

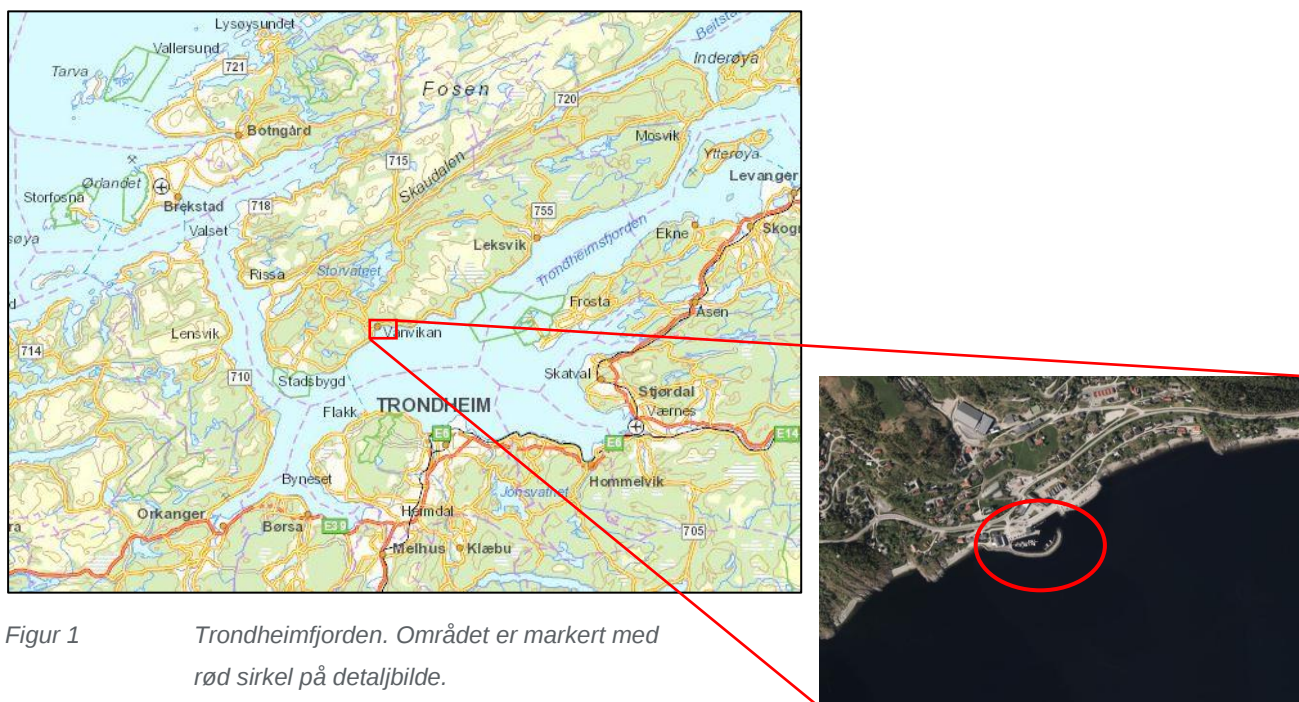
Til: Trøndelag Fylkeskommune

Fra: Athul Sasikumar

Dato 2018-03-09

Bølge og Stormfloanalyse, felles videregående skole i Indre Fosen kommune

For havnealternativet for utbygging av felles videregående skole i Indre Fosen kommune er det ønskelig å kartlegge bølgeforholdene samt stormflo for området. På grunnlag av bølge- og stormfloanalysene kan nødvendig høyde for underkant skolebygget og ytre plastringen fastlegges.

