



Rolls-Royce

Research & Technology Department - Marine

Visit address Sjøgata 98
N-6067 Ulsteinvik
NORWAY

Telephone +47 815 20 070

Telefax +47 700 14 014

REPORT

Title

**Bølgeforhold på Stadhavet.
Kommentarer til konseptvalgutredning av
Stad Skipstunnel.**

Report number

RRM-R&T_02-011

Client

Maritimt Forum Nordvest

Author(s) of report

Leif Vartdal

Approved by

Revision No

Comprises

Date.

5. april 2011

Classification

Restricted

Rolls-Royce order no

Page
1 / 15

Abstract

Ved årsskiftet 2010/11 ble det lagt frem en ny konseptvalgutredning (KVU) av Stad skipstunnel.

Det Norske Veritas (DNV) har på oppdrag fra Kystverket (KV) gjennomført analyser i tilknytning til sikkerhetsmessige vurderinger og ulykkeskostnader, og sammenlignet disse aspektene ved passering av Stad slik det foregår i dag og ved å seile gjennom en skipstunnel.

I denne rapporten blir det hevdet at grunnlaget som angår bølgedata i KVU er mangelfulle og forenklede og at det er benyttet ett dataunderlag som ikke er representativt for de spesielle og krevende bølgeforholdene som forekommer i området der skipstrafikken går ved Stad.

Rapporten forklarer hvilke bølgedata DNV har basert sine analyser på og mangler disse dataene har sammenlignet med fremherskende bølgeforhold ved Stad og som kan være kritiske for ulike bølgeinduserte bevegelser for fartøy som seiler i dette området.

I tillegg presenterer rapporten et eksempel på instrumentelle bølgemålinger som ble utført av Oseanografisk senter (SINTEF) ved Stad i oktober og november 1985. Resultat fra disse bølgemålingene blir diskutert i sammenheng med påstanden fra KVU om at et bedre varslingsystem vil redusere ulykkespotensialet ved Stad.

Med henvisning til målingene nevnt ovenfor og undersøkelser om årsakssammenhenger for tidligere ulykker, er en det konkludert med at Stadhavet er spesielt utsatt for krappe dønninger og tungt brytende bølger.

Til slutt inngår en diskusjon om forventet fremtidige bølgeklima basert på studier av langsiktig tidsutvikling for bølgehøyder i Nord-Atlanteren. I tillegg blir det henvist til et grunnlagsdokument for regjeringens arbeid med Nasjonal transportplan 2010-2019 som inkluderer betraktninger om virkningene som en forverring av klimaet vil få for skipsfarten.

Rapporten er ment som innspill til den forestående kvalitetssikringen (KS1) av den aktuelle KVU.

Keywords

Group 1: Bølger

Group 2: Bølgevarsel

Group 3: Skipsbevegelser



Contents

1	Grunnlagsdata for bølger i analysene av fremkommelighet og risiko – Hindcast data av bølger utenfor Stad.....	3
2	Kystverkets beskrivelse av bølger ved Stad.....	3
3	Bevegelsesrespons til et skip fra bølger.....	4
3.1	Bølgeretning	5
3.2	Bølgeperiode og bølgelengde.	5
4	Om bølgevarsling ved Stad, bølgemålinger og om brytende bølger.	7
4.1	Tungt, brytende bølger.....	11
5	Framtidig bølgeklime	13
6	Oppsummering og konklusjoner	14
	REFERANSER	15

1 Grunnlagsdata for bølger i analysene av fremkommelighet og risiko – Hindcast data av bølger utenfor Stad

I analysene av fartøyrisiko og ulykkeskostnader med og uten skipstunnel ved Stad som er utarbeidet i forbindelse med konseptvalutredningen (KVU), så har blir det i referansene [1] og [2] henvist til at **. datagrunnlaget er satt sammen av data mottatt fra Meteorologisk Institutt (MI) og er basert på Hindcast data for området ved Stad.**

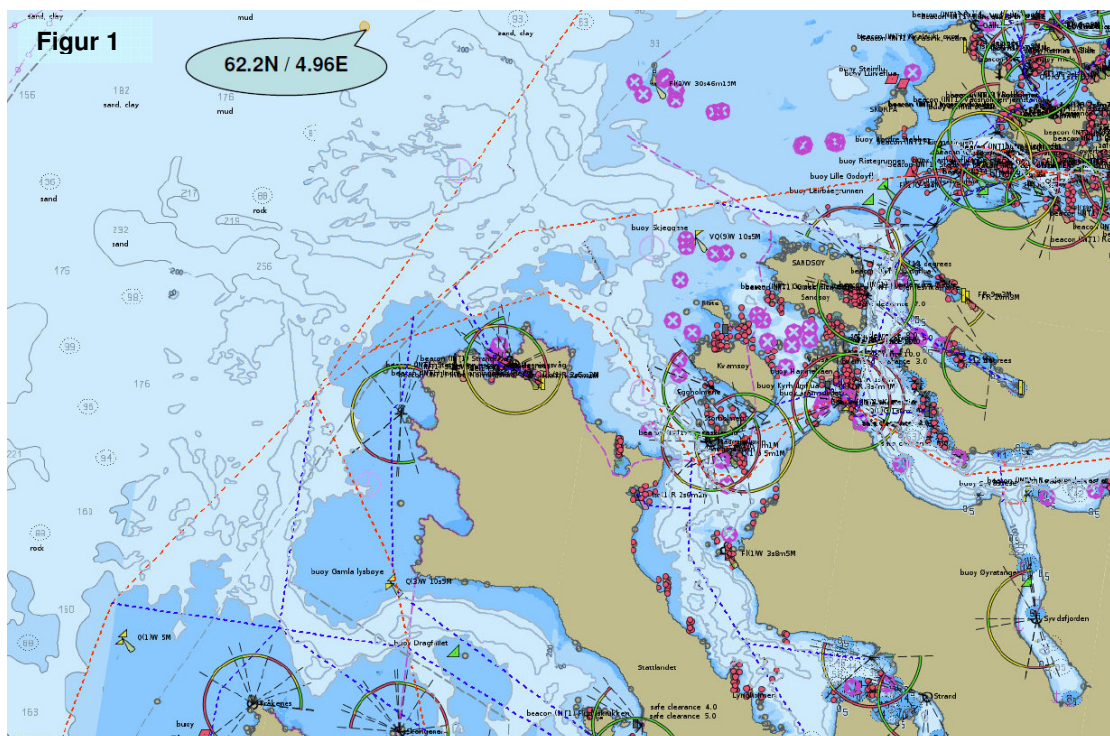
Først en kort forklaring på de viktigste fysiske mekanismene som styrer bølger på åpent hav og litt om hva hindcast bølgedata er og hva slike data baserer seg på:

Bølger på åpent hav og dypt vann er grovt sett et produkt av tre faktorer; vindstyrke, hvor lenge det blåser og lengden på det åpne havstrekket som vinden blåser over. Dessuten vil nåtilstanden og vanddypet påvirke utviklingen av bølgene. Hindcast data baserer seg på numeriske (matematiske) beregninger av bølgehøyde, bølgeperioder (lengde) og retninger der inngangsdata til beregningene er historiske data for vindfelt i atmosfæren. En av hensiktene med å få frem slike data er å skaffe til veie langtidsstatistikk på bølger for å estimere forventningsverdi til høyeste bølge (f.eks den såkalte 100-års bølgen). Slike numeriske modeller som transformerer vindenergien til bølger har forbedret seg de siste årene [3] og benyttes i operasjonell bølgevarsling til havs. For kystnære og grunne farvann og der det er sterk strøm i overflaten, gjelder også andre fysiske forhold som styrer bølgemønstrene og som ikke er inkludert i slike numeriske modeller.

