



Revisjonsrapport

Rapport

Rapporttittel

Rapport etter tilsyn med Ekofisk B - bølger i dekk-vurderinger

Aktivitetsnummer

009018129

Gradering

☒ Offentlig☐ Begrenset☐ Strengt fortrolig☐ Unntatt offentlighet☐ Fortrolig

Involverte

Hovedgruppe

T-2

Oppgaveleder

Audun Kristoffersen

Deltakere i revisjonslaget

Marita Halsne, Terje Andersen, Morten Langøy, Arne Kvitrud og

Audun Kristoffersen

Dato

9.12.2016

1 Innledning

Petroleumstilsynet (Ptil) gjennomførte tilsyn med ConocoPhillips om bølger i dekk-vurderingene av Ekofisk B. Tilsynet ble gjennomført 7. og 8. november 2016 hos ConocoPhillips i Tananger.

2 Bakgrunn

Nedsynking og risiko for bølger i dekk har i flere år vært et aktuelt tema for Ekofisk- og Eldfisk-feltene. Flere av innretningene vil kunne få bølger i dekk ved for store bølgehøyder. Ptil har hatt fokus på dette i flere år og gjort tilsvarende oppfølging av både Valhall og Oseberg. Hendelsen på COSLInnovator sist vinter har også bidratt til at bølger i dekk er et svært viktig tema for Ptil.

Oppgaven er knyttet til våre hovedprioriteringer om ledelsesansvar (HP-L) og sikker senfase (HP-S).

3 Mål

Ekofisk- og Eldfiskfeltene har økende sannsynlighet for bølger i dekk, med økende nedsynking av innretningene. Målet med tilsynet var å gjennomgå ConocoPhillips sin bruk av analyser og operasjonelle tiltak for å dokumentere forsvarlig drift.

4 Resultat

Basert på værvarslinger, utfører ConocoPhillips avmanning samt brønn- og prosess-sikring på Ekofisk 2/4-B. Metoden betegnes Ekofisk Extreme Weather Warning (EXWW). Avmanningen utføres som kompensierende tiltak, ettersom kravene til konstruksjonsstyrke av permanente bemannede innretninger ikke er oppfylt ved høye sjøtilstander (med årlig sannsynlighet på 10^{-2} og 10^{-4}). De høyeste bølgene kan medføre fare for at bølger treffer dekket og gir store bølger i dekk-belastninger. Kriteriene er satt for å sikre avmanning i forkant

av situasjoner som overstiger innretningens konstruksjonsmessige kapasitet (typisk årlig sannsynlighet på 10^{-2}). Avmanningskriteriene er justert for å ivareta blant annet usikkerhetene i værvarslene. Værvarslingen foretas hele året med spesiell oppmerksomhet i vintersesongen. Styrkeanalysene er utført for en større innsynkning enn dagens tilstand. ConocoPhillips utfører i tillegg analyser med et selskapsinternt lokalbølge-kriterium med 1.000 års returbølge.

Ptil har ikke grunnlag for å si at avmannings- og stengingskriteriene er i strid med gjeldende praksis og krav. Vi har likevel noen forslag til forbedringer av analysene, på forhold som vi vurderer å være ikke-konservative. Det er ikke tydelig for oss om andre forhold kompenserer fullstendig for dette.

5 Observasjoner

Ptils observasjoner deles generelt i to kategorier:

- Avvik: Knyttet til de observasjonene hvor vi mener å påvise brudd på regelverket.
- Forbedringspunkt: Knyttet til observasjoner hvor vi ser mangler, men ikke har nok opplysninger til å kunne påvise brudd på regelverket.

5.1 Avvik

Det ble ikke avdekket noen avvik i tilsynsaktiviteten.

5.2 Forbedringspunkter

5.2.1 Mangelfulle bølger i dekk-analyser

Forbedringspunkt:

Metodene for analyser av bølger i dekk er ikke i samsvar med dagens kunnskap og ikke på den sikre siden.

