

Sande Kommune

► Bølgeanalyser og stormfløvvurdering

Sande Kommune

Oppdragsnr.: 52206165 Dokumentnr.: Kystteknikk 01 Versjon: 01 Dato: 2022-10-21



Oppdragsgiver: Sande Kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Oddbjørn Indregård
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127B, 7031 Trondheim
Oppdragsleder: Athul Sasikumar
Fagansvarlig: Arne Erling Lothe
Andre nøkkelpersoner: Kåre Gjengedal

01	2022-10-21	Til bruk	ASA	AEL	ASA
00	2022-10-17	Til KS	Athul Sasikumar		
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 har utført en stormflo- og bølgeanalyse for å sette byggegrense langs sjøen for Sande kommune. Byggverk i strandsonen skal dimensjoneres etter TEK17, og flomsikres i hht Flomklasse F1, F2 eller F3. TEK 17 § 7, krever at byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger.

Denne notatet inneholder byggegrenser til sjø for Sande kommune i flomklasse F1 og F2, og gjelder bare flomfare fra sjøen. Det er foreløpig ikke gjort vurderinger for noen tiltak i Flomklasse F3. Dersom man på et senere tidspunkt vil vurdere å plassere et F3-bygg i området (nær sjøen), må det gjøres en separat vurdering.

Stormflo-analysen er basert på observerte tall fra Ålesund og estimerer på framtidig endring av middelvann i Sande kommune. Stormflonivåene er antatt samme for hele kommunen. Dimensjonerende stormflonivå for flomklasse F2 i henhold til TEK 17 § 7-2 i 2090 er 2,57 m NN2000. Dimensjonerende stormflonivå for flomklasse F1 i henhold til TEK 17 § 7-2 i 2090 er 2,39 m NN2000.

Det er gjennomført en analyse av forekomst av vindbølger og havbølger til Sande kommune. Analysen viser at det er stort innslag av havbølger mot Sande kommune. For å fastsette byggegrensen er Sande kommune delt i forskjellige soner. Inndeling av soner er basert på modellerte bølgesituasjon (vind og dønning) langs hele kommune. Avgrensninger for soneinndelingen er videre basert på forslagene fra Sande kommune.

I denne notatet er det presentert byggegrenser langs hele Sande kommune i form av trygge kotehøyder og sikker avstand til tiltaket. Om det er ønskelig å plassere tiltaket nærmere til sjøen (fortsatt over stormflo nivå) må det gjøres noe sikring mot bølger. Sikring mot bølger kan oppnås ved f.eks. å etablere et brystvern mot sjøen kombinert med å heve terrenget over dimensjonerende stormflonivå.

De foreslåtte byggegrensene er ikke absolutte. Analysen er utført på kommune-nivå, og det kan finnes detaljer og nyanser som ikke vises i de modellene og kartene som er benyttet. Dersom man ønsker å fravike fra de foreslåtte byggegrensene (i praksis bygge på et lavere nivå), må det utføres en detaljert tilleggsanalyse for hvert enkelt sted.

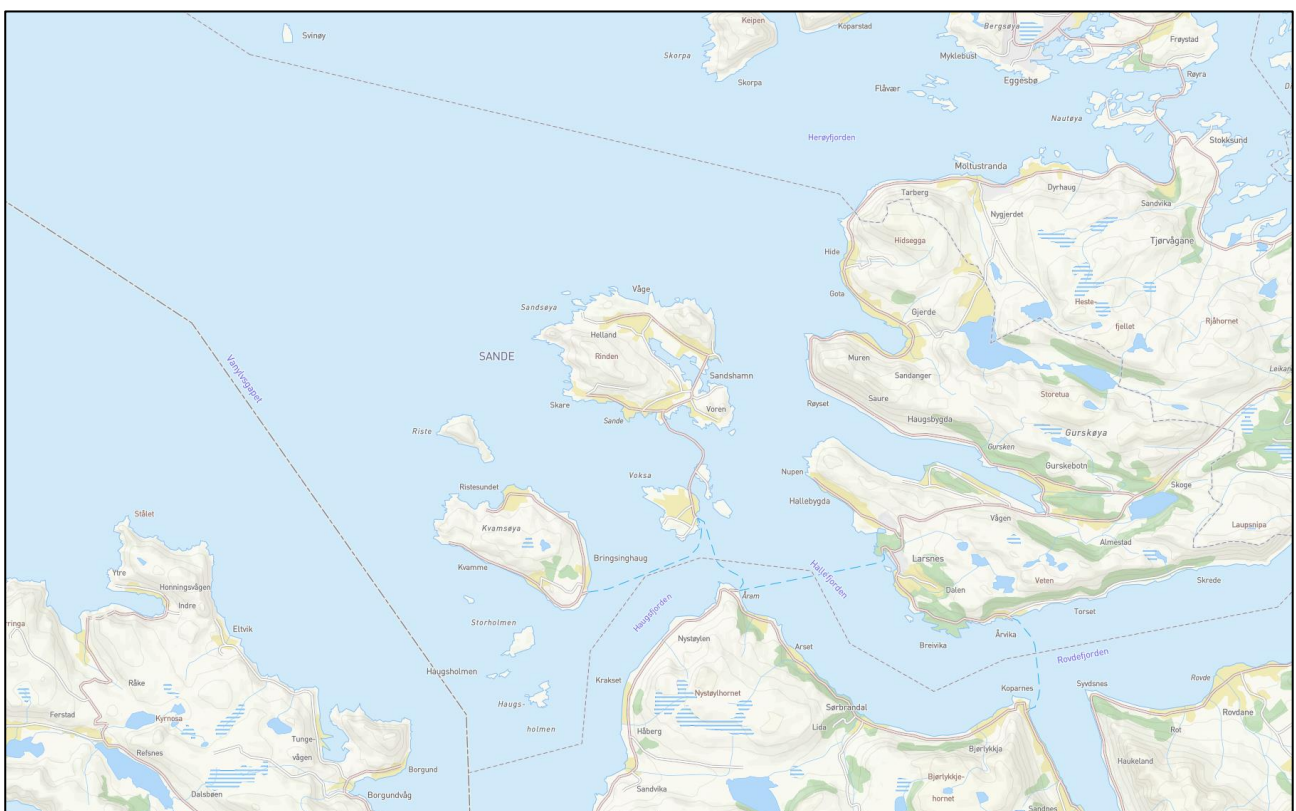
► Innhold

1	Innledning	5
2	Lovverk	6
3	Stormflo	7
4	Bølger	10
5	Forslag til byggegrenser mot sjø	11
5.1	Soneinndeling	11
5.2	Beregnet bølgehøyde ved forskjellige soner	14
5.3	Byggegrenser i forskjellige soner	17
6	Restrisiko	21
7	Referanser	22
8	Vedlegg	23
8.1	B100 – Soneinndeling, oversiktskart	23
8.2	B101 – Soneinndeling, Sone 1-4	23
8.3	B102 – Soneinndeling, Sone 5-10	23
8.4	B103 - Soneinndeling, Sone 11-14	23
8.5	B104 – Soneinndeling, Sone 15-20	23
8.6	Beregning av bølger	24

1 Innledning

Norconsult har på oppdrag fra Sande kommune utarbeidet foreslåtte byggegrenser mot sjøen for å unngå flomfare fra stormflo (med havnivåstigning) og bølger. Beregningene er utført i forbindelse med fastsettelse av byggegrenser i kommuneplanens arealdel for Sande kommune (Figur 1). Notatet inneholder beregninger for stormflo, havnivåstigning, dønningsbølger og vindbølger, som er brukt til å beregne flomfare. Notatet konkluderer med trygge kotehøyder og anbefalinger om sikker avstand til sjøen.

Som underlag for vurderingene brukes krav fra TEK17. Forskriften i TEK17 forutsetter at nye tiltakene langs kystlinjen skal sikres mot flomfare enten ved at de legges utenfor eller over flomutsatte områder, eller de dimensjoneres og sikres mot påregnelig effekt av vann. Flomsikring vil generelt omfatte enhver sikring mot uønsket inntrenging av vann, enten det kommer fra elver, innsjøer, havet eller bølger. I denne notatet er det kun vurdert flom fra havet, dvs. stormflo, havnivåstigning og dønnings- og vind bølger.



