

VEDLIKEHOLDSSTYRING

Studie - Effekten av vedlikehold

Petroleumstilsynet

Rapportnr.: 2022-0586, Rev. 1

Dokumentnr.: 1252837

Dato: 2022-10-19



Prosjektnavn:	Vedlikeholdsstyring	DNV AS Energy Systems
Rapporttittel:	Studie - Effekten av vedlikehold	Field Development and Asset Risk
Oppdragsgiver:	Petroleumstilsynet, Professor Olav Hanssens vei 10 4021 STAVANGER Norway	Nordics-4100-NO Veritasveien Høvik 1363
Kontaktperson:	Eivind Jåsund	
Dato:	2022-10-19	
Prosjektnr.:	10293171	Norway
Org. enhet:	Field Development and Asset Risk Nordics-4100-NO	Tel: +47 67 57 99 00
Rapportnr.:	2022-0586, Rev. 1	945 748 931
Dokumentnr.:	1252837	

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse:

Studien har sammenstilt informasjon om aktørenes vurdering av vedlikeholdets effekt, hvordan aktørene evaluerer vedlikeholdet systematisk på grunnlag av registrerte data for ytelse og teknisk tilstand for innretninger eller deler av disse, og hvordan evalueringen brukes til kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsprogrammet.

Utført av:

Verifisert av:

Godkjent av:

Hans Petter Ellingsen
Principal Consultant

Sture Angelsen
Key Account Manager

Sverre Gravdahl
Head of Projects & Operations Risk Advisory
Høvik

Shorre Sæternes
Senior Principal Engineer

Marius Haara Tjemsland
Senior Consultant

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV 2022. Alle rettigheter forbeholdes DNV. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning.

DNV distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.
- INTERN. Fri distribusjon internt i DNV.
- KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV according to applicable contract.*
- HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Vedlikehold, optimalisering, forbedring, beste praksis, offshore, sikkerhet, CMMS, CBM



Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	16.05.2022	First issue	Team	S.Angelsen	
0	21.06.2022	Second Issue	Team	S.Angelsen	S. Gravdahl
1	19.10.2011	Mindre feilretting	Team	S.Angelsen	S. Gravdahl

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	1
1.1	Hovedobservasjoner	1
1.2	Forutsetninger for å lykkes	3
2	BEGREPSOVERSIKT	4
2.1	Definisjon av viktige vedlikeholdsbegreper	4
2.2	Forkortelser	6
3	INTRODUKSJON TIL STUDIEN	7
3.1	Bakgrunn og målsetting	7
3.2	Tilnærming for datainnsamling og gjennomføring av oppgaven	8
3.3	Antagelser og begrensninger i tolkning av studiens resultater	12
4	ETABLERTE STANDARDER FOR STYRING AV VEDLIKEHOLD MED VEKT PÅ ANALYSE OG FORBEDRING	13
5	EVALUERING AV DATAKILDER	16
5.1	Observasjoner knyttet til tilsyn	16
5.2	Oppsummering av observasjoner knyttet til RNNP resultatene for 2021	17
5.3	Vedlikehold og granskninger	20
6	INFORMASJONSINNHEMTING FRA OPERATØRENE	26
6.1	Indikatorer og trender for styring av vedlikehold over tid	26
6.2	Styring, industristandarder og metoder	28
6.3	Kontinuerlig forbedring av vedlikeholdskonsept gjennom pålitelighet, forbedringsforslag, læring og hendelser	30
6.4	Barriere dashboard og evaluering av prestasjon	33
6.5	Dataverktøy, dataunderlag og digitaliseringsmuligheter	34
6.6	Kvalitet og presisjon i operativ utførelse	36
6.7	Overordnet anleggsgjennomgang og ledelsesprioritering	37
6.8	COVID-19 tilleggsspørsmål	37
7	DISKUSJON AV RESULTATER	39
7.1	Oppsummering av informasjon fra operatørene	39
7.2	Forutsetninger	41
7.3	Observasjoner fra andre datakilder	42
7.4	Diskusjon av hovedfunn	43
8	REFERANSER	44

1 SAMMENDRAG

DNV har i perioden april 2021 til mai 2022 utført en studie for å sammenstille informasjon om aktørenes vurdering av vedlikeholdets effekt, hvordan aktørene evaluerer vedlikeholdet systematisk på grunnlag av registrerte data for ytelse og teknisk tilstand for innretninger eller deler av disse, og hvordan evalueringen brukes til kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsprogrammet. Studien har vært avgrenset til aktørene på norsk sokkel for permanent plasserte innretninger og har lagt vekt på mulighetene for forbedring av sikkerheten samt de risikoene og usikkerhetene manglende og mangelfullt vedlikehold kan innebære. Som en del av forberedelse til informasjonsinnhenting fra operatørselskapene har DNV gjennomgått

- Tilsynsrapporter med cirka 445 relevante avvik som er gitt av Ptil i perioden 2012 til 2021
- Relevante granskningsrapporter
- Relevante standarder, rapporter og studier knyttet til temaet
- Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet (RNNP) /2/

DNV gjennomførte et innledende møte med operatørselskapene for å etablere en omforent forventning til studien og informasjonsinnhenting. Det ble i denne forbindelse sendt ut konkrete områder og spesifikke temaer som DNV ønsket at operatørene skulle belyse. Det ble deretter gjennomført møter med operatørselskapene hvor selskapene presenterte sine innspill til studien.

1.1 Hovedobservasjoner

Operatørselskapene har gjort et grundig arbeid i å bistå med informasjonsinnhenting til studien og møtene har vært preget av åpenhet og vilje til deling og forbedring knyttet til temaet i bransjen. Studien har vist at operatørselskapene har prosesser og styrende dokumenter for analyse og forbedring med ulik grad av modenhet og implementering. DNV har identifisert og kategorisert metoder for vedlikeholdsforbedring, hvorav noen er godt etablert mens andre i ulik grad er utviklet og iverksatt. En liste med beste praksis metoder for evaluering av vedlikeholdets effekt samt grad av bruk er beskrevet i tabellen nedenfor.

#	Tiltak	Verktøy/metoder	Grad av bruk
1	Revisjon av forbyggende vedlikeholdsprogram, cirka hvert 5 år	Full gjennomgang av forbyggende vedlikeholdsprogram der man analyserer historikk, preventivt program, kostnader, ytelse og oppdaterer programmet.	Blir gjort av de fleste, men med fokus på opprydning og kostnadsreduksjon. Kan kombineres med #2. og med tilhørende spesifisert datafangst.
2	Sviktmodi mot vedlikeholdsstrategi (konsept)	Oppgang av observerte sviktmodi mot vedlikeholdsstrategi (konsept) per utstyrstype med tanke på å oppdatere disse. Kan kombineres med #1.	Begrenset brukt i dag
3	Sikkerhetssystemer; analyse av ytelse	<ul style="list-style-type: none"> • Statusrapport for sikkerhetsinstrumenterte systemer • (Halv-)Årlig rapport for prestasjon; tilgjengelighet, pålitelighet og vedlikehold • Månedsmøte med operasjon om demands-/blokkeringer/sikkerhetskritiske feil • Gjennomgang av feilrater/feilstatistikk 	Gjøres av de fleste som del av rapportering mot sikkerhetsinstrumenterte systemer samt RNNP. Månedlig eller kvartalsvis gjennomgang synes tilstrekkelig.
4	Integritetsrapportering	Rapport for integritet per disiplin; brønn, SPS, rør, struktur, topside	Gjøres av alle, typisk en gang per år.
5	Bruk av instrumentert tilstandsovervåking som en del av prosessen for vedlikeholdsanalyse.	Tilstandsvurderinger og varslinger fra tilstandsovervåkningsverktøy	Kun ett selskap rapporter å gjøre dette systematisk. Kan kombineres med #2.
6	Rotårsaksanalyse	Teknisk rotårsaksanalyse etter store hendelser Teknisk rotårsaksanalyse etter mange gjentatte mindre hendelser	Gjøres av alle. Gjøres mer sporadisk, og kriterier for når dette gjøres er uklare.
7	Oppfølging av etterslep forebyggende vedlikehold og status på korrigerende vedlikehold	Regelmessig rapportering og oppfølging.	Gjøres av alle

#	Tiltak	Verktøy/metoder	Grad av bruk
8	Prioritering av vedlikehold (primært korrigerende vedlikehold)	Risikovurdering av vedlikehold gjøres, men med noe ulik metodikk (dels automatisk, dels manuelt). De fleste av selskapene gjør kvalitetssikring av risikoevalueringen	Gjøres av alle, men grad av kvalitetssikring kan variere.

Prosessene for rapportering og oppfølging av integritet har vært godt etablert i lang tid. Denne aktiviteten inkluderer rapportering av faktisk tilstand, inklusive utestående vedlikehold og avvik mot de ulike sikkerhetsbarrierene. Prosessene for analyse av vedlikeholdshistorikk er til sammenligning i mindre og mer varierende grad etablert og iverksatt på alt sikkerhetsutstyr. Studien har imidlertid identifisert en rekke innovative løsninger og gode praksiser som gir en god basis for erfaringsutveksling og forbedring i bransjen knyttet til området vedlikeholdsanalyse og -effektivitet.

Det har i noen tilfeller blitt lagt ned en betydelig innsats i utvikling av verktøy for sammenstilling av vedlikeholds- og pålitelighetsdata for beslutningsstøtte. Mye av denne utviklingen har skjedd relativt nylig i løpet av de siste årene i forbindelse med digitaliseringsinitiativ. Utviklingen har vært nødvendig på grunn av manglende funksjonalitet for vedlikeholdsanalyse i eksisterende systemer for forvaltning av vedlikeholdsdata (CMMS). Et datagrunnlag som i stor grad er basert på ISO 14224 har vært på plass for innsamling av vedlikeholdshistorikk over lang tid uten store endringer og oppdateringer. For operatørselskap som har samlet feildata i henhold til ISO 14224 er forutsetningene til stede for å kunne bruke denne historikken til analyse av store datamengder, beslutningsstøtte og kriterier for videre dybdeanalyser.

Oppgang og analyse av sviktmodi mot etablert vedlikeholdsstrategi per utstyrstype har blitt identifisert til å være et område med varierende fokus og med få eksempler på metoder og beste praksis. Gjennomgangen av granskninger viser et forbedringspotensial knyttet til kunnskap om skademekanismer, manglende analyse og risikoforståelse av feil samt mangler i prosedyrer for utførelse. For norsk sokkel er analysegrunnlaget og antall hendelser som bekrefter disse forholdene lavt, men analyser fra Institution of Chemical Engineers bekrefter disse forholdene globalt.

Studien har vist at det legges ned en betydelig innsats i feilrapportering på ulike koder på korrigerende vedlikehold, men ettersom det har blitt presentert begrenset med konkrete eksempler på hvordan hele denne mengden av feilkoder og historikk blir brukt er det grunn til å stille spørsmål om bransjen tar ut verdi og kunnskap av denne innsatsen til å redusere storulykkerisiko. På noe utstyr med et begrenset antall sviktmodi er det relativt sett enklere å følge opp med analyse og forbedring sammenlignet med utstyr som er mer kompleks med et større antall sviktmodi. Granskninger indikerer at forbedringspotensialet for industrien knyttet til vedlikeholdsanalyse og reduksjon av storulykkerisiko er å øke innsatsen og forbedre systematikken på analyse av historikk mot utstyr med flere og kanskje ukjent sviktmodi. Spørsmålet aktørene bør stille seg er om en har nok innsikt og tillit til at alle sikkerhetskritiske sviktmodi og skademekanismer er identifisert, forstått og forebygget.

Selv om mengde vedlikehold rapportert til RNNP har gått ned fra 2013 så har det tilsynelatende fått få følger for sikkerhetskritisk etterslep, HMS kritisk utestående korrigerende vedlikehold og rapporterte feilrater. RNNP viser et lavt og stabilt etterslep på HMS kritisk vedlikehold i hele perioden fra 2012. RNNP viser riktignok høyere feilrater på DHSV, EV stigerør og BDVer enn det som er industristandard noe som kan indikere manglende vedlikeholdsanalyse og forbedring.

Ptil gir svært få avvik mot §49 Vedlikeholdseffektivitet i Aktivitetsforskriften. De fleste avvik er knyttet til Styringsforskriften §5 barrierer og Aktivitetsforskriften §45 Vedlikehold. Svært mange avvik er imidlertid knyttet til mangelfullt vedlikehold / vedlikeholdsprogram eller mangelfull tilstand og / eller tilstandsvurdering. Disse avvikene kan være knyttet manglende analyse og evaluering av effekten av vedlikeholdet. Det kan være flere årsaksforhold rundt svært få avvik mot §49 Vedlikeholdseffektivitet. Ptil har en svært viktig rolle og stor påvirkningskraft på hvordan bransjen forholder seg til kravene i forskriftene og Ptil kan gjennom å øke fokus mot krav i §49 Vedlikeholdseffektivitet indirekte øke selskapenes fokus og innsats og totalt sett heve standarden for vedlikeholdsanalyse i bransjen.

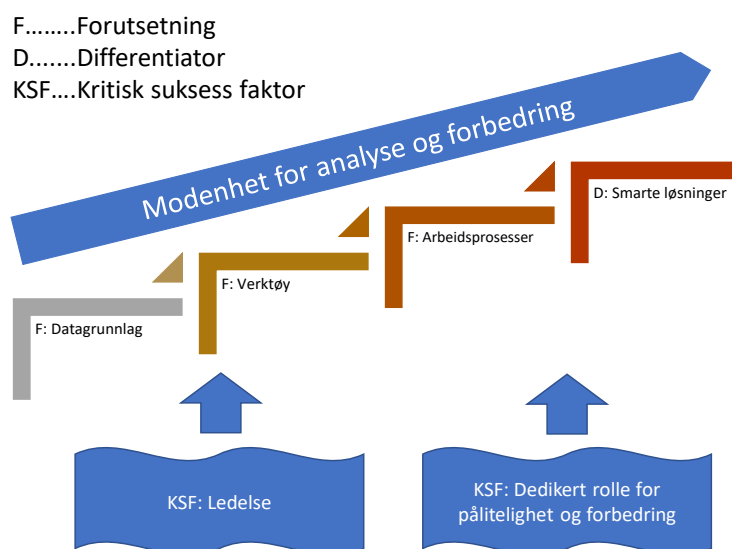
1.2 Forutsetninger for å lykkes

Basert på informasjonsinnhenting har DNV identifisert følgende forutsetninger for å lykkes med vedlikeholdsanalyse og – effektivitet:

- 1) Et godt datagrunnlag som blant annet inkluderer krav til utstyr, dokumentasjon og vedlikeholdshistorikk
- 2) Gode verktøy som presenterer informasjon i tilnærmet sanntid med god definisjon av kriterier og beslutninger for videre oppfølging.
- 3) Gode arbeidsprosesser som sikrer kontinuerlig søkelys på analyse og forbedringer

Noen av operatørselskapene hadde svært god erfaring med dedikerte pålitelighetsingeniørstillinger som driver og legger til rette for forbedringsarbeidet. Det ble nevnt av flere at det kan være en utfordring på grunn av kapasitet og / eller kompetanse for disiplineringer eller utstyrseiere å gjennomføre vedlikeholdsanalyse innen sitt ansvarsområde. Pålitelighetsingeniøren vil her kunne bidra med både kompetanse og systematikk. DNV's erfaring er at forbedringsprosesser blir drevet av mennesker og at suksess er avhengig av god ledelse. Dette vil også gjelde vedlikeholdsforbedring og analyse. Forutsetningene knyttet til datagrunnlag, verktøy og arbeidsprosesser bør være på plass, men forbedring skjer ikke uten at dette drives av mennesker inklusive ledere, pålitelighetsingeniører, utstyrseiere, disiplineringer, vedlikeholdsledere og utførende personell.

Oppsummert så vil selskapets modenhet innen vedlikeholdsanalyse og forbedring kunne evalueres opp mot data-grunnlag, verktøy, arbeidsprosesser og smarte løsninger som vist i nedenfor. De tre første vurderes som forutsetninger mens smarte løsninger bidrar til en effektivisering og i noen tilfeller økt kvalitet i analyseprosessen. Ledelse og en dedikert rolle for pålitelighet og forbedring betraktes som kritiske suksess faktorer.



2 BEGREPSOVERSIKT

2.1 Definisjon av viktige vedlikeholdsbegreper

For å sørge for en enhetlig forståelse av begreper og språk relatert til vedlikehold refereres det til NS-EN 13306:2017 Vedlikehold; Vedlikeholdsterminologi /1/. Tabell 2-1 under oppsummeres og definerer vedlikeholdsbegrepene som anses relevante for denne studien.

Tabell 2-1 Vedlikeholdsbegreper definert i henhold til NS-EN 13306:2017 Vedlikehold; Vedlikeholdsterminologi /1/

Vedlikeholdsbegrep	Definisjon
Grunnleggende termer	
Vedlikehold	Kombinasjon av alle tekniske, administrative og ledelsesrelaterte tiltak gjennom en enhets livssyklus som har til hensikt å opprettholde den i eller gjenopprette den til en tilstand der den kan oppfylle den krevde funksjonen
Vedlikeholdsledelse	Alle ledelsens aktiviteter som bestemmer kravene, målene, strategiene og ansvarsområdene knyttet til vedlikehold, og implementeringen av dem ved hjelp av for eksempel vedlikeholdsplanlegging, vedlikeholdskontroll og forbedringen av vedlikeholdsaktiviteter og økonomi
Vedlikeholdsmål	Fastsatte og aksepterte mål for vedlikeholdsaktivitetene
Vedlikeholdsstrategi	Ledelsesmetode som brukes for å oppnå vedlikeholdsmålene
Vedlikeholdsplan	Strukturert og dokumentert sett med oppgaver som omfatter aktivitetene, prosedyrene, ressursene og tidsforbruket som kreves for å utføre vedlikehold
Driftssikkerhet	Evne til å fungere som det kreves og slik det kreves
Vedlikeholdsevne evne til vedlikeholdsstøtte	Vedlikeholdsorganisasjonens evne til å levere riktig vedlikeholdsstøtte på riktig sted for å utføre den krevde vedlikeholdsaktiviteten når det kreves
Drift	Kombinasjon av alle tekniske, administrative og ledelsesrelaterte tiltak, unntatt vedlikeholdstiltak, som resulterer i at enheten er i bruk
Egenskaper ved enheter	
Pålitelighet	Enhets evne til å oppfylle krevd funksjon under gitte forhold innenfor et gitt tidsintervall
Driftsmessig pålitelighet	Enhets faktiske pålitelighet når det tas hensyn til driftsmodi, driftsforhold og at mulige forebyggende vedlikeholdstiltak er utført
Tilgjengelighet	Enhets evne til å være i en tilstand til å utføre oppgaven under gitte forhold som det kreves og slik det kreves, forutsatt at de nødvendige eksterne ressursene er stilt til rådighet
Redundans	Enhets mulighet til å oppfylle krevd funksjon på mer enn én måte når det kreves av en enhet
Driftsforhold	Fysiske laster og miljøbetingelser som enheten utsettes for i løpet av en gitt tidsperiode
Svikt og hendelser	
Svikt	Tap av en enhets mulighet til å oppfylle krevd funksjon
Sviktnodus	Måten en enhet mister evnen til å oppfylle krevd funksjon på
Svikårsak	Forhold knyttet til spesifikasjon, utforming, framstilling, installering, bruk eller vedlikehold, som fører til svikt
Degradering	Skadelig endring i fysisk tilstand som følge av tid, som følge av bruk eller som skyldes en ekstern årsak
Svikt som skyldes felles årsak	Svikt i flere enheter som følge av den samme direkte årsaken, der disse sviktene ikke er forårsaket av hverandre
Primærsvikt	Svikt i en enhet som verken direkte eller indirekte skyldes en svikt eller en feil i en annen enhet
Sekundærsvikt	Svikt som skyldes en svikt eller en feil i en annen enhet
Plutselig svikt	Svikt som ikke kunne forventes ut fra tidligere undersøkelse eller overvåking
Skjult svikt	Svikt som ikke blir oppdaget under ordinær drift
Sviktmekanisme	Fysiske, kjemiske eller andre prosesser som kan føre til eller har ført til svikt
Alvorlighetsgrad	Potensielle eller faktiske ugunstige konsekvenser av en svikt eller en feil
Kritikalitet	Numerisk indeks for alvorlighetsgraden av en svikt eller en feil sett i sammenheng med sannsynligheten for at den inntreffer eller hvor hyppig den forekommer
Sviktkriterier	Forhåndsdefinerte betingelser som skal aksepteres som avgjørende bevis på svikt
Feil og tilstander	
Feil	Tilstand hos en enhet som karakteriseres av manglende evne til å oppfylle krevd funksjon, bortsett fra utilgjengelighet på grunn av forebyggende vedlikehold eller andre planlagte tiltak, eller på grunn av mangel på eksterne ressurser
Latent/skjult feil	Eksisterende feil som ikke er oppdaget ennå
Nedetilstand	Tilstand hos en enhet som ikke oppfyller krevd funksjon på grunn av forebyggende vedlikehold eller en feil

