

**SINTEF****SINTEF Byggforsk**
Kyst- og havneteknikkPostadresse: 7465 Trondheim
Besøk: Klæbuveien 153
Telefon: 73 59 30 00
Telefaks: 73 59 23 76

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

NY INNSELING TIL RØSTNESVÅGEN, VÆRØY

FORFATTER(E)

Arne E. Lothe

OPPDRAGSGIVER(E)

Kystverket

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF. Jan Arild Jenssen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
ELEKTRONISK ARKIVKODE RAPPORT-INNSEIL.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
ARKIVKODE	DATO 2010-03-23	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	

SAMMENDRAG

Værøy Kommune har fremmet krav om utbedring av innseilingen til Røstnesvågen. I den forbindelse ble SINTEF våren 2009 engasjert til å utrede konsekvensene ved å utdype grunner i ytre del av innseilingen. Rapporten "Røstnesvågen, Værøy - konsekvenser av endringer i innseilingen" ble levert 11.3.2009. På grunnlag av rapporten ønsker Værøy Kommune å se på andre løsninger for å bedre innseilingen til Røstnesvågen, herunder å etablere ny innseiling gjennom Røstnesvågmoloen.

Kystverket ønsker å få utredet hvilke konsekvenser en slik ny innseiling vil få for havneforholdene, samt forslag til design.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1		
GRUPPE 2		
EGENVALGTE		

INNHALDSFORTEGNELSE

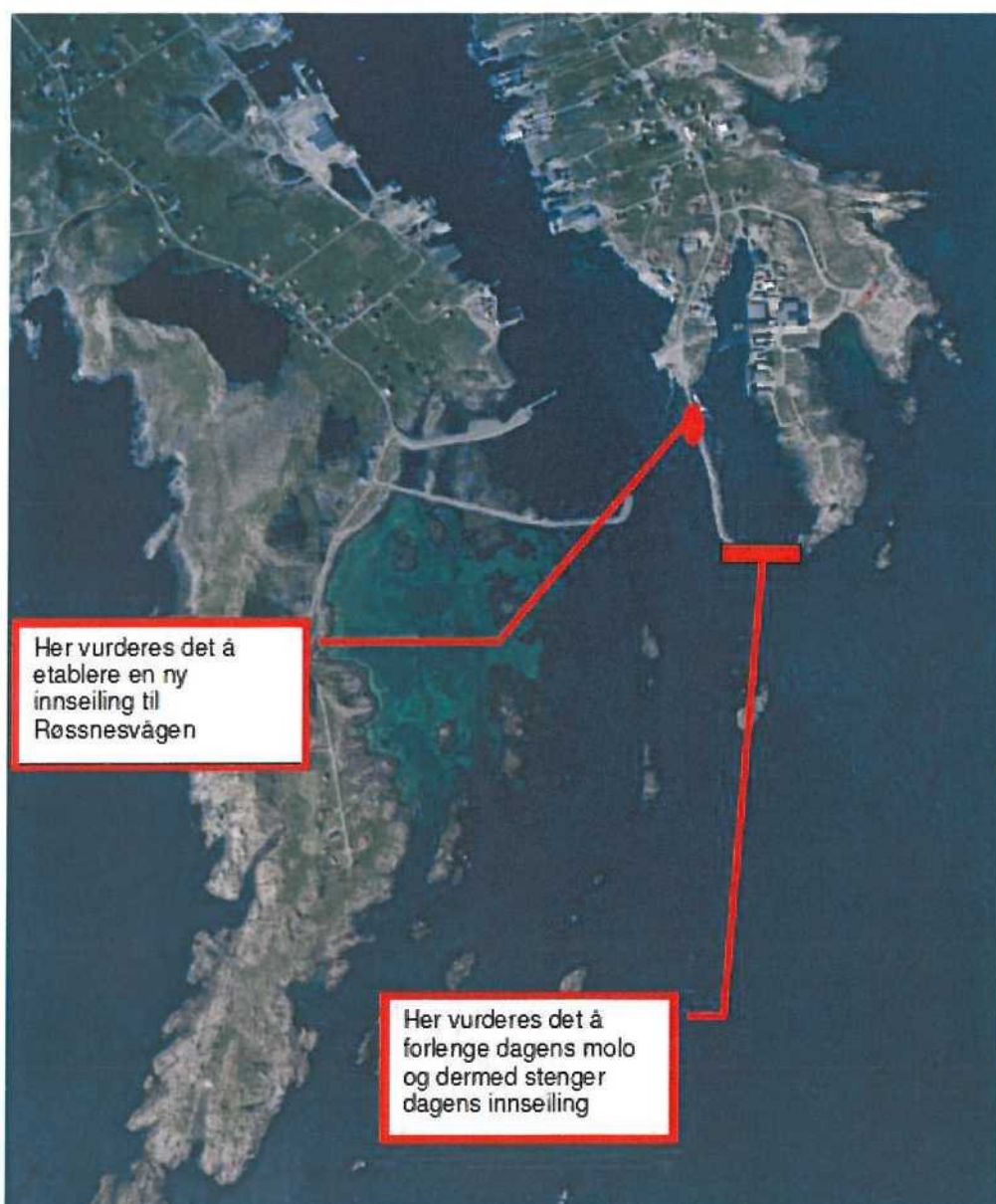
1. BAKGRUNN	3
2. KONKLUSJONER.....	4
3. METODE 5	
4. KARTDATA.....	6
5. ALTERNATIVER	9
6. RESULTATER	13
6.1 Dønning og havsjø	13
6.2 Langperiodidske bølger og drag.....	16
1.1.1 Værøyvågen	18
1.1.2 Røstnesvågen.....	20

1. BAKGRUNN

Værøy Kommune har fremmet krav om utbedring av innseilingen til Røstnesvågen. I den forbindelse ble SINTEF våren 2009 engasjert til å utrede konsekvensene ved å utdype grunner i ytre del av innseilingen. Rapporten "Røstnesvågen, Værøy - konsekvenser av endringer i innseilingen" ble levert 11.3.2009. På grunnlag av rapporten ønsker Værøy Kommune å se på andre løsninger for å bedre innseilingen til Røstnesvågen, herunder å etablere ny innseiling gjennom Røstnesvågmoloen.

Kystverket ønsker å få utredet hvilke konsekvenser en slik ny innseiling vil få for havneforholdene, samt forslag til design.

En skisse som viser det nye forslaget er vist i Figur 1.



Figur 1 Skisse over foreslått ny innseiling til Røstnesvågen (Kystverket)

2. KONKLUSJONER

- Dønning og havsjø:
 - Ingen av de undersøkte alternativene gir en signifikant økning av dønning og havsjø i dagens hovedhavn på Værøy (vest for Røstnesvågen). Bølge-energien i den nye innseilingen vil gå fra vest mot øst.
 - Det er kun små endringer i bølgemønsteret i hovedinnseilingen som følge av alle alternativer, det gjelder også alternativet der det bygges en molo mot SV fra østsiden av Røstnesvågen (Alternativ B).
 - I et punkt inne i Røstnesvågen midt i den nye innseilingen (Punkt 2) kan det forventes en svak økning av bølgehøydene dersom ett av de undersøkte alternativene velges.
- Langperiodiske bølger og drag:
 - Alternativ B og C vil gi en merkbar økning av langperiodiske bølger og drag i de indre deler av Værøyvågen
 - Alternativ A vil ikke gi merkbare endringer i langperiodiske bølger og drag i Værøyvågen.
 - Alternativ A vil gi langperiodiske bølger og drag i hele Røstnesvågen som vil være lavere enn det som i dag forekommer i den nordre del av vågen.

Den samlede vurdering er:

- I. Alternativene B og C gir en risiko for at kaiene inne i dagens hovedhavn i Værøyvågen kan få merkbart verre forhold som følge av økt forekomst av langperiodiske bølger og drag.
- II. Alternativ A gir ingen forverring eller endring av forholdene i hovedhavna i Værøyvågen. I Røstnesvågen vil det fortsatt finnes langperiodiske bølger og drag, men det vil være mindre enn det som finnes i nordre del av Røstnesvågen i dag.

3. METODE

For å undersøke bølger i innseilingen og inne i havna har vi benyttet en numerisk modell som gjensker enkeltbølger. Hver situasjon består av et tilfelle med:

- 1 bølgehøyde
- 1 bølgeretning
- 1 bølgeperiode.

