

GRUNNLAG FOR OG MERKNADER TIL  
OLJEDIREKTORATETS VEILEDNING  
OM LASTER OG LASTVIRKNINGER  
AV 7. FEBRUAR 1992

ARNE KVITRUD,  
OLJEDIREKTORATET,  
POSTBOKS 600,  
4001 STAVANGER

## INTRODUKSJON

Den opprinnelige veiledningen fra 1987 og de endringer som er foretatt i 1992 er gjort av en komitè bestående av:

Lars Ingolf Eide (Norsk Hydro), Stein Fines (Saga), Ove Tobias Gudmestad (Statoil), Ivar Holand (SINTEF), Nilmar Janbu (NTH), Arne Kvitrud (OD), Jan Larsen (dr ing A Aas-Jakobsen), Torgeir Moan (NTH) og Erik Smith (Norsk Hydro). I tillegg var nå avdøde Lars Staveland (Statoil) med og utarbeidet den opprinnelige veiledningen i 1987.

Regelverkshirarkisk er veiledningen plassert som angitt under. Dersom det er uoverenstemmelser mellom de ulike regelverkene vil det regelverket som er høyest i hirarkiet gjelde:

1. Lov nr 11 av 22.3.85 om petroleumsvirksomhet
2. Forskrift om sikkerhet m.v til lov nr 11 av 22.3.85, fastsatt ved kongelig resolusjon 28.6.85.
3. Forskrift om bærende konstruksjoner av 7.2.92.
4. Veiledning om laster og lastvirkninger av 7.2.92.

Veiledningen ble utgitt første gang i 1987. Det har siden vært foretatt årlige justeringer i teksten, basert på opparbeidet kunnskap. Endringene framkommer i "Regelverkssamling for petroleumsvirksomheten" som utgis av OD hvert år. En tilsvarende utvikling vil trolig også skje i årene framover. Oljedirektoratet mottar jevnlig forslag til forbedringer fra industrien. På den måten får OD en fortløpende vurdering av innholdet i veiledningen.

Det er satt igang standardiseringsarbeid for bærende konstruksjoner innen ISO og CEN. Det arbeidet som mest direkte vil innfluere på veiledning om laster og lastvirkninger er CEN/TC250 om laster generelt. Arbeidet med denne er kommet godt igang, men vil trolig ikke bli helt avsluttet før omlag år 2000. OD vil innarbeide denne eller disse standardene i vårt regelverk. Det er også igang arbeid innen ISO/TC67/SC7 om bærende konstruksjoner til havs generelt. Dette arbeidet har nettopp startet. Det er derfor uvisst hvorledes det vil influere på OD sin veiledning.

Det er i det følgende referert til Veiledning om laster og lastvirkninger av 7.2.1992. Referanse er gjort til hvert enkelt punkt i veiledningene. Det som står nedenfor bør derfor leses i sammenheng med veiledningene.

## 1 INNLEDNING

Ordet veiledning viser til at operatør kan fravike denne uten å be om samtykke fra OD. OD skal imidlertid informeres om avvikene, jf veiledningen til forskriftens § 10 punkt e).

Veiledningene fra 1987 innholdt innledende bestemmelser om verifikasjon. Disse er nå flyttet til veiledningen til forskriftens § 13 om verifikasjon.

Ved utgivelsen anses følgende dokumenter som uaktuelle :

- a) Environmental loads for fixed structures on the Norwegian Continental Shelf" utgitt av OD 8.2.1977
- b) Retningslinjer for fastsettelse av laster og lastvirkninger fastsatt av OD 2.1.1987.

## 3 VARIABLE FUNKSJONSLASTER

Av hendelser med denne type laster kan nevnes at en utvidelse av lagertanker førte til skade på Statfjord A. I november 1987 fikk man ca 8,5 cm utbuling over en lengde på 2,4m av en hovedbærer. Årsaken var innvendig trykk i en Glycoltank.

De vanligste helikoptertypene veier anslagsvis :

Bolkow Bo 105	23 kN
Bell 212	50 kN
Westland 55 serie 3	36 kN
Sikorsky S58T	58 kN
Wessex 60	60 kN
Bell 214 ST	78 kN
Super Puma	82 kN
Sikorsky S61N	91 kN
EH-101	140 kN
Sikorsky S65	187 kN

### 3.2 LASTER FRA FORTØYNINGER

Dette avsnittet inneholder ikke noe om operasjonelle støt fra forsyningsskip osv som skal kunne tas opp av et fender system. Dette er bl.a for å markere at OD ikke krever at det skal være noe fendersystem på innretningene. Erfaringer fra Ekofisk har vist at fendere har falt ned og gjort større skade enn hva det har vært meningen at de skulle forhindre. På den andre side er det også tilfeller hvor fendere har hindret skade på konstruksjonene.

Kongelig resolusjon av 9.7.1976 om sikkerhetsforskrifter for produksjon mv. krevde i paragraf 56 at "steder med lokal, hyppig og skadelig påvirkning,....., skal ha nødvendig mekanisk beskyttelse." Dette er opphevet.

### 3.4 GOLV OG REKKVERK

Dette er nytt i forhold til 1987 utgaven. Det er likevel i hovedsak til henvising til anerkjent standard. Ved fastsettelse av forskrift om bærende konstruksjoner ble punkt 4 i forskrifter for adkomstveier, trapper, ledere og rekkverk på produksjonsanlegg opphevet. Det er gjentatt her i form av en veiledning.

## 4 NATURLASTER

Vedrørende innsamling av Naturdata vises det til forskrift om naturdata.

### 4.1 GENERELT

Dette er nytt i forhold til 1987 utgaven. Formålet er å si noe om hvilke data som kan eller bør brukes og hvordan disse bør behandles.

