

VEILEDNING FOR FASTSETTELSE AV LASTER OG LASTVIRKNINGER

Fastsatt av Oljedirektoratet 2.1.1987 jf Oljedirektoratets forskrift av 29.10.1984 for «Bærende konstruksjoner til bruk for utvinning eller utnyttelse av petroleumforekomster», jf Kongelig Resolusjon av 28.6.1985 om sikkerhet til lov om petroleumsvirksomhet §7 og Kommunal og Arbeidsdepartementets delegasjonsvedtak av 28.6.1985

GUIDELINES FOR THE DETERMINATION OF LOADS AND LOAD EFFECTS

Issued by the Norwegian Petroleum Directorate 2.1.87. Reference is made to "Regulation for the structural design of loadbearing structures intended for exploitation of petroleum resources", stipulated 29.10.84.

INNHold		Side	CONTENTS		Page
1	INNLEDNING	775	1	INTRODUCTION	775
1.1	Formål	775	1.1	Purpose	775
1.2	Verifikasjon	775	1.2	Verification	775
1.3	Ikrafttreddelse	776	1.3	Entry into force	776
2	VARIABLE FUNKSJONSLASTER	776	2	VARIABLE FUNCTIONAL LOADS	776
2.1	Laster fra helikoptre	776	2.1	Loads from helicopters	776
2.2	Kranlaster	776	2.2	Crane loads	776
2.3	Laster fra fortøyning	776	2.3	Mooring loads	776
2.4	Ballastering	776	2.4	Ballasting	776
3	NATURLASTER	776	3	ENVIRONMENTAL LOADS	776
3.1	Modellforsøk	776	3.1	Model tests	776
3.2	Hydrodynamiske laster	777	3.2	Hydrodynamic loads	777
3.3	Vindlaster	782	3.3	Wind loads	782
3.4	Snø- og islaster	783	3.4	Snow and ice loads	783
3.5	Jordskjelvlaster	785	3.5	Earthquake loads	785
3.6	Andre naturdata	787	3.6	Other environmental loads	787
3.7	Kombinasjon av naturlaster	788	3.7	Combinations of environmental loads	788
4	DEFORMASJONSLASTER	789	4	DEFORMATION LOADS	789
4.1	Temperaturlaster	789	4.1	Temperature loads	789
4.2	Laster fra fabrikasjon	791	4.2	Loads due to fabrication	791
4.3	Laster som følge av fundamentsetninger	791	4.3	Loads due to settlement of the foundation	791
5	ULYKKESLASTER	791	5	ACCIDENTAL LOADS	791
5.1	Generelt	791	5.1	General	791
5.2	Brann og eksplosjoner	791	5.2	Fire and explosions	791
5.3	Støtlaster	792	5.3	Impact loads	792
5.4	Endring av tilsiktet trykkforskjell eller oppdrift ..	793	5.4	Changes in internal pressure differences or bouyoancy	793
6	REFERANSER	793	6	LIST OF REFERENCES	793

1 INNLEDNING

1.1 Formål

Veiledningen viser hvordan «Forskrift for bærende konstruksjoner til bruk for utvinning eller utnyttelse av petroleumforekomster» kan oppfylles med hensyn til forskriftens bestemmelser om laster og lastvirkninger.

Veiledningene er basert på en helhet. Det bør således vises forsiktighet med en delvis anvendelse av veiledningene.

I veiledningene er benyttet følgende begreper:

- «forskriften»: Forskrift for bærende konstruksjoner til bruk for utvinning eller utnyttelse av petroleumforekomster.
- «skal»: Gjentakelse av ufravikelige forskriftskrav.
- «bør»: Anbefalt metode eller kriterium for å innfri forskriftens krav.
- «kan»: Valgfri metode eller kriterium for å innfri forskriftens krav.

1.2 Verifikasjon

1.2.1 Prosjektering, fabrikasjon og installering

For konstruksjoner som prosjekteres, fabrikkeres og innstalleres i henhold til forskriften bør den som verifiserer:

- vurdere og foreta nødvendige beregninger for å kontrollere størrelsen på lastene og de parametrene som bestemmer lastene og lastvirkningene
- vurdere bruken av tilgjengelige måldata
- vurdere lastkombinasjonene
- vurdere anvendte metoder for lastvirkningsanalyser
- vurdere anvendeligheten av EDB-programmer og kontrollere at de er forsvarlig utprøvd og dokumentert, og om nødvendig tester programmene
- kontrollere inngangsdata til programmene, vurdere resultatene, og foreta alternative forenklede beregninger for kontroll
- vurdere modellering (og grensebetingelser) av konstruksjon, havmiljø og jord
- se til at utstyr og prosedyrer for kontroll av laster som er nevnt i forskriftens pkt 3.7.3, har forsvarlig pålitelighet, og foreta stikkprøver
- vurdere metoder og utstyr for veiing eller beregning av vekt på fabrikerte konstruksjonsdeler og utstyr
- vurdere behovet for instrumentering etter forskriftens pkt 2.8, med hensyn til laster og lastvirkninger
- kontrollere at ulykkeslastene er i overensstemmelse med resultatene fra sikkerhetsanalysene
- vurdere modellforsøk dersom disse er grunnlag for dimensjonering
- vurdere avvik under fabrikasjon og innstallering

1.2.2 Bruk

For konstruksjoner som ikke er prosjektert, fabrikkert eller innstallert i medhold av forskriften skal, jf forskriftens pkt 1.3.3, rettighetshaver ved søknad om samtykke til bruk av innretningen blant annet:

- påse at innretningen er egnet for det aktuelle sted ut fra de kunnskaper som foreligger om laster som kan opptre.
- identifisere eventuelle forskjeller mellom kriterier innretningen er bygget etter og forskriftens krav slik disse framgår av veiledningene. Oljedirektoratet skal informeres om avvikene jf Forskriftens pkt 1.4.3.

1 INTRODUCTION

1.1 Purpose

This document contains guidelines how the "Regulation for loadbearing structures to be used for production or exploitation of petroleum resources" can be fulfilled with regard to the determination of loads and load effects.

These guidelines are to be regarded as unity. Caution should be exercised in using parts only of the guidelines.

The following expressions are used in the guidelines:

- "Regulation": Regulation for the structural design of loadbearing structures intended for exploitation of petroleum resources
- "Shall": Repeating of mandatory requirements in the Regulation
- "May": Recommended method or criterion in order to fulfill the Regulation.
- "Can": Optional method or criterion in order to fulfill the Regulation.

1.2 Verification

1.2.1 Design, fabrication and installation

For structures which are designed, fabricated or installed according to the Regulation the verifier may:

- evaluate and perform calculations necessary to check the magnitude of the loads and the parameters which determine the loads and the load effects,
- evaluate the use of available measurements,
- evaluate load combinations,
- evaluate the methods used for load effect analyses,
- evaluate the applicability of computer programs and verify that these have been thoroughly tested and documented, and if necessary, test the programs,
- verify the input data to the computer programs, evaluate the results, and perform alternative simplified hand calculations,
- evaluate the modelling (and its boundary conditions) of the structure, marine environment and soil,
- ensure that equipments and procedures for control of loads as mentioned in point 3.7.3 in the Regulation have sufficient reliability and perform spot checks,
- evaluate methods and equipment for weighting or calculations of the weight on fabricated structural parts and equipment,
- evaluate the need for instrumentation according to point 2.8 of the Regulation, with regard to load and load effects,
- check that the accidental loads are in accordance with the result of the safety analyses,
- evaluate the model testing if it is a basis for the design,
- evaluate deviations during fabrication and installation.

1.2.2 Operation

When applying for consent for operation (ref point 1.3.3 of the Regulation), when the structure is not designed, fabricated or installed according to the Regulation, the Licence should:

- make sure that the structure is suitable for the actual operational location using the available knowledge of loads which may occur.
- identify any deviation between the criteria to which the structure is designed and built and the requirements of the Regulation as described in these guidelines. NPD shall be informed about the deviations, cf point 1.4.3 of the Regulation

Sertifikater utstedt av flaggmyndighet eller anerkjent klasseinstitusjon kan brukes som dokumentasjon for utført verifikasjon når kriteriene som er lagt til grunn for sertifikatet er verifisert på en slik måte at det tilsvarer punkt 1.2.1. Uavhengige beregninger foretatt av den som utsteder sertifikatet vil dekke kravene til verifikasjon av lastpåføring og lastvirkningsanalyser.

1.3 Ikrafttredelse

Veiledningene trer i kraft straks.

2 VARIABLE FUNKSJONSLASTER

2.1 Laster fra helikoptre – henvisning til forskrift

For laster fra helikoptre og fordelingen av lastene på helikopterdekk vises til «Forskrift for helikopterdekk på boreplattformer» fastsatt 18.04.1973. Utmatningslaster fra helikopter skal vurderes i tillegg.

2.2 Kranlaster – henvisning til forskrift

Kraner prosjekteres etter «Forskrifter for kraner». Kranpedestal og andre innfestingsanordninger skal være i samsvar med forskriften for bærende konstruksjoner. Det skal tas hensyn til dynamiske tilleggslaster som oppstår ved lasting og lossing av skip.

Utmatningsberegninger foretas ut fra forventet bruksfrekvens av kranene og størrelsen på lastene, samt dynamiske effekter fra vind, lasting og lossing av skip og eventuelt fra innretningens bevegelse.

2.3 Laster fra fortøyning

For konstruksjonen skal dokumenteres operasjonsbegrensninger med angivelse av hvor fortøyningen kan foretas, under hvilke værforhold fartøyer tillates å være fortøyd og størrelsen på fartøyene som tillates fortøyd. Ut fra disse grensebetingelser skal konstruksjonen dimensjoneres for den mest sannsynlig største lasten for denne tilstanden. Forholdsregler bør vurderes for å unngå skade på konstruksjonen i tilfelle overbelastning. Ved beregning av maksimal kraftoverføring gjennom et eventuelt svakt ledd skal benyttes en høy karakteristisk verdi for motstanden i leddet, jf forskriftens pkt 5.1.1. Ved beregning av fortøyningslaster bør det hensyn til at fortøyningsarrangementets kraftforlengelses-karakteristikk kan forandres ved bruk (som ved syntetisk tau).

2.4 Ballastering

Innretningen skal prosjekteres for å motstå den maksimale skjevfordeling av ballast under fabrikasjon, installering og bruk. Laster som kan opptre ved tømning av vann- eller oljefylte konstruksjonsdeler for inspeksjon, vedlikehold og reparasjoner, skal vurderes.

Tankene, rør med videre skal dimensjoneres for å tåle de lokale trykk som kan oppstå under normal bruk.

3 NATURLASTER

3.1 Modellforsøk

Modellforsøk etter Forskriftens pkt 4.1.6 er særlig aktuell ved:

- nye typer innretninger
- konstruksjoner med store bevegelser

Certificates issued by Norwegian or foreign authority or recognized classification society can be used as documentation for verification when the criterion which are the basis for the certificate are the same as those listed in point 1.2.1 above. Independent calculations performed by the authority who issues the certificate will be sufficient to cover the requirements to verification of the loads application and load effect analysis.

1.3 Entry into force

These guidelines enter into force 2.1.1987.

2 VARIABLE FUNCTIONAL LOADS

2.1 Loads from helicopters - reference to Regulation

Regarding loads from helicopters and the distribution of loads on the helicopter deck, reference is made to "Regulation for helicopter deck on drilling platforms", issued 18.4.73. In addition fatigue loads from helicopters shall be evaluated.

2.2 Crane loads - reference to Regulation

Cranes shall be designed in accordance with "Regulation for cranes". The crane pedestal and other attachments shall be designed in accordance with "Regulation for load-bearing structures". Due account shall be taken to dynamic effects in connection with loading and unloading of ships.

Fatigue calculations should be undertaken on the basis of the expected frequency of cranes usage, the magnitude of the loads including dynamic effects from wind, loading and unloading of ships and possible motions of the installation.

2.3 Mooring loads

Operational limitations shall be documented with specification of where mooring may take place, under which weather conditions and the size of the vessels which are allowed to be moored and the allowable size of the vessel. On the basis of these restrictions, the structure shall be designed for the most probable maximum load in this condition. Special precautions should be considered in order to prevent damage to the structure in the case of excessive loading. In the calculation of maximum load in a potential weak link, a high characteristic value for the resistance of the link should be used, see point 5.1.1 of the Regulation. In the calculation of mooring loads, account should be taken to changes in the mooring arrangement's load-displacement characteristics during use (e.g. a synthetic rope).

