

Flodbølger etter skred fra Åknes og Hegguraksla

EKSTERN RAPPORT NR 10 / 2026

SKREVET AV

Norges Geotekniske Institutt (NGI)

Flodbølger etter skred fra Åknes og Hegguraksla

EKSTERN RAPPORT NR 10 / 2026

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfatter: Norges Geotekniske Institutt (NGI)

Forsidefoto: Ankomsttider for flodbølge som følge av fjellskred fra Åknes.
Kart: NVE

ISBN: 978-82-410-2553-2
ISSN: 2535-8235
Saksnummer: 202514073

Sammendrag: NGI har på oppdrag fra NVE utarbeidet en oppdatert og detaljert probabilistisk analyse av flodbølger som kan oppstå etter mulige fjellskred fra Åknes og Hegguraksla, med tilhørende beregning av faresoner for hele Storfjorden med sidefjorder. Bakgrunnen for arbeidet er reviderte skredscenarioer fra Åknes og behovet for et oppdatert kunnskapsgrunnlag for arealplanlegging, beredskap og risikohåndtering i utsatte fjordområder.

Emneord: Fjellskred, Flodbølge, Hegguraksla, Åknes

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: nve@nve.no

Internett: <https://www.nve.no>

Innholdet kan brukes videre mot kreditering.

Mai, 2026

Forord

Denne rapporten er utarbeidet av Norges Geotekniske Institutt (NGI) på oppdrag fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Rapporten presenterer en oppdatert og detaljert probabilistisk analyse av flodbølger som kan oppstå etter mulige fjellskred fra Åknes og Hegguraksla, med tilhørende beregning av faresoner for hele Storfjorden med sidefjorder.

Bakgrunnen for arbeidet er behovet for et oppdatert kunnskapsgrunnlag for arealplanlegging, beredskap og risikohåndtering i utsatte fjordområder. De nye faresonene erstatter tidligere faresoner og er basert på reviderte skredscenarier, oppdaterte sannsynligheter og en videreutviklet metodikk som i større grad ivaretar usikkerhet i både skredutløsning og bølgegenerering. Analysene er gjennomført i tråd med gjeldende regelverk, herunder byggt teknisk forskrift (TEK17), og gir grunnlag for vurdering av både faresoner og evakueringssoner.

Rapporten inngår som en del av NVEs arbeid med oppfølging av ustabile fjellpartier og har som mål å bidra til økt samfunnssikkerhet gjennom bedre beslutningsstøtte for kommuner, regionale myndigheter og beredskapsaktører. Resultatene vil bli benyttet i videre planlegging, beredskapsarbeid og dialog med berørte kommuner.

Mai, 2026

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Lars Harald Blikra
seksjonssjef
Seksjon for flom og skred



RAPPORT

Flodbølger etter skred fra Åknes og Hegguraksla

PROBABILISTISK ANALYSE FOR BEREGNING AV FARESONER

DOK.NR. 20250318-01-R
REV.NR. 1 / 2026-04-30

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Flodbølger etter skred fra Åknes og Hegguraksla
Dokumenttittel: Probabilistisk analyse for beregning av faresoner
Dokumentnr.: 20250318-01-R
Dato: 2026-02-03
Rev.nr. / Rev.dato: 1/ 2026-04-30

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE
Kontaktperson: Kjetil Indrevær
Kontraktreferanse: Signert avtale 7. juli, 2025

for NGI

Prosjektleder: Sylfest Glimsdal
Utarbeidet av: Valentina Magni, Erlend B. Storrøsten og Sylfest Glimsdal
Kontrollert av: Carl B. Harbitz, Finn Løvholt

Sammendrag

På oppdrag fra NVE har NGI gjort en oppdatert detaljanalyse av flodbølger etter mulige fjellskred fra Åknes og Hegguraksla i henholdsvis Stranda og Fjord kommune.

Hensikten med oppdraget er å kartlegge sannsynligheten for oppskylling av flodbølger, ved hjelp av oppskyllingsgrenser for ulike sannsynligheter. Den samlede sannsynligheten for oppskylling av flodbølger er en kombinasjon av sannsynligheten for skredutløsningen og sannsynligheten knyttet formen og dynamikken til hvert av de ulike skredscenarioene, summert over alle scenarioer. De ulike faregrensene som er produsert er for bruk i arealplan (iht. TEK17) samt for hjelp til myndigheter som skal etablere evakueringssoner.

Parameterverdiene for de ulike skredene (sannsynlighet for skredutløsning, dybde til glideplan og volumer) er gitt av NVE (2026). Ut fra disse verdiene har NGI beregnet de ulike faregrensene ved hjelp av probabilistiske analyser. Hovedresultater fra analysen er vist i tabellen under.

Utgangspunktet for de nye beregningene er skredvolumer som er vesentlig mindre enn de som er anvendt for tidligere faresonene, NGI (2011a). Samtidig er den oppitte årlige sannsynligheten for at et skred kan treffe fjorden høyere enn de som ble benyttet for tidligere faresoner. Etter at beregningene av de tidligere faresonene ble gjennomført, har NGI også utviklet en ny og mer avansert metodikk for faresoner som tar hensyn til usikkerhet. Som et resultat av de nye oppgitte sannsynlighetene, de lavere volumene samt utviklingen av den nye metodikken (se NGI, 2018) er gamle og nye farelinjer for årlig sannsynlighet 1/1000 relativt like som tidligere i de innerste fjordområdene innenfor Stordal. I samme område er de nye 1/5000 faresonene lavere enn de gamle. Fra Sykkylvsfjorden og videre utover mot Hareid og Ørsta ligger faresonene 1/1000 og 1/5000 tilnærmet på strandlinja, dvs. lavere enn eksisterende linjer.

Høyder på farelinjene, inkludert linjen for «antatt maks» (99 persentil). Ankomsttid er gitt for skred fra Åknes, med ankomsttid fra Hegguraksla i parentes.

Sted	Ankomsttid [min]	Sammenslått			Åknes	Hegguraksla
		1/100 [m]	1/1000 [m]	1/5000 [m]	Antatt maks. [m]	Antatt maks. [m]
Geiranger	8 (19)	4-9	15-33	20-46	35-55	1-3
Hellesylt	3 (13)	4-9	15-30	18-40	26-54	1-3
Stranda	4 (6)	<1	<2	1-3	3-7	1-2
Valldal	7 (1)	<1	1-4	2-7	3-9	4-11
Tafjord	12 (2)	1-1.5	4-7	6-9	10-15	5-12
Norrdal	6 (3)	1-3	5-11	7-16	10-21	4-8
Eidsdal	5 (3)	<1	2-4	4-7	6-11	1-4
Stordal	7 (8)	<1	2-3	4-6	4-10	1-3
Sjøholt	11 (12)	<1	1-3	2-4	5-8	1-2
Sykkylven	13	<1	1	1-2	2-4	<1
Hareid	21	<1	<1	<1	1-2	<1
Ørsta	32	<1	<1	<1	<1.5	<1

Innhold

1	Innledning	6
2	Skredscenario og data	7
3	Beskrivelse av området	9
4	Om faresonene	10
5	Beregning av faresoner	11
6	Ankomsttider	17
7	Sammenligning med tidligere faresoner	18
8	Minste volum som kan gi skade	19
9	Usikkerheten i volumestimatenes innvirkning på faresonene	20
10	Referanser	22

Vedlegg

Vedlegg A	Probabilistisk metode
Vedlegg B	Modellering
Vedlegg C	Om flodbølger
Vedlegg D	Scenario A
Vedlegg E	Figurer faresoner

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra NVE har NGI gjort en oppdatert detaljanalyse av flodbølger etter mulige fjellskred fra Åknes og Hegguraksla i henholdsvis Stranda og Fjord kommune. De nye faresonene fra denne analysen vil erstatte gjeldende faresoner i hele Storfjorden som var basert på resultater fra Åknes-Tafjord prosjektet (NGI, 2011a) og videre analyser for Hareid kommune (NGI, 2011b) og Ørsta kommune (NGI, 2011c).

Hensikten med oppdraget er å kartlegge sannsynligheten for oppskylling av flodbølger, ved hjelp av oppskyllingsgrenser for ulike sannsynligheter. Den samlede sannsynligheten for oppskylling av flodbølger er en kombinasjon av sannsynligheten for skredutløsning og sannsynligheten knyttet til hvert av de ulike scenarioene som er modellert for å beskrive usikkerheten i skredets form og dynamikk, summert over alle scenarioer. De ulike faregrensene som er produsert er for bruk i arealplan (iht. TEK17) samt for hjelp til myndigheter som skal etablere evakueringssoner.

Parameterverdier for de ulike skredene (sannsynlighet for skredutløsning, volum og dybde til glideplan) er gitt av NVE (2026). Ut fra disse verdiene skal NGI beregne ulike faregrenser ved hjelp av probabilistiske analyser.

Metodikken med probabilistiske analyser som anvendes for beregning av faresoner ble utviklet av NGI (2018). Den første anvendelsen var for Lyngen med mulige skred fra Indre Nordnes og fra Jettan samt to mulige skred fra Revdalsfjellet. Metodikken skiller seg klart fra hva som ble brukt for de eksisterende faresonene i Storfjorden (NGI, 2011a). Etter kartleggingen i Lyngen i 2018 har metodikken gjennomgått en kontinuerlig utvikling og forbedring. I forbindelse med oppdaterte faresoner for Lyngen (NGI, 2023) ble det gjennomført et viktig og omfattende arbeid med å kalibrere metodikken ved å sammenligne resultater fra denne med de historiske hendelsene i Tafjord (1934) og Årdalstangen (1983). Forut for beregning av de nye faresonene beskrevet i denne rapporten har NGI utvidet kalibreringen til også å inkludere tre ulike hendelser på Grønland (Karrat i 2017, Paatuut i 1996 og 2000) samt en hendelse i Alaska (Taan fiord i 2015). Resultatet av den utvidede kalibreringen sammen med en grundig ekspertvurdering har bekreftet de tidligere valgene av sannsynligheter og parameterverdier anvendt etter første runde med kalibrering. Det betyr at settet av sannsynligheter og parameterverdier fra Lyngen (NGI, 2023) også er anvendt her for Åknes og Hegguraksla. En full beskrivelse av den nye kalibreringen og resultatene av denne vil bli presentert i NGI (2026, under arbeid).

Som tidligere anbefalt fra NVE, skal det i oppskyllingsberegningene tas hensyn til antatt framtidig havnivåstigning. Havnivået for år 2100 er estimert av NCCS (2024). Ut fra dette er det i analysen gitt et konservativt tillegg for framtidig havnivåstigning på 0,7 m (dvs. 0,7 m over dagens middelvannstand, hvilket er et øvre estimat av mest sannsynlig utfallsrom for klimascenario SSP 3-7.0 – middels faglig sikkerhet, se NCCS, 2024). Det er ikke tatt hensyn til mulig sammenfall med høyvann (hyppig hendelse) eller stormflo (sjelden hendelse). Høyeste astronomiske tidevann (HAT) for Storfjorden ved Stranda er beregnet til 123 cm over middelvannstand (MSL, se Statens Kartverk [vannstand.no](#)).

I Vedlegg A er det probabilistiske rammeverket nærmere forklart, mens detaljer i modellering og valg av parameterverdier med tilhørende sannsynligheter er beskrevet i Vedlegg B. I Vedlegg C følger en generell beskrivelse av flodbølger dannet av fjellskred, mens i Vedlegg D vises resultatene for et større volum fra Åknes (scenario A) som kan sees på som et framtidig verst tenkelige scenario. Dette volumet har en meget liten sannsynlighet siden det per i dag ikke er bevegelser som tilsier at et slikt volum kan løsne fra Åknes og det er derfor – i samråd med oppdragsgiver – ikke tatt med i beregning av faresoner (se kap. 2). I Vedlegg E vises panelene for faresonene i Figur 5-1 og Figur 5-2 i stort format.

2 Skredscenario og data

I Tabell 2-1 er alle anvendte scenarioer fra Åknes og Hegguraksla listet opp med volum-estimer, dybde til glideplan og største nominelle årlige sannsynlighet for skredutløsning. Sannsynlighetene er gitt av NVE (2026). Samlet sannsynlighet for skred fra Åknes er 1/60. Det betyr at det er høy årlig sannsynlighet et stort skred fra Åknes, hvilket medfører at de beregnede faresonene for flodbølger (for årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000) blir liggende høyt i terrenget.

Tabell 2-1 Beskrivelse av volum, tykkelse og sannsynlighet for de anvendte skredscenarioer. Volumet til Hegguraksla inkluderer medrivning av ur under skredet. Parentesene i kolonnen for volum viser nedre og øvre estimat. For maksimal tykkelse (maksimal dybde til glideplan) er tallene i parentes midlere tykkelse på skred.

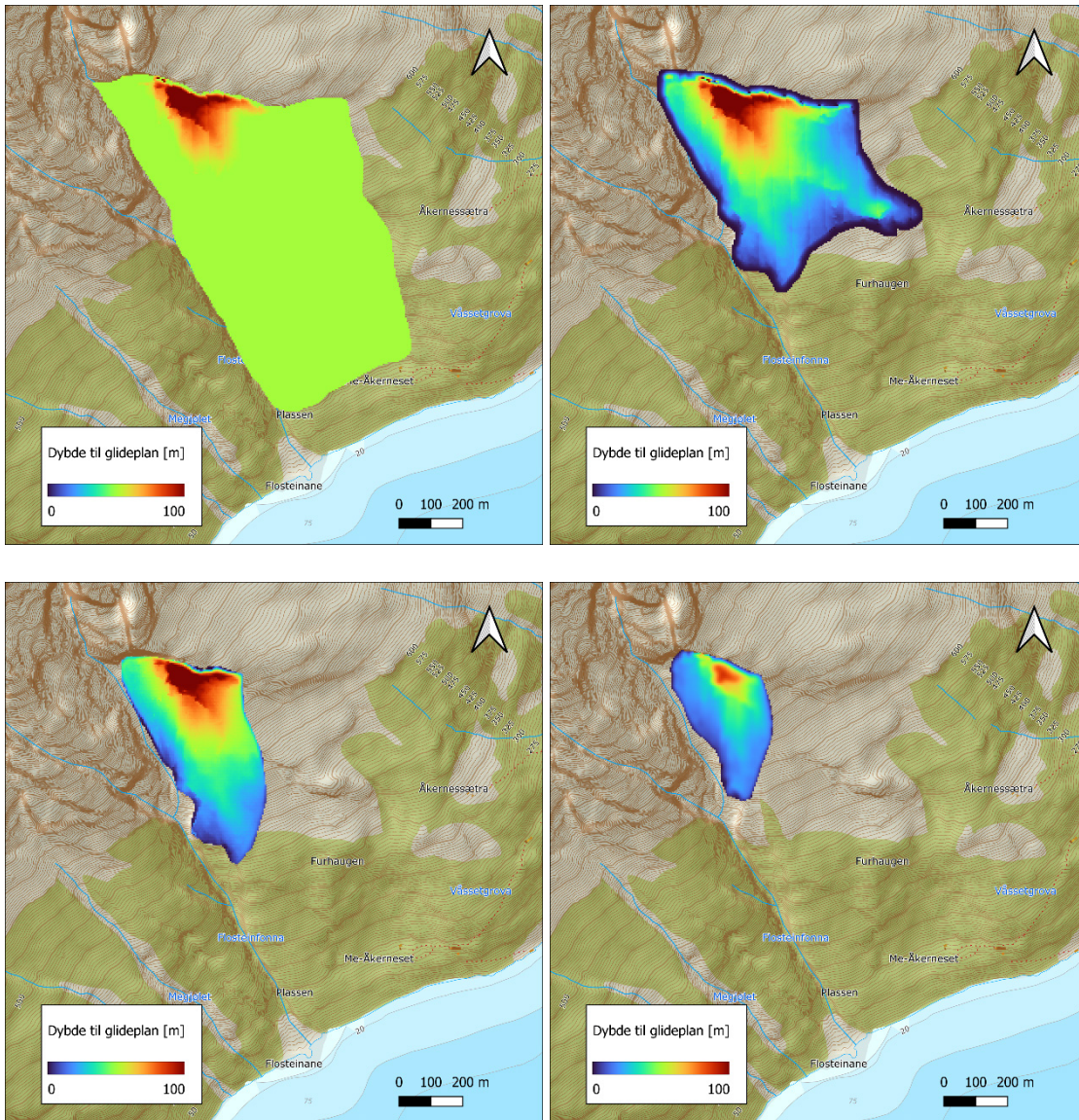
Lokasjon	Beskrivelse	Navn	Volum [mill. m ³]	Maks tykkelse [m]	Årlig sannsynlighet
Åknes	Totalscenario	A	31.0	128 (52)	1/12000
Åknes	Midtre del	B	9.7 (7.6 - 11.8)	128 (35)	1/631
Åknes	Stor flanke	C	7.4 (5.9 - 8.9)	127 (41)	1/100
Åknes	Liten flanke	D	2.4 (1.9 - 2.9)	88 (26)	1/200
Hegguraksla		Hegg	1.4 (0.9 - 1.8)*	185 (64)	1/3400

* Initielt volum på 0.857 Mm³ og medrivning av ur under tilsvarende 0.5 Mm³

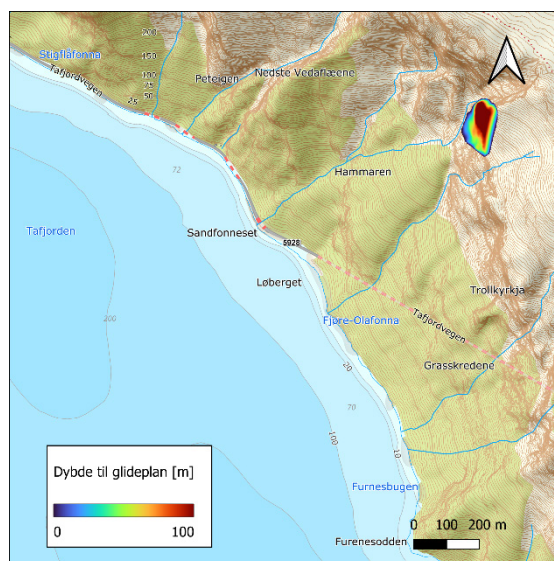
NVE (2026) har beregnet ulike sannsynlige glideplan (og tilknyttede volumer) for skredscenarioene B, C og D fra Åknes, se Figur 2-1. Scenario A er definert som den tykkeste delen av scenario B, og har en konstant tykkelse på 50 m utenfor (i tillegg til) området der tykkelsen til B er over 50 m. Dette scenarioet har en meget lav sannsynlighet (1/12000) og representerer en hendelse der masser (også masser som i dag ikke viser tegn til bevegelse) også blir revet med. Skredscenarioet ved Hegguraksla er vist i Figur 2-2.

Etter tidligere diskusjoner med NVE ble det vektlagt at i utgangspunktet skal scenarioer med årlig sannsynlighet for bølge lavere enn 1/5000 ikke tas hensyn til i noen fare- eller evakueringssoner. I noen tilfeller der det er ett eller flere skred med årlig sannsynlighet (like) under 1/5000, kan det vurderes å ta med disse. Av disse grunner tas ikke

scenario A med i beregning av faresoner og evakueringssoner, men resultater fra analyser av dette scenarioet lagres for ettertiden i tilfelle dette scenarioet en gang blir mer sannsynlig.