Meteorologiske data og bølgemålingsdata kan en få fra Miljødatasenteret ved DNMI i Oslo. Data er tilgjengelige mot å betale kopieringskostnadene.

For områder hvor det er få målte data kan det være aktuelt også å ta i bruk hindcastdata. Opp til nå har hindcast verdier vist seg ikke å være fullt ut egnet til bruk for ekstremanalyser. Det har imidlertid vært akseptert brukt i dataserier i sammenheng med målte data. Man har da tatt utgangspunkt i de målte dataene og supplert dem med hindcast hvor disse mangler.

Bruk av Gumbelfordelingen med årsekstremer analyser av data over en gitt terskel vil normalt gi lavere ekstremverdier enn Weibull. Årsaken kan være at en ved Gumbel analyse predikerer toppverdien (svarende til en gitt midlingslengde f.eks. 3 timer) av den verste stormen over en 100 års periode. En predikerer en enkel fysisk hendelse. Ved en Weibullanalyse av alle data, predikerer vi verdien som i en akkumulert (kummulativ) forstand forventes overskredet i f.eks 3 timer pr 100 år. Simuleringer viser også at Gumbel gir noe lavere verdier enn Weibull. Normalt bør derfor Gumbelanalysen ikke brukes til annet enn å få bekreftet størrelsesorden fra en Weibullanalyse.

### 4.2 MODELLFORSØK OG FELTMÅLINGER

Feltemålinger er tatt med her da P-data delen i forskrifter for instrumentering, registrering og behandling av E- (environmental) og P- (plattform) data for faste, bærende konstruksjoner ble tatt ut av regelverk da forskriften ble opphevet 1.1.1990.

#### 4.3.1 BØLGELASTER

Det er siden 1981 rapportert om følgende stormskader på faste innretninger :

a) Eldfisk 2/7 Bravo- jacket- 24.11.1981 ble den nordre veggen av "Maintance Shop" noe skadet av bølger.

b) Ekofisk 2/4 Tank - Doris tank - 2.1.1984 ble flere containere på dekk flyttet og en kastet på sjøen.

c) Ekofisk 2/7 Alfa - jacket - 3.2.1984. Flere skader på dekket.

d) Ekofisk 2/4 Tank - 28-29.2.1988 ble en dekkplate bulet oppover.

e) Ekofisk - flere innretninger - 12.2.1990 medførte totalt skader for 72 millioner kroner samt driftsstans.

Alle disse skadene har kommet på Ekofisk. Noe av årsaken er reservoarinnsynkeningen. En del av skadene har likevel kommet høyere enn det en forutsier med dagens teorier. Jeg vil således si at vi idag ikke har etablert et godt nok grunnlag for dimensjonering mot bølger.

Det har i tillegg vært mange skader på sekundære konstruksjoner som rekkverk og gangveier. Det tyder på at dimensjoneringen av disse ikke alltid har vært tilstrekkelig.

#### 4.3.1.2 DIMENSJONERENDE BØLGE

Det er ikke gitt at bølgeperioden skal velges innenfor f eks et 90 % konfidensintervall. En kan bruke den bølgeperioden som svarer til den forventede verdien for en gitt bølgehøyde. Det forventes at en analyserer for flere bølgehøyder.

Forholdet mellom H/HM0 er i Ekofisk området funnet å være i området 1,90-1,94 av både Veritec og Norges Hydrodynamiske Laboratorium (NHL). Oceanor har funnet 1,89 som median og 1,94 som middelvei ved analyse av data fra Frigg. Statoil har funnet 1,92 ved analyse av data fra Statfjord. NHL har ved analyse av data fra Haltenbanken (I1) fått 1,87. OD sin anbefaling er et middel på 1,9, men hvor det altså kan være lokale variasjoner. Disse tallene er knyttet til 3 timers varighet av stormen.

Bakgrunnen for figur 4.3.1. er målinger. Videre er generell informasjon for WINCH-hindcast databasen benyttet skjønnsmessig ved utarbeidelsen av figuren. I ANODA-ODAP seminaret i Trondheim 30.9 - 2.10.1986 i Lars Ingolf Eide; "Plans for future wave measurements and analysis" er det presentert middelforhold for hele sokkelen på grunnlag av WINCH. Figur 3.2.1 er ganske grov og gir for deler av sokkelen relativt konservative verdier. De angitte verdier bør knyttes til 3 timers stormvarighet.

De bølgeperiodene som er oppgitt er TP(max). De mest sannsynlige er noe lavere. En formel som følger kan brukes for finne den mest sannsynlige :

$$TP = TP(\max) * ( 1 - 0,13 * \ln \gamma ) , 1 \leq \gamma \leq 5$$

Der  $\gamma$  er peakfunksjonen i JONSWAP spekteret.

Grovt sett gir analyser av målinger på ulike steder på sokkelen følgende verdier på HMO :

STAD	MÅLEPERIODE	HMO - 100 ÅR
Ekofisk	1980-87	13,0-14,0 m
Forties	1974-86	13,2-13,6 m
Utsira	1974-86	13,5-14,5 m
Frigg	1979-90	14,0-14,5 m
Brent/Statfjord	1974-87	14,3-14,8 m
Statfjord	1981-87	14,4-15,2 m
Haltenbanken Ytre	1980-88	16,0-16,5 m
Haltenbanken Indre	1978-84	15,5-16,0 m
Trænabanken Ytre	1980-85	16,6-16,7 m
Trænabanken Indre	1982-84	15,5-15,8 m
Torsvåg	1980-86	13,0-14,7 m
Tromsøflaket	1976-87	14,0-14,6 m
Bjørnøya	1985-89	13,5-14,0 m
Sentralbanken	1985-89	13,0-13,5 m

For Ekofisk er det akseptert brukt 12,4m. Dette er basert på en kombinasjon av hindcast og målinger. For Hod er det akseptert brukt 11,8m ut fra at et sammenbrudd vil ha små sikkerhetsmessige, økonomiske og forurensingsmessige konsekvenser på en ubemannet innretning.