2.4 Ballasting

The structure shall be designed to resist the highest possible uneven distribution of ballast which may occur during fabrication, installation or operation. Loads occurring when emptying water or oil-filled structural parts for inspection, maintenance and repairs shall be evaluated. The tanks, pipes etc shall be designed to resist local pressure which may occur during normal operation.

3 ENVIRONMENTAL LOADS

3.1 Model tests

Model testing according to point 4.1.6 of the Regulation is particularly relevant for:

- new types of installations
- structures with large motions

Vindtunnelforsøk bør utføres, blant annet når:

- en annen innretning skjermer for vinden mot den aktuelle innretningen
- det er fare for aerodynamisk ustabilitet
- vindlast er avgjørende for konstruksjonens stabilitet.

Teoretiske modeller for beregning av laster fra fast is eller drivis kontrolleres mot modellprøving eller fullskalamålinger.

3.2 Hydrodynamiske laster

3.2.1 Bølgelaster

3.2.1.1 Generelt

Bølger kan spesifiseres ved:

- en dimensjonerende bølge
- en dimensjonerende sjøtilstand
- variasjon av sjøtilstanden over lang tid og anerkjente bølge teorier.

3.2.1.2 Dimensjonerende bølge

En dimensjonerende bølge kan spesifiseres ved bølgehøyde H , bølgeperiode T og retning. Forskjellige kombinasjoner av bølgeperioder, bølgehøyder og retninger på samme sannsynlighetsnivå skal undersøkes for å oppnå de ugunstigste verdiene for de forskjellige lastvirkninger.

Maksimal lastvirkning er ikke alltid knyttet til ekstreme bølgehøyder, men istedet til bølger med bestemt lengde og ekstrem steilhet. Dette gjelder for eksempel for enkelte elementer i flytende innretninger med søyler og pontonger.

Forholdet mellom bølgehøyden H og signifikant bølgehøyde H_{mo} kan settes lik 1,92 ved 3 timers varighet på stormen.

Forholdet mellom periode T for den maksimale bølgen og topp-periode T_p i bølgespekteret kan velges lik 0,92.

Signifikant bølgehøyde, H_{mo} , og topp-periode, T_p , er gitt i figur 3.2.1. Disse verdiene kan benyttes i tidlige faser av prosjekteringen. Mellom kurvene kan det interpoleres. For detaljprosjekteringen bør det utføres særskilte studier for det aktuelle området.

Stokes femte ordens teori kan brukes ved fastsettelse av bølgekamheving for bestemmelse av nødvendig dekkshøyde over stille vannsnivået – dersom forholdet mellom vann dyp og bølgelengde er større enn 0,1.

Wind tunnel tests may be performed, e g when:

- another installation shelters for the wind against the actual installation,
- there are a risk for aerodynamic instability,
- the wind loads are significant for the stability of the structure.

Theoretical models for the calculation of loads from stationary or drifting ice should be checked against model tests or full scale measurements.

3.2 Hydrodynamic loads

3.2.1 Wave loads

3.2.1.1 General

Waves may be specified by:

- a design wave
- a design sea state
- a long term distribution of the sea state and recognized wave theories.

3.2.1.2 Design waves

A design wave may be specified by the wave height H , the wave period T and the direction. Different combinations of wave periods, wave heights and directions at the same probability level shall be investigated in order to attain the most unfavourable values for the different load effects.

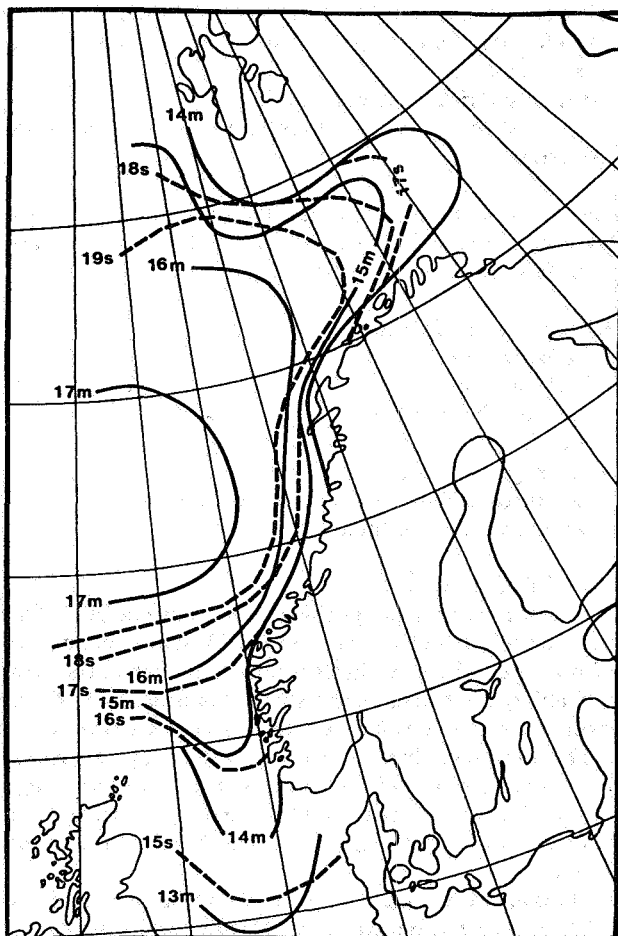
The maximum load effects are not always associated with extreme wave heights, but rather with waves having a definite length and extreme steepness. Examples are certain elements in floating structures with columns and pontoons.

The ratio between the wave height H and the significant wave height H_{mo} may be put equal to 1.92 with 3 hours duration of the storm.

The ratio between the period T of the maximum wave and the peak period T_p of the wave spectrum may be taken as 0.92.

The significant wave height, H_{mo} and the peak period, T_p , are given in Figure 3.2.1. These values can be used in the early phases of the design. Interpolation can be used between the curves. For detailed design, special studies for the relevant location should be performed.

Provided the ratio between water depth and wave length is larger than 0,1, Stokes' fifth order wave theory can be used when calculating the wave crest elevation in order to calculate the necessary deck height above the mean water level.



Figur 3.2.1 Signifikant bølgehøyde H_{m0} og tilhørende maksimale topp-periode T_p med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} . Isokurvene for bølgehøydene er gitt med hel strek. For bølgeperiodene er de stiplet.

Bølgeteorier som angitt i tabell 3.2.1 kan benyttes ved bruk av dimensjonerende bølge. Andre bølgeteorier som beskriver bølgekinematikken tilfredsstillende kan også benyttes. Spesielt viktig er det at kinematikken i området ved stille vannsnivå er godt beskrevet.

På vandndyp som er grunnere enn de grenser som er angitt i tabell 3.2.1 bør det benyttes andre bølgeteorier.

Tabell 3.2.1 Anbefalte bølgeteorier.

Forhold mellom vann- dyp og bølgelengde	Bølgeteori
0,1 – 0,3	Stokes' femte ordens- teori
Større enn 0,3	Lineær teori eventuelt Stokes' femte ordens- teori

Metoden med dimensjonerende bølge skal brukes med forsiktighet ved bestemmelse av lastvirkninger som influeres av dynamiske effekter.

3.2.1.3 Dimensjonerende sjøtilstand

Ved bruk av metoden med dimensjonerende sjøtilstand skal forskjellige kombinasjoner av signifikant bølgehøyde,

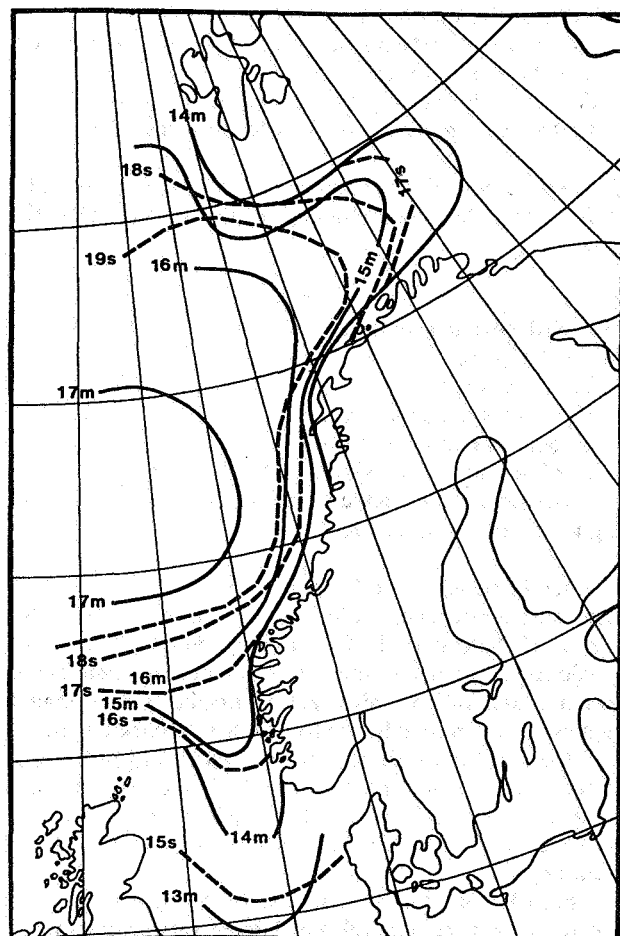


Figure 3.2.1 Significant wave height H_{m0} and peak period T_p with annual probability of exceedance of 10^{-2} . Isocurves for the wave heights are given with solid lines. Regarding the wave periods the lines are dotted.

Wave theories as given in Table 3.2.1 can be assumed in the design wave method. Other wave theories which gives an adequate description of the wave kinematics may also be used. It is particular importance that the kinematics in still water level area is well described.

At shallow water depths outside the limits indicated in Table 3.2.1, other wave theories should be used.

Table 3.2.1 Recommend wave theories.

Ration between water- depth and wave length	Wave theory
0.1 – 0.3	Stoke V order theory
Larger than 0.3	Linear theory or Stoke V order theory.

The design wave method should be used with caution when calculating load effects influenced by dynamic effects.

3.2.1.3 Design seastates

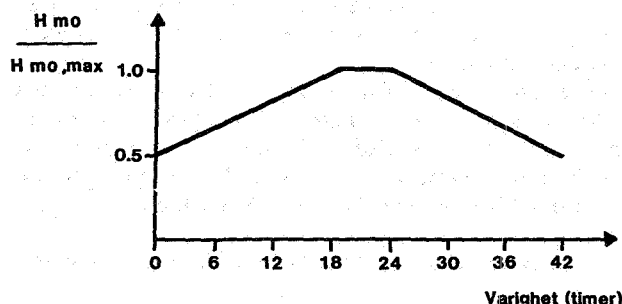
Different combinations of significant wave height, peak period and direction should be established having the same

opp-periode og retning på samme sannsynlighetsnivå, be-
egnes.

For beregning av ekstremt spektrum kan JONSWAP-
spekteret brukes.

Dersom den aktuelle lastvirkningen er følsom med hen-
syn til spekterets form, bør alternative spektre vurderes.

Når endringen av jordens motstand under syklisk belast-
ning beregnes beskrives bølgeforholdene ved hjelp av sjø-
tilstanden over en lengre tidsperiode, hvor det tas hensyn
til både oppbyggings- og nedbyggingsfasen av stormen.
Hvis ikke mer nøyaktige data foreligger, kan stormfor-
løpet vist i figur 3.2.2 benyttes.



Figur 3.2.2 Stormforløp for vurdering av nedbrytning av
jordens motstand under syklisk belastning.

probability level when the design seastate approach is
used.

When calculating the extreme seastate, the JONSWAP
spectrum can be used.

If the relevant load effect is sensitive to the shape of the
spectrum, alternative spectra should be considered.

In calculating the variation in the soil's resistance during
cyclic loading, the sea condition over a long time period
shall be described, taking into account the build up phase
and tail-off phase of the storm. Unless more accurate data
are available, the storm duration given in Figure 3.2.2 may be
used.