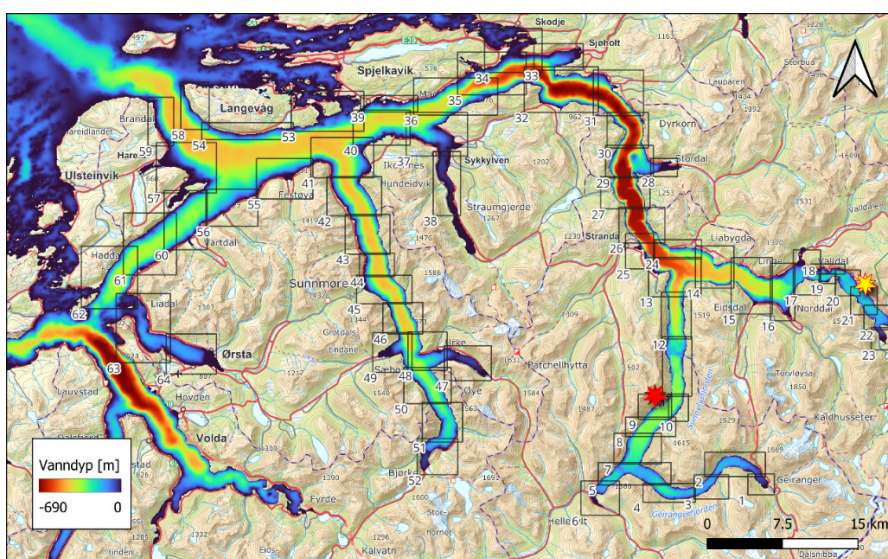
Figur 2-1: Dybde til glideplan for de ulike skredene fra Åknes. Dybder over 100 m er farget dyp rød. Fra øverst til venstre mot høyre vises scenario A, B, C og D.



Figur 2-2: Dybde til glideplan for skredet fra Hegguraksla. Dybder over 100 m er farget dyp rød. Maksimalt dyp til glideplan er ca. 185 m.

3 Beskrivelse av området

Hele beregningsområdet strekker seg fra de indre områdene med Geiranger og Tafjord helt ut til Ørsta inkludert fjordarmer, se Figur 3-1. Fjorden er relativt smal og dyp, med en største dybde på nesten 700 m mellom Stranda og Sjøholt. Sykkylvsfjorden er spesielt grunn med største dyp på 30-40 m, mens Geiranger- og Tafjorden er 150-200 m dype. Utenfor Åkneset og Hegguraksla er fjorden henholdsvis ca. 330 og 200 m dyp.



Figur 3-1: Beregningsområdet med vanddyb. Åknes og Hegguraksla er merket med henholdsvis rød og gul stjerne. Boksene viser alle overlappende delområder (64 stykker) der bølgeoppskylling beregnes.

4 Om faresonene

I byggt teknisk forskrift (TEK17) betraktes flodbølger som sekundærvirkning av skred (§7-3), og det opereres derfor i utgangspunktet med faresone for flodbølge med største nominelle årlige sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000. De ulike faregrensene som er produsert for flodbølger i denne rapporten er presentert i Tabell 4-1. Det skilles mellom faresoner med lavt og høyt skadepotensial. Faresone for lavt skadepotensial skiller kun mellom de tørre og våte delene av et oppskyllingsområde. Faresone for høyt skadepotensial tilsvarer områder der strømningsdyp multiplisert med vannhastighet (DV-tallet) er over $2 \text{ m}^2/\text{s}$ eller der strømningsdypet er over 2 m. Disse siste grenseverdiene er de samme som brukes for flom (TEK17, §7-2).

Følgende faregrenser som viser aggregert resultat for oppskylling av ulike scenarier for flodbølger, er beregnet:

- *For arealplanlegging i oppskyllingssonene:* grensene med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for oppskylling med høyt skadepotensiale.
- *Som grunnlag for utarbeidelse av evakueringsplaner:* grense for maksimal flodbølge oppskylling (lavt skadepotensiale). Sistnevnte er den største oppskyllingen vi får for alle kombinasjoner av parametere og skredvolumer som inngår i analysen. Sannsynligheten for oppskylling opp til maksimal grense er meget liten, så denne linjen er også ment som hjelp til å definere en sone for byggeforbud iht. TEK 17 §7-3 første ledd (om bygninger som er avgjørende for beredskap og krisehåndtering). Basert på tidligere diskusjoner med NVE er grensen for «antatt maksimal oppskylling» trukket ved 99 persentilen av den betingede sannsynligheten for oppskylling («gitt at skredet har gått»). Dette fjerner områdene med aller minst sannsynlighet for oppskylling, og gjør metoden mer robust mot kombinasjoner av skred-parametere som gir høy oppskylling, men sannsynlighet tilnærmet lik null.

Alle disse sonene er beregnet for skredene B, C, D og Hegguraksla samlet og for hvert enkelt skredscenario. I tillegg så er det også beregnet antatt maksimal oppskylling for et mulig framtidig verst tenkelig scenario, scenario A, men disse beregningene inngår som nevnt ikke i grunnlaget for beregning av faresoner.

Tabell 4-1: Grensene for faresoner levert med denne rapporten.

Faresoner jfr. TEK 17
Oppskyllingsgrense høyt skadepotensiale, sannsynlighet > 1/100 pr. år
Oppskyllingsgrense høyt skadepotensiale, sannsynlighet > 1/1000 pr. år
Oppskyllingsgrense høyt skadepotensiale, sannsynlighet > 1/5000 pr. år
Andre grenser:
Antatt maksimal oppskylling lavt skadepotensiale (til hjelp for planlegging og vurdering av evakueringszone eller byggeforbud iht. TEK 17 §7-3, første ledd).

5 Beregning av faresoner

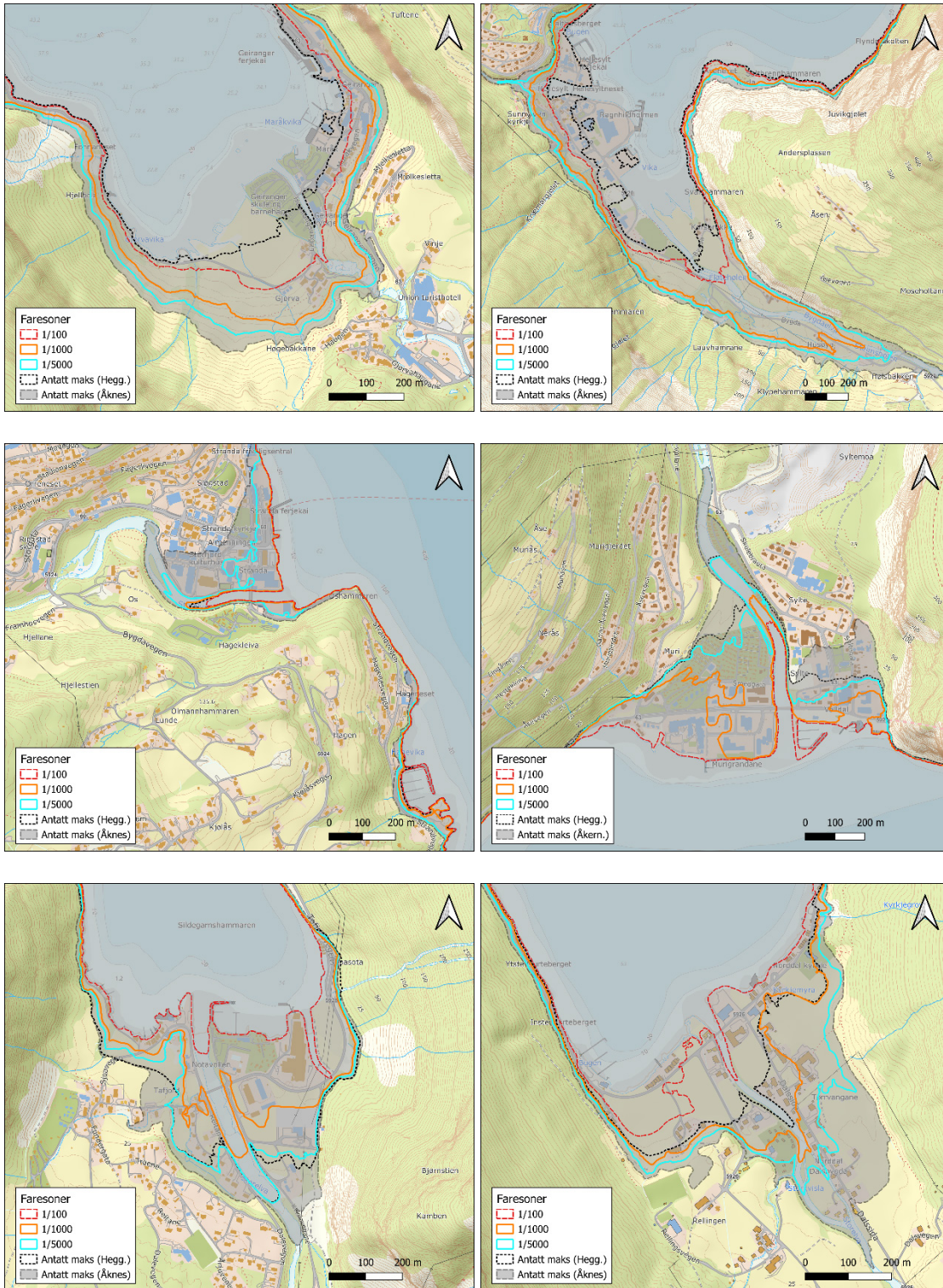
Metodikken som benyttes som bakgrunn for å beregne faresoner, gir en fordeling av sannsynlighet for at et hvert punkt i et oppskyllingsområde (av totalt 64 oppskyllingsområder, se Figur 3-1) blir oversvømt. Faresonene er beregnet ved å trekke ut konturlinjer langs sannsynlighetene 1/100, 1/1000 og 1/5000 i denne fordelingen når sannsynlighet for at et skred løsner er inkludert. På samme måte så trekker vi ut linje langs 99 persentilen for å beregne antatt maksimal oppskylling, men da under forutsetning at skredet går, dvs. for betingede sannsynligheter for oppskylling som ligger i intervallet [0,1]. Beregningene er gjort med en romlig oppløsning på 10 m x 10 m, men mens konturene for alle faresonene er tegnet inn i en terrengmodell med oppløsning 5 m x 5 m slik at faregrensene får et bedre visuelt uttrykk og er bedre tilpasset terrenget. Faresoner for et utvalg steder er presentert i Figur 5-1 og Figur 5-2. I tillegg til å beregne de ulike faresonene har vi også tatt ut maksimale høyder langs disse, se Tabell 5-1 samt Figur 5-2 og Figur 5-3. Ankomsttider for et lite utvalg lokasjoner er gitt i Tabell 5-1, men vises for hele fjordsystemet i Figur 6-1.

Når et skred fra Åknes treffer fjorden, vil det skape bølger som beveger seg nordover og sørover. Bølgene inn mot Hellesylt og Geiranger følger først fjorden som langs en kanal, og blir derfor i liten grad dempet på veien og oppskyllingen er vesentlig høyere her enn bølger som går nordover. En tilleggseffekt er at skredet fra Åknes er styrt mot sør-øst som gir høyere bølger mot sør enn de som går mot nord. Bølgene vil øke i høyde inn mot Hellesylt og Geiranger fordi fjorden smalner inn (fokusering) og fordi det blir gradvis grunnere, se verdier for Geiranger og Hellesylt i Tabell 5-1. Dette er en effekt vi ser i alle fjordbunner i hele fjordsystemet, samt i større bukter og vikar.

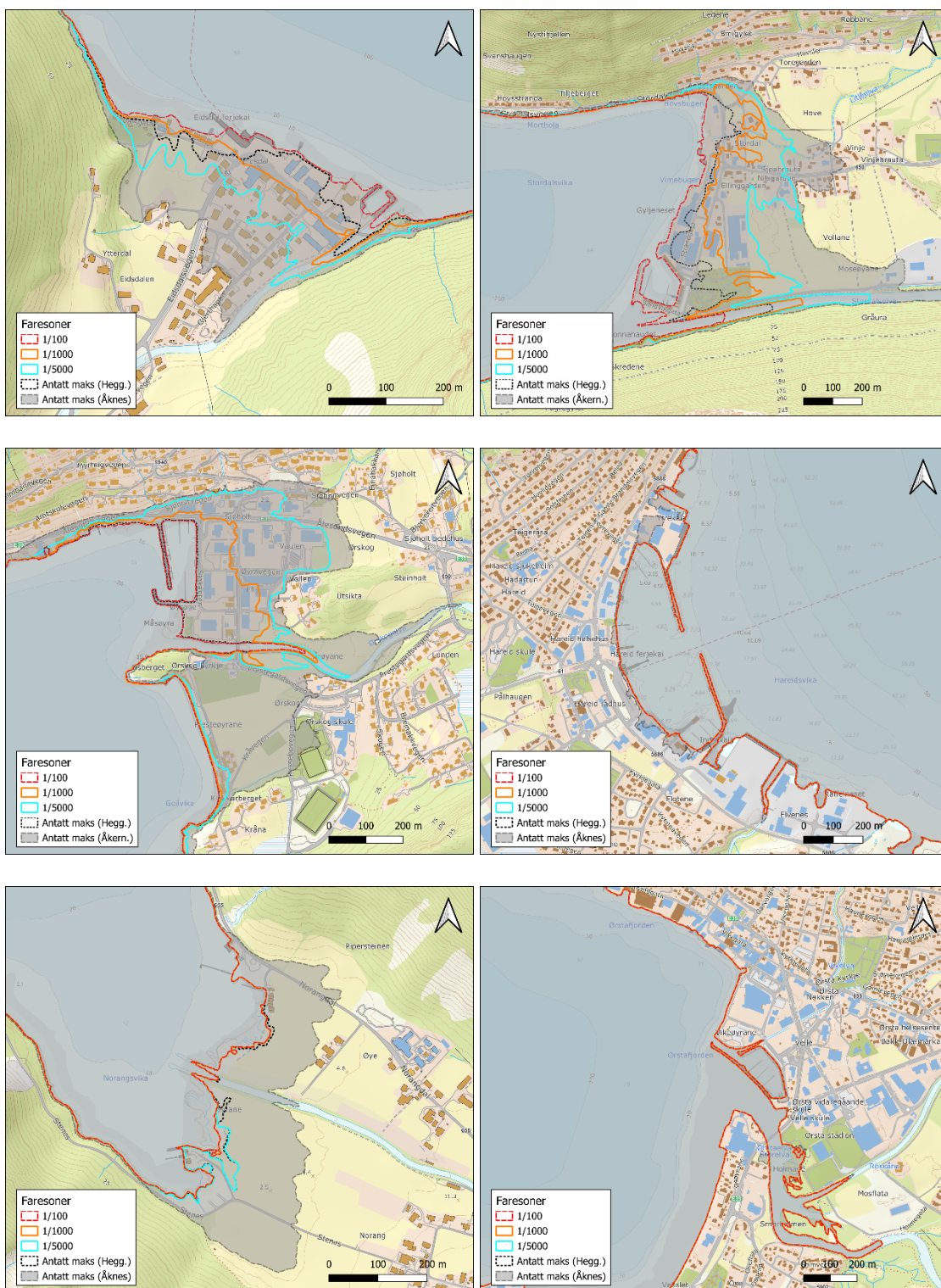
Tabell 5-1: Høyder på farelinjene, inkludert linjen for «antatt maks» (99 persentil). Ankomsttid er gitt for skred fra Åknes, med ankomsttid fra Hegguraksla i parentes.

Sted	Ankomsttid [min]	Sammenslått			Åknes	Hegguraksla
		1/100 [m]	1/1000 [m]	1/5000 [m]	Antatt maks. [m]	Antatt maks. [m]
Geiranger	8 (19)	4-9	15-33	20-46	35-55	1-3
Hellesylt	3 (13)	4-9	15-30	18-40	26-54	1-3
Stranda	4 (6)	<1	<2	1-3	3-7	1-2
Valldal	7 (1)	<1	1-4	2-7	3-9	4-11
Tafjord	12 (2)	1-1.5	4-7	6-9	10-15	5-12
Norrdal	6 (3)	1-3	5-11	7-16	10-21	4-8
Eidsdal	5 (3)	<1	2-4	4-7	6-11	1-4
Stordal	7 (8)	<1	2-3	4-6	4-10	1-3
Sjøholt	11 (12)	<1	1-3	2-4	5-8	1-2
Sykkylven	13	<1	1	1-2	2-4	<1
Hareid	21	<1	<1	<1	1-2	<1
Ørsta	32	<1	<1	<1	<1.5	<1

