

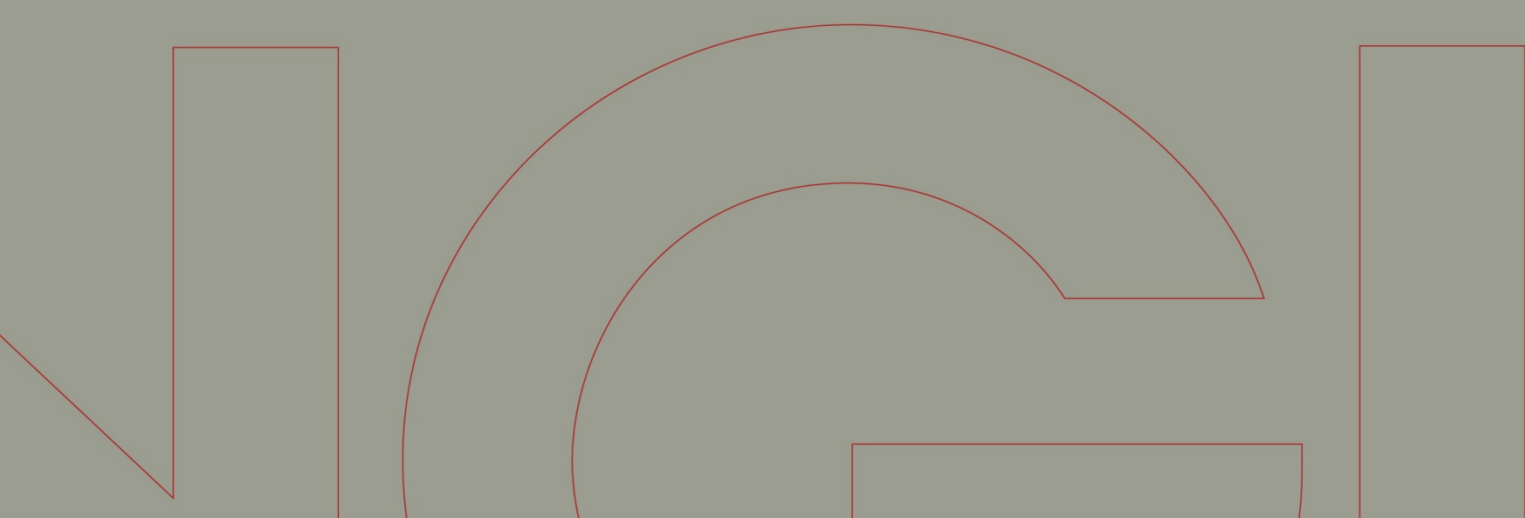


# Rapport / Report

## Flodbølger i Lyngen etter mulig skred, Nordnes, Lyngen kommune III

### Detaljregning av oppskylling for skred på 11 millioner kubikkmeter

20130206-01-R  
30. august 2013  
Rev. nr.: 0



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

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 NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

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 NGL.



## Prosjekt

Prosjekt: Flodbølger i Lyngen etter mulig skred, Nordnes, Lyngen kommune III

Dokumenttittel: Detaljberegning av oppskylling for skred på 11 millioner kubikkmeter

Dokumentnr.: 20130206-01-R

Dato: 30. august 2013

Rev. nr./rev. dato:

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Sluppen  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Nordnorsk Fjellovervåkning

Kontaktperson: Roald Elvenes

Kontraktreferanse: Epost fra Roald Elvenes, 27. februar 2013

## For NGI

Prosjektleder: Sylfest Glimsdal

Utarbeidet av: Sylfest Glimsdal

Kontrollert av: Carl B. Harbitz

## Sammendrag

I Troms fylke er det påvist en rekke mulig ustabile fjellpartier. På Nordnesfjellet i Lyngen kommune har NGU foretatt detaljkartlegging over flere år. NGI gjorde i 2008 beregninger av flodbølger og påfølgende oppskyllinger ved 13 lokasjoner for mulige skred fra Nordnes på 7 og 11 millioner m<sup>3</sup>, se NGI (2008a). I 2010 gjorde NGI en grovanalyse for et skred på 22 millioner m<sup>3</sup>, se NGI (2010). Bakgrunnen for denne analysen var å kartlegge hvilke områder som burde undersøkes ved hjelp av nyere og forbedrede oppskyllingsberegninger. Et volum på 22 millioner m<sup>3</sup> tilsvarer det totale volumet som antas å være i bevegelse. Det mest sannsynlige volumet som kan gli ut er nå anslått til å være 11 millioner m<sup>3</sup>.

# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20130206-01-R  
Dato: 2013-08-30  
Rev. nr.:  
Side: 4

NGI har fått i oppdrag av Nordnorsk Fjellovervåkning v/Roald Elvenes (på vegne av kommunene Kåfjord, Nordreisa, Lyngen og Storfjord) å gjøre detaljerte beregninger for oppskylling av flodbølger etter et potensielt skred på 11 millioner m<sup>3</sup> fra Nordnesfjellet (se Figur 1).

Etter anbefaling fra NVE og Fylkesmannen i Troms, skal det i oppskyllings- og hastighetsberegningene tas hensyn til antatt framtidig havnivåstigning. Tillegget på havnivået estimert for 2010 – 2100 er beskrevet av DSB (2009). Ut fra dette er det i analysen gitt et tillegg for fremtidig havnivåstigning på 0,7 m (dvs. 0,7 m over dagens middelvannstand).

Oppskyllingsberegninger er gjort i totalt 31 områder (eller lokasjoner). Alle beregninger er gjort med et framtidig økt havnivå på +0.7 m. I tabell 1 presenteres hovedresultatene fra disse beregningene. Minimum- og maksimumsverdiene er lågeste og høyeste verdi (høyde) på oppskyllingslinjen for hvert område målt ut fra dagens havnivå. Ankomsttiden er tiden fra skredet går i fjorden til overflatehevningen er over 10 cm et sted i beregningsområdet (uansett hvor). Sammen med denne rapporten vil det bli levert oppskyllingslinjer til implementering i GIS for faresoner. I siste kolonne i Tabell 1 vises hvilke data som er brukt på land i oppskyllingsberegningene, se avsnitt 4.1 over. For områdene der det er brukt grove data, vil oppskyllingslinjene ikke kunne brukes direkte i detaljert kartlegging av faresoner. Man må i disse tilfellene bruke høydene i oppskyllingslinjene sammen med kommunens kartgrunnlag for å vurdere hvilke deler som ligger i eller utenfor faresonen. Som man ser av tabellen er det til dels store variasjoner i oppskyllingshøyder innenfor hvert enkelt beregningsområde. Den maksimale verdien kan være veldig lokal. Med de nye resultatene får man en bedre beskrivelse av fordelingen av oppskyllingshøydene for hver lokasjon, og ikke bare et enkelt tall.



# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20130206-01-R  
 Dato: 2013-08-30  
 Rev. nr.:  
 Side: 5

Tabell 1: Høyeste og laveste verdier som er målt langs oppskyllingslinjen for alle 31 områder. Høydene referer til dagens havnivå. Beregningene er gjort med et framtidig havnivå på 0.7 m høyere enn dagens. I tillegg vises ankomsttider, samt hva slags type data som er brukt på land (grove "G" eller fine "F", se tekst).

Lokasjon	Navn	Oppskylling		Ankomst	Grove/fine data
		Min [m]	Maks [m]	[minutter]	
1	Koppangen	2	7	5	G
2	Årøybukt	2	14	3	F
3	Elvejorda	5	36	2	F
4	Lyngseidet	6	33	2	F
5	Karnes	4	24	3	F
6	Kjeldnes	4	19	3	F
7	Pollneset	4	21	3	F
8	Lyngspollen	3	7	8	F
9	Furufleten	4	11	7	F
10	Rasteby	3	8	8	F
11	Elvenes	2	6	10	F
12	Ellevollen	2	7	15	F
13	Oteren	2	6	24	G
14	Horsnes-Elsnes	3	6	13	F
15	Skibotn	3	10	9	F
16	Forrneset	3	15	5	F
17	Brattvoll	11	31	2	F
18	Indre-Nordnes	19	46	<1	G
19	Nordnesodden	14	46	<1	G
20	Manndalen	3	11	5	G
21	Skarvdalen	3	3	7	G
22	Birtavarre	3	6	12	F
23	Trollvik	3	4	8	F
24	Langneset-Strand	3	5	6	G
25	Strand	5	13	4	F
26	Olderdalen	6	17	3	G
27	Nordmannvik	3	17	4	F
28	Strandli-Engeneset	3	8	5	F
29	Djupvik	3	5	6	F
30	Spakenes	2	5	8	G
31	Hamnes	2	5	13	G

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Anvendte begreper og metoder	8
<b>2</b>	<b>Kort beskrivelse av Lyngen, Storfjorden og Kåfjorden</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Skredberegninger</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Bølgeberegninger</b>	<b>11</b>
4.1	Om beregningsområdet	11
4.2	Bølgeutbredelse	12
4.3	Generelt om oppskylling av flodbølger	14
4.4	Oppskylling – resultater	15
4.5	Sammenligning med tidligere resultater	20
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>21</b>

## Vedlegg

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

I Troms fylke er det påvist en rekke mulig ustabile fjellpartier. På Nordnesfjellet i Lyngen kommune har NGU foretatt detaljkartlegging over flere år. NGI gjorde i 2008 beregninger av flodbølger og påfølgende oppskyllinger ved 13 lokasjoner for mulige skred fra Nordnes på 7 og 11 millioner m<sup>3</sup>, se NGI (2008a). I 2010 gjorde NGI en grovanalyse for et skred på 22 millioner m<sup>3</sup>, se NGI (2010). Bakgrunnen for denne analysen var å kartlegge hvilke områder som burde undersøkes ved hjelp av nyere og forbedrede oppskyllingsberegninger. Et volum på 22 millioner m<sup>3</sup> tilsvarer det totale volumet som antas å være i bevegelse. Det mest sannsynlige volumet som kan gli ut er nå anslått til å være 11 millioner m<sup>3</sup>.

NGI har fått i oppdrag av Nordnorsk Fjellovervåkning v/Roald Elvenes (på vegne av kommunene Kåfjord, Nordreisa, Lyngen og Storfjord) å gjøre detaljerte beregninger for oppskylling av flodbølger etter et potensielt skred på 11 millioner m<sup>3</sup> fra Nordnesfjellet (se Figur 1).

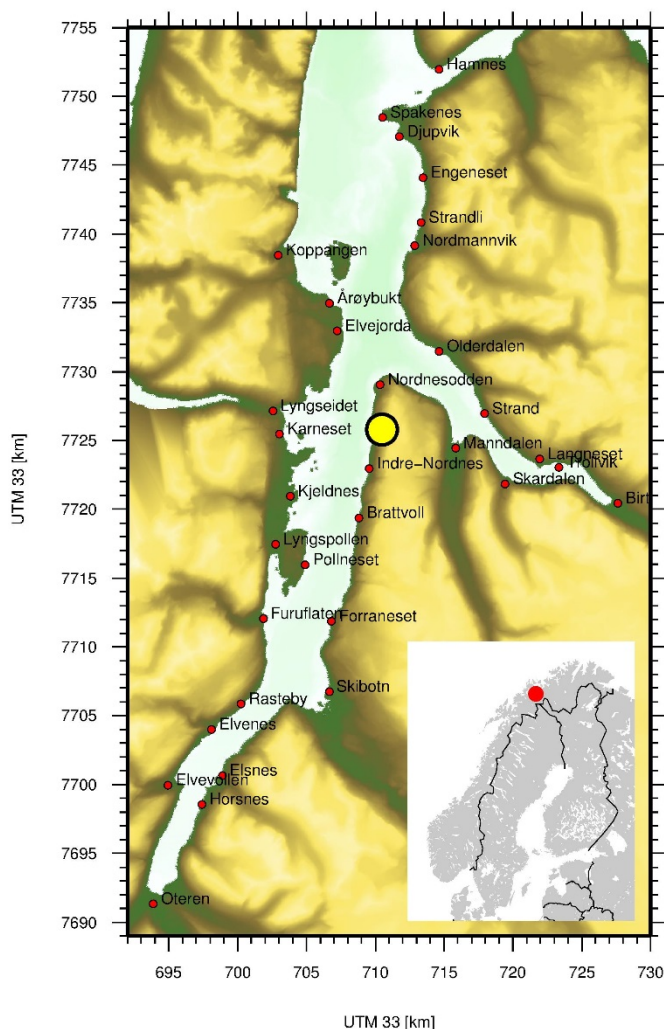
Etter anbefaling fra NVE og Fylkesmannen i Troms, skal det i oppskyllings- og hastighetsberegningene tas hensyn til antatt framtidig havnivåstigning. Tillegget på havnivået estimert for 2010 – 2100 er beskrevet av DSB (2009). Ut fra dette er det i analysen gitt et tillegg for framtidig havnivåstigning på 0,7 m (dvs. 0,7 m over dagens middelvannstand).

I forbindelse med NGI's beregninger i 2008 ble skredområdet og de antatt mest utsatte steder for oppskylling besiktiget vha. helikopter og båt 28. september 2007. For fotos og mer detaljer fra denne befaringen, se NGI (2008a).

Parametrene for skredet på 11 millioner m<sup>3</sup> (volum, form og lokalitet) er gitt av NGU (2007) og NGU (2009).

Det er ikke lagt inn noen sikkerhetsmargin i de beregnede oppskyllingshøydene. Verdiene er heller ikke å betrakte som ekstremverdier utover det som kommer til uttrykk gjennom skredvolumene. Oppskyllingshøydene presentert i denne rapporten har ikke tatt hensyn til mulig sammenfall med høyvann (hyppig hendelse) eller springflo (sjelden hendelse). Høyeste astronomiske tidevann (HAT) er for Tromsø 155 cm over middelvannstand (se Statens Kartverk <http://vannstand.no>).

Se for øvrig Vedlegg A for detaljerte resultater og Vedlegg B for en nærmere beskrivelse av flodbølger generert av fjellskred. Se også om beregningsmodellene i Vedlegg C, samt konvergenstest i Vedlegg D.



*Figur 1: Kart over beregningsområdet og stedsnavn det er henvist til i denne rapporten. Skredområdet er markert med gult.*

## 1.2 Anvendte begreper og metoder

Med overflatehevning menes bølgetoppens høyde over stille vannstand (likevektsnivå), mens bølgehøyde er definert som høydeforskjellen mellom bølgetopp og bølgedal. Disse begrepene benyttes for å beskrive bølger i åpent vann. I oppskyllingssonene benyttes begrepet oppskyllingslinje for den linjen som kan trekkes på land for å vise hvor langt innover vannet har nådd under oppskylling. Videre brukes her også strømningsdybde (høyde over terrenget i ethvert punkt) og oppskyllingshøyde (høyde over likevektsnivå langs oppskyllingslinje). Vannnivå brukes på høyden av vannet mellom oppskyllingslinje og strandlinje, målt ut fra middel vannstand. For vannbevegelse brukes partikkelhastighet for å beskrive hvor fort vannet beveger seg både i åpent vann og under oppskylling. Det er verdt å merke seg at partikkelhastighet (strømhastigheten) ikke er det samme som hastigheten bølgeene forplanter seg med. Maksimale verdier for ovennevnte

størrelser beregnes ved å ta ut høyeste oppnådde verdi i hvert punkt i løpet av beregningstiden.

## 2 Kort beskrivelse av Lyngen, Storfjorden og Kåfjorden

Fjorden Lyngen strekker seg omtrent 75 km sørover fra Lyngenhelvøya og Uløya som omkranser fjorden på hver sin side i nord til Storfjorden innerst i sør, se Figur 1. De dypeste områdene på ca. 250 m ligger nord for Nordnes. Dypet mellom Nordnesfjellet og Lyngseidet ligger på 200-250 m og avtar ganske jevnt sørover.

Langs vestsiden av Lyngen fra Lyngseidet og sørover til Kvalvikneset er det grunnere enn 40 m opptil 2-3 km fra land. Øst for Lyngseidet er det flere holmer, skjær og grunne områder. Omtrent midtveis mellom Lyngseidet og skredområdet ligger Nortasgrunnen. Denne strekker seg NØ-SV og er ca 1.5 km lang. Dypet her er mindre enn 6-7 m. Alle disse grunnene vil kunne føre til reduserte bølgehøyder i områdene innenfor som et resultat av bølgebrytning.

Dypet mellom Nordnesodden og Olderdalen går ned til rundt 200 m. Innover i Kåfjorden avtar også dypet, men her med terskler utenfor Manndalsklubben og Båneset.

Inn mot Skibotn, Storfjorden, Manndalen og Birtavarre er det større grunne områder som delvis ligger tørt under lavvann (tørrfallsområder).

## 3 Skredberegninger

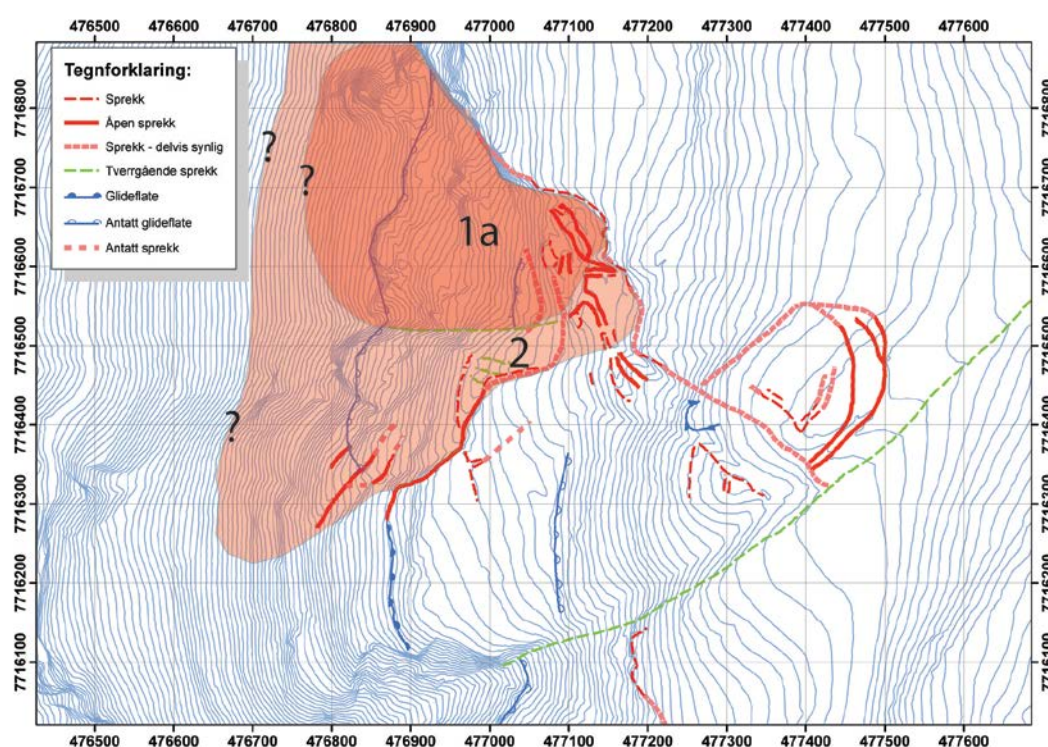
Skredområdet på nordre Nordnesfjellet, som er beskrevet av NGU (2007) og oppdatert gjennom NGU (2009), kan deles opp i to mindre områder, se Figur 2. Disse to kalles for scenario 1a (7 millioner m<sup>3</sup>) og scenario 1b (4 millioner m<sup>3</sup>). Scenario 2 inntreffer om både 1a og 1b løsner samtidig med et samlet volum på 11 millioner m<sup>3</sup>. Større områder ved nordre Nordnes viser også tegn på bevegelse, men det er mindre sannsynlig at hele denne delen av fjellsiden glir ut. For denne rapporten er scenario 2 anvendt for de detaljerte oppskyllingsberegningene. Dimensjoner, utløpsdistanser og hastigheter for dette scenarioet på 11 millioner m<sup>3</sup> er oppsummert i Tabell 2. For foto av skredområdene se NGI (2008a).

De antatte skredmassene ligger mellom 485 og 690 m.o.h. En gjennomsnittlig tykkelse for skredområdet før det løsner er ca. 130 m. Når skredmassene settes i bevegelse vil oppstuvning i fronten kombinert med oppsprekking kunne føre til at tykkelsen øker samtidig som strekking vil kunne føre til at tykkelsen avtar. Skredbanen er her relativt bratt (ca. 45°), noe som normalt medfører en slakere front og større grad av strekking. Streckingen vil trolig forsterkes ytterligere fordi skredet har relativt lang vei å gå, både før det når fjorden og videre utover langs bunnen. Videre vil skredet bre seg mer ut til sidene enn vanlig fordi tykkelsen er stor i forhold til tverrsnitts arealet. Også dette reduserer tykkelsen. Samlet sett antar vi at

skredtykkelsen for begge scenarier er redusert til maksimum 100 m når skredene treffer vannet. Denne tykkelsen er benyttet i det forenklete "blokk-skredet" i bølge-modellen.

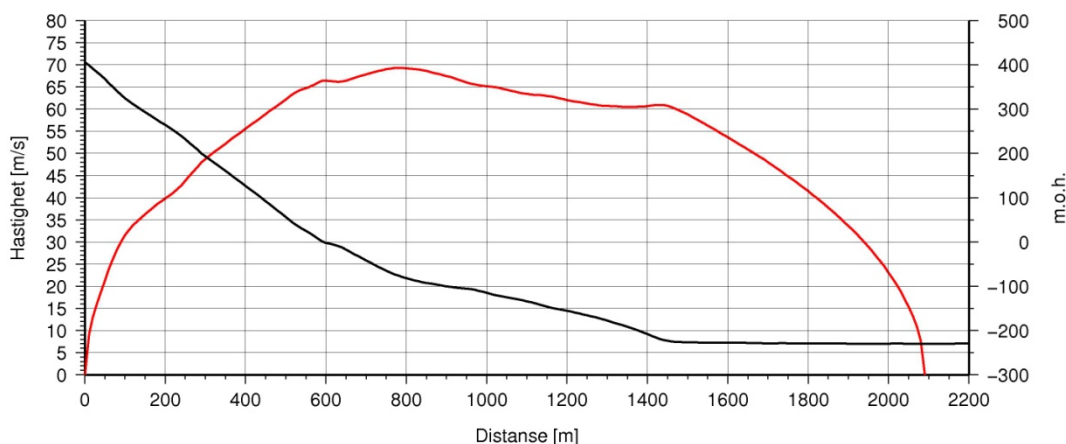
I bølgemodellen omgjøres skredet til en avrundet rektangulær boks med dimensjoner som gjenspeiler en antatt form på skredet når det går i vannet.

Beregning av hastighetsforløpet for skredet er gjort ved hjelp av en energilinje tilnærming, se NGI (2010). Hastigheten er beregnet til 66 m/s i det skredet treffer vannet, se Figur 3. Undersjøisk utløp er antatt å være ca. 1500 m, mens det totale utløpet er ca. 2100 m.



Figur 2: Skredscenarier fra Nordnes. Scenario 2, som tilsvareer skredet som er anvendt i denne rapporten, dekker hele det fargede området, mens 1a er kun den øverste delen av dette.





Figur 3: Beregnet hastighetsprofil for skredet (rød linje, venstre akse) og terrengprofil (svart linje, høyre akse).

Tabell 2: Dimensjoner og hastighet i det skredet treffer vannet samt undersjøisk utløpsdistanse for de to scenarioene.

Volum* (mill. m <sup>3</sup> )	Lengde (m)	Bredde (m)	Tykkelse (m)	Undersjøisk utløpsdistanse (m)	Treff hastighet (m/s)
11	180	360	100	1480	66

\* Volumet av skredet i regnemodellen blir noe større enn produktet av lengde, bredde og tykkelse som følge av en glatting/avrunding av skredet påkrevd for beregningene.

## 4 Bølgeberegninger

Beregningene er gjort i to steg. I det første steget modelleres bølgeutbredelsen fra der skredet går i fjorden ved Nordnes fram til de ulike områdene hvor oppskyllingen skal beregnes. I det andre steget modelleres bølgenes bevegelse inn mot strandlinjen samt oppskyllingen innover tørt land. Det er to ulike beregningsmodeller som brukes i disse to stegene, henholdsvis GloBouss og MOST. For detaljer om disse beregningsmodellene, se Vedlegg C.

Den største usikkerheten i beregningene er knyttet til formen og volumet et eventuelt skred fra Nordnes vil ha når det treffer vannet. Fra bølgene er dannet gir beregningsmodellene derimot et sikrere bilde av hendelsesforløpet.

### 4.1 Om beregningsområdet

Beregningsområdet dekker et areal på ca. 38 km x 66 km, se Figur 4. Området inkluderer Lyngen, Kåfjorden og Storfjorden. Terrengdata og dybdedata er framskaffet av NGI og NGU. Dybdedataene fra NGU er basert på Sjøkartverkets data med en oppløsning på 25 m x 25 m og 50 m x 50 m (begge ekstrahert fra datasett fra FFI i 3m x 3m), og nye data innsamlet ved hjelp av interferometrisk

sonar. På grunnere enn 40 m dyp finnes generelt kun 50 m x 50 m oppløsning, bortsett fra enkelte områder der NGU har målt opp med ca. 5 m x 5 m oppløsning. NGU har sammenstilt disse datasettene, og for bølgeberegningene er denne sammenstillingen gjort med en oppløsning på 25 m x 25 m. I noen grunne områder har det manglet data. Vi har ut fra data fra sjøkart i skala 1:50 000 funnet at et dyp på 5 m vil være representativt her. For Rotsundet og de siste 3-4 km inn mot Birtavarre hvor dataene fra NGU ikke hadde dybdeverdier, har vi anvendt et datasett innkjøpt av NGI fra Geodatasenteret AS.