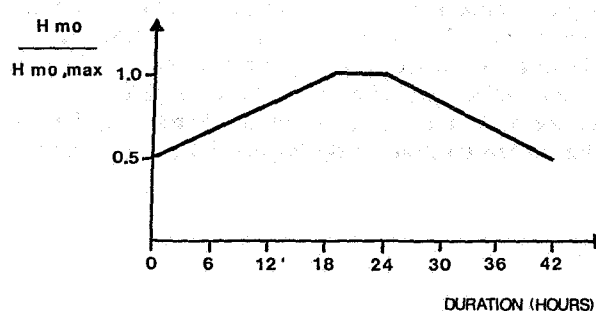


Figure 3.2.2 Storm conditions when evaluating soil resistance
during cyclic loading.

Bølgenes kinematikk bestemmes normalt ved anvendelse
av lineær bølgeteori. I tilfeller hvor lastvirkningen er in-
fluert av dynamiske effekter eller ikke-lineære drageffek-
ter, bør lineær teori modifiseres for bedre å representere
bølgekinematikken i skvettsonen.

Ved bruk av dimensjonerende sjøtilstand kan det tas
hensyn til energispredning omkring den dominerende
bølgeretningen. For sjøtilstander med signifikant bølge-
høyde mindre enn 10 m kan følgende spredningsfunksjon
benyttes:

$$D(\Theta_m - \Theta) = C \cdot \cos^n(\Theta_m - \Theta)$$

- hvor Θ_m er midlere bevegelsesretning på bølgene
- hvor n velges i området 2-8 slik det er mest ugunstig
for hver enkelt konstruksjon.

3.2.1.4 Langtidsvariasjon av bølger.

Variasjonen av bølger over lang tid kan beskrives som et
antall stasjonære sjøtilstander med tilhørende sannsynlig-
het for opptreden. Alternativt kan langtidsvariasjonen av
bølger beskrives ved hjelp av enkeltbølger, hvor man re-
presenterer langtidsvariasjonen av bølgene ved et antall
bølgehøydegrupper karakterisert ved en bølgehøyde, en
bølgeperiode og et antall bølger i gruppen. Denne meto-
den anbefales ikke brukt hvis dynamiske effekter er av
stor betydning.

Metodene med langtidsvariasjon av bølger kan benyttes
for å etablere en sannsynlighetsfordeling for den aktuelle
last. Sannsynlighetsfordelingen kan benyttes til å etablere
både ekstreme last og kumulative last.

The wave kinematics are usually determined by the use
of linear wave theory. For cases in which the load effect is
influenced by dynamic effects or non-linear drag effects, li-
near theory may be modified to improve the representa-
tion of the wave kinematics in the splash zone.

Energy distribution around the dominating wave direc-
tion can be taken into account when using the design seas-
tate method. For seastates with significant wave height less
than 10 m the following directionality function can be
used:

$$D(\Theta_m - \Theta) = C \cdot \cos^n(\Theta_m - \Theta)$$

- where Θ_m is the dominating wave direction.
- where n is chosen between 2 and 8 in the most un-
favourable way for the structure.

3.2.1.4 Long term distribution of waves

The long term distribution of waves can be described as a
sum of stationary short term seastates with associated pro-
bability of occurrences. Alternatively, the long term vari-
ation of waves can be described by individual waves, each
characterised by wave height, wave period and number of
occurrences. This method is not recommended in determi-
nistic analysis if the dynamic effects are significant.

The method using long term variation of the waves can
be applied to establish a probability distribution for the ac-
tual load. The probability distribution can be used to esta-
blish both extreme load and cumulative load.

Utvalget som benyttes av korttidstilstander eller bølgehøydegrupper bør velges slik at langtidsvariasjonen av bølgelastene beskrives med tilstrekkelig nøyaktighet med hensyn til variasjon av både bølgehøyde og periode. I denne forbindelse er det viktig å ha god kjennskap til konstruksjonens følsomhet for variasjoner i både bølgehøyde og periode.

3.2.1.5 Midlertidige faser

Er varigheten av en midlertidig fase lengre enn perioden for sikker værvarsling, skal dimensjonerende bølge velges som bølgen med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} for det aktuelle tidsrom. Det aktuelle tidsrom bør ikke regnes kortere enn to måneder. Dersom det ikke er fare for tap av menneskeliv, kan det velges en returperiode på 1 år for det aktuelle tidsrom. Midlertidige faser med varighet inntil tre døgn kan planlegges for en mindre dimensjonerende bølge. Arbeidet kan settes i gang når værvarslingen for de kommende tre døgn gir tilstrekkelig sikkerhet for at den forutsatte bølgehøyden ikke blir overskredet.

3.2.2 Strømhastigheter

Foreligger ikke nøyaktige målinger eller verifiserte modellstudier kan tidevannsstrømmen ved stille vannsnivå for laster med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} velges i overensstemmelse med figur 3.2.3.

Foreligger ikke nøyaktige målinger, kan den vinddrevne strømhastigheten med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} velges lik 0,8 m/s i stille vannsnivå.

Foreligger ikke nøyaktige målinger eller modellresultater kan variasjonen med dybden velges i overensstemmelse med Det norske Veritas (1977), appendiks A.

I tillegg skal vurderes virkning fra andre strømmer i hvert enkelt tilfelle, blant annet:

- kyst og havstrømmer
- lokale strømvirvler
- strømning over bratte skråninger
- strøm som skyldes stormflo

Ved beregning av erosjon bør det tas hensyn til at konstruksjonen kan forandre strømhastigheten lokalt.

The selection of short term seastates or wave height groups may be done in such a way that the long term variation of the wave loads is described with sufficient accuracy with respect to variation of both the wave height and period. In this respect is it important to have detailed knowledge of the behavior of the structure to variations in both wave height and period.

3.2.1.5 Temporary phases

The recurrence period should be based on the expected duration of the phase as follows :

Duration less than 3 days : The environmental parameters for determination of environmental loads may be established based on reliable weather forecasts. The work can be started when the weather forecast for the next three days give sufficient safety against exceeding the assumed environmental loads.

Duration in excess of three days : a) No danger for loss of human lives. A return period of one year for the relevant season can be applied. b) Danger for loss of human lives. The environmental parameters should reflect an annual probability of exceedance of 10^{-2} for the relevant season.

The relevant season might not be taken less than two months.

3.2.2 Current velocities

Unless more accurate measurements or verified model studies are available, the tidal current at still water level for loads with an annual probability of exceedance of 10^{-2} can be selected in accordance with Figure 3.2.3.

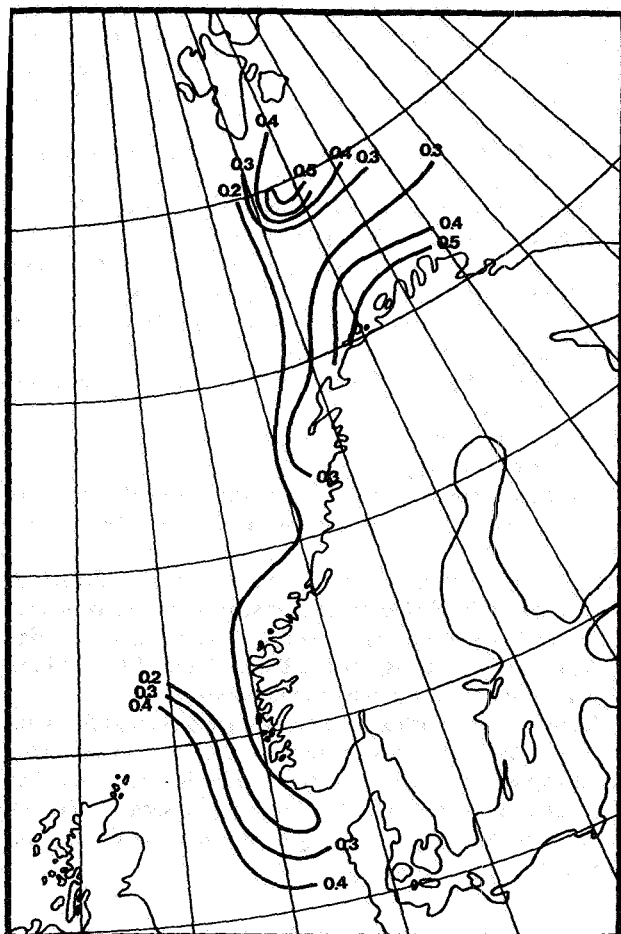
Unless more accurate measurements are available, the wind induced current velocities with an annual probability of exceedance of 10^{-2} can be selected equal to 0.8 m/s at still water level.

Unless more accurate measurements or model test results are available, the variation with depth may be selected in accordance with Det norske Veritas, (1977), Appendix A.

In addition, the effect from other types of currents shall be considered in each individual case, including:

- coast and ocean currents
- local current eddies
- currents over steep slopes
- current caused by storm surges

In the calculation of erosion, it should be taken into account that the present of the structure may locally change the current velocities.



Figur 3.2.3 Største tidevannsstrøm i m/s ved vårjevndøgns spring-tidevann.

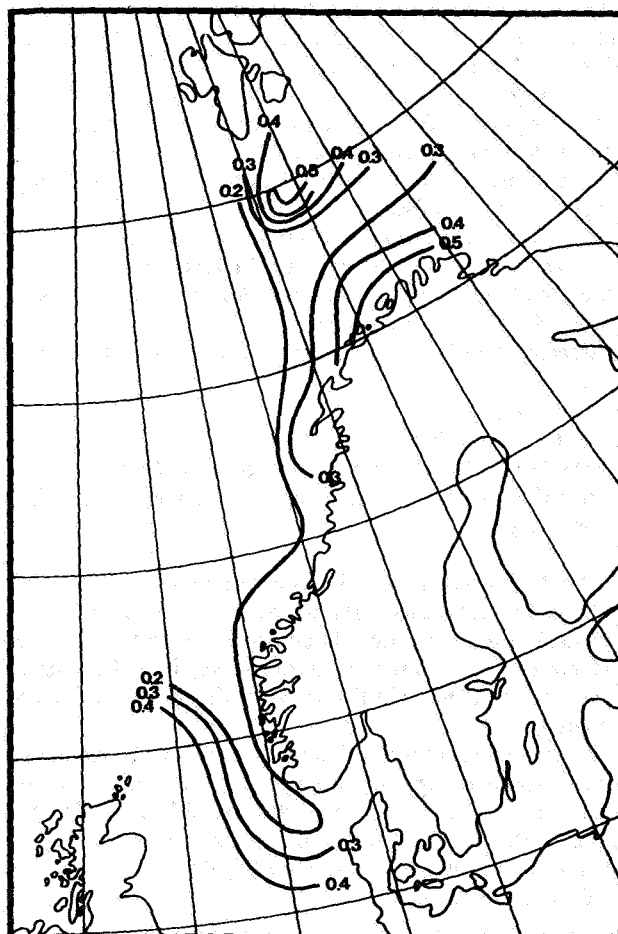


Figure 3.2.3 Maximum tide current in m/s at vernal equinox spring tide.

3.2.3 Beregning av hydrodynamiske laster

Strøm- og bølgelaster skal behandles i sammenheng idet partikkelhastigheten finnes ved vektoriell addisjon av strøm- og bølgepartikkelhastighetene.

3.2.3.1 Slanke sirkulære konstruksjonselementer

For konstruksjoner som beveger seg lite, kan bølgelastene beregnes som følger:

- Dersom Keulegan-Carpenter tallet KC er mindre enn 2 for et konstruksjonselement kan lastene finnes ved hjelp av potensialteori:
 - Om forholdet mellom bølgelengden L og rørdiameteren D er større enn 5, kan en bruke masseledet i Morisons formel med $C_M = 2,0$
 - Om forholdet mellom L og D er mindre enn 5, bør diffraksjonsteori benyttes
- Dersom KC er større enn 2, kan bølgelasten finnes ved hjelp av Morisons formel idet C_D og C_M angis som funksjoner av Reynolds-tallet, Re , Keulegan-Carpenter tallet, KC , og relativ ruhet.

3.2.3.2 Storvolumkonstruksjoner

For storvolumkonstruksjoner bør lastene beregnes ut fra diffraksjonsteori. Betydningen av overflateheving på grunn av konstruksjonen vurderes i tillegg.

3.2.3.3 Konstruksjoner med betydelige bevegelser

3.2.3 Calculation of hydrodynamic loads

When calculating current and wave loads interaction effects should be considered, i.e the water particle velocity is found by a vectorial sum of the current and wave particle velocities.

