



KONGSBERG

SKIPSTUNNEL KONFERANSEN

9 SEPTEMBER 2022

Bølger på Stadhavet **Havmiljøet sin virkning på** **energiforbruk og seglingstid**

Leif Vartdal,
Senior Rådgiver – Marin Hydrodynamikk
Kongsberg Maritime AS

Rapporter - Rolls-Royce Marine og Kongsberg Maritime

Rapport	År	Oppdragsgiver
Bølgeforhold på Stadhavet. Kommentarer til KVV av Stad Skipstunnel.	2011	Maritimt Forum Nordvest
Samanlikning av drivstofforbruk og fartstap ved passering av Stad og gjennom tunnel.	2011	Maritimt Forum Nordvest
Drivstoff- og tidsforbruk ved passering av Stad og gjennom tunnel.	2018	Havila Kystruten Vanylven Utvikling
Metode for beregning av energiforbruk og tidbruk for passering av Stadhavet og i område som er skjerma for havbølger	2019	Havila Kystruten Vanylven Utvikling

<https://skipstunnel.no/utredninger/>

Utredninger fra Rolls-Royce Marine og Kongsberg Maritime

Kva er så spesielt med bølgeforlda på Stadhavet ?



KONGSBERG

”En kombinasjon av havstrømmer og undersjøisk topografi skaper spesielt komplekse og uforutsigbare bølgeforld med til tider svært høye bølger som kan komme fra ulike kanter samtidig”.

Ref. Kystverket - KVU rapport (20.12.2010)

Har betydning for

- Fartøyrisiko
- Ulykkeskostnad
- Ventetidskostnad

... pluss energiforbruk og passeringstid

Foto: Øystein Torheim

Fra artikkel i Bergens Tidende
27.mai.2011



KONGSBERG

Havbølger – Fakta om fysiske forhold som styrer utvikling av bølger på sjøen.

Sverdrup & Munk (1946) :

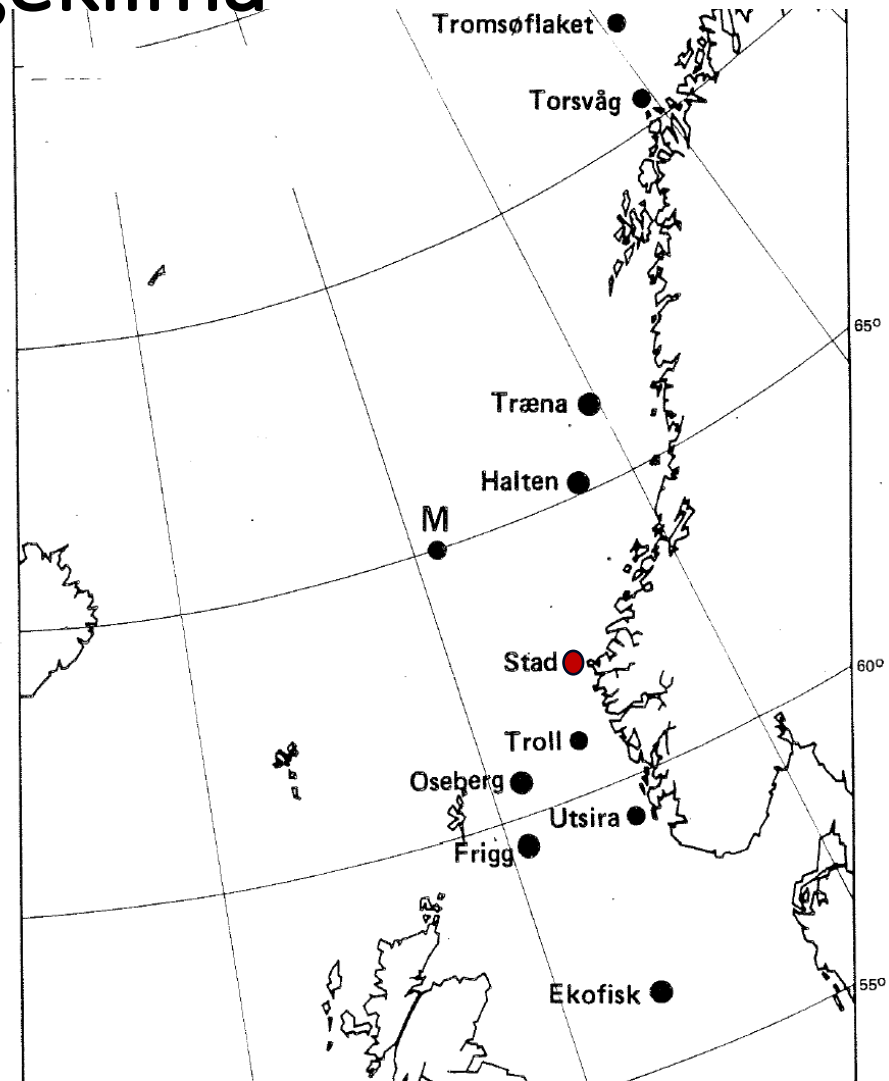
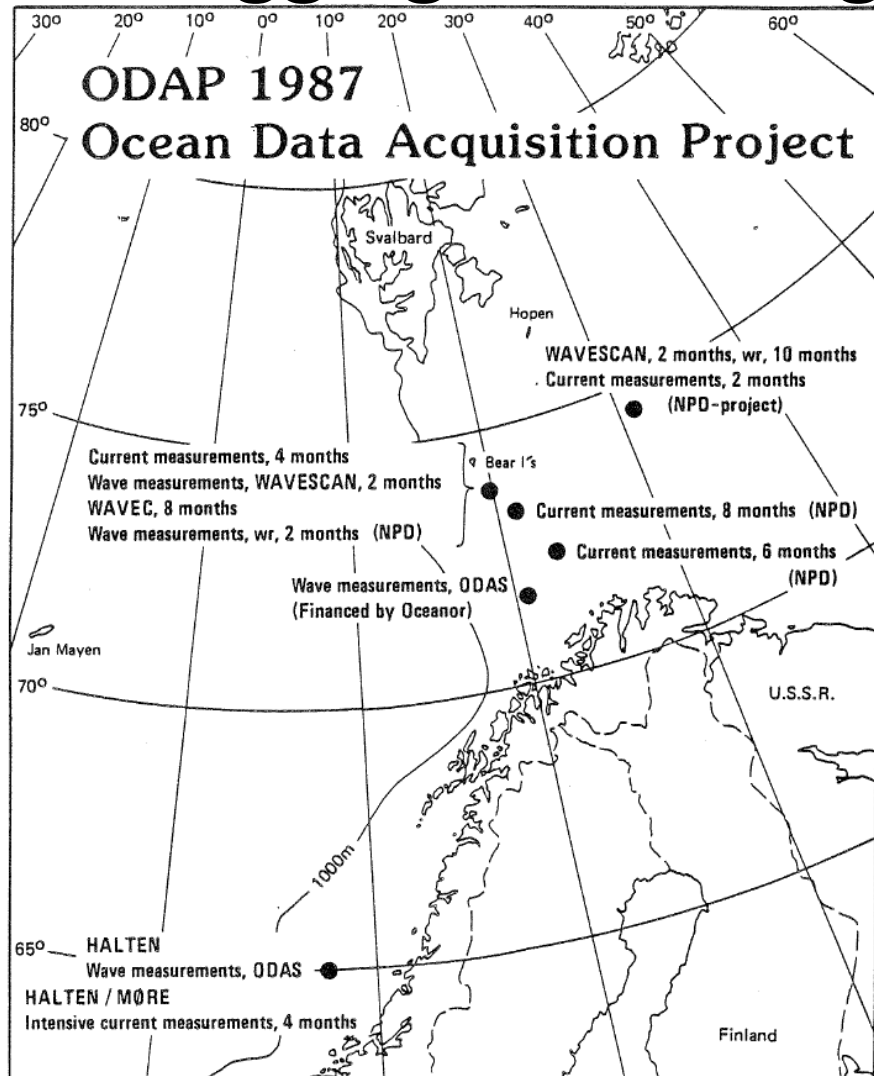
- Vindstyrke
- Vindretning
- Tid vinden bles i ei bestemt retning
- No-tilstanden
- Strøklengde

