisjonen, og spesielt ser på økonomi vs sikkerhet, om beste praksis for design var fulgt fra start, kvalitet på MoC, og opplevelse/SA hos de i den spisse enden – hvordan opplevde de hendelsen og beskriver «work as done» vs «work as imagined». *Det bør etableres en standard for ulykkes-granskinger som kan forbedre læring på tvers.*

De ovennevnte tiltakene bør også styrkes av økt kunnskap og refleksjoner. Et viktig bidrag fra MAS prosjektet er derfor boken fra MAS prosjektet som er avtalt, som skal benyttes i undervisning og etterutdanning for å styrke kunnskap om HF/HFE inklusive god alarmdesign. I tillegg kan disse momentene være mulige tema i framtidige HF møter (i HFC) eller brukes som bakgrunn for vitenskapelige publikasjoner.

# 1. Beskrivelse av MAS prosjektet og tilnærminger

## 1.1 MAS-prosjektets mål og forskningsspørsmål

MAS-prosjektet (Meningsfull Menneskelig Kontroll) er et forskningsprosjekt finansiert av Forskningsrådet som har utforsket hvordan sikkerhetskritiske systemer kan designes for å sikre meningsfull menneskelig kontroll ved digitalisering, inkludert fjernstyring, automasjon og kunstig intelligens (KI). Et viktig delmål har vært å oppdatere CRIOP-metoden som brukes til å styrke sikkerhet og kvalitet i kontrollsystemer.

MAS prosjektet var basert på følgende forskningsspørsmål:

1. Hva er de viktigste sikkerhetsutfordringene i design ved implementering av økt digitalisering?
2. Hva er hovedårsakene til vellykket digitalisering?
3. Hva er de viktigste retningslinjene for meningsfull menneskelig kontroll, herunder
    a. Hva er beste praksis som skal brukes i verifiserings- og valideringsmetoden CRIOP?

**Definisjon av meningsfull menneskelig kontroll (MHC):** *«Meningsfull menneskelig kontroll er evnen til et system (med mennesker, teknologi og organisasjon) til å bli kontrollert av mennesker, for å unngå ulykker som påvirker helse, sikkerhet, security og miljø (HSSE), gitt menneskets evner og begrensninger (i kontekst av Human Factors-vitenskapen).»*

Denne definisjonen understreker at kontroll ikke bare handler om teknisk mulighet for inngripen, men om reell evne til å forstå, beslutte og handle effektivt innenfor rammene av menneskelige kapasiteter og begrensninger.

## 1.2 Metodisk tilnærming og aktiviteter

Arbeidet i MAS ble utført av en tverrfaglig prosjektgruppe. Rapporten bygger på forskning gjennomført i MAS-prosjektet og innlemmer innsikt fra Human Factors (HF), MTO-perspektivet, sikkerhetstenkning og erfaringer fra ulykker. Rapporten henter erfaring fra tidligere prosjekter om boring og brønn, Johnsen et al. (2020)

Arbeidet er gjort i nært samarbeid med næringen og HFC forum, og er utført av en prosjektgruppe med deltakere fra det tekniske universitetet i Delft og Transportøkonomisk institutt. Kjerneteamet har bestått av fire deltakere fra SINTEF (Sikkerhet og pålitelighet) og fire deltakere fra NTNU (Design).

**Tilnærming** Forskningen benytter aksjonsforsknings (AR – Action Research), beskrevet av Greenwood & Levin, (2006), som legger vekt på tett samarbeid mellom forskere og aktørene for å håndtere reelle problemstillinger og utvikle praktiske løsninger. Gjennom involvering, intervjuer og workshops har vi identifisert sentrale erfaringer som bidrar til å definere og operasjonalisere begrepet meningsfull menneskelig kontroll (MHC). Tidligere studier, blant annet av Antonsen et al., (2007), viser at AR-tilnærmingen har vært effektiv for å forbedre sikkerheten.

Vi definerer meningsfull menneskelig kontroll (MHC) med utgangspunkt i teorier og praksis fra fagområdene Human Factors (HF) og sikkerhet. HF utgjør det naturlige fundamentet for meningsfull menneskelig kontroll, og god sikkerhet bør være et direkte resultat av MHC. Ulykker

og hendelser av kvaliteten på MHC i praksis, og undersøkelser med fokus på HF-perspektiver kan identifisere hvordan man kan forbedre tilnærminger og metoder for MHC.

Vi har derfor benyttet perspektiver fra Human Factors-forskningen for å diskutere designspørsmål og operative betingelser. I tillegg har vi brukt prinsippet om «Hierarchy of Controls» (kontrollhierarkiet) som beskrevet av Manuele (2005), for å prioritere funnene våre. Metodene vi har benyttet for å analysere ulykker og forbedringsmuligheter baserer seg blant annet på havarikommisjonenes rammeverk ATSB (2007), NSIA (2022) og teorier om organisatoriske ulykker Reason (1997). Vi har særlig vektlagt hvordan operatørenes situasjonsforståelse og tilgjengelige kontrollmuligheter påvirket hendelser og risikonivå.

For å besvare forskningsspørsmålene våre har vi gjennomført en litteraturstudie, utført ekspertintervjuer og utforsket case-studier. Litteraturgjennomgangen hadde som mål å identifisere relevante HF-artikler med viktige læringspunkter fra ulykker som involverer automatisering og fjernstyring. Vi har valgt å undersøke beste praksis for menneskelig kontroll i sikkerhetskritiske miljøer, som for eksempel fly-cockpiter, skipsbroer, veitrafikk og prosessindustri. I tillegg har vi benyttet snøballmetoden for å finne ytterligere relevante studier, og har da bygget videre på resultater fra Johnsen & Winge (2023).

Empiriske resultater knyttet til automatisering/AI og fjernstyring er også utforsket og diskutert, slik som beskrevet av Park (2025) for autonome skip, og Kirwan (2025) for HF-designpraksis fra luftfarten. Praksisen har etablert luftfart som en av de sikreste transportformene, og utgjør dermed en viktig kilde for beste praksis også innenfor andre bransjer, Johnsen et al. (2024).

I rapporten vil vi gjennomgå og oppsummerer funn fra prosjekt-aktivitetene i MAS:

- **Læring:** Læring av ulykker og hendelser i automatiserte og fjernstyrte systemer, gjennomgang av ulykkesgranskinger for å identifisere relevante sjekklistespørsmål og problemstillinger til CRIOP
- **Litteraturgjennomganger, intervju og arbeidsmøter:** litteraturgjennomgang, av vellykkede prosjekter/ uhell, samt av litteratur med relevans for menneskelige faktorer innen høy automatisering, autonome system og AI. intervju av designere og sikkerhetseksperter
    - **Utfordringer og praksis:** Gjennomgang av sikkerhetsutfordringer og praksis for design av sikkerhetskritiske kontrollsystemer
    - **Vellykket design og gjenvinninger:** Gjennomgang av vellykket design, implementering og drift av automatisering og fjernstyring, inkludert vellykkede gjenvinning.
- **Praksis, designstandarder:** Samle og analysere gjeldende praksis, systematisering og strukturering av designstandarder, retningslinjer og forskrifter knyttet til automatisering og fjerndrift.
- **Praksis og forbedring CRIOP:** Vurdere praksis i bruk av CRIOP, og forbedre CRIOP-metoden **Validere metoden inklusive** diskusjoner i arbeidsgrupper mellom de som er involvert i utforming, drift og kvalitetssikring av relevante digitale systemer.

Denne kombinasjonen av forskning, praktisk erfaring og systematiske analyser danner grunnlaget for rapportens anbefalinger.

### 1.3 Rapportens struktur

**Oppsummering (2 sider):** Denne rapporten starter med en kort oppsummering som inneholder de viktigste konklusjonene.

Deretter følger en beskrivelse av selve MAS prosjektet og tilnærminger som er brukt.

**Del I: Sammendrag (26 sider):** Denne delen inneholder sammendrag av sentral forskningsbasert kunnskap hvor vi går gjennom viktige tema som systemperspektivet, viktighet av prosjektdefinisjon, kunnskap knyttet til automasjon/digitalisering og Human Factors, samspillet mellom HRL og TRL, tiltakspyramiden og litt om læring og kunnskap som sentrale fundamenter. Deretter kommer et sammendrag av empiriske funn – fra intervju, granskinger og fra gransking av ulykker og en oppsummering av bakgrunn for CRIOP oppdateringene i avsnitt 3.5

**Del II: Utdyping og avsluttende refleksjon (53 sider):** Denne delen utdyper forskningsbasert kunnskap, empiriske funn og meningsfull menneskelig kontroll. Deretter refleksjoner knyttet til tilsyn og regelverk.
Rapporten kommer til slutt med en del avsluttende refleksjoner og oppsummeringer

**Del III: Samler referanser og detaljer (87 sider):** Del III samler referanser, forkortelser og vedlegg som inneholder noe mer detaljer om prosjektet

## 2. Sammendrag - Sentral forskningsbasert kunnskap i MAS prosjektet

I det følgende har vi gjennomgått sentrale begreper og kunnskapsgrunnlag som har vært styrende for MAS-prosjektets tilnærming til sikkerhet og design av digitaliserte systemer. Begrepene systemperspektiv, MTO (Menneske-Teknologi-Organisasjon), Human Factors (HF), TRL/HRL og Tiltakspyramiden er alle sentrale for å forstå hvordan meningsfull menneskelig kontroll kan opprettholdes i komplekse og automatiserte systemer. En viktig bærebjelke er rapportering og læring fra hendelser som betinger en åpen rapporteringskultur med god psykologisk trygghet. Rapportens senere kapitler, går i dybden på hvordan disse konseptene anvendes i praksis.

Sikkerhet i komplekse systemer krever et helhetlig systemperspektiv som innpasser teknologi, organisering og menneskelige faktorer (MTO). Systemperspektivet hjelper oss å forstå hvorfor hendelser skjer, ikke bare hva. I Rasmussens risikostyringsmodell, Rasmussen (1997) skjer feil som følge av samspillet mellom individer, teknologi og organisasjon, og det krever tverrfaglig samarbeid mellom tekniske eksperter, ergonomer, psykologer, sikkerhetseksperter og tilsynsmyndigheter.

For å kunne ivareta sikkerheten i komplekse systemer er det derfor viktig at nye prosjekter og endringer startes med en prosjektdefinisjon hvor man nettopp tenker igjennom systemperspektivet og sammenhengen mellom brukerne, organiseringen og teknologien.

Som en del av systemperspektivet er Human Factors (HF) en sentral disiplin. HF undersøker samspillet mellom mennesker og andre deler av et system, med mål om å optimalisere både menneskelig trivsel og systemytelse. HF bidrar til utvikling av sikre og brukervennlige systemer gjennom: oppgaveanalyse, situasjonsforståelse (SA), HMI- og alarmdesign, tilpasset opplæring og organisatorisk forankring

Et annet viktig perspektiv er samspillet mellom teknologisk modenhet (TRL) og menneskelig beredskap (HRL), ANSI/HFES (2021). For å sikre at ny teknologi faktisk kan tas i bruk på en trygg og effektiv måte, er det ikke tilstrekkelig å vurdere bare den teknologiske modenheten, ofte beskrevet som Technology Readiness Level (TRL). Det er også nødvendig å vurdere hvor godt mennesker, organisasjoner og prosesser er forberedt på å håndtere den nye teknologien — dette beskrives som Human Readiness Level (HRL). HRL angir hvor godt brukere, operatører og støtteorganisasjoner er rustet til å forstå, bruke og samhandle med teknologien. Uten en tilsvarende utvikling av HRL i takt med TRL, risikerer man at teknologi implementeres før mennesker og organisasjon er klare til å bruke den på en sikker og effektiv måte. Derfor må TRL og HRL utvikles parallelt for å sikre trygg og effektiv bruk av ny teknologi. Dette perspektivet er særlig relevant for vurdering av risiko og brukeraksept.

For å redusere risiko i design og drift kan Tiltakspyramiden (Hierarchy of Controls) gi en prioritering for sikkerhetstiltak:

1. Eliminering av farer
2. Substitusjon med sikrere alternativer
3. Tekniske barrierer/løsninger

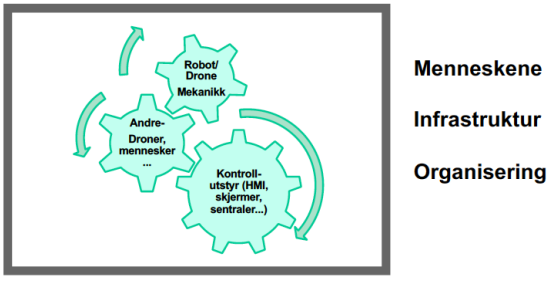
4. Administrative tiltak
5. Personlig verneutstyr

Tiltakspyramiden gir en prioritert tilnærming til sikkerhetsdesign, er beskrevet fyldigere senere. Prinsippet anvendes spesielt i forslagene til forbedringer i CRIOP-metoden.

Helt til slutt har vi lagt inn noen refleksjoner knytte til læring og åpen rapporteringskultur.

## 2.1 Viktigheten av systemperspektivet - MTO

Ett mål for prosjektet var å avklare «Meningsfull menneskelig kontroll- MHC» av fjernstyrte og automatiserte systemer. Målet for meningsfull menneskelig kontroll har vært sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet. MHC er avhengig et helhetlig systemperspektiv, som inkluderer teknologi, organisering og håndtering av menneskelige faktorer. Det tekniske systemet som opereres, kan ha brukergrensesnitt via skjermer og utstyr og må ses i sammenheng med organisering rundt bruken av systemet. Med det mener vi ansvarsfordeling, rutiner og mennesker med kunnskap. Også infrastrukturen rundt systemet må inkluderes, som fysiske barrierer og nødvendig teknisk støtte til operasjonene (som nettverk og sensorer), se Figur 2.1.




**Figur 2.1 Digitalisering må ses i et systemperspektiv**

**Systemperspektivet er viktig for sikkerheten** fordi det ser på hvordan ulike deler av et system– samhandler og påvirker hverandre. Systemperspektivet er kjernen i moderne sikkerhetstenkning som Safety-II, Resilience Engineering, og Human and Organizational Performance (HOP). Noen viktige grunner til å bruke systemperspektivet er:

1. At man lager gode systemer via en helhetsforståelse. Ved å analysere hvordan prosedyrer, utstyr, arbeidsmiljø og kommunikasjon fungerer sammen, kan man identifisere og forbedre sårbare punkter før de fører til ulykker.
2. Fjerner fokus fra menneskelig skyld. Mange ulykker skyldes ikke enkeltpersoners feil, men svakheter i systemet som tillater eller til og med fremmer feilhandlinger.
3. Bedre grunnlag for tiltak. Tiltak basert på systemanalyse (f.eks. forbedret design av tekniske løsninger, opplæring av brukerne, eller organisasjonsendringer) er ofte mer effektive enn å bare straffe eller korrigere enkeltpersoner.
4. Læring på tvers. Systemperspektivet gjør det lettere å se mønstre og lære av både ulykker og nestenulykker, noe som styrker kontinuerlig forbedring.
5. Tilpasset komplekse systemer. I moderne, teknologiske og komplekse organisasjoner (som oljeindustri) er det nettopp samspillet mellom mange faktorer som avgjør sikkerheten.

Et systemperspektiv gjør sikkerhetsarbeid sterkere, rettferdig og effektivt. Det hjelper oss å forstå hvorfor ting skjer – ikke bare hva som skjedde. Sikkerhet i sosiotekniske systemer er avhengig av samspill mellom mange aktører som diskutert av Rasmussen (1997). Det er teamarbeid, ofte med teammedlemmer på forskjellige steder som må forholde seg til en rask teknologisk utvikling. En

systemtilnærming erkjenner at den generelle ytelsen og sikkerheten til et system ikke bare handler om å optimalisere individuelle deler. Snarere sikkerhet oppstår fra hvordan disse delene samhandler og den større situasjonen de er i.

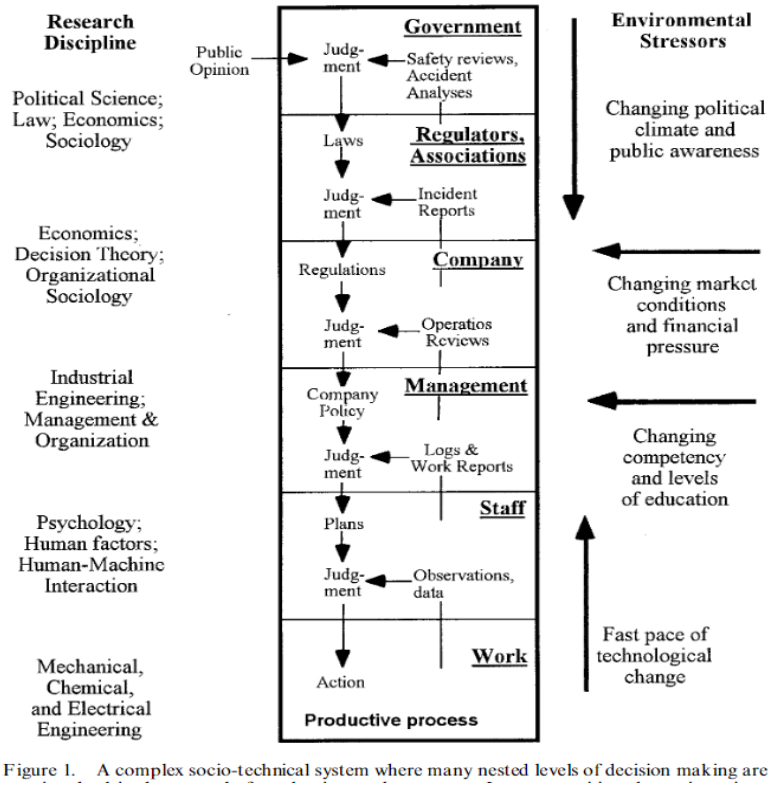



Figure 1. A complex socio-technical system where many nested levels of decision making are

Figur 1.2 Rasmussens risikostyrings-modell (1997) viser samspillet mellom individer, teknologi og organisasjonsdrift, og fremhever viktigheten av tverrfaglig samarbeid.

Rasmussens risikostyringsmodell, Rasmussen, (1997), viser hvordan feil og systemfeil kan oppstå fra det komplekse samspillet mellom individer, teknologi og organisasjonsdrift. Dette gir også et argument for hvorfor mange ulike interessenter må involveres i sikkerhetsarbeidet, f.eks.:

- retningslinjer, forskrifter og kulturelle faktorer påvirker også systemsikkerhet, og det er også behov for samarbeid mellom tilsyn, ledere og sikkerhetseksperter for å skape et miljø som prioriterer sikkerhet
- teknisk ekspertise er nødvendig for å forstå og kontrollere de teknologiske komponentene i et system, og ingeniører, IT-fagfolk og sikkerhetseksperter må samarbeide for å sikre at tekniske systemer fungerer innenfor sikre grenser
- Innsikt fra psykologi, ergonomi og menneskelige faktorer er avgjørende for å designe systemer som er motstandsdyktige mot menneskelige feil.
- løpende læring fra hendelser og nestenulykker er viktig, også organisasjonslæringen, for å gjennomføre virkelige endringer som øker sikkerhet

Både systemperspektivet og risikostyringsmodellen bør være utgangspunktet for prosjekter og endringer for å ivareta sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet, som beskrives i neste avsnitt.

## 2.2 Viktigheten av prosjektdefinisjon som bør bygge på MTO

Prosjektdefinisjonen bør bygge på et helhetlig systemperspektiv som nevnt i det foregående. En god prosjektdefinisjon er en avgjørende forutsetning for å lykkes med utvikling eller vedlikehold av komplekse systemer. Den fungerer som et styringsverktøy, kommunikasjonsgrunnlag og sikkerhetsnett for prosjektets gjennomføring. Prosjektdefinisjonen bidrar med:

1. **Klare mål og tydelig omfang:** En god prosjektdefinisjon setter konkrete og målbare mål som alle aktører kan enes om. Den etablerer et tydelig omfang og avgrenser hva prosjektet skal og ikke skal inkludere, noe som reduserer risiko for endringer og urealistiske forventninger.
2. **Beskrivelse av grensesnitt og sentrale aktører:** Ved å beskrive grensesnitt mellom systemer, organisasjoner og brukere, skaper man en felles forståelse for hvordan løsningen skal integreres i eksisterende praksis. Identifisering av sentrale brukere og interessenter sikrer at løsningen faktisk ivaretar behovene i praksis – både teknisk, operativt og organisatorisk.
3. **Ivaretar menneskelige og organisatoriske faktorer.** En helhetlig prosjektdefinisjon legger grunnlaget for at både brukerbehov, organisasjonsstruktur, opplæring, prosedyrer og endringsledelse blir vurdert. Dette er avgjørende for at systemet faktisk blir tatt i bruk og virker etter hensikten.
4. **Sikkerhet, brukervennlighet og effektivitet.** En tydelig prosjektdefinisjon gir grunnlag for å sikre at sikkerhet blir innebygd i designet, at løsningen er intuitiv å bruke, og at den støtter effektiv arbeidsflyt. Dette er spesielt viktig i sikkerhetskritiske domener (som helse, energi, transport), der feilmarginene er små og konsekvensene store.
5. **Styring og etterlevelse.** Den gir prosjektledelse og eiere et bedre grunnlag for styring, fremdriftskontroll og beslutningsprosesser. Den bidrar også til sikrere etterlevelse av relevante standarder, regelverk og beste praksis (som ISO, IEC, HSE-krav, etc.), bla. Etterlevelse av ISO 11064.
6. **Reduserer kostnader og endringer.** Ved å ha en felles forståelse fra starten, unngår man dyre endringer senere i prosjektet – ofte som følge av misforståelser, manglende krav, eller feilslått styring. Det sparer tid, penger og frustrasjon.

Kunnskap om systemperspektivet og viktigheten av prosjektdefinisjonen gjør at vi i det følgende kan gå gjennom viktig teori og kunnskap om automasjon/digitalisering og Human Factors.

## 2.3 Viktig sikkerhetskunnskap knyttet til automasjon/digitalisering og Human Factors

I det følgende går vi gjennom viktig sikkerhetskunnskap knytte til automasjon og digitalisering for effektiv og kostnadsgunstig innføring og bruk.

Automatisering forsøker å gjøre en prosess eller operasjon automatisk, slik at den i større eller mindre grad styrer seg selv. Resultatmålet er ofte å støtte menneskelige operatører i et krevende arbeidsmiljø, overlate enkle og repeterende oppgaver til automatiserte prosesser og fjerne mennesket fra farlige omgivelser. Begrepet autonomi viser til evnen et system har til å ta egne beslutninger, uten å involvere eksterne systemer eller operatører. Ansvarsforhold mellom system og operatør påvirkes av nivået på automatiseringen, "Levels Of Autonomy" (LOA) og hvordan mennesket kan påvirke automasjonen.

Parasuraman og Riley (1997) fant at automatisering krever grundig analyse av oppgavene som skal utføres og bedre menneske-maskin grensesnitt (HMI). Det krever bedre håndtering av avvik og god informasjon når automatikken bryter sammen, noe som også ble påpekt av Bainbridge (1983), noe som gjør at man må tilpasset opplæringen til å behandle avvik. Alt dette gjør at økt automatisering krever økt forståelse for human factors (HF).

**Human Factors (HF):** Viktige teorier for HF og hvordan man utformer sikre systemer beskrives i:

- Lee et al. (2017) «Designing for People», og i Endsley (2019) «Human Factors & Aviation Safety», med beskrivelse av samspill med menneskelige aktører og teknologien
- Barrieretenking i Reason (1999) «Organisational Accidents and Safety Culture»
- Håndtering av det uventede som beskrevet i Hollnagel et al. (2006) «Resilience engineering»

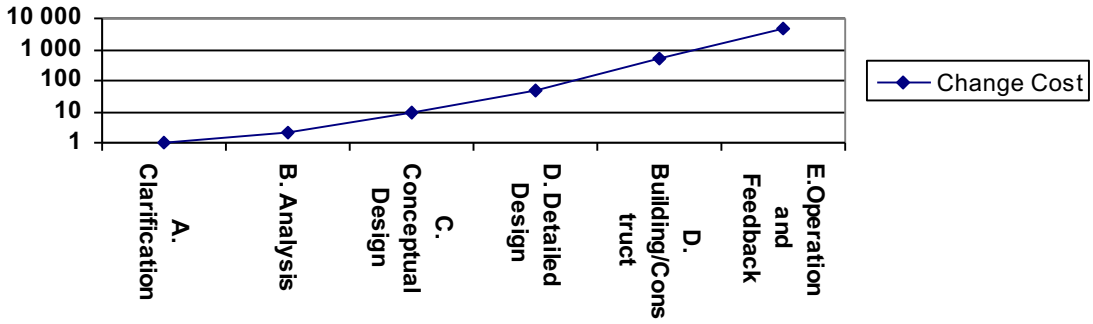
Human Factors (HF) er basert på definisjonen fra IEA-International Ergonomics Association (2000): "*Human Factors is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and other methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance*"

**Konsekvensen av å undervurdere HF:** Manglende prioritering og forståelse av menneskelige faktorer har ledet til flere uønskede hendelser med katastrofale konsekvenser og kostnader, eksempelvis:

- Macondo, Deepwater Horizon – 11 døde, tap på over 60 milliarder USD
- Helge Ingstad – 11 Milliarder NOK som estimert gjenanskaffelseskostnad, hvor situasjonsforståelsen ikke samsvarte med omgivelsene
- Boeing 737 Max – 346 døde og store tap pga dårlig design av automatisering

**HF fra starten og i design vil øke sikkerhet og gi god kost/nytte:** En viktig forutsetning for å unngå ulykker er at man tar tak i det riktige problemet med riktig løsning/design. Systematiske analyser av tilgjengelige granskinger har anslått at en stor andel av alle uønskede hendelser (40-60%) skyldes dårlig design, Kinnersley (2007), Moura (2016). Norman (2013), sier klart «Human Error?, No Poor Design».

Digitalisering og etablering av sikre og gode løsninger gjøres mest kostnadseffektivt i tidlige faser. Figur 2.3 presenterer endringskostnader i ulike faser, Boehm (1974), Szymberski (1997), Samset (2001); Behm (2005); Driscoll et al. (2008). Erfaring sier klart at det er kostnadseffektivt å bruke ressurser på prosjektavgrensning, godt design og testing tidlig. Kostnaden for prosjekt-aktiviteter og endringskostnadene øker omtrent eksponentielt jo lengere ut i løpet endringene skjer




**Figur 2.3 Endringskostnader avhengig av fase, Boehm (1974), Szymberski (1997), Samset (2001); Behm (2005); Driscoll et al. (2008).**

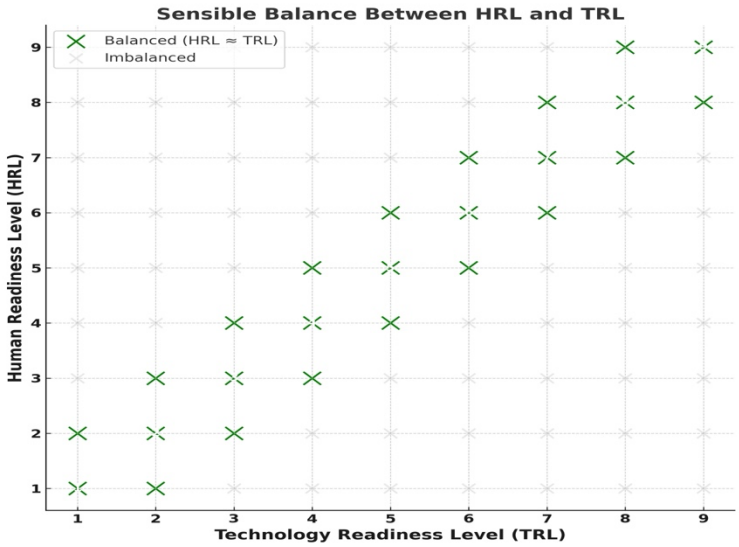
Alt dette understøtter behovet for å se på HF så tidlig som mulig. Ved innføring av ny teknologi (automasjon, digitalisering, AI) må både teknologien utvikles og testes så den fungerer, men samtidig må samspillet med brukerne modnes slik at vi får sikkert, effektivt og brukervennlig system. Dette samspillet mellom teknologisk modenhet og modenhet for bruk av mennesker gjennomgås I det neste avsnittet.

## 2.4 Samspillet mellom TRL og HRL: En forutsetning for sikker og effektiv teknologiimplementering

Implementering av ny teknologi i sikkerhetskritiske systemer, som kontrollrom, luftfart eller prosessindustri, fordrer mer enn at teknologien i seg selv er moden og teknisk velfungerende. Det er avgjørende at teknologisk modenhet (Technology Readiness Level – TRL) utvikles i tett samspill med menneskelig modenhet (Human Readiness Level – HRL). Der TRL vurderer hvor langt en teknologi har kommet fra idé til ferdig testet system, vurderer HRL i hvilken grad mennesker er tatt hensyn til og om de er klare til å bruke, forstå og tilpasse seg teknologien, Greene et al. (2019; Alberts (2019).

Manglende koordinering mellom nivå på HRL og TRL kan føre til alvorlige avvik mellom teknisk suksess og operasjonell suksess. Det er velkjent at mange teknologiske løsninger feiler i implementeringsfasen ikke fordi de er teknisk dårlige, men fordi de ikke er tilpasset brukernes ferdigheter, begrensninger og arbeidskontekst Greitzer et al. (2011).

Dersom TRL er høy (for eksempel 8–9), men HRL henger etter (for eksempel 3–5), kan resultatet være brukerfeil, lav tillit til systemet, eller direkte operasjonell svikt Boring et al. (2020). Et slikt modenhetsgap kan øke risikoen for både sikkerhetsrelaterte hendelser og svekket ytelse, se vedlagte figur som viser fornuftig balanse mellom HRL og TRL.




**Figur 2.4 Viktig balanse mellom HRL og TRL (Grønne kryss OK balanse)**

I de mellomliggende utviklingsfasene (TRL og HRL 4–6) er iterativ designkritikk og «Human in the loop» -testing sentralt. HRL fokuserer på tilpasning av grensesnitt, brukervennlighet, opplæring, situasjonsforståelse og organisatorisk forankring – alle faktorer som må utvikles samtidig med teknologien. HRL 4–6 innebærer typisk brukerinvolvering, scenario-testing og tilbakemeldinger som gir grunnlag for designforbedringer på teknisk side (TRL 4–6). Ved å avdekke feil og svakheter tidlig, reduseres behovet for kostbare omarbeidinger i sluttfasen Gordon et al., (2015).

I operasjonelle systemer er det vist at høy TRL alene ikke er tilstrekkelig for effektiv drift. For eksempel i anskaffelser i forsvar og i kjernekraftsektoren har man sett at suksess kun oppnås dersom det også foreligger høy HRL – altså at brukere sine oppgaver er forstått, design er tilpasset og de er opplært, prosedyrer er på plass, og grensesnitt er testet i realistiske forhold Sanderson et al., (2019). HRL-nivåene vurderer blant annet grad av forståelse, aksept, og ytelse i kontekst – som ikke nødvendigvis fanges opp i teknisk verifikasjon.

I praksis betyr dette at mennesker og teknologi må "modnes" sammen. Teknologien må utvikles med utgangspunkt i menneskelige kapabiliteter og begrensninger. Dersom dette neglisjeres, kan det lede til designvalg som gjør teknologien vanskelig å bruke, eller i verste fall farlig. HRL setter søkelys på slike svakheter, og skaper en plattform for integrert utvikling av både teknologi og brukervilkår.

Balansert HRL/TRL sier noe om at teknologien fungerer for brukerne dvs. TRL avgjør om teknologien virker. HRL avgjør om mennesker kan bruke den riktig. Begge må vurderes og utvikles parallelt for å sikre trygg og effektiv bruk. Samtidig er det ikke nok at teknologien virker i seg selv, teknologien bør understøtte effektivitet, sikkerhet og brukervennlighet, så spørsmålet er jo «Gjør vi de riktige tiltakene» i tillegg til spørsmålet om «er tiltakene laget slik at de virker rett». Dette analyseres via tiltakspyramiden.

## 2.5 Tiltakspyramiden – gjennomfører vi de riktige tiltakene?

Systematiske analyser av ulykkes-granskninger viser at en betydelig andel uønskede hendelser – rundt 40 – 60 % – kan tilskrives mangelfull utforming av arbeidsrutiner og teknologi Kinnersley et al., (2007); Moura et al., (2016).

For å diskutere om vi setter i verk de riktige tiltakene kan vi bruke **kontrollhierarkiet/ tiltakshierarkiet** (Hierarchy of Controls, HoC) en strukturert ramme som rangerer sikkerhetstiltak etter effektivitet: fra å eliminere farer ved kilden til å benytte personlig verneutstyr som siste utvei.

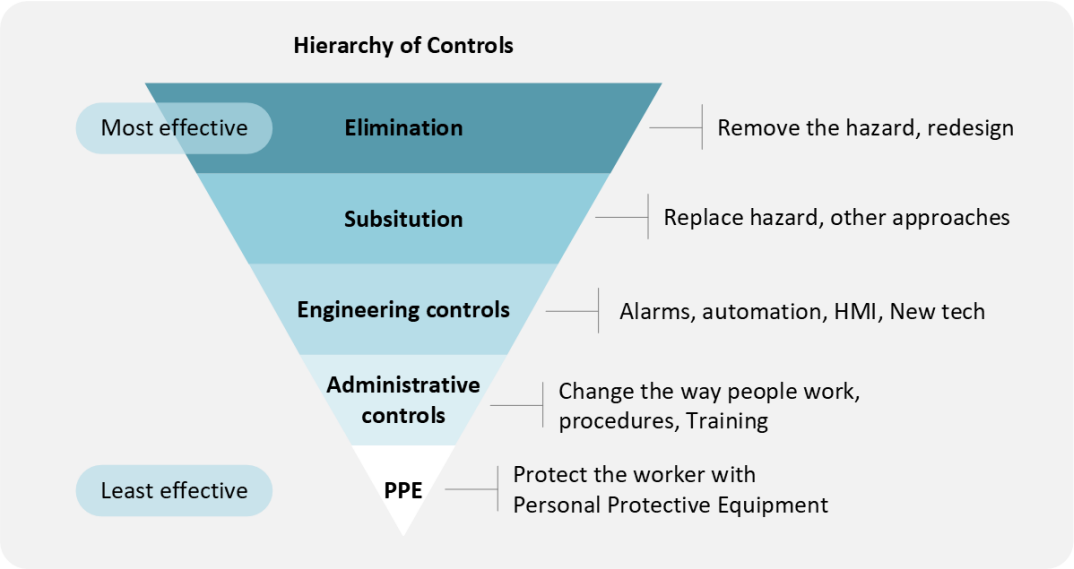
Kontrollhierarkiet prioriterer risikoreduserende strategier som fjerner farer tidlig og dermed minimerer gjenværende risiko. Prinsippene gir størst gevinst når de anvendes i designfasen, men bør også tas i bruk under drift for å redusere feilfeller og styrke systembarrierene. En slik risikobasert tilnærming til både design og drift støttes av flere studier, blant annet Dyreborg et al. (2022).

I dette arbeidet legger vi til grunn kontrollhierarkiet slik det er diskutert av Manuele (2005) og beskrevet sist av NIOSH (2024).De viktigste tiltakene presenteres i prioritert rekkefølge i Figur 2.5.

Ved å anvende kontrollhierarkiet kan vi utvikle og iverksette tiltak som har størst innvirkning på risiko. De mest effektive kontrollene er *eliminering*, *substitusjon* og *tekniske tiltak/ barrierer* (engineering controls), og disse bør alltid vurderes når avbøtende tiltak identifiseres.

**Eliminering.** Eliminering innebærer å fjerne farlige forhold fullstendig gjennom endringer i design, utstyr eller arbeidsprosesser, slik at alvorlige hendelser ikke kan oppstå. Ideelt skjer dette allerede i konseptfasen, ved hjelp av brukersentrert design. Eksempler er å fjerne personell fra farlige omgivelser gjennom fjernstyrte operasjoner.

- *Tsjernobyl.* Designfeil – blant annet et kontra-intuitivt reaktoroppsett – kunne ha vært eliminert ved å velge en sikrere reaktortype, INSA Group (1992).
- *Deepwater Horizon.* Ulykken inntraff i et oljefelt som var kjent for høyt poretrykk og skjøre formasjoner; andre operatører hadde allerede avbrutt boring der. Å stanse virksomheten i et slikt høyrisikofelt kunne ha eliminert faren.
- *Texas City.* Å erstatte åpne blow-down-tårn med et lukket fakkelsystem i designfasen ville ha fjernet den underliggende risikoen.
- *Boeing 737 Max.* Svake designvalg – å presse større motorer inn på en eldre flykropp – nødvendige komplekse kompenserende systemer som til slutt sviktet, og illustrerer betydningen av eliminering i tidlig designfase, Henderson (2025).




**Figur 2.5 Prioritering av tiltak fra Kontrollhierarkiet /tiltakshierarkiet**

**Substitusjon.** Substitusjon innebærer å erstatte materialer, aktiviteter eller operasjoner med tryggere alternativer – enten gjennom ny teknologi eller systemer som er mer feiltolerante. Automatisering kan også fungere som en form for substitusjon når den overtar farlige, krevende eller «skitne» oppgaver fra mennesker.

- *Bhopal i 1984, Ogle et al. (2015).* Gasslekkasjen kunne vært unngått dersom en mindre giftig kjemikalie hadde erstattet metylisocyanat (MIC) via andre prosesser, ved mindre lagring av MiC
- *Fukushima i 2011.* Risikoen for nedsmelting kunne vært redusert ved å fase ut eldre reaktordesign til fordel for moderne, passivt sikre alternativer.
- *Auto-GCAS i F-16, Carpenter (2019).* Det automatiske bakkekollisjonsvernsystemet har avverget minst åtte katastrofer ved å erstatte pilotens siste-sekund-manøvre med pålitelig automasjon.

Når teknologi benyttes som substitutt for menneskelig innsats, bør fordelingen av oppgaver ta utgangspunkt i en oppdatert versjon av Fitts' liste, De Winter et al., (2014), Lee et al., (2017). Dette sikrer at automasjonen faktisk øker sikkerheten sammenlignet med tidligere arbeidsmåter og ikke introduserer nye sårbarheter.

**Tekniske tiltak/barrierer (engineering controls).** Tekniske tiltak/barrierer omfatter systemutforming som reduserer risiko uavhengig av menneskelig inngripen, blant annet ved å gjøre systemet feiltolerant eller ved å øke operatørenes situasjonsforståelse. Typiske virkemidler er feiltolerante konstruksjoner, målrettede alarmstrategier og menneske–maskin-grensesnitt som gir «situasjonen ved et blikk». Gode og dårlige eksempler er:

- *Unified Bridge (UB).* Et helhetlig bro-konsept som samler all relevant informasjon i ett konsistent visningsbilde, senker kognitiv belastning og forebygger feil.
- *Tsjernobyl fra 1986.* Kontrollpanelet var kontra-intuitivt, manglet sanntidsdata og ga villedende alarmer; et bedre HMI-design kunne ha hindret fatale operatørhandlinger.

- *Deepwater Horizon fra 2010.* Kritiske alarmer ble undertrykt, noe som forsinket erkjennelsen av brønnkontrolltap; et mer informativt alarm- og display-system ville ha gitt tidlig varsling.
- *Three Mile Island fra 1979.* Indikatorene viste kun ventilens styresignal, ikke dens faktiske posisjon; dermed ble en åpen trykkavlastningsventil oversett. Et mer presist statusdisplay kunne ha avverget hendelsen.
- *Texas City fra 2005.* Lukkede fakkelsystemer og sprengskillevegger i designfasen ville ha redusert skadeomfanget betydelig.
- *Space Shuttle Challenger fra 1986.* Forbedret O-ring-design og grundigere testregimer kunne ha forhindret den katastrofale svikten i rakettene.

Disse eksemplene illustrerer hvordan bedre system- og grensesnittdesign kan hindre ulykker eller, som et minimum, begrense konsekvensene.

**Administrative kontroller (administrative controls).**
Administrative kontroller endrer selve måten folk arbeider på – gjennom opplæring, jobbrotasjon, kommunikasjonsprosedyrer og omarbeidede rutiner – og blir spesielt viktige når tekniske tiltak alene ikke strekker til.

- *Tenerife fra 1977.* Etter verdens største flyulykke ble **Crew Resource Management (CRM)** innført for å forbedre kommunikasjon og teamarbeid i cockpiten, og har siden vært et kjernetiltak i luftfarten.
- *Piper Alpha fra 1988.* Mangelfulle prosedyrer og svak informasjonsflyt bidro sterkt til katastrofen; hendelsen viser hvor avgjørende klare arbeidsprosesser og robust skift- og vedlikeholds-dokumentasjon er.

Administrative kontroller kan ikke eliminere farer, men de kan redusere sannsynligheten for menneskelige feil og styrke eksisterende barrierer når de er godt forankret i organisasjonskulturen.

**Personlig verneutstyr (PPE).**
PPE utgjør den **siste forsvarslinjen** når høyere nivåer i kontrollhierarkiet ikke lar seg realisere. Eksempler omfatter overlevelsesdrakter, hansker og åndedrettsvern.

- *Fra 9/11ulykken i 2001.* Bedre åndedrettsvern for førsteinnsatspersonell kunne ha redusert de langvarige helseeffektene av eksponering for støv og røyk.
- *Montara-utslippet i 2009.* Korrekt bruk av verneutstyr ville ha begrenset arbeidstakernes kontakt med olje- og kjemikaliepartikler under oppryddingen.

Selv om PPE er kritisk ved akutte farer, gir det minst risikoreduksjon i hierarkiet og krever konsekvent bruk, tilstrekkelig opplæring og god ergonomisk tilpasning for å være effektivt.

Selv om vi bruker tiltakshierarkiet, er det viktig å være klar over skillet mellom strukturer for arbeidet (det vi tror ansatte gjør) – “Work as Imagined” vs det folk virkelig gjør – “Work as Done”.

Vårt overordnede mål er å gi de som utfører arbeidet et trygt og støttende arbeidsmiljø, og da er designarbeidet viktig i kombinasjon med analyser av hvordan arbeidet gjøres. God praksis innen **Human Factors Engineering (HFE)** – kombinert med verktøy som **CRIOP** – bidrar til å redusere avviket mellom *Work As Imagined* (WAI) og *Work As Done* (WAD) ved å fokusere på

prosjektdefinisjon, systemdesign, brukervennlighet og menneskelige forutsetninger. Nedenfor skisseres sentrale strategier og HFE-prinsipper som kan bidra til å harmonisere WAI og WAD og derigjennom forebygge ulykker:

1. **Observasjonsstudier og feltarbeid:** Gjennomfør etnografiske studier, direkte observasjoner og oppgaveanalyser for å kartlegge faktiske arbeidsprosesser – særlig i risikoutsatte områder. For risikobaserte oppgaver kan man benytte metodikken *Human Factors in Task-Based Risk Assessment* er beskrevet av Energy Institute (2025, 2020).
2. **Brukersentrert design:** Utform verktøy, grensesnitt og arbeidsprosesser med utgangspunkt i brukernes behov og atferd, snarere enn idealiserte antakelser, med ISO 9241-210 og ISO 11064 som veiledning.
3. **Funksjons- og oppgaveanalyse samt kognitiv belastning:** Utfør funksjonsanalyser og (sikkerhetskritiske) oppgaveanalyser for å vurdere arbeidsbelastning, oppmerksomhetskrav og beslutningsprosesser, slik at systemet støtter menneskelig ytelse (for eksempel gjennom funksjonsallokering og vurdering av automasjonsgrad).
4. **Scenarioanalyse, testing, simulering og prototyping:** Analyser, utforsk og test nye systemer i kontrollerte, men realistiske omgivelser før full utrulling.
5. **Opplæring og adaptive systemer:** Gi opplæring som gjenspeiler reell variasjon i arbeidsoppgavene, og utvikle adaptive prosedyrer som gir fleksibilitet uten å gå på bekostning av sikkerheten.
6. **Lærings-løkke og scenario-utforskning:** Etabler mekanismer som lar operatører rapportere ineffektive løsninger eller avvik fra prosedyrer, slik at systemer kan forbedres kontinuerlig.

Ved å integrere HFE-prinsippene kan organisasjoner bringe forventninger nærmere virkeligheten, samtidig som de øker sikkerhet, effektivitet og trivsel – uten å gå på akkord med systemets ytelse.

### 2.6 Læring som bærebjelke - Jakten på kunnskap trumfer jakten på syndebukker

I forbindelse med MAS prosjektet og videreutvikling av CRIOP metoden har vårt formål vært å prioritere læring framfor skyld, i tråd med bl.a. hva ledelsen i Luftforsvaret ved brigader Øivind Gunnerud sier: «Jakten på læring trumfer jakten på syndebukker», UAS (2023).

Det å kunne ta opp et problem uten å være engstelig for at det skal lede til konsekvenser, har vært et bærende prinsipp i mange industrier, men det har vært en uheldig utvikling I en del sammenhenger- bl.a. fra Boeing, se Hopkins (2025) men også fra prosjekter I Norge. Fra Melkøya har det kommet utsagn om at det kan være vanskelig å ta opp problemer ref https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/stortinget-retter-kraftig-kritikk-mot-equinor-etter-melkoya-avsloringer-1.17462670 - det er imidlertid et sammensatt problem, hvor det er viktig med åpenhet og læring.

**Viktigheten av åpen rapportering**

I sikkerhetskritiske organisasjoner er det avgjørende å skape en kultur som fremmer læring, åpenhet og kontinuerlig forbedring. Prinsippet bak det å prioritere kunnskap fremfor syndebukker beskrives i Dekker (2016), der det handler om å flytte fokus til hva som gjorde feilen mulig. Dette er koplet til systemtenkning hvor feil vanligvis er et symptom på underliggende systemsvikt, og det er viktig å få problemer opp i lyset via god praksis for rapportering og læring.

Hvis ansatte eller konsulenter eller forskere frykter sanksjoner, vil de være mindre tilbøyelige til å rapportere og dokumentere utviklingen, direkte feil, nesten-hendelser og svakheter i systemene. En organisasjon som setter søkelys på å "finne syndebukken" eller å bortforklare bygger ned tillit og reduserer kvaliteten på det kollektive læringsgrunnlaget. I motsetning til dette fremmer en læringsorientert tilnærming rapportering, refleksjon og læring, Dekker (2016), Reason (1997).

**Sikkerhet skapes av systemer, ikke enkeltpersoner alene**
Ulykker oppstår sjelden på grunn av én isolert handling. I komplekse systemer er det ofte flere samtidige faktorer som må være til stede for at noe går galt – teknologiske, organisatoriske og menneskelige. Jakten på kunnskap tvinger organisasjonen til å utforske dette samspillet, og til å stille spørsmål som:

- Hvordan var arbeidsbetingelsene?
- Var det støtte i prosedyrer og grensesnitt?
- Hvordan fungerte kommunikasjonen og koordineringen?

Dette perspektivet samsvarer med moderne systemteori og resilient tenkning Hollnagel, Woods & Leveson (2006).

**Sterke kultur knyttet til rapportering og læring bidrar til bedre sikkerhet**
Feil og svakheter kan og vil oppstå – og at disse kan og må brukes som grunnlag for forbedring. Dette er også kjernen i høy pålitelighet (HRO), der organisasjoner er opptatt av å fange opp små avvik før de eskalerer Weick & Sutcliffe (2007).
Dersom en organisasjon konkluderer med at "feilen lå hos operatøren" uten å undersøke hvorfor feilen var mulig eller forståelig i situasjonen, mister man innsikt i hvordan systemet faktisk fungerer. Det fører til korrigerende tiltak på individnivå, som ofte har liten effekt på fremtidig risiko.
Å prioritere jakten på kunnskap fremfor jakten på syndebukker er ikke bare et spørsmål om rettferdighet – det er en forutsetning for langsiktig sikkerhet og organisatorisk læring. Det gir et helhetlig og nysgjerrig blikk på hendelser, og legger grunnlaget for at ansatte tør å si ifra, reflektere over praksis og bidra til forbedring. Prinsippet styrker tilliten i organisasjonen og fremmer en moden kultur knyttet til rapportering der læring og forbedring er viktigere enn straff.
**Økt læring fra vellykket design – vellykket håndtering trengs**
Å lære fra beste praksis innen Human Factors (HF) er avgjørende for å styrke sikkerheten i komplekse systemer og operasjoner. Erfaring viser tydelig at systemer designet med et solid HF-fokus øker evnen til å håndtere uventede situasjoner og reduserer risikoen for menneskelige feil Kirwan (2025); Endsley, (2025).

Eksempelvis viste den vellykkede nødlandingen av US Airways Flight 1549 på Hudson River viktigheten av å integrere god HF-design. Pilotenes evne til effektiv beslutningstaking og tydelig kommunikasjon var avgjørende, og dette ble muliggjort av ergonomisk og intuitiv utforming av cockpitens instrumenter og grensesnitt NTSB (2010); Dekker, (2015).

På norsk sokkel er Edvard Grieg-installasjonen et eksempel på en plattform med grundig integrering av HF-prinsipper i designfasen og i utforming og oppfølging av alarmstrategi, bl.a. via CRIOP analyser. Godt design og god oppfølging har ført til økt situasjonsbevissthet og gode

alarmer, noe som igjen bidrar vesentlig til sikker drift og reduserer sannsynligheten for alvorlige hendelser. Edvard Grieg-installasjonen var den eneste installasjon som ikke mottok kritikk ved Petroleumstilsynets alarmtilsyn, Ptil (2020).

Unified Bridge-konseptet innen maritim sektor har også vist positive resultater gjennom tydeligere informasjonsflyt og forbedret oversikt, noe som reduserer stress og arbeidsbelastning i kritiske situasjoner Bjørneseth (2021), Hetherington et al. (2006). Dessverre finnes det fortsatt relativt få publiserte eksempler på tilsvarende gjennomførte HF-design innen olje- og gassindustrien, noe som understreker behovet for mer systematisk læring og kunnskapsdeling fra slike suksesshistorier.

For å ytterligere styrke sikkerheten bør bransjen aktivt hente erfaringer fra andre sektorer og systemer der god praksis allerede er etablert, samt dokumentere og spre eksempler på vellykkede HF-løsninger. Dette vil ikke bare bidra til bedre design av nye installasjoner og systemer, men også gi mulighet til å forbedre eksisterende anlegg, redusere risiko og øke robustheten i håndteringen av komplekse og uforutsette situasjoner som beskrevet i via Safety II perspektivet Hollnagel, (2017).

## 3 sammendrag - Viktigste empiriske funn fra aktivitetene i prosjektet

I det følgende har vi dokumentert de viktigste funnene fra aktivitetene som er gjennomført, dvs:

- Læring fra hendelser
- Funn fra litteraturgjennomgang, intervju og arbeidsmøter
- Oppsummering av sentrale standarder og praksis
- Viktige områder for forbedring av CRIOP

De viktigste resultatene fra prosjektets er de publiserte artiklene i konferanser/journaler, bøker, kronikker, HFC Workshops og den publiserte CRIOP rapporten.

### 3.1 Læring fra hendelser

I prosjektet er ti granskingsrapporter re-evaluert for å identifisere viktige tema for meningsfull menneskelig kontroll knyttet til digitalisering og fjernstyring. Vi har da vært opptatt av om design har tatt hensyn til HF (f.eks. med viktige tema som mental overbelastning) og om det har vært gode rapporteringsrutiner for avvik knyttet til menneskelige faktorer (eks for mange alarmer i sikkerhetskritiske områder). På grunn av modenhet og erfaringsnivå har vi sett på granskinger med høy grad av automasjon også fra andre områder enn petroleum, da de har blitt vurdert til å være relevant for oljesektoren når det gjelder funn. Organisatoriske forhold har også vært berørt, dette med økt grad av «outsourcing» og samtidig ivaretakelse av «på-se» ansvaret, for at sikkerheten blir ivaretatt når det er konkurranse mellom underleverandører for å gi billigst tilbud. Ivaretakelsen av sikkerhet i forbindelse med «outsourcing» har vært tatt opp av IOGP (2017).

**Følgende hendelser har vært gjennomgått:**

1. Boeing 737 Max styrt Endsley (2019), NTSB (2019), ECAA (2019), Hopkins (2025).
2. Flight 1549 (Airbus A320) motorstopp – landet trygt på Hudson River, NTSB (2010),
3. PSV Sjøborg og SFA, kollisjon mellom skip og plattform- Equinor (2019, 2019a).
4. KNM Helge Ingstad kollisjon AIBN (2019), Alsos et al (2023), granskingsmetoder og systemer
5. DP operations Dong, Vinnem & Utne (2017), se på systemer og alarmer
6. Trafikkulykke med Tesla (Joshua Brown) i USA – NTSB (2017). se også Motor (2024).
7. West Hercules - ADS Barents, Ptil (2019)
8. Macondo Blowout US-CSB (2016) og Tinmannsvik et al., (2011)
9. Pryor Trust – Blowout US-CSB (2019)
10. Mærsk Gallant – Brønnkontrollhendelse Mærsk Drilling (2015)

Flere av rapportene var svake på å vurdere hvordan de involverte forstod hendelsen, heller ikke ble det vurdert kvaliteten på bakenforliggende design (som f.eks. kunne lede til mental overbelastning), Mange av hendelsene illustrerte gapet mellom «Work as Done» og «Work as Imagined», ved at dårlig design, i uheldig kombinasjon av vanlig praksis ledet til en ulykke. Flere av granskingene manglet det systemiske perspektivet og referanse til Safety II, Hollnagel (2017).

De viktigste årsaksforholdene i hendelsene var at systemene ikke ga grunnlag for god situasjonsforståelse (dvs. ga ikke god nok informasjon tilpasset bruk), skapte/stress og mental overbelastning og/eller ikke varslet på en måte som var forståelig for brukerne. Granskingene peker

på at HF må innpasses bedre i utviklingen, og brukerne må ha en mer sentral plass under design, testing og godkjenning av systemene. Systemene som ble beskrevet var fragmenterte, mange med dårlige alarmsystemer (som ikke fulgte alarmstandarder som EEMUA 191). Funnene tyder på dårlig prosjektstyring fra start, og manglende MoC – Management of Change og behov for bedre integrasjon (f.eks. brukergrensesnitt) av samvirkende systemer. I flere av granskningene ble det påpekt fragmentert organisering og uklar ansvarsdeling av viktige oppgaver mellom operatør og kontraktør, noe som kan håndteres gjennom bedre oppfølging av arbeidsprosesser, klarere organisering/ansvar og bedre opplæring. Granskingene burde ha tatt med seg vurdering av «På-Se» ansvaret, dvs om operatør/reder fulgte opp sikkerheten i driftsfasen – f.eks. for PSV Sjøborg – hvorfor hadde skipet så dårlig alarmsystemer, hvorfor ble ikke god praksis fra Unified Bridge benyttet/ diskutert under granskingen, se Bjørneseth (2021).

Viktigste resultater:

- Kvaliteten på granskingene må bli bedre – de involverte må ha en stemme, gapet mellom WAD vs WAI må komme frem, svakheter i design må undersøkes, anerkjente granskingsmetoder må benyttes. Dessuten bør det vurderes å utvikle en felles ISO standard for ulykkes gransking, både for å øke kvaliteten og for å få bedre samsvar mellom forskjellige bransjer hadde det kunnet bidra til økt læring og kunnskap om rot årsaker mellom flere områder.
- Riksrevisjonen påpeker manglende HF perspektiver – «Antall ulykker til sjøs har økt. Menneskelige faktorer blir rapportert som direkte årsak til mange av ulykkene med næringsfartøy. Vår undersøkelse viser at Sjøfartsdirektoratets tilsyn ikke er godt nok tilpasset for å avdekke dårlige arbeids- og levevilkår.» Riksrevisjonen i Dokument 3:9 (2022–2023)
- Kartleggingen av hva som hendte i automatikk vs mennesket må bli bedre, ref også Motor (2024) hvor en bare ser hva automatikken gjør, ikke hva mennesket gjør
- Systemene gir ofte svak situasjonsforståelse, de var dårlig utformet, alarmene ga ofte ikke god støtte, ansvaret var fragmentert, prosjektstyring av systemene var ikke tilfredsstillende
- Eksisterende god praksis som NSIA (2022 ) og metodene fra Australian Transport Safety Bureau ATSB (2007) bør benyttes i større grad under gransking samt beste praksis ref Bjørneseth

## 3.2 Funn fra litteraturgjennomgang, intervju og arbeidsmøter

Målet med litteraturgjennomgangen har vært å samle kunnskap om sikkerhetsutfordringer og praksis for design av sikkerhetskritiske kontrollsystemer og kunnskap om vellykket design og drift av automatisering og fjernstyring.

Et sentralt prinsipp ved utvikling og innføring av ny teknologi er å designe for sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) har påpekt at en av de beste måtene å forebygge og kontrollere yrkesskader, sykdommer og dødsfall på er å 'designe ut' eller minimere farer og risikoer tidlig i designprosessen. I granskinger av flere ulykker har dårlig design blitt identifisert som sentrale rotårsaker til ulykker, som f.eks. Tsjernobyl-katastrofen INSA Group (1992). Boeing Max-ulykken Endsley (2019) og USS John McCain-ulykken NTSB (2019). Det har samtidig blitt påpekt at det er viktig at organisasjonen har bygget opp de rette forutsetninger for å kunne håndtere ny teknologi. Vanlige svakheter er uklarheter i roller, ansvar, og kommunikasjon, Milch og Laumann (2016). Dessuten kan det være lav risikooppfatning og bevissthet rundt nye utfordringer med teknologi Sætren og Laumann (2015).

Luftfart har så lav ulykkesrate at de karakteriseres som ultrasikre, Amalberti (2017), og har bygd opp sikkerheten basert på teknikker og prinsipper fra Human Factors, med sterk vekt på brukersentrert design, og prioritering av rapportering basert på "just culture", Kirwan (2025). Olje- og gass-industrien mangler ofte prioritering av menneskelige faktorer i både utviklingsprosjekter og drift, Bergh et al. (2024). Bransjen har også liten oppmerksomhet på mental arbeidsbelastning og oppfølging av alarmer, noe som har blitt dokumentert i flere tilsyn fra Havtil, siste fra Ptil (2022). Selv stående alarmer har ikke blitt tatt tak i, noes om skulle ha vært enkelt å rette opp. Det er rapportert uklare spesifikasjoner ved «outsourcing», de som setter ut arbeidet «skylder på» de som gjør jobben når det dukker opp problemer på grunn av manglende eierskap, enkelte operatører (Equinor er nevnt) presser pris så mye at det kan gå ut over sikkerheten. Graden av psykologisk trygghet har blitt redusert og man kan bli «uvenner» med ansvarlige om man sier i fra.

Vår definisjon av meningsfull menneskelig kontroll er: *Meningsfull menneskelig kontroll er en egenskap et system har (med mennesker, teknologi og organisasjon) til å bli kontrollert av mennesker for å unngå ulykker som påvirker HMS, ut fra menneskelige evner og begrensninger (som beskrevet av HF).*

Meningsfull menneskelig kontroll (MHC) er et styringsprinsipp som sikrer at mennesker forblir sentralt involvert i sikkerhetskritiske systemer, spesielt i møte med digitalisering, automatisering og fjerntilsyn. MHC bygger på at mennesker, teknologi og organisasjon samvirker effektivt. På basis av våre litteratursøk har vi strukturerer innsikten knytte til MHC i tre hovedområder: design, drift og læring.

**Design -** Effektiv MHC bygger på:

- **Systemtilnærming, man må se på hele systemet, dvs. både teknologi, mennesker og organisatoriske forhold.** Helhetlig tilnærming gjør at det riktige problemet kan vurderes, og at riktig utformet teknologi kan innføres med svært gode resultater, Helgar (2022) og Bjørneseth (2021). Bruk av HRL/TRL-rammeverk kan bidra til at teknologi blir bedre tilpasset til menneskelige kapasiteter, ANSI/HFES (2021); Yasseri & Bahai, (2018).
- **Menneskesentrert design øker sikkerheten**: Standarder for utvikling og tilpassing av teknologi som ISO 9241-210 og ISO 11064 fremmer brukervennlige, sikre og effektive grensesnitt, som øker sikkerheten, Norman (2013), og bidrar til å håndtere kritiske avvik som demonstrert ved landingen på Hudson river, NTSB (2010).
- **Oppgaveanalyse bidrar til å planlegge arbeidsbelastning og øke sikkerheten.** Oppgaveanalyse er en nyttig teknikk for å utvikle prosedyrer, alarmer og HMI, samt trene operatører på komplekse situasjoner, Energy Institute (2020), metodikken bidrar til å få kartlagt arbeidsbelastning noe som kan bidra til økt sikkerhet. Se også DSA Roadmap (2019).
- **God alarmhåndtering er viktig for å unngå mental overbelastning og redusere storulykkesrisiko**: Alarmstandarder som EEMUA 191 og IEC 62682 anbefales. Mental arbeidsbelastning og alarmflom er dokumentert årsak til flere storulykker, f.eks. Piper Alpha og Deepwater Horizon, Briwa et al. (2022).
- **Brukertesting og økologisk grensesnittdesign**: Brukertesting bidrar til å øke kvaliteten, øke forståelsen av systemer og redusere kostnadene. Brukertesting sikrer at systemene er intuitive,

effektive og oppfyller brukernes behov. Visualiseringer som gir “situasjonen ved første øyekast” fremmer situasjonsforståelse Meshkati (2006), Hollifield et al. (2008).

**Drift -** Driftsmessige faktorer som styrker MHC inkluderer:

- **Ivaretakelse av "På-se ansvar"**: For å unngå fragmenterte arbeidsprosesser og ansvar for sikkerheten som er satt bort, så er det slik at operatørene har ansvar for å «På-se» at sikkerheten i leverandørkjeden er ivaretatt, Havtil (2025). Med økt grad av outsourcing er det viktig at dette følges systematisk opp, IOGP (2017) og at økonomisk pres reduserer sikkerhet, Hopkins (2025).
- **Følge opp tid til å oppnå situasjonsforståelse (SA)**: Erfaring fra tidsforbruk knyttet til alarmstandarder, EEMUA 191, og fra ulykkes-granskinger tilsier at det kreves minimum 2–10 minutter for å oppnå SA i kriser. Manglende SA har vært en gjennomgående faktor og rotårsak til storulykker, Johnsen & Winge (2023).
- **Unngå feilfeller,** som beskrevet av Norsk Industri (2023): AI-induserte feil, nattarbeid, stress, stort avvik mellom «work-as-imagined» og «work-as-done» skaper fare. Strukturert styring av endringer må til, MoC, og systematisk oppfølging av AI systemer må etableres Cummings (2024).
- **Trening og prosedyrer**: Disse må bygge på oppgaveanalyse (eller SCTA) og realistiske arbeidskrav basert på HRL taksonomi, f.eks. som beskrevet i Johnsen & Aminoff (2024).

**Læring fra ulykker/ vellykkede gjenvinninger -** forbedring av MHC krever:

- **Systematisk ulykkesanalyse**: Metoder som STEP, Hendrick & Benner (1986) og Bow-tie bør brukes for å dokumentere hendelsesforløp, kartlegging av SA (situasjonsforståelse) med de involverte, Endsley et al.(2003), og kartlegging underliggende designsvikt må etableres; f.eks. basert på taksonomiene fra havarikommisjonen - NSIA (Norwegian Safety Investigation Authority (2022) og fra ATSB (2007).
- **Rotårsak bak "human error" må kartlegges**: 40–50 % av ulykker skyldes dårlig design Norman, (2013); Kinnersley & Roelen (2007).
- **Etisk ansvar**: Menneskelige feil skal være startpunkt for analyse, ikke sluttdiagnose, Dekker, (2017); van Winsen & Dekker (2016).

**Anbefalinger for beste praksis**

- Bruk ISO-/EEMUA-standarder for design og alarmer
- Byggg på HRL/TRL og bruk oppgave-analyser som basis i utviklingsprosjekter
- Prioriter operatørens situasjonsforståelse, SA, og tilpass prosedyrer og alarmer
- Etabler systematisk læring og ulykkes-granskninger hvor fokus er på designkvalitet og det å forstå underliggende årsaker til evt. menneskelige feilhandlinger
- Prinsipper for å styrke samhandling i distribuerte organisasjoner blir mer viktig i forbindelse med økt grad av outsourcing, derfor er det viktig med en risikobasert tilnærming til opplæring som Crew Resource Management (CRM). CRM har fått bred aksept i mange miljø og har vært prioritert i oljebransjen, IOGP (2014), maritim industri, luftfart og innen offshore helikopter.