På forespørsel om mer informasjon om aktuelle hindcast data og geografisk posisjon for bølgestatistikken som er anvendt i analyser ventetid (passeringsrate), har en representant for forfatterne av DNV rapportene ([1],[2]) henvist til Meteorologisk institutt ved Værvarslinga på Vestlandet.

Magnar Reistad (ved MI-Værvarslinga på Vestlandet) har vært behjelpelig med å oppgi etterspurt informasjon gjennom telefonsamtale og e-post. Han har blant annet bekreftet at Hindcast data som DNV har fått tilsendt i forbindelse med denne utredningen gjelder for 62.2N, 4.96E.

I figur 1 er denne posisjonen angitt. Det ligger på ca. 180 m dypde et stykke nordvest for hovedleden forbi Stad.

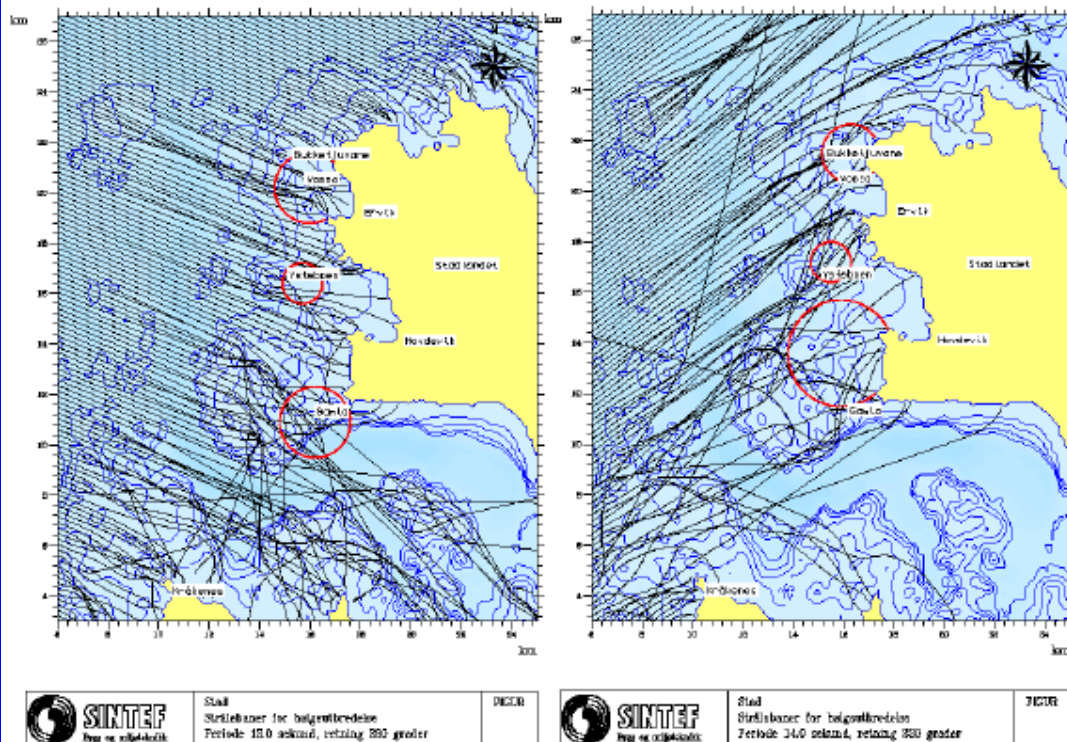


1 Kystverkets beskrivelse av bølger ved Stad

I KV sin egen KVU rapport [4] er værforholdene rundt Stad nærmere beskrevet. Avsnittet i blå innramming (Figur 2) nedenfor er hentet fra denne referansen.

Figur 2

Vind-, strøm- og bølgekombinasjonen ved Stad gjør havstrekningen til et spesielt krevende område langs Norskekysten. Kombinasjonen av havstrømmer og undersjøisk topografi skaper spesielt komplekse og uforutsigbare bølgeforhold. Svært høye bølger kommer fra ulike kanter samtidig og skape kritiske situasjoner. Forholdene innebærer også at tunge bølger kan henge igjen flere dager etter at vind har stilnet. Det innebærer vanskelige seilingsforhold selv på dager med lite vind. Figur 2-6 viser hvordan bølger forplanter seg i området rundt Stad. Strekene viser hvordan bølgene endrer retning blant annet på grunn av bunntopografi og skaper spesielt komplekse mønstre som gjør at en kan oppleve å få bølger fra flere retninger samtidig.



De Hindcast bølgedata som DNV bygger sine risikovurderinger, ventetid- og ulykkeskostnader på, er ikke representative for denne kvalitative beskrivelsen av bølgeforholdene på Stad.

2 Bevegelsesrespons til et skip fra bølger

I [1] er det forsøkt å påvise en sammenheng mellom passeringsrate forbi Stad (basert på AIS-data) og bølgehøyde.

Rapporten [1] nevner at DNV har valgt å benytte bølgehøyde som indikator på værtype, da fartøyer agerer ulikt på samme vindstyrke avhengig av vindretning.

Når en skal vurdere bevegelsesrespons til et fartøy, er det imidlertid flere variabler enn bølgehøyde som har betydning. Det er i tillegg bølgeretning i forhold til fartøyet kurs, bølgeperioden (bølgelengden) og formen på bølgen, dvs. graden av asymmetri eller steilhet.

I det følgende vil det bli gitt en kort beskrivelse av både bølgeretningen og perioden sin betydning for skipsbevegelsene.

Tungtbrytende bølger, som kan være spesielt kritiske for skipsfarten, er nærmere forklart i under kapittel 4.1.