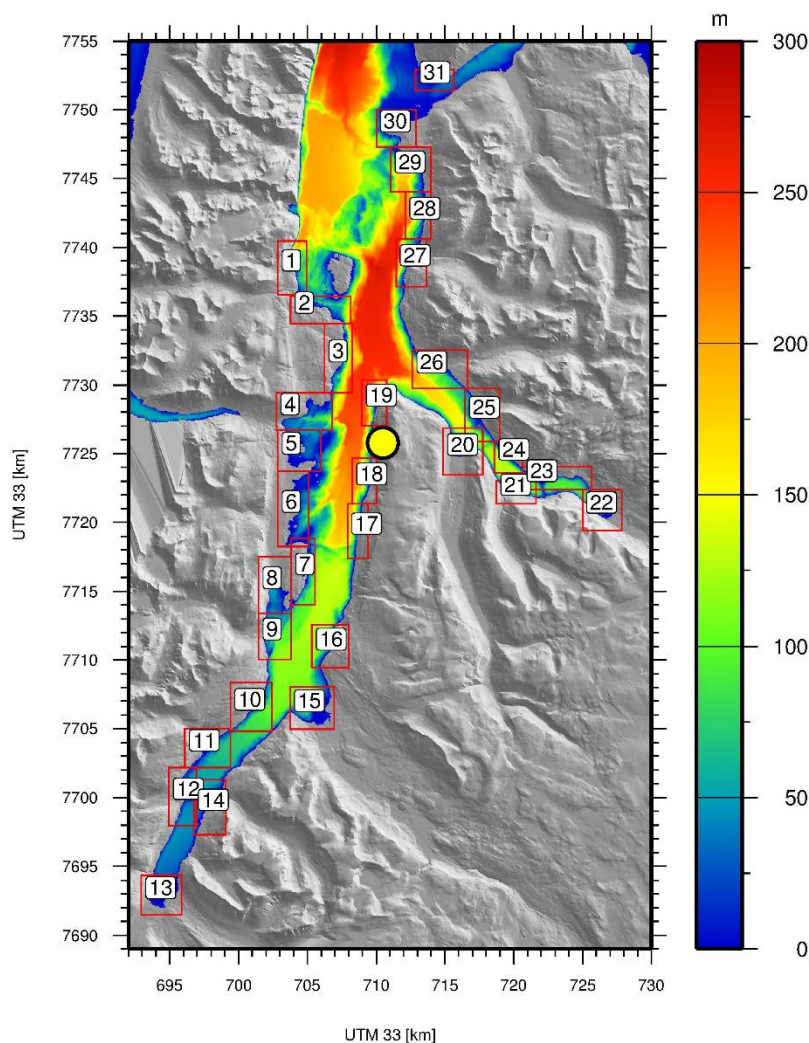
Modellene for detaljerte beregninger av oppskyllingen av flodbølgen krever høy oppløsning. For at disse beregningene skal kunne gjennomføres uten bruk av ekstremt kraftige datamaskiner, deles områdene opp i tilpassede områder hvor hvert enkelt område beregnes for seg. Totalt har vi i våre beregninger brukt 31 slike mindre delområder. I Figur 4 er alle disse områdene inntegnet og nummerert. For disse områdene har vi som utgangspunkt anvendt de best tilgjengelige dataene kommunene har tilgang til. Disse er lastet ned via Norge Digitalt. For noen lokasjoner dekket de fine dataene kun deler av beregningsområdet. Da disse så ble sammenstilt med grove data for de områdene som fine dataene ikke dekket, fikk vi for noen områder en terrengmodell som inneholdt falske bratte skrenter osv. Siden dette i stor grad ville påvirke beregningene (refleksjon og instabilitet i modellene), måtte vi her benytte data som kun var basert på de grove dataene. Hva slags type data som er brukt for det enkelte beregningsområde er angitt i Tabell 3, side 16.

## **4.2 Bølgeutbredelse**

Bølger etter skred i en fjord blir påvirket av både dybdeforhold og bredde på fjorden. Hastigheten slike bølger beveger seg med avhenger av hvor dyp fjorden er. Dess grunnere fjorden er, dess langsommere beveger bølgene seg. Det betyr at når en bølge beveger seg inn mot grunnere vann, vil fronten av bølgen bevege seg langsommere enn halen. Bølgen vil dermed bli kortere og samtidig også høyere. Blir bølgen høy nok i forhold til vanddypet vil bølgen til slutt kunne bryte. Tilsvarende vil bølger som beveger seg fra grunnere mot dypere vann bli strukket, og høyden reduseres.

Når fjorden smalner inn vil også bølgene bli høyere, mens der fjorden vider seg ut vil bølgene reduseres. I en idealisert fjord med samme bredde og dyp hele veien, kan man noe forenklet si at bølgene vil bevege seg uten å endre form eller høyde. Reduksjonen i bølgehøyden vil derfor komme av at bølgene beveger seg ut i en dypere eller videre del av fjorden, eller at bølgene brer seg ut i flere fjordarmer.

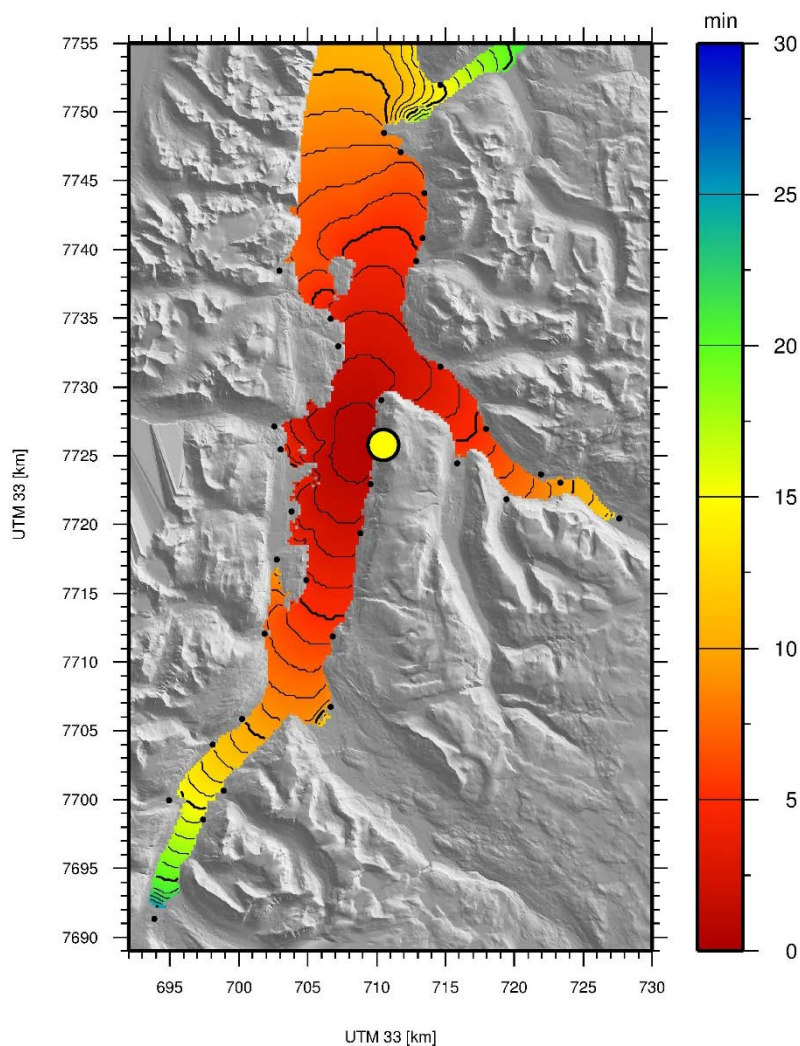




Figur 4: Batymetri og topografi for beregningsområdet. Dypet er vist i meter. Her er også alle beregningsområder for de detaljerte oppskyllingsberegningene lagt inn (bokser nummerert 1-31).

Utenfor skredområdet blir høyden på de ledende bølgene over 100 m, mens de siden avtar på grunn av radiell spredning og økende dyp. I fjorden utenfor Lyngseidet er de ledende bølgene 10 m, mens de reduseres videre på tur sør- og nordover. Utenfor Skibotn og Oteren er høyden på bølgene 1.5 m. I fjordkrysset nord for Nordnesodden er høyden 3 m, mens beregningene viser en høyde på 2.5 m utenfor Birtavarre. Helt nord utenfor Uløya/Hamnes i den dype delen av fjorden er høyden 0.5 m. Oppgitte høyder er tatt ut før bølgene i for stor grad har blitt amplifisert som følge av grunnere vann inn mot strandsonen.

Ankomsttider for hele området er vist i minutter i Figur 5.



*Figur 5: Ankomsttid i minutter etter at skredet har gått i fjorden. Skredområdet er markert med et gult punkt.*

### **4.3 Generelt om oppskylling av flodbølger**

Det er flere faktorer som bestemmer oppskyllingen ved en lokasjon. De viktigste er:

- Lengde, høyde og retning på innkommende bølge
- Bølgetype/bølgeform
- Dybdeforholdene utenfor lokasjonen
- Terrenget (spesielt helningen og om det er en bukt eller et nes, osv.) i oppskyllingsområdet
- Friksjon og obstruksjoner (hvor lett vannet kan bevege seg inn over land, grovere underlag gir høyere friksjon)

Størst amplifikasjon får vi der både terrenget i oppskyllingsområdet samt sjøbunnen utenfor er slak, samt at bølgene beveger seg vinkelrett på stranda og "fanges" av terrenget, slik som innerst i en fjord eller i en bukt. Lavest oppskylling (det vil si

mindre forsterkning av bølgene under oppskylling) får vi når bølgene beveger seg langs strandlinjen og spesielt der terrenget er bratt. Når en bølge beveger seg rett mot en vertikal vegg (loddrett fjellside) vil bølgen reflekteres og oppskyllingen vil typisk nå dobbelt så høyt som bølgen utenfor. Store lokale variasjoner ved oppskylling kan oppstå avhengig av terreng, dybdeforhold, bygninger og infrastruktur, osv.

MOST modellen som er anvendt for beregning av oppskyllingen leser inn data fra bølgemodellen GloBouss. Resultatene som er presentert under er basert på beregninger gjort på tre forskjellige nivåer med stadig finere gitteropløsning fra 80 m på det første nivået, via 40 m, ned til 10 m. Beregningene er gjort for ledende bølger, det vil si inntil ca. 10 minutter etter at første bølge når oppskyllingsområdet. Modellen dekker også bølgefenomener som brytning.

#### **4.4 Oppskylling – resultater**

Oppskyllingsberegninger er gjort i totalt 31 områder (eller lokasjoner) som beskrevet over. Alle beregninger er gjort med et framtidig økt havnivå på +0.7 m. I Tabell 3 presenteres hovedresultatene fra disse beregningene. Minimum- og maksimumsverdiene er lågste og høyeste verdi (høyde) på oppskyllingslinjen for hvert område målt ut fra dagens havnivå. Ankomsttiden er tiden fra skredet går i fjorden til overflatehevingen er over 10 cm et sted i beregningsområdet (uansett hvor). Sammen med denne rapporten vil det bli levert oppskyllingslinjer til implementering i GIS for faresoner. I siste kolonne i Tabell 3 vises hvilke data som er brukt på land i oppskyllingsberegningene, se avsnitt 4.1 over. For områdene der det er brukt grove data, vil oppskyllingslinjene ikke kunne brukes direkte i detaljert kartlegging av faresoner. Man må i disse tilfellene bruke høydene i oppskyllingslinjene sammen med kommunens kartgrunnlag for å vurdere hvilke deler som ligger i eller utenfor faresonen. Som man ser av tabellen er det til dels store variasjoner i oppskyllingshøyder innenfor hvert enkelt beregningsområde.

I Figur 6 er maksimal overflateheving (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land) sammenstilt for alle 31 områder, mens i Figur 7 er det samme resultatet ekstrahert langs oppskyllingslinjene rundt i hele fjorden.

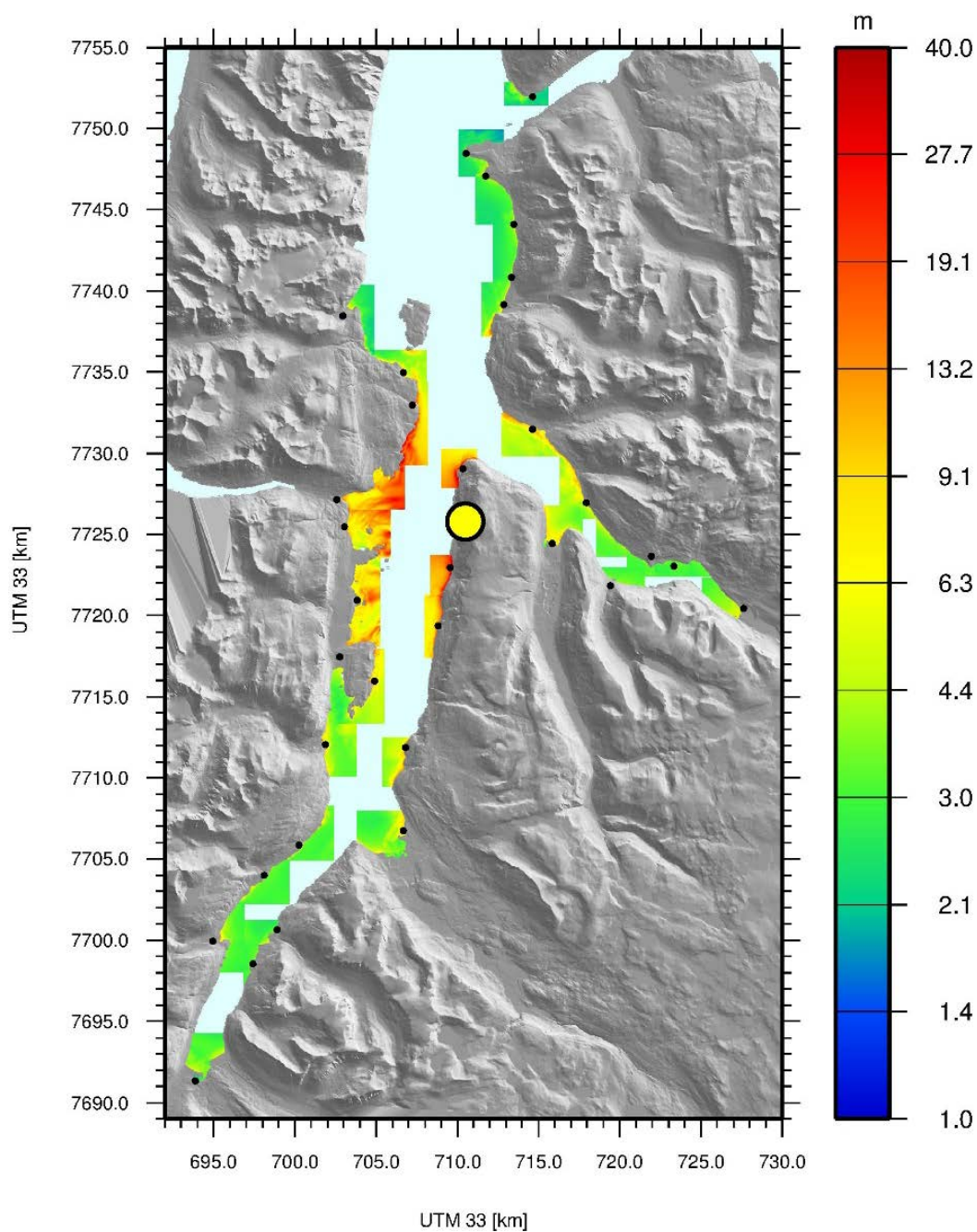
I Figur 8 og Figur 9 er detaljene fra beregningene ved Lyngseidet vist. Det som er spesielt med Lyngseidet, er at de grunne områdene utenfor (Nortasgrunnen, se NGI 2008a) medfører brytning av bølgene, slik at oppskyllingen blir kraftig redusert. Den høyeste oppskyllingsverdien (markert med rød stjerne i figurene) er 33 m (lengst nord-øst i beregningsområdet). Fargen på oppskyllingslinjen i Figur 8 viser hvordan høyden på denne varierer mellom 6 m og 33 m. Tallverdiene langs linjen er høyden for noen vilkårlige punkter. Den maksimale vannivået (på land) i beregningsområdet for Lyngseidet varierer fra over 20 m lengst nord-øst til ca. 2 m i den østre delen av bukta i nord (Råttenvika). I Lyngseidet er den maksimale vannivået opp til 6-7 m nærmest strandlinjen.

Detaljer fra alle beregningsområdene er presentert i Vedlegg A

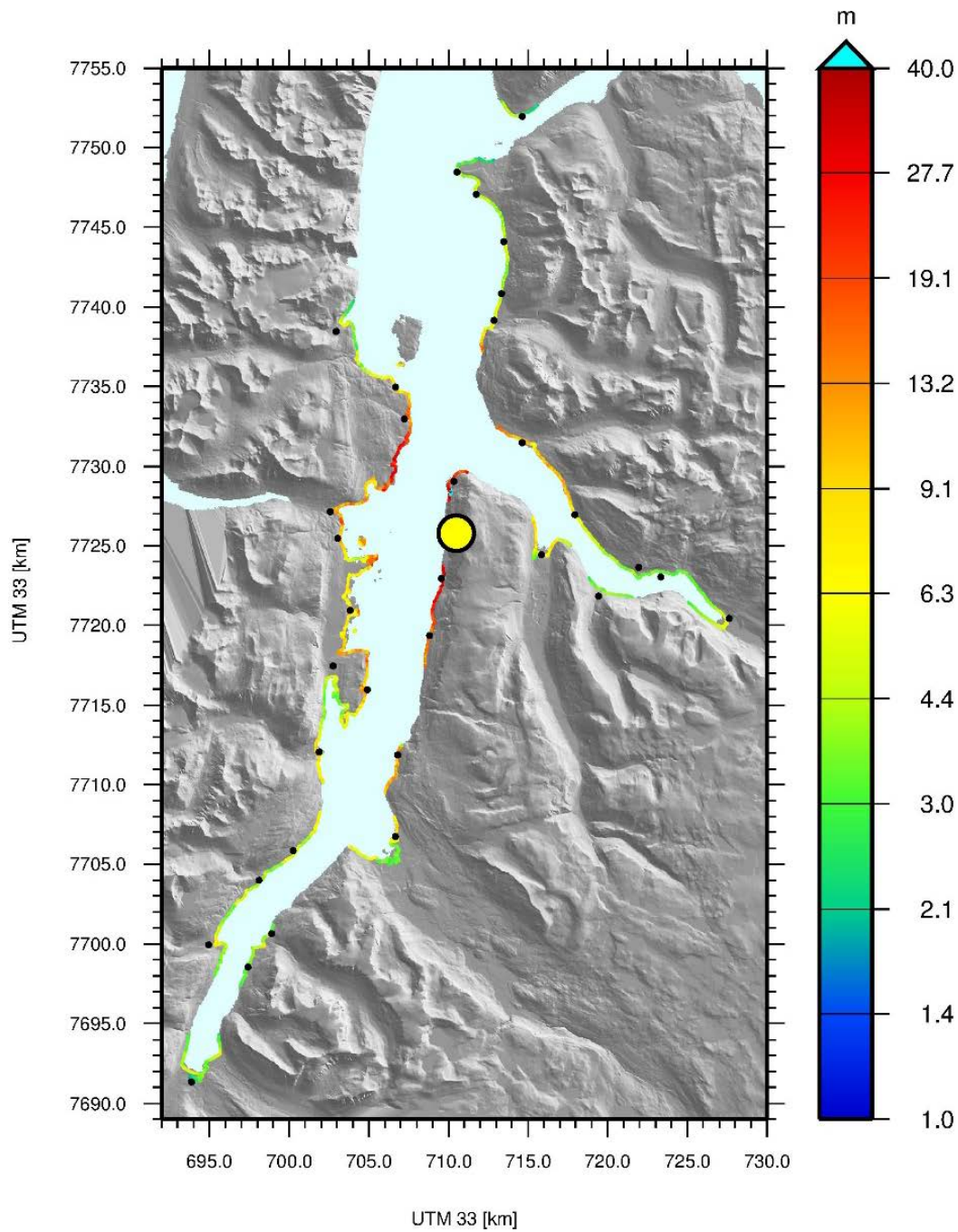
Tabell 3: Høyeste og laveste verdier som er målt langs oppskyllingslinjen for alle 31 områder. Høydene referer til dagens havnivå. Beregningene er gjort med et framtidig havnivå på 0.7 m høyere enn dagens. I tillegg vises ankomsttider, samt hva slags type data som er brukt på land (grove "G" eller fine "F", se tekst).

Lokasjon	Navn	Oppskylling		Ankomst	Grove/fine data
		Min [m]	Maks [m]	[minutter]	
1	Koppangen	2	7	5	G
2	Årøybukt	2	14	3	F
3	Elvejorda	5	36	2	F
4	Lyngseidet	6	33	2	F
5	Karnes	4	24	3	F
6	Kjeldnes	4	19	3	F
7	Pollneset	4	21	3	F
8	Lyngspollen	3	7	8	F
9	Furufleten	4	11	7	F
10	Rasteby	3	8	8	F
11	Elvenes	2	6	10	F
12	Ellevollen	2	7	15	F
13	Oteren	2	6	24	G
14	Horsnes-Elsnes	3	6	13	F
15	Skibotn	3	10	9	F
16	Forrneset	3	15	5	F
17	Brattvoll	11	31	2	F
18	Indre-Nordnes	19	46	<1	G
19	Nordnesodden	14	46	<1	G
20	Manndalen	3	11	5	G
21	Skarvdalen	3	3	7	G
22	Birtavarre	3	6	12	F
23	Trollvik	3	4	8	F
24	Langneset-Strand	3	5	6	G
25	Strand	5	13	4	F
26	Olderdalen	6	17	3	G
27	Nordmannvik	3	17	4	F
28	Strandli-Engeneset	3	8	5	F
29	Djupvik	3	5	6	F
30	Spakenes	2	5	8	G
31	Hamnes	2	5	13	G

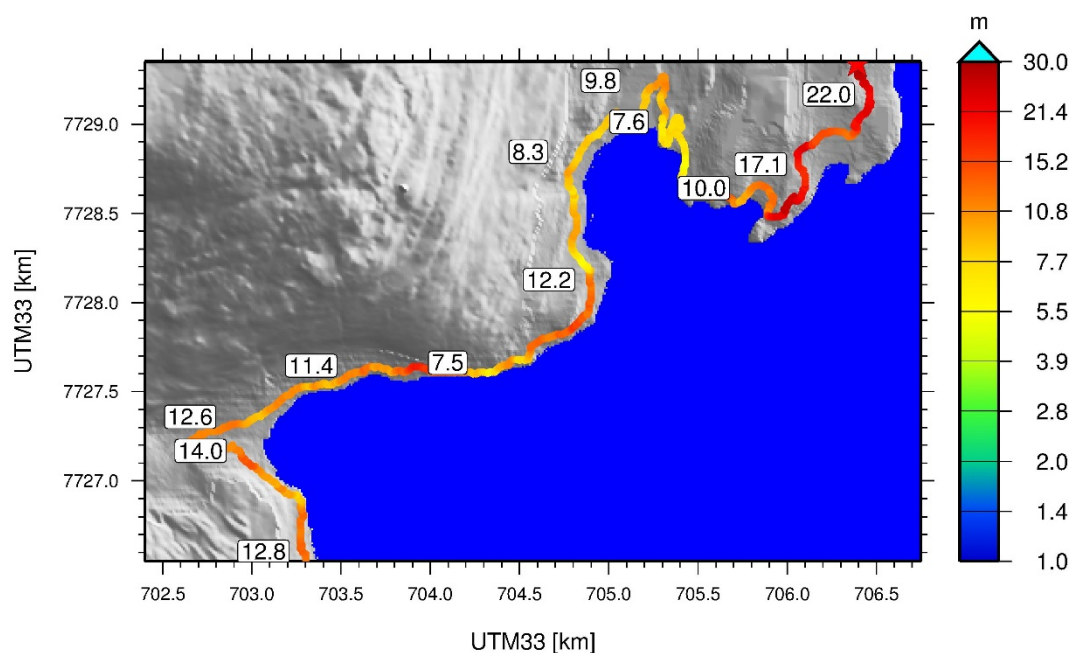
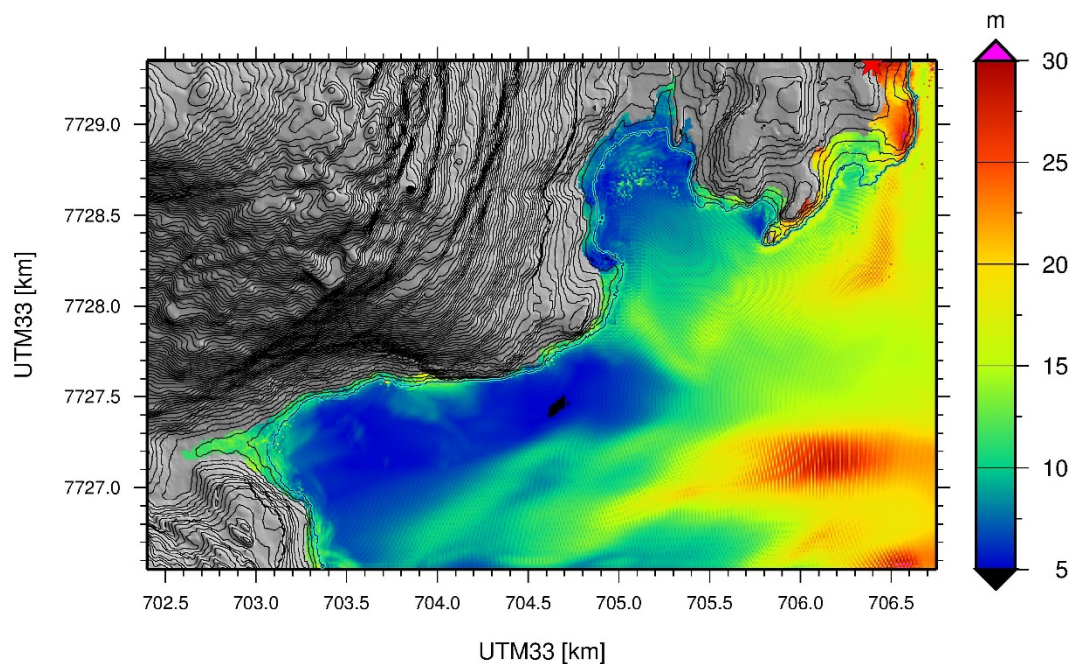