3.2.3.1 Slender tubular elements

For structures having small motions, the wave loads may be calculated as follows :

- If the Keulegan - Carpenter number KC is less than 2 for a structural element, the loads may be found using potential theory:
 - If the ratio between the wave length and the tubular diameter D is larger than 5, the inertia term in Morison's formula can be used with $C_M = 2.0$
 - If the ratio between L and D is less than 5, the diffraction theory should be used.
- If KC is greater than 2, the wave loads may be found by Morison's formula, with C_D and C_M as functions of Reynolds' number, Re , the Keulegan - Carpenter number, KC , and the relative roughness.

3.2.3.2 Large volume structures

For large volume structures, the loads may be calculated on the basis of diffraction theory. Possible surface elevation due to the presence of the structure should be evaluated.

3.2.3.3 Structures with significant motion

Når forholdet mellom bevegelsesamplitude og diameter er større enn 0,2, kan det ved beregning av bølgelaster med Morisons formel tas hensyn til relativbevegelsene mellom konstruksjon og vann.

For langstrakte flytelegemer kan stripeteori brukes for å bestemme laster og bevegelser.

Midlere avdriftskraft i bølger kan bestemmes ved beregninger basert på diffraksjonsteori.

Hvis ikke dannelsen av bølgegrupper i forbindelse med langsomt varierende avdriftslaster i irregulær sjø kan vurderes ved hjelp av målte data, bør det særlig tas hensyn til mulige dynamiske forsterkninger.

Strømningsinduserte svingninger skal tas i betraktning f.eks:

- virvelavløsning
- Mathieu-ustabilitet
- ustabilitet på grunn av varierende orientering av konstruksjonen i forhold til bølge- og strømrretningen (galoppering)

Laster forårsaket av virvelavløsning kan være av stor betydning for dimensjonering av slanke konstruksjoner og konstruksjoner med liten demping. Konstruksjonsdempningen for sveiste konstruksjoner bør ikke settes høyere enn 0, 15 % av kritisk for vurdering av virvelinduserte svingninger.

På grunn av synkronisering mellom virvelavløsningen og konstruksjonens egensvingninger, kan resonant virvelavløsning komme over et relativt stort område av vindhastigheter. Dette skal ivaretas i utmattingsberegningene. Virkningene av resonante laster under bygging og transport tas med i beregningene.

3.2.3.4 Bølgeslag

Bølgeslag og sjokktrykk kan beregnes etter Det norske Veritas (1977), appendiks B.

3.2.3.5 Unormale bølgelaster

Den unormale bølgehøyden med en årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-4} kan antas å være lik 1,2 ganger bølgehøyden med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} .

3.3 Vindlaster

3.3.1 Beskrivelse av vind

Innenfor en korttidstilstand kan vinden beskrives ved hjelp av en gjennomsnittlig vindhastighet som er overlagret et flukturerende vindkast med middelværdi lik null. Ved beregning av fordelingen av vindkastene kan det benyttes en varighet for korttidstilstanden som er lik midlingsperioden for middelvinden og velges som angitt i 3.3.3.

For en 10 min middelvind i 10 m høyde kan karakteristisk verdi med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} velges lik 41 m/s for hele den norske sokkelen, og karakteristisk verdi med årlig sannsynlighet for overskridelser på 10^{-4} lik 47 m/s.

Vindhastigheten som funksjon av høyde og midlingstid kan beregnes som:

$$U(z, t) = U(z_r, t_r) (1,0 + 0,137 \ln (z/z_r) - 0,047 \ln (t/t_r))$$

der $z_r = 10$ m og $t_r = 600$ s

Vindkastene kan beskrives ved karakteristiske spektrale og varighet. Alternativt kan vinden beskrives ved høyeste midlere vindhastigheter med tilhørende spesifiserte mid-

When the ratio between the amplitude of the motion and the diameter is larger than 0.2, the relative motions between the structure and the water can be taken into account in the calculation of the wave loads using Morison's formula.

For oblong floating structures, the strip theory can be used to determine loads and motions.

The average drift loads in waves can be determined by calculations based on diffraction theory.

If the occurrence of wave groups in connection with slowly varying drift loads in irregular seas cannot be evaluated from measured data, attention should be taken of possible dynamic amplifications.

Current induced vibrations should be taken into account, such as:

- vortex shedding
- Mathieu instability
- instability caused by varying orientation of the structure in relation to the wave and current direction (galloping)

Loads caused by vortex shedding can be of significant importance for the design of slender structures and structures with small damping. The structural damping for welded structures may not be assumed to higher than 0.15 % of critical when evaluating vortex induced vibrations.

Tuning of the vortex shedding frequencies and the natural frequencies of the structure can cause resonant vortex shedding within a large range of wind velocities. This shall be taken into account in the fatigue calculations. The effects of resonant loads during construction and transportation has to be considered.

3.2.3.4 Wave slamming

Wave slamming and shock pressure can be calculated in accordance with Det norske Veritas (1977), Appendix B.

3.2.3.5 Exceptional wave loads

The exceptional wave height with an annual probability of exceedance of 10^{-4} can assumed to be 1.2 times the wave height with an annual probability of exceedance of 10^{-2} .

3.3 Wind loads

3.3.1 Description of wind

For short term description the wind may be described by means of an average wind speed overlain by fluctuating wind gusts with average value equal to zero.

When calculating the distribution of the wind gust duration of the short term condition equal to the mean period of the mean wind can be used, this can be chosen specified in point 3.3.3.

For a 10 minutes mean wind at a height of 10 m, the characteristic value with an annual probability of exceedance of 10^{-2} can be selected as 41 m/s for the whole Norwegian Continental Shelf, and the characteristic value with an annual probability of exceedance of 10^{-4} as 47 m/s.

The wind speed as a function of height and mean period may be estimated by :

$$U(z, t) = U(z_r, t_r) \cdot (1.0 + 0.137 \ln (z/z_r) - 0.047 \ln (t/t_r))$$

where $z_r = 10$ m and $t_r = 600$ s

The wind gust can be described by characteristic spectra and duration. Alternatively, the wind can be described by the highest mean wind velocity with associated specified

ingsperioder. Harris' eller Kolmogorovs spektrum kan brukes ved mangel på mer pålitelige data. Dragkoeffisienten ved havflaten kan velges lik 0,003 og lengdeparameteren lik 1800 m.

For frekvenser som er lavere enn 0,01 Hz må de angitte spektre brukes med forsiktighet.

3.3.2 Statistiske vindlaster

Konstruksjoner eller konstruksjonselementer som ikke er følsomme for vindkast, kan beregnes ved at en betrakter vindlasten som en statisk last. For konstruksjoner eller konstruksjonsdeler hvor den største dimensjon er mindre enn 50 m, kan 3 s vindkast brukes ved beregning av statiske vindlaster.

For konstruksjoner eller konstruksjonsdeler hvor den største dimensjon er større enn 50 m, kan midlingsperioden for vinden økes til 15 s. For konstruksjoner eller konstruksjonselementer som er utsatt for samtidig vind- og bølgelaster, og der bølgebelastningen er den dominerende belastningen, kan 1 min middelvind brukes i kombinasjon med ekstrem bølgebelastning.

Dersom det ikke foretas mer nøyaktige beregninger kan vindlastene beregnes ut fra NS 3479 eller Det norske Veritas (1977).

For sirkulære rørkonstruksjoner kan følgende dragkoeffisienter brukes:

$$C_D = 0,7 \text{ for } Re > 5 \cdot 10^5$$

$$C_D = 1,2 \text{ for } Re < 5 \cdot 10^5$$

For rørkonstruksjoner som er belagt med is benyttes $C_D = 1,2$ for alle Reynolds tall.

3.3.3 Dynamiske vindlaster

Konstruksjoner som er følsomme for vindkast bør beregnes ved at en betrakter vindlasten som en dynamisk last. Eksempler på slike konstruksjoner er høye tårn, avbrenningstårn, strekkstaginnretninger, ettergivende innretninger, slakt forankrede innretninger osv.

Midlingsperioden for den gjennomsnittlige vindhastigheten for konstruksjoner med egenperiode mindre enn 10 s kan velges lik 10 min.

For konstruksjoner med egenperiode større enn 10 s kan midlingsperioden for den gjennomsnittlige vindhastigheten velges lik 1 time.

For konstruksjoner med stor utstrekning kan det tas hensyn til variasjonen i rommet av den fluktuerende vind. Mulige torsjonseffekter vurderes spesielt.

3.4 Snø- og islaster

3.4.1 Snølaster

Snølast gitt i Norsk Standard NS 3479 «Dimensjonerende Last» for de enkelte kommuner kan benyttes som ekstrem snølast nær land, dersom det ikke utføres særskilt analyse. For andre områder der det ikke er utført mer nøyaktige meteorologiske observasjoner, kan karakteristisk snølast settes lik 0,5 kPa for hele den norske kontinental-sokkel. Formfaktorer gitt i NS 3479 kan brukes.

3.4.2 Islaster

3.4.2.1 Akkumulert is

Dersom meteorologiske observasjoner ikke blir vurdert spesielt, kan det antas verdier for tykkelse av akkumulert

mean periods. Harris' or Kolmogorov's spectra may be used in lack of more accurate data. The drag factor near the sea surface can be selected as 0.003 and the length parameter as 1800 m.

For frequencies below 0.01 Hz, the recommended spectra shall be used with care.

3.3.2 Static wind loads

Structures or structural elements which are not sensitive to wind gust may be calculated by regarding the wind load as a static load. In the case of structures or structural elements where the largest dimension is less than 50 m, 3 s wind gust can be used in the calculation of static wind loads.

In the case of structures or structural elements where the largest dimension is greater than 50 m, the mean period for the wind can be increased to 15 s. For structures or structural elements which have been exposed to simultaneous wind and wave loads and where the wave loads are the dominating load, 1 minute of mean wind velocity may be used in combination with extreme wave loads.

Unless more accurate calculations are performed, the wind loads can be calculated from Norwegian Standard 3479 or Det norske Veritas (1977).

In the case of circular tubular structures, the following drag factors are recommended:

$$C_D = 0.7 \text{ for } Re > 5 \cdot 10^5$$

$$C_D = 1.2 \text{ for } Re < 5 \cdot 10^5$$

In the case of tubular structures covered with ice, $C_D = 1.2$ can be used for all Reynold's numbers.

3.3.3 Dynamic wind loads

Structures which are sensitive to wind gusts can be designed by considering the wind load as a dynamic load. Among such structures are high towers, flare booms, tension leg platforms, compliant platforms, catenary anchored platforms etc.

The averaging period for the mean wind velocity can be selected equal to 10 min when the natural periods are less than 10 s.

For structures with a natural period larger than 10 s, the averaging period for the mean wind velocity can be selected equal to 1 hour.

The spacial variation of the fluctuating wind can be taken into account for large structures. In particular, possible torsion effects should be evaluated.

3.4 Snow and ice loads

3.4.1 Snow loads

Snow loads given in Norwegian Standard NS 3479 "Design loads" for various municipalities can be used as the extreme snow load close to shore, unless a special investigation is undertaken. In other areas where more accurate meteorological observations have not been performed, the characteristic snow load may taken as 0.5 kPa for the whole of the Norwegian Continental Shelf. The shape factor, stipulated in NS 3479 may be used.

3.4.2 Ice loads;

3.4.2.1 Accumulated ice

If meteorological observations are assessed specifically, values for the thickness of accumulated ice caused by sea

is på grunn av sjøsprøyt eller nedbør som gitt i tabell 3.4.1. Disse kan ses på som to uavhengige lasttilfeller.

spray or undercooled rain, may be assumed as indicated in Table 3.4.1. These occurrences can be regarded as two independent load conditions.

Tabell 3.4.1 Islaster med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2}

Høyde over sjøflaten	LASTETILFELLE 1			LASTETILFELLE 2	
	Is pga sjøsprøyt			Is pga nedbør	
	56° N til 68° N	Nord for 68° N	Tetthet	Tykkelse	Tetthet
5 m – 10 m	80 mm	150 mm	850 kg/m ³	10 mm	900 kg/m ³
10 m – 25 m	Lineær reduksjon fra 80 mm til 0	Lineær reduksjon fra 150 mm til 0	Lineær reduksjon fra 850 kg/m ³ til 500 kg/m ³	10 mm	900 kg/m ³
Over 25 m	0	0	–	10 mm	900 kg/m ³

Table 3.4.1 Ice loads with annual probability of exceedence of 10^{-2} .

