

**Til:** Toril Svendsen

**Fra:** Arne E Lothe

**Dato** 2020-01-13

## Dimensjonering av moloer i Kjøllefjord

### Innledning

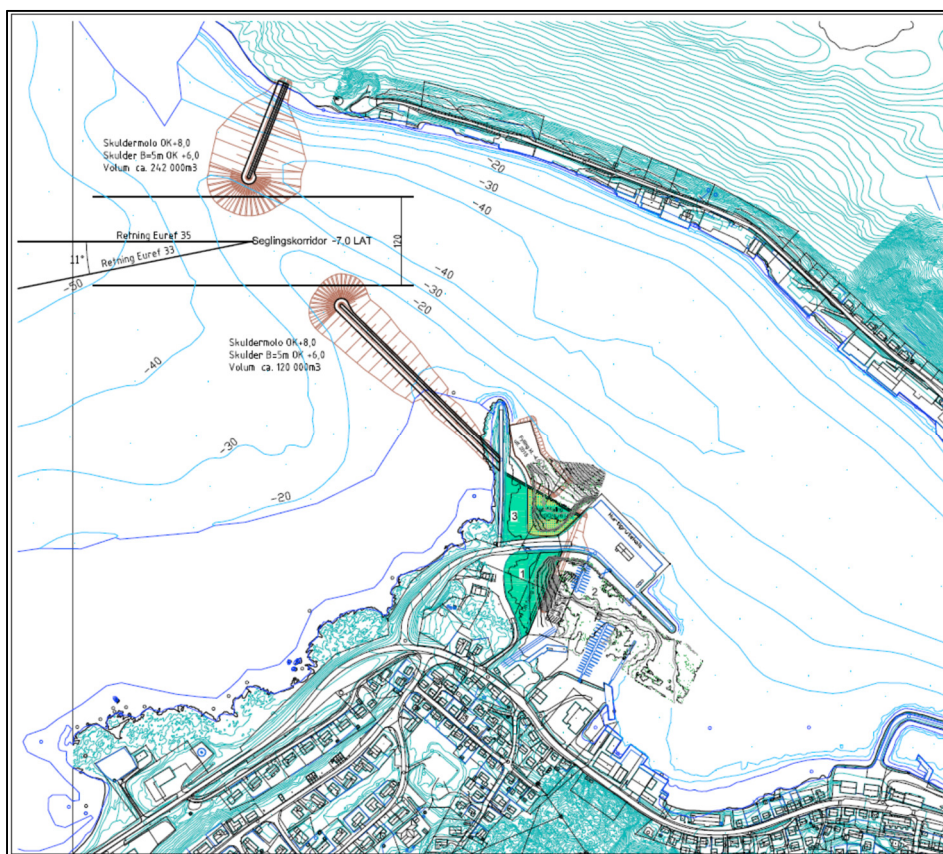
Norconsult har på oppdrag fra Lebesby kommune planlagt utbygging av havna i Kjøllefjord. Planen er vist i Figur 1. Hovedtrekkene i planen er at det skal bygges to møtende moloer for å skjerme havna mot bølger fra NV-retning som kommer inn Porsangen/Laksefjorden mellom Magerøya og Nordkyn.

Moloen fra sør vil utnytte en fjellrygg som går fra dagens molo og fortsetter i NV retning. På det dypeste vil denne moloen ha fotpunkt på litt over 20 m dybde (LAT).

Den nordlige moloen har ingen tilsvarende fjellrygg, men vil ligge på et sadelpunkt der dybden på begge sider av moloen synker til ca 40 m. For å sikre adgang til havna for Hurtigruten er det i forhandlinger med Hurtigruteselskapet bestemt at det skal finnes en seilingskorridor med 7 m dybde (ves LAT) i 120 m bredde ved innseiling fra vest. Denne seilingskorridoren er vist i Figur 1, og er i dette kartet definert i koordinatsystemet Euref 35. Det er ca 6° avvik mellom geografisk nord (sjøkartet) og Euref 35, slik at dersom korridoren skulle vært definert som rett øst-vest i sjøkartet, ville den vært vist med 6° dreining *med* urviseren på Figur 1. En slik dreining ville ført til at moloåpningen ville blitt større, og mer bølge-energi ville kommet inn.