*Figur 6: Maksimal overflateheving i fjorden og maksimalt vannivå på land under oppskylling for alle 31 beregningsområder for oppskylling. I beregningene er det tatt hensyn til en havnivåstigning på 0.7 m. Verdiene i figuren refererer til dagens havnivå.*

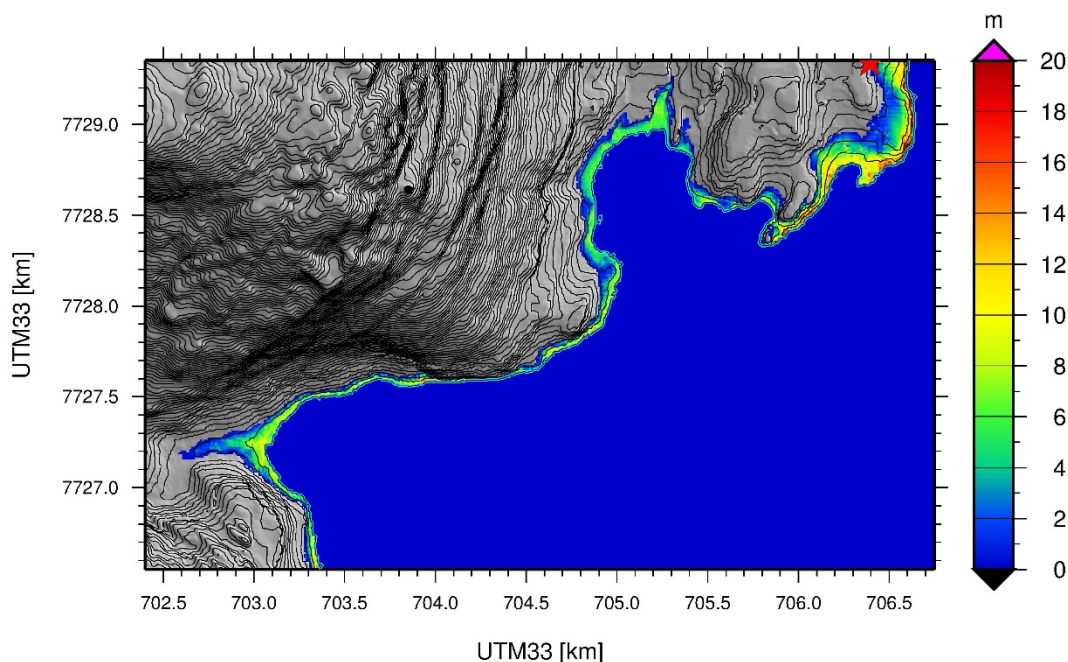


*Figur 7: Høyde på oppskyllingslinjen for hele beregningsområdet (logaritmisk skala). I beregningene er det tatt hensyn til en havnivåstigning på 0.7 m. Verdiene i figuren refererer til dagens havnivå.*



Figur 8: Øverst: Maksimal overflateheving (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land) under oppskylling for området ved Lyngseidet. Nederst: Høyde på oppskyllingslinjen. Numrene henviser til tilfeldige høyder på linjen over dagens havnivå, ikke nødvendigvis maksimums- eller minimumsverdier. I beregningene er det tatt hensyn til en havnivåstigning på 0.7 m. Verdiene i figuren refererer til dagens havnivå. Rød stjerne viser høyeste verdi for hele beregningsområdet som det refereres til i Tabell 3.





Figur 9: Maksimal strømningsdybde for området ved Lyngseidet (og nordover). I beregningene er det tatt hensyn til en havnivåstigning på 0.7 m.

#### 4.5 Sammenligning med tidligere resultater

Beregningene som ble gjort i NGI (2008a) er basert på samme skredsenario som i denne rapporten. Hastigheten av skredet er nå regnet ut på en forbedret måte, noe som har gitt noe høyere bølger. Videre så ble oppskyllingen i NGI (2008a) beregnet analytisk/empirisk beregning langs snitt mot land. Dagens oppskyllingsmodell tar hensyn til både brytning og ikke-lineariteter og gir et detaljert bilde over hele området som vurderes (med 3D effekter). I NGI (2008a) ble brytningen i fjorden inkludert kun utenfor Lyngseidet og verken videre innover mot land eller inntil 10 km sørover hvor brytning ser ut til å oppstå. I Tabell 4 vises en sammenligning mellom de nye resultatene og resultatene fra NGI (2008a). Det kan se ut som at mangel på brytning i modelleringen (NGI 2008a) er en viktig grunn til avviket mellom resultatene for Råttenvik i nord til og med Kvalvik i sør. Det er også verdt å merke seg at 3D effekter som fokusering i bukter og fjordbunner ikke er tatt hensyn til i NGI (2008a). Dette kan være en forklaring på at de nye beregningene gir høyere verdier for lokasjonene der fokusering inntreffer (Skibotn, Oteren, Mandalen, Birtavarre).



Tabell 4: Sammenligning av nye oppskyllingshøyder med resultatene fra NGI (2008a).

<i>Sted</i>	<i>NGI (2008a)</i>	<i>Nye</i>
Råttenvik	25-35	12
Lyngseidet	25-45	20
Karnes	30-45	15
Oksevik	20-25	10
Kjeldnes	12-18	10
Kvalvik	10-18	10
Sandvika	10	8
Furuflaten	9	10
Skibotn	5	8
Oteren	3	6
Olderdalen	10	10
Manndalen	4	6
Birtavarre	3	6

## 5 Referanser

- NGI (2008a). Flodbølger etter mulig fjellskred Nordnes, Lyngen kommune. Beregning av mulige fjellskred og flodbølger. NGI rapport 20071677-1.
- NGI (2010) 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.
- NGI (2010). Flodbølger etter mulig fjellskred Nordnes, Lyngen kommune II. Grovanalyse for et skredvolum på 22 millioner kubikkmeter. NGI rapport 20100617-00-1-R.
- NGU (2007). Bakgrunnsinformasjon for oppbygging av flodbølgeanalyse ved Nordnesfjellet, Troms. NGU Rapport 2007.070
- NGU (2009). Faren for fjellskred fra Nordnesfjellet i Lyngenfjorden, Troms. NGU Rapport 2009.026



Dokumentnr.: 20130206-01-R  
Dato: 2013-08-30  
Rev.nr.: 0  
Vedlegg A, Side 1

## Vedlegg A - Detaljert analyse

# Contents

<b>A</b>	<b>Detaljert analyse</b>	<b>2</b>
A.1	Introduksjon	2
A.2	Resultater for 31 lokasjoner i Lyngen	2
A.2.1	Koppangen	3
A.2.2	Årøybukt	5
A.2.3	Elvejorda	7
A.2.4	Lyngseidet	9
A.2.5	Karnes	11
A.2.6	Kjeldnes	12
A.2.7	Pollneset	14
A.2.8	Lyngspollen	16
A.2.9	Furuflaten	18
A.2.10	Rasteby	20
A.2.11	Elvenes	21
A.2.12	Ellevollen	23
A.2.13	Oteren	25
A.2.14	Horsnes-Elsnes	26
A.2.15	Skibotn	28
A.2.16	Forraneset	29
A.2.17	Brattvoll	30
A.2.18	Indre-Nordnes	32
A.2.19	Nordnesodden	34
A.2.20	Manndalen	35
A.2.21	Skarvdalen	36
A.2.22	Birtavarre	38
A.2.23	Trollvik	39
A.2.24	Langneset-Strand	41
A.2.25	Strand	42
A.2.26	Olderdalen	43
A.2.27	Nordmannvik	46
A.2.28	Strandli-Engeneset	48
A.2.29	Djupvik	50
A.2.30	Spåkenes	51
A.2.31	Hammes	52

# Appendix A

## Detaljert analyse

### A.1 Introduksjon

I dette vedlegget beskrives detaljene fra beregningene som er gjennomført for de 31 lokasjonene i Lyngen, se Figur A.1.

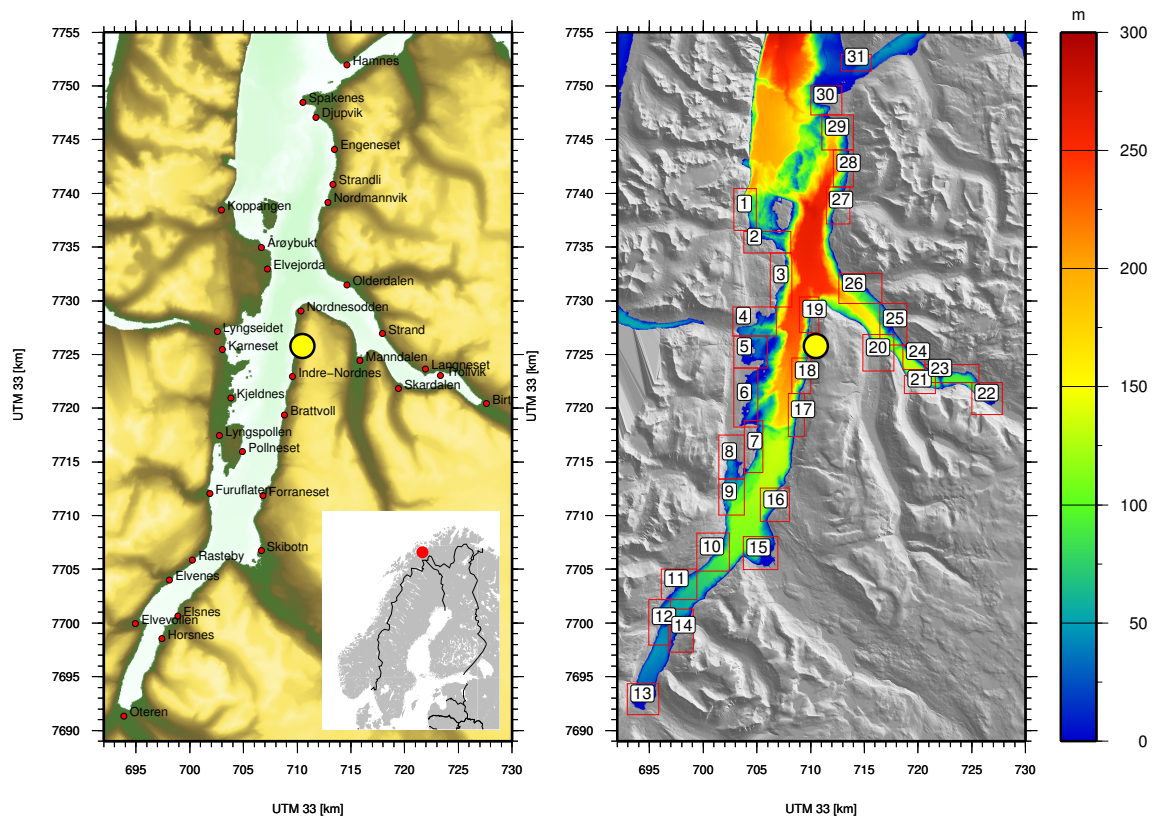


Figure A.1: Navn på steder nevnt i rapporten (venstre) og oversikt over alle beregningsområder (høyre). Skredområdet er markert med et gult punkt.

### A.2 Resultater for 31 lokasjoner i Lyngen

I denne delen av rapporten vises detaljerte resultater for alle beregningsområder. I alle figurer er det plassert en rød stjerne. Denne viser hvor den høyeste verdien som er målt for hvert enkelt beregningsområde. F

## A.2.1 Koppangen

Lokasjon nummer 1, se Figure A.1.

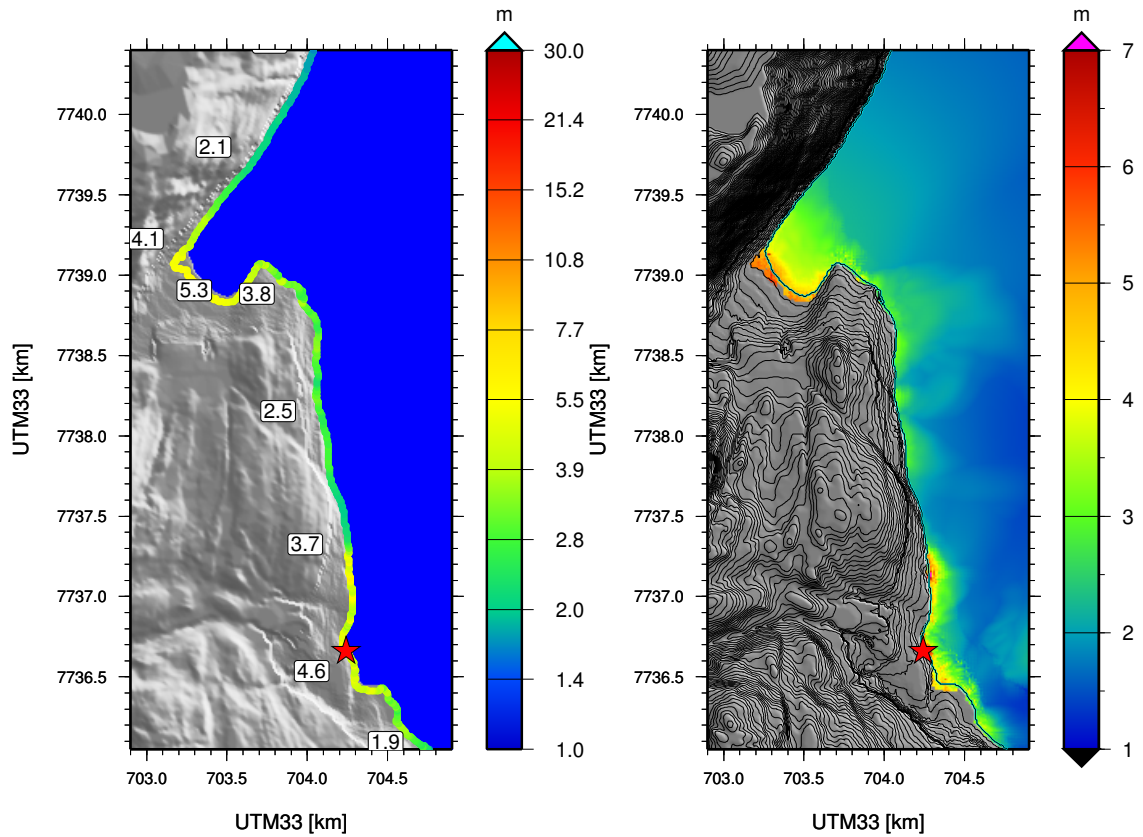


Figure A.2: Venstre: Oppskyllingslinje ved Koppangen. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 8 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

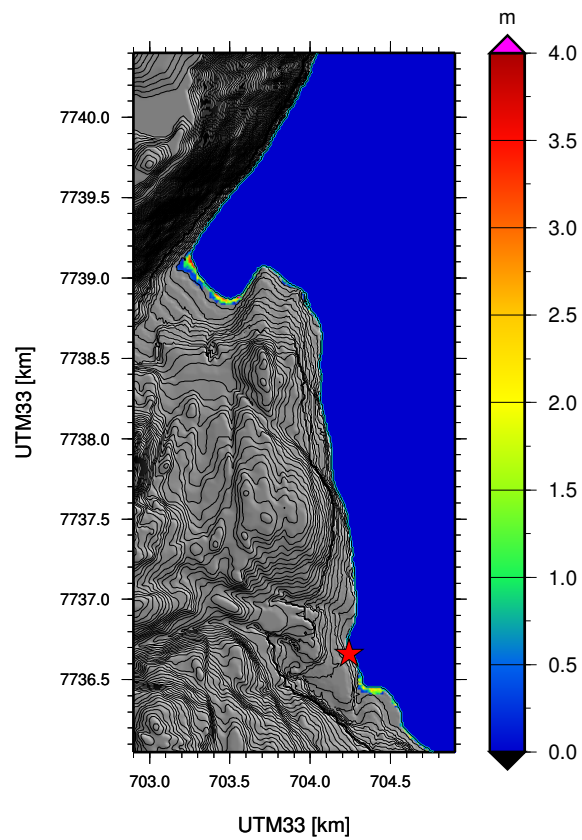


Figure A.3: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Koppangen. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.2 Årøybukt

Lokasjon nummer 2, se Figure A.1.

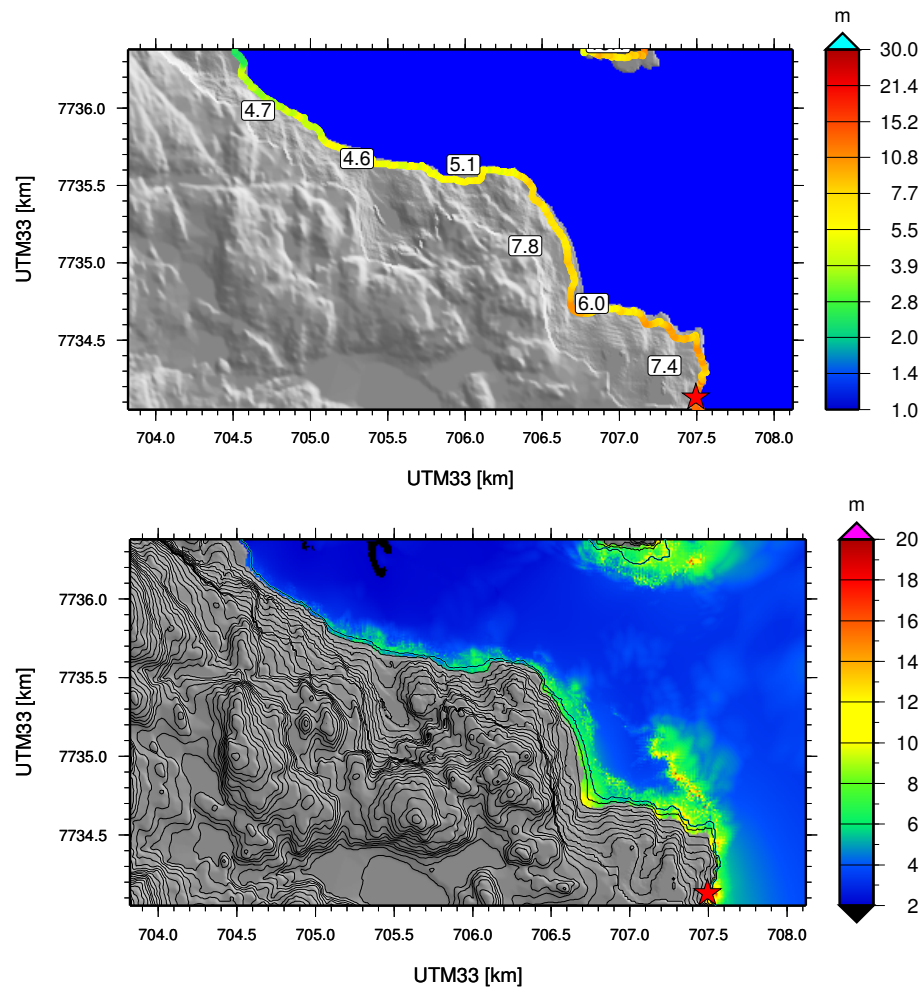


Figure A.4: Øverst: Oppskyllingslinje ved Årøybukt. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 15 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

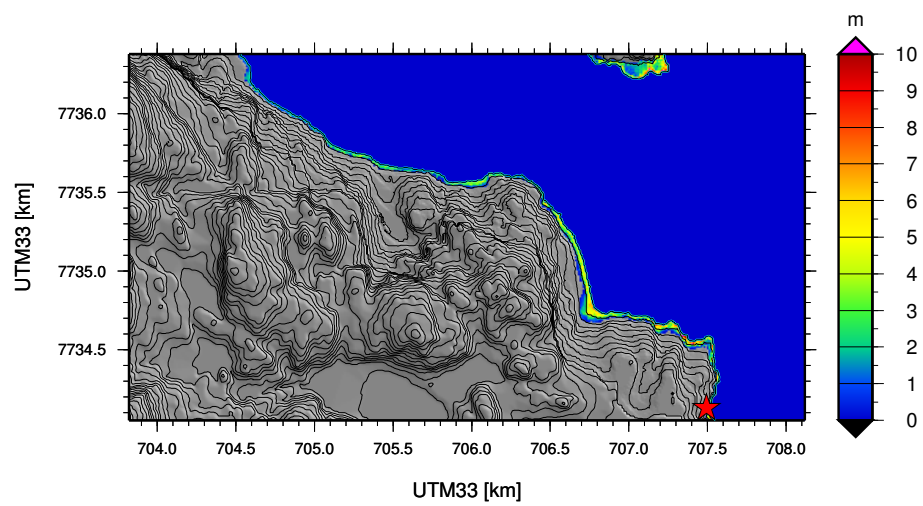


Figure A.5: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Årøybukta. Koordinater gitt i UTM33 (km).



### A.2.3 Elvejorda

Lokasjon nummer 3, se Figure A.1.

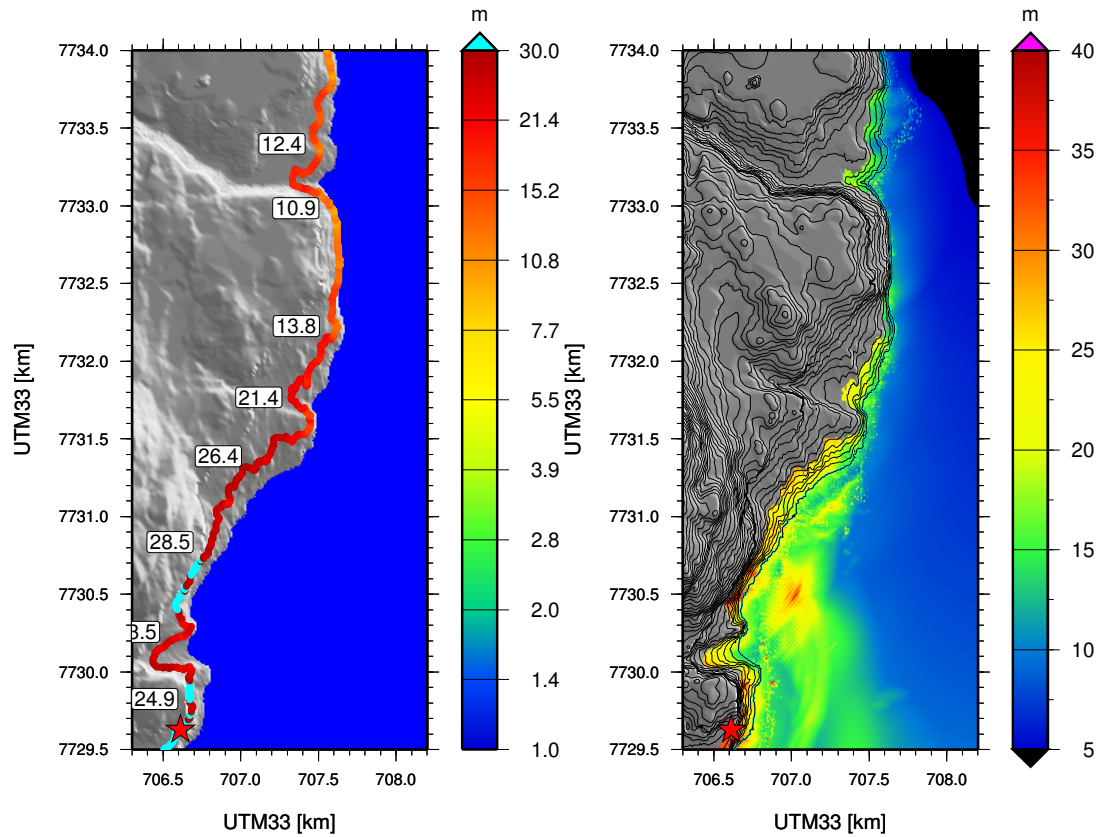


Figure A.6: Venstre: Oppskyllingslinje ved Elvejorda. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 37 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

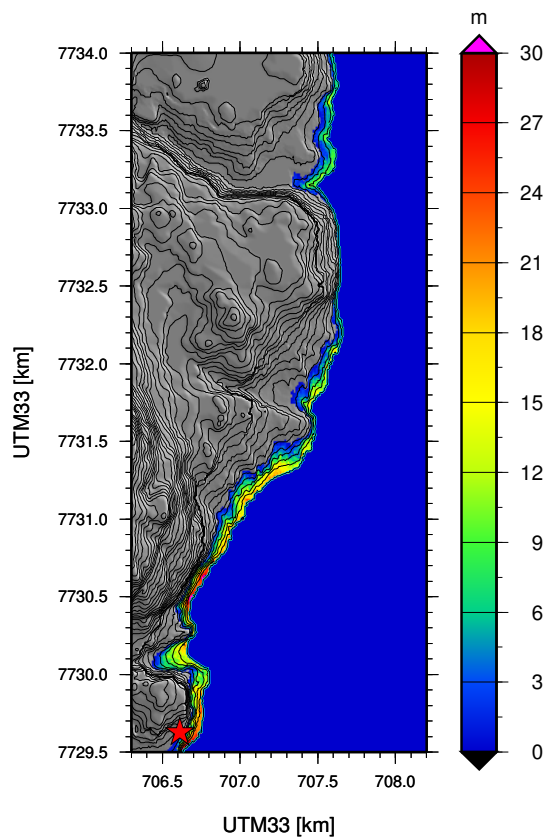


Figure A.7: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Elvejorda. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.4 Lyngseidet

Lokasjon nummer 4, se Figure A.1.

