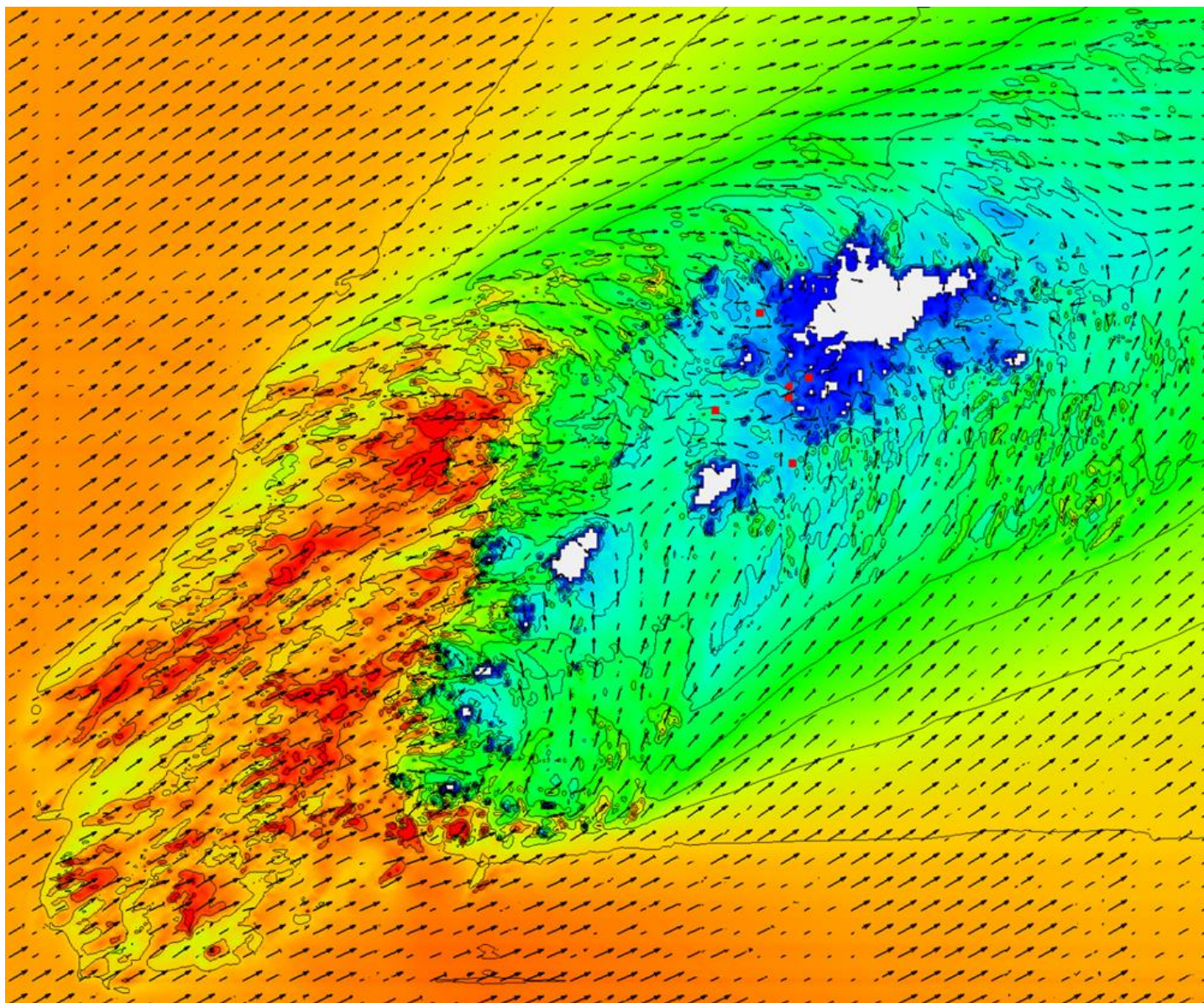


Kystverket

## ► Designvurdering Innseiling Røst

Supplerende numeriske analyser

Oppdragsnr.: 52303168 Dokumentnr.: KYST01 Versjon: J01 Dato: 2023-12-21



Oppdragsgiver: Kystverket  
Oppdragsgivers kontaktperson: Vegard Haraldseid  
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim  
Oppdragsleder: Robert Halse Lervik  
Fagansvarlig: Arne Erling Lothe  
Andre nøkkelpersoner: Herborg Jónsdóttir

|         |            |             |                |                |          |
|---------|------------|-------------|----------------|----------------|----------|
| J01     | 2023-12-21 | For bruk    | HerJon, RobLer | ArELo          | RobLer   |
| Versjon | Dato       | Beskrivelse | Utarbeidet     | Fagkontrollert | Godkjent |

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

Norconsult utførte i perioden 2013-2015 analyser av bølgeforholdene på Røst<sup>1</sup>. Analysene skulle utforske virkningen til forskjellige utkast til plassering av molo og utdypning for å sikre en tryggere innseiling og roligere havn (alternativ 1 til 7 ble analysert). Analysene så på et bredt spekter av kombinasjon av bølgeretning og toppperiode for å finne dimensjonerende bølger. Det ble utført ekstremverdianalyser for å finne dimensjonerende bølgehøyder, og en forprosjektering av molotversnitt. Disse resultatene er presentert i rapport «5124333 Røst – Bølge-analyse» [1].

Kystverket ønsker å utføre supplerende analyser til det som ble gjort i 2013. Denne rapporten omhandler de nye analysene og omfatter kun en virkningssammenligning mellom alle alternativer – nye og gamle. Det er ikke utført nye generelle analyser, som ble utført i 2013, som vil være gjeldende uansett alternativ. De nye analysene tar kun utgangspunkt i tre kombinasjoner av bølgeretning og periode (i åpent hav):

|                | Tp   | Dir  |
|----------------|------|------|
| <b>Case 27</b> | 12 s | 150° |
| <b>Case 38</b> | 14 s | 210° |
| <b>Case 43</b> | 14 s | 240° |

Ut fra de omfattende analysene i 2013 er det disse tre kombinasjonene som gir verst bølgeforhold i innseiling og/eller havn. Analysene er utført med samme underlag som i 2013, i bølgemodelleringsverktøyet SMS. Case 27 er beregnet for en tilstand med 1-års høyvann, og er tenkt som et ekstremt brukstilfelle av innseilingen. Case 38 og 43 er kjørt for både middelvann (+0.0 m NN2000 = +1.88 sjøkartnull) og ekstrem-høyvann med 100 års returperiode (+4.3 m sjøkartnull).

De nye alternativene skiller seg fra tidligere med å ha en direkte utseiling mot vest-sørvest med en mindre åpning i moloen. Støvelhavet her er grunt, og kun mindre fartøy går over her per dags dato. Tidligere analyser har sett på sakset mololøsning, og en direkte åpning som er stor (150 m). Ny løsning er å se på en direkte åpning i moloen i størrelsesorden 40 m i vannlinja. Dette mener de lokale brukerne er tilstrekkelig for de mindre båtene. Nye alternativ 8 og 9 er tilnærmet like og ender på forskjellig punkt øst for Brødran. Dette for å se på sensitiviteten rundt plassering av molo, siden løsmassemektingen mot innseilingen her er funnet å være stor ( $\approx 12$  m). Geoteknisk stabilitet er fryktet å kunne bli et problem. Alternativ 10 er lik alternativ 9, men med sørgående tilleggsmolo som strekker seg parallelt med innseilingen.

Resultatene viser at alternativ 4 og 7 fra forrige analyse presterer best målt i resulterende bølgehøyde i innseiling og havn. Disse har henholdsvis ingen åpning og sakset molo. Av alternativene med åpning er det alternativ 10 som presterer best. Dette er den minste åpningen på rundt 40 m og sørgående molo langs innseilingen. Resultatene viser en tydelig og gunstig virkning fra sørgående molo fra Brødran langs innseilingen.

<sup>1</sup> Internoppdrag 5124333

## ► Innhold

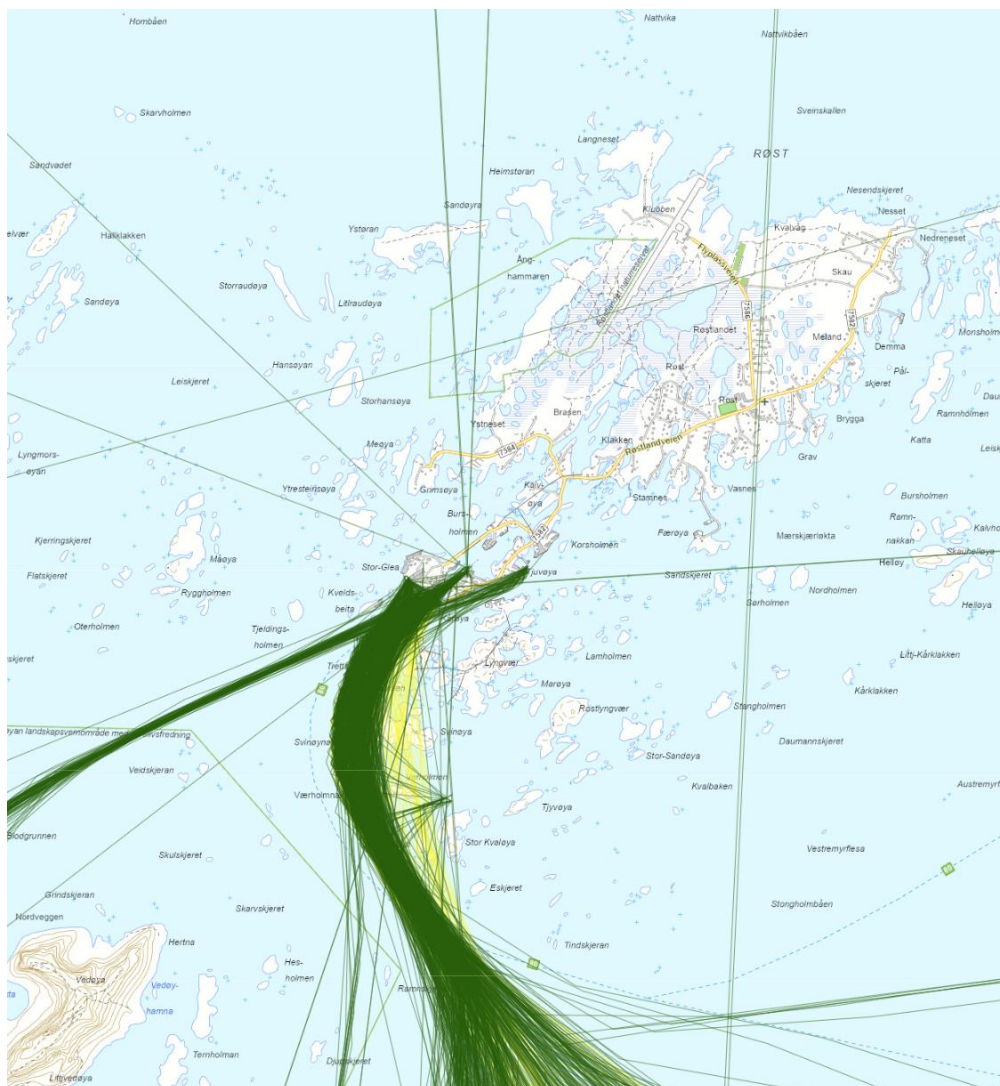
|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning</b>                     | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Underlagsdata og havnivå</b>       | <b>6</b>  |
| 2.1      | Underlagsdata                         | 6         |
| 2.2      | Havnivå                               | 6         |
| <b>3</b> | <b>Metode</b>                         | <b>9</b>  |
| 3.1      | Bølgeanalyse                          | 9         |
| <b>4</b> | <b>Alternativer</b>                   | <b>13</b> |
| 4.1      | Gamle alternativer                    | 13        |
| 4.1.1    | <i>Alternativ 1</i>                   | 14        |
| 4.1.2    | <i>Alternativ 2</i>                   | 14        |
| 4.1.3    | <i>Alternativ 3</i>                   | 15        |
| 4.1.4    | <i>Alternativ 4</i>                   | 15        |
| 4.1.5    | <i>Alternativ 5</i>                   | 16        |
| 4.1.6    | <i>Alternativ 6</i>                   | 16        |
| 4.1.7    | <i>Alternativ 7</i>                   | 17        |
| 4.2      | Nye alternativer                      | 18        |
| 4.2.1    | <i>Alternativ 8</i>                   | 19        |
| 4.2.2    | <i>Alternativ 9</i>                   | 20        |
| 4.2.3    | <i>Alternativ 10</i>                  | 20        |
| <b>5</b> | <b>Resultat</b>                       | <b>21</b> |
| 5.1      | Relevante resultater fra 2013-2015    | 22        |
| 5.2      | Nye analyser                          | 23        |
| 5.3      | Bølger fra Sørøst med ett års høyvann | 27        |
| <b>6</b> | <b>Anbefalt alternativ</b>            | <b>28</b> |
| <b>7</b> | <b>Referanser</b>                     | <b>29</b> |
| <b>8</b> | <b>Supplerende resultater</b>         | <b>30</b> |

## 1 Innledning

Kystverket skal utrede og planlegge tiltak for å bedre innseilings- og havneforholdene på Røst. Tiltaket omfatter utdyping og etablering av liggehavn, utdyping i innseiling, utdyping til snuareal for ferge, etablering av molo og strandkantdeponi og ny merkeplan.