Vedlikeholdsbegrep	Definisjon
Driftstilstand	Tilstand der en enhet fungerer som krevd
Standby-tilstand	Tilstand hos en enhet som er i en oppetilstand, men ikke i drift under krevd oppetid
Former for vedlikehold	
Forebyggende vedlikehold	Vedlikehold som utføres for å vurdere og /eller minske degradering og redusere sannsynligheten for svikt i en enhet
Forhåndsbestemt vedlikehold	Forebyggende vedlikehold som utføres i henhold til etablerte tidsintervaller eller antall bruksenheter, men uten forutgående tilstandsundersøkelser
Tilstandsbasert vedlikehold	tilstandsbasert vedlikehold forebyggende vedlikehold som omfatter vurdering av fysisk tilstand, analyse og mulige påfølgende vedlikeholdstiltak
Predikativt vedlikehold	Tilstandsbasert vedlikehold som utføres etter en prognose utledet av gjentatt analyse eller kjente egenskaper og evaluering av de vesentlige parameterne for degradering av enheten
Aktivt vedlikehold	Del av vedlikehold der tiltak gjennomføres direkte på en enhet for å opprettholde eller gjenopprette enheten slik at den oppfyller krevd funksjon
Forbedring forbedring av driftssikkerhet	Kombinasjon av alle tekniske, administrative og ledelsesrelaterte tiltak som har til hensikt å bedre den iboende påliteligheten og/eller vedlikeholdsvennligheten og/eller sikkerheten til en enhet, uten å endre enhetens opprinnelige funksjon
Modifikasjon	Kombinasjon av alle tekniske, administrative og ledelsesrelaterte tiltak som har til hensikt å endre én eller flere funksjoner hos en enhet
Korrigerende vedlikehold	Vedlikehold som utføres etter at en feil er funnet, og som har som formål å gjenopprette en enhet til en tilstand der den kan oppfylle krevd funksjon
Utsatt korrigerende vedlikehold	Korrigerende vedlikehold som ikke utføres umiddelbart etter at en feil er funnet, men som utsettes i henhold til gitte regler
Fjernstyrt vedlikehold	Vedlikehold av en enhet uten at personell har direkte fysisk tilgang til enheten
Vedlikeholdsaktiviteter	
Inspeksjon	Undersøkelse av samsvar ved hjelp av måling, observasjon eller prøving av de relevante egenskapene ved en enhet
Tilstandsovervåking	Aktivitet som utføres enten manuelt eller automatisk, og som måler, i forutbestemte intervaller, en enhets faktiske fysiske tilstand med hensyn til egenskaper og parametere
Rutinevedlikehold	Regelmessige eller repeterbare enkle, forebyggende vedlikeholdsaktiviteter
Feildiagnose	Tiltak som utføres for å finne og lokalisere feil og identifisere årsaker
Feillokalisering	Tiltak som utføres for å identifisere den defekte enheten på riktig enhetsnivå
Gjenoppretting	Hendelse der oppetilstanden gjenoprettes etter en svikt
Reparasjon	Fysisk tiltak som utføres for å gjenopprette krevd funksjon til en defekt enhet
Ekstraordinært vedlikehold	Forebyggende vedlikehold som utføres med ujevne mellomrom, og som har en betydelig innvirkning i form av totale livssyklus-kostnader
Tidsplan for vedlikehold	Plan som angir når en bestemt vedlikeholdsoppgave bør utføres
Termer knyttet til tid	
Oppetid (UT)	Tidsintervallet en enhet er i en oppetilstand
Nedetid (DT)	Tidsintervallet en enhet er i en nedetilstand
Driftstid (OT)	Tidsintervallet en enhet er i en driftstilstand
Vedlikeholdsstøtte og -verktøy	
Vedlikeholdsstøtte	Anskaffelse av nødvendige ressurser, tjenester og ledelse for å utføre vedlikehold
Eksterne ressurser	Ressurser, bortsett fra vedlikeholdsressurser, som enheten bruker til å utføre krevd funksjon
Vedlikeholdslinje	Posisjon i en organisasjon der det skal utføres et angitt nivå av vedlikehold på en enhet
Vedlikeholdsorganisasjon	
Sviktanalyse	Logisk og systematisk undersøkelse av enheters sviktmodi og sviktårsaker før eller etter en svikt for å identifisere konsekvensene av svikt i tillegg til sannsynligheten for at svikt forekommer
Vedlikeholdslogg	Del av vedlikeholdsdokumentasjonen som inneholder historikken til alle vedlikeholdsrelaterte data for en enhet
Økonomiske og tekniske faktorer	
Midlere tid mellom svikt (MTBF)	Gjennomsnittlig tid mellom svikt

2.2 Forkortelser

Tabell 2-2 Forkortelser brukt i rapporten

Forkortelse	Forklaring
AI	Artificial Intelligence
BDV	Blowdown Valve
CBM	Condition-based maintenance
CMMS	Computerized Maintenance Management System
DHSV	Down Hole Safety Valve
EN	European Committee for Standardization
ESD	Emergency Shutdown
Ex	Explosion
FV	Forebyggende Vedlikehold
HMS	Helse Miljø og Sikkerhet
ICHEME	Institution of Chemical Engineers
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
ISO fag	Isolering, Stillasbygging og Overflatebehandling fag
KPI	Key Performance Indicator
LCI	Life Cycle Information
MTBF	Mean Time Between Failure
NORSOK	NORsk SOKkels Konkurranseposisjon
OERDA	Offshore Equipment Reliability Database
PM	Preventive Maintenance
POB	Personnel on Board
PSA	Petroleum Safety Authority
PSV	Pressure Safety Valve
Ptil	Petroleumstilsynet
RBI	Risk Based Inspection
RCFA	Root Cause and Failure Analysis
READI	REquirement Asset Digital lifecycle Information
RNNP	Risikonivå i norsk petroleumsvirksomhet
SAS	Safety & Automation System
SIL	Safety Integrity Level

3 INTRODUKSJON TIL STUDIEN

Det er blitt gjennomført en studie om hvordan effekten av vedlikehold av sikkerhetskritiske funksjoner, systemer og utstyr evalueres gjennom å innhente informasjon fra utvalgte operatører. Studien har vært en sammenstilling av aktørenes vurdering av vedlikeholdets effekt, hvordan de evaluerer vedlikeholdet systematisk på grunnlag av registrerte data for ytelse og teknisk tilstand for innretninger eller deler av disse, og hvordan evalueringen brukes til kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsprogrammet. Studien har vært avgrenset til aktørene på norsk sokkel for permanent plasserte innretninger og har lagt vekt på mulighetene for forbedring av sikkerheten samt de risikoene og usikkerhetene manglende og mangelfullt vedlikehold kan innebære. Studiet har ikke vært et tilsyn for å avdekke brudd på regelverket. Hovedintensjonen har vært å innhente kunnskap om systematikken knyttet til temaet i næringen.

3.1 Bakgrunn og målsetting

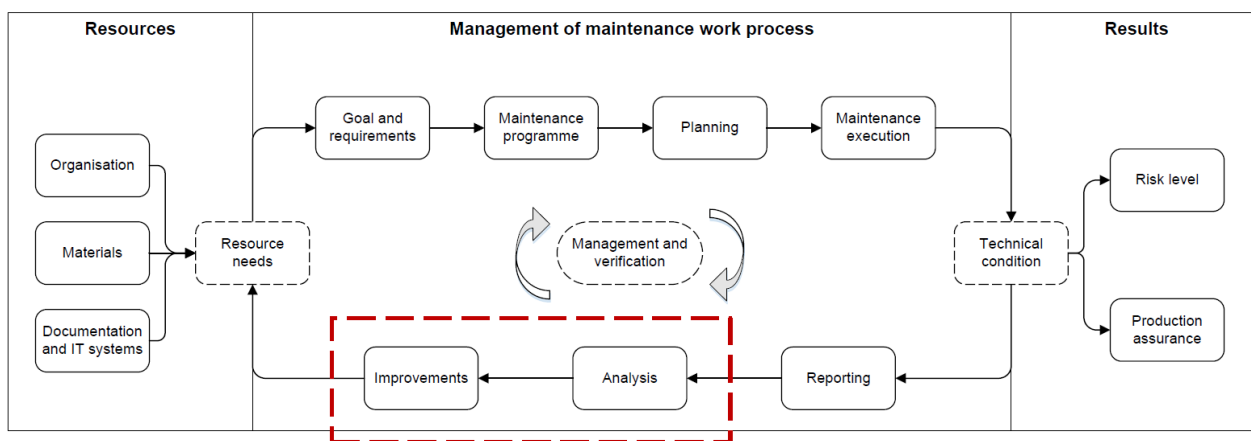
Mangelfullt og manglende vedlikehold har ofte vist seg å være en medvirkende årsak til storulykker.

Storulykkepotensialet gjør at sikkerhetsarbeidet generelt og vedlikehold av sikkerhetskritisk utstyr blir lagt stor vekt på i petroleumsvirksomheten. Data fra RNNP /2/ over tid viser blant annet at:

- Flere innretninger ikke opprettholder ytelsen til sentrale barriereelementer i henhold til aktørenes egne krav; det vil si at de ikke oppfyller bransjekravet med hensyn til antall feil
- Flere innretninger har ikke utført forebyggende og korrigerende vedlikehold for HMS-kritisk utstyr i henhold til aktørenes egne frister

Målet med studien har vært å styrke kunnskapen om hvordan aktørene følger opp regelverkets krav og deres egne krav til ytelse og teknisk tilstand av funksjoner og utstyr som er viktige for sikkerheten, og hvordan de sikrer at disse holdes ved like slik at de kan utføre sine krevde funksjoner i alle faser av levetiden. Videre er målet å bidra til at den enkelte aktøren og næringen reduserer risiko gjennom å bedre effekten av dette vedlikeholdet og derigjennom forbedrer vedlikeholdsprogrammet, jmfør aktivitetsforskriften § 49 om vedlikeholdseffektivitet som krever at effektiviteten av vedlikeholdet skal evalueres systematisk på grunnlag av registrerte data for ytelse og teknisk tilstand for innretninger eller deler av disse. Evalueringen skal brukes til kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsprogrammet, jmfør styringsforskriften § 23 om kontinuerlig forbedring. Vedlikeholdet er derfor en viktig del av barrierestyringen. Det er en nødvendig forutsetning for å opprettholde og verifisere ytelsen til en barriere.

Som uttrykt har hovedfokuset for dette studiet vært nedre del av styringssløyfen vist i Figur 3-1 under, men det har også blitt belyst eventuelle andre mangler i de øvrige delprosessene som vil påvirke kvaliteten av forbedringsarbeidet. Eksempelvis vil «analyse og forbedring» være avhengig av god kvalitet på rapporteringen knyttet til feil og utført vedlikehold.



Figur 3-1 Styringssløyfe der fokusområde for denne studien er markert

3.2 Tilnærming for datainnsamling og gjennomføring av oppgaven

DNV har foretatt en gjennomgang av følgende kilder som en del av studien:

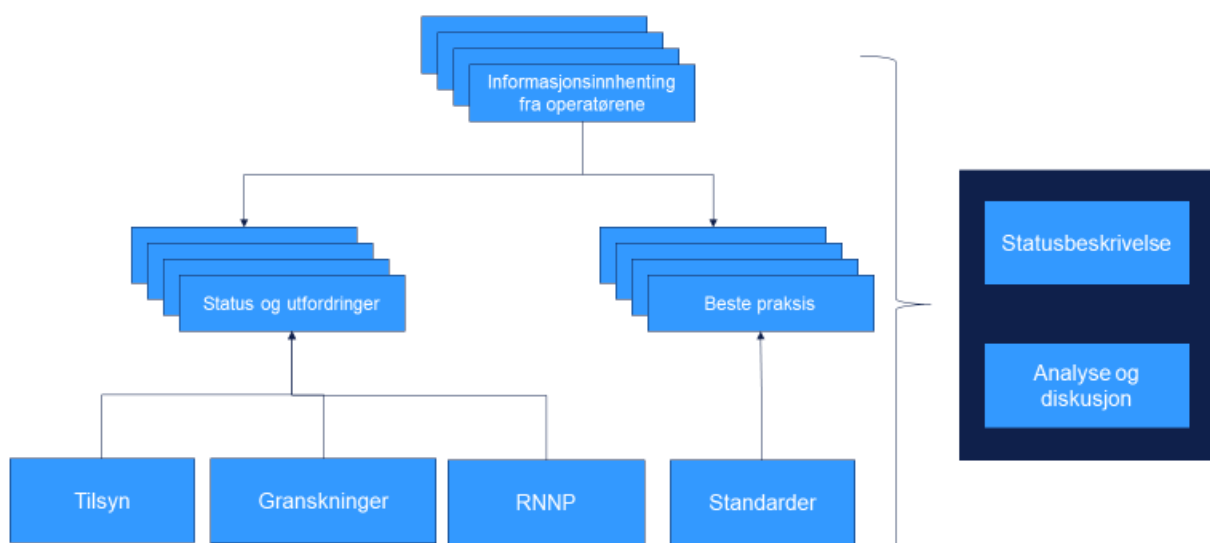
- Informasjonsinnhenting fra operatørselskapene
- Avvik påvist av Ptil tilsyn i perioden 2021/2 til 2021
- Resultatene fra RNNP rapport fra 2021 /2/
- Ptil sine granskinger av hendelser offshore NCS
- Major Process Safety Incidents versus Root Cause Map fra IChemE
- Tidligere studier og rapporter utgitt av Ptil /3/ /4/ /5/ /6/ /7/ /8/ /9/ /32/ /10 / /11/ /12/
- Relevante standarder

Evalueringen av datakildene har til hensikt å etablere et helhetsbilde på status og utfordringer knyttet til vedlikehold i bransjen. Analyse av avvik fra tilsyn, granskinger og rapporter som RNNP supplerer informasjonsinnhenting fra operatørselskapene og gir et helhetsbilde på status for oppgaven i studien. Denne statusbeskrivelsen blir så analysert og diskutert for å peke på

- hvordan næringen kan styrke oppfølgingen av krav til ytelse og teknisk tilstand av funksjoner og utstyr som er viktige for sikkerheten, og
- hvordan en sikrer at disse holdes ved like slik at de kan utføre sine krevde funksjoner i alle faser av levetiden
- hvordan en kan reduserer risiko gjennom å bedre effekten av dette vedlikeholdet og derigjennom forbedrer vedlikeholdsprogrammet

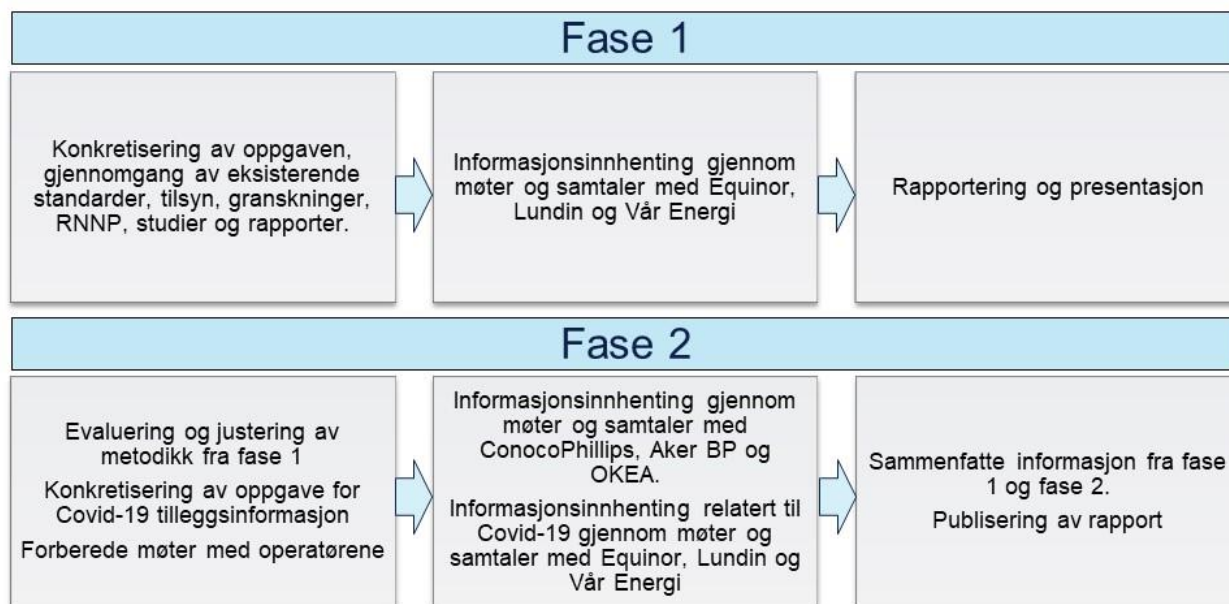
Basert på målsetningen til oppgaven har fokuset for oppgaven vært å innhente god praksis og presentere gode løsninger, få en oversikt over hvilke standarder og praksiser operatørene handler ut ifra og hvilke utfordringer som operatørene har opplevd og opplever i dag.

Figuren nedenfor viser tilnærming til hvordan informasjonskilder er brukt til å løse oppgaven i studien.



Figur 3-2 Tilnærming til hvordan informasjonskilder ble brukt til å løse oppgavene i studien

Studien har blitt gjennomført i to faser, der tilnærmingen til gjennomføringen har vært som illustrert i Figur 3-3 under.



Figur 3-3 Tilnærming til gjennomføring av oppgaven

Innledningsspørsmålene som ble presentert til operatørselskapene var

- Hva er de viktigste forutsetningene for å lykkes med evaluering av effekten av vedlikeholdet?
- Hva er de største utfordringene med evaluering av effekten av vedlikeholdet?

Studien ble gjennomført i to faser, fase en som ble gjennomført i 2021, og fase 2 i 2022. For fase 1 ble det gjort en gjennomgang av eksisterende standarder, tilsyn, granskninger, RNNP, studier og rapporter i tillegg til en konkretisering av oppgaven mellom DNV og petroleumstilsynet.

Etter at oppgaven var konkretisert ble det utsendt invitasjonsbrev for studien til selskapene som skulle delta. I tillegg til å informere om målsetningen og formålet til studien var det oppgitt forventninger om hvilke roller og funksjoner det var ønskelig skulle delta fra selskapenes side. Det ble uttrykt ønske om samtaler med relevante personer som har innsikt, er involvert i, og har ansvar for å evaluere effekten av vedlikeholdet. Eksempler for hvilke roller dette kunne være ble oppgitt som:

- Ansvarlige for vedlikeholdsprosessen (governance)
- Ansvarlig for vedlikeholdsprogrammet, inkludert kontinuerlig forbedring
- Involverte i planlegging, utførelse og rapportering av vedlikehold

Som bidrag til å identifisere relevante kandidater for samtaler kontaktet DNV selskapene for å avklare hvilke roller og funksjoner som var relevante. I tillegg ble det oppgitt at det var ønskelig at studien ble gjort kjent for arbeidstakernes representanter, deriblant vernetjenesten, og det ble oppfordret til at det skulle legges til rette for deltakelse fra verneombud. I gjennomføring av møtene har selskapene typisk møtt med representanter som myndighetskontakt, vedlikeholdsledere, teknisk disiplinansvarlige, pålitelighetsingeniør og ansvarlige for utvikling av digitale verktøy. I noen tilfeller har selskapene inkludert representanter fra organisasjonen til havs.

Etter at kontakt med selskapene var opprettet ble det satt opp et digitalt fellesmøte med operatørene hvor formål med studien, forventninger og plan for gjennomføring ble presentert. I etterkant av dette møtet ble temaene og spørsmålene

vist i Tabell 3-2 sendt ut til selskapene. Bakgrunnen for utvalg av disse temaene og spørsmålene har sin bakgrunn i styringsløyfen vist i Figur 3-1. Tabell 3-1 viser utvalg av tema versus steg i styringsløyfen. Som det framgår er de fleste tema konsentrert om nedre del (analyse og forbedring), men noen tema omfatter flere deler av styringsløyfen.