I kartet i Figur 1 er avstanden fra et punkt midt i innseilingen fram til 10-m-koten på havnas nordside *i en rettlinj forlengelse av korridoren* ca 550 m, som bør være tilstrekkelig for å utføre de nødvendige sving- og fartsreduksjonsmanøvere.

Det er tidligere vist i studier av bølgeforhold i havna (utført av Norconsult) at havneforholdene innenfor moloene blir gode. Dersom dette ytre alternativet realiseres, vil det ikke være behov for å bygge en fast molo inne i havna i en sørøstlig forlengelse av Hurtigrutekaia (Molo Q). Behovet for kaiplasser kan dermed oppfylles ved hjelp av flytende anlegg.



Figur 1 Skisse over havneplan

## Belastningsdata

### Bølger

Det er tidligere påvist at grunnene ved hhv Finnkjerka og Kjøllefjordneset bidrar til å styre innkommende bølger inn mot land før de kommer til Kjøllefjord Havn, se Figur 2. Dette fører til at havna i Kjøllefjord har en naturlig skjerming. Det fører imidlertid også til at man er avhengig av en god beskrivelse av bunnforholdene, og at den anvendte modellen faktisk klarer å beskrive en relativt komplisert bølgetransformasjon korrekt. Figur 3 viser fordelingen av ekstremverdier av signifikant bølgehøyde for moloene. Bølgehøyden er tilnærmet lik for begge moloer, men bølgeretningen varierer fra rett på nordre molo (0°), til en angrepsretning på 45° – 60° på søndre molo.

Beregningene inneholder også en lastfaktor på 1.1 for å ta hensyn til usikkerhetene som er nevnt over. I SINTEFs modellforsøk fra 2001 er det benyttet en høyeste inngående bølgehøyde på  $H_s = 3.0$  m med  $T_p = 12.0$  s i et punkt som ligger ca 600 m Nv for enden av nordre molo (Figur 1). Det er ikke sagt noe i SINTEFs rapport om hvilken returperiode dette tilsvarer, men alminnelig praksis den gangen var å benytte en verdi som var i intervallet 50 – 100 år.

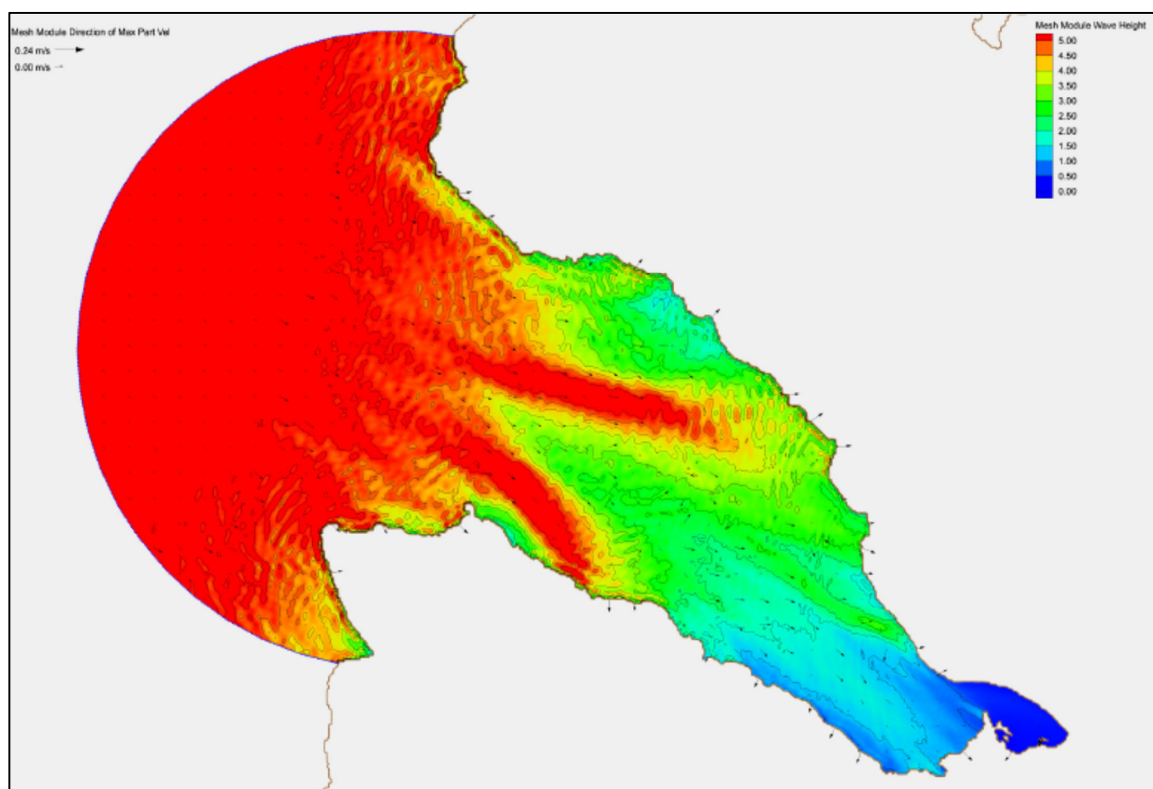
I vår dimensjonering må vi benytte en returperiode på 200 år. En oppsummering er gitt i Tabell 1.