Figur 1 Sande Kommune [1]

2 Lovverk

Byggteknisk forskrift [2], TEK 17 § 7, krever at byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger. Angående sikkerhet mot stormflo og bølger har Byggeforskriften [2], TEK17 stillet følgende krav,

(1) Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.

(2) For byggverk i flomutsatt område skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.

Forskriften opererer med tre ulike sikkerhetsklasser. Den viktigste utløsende faktor for valg av klasse er graden av personopphold og konsekvensen ved oversvømmelse. Her opererer § 7-2 med sikkerhetsklassene F1, F2 og F3 for flom.

Tabell 1 Sikkerhetsklasse for flom [2]

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

- Klasse F1 omfatter midlertidige konstruksjoner og steder uten permanent menneskelig opphold og med små eller ingen konsekvenser for miljøet ved skader, og benytter 20 års returperiode. Den generelle vurderingen er at Flomklasse F1 er en lite anvendelig klasse. Her skal det benyttes en returperiode på 20 år, og det betyr at flom kan inntreffe med jevne mellomrom, og at flom er et fenomen man må regne med. Klassen kan være anvendbar for anlegg som tåler inntrenging av vann, som eksempelvis et tradisjonelt naust, sjøhus, turstier og parker, friområder. Slike bygg må nødvendigvis ligge nær sjøen, og var tidligere utformet slik at man kunne tåle vann inn i nederste etasje uten at det medførte skader.
- Klasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold og innebærer at flomrisiko skal estimeres for 200 års returperiode. F.eks. boliger, kontorbygg.
- Klasse F3 omfatter samfunnskritisk infrastruktur, og gjelder konstruksjoner som må fungere også under en krise, dvs. brannstasjoner, politistasjoner og helseinstitusjoner. Her skal det benyttes 1000 års returperiode.

For virksomheter med anlegg der det framstilles, brukes, håndteres eller lagres farlige stoffer [2], f.eks. et anlegg for produksjon av hydrogen er det storulykkeforskriften som gjelder. Storulykkeforskriften [3] presiseres at tiltakene som faller i denne klassen må etableres med en sikkerhet som er «markant høyere» enn strengeste sikkerhetsklasse, som er F3 med 1000 års returperiode med nærmere angitte krav til hva som legges til for klimaendringer [3].

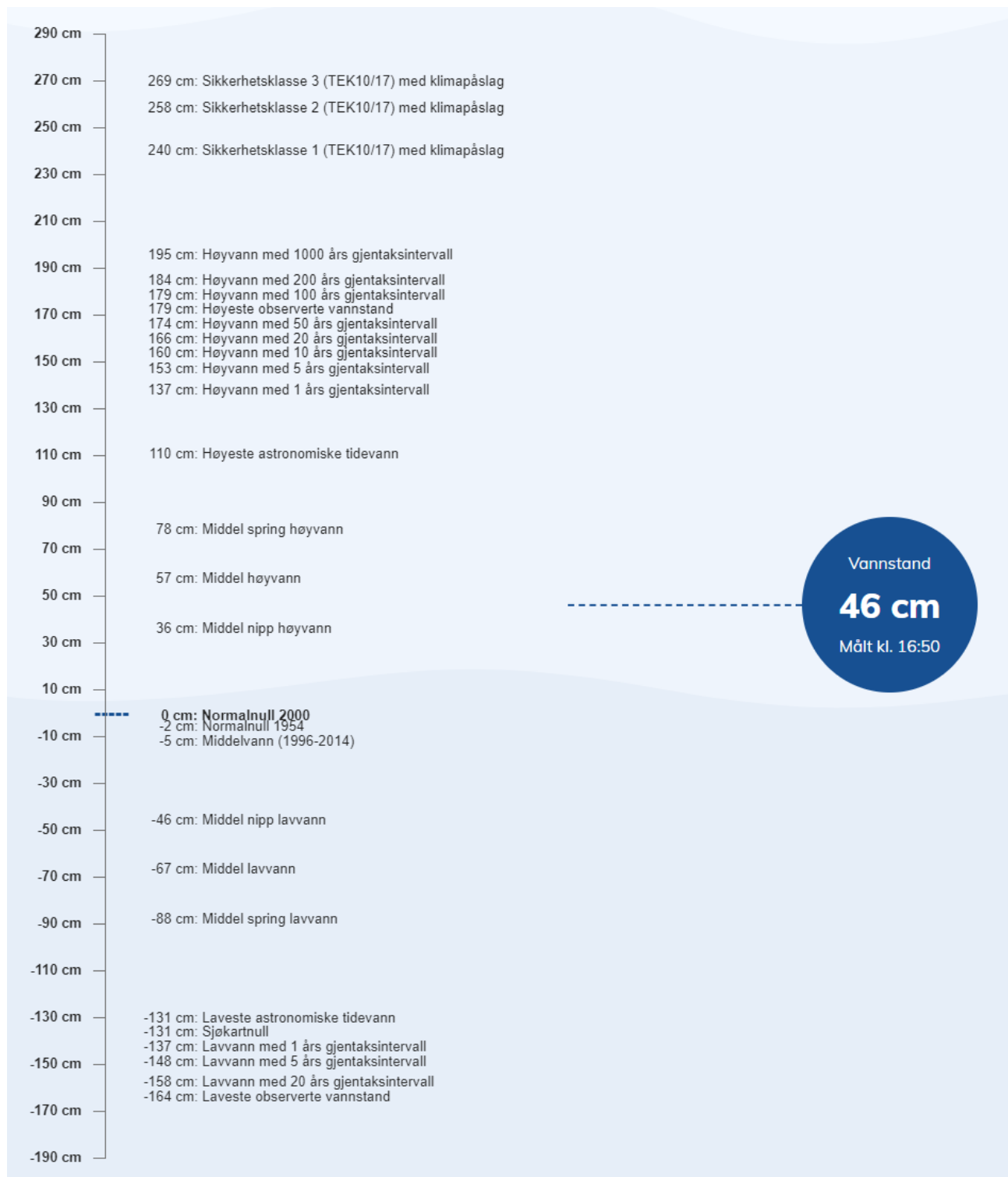
Det er foreløpig ikke gjort en vurdering for tiltak i Flomklasse F3 eller de som faller under storulykkeforskriften. Dersom man på et senere tidspunkt vil vurdere å plassere et F3-bygg i området (nær sjøen), må det gjøres en separat vurdering av det bygget.

3 Stormflo

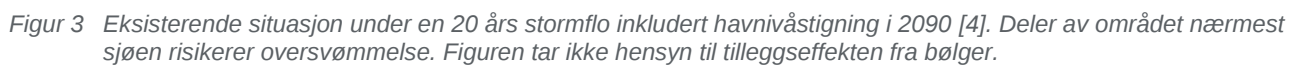
Tidevannsnivåer og stormflonivå er hentet fra Se havnivå [4] for Sande kommune og er vist i cm over NN2000 i Tabell 2 og i Figur 2. Stormflonivået er antatt samme for hele kommune. Figur 3 og Figur 4 viser eksisterende situasjon under en 20 og 200 års stormflo i 2090 [4]. Merk at figurene ikke tar hensyn til effekten fra bølger.

Tabell 2 Tidevannstander og stormflonivå i cm over NN2000 ved Sande kommune [4].

Vannstand	Verdi
1000 års stormflo med klimapåslag i 2090 (F3)	269 cm
200 års stormflo med klimapåslag i 2090 (F2)	257 cm
20 års stormflo med klimapåslag i 2090 (F1)	239 cm
1000 års stormflo i 2022	194 cm
200 års stormflo i 2022	178 cm
20 års stormflo i 2022	172 cm
Høyeste registrerte vannstand i Ålesund	179 cm
Høyeste astronomiske tidevann (HAT)	110 cm
Middelvann (MV)	-5 cm
Laveste astronomiske tidevann (LAT)	-131 cm



Figur 2 Vannstander for Sande kommune hentet fra Se havnivå [1]. Høydereferanse i cm over NN2000.