Tabell 3-1 Tema for informasjonsinnhenting knyttet til steg i styringsløyfen

Tema	Mål	Program	Plan	Utførelse	Tilstand	Rapport	Analyse	Implementering	Resurser	Ledelse
1. Indikatorer og trender for styring av vedlikehold over tid	X					X	X			X
2. Styring, industristandarder og metoder	X	X				X	X			
3. Kontinuerlig forbedring av vedlikeholdskonsept gjennom pålitelighet, forbedringsforslag, læring og hendelser		X					X	X		
4. Barriere dashboard og evaluering av prestasjon, plan og planlegging			X	X	X	X	X			
5. Dataverktøy, dataunderlag og digitaliseringsmuligheter/CMB				X		X	X	X		
6. Kvalitet og presisjon i operativ utførelse				X						
7. Overordnet anleggsgjennomgang og ledelsesprioritering						X	X			X

Ut fra forutsetningene gitt gjennom oppgaven ble møtene og samtalene for informasjonsinnhenting i fase 1 med Equinor, Lundin og Vår Energi gjennomført. DNV gjorde en sammenstilling av resultatene, som ble presentert for Ptil.

For fase 2 ble det gjennomført en evaluering og små justeringer av metoden basert på erfaringene fra fase 1. I tillegg kom det forespørsel fra Ptil om å inkludere spørsmål om hvordan pandemisituasjonen (COVID-19) har påvirket vedlikeholdet under pandemien som tema under informasjonsinnhenting. DNV konkretiserte og avgrenset sammen med Ptil informasjonsinnhenting for COVID-19 og vedlikehold gjennom konkrete spørsmål som ble delt med operatørene i forkant av møtene. Disse ble så tilført som et ekstra tema gjengitt i Tabell 3-2. Det ble gjennomført ekstra digitale møter med selskapene i fase 1 dedikert for disse spørsmålene. Fase 2 i studien ble gjennomført etter samme mal som fase 1, med unntak av de ekstra digitale møtene om COVID-19. I etterkant av møtet ble temaene og spørsmålene i Tabell 3-2 sendt ut, og informasjonsinnhenting ble gjennomført gjennom møter og samtaler med Aker BP, OKEA og ConocoPhillips.

I etterkant av møtene er informasjonen fra selskapene blitt anonymisert og presentert i denne rapporten.

Tabell 3-2 – Tema og spørsmål for studiet – Effekten av vedlikeholdet

Tema	Spørsmål
1. Indikatorer og trender for styring av vedlikehold over tid	<ul style="list-style-type: none"> • Har indikatorene endret seg? • Har vedlikeholds strategien endret seg? • Har kriteriene på indikatorene endret seg? Har en oppnådd resultater? • Hva er kriterier for justering? • Opplever dere at vedlikeholds mengden har gått ned de siste årene? Hva er årsakene? • Vet en om mengde vedlikehold påvirker sikkerheten? • Hvordan oppleves vedlikehold og sikkerhet av offshorepersonell? • Er informasjon om tilstand vanskelig å kommunisere / synliggjøre?
2. Styring, industristandarder og metoder	<ul style="list-style-type: none"> • Sentralisering versus desentralisering, fordeler og ulemper med måten det organiseres på? • Har disiplineringene kapasitet til å gjøre analyse? • Hvilke standarder brukes? • Mangler industrien en god standard? • Er standarder og metoder enhetlig implementert? • Er praksis enhetlig? • Store variasjoner mellom anlegg, gammelt og nytt?
3. Kontinuerlig forbedring av vedlikeholdskonsept gjennom pålitelighet, forbedringsforslag, læring og hendelser	<ul style="list-style-type: none"> • Bruk av pålitelighetsdata for optimalisering • Hvordan sikres det at en dekker alle kritiske sviktmodi og skademekanismer? • Hvordan oppdateres konseptet for å ta inn ny læring på tvers i selskapet? • Risikoforståelse knyttet til feil på utstyr? • Kriterier for implementering av forbedringsforslag • Hvordan sammenlignes vedlikeholdskonseptet på tvers av anlegg? • AF § 46; For funksjonsfeil som kan føre til alvorlige konsekvenser, skal den ansvarlige identifisere de ulike sviktmodiene med til hør ende sviktårsaker og sviktmekanismer, og anslå sviktsannsynligheten for den enkelte sviktmodusen.
4. Barriere dashboard og evaluering av prestasjon, plan og planlegging	<ul style="list-style-type: none"> • Gir barrierepanelet en reell indikasjon på ytelse av sikkerhetssystemer? • Er informasjonen for aggregert? • Brukes panelet aktivt når en skal planlegge arbeid? • Hjelper barrierepanelet til å planlegge daglig arbeid? • Hvordan brukes resultater fra analyser i planleggingsarbeidet?
5. Dataverktøy, dataunderlag og digitaliseringsmuligheter / CMB	<ul style="list-style-type: none"> • Er verktøyene egnet for analyse? Er SAP konfigurert med analyse som formål? • Brukes kunstig intelligens og prosessering av store datamengder? • Nye verktøy, hva brukes av verktøy utover SAP? • Forskjell mellom gamle og nye anlegg? • Kvalitet på data / rapportering / pålitelighet på informasjon? • Positiv versus kun negativ rapportering? • Direkte måling på tilstand og avvik og hvordan påvirker dette vedlikeholdsprogrammet i SAP / vedlikeholdskonsept?
6. Kvalitet og presisjon i operativ utførelse	<ul style="list-style-type: none"> • Vedlikeholdsintroduserte feil, hvordan håndteres dette i effekten av vedlikeholdet? • Hva er krav til rapportering? Positiv versus negativ rapportering? • Hvor stort eierskap har offshoreorganisasjonen til utstyret og effekten av vedlikeholdet? • Hvordan sikres kompetanse og opplæring for vedlikeholdsprosessene i den operative utførelsen?
7. Overordnet anleggsgjennomgang og ledelsesprioritering	<ul style="list-style-type: none"> • Hvordan påvirker resultater fra anleggsgjennomgangene / tilsyn / internrevisjon vedlikeholdsprioriteringen? • Hvordan påvirker anleggsintegritet og produksjon vedlikeholdsbudsjettene?
8. Effekten av COVID-19.	<ul style="list-style-type: none"> • Ser dere sammenhenger mellom COVID-19 og styringen av vedlikeholdet? Hvilke vurderinger har dere selv gjort for å forstå disse sammenhengene? • Har COVID-19 ført til endringer i vedlikeholdsstrategi / filosofi og arbeidsprosesser for vedlikehold? Gitt endringer, forventes det at disse endringene fører til varige eller kun midlertidige endringer? • Har COVID-19 påvirket evnen til å utføre planlagt vedlikehold (FV/KV)? Omfang av utsatt vedlikehold? • Opplever det at COVID-19 har påvirket vedlikeholdsleverandørenes kapasitet og kompetanse?

3.3 Antagelser og begrensninger i tolkning av studiens resultater

Studien har vært avgrenset til aktørene på norsk sokkel for permanent plasserte innretninger og har lagt vekt på mulighetene for forbedring av sikkerheten samt de risikoene og usikkerhetene mangelfullt vedlikehold kan innebære.

DNV har valgt å gjennomføre studien med en gitt tilnærming og metode og det tas forbehold om valgt metode vil kunne ha noen begrensninger eksempelvis knyttet til

- detaljeringsnivå i informasjonsinnhenting
- operatørens valg av hva det gis tilbakemelding på
- eventuelle misforståelser og feiltolkninger av det som ble sagt i møtene med operatørene
- eventuelle utelatte fokusområder

DNV opplevde at operatørselskapene vare åpne og delte nødvendig informasjon under møtene. DNV har tatt utgangspunkt i at det operatørselskapene har rapportert gir et fullstendig bilde på deres aktiviteter innenfor oppgavens omfang. DNV har ikke studert styrende dokumentasjon eller verifisert resultatene av den enkelte operatør sitt arbeid.

DNV mener å ha dekket alle relevante fokusområder for oppgaven, men det gjøres oppmerksom på at primærfokus for informasjonsinnhenting har vært på effekten av vedlikeholdet under drift og ikke i prosjektfasen.

4 ETABLERTE STANDARDER FOR STYRING AV VEDLIKEHOLD MED VEKT PÅ ANALYSE OG FORBEDRING

Evalueringen av relevante standarder har til hensikt å identifisere beste praksis for vedlikeholdsforbedring og analyse samt å stille dette opp mot operatørselskapenes praksis innenfor området. Dette kapitlet diskuterer relevante standarder for denne studien med DNV's vurdering av grad av bruk på norsk sokkel. De fleste selskapene gav tilbakemelding på at de baserer sitt arbeid på etablerte standarder i forhold til etablering og implementering av forbedringsarbeid. En rekke standarder er også brukt som referanser i veiledningene til Ptils forskrifter. I den forbindelse har DNV gjennomgått etablerte standarder knyttet til sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold for å identifisere anbefalinger og beste praksis knyttet til analyse og forbedring av vedlikehold. Det vil gi en sammenligning med hva selskapene gjør, og hva etablerte standarder anbefaler.

Det kan nevnes at Norsk Forening for vedlikehold har laget en standardsamling med flere hundre standarder innen vedlikeholdsfaget /13/.

De viktigste standardene og beste praksisene knyttet til vedlikeholdsforbedring og analyse for norsk olje og gassindustri er vist i Tabell 4-1. Noen av disse standardene er internasjonale (eksempelvis ISO), mens andre er spesifikke for norsk olje og gassindustri (NORSOK). På generell basis dekker NORSOK standarder spesifikke behov som er identifisert i norsk olje og gass industri. Eksisterende NORSOK standarder blir løpende vurdert å kunne erstattes av internasjonale standarder eksempelvis gjennom standardisering og utviklingsarbeid under ISO/TC67 (Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries).

NORSOK Z-008 /14/ er en nøkkelstandard, referert til i Ptils regelverk og anvendt av alle operatørene som var med i denne undersøkelsen.. Denne standarden hadde en større revisjon i 2011, og er siden revidert i 2017. Z-008 standarden adresserer kravene i aktivitetsforskriften seksjon IX, Vedlikehold, direkte, samt at den beskriver styringssløyfen med anbefalte aktiviteter per steg i denne. Z-008 referer til en rekke norske og internasjonale standarder som er relevante innen faget.

RCM er en metodikk som er utstrakt brukt for etablering av et pålitelighets- og risikobasert vedlikeholdsprogram. Begrensningen til RCM er at metodikken er tidkrevende og omfattende å gjennomføre. Bruk av generiske konsepter sammen med leverandørenes anbefalinger og tilpasset det enkelte anlegget brukes av de fleste operatørene. Standarden IEC 60300-3-11 /15/ er den mest refererte standarden for RCM. Ofte brukes FMECA som en forenklet metodikk for sviktanalyse. En av de mest refererte standardene her er IEC 60812 /16/. Varianter av RCM metodikken kan også brukes for vedlikeholdsoptimalisering og er dermed en sentral metodikk for hvordan effekten av vedlikeholdet evalueres.

Ved etablering av vedlikeholdssystemer (Computerized Maintenance Management System, CMMS) vil de fleste brukere (operatører, utstyrsleverandører) og CMMS leverandører bruke ISO 14224 /17/ som basis. Den definerer blant annet utstyrshirarki og taksonomi som er nødvendig i konfigureringen av et vedlikeholdssystem, krav til data kvalitet og gir føringer for hvilke data som bør og kan brukes i prosessen for vedlikeholdsforbedring, evaluering av pålitelighet og analyse. ISO 14224 definerer imidlertid ikke en arbeidsprosess for vedlikeholdsforbedring og analyse.

Generelt er standarder knyttet til vedlikehold sterkt fokusert på teknikker og ikke prosesser. Standardene har større fokus på å etablere vedlikeholdsprogram og KPIer, reflektert gjennom "øvre del av styringssløyfen", som vist i Figur 3-1. En kan få et meget godt grunnlag for å etablere et forebyggende vedlikeholdsprogram ved å utføre gode og detaljerte analyser i henhold til disse standardene. Det er lite informasjon og konkrete oppskrifter i standardene når det gjelder å følge opp og analysere vedlikeholdsprogrammet.

Barrierestyring er godt beskrevet i flere standarder og i Ptil sitt barrierenotat /18/. For instrumenterte sikkerhetssystemer der man etablerer Safety Integrity Level (SIL)-krav brukes /20/ som grunnlag. Integritet i driftsfasen sikres gjennom et regime der man tester barrierefunksjonen og registrerer tilstand, utført test, vedlikehold og registrerer antall feil per sviktmodus. De klassiske testene der man kan estimere feilfraksjon (antall feil over antall tester) er NOROG 070 /21/

standarder dekkende, men for andre typer sviktmodi og analyser av bakenforliggende årsaker gir ikke disse standardene en god beskrivelse av metodikk for analyser.

Standarden ISO 20815 /19/ - «Production assurance and reliability management» *kapittel B7 og Annex D og E* omhandler vedlikehold som del av kontinuerlig forbedring av pålitelighet til anlegget. Denne standarden gir en god oversikt over forbedringsprosessen for vedlikehold, men ble ikke nevnt brukt av operatørene gjennom denne studien. Standarden er primært rettet mot produksjon, men metodene som beskrives er gyldig for vedlikehold, inkludert pålitelighet av sikkerhetssystemer.

Lekkasjer i prosessanlegg (viktige sviktmodi er korrosjon og sprekking) og pålitelighet av bærende struktur er beskrevet i en rekke standarder innen faget risikobasert inspeksjon, RBI. Til forskjell fra annet vedlikehold søker man i disse standardene å modellere tid til feil på ulike måter, og kombinert med konsekvens av feil setter man opp et inspeksjons- og vedlikeholdsprogram som skal kontrollere risiko innen gitte kriterier. RBI praksis er evaluering av «funn» eller «ikke-funn» og oppdatering av programmene deretter. Denne hyppige evalueringen av tid til neste inspeksjon basert på tilstand, estimert tid til feil, sannsynlighet og konsekvens er mindre brukt innenfor vedlikehold hvor aktivitetene i stor grad kjøres på faste intervaller uavhengig av tilstand. De viktigste standardene for inspeksjon for norsk sokkel er DNV-RP-G101 /22/, DNV-RP-C210 /23/ for henholdsvis prosess og struktur. For rørledninger er DNV RP-F-116 «Pipeline Integrity Management» /24/ brukt av de fleste selskaper på norsk sokkel. I tillegg er DNV RP 0002, Integrity Management of subsea systems /25/ brukt for undervannsproduksjonssystemer. Krav til brønnintegritet er definert i NORSOK D-010 /26/ og i NOROG 117 /27/.

NORSOK Z-DP-002 /28/ standarden var grunnlaget for Life Cycle Information (LCI) kodestruktur brukt av de fleste operatørselskapene i Norge. Standarden er imidlertid 25 år gammel, og bransjen har ikke prioritert å oppdatere eller modernisere denne. En av grunnene er at man har selskapsvise standarder som brukes, og som er implementert i de enkelte prosjektene. Prosjektet «READI» /29/ i regi av Standard Norge utreder en alternativ måte å strukturere basis anleggsinformasjon på. Dette arbeidet baseres på en såkalt «Reference Designation System» (RDS) basert på ISO 81346 serien som brukes av annen industri som for eksempel kraftindustri og bygg. READI metodikken er tenkt brukt for nye prosjekter. READI ble avsluttet sommeren 2022. En anbefaling fra READI er å oppdatere NORSOK Z-DP-002 i regi av NORSOK Z-TI Ekspertgruppe.

COVID-19 pandemien har vist sårbarhet i mange deler av samfunnet, deriblant innen olje og gass. En standard som er lite brukt i Norge er ISO 55000-serien – «Asset Management» /30/ og ISO 22301:2019(en) «Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements» /31/. Formålet med disse standardene er å analysere bedriftens sårbarhet for større ekstraordinære hendelser, og derigjennom sette opp beredskap som kan avbøte og redusere framtidig konsekvenser.

Tabell 4-1 Eksisterende standarder relevant for vedlikehold og COVID-19

Standard	Relevant innhold
NS-EN 13306:2017 (EN 13306:2010) - Vedlikehold – Vedlikeholdsterminologi	Generisk standard som beskriver og definerer begreper innen vedlikehold. Viktig for å etablere et felles språk i bransjen.
IEC 60300-3-11 - Dependability Management Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance	RAM prosess beskrivelse. Beskrivelse av RCM prosess.
IEC 60300 3-14 – Dependability management Part 3-14: Application guide - Maintenance and maintenance support	Kapittel 8 – Measurement analysis and improvement
IEC 60812, Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)	En av de mest refererte standardene for gjennomføring av FMECA
IEC 61508, Functional safety for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems	Denne standarden beskriver primært design av elektroniske sikkerhetssystemer, og har en relativt liten del som beskriver forbedring av pålitelighet i drift. Norog 070 (se #8 nedenfor) supplerer denne og er lettere tilgjengelig for driftsfasen.

Standard	Relevant innhold
NEK IEC TR 61511, Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector	Standard under IEC 61508, for process plant safety.
ISO 20815 - Petroleumindustri, petrokjemisk industri og naturgassindustri - Regularitet og pålitelighetsstyring (ISO 20815:2018)	Denne standarden beskriver pålitelighetsrelatert design gjennom hele livssyklusen. Kap. B.7 «Performance data tracking and analysis — Process 9» er mest relevant for driftsdelen.
070 – NORWEGIAN OIL AND GAS APPLICATION OF IEC 61508 AND IEC 61511 IN THE NORWEGIAN PETROLEUM INDUSTRY (Recommended SIL requirements) (Rev. 03: June 2018)	Kapittel 10.6 - SIS monitoring and verification Sec. 10.6.1: Failure registration and analysis Appendix F: Barrierer og oppdatering av SIL performance.
ISO 14224:2016 - Petroleumindustri, petrokjemisk industri og naturgassindustri - Innsamling og utveksling av pålitelighets- og vedlikeholdsdata for utstyr	Beskrivelse av taxonomi for innsamling av pålitelighetsdata, og metoder for estimering av pålitelighetsparametere (Annex C). Samme basis for estimering er brukt i OREDA databases. Kapittel 6 – Benefits of RM data collection and exchange
NORSOK Z-008 (2017). Risk based maintenance and consequence classification.	Kapittel 5. - Maintenance management Kapittel 8.6 - Update maintenance programme/Continuous improvement Kapittel 8.7 - Maintenance programme and handling of aging Kapittel 10.4 - Analysis and improvement
NORSOK S-001: Teknisk sikkerhet, Utgave: 7 (2021-05-31)	Beskrivelse av barrierer for typiske offshore anlegg.
Barrier Management in Operation for the Rig Industry (DNV, NSA), 2014, Prinsipper for barrierestyring i petroleumsvirksomheten (2013, 2017)	Barrierenotat fra Ptil. Beskrivelse av prinsipper for barriere styring.
DNVGL-RP-G101: Risk-based inspection of offshore topsides static mechanical equipment	RP utviklet av norsk industri for bruk i fbm inspeksjonsplanlegging på prosessanlegg offshore.
DNV-RP-C210 Probabilistic methods for planning of inspection for fatigue cracks in offshore structures	RP relater til planlegging av inspeksjon av offshore struktur
ISO 55000:2014: Asset management — Overview, principles and terminology	ISO 55000 serien inneholder guideline og krav til organisering av anleggsstyring
ISO 22301:2019(en): Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements	Serie med standarder som beskriver prinsipper og krav til bedriftens forretningsrisiko og beredskap som vil redusere denne risikoen.
DNV RP-F-116 Pipeline Integrity Management	Standard for integritet av rørsystemer, beskriver metodikk og beregninger. Kriterier knyttet til funn i drift er alignet med design standard.
DNV RP 0002, Integrity Management of subsea systems	Metodikk for integritet av subsea systemer.
NOROG 117; Norwegian Oil and Gas Association recommended guidelines for Well Integrity; 2017	RP relater til opplæring, dokumentasjon og rapportering og kategorisering (risking) av brønnhendelser. RP'en gir også forslag til organisering av integritetsstyring for brønner.
Norsok D-010: Well integrity in drilling and well operations; Rev. 4, 2013	Definisjon av barrierer for brønner. Anvendt i design av brønnbarrierer og for vurdering av integritet i tilfelle feil på deler av barrierene.

5 EVALUERING AV DATAKILDER

Evalueringen av datakildene har til hensikt å bidra inn i helhetsvurderingene på status og utfordringer knyttet til vedlikehold i bransjen for eventuelt å identifisere koblinger og sammenhenger med informasjonsinnhenting fra operatørselskapene.

5.1 Observasjoner knyttet til tilsyn

DNV har gått gjennom tilsynsrapporter fra Ptil og identifisert cirka 445 avvik fra regelverket som er vurdert som relevante fra perioden 2012 til 2021. Avvikene kategorisert som relevant for vedlikehold er knyttet til arbeidsprosessene i NORSOK Z-008 avviket omhandler. Bakgrunnen for denne tilnærmingen er å identifisere hvilke arbeidsprosesser og forskrifter det er brudd på.