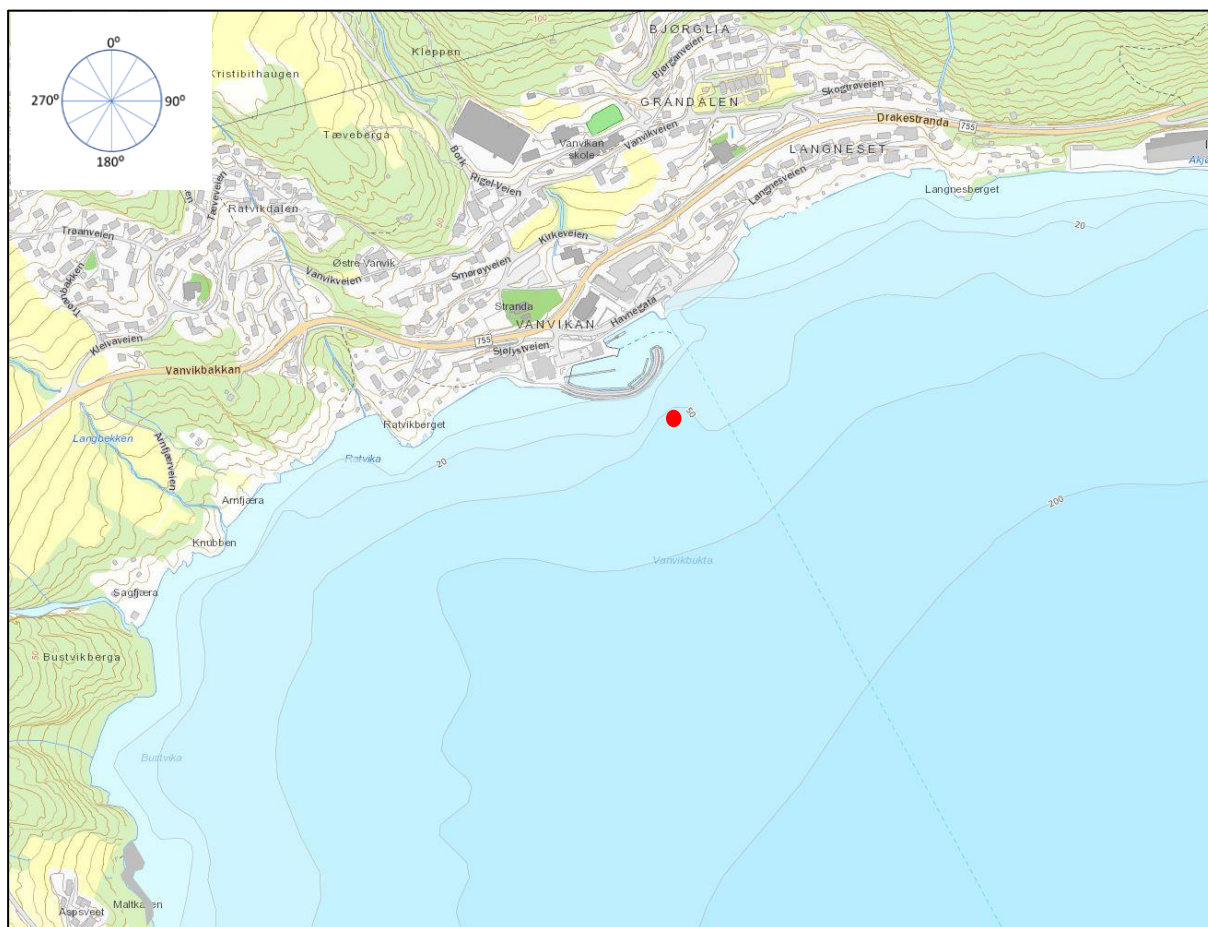


Figur 1 Trondheimfjorden. Området er markert med rød sirkel på detaljbilde.

Metode

Bølgene som kommer inn mot Vanvikan er lokalgenererte vindbølger. Metoden for beregning av lokaltgenererte vindbølger går ut på å hente vind-data fra Ørland målestasjon. Vi har benyttet tilgjengelige data fra 1980 til og med 2011. For å analysere vindbølgene, er det tatt et punkt i bølgeanalyse, som vist i Figur 2.

I beregningen er det tatt hensyn til variabel varighet av vinden, dvs at vinden er målt som 10 minutters middel hver 3. time, mens nødvendig varighet av vinden for å oppnå bølgehøydene er typisk ca. 30 minutter. Vind dataene er brukt for å beregne bølger fra alle mulige strøk og hvor ofte en gitt bølgehøyde vil oppstå, dvs returperiode.



