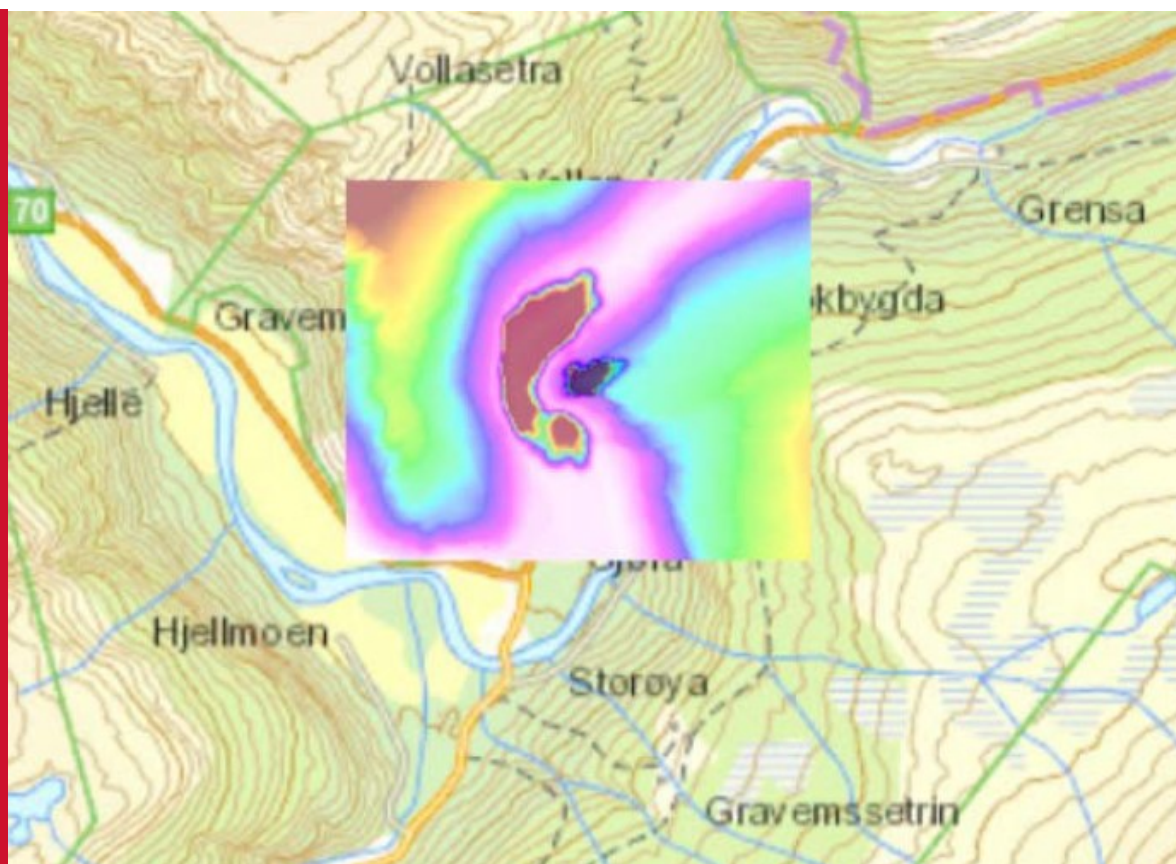


Nr. 18/2022

Dambruddsanalyse – skredgenerert dam Ivasnassen i Sunndalen

Per Ludvig Bjerke



NVE Rapport nr. 18/2022

Dambruddsanalyse – skredgenerert dam Ivasnasen i Sunndalen

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Per Ludvig Bjerke

Forsidefoto:

ISBN: 978-82-410-2216-6

ISSN: 1501-2832

Vår ref.: NVE 201903669-12

Arkiv: 333 /109.CO

Sammendrag:

Det er simulert brudd på en skredgenerert dam i Sunndalen. Ut fra simulering av et fjellskred fra Ivasnasen med er det antatt at massene blir liggende 12 m over dalbunnen og nå opp til høyde på 215 moh. Dammen vil strekke ca. 2.7 km oppover dalen og inneholde ca. 5 mill m³ vann. Brudd på dammen vil kunne gi en vannføring opp mot 1000 m³/s. Maksimal vannføringen vil inntre 40 minutter etter bruddstart og dammen vil være tømt etter 2 timer. Bølgefronten tar 4 timer på den 36 km lange strekningen til havet. Vannføringen reduseres nedover, og er ved utløpet ca. 500 m³/s. Høyden av flombølgen er maksimum ca. 4-5 m over normalvannstand nedover elva. Det er hastigheter opp mot 7 m/s i de bratte strykene, mens det i elva ellers er opp mot 4-5 m/s og på elveslettene utenom elvetrauet er hastigheten opp mot 2-3 m/s.

Emneord:

Skred, Ivasnasen, dambrudd, Sunndalen

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Mai, 2022

Innhold

Forord.....	4
1. Innledning	5
2. Skredutløpet	6
3. Sannsynlighet for skred og oppdemming.....	7
4. Oppfylling av dammen	8
5. Beregning av vannføring ved brudd på dammen	9
6. Om hydraulisk modellering	12
7. Resultater.....	12
8. Følsomhetsanalyse.....	19
9. Konklusjon.....	20
10. Referanser	20

Forord

På oppdrag for SVF har Hydrologisk avdeling i NVE utført dambruddsbølgeberegninger for en dam generert fra utrasing av fjellet Ivasnassen i Sunndalen i Troms.

Arbeidet er blitt utført i 2020 med Per Ludvig Bjerke som ansvarlig for oppdraget fra NVE sin side. Byman Hamududu og Ingrid Skrede har kvalitetssikret rapporten internt.

Trondheim, april 2022



Elise Trondsen
Seksjonssjef



Per Ludvig Bjerke
Prosjektleder

1. Innledning

Ivasnasen er et ustabilt fjellparti som ligger over Gjøraneaset på sørøstsida av Sunndalen, 30 km vest for Oppdal, se figur 1. Fjellpartiet er avgrenset av en bakskrent som er opptil 10 m høy og ca. 300 m lang. Fjellpartiet er frittstående på begge sider, og ligger ved et historisk fjellskred. Glideplanet er foliasjonsparallelt. Volumet er om lag 2.8 millioner m³.

Bevegelsesmålinger med ekstensometer og bakkebasert laserskanning (2010-2014) viser ikke bevegelse. Et potensielt skred vil ikke nå bebyggelse, men kan krysse hovedveien og demme opp elva Driva. Sidan dammen vil bli høy vil den ved høy vannføring i elva kunne være ustabil og sannsynligheten for dambrudd er stor.

Hvor fort dammen vil fylles og eventuelt kollapse er avhengig av flere faktorer. De viktigste faktorene er vannføringen i elva, porøsiteten av massene, høyden og fordelingen av de utrasede massene som blir liggende.

Det er gjort modelleringer av skredutløpet og figur 2 er vist hvilken utstrekning raset kan få.

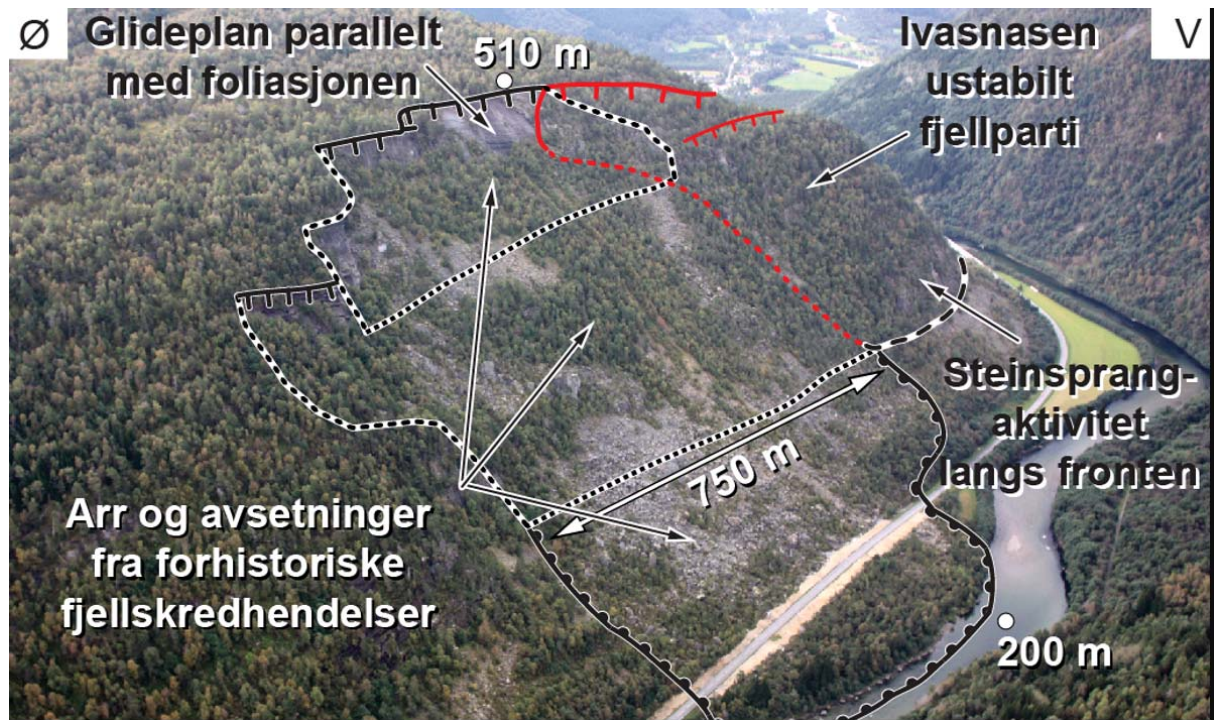
Hovedmålet med dette prosjektet er å estimere vannføringer og vannstander nedover elva ved et eventuelt dambrudd.



Figur 1 Kart over det ustabile fjellpartiet ved Ivasnasen.