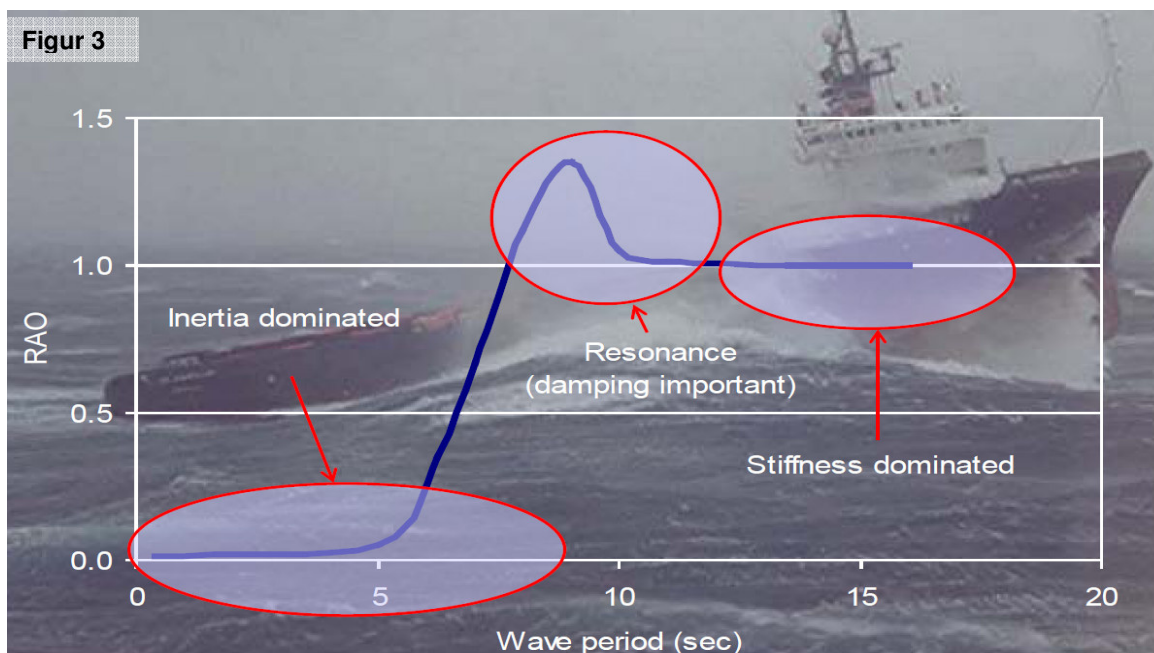
2.1 Bølgeretning

Når det blåser opp på åpent hav og sjøen blir grovere, oppstår en dominerende forplantningsretning til bølgene med enn viss spredning omkring hovedretningen. Da vil navigatøren vanligvis prøve å styre fartøyet på en kurs som gir minst mulig bevegelser og på den måten forsøke å redusere belastningen på mannskap, passasjerer og utstyr.

Eksempel på skipsbevegelser som en vil prøve å minimere gjennom valg av kurs i forhold til bølgeretning er stamping, rull og gearing. Store bevegelser kan på en eller annen måte bli kritiske for sikkerheten. Når skipet seiler i områder med sammensatte bølgesystem (som på Stad), så kan det bli vanskelig å vurdere og velge kursen som gir lavest bevegelser. I KV sin egen rapport [4] er jo dette også nevnt gjennom setningen ...*svært høye bølger kommer fra ulike kanter og skaper kritiske situasjoner* (ref. figur 2 side 4). På Stad vil også refleksjon av bølgene fra bergveggen bidra til det komplekse bølgeretningsmønsteret.

2.2 Bølgeperiode og bølgelengde.

Bølgelengden er avstanden mellom to bølgetopper og perioden er tiden mellom passering av to bølgetopper på et fast punkt. For havbølger gjelder en sammenheng mellom bølgelengde og bølgeperiode (dispersjonsrelasjonen). I henhold til lineær bølgeteori kan en estimere bølgelengden når perioden er kjent som følger ; $\lambda \sim 1.56 \cdot T^2$ der λ er bølgelengden og T er bølgeperioden. Figur 3 viser et eksempel på hvordan en fartøyrespons (i dette tilfelle stampebevegelse) endrer seg med bølgeperioden. En slik graf er fartøyspesifikk og gjelder for en bestemt bevegelsesrespons og for en gitt retning på bølgene i forhold til skipets kurs.

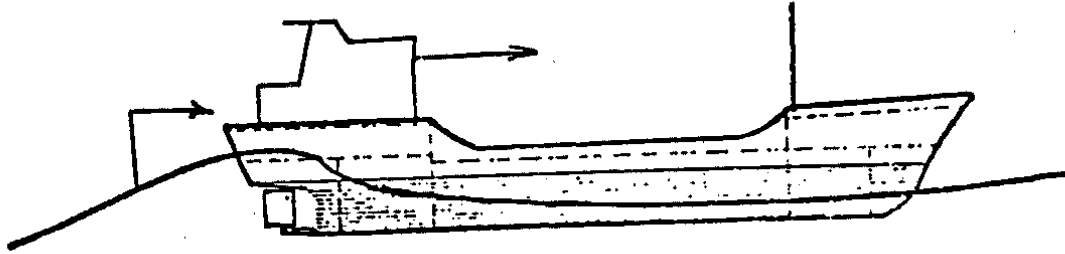


Den vertikale aksens viser forholdet mellom amplituden på et gitt punkt i skroget (f.eks tyngdepunktet) og bølgeamplituden (RAO står for Response Amplitude Operator). For korte bølger (lav periode) er kraften på bølgen liten i forhold til skipets massetreghet. Dette gir derfor små bevegelser. Når bølgeperioden øker og bølgelengden er ca. halvparten av skipets lengde, vil stampebevegelsen øke markant. Maks bevegelser oppstår ved resonans som kan gi ubehagelige bevegelser som kan bli kritiske (dette gjelder i større grad for rullebevegelsen enn for stamping).

Ved lange perioder, dvs. bølger som har lengde på mer en skipets lengde, så vil skipet følge bølgebevegelsen (tenk på en kork som flyter på overflaten). I dette området vil RAO-verdien gå mot 1.

En situasjon som kan være spesielt kritisk og som er relevant for fartøy som går i bølgene på Stadhavet (som vil bli nærmere forklart i kap.4), er et fenomen som på fagspråket heter broaching. Dette er nærmere beskrevet i [5] og illustrert i figur 4.

Figur 4



Når et fartøy i følgende sjø blir tatt igjen av en svært stor bølge, kan man oppleve at bølgen overfører energi til skipet og tvinger det til å bevege seg i samme hastighet som bølgen. Rorets effekt reduseres og fartøyet mister sin retningsstabilitet. Det skjærer plutselig ut av kurs og ut i en sving, krenger over til siden med fare for at det gir store krengevinkler/rulling fra påfølgende bølger.

Situasjonen oppstår i lange og steile bølger (lange i forhold skipslengden) og utvikler seg typisk over tre til fire bølgepasseringer.

3 Om bølgevarsling ved Stad, bølgemålinger og om brytende bølger.

Etter kritiske medieomtaler av KUV om Stad skipstunnel i første halvdel av januar 2011, la KV den 20.januar ut en presisering om betydningen av bedre varslingssystemer (nyhetsarkiv-www.Kystverket.no).