Vanlig HF basert fremgangsmåte for å innføre automatisering, er lik den som brukes for automatisering av boreoperasjoner innen olje og gass, «Drilling Systems Automation Roadmap Report» -DSA Roadmap (2019), dvs:

- Oppgaveanalyse (med analyse av arbeidsoppgaver og kognitiv forståelse) for å bestemme prioriterte områder for automatisering
- Planlegging av optimal arbeidsbelastning og brukeranalyse
- Utforming av styringssystemer, informasjonsskjermer og visualiseringsverktøy for best mulig situasjonsforståelse
- Håndtering av at den operative kunnskapen reduseres gjøres ved å tilpasse nødvendig informasjon i menneske-maskin grensesnitt (HMI).

Det kan være nyttig å se til andre bransjer som har lengre erfaring med automasjon, design og menneskelige faktorer. Noen læringspunkter fra luftfart, vegtransport, sjøfart og bane er:

- Avgrensning av området for automatiserte løsninger, både funksjonelt og fysisk
- Viktigheten av å bruke HF kunnskap ved økt grad av automasjon og prioritere meningsfull menneskelig kontroll av automatikken
- Brukersentrert og gradvis innføring av automasjon gir sikre løsninger
- Høy datakvalitet fra sikre og redundante sensorløsninger og infrastruktur må på plass for sikre og robuste løsninger
- Løpende dataregistrering og dataanalyser fra drift er viktig for risikobasert oppfølging

Erfaring fra automatisering og robotisering av funksjoner på boredekk er samlet inn fra SINTEF og publisert av Ptil, Johnsen et al. (2020). Utfordringer i forbindelse med prosjektene var:

- Teknologidrevet utvikling uten brukermedvirkning førte til uhensiktsmessige systemer
- Komplekse grensesnitt mellom aktører og systemer
- Svak bruk av teknikker for å sikre meningsfull menneskelig kontroll
- Manglende planlegging førte til dyre endringer sent i prosjektet
- Usikkerhet fra brukerne mht. hva som foregår bak systemene/automatikken
- Eksisterende alarmer ble i noen tilfeller ikke vurdert/oppdatert i forbindelse med nye systemene som ble utviklet, noe som ledet til fortsatt muligheter for mental overbelastning
- Noe underprioritering av opplæring og trening som prosjektaktiviteter

Positive erfaringer var:

- Klar avgrensning av prosjektet mht. omfang og ansvar
- Når Human Factors/menneskelige faktorer ble prioritert fra ledelsen, med tidlig og god medvirkning fra brukerne
- God dialog med Havtil knyttet til arbeidsprosesser og opplæring

### 3.3 Oppsummering av funn og tiltak fra workshop knyttet til HF i boring og brønn

Det har tidligere blitt gjennomført en workshop med deltakere fra operatører, boreselskaper, myndigheter (Havtil) knytte til HF innen boring& brønn. Funnene, Johnsen et al. (2020) er fremdeles relevante:

- Det er behov for økt kompetanse om menneskelige faktorer innen petroleumssektoren, både blant operatører, bestillere, ledelse, tilsyn og konsulenter/leverandører
- God praksis må spesifiseres med bruk av HF-standarder

- Teknologifokus må balanseres med brukersentrert design
- Ulykkes-granskinger bør dekke HF, menneskets opplevelse, design og formålstjenligheten av designet.
- Nesten-hendelser bør i større grad fanges opp og analyseres, og det bør være en økt oppmerksomhet på læring av vellykkede faktorer

### 3.4 Oppsummering av sentrale standarder og praksis

Ergonomiske prinsipper i design av arbeidssystemer, ISO 6385 (2016), blir sett på som et generelt rammeverk som fremmer en menneskesentrert tilnærming til design av arbeidssystemer, og erkjenner at godt designede systemer må ta hensyn til hvordan folk faktisk oppfatter, tenker og handler.

Sentrale anerkjente standarder knyttet til interaksjonsdesign for styringssystemer er:

- ISO 9241-serien: Ergonomics of Human System Interaction
    - ISO 9241-210 (2010) Human-centred design for interactive systems
    - ISO/TR 9241-810 (2020) Robotic, intelligent and autonomous systems
- Ergonomics Design of CC, ISO 11064
- HMI IEC 63303/ ISA 101 Human-Machine Interfaces NUREG 0700,

Alarmhåndtering er en viktig forutsetning for å kunne håndtere komplekse operasjoner, og beste praksis for alarmhåndtering bør følges opp via EEMUA 191 og IEC 62682

Standarder og god praksis for risikovurdering og sikkerhet er:

- ISO 12100 Safety of machinery
- ISO 13849 Safety of machinery - Safety-related parts of control systems
- ISO 10218 Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots (hvis relevant ISO 13482:2014 Roboter og robotenheter – Sikkerhetskrav for personlig pleie-robot)

ISO/IEC-standarder for AI-teknikk er under utvikling, listet opp i Oviedo et al. (2024), et utvalg:

- ISO/IEC 5338:2023 beskriver livssyklusprosessene for AI-systemer
- ISO/IEC 5469 Functional safety for AI
- ISO/IEC TR 29119-11 & ISO/IEC 17847 Testing & V&V

Sikring av infrastrukturen og systemene bør ivaretas via IEC 62443 standarden og sertifiseringsordninger den anbefaler basert på rammebetingelser gitt av NOROG 104. OT/IT-utfordringer knyttet til økt integrasjon er basert på IKT- og SAS-standarder, inkludert ISO/IEC 27002. En liste over retningslinjer vil også inkludere NIST SP 800-82, «Guide to Industrial Control Systems».

I intervjuene beskrives et gap mellom praksis og HF-standarder. Brukersentrert utforming og meningsfull menneskelig kontroll bør komme inn som prinsipper i forbindelse med innføring av

automatisering hvor mennesket fremdeles har en viktig rolle, og dette er beskrevet i IEA/ILO (2020) «*Principles and Guidelines for Human Factors/Ergonomics - Design and Management of Work Systems*».
God bransjepraksis, som alarmstandarder og HFE-Human Factors Engineering-praksis og -teknikker er ofte ikke tilstrekkelig beskrevet i ISO-standardene. Viktige HFE-praksiser og -teknikker er oppgaveanalyse, sikkerhetskritisk oppgaveanalyse, intervjuer, observasjonsstudier, øyesporing, prototyping, arbeidsbelastningsanalyse og brukertesting, Stanton et al. (2017), Leva et al. (2015). Utvalg av standarder er basert på Leva et al. (2015), Briwa et al. (2022) og Johnsen et al. (2020).

### 3.5 Oppsummering av viktigste endringer til CRIOP

Kvalitetssikring av utviklingsløpet trengs, spesielt knyttet til menneskelige faktorer under både design og drift. CRIOP (2011, 2025) er en ofte brukt metode for å gjennomføre uavhengig kvalitetssikring Aas & Skramstad (2010). CRIOP er en MTO metode som bidrar til verifisering og validering av muligheten til sikker kontroll og drift av kontrollsystemer og kontrollrom, basert på utviklingsmetoden ISO 11064 og barriereperspektivet. Formålet med CRIOP-oppdateringen vært å: Oppdatere referanser til regelverk og nye standarder; Sørge for at metoden dokumenterer beste praksis knyttet til fjernstyring, automatisering og AI/Maskinlæring; Begrense antall spørsmål og forenkle formuleringer basert på brukernes innspill; Inkludere støtte for å sikre meningsfull menneskelig kontroll (MHC).

Den siste oppdateringen av CRIOP inneholder et fåtall nye spørsmål, mens enkelte tidligere spørsmål er fjernet. Spørsmålene som tidligere var merket som "e-Operation", er nå omdøpt til "Generelle spørsmål". Bakgrunnen for de nye spørsmålene er oppsummert i tabell 3.1. De viktigste endringene er basert på nye krav og behov fra brukere og tilsynsmyndigheter.

- Økt fokus på alarmhåndtering på grunn av eksisterende utfordringer med belastning og tilsyn fra myndighetene
- Generell bedre «Magement of Change» via problemavgrensning og design som støtter meningsfull menneskelig kontroll, og Behov for meningsfull menneskelig kontroll i automatiserte systemer
- Behov for kontroll av flere anlegg (Multi Facility Control)
- Bruke nye standarder for HMI og alarmer for å sikre SA og akseptabel avvikshåndtering
- Forbedret situasjonsforståelse (Situational Awareness)
- Økt behov for cybersikkerhet grunnet økt integrasjon og økt trusselbilde
- Økt bruk av autonomi og kunstig intelligens
- Reduksjon av feilfeller (Error Traps)
- Krav til kostnadsreduksjoner og standardisering
- Følge opp «På-Se» ansvar med klar ansvarspresisering og krav fra start
- Støtte åpen rapporteringskultur for avvik og systemproblemer

Vedlagte tabellen viser sammenhengen mellom krav fra myndighetene, industristandarder og nye funksjonskrav, og hvilke nye CRIOP-spørsmål som er lagt til som følge av disse. Dette inkluderer blant annet spørsmål knyttet til alarmhåndtering, cybersikkerhet, situasjonsforståelse,

standardisering, menneskelig kontroll og håndtering av kunstige intelligente systemer.

Totalt 20 nye spørsmål er lagt til i 2025-versjonen. Disse er merket med stjerne (*):
G4, G6, G8, G9, G11, G13, G19.1, G19.3, G19.5, C2.2, C2.3, C2.4, C3, C3.1, C3.5, C3.6, C6, C6.1, C6.2, C9.1.1, T2
12 spørsmål er fjernet fra 2024-versjonen (noen er integrert i nye spørsmål):
E6, E7.3, E9, E11.4, E14, E14.1 (integrert), E15, E17, E18, J3.1.1, P1.3.2, T2.4.1

Spørsmål hvor det fortsatt er uenighet om fjerning er merket med minus-tegn (–), og vurderes fjernet senere, for eksempel C4.3–.

**Tabell 3.1 – Bakgrunn og begrunnelse for nye CRIOP spørsmål i 2025**

| Bakgrunn / krav | Viktigste Nye spørsmål |
|---|---|
| FA § 34a – Kontroll- og overvåkingssystemer: Mangelfull oppfølging av alarmer, mange vedvarende alarmer. Mangler system for overvåking av alarmer og forbedring av driftsforhold i kontrollrom (Havtil, 2022a). | C9.1.1: Finnes det et system og prosedyrer for å dokumentere og følge opp alarmnivået over tid? |
| Krav fra Equinor vedrørende Multi Facility Control. FR § 9 og § 10 – Risiko for menneskelige feil skal begrenses. | G13: Kontrolleres flere anlegg fra samme system? |
| IEC 63303 HMI-standard: Forbedrer sikkerhet ved å standardisere og forbedre brukergrensesnitt. Fremhever behovet for endringsstyring (MoC), reduserer feil og forbedrer opplæring, effektivitet og samsvar med bransjestandarder. | C2.3: Følger prosjektet relevante HMI-standarder?<br>C2.4: Benyttes godkjente MoC-prosedyrer i hele livssyklusen? |
| IEC 63303 understreker viktigheten av god situasjonsforståelse for operatører. | C3: Er informasjonsflyten i grensesnittet utformet for å støtte «situasjonen ved et øyekast»? (C3.1, C3.2, C3.5, C3.6) |
| Økende cybersikkerhetstrusler etter hendelser som Hydro (2019), Amedia (2021), Nortura (2021), Maersk (2017); Equinor omtalt i Riksrevisjonens rapport (2019) for mulige svekkede sikkerhetsfunksjoner og store økonomiske tap. | G19 – Eksempel G19.3 B) Er IT/OT-nettverket segmentert i henhold til fastsatt policy? |
| EU AI Act (Art. 14) stiller krav om at høy-risiko AI-systemer må utformes med muligheter for menneskelig overstyring. | C6: Er AI-logikken tilstrekkelig transparent for at operatører skal forstå hva systemet gjør og hvorfor?<br>C6.1: Kan operatøren enkelt overta kontroll fra det automatiserte systemet? |
| MR § 19 og bransjekrav (2025): Fokus på feilfeller og reell arbeidshverdag ('work-as-done') i MoC og ved modifikasjoner (brownfield). | G8: Blir feilfeller og faktisk arbeidspraksis systematisk identifisert og vurdert? |
| FR § 10 – Installasjoner og utstyr skal være mest mulig robuste og enkle for å begrense menneskelige feil. | G4: Er risiko knyttet til menneskelige faktorer integrert og håndtert i prosjektet? |
| FR § 9 – Kvalifisering og bruk av ny teknologi og nye metoder. | G6: Er operasjonelle oppgaver designet med hensyn til teknologiens og menneskets styrker og begrensninger? |
| MR § 18, ISO 11064-1 (Prinsipp 1): Menneskesentrert design. EU AI Act art. 14: Krav om menneskelig tilsyn. | G9: Støtter systemet meningsfull menneskelig kontroll? |

| | |
|---|---|
| Behov for kostnadsreduksjoner og økt standardisering i kontrollsystemer (CC, ROC) for å styrke konkurranseevne på norsk sokkel. | C2.2: Er standardisering gjennom åpen innovasjon vurdert? |

I det følgende har vi gitt en noe mer detaljert begrunnelse for oppdateringene basert på en metodisk tilnærming hvor vi har basert oss på en *forskningssyntese* av artikler som er produsert, *systematisk analyse av ulykker* med gjennomgang av 10 granskingsrapporter, *ekspertintervju*, *interessentinvolvering* og *valideringsrammeverk*. Den fullstendige metoden sendt ut for kommentering i flere runder. Nye spørsmål og tema ble diskutert i HFC møter 17/10 – 2023. Nye spørsmål ble sendt til aktørene i august 2024, og gjennomgått i to dagsmøter med Equinor uten vesentlige kommentarer. Alle CRIOP referanser ble oppdatert i 2024, og metoden brukt på Yggdrasil og Askepott Ny CRIOP ble brukt på autonom ferje Estelle, fjernstyrt plattform (Neptun Deep) og testet for kontrollrom autonome biler. Metoden ble deretter sendt ut 30.april 2025. Ingen kommentarer til metoden mottatt pr 23. juli etter 3 måneder bruk. Vi har fått kommentarer om at metoden er benyttet med gode resultater innen boring & brønn. (Samtidig er det noen brukere som fjerner spørsmål, som er identifisert som viktige.)
Har fått noen kommentarer på den nye versjonen fra HF fagfolk som jobber med CRIOP i oppdrag (ekspert-brukere):

- Fordelen med IEC63303/ HMI "Det er bra at det blir satt fokus på god HMI, spesielt fra pakkeleverandørane. Dette er en utfordring også i Equinor og prosjekter der." fra Equinor
- Vi har fått tilbakemeldinger på at HMI-spørsmålene i den nye CRIOP versjonen fungerer godt opp mot borekabiner
- Mht manglende bruk av IEC 62682 alarmstandarden: Boreoperatørene "har nok lite kompetanse på IEC 62682 alarmstandarden og hvordan de gjennomføres i praksis". - fra Equinor
- Utfordringer med krevende alarmer og MoC ..."det er veldig sammensatt. Dårlig design og like dårlig management of change er mine hovedmistenkte."
- Når det gjelder det å rydde opp i alarmer fikk jeg inn kommentar på at man «overveldet av arbeidet, de jobber nesten hardere med å finne snarveier enn de gjør med alarmene» dvs snarveier for lettvinte løsninger (ignorere problemet). Dessuten – refleksjon at det enkleste første steget er å redusere stående alarmer – er det et problem har bransjen en utfordring.

**Metodikk for CRIOP-oppdatering**
**Forskningssyntese**
Oppdateringen av CRIOP bygger på en systematisk syntese av MAS-prosjektets omfattende forskningsaktiviteter, med **Litteraturgjennomgang og publiserte artikler**: Fem fagfellevurderte artikler har identifisert sentrale utfordringer og beste praksis.

**Tabell 3.2 Funn dokumentert i artikler som vil bidra til å oppdatere CRIOP spørsmålene**

| Titel (Viktige tema – sammendrag/nøkkelord) | Forfatter |
|---|---|
| **#1: Challenges and emerging practices in design of automation** (Følg opp at teknologi-innføring blir brukerdreve og at det blir en eksplisitt prosjektdefinisjon med avklaringer og analyser; at design håndterer det uventede og sammenbrudd fra automasjonen; Reduser kompleksitet i brukernes kontrollspenn/ i.e. holistiske systemer og forenkling; Brukerinvolvering fra starten; Iterativ brukerutvikling) | Dorthea Mathilde Kristin Vatn, Mina Saghafian, Stig Ole Johnsen |

| | |
|---|---|
| **#2: Human Factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: A review** (50-60% av hendelser skyldes dårlig design; God situasjonsforståelse er kritisk på tvers av organisasjoner; Automasjon av sikkerhetskritiske funksjoner må legge til rette for menneskelig inngripen ved feil; Adaptable automasjon kan bidra til bedre sikkerhet; Design av Alarmer må følges opp bedre – dårlige alarmer belaster brukerne; HF er ikke alltid med fra starten; Fjernstyring og automasjon kan lede til kjedsomhet og krever mer DFU trening) | Stig Ole Johnsen, Stig Winge |
| **#3:The Effectiveness Of Adaptive Automation In Human-Technology Interaction** (adaptive automation could potentially improve performance depending on the specific context and design boundaries) | Mina Saghafian, Stine Moltubakk, Lene Bertheussen, Dorthea Vatn, Stig Ole Johnsen, Ole Andreas Alsos |
| **#4:A Guide for Identifying Human Factors in Accident Investigations** (Et nøkkelpunkt er prioritering av DSA–Distribuert situasjonsforståelse, "most if not all, accidents and near misses are caused, at least in part, by the failure to communicate information between agents and tasks.") | Stig Winge, Stine Skaufel Kilskar, Stig Ole Johnsen |
| **#5:Challenges and Opportunities of Implementing the Operators' Perspective: Experiences from Automated Drilling Projects** (Et nøkkelpunkt er å vurdere gapet mellom "Work as Imagined" Work as Done" under design/ implementering – dette betyr bl.a. "understand the actual context of the work-to-be-done, including users in describing work-as-imagined, using | Siri Mariane Holen, Asbjørn Lein Aalberg, Stig Ole Johnsen |

Disse artiklene har gitt direkte innspill til nye sjekklistespørsmål:

- Prosjektdefinisjon og helhetlig tilnærming (artikkel #1 og #2)
- Situasjonsforståelse og distribuert SA (artikkel #4)
- Gapet mellom "Work as Imagined" og "Work as Done" (artikkel #5)
- Adaptiv automatisering og menneskelig ytelse (artikkel #3)

**Systematisk analyse av ulykker**: Ti granskingsrapporter er re-evaluert for å identifisere viktige tema for MHC og CRIOP. De viktigste årsaksforholdene var at systemene ikke ga grunnlag for god situasjonsforståelse, skapte mental overbelastning og/eller ikke varslet på en måte som var forståelig for brukerne. Dette har direkte påvirket utformingen av spørsmål knyttet til SA og alarmhåndtering.

**Ekspertintervjuer**: 14 semi-strukturerte intervjuer med eksperter fra industri, konsulent- og akademia-miljøer avdekket:

- Teknologifokus uten tilstrekkelig fokus på brukeren
- Kompleksitet ved mange autonome systemer med ulik logikk
- Stykke-for-stykke-innføring av nye funksjoner uten helhetlig redesign
- Behov for tidlig og iterativ brukerinvolvering

**Interessentinvolvering**

Workshops gjennomført i regi av HFC og MAS-prosjektet har involvert sentrale aktører som Equinor, DNV, Kongsberg, IFE, Eldor, AkerBP, Vysus, NTNU og Safetec. Som dokumentert i vedlegg fremkom gjennomgående temaer, bl.a. :

- Viktigheten av å integrere human factors fra starten av et prosjekt
- Behovet for robust opplæring og kompetanseutvikling
- Utfordringer ved design og evaluering av brukergrensesnitt
- Nødvendigheten av detaljerte funksjons- og oppgaveanalyser

**Valideringsrammeverk**
Valideringen av de foreslåtte endringene har fulgt prinsippene om "Work as Imagined vs Work as Done". Dette har inkludert:

- Testing av nye spørsmål i flere reelle prosjekter hos industripartnere – som Neptun Deep
- Tilbakemelding fra erfarne CRIOP-fasilitatorer
- Sammenligning med internasjonale standarder (ISO 11064, IEC 63303, ANSI/HFES 400-2021)
- Vurdering mot regulatoriske krav (EU AI Act, norske forskrifter)

For endringer ønsker vi god dialog og læring og har da blitt enige om at behandling av større endringer skal gjøres via dialog med HF eksperter involvert, dvs:

> 1) Direkte møte med fysisk deltakelse fra MAS prosjektet hvor spørsmål gjennomgås konkret og spesifikke endringer foreslås og dokumenteres (gjennomføres) der og da,
> 2) Bruk i spesifikke CRIOP analyser hvor metoden brukes – MAS prosjektet deltar og endringsforslag dokumenteres og gjennomgås for evt. justeringer i CRIOP.»

**Sentrale områder for CRIOP-forbedring**
**Alarmhåndtering og mental arbeidsbelastning**
Som beskrevet er mental arbeidsbelastning og alarmflom dokumentert årsak til flere storulykker. Petroleumstilsynets tilsyn (2022) viste mangelfull oppfølging av alarmer og mange vedvarende alarmer. Dette har ført til nye spørsmål som:
**C9.1.1**: "Finnes det et system og prosedyrer for å dokumentere og følge opp alarmnivået over tid?"Dette spørsmålet adresserer direkte kravet i FA § 34a og følger prinsippene fra EEMUA 191 som anbefaler maksimalt 6 alarmer per time for høyt prioriterte alarmer.

**AI og meningsfull menneskelig kontroll**
Basert på definisjonen av MHC og kravene i EU AI Act, har vi introdusert spørsmål som sikrer at:

- AI-logikken er tilstrekkelig transparent (C6)
- Operatøren kan enkelt overta kontroll (C6.1)
- Systemet støtter meningsfull menneskelig kontroll (G9)

Som påpekt i NAS (2021), er AI-programvare underlagt begrensninger som manglende fleksibilitet, perseptuelle begrensninger og skjulte skjevheter. Disse utfordringene adresseres gjennom spørsmål som fokuserer på transparens og operatørkontroll.

**Flerfelts kontrollrom og fjernoperasjoner**
Erfaringer fra Ivar Aasen-plattformen og andre fjernstyrte installasjoner har vist behov for:

- Spørsmål om kontroll av flere anlegg (G13)
- Vurdering av distribuert situasjonsforståelse

- Håndtering av økt kompleksitet i grensesnitt

**Cybersikkerhet og resiliens**
Hendelser som Hydro (2019) og Maersk (2017) vist viktigheten av cybersikkerhet. Nye spørsmål i G19-serien adresserer segmentering av IT/OT-nettverk og sikkerhetsprotokoller.

**Fjernede spørsmål og begrunnelse**
Tolv spørsmål er fjernet fra tidligere versjonen basert på:

- Redundans med nye, mer omfattende spørsmål
- Utdatert teknologifokus
- Tilbakemelding om unødvendig kompleksitet

For eksempel er E14 og E14.1 integrert i de nye AI-fokuserte spørsmålene (C6-serien), mens E6 og E7.3 er erstattet av mer helhetlige SA-spørsmål (C3-serien).

**Modifiserte spørsmål og forbedringer**
Basert på brukertilbakemeldinger har vi:

- Forenklet språket i eksisterende spørsmål
- Fjernet teknisk sjargong hvor mulig
- Lagt til eksempler og veiledning
- Gruppert relaterte spørsmål for bedre flyt

**Implementeringsrammeverk Fasebasert anvendelse**
Tidlig intervensjon er mest kostnadseffektiv. CRIOP-spørsmålene er derfor organisert etter prosjektfase:
Konseptfase (Sjekkliste 0 og G-serien):

- Prosjektdefinisjon og MTO-avgrensning
- HF-involvering fra start
- Valg av standarder og metoder
- Detaljert design (C-serien og spesifikke fagområder):
- HMI-design og alarmstrategi
- AI-transparens og kontrollmekanismer
- Arbeidsbelastningsanalyse

Drift og vedlikehold (T-serien og kontinuerlig forbedring):

- Overvåking av alarmnivå
- Identifisering av feilfeller
- Læring fra hendelser

For å gi ytterligere teoretisk støtte til CRIOP metoden har vi i det følgende listet opp hvordan CRIOP støtter arbeidet med «High Reliability Organizations» spesielt rettet inn mot områder med høy risiko eller sikkerhetskritiske systemer.

**Oppsummering av HRO prinsipper – High Reliablity Organizations som utnyttes i CRIOP**

HRO (High Reliability Organization)-prinsippene er utviklet for å forklare hvordan enkelte organisasjoner klarer å operere sikkert og pålitelig i miljøer preget av høy kompleksitet og risiko – som kjernekraft, luftfart, romfart og akuttmedisin. De fem viktige prinsippene fra HRO er:

- *Preoccupation with Failure (Opptatthet av feil); Reluctance to Simplify Interpretations (Motstand mot forenkling); Sensitivity to Operations (Følsomhet for operasjoner); Commitment to Resilience (Forpliktelse til å bygge robusthet/motstandsdyktighet); Deference to Expertise (Respekt for ekspertise).*

CRIOP bygger på Human Factors erfaring som understøtter HRO. Prinsippene for HRO er svært relevante når man skal designe og operere sikkerhetskritiske systemer. Man må designe/ utforme systemer, organisasjoner og rutiner som skal tåle overraskelser og unngå alvorlige ulykker. Man må sikre godt samspill mellom menneske og teknologi og ikke minst gjennomføre evaluering av sikkerhetskritiske scenarioer.

1. **Preoccupation with Failure (Opptatthet av feil):** Organisasjoner med høy pålitelighet antar at feil alltid kan skje, selv i tilsynelatende normale situasjoner. De ser på nesten-feil og uregelmessigheter som verdifulle læringskilder. De fremmer åpenhet rundt feil, i stedet for å dekke dem til. De er spesielt oppmerksomme på små avvik som kan være forløpere til større ulykker.
    - CRIOP konkretiserer tematikken ved å gjøre potensielle feil og avvik til en del av analyseprosessen, og fremmer en læringskultur rundt det ved at scenarioanalysen setter eksplisitt søkelys på hva som kan gå galt i kontrollrom og i operasjoner. Bruk av feilscenarier, som sviktende kommunikasjon eller situasjonsforståelse, hjelper deltakerne å identifisere små svikt som kan eskalere. Operatører og fagpersonell skal delta og oppfordres til å dele erfaringer om nesten-hendelser, som bringes aktivt inn i analysene..
2. **Reluctance to Simplify Interpretations (Motstand mot forenkling):** HRO søker flere perspektiver og motsetter seg overdreven forenkling. De anerkjenner at komplekse systemer ikke alltid kan forklares enkelt. De inkluderer ulike fagdisipliner og operatører i beslutningsprosesser. De bruker flere faglige eksperter aktivt i vurderinger, inklusive HF eksperter.
    - CRIOP er et konkret verktøy for å unngå forenkling, fordi det strukturerer refleksjon over MTO helheten: CRIOP krever at ser på bredden av MTO og designer kontrollrom og systemer via et sett av HFE- Human Factors Engineering teknikker og perspektiver knyttet til teknologi, menneskelig kognisjon, organisasjon, grensesnitt og kommunikasjon. Bruk av systematiske sjekklister, scenario-gjennomganger og diskusjoner gjør at man ikke hopper til konklusjoner basert på forenklede forståelser. Gjennom tverrfaglige workshops og scenarie-gjennomganger samles operatører, ingeniører, designere og ledelse for breddeforståelse.
3. **Sensitivity to Operations (Følsomhet for operasjoner)** Dette prinsippet handler bl.a. om situasjonsforståelse. Organisasjonen holder kontinuerlig oversikt over hvordan systemet fungerer i praksis (med gode rapporteringsrutiner), dvs WAD. De har ledere og nøkkelpersonell som er «til stede» og tett på operativ drift. De fanger opp signaler tidlig, før de utvikler seg til større hendelser.

- CRIOP prioriterer «Work as done» ved å undersøke operasjonell risiko og hvordan situasjonsforståelsen opprettholdes i praksis. Metoden sjekker at HFE bygger på reell erfaring fra operasjoner og på reell operasjonell praksis, ikke bare prosedyrer på papir. Scenarioene som brukes skal være realistiske og operativt relevante, med forankring i faktiske utfordringer. CRIOP fanger opp hvordan operatørene forstår, opplever og responderer i ulike driftssituasjoner – det gir innsikt i situasjonsforståelse og praksisnære barrierer.

4. **Commitment to Resilience (Forpliktelse til å bygge robusthet/motstandsdyktighet).** Evnen til å håndtere det uventede står sentralt. HRO-er: De trener aktivt på kriser, improvisasjon og feiltilstander. De utvikler organisatoriske og teknologiske evner til å håndtere forstyrrelser uten sammenbrudd. De har fleksible roller og beslutningskanaler i kriser (f.eks. flat struktur og myndighet under kriser).
    - CRIOP anbefaler å analysere og forbedre evnen til å oppdage, respondere og lære av avvik– i forkant av en krise. Det legges vekt på design av robuste og feiltolerante systemer som støtter situasjonsforståelse, «situation at a glance», kommunikasjonsflyt, rolleforståelse og beslutningsstøtte – sentrale faktorer for å støtte robusthet i drift. Scenarioanalysen i CRIOP handler ikke bare om å unngå feil, men om å utforske hvordan man håndterer det uventede. Man prioriterer hvordan organisasjonen og menneskene tilpasser seg og løser problemer i sanntid, spesielt i avvikssituasjoner.
5. **Deference to Expertise (Respekt for ekspertise).** I kritiske situasjoner flyttes beslutningsmyndighet til de med mest kompetanse på området, ikke nødvendigvis de med høyest formell rang. Organisasjonen fremmer en kultur hvor folk tør si ifra og bidra med sin kunnskap. Man aksepterer at den som «vet mest» kan være en nyansatt operatør tett på operasjonen, ikke toppsjefen. Man skiller mellom formell makt og faktisk situasjonskompetanse.
    - CRIOP legger til rette for beslutningsflyt mot «work as done» ved å anerkjenne operasjonell innsikt og lokal kunnskap både for design og under operasjonell drift. HFE teknikkene og prosessene som anbefales brukt (9241-210/11064) er valgt for å aktivt trekke på operatørers og feltpersonells erfaring, og sikre at deres vurderinger veier tungt. I scenariogjennomgangene blir beslutninger diskutert og evaluert i lys av faktisk kompetanse. Ekspertuttalelser har like stor vekt som hierarkisk posisjon – for eksempel kan en kontrollromsoperatør påpeke designfeil som ikke er fanget opp av ingeniører eller prosjektleder.

## 4 Utdyping av forskningsbasert kunnskap om HF og Digitalisering

Autonomi involverer evnen et system innehar til å ta egne beslutninger, uten å involvere eksterne systemer eller operatører. Det refereres ofte til ulike nivåer av autonomi eller "Levels Of Autonomy" (LOA). Det finnes mange slike klassifiseringer Vagia et all (2016). Klassifiseringene er ofte tilpasset forskjellige områder, og er i varierende grad standardisert innen fagfeltet. Det kan derfor være greit å oppsummere de forskjellige nivåene innen autonomi med en forenklet tabell, Tabell 4.1. Den er basert på SAE (2018) fra bilbransjen. LOA er viktig overordnet utgangspunkt for å utforme systemene med grensesnitt og prosedyrer. Inndelingen er grov, og må suppleres med detaljerte analyser. Automatisering er en egenskap for hele systemet, se Bradshaw et al. (2013), med et samspill mellom alle MTO komponentene. LOA kan gi et nyttig utgangspunkt for diskusjoner om autonomi, Onnasch et al. (2014), Corbato et a. (2018), Kaber (2018) og Endsley (2018).

**Tabell 4.1: Overordnet oversikt over nivå av autonomi og samspillet operatør og system.**

| Nivå | Autonomi | Operatør | System |
|---|---|---|---|
| 1 | Ingen autonomi | Alle operasjoner | Advarer, beskytter |
| 2 | Begrenset støtte | Styrer (In-the-loop) | Veileder, støtter |
| 3 | Taktisk, overvåker | Involvert – overvåker hele tiden "On-the loop" | Styrer innenfor veldefinerte grenser |
| 4 | Automatisert støtte Strategisk | "Out-of-loop" avbruddsstyrt, blir spurt av systemet | Opererer selvstendig, men kan gi tilbake kontrollen |
| 5 | Autonom | Fullstendig "out-of-loop" | Opererer selvstendig – går selv til sikker tilstand |

Økt automatisering krever økt forståelse for menneskelige faktorer (MF). Parasuraman og Riley (1997) fant at automatisering krever grundig analyse av oppgavene som skal utføres og bedre menneske-maskin grensesnitt (HMI) tilpasset LOA. Automatiserte løsninger krever også tilpasset opplæring. Det krever bedre håndtering av avvik og god informasjon når automatikken bryter sammen, noe som også ble påpekt av Bainbridge (1983).

Ofte vil et system endre graden av autonomi i løpet av en operasjon. For valg av automatiseringsnivå må man ta hensyn til menneskelige begrensninger og muligheter. For eksempel som beskrevet i prinsippene fra «Fitts list», De Winter et al., (2014; Lee et al., (2017):

Mennesket håndterer godt

- komplekse vurderinger,
- læring
- improvisasjon
- tilpasse seg
- oppdage mønsteravvik

Automatisering håndterer godt

- å samle inn og tolke sensordata likt fra gang til gang
- hurtig respons
- utmattende oppgaver
- å følge detaljerte instruksjoner likt

Viktige tema for fremtidig automatisering er fleksibel og tilpasset automatisering, det vil si at man kan endre graden av autonomi avhengig av behov/kunnskap, og adaptiv autonomi hvor en kan endre graden av autonomi avhengig av status for operatøren (stressnivå, trøtthet og

oppmerksomhet), og bruk av AI. Dette krever imidlertid gode analyser og kan lede til at operatørene ikke forstår hva som foregår, gi uheldig «feedback» og lede til ulykker.

### 4.1 Ulykker og menneskelige faktorer i et MTO-perspektiv

Ulike teorier og modeller eksisterer for å forklare hvorfor ulykker skjer. Historisk har risiko og årsaker til ulykker blitt forstått fra ulike perspektiver, fra at det er hovedsakelig mennesket som gjør feil, til at ulykker er mer sammensatt av tekniske, organisatoriske og menneskelige forhold. I de siste tiårene er det dermed vokst frem en større bevissthet på at det er nødvendig med et helhetlig MTO-perspektiv når man skal forstå og forebygge ulykker, dvs. et systemperspektiv. Dagens perspektiv er at menneskelige feilhandlinger[1] er en konsekvens av sammensatte årsaker knyttet til for eksempel dårlig utforming (design), organisatoriske, tekniske eller menneskelige rammebetingelser Dekker (2002; 2004). Dette innebærer at man må ta hensyn til MTO-faktorer både i utvikling av nye systemer og under drift og operasjon.

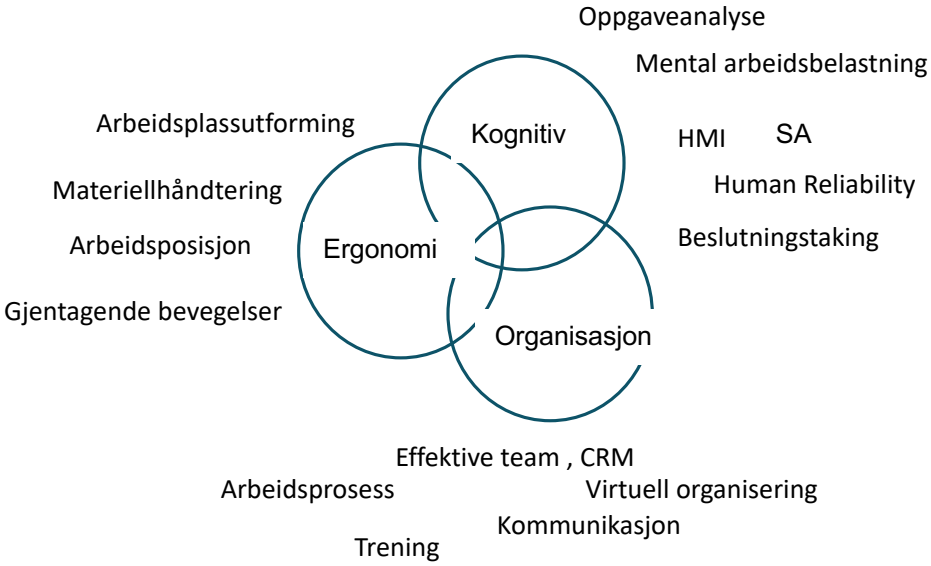
Begrepet menneskelige faktorer (MF) (eller Human Factors - HF) er definert av IEA(2000) - International Ergonomics Association: "*Human Factors (or Ergonomics) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and other methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance*" . I denne rapporten er HF brukt i sammenheng med spesifikke metoder og standarder, mens HF er brukt som et bredere begrep som omfatter også aspekter knyttet til menneskelige faktor utover konkrete metoder.

Menneskelige faktorer kan deles inn i flere områder som skissert i Figur 3.1:

- Kognitive faktorer (oppfattelse og tenkning), som omfatter oppgaveanalyse, mental arbeidsbelastning og situasjonsforståelse (SA)
- Ergonomisk faktorer, som omfatter fysiske forhold, temperatur, luftkvalitet, arbeidsplassutforming, arbeidsposisjon etc.
- Organisatoriske faktorer, som omfatter arbeidsprosesser, kommunikasjon, CRM, samarbeid i gruppe

En systematisk gjennomgang av et ti-talls prosjekter på norsk sokkel som så på borebu/kontrollrom avdekket at menneskelige faktorer knyttet til områdene kognitive og organisatoriske faktorer var svakt behandlet mens fysisk ergonomi var godt behandlet, Johnsen et al. (2017), se Figur 4.1.

[1] «*Human Error*» er et omstridt begrep som tidligere har blitt mye brukt. I dag er tolkningen av begrepet endret fra et syn der mennesket er årsaken til feilhandlinger til at begrepet indikerer at utformingen av systemet ikke er optimalt: «*Human error is a symptom of problems with the system, being an effect rather than a cause*» (Dekker, 2002).




**Figur 4.1: Menneskelige faktorer i MTO begrepet, Karwowski (2012)**

En viktig forutsetning for å unngå ulykker er godt design. Dette kommer bl.a. frem i Norman (2013), som sier «*Human Error? – No, poor Design*». En kritisk gjennomgang av større ulykker og granskingsrapporter fant flere rotårsaker som kunne ledes tilbake til design (Gard, 2020). Systematiske analyser av tilgjengelige granskinger har anslått en stor andel alle uønskede hendelser skyldes dårlig design Kinnersley et al. (2007); Moura et al. (2016). Likevel vurderes sjeldent design som en del av granskingene.

Viktige teorier for HF og hvordan man utformer sikre systemer beskrives i:

- Lee et al. (2017) «Designing for People», og i Endsley (2019) «Human Factors & Aviation Safety», med beskrivelse av samspill med menneskelige aktører og teknologien
- Barrieretenking i Reason (1999) «Organisational Accidents and Safety Culture»
- Håndtering av det uventede som beskrevet i Hollnagel et al. (2006) «Resilience engineering»

Dette er sentrale perspektiver fra bl.a. Dekker (2019) – «Foundations of Safety Science».

Barrierestyring er et viktig perspektiv som brukes i petroleumssektoren for å øke sikkerheten rundt oljeutvinning Ptil (2017). Teknikken og perspektivene er svært godt egnet for prosess-industrien, og er godt tilpasset drift med fysiske barrierer. Perspektivet legger også til rette for ivaretagelse av organisatoriske og operasjonelle faktorer, og kan ytterligere styrkes i kombinasjon med metoder som setter mennesket i sentrum. Ofte er flere perspektiver nødvendig for å forstå uønskede hendelser og hvordan man kan håndtere de, eksempler på dette er samlingen av metoder i Rosness et al., (2010). Læring og utvikling fra vellykkede hendelser er godt beskrevet i Buckingham og Goodall (2019).

For å håndtere uventede hendelser i autonome systemer, har man i økende grad brukt prinsipper fra resilient praksis. Autonome systemer er avhengige av gode data fra sensorer, men sensorer kan feile og gi mangelfull informasjon. Dessuten kan det oppstå situasjoner som automatikken ikke

kan håndtere. Resilient praksis er basert på prinsipper som redundans, fleksibilitet, reduksjon av kompleksitet og oversikt over sikkerhets-marginer Hollnagel et al. (2006).

### 4.2 Viktighet og effekt av menneskelige faktorer

Oljebransjen og tilsynsmyndighetene har oppmerksomhet på menneskelige faktorer, for eksempel gjennom innretningsforskriften §20, 21 og 34a. Forskriften tar for seg ergonomisk utforming, grensesnittet menneske-maskin herunder informasjonspresentasjon, samt kontroll- og overvåkningssystem. I Norge har det vært en tendens til å være opptatt av fysisk ergonomi, og man har til dels sett på ergonomi som dekkende for området HF. HF er imidlertid et omfattende fagområde. Viktige områder innen HF ved økt automatisering er kognitive og organisatoriske forhold. HF i sin bredde påvirker arbeidsmiljø, sikkerhet, effektivitet og produktivitet og er et sentralt element når teknologi skal innføres.

Liten oppmerksomhet på HF har ledet til flere uønskede hendelser med betydelige katastrofale konsekvenser og kostnaden. Hendelser som nevnt i denne rapporten er bl.a.:

- Boeing 737 Max – 346 døde, store finansielle tap
- Helge Ingstad – 11 Milliarder NOK som estimert gjenanskaffelseskostnad
- Macondo, Deepwater Horizon – 11 døde, tap på over 60 milliarder USD

### 4.3 Strategier og rammer knyttet til automatisering og autonomi generelt

I det følgende gir vi en oversikt over rammer gitt av strategiske dokumenter som beskriver veivalg knyttet til automatisering og autonomi.

Det er forskjellig grad av modning og holdninger til autonomi i petroleumsindustrien, og vi finner ikke overordnede strategidokumenter for automatisering innen området fra myndighetene, derfor har vi i det følgende sett på strategier for autonomi fra andre områder.

Luftfart har gått foran med å innføre automatiserte løsninger. På veg har automatisering vært innført for personbiler, busser og transport med et høyt aktivitetsnivå internasjonalt. I Norge har strategier og rammer for økt grad av automatisering og autonome systemer vært knyttet til spesifikke områder som vegtransport og maritim industri. Det er laget en strategi for luftbårne droner, men for andre områder mangler det eksplisitte strategier og tiltak på nasjonalt nivå, f.eks. innen industriell automatisering. Bruk av droner innen petroleumssektoren, i nordområdene, er diskutert i Bakken et al. (2019) og Johnsen et al. (2020), etter oppdrag fra Ptil.

Norsk industri har lenge hatt som strategi å snu trenden med utflagging (dvs. å sette ut produksjon til utlandet) ved å ta i bruk kostnadseffektiv robotteknikk og digitalisering. Prioriterte områder har bl.a. vært robotsveising (innen skipsfart, laksemerder og stålunderstell for oljeplattformer), mobile roboter (for transport og håndtering), automatisert boring og hiv-kompensering i kransystemer. Oljeindustrien har gått foran med hensyn til bruk av automatiserte undervannsfartøyer, som ROVer, som er fjernstyrte og delvis automatiserte robotløsninger. Der har Norge blitt en ledende internasjonal aktør.

Innen automatisert boring har industrielle aktører vært opptatt av mekaniske spesialbygde maskiner: Top Drive som er boremaskinen som roterer borestrengen; vinsjen som heiser borestrengen opp og ned; Jern roughneck som brukes til sammen-skruing / fra-skruing av elementene til borestrengen; og maskiner som henter frem og håndterer elementene til borestrengen.
I tillegg kommer systemer og rutiner som støtter operatøren med bedre informasjon og styrings.

Oljeindustrien har også satset på fjernstyring og fjernstøtte innen utvalgte områder, som eksempel på Ivar Aasen plattformen som styres fra land, denne løsningen har imidlertid blitt reversert ut fra økonomiske hensyn, ved at operatørene har blitt flyttet ut offshore, Adressa (2023).

Internasjonalt har fjernstyring og fjerndrift større utbredelse enn i Norge. I prosessindustrien generelt har trenden med fjernstyring/fjerndrift pågått over de siste 20 år, med gode erfaringer. Systematisering av erfaringer fra petroleumssektoren og prosessindustrien når det gjelder HMS effekten av fjernstyring mangler.

Automatisering og robotisering er relevant for flere områder, men det er krevende økonomisk å etablere robuste og sikre automatiserte systemer med høy sikkerhet samt at det krever investeringer i infrastruktur.  Aspekter ved automatisering har blitt beskrevet i Regjeringens strategi for kunstig intelligens- KI (2020).

Rammer og utviklingsplaner for bruk av autonome systemer i luft, på vann og under vann er skissert i flere strategidokumenter. Fra myndighetenes side, bl.a. fra Samferdselsdepartementet, har det vært et uttalt mål å fjerne hinder som forsinker bruk av ny teknologi (bl.a. for autonome skip). En har derfor satt av midler til uttesting og forbedring av automatiserte farkoster via pilotprosjekter og forskning. Sentrale dokumenter for utviklingen og bruk av autonome farkoster/droner er Nasjonal Transportplan 2018-2029, Regjeringens havstrategi "Ny vekst, stolt historie - " (2017) og Norges Dronestrategi (2018), som behandler luftbårne droner.

Automatisering av system på skip er allerede i økende bruk, og Norge er ledende på feltet med flere opprettede testområder langs kysten, Autonome skip (2019). Myndighetene har arbeidet med å utvikle lovverket, bl.a. er det satt søkelys på å fjerne lovmessige hinder for bruk av autonome skip, ref. Lov om havner og farvann (som har kommet i ny versjon i 2020). Sjøfartsdirektoratet har dessuten startet med å utvikle regelverk for å støtte opp under sikker og miljøvennlig autonom sjøtransport, samtidig har Riksrevisjonen 3:9 (2022–2023) påpekt at «Antall ulykker til sjøs har økt. Menneskelige faktorer blir rapportert som direkte årsak til mange av ulykkene med næringsfartøy. Vår undersøkelse viser at Sjøfartsdirektoratets tilsyn ikke er godt nok tilpasset for å avdekke dårlige arbeids- og levevilkår.»

Sjøfartsdirektoratet baserer seg på risikovurderte driftskonsepter hvor første trinn, avgrensning av området via «Concept of Operations» – CONOPS, er sentralt element (Sdir, 2020). Dessuten vil det kreves risikovurderinger (Pre-HAZID, HAZID), testing og godkjenning av uavhengig tredjepart før automatiserte løsninger settes i drift. DNV-GL (CG-0264, 2018) har en detaljert beskrivelse av

CONOPS som blant annet beskriver operasjonen med rute, autonomigrad, bemanning, styring og ansvar.

For droner i luft er viktige rammebetingelser Norges dronestrategi (2018), Luftfartstilsynets "Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord mv" Lovdata (2015) og EASAs nye forordning som regulerer droneoperasjoner og sertifisering av droner, EASA (2019). Fra den Norske dronestrategien kan nevnes ønsket om å styrke sikkerhetsarbeidet bl.a. ved at droneoperatørene blir en del av sikkerhetskulturen som ellers preger luftfarten. Ett eksempel på dette, fra Lovdata (2015) er "Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord mv". Der etablerer man veldefinerte krav om kompetanse og sertifisering for å operere forskjellige typer av automatiserte droner.

### 4.4 Bakgrunn om Transparens i automasjon

I det følgende har vi laget en oppsummering av Saghafian et al. (2025) - «Understanding automation transparency and its adaptive design implications in safety-critical systems»:

Artikkelen tar utgangspunkt i betydningen av automasjonens transparens i sikkerhetskritiske systemer og hvordan design av slike systemer kan forbedres gjennom økt forståelse av dette prinsippet. Automatiserte systemer som ikke er transparente nok kan føre til at operatører mister oversikten og opplever økt mental belastning, noe som kan svekke sikkerhet og ytelse.

Forfatterne gjennomførte en systematisk litteraturgjennomgang av nyere empiriske studier som eksplisitt nevner transparens i abstraktene sine, totalt 14 relevante artikler ble analysert kvalitativt. Målet var å avklare begrepet «automatiseringstransparens», forstå hvorfor dette prinsippet er viktig, og hvilke designimplikasjoner det har.

Resultatene viser at det ikke finnes en enhetlig definisjon av transparens, men det forstås hovedsakelig som enten et designprinsipp, en egenskap ved systemet eller et mål som skal oppnås. Viktige funn er at transparens har en kompleks, ofte ikke-lineær sammenheng med arbeidsbelastning, situasjonsforståelse, tillit og systemaksept. Høy transparens kan forbedre situasjonsforståelse og tillit, men kan samtidig føre til informasjonsoverbelastning og redusert ytelse hvis nivået blir for høyt.

Artikkelen understreker behovet for adaptiv transparens, der mengden og typen informasjon tilpasses operatørens behov og den spesifikke situasjonen. Dette innebærer bruk av etterspørselsdrevet informasjonsdeling fremfor sekvensiell informasjonsdeling, samt visuell og auditiv formidling av informasjon på tvers av ulike grensesnittnivåer.

Studien konkluderer med at videre forskning er nødvendig for å finne optimale nivåer av transparens som ivaretar balansen mellom informasjonsmengde og arbeidsbelastning, særlig ettersom systemene blir stadig mer komplekse med økt autonomi i tråd med utviklingen mot Industri 5.0.

# 5 Empiriske funn fra Litteraturgjennomgangen

Formålet med dette kapittelet er å identifisere kunnskapsbase og trender innenfor digitalisering, basert på god internasjonal praksis og forskning. Vi har innledet med en oversikt over anerkjent teori om menneskelige faktorer spesielt rettet inn mot digitalisering. Deretter er erfaring og god praksis fra automatisering og autonomi fra sjø, luft, veg og bane beskrevet, etterfulgt av funn om teknologi og autonome løsninger. Vi har avsluttet med en oppsummering av funn og foreslåtte tiltak.

## 5.1 Menneskelige faktorer i systemutvikling og under drift

I dette avsnittet presenterer vi forskningslitteratur om HF relevant for automatiserte systemer. Litteraturgjennomgangen starter med sentrale begrep som situasjonsforståelse og meningsdannelse. Også menneske-maskin-grensesnitt og alarmer er systemer som må utvikles med tanke på brukeren, og ved innføring av automatisert teknologi blir dette særlig viktig. Deretter har vi sett på organisatoriske faktorer, og til slutt presenterer vi metoder og perspektiver som kan brukes under utvikling av automatiserte/AI systemer som ivaretar HF i et MTO-rammeverk.

### 5.1.1 Situasjonsforståelse (SA) og meningsdannelse

Situasjonsforståelse (situation awareness - SA) er et begrep som brukes om forståelsen som en person har gjennom om en hendelse. Situasjonsforståelse kan ses i sammenheng med feilhandlinger som å ikke oppfatte kritiske signaler relatert til prosessen som overvåkes, utilstrekkelig tolkning av informasjon, utilstrekkelig forståelse av eget og andres ansvar og manglende kommunikasjon i team. Begrepet er ofte brukt i forbindelse med menneskers interaksjon med automatiserte systemer.

Endsley (1995) beskriver SA på tre nivåer; oppfatning av *elementer* i nåværende situasjon (nivå 1) forståelse av nåværende situasjon (nivå 2) og forståelse og forventning av fremtidig situasjon (nivå 3). Ekstern påvirkning som har betydning for situasjonsforståelse kan være arbeidsbelastning, "fatigue" og stress Kaber et al. (1998).

Situasjonsforståelse som begrep brukes i mange sammenhenger. Det brukes i olje og gass, kjernekraft, sjøfart, politi, luftfart (piloter/trafikk-kontroll), helsevesenet, krisehåndtering, ulykkes-granskinger og av militæret. Fra luftfart har man sett at automatisering kan føre til redusert situasjonsforståelse Endsley (1996, 2015). Dette knyttes til at mennesker som over lengre perioder skal overvåke prosesser der de ikke skal aktivt kontrollere systemene kan oppleve utfordringer med oppmerksomhet grunnet at de ikke lengre er aktive i arbeidsprosessene (*out-of-the-loop*).

For å fokusere på tema innen SA skiller man av og til mellom prosessen for å etablere situasjonsforståelse (SA-prosess) og selve situasjonsforståelsen. SA-prosess kan også beskrives som meningsdannelse (sensemaking). I rapporten bruker vi «Sensemaking» på prosessen for å oppnå SA, og henspiller til måten mennesker henter informasjon fra omgivelsene og setter denne sammen til et helhetlig bilde av en situasjon, og deretter handler i tråd med denne forståelsen.

«Sensemaking» er et flyktig begrep, og det er også den verden aktørene søker å danne en forståelse i. Rammeverket søker å fange aspekter av denne flyktigheten, som aktørers søken etter orden, retroperspektive tolkninger, begrunning og rasjonalisering av hendelser, og hvordan antagelser om underliggende faktorer påvirker tolkninger av situasjoner Weick (2001). For å få en helhetlig forståelse av hvordan mennesker kan komme til å handle i ulike situasjoner må man dermed inkludere både menneskelige, tekniske og organisatoriske faktorer i analysen.
«Sensemaking» er også tett knyttet til resiliente systemer (robusthet), og de to konseptene understøtter hverandre Kilskar et al., (2019). I Figur 5.1, har vi plassert sensemaking som et resultat av utforming (design) og opplæring i en sammenheng med eksisterende organisering, teknologi.


**Figur 5.1: «Sensemaking» påvirkes av design, trening og omgivelser og er prosessen for SA SMACS (2020)**

Utilstrekkelig situasjonsforståelse er identifisert fra flere bore-hendelser. En studie som så på SA hos bore-personell i trykktester som ble gjennomført før Macondo-ulykken, fant en sammenheng mellom manglende forståelse av kritiske signaler og utilstrekkelige mentale modeller av hendelsen Robert et al. (2015). Svikt i forståelsen var relatert til manglende informasjon og misforståelser. Årsakene til utilstrekkelige situasjonsforståelsen knyttes til arbeidsbelastning, arbeidsmiljø, forstyrrende elementer og liten erfaring.
I en annen analyse av borerelaterte ulykkeshendelser ble det funnet at 67% av hendelsene kunne knyttes til oppfatning av elementer i situasjonene (nivå 1 SA). Henholdsvis 20% og 13% av ulykkene kunne knyttes til nåværende situasjon (nivå 2 SA) og fremtidig situasjon (nivå 3 SA), Sneddon et al., (2013). Denne studien fant at spesielt høyt stressnivå og «fatigue» kunne føre til dårligere situasjonsforståelse for bore-personellet.
Granskingsrapporter bør vurdere situasjonsforståelsen som en av flere menneskelige faktorer. For eksempler på metoder som underbygger SA-perspektivet, vises til CIEHF (2020) og AIBN (2019). Ut fra viktigheten av SA under en ulykke, bør granskninger analysere SA.

Selv om økende grad av automatisering fører til lavere arbeidsmengde, har problemer med situasjons- og systemforståelse oppstått som en følge av automatisering Borst et al., (2010). Flyulykker har skjedd grunnet piloters manglende forståelse av de autonome systemene Endsley (2012). Tvetydig informasjon, uklarheter i intensjoner og lite hensiktsmessig håndtering av uventede hendelser knyttes til mangler ved situasjonsforståelsen. En studie som så på sammenheng mellom automatisering, arbeidsbelastning og situasjonsforståelse i simulerte eksperimenter med flygeledere fant at høy grad av automatisering førte til lang reaksjonstid for flygelederne når det kom til å oppdage konflikter i systemet Edwards et al. (2017).

Teorien knyttet til situasjonsforståelse, Endsley (1995; 2019) og «sensemaking» Weick (2001) er en del av HF som kan brukes for å få bedre design og løsninger for automatiserte systemer. Brukerne bør involveres i utvikling for å sjekke ut deres situasjonsforståelse i kritiske operasjoner . Endsley (2019) har skissert syv prinsipper fra SA som bør hensyntas i utvikling og design av automatiserte systemer:

- Pålitelighet og resiliens/robusthet er særlig viktig for autonome og tekniske systemer
- Bruker bør alltid ha mulighet for å kunne ta styringen over systemene
- Systemene må være transparente og vise tilstand til de automatiserte systemene til enhver tid
- Opplæring må være tilstrekkelig for å gi forståelse og underbygge tillit
- Unngå å øke kognitiv belastning, arbeidsbelastning og forstyrrende elementer, og gjør oppgaver enkle å gjennomføre.
- Alarmbeskjeder må være utvetydige
- Systemenes brukergrensesnitt må gi støtte til tolkning, styring og vurdering av samtidige alarmer

Endsley (2019) påpeker også at testing og validering av design av brukergrensesnitt er en kritisk del av utvikling, og at dette må inkludere (i) både normale og unormale hendelser, herunder også automatiseringsfeil og gjenvinning, (ii) et representativt utvalgt av brukere som ikke har vært involvert i utviklingen og (iii) test på objektive mål på menneskelig ytelse, som for eksempel hvilke handlinger som gjøres, tidsbruk, arbeidsbelastning og situasjonsforståelse.

Eksempler fra boring, hvor boring offshore er en dynamisk aktivitet – hvor det er viktig at operatørenes situasjonsforståelse og samarbeid fungerer best mulig. Iversen et al. (2013) gjennomførte en simulering av en delvis automatisert boreoperasjon. De analyserte hvordan uventet oppførsel fra de automatiserte systemene kan føre til «*mode confusion – i.e. when the actual automation mode of a system differs from the user's expectation*», dvs. brukerne forstår ikke hva som foregår i systemet, noe som kan lede til feilhandlinger. Resultatene indikerte at det var en sammenheng mellom graden av automatisering og risiko for feilhandlinger. De påpekte at olje og gassbransjen kan lære fra luftfart som har forsket på problemstillingen.

### 5.1.2 Menneske-maskin grensesnitt (HMI) og alarmer

Selv om automatisering som konsept søker å fjerne mennesket fra prosessen, vil det i de fleste automatiserte løsninger være en forventning om at mennesket skal ha en overvåkende rolle, og dermed skulle kunne gripe inn ved behov. Det er derfor nødvendig å anvende teknologi som

legger til rette for at dette kan skje på en hensiktsmessig måte. Dette skjer gjennom menneske-maskin grensesnittet (*Human Machine Interface - HMI*) som operatører bruker for å samhandle med de automatiserte systemene og prosessene. Dette grensesnittet må presentere informasjon på en slik måte at menneskene som skal overvåke systemene har den rette informasjon til å forstå hva som faktisk skjer, presentert til rett tid og på rett plass. Et rammeverk som beskriver interaksjon mellom borere og automasjon i boreprosessen finnes i de Wardt et al., (2016) og Wylie et al., (2018).

Ved utvikling av automatiserte prosesser er det nødvendig å evaluere om man introduserer nye muligheter for feil Flaspöler et al. (2009). Mange automasjon-menneske grensesnitt gir ikke nok informasjon om statusen til det autonome systemet, og lite tilbakemelding om tilstanden til systemet som skal kontrolleres, Endsley (2012, 2017, 2019). Eksempelvis kan man miste taktil informasjon om systemene og prosessene når menneskene fjernes fra de fysiske prosessene som vibrasjoner, lyder og lukter. Systemene kan også gi for mye informasjon, det er derfor viktig å følge prinsipper om meningsfull menneskelig kontroll, og som nevnt av Endsley (2019), for eksempel unngå å øke kognitiv belastning, arbeidsbelastning og forstyrrende elementer.

Erfaringer fra luftfart viser at det er viktig å unngå unødvendig bruk av alarmer, Endsley (2019). For mange alarmer kan medføre usikkerhet og utfordringer med å avgrense hva problemet virkelig gjelder. Uhensiktsmessige alarmer er også en kjent problemstilling fra petroleumsnæringen og fra det maritime området. For eksempel har det vært flere hendelser med dynamisk posisjoneringssystemer hvor uhensiktsmessige alarmer har bidratt til ulykker Dong et al., (2017). Hensiktsmessige alarmer må, i et menneske-automasjons grensesnitt, oppleves ekte og relevante, og operatører må kunne iverksette effektive og gode beslutninger basert på disse Wylie et al., (2016).

IT/OT-løsninger kan fungere som beslutningsstøtte og hjelpe operatører å identifisere problemer, men det er en utfordrende oppgave å designe slike løsninger for dynamiske systemer i offshore olje-og gassproduksjon OESI (2016). I automatisering av bore-operasjoner blir menneske-maskin grensesnittet (HMI) pekt på som en av de viktigste faktorene for suksessfull drift Wylie et al., (2016). Design og presentasjon av rett informasjon har blitt fremhevet som en viktig årsak til at kritiske signaler blir oppfattet i bore-og brønnoperasjoner Roberts et al. (2015).

Basert på kunnskap fra automatisering i luftfart oppsummerer Endsley (2017) fire sentrale punkter for hensiktsmessig design av menneske-automasjon grensesnitt og funksjoner:

- HMI må presentere nødvendig informasjon for beslutningstaking
- Informasjonen må være tydelig og presentere tilstanden til systemet, inkludert moder og systemgrenser
- Systemet må gi støtte i overgang mellom moder, og fortelle om det er nødvendig med skifte mellom automatisk eller manuell operasjon
- Systemet må gi informasjon om hva automatikken gjør, for økt forståelse av prosessen og for å kunne forutse fremtidige handlinger

Endsley (2017) peker også på at kompleksitet, involvering og arbeidsbelastning vil ha fundamental innvirkning på interaksjon mellom mennesket og det automatiserte systemet. Kompleksitet vil ofte være en konsekvens av mange funksjoner og moder som legges inn i systemet, og kan føre til uventet oppførsel fra systemet og dertil mangelfulle mentale modeller av systemet hos brukere. Dette vil igjen føre til manglende mulighet til å tolke informasjon og forutse nødvendige handlinger.

Visualisering av komplekse prosesser kan legge til rette for bedre mentale modeller hos bore-personell Wylie et al., (2016). Når man integrerer flere systemer i automatiserte boreprosesser, må man sørge for at informasjonen fra prosessene presenteres på en forståelig måte for bore-personell. De skal overvåke systemene, men må ikke overbelastes av for mye av informasjon Thorogood (2009). Ofte er disse systemene levert av ulike leverandører, og systemene skal både kunne kommunisere med hverandre og presentere koordinert informasjon til operatørene.

I automatisering av boreoperasjoner er det utviklet noen løsninger som kan understøtte samspillet mellom borepersonell og de tekniske systemene, for eksempel automatiserte prosedyresystemer Dashevskiy et al. (2020) og beslutningsstøtte i utregninger av posisjoner i retningsboring Chmela et al. (2020). Utvikling av teknologi til beslutningsstøtte kan føre til bedre situasjonsforståelse og bedre interaksjon mellom menneske og automasjon, men det er nødvendig at også disse systemene blir utviklet basert på metoder som tar hensyn til menneskelige faktorer. Teknologien bør bli utviklet i medvirkning med brukere og man må sørge for at testing og validering blir gjennomført.

Det forskes også på dynamiske metoder for tilpasning av automatiserte systemer. For luftfart har man undersøkt muligheten for å bruke «*eye-tracking*» for å identifisere situasjoner der øyebevegelsene tilsa at pilotene opplevde "*automation surprise*" – dvs. at piloten ikke forstår informasjonen som automatiseringen gir Dehais et al. (2015). Også bruk av nevrofysiologiske signaler har blitt brukt for å tilpasse automatikken til stressnivået til operatørene. Et forsknings-prosjekt på adaptiv automasjon brukte stress-signaler fra kontrolltårns-operatører for å aktivere et forenklet brukergrensesnitt og redusere alarmer når operatørene opplevde kognitiv overbelastning Aricò (2016). Teknikken må imidlertid brukes med omhu, men kan være et viktig verktøy når systemer designes for å understøtte meningsfull menneskelig kontroll.