2. Skredutløpet

Utløp av et potensielt skred er modellert og publisert på NGU og NVE sine databaser. Det konkluderes med at opptil 2.8 millioner m³ masse kan rase ut. Figur 2 viser området som kan rase ut.

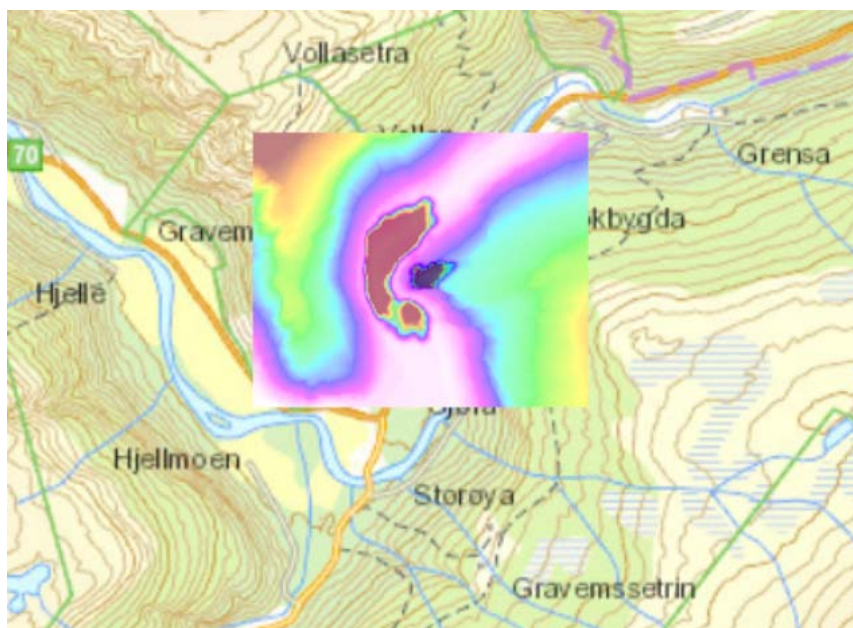


Figur 2 Oversiktsbildet av det ustabile fjellpartiet og det forhistoriske fjellskredet.

NGU har utført modellering med DAN3D omtalt i McDougall (2009). De gir store forskjeller i høyden på dammen. DAN3D gir 11.3 m mens empiriske modeller gir høyder fra 16 til 60 m, se vedlegg. Grunnen til den store forskjellen er at den empiriske modellen antar at alt som løsner blir avsett på dalbunnen, mens i DAN3D vil også materiale bli liggende igjen i skråninga. Dalen er trang og det har mye å si for utbredelsen. DAN3D er trolig mest realistisk, og at materiale blir liggende igjen i skråninga stemmer med avsetningene til det historiske skredet som ligger like ved Ivasnassen. Det er derfor beregnet dambrudd for en dam som er 11.6 m høy. Ved en lineær fordeling mellom 1.2 og 5.0 får vi en relativ sannsynlighet for dambrudd ved Ivasnassen av 70 % (for en oppdemningshøyde på 11.6 m iht. DAND og en resulterende DBI-verdi på 3.85).

FlowR modelleringen som er brukt i utløpsanalysen gir bare informasjon om fjellskredets utbredelse på overflaten, men ingen informasjon om tykkelsen av avsetningene. For å kunne vurdere oppdemning og mulig dambrudd trengs det informasjon om skredets mektighet. Til dette er det utført en detaljert 3-dimensjonal utløpsmodellering ved hjelp av DAN3D. Basert på data fra historiske og forhistoriske fjellskred i Norge antas det at metoden er en konservativ tilnærming for maksimum utløpslengde av norske fjellskred.

Det er i dambruddsbølgeberegningen bare valgt å kjøre simuleringer med en damhøyde på kote 215 moh, det vil si en oppdemning på rundt 15 meter.

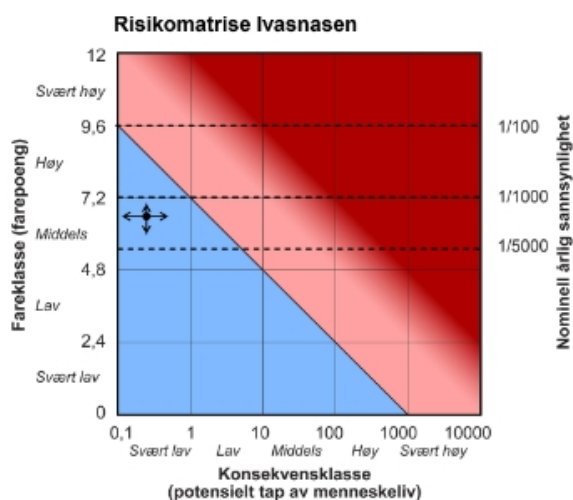


Figur 3 Kart som viser skredet i dalbunnen. Rødt er markert som høyeste nivå på skredet og lysere farge gir lavere høyde.

3. Sannsynlighet for skred og oppdemming

Det er ønskelig å kunne si noe om sannsynligheten for et skred og sannsynligheter for forskjellige scenarier både for skred og dambrudd. Utgangspunktet vil være det nasjonale system for fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellmasser rapportert i Hermanns m. fl. (2012) og Böhme m.fl. (2016).

Basert på NGU sin fare- og risikoklassifisering er sannsynligheten for et skred dra Ivasnasen mellom 1/1000 og 1/5000, men konsekvensene i utløpet av selve skredet er svært lave. Dette er uten å ta hensyn for dam- og dambrudd sidan det sannsynlegvis vil være nok tid for folk å evakuere når et skred har gått.



Figur 4 Figur som viser risikoklassifisering for Ivasnasen.

Kartleggingen av faresoner tilknyttet flommen i elva vil bedre grunnlaget for vurdering av farene i arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskapssituasjoner.

Et fjellskred fra Ivasnasen vil bli varslet, og en oppfylling av en dam kan ta flere dager. Det vil derfor være lite sannsynlig at en eventuell dambruddsflom vil føre til tap av menneskeliv. Ved det ustabile fjellpartiet Mannen i Rauma kommune ble det på bakgrunn av dette konkludert med at flomfaren nedstrøms som følge av dambrudd skal håndteres som en vanlig flom i arealplan. Det samme vil sannsynligvis gjelde for Ivasnasen ved at oppfyllingen av en eventuell dam kan ta flere dager. Og det vil ikke være fare for menneskeliv da en evakuering vil ha funnet sted i god tid før et eventuelt dambrudd.

Det er imidlertid mange usikkerheter knyttet til modellering av skred. Det er spesielt vanskelig å modellere forløpet av skred når det treffer elvebunn, og kan inkorporere vannmettet løsmasser. Det er ikke uvanlig at slike store skred fører til sekundære skred utløst av en mobilisering av eksisterende dalbunnssedimenter. Disse sekundære skredene vil være tynne, og vil ikke føre til vesentlig oppdemming av elva.

Skredgenererte demninger kan være stabile i noen få minutter til flere titalls år, men kan også forbli stabile. Dette er avhengig av størrelse, utforming, topografi, kornfordeling, vann- og sedimentinnstrømning. Disse demningene skiller seg fra menneskeskapte ved at de er sammensatt av ukonsoliderte og usorterte løsmasser etter et fjellskred.

Det er store usikkerheter i modeller for utløp og form på fjellskredet. Analysemetoden NGU har brukt (DAN 3D) har vist seg å ofte gi for stor arealutbredelse eller for stor utflyting. NVE må derfor ta høyde for at skreddemningen kan bli høyere.

4. Oppfylling av dammen

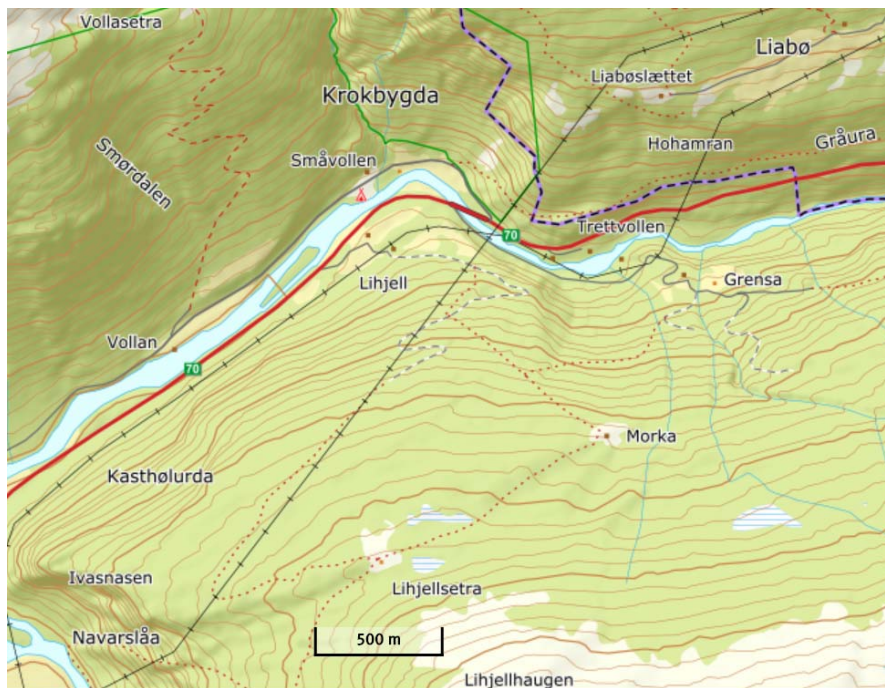
Simuleringene viser at skredavsetningene vil demme opp elva fra dagens nivå på kote 200 moh og opp til ca. kote 215 moh. Det vil da bli en dam som strekker seg opp fra Kasthølurda og 2.7 km opp til Grensa som vist i figur 6. Den vil romme et volum på mellom 4.5 og 6 mill m³. Tabell 1 viser oppfyllingstid for gitte vannføringer i elva.