I denne presiseringen står det at*det er nå kommet på plass betydelig bedre varslingssystemer, som gjør at de som ferdes i området bedre kan tilpasse seg været. Vær-, vind-, strøm- og bølgevarsel er redskap som begrenser ulykkespotensialene.*

I rapporten som vurderer ventetid [1] nevnes det videre at*bruk av vindstyrke og vindretning gir en indikasjon på hvilken bølgehøyde en kan forvente å møte ved passering av Stad.*

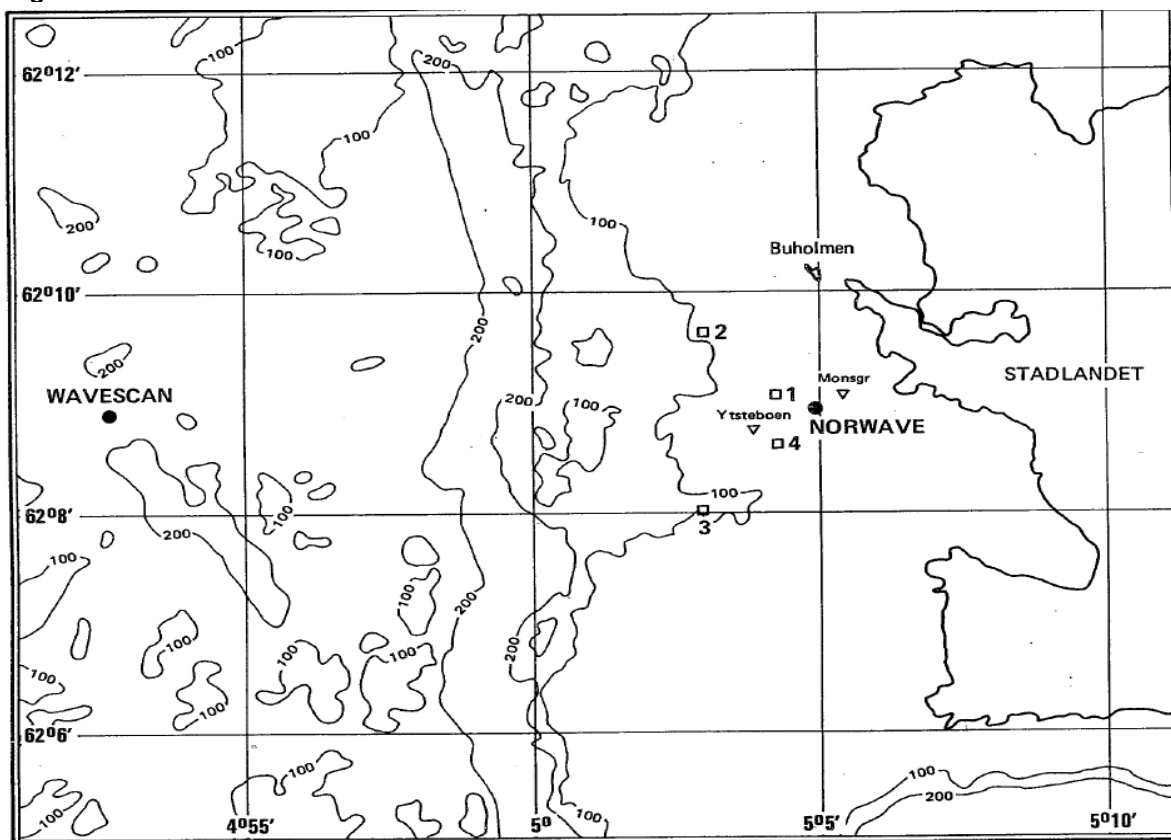
Nedenfor vil denne meldingen fra KV, samt omtalte kobling mellom vind- og bølgehøyde bli kommentert og tilbakevist gjennom et eksempel på bølge og vindmålinger fra en meteorologisk-oseanografisk databøye (metocean buoy) gjennomført ved Stad i perioden oktober–november 1985 [6]. Men først litt bakgrunnsinfo om vindsjø og dønning.

Vindsjø er bølger som er skapt av den lokale vind (på observasjonsstedet), mens dønning er bølger fra fjerne vindfelt og som uten forvarsel kan forplante seg inn i ett område som også kan ha bølger generert av den lokale vind.

Selv om vinden slutter å blåse, og kilden til bølgeenergi dermed forsvinner, vil energioverføringer i bølgene føre til at det blir skapt dønning. Dette blir gjerne langperiodiske bølger (med stor bølgelengde) og de kan derfor være vanskelige å observere med det blotte øye. Det er kjent at dønning kan forplante seg flere tusen kilometer med relativt lite energitap dvs. liten reduksjon i bølgeamplituden.

Kartet i figur 5 fra ref.[6] indikerer posisjon til de to målebøyene Norwave og Wavescan samt 4 strømmålere (1-4).

Figur 5



Figur 6 viser Norwave bøyen med forankringssystem. I tillegg til "kontinuerlig" registrering av overflatehevnningen (bølgene), måles også bølgeretningen. I tillegg har bøyen sensorer som måler vindstyrke og retning, samt lufttemperatur, trykk og sjøtemperatur.

Figur 6

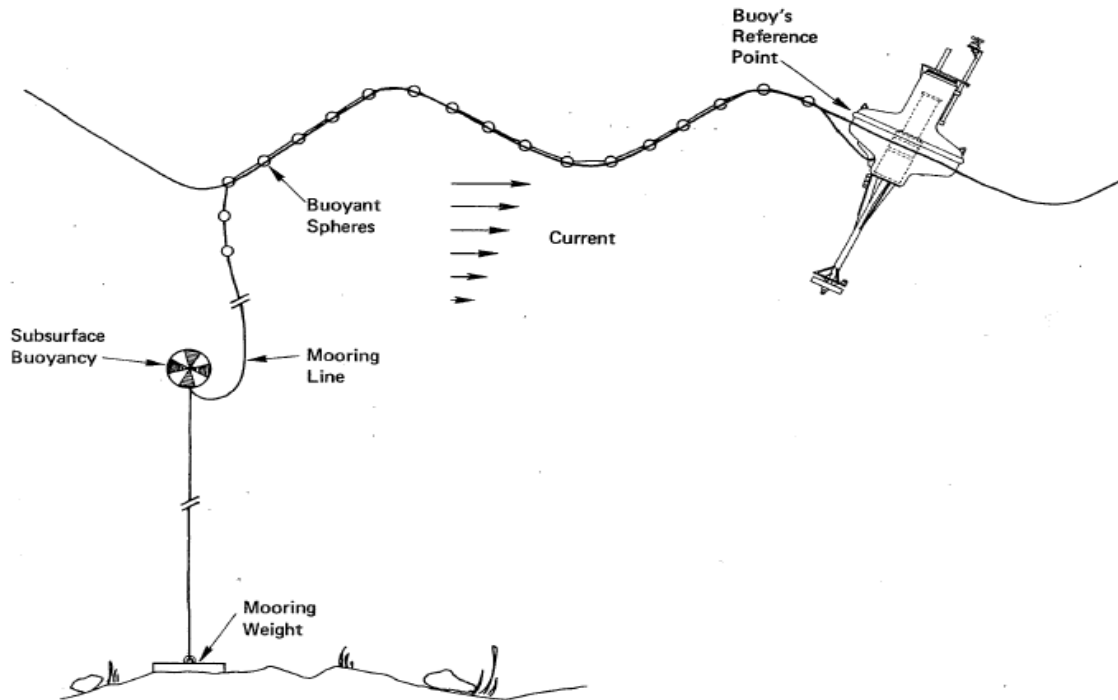


Fig. 1.2 The NORWAVE buoy and its mooring system.