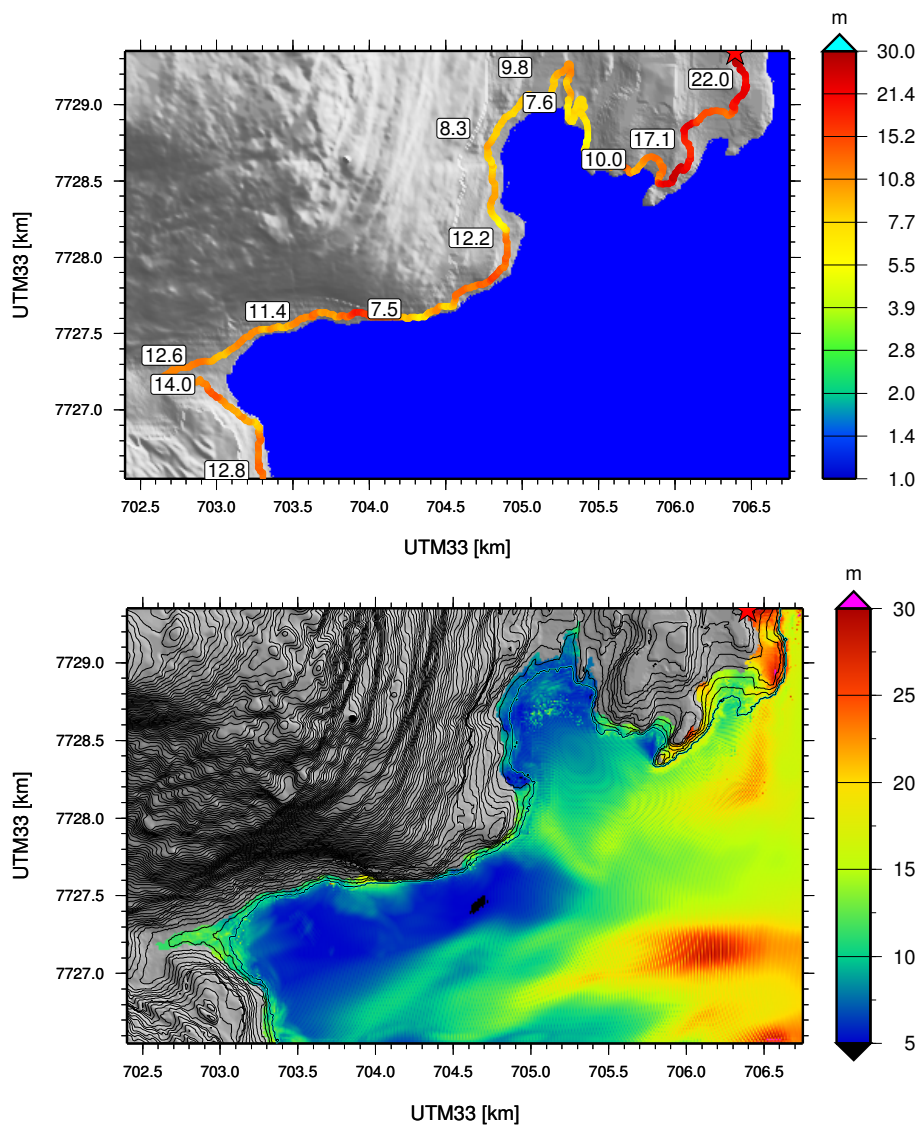


Figure A.8: Øverst: Oppskyllingslinje ved Lyngseidet. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 34 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

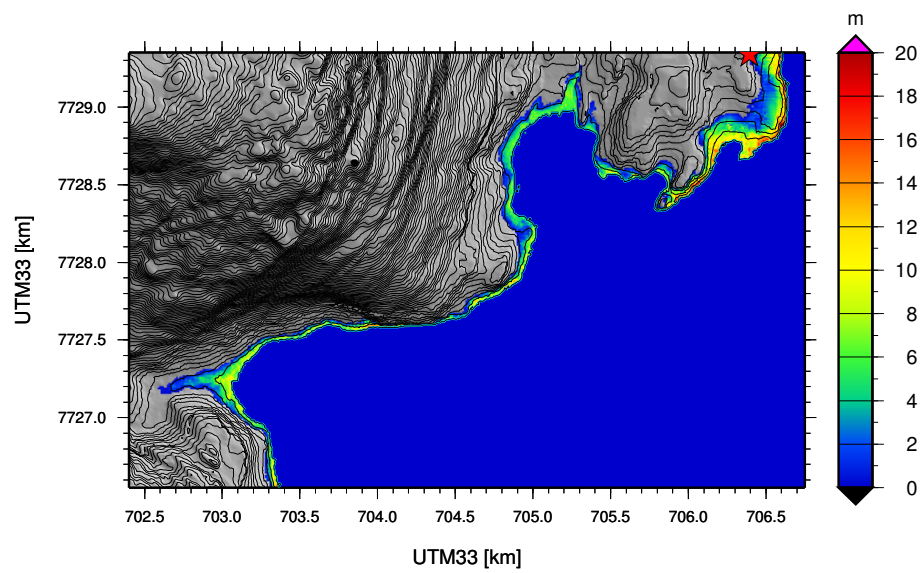


Figure A.9: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Lyngseidet. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.5 Karnes

Lokasjon nummer 5, se Figure A.1.

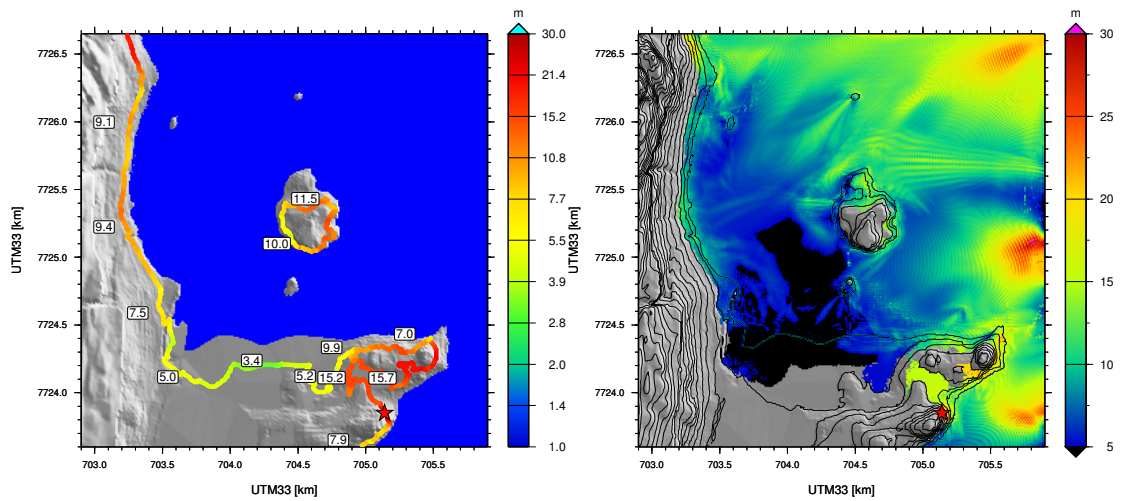


Figure A.10: Venstre: Oppskyllingslinje ved Karnes. Høyre: Maksimal overflateheving (i fjorden) og maksimalt vannnivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 25 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

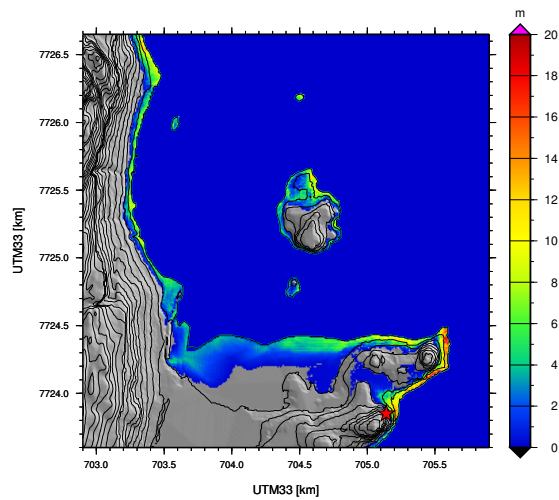


Figure A.11: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Karnes. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.6 Kjeldnes

Lokasjon nummer 6, se Figure A.1.

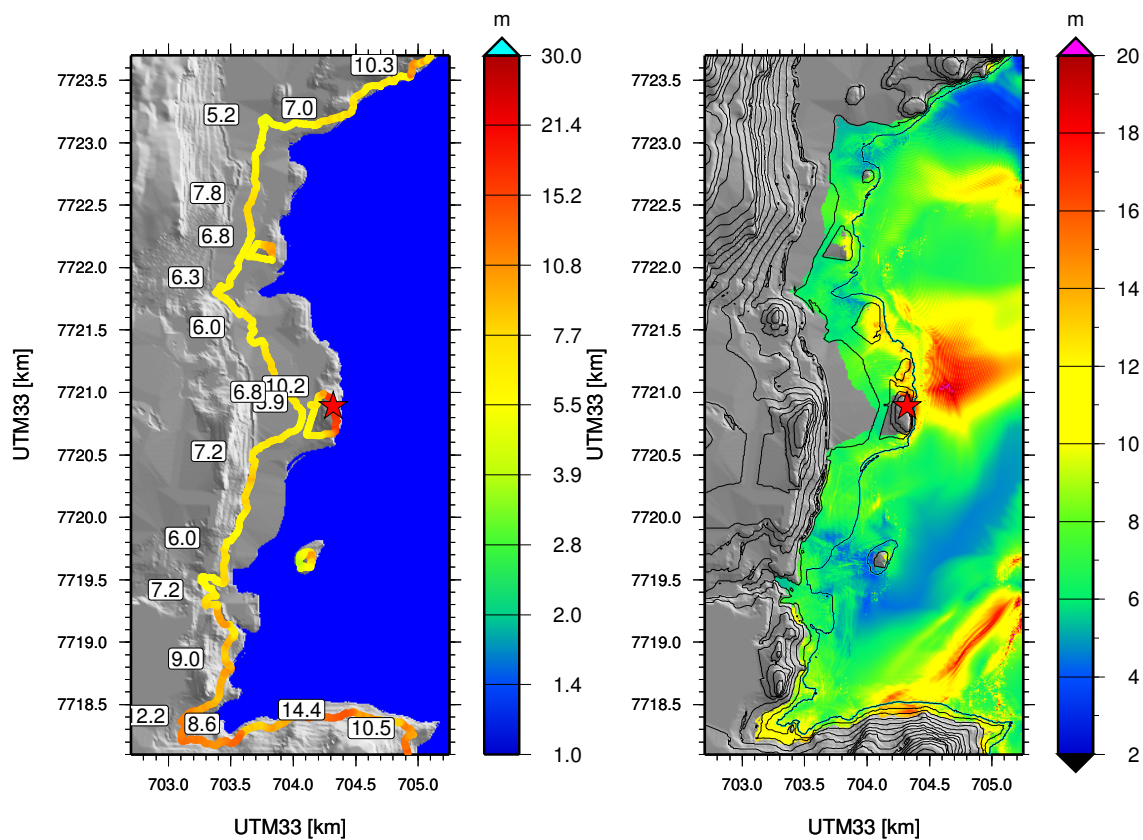


Figure A.12: Venstre: Oppskyllingslinje ved Kjeldnes. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 20 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

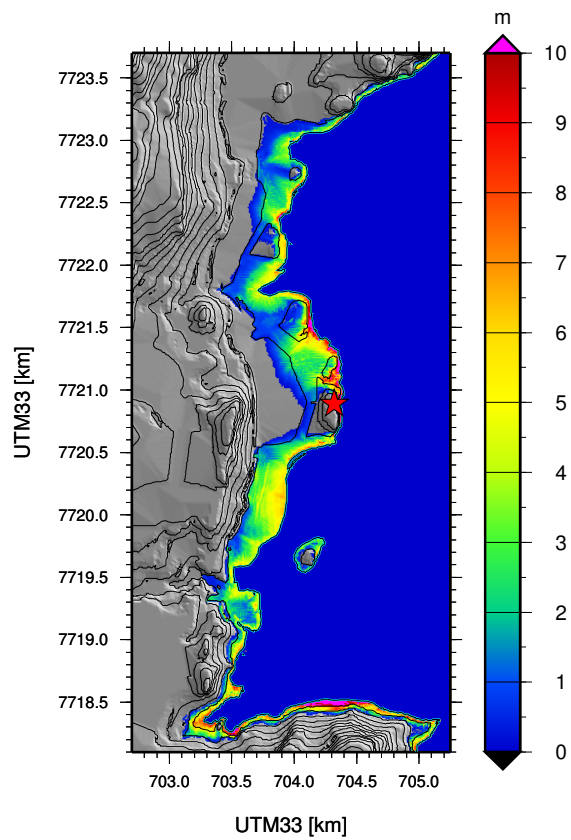


Figure A.13: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Kjeldnes. Koordinater gitt i UTM33 (km).



## A.2.7 Pollneset

Lokasjon nummer 7, se Figure A.1.

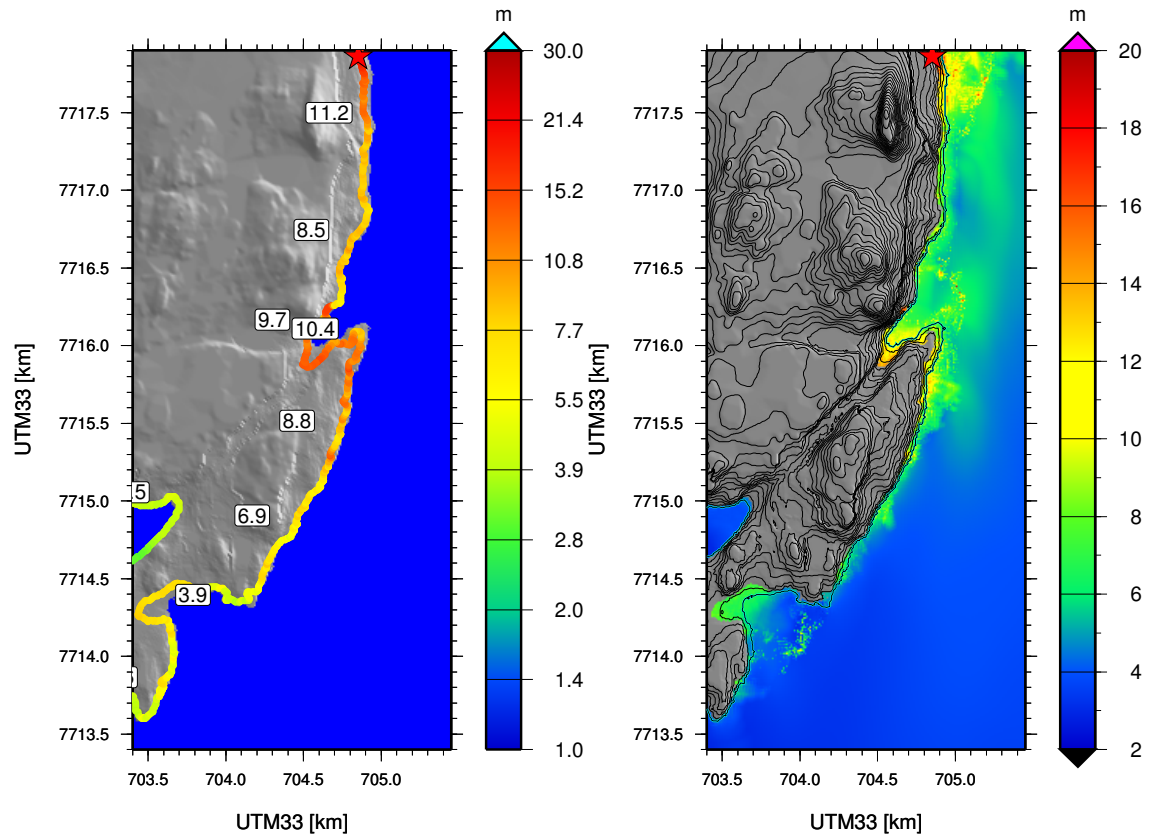


Figure A.14: Venstre: Oppskyllingslinje ved Pollneset. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 22 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).



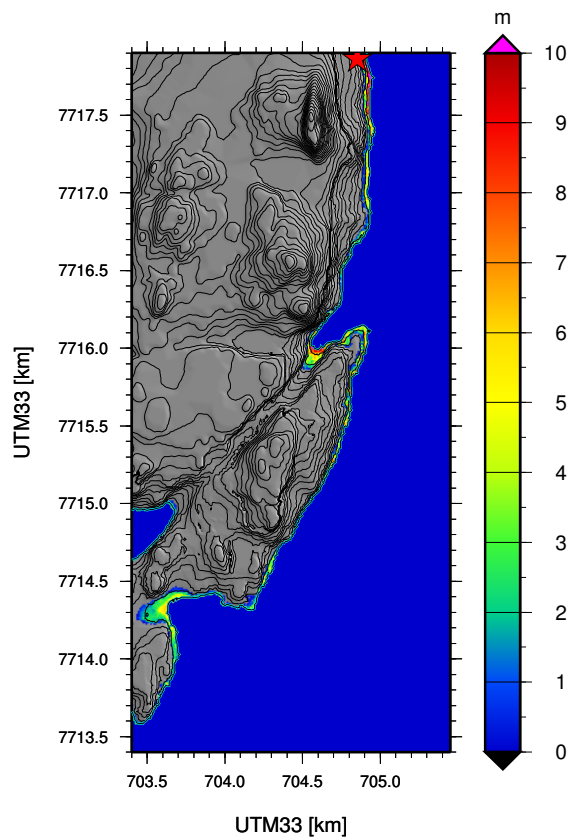


Figure A.15: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Pollneset. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.8 Lyngspollen

Lokasjon nummer 8, se Figure A.1.

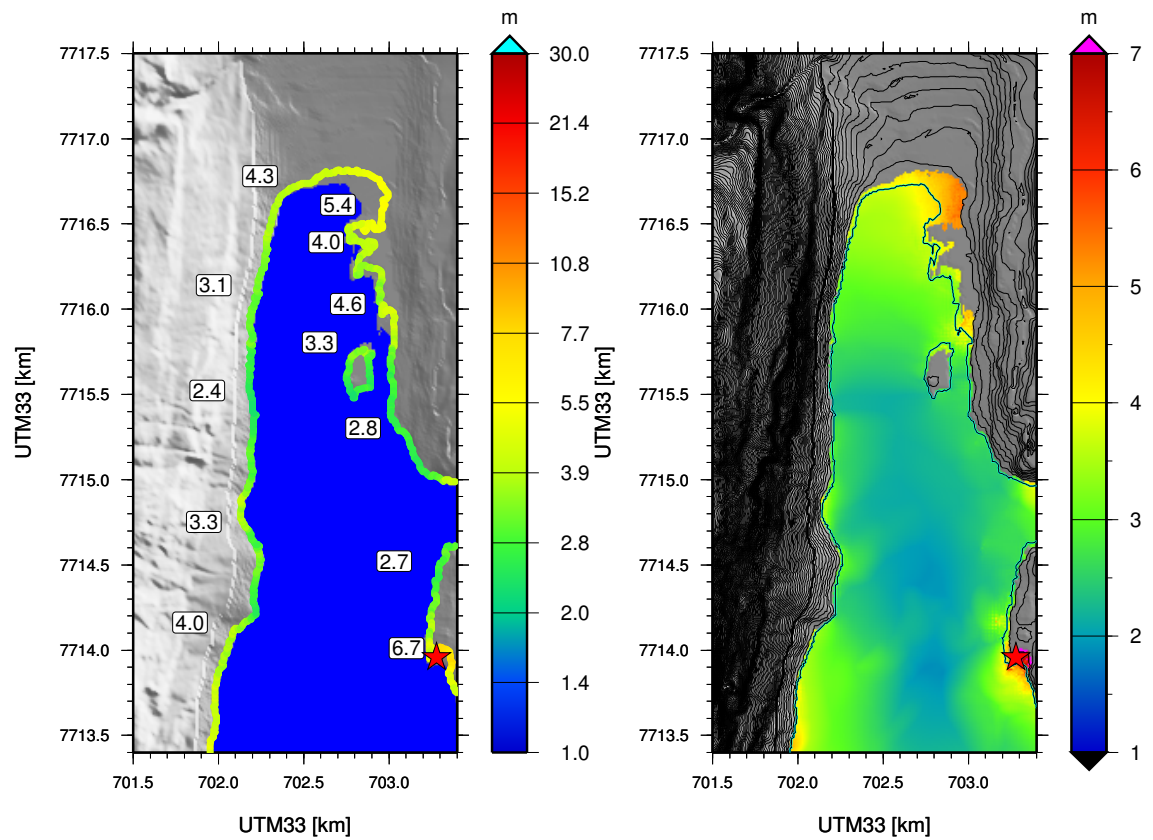


Figure A.16: Venstre: Oppskyllingslinje ved Lyngspollen. Høyre: Maksimal overflateheving (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 8 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

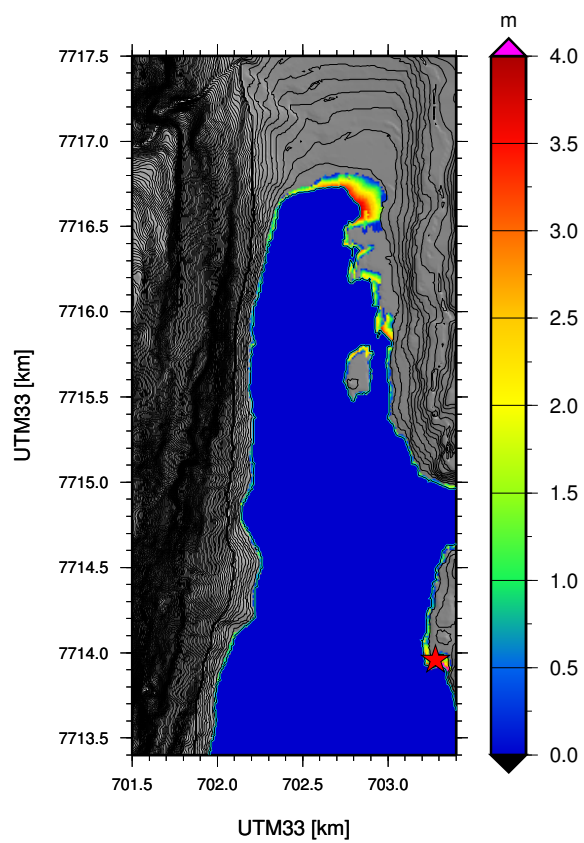


Figure A.17: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Lyngspollen. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.9 Furuflaten

Lokasjon nummer 9, se Figure A.1.