Norconsult ble i tidsrommet 2013-2015 engasjert for å utrede bølgevirkning av forskjellige moloalternativer. Disse skulle som hovedsak beskytte havna fra tungsjø fra sørvest, og trygge innseilingen. Fylkeskommunene overtok i 2020 ansvaret for fiskerihavnene fra staten. I 2023 ble dette ansvaret ført tilbake til Staten ved Kystverket, som nå har tatt opp igjen prosjektet på Røst.

Siden arbeidet med moloalternativ 1-7 i 2013-2015 har Kystverket jobbet med saken, og ønsker nå bistand med å utrede ytterligere noen alternative utforminger. Alternativene er stort sett varianter av de samme som ble vurdert tidligere.



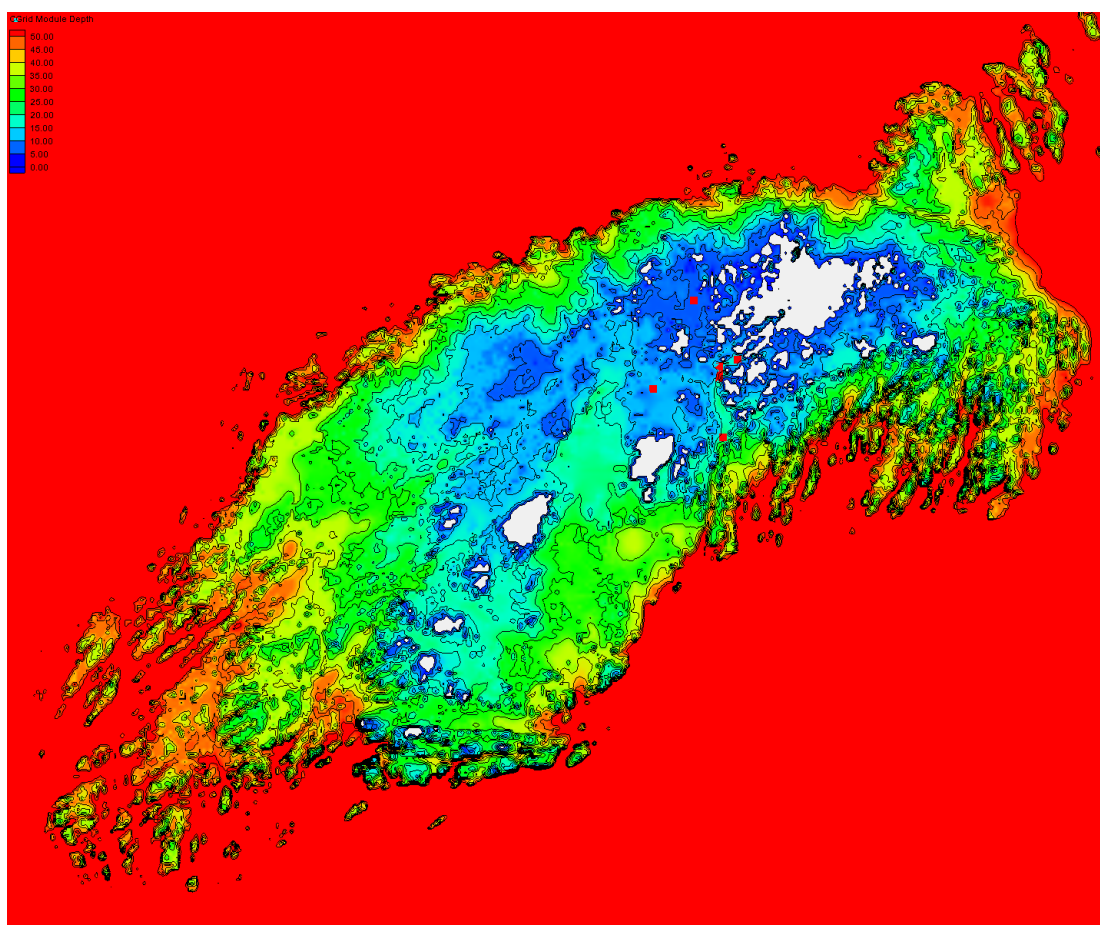
Figur 1-1: Oversikt innseiling Røst med AIS data fra 2019. Grønn er fiskerifartøy, gul er passasjerfartøy.

## 2 Underlagsdata og havnivå

### 2.1 Underlagsdata

I dette studiet har vi benyttet samme dybdeedata, levert av Kystverket, som ble brukt i det tidligere studiet i 2013-2015. Dybdeedataen som er brukt er vist i Figur 2-1. Figuren viser detaljert data i dybdeområdet 0 til -50 m (LAT).

Det er mulig det har skjedd mindre endringer i batymetri som følge av sedimenttransport, små lokale utfyllinger, erosjon og lignende etter kartleggingen som er brukt her. Disse vil ikke være store nok til å påvirke nøyaktigheten til modellene som er brukt. Kartgrunnlaget anses derfor som nøyaktig nok for bølgemodellene som er brukt.



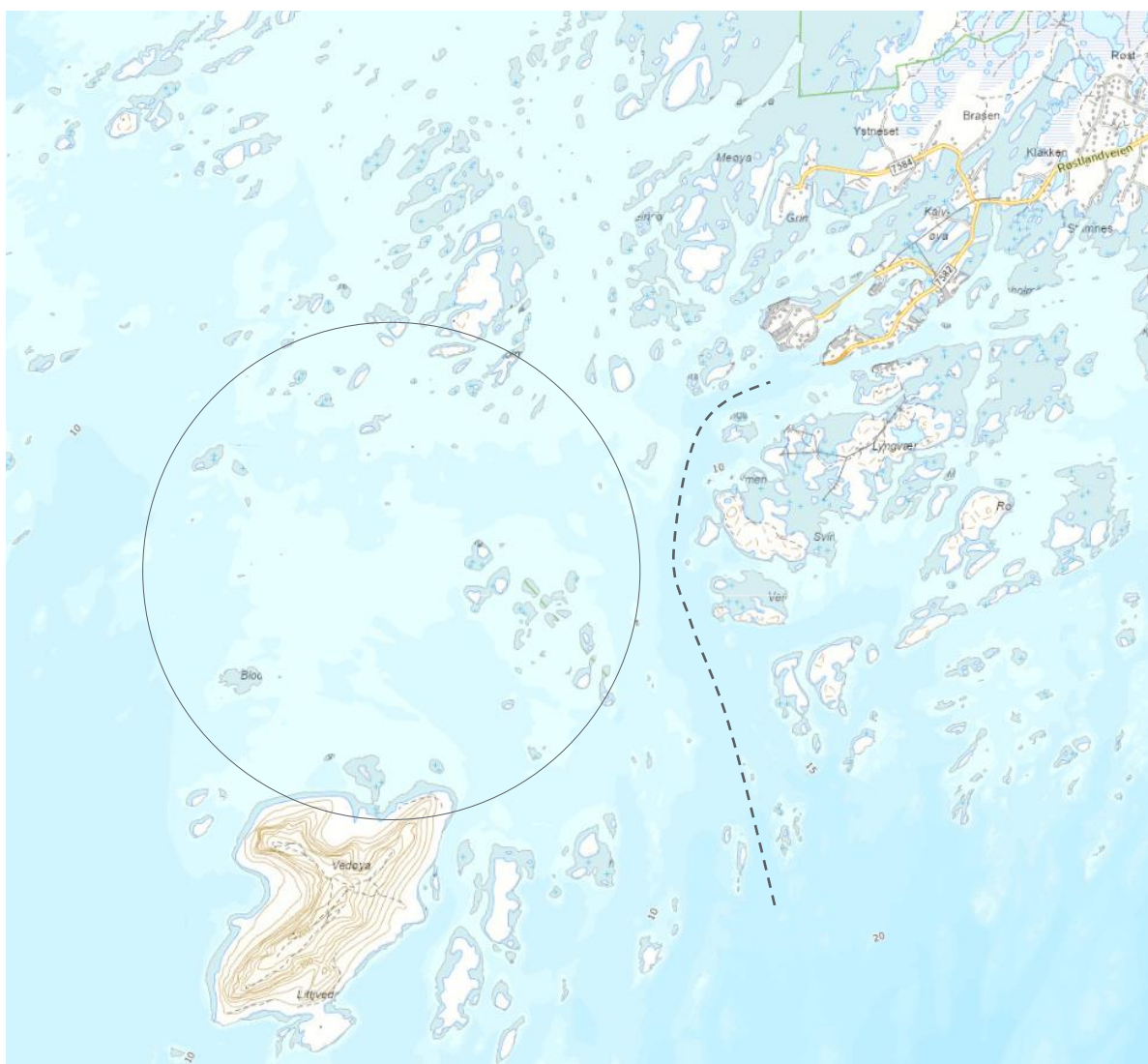
Figur 2-1: Oversiktsbilde av bølgemodell nivå 2. Rødt område ligger under -50 m LAT.

### 2.2 Havnivå

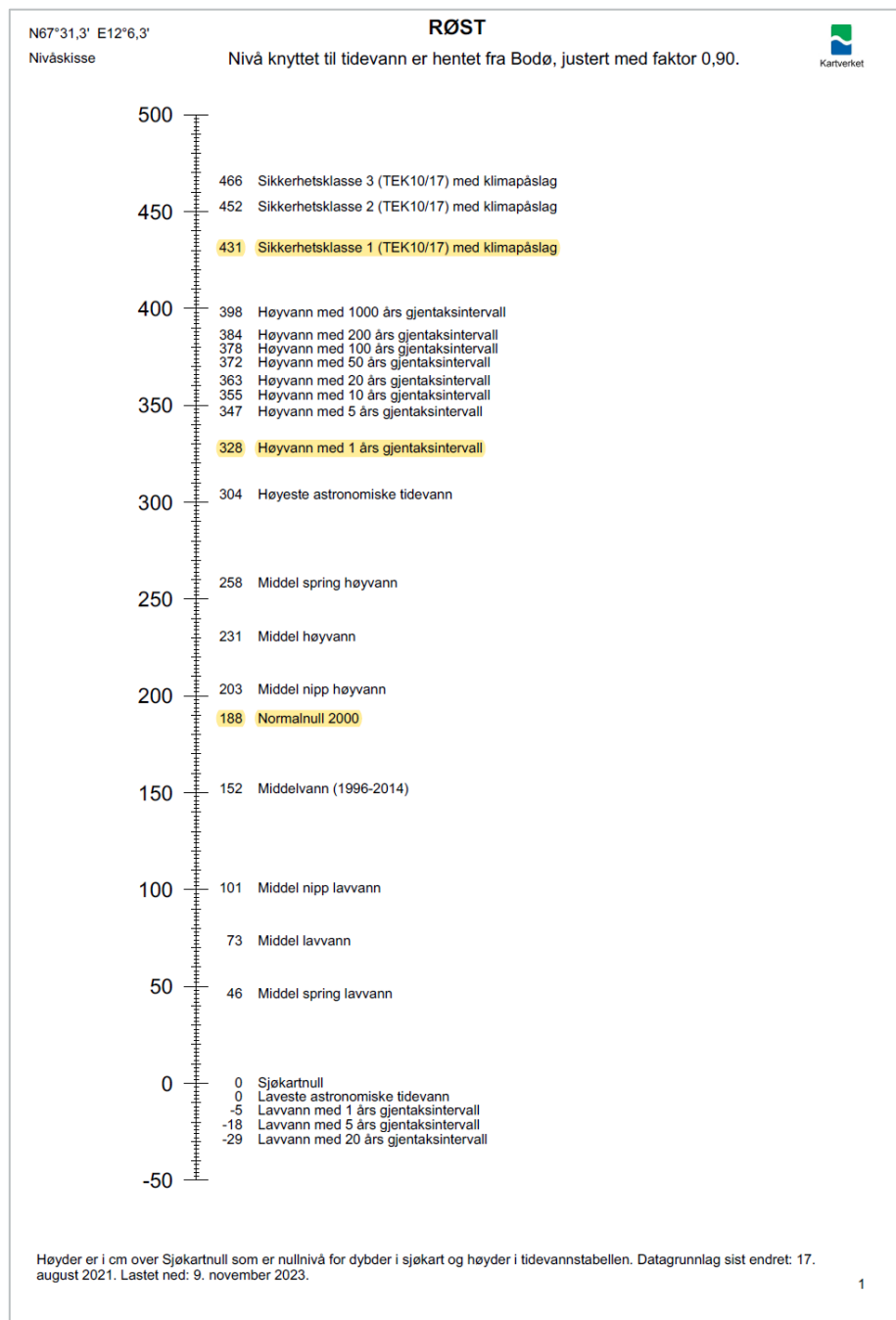
Det er ønsket å se på tilfeller med bølger både under ekstrem vannstand og middel vannstand. I de tidligere analysene ble det brukt 100 års returperiode og en ekstrem vannstand tilsvarende sikkerhetsklasse F1. I dag benyttes vanligvis 200 års returperiode og sikkerhetsklasse F2 i henhold til TEK17 §7-2 [2]. Det er likevel valgt å fortsette med 100 års returperiode og sikkerhetsklasse F1 på de nye alternativene slik at resultatene fra nye beregninger er sammenlignbare med tidligere resultater. Middelvannstand er nær NN2000.