Figur 7 presenterer tidshistoriene til noen variabler som beskriver bølgeforholdene i tillegg til vindstyrke for perioden 8. oktober til 13. november 1985. Målingene er basert på Norwave-bøyen som logget data i 17 minutter hver andre eller tredje time. Verdiene som inngår i tidsseriene for den aktuelle perioden kan betraktes som middelverdier av kontinuerlige målinger i løpet av 17 minutt.

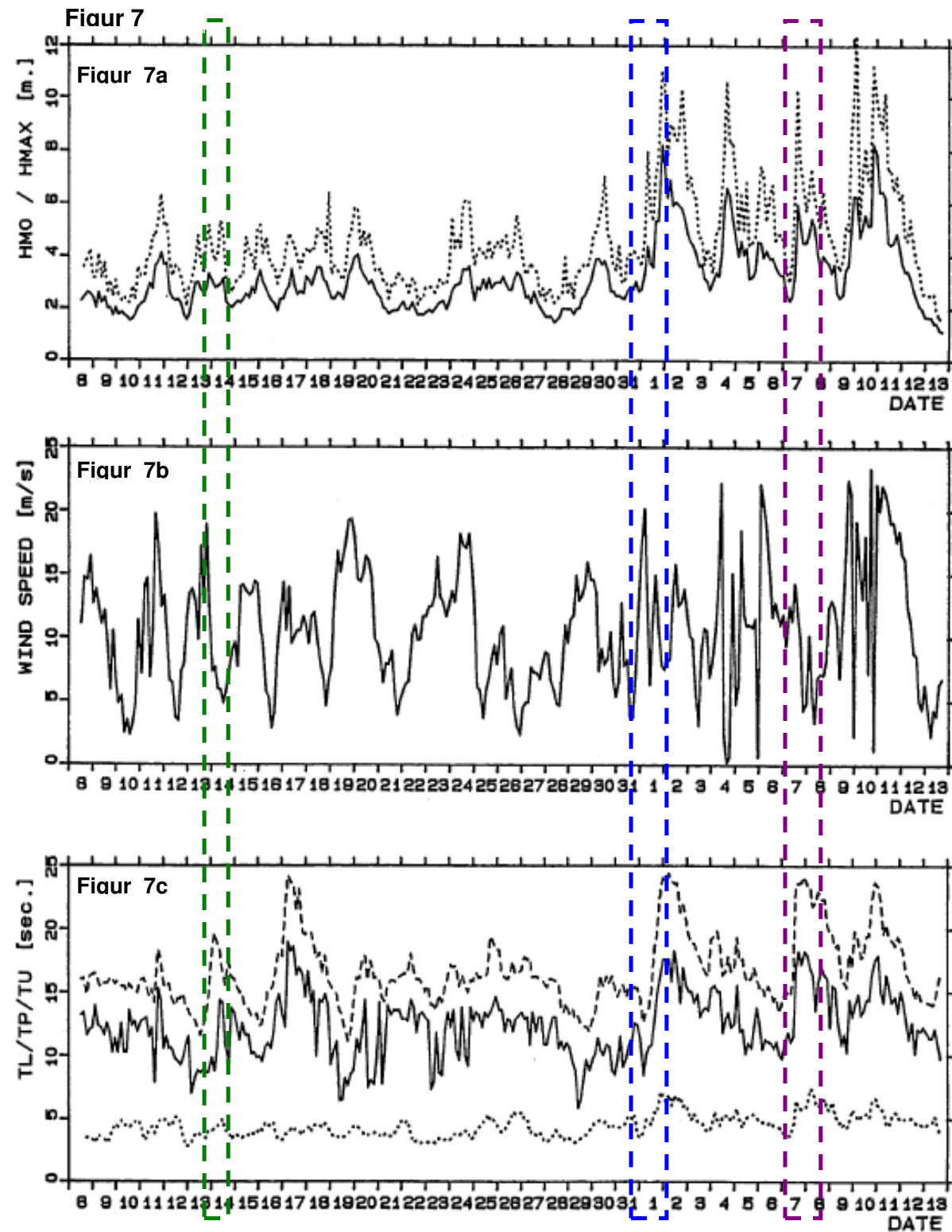
Data presentert i figur 7 er:

Figur 7a, Signifikant bølgehøyde (H_{m0} ; gjennomsnittshøyden av de 1/3 høyeste målte bølgene) og maks bølgehøyde (H_{max})

Figur 7b, Vindhastighet [m/s]

Figur 7c, Bølgeperioder; TP- bølgeperiode tilsvarende toppen av bølgespekteret (perioden der det finnes mest bølgeenergi). TL-5% av energien i bølgespekteret har lavere perioder (kortere bølger). TU- 5% av energien i bølgespekteret har høyere perioder (lengre bølger).

Gjennom måleperioden ser en eksempel på ulike sammenhenger mellom endringer av bølgehøyder, bølgeperiode og vindstyrke. Det er eksempler på registreringer med betydelig bølgeenergi ved relativt lav vindstyrke. Dette gjelder tilfellet med dønning som blant annet forekommer 14.oktober, 1.november og 7./8. november 1985. Disse episodene er markert med henholdsvis stiplet grønn, blå og lilla rammer i figur 7. Bølgene som kommer inn 1.november viser en spesielt kraftig dønning og detaljer fra tidsutviklingen av tre sentrale variabler fra denne hendelsen er presentert i figur 8.



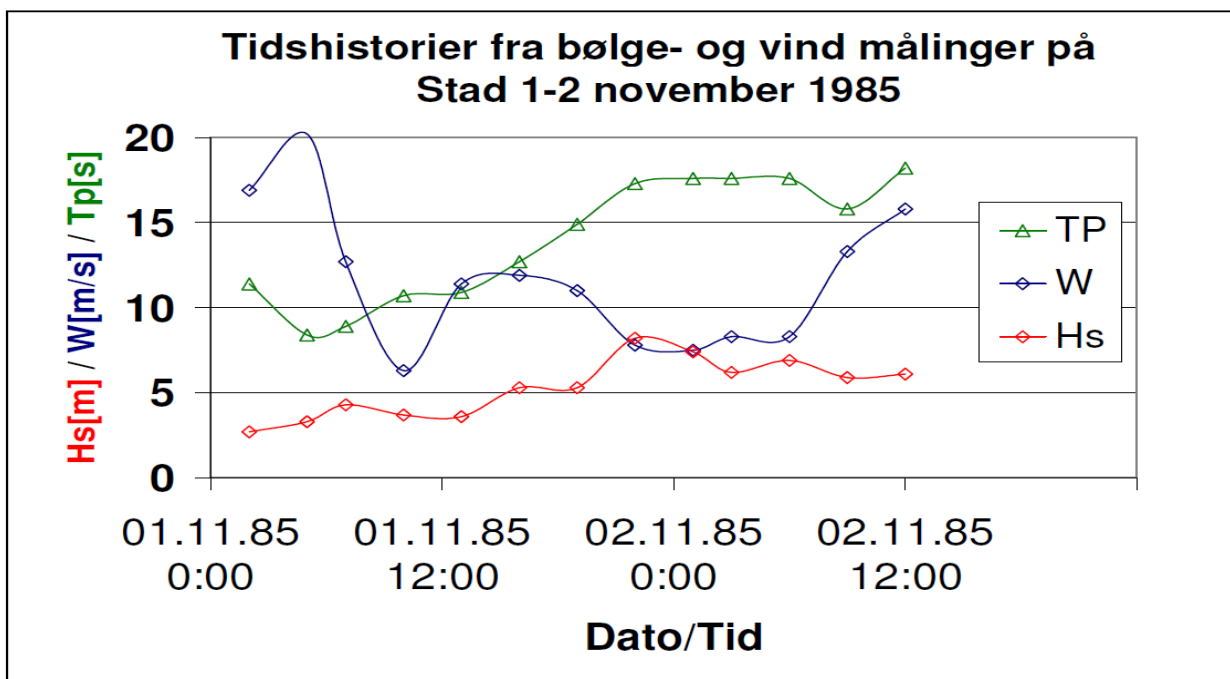
Over 1.5 døgn kan en studere variasjonen i signifikant bølgehøyde (H_s), peakperioden (T_p) og vindstyrken (W) i denne figuren.