Under høringen ble det foreslått å ta med en kurve over bølgeteorier som gitt i bl a "Shore protection manual". Denne er imidlertid laget for best mulig å tilfredsstille fri overflate betingelser og er ikke laget for laster.

I høringsutkastet for 1987 utgaven ble det foreslått at "hastighet og akselerasjon i bølgetoppen over stille vannsnivå kan velges lik verdiene ved stille vannsnivå". Det ble av en høringsinstans påpekt at dette er feil. Det ble vist til "Wave kinematics in irregular waves" av Marien Technologish Spurwerk (MaTS). Videre at Dean ved referanse til målinger av Iwagaki med flere, viser at partikkelhastigheten øker med høyden over stille vannsnivået. Det ble vist til:

Dean R G: "Realistic Predictions of Water Wave Kinematics". Presentert på the Sixth Ocean Engineering Conference in Taiwan, September 1982.

Iwagaki Y, Sakai T and Kawashima T: "On the Vertical Distribution of Water Particle Velocity Induced by Waves on a Beach". Proc Coastal Engineering in Japan, Vol 15, 1972.

Målinger av bølgekrefter tyder også på at partikkelhastigheten øker med høyden over stille vannsnivå. Det vises til:

Tørum A: "Wave Forces on a Pile in the Surface Zone. Regular, non-breaking Waves". MARINTEK Report under NTN Research Project - Programme for Marine Structures. Report no 1.9, December 1985.

Komitèen var ikke her i stand til å finne en anbefaling for beregning av bølgenematikk over stille vannsnivå.

#### 4.3.1.3 DIMENSJONERENDE SJØTILSTANDER

JONSWAP bør brukes for ekstremlaster. Pierson Moskowitch-spekteret som er utledet fra fullt utviklet sjø gir for lav spektrumsverdi for topperioden i spekteret.

Ulike selskaper spesifiserer ulike verdier på parametrene i Jonswapspekteret. Det tilsier at parametrene ikke er tilstrekkelig dokumentert til å kunne standardiseres.

Varighet på 6 timer i figur 4.3.2 er for analyse av geotekniske forhold. Den er ikke ment brukt til operasjonelle forhold. Figuren er delvis tatt fra Ole Gunnar Houmb, NSF1 fra 1984.08.07. Figuren er å betrakte som en øvre omhylningskurve med resultater fra målinger. For Heidrun har Conoco spesifisert en mindre konservativ kurve. Statoil har også gjort beregninger av stormforløpet ved å se på middelforløpet av stormer over gitte terskler. Det viser at kurva er på den sikre siden. Det vises til Sverre Haver: Temporal Evolution of stormy sea states, Statoil rapport E&U-MT 90 002.

Anbefalingene med hensyn til bølgespredning er gitt ut fra rapportene:

Spidsøe, N: "Spredningsfunksjon for bølger", SINTEF notat av 1987-12-08.

Mathiesen, M og Faanes, T : " Directional wave spectra from the FRIGG field in the north sea", SINTEF report STF60A82092, Trondheim 1982

Haver, S: "On the modelling of short crested sea for structural response calculations", Statoil report nov 1986, Prosjekt 4970022 Analyse av miljødata.

Konstanten C velges slik at integralet av D fra  $-\pi/2$  til  $\pi/2$  er 1,0. Det gir følgende verdier for C og følgende lastreduksjon:

$n = 2 : C = 2 / \pi$	lastreduksjon 0,87
$n = 4 : C = 8 / (3 \cdot \pi)$	" 0,91
$n = 8 : C = 128 / (35 \cdot \pi)$	" 0,95

Lastreduksjonen er for en massedominert konstruksjon etter Dean (1977) i OTC3029. Lastreduksjonen er såpass stor at valget av spredningsverdier må gjøres med omhu.

At retningslinjene spesifiserer ett stormforløp skal ikke være til hinder for at det spesifiseres over en lengre tidsperiode. Det gjelder spesielt ved bløt leire hvor det kan ta årtier før poretrykk blir drenert bort. Analysen må da utføres for flere påfølgende stormer som det er gjort blant annet for Troll.

#### 4.3.1.4 LANGTIDSVARIASJON AV BØLGER

Metoden kan i utgangspunktet ikke brukes for å etablere en sannsynlighetsfordeling av ekstreme lastvirkninger. Dette



fordi det er i strid med de prinsipper som er lagt til grunn i forskriften. Man kan få et annet resultat av last multiplisert med lastfaktor enn av lastvirkning multiplisert med lastfaktor. En slik metode kan kun brukes dersom det vises at det gir resultater som er på den sikre siden. For lineære systemer vil metodene imidlertid gi samme svar.

#### 4.3.2 STRØMHASTIGHETER

Det ble i høringsrunden ytret ønske om å få kart over andre strømmen enn tidevann også. Komitèen kunne ikke se at det på det nåværende tidspunkt er et tilstrekkelig data grunnlag for det.

Den vindrevne strømmen er antatt å være ca 2 % av vind hastigheten (10 min, 10 m), jf Tryggestad m.fl : "Environmental conditions at Tromsøflaket. Results of measurements from 1976 to 1981", NHL 1983 side 1.38 og 5.32ff.