Den spesifikke midlere avrenning er 23 l/sek*km² som gir en vannføring i elva på 38 m³/s for det 1661 km² store feltet ned til Ivasnasen. En middelflom er 285 m³/s og en 200 års flom er 831 m³/s inklusive klimapåslag og beregnet fra NVE Nevina.

Det vil ta 36 timer å fylle opp en demning til kote 215 moh med normalvannføring i elva, mens det ved middelflom vil ta 5 timer og ved 200 års flom tar det 1.5 time.

Tabell 1 Tabellen viser fyllingstider for en demning fra skred.

Oppfyllingstid i timer	Vannføring			Magasin volum (mill m ³)
	Normalvannføring	Middelflom	200 års flom	
Opp til kote 215	36	5	1.5	5



Figur 5 Kart som viser hvor langt opp en dam vil nå.

5. Beregning av vannføring ved brudd på dammen

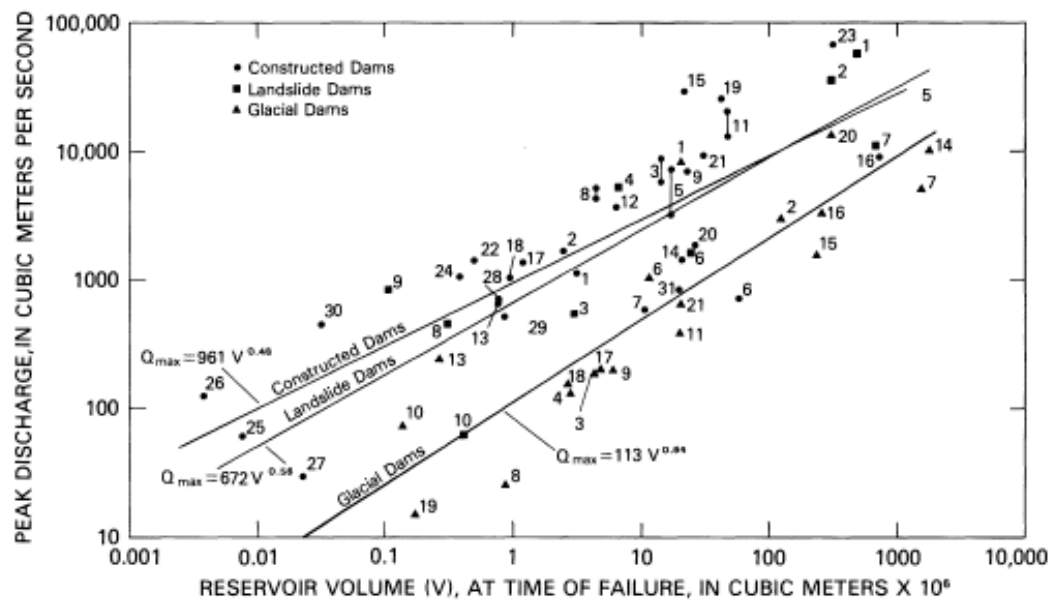
Oppbygningen av en skredgenerert dam har flere usikre momenter. Dette gjelder både tykkelse, utbredelse samt materialsammensetning og morfologi. Skredavsetningen vil bestå av en blanding av store fjellblokker og nedknust materiale fra fjellskredet, sammen med andre masser som er remobilisert i skredbanen.

Det kan ikke utelukkes at deler av demningen kan bestå av større områder med finkornete sedimenter. Simuleringen gir inntrykk av en jevn overflate på skredavsetningen, dette er egenskaper til enhver modellering og en forenkling av virkeligheten. Rygger og blokker vil utgjøre lokale forhøyninger og ikke være monoton i hele utløpsområdet i dalen. For demningen sin del er det først og fremst det laveste punktet i demningen som er viktig for oppdemningshøyde, og ikke andre lokale forhøyninger med rygger og blokker. Det er vanskelig å forutse hvordan utstrekningen og hvilke masser som vil utgjøre demningen ved et slikt skred.

For å bestemme den endelige åpningen av bruddet, tida bruddet tar og dermed den maksimale vannføringen ved bruddet er det flere mulige metoder å bruke. Det er utviklet flere empiriske formler for en slik beregning, og felles for alle at de er basert på data fra tidligere brudd fra jorrdammer og skredgenererte dambrudd. Formlene er utførlig diskutert i Neves (2015).

Det er også fra empiriske data funnet sammenhenger mellom vannføringer, damhøyde og damvolum fra skredgenererte dambrudd, se for eksempel Costa 1985.

Det er også sett på sammenhenger mellom vannføring, damhøyde og vannvolum. I figur 6 vises sammenhengene mellom bruddvannføring og volumet ut av dammen for historiske hendelser. For Ivasnasen ligger magasinvolumet på 4.5 til 6 millioner m^3 , og fra figuren sees at vannføringen da ligger på mellom 100 og 2000 m^3/s .



Figur 6 Figur som viser sammenhengen mellom bruddvannføring og volum av oppdemt dam. Fra Costa 1985.

I figur 7 er det plottet empiriske verdier for sammenhengen mellom bruddvannføring og damhøyde. For Ivasnasen er damhøyden 11.6 m, og fra figuren sees at vannføringen da har ligget på mellom 100 og 2000 m³/s.

I figur 9 er vist den empiriske sammenhengen mellom damfaktor (høyde x volum), og vannføring ved brudd. For Ivasnasen vist med blå strek er damfaktoren 90. Ut fra figuren kan det leses at vannføringen da har ligget mellom 500 og 3000 m³/s.

For å finne de ulike vannføringene for Ivasnasen har man beregnet vannføringen med flere ulike metoder og valgt en middelerdi av disse. Vannføringen viser seg å variere fra 200 til 4000 m³/s avhengig av hvilken metode man bruker. Det er valgt å bruke en vannføring lik 1000 m³/s i beregningene. Dette ligger innenfor de sammenhenger som er funnet mellom vannføring og de ulike faktorer som bestemmer vannføringene

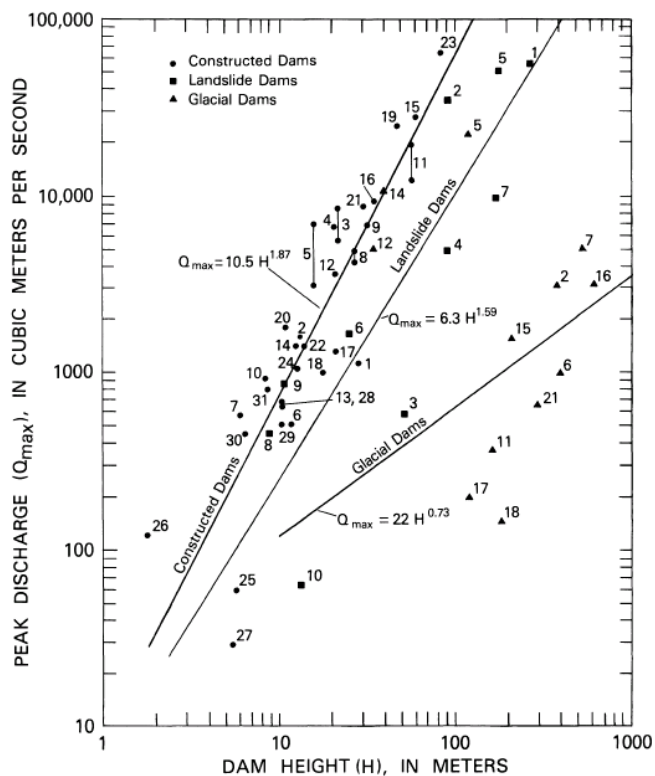
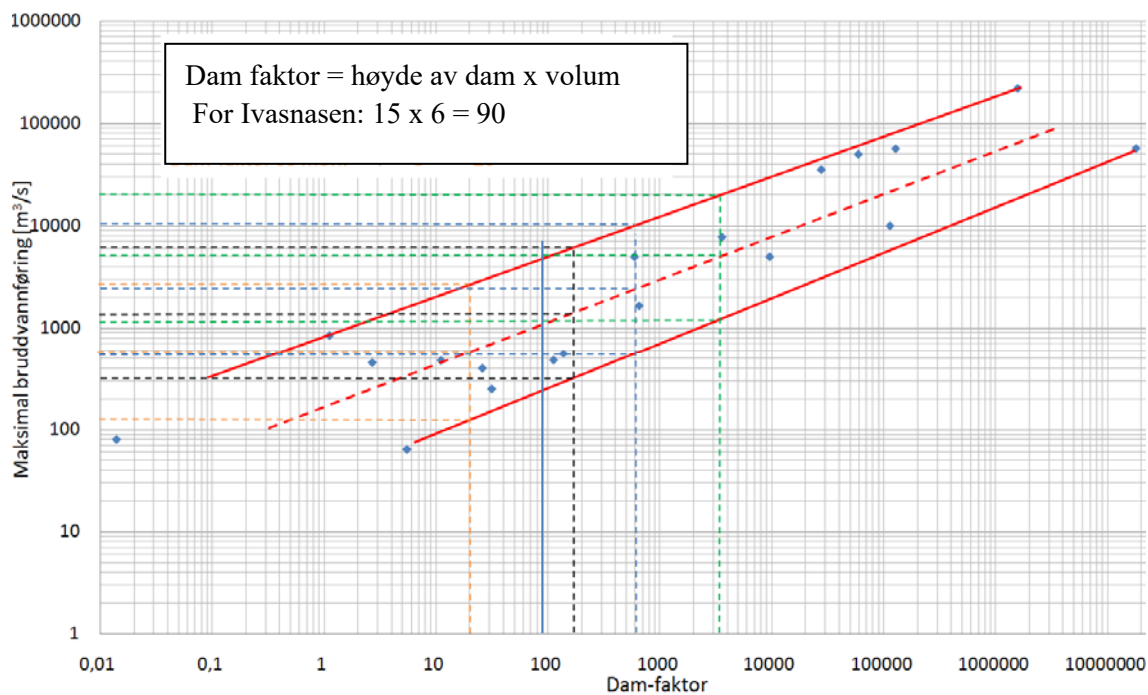


Figure 4. Graph showing dam height (H, in meters) versus peak discharge (Q_{max} in cubic meters per second) for constructed, glacial, and landslide dams with numbers keyed to tables 3, 5 and 6.