Fra figur 8 ser en at i de første timene tilsvarende vinden sterk kuling, mens bølgehøyden H_s ligger på 3-4 meter. Vinden avtar betydelig over de neste timene, mens bølgehøyden endrer seg relativt lite.

Etter noen timer der vinden øker til liten kuling, faller den på nytt tilbake, samtidig med at bølgehøyden og perioden viser en betydelig økning.

Det at både bølgeperioden og høyden øker i kombinasjon med avtagende vind, er en klar indikasjon på at dønningssjøen dominerer over det lokale vindgenererte bølgefeltet. Over en periode på ca. 10 timer blåser det nemlig bare laber bris, mens signifikant bølgehøyde ligger mellom 6 og 8 meter.

Figur 8



Dette eksemplet viser hvor sammensatte bølgeforholdene ved Stad kan være og at det ikke er tilstrekkelig å basere seg på at *vindstyrke og vindretning gir en indikasjon på hvilken bølgehøyde en kan forvente ved passering av Stad....* som det hevdes i [1].

Når det gjelder de forbedrede varslingsystemene som KV viser til, kan en forvente at presisjonsnivå på H_s og H_{max} for lokale vindgenererte bølger vil bli bedre. Det er imidlertid tvilsomt om man kan stole på dønningsvarsler der kilden til bølgene er fra fjerntliggende områder.

I rapporten som dokumenterer målingene ovenfor [6], ble det basert på bølgeretningsinformasjon registrert av Norwave-bøyen og meteorologiske kart av trykkfelt i norskehavet, konkludert med at opprinnelsen for den kraftige dønningen var skapt av ett lavtrykk utenfor Nord-Norge. Polare lavtrykk er vanlig forekommende i Norskehavet gjennom vinterhalvåret. Slike lavtrykk er generelt vanskelig å varsle og dersom man ikke er i stand til å varsle vindfeltene, vil en selvsagt heller ikke få korrekte varsler på bølger/dønning.

Flere detaljer om bølgevarsel og hvilke svakheter slike varsler kan ha for Stad, vil bli videre diskutert i neste kapittel.

3.1 Tungt, brytende bølger

Bakgrunnen for undersøkelsen rapportert i [6], var forliset av M/S "Sun Coast" ved Stad 2. desember 1984. Det var havarikommisjonen som bestilte slike målinger/analyser. Her var det også mistanke om at forliset var forårsaket av tungt, brytende bølger.

På samme måte var slike bølger medvirkende ved forliset av forskningsfartøyet "Helland Hansen" i 1976 litt lenger nord på Stadshavet.

Når det gjelder data om brytende bølger, er imidlertid tilgangen på målte data sterkt begrenset. Dette er blant annet fordi repeterbarheten er dårlig, og at dynamikken til tradisjonelle målebøyer i overflaten (som vist på figur 6) blir påvirket av forankringen når slike bølger passerer. Bøyen vil i slike tilfelle derfor ikke klare å følge konturen til havoverflaten.

Hensikten med å kombinere bølge- og strømmålinger under den oseanografiske kartleggingen rapportert i [6], var å undersøke om det var sterk strøm i området samtidig med at en fikk undersøke bølgeforholdene.

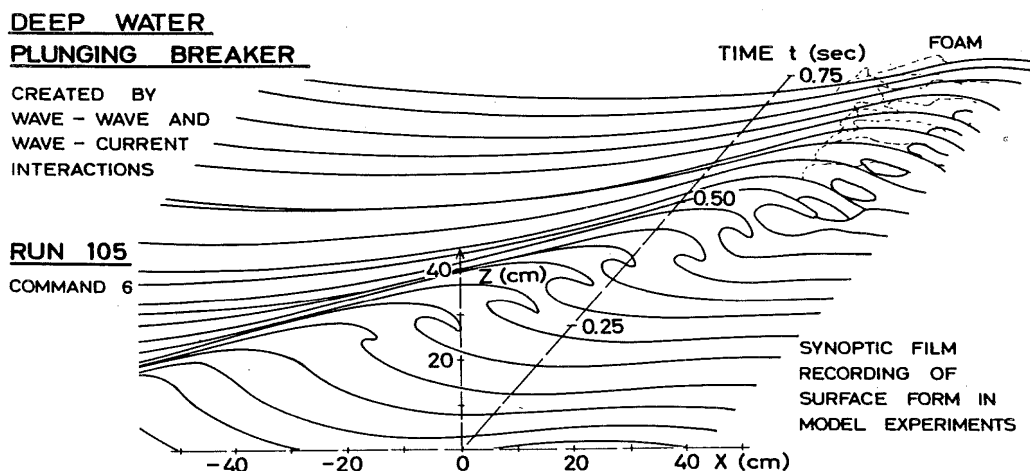
Sterk strøm vil nemlig forsterke forekomsten av tungt brytende bølger (det var for øvrig målt periodevis strømhastigheter på opp til 3 knop, noe som på havet kan betraktes som sterk strøm).

En annen faktor som påvirker steilhet og bølgebrytning, er dybden. Dybden varierer mellom 60 og 150 meter ved skipsleien på Stad. Når en betrakter dybde i forhold til bølger, regner man at vannpartikkel bevegelsen i en bølge når ca. halve bølgelengden ned i dypet. Det betyr at en bølge med lengde på 300 m (periode ca. 14 sekund) vil bli påvirket av sjøbunnen når dybden er mindre enn 150 m.

Når lange dønninger kommer inn i området ved Stad er det med andre ord to forhold som bidrar til steile og brytende bølger; strømførhold og dybde.

De tungt, brytende bølgene utvikles ved økende steilhet og asymmetri som fører til at en kraftig stråle av vann skytes ut fra toppen av bølgefronten (ref. [7]). Utviklingen av en tungt brytende bølge basert på filmopptak ved NHL i Trondheim er vist på figur 9 (fra [7]).