Følgende målinger er foretatt på norsk sokkel med varighet over 12 måneder og hvor OD har fått rapportert ekstremverdiene. De har gitt følgende ekstremverdier nær overflaten (m/s):

MÅLESTED	MÅLEPERIODE	V-100
59°21'N 04°59'Ø Karmøy	1974-75	>1,1
59°53'N 02°04'Ø Frigg	1979-87	0,6
60°50'N 03°35'Ø 31/2	1980-83	>1,8
61°28'N 02°10'Ø Snorre	1984-86	0,9
65°20'N 07°15'Ø Heidrun	1985-86	0,9
71°30'N 19°00'Ø Tromsøflaket	1976-85	0,8
72°20'N 24°20'Ø	1987-88	0,8
73°20'N 21°30'Ø	1987-88	0,9
73°50'N 20°00'Ø Bjørnøya	1985-87	0,7
74°31'N 30°55'Ø Sentralbanken	1985-87	0,7-0,8

Esso har nylig foreslått for OD en større omskriving av strømvansnittet i veiledningen. Dette er for tiden under vurdering.

#### 4.3.3 BEREGNING AV HYDRODYNAMISKE LASTER

Det blir galt for drag dominerte konstruksjoner å summere kreftene for strøm og bølger hver for seg. Det skyldes at hastigheten kvadreres i lastberegningen.

##### 4.3.3.1 SLANKE SIRKULÆRE KONSTRUKSJONSELEMENTER

Verdier til bruk i Morisons formel ble av komiteen ikke funnet å kunne standardiseres på det nåværende tidspunkt. OD har imidlertid akseptert brukt  $CD=0,7$  på jacketer for hele innretningen, kombinert med Stoke V orden bølgeteori og et tillegg på 10% i CD p.g.a anoder.

#### 4.3.3.3 KONSTRUKSJONER MED BETYDELIGE BEVEGELSER

Tallet på 0,15 % dempning er i hovedsak basert på erfaringene med svingninger av flammearnet på Heimdal, men også på erfaringer med en jacket i fabrikkasjonsfasen. Dempning av enkeltelementer er drøftet av Arne Kvitrud og Leif J Dalsgaard : Flareboom vibrations - vortex shedding and damping of welded individual steel members, EUROMS, Trondheim, 1990.

Blevik : "Flow induced vibration" (1977) fant materialdempning av tynne sirkulære stålstenger ned til 0,05 %. For sammensatte ståltverrsnitt som ved opplager eller i knutepunkt vil materialdempningen være større.

Det ble i høringen av 1987 utgaven pekt på at spesielt oppjekkbare konstruksjoner kan ha dempning som er betydelig høyere både pga hydrodynamisk demping og stor demping i legg/dekk forbindelsen (jekkemaskineri, sjokkputer, osv).

I internasjonale regelverk er det anbefalt dempnings koeffisienter i området 0,4-1,0 % av kritisk demping for beregning av virvelavløsning på stålkonstruksjoner, eks ESDU85038. DnV appendix B anbefaler 0,5 % total demping. Disse standardene anbefales ikke brukt i luft.

Modaldempningen i Condeeper er målt til å være :

STATFJORD A	1978-80	0,7-2,0%
STATFJORD B	04.11.81	1,3-1,9%
FRIGG TCP2	div 1979	1,0-2,0%
BRENT B	1976-77	0,9-2,7%
GULLFAKS A	1986-87?	1,5-2,8%
GULLFAKS C	1990	1,5%

For jacketer er det målt en noe større spredning, men bør nok i beregninger ikke være stort større enn 1,5%:

FORTIES	2,2-4,2%
VALHALL QP	1,0-2,0%
EKOFISK 2/4H	0,7-2,6%
EKOFISK 2/4D	1,0-3,0%
SOUTH PASS 62C	1,2-1,6%
TERN	1,5-2,0%

Bygd på dette bør nok summen av material- og konstruksjonsdemping ikke være større enn 1,5% både for jacketer og condeeper.

Det er funnet sprekker i flammearnene på Statfjord A, Statfjord B og Heimdal hvor årsaken har vært antatt å være virvelavløsning. Dette tyder på at de beregningsmetodene en har brukt fram til idag ikke har vært tilfredstillende. En sammenlikning av ulike standarder konkluderte med at DIN-4133 var den beste. Det vises til Geir Moe: Verification of the flare and bridge contractors criteria for structural design of vortex shedding, Institutt for konstruksjonsteknikk, NTH, 1991-05-03. Etterkontroll av sprekke på Statfjord B viser imidlertid at selv med denne standarden kan en ikke forutsi alle sprekke. Det tyder på at det trengs videre utvikling for å finne et godt beregningsgrunnlag.

Det er også observert en del sprekker i jacketer nær overflaten. Det vises da til Hamre, Kvitrud og Tesdal : In service experience of fixed offshore structures in Norway, OMAE, Volume 1B, Stavanger, 1991. En stor del av sprekkenes har oppstått i over og underkant av stag. Årsakene til dette kan være virvelinduserte bevegelser på tverrs av bølgeretningene, men det kan også være vertikale bølgebevegelser.

#### 4.3.3.4 BØLGESLAG

Ifølge en av høringsinstansene er OD sine anbefalinger her ikke konservative. Vi har imidlertid ikke funnet noen bedre beregningsgrunnlag.

#### 4.3.3.5 UNORMALE BØLGELASTER

Analyser av målinger på ulike målesteder gir stort sett verdier i området 1,15-1,20. Dersom veiledningen gir tall som er problematiske, anbefales det å analysere data for den aktuelle lokasjonen.