### 5.1.3 Distribuerte organisasjoner

Distribuerte organisasjoner er relevant i flere sammenhenger i tilknytning til automatisert boring. Operasjon og drift av olje-og gassinstallasjoner er i stor grad distribuerte eller sammensatte med ulike aktører og underleverandører involvert i operasjoner som operatører, kontraktører, rigg-eiere, og ulike serviceleverandører. Det er også en utvikling mot integrerte operasjoner internt i operatørselskaper der flere funksjoner flyttes til land. Generelt vil det sammensatte aktørbildet i operasjoner og prosjekter føre til flere utfordring, særlig knyttet til kommunikasjon, uklarheter i roller og ansvar, felles forståelse for måloppnåelse, integrasjon av systemer og data fra flere leverandører, og utfordringer knyttet til datasikkerhet. I utvikling av ny teknologi for denne bransjen er det derfor særlig viktig at man legger til rette for samarbeid og kommunikasjon

mellom de nødvendige aktørene, at brukerperspektivet blir ivaretatt fra start, og at alle leverandører har samme forståelse for måloppnåelse i prosjektet de Wardt, (2016). For eksempel bør det være enighet om at den automatiserte teknologien skal forbedre sikkerhet og operasjonell ytelse, og at automatisering i seg selv ikke er et selvstendig mål.

Eksperter på menneskelige faktorer involvert i utviklingsprosjekter kan også sette søkelys på vanlige utfordringer i interorganisatorisk samarbeid og kompleksitet som for eksempel uklarheter i roller og ansvar, og manglende kommunikasjon Milch og Laumann (2016). I en studie av Sætren og Laumann (2015) fulgte forskerne et prosjekt som utviklet og implementerte automatisert boring, for å se på aksept for den nye teknologien blant bore-personell. I denne studien konkluderer forfatterne med at det kunne være et for høy tillit for den nye teknologien, noe som førte til lav risikooppfatning og bevissthet rundt mulige utfordringer. Bore-personell stolte i høy grad på at de fikk tilstrekkelig informasjon fra utviklerne. I en tilknyttet studie fant imidlertid forskerne at utviklerne hadde lav forståelse for hvem sluttbrukerne var før implementering og testing av teknologien (Sætren et al., 2016). Dette skyldtes utilstrekkelig koordinering av informasjon knyttet til menneskelige faktorer i utvikling av teknologien og prioritering av den tekniske delen av sikkerhet i motsetning til for eksempel brukervennlighet. Dette ledet til økte kostnader, lav brukervennlighet, og dårlig brukerforståelse av risikoer og sikker bruk av systemet.

Samarbeid under utvikling og testing av automatiserte systemer mellom leverandører av utstyr og operatørene, og involvering av brukere er altså en viktig forutsetning for sikker utvikling av programvare. For å kunne ivareta dette perspektivet når det er motstridende målsetninger i utvikling av ny teknologi (for eksempel mellom effektivitet og brukerens muligheter og forutsetninger for å forstå automatisert teknologi) kan det være nødvendig å ha eksperter på menneskelige faktorer involvert i prosjektene i hele gjennomføringen, Sætren og Laumann (2015).

### 5.1.4 Organisatoriske forhold ved innføring av ny teknologi

Med ny teknologi vil organisering av arbeid og menneskets rolle endres. Løsninger for automatiserte boreoperasjoner innebærer at færre personer kreves for å gjennomføre operasjonene, og det vil være endrede arbeidsoppgaver. Det vil være nødvendig å undersøke hvordan disse arbeidsoppgavene utformes slik at de tar hensyn til menneskets muligheter og begrensninger. I luftfart har man funnet at systemene som i utgangspunktet oppfattes å være "nesten helt trygge" likevel utfordrer de organisatoriske grensene og praksis når autonome systemer innføres Oliver et al., (2017). Det er i ukjente og uventede situasjonene problemer med automasjon oppstår. Dette må håndteres også på et menneskesentrert nivå og på et organisatorisk nivå med samspill mellom flere aktører, ikke bare gjennom teknologiutvikling. Det er derfor viktig å tillate iterativ utvikling hvor man innfører endringer gradvis og lærer på flere nivå.

Opplæring, tillit til endringsprosessen og teknologien er organisatoriske faktorer som er viktig å ta hensyn til i forbindelse med innføring av automatiserte og autonome systemer.

Antagelsene og planer som ligger til grunn for nye arbeidsprosesser må være i samsvar med kompetansen og forventninger til brukerne, noe som kan ivaretas med brukersentrert utvikling og

trinnvis innføring av ny teknologi. Tilrettelegging for god læring i organisasjoner er viktig for å unngå uønskede hendelser. Iversen et al. (2013) fant i en studie som benyttet simuleringer av et automatisert boresystem at det kan være en fordel med kunnskap hos bore-personell som går utover den kunnskap som er vanlig i dag. De anslår at det vil være nødvendig med mer dyptgripende teoretisk og praktisk opplæring og kompetanse om nedihulls-fenomener, og forståelse for design og drift av autonome kontrollsystemer.

Når bore-personell ikke lengre manuelt deltar i bore-operasjoner kan kunnskap om operasjonene forvitre. Dette kan motvirkes med gode og oversiktlige menneske-maskin grensesnitt. Misforståelser og forventningsfeil kan knyttes til utforming av prosedyrer, overlevering av informasjon mellom individer og team. Opplæring som bygger på situasjonsforståelse og menneskelige faktorer kan gi bedre samhandling Antonovsky et al. (2014). Opplæring i slike ikke-tekniske faktorer via Crew Resource Management (CRM)-opplæring vil være relevant for godt samarbeid mellom operatørene. CRM-opplæring er prioritert fra oljebransjen (IOGP, IWCF) maritim industri, luftfart og offshore helikopter, se også Johnsen (2013).

### 5.1.5 MTO-perspektiver i utvikling

Prioritering av effektivisering kan føre til et overfokus på teknologiutvikling uten at sikkerhet blir tilstrekkelig tatt vare på. Det kan være utfordringer med å bruke HF når kunnskapsnivået er lavt og budsjettet er knapt, og et av de viktigste tiltakene for å få tilstrekkelig oppmerksomhet på HF er krav og oppfølging i regelverket (HSE, 2015), men også bransjen selv må følge opp HF.

For tilstrekkelig inkludering av HF er det viktig å se sikkerhet i et perspektiv som setter forståelse av operasjonelle betingelser, teknologiske forutsetninger og den enkelte operatørs oppgaver i sammenheng. Det er ikke nok å fokusere på et av disse elementene da det er i interaksjon mellom de ulike aktører og funksjoner man kan legge til rette for sikkert arbeid. Dette er også et grunnleggende prinsipp i barrierestyring hvor samspillet mellom tekniske, organisatoriske og operasjonelle barriere elementer skal kunne ivareta barrierefunksjoner Ptil (2017). Barrierene skal, ifølge Styringsforskriften §5, benyttes for å oppdage tilløp til hendelser, hindre utvikling av et hendelsesforløp og begrense skader. Innføring av automatiserte systemer vil påvirke barrierefunksjoner og elementer, for eksempel vil noen barrierefunksjoner flyttes fra arbeidsprosesser utført av mennesket til IT/OT-systemer. Dette innebærer endringer i utforminger av barrieresystemene og ansvarsfordeling. Barriere-perspektivet vil kunne hjelpe å analysere hvorvidt barrierefunksjoner svekkes eller styrkes i denne endringen, og om verdiene man vil beskytte (menneske, miljø, utstyr) blir mer eller mindre sårbare etter implementering av automatiserte systemer.

Systemteori er et annet helhetlig perspektiv som brukes av sikkerhetseksperter, og flere fareanalysemetoder er utviklet basert på dette perspektivet. Systemteori er basert på at man ikke kan isolere og analysere kun enkelte deler av systemet uten å miste forståelsen for hvordan systemet oppfører seg når de ulike aktørene og komponentene samvirker. Eksempelvis bruker Systems-Theoretic Accident Model and Process (STAMP) dette perspektivet Leveson (2011). Fareanalysemetoden Systems Theoretic Process Analysis (STPA) og granskningsmetoden Causal

Analysis based on Systems Theory (CAST) er basert på STAMP Leveson (2011, 2019). STPA har blant annet blitt demonstrert i utvikling av autonome systemer som robotiserte løsninger brukt i romfart Leveson (2011) og autonome skip Wróbel et al. (2017). Eksempler på bruk i risikovurderinger sammenliknet med andre metoder for autonome skip, er diskutert i Nilsen et al. (2018) og Torkildson et al. (2019). CAST avdekker sammenhenger og samspill mellom teknologi og menneskelige kontrollmuligheter, se f.eks. Leveson (2016) – «CAST Analysis of the Shell Moerdijk Accident».

CIEHF (2020) gir en oppdatert oversikt over metoder brukt innen HF for å lære fra uhell. Der er også "Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)" trukket frem. HFACS er et rammeverk for analyse av menneskelige feilhandlinger basert på Reasons modell om latente og aktive feil Reason (1990); Wiegmann og Shapell, (2001). Rammeverket ble opprinnelig utviklet for det amerikanske forsvaret for analyse av luftfartsulykker, og har blitt brukt til å analysere ulykker i sivil luftfart Wiegmann og Shapell (2001), og i andre bransjer. Organisatorisk påvirkning, forutsetninger for handlinger og analyse av de aktuelle handlingene inngår som en del av HFACS. Metoden støtter HF perspektivet i granskinger, sammen med de som nevnes i CIEHF (2020).

«Resilience Engineering (RE)» er en tilnærming som analyserer evnen til å håndtere det uventede i et dynamisk system, og hvordan man kan gå til en sikker tilstand ved hjelp av et helhetlig MTO perspektiv Hollnagel (2006). Denne tilnærmingen forsøker å lære av det som går bra og fungerer, og kaller det Safety-2 (for å utfylle Safety-1 perspektivet som baserer seg på å lære av det som går galt). RE vurderer de dynamiske sider ved ulike aktører, teknologi, organisasjoner og kan benyttes for å undersøke hvordan variasjoner kan representere både muligheter, men også utfordringer ved innføring av automatisering. RE har blitt utbredt på tekniske områder som programvareutvikling for å sikre robuste systemer. RE/Resiliens har fått stor utbredelse på overordnet nivå i FN og EU, Pęciłło (2016). RE kan også bidra med prinsipper inn i utvikling av AI systemer for å få til bedre kontroll og sikkerhet. Eksempel på det er å bruke prinsippet om «reduksjon av kompleksitet», ved å dele inn i flere komponenter. Flere AI-komponenter som håndterer enkle funksjoner kan gjør at det kan bli lettere å forstå og kontroller, framfor å ha et helintegrert AI system.
En litteratur-gjennomgang av status for autonome systemer i 2020 («state of the art»), påpekte fire utfordringer med automasjon: 1) tilgang på pålitelige og robuste systemer, 2) grensesnitt mot menneskelige aktører, 3) behov for AI som støtter robusthet og sikkerhet og 4) pålitelighet i ustrukturerte omgivelser, (Johnsen & Kilskar, 2020).

En har observert at automatiserte systemer ofte har liten toleranse for feil eller det uventede i omgivelsene. Det kan skyldes at de har sensorer som ikke fanger all informasjon eller at systemene/automatikken ikke forstår nye situasjoner. Det har derfor blitt økt oppmerksomhet på prinsipper fra «Resilience Engineering» som kan brukes for å lage mer robuste automatiserte systemer.

Kvalitetssikring av utviklingsløpet trengs, spesielt knyttet til menneskelige faktorer under design og drift. CRIOP (2011) en ofte brukt metode for å gjennomføre uavhengig kvalitetssikring Aas & Skramstad (2010). CRIOP er en MTO metode som bidrar til verifisering og validering av muligheten

til sikker kontroll og drift av kontrollsystemer og kontrollrom, basert på utviklingsmetoden ISO 11064 og barriereperspektivet. En viktig del av CRIOP er en kvalitetssikring av dokumenter som oppgaveanalyser, arbeidsbelastnings-analyser, arbeidsmiljø/ergonomi, kvalitet av alarmer og HMI. Metoden bør benyttes tidlig, under avklaring og detaljert design i tillegg til bruk under drift. Når metoden benyttes tidlig, gjør det at mangelfull design kan rettes opp så tidlig og billig som mulig.

Andre metoder og tilnærminger som bør inngå i analyse av menneskelige faktorer i automatisering av boreoperasjoner er identifisert i «Drilling Systems Automation Roadmap Report» DSA Roadmap(2019). Det er:

- Oppgaveanalyse (med gjennomgang av arbeidsoppgaver og kognitiv forståelse) for å bestemme prioriterte områder for automatisering
- Planlegging av optimal arbeidsbelastning og brukeranalyse
- Utforming av styringssystemer, informasjonsskjermer og visualiseringsverktøy for best mulig situasjonsforståelse
- Planlegging for å motvirke oppmerksomhetssvikt ("complacency")
- Håndtering av redusert kunnskap om den automatiserte prosessen hos bore-personell ved å innpasse nødvendig informasjon i HMI
- Håndtering av bore-personells tillit til systemet relatert til statusmeldinger, alarmer og systemets pålitelighet
- Kommunikasjon av usikkerheter og hensikter i automatisering til borepersonell for å legge til rette for gode mentale modeller av prosessen

Teorien vi har identifisert gir klar støtte til viktigheten av økt kunnskap om menneskelige faktorer , viktigheten av avgrensning av hva som automatiseres, viktigheten av brukersentrert utforming viktigheten av meningsfull menneskelig kontroll og god praksis for granskinger.

## 5.2 Automatiserte løsninger innen transport med overføringsverdi

I det følgende har vi dokumentert erfaring fra bruk av automatiserte løsninger på sjø, luft, veg og bane som har relevans og overføringsverdi til petroleumssektoren og boring og brønn. Det er alle områder som har erfaring med automatisering, de prioriterer sikkerhet. Spesielt luftfart har bygd ut fagområdet HF med god praksis.

Vi har listet opp erfaringer fra transportdomenene i hovedsak fra perioden 1980 til 2020. I avslutningen oppsummerer vi erfaringer som har overføringsverdi til automatisering av boring og brønn.

### 5.2.1 Ubemannet Metro

Ubemannet Metro har vært operativt siden 1980. Ved starten av 2019 var det ubemannede metroer i 37 byer med 48 linjer, totalt 674 km. Ett nærliggende eksempel er bybanen i København, som er ubemannet og styrt via en bemannet kontrollsentral. Relatert til sikkerhet kan nevnes:

- Ingen kjente ulykker eller alvorlige HMS hendelser fra de har vært operative siden 1980 til 2020

- Operasjonsområdet har vært avgrenset. Banespor har vært isolert fra annen trafikk – så banen går på reserverte spor. Det er fysiske stengsler mot sporet og doble dører for å hindre at trafikanter kommer i sporet eller setter seg fast
- Sentralt kontrollrom med kontinuerlig bemanning under drift, med overvåking av all trafikk og avvikshåndtering
- Manglende systematisk datarapportering og dokumentasjon av mindre hendelser – det finnes ingen statistikk som systematiserer og oppsummerer bruken med antall passasjerer og transportlengde på internasjonalt nivå. Det finnes heller ingen omforente taksonomier for datarapportering knyttet til mindre hendelser

Erfaring som kan overføres, er behovet for å definere operasjonsområde slik at risikoen blir så liten som mulig, etablere barrierer og beskyttelser som hindrer uønskede hendelser samt å sikre at det er kontrollrom eller aktører som kan gripe inn når det uventede skjer.

### 5.2.2 Autonom vegtransport med økt digitalisering

Ubemannet/autonom transport har vært operativ i pilotprosjekter og forskning lenge. Det er flere eksempler, vi har bl.a. sett på autonome roboter (Automated Guided Vehicles – AGV) til varetransport ved St. Olav hospital hvor de startet drift i 2008/2009. Mht. sikkerhet kan nevnes:

- Ingen kjente ulykker i perioden fra 2008/2009 til 2020
- Transportområdet er i hovedsak lagt til en egen kjelleretasje, men AGVene tar også heisen opp til bestemte hentesoner. Bevegelsesområde for AGVene er delvis isolert fra annen trafikk
- Sensorene på AVG har ikke klar forståelse av egne dimensjoner og har begrenset synsområde. De kan ikke alltid oppdage eller se objekter eller annen trafikk, for eksempel sykler, paller eller gaffeltrucker. Problemet med gaffeltrucker er at det er høyt mellomrom mellom undersiden av gaflene og bakken, noe som gjør at sensorene ikke ”ser” trucken
- Det har vært søkelys på læring og etablering av barrierer for å redusere uønskede hendelser– eksempler på barriere er at man setter "skjørt" under gaffeltrucker så de ses av sensoren på AGVene
- AGVene kommuniserer, de «snakker», dvs. de sier ifra om at de kommer, slik at gående og andre trafikanter kan ta hensyn, noe som påvirker tilliten til systemene og minsker fremmedgjøringen
- Det er etablert et sentralt kontrollrom med kontinuerlig bemanning under drift (2 personer), med overvåking av all trafikk og avvikshåndtering
- Det er manglende systematisk datarapportering og dokumentasjon av mindre hendelser – ingen taksonomier for datarapportering, utfordringer med å få oversikt pga. manglende datafangst

Erfaringen fra autonome systemer med bl.a. trafikk på regulære veier er samlet inn av flere aktører og har økt kunnskapen om autonome systemer, som listet opp i det følgende:

- Google Cars har samlet data fra 2008. Google Cars hadde fra 2009-2015 kjørt 2208199 km – ulykkes-raten er 1.36 pr. million km, ca. 1/3 av tilsvarende for bemannet trafikk (Teoh et al. 2017). Dette illustrerer viktigheten av datarapportering for å kunne si noe om risikonivået. Innføring av mer autonomi indikerer at det er mulig med reduksjon av ulykkes-raten. I Norge

er det 3 dødsfall pr. milliard kjørte km generelt på veinettet, mens i USA er det 7.3 dødsfall. Det indikerer at flere tiltak som opplæring og regelforbedring kan settes i verk for å øke sikkerheten, ny teknologi som autonomi gir ikke i seg selv høyere sikkerhet – det må støttes av flere tiltak

- Det har vært usikkert om implementering av automatiserte løsninger innen kritiske områder har økt sikkerheten, som eksempel vises til rapporten fra QCS (2019) knyttet til at Tesla innførte automatisert støtte av styring – via «Autosteer Driver Assistance System». De første rapportene indikerte at autopilot (Autosteer) gir 40% reduksjon i ulykker, mens en grundigere analyse av dataene indikerte at aktiveringen av Autosteer økte kollisjonsraten med 59%. Det er derfor viktig å ha god uavhengig datarapportering som er kvalitetssikret
- Bilprodusenten Tesla har installert delvis automatiserte funksjoner i deres biler. Data for bruken samles inn av Tesla og brukes til utvikling og læring for å få sikrere og bedre systemer. Dette er brukertesting satt i system, noe som kan lede til en positiv utvikling på sikt
- Det har dukket opp nye typer ulykker – "rage against the machine" hvor andre bilister kolliderer med autonome biler fordi de ikke oppfører seg som forventet Teho et al. (2017)
- Det er etablert delvis datarapportering og dokumentasjon av hendelser fra myndighetene i USA (NTSB – National Transportation Safety Board). Det er gjort i Norge i forbindelse med pilotprosjekter for utprøving av autonome busser og autonome biler. Erfaringene indikerer at autonome løsninger krever økte investeringer i infrastruktur for å sikre at det autonome kjøretøyet får støtte for å unngå kollisjoner
- Autonome personbiler er i stor grad bemannet med fører som sitter og passer på. Det kan nevnes at reaksjonstiden før mennesket tar over ("out of the loop") varierer fra 2 til 26 sekunder – dvs. det er utfordringer knyttet til å ta over kontrollen slik det er designet i dag Eriksson et al., (2017)
- Autonom gruvetransport har vært operativ siden 2008, med god HMS erfaring. Det er pågående pilotprosjekter i Norge med god erfaring fra drift i 2019, se www.hfc.sintef.no møte mai, 2019 om Brønnøy Kalk
- Erfaringen med sensorer og programvare (AI – Artificial Intelligence) brukt i autonome kjøretøy er at det er vanskelig å oppdage/tolke alle hindre/utfordringer i trafikken. Det er en generell forventning om at det tar lengre tid. Ekspertvurderinger er at det tar 10 år før systemene har kommet på et slikt nivå at de kan levere full autonomi Wozniak (2019); CNBC (2019). Derfor er det nødvendig med avgrensninger i operasjonsområdet og utbygging av støttende infrastruktur for å kunne utnytte autonome kjøretøy og autonome løsninger.
- Nye Digitale løsninger i biler synes å ha høyere feilrate enn gamle systemer, som eksempel har det vært en del uventede hendelser med akselerasjon med Volvo, noe som er tatt opp i Motor (2024) – utfordringen i forbindelse med gransking er at man mangler presis dokumentasjon av hva føreren gjorde, det kunne ha vært avklart av video-overvåking av bilfører.

Erfaring som kan overføres til andre områder er:

- Avgrense operasjonsområde slik at risikoen blir så liten som mulig og bygge ut og tilpasse infrastruktur til autonome operasjoner
- Kvaliteten på sensorer og systemer er under utvikling – feiltolkning skjer, så systemene bør være mer robuste (f.eks. redundante) og man bør etablere barrierer som hindrer uønskede

hendelser – dette gjelder også for dokumentasjon av hendelsesløpet før kollisjon, ref Motor (2024).
- Autonome systemer kan svikte, derfor må man sørge for at det er kontrollrom eller aktører som kan gripe inn når det uventede skjer
- Etablere systemer for datarapportering og læring av nye hendelser
- Sikkerheten økes ikke bare av teknologien, men av en helhetlig MTO tilnærming

### 5.2.3 Autonomi innen sjøfart

Norge har vært svært proaktiv for å få etablert autonome løsninger innen sjøfart, og er blant de ledende aktørene internasjonalt. Det er 3 test-områder for autonome skip i Norge i 2020. Tidligere var det 6 test-områder totalt på verdensbasis, men dette har økt vesentlig i løpet av 2020. Av interessante pilotprosjekter kan nevnes Yara Birkeland som skal være operativ fra 2021. Skipet er på 75 meter og vil frakte 150 kontainere, noe som vil fjerne ca. 40.000 lastebiler/år fra vegnettet. Det er planlagt en gradvis overgang til autonom styring av Yara Birkeland, med bemannet operasjon ombord i starten støttet av kontrollsentral på land. Andre prosjekter er bl.a. Asko som skal bygge to sjødroner som skal erstatte 150 daglige trailerturer mellom Østfold og Vestfold. De skal krysse Oslofjorden elektrisk og utslippsfritt fra 2024. De elektriske og autonome fraktefartøyene skal ha plass til 16 semitrailere. Anslåtte utslippsbesparelser på 5.000 tonn $CO_2$. Samtidig spares veiene for to millioner kjørte kilometer i året.
I Trondheim er det planlagt en pilot, AutoFerry, som er en ubemannet ferje med tilkopling til kontrollsentral som vil operere lokalt fra 2021, etter at en pilotferje har vært testet i 2020. Det er lite erfaring fra større autonome skip, men noe erfaring fra ubemannede ferjer hvor det har vært noen ulykker knyttet til overbelastning.

Det er en del erfaring med mindre autonome overflateskip brukt f.eks. til kartlegging og seismikk, som har fungert bra innen sine områder. Wrobel et.al. (2017) har gått gjennom 100 skipsulykker og vurderer risikoen om skipene var ubemannet/autonome. Analysen er spekulativ, men indikerte at sannsynligheten for uhell vil reduseres med autonome skip, men konsekvensene kan bli større f.eks. ved grunnstøting eller brann på grunn av at mennesker ikke er der og kan improvisere eller håndtere ulykken på stedet. DNV–GL har gjennomført en risikovurdering av autonome skip for EMSA – European Maritime Safety Agency, hvor problemstillinger som manglende alarmer, sensorsvikt og «out of the loop» problemer ble trukket frem som mulige risiko-områder. Foreslåtte tiltak var bl.a. bedre alarmer, prioritering av robusthet (resilience), økt oppmerksomhet på HMI grensesnitt, og økt bruk av verifikasjon og validering, DNV-GL (2020).

ROVer har vært brukt lenge innen petroleumssektoren, og det er laget standard for bruken NORSOK U-102 (2003). Vi har ikke funnet systematiske oversikter over ROV hendelser, noe er rapportert av IMCA (The International Marine Contractors Association). Det har vært enkelthendelser med brudd i kabel som har styrt/holdt oppe ROV, og det har vært påpekt manglende formelle metoder for risikovurderinger ved bruk av ROVer.

Ut fra den begrensede erfaringen med autonome/automatiserte skip er det tidlig å komme med erfaring som kan overføres. Noen læringspunkter er å:

- Definere operasjonsområder slik at risikoen blir så liten som mulig, og å bygge ut og tilpasse infrastruktur til autonome operasjoner
- Det må planlegges for at autonome systemer kan svikte og da sørge for at det er kontrollrom eller aktører som kan gripe inn når det uventede skjer
- For drift bør man etablere gode alarmer og godt HMI som bidrar til bedre situasjonsforståelse
- Det bør etableres systemer for datarapportering og læring fra nye hendelser
- Risiko må vurderes og håndteres når det kan ta tid før menneskelige aktører å gripe inn. Eksempler er grunnstøting, brann eller kollisjoner,

### 5.2.4 Autonomi innen luftfart – bemannet luftfart og fjernstyrte droner

**Bemannet med automatiserte funksjoner.**
Det har vært en stor grad av automatisering innen luftfart, og dagens piloter får støtte av mange automatiserte funksjoner. "Vanlig" luftfart har en ekstrem høy sikkerhet og persontransport i fly er den tryggeste transportformen. Flyselskapene innen International Air Transport Association (IATA) hadde ingen store ulykker («hull losses») i 2012 eller i 2017. Automatiseringen innen luftfart har vært gjennomført gradvis med støtte av systematisk forskning innen HF, og må karakteriseres som vellykket ut fra et sikkerhetsperspektiv.

Grunnen til det høye sikkerhetsnivået skyldes godt utbygd infrastruktur, systematisk datarapportering, kontrollsentraler, standardiserte fly, omfattende regelverk, prioritering av HF-metoder, grundig testing og sertifisering, systematisk opplæring og god læring etter ulykker. Det er imidlertid fremdeles behov for menneskelig inngripen og det har oppstått utfordringer med å etablere situasjonsforståelse i forbindelse med avvik, når pilotene har vært «out of the loop» og så skal komme inn igjen.

**Ubemannet – UAS-Unmanned Aircraft Systems – styring fra kontrollsenter**
UAS har vært operativ siden 1970 for overvåkningsformål. Det er samlet inn data fra store (industrielle) droner via Department of Defense (DoD). Analysene av innsamlede data fra Waraich et al. (2013) og Hobbes et al. (2014) viser:

- **Det er ca. 100 ganger høyere ulykkes-rate med UAS enn med fly med pilot**, ca. 50-100 UAS hendelser pr. 100 000 flytimer, men ca. 1 hendelse med pilotert fly pr. 100 000 flytimer. Viktigste rot-årsak til disse ulykkene er dårlig design av styringssystemet og menneske-maskin grensesnitt (Human Machine Interface – HMI) grunnet svak kunnskap om HF.
- **Det er ca. 100 ganger høyere feilrate med UAS enn med «vanlige» fly.** Feilraten – uttrykt ved tid mellom feil (”Mean Time Between Failures”) har vært kort 1000 timer mens den er ca. 100 000 timer for bemannede fly, dvs. feilraten er vesentlig dårligere for droner, Petritoli et al. (2017).

Sikring (security) er umodent når det gjelder UAS. Det er foretatt kartlegginger av uønskede hendelser (Valente, 2017; Altawy et al., 2016). Det som kan skje er at andre aktører kan ta over kontrollen av en fjernstyrt drone og få den til å lande eller styrte og bli ødelagt. Det er lav terskel for å ta over datakommunikasjonen slik at du får tilgang til data som sendes mellom dronen og operatøren. Siden UAS er fjernstyrte kan de uten større risiko for droneoperatøren brukes til å

ødelegge produksjonsutstyr ved at de styrter eller frakter eksplosiver (eller flammekastere – noe som er tilleggsutstyr for noen droner). Angrepet på Saudi Arabia i 2019, reduserte oljeproduksjonen i verden med 5% i to uker, SaudiArabia (2019), Singh (2019).

Regulær flytrafikk har også blitt forstyrret av droner/UAS. Et ofte sitert eksempel er det som skjedde på Gatwick Airport 19.-21. desember 2018. Da var det forstyrrelser av flytrafikk ved at droner opererte i nærheten av flyplassen. Det påvirket mer enn 140 000 passasjerer og over 1000 flygninger (Gatwick, 2018). Økt bruk av droner og autonome løsninger betyr at tersklene for intenderte hendelser blir lavere og at det blir økt behov for vurdering og sikring rundt sårbar infrastruktur som f.eks. olje og gass anlegg og flyplasser.

Erfaring som kan overføres til andre områder er:

- sikkerhetsnivået blitt ekstremt høyt ved at automatisering er gradvis innført. Personell er redusert, men pilotene har fått en viktig rolle med å håndtere det uventede og komplekse.
- prioritering av HF
- godt utbygd infrastruktur med kontrollsentraler bemannet 24 timer 7 dager i uka
- systematisk datarapportering,
- omfattende regelverk med prioritering av grundig testing og sertifisering,
- systematisk opplæring og god læring etter ulykker.

### 5.3 Autonome løsninger i offshore boring og brønn

I boring er det utstrakt bruk av landbaserte operasjonssentre som i varierende grad styrer aktiviteten i forbindelse med boreoperasjoner. Avanserte verktøy brukes for å styre utstyr fra operasjonssentre langt unna riggen. Over de siste tiårene har stadig flere og mer sofistikerte løsninger for automatisert boring og håndtering av boreutstyr blitt innført, og dette har gradvis endret de tradisjonelle arbeidsoppgavene fra manuell operasjon av maskineri til databaserte løsninger Ciavarelli (2016). Det er flere grunner til at boring er et spesielt velegnet område for utvikling og bruk av automatiserte løsninger Godhavn (2011):

- Automatisering gir mulighet for å bore mer utfordrende brønner og i formasjoner der det tidligere ikke har vært mulig å bore i.
- Boring har potensiale (i forhold til effektivisering) for mer robotisering og automatisering fordi det er i varierende grad modernisert sammenlignet med andre industrier
- Boring innebærer bruk av tungt maskineri for å håndtere rør og annet utstyr. Ved økt bruk av robotisering og fjernstyring kan mennesker fjernes fra farefull eksponering.
- Boring innebærer alltid en viss risiko og feil/uhell kan få enorme konsekvenser både for menneske, miljø, involverte organisasjoner og utstyr. Ved økt bruk av robotisering og fjernstyring kan mennesker fjernes fra farefull eksponering fra slike hendelser.

### 5.4 Bruk av ANSI/HFSE Human Readiness level

Vedlagte er en oppsummering av artikkelen «Use of ANSI/HFES Human Readiness Level to Ensure Safety in Automation» - basert på ønske om bedre utnyttelse av HRL for bruk innen AI og autonomi.

Artikkelen beskriver viktigheten av å bruke rammeverket Human Readiness Level (HRL) fra ANSI/HFES for å sikre trygg og effektiv bruk av automatisering og AI-teknologier innen olje- og gassindustrien og maritime autonome operasjoner.

Erfaringer fra disse industriene viser betydelige utfordringer knyttet til menneskelige faktorer (Human Factors, HF), spesielt i forbindelse med situasjonsforståelse, brukergrensesnitt og menneske-maskin-interaksjoner. Dårlig integrasjon av menneskelige faktorer og dårlig systemutforming/design generelt har vært en medvirkende årsak i 50–80 % av ulykker.

Artikkelen diskuterer behovet for å bruke systematiske HF-metoder tidlig i designfasen, og viser hvordan HRL kan støtte dette arbeidet gjennom strukturerte vurderinger og tydelige kriterier for hver fase av teknologiutviklingen.

HRL-skalaen består av ni nivåer som fokuserer på menneskesentrerte krav, prototyping, validering og driftsovervåkning. HRL integreres effektivt med eksisterende metoder som ISO 11064 (ergonomisk design av kontrollrom) og CRIOP (metode for verifikasjon og validering av kontrollrom).

Gjennom en casestudie av en autonom ferge demonstrerer artikkelen praktisk nytte av HRL, hvor det ble identifisert manglende systematisk dokumentasjon av menneskesentrert design og menneske-system integrasjon. HRL-analyse viste behov for ytterligere arbeid med rolleavklaring, grensesnittdesign, alarmsystemer og menneske-AI interaksjon.

Artikkelen fremhever at tidlig og kontinuerlig fokus på menneskelige faktorer gjennom HRL-rammeverket kan bidra til bedre situasjonsforståelse, redusert risiko for menneskelige feil, og høyere grad av aksept og tillit til automatiserte systemer.

Avslutningsvis understrekes det at HRL, kombinert med ISO 11064 og CRIOP, kan utgjøre et kraftfullt verktøy for å sikre sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet i høyautomatiserte og fjernstyrte operasjoner, og støtte etterlevelse av fremtidige reguleringer som EU's AI Act.

### 5.5 Oppsummering av litteratur og erfaring med automatiserte løsninger

Innføring av autonome løsninger er lovende område for økt effektivitet og kvalitet men må designes for sikkerhet. Det er imidlertid viktig å ha en realistisk balanse mellom teknologi og brukersentrert utvikling, siden mennesker forventes å være en del av systemene i flere år til, f.eks. er ekspertenes vurdering at fullt autonome biler er ikke realistiske innen en tidsperiode på 10 år (fram til 2030) Wozniak (2019); CNBC, (2019). Dette understøttes av litteraturgjennomganger, som påpeker at det er utfordringer med pålitelighet i ustrukturerte omgivelser, Johnsen & Kilskar, (2020).

Menneskesentrert utvikling, med metoder som tidlig identifiserer utfordringer som kan oppstå under operasjoner, altså i design og utvikling, må benyttes. For å kunne ivareta menneskelig

interaksjon med systemet, og tillate meningsfull menneskelig kontroll bør man ha eksperter på menneskelige faktorer involvert i prosjektene i hele gjennomføringen og sørge for brukermedvirkning fra start, noe som krever kunnskap om HF og brukersentrering.
Luftfart er et område med høy sikkerhet, og har ledet an i utviklingen av fagområdet HF, med helhetlig MTO-tenking. De har etablert praksis og bruk av metoder fra situasjonsanalyse (SA), kontroll av automatiserte systemer og helhetlig opplæring.

Også innføring av autonom vegtransport har gitt viktig erfaring for å kunne forstå utfordringene med innføring av autonome løsninger, et eksempel er at sensorene i dag gir ikke god nok styringsinformasjon i komplekse og krevende operasjoner. Også ved automatisering av systemer for boring og brønn vil det være behov for større krav til datakvalitet, pålitelighet og data-kommunikasjon for sensorer. Sensorer tilbys av ulike leverandører, og data fra disse må kvalitetssikres og sammenstilles på en fornuftig måte slik at man kan bygge tillit til dataene. I tillegg vil sensorer og systemer som understøtter autonome operasjoner vil også kunne svikte, så det er viktig å analysere behovet for «resilience»/robusthet, altså evne til å håndtere avvik og gå til en sikker tilstand når mennesker ikke kan gripe inn.

Automatisering av bore-operasjonene som fører til at man endrer arbeidsoppgaver fra en aktiv rolle til en mer overvåkende rolle kan bidra til redusert situasjonsforståelse (*out-of-the-loop*). I tillegg kan autonome systemer som bruker eksempelvis digital tvilling øke i kompleksitet gjennom livssyklusen. Dette kan føre til manglende innsikt og forståelse av systemet, som igjen kan føre til feil og hendelser, spesielt i situasjoner der mennesket må overstyre det autonome systemet. Det er derfor nødvendig at brukerne er i sentrum under utvikling av systemene, noe man har god erfaring med fra luftfart. I denne bransjen har også automatisering har blitt innført gradvis, og det er et sterkt regelverk som fokuserer på grundig testing, verifikasjon og validering. Brukersentrering leder også til bedre brukserfaring og brukertilfredshet, Vredenburg et al. (2002), og i mange tilfeller høyere produktivitet Beuscart-Zéphir (2007; Sethi, (2008).

Muligheten for redusert situasjonsforståelse ved innføring av automatiserte systemer påvirker også måten man må tenke på under utvikling siden man må sørge for at systemene (f.eks. HMI) alltid presenterer nødvendig informasjon for beslutningstaking. Tydelig informasjon om tilstanden til systemet og støtte til overgang mellom automatisk og manuell kontroll er viktige faktorer, noe som krever høy kvalitet på menneske-maskin grensesnittet. I tillegg må presentasjon av de automatiserte systemene være transparente for god forståelse av prosessen og for å kunne forutse fremtidige handlinger. Det kan ivaretas ved å bruke prinsippet om meningsfull menneskelig kontroll.

En annen utvikling som har betydning for endrede roller og ansvar ved bruk av mer automatiserte systemer er at enkelte funksjoner kan flyttes fra offshore til operasjonssenter på land. Dette krever at automatiske systemer blir robuste og pålitelige nok og kan fjernstyres slik at det blir unødvendig med tilstedeværelse av eksperter. De automatiserte systemene kan derfor ikke ses isolert, men må ha støtte fra infrastruktur, interaksjon med kontrollsentraler og andre aktører (droner eller andre innretninger), slik at de får hjelp til egen styring. En mer distribuert fordeling av oppgaver mellom ulike kontrollfunksjoner må også ivaretas gjennom analyse av oppgavefordeling

under utvikling, samt gjennom prosedyrer og opplæring. Ved bruk av distribuerte operasjoner og ulike leverandører er det derfor viktig at man ikke kun fokuserer på de teknologiske systemene, men også følger opp innføring av autonome systemer med organisatoriske grep.

Fra autonom vegtransport og luftfart har vi også sett nødvendigheten av løpende dataregistrering og analyser av rike data fra drift, slik at man kan kartlegge hva som fungerer og få et godt grunnlag for å kunne analysere uønskede hendelser. Datainnsamling bør omfatte ulike typer data (også videoopptak av hva aktørene gjorde, ikke bare data fra sensorer) som kan sammenstilles for å gi et helhetlig bilde av hendelsene.

# 6 Empiriske funn knyttet til design-utfordringer av automasjon fra intervju

Vedlagte er sammenfattet fra «Challenges and Emerging Practices in Design of Automation» av *Vatn et al.(2023)*
**Metode -** Forskerne gjennomførte 14 semi-strukturerte intervjuer med eksperter fra industri, konsulent- og akademia-miljøer. Notatene ble analysert med tematisk analyse for å identifisere mønstre som besvarer forskningsspørsmålene

**Bakgrunn og mål:** Økende nivå av automatisering (Level of Automation – LoA) forventes å gi bedre effektivitet, lavere kostnader og høyere sikkerhet. Samtidig kan mer automasjon redusere operatørenes situasjonsforståelse og evne til å overta kontroll, noe som understrekes av nyere ulykker. Studien undersøker derfor hvilke sikkerhetsutfordringer design-eksperter ser ved innføring av automasjon og hvilke praksiser som tas i bruk for å håndtere dem

**Resultater:** Analysen ga to hovedtemaer: Utfordringer i design og Design i praksis
Hvert hovedtema rommer flere undertemaer.

Fra **Utfordringer i design var det**

- Teknologi som premisser – «teknologi for teknologiens skyld» uten tilstrekkelig fokus på brukeren.
- Usynlighet – vansker med å bedømme designkvalitet fordi feil skjules bak pene grensesnitt.
- Kompleksitet – mange autonome systemer med ulik logikk og skjermplassering.
- Ressurser – begrenset tid, midler og tilgang til erfarne brukere, til tross for at dårlig design blir dyrere over livssyklusen.
- Stykke-for-stykke-innføring – nye funksjoner legges til uten helhetlig redesign og kan konkurrere om operatørens oppmerksomhet.

**For Design i praksis var det:**

- Brukerinnsikt som forutsetning – tidlig og iterativ involvering av operatører øker sjansen for sikre og effektive løsninger.
- «Less is more» – minimalisme og enkelhet reduserer kognitiv belastning og støtter sikkerhet.
- Standarder som supplement – prosessorienterte standarder som ISO 9241-210 og ISO 11064 gir nyttig rammeverk, men henger etter teknologisk utvikling og må oppdateres.

**Fremtidsimplikasjoner**
Tidlig brukerinvolvering må støttes organisatorisk og økonomisk. Tverrfaglig samarbeid mellom designere, ingeniører og Human-Factors-spesialister må formaliseres. Regulering og standarder bør drive frem menneskesentrert automasjon. Det trengs mer forskning på forretningsmodeller og strukturelle barrierer som hindrer bred bruk av human-factors-metoder
**Konklusjon:** Studien viser at innføring av automasjon medfører betydelige designutfordringer, men også fremvoksende god praksis. Kritiske suksessfaktorer er: (1) tidlig integrering av human factors i utviklingsløpet, (2) helhetlig og minimalisert design, (3) oppdatering av standarder, og (4) organisatoriske rammer som prioriterer brukerinvolvering. Dersom disse anbefalingene følges, kan industrien høste de forventede gevinstene av automasjon uten å kompromittere sikkerheten.

# 7 Meningsfull menneskelig kontroll

Her sammenstiller vi prosjektets funn om hvordan mennesker kan opprettholde reell kontroll når sikkerhetskritiske systemer automatiseres og digitaliseres.

**MHC som operasjonelt prinsipp:** Prosjektets funn viser at meningsfull menneskelig kontroll ikke kan forstås som en statisk egenskap ved et system, men snarere som et resultat av en kontinuerlig læringssyklus som spenner over design, drift og forbedring. Denne forståelsen bygger på erkjennelsen av at digitalisering og automatisering fundamentalt endrer samspillet mellom mennesker og teknologi, og at tradisjonelle tilnærminger til sikkerhet må tilpasses disse nye realitetene.

Mens EUs AI-forordning introduserer 'menneskelig tilsyn' for høyrisiko AI-systemer, går MHC-konseptet videre ved å sikre at systemer, teknologi og organisatoriske strukturer utformes slik at mennesker forblir i reell kontroll over sikkerhetskritiske operasjoner.

Prosjektets definisjon av MHC som "evnen til et system (mennesker, teknologi og organisasjon) til å bli kontrollert av mennesker, for å unngå ulykker som påvirker helse, sikkerhet, security og miljø (HSSE), gitt menneskets evner og begrensninger" understreker nettopp dette systemiske perspektivet. Det handler ikke bare om tekniske muligheter for inngripen, men om reell evne til å forstå, beslutte og handle effektivt innenfor rammene av menneskelige kapasiteter.

For å være nyttig må MHC imidlertid defineres og spesifiseres. I det følgende har vi definert MHC ved å adressere tre hovedområder: design, drift og læring.

- Viktige designspørsmål inkluderer systemtilnærming, beste praksis for menneskesentrert design, oppgaveanalyse for å håndtere kognitiv arbeidsbelastning, konsistente grensesnitt for rask situasjonsforståelse, alarmdesign for situasjonsbevissthet (SA), og etablering av arbeidsprosesser som støtter delt SA på tvers av team.
- Viktige driftsmessige spørsmål inkluderer sikkerhet, endringshåndtering (MoC), håndtering av feilfeller og opplæring, samt ivaretakelse av fysiske og mentale forutsetninger for MHC i alle situasjoner. I kritiske situasjoner ser vi at det kan ta 10 minutter å observere, forstå og handle korrekt.
- Læring fra ulykker bør fokusere på å identifisere grunnårsaker som dårlig konsept eller design og forstå hvorfor mennesker handlet som de gjorde. 'Menneskelig feil' brukes som utgangspunkt for analyse. Læring og forståelse bør drive endringer og forbedringer i styrende prinsipper, og sette læring foran skyld.

## 7.1 Innledning

Den raske innføringen av digitalisering, automatisering og kunstig intelligens (AI) i industrier som olje og gass samt transport, har transformert tradisjonelle arbeidsprosesser, muliggjort fjernoperasjoner og redusert den menneskelige arbeidsbelastningen. Disse fremskrittene fører imidlertid også med seg betydelige utfordringer, spesielt knyttet til det å sikre meningsfull menneskelig kontroll (MHC – Meaningful Human Control) over sikkerhetskritiske systemer. MHC er nødvendig for å håndtere begrensningene som automatisering innebærer. Bradshaw (2013) avkrefter myten om full autonomi og påstanden om at autonome systemer eliminerer behovet for

menneskelig tilsyn. Bainbridge (1983) påpeker en ironi: når automatiseringen øker, trenger operatørene faktisk mer opplæring for sjeldne, men kritiske inngrep. Hancock (2021) identifiserer et paradoks: overvåking av autonome systemer kan være monoton og redusere årvåkenheten, samtidig som krisesituasjoner krever raske og kompetente handlinger. Disse utfordringene understreker behovet for å vurdere menneskets rolle som operatør for å sikre meningsfull menneskelig kontroll. Vi må designe systemene basert på realistiske forventninger til hva menneskelige operatører faktisk kan gjøre, kontrollere arbeidet slik det reelt utføres, og lære hvordan man håndterer sjeldne og kritiske hendelser.

Initiativet «Prevention through Design» (PtD) fra National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) i USA anerkjenner at det å designe bort eller minimere farer og risikoer tidlig i designprosessen, er en av de beste metodene for å forebygge yrkesrelaterte skader, sykdommer og dødsfall Behm et al. (2014). Begrepet meningsfull menneskelig kontroll (MHC) har vært brukt siden 2010, først i diskusjonen om autonome våpensystemer, og senere også i diskusjoner rundt autonome kjøretøysystemer Mecacci et al. (2024). Opprinnelig ble MHC anvendt på våpensystemer, der det ble understreket at det er mennesker – ikke datamaskiner eller algoritmer – som må ta beslutninger som påvirker helse, sikkerhet, security (sikkerhetsbarrierer) og miljø (HSSE – Health, Safety, Security, and Environment) Calvert et al. (2024). Operasjonelle spørsmål er sentrale for MHC, og menneskelige begrensninger må håndteres for å oppnå meningsfull kontroll. Mennesker må være i stand til å forstå og kontrollere situasjoner på en effektiv måte. Kunnskapen om menneskelige begrensninger og muligheter har sin basis i Human Factors-vitenskapen (HF), definert som «den vitenskapelige disiplinen som handler om å forstå samspillet mellom mennesker og andre elementer i et system, og yrkesfeltet som anvender teori, prinsipper, data og metoder for å utforme systemer som optimaliserer menneskelig velvære og samlet systemytelse» IEA (2000).

I dette arbeidet har vi benyttet MHC som et mål og operasjonelt prinsipp som kan realiseres ved å adressere tre hovedområder: design, drift og læring. Målet om meningsfull menneskelig kontroll bør være et bredt støttet prinsipp. For å oppnå dette kreves det imidlertid et systemperspektiv som integrerer mennesker, teknologi og organisatoriske faktorer (MTO).

Vi foreslår at MHC etableres og vedlikeholdes gjennom en kontinuerlig læringssyklus, som spenner over design, drift og tilbakemeldinger, dvs.:

- **Designspørsmål**, inkludert styringsfaktorer som lover, reguleringer og revisjoner som påvirker systemet; systemavgrensning og problemdefinisjon; bruk av metoder og systemdesign-aktiviteter, inkludert analyse av sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver (SCTA – Safety Critical Task Analysis).
- **Systemets driftsforhold**, som inkluderer arbeidsbelastning, opplæring, prosedyrer, organisering og kvaliteter som situasjonsforståelse (SA – Situational Awareness) «ved første øyekast» fra menneske-maskin-grensesnitt (HMI – Human Machine Interface).
- **Læring og forbedring fra ulykker**, basert på undersøkelsesmodeller som unngår snarveier som «menneskelig feil». Her prioriteres utforsking av designproblemer, å unngå skyldfordeling, og å endre styringsfaktorer.
-

Vår definisjon av meningsfull menneskelig kontroll er følgende:
*«Meningsfull menneskelig kontroll er evnen til et system (med mennesker, teknologi og organisasjon) til å bli kontrollert av mennesker, for å unngå ulykker som påvirker helse, sikkerhet, security og miljø (HSSE), gitt menneskets evner og begrensninger (i kontekst av Human Factors-vitenskapen).»*

Begrepet «menneskelig tilsyn» i EUs AI-forordning handler om å sikre at AI-systemer med høy risiko utformes slik at personer kan overvåke og gripe inn i deres drift, for å redusere risikoer for helse, sikkerhet og grunnleggende rettigheter.
Meningsfull menneskelig kontroll (MHC) er et operasjonelt prinsipp som sikrer at mennesker forblir aktivt engasjert og i stand til å gripe inn i automatiserte systemer, og dermed forblir i kontroll over sikkerhetskritiske operasjoner. MHC avhenger av designaspekter (systemavgrensning og Human Factors-kunnskap), operasjonelle praksiser og evnen til å lære og forbedre basert på undersøkelser og kontinuerlig læring.
På bakgrunn av konteksten over har vi valgt følgende forskningsspørsmål:

- **RQ1:** Hvilke designfaktorer muliggjør meningsfull menneskelig kontroll (MHC)?
- **RQ2:** Hvilke driftsfaktorer opprettholder/sikrer meningsfull menneskelig kontroll (MHC)?
- **RQ3:** Hvordan kan vi lære og forbedre meningsfull menneskelig kontroll (MHC) fra hendelser?

### 7.2 Tilnærming og metoder for utdyping av MHC

**Tilnærming** Forskningen benytter aksjonsforsknings (AR – Action Research), beskrevet av Greenwood & Levin (2006), som legger vekt på tett samarbeid mellom forskere og aktørene for å håndtere reelle problemstillinger og utvikle praktiske løsninger. Gjennom langvarig involvering, intervjuer og workshops har vi identifisert sentrale erfaringer som bidrar til å definere og operasjonalisere begrepet meningsfull menneskelig kontroll (MHC). Tidligere studier, blant annet av Antonsen et al. (2007), viser at AR-tilnærmingen har vært effektiv for å forbedre sikkerheten.

Vi definerer meningsfull menneskelig kontroll (MHC) med utgangspunkt i teorier og praksis fra fagområdene Human Factors (HF) og sikkerhet. HF utgjør det naturlige fundamentet for meningsfull menneskelig kontroll, og god sikkerhet bør være et direkte resultat av MHC. Ulykker og hendelser avdekker kvaliteten på MHC i praksis, og undersøkelser med fokus på HF-perspektiver kan identifisere hvordan man kan forbedre tilnærminger og metoder for MHC. Vi har derfor benyttet perspektiver fra Human Factors-forskningen for å diskutere designspørsmål og operative betingelser. I tillegg har vi brukt prinsippet om «Hierarchy of Controls» (kontrollhierarkiet) som beskrevet av Manuele (2005), for å prioritere funnene våre.
Videre har vi benyttet innsikt fra metoder som brukes ved ulykkesgranskninger for å lære og forbedre.

For å besvare forskningsspørsmålene våre har vi gjennomført en litteraturstudie, utført ekspertintervjuer og utforsket case-studier. Litteraturgjennomgangen hadde som mål å identifisere relevante HF-artikler med viktige læringspunkter fra ulykker som involverer automatisering og fjernstyring. Vi har valgt å undersøke beste praksis for menneskelig kontroll i sikkerhetskritiske miljøer, som for eksempel flycockpiter, skipsbroer, veitrafikk og prosessindustri.

I tillegg har vi benyttet snøballmetoden for å finne ytterligere relevante studier, og har da bygget videre på resultater fra Johnsen & Winge (2023). Empiriske resultater knyttet til automatisering/AI og fjernstyring er også utforsket og diskutert, slik som beskrevet av Park et al. (2025). Kirwan (2025) gir en god oversikt over HF-designpraksis fra luftfarten. Praksisen har etablert luftfart som en av de sikreste transportformene, og utgjør dermed en viktig kilde for beste praksis også innenfor andre bransjer (Johnsen et al., 2024a).

**Metode – fra design til læring fra ulykker**

Kontrollhierarkiet («Hierarchy of Controls») er et sikkerhetsrammeverk som brukes til å minimere eller eliminere farer. American National Standards Institute (ANSI) beskriver kontrollhierarkiet som «en systematisk tilnærming til å bestemme den mest effektive metoden for å redusere risiko knyttet til en fare» (ANSI, 2012, s. 15). En systematisk empirisk studie av Dyreborg et al. (2022) støtter opp under bruk av kontrollhierarkiet. Rammeverket organiserer sikkerhetstiltak etter deres effektivitet, fra mest effektivt (fjerne faren i utgangspunktet) til minst effektivt fra et breddeperspektiv (bruk av personlig verneutstyr – PPE). Vi har brukt kontrollhierarkiet slik det er definert av NIOSH (2024) og Manuele (2005), både for å validere tilnærmingen vår som starter med design, og som en prioritetsguide for tiltak. Prioriteringen av tiltak er følgende:

1. **Eliminering** – å fjerne farer og risiko gjennom klar problemdefinisjon, design, omformulering eller diskusjon av problemet, redesign eller omorganisering.
2. **Substitusjon** – å bruke alternative løsninger, som automatisering, manuelle systemer eller redundante systemer.
3. **Tekniske kontroller** – å bruke alarmer, HMI-design som gir rask oversikt over status («at-a-glance») og vurderinger av arbeidsbelastning.
4. **Administrative kontroller** – å etablere prosedyrer og gjennomføre opplæring.
5. **Personlig verneutstyr (PPE)** – å etablere barrierer på individuelt nivå.

Forståelsen av ulykker bygger på metoder som benyttes av Statens havarikommisjon NSIA (2022) og Australian Transport Safety Bureau ATSB (2007). Disse metodene viser til teorier om organisatoriske ulykker Reason (1997), og hvordan de involverte individene forstod situasjonen, altså deres situasjonsbevissthet («Situational Awareness» – SA), slik det er beskrevet av Endsley & Jones (2012). De viktigste trinnene i modellen for ulykkesanalyse innebærer å utforske følgende trinn fra ATSB (2007):

1. **Hendelsesforløpet** – beskrive hendelsen grundig.
2. **Lokal kontroll** – faktorer som påvirket hendelsen lokalt.
3. **Risikokontroll** – barrierer som var etablert for å redusere sannsynligheten for uhell
4. **Organisatoriske faktorer** – ansvar og endringshåndtering (MoC).
5. **Regulatorisk tilsyn** – revisjoner og lovverk.

For læring og forbedring tilpasser vi granskingsmetodene med fokus på:

1. Hendelsesforløpet og situasjonsbevisstheten (SA) til aktørene involvert, som foreslått av Sikkerhetsforum (2019),
2. Lokal kontroll og risikokontroll som påvirker MHC, og
3. Designfeil forårsaket av svak problemdefinisjon, mangelfulle metoder, utilstrekkelig regulering og organisatoriske påvirkninger.

## 7.3. Resultater og diskusjon

Funnene våre er strukturert rundt tre hovedområder basert på forskningsspørsmålene, dvs. sentrale designutfordringer, sentrale operative utfordringer og sentrale utfordringer knyttet til læring og forbedring. Funnene bygger på litteraturgjennomganger, analyser av ulykker samt diskusjoner med fageksperter i workshops.

### 7.3.1. Sentrale designutfordringer

Den beste måten å oppnå sikkerhet på, er å bygge på reguleringer, benytte beste praksis fra Human Factors (HF), og tidlig i designprosessen enten eliminere eller minimere farer og risiko. Effektiv design er fundamentet for meningsfull menneskelig kontroll (MHC). Vi har forsøkt å identifisere beste praksis gjennom læring fra luftfartsindustrien, som har eksepsjonelt høy sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet. Vi har identifisert nødvendige steg for sikker bruk av ny teknologi, hvordan regulering kan understøtte beste praksis (f.eks. HF), behovet for grundig systemavgrensning, nytten av menneskesentrert design og oppgaveanalyse, retningslinjer for alarmdesign, og viktigheten av systematisk brukertesting.

**Læring fra beste praksis i luftfarten:**

Luftfarten har så lav ulykkesrate at den omtales som «ultra-sikker» (Amalberti, 2017). IATA (International Air Transport Association), som håndterer 82 % av verdens lufttrafikk, rapporterte ingen skrog-tap (hull-losses) i 2012 eller 2017, noe som bekrefter luftfartens posisjon som ledende på sikkerhet. Luftfarten har integrert HF for å styrke menneskelig kontroll siden andre verdenskrig Kirwan (2025). Sentrale sikkerhetsprinsipper fra luftfarten er prioritering av HF samt en åpen rapporteringskultur med vekt på læring fremfor skyld («Just Culture»). EU-reguleringen (376/2014) beskriver «Just Culture» som en kultur der ansatte ikke straffes for handlinger som samsvarer med deres erfaring og opplæring, mens grov uaktsomhet og bevisste regelbrudd ikke tolereres. Erfaringer fra luftfarten er overført til andre sektorer, inkludert HF-praksis og just culture, og er en sentral faktor i designprosessen som støtter MHC.

**Teknologimodenhet er avgjørende:**

Teknologiutvikling må tilpasses brukerne, men HF blir ofte oversett i olje- og gassindustrien Bergh et al. (2024). Dette kan imidlertid avhjelpes ved å bruke rammeverkene Human Readiness Level (HRL, ANSI/HFES, 2021) og Technology Readiness Level (TRL, Yasseri et al., 2018). Disse vurderer modenheten og beredskapen til både teknologi og operatører i sikkerhetskritiske systemer. Bruk av HRL og TRL gir tryggere arbeidsmiljøer, reduserer risiko for ulykker, forbedrer sikkerhetsprestasjoner og reduserer kostnader knyttet til ulykker eller driftsstans Johnsen & Aminoff (2024). AI-systemer må følge modenhetsutvikling som beskrevet i HRL og TRL, siden AI ofte har begrensninger som skjørhet, persepsjonsproblemer, skjulte skjevheter og manglende evne til årsaksforståelse NAS (2021). Dårlig sensorintegrasjon og utilstrekkelig opplæring av nevrale nettverk er eksempler på utfordringer Cummings (2024). Bruk av HRL og TRL kan redusere slike utfordringer gjennom menneskesentrert design.

**HF-metoder trenger støtte i regelverk:**
HSE (2015) dokumenterte hvilke faktorer som fremmer bruken av Human Factors (HF) i industrien. De fant at krav om HF i forskrifter har en varig effekt på bedrifters vilje til å ta menneskelige forhold på alvor. Derfor blir prioritering av HF-metoder i regelverk – som ISO 11064 eller ISO 9241-210 – en viktig drivkraft for å innføre HF-praksis. I Norge krever petroleumstilsynets styringsforskrift at ISO 11064 skal brukes (en standard basert på HF-erfaring). En mer generell standard er ISO 9241-210, som beskriver prinsippene for menneskesentrert design. Vanlige innvendinger mot HF gjelder økte utviklingskostnader, men kostnadene ved dårlig sikkerhet – som vist i Deepwater Horizon-katastrofen og Boeing Max-ulykkene – er langt høyere. HF gir gevinster gjennom bedre etterlevelse, lavere totalkostnader og økt brukertillit. HF-metoder, med sin systematiske MTO-tilnærming, støtter meningsfull menneskelig kontroll (MHC).

**Tenk smart om omfang – riktig problem og riktig løsning:**
God praksis understreker viktigheten av å starte med en klar prosjektdefinisjon og et tydelig scope som omfatter hele MTO-systemet Begnum (2021). Effekten av en slik bred avgrensning er dokumentert av Helgar (2022) og Bjørneseth (2021). Begge viste fordelene ved å se på hele MTO-systemet kombinert med brukerorientert utvikling og bruk av oppgaveanalyse. Utviklingen av det såkalte «Unified Bridge»-konseptet Bjørneseth (2021) førte til høy brukertilfredshet og resulterte i både sikkerhets- og designpriser. En viktig del av prosjektdefinisjonen er å fordele oppgaver mellom mennesker og teknologi (automatisering/AI), slik «Fitts-lista» – tilpasset av De Winter mfl. (2014) – anbefaler. Prosjektdefinisjon og MTO-omfang er altså vesentlige muliggjørere for MHC. Samtidig må teknologien modnes gjennom vurdering av readiness-nivåer og grundig brukertesting.

**Menneskesentrert design:**
Grunntanken i menneskesentrert design er beskrevet i ISO 9241-210 og fungerer som en sentral rettesnor når meningsfull menneskelig kontroll skal prioriteres. Standarden sikrer at systemer tilpasses reelle brukerbehov og reduserer kognitiv belastning. Tidlig brukbarhetstesting hindrer kostbare feil og omarbeiding. Sammenhengende design på tvers av grensesnitt forenkler læring og øker aksept. Færre brukerfeil gir lavere operasjonell risiko og høyere produktivitet. ISO 9241-210 fremmer dermed økt sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet:

- **Sikkerhet:** Iterativ testing reduserer menneskelige feil og støtter regulatorisk etterlevelse.
- **Effektivitet:** Optimaliserte arbeidsflyter, kortere opplæringstid og færre feil.
- **Brukervennlighet:** Intuitiv utforming, høyere brukertilfredshet og bedre tilgjengelighet.

Resultatet er tryggere, mer effektive og mer brukervennlige systemer – noe også Helgar (2022) og Bjørneseth (2021) bekrefter. En utfordring med ISO 9241-210 (og ISO 11064) er at standardene sjelden peker på konkrete Human Factors Engineering-teknikker (HFE) som støtter metodene (Leva mfl., 2015). Viktige praktiske teknikker omfatter for eksempel:

- **Oppgaveanalyse (Task Analysis/SCTA)**
- **Retningslinjer for HMI-design**, som IEC 63303 (basert på ISA 101.01)
- **Alarmstandarder**, som EEMUA 191 og IEC 62682

Disse teknikkene utdypes i avsnittene som følger.

**Oppgaveanalyse som støtte for meningsfull menneskelig kontroll (MHC):**
Safety-Critical Task Analysis (SCTA) er en sentral Human Factors-teknikk for å sikre MHC. Energy

Institute (2020) beskriver hvordan SCTA danner grunnlaget for utforming av HMI, prosedyrer og organisatoriske ansvarsforhold. Metoden strukturerer og avdekker brukerbehov, gir beslutningsstøtte gjennom HMI og reduserer kognitiv belastning. Når grensesnittet designes i tråd med oppgavenes krav, minimeres menneskelige feil og brukervennligheten øker. Standarden IEC 63033 oppsummerer god praksis for HMI-design basert på oppgaveanalyse.
SCTA sørger for at prosedyrer er tydelige, forankret i reelle arbeidsflyter, og at potensielle feilpunkter belyses. Resultatet er mer driftssikre anlegg og bedre beredskap under stressende forhold. Metoden definerer også klare roller og ansvar for sikkerhetskritiske oppgaver, noe som styrker samarbeid og kommunikasjon, samt forbedrer opplæringsprogrammer slik at personell er godt forberedt på kritiske operasjoner.
Bjørneseth (2021) brukte oppgaveanalyse til å kartlegge faktisk arbeid («work as done») gjennom intervjuer, observasjon og kartlegging av individuelles tilpasninger. Øyesporing («Eye-tracking») ble brukt for å forstå operatørbehov, mens simulatorer og prototyper hjalp til med å utvikle brukervennlige konsepter. Øyesporing har også vært undersøkt i olje- og gass-sektoren, og synes effektivt for å vurdere grensesnittdesign og kognitiv belastning, noe som kan gi sikkerhetsgevinster IOGP (2024).
Oppgaveanalyse hjelper designerne å finne hvilken informasjon operatørene faktisk trenger, og å utforme grensesnittet deretter. Ved å analysere oppgaver identifiserer man beslutningspunkter og kognitive prosesser, slik at riktig informasjon presenteres til rett tid.
Dette er startpunktet for **Ecological Interface Design** (EID) – en menneskesentrert design-tilnærming som støtter beslutningstaking i komplekse systemer ved å visualisere systembegrensninger, sammenhenger og muligheter (affordances). Målet er å redusere kognitiv belastning og forbedre situasjonsforståelsen både i rutine- og avvikssituasjoner. Behovet for økologisk grensesnittdesign ble fremhevet av Meshkati (2006), som pekte på viktigheten av å balansere oppgavekrav mot operatørens evne til å håndtere krevende avvik (som alarmer).