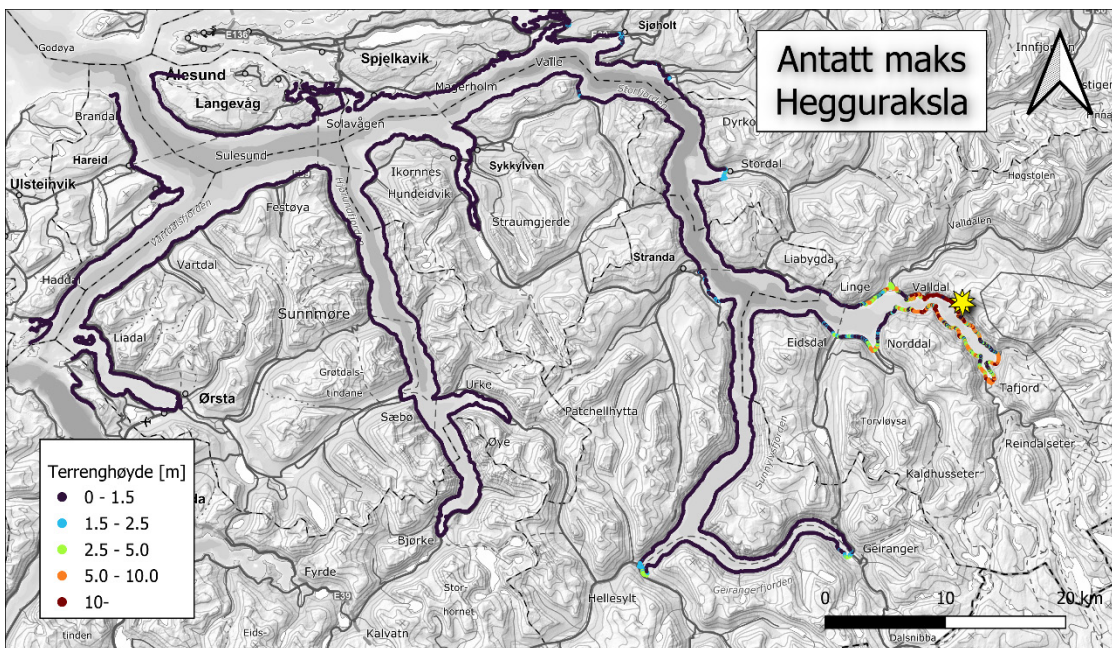
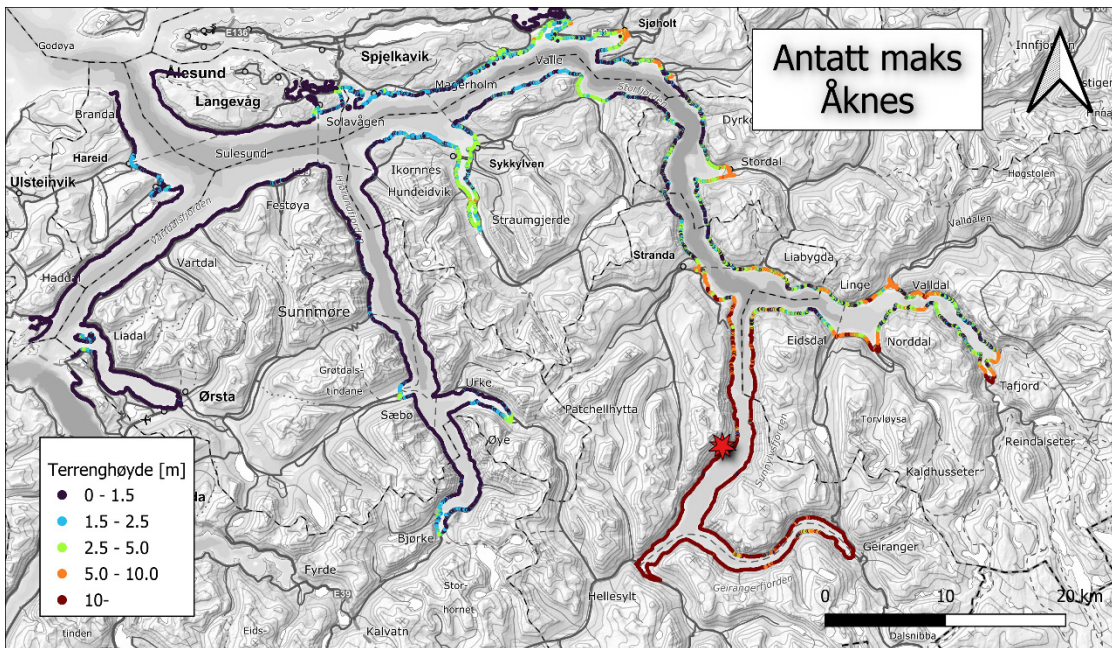
Høyden på bølgene som går nordover vil reduseres ved fjordkrysset der Norrdalsfjorden går inn mot øst, siden bølgeenergien her spres i to retninger. Bølger som går inn Norrdalsfjorden (som nå er noe redusert) vil forsterkes mest i Tafjord, men også noe i Norrdal og Valldal. Vi ser at selv om Tafjord er en fjordbunn noe lignende Hellesylt og Geiranger vil bølgene her være vesentlig lavere av grunnene forklart over. Av samme grunn vil bølger ved Stranda gi lavere oppskylling sammenlignet med lokasjonene i sør. I tillegg så blir oppskyllingen her mindre siden bølgene beveger seg langs strandlinja (ikke inn mot) og blir da ikke «fanget» av topografien og forsterket slik som i fjordbunnene. Videre utover i Storfjorden vil bølgene gradvis avta som følge av ulike fjordkryss og stedvis kompliserte geometrier. Det at bølger fokuseres og forsterkes inn i større bukter vises ved at høyden på faresonene i Stordal og Sjøholt er høyere enn i Stranda, selv om Stranda ligger nærmere Åknes. Sykkylvsfjorden er grunn, og bølger på vei inn denne vil ytterligere forsterkes av både fokusering og avtagende dyp, se beskrivelse over og Figur 5-3 (for skred fra Åknes). Bølger i en lukket fjord slik som Hjørundfjorden, vil kunne holde samme høyde over større avstander. Her ser vi også at bølgene forsterkes og gir høyere oppskylling inn mot bukter som ved Sæbø og Øye. Vi ser at områdene fra Sjøholt og videre utover i Storfjorden og dens ulike forgreninger har faresoner (1/100, 1/1000, og 1/5000) som mer eller mindre sammenfaller med strandlinja. På begge sider av fjorden nær skredene (Åknes og Hegguraksla) er faresonene konservative og manuelt inntegnet med rette linjer siden det er større usikkerhet i beregning av oppskyllingen her.



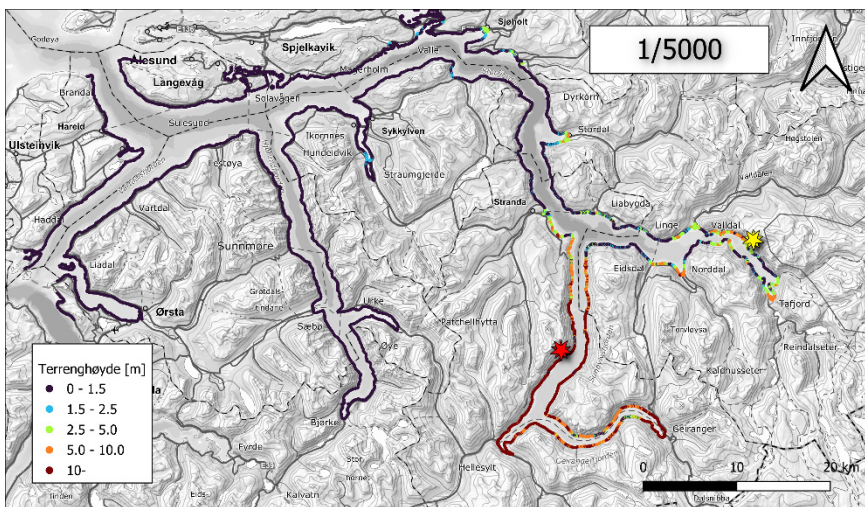
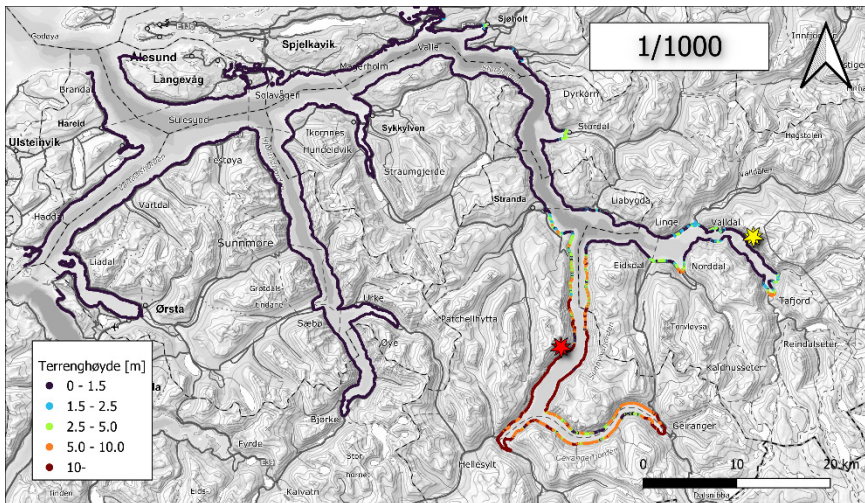
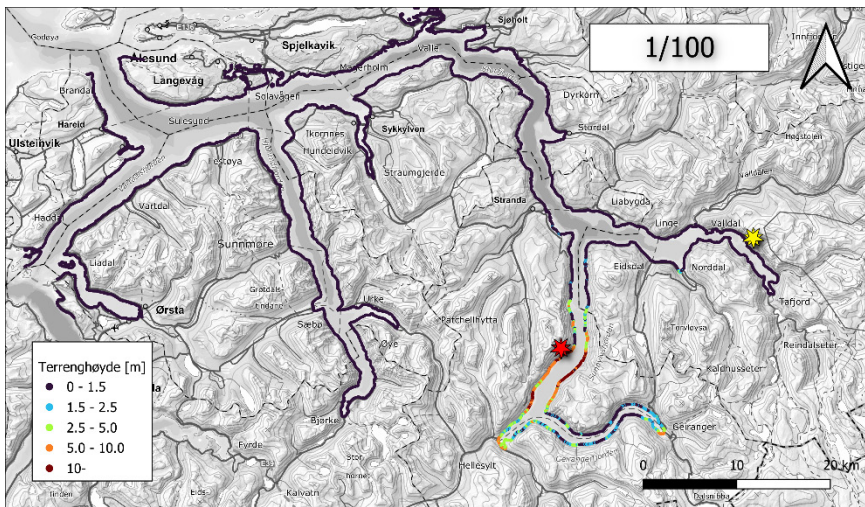
Figur 5-1 Faresoner for (fra øverst til venstre og videre mot høyre) Geiranger, Hellesylt, Stranda, Valldal, Taffjord og Norddal.



Figur 5-2: Faresoner for (fra øverst til venstre og videre mot høyre) Eidsdal, Stordal, Sjøholt, Hareid, Øye og Ørsta.



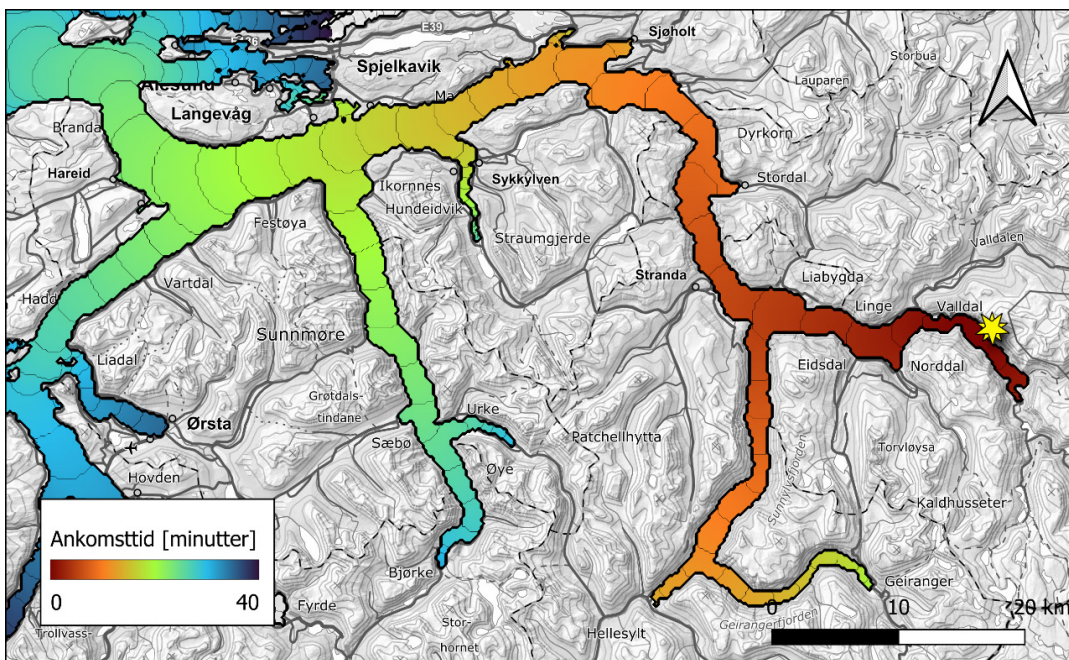
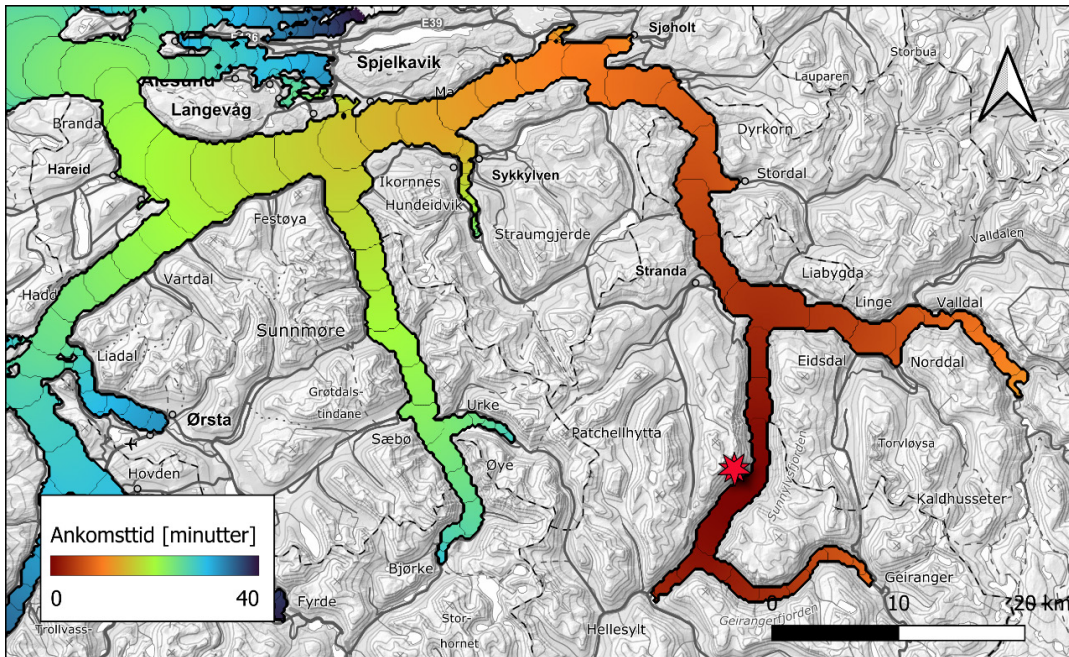
Figur 5-3: Terrenghøyde på faresoner for antatt maksimal oppskylling for Åkneset (øverst) og Hegguraksla.



Figur 5-4: Terrengshøyde på faresone samlet for alle skred for årlig sannsynlighet 1/100 (øverst), 1/1000 og 1/5000.

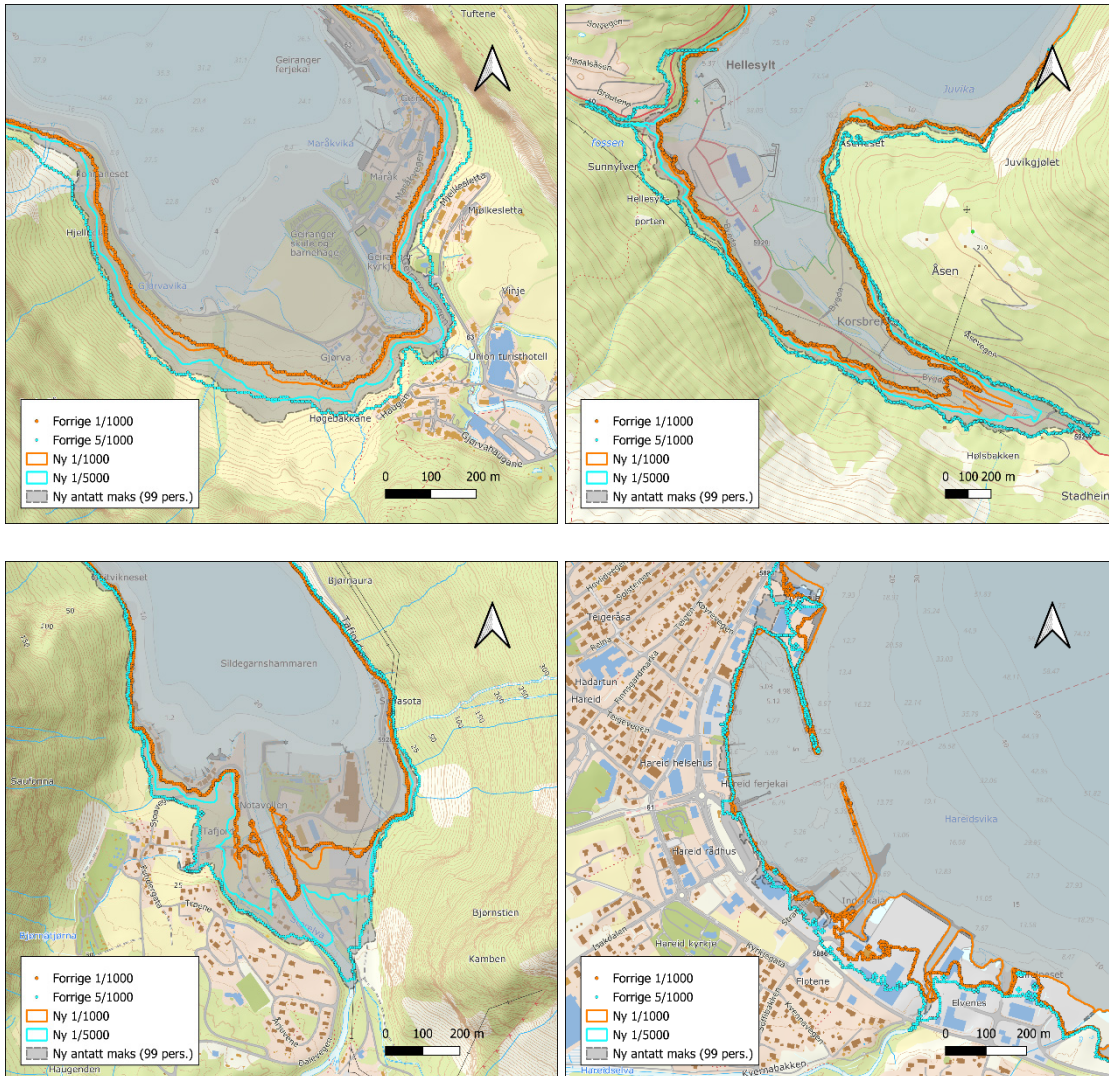
6 Ankomsttider

Hvor raskt flodbølger beveger seg er avhengig av vanddyppet. I dypere områder beveger bølgen seg raskere, mens hastigheten er lavere i grunnere områder. Ankomsttidene for flodbølger fra Åknes og Hegguraksla for hele fjordsystemet er vist i Figur 6-1.



Figur 6-1: Ankomsttider for hele fjordsystemet gitt i minutter for Åkneset (øverst) og Hegguraksla. Det er tegnet inn en tynn konturlinje for hvert minutt.

7 Sammenligning med tidligere faresoner



Figur 7-1: Sammenligning mellom faresoner basert på NGI (2011a) og nye faresoner som beskrevet i denne rapporten. Fra øverst til venstre (og videre mot høyre) har vi Geiranger, Hellesylt, Tafjord og Hareid. For Hareid så ligger 1/1000 eller 1/5000 i praksis på strandlinja.

Tidligere gjeldende faresoner i Storfjorden (scenarier definert i NGI, 2011a) er basert på to scenarier fra Åknes og to fra Hegguraksla. Det er oppskylling for scenarioene fra Åknes som da som nå dominerte det meste av fjordsystemet. Volumene var den gang beregnet til 18 mill. m³ (definert som 1000 års skredet, dvs. sannsynlighet 1/1000) og 54 mill. m³ (5000 års skredet, sannsynlighet 1/5000). Disse faresonene ble beregnet basert på én enkelt simulering av hvert av skredene, og ble trukket opp som skillet mellom våte og tørre punkter i oppskyllingssonene. De samme modellene fra skred til oppskylling som er brukt for de nye beregningene, ble også brukt for beregningene i den tidligere rapporten. Forskjellen fra de tidligere beregningene, er at i stedet for to enkle scenarier, er beregning av faresoner nå erstattet med den nye probabilistiske metodikken hvor vi

på en avansert måte definerer mange ulike former, utløpslengder og hastighet for de ulike skredene (scenarier B, C, D fra Åknes i tillegg til Hegguraksla), og alle parameterfordelinger kombineres slik at vi får et stort sett av realiseringer. Hver realisering får en gitt sannsynlighet, slik at når vi summerer opp sannsynlighetene for alle de ulike realiseringene får vi en samlet sannsynlighet for at et hvert punkt i oppskyllingssonene blir oversvømmet gitt en sannsynlighet for at skredet løsner. Se ellers Vedlegg A og B for beskrivelse av den probabilistiske metodikken og hvordan selve modelleringen er gjennomført for beregning av de nye faresonene.