Vi velger derfor å benytte følgende som inngangsverdier i dimensjoneringen:

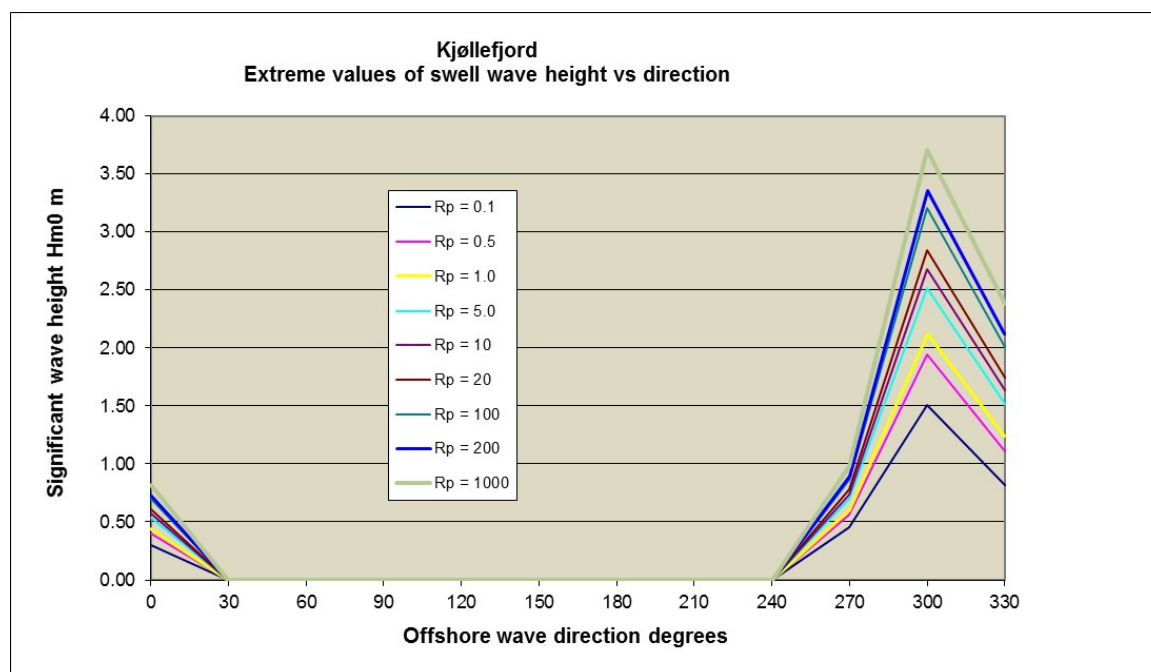
Signifikant bølgehøyde, 200 års returperiode:  $H_s = 3.5$  m (nord og sør)

Spektral topp-periode:  $T_p = 12.0 - 16.0$  s

Retning: Nord: 0° (rett på), sør 35°



Figur 2 Detaljert modell av Kjøllefjord vist ved eksisterende situasjon og bølger i åpent hav fra retning 300°. Merk at bølge-energien trekkes ut til siden av fjorden på grunn av de store grunne partiene ved innløpet til fjorden.