### 4.4 VINDLASTER

Et større forskningsprosjekt er utført for å undersøke polare lavtrykk. Det vises her til sammendraget i Lystad M: Polar lows in the Norwegian, Greenland and Barents Sea, DNMI, Oslo, 1986. Høyeste målte vindhastighet i et polart lavtrykk var 35 m/s i 10 m høyde og midlet over 10 min. En av konklusjonene var at det var lite trolig at polare lavtrykk ville gi høyere vindhastighet enn vanlige stormer. Ekstremverdistatistikk gav 38 m/s for Tromsøflaket som et område, med en årlig sannsynlighet for overskridelse på  $10^{-2}$ . For en gitt lokasjon vil ekstremverdiene bli lavere. Ved prosjektering av innretninger vil polare lavtrykk følgelig ikke være noe stort problem. De fører heller ikke til økte ekstremestimat av vindhastighet, bølgehøyde, lufttemperatur eller ising. Det vises her til Houmb O G, Lønseth L, Schjølberg P og Vollan B: Environmental conditions under polar lows. Oceanor report OCN86022, Trondheim, 1986.

En grov oversikt over vindforholdene kan man finne i Børresen J A: Vindatlas for Nordsjøen og Norskehavet, Oslo, 1987.

Det er de siste årene utført vindmålinger i et stort omfang på Frøya. Basert på disse målingene er det for tiden under utarbeidelse et forslag til en større omskriving av OD sine veiledninger om vind.

#### 4.4.1 BESKRIVELSE AV VIND

Det er i bruk flere forskjellige formler på vindhastigheten som funksjon av høyden i ulike regelverk. Formelen gitt i veiledningen er laget av Lars Staveland, Statoil i et notat

av 11.3.1984. Følgende tabell viser hva formlene gir forutsatt at verdien for 10 min midlingsperiode i 10m høyde er like:

		10m	50m	100m
10 min	DnV	1,0	1,23	1,35
	DoE 1987	1,0	1,23	1,33
	DS 449	1,0	1,23	1,34
	NS 3479	1,0	1,52	-
	OD	1,0	1,22	1,32
3 sek	DnV	1,25	1,47	1,57
	DoE 1987	1,33	1,63	1,76
	DS 449	1,25	1,54	1,67
	OD	1,25	1,47	1,57

OD ligger i nedre området i forhold til annet regelverk. OD vil ikke ha noe å innvende mot at de andre formlene blir brukt. Målinger på Frigg viser at formelen er på den sikre siden når det gjelder forskjellen mellom 10 min og 3 sek.

Davenport spekteret ble ikke anbefalt da verdiene i spekteret går for fort mot null ved lave frekvenser. Harris spekteret antas å gi konservative verdier for frekvenser som er større enn omlag 0,01 Hz. For lavere verdier er Harris spekteret trolig ikke konservativ.

Målinger på Valhall indikerte dog at Davenport spekteret tilpasset de lavfrekvent verdiene bedre enn Harris spekteret, jf N. Spidsøe og H.P. Brathaug : "Full- scale measurements of aerodynamic reponse of a jacket platform", SINTEF desember 1985. Målinger fra Canada : Vickery og Davenport : "Gust factors and turbulence measured at 50m over the sea level off Sable Island" (1985) viser at Harris spekteret tilpasser dataene bra. De Canadiske målingene dannet i hovedsak grunnlaget for OD sin anbefaling i veiledningene.

#### 4.4.2 STATISKE VINDLASTER

Midlingsperioden knyttet til størrelse på konstruksjonen er som er gitt i DnV reglene "Rules for the design, construction and inspection of offshore structures" (1977) og som har vært etablert praksis.

I OD veiledning er det gitt en anbefalt verdi på 41 m/s for hele sokkelen. Ulike målesteder gir (10m,10min) :

+	+	+	+
MÅLESTAD	100-ÅRSVERDI	MÅLEPERIODE	
+	+	+	+
EKOFISK	30-32	1980-85	
FORTIES	32-35	1974-86	
FRIGG	31-36	1979-90	
STATFJORD	40-41	1980-87	
HALTENBANKEN	36-38	1980-88	
TROMSØFLAKET	34	1977-86	
SENTRALBANKEN	30	1985-88	
+	+	+	+

Tabell 1: Vindhastighet i m/s, med årlig sannsynlighet for overskridelse på  $10^{-2}$ . Vindhastigheten er for 10 min midlingsperiode og i 10 m høyde.

OD sin anbefaling skulle da være på den sikre siden. Det innebærer at de som ønsker det kan bruke andre verdier. OD forutsetter at en analyserer de dataene som er tilgjengelige og dokumentere at det er gjort.

Det ble i høringen anbefalt å referere til ESDU Engineering Science Data Unit: "Wind engineering". Dette er ikke gjort da denne er svært kostbar og er vanskelig tilgjengelig (restriksjoner).

#### 4.4.3 DYNAMISKE VINDLASTER

Det er her gjort et valg av midlingsperioder som det antas vil gi rimelige resultater.

#### 4.5 SNØ- OG ISLASTER

Selv om det ikke er mer enn  $10^{-4}$  år siden siste istid er det ikke meningen at dette skal legges til grunn. Derimot en årlig sannsynlighet på  $10^{-4}$  ut fra dagens forhold og vår nære fortid.

##### 4.5.1 SNØ

0,5 kPa er basert på målinger på Utsira. Knut Iden ved Meteorologisk Institutt beregnet i 1984 at den største nedbørshøyden i løpet av ett døgn i form av snø var 21,9 mm. Tilsvarende for 2 døgn er 39,2mm. Gumbel analyse gir  $10^{-2}$  verdier på 37mm og 52mm for 1 og 2 døgn. 50mm svarer grovt til 0,5 kPa. Bruk av disse tallene forutsetter at snø blir måket vekk i løpet av en dag eller to. Dersom en bruker en ubemannet innretning eller nær land bør det brukes større verdier som er mer samsvarende med NS3479.