Fra seahavn.no [3] finner man at vannstanden må økes med +4.3 m for å tilsvare ekstremt havnivå, og vannstanden må økes med +1.88 m for å tilsvare middel havnivå, relativt til sjøkartnull (dybde-dataene) se Figur 2-3.

Begge situasjoner analyseres, da støvelhavet nord for Vedøya bryter mye bølger ved lav til middel vannstand. Ved ekstrem-høyvann (sikkerhetsklasse F1, F2) dobles dybden for de dypeste partiene her. Da slippes mye mer bølgeenergi inn mot Røst fra vest. Ved brukssituasjon i innseiling er det mer relevant å se på middelvann og bølgeenergien som oppstår da. Ekstreme vannstander oppstår oftest sammen med uvær og storm, og da er det ingen fartøyer som går inn eller ut av innseilingen.



Figur 2-2: Hovedretninger for innkommende bølgeenergi. Hoved-innseiling (stiplet) og støvelhavet nord for Vedøya (sirkel). Lysere blå er grunnere hav, mørkere blå er dypere. Dybder referert til sjøkartnull.



Figur 2-3: Vannstand ved Røst i cm over Sjøkartnull (LAT)

## 3 Metode

Det vises til rapporten fra 2013-2015 for mer omfattende analyser av bølgeforholdene i havna [1]. Den forrige rapporten tar for seg og analyserer i hvor stor grad bølgene kommer fra nord, vest eller sør. Denne rapporten og de nye analysene av moloalternativ ser kun på virkningen av de ulike moloalternativene satt opp mot dagens situasjon.

### 3.1 Bølgeanalyse

De supplerende bølgeanalysene er utført med modell-verktøyet STWAVE i to steg.

1. En stor modell (nivå 2 i [1]) som omfatter området gitt av Kystverkets dybdeedata er benyttet til å finne bølgespekteret i målepunktene A og E, se Figur 3-1. Punktene er plassert i de naturlige retningene hvor bølger kan komme inn mot havna i den detaljerte modellen. Oppløsningen i denne modellen er  $100 \times 100 \text{ m}^2$ . Modellene fra 2013-2015 er kjørt på ny med innkommende «enhetsbølger»  $H_s = 5 \text{ m}$  fra forskjellige retninger og med forskjellig periode. Bølgene fra storhavet i vest til sør-vest har mer andel dønninger i seg, og her forventes det lengre perioder. Etter hvert som man får bølger fra mer sør eller sørøstlig retning er det større andel vindbølger<sup>2</sup> som følger. Disse har typisk lavere topp periode. Alle analyserte kombinasjoner er vist i Tabell 3-2, og Case 38 og 39 ble funnet å være mest hensiktsmessig å gå videre med. Disse er listet i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Inputverdier for Case 27, 38 og 43

|         | $H_s$ inn | $T_p$ | Retning |
|---------|-----------|-------|---------|
| Case 27 | 5 m       | 12 s  | 150°    |
| Case 38 | 5 m       | 14 s  | 210°    |
| Case 43 | 5 m       | 14 s  | 240°    |

Tabell 3-2: Analyserte kombinasjoner (x) av spektral topp-periode og retning i forrige rapport, og caser som er jobbet videre med i denne rapporten, 27, 38 og 43.

| Retning<br>[°] | Topp periode |     |     |     |     |
|----------------|--------------|-----|-----|-----|-----|
|                | 10s          | 12s | 14s | 16s | 18s |
| 0 (fra nord)   |              | x   | x   | x   |     |
| 30             |              |     |     |     |     |
| 60             | x            | x   |     |     |     |
| 90 (fra øst)   | x            | x   |     |     |     |
| 120            | x            | x   |     |     |     |
| 150            | x            | 27  |     |     |     |
| 180 (fra sør)  | x            | x   |     |     |     |
| 210            |              | x   | 38  | x   |     |
| 240            |              | x   | 43  | x   |     |
| 270 (fra vest) |              | x   | x   | x   |     |
| 300            |              | x   | x   | x   |     |
| 330            |              | x   | x   | x   |     |

<sup>2</sup> Vindbølger er her definert som bølger med kortere periode som følge av kortere strøklengde. Dønningsbølger er også vindbølger, men da med lange strøklengder (f. eks fra Grønland, Island, etc.) som fører til lengre perioder.

I punkt A og E er det hentet ut bølgespekter for både middel havnivå (+1.88 m over LAT) og ekstrem havnivå (+4.3 m over LAT) ved Case 38 og Case 43. Dette tilsvarer fire bølgespekter per målepunkt som ble hentet ut fra nivå 2 modellen, ref. Tabell 3-3.

Tabell 3-3: Bølgespekter i målepunkter

| Målepunkt A                 |         |                              |         | Målepunkt E                 |         |                              |         |
|-----------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------------|---------|------------------------------|---------|
| Ekstrem havnivå<br>+4.3 LAT |         | Middels havnivå<br>+1.88 LAT |         | Ekstrem havnivå<br>+4.3 LAT |         | Middels havnivå<br>+1.88 LAT |         |
| Case 38                     | Case 43 | Case 38                      | Case 43 | Case 38                     | Case 43 | Case 38                      | Case 43 |

- Den detaljerte modellen er vist i Figur 3-2. Denne modellen har en oppløsning på 15 x15 m<sup>2</sup>, og modellen kalles nivå 3, ref. [1]. Spektrene fra punkt A og E eksporteres fra nivå 2 og importeres inn i nivå 3 langs respektive render, med de ulike moloalternativene tegnet inn. Spektrene sendes videre inn mot innseglingen, og benyttes til å beregne bølgehøydekoefisienter i de 14 nye punktene a-Z.

For hvert av de nye punktene a-Z får man resultater for de fire ulike tilfellene. Resultatene er presentert i kapittel 5 Resultat.

For de fleste tilfeller kan man representere bølge-transformasjonen fra åpent hav og inn til et punkt i innseilinga og havna med en bølgehøydekoefisient. Denne er definert som:

$$C = \frac{H_{s,P}}{H_{s,0}} = C(\theta, T_p)$$

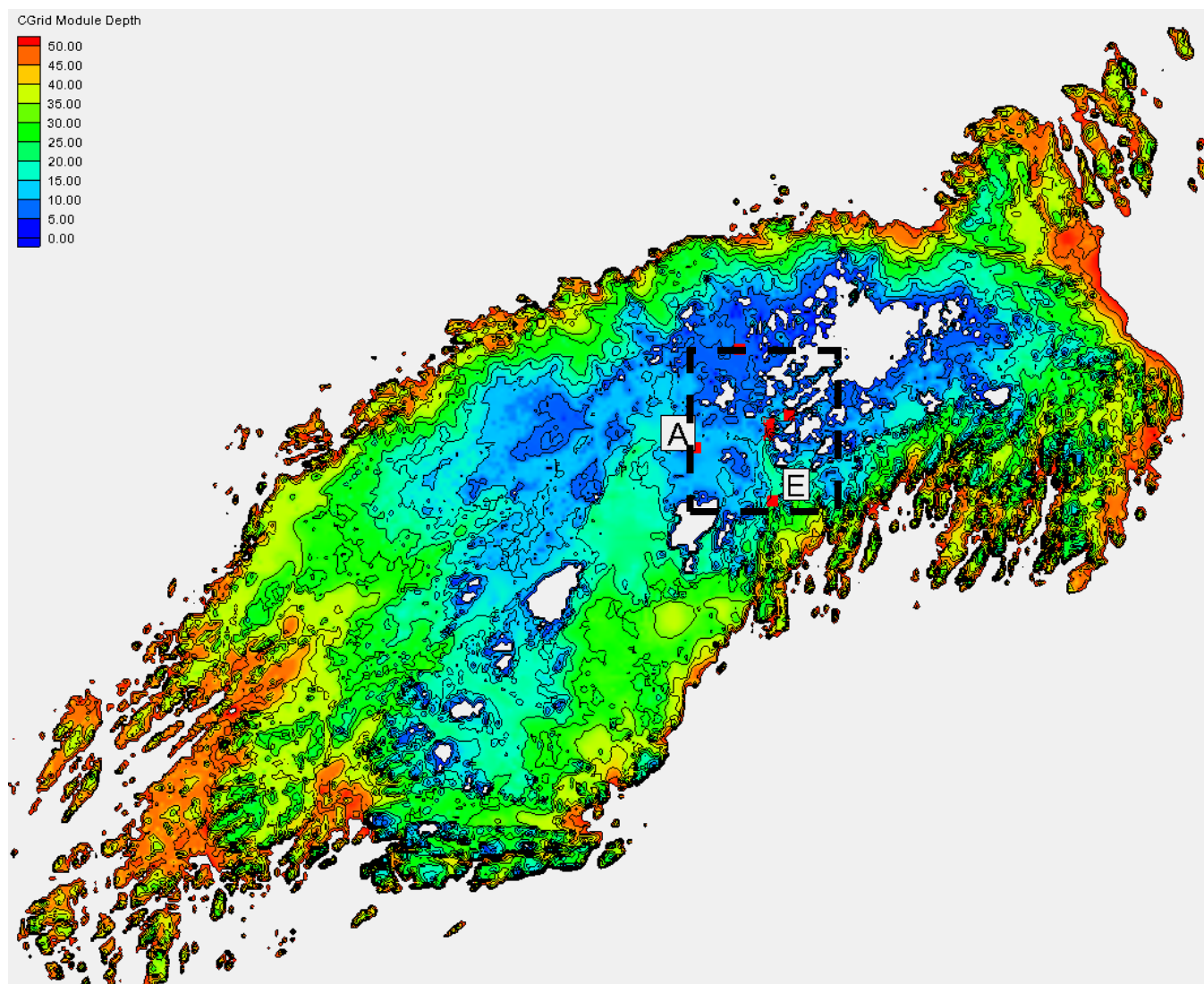
hvor

|           |                                                  |
|-----------|--------------------------------------------------|
| $H_{s,P}$ | = Signifikant bølgehøyde i et punkt P            |
| $H_{s,0}$ | = samtidig signifikant bølgehøyde i åpent hav    |
| $\theta$  | = middel bølgeretning i åpent hav                |
| $T_p$     | = spektral topp-periode for bølgene i åpent hav- |

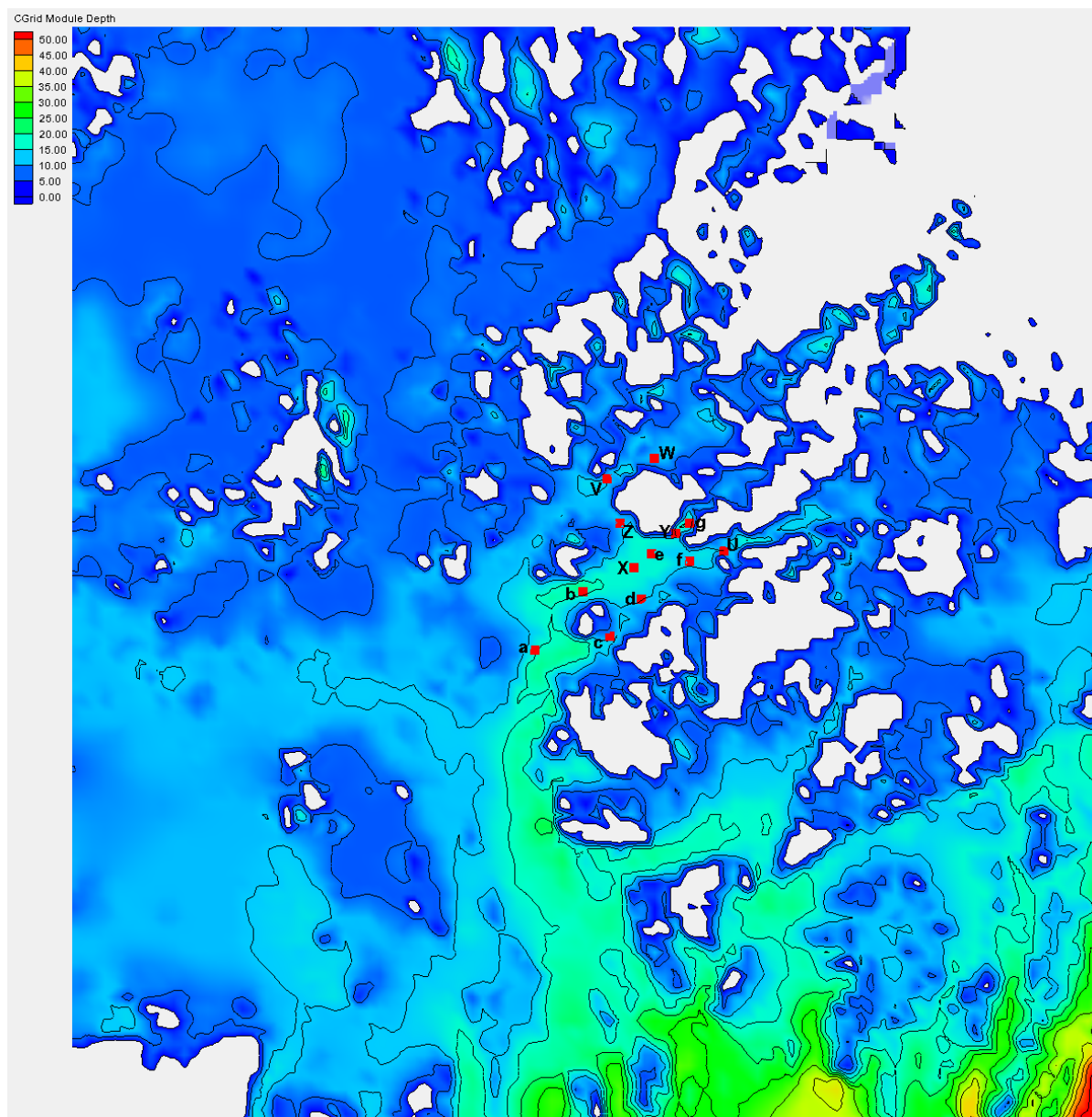
I praksis betyr det at den prosentvise reduksjon (eller økning) i bølgehøyde fra åpent hav og inn til havna varierer med bølgeperiode og bølgeretning, men er *uavhengig* av bølgehøyden. Vi kan derfor gjennomføre analysen for et utvalg av bølgeretninger og bølgeperioder, men holde inngående bølgehøyde konstant, f. eks på  $H_s = 5.0$  m. Denne teorien er gyldig så lenge det ikke forekommer vesentlig brytning av bølgene andre steder enn direkte mot land. Dersom det forekommer brytning, vil mindre bølger gli over grunner uten å bryte, mens de høyere bølgene vil ha en økende tendens til å bryte og dermed tape energi.