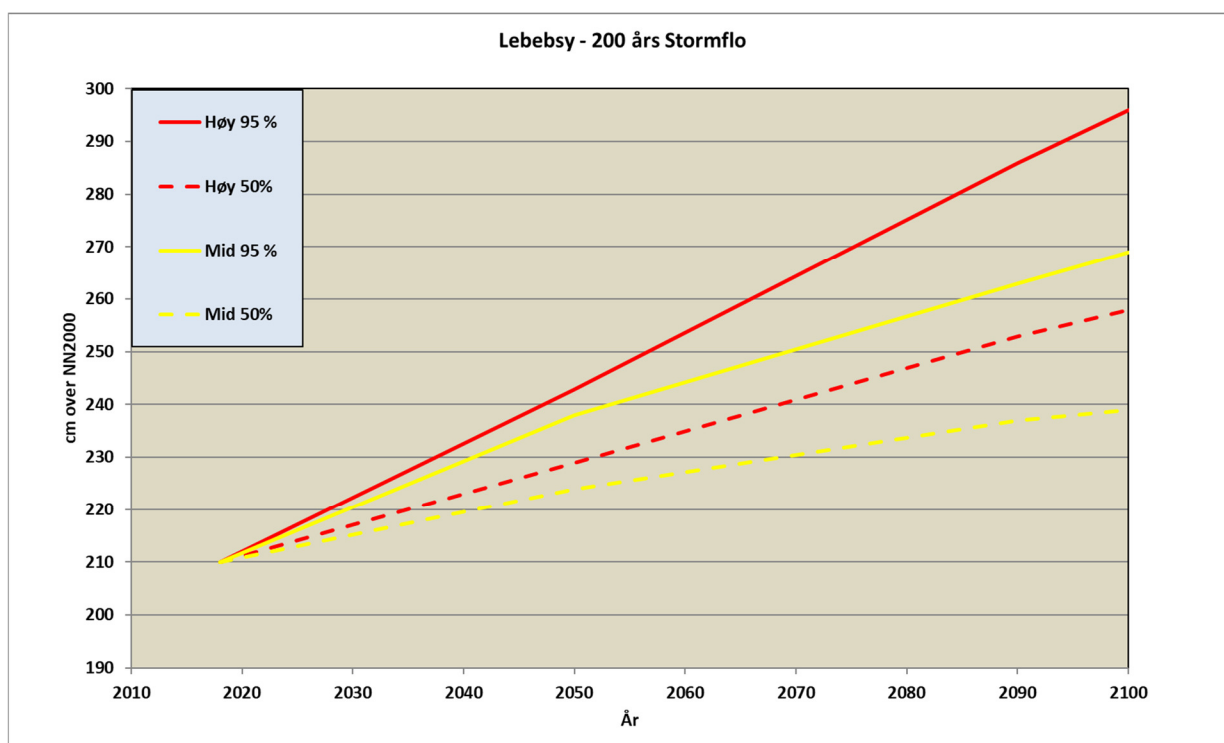
Figur 3 Fordeling av ekstremverdier av signifikant bølgehøyde ved de planlagte moloene i Kjøllefjord (Figur 1).  $R_p$  er returperioden i år.

Tabell 1 Dimensjonerende bølgehøyde, Kjøllefjord Havn

Kilde	Hs 100 år, m	Hs 200 år, m	Tp, s
Norconsult 2017	3.21	3.36	12 - 16
SINTEF 2001 (antatt R <sub>p</sub> = 100 år)	3.0	--	12

## Vann-nivå

Forventet stormflo er hentet fra ekstrapolerte data fra tidevannstabeller og publikasjoner med forventet klimadrevet heving av middelvann-nivå. Nærmeste standardhavn er Honningsvåg. Forventet utvikling i 200 års stormflo i hht klimautvikling fra referanse 1 er vist i Figur 4.