Figur 2 Detaljbildet for Vanvikan, viser plassering av målepunkt i vind-bølgeanalyse

Stormfloanalyse er gjort ved å hente data fra Sjøkartverkets målinger og ekstrapolere dataene for å komme frem til stormflo-vannstand med 200 år returperiode. I tillegg er det tatt hensyn til projisert havnivåstigning, i samsvar med siste oppdatering i rapporten fra Bjerknes-senteret fra 2015 (1). Her er det vurdert 2 scenarier med ulike sannsynlighetsnivåer:

1. Maks stigning med 50 % konfidensintervall
2. Maks stigning med 95 % konfidensintervall

Projeksjonene for framtiden er gjort i (1) ved å benytte et stort antall ulike modeller for framtidig utvikling. Et konfidensintervall på 95 % betyr at bare 5 % av simuleringene gir høyere verdier enn det gitte estimatet, mens "mest sannsynlige" tilsvarer middelværdien av estimatene.

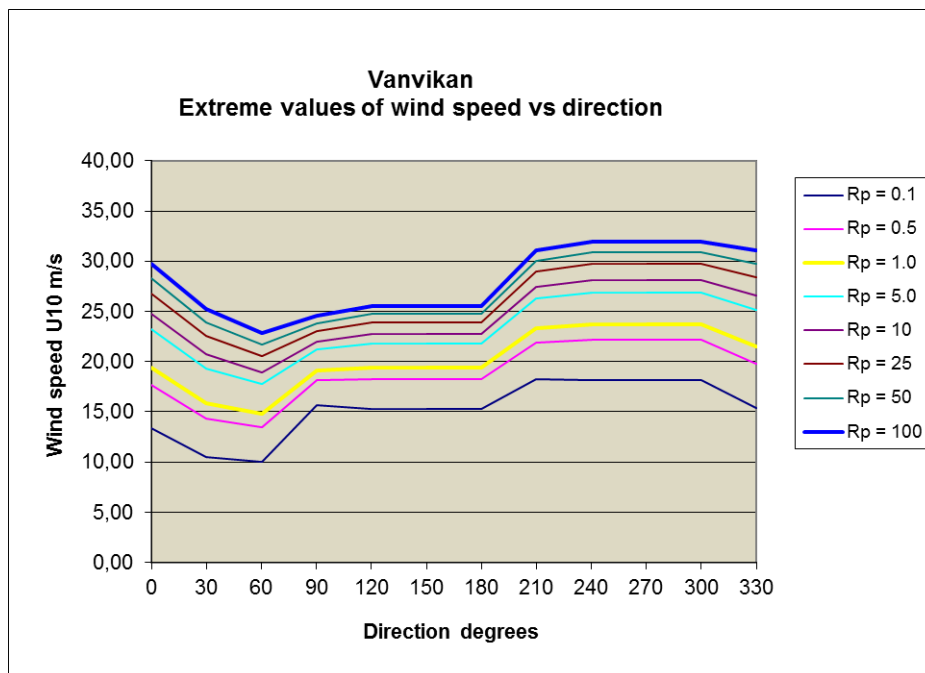
Arbeidsmetoden er at vi tar utgangspunkt i dagens variasjoner av vann-nivå basert på middelvann. Det astronomiske tidevannet vil være upåvirket av klimaendringer, og det er ikke spådd eller påvist noen endringer i de drivende faktorene for tilfeldige variasjoner i vann-nivået (vind, luft-trykk, osv). Vi kan derfor benytte dagens avvik fra middelvann og legge det til de projiserte verdiene for middelvann i framtiden og få nye ekstremverdier.

Publikasjonen (1), som er benyttet her, gir anslag på netto-effekten av klimaendringene, dvs summen av alle kjente faktorer som påvirker havnivået (herunder landheving, oppvarming, issmelting, osv).