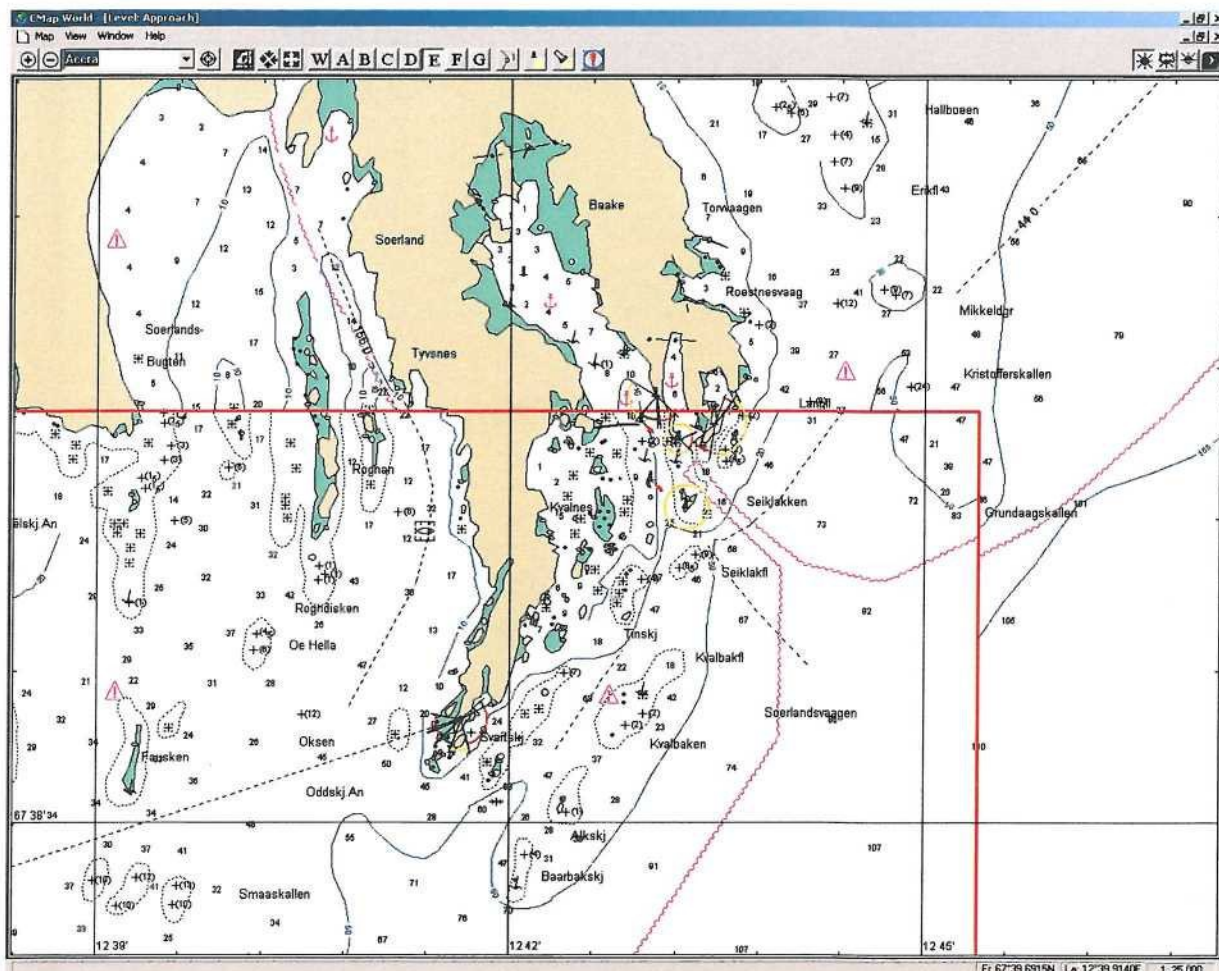
Denne typen modeller gir det beste og mest detaljerte bildet av bølgeforholdene innenfor et lite område. En annen type modell er spektralmodeller, som tar utgangspunkt i et bølgespektrum, som består av et høyt antall bølger med ulik periode, høyde og retning. Denne typen input-bølger er mer realistiske, men de gir ikke den samme muligheten til å studere detaljer i hver enkelt bølge.

Den valgte modellen er også godt egnet til å vurdere effekten av stående bølger, dvs lang-periodiske svingninger (drag) inne i delvis lukkede havnebasseng-

Modellen som er brukt i dette prosjektet er CGWAVE, som er utviklet av US Army Corps of Engineers, USA.

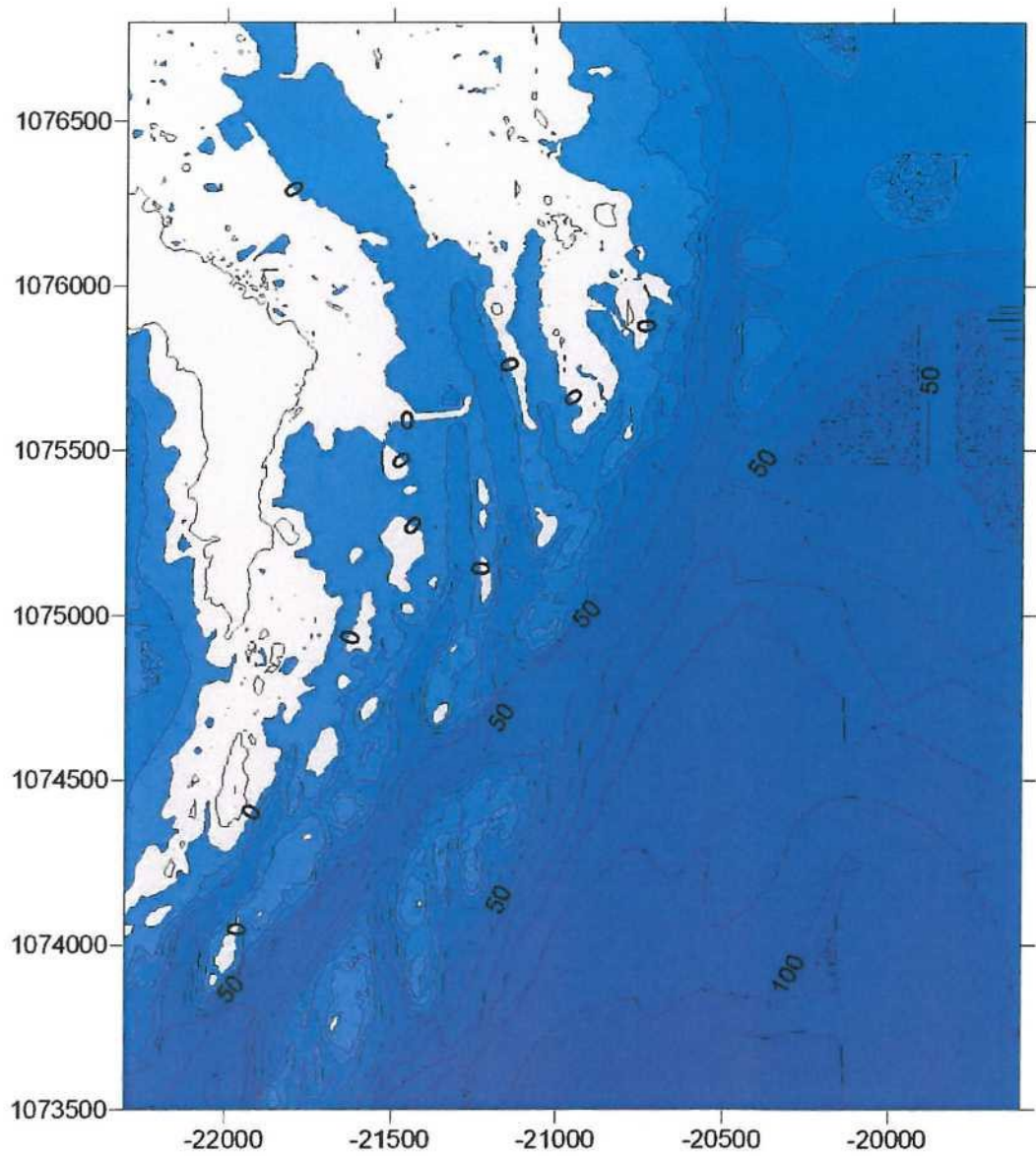
4. KARTDATA

Kartdata er levert av Kystverket på digital form. Det er levert en datafil for Røstnesvågen indre havn, og en datafil for området rundt Værøy. Data er addert og prosessert ved hjelp av flatetilpassingsprogrammet Surfer og manuell bearbeiding.