Figur 7 Figur som viser sammenhengen mellom bruddvannføring og demningshøyde. Fra Costa 1985.



Figur 8 Figur som viser sammenhengen mellom damfaktor (produktet av volum x damhøyde) og vannføring ved dambrudd for skredgenererte dammer. Fra Manville, 2001.

Basert på forannevnte data er det kjørt simuleringer med et dambrudd på en demning med høyde 11.6 m og med en vannføring lik 1000 m³/s basert på en bruddtid på 42 minutter.

6. Om hydraulisk modellering

For å finne vannstander, vannhastigheter og vanddyp nedover elva simuleres elvetsrømningen med en hydraulisk datamodell. Hec-Ras er en modell som simulerer både 1-dimensjonal og 2-dimensjonal elvestrømning og benytter løsningen av energiligningen som basis for beregningene. Strømningen i elva estimeres ved en iterert løsning av energi- og kontinuitetsligningene. Energitap beregnes ved hjelp av friksjons- og kontraksjons/ekspansjons koeffisienter multiplisert med hastighetshøyden. Ved raske endringer i vannstanden anvendes bevegelsesligningen.

Modelloppsett

Hec-Ras har mange muligheter for å simulere en vannstrømning. I denne simuleringen er det både simulert med 1-D og 2-D modeller for å være tryggest mulig på resultatet.

Datagrunnlag

Kart som viser terrengmodellen som er brukt i beregningene er vist i figur 10 og i vedlegg 3. Elva slynger seg nedover i blått. Det øverste partiet er merket rødt og ca. 70 moh.

Elverouting

Simulering av strømningen til en vannmengde ut av et magasin eller nedover et vassdrag kalles routing. Det er to hovedmetoder for routing: Hydraulisk og hydrologisk routing. Hydrologisk routing kan beskrives som å ta bort en vegg i et badekar slik at vannet bare velter ut, mens hydraulisk routing tar hensyn til forholdene i magasinet som ruhet og som derfor krever profil for å beskrive forholdene. Det er kjørt hydraulisk routing gjennom magasinet som dannes oppstrøms og videre hele veien ned til sjøen. For å beskrive topografien er det brukt en digital terrengmodell og vist på kartet i figur 9.

Grensebetingelser

I modellen må det være grensebetingelser som definerer inngang og utgangsverdier for modellen. Som øvre grensebetingelse settes inn vannføringen med maksimum 1000 m³/s. Som nedre grensebetingelse settes vannstanden i havet ved lik middelvannstand lik 0.

Sedimentavsetning i elva

Elva vil ved flom erodere og transportere sand og grus. Hvor det vil eroderes og hvor det vil avsettes er avhengig av vannhastighet, helning av elva og hvordan elva svinger. Der elva flater ut vil vannhastigheten avta betydelig og de minste partiklene vil falle mot bunnen. Dette vil medføre at store mengder avsettes på de flate partier og ved munningen av elva og bygge på de allerede eksisterende deltaet.

Bruer

Det er ikke inkludert bruer i modelleringen.

7. Resultater

Resultater fra beregningene er vist på figur 3 til figur 14. Det er vist vannføring, vannstand og flomutbredelsen fra øverst like nedenfor dammen og ned til Sunndalsøra.

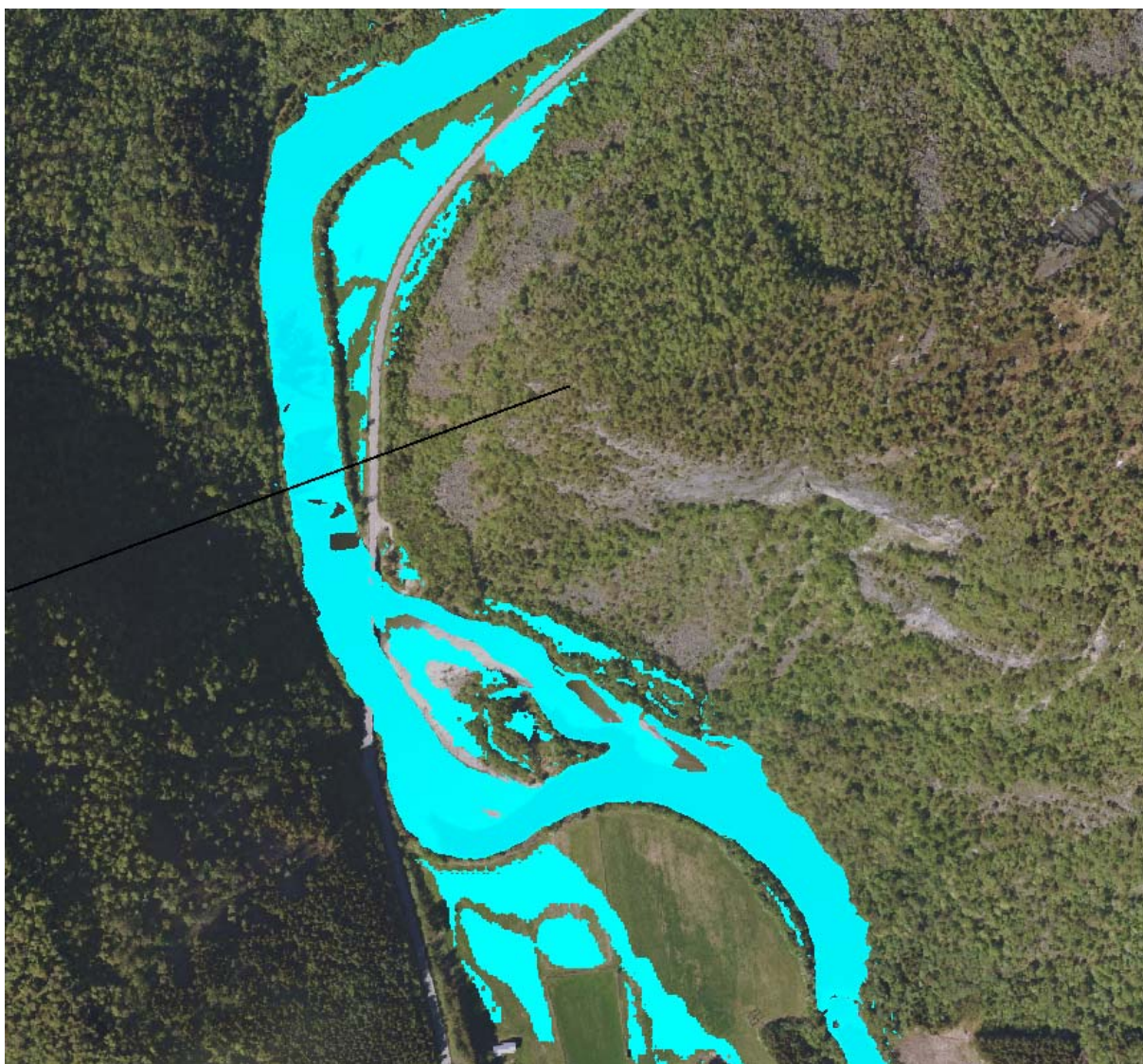
Det vil være en vannføring på 1000 m³/s til å begynne med, men den synker nedover elva og ved utløpet i Sunndalsøra vil den være mellom 5 og 600 m³/s.

Resultatene viser at flombølgen vil nå 3-4 m over normal vannstanden øverst og ned til 2 m nederst i dalen, Hastighetene vil være størst i strykene og kan komme opp i 5 m/s.

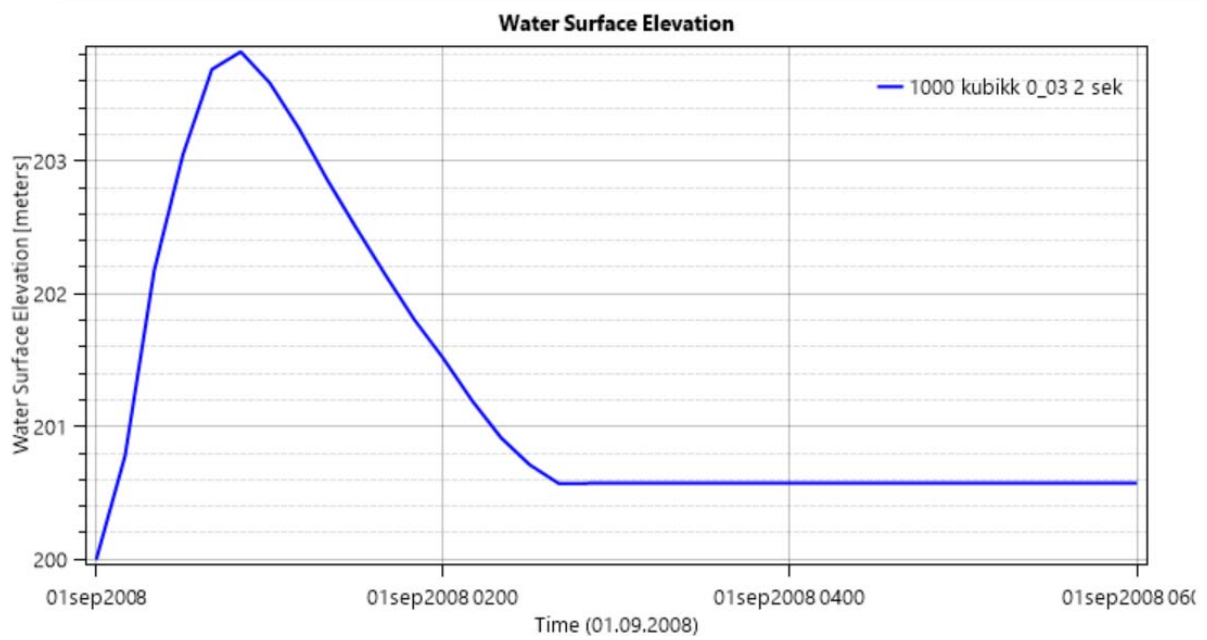
Figur 3 og 4 viser vannstanden og utbredelsen rett nedenfor dammen. Figur 5 og 6 viser utbredelse og vannføring ved Hjelle som er ca. 6 km ned for dammen. Figur 7 viser vannstanden ved Otta som ligger ca. 10 km ned for dammen. Figur 8 og 9 viser utbredelse og vannføring ved Gikling ca. 21 km ned for dammen.