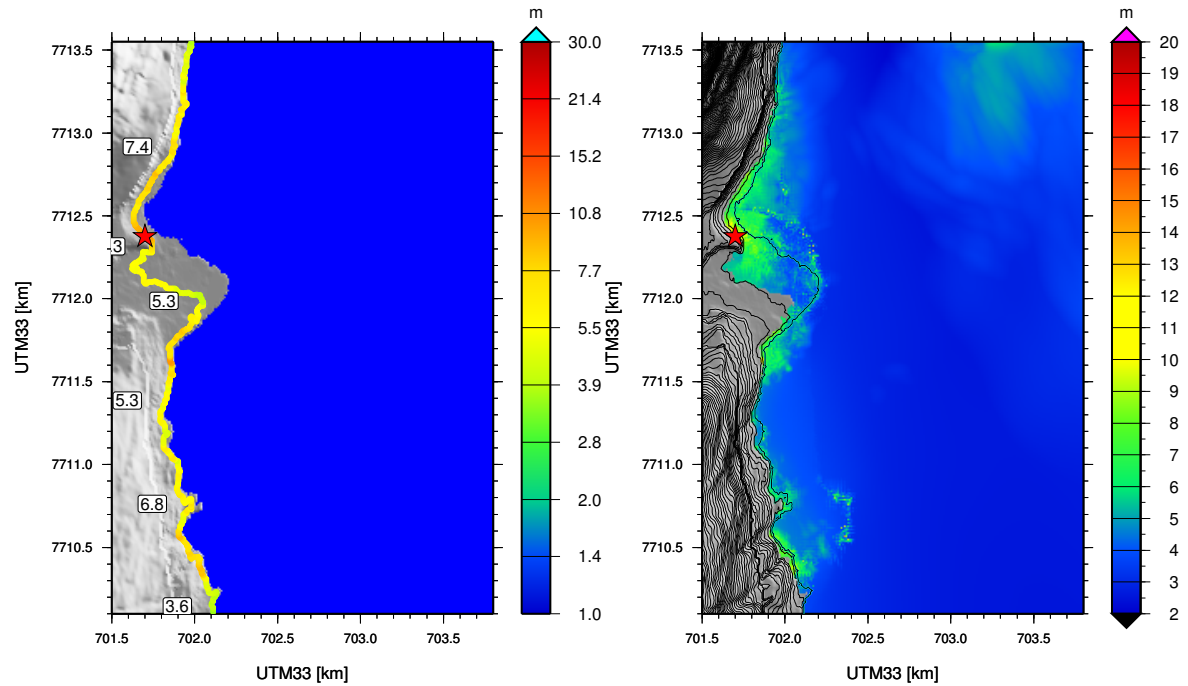


Figure A.18: Venstre: Oppskyllingslinje ved Furuflaten. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 12 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

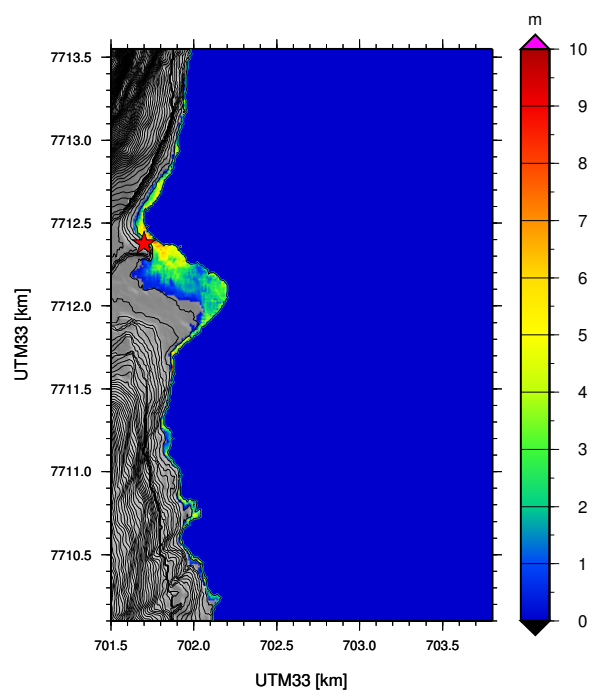


Figure A.19: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Furuflaten. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.10 Rasteby

Lokasjon nummer 10, se Figure A.1.

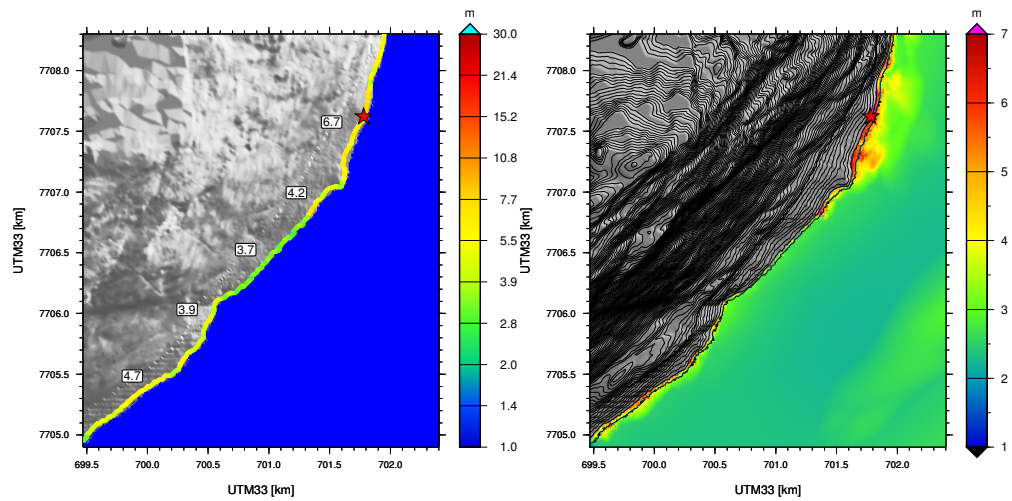


Figure A.20: Venstre: Oppskyllingslinje ved Rasteby. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 9 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

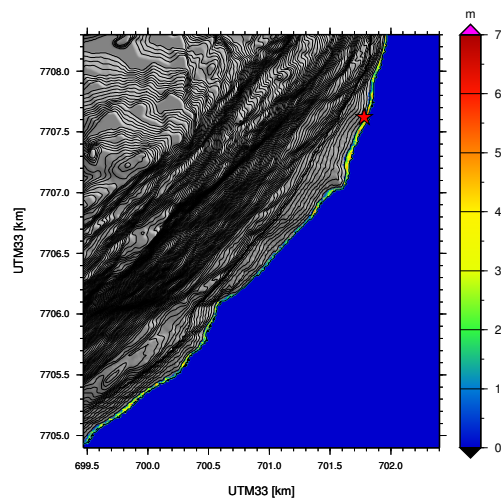


Figure A.21: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Rasteby. Koordinater gitt i UTM33 (km).



### A.2.11 Elvenes

Lokasjon nummer 11, se Figure A.1.

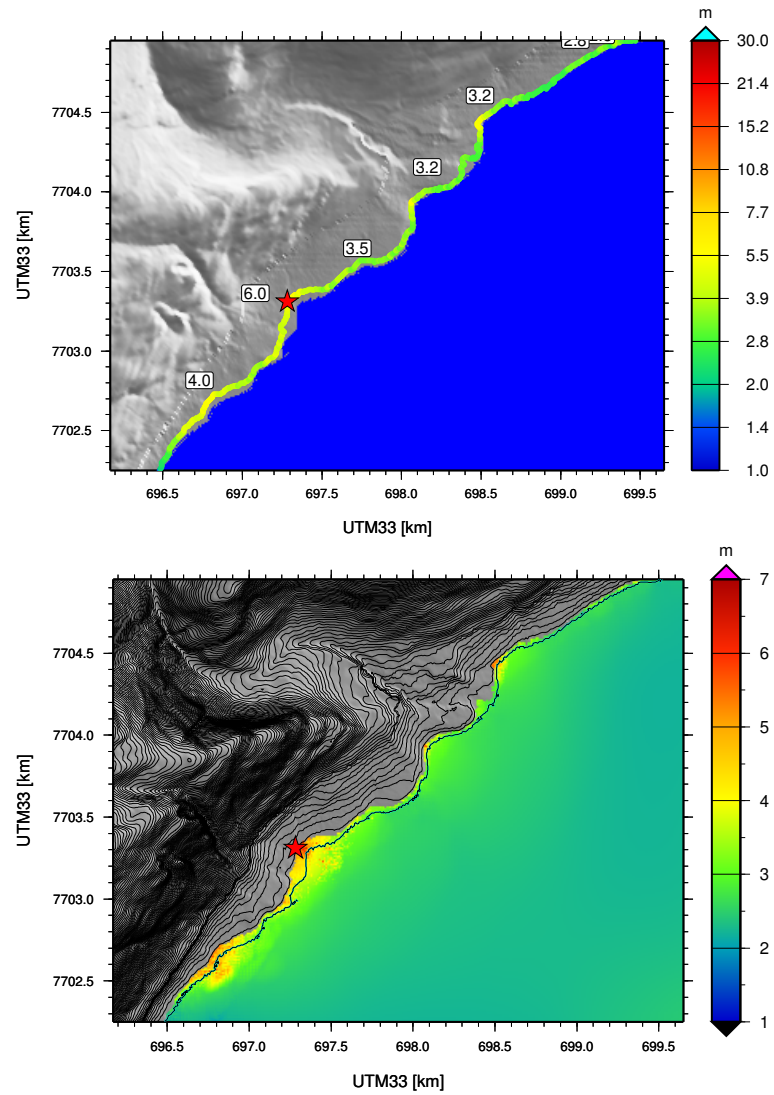


Figure A.22: Øverst: Oppskyllingslinje ved Elvenes. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 7 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

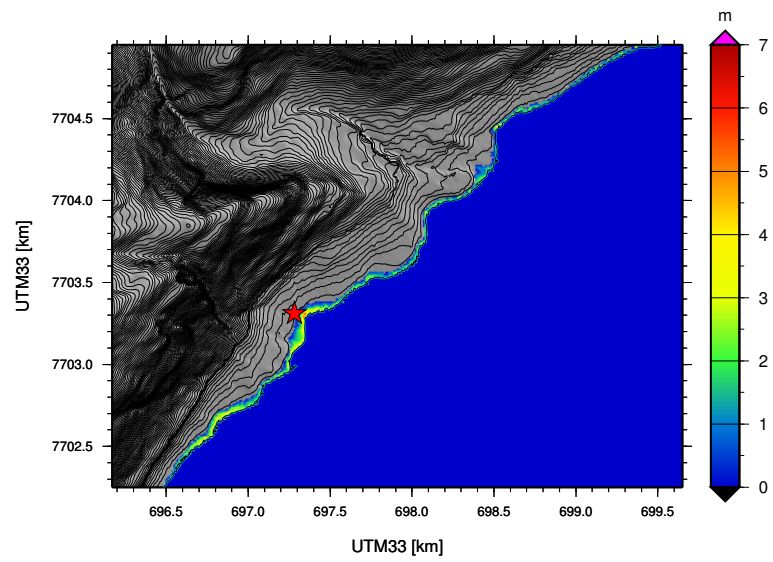


Figure A.23: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Elvenes. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### A.2.12 Ellevollen

Lokasjon nummer 12, se Figure A.1.

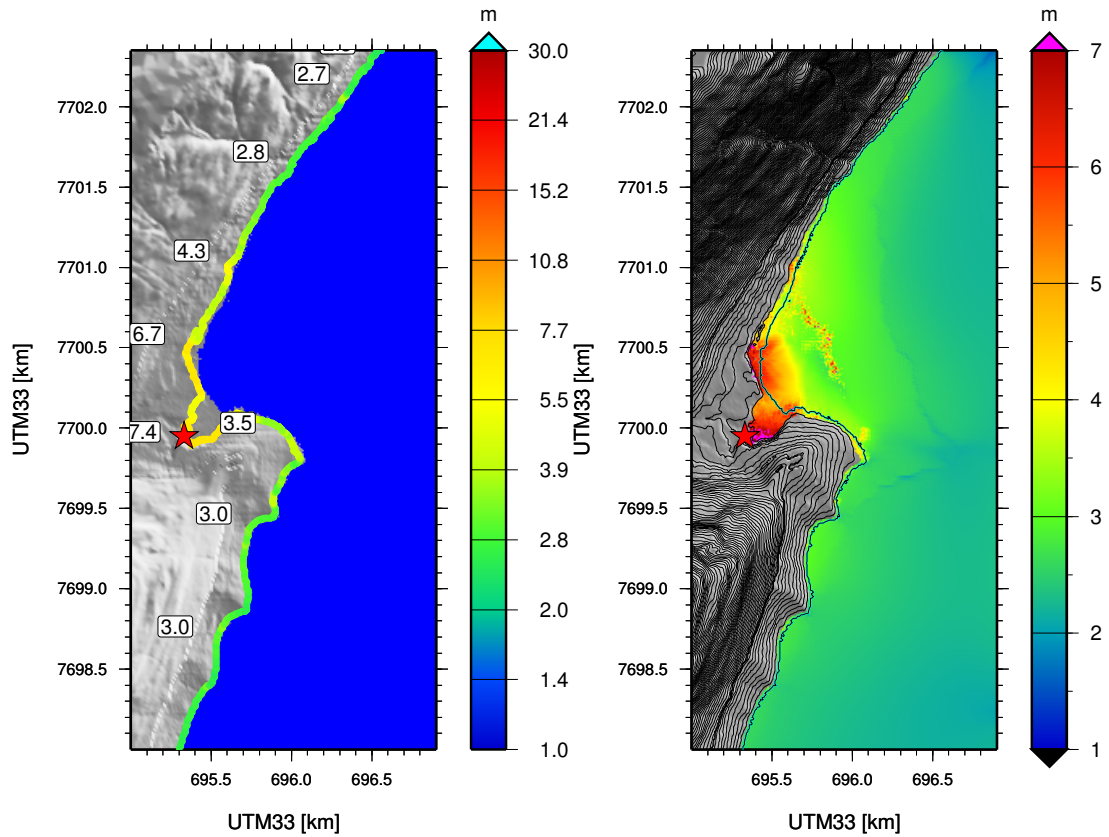


Figure A.24: Venstre: Oppskyllingslinje ved Ellevollen. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 8 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

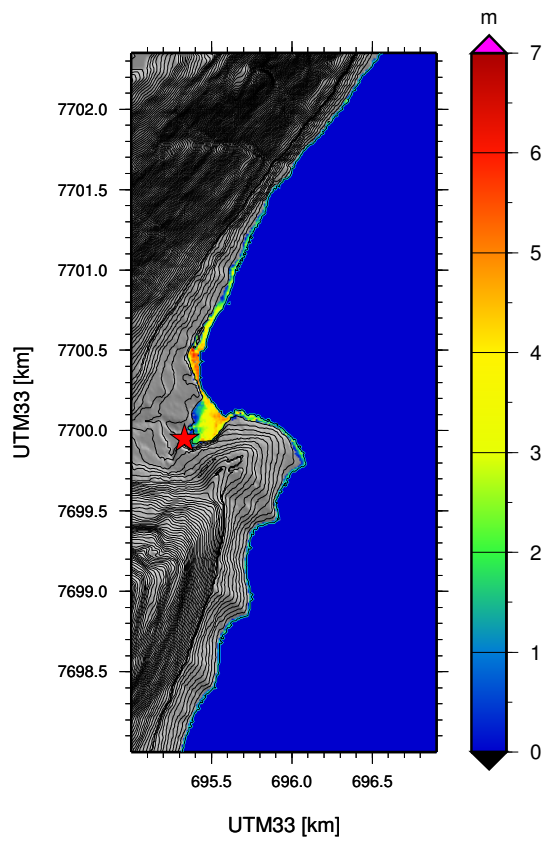


Figure A.25: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Ellevollen. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### A.2.13 Oteren

Lokasjon nummer 13, se Figure A.1.

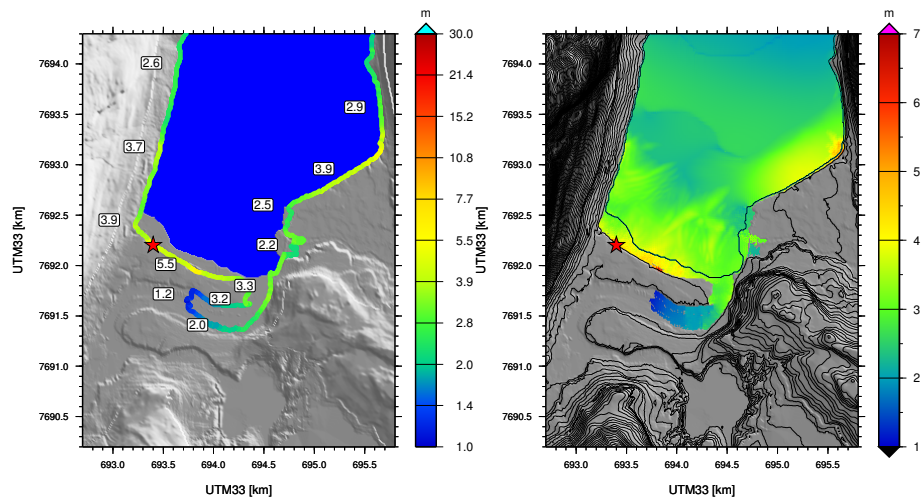


Figure A.26: Venstre: Oppskyllingslinje ved Oteren. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 7 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

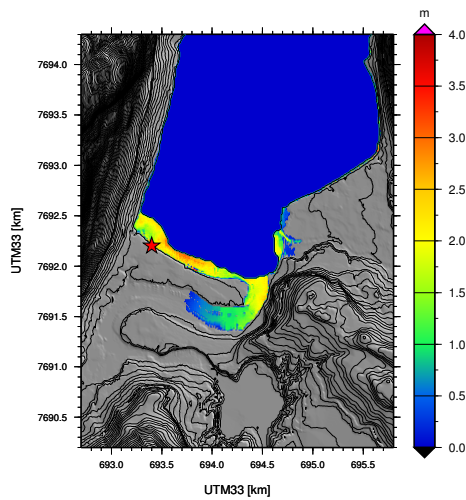


Figure A.27: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Oteren. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### A.2.14 Horsnes-Elsnes

Lokasjon nummer 14, se Figure A.1.

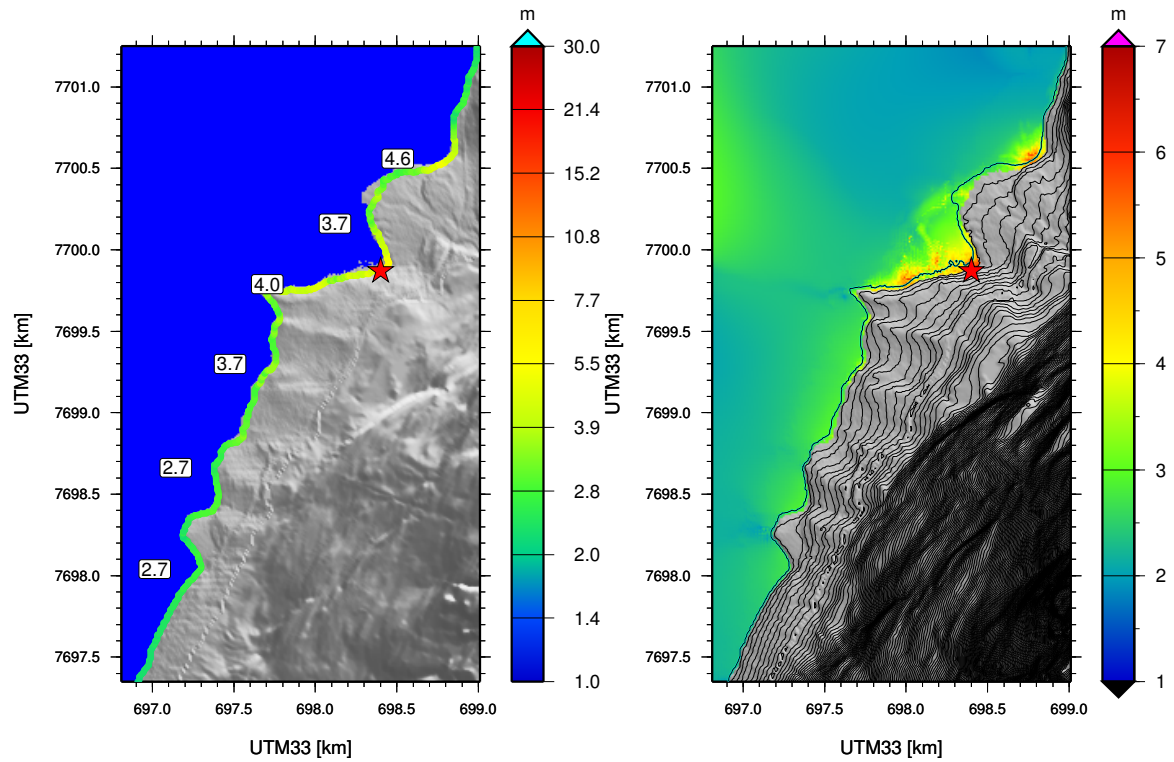


Figure A.28: Venstre: Oppskyllingslinje ved Horsnes-Elsnes. Høyre: Maksimal overflatehevn- ing (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregn- ingsområde er 7 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).



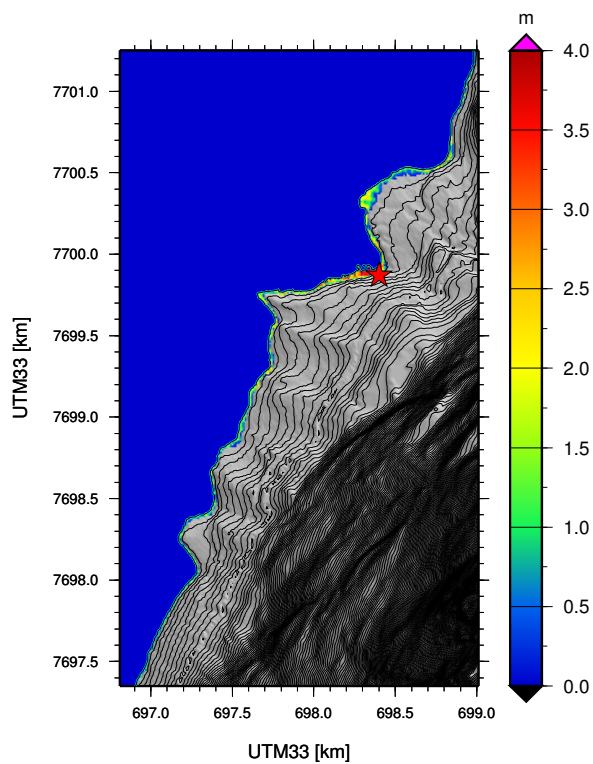


Figure A.29: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Horsnes-Elsnes. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.15 Skibotn

Lokasjon nummer 15, se Figure A.1.

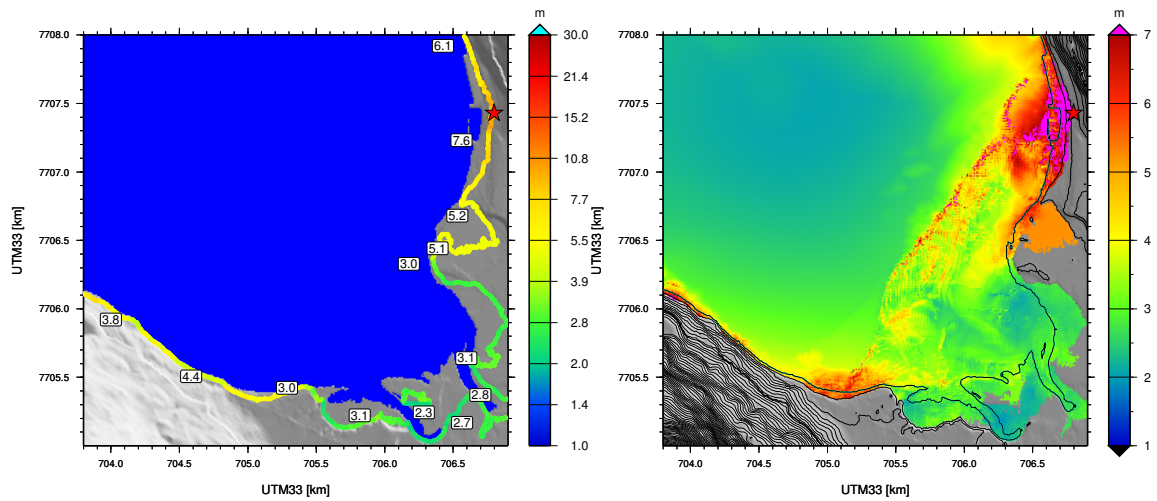


Figure A.30: Venstre: Oppskyllingslinje ved Skibotn. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 11 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

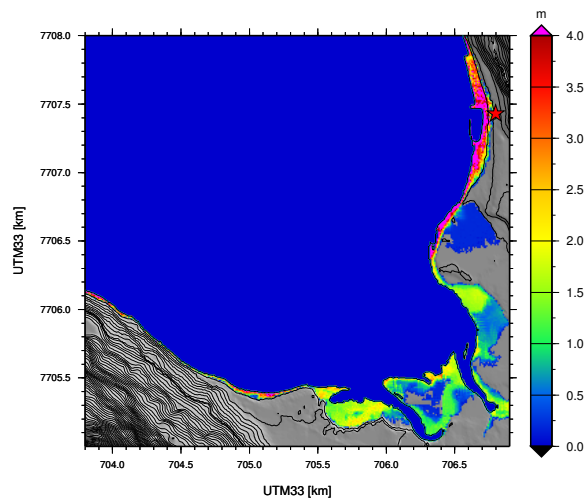


Figure A.31: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Skibotn. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.16 Forraneset

Lokasjon nummer 16, se Figure A.1.