**Vurdering av krevende arbeidsbelastning og kjedsomhet:**
Mange ulykker har inntruffet under høy arbeidsbelastning – for eksempel når mange alarmer går samtidig, eller når operatøren må håndtere flere samtidige aktiviteter. Eksplosjonen ved BP Texas City-raffineriet i 2005 er et eksempel der et høyt antall alarmer og stor arbeidsbelastning bidro til ulykken. En ofte brukt metode for å vurdere kognitiv arbeidsbelastning er NASA-TLX, Stanton mfl., (2017). For å sikre meningsfull menneskelig kontroll (MHC) må både arbeidsbelastning og driftsmiljø vurderes og håndteres, det vil si fysisk og kognitiv belastning kartlagt gjennom oppgaveanalyse (som beskriver oppgavekrav og tidslinje). Kjedsomhet – og operatørens evne til å håndtere uventede hendelser under lav arbeidsbelastning (definerte normalsituasjoner) – må også vurderes og kompenseres for.

**Alarmdesign og alarmhåndtering:**
Utforming og forvaltning av alarmsystemer er avgjørende for å forebygge industrulykker, særlig i høyrisikomiljøer der operatører må gripe inn – som i kjemiske fabrikker, raffinerier, olje- og gassproduksjon og transport. Dårlig designede eller dårlig administrerte alarmsystemer er en sentral årsaksfaktor i mange ulykker, fordi de kan unnlate å gi tydelige eller tidsnok varsler når farlige forhold oppstår. Kjente katastrofer som kan tilskrives mangelfull alarmhåndtering er blant

annet King's Cross-brannen i 1987 (31 omkomne), Piper Alpha-eksplosjonen i 1988 (167 omkomne), BP Texas City-eksplosjonen i 2005 (15 omkomne) og BP Deepwater Horizon-ulykken i 2010 (11 omkomne). Disse hendelsene, tilhørende HF-utfordringer og beste praksis-standarder diskuteres av Briwa mfl. (2022), som fremhever EEMUA 191 som en nøkkelstandard med praktiske og oppnåelige retningslinjer.
I Nordsjøen har alarmproblemer vært et vedvarende tema. Den norske tilsynsmyndigheten har gitt veiledninger og gjennomført revisjoner (Bjerkebæk mfl., 2004), og avdekket dårlig alarmhåndtering som kan svekke alarmenes sikkerhetskritiske funksjon i krisesituasjoner. Walker mfl. (2014) gjennomgikk 30 % av kontrollrommene i Nordsjøen og fant vedvarende alarmutfordringer og utilstrekkelig støtte til operatører i avvik og nødsituasjoner. En større alarmrevisjon utført av Petroleumstilsynet i 2021–2022, Ptil (2022) viste at kun én installasjon ikke fikk bemerkninger. (Det var Edvard Grieg installasjonen – noe som skapte bred interesse).
Tilsvarende utfordringer finnes i skipsfarten. Dårlig alarmdesign og manglende oppfølging var viktige faktorer i Sjøborg-ulykken, PSA (2019) og Viking Sky-hendelsen Porathe (2023). I begge tilfeller ble flere alarmer utløst uten at de ble forstått eller håndtert, noe som førte til alvorligere situasjoner – her at kraft/propulsjon ble slått av i sikkerhetskritiske øyeblikk.
For å motvirke dette må alarmsystemer utformes slik at de varsler operatører raskt og tydelig om potensielle farer, slik at de kan forstå situasjonen og handle før den eskalerer. Beste praksis tilsier bruk av standardene **EEMUA 191** og **IEC 62682**. EEMUA 191 inneholder praktiske HF-retningslinjer, nyttige spørreskjemaer og anbefalte øvre grenser for antall alarmer. Viktig: Alarmer må testes sammen med sluttbrukerne for å sikre at de fungerer som tiltenkt.

**Brukertesting:**
Systematisk brukertesting er en nøkkelteknikk for å forbedre brukervennlighet, sikre meningsfull menneskelig kontroll (MHC) og redusere kostnader, Norman (2013). Brukertesting sørger for at systemer blir intuitive, effektive og dekker faktiske brukerbehov. Når testingen gjennomføres tidlig, avdekkes og rettes problemer før de blir kostbare. Tidlig brukertesting identifiserer elementer som er vanskelig å forstå, forbedrer brukeropplevelsen, reduserer feil og støtter tydelige arbeidsflyter og intuitive grensesnitt. Den øker effektiviteten ved å strømlinjeforme oppgaver, redusere frustrasjon, og kutter kostnader ved å oppdage feil tidlig og hindre kostbar redesign. I tillegg sikrer brukertesting samsvar med – og støtte for – bransjestandarder som ISO 9241-210 og ISO 11064.

I dette avsnittet har vi fremhevet behovet for beste praksis, utvikling av modenhet via HRL/TRL, systemavgrensning som inkluderer MTO, bruk av menneskesentrert design (ISO 9241-210), bruk av Human Factors-verktøy (SCTA, alarmstandarder, arbeidsbelastning) – og ikke minst å prioritere brukertesting fra starten.

### 7.3.2. Sentrale operasjonelle utfordringer
Dette avsnittet belyser viktige driftsrelaterte temaer som ansvar i leverandørkjeder, risiko ved nattarbeid, betydningen av situasjonsforståelse (SA) og håndtering av feilfeller.

**Ansvar for sikkerhet i leverandørkjeden**
Industrielle aktører outsourcer i økende grad og benytter leverandører/entreprenører i sin verdikjede IOGP (2017). Sikkerhetsaspekter ved Management of Change (MoC) er derfor avgjørende når kontraktører håndteres. IOGP anbefaler at både operatør og leverandør «deltar i verifikasjoner på anleggene og utfordrer effektiviteten til risikokontroller og barrierer». Dette «påse-ansvaret» er nedfelt i regelverk og krever at operatører og ledere er aktivt involvert i å styre og følge opp sikkerheten. Slik sikres risikoreduserende tiltak og at personell er korrekt trent og utstyrt. Havtil håndhever dette i olje- og gassnæringen, mens tilsvarende krav i maritim sektor beskrives i Skipssikkerhetsloven (2007). Når ny teknologi og nye arbeidsformer innføres, kan MoC bli krevende og arbeidsmiljøet gradvis mer belastende. Et eksempel ble omtalt av Equinor (2024) på borekonferansen i Kristiansand: kontraktørens boligkvarter manglet helhetlig, menneskeorientert design, noe som distraherte fra kjerneoppgavene og ga dårlig ergonomi. Operatøren har et tydelig «påse-ansvar» som kan få hjelp og støtte via prinsipper som MHC.

**Nattarbeid er risikabelt:**
En lang rekke ulykker og større katastrofer har inntruffet på nattskift, ettersom døgnrytmen reduserer årvåkenheten Smith (1994). Eksempler er Tsjernobyl, Three Mile Island og Bhopal-katastrofen, som alle skjedde om natten mellom kl. 24.00 og 05.00, Smith (1994). Forskning viser at nattarbeid øker ulykkesrisikoen Lie mfl. (2014). Derfor krever nattskift god planlegging: sikkerhetskritiske aktiviteter bør elimineres eller reduseres på natten, og overlevering av ansvar mellom skift må håndteres nøye for å sikre meningsfull menneskelig kontroll.

**Tilstrekkelig tid til å oppnå situasjonsforståelse (SA):**
Tap av SA er identifisert som en viktig rotårsak i ulykker. Sandhåland mfl. (2015) analyserte ulykker med forsyningsskip i olje- og gassnæringen og fant at dårlig SA (nivå 1) var medvirkende i 13 av 23 hendelser. Årsaken synes ofte å være dårlig grensesnittdesign eller utilstrekkelig opplæring. Alarmstandarden EEMUA 191 gir retningslinjer for nødvendig responstid ved uventede situasjoner: Seks høyt prioriterte alarmer kan håndteres i løpet av én time, altså rundt ti minutter per alarm.
Ulykkesgranskninger gir også innsikt i beste praksis. Eksempelvis klarte pilotene på US Airways Flight 1549 (Airbus A320) å nødlande på Hudson River etter total motorkraftsvikt; de brukte omtrent to minutter på å ta en beslutning – et minimum under ekstremt press NTSB (2010). Automatiske radarplottehjelpemidler til havs bruker typisk 1–3 minutter for å identifisere kollisjonsfare. Vi kan derfor ikke forvente at menneskelige operatører reagerer raskere i et ustrukturert miljø.
Å sikre SA krever riktig design, erfaring, trening og tilstrekkelig tid. Dersom en ulykke skyldes dårlig SA, er årsaken ofte svakt grensesnitt eller for liten responstid – ikke «menneskelig svikt». Miranda (2019) påpeker: «Å hevde at en operatør mistet SA og derfor forårsaket en ulykke, indikerer underliggende designfeil i systemet.» SA må altså designes inn, og vi må granske dårlig SA som et mulig designproblem i stedet for å bruke «menneskelig feil» som en lettvint forklaring. Som van Winsen og Dekker (2017) formulerer det: Vi har et etisk ansvar for å beskytte operatøren som arver et dårlig designet system – SA må ikke brukes til å skylde på mennesket. Riktig design må sikre MHC, dvs. sørge for høytytende HMI som gir «situasjonen ved første øyekast» (Hollifield mfl., 2008).

**Fjerne og håndtere feilfeller:**
Et system kan inneholde «feilfeller» som oppstår på grunn av svak design og kan skape farlige situasjoner. Mangelfull eller fraværende Management of Change (MoC) kan også føre til at slike feilfeller utvikler seg og driver virksomheten i retning av økt risiko. Vanlige feilfeller er dårlig utstyr, høyt stressnivå, nattarbeid, kommunikasjonsproblemer, underbemanning, uklare roller eller ansvar, utdaterte prosedyrer, utilstrekkelig opplæring eller høy støybelastning (Norsk Industri, 2023). Nye feilfeller kan dessuten introduseres gjennom AI, for eksempel modelldrift som ikke korrigeres Cummings (2024). AI må derfor følges opp på lik linje med andre systemer.
MHC forutsetter systematiske virkelighetssjekker og MoC-prosesser for å identifisere, forebygge og redusere feilfeller. Rapportering og oppfølging av slike feilfeller bør være en kjerneaktivitet i høyrisikomiljøer.
I dette avsnittet har vi fremhevet:

- **Konsistent ansvar i leverandørkjeden** («påse-ansvar»).
- **Oppfølging av menneskelige begrensninger**, som nattarbeid og tiden som kreves for å oppnå situasjonsforståelse.
- **Systematiske virkelighetssjekker** for å avdekke og redusere feilfeller og dermed støtte meningsfull menneskelig kontroll.

### 7.3.3 Viktige punkter for læring fra hendelser

Dette avsnittet fokuserer på nøkkelspørsmål for å styrke MHC gjennom læring og forbedring etter hendelser og ulykker. Den foreslåtte fremgangsmåten er:

1. dokumentere hendelsesforløpet og undersøke aktørenes situasjonsforståelse (SA)
2. analysere lokal kontroll og risikokontroll som påvirker MHC
3. avdekke designfeil forankret i svak problemdefinisjon, manglende metodebruk og organisatoriske forhold.

**Dokumentasjon av hendelser og SA for å avdekke MHC**
Et grunnleggende vilkår for læring er å unngå skyldfokus. Det krever systematisk dokumentasjon som fremmer forståelse. Vi må starte med å rekonstruere hendelsesforløpet – og kartlegge SA hos de involverte – for å vise hvordan MTO-systemet støttet eller svekket MHC under hendelsen.
Til dette bruker vi **STEP-metoden** (Sequential Timed Events Plotting) Hendrick & Benner (1986). STEP er en strukturert og systematisk fremgangsmåte som ordner hendelser og aktører kronologisk, identifiserer alle involverte og legger grunnlaget for rotårsaksanalyser. Diagrammet gir en visuell fremstilling, integrerer flere aktører og hendelser, og støtter samhandling og HF-perspektiver – noe som gjør det effektivt for å forstå komplekse scenarioer.
I tillegg dokumenterer vi aktørenes SA ved kritiske tidspunkter ved å benytte modellen til **Endsley & Jones (2012)**:

1. **Persepsjon** – identifisere kritiske elementer i omgivelsene (f.eks. systemstatus, alarmer, visuelle signaler).
2. **Forståelse** – tolke hva den oppfattede informasjonen betyr i den aktuelle situasjonen.
3. **Projeksjon** – forutse fremtidige systemtilstander og mulige konsekvenser for å kunne handle proaktivt.

**MHC sett fra lokal kontroll og risikokontroll:**
Lokal kontroll handler om hvordan konteksten – det vil si omgivelser og arbeidsbetingelser – påvirker individuelle handlinger og tekniske hendelser. Slike «lokale feilfeller» kan skyldes personlige egenskaper, fysisk arbeidsmiljø, utstyr eller konkrete arbeidsoppgaver; alle er beskrevet i CRIOP (Aas, 2009). Forhold som tretthet, dårlig ergonomi, utilstrekkelig kunnskap eller høy arbeidsbelastning øker sikkerhetsrisikoen. Lokalbetingelser kan også påvirke tekniske forhold, som motorhavari forårsaket av materialfeil eller høy driftstemperatur.
**Risikokontroll** er de tiltak organisasjonen iverksetter for å sikre trygg drift. Preventive barrierer omfatter designløsninger, prosedyrer, tydelig ansvar (inkludert «påse-ansvar»), alarmer, opplæring og arbeidsplaner. Reaktive eller «recovery»-barrierer fanger opp og demper konsekvensene av uønskede hendelser, for eksempel varslingssystemer, nødstyring og beredskapsprosedyrer. «Defences-in-depth» eller forsvarslinjer beskriver flere lag med barrierer som sammen beskytter mot systemsvikt. Svakheter kan oppstå både i enkelthandlinger og i selve systemdesignet, og kan kombineres til alvorlige konsekvenser – illustrert av Reasons «sveitserost»-modell. Normal variasjon mellom «work as done» og «work as imagined» (Hollnagel, 2017) kan også skape hendelser.
Også AI-systemer kan feile; Cummings (2024) bygger videre på Reason (1997) og foreslår taksonomier for å lære strukturert av AI-relaterte uhell, slik at «AI-feil» ikke blir en enkel forklaring. **Bow-tie-analyse** anbefales for å identifisere både forebyggende og reaktive barrierer og dermed styrke sikkerheten.
Viktige MHC-aspekter knyttet til lokal kontroll og risikokontroll som bør sjekkes, er relatert til Human Factors Engineering:

- Er det utført Management of Change (MoC), og er «work as done» sammenlignet med «work as imagined» i sikkerhetskritiske områder?
- Er det gjennomført en Safety-Critical Task Analysis (SCTA) i designfasen som grunnlag for flyt av situasjonsforståelse (SA), HMI-utforming, Bow-tie-analyse, organisering, prosedyrer og layout?
- Er alarmsystemet utformet etter beste praksis, for eksempel i samsvar med EEMUA 191?
- Kan operatørene vurdere situasjonen «ved første øyekast» basert på et High-Performance-HMI-design?
- Er arbeidsbelastningen analysert for å håndtere stress, kjedsomhet, tretthet og mental belastning?
- Er støy, lysforhold, temperatur og øvrig arbeidsmiljø (ergonomi) utformet i tråd med beste praksis?
- Er det gjennomført systematisk brukertesting på relevante scenarier, inkludert avvik og «edge cases»?
- Er det foretatt riktig utvelgelse og opplæring av brukere basert på operasjonelt designrom og kompetansebehov identifisert i SCTA?

**Undersøkelse av designrelaterte årsaker:**
Ved analyse av ulykker er dårlig design en betydelig årsaksfaktor; Kinnersley mfl. (2007) og Moura mfl. (2016) anslår at 40–50 % av alle ulykker skyldes svakt design. Norman (2013) formulerer det treffende: «Menneskelig feil? – Nei, dårlig design», og dokumenterer at mange feil og ulykker springer ut av utilstrekkelige systemløsninger. Hvor ofte design er den egentlige rotårsaken, er

vanskelig å tallfeste, siden kvaliteten på ulykkesgranskninger varierer. Derfor trengs bedre standarder for undersøkelser.
Begrepet «menneskelig feil» brukes ofte til å forklare opptil 80 % av ulykker i sjøfarten, men dette er en misforståelse uten vitenskapelig belegg Wróbel (2021). «Menneskelig feil» bør snarere være startpunktet for å avdekke systemiske problemer Dekker (2017). I en samtale mellom forfatteren og Don Norman ble man enige om å anta at rundt 80 % av ulykker egentlig skyldes dårlig design. Rotårsaker er likevel komplekse og involverer ofte flere faktorer.
I granskninger bør man også vurdere om ulykken kunne vært forebygget gjennom eliminering, substitusjon eller tekniske designløsninger. **Nøkkelspørsmål fra god designpraksis som bør undersøkes, er:**

- **Finnes det en tydelig prosjektdefinisjon med operasjonelt designrom / scope som diskuterer og støtter MHC?**– Inkluderer den for eksempel en tilpasset «Fitts-liste» De Winter mfl. (2014) og vurderinger av både Human Readiness Level (HRL) og Technology Readiness Level (TRL) Johnsen & Aminoff (2024).
- **Er systemet utformet gjennom en brukersentrert designprosess,** slik som anbefalt i ISO 9241-210 eller ISO 11064?
- **Organisatoriske og designmessige forhold:**– Er «Hierarchy of Controls» aktivt brukt til å håndtere sikkerhetsutfordringer – altså prioritere eliminering, substitusjon, tekniske kontroller og administrative kontroller i riktig rekkefølge?

I dette avsnittet har vi understreket behovet for å gå bakenfor «menneskelig feil» som årsaksforklaring — å dokumentere hendelsesforløpet, hvordan de involverte aktørene forstod situasjonen (deres SA), og å analysere forholdene rundt lokal kontroll og risikokontroll samt kvaliteten på menneskesentrert design. Dagens ulykkesgranskinger varierer i metode og stopper ofte når de konstaterer «menneskelig feil». Det er derfor nødvendig å forbedre praksis og etablere en internasjonal standard for ulykkesundersøkelser som inkluderer Human Factors-forskningen, slik at læring og MHC kan styrkes.

### 7.4. Gyldighet / Troverdighet

Artikkelen bygger på både empirisk og teoretisk forskning. De foreslåtte MHC-elementene er utviklet gjennom omfattende intervjuer med HF-eksperter, samsvarer med faglitteraturen og beste praksis (såkalt *member checks*), og støttes av langvarig erfaring fra industrien.

### 7.5. Konklusjon og videre arbeid

Meningsfull menneskelig kontroll (MHC) i en tid preget av digitalisering, automatisering/AI og fjernstyring er en evne som kan designes inn i et MTO-system. Likevel er MHC et resultat av en kontinuerlig læringssyklus, slik de tre forskningsspørsmålene indikerer:

1)designspørsmål, 2) operative forhold og 3) evnen til å lære og forbedre etter hendelser.

Læring fra hendelser må derfor utforske manglende eller dårlig design og svake HF/HFE-praksiser i drift. Dette krever systematiske ulykkesundersøkelser etter anerkjente metoder, som de fra NSIA (2022) eller ATSB (2007).

Samtidig må HF-baserte metoder og standarder for ulykkesgranskning styrkes slik at de kontrollerer kvaliteten på HF-metoder og HFE-praksis brukt i design og operasjon. En internasjonal standard som kan anvendes på tvers av bransjer, vil øke læringseffekten og fremme beste praksis. Etablering av meningsfull menneskelig kontroll (MHC) forutsetter at HF-metoder og HFE-teknikker prioriteres allerede fra prosjektstart, samt at modenhet kontrolleres gjennom vurdering av TRL/HRL. Disse forholdene bør også inngå i Management of Change-prosessen (MoC) i vedlikeholdsfasen.
Nedenfor oppsummerer vi nøkkelpunkter som skal innarbeides i god-praksis-metodikken **CRIOP** Aas mfl. (2009). Vi ser dessuten et behov for å utvikle en internasjonal standard for ulykkesgranskning som kombinerer design, Human Factors og MHC på tvers av bransjer.

**Viktige designaspekter som støtter MHC**

1. **Regelverk og beste praksis**
    - Bygg på erfaringer fra luftfarten: regulering som prioriterer HF og fremmer *Just Culture* med åpen rapportering (læring fremfor syndebukker).
2. **Bevisst MTO-avgrensning**
    - Lag en tydelig prosjektdefinisjon og MoC-analyse som identifiserer hovedutfordringer og anbefalt tilnærming ut fra et MTO-perspektiv.
    - Bruk TRL og HRL på en hensiktsmessig måte.
3. **Brukersentrert designprosess**
    - Følg anerkjente standarder som ISO 9241-210 og ISO 11064.
4. **Systematisk Human Factors Engineering**
    - Benytt SCTA, og utform alarmer etter beste praksis (EEMUA 191).
    - Kontroller arbeidsbelastning (kognitiv og fysisk), tretthet, kjedsomhet og døgnrytme – særlig når oppgaver og belastning deles mellom operatører og leverandører.
5. **Prosedyrer og opplæring**
    - Utform dem med brukerinvolvering og innsikt fra SCTA om kritiske oppgaver.
6. **Informasjonssystemer basert på økologiske prinsipper**
    - Utfør arbeidsdomene-analyse og design systemet ut fra arbeidsmiljø og oppgavekrav, dokumentert gjennom SCTA og flyt av situasjonsforståelse.
    - Operatørene skal kunne se og forstå systembegrensninger umiddelbart («situation at a glance»). Visuelle fremstillinger av mulige handlinger (*affordances*) skal støtte og veilede beslutninger.
7. **Systematisk testing**
    - Gjennomfør omfattende tester, inkludert brukertester av definerte faresituasjoner, fra tidlig fase og gjennom hele livssyklusen.

**Sentrale operative forhold som støtter MHC**

Et trygt driftsmiljø må ta høyde for menneskelige begrensninger – særlig tiden operatøren trenger for å oppnå situasjonsforståelse (SA). Viktige punkter er:

- **Styring av leverandørkjeden:** Opprettholde «påse-ansvaret» og gjennomføre Management of Change (MoC) når kontraktører eller leverandører er involvert.
- **Nødvendig SA for operatører:** Informasjonssystemer og alarmer må gi operatørene tilstrekkelig SA. Reaksjonstiden på uventede hendelser bør vurderes – typisk fra 10 til 2

minutter avhengig av oppgave. Operatører skal ikke få skylden dersom dårlige systemer eller utilstrekkelig opplæring gir dem mindre enn 3–10 minutter til å forstå en ny situasjon.

- **Feilfeller (error traps):** Som Norsk Industri (2023) beskriver, må feilfeller som dårlig utstyr, stress, nattarbeid, sviktende kommunikasjon, underbemanning, uklare roller, utdaterte prosedyrer, dårlig opplæring eller støy elimineres i design og avdekkes i drift. Hendelser skal rapporteres, analyseres og utbedres i samarbeid med de ansatte – uten skyldfokus. Nødvendig opplæring må gis fortløpende.

## 8.Refleksjoner knyttet til tilsyn og regelverk med teknologi og økonomifokus

I det følgende har vi reflektert rundt dagens regelverk på basis av MAS prosjektet og analysen av Boeing Max ulykken foretatt av Hopkins (2025).

### 8.1 Regelverk/tilsyn knyttet til Hopkins' gransking av Boeing 737 MAX-ulykkene

Den uavhengige granskning av Boeing 737 MAX-ulykkene fra Hopkins (2025) peker på alvorlige organisatoriske og systemiske svakheter som førte til to katastrofale havari. Selv om luftfart og petroleumsnæring er ulike i teknologisk og operasjonell karakter, deler de mange organisatoriske og regulatoriske likheter. Følgende momenter vurderes likevel som relevante for MAS prosjektet

**Rapporteringskultur/ «Just Culture» og varsling:** Hopkins peker på en svak intern rapporteringskultur i Boeing, der ansatte vegret seg for å melde fra om sikkerhetsavvik grunnet frykt for sanksjoner og lav tillit til systemet. Det forelå ingen sterk "reporting culture", og ansatte valgte ofte uformelle kanaler fremfor formelle rapporteringssystemer.

Havtil har jo bl.a. påpekt dårlig alarmhåndtering – med dårlig rutiner for rapportering. Dette med alarmer er jo risikofylte forhold som er påpekt over flere år. Samtidig er det kjent at man «blir uvenner med Equinor» om man sier i fra, og tar opp mulige problemstillinger. I en del sammenhenger ser man at Equinor unnlater å ta opp kritiske problemstillinger, eller tillegger underleverandører et ansvar de ikke har spesifisert. Havtil bør stille krav til at virksomheter må kunne dokumentere en levende og tillitsbasert varslingskultur som brukes, ikke bare at systemet eksisterer på papiret. Et slikt krav vil også kunne understøtte HOP prinsippene som trenger en levende rapporteringskultur og omgivelser med god psykologisk trygghet, Edmondson (2018).

**Uavhengighet og tyngde av sikkerhetsfunksjonen**

Hos Boeing var sikkerhetsfunksjoner underlagt økonomiske interesser. Den tekniske integriteten ble svekket fordi beslutningslinjene ikke sikret faglig uavhengighet. Det var svak styring av kvalitet og sikkerhet fra underleverandører. Dette har også kommet opp som en utfordring innen oljebransjen, hvor bl.a. IOGP har kommet med forslag til praksis, IOGP (2017)

Det bør vurderes å stille krav til at sikkerhets- og teknologiansvarlige i operatør- og leverandørorganisasjoner har tydelig rapporteringslinje til toppledelse og styre – adskilt fra kommersielle funksjoner. Dette gjelder spesielt i saker som involverer ny teknologi, vesentlige designendringer, outsourcing eller styringssystemer som skaper press på økonomi.

**Human factors i systemdesign og drift**

Et sentralt funn i Hopkins' granskning er hvordan Boeing ignorerte grunnleggende prinsipper for human factors. MCAS-systemet ble introdusert uten at pilotene visste om det. Det ble forutsatt rask og korrekt respons uten dokumentert evne eller trening. Feil i vurderinger av menneskelig kapasitet under stress ble en direkte ulykkesårsak.

Havtil og regelverket bør stille eksplisitte krav til vurdering av human factors ved design, modifikasjon og innføring av sikkerhetskritisk teknologi. Det inkluderer:

- Designprinsipper som støtter situasjonsforståelse, varsling og kontroll

- Dokumenterte og realistiske vurderinger av menneskelig ytelse under press
- Involvering av operatører og fagpersonell i designprosesser
- Bruk av simulator eller realistisk trening ved endringer i systemlogikk eller grensesnitt

**Regulatorisk delegering og tilsynets integritet**
Hopkins viser at FAA delegerte sertifiseringsmyndighet til Boeing selv, noe som svekket uavhengighet og førte til at sikkerhetskritisk informasjon ikke ble fanget opp. Intern kontroll erstattet ytre myndighetskontroll uten tilstrekkelig kompenserende tiltak.

Ekstern verifikasjon, (som eksempelvis CRIOP) bør gjennomføres intern og opp mot eksterne leverandører, hvor operatørene bør ha «På-Se» plikt til å følge opp mot underleverandører.

**Åpenhet, informasjonsdeling og ekstern kontroll**
Boeing tilbakeholdt kritisk informasjon overfor både tilsynsmyndighet og operatører. Hopkins viser at tekniske testdata som avslørte alvorlige svakheter ble ignorert eller ikke formidlet.

Virksomhetene må ha plikt til å dele relevante risikovurderinger og testdata med tilsynsmyndighet og relevante fagmiljøer, inkludert arbeidstakerrepresentanter. Dette gjelder særlig ved:
- Endringer i sikkerhetskritiske systemer
- Bruk av nye teknologier eller automatisering
- Funksjonsendringer med konsekvenser for operatørroller

Hopkins' gransking av 737 MAX-avvikene synliggjør en kjede av sviktende vurderinger – teknisk, organisatorisk og regulatorisk. Følgende hovedpunkter for forbedring har gyldighet:

| **Tema** | **Tiltak som burde vurderes** |
|---|---|
| Rapporteringskultur | Fremme åpen rapportering, følge opp mot underleverandører lav terskel for varsling og psykologisk trygghet |
| Organisasjonsstruktur | Styrke uavhengighet for sikkerhetsfaglige beslutninger, leverandør må ivareta «På se « ansvaret |
| Human factors | Integrere kunnskap og menneskelige faktorer i design, opplæring og beredskap fra start, oppdater regelverket og kunnskap om HF |
| Tilsyn og delegering | Opprettholde uavhengig, kompetent og kritisk tilsynsrolle |
| Opplæring og brukerforståelse | Krav til opplæring og realistisk testing ved systemendringer |
| Insentiver og mål | Inkludere sikkerhetsmål i styringssystemer og belønningsstrukturer |
| Transparens | Tvang til åpenhet rundt sikkerhetskritisk informasjon og data |

Ut fra det ovenstående har vi foreslått noen justeringer i tråd med utviklingen og erfaringene fra intervjurundene.

## 8.2 Standarder og retningslinjer knyttet til menneskelige faktorer

Ut fra intervjuene og datainnsamlingen opplever vi at oppmerksomheten på menneskelige faktorer har blitt mindre. Nødvendig kunnskap er ikke vedlikeholdt og det er høy grad av teknologi-driv. Vi har likevel sett at økt grad av automatisering og brukersentrert utvikling fra designmiljøet har økt interessen for HF. Det er likevel et fåtall fagfolk som har kompetanse inne menneskelige faktorer/psykologi i bransjen (både i tilsyn og hos sentrale aktører.) Nødvendige standarder har ikke blitt lagt inn i regelverket. Oppmerksomhet på fysisk ergonomi (sitteplasser, lys, temperatur, luftkvalitet) er ivaretatt, men oppmerksomhet på nødvendige kognitive standarder og organisatorisk HF mangler. Dette gapet blir mer tydelig og krevende når en øker graden av automatisering og digitalisering uten at forutsetninger for menneskets rolle blir avklart med hensyn til menneskelige begrensninger og muligheter.

Ramme- og styringsforskrift burde referere til anerkjente prinsipper «Principles and Guidelines for Human Factors/Ergonomics (HF/E) Design and Management of Work Systems» som beskrevet i IEA/ILO (2020). Brukersentrert utforming bør komme inn samen med prinsippet om meningsfull menneskelig kontroll. For å støtte brukerens forståelse bør man få på plass sentrale standarder for interaksjonsdesign ISO 9241 serien og referanse til tekniske standarder som ISA 101/ og relevante IEC standfarder.

Viktig prinsipper på dette nivået nevnes av IEA/ILO (2020):

- G1: Use a systems approach
- G2: Consider all relevant characteristics of workers: 2a. Consider demographic characteristics, physical and cognitive capabilities and limitations; 2b. Provide workers with appropriate tools, training, and control to perform work; 2c. Design work systems to be safe and to engage people in ways that maximize worker and work system safety and sustainability
- G3: Apply Participatory HF/E methodologies
- G4: Incorporate proactive measures to ensure worker safety, health, wellbeing, and sustainability
- G5: Tailor HF/E design and management of work systems to characteristics of organization
- G6: Sustain a continuous learning process for evaluation, training, refinement, and redesign.

Relevante standarder for utvikling må beskrive prosessen for utvikling og teknikker som kan gi støtte til de forskjellige oppgavene som beskrives. En overordnet beskrivelse som kan brukes på styringssystemer generelt er gitt i ISO 11064 - Ergonomisk utforming av kontrollsentre. Det bør klargjøres at «menneskelige feilhandlinger» er en konsekvens av dårlig design, (Dekker, 2002).

I Innretningsforskriften § 9 refereres det eksplisitt til Technology Readiness Level (TRL) som et verktøy for teknologikvalifisering. Derimot mangler en tilsvarende henvisning til Human Readiness Level (HRL). Bruk av HRL som en del av teknologikvalifiseringen vil sikre systematisk vurdering av menneskelige faktorer parallelt med teknologisk modning. Dette samsvarer med anbefalinger gitt i internasjonale standarder som ISO 9241-210, ISO 6385 og ANSI/HFES 400-2021 (2021). Human Readiness Level Scale in the System Development Process, som understreker betydningen av menneskesentrert design gjennom hele livssyklusen. Ved å innføre HRL kan operasjonell

effektivitet, sikkerhet og brukervennlighet styrkes vesentlig og bidra til å forhindre potensielle ulykker og driftsavbrudd.
Ut fra gjennomgangen av eksisterende standarder, funn fra intervjurunden og funn fra granskingene har vi i det følgende listet opp gap og forslag til prinsipper og standarder som bør etableres. Forslagene listet i den Tabell 8.1.

**Tabell 8.1 Forslag til oppdatert regelverk og referanser knyttet til menneskelige faktorer**

| Regelverk Forskrift | Gap med forslag til tiltak | MF perspektiver og standarder som bør komme inn i veiledningen |
|---|---|---|
| Ramme | Erfaringer fra industrien og fra granskingene styrker behovet for brukersentrert utvikling og oppmerksomhet på HF.<br>I §13 og §17 mangler det mer spesifikke føringer på hvordan arbeidstakerne skal involveres i utviklingen. Ut fra god erfaring med brukersentrert utvikling bør prinsipper fra brukersentrert utvikling nevnes. | Oppmerksomhet på brukersentrert utforming, som bør komme inn som et prinsipp i forbindelse med innføring av automatisering og ved økt grad av digitalisering.<br><br>IEA/ILO (2020) bør være en sentral referanse for innføring av ny teknologi som automatisering og digitalisering |
| Styring | §13 Arbeidsprosesser, bør trekke frem brukersentrert utforming av systemer som tar hensyn til kognitive og organisatoriske forhold. Bør nevne krav om kunnskap om menneskelige faktorer. Prinsippet om meningsfull menneskelig kontroll bør komme inn. .<br>§18 Analyse av arbeidsmiljøet | Prioritering av brukersentrert utforming, med referanse til IEA/ILO (2020); og prinsippene i ISO 9241 210.<br>Brukerne må forstå systemene om de skal gripe inn dvs. «meningsfull menneskelig kontroll».<br>Fortsatt NORSOK S-002N & ISO 11064 alle deler (trenger ikke begrenses) |
| Innretning | For § 9 Kvalifisering og bruk av ny teknologi og nye metoder bør ikke bare TRL trekkes frem, også HRL bør trekkes frem for å få et balansert regelverk som ser på teknologi og HF.<br><br>For §10, Formålet med ISO 11064 er både å redusere menneskelige feil, men også å støtte menneskelig ytelse, forbedre HMS – og støtte meningsfull menneskelig kontroll.<br><br>I §20 og §21 behov for mer oppmerksomhet på kognitive/ organisatoriske forhold, som nevnes i IEA/ILO (2020) og ISO 9241:210.<br><br>I §34a kan IEC 62682 refereres – den er presis og tar frem viktige elementer. | Trekke frem ANSI/HFES 400-2021 (2021).<br><br>Trekke frem IEA/ILO (2020), IEC 62682 og ISO 9241:210 i §10 og §20 og §21<br><br>Fortsatt referanse til NORSOK S-002N og ISO 6385; EN 894 og NS-EN 614<br><br>EEMUA 191 og IEC 62682:2022 |
| Aktivitet | §33, §34 og §35 - oppmerksomhet på kognitive og organisatoriske forhold; | Trekke frem IEA/ILO (2020), ISO 63303 og ISO 9241:210; ISO 6385, NORSOK S-002N |
| Teknisk og operasjonell | I §7 Anlegg, systemer og utstyr er formålet med ISO 11064 både å redusere menneskelige feilhandlinger, men også å optimalisere HMS, og etablere meningsfull menneskelig kontroll.<br>§21 Menneske-maskin-grensesnitt og informasjonspresentasjon;<br>§23 Ergonomisk utforming<br>§33a Kontroll- og overvåkingssystem | Generelt:<br>Trekke frem IEA/ILO (2020), ISO 63303 og ISO 9241:210, fortsatt bruke ISO 11064<br><br>NS-EN 614 og ISO 11064 |

| | | |
|---|---|---|
| | | ISO 6385, ISO 9241:210,<br><br>EN 62682, EEMUA 191 og IEC 62682:2022 |

Utgangspunktet for utvikling av standarder er basert på at man har kravspesifikasjon som beskriver systemet som helhet, dvs i et systemperspektiv som beskrevet i Figur 2.1/Figur 2.2, med beskrivelse av grensesnittet opp mot brukerne, nødvendig støtte fra infrastruktur, grensesnitt mot andre autonome systemer og grensesnitt mot kontrollsystemer (om det er nødvendig.). Konseptutviklingen kan ofte være radikal innovasjon, men bør ha ivaretatt grensesnittet/kontakten mot brukerne, som skissert i det foregående f.eks. via IEA/ILO (2020) eller ISO 11064, for å sikre at prinsippene fra «Fitts list», De Winter et al., (2014), blir ivaretatt, dvs. at man passer på at menneskelige begrensninger og muligheter blir ivaretatt.

Utvikling av programvare til automatiserte systemer og autonome systemer krever også metoder og standarder, noe som varierer fra fossefalls-standarder til standarder for smidig utvikling. Metoder for innføring av systemer avhenger av om det er ferdige pakkeløsninger, eller om det kreves programmering og egen-utvikling. Standarder, retningslinjer og metoder for utvikling bør være etablert i alle utviklingsprosjekter som omfatter analyser, utvikling, testing og etablering av både gode rutiner og prosedyrer. For utvikling av kritiske systemer og programmering av automatiserte systemer er det derfor viktigst å peke på at standarder, retningslinjer og metoder må være etablert. Vi synes imidlertid at det er viktig å nevne smidig utvikling som et viktig bidrag til å lage systemer raskt og med høy kvalitet. Dette har blitt viktigere de siste årene siden man må «patche» systemet raskere og oftere pga blant annet security utfordringer.

## 9. Avsluttende refleksjoner

Det er fortsatt et gjennomgående funn at det er et sterkt teknologifokus uten nødvendig oppmerksomhet på menneskelige styrker og begrensninger. Vi har fått et inntrykk av at det er svake organisatoriske tiltak for å ivareta sikkerheten under dynamiske endringer hvor det er sterk prioritering av økonomi.

Manglende MTO helhetlig fokus kan svekke HMS og vellykket digitalisering. Kunnskapsnivået innen HF er sterkt varierende og ofte mangler fundamental kunnskap om HFE (Human Factors Engineering) teknikker. God rapporteringskultur og «Just Culture» varierer – man sier ikke i fra, uønskede hendelser blir ikke godt nok rapportert og fulgt opp, og i enkelte tilfeller vil de som varsler blir straffet eller blir sett på som «uvennlig». «På-Se» ansvaret blir ikke fulgt opp godt nok mot underleverandører med klare krav i forkant, og løpende oppfølging. Både kunnskap om HFE og graden av åpen rapporteringskultur/ psykologisk trygghet burde kartlegges og følges opp.

Tiltak for å bedre sikkerheten er ofte ikke i tråd med tiltakshierarkiets prioriteringer: 1.Eliminering, 2.Substitusjon, 3.Tekniske tiltak, 4.Administrative tiltak, 5.Personlige tiltak-verneutstyr. Oljebransjen synes å ha en omvendt prioritering med kampanjer knyttet til: 5.Personlige tiltak-verneutstyr og 4.Administrative tiltak (Rutiner i eksisterende systemer, HOP etc..), det kan lede til sene endringer noe som ofte er kostbart og en konsekvens av tidligere design. De mest effektive tiltakene blir ikke prioritert tidlig som grundige analyser basert på trinnene fra tiltakshierarkiet: 1.Eliminering, 2.Substitusjon, 3.Tekniske tiltak.

Digitalisering har generelt vært vellykket der hvor automatisering har vært innført i veldefinerte områder, gradvis og i samspill med brukerne. En bør fortsette den positive brukersentrerte utviklingen av innføring av ny teknologi. Det er nødvendig at man bruker prinsipper for meningsfull menneskelig kontroll når man fortsetter digitaliseringen av operasjoner, for blant annet for å ivareta HMS.

### 8.1 Tiltakene må plasseres så tidlig som mulig for å få best effekt via problemavgrensning og design

Vi har identifisert et bredt sett av tiltak som vil kunne lede til bedre HMS nivå i forbindelse med digitalisering. For at tiltakene skal være så billige som mulig, og lede til gode systemer som er gode å bruke må tiltakene gjennomføres i riktig sekvens, fra start via prosjektdefinisjon (eller Moc) for avgrensning, via analyser og design til utvikling. Alt starter med å ha god forståelse av prosjektet/eller endring og deretter rett bruk av HF-metoder - ISO 11064/9241-210, i tillegg bør prinsipper som brukersentrering være styrende. Tiltakspyramiden bør være en del av vurderingene/krav i forbindelse med design-grunnlaget. Meningsfull menneskelig kontroll er viktig som prinsipp. Datarapportering må gjennomføres for å ivareta risikobasert utvikling av rutiner og regelverket. Læring fra granskinger forutsetter at HF blir inkludert, og at design blir vurdert i granskingen så vi får på plass en god læringssløyfe.

Fra litteraturgjennomgangen og erfaringer ser vi at samspillet mellom mennesket og maskin blir mer kritisk når graden av digitalisering og automatisering øker. Det blir viktig med klart ansvar

spesielt når det uventede skjer. Det er nødvendig med oversiktlige og transparente systemer, hensiktsmessige alarmer og trening på kritiske avvik. Granskingene peker på det samme, hvor systemene ofte ikke ga muligheten for meningsfull menneskelig kontroll fordi informasjonen var spredt. I hendelsene var det i flere tilfeller mange alarmer som var vanskelig å forstå. Bekymringen for manglende oversikt og dårlig forståelse for hva systemene gjør, finner vi også fra intervjuene. Økt grad av digitalisering leder ofte til mer sammensatte og komplekse systemer, og brukerne forstår ikke alltid det som foregår i systemene, noe som er utfordrende når systemene bryter sammen for det uventede og menneskene må ta over. Det er derfor sentralt å etablere prinsippet om meningsfull menneskelig kontroll.

**Sørge for at ny teknologi designes slik at det støtter «meningsfull menneskelig kontroll»**: Meningsfull menneskelig kontroll innebærer at de som skal ta over under drift av automatiserte/AI systemer har forutsetninger for å kunne gjøre dette. Situasjonsforståelse og meningsdannelse må da være en del av analysen som ligger til grunn for utvikling av systemene (Lee et al. 2017; Endsley 2019) styrt i en systematisk prosess som ISO-11064/ISO 9241-210.

### 8.2 Kunnskap om HF og HFE må inngå i teknologiutviklingen

Fra litteraturgjennomgangen og intervjuene har vi observert at det er sterkt teknologifokus og teknologioptimisme i forbindelse med automatisering. Samtidig viser funn i denne studien at det er manglende kunnskap om menneskelige faktorer, spesielt med hensyn til kognitive og organisatoriske faktorer. Dette kan lede til design på teknologiens premisser som ikke tar hensyn til menneskelige styrker og svakheter; noe som igjen kan lede til komplekse systemer som er vanskelig å håndtere for brukerne. Fra gjennomgang av standarder observerte vi også at regelverket krever oppmerksomhet på HF, men mangler henvisning til viktige standarder og metoder/teknikker. Med HFE mener vi Oppgaveanalyse, arbeidsbelastnings-analyse, fordeling av ansvar, analyse av SA – Situasjonsforståelse, design av HMI og alarmer, brukertesting og brukeropplæring. Granskinger av storulykker og uønskede hendelser peker på svak håndtering av menneskelige faktorer som en viktig rot-årsak. Teknologifokuset bør i sterkere grad balanseres med brukersentrert utvikling og HF når systemer automatiseres. Funn i litteraturstudien, intervjuer og workshop er at bransjer og prosjekter som prioriterer HF oppnår høyt sikkerhetsnivå og effektive systemer med høy nytteverdi.

Litteraturgjennomgangen peker på at brukersentrering gir økt brukertilfredshet og effektive systemer med høy nytteverdi. Når vi ser på erfaring fra luftfart, har de lykkes med ekstremt høyt sikkerhetsnivå ved å fokusere på brukersentrert design og gradvis automatisering. Granskingene peker på at brukerne ikke forstår hva som foregår og at systemene kan være basert på sviktende og fragmentert design som ikke ga helhetsforståelse. Bruker-sentreringen i de prosjektene vi har sett på, har ledet til brukerengasjement, god aksept av løsningene, og skapt positive holdninger fra brukerne. Andre viktige positive faktorer har vært organisering med klare ansvarsforhold, én hovedleverandør, oppmerksomhet fra myndighetene og støtte fra ledelsen. Samtidig har det vært behov for å etablere standarder og metoder i prosjektene for å sikre at utviklingen har god nok kvalitet. Det skaper god synergi og kvalitet når utviklerne bruker felles standarder og metoder.

**Øke kunnskap og oppfølging av menneskelige faktorer:** For å kunne ivareta meningsfull menneskelig kontroll når automatisering innføres må man støtte seg på HF (Lee et al., 2017). Aktørene må sørge for at eksperter på menneskelige faktorer er involvert i prosjektene i hele gjennomføringen, og brukermedvirkning må være planlagt fra oppstart. Kunnskap innen HFE bør kartlegges. I Norge har vi hatt stor fordel å trekke inn HF eksperter utdannet utenfor Norge, f.eks. fra Storbritannia/ Sverige/ Tyskland/ USA, da HF dybdeundervisning mangler/er fragmentert i Norge.

**Økt oppmerksomhet på brukersentret utvikling (Som beskrevet av ILO/IEA (2020), ISO 11064, ISO 9241-210)**

Et viktig prinsipp er å involvere sentrale brukere i prosjektet, og sørge for at en forstår oppgavene til brukerne basert på allment aksepterte analyse-metoder og teknikker. Bruk av etablerte utviklings-metoder, med korte iterasjoner og implementering av tilbakemeldinger fra brukerne er god praksis. Iterasjoner bør teste ut at brukerne forstår systemet, og at systemet oppfyller behov og krav. Et system inkluderer også prosedyrer, opplærte brukere og samspill med andre aktører. Det gjør at endringer gjøres når det er mest kostnadseffektivt i designfasen. Brukere må sette av tid for å spesifisere krav, bistå under innovasjonsprosessen og ha tid til testing, utprøving og dokumentasjon av prosedyrer rundt bruken av systemene.

**Krav, oppfølging og styring av alarmer (Som beskrevet av EEMUA 191, IEC 62682)**

Oppfølging og forbedring av alarmer er et løpende problem, i flere sammenhenger (skip, båter, ...), Det kan være sammensatt problem både knyttet til krav, kunnskap, oppfølging, ressurser etc... Det er påpekt av Havtil i mange sammenhenger og dukker opp i flere granskingsrapporter.
Forbedring av alarmhåndtering kan struktureres og iverksettes effektivt ved bruk av følgende trinn, inspirert av Kotters modell for endringsledelse, Kotter (1996):

1. **Bygg en sterk forretningsmessig begrunnelse:** Dokumenter risiko og kostnader ved dårlig alarmhåndtering, eksempelvis med data fra Havtil sitt tilsyn; Vis til konkrete hendelser og ulykker hvor alarmproblemer var medvirkende årsak; Fremhev potensielle økonomiske tap knyttet til sikkerhetshendelser og nedetid.
2. **Engasjer toppledelsen:** Finn en leder på høyt nivå som kan være talsperson for saken;Knytt alarmhåndtering til strategiske mål, krav fra Havtil og standarder ( EEMUA 191, IEC 62682).
3. **Pilotprosjekt:** Velg et kritisk område for et demonstrasjonsprosjekt, eller hent erfaringer fra gode prosjekter, Dokumenter tidlige gevinster, f.eks. reduksjon i falske alarmer og forbedret operatørrespons.
4. **Tidlig involvering av operatører og nøkkelpersonell:** Engasjer operatører og teknisk personell tidlig. Samarbeid om utforming av alarmfilosofi og lytt til operatørenes utfordringer.
5. **Formalisering av ny alarmfilosofi:** Etabler en obligatorisk alarmfilosofi-dokumentasjon som beskriver prinsipper for design, prioritering og respons. Integrer alarmstyring i eksisterende prosesser, krav mot underleverandører eks Boring og bruk CRIOP-sjekklister. Definer og følg opp tydelige KPI-er som alarmfrekvens, antall stående alarmer, ref CRIOP.
6. **Kommunikasjon og synliggjøring av resultater:** Kommuniser jevnlig viktigheten av god alarmhåndtering. Del suksesshistorier og oppnådde forbedringer.

Ved å følge disse anbefalingene kan man bedre prioritere alarmhåndtering, redusere operasjonelle risikoer og styrke sikkerhetskulturen.

### 8.3 Behov for håndtering av På-se ansvaret/ organisasjonsmessige og tekniske siloer via periodisk vurdering av arbeidsoperasjoner

Når graden av automatisering øker, åpner det for at flere forskjellige systemer må styres av en person eller via et nettverk. Granskingene viser at fragmenterte systemer i seg selv er en risiko. Dårlig integrasjon av systemer og samarbeid mellom flere aktører som sitter på ulike plasser har vært avdekket som årsaker til uønskede hendelser. Tiltak som har vært gjort for å håndtere dette har vært organisasjonsmessige grep som ansvarsavklaring. Det har vært tekniske grep i form av systemer som gir bedre oversikt. Det er også behov for bedre samhandling via opplæring av grupper som skal samhandle. Prinsipper fra CRM (Crew Resource Management), har blitt sett på som beste praksis innen dette området, og bør vurderes som krav ifb med samhandling i kritiske områder.

Ikke minst må «På-Se» ansvaret følges opp ved bruk av underleverandører – operatøren har ansvaret for kravspesifikasjoner, løpende oppfølging under utvikling og akseptansetest, og i drift for å følge opp status samt løpende endringer som MoC, IOGP (2017).

Et viktig tiltak er å kartlegge gapet mellom «work as done» vs «Work as Imagined». Sentrale strategier og HFE-prinsipper som kan bidra til å harmonisere WAI og WAD og derigjennom forebygge ulykker listes i det følgende:

1. Observasjonsstudier og feltarbeid.
2. Brukersentrert design.
3. Funksjons- og oppgaveanalyse samt kartlegging av kognitiv belastning.
4. Analyser løsninger i praksis via Scenarioanalyse, testing, simulering og prototyping.
5. Opplæring og adaptive systemer.
6. Løpende Lærings-løkke og scenario-utforskning for løpende vedlikehold under drift

Ved å integrere HFE-prinsippene kan organisasjoner bringe forventninger nærmere virkeligheten, samtidig som de øker sikkerhet, effektivitet og trivsel – uten å gå på akkord med systemets ytelse.

### 8.4 Økt understøttelse av god rapporteringskultur og «Just Culture»

Vi har notert at det har vært løpende problemer med rapportering og oppfølging av alarmer og at området «Boring og brønn» har hatt et utfordrende arbeidsmiljø, som først blir tatt til følge etter at tilsyn er gjennomført. Det er viktig å sørge for god rapporeringskultur og trygghet til å ta opp problemer, dvs «Just Culture». HOP metoden og prinsippene er avhengig av Psykologisk Trygghet og god rapporteringskultur, Edmondson (2018).

En sterk rapporteringskultur er avgjørende for å identifisere og håndtere feil før de utvikler seg til alvorlige hendelser. Ansatte må ha trygghet for at det er ønsket og forventet å melde fra om avvik, svakheter og tvil. "Just culture" innebærer at mennesker ikke straffes for ærlige feil, men holdes ansvarlige ved grov uaktsomhet eller tilsiktede brudd. Når rapportering møtes med læring i stedet

for sanksjon, styrkes både tillit og kontinuerlig forbedring. Manglende rapportering fratar organisasjonen muligheten til å lære og forebygge. Et velfungerende varslingssystem er kun effektivt dersom kulturen rundt det bygger på respekt, åpenhet og rettferdighet.

### 8.5 Svak læring mellom uønskede hendelser, granskinger og utvikling/ design/ tilsynspraksis på menneskelige faktorer

Fra litteraturgjennomgangen har vi sett at datainnsamling fra digitaliserte systemer er mangelfull. En har gått ut fra at lite skjer og det er mangelfull datainnsamling på operatørnivå, men også til overordnet myndighetsnivå. Det er ofte ikke planlagt/tenkt på behovet for detaljert rapportering og samling av historiske data når noe skjer. Dette kan lede til at man kan mangle data og erfaringer fra nesten-hendelser som gjør at man mangler en viktig basis for risikobasert tilsyn. Fra granskinger har vi sett at detaljert datainnsamling på operatørnivå, gir god basis for å forstå og analysere hva som skjedde. (Noen aktører som Tesla har selv innført løpende datainnsamling for å få til kontinuerlig forbedring av automatiserte systemer, men mangler dokumentasjon av hva føreren fysisk gjorde.) Det er derfor viktig at man tar tak i dette på operativt nivå og på myndighetsnivå. Et eksempel på krav til datainnsamling fra automatiserte systemer kommer f.eks. fra luftfartstilsynet i forhold til bruk av droner.

**HF perspektivet mangler ofte i granskinger**

Fra litteraturgjennomgangen finner vi at HF trekkes inn i granskinger i varierende grad, men at dagens granskingsmetoder ofte «skylder på» mennesker, CIEHF (2020). Dessuten har vurdering av design ofte manglet i granskingene. I granskinger har vi sett at tekniske forhold, noe organisatoriske forhold og i mindre grad forståelse av menneskets situasjonsforståelse er behandlet. Det kan gjøre at granskingen får en for teknisk vinkling, og at en ikke får læring om bidraget fra menneskelige faktorer. Dette kan lede til en dårlig læringsløkke. Funn i granskninger kan også være misvisende med tanke på HF, for eksempel når man forklarer uønskede hendelser med menneskelige feilhandlinger *"Human error",* eller dårlig etterlevelse som rotårsaker i stedet for å spørre «Hvorfor var det dårlig etterlevelse?». Kritisk gjennomgang av granskingsrapporter med kunnskap om god design finner ofte rotårsaker som kan ledes tilbake til design. Men i granskningene gjennomgått i denne rapporten inngår design sjeldent, noe som kan lede til dårlig læring tilbake til designfasen.

**Gransking bør inkludere HF og designbeslutninger.** Metoder og perspektiver som analyserer menneskelige faktorer bør brukes, som beskrevet i CIEHF (2020), eller NSIA (2022). Granskingsteamet bør ha kompetanse om HF, organisatoriske forhold og virksomhetsstyring på lik linje med teknisk kompetanse. I en ulykke, bør aktørene oppfatning underveis dokumenteres. Hvilken situasjonsforståelse hadde de og hvordan prosessen for meningsdannelse var. Industrien bør ha eksempler på god praksis for metoder for granskinger som inkluderer HF som for eksempel granskingen av Helge Ingstad AIBN (2019), Alsos et al (2023). Næringen kan også samle et sett av gode granskingsrapporter og ha referanser til anbefalte metoder for granskinger. Ved større hendelser eller analyser av sammenhenger bør man samarbeid med granskingsmiljø som er uavhengige og som har kunnskaper om HF (som f.eks. Havarikommisjonen).

## Referanser (Som APA Narrative Style)


- Aas, AL, Johnsen, SO, & Skramstad, T. (2009). CRIOP: a human factors verification and validation methodology that works in an industrial setting. In Computer Safety, Reliability, and Security: SAFECOMP 2009, Hamburg, Germany, September 15-18, 2009. Proceedings 28 (pp. 243-256). Springer Berlin Heidelberg.
- Aas, A. L., & Skramstad, T. (2010). A case study of ISO 11064 in control centre design in the Norwegian petroleum industry. Applied ergonomics, 42(1), 62-70.
- Adressa 28/11-2023- «Moving Ivar Aasen CCR offshore" Flytter 16 arbeidsplasser"
- AIBN (2019) – Delrapport 1 om kollisjonen mellom fregatten KNM Helge Ingstad og tankbåten Sola TS utenfor Stureterminalen i Hjeltefjorden, Hordaland, 8. november 2018 – (https://havarikommisjonen.no/Sjofart/Avgitte-rapporter/2019-08).
- Alsos, O. A., Johnsen, S. O., & Bjørneseth, F. B. (2023). Menneskelige, tekniske og organisasjonsmessige forhold knyttet til Helge Ingstad ulykken. NTNU rapport.
- Alberts, D. S. (2019). *The agility advantage: A survival guide for complex enterprises and endeavors*. DoD Command and Control Research Program.
- ATSB (2007) Australian Transport Safety Bureau Aviation Research and Analysis
- Altawy, R., & Youssef, A. M. (2017). Security, privacy, and safety aspects of civilian drones: A survey. ACM Transactions on Cyber-Physical Systems, 1(2), 7.
- Amalberti, R. (2017). The paradoxes of almost totally safe transportation systems. In Human Error in Aviation (pp. 101-118). Routledge.
- Amedia (2021) https://www.csidb.net/csidb/incidents/29b9c893-abeb-485d-9c5d-9f71ac9f96b5/
- ANSI/HFES (2021). Human Readiness Level Scale in the System Development Process. (ANSI/HFES 400-2021).
- ANSI-American National Standards Institute, 2012. Occupational Health and Safety Management System. ANSI/AIHA Z10, 2012. American Industrial Hygiene Association, Falls Church, VA.
- Antonovsky, A., Pollock, C., & Straker, L. (2014). Identification of the human factors contributing to maintenance failures in a petroleum operation. Human factors, 56(2), 306-321
- Antonsen S., Ramstad L. and Kongsvik T., (2007) "Unlocking the organization: Action research as a means of improving organizational safety", Safety Science Monitor, vol. 11(1).
- Aricò, P., Borghini, G., Di Flumeri, G., Colosimo, A., Bonelli, S., Golfetti, A., Pozzi, S., Imbert, J. P., Granger, G., Benhacene, R., & Babiloni, F. (2016). Adaptive Automation Triggered by EEG-Based Mental Workload Index: A Passive Brain-Computer Interface Application in Realistic Air Traffic Control Environment. Frontiers in human neuroscience, 10, 539. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00539
- ATSB (2007) Australian Transport Safety Bureau Aviation Research and Analysis
- Autonome skip (2019) se https://www.regjeringen.no/no/tema/naringsliv/maritime-naringer/ny-temaside/forste-kolonne/markedsadgang-og-regelverk/id2589230/, Dato: 20.07.2018
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. In Analysis, design and evaluation of man–machine systems (pp. 129-135). Pergamon.
- Bakken, T., Holmstrøm, S., Johnsen, S.O., Merz, M., Grøtli, I.G., Transeth, A., Risholm, P., Storvold, R., (2019) Bruk av droner i nordområdene, HMS forhold knyttet til bruk av droner i petroleumskativiteten i nord. SINTEF-rapport 2019:001284
- Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. v., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., . . . Thomas, D. (2001). Manifesto for Agile Software Development
- Begin, MEN (2021). 11 User-Centred Agile. Sensemaking in Safety Critical and Complex Situations Human Factors and Design, 173.
- Behm, M. (2005). Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. Safety science, 43(8), 589-611.
- Behm, M., Culvenor J., and Dixon, G. "Development of safe design thinking among engineering students." Safety Science 63 (2014)
- Bello, O., Holzmann, J., Yaqoob, T., & Teodoriu, C. (2015). Application of artificial intelligence methods in drilling system design and operations: a review of the state of the art. Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research, 5(2), 121-139.

- Berman (2019) “The key to autonomous vehicle safety is ODD» www.sae.org/news/2019/11/odds-for-av-testing
- Bergh, LIV, Teigen, KS, & Dørum, F. (2024). Human performance and automated operations: a regulatory perspective. Ergonomics, 67(6), 744–758. https://doi.org/10.1080/00140139.2024.2321457
- Beuscart-Zéphir, M. C., Elkin, P., Pelayo, S., & Beuscart, R. (2007). The human factors engineering approach to biomedical informatics projects: state of the art, results, benefits and challenges. *Yearbook of medical informatics*, *16*(01), 109-127.
- Bjerkebaek, E., & Eskedal, TS (2004). Safety Assessment of Alarm Systems on Offshore Oil and Gas Production Installations in Norway. In SPE OnePetro .
- Bjørneseth, FB (2021). Unified Bridge–Design Concepts and Results. Sensemaking in Safety Critical and Complex Situations, 135-153.
- Blankesteijn, M., Jong, F. D., & Bossink, B. (2019). Closed-open innovation strategy for autonomous vehicle development. International Journal of Automotive Technology and Management, 19(1-2), 74-103.
- Boehm. (1976). Software engineering. IEEE Transactions on Computers, C–25(12), 1226–1241. https://doi.org/10.1109/tc.1976.1674590
- Borst, C., Mulder, M. & Van Paassen, M. M. (2010). A review of Cognitive Systems Engineering in aviation. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 11, PART 1.
- Bolsin, N. (2018). Designing national guidelines for automated vehicle trials in Australia. Transport and the City, 177
- Boring, R. L., Joe, J. C., & Ulrich, T. (2020). *Human Readiness Levels (HRL): A new design and evaluation framework for human-system integration*. Idaho National Laboratory.
- Bradshaw, JM, Hoffman, RR, Woods, DD, & Johnson, M. (2013). The seven deadly myths of "autonomous systems". IEEE Intelligent Systems, 28(3), 54-61.
- Briwa, H., Leva, MC, & Turner, R. (2022). Alarm Management for human performance. Are we getting better? ESREL 2022.
- Buckingham, M., & Goodall, A. (2019). The feedback fallacy. *Harvard Business Review*, *97*(2), 92-101.
- Calvert, S., Johnsen S., and Ashwin. (2024). " Designing automated vehicles and traffic systems towards meaningful human control ." In Research Handbook on Meaningful Human Control of Artificial Intelligence Systems, pp. 162-187. Edward Elgar.
- Carpenter, J. D. (2019). Simulation and piloted simulator study of an automatic ground collision avoidance system for performance limited aircraft.
- Chmela, B., Kern, S., Quarles, T., Bhaduri, S., Goll, R., Van, C., (2020). Directional drilling automation: Human factors and automated decision-making. Presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings.
- CNBC (2019) - https://www.cnbc.com/2019/07/29/experts-say-its-at-least-a-decade-before-you-can-buy-a-self-driving-car.html
- Ciavarelli, A. (2016). Integration of Human Factors into Safety and Environmental Management Systems. Paper presented at the Offshore Technology Conference. Offshore Technology Conference
- CIEHF (2020) White Paper “Learning from Adverse Events” retreived from https://www.ergonomics.org.uk/Public/Resources/Publications/Learning_from_Adverse_Events/Learning_from_Adverse_Events.aspx
- Corbato, C. H., Bharatheesha, M., Van Egmond, J., Ju, J., & Wisse, M. (2018). Integrating different levels of automation: Lessons from winning the amazon robotics challenge 2016. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *14*(11), 4916-4926.
- Conklin, T. (2019). The 5 Principles of Human Performance: A Contemporary Update of the Building Blocks of Human Performance for the New View of Safety. Pre-Accident Media.
- CRIOP (2011) fra www.criop.sintef.no
- Cummings, M. L. (2024). A Taxonomy for AI Hazard Analysis. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making,
- Danielsen, B. E., Bjørneseth, F. B., & Vik, B. - 2019 -Chasing the end-user perspective in bridge design
- Dashevskiy, D., Macpherson, J., Mieting, R., Wassermann, I., (2020). Advisory system for drilling: Automatic Procedures Acting on Real-time Data. Presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings.
- Data Safety Guidance Version 3.2,(2020) The Data Safety Initiative Working Group (DSIWG).