Oseanografiske målinger i Norske havområde

Kartlegging av Vind og Bølgeklima



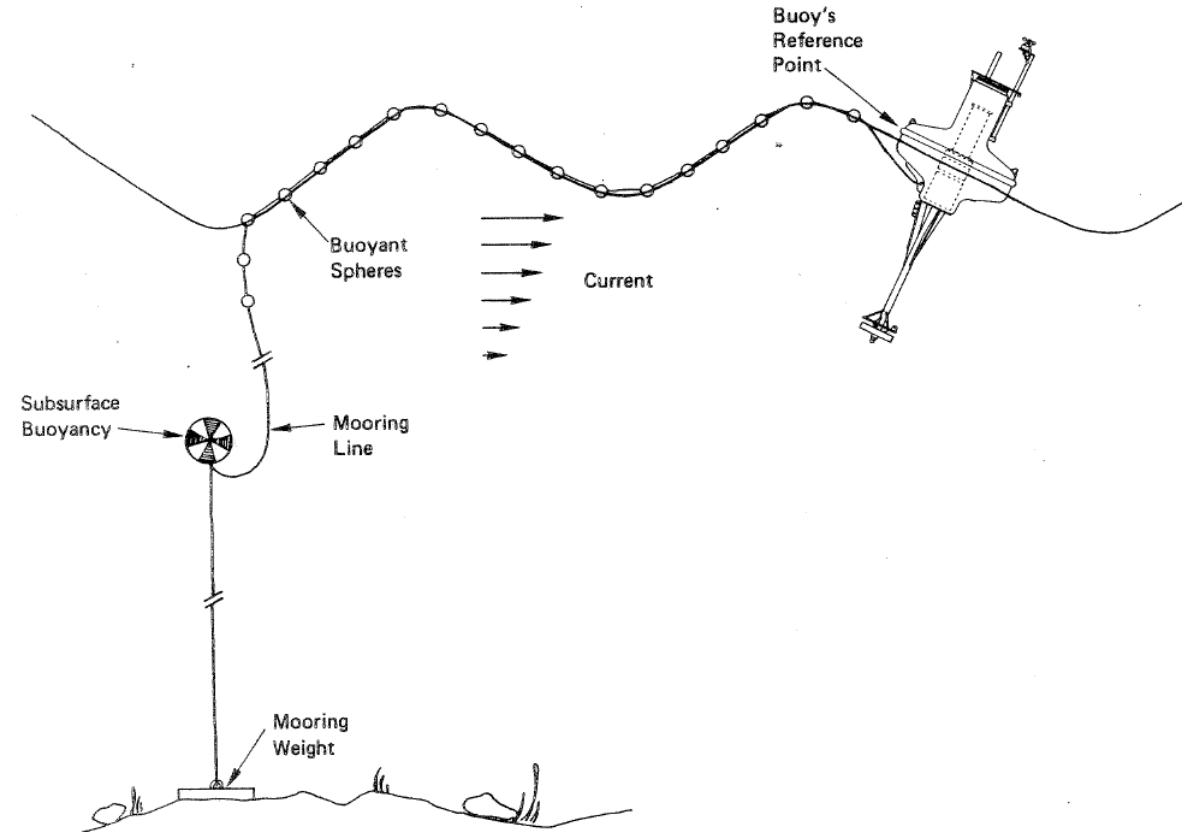
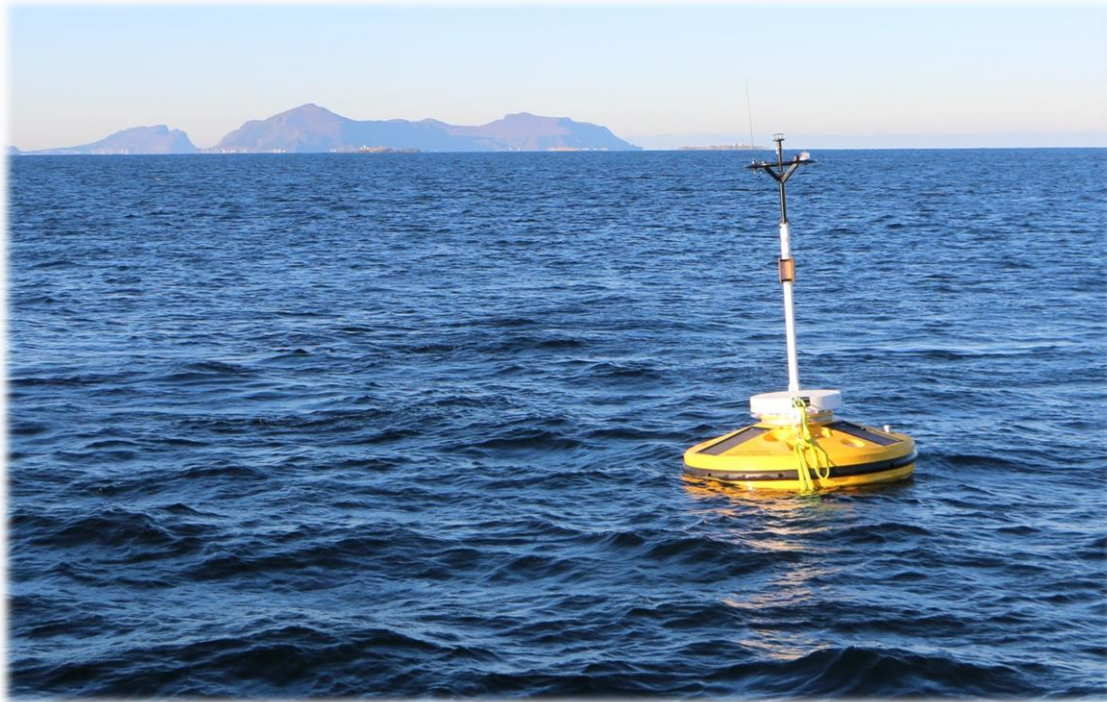
KONGSBERG