Resultat

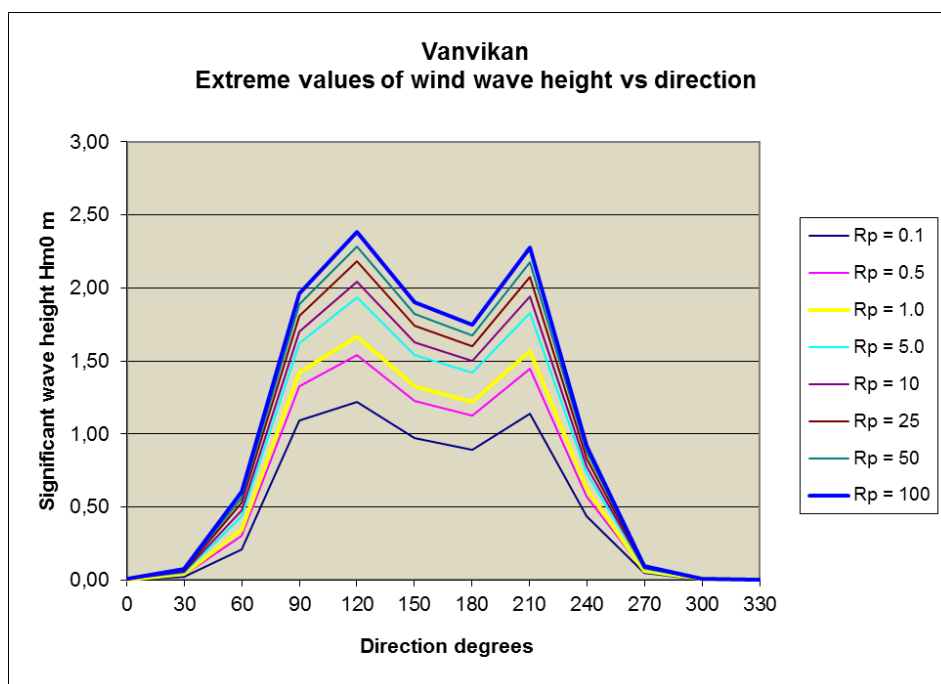
Vindbølger

Resultatene av vinddataanalysen er vist i Figur 3. Vi ser at vind fra 210° til 330° dominerer, og at vindhastighet her er ca. 32 m/s med returperiode på 100 år.



Figur 3

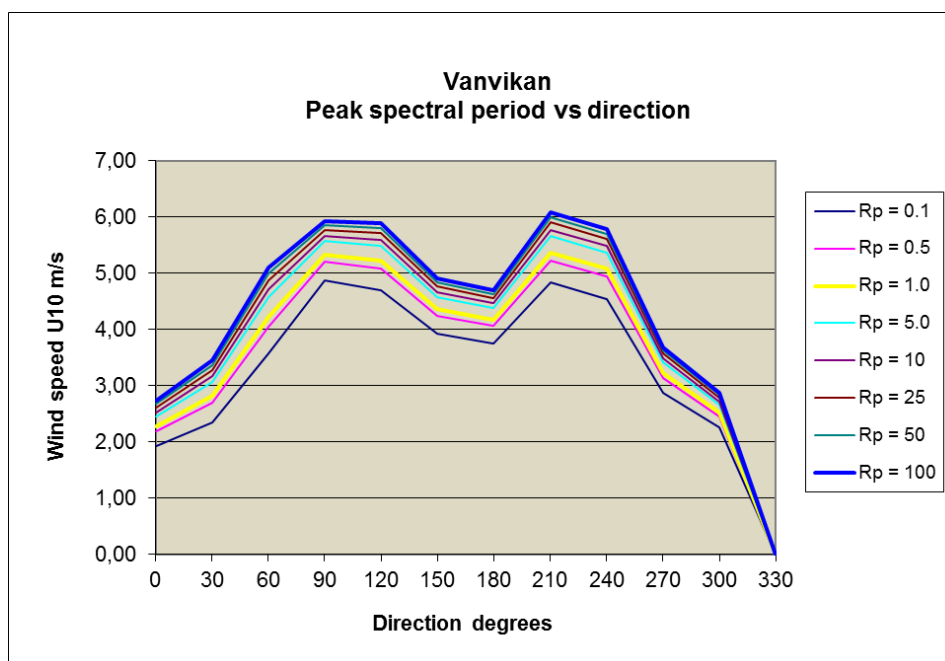
Ekstremverdier av 10 min middelvind fra Ørland målestasjon. Rp er returperiode i år. Retning 0° er vind fra nord.



Figur 4

Ekstremverdier og returperioder for signifikant vindbølgehøyde, $H_{S_{vind}}$

Resultater fra vindbølgeanalyse ved målepunktet for alle mulige strøk, tilsvarende vind-dataene er vist i Figur 4. Her ser vi at vindbølgene fra 120° kan nå 2.4 m med 100 års (Blå linje) returperiode. Bølgene fra 210° er omtrent like høy som bølgene fra 120°. Som vist i Figur 5, ser vi at dette samsvarer bølgeperioder i nærheten av $T_p = 6.0$ s (blå linje) med 100 års returperiode.