Gjennomgang av tilsyn fra Ptil viser få funn mot § 49 Vedlikeholdseffektivitet, men mange funn mot manglende dokumentasjon og krav til utstyr, manglende oppfyllelse av krav til utstyr og manglende identifisering av barrierer. En gruppering av avvikene mot ulike kategorier og arbeidsprosesser er vist i tabellen nedenfor. Grupperingen er foretatt basert på gjentagende tema og likhetstrekk identifisert i mengden av de 445 utvalgte relevante avvikene.

Tabell 5-1 Gruppering av avvik mot kategorier og arbeidsprosesser

Gruppering	Antall avvik
Manglende dokumentasjon og krav til utstyr, manglende oppfyllelse av krav til utstyr, manglende identifisering av barrierer	138
Mangelfull organisering / styring / kompetanse	52
Mangelfull tilstand / tilstandsvurdering	46
Mangelfullt design	43
Mangelfullt vedlikehold / vedlikeholdsprogram	41
Mangelfull verifikasjon av design/ytelseskrav/vedlikehold/kontraktører	28
Mangelfull rapportering / dokumentasjon	25
Mangelfull merking	19
Mangelfull utførelse	14
Mangelfull analyse / forbedringsarbeid	12
Mangelfull klassifisering av utstyr	10
Mangelfull identifikasjon av sviktmodi	9
Mangelfull prioritering	4
Mangelfull læring	4

De fleste vedlikeholdsrelaterte avvik har Styringsforskriften §5 samt Aktivitetsforskriften §45 og §47 som hovedreferanse. Kun 4 identifiserte avvik refererer til Aktivitetsforskriften paragraf 49 Vedlikeholdseffektivitet som hovedreferanse. Tabell 5-2 nedenfor viser en oversikt over antall avvik mot utvalgte paragrafer i Ptil's forskrifter for perioden 2012 til 2021.

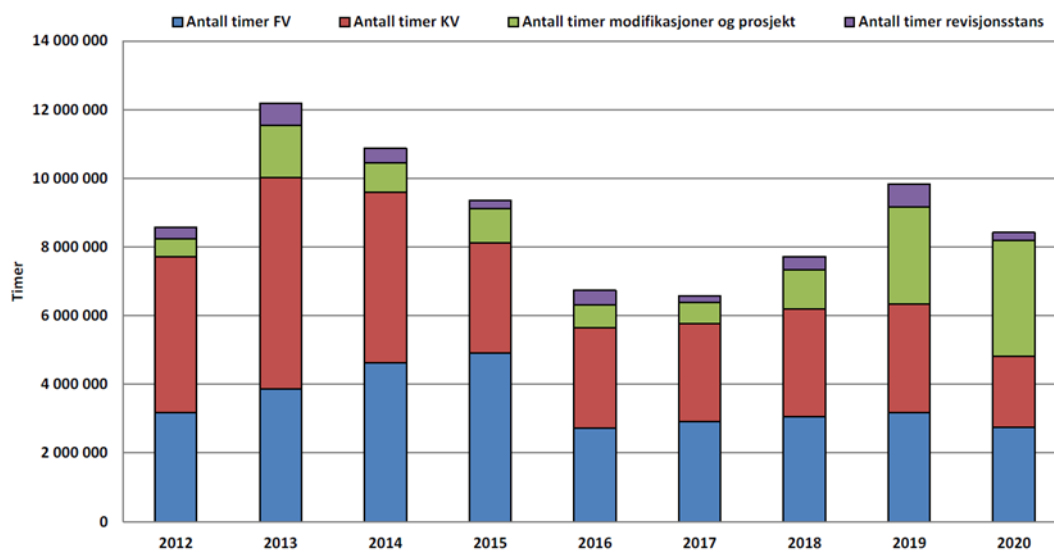
Tabell 5-2 Oversikt over antall avvik mot de ulike paragrafene i Ptil's forskrifter

Gruppering	Antall avvik
Styringsforskriften § 5 Barrierer	90
Aktivitetsforskriften § 45 Vedlikehold	56
Aktivitetsforskriften §47 Vedlikeholdsprogram	39
Aktivitetsforskriften §46 Klassifisering	11
Aktivitetsforskriften §48 Planlegging og prioritering	7
Aktivitetsforskriften §49 Vedlikeholdseffektivitet	4

5.2 Oppsummering av observasjoner knyttet til RNNP resultatene for 2021

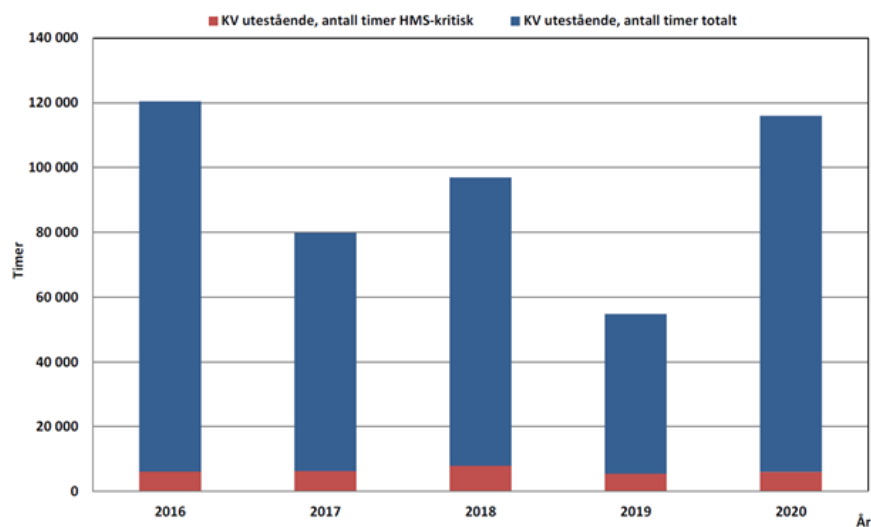
Det ble gjort en gjennomgang av resultatene fra RNNPs rapport fra 2021 i forkant av møtene med operatørene, for å se om utviklingen i statistikken kan gi vise sammenhenger mellom effektivitet i vedlikehold og sikkerhetsnivået generelt og eventuelt utviklingen av ytelsen på sikkerhetskritiske funksjoner. RNNP presenterer statistikk på en rekke parameterer som gir en indikasjon på hvordan risikonivået på norsk sokkel utvikler seg. I vurderingen gjort i denne studien ble det belyst trender og parameterer som viser mulige sammenhenger mellom ytelsen på indikatorer for vedlikehold og trender på ytelsen på sikkerhetskritiske funksjoner. RNNP presenterer også resultat fra spørreundersøkelser fra arbeidstakere i petroleumsindustrien. Her blir det også presentert resultater av opplevelsen om hvordan HMS og sikkerheten i industrien utvikler seg. Dette har også blitt vurdert i den grad det er relevant for studiens formål.

Figur 5-1 viser at det totale antall vedlikeholdstimer sank betydelig i perioden mellom 2013 og 2017 både for forebyggende og korrigerende vedlikehold. Dette faller sammen med en periode hvor næringen opplevde synkende oljepris og inntjening og dette kan derfor være en konsekvens av at bransjen har jobbet med effektivisering også innen vedlikehold. Man ser også at både planlagt forebyggende vedlikehold og korrigerende vedlikehold har holdt seg på omtrent samme nivå siden 2016, mens prosjekt- og modifikasjonsarbeid har tatt seg noe opp.



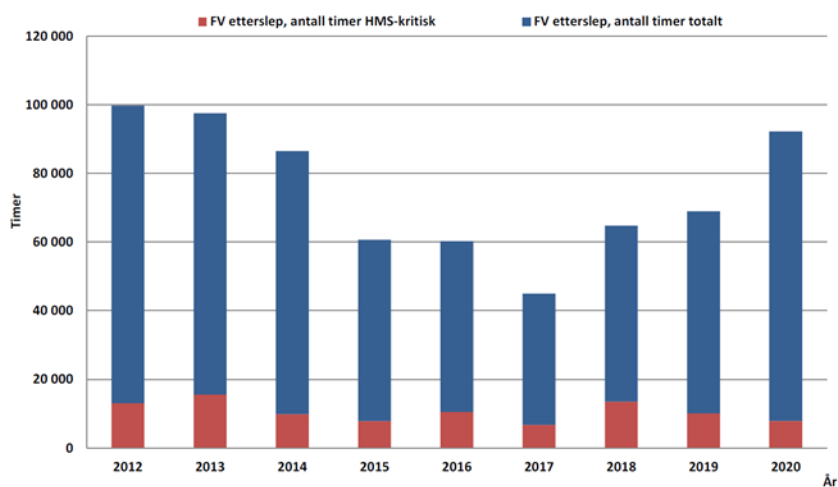
Figur 5-1 Utførte vedlikeholdstimer fra 2012 til 2020

Utestående korrigerende vedlikehold som vist i **Figur 5-2** viser ingen klar utvikling, og det er vanskelig å se noen sammenheng mellom utestående korrigerende vedlikehold og trend i totalt utførte vedlikeholdstimer. Andel HMS kritisk utestående korrigerende vedlikehold er lavt og viser ingen spesiell trend.



Figur 5-2 Trend for utestående korrigerende vedlikehold.

Man kan i Figur 5-3 se en svak økning i etterslep fra 2018 og 2019 til 2020 på forbyggende vedlikehold. Dette kan ha sammenheng med COVID-19 pandemien som ifølge tilbakemeldingene fra operatørene førte til strengere prioriteringer og noe mer utsatt vedlikehold innen enkelte områder.

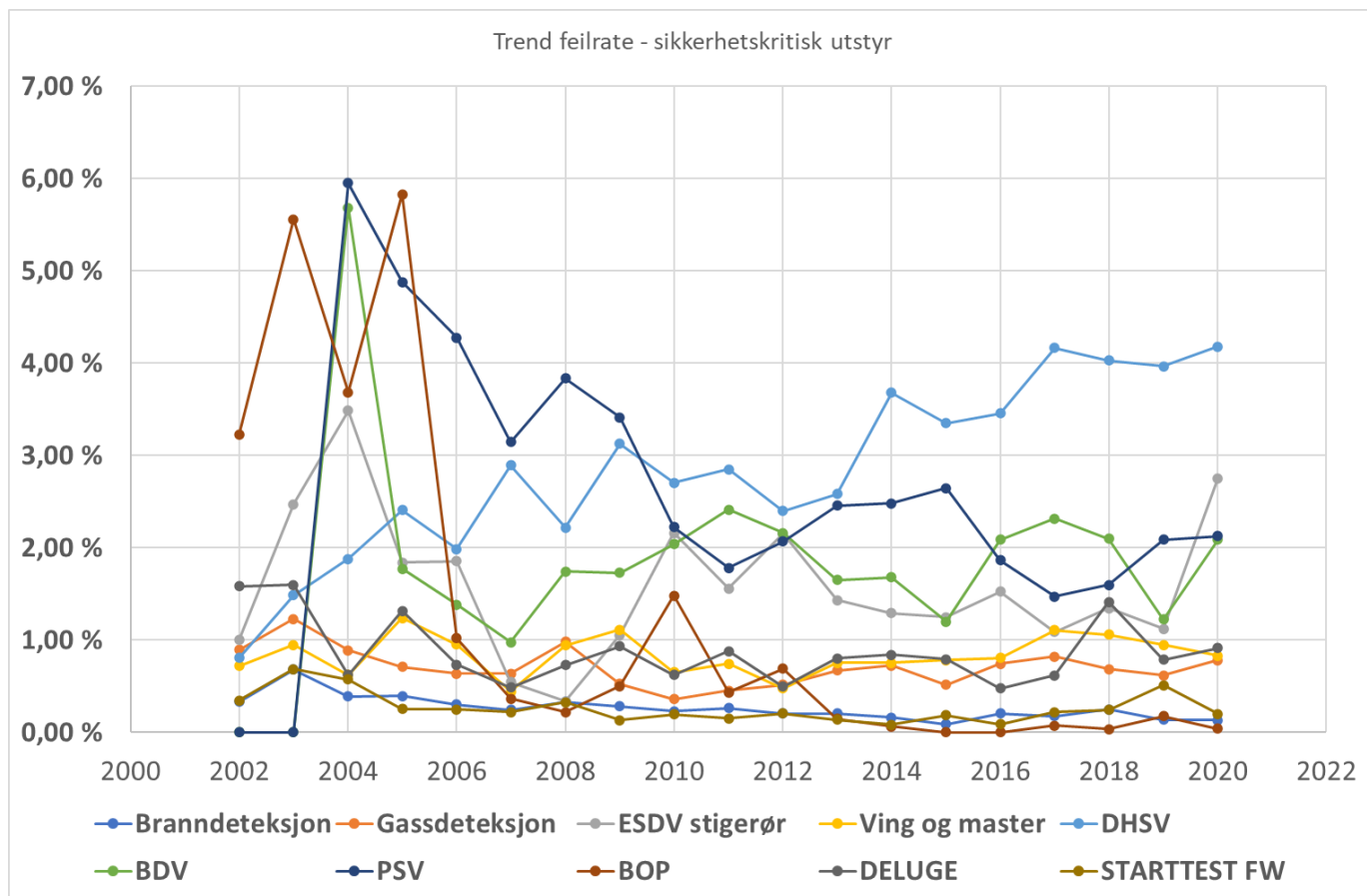


Figur 5-3 Trend for etterslep i forebyggende vedlikehold

Figur 5-3 viser også at sikkerhetskritisk etterslep har vært lavt og stabilt lavt i hele perioden som er presentert. Dette tyder på at vedlikehold av sikkerhetskritisk utstyr har vært prioritert i perioden. Dette er også en tydelig tilbakemelding som kommer fra næringen. Krav til rapportering på sikkerhetskritisk utstyr og entydig definerte indikatorer for dette, gjør at disse aktivitetene blir prioritert. Når ytelsen måles og følges opp på samme måte, blir også kvaliteten og prioritering på denne oppfølgingen relativt lik mellom operatørene. Disse indikatorene bli ofte også fulgt opp i selskapenes barrierepaneler, hvor etterslep og svekkelser mot barrierer reflekteres og oppdateres regelmessig.

Det rapporteres på feilrater på en del spesifikke barrierefunksjoner (ESD ventiler, PSV-ventiler, Aktive brønnbarrierer og aktiv brannbeskyttelse) og noen globale funksjoner (brann og gassdeteksjon). Utviklingen i feilrater er vist i Figur 5-4. For de forskjellige systemene og komponentene, er det definert en forventet ytelse for oppnådd feilrate. De rapporterte feilratene oppnår i mange tilfeller disse målverdiene, men i noen tilfeller er ytelsen dårligere enn forventet. Dette gjelder

spesielt stigerør ESD Ventiler, nedihullsventiler (DHSVer) og Blowdownventiler. Her er også trenden i noen grad negativ. Det er vanskelig å bedømme disse resultatene ut fra vedlikeholdets effektivitet. Tilbakemelding fra operatørene har heller ikke gitt noen indikasjon på at dette skyldes kvaliteten eller effektiviteten på vedlikeholdet. Det er grunn til å tro at RNNP feilrate resultater påvirkes av design og operasjonelle forhold i tillegg til barrieretestintervaller og vedlikeholdsprioritering.



Figur 5-4 Feilrater på utvalgt sikkerhetskritisk utstyr

RNNP er altså et kvantitativt måleverktøy basert på innrapporterte data og indikatorer som er kritiske for sikkerhet og arbeidsmiljø. I tillegg gjennomføres samfunnsvitenskapelige analyser basert på spørreskjema, intervjuer, feltarbeid og andre studier. En slik analyse er HMS-klima undersøkelsen i RNNP hvor det blant annet blir spurt om mangelfullt vedlikehold har ført til dårligere sikkerhet. Dette spørsmålet har en relativt dårlig score både i 2017 og 2019. Det er vanskelig å tolke hva som er bakgrunnen for hvorfor det oppleves slik, men et generelt bilde av nedgang i både forbyggende vedlikehold og korrigerende vedlikehold i perioden 2013 til 2017 kan kanskje forklare denne dårlige scoren på vedlikehold og sikkerhet. I samtaler med operatørene har dette ikke vært flagget som en utfordring. Målgruppen for intervjuene, som ofte har vært personer innenfor vedlikeholdsstyring og analyse, sammenfaller kanskje heller ikke med gruppen som har en opplevelse av dårligere sikkerhet som følge av mangelfullt vedlikehold.

Når en undersøker andre indikatorer for storulykker som for eksempel rapporterte hydrokarbonlekkasjer, viser statistikken her en svak positiv trend (litt færre rapporterte lekkasjer) og få hendelser de siste årene. Det er vanskelig å si om slike lekkasjer er forårsaket av feil introdusert gjennom vedlikehold eller som følge av operasjonell intervensjon. Det er sjelden at det er rene tekniske feil eller svakheter i design som er oppgitt som årsak til lekkasjer. Det samme

gjelder rotårsaker til for eksempel fallende gjenstand hendelser tilknyttet løft og kranaktiviteter. Tilbakemeldingen fra operatørene er også at det er vanskelig å vurdere kvaliteten på vedlikehold ut ifra statistikk på hendelser. Siden det kan gå tid fra et vedlikehold er utført til en hendelse oppstår er det vanskelig å tilskrive årsaken til en feil eller hendelse tilbake til for eksempel feil introdusert gjennom vedlikehold. I neste kapittel er dette belyst i en gjennomgang av granskede hendelser.

5.3 Vedlikehold og granskninger

I studien har det blitt evaluert om manglende vedlikehold og/eller manglende vedlikeholdsstyring har bidratt til hendelser som er rapportert i offentlige granskingsrapporter. De fleste hendelsene som er gransket har sammensatte tekniske og operasjonelle årsaker. Følgende kilder og granskninger har blitt evaluert:

- Ptil's granskinger av hendelser offshore NCS (www.ptil.no)
- Major Process Safety Incidents vs Root Cause Map (IChemE: www.icheme.org)

Fra Ptil så har 6 hendelser blitt identifisert til å indirekte eller direkte å være knyttet til vedlikehold, mens IChemE omfatter 50 større hendelser. De fleste hendelsene er sammensatte, og granskningene påpeker oftest på mange årsaker. Den beste sammenstillingen finner man fra IChemE som har sammenstilt et stort antall hendelser. Hendelsene er fra prosessindustrien og kan anses å være svært relevant også for norsk olje- og gassindustri.

5.3.1 Ptil granskinger:

Ptil's database omhandler 62 hendelser, hvorav 6 eksplisitt omhandler avvik knyttet til vedlikeholdsstyring. Rapportene og spesielt avvik er undersøkt og oppsummert nedenfor. Følgende hendelser ble vurdert som relevante fra Ptil's granskingsrapporter:

1. Equinor - Hammerfest LNG - brann i filter/luftinntak
2. Repsol - Gyda - Gransking av hendelse med fallende gjenstand boreutstyr
3. Statoil - Staffjord A - Gransking av brann
4. Statoil - Staffjord C - Gransking av hydrokarbonlekkasje i laste/losse systemet
5. Seadrill – West Hercules – Gransking av utilsiktet frakobling av nedre stigerørspakke
6. Point Resources - Jotun B - Gransking av hendelse med fallende gjenstand

Tabell 5-4 nedenfor viser en sammenstilling av nevnte granskinger. I oversikten vises hendelsene med referanse til regelverksbrudd, avvik og vedlikeholdsrelaterte årsaker, og til sist bakenforliggende årsak. Analysen av granskningene benytter DNV's «tap-årsaks-modell» som vist i **Figur 5-5**.

Basert på disse nevnte 6 hendelsene kan følgende læringspunkter trekkes fram;

- **Kvalitet på vedlikeholdsprogrammet:** Operatør hadde ikke full dekning av viktige skademekanismer i vedlikeholdsprogrammet eller at komponenter var uteglemt fra programmet. Dermed hadde man ikke et forebyggende program for å handtere den skaden som etter hvert utviklet seg og førte til en hendelse. Informasjonsinnhentingene omtalt senere i rapporten viser at de fleste operatørene har prosesser for å oppdatere programmene. Tilsyn fra Ptil avdekker utfordringer med at dette ikke blir gjort med tilstrekkelig kvalitet.