- Dehais, F., Peysakhovich, V., Scannella, S., Fongue, J. & Gateau, T. (2015). Automation surprise in aviation: Real-time solutions. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, 2015.
- Dekker, S. (2002). Reconstructing the human contribution to accidents: The new view of human error and performance. Journal of Safety Research
- Dekker, S. (2004). "Ten questions about human error: A new view of human factors and system safety". CRC
- Dekker, S. (2014). The Field Guide to Understanding 'Human Error'. Ashgate Publishing, Ltd.
- Dekker, S. (2015). Safety Differently: Human Factors for a New Era. CRC Press.
- Dekker, S. (2016). Just Culture: Restoring Trust and Accountability in Your Organization. CRC Press.
- Dekker, S. (2017). The field guide to understanding 'human error' . CRC press.
- Dekker, S. (2019). *Foundations of safety science: A century of understanding accidents and disasters*. Routledge.
- de Wardt, J.P., Sheridan, T.B., Di Fiore, A., (2016). Human systems integration: Key enabler for improved driller performance and successful automation application. Presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings.
- De Winter, J. C., & Dodou, D. (2014). Why the Fitts list has persisted throughout the history of function allocation. *Cognition, Technology & Work*, *16*(1), 1-11.
- Design Council (2007) "Eleven lessons: managing design in eleven global companies - Desk research report" from www.designcouncil.org.uk/
- Department of Mines and Petroleum (2015) «Safe Mobile Autonomous Mining in Western Australia Code of Practice» - fra http://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Safety/MSH_COP_SafeMobileAutonomousMiningWA.pdf
- DNV-GL (2018) DNVGL-CG-0264 Autonomous and remotely operated ships
- DNV-GL (2020) "Safemass - Study of the risks and regulatory issues of-specific cases of MASS" Report; retreived from http://www.emsa.europa.eu/implementation-tasks/ship-safety-standards/item/3892-safemass-study-of-the-risks-and-regulatory-issues-of-specific-cases-of-mass.html
- DNV-GL (2020b) "Brønnkontrollkompetanse - Kartlegging av brønnkontrollkompetanse innenfor bore- og brønn-industrien" fra Petroleumstilsynet www.ptil.no
- Dong, Y., Vinnem, J. E., & Utne, I. B. (2017). Improving safety of DP operations: learning from accidents and incidents during offshore loading operations. EURO journal on decision processes, 5(1-4), 5-40.
- DSA Roadmap (2019) Drilling Systems Automation Roadmap Report https://dsaroadmap.org/drilling-systems-automation/dsa-r-report
- Driscoll, T. R., Harrison, J. E., Bradley, C., & Newson, R. S. (2008). The role of design issues in work-related fatal injury in Australia. Journal of Safety Research, 39(2), 209-214.
- Dyreborg, J., et al., (2022). Safety interventions for the prevention of accidents at work: A systematic review. Campbell systematic reviews, 18(2), e1234.
- ECAA (2019) Aircraft Accident Investigation Preliminary Report Ethiopian Airlines Group B737-8 (MAX) Registered ET-AVJ 28 NM South East of Addis Ababa, Bole International Airport March 10, 2019 (https://leehamnews.com/wp-content/uploads/2019/04/Preliminary-Report-B737-800MAX-ET-AVJ.pdf)
- Edmondson, A. C. (2018). The Fearless Organization: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth. Wiley.
- Edwards, T., Homola, J., Mercer, J., Claudatos, L. (2017). Multifactor interactions and the air traffic controller: the interaction of situation awareness and workload in association with automation. Cognition, Technology and Work 19 (4).
- EEMUA - The Engineering Equipment and Materials Users Association (EEMUA). (2024). Alarm systems: A guide to Design, Management and Procurement. (Standard No. 191).
- EN- 894 (2008) Maskinsikkerhet - Ergonomiske krav til konstruksjon av skjermer og aktuatorer (Tre deler)
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors( 32–64.)
- Endsley, M. R. (1996). Automation and situation awareness. *Automation and human performance: Theory and applications*, *20*, 163-181.
- Endsley, M. R., Bolté, B., & Jones, D. G. (2003). Designing for situation awareness: An approach to user-centered design. CRC press.

- Endsley, MR & Jones, D: Designing for Situation Awareness. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, Florida, 2012, 2nd edition
- Endsley, M. R. (2015). Autonomous Horizons: System Autonomy in the Air Force-A Path to the Future. *United States Air Force Office of the Chief Scientist, AF/ST TR*, 15-01.
- Endsley, M. R. (2017). From here to autonomy: lessons learned from human–automation research. *Human factors*, *59*(1), 5-27.
- Endsley, M. R. (2018). Level of automation forms a key aspect of autonomy design. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, *12*(1), 29-34.
- Endsley, M.R., 2019. Human Factors & Aviation Safety, Testimony to the United States House of Representatives Hearing on Boeing 737-Max8 Crashes — December 11, 2019
- Endsley, M. R., & Jones, D. G. (2024). Situation awareness oriented design: Review and future directions. International Journal of Human–Computer Interaction, 40(7), 1487-1504.
- Energy Institute (EI). (2014) Guidance on Crew Resource Management (CRM) and non-technical skills training programmes. (EI Report, 1st. ed.). Retrieved from https://publishing.energyinst.org/topics/human-and-organisational-factors/training-and-competence-including-supervision/guidance-on-crew-resource-management-crm-and-non-technical-skills-training-programmes2
- Energy Institute. (2020). Guidance on human factors safety critical task analysis. Energy Institute.
- Energy Institute. (2025) Guidance on Human Factors in Task-Based Risk Assessment. 1st ed. London:EI 3579.
- Eriksson, A., & Stanton, N. A. (2017). Takeover time in highly automated vehicles: noncritical transitions to and from manual control. Human factors, 59(4), 689-705.
- EU/AI-The Artificial Intelligence Act - Regulation (EU) 2024/1689 https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj
- EU Regulation 376/2014 reporting, analysis and follow-up of occurrences in civil aviation
- Equinor (2018) - https://www.offshore-mag.com/drilling-completion/article/16803487/equinor-steps-up-use-of-wired-drill-pipes
- Equinor (2019) Granskingsrapport – Kollisjon mellom forsyningsskipet Sjøborg og Statfjord A (av 13.09.2019)
- Equinor (2019a) Learning after platform supply vessel collision with Statfjord A Presentasjon HFC forum oktober 2019. (www.sintef.no/projectweb/hfc/moetereferat/)
- Equinor (2024) Presentation at the drilling conference in Kristiansand, se also presentation at HFC https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/documents/2025-varmote/09-god-praksis-rundt-borekabiner---rapport-og-erfaringer.pdf
- ESReDA (2015) "Barriers to learning from incidents and accidents" Published 2015 at the ESReDA website: http://www.esreda.org/
- Evjemo, Tor Erik (2018) Sikkerhet og autonomi i norsk luftfart – utfordringer og muligheter. SINTEF rapport 2018:01451
- Flaspöler, E., Hauke, A., Pappachan, P., Reinert, D., Bleyer, T., Henke, N., & Beeck, R. (2009). The human machine interface as an emerging risk. EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work). Luxemburg.
- Flemisch, F., Heesen, M., Hesse, T., Kelsch, J., Schieben, A., & Beller, J. (2012). Towards a dynamic balance between humans and automation: authority, ability, responsibility and control in shared and cooperative control situations. Cognition, Technology & Work, 14(1), 3-18.
- Florence, F., & Iversen, F. P. (2010, January). Real-time models for drilling process automation: Equations and applications. In *IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Flin, R., O'Connor, P., & Mearns, K. (2002). Crew resource management: improving team work in high reliability industries. Team performance management: an international journal
- Forskrift om maskiner (maskinforskriften) av 2009 – hentet fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-05-20-544
- Gatwick (2018) Gatwick Airport drone incident Wikipedia 2018 https://en.wikipedia.org/wiki/Gatwick_Airport_drone_incident
- Gard (2020). Jan-Hugo Marthinsen, Vice President, Head of Offshore Energy Claims "Lessons Learnt After Offshore Claims And Accident Investigations" HFC Webinar 21 October 2020, at https://www.sintef.no/projectweb/hfc/moetereferat/

- Godhavn, J.M., Pavlov, A., Kaasa, G.O. og Rolland, N.L., «Drilling seeking automatic control solutions» i Preprints of the 18th IFAC World Congress, Milano, 2011.
- Gordon, T., Field, B., & Venkatasubramanian, K. (2015). *Human Readiness Levels: Applying Human Factors to System Readiness Assessments*. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.
- Greenwood, DJ, & Levin, M. (2006). Introduction to action research: Social research for social change. SAGE publications
- Greene, S., Walker, S., & Cascio, J. (2019). *Coordinating TRLs and HRLs for Better Outcomes*. NASA Systems Engineering Handbook.
- Greitzer, F. L., Frincke, D. A., & Pomeroy, R. (2011). *Toward a human-centric approach to cyber security*. In Advances in Human Factors and Ergonomics.
- Guiochet, J., Machin, M., & Waeselynck, H. (2017). Safety-critical advanced robots: A survey. Robotics and Autonomous Systems, 94, 43-52.
- Gunnerod, J., Serra, S., Palacios-Ticas, M., & Kvarne, O. (2009). Highly automated drilling fluids system improves HSE and efficiency, reduces personnel needs. *Drilling Contractor Magazine*.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). Fourth generation evaluation. Sage.
- Havtil (2025) - https://www.havtil.no/en/regulations/acts/about-the-regulations/
- Hancock, P. A. (2021). Months of monotony–moments of mayhem: Planning for the human role in a transitioning world of work. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 22(1), 63-82.
- Hanssen G. K., Stålhane T. and Myklebust T.. SafeScrum – Agile Development of Safety-Critical Software. ISBN 9783319993348.Springer. December 2018.
- Hareide (2019); ref https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/documents/02-hfc-forum-oct-2019-presentation-osh.pdf
- Hendrick, K., & Benner, L. (1986). Investigating accidents with STEP (Vol. 13). CRC Press.
- Hetherington, C., Flin, R., & Mearns, K. (2006). Safety in shipping: The human element. Journal of Safety Research, 37(4), 401-411.
- Helgar, S. “User Centered Design”, retrieved from https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/documents/03-helgar-stein.pdf
- Holen, S. M., Aalberg, A. L., & Johnsen, S. O. (2023). Challenges and Opportunities of Implementing the Operators' Perspective: Experiences from Automated Drilling Projects. (ESREL 2023) (pp. 1086-1093).
- Hollifield, B., Habibi, E., Nimmo, I., & Oliver, D. (2008). The high performance HMI handbook: A comprehensive guide to designing, implementing and maintaining effective HMIs for industrial plant operations. Plant Automation Services.
- Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N., 2006. Resilience Engineering : Concepts and Precepts. Ashgate Publishing Limited, Aldersot.
- Hollnagel, E. (2008). Risk+ barriers= safety?. Safety science, 46(2), 221-229
- Hollnagel, E. (2016). Barriers and accident prevention. Routledge.
- Hollnagel, Erik (2017). Safety-II in practice: Developing the resilience Potentials. Routledge.
- Hollnagel, E., (2017). FRAM: The Functional Resonance Analysis Method, first ed. FRAM: The Functional Resonance Analysis Method. Ashgate, Farnham. UK.
- Hopkins, A. (2025). Boeing, the 737 MAX Crisis and Aviation Safety: The Perils of Profit-Driven Engineering. CRC Press.
- HSE (2015) Literature review: Barriers to the application of Human Factors/ Ergonomics in engineering design – retrieved from https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr1006.pdf
- Hydro (2019) - https://www.hydro.com/Document/Index?name=General%20cyber-attack%20presentation%20April%2012.pdf&id=28255
- IEA (2000)- International Ergonomics Association, retrieved at 2025.01.20 from https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/
- IEA/ILO (2020) Principles and Guidelines for Human Factors/Ergonomics (HF/E) Design and Management of Work Systems
- IEC- International Electrotechnical Commission 63303:2024 Human machine interface for process automation
- IEC- 62682:2022 Management of alarm systems for process industries

- IEC 61508 - Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems
- Innretningsforskriften (2019) Forskrift om utforming og utrustning av innretninger med mer i petroleumsvirksomheten
- INSA Group (1992). INSAG-7 The Chernbyl Accident: Updating of INSAG-1. Intenational Atomic Energy Agency, Vienna.
- IOGP (2014) International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). Crew resource management for well operations teams. Report No. 501. April 2014, London.
- IOGP (2017) Report 423 – HSE management – guidelines for working together in a contract environment
- IOGP (2020) International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). Human Factors Engineering in Projects. Report No. 454. June 2020, London.
- IOGP (2023) Step Change in Safety – "We Recognise Change" ref https://www.stepchangeinsafety.net/psf-recognise-change/
- IOGP (2017) Report 423 – HSE management – guidelines for working together in a contract environment
- IOGP (2024) Report 656 – Assessment of eye tracking technology in well control operations - onshore
- IRIS (2018) Digitalisering i petroleumsnæringen Utviklingstrender, kunnskap og forslag til tiltak
- ISA-101.01 (2015), Human Machine Interfaces for Process Automation Systems
- ISO-serien 11064:2000 – Ergonomic design of control centres at https://www.iso.org
- ISO-serien 9241– Ergonomics of human-system interaction at https://www.iso.org
- ISO 9241-210 (2010) Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems
- ISO/TR 9241-810 (2020) Ergonomics of human-system interaction — Part 810: Robotic, intelligent and autonomous systems
- ISO 26800 "Ergonomics – General approach, principles and concepts"
- Iversen, F., Gressgård, L. J., Thorogood, J. L., Bcilov. M. K. & Hepsø, V. (2013). Drilling automation: Potential for human error. SPE Drilling and Completion, 28 (1): 45-59.
- Johnsen, S (2008) "IT teknikk i logistikk og transport" Vett &Viten, ISBN 82-412-0412-4.
- Johnsen S., Ask R., Roisli R. (2008) Reducing Risk in Oil and Gas Production Operations. In: Goetz E., Shenoi S. (eds) Critical Infrastructure Protection. ICCIP 2007. IFIP International Federation for Information Processing, vol 253. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-75462-8_7
- Johnsen S & Håbrekke S (2009) Can organisational learning improve safety and resilience during changes Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications, 805-815.
- Johnsen et al (2013) Team dynamics in critical situations – Crew Resource Management (CRM) and other approaches; (HFC forum, April 2013) – Report SINTEF A24687.
- Johnsen, S. O., & Stålhane, T. (2017). Safety, security and resilience of critical software ecosystems. Safety and Reliability–Theory and Applications.
- Johnsen, S. O., Kilskar, S. S., & Fossum, K. R. (2017). Missing focus on Human Factors–organizational and cognitive ergonomics–in the safety management for the petroleum industry. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of risk and reliability, 231(4), 400-410.
- Johnsen, S. O., Kilskar, S. S., & Danielsen, B. E. (2019). Improvements in rules and regulations to support sensemaking in safety-critical maritime operations. In Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL). 22–26 September 2019 Hannover, Germany. ESREL 2019.
- Johnsen, S.O., Evjemo T.E. (2019): "State of the art of unmanned aircraft transport systems in industry related to risks, vulnerabilities and improvement of safety". ESREL 2019, Leibniz Universität Hannover, Germany
- Johnsen S.O.,Kilskar S. S. (2020) "A Review of Resilience in Autonomous Transport to Improve Safety and Security" ESREL 2020.
- Johnsen S. O., T. Bakken, A. A. Transeth, S. Holmstrøm, M. Merz, E. I. Grøtli, S. R. Jacobsen - R. Storvold (2020): "Safety and Security of Drones in the Oil and Gas Industry". Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, ESREL2020-PSAM15. Published by Research Publishing, Singapore.
- Johnsen S.O, Holen S., Aalberg A.L., Bjørkevoll K.S., Evjemo T.E., Johansen G., Myklebust T., Okstad E., Pavlov A., Porathe T., "Automatisering og autonome systemer: -Menneskesentrert design" (2020) SINTEF Rpt:2020:01442

- Johnsen, SO, Thieme CA, and Myklebust, T.. "Experiences Of Safety And Reliability In Remote Control Of Safety Critical Operations "(2024a). ESREL 2024 Contributions Part 5:
- Johnsen, SO, & Winge S.. "Human Factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: A." (2023), ESREL.
- Johnsen, SO, & Aminoff, H. (2024). Use of ANSI/HFES Human Readiness Level to ensure safety in automation. Human Factors in Design, Engineering, and Computing, 159(159).
- Johnsen, S.O. & Park J. "Meaningful human control with increased digitalization, automation, and remote oversight" ESREL 2025 – European Conference on Safety and Reliability (ESREL) 15-19 JUNE 2025
- Kaber, D. B., & Endsley, M. R. (1998). Team situation awareness for process control safety and performance. Process Safety Progress, 17(1), 43-48.
- Kaber, D. B. (2018). Issues in human–automation interaction modeling: Presumptive aspects of frameworks of types and levels of automation. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, *12*(1), 7-24.
- Karwowski, W (2012). The discipline of human factors and ergonomics. In: Salvendy, G (ed.) Handbook of human factors and ergonomics. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, pp.3–37.
- Key, K., Hu, P., Choi, I., & Schroeder, D. (2023). Safety culture assessment and continuous improvement in aviation: A literature review. Federal Aviation Administration.
- Kilskar, S.S, Danielsen, B.E, Johnsen, S.O. (2019). Sensemaking and resilience in safety-critical situations: a literature review. Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World Proce Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World Proceedings of CRC edings of ESREL 2018. CRC Press
- Kirkpatrick, D. L. (1979). Techniques for evaluating training programs. Training and development journal.
- Kinnersley, S. and A. Roelen (2007). The contribution of design to accidents. Safety Science 45(1-2), 31-60.
- Kirwan, B. "Human Factors Requirements for Human-AI Teaming in Aviation." (2025).
- Kirschbaum, L., Roman, D., Singh, G., Bruns, J., Robu, V., & Flynn, D. (2020). AI-Driven Maintenance Support for Downhole Tools and Electronics Operated in Dynamic Drilling Environments. IEEE Access, 8, 78683-78701.
- Kotter, J. P. (1996). Leading Change. Harvard Business School Press.
- Kyllingstad, Aa., Nessjoen, P. J. (2010), "Hardware-in-the Loop Simulations Used as a Cost-Efficient Tool for Developing an Advanced Stick-Slip Prevention System", SPE128223.
- Lee, J. D., Wickens, C. D., Liu, Y., & Boyle, L. N. (2017). Designing for people: An introduction to human factors engineering. CreateSpace.
- Leva, MC, Naghdali, F., & Alunni, CC (2015). Human factors engineering in system design: a roadmap for improvement. Procedia Cirp, 38, 94-99.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. Safety science, 42(4), 237-270.
- Leveson, N. (2011). Engineering a safer World, Systems Thinking applied to Safety. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Leveson, N. (2016). CAST Analysis of the Shell Moerdijk Accident ref http://sunnyday.mit.edu/STAMP-publications-sorted-new.pdf
- Leveson, N. (2019). CAST HANDBOOK: How to Learn More from Incidents and Accidents, from http://sunnyday.mit.edu/CAST-Handbook.pdf
- Lie, JAS , et al.. (2014). Working hours and health. Update of a systematic literature review. ( STAMI Report No. 1).
- Lov om havner og farvann: Prop. 86 L (2018-2019) /www.regjeringen.no/contentassets/bcd204c187a54039984d552138663e4f/no/pdfs/prp201820190086000dddpdfs.pdf
- Lov om nasjonal sikkerhet (sikkerhetsloven) – trått i kraft 1/|1-2019 https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2018-06-01-24/
- Lovdata (2015) Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord mv (oppdatert april 2019) fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-11-30-1404; BSL A 7-1
- Lund, J., og Aarø, L. E. (2004). Accident prevention. Presentation of a model placing emphasis on human, structural and cultural factors. Safety Science, 42(4), 271-324
- Lundberg, J., Rollenhagen, C., & Hollnagel, E. (2009). What-You-Look-For-Is-What-You-Find–The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. Safety science, 47(10), 1297-1311

- Lundberg, J & Josefsson, B. (2018) A pragmatic approach to uncover blind spots in accident investigation in ultra-safe organizations - a Case Study from Air Traffic Management. In proceedings of 9th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2018). 21-25 July. Orlando, FL.
- Manikas, K., & Hansen, K. M. (2013). Software ecosystems–A systematic literature review. Journal of Systems and Software, 86(5), 1294-1306.
- Matheus, J., & Naganathan, S. (2010, January). Automation of Directional Drilling--Novel Trajectory Control Algorithms for RSS. In IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.
- Manuele, FA "Risk assessment & hierarchies of control." Professional safety 50, no. 5 (2005): 33
- Maersk (2017) - https://sosintel.co.uk/case-study-maersks-response-to-notpetya-how-cybersecurity-best-practices-mitigated-a-major-cyberattack/
- McDermott, P., Dominguez, C., Kasdaglis, N., Ryan, M., Trhan, I., & Nelson, A. (2018). Human-Machine Teaming Systems Engineering Guide. MITRE CORP BEDFORD MA BEDFORD United States.
- Mecacci, G., Amoroso D., Siebert, LC Abbink, D. Jeroen van den Hoven, and Filippo Santoni de Sio, eds. (2024) Research Handbook on Meaningful Human Control of Artificial Intelligence Systems. Edward Elgar Publishing.
- Meshkati, N. (2006). Safety and human factors considerations in control rooms of oil and gas pipeline systems: conceptual issues and practical observations. International journal of occupational safety and ergonomics, 12(1), 79-93.
- Miranda, AT (2019) Misconceptions of human factors concepts, Theoretical Issues in Ergonomics Science, 20:1, 73-83,
- Milch, V. & Laumann, K. (2016) Interorganizational complexity and organizational accident risk: A literature review. Safety Science, 82, 9-17.
- Moura, R., Beer, M., Patelli, E., Lewis, J., & Knoll, F. (2016). Learning from major accidents to improve system design. Safety science, 84, 37-45.
- Motor (2024) - https://www.motor.no/aktuelt/sandvika-ulykken-kan-ikke-se-om-gasspedalen-har-vaert-trykket-inn/295833
- Myklebust T. and Stålhane T. (2018) The Agile Safety Case. ISBN 9783319702643. Springer International Publishing. February 2018.
- Mærsk Drilling (2015) - Granskningsrapport, " MÆRSK GALLANT" 02.06.2015
- Nasjonal transportplan 2018-2029 Stortingsmelding#33 www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/
- NAS - National Academies of Science (2021) Human-AI Teaming: State of the Art and Research Needs (2021).
- NASA (2012) - Shafto, M., Conroy, M., Doyle, R., Glaessgen, E., Kemp, C., LeMoigne, J., & Wang, L. (2012). Modeling, simulation, information technology & processing roadmap. *National Aeronautics and Space Administration*.
- NavalCenter (2008) Naval Center for Cost Analysis Air Force Cost Analysis Agency - Software Development Cost Estimating Handbook Volume I, Developed by the Software Technology Support Center 2008.
- Nazaruk, M. (2022). Find out where and how your next accident may happen with learning from normal work. Retrieved from https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/documents/nazaruk-2022-learning-from-normal-work.pdf
- Nelson, R. R. (2007). IT project management: Infamous failures, classic mistakes, and best practices. MIS Quarterly executive, 6(2).
- NIOSH (2024) - National Institute for Occupational Safety and Health at 2025.01.20 from - https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html
- Nilsen, E.T., Li, J., Johnsen, S. O., & Glomsrud, J. A. (2018). Empirical studies of methods for safety and security co-analysis of autonomous boat. Safety and Reliability-Safe Societies in a Changing World.
- Norman, D. (2013). "The design of everyday things: Revised and expanded edition". Basic books.
- Norsk Dronestrategi (2018) fra https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/norges-dronestrategi/id2594965/
- NOROG 104 - Norwegian Oil and Gas recommended guidelines on information security baseline requirements for process control, safety and support ICT systems, 2016, Rev. 6
- NORSOK S-002 N (2018) Arbeidsmiljø. Utgave 5
- NORSOK U-102 (2003) - Remotely operated vehicle (ROV) services

- NORSOK I-005 (2005); System Control Diagram (SCD)
- Norsk Industri (2023) A practical guide to HOP from www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/hms/hop/hop-veileder-engelsk-2024-3005.pdf
- Norsk Designråd (2020) https://doga.no/verktoy/designdrevet-innovasjon/guide-for-designdrevet-innovasjon/
- Nortura (2021) - https://www.linkedin.com/pulse/when-cyberattacks-hit-close-home-case-nortura-peter-ottis/
- Nordby, K., Gernez, E., & Mallam, S. (2019). OpenBridge: designing for consistency across user interfaces in multi-vendor ship bridges. Ergoship 2019.
- NSIA (Norwegian Safety Investigation Authority (2022) Human Factors in the NSIA's safety investigations.
- NS-EN 614 (2008) Maskinsikkerhet - Ergonomiske prinsipper for konstruksjon (to deler)
- NS 5814 (2008): Krav til risikovurdering. Norsk Standard se https://www.standard.no
- NS 5830 (2012). Samfunnssikkerhet – Beskyttelse mot tilsiktede uønskede handlinger – Terminologi. Norsk Standard NS 5830:2012. e https://www.standard.no
- NTSB (National Transportation Safety Board). (2010). Loss of Thrust in Both Engines After Encountering a Flock of Birds and Subsequent Ditching on the Hudson River (Report No. NTSB/AAR-10/03). Washington, D.C.
- NTSB (2017) Highway Accident Report "Collision between a car Operating With Automated Vehicle Control Systems and a tractor-Semitrailer Truck" Fra https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Pages/HWY16FH018-preliminary.aspx
- NTSB Price (2019) “What Accident Investigation Has Taught Us (And Continues to Teach Us) About Human Factors in Automated Transportation” J. Price /NTSB at HFC meeting https://www.sintef.no/projectweb/hfc/moetereferat/
- NTSB (2019) ASR-19-01 Safety Recommendation Report: “Assumptions Used in the Safety Assessment Process and the Effects of Multiple Alerts and Indications on Pilot Performance” https://ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Pages/ASR1901.aspx
- NTSC (2019) Final report published 25/10 2019 - FINAL KNKT.18.10.35.04 Aircraft Accident Investigation Report PT. Lion Mentari Airlines Boeing 737-8 (MAX); PK-LQP Tanjung Karawang, West Java Republic of Indonesia 29 October 2018 (http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc_home/ntsc.htm)
- Nystad, M., Pavlov, A (2020). Micro-testing while drilling for rate of penetration optimization. International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering.
- OESI (2016) "Human Factors and Ergonomics in Offshore Drilling and Production: The Implications for Drilling Safety", Ocean Energy Safety Institute, Texas, USA. http://oesi.tamu.edu
- Onnasch, L., Wickens, C. D., Li, H., & Manzey, D. (2014). Human performance consequences of stages and levels of automation: An integrated meta-analysis. Human factors, 56(3), 476-488.
- Ogle, R. A., Dee, S. J., & Cox, B. L. (2015). Resolving inherently safer design conflicts with decision analysis and multi-attribute utility theory. Process Safety and Environmental Protection, 97, 61-69.
- Oliver, N., Calvard, T., & Potočnik, K. (2017). Cognition, technology and organizational limits: Lessons from the Air France 447 disaster. Organization Studies 28(4): 729-743.
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. Human factors, 39(2), 230-253.
- Park, J. et al. "Challenges and opportunities in remote operations of automated passenger ferries identified using the CRIOP method" (2025) , ESREL 2025.
- Pęciłło, M. (2016). The concept of resilience in OSH management: a review of approaches. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 22(2), 291-300.
- Petritoli, E., Leccese, F., & Ciani, L. (2017). Reliability assessment of UAV systems. In 2017 IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace) (pp. 266-270). IEEE.
- Porathe, ST (2023). Alarm and hand-over concepts for human remote operators of autonomous ships. In Proceedings of ESREL 2023)
- PSA (2019) Report “Investigation of collision between Sjøborg supply ship and Statfjord A on 7 June 2019”
- PSA (2022) #992923 Responsibility, competence, and maintenance of alarm systems in control rooms.
- Ptil (2015) Gransking av hydrokarbonlekkasje på Gudrun 18.2.2015

- Ptil (2017) Prinsipper for barrierestyring i petroleumsvirksomheten Barrierenotat 2017 fra https://www.ptil.no/fagstoff/utforsk-fagstoff/fagartikler/2017/barrierenotat/
- Ptil (2019) Investigation of the incident in well 7132/2-1, unintentional disconnection of the lower marine riser package (LMRP) on *West Hercules*, 16 January 2019 – at https://www.ptil.no/en/supervision/investigation-reports/2019/Seadrill-West-Hercules-investigation-lmrp/
- Ptil (2019b) Krav til digitalisering fra https://www.ptil.no/fagstoff/utforsk-fagstoff/fagartikler/2019/klare-krav-til-digitalisering/
- Ptil (2019c) Rapport etter tilsyn-Alarmbelastning og HF i kontrollrom-Oseberg A utgitt 27.5.2019
- Ptil (2020) "Rapport etter tilsyn med planlagt ombygging, digitalisering og robotisering av boreanlegget på Valhall IP - Performinator-prosjektet" fra https://www.ptil.no
- Ptil (2022) Ansvar, kompetanse og vedlikehold av alarmhåndteringssystemer i kontrollrom #992923
- QCS-Quality Control Systems Corp (2019) NHTSA's Implausible Safety Claim for Tesla's Autosteer Driver Assistance System February 8, 2019 from www.quality-control.us
- Rammeforskriften av 1. januar 2011; Forskrift om helse, miljø og sikkerhet i petroleumsvirksomheten og på enkelte landanlegg (rammeforskriften) https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-02-12-158
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. Safety science, 27(2-3), 183-213.
- Reason, J. (1997). Managing the risks of organizational accidents. Aldershot , England: Ashgate.
- Reason, J. (1999). Organisational Accidents and Safety Culture. Manchester M13 9PL, UK. Department of Psychology, University of Manchester.
- Regjeringens KI strategi - Nasjonal strategi for kunstig intelligens – (2020) https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonal-strategi-for-kunstig-intelligens/id2685594/?ch=4
- Regjeringens havstrategi (2017 ) Ny vekst, stolt historie. https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/ny-vekst-stolt-historie/id2552578
- Riksrevisjonen Dokument 3:9 (2022–2023) Sjøfartsdirektoratets arbeid med å fremme gode arbeids- og levevilkår til sjøs
- Riksrevisjonen (2019) Dokument 3:6 (2018–2019) / Undersøkelse av Petroleumstilsynets oppfølging av helse, miljø og sikkerhet
- Roberts, R., Flin, R., Cleland, J., 2015. "Everything was fine"*: An analysis of the drill crew's situation awareness on Deepwater Horizon. J. Loss Prev. Process Ind. 38, 87–100. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.08.008
- Rommetveit, R., Bjorkevoll, K. S., Cerasi, P. R., Havardstein, S. T., Fjeldheim, M., Helset, H. M., ... & Nordstrand, C. (2010, January). Real time integration of ECD, temperature, well stability and geo/pore pressure simulations during drilling a challenging HPHT well. In *SPE Intelligent Energy Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Rosness, R., Grøtan, T.O., Guttormsen, G., Herrera, I.A., Steiro, T., Størseth, F., Tinmannsvik, R.K., Wærø, I., 2010. Organisational Accidents and Resilient Organisations: Six Perspectives. Revision 2 (No. SINTEF A17034). SINTEF Technology and Society.
- Rosen, R., Von Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2015). About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, *48*(3), 567-572.
- SAE (2018). SAE International standard "J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems." Revised: 2018-06-15
- SaudiArabia (2019) - https://www.digitaltrends.com/news/saudi-arabia-oil-drone-attack-commercial-uavs/
- Samset, K. (2001) "Prosjektvurdering i tidligfasen", Tapir Akademiske forlag, Trondheim, 2001. Page 39 -figur 4.2 .
- Sanderson, P., Allen, P., & Cook, M. (2019). *Integrating Human Factors in System Development: Lessons from Nuclear and Defence Industries*. *Safety Science*, 120, 430–439.
- Saghafian, M., Moltubakk, S. T., Bertheussen, L. E., Vatn, D. M. K., Johnsen, S. O., & Alsos, O. A. (2023, September). The Effectiveness of Adaptive Automation in Human-Technology Interaction. In ESREL 2023-Proceedings of the 33rd European Safety and Reliability Conference: The Future of Safety in the Reconnected World, 3–7 September 2023, University of Southampton, United Kingdom. European Safety and Reliability Association.

- Saghafian, M., Vatn, D. M. K., Moltubakk, S. T., Bertheussen, L. E., Petermann, F. M., Johnsen, S. O., & Alsos, O. A. (2025). Understanding automation transparency and its adaptive design implications in safety–critical systems. Safety Science, 184, 106730.
- Safety forum - Safety forum (2019) Learning from incidents/Report from Safety forum
- Sandhåland, H., Oltedal , H., & Eid, J. (2015). Situation awareness in bridge operations study of collisions between attendant vessels and offshore facilities in the North Sea. Safety science, 79, 277-285.
- Sdir (2020) - Sjøfartsdirektoratet, rundskriv RSV 12-2020 «Føringer i forbindelse med bygging eller installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet eller delvis ubemannet drift" www.sdir.no/sjofart/regelverk/rundskriv/foringer-i-forbindelse-med-bygging-eller-installering-av-automatisert-funksjonalitet-med-hensikt-a-kunne-utfore-ubemannet-eller-delvis-ubemannet-drift/
- Sethi, M. (2008, January). LIP Control & Protective System Upgrade-proving a case for consideration of human factors in design. In *International Petroleum Technology Conference*. International Petroleum Technology Conference.
- Ship Safety Act ( 2007) /lovdata.no/dokument/NL/lov/2007-02-16-9
- Shorrock, S (2021) «Work as imagined& Work as done – Mind the Gap" - https://www.sintef.no/globalassets/project/hfc/documents/09-shorrock_-_waiwad_mind_the_gap.pdf
- Sikkerhetsforum (2019) Læring etter hendelser, Rapport fra Sikkerhetsforum
- Singh, M. (2019) Hybrid Tactics Come of Age: Implications of the Aramco Attack. CLAWS journal, 12(2), 144-149.
- SMACS (2020), Sensemaking in safety-critical situations https://www.sintef.no/projectweb/hfc/smacs/ .
- Smith, E., & Roels, R. (2020). Guidance on human factors safety critical task analysis. Energy Institute, London
- Smith, L., Folkard, S., & Poole, CJM (1994). Increased injuries on night shift. The Lancet, 344(8930), 1137-1139
- Sneddon, A., Mearns, K., & Flin, R. H. (2013). Stress, fatigue, situation awareness and safety in offshore drilling crews. Safety Science, 56, 80 –88.
- Stanton, Neville A., et al. Human factors methods: a practical guide for engineering and design. CRC 2017
- Styringsforskriften av 1. januar 2011. Forskrift om styring og opplysningsplikt i petroleumsvirksomheten og på enkelte landanlegg (styringsforskriften) https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-04-29-611
- Sugiura, J., Samuel, R., Oppelt, J., Ostermeyer, G. P., Hedengren, J., & Pastusek, P. (2015, March). Drilling modeling and simulation: Current state and future goals. In *SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- Szymberski, R. T. (1997). Construction project safety planning. Tappi Journal, 80(11), 69-74.
- Sætren GB, Laumann K (2015) Effects of trust in high-risk organizations during technological changes. Cognition, Technology & Work 17:131–144
- Sætren, G.B., Hogenboom, S., Laumann, K., 2016. A study of a technological development process: Human factors—the forgotten factors? Cognition, Technology & Work 18, 595–611.
- Teperi, A. M., Paajanen, T., Asikainen, I., & Lantto, E. (2023). From must to mindset: Outcomes of human factor practices in aviation and railway companies. Safety science, 158, 105968.
- Teoh, E. R., & Kidd, D. G. (2017). Rage against the machine? Google's self-driving cars versus human drivers. Journal of Safety Research, 63, 57-60
- Thorogood, J.L., Florence, F., Iversen, F.P., Aldred, W.D., (2009). Drilling Automation: Technologies, Terminology and Parallels With Other Industries. Presented at the SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers.
- Tinmannsvik, R. K., Albrechtsen, E., Bråtveit, M., Carlsen, I. M., Fylling, I. M., Hauge, S., ... & Okstad, E. (2011). Deepwater Horizon-ulykken: Årsaker, lærepunkter og forbedrings-tiltak for norsk sokkel. SINTEF report A, 19148.
- Torkildson, E. N., Li, J., & Johnsen, S. O. (2019, September). Improving Security and Safety Co-analysis of STPA. In Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL). 22–26 September 2019 Hannover, Germany. Research Publishing Services.
- TOF (2019) Forskrift om tekniske og operasjonelle forhold på landanlegg i petroleumsvirksomheten med mer (teknisk og operasjonell forskrift)
- UAS (2023) - https://www.uasnorway.no/sikkerhetskultur-i-dronebransjen-a-bygge-broer-over-et-kulturelt-gap/?mc_cid=4d50115e96&mc_eid=ee3f7a80ed

- Unified Bridge (2018) hos Kongsberg/Rolls Royce. (https://eggsdesign.com/work/case/unified-bridge-sets-a-new-standard-at-sea#; )
- US-CSB (2016) U.S Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Drilling rig explosion and fire at the Macondo well. Investigation report volume 3, Report no. 2010-10-I-OS, 20 April 2016. Washington, DC
- US-CSB (2019) U.S Chemical Safety and Hazard Investigation Board, Gas Well Blowout and Fire at Pryor Trust Well 1H-9 (Final Report), 2019. Washington, DC
- Vagia, M., Transeth, A. A., & Fjerdingen, S. A. (2016). A literature review on the levels of automation during the years. What are the different taxonomies that have been proposed?. Applied ergonomics, 53, 190-202.
- Valente, J., & Cardenas, A. A. (2017). Understanding security threats in consumer drones through the lens of the discovery quadcopter family. In Proceedings of the 2017 Workshop on Internet of Things Security and Privacy (pp. 31-36). ACM.
- van Winsen, R., & Dekker, SW (2016). Human factors and the ethics of explaining failure. In Human Factors and Ergonomics in Practice: Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World (pp. 65-76). CRC Press.
- Vatn, D. M. K., Johnsen, S. O., & Saghafian, M. (2023). Challenges and emerging practices in design of automation. In ESREL 2023-Proceedings of the 33rd European Safety and Reliability Conference: The Future of Safety in the Reconnected World, 3–7 September 2023, University of Southampton, United Kingdom. ESREL.
- Vredenburg, K., Mao, J. Y., Smith, P. W., & Carey, T. (2002, April). A survey of user-centered design practice. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 471-478).
- Walker, GH, Waterfield, S., & Thompson, P. (2014). All at sea: An ergonomic analysis of oil production platform control rooms. International Journal of Industrial Ergonomics, 44(5), 723-731.
- Waraich, Q. R., Mazzuchi, T. A., Sarkani, S., & Rico, D. F. (2013). Minimizing human factors mishaps in unmanned aircraft systems. ergonomics in design, 21(1), 25-32
- Weick, K.E. (2001). Making sense of the organization. Blackwell publishing.
- Weick, K.E. & Sutcliffe, K.M. (2007). Managing the Unexpected. 2nd ed. Jossey-Bass.
- WHO (2018) - 2018 World Health Organization Global Status Report on Road Safety https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684
- Wiegmann, D.A., Shappell, S.A. (2001) Applying the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) to the analysis of commercial aviation accident data. Presented at the 11th International Symposium on Aviation Psychology. Columbus, OH: The Ohio State University.
- Winge, S., Kilskar, S. S., & Johnsen, S. O. (2023). A Guide for Identifying Human Factors in Accident Investigations.
- Wróbel, K. (2021). Searching for the origins of the myth: 80% human error impact on maritime safety. Reliability Engineering & System Safety, 216, 107942.
- Wróbel K Montewka J & Kujala P (2017) Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety Reliability Eng. & Systems 155-169
- Wylie, R., McClard, K., De Wardt, J., 2018. Automating directional drilling: Technology adoption staircase mapping levels of human interaction. Presented at the Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition.
- Yasseri, S., & Bahai, H. (2018). System readiness level estimation of oil and gas production systems. International Journal Of Coastal, Offshore And Environmental Engineering (ijcoe), 3(2), 31–44

**Vedlegg A – Resultater – publikasjoner fra prosjektet og foreslåtte aktiviteter**

Vedlagt oversikt over publikasjoner fra MAS prosjektet, delt inn i «Whitepapers/ Rapporter»; «Vitenskapelige publikasjoner i konferanser, Journaler»; «Formidling – kronikker, presentasjoner i konferanser»; Innspill til Internasjonale standarder.

| Ref | Publikasjonsoversikt MAS prosjektet – relevant lagt inn i CRISTIN (326676) |
|---|---|
| Cristin | Whitepapers/ Rapporter |
| X | Calvert, Johnsen, George, 2023. White Paper: "Automated Vehicles – How to Keep Humans in Control?- The role of Meaningful Human Control in the design and regulation of automated vehicles"<br><br>Ole Andreas Alsos, Stig Ole Johnsen, Frøy Birthe Bjørneseth «Menneskelige, tekniske og organisasjonsmessige forhold knyttet til Helge Ingstad-ulykken» ISBN: 13 978-82-91917-40-5 NTNU rapport<br>• (Inspirerte kronikk i TU – O.A. Alsos, F.B.Bjørneseth 1/12 2023 (mest leste kronikk i TU) «Skipsbroer fremstår som om de er laget for kontorbruk, ikke for nattseilas» https://www.tu.no/artikler/skipsbroer-fremstar-som-om-de-er-laget-for-kontorbruk-ikke-for-nattseilas/540430<br>Johnsen, Stig Ole; Thieme, Christoph Alexander; Myklebust, Thor: «Fjernstyring og fjernovervåkning av lav-bemannende skip – erfaringsoverføring fra andre industrier»<br>2023:Rapport Nr: 01269 ISBN 978-82-14-07840-4 |
| | Vitenskapelige publikasjoner i konferanser, Journaler, bøker |
| | Journal: Safety Science |
| | Saghafian, M., Vatn, D. M. K., Moltubakk, S. T., Bertheussen, L. E., Petermann, F. M., Johnsen, S. O., & Alsos, O. A. (2025). Understanding automation transparency and its adaptive design implications in safety–critical systems. Safety Science, 184, 106730. |
| | Bok |
| x | Nivå 2: Calvert, S.C., S. Johnsen, A. George, 2023. "Designing Automated Vehicle and Traffic Systems towards Meaningful Human Control." In: Research Handbook on Meaningful Human Control of Artificial Intelligence Systems. Edward Elgar Publishing, se https://arxiv.org/abs/2303.05091 https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2303/2303.05091.pdf<br><br>Edited by Giulio Mecacci, Assistant Professor, Department of AI, Radboud University, the Netherlands, Daniele Amoroso, Professor of International Law, University of Cagliari, Italy, Luciano Cavalcante Siebert, Assistant Professor, Interactive Intelligence Group, David Abbink, Professor in Human-Robot Interaction, Faculty of Mechanical Engineering and Faculty of Industrial Design Engineering, Jeroen van den Hoven, Professor of Ethics and Technology and Filippo Santoni de Sio, Associate Professor in Ethics and Philosophy of Technology, Delft University of Technology, the Netherlands |

| | |
|---|---|
| | Publication Date: July 2024 ISBN: 978 1 80220 412 4 Extent: c 400 pp |
| X | Del av bok: Thieme, C. A., Ramos, M. A., Holte, E. A., Johnsen, S. O., Myklebust, T., & Smogeli, Ø. (2023). «New Design Solutions and Procedures for Ensuring Meaningful Human Control and Interaction with Autonomy: Automated Ferries" in Profile. In Autonomous Vessels in Maritime Affairs: Law and Governance Implications (pp. 213-242). Cham: Springer International Publishing. |
| | Gjennomgang av avsnitt (review)og innspill til bok om barrierer via to artikler – Shephard, Tom. «Human Barrier Design and Lifecycle: A Cognitive Ergonomics Approach and Path Forward." CRC Press, 2024. Noterte at det var en del hentet fra CRIOP, og<br>• Aas, A. L., Johnsen, S. O., & Skramstad, T. (2009). Experiences with Human Factors in Norwegian petroleum Control Centre Design and suggestions to handle an increasingly complex future. In Reliability, Risk, and Safety, Three Volume Set (pp. 319-326). CRC Press.<br>• Johnsen, S. O., Kilskar, S. S., & Fossum, K. R. (2017). Missing focus on Human Factors–organizational and cognitive ergonomics–in the safety management for the petroleum industry. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of risk and reliability, 231(4), 400-410. |
| | 2024 AHFE International Conference on Human Factors in Design, Engineering, and Computing (AHFE 2024 Hawaii Edition) |
| | Johnsen, S., Aminoff, H. (2024). "Use of ANSI/HFES Human Readiness Level to ensure safety in automation." In: Tareq Ahram and Waldemar Karwowski (eds) Human Factors in Design, Engineering, and Computing. AHFE (2024) International Conference. AHFE Open Access, vol 159. AHFE International, USA. http://doi.org/10.54941/ahfe1005790<br>AHFE Open Access Series in Volumes 159 in the Applied Human Factors and Ergonomics International: ISSN 2771-0718, ISBN: 978-1-964867-35-9 |
| | Transportation Research Interdisciplinary Perspectives (TRIP) |
| X | Alsos, Ole Andreas; Saghafian, Mina; Veitch, Erik Aleksander; Petermann, Felix-Marcel; Sitompul, Taufik Akbar; Park, Jooyoung; Papachristou, Eleftherios; Eide, Egil Sverre; Breivik, Morten; Smogeli, Øyvind Rasmussen "Lessons learned from the trial operation of an autonomous urban passenger ferry" |
| | ESREL konferansen 2025 – European Conference on Safety and Reliability (ESREL) 15-19 JUNE 2025 the 35-th European Safety and Reliability Conference UiS, Stavanger, Norway |
| | Stig Ole Johnsen and Jooyoung Park "Meaningful human control with increased digitalization, automation, and remote oversight" |
| | Jooyoung Park, Stig Ole Johnsen, Mina Saghafian and Ole Andreas Alsos "Challenges and opportunities in remote operations of automated passenger ferries identified using the CRIOP method» |

| | |
|---|---|
| | Jooyoung Park, Ole Andreas Alsos, Stig Ole Johnsen and Mina Saghafian "Designing HMI for Remote Operation of Urban Autonomous Ferries with CRIOP Analysis" |
| | Mina Saghafian, Gunhild Birgitte Sætren, Stine Thordarson Moltubakk, Lene Elisabeth Bertheussen, Jooyoung Park, Stig Ole Johnsen and Ole Andreas Alsos "Human Factors and Design Principles for Safe Remote Operations in the Petroleum Sector" |
| | Mina Saghafian, Stig Ole Johnsen, Jooyoung Park, Stine Thordarson Moltubakk, Lene Elisabeth Bertheussen and Ole Andreas Alsos "Balancing Automation and Human Oversight: Design Implications for Safety-Critical Systems" |
| | ESREL konferansen 2024 – European Conference on Safety and Reliability (ESREL) 23-27 JUNE 2024 the 34-th European Safety and Reliability Conference Jagiellonian University, Cracow, Poland |
| X | Stig O. Johnsen, Christop Thieme, Thor Myklebust "Experiences of Safety and Reliability in remote control of safety critical operations (from Oil and Gas, Automated Transport)" published ESREL 2024 |
| | ESREL konferansen 2023 – European Conference on Safety and Reliability 3rd September – 7th September 2023; Artikler tilgjengelig på https://www.esrel2023.com/ |
| X | Stig Ole Johnsen and Stig Winge "Human Factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: A review" |
| X | Mina Saghafian, Stine Thordarson Moltubakk, Lene Elisabeth Bertheussen, Dorthea Mathilde Kristin Vatn, Stig Ole Johnsen and Ole Andreas Alsos –"The Effectiveness Of Adaptive Automation In Human-Technology Interaction" |
| X | Dorthea Mathilde Kristin Vatn, Mina Saghafian and Stig Ole Johnsen – "Challenges and emerging practices in design of automation" |
| X | Siri Mariane Holen, Asbjørn Lein Aalberg and Stig Ole Johnsen "Challenges and Opportunities of Implementing the Operators' Perspective: Experiences from Automated Drilling Projects" |
| X | Stig Winge, Stine Skaufel Kilskar and Stig Ole Johnsen – "A Guide for Identifying Human Factors in Accident Investigations" |
| | AHFE International (2023) Applied Human Factors and Ergonomics International |
| X | Pantelatos, Leander Spyridon; Alsos, Ole Andreas; Saghafian, Mina; Smogeli, Øyvind; St. Clair, Asun Lera "A mixed-method approach for assessing passengers' perspectives of autonomous urban ferries" |
| | ACHI 2023: The Sixteenth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions |
| X | Pantelatos, Leander Spyridon; Saghafian, Mina; Alsos, Ole Andreas; St. Clair, Asun Lera; Smogeli, Øyvind "The Role of a Human Host Onboard of Urban Autonomous Passenger Ferries" |
| | Formidling – kronikker, presentasjoner i konferanser |
| | Kronikk |

| | |
|---|---|
| X | Brian Murray, Lars Andreas og Stig Ole Johnsen/SINTEF - kronikk Dagens Næringsliv 24/10 2023 - En «KI-kaptein» på fregatten ville neppe unngått kollisjon https://www.dn.no/innlegg/kunstig-intelligens/ki/ai/en-ki-kaptein-pa-fregatten-ville-neppe-unngatt-kollisjon/2-1-1540043 |
| | Workshop 14. og 15. februar 2024 Aker BP |
| | Presentasjon og workshop med Aker BP Stig O. Johsen "Mulighet for flerfeltkontrollrom Grieg Aasen Asset (erfaringer og muligheter i bransjen)" hvor innspill fra MAS prosjektet ble gjennomgått via presentasjoner og «papers» i tillegg til at vi fikk innspill til oppdatering av CRIOP metoden fra deltakerne for å støtte trygg innføring av flerfelts kontrollrom |
| | MAS Workshop 12. og 13. September 2023 |
| | 12 participants from academia and industry – 2 day workshop |
| | Delft: (Bart) van Arem: “Experience from other disciplines, Simulation and testing in virtual reality, Commission Implementing Regulation, Future research directions (XCARCITY, RADISH). “ |
| | TØI( Rune Elvik): "How did Norway become the safest country in the world?”– some comments and reflections |
| | SINTEF Stig O. Johnsen: "Human Factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: A review” |
| | SINTEF Dorthea Vatn:“ Challenges and emerging practices in design of automation” |
| | SINTEF/NTNU Mina Saghafian: “The Effectiveness of Adaptive Automation in Human-Technology Interaction” |
| | Delft: Simeon Calvert: “Operationalisation of MHC conditions tracing and tracking for ADS; Actor analysis for proximal and distal updating(i.e. improvement) of MHC for system design” |
| | Delft: Marjan Hagenzieker “Implications of MHC in ADS for the driving task, driving instructors and examiners, future driver’s license” |
| | CBR : Dr Daniel Heikoop Status (organization responsible for driver testing in the Netherlands) Centraal Bureau Rijvaardigheidsbewijzen (CBR) |
| | Presentasjoner i konferanser - Digital Collaboration-Designing for The Future Today – 8 – 9 November 2023, Stavanger |
| | MAS/Mina Saghafian: NPF seminar - Digital Collaboration-Designing for The Future Today – 8 – 9 November 2023, Stavanger<br>Presentasjon: Meaningful Human Control in Critical-Safety Systems |
| | Roundtable - Artificial Intelligence, Machine Learning and Regulation 26-27 January 2023 Paris hosted by OECD/ITF International Transport Forum – |
| | Deltok Roundtable - Artificial Intelligence, Machine Learning and Regulation og presenterte resultater fra MAS prosjektet. Fikk tid til å gå gjennom viktigste resultater og bidra inn i diskusjonen. (24 participants from EU and the US)<br><br>Festet meg ved innlegg fra Missy Cummings som gikk gjennom sin erfaring (Faglig leder i NTSB utpekt av Pres. Joe Biden) – fikk daglige rapporter om ulykker fra |

| | |
|---|---|
| | autonome systemer – gikk gjennom ca 1000 rapporter/ om kollisjoner i året – det var de samme problemene igjen og igjen; Autonome systemer trenger mer testing, var mye dårlig programmering (nybegynnerfeil), veldig dårlig overvåkning og testing av kvaliteten til kode brukt for å styre autonome biler på offentlig vei. Leder av Tesla sitt Autopilot prosjekt kunne ikke definere ODD (eller Operational Envelope) – og hadde ikke hørt om begrepet «Human Factors» (HF eksperter har også forsvunnet fra Tesla da det har vært lite støtte til HF-basert design); Mye kjappe løsninger «Cutting Corners» i kodingen; ikke sterkt markedsbehov for sikkerhet; Fullt autonome biler «Will not be there in my lifetime»; Lite testing av avvikssituasjoner; Leverandørene deler ikke informasjon – og det er en utfordring; Tesla automatikken gir opp og må gi kontrollen over til den som kjører bilen (må ha hendene på rattet hele tiden egentlig- men mange bilførere tekster og kjører – så det skaper en del problemer); «Fantom Braking» er fremdeles et problem for autonome biler (også i Norge)– dvs bremser brått; Vesentlig «under-rapportering» av hendelser med autonome biler |
| | Presentasjoner HFC Stavanger 15/10-16/10- Praktiske erfaringer og beste praksis innen menneskelige faktorer på tvers av ulike sektorer, for å forbedre sikkerhet, effektivitet og ytelse - Practical experiences and best practice in human factors across various sectors, enhancing safety, efficiency and performance |
| | Det er 51 påmeldte fra Avinor Flysikring AS, Aker BP, BaneNor - Human Factors & Risk Management AB, DNV, Equinor ASA, EGGS a part of Sopra Steria, Fisheries and Marine Institute / HFC Canada, Gard, Halogen AS, Havtil, Institutt for Energiteknikk (IFE), IOGP, INIT ELDOR AS, National Oilwell Varco, NTNU, Norwegian Maritime Authority, NORCE Norwegian Research Centre, NOV, Odfjell Oceanwind AS, Safetec, SINTEF, Statens vegvesen, Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), Training Works, Ukom - Statens undersøkelseskommisjon for helse- og omsorgstjenesten, Vår Energi, Vysus Group Vegtrafikksentralen øst, Statens Vegvesen |
| | • Assessment of eye tracking technology in well control operations, David Lobdell, IOGP<br>• Fremtidens kontrollrom for vindturbiner – Når drift ikke er hovedfokus Styring av kraft produksjon i forhold til forbruk, Stein Helgar, Halogen<br>• Erfaringer fra drift av Hywind Tampen sett fra et HF-perspektiv, Vidar Hepsø, Equinor<br>• Utvikling av senter for fjernstyrte tårn for lufttrafikktjenester: En brukersentrert designprosess, Linda Lunde-Hanssen, IFE<br>• Erfaringer fra senter for fjernstyrte tårn for lufttrafikktjenester, Jens Petter Duestad, Avinor<br>• Menneskets rolle i fremtidens havromsoperasjoner, Ole Andreas Alsos, NTNU<br>• Utfordringer og løsninger for Human Factors innen jernbane, Per Christofferson, Banenor |

| | |
|---|---|
| | • Tilsyn med alarmhåndteringssystemer i borekabin, Fredrik Strøm Dørum, Havtil<br>• God praksis rundt borekabiner – rapport og erfaringer, Marius Fernander, DNV; Svein Harald Gabrielsen, Equinor<br>• Hvordan få HF tidlig inn i et utviklingsprosjekt - erfaring fra Remote Cranes i Yggdrasil-prosjektet, Håkon Augensen, AkerBP<br>• Muliggjøre menneskelig tilsyn i autonome operasjoner – lærdom fra utvikling og demonstrasjon av autonom boring, Rodica Mihai, NORCE<br>• Omvisning Ullrigg – NORCE |
| | Presentasjoner HFC Halden 15/10-16/10- Safe, reliable and trustworthy AI systems - what do we have now and what needs to be in place in the future? - A Human Factors perspective on AI |
| | Det er 62 påmeldte fra Aker BP, Capgemini, DNV, Equinor, FMV (Försvarets Materielverk), Halogen AS, Havindustritilsynet, HCD-Human Centred Design, Humans in the Loop, IFE, Kongsberg Maritime AS, Luftfartstilsynet, Marine Institute/HFC Canada, National Research Council Canada, NTNU, NTNU Samfunnsforskning AS, Safetec, SINTEF, Sjøfartsdirektoratet, Saab Aeronautics (HFN), Technological University Dublin, TØI, University of Lapland, VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut), Vysus Group. |
| | SINTEF Kurs: Innføring i generell AI; fra 9-11 hos IFE<br>B. Schütte/Univ. Lapland: Human Oversight and AI<br>J. Skøld/UAS - EU AI regulations design and operations for the wider industry<br>A. Madsen/NTNU: Human Centred Design in autonomous collision avoidance<br>L.I.V. Bergh/Havtil: Status - oppfølging av KI/AI og Human Oversight<br>C. Markussen/DnV: Forsvarlig bruk av KI i petroleumsvirksomheten<br>R. Fannemel/Equinor: Responsible AI i Equinor – a human-centered approach<br>J. Lilleby/Aker BP: AI og HF i Aker BP – status og refleksjoner<br>T. Arnason/CGI: AI – Capabilities and risks<br>A. J. Ringstad/Equinor: AI, HF og teknologikvalifisering<br>M. C. Leva/TU Dublin: Collaborative Intelligence for Safety Critical Systems<br>G. Skraaning/IFE: Operator Performance in Highly Automated Nuclear Plants<br>I. Gumnishka/HIP: Human-in-the-loop pipelines for remote operators |
| | Presentasjoner- HFC møte 2024 "Just Culture" – Jakten på læring trumfer jakten på syndebukker, 23/4- 24/4 |
| Var 88 deltakere fra ABB, Aker BP (2), Aker Solutions, Avinor ANS, Bane NOR, DNV (7), Equinor (10), Forsvarsstaben (1), Forsvaret (2),Gard (2), Halogen (2), Havtil (3), HFN, IFE (3), Kongsberg Maritime, Kystverket (3), Lufartstilsynet, Norsk Sjømannsforbund, NTNU (4), NTNU Samfunnsforskning (2), Riksadvokaten, Ringhals - Vatenfall (2), Safetec (6), SINTEF (4), SINTEF Ocean, Sjøfartsdirektoratet (4), Sjøforsvaret (2), Statens havarikommisjon (3), Canada - Memorial/The Marine Institute (3), Transportøkonomisk Institut, USN(1), Universitetet i Oslo (4), Vysus (3), Vår Energi (2), Widerøe og Wilhelmsen Ship Management. | |
| | Fra normal operasjon til kollisjon F.E.Mjeld Orlogskaptein, Seksjonsleder CRM |

| | |
|---|---|
| | Just Culture, er vi på rett vei? Kaptein Helge Aanonsen, NPFO Widerøe |
| | Hvem har egentlig ansvaret for skipssikkerheten? T. H. Pettersen, Sjømannsforbundet |
| | Påtalemyndighetenes rolle og Just Culture, R. Bruusgaard, Riksadvokatembetet |
| | A System Safety Perspective of Negligence, E. Langejan, HF spesialist Luftfartstilsynet |
| | Just Culture – fundamentet for en god losing! Kurt Haukeberg, Lostjenesten |
| | Havtils erfaringer med bruk av HF- verktøy i gransking. L.I. Vestly Bergh og E. Vaagen, |
| | Interaksjon med sikkerhetskritiske systemer: skal vi utfordre tradisjonene? A.O. Braseth, IFE |
| | Nullvisjonen som utgangspunkt for systematisk læring og tiltaksutvikling, A.A.Balle, SD |
| | Why HOP matters. Helping bring old ideas to new people, K. Gould, Equinor |
| | Presentasjoner- HFC møte 17. og 18.oktober 2023 Tema: Systemperspektiv på sikring/beredskap, se www.hfc.sintef.no Relevante forelesninger: |
| Vi var 60 deltakere fra ABB AS, Aker BP, Chalmers University of Technology/HFN, Cognite AS, DNV, Equinor, IFE- Institute for Energy Technology, Kongsberg Maritime AS, Kongsberg Maritime Training, KraftCERT, Norwegian Authority, NTNU, NTNU, Samfunnsforskning AS, Petroleumstilsynet, Safetec Nordic AS, Siemens Energy, SINTEF, Sjøfartsdirektoratet, University of Tulsa, Viking Norsafe Lifesaving equipment, Vysus, Group, Western Norway University of Applied Sciences. | |
| | KraftCERT / B.T. Hellesøy / "Human factors in cyber security: Some misconceptions and big problems. But things are changing?" |
| | IFE/Espen N. "The operator's role in cybersecurity: prevention, detection and response" |
| | SINTEF/Nektaria Kaloudhi HF/AI «Responsible AI in the development of ML-enabled systems. (Stig Ole veileder for Nektaria da hun tok PhD) |
| | Kongsberg / Cognite - Oscar Kallerdahl “The value of Human Factors in the process of developing secure systems ”. |
| | DnV/Anne Wahlstrøm Tittel: Avoid Cyber task overload with use of human factors insights |
| | NTNU/Erlend Erstad — “A human-centred design approach for the development and conducting of maritime cyber resilience training” |
| | Dr. Abul Fahimuddin, Cognite “Digital Transformation within Energy industry value chain: Developing a cyber secured ecosystem”. |
| | HFC møte 26. og 27. april 2023- «Menneskets rolle i nye teknologier og driftskonsepter – Will Industry 5.0 herald the revenge of the humans?» - Fysisk møte Ålesund |
| 85 deltakere. Vi hadde deltakere fra industri, myndigheter, forskningsinstitutter, konsulentbransjen og Universiteter: AkerBP, Autronica Fire and Security AS, Avinor AS, Avinor Flysikring AS, DNV, Equinor, Gard, Halogen, HFN (Human Factors Network Sweden), Human Centred Design, IFE, Institute of Resilient Systems +, Kongsberg Maritime, | |

| | |
|---|---|
| Kystverket, Marstal Navigationsskole, Massterly AS, Multi-Maritime As, National Oilwell Varco Norway AS, Nord universitet, NTNU, NTNU Ålesund, Petroleumstilsynet, Safetec , SIMAC - Svendborg International Maritime Academy, SINTEF, SINTEF Manufacturing, SINTEF Ocean, Sjøfartsdirektoratet, Statens vegvesen, Torghatten AS, Transportstyrelsen (Sverige), University of Southampton, Vard Electro AS, Viking, Vysus Group, Zeabuz. | |
| | (1) Will Industry 5.0 herald the revenge of the humans? B. Henriksen/SINTEF |
| | (2)Distributed situational awareness (DSA) in sociotechnical systems N. Stanton<br>(3) Når ISO ikke har alle svarene - hvordan ivareta mennesket gjennom brukersentrert design -S. Helgar/Halogen |
| | (4)Autoremote operation of urban passenger ferries – combining autonomous operation with human oversight Ø. Smogeli/Zeabuz |
| | (5)Utviklingen innen autonome (og ubemannede) skip og rollen til kontrollrommet med tanke på sikkerheten N. H. Bua Sjøfartsdirektoratet |
| | (6)Human Factors in future operations of floating production vessels" L. Critch/Equinor |
| | (8) Work as imagined and work as done in the context of automation E. Hollnagel |
| | (9)Remote Tower – erfaringer fra fjernstyring av flyplassenes kontrolltårn i Norge J. P. Duestad/Avinor |
| | (10)Løsninger for fjernstyring av offshorefartøy med SeaQ Remote R. Tomren/VARD |
| | (11)Teaming with automation in future maritime systems K. Van der Merwe/DNV |
| | (12)Operations of autonomous ships – ROC R. Holm /Massterly |
| | (13)AUTOSHIP - Demo av fjernkontrollert og autonom seiling ved bruk av ROC T. Ruud/ Kongsberg Maritime |
| | HFC møte 19th and 20th of October 2022 «Human and Organisational performance; Safety learning from Normal Work» - Virtuelt Teams møte |
| Vi var 141 registrerte deltakere fra ABB, AkerBP, COA ACC, DNV, Equinor, Forsvaret, HCD, IFE, Kongsberg Maritime, Kystverket, Lund, Nice Industridesign, Nord universitet og NORDLAB, Norwegian Maritime Authority, NSIA, NTNU, NTNU Samfunnsforskning, Ptil, Vattenfall, Safetec, SINTEF, Sjøfartsdirektoratet, SHK, Trafikverket, USN, Vysus Group, Vår Energi + enkeltindivider. | |
| | 1) M. Nazaruk/Psychology Applied - "Learning from Normal Work" |
| | 2) G-E. Torgersen/USN - "Læring for det uforutsette" |
| | 3) O. Skaar/IOGP - "IOGP's implementation of Human Performance" |
| | 5) S. Mallam/USN - "Engaging sharp-end operators for organizational learning" |
| | 6) E. Solberg/IFE - "Improving learning by adding the perspective of success to event investigations" |
| | 7) B. Kirwan/Eurocontrol - "Towards a Safety Learning Culture in the Shipping Industry" |
| | 8) L. Savioli/ENI - "Normal Work in Practice: The impact of the Leadership Mindset, Values and Beliefs" |

| | |
|---|---|
| | 9) T. Porathe/NTNU - "Where is the current international research focus within the autonomous ship domain?" |
| | 10) R. S. Bridger/CIEHF - "Why organisations should employ HF experts in accident investigations" |
| | 11) H. Seljelid/Equinor - "Bruk av læringsgrupper ved granskning av hendelser: erfaring fra pilot på Mongstad" |
| | HFC møte 3rd and 4th of May 2022 «New technology, emerging risks – What capabilities and competence do we need?». Fysisk møte Ptil/Stavanger |
| Vi var 60 deltakere fra ABB AS, DNV, Equinor, Gard AS, IFE, Kongsberg Maritime , Nord universitet, Norwegian Hydrogen AS, NTNU, Oslo School of Architecture, Petroleumstilsynet, Roth Cognitive Engineering, Safetec, Siemens Energy, SINTEF, Sjøfartsdirektoratet, UKOM – Statens undersøkelseskommisjon for helse- og omsorgstjenesten, Universitetet i Oslo, Universitetet i Stavanger, og Vår Energi | |
| | 1) M. Berling & A.J. Ringstad/Equinor - Storulykke og HOP - Human and organisational performance & Functional human – machine teaming in safety critical systems |
| | 2) L. I. Vestly/PTIL - Human Factors and Digitalization |
| | 3) O.A. Alsos/NTNU - NTNU – Kapasitetsløft innen Human Factors |
| | 4) C. Bjørkli/UiO - Perspektiver fra utdanningssektoren |
| | 5) E. Roth/Cog. Eng. - Considerations in Designing and Evaluation of Intellig. Decision Aids |
| | 10) T. Relling/NTNU - A systems perspective on maritime autonomy |
| | 11) K. Nordby/AHO - Open Remote |
| | 12) M. Eitrheim/NTNU - Opportunities and barriers for truck platooning |
| | HFC 19/10-20/10 October 2021 "The Green Shift – safety and human factors in the changing environment" (WEB meeting) |
| Deltakere: 90 fra ABB, CIRiS – NTNU Samfunnsforskning, DNV, DSB, EGGS , Eldor, Equinor, Gard, HCD-Human Centred Design, IFE, Kongsberg Maritime, Kystverket, Lloyd's Register, Nice industridesign, Nord Univ. , NTNU, Safetec, SINTEF, Sjøfartsdir., Statens Havarikommisjon, TØI, University of South-Eastern Norway- USN, University of Stavanger, Vysus Group , Vår Energi | |
| | R. Hall/ Equinor – «Lesson learned from offshore wind operations – HF» Case study |
| | T.O. Nævestad/TØI «Økokjøring blant lastebilsjåfører med vinn-vinn for økonomi, utslipp og trafikksikkerhet» |
| | M. E. Tyldum/KM «Kongsberg Maritime – vår strategi som knytter sammen bærekraft og automatisering» |
| | Burton/KM «Safety in automation and remote operations» |
| | J. Earthy/LR «Evolution of HF standards - challenges for robotics and automation», |
| | P. Holter/EGGS «Design driven innovation towards the green shift» |
| | V. Hepsø/NTNU «Human Factors and Control Centres for Integrated Energy Hubs» |

| | |
|---|---|
| | N. Barrett «Alarm sounds – based on Human Factors» |
| | Workshop-Human Factors metoder for energisektoren (Maritimt, Renewables, Oil&Gas, Verif.&Valid) |
| | Innspill internasjonale standarder |
| | ISO/IECTS 8200:2023 JTC 1 SC 42/WG3 Date: 2023-05-16 Information technology —Artificial intelligence —Controllability of automated artificial intelligence systems |
| | IEC 62508 Forbedringsforslag: Guidance on Human Aspects of Dependability Via ESREL 2023 - Christoph A. Thieme, Stig O. Johnsen, and Thor Myklebust “Safety and Human Dependability in seaborne autonomous vessels” – |
| | ISO/IEC 42105, ‘AI -- guidance for human oversight of AI systems’.<br>… standards to be referred in human oversight .. |
| | BOK under diskusjon/ utgivelse I samarbeid med faglærere NTNU og NORD - Safety, efficiency and trustworthiness in automation/AI through HF based design (-Learning trumps the hunt for scapegoats) |
| | Proposed table of contents (in development):<br>• I)Argumentasjon for hvorfor det er viktig med HF -*som kan brukes mot ledelse/teknologer/kunder*<br>• II)Dokumentere fremgangsmåter som gir et rammeverk for HF arbeidet - basere den røde tråden i boken på iterativ design-tankegangen" og erfaringene fra ISO standardene (11064/9241-200)<br>• III)Gå gjennom metoder/teknikker/guidelines - Ved å tydelig eksemplifiser hvordan HF-metoder, som f.eks. funksjons- og oppgaveanalyse, gir data til designinput"<br>• IV) A)HF, automasjon og AI<br>• IV) B)HF and cases of MultiField Control/Control of multiple objects<br>• V)Læring fra normalt arbeid (Safety II) - gjennomgang av "Work as Done" vs "Work as Intended"<br>• VI)Viktige HF faktorer knyttet til læring fra hendelser -<br>• VII)Bruk av CRIOP for verifikasjon og validering - viktige elementer |

### A2. Foreslåtte videre aktiviteter for diskusjon og evt. prioriteringer.

**Funn og tiltak:** Metoder for granskinger er fremdeles under utvikling, under påvirkning av ny teknologi, nye organisasjonsformer og ny kunnskap. Vi har bl.a. sett at kvaliteten av design har påvirket hendelsene, kunnskap om hvordan brukerne/de i den spisse enden opplevde hendelsen og graden av hensyntagen til på-se ansvaret – det kan derfor være nyttig at man forsøker å utvikle standarder for granskinger som ivaretar disse punktene i sterkere grad, det vises bla. til perspektivene i granskingsrapporter fra Hopkins (2025) knyttet til Boeing Max ulykken.