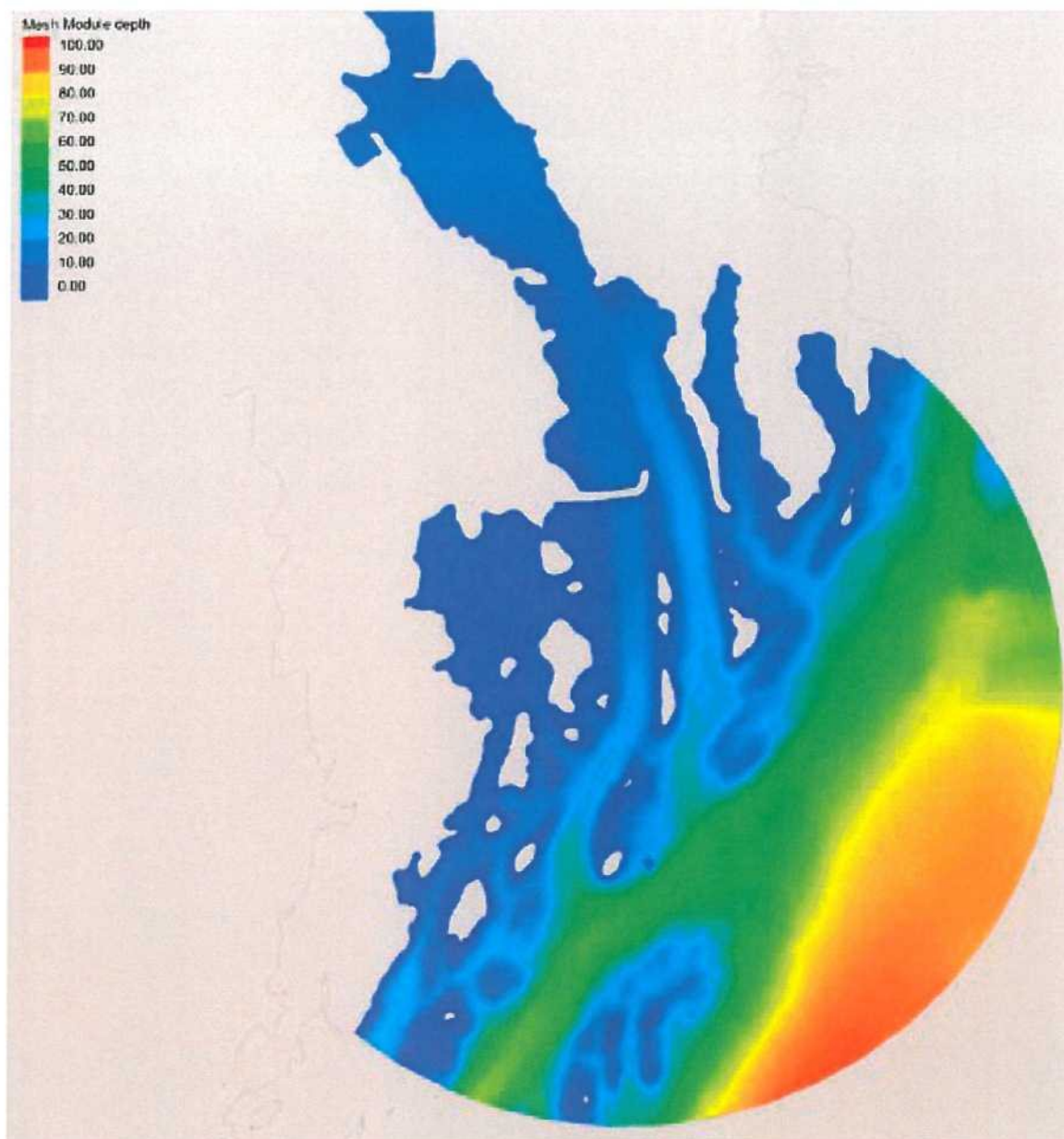


Figur 2 Sjøkart fra sørlige del av Værøy. Røstnesvågen er den første vågen til høyre for store vågen midt i bildet.

Figur 2 viser kartutsnitt med Værøy og Røstnesvågen. Figur 3 viser kartdata etter prosessering i Surfer, og Figur 4 den endelige batymetriske modellen slik den er anvendt i modellen CGWAVE.



Figur 3 Dybde data etter prosessering i Surfer. Gjenstående innsjøer på land må fjernes manuelt. Høyre kant av bildet mangler datadekning, og ligger utenfor det modellerte området.



Figur 4 Batymetrisk modell i CGWAVE. Bølgene kommer inn på randa ved den ytre halvsirkelen.

5. ALTERNATIVER

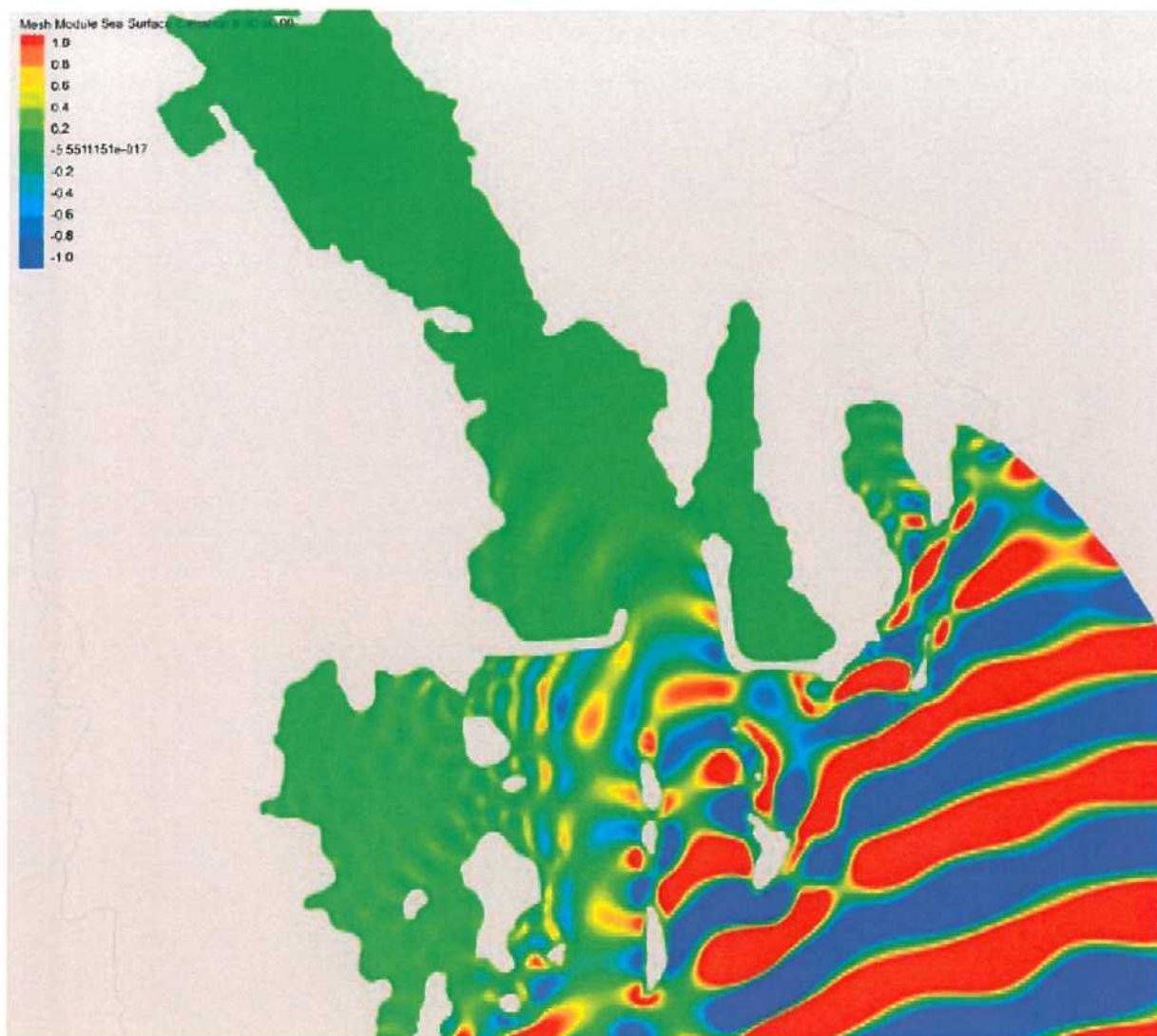
Det er undersøkt 3 alternativer. Disse er beskrevet i Tabell 1. Skisse av de undersøkte alternativene er vist i Figur 5 - Figur 7, og den kvalitative forskjellen er beskrevet i Tabell 1. Tabell 2 gir en oversikt over de ulike situasjoner som er testet.

Tabell 1 Oversikt over undersøkte alternativer

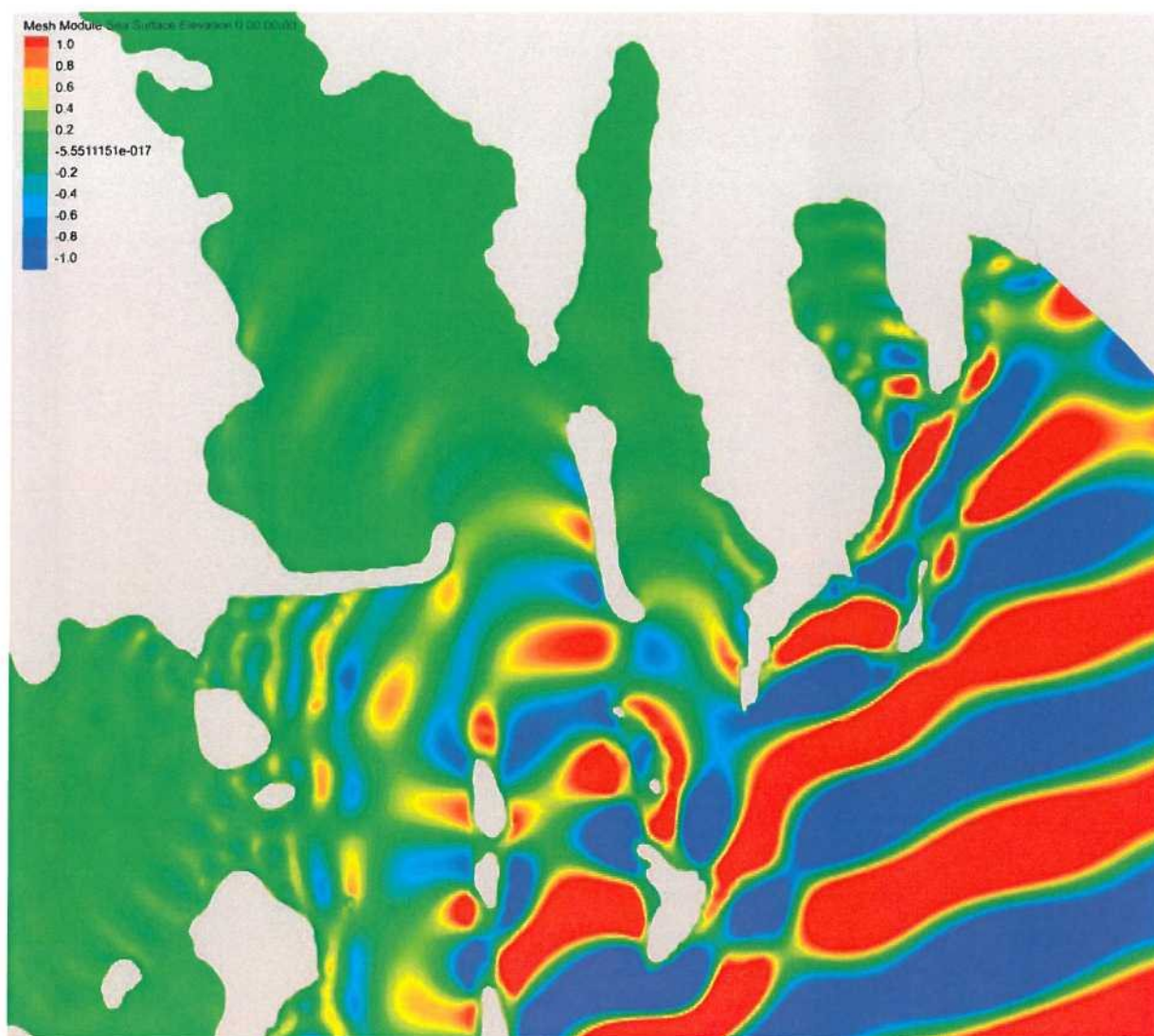
Alternativ	Ny innseiling	Gammel innseiling	Merknad
A	åpen	100 % stengt	gammel innseiling er stengt i korteste avstand fra moloenden
B	åpen	50 % stengt	Delvis stengt med molo mot SV fra neset på østsiden
C	åpen	åpen	
Eksisterende			Inkludert nylig mudring i havna