Oseanografisk-Meteorologisk Bølgebøye



KONGSBERG



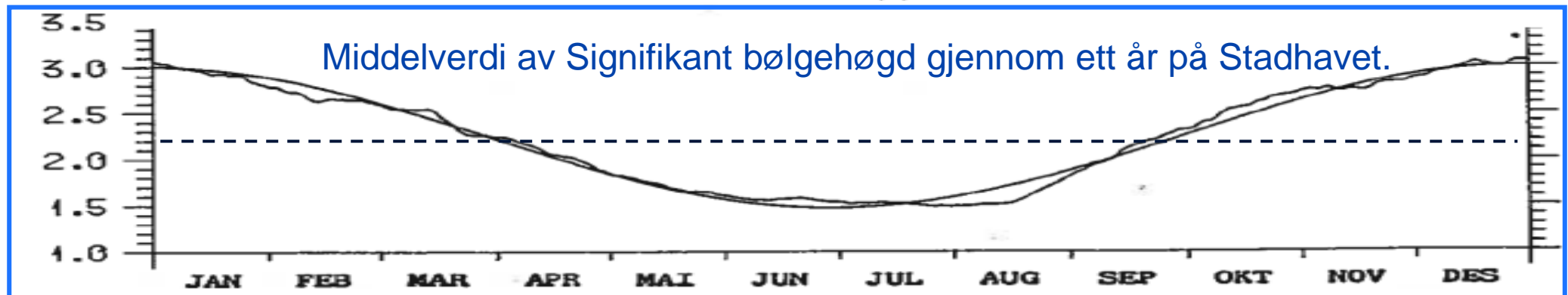
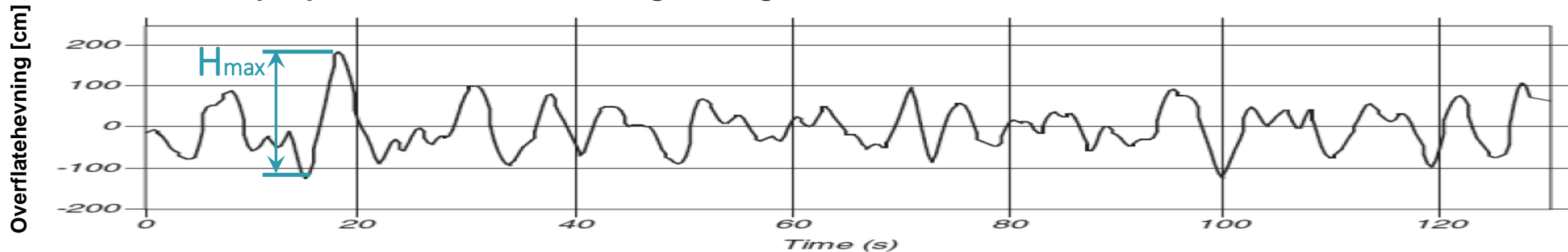
Signifikant bølgehøgd : H_s

Middelverdien av den tredjedelen av dei høgste bølgene som blir målt innafor eit gitt tidsintervall (f.eks. 20 min).

Max bølgehøgd : H_{max}

Den største bølga i løpet av måleperioda.

Eksempel på tidshistorikk frå ei bølgemåling



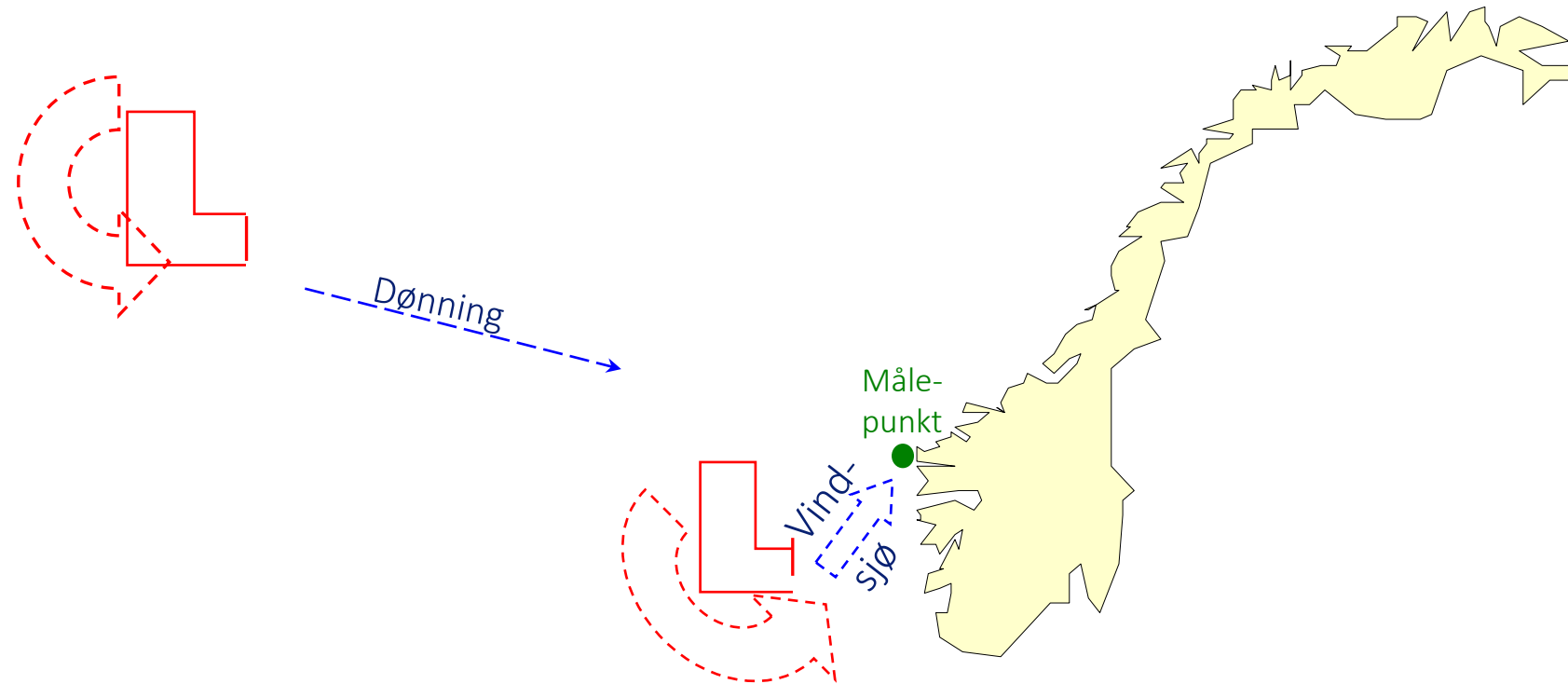
Havbølger - To hovedtyper.