## Vedlegg B: Oversikt over samarbeidspartnere

Samarbeidspartnere – inndelt i 3 grupper F&U samarbeidspartnere, Styringsgruppe, HFC medlemmer (akseptert i stats-støtte regulativet, med LOI og samarbeidsavtaler)

**F&U**

- NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET NTNU
- Technische Universiteit Delft
- TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

**Styringsgruppe**

- AKER BP ASA
- EQUINOR ASA
- VÅR ENERGI AS
- SINTEF (Som leder gruppen)

**HFC medlemmer (akseptert i statsstøtte regulativet, med LOI og samarbeidsavtaler for MAS)**

- ABB AS
- DNV AS
- ELDOR AS
- NOV – National Oilwell (Ny fra november/desember 2021)
- HALOGEN AS
- HUMAN CENTRED DESIGN Mark Green
- KONGSBERG MARITIME AS AVD CARPUS KONGSBERG
- SAFETEC NORDIC AS
- SIEMENS ENERGY AS
- VYSUS NORWAY AS

Endret:

- NICE INDUSTRIDESIGN AS (Fusjon med Inventas i 2024, og ut av HFC)

## C Forkortelser og begreper brukt i rapporten

I det følgende har vi listet opp alfabetisk forkortelser og begreper brukt i rapporten.

### Tabell C.1: Forkortelser og begreper

| Forkortelse | Beskrivelse |
|---|---|
| **ADC** | Automated Drilling Control |
| **AGV** Automated Guided Vehicle | Bakkegående fartøy som kan kjøre på egenhånd/automatisk. |
| **AI** Artificial Intelligence | Ideelt sett er AI/Kunstig intelligenssystemer noe "som kan lære, resonere og handle på egen hånd. De kan ta egne beslutninger i møte med nye situasjoner på samme måte som mennesker og dyr kan". En beskrivelse for dagens status er "et systems evne til å korrekt tolke eksterne data, å lære av slike data, og å bruke denne kunnskapen til å oppnå spesifikke mål og oppgaver gjennom fleksibel tilpasning". |
| **AUV** Autonomous Underwater Vehicle | Autonom undervannsdrone. |
| **BOP** | Blow Out Preventer |
| **CRM** | Crew Resource Management – treningsopplegg anbefalt av NTSB etter flere flyulykker, som innbefatter kommunikasjon, situasjonsforståelse, problemløsning, beslutning – fokusert på reduksjon av risiko i forbindelse med samhandling i distribuerte grupper under utførelse av sikkerhetskritiske operasjoner. |
| **DGD** Dual gradient drilling | DGD is a subset of MPD, it means “two or more pressure gradients within selected well sections to manage the well pressure profile |
| **DoS** Denial of Service | Data-angrep som består av overbelastning så maskinen feiler eller stopper |
| **DP** | Dynamisk Posisjonering - teknikk for å holde skip og halvt nedsenkbare plattformer i samme posisjon over havbunnen uten bruk av anker, men ved hjelp av fartøyets egne propeller. |
| **Droner** | I denne rapporten brukes ordet «droner» kollektivt for å beskrive alt fra manuellstyrte, fjernstyrte til autonome systemer som kan brukes i luft, på havoverflaten og under vann. |
| **Digital tvilling –** Digital twin | A digital twin is an integrated multiphysics, multiscale simulation of a vehicle or system that uses the best available physical models, sensor updates, fleet history, etc., to mirror the life of its corresponding flying twin |
| **EASA** | European Union Aviation Safety Agency |
| **EDS** | Emergency Disconnect System |
| **GDPR** | General Data Protection Regulation,  personbeskyttelse som gjeder innen EU |
| **GNSS** Global Navigation Satellite System E.g., GPS | GNSS står for Global Navigation Satellite System, en fellesbetegnelse for satellittnavigasjonssystemer som det amerikanske GPS (Global Positioning System), russiske GLONASS, det kinesiske BeiDou og det europeiske Galileo. |
| **GPS** Global Positioning System | GPS er utviklet av det amerikanske forsvaret og er et satellittbasert posisjonerings- og navigasjonssystem som gir nøyaktig stedfesting i tre dimensjoner. |
| **HAZID -** HAZard Identification | HAZID er en systematisk metode for å vurdere og identifisere risiko ved et system eller en aktivitet. Ordet er et akronym for HAZard IDentification |
| **HCD** | HCD Human-centred design is an approach to interactive systems development that aims to make systems usable and useful by focusing on the users, their needs and requirements, and by applying human factors/ergonomics, and usability knowledge and techniques. This approach enhances effectiveness and efficiency, improves human well-being, user satisfaction, accessibility and sustainability; and counteracts possible adverse effects of use on human health, safety and performance. ISO 9241-210:2019(E) |
| **HFACS** | Human Factors Analysis and Classification System |

| | |
|---|---|
| **HFE** | Human Factors Engineering (HFE), også kalt menneskeorientert design eller ergonomisk ingeniørvitenskap, handler om å designe tekniske systemer og arbeidsmiljøer som tar hensyn til menneskelige styrker og begrensninger. Målet er å optimalisere sikkerhet, effektivitet og brukeropplevelse gjennom hele livssyklusen til systemene, fra konseptfase til drift og vedlikehold. HFE innebærer systematisk bruk av kunnskap om menneskelig atferd, kognitive evner og fysiologiske begrensninger, for å sikre at operatører kan utføre oppgaver effektivt og sikkert. Det inkluderer å utforme grensesnitt som er intuitive og brukervennlige, sørge for hensiktsmessige arbeidsprosesser, samt å sikre god situasjonsforståelse og beslutningsstøtte under krevende operasjoner.<br>Typiske aktiviteter innen HFE inkluderer: Oppgaveanalyser og arbeidsbelastningsvurderinger; Utforming av gode alarmer; Utforming og testing av brukergrensesnitt/HMI og kontrollsystemer; Analyse og optimalisering av menneske-maskin-samhandling; Støtte god SA- Situasjonsforståelse; Identifisering og reduksjon av menneskelige feil gjennom design; Evaluering og validering av systemer gjennom simulering og brukerinnvolvering. Gjennom å integrere HFE i design- og driftsprosesser oppnås betydelige forbedringer innen sikkerhet, ytelse og arbeidsmiljø, noe som reduserer risikoen for menneskelig feil og øker systemenes pålitelighet og robusthet. |
| **HMI** Human Machine Interface | Grensesnittet mellom mennesket og maskin |
| **HF/MF** Human Factors/ | MED HF/MF mener vi fra IEA(2000) - International Ergonomics Association: "Human Factors (or Ergonomics) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and other methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance". |
| **HMS** | Forkortelse for helse, miljø og sikkerhet og beskrives av Ptil: *..omfatter sikkerhet, arbeidsmiljø, helse, ytre miljø og økonomiske verdier (deriblant produksjons- og transportregularitet)..* |
| **HOP** | Human and Organizational Performance (HOP) prøver å forstå menneskelige feil som symptomer på underliggende systemiske svakheter snarere enn isolerte feilhandlinger. HOP vektlegger betydningen av å forstå arbeidet slik det faktisk utføres («work-as-done») fremfor slik det antas («work-as-imagined») Dekker, (2014); Conklin, (2019). For å oppnå effektiv HOP, må organisasjoner utvikle en kultur preget av psykologisk trygghet, åpen kommunikasjon og kontinuerlig læring, Edmondson (2018). |
| **IATA** | International Air Transport Association (IATA), består av 290 flyselskap i 120 land |
| **IADC** | International Association of Drilling Contractors |
| **IOGP** | International Association of Oil & Gas Producers |
| **IT** | Informasjonsteknologi |
| **IR** Infra Red | Et IR kamera "ser" varmeutstråling (infrarødt) |
| **ISA** | International Society of Automation |
| **Kognitiv** | Med kognitiv mener vi det som er knyttet til oppfattelse og tenkning, begrepet brukes bl.a. for å spesifisere kognitive systemer som skjermbilder eller interaksjon med informasjonssystemer. |
| **LBL** (Long Baseline Localisation) | Akustisk posisjonering |
| **LiDAR** Light Detection And Ranging | Sensortype basert på lyssignaler |
| **LOA** | Levels of Autonomy – automasjonsnivå |
| **Modellbaserte løsninger** | Med modellbaserte løsninger forstår vi løsninger der det inngår modeller og data for å beskrive hele eller deler av utstyret og prosessen. Dette kan brukes offline for testing av utstyr og prosesser og for planlegging og opplæring før en operasjon eller før neste steg |

| | |
|---|---|
| | i en operasjon. Modellene kan også brukes i sanntid under operasjonen med direkte kobling til kontrollsystemene som styrer boreoperasjonen. |
| **MTO** | Menneske Teknologi Organisasjon |
| **Menneskelige faktorer** | Begrepet menneskelige faktorer brukes i rapporten som et litt bredere begrep enn «Human Factors» som har en faglig definisjon fra IEA |
| **Menneskesentrert design** | Menneskesentrert design er prosessen med å utforme løsninger basert på generelle naturlige egenskaper og særegenheter ved menneskets psykologi og persepsjon, og tar hensyn til menneskelige styrker og svakheter. Det betyr at løsninger basert på menneskesentrert design vil være tilpasset oppgavene, men også funksjonelt i henhold til psykologiske egenskaper og funksjoner som er typiske for store grupper av brukere. (Se også HCD). |
| **MDP – Managed Pressure Drilling** | MPD provides a closed-loop circulation system in which pore pressure, formation fracture pressure, and bottomhole pressure are balanced and managed at surface. Drilling fluid is supplemented by surface backpressure, which can be adjusted much faster in response to downhole conditions compared with changing mud weights conventionally. |
| **MTBF** | Mean Time Between Failures |
| **NTSB** | National Transportation Safety Board |
| **OT** | Operasjonell Teknologi (Mekanisk relatert i forhold til IT) |
| **OIM** Offshore Installation Manager | Plattformsjef |
| **ODD Operational Design Domain** | Operasjonsområde eller operasjonskonvolutt, beskrivelse av hvor, hvem og hva for operasjonsområde for automatiserte løsninger |
| **Ptil** | Petroleumstilsynet |
| **RCD** | RCD - rotating control device |
| **ROP** rate of penetration | ROP - the speed at which the drill bit can break the rock under it and thus deepen the wellbore- speed can be reported in units of meters per hour. |
| **ROV** | Remotely Operated Vehicle |
| **RPAS** | Remotely Piloted Aircraft System |
| **Risiko** | Med risiko menes konsekvensene av virksomheten med tilhørende usikkerhet, ref Rammeforskriften (2019), §11 Prinsipper for risikoreduksjon – veiledning. |
| **SA – Situational Awareness** | Situasjonsforståelse defineres som evnen til å 1) oppfatte informasjon fra omgivelsene, 2) forstå denne informasjonen og 3) forutse fremtidig utvikling. |
| **Safety I** | Safety-I er brukt for å beskrive frihet fra uakseptabel risiko, med en prioritering av uhell og det som går galt. |
| **Safety II** | Safety-II, har blitt brukt for å beskrive evnen til å operere trygt under forskjellige betingelser, og fokuserer både på det som går bra og det som går galt. |
| **Sensemaking** | Sensemaking (meningsdannelse) er beskrivelsen av prosessen for å oppnå situasjonsforståelse – denne prosessen kan påvirkes av arbeids-omgivelsene, opplæring/kunnskap, støttesystemer og andre faktorer |
| **Sikkerhetskritisk-utstyr, funksjoner, aktiviteter, arbeid og operasjoner** | Med sikkerhetskritisk mener vi at når systemet feiler kan vi oppleve kritiske HMS hendelser (som kritiske skader på mennesker, utstyr og miljø).<br>Sikkerhetskritisk utstyr, funksjoner, aktiviteter og operasjoner innen petroleumssektoren dekker mye og beskrives forskjellig med begreper som f.eks. sikkerhetskritiske rør, sikkerhetskritisk kompetanse, sikkerhetskritisk personell, sikkerhetskritisk arbeid og sikkerhetskritisk utstyr.<br>En type sikkerhetskritiske systemer er instrumenterte sikkerhetssystemer, systemer for nød-avstengning (ESD/NAS), produksjons-nedstengning (PSD/PAS), brann og gass-systemer (F&G/B&G), og overtrykksbeskyttelse (HIPPS, OPS). Når vi omtaler slike systemer vil vi bruke «instrumenterte sikkerhets-systemer». |

| | |
|---|---|
| **SJA** | Sikker Job Analyse |
| **Trussel** | En mulig uønsket handling som kan gi negativ konsekvens for en entitets-sikkerhet |
| **UAS** Unmanned Aircraft System | UAS inkluderer dronen/UAVen og bakkesystemet, samt kommunikasjonen mellom de to |
| **UAV** Unmanned Aerial Vehicle | UAV er ofte brukt på same måte som luftbåren drone |
| **UPR** | Upper Pipe Ram |
| **VPR** | Variable Pipe Ram |
| **UID** Underwater Intervention Drone | Omfatter typisk undervannsdroner som kan operere uten kabel og som har mulighet for å kunne gjøre intervensjon. |
| **US- CSB** | The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board |
| **USV** Unmanned Surface Vehicle | Autonome systemer som kan brukes på havoverflaten |
| **UUV** Unmanned Underwater Vehicle | Omfatter alle undervannsdroner: ROV, AUV, UID, osv. |
| **WAD** | WAD – Work a Done beskriver hvordan arbeidet faktisk utføres i praksis av operatører, ofte med tilpasninger og improvisasjon for å håndtere reelle situasjoner og utfordringer. |
| **WAI** | WAI – Work as Imagined -refererer til hvordan designere, ledere og regelverk antar eller planlegger at arbeidet skal utføres under ideelle eller normale forhold. |
| **WOB** Weight on bit | WOB is the amount of downward force exerted by a drill bit during drilling operations |

## Begreper knyttet til risiko- og sårbarhets-vurderinger

Perspektivene i sårbarhets- og risikovurderingene er basert på Lund og Aarø (2004), hvor forbedring av sikkerhet er avhengig av breddetiltak som omfatter både tekniske, menneskelige og organisatoriske faktorer, for eksempel design som reduserer tekniske feil, muligheten for meningsfulle menneskelige aksjoner, regelverk og god praksis. Begrepet risiko brukes ofte som et utrykk for kombinasjonen av sannsynlighet for og konsekvensen av en uønsket hendelse (Norsk Standard NS 5814). Denne definisjonen har vært brukt i en del vitenskapelige artikler om autonome løsninger. Petroleumstilsynet definerer risiko som "Risiko er konsekvensene av virksomheten med tilhørende usikkerhet", ref. Veiledning til Rammeforskriften (2019) i §11 Prinsipper for risikoreduksjon. Konsekvens er et samlebegrep for alle konsekvenser, dvs. skade på eller tap av menneskers liv og helse, miljø og materielle verdier, men inkluderer også tilstander og hendelser som kan gi eller føre til denne typen konsekvenser. Med tilhørende usikkerhet menes her usikkerhet relatert til hva konsekvensene av virksomheten kan bli. Gitt beskrivelsen av konsekvensene ovenfor, så relaterer usikkerheten seg til både hvilke hendelser som kan inntreffe, til hvor ofte de vil inntreffe, og til hvilke skader på eller tap av menneskers liv og helse, miljø og materielle verdier de ulike hendelsene kan gi.

En trussel defineres som en mulig uønsket handling som kan gi negativ konsekvens for en entitets sikkerhet, NS 5830 (2012). Begrepet «entitet» er benyttet som et forenklende samlebegrep. En entitet kan for eksempel være et fysisk objekt, et individ, en organisasjon, en stat, en gruppering, en virksomhet eller en annen enhet som hensiktsmessig passer inn i den aktuelle sammenhengen.

## Vedlegg D: Oppsummering av utfordringer fra tidligere prosjekter

I det følgende har vi oppsummert erfaringer og utviklingstrekk knyttet til automatiseringsprosjekter i petroleumsbransjen fra tidligere prosjekter. I strekpunkter er svakheten knyttet til digitalisering innen boring og brønn følgende:

1. Grensesnitt mellom aktører og systemer er utfordrende mht. klart ansvar, på-se ansvar og koordinering av alarmer
2. Teknologidrevet utvikling – manglende brukerinvolvering og HF kompetanse
3. Svak bruk av metoder som strukturerer prosjektarbeidet og svak bruk av teknikker for meningsfull menneskelig kontroll/MF
4. Hva foregår bak systemene/automatikken – behov for trening på uønskede hendelser
5. Alarmhåndtering som sikrer kontroll – er ikke godt nok ivaretatt under utviklingen
6. Opplæring og trening ikke god nok – bør trene mer på uønskede hendelser

## Metoder, standarder og retningslinjer benyttet i prosjektene

Vi etterspurt standarder, retningslinjer eller spesifikke metodikker som er anvendt under utviklingen av systemene, spesielt metoder for å ivareta menneskelige faktorer, design, ergonomi og risiko ved systemet. Med metoder i denne sammenheng, mener vi beskrivelse av prosesser (dvs. aktiviteter som beskrevet i ISO 11064), mens med teknikker mener vi beskrivelse av hvordan løsninger utformes (som f.eks. oppgaveanalyse, barriereanalyser, interaksjonsdesign etc.)

Totaliteten i intervjumaterialet indikerer en fragmentering på metoder, teknikker og standarder som benyttes av de forskjellige aktørene avhengig av hvilken faglig bakgrunn de har. Det varierer avhengig av om de har en bakgrunn fra teknisk sikkerhet, Human Factors eller design. Noen metodiske standarder nevnes, for eksempel ISO 11064 (2000), ISO9241 (2020) og standarder fra Norsk Designråd (2020). Disse standardene behandler forskjellige tema og forskjellige deler av utviklingen. Ut fra diskusjonene om opplæring, testing, alarmhåndtering og interaksjonsdesign virket det som om en manglet forståelse for hvordan disse aktiviteten skulle plasseres i utviklingsløpet. Det ble tatt opp at rutiner/arbeids-prosesser/ansvar kom inn sent. Planlegging av rutiner og testing kom noe sent, og omfanget syntes å være noe uklart. Utforming av ansvar/arbeidsrutiner og testing bør planlegges og skisseres tidlig i prosjektet – ikke som de siste aktivitetene, og som en konsekvens av teknisk programmering. Testing og avklaring av rutiner kan lede til behov for omprogrammering og nedringer sent, det koster mere sent enn om det har blitt gjort tidlig. Referanser til typiske utfordringer med prosjekter og estimeringsretningslinjer finnes i Nelson (2007), NavalCenter (2008), Johnsen (2008).

Teknikker som god praksis for interaksjonsdesign som f.eks. Hollifield et al. (2008) «*The high performance HMI handbook*» eller viktige tema som «*Safety Critical Task Analysis*» fra Smith et al. (2020) nevnes ikke. Heller ikke bruk av «eye-tracking» som hjelpemiddel til å utforme skjermbilder. Vi kan derfor ikke se at det har dannet seg noen omforente lister over god praksis. God brukersentrert design er viktig, men forutsetter at det er gjennomført en systematisk oppgaveanalyse og at det er etablert gode standarder for interaksjonsdesign og alarm-håndtering.

De fleste aktørene nevner *noen* anvendte standarder og retningslinjer, men det er i stor grad forskjeller mellom de ulike prosjektene. Standarden NORSOK I-005; System Control Diagram (SCD) – ble nevnt, den beskriver en måte å lage totalt systemdesign basert på funksjoner som P&ID. standarden beskriver teknikker og standard for utforming av diagrammer. Enkelte aktører har benyttet CRIOP-metoden som støtte for å komme inn på rett spor.

Eksisterende alarmfilosofier brukes ofte for de nye automatiserte systemene. Det ble nevnt under et intervju at «når det er 100 alarmer i det gamle systemet – blir det 100 alarmer i det nye systemet» - noe som er et eksempel på viktigheten av helhetlig omfang med gjennomtenkte grensesnitt mellom de forskjellige systemer.

Følgende standarder/retningslinjer/metodikker ble nevnt av informantene:

- ISO 11064, ISO 9241, Metodikk fra Norsk design-råd (2020) og Design Thinking fra Design Council (2007)
- Smidig metodikk (Her eksisterer ikke ISO-standarder)
- Verifikasjon og validering via CRIOP (2011)
- Alarmstandarden YA-710, EEMUA 191 og eksisterende alarmfilosofier hos kunder

## D1 Utfordringer i prosjektene knyttet til automatisering

I det følgende har vi beskrevet funn fra intervjuene sammen med våre vurderinger/analyser som identifiserer noen utfordringer med prosjektene. Dette er beskrevet samlet under punktene:

1. Grensesnitt mellom aktører og systemer
2. Teknologidrevet utvikling
3. Svak bruk av metoder som strukturerer prosjektarbeidet og svak bruk av teknikker for meningsfull menneskelig kontroll/MF
4. Hva foregår bak systemene/automatikken
5. Alarmhåndtering som sikrer kontroll
6. Opplæring og trening

### Grensesnitt mellom aktører og systemer- På se ansvaret er en utfordring

Det er flere punkter som omhandler grensesnitt mellom ulike leverandører, designselskaper, operatører, boresystemoperatører, serviceselskap, riggeiere og andre organisatoriske enheter. I tillegg er det en dimensjon som delvis overlapper med denne som knyttes til grensesnittet mellom flere systemer, særlig nye systemer som skal inn i et større eksisterende nettverk av system på installasjonene. En generell påpekning vil være at operatørens på-se-ansvar i flere tilfeller med fordel kunne vært aktualisert i større grad i disse grensesnittene.

**Systemintegrasjon**

Systemene som utvikles for boredekk består ofte av en rekke undersystemer. Disse undersystemene er i flere tilfeller levert av ulike leverandører, og det er et sentralt punkt å få til et godt samarbeid både mellom bestiller og systemleverandør for å få til en hensiktsmessig integrasjon og bruk av systemene. I flere av intervjuene ble mangel på god systemintegrasjon

påpekt, og også at det i seg selv er vanskelig å få til på en god måte. En av utfordringene er også at underleverandørene ut i kjeden ikke alltid kjenner til eller forstår kravene fra lovgiver.
I særlig det ene prosjektet ble det beskrevet en læringsprosess hvor operatøren etter hvert erkjente at det var komplisert og utfordrende å forholde seg til flere systemleverandører til samme boredekk. Dette ble knyttet særlig til systemintegrasjon, for eksempel at grensesnitt til bruker i form av skjermer er levert av én eller flere leverandører mens automatisert prosesskontroll er levert av en annen. Utforming av skjermer og logikk mellom skjermene er ofte forskjellig fra de ulike leverandørene, så det kan ta tid ved avvik å finne ut hva som er problemet.

Informantene mente at Ptil burde bidra til at en ble mer proaktiv med å samle folk for å diskutere systemintegrasjon og konkrete planer systematisk og så tidlig som mulig. Ifølge HF-ekspertene vi intervjuet vil det i denne sammenheng være nyttig å lage retningslinjer for flere ulike faser hvor en sørger for verifikasjon og validering på slutten av hver fase. Dette for å ha litt kraft bak kravene om å bringe folk sammen – få etablert obligatoriske «design workshops» -og prioritering av verifikasjon. En av informantene påpekte at CRIOP var en egnet mekanisme for støtte til systemintegrasjon da metoden tilrettelegger for å bringe sammen flere leverandører og fagområder.

**Samarbeid mellom systemleverandører**
Som beskrevet over er en av årsakene til utfordrende systemintegrasjon mangel på samarbeid mellom ulike systemleverandører. For eksempel kan prosjektene arte seg slik at det er ulike leverandører som har ansvar for kontrollsystemer versus et annet som har ansvar for faktisk teknologien som utvikles (f.eks. robotsystemet). Arbeidsprosessene knyttet til systemene vil derimot være ansvaret til riggeier og operatør. I et utviklingsløp bør alle involverte aktører samles for å utveksle informasjon og tenke sammen. Et punkt som har blitt trukket frem i intervjuer er at boresystemleverandørene er i konkurranse med hverandre og som en følge av dette synes det å være liten interesse for å dele negative erfaringer og utfordringer med hverandre. Det kan være prioritering av konkurransefortrinn framfor åpenhet på enkelte områder. Dette kan lede til at det tar tid før beste praksis blir utbredt, og at evnen til å håndtere avvik kan bli dårligere på grunn av lite deling av erfaringer.  Brukerne har fremhevet at det å jobbe med én ansvarlig leverandør har vært en vesentlig forutsetning for å lykkes i prosjektarbeidet.

**Alarmer fra nye systemer – grensesnitt mot eksisterende systemer**
Fra flere av aktørene vi har intervjuet kan det se ut til at alarmsystemer og alarmfilosofi, samt opprydding og opplæring av alarmer, ikke alltid integreres i utviklingsprosjektene. Informantene beskriver at man ofte benytter eksisterende alarm-systemer og -filosofi. Det ser ut til at dette i noen tilfeller har ført til svært mange alarmer når de gamle alarmene har blitt koblet sammen med de nye. Informanter beskrev at det hadde forekommet nye alarmer som ikke var "intuitive", hvor det var mangelfull opplæring eller mangelfull dokumentasjon knyttet til nye alarmer og alarmtekst. Uttrykket "alt for mye alarmer" var gjentakende fra intervjuene.

Leverandørene beskrev at alarmer i forbindelse med nye systemer blir integrert med eksisterende alarmer i samlede systemer/eksisterende PLSer (Programmable logic solver) og fra SAS (Safety and automation system). Det er fornuftig at alarmer samles til felles og eksisterende grensesnitt, men

dette kan bidra til at alarmene ikke blir gjennomgått på en helhetlig måte. Det virker som om dette har lite søkelys. En mulig medvirkende årsak til dette er at det kan være en stort, komplekst og arbeidsintensivt arbeid. Dette er tidkrevende arbeid, og gjøres av og til som enkeltstående gjennomganger heller enn kontinuerlig etter hvert som nye systemer og felter kommer inn. Ansvaret for tilfredsstillende alarmhåndtering vil ligge på den som har operatøransvaret/«på-se» ansvaret. Det er mange eksempler på ulykker/storulykker som skyldes dårlig alarmhåndtering. Det vil dermed være et viktig grensesnitt å avklare.

### Teknologidrevet utvikling

Enkelte av informantene uttrykte stor optimisme knyttet til framtidsutsiktene for at boredekk kan automatiseres ved å la roboter overta repetitive oppgaver på boredekk, noe som også vil bidra til økt sikkerhet. Utfordringen med å involvere mennesker (bore crew) i dagens boreoperasjoner angis å være f.eks. at svake signaler på avvik lett overses pga. subjektive vurderinger. I flere av intervjuene ble det beskrevet en opptatthet av teknologiutvikling, og at det er teknologien som driver prosessene i utvikling, snarere enn brukeres behov. Følgene av dette kan være en prosess uten tilstrekkelig involvering fra brukere og kompetanse fra eksperter på menneskelige faktorer. For eksempel kom det frem under intervjuer med operatører at hendelser som har skjedd i forbindelse med systemene ikke har blitt diskutert sammen med deltakere med kunnskap om menneskelige faktorer. Det ble videre trukket frem av HF-ekspertene at flere prosjekter trekker inn kompetanse og kapasitet på det menneskelige aspektet for sent, f.eks. når 10 % av utviklingen er igjen – og da er det lite som kan gjøres med det grunnleggende designet. Særlig HF-ekspertene var opptatte av at utviklingen i for liten grad tar hensyn til kunnskap om menneskelige faktorer (menneskelige styrker og svakheter). Utviklingen synes å være drevet frem av teknologioptimisme. Resultatene fra intervjuene viser at informantene i stor grad anser kunnskap om menneskelige faktorer som viktig hos noen systemleverandører, mens operatørene benytter i mindre grad slik kunnskap internt.

Det ble av informanter beskrevet eksempler på systemer i andre prosjekter som hadde blitt utviklet med liten grad av borefaglig eller brukerorientert input. Eksempler på systemer opprinnelig laget for boring på land, har blitt utviklet av ingeniører uten involvering av sluttbruker og informantene la vekt på at dette var veldig tungrodd for bruker(dette var tidligere erfaring, årsakene kom ikke frem.) Det har også kommet frem via intervjuene at enkelte utviklere mangler kompetanse på hvordan man involverer brukerne inn i utviklingen og testing. Dette med brukertesting ble nevnt som et eksempel, poenget bør være å finne og teste svakheter i systemet via systematiske metoder, ikke bare få enkelte brukeres aksept. De utviklerne som ble intervjuet påpekte viktigheten av å ha tilgang til brukerne og få gjennomført systematiske intervju med flere. Det ble nevnt som et positivt eksempel at utviklerne fikk satt av flere ukesverk til å gjennomføre systematiske intervju med erfarne brukerne for å samle inn og analysere erfaringer og brukerønsker. Dette ledet til bedre kvalitet av systemene.

En annen utfordring som særlig én av leverandørene trakk fram med den teknologidrevne utviklingen var at den teknologiske forståelsen i oljebransjen er lav utenfor eget virkeområde. Dette var relatert til innføring av robotisering. Leverandøren beskrev at det var utfordrende å få folk til å forstå hva roboter kan og ikke kan gjøre. Man har lang og god erfaring fra bruk av roboter

i andre industrier, og mente at eksisterende risikometoder og standarder burde kunne benyttes i petroleumssektoren også. Det burde ikke være behov for noen nye standarder eller metoder spesifikt for oljebransjen.

Det ble nevnt at man hadde utviklet en "standard" robot for mange år siden, og man tilpasser litt til hver kunde. Det er noen utfordringer innen boring og brønn som ikke er i andre bransjer. Det er mye skreddersøm og ingen rigger blir da like på grunn av mye individuell variasjon. I andre industrier er trenden at man lager hyllevare som man kan selge til alle. I oljebransjen er man vant med egne løsninger. Det er derfor utfordrende for bransjen å forholde seg til standard produkter når man er vant til så mye skreddersøm.

I ett av intervjuene ble det nevnt fra informantene at det er utfordrende at regelverk, standarder og prosedyrer er tilpasset dagens (gammeldags) teknologi. Det kan gjøre at de som utfører lokalt vedlikehold og HMS-avdelinger "henger litt etter". Når det gjelder standarder så ble det nevnt som eksempel at de som sertifiserer utstyret ombord, oppfattes til å ha liten eller ingen erfaring med robotisering. Det gjør det tungt å få sertifisert maskinene, når man bruker nye teknologi som elektriske roboter, i stedet for konvensjonelle hydrauliske maskiner for rørhåndtering. De som skal sertifisere må ha relevant kompetanse på feltet. Er denne ikke eksisterende er det både risiko og usikkerhet forbundet med teknologien, og det tar enormt mye tid i prosjektene.

Deltakelse i grupper som jobber med standardisering (ISA, ISO) kan være en god arena for å lære mer om problemstillinger og løsninger både for selskapene og myndighetene (myndighetene vil typisk delta som observatører i slike grupper.)

**Tidlig nok brukerinvolvering ?**
Generelt er det et inntrykk fra intervjuene at miljøene burde hatt og benyttet mer gode praksiser knyttet til tidlig og god brukermedvirkning i prosessene for teknologiutvikling. Gjennom intervjuene har vi fått høre om eksempler på avanserte og dyre systemer som aldri ble tatt i bruk på grunn av det som ble kalt mangel på eller lav kvalitet på brukerinvolvering. Tilsvarende kom det også opp eksempler på prosjekter som ble forkastet på tegnestadiet på grunn av innspill fra bruker. Dette viser hvor viktig brukerinvolvering er for å oppnå vellykkede prosjekter.

En av systemleverandørene trakk frem utfordringer knyttet til den faktiske tilgangen til sluttbruker. Dette kan sees i sammenheng med de komplekse organisatoriske grensesnittene i prosjektene. Videre peker det på behovet for å ha gode praksiser/metodikk som sørger for at de riktige aktørene møtes og samarbeider på riktige tidspunkt i utviklingsløpene.
I et av prosjektene undersøkt i denne studien var det i større grad tegn til tidlig og god brukermedvirkning.

### Svak bruk av metoder som strukturere prosjektarbeidet og svak bruk av teknikker for meningsfull menneskelig kontroll

På grunn av dårlig kartlegging, kan man mangle en forståelse av hvordan den overordnede og detaljerte flyten i operasjonene skal være. Det var en del eksempler på at en måtte gjøre om deler

av systemet på grunn av at man ikke hadde forstått brukerbehovene godt nok i starten. Informantene trakk frem en del utfordringer med rekkefølge og innhold i utviklings-aktivitetene i prosjektene, som nevnt tidligere, fordeling av ansvar; planlegging av arbeidsprosesser og hvordan brukertesting skulle gjennomføres.

Det var påpekt at ansvarsfordeling og arbeidsprosesser kom mer som en konsekvens av teknologien. Det ble nevnt at arbeidsprosesser oppleves som vanskelig å jobbe med. Ideelt burde man starte tidligere, men når du driver med FoU er det ofte litt uklart hvor mye som endres. Man ser at man må formalisere arbeidsprosesser bedre enn det som er gjort hittil da manglende arbeidsprosesser skaper usikkerhet og forvirring på riggen. Man sliter også ofte med å få med rigger i piloteringer for å avdekke svakheter og mangler. Innføring av ny teknologi vil alltid påvirke arbeidsprosessene, og i den grad teknologien kan justeres og tilpasses er det naturlig at det gjøres så tidlig som mulig, ikke minst for å redusere kostnadene. Enkelte av informantene ønsket at Ptil skulle hjelpe til med å sette punktet med arbeidsprosesser og opplæring på agendaen tidlig i prosessen. Vi fikk positive tilbakemeldinger fra prosjekter hvor Ptil hadde involvert seg for å få på plass ansvar for arbeidsprosesser og opplæring.

Metoder som f.eks. ISO 11064, inneholder beste praksis av hvilke aktiviteter som bør gjøres når, for å unngå resurskrevende merarbeid. Metodebeskrivelser vil også inneholde beskrivelser av hvordan oppgaver som brukertesting bør gjennomføres.

Teknikker som «eye-tracking» viktig ved at en tester ut i praktisk bruk hvordan brukerne ser på felter i skjermen for å utnytte skjerminformasjonen, og hvordan de finner fram til viktig informasjon Vi har gjennom intervjuene ikke funnet bruk av eye-tracking-teknologi for å styrke menneskelig kontroll. Verken i designfase (for eksempel for å utvikle et godt interaksjonsdesign basert på øyebevegelser) eller i driftsfase (for eksempel for å avdekke uoppmerksomhet). Eksempler på bruk av «eye-tracking» for å systematisere informasjon fra mange forskjellige systemer finner vi i Rolls Royce sitt prosjekt om Unified Bridge (2018) og f.eks. forsvarets erfaringer knyttet til hurtigbåtnavigasjon (Hareide, 2019).

### Hva foregår bak systemene/automatikken?

Et sentralt tema innenfor menneske-maskin-interaksjon er hvorvidt mennesket har en tilstrekkelig forståelse av hva og hvordan systemet utfører av beregninger/funksjoner eller ikke. For eksempel viser forskning innenfor luftfart at når automatiseringsgraden øker er det eksempler på uønskede hendelser (selv om sikkerheten i hovedsak går opp) som får en eskalering eller manglende gjenoppretting på grunn av at piloter ikke forstår hva som foregår med flyet.

Informantene påpekte at det kunne være en utfordring å forstå hva som foregikk inne i systemene i forbindelse med automatiseringen. Det de nevnte er at når du automatisere kan operatørene miste situasjonsforståelsen, og de forstår ikke hva som vil skje i neste steg. Brukerne tok opp dette under piloteringene, og de ser på dette som en av de største risikoene med ny teknologi. Operatørene bruker veldig mye tid på opplæring «onshore», i simulator og i klasserom – og vil ha instruktør de første månedene ute på riggene.

Fra informantene i vår studie ble det beskrevet at systemene slås manuelt av noen ganger når de kunne ha blitt brukt. Dette tyder på at det enten ikke er en forståelse for systemenes bruksområder, og/eller en lav tillit til systemene. I tillegg slås de automatiserte prosessene av når begrensninger overskrides, og da er det opp til fagpersonell å bestemme videre handling. Informanter beskrev at de skulle gjerne hatt mer hjelp til å bestemme videre handling gjennom kunstig intelligens, men at dette føles langt frem i tid.

Ett viktig punkt å følge opp videre er mulighetene og kunnskapen operatørene har for å ta over fra automatikken når den feiler eller slår seg av på grunn av grenseverdier. Da er det nødvendig med tilstrekkelig manuell erfaring og kompetanse for å ta over i kombinasjon med god situasjonsforståelse (med en forståelse av hva som foregår i systemene.)

### Alarmhåndtering som sikrer kontroll

En god fremstilling og håndtering av alarmer er naturlig nok viktige i alle former for styring og kontroll av kritiske prosesser. Alarmer er like viktig både med og uten automatisering, men med automatisering kan man gjerne operere nærmere grenseverdiene. Dersom det automatiserte systemet svikter nær grenseverdier, blir det enda viktigere med gode alarmer og gode rutiner siden mennesket da har mindre marginer. Basert på intervjuene synes det som om systematisering av alarmhåndtering ikke er godt nok prioritert under utviklingen. Dette omfatter både grensesnitt med eksisterende alarmer, at det er mange alarmer og at alarmene er vanskelige å forstå.
Brukerne har måttet bruke lang tid på å søke etter hva feilen er. Ordlyden i alarmene er ikke forståelige for brukerne, men dette har blitt bedre etter hvert som man har påpekt det.

### Opplæring og trening

Mange av informantene var opptatte av flere forhold knyttet til opplæring og trening. Generelt kan det påpekes at teknologisk utvikling gjør at enkelte plattformer og rigger må utføre mer komplekse operasjoner enn de var designet for. Et eksempel på det er "managed pressure drilling" der flere selskaper og mer utstyr enn vanlig er involvert offshore, noe som kan føre til at roller og ansvar kan bli uklare. Trening vil i disse tilfellene være ekstra viktig. Overgangen fra manuell til automatisert oppgaveutførelse  har klare innvirkninger på kompetansekrav for brukere. Det er kanskje lettere å underkjenne betydningen av kompetanse og trening for å håndtere situasjonen når det automatisert system ikke takler utfordringen og man må gå over til manuell oppgavehåndtering.

Det er utfordrende når den menneskelige operatøren har vært «out-of-the-loop». En av systemleverandørene hadde betraktninger knyttet til at det ikke ville være behov for å trene Crew med roboters inntog. Dette kan vitne om at forståelsen for utfordringene i skjæringen mellom automatisert styring og styring fra bruker er noe lav. Informanter i studien beskrev at jobben føles nå mer og mer som en kontrollroms-jobb, og det merkes at man får mindre manuell erfaring.

Hovedinntrykket fra intervjuene er at opplæring og trening av brukere er noe underprioritert i prosjektene.  Det er en tendens til at det anses som mindre krav til trening av Crew i automatiserte system.  Det kan se ut til at flere av prosjektene mangler en standard måte å finne

ut om du har kontroll på om kompetansen er god nok til å utføre oppgavene på en god måte, for eksempel basert på en oppgave-analyse og en vurdering av arbeidsbelastning. I et av intervjuene kom det frem at det blitt sendt ut boreledere offshore uten opplæring av systemene på grunn av mangelfull planlegging knyttet til ferieavvikling, vikar/stand-in og lignende.

I intervjuene beskrives det at det er liten bruk av scenariotrening, det vil si gjennomgang av kritiske hendelser/scenarioer. I et av intervjuene ble det beskrevet at de ikke hadde "kommet så langt at vi har tenkt på det".

Avanserte treningssimulatorer med svært realistisk respons og god trening av team finnes og har vært brukt før krevende operasjoner, men brukes kanskje for lite? Det er et spørsmål om hvorvidt simulatorer i større grad burde brukes for borecrew i møte med automatisert boreutstyr, og at man gjennomførte krav om sertifisering som i luftfarten. I intervjuene vi har utført var det indikasjoner på at det er variasjoner imellom selskap i hvor stor grad simulatortrening blir gjennomført. En av systemleverandørene tilbyr også simulatortrening, men det er uklart i hvilken grad det blir benyttet. En bør spørre om det er et vanskelig tids- og kostspørsmål å prioritere simulatortrening for bransjen?

Det er en generell utfordring at det utvikles relativt komplekse automatiserte systemer på ulike borerigger, som krever spesialisert trening. I møte med offshore-rotasjon, bytte av kontraktspartnere og stillingsskifter vil det kunne være et problem at systemene ikke er standardiserte. Det blir da utfordrende å sikre at borepersonell har den relevante kompetansen ved f.eks. forflytning imellom plattformer/rigger. En sertifiseringsordning for boreoperatører og bore-Crew kan være en aktuell måte å imøtekomme denne utfordringen.Fra intervjuene virker det som det er lite eller ingen *team*-trening i forbindelse med de automatisert systemene. Det kan også være slik at de foreliggende systemene er av en relativt enkel art foreløpig, og at opplærings- og treningsaspekter vil være mer aktuelle når systemene blir mer komplekse. Det er også noen positive erfaringer med opplæring og trening, som utdypes i det følgende.

### Hvilke faktorer synes å ha vært viktige/positivt for prosjektene?

Alle aktørene som har blitt intervjuet meddelte en positivitet til at temaet menneskelige faktorer i autonome/digitaliserte systemer blir satt på agendaen. Det blir nevnt at det er behov for et kompetanseløft både hos utviklere og sertifiseringsaktører med tanke på menneskelige faktorer i autonome systemer. Noen har også et ønske om mer myndighetskontakt i forbindelse med utviklingsprosjektene, mens andre aktører mener Ptil har vært tydelige i krav og forventninger. I begge prosjektene det er samlet informasjon om er det flere aspekter som har bidratt til at aktørene har opplevd utvikling og gjennomføring positivt. Tema som ble trukket frem var:

- Menneskelige faktorer prioritert fra ledelsen
- Klar avgrensning av prosjektet og hva som var prioriterte områder
- God dialog med Ptil
- Tidlig og god brukermedvirkning
- Positive erfaringer med ressurser avsatt til opplæring
- Nyanserte framtidsutsikter med automatisering og robotisering av boreoperasjoner

- Oppfølging av menneskelige faktorer fra operatørene er en utfordring

### Menneskelige faktorer prioritert fra ledelsen

Prosjektene prioriterte menneskelige faktorer og hadde en brukersentrert tilnærming til utviklingen. En av de viktigste faktorene som ble trukket frem av informantene var at ledelsen prioriterte automasjonsprosjektet og satte av midler og ressurser til gjennomføringen, bl.a. at det ble satt av tid til mye dialog og intervju med brukerne. Informantene påpekte også at det var viktig å kunne gjennomføre prosjektet uten å ha en fastpriskontrakt, da det kom opp nye brukerbehov løpende, og det var gjensidig læring mellom aktørene.

### Klar avgrensning av prosjektet og hva som var prioritert

Det ble påpekt at det var viktig at rammebetingelsene ble lagt til rette som å ha klarhet i ansvarsfordeling og begrenset antall aktører involvert, samtidig som teknologi-innføringen ble innført via klart avgrensede delprosjekter. I et av prosjektene har operatøren lagt vekt på å ha én leverandør for løsningen som leveres, og problemer med fragmenterte systemer som gir ulik informasjon reduseres. I det samme prosjektet opplevd brukeren en mer tydelig avgrensning med tanke på hva automatiseringen bidrar til under operasjoner, og hvilke områder som var prioritert.

### God dialog med Ptil

De informantene som hadde hyppig dialog med Ptil gjennom møter satte pris på den dialogen, og oppfattet det som en positiv støtte for prosjektet. Ptil hjalp til med å fokusere på behovet for å tenke på arbeidsprosesser og hva innholdet av opplæringen skulle inneholde. Det var et ønske om at Ptil kunne støtte at arbeidet med ansvarsfordeling, arbeidsprosesser og opplæring ble tenkt på så tidlig som mulig (i henhold til god praksis for prosjektgjennomføring.)

### Tidlig og god brukermedvirkning

Brukermedvirkning er en viktig faktor for at systemene oppleves som gode og funksjonelle under operasjon. I et av prosjektene har leverandøren brukt smidig "metodikk" der det har vært korte iterasjoner med medvirkning fra sluttbruker. Fra brukerens side har utviklerne virket lydhøre og tatt hensyn til tilbakemeldingen de har kommet med. Erfaringer er samlet fra testbrukerene, og deretter prioritert for en koordinert tilbakemelding til utvikler. Ved å involvere brukere tidligere i disse systemene har det også vært mulig å forkaste uhensiktsmessige løsninger på et tidlig tidspunkt, og det har derfor også vært et økonomisk insentiv med tidlig tilbakemelding fra brukere. I et av intervjuene ble uttalt at de senere versjoner av software "nesten ikke til å kjenne igjen" sammenlignet med det første som ble presentert. Det ble også nevnt at andre tidligere systemer laget for boring, ble utviklet av ingeniører uten involvering av sluttbruker og de er veldig tungrodde for brukerne. Fra intervjuene har vi ikke fått beskrivelser av utfordringer med å håndtere overgang mellom automatisert operasjon og manuell styring, men at brukere opplever at manuelle erfaring har blitt redusert. Denne overgangen er en kjent problemstilling fra andre automatiserte systemer, og bør håndteres som en risiko i prosjektene underveis i utvikling og i drift.

### Positive erfaringer med ressurser avsatt til opplæring

Enkelte fra intervjuene trekker frem gode erfaringer med opplæring og læring. For eksempel er det hos en utvikler et fullskala testanlegg med roboter som brukes på riggen. Brukere får her trening i boredekksprosedyrer, inkludert situasjoner hvor robotene ikke finner ut av det som skjer, og det blir nødvendig å gå i manuell modus. En viktig del av opplæringen er også redusert arbeidstempo for robotene i situasjoner der mennesker er i nærheten, siden kameraer fungerer dårlig for deteksjon av mennesker. I et av prosjektene har det også vært oppfølging av brukere av det automatiserte systemet etter implementering. Rigg-eier har hatt et eget team som har reist rundt på rigger som har innført systemet for å undersøke om systemene blir brukt som tiltenkt og at brukeren har rett forståelse av hva systemene skal gjøre. Ifølge informantene ble dette opplevd som positivt.

### Nyanserte framtidsutsikter med automatisering og robotisering av boreoperasjoner

Det er delte meninger om framtidsutsiktene for automatisering og robotisering av boreoperasjoner. Robotisering av boredekk blir ansett som et bidrag til økt sikkerhet ved å la robotene overta repetitive oppgaver, og å flytte menneskene og borekabin bort fra boredekket. Full automasjon ses imidlertid som langt frem, siden riggene i dag ikke er designet for dette, og noen oppgaver må fremdeles utføres manuelt. Noen opplever at trenden som tidligere har vært mot å flytte operative beslutninger på land har snudd, og at fokuset nå er mer på å gi nødvendig støtte til borekabin. Datasikkerhet påpekes som en viktig årsak til lokal styring. Når datasikkerheten blir bedre vil det være mer trolig at flere oppgaver flyttes til land og at boring blir styrt mer som en prosess.

### Oppfølging av menneskelige faktorer fra operatørene er en utfordring

Noen av de som er intervjuet opplever at det nødvendige oppmerksomhet på menneskelige faktorer ikke gjenspeiles i budsjettering av prosjektene i starten. Det er mer prioritering av teknologi-utvikling i startfasen. Selv om samarbeidet mellom aktørene fungerer godt og behovet for inkludering av menneskelige faktorer er anerkjent, er det nødvendig å sette av nok ressurser tidlig slik at disse faktorene blir godt nok vurdert og inkludert. Det vil altså være viktig at operatørene som er prosjekteiere tydeliggjør dette behovet i budsjetter og følger opp at menneskelige faktorer er en del av prosjektet. Generelt vil behovet for støtte fra ledelse i prosjektutvikling og operatørene være nødvendig for at menneskelige faktorer blir satt på agendaen i prosjektgjennomføring. HF-eksperter intervjuet beskriver at det kan synes som om ansvaret for at menneskelige faktorer blir ivaretatt i stor grad ligger på utviklerne, og at dette er lite forankret i ledelsen i oljeselskapene. Det bør bli mer oppmerksomhet på at prosjekteier prioriterer HF, med basis i retningslinjer og standarder.

### Oppsummering av konklusjonene – hva kan vi lære?

Intervju-gjennomgangen viser at teknologiprosjektene i stor grad har til hensikt å øke sikkerhet. Basert på intervjuene og datainnsamlingen fremmer vi noen hovedpunkter som næringen og Ptil kan ta med som læringspunkter for å sørge for at dette bli en realitet. De viktigste læringspunktene, og hvem det er mest relevant for er oppsummert i Tabell D.1.

**Tabell D.1 Læringspunkter etter innhenting av informasjon fra industrien**

| Læringspunkter | Næring | Ptil |
|---|---|---|
| Bruk av gode metoder for planlegging og styring av prosjektene; | X | X |
| Brukersentret utvikling med ivaretakelse av brukernes ferdigheter og kunnskap | X | X |
| Tydeligere involvering av Ptil tidligere og underveis | X | X |
| Oppmerksomhet på at automatisering øker sikkerheten – men ivareta gråsonene | X | |
| Læring fra vellykkede faktorer/prosjekter | X | X |

### Bruk av gode metoder for planlegging og styring av prosjektene

Metodene for å strukturere, planlegge og styre store teknologiprosjekter bør ivareta grensesnitt mellom ulike leverandører, designselskaper, operatører, boresystemoperatører, serviceselskap, riggeiere og andre organisatoriske enheter, slik at en på en hensiktsmessig måte løfter utfordringer underveis i prosjektet. Gjennomgående i slike prosjekter er den økonomiske og sikkerhetsmessige fordelen av å involvere brukerne tidlig i prosjektene. Bruk av "smidige" utviklingsmetoder, med korte iterasjoner og implementering av tilbakemeldinger synes å være gode metoder. Sikkerhet og menneskelige faktorer må imidlertid eksplisitt være en del av utviklingsløpet for at disse hensynene skal ivaretas på en tilstrekkelig måte. Dette medfører også at kompetanse omkring menneskelige faktorer må inkluderes. Arbeidsprosesser oppleves av flere som et vanskelig forhold å ta med tidlig i prosjektene, som må planlegges godt fra starten. I intervjuene indikeres det at arbeidsprosesser tas opp for sent i prosjektene. Brukersentrering og metoder som støtter meningsfull menneskelig kontroll bør støttes.

### Brukersentret utvikling med ivaretakelse av brukernes ferdigheter og kunnskap

Brukerne vil være en del av en operasjonell hverdag innenfor boring i overskuelig fremtid. Intervju-gjennomgangen viser at det er flere forhold ved opplæring og trening som ser ut til å ha hatt for lav prioritet; oppdatering av manuell erfaring, opplæring i avanserte boresystem, mangel på sertifiseringsordninger, mangel på scenariobasert trening, utfordringer knyttet til standardisering vs. skreddersøm av teknologi, og antakelse om at det er lite trening som trengs på grunn av automatisering. Næringen og Ptil bør i større grad sørge for at utforming av systemene ikke legger for store veksler på brukerne (dvs. bruke metoder for brukersentrert utvikling) og at opplæring og trening er i samsvar med behovene, for eksempel basert på sikkerhetskritisk oppgaveanalyse eller annen strukturert metodikk igjennom utviklingsløp og i driftsfase. Dette henger også sammen med forrige punkt. Sertifisering av opplæring, prosesser og utstyr nevnes av flere aktører som en vei å gå for at utvikling av autonome boresystemer skal ivareta sikkerhet.

### Tydeligere involvering av Ptil tidligere og underveis

På et generelt grunnlag er det grunn til å hevde at Ptil i større grad bør følge opp om operatørene ivaretar sitt ansvar i forbindelse med store utviklingsprosjekter rundt ny teknologi. Det ser også ut til å være ønsket av bransjen. Ut fra effektivitetshensyn bør Ptil ha mest oppmerksomhet på tidlige faser. Aktørene bør bruk gode metoder som strukturerer prosjektprosessen. Verifisering og validering av prosessen kan gi god nytte. I verifikasjon og validering kan man evaluere om aktørene trekker inn den riktige kompetansen, og om aktørene tilrettelegger for en tidlig og hyppig brukerinvolvering. Det er viktig at det tillitsbaserte systemet suppleres med verifikasjon og

valideringer. (Som eksempel på dette, ble det nevnt at HF konsulenter fikk et oppdrag om å forbedre HF i et prosjekt, ved å se på organisatoriske og operative barrierer i forkant av et Ptil tilsyn. Da tilsynet ble avlyst så ikke operatøren noen grunn til å jobbe med HF aspektene knyttet til organisatoriske og operative barrierer.)

**Oppmerksomhet på at automatisering øker sikkerheten – men ivareta gråsonene**

Når det gjelder hvorvidt innføringen av mer automatisert teknologi og robotisering vil bidra til høyere nivå av sikkerhet, er det viktig å påpeke det er viktig å ivareta meningsfull menneskelig kontroll for at den nye teknologien skal øke sikkerheten. Erfaringen fra automatisering generelt viser at det har positive effekter på sikkerheten, gitt at risikoene har blitt håndtert på en god måte. Det er dog flere spørsmål ved enkelte gråsoner identifisert i intervjugjennomgangen, blant annet i hvor stor grad det er tatt høyde for risiko i fasene imellom automatisert og manuell håndtering og interaksjonen med grad av opplæring, trening og oppfriskning blant brukerne. En annen gråsone er alarmhåndtering med ny teknologi. Det er også et spørsmål i hvor stor grad prosjektene fanger opp uønskede hendelser og nesten-hendelser. Disse forholdene bør bransjen ha oppmerksomhet mot for å realisere sikkerhetseffektene.

**Læring fra vellykkede faktorer/prosjekter**

Flere forhold i prosjektene vi har undersøkt har vært positive for å øke sikkerhet, effektivitet og kvalitet i forbindelse med innføring og utvikling teknologiene. Eksempelvis knyttes dette til tidlig brukermedvirkning, oppfølging av trening/opplæring, avgrensninger knyttet til å bruke minst mulig leverandører, samt ledelsesprioritering. Næringen bør i større grad enn i dag prioritere å få frem vellykkede faktorer som andre aktører og prosjekter kan lære av. Dette kan skje gjennom eksempelvis å utarbeide beste praksiser og arrangere flere arbeidsmøter i regi av næringen.

## Vedlegg E: Gjennomgang av sentrale granskningsrapporter

Vi har gjennomgått ti granskingsrapporter hvor vi har vurdert HF for å samle erfaring knyttet til rotårsaker med forslag til tiltak. For hver av granskningene har vi vurdert om granskingen har vært bred nok, det vil si om den har sett på samspillet mellom menneskelige, teknisk og organisatoriske faktorer. Spesielt om HF har vært inkludert og om granskingen vurderer årsaker fra design. Hver hendelse er oppsummert på 2 sider.

På grunn av at vi ønsker å vurdere lengere erfaring med automasjon har vi sett på granskinger fra flere bransjer. Gjennomgangen vil derfor behandle rapporter fra luftfart (med automatiserte styrings- og sikkerhets-systemer), skipsfart (med høyt automatiserte systemer som dynamisk posisjonering, brosystemer,) veitransport (automatiserte biler) og hendelser fra petroleumssektoren (boring og brønn). Avslutningsvis har vi sammenfattet sentrale hovedpunkter fra alle gjennomgangene.

**Følgende hendelser har vært gjennomgått, med prioritering av automasjon og HF:**

1. Boeing 737 Max styrt (Endsley, 2019), (NTSB, 2019), (ECAA, 2019), (Hopkins, 2025).
2. PSV Sjøborg og SFA, kollisjon mellom skip og plattform- Equinor (2019, 2019a).
3. KNM Helge Ingstad kollisjon (AIBN, 2019), se på granskingsmetoder og systemer
4. DP operations (Dong, Vinnem & Utne, 2017), se på systemer og alarmer
5. Trafikkulykke med Tesla (Joshua Brown) i USA – NTSB (2017)
6. West Hercules - ADS Barents, (Ptil, 2019)
7. Macondo Blowout (US-CSB, 2016) og (Tinmannsvik et al., 2011)
8. Pryor Trust – Blowout (US-CSB, 2019)
9. Mærsk Gallant – Brønnkontrollhendelse (Mærsk Drilling, 2015)
10. Flight 1549 (Airbus A320) motorstopp – landet trygt på Hudson River, NTSB (2010),

Følgende områder er beskrevet i forbindelse med gjennomgangene:

- **Beskrivelse** av hver hendelse, tidspunktet den inntraff samt de umiddelbare konsekvensene og potensialet i hendelsen.
- **Mandat og bruk av metoder i granskningen**, hvem gransket hendelsen, om det var en intern granskning, eller om den var utført av en ekstern part og belyse om kvaliteten a funn kan ha blitt påvirket av måten granskningene ble organisert. Dette kan ha hatt betydning for kvaliteten av funn, som f.eks.om granskningene ga forståelsen av hvilken situasjons-forståelse aktørene hadde. Denne forståelsen kan være sentralt for å identifisere rot-årsaker.
- **Årsaker relatert til automatisering og HF** hvor vi ser på bakenforliggende årsaker (som design). Kan metodene i granskningene avdekke hvorvidt menneskelige faktorer var tilstrekkelig ivaretatt i utviklingsfasen av systemene som var involvert i ulykkene? Har tema som alarmer og mental overbelastning blitt vurdert. Har «Out of the loop» type utfordringer blitt identifisert
- **Diskusjon og læringspunkter** ut fra mandat og årsaker

I forhold til at vi har sett på behov for verifikasjon og validering i MAS prosjektet må en også sjekke om det har vært noen periodisk sjekk om «Work as Done» har store avvik i forhold til «work as imagined». Dessuten om rapporteringsrutinene er ivaretatt, dvs er det en «reporting culture» som gjør at ledelsen er klar over avvikene, og er det en «just culture» som gjør at ansatte sørger for å rapportere inn avvik.

## E.1 Boeing 737 Max

### Beskrivelse av hendelsene

Vedlagte beskrivelse er basert på Hopkins (2025), Endsley (2019) "Testimony to Congress", og gjennomgang av ulykkesrapportene fra de to fatale hendelsene med det nyutviklede Boeing 737 Max flyet, (NTSC, 2019 og ECAA, 2019). I oktober 2018 styrtet Lion Air Flight 610 i sjøen utenfor Indonesia, rett etter avgang og alle de 189 ombord ble drept. I mars 2019 styrtet Ethiopian Airlines Flight 302 etter avgang fra Addis Abeba, og alle 157 ombord ble drept. De som gransket hendelsene med Boeing 737 Max flyene identifiserte feil i styringssystemet som kilden til ulykkene. MCAS - Maneuvering Characteristics Augmentation System, var et nytt automatisert styringssystem på Boeing 737 Max som gjorde at flyet ble lagt i stup for å få styringsfart for å unngå «stall». Denne manøveren (stupet) skyldtes feil, eller feiltolkninger fra sensorer. På Boeing 737 Max flyene ble MCAS aktivert med signal fra kun én AOA-sensor (angle of attack), mens i andre fly (f.eks. US Air Force KC-46) sammenlignes signal fra to uavhengige sensorer. I tillegg var systemet satt opp for å korrigere kontinuerlig og ikke kun én justering pr. gang, som benyttet i US Air Force flyene. Dette medførte for Boeing 737 Max flyene en gjentatt korrigering basert på feil informasjon fra sensor uten at pilot kunne gripe inn manuelt.