- **Kunnskap om skademekanismer:** Manglende kunnskap om skademekanismen blant dem som hadde ansvar for utstyret er også et gjentakende problem. Operatør hadde ikke gjort en tilstrekkelig sviktanalyse eller sjekket med leverandør om de feilene som kunne oppstå. None av feilene var kjent, men man lærte ikke av disse feilene for så å unngå dem på eget anlegg.
- **Gjentatte feil ble ikke permanent reparert:** Vi ser tilfeller der gjentatte feil er rapportert uten at man gjorde tilstrekkelig rotårsaksanalyser og fant en permanent løsning på problemet. Dermed var det kun spørsmål om tid før feilen ville opptre igjen som i kombinasjon med litt andre omstendigheter førte til hendelsen.
- **Manglende prosedyrer og kompetanse knyttet til vedlikehold av utstyret:** Operatørens personell manglet kunnskap om utstyret, dets funksjon og prosedyrer for vedlikehold.

I sum indikerer granskningene manglende styring og kvalitet i vedlikeholdsprosessen. Alle operatørene har i stor grad implementert vedlikeholdsprosesser i henhold til regelverket, men av ulike årsaker blir ikke prosesser etterlevd og utført i henhold til intensjonene. Videre ser man at en rekke avvik mot regelverket ble avdekket i granskningene som vist i tabell 5-4. Dette er avvik som primært relateres til aktivitets- og styringsforskriften hvilket indikerer at vedlikeholdsprosessen kun er en del av årsaksbildet..

Tabell 5-3 Oppsummering av vedlikeholdsrelaterte årsaker ref- Ptil's granskinger

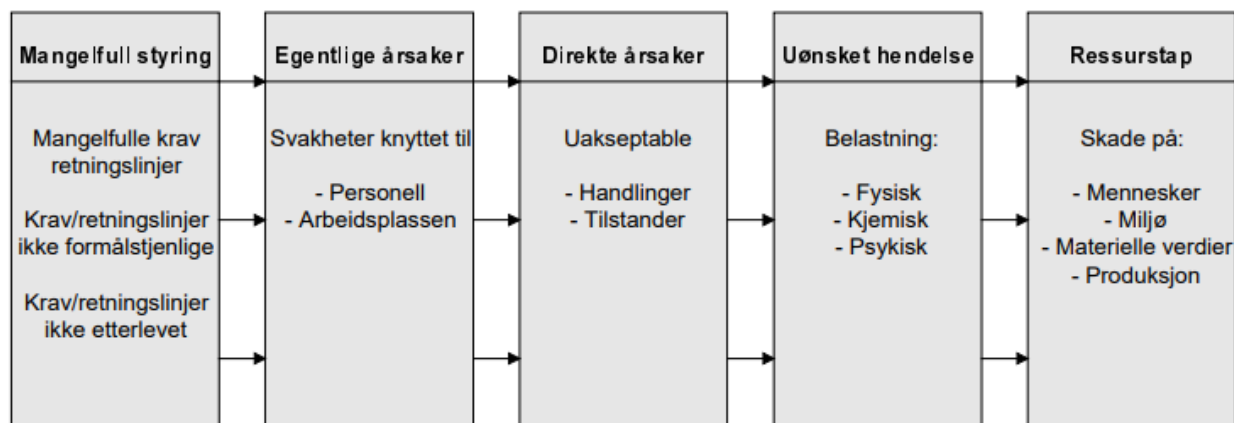
No	Underliggende årsak	Beskrivelse	Bakenforliggende årsaker
1	Kvalitet på vedlikeholdsprogram	<ul style="list-style-type: none"> • Komponenter og systemer uteglemt fra vedlikeholdsprogrammet 	
2	Kunnskap om skademekanismer	<ul style="list-style-type: none"> • Eier/operatør visste ikke om viktige skademekanismer. Forebyggende vedlikehold manglet, og dette førte til alvorlig feil. • Skademekanisme var kjent, men man lærte ikke fra andre i bransjen: designer/leverandør eller fra andre operatører om nevnte feilmekanisme. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manglende ledelse 2. Manglende læring av egne og andres hendelser
3	Gjentatte feil ikke fikset	<ul style="list-style-type: none"> • Feil oppstår gjentatte ganger; det vil si man visste om feilen/mekanismen, men evnet ikke å utbedre den. • Permanent feilretting ble ikke utført eller virket ikke. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Manglende endrings- og risikostyring
4	Utførelse/prosedyrer	<ul style="list-style-type: none"> • Manglende prosedyrer, dårlig kvalitet på prosedyrene, og/eller manglende etterlevelse. • Kompetanse til å utføre riktig vedlikehold. 	

Tabell 5-4 Sammenstilling av Ptil granskinger relatert til vedlikehold

Tittel på granskningsrapport	Regel-henvisning	Tittel i avvik	Vedlikeholdsrelaterte årsaker (DNV tolkning)	Bakenforliggende årsak (DNV tolkning)
1. Equinor - Hammerfest LNG - brann i filter/luftinntak	SF § 5 om barrierer og § 8 om interne krav	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ledelse og styring 2. Bemanning i organisasjonen 3. Risikoanalyser 4. Vedlikehold av filtre 5. Oversikt over eksterne beredskapsressurser 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vedlikeholds-optimering med dårlig begrunnelse og manglende forståelse for utstyrets funksjon. 2. Elementært «hushold»/ rengjøring manglet. 3. Læring av tidligere hendelser 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ledelse & styring 2. Manglende læring
2. Repsol - Gyda - Gransking av hendelse med fallende gjenstand boreutstyr	AF § 45 - Vedlikehold. AF § 15 - Informasjon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vedlikehold av skiddesystem og skiddebjelker 2. Informasjonsinnhenting knyttet til drift og vedlikehold av skiddesystemet 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Slitasjemekanisme ikke forstått eller tatt hensyn til, og til dels oversett 2. Manglende læring fra andre operatører med tilsvarende hendelser 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manglende læring fra egne og andres hendelser
3. Statoil - Statfjord A - Gransking av brann	IF § 34 om prosessikringssystem IF § 8 om sikkerhetsfunksjoner SF § 5 om barrierer. AF § 29 om planlegging SF § 4 om risikoreduksjon. IF § 10 om anlegg, systemer og utstyr AF § 20 om oppstart og drift av inn-retninger	<ol style="list-style-type: none"> 1. Undersøkelse og forbedringstiltak etter tidligere hendelse 2. Blokkering av sikkerhetssystemer 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manglende kvalitet på effektbryter, som ikke ble fulgt opp av hyppigere vedlikehold 2. Gjentakende feil, og manglende læring av feilene 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Læring av feil
4. Statoil - Statfjord C - Gransking av hydrokarbonlekkasje i laste/losse systemet	AF § 30 om sikkerhetsmessig klarering av aktiviteter. AF § 92 om løfteoperasjoner AF § 21 om kompetanse – AF § 23 om trening og øvelser AF § 25 om bruk av innretninger. AF § 45 om vedlikehold – AF § 47 om vedlikeholdsprogram IF § 8 om sikkerhetsfunksjoner SF § 22 om avviksbehandling	<ol style="list-style-type: none"> 1. Opprinnelig designløsning for dreneringssystem 2. Modifisert designløsning for dreneringssystem 3. Konsekvensklassifisering av åpent dreneringssystem 4. Klargjøring for vedlikehold 5. Styring av samtidige aktiviteter 6. Kvalifisering og oppfølging av kompetansen til entreprenør 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dårlig design, 2. Modifikasjon fjernet barrierer 3. Reagerte Ikke på tilsvarende feil 4. Dårlig vedlikehold-utførelse 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Endringsprosesser & risiko-vurdering av endring
5. Seadrill – West Hercules – Gransking av utilsiktet frakobling av nedre stigerørspakke	AF § 46 - Klassifisering (sist endret: 01.01.2017) AF § 47 – Vedlikeholdsprogram	<ol style="list-style-type: none"> 1. Risikostyring 2. Kompetanse og kapasitet 3. Prosedyrer og etterlevelse 4. Vedlikehold 5. Endringsstyring 6. Påseplikt 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ADS (Automatic Disconnect System) hadde ikke blitt registrert i vedlikeholds-systemet etter 7 års drift (så som klassifisering, testing, PM-rutiner). 2. LCI: Leverandør-dokumentasjon manglet. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kvalitet på vedlikeholdsprogram med tilhørende QA

Tittel på granskningsrapport	Regel-henvisning	Tittel i avvik	Vedlikeholdsrelaterte årsaker (DNV tolkning)	Bakenforliggende årsak (DNV tolkning)
6. Point Resources - Jotun B - Gransking av hendelse med fallende gjenstand	RF § 7 om ansvar etter denne forskriften SF § 17 om risikoanalyser og beredskapsanalyser AF § 21 om kompetanse. Forskrift om maskiner § 9 AF § 92 om løfteoperasjoner SF § 22 om avviksbehandling SF § 5 om barrierer AF § 46 om klassifisering AF § 47 om vedlikeholdsprogram AF § 48 om planlegging og prioritering. AF § 49 om vedlikeholdseffektivitet SF § 6 om styring av helse, miljø og sikkerhet SF § 21 om oppfølging SF § 15 om informasjon AF § 48 om planlegging og prioritering	1. Påseplikt 2. Risikoanalyser 3. Opplæring 4. Bruksanvisning for løfteutstyr 5. Bruk av usertifisert løfteutstyr 6. Avvikshåndtering 7. Barrierer 8. Klassifisering av utstyr i boremodul 9. Vedlikeholdsprogram 10. Planlegging og prioritering 11. Oppfølging	1. Utstyret som feilet hadde ikke PM program (klassifisering, risiko analyse). 2. Bruksanvisning manglet 3. Utført vedlikehold kunne ikke dokumenteres	1. Ledelse innen vedlikeholdsprosesser

(SF-Styrings-, AF- Aktivitets-, IF-innretnings-, RF-RammeForskriften)



Figur 5-5 DNV's Tap-årsaksmodell relatert til hendelser

5.3.2 IChemE; Lessons Learned Database

IChemE ([Institution of Chemical Engineers - IChemE](#)) er en britisk basert faggruppe som samler og deler informasjon om prosessikkerhet og god praksis relatert til design og operasjon av industrianlegg. En del av deres materiale er en «Lesson Learned» database med utdrag fra ulykker og granskinger av disse. Informasjon fra totalt 50 rotårsaker fra ulykker de siste 40 årene er sammenstilt og kategorisert. Sammenstillingen viser hovedårsakene bak hendelsene og derigjennom lærdom for å unngå gjentagelse.

Noen sitater fra nevnte web-side er verdt å ta med seg som følger:

«Organisasjoner har ikke minne, kun mennesker, og de flytter på seg»¹

«Ulykker kommer ikke av mangel på kunnskap, men mangel på bruk av eksisterende kunnskap»²

Hovedårsakene til hendelsene er gruppert etter følgende tema:

- a) Natural Hazards
- b) Design
- c) Operasjon
- d) Vedlikehold
- e) Personell faktorer og kompetanse
- f) Kultur
- g) Myndighetsaspekter

Statistikken for de 50 hendelsene er vist i Tabell 5-5. Tallene viser hvor mange av de 50 hendelsene som anga de ulike faktorene som årsak. For eksempel viser tabellen 24 hendelser med kombinasjon av Maintenance og Risk Assessment, det vil si at manglende risikovurdering i forbindelse med vedlikehold var en medvirkende årsak til 24 av de 50 hendelsene. Tilsvarende så var Design Factor/Hazard Identification medvirkende årsak til 35 av de 50 hendelsene.

De hyppigste hovedårsakene var som følger:

- Hasard Identifikasjon i forbindelse med design
- Risikoanalyser i forbindelse med vedlikehold og design
- Kompetanse knyttet til prosedyrer for drift og vedlikehold

De fleste av disse faktorene er relatert til vedlikehold både med hensyn til risikoforståelse, risikoanalyser og kvalitet på utførelse av vedlikehold. Videre er hyppige årsaker som material-degradering og manglende forebyggende vedlikeholdsprogram viktige årsaker. Igjen ser vi at vedlikehold og prosessene rundt vedlikehold er medvirkende årsak til storulykker, tilsvarende som vi så i forrige kapittel med utdrag fra Ptil's egne granskinger. Dette indikerer viktigheten av at disse prosessene prioriteres og at kvaliteten er god i alle ledd.

¹ "Organisations have no memory. Only people have memory and they move on".

² "Accidents are not due to lack of knowledge, but failure to use the knowledge we have".

Tabell 5-5 Hyppighet av rot-årsak-faktorer fra IChemE Lesson Learned database

Design Factors	#off	Maintenance factors	#off	Competency	#off
Process design	19	Risk Assessment	24	Communication	23
Hazard Identification	34	Work Planning	0	Procedures	37
Equipment/piping Design	16	Control of Work	11	Training	35
Materials of construction	6	Energy Isolation	2		
Instrumentation	19	Housekeeping	3		
Safety Instrumented Systems	12	Material Degradation	12		
Protective systems	8	Inspection	7		
Plant Layout	17	Preventive maintenance	12		
Occupied Buildings	8				

6 INFORMASJONSINNHEMTING FRA OPERATØRENE

DNV har gjennom denne studien hatt møter og intervjuer med i alt seks operatører på norsk sokkel. Temalisten for disse møtene er som vist i Tabell 3-2 som følger:

1. Indikatorer og trender for styring av vedlikehold over tid
2. Styring, industristandarder og metoder
3. Kontinuerlig forbedring av vedlikeholdskonsept gjennom pålitelighet, forbedringsforslag, læring og hendelser.
4. Barriere dashboard og evaluering av prestasjon, plan og planlegging
5. Dataverktøy, dataunderlag og digitaliseringsmuligheter / CBM
6. Kvalitet og presisjon i operativ utførelse
7. Overordnet anleggsgjennomgang og ledelsesprioritering
8. Effekten av COVID-19

Hvert av disse temaene er diskutert i det følgende kapitlene, der funn, god praksis og utfordringer er oppsummert basert på informasjonsinnhentingen fra alle selskapene.

6.1 Indikatorer og trender for styring av vedlikehold over tid

6.1.1 Funn

De fleste operatørene baserer seg på egenutviklede løsninger og dashbord for å prosessere, tilrettelegge og fremstille vedlikeholdsrelatert informasjon for beslutningsstøtte. Tilbakemeldingen fra operatørene er at utvalgte indikatorer blir brukt til å identifisere trender over tid og at korrigerende tiltak for å motvirke negative trender blir løpende vurdert og iverksatt.

Det ble i informasjonsinnhentingen presisert at det er en kritisk suksessfaktor at barrieresvekkelser med tilhørende korrigerende vedlikehold og tidsfrister er kontinuerlig oppdatert. På denne måten kan offshorepersonell med plattformledelsen følge opp iboende risiko i korrigerende portefølje i sanntid. Hvis informasjonen ikke er oppdatert så vil dette medføre lavere motivasjon ettersom effekten av utført arbeid ikke er umiddelbart synlig. Dette kan være en utfordring hvis en eksempelvis bruker et dashboard som trekker ut data fra CMMS. CMMS vil normalt sett inneholde informasjon i sanntid når arbeidsordre oppdateres, men dashboardet vil ikke oppdateres ettersom dette kun oppdateres med informasjon fra CMMS med gitte intervall.

Operatørens praksis for bruk av indikatorer og oppfølging av trender for styring av vedlikehold er vurdert opp mot følgende områder som definert i ISO 14224 Annex E

1. Måling av sikkerhetssystemenes ytelse
2. Måling av i hvilken grad det forebyggende vedlikeholdet inneholder barriere testing
3. Sikre rett prioritering og utførelse av kritisk vedlikehold
4. Sikre rett grunnlag for vedlikeholdsplan og utførelse
5. Sikre kvalitet i utført vedlikehold
6. Sikre at sikkerhetskritiske reservedeler er tilgjengelig ved behov

Alle de 6 selskapene som deltok i studien, har en oppfølging på sikkerhetssystemenes ytelse og Ptil's påkrevde RNNP rapportering har bidratt til at systemene som dekkes av RNNP er ivaretatt. Ulike verktøy ble presentert for datainnhenting og fremstilling, men flere av disse verktøyene var under utvikling og kun delvis i bruk. Barrierepanel brukes i økende grad for å synliggjøre barrieresvekkelser og utestående forebyggende vedlikehold / barrieretestaktiviteter for å gi et nåtidsbilde på tilstand. Barrierepanelet inneholder som regel ikke informasjon om sikkerhetssystemenes ytelse basert på vedlikeholdshistorikk. Periodiske integritetsgjennomganger (eksempelvis årlig) brukes for å oppsummere tilstand (utestående kritisk vedlikehold og avvik) per barriere (PS) opp mot gitte kriterier som typisk resulterer i en fargekode (grønn, gul, rød).

Måling av sikkerhetssystemenes ytelse drives av kravet til RNNP rapportering, men flere operatører jobber med løsninger eller har ferdigutviklede løsninger som dekker feilfraksjon på mer eller mindre alle barrierene som definert i NORSOK S-001 /36/. En operatør viste eksempler på analyser og indikatorer på noen utvalgte sikkerhetsutstyrgrupper som inkluderte alle feil (ikke bare feil som oppdages via testing) i form av en teknisk tilgjengelighet.

Flere operatører viste eksempler på identifikasjon av vedlikeholdsgjengangere (bad actors) og det er relativt enkelt å ta ut informasjon knyttet til vedlikeholdsgjengangere eksempelvis gjennom å sortere på antall korrigerende arbeidsordre mot komponenter, ofte referert til som functional locations. Hvis dette skal gjennomføres mot sikkerhetssystem, så kreves det at disse systemene kan identifiseres som sikkerhetssystem i CMMS. Identifikasjon av vedlikeholdsgjengangere brukes imidlertid mer som en analyseteknikk heller enn en indikator for styring av vedlikehold.

Andel forebyggende vedlikehold eller andel korrigerende vedlikehold opp mot totalt vedlikehold blir i liten grad brukt som en indikator. Et selskap bruker andel forebyggende vedlikehold som et kriterium for videre analyse hvis andel forebyggende vedlikehold blir for lavt.

En måling av i hvilken grad det forebyggende vedlikeholdet inneholder barrieretesting ble fremhevet av flere operatører, men kun en operatør presenterte en indikator og systematisk oppfølging av dette.

Alle operatørene har indikatorer som dekker rett prioritering og utførelse av kritisk vedlikehold med varierende definisjon og valg av indikatorer. Iboende risiko knyttet til manglende utførelse av forebyggende vedlikehold er enklere å følge opp enn korrigerende vedlikehold ettersom risikoen på det forebyggende vedlikeholdet med tidsfrister for utførelse er forhåndsdefinert i vedlikeholdsprogrammet. Iboende risiko i korrigerende vedlikehold må først vurderes av operativt personell og hvis risikoen feilaktig settes lavere eller høyere enn den reelle risikoen så vil risikoen i det utestående korrigerende vedlikeholdet ikke bli korrekt fremstilt og kommunisert gjennom eksisterende indikatorer og dashbord. I informasjonsinnhenting ble det fremhevet av enkelte operatører at det derfor er en god praksis å måle både kvalitet på risikovurdering av korrigerende vedlikehold og risikoen i utestående korrigerende vedlikehold. Oppfølging av KPI på kvalitet i risikovurdering av sikkerhetskritiske korrektive arbeidsordrer i kombinasjon med oppfølging av sikkerhetskritiske korrektive arbeidsordre som har gått over tidsfrist bør derfor begge kontrolleres for å sikre god kontroll på barrieresvekkelser.

For områdene rett grunnlag for vedlikeholdsplan og utførelse, kvalitet i utført vedlikehold samt sikre at sikkerhetskritiske reservedeler er tilgjengelig ved behov ble ikke nevnt brukt av operatørene. Tabell 6-1 nedenfor viser oppsummert resultatene fra informasjonsinnhenting.

Tabell 6-1 Resultatene fra informasjonsinnhenting

Område	Grad av bruk	Kommentar
1. Måling av sikkerhetssystemenes ytelse	Middels	Brukt av alle med varierende grad av dekning på utstyr og modenhet på verktøy. RNNP dekkes som et minimum
2. Måling av i hvilken grad det forebyggende vedlikeholdet inneholder barriere testing	Middels til lav	Fokus for alle, men systematisk målt av kun en operatør
3. Sikre rett prioritering og utførelse av kritisk vedlikehold	Høy	Brukes av alle med varierende definisjon og valg av indikatorer
4. Sikre rett grunnlag for vedlikeholdsplan og utførelse	Ikke presentert brukt	Ikke fremhevet / ikke presentert brukt
5. Sikre kvalitet i utført vedlikehold	Ikke presentert brukt	Ikke fremhevet / ikke presentert brukt
6. Sikre at sikkerhetskritiske reservedeler er tilgjengelig ved behov	Ikke presentert brukt	Ikke fremhevet / ikke presentert brukt

6.1.2 God praksis

Standarden ISO 14224 Annex E gir eksempler på indikatorer og metoder for kontinuerlig forbedring. CMMS systemet bør konfigureres med hensyn på utvalgte indikatorer innenfor områdene som definert i ISO 14224 Annex E. Videre er det viktig å sikre at systemene blir kontinuerlig oppdatert.