Tabell 2 Oversikt over undersøkte alternativer og situasjoner

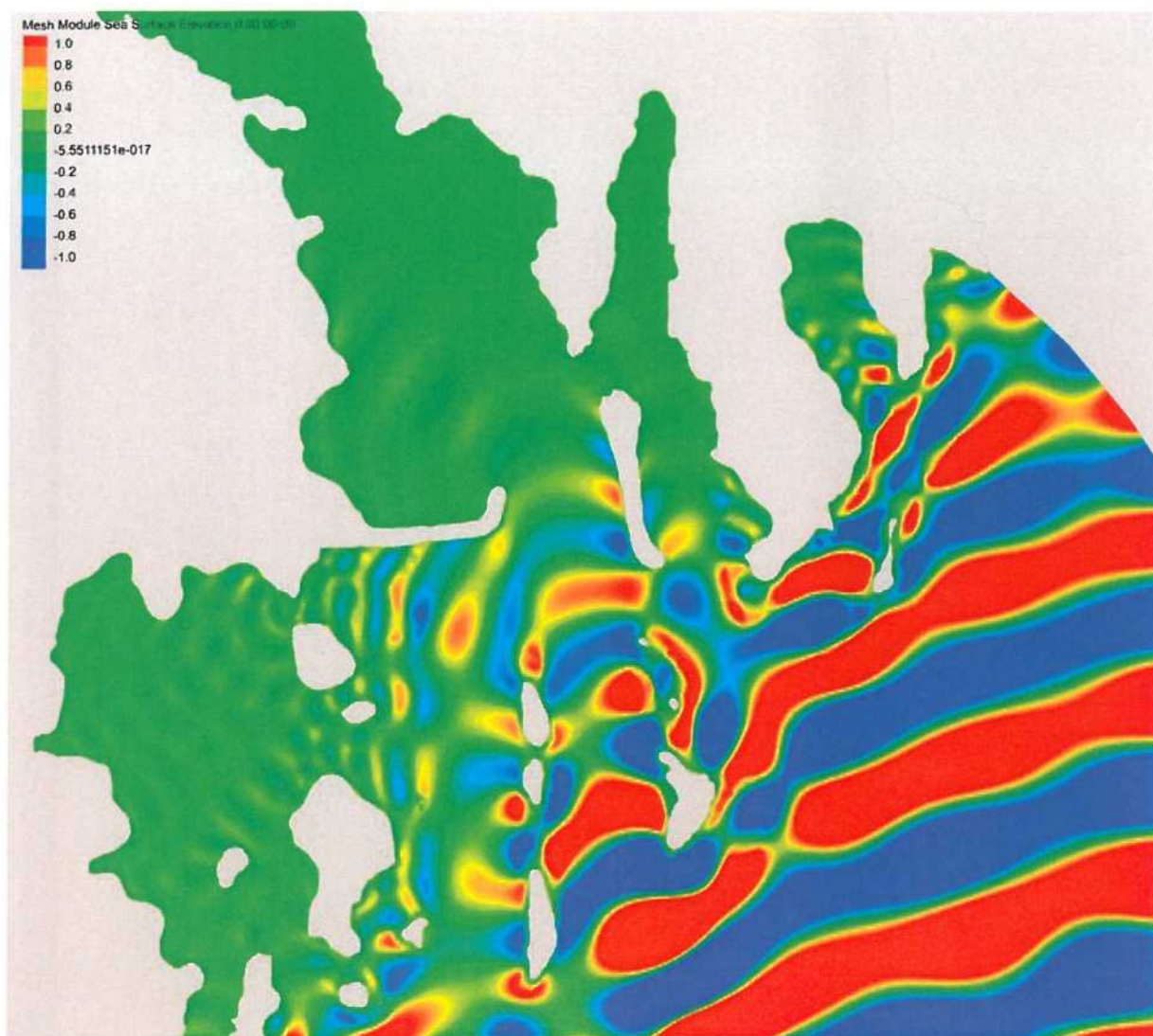
Type	Bølgeperiode s	Alternativ			
		Eksisterende	A	B	C
Dønning og havsjø, retning 165°, bølgehøyde 5.0 m	8	x	x	x	x
	10	x	x	x	x
	12	x	x	x	x
	14	x	x	x	x
	16	x	x	x	x
Lang-periodiske bølger og basseng-svingninger retning 165°, bølgehøyde 0.1 m	70	x	x		x
	80	x	x		x
	90	x	x		x
	100	x	x		x
	120	x	x		x
	150	x	x		x
	180	x	x		x
	210	x	x		x
	240	x	x		x
	270	x	x		x
300	x	x		x	



Figur 5 Alternativ A i øyeblikksbilde med bølger med periode 12 s fra retning 165°. Bølgehøyden i åpent farvann er 5.0 m. Bølgetoppen er rød, bølgedal er blå.



Figur 6 Alternativ B i øyeblikksbilde med bølger med periode 12 s fra retning 165°. Bølgehøyden i åpent farvann er 5.0 m. Bølgetoppen er rød, bølgedal er blå.