### Mandat og bruk av metoder i granskningen

Granskinger er gjennomført av flere aktører, bl.a. av NTSC i Indonesia (National Transportation Safety Committee), ECAA (Ethiopian Civil Aviation Authority) i Etiopia og NTSB (National Transportation Safety Board i USA. Ulykkes-rapporten fra ECAA setter søkelys på «design» feil, mens NTSC og NTSB har sett mer på helheten. HF eksperter var involvert i granskingene. Hopkins (2025) trekker frem dårlig design, og organisatoriske rammebetingelser som gjorde at Boeing prioriterte økonomiske resultater fremfor sikkerhet.

### Årsaker relatert til automatisering og HF

NTSC (2019) påpekte feil i utforming av nye kraftigere motorer som kunne gjøre at flyet kunne steile og feil i design av styringssystemene (MCAS). Også sertifisering, vedlikeholdsrutiner, og handlingene til pilotene om bord ble beskrevet som medvirkende faktorer. ECAA (2019) påpekte feil med utformingen av MCAS-programvaren i flyet, og som et viktig læringspunkt ble det påpekt: *"The regulator shall confirm that all probable causes of failure have been considered during functional hazard assessment".* NTSB (2019) påpekte at feil i systemene ledet til mange alarmer og varslinger som forvirret pilotene ombord. Viktige behov fra NTSB (2019) relatert til design og menneskelige faktorer er:

- "*Develop robust tools and methods, with the input of industry and human factors experts, for use in validating assumptions about pilot recognition and response to safety-significant failure conditions as part of the design certification process*."
- "*Develop design standards, with the input of industry and human factors experts, for aircraft system diagnostic tools that improve the prioritization and clarity of failure indications (direct and indirect) presented to pilots to improve the timeliness and effectiveness of their response."*

For resertifisering av flyene har man krevd redesign av systemene og satt som krav at piloter skal gjennomgå simulatortrening. Tilsvarende konklusjoner finner vi også fra Endsley (2019) sin gjennomgang av de to ulykkene i en høring for kongressen i USA, hvor Endsley påpeker følgende:

- Det er behov for oppmerksomhet på bruk av HF-standarder og metoder som bl.a. inkluderer systematisk oppgaveanalyse med involvering av brukerne i utvikling og evalueringer osv.
- Behov for kompetanse om HF under utvikling og bruk av HF-metoder under design.
- Behov for brukertesting med relevant vurdering av menneskelig yteevne, og sertifisering.

**Diskusjon og læringspunkter**
Ulykkesrapportene gir et bredt og sammensatt bilde av hva som hendte. Rapportene påpeker flere lag av årsaker til ulykkene, noe som viser viktigheten av en bredt faglig sammensatt gruppe i granskning. Utforming av systemene var ikke godt nok tilpasset brukerne, og feil design av styringssystemer og programvare (MCAS) medførte at piloter vanskelig kunne agere riktig i aktuell sikkerhetskritisk situasjon. Ulykken er forsøkt simulert i etterkant, men selv i simulator (når årsaken var kjent), mistet flyet 8000 fot i høyde før pilotene greide å kontrollere flyet. Den forventede handlingen fra pilotene ville med andre ord ikke ha forhindret at ulykken skjedde i en høyde på under 8000 fot. Dette viser viktigheten av design basert på meningsfull menneskelig kontroll og systematisk testing og sertifisering av nye løsninger. Ulykken demonstrerer også viktigheten av systematisk opplæring og simulatortrening av kritiske scenarioer i forbindelse med automatisering.

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**
- Viktigheten av bredde i granskingen, spesielt å få med eksperter med HF-kunnskap som kan identifisere avvik fra god praksis, og vurdere utforming/design
- Svakheter i utformingen og design av styringssystemet – det var ikke godt nok tilpasset brukeren/piloten i kritiske situasjoner og fulgte ikke anerkjente standarder
    a. Som A. Hopkins sa «One of its central themes is the way Boeing failed to take human factors into account in the design the new automatic anti-stall system (M-CAS)», eMail.
    b. Viktigheten av gode alarmer ble også trukket frem, mengden av alarmer og påvirkninger på pilotene ledet til mental overbelastning
- Viktigheten av sertifisering, opplæring og testing av kritiske scenarioer basert på kunnskap om menneskelige begrensninger

## E.2 PSV Sjøborg og Statfjord A (kollisjon skip og plattform pga. DP posisjonstap)

Vedlagte hendelsesbeskrivelse baserer seg på Equinor (2019) og Equinor (2019a).
**Beskrivelse av hendelsen**
Natt til fredag 7. juni 2019 kl. 01:50 mistet forsyningsskipet Sjøborg DP posisjonen i forbindelse med en lasteoperasjon på Statfjord A og kolliderte med installasjonens boreskaft sør og livbåtstrukturen. Det kom inn mer enn 20 DP alarmer i løpet av 45 minutter før hendelsen, som man ikke forsto. Statfjord A var underlagt en revisjonsstans og hadde 276 personer ombord. Skader på livbåtstasjonen medførte at 218 personer ble evakuert med helikopter til omkringliggende installasjoner. Hendelsen medførte en forsinket oppstart av Statfjord A med 17 dager. Ingen personer ble skadet i forbindelse med hendelsen, men en matros på Sjøborg ble truffet av en lasteslange da tauet slangen var festet i rør og slangen gikk over bord. Dersom en annen del av slangen, eksempelvis koblingen eller weak-link, hadde truffet matrosen kunne hendelsen endt fatalt.

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**
Hovedformålet med granskingen var å bidra til en konstruktiv læringseffekt for å forhindre gjentakelser og for å forbedre HMS nivået. Mandatet til granskningsgruppen var:

- Klarlegge hendelsesforløpet og bakgrunnen for forløpet
- Identifisere utløsende og bakenforliggende årsaker, samt årsaker knyttet til læring og styring
- Identifisere avvik fra styrende dokumentasjon
- Identifisere barrierer som har sviktet og manglet, samt barrierer som har fungert
- Vurdere varslings- og beredskapsmessige forhold
- Vurdere hendelsens totale potensiale
- Sjekke for tilsvarende hendelser/forhold og erfaringsoverføring fra disse
- Gi anbefalinger og foreslå tiltak relatert til hendelsen/forholdet

Granskningsgruppen hadde i sitt arbeid en systemorientert tilnærming. Dette betød at granskningen ikke nødvendigvis skulle peke på enkeltstående feil som årsaker, men heller fokusere på systematiske forhold i den grad det eksisterte. Eksempler på dette kunne være omstendigheter som tillot en serie av tekniske feil å inntreffe, grunnlag for feilaktige beslutninger under operasjon, designmessige forhold, operasjonell praksis eller organisatoriske forhold.

**Årsaker relatert til automatisering og HF**
Etter gjennomgang av ulykkesrapporten (Equinor, 2019) og presentasjoner (Equinor, 2019a) fremhever vi følgende momenter:

- Utilstrekkelig kvalitet i systemintegrasjon medvirket trolig til at mannskapet på bro og i maskinkontrollrom var i en uoversiktlig situasjon. Systemintegrator har overordnet ansvar for koordinering og integrasjon av ulike systemer slik at disse virker sammen som ett DP-system.
- Før denne hendelsen kom det inn relativt mange alarmer over et forholdsvis kort tidsintervall (20 DP alarmer i løpet av 45 minutter). Det var også noen alarmer som forsvant samt at noen alarmtekster ikke ga en helhetlig beskrivelse av problemet. I sum vurderes det som utfordrende for mannskapet å kunne forstå alarmenes konsekvens og behov for eventuell aksjon.
- Alarmene ble ikke opplevd som alvorlige nok til å avbryte operasjonen. Den manglende opplevelsen av en unormal situasjon hos mannskapet, samt at en kritisk alarm ikke hadde blitt formidlet til mannskap på bro og i maskinkontrollrom, kan ha medvirket til dette. Ansvaret og rolleforståelsen ble ikke trukket frem – ansvaret for DP lå på brua hos kaptein/styrmann. Man så et klart behov for å øke HF-kunnskapen knyttet til alarmer og alarmhåndtering, samt systematisk opplæring for å forstå eksisterende alarmer.

**Diskusjon og læringspunkter**
Selv om granskningen hadde en bred systemorientert tilnærming, ble det ikke trukket eksplisitte forbindelser tilbake til designfasen i denne granskningen. Det synes imidlertid tydelig at det var avvik i forhold til design av alarmfilosofi. I alarmstandarder som EEMUA 191 angis det at maks antall alvorlige alarmer som kan håndteres er 6 alarmer pr. time, ikke 20 i løpet av 45 minutter som her. Dårlig kvalitet på alarmsystem og alarmer medførte at kvalitet, mengde og frekvensen av

alarmer ga et uoversiktlig bilde av situasjonen i forkant av kollisjonen. Siden det også var manglende opplæring knyttet til alarmsystemene og håndtering av alarmene var det et krevende situasjonsbilde for operatørene. Unified Bridge konseptet ble ikke nevnt.

Likeledes er systemintegrasjon og systemtesting av helheten en viktig del av designarbeidet, noe som maritim industri ofte er svak på (Danielsen et al., 2019). Under igangkjøringsfasen er det normalt at skipsverftet har denne rollen, mens rederiet overtar rollen i driftsfasen. Systemintegratorens betydning gjennom fartøyets livsløp understrekes av at moderne DP-fartøy bygges med flere relativt komplekse software-baserte systemer. Systemintegrasjon må følges opp og testes etter hvert som systemene endres og vedlikeholdes. Manglende helhetlig integrasjon av mange systemer medførte at mannskapet på bro og i maskinkontrollrom kom i en uoversiktlig situasjon som ble vanskelig å håndtere. Det ble ikke vist til beste praksis, Bjørneseth (2021).

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**

- Granskingen ble foretatt ut fra en systemorientert tilnærming i arbeidet, med vurdering av tekniske forhold, beslutninger, praksis, operasjonelle og organisatoriske forhold. Dette bør være en tilnærming til granskinger som bør egne seg for boring og brønn
- I utvikling av systemene på Sjøborg var det manglende oppmerksomhet på helhetlig integrasjon av systemene. Dessuten manglende livssyklus-tankegang i forhold til programvareoppdatering og systemintegrasjon, og manglende systematisk verifikasjon og validering. Ett nødvendig tiltak er å samordne informasjon fra viktige systemer. Det ble ikke gjennomført periodiske gjennomgang av status dvs. Evaluering av «Work as Done» vs «Work as Imagined» - det burde ha blitt rapportert avvik i forhold til alarmstandarder.
- Det var mangelfull utforming av alarmer, med påfølgende mangelfull opplæring, og det manglet systematiske rapporteringsrutiner

### E.3 KNM Helge Ingstad

**Beskrivelse av hendelsen**

Fregatten Helge Ingstad (HI) og tankbåten Sola TS kolliderte i Hjeltefjorden kl: 04:01:15 den 8. november 2018. Det var syv personer på broen til Helge Ingstad denne natten. Ansvarlig «*officer of the watch*» (OOW) hadde tatt over ansvaret kl: 03:56, kort tid før kollisjonen. Tankbåten Sola TS hadde fire personer på brua, inklusiv losen. Sola TS forlot Sture-terminalen kl: 03:36. Trafikken på Hjeltefjorden ble på dette tidspunkter overvåket av Fedje sjøtrafikksentral (VTS). Tre andre skip var i nærheten av Helge Ingstad og Sola TS så det var et sammensatt trafikkbilde. Det oppstod ingen alvorlig personskader under ulykken, men fregatten sank og er senere kondemnert. Opprinnelig kostnad for fregatten var 4,000 Mill NOK, og anskaffelseskostnaden for et nytt skip er anslått til 11,000 Mill NOK. Kostnadene for berging og fjerning er ikke tatt med.

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**

Granskingen ble gjennomført av Statens havarikommisjon, den offentlig undersøkelses-kommisjonen i Norge, som publiserte del 1 av sin granskingsrapport i 2019 (AIBN, 2019). Granskningsgruppen var tverrfaglig sammensatt med HF-kompetanse, og tema som sikkerhetskultur, situasjonsforståelse og kognitive & organisatoriske utfordringer ble diskutert i rapporten. Formålet var å kartlegge årsakene til hendelsen og hvordan aktørene forstod

situasjonen mens den utviklet seg, dernest å identifisere forslag til tiltak uten å sette søkelys på personlig skyld. Vi har gått gjennom rapporten med sentrale aktører i havarikommisjonen og i sjøforsvaret.

**Årsaker relatert til automatisering og HF**

Ulykken var påvirket av systemene på broen som fartøyene benyttet (elektroniske kart, radar, VHF radio) og menneskelige faktorer. Tidspunktet for hendelsen (midt på natten like etter vaktskiftet) og situasjonsforståelsen til de involverte hadde avgjørende betydning for utfallet. Følgende sentrale faktorer blir vurdert til å ha påvirket ulykken:

- Manglende analyse og design av bro basert på oppgaveanalyse (Dvs. Human Factors baserte designstandarder)
- Dårlig utforming av bro med styringssystemer. Ansvarlig på broen (OOW) kunne ikke se sin egen posisjon på kart (ECDIS)/radar mens han benyttet VHF. Installering av VHF ble gjort i etterkant på Helge Ingstad (som en oppdatering) uten brukermedvirkning fra erfarne sjøoffiserer. Installering av VHF ble endret på en av båtene hvor det var en erfaren bruker på brua da oppdateringen skulle gjøres. VHF ble da plassert nær ECDIS/Radar slik at ansvarlig kunne se sin egen posisjon mens man kommuniserte via VHF. Det er totalt fem båter i samme klasse.
- Tidspunktet for ulykken, kl: 04:01 på natten, 5 minutter etter vaktskiftet, var krevende pga. at det var på natt, og fordi det var mye trafikk. (Det kom tre motgående båter på babord side)
- Manglende analyse av arbeidsbelastning for de som var på broen med mange alarmer (noe som gjorde at opplæring og trening ble gjennomført i parallell med krevende navigering på natt)
- Høy mental arbeidsbelastning på Helge Ingstad før ulykken med 8 alarmer i løpet av de 10 siste minuttene før ulykken i kombinasjon med mye trafikk. Alarmer var knyttet til tre båter på babord side. (Sola TS kom fra styrbord side)
- Høyt støynivå på broen, ikke i tråd med anbefalte ergonomiske standarder, noe som gjorde det utfordrende å få til felles situasjonsforståelse
- Vanskelig å observere båten de kolliderte med siden den fremste delen av Sola TS fra broen og fremover (hele 200 meter) var i mørke og ikke opplyst av lyskastere. Det var ellers påpekt at 3 av de 7 på broen hadde godt/adekvat syn
- Sola TS registrerte ikke at de kastet loss i ECDIS systemet før en tid etter at de forlot kaien, noe som gjorde at ECDIS systemet på Helge Ingstad i perioder hadde ukorrekt informasjon og indikerte Sola TS som et objekt som fortsatt lå ved land
- Svak kritisk intervensjon fra Fedje Trafikksentral for å oppdatere situasjonsforståelsen til alle involverte aktører og manglende klarhet i nød-prosedyrer

**Diskusjon og læringspunkter**

Mange elementer knyttet til HF og design har blitt avdekket i granskningen av Helge Ingstad-ulykken. Granskningsteamet var bredt sammensatt og hadde et systemperspektiv. Denne ulykken var ikke direkte relatert til automatisert styring, men man kan se relevante svakheter i de avanserte teknologiske støttesystemene som bidro til at ulykken kunne skje. Ved gjennomgang av flere skipsfartsulykker, har vi sett at kvaliteten på styringssystemene på broen ikke har vært optimal, og at f.eks. utforming og bruk av elektroniske kart-systemer (ECDIS) har vært bakgrunn

for flere ulykker (Johnsen et al., 2019). Utforming av brosystemet var ikke godt nok tilpasset brukerne, antageligvis på grunn av manglende analyse og design av bro (kontrollrom), og som en følge av dette var ikke plassering og utforming av elektroniske kart (ECDIS) og radar hensiktsmessig i forhold til VHF. For høyt "støynivå" på broen vanskeliggjorde kommunikasjon, og uhensiktsmessig alarmfilosofi og design av alarmsystem på bro medførte mange forstyrrende alarmer kort tid umiddelbart før ulykken. Manglende samhandling mellom Helge Ingstad, Sola TS og Fedje trafikksentral om nødsituasjonen/prosedyrer pga. mørke og usikkerhet rundt observasjoner/omstendigheter gjorde også at hendelsen ikke ble håndtert tilfredsstillende.

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**

- God faglig bredde i granskingen, ved at situasjonsforståelsen til aktørene som var involvert ble grundig gjennomgått og etterprøvd, dokumenterte beste praksis
- Svakheter ved utforming av broen og arbeidsmiljøet (støy, plassering og kvalitet av utstyr, mange alarmer). Sammen med arbeidsbelastningen på aktørene som var involvert i sikkerhetskritiske operasjoner ledet dette til fragmentert samhandling og dårlig forståelse på Helge Ingstad, noe som bør ivaretas via bedre brukersentrert design og bedre oppmerksomhet på systemer som støtter meningsfull menneskelig kontroll
- Manglende rolleforståelse, uklart ansvar og dårlig muligheter for delt situasjonsforståelse under krisen ledet til manglende intervensjoner mellom aktørene, noe som bør ivaretas via bedre integrasjon av viktig systemer og bedre organisatorisk samarbeid

### E.4 Ni DP-hendelser

Den vitenskapelige artikkelen "Improving safety of DP operations: learning from accidents and incidents during offshore loading operations" av Dong et al. (2017) beskriver årsaker til ni Dynamisk Posisjonering (DP)-relaterte ulykker som skjedde i årene 2000-2011. De ni ulykkene er relatert til kollisjon og "drive-off"-hendelser, og er rapportert til Petroleumstilsynet.

En "drive-off" hendelse er en hendelse som kan kategoriseres som "tap av posisjon", hvor fartøyet blir skjøvet fra sin utgangsposisjon pga. thruster-krefter, som igjen kan føre til kollisjon. Feil informasjon om posisjon, DP-kontrollfeil, thruster-feil, og operatørfeil kan være primær eller sekundær årsak til tap av posisjon. Ulykkene som er gjennomgått skjedde under lasting, enten ved direkte overføring som ved tandemlasting og eller ved hjelp av lastebøye. To av ulykkene førte til kollisjon, tre var rene "drive-off" hendelser, mens fire er kategorisert som "annet". Seks av ulykkene skjedde under lasting, én ulykke under tilkobling, én ulykke under frakopling, og én ulykke ved tilkomst.

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**

Ulykkesrapportene for de ni ulykkene har i artikkelen blitt gjennomgått ved hjelp av en MTO-analyse. Hvilke detaljerte metoder som er brukt i de ni rapportene er ikke utdypet. MTO-analysen består av tre basismetoder:

(i) et strukturert hendelses-årsaks diagram; en beskrivelse av hendelsesforløpet, utløsende årsaker og rotårsaker identifiseres og plasseres vertikalt over hendelsene. Utløsende

årsaker er ofte tekniske og menneskelige, mens rotårsaker ofte kan knyttes til organisatoriske faktorer,

(ii) en endringsanalyse; beskriver hvordan hendelsene i ulykkeskjeden er avvikende

(iii) en barriereanalyse; identifiserer menneskelige tekniske og administrative barrierer som har feilet eller er manglende.

Hovedspørsmål i analysen er:

- Hva kunne ha brutt hendelsesskjeden?
- Hva kunne organisasjonen ha gjort tidligere for å ha motvirket/forhindret ulykken?

**Årsaker relatert til automatisering og HF**

Et hovedfunn er at ulykkene knyttes til en kombinasjon av tekniske, menneskelige og organisatoriske faktorer. *Tekniske årsaker* knyttet til hardware, software og design av DP-system er funnet i alle ulykkene. Eksempler inkluderer programvare-feil i DP-kontrollsystem, feil i dieselgenerator, feil i referansesystem for posisjon og feil i hjelpemaskineri.
*Menneskelige feil*, som inkluderer DP-operatører i den skarpe enden, design-team og vedlikeholdsteam, er knyttet til interaksjon med de tekniske årsakene og faller under tre kategorier:

- En initierende handling som fører til feil i systemet.
- Responshandling hvor man søker å møte en feil i systemet, særlig ved teknisk feil eller eksterne situasjoner som værforhold eller skip på kollisjonskurs.
- Latent handling, hvor en handling påvirker (men ikke initierer) en teknisk feil, f.eks. under utførelse av vedlikehold.

*Organisatoriske faktorer* er relatert til ulike aktører involvert i utvikling og drift av DP systemer, som operatør, verifikasjonsorgan, selgere og myndigheter. Operatørorganisasjonen er involvert i syv av ni ulykker gjennom utilstrekkelig opplæring, manglende prosedyrer, manglende inspeksjoner osv. Verifikasjonsorgan er medvirkende når feil ikke blir oppdaget under testing, og selgere er involvert i tilfeller der utstyr har blitt feil tilpasset og ikke godt nok fulgt opp etter installasjon.

**Diskusjon og læringspunkter**

Fem av ulykkene har utilstrekkeligheter og feil i forbindelse med utvikling og implementering av programvare som medvirkende årsak. Disse ulykkene var forårsaket av kombinasjoner av flere medvirkende årsaker og de designrelaterte årsakene er presentert i Tabell D.1 (vedlegg). Informasjonen som er gitt om de spesifikke ulykkene i artikkelen er noe tvetydig og generisk, for eksempel brukes begrepet "utilstrekkelig design av DP system" som er lite konkret. Men på et overordnet nivå beskrives årsakene som utilstrekkelig informasjon til programvare-designteam og uhensiktsmessig utforming av menneske-maskin grensesnitt for presentasjon av informasjon og utforming av alarmer. Disse årsakene kan blant annet ses i sammenheng med utfordringer knyttet til samarbeid mellom ulike aktører og manglende kompetanse om menneskelige faktorer i utvikling. Manglende barrierer for identifikasjon og håndtering av faresituasjoner knyttes til utilstrekkelig testing etter installasjon av ny DP-programvare, og manglendefunksjonalitet i programvare for å avdekke feil input.

For å motvirke årsakene som identifiseres i ulykkene i fremtiden, forslår forfatterne å benytte fareanalysemetoder som går utover et pålitelighetsbasert perspektiv når man designer DP-systemer. Faktiske systemfunksjoner bør inkluderes i analysene og vurderes opp mot målsettinger for design av systemene. For eksempel foreslås STPA (Systems Theoretic Process Analysis) som er et perspektiv som inkluderer både menneskelige, tekniske og organisatoriske faktorer. Slike perspektiver bør brukes som input til hvilke bruker-case som bør utvikles av brukere og utviklere for testing av systemene i tidligfase. Andre områder som bør forsterkes ifølge studien er fokuset på helhetlig barrierestyring (MTO), relevant risikoinformasjon som bakgrunn for beslutningstaking og utvikling av online risikoovervåkning og beslutningsstøttesystem.

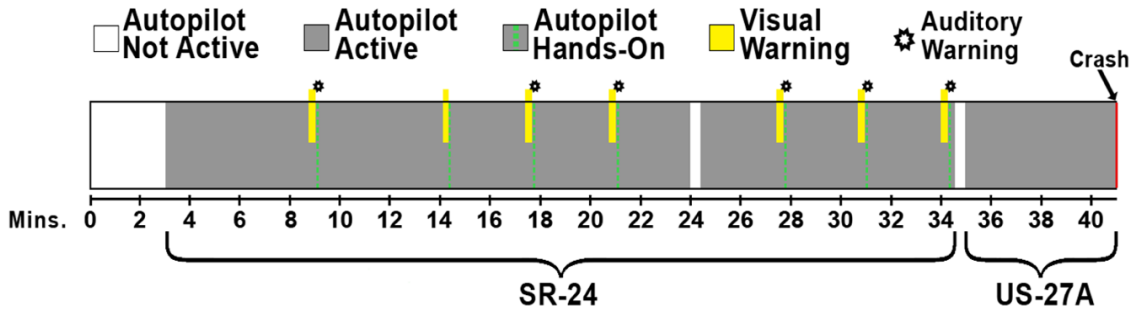
**Tre hovedpunkter fra granskingene:**

- Manglende helhetlig design/utforming av styringssystemene – nøkkelinformasjon mangler - utilstrekkelig ergonomisk design av styringssystemene, og utilstrekkelig menneske-maskin grensesnitt - vanskelig å få total-oversikt («situation at a glance»).
- Alarmer er vanskelig å forstå og kan gi dårlig situasjonsforståelse og bør derfor utformes i tråd med etablerte standarder for å sikre meningsfull menneskelig kontroll.
- Komplekse systemer som krever at systemet valideres, testes og sertifiseres med utgangpunkt i kritiske scenarioer under utvikling og etter installasjon. Det var også manglende mulighet i programvare for å avdekke feil input

## E.5 Fatal trafikkulykke med Tesla (Joshua Brown) i USA – Gransket av NTSB

**Beskrivelse av hendelsen**

Kollisjonen skjedde 16:60 lørdag 7. Mai, 2016, da en 2015 Tesla modell S, på US Highway 27A, kolliderte med en trailer som svingte på tvers av fartsretningen til Teslaen. Traileren var ca. 20 meter lang, farget hvit, og det var stor klaring mellom understellet på traileren og veien, slik at det var utfordrende for sensorsystemet til Teslaen å oppdage hindringen. Teslaen kjørte ca. 120 meter etter kollisjonen. Føreren av Teslaen, Joshua Brown, 40 år, døde øyeblikkelig under kollisjonen. (Denne hendelsen har ofte blitt referert med navnet på føreren). Den totale lengden av kjøreturen til Teslaen var på 41 minutter, autopiloten i Teslaen var slått på og aktivert i 37 minutter, mens føreren hadde hånda på rattet i totalt 25 sekunder i den perioden autopiloten var slått på (se vedlagte figur E5.1.) Hendelsen er beskrevet i egen rapport, se NTSB (2019) og presentasjon NTSB Price (2019).




**Figur E5.1: Logg over advarsler og når føreren hadde hånda på rattet, NTSB Price (2019).**

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**
Granskingene ble gjort av NTSB (The National Transportation Safety Board) i USA som er en uavhengig granskingskommisjon for transportulykker. NTSB påpekte at det var utfordringer med å samle data til ulykkesanalysen, noe som medførte at NTSB anbefalte at datainnsamling og datarapportering fra autonome systemer bør prioriteres og være mer i fokus.

**Årsaker relatert til automatisering og HF**
Det var sammensatte grunner til ulykken, men viktigst etter vår vurdering var:

- For stor tillit til den autonome kjøreløsningen fra føreren av Teslaen, og manglende opplæring for å sikre riktig bruk av automasjonsløsninger
- Traileren overholdt ikke vikeplikten og stoppet ikke for trafikk fra høyre. Traileren hadde også høy klaring over bakken som gjorde at det var vanskelig for sensorene i Teslaen å detektere den
- Dårlig design/utforming av autonomi på Tesla siden løsningen tillot at bilen kjørte i høy hastighet uten at føreren hadde hendene på rattet (forså vidt i strid med det som sto i kjøre-instruksen fra leverandøren Tesla)
- Infrastruktur ikke tilpasset autonom løsning ved f.eks. at det ikke var kommunikasjon mellom bilene som trafikkerte – (vehicle-to-vehicle -V2V), trailer hadde ikke «skjørt» under så det var vanskelig for sensorene på Tesla å identifisere at det var en hindring fra trailer, og sensorene fra Tesla hadde ikk godt nok «synsfelt».

**Diskusjon og læringspunkter**
Generelt har NTSB påpekt følgende utfordringer med økt grad av autonome løsninger:

- De autonome systemene bør utformes slik at systemene kan gi en total statusoversikt til fører/pilot (dvs. kan få situasjonsforståelse ved et raskt blikk); systemene må kunne gi alarmer i forkant av en farlig situasjon; systemene bør være robuste (resiliente) slik at de kan gå til en sikker tilstand eller sørge for at en har et "fail-safe" system
- Brukerne må trenes i korrekt bruk av autonome systemer og få korrekt mistillit/tillit, dvs. brukerne må opprettholde manuell kunnskap slik at de kan ta over i en eventuell krisesituasjon

Tidligere analyser angir at intervensjon fra fører i en slik situasjon kan ta mellom 2-29 sekunder, og da bør det være umulig å fjerne hendene fra rattet med så høye hastigheter. Dessuten manglet det redundante sensorer som kunne gi bedre oversikt – dette ble «single point of failure» når sensoren ikke oppdaget traileren.

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**

- Føreren hadde for høy tillit til det automatiserte kjøresystemet fra Tesla, og var direkte eksponert for feiltolkninger fra sensoren, pga svak redundans dårlig HF kontroll.
- Utforming (design) av systemet var ikke tilpasset de sikkerhetskritiske oppgavene som ble utført. Manglende redundante sensorer og infrastruktur
- Den løpende datainnsamlingen og rapporteringen fra sensoren i bilen under hendelsene før og under ulykken bidro til forståelse, læring og tiltak av hendelsen.

## E.6 West Hercules

**Beskrivelse av hendelsen**

Den 16.1.2019, kl.22:46 ble den nedre stigerørspakken "Lower Marin Riser Package" (LMRP) utilsiktet frakoblet idet bunnhulls-strengen skulle passere ned gjennom utblåsningsventilen (BOP). Det var ADS (Automatic Disconnect System) som feilaktig koplet fra LMRP og BOP (Blow Out Preventer). Kutteventilen i BOP ble automatisk aktivert i forbindelse med frakoplingen av LMRP, og væsken (sjøvann) fra stigerør ble drenert ut (dumpet) i sjøen. Kutteventilen kuttet ikke borestrengen pga. vektrør som befant seg i kutteventilen under aktiveringen. Hendelsen oppstod mens brønnen var sikret med foringsrør og sementplugg i bunnen. Det var ikke fare for utslipp fra reservoaret. Hadde hendelsen oppstått på et senere tidspunkt med hydrokarboner til stede, kunne situasjonen medført utslipp til ytre miljø (Ptil, 2019).

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**

Hendelsen ble gransket av Ptil og Seadrill, den siste med deltagelse fra Equinor. SINTEF har kun sett Ptils rapport (Ptil, 2019). Ptil mener at Seadrill sin rapport ikke beskriver det fullstendige potensialet i hendelsen, men anser at rapportene i hovedsak har sammenfallende observasjoner. Ptil har gransket direkte og bakenforliggende årsaker, herunder historikk for flere år tilbake av bruk av ADS. Granskingen ble gjort fra land og Ptil gjennomførte intervjuer av 20 personer. I tillegg baserer granskingen seg på tekniske undersøkelser gjort av aktørene selv.
En Synergi-sak (1092560) på ADS (Automatic Disconnect System) ble opprettet i 2012. Granskningsgruppen fra Ptil finner imidlertid ingen dokumentasjon i 2019 på at de påpekte manglene i Synergirapporten om behov for risikoevalueringer og brukermedvirkning i realiteten har blitt fulgt opp. Ptil vurderer ADS som et sikkerhetskritisk system i sin gransking.

**Årsaker relatert til automatisering og HF**

Hendelsen inntraff som følge av at ADS feilaktig koplet fra LMRP og BOP under forberedelse til boring av en ny seksjon. ADS systemet er et automatisk system som skal kople fra stigerør (riser) hvis kommunikasjon mellom BOP og riggen ikke er tilstrekkelig ivaretatt under operasjonen. ADS fungerer da som en sikkerhetsbarriere ved behov for hurtig frakopling ved eksempelvis dårlig vær og skal da også sikre brønnen ved at BOP stenger. Årsakene til hendelsen var bl.a. følgende:

- Mangelfull risikostyring: Gjennomførte HAZOP inkluderte ikke vurderinger av usikkerhet knyttet til menneskelige og organisatoriske forhold, som behov for nødvendig opplæring/erfaring med ADS hos ansvarlig personell, og betydningen av merarbeid dette systemet medførte i forbindelse med montering og bruk. Et vesentlig punkt var at en operatør lokalt på riggen installerte/justerte ventilen, og at eksisterende prosedyre for dette var mangelfull.
- Manglende prosess for kvalitetskontroll av den automatiserte funksjonen som ADS innebar fra borekontraktør sin side.
- En feilmontert utløserventil på ADS medførte at systemet ga feilaktig signal om frakopling av LMRP fra BOP uten at forholdene lå til rette for dette. (ADS gir signal om frakopling dersom vinkel på flexjoint overstiger en på forhånds-satt vinkel, 6 grader i dette tilfellet.)
- Endringsstyring MOC – Manglende styring knyttet til oppgradering av BOP og installering av ADS på West Hercules. Høyt arbeidspress/arbeidsomfang på riggen i kombinasjon med manglende prosedyrer og kunnskap om ADS.

- «På-se» plikt - Mangler ved utøvelse av påseplikt blant annet knyttet til kompetanse og risikovurderinger.
- Vedlikehold – Mangler i vedlikeholdsrutiner for ADS-systemet.

**Diskusjon og læringspunkter**
Granskingen har lite oppmerksomhet på design. Det gis ingen detaljer vedrørende den direkte årsaken til ulykken annet enn at det sies at det" skyldes en feil-montert ventil (trigger valve). Det er ikke klart beskrevet når denne ventilen ble feil montert. (Ventilen ble montert/justert av personell om bord). Siden det ikke blir beskrevet hvordan feilmonteringen er gjort, er det også vanskelig å si om designet kunne eller burde vært annerledes, slik at det for eksempel ville vært umulig å montere ventilen feil. Selv om granskingen ikke går direkte inn på dette punktet, påpekes avvik i opplæring og prosedyrer.

Om design av BOP kontrollsystem beskriver granskingsrapporten: " Det var ikke tilstrekkelig kjent i organisasjonen at kutteventilen ville stenge når LMRP ble koblet fra BOP pga. aktivering av ADS, selv om kontrollsystemet for BOP var satt i en modus der den ikke skulle stenge." Rapporten forfølger ikke dette punktet nærmere. Det forblir uklart om dette er en designsvakhet i det totale kontrollsystemet. Beskrivelse av denne aktiveringen og strategien burde vært vurdert i forkant.

Rapporten påpeker at prosedyrer relatert til testing, montering og vedlikehold av ADS fremstår som mangelfulle. Det er uklart om designet er av en slik art at det er tatt høyde for periodisk testing.
Det er også nevnt at det ble gjort målinger under monteringen om bord som ikke stemte med resultater etter FAT-. Det synes også å være manglende validering og prosess for kvalitetskontroll av den automatiserte funksjonen som ADS innebar fra borekontraktør sin side (HF-operasjonelt). I tillegg var det mangelfull opplæring og tidligere erfaring med bruk av systemet hos ansvarlig personell met tanke på ADS, samt forståelse for de organisatoriske forhold og merarbeidet dette systemet medførte.

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**
- Manglende vurdering av design-beslutninger. Granskingen beskriver ikke hvorfor ventilen ble feilmontert og om det kan skyldes mangelfullt design. Likeledes beskrives ikke hvorfor systemet er utformet slik at kutteventilen vil stenge når LMRP kobles fra BOP pga. aktivering av ADS, selv om kontrollsystemet for BOP var satt i en modus der den ikke skulle stenge. Systemet burde ha vært laget slik at det ble gjort tydelig at BOP ble aktivert når ADS ble aktivert.
- Manglende forståelse, prosedyrer, testrutiner og opplæring knyttet til installering og bruk av ADS (Automatic Disconnect System) – herunder risikovurdering av feil i ADS og vurderinger av menneskelige faktorer som oppgaveanalyse og arbeidsbelastning.
- Manglende ivaretagelse av på-se plikt knyttet til design, risiko-vurderinger og gjennomgang av FAT for ADS. Det burde ha vært klargjort som rammebetingelse at ADS skulle komme ferdig montert av kompetent personell siden dette er krevende.

## E.7 Macondo-blowout

### Beskrivelse av hendelsen

Den 20. april 2010 inntraff en olje- og gassutblåsning på den flyttbare boreinnretningen Deepwater Horizon på Macondofeltet i Mexicogulfen. Ulykken medførte tap av 11 menneskeliv og et oljeutslipp på nærmere fem millioner fat olje, i tillegg til et økonomisk tap på anslagsvis 61.6 milliarder USD. Hendelsen inntraff da mannskapet på riggen var i ferd med å komplettere en brønn for midlertidig "abandonment". Det vil si at brønnen skulle forlates i sikker tilstand slik at en produksjons-innretning kunne returnere for ferdigstilling og start av produksjon fra denne på et senere tidspunkt.

### Mandat og bruk av metoder i granskningen

Macondo-hendelsen er grundig analysert med flere granskingsrapporter. I tillegg til Tinmannsvik et al., (2011) har vi brukt granskingen som ble gjennomført i etterkant foretatt av U.S Chemical Safety and Hazard Investigation Board (US-CSB, 2016), hvor eksperter på Human Factors deltok. Dette er en uavhengig gransking på linje med granskinger fra den norske havarikommisjonen, og avdekker behovet for HF. SINTEF var bl.a. engasjert av Ptil i 2010-2011 for systematisering av ulike granskninger umiddelbart i etterkant av Macondo-ulykken, og andre, tidligere tilsvarende ulykker. Hensikten var å bygge et kunnskapsgrunnlag og bidra til læring og forbedring som kunne redusere muligheten for at noe lignende kunne inntreffe på norsk sokkel (Tinmannsvik et al., 2011). Prosjektet hadde en tverrfaglig tilnærming til MTO. STEP-metoden ble benyttet for kartlegging av hendelser, samt forløp og interaksjon/kommunikasjon mellom aktørene. Menneskelige faktorer, som f.eks. dårlig kommunikasjon, var med å bidra til at forløpet av hendelsen ble som den ble.

### Årsaker relatert til automatisering og HF

Ulykken var sammensatt og kompleks. Både barrierer og samspillet mellom tekniske, organisatoriske og operasjonelle barriereelementer sviktet. En sentral komponent som BOPen greide ikke å stenge ned brønnen. Da man etter hvert forsøkte å aktivere EDS fungerte heller ikke det systemet. Det er vanskelig å peke på enkeltfaktorer. Vi kan trekke frem noen deler av systemet som indikerer svikt knyttet til HF.

- *Brønnspark pågikk i omtrent 45 minutter uten at offshore- eller onshorepersonell oppdaget det, selv om dataene indikerte at et brønnspark var på gang (*Tinmannsvik et al., 2011). Dette tydet på både et mangelfullt design og manglende situasjonsforståelse eller "sensemaking". Brønnovervåkningssystemet på Deepwater Horizon var ikke godt nok innøvd.Ett eksempel «Personellet om bord på riggen måtte utføre manuelle beregninger av mengde borevæske i stedet for å ha automatisk måling av netto volumstrøm fra brønnen ettersom volumstrøm ble dirigert utenom instrumenteringen. Mangelfulle systemer og situasjonsforståelse kan ha bidratt til dette.»
- Mht. situasjonsforståelsen: Det ble utført samtidige operasjoner som hindret (en kontinuerlig) overvåkning av data i kritiske faser av operasjonen. Personell fra operatør, borekontraktør og serviceselskap var ikke årvåkne nok i forhold til muligheten for tap av brønnkontroll ved fortrengning av borevæske fra brønnen (noe som ble utført som ledd i "negativ brønntest" av nedihulls sement-plugg). Personellet på boreriggen hadde ikke tilstrekkelig erfaring og trening i å tolke uregelmessige trykk i "negativ trykktest". Det var manglende kommunikasjon mellom

operatør og borekontraktør, både før og under den endelige fortregningsfasen (negativ trykk-test).

**Diskusjon og læringspunkter**
Det er mange læringspunkter knyttet til HF fra Macondo-hendelsen. Vi har tatt fram de som ble prioritert av kommisjonen (hentet fra US-CSB, 2016):

- MF var utilstrekkelig ivaretatt i forhold til HMS og risikovurderinger.
- Manglende integrering av HF i design og drift: "*the lack of effective integration of human factors into the design, planning and execution of drilling and completions activities … and it illustrates a demonstrable gap in US offshore regulation and guidance to incorporate more robust management of human factors*"
- Human factors vs. design er nevnt og det påpekes bl.a. at API 75 er mangelfull når det gjelder: *"Human factors program requirements for the design, planning, execution, management, assessment, and decommissioning of well operations for the prevention of major accidents, as well as in the investigation of accidents and near-misses"*
- Utfordringene knyttet til selskapenes HMS roller og ansvar ble påpekt: *"While BP and Transocean had corporate polices for risk management and risk reduction, neither assumed effective responsibility for ensuring their implementation at Macondo."* og *"A 2012-2013 multinational audit in the North Sea identified the interface of operator and drilling contractor safety management systems as a major issue of international concern"*
- Granskingsrapporten fra US-CBS påpeker *"… highlighting the need for (1) improved industry guidance for performance metrics of barriers and safety systems and (2) active monitoring of real-time barrier indicators…".* Behov for bedre overvåking av systemene, som kan tenkes gjort ved en kombinasjon av forbedringer relatert til sensorer, software for tolking og presentasjon av målinger (inkl. pålitelige alarmer), samt å ha bedre støtte til operatører.

Utforming og bruken av systemer på Deepwater Horizon var bl.a. ikke godt nok tilpasset brukerne. HF og prosesser hadde ikke har vært tilstrekkelig hensyntatt i utviklingsfasen av systemene ombord på boreriggen. Dette viste seg blant annet gjennom mangelfull situasjons-forståelse basert på eksisterende brønnovervåkningssystem. Kritiske skjermvisninger var avhengig av at riktig person så på riktig data til riktig tid. Opplæring var også mangelfull, og samhandling og kommunikasjon mellom de forskjellige grupper var sviktende. Personell hadde lite erfaringer i å tolke uregelmessige trykkmålinger under negativ trykktest og mangelfull ferdighetstrening i samhandling i forbindelse med komplekse tekniske systemer.

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**

- Viktige momenter knyttet til helheten kom frem i US-CSB (2016) sin gransking. De fikk frem bredden og kompleksiteten av ulykken og pekte på viktige MTO faktorer. De var uavhengige og hadde breddekunnskap.
- Mer oppmerksomhet på HF i design/utforming.
- Opplæring og rutiner som støtter løpende risikovurdering og samhandling i distribuerte grupper, inklusive forståelse av alarmer.

## E.8 Pryor Trust - Blowout og påfølgende riggbrann

**Beskrivelse av hendelsen**

Den 22. januar 2018 inntraff en utblåsning fra gassbrønn og påfølgende brann på boreriggen ved Pryor Trust 0718, som er et landbasert olje- og gassfelt liggende i Pittsburg County, Oklahoma, USA (US-CSB, 2019). Brannen drepte fem arbeidere som oppholdt seg inne i borekabinen på riggen. Utblåsningen skjedde omtrent tre og en halv time etter at borestrengen ble fjernet ("tripping") fra brønnen. Årsaken til utblåsningen var svikt i både primærbarrieren (hydrostatisk trykk utøvd av boreslam) og sekundærbarrieren ved aktivering av BOP. Det siste skyltes mangelfull påvisning av brønninnstrømning.

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (US-CSB) gransker hendelser med formål å avdekke årsaker og utgi sikkerhetsanbefalinger i etterkant av hendelser innen petroleums- og kjemisk industri. Utblåsningen fra Pryor Trust brønnen 1H-19 ble gjenstand for en detaljert årsaksanalyse som endte opp i 13 hovedgrupper av årsaker, hvorav flere var påvirket av "human in the loop" (menneskelige faktorer). Analysen fremstår som en detaljerte beskrivelser av årsakssammenhengene med referanser til anbefalte tiltak for hver av årsakene. US-CSB utviklet også et eget Bow-Tie diagram som illustrerer de planlagte barrierene for å hindre en utblåsning. Flere av årsakene til hendelsen ble knyttet til svikt i disse barrierene. Årsaksanalysen er videre dokumentert i et ACCIMAP-diagram som er lagt i vedlegg til granskningsrapporten. ACCIMAP-analysen plasserer også ansvaret for de ulike årsaksfaktorene i organisasjonen, blant de involverte aktørene.

**Årsaker relatert til automatisering og HF**

Av viktig årsaker og medvirkende HF-faktorer kan nevnes:

- Underbalansert boring ble utført uten nødvendig planlegging, utstyr, ferdigheter eller prosedyrer, og dermed var ikke forutsetningene for en korrekt håndtering av brønnen når primærbarrieren for å hindre gassinnstrømning ble opphevet til stede.
- Borer hadde ikke nødvendig opplæring i å bruke ny prosedyre for tripping som skulle støtte overvåkning av mulig gasstilstrømning under operasjonen.
- Utstyret var satt opp annerledes enn normalt under trekking av borestreng, noe som førte til forvirring og feiltolking av brønndata underveis og at en mulig indikasjon på gasstilstrømning ble oversett.
- Borer på både dag- og nattskift valgte å slå av alarmsystemet, som en mulig indikasjon på gasstilstrømningen og nær forestående utblåsning kunne vært avdekket med. Alarmsystemet var ikke hensiktsmessig designet for å varsle personell om farlige forhold under forskjellige driftstilstander (f.eks. boring, sirkulasjon og trekking av borestreng) og ga mange "falske" alarmer, noe som sannsynligvis også førte til at borerne valgte å slå av hele systemet.
- Operatør hadde ikke spesifisert krav til barrierer ved underbalansert boring, og da heller ikke krav til hvordan borepersonell skulle svare ut en tapt barriere i aktuell brønntilstand. Dette bidro til at boreriggen og dens mannskap hverken var utstyrt med eller operasjonelt godt nok forberedt til å utføre slike operasjoner.

- Basert på ulykkesrapportene og analysene i ettertid, ser vi klart at menneskelige faktorer og prosesser heller ikke har vært tilstrekkelig hensyntatt i utviklingsfasen av systemene som var involvert i denne ulykken.

**Diskusjon og læringspunkter**
Hendelsen bærer tydelig preg av en manglende situasjonsforståelse mht. brønnkontroll og evne til å oppfatte den reelle tilstanden til brønnen under trekkeoperasjonen. Brønnen ble underbalansert under operasjonen uten at dette ble tilstrekkelig observert og forstått. Basert på rapporten ser en at menneskelige faktorer og prosesser ikke har vært tilstrekkelig hensyntatt i utviklingsfasen av systemene som var involvert i denne ulykken. Det var uhensiktsmessig design av alarmsystemet som medførte mange "falske" alarmer under operasjon, noe som bidro til at borer ofte slo av systemet. Mannskapet på feltet var heller ikke trenet til denne type operasjon, og nødvendig planlegging og forberedelse for dette ble ikke utført i forkant. Planlegging, opplæring og gjennomføring av operasjonen var ikke tilpasset de eksisterende systemene, rutinene og kunnskapsnivået. Operatørene fanget ikke opp at mengden av borevæske som strømmet ut av brønnen (gjennomstrømming) ikke stod i forhold til volumet som ble pumpet ned i brønnen fratrukket volumet av selve borestrengen når denne ble trukket ut av brønnen. Dette var egentlig et tydelig tegn på innstrømming og mulig gassvolum i brønnen, men ingen klarte å oppfatte dette før det var for sent (ref. ACCIMAP analysen i granskingsrapporten).

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**
- Utforming av boresystemene og alarmsystemet var mangelfulle med lite oppmerksomhet på menneskelige faktorer, alarmsystemet slås av under kritiske operasjoner.
- Manglende opplæring i forkant av sikkerhetskritisk operasjon og manglende situasjonsforståelse underveis.
- Manglende risikovurdering og planlegging av en sikkerhetskritisk operasjon, med manglende etablering og oppfølging av barrierer.

### E.9 Mærsk Gallant - Brønnkontrollhendelse

**Beskrivelse av hendelsen**
Et brønnspark på ca. 12 $m^3$ inntraff på riggen Maersk Gallant i forbindelse med dynamiske poretrykkstester med MPD (Managed Pressure Drilling) utstyr. Et problem her var at sensoren som måler trykket på oppstrømsiden av MPD-choken (PT4) begynte å vise for høy verdi slik at MPD-ventilen åpnet seg. Når borer ser at målt trykk nær borekronen (MWD) og pumpetrykk faller samtidig med unormalt utslag på torque, stenger han en ventil i BOP, en UPR (upper pipe ram) av typen VPR (variable pipe ram), for å sikre brønnen mot brønnspark. Senere viser det seg at UPR-en ikke er tett slik at det lekker opp mot MPD-ventilen og PCD-en (pressure control device, som tetter annulus rundt borestrengen under boring). Når ventiler knyttet til PCD-en ikke lar seg åpne, trolig pga. trykket fra brønnen, bestemmer boredekk at ventilene skal stå lukket, men denne beskjeden kommer ikke fram til PCD-operatør som åpner ventilen manuelt. Dette gir overflow på trip-tankene som oppdages, men ikke forståes. Flere ventiler åpnes og lukkes før borer til slutt gjenvinner kontroll ved å stenge annular BOP.

**Mandat og bruk av metoder i granskningen**
Mandatet for granskningen var å gjennomgå hendelsen med formål å identifisere utløsende og bakenforliggende årsaker til hendelsen som kunne bidra til læring, samt å forhindre gjentagelser i hht. styringsforskriften §20. Granskningsteamet anvendte hovedprinsippene i "Kelvin TOPSET" rotårsaksanalyse i kombinasjon med en tidslinje. Metoden setter søkelys på teknologi, organisasjon, menneske, sammenlignbare hendelser, miljø (omkringliggende hendelser) og tid. Det er en stegvis prosess som inkluderer fasene planlegging, granskning, analyse, etablering av anbefalinger og rapportering. Metoden fanger opp "human factors" operasjonelt, slik som manglende kommunikasjon, situasjonsforståelse, risikoforståelse hos ulike personellgrupper i hendelsen.

**Årsaker relatert til automatisering og HF**
Rapporten angir følgende rotårsaker: Utilstrekkelig risikoforståelse og utilstrekkelig planlegging; Utilstrekkelige robusthet ved opprigging av kabel til trykksensor PT4; Alarmfunksjoner for trykksensorer ikke tilstrekkelig robuste; Utilstrekkelig informasjon om stengevolum for BOP funksjoner; Manglende kompetanse og erfaring; Mangelfulle etterlevelse av MPD prosedyrer; Utilstrekkelig kommunikasjon; Utilstrekkelig pålitelighet av BOP, UPR og VBR.

Følgende forhold vurderes som de mest sentrale i tilknytning til automatisering og HF:
- Feil i måle-verdier fra sensor gjør at den automatisk styrte MPD-ventilen åpner for mye slik at trykket i brønnen blir for lavt. Manglende redundans og brønnhodetrykk blir nevnt.
- Manglende situasjonsforståelse, som trolig har sammenheng med at MPD-systemet tilfører betydelig kompleksitet, medførte at riktig reaksjon ble forsinket. Inkonsistens mellom ulike målinger ble ikke forstått og operatørene forstod de automatiske systemene for dårlig.
- Dårlig kommunikasjon mellom selskapene, mulig knyttet til manglende bekreftende kommunikasjon og uklare kommandolinjer eller mistillit mellom ulike personer.
- Mangelfull etterlevelse av prosedyrer, blant annet tillatelse av to trykkreduksjoner før innstrømning under den første er sirkulert ut.
- Prioritering av effektivitet, på å få jobben gjort, kan ha ført til noen av problemene.

**Diskusjon og læringspunkter**
I rapporten vises det til flere rotårsaker med spesifikke tiltak, men det virker ikke som det stilles spørsmål ved hvorfor det er så mange bidrag til denne ulykken. Det er flere aspekter som kan knyttes til at design av systemene burde ha vært bedre tilpasset operatørene for å få oversikt over situasjonen. For eksempel ble ikke alarmer om full trip tank forstått, og boredekk hadde ikke god nok oversikt til å både oppdage og forstå hva som skjedde. Det var også inkonsistens mellom tre sensorer som ser ut til å være innenfor MPD-utstyret og som ikke utløser noen alarm, noe som tyder på at en mer robust algoritme bør utvikles.

Også ansvarsavklaring for roller er viktig og henger sammen med det å ha et godt og oppdatert overordnet bilde av situasjonen. I situasjoner med komponenter med ulike leverandører må helheten ivaretas, og det er naturlig å tenke at både borer og MPD-ansvarlig bør ha oversikt over hele situasjonen og kommunisere om dette når ting endrer seg. Likeledes er tilrettelegging for god kommunikasjon under operasjoner viktig med mange aktører. Under MPD er det vanlig at flere

selskaper enn vanlig er involvert på riggen, slik som personell fra MPD-leverandør og leverandørene av RCD (*rotating control device*). Pga. plassbegrensninger oppholder disse seg typisk i egne kontor-containere med radioforbindelse til boreren på samme eller ulike kanaler, noe som kan gjøre kommunikasjonen vanskeligere. Så lenge riggen ikke er designet for MPD er det vanskelig å gjøre noe med dette.

Skjerm(er) som viser overordnet bilde av det fysiske systemet er nyttig for å kunne oppnå enklere oversikt og oppmerksomhet på avvik og kritiske situasjoner. Dette er spesielt viktig ved MPD der det er flere aktører, flere rør, ventiler og pumper, og flere prosedyrer enn vanlig; Tidligere erfaring er at oversiktsbilder er nyttige for borer og MPD-ansvarlig, men at de ikke utvikles og testes før det er for sent til å gi nødvendig oversikt i kritiske situasjoner.

**Tre hovedpunkter fra granskingen er:**

- Sviktende design/utforming av systemer (skjermer), alarmer, samarbeid, og fysisk organisering av arbeidsplasser for å gi god oversikt over hva som skjer – som leder til manglende situasjonsforståelse (knyttet til MPD) for borer .
- Dårlig kommunikasjon og samhandling mellom aktørene som er involvert – (noe som tyder på mangelfulle prosedyrer og opplæring, trening på kritiske scenarioer) samt dårlig fordeling av oppgaver mellom aktører (kritiske oppgaver bør ikke spres ut over mange aktører med krav om høy presisjon i kommunikasjonen).
- Dårlig utforming/design av alarmfilosofi, og mangelfulle alarmer. Alarm for full trip tank ble ikke oppdaget og borer får for mange alarmer i borebua under hendelsen og klarer ikke å fange opp at trip tank er full.

### E.10 Oppsummering av NTSB granskingsrapport – US Airways Flight 1549, Hudson River 2009

**Beskrivelse av hendelsen**

Den 15. januar 2009 nødlandet US Airways Flight 1549, en Airbus A320-214, på Hudson River etter total bortfall av motorkraft i begge motorer grunnet kollisjon med en fugleflokk like etter avgang fra LaGuardia Airport i New York. Alle 155 personer om bord overlevde hendelsen. Flyet traff fuglene i ca. 2800 fots høyde, noe som førte til at begge motorene mistet nesten all kraft. Pilotene vurderte flere landingsmuligheter, men innså raskt at en landing på elven var den eneste realistiske muligheten.

**Mandat og metoder brukt i granskningen**

Granskingen ble utført av National Transportation Safety Board (NTSB) i USA, og fokuserte på tekniske forhold, piloters handlinger og flyets design og sertifisering. Undersøkelsene omfattet blant annet detaljerte tekniske analyser av flyet og motorene, simulatorstudier, samt vurderinger av piloters og kabinbesetningens prestasjoner under hendelsen.

**Årsaker og faktorer knyttet til design og menneskelige faktorer (HF)**

Granskingen avdekket at den direkte årsaken til ulykken var fugler som ble sugd inn i begge motorer, med påfølgende tap av kraft. Likevel fremheves flere viktige HF-elementer som bidro til en vellykket nødlanding:

- God utforming av cockpit og grensesnitt: Cockpiten på Airbus A320 var godt designet med intuitive varslinger, klare instrumenter og gode systemer som støttet pilotene i raskt skiftende nødssituasjoner.
- Erfaring og kompetanse hos pilotene: Begge pilotene hadde omfattende flytimer og solid erfaring, inkludert trening på nødsituasjoner. Deres kompetanse og gode samarbeid (Crew Resource Management - CRM) var avgjørende for rask og riktig håndtering av situasjonen.
- Flyets design for landing på vann: Airbus A320 var sertifisert for landing på vann (ditching) og hadde en struktur og sikkerhetsutstyr (bl.a. flyteutstyr og evakueringsflåter) som gjorde at flyet holdt seg flytende lenge nok til at alle kunne evakuere trygt.

**Diskusjon og læringspunkter**

NTSB fremhevet at ulykken demonstrerte viktigheten av god integrering av menneskelige faktorer i design og trening. God cockpit-design og klare prosedyrer bidro vesentlig til at pilotene kunne gjennomføre en trygg nødlanding. Hendelsen viste også betydningen av omfattende trening og realistiske scenarioer for pilotene, som forberedte dem på å håndtere en uventet total motorstans effektivt.

**Tre hovedpunkter fra granskingen:**

• Viktigheten av å inkludere HF-eksperter og erfaring i designprosesser og sertifisering av fly, for å sikre at systemer støtter pilotene effektivt i kritiske situasjoner.
• Betydningen av piloters kompetanse, erfaring og effektiv bruk av CRM under nødssituasjoner.
• Verdien av at flydesign inkluderer spesifikke sikkerhetskrav for nødlandinger på vann, inkludert struktur og evakueringsutstyr som bidrar til å sikre overlevelse ved en ditching.

## E 11. Oppsummering av resultater fra gjennomgang av granskingene

Generelt kan man si at læring fra hendelser er en utfordrende prosess (ESReDA, 2015). For at denne prosessen skal fungere må den bestå av flere trinn som: *Rapportering* (i denne sammenheng kan vi spørre om alle relevante hendelser rapporteres), *Analyse* (er det en bred nok MTO-analyse som inkluderer HF), *Planlegging* av tiltak som faktisk forbedrer sikkerheten, *Gjennomføring* av tiltakene, og *Overvåkning* av om tiltakene er effektive, følges opp og om det blir læring. Med hensyn til læring kan den påvirke individer og organisasjoner. På individnivå vurderes vanligvis læring om sikkerhet på fire nivå (Kirkpatrick, 1979): (1) Personlig vurdering av læringen (tilfredsstillende, ikke tilfredsstillende); (2) Har man lært noe nytt; (3) Skjer det endringer i adferd, eller hadde læringen noe å bety for adferd; (4) Er det organisasjonsmessige effekter – ble sikkerheten bedre.?

I tabell E.1 har vi laget en oppsummering over funn på Granskingsmetode og Årsaker. Vi har delt granskingene i to områder, i) områder med høy grad av automatisering og ii) fra boring og brønn.

**Tabell E.1: Oppsummering av funn fra granskingene**

| Case | Granskingsmetode | Årsaker med forslag til tiltak |
|---|---|---|
| **Høy automatisering** | | |
| Boeing 737 Max styrt | God bredde med HF og vurderte utforming/design som en del. | Utforming ikke tilpasset brukerne; Behov for sertifisering, og testing av kritiske scenarioer; |
| Landing på Hudson River | God bredde med HF og vurderte utforming/design som en del. | Utforming tilpasset brukerne; |
| PSV Sjøborg - SFA, kollisjon | God bredde i granskingen med helhetlig MTO vurdering; | Utforming av brosystemet var fragmentert med mange forskjellige systemer; Mange forskjellige alarmer som ikke ble forstått (mangelfull opplæring)... Bør vise til god praksis som Bjørneseth (2021). |
| KNM Helge Ingstad kollisjon | God bredde i granskingen med vurdering av situasjons-forståelse. | Svakheter i utforming av oppgaver på bro (støy, kvalitet og plassering av kritisk utsyr, alarmer, arbeidsbelastning); Manglende klarhet i roller og felles situasjonsforståelse – mangelfull intervensjon.. |
| DP operations | Ingen merknader | Manglende helhetlig HF utforming av styrings-systemene for å gi god oversikt i alle situasjoner; Alarmer ofte vanskelig å forstå; Mangelfull testing av kritiske scenarioer i kombinasjon mangelfull trening av bro-besetning.. |
| Tesla (Joshua Brown) | Den grundige data-innsamlingen økte forståelsen for hendelsen; | Fører hadde for høy tillit til autonome systemet; Systemet var dårlig utformet slik at det var mulig å overlate for mye kontroll til autonomien. Infrastrukturen rundt den autonome løsningen var ikke tilpasset autonom bilkjøring; |
| **Fra Boring og Brønn** | | |
| West Hercules - ADS Barents | Manglende vurderinger av design av ventil/ kontrollsystem; | Manglende opplæring, vurdering av arbeidsbelastning og forståelse og risikovurdering av ADS; Manglende ivaretakelse av på-se ansvar i forbindelse med implementering og bruk av ADS.; |
| Macondo Blowout | Bredde i granskingen med HF og MTO vurdering; | Manglende oppmerksomhet på HF i design/utforming; manglende opplæring knyttet til samhandling i grupper.. |
| Pryor Trust – Blowout | Ingen merknader | Utforming av systemene mangelfulle med sviktende HF utforming (alarmsystem slått av) som gir manglende situasjonsforståelse; manglende planlegging av kritisk operasjon; manglende opplæring i forkant.. |
| Mærsk Gallant – Brønn | Ingen merknader | Sviktende design for å gi helhetlig forståelse (manglende design av informasjon/HMI for oversikt, dårlig fysisk utforming av møteplasser); Dårlig kommunikasjon mellom sentrale aktører (lite bekreftende kommunikasjon) –Dårlig utforming av alarmer. |

## E.12 Granskningsmetode

Mandatet for granskningene er gjennomgående ganske likt for de hendelsene fra petroleums-industrien vi har sett på, et gjennomgående trekk er at man finner det man leter etter, og man kan spørre om det er ønskelig (Lundberg et al., 2009).

De større, mer omfattende hendelsene, som f.eks. Macondo-hendelsen har blitt gransket av uavhengige havarikommisjoner – slike granskinger har god bredde med et bredt tverrfaglig sammensatte granskningsteam hvor man har ønsket å belyse hendelsen fra ulike fagområder og/eller perspektiver. Her har funn knyttet til HF-årsaker og læring også i større grad blitt fremtredende i konklusjonen. Dette er derimot i mindre grad gjeldende i selskapsinterne granskinger, hvor det synes å mangle kompetanse innen Human Factors (som f.eks. hvordan situasjonsforståelse etableres og beste praksis for utforming av HMI-Human Machine Interface). Det mangler ofte informasjon i rapportene om kompetansebakgrunn til medlemmene av granskningsteamet. I typiske selskapsgranskninger er det vanlig å oppføre navn og stilling/rolle (representant fra firma/tilknytning). I kun et mindretall av granskningene, som de fra Ptil, Statens havarikommisjon og NTSB i USA, er det informasjon om kompetanse til medlemmene i granskningsgruppen.

Granskinger fra type «havarikommisjon» (f.eks. U.S Chemical Safety and Hazard Investigation Board) fremstår som modne og grundige på grunn av bredden i perspektiver, uavhengighet fra aktørene, faglig tyngde og vekt på å forstå handlingsmønsteret. Det synes å være en fordel at granskinger gjennomføres av uavhengige aktører, uten noe å forsvare, basert på et systemperspektiv med en bredde i kompetanse, ofte også hvor kognitive psykologer med kunnskap om HF er med i granskningsteam.

I tillegg til å klarlegge det konkrete hendelsesforløpet, er avdekking av de direkte (utløsende) og bakenforliggende årsakene til hendelsen sentralt. Like viktig er å anbefale tiltak for å forhindre at noe tilsvarende skal inntreffe igjen. Bruk av metoder i granskningene varierer. En tidslinje som dokumenterer aktiviteter og delhendelser fra planlegging, eller perioden like i forkant av hendelsen, via hendelsesforløpet frem til normalisering av situasjonen etter hendelsen, er vanlig. Refleksjoner knyttet til utforming/design mangler ofte i rapportene.

I forbindelse med gjennomgangen av granskningsrapporter har vi også sett på andre relevante analyser og rapporter om læring fra hendelser. I rapporten fra Sikkerhetsforum (2019), «læring etter hendelser» er det foreslått to momenter som spesielt samsvarer med våre observasjoner:

- **Anbefaling 1**: Granskingsteamet bør ha kompetanse om menneskelige faktorer, organisatoriske forhold og virksomhetsstyring på lik linje med teknisk kompetanse. (Dette bør inn i eksisterende retningslinjer og prosedyrer for granskinger.)
- **Anbefaling 2**: Selskapene og myndighetene bør bruke granskingsmetoder der spørsmålet for granskingen er 'hvorfor ga det mening å handle som de gjorde?' i stedet for 'hva gjorde de feil?'