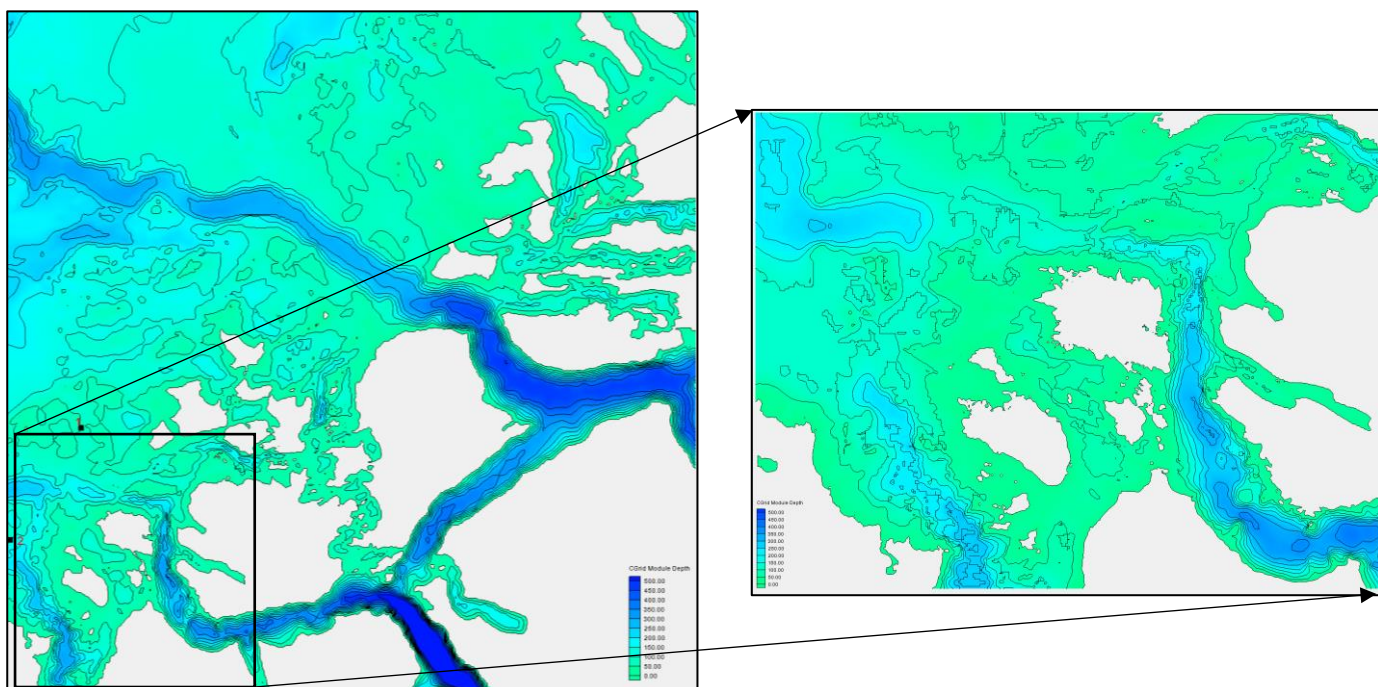


4 Bølger

Bølgene som kan komme inn mot Sande kommune kan inndeles i havbølger (dønning) fra Norskehavet og Stadhavet, og lokale vindbølger som skapes av lokal vind i fjordene.

Dønningsbølgene er i hovedsak bølger som kommer inn fra vest gjennom Sandsøya og Skorpa. Dønningsbølgene fra åpent hav inn mot Sande kommune er undersøkt i to trinn ved hjelp av numerisk modellering,

1. Steg 1: En stor havmodell for Møre og Romsdal. Denne modellen er forholdsvis grov med en oppløsning på 750 x 750 m². Denne modellen benyttes fram til området rundt Svinøy. Overgangen til neste modell ivaretas ved at vi tar ut et spektrum i grensesonen mellom en modell og den neste, og så sendes det samme spekteret videre inn i neste modell. Dybde data i denne modellen er vist til venstre i Figur 5.
2. Steg 2: En mindre modell for Sande kommune. Denne modellen har finere oppløsning med 70 x 70 m². Dybde data for modellen er vist til høyre i Figur 5.



Figur 5 Kobling av modeller for dønnings-bølgeanalyse Figurene viser dybde data modell brukt i STWAVE.

Lokale vindbølger dannet i fjordene dvs. Hallefjorden, Rovdefjorden, Syvdefjorden og Haugsfjorden er også modellert i STWAVE. Vindbølgene er modellert i den store havmodell for Møre og Romsdal med vind data fra Svinøy målestasjon.

For mer detaljer om modellering av bølgene, se vedlegg i kapittel 8.6.

5 Forslag til byggegrenser mot sjø

5.1 Soneinndeling

For å fastsette byggegrense er det hensiktsmessig å dele Sande kommune i forskjellige soner. Inndeling av soner er basert på modellert bølgesituasjon (vind og dønning) langs hele kommunen. Stormflonivåene er antatt samme for hele kommunen. Avgrensninger for soneinndelingen er videre basert på forslagene fra Norconsult med justeringer foreslått av Sande kommune.

Soneinndelinger for Sande kommune er vist i Figur 6 og Tabell 3. Hele kommunen er delt i 20 forskjellige soner. Se vedlegg 8.1 til 8.5.

Når bølgene nærmer seg kystlinjen blir de påvirket av bunnen, helning i strandsonen, type strandsone (stein, svaberg, sandstrand) og lokal skjerming (på grunn av øyer og skjær). I Tabell 2 vises type kystlinje langs de forskjellige sonene, basert på observasjoner i flyfoto.



Figur 6 Soneinndeling for flomfare i Sande kommune

\\norconsultad.com\dfs\nor\oppdrag\trondheim\522\06\52206165\5 arbeidsdokumenter\54 kystteknikk\notat\rapport_bølgeanalyser og stormflo_sande kommune.docx