Dette kan være aktuelt for støvelhavet nord for Vedøya, hvor brytning kan forekomme, særlig på middel- eller lavvann. For å sikre at ikke bølgehøyden ikke overestimeres er prosessen ovenfor gjentatt i en situasjon der

bølgehøyden i åpent hav er satt lik 200-års signifikant bølgehøyde fra den aktuelle retningen. Det vil gi en grense for hvor høye bølgene ved anlegget kan bli, uansett hvor høye bølgene i åpent hav er. Dette siste trinnet ble utført i 2013 rapporten og gjentas ikke i de nye analysene, da hovedformålet ikke er å finne dimensjonerende bølgehøyder for molodimensjonering eller lignende.



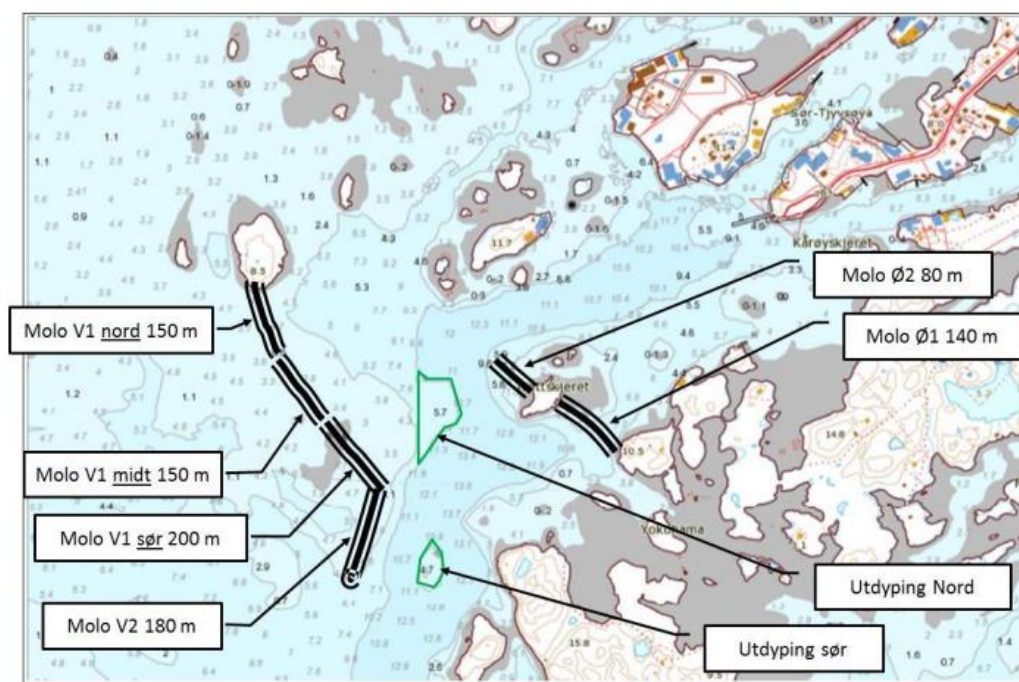
Figur 3-1: Punktene A og E i modell ved nivå 2. Omfang modell nivå 3 (Figur 3-2) vist i stipleboks. Fargeskala viser dybder.



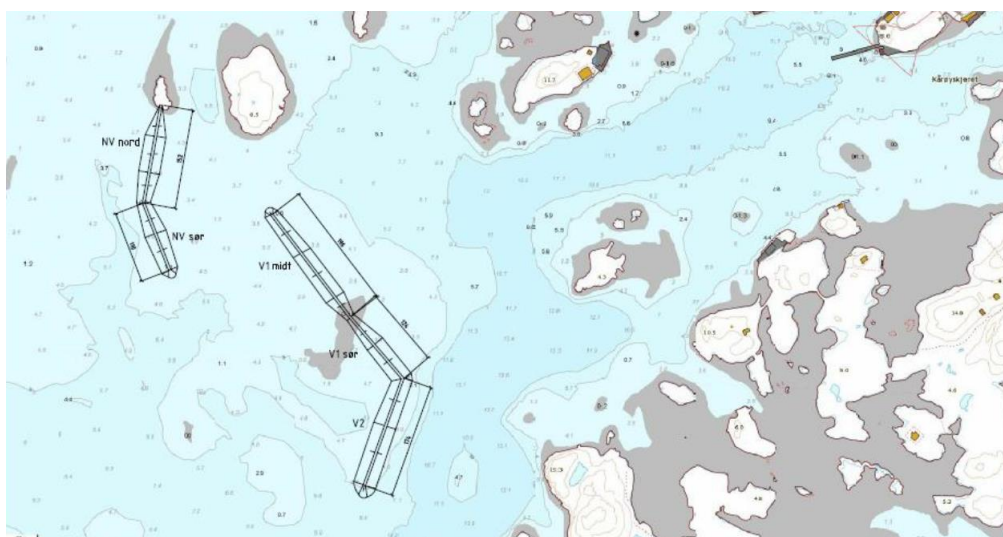
Figur 3-2: Dybdekart nivå 3 med nye punktene a-Z. Fargeskala viser dybder.

## 4 Alternativer

### 4.1 Gamle alternativer



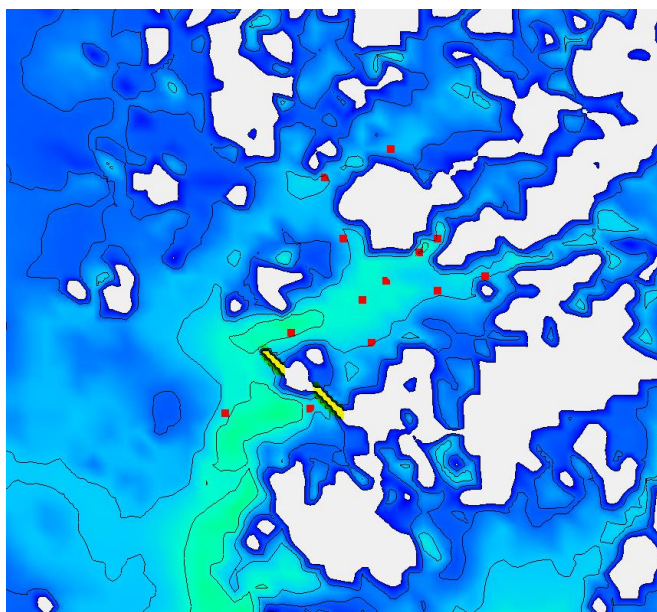
Figur 4-1: Moloer og utdypningstiltak som er inkludert i den gamle analysen. Lengdene angitt i figuren er grove anslag. Kombinasjoner av delelementene gir alternativ 1-6. Hentet fra figur 13 i [1]



Figur 4-2: Alternativ 7. Angitte lengder avviker noe fra lengdene i Figur 4-1. Hentet fra figur 14 i [1]

#### 4.1.1 Alternativ 1

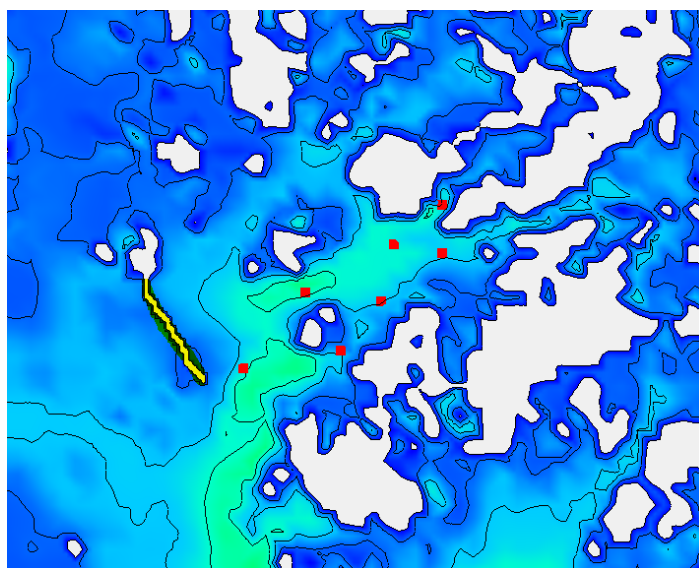
Alternativ 1 er formulert i henhold til Kystverkets opprinnelige forslag, med Molo Ø1 og Ø2 ved Trettskjæret. Denne løsningen forutsetter at bølgene kommer fra sørlig sektor.



Figur 4-3: Moloalternativ 1

#### 4.1.2 Alternativ 2

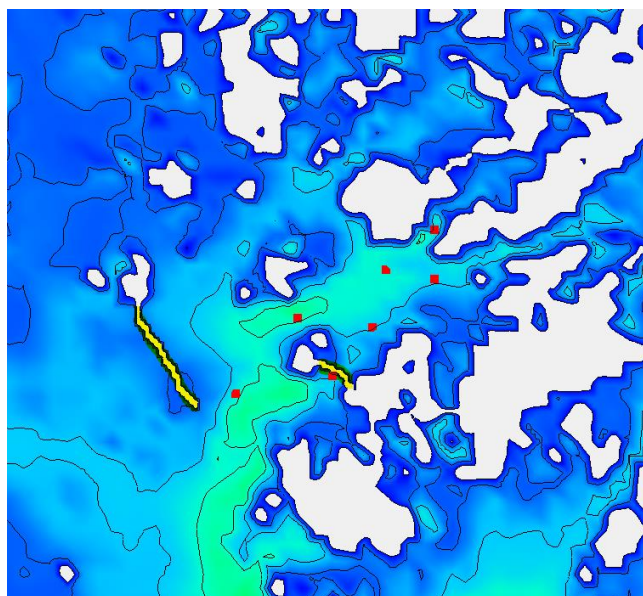
Alternativ 2 er en 500 m lang molo som dekker fra vest. Moloen kalles V1 og består av delene V1 nord, V1 midt og V1 sør.



Figur 4-4: Moloalternativ 2

#### 4.1.3 *Alternativ 3*

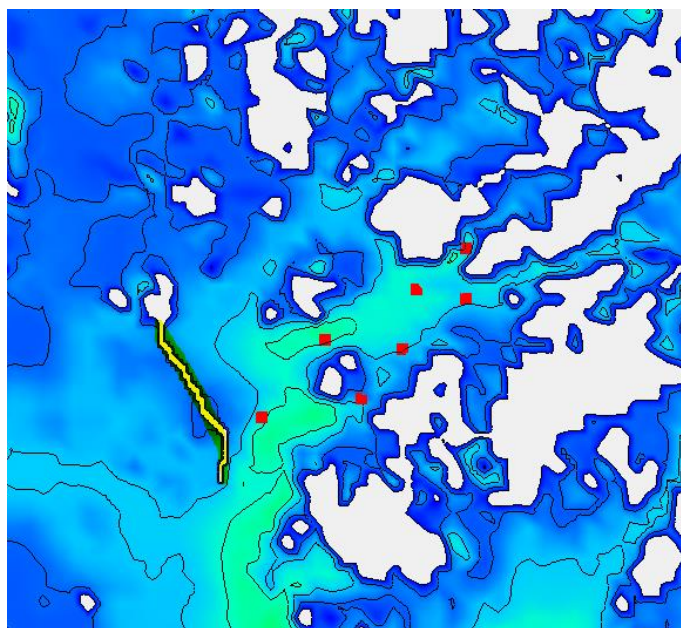
Alternativ 3 har den vestlige dekningsmoloen V1 (500m) + den innerste delen av moloen på østsiden (Ø1, 140 m).