Kvalitetssikring av risikovurderingen av det korrigerende vedlikeholdet er kritisk for å sikre rett prioritering og det bør etableres måling og oppfølging for å sikre dette.

På noe type utstyr er det mange feil som ikke dekkes gjennom det planlagte testregimet og det bør derfor implementeres indikatorer for teknisk tilgjengelighet som dekker den reelle påliteligheten og tilgjengeligheten til disse systemene.

6.1.3 Utfordringer

Det kom fram i møtene med operatørene at eksisterende CMMS har manglende funksjonalitet for vedlikeholdsanalyse og presentasjon av tilstandsrelatert informasjon. Etableringen av egne dashbord for å trekke ut data for KPIer og indikatorer krever en del tid og ressurser, men det kan virke som om nye verktøy og skyløsninger har gjort dette arbeidet enklere over de siste årene.

Mange feil blir ikke fanget opp via barrieretesting. Feilfraksjon på barrieretesting gir derfor ofte ikke et helhetsbilde på ytelse av sikkerhetssystemene. Måling av teknisk tilgjengelighet krever imidlertid vesentlig mer innsats og krever høy datakvalitet sammenlignet med feil fraksjon på barrieretesting. Eksempel på utstyr hvor mange feil kan bli oppdaget utenom test programmet inkluderer Ex beskyttelse, branddører, nødlis og PA anlegg. Eksempel på utstyr som i mindre grad har feil utenom test programmet inkluderer brann og gass deteksjon, nedstengningsventiler og PSVer.

6.2 Styring, industristandarder og metoder

6.2.1 Funn

Alle selskapene har egne avdelinger som har ansvar for arbeidsprosesser og metodikk relatert til vedlikehold. De fleste selskaper baserer seg på filosofien i NORSOK Z-008 /14/ og Ptil's basisstudie /32/ og har inkorporert vedlikeholdsløyfen som er vist i Figur 3-1 i sine arbeidsprosesser og styrende dokumenter. Som grunnlag for koding av utstyr og vedlikeholdsdata er ISO 14224 benyttet.

De fleste selskaper skiller mellom funksjon (disiplinansvarlig) som har ansvaret for innhold og krav til integritet og vedlikehold, og en funksjon som er ansvarlig for vedlikeholdsprosessen (vedlikehold/pålitelighetsansvarlig). Sistnevnte funksjon kan både være ansvarlig for arbeidsprosessen og oppfølging av arbeidsprosessen.

Utøvende disiplinansvarlige har i de fleste selskaper ansvar for vedlikeholdsprogrammene, og for å gjøre oppdatering av disse. Studien viser at organiseringen av vedlikehold varierer og synes å være avhengig av størrelsen på et selskap. Større selskap synes i større grad å etablere sentrale roller og prosesser for å sikre enhetlig praksis på tvers i selskapet sammenlignet med mindre selskap.

De fleste operatørene mente at eksisterende standarder i tilstrekkelig grad dekker vedlikeholdsanalyse. En operatør refererte til IEC 60300-3-11 som en av de viktigste standardene for vedlikeholdsanalyse. DNVGL-RP-G101 /22/ ble referert brukt for topside prosessutstyr.

6.2.2 God praksis

Sentralisering av overordnet vedlikeholdsstyring anses som god praksis da dette sikrer enhetlige og konsistente arbeidsprosesser.

Sikring av at likt utstyr under like driftsforhold vedlikeholdes likt på tvers av installasjoner anses som god praksis. Man definerer gjerne et sett med utstysgrupper som oppfyller visse kriterier (størrelse, driftsforhold, medium, etc.). Dette betyr at det er implementert en prosess for læring når man får ny informasjon på gitt gruppe som resulterer i at man oppdaterer vedlikeholdet på gruppen. Denne prosessen blir normalt sett ivaretatt av dedikerte roller med ansvar for utstyr og vedlikehold.

Alle selskapene har dedikerte funksjoner eller roller som systematisk skal følge opp tilstanden til anleggene på tvers av systemer og disipliner. Dette for å avlaste de enkelte disiplinene som ofte blir opptatt med den daglige driften og mangler tid til å initiere systematiske gjennomganger eller dypere rotårsaksanalyser innenfor sitt felt. Dette sikrer også at de systemene og disiplinene som har størst utfordringer blir prioritert.

6.2.3 Utfordringer

De fleste selskaper rapporterer om at det er vanskelig å bruke nok tid og ressurser på systematiske gjennomganger og grundige rotårsaksanalyser. Fagdisiplinene blir ofte dratt inn i den daglige driften og de akutte problemstillingene blir prioritert.

De fleste standarder innenfor vedlikehold inneholder beskrivelser om rapportering, analyser og forbedringer, men disse er i mindre grad spesifikke med hensyn til nedre del av styringssløyfen. Dette gjør det vanskeligere å etablere en enhetlig arbeidsprosess for analyser og forbedringer.

Prosesen for rapportering av tilstand og pålitelighet til instrumenterte sikkerhetsfunksjoner og barrierer er basert på Norsk Olje og Gass 070 /21/ og er standardisert i selskapene og på tvers av industrien. Denne prosessen er løst på forskjellig vis, men alle selskapene har mulighet til å hente ut data knyttet til tilstand på barriereutstyr, SIL analyser og rapportering til RNNP. Flere selskaper gi imidlertid tilbakemelding på at RNNP rapporteringen krever en betydelig innsats grunnet behov for vasking av data for å sikre rett rapportering.

For annet type utstyr som ikke er dekket av Norsk Olje og Gass 070 /21/ og RNNP finnes det ikke en tilsvarende prosess. Det blir i varierende grad gitt standardisert tilbakemelding på tilstand etter utført vedlikehold, og en systematisk gjennomgang av feilhistorikk er krevende. En felles tilbakemelding er at utførende personell ikke opplever at innrapportert feil blir brukt videre i organisasjonene og de ser dermed ikke nytteverdien med å rapportere nøyaktige data. Dette medfører også at det blir mindre data å analysere, og ikke minst mindre strukturert data til å gjøre bedre analyser på overordnet nivå. Gitt at mye data ikke blir brukt, så betyr dette i praksis at det foreligger en utfordring i å

lukke styringssløyfen. For mindre selskaper med en eller få installasjoner kan det være en utfordring å få nok data til i kunne si noe statistisk signifikant om effekten av vedlikeholdet.

6.3 Kontinuerlig forbedring av vedlikeholdskonsept gjennom pålitelighet, forbedringsforslag, læring og hendelser

6.3.1 Funn

De fleste operatørene presenterte arbeidsprosesser for kontinuerlig forbedring. Noen operatører presenterte kvartalsvise, halvårlege og årlige prosesser, eksempelvis integritetsgjennomganger, statusrapportering på instrumenterte sikkerhetsfunksjoner, gjennomgang av forbyggende vedlikeholdsprogram, osv. som en viktig del av det kontinuerlige forbedringsarbeidet. Rotårsaksanalyse ble også fremhevet av flere operatører i prosessen for læring av feil og kontinuerlig forbedring. Enkelte operatører trakk spesielt frem arbeid mot analyse av sviktmodi opp mot etablert vedlikeholdsstrategi per utstyrstype. Dette arbeidet oppfattes generelt å være arbeid som har hatt spesielt fokus de siste par årene.

Enkelte operatører nevnte at forbedringsprosjekt knyttet til vedlikehold hadde vært gjennomført. Det ble forstått at disse prosjektene har som målsetting å gjøre opprydning som inkluderer fjerning av unødvendig vedlikehold. Det ble imidlertid presisert at prosjektene har medført både forbedret sikkerhet og reduserte kostnader og at det ikke er en konflikt mellom å både redusere vedlikeholdskostnader og å forbedre sikkerheten. Læring av hendelser ble ikke spesielt trukket frem i presentasjonene fra selskapene, men det ble sagt at spesifikke roller og stillinger med disiplinansvar i organisasjonen mottar informasjon knyttet til hendelser gjennom såkalte safety alert og at disse rollene har et ansvar i å vurdere tiltak internt basert på disse hendelsene.

Videre ble offshore sin rolle i det kontinuerlige forbedringsarbeidet og vurderingen av effekten av vedlikeholdet i liten grad presentert i møtene. Selskapene har imidlertid etablerte prosesser for håndtering av forbedringsforslag. Enkelte operatører har dedikerte pålitelighetsingeniører som driver det kontinuerlige forbedringsarbeidet knyttet til vedlikehold. Pålitelighetsingeniøren vil da eksempelvis ha en rolle i å fasilitere rotårsaksanalyser samt tilrettelegging for og støtte til analyse av vedlikeholdshistorikk. En operatør hadde organisert forbedringsarbeidet i sentraliserte utstysorienterte forbedringsgrupper på tvers av anlegg som også var støttet av dedikerte pålitelighetsingeniører.

Effekten av vedlikeholdet kontrolleres i stor grad gjennom innhenting av informasjon knyttet til tilstand og integritet gjennom eksempelvis barrieresvekkelser, avvik, etterslep på forebyggende vedlikehold og så videre. Kontinuerlig forbedring av vedlikehold blir betraktet som en langsiktig prosess der en eventuell endring av en vedlikeholdsstrategi typisk vil vise en effekt på lang sikt over år heller enn over uker og dager.

Alle operatørene bruker ISO 14224 i kombinasjon med NORSOK Z-008 som basis for konfigurering av CMMS knyttet til pålitelighets- og vedlikeholdsdata. ISO 14224 table 6 kapittel 9.5 beskriver kategorier av feildata påkrevd for analyse. Eksempler på data som anbefales i ISO 14224 inkluderer

- a) Identification data
- b) Subunit failed
- c) Failure impact
- d) Failure mode
- e) Failure cause
- f) Failure mechanism
- g) Failure detection method

Operatørene har et svært godt rammeverk gjennom ISO 14224 ettersom detaljeringsnivået i standarden angir anbefalte koder på utstyrsnivå. Eksempelvis så inneholder ISO 14224 en katalog med sviktmodi som er relevante for ulike utstyrsgrupper. De fleste operatørene har implementert sviktmodikategorier i henhold til ISO 14224 og unngår dermed unødvendig lange lister med sviktmodi som ikke er relevante for det gitt utstyret når sviktmodi skal rapporteres. Failure mode rapportering inneholder uansett ofte mange valg og hvis kategorien «other» brukes så blir denne erfaringsmessig ofte valgt, noe som vanskeliggjør etterfølgende analyser.

Informasjonsinnhenting viser at operatørene holder seg til disse definisjonene og kategoriene i ISO 14224 på feildata i den grad disse blir brukt. Feildata kodene er imidlertid i varierende grad brukt og implementert i CMMS av operatørene som en del av feilrapporteringen. Informasjonsinnhenting gikk ikke detalj på hvordan kodene blir brukt, men generelt så var oppfatningen at 'failure impact brukes til å identifisere kritiske feil, mens failure mode og failure cause brukes til årsaksanalyse. Failure detection method vil kunne brukes til å identifisere om feil blir fanget opp gjennom det forebyggende vedlikeholdet. Det er noe overlapp mellom failure mode og failure cause, men forskjellen ligger primært i at failure mode er informasjon om feiltilstand som kan direkte observeres, mens failure cause dekker de bakenforliggende årsakene. Operatørene som bruker failure cause registrerer denne når en arbeidsordre lukkes, mens alle de andre kodene (identification data, subunit failed, failure impact, failure mode og failure detection method) blir registrert når en feil registreres. Tabell 6-2 nedenfor viser oppsummert graden av bruk for de ulike feilkodene.

Tabell 6-2 Oppsummering av graden av bruk for de forskjellige feilkodene

Kode	Bruk
a. Identification data	Brukt av alle
b. Subunit failed	Varierende grad av bruk
c. Failure impact	Brukt av de fleste
d. Failure mode	Brukt av de fleste
e. Failure cause	Brukt av noen men er vanligvis ikke påkrevd brukt
f. Failure mechanism	Ble ikke presentert brukt
g. Failure detection method	Brukt av de fleste

Rapportering av tilstand før og etter forebyggende vedlikehold muliggjør analyse av effekten av vedlikeholdet. Det er ulik praksis for hvordan dette gjøres blant operatørene. En operatør bruker påkrevde forhåndsdefinerte kategorier på tilstand før og etter vedlikehold, mens andre bruker en egen notifikasjon for å rapportere historikk mot en forebyggende arbeidsordre. Andre operatører har ingen spesifikke krav til rapportering av historikk på forebyggende vedlikehold bortsett fra på utstyr der dette er påkrevd (eksempelvis pass / fail informasjon for å rapportere i henhold til RNNP).

På noen feilmekanismer så kan en følge utviklingen på en spesifikk skademekanisme over tid. Noen eksempler på dette ble presentert blant annet knyttet til korrosjon på statisk utstyr (beholdere og rør) eller interlekkasjerater på brønnventiler. Risikobasert inspeksjon er typisk et område der tid til neste inspeksjon blir satt avhengig av funn og skadeutvikling siden sist inspeksjon. Vedlikeholdet blir til sammenligning gjennomført i henhold til forhåndsdefinerte faste intervaller med noen få unntak for noe utstyr som kan være primært underlagt en strategi som er basert på tilstandsbasert overvåkning.

En operatør valgte å trekke frem og presentere oppfølging av brønnbarrierer som et viktig område for evaluering av effekten av vedlikeholdet. Brønnvedlikehold har spesielle operasjonelle forhold som skiller seg ut fra annet topside vedlikehold eksempelvis gjennom

- 1) Begrenset tilgang til brønnutstyr
- 2) Manglende mulighet til å blø av trykk samt utømmelig kilde
- 3) Krav til 2 barrierer (NORSOK D010, /26/)
- 4) Tilleggsrisiko ved intervensjon og testing

Som nevnt i kapittel 6.1, så er bruken av teknisk tilgjengelighet på sikkerhetskritisk utstyr svært begrenset. Feilfraksjon blir primært målt som andel feil på totalt antall tester opp mot definerte kriterier under testing av spesifikt utstyr og sikkerhetsfunksjoner. Feil som avdekkes utenfor definerte tester av sikkerhetsfunksjoner blir dermed ikke fanget opp i analysen. En operatør kunne imidlertid vise til erfaring med at bruk av maskinlæring på fritekst (også referert til som Natural Language Processing) gir en høyere feilfraksjon sammenlignet med normalt uttrekk av feilfraksjon uten bruk av maskinlæring. I praksis så indikerer dette at det kan foreligge en vesentlig underrapportering av feil enten ved testing eller øvrig feilrapportering.

Mean Time Between Failure (MTBF) er ofte referert til i standarder knyttet til vedlikeholdsforbedring. MTBF ble av en operatør presentert som en viktig indikator som blir fulgt opp. Generelt virker det imidlertid som om MTBF blir lite brukt, og hvis den blir brukt så er det for utstyr som er under kontinuerlig drift og ikke for passive sikkerhetssystemer.

6.3.2 God praksis

Det er viktig med rapportering av tilstand før og etter forebyggende vedlikehold for å muliggjøre analyse av effekten av vedlikeholdet. Det er flere metoder for å gjøre dette enten i form av koder som sier noe om tilstand før og etter forebyggende vedlikehold eller bruk av egne notifikasjoner som knytter funn på forebyggende vedlikehold til arbeidsordren.

En operatør har hatt god erfaring med bruk av maskinlæring og fritekstanalyse på vedlikeholdshistorikk for å avdekke et mer korrekt bilde av et reelt antall feil mot utstyr. Dette bidrar til å fange opp feil som ikke blir rapportert inn i systemet.

En kjent utfordring for feilrapportering er at det er for mange valg knyttet til sviktmodi ved feilrapportering. Ved å bruke ISO 14224 katalogene så sikrer en at kun relevante sviktmodi blir presentert mot definerte utstyrsgupper.

Sviktmodi, alvorlighetsgrad og deteksjonsmetode kan i kombinasjon brukes for å analysere feilhistorikk og effekten av vedlikeholdet. Deteksjonsmetode vil gi en indikasjon på om feilen avdekkes gjennom fastlagt vedlikeholdsstrategi per utstyrstype. Alvorlighetsgrad gir en indikasjon på feilens betydning for å ivareta utstyrets tiltenkte funksjon.

Safety alert med utsjekk fra fagansvarlig blir brukt får å ivareta læring fra hendelser.

6.3.3 Utfordringer

Operatørenes tilbakemelding er at det er noe utfordringer knyttet til manglende kvalitet på vedlikeholdsrapportering. Spesielt hvis en tillater «other» som rapporteringskategori, så blir denne kategorien hyppig brukt.

Offshore rotasjon, manglende kunnskap knyttet til bruk av vedlikeholdshistorikk og kapasitet ble nevnt som medvirkende årsaker til at det er krevende å involvere offshoreorganisasjonen i forbedringsarbeidet knyttet til vedlikehold. Samtidig så ble det nevnt at offshoreorganisasjonen er en viktig del av dette arbeidet ettersom en er avhengig av at offshoreorganisasjonen rapporterer vedlikeholdshistorikk med god kvalitet for å sikre et godt grunnlag for vedlikeholdsanalyse. Det erkjennes at det er viktig at offshoreorganisasjonen skjønner hvorfor historikken og kodene skal rapporteres og at de ser at denne historikken blir brukt. I motsatt tilfelle så vil offshoreoperatørene ikke fokusere på kvalitet i vedlikeholdsrapporteringen.

Enkelte operatører erkjenner at disipliningeniørene har mange andre oppgaver knyttet til problemløsning, modifikasjoner og prosjekter og at de dermed har begrenset kapasitet til å utføre analyser av vedlikeholdshistorikk.

En operatør mente at den formelle vedlikeholdskompetansen i selskapet hadde fått økt fokus og at det er viktig å anerkjenne at vedlikeholds- og pålitelighetskompetanse som et eget fagfelt innad i organisasjonen som krever formell opplæring.

6.4 Barriere dashboard og evaluering av prestasjon

6.4.1 Observasjoner

Alle operatørene har verktøy og prosesser for barrierestyring. Et barrierepanel gir en visuell og ofte noe forenklet fremstilling av ytelsen på barrierefunksjonene. Dette er gjerne i form av barriere-dashboard som henter data fra relevante kildesystemer (SAP, workmate, Star, Synergi, Pims, osv.) og presenterer indikatorer på ytelsen på barrierefunksjon. Dette er gjerne presentert i fargekoder grønt, gult og rødt for å indikere grad av svekkelser. Typiske indikatorer som brukes til å måle ytelse på sikkerhetsfunksjonene kan være status på vedlikehold på sikkerhetskritisk utstyr, resultat av funksjonstester, indikatorer for tilgjengelighet og pålitelighet på viktige sikkerhetsfunksjoner, midlertidige avvik og funn fra inspeksjonsaktiviteter, observasjoner eller funn fra interne eller eksterne kvalitetsgjennomganger osv. Slike dashboard brukes av disiplinene med PS-ansvar for å følge opp ytelse på sikkerhetskritiske funksjoner. I større og større grad brukes informasjon om barrierestatus også som støtte til planlegging av daglige aktiviteter i drift. Dette tyder på at informasjonen som vises i disse verktøyene er bedre kvalitetssikret og oppdaterte, og kan gi en pålitelig status på nå-situasjonen på barrieredytelsen. Det er i mindre grad vist at barrierepaneler brukes direkte i analyse av vedlikeholdseffektivitet. Det er likevel i mange tilfeller samme type data som brukes. For eksempel vil resultat av funksjonstest av sikkerhetskritiske funksjoner være en viktig input også i vurdering av om vedlikehold og testaktivitetene er optimale.

Etter hvert som mer og mer informasjon blir tilgjengelig digitalt, har også muligheten til å samle, analysere og presentere data i slike barrierepaneler blitt bedre. Sanntidsdata kan i større grad brukes og informasjon oppdateres og hentes ut automatisk og oftere. Dette gjør at det blir enklere å oppdatere status og man har mulighet til å oppdage svekkelser tidligere. Det er riktignok ulikt i hvor stor grad barrierepanelene er effektive i beslutningsprosessene og til hvilke beslutninger de brukes. Dette er gjerne reflektert i hvilken informasjon som er benyttet i barrierepanelet, hvor oppdatert informasjonen er og hvor fullstendig den er til å kunne ta gode beslutninger. Tilbakemeldinger fra operatørene er at bedre systemer til å presentere og strukturere informasjon på har gitt økt fokus og bedre prioritering på sikkerhetskritiske aktiviteter.