Tabell 3 Soneinndelinger for Sande kommune

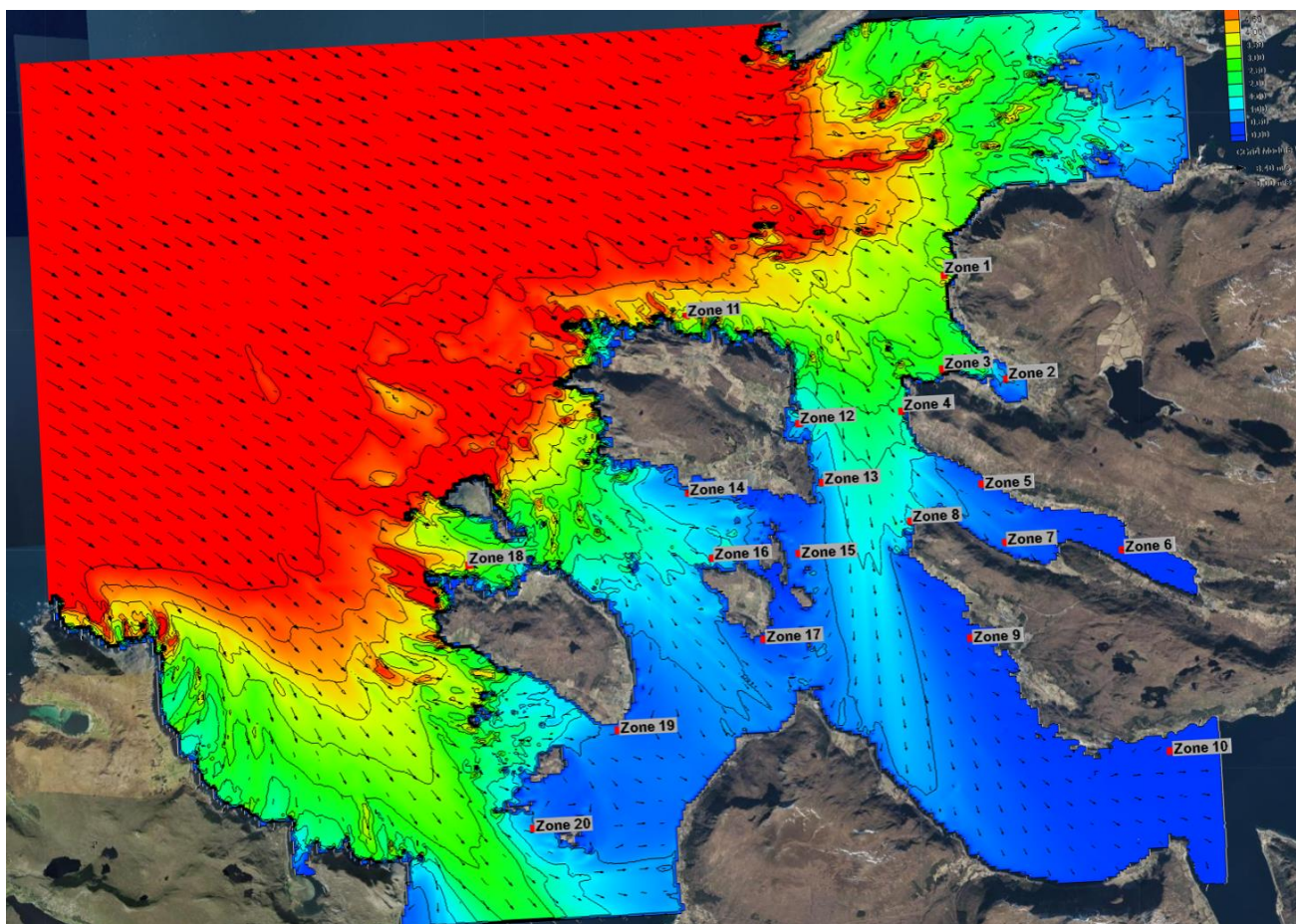
Soner	Del av Sande kommune	Type Kystlinje
Sone 1	Fra kommunegrense mellom Herøy og Sande i nordvest (vest for Vetten) til nordlige Gjerdsvika molo	Stedvis bratt og svaberg kystlinje
Sone 2	Inn i Gjerdsvika, skjermet av Gjerdsvika molo	Skjermet området og gradvis grunt i kystlinjen innerst.
Sone 3	Fra Gjerdsvika molo til Gjøneseidet vest for Gjønna.	Svaberg kystlinje.
Sone 4	Fra Gjøneseidet til Røyset	Svaberg kystlinje.
Sone 5	Fra Røyset til Vikebukta.	Svaberg kystlinje, stein/grov sandstrender.
Sone 6	Innerste i Gurskenbukta.	Svaberg kystlinje, stein/grov sandstrender.
Sone 7	Fra Sandvikneset til starten av Nupeneset	Sand strand ved Sandvika, Svaberg kystlinje langs resten av kystlinjen.
Sone 8	Nordvest for Nupen til Nupeholmen	Bratt og svaberg kystlinje.
Sone 9	Fra Nupeholmen til Storebåtvika	Svaberg kystlinje, steinstreender.
Sone 10	Fra Storebåtvika til kommunegrense mellom Herøy og Sande i sørøst	Svaberg kystlinje, steinstreender.
Sone 11	Ytredelen av Sandsøya, fra vest for Skare og videre mot nordsida av Sandsøya.	Bratt og svaberg kystlinje
Sone 12	Sandshamn, området innenfor av moloen	Gradvis grunt kystlinjen med sand/stein strender
Sone 13	Fra Toftesundholmen til voksevegen	Stedvis bratt og svaberg kystlinje
Sone 14	Fra vestsiden av voksevegen til Skare	Svaberg kystlinje med sand strender
Sone 15	Marøya, Flatøyna og Hestholmen.	Svaberg kystlinje.
Sone 16	Nordvest-delen av Voksa, Fra voksevegan og videre mot Hansvika	Stedvis bratt og svaberg kystlinje
Sone 17	Sørøst-delen av Voksa	Stedvis bratt og svaberg kystlinje
Sone 18	Fra moloen nord for Kvamsøya fergekai, rundt Kvamsøya og videre til Brekke på sørsiden av Kvamsøya	Svaberg kystlinje med sand strender
Sone 19	Sørlige delen av Kvamsøya	Stein/grov sand strender
Sone 20	Storholmen, Frekøya og Haugsholmen	Stedvis bratt og svaberg kystlinje

5.2 Beregnet bølgehøyde ved forskjellige soner

Figur 7 viser et eksempel resultat fra beregningen av havbølger (steg 2, detaljert modell). Her er fordelingen av signifikant bølgehøyde H_{m0} vist for et tilfelle der vi har signifikant bølgehøyde $H_{m0} = 5.0$ m med spektral topp-periode $T_p = 14$ sek fra retning 300° i åpent hav. Som beskrevet i seksjon 3, har bølgemodellen en oppløsning på 70×70 m som gjør at modellen har ikke alle detaljene av kystlinjen med mindre skala enn 70 m. Dette betyr at eksakte minimumshøyder for gulvnivå for bygningene langs kystlinjen vil ikke være realistisk å kunne angi.

Analysen viser at det er stort innslag av havbølger og dønning mot Sande kommune. Retningene hvor det kommer relativt sett mest bølge-energi inn til Sande kommune er fra 300° og 330° ($0/360^\circ =$ fra Nord) i åpent hav. Bølgehøyden foran Gjerdsvika molo i dette tilfellet er ca. 1,2-1,4 m. Man kan nå skalere bølgehøydene, slik at man for et tilfelle med $H_{m0} = 10.0$ m i åpent hav, vil få dobbelt så høye bølger foran Gjerdsvika molo. For beregning av ekstremverdiene av dønningsbølgene benytter vi statistikken for bølgene i hindcastpunktet (NORA10 – N 62.57° / Ø 5.67°).

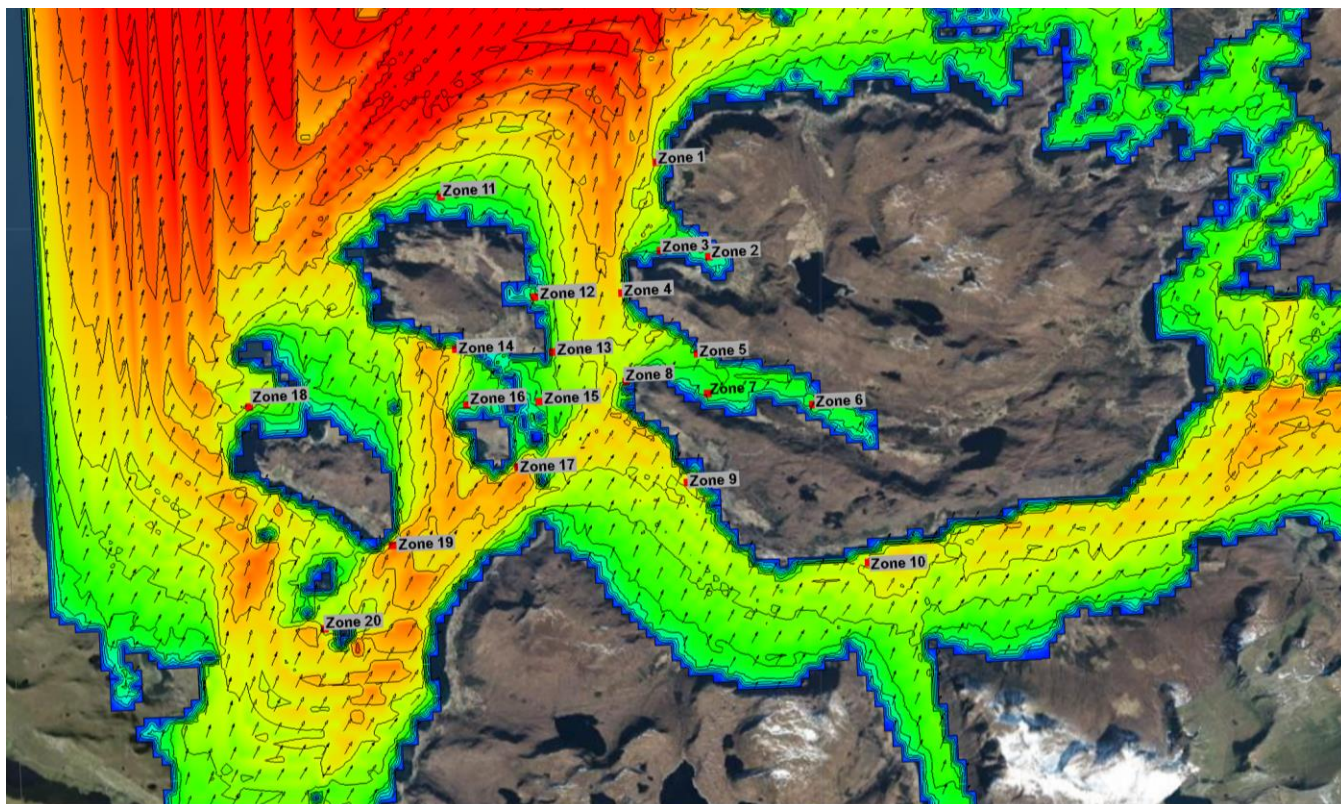
Bølgemodellene viser at dønningsbølgene vil ikke nå langt inn i Hallefjorden og er dempet før de når Rovdefjorden. Det er derfor vindbølger som dominerer langs Rovdefjorden dvs. sone 9 og 10. Det samme gjelder ved sonene 13,15, 17 og 19 selv om det finnes dønningsbølger. Det største bidraget er her fra lokale vindbølger på grunn av lange strøklengder mot sør-østlige retninger.