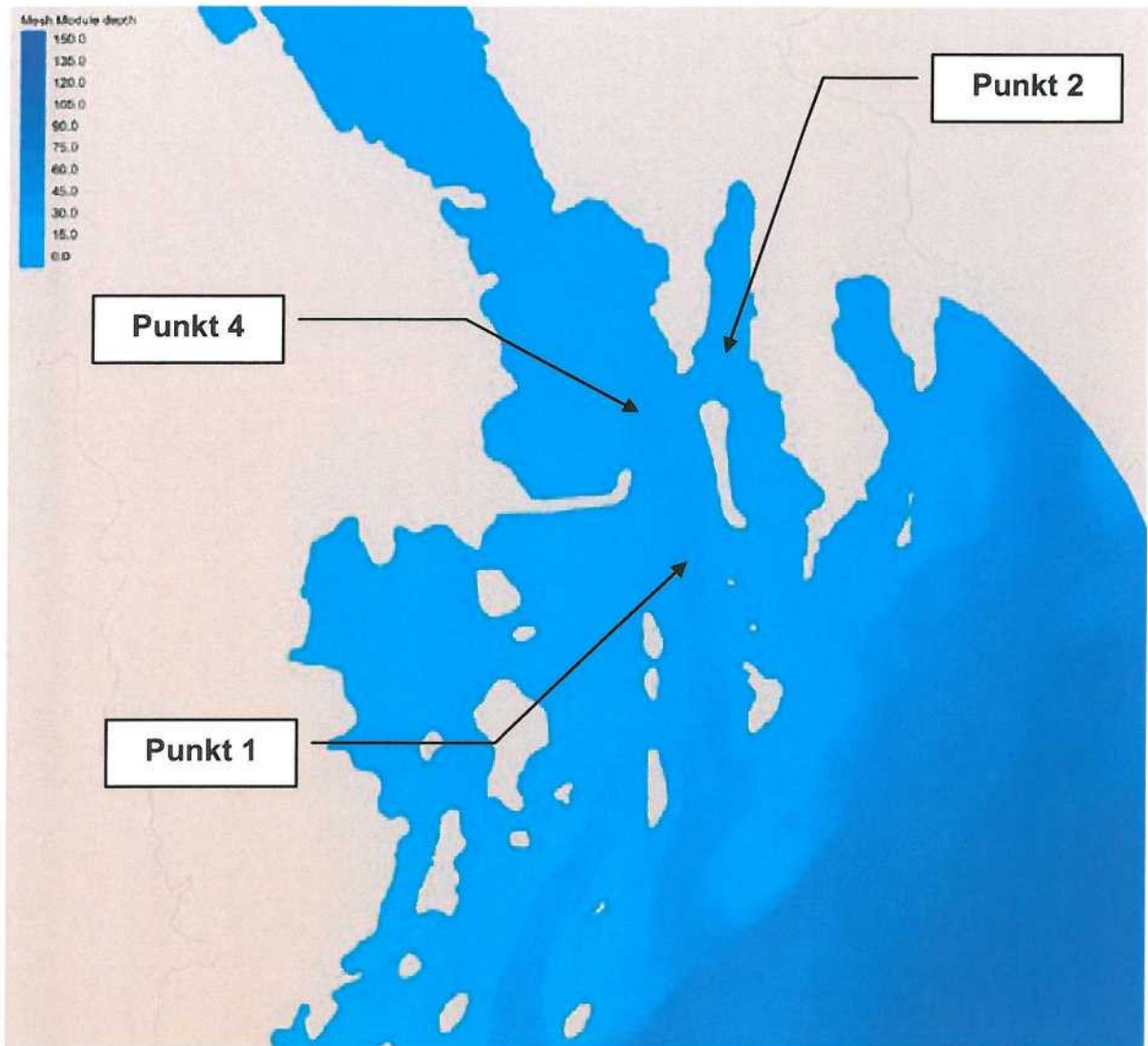


Figur 7 Alternativ C i øyeblikksbilde med bølger med periode 12 s fra retning 165°. Bølgehøyden i åpent farvann er 5.0 m. Bølgetoppen er rød, bølgedal er blå.

6. RESULTATER

6.1 Dønning og havsjø

Resultatene er gitt ved å undersøke hvilke endringer som oppstår i bølgehøyder inne i havna og i innseilingen. Bølgene er observert i punktene 1, 2 og 4 som vist på Figur 8.

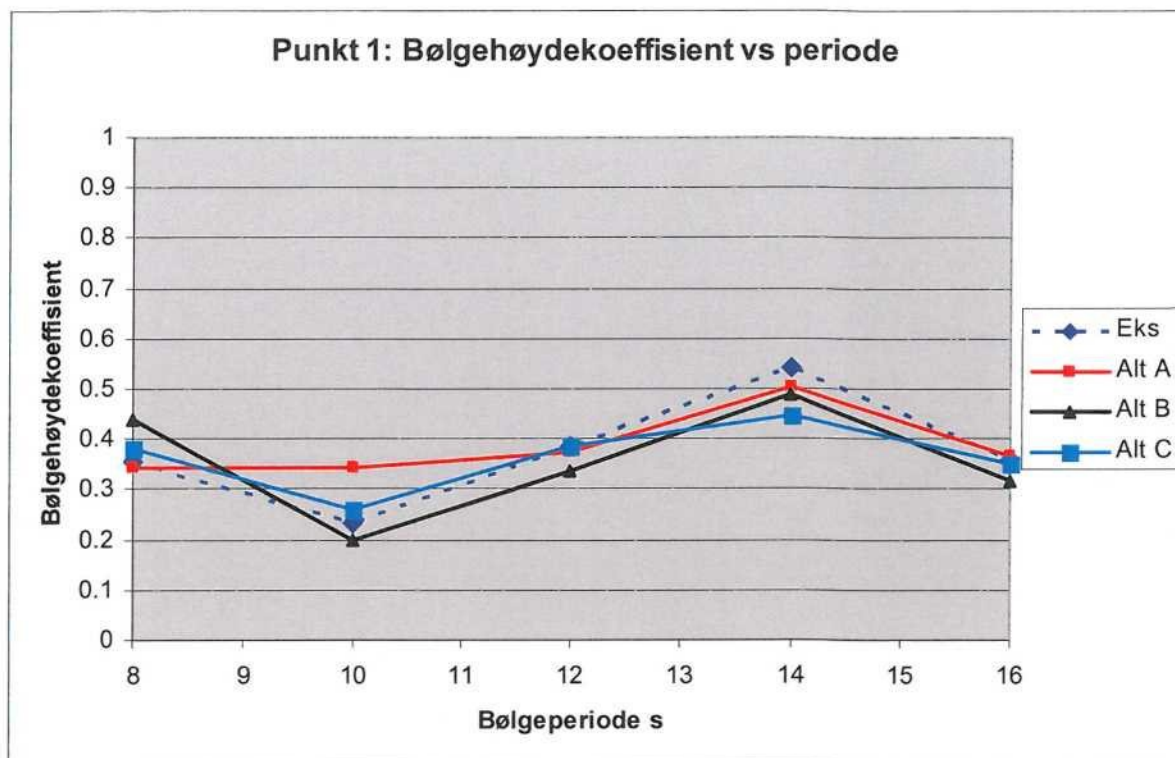


Figur 8 Dybdemodell med markering av punkter for observasjon av bølgehøyder

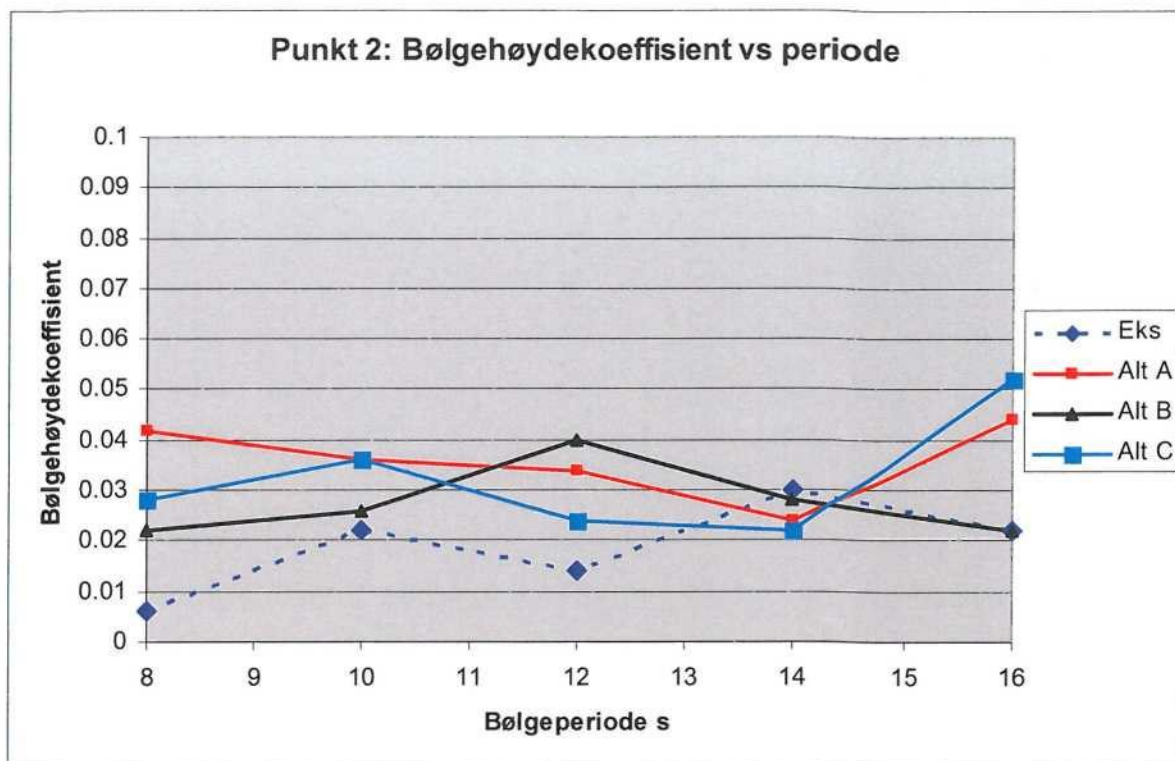
Resultatene er vist i Figur 9 - Figur 11 i form av observert bølgehøydekoefisient, dvs forholdet mellom bølgehøyden i punktet og bølgehøyden i åpent farvann.

Vi ser at det er relativt små forskjeller mellom alternativene i Punkt 1. Som ventet gir Alternativ A noe refleksjon og noe høyere bølger, mens Alternativ B gir noe dekning og dermed lavere bølger, men utslagene er små.