Figur 10 viser vannstanden ved Elverhøy bru som er 30 km ned for dammen. Den stiger raskt opp til 36.5 moh, men synker adskillig langsommere fordi toppen av bølgen har dempet seg og har strukket seg i lengderetningen på vei nedover dalen.

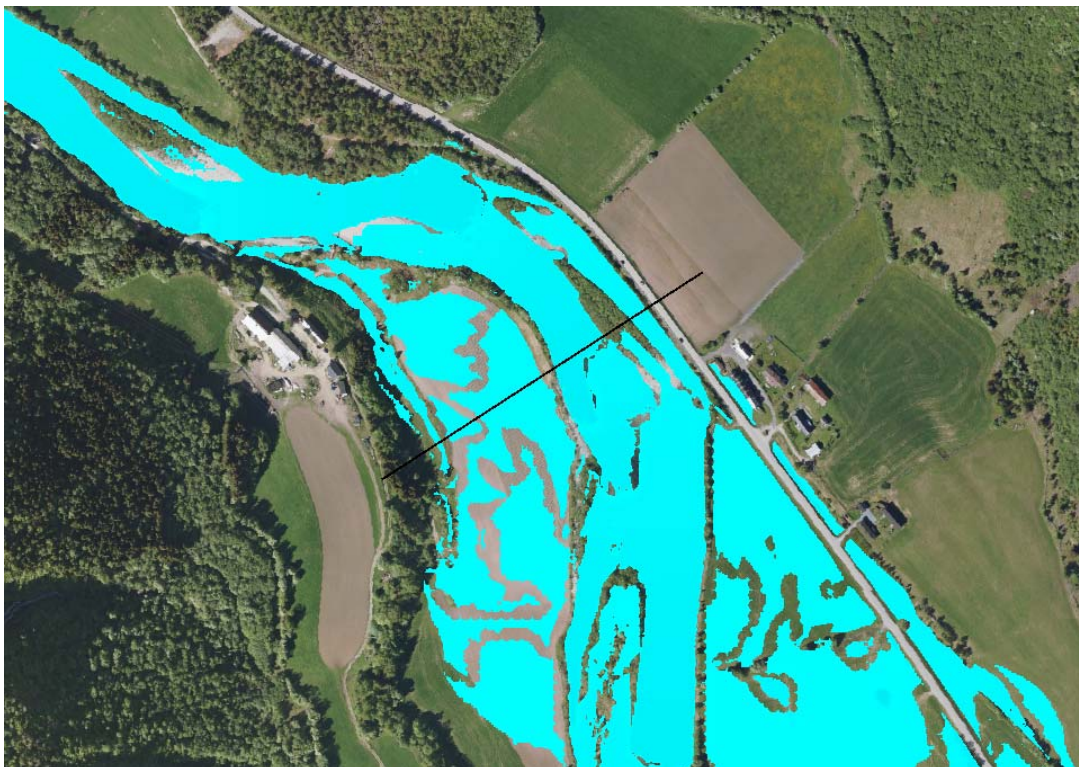
Figur 11 viser utbredelsen ved Sunndalsøra som er ca. 37 km ned for dammen. Figur 12 og 13 viser vannstanden og vannføringen nede ved Sunndalsøra.



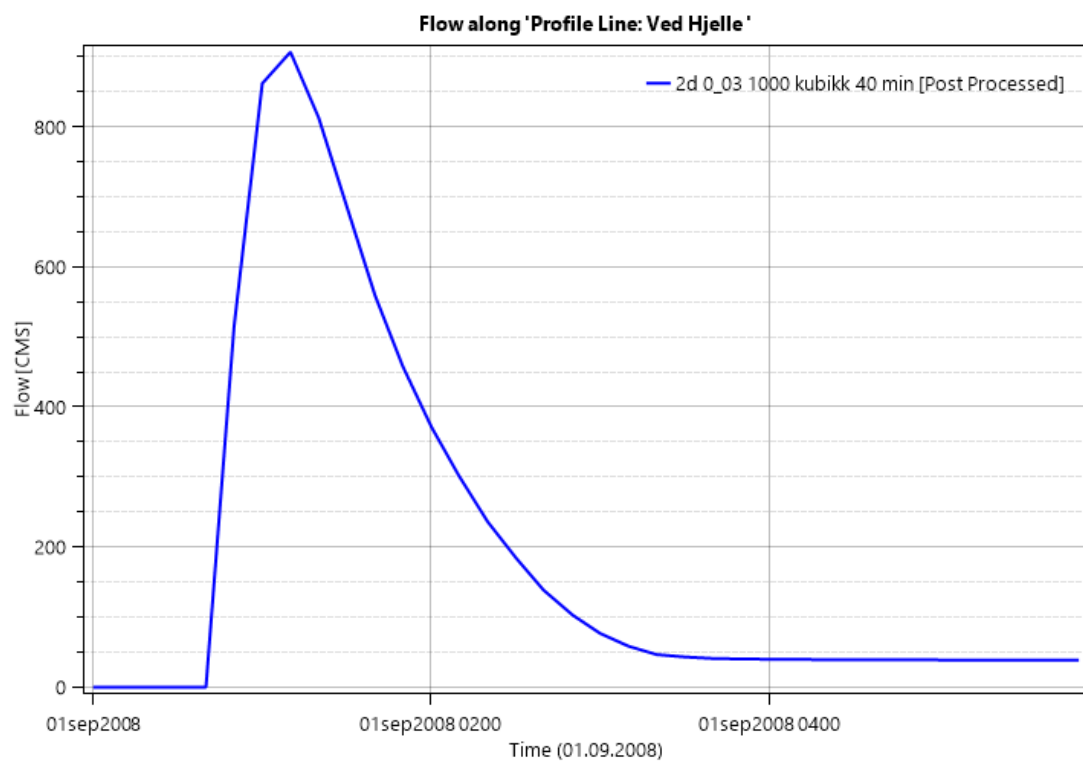
Figur 3 Figur som viser utbredelsen like nedenfor dammen



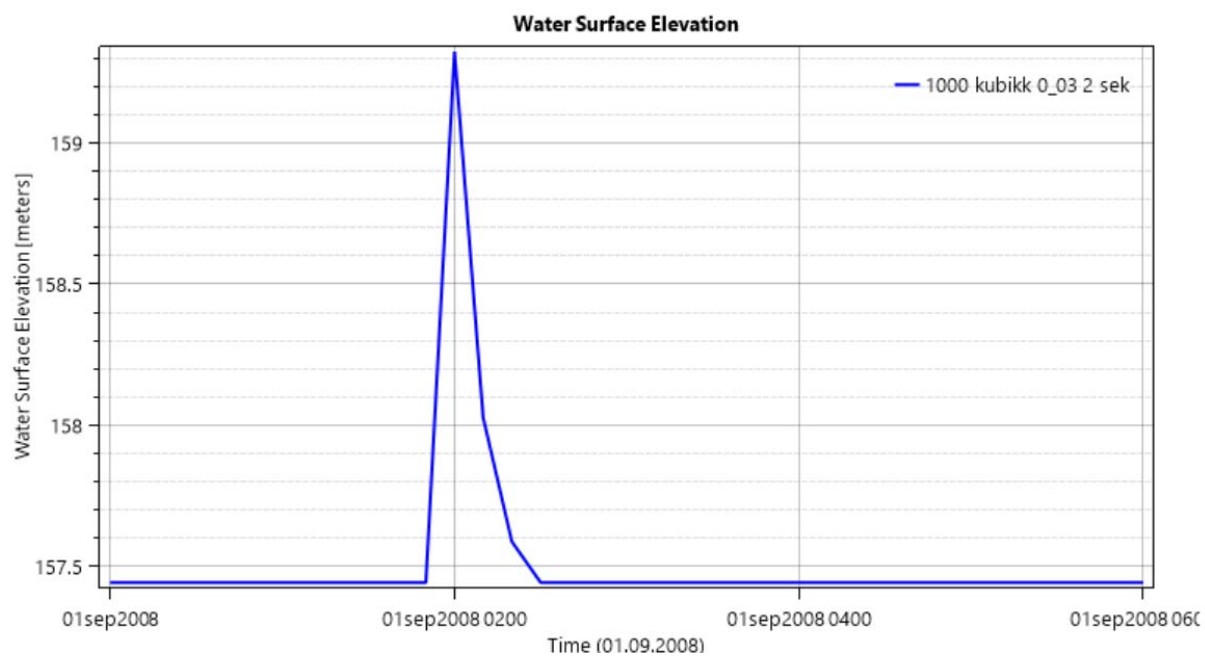
Figur 4 Figur som viser vannstandstigningen rett ned for dammen.