Figur 7 Bilde av signifikant bølgehøyde ved innkommende dønningsbølger med signifikant bølgehøyde $H_s = 5.0$ m, spektral topp-periode $T_p = 14$ s og retning 300° .

Figur 8 viser modellerte vindbølger for Sande kommune. Her er fordelingen av signifikant bølgehøyde H_{m0} vist for et tilfelle der vi har en vindhastighet på 35 m/s fra 210° som tilsvarer en 200 års hendelse. Ekstreme vindhastigheter er hentet fra Svinøy vindstasjon. Figur 7 og Figur 8 viser også punktene der bølgehøyder er

avlest fra modellen (Sone 1-20). Resulterende dønning og vindbølgehøydene ved forskjellige soner er oppsummert i Tabell 4. Tabell 4 viser bølgehøydene som gjelder for flomklasse F1 og F2.



Figur 8 Bilde av signifikant vindbølgehøyde ved vindhastighet på 35 m/s. Modelleringen har gyldighet bare i de lukkede fjordområdene.

Ekstremt høyt vann-nivå (stormflo) inntreffer i tilfeller der det er sammenfall mellom høyt tidevann, lavtrykk og pålandsvind med bølger. Ved stormer fra vestlig sektor vil vannstanden typisk øke ved kysten i Sande kommune pga. oppstuving, og da vil man få sammenfall mellom høy vannstand og høye vindbølger for de steder som er utsatt for vindbølger fra vestlig sektor.. Det er veldig lite sannsynlig at høy vannstand med vestlig storm og høye vindbølger (fra østlige retninger) inntreffer samtidig.

Tabell 4 Oppsummering av dimensjonerende bølgehøydene ved forskjellige soner

Sone	Dominerende bølger	20 års bølgehøyde (m)	200 års bølgehøyde (m)	Bølge-retning (°)	Kan ekstreme bølger og ekstrem stormflo inntreffe samtidig?	Kombinasjon av stormflo og ekstreme bølger
Sone 1	Dønningsbølger	7.4	8.7	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 2	Dønningsbølger	1.3	1.5	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 3	Dønningsbølger	5.7	6.7	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 4	Dønningsbølger	4.5	5.3	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo

Sone 5	Dønningsbølger	0.6	1.0	330	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 6	Dønningsbølger	0.6	1.0	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 7	Dønningsbølger	0.8	0.9	330	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 8	Dønningsbølger	2.7	3.2	330	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 9	Vindbølger	1.1	1.5	210	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 10	Vindbølger	1.3	1.6	90	Nei	200 års Vindbølger (fra 90°) 20 års stormflo <u>eller</u> Maks 200 års Vindbølger (fra sørvest) 200 års stormflo
Sone 11	Dønningsbølger	7.5	8.9	330	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 12	Dønningsbølger	1.6	1.9	330	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 13	Vindbølger	1.35	1.83	120	Nei	200 års Vindbølger (fra 120°) 20 års stormflo <u>eller</u> Maks 200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 14	Dønningsbølger	1.2	1.4	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 15	Vindbølger	1.2	1.7	120	Nei	200 års Vindbølger (fra 120°) 20 års stormflo <u>eller</u> Maks 200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 16	Dønningsbølger	2.2	2.6	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 17	Vindbølger	1.2	1.7	150	Ja	200 års Vindbølger (fra 210°) 200 års stormflo
Sone 18	Dønningsbølger	7,0	8,5	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 19	Vindbølger	1.3	1.7	210	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo
Sone 20	Dønningsbølger	1.5	1.8	300	Ja	200 års Dønningsbølger 200 års stormflo

5.3 Byggegrenser i forskjellige soner

Basert på den kartlagte bølgesituasjon ved forskjellige soner sammen med stormflo nivåer (med klimapåslag) kan man sette byggegrensen langs hele kommunen. Fastsettelsen av byggegrenser i flomklasse F1 og F2 er basert på hvor langt bølgene skyller inn på land under en stormflohendelse ved de ulike gjentakintervallene.

Stormflo vil i utgangspunktet kun utgjøre en fare for oversvømmelse dersom man ikke bygger høyt nok. Minimum golvhøyde for bygg bør ligge høyere enn dimensjonerende stormflo slik at man unngår vann og skade på golvkonstruksjoner, rør og isolasjon, og vi anbefaler at man legger inn ekstra høyde, 0, 3 - 0,5 m. Konstruksjoner er sikret mot bølgeoppskylt ved at man enten:

- Legger tiltakene på en sikker kotehøyde (stormflo + effekten fra bølger).
- Sikrer terrenget mellom tiltaket og sjøen slik at bølger ikke skyller over i en dimensjonerende situasjon. Typisk ved å heve fyllingsfronten med et brystvern eller heving av eksisterende erosjonssikring.
- Legger tiltaket i tilstrekkelig avstand fra sjøen.

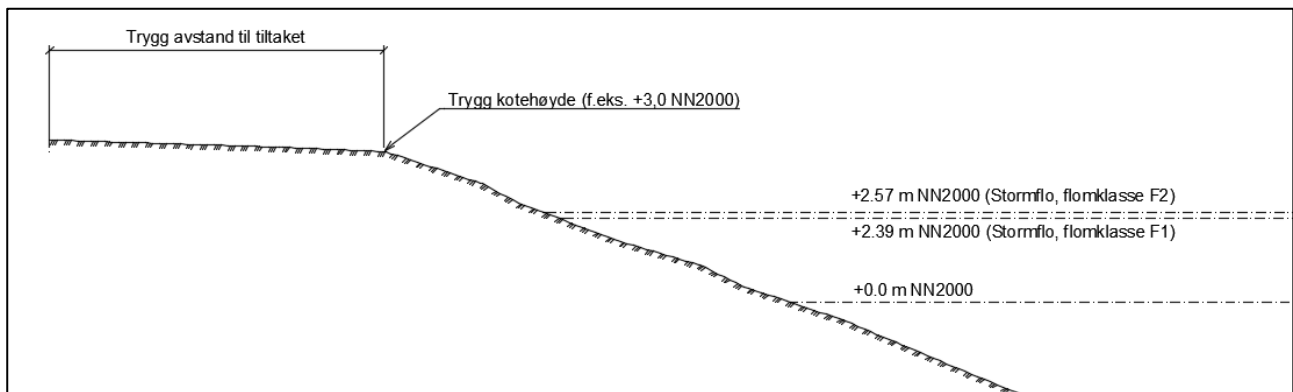
I tillegg må terrenget utformes slik at vann renner tilbake til sjøen, og ikke magasineres inntil nye eller eksisterende byggverk.

TEK 17 har en viss åpning for at bygninger kan dimensjoneres for å tåle en oversvømmelse, men det frarådes på generelt grunnlag. Det bør derfor bare vurderes i unntakstilfeller for nye tiltak i F2 med mindre det er praktisk umulig å legge bygninger på et flomsikkert nivå (f.eks. utvidelse av eksisterende bygg med krav om universell utforming). Dette kan derimot være aktuelt for garasjer, naust etc. i flomklasse F1, som ikke er beregnet for personopphold, og hvor de økonomiske konsekvensene ved en oversvømmelse anses som små.

Byggegrensen for forskjellige soner er beregnet for de kombinasjoner av stormflo og bølger gitt i Tabell 4. Disse er funnet ved hjelp av formelverk av EurOtop Manual [5], og bestemmes av vannmengden som tillates å skylle over. For aktivitetsområder på land (veger, promenader, brygger, osv.) benytter man seg ofte av et litt mer komplekst kriterium som tillatt overskylling, der overskyllingen måles som en mengde vann i liter per tidsenhet per lengdemeter (l/(sm)). Her varierer kriteriene betydelig, men for å sette byggegrensen for Sande kommune har vi brukt følgende kriterium.