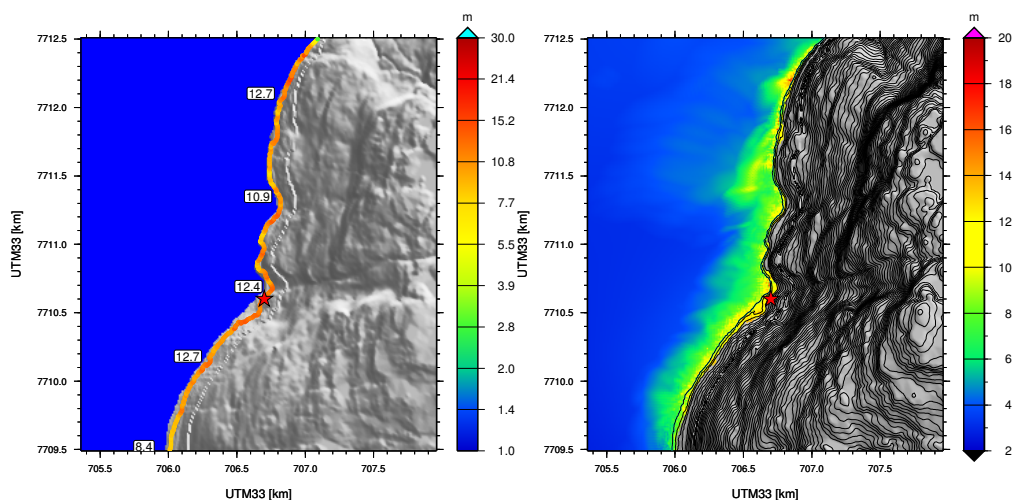


Figure A.32: Venstre: Oppskyllingslinje ved Forraneset. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 16 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

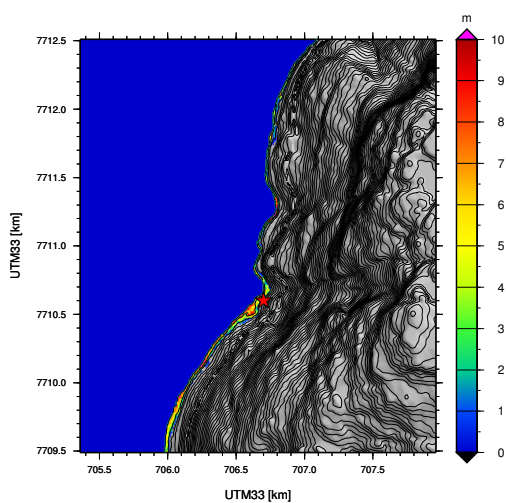


Figure A.33: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Forraneset. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.17 Brattvoll

Lokasjon nummer 17, se Figure A.1.

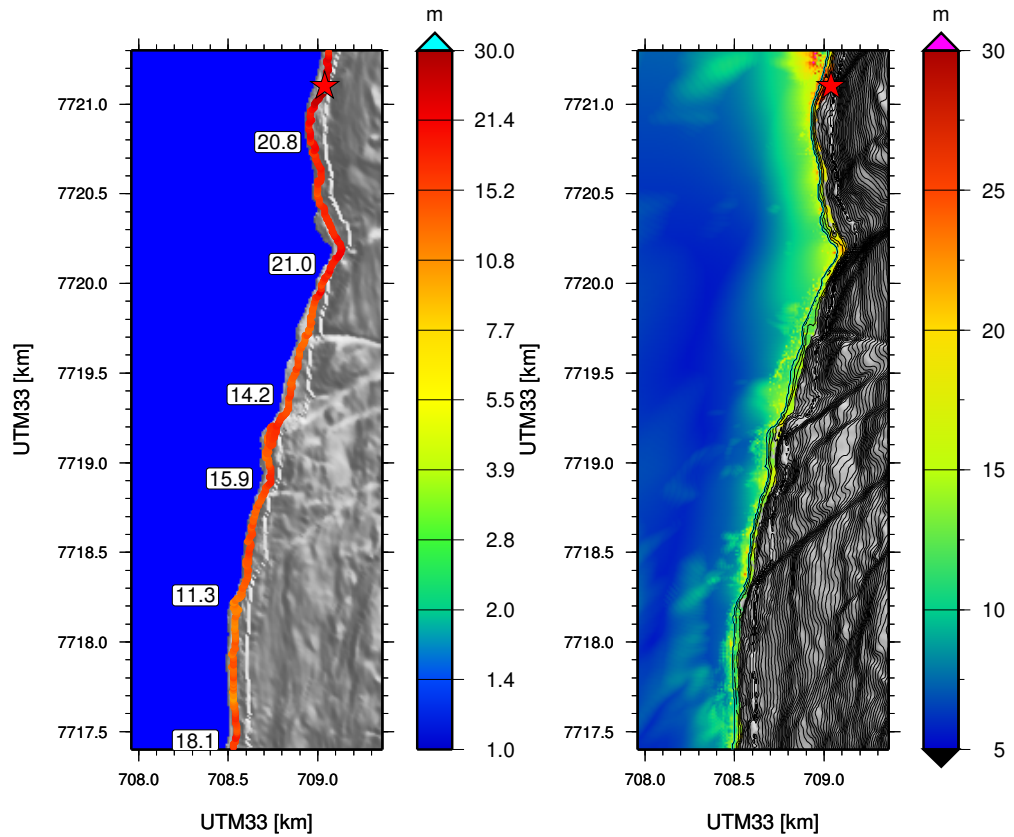


Figure A.34: Venstre: Oppskyllingslinje ved Brattvoll. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 32 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

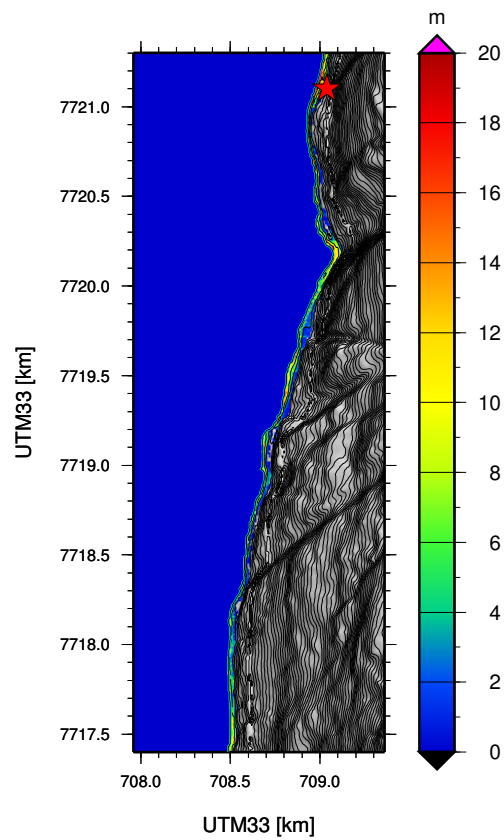


Figure A.35: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Brattvoll. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.18 Indre-Nordnes

Lokasjon nummer 18, se Figure A.1.

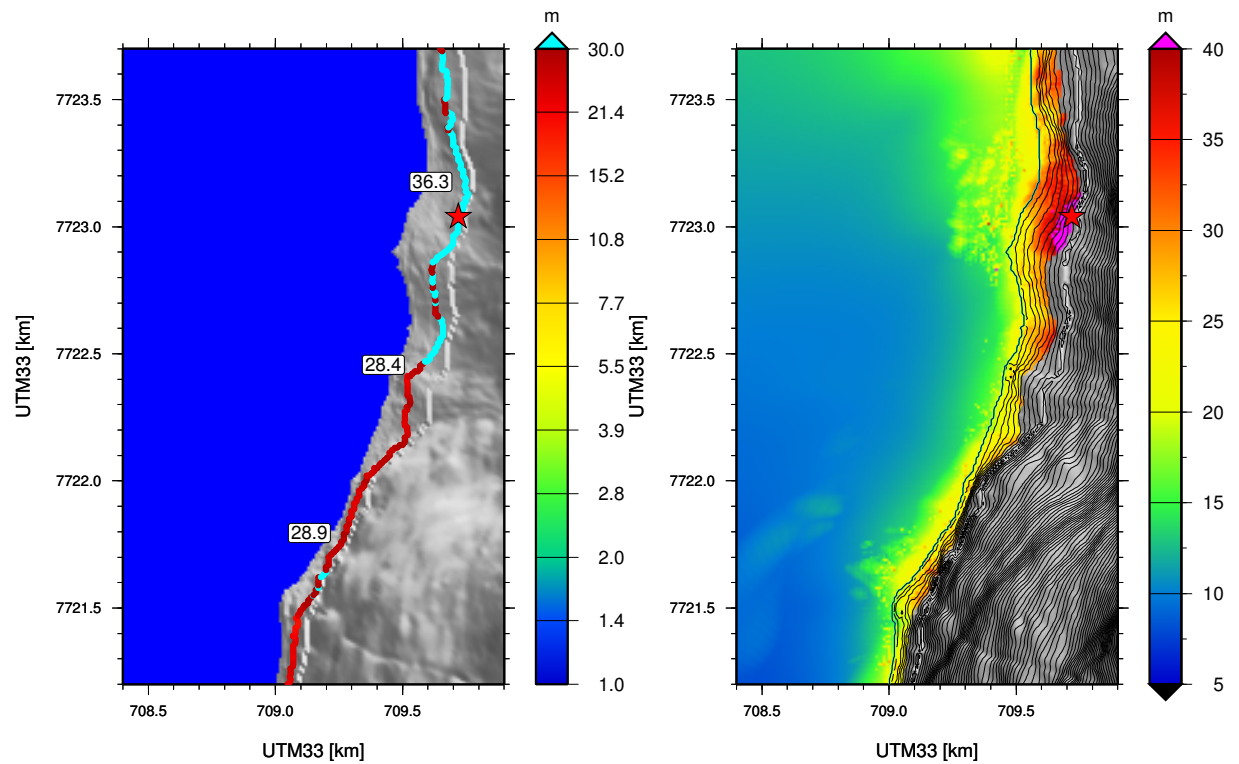


Figure A.36: Venstre: Oppskyllingslinje ved Indre-Nordnes. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 47 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).



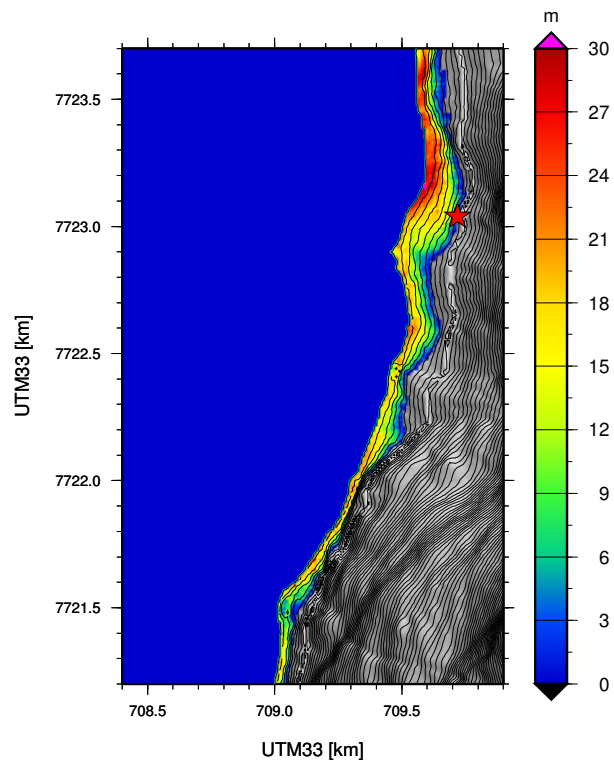


Figure A.37: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Indre-Nordnes. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.19 Nordnesodden

Lokasjon nummer 19, se Figure A.1.

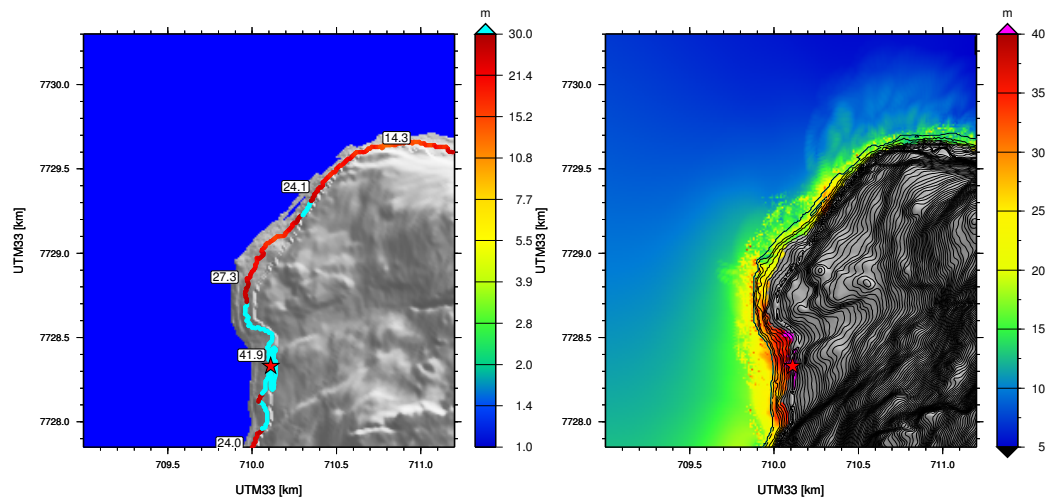


Figure A.38: Ventre: Oppskyllingslinje ved Nordnesodden. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 47 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

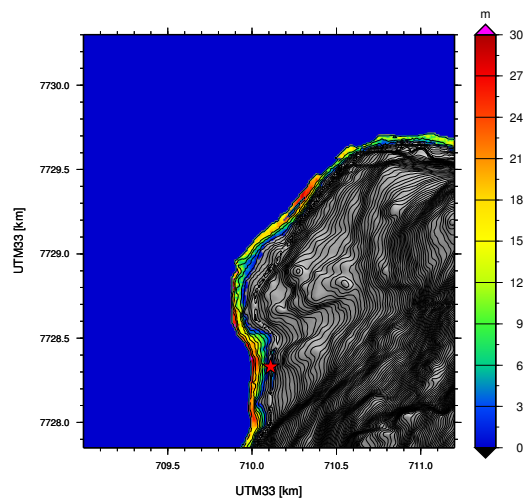


Figure A.39: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Nordnesodden. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.20 Manndalen

Lokasjon nummer 20, se Figure A.1.

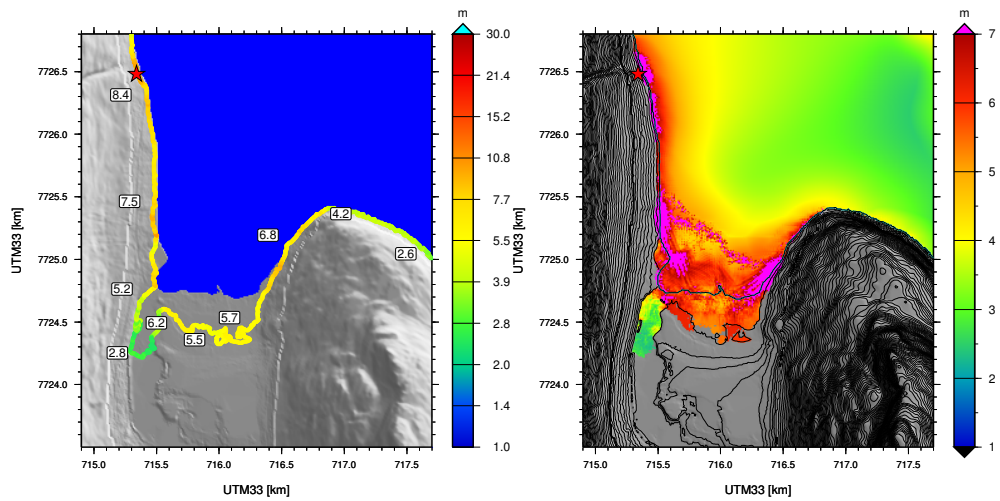


Figure A.40: Venstre: Oppskyllingslinje ved Manndalen. Høyre: Maksimal overflatehevnning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 12 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

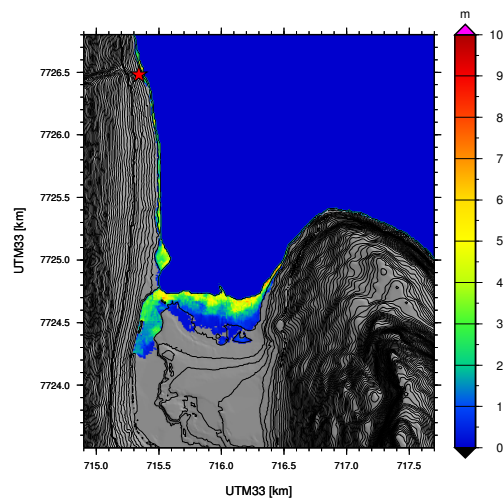


Figure A.41: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Manndalen. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### A.2.21 Skarvdalen

Lokasjon nummer 21, se Figure A.1.

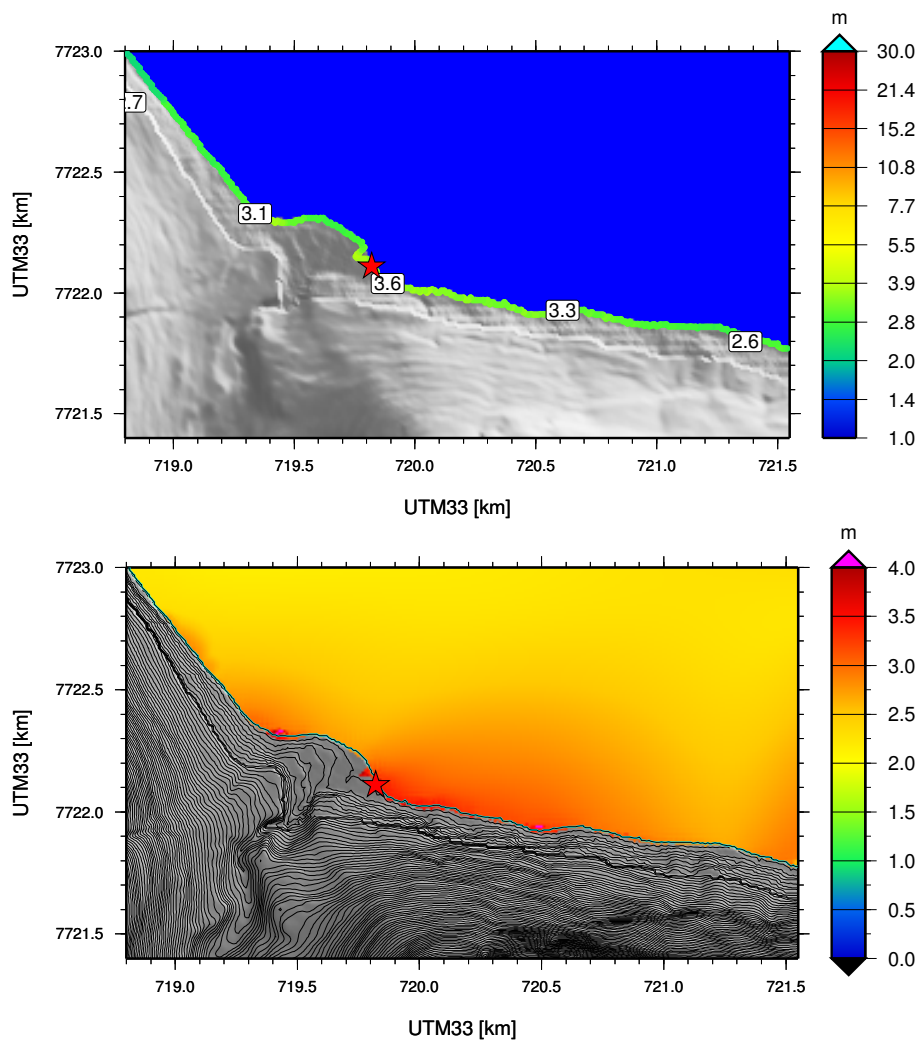


Figure A.42: Øverst: Oppskyllingslinje ved Skarvdalen. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 4 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

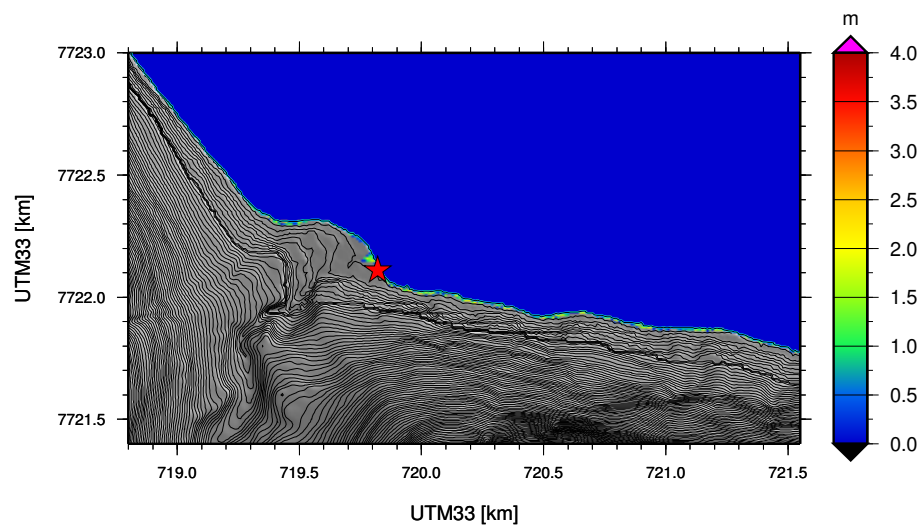


Figure A.43: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Skarvdalen. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.22 Birtavarre

Lokasjon nummer 22, se Figure A.1.

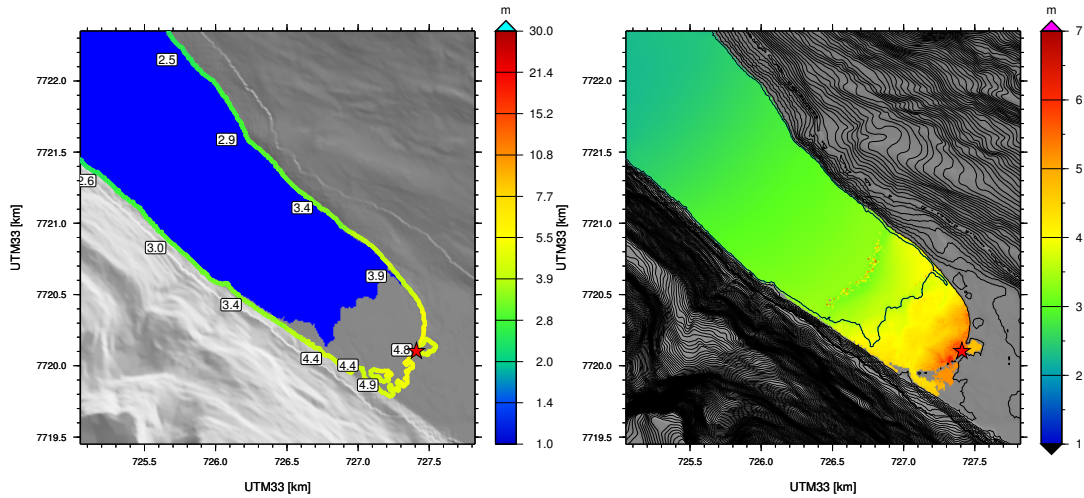


Figure A.44: Venstre: Oppskyllingslinje ved Birtavarre. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 7 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

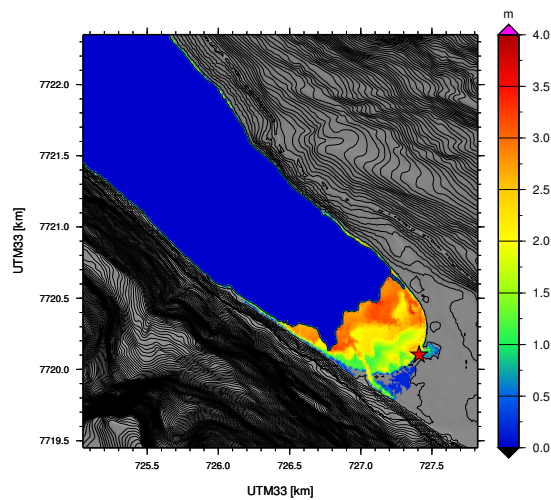


Figure A.45: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Birtavarre. Koordinater gitt i UTM33 (km).



### A.2.23 Trollvik

Lokasjon nummer 23, se Figure A.1.