Figur 4-5: Moloalternativ 3

#### 4.1.4 *Alternativ 4*

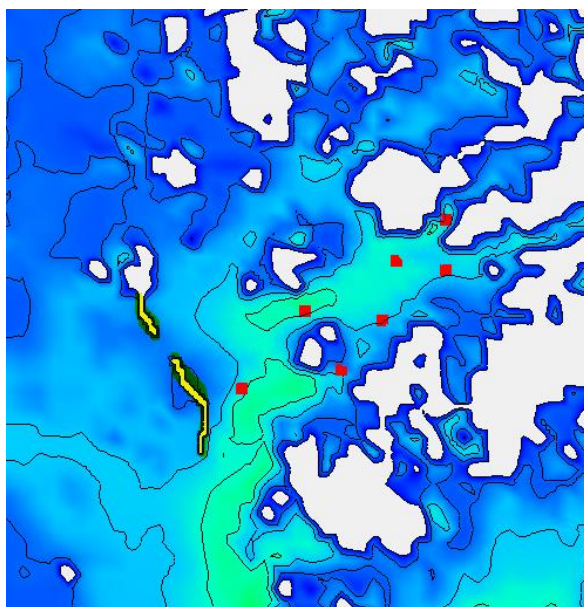
Alternativ 4 består av moloer bare på vestsiden: her er Molo V1 (500m) forlenget rett mot sør med en 180 m molo V2 som dekker den sørlige delen av innseilingen.



Figur 4-6: Moloalternativ 4

#### 4.1.5 *Alternativ 5*

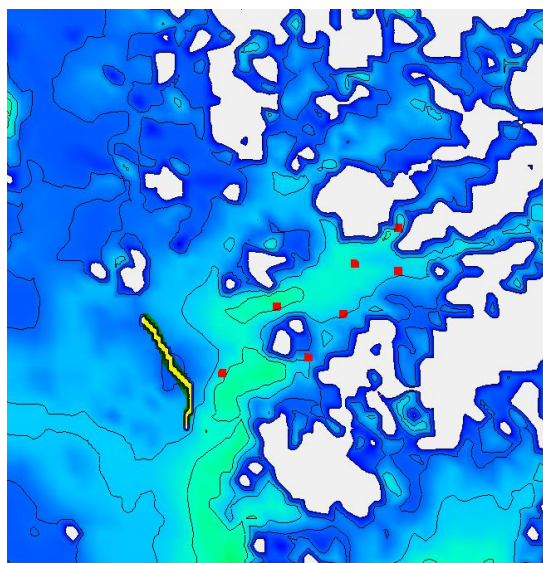
Alternativ 5 er et forsøk på å bevare leia mot vest som benyttes av mindre båter. Her er seksjonen molo V1 midt tatt ut slik at mindre båter kan gå ut mot vest. Konsekvensene for dette er at det kommer mer bølge-energi inn.



Figur 4-7: Moloalternativ 5

#### 4.1.6 *Alternativ 6*

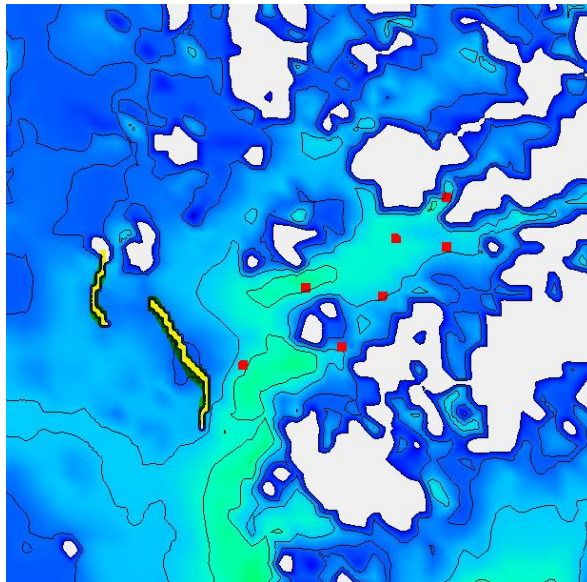
Alternativ 6 skal løse det samme problemet som Alternativ 5, men her er åpningen trukket lenger mot nord, ved at molo V1 nord er fjernet.



Figur 4-8: Moloalternativ 6

#### 4.1.7 *Alternativ 7*

Alternativ 7 er en variant av alternativ 6, ved at seilingsleia mot vest er bevart i nordre del, men en ny molo er bygget vest for åpningen for å hindre bølger fra å komme inn.



Figur 4-9: Moloalternativ 7

## 4.2 Nye alternativer

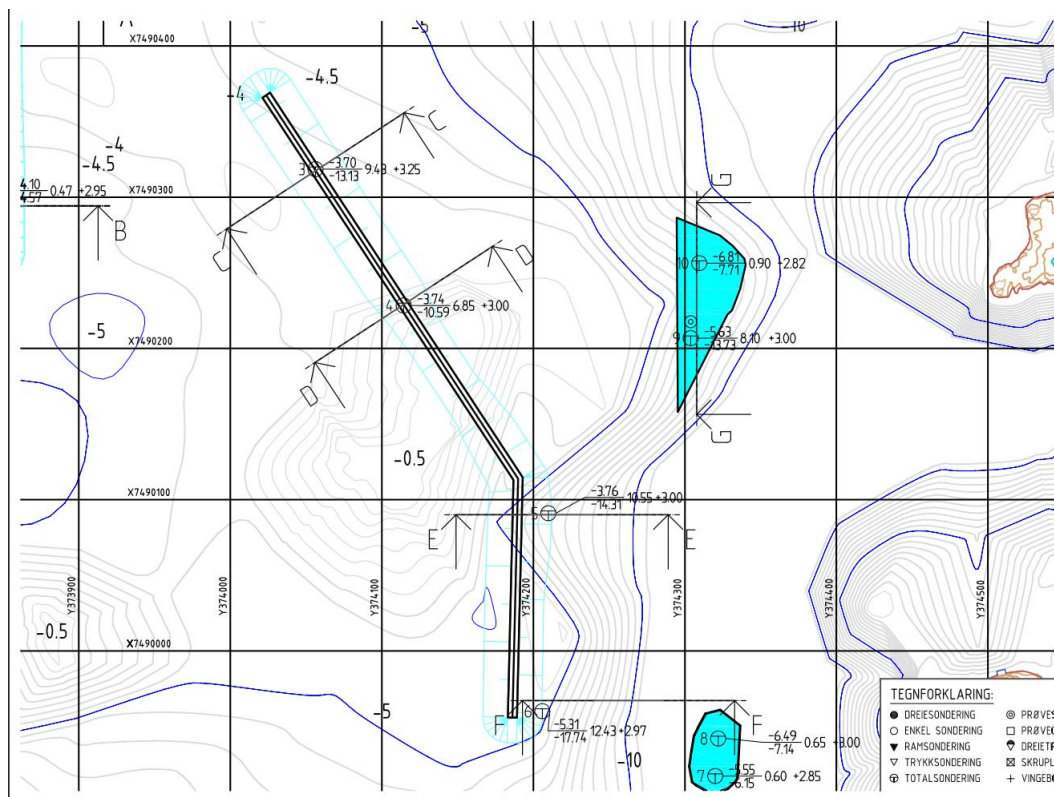
Alternativ 2 til 4 stenger fullstendig for bølger fra vest med heltrukken molo mellom Tjeldingsholmen og Brødran. Da har man ingen seilingsmulighet direkte ut. Alternativ 5 har åpning midt på, men denne er forholdsvis stor, på omtrent 100 - 150 m. Alternativ 7 tilbyr fri utseiling, men også tilnærmet like god skjerming som alternativ 4. Her går nordvestlige molo over områder med større løsmassetykkelse, som kan by på større utfordringer med tanke på stabilitet. Småbåteierne har også uttrykt ønske om å kunne gå direkte ut gjennom en åpning i moloen, og ikke utføre en sving manøver som er nødvendig for alternativ 7. Dette kan være utfordrende med dårlig vær, når farten må sakkes for å klare innseilingen. Da er det bedre å kunne holde høyere styrefart og gå rett inn gjennom åpningen.

Derfor ønsket Kystverket å få utført nye analyser med en kortere åpning i moloen. Alternativ 8 og 9 tar utgangspunkt i alternativ 5, bare med mindre åpning. Ønsket åpning er 40 m. Ved å gå ut ifra 40 m åpning fra molofot til molofot får man omtrent 54 m åpning på havoverflaten. Se Figur 4-10. Det er også sett på to forskjellige avslutninger av molo V1 sørøst for Brødran, ettersom det her er funnet stor løsmassemekthet. Se Figur 4-10. På grunn av mulige utfordrende geotekniske forhold vil man se om det utgjør en vesentlig forskjell for bølgeforholdene mellom alternativ 8 og 9.

Alternativ 10 tar utgangspunkt i alternativ 9, men har i tillegg en molobit som går sørover langs innseilingen for bedre skjerming av innseilingen. Alternativ 4 viste god virkning kontra alternativ 2 og 3 for innseilingen. Dermed er det ønskelig å se på ett alternativ hvor dette er hensyntatt – alternativ 10.



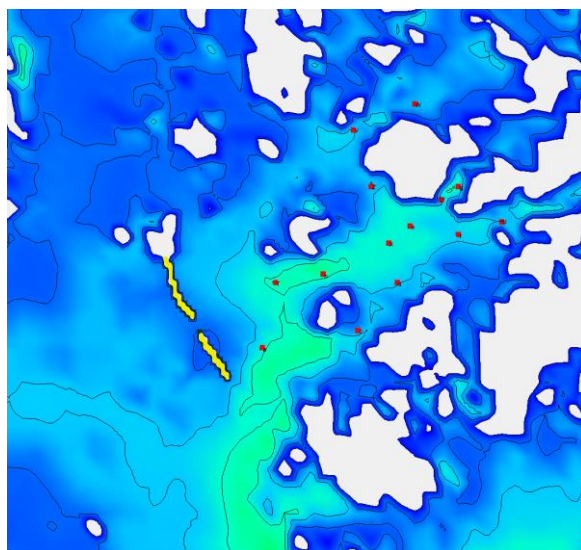
Figur 4-10: Moloalternativ 8 og 9 med 54 m åpning mellom molo V1 nord og V1 sør.



Figur 4-11: Borreprøver i området molo V1 sør skal ende. Hentet fra Multiconsultrapport [4].

#### 4.2.1 Alternativ 8

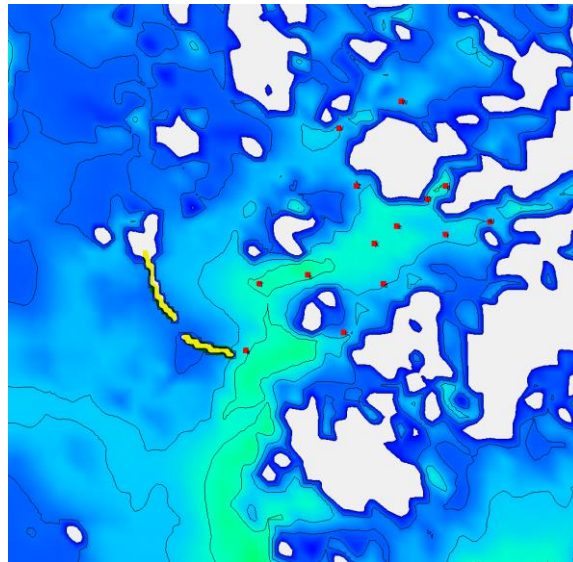
Foten på molo V1 sør ender på sørlig del av grunne sørøst for Brødran. Borreprøver viser at det er rundt 11 m med løsmasse der foten av molo V1 sør står.



Figur 4-12: Moloalternativ 8

#### 4.2.2 *Alternativ 9*

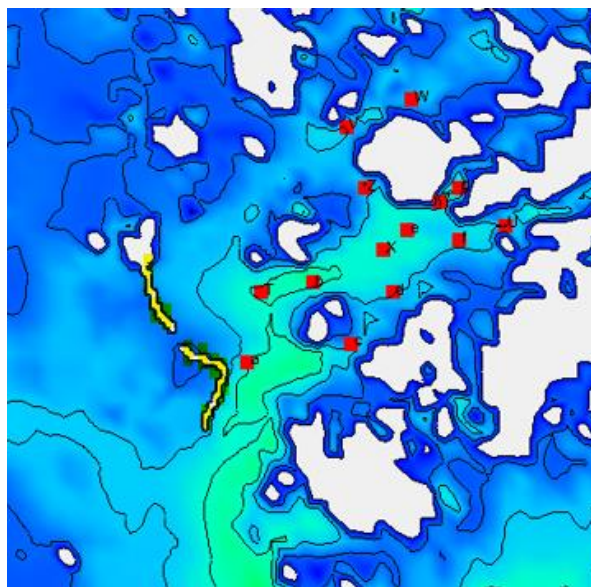
Foten på molo V1 sør ender på nordlig del av grunne sørøst for Brødran. Borreprøvene viser at det er rundt 8 m med løsmasse der foten av molo V1 sør står.



Figur 4-13: Moloalternativ 9

#### 4.2.3 *Alternativ 10*

Lik alternativ 9 bare at molo V1 sør er 40 m kortere og en molo V2, på 200 m, er lagt til for å dekke den sørlige delen av innseilingen. Grunnen til at det ble valgt å se på alternativ 9 med V2 molo var fordi det var liten forskjell mellom alternativ 8 og 9 med tanke på bølgehøyde i innseilingen, men det virker bedre å plassere foten av molo V1 sør, lenger nord for Brødran, hvor undersøkelser viser at det er noe mindre løsmasser.