KONGSBERG

Vindsjø' – lokalt der bølgene blir observert/målt

Dønning – fra fjerne vindfelt (Lavtrykk)

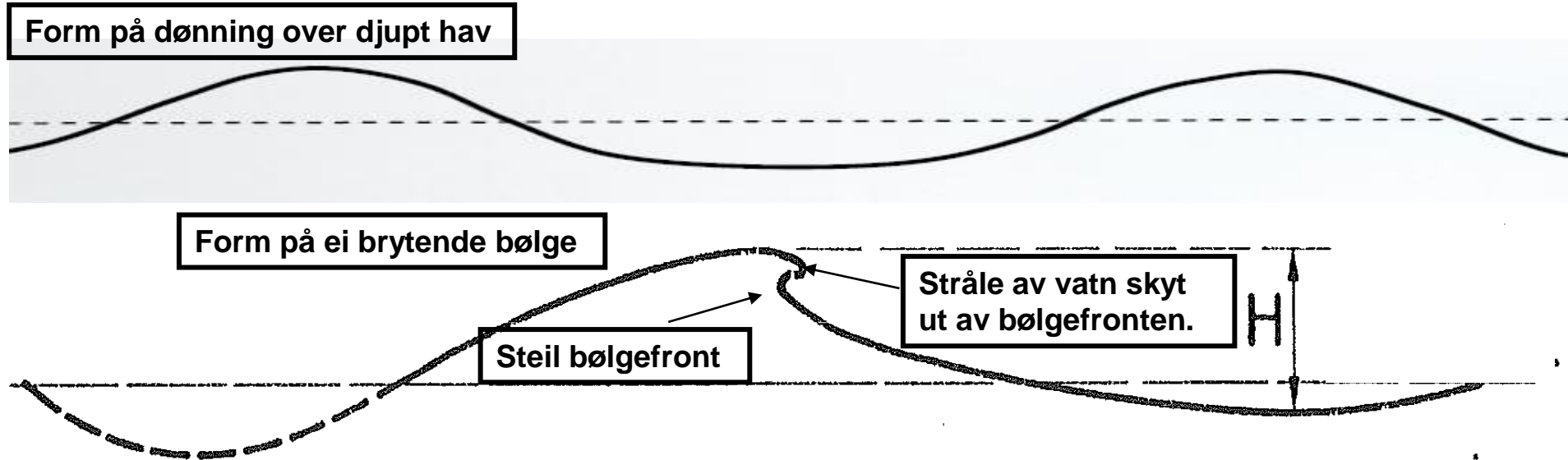


DØNNING PÅ DJUPT OPE HAV

TUNGT BRYTENDE BØLGER PÅ REDUSERT DJUP



KONGSBERG



**STEILE OG TUNGT BRYTENDE BØLGER ER VANLEGE PÅ STADHAVET
PÅ GRUNN AV :**

- Dønning
- Endring av djup (60-120 m).
- Tidevanns straum
- Refleksjon frå bergveggen

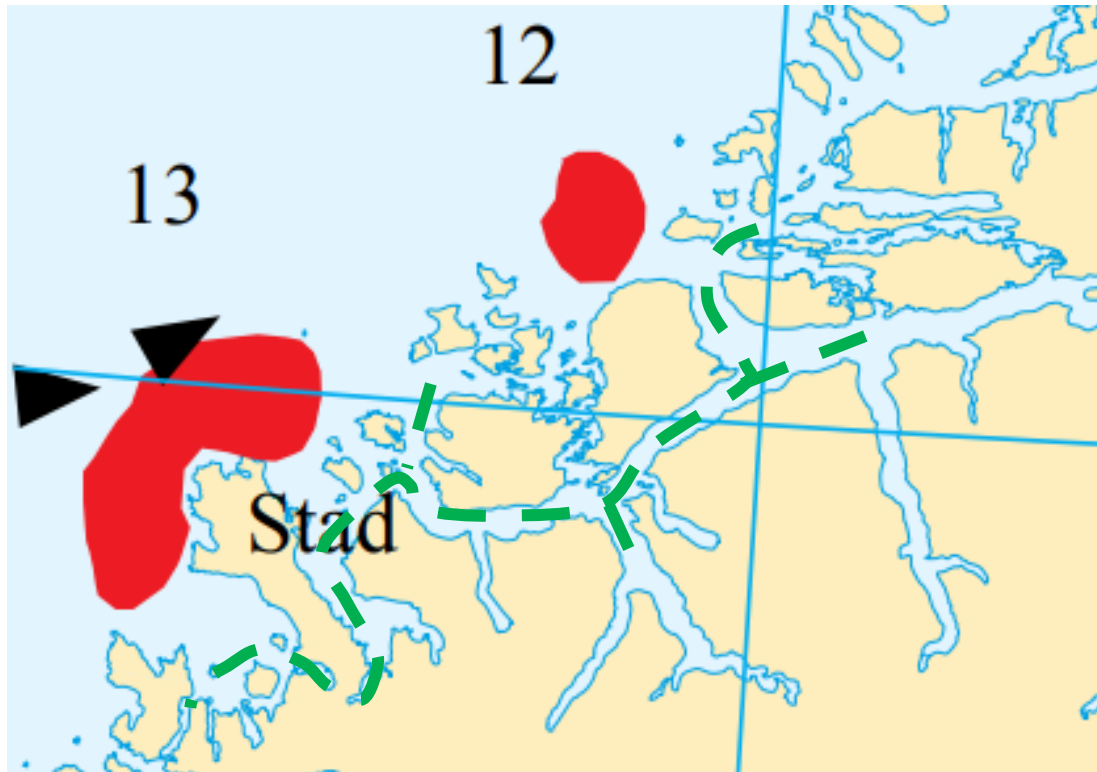
Farlege bølger – Stadhavet og Breisundet



Fra 'Den Norske Los' del 4.