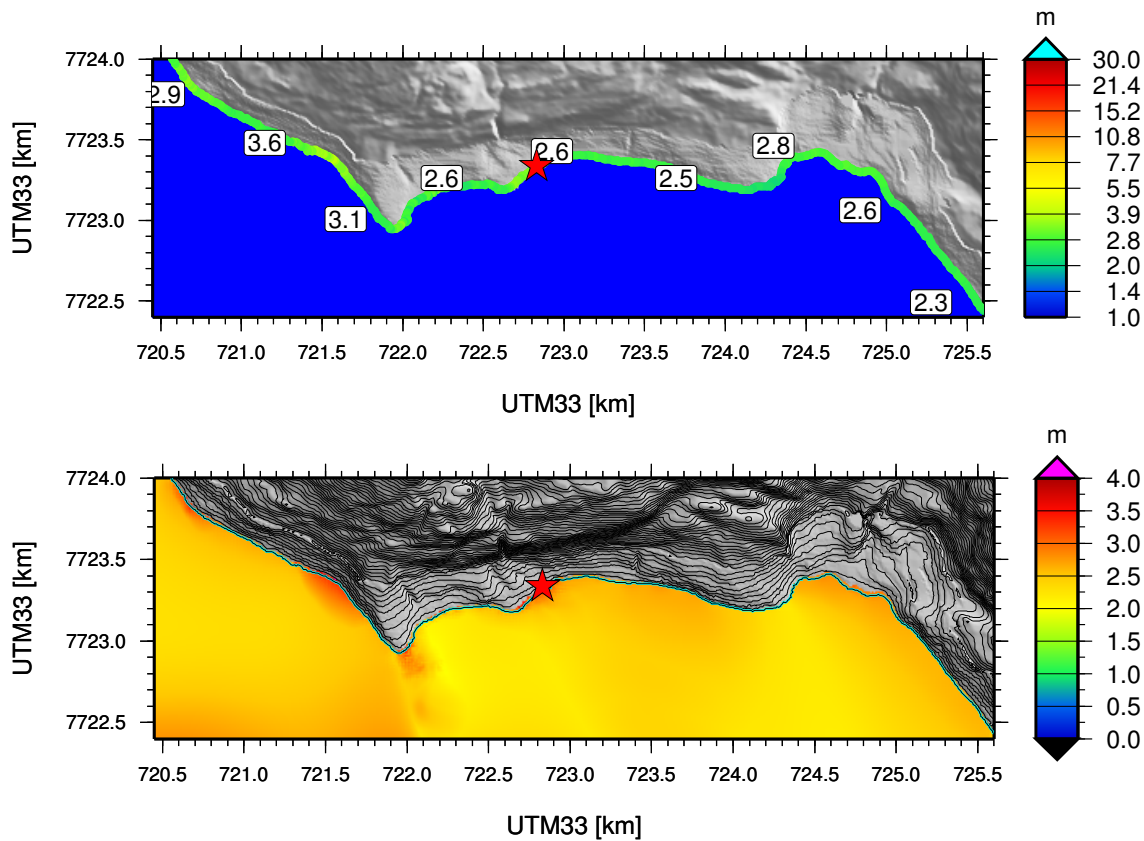


Figure A.46: Øverst: Oppskyllingslinje ved Trollvik. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 5 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

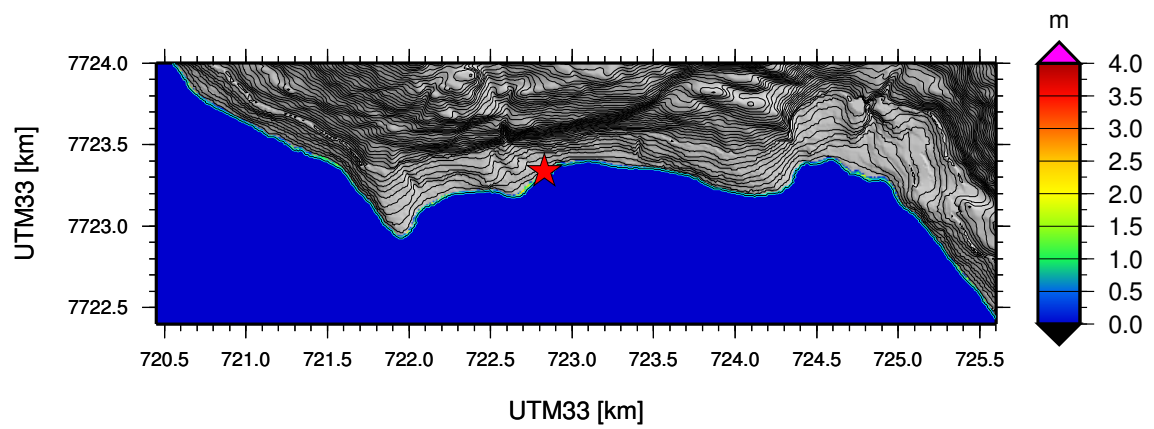


Figure A.47: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Trollvik. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.24 Langneset-Strand

Lokasjon nummer 24, se Figure A.1.

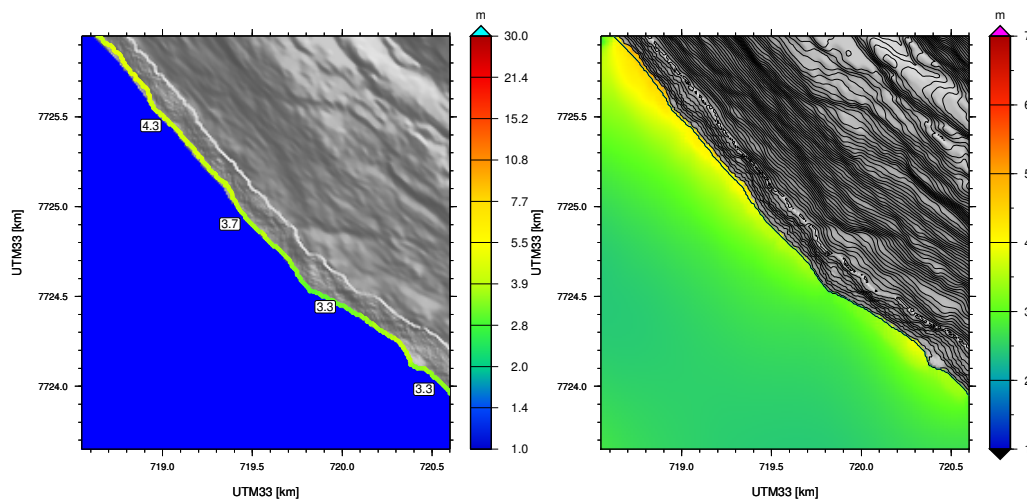


Figure A.48: Venstre: Oppskyllingslinje ved Langneset-Strand. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 6 meter. Koordinater gitt i UTM33 (km).

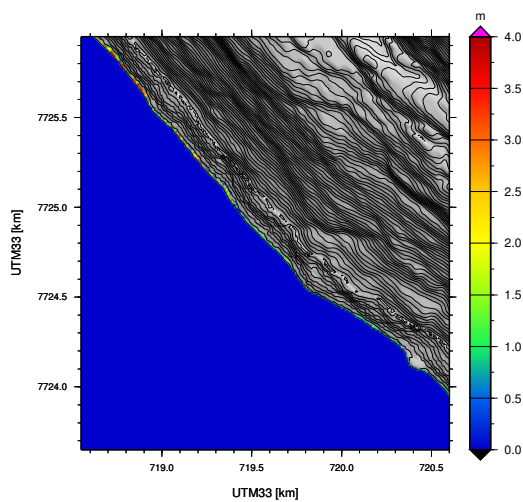


Figure A.49: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Langneset-Strand. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.25 Strand

Lokasjon nummer 25, se Figure A.1.

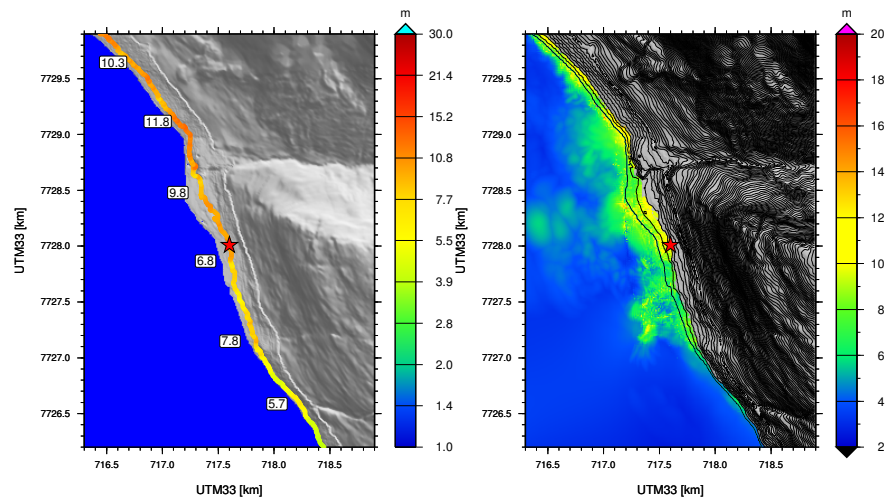


Figure A.50: Venstre: Oppskyllingslinje ved Strand. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 14 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

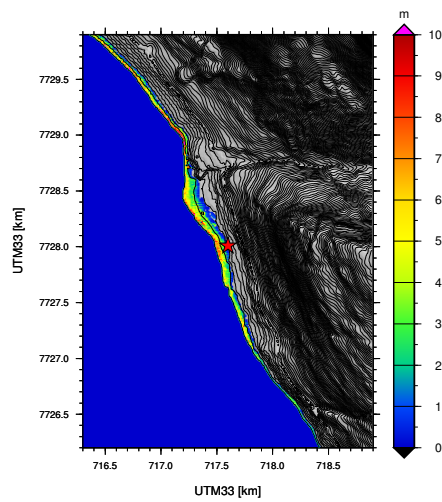


Figure A.51: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Strand. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### **A.2.26 Olderdalen**

Lokasjon nummer 26, se Figure A.1.

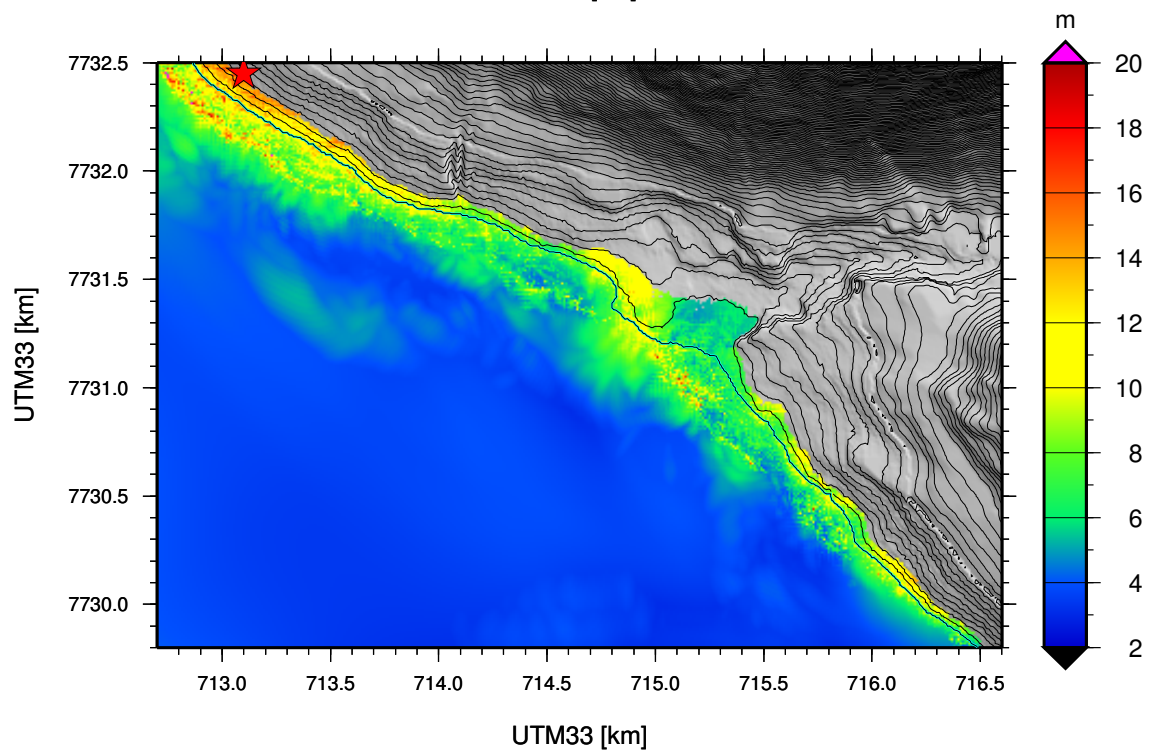
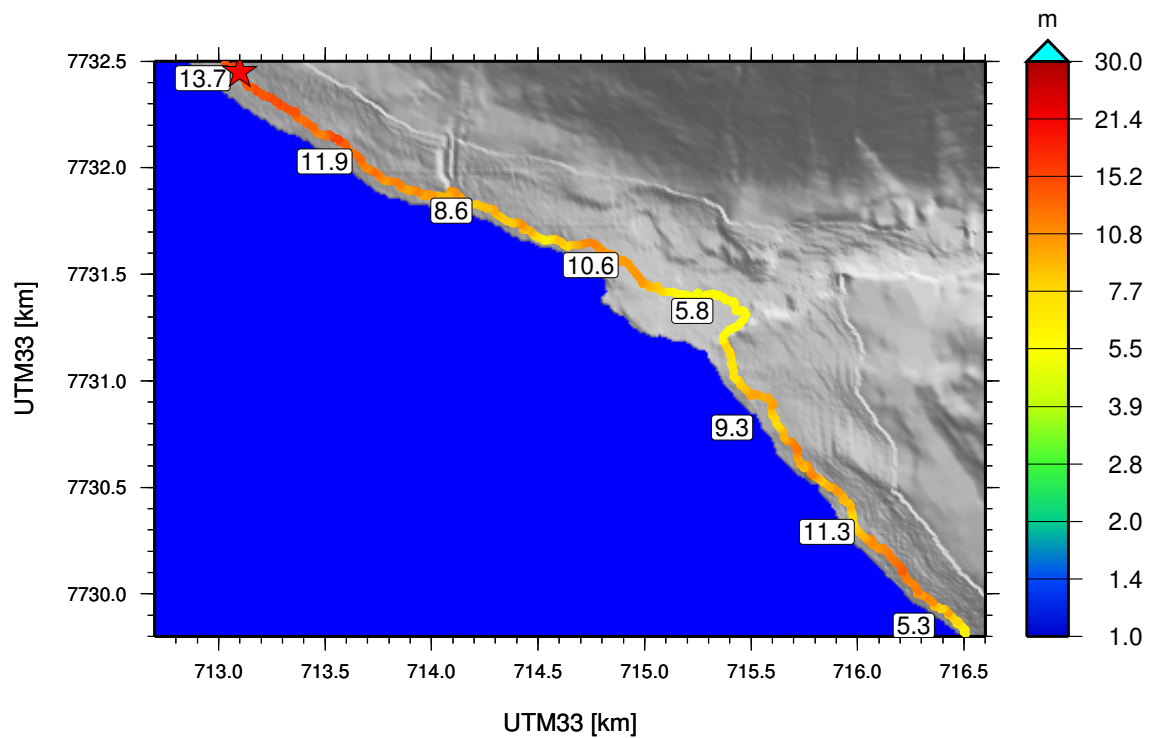


Figure A.52: Øverst: Oppskyllingslinje ved Olderdalen. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 18 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

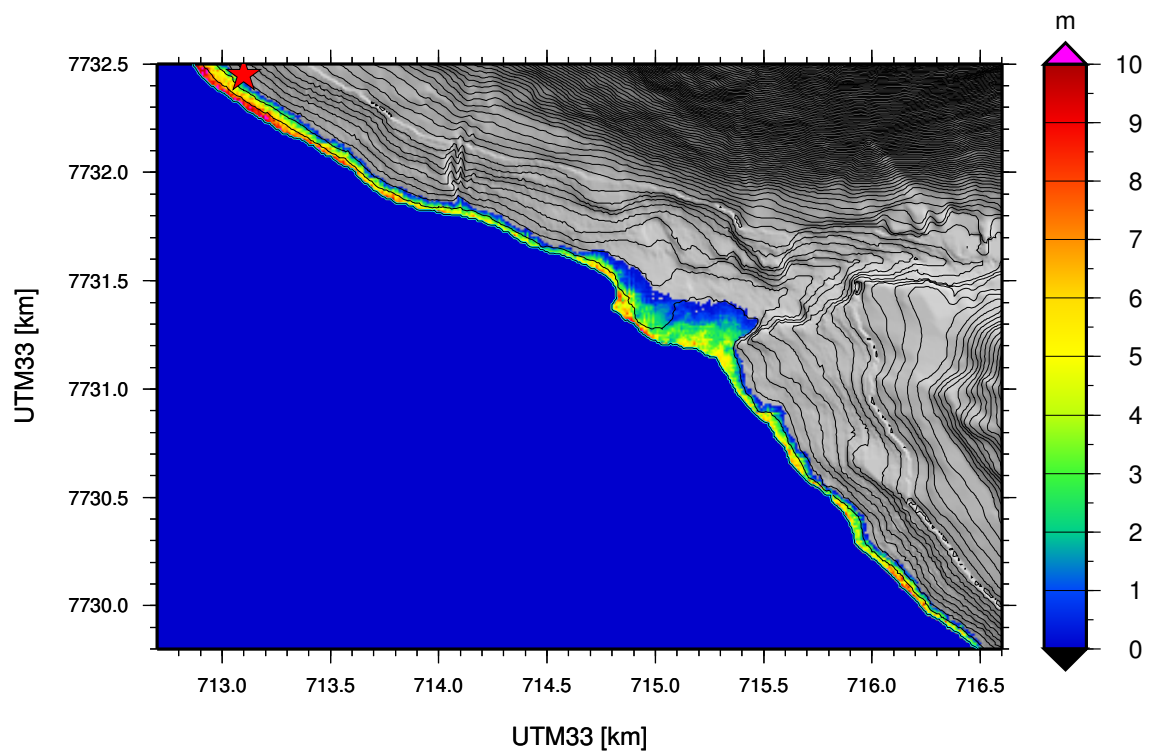


Figure A.53: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Olderdalen. Koordinater gitt i UTM33 (km).



### A.2.27 Nordmannvik

Lokasjon nummer 27, se Figure A.1.

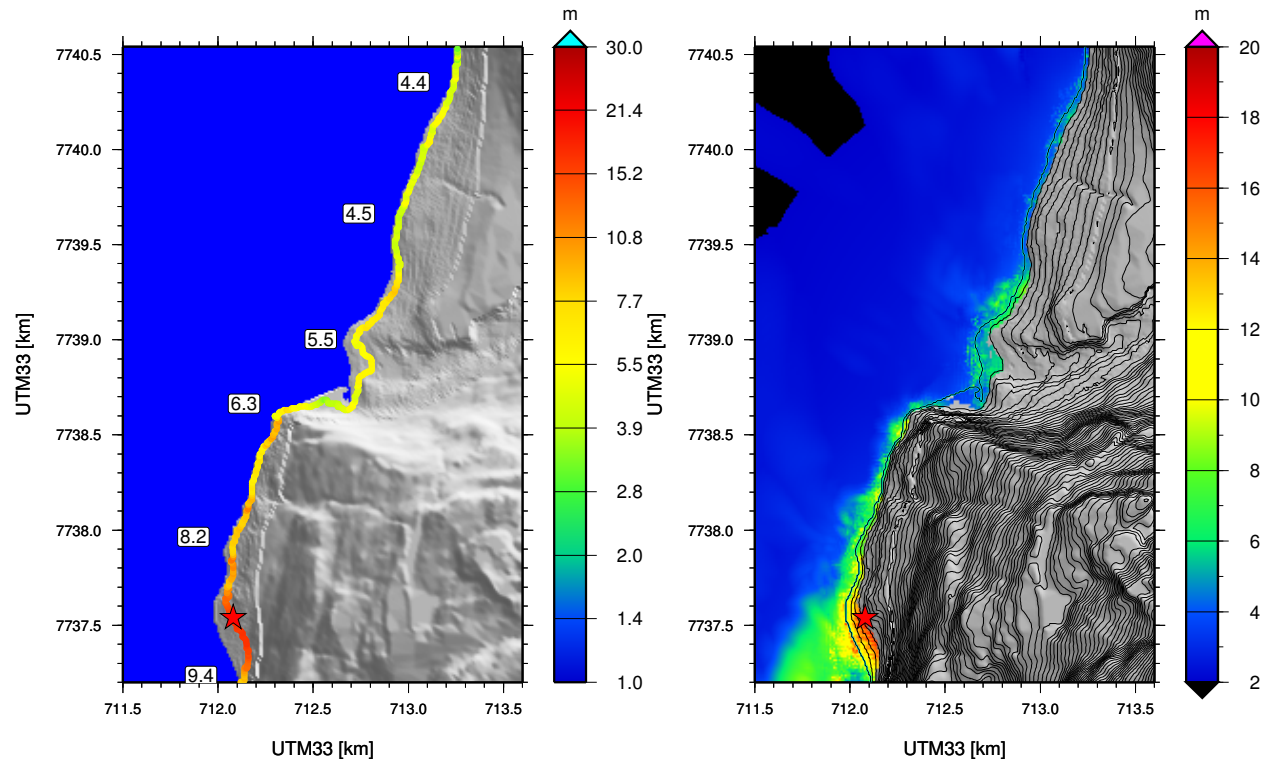


Figure A.54: Venstre: Oppskyllingslinje ved Nordmannvik. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 18 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

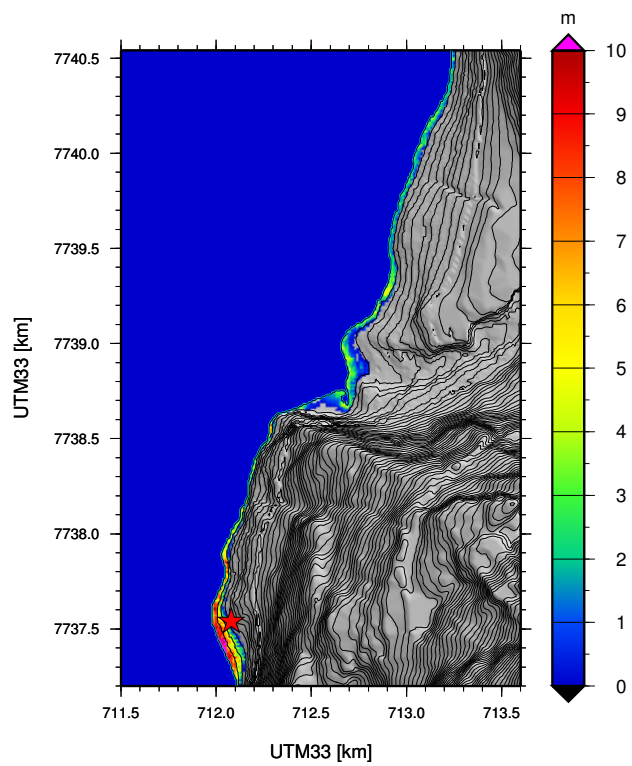


Figure A.55: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Nordmannvik. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.28 Strandli-Engeneset

Lokasjon nummer 28, se Figure A.1.

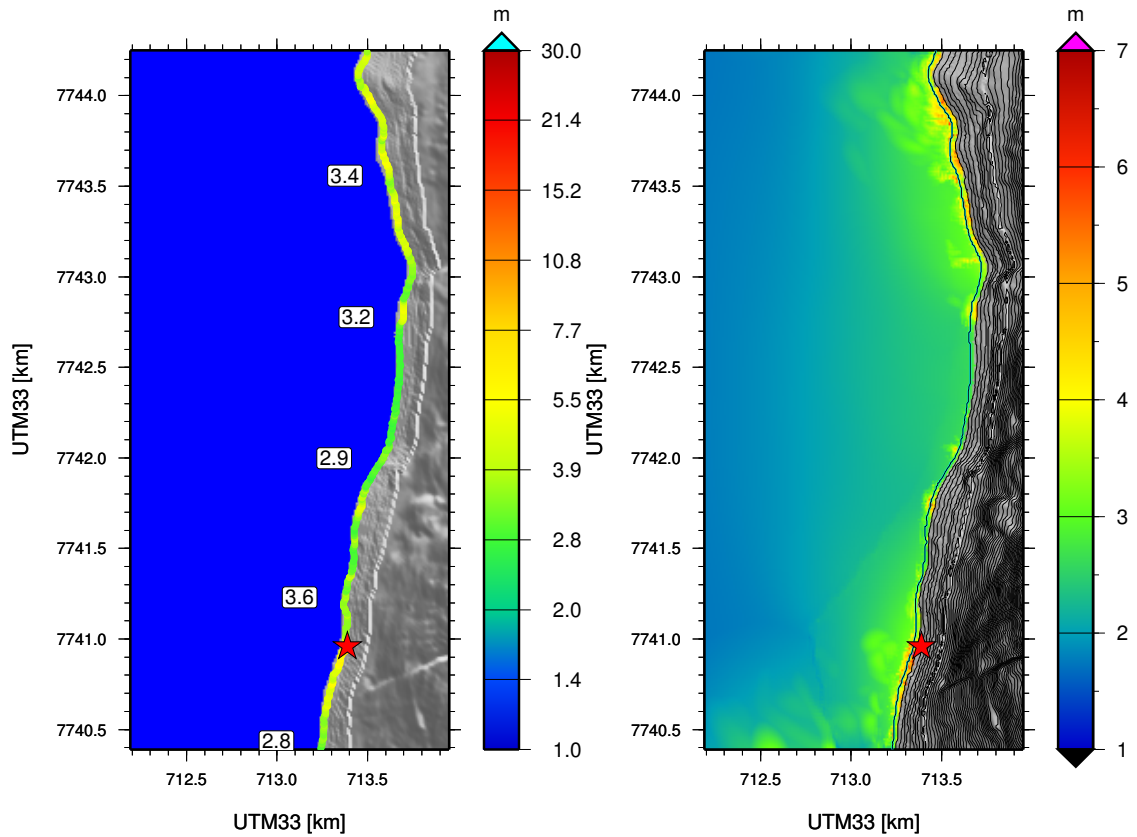


Figure A.56: Venstre: Oppskyllingslinje ved Strandli-Engeneset. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 9 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

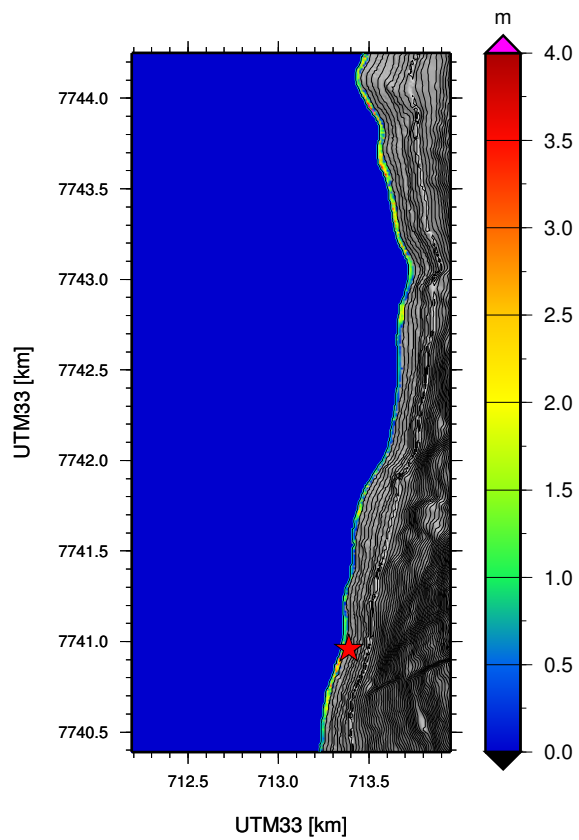


Figure A.57: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Strandli-Engeneset. Koordinater gitt i UTM33 (km).