##### 4.5.2.1 ISING

I høringen ble det foreslått å ta med Mertins diagram over ising. Det vises til H.O. Mertins: "Icing on fishing vessels due to spray", Marine Observer No.221, 1968. Diagrammet er basert på 400 observasjoner fra tyske trålere i nord-atlantisk farvann. De ble gjort under tråling med 2-5 knop og moderat størrelse på fartøyene. Resultatene kan ikke overføres til andre fartøyer/ konstruksjoner uten videre. Faktorer som skips størrelse, hastighet, sjøtilstander og høyde over vannflaten har stor betydning.

OD sin anbefaling har sitt opphav i Otter gruppen: Oseberg Conceptual Study, Estimation of Loads due to platform icing, Trondheim, 1983. Teorigrunnlaget finnes i I Horjen og S Vefsnmo: Computer modelling of sea spray iceing on marine structures, IFIP/IFAC Symposium, Automation for safety in shipping and offshore petroleum operations -

ASSOPO 85, Trondheim , juni 1985. Tallene fra Oseberg har OD brukt direkte sør for 68°N og multiplisert med en faktor på 2 nord for 68°N. Etterrekning av OD sine anbefalte mot tall fra modeller gir følgende resultat:

RIGG	OD	MODELLER
	VEILEDNING	TROMSØFLAKET
BORGNY DOLPHIN	1740	1235
ZAPATA UGLAND	635	629
NORJARL	1400	-
ARCADE FRONTIER	633	-

Tabell 8 : Islaster på leterigger. Talene er gitt i tonn.  
Det er et stort sprik i resultatene uten at jeg vet hvorfor.

Det som i praksis gir utslag er veiledningens lasttilfelle  
1. Lasttilfelle 2 gir mye mindre laster. Da modellene mellom annet :

- a) ikke tar hensyn til varmeegenskapene til riggen
- b) er bygd på erfaringer med små fiskefartøy som flytter på seg

er trolig modellresultatene på den sikre siden.

Det ble i høringen foreslått å gjøre reduksjonen med høyden eksponensiell evt kvadratisk. Da usikkerheten er så stor vil dette bare gjøre beregningene unødig kompliserte, selv om dette kanskje er riktigere.

Atmosfærisk ising kan omtrent ikke forekomme til havs. Det kan bare finne sted nær land når man har fralandsvinder.

Det er få observasjoner av ising på innretninger i petroleumsveirksomheten. I henhold til Sveinung Løset: Icing on marine units - experiences and research, Norske Sivilingeniørers forening seminar: Vinterboring på norsk kontinentalsokkel, Fagernes, november 1985, ble det observert ca 300 tonn is på Treasure Seeker 20-21.04.1981 på Haltenbanken. Observasjonen er likevel beheftet med stor usikkerhet og kan godt være en tierpotens for høy.

#### 4.5.2.3 HAVIS OG ISFJELL

Det er observert havis ved kysten av Øst-Finmark i 1881 og isfjell i 1881 og 1929. Det vises da til A Hoel: Isfjell på kysten av Øst-Finmark, Norsk Geografisk Tidsskrift, Volume XVIII, no. 5-6, Oslo 1961 - 62 samt Ingrid Hønsi og Arne Kvitrud : Isfjell ved norskekysten vinteren 1880-81. OD rapport OD-90-92. Disse observasjonene ligger langt sør for de områdene en har observert havis og isfjell de siste årene. På bakgrunn av disse observasjonene er det neppe noen sørlig grense for havis og isfjell. En kan da se på den sørlige grensen som en statistisk parameter.

Isgrensene i Barentshavet er registrert av DNMI på grunnlag av satellitobservasjoner. Disse blir vist på kart som DNMI gir ut hver uke. Det vises her til Det norske meteorologiske institutt (DNMI): Monthly mean sea ice charts. Figur 4.5.1 er laget ut fra ekstrapoleringer med grunnlag i slike kart. Det vises til : Vefsnmo, S., Mathiesen, M., and Løvås, S.M., "IDAP 90 - Statistical analysis of the sea ice data. Volume 1 : Extreme southern

Limit analysis", Sintef report STF60 F90079, Trondheim, 1990.

En kan ta hensyn til forebyggende tiltak som å flytte innretningen dersom is skulle representere en umiddelbar fare, jf veiledningen til forskriftens § 18. Det er det som anvendes idag for leteboring i farvann nær is i Barentshavet.

Det skadepotensialet havisen har er avhengig av flere parametre. Av de viktigste er istykkelsen, relativ hastighet mellom is og innretning, de fysiske egenskapene til isen og hvor store isflakene er. Det vises her til Mobil Oil Canada og Mobil Exploration Norway: A synopsis of Canadian cold water environmental research, Stavanger, 1988.

Mellom Bjørnøya og Hopen er det målt en midlere fart på isfjell over lang tid på omkring 0,1 m/s. For kort tids observasjoner er det målt en middelvei på 0,45 m/s med et standardavvik på 0,12 m/s. Det vises her til Bercha International: SAR imagery analysis, 1988 IDAP project, Calgary, 1989 og T Vinje: Icebergs in the Barents Sea, OMAE-1989, Den Hague, 1989.

Målinger mellom Bjørnøya og Kong Karls land i 1988 ga en middelvei på isfjell på 570.000 tonn, men spredningen var stor. Det største isfjellet var på 8 millioner tonn. Det vises her til S M Løvås og T Næss: 1988 IDAP projects in the Barent Sea. Aerial stereo photography, Fjellanger Widerø og NHL, Oslo og Trondheim, 1989. De isfjellene som kommer sør for 74°N vil nok være mindre enn hva disse verdiene gir.

#### 4.6 JORDSKJELVLASTER

Det var i høringen av 1987 utgaven av veiledningen foreslått spesifiserte tidshistorier fra gitte jordskjelv som så kunne skaleres. Dette ble tatt ut, da usikkerheten ved valg av riktige tidshistorier var meget stor.