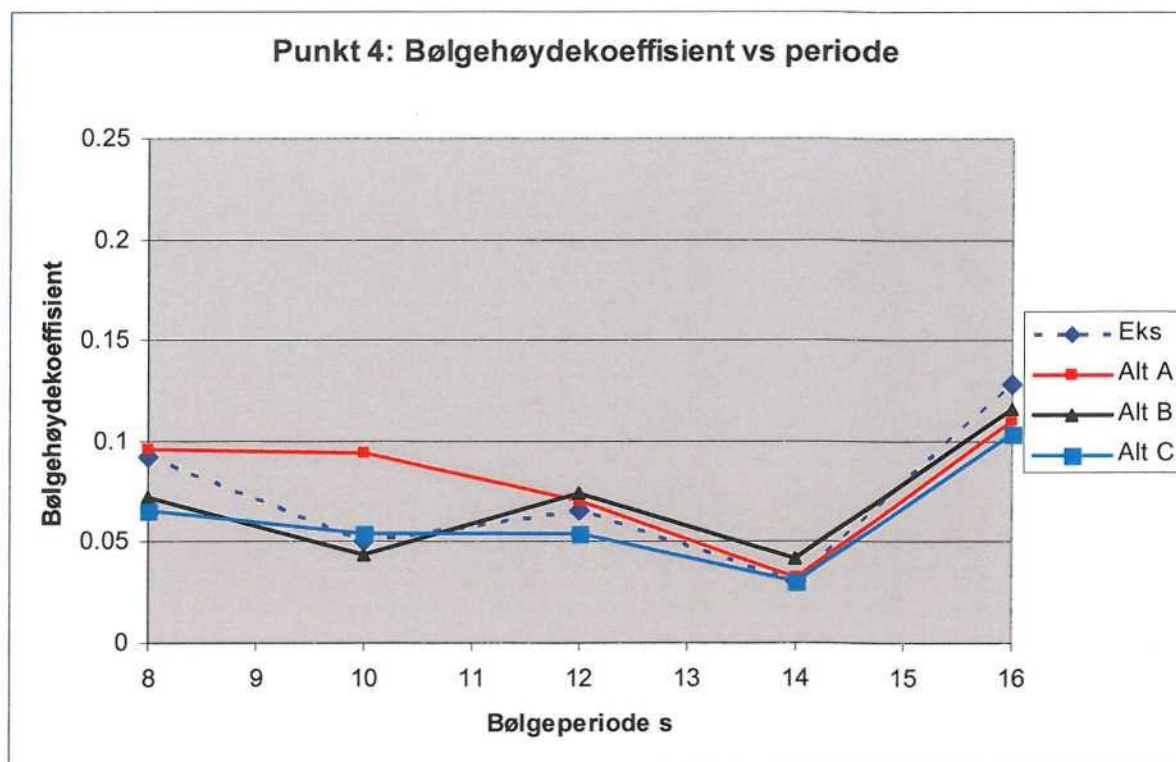
Den mest signifikante effekten kan sees i Punkt 2, som er like innenfor åpningen av den nye innseilingen. Her ser vi at vi kan forvente en dobling av bølgehøyden i intervallet 10 – 12 s. Det skyldes at den nye åpningen slipper inn omtrent like mye bølge-energi som kommer inn gjennom den eksisterende. I tillegg ser vi av Figur 5 - Figur 7 at mye av energien i dagen situasjon treffer land på østsiden av innløpet, slik at bølgehøyden inne i havna i dag er forholdsvis lav.



Figur 9 Resultat for Punkt 1



Figur 10 Resultat for Punkt 2



Figur 11 Resultat for Punkt 4

Det er ikke gjort beregninger av bølgehøyder utenfor Værøy, men et grovt estimat på bølgehøyder som kan komme inn utenfor havna er et årsmaksimum på 6 – 7 m med periode 12 – 14 s. Det

betyr at årlig maksimal bølgehøyde ved det indre innløpet til Røstnesvågen med ny innseiling (Punkt 2) vil øke fra i størrelse 0.15 m til 0.30 m.

6.2 Langperiodiske bølger og drag

Langperiodiske bølger eller drag kan forekomme inne i delvis lukkede basseng hvis bassenget har en tydelig egenperiode og det finnes en kraft eller en puls utenfor som sender inn energi ved den samme perioden. Den ytre kraften kan være en bølge med den rette perioden, eller det kan være en periodisk kraft hvor et multiplum av perioden tilsvarer egenperioden for bassenget. Eksempelvis kan et basseng med egenperiode 60 s bli eksitert av en bølge med periode 15 s, fordi hver 4. bølge vil sammenfalle med bassengets egenperiode.

Et basseng som utsettes for langperiodiske bølger vil i et ideelt tilfelle få en jevn inn- og utstrømning i åpningen eller nær denne, og lenger inn i bassenget vil strømmingen avta og gå over til en vertikal bevegelse.

Nær åpningen vil dette merkes på fortøyde fartøy som at båtene ligger og jager ved kai, og dersom trossene er slakke, kan det medføre kraftige rykk i trossene. Nærmere den indre enden av bassenget vil fenomenet være mer merkbart som at fartøyene følger vann-nivået opp og ned ved kai, mens strømhastighetene er lave. I ekstreme tilfeller har det vært registrert vertikale bevegelser på 1 - 2 m.

Amplituden av bølgene utenfor havna er normal meget små og umerkelige, typisk 1 - 5 cm.

En forsterkningsfaktor på disse bølgene på 1 - 5 regnes i de fleste tilfeller som håndterbart, men verdier over dette kan skape problemer for skip ved kai.

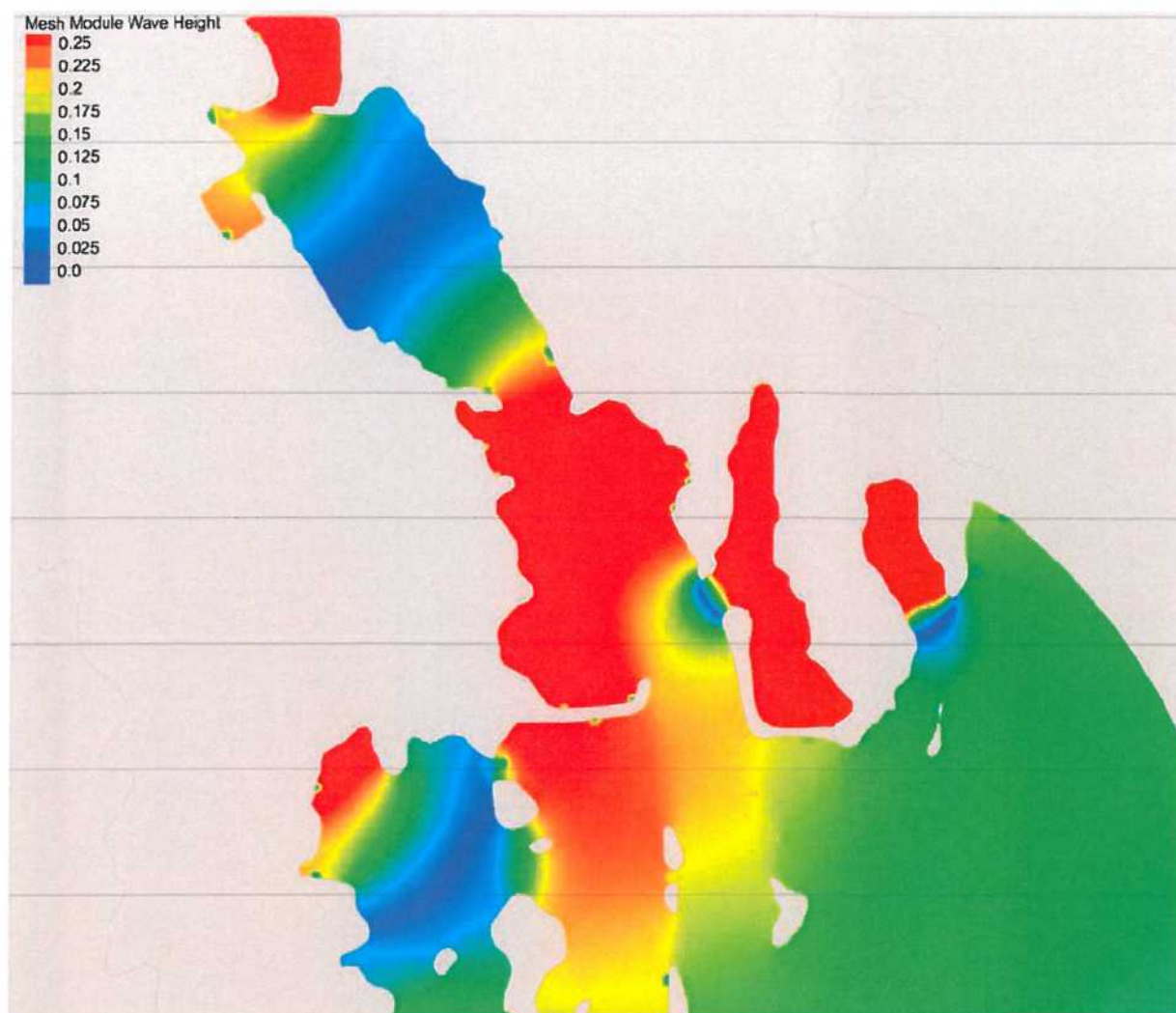
Erfaringer tilsier også at de mest problematiske svingningene opptrer ved perioder på 60 - 180 s. Når perioden overstiger 3 minutter blir endringene i vann-nivå meget langsomme, og man antar at det også finnes mindre energi på disse periodene i åpnet hav enn på de mer utsatte periodene fra 70 - 120 s.

For å undersøke dette har vi utsatt havna på Værøy for bølger med perioder 70 - 300 s og undersøkt responsen av havnebassengene.