Figur 5 Ekstremverdier og returperioder av spektral topp-periode for vindbølger

Stormflo

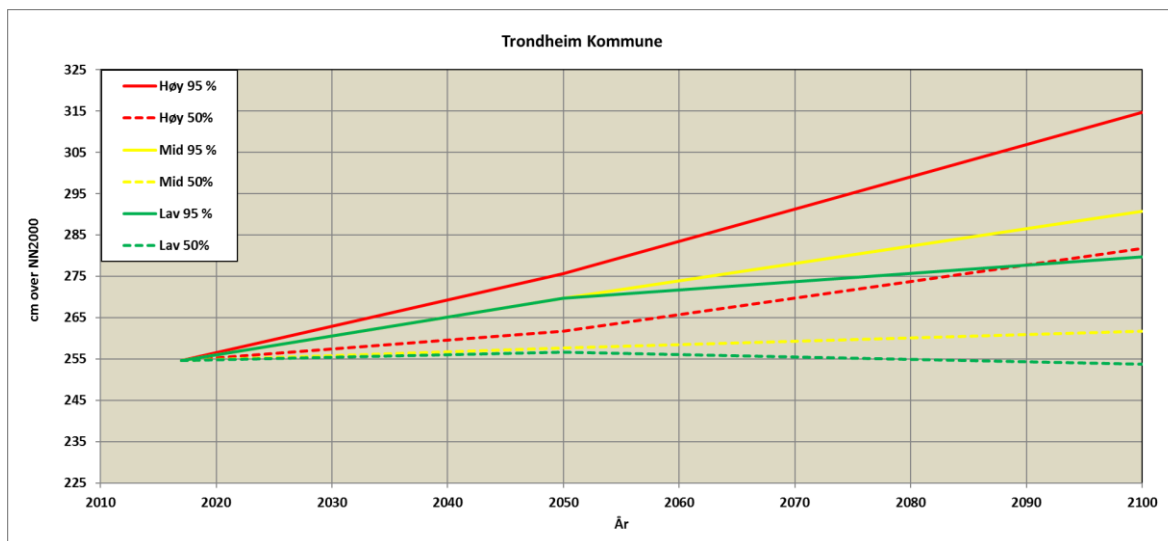
Resultatet fra analysene for stormflo er vist i Tabell 1 og Figur 6. Nivå for stormflo med tillegg for klimarelaterte endringer hentes fra referanse 1.

For beregning av nødvendig høyde for fyllingen, har vi brukt 200 års tilstand i 2090, med mest ekstreme verdi (95 %), og et utslippsnivå tilsvarende RCP8.5 (høyt utslippsnivå). Det gir følgende nødvendige høyder av vannsikret nivå.

- Dagens vannstand med R_p på 200 år: +1.7 m NN 2000
- 2090 vannstand (RCP 8.5): +3.05 m NN 2000

Tabell 1 Beregnede stormflonivå i m over NN2000 (tallgrunnlaget for Figur 6)

År		Rcp2.6		Rcp4.5		Rcp8.5	
		50 %	95 %	50 %	95 %	50 %	95 %
2017	255						
2050		257	270	258	270	262	276
2090		254	280	262	285	278	305