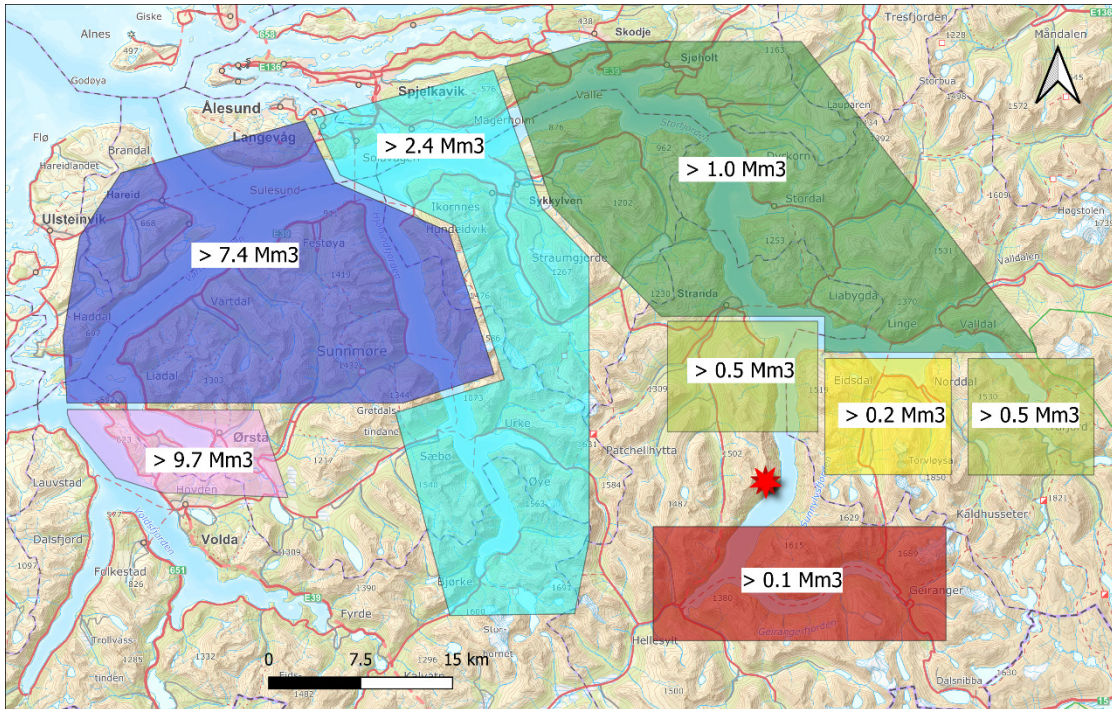
Sammenligner vi gamle og nye faresoner med en årlig sannsynlighet på 1/1000, så er disse relativt like, se Figur 7-1. For faresonene med sannsynlighet 1/5000 så er de nye vesentlig lavere enn de gamle. Den gamle 1/5000 faresonen er i mange tilfeller tilnærmet lik «antatt maksimal oppskylling», eller ligger mellom denne og den nye 1/5000 faresonen. Den største forskjellen er at de nye faresonene for 1/1000 og 1/5000 i praksis ikke eksisterer fra Sjøholt og videre utover i Storfjorden og forgreninger ut fra denne siden oppskyllingen for disse sannsynlighetene er svært lav i disse områdene.

Grunnen til at de gamle og nye 1/1000 faresonene er relativt like selv om volumanslagene er blitt mindre enn tidligere, er knyttet til at den årlige sannsynligheten for utløsning av mindre volumer er vesentlig større enn 1/1000 (presser de nye faresonene høyere opp i terrenget). I tillegg har kalibreringsarbeidet mot tidligere hendelser vist at vi tidligere sannsynligvis har underestimert modelleringen av bølge-genereringen. Det er i så måte viktig å merke seg at den nye metodikken for beregning av faresoner for flodbølger håndterer og tar hensyn til usikkerhet på en bedre og mer omfattende måte. Sagt på en annen måte; siden den nye metodikken både forankrer farevurderingen til modellering av tidligere hendelser gjennom kalibrering, og siden usikkerheten er modellert, vil metoden på en bedre måte ta hensyn til usikkerheten knyttet til hvordan bølgegenereringen kan variere fra hendelse til hendelse.

8 Minste volum som kan gi skade

For å kunne si noe om hvor stort et skred må være for å kunne gi skade, har vi kjørt en rekke beregninger ved hjelp av metodikken for beregning av faresoner ved hjelp av en serie av scenarier av mindre skred fra Åknes. Vi har for disse scenariene beregnet oppskyllingen for et utvalg strategiske lokasjoner i hele fjordsystemet. Vi har definert skade som at høyden på «antatt maksimal oppskylling» (99 persentilen) er over 1.5 m. Volumene vi har beregnet er 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, og 1.0 mill. m³ i tillegg til volumene A, B, C og D. De minste volumene (opptil 1.0 mill. m³) er angitt som D, men skalert i skredtykkelse til ønsket volum. I Figur 8-1 vises skjematisk hvor store volumer som må til for å kunne gi skade i ulike soner. Det er ikke tatt hensyn til hvordan terrenget er eller hvor elementer på land er plassert der bølgene skyller opp. Der et område har vippet mellom to ulike volumer er det gjort konservative valg, dvs. velge det minste av de to volumene. Innenfor hver sone så vil det selvsagt være områder som kan tåle større volumer før bølgene kan gjøre skade.

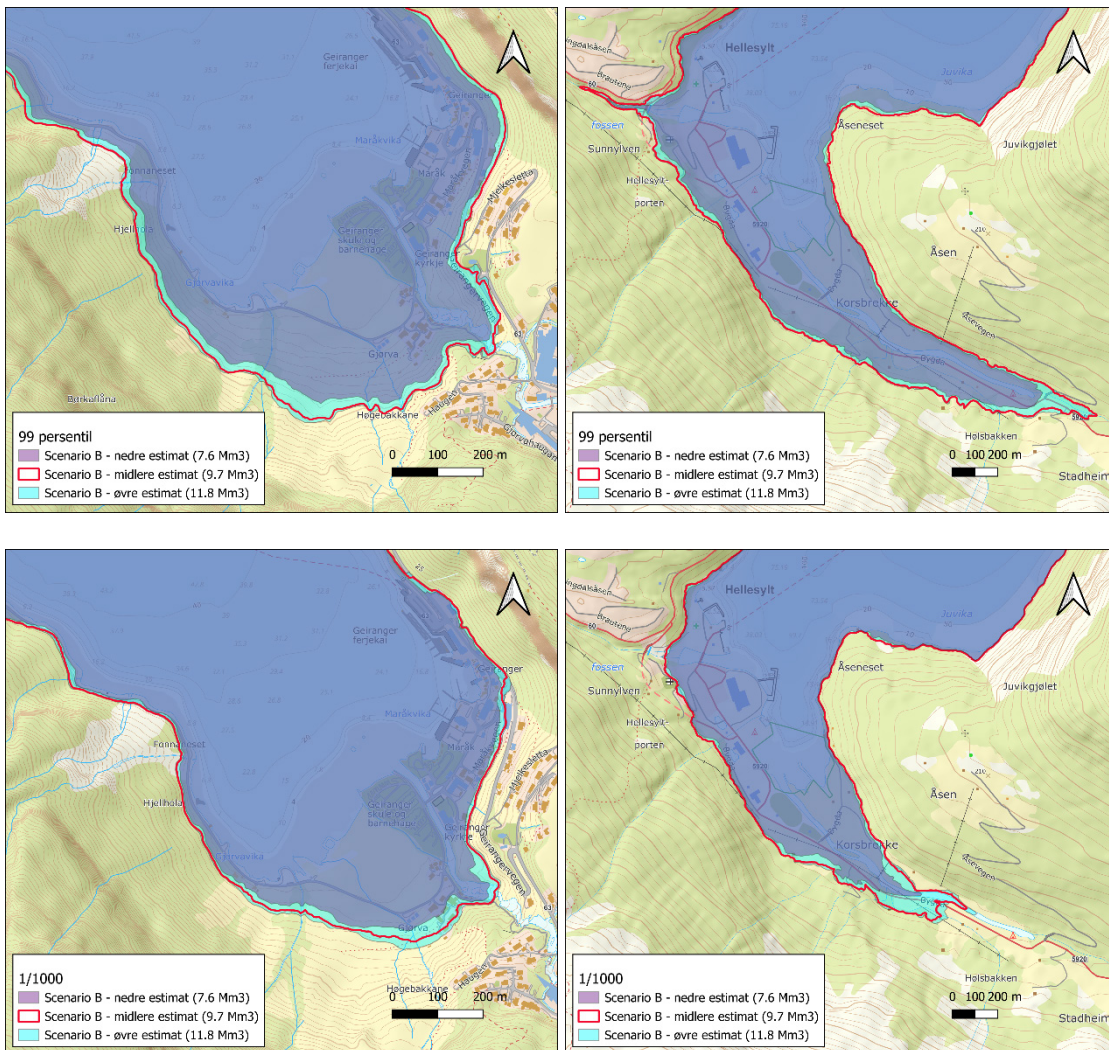
I en akutt situasjon vil NVE bistå politi og lokale myndigheter om hvilke områder som bør evakueres.



Figur 8-1: Viser hvor store mulige skred fra Åknes (gitt i mill. m^3) må være før det kan utgjøre en fare for de ulike delene av Storfjorden.

9 Usikkerheten i volumestimatenes innvirkning på faresonene

Her viser vi hvordan usikkerheten i volumestimatenes fra Tabell 2-1 innvirker på faresonene. Vi har brukt skredscenario B og gjort komplette beregninger for et utvalg oppskyllingssteder. I Figur 9-1 viser vi resultatene for Geiranger og Hellesylt for faresonen 1/1000 og for «antatt maksimal oppskylling» (99 persentilen). Volumene som inngår er 7.6, 9.7 og 11.8 mill. m^3 . Det er naturlig nok mindre utslag på faresonenes utbredelse der det er bratt, og kanskje noe mindre enn man skulle forvente i slakere områder (f.eks. lengst inne i Hellesylt).



Figur 9-1: Faresoner for nedre, midlere og øvre volumestimat for scenario B vist for Geiranger (venstre paneler) og Hellesylt (høyre paneler). Øverst vises 99 persentilen («antatt maks») og nederst faresonen for 1/1000.

10 Referanser

Hermanns, R., Oppikofer, T., Anda, E., Blikra, L.H., Böhme, M., Bunkholt, H., Crosta, G.B., Dahle, H., Devoli, G., Fisher, L., Jaboyedoff, M., Loew, S., Sætre, S., Yugsi Molina, F.X. (2012). Hazard and risk classification for large unstable rock slopes in Norway. Geological Survey of Norway Report 2012.029. 53s.

NCCS (2024). Norwegian Centre for Climate Services report 1/2024: Sea level rise and Extremes in Norway- observations and projections based on IPCC AR6.

NGI (2011a). Åknes/Tafjord-project: Numerical simulations of tsunamis from potential and historical rockslides in Storfjorden - Hazard zoning and comparison with 3D laboratory experiments. NGI-report 20051018-00-1-R/Rev 01, 21. February 2011.

NGI (2011b). Hareid kommune – flodbølger etter skred fra Åknes: Beregning av oppskylling ved Brandal, Hareid sentrum og Hjørungavåg. NGI rapport 20100899-00-2-R.

NGI (2011c). Ørsta kommune – flodbølger etter skred fra Åknes: Beregning av oppskylling. NGI rapport 20110232-00-1-R.

NGI (2018). Flodbølger etter fjellskred i Lyngen – Oppskyllingsberegninger ved hjelp av probabilistiske metoder. NGI rapport 20170309-01-R.

NGI (2020). Flodbølge etter skred fra Reinbenkan, Nordkapp kommune. NGI rapport 20200484-01-TN.

NGI (2023). Flodbølger etter skred i Lyngen – oppdaterte skredvolumer og faresoner. NGI rapport 20230133-01-R.

NGI (2024). Flodbølger etter skred fra Reinbenkan/- Kruvnnut. NGI rapport 20220515-01-R REV.NR. 0 / 2024-07-09.

NGI (2026). Kalibrering av probabilistisk metodikk for beregning av faresoner for skredgenererte flodbølger. NGI rapport 20240671-01-R (under arbeid).

NVE (2016). Fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellparti. Faresoner, arealhåndtering og tiltak. NVE rapport 77-2016.

NVE (2026). NVE rapport. Fjellskred fra Åknes - reviderte scenarier, sannsynligheter og konsekvenser

Vedlegg A

PROBABILISTISK METODE

Innhold

A1	Probabilistisk rammeverk	2
A2	Referanser	5

A1 Probabilistisk rammeverk

Det probabilistiske rammeverket er en modell for utarbeidelse av farekart for oppskylling av flodbølger fra skred. Farekartene angir årlig sannsynlighet for oppskyllingen, som igjen er bestemt av sannsynligheten for ulike skredutfall gitt ved hjelp av rammeverket. Ulike skredutfall er knyttet til usikkerheten i skreddynamikken, for eksempel skredets hastighet i det skredet treffer vannet, usikkerheten i skredets form, skredets utløpsdistanse osv. Til hvert enkelt skredutfall med tilhørende sannsynlighet er det knyttet en numerisk beregning som angir hvilke områder som vil bli oversvømt. I denne rapporten angis usikkerhet gjennom parametersannsynligheter knyttet til skredets hastighet, skredets frontareal, og skredets utløpsdistanse. I tillegg benyttes sannsynligheten for skredutløsning til å tallfeste årlig sannsynlighet for oppskylling.

Prinsippene for den probabilistiske metoden er beskrevet i Løvholt et al. (2020), inkludert første anvendelse i Lyngen (NGI, 2018). Noen mindre utvidelser og forbedringer av denne metoden er beskrevet under. Som nevnt i hovedrapport er det gjort nye kalibreringer av metodikken ved hjelp av hendelsene i Tafjord (1934), Årdalstangen (1983), Taanfjord (Alaska - 2015) og Karrat (Grønland - 2017). I tillegg er det også gjort vurderinger mot hendelsene i Paatuut (Grønland i 1996 og 2000). Teknisk beskrivelse og begrunnelse for konklusjonen er beskrevet av NGI (under arbeid). Den nye kalibreringen bekrefter tidligere kalibrering (den gang kun mot hendelsene i Tafjord og Årdalstangen; NGI, 2023), slik at parametervalgene nå er de samme som for f.eks. Reinbenkan (NGI, 2024)

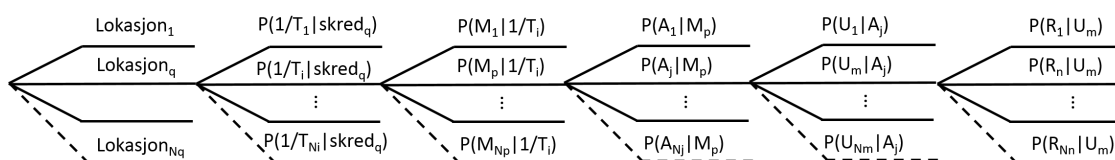
Generelt avhenger flodbølgegenereringen av skredets dynamikk og volum (Løvholt et al., 2015, se også Vedlegg C). For fjellskred som løser over vann, er det imidlertid skredets hastighet og frontareal når det kommer i kontakt med vannet som er viktigst (Fritz et al., 2004). Skreddynamikken kan beregnes ved hjelp av numeriske modeller, men siden verken data fra tidligere hendelser eller fra modeller kan angi skreddynamikken nøyaktig, er det som oftest knyttet betydelig usikkerhet til denne. Således vil også treffhastighet, form og utløpsdistanse for fremtidige skredhendelser være usikre.

Fastsettelsen av parametere og tilhørende parametersannsynligheter er gjennomført ved å kombinere statistikk, ekspertvurderinger og numerisk modellering. Med unntak av bestemmelse av usikkerhet på skredvolumets gjentakperiode, er dette beskrevet i detalj i Vedlegg B.

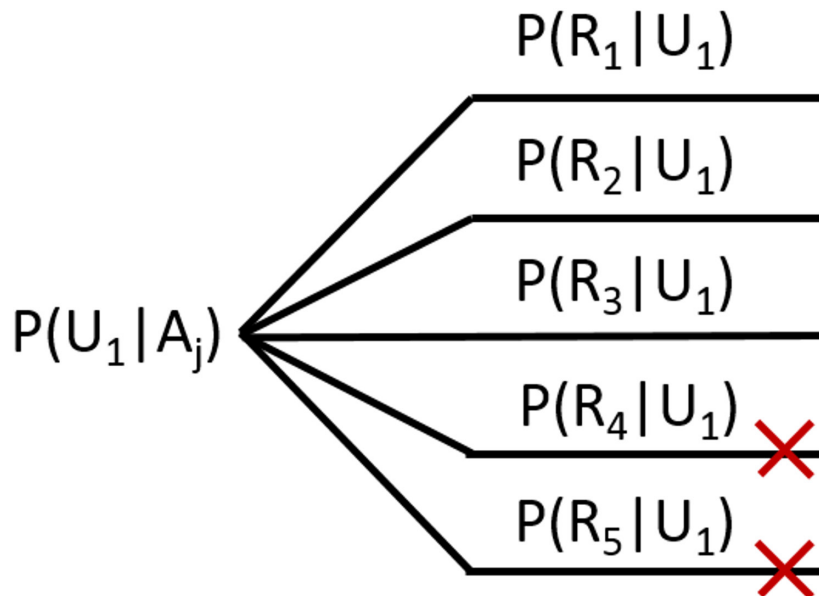
Rammeverket som er brukt for å bestemme sannsynligheten for oppskylling er basert på et såkalt hendesestreet (gjerne omtalt med den engelske fagtermen "event tree"). Hendesestreer som er benyttet her (Figur 1.1), består av forgreninger av ulike skredutfall, der hvert utfall er gitt en betinget parametersannsynlighet. Summen av parametersannsynligheten over alle utfall er 1. Ved å summere sannsynligheter for skredutløsning og parametersannsynligheter over ulike utfall i hendesestreer, benyttes hendesestreer til å tallfeste årlig sannsynlighet for at oppskyllingen overskrider en viss høyde ved en gitt posisjon på land.

For tallfesting av sannsynligheter i dette prosjektet for hver skredlokasjon q (se Figur 1.1) benyttes følgende struktur for hendelsestreet:

- Årlig sannsynlighet for skredutløsning ved gitt skredvolum q , $P(1/T_i | skred_q)$. T_i er gjentakperiode for skredet og P sannsynlighet i intervallet $[0,1]$, $1/T_i$ er frekvens [$1/\text{år}$] for utfall i . Ulike sannsynligheter $P(1/T_i | skred_q)$ for ulike deler av usikkerhetsintervallet som er oppgitt for gjentakperioden er gitt i
- Tabell 1-1. Volum og gjentakperiode (sannsynlighet) er oppgitt av NVE.
- I tidligere analyser har vi også hatt to alternative bølgegenereringsmodeller med parametersannsynlighet $P(M_p | 1/T_i)$, dvs. to alternative modeller (utfall $p = \{1,2\}$) - én blokk med endelig lengde og én blokk med uendelig lengde. Gjennom kalibreringen av metodikken mot historiske hendelser så har vi fjernet blokk med endelig lengde og benytter nå kun blokk med uendelig lengde (dvs. kun $p = \{2\}$). Se Vedlegg B.
- Parametersannsynlighet for skredets frontareal $P(A_j | M_p)$, der A_j er skredets frontareal for utfall j . 7 ulike utfall for skredets frontareal er tatt med i beregningene (utfall $j = \{1,2,3,4,5,6,7\}$). Antall frontareal som er med i analysen er her økt til fra 5 til 7 i forhold til tidligere. Se for øvrig Vedlegg B.
- Parametersannsynlighet for skredets hastighet når det treffer vannskorpen $P(U_m | A_j)$, der U_m er skredets treffhastighet for utfall m . 3 ulike utfall for skredets treffhastighet er tatt med i beregningene (utfall $m = \{1,2,3\}$).
- Parametersannsynlighet for skredets undersjøiske utløpsdistanse (fra strandlinjen og ut i vannet) $P(R_n | U_m)$, der R_n er skredets horisontale utløpsdistanse for utfall n . 5 ulike utfall for skredets undersjøiske utløpsdistanse er tatt med i beregningene (utfall $n = \{1,2,3,4,5\}$). Parametersannsynligheten til utløpsdistansen avhenger av skredets treffhastighet. Vi tar ut kombinasjoner av liten hastighet og langt utløp samt av stor hastighet og kort utløp. Med andre ord settes sannsynligheten for de to lengste utløpsdistansene til 0 for den minste skredhastigheten, mens sannsynligheten for de to korteste utløpsdistansene settes til 0 for den største skredhastigheten. Behandlingen av de betingede parametersannsynlighetene for skredhastighet og utløpsdistane er vist i Figur 1.2. Øvrige betingede parametersannsynligheter normaliseres slik at summen av alle parametersannsynligheter fortsatt er 1 for en gitt forgrening.