Figur 9



I ett dokument som er lagt frem i forbindelse med aktuell KUV [8] konkluderes det med at:

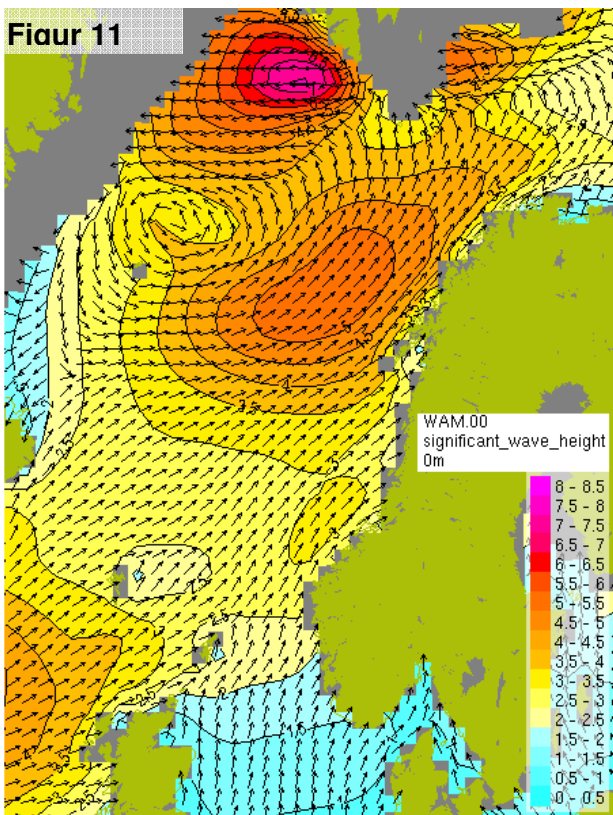
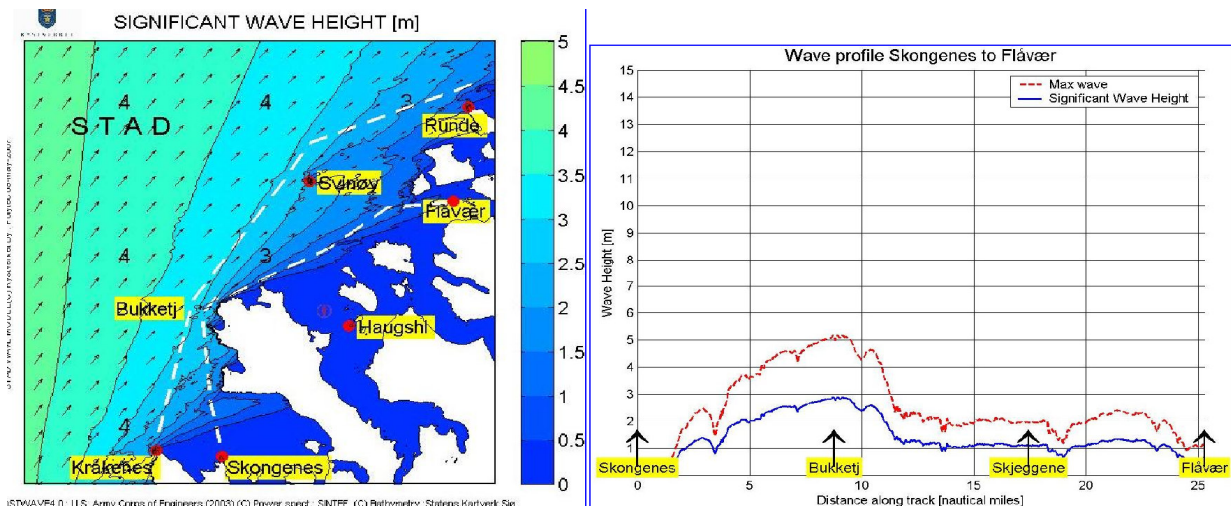
Vær- og bølgevarslingstjenesten bidrar til å redusere risiko for fartøy som vil passere forbi Stad. Fartøy kan få vite når de ikke bør gå ut. Tjenesten kan bidra til å redusere ventetid ved værsvingninger, da fartøy kan planlegge passering og posisjonere seg for å utnytte værvinduer. Dette forutsetter at tjenesten opprettholder tillit gjennom mest mulig presise prognoser.

Det kritiske spørsmålet er om det kan forventes presise prognoser for Stad og hvilke krav som bør settes til et presist bølgevarsel i forhold til sikkerheten, og i perspektiv til KV sin kvalitative beskrivelse av det generelle "bølgeklima" ved Stad (side 4). Dette vil bli nærmere eksemplifisert og diskutert nedenfor.

Figur 10 viser skjermbildet fra Meteorologisk Institutt sitt spesialvarsel for bølger på Stad for den 2.april 2011 kl.16 (http://retro.met.no/kyst_og_hav/observasjoner/stad/).

Kartet gir en grei fremstilling av signifikant bølgehøyde som en fargekode for hele området sammen med to grafer som viser Hs og Hmax for fire ulike lokasjoner forbi Stadhavet. Bølgeretningen er indikert med piler, som dette tilfellet skaper inntrykk av at bølgene forplanter seg i en ganske uniform retning fra sørvest.

Fiur 10



Figur 11 viser et tilsvarende bølgevarsel for et større geografisk område for samme perioden som det lokale bølgevarselet for Stad, som vist i figur 10. (http://retro.met.no/kyst_og_hav/).

I dette bølgekartet kan en merke seg at det varsles signifikant bølgehøyde på 7-8 meter sørvest for Svalbard samtidig som nivå på bølgene i ett område utenfor Nord-Norge og nordvest for de Britiske øyer ligger i området 4-6 meter.

Disse bølgene kan som tidligere nevnt omformes til dønning som forplanter seg raskt, og som kan komme inn mot Stad og interferere med strøm og bunntopografi og gi krappe og brytende bølger. Selv om det lokale bølgevarselet for Stad kan ivareta effekten av vindsjø som i hovedsak er generert i Nordsjøbassenget, så kan en ikke varsle selve bølgeformen som blir forårsaket av interferens mellom lange dønninger og strøm.

Et presist varsel i den forstand at signifikant- og maks bølgehøyde er pålitelig kan selvsagt være nyttig.

For den som er vant til å forholde seg til og planlegge sin seilas fra slike varsel i havområder med relativt "uniforme" bølgeforhold, så kan et lignende varsel for Stadhavet derimot skape falsk trygghet med hensyn til de faktiske (komplekse og lunefulle) bølgeforhold som råder der, og som kan skape kritiske fartøybevegelser.

4 Framtidig bølgeklime

Det er rimelig å ta i betraktning og diskutere det fremtidige bølgeklimaet når en skal vurdere risiko, ventetids- og ulykkeskostnader, ved en sammenligning mellom skipstunnelalternativet og den nåværende passeringen ved Stad.