Height above sealevel	LOADCASE 1			LOADCASE 2	
	Ice caused by seaspray			Ice caused by rain/snow	
	56° N to 68° N	North of 68° N	Density	Thickness	Density
5 m – 10 m	80 mm	150 mm	850 kg/m ³	10 mm	900 kg/m ³
10 m – 25 m	Linear reduction from 80 mm to 0	Linear reduction from 150 mm to 0	Linear reduction from 850 kg/m ³ to 500 kg/m ³	10 mm	900 kg/m ³
Above 25 m	0	0	—	10 mm	900 kg/m ³

For beregning av bølge-, strøm- og vindlaster kan dimensjonsøkninger og forandringer i konstruksjonens form og overflateruhet fra akkumulert is innkluderes som følger:

- for sjøsprøyt antas at isen dekker hele elementets omkrets
- på grunn av regn antas et islag på alle flater som vender oppover eller mot vinden. For rørkonstruksjoner antas et islag på halve omkretsen.

For oppdriftsstabiliserte konstruksjoner bør skjevfordeling av is vurderes i tillegg.

3.4.2.2 Frostsprengning

Det bør tas hensyn til virkningen av ballastvann som kan fryse.

3.4.2.3 Havis og isfjell

Laster fra fast is eller drivis bør vurderes for konstruksjoner plassert nær land eller i området angitt i figur 3.4.1.

Data vedrørende isforhold skal innhentes for aktiviteter i Barentshavet. Følgende bør tas i betraktning:

- mulighet for isfjell og havis
- type is (isfjell, skrugard, flere års is osv)
- tykkelse av is
- hastighet og bevegelsesretning
- mekaniske egenskaper
- størrelse og geometri av isfjell

When calculating wave, current and wind loads, cross-sectional increases of, changes in the shape and surface roughness caused by accumulated ice can be included as follows:

- in the case of sea spray, it can be assumed that the ice covers the whole circumference of the element.
- in the case of rain, the ice will cover all surfaces which are facing upwards or towards the wind. In the case of tubular structures, the ice will thus cover one half of the circumference.

For buoyancy stabilized structures, the possibility of uneven distribution of ice should additionally be evaluated.

3.4.2.2 Frost expansion

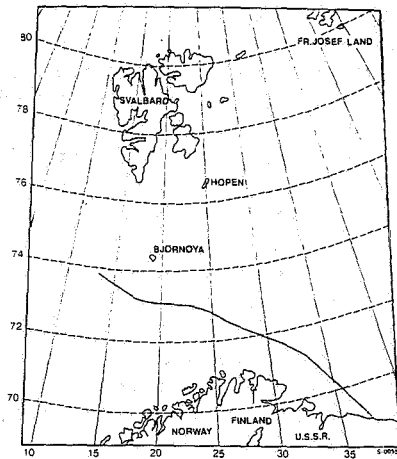
Account should be taken to the possibility of freezing ballast water.

3.4.2.3 Sea ice and icebergs

Loads from stationary or drifting ice should be considered for structures located close to shore or in areas indicated in Figure 3.4.1.

Data concerning the ice conditions have to be collected. The following subjects have to be taken into consideration:

- possibility of icebergs and sea ice
- type of ice (icebergs, ridges, multi year ice, etc)
- thickness of ice
- velocity and direction
- mechanical properties
- size and geometry of icebergs



Figur 3.4.1 Grense for havis med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} .

Grensen for havis med en årlig sannsynlig for overskridelse på 10^{-2} er gitt i figur 3.4.1.

For dimensjonering mot isfjell anvendes de samme prinsipper som er gitt i veiledningens pkt 5.3.2.

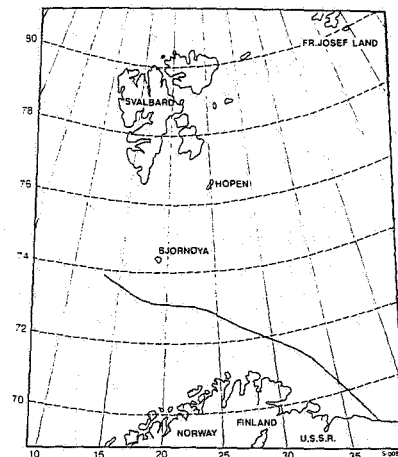


Figure 3.4.1 Iceborder with an annual probability of exceedance of 10^{-2} .

The iceborder with an annual probability of exceedance of 10^{-2} is showed in figure 3.4.1.

The design against icebergs shall be done according to the same principals as outlined in point 5.3.2 of this guideline.

3.5 Jordskjelvlaster

3.5.1 Dimensjonerende jordskjelvlaster

Jordskjelvlaster bør bestemmes ut fra de aktuelle tektoniske forhold, historiske seismiske data og målte jordskjelv- tidshistorier for det aktuelle området. Ved bestemmelse av jordskjelvlastene på konstruksjonen bør det tas hensyn til samvirke mellom jord og konstruksjon. Jordskjelvbevegelsene på stedet kan beskrives ved responspektre eller tidshistorier.

Responspektre (normalisert med hensyn på maksimal grunnakselerasjon på 10 m/s^2) er vist i figur 3.5.1. Disse kan benyttes sammen med akselerasjonene gitt i figur 3.5.2 i tidligere faser av prosjekteringen. Hvis akselerasjonen for den aktuelle lokasjonen er 2.5 m/s^2 i henhold til figur 3.5.2, fås responspektrene ved å multiplisere de normaliserte spektra i figur 3.5.1 med 0.25. Spektret er basert på at konstruksjonens totale demping (inkludert energitapet til jord) er 5 % av kritisk demping. Spektret skal justeres dersom dempingen avviker fra denne verdien. Spektret kan skaleres med hensyn til forventet akselerasjonsnivå ved høye frekvenser eller med hensyn til forventet hastighetsnivå ved 1 Hz. Responspektret kan kun benyttes for områder med gode grunnforhold, det vil si steder med fast leire og middels til fast lagret sand og silt.

Som et alternativ til bruk av responspektre kan lastvirkningen av konstruksjonen beregnes for minst tre sett av tidshistorier. Middelerdien av den største respons fra disse tidshistorie-analysene kan legges til grunn for lastberegningene. Tidsseriene velges slik at de er representative for jordskjelv på norsk kontinentalsokkel, og har riktig maksimal akselerasjon, størrelse på Richters skala og frekvensinnhold, og gir riktige verdier for hastighetsresponspektret ved innretningens egenperioder.

Variasjonsområdet for akselerasjonsnivå for høye frekvenser referert til fjellgrunn kan for tidlige faser tas fra sonekart gitt av Ringdal og flere (1982), se figur 3.5.2. For detaljprosjektering bør det utført særskilte studier for det aktuelle området.

3.5 Earthquake loads

3.5.1 Design earthquake loads

Earthquake loads should be determined on the basis of relevant tectonic conditions, historical seismic data and measured earthquake time histories in the area in question. When the earthquake loads on the structure are determined, the effect of interaction between the soil and the structure should be taken into account. The earthquake motions at the location can be described by response spectra or time histories.

Response spectra (normalized with respect to a maximum acceleration of 10 m/s^2) are shown in Figure 3.5.1. These can be used together with the accelerations given in Figure 3.5.2 in early phases of the design. If the acceleration for the actual location is 2.5 m/s^2 according to Figure 3.5.2, the response spectrum is obtained by multiplying the normalized spectrum in Figure 3.5.1 with 0.25. The spectrum is based on a total structural damping of 5 % of critical (energy loss to the soil included). The spectrum has to be adjusted if the damping is different from this value. The spectrum can be scaled with regard to the expected level of acceleration at high frequencies or with respect to the level of expected velocity at 1Hz. The response spectrum can only be used in areas with good soil conditions, that is on stiff clay and medium to stiff sand or silt.

As an alternative to the use of response spectra the response of the structure can be analysed for at least three sets of time histories. The mean value of the largest response from these time history analysis should be used as a basis for the load calculations. The time histories should be ensured to be representative for earthquakes on the Norwegian continental shelf and should have a correct maximum acceleration, magnitude on the Richter scale and frequency content, as well as giving the correct values in the velocity response spectrum at the natural periods of the structures.

The variation of the acceleration level at high frequencies referred to bed rock can the for earlier phases of the project be taken from a zoning map given by Ringdal et al (1982), see Figure 3.5.2. During detailed engineering, special studies for the relevant area is expected.

3.5.2 Beregning av lastvirkning

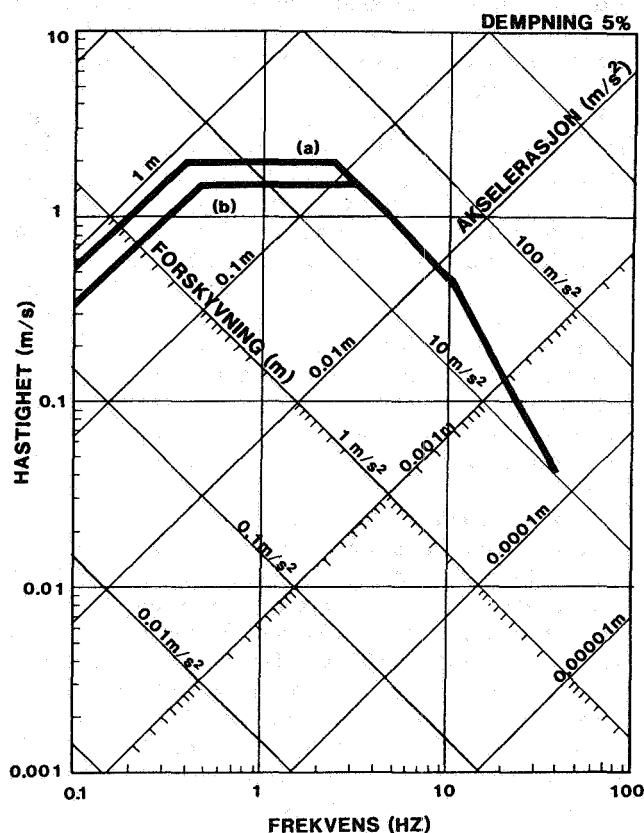
Jordskjelvbevegelsen kan beskrives ved to ortogonale horisontale og en vertikal svingning som virker samtidig, men som antas å være statistisk uavhengige. Den ene horisontale svingningen bør falle langs en hovedakse i konstruksjonen. Dersom det ikke utføres nøyaktigere beregninger kan den ortogonale horisontale komponenten velges lik hovedkomponenten og den vertikale komponenten halvparten av hovedkomponenten referert til fjellgrunn. Jordskjelvet kan skaleres med de oppgitte faktorer.

Ved bruk av responspektrum-metoden bør så mange svingformer inkluderes at det blir tatt hensyn til minst 90 % av den totale responsenergien. Dette skal være oppfylt for oppførselen av både deks- og bærekonstruksjoner.

For unormale jordskjelvlaster med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-4} skal det vises at konstruksjonen og jorden har tilstrekkelig kapasitet til å absorbere den resulterende energien slik at en unngår progressivt brudd. Tidshistorie-analyser av konstruksjonen som inkluderer materialenes ikke-lineære egenskaper samt geometriske ikke-lineariteter, kan utføres.

Det bør videre vurderes om jordskjelv i det aktuelle området kan føre til andre virkninger som:

- jordskred
- kritisk poretrykkoppbygging i jord
- store deformasjoner av jorden med påfølgende deformasjoner av fundamentplater, pæler, skjørt og rør



Figur 3.5.1 Responspektra (normalisert til maksimal jordakselerasjon på 10 m/s^2), 5% demping. Maksimal akselerasjon, hastighet og forskyvning er for kurve

3.5.2 Calculation of load effects

The earthquake motions may be described by two orthogonal horizontal and one vertical component acting at the same time, while considered to be statistical independent. One of the horizontal components should be assumed to be parallel with the main axis of the structure. Unless more accurate calculations are performed, the orthogonal horizontal component can be chosen equal to the main component and the vertical component 50% of the main component referred to bed rock. The earthquake can be scaled with the given factors.

In the use of the response spectrum method, sufficient vibration modes should be included such that at least 90 % of the total response energy is accounted for. This recommendation should be satisfied for both the deck and the sub structure.

For exceptional earthquake loads with an annual probability of exceedence of 10^{-4} , it should be demonstrated that the structure and the soil has sufficient capacity to absorb the resulting energy, such that a progressive failure can be prevented. Time history analyses of structures including the materials' non-linear properties and geometrical non-linear properties can be performed.