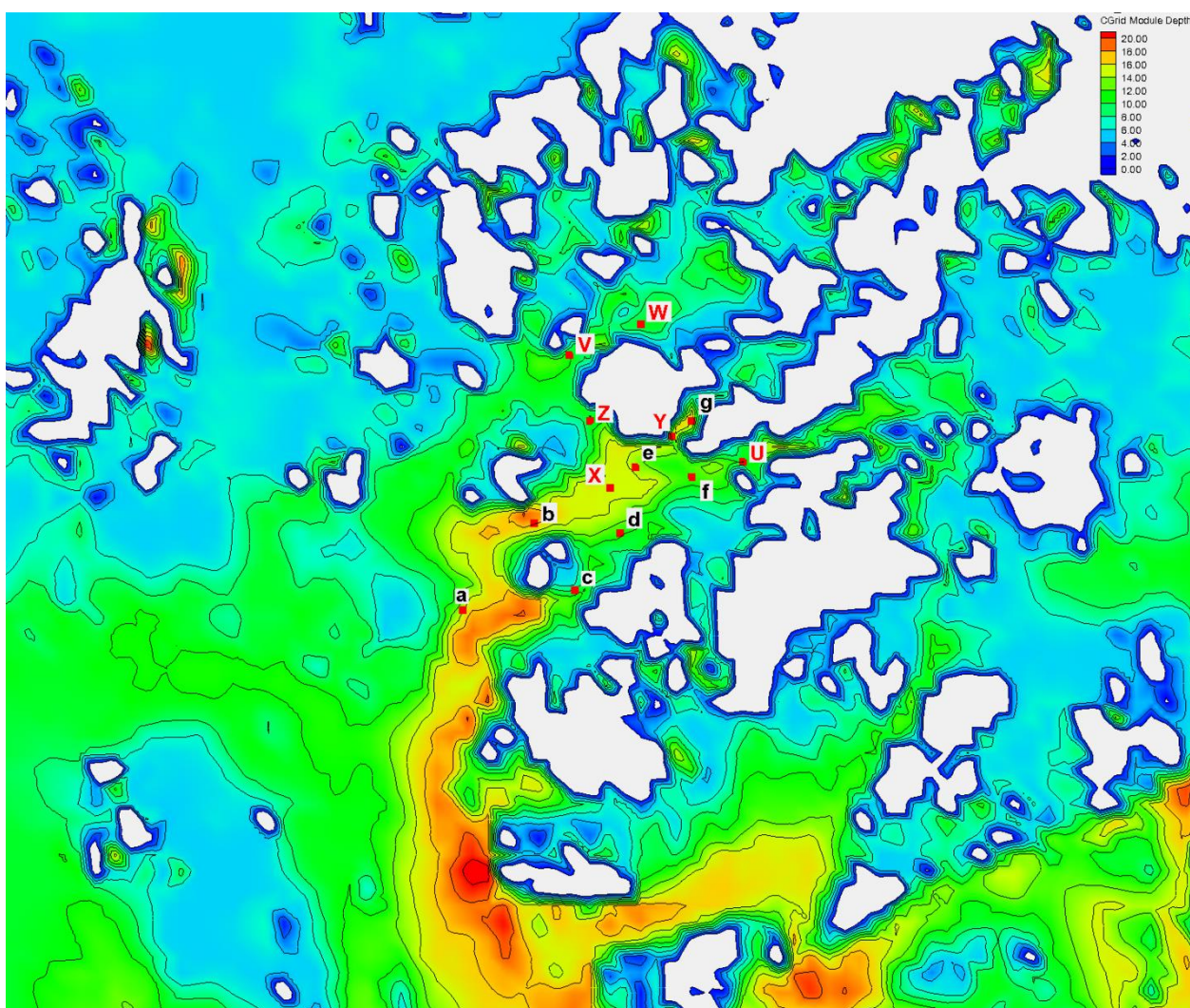


Figur 4-14: Moloalternativ 10

## 5 Resultat

Her sammenlignes de signifikante bølgehøydene for alternativ 1-10 i hvert målepunkt, satt opp mot 0-alternativet som er dagens situasjon.

Her er gamle målepunkter a-g tatt med, men også supplert med nye punkter U-Z. Resultater fra de gamle analysene for nye punkter, U-Z er også hentet ut. Modellene er kvalitetssikret slik at man er sikre på at gamle og nye modeller er bygget på samme grunnlag og med samme forutsetninger. Alternativ 0 (som tilsvarer dagens situasjon) ble modellert på nytt som kontroll, og eksakt likt resultat ble oppnådd i 2023 som i 2013.



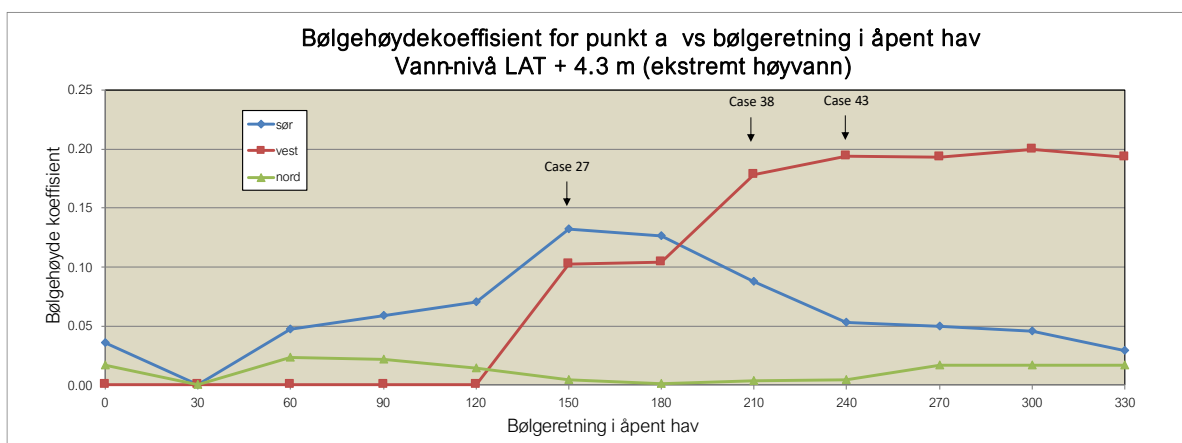
Figur 5-1: Oversiktsbilde av målepunktene a-g og U-Z i modell nivå 2. Fargeskala viser dybder.

## 5.1 Relevante resultater fra 2013-2015

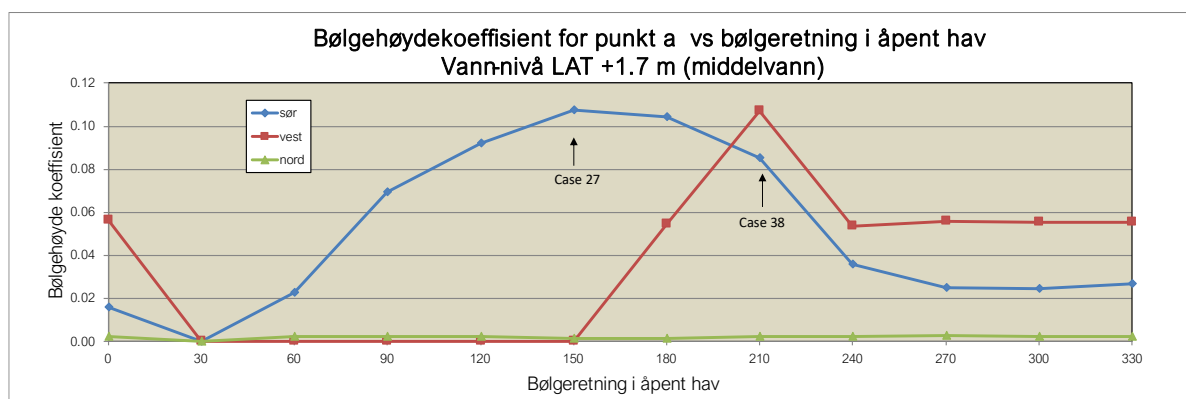
Det er relevant for diskusjonen rundt de nye numeriske analysene å gjenta noen av funnene og resultatene fra rapporten i 2013-2015 [1].

Figur 5-2 og Figur 5-3 refererer til målte bølgehøyder fra ulike retninger i punkt a. Punkt a er vist på Figur 5-1 og er samme for rapporten i 2013 og i dag. Plottene viser hvor stor andel av bølgene i punkt a som kommer fra sør, vest og nord. Dette er vist for ekstrem-høyvann, og lavvann og for forskjellig bølgeretning i åpent hav. Et bølgespekter med hovedretning 270 grader i åpent hav (fra vest) vil møte Røst og dreie nedenfra og opp sørfra, og ovenfra og ned nordfra på grunn av bølgeretfraksjon. Gitt Røst sin komplekse batymetri med svært mange øyer, skjær og grunne områder er det derfor svært interessant å vite hvilken retning hovedenergien av bølgene kommer fra.

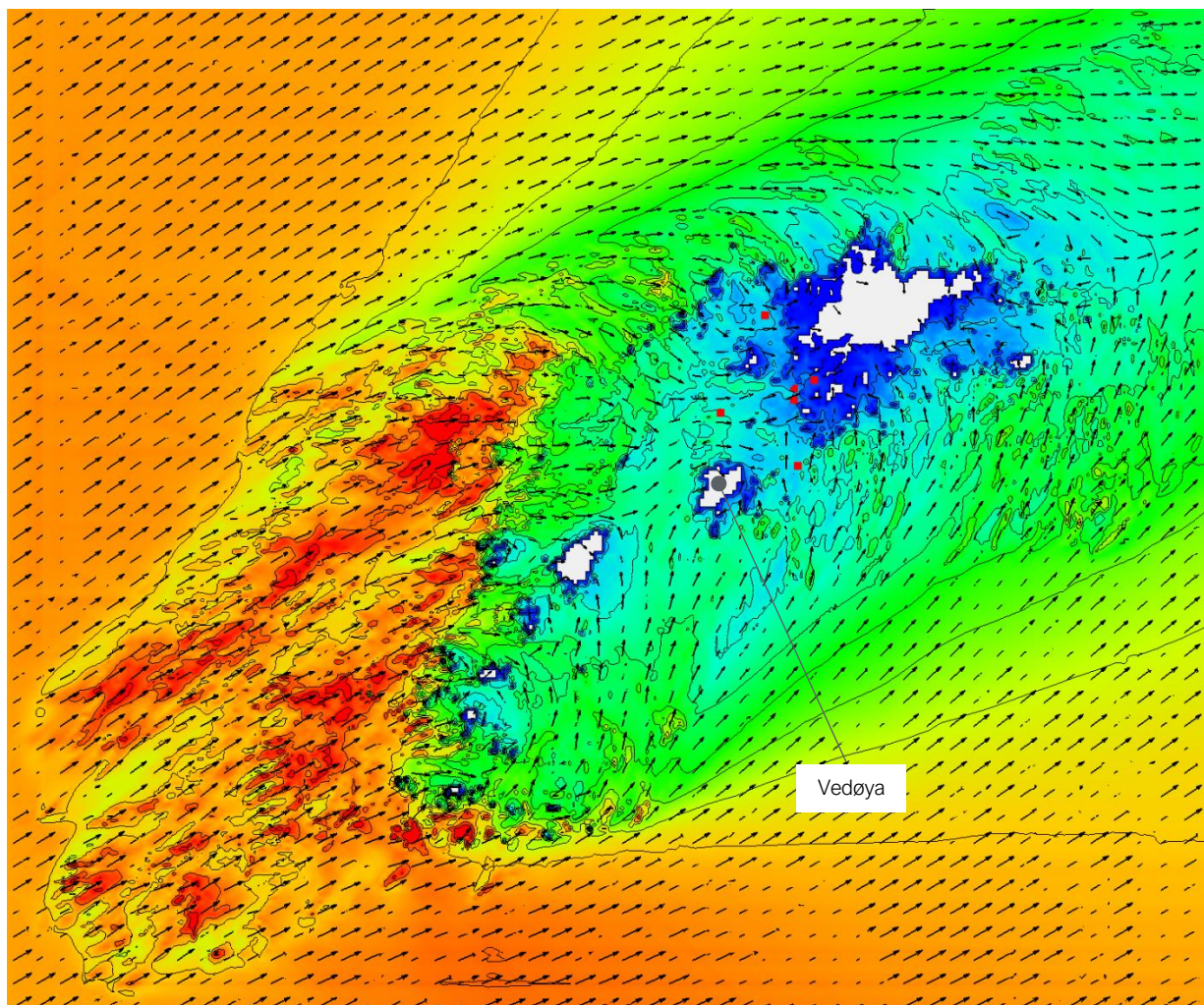
Grafene under, hentet fra rapporten i 2013-2015, tydeliggjør at for ekstrem-høyvann slippes mye mer bølgeenergi inn vestfra over støvelhavet nord for Vedøya enn ved middel eller lavvann. I denne rapporten er bølgeretningene 150, 210 og 240 grader vurdert videre, som lest fra plottene vil være mest aktuelt å se nærmere på. Case 27, 38 og 43 gjenspeiler notasjonen brukt i de nye analysene i denne rapporten.