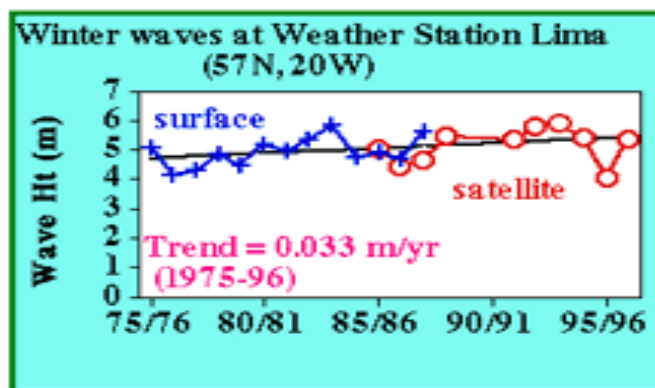
Studier av langsiktige endringer av bølgeklimaet i Nord-Atlanteren (eks. [9]), viser en underliggende trend som indikerer at en økning av bølgehøyden med 3 centimeter per år (Figur 12).

Dette tyder på at det i fremtiden kan bli hyppigere og mer energetiske dønninger ved Stad.

Figur 12

Observations of Wave Climate Change

Recent ship and satellite data shows rise continues.



I et grunnlagsdokument for regjeringens arbeid med Nasjonal transportplan 2010-2019 er virkningene av klimaendringene for transportsektoren blitt gjennomgått [10]. Rapporten er utarbeidet av en tverrfaglig arbeidsgruppe der også KV var representert. Under kapittelet om Sjøfart heter det blant at.. *sjøtransporten er særlig ømfintlig for klimaendringer.*

Videre nevnes det at ... driftsforstyrrelsene i sjøtrafikken kan i noen grad motvirkes ved å ruste opp farleiene, først å fremst ved at farleiene legges i skjermet farvann der det er mulig og at farleisbredden økes. Slike tiltak må kombineres med bedre merking og trafikkontroll. For å bedre sikkerheten i sjøområder som er spesielt utsatt for bølger og strøm, bør det etableres flere målebøyer hvor dataene er tilgjengelig på internett. Klimascenariet til Meteorologisk institutt viser en betydelig økning av ekstreme vindstyrker om vinteren. Vindøkningen vil sette opp høyere bølger. Met.no regner med at signifikant bølgehøyde vil bli om lag 25 cm større enn før på Vestlandet,

En klimaforverring vil komme i tillegg til andre forhold som allerede nå har bidratt til å gjøre skipsflåten mer utsatt under vanskelige værforhold. Tendensen i dag er at spesielt passasjerskip, herunder ferger, bygges med større overbygning noe som resulterer i dårligere manøvreringsegenskaper ved sterk vind.

Utviklingen de senere årene viser at en stadig økende andel av godset som transporteres med skip blir pakket og transportert i containere. Containerfartøy er vindfølsomme både i manøvreringssituasjonen og for lasting/lossing.

Passasjertrafikk med hurtigbåter tåler ikke særlig store bølger og er kanskje den type fartøy som mest påvirkes av klimaendringer. Krav til passasjerkomfort og økt fokus på sikkerhet vil medføre oftere forsinkelser og kanselleringer av ruter.

Ønsket om å unngå forsinkelser, eventuelt i kombinasjon med mangelfulle værvarslinger, kan medføre forlis med tap av menneskeliv og store materielle verdier i tillegg til alvorlige skader på miljøet.

5 Oppsummering og konklusjoner

Denne rapporten har kommentert diverse mangler og forenklinger i konseptvalgutredningen (KVU) av Stad skipstunnel i forhold til bølgestatistikken som er benyttet og når det gjelder påstanden om potensialet for å redusere ulykker ved bølgevarsling.

Den aktuelle bølgestatistikken er benyttet i KVU for å sammenligne ulykkes- og ventetidskostnader ved å gå gjennom en skipstunnel og å passere utenfor Stad slik det foregår i dag.

I grunnlagsinformasjonen for å utrede spørsmålet om en Stad-tunnel vil gi positiv samfunnsøkonomisk nytte, er det viktig å forstå de spesielle bølgeforholdene som påvirker forutsigbarhet og regularitet.

Når det gjelder bølgeinduserte fartøybevegelser, så har denne rapporten også gitt eksempel på hvordan ulike bølgevariabler, i tillegg til bølgehøyden, kan virke inn på sikkerheten.

De mangler og forenklinger i KVU-rapportene som er påpekt, og som til dels kan tilbakevises gjennom faktiske instrumentelle bølgedata fra skipsleien ved Stad, dreier seg blant annet om at:

- Analysen av ventetid/kostnader ved passering av Stad forutsetter at skipstrafikken kun er avhengig av bølgehøyde og at vindstyrken kan benyttes som et mål på bølgehøyde som ventende fartøy kan regne med å møte ved passering av Stad.
- Bølgedata som er anvendt i analysene av fremkommelighet (i ett forsøk på å relatere AIS-data til aktuell bølgestatistikk) ikke tar i betraktning de spesielle problemene for skip i sjøgang som kan være spesielt kritiske ved Stad. Dessuten er bølgedata fra KUV basert på en posisjon som ligger ett stykke utenfor skipsleien ved Stad.
- Varslingssystemer for bølger og strøm skal kunne forutsi de komplekse bølgeforholdene som kan oppstå på Stadhavet.

Siste del av rapporten diskuterer det fremtidige bølgeklimaet der det er henvist til en rapport fra en tverrfaglig arbeidsgruppe om virkninger av klimaendringer for transportsektoren inklusiv skipsfarten. Den rapporten viser også til at det forventes en forverring av bølgeklimaet, og diskuterer konsekvensene dette har for fremkommelighet og regularitet.



REFERANSER

- [1] "Analyse av AIS data og beregning av ventetid".
DNV rapport 12S79JQ-2, datert 20.12.2010
- [2] "Risikoanalyse av Stad skipstunnel for to ulike tunnelalternativer".
DNV rapport nr. 2010-1866. datert 20.12.2010
- [3] "Progress in Ocean wave forecasting" A.E.M Janssen
Journal of Computational Physics 227 (2008)_pg3572-3594.pdf
- [4] Konseptvalutredning Stad skipstunnel, KV rapport rev.1 av 20.12.2010.
- [5] Forelesningskompendium for faget "Sjøbelastninger og bevegelser av Skip".
Odd M. Faltinsen, NTH – 1982.
- [6] "Environmental Data from off Stad, Oct-Nov 1985. SINTEF- Oceanographic Center.
Rep.no. 59,0028,03/01/86
- [7] Forelesningskompendium for "Havmiljøbeskrivelse".
Dag Myrhaug, NTH – 1989.
- [8] Oppsummering etter møte med KV, los, VTS & DNV vedrørende KVV Stad
skipstunnel. 31.08.2010.
- [9] "On the importance of spectral wave observations in the continued development
of global wave model" Proceedings of the Fifth Int. Symposium on Ocean Wave
Measurement and Analysis WAVES2005;3-7 July 2005,Madrid, Spain.
- [10] "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren", Rapport fra en tverrfaglig
arbeidsgruppe (ISBN 978-82-7704-106-3).