It should furthermore be evaluated whether earthquake, in the relevant area may have other effects such as:

- subsea earth slides
- critical pore pressure build-up in soil
- major deformation of the soil with subsequent deformation of foundation slabs, piles, skirts or pipelines

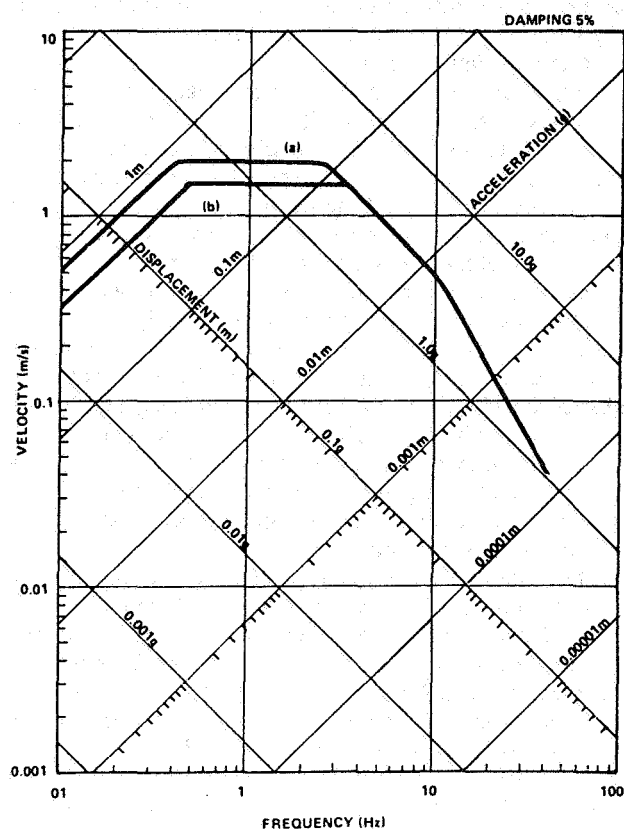


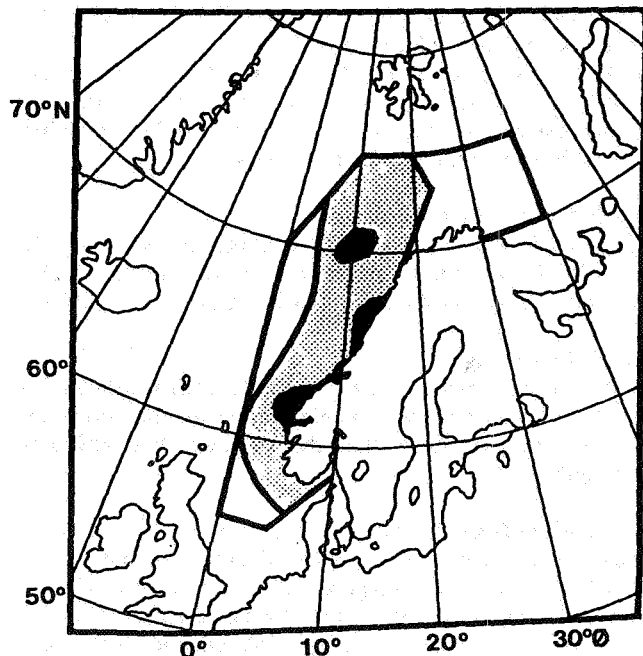
Figure 3.5.1 Response spectra (normalized to a maximum acceleration of $1 \text{ g} = 10 \text{ m/s}^2$), 5 % damping. Maximum acceleration, velocity and displacement is for curve

- a) jordskjelv med årlig sannsynlighet på 10^{-4} : 30 m/s², 2,0 m/s, 0,8 m
 b) jordskjelv med årlig sannsynlighet på 10^{-2} : 30 m/s², 1,5 m/s, 0,5 m

Responspektrene kan benyttes for lokasjoner med gode grunnforhold, det vil si ikke for steder med bløt leire og middels til løst lagret sand og silt.

- a) earthquake with annual probability of 10^{-4} : 30 m/s², 2.0 m/s and 0.8 m.
 b) earthquake with annual probability of 10^{-2} : 30 m/s², 1.5 m/s and 0.5 m.

The response spectra can be used for locations with good soil conditions, and not for locations with soft clay and medium to loose sand or silt.



Figur 3.5.2 Seismisk sonekart. Området angir grensene for hvor informasjon om seismisitet er analysert av Ringdal og flere (1982).

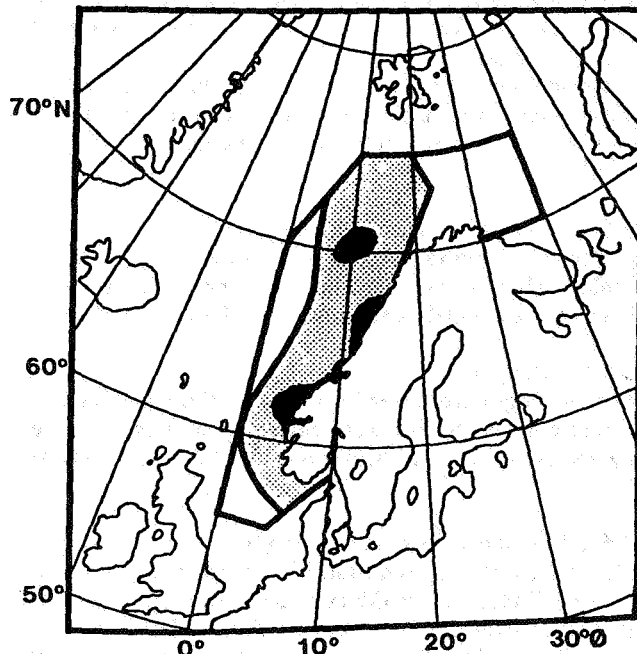


Figure 3.5.2 Seismic zoning map. The bold lines confine the boundaries where information about seismicity is analysed by Ringdal et al (1982).

Akselerasjonsnivå for høye frekvenser ved fjellgrunn:		
Sannsynlighet for overskridelse	10^{-2} pr år	10^{-4} pr år
	< 0,25 m/s ²	< 1,2 m/s ²
	0,25–0,5 m/s ²	1,2–1,8 m/s ²
	0,5–0,7 m/s ²	1,8–2,5 m/s ²

Acceleration level for high frequencies at bedrock:		
Probability of exceedence	10^{-2} pr year	10^{-4} pr year
	< 0.25 m/s ²	< 1.2 m/s ²
	0.25–0.5 m/s ²	1.2–1.8 m/s ²
	0.5–0.7 m/s ²	1.8–2.5 m/s ²

3.6 Andre naturdata

3.6.1 Marin begroing

3.6.1.1 Generelt

Marin begroing er en fellesbetegnelse på overflatebelegg som forårsakes av planter, dyr og bakterier som dannes på konstruksjoner i sjøen. Marin begroing kan føre til økte hydrodynamiske laster, økt tyngde, økt hydrodynamisk tilleggs masse, innvirkning på hydrodynamisk ustabilitet som følge av virvelavløsning og mulige korrosjonseffekter.

3.6.1.2 Tykkelse av marin begroing

Dersom det ikke foreligger mer nøyaktig informasjon eller det ikke er planlagt regelmessig rengjøring kan det ved beregninger av last på konstruksjoner i Nordsjøen regnes med tykkelser på marin begroing referert til middelvannstand som gitt i tabell 3.6.1.

3.6 Other environmental data

3.6.1 Marine growth

3.6.1.1 General

Marine growth is a common designation for a surface coat caused by plants, animals and bacteria which are formed on structures in the sea. Marine growth may cause increased hydrodynamic loads, increased weight, increased hydrodynamic added mass, consequences for hydrodynamic instability due to vortex shedding and possible corrosion effects.

3.6.1.2 Thickness of marine growth

Unless more accurate information is available or regular cleaning is not planned, the thicknesses referring to levels below the mean water level as given in Table 3.6.1 may be assumed in the calculation of loads on structures in the North Sea.

Tabell 3.6.1 Tykkelse på marin begroing

Vanndyp	56–59° N	59–72° N
over +2 m	0	0
+2 m til –40 m	100 mm	100 mm
Under –40 m	50 mm	20 mm

Det kan antas at tykkelsen av marin begroing øker lineært til gitte verdier over en periode på 2 år etter at konstruksjonen er plassert i sjøen.

Dersom det ikke foreligger mer nøyaktige data kan ruhetshøyden settes til 20 mm under +2 m. Det tas hensyn til ruheten ved fastsettelse av koeffisientene i Morisons formel.

3.6.1.3 Tyngde av marin begroing

Tyngden av marin begroing klassifiseres som variabel funksjonslast. Dersom det ikke foreligger mer nøyaktige data kan egentynge av begroingen velges lik 13 kN/m³.

3.6.1.4 Rengjøring

Dersom begroingen overskrider de verdier som innretningen er dokumentert for kan rengjøring utelates dersom en ny analyse viser at konstruksjonen har tilstrekkelig styrke.

3.6.2 Vannstand, setninger og erosjon

Ved fastsettelse av vannstand i lastberegningene tas det hensyn til blant annet tidevann og stormflo. Usikkerhet i målinger, setninger i reservoaret eller av konstruksjonen og mulig erosjon skal vurderes. Det bør benyttes regnemetoder som tar med konstruksjonens og nærliggende konstruksjoners innvirkning på vannstanden.

3.6.3 Skvettsoner

Skvettsonen i forskriftens punkt 5.4 kan regnes som 4 m under laveste tidevann og 5 m over høyeste tidevann.

3.7 Kombinasjon av naturlaster

For naturlaster med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10⁻² og 10⁻⁴ kan kombinasjonen av lastene velges i overensstemmelse med tabell 3.7.1 dersom det ikke blir utført nøyaktigere beregninger.

Table 3.6.1 Thickness of marine growth

Water depth	56–59° N	56–72° N
Above + 2 m	0	0
+ 2 m to – 40 m	100 mm	100 mm
Under – 40 m	50 mm	20 mm

It may be assumed that the thickness of marine growth will increase linearly over a period of 2 years after the structure has been placed in the sea.

Unless more accurate data are available, the roughness height can be selected to be 20 mm under + 2 m. The roughness can be taken into account in the determination of the factors in the Morison's formula.

3.6.1.3 The weight of marine growth

The weight of marine growth is classified as a variable functional load. Unless more accurate data are available, the specific weight of marine growth can be set to 13 kN/m³.

3.6.1.4 Cleaning

If the marine growth exceeds the values for which the installation is documented cleaning can be avoided provided a new analysis shows that the structure has sufficient strength.

3.6.2 Water level, subsidence and erosion

In determining the water level for the load calculation, the tidal water and storm surge should be considered. Uncertainties in measurements, subsidence of the reservoir, settlements of the structure and possible erosion shall be evaluated. Calculation methods which take into account the influence of the structure and adjacent structures on the water level, should be used.

3.6.3 Splash zone

The splash zone as outlined in section 5.4 of the Regulation can be set to 4 m under lowest tide and 5 m above highest tide level.

3.7 Combinations of environmental loads

For environmental loads with an annual probability of exceedence of 10⁻² and 10⁻⁴, the combinations of loads can be selected in accordance with Table 3.7.1 unless more accurate calculations are performed.

Tabell 3.7.1 Kombinasjon av naturlaster med forventede middelveidier og årlig sannsynlighet for overskridelse på 10⁻¹, 10⁻² og 10⁻⁴.

Grense-tilstand	Vind	Bølger	Strøm	Is	Snø	Jord-skjelv	Vann-stand
Brudd-grense-tilstand	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻¹	–	–	–	10 ⁻²
	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	–	–	–	10 ⁻²
	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	–	–	m
	–	–	–	–	10 ⁻²	–	m
	–	–	–	–	–	10 ⁻²	m
Grense-tilstand for progressivt brudd	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻¹	–	–	–	m*
	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻¹	–	–	–	m*
	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻⁴	–	–	–	m*
	–	–	–	–	–	10 ⁻⁴	m

m = middelvannstand

* eventuell effekt av stormflo må tas hensyn til

Table 3.7.1 Combination of environmental loads with expected mean values and annual probability of occurrence of 10^{-1} , 10^{-2} and 10^{-4} .