Figur 1.1: Skisse som viser ulike elementer i den probabilistiske beregningen som inngår i hendelsestreet. For et gitt skred med lokasjon q kombinerer hendelsestreet alle mulige utfall for: 1) vekting av en gjentakperiode for en gitt skredlokalitet ($P(1/T_i | skred_q)$), 2) parametersannsynlighet for modellantagelse/skredform for en gitt sannsynlighet for gjentakperioden ($P(M_p | 1/T_i)$), 3) parametersannsynlighet for skredets areal i det det treffer vannet for en gitt modellantagelse ($P(A_j | M_p)$), 4) parametersannsynlighet for skredets hastighet i det det treffer vannet for et gitt areal ($P(U_m | A_j)$), og 5) parametersannsynligheten for skredets totale utløpsdistanse for en gitt skredhastighet ($P(R_n | U_m)$).



Figur 1.2: Skisse som viser betinget parametersannsynlighet mellom skredhastighet og utløpsdistanse. Eksemplet viser utfallet for den største skredhastigheten (U_1). I dette tilfellet tas utfallene med de korteste utløpsdistanse (R_4, R_5) ut. I det motsatte tilfellet (med minste skredhastighet U_3) vil de to lengste utløpsdistanse (R_1, R_2) tas ut. For U_2 tas alle utløpsdistanse med.

Tabell 1-1 Volum, sannsynlighet og gjentakperiode for skred fra Åknes og Hegguraksla. Sannsynlighet/gjentaksperiode er basert på risikomatriser som er laget av NGU i forbindelse med risikoklassifiseringen av fjellskred (NGU 2012, NVE 2016).

Lokasjon	Navn	Volume [mill. m ³]	Sannsynlighet	Gjentaksperiode [år]
Åknes	A	31.0	1/12000	12000
Åknes	B	9.7	1/631	631
Åknes	C	7.4	1/100	100
Åknes	D	2.4	1/200	200
Hegguraksla	Hegg	1.4	1/3400	3400

Den samlede sannsynligheten for et gitt enkeltutfall langs én forgrening er gitt ved produktet av alle de betingede parametersannsynlighetene og sannsynligheten for utløsning:

$$P_{skred_{q,i,p,j,m,n}} = P(1/T_i | skred_q) \cdot P(M_p | 1/T_i) \cdot P(A_j | M_p) \cdot P(U_m | A_j) \cdot P(R_n | U_m)$$

For en enkelt oppskyllingsberegning er sannsynligheten med ett gitt parametersett derfor $P_{skred_{q,i,p,j,m,n}}$. Denne sannsynligheten er gitt i størrelsen [1/år]. For å kunne omsette denne informasjonen til farekart, må sannsynligheten summeres for alle utfall som kan føre til oppskylling på en gitt lokasjon. Dette brukes for å beregne overskridelsessannsynligheten og årlig sannsynlighet. Sannsynlighet for oppskylling for en gitt lokasjon beregnes derfor på følgende måte:

- For hver beregning identifiseres våte og tørre punkter. Ett punkt gis oppskyllingssannsynligheten $P_o(x,y)$ for en enkeltberegning, der våte punkter gis sannsynligheten $P_o = P_{skred_{q,i,p,j,m,n}}$, mens tørre punkter gis sannsynligheten $P_o = 0$.
- For hvert punkt i beregningsområdet summeres sannsynlighetene over alle mulige utfall for å finne sannsynlighet for oppskylling i en gitt lokasjon, $P_{os}(x,y) = \sum_{q,i,p,j,m,n} P_o(x,y)$.
- Videre beregnes gjentakperiode $T(x,y)$ for at et punkt på land kan bli oversvømt som den inverse av sannsynligheten $T(x,y) = 1/P_{os}(x,y)$.
- Til slutt beregnes «farelinje skred» iht. §7.3 i TEK17 ([§ 7-3. Sikkerhet mot skred - Direktoratet for byggkvalitet](#)) for de ulike gjentakperiodene 100 år, 1000 år og 5000 år, samt «farelinje for evakuering» (grense for maks oppskylling for alle beregninger) langs 99 persentil for betingede sannsynlig-heter (dvs. sannsynlighet for skredutfall settes lik 1).

Faresonene beregnet som forklart over betegnes som faresoner med lavt skadepotensial (se hovedrapport). I tillegg beregnes faresoner med høyt skadepotensial iht. §7.2 i TEK17 ([§ 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo - Direktoratet for byggkvalitet](#)) der man skiller mellom langsom og hurtig strøm av vann samt stort og lite vanddyb under oppskylling for gjentakperioder 100 år, 1000 år og 5000 år.

A2 Referanser

- Fritz, H.M., Hager, W.H., and Minor H.E. (2004). Near field characteristics of landslide generated impulse waves, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean engineering* 130 (6), 287-302.
- Grezio, A. et al. (2017). Probabilistic Tsunami Hazard Analysis: Multiple sources and global applications. *Reviews of Geophysics*, 55, 1158–1198.
<https://doi.org/10.1002/2017RG000579>
- Løvholt, F., Pedersen, G., Harbitz, C.B., Glimsdal, S., and Kim, J. (2015). On the characteristics of landslide tsunamis. *Phil. Trans. R. Soc. A* 373: 20140376.
<http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0376>
- Løvholt, F., Glimsdal, S. and Harbitz, C.B. (2020). On the landslide tsunami uncertainty and hazard. *Landslides*, 17:2301–2315. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01429-z>
- NGI (2018). Flodbølger etter fjellskred i Lyngen – Oppskyllingsberegninger ved hjelp av probabilistiske metoder. NGI rapport 20170309-01-R.
- NGI (2023). Flodbølger etter skred i Lyngen – oppdaterte skredvolumer og faresoner. NGI rapport 20230133-01-R.
- NGI (2024). Flodbølger etter skred fra Reinbenkan/Kravnnt. NGI rapport 20220515-01-R REV.NR. 0 / 2024-07-09.
- NGI (under arbeid). Kalibrering av flodbølgemodeller for beregning av faresoner for skred i Norske fjorder. NGI rapport.
- NGU (2012). Recommended hazard and risk classification system for large unstable rock slopes in Norway. NGU report no. 2012.029.
- NVE (2016). Fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellparti. Faresoner, arealhåndtering og tiltak. NVE rapport 77-2016.

Vedlegg B

MODELLERING

Innhold

B1	Bestemmelse av modellparametere og parameter-sannsynligheter	2
B1.1	Utløpslengde	4
B1.2	Skredform og frontareal	5
B1.3	Hastighetsforløp	7
B2	Om flodbølgeberegningene	8
B3	Bølgemodellen GloBouss	9
B4	Oppskyllingsmodellen MOST	9
B5	Referanser	10

B1 Bestemmelse av modellparametere og parameter-sannsynligheter

I dette vedlegget beskrives metodikken som bestemmer hvilke parametere og hvilke verdier på disse parametere som brukes i beregningene, samt tilhørende parametersannsynligheter, se Tabell 1-1 og Tabell 1-2.

Utvelgelsen av hvilke parametere som inngår er basert på sensitivitetsanalyse utført i dette prosjektet og i tidligere arbeider (se for eksempel NGI, 2017, 2018 og 2024). NGI (2014) dokumenterer også viktige aspekter ved valg av parametere. Parametere som inngår i analysen er

1. Frontareal (A) – sju parameterverdier velges
2. Treffhastighet (U) – tre parameterverdier velges Undersjøisk utløpsdistanse (R) – fem parameterverdier velges

Vi bruker ulike tilnærminger for fastsetting av parameterverdier med tilhørende parametersannsynlighet. Dette er beskrevet i detalj under. Det er forut for beregningene i denne rapporten gjennomført en ny kalibrering av metodikken der ytterligere fire kjente hendelser (tre på Grønland og en i Alaska) i tillegg til de to hendelsene i Norge (Tafjord og Årdalstangen) er med.

For beregning av skredutløp er statistikken for store skred i Norge benyttet (NGU, 2002). Alle parametere kombineres på alle mulige måter, bortsett fra at de to lengste utløpene (R1 og R2) i beregningene ikke kombineres med den minste hastigheten (U3) og omvendt hvor de to korteste utløpene (R4 og R5) i beregningene ikke kombineres med den største hastigheten (U1), se Vedlegg A for mer informasjon om dette.

De anvendte beregningsmodellene er nærmere omtalt i avsnitt B3 – B5.

Tabell 1-1: Parameterverdier og tilhørende parametersannsynligheter (P) brukt i beregningene for skredene A, B, C og D fra Åknes. R er undersjøisk utløpsdistanse (5 verdier), A er skredets frontareal (7 verdier) og U er skredets treffhastighet (3 verdier). Alle parametre kombineres i analysen, bortsett fra at kombinasjoner av de lengste uløpene R1 og R2 og laveste hastighet U3 samt korteste utløp R4 og R5 og høyeste hastighet U1 ekskluderes.

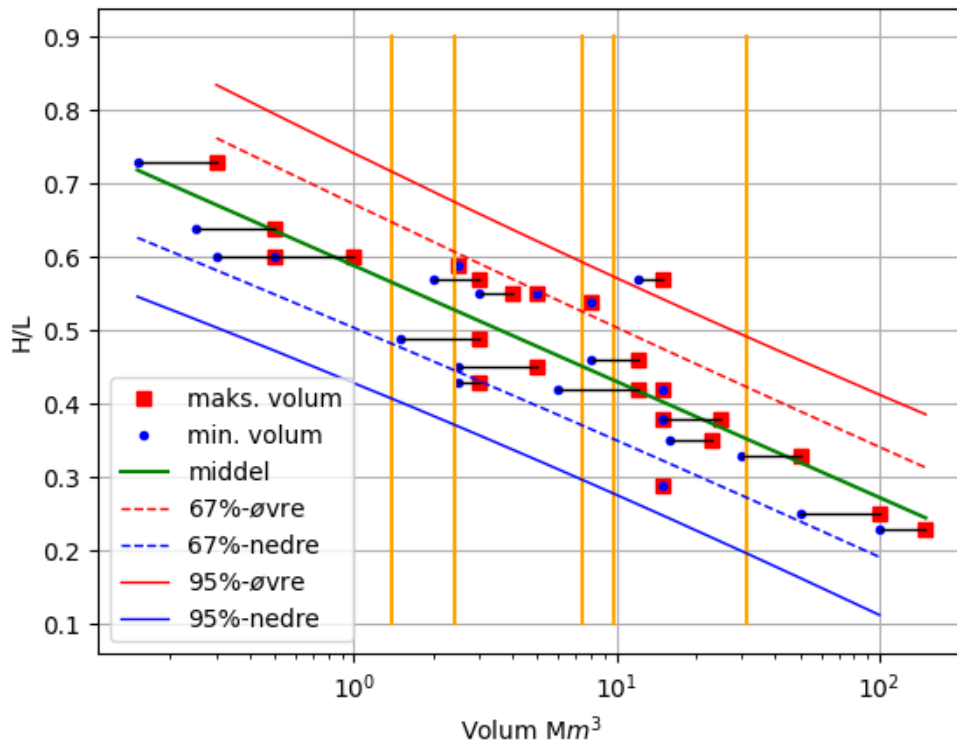
Undersjøisk utløp			Frontareal			Treffhastighet		
Param	R [m]	P _R	Param	A [m ²]	P _A	Param	U [m/s]	P _U
Scenario A								
R1	2248	0.07	A1	161825	0.15	U1	91	0.2
R2	2093	0.24	A2	134854	0.25	U2	56	0.6
R3	1899	0.38	A3	107883	0.2	U3	25	0.2
R4	1628	0.24	A4	80912	0.17			
R5	1201	0.07	A5	53941	0.11			
			A6	43153	0.07			
			A7	32365	0.05			
Scenario B								
R1	2093	0.07	A1	61646	0.15	U1	95	0.2
R2	1899	0.24	A2	51372	0.25	U2	69	0.6
R3	1589	0.38	A3	41097	0.2	U3	25	0.2
R4	1162	0.24	A4	30823	0.17			
R5	852	0.07	A5	20548	0.11			
			A6	16439	0.07			
			A7	12329	0.05			
Scenario C								
R1	2015	0.07	A1	39604	0.15	U1	94	0.2
R2	1821	0.24	A2	33004	0.25	U2	69	0.6
R3	1472	0.38	A3	26403	0.2	U3	25	0.2
R4	1046	0.24	A4	19802	0.17			
R5	775	0.07	A5	13201	0.11			
			A6	10561	0.07			
			A7	7920	0.05			
Scenario D								
R1	1821	0.07	A1	18151	0.15	U1	95	0.2
R2	1511	0.24	A2	15126	0.25	U2	69	0.6
R3	1046	0.38	A3	12101	0.2	U3	25	0.2
R4	736	0.24	A4	9075	0.17			
R5	426	0.07	A5	6050	0.11			
			A6	4840	0.07			
			A7	3630	0.05			

Tabell 1-2: Parameterverdier og tilhørende parametersannsynligheter (P) brukt i beregningene for skred fra Hegguraksla. Ellers som Tabell 1-1.

Undersjøisk utløp			Frontareal			Treffhastighet		
Param	R [m]	P_R	Param	A [m ²]	P_A	Param	U [m/s]	P_U
Scenario Hegg								
R1	1240	0.07	A1	13040	0.15	U1	104	0.2
R2	1066	0.24	A2	10867	0.25	U2	84	0.6
R3	979	0.38	A3	8693	0.2	U3	62	0.2
R4	739	0.24	A4	6520	0.17			
R5	587	0.07	A5	4346	0.11			
			A6	3477	0.07			
			A7	2608	0.05			

B1.1 Utløpslengde

Siden vi ikke har god nok lokal statistikk på utløp og volum fra tidligere skred i området tilgjengelig, så bestemmes utløpslengde ved bruk av statistikken på kjente store skred i Norge, se Figur 1-1 (NGU, 2002 og Romstad m. fl., 2009). Sistnevnte statistikk er den samme som er anvendt i tidligere arbeider der denne metodikken er brukt, bortsett fra i Hyllestad (NGI, 2021) der det eksisterte 25 dokumenterte skred lokalt som dannet grunnlaget for utløpsvurderingen der. Statistikken for skred (både lokal og nasjonal statistikk) gir volum samt forholdet H/L mellom fallhøyde (H) og totalt utløp (L) målt fra øvre del av skredet før utløsning til front av skredmassene etter at skredet har kommet til ro. Figur 1-1 viser fordelingen av disse dataene samt resultatet fra en regresjonsanalyse av disse. Middelerdien fra statistikken er vist som en grønn linje, mens øvre og nedre 95 persentil (+/- 2 standardavvik) er vist som henholdsvis rød og blå linje. 67 persentilene (+/- 1 standardavvik) er vist med tilsvarende farge, men med stiplet linje. I beregningene bruker vi fem ulike H/L verdier for hvert aktuelt volum i studien, henholdsvis øvre og nedre 95 og 67 persentiler samt middelerdi. I Tabell 1-1 og Tabell 1-2 har vi omregnet de ulike H/L verdiene for de aktuelle volumene til undersjøisk utløp, fem realiseringer R1-R5 for hvert skred, der R1 er det lengste og R5 det korteste utløpet. Parametersannsynlighetene for utløpene finner vi ved å integrere over intervallene på en normalfordelings kurve. Vi får følgende parametersannsynligheter: R1 – 0.07, R2 – 0.24, R3 – 0.38, R4 – 0.24, og R5 – 0.07.



Figur 1-1: Statistikk over forholdet mellom fallhøyde (H) og utløpslengde (L) for store skred i Norge (NGU, 2002). Grønn linje er regresjonslinje, mens blå og røde skrå linjer er ulike gitte konfidensintervall for regresjonen. Linjene representerer sannsynligheter på ulike utløpslengder som er brukt i analysen (totalt fem utløp). Vertikale oransje linjer viser hvor skredene i analysen plasserer seg, fra høyre A, B, C, D og Hegguraksla.

B1.2 Skredform og frontareal

For den probabilistiske analysen bruker vi sju ulike verdier på frontarealet, se A1-A7 i Tabell 1-1. For best mulig parametrisering av de ulike skredutfallene bruker vi et blokkformet skred (avrundet). For å bestemme form og frontareal på blokken bruker vi beregninger av skredet med vår egenutviklede dynamiske skredmodell VoellmyClaw (Kim, 2014). Det er to parametere i modellen, friksjonsvinkel (viktigst med tanke på utløpslengde) og et mål ξ på hastighetsavhengig motstand som følge av turbulens, viskøst drag og sentrifugalkrefter (viktigst for bestemmelse av hastighet). Vi har i beregningene med VoellmyClaw kombinert friksjonsvinkler i intervallet [5:40] med ξ i intervallet [500:4000]. Frontarealene defineres ved hjelp av analyse av skredet når det passerer en gitt linje («analyselinje»). For oversjøiske skred vil denne linja typisk være strandlinja. For en enkelt simulering med VoellmyClaw så vil det største tverrsnittet av skredet langs analyselinja på et gitt tidspunkt være a_t . For N simuleringer (der N er antall kombinasjoner av friksjonsvinkel og ξ) vil vi da ha en samling av slike tverrsnitt [$a_{t,1}, a_{t,i}, \dots, a_{t,N}$]. Det største av disse kaller vi A_t . Hvis vi i stedet konstruerer det største

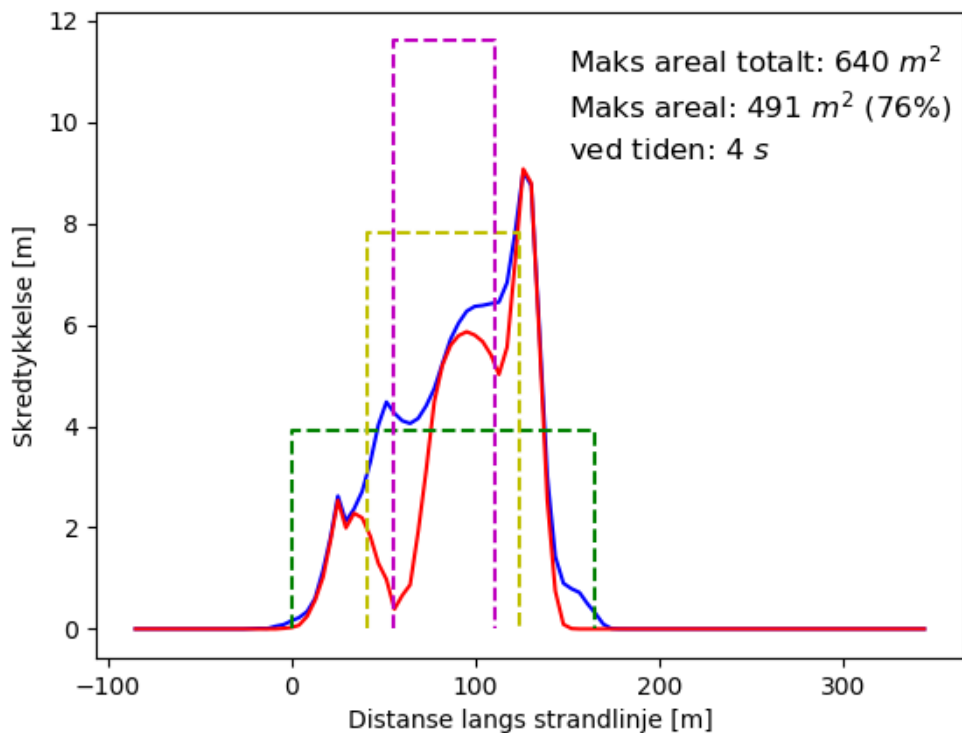
tverrsnittet basert på maksimal skredtykkelse i ethvert punkt langs analyselinja gjennom hele skredforløpet, får vi en verdi a_T for hvert av skredene. Vi ender opp med en ny samling av tverrsnitt $[a_{T,1}, a_{T,i}, \dots, a_{T,N}]$. Det største av disse kaller vi på tilsvarende måte A_T . A_i og A_T definerer frontarealene for de *boksformede skredene* i metodikken for flodbølgeanalyse og gis ulike vekter som vist i Tabell 1-3. I analysen i denne rapporten bruker vi A_T med vekter (0.6 – 3.0) og parametersannsynligheter basert på kalibrering av metodikken (NGI, 2023; NGI, under arbeid).