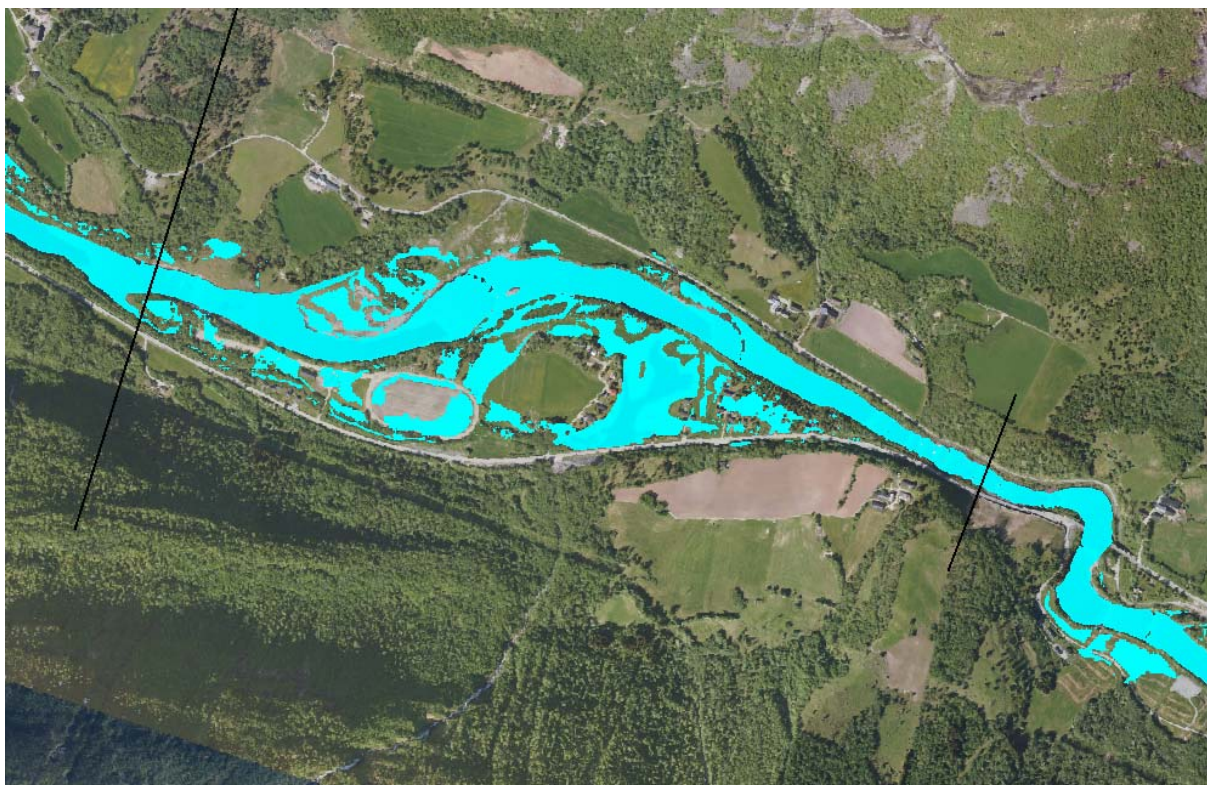
Figur 5 Utbredelsen av bølgen ved Hjelle 6.2 km ned for dammen.



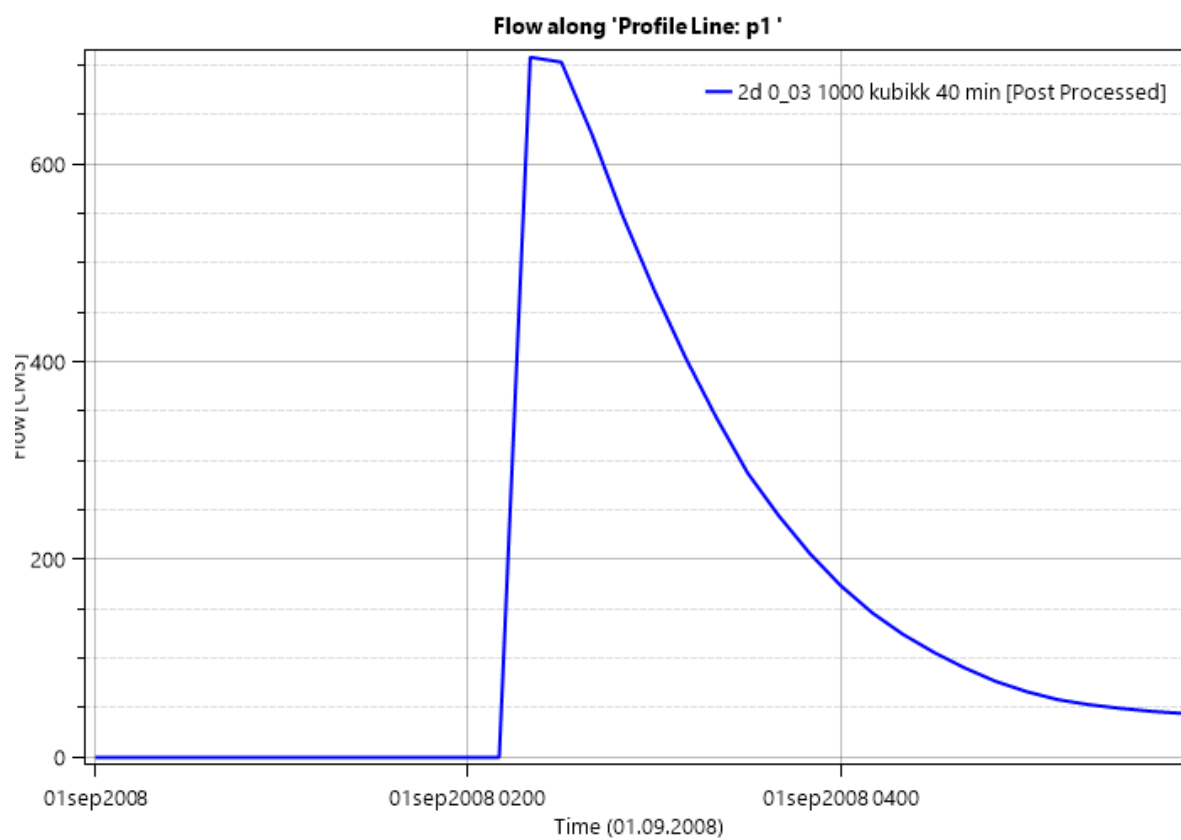
Figur 6 Figur som viser vannføringen ved Hjelle



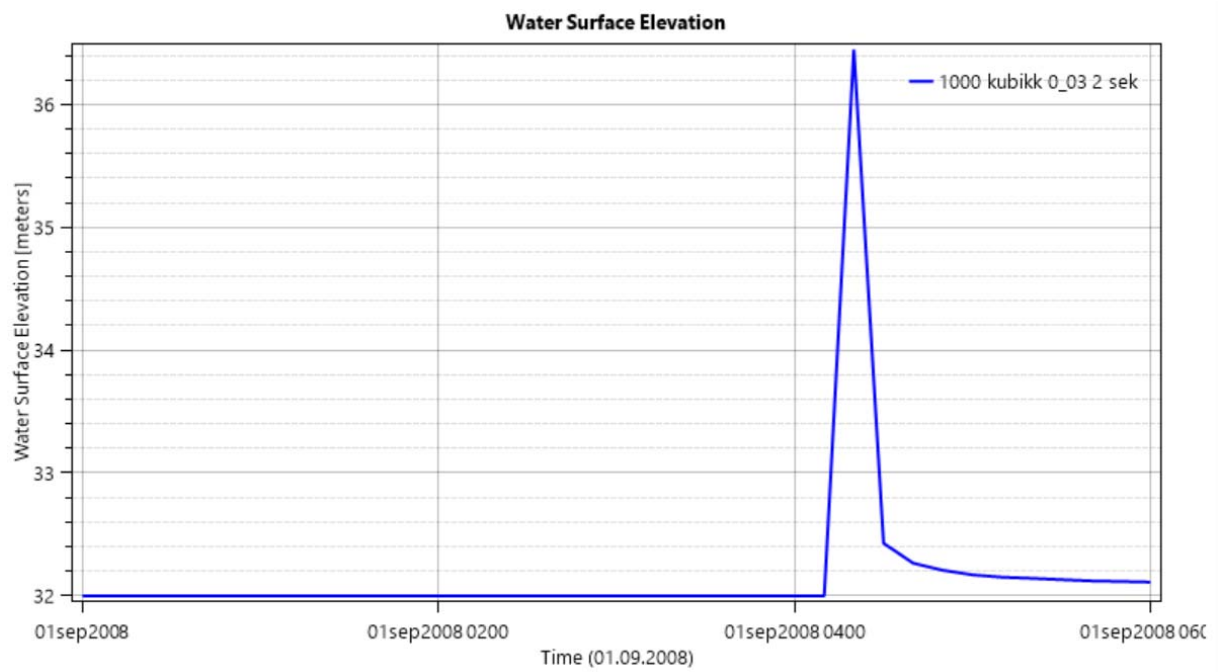
Figur 7 Figur som viser vannstand ved Otta ca 10 km ned for dammen



Figur 8 Utbredelse av flombølgen ved Gikling 21.7 km ned for dammen.