Det anbefalte sonekartet og spektrum er beheftet med stor usikkerhet. Dette avsnittet er i stor grad omarbeidet siden 1987 spesielt med bakgrunn i forskningsprosjektet ELOCS som var et samarbeid mellom Norges Geotekniske Institutt (NGI), NORSAR, Principia og SINTEF.

En viktig tilføyelse i 1992 utgaven av veiledningen er at beregninger av 100-års jordskjelv kan utelates. Det er bygd på erfaringer som tilsier at det ikke er dimensjonerende.

##### 4.7.1.2 TYKKELSE PÅ MARIN BEGROING

Tallene i tabellen er høyere enn gitt av Oldfield (Dep. of Energy offshore tech. paper 6) fra 1980. Tallene her er i stor grad basert på Torgeir Olsen : Marin begroing på stålstrukturer i Nordsjøen, hovedoppgave NTH, datert 16.12.1982. Denne er basert på innrapportert begroing av innretninger på norsk sokkel.



Veiledningene under tabellen innebærer at man oftest kan se bort fra begroing ved upelet stabilitet av en jacket.

#### 4.7.1.4 RENGJØRING

Ved valg av begroingstykkelse i prosjekteringen bør man vurdere kostnadene og mulighetene for overskridelse av de spesifiserte verdiene opp mot kostnadene ved en evt fjerning av begroingen. De siste 10 årene er det rapportert til OD seks tilfeller hvor begroingen har blitt større enn forutsatt.

#### 4.7.2 VANNSTAND MM

Reservoarinnsynking har vist seg å være et problem for flere innretninger. Det har også vist seg vanskelig å gjøre gode beregninger i forkant. Ekofisk senteret har nå en total innsynking på 5,3m og en årlig rate på 34 cm/år. Det er også en betydelig innsynking på flere av Ekofisk satelittene. Valhall har en innsynking på 1,7m og en årlig rate på 15 cm/år. Statfjord B synker 19 cm/år.

#### 4.7.3 SKVETTSONE

Dette er et valg av skvettzone som brukes ved korrosjonsbeskyttelse og fastsettelse av utmattingsfaktorer, jf Forskriftens § 32. Nærmere veiledning finnes også i veiledningen til § 32.

#### 4.8 KOMBINASJON AV NATURLASTER

En utdyping er her gitt av Erik Smith : Kombinasjon av laster. Kursdagene NTH, januar 1985.

#### 5.2 LASTER FRA FABRIKASJON

Med fabrikasjon menes her alle faser fram til ferdig innstallert innretning.

Eksempel på feil og uhell under fabrikasjon eller installering:

- Synking av understellene til Frigg DP1 12.10.1974 (jacket) og Sleipner A 23.8.1991 (condeep).
- Svikt i deformasjonsrør under et av skaftene på Gullfaks A på Stord Verft i november 1985.
- Veltingen av lekteren Concem i Gandsfjorden 6.11.1985 med en ukontrollert stans av støpingen.
- Veltingen av en del av Sleipner stigerørsjacket under montering på Aker Verdal 14. mai 1992.

### 6.3.2 KOLLISJONER MED FARTØY

Flere undersøkelser i Nordsjømiljøet viser at berøring mellom skip og faste innretninger representerer den vanligste skadeårsak :

UEG Report UR21	-27% av alle skader
OD prosjekt 89041	-31% av alle skader
DnV-Worldwide	-16% av alle skader

For passerende skip vil man vanligvis finne antallet, ved å telle opp skip i ulike ruter ut fra havneanløp. Det må likevel vises forsiktighet med å stole blindt på resultatene. Ved tellingen av båter på Gyda feltet i 1987/88 ble det funnet andre trafikkruiter og trafikkvolum enn slike tellinger ga.

En utførlig vurdering av risikoen med kollisjoner er gjort i Technica : Risk assessment of buoyancy loss, project PP4 - assessment of MODU collision frequencies, datert 22.7.1987. En omfattende undersøkelse om emnet er gitt i rapporten : Sictc: Collide II, Collision design criteria, Phase 2, Project synthesis, 1991.

Den eneste større kollisjon som har skjedd på en bemannet innretning på norsk sokkel var da en vest-tysk ubåt kolliderte med flere stag på Oseberg B den 6.3.1988. Ubåten var på 450 tonn og hadde en hastighet på ca 4,5 m/s.

Følgende innretninger har hatt skipskollisjoner som er rapportert det siste tiåret:

- a) EKOFISK 2/4 D - jacket - 12.1.1982.
- b) EKOFISK 2/4 H - jacket - 13.4.1982.
- c) VALHALL QP - jacket - 1.7.1982.
- d) STATFJORD-C-SPM - lastebøye - 23.1.1985
- e) COD 7/11 A - jacket - 25.5.1986.
- f) ODIN - jacket - 24.12.1986.
- g) STATFJORD-B-SPM - lastebøye - 1986.
- h) EKOFISK 2/4 A - jacket - 1.12.1987.
- i) STATPIPE 16/11-S - jacket - 1988.
- j) OSEBERG B - jacket - 6.3.1988.
- k) GULLFAKS - SPM 1- lastebøye - 10.10.1991.
- l) GYDA - jacket - 3.11.1991.
- m) STATFJORD-C-SPM - lastebøye - 17.1.1992.

Flere detaljer er gitt av Hamre, Kvitrud og Tesdal : In service experience of fixed offshore structures in Norway,

OMAE, Volume 1B, Stavanger, 1991.