Farvannsbeskrivelse Stad-Rørvik



KONGSBERG



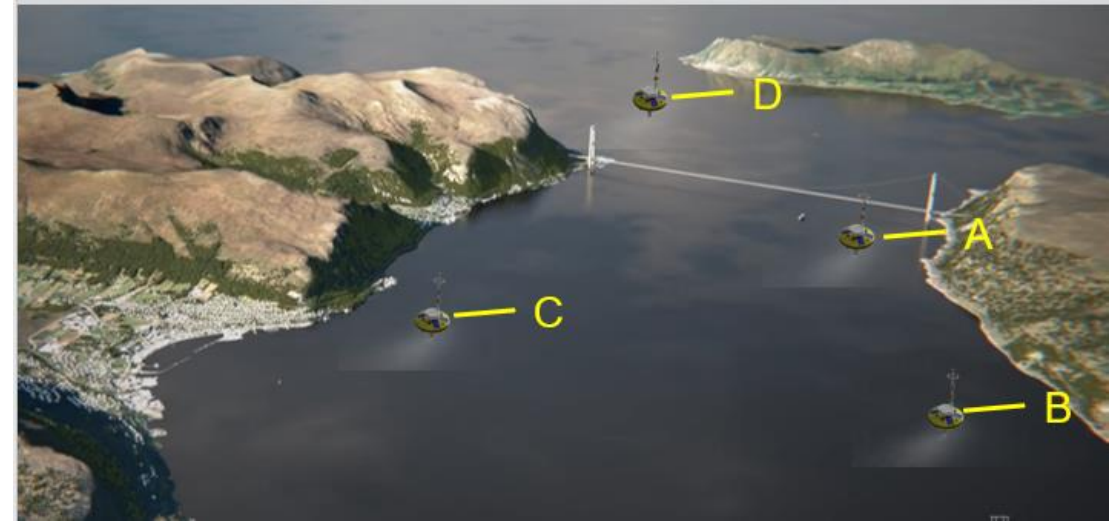
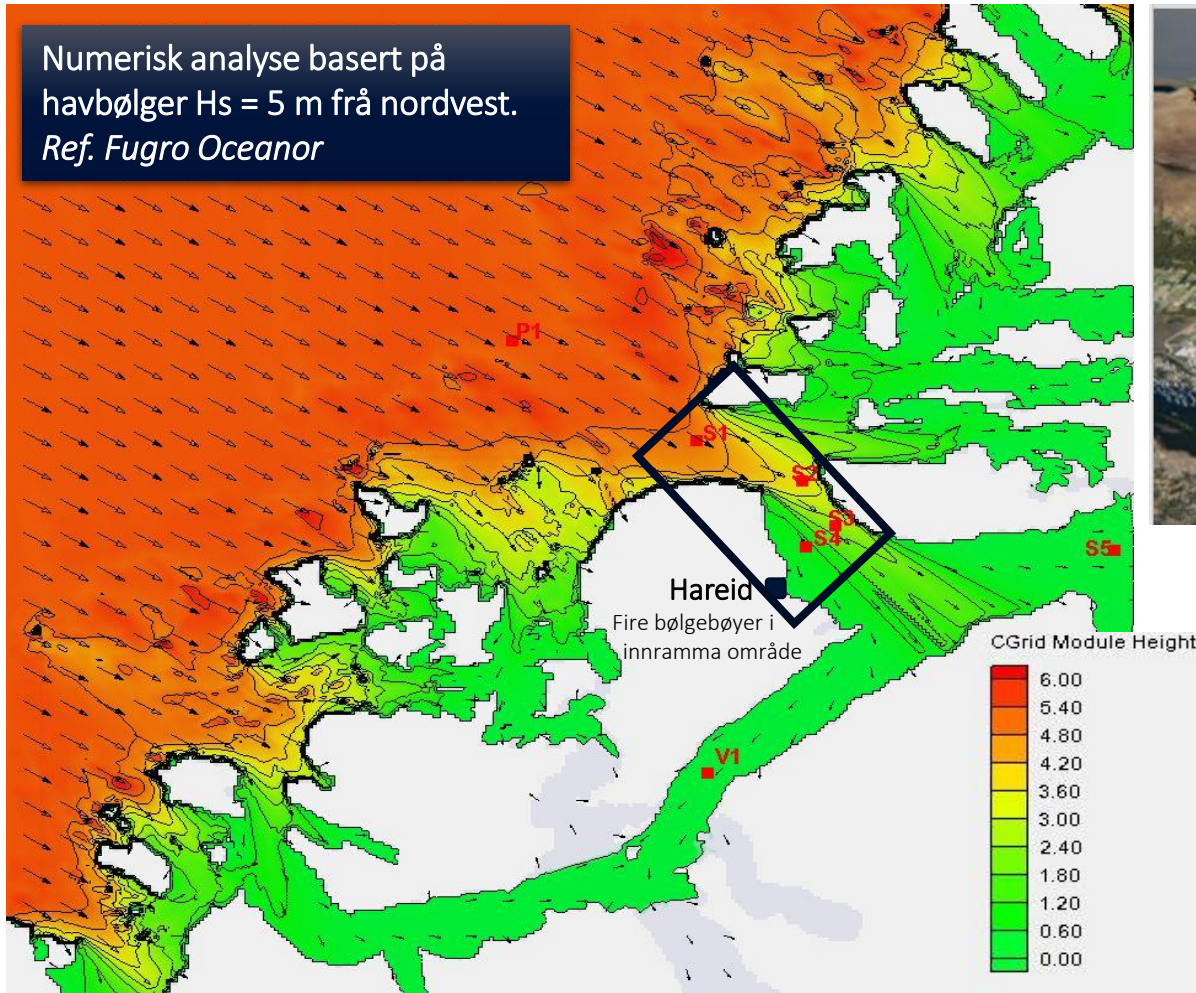
-  Farlig bølgeområde
-  Omtrentlig posisjon for havari

- Skipstunnelen gir lett tilgang til alternative ruter nordom Stad der ein kan unngå dei mest vêrutsette rutene ute ved kysten.
- Dette er positivt for energiøkonomisk drift av fartøyet og for tidsbruk.

Havbølger og Fjordbølger



KONGSBERG



Eksempel: Sørgående Hurtigrute valgte 'Fjordleia' Målte bølger og vind under denne seglasen.