## A.2.29 Djupvik

Lokasjon nummer 29, se Figure A.1.

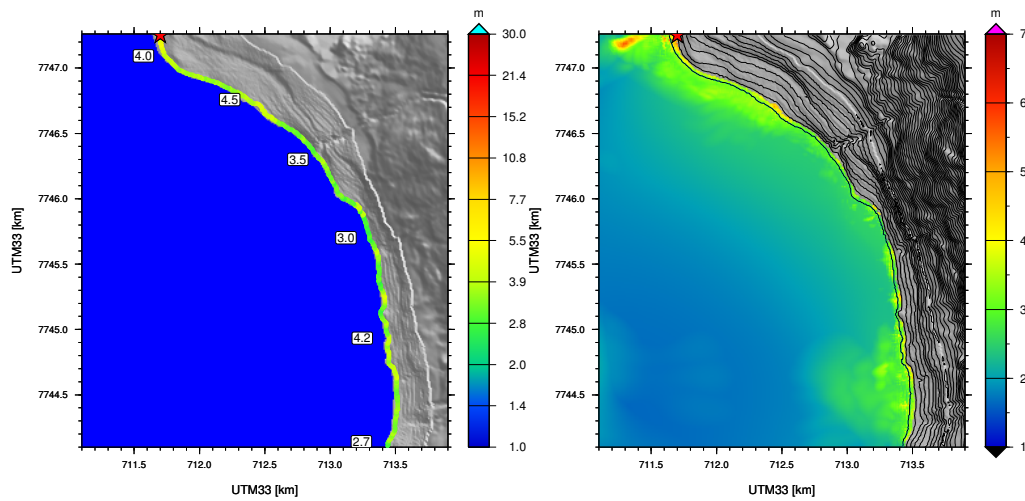


Figure A.58: Venstre: Oppskyllingslinje ved Djupvik. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 6 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

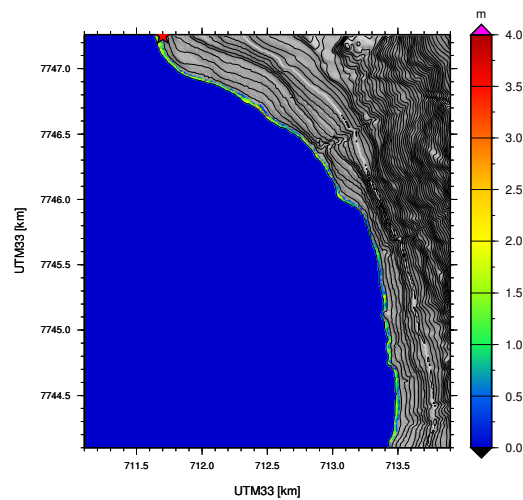


Figure A.59: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Djupvik. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### A.2.30 Spåkenes

Lokasjon nummer 30, se Figure A.1.

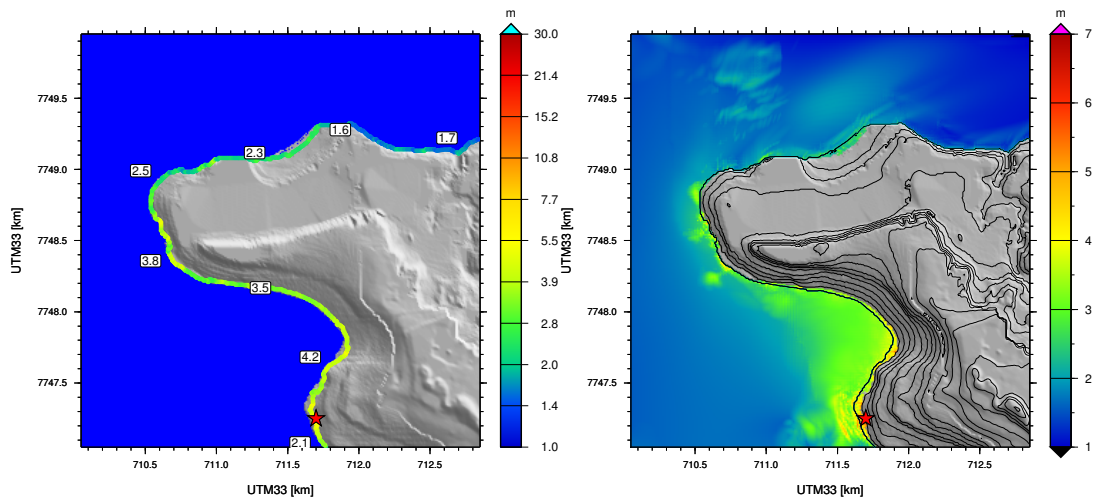


Figure A.60: Venstre: Oppskyllingslinje ved Spåkenes. Høyre: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 6 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).

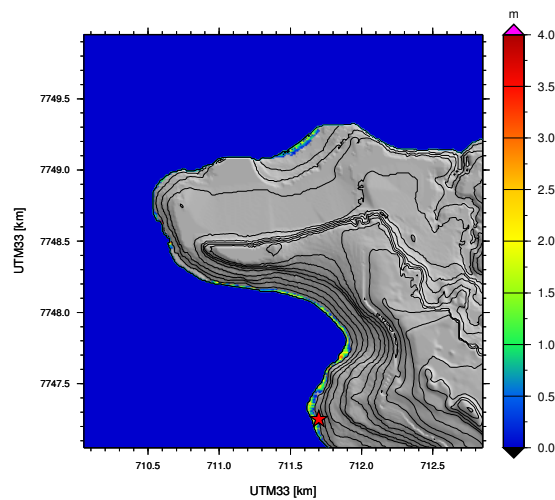


Figure A.61: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Spåkenes. Koordinater gitt i UTM33 (km).

### A.2.31 Hamnes

Lokasjon nummer 31, se Figure A.1.

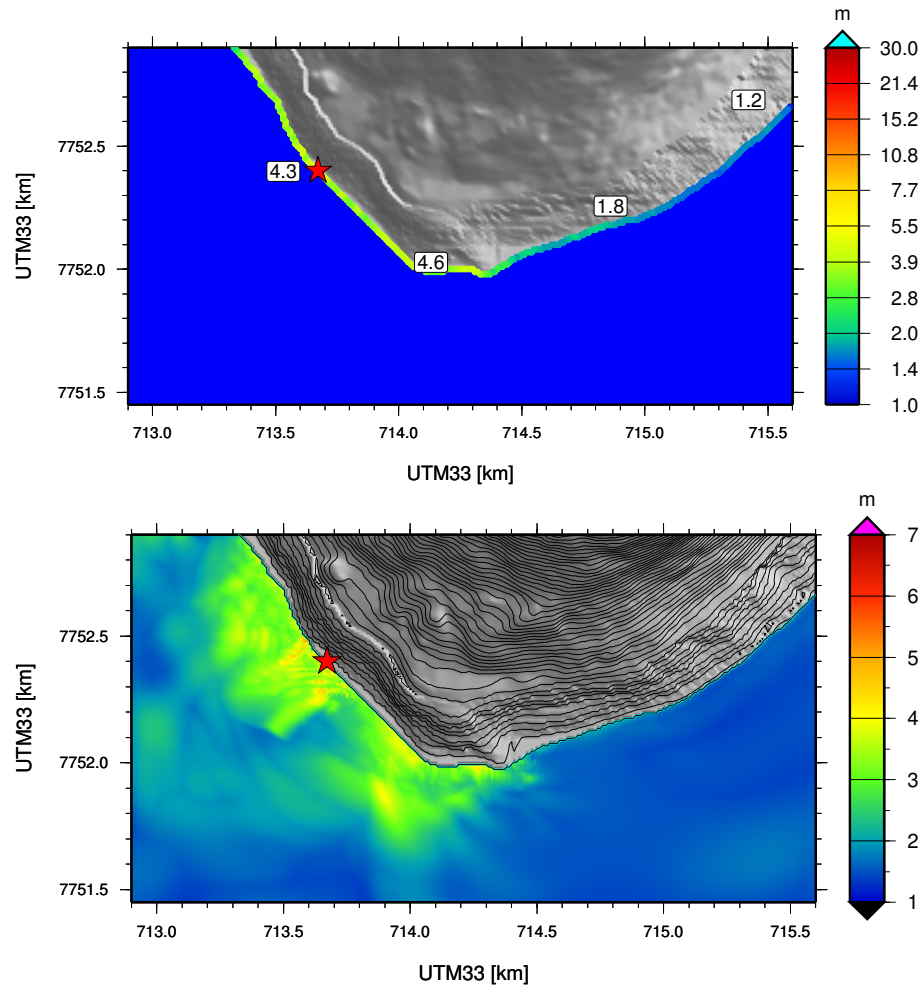


Figure A.62: Øverst: Oppskyllingslinje ved Hamnes. Nederst: Maksimal overflatehevning (i fjorden) og maksimalt vannivå (på land). Maksimal oppskyllingshøyde for hele beregningsområde er 6 meter (punkt markert med rød stjerne). Koordinater gitt i UTM33 (km).



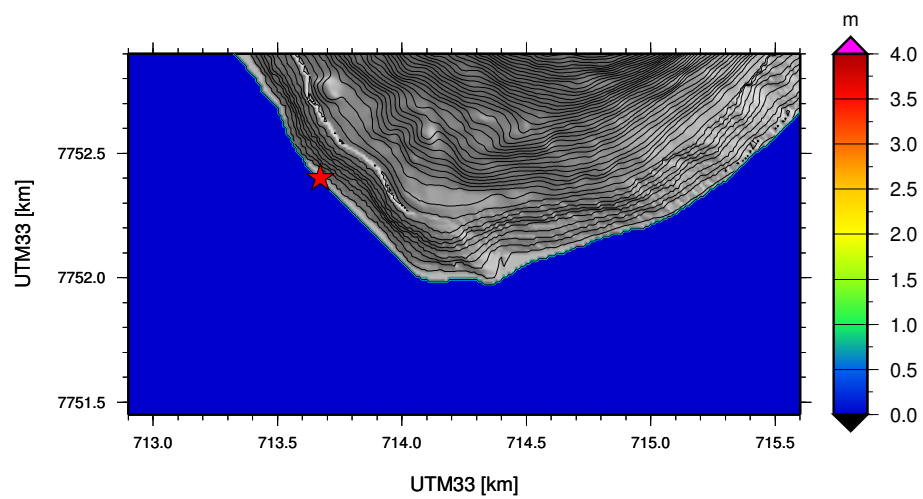


Figure A.63: Maksimalt strømningsdybde (over land) ved Hamnes. Koordinater gitt i UTM33 (km).

# Vedlegg B - Om flodbølger generert av fjellskred

## Innhold

### **1 Om flodbølger generert av fjellskred**

**2**

## 1 Om flodbølger generert av fjellskred

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

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

Bølgens karakteristika avhenger av skredets volum, form og hastighet, så vel som av vanddypet. I de tilfeller der karakteristisk overflateheving er mye mindre enn vanddypet vil enklere, lineære likninger for bølgeforplantningen være gyldige. Utgjør derimot den karakteristiske overflatehevingen mer enn ca. 10 % av dypet vil ikke-lineære effekter være viktige.

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 horisontal-hastigheten er små, og at trykket er tilnærmet hydrostatisk.

Vår erfaring med større fjellskred med høy treffhastighet (som for eksempel Åknes) viser at bølgene ikke nødvendigvis er lange og at bruk av hydrostatiske modeller kan føre til en overestimering av bølgene.

Bevegelsen i vannmassene som følge av en bølge som passerer avtar normalt med dypet. 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" inne ved land. Øyenvitner har derfor konkludert med 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.

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 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 reduseres vesentlig. Under utbredelsen vil flodbølgen i tillegg utsettes for refraksjon, refleksjon, og interferens samt amplifikasjon som følge av fokusering eller avtagende dyp.

Amplifikasjonsfaktoren, dvs. forholdet mellom oppskyllingshøyden og overflatehevingen for innkommende bølge på dypt vann, er hovedsaklig 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 timesvis.



## Vedlegg C - Om beregningsmodellene

### Innhold

<b>1</b>	<b>Bølgemodellen GloBouss</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Oppskyllingsmodellen MOST</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Referanser</b>	<b>3</b>

## 1 Bølgemodellen GloBouss

GloBouss er en regnemodell utviklet ved Universitetet i Oslo og ved NGI for flodbølger som følge av skred eller jordskjelv. Modellen er dybdemidlet (benytter langbølgelikninger) og beskriver blant annet ikke-lineære og dispersive (ikke-hydrostatiske) 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 hvor den er sammenliknet med skalamodellen av Sunnylvs- og Geirangerfjorden ved SINTEF Kyst- og havneteknikk i Trondheim, se også neste avsnitt. For mer informasjon om modellen henviser vi til Pedersen og Løvholt (2008). Se for øvrig konvergenstest i Vedlegg C.

## 2 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 bølgeforplantning (GloBouss) som reflekterer bølgene ved strandlinjen. MOST er kanskje den oppskyllingsmodell som er mest brukt internasjonalt i dag. Den er grundig verifisert ved hjelp av laboratorieforsøk og standardiserte tester (benchmark tests). MOST leser data (partikkelhastighet og overflatehevning) fra GloBouss og beregner oppskylling i angitte områder (lokasjonene). I tillegg må data for vanddyp og terreng innenfor beregningsområdet til MOST være gitt i forskjellige oppløsninger fra 5 m til 40 m siden MOST må beregne oppskyllingen i tre gittere med stadig finere oppløsning. Modellen er beskrevet av Titov og Gonzalez (1997).

De opprinnelige dybde- og terrengdata er gitt i UTM 33. Siden MOST kun kan regne i geografiske koordinater, blir inngangsdataene projisert fra UTM 33 til geografiske koordinater.

Modeloppsettet (GloBouss og MOST) er beskrevet av Løvholt med flere (2010) og er i tillegg til testene av GloBouss (beskrevet over) grundig testet og sammenliknet med laboratorieforskene ved SINTEF Kyst- og havneteknikk i forbindelse med beregningene av flodbølger dannet av steinskred fra Åknes. Resultatene er oppsummert av NGI (2010), mens laboratorieforskene er beskrevet av SINTEF (2008).

### 3 Referanser

- 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 (2010). 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.
- 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>
- 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 D - Konvergenstest

## Innhold

<b>1 Konvergenstest for kontroll av nøyaktighet</b>	<b>2</b>
---	----------

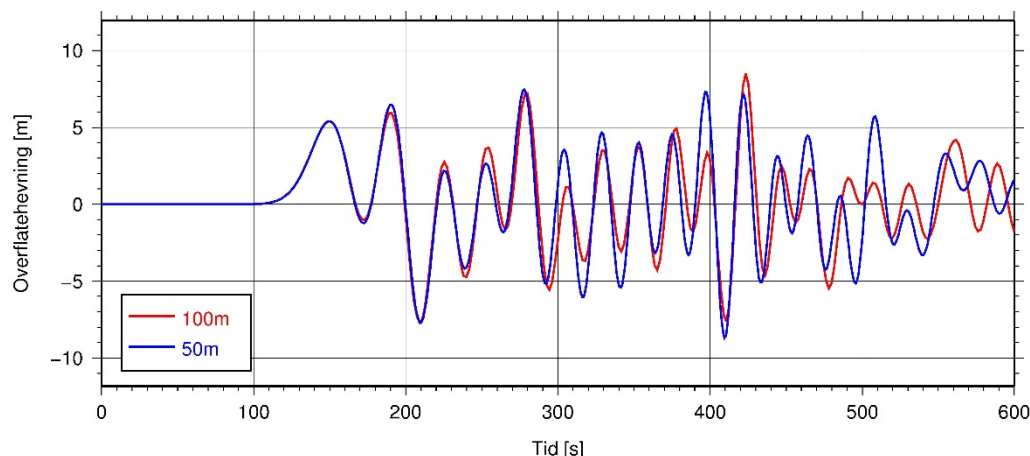
## 1 Konvergenstest for kontroll av nøyaktighet

Bølgelikningene løses numerisk ved at hele beregningsområdet deles opp i et finmasket nett, deretter beregnes bølgehøyde og strømhastighet i hver enkelt maske. Ved å sammenlikne beregninger med ulik maskevidde kan vi måle nøyaktigheten til beregningene og den såkalte konvergensen til metoden. Konvergens oppnås dersom beregningene går mot den samme løsningen for mer og mer finmasket nett.

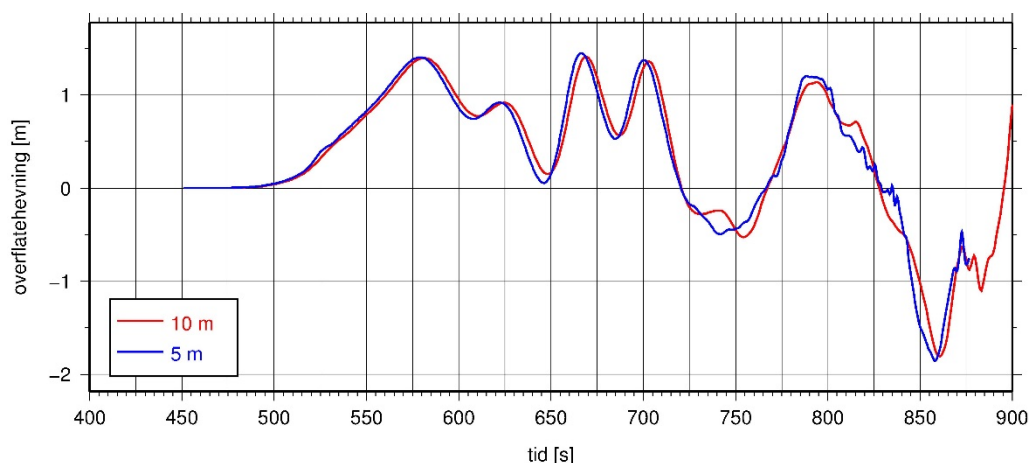
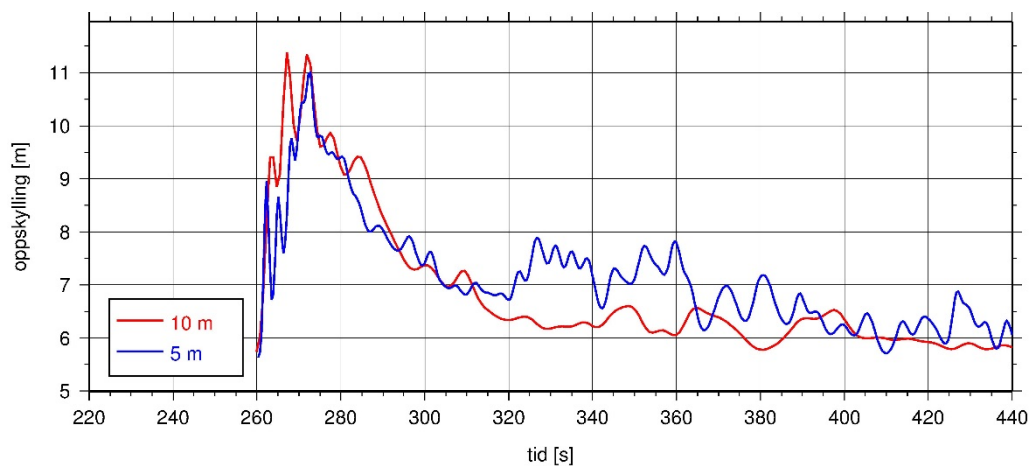
I Figur C1 har vi presentert tidsserier fra GloBouss (bølge modellen) med maskevidde 100 m og 50 m i et punkt med 280 m dyp 4.8 km sør for skredbanen ved Nordnes. Resultatene avdekker en meget god konvergens for ledende bølge, mens det for de påfølgende bølgene er en økende divergens. For ledende bølge er forskjellen ca. 0.1 % mens for bølge nummer to er forskjellen noe større (ca. +6%). Vår erfaring viser at for områder som ligger i enden av en fjord og i større bukter er det den ledende bølgen som gir den største oppskyllingen til tross for at tidsserier som den under (Figur C1) kan vise høyere bølger etter den ledende. De(n) første bølgetoppen(e) er tilnærmet plane bølger, mens de påfølgende oppstår som følge av refleksjoner fra fjordsidene og består av et kaotisk mønster av bølger som beveger seg delvis på tvers av fjorden.

Konvergens for oppskyllingsmodellen, MOST, er vist for et punkt på land i Lyngseidet sentrum samt ved 102 m dyp utenfor Skibotn, Figur C2. Resultatene her viser også en meget god konvergens. For punktet utenfor Skibotn er forskjellen i resultatene med maskevidde 5 m og 10 m mindre enn 0.1 % for ledende bølge (før ledende bølge bryter). Etter at bølgene bryter (Lyngseidet) vil de korte bølgene i fronten bli for dårlig oppløst også med en maskevidde på 5 m. Da blir forskjellene noe større, men likevel har vi fullt ut akseptabel konvergens.

I beregningene i hovedrapporten er det anvendt en maskevidde på 100 m for GloBouss og 10 m (det fineste nettet, "C-nettet") for MOST. Konklusjonen er at løsningene for både bølge- og oppskyllingsberegningene konvergerer.



*Figur C1. Tidsserier fra GloBouss (bølgeomodellen) med maskevidde på 50 m og 100 m i et punkt 4.8 km sør for Nordnes for scenario 1C. Vanddypet her er ca. 280 m.*



*Figur C2. Tidsserier fra MOST (oppskyllingsmodellen) med maskevidde på 5 m og 10 m. Øverst er tidsserier lokalisert på land i Lyngseidet sentrum, mens nederst er tidsserier utenfor Skibotn på 102 m dyp.*

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>														
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Flodbølger i Lyngen etter mulig skred, Nordnes, Lyngen kommune III - Detaljeberegning av oppskylling for skred på 11 millioner kubikkmeter						<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20130206-01-R								
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport/Report			<b>Distribusjon/Distribution</b> Begrenset/Limited			<b>Dato/Date</b> 30. august 2013		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.No.&amp;date</b>						
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Nordnorsk Fjellovervåkning														
<b>Emneord/Keywords</b> Modellering, flodbølger, fjellskred, tsunami, oppskylling, runup, Nordnes, Lyngen														
<b>Stedfesting/Geographical information</b>														
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Troms						<b>Havområde/Offshore area</b>								
<b>Kommune/Municipality</b> Lyngen, Storfjord, Kåfjord, Nordreisa						<b>Felt navn/Field name</b>								
<b>Sted/Location</b> Nordnes						<b>Sted/Location</b>								
<b>Kartblad/Map</b> 1634 I-IV, 1633 IV						<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>								
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 33 N7725495 E710774														
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>														
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>														
<b>Rev./ Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>					<b>Egen- kontroll/ Self review av/by:</b>		<b>Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:</b>		<b>Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:</b>		<b>Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:</b>		
0	Originaldokument					SGL		CH						
<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>					<b>Dato/Date</b> 30. august 2013			<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Sylfest Glimsdal						

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Pirsenteret  
NO-7462 Trondheim  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281/IBAN NO26 5096 0501 281  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