Tabell 1-3: Vekter og parametersannsynligheter for frontareal anvendt for i analysen.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A	$3.0 \cdot A_T$	$2.5 \cdot A_T$	$2.0 \cdot A_T$	$1.5 \cdot A_T$	$1.0 \cdot A_T$	$0.8 \cdot A_T$	$0.6 \cdot A_T$
p	0.15	0.25	0.2	0.17	0.11	0.07	0.05

Et eksempel på tverrsnitt fra en realisering av et skred beregnet med VoellmyClaw for skred fra Katlenova ved Hyllestad (NGI, 2021), er forklart i Figur 1-2. For å omforme verdiene til frontarealene A1-A7 til form på det boksformede skredet som brukes i selve analysen, trekker vi også ut bredden av skredet fra VoellmyClaw på linja. For å gjenskape formen på tverrsnittet fra VoellmyClaw best mulig valgte vi bredden på det boksformede skredet for Katlenova til å være halvparten av total mens høyde er definert slik at frontarealet tilsvarer arealet under den røde linja, vist som gul linje i Figur 1-2. På denne måten vil det boksformede skredet representere et reelt skred best mulig. Skredet som brukes i analysen er noe mer avrundet enn det som vises i Figur 1-2. For analysen i denne rapporten bruker vi samme forholdstall som for Katlenova. For øvrig viser tester at et stykke unna skredet er det frontarealet som er viktigst for bølgens karakteristika, og ikke formen på fronten.

Grunnen til at vi ikke bruker VoellmyClaw direkte i beregningene er at vi med en blokk har bedre kontroll på formen på skredet (lettere å parametrisere og sammenlikne) og at vi i en analyse som inkluderer et stort antall kjøring vil bruke for lang tid på beregningene. Vi vil heller ikke kunne få et bredt nok sett av ulike former på skredet ved å bruke VoellmyClaw direkte.



Figur 1-2: Eksempel på tidligere beregninger med VoellmyClaw, her for et skred fra Katlenova ved Hyllestad (NGI, 2021). Figuren viser skredtykkelse (form på hele tverrsnittet) langs strandlinja etter 4 s, dvs. det tidspunktet skredet har størst tverrsnitt på strandlinja (A_t - rød linje, areal 491 m²) og maksimal skredtykkelse i ethvert punkt langs strandlinja gjennom hele skredforløpet (A_T - blå linje, areal 640 m²). Det er kun areal under blå linje som brukes i modelleringen. Grønn, gul og lilla linjer viser eksempler på forskjellige forhold mellom høyde og bredde for boksformete skred med samme tverrsnittsareal. For analysen i denne rapporten bruker vi et høyde/bredde forhold for boksformet skred tilsvarende gul linje.

B1.3 Hastighetsforløp

I analysen bruker vi tre ulike treffhastigheter U_1 , U_2 og U_3 . Disse er bestemt fra samme sett av kjøringar med VoellmyClaw som for bestemmelse av frontareal (se avsnitt B1.2). Hastigheten vi måler fra VoellmyClaw beregningene er tatt ut fra høyeste hastighet skredene har når de krysser analyselinjen (se over) uavhengig av om det er fronten eller andre deler av skredet hvor dette er målt. For hver simulering av VoellmyClaw (N simuleringer, se over), vil vi ha en maksimal hastighet v_i . På tilsvarende måte som for frontarealene får vi en samling med hastigheter langs strandlinja:

$$V = [v_{t,1}, v_{t,2}, \dots, v_{t,N}].$$

Vi ender opp med følgende tre hastigheter til analysen:

- U_1 = 90 persentil av alle hastigheter i V , parametersannsynlighet 0.2
- U_2 = 50 persentil av alle hastigheter i V , parametersannsynlighet 0.6

↗ $U_3 = 10$ persentil av alle hastigheter i V , parametersannsynlighet 0.2

Hvis 10 persentilen av alle hastigheter er under 25 m/s blir denne satt til 25 m/s.

B2 Om flodbølgeberegningene

Beregningene for hver enkelt realisering av skredene er basert på parametriseringen gitt i Tabell 1-1. For alle beregningsområder bruker vi kombinasjonen av GloBouss (generering og propagering) og MOST (oppskylning). Modellene er beskrevet nedenunder. Oppskylningen bestemmes ved å modellere flodbølgen i et sett av gitte, mindre delområder. Vi bruker totalt 64 slike områder, se figur i hovedrapport. Hvert enkelt skred har inntil 105 forskjellige realiseringer (5 utløp x 7 frontareal x 3 hastigheter). For et enkelt skred blir det totalt $105 \times 64 = 6720$ oppskyllingsberegninger, og totalt 33600 for alle fem scenarioene. Ytterligere 13650 beregninger er gjort for å finne minste volum som gir skade, samt sensitivitet til øvre og nedre volumestimat.

Oppsettet for alle beregningene er laget slik at det er mulig å kontrollere at simuleringene er gjort med riktige parameterverdier. I tillegg har vi lagt inn en serie med kontrollrutiner:

- 1) At alle kombinasjoner av de ulike parameterne for hvert skred faktisk er kjørt
- 2) Ved alle numeriske beregninger er det en viss sjanse for at løsningen blir helt eller delvis instabil. Blir den delvis instabil kan kjøringen gå gjennom og produsere resultatfiler, men da med verdier i deler av beregningsområdet som ikke er fysikalske. Vi har laget en rutine som gjør at vi visuelt kan inspisere enkeltkjøringer som har stor variasjon på oppskyllingshøyde langs oppskyllingslinjen (kan være tegn på instabilitet). Hvis dette inntreffer tas denne simuleringen ut av analysen før vi forsøker å endre parameterverdier slik at denne spesifikke beregningen mer stabil. I analysen for Åknes og Hegguraksla er det kun 6 beregninger for scenario A som måtte tas ut/ikke ble tilstrekkelig fullført på grunn av instabilitet.
- 3) Å sjekke at alle kjøringer har produsert resultatfiler (at de ikke har stoppet opp på grunn av instabilitet eller andre årsaker).
- 4) Stikkprøver på log-filer for å sjekke at riktige parametere er kjørt. Organiseringen av beregningene gjør at det vil være nok med noen få kontroller for å være sikker på at alle kjøringer er gjort med riktige parametere.

B3 Bølgemodellen GloBouss

GloBouss er en regnemodell for flodbølger som følge av skred eller jordskjelv, utviklet ved Matematisk Institutt, Universitetet i Oslo og NGI. Modellen er dybdemidlet (benytter Boussinesq langbølgelikninger) og beskriver blant annet ikke-lineære og dispersive (ikke-hydrostatisk) effekter. Modellen beskriver ikke oppskyllingsfasen (se neste avsnitt).

GloBouss er med godt resultat sammenlignet med analytiske løsninger og andre numeriske modeller, se Pedersen og Løvholt (2008). Den har også gitt gode resultater i forbindelse med Åknes/Tafjord-prosjektet der den er sammenliknet med den fysiske skalamodelen av Sunnylv- og Geirangerfjorden ved SINTEF Kyst- og havneteknikk i Trondheim (NGI, 2011; SINTEF, 2008), se også neste avsnitt.

B4 Oppskyllingsmodellen MOST

Oppskyllingsmodellen MOST tar hensyn til ikke-lineære effekter og håndterer bølgebrytning. Den tillater også at vann beveger seg inn på områder som i utgangspunktet ikke var våte. Det er ikke tilfellet med modellen for bølge-forplantning (GloBouss) som reflekterer bølgene ved strandlinjen. MOST modellen er grundig verifisert ved hjelp av laboratorieforsøk og standardiserte tester (benchmark tests). MOST leser data (partikkelhastighet og overflatehevning) fra GloBouss og beregner oppskylling med høyt/lavt farepotensiale i angitte områder. Data for vanddyp og terreng innenfor beregningsområdet til MOST angis i forskjellige oppløsninger fra 40 m til 10 m siden MOST beregner oppskyllingen vha. tre gittere med stadig finere oppløsning. Modellen er beskrevet av Titov og Gonzalez (1997).

Modeloppsettet (GloBouss og MOST) er beskrevet av Løvholt med flere (2010) og er i tillegg til testene av GloBouss alene (beskrevet over) også grundig testet og sammenliknet med laboratorieforsøkene ved SINTEF Kyst- og havneteknikk i forbindelse med beregningene av flodbølger dannet av mulige fjellskred fra Åknes. Resultatene er oppsummert av NGI (2011), mens laboratorieforsøkene er beskrevet av SINTEF (2008), Lindstrøm m. fl. (2014) og NGI (2014).

B5 Referanser

- Kim, J (2014). Finite volume methods for tsunamis generated by submarine landslides. PhD Thesis. Univ Washington
- Lindstrøm, E.K., Pedersen, G.K., Jensen, A., and Glimsdal, S. (2014). Experiments on slide generated waves in a 1:500 scale fjord model. Coastal Engineering vol 92 p. 12–23.
- Løvholt F., Pedersen G., og Glimsdal S. (2010). Coupling of dispersive tsunami propagation and shallow water coastal response, Open Oceanography Journal, Caribbean Waves Special Issue, Vol 4, 71-82, doi: 10.2174/1874252101004020071, available online from <http://www.bentham.org/open/tooceaj/openaccess2.htm>
- NGI (2011). Numerical simulations of tsunamis from potential and historical rock slides in Storfjorden; Hazard zoning and comparison with 3D laboratory experiments. NGI rapport 20051018-00-1-R. Revisjon 01, 21. Februar 2011.
- NGI (2014). Evaluation of the flow characteristics of the potential Åkerneset rockslide, western Norway — contributions to the design of laboratory experiments on wave generation. Norwegian Geotechnical Institute Report 20061333-01-R.
- NGI (2017). Midsund kommune - oppskylling av flodbølger etter skred fra Opstadhornet. NGI rapport 20170280-01-R.
- NGI (2018). Flodbølger etter fjellskred i Lyngen. Oppskyllingsberegninger ved hjelp av probabilistiske metoder. NGI rapport 20170309-01-R.
- NGI (2021). Flodbølger og skred, Lifjellet, Hyllestad kommune – oppskyllingsberegninger ved hjelp av probabilistiske metoder. NGI rapport 20200282-01-R.
- NGI (2023). Flodbølger etter skred i Lyngen – oppdaterte skredvolumer og faresoner. NGI rapport 20230133-01-R.
- NGI (2024). Flodbølger etter skred fra Reinbenkan/- Kravnnt. NGI rapport 20220515-01-R REV.NR. 0 / 2024-07-09.
- NGI (under arbeid). Kalibrering av probabilistisk metodikk for beregning av faresoner for skredgenererte flodbølger. NGI rapport 20240671-01-R.
- NGU (2002). Hazard evaluation of rock avalanches; the Baraldsnes-Oterøya area. Geological Survey of Norway (NGU), report 2001.108, Trondheim, 33 pp.
- Pedersen, G. og Løvholt, F. (2008). Documentation of a global Boussinesq solver, Preprint Series in Applied Mathematics 1, Dept. of Mathematics, University of Oslo, Norway, URL: <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-27775>
- Romstad, B., Harbitz, C., and Domaas, U. (2009): A GIS method for assessment of rock slide tsunami hazard in all Norwegian lakes and reservoirs. NHES 9, 1-13. <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/353/2009/nhess-9-353-2009.html>. ICG publ. no. 245.
- SINTEF (2008). Notat – rasmodell, datert 2008-09-12.

Titov, V.V. og Gonzalez, F.I. (1997). Implementation and testing of the Method of Splitting Tsunami (MOST) model. NOAA. Technical Memorandum ERL PMEL-112, 11 pp.

Vedlegg C

OM FLODBØLGER

Innhold

C1	Om flodbølger generert av fjellskred	2
C2	Referanser	3

C1 Om flodbølger generert av fjellskred

Flodbølger generert av skred som styrter ned i fjorder eller innsjøer inngår i den type bølger som gjerne betegnes "tsunamis". Slike bølger ligger mellom dønninger og tidevann i spekteret av tyngdebølger.

Generering og utbredelse av flodbølger etter skred er et komplisert fenomen som kan deles i fire faser: 1) skredbevegelse; 2) energioverføring fra skred- til vannbevegelse; 3) bølgeutbredelse i åpent vann; 4) bølgeopp skylning i strandsonen.

Bølgenes karakteristika avhenger av skredets volum, form og hastighet, så vel som av vanddyppet. Bølgene klassifiseres som lange bølger dersom størsteparten av den energi som overføres fra skred- til vannbevegelse fordeles på bølgelengder mye større enn karakteristisk vanddyp. Ut fra dette følger at de vertikale variasjoner i horisontalhastigheten er små, og at trykket er tilnærmet hydrostatisk. Vår erfaring med større fjellskred med høy treffhastighet viser at bølgene under genereringen ikke nødvendigvis er lange og at bruk av hydrostatiske beregningsmodeller kan føre til en overestimering av bølgene.

Under utbredelsen bort fra skredområdet vil bølgens form endres avhengig av dempning og bunntopografi. I åpent farvann avtar bølgehøyden som følge av radiell dempning når energien spres over et stadig større område. Bølgehøyden er således omvendt proporsjonal med kvadratroten av avstanden fra skredområdet. I en smalere fjord vil den radielle dempningen være mye mindre framtrædende. Bølgene kan følge fjorden som i en kanal og bevege seg over lengre avstander uten å dempes vesentlig. Under utbredelsen vil flodbølgen i tillegg utsettes for refraksjon, refleksjon, og interferens samt amplifikasjon som følge av fokusering eller avtagende dyp.

For lange bølger beveger vannet seg tilnærmet like mye i hele dypet fra overflaten til bunnen. Den såkalte "bunnbølgen" er kun en myte. Begrepet har oppstått fordi bølgen ofte ikke observeres før den "dukker opp" (amplifiseres) inne ved land. Øyenvitner har derfor formidlet at bølgen følger bunnen. At bølgen synes best inne ved land skyldes imidlertid bare at den blir krappere, dvs. både kortere og høyere, på grunnere vann inn mot land.

Så lenge bølgene er lange og karakteristisk overflateheving samtidig er mye mindre enn vanddyppet vil enklere, lineære likninger for bølgeforplantningen være gyldige. Utgjør derimot den karakteristiske overflatehevingen mer enn ca. 10 % av dypet vil ikke-lineære effekter gjøre seg gjeldende.

Amplifikasjonsfaktoren, dvs. forholdet mellom oppskyllingshøyden og overflatehevingen for innkommende bølge på dypt vann, er hovedsakelig bestemt av bølgelengden og helningen i strandsonen, eller mer presist forholdet mellom lengden på innkommende bølge og lengden på horisontalprojeksjonen av oppskyllingsskråningen. Det er også stor forskjell på oppskylling langs en bratt fjordside der bølgene beveger seg mer eller mindre parallelt med strandlinja og oppskylling innerst i fjordarmene der bølgene

beveger seg rett mot land og blir forsterket av både den svakt hellende skråningen av bunnen (grunnere vann) og fokuseringen på grunn av topografien (innsnevringen).

Fjellskred kan sette opp svingninger i (delvis) lukkede fjorder eller innsjøer. Dette kan oppleves som en serie av innkommende bølger der den første ikke nødvendigvis er størst. Bølgebevegelsen kan vare i timevis. For nærmere beskrivelser av flodbølger generert av skred anbefales artikler av Harbitz (2014) og Løvholt m.fl. (2015).

C2 Referanser

Harbitz, C. (2014). Flodbølger forårsaket av skred. I: Høeg, K., Karlsrud, K., Lied, K. (eds.). Skred, skredfare og sikringstiltak – praktiske erfaringer og teoretiske prinsipper. Universitetsforlaget. ISBN 978-82-15-02391-5.

Løvholt, F., Pedersen, G., Harbitz, C.B., Glimsdal, S. Kim, J. (2015). On the characteristics of landslide tsunamis. *Phil. Trans. R. Soc. A* 373, 20140376, doi:10.1098/rsta.2014.0376. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0376>.