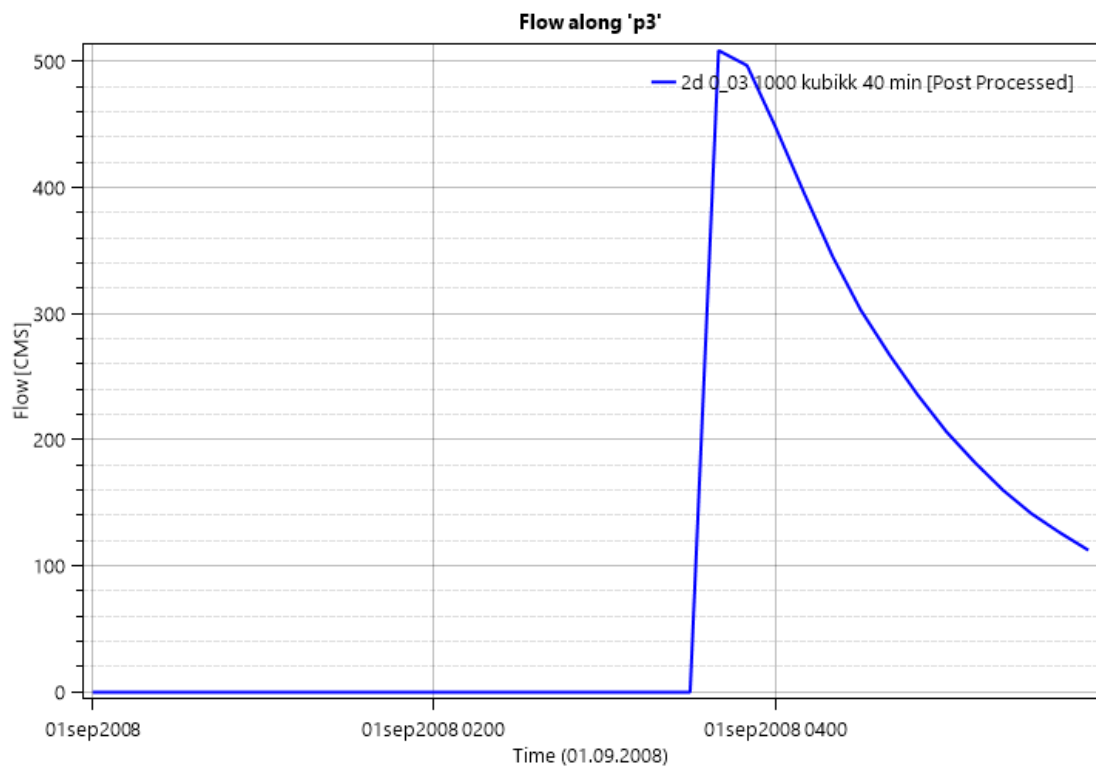
Figur 9 Figur som viser vannføringen ved Gikling



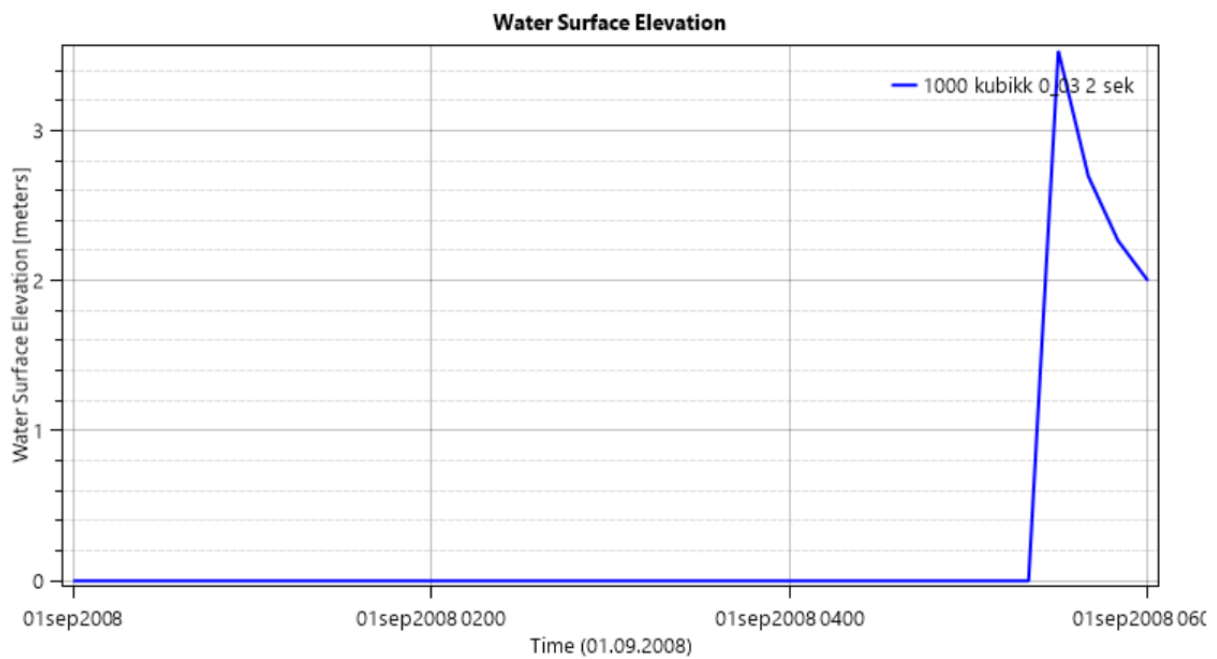
Figur 10 Figur som viser vannstanden ved Elvehøy bru 30 km ned for dammen



Figur 11 Utbredelse av bølgen nede ved Sunndalsøra som er ca. 37 km ned for dammen.



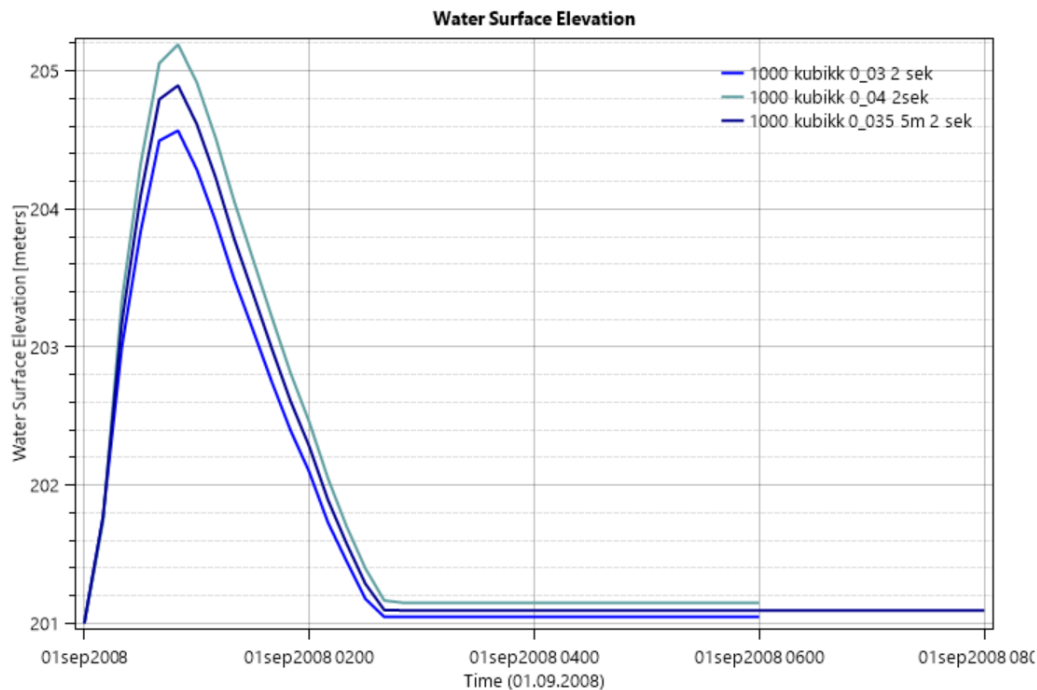
Figur 12 Figur som viser vannføring like opp for Sunndalsøra.



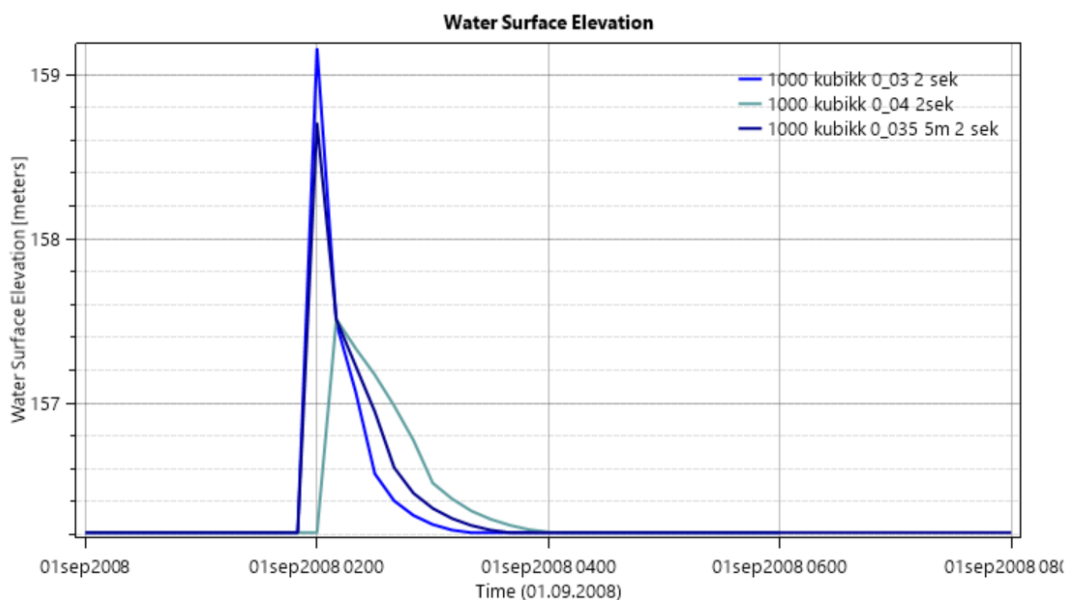
Figur 13 Figur som viser vannstanden like opp for Sundalsøra. Maksimal vannføring er ca 500 m³/s

8. Følsomhetsanalyse.

Det er utført en følsomhetsanalyse ved varierer Mannings n. Dette er gjort for verdier fra 0.03 til 0.055.



Figur 15 Figur som viser kjøring med ulike Mannings n (ruhet) fra 0.03 til 0.04. Kurvene tyder på at modellen er stabil. Dette er rett ned for dammen.



Figur 146 Vannstandsheving nede ved Otta ca 10 km ned for dammen for forskjellige ruheter

9. Konklusjon

Det er simulert brudd på en skredgenerert dam i Sunndalen. Ut fra simulering av et fjellskred fra Ivasnasen med er det antatt at massene blir liggende 12 m over dalbunnen og nå opp til høyde på 215 moh. Dammen vil strekke ca 2.7 km oppover dalen og inneholde ca 5 mill m³ vann. Sannsynligheten for at denne vil gå i brudd ansees som svært høy.