6.4.2 God praksis

Det er i de senere år etablert flere gode retningslinjer for hvordan man kan etablere et barrierestyringssystem og bruke informasjon om barrierer og barrieredytelse som beslutningsstøtte til å forbedre ytelse på sikkerhetskritiske funksjoner og systemer. Noen av de viktigste premissgiverne for å etablere en god barrierestyringspraksis er dokumentert i:

- Prinsipper for barrierestyring i petroleums-virksomheten, Ptil 2017 /18/
- Barrier management in operation for the rig industry, good practices, Norges Rederiforbund, 2014 /33/
- Norog 070 Application of IEC 61508 and IEC 61511 in the Norwegian petroleum industry /21/

6.4.3 utfordringer

Mange indikatorer for en barrieredytelse krever aggregering og vektning som kan føre til at viktige svekkelser ikke blir synlige i dashboardet. Det er ikke alltid like lett å forstå hvordan denne aggregeringen og vektningen er gjort. Dette kan i visse tilfeller gi et feil bilde av situasjonen enten fordi variasjoner blir jevnet ut i aggregeringen, eller fordi inngangsverdiene er mangelfulle. Ikke all informasjon om barrieredytelse og potensielle svekkelser er like enkle å trekke ut fra digitale datakilder. Pålitelig barrieredytelse krever i mange tilfeller kvalitetssikring av informasjonen og manuell vurdering av tilstand i tillegg til automatisk innhenting av digital informasjon. Jo mer manuell kontroll og analyse av indikatorer for å danne et pålitelig bilde av den faktiske barrieredytelsen, desto mer ressurskrevende vil det være å oppdatere et tidsriktig bilde av barrierestatus.

Barrierestyringsdashbord er ofte ikke laget for vedlikeholdsstyring spesifikt, men kan være et hjelpemiddel for å vurdere vedlikeholdseffektiviteten.

6.5 Dataverktøy, dataunderlag og digitaliseringsmuligheter

6.5.1 Funn

Selskapene på norsk sokkel er overraskende like med hensyn til bruk av grunnleggende dataverktøy (CMMS) innen vedlikehold. De fleste bruker en variant av SAP, og noen andre verktøy er også i bruk som Workmate, Star og Comos. De fleste bruker tilleggsværktøy for inspeksjon/integritet da de klassiske CMMS verktøyene ikke dekker denne disiplinen godt nok. Arbeidsordreendring og finansiell informasjon er typisk dekket av CMMS systemet.

De klassiske CMMS verktøyene har mindre egnet funksjonalitet for vedlikeholdsanalyser, og datavarehusløsninger sammen med PowerBI tas derfor i bruk til dette formålet. Disse løsningene kan også hente informasjon fra andre verktøy eksempelvis knyttet til HMS-hendelser, avvik og kvalitet.

Med dagens skyløsninger kan informasjon lettere gjøres tilgjengelig på tvers i organisasjonen for brukere både offshore og land. Brukererskelen på disse verktøyene er lav, og en kan med liten innsats lage gode løsninger for sammenstilling av informasjon. Riktig satt opp kan man få oppdatert nøkkelparametere for vedlikehold på daglig basis, som eksempelvis MTTF per feilmode/årsak, «bad-actors» samt opptid/nedetid.

En operatør bruker såkalte «roboter/AI» til forbedring av rapportering der man maskinleser arbeidsordre for å sjekke rett koding og gir tilbakemelding til brukere om kvalitet på rapporteringen. Forenklet er dette en sjekklister som kjøres og analyserer arbeidsordre.

Generiske vedlikeholdskonsept brukes av de fleste operatørene som grunnlag for nye programmer. Det varierer imidlertid mellom operatørene om man evner å holde konseptene oppdatert til enhver tid, og spre læring via disse til alle anleggene.

Tilstandsovervåkning/digitalisering:

Tilstandsovervåkning/tilstandsbasert vedlikehold brukes av alle på større maskineri, primært til maskinbeskyttelse, men også til tidlig deteksjon av feil. Brukt på riktig måte kan dette spare både direkte utgifter og hindre nedetid. Kun ett selskap hadde en uttalt strategi med tilhørende implementering om bruk av tilstandsovervåkning som hovedtaktikk i sitt vedlikehold.

Tilstandsovervåkning som vedlikeholdstaktikk er langt mindre i bruk enn man får inntrykk av fra media og på fagseminarer. Få av operatørene framhever tilstandsovervåking som viktig i forbindelse med effekt av vedlikeholdet. Årsaken synes å være en kombinasjon av konservatisme og at metodene for tilstandsovervåkning med tilhørende utstyr ikke er godt nok utviklet for annet utstyr enn roterende.

Instrumentering er relativt billig å installere på nye anlegg, og man har de siste årene sett at antall instrumenter har økt kraftig. En av operatørene nevnte at en hadde oppnådd store besparelser i prosjektfasen gjennom fjerning av unødvendig instrumentering på utstyr. Dette var et resultat av at det i prosjektfasen ble gjennomført en kartlegging på hvilken informasjon en faktisk trenger for driftsfasen. Et annet selskap fremhevet en lignende erfaring hvor denne kartleggingen i prosjektfasen ikke ble gjort og at dette som følge resulterte i at en sitter igjen med mye instrumentering som ikke er i bruk, men som fortsatt må vedlikeholdes blant annet på grunn av opprettholdelse av EX beskyttelse.

En operatør nevnte aktiv overvåking av prosessdata fra kontrollsystemene for å detektere avvik. Dette brukes som flagg til fagfolk på land som kan undersøke om dette representerer en alvorlig feil. Man ser ikke for seg å automatisere og maskintolke denne informasjonen på dette stadiet. Dertil er algoritmene ikke modne nok.

På generell basis er digitalisering en viktig satsing hos alle operatørene, også innen vedlikeholdsområdet. Informasjon fra selskapene tyder på at man har dreid fra å lage smarte enkelt-applikasjoner til å jobbe systematisk med arbeidsflyt og å fremskaffe data til de ulike stegene i arbeidsprosessene slik at de ansvarlige for anlegget kan ta gode beslutninger.

6.5.2 God praksis

Følgende gode praksiser trekkes fram fra den informasjonen som er innhentet fra operatørene:

- Datavarehus løsninger som kombinerer mange datakilder i Dashboard som viser tilstand på utstyret gir gode resultater. Man oppnår god effekt i de tilfeller der offshore får tilgang til denne informasjonen, og kan direkte se en sammenheng mellom utført vedlikehold og redusert risiko i etterslep og utestående vedlikehold.
- Kritisk vurdering i tidlig prosjektfase av mengden instrumentering til bruk i tilstandsovervåking er viktig for å oppnå optimalt vedlikehold.
- Grunnleggende struktur i data er viktig for indikatorer og vedlikeholdsanalyser. Struktur i denne sammenheng er i stor grad dekket i standarder som ISO 14224, både med hensyn til initial tagging og rapportering. Det vil imidlertid alltid være en fordel å bestemme hvilken informasjon en trenger for å gjøre analyse og ta beslutninger før en konfigurerer CMMS og andre kildesystemer. På denne måten kan det lages datastrukturer og -koblinger slik at det enkelt kan hentes ut data for beslutningsstøtte.

6.5.3 utfordringer

Tilstandsovervåking som strategi har vært sett på som den beste strategien for å overvåke tilstand for utstyr. Med dagen digitalisering er instrumentering relativt billig og mange operatører har investert i et stort antall sensorer med tilhørende infrastruktur. I midlertidig har tilstandsovervåking i noen selskaper fått et dårlig rykte, idet forretningsplanene om besparelser ikke har blitt oppfylt. Instrumenteringen trenger vedlikehold, og systemene gir også i mange tilfeller falsk melding.

Mange av anleggene på norsk sokkel er mer enn 20 år gamle og datastruktur med historikk er ulik det som man har på nye anlegg. Jobben med å oppgradere datastruktur er omfattende, og operatørene lever dermed med gammelt og nytt, som gjør det vanskelig å gjøre analyser og ta ut gevinster av å sammenlikne en portefølje av utstyr/anlegg.

6.6 Kvalitet og presisjon i operativ utførelse

6.6.1 Funn

Digitale håndholdte enheter i felt har gitt mulighet for direkte rapportering med bedre kvalitet og til riktig tid.

Prosesser for analyse og forbedring av pålitelighet i data har ført til forbedrede systemer og databehandling. Dette har igjen ført til større forståelse for hva som kreves av rapportering for å kunne støtte analyse av pålitelighet og vedlikehold. Alle operatørene er i ferd med å utvikle og implementere slike systemer for å gi bedre grunnlag for analyse.

Prosesser for analyser og forbedringer av vedlikehold er ulikt gjennomført hos operatørene med ulikt ansvar og organisering. Læring og deling av erfaring på tvers mellom operatørene kan gi økt kvalitet i disse prosessene.

Hos en operatør hadde man gjennomført et spesifikt prosjekt for å forbedre kvaliteten på rapportering av vedlikehold og gitt regelmessig tilbakemelding på rapporteringen med kvalitetsscore. Dette ga i tillegg til en bedre rapportering også en økt forståelse av hvilken informasjon det er viktig å dokumentere og hvordan dette brukes til å analysere utvikling på tilstand og forbedre oppfølging av utstyr og komponenter på en bedre og mer effektiv måte. En annen operatør har også iverksatt målrettet opplæring, basert på utfordringer i kvalitet på rapportering. Slike prosesser som representerer en avkortet og mer direkte læringsløype viste seg å ha god effekt.

6.6.2 Utfordringer

Kvalitet på rapportering av vedlikehold er opplevd å være ujevn og kan i mange tilfeller gi mangelfullt underlag til å treffe riktige beslutninger på endringer i vedlikeholdsstrategier og planer. Større krav til rapportering med vurdering og kategorisering av feil har ikke nødvendigvis gitt bedre kvalitet på rapporteringen.

Kulturforskjeller mellom anlegg og skift gir stor variasjon i kvalitet på prioritering, utførelse og rapportering av vedlikeholdsaktiviteter og er en utfordring i forhold til opplæring og kompetanseheving.

Mindre feil som utbedres raskt blir ikke alltid rapportert som korrigerende vedlikehold. Dette kan gi et kunstig og for optimistisk bilde av tilstanden på utstyret.

Forståelse for forskjellen mellom vedlikehold og verifikasjon av ytelse av en sikkerhetsfunksjon krever god kunnskap om barrierer og sikkerhetskritiske funksjoner, for å sikre god utøvelse og rapportering av test- og vedlikehold på sikkerhetskritiske systemer.

Tilbakemeldingen fra operatørene er at feil introdusert gjennom vedlikehold, eller dårlig kvalitet på utført vedlikeholdsarbeid i begrenset grad blir målt og systematisk fulgt opp. Effektene kan komme etter lang tid og er vanskelig å spore tilbake til et eventuelt dårlig utført vedlikehold. Det er likevel ikke opplevd å være et stort problem blant operatørene. For hyppig forebyggende vedlikehold kan også føre til økt slitasje på utstyr og introdusere feil. Denne studien har ikke fokusert på å kartlegge mekanismer og forhold som påvirker kvaliteten på utført vedlikehold. Bakgrunnen for dette er at kildene til informasjonen mottatt fra operatørene i første rekke har vært fra personer som gjennomfører analyse av vedlikehold og ikke i like stor grad fra den utførende delen av organisasjonen.

6.7 Overordnet anleggsgjennomgang og ledelsesprioritering

6.7.1 Funn

Statusrapporter med vedlikeholdsinformasjon sammen med sentrale KPI'er, produksjonsdata, kost, lekkasjer/hendelser samt avvik er viktige redskap for beslutninger knyttet til vedlikeholdsbudsjett, prioritering og eventuelle endringer i vedlikeholdsstrategi. Ptil tilsyn prioriteres høyt, og operatørene etterstreber å oppfylle kravene i regelverket på alle nivå. Sikkerhetsindikatorer blir rapportert høyt i organisasjonen og tilhørende oppgaver prioritert. Disse følger for det alt vesentlige RNNP strukturen.

6.7.2 God praksis

Regelmessig rapportering (2-4 ganger/år) på ledernivå av integritetsstatus, viktige hendelser samt kostnadsutvikling er god praksis og gir godt beslutningsgrunnlag for prioritering og forbedring. Dette er en praksis mange selskaper følger. Gode datamodeller og verktøy gjør slike rapporteringer mindre arbeidskrevende.

6.7.3 utfordringer

Til tross for mange og gode verktøy, trenger man en vedlikeholdsfunksjon som utvikler og vedlikeholder prosesser og verktøy, og som tilrettelegger data fra drift og vedlikehold. Alle etterstreber automatikk i datafangst, men det viser seg at man alltid har behov for kvalitetssikring og manuelle tolkninger av resultatene. En slik funksjon vil oftest jobbe sammen med pålitelighetsingeniører som tilrettelegger rotårsaksanalyser. Videre så ble det nevnt at det kan være en utfordring å sammenlikne gamle og nye anlegg på grunn av ulike vedlikeholdsbehov og ulik datastruktur mellom anleggene.

6.8 COVID-19 tilleggsspørsmål

DNV fikk forespørsel fra Petroleumstilsynet om å utvide omfanget av studien til å inkludere temaet hvordan COVID-19 pandemien så langt hadde påvirket operatørenes evne til å utføre vedlikehold. Dette ble løst ved å foreta nye møter med operatørene fra fase 1 av studien, og å inkludere temaet om COVID-19 i heldagsmøtene med selskapene for fase 2. Spørsmålene som dannet grunnlaget for denne informasjonsinnhenting er gjengitt i Tabell 3-2 i tema 8.

6.8.1 Funn

Den generelle tilbakemeldingen fra operatørene er at det ikke har blitt noe varig økt etterslep av vedlikehold som en konsekvens av COVID-19 pandemien. Gjennomgående har de fleste operatørene måttet foreta prioriteringer når pandemien brøt ut og de første COVID-19 tiltakene ble innført nasjonalt. Dette førte til kortsiktige utsettelse av vedlikehold for enkelte av operatørene. Økt etterslep har imidlertid blitt hentet inn igjen innen kort tid. Der det har vært behov for prioriteringer på grunn av ressurser har det hovedsakelig vært prosjektporteføljene som har blitt nedprioritert.

Det har heller ikke kommet frem at operatørene har foretatt noen større endringer i vedlikeholdsstrategien eller i arbeidsprosessene som følge av COVID-19 pandemien. De fleste har opplevd at eksisterende arbeidsprosesser har vært robuste nok, men at COVID-19 kan ha vært en pådriver for å gjennomføre mer arbeid internt i selskapet fremfor bruk av eksterne leverandører. Hos noen har pandemien avdekket et behov for å synliggjøre allerede eksisterende krav og retningslinjer internt i selskapene eksempelvis knytte til avviksbehandling og utsettelse av vedlikehold.

Bruken av digitale arbeidsverktøy har ifølge operatørene blitt mer utbredt gjennom pandemien, der blant annet Microsoft Teams i stor grad har erstattet mye av behovet for fysiske møter og reising. Operatørene har opplevd stor grad av tilpasning hos de ansatte med bruk av digitale verktøy, samtidig med at kvaliteten på kommunikasjonen eksempelvis mellom offshore og landorganisasjon har blitt opprettholdt eller til og med forbedret. Terskelen for å ta kontakt via teams oppleves som lavere sammenlignet med tidligere. Det oppleves at det har blitt lettere for ansatte å delta på møter når

disse blir avholdt digitalt fremfor fysisk, og dette er å anta at blir en varig endring. Generelt har tilliten og erfaring/kompetanse til bruk av digitale verktøy økt og blitt mer vanlig. Dette antas for de fleste å bli videreført.

Operatørene har i enkelte tilfeller møtt usikkerheten rundt fremtidige leveranser av deler og material med økte innkjøpsvolum og lagerholdning.

6.8.2 God praksis

Flere operatører kunne vise til proaktive tiltak for å møte utfordringene som oppsto som en følge av pandemien. De fleste opplyste at de har hatt enda tettere kontakt med sentrale leverandører eksternt under pandemien. Enkelte operatører har også utført risiko- og sårbarhetsvurderinger i forhold til leverandører og leveransesikkerhet. Noen informerte om at det er ble satt ned egne arbeidsgrupper på selskapsnivå for å hjelpe til med eventuelle utfordringer relatert til COVID-19.

I tilfeller der det ikke har vært mulig å få rett kompetanse offshore har det vært gjennomført løsninger med direkte videooverføring der en ekspert på land har kunnet gi råd til egne teknikere offshore eksempelvis ved inspeksjon og gjennomføring av jobb. Tilbakemeldingene har vært at dette har fungert bra, og at denne løsningen kan være aktuelt å videreføre selv etter pandemien er ferdig.

6.8.3 Utfordringer

Det har gjennom pandemien vært registrert relativt lite smitte offshore, og utfordringene for operatørene har frem til gjenåpning av samfunnet i stor grad vært som en konsekvens av tiltakene som har vært innført. Blant annet har enkelte operatører hatt større utfordringer enn vanlig med POB kapasitet blant annet grunnet at lugarer måtte dedikeres til Covid beredskap. I perioder med innreiserestriksjoner har det vært utfordrende med tilgang til kompetanse som er basert i utlandet. Dette har spesielt vært rettet mot ISO fag og spesialistkompetanse mot spesifikt utstyr. For arbeidskraft fra utlandet har det også vært spesielt utfordrende og frustrerende med lange karanteneopphold både i forkant og etterkant av ordinær offshore rotasjon.

Etter gjenomåpning av samfunnet har en også opplevd økende smitte offshore, og i perioder med mye smitte og restriksjoner melder enkelte operatører at en har vært nødt til å gjennomføre større aktiviteter med noe mindre bemanning enn de ville gjort på tilsvarende jobber under vanlige tider.

Selv om det stort sett har vært positivt med at digitale løsninger har tillatt rett kompetanse å delta på relevante møter, har det også ført til at møtedeltakelsen i noen tilfeller har blitt for omfattende og at personer som vanligvis ikke ville deltatt har deltatt. Dette har i noen tilfeller gått utover effektiviteten i møter.

Det har i perioder vært utfordrende å få tilgang til ressurser hos leverandører da disse har opplevd perioder med usikkerhet og permitteringer. I tillegg har karantenerestriksjoner medført mindre fleksibilitet og tilgjengelighet på ressurser. Generelt har det vært mer krevende få tak i nødvendige ressurser fra leverandørene.

7 DISKUSJON AV RESULTATER

7.1 Oppsummering av informasjon fra operatørene

Studien har vist at operatørselskapene har prosesser og styrende dokumenter for analyse og forbedring med ulik grad av modenhet og implementering. DNV har identifisert og kategorisert metoder for vedlikeholdsforbedring hvorav noen er godt etablert mens andre i ulik grad er utviklet og iverksatt. Prosessene for rapportering og oppfølging av integritet har vært godt etablert i lang tid. Denne aktiviteten inkluderer rapportering av faktisk tilstand, inklusive utestående vedlikehold og avvik mot de ulike sikkerhetsbarrierene. Prosessene for analyse av vedlikeholdshistorikk er til sammenligning i mindre og mer varierende grad etablert og iverksatt på alt sikkerhetsutstyr. Studien har imidlertid identifisert en rekke innovative løsninger og gode praksiser som gir en god basis for erfaringsutveksling og forbedring i bransjen knyttet til området vedlikeholdsanalyse og -effektivitet.

Tabell 7-1 viser metoder og god praksis som operatørene anvender i dag knyttet til effekten av vedlikeholdet og forbedringsarbeid. Få operatører gjør alt dette, og noen av temaene listet er overlappende. Ideelt sett burde alle observerte feil (korrigerende vedlikehold) sjekkes opp mot det aktuelle vedlikeholdsprogrammet (eller konseptet) per utstyrstype. Det vil si at man stiller spørsmålet; «hvorfør fikk vi denne feilen?». I praksis er det krevende å gjøre dette for alle feil. Derfor vil det være flere metoder for evaluering av effekten av vedlikeholdet som vist i Tabell 7-1. De fleste selskapene har krav om at man gjennomgår hele det forebyggende vedlikeholdsprogrammet minst en gang hvert femte år. Den fem årlige gjennomgangen bør ta med #2, #3, #4 og #5, det vil si at man har data for prestasjon på anlegget/utstyret, og bruker erfaring, historikk, og data fra tilstandsovervåking i denne oppdateringen.