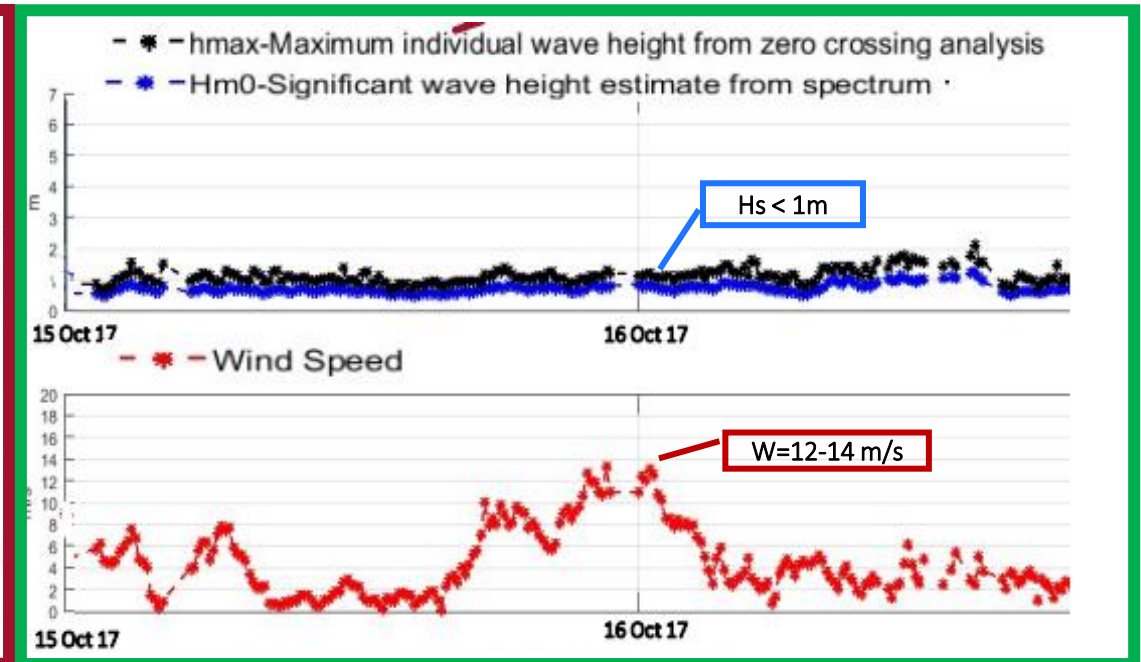
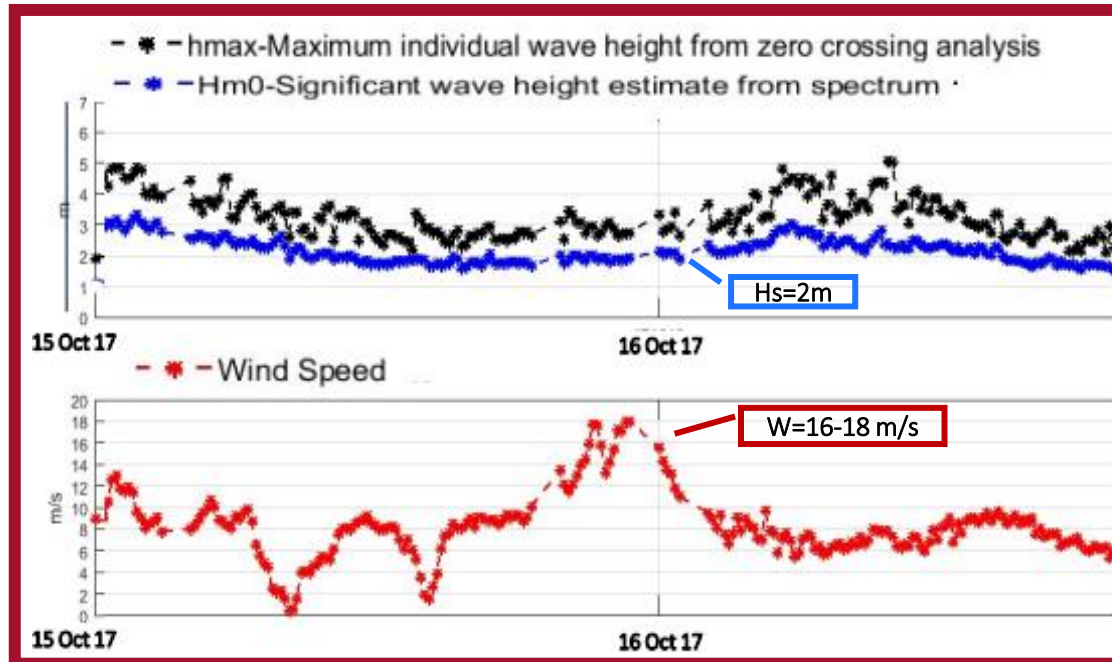
KONGSBERG