Vedlegg D

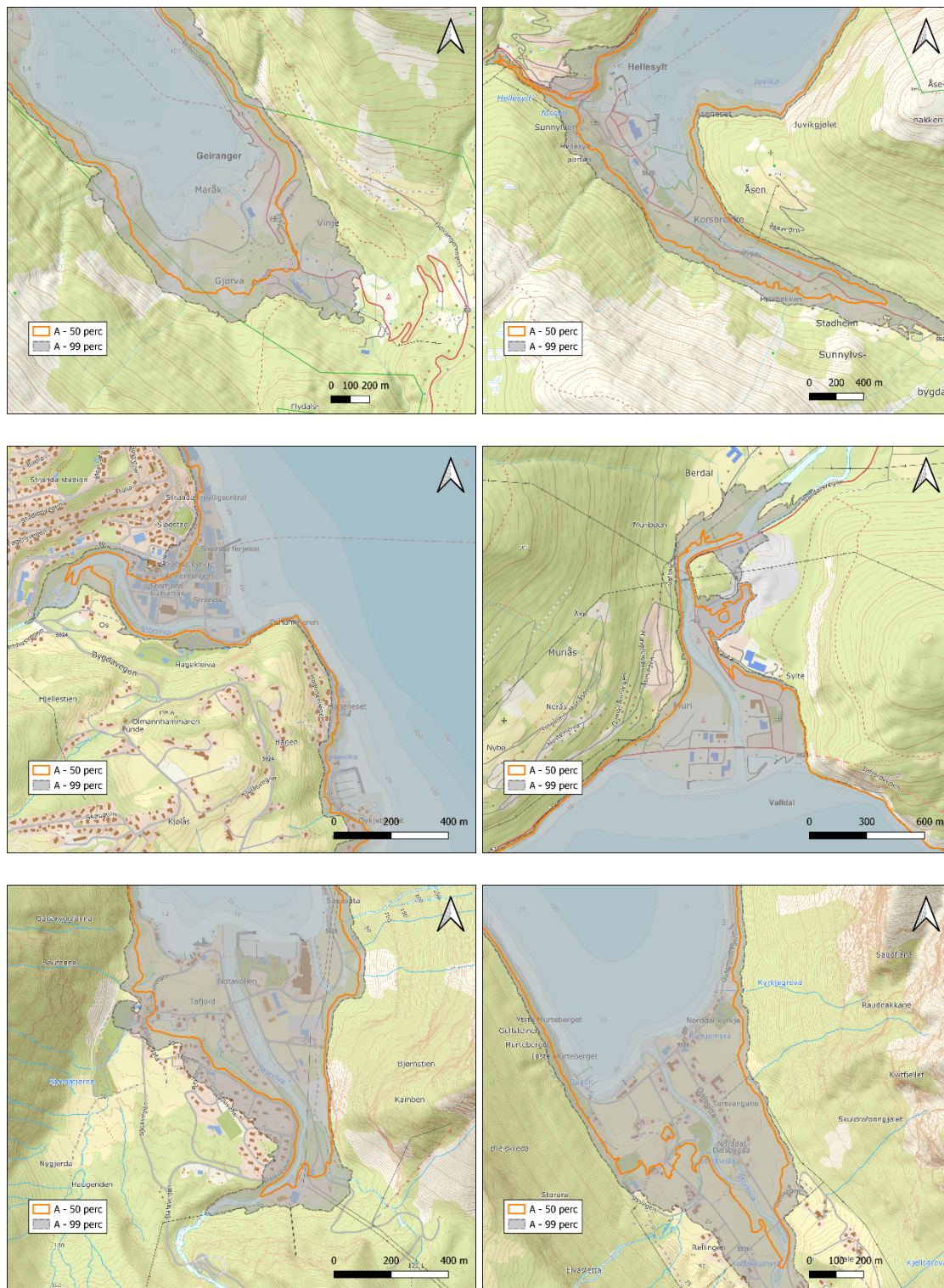
SCENARIO A

Innhold

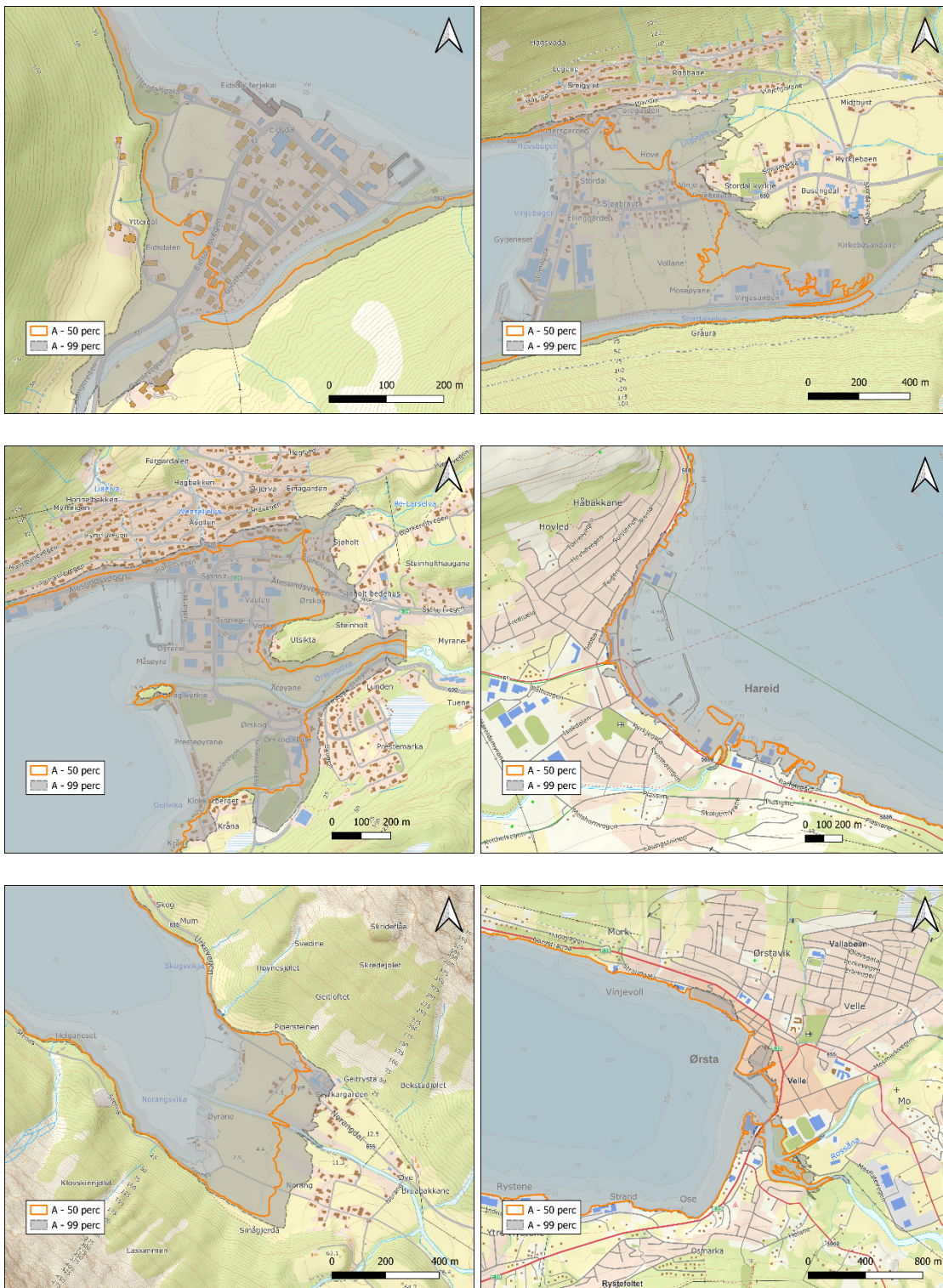
D1 Antatt maksimal oppskylling scenario A

2

D1 Antatt maksimal oppskylling scenario A



Figur 1: Antatt maksimal oppskylling (50 og 99 persentilen) for Geiranger (fra øverst til venstre), Hellesylt, Stranda, Valldal, Tafford og Nordal.



Figur 2: Antatt maksimal oppskylling (50 og 99 persentilen) for Eidsdal (fra øverst til venstre), Stordal, Sjøholt, Hareid, Øye og Ørsta.

Vedlegg E

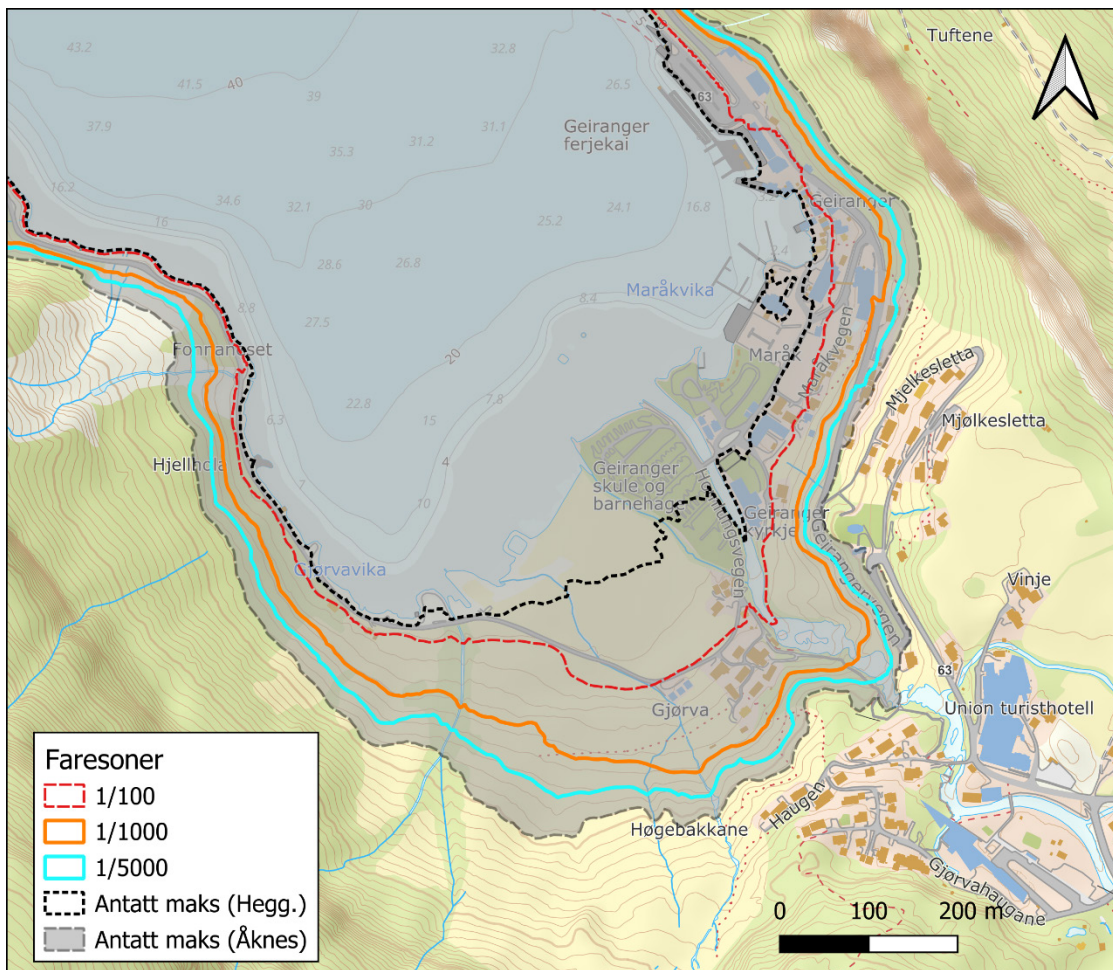
FIGURER FARESONER

Innhold

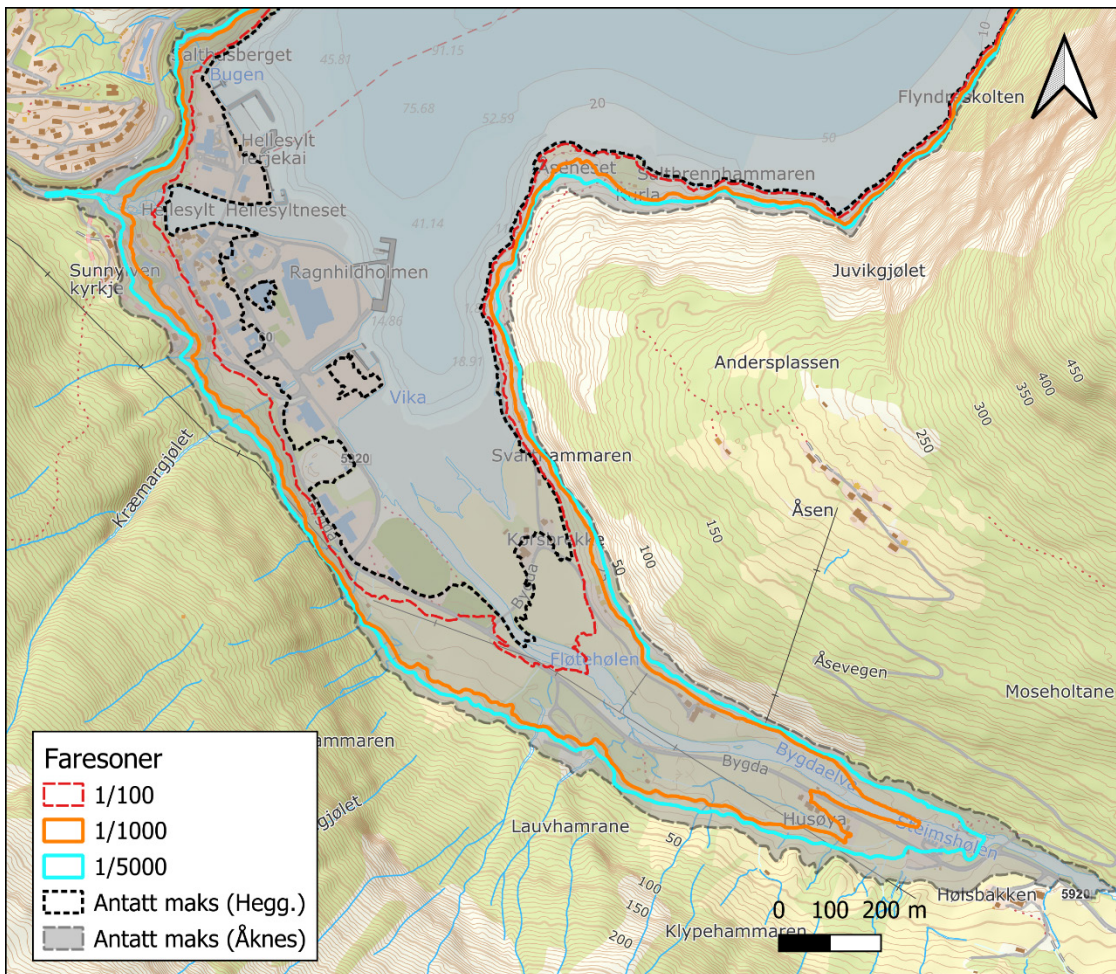
E1 Figurer for faresoner fra rapporten

2

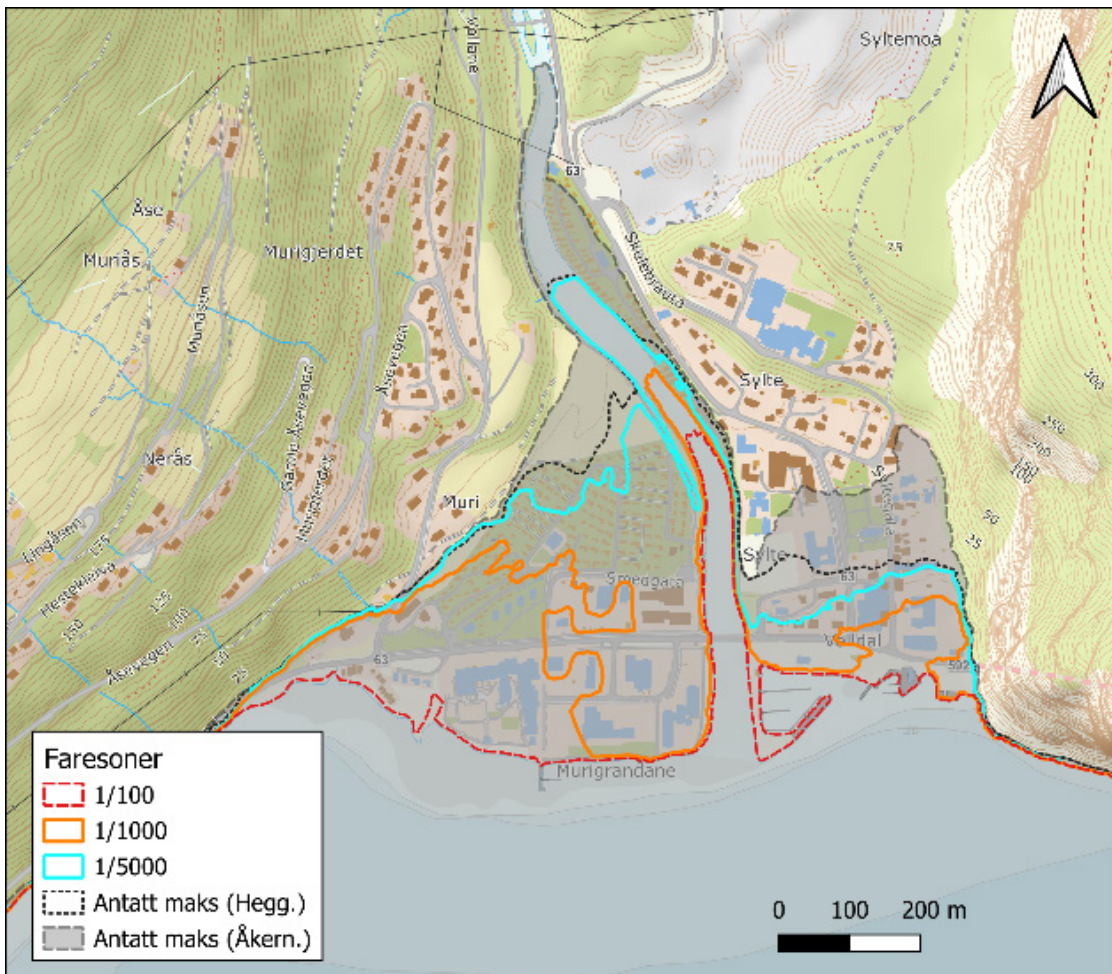
E1 Figurer for faresoner fra rapporten



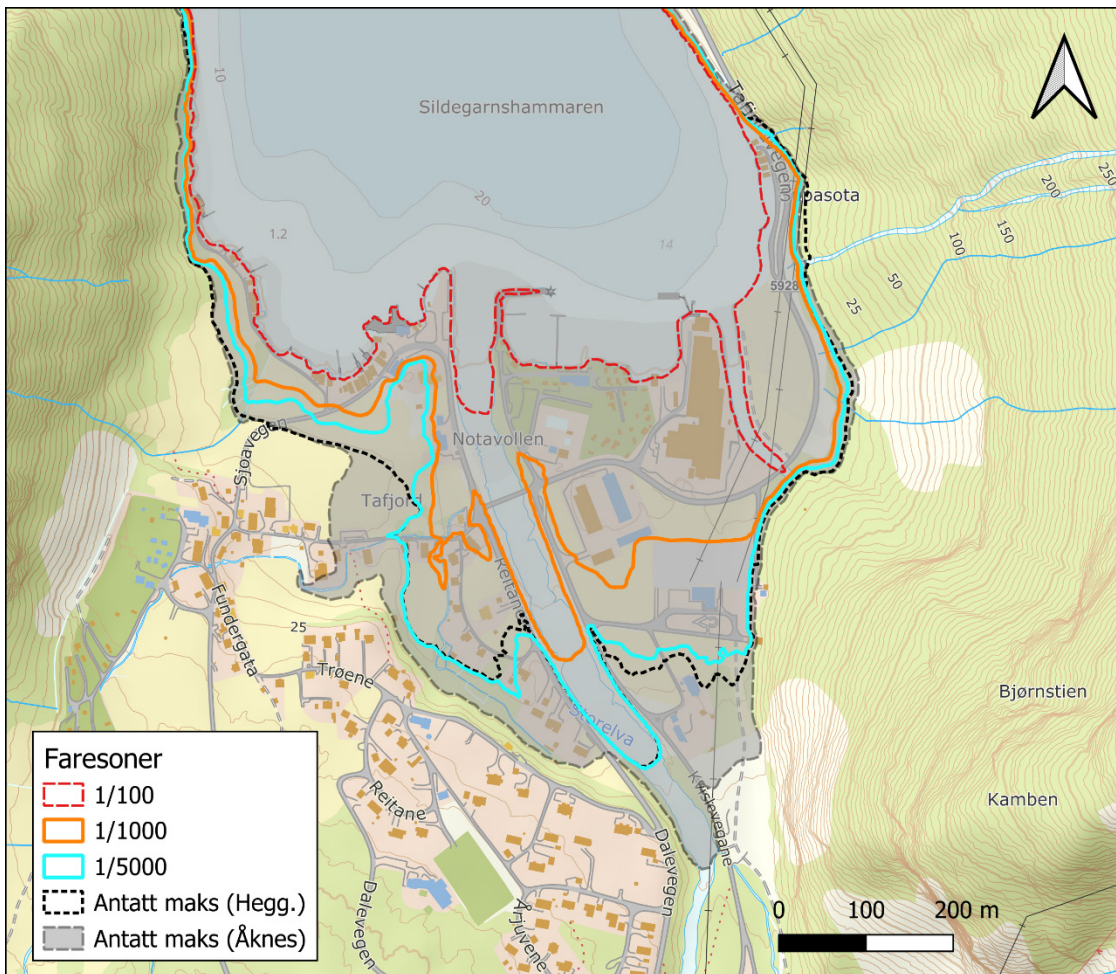
Figur 1: Faresoner for Geiranger.