10 l/(sm): Bygninger og konstruksjoner nær sjøen. Grense for personer med god førlighet og godt utstyr, og som er forberedt på å møte utfordrende værforhold.

Tabell 5 viser trygge kotehøyder i m over NN2000 og sikker avstand (Figur 9) til tiltaket i sikkerhetsklasse F1 eller F2 for Sande kommune. F.eks. tilstrekkelig sikring i sone 2 mot flom i klasse F2 kan oppnås ved å legge tiltaket på +3,0 m NN2000 (0,5 m over 200 års stormflonivå i 2090) og minimum 5 m inn på land (*regnet fra høyvannslinjen under stormflo*). Dette forutsetter at terrenget mot sjøen ligger over dimensjonerende stormflonivå og med et fall mot sjøen. Merk at det er mulig å finne flere slike kombinasjoner av trygge kotehøyder og sikker avstand enn det som er gitt i Tabell 5. Om det er ønskelig å plassere tiltaket nærmere sjøen må det gjøres noe sikring mot bølger. Sikring mot bølger kan oppnås ved f.eks. å etablere et brystvern langs fyllingsfronten kombinert med å heve terrenget over dimensjonerende stormflonivå.



Figur 9 Illustrasjon til forslag til byggegrense.

Tabell 5 Forslag til byggegrensen i Sande kommune i flomklasse F1 og F2

Sone	Sikkerhetsklasse F1		Sikkerhetsklasse F2	
	Trygg kotehøyde (NN2000)	Min. avstand fra sjøen ved høyvann til tiltaket (m)	Trygg kotehøyde (NN2000)	Min. avstand fra sjøen ved høyvann til tiltaket (m)
Sone 1	+ 8,0	25,0	+ 9,0	30,0
Sone 2	+ 2,5	5,0	+ 3,0	5,0
Sone 3	+ 6,0	20,0	+ 7,0	25,0
Sone 4	+ 5,0	15,0	+ 5,5	20,0
Sone 5	+ 2,5	2,0	+ 3,0	5,0
Sone 6	+ 2,5	2,0	+ 3,0	5,0
Sone 7	+ 2,5	3,0	+ 3,0	5,0
Sone 8	+ 4,0	10,0	+ 5,0	10,0
Sone 9	+ 3,0	3,0	+ 3,5	5,0

Sone 10	+ 3,0	3,0	+ 3,5	5,0
Sone 11	+ 6,5	30,0	+ 8,0	35,0
Sone 12	+3,0	5,0	+ 3,5	5,0
Sone 13	+ 3,0	5,0	+ 3,5	5,0
Sone 14	+ 3,0	3,0	+ 3,5	5,0
Sone 15	+ 3,0	3,0	+ 3,5	5,0
Sone 16	+ 3,5	7,0	+ 4,0	10,0
Sone 17	+ 3,0	3,0	+ 3,5	5,0
Sone 18	+ 8,5	20,0	+ 9,0	30,0
Sone 19	+ 3,0	3,0	+ 3,5	5,0
Sone 20	+ 3,0	5,0	+ 3,5	5,0

For alle tiltakene i kystsonen eller nær sjøen finnes det noen momenter og regler som må ivaretas. De vanligste av disse er nevnt nedenfor.

- Det er valgt et kriterium for akseptabel vannmengde på 10 l/(sm), som er det man kan regne med at førlige mennesker og normalt dimensjonerte norske hus kan tåle. For noen funksjoner som eksempel vis evakueringsruter, nødutganger, soner for universell adkomst vil kravet være strengere.
- I teorien kan man sette minimum gulvhøyde for et bygg lik dimensjonerende stormflo. Generelt anbefaler Norconsult at laveste gulvnivå bør legges 0,5 m over dim. stormflonivå for sikkerhetsklasse F2 forutsatt at anlegget skjerms mot bølgeoppskyll.
- For noen typer bygg er det aktuelt å akseptere en høyere risiko for flom. Det gjelder byggverk i sikkerhetsklasse F1. Dvs. bygg med sporadisk menneskelig opphold og enkel evakuering, og ingen kritiske infrastrukturfunksjoner. For eksempel garasje, badehus eller naust der man aksepterer periodisk inntrenging av vann.

- For bygg som bygges etter Flomklasse F1 med 20 år returperiode, må det påregnes at de utsettes for flom flere ganger i sin levetid
- Dersom det skal etableres nye byggverk i flomklasse F1 eller F2, innenfor sikker avstand gitt i Tabell 5 må det påses at byggverket og tilstøtende areal (adkomstveger etc.) er sikret mot bølgeoppskyll. Normalt er en plastring med en bølgevoll den billigste løsningen.
- Vanntett kjeller - For bygg som har kjeller under grunnvannsnivå eller høyeste flomnivå (for flomklasse F2 i Sande kommune 2.6 m NN2000) gjelder at kjelleren må oppføres i et vanntett materiale, vanligvis betong.
- Terrenget mellom kystlinje og bygget må formes slik at vannet dreneres vekk eller tilbake til sjøen, og ikke magasineres på land.
- Noen typer konstruksjoner kan justeres eller endres for å tilpasse seg endrede forhold. Dette gjelder for eksempel moloer, veger, turstier, parker osv. Andre konstruksjoner er avhengige av nærhet til sjø for å fungere; det gjelder for eksempel kaier, brygger, naust osv.
- For kaiene hvor det ikke plasseres bygninger, kan kaidekke legges lavere. Det forutsetter at man aksepterer at de oversvømmes, og at det ansees som hensiktsmessig for kaifunksjonen.
- Avløpssystemet må forberedes for høy ekstern vannstand. Det betyr at sluk og avløp som ligger lavere enn dimensjonerende vannstand må sikres mot tilbakeslag utenfra, og det må foretas en vurdering av hvor store deler av avløpssystemet som skal fungere under en stormflo. Det mest sikre løsningen er å samle opp avløpet i en sump/tank på lavt nivå, og så pumpe avløpsvannet opp over dimensjonerende vannstand og ut i det kommunale systemet.
- Elektriske systemer må forberedes for mulig vannpåvirkning, enten de løftes over kritisk nivå, eller de utføres som vanntette anlegg.

6 Restrisiko

Byggegrensene presentert i denne notatet gjelder for flom fra havet, dvs. stormflo, havnivåstigning, vind og dønningsbølger. Andre faktorene som kan føre til flom som er ikke hensyntatt i denne notatet er følgende,

- Skredbølger - Skredinduserte bølger kan oppstå når skred (fjell, løsmasser eller snø) faller ned i sjøen og setter opp bølger. Fjellskred er den skredtypen som har størst potensial for å skape bølger av destruktiv størrelse. NVE har identifisert 3 potensielle fjellskred i regionen, Laupsnipa, Bjørlykkjehornet og Sandnestua [6].
- Flom fra vassdrag – oversvømmelse ved økt vannføring og vannstand i elver, bekker er ikke hensyntatt
- Nedbør - Det kan forventes høyere intensitet av nedbør som følge av klimaendringer som gir økt avrenning under nedbørsperioder. Kombinasjon av ekstremnedbør og stormflo er ikke vurdert i denne notatet

7 Referanser

- [1] «Kommunekart,» [Internett]. Available: <https://kommunekart.com/>.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk, Kapittel 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger, TEK 17».
- [3] Justis- og beredskapsdepartementet, «Storulykeforskriften,» I 2016 hefte 7, Norge, FOR-2016-06-03-569.
- [4] Kartverket, «Se havnivå,» [Internett]. Available: <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [5] EurOtop, ««Wave overtopping of sea defences and related structures: assessment manual,»,» 2007.
- [6] NVE, «NVE atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.

8 Vedlegg

- 8.1 B100 – Soneinndeling, oversiktskart**
- 8.2 B101 – Soneinndeling, Sone 1-4**
- 8.3 B102 – Soneinndeling, Sone 5-10**
- 8.4 B103 - Soneinndeling, Sone 11-14**
- 8.5 B104 – Soneinndeling, Sone 15-20**

8.6 Beregning av bølger

Forklaring til parameterne brukt i beregningene,

- Signifikant bølgehøyde, H_s : H_s er definert som middelverdien av den høyeste tredjedelen av alle bølger i en storm eller i en registrering. Innenfor en slik storm vil den høyeste bølgen være ca. $H_{max} \approx 2 H_s$ (målt fra bølgedal til bølgetopp).
- Spektral topp-periode, T_p : T_p er definert som den bølgeperioden (tidsavstanden mellom to påfølgende bølgetopper) som inneholder mest energi, dvs den perioden som vil oppfattes som den dominerende.
- Bølgelengde, L : Avstanden mellom to påfølgende bølgetopper.
- Returperiode (Gjentaksintervall), R_p : De ulike returperiodene for bølger er statistiske beregninger av hvor hyppig bølger av en viss størrelse vil opptre. En ekstrem bølgehøyde med en returperiode på 50 år vil i *gjennomsnitt* forekomme en gang hvert 50 år.