Et eksempel på slik modellering for perioden 240 s er vist i Figur 12. Her ser vi at Værøyvågen (alternativ A) er så lang at det er plass til $\frac{3}{4}$ bølge inne i havna. Øverst på bildet er det en liten indre våg hvor bølgehøydene er store (rødt), og litt nedenfor dette kommer det et blått felt der strømmingen er horisontal og det er nesten ingen vertikal variasjon. Deretter kommer det et nytt område med store bølgehøyder som ender ved den nye innseilingen til Røstnesvågen. Inne i Røstnesvågen ser vi at vi har en horisontal strømning i det nye innløpet, og en uniform heving og senking av hele Røstnesvågen i takt med bølgen.

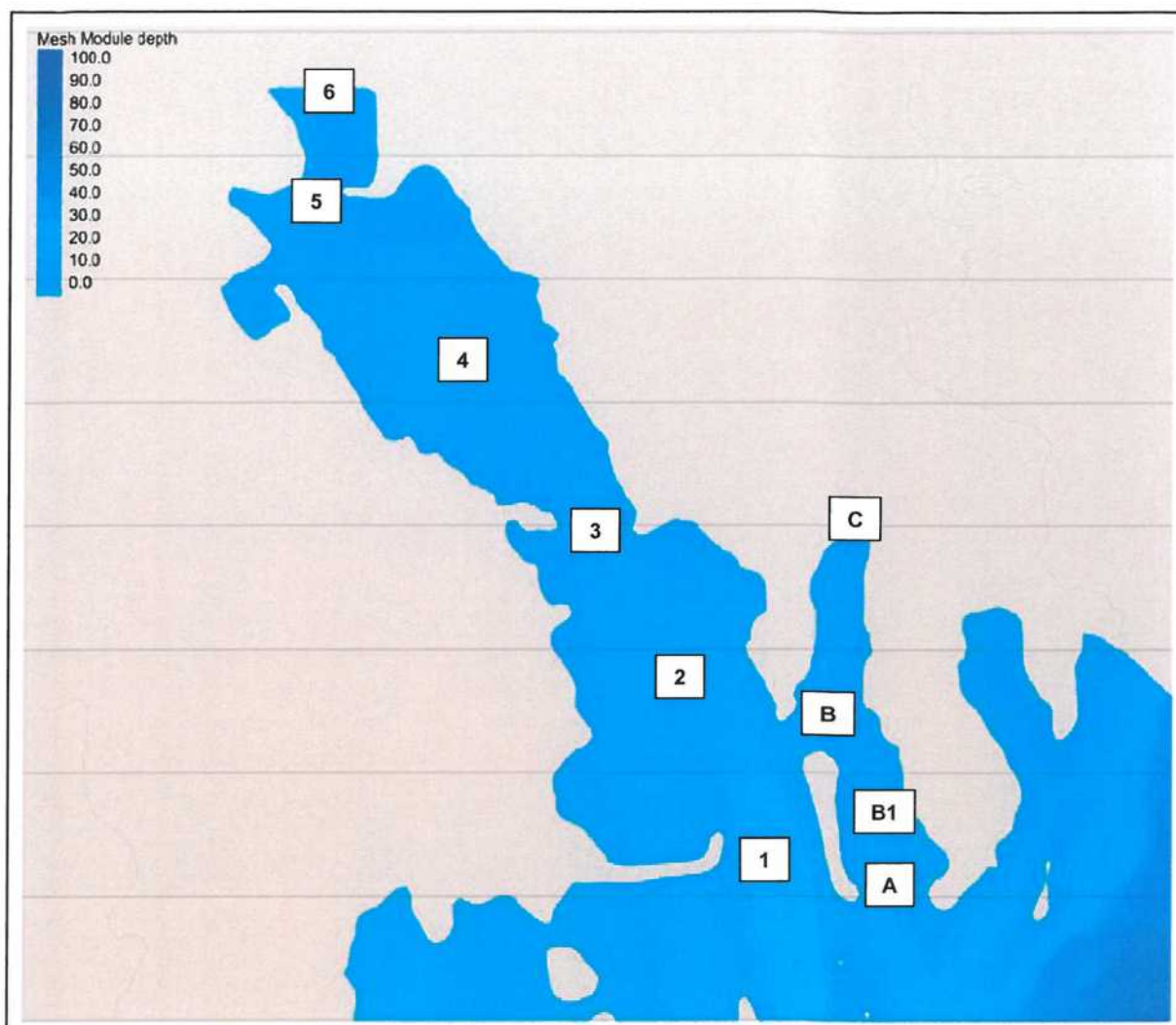
I dette tilfellet er det svingingen inne i Røstnesvågen som er signifikant fordi den er enkel og inneholder $\frac{1}{4}$ bølgelengde (første harmoniske med en arm mot sør og en arm mot nord). Første harmoniske svingninger kan være stabile og kraftige, mens de overharmoniske ($\frac{3}{4}$ bølgelengde osv) er mer utsatt for demping og forstyrrelser av ujevn bunn, konstruksjoner, osv.

For å lage en samlet oversikt over forsterkningen inne i basselikt Alternativ C at det er unødvendig å kontrollere dette.



Figur 12 Respons av havnebassengene på en bølge med 240 s periode og høyde 0.1 m. Områder med stor bølgehøyde er markert med rødt, og området med lav bølgehøyde er markert med blått.

Forsterkningskoeffisienter for området er beregnet i punktene som vist i Figur 13, dvs:
 for Værøyvågen : Punkt 1 - 6
 for Røstnesvågen: Punkt A, B1, B, C.



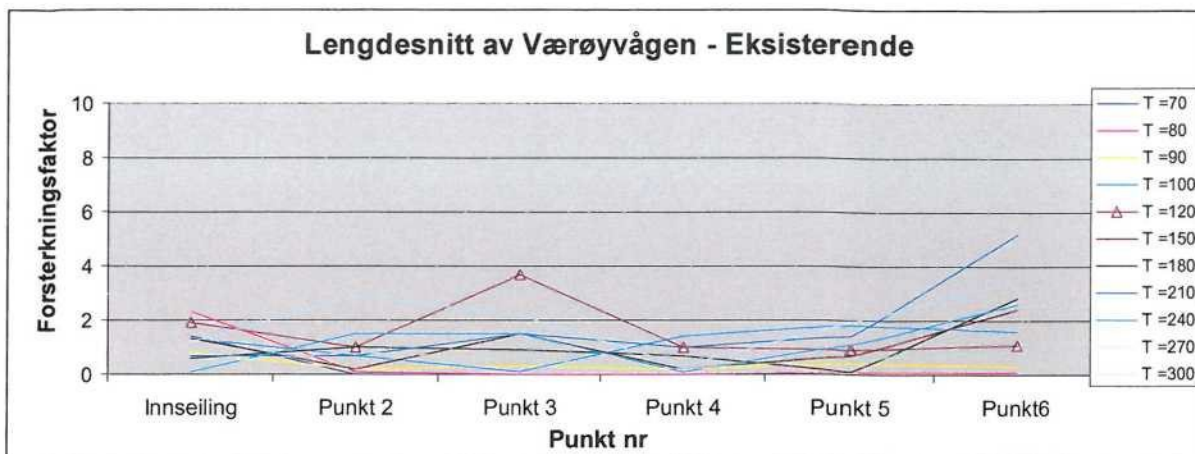
Figur 13 Punkter der forsterkningskoeffisienter er beregnet, her vist for Alternativ A. De samme punktene er benyttet for alle alternativer. Punkt 1 er også kalt "Innseiling" i figurene.

1.1.1 Værøyvågen

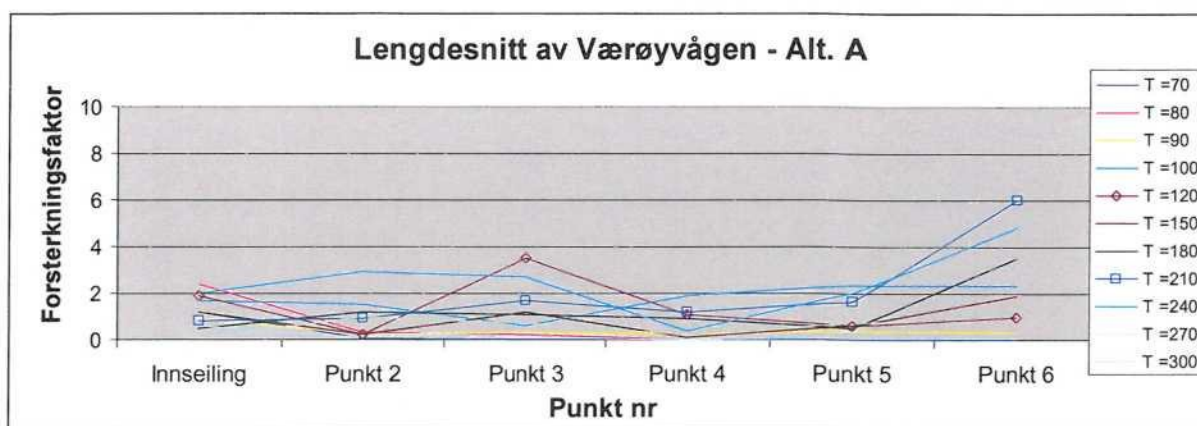
Det er forventet at Værøyvågen (hovedhavna) vil være lite påvirket av eventuelle endringer i Røstnesvågen. Figur 14 - Figur 16 viser hvordan forsterkningsfaktoren varierer med ulike perioder i punktene 1 - 6 for de tre alternativene som er undersøkt.