Figur 6 Beregnede stormflonivå i m over NN2000, 200 år returperiode

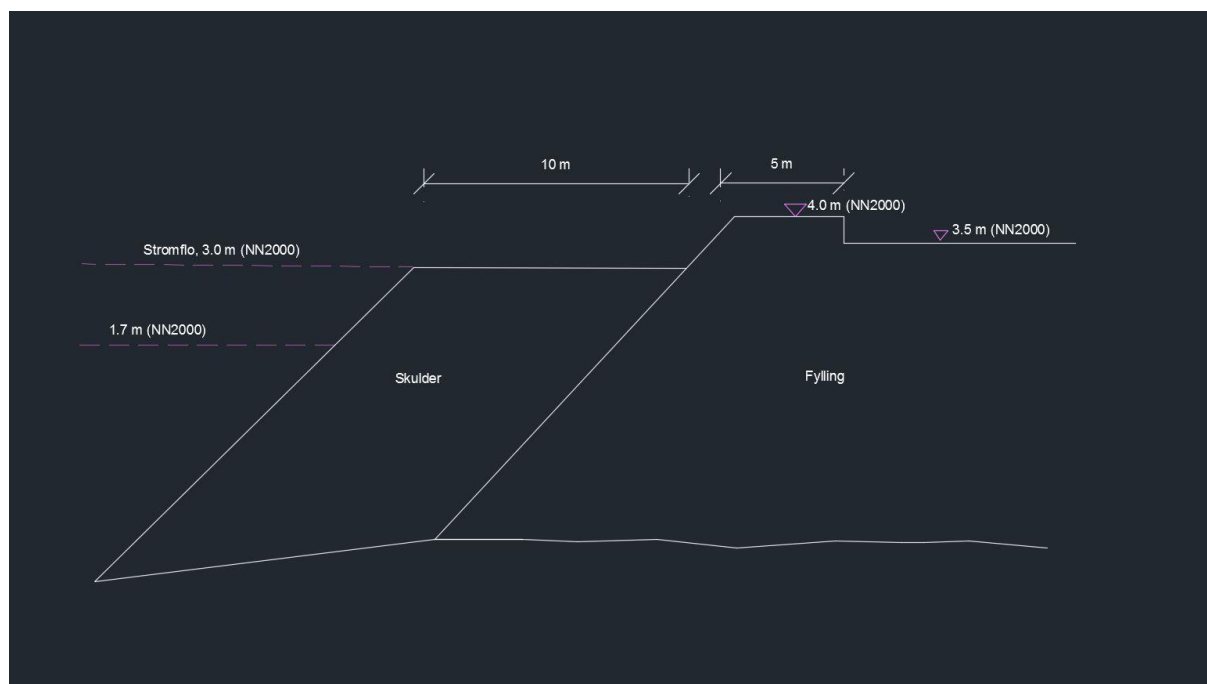
Nødvendig høyde av fylling og plastringen

Den nødvendige høyde av planlagte fylling og plastringen er en funksjon av stormflo og bølgehøyde. For beregning av høyde, har vi brukt vindbølgehøyder fra 120°. Anbefalt tillatt overskylling er også vurdert basert på EurOtop håndbok som gir anbefalt tillatt overskylling av 10 l/s/m (liter per sekund per løpemeter)

Basert på stormfloshøyde anbefaler vi en høyde på 3.5 m over NN2000 for fyllingen. Dette vil gi tilstrekkelig sikkerhet mot ekstremvannstanden som vil kunne opptre med dimensjonerende stormflo for å unngå oppløft på bygget og vanninntrenging. For å skjerme mot bølgene og overskyllingen er det flere alternativer:

1. Det kan etableres en voll som kommer opp mot 4.0 m over NN2000 kombinert med en skulder utformet som skissert i Figur 7 i de områder der selve skolebygget er nærmere enn 20 m fra plastringskanten. Skulderen har som hensikt å minske bølgeenergien før den når hovedplastringen.
2. Det vil også være mulig å plassere hele bygget lengre enn 20 m fra plastringskanten og bruke materialer som effektivt drenerer bort store mengder vann (som f.eks. dreneringsmasse) i området bak plastringen. Det vil da være tilstrekkelig med kun vollen på 0.5 m men det vil være viktig at det er mulig å stenge av området ved varslet storm.
3. Et tredje alternativ vil være å bygge en voll som kommer opp mot 5.0 m over NN2000. Denne vil kunne gi tilstrekkelig skjerming slik at bygget kan etableres nærmere plastringskanten og tomten kan utnyttes bedre. Vollen vil i så fall stikke opp 1.5 m over fyllingshøyde og dermed obstruere utsikten mot fjorden.

Det anbefales uansett at eksisterende plastringen utbedres ved nytt plastringslag på utsiden av eksisterende plastringen for å sikre tilstrekkelig stabilitet på plastringslaget.



Figur 7 Alternativ for utbedring av eksisterende plastring og fylling

Referanse

- Simpson, M. J. R., J. E. Ø. Nilsen, O. R. Ravndal, K. Breili, H. Sande, H. P. Kierulf, H. Steffen, E. Jansen, M. Carson and O. Vestøl (2015). Sea Level Change for Norway: Past and Present Observations and Projections to 2100. Norwegian Centre for Climate Services report 1/2015, ISSN 2387-3027, Oslo, Norway
- EurOtop Wave overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual 2007

1	2018-03-09	Notat	ASA	OMU	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.