Limit state	Wind	Waves	Current	Ice	Snow	Earth quake	Sea level
Ultimate	10^{-2}	10^{-2}	10^{-1}	—	—	—	10^{-2}
Limit	10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}	—	—	—	10^{-2}
State	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}	—	—	m
	—	—	—	—	10^{-2}	—	m
	—	—	—	—	—	10^{-2}	m
Progressiv	10^{-4}	10^{-2}	10^{-1}	—	—	—	m*
Limit	10^{-2}	10^{-4}	10^{-1}	—	—	—	m*
State	10^{-1}	10^{-1}	10^{-4}	—	—	—	m*
	—	—	—	—	—	10^{-4}	m

m = mean water level

* = effects of storm sea level have to be considered

4 DEFORMASJONSLASTER

4.1 Temperaturlaster

Bærende konstruksjoner som blir utsatt for temperaturpåvirkning, skal prosjekteres for de største temperaturrediffranser de kan få. Dette gjelder blant annet for:

- lagertanker
- konstruksjonsdeler som er utsatt for stråling fra toppen av flammeflamm. En times middelvind med returperiode på 1 år kan benyttes for beregning av flammeutbredelse og luftkjøling ved vurdering av varmestråling fra flammeflamm
- konstruksjonsdeler som er i kontakt med rørledninger, stigerør eller prosessutstyr

Omgivende sjø eller lufttemperatur beregnes som ekstrem verdi med årlig sannsynlighet 10^{-2} .

Dersom det ikke foretas mer nøyaktige målinger eller beregninger kan luft- og sjøtemperaturer tas fra figurene 4.1, 4.2 og 4.3. Sjøtemperaturen varierer i tillegg med dybden. Lufttemperaturen kan lokalt bli større på grunn av solstråling. Under bygging av konstruksjonen bør alle dimensjoner knyttes til en referansetemperatur.

4 DEFORMATION LOADS

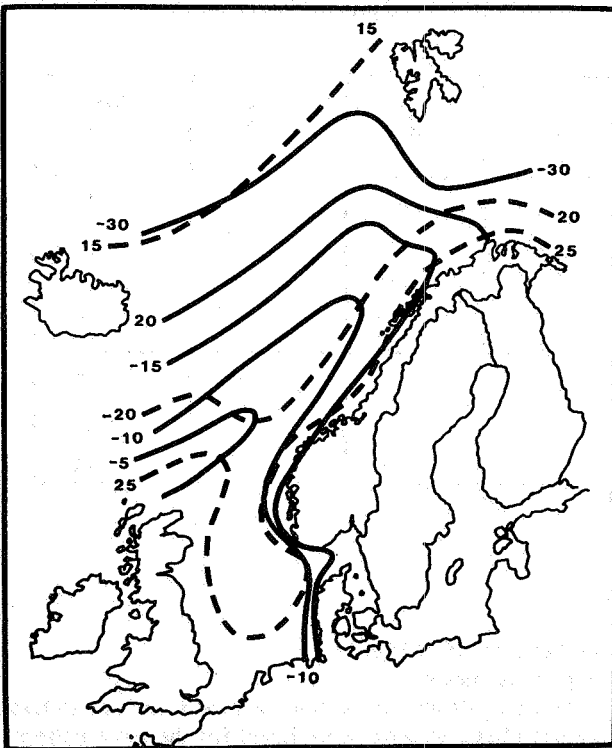
Temperature loads

Load bearing structural elements which are subject to temperature effects should be designed for the most extreme temperature differences which may occur. This applies, e.g. to:

- storage tanks
- structural parts exposed to radiation from the top of a flare boom. One hour mean wind with a return period of 1 year may be used for the calculation of the spatial extent of the flame and the cooling from the air in the evaluation of heat radiation from a flare boom.
- structural parts which are in contact with pipelines, risers or process equipment.

The surrounding sea and air temperatures are calculated as extreme values with an annual probability of 10^{-2} .

Unless more accurate measurements or calculations have been performed, extreme air and sea temperatures may be taken from Figures 4.1, 4.2 and 4.3. The variation of the sea temperature with the depth should be taken into account. It may be taken into account that the local air temperature may be larger because of sun radiation. During fabrication of structure, all dimensions should be associated with a reference temperature.



Figur 4.1 Høyeste og laveste lufttemperatur med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} . Tallene er gitt i grader Celcius.

— laveste lufttemperatur
 --- Høyeste lufttemperatur

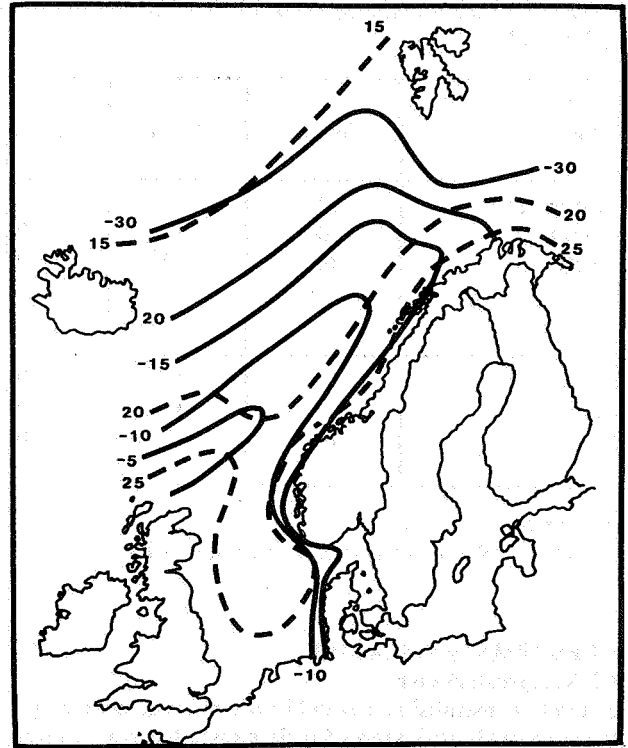
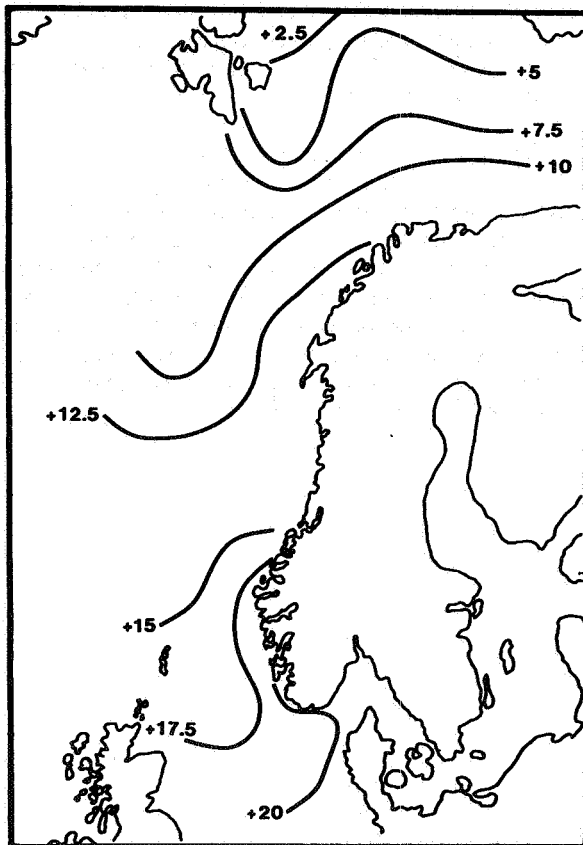


Figure 4.1 Maximum and minimum air temperature with annual probability of occurrence of 10^{-2} . The numbers are given in degree Celsius:

— Minimum air temperature
 --- Maximum air temperature



Figur 4.2 Høyeste overflate-sjøtemperatur med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} . Tallene er gitt i grader Celcius.

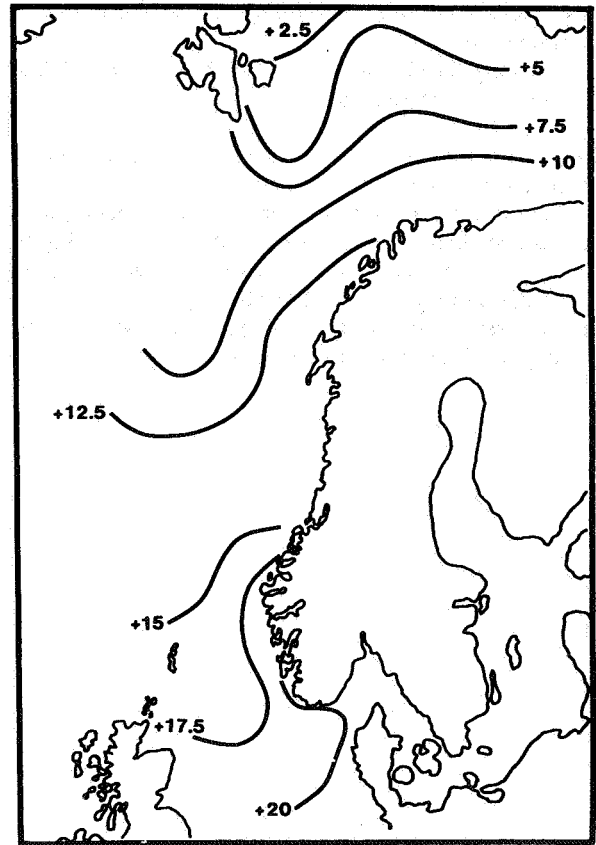
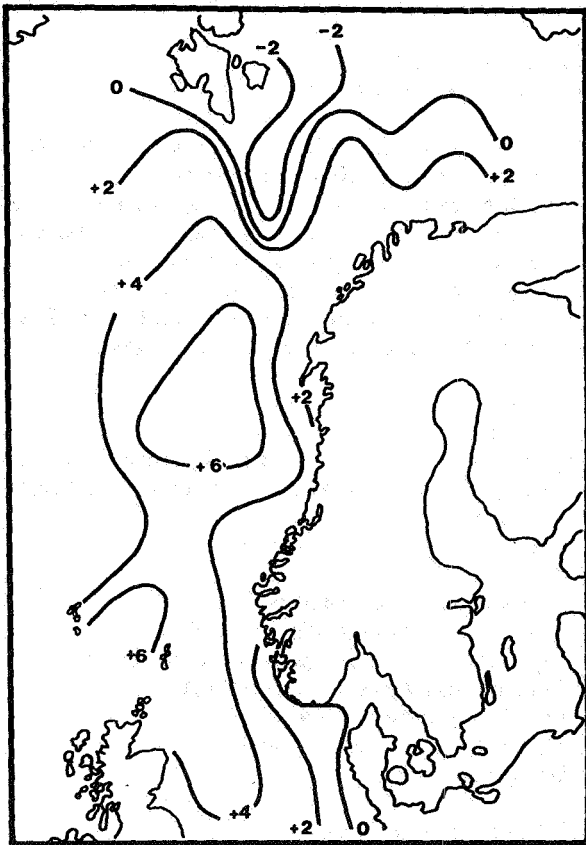


Figure: 4.2 Maximum sea surface temperature with annual probability of occurrence of 10^{-2} . The numbers are given in degree Celsius.



Figur 4.3 Laveste overflate-sjøtemperatur med årlig sannsynlighet for overskridelse på 10^{-2} . Tallene er gitt i grader Celcius.

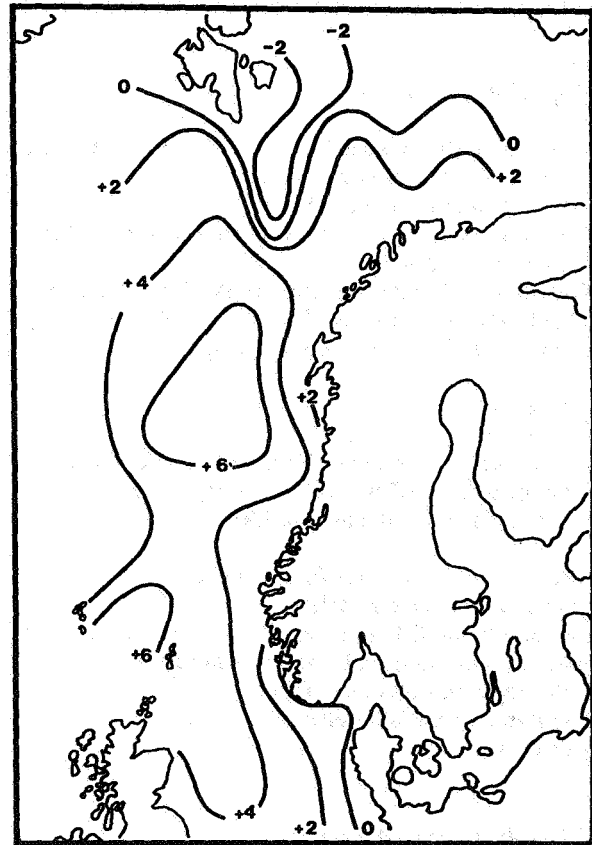


Figure 4.3 Minimum sea surface temperature with annual probability of occurrence of 10^{-2} . The numbers are given in degree Celcius.