Anbefalinger for å styrke læring rundt meningsfull menneskelig kontroll:

- **Anbefaling 3 Vurder design under granskinger.** Granskingsteamet bør om mulig vurdere om utformingen/designet av systemet hadde svakheter som ledet til ulykken- f.eks. gir designet god oversikt, er systemet designet/utformet med flere signaler om hva som er status i prosessen?
- **Anbefaling 4: Uavhengighet.** Større granskinger bør gjennomføres av eller i samarbeid med uavhengige aktører. Lokale granskinger kan med fordel involvere eksterne ressurser som gjør at gruppen blir mer uavhengig.
- **Anbefaling 5: Unngå etterpåklokskap.** Etter en hendelse kan det være enkelt å påpeke at den uønskede hendelse skyldes manglende risikovurderinger eller manglende tiltak knyttet til en risiko, siden vi vet hva som skjedde. «Manglende risikovurdering» kan derfor være et enkelt punkt å ta frem, men hva er den underliggende årsaken? Hvorfor ble usikkerheten eller risikoen som definert til sannsynlighetene/konsekvensene ikke håndtert?
- **Anbefaling 6: Analyser repeterende funn.** Vi har sett at det er del funn som går igjen i ulykkes-rapporteringen år etter år. Vi savner refleksjon over funn som gjentas – det er enkelt å trekke frem «manglende etterlevelse» - men er det manglende metoder som gjør at det ikke skjer endringer, eller er det uklart hvem som skal/bør lære? Er det operatørene, de som gransker, tilsynsmyndighetene eller de som utformer regelverket/prosedyrer?

## E.13 Årsaker fra granskningene

Mange granskingsrapporter fokuserer i hovedsak på tekniske og organisatoriske forhold, og lite på menneskelige begrensninger og muligheter. Når man ikke har analysert menneskelige forhold som hvordan de brukte systemer eller forstod situasjonen - hvordan kan man da identifisere tekniske forbedringer og/eller organisatoriske forbedringer? Dersom granskingen beskriver aktørenes situasjonsforståelse underveis, kan man bedre forstå støtten fra teknologien/systemene og støtte fra organisasjonen. Dessuten er granskninger ofte naturlig nok opptatt av den spisse enden, og ikke på beslutninger knyttet til utforming (design), f.eks. hvorfor ble systemet laget slik at det var mulig å montere en komponent feil?

Fra systematisering av årsaker, læring og tiltak, har vi identifisert:

- dårlig situasjonsforståelse hos de involverte i den spisse enden
- dårlig samhandling i distribuerte grupper
- dårlig utforming av utstyr og dårlige alarmer som av og til blir slått av
- mangelfull/krevende opplæring
- manglende rapportering av automatiseringsfeil som leder til for høy tillit

**Anbefalinger - årsaker fra granskingene**

**Anbefaling (a): HF kompetanse må være med når systemene innføres/lages** fra tidligste faser hvor automatisering diskuteres og planlegges. Formålet med det er bl.a. å ta hensyn til menneskelige muligheter og begrensninger (IEA/ILO, 2020), ISO 11064.

**Anbefaling (b): Brukersentrert utforming bør være prioriterte aktiviteter i utviklingen** av systemene der hvor mennesker styrer eller skal gripe inn. I slike prosjekter må utviklingen av systemene (design) følge etablerte metoder for Human Factors dvs. utforming basert på oppgaveanalyse, standarder for HMI, trinnvis/iterativ brukersentrert utforming, og systematisk brukertesting underveis (se ISO 11064).

**Anbefaling (c): Meningsfull menneskelig kontroll**. I et komplekst system bør helheten analyseres godt før spesifikke områder bygges/programmeres. Systemene må kunne gi en totaloversikt på en enkel måte, dvs. «situation at a glance». Derfor er det viktig med godt interaksjonsdesign (se ISO 9241 og ISA 101). Innovasjonsdrevet eller brukerdrevet design må suppleres av oppgaveanalyser og sikkerhetsanalyser for å ivareta sikkerheten (Smith et al., 2020) og metoder for interaksjonsdesign (Hollifield et al., 2008). Vurdering av mental arbeidsbelastning og bemanning er en naturlig del av utviklingsprosessen for systemene og bør inngå som en del av stresstester/gjennomgang av kritiske scenarioer.

**Anbefaling (d): Koordinert utvikling av samvirkende systemer/Helhetlig integrasjon**. Brukeren bør kunne få totaloversikt over kritiske områder på en enkel måte. Når flere systemer blir automatisert må brukerne overvåke flere systemer, noe som krever at grensesnittene er utviklet på en standardisert måte og presenterer sikkerhetskritisk informasjon på en samordnet måte. Dette kan for eksempel håndteres ved koordinert utvikling av styringssystem (Danielsen et al., 2019), eller ved å lage standarder for samordnede grensesnitt (Nordby et al., 2019).

**Anbefaling (e): Opplæring i samhandling i distribuerte grupper og simulatortrening bør prioriteres –** som for eksempel bygd på prinsipper fra CRM - Crew Resource Management. Eksempler på områder som ble nevnt fra Deepwater Horizon var eksempelvis mindre erfaring og trening i å tolke uregelmessige trykkmålinger under negativ trykktest (behov for å sjekke med andre), mangelfull kognitiv- og ferdighetstrening i samhandling i forbindelse med komplekse tekniske systemer og manglende kommunikasjon mellom operatør og borekontraktør under negativ trykktest. Kritiske scenarioer bør spesielt gjennomgås der hvor det er involverte fra flere organisasjoner/ flere steder.

**Anbefaling (f): Kritiske systemer bør sertifiseres eller gjennomgå en systematisk verifikasjon og validering med deltakelse fra brukerne.**
Som en del av rutinene for testing bør systematisk verifikasjon og validering gjennomføres i flere trinn, a) under problemdefinisjon, b) under utforming/design/prototyping for å sikre at systemet har god brukerforankring og løser de viktigste problemene. Deretter bør en grundig systemtest med gjennomgang av et bredt spekter av kritiske operasjoner/situasjoner utføres for å sikre at systemet håndterer uventede hendelser (CRIOP, 2025). Brukertesting under utforming/design er særlig viktig da det har lavere kostnader og kan sikre at riktig tilnærming kommer på plass tidlig. Der Security er et tema må behov for security beskrives i kravspesifikasjonen, og man bør vurdere behovet for «Read Team Testing» dvs at en ekstern gruppe angriper systemet og forsøker å finne hull og svakheter i sikkerheten.

**Anbefaling (g): Alarmfilosofi må være på plass** for kritiske systemer. Alarmfilosofi blir mer viktig i forbindelse med automatisering. Når man automatiserer fjernes mennesket fra detaljstyringen, og kommer inn når noe uventet har skjedd som automatikken ikke håndterer. Alarmfilosofi bør derfor inngå under utformingen av hele systemet og planlegges tidlig, ikke som et problem i etterkant. Manglende og dårlig alarmhåndtering er en gjenganger i gransknings-rapportene. Ofte har alarmene blitt slått av fordi de forstyrrer operatøren, da pga. at det er for mange, eller uforståelige alarmer som ikke er til å stole på. EEMUA 191 angir at man kan håndtere 6 alarmer pr. time, dvs. en alarm pr 10 minutter. Det er et krevende mål, og dette forutsetter innsats fra starten av utviklingen og løpende oppfølging under administrasjon.

**Anbefaling (h) Økt grad av automasjon kan kreve mer støtte fra omgivelser/infrastruktur.** I forbindelse med økt grad av automasjon er det viktig at en dokumenterer operasjonsområdet og forutsetninger for sikker drift, som beskrevet i ODD – (Operational Domain/utforming av operasjonsområdet), hentet fra SAE (2018). Erfaring fra sikker operasjon av automatiserte oppgaver generelt tilsier at operasjonsområdet må være avgrenset og tilrettelagt for at sensorer skal kunne oppdage hindringer, at trafikk fra mennesker begrenses/hindres, og at det må være en form for kontrollsentral, som må være bemannet for å løse problemer. Automatiserte systemer må kunne gå til sikker tilstand ved feil eller avvik.

**Vedlegg F: Workshop og møter med diskusjon av CRIOP**

I det følgende har vi samlet materiale fra 2 workshops og ett møte hvor vi har diskutert oppdatering av CRIOP:

1. Workshop 2023 17/10 i regi av HFC forum hvor vi diskuterte oppdateringer av CRIOP basert på utsendt materiale

2. Workshop (WS) 29. og 30. september 2020 – i regi av et prosjekt om boring og brønn fra Havtil med gjennomgang av automatiserte systemer og menneskelige forhold

3. Møte mellom Safetec og SINTEF 11. november 2019 for å diskutere nødvendige oppdateringer (Enkelte innspill til endringer fikk ikke støtte fra andre brukere, det går mest på fjerning av et fåtall spørsmål som kan gjøre likevel i forbindelse med en CRIOP gjennomgang).

Samlet innspill fra workshop og møter var et sterkt ønske om å øke forståelsen for HF som viktig virkemiddel for sikkerhet, effektivitet og brukervennlighet samtidig som det var positive tilbakemeldinger i forhold til bruk og utvikling av CRIOP.

**F#1: Workshop 2023 17/10 i regi av HFC forum**

Oppsummering fra workshop om Human Factors og CRIO med tema: Human-centred design, CRIOP, autonomi og forsvarlighet i lys av ny teknologi, fra flere arbeidsgrupper

**CRIOPs funksjon og fremtidige rolle-** Spørsmålet er ikke bare hva CRIOP er – men hva det skal være fremover.

- CRIOP bør i større grad benyttes proaktivt – tidlig i designfasen, og med tydelig kobling til menneskets rolle, oppgaver og systemgrenser.
- Det er bred enighet om at CRIOP per i dag ofte brukes for sent i designløpet, da kan bruken av CRIOP miste verdi som styringsverktøy.
- Deltakerne diskuterte om CRIOP primært skal fungere som verifikasjons- og valideringsverktøy, en anbefalt praksis (recommended practice), en prinsippbasert guideline eller en designstøtte – *foreløpig har CRIOP fortsatt som et verifikasjon & valideringsverktøy som inneholder forslag til beste praksis – poenget er at det er behov for detaljerte spesifikke råd (The Devil is in the Details). HFAM var en prinsipp-basert metode som hadde åpne spørsmål – den ble evaluert og fungerte ikke godt, se Aas et al (2009).*

**Konklusjon:**
CRIOP bør videreutvikles som en fleksibel, metode, som bør komme tidlig inn og støtte både designaktiviteter, drift og læring i møte med økt automasjon og AI. Det bør følges opp at CRIOP kommer inn til rett tidspunkt, slik at bruksverdien blir så god som mulig. *CRIOP kan brukes i nye domener som SOC (Security Operations Center), autonome systemer/UAV/MASS (og har vært testet ut for autonome løsninger) og AI-drevne beslutningsverktøy.*

**Systemgrenser og scope – Hva er det vi analyserer?**

- Systemorientert tenkning må erstatte komponentfokus: det er samspillet – og feil i samspillet – som skaper uønskede hendelser.
- For at CRIOP og HF-tilnærminger skal være nyttige, må systemet være tydelig avgrenset: Hva inngår? Hvem har kontroll? Hva er menneskets rolle?
- Kompleksitet i seg selv ble identifisert som en sikkerhetsrisiko – og en viktig del av systemforståelsen.
- Når automasjon øker, flyttes kontroll og myndighet – ofte vekk fra operatøren.

**Konklusjon:**
CRIOP og HF-analyser må alltid innledes med å definere systemets grenser og rollefordeling mellom menneske og teknologi. Dette gjelder særlig i systemer med distribuert kontroll, som AI-baserte beslutningsverktøy, SOC og autonome systemer. Prosjektdefinisjon eller MoC er derfor viktig å gjennomføre.

**Human Factors: Fra støttefag til designprinsipp**

- Deltakerne vektla at HF ikke bare handler om ergonomi, men også om ansvar, mental modell, kommunikasjon, autoritet og situasjonsforståelse (SA).

- Human-centred design må bygges på klare prinsipper (som bør defineres i internasjonale standarder): Systemet skal støtte situasjonsforståelse; Mennesket skal kunne overprøve systemet; Interaksjonen skal være intuitiv og meningsfull
- AI-systemer må designes for muligheter for Human Oversight - *explainability*, *interpretability* og *accountability* – alle med tanke på menneskets mentale modell og operasjonelle forståelse.

**Konklusjon:** Human Factors må inngå i alle prosjektoppstarter og designbeslutninger. Dette krever eksplisitte designprinsipper, og henvisning til internasjonale standarder. Det foreslås å se mot modeller som Endsleys HASO (Human-Autonomy System Oversight) og prinsipper fra HRO (High Reliability Organizations). *(CRIOP har systematisk lagt inn erfaring og læring fra HRO) eller Endsley, & Jones.(2024). Situation awareness oriented design.*

**Menneskets autoritet og ansvar i autonome systemer**

- Læring fra Boeing 737 MAX og Tesla viser at operatørens ansvar må være reelt, meningsfullt og støttet – ikke bare formelt plassert.
- Det var bred enighet om at *menneskelig autoritet* må ivaretas – men at det må presiseres hva slags mennesker, i hvilke roller, og under hvilke betingelser.
- AI-systemer har uforutsigbare egenskaper, og "black box"-beslutninger er uakseptable uten mulighet for overstyring. I praksis: Hvis systemet ikke tillater menneskelig inngripen, eller gjør det upraktisk/usynlig, har man et ansvar uten myndighet.

**Konklusjon:** Regelverk og metodeverk må tydeliggjøre at mennesket skal ha *reell* myndighet og mulighet til å gripe inn – og at dette må testes i praksis. Det må utvikles graderte modeller for menneskets rolle, fra overvåker til beslutningstaker. *(Slike spørsmål er lagt inn i CRIOP metoden)*

**Tillit, transparens og mental modell**

- Brukeren må kunne danne seg en mental modell av hvordan systemet oppfører seg. Dette krever kommunikasjon mellom system og menneske – gjennom intuitive grensesnitt, forklaringer og varsling. Uten forståelse – ingen tillit.
- AI må designes med tanke på *meningsfull samhandling*, ikke bare beslutningsnøyaktighet.
- Datakvalitet og modellusikkerhet må gjøres synlig.

**Konklusjon:** Det må etableres minimumskrav til forklarbarhet og interaksjonsevne i AI og automatiserte systemer, der CRIOP kan bidra til å vurdere om menneskets mentale modell og tillit faktisk kan opprettholdes. *(Slike spørsmål er lagt inn i CRIOP metoden)*

**CRIOP i nye domener – fra borekabin til SOC**

- Tradisjonelt har CRIOP vært brukt mye på kontrollrom og borekabin – men dagens kontrollfunksjoner finnes nå også i SOC, AOC, UAV-operasjoner og digitale tvillinger og skipsbroer. (CRIOP har vært brukt med god erfaring på disse nye områdene.)
- Mange av disse systemene mangler dagens krav til HF-verifikasjon, men bør bruke CRIOP
- Det ble reist spørsmål om hvordan en CRIOP ville sett ut for et SOC – og hva slags prinsipper og scenarier som ville vært relevante. *(Har vært brukt med god erfaring.)*

**Konklusjon: CRIOP bør videreutvikles** ***(*** *og CRIOP har blitt videreutviklet for å kunne brukes i digitale og distribuerte kontrollmiljøer, og har vært benyttet for kontrollsentraler autonome biler og for MASS – autonome skip og på skipsbroer med god erfaring.)*
Anbefalinger og veien videre Overordnede forslag fra workshopen:

- Sikre at CRIOP brukes tidlig i designløpet og kobles til risiko, ansvar og menneskelig myndighet
- Videreutvikle CRIOP til å inkludere prinsipper og veiledning for AI, autonomi og digitale systemer
- Utarbeid et sett med Human Factors-prinsipper for design og evaluering
- Kartlegg og vurder hvordan nye kontrollmiljøer kan verifiseres med HF-metodikk
- Styrk den regulatoriske forankringen av menneskets reelle rolle og systemets transparens

Andre grupper i workshopen diskuterte hvordan CRIOP-metodikken bør videreutvikles for å møte utfordringer knyttet til økende bruk av AI, autonome systemer og komplekse kontrollmiljøer. Gruppen fremhevet CRIOP som en pragmatisk og nyttig metode, men identifiserte forbedringsbehov og utvidelser, særlig relatert til menneske–maskin-interaksjon/HMI, sikkerhet og organisatorisk læring*. (Prinsippene er løftet frem)*

**Systemperspektiv og tidlig fase - Utfordringer og forbedringsbehov i CRIOP-metoden**

- Gruppen anbefaler å benytte verktøy som **ANSI/HFES 400-2021 Human Readiness Level (HRL)** for å vurdere om mennesket er tilstrekkelig forberedt i samspill med ny teknologi.
- HF-spørsmål bør integreres tidlig allerede i konsept- og beslutningsfasen (f.eks. business case), ikke bare i etterfølgende prosjektfasen.
- Human Factors må komme inn så tidlig som mulig, før tekniske rammer låses.
- Et eksplisitt systemperspektiv må etableres: både tekniske komponenter, menneskelige roller og organisatoriske strukturer må inngå.
- Økende kompleksitet bør behandles som en risikofaktor i seg selv. CRIOP bør støtte vurdering av systemets kompleksitetsnivå.
- Scenariodelen er svært verdifull for å analysere samspill og situasjonsforståelse, men oppleves som tidkrevende og krevende å fasilitere.
- Det kan være behov for støtte til å vurdere Human Factors-relaterte funn i form av sannsynlighet og konsekvens – for å muliggjøre prioritering og kost-nytte-vurderinger. *(Safety Critical Task analysis anbefales brukt i den sammenhengen)*
- Gruppen foreslår differensierte CRIOP-versjoner: én for boreoperasjoner med høy grad av autonomi, én for konvensjonelle kontrollrom, og én for spesialiserte fjernstyringsmiljøer som SOC og kranstyring.

**Integrering av Work-As-Done (WAD)**

- Representanter fra faktisk operativ drift må involveres i CRIOP. Observasjoner og intervjuer av operatører i vanlig drift er avgjørende for å fange opp praksis, snarveier og samspill.
- Spørsmål knyttet til fysisk layout, samarbeid og informasjonsflyt må speile faktisk praksis.
- Historiske hendelser bør gjennomgås for å identifisere avvik mellom *Work-As-Imagined* og *Work-As-Done* – spesielt ved nødsituasjoner.

- Det bør etableres mekanismer for å bringe innsikt fra praksis tilbake til design, trening og engineeringbeslutninger.

**CRIOP og AI – utvidelse av tema og sjekkpunkter - Human–Automation Interaction:**

- Det må vurderes hvordan operatører tolker og stoler på AI-systemets anbefalinger, varsler og kontrollhandlinger.
- UI og kommunikasjon må støtte mental modell, klar rolleforståelse, overstyringsmuligheter og prediktiv forståelse av systemets neste handling.
- Datakvalitet, modellendringer og usikkerhet må gjøres synlig for mennesket.
- Trening og prosedyrer må oppdateres når AI-systemer endres. Det må finnes mekanismer for læring etter hendelser med AI.
- Vedlikehold må inkludere overvåkning av modellendringer, driftsavvik og «model drift» over tid.
- Systemets ytelse må testes i både simulerte og virkelige scenarioer – herunder nødavstengning, blackout og tap av kommunikasjon.

**Scenarier og tilstandsovervåking:**

- CRIOP-scenarier bør utvides med situasjoner som:
  - AI-feiltolkning; Tidsforsinket data; Kontrolltap under nød; Adaptive systemer som endrer atferd
- Vurdering av *explainability*, *trust*, *awareness*, og *automation hand-over* må inkluderes.
- Det foreslås å hente inn tankegods fra STPA for å analysere kontrollhandlinger i menneske–AI-systemet:
  - For tidlig/sent, for svak/for sterk kontroll, eller fravær av nødvendig handling.
  - Dette gjelder både for maskinelle og menneskelige kontrollsløyfer.

**Oppsummering fra gruppen:** CRIOP må videreutvikles for å møte fremtidens teknologibilde – særlig økende autonomi, kompleksitet og hybride beslutningsmodeller. Dette krever nye prinsipper, oppdaterte scenarier, og integrering av praksisnær innsikt (Work-As-Done). AI-relaterte forhold må behandles eksplisitt, både teknisk, organisatorisk og menneskelig.

**F#2:Workshop (WS) – automatiserte systemer og menneskelige forhold**
Vi avholdt WS med 20 deltakere fra Ptil, SINTEF og bransjen den 29. og 30. september 2020, for å validere og diskutere funn (fra rapporten – spesielt litteraturgjennomgang, intervju og granskinger) og diskutere relevansen av tiltak. Via workshopen ønsket vi både å identifisere felles holdninger og bygge økt forståelse for funn. Dessuten ønsket vi å identifisere forslag til tiltak som aktørene var enige om, og hvor funnene kan gjennomføres (dvs. en realitets-sjekk av at det er mulig.)

Vi har i det følgende beskrevet funn og tiltak knyttet til områdene som ble diskutert de to dagene:
Dag 1: **Menneskelige faktorer i forbindelse med utvikling** på fire områder: Balanse mellom teknologifokus og menneskelige faktorer; Bruk av standarder som ivaretar menneskelige faktorer; Fragmentert struktur på utvikling; Oppdatert regelverk.
Dag 2: **Menneskelig faktorer under granskinger** på fire områder: Bredde i granskning; Designvurderinger i granskning; Vellykkede hendelser; Nesten-hendelser.

**F2.1 Menneskelige faktorer i forbindelse med utvikling/design**
Tabell F.1 lister tema og identifiserte utfordringer fra gruppearbeidet.

**Tabell F.1: Oversikt over gruppetema og hovedutfordringer i forbindelse med design**

| Gruppetema | Hovedutfordringer |
|---|---|
| 1 Balanse mellom teknologifokus og menneskelige faktorer | • Kostnadsreduksjoner vanskeliggjør inkludering av HF i utvikling<br>• Manglende kompetanse på HF hos flere aktører |
| 2 Bruk av standarder som ivaretar menneskelige faktorer | • Behov for bedre balanse mellom teknologi og kunnskap om HF<br>• Bruk av anerkjente metoder og standarder som ISO 9241:210; |
| 3 Fragmentert struktur på utvikling | • Manglende bestiller-kompetanse på HF<br>• Tydelighet på målene som skal drive utviklingen – er det ren teknologi eller brukerinvolvering |
| 4 Oppdatert regelverk | • Har man gode nok HF standarder for å støtte regelverket<br>• Behov for å vise til gode designprinsipper<br>• Nytt og fragmentert aktørbilde med mange underleverandører uten dyp innsikt i regelverket |

I det følgende presenterer vi hovedutfordringene og forslag til tiltak som ble identifisert i gruppearbeidet.

**Balanse mellom teknologifokus og menneskelige faktorer**
Tema for denne gruppediskusjonen var hvorfor det kan oppstå et overfokus på teknologi i forhold til menneskelige faktorer i utviklingsprosjekter og hvordan man kan oppnå bedre balanse mellom de to faktorene.
**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Det er viktig at aktører i alle ledd, operatører, utviklere, brukere og myndigheter legger til rette for inkludering av menneskelige faktorer, og for at dette skal kunne iverksettes er det behov for økt forståelse og kompetanse. Myndigheter og andre ansvarlige, som bransjeorganisasjoner, bør øke oppmerksomheten på menneskelige faktorer i utvikling av autonome systemer, for eksempel gjennom allerede eksisterende samlingsarenaer som konferanser og diskusjonsmøter som arrangeres av disse .
- Menneskelige faktorer bør inkluderes i granskninger av hendelser, både hos myndigheter og selskapsinternt. Operatører kan i kontrakter tydeliggjøre ansvaret hos alle parter for både tidlig og kontinuerlig inkludering av menneskelige faktorer i utviklingsprosjekter.

**Bruk av standarder som ivaretar menneskelige faktorer**

Oppgaven for gruppen var å diskutere bruk av standarder som ivaretar menneskelige faktorer, bl.a. å diskutere hva som anses som beste praksis, hvilke metoder og standarder brukes i praksis, og om det er god nok kompetanse knyttet til bruken. Metode og standarder som var nevnt innledningsvis var CRIOP, standarder for «Design Thinking», ISO 9241:210, ISO 11064, IEA/ILO (2020) og alarmfilosofier (YA-710, EEMUA 191).

**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Manglende HF Kompetanse bør forbedres, dvs. behov for å øke kompetansen om Human Factors innen petroleumssektoren .
- Teknologifokus som må balanseres med brukersentrert design (spesielt for sikkerhetskritiske oppgaver og håndtering av avvik).
- Manglende bruk av HF standarder, (god praksis som ISO 9241:210 må spesifiseres.).

**Fragmentert struktur på utvikling**

I denne gruppen ble det diskutert kompleksiteten i aktørbildet og systemer involvert i utviklingsprosjekter med ny teknologi.

**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Det er viktig å gjøre noe med den manglende bestiller-kompetanse på HF, og sørge for økt tydelighet på målene som skal drive utviklingen, slik at om brukerne blir påvirket/er en del av bildet så må HMS (inkludert HF) bli en del av prosjektet .

**Oppdatert regelverk og tilsyn**

I gruppa ble det diskutert ulike problemstillinger knyttet til eventuelt behov for oppdatering av regelverk samt endring av fremtidig tilsynspraksis.

**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Har man gode nok HF-standarder tilgjengelig for å støtte regelverk? Tiltak handler om å identifisere gode HF standarder og få de inn i veiledning (normative referanser som sådan)
- MF tilnærming er ofte i konkurranse med andre faktorer når det gjelder hva som vektlegges internt i Ptil**,** tiltak kan for eksempel være å lære av flyindustrien hva gjelder godkjenningsprosesser og betydningen og verdien av å fokusere på HFF.
- Nye aktører som kommer inn på norsk sokkel har ikke nødvendigvis like mye innsikt som tradisjonelle operatører – herunder mange aktører i komplekse system**,** tiltak vil kunne være å opprette arena på tvers av aktører herunder dialog (med for eksempel

systemutviklere) for å sikre lik forståelse også mellom alle aktørene man fører tilsyn med og Ptil, for slik å ivareta at man snakker samme språk.

- **Menneskelig faktorer under granskinger**

Tabell F.2 lister tema og identifiserte utfordringer fra gruppearbeidet.

**F.2: Oversikt over gruppetema og hovedutfordringer under gransking**

| Gruppetema | Hovedutfordringer |
|---|---|
| 1 Bredde i granskning | • Det er for liten bredde i granskningsteam, særlig med tanke på HF kompetanse [<br>• Økende grad av automatisering øker behovet for HF kurs både generelt og i granskinger . |
| 2 Design vurderinger i granskning | • Design blir sjelden vurdert i forbindelse med granskinger, men kan gi verdifull innsikt i rot-årsaker til uønskede hendelser. |
| 3 Læring av vellykkede faktorer | • Det er for lite oppmerksomhet på å dele erfaring fra vellykkede utviklingsprosesser. |
| 4 Nesten-hendelser | • Nesten-hendelser fanges ikke i god nok grad opp hverken hos myndigheter eller selskaper. |

**Bredde i granskning**

Temaet for denne gruppen var å reflektere rundt bredde i granskningene mht. å avdekke de vesentligste bakenforliggende årsakene til hendelsen, og at granskningene bidrar til tilstrekkelig læring og de riktige tiltakene. Med bredde i granskning tenkes her at en skal kunne legge til rette for å ivareta alle MTO-forhold med systemet i granskningen (fra designfasen til og med driftsfasen). Da må det vektlegges riktig kompetanse (bredde) i granskningsteamet (inkludere HF), og en hensiktsmessig bruk av metoder og organisering av arbeidet.

**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Det å ha granskningsteam med tilstrekkelig bredde i kompetansen ble fremhevet som en hovedutfordring. Det er viktig å sørge for at HF kompetansen er med i granskinger fra starten (så kan HF evt. få en mindre rolle i etterkant),
- En hovedutfordring er at en økende grad av automatisering på mange områder, som f.eks. innen boring og brønn, også medfører behov for kompetanseheving innen HF. Det er derfor viktig å ha relevante HF kurs både generelt og fokusert på granskinger.

**Designvurderinger i granskning**

Oppgaven for gruppen var å diskutere om design ble vurdert i forbindelse med granskninger, inkludert; hvordan blir utforming/design evaluert i forbindelse med granskingene? hvilken del av designet bør evalueres og hvordan kan bruk av (design) metoder og standarder evalueres i granskning? I forbindelse med oppgaven var det presisert at man i granskingen ønsket både å se på om design-prosessen var basert på god praksis og likeledes om de bakenforliggende årsaker skyldtes svakheter med designet. I det følgende har vi gått gjennom hvert tema, med en oppsummering av forslag til tiltak.

**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- En viktig konklusjon var et det er relevant å gå tilbake og sjekke designet i forbindelse med granskinger, dårlig design er relevant for å forstå menneskelige feilhandlinger.
- Metodikk fra havarikommisjonen er relevant å benytte i granskinger og spesielt er SA viktig. Granskingene fokuserer som regel mest på tekniske forhold, så viktig å se om teknikken har vært designet for å understøtte oppgaver som tilfaller menneskene. Bransjen bør få større opptatthet av hva aktørene opplevde, deres forståelse, og støtten fra hele MTO systemet.
- Petroleumssektoren bør kunne referere til gode eksempler på granskinger som tar med seg vurdering av design og av situasjonsforståelse (SA) f.eks. Havarikommisjonens rapport om Helge Ingstad og Deepwater Horizon granskingen fra CSB, med fagseminarer om disse granskingene.

**Læring av vellykkede faktorer**
I denne gruppen ble det diskutert det at sikkerhetstenkning tradisjonelt har vært opptatt hva som har gått galt ("Safety I") i stedet for hva som har vært vellykket ("Safety II").
**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Det bør være økt prioritering på å dele erfaring fra vellykkede utviklings*prosesser* (om det er vanskelig å dele erfaringer om *produkter* som er utviklet) dvs etablere forum som "*Sharing to be better*".
- Det er viktig å ha klare ansvarsforhold - f.eks. bare én leverandør å forholde seg til.

**Nesten-hendelser**
Tema for denne gruppediskusjonen var nesten-hendelser i autonome systemer og hvordan disse kan fanges opp og rapporteres for forbedret læring.
**Hovedutfordringer og forslag til tiltak**

- Nesten-hendelser fanges ikke i god nok grad opp hverken hos myndigheter eller selskaper og myndighetene og næringen bør i samarbeid sette krav til hvilke data som skal logges for kritiske automatiserte systemer og som kan gi informasjon om kritiske hendelser.

**F2.2 Oppsummering av viktigste funn og tiltak fra WS**
Workshopen var en arena for å diskutere de forskjellige problemstillingene som ble prioriterte. De viktigste funnene og forslag til tiltak:

- **Manglende HF Kompetanse bør forbedres,** dvs. behov for å øke kompetansen om HF innen petroleumssektoren både blant aktørene som operatører, de som bestiller, ledelsen, tilsyn og konsulenter/leverandører. Dette kan skje via opplæring basert på forskningsbasert kunnskap innen HF/MF eller bruk av eksperter. Samtidig trengs det oppdatering av HF prinsipper/metoder i regelverket. Behov for økt oppmerksomhet av HF gjelder fra tidligfase til granskinger. Dette gjelder spesielt ved økt grad av automatisering av sikkerhetskritiske operasjoner, hvor teknologien må tilpasses menneskets muligheter og begrensninger.
- **Teknologifokus som må balanseres med oppmerksomhet på brukersentrert design (spesielt i sikkerhetskritiske oppgaver, HMI, og håndtering av avvik**); det er høy drivkraft fra teknologien som må oppveies med oppmerksomhet på brukersentrert design, slik at en må tilpasse

systemene til brukerbehovene så tidlig som mulig, og sørge for at sikkerhetskritiske funksjoner og avvik kan håndteres av brukerne via grundige HF analyser.

- **Manglende bruk av HF standarder,**. HF-standarder blir mer viktig når man automatiserer mer og for mer komplekse systemer som en operatør må håndtere når automatikken svikter. Det er mange forskjellige standarder og praksiser, men det er viktig at man definerer et sett av grunnleggende standarder som kan fungere som en grunnmur i bransjen. Det er derfor viktig at man fortsatt referer til ISO 11064, og refererer mer til etablerte standarder som ISO 9241:210. De bør nevnes i regelverket/veiledninger og følges opp i petroleumssektoren. Oppfølgingen kan skje i flere arenaer mellom aktører med f.eks. utviklere hvor det er viktig å sikre lik forståelse mellom tilsyn og aktører. Verifikasjon og validering av løsninger basert på god praksis bør fortsette, med HF eksperter involvert.
- **Ulykkes-granskinger har for sterkt teknologifokus, og bør dekke HF/menneskets opplevelse** og rolle i tillegg til organisatoriske forhold. Alle ulykkes-granskinger bør ha med HF eksperter som en del av granskingen fra starten, involvering kan eventuelt revurderes etter en evaluering. Granskingene bør beskrive hvordan menneskene opplevde situasjonen, f.eks. med støtte i taksonomi fra «sensemaking» eller «Situational Awareness». For å illustrere beste praksis kan industri og tilsyn velge ut noen gode granskingsrapporter som kan representere beste praksis og som dokumenterer metoder som ble benyttet. I denne sammenhengen kan Havarikommisjonens rapport fra Helge Ingstad i 2019 brukes som et eksempel eller CSB rapporten fra Deepwater Horizon (US-CSB, 2016).
- **Granskinger vurderer sjeldent design, men bør vurdere formålstjenligheten av designet**. Uhensiktsmessig design kan være rotårsakene til mange av ulykkene, men vurderes sjelden i granskninger. Det foreslås derfor at design alltid vurderes. Dessuten bør vellykket design i forbindelse med vellykkede barrierer/funksjoner trekkes frem oftere.
- **Nesten-hendelser bør i større grad fanges opp og analyseres.** Det er i dag ingen definerte krav til hva som bør logges for sikkerhetshendelser som involverer automatiserte systemer i olje og gassbransjen, og hvordan slike data eventuelt skal håndteres i forbindelse med rapportering og læring. Myndighetene og næringen bør i samarbeid sette krav til hvilke data som skal logges for sikkerhetskritiske automatiserte systemer og som kan gi informasjon om sikkerhetskritiske hendelser.
- **Læring av vellykkede faktorer**. Det kan være mer prioritering av erfaringsdeling av vellykkede prosjekter, særlig på gode arbeidsprosesser. Det eksisterer flere samarbeidsforum og nettverk som kan brukes for å dele læring

**F#3: Møte mellom Safetec og SINTEF 11. november 2019 for å diskutere nødvendige** oppdateringer

**Bakgrunn**
I de siste årene har regelverk og standarder som er styrende og veiledende for design av kontrollrom og kontrollkabiner systematisk blitt oppgradert. I denne forbindelse er det behov for oppdatering av CRIOP metoden da sjekklistene i metoden i flere punkter henviser til utgåtte krav og standarder. NORSOK S-002 arbeidsmiljø ble oppdatert i 2018, og erfares nå å ikke være like preskriptiv og klar på retningslinjer for HF analyser. CRIOP kan ved en oppdatering derfor benyttes som et godt hjelpemiddel for å sikre at HF krav og retningslinjer er overholdt. Det er også et behov for å oppdatere CRIOP for å sikre samsvar med utvikling innenfor fagområdet Human Factors, samt i teknologi og industrien generelt. En oppdatering vil også ha til hensikt å gjøre metoden mer brukervennlig.

På bakgrunn av dette ble det avholdt et møte mellom Sintef og Safetec for å avklare hva som er ønskelig omfang av en oppgradering, herunder også endringer i metoden. Videre ble det diskutert hva som behøves av midler, personer som bør være involvert og estimert bruk av timer for denne oppgraderingen. Dette dokumentet beskriver dette i det følgende.

**Omfang og avgrensninger** Dette dokumentet inneholder en beskrivelse av Sintefs og Safetecs ønskede oppgradering og endring av CRIOP metoden.

**Erfaringsutveksling på tvers av aktørene** Det kan være mulig at operatører og brukere av metoden har dels ulike fokusområder og føringer knyttet til hvordan CRIOP anvendes. Når de ulike aktørene kommer sammen vil dette medføre at man kan dra nytte av hverandres styrker og erfaringer.

**Arena for å enes om felles industripraksis** Da NORSOK S-002 er blitt mindre preskriptiv, og beslutning om hvilke HF analyser som må gjennomføres i større grad må begrunnes og besluttes hos ulike aktører, er det nyttig å samle aktører for å enes om felles industripraksis. CRIOP kan benyttes som et felles verktøy for å sikre at operatørenes selskapsspesifikke vurderinger bygger på samme grunnlag.

**Mulighet til å påvirke CRIOP metoden** Det vil være fordelaktig at så mange aktører som mulig deltar i arbeider med å oppdatere CRIOP, slik at størst mulig spekter av problemstillinger reflekteres, samt at flest mulig av aktørene står samlet bak oppdateringen.
Planen er å gjennomføre oppdateringen i løpet av 2020, og publisere en ny oppdatert i slutten av 2020.
Arbeidet med å bli omforent om oppdateringen samt utvikling er foreslått å utføres som arbeidsmøter med gruppediskusjon. Arbeidsmøtene vil ha varierende deltakelse fra arbeidsgruppen og referansegruppen basert på tema. Det kan for eksempel være møter der noen enkelte går igjennom forslag, mens noen andre der enkelte gjennom spesifikke sjekklister. Dette gjør at det blir en grunnleggende struktur ved at det blir gjennomarbeidet. Felles for alle arbeidsmøtene er at Sintef og Safetec vil delta som prosjektledere.

CRIOP bør i tillegg være et tema på HFC Forum våren 2020, slik at innspill fra eksterne og andre personer belyses. Det kan også være hensiktsmessig å få inn nye ressurser på prosjektet, da det ikke nødvendigvis kun trenger å være behov for midler, men også arbeidskraft.

## Vedlegg a: Forslag/grunnlag for oppgradering av CRIOP

I møtet 11.11.19 mellom Sintef og Safetec ble det foreslått eventuelle tiltak med hensikt å forbedre CRIOP metoden. Disse vil bli gjennomgått i et senere oppstartsmøte. Forslagene er presentert i kapitlene under.

### Sammenheng og struktur

En alternativ struktur ble diskutert i møtet og vil videre bli vurdert av arbeidsgruppen. Poenget med å endre på rekkefølgen er basert på designprinsippet der overordnet beskrivelse kommer først og detaljer kommer senere. Følgende struktur ble foreslått;

0. Background
1. Job Organisation
2. Procedures and Work description
3. Control and Safety systems
4. Layout
5. Working Environment
6. Training

Strukturen må reflektere de endringene som gjøres i sjekklistene, og tilpasses deretter.
Sjekklistene må oppdateres med oppdaterte standarder og regelverk.
Videre beskrives strukturen mer detaljert og endringer i sjekklister.

### Beskrivelse av kick-off møte for oppstart av en CRIOP analyse

Et Kick-Off vil være en retningslinje for hva hovedfokus og formålet med CRIOP analysen er. Dette bør beskrives bedre i metode-delen av CRIOP (før sjekklistene).
En beskrivelse av hva et oppstartsmøte bør inneholde vil også kunne brukes dersom det er usikkerhet rundt omfang av analysen. Beskrivelsen av oppstart vil dermed kunne være en veiviser om det er klare og tydelige mål, men også om det er usikkerhet rundt omfang. Oppstartsmøte bør være basert på følgende aktiviteter:

1. Omfang
2. Nøkkelområder
3. ”Status of prior analyses” – hva finnes av analyser?
4. Identifisere nøkkelspørsmål; hva er det vi skal fokusere på?
5. Identifisere scenarier
6. Hva er relevant dokumentasjon?
7. Diskutere tidsplan, deltakelse og andre praktiske gjøremål
8. Avslutte med en oppsummering der det kan stilles åpne spørsmål

Det bør også være et avsnitt i CRIOP knyttet til delaktig prioritering i oppstartsmøte. Et eksempel på dette kan være at hvert gruppemedlem skriver ned punkter på lapper i plenum, slik at man kommer til enighet om hva som er fokus for prosjektet.

### 0. Sjekkliste – Background

Det bør vurderes å lage en bedre beskrivelse av oppstarten på CRIOP, beskrevet som «Sjekkliste 0 – Bakgrunn». Generiske prinsipper bør komme først for å sette omfang. For eksempel vil ikke oppgaveanalyse for HMI, prosedyrer, etc være det samme. Det er viktig at premiss for CRIOP kommer tidlig da dette vil variere (brownfield, greenfield etc.).
I sjekkliste 0 bør det være et spørsmål relatert til hvor systematisk sluttbrukerne er involvert fra start.
Integrerte operasjoner bør være en del av sjekkliste 0

**Sjekkliste Job Organisation**

Det bør vurderes å flytte Sjekkliste 4 (Job Organisation) før Sjekkliste 1 (Layout). Argument for dette er at Layout er en konsekvens av organisering i tillegg til at organisering er underlagsarbeid for å kunne lage gode prosedyrer, definert av hvordan prosedyrene skal fungere. Et eksempel på dette er at om det er en forventning om at et stort anlegg skal føres av to personer, vil dette legge føringer på designet videre.
Under Sjekklisten Job organisation bør også nummerering ryddes opp i.

1. Spørsmål J.1.2 bør vurderes nærmere.
2. Flere spørsmål som må implementeres?
3. Det bør vurderes om sjekkliste 0 og Sjekklisten «Job Organization» skal kombineres i én felles sjekkliste.

**Sjekkliste Prosedyrer og arbeidsbeskrivelse**

Det bør være en tidlig sjekkliste som spør om forutsetninger for drift og design. Dette gjelder blant annet spørsmål om operasjonsfilosofi.
Prosedyrer skal være laget basert på oppgaveanalyse, slik at det er gjort en grundig jobb på forhånd, men prosedyrer må baseres på andre gode prosedyrer, og følgelig bør det være referanse til gode lærerbøker etc. som beskriver slike prosedyrer. I tillegg bør det beskrives eksempler på gode prosedyrer, og hva slags prosedyrer det bør gjøres en spot check på.
Prosedyrer lages ikke før man lager kontrolldesignet, så logisk i henhold til ISO 1106 bør ikke sjekklisten om prosedyrer være foran, men prosedyrer over hva som generelt bør gjøres tidlig. En generell prosedyre som bør presenteres i en tidlig sjekkliste er for eksempel at oppgaveanalyse må gjøres før en beskrivelse av layout.

**Sjekkliste Control and Safety systems**

Under sjekkliste 3 er det behov for en gjennomgang av hvilke spørsmål som kan vurderes fjernet og eventuelt andre spørsmål som bør implementeres. I møtet ble følgende endringer diskutert;

1. Bør vurderes å kutte ut spørsmål C.2.
2. Spørsmål om skjermbilder oppdateres bør være med
3. Det bør være fler spørsmål på HMI. Dette gjelder for eksempel om hvordan operatører skal respondere på HMI, og hvilke trender som kommer opp før alarmbildet vises.
4. Bør være spørsmål knyttet til CCTV og storskjerm og kommunikasjonsmidler.
5. Referanse til mimikk må fjernes fra spørsmålene som fremdeles har dette.
6. Bør være spørsmål knyttet til alarmfilosofi og alarmspesifikasjon.

**Sjekkliste Layout**

1. Det bør vurderes å ha et eget spørsmål knyttet til analyseverktøy.

2. Spørsmål om oppgaveanalyse er gjennomført for alle formene der dette er relevant. Dette kan blant annet være i forbindelse med layout, control systems etc.
3. Det bør være en huskeliste dersom oppgaveanalyse ikke er gjennomført.
4. Flere av spørsmålene under Layout oppleves som gjentakende, og det bør vurderes å fjerne enkelte spørsmål.

**Sjekkliste Working Environment (WE***) (NB: Forslagene har ikke fått bred støtte, men bør vurderes for effektuering senere)*

1. Bør håndteres i WEHRA (Working Environment Health Risk Assessment) eller andre arbeidsmiljøstudier, og ikke i CRIOP. Likevel er det hensiktsmessig at en funksjonell vurdering fortsetter å være med i CRIOP. Dette må videre diskuteres.
2. Ikke nødvendigvis fjerne Sjekkliste 2 (WE), men konkretisere hva som er relevant for sikkert drift/god HMS.
3. W 2.1 bør endres
4. W 2.4 (statisk elektrisitet) bør fjernes
5. Spørsmål om farger kan stå, men spørsmål knyttet til refleksjoner bør med
6. W 3.4 Air Inntak kan fjernes
7. W 3.7 Air ventilation kan fjernes
8. W. 5.1.1 kan fjernes men er et krav.
9. Vurdere overordnede spørsmål knyttet til Working Environment. Spørsmål relatert til yrkeshygieniker bør gå under et overordnet spørsmål som for eksempel «Er arbeidsmiljøfaktorene i kontrollerommet fulgt opp av en ekspert?». Må gjøres videre vurdering av hvilke spørsmål under WE som er tilknyttet yrkeshygieniker og hvilke som er tilknyttet HF.

**Sjekkliste Training and Competence**

1. Rekkefølgen må spørsmålene i sjekklisten må vurderes
2. Innholdet i spørsmål om CRM er Ok, men selve spørsmålet bør omformuleres. Har man evaluert ulike former av trening og hvilke som egner seg best for dette? CRM er et fremmed begrep.
3. Stressmestringsdel er manglende i sjekklisten.
4. Bør vurderes ha med spørsmål om stressmestring i sammenheng med kommunikasjon.

**Sjekkliste E-Operations**

1. Spørsmål om «i hvilken grad ser du for deg å drifte dette fra andre steder» bør plasseres lenger opp.
2. Noen av spørsmålene bør være i Control and Safety systems, da det ikke regnes som e-Operations lenger, men er en del av vanlig drift.
3. Spørsmål knyttet til drifts-filosofi bør implementeres.
4. Bør ha med spørsmål om det er gjort god endringsledelse i forbindelse med nye operasjoner
5. Spørsmål som må spesifisere hva slags form for fjernstyring.

Det bør vurderes om heller sjekkliste 7 skal fjernes og plasseres utover de andre sjekklistene, da flere av spørsmålene ikke regnes som e-operations lenger, men er en del av vanlig drift. Det kan

videre argumenteres for at sjekklisten bør fortsette å være egen del. Noe er relevant dersom for eksempel drift legges om eller det er nytt kontrollrom. Enkle ubemannede kontrollsentre er den ene ytterkaten, mens den andre er total fjerndrift (som for eksempel Njord). Dette vil også være annerledes for brownfields, der det er en del tekniske begrensinger.
I møtet kom man frem til at vurdering av behovet for en egen sjekkliste med e-operations bør gjøres etter opprydding av de andre sjekklistene.

**Scenariogjennomgang**
Dette avsnittet presenterer forslag til endringer knyttet til Del 2 av CRIOP.

1. Først bør beskrivelsen av scenariokapittelet vurderes da dette oppleves å bli lite brukt
2. Foredle beskrivelsen og gjøre mer brukervennlig. Et forslag er å lage en «quick reference handbook» der hovedpoenger får frem beskrivelse av metoden. Dette vil forenkle arbeidet da en ekspertbruker ikke nødvendigvis trenger å lese gjennom hele beskrivelsen, men en enkelt beskrivelse der det er lett å finne frem til det man er ute etter.
3. STEP fungerer bra som det er i dag.
4. SMoC – delte meninger om nytten av denne. Bør vurderes å fjernes.
5. Det bør være nye scenarioer i eksemplene som er mer relevante og dagsaktuelle
    a. Fjerndrift
    b. Sikring, to former for sikring kan vurderes, deriblant cybersikkerhet.
6. Operasjonelle barrierer. Fjerndrift sikring. Finnes det andre scenarioer som dukker opp ofte der du har operasjonelle barrierer?

**Behovet for shipping**

1. Det bør vurderes om shipping skal ha et eget avsnitt, der det står spesifikt om formål knyttet til shipping. Dette gjelder blant annet brodesign, gode prosedyrer knyttet til VTS etc.
2. Det trenger ikke være mer enn et par sider over hva som er viktig for shipping.
3. Alternativt avvente med dette og vurdere om det skal brukes midler egne sjekklister spesifisert for hver bransje senere.

**Vedlegg G: Grov oversikt over arbeidsplanen for MAS prosjektet med noen momenter**

| # | Aktiviteter | Status på prosjektet |
|---|---|---|
| 1 | Learning from accidents and incidents in automated and remote operated systems. | Erfaringsrapporter og «paper» indikerer at fjernstyring har fungert bra, poengtert behovet for god HMI og god kvalitet på alarmer.<br>**viktigste momenter tas med inn i CRIOP** |
| 2 | Review of safety challenges and practices of design of safety critical control systems | ESREL paper basert på intervjurunde 14 aktører, ble brukt som basis for oppdatering av sjekklistene. To hovedtema: **«Utfordringer i design» og «Design i praksis».** Viktige tiltak – Prosjektdefinisjon/ problemavklaring hvor menneskelig muligheter samkjøres med teknologien, HF eksperter involveres fra start, helhetlig definisjon av omfang av prosjektet er viktig slik at brukerdesignet kan ivareta sikkerhet av helheten og Brukersentrert utvikling.<br>**viktigste momenter tas med inn i CRIOP** |
| 3 | Review of successful design, implementation and operation of automation and remote control, including successful recoveries. | Avsluttet med paper ett er under review Safety Science; ett paper til ESREL 2024.<br><br>**Sentrale funn fra artiklene som er presentert**<br><br>**Challenges and emerging practices in design of automation**<br>(Følg opp at teknologi-innføring blir brukerdrevet og at det blir en eksplisitt prosjektdefinisjon med avklaringer og analyser; at design håndterer det uventede og sammenbrudd fra automasjonen; Reduser kompleksitet i brukernes kontrollspenn/ i.e. holistiske systemer og forenkling; Brukerinvolvering fra starten; Iterativ brukerutvikling)<br><br>**Human Factors and safety in automated and remote operations in oil and gas: A review**<br>**(**50-60% av hendelser skyldes dårlig design; God situasjonsforståelse er kritisk på tvers av organisasjoner; Automasjon av sikkerhetskritiske funksjoner må legge til rette for menneskelig inngripen ved feil; Adaptable automasjon kan bidra til bedre sikkerhet; Design av Alarmer må følges opp bedre – |

| | | |
|---|---|---|
| | | dårlige alarmer belaster brukerne; HF er ikke alltid med fra starten; Fjernstyring og automasjon kan lede til kjedsomhet og krever mer DFU trening)<br><br>**The Effectiveness Of Adaptive Automation In Human-Technology Interaction**<br>**(**adaptive automation could potentially improve performance depending on the specific context and design boundaries)<br><br>**A Guide for Identifying Human Factors in Accident Investigations** (Et nøkkelpunkt er prioritering av DSA–Distribuert situasjonsforståelse, "most if not all, accidents and near misses are caused, at least in part, by the failure to communicate information between agents and tasks.")<br>**Challenges and Opportunities of Implementing the Operators' Perspective: Experiences from Automated Drilling Projects** (Et nøkkelpunkt er å vurdere gapet mellom "Work as Imagined" Work as Done" under design/ implementering – dette betyr bl.a. "understand the actual context of the work-to-be-done, including users in describing work-as-imagined, using repeated incremental steps including testing and then monitoring a potential gap between work-as-done and work-as-imagined ) |
| 4 | Compile and analyse current practices, systematization and structuring of design standards, guidelines and regulation related to automation, and remote operations. | Ser på relevant standarder og regelverk (EU) knyttet til "Human Centered Design" og hvordan TU Delft bruker begrepet, samt diskutere nivå på begreper som brukes knyttet til Human Control. Ser på bruk av begrepet Trustworthiness, og bruk av Industry 5.0. (F.eks. diskusjon av maskindirektivet og AI med arbeidstilsynet, dette er mer løpende dialog).<br><br>Kurs om AI/ bruk av ChatGPT – samarbeider med Digital Norway – se https://digitalnorway.com/tema/kunstig-intelligens/<br><br>Forsøker å bli involvert i prosjekter knytte til bruk av AI og hvor HF diskuteres. Dessuten beskrivelse av meningsfull menneskelig kontroll (MMK). Vi vil også forsøke å systematisere erfaringer knyttet til datamodeller for AI, og erfaring fra Human Centered AI prosjekter, hvordan AI modeller utvikler seg og korrigeres ut fra et livsløps-perspektiv. Vi ønsker også å se på erfaringer knyttet til skjevhet i modeller (dvs bias). Prinsipper som HCAI (Human-Centered AI) vil bli gjennomgått, se bl.a. *Ben Shneiderman (2020) Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy, International Journal of Human–Computer Interaction, 36:6, 495-504*, Prometheus prinsippene |

| | | |
|---|---|---|
| | | som skisseres i artikkelen or referansene til M.Endsley er i tråd med intensjonene for MAS.<br>Noen flere relevante artikler og standarder:<br>• *Cummings, M. L. (2024). A Taxonomy for AI Hazard Analysis. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 15553434231224096.*<br>• *Cummings, M. L., Wheeler, B., & Kliem, J. A Root Cause Analysis of a Self-Driving Car Dragging a Pedestrian.*<br>• *USA – Safe Secure and Trustworthy AI: https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet-president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/*<br>• *Guidelines-for-secure-AI-system-development - published by the UK National Cyber Security Centre (NCSC), the US Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) and more Introducing our new machine learning security principles.pdf (NCSC)*<br>• *Weidinger, Laura, et al. "Taxonomy of risks posed by language models." Proceedings of the 2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. 2022.*<br>• *GUIDANCE ON HUMAN FACTORS SAFETY CRITICAL TASK ANALYSIS,* Second edition, January 2020 – Energy Institute<br><br>Ut fra erfaring med autonome skip har vi vurdert bruk av HRL i kombinasjon med CRIOP og har skrevet en artikkel som presenteres i AHFE desember 2024- "*Use of ANSI/HFES Human Readiness Level to ensure safety in automation*"<br><br>Vi har løpende dialog i forhold til arbeid med standardisering og bruk av standarder.<br><br>Vi vil referere til PRoIND: «Proaktive indikatorer forpsykososialt og organisatorisk arbeidsmiljø - en veileder for bruk av indikatorer i forbedringsarbeidet» - Ranveig Kviseth Tinmannsvik og Sylvi Thun (2023)<br>(Paper om fjernstyring laget og godkjent av ESREL 2024)<br><br>(Har notert AI initiativ fra USA publisert 30/10: https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet-president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/<br>Har kontakt/dialog med AI initiativ ved NTNU/SINTEF: |

| | | |
|---|---|---|
| | | • Norwegian Open AI Lab - NTNU<br>• Norwegian Research Center for AI Innovation (NorwAI) - NTNU<br><br>Har notert innspill fra Riksrevisjonen i Dokument 3:9 (2022–2023) «Sjøfartsdirektoratets arbeid med å fremme gode arbeids- og levevilkår til sjøs»- hvor det sies – «Antall ulykker til sjøs har økt. Menneskelige faktorer blir rapportert som direkte årsak til mange av ulykkene med næringsfartøy. Vår undersøkelse viser at Sjøfartsdirektoratets tilsyn ikke er godt nok tilpasset for å avdekke dårlige arbeids- og levevilkår.» |
| 5 | Assess practice in use of CRIOP, and improve the CRIOP method | -Oppsummerer erfaring fra CRIOP Workshop HFC 17/10 2023; inn i rapport, noen tema (kopiert fra WS og gruppene):<br>• CRIOP appreciated as it is pragmatic and useful<br>• Emphasis the Importance of getting HF in early as possible<br>• Reference to ANSI/HFES 400-2021 Human Readiness Level Scale, where relevant to understand how prepared the human components (developers, operators, maintainers, or users) are for successful deployment and operation of a new system.<br>• Identify and align with new and updated standards ISO 9241-210 (ergonomics of human-computer interaction), ISO 6385 (Ergonomics principles in the design of work systems), IEC 62682:2022 (Management of alarms systems for the process industries- noterte at det var likhet mht anbefalte grenser for antall alarmer f.eks. som EEMUA 191), For HMI: ANSI/ISA101.01-2015(ISA-101.01, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems) som blir IEC 63303 (Vi har fått gode innspill på elementer og referanser som bør inn i metoden fra deltakerne I arbeidsgruppene).<br>• Slik vi oppfattet innspillene, var alle positive til CRIOP, men ulike synspunkter på hva CRIOP skal være; vi må klargjøre begreper som brukes som Verifikasjon/ Validering/<br>• Når det går på Guideline/ Prinsipper/ - det er viktig at det kommer inn noen prinsipper som vi etterlever når standarder alltid ligger et hakk etter. (Må kanskje trekke inn prinsipper som Open Bridge og Open Remote – dvs industristandarder på tvers av leverandører i tråd med Open Bridge initiativet innen sjøfart).<br>• SA må inn som et viktig mål, men må konkretiseres basert på anerkjente prinsipper for HF, opp imot HMI standarder og distribuert SA |

| | | |
|---|---|---|
| | | Equinor ser på oppdatering av CRIOP som et vesentlig produkt fra prosjektet<br><br>-Fra tidligere innspill bør det nevnes at vi vil prioritere en overordnet sjekkliste 0; og at vi skal legge inn mer om HMI, slik at vi får en god prosess støttet av HMI for å etablere SA, og at HMI støtter alarmhåndtering bedre.<br>-Ønskelig med dialog med pilotprosjekter/ erfaringsprosjekter med fjernstyring/ autonomi.<br>-Forventer at HF eksperter kan involveres mere både fra initiering av prosjekter, evaluering av eksisterende (MoC – Management of Change/CRIOP i drift) og at HF også blir involvert i granskinger som nevnt av Sikkerhetsforum;<br>Prinsippet må være at HF er med fra start og integreres i hele utviklingsløpet.<br><br>CRIOP kan referere til sikkerhetskritisk oppgaveanalyse, standarden fra Energy Institute er lagt inn som referanse i opplæringsopplegg; CRIOP skal ikke bare vurdere spesifikke aspekter som alarmer, men også gode prosesser for å oppnå god HMI. God HMI er en forutsetning for SA. Man må kunne stille gode sjekklistespørsmål om SA, og svar på spørsmålene må være etterprøvbare.<br><br>Eksempel på spørsmål om arbeidsbelastning kan være - "har du gjort en vurdering av operatørens arbeidsmengde?"- (informasjon bør f.eks. innhentes fra HR for å få et sannferdig og nøyaktig bilde av arbeidsbelastningen)<br><br>-I tillegg til avtalt prosjektplan godkjent av forskningsrådet: Lager en oppsummerende rapport fra aktivitetene WP1...WP, WP5, WP6 – med rapportering og systematisering fra kartleggingen, med oversikt over funn «best practices» som kan gå inn i CRIOP metoden.<br><br>Workshop 14/2 og 15/2 diskusjon av flerfelts kontrollrom i Oslo hos Aker BP<br>-Nye spørsmål inn i CRIOP gjennomgås med brukere av metoden – hentes fra Hurlen, L., Eitrheim, M., Rindahl, G., & Heps, V. (2022). Concepts for operating multiple petroleum facilities from a single control center. In Proceeding of the 32nd European Safety and Reliability Conference, Dublin, Ireland. - se |

| | | |
|---|---|---|
| | | https://www.rpsonline.com.sg/proceedings/esrel2022/html/R12-04-060.xml<br>-Behandling av flerfelts kontrollrom ligger implisitt i CRIOP metoden – (arbeidsbelastning, harmonisert alarmfilosofi, HMI – med viktigheten av felles grensesnitt om sterk integrasjon som eksempelvis i UnifiedBridge -Bjørneseth (2021). Unified Bridge– Design Concepts and Results. Sensemaking in Safety Critical and Complex Situations, 135-153. (Viktige tema er konsistent HMI filosofi, distinkt/lett å identifisere områder for styring, HMI som gir trender & «situation at a glance»). Det blir gitt referanser til relevante standarder og utredninger knyttet til flerfelts kontrollrom. |
| 6 | Validate methods | • **CRIOP oppdatert med relevante referanser juni 2024**, lagt ut på www.criop.sintef.no pr 1/8 2024 – testet ut på Equinor - Askepott (Borekabin); Equinor - Yggdrasil (Onshore Kontrollrom)<br><br>• **Gjennomgang og diskusjon oppdatert versjon/referanser og kommentert med Equinor** - gjennomgang i Trondheim 18/6 og 19/6 – forenkling og justering - forenkling, justering, ergonomi, for mye informasjon/HMI, arbeidsbelastning og HF i MoC – Management of Change<br>Fint å se studie av HF i borekabin-design - hvordan en gjennomgang kan organiseres på en god måte ikke minst hvordan "På-Se" ansvaret organiseres og beskrives for borekabiner under utvikling/ vedlikehold og MoC. Det er jo også knyttet til faser for innføringer/MoC som 1)Concept eller 2)Detailed Design eller 3)Operation.<br><br>• **Gjennomgang av oppdatert CRIOP opp mot Autonom passasjerferje** ESTELLE i Stockholm med ROC (Remote Operational Centre) workshop 15/8 & 16/8 – basert på systematisk gjennomgang av designdokumentasjon og praktiske erfaringer - oppdaterte referanser og diskusjon og evaluering av sjekkliste 0 (overordnede spørsmål) og bruk av sjekkliste for HMI – for autonome systemer. Sjekklistene fungerte etter formålet og ble vurdert som hensiktsmessige av deltakerne. Utfordring med design og systemkompetanse kompetanse: knyttet til :<br>○ Oppgaveanalyse (Safety Critical Task analysis) manglet for helhetlig drift<br>○ Systematisk analyse av SA-Situasjonsforståelse manglet, data fra viktige sensorer ble ikke presentert |

| | | |
|---|---|---|
| | | for kapteinen (dokking) og utfordringer med forståelse av AI/automatikken i visse sammenhenger, manglet alarmer i en del kritiske situasjoner (regelverket COLREG innen skipstrafikk følges ikke i ca 15% av tilfellene f.eks.). Behov for oppdatert HMI basert på anerkjente standarder og evnen til å støtte «Situation at a glance». Dessuten sørge for kostnadseffektive løsninger ved å utnytte OpenRemote, OpenBridge, OpenAR (Augumented Reality) med ref. Til standarder.<br>○ Analyse og utforming av kommunikasjon mellom autonom ferje, Kaptein i ROC (fjernstyringssentral) og passasjerer manglet.<br>○ Gjennomgang og analyse av kritiske scenarier manglet, med bl.a. avklaring mellom autonom ferje, Kaptein i ROC og nødsentraler.<br><br>• **Gjennomgang 20. september av CRIOP** – gjennomgå forenkling av sjekkliste 7 (eDrift) etter gjennomgang av CRIOP rapporter Valhall, Valemon, Ivar Aasen under utvikling samt erfaring etter drift i samarbeid med konsulenter med erfaring fra flerfelts kontrollrom og fjernstyring. Ønske om referanse til TRL DNV-RP-A203 Tech. Qual. og HRL. Mht erfaringsutveksling, nyttig å ha med prosjektledelse så tidlig som mulig for å diskutere strategier og innhold av fjernstyring som dokumentert i eDrift sjekklisten. Likeledes viktig å evaluere arbeidsbelastning i forbindelse med styring av heterogene operasjoner.<br><br>• **Gjennomgang erfaring CRIOP og forslag oppdateringer** start november, forslag til forenklinger med Aker BP planlagt – 6/11 og 7/11 to dagers møte, avlyst av Aker BP<br><br>Noen Innspill fra sentrale brukere og eksperter:<br>• Mht IEC63303 om HMI "Det er bra at det blir satt fokus på god HMI, spesielt fra pakkeleverandørane. Dette er en utfordring også i Equinor og prosjekter der."<br>• Vi har fått tilbakemeldinger på at HMI-spørsmålene i den nye CRIOP versjonen fungerer godt opp mot borekabiner<br>• Mht manglende bruk av IEC 62682 alarmstandarden: Boreoperatørene "har nok lite kompetanse på IEC 62682 alarmstandarden og hvordan de gjennomføres i praksis". |

| | | |
|---|---|---|
| | | • Krevende alarmer og MoC ..."det er veldig sammensatt. Dårlig design og like dårlig management of change er mine hovedmistenkte."<br>• Når det gjelder det å rydde opp i alarmer fikk jeg inn kommentar på at man «overveldet av arbeidet, de jobber nesten hardere med å finne snarveier enn de gjør med alarmene» dvs snarveier for lettvinte løsninger (ignorere problemet). |
| **7** | **Dissemination** | **Se vedlegg A** |
| 8 | Project Management | Løpende |
| | | |

Teknologi for et bedre samfunn

**www.sintef.no**