Tabell 7-1 Metoder for vedlikeholdsforbedring og grad av bruk

#	Tiltak	Verktøy/metoder	Grad av bruk
1	Revisjon av forbyggende vedlikeholdsprogram, cirka hvert 5 år	Full gjennomgang av forbyggende vedlikeholdsprogram der man analyserer historikk, preventivt program, kostnader, ytelse og oppdaterer programmet.	Blir gjort av de fleste, men med fokus på opprydning og kostnadsreduksjon. Kan kombineres med #2. og med tilhørende spesifisert datafangst.
2	Sviktmodi mot vedlikeholdsstrategi (konsept)	Oppgang av observerte sviktmodi mot vedlikeholdsstrategi (konsept) per utstyrstype med tanke på å oppdatere disse. Kan kombineres med #1.	Begrenset brukt i dag
3	Sikkerhetssystemer; analyse av ytelse	<ul style="list-style-type: none"> Statusrapport for sikkerhetsinstrumenterte systemer (Halv-)Årlig rapport for prestasjon; tilgjengelighet, pålitelighet og vedlikehold Månedsmøte med operasjon om demands/-blokkeringer/sikkerhetskritiske feil Gjennomgang av feilrater/feilstatistikk 	Gjøres av de fleste som del av rapportering mot sikkerhetsinstrumenterte systemer samt RNNP. Månedlig eller kvartalsvis gjennomgang synes tilstrekkelig.
4	Integritetsrapportering	Rapport for integritet per disiplin; brønn, SPS, rør, struktur, topside	Gjøres av alle, typisk en gang per år.
5	Bruk av instrumentert tilstandsovervåking som en del av prosessen for vedlikeholdsanalyse.	Tilstandsvurderinger og varslinger fra tilstandsovervåkningsverktøy	Kun ett selskap rapporter å gjøre dette systematisk. Kan kombineres med #2.
6	Rotårsaksanalyse	Teknisk rotårsaksanalyse etter store hendelser Teknisk rotårsaksanalyse etter mange gjentatte mindre hendelser	Gjøres av alle. Gjøres mer sporadisk, og kriterier for når dette gjøres er uklare.
7	Oppfølging av etterslep forebyggende vedlikehold og status på korrigerende vedlikehold	Regelmessig rapportering og oppfølging.	Gjøres av alle
8	Prioritering av vedlikehold (primært korrigerende vedlikehold)	Risikovurdering av vedlikehold gjøres, men med noe ulik metodikk (dels automatisk, dels manuelt). De fleste av selskapene gjør kvalitetssikring av risikoevalueringen	Gjøres av alle, men grad av kvalitetssikring kan variere.

Rotårsaksanalyser er god praksis, og gjøres av alle ved større hendelser. Beste praksis er å overvåke feilhyppighet, og ta aksjon gjennom rotårsaksanalyse dersom feilprosenten er stor for en gitt type utstyr. Noen selskaper har en slik praksis, og melder gode resultater fra dette.

Integritetsrapportering gjøres av alle, typisk en gang per år, og danner ofte grunnlag for eventuelle justeringer i inspeksjon, vedlikehold og oppfølging.

Tiltak 7 & 8 er standard praksis i dag, det vil si å risikorangere alle korrigerende jobber, rapportere på etterslep og følge opp sikkerhetskritiske feil. Dette er løpende aktiviteter.

Det har i noen tilfeller blitt lagt ned en betydelig innsats i utvikling av verktøy for sammenstilling av vedlikeholds- og pålitelighetsdata for beslutningsstøtte. Mye av denne utviklingen har skjedd i løpet av de siste årene. Utviklingen har vært nødvendig på grunn av manglende funksjonalitet for vedlikeholdsanalyse i eksisterende systemer for forvaltning av vedlikeholdsdata (CMMS). Fokus har vært på å trekke ut informasjon fra CMMS som representerer kun ett system. Integrasjon mellom ulike system og datavarehusløsninger er mer komplisert og byr på større utfordringer for å knytte sammen informasjon eksempelvis mellom prosessdata og CMMS.

Et datagrunnlag som i stor grad er basert på ISO 14224 har vært på plass for innsamling av vedlikeholdshistorikk over lang tid uten store endringer og oppdateringer. For operatørselskap som har samlet feildata i henhold til ISO 14224 så er forutsetningene til stede for å kunne bruke denne historikken til analyse av store datamengder, beslutningsstøtte og kriterier for videre dybdeanalyser. For enkelte områder er det imidlertid utfordrende å få komplett og god kvalitet i all vedlikeholdshistorikk med tilhørende utfordringer knyttet til vedlikeholdsanalyse.

Tilstandsovervåking og prosessen for forbedringsforslag knyttet til etablerte prosesser for vedlikeholdsanalyse og – effektivitet ble i liten / varierende grad dekket av operatørselskapene i møtene. De øvrige områdene som ble spesifisert av DNV i forkant som en forventning til informasjonsinnhentingen ble i stor grad dekket med god dybde.

En del beste praksis områder for KPIer og oppfølging fra ISO 14224 synes å være lite brukt blant annet knyttet til grunnlag for vedlikeholdsplan, kvalitet i utført vedlikehold og tilgjengelighet av sikkerhetskritiske reservedeler.

Tabell 7-2 viser en oppsummering av status per område som ble dekket i informasjonsinnhentingen. De enkelte områdene er diskutert i detalj i kapittel 6 over.

Tabell 7-2 Oppsummering av funn av beste praksis / suksess faktorer per tema

Tema	Beste praksis / suksess faktorer
1. Indikatorer og trender for styring av vedlikehold over tid	<ul style="list-style-type: none"> KPI på kvalitet på risikovurdering av korrigerende vedlikehold. Forbedret bruk av "big data". Analyse av store datamengder (systematiske data) gjennom Power BI og lignende verktøy har gjort det mulig å følge opp trender og indikatorer på vedlikehold og sikkerhetskritisk utstyr på en lettere og mer oversiktlig måte.
2. Styring, industristandarder og metoder	<ul style="list-style-type: none"> NORSOK Z-008, ISO 14224, IEC 60300 Standarder anses som tilstrekkelige Noe forenkling / modifisering på sviktmodi fra ISO 14224. En avansert sviktmodi kategorisering gir ikke nødvendigvis bedre kvalitet i rapportering av feil.
3. Kontinuerlig forbedring av vedlikeholdskonsept gjennom pålitelighet, forbedringsforslag, læring og hendelser.	<ul style="list-style-type: none"> Aktiv bruk av rotårsaksanalyse for læring av feil og hindrer gjentagelse og forbedrer oppfølging av utstyr. Pålitelighetsingeniør viktig som tilrettelegger. Sentralt styrte kontinuerlig forbedringsgrupper med jevnlig møter Strategi for tilstandsovervåking inkludert i vedlikeholdsengeering og drift. Tilstandsovervåking blir en integrert del av vedlikeholdskonseptet. Forbedringsforslag fra offshore: styrt prosess hos alle operatører.

Tema	Beste praksis / suksess faktorer
4. Barriere dashboard og evaluering av prestasjon. Planlegging og prioritering	<ul style="list-style-type: none"> Barrierepanel, Integritetsstyrings rapportering bidrar til å sette fokus på utstyr som har dårlig tilstand Aggregering av barriereindikatorer for å gi et overordnet risikobilde kan skjule svakheter på et lavere nivå Oppdatert informasjon for personell offshore og skille på kritisk mot mindre kritisk arbeid i etterslep og korrigerende vedlikehold bidrar til bedre prioritering og redusert risiko. Innføring av "live verktøy" hos en av operatørene viste seg å endre fokus på sikkerhetskritisk etterslep. Status ble synlig, og offshore prioriterte annerledes.
5. Dataverktøy, dataunderlag og digitaliseringsmuligheter, CBM	<ul style="list-style-type: none"> CMMS + PowerBI er sterke verktøy, billig å konfigurere og har stor anvendelse Noe bruk av «roboter/AI» til forbedring av rapportering (AI finner mer feil). Kritisk vurdering av instrumentering til bruk i tilstandsovervåkning i tidligfase og fjerning av unødvendig instrumentering bidrar til bedre sikkerhet på grunn av færre feilkilder (spesielt Ex). Vedlikeholdskonsept brukes som sjekkliste for krav til instrumentering. Avvik på tilstandsdata fra kontrollsystem som trekker inn data fra alle relevante kildesystem (SAS, Bentley Nevada System 1). Dedikert tilrettelegger koordinerer avvikshåndtering.
6. Kvalitet og presisjon i operativ utførelse	<ul style="list-style-type: none"> Tilstand før og etter utført forebyggende vedlikehold velges fra drop down liste Økt bruk av "smarte enheter" i felt er erfart å gi bedre dokumentasjon og mer effektiv rapportering (for eksempel ved å ta bilder)
7. Overordnet anleggsgjennomgang og ledelsesprioritering	<ul style="list-style-type: none"> Regelmessig rapportering (2-4 ganger/år) på ledernivå av integritetsstatus er god praksis og gir godt beslutningsgrunnlag for prioritering og forbedring. Gode datamodeller og verktøy gjør slike rapporteringer mindre arbeidskrevende.
8. Effekten av COVID-19.	<ul style="list-style-type: none"> De fleste operatørene har vært proaktive for å møte utfordringene som COVID-19 har medført. Eksempelvis har det vært tett kontakt med leverandører og andre relevante aktører internt i organisasjonene, der det har vært gjort risikovurderinger i forhold til både leverandørsikkerhet og internt for å bestemme hvilken jobber som kunne utsettes om dette ble nødvendig. I digital kommunikasjon har bruken av Microsoft Teams økt betraktelig under pandemien. Det er også blitt tatt i bruk «live videooverføring» hos enkelte operatører der en ekspert på land har gitt råd en hjelper offshore med gjennomføring av operasjon. Denne tilpasningen fremstår å ha vært til stor hjelp for operatørene til å opprettholde god kommunikasjon i og mellom organisasjonene.

7.2 Forutsetninger

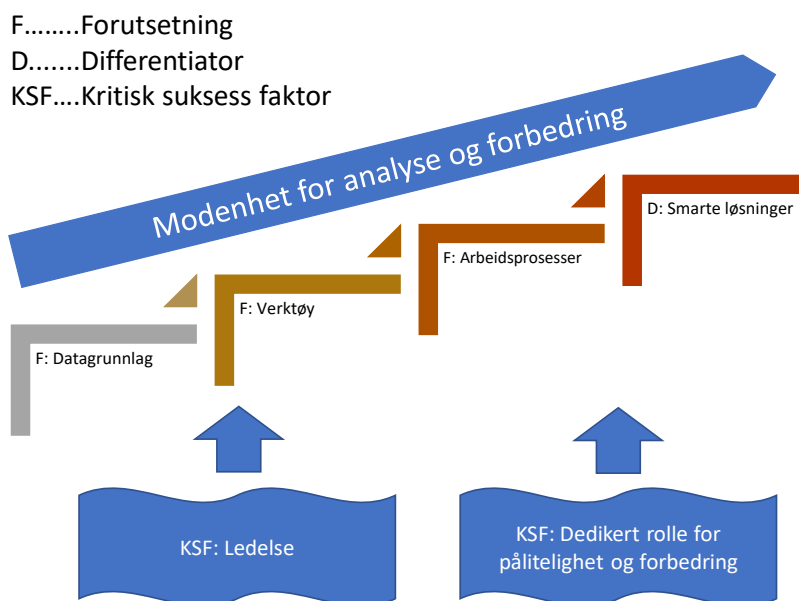
Basert på informasjonsinnhentingen så har DNV identifisert følgende forutsetninger for å lykkes med vedlikeholdsanalyse og – effektivitet:

- 1) Et godt datagrunnlag som blant annet inkluderer krav til utstyr, dokumentasjon og vedlikeholdshistorikk
- 2) Gode verktøy som presenterer informasjon i tilnærmet sanntid med god definisjon av kriterier og beslutninger for videre oppfølging.
- 3) Gode arbeidsprosesser som sikrer kontinuerlig fokus på analyse og forbedringer

Noen av operatørselskapene hadde svært god erfaring med dedikerte pålitelighetsingeniørstillinger som driver og legger til rette for forbedringsarbeidet. Det ble nevnt av flere at det kan være en utfordring enten knyttet til kapasitet og / eller kompetanse for disiplingeniører eller utstyrseiere å gjennomføre vedlikeholdsanalyse innen sitt ansvarsområde.

Pålitelighetsingeniøren vil her kunne bidra med både kompetanse og systematikk. DNV's erfaring er at forbedringsprosesser blir drevet av mennesker og at suksess er avhengig av god ledelse. Dette vil også gjelde vedlikeholdsforbedring og analyse. Forutsetningene knyttet til datagrunnlag, verktøy og arbeidsprosesser bør være på plass, men forbedring skjer ikke uten at dette drives av mennesker inklusive ledere, pålitelighetsingeniører, utstyrseiere, vedlikeholdsledere og utførende personell.

Selskapets modenhet innen vedlikeholdsanalyse og forbedring vil kunne evalueres opp mot datagrunnlag, verktøy, arbeidsprosesser og smarte løsninger som vist i **Figur 7-1**. De tre første vurderes som forutsetninger mens smarte løsninger bidrar til en effektivisering og i noen tilfeller økt kvalitet i analyseprosessen. Ledelse og en dedikert rolle for pålitelighet og forbedring betraktes som kritiske suksess faktorer.



Figur 7-1 Faktorer for å lykkes med vedlikeholdsanalyse og forbedring

7.3 Observasjoner fra andre datakilder

Gjennomgangen av granskninger viser et forbedringspotensial knyttet til kunnskap om skademekanismer, manglende analyse og risikoforståelse av feil samt mangler i prosedyrer for utførelse. For norsk sokkel er analysegrunnlaget og antall hendelser som bekrefter disse forholdene lavt, men IChemE bekrefter disse forholdene globalt.

Gjennomgang av tilsyn fra Ptil viser få funn mot § 49 Vedlikeholdseffektivitet, men mange funn mot manglende dokumentasjon og krav til utstyr, manglende oppfyllelse av krav til utstyr og manglende identifisering av barrierer. Mangler knyttet til krav kan bety at forutsetningene for å gjennomføre vedlikeholdsanalyse ikke er på plass (kravene er feil eller ikke identifisert).

Selv om mengde vedlikeholdet har gått ned fra 2013 så synes dette ikke å ha fått følger for sikkerhetskritisk etterslep og feilrater. RNNP viser høyere feilrater på DHSV, EV stigerør og BDVer enn det som er industristandard noe som kan indikere manglende vedlikeholdsanalyse og forbedring.

7.4 Diskusjon av hovedfunn

Basert på gjennomgang og analyse av alle resultatene fra informasjonsinnhenting og evalueringen av alle datakildene trekkes følgende observasjoner og funn frem som mulige læringspunkter og spørsmål for bransjen:

- 1) Operatørselskapene presenterte i liten grad oppgang av sviktmodi opp mot valgt vedlikeholdsstrategi og analyse av historikk og rapportering på forebyggende vedlikehold. Gjennomgang av tilsyn viser en høy andel avvik mot mangelfullt vedlikehold / vedlikeholdsprogram og manglende tilstand / tilstandsvurdering, mens granskninger knytter hendelsesforløpet til at kritiske sviktmodi ikke har blitt identifisert eller dekket gjennom et forebyggende vedlikeholdsprogram. Det er derfor viktig å få avklart:
 - a. om det faktisk tas ut en verdi av den betydelige innsatsen som legges ned i feilrapportering på korrigerende vedlikehold eller om historikken i stor grad blir liggende ubrukt
 - b. om de anvendte analyseteknikkene fanger opp svakheter i effekten av vedlikeholdet.
 - c. om bransjen har en god nok praksis for identifikasjon av kritiske sviktmodi
- 2) Ptil gir svært få avvik mot §49 Vedlikeholdseffektivitet. De fleste avvik er knyttet til Styringsforskriften §5 barrierer og Aktivitetsforskriften §45 Vedlikehold. Flere av operatørselskapene har relativt nylig begynt å etablere systematikk for vedlikeholdsanalyse og det er viktig å få avklart årsaksforholdene rundt svært få avvik mot §49 Vedlikeholdseffektivitet.

8 REFERANSER

- /1/ NS-EN 13306:2017 (EN 13306:2010) - Vedlikehold – Vedlikeholdsterminologi
- /2/ RNNP 2020, Summary Report, The Norwegian Continental Shelf, Trends in risk level in the petroleum activity, Ptil
- /3/ Guideline to Subsea Integrity Management – Wellhead to Topside ESDV, Ptil 2020
- /4/ Digitalisering i vedlikeholdsstyringen og bruken i analysearbeidet, Ptil 2018
- /5/ Aktørenes tilstandsvurdering, vedlikehold og oppfølging av sikkerhetskritiske funksjoner og utstyr, Ptil 2018
- /6/ State of the art Bonded Flexible Pipes 2018, Ptil 2018
- /7/ Use of risk assessments and performance requirements for selection of offshore subsea leak detection systems, Ptil 2018
- /8/ Vedlikeholdets plass i barrierestyringen, Ptil 2014
- /9/ Oppsummeringsrapport etter møteserie om vedlikehold av barrierer på undervannsanlegg, Ptil 2018
- /10/ Vedlikehold som virkemiddel for å forebygge storulykker - Vedlikeholdsstatus og utfordringer, Ptil 2008
- /11/ Forskning og utvikling innen vedlikehold med relevans for petroleumsvirksomheten, Ptil 2009
- /12/ RNNP-vedlikeholdsindikatorer, Ptil 2012
- /13/ Survey of Maintenance Standards and standards related to Reliability, Safety and Quality. Norsk Forening for vedlikehold 2011.
- /14/ NORSOK Z-008 (2017). Risk based maintenance and consequence classification.
- /15/ IEC 60300-3-11 - Dependability Management Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance
- /16/ IEC 60812, Analysis techniques for system reliability - Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
- /17/ ISO 14224:2016 - Petroleumsindustri, petrokjemisk industri og naturgassindustri - Innsamling og utveksling av pålitelighets- og vedlikeholdsdata for utstyr
- /18/ Prinsipper for barrierestyring i Petroleumsvirksomheten, Barrierenotat 2017, Petroleumstilsynet
- /19/ ISO 20815 - Petroleumsindustri, petrokjemisk industri og naturgassindustri - Regularitet og pålitelighetsstyring (ISO 20815:2018)
- /20/ NEK IEC TR 61511, Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector
- /21/ 070 – NORWEGIAN OIL AND GAS APPLICATION OF IEC 61508 AND IEC 61511 IN THE NORWEGIAN PETROLEUM INDUSTRY (Recommended SIL requirements) (Rev. 03: June 2018)
- /22/ DNV-RP-G101: Risk-based inspection of offshore topsides static mechanical equipment
- /23/ DNV-RP-C210 Probabilistic methods for planning of inspection for fatigue cracks in offshore structures

- /24/ DNV RP-F-116 Pipeline Integrity Management. www.dnv.com
- /25/ DNV RP 0002, Integrity Management of subsea systems. www.dnv.com
- /26/ Norsok D-010: Well integrity in drilling and well operations; Rev. 4, 2013
- /27/ NOROG 117; Norwegian Oil and Gas Association recommended guidelines for Well Integrity; 2017
- /28/ NORSOK Z-DP-002; «Design Principles Coding system» Rev. 3, October 1996
- /29/ READI; Equirement Asset Digital lifecycle Information; [PowerPoint Presentation \(standard.no\)](#)
- /30/ ISO 55000:2014: Asset management — Overview, principles and terminology
- /31/ ISO 22301:2019(en): Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements
- /32/ Basisstudie vedlikeholdsstyring - Metode for egenvurdering av vedlikeholdsstyring, Ptil 1998
- /33/ Barrier Management in Operation for the Rig Industry (DNV, NSA), 2014, Prinsipper for barrierestyring i petroleumsvirksomheten (2013, 2017)
- /34/ IEC 60300 3-14 – Dependability management Part 3-14: Application guide - Maintenance and maintenance support
- /35/ IEC 61508, Functional safety for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- /36/ NORSOK S-001: Teknisk sikkerhet, Utgave: 7 (2021-05-31)



Om DNV

Vi er et globalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering med tilstedeværelse i over 100 land. Vårt formål er å sikre liv, verdier og miljøet. Med vår unike tekniske ekspertise og uavhengighet bistår vi våre kunder med å forbedre sikkerhet, effektivitet og bærekraft.

Enten vi godkjenner et nytt skipsdesign, optimerer energiproduksjonen fra en vindmøllepark, analyserer sensordata fra en gassrørledning eller sertifiserer verdikjeden til en matprodusent, hjelper vi våre kunder med å ta gode og riktige beslutninger og øke tilliten til virksomheten, produktene og tjenestene deres. Verden er i endring. Vi kan påvirke utviklingen. Sammen skal vi takle de globale utfordringene og omstillingene vi vil møte.