Figur 5-2: Utklipp fra figur 10 i 2013-rapporten [1]. Viser andel bølger som kommer fra sør, vest og nord til punkt a på ekstrem-høyvann.



Figur 5-3: Utklipp fra figur 12 i 2013-rapporten [1]. Viser andel bølger som kommer fra sør, vest og nord til punkt a, for middelvann.



Figur 5-4: Bølgetransformasjon og dreining rundt Røst. Bølger fra 240 grader

## 5.2 Nye analyser

Som tidligere beskrevet er ekstrem-høyvann her satt til sikkerhetsklasse F1, på +4.3 m LAT. Som lest fra Figur 5-2 er det interessant å se på alle tre situasjoner (case 27, 38 og 43) ved ekstrem-høyvann, og studere hvordan de ulike moloalternativene presterer.

Alternativet som presterte best i 2013-2015 rapporten er alternativ 4, som har heltrukken molo fra Tjeldingsholmen til Brødran. Kystverket ønsker derimot en åpning mot vest for mindre fartøy til å gå rett ut. Alternativ 5 har stor åpning som fortsatt slipper vesentlig energi inn mot havna. Alternativ 7 har sakset molo, slik at det fortsatt er en stor åpning, men mindre energi slipper inn.

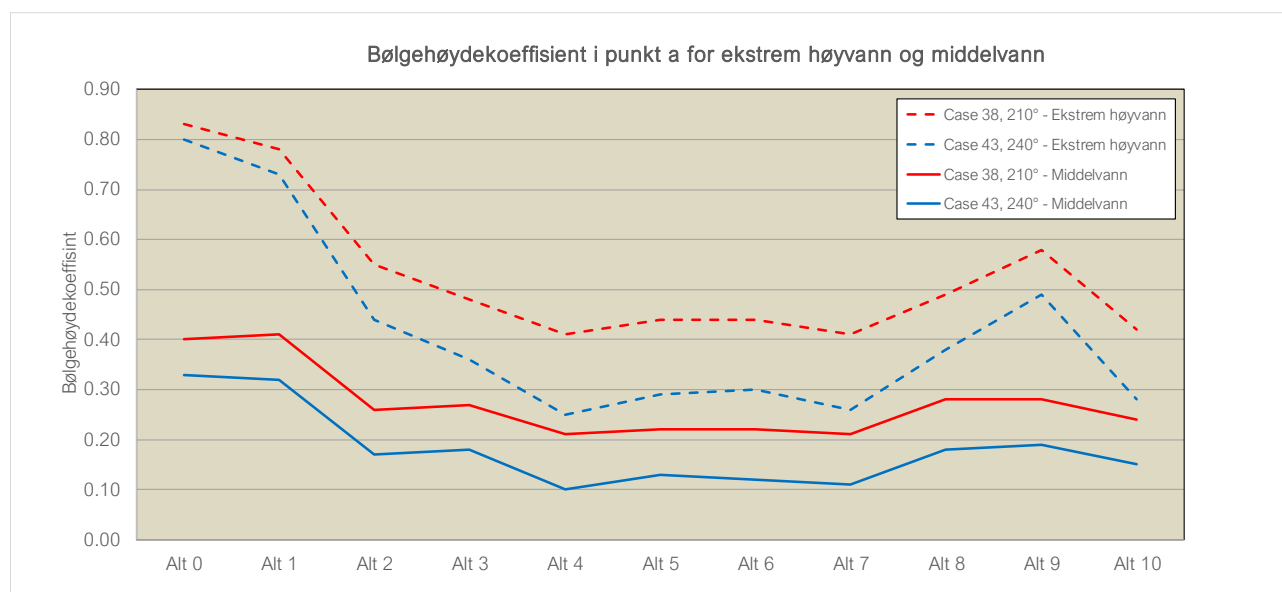
Figur 5-5 viser bølgehøydekoefisientene<sup>3</sup> for alle alternativer i punkt a i innseilingen. Her ser en at Alternativ 4 og 7 har best virkning. Alternativ 5 og 6 har *større åpning* og *bedre virkning* enn alternativ 8 og 9 som har mindre åpning mot vest. Dette skyldes at alternativ 5 og 6 har en sørgående molo fra Brødran som viser seg å ha god

<sup>3</sup> Se definisjon i kapittel 3 Metode.

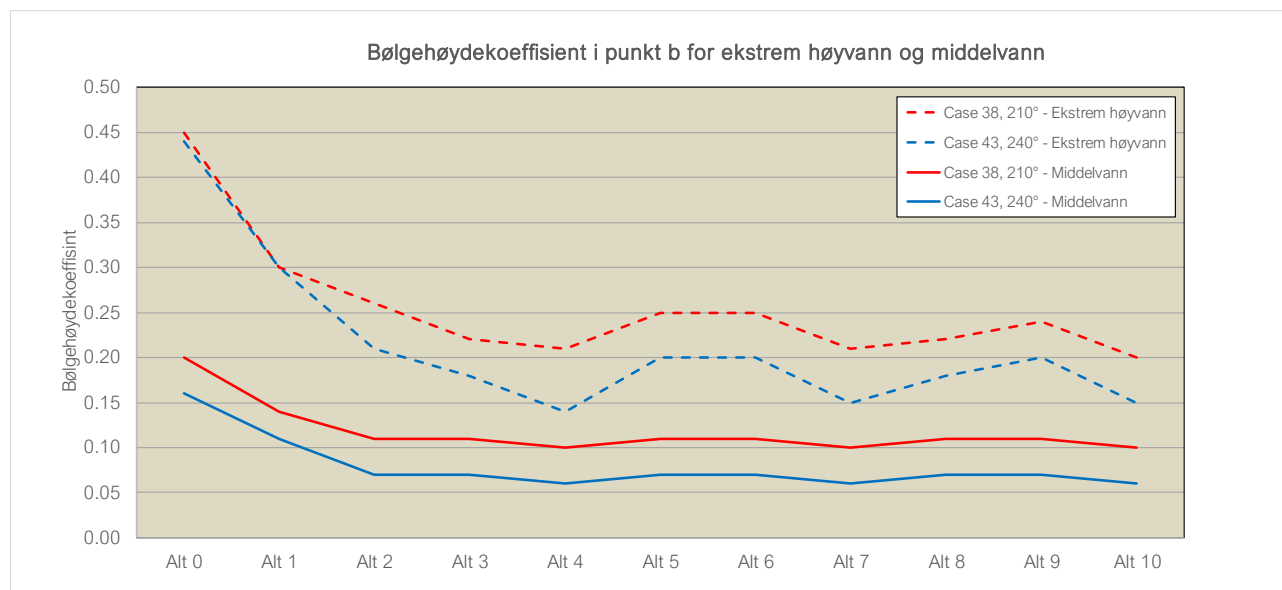
effekt. Dette synes også på forskjellen fra alternativ 9 uten forlengelse sør for Brødran og til alternativ 10 som er lik, men *med* forlengelse sør langs innseilingen.

Det er verdt å merke seg at alternativ 10 gir noe høyere bølger i punkt a målt mot alternativ 5 og 6 på middelvann, mens skjermingen er bedre for alternativ 10 ved ekstrem-høyvann.

For punkt b lengre inn i innseilingen skjermer alternativ 10 vesentlig bedre enn alternativ 5 og 6, se Figur 5-6.



Figur 5-5: Bølgehøydekoefisienter i punkt a ytterst i innseilingen.

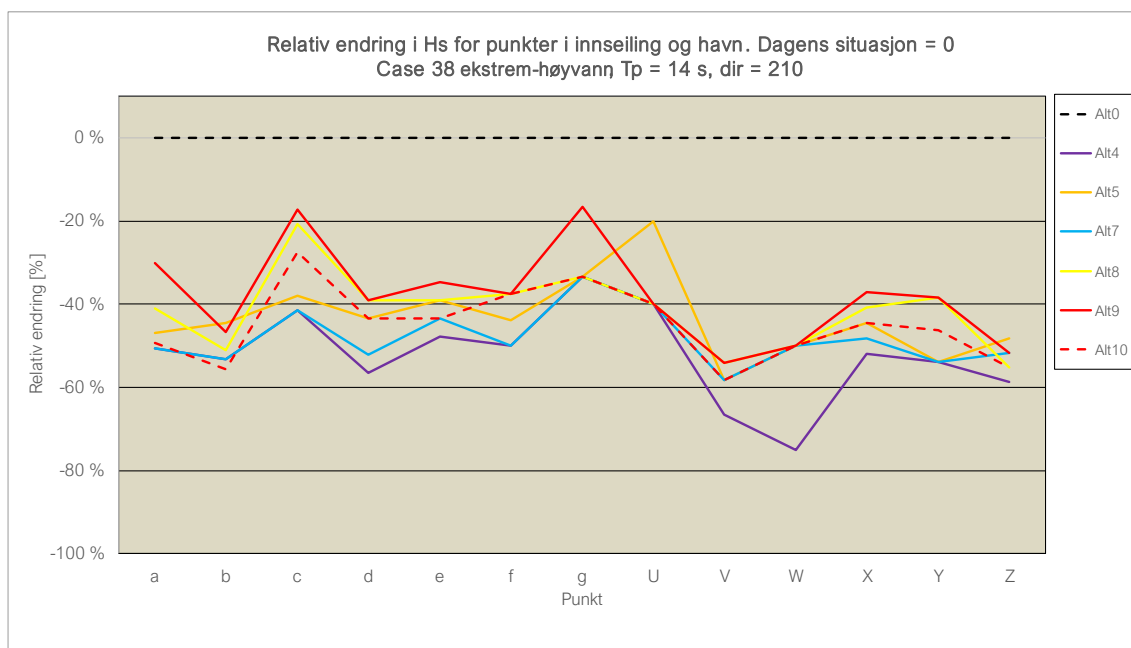


Figur 5-6: Bølgehøydekoefisienter i punkt b i innseilingen.

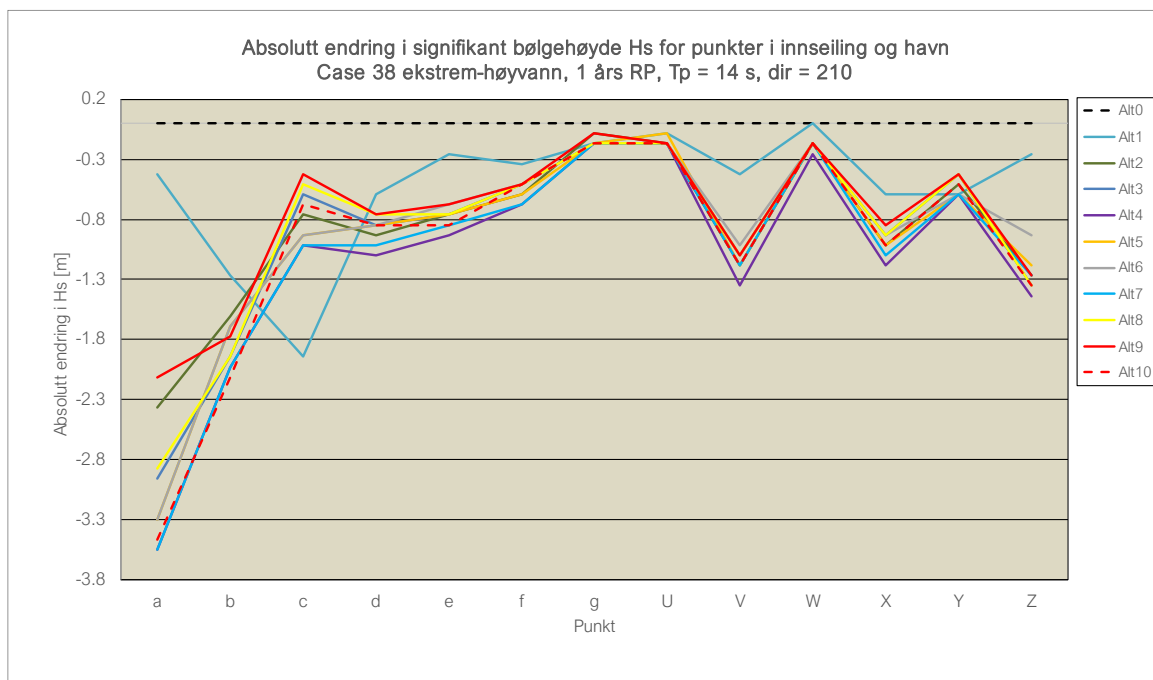
På Figur 5-7 og Figur 5-9 ses den relative endringen i signifikant bølgehøyde i alle punkter a-Z, relativt til dagens nivå. Negativ verdi tilsier %-vis reduksjon i bølgehøyde fra dagens 0-nivå. Case 38 ekstrem og middelvann er valgt ut ettersom det fra Figur 5-2 og Figur 5-3 er case 38 som genererer størst bølger totalt fra alle retninger (sør + vest + nord). Alternativ 1-3 og 6 er utelatt, da de anses som åpenbart dårligere alternativer, og det vanskeliggjør fremstillingen av resultatene å vise alle alternativer. Resultater for alle alternativer og cases kan ses i siste kapittel.