Det siste ti året er det altså registrert 13 kollisjoner mellom konstruksjoner og fartøyer på norsk sokkel. Kollisjonshyppigheten er omlag to per 100 driftsår. I tillegg er det registrert mange bulker på understellene som tyder på at det har vært flere ikke-rapporterte kollisjoner. Fire av de registrerte kollisjonene er mellom tankere og lastebøyer. Det synes derfor ikke å være noen forskjell mellom små og store skip når det gjelder kollisjonsfrekvens. Dette underbygger Oljedirektoratets veiledning om at fartøyer som trafikkerer innenfor en innretnings sikkerhetszone, bør man regne med kan kollidere.

Av nesten ulykker kan nevnes :

- I januar 1974 gikk Transocean 3 ned ved Beryl feltet på engelsk sokkel. En 50m lang og 1000 tonn tung stålsøyle drev derfra mot West Venture. Britiske bombefly prøvde forgjeves å bombe den. Til slutt passerte den riggen med 100m avstand.
- I desember 1979 drev en stor Heerema lekter mot Frigg feltet. Situasjonen var så alvorlig at britiske bombefly tok av for om nødvendig å bombe lekteren i senk. Lekteren passerte imidlertid på ca 2 nautisk mils avstand.
- Skipet NAVARO var nær ved å kollidere med Dyvi Delta på Haltenbanken 24.6.1986. I en avstand på 200m endret den kursen og kollisjon ble unngått. Supplyskipet Born Safety prøvde flere ganger å få kontakt med Navado, men uten reaksjon. Også Dyvi Delta prøvde å få kontakt med Navado, men uten å få svar.
- Nær kollisjon mellom Petrojarl og Petroskald 21.11.1986. Shutteltankeren Petroskald kom i drift mot Petrojarl. Årsaken var strømbrudd på Petroskald.
- 29.2.1988 drev riggen Santa Fe 135 mot Cod fra en posisjon omlag 25km nord for Cod. Signifikant bølgehøyde i området var opp mot 11,7m. Den passerte med en avstand på 3km.

Ved valg av 5.000 tonn displacement vil man dekke ca 95% av alle supply båter som var klasset i Veritas pr oktober 1982, jf Veritec : "Design against accidental loads on mobile platforms - Project summary report". Datert 24.1.1985.

Vedrørende tilleggs masse kan man finne mer raffinerte verdier enn dem gitt i retningslinjene i Helge Kjeøy : "Ship/platform collisions" DnV rapport 82-0914 (1983).

Dersom en sikkerhetsanalyse gir et risikonivå som er større enn en årlig sansynlighet på  $10^{-4}$  er det i prinsippet to måter å bringe sannsynlighetsnivået ned til  $10^{-4}$  på:

- øke dimensjonerende verdier for størrelsen på det kolliderende skip eller øke dimensjonerende hastighet.
- iverksette operative tiltak. For faste innretninger kan det være å ha et overvåkingssystem for skipstrafikken i området og et avvisingssystem for skip på feil kurs. For

flyttbare innretninger kan det også være at man kan flytte på innretningen om der er fare. Med operative tiltak kan man muligens redusere risikonivået med en faktor på 2-4. Det vises til Technica: "Ship-platform risks for Sleipner A platform" datert april 1988.

### 6.3.3 FALLENDE GJENSTANDER

Det har skjedd flere ulykker på norsk sokkel hvor kraner har røket.

Det er også rapportert tilfeller med en oppdriftstank, pelehhammer, fender og sjøvannspumpe som alle har gjort skader på understell de siste årene.

### 6.4 ENDRING AV TILSIKTET TRYKKFORSKJELL ELLER OPPDRIFT

Risikoanalyser kan normalt vurderes ut fra tidligere hendelser. Tilfeller som det kan vises til, er ifølge Nordbø og Rovik : Ross Isle, Tommeliten field, safety study (udatert 1986?) :

- Neptuno-Norddraug 1970-tallet, for tung kran
- Henrik Ibsen i 1980, ballasteringsfeil
- Ex Håkon Magnus i 1980, ballasteringsfeil
- Ocean Ranger, i 1982 fatale feil i ballastering
- Diamond M Epoch i 1983, trimming
- LB200 i 1983, åpent skrog i storm
- LB200 i 1983 nesten ulykke, for tungt lastet

I tillegg var forliset av jackupen West Gamma 21.8.1989 forårsaket av gods på dekk som var for dårlig festet.

På grunn av feil håndtering av ballastsystemet ble det for høyt innvendig trykk i den ene betongcella på Statfjord C i 1989. Det oppsto da en 12m lang sprekk i betongen. Omlag 15m<sup>3</sup> olje lakk ut i sjøen.

Forhold av organisatorisk art eller som er avhengig av personellkompetanse ved aktiv operasjon er vanskelig å tallfeste. En ekstra sikkerhet skal her innarbeides, jf forskriftens § 15.

### 6.5 HELIKOPTER

Av mulige laster her er luftfartøy som skulle kunne skade innretningen. Følgende nesten-ulykker og ulykke kan nevnes:

- 2. desember 1985 fikk et helikopter på Frigg skadet rotorbladet da den kom inn i en radiomast. Helikopteret klarte å gjøre en kontrollert landing på helidekket. Jf Veritec : Offshore accident review vol 4, no.1 april 1986.
- 23. september 1988 var et jagerfly omlag 100 m fra innretningene på Oseberg. Det fløy da i ca 50m høyde.
- 10. august 1991 falt et helikopter av typen Bell ned på 2/4-S på Ekofisk og derfra i sjøen. Det ble ikke gjort

annet enn lokale skader på innretningen.

## 7 REFERANSER

Dersom noen av Forskriftene oppdateres, gjelder referansen til den oppdaterte forskriften. Dersom noen av de andre dokumentene blir oppdatert av utsteder, gjelder i utgangspunktet den utgavene som er referert her.