Bølger og vind frå to bølgebøyer når Hurtigruta passerte



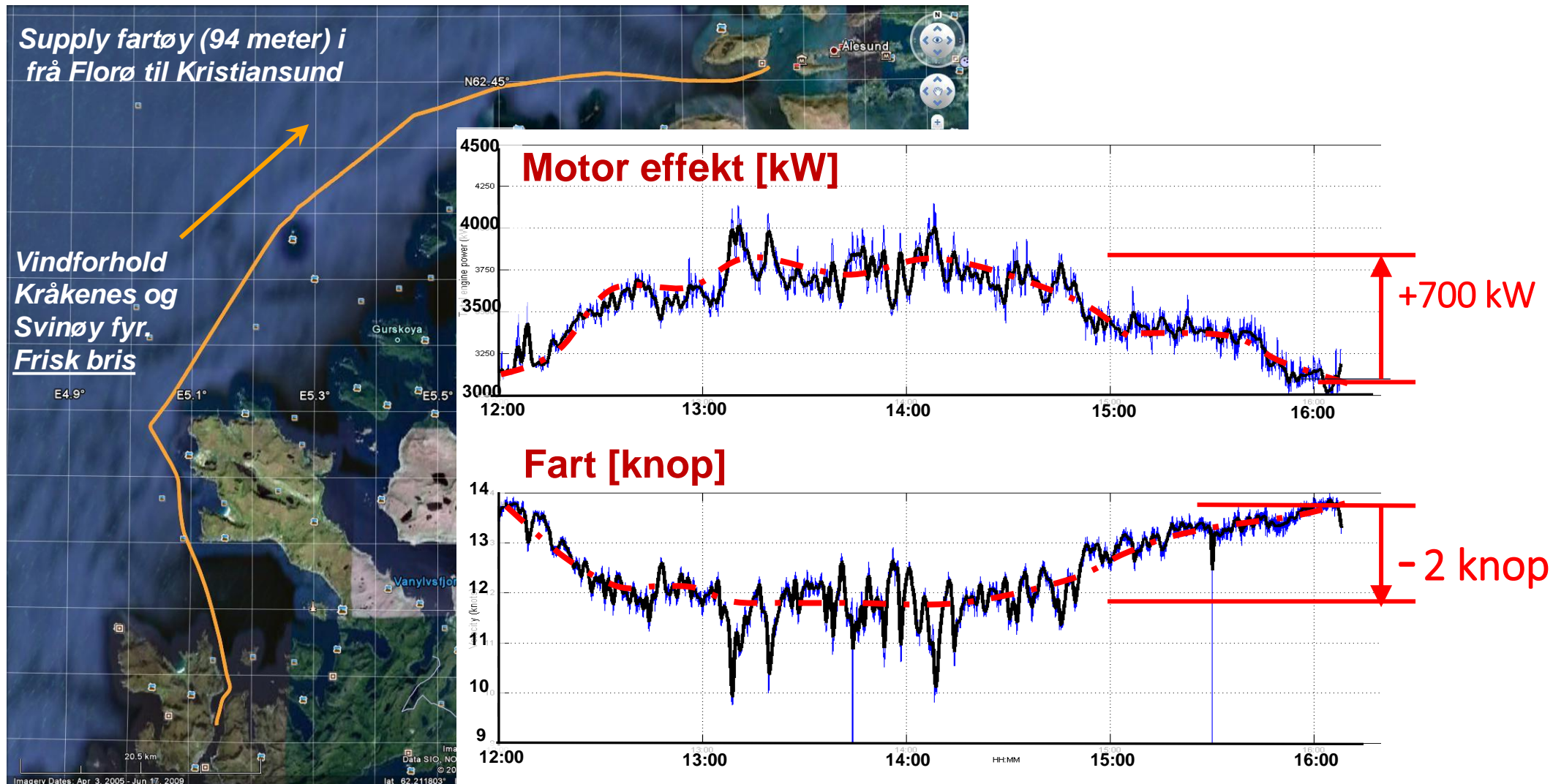
KONGSBERG



Eksempel: Variasjon i motorkraft og fart i bølgeskjerma område og ute i havet. Offshore fartøy på nordgående kurs.



KONGSBERG





KONGSBERG

**I TILLEGG TIL HØGD PÅ BØLGENE ER OGSÅ LENGDA
MELLOM BØLGETOPPANE VIKTIG FOR SKIPSDYNAMIKKEN**



**BØLGELENGDA ER OGSÅ VIKTIG FOR
TAP AV FART OG FOR ENERGIFORBRUKET**



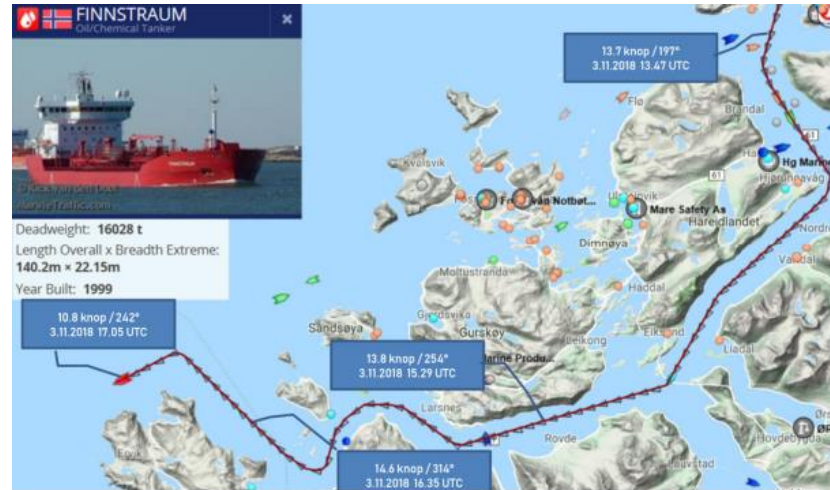
Samanligning av tidsbruk, drivstofforbruk og CO₂ utslepp. Fjordleia-Stadhavet versus Fjordleia-skipstunnelen.



KONGSBERG



Resultat for 2 fartøy (av 15)



Kjemikalietanker – LxB:140m x 22m



Brønnbåt – LxB: 44m x10m

Strekninga Åramsundet-Raudeberg var analysert

Differanse - kjemikalietankbåten
Minus betyr fordel av tunnel ruta

Differanse - Brønnbåten
Minus betyr fordel av tunnel ruta

Distanse (n.m. nautiske mil)	-15%	-17%
Tid	lik for begge ruter	-23%
Energifaktor (kWh/n.m.)	-20%	-54%
Akkumulert energi (kWh) drivstoff og CO ₂ utslepp	-31 %	-62%

Metode for estimat av energi- og tidbruk for den totale skipstrafikken i dette området.

Inngangsdata for nytte-kost analyser.



KONGSBERG

Energifaktor for sjøgang Hastighet
 {kWh/n.m.}



Energi kWh
Distanse
Tidsbruk

Spesifikt forbruk framdriftsmotor
 {kg/kWh}



Totalt drivstoff - forbruk {tonn}

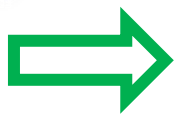
Statistikk for total skipstrafikk som passerer ulike grenselinjer



CO₂, NO_x, SO_x,



Energifaktor for skjerna farvatn Hastighet
 {kWh/n.m.}



Energi kWh
Distanse
Tidsbruk

Spesifikt forbruk framdriftsmotor
 {kg/kWh}

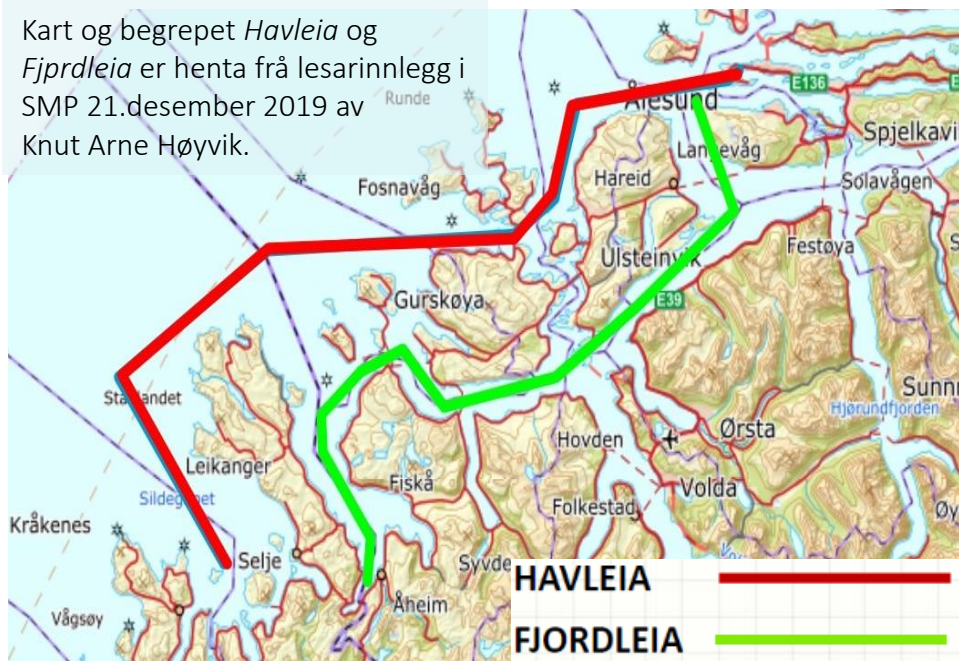


Totalt drivstoff - forbruk {tonn}



KONGSBERG

Kart og begrepet *Havleia* og *Fjordleia* er henta frå lesarinnlegg i SMP 21.desember 2019 av Knut Arne Høyvik.