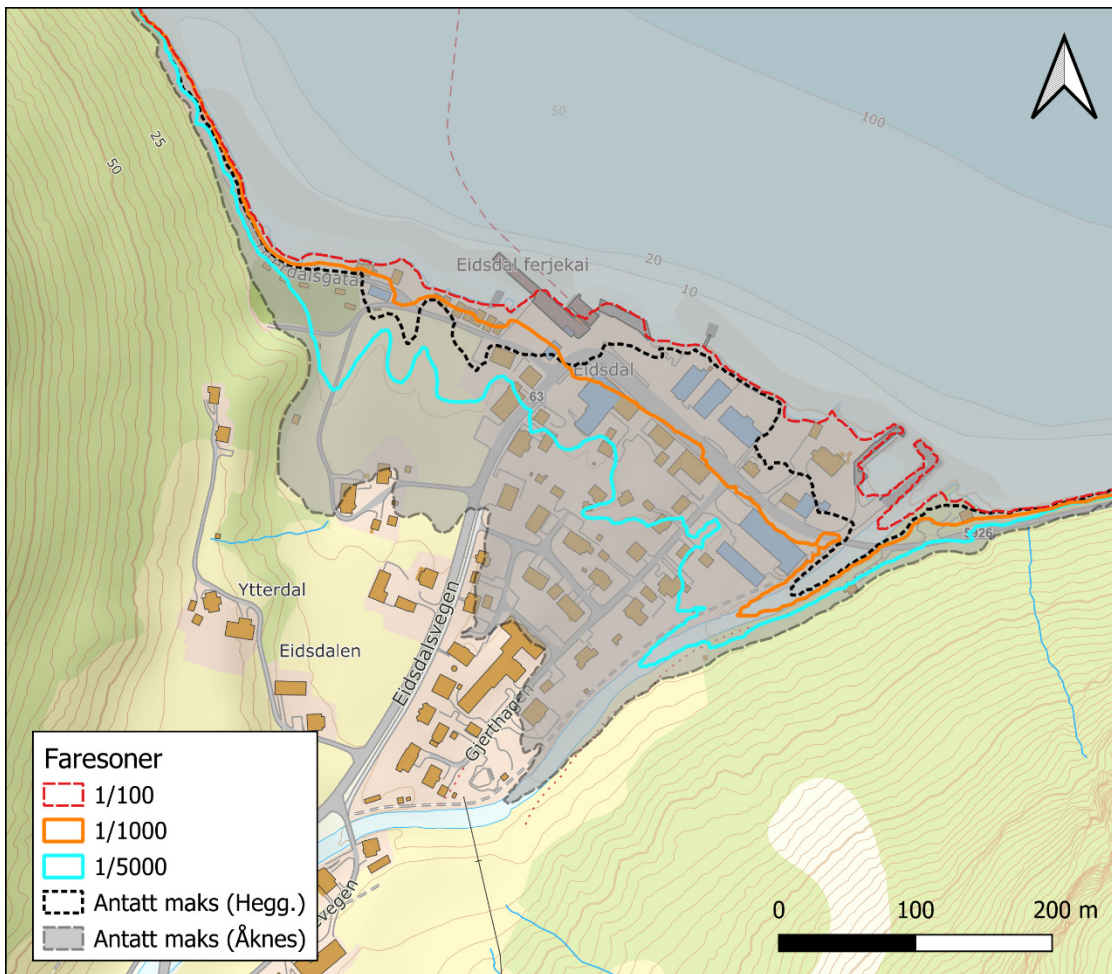
Figur 2: Faresoner for Hellesylt.



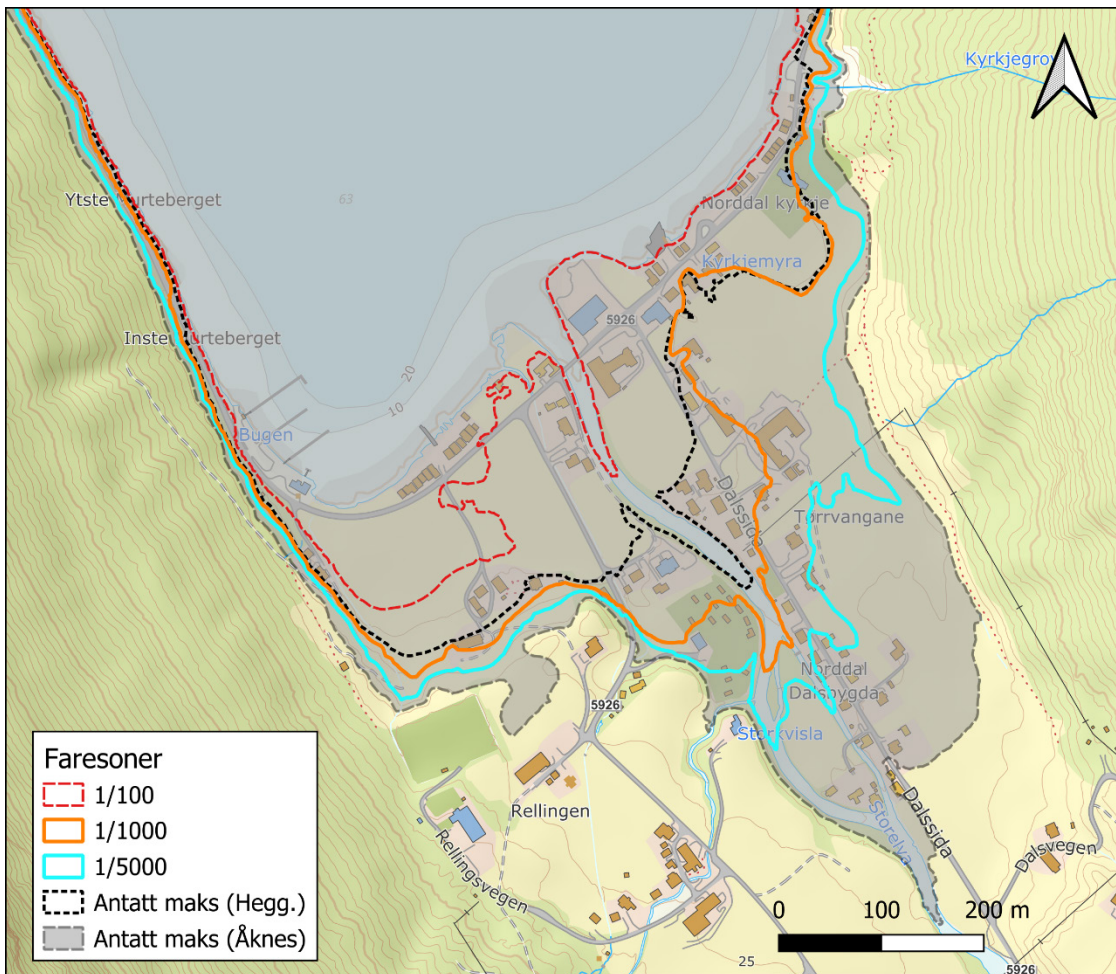
Figur 4: Faresoner for Valldal.



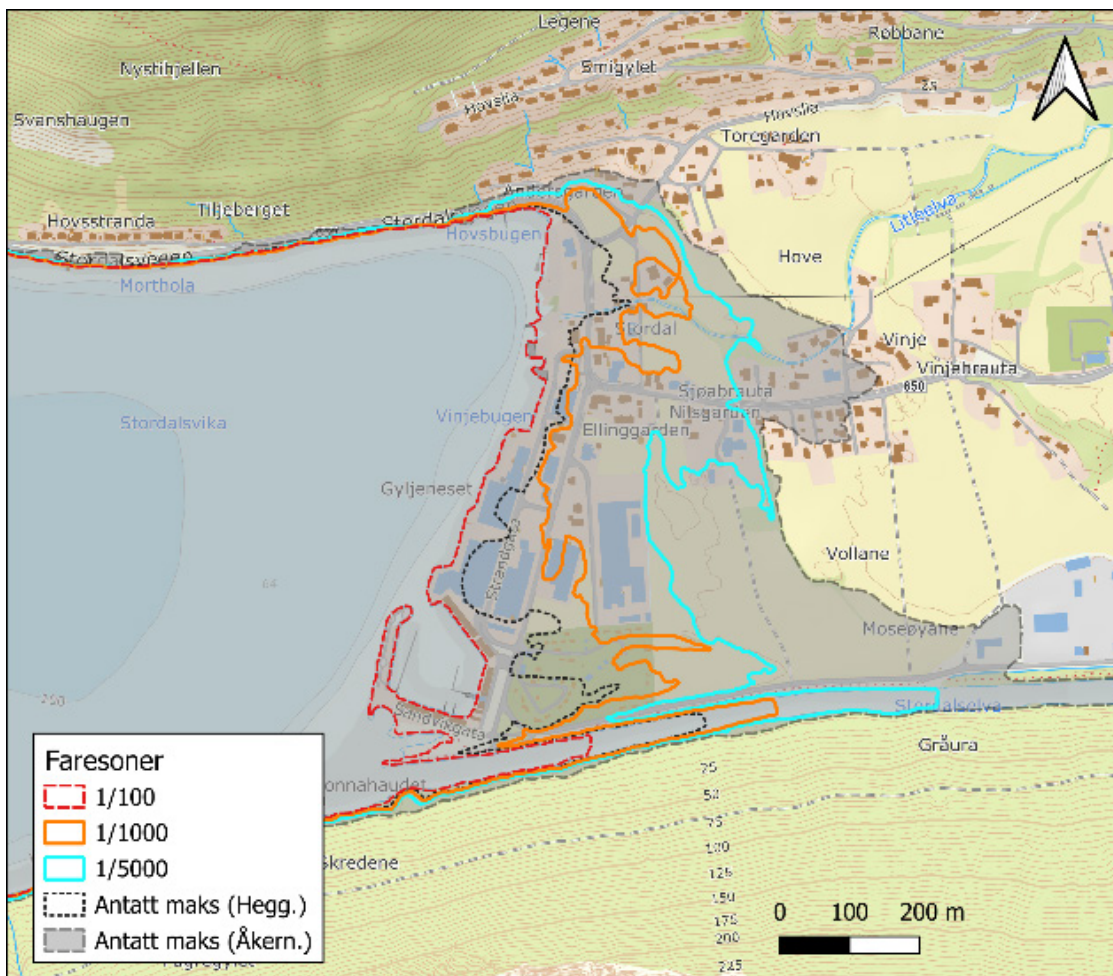
Figur 5: Faresoner for Tafjord.



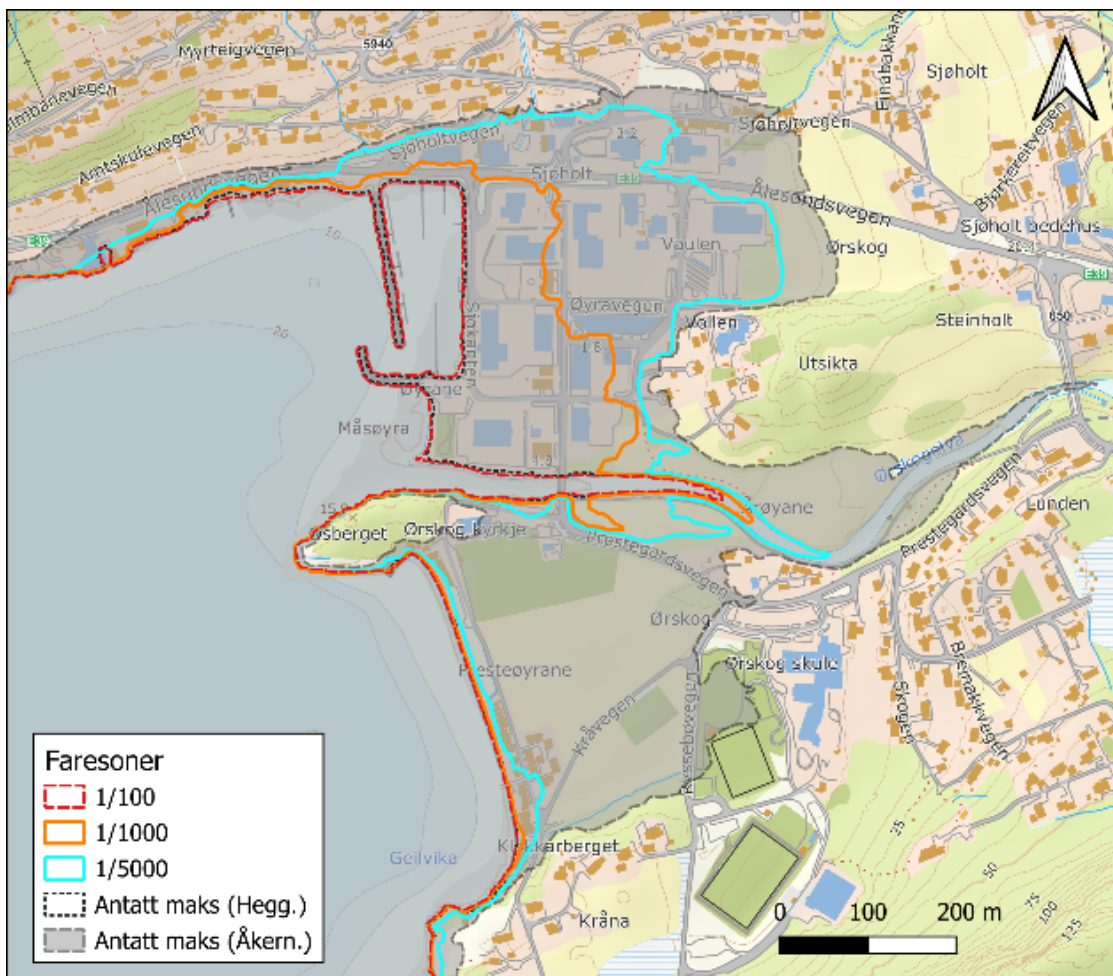
Figur 6: Faresoner for Eidsdal.



Figur 7: Faresoner for Norddal.



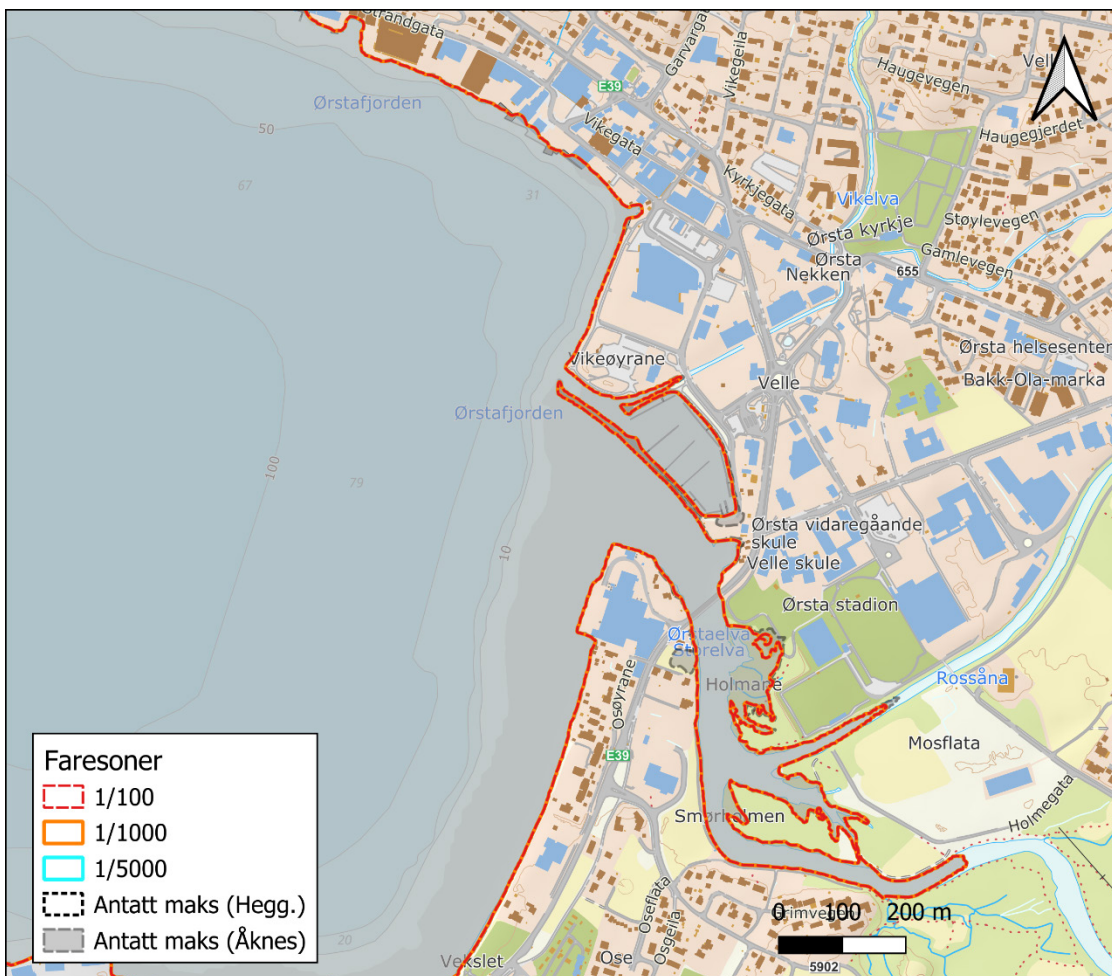
Figur 8: Faresoner for Stordal.



Figur 9: Faresoner for Sjøholt.



Figur 10: Faresoner for Hareid.



Figur 11: Faresoner for Ørsta.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Probabilistisk analyse for beregning av faresoner		Dokumentnr./Document no. 20250318-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client NVE	Dato/Date 2026-02-03
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 1 / 2026-04-30
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Flodbølge, fjellskred, oppskylling, probabilistisk analyse, modellering og tsunami		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Møre og Romsdal	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Stranda, Fjord, Sykkylven, Ålesund, Sula, Hareid,	Felt navn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32N Øst: 395000 Nord: 6896000	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2026-02-26 Sylfest Glimsdal	2026-02-12 Carl B. Harbitz	2026-02-27 Finn Løvholt	
1	Justerte faresoner i Sjøholt, Stordal og Valldal	2026-04-29 Sylfest Glimsdal	2026-04-30 Carl B. Harbitz		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 30. april 2026	Prosjektleder/Project Manager Sylfest Glimsdal
--	------------------------------------	--

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurenset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnsikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO
ngi@ngi.no T. 22023000

Hovedkontor Oslo
PB. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd. Trondheim
Professor Brochs gate 12
7030 Trondheim

Avd. Tromsø
Postboks 6400
9294 Tromsø

BANK
KONTO 1506 91 98764
ORG.NR 932 089 114 MVA

ISO 9001/14001
CERTIFIED BY BSI
FS 32989/EMS 612006

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: (+47) 22 95 95 95

<https://www.nve.no>