Dønningsbølger

Havbølgene er beregnet ved bruk av modelleringsverktøyet SMS/STWAVE.

Undersøkte tilfeller, Dønningsbølger

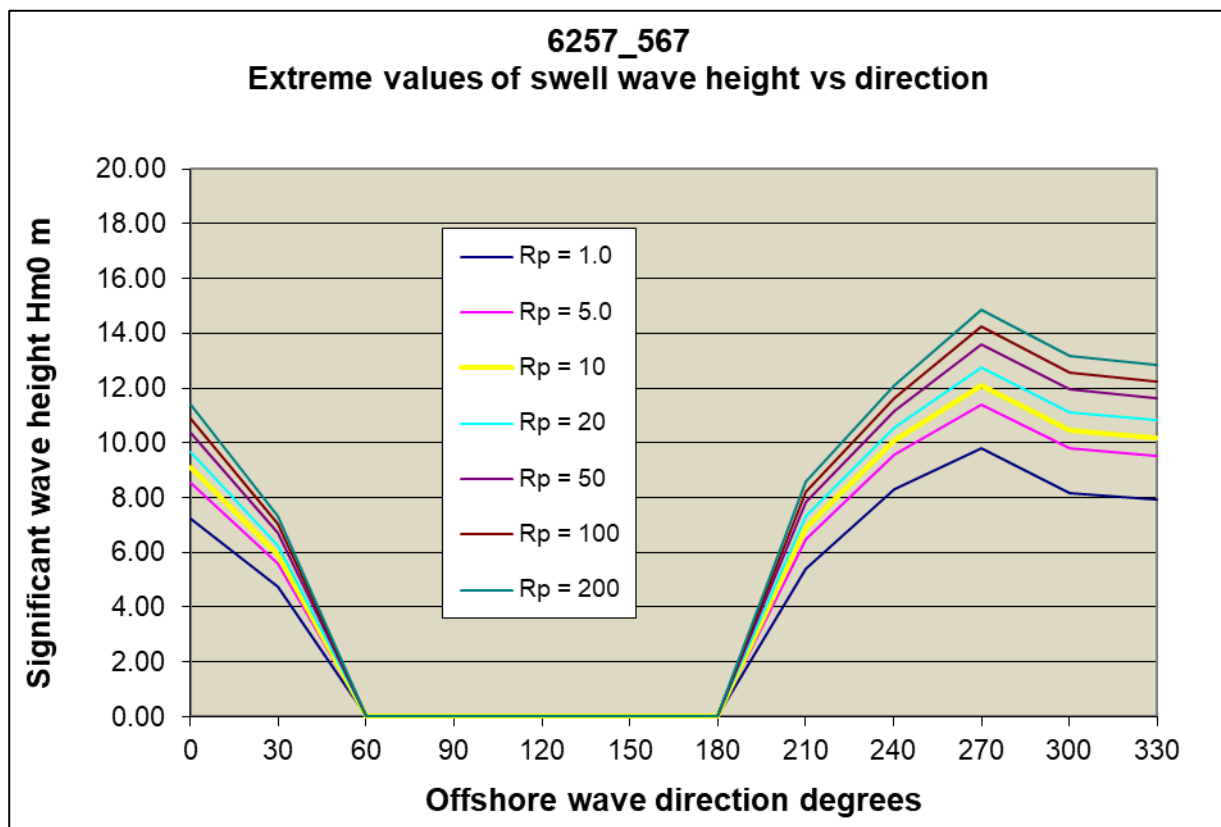
Modellerte dønningsbølgesituasjoner er vist i Tabell 6. Hvert tilfelle inneholder et inngående spektrum av bølger med en fordeling av bølge-energi for ulike retninger og perioder. Spektral topp-periode T_p er den bølgeperioden som inneholder mest energi (største bølgehøyde). I bølgemodellen er det benyttet en standard signifikant bølgehøyde i åpent hav på $H_s = 5.0$ m.

Tabell 6 Undersøkte tilfeller for dønningsbølger fra åpent hav (STWAVE)

Retning i åpent hav(°)	Spektral topp-periode T_p (s)				
	10 s	12 s	14 s	16 s	18 s
210	1	2	3	4	5
240	6	7	8	9	10
270 (Vest)	11	12	13	14	15
300	16	17	18	19	20
330	21	22	23	24	25
360 (Nord)	26	27	28	29	30
30	31	32	33	34	35

Dønningsbølger i åpent hav, Hindcast data

Bølger i åpent hav er hentet fra hindcast punkt NORA10 – N 62.57° / Ø 5.67° (1957 – 2016). Fordelingen av ekstrem signifikant bølgehøyde ved hindcast punkt for forskjellige retning er vist i Figur 10. Her ser vi at dominerende retninger i åpent hav er mellom 240 ° til 30 °. Høyeste bølger med en returperiode på 200 år kommer opp mot ca. 15,0 m (fra 270 °). Bølgeperiode for disse bølgene er på $T_p = 10 - 18$ sekunder.



Figur 10 Ekstremverdier av signifikant bølgehøyde for hindcast punkt N 62.57° / Ø 5.67°.

Metode for Dønnings-bølgeberegning

- Forplantningen av bølger fra åpent hav til Sande kommune er beregnet med 2 bølgemodeller (STWAVE), hvorav den ene benyttes i åpent hav (stor modell), og den andre (medium modell) for Sande kommune.
- Den store havmodellen (Figur 11) brukes til å følge bølgene fra åpent hav fram til området rundt Svinøy. Denne modellen er hentet fra Norconsults bølgedatabase for Norge og har en oppløsning på 750 m × 750 m. For å dekke alle mulige tilfeller, er det kjørt tilfeller med retning og spektral topp-periode som vist i Tabell 6.
- Ved 2 punktene øst og sør for Svinøy overtar en mellomskala bølgemodell. Bølgespektra fra de 35 tilfellene i Tabell 6 hentes ut fra disse punktene, og bølgene sendes videre i den nye mellomskala-modellen, se Figur 12.
- Bølge-transformasjonen fra åpent hav og helt inn til anlegget er estimert ved hjelp av en dimensjonsløs koeffisient (bølgehøydekoeffisient) som er definert som:

$$C(\theta, T_p) = \frac{H_{S_Sande_x}}{H_{S,0}}$$

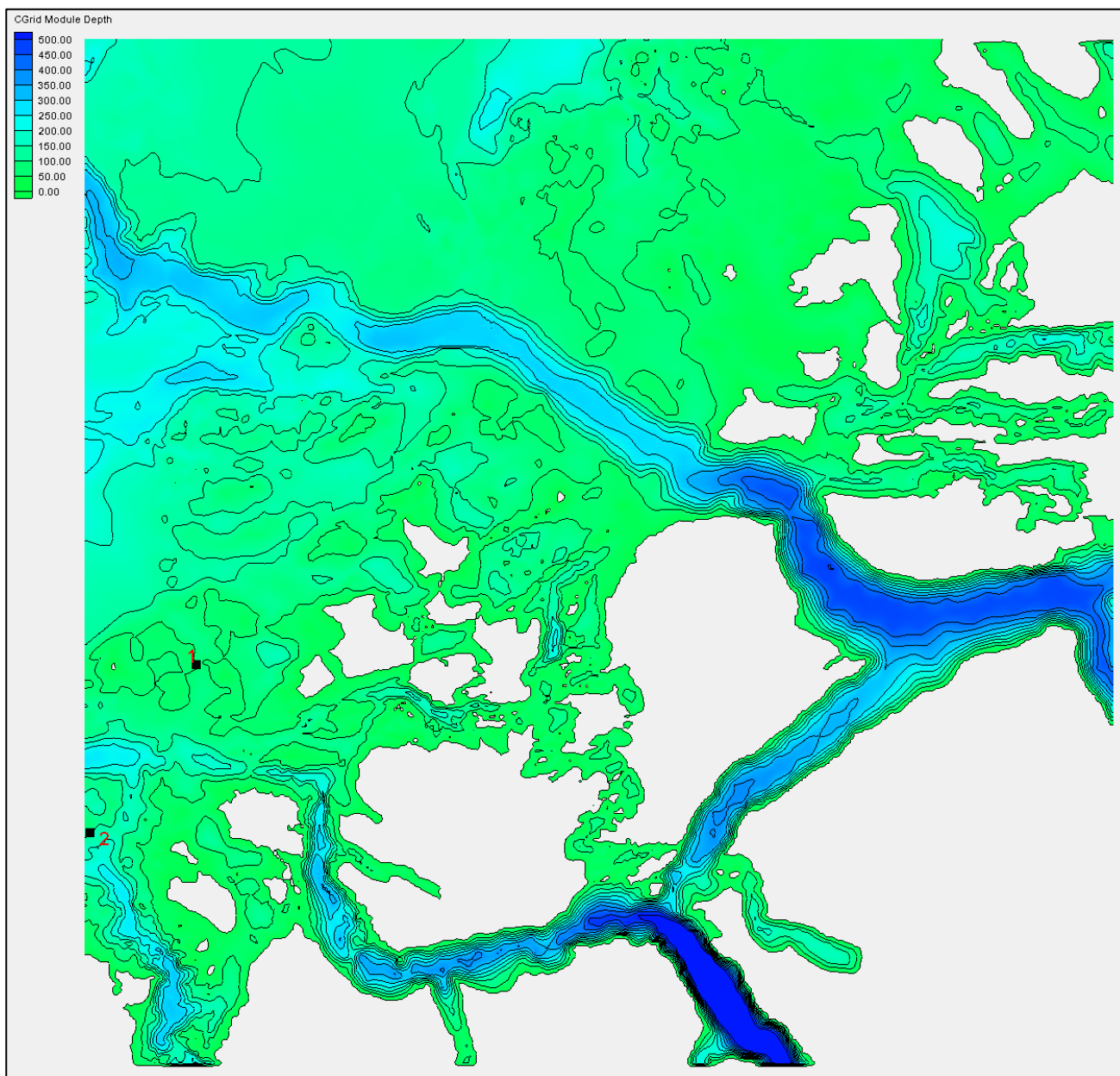
$H_{S_Sande_x}$ = signifikant bølgehøyde i et punkt ved Sande kommune

$H_{S,0}$ = samtidig signifikant bølgehøyde i åpent hav

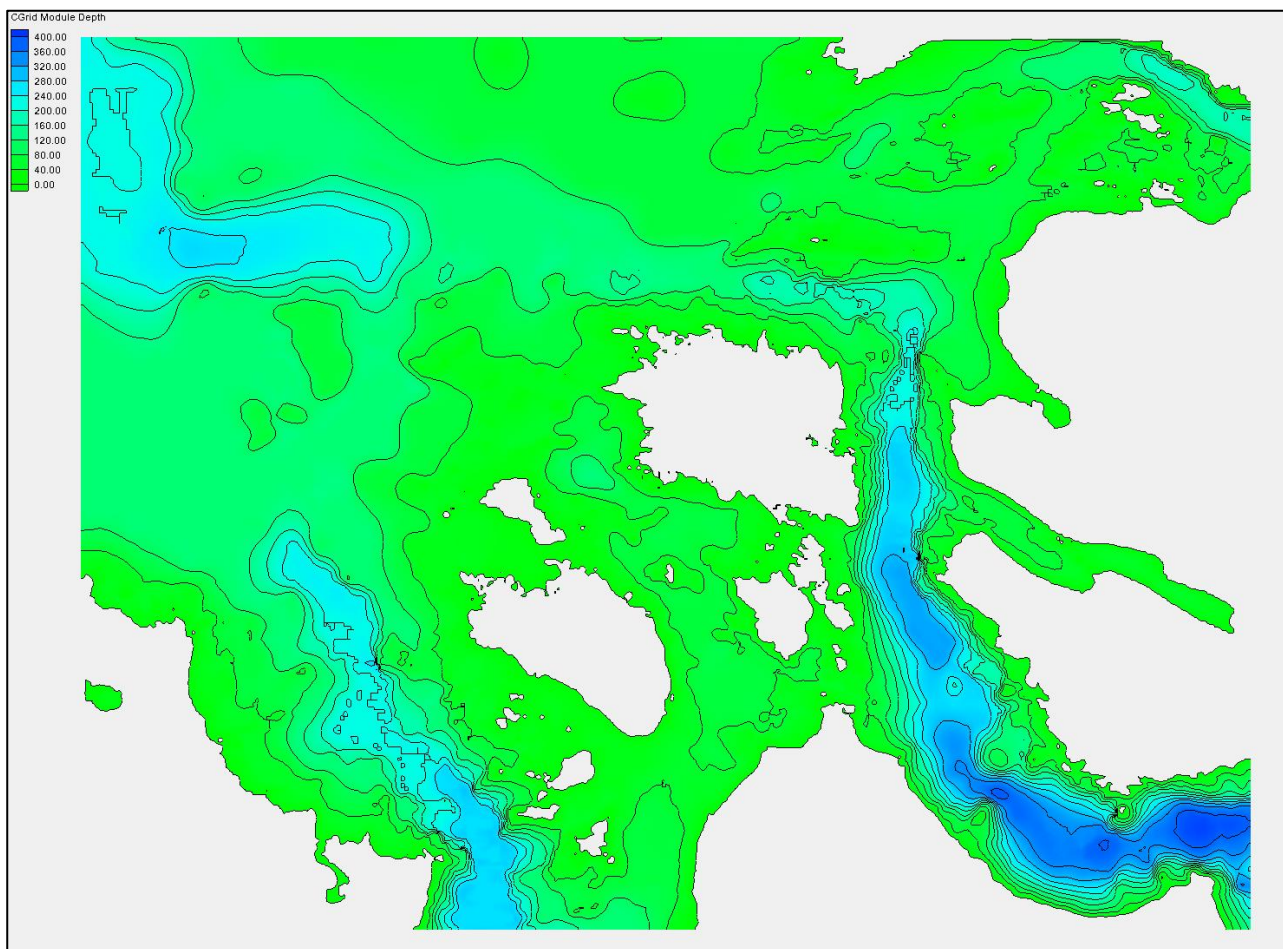
θ = middel bølgeretning i åpent hav

T_p = spektral topp-periode for bølgene i åpent hav.

- Deretter benytter vi statistikken for bølgene i hindcastpunktet (NORA10 – N 62.57° / Ø 5.67°) og beregner høyden for ekstremverdier (ved forskjellige returperioder)



Figur 11 Dybdata modell for stor havmodell (STWAVE). De svarte punktene viser målepunktene ca. sør og øst for Svinøy, der det er en overgang mellom stor og medium modell.



Figur 12 Dybdata modell for medium modell (STWAVE).

Vindbølger**Undersøkte tilfeller, Vindbølger**

Tabell 7 Undersøkte tilfeller for vindbølger (STWAVE)

Retning i åpent hav(°)	Vindhastighet (m/s)				
	15 m/s	20 m/s	25 m/s	30 m/s	35 m/s
60	1	2	3	4	5
90 (Øst)	6	7	8	9	10
120	11	12	13	14	15
150	16	17	18	19	20
180 (Sør)	21	22	23	24	25
210	26	27	28	29	30
240	31	32	33	34	35

Metode for Vind-bølgeberegning

- Forplantningen av lokale vindbølgene dannet i fjordene er beregnet med en storskala bølgemodell, Figur 11 (STWAVE).
- Det er benyttet vinddata fra Svinøy målestasjon for beregning av ekstremverdiene av vindhastighetene.
- Vindhastighet med 20 års returperiode er 20 m/s
- Vindhastighet med 200 års returperiode er 35 m/s
- For å dekke alle mulige tilfeller, er det kjørt tilfeller med retning og vindhastighet med forskjellige returperiode som vist i Tabell 7. Vindbølgene fra retning 270° til 30° er antatt til å være inkludert i dønningsbølgene som kommer fra åpent hav.
- Bølgehøydene for 20 års og 200 års (returperiode) vindhastighet er lest ut fra bølgemodellen ved de forskjellige soner langs Sande kommune.