OPPSUMMERING

I MANGE TILFELLER VIL SKIPSTUNNELLEN BETY :

- Kortare passeringstid
- Redusert energi-, oljeforbruk og miljøutslepp
- Eliminerer venting på bedre vêr
- Tryggare seglas



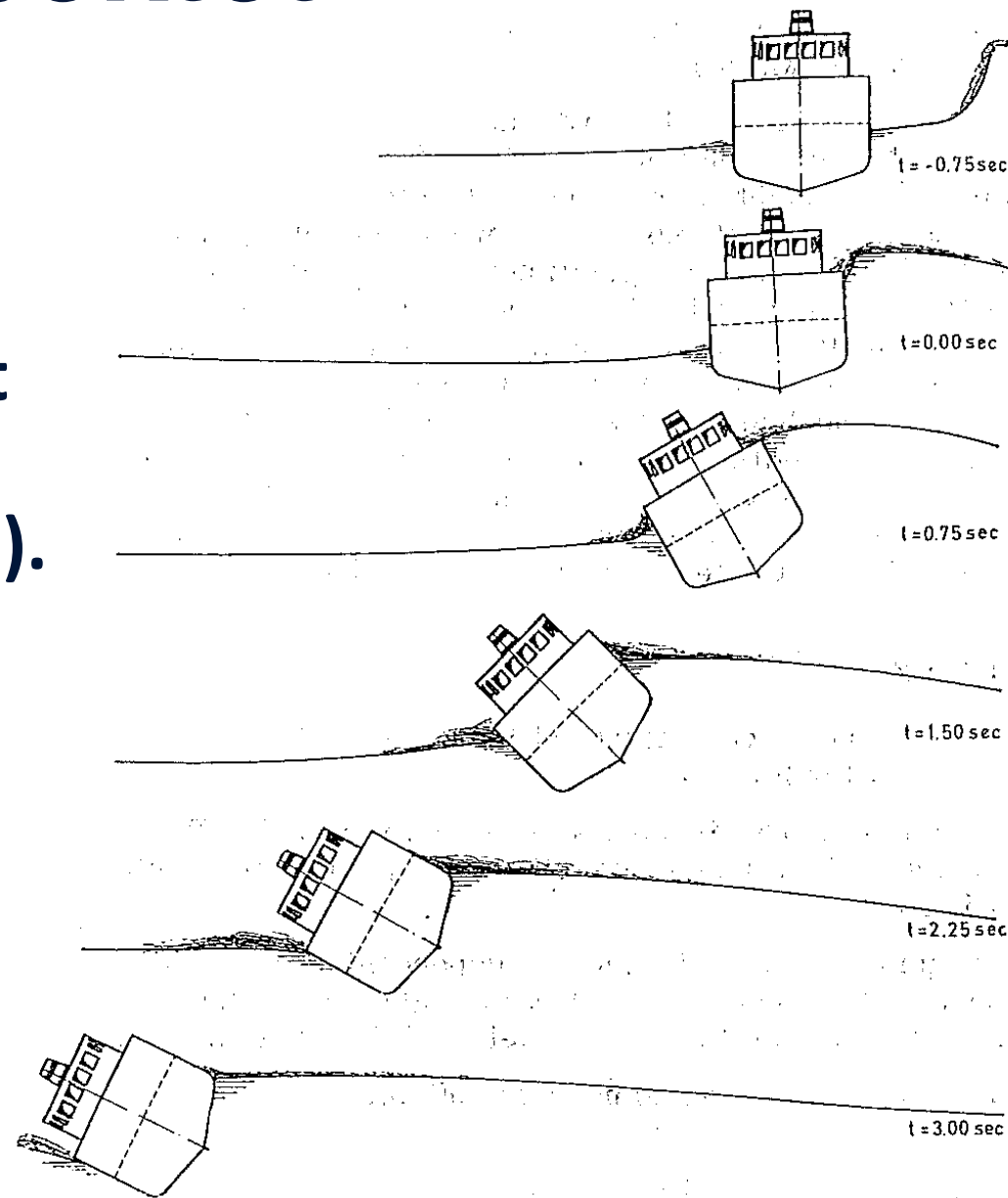
KONGSBERG

Sjøsikkerhets aspektet er det viktigste!

Eksempel – ‘Helland Hansen’:
Forsøk i skipsmodelltanken for å undersøke detaljer rundt forliset av forskningsfartøyet ‘Helland Hansen’ ved Stad (1976).

Krappe brytende bølger var viktig årsak til forliset.

Stiv kuling med $H_s \sim 3.5\text{m}$.





KONGSBERG

Eksempel på svikt i framdriftsmaskineriet og problem med styring/manøvrering.

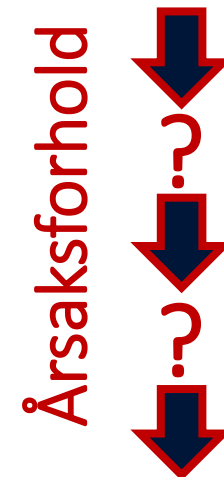
- ❑ 'Midnatsol' – natt til 14. desember 2003.
Hmax: 8-10 meter
- ❑ 100-150 meter frå Bukketjuvane når ein fekk start på motorane.

- ❑ 'Viking Sky' – 23. mars 2019.
Hmax: 12-15 meter
- ❑ Total 'blackout' og null manøverkraft med 1373 personer om bord før ein fekk start på maskineriet like før grunnstøt.

- ❑ 'Full City' ulykken – natt til 31. juli 2009
Hmax: 4-6 m. Stiv/sterk kuling
- ❑ Omfattende utslepp av tungolje



Rot årsak:
Bølger og vind



Motorproblem,
Manøvrerproblem,
+,+