Vi ser at i dagens situasjon er det generelt lite drag i havna med noen tendenser til at det oppstår en høyere forsterkning helt innerst i Punkt 6. Endringene ved å gå til Alternativ A er også små, og en kan forvente at det ikke vil merkes noen endring som følge av alternativ A.

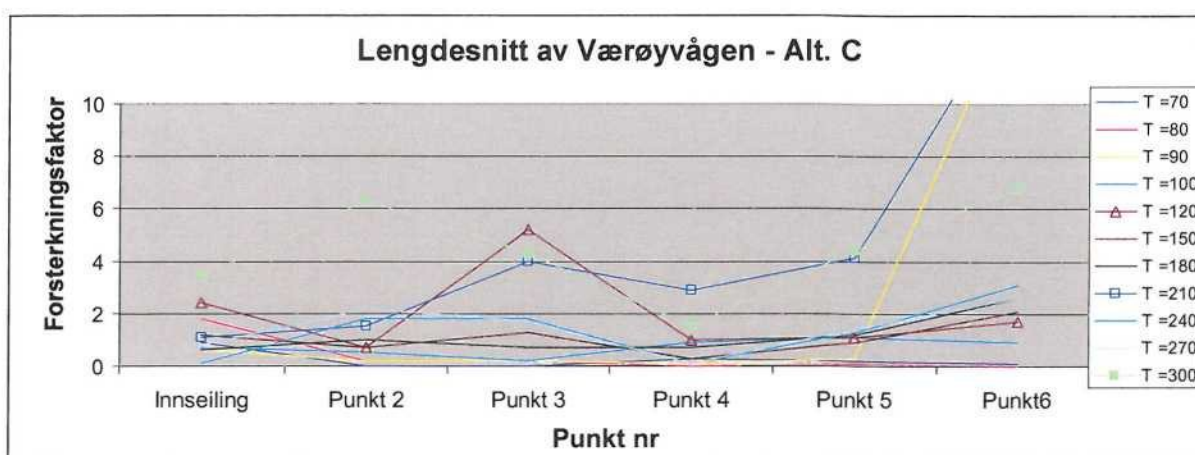
For Alternativ C blir det endringer og økt forsterkning av de lange bølgene, spesielt i Punkt 2 og innerst i Punkt 5 og 6.



Figur 14 Forsterkningsfaktorer i lengdesnitt av Værøyvågen - Eksisterende



Figur 15 Forsterkningsfaktorer i lengdesnitt av Værøyvågen - Alt A



Figur 16 Forsterkningsfaktorer i lengdesnitt av Værøyvågen - Alt C

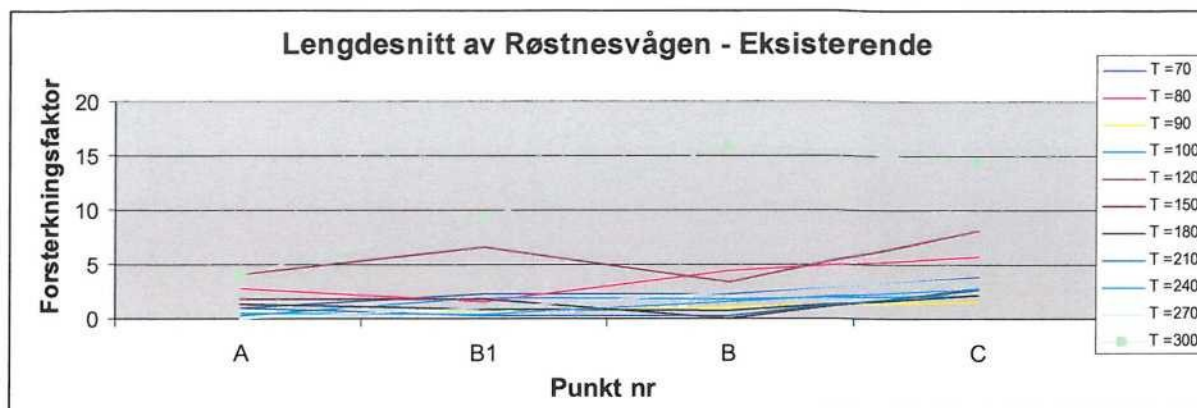
1.1.2 Røstnesvågen

Det er gjort en tilsvarende analyse av Røstnesvågen, og dette er vist i Figur 17 - Figur 19. Her må man imidlertid huske at mens vågen er åpen i sørenden (Punkt A) i Eksisterende situasjon og Alternativ C, er den i Alternativ A lukket i Punkt A og åpen bare i Punkt B. Vi forventer derfor at Alternativ A vil vise høyere forsterkning i Punkt A enn de andre, fordi dette punktet i Alternativ A er et endepunkt (dvs innerst i vågen), mens det for de to andre er åpent mot havet.

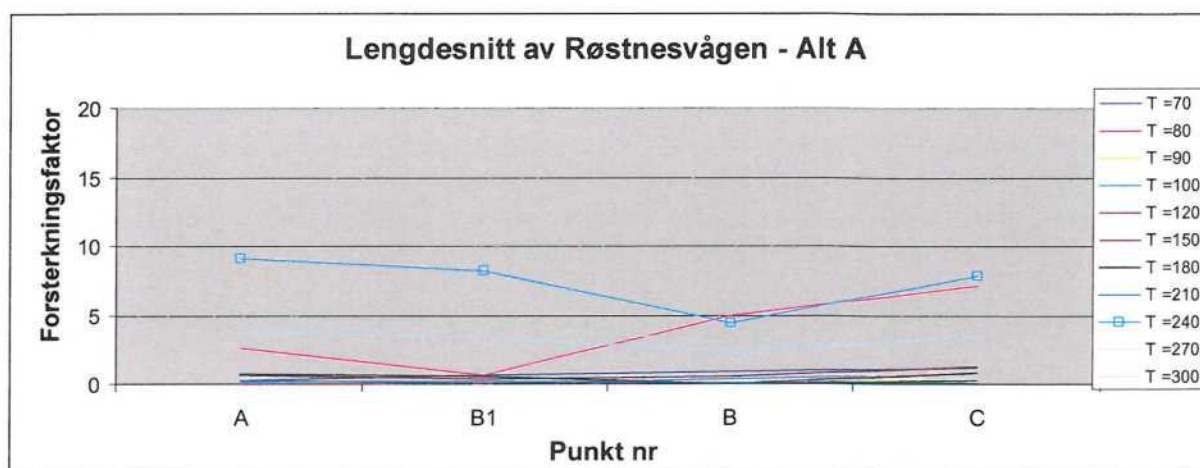
Vi legger merke til at i dagens situasjon er Røstnesvågen utsatt for langperiodiske bølger med periode 300 s med en forsterkningsfaktor på rundt 15 for de indre delene av vågen. Selv om dette er langsomme bevegelser (rundt 5 minutter periode), må man regne med at dette er merkbart for fartøyer som skal laste og losse ved at skipene følger vannet opp og ned.

Dersom vi lukker igjen dagens innseiling fra sør, forsvinner draget med periode 300 s, og erstattes av en ny bevegelse med periode 240 s som er noe mindre, men som nå er til stede i både søndre og nordre del av vågen.

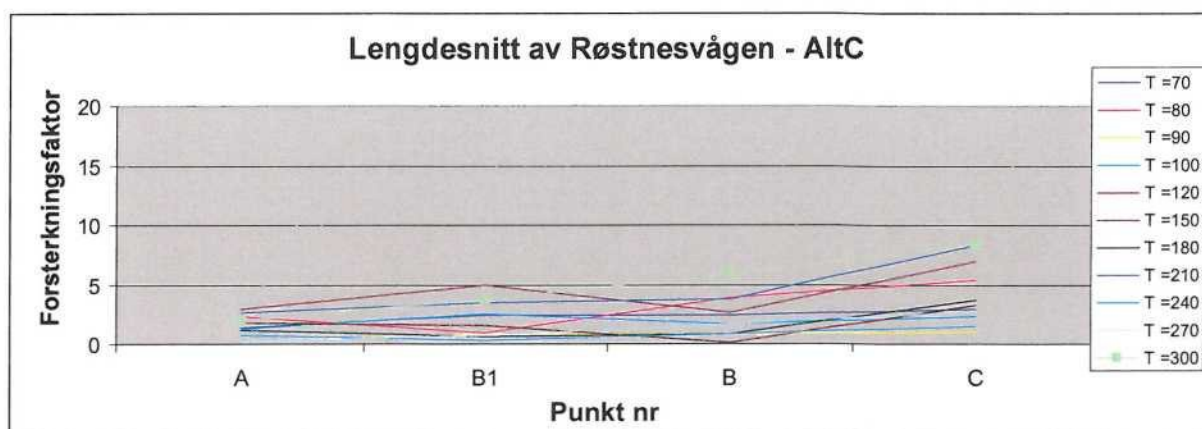
I Alternativ C oppstår det en "punktering" av bevegelsen med periode 300 s fra dagens situasjon, men ellers er forholdene omtrent uforandret.



Figur 17 Forsterkningsfaktorer i lengdesnitt av Røstnesvågen - Eksisterende



Figur 18 Forsterkningsfaktorer i lengdesnitt av Røstnesvågen - Alt. A



Figur 19 Forsterkningsfaktorer i lengdesnitt av Røstnesvågen - Alt C