Figur 4 Estimert 200 års stormflo i Kjøllefjord. Data for stormflo i 2019 er hentet fra Honningsvåg, og estimert effekt av klimaendring er hentet fra Lebesby kommune. Figuren viser estimater for hhv middels og høyt nivå av klimagasser, og mest sannsynlige verdi (50 %) og verdi med 95 % sikkerhet for hvert nivå.

For Honningsvåg gjelder følgende:

200 års stormflo, 2019: 396 cm over LAT  
Høyeste registrerte nivå: 380 cm over LAT  
NN2000: 186 cm over LAT

På dette grunnlaget velger vi dimensjonerende nivå stormflo: **430 cm over LAT.**

Det er høyere enn alle estimerte verdier for 2050. Det kan bety at moloen må revurderes i 2050, og med dagens estimater på klimaendringer kan det være nødvendig å øke høyden med inntil ca 40 cm.



## Dimensjoner

Med en inngående bølgehøyde på  $H_s = 3.5$  m gir et overslag at blokkstørrelser for en tradisjonell rausmolo må være i størrelse  $W_{50} = 14.0$  tonn. Med de kjente problemer med å produsere store steinblokker i dette området regner vi med at en skuldermolo som benytter mindre blokker er mest aktuelt.

Vi benytter formelverk som beskrevet i Kystverkets Molohåndbok, og velger et stabilitetstall  $H_0 = 1.7$  og  $\max(H_0 T_0) = 70$ . Dette vil gi en molo som er statisk stabil under dimensjonerende storm, der skaden i front (tilbaketrekking) vil være mindre enn 1.0 m.

Nordre molo angripes rett på moloen, og er mest påkjent. Den søndre moloen vil bli angrepet rett på ved hodet, og få et skrått angrep langs hele moloen inn til landfestet. Vi antar konservativt at angrepsvinkelen er  $35^\circ$  (der angrep rett på gir  $0^\circ$  og angrep parallelt med moloen gir  $90^\circ$ ), og tilpasser en teori som er basert på laboratorie-eksperimenter fra referanse 2.

For de to moloene gir dette følgende resultat:

Molo Nord, skuldermolo:  $W_{50} = 5.5$  tonn

Molo Sør, skuldermolo:  $W_{50} = 3.5$  tonn

Molohøyde, og geometriske mål på moloen bestemmes fra et krav om å begrense overskyllingen på moloen. I dette tilfellet er det antatt at moloen ikke skal anvendes til industri- eller trafikk-aktivitet, og det er heller ikke planlagt kaier på innsiden av moloen. Dermed skal overskyllingen av moloen begrenses til en mengde som sikrer stabilitet av moloen topp og innside, og hindrer oppbygging av bølger på innsiden.

Vi har valgt et nivå på overskylling (i dimensjonerende storm)  $Q_{\max} = 30$  liter/(sekund meter). Denne vannmengden vil gjøre det umulig å ferdes til fots på moloen under en slik storm, og stedet kan trafikkeres bare av større, tyngre kjøretøy. Eventuelle båter som er fortøyd på innsiden av moloen vil være i fare for å bli senket av vannmassene.

Tabell 2 Geometri for Molo Nord og Molo Sør. Den foreslåtte utformingen vil begrense overskyllingen til  $Q_{\max} \approx 30$  l/(sm).

Sted	Skulder høyde m over LAT	Skulderbredde m	Topp, høyde m over LAT	Topp, fribord ved dim. storm m	Topp, bredde m
Nord	6.4	5.0	7.9	3.6	4.0
Sør	5.9	4.0	6.9	2.6	4.0

Foreslått tverrsnitt og plassering av moloen er vist i B300, B301 B302 og B303.

## Referanser

1. M.J.R. Simpson, J.E.Ø. Nilsen, O.R. Ravndal, K. Breili, H. Sande, H.P. Kierulf, H. Steffen, E. Jansen, M. Carson, O. Vestøl (2015): Sea Level Change for Norway NCCS report no. 1/2015
2. Wolters and van Gent: Oblique Wave Attack on Cube and Rock Armoured Rubble Mound Breakwaters, Coastal engineering 2010

01	2020-01-13	Molo dimensjonering	AEL	ASa	OMU
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.