Den relative endringen av bølgehøyden (Figur 5-7) viser %-vis endring som må tolkes med forsiktighet. Den relative endringen er høy, selv om endringen er liten (dersom utgangspunktet er lite). I punktene inne i havna er bølgehøyden i utgangspunktet lav. Endringen/bedringen vil derfor også være lav, men den relative endringen kan gi inntrykk av at virkningen er bedre enn det den bør tilskrives. Til sammenligning er den absolutte endringen i bølgehøyde vist på Figur 5-8. Alternativ 1 peker seg svært negativt ut, men for alle andre alternativer er endringen tilnærmet lik for fra punkt g til Z.

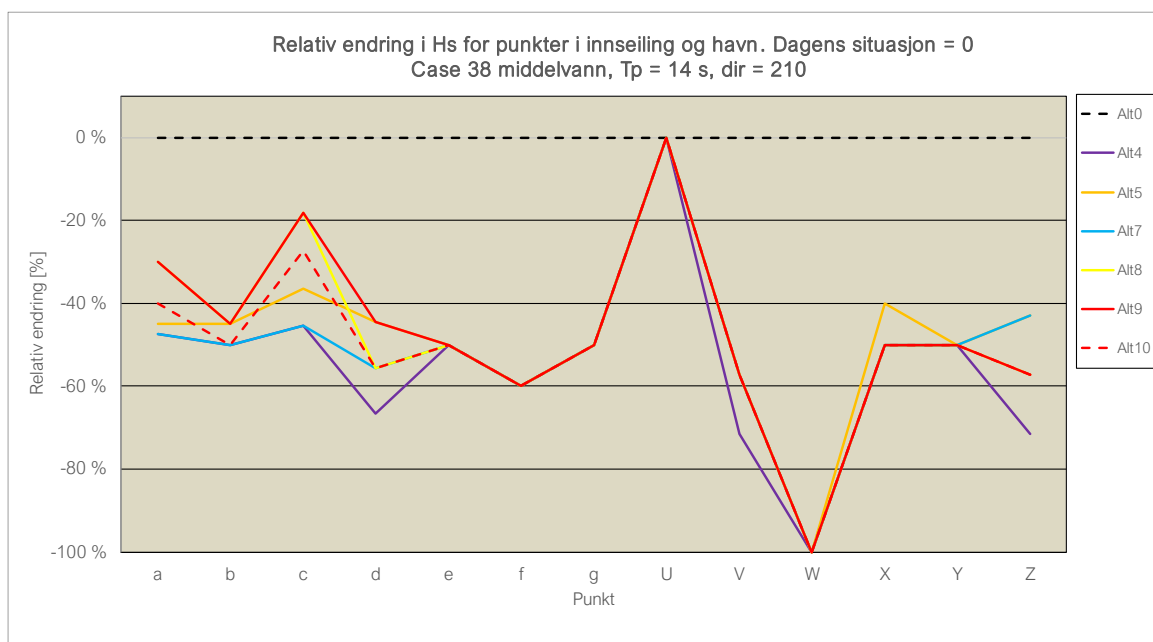
Det bemerkes at i Figur 5-8 er resultatet for 1-års returperiode vist, men diagrammet vil bli helt identisk for 200-års tilfellet, kun med endring av magnitude på y-akse til venstre. Dette grunnet antagelsen om lineær bølgetransformasjon representert med bølgehøydekoefisienter, ref. siste to siste avsnitt i delkapittel 3.1, side 10.



Figur 5-7: Hs for alle punkter, Case 38 - ekstrem-høyvann



Figur 5-8: Absolutt endring av signifikant bølgehøyde. Samme resultater som vist i Figur 5-7, bare absolutt endring.



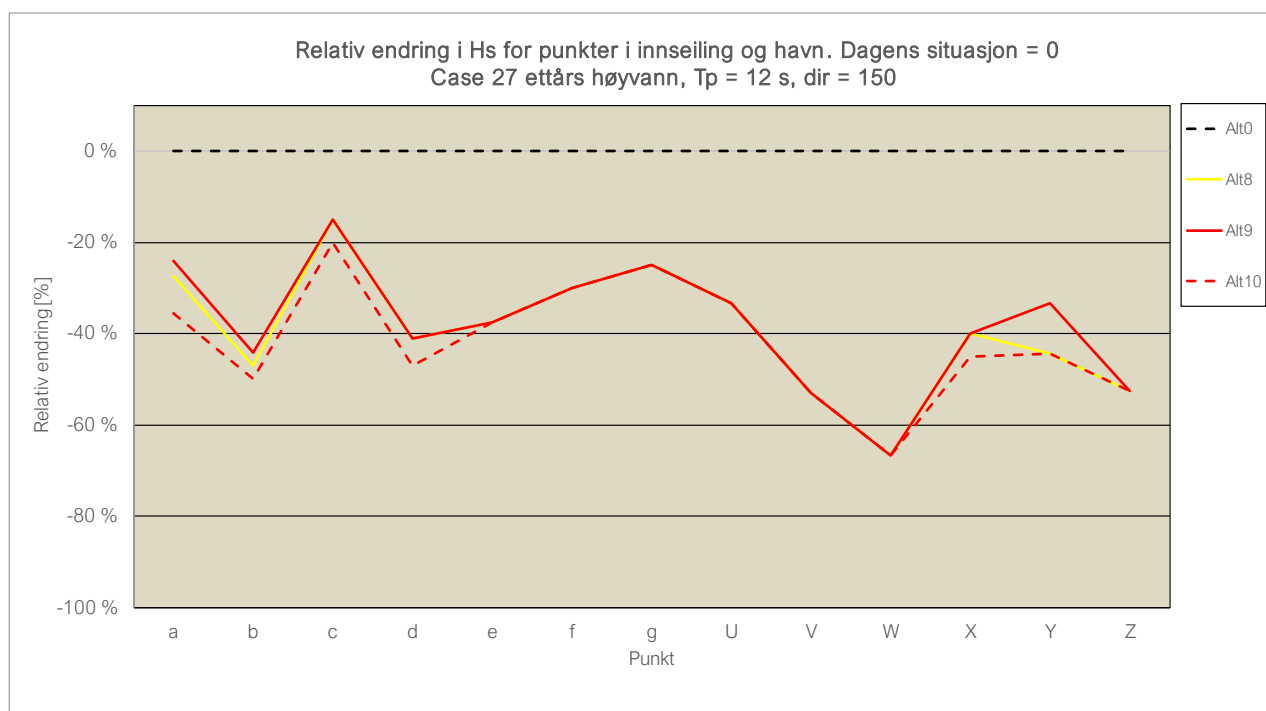
Figur 5-9:  $H_s$  for alle punkter, Case 38 – middelvann

### 5.3 Bølger fra Sørøst med ett års høyvann

I tillegg til de ovennevnte analysene på middel og ekstrem-høyvann ble det kjørt analyse med case 27 på ett års høyvann. Case 27 er bølger fra 150 grader som i større grad representerer vindgenerert sjø fra Vestfjorden, som dreier rett opp innseilingen. Bølger fra 150 grader gir større bølger i innseiling og havn, enn fra 90 og 120 grader. Disse analysene ble kun kjørt for alternativ 0 og 8-10. Fra Figur 5-2 og Figur 5-3 er det case 27 som generer størst bidrag fra sør. Disse vindgenererte bølgene har en topp-periode på 12 sekunder, som er lavere enn dønningsbølgene fra storhavet på 14 sekunder.

Fra seahavnivå.no [3] finner man at havnivået med ett års gjentaksintervall ligger på +3.28 m LAT, se Figur 2-3.

På Figur 5-10 er den relative endringen av signifikant bølgehøyde målt mot dagens situasjon for alternativ 8 – 10 vist. Samtlige alternativer bedrer situasjonen vesentlig, men det er ingen av alternativene som peker seg vesentlig bedre ut. Dette kan tolkes med at sørgående molostubb fra Brødran langs innseilingen har vest virkning på bølgene fra sektoren sør-vest.



Figur 5-10: Relativ endring i signifikant bølgehøyde i punktene a-Z for Case 27 ved havnivå med ett års gjentaksintervall, +3.28m LAT

## 6 Anbefalt alternativ

Hoved-oppsummering fra resultater:

- ❖ Alternativ 4 skjermer best
- ❖ Av de nye alternativene skjermer alternativ 10 best.
- ❖ Sørgående forlengelse fra Brødran gir gode utslag på skjerming på bølgene fra sør-vest
- ❖ Det kommer vesentlig mer bølgeenergi over støvelhavet nord for Vedøya på høyere vannstand.

Alternativene er relativt like, å anbefale ett av alternativene avhenger av hvilke forutsetninger man legger til grunn. For best mulig skjerming så anbefales alternativ 4. For best mulig skjerming og åpning i moloen anbefales alternativ 7, med sakset molo. Om det skal være direkte åpning anbefales alternativ 10.

Det er klart fra analysene at sørgående molo fra Brødran parallelt med innseiling har god virkning.

Når det gjelder alternativ 8 eller 9, når det kommer til avslutning på løsmassemektighet er det vanskelig å skille de to. Uansett alternativ har geoteknikker signalisert at en liten motfylling nederst i innseilingen kan bli aktuelt. Løsmassetykkelsen i området er stor uansett. Massene er identifisert som sandige masser, og foreløpig tolkning tyder ikke på svake masser eller svakere sjikt.

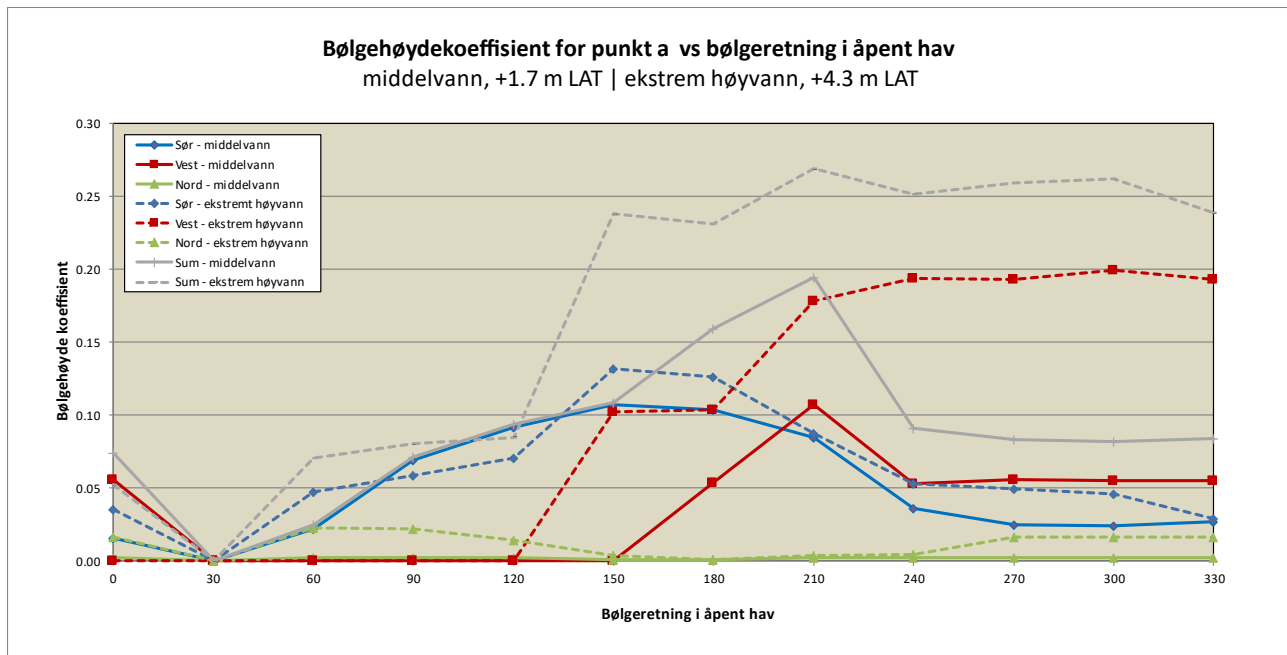
Ved valg av alternativ bør kostnad være et kriterium som spiller inn. Det anbefales at det gjøres en mengdeberegning og modellering av moloene for å finne et mengdeomfang og dermed et bilde på kostnad. Dette anbefales utført i neste steg for de mest aktuelle molo-alternativene.

## 7 Referanser

- [1] Norconsult AS, «5124333 Røst - Bølge-analyse, Versjon 5,» Norconsult AS, 2015.
- [2] DiBK, *Byggteknisk forskrift (TEK17)*, Direktoratet for Byggkvalitet, 2017.
- [3] Kartverket, «Sehavnivå,» [Internett]. Available: <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=441706&location=R%C3%B8st>. [Funnet 09 11 2023].
- [4] Multiconsult AS, «711188-RIG-RAP-001 Røst - Geoteknisk datarapport,» 2014.

## 8 Supplerende resultater

I følgende kapittel presenteres supplerende resultater fra analysene, som ikke er presentert i rapporten over.



Figur 8-1: Sammenstilling av Figur 5-2 og Figur 5-3. Viser bølgehøydekoefisienter fra sør, vest og nord for middel- og ekstrem-høyvann.