4.2 Laster som følge av fabrikasjon

Ved prosjekteringen skal det inkluderes rimelige toleranser og tas hensyn til mulige tvangslaster som kan oppstå.

Virkningene av feil, for eksempel geometriske avvik eller defekter utover det som er forutsatt, bør vurderes av den som er ansvarlig for prosjekteringen.

4.3 Laster som følge av fundamentsetninger

Effekter på grunn av skjevsetninger over fundamentet bør vurderes. Laster påført konstruksjonen fra stigerør og borerør som følge av fundamentsetninger bør vurderes. Lokale reaksjonslaster på konstruksjonen under installasjon på grunn av ujevn bunn eller kampestein bør vurderes.

5 ULYKKESLASTER

5.1 Generelt

Aktuelle ulykkeslaster og deres størrelse bør bestemmes på grunnlag av en konsept sikkerhetsvurdering, jf forskriftens punkt 3.6.

5.2 Brann og eksplosjoner

Følgende brann typer bør blant annet vurderes:

- brennende utblåsninger
- brann ved lekkasjer i stigerør eller prosessutstyr
- brennende olje på sjøen
- brann i utstyr eller elektrisk anlegg
- brann på helikopterdekk
- brann i boligkvarter

4.2 Loads due to fabrication

In the design reasonable tolerances should be assumed, and account should be taken for possible loads which may arise from restraints.

The effect of errors occurring during fabrication, such as geometrical deviations or defects beyond those assumed, should be evaluated by those responsible for the design.

4.3 Loads due to settlement of the foundations

Effects of uneven settlements of the foundation should be evaluated. Loads on the structure from risers or conductors caused by settlement of the foundations should be evaluated. Local reaction loads on the structure during installation due to uneven seafloor or boulders should be evaluated.

5 ACCIDENTAL LOADS

5.1 General

Relevant accidental loads and their magnitude should be determined on the basis of a concept safety evaluation.

Reference is made to section 3.6 of the Regulation.

5.2 Fire and explosions

Account should be taken for fires caused, by e.g. :

- burning blow-outs
- fires from leaks in risers or processing equipment
- burning oil on the sea
- fire in equipment or electrical installations
- fire on the helicopter deck
- fire in the living quarters

Det bør vurderes eksplosjoner som følge av blant annet:

- gass-sky eksplosjon
- eksplosjon i lukkede rom

Konstruktive utforminger bør velges slik at virkningen av branner og eksplosjoner begrenses.

Brannbelastningen kan beskrives ved intensitet som funksjon av tid og sted. Eksplosjonsbelastningen kan beskrives ved trykkforløpet.

Det skal tas hensyn til forandringer i materialegenskaper forårsaket av brann og eksplosjoner. Brann og eksplosjon bør antas å opptre i sammenheng.

5.3 Støtlaster

5.3.1 Generelt

Støtlaster karakteriseres ved kinetisk energi, støtgeometri og sammenheng mellom kraft og inntrykking.

Støtlaster kan blant annet skyldes:

- fartøyer som trafikkerer innretningen
- tankskip for lasting på feltet
- skipstrafikk og fiskefartøyer som passerer innretningen
- flytende innretninger, blant annet flotell
- luftfartøy som trafikkerer feltet
- gjenstander som faller eller sklir
- fiskeredskap

5.3.2 Kollisjoner med fartøyer

Kollisjonsenergien kan bestemmes ut fra aktuelle masser, hastigheter og retninger på skip eller luftfartøy som kan kollidere med innretningen.

Dersom det er foretatt begrensninger med hensyn til hvor store fartøyer som kan trafikkere innenfor innretningens sikkerhetssone, og overvåkingen av trafikken har tilstrekkelig pålitelighet, kan fartøyets størrelse velges i overensstemmelse med denne begrensning.

Hastigheten kan bestemmes ut fra antakelsen om fritt drivende skip, eller ut fra antakelsen om feiloperasjon av skipet.

For tidlige faser av prosjekteringen bør likevel massen til forsyningskip normalt ikke velges mindre enn 5 000 tonn og hastigheten mindre enn 2 m/s. En hydrodynamisk tilleggsmasse på 40 % for sideveis og 10 % for baug- og hekkstøt kan antas. Ytterligere opplysninger om beregning av kollisjoner er gitt av Det norske Veritas (1981).

De mest sannsynlige støtpunkter og støtgeometrier bør legges til grunn for analysen. Dersom et sentralt støt (støtkraft gjennom fartøyets tyngdepunkt) er fysisk mulig, bør denne støtsituasjonen analyseres.

Den globale oppførselen av fartøyet og innretningen under støtet, og dermed fordelingen av støtenergien mellom kinetisk rotasjons-/translasjonsenergi og deformasjonsenergi, kan bestemmes ved dynamiske likevekts- eller energibetraktninger.

Lokal skade i fartøy og innretning kan bestemmes slik at opptatt energi i de to konstruksjonene svarer til den energi som skal opptas som deformasjonsenergi. I tillegg vurderes den globale virkningen av kollisjonslaster.

Dersom et flotell eller en annen flytende innretning planlegges plassert ved konstruksjonen i lengre tid, bør det foretas særskilte vurderinger.

Account should be taken to explosions caused, by e.g. :

- ignited gas clouds
- explosion in enclosed rooms.

Structural designs should be in such a manner that the effects of fires and explosions are reduced.

The fire loads can be described by the intensity as a function of time and location. The explosion loads can be described by the development of the pressure.

Changes in the properties of materials caused by fire and explosion may be taken into account. Fires and explosions should be assumed to occur at the same time.

5.3 Impact loads

5.3.1 General

Impact loads are characterized by kinetic energy, impact geometry and the relationship between the load and the indentation.

Impact loads may be caused by:

- vessels servicing the installation
- tankers for offshore loading at the field
- ships and fishing vessels passing the installation
- floating installations, including flotels
- aircrafts servicing the field
- objects that are falling or sliding
- fishing equipment

5.3.2 Collision with vessels

The collision energy can be determined by the actual masses, velocities and the directions of ships or aircraft which may collide with the installation.

If limits have been set with regard to the size of ships which may enter the safety zone of the installations and if the surveillance of the traffic has sufficient reliability, the size of the vessels may be selected in accordance with these limitations.

The velocity of impact may be determined by assuming a drifting ship, or assuming erroneous operation of the ship.

With regard to supply vessels and early phases of the design the mass should normally not be selected to be less than 5 000 tonnes and the speed to be less than 2 m/s. A hydrodynamic added mass of 40 % for sideways and 10 % for bow and stern impact may be assumed. Further information about the calculation of collisions can be found in Det norske Veritas (1981).

The most probable impact points and impact geometries should be used as a basis for the analysis. If a central impact (impact load through the center of gravity of the vessel) is physically possible, this impact situation should be analysed.

The global behavior of the ship and the platform during the impact, and thus the distribution of impact energy between kinetic rotational/translational energy and deformation energy, can be determined by dynamic equilibrium or energy considerations.

The local damage to ships and installations can be determined in such a way that the absorbed energy in the two structures corresponds to the energy which shall be absorbed as deformation energy. In addition, the global effect of collision loads should be evaluated.

If a flotel or other floating installations shall be located close to the structure for a long period of time, special evaluations should be undertaken.

5.3.3 Fallende gjenstander

Lastene bør vurderes fra blant annet følgende typer hendelser:

- fall av last
- fall av løfteutstyr
- utilsiktet svingende gjenstander

Støtenergien kan bestemmes av løftekapasitet og løftehøyde, og av forventet vektfordeling av løftede gjenstander.

Dersom det ikke foretas mer nøyaktige beregninger kan laster fra fallende gjenstander på dekket baseres på tillatt arbeidsbelastning for løfteutstyret. Denne lasten kan antas å kunne falle fra løfteutstyret fra størst mulig spesifisert løftehøyde og på mest ugunstig sted.

Støtvirkningen av lange gjenstander som rør bør vurderes spesielt.

Aktuelle støtsituasjoner kan bestemmes av løfteutstyrets operasjonsområde og aktuelle løftearrangement.

Det bør vurderes om utstyr på dekket kan falle ned. Skader som forårsakes av påfølgende laster bør vurderes.

Det bør vurderes hvilken skade eventuelle fenderingssys-temer vil forårsake dersom de skulle falle ned.

5.4 Endring av tilsiktet trykkforskjell eller oppdrift

Endringer av tilsiktet trykkforskjell eller oppdrift som blant annet skyldes svikt i skillevegger, ventiler eller rør som forbinder atskilte avdelinger, pumper eller feilopera-sjon bør vurderes.

For en konstruksjon i flytende tilstand bør det tas hen-syn til endret flytestilling som følge av utilsiktet fylling av celler, rørformede konstruksjonselementer, tanker og lig-nende og den endring av oppdrift som kan være forårsaket av gassutblåsinger eller lekkasjer.

6 REFERANSELISTE

Det norske Veritas: «Rules for the design, construction and inspection of offshore structure», Appendix A og B, Oslo 1977.

Det norske Veritas: «Technical note, Fixed offshore Installations, Impact loads from boats, TN A 202», Oslo 1981.

Norsk Standard 3479: «prosjektering av bygningskonstruk-sjoner, dimensjonerende laster», Norges Byggstandardi-seringsråd, Oslo 1981.

Oljedirektoratet: «Forskrift for helikopterdekk på boreplatt-former», fastsatt 18.4.1973.

Oljedirektoratet: «Forskrifter for kraner», fastsatt 25.5.1979.

F. Ringdal, E. S. Huseby, H. Bungum, S. Mykkeltveit and O. A. Sandvin: «Earthquake Hazard Offshore Norway, A study for the NTNF Safety Offshore Committee», Norsar Contribution No 302, Oslo 1982.

5.3.3 Falling objects

Loads from the following types of falling objects, should be evaluated:

- falling cargo
- falling lifting equipment
- unintentional swinging objects

The impact energy is determined by the lifting capacity and lifting height, as well as the expected distribution of the weight of the objects which have to be lifted.

Unless more accurate calculations are performed, loads from falling objects onto the deck may be based on allowa-ble operation loads for the lifting equipment. It can be as-sumed that this load may fall from the lifting equipment, from the highest possible specified lifting height and at the most unfavourable location.

The impact effect of long objects such as pipes should to be subject to special evaluations.

Relevant impact situations can be determined by the op-erating area of the lifting equipment and the arrangement of the lifting equipment.

It should be evaluated whether equipment on deck may fall down. Damage caused by subsequent loads should then be evaluated.

It should be evaluated which damage possible fender systems might cause if they should fall down.

5.4 Changes in internal pressure differences or buoyancy

Changes in intended pressure differences or buoyancy e.g. caused by defects in separating walls, valves or pipes con-necting different compartments, pumps or errors of oper-ation should be evaluated.

In the case of a floating installation, special emphasis should be put on changes in the floating condition due to unintended filling of compartments, tubular structures, tanks or similar and the change in buoyancy which can be caused by gas blow outs or leaks.

6 List of references

Det norske Veritas: "Rules for the design, construction and inspection of offshore structures", Oslo, 1977, with Appendix A and B.

Det norske Veritas: "Technical note, Fixed offshore instal-lations, Impact loads from boats, TN 202", Oslo, 1981.

Norwegian Standard 3479: "Design loads for structures", Norges Byggstandardiseringsråd, Oslo, 1981.

Norwegian Petroleum Directorate: "Regulation for cranes", of 25 May 1979.

Norwegian Petroleum Directorate: "Regulation for helic-opter decks on drilling platforms" of 18 April 1973.

F Ringdal, E S Huseby H Bungum, S Mykkeltveit and O A Sandvin: "Earthquake Hazard Offshore Norway. A study for the NTNF Safety Offshore Committee", Norsar Contribution No 302, Oslo, 1982.