Begrunnelse:

a) Spesifikasjonen for bølgedata som ConocoPhillips bruker, bygger på kombinasjonen av bølgetilstander (beskrevet med en langtidsfordeling av signifikante bølgehøyder) og bølgekamshøydene i stormer (beskrevet ved korttidsfordelingen av bølgekammene i samsvar med Forristalls andre-ordens fordeling). Målinger viser at bølgekamshøydene etter Forristalls fordeling gir for lave bølgekammer. Vi viser til:

- Buchner, Bas, George Forristall, Kewin Ewans, Marios Christou & Janou Hennig: New insights in extreme crest height distributions (A summary of the 'Crest' JIP). OMAE2011-49846. Rotterdam, Nederland, ASME, 2011.
- Hennig, Janou et. al.: "Effect of Short-Crestedness on Extreme Wave Impact: A Summary of Findings from the Joint Industry Project "ShorTCresT"." ASME 2015 34th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, American Society of Mechanical Engineers, 2015.
- Chris Swan, Mohammed Latheef & Li Ma: The loading and reliability of fixed steel structures in extreme seas: recent advances and required improvements, OSRC2016, Stavanger, 2016.

b) Det er spesifisert én bølgeperiode (engelsk “*associated wave periode*”) til den beregnede hundreårs bølgehøyden. Den samme bølgeperioden er også brukt sammen med hundreårs bølgekam. Erfaringer på halvt nedsenkbare innretninger viser at bølger med kortere bølgeperiode (steile bølger) kan gi større bølgelaster i dekk enn bølger som tilsvarer den største bølgehøyden. ConocoPhillips fortalte at de ikke hadde undersøkt dette. Se for eksempel:

- DNV GL veiledningen DNVGL-OTG-13 «Prediction of air gap for columnstabilised units», utgitt 2016, punkt 2.6.2.

c) ConocoPhillips bruker bølgekam-høyden fra langtidsanalysene, og tilpasser vannstand og bølgeform til en Stokes femte ordens teori-bølge med samme høyde på bølgekammen. Dette gir vesentlig mindre bølgepartikkelhastigheter i bølgekammen enn det en finner ved målinger. Se for eksempel:

- Chris Swan, Mohammed Latheef & Li Ma: The loading and reliability of fixed steel structures in extreme seas: recent advances and required improvements, OSRC2016, Stavanger, 2016.

d) Stokes femte ordens teori gir symmetriske bølger i bølgebevegelsesretningen. I virkelige bølger vil bølgetoppen være noe forskjøvet i bølgebevegelsesretningen (begynnende bryting), som kan gi større vannpartikkelhastigheter i bølgekammen.

e) ConocoPhillips opplyste at de ikke inkluderte strøm i analysene. Vinden og bølgene i en storm vil sette opp en overflatestrøm. Det er ulike oppfatninger av i hvilken grad havstrømmen (inkludert tidevannsstrømmer) også er tilstede i bølgetoppene. En legger likevel ofte partikkelhastigheten til bølgepartikkelhastigheten i bølgetoppen. Noen reduserer partikkelhastigheten i havstrømmen over middelvannstanden.

f) Bølgemålinger i havet (som brukes som analysegrunnlag for det stedsspesifikke bølgeklimaet) er foretatt i bestemte punkter. Punktmålingene tar ikke hensyn til romlige variasjoner i bølgehøyden. Den største bølgekammen kan være høyere på en posisjon hvor det ikke finnes målinger. Dekket på Ekofisk B har et stort areal. Sjansen for å treffe et vilkårlig punkt under dekket på Ekofisk B, vil være større enn å treffe ett bestemt punkt. Sannsynligheten for å treffe en hvilken som helst del av dekket, er derfor større enn det som framkommer av analyser av bølgemålinger i et punkt. Sannsynligheten øker med størrelsen på dekket. Bølgen vil ikke treffe mer enn en del av dekket, slik at den totale lasten ikke forventes å øke så mye som økningen av bølgekamhøyden tilsier. Denne effekten kalles arealeffekt, og er ut fra det ConocoPhillips opplyste, ikke tatt hensyn til. Se for eksempel:

- Forristall, George Z: Maximum crest heights over an area and the air gap problem. 25th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. American Society of Mechanical Engineers, 2006.
- Forristall, George Z. Wave crest heights and deck damage in hurricanes Ivan, Katrina, and Rita. Offshore Technology Conference. Offshore Technology Conference, 2007.
- Forristall, George Z: Maximum crest heights over an area: Laboratory measurements compared to theory. OMAE2015-41061, St. John's, 2015.
- Chris Swan, Mohammed Latheef & Li Ma: The loading and reliability of fixed steel structures in extreme seas: recent advances and required improvements, OSRC2016, Stavanger, 2016.

g) For Ekofisk B var det ikke gjort kontroll av effekten av gjentatt flytning ved påfølgende bølgeslag i dekket. Det ble opplyst at denne typen analyser var gjennomført for andre ConocoPhillips-innretninger i Greater Ekofisk-området ved å inkludere to bølger i beregningene. Det ble opplyst at det ikke var beregnet store plastiske tøyninger med omfattende utstrekning, og at det ikke var dannet plastiske mekanismer i analyser med gjentatte bølgeslag.

h) Konstruksjons-responsanalysene for Ekofisk B var gjennomført for et tidsintervall (12 sekunder) som er kortere enn bølgeperioden (~14 sekunder). Resultatene viste maksimale horisontale forskyvninger av dekket (engelsk: *topside*) på henholdsvis 0,55m og 0,85m i jacketens sterke og svake motstandsretninger. Forskyvningene var tilsynelatende overveiende elastiske, men ut fra den korte analysetid var det ikke mulig å verifisere eventuell permanent (plastisk) deformasjon etter en full bølge-periode.

i) Under tilsynet kunne det ikke vises dokumentasjon på at de lastene som ble påført modellen for konstruksjons-responsanalysene og styrkeberegningene var i samsvar med bølge-lastene som var beregnet ved hjelp av CFD (engelsk: *Computational Fluid Dynamics*).

Krav:

Innretningsforskriften § 56 om bærende konstruksjoner og maritime systemer

Veiledningen til innretningsforskriften § 56 om bærende konstruksjoner og maritime systemer, første ledd med henvisning til NORSOK N-001.

NORSOK N-003, september 2007, punkt 6.2.4.1 Wave and current effects - om strekking av strømhastigheten.

5.2.2 Mangelfull verifikasjon av analysene

Forbedringspunkt:

ConocoPhillips hadde fått gjennomført verifikasjoner av CFD-analysene og de ikke-lineære styrkeanalysene for noen av sine innretninger, men ikke for Ekofisk B.

Både de som utførte analysene av bølger i dekkene og de som verifiserte brukte det samme programmet (USFOS).

Begrunnelse:

Observasjonen bygger på det som ble sagt av ConocoPhillips under tilsynet.

Krav:

Innretningsforskriften § 56 om bærende konstruksjoner og maritime systemer, siste ledd om verifikasjon.

Veiledningen til Innretningsforskriften § 56 om bærende konstruksjoner og maritime systemer, første ledd med henvisning til NORSOK N-001.

NORSOK N-001 punkt 5.2.1 General requirements, niende ledd om uavhengig programvare.

6 Andre kommentarer

I Met-prosedyren for varsling på Ekofisk var det vist til andre dokumenter, men det manglet en referanseliste som kunne hjelpe en å finne dokumentene. Prosedyren anga ikke hvordan en beregnet varslet bølgekam (EMC).

Det var i varslingen brukt den mest sannsynlig største (MPM) bølge i en time. Det er ikke nødvendigvis den største bølgen en kan få i en typisk stormvarighet. Designgrunnlaget for å definere sjø-tilstander er typisk tre timer, som også er brukt for Ekofisk MetOcean-grunnlaget. Værvarslingene utføres også med tre timers mellomrom. Valget av en times MPM-verdi er dermed både for et kortere tids-intervall enn varslingsoppdateringen og på et lavere sannsynlighetsnivå enn det som er vanlig praksis ved design av konstruksjoner (90% sannsynlighet for å ikke overskrides).

7 Deltakere fra Petroleumstilsynet

Marita Halsne, Terje Andersen, Morten André Langøy, Arne Kvitrud og Audun Kristoffersen (oppgaveleder).