Basert på empiriske data fra naturlig kollapsede dammer vil dette kunne gi en vannføring opp mot 1000 m³/s. Ved bruk av Frohlich formel vil maksimal vannføringen inntre 40 minutter etter bruddstart og dammen vil være tømt etter 2 timer. Bølgefronten tar 4 timer på den 36 km lange strekningen til havet. Vannføringen reduseres nedover, og er ved utløpet ca. 500 m³/s. Høyden av flombølgen er maksimum ca. 4-5 m over normalvannstand nedover elva. Dette variere noe avhengig av helning og bredde på elva. Det er hastigheter opp mot 7 m/s i de bratte strykene, mens det i elva ellers er opp mot 4-5 m/s og på elveslettene utenom elvetrauet er hastigheten opp mot 2-3 m/s.

10. Referanser

Thierry Oppikofer et. al (2020): Forecasting dam height and stability of dams formed by rock slope failures I Norway.

Martina Böhme m. fl. NGU (2016): Geologisk modell og fare- og risikoklassifisering av det ustabile fjellpartiet Ivasnasen 3 i Sunndalen i Troms.

Manville, V., (2001): Techniques for evaluating the size of potential dam-break floods from natural dams. Institute of Geological & Nuclear Sciences science report 2001/28.

Hermanns m. fl. (2012): Recommended hazard and risk classification system for large unstable rock slopes in Norway. NGU 2012.029.

Costa and Schuster (1988): The formation and failure of natural dams. *Geological Society of America Bulletin*; juli 1988; v. 100; no. 7; sider. 1054-1068.

Costa, J. E., (1988): Floods from dam failures, in Baker, V. R., Kochel, R. C., and Patton, P. C., eds., *Flood geomorphology*: New York, John Wiley & Sons, p. 439-463.

Ermini, L. & Casagli, N. (2003): Prediction of the behaviour of landslide dams using a geomorphological dimensionless index. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28:31-47.

NVE (2004): Flomberegning for Driva i Sunndalen

Frohlich, D. C., (1987): "Embankment-Dam Breach Parameters," *Hydraulic Engineering Proceedings of the 1987 ASCE National Conference on Hydraulic Engineering*, Williamsburg, Virginia, August 3-7, 1987, 570-575.

Frohlich, D. C. 1995(a): "Peak Outflow from Breached Embankment Dam," *Water Resources Engineering, Proceedings of the 1995 ASCE Conference on Water Resources Engineering*, San Antonio, Texas, August 14-18, 1995, 887-891.

Froehlich, D. C. (1995)(b): "Embankment Dam Breach Parameters Revisited," *Journal of Water Resources Planning and Management*, 121(1), 90-97.

DSB Havnivåstigning (2009): Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. Revidert utgave 2009.

Neves, B. (2015): Assessment of self rescue zones regarding breach opening methods. Universidade Federal Da Bahia.

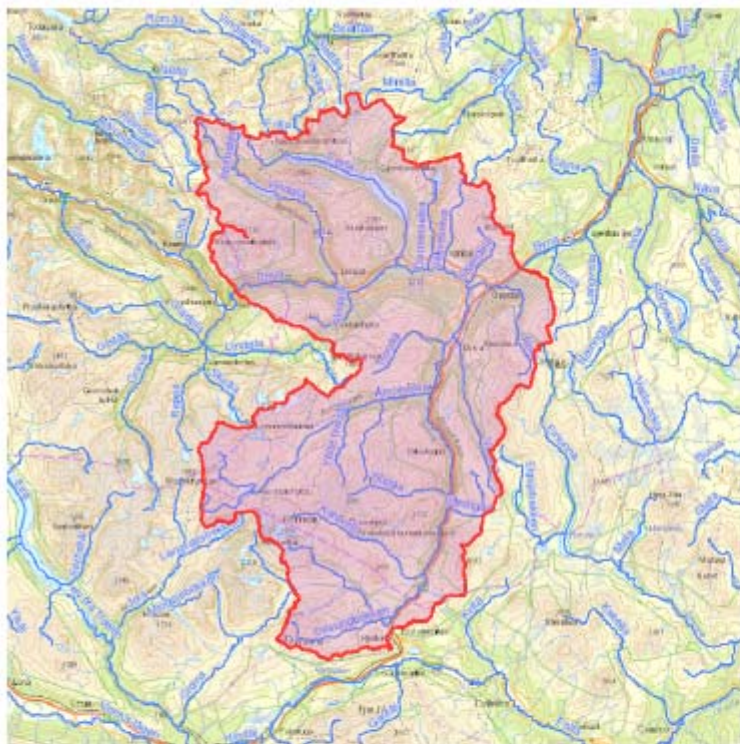
Vedlegg 1 Informasjon om dammer generert fra naturlige skred.

Ivasnasen har volum 2.8 mill m³, max modellert dam høyde 11.3 m, max empirisk beregnet er 16-40m.

Site	Dam volume V_D [10 ⁶ m ³]	Valley width W_V [m]	Dam area A_D [km ²]	Catchment area A_C [km ²]	Measured/modelled dam characteristics			Empirically predicted dam characteristics				
					Maximum dam height $H_{D,max}$ [m]	Dimension-less blockage index DBI [-]	Probability of failure p_f [%]	Maximum dam height $H_{D,max}$			Dimension-less blockage index DBI [-]	Probability of failure p_f [%]
								$f(V_D)$ (Eq. 2) [m]	$f(V_D, W_V)$ (Eq. 4) [m]	$f(V_D, A_D)$ (Eq. 5) [m]		
Past rock avalanche dams in Northern Norway												
Grøtnesura	14.5	800	0.58	18	50	1.79	15%	58 (105)	48 (83)	44 (65)	1.73 (1.90)	14% (18%)
Kvarteurda	16.8	620	0.44	29	60	2.02	21%	61 (110)	57 (100)	67 (99)	2.06 (2.23)	23% (27%)
Langfjordura	15	670	0.58	5	40	1.08	0%	59 (106)	52 (92)	45 (67)	1.14 (1.31)	0% (3%)
Steinura	12	550	0.46	21	40	1.85	17%	55 (99)	52 (91)	46 (67)	1.90 (2.07)	18% (23%)
Potential future rock avalanche dams												
Gamanjunni	26	925	2.05	150	18	2.01	21%	70 (128)	59 (102)	22 (33)	2.11 (2.28)	24% (28%)
Ivasnasen	2.8	220	0.31	1670	11.6	3.85	70%	34 (61)	40 (70)	16 (23)	3.98 (4.15)	73% (78%)
Klingråket	0.29	260	0.093	2264	7.8	4.79	94%	16 (30)	13 (23)	5 (8)	4.63 (4.80)	90% (95%)
Mannen B	24	900	2.23	1170	17	2.93	45%	68 (123)	56 (99)	18 (27)	2.96 (3.13)	46% (51%)
Mannen C	3.6	900	0.77	1170	7	3.35	57%	37 (67)	24 (41)	8 (12)	3.43 (3.60)	59% (63%)
Svarttinden	3.7	650	0.85	1137	6.5	3.30	55%	37 (68)	28 (49)	8 (11)	3.37 (3.54)	57% (62%)

Vedlegg 2 Informasjon om nedbørfeltet ned til skredet

Kart som viser feltegenskapene for nedslagsfeltet til det potensielle skreddemningen.



Feltparametere

Areal (A)	1661	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.15	%
Elvleengde (E _L)	97.2	km
Elvegradient (E _G)	14.7	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	10.5	m/km
Helning	12.3	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.3	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	44.9	km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0.3	%
Dyrket mark (A _{JORD})	2.3	%
Myr (A _{MYR})	2.2	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	19.0	%
Sjø (A _{SJØ})	2.8	%
Snaufjell (A _{SF})	68.5	%
Urban (A _U)	0.2	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	4.4	%

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	200	m
Høyde ₁₀	660	m
Høyde ₂₅	926	m
Høyde ₅₀	1202	m
Høyde ₇₅	1382	m
Høyde _{MAX}	2283	m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	22.7	l/s*km ²
Nedbør juni	49	mm
Nedbør juli	73	mm
Regn og snøsmelting mai	193	mm
Regn og snøsmelting juni	119	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	62	mm
Regn og snøsmelting november	9	mm
Temperatur februar	-9.3	°C
Temperatur mars	-7.3	°C



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 198081 E
6950922 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.
Resultatene må kvalitetssikres.

Vedlegg 2 Informasjon om nedbørfeltet ned til skredet forts.

Figur som viser flomberegningen basert på NIFS og RFFA 2018 formelverk for punktet ved skredet

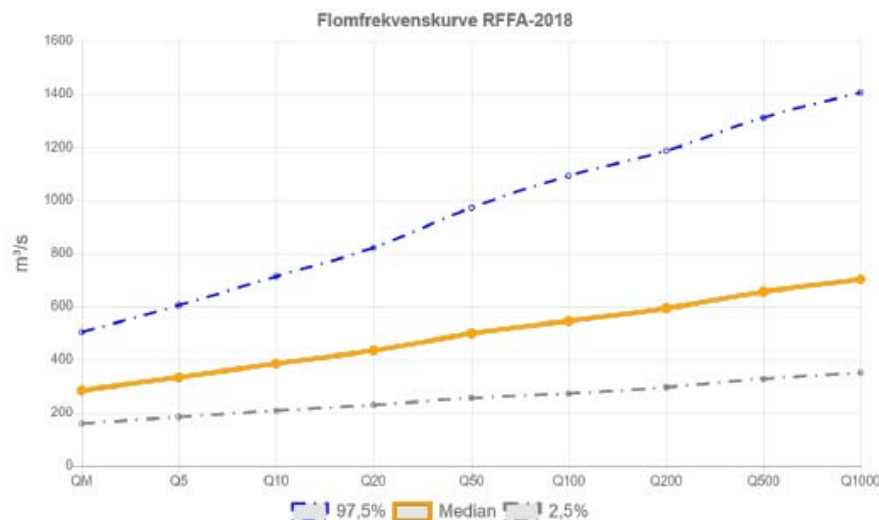
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 109.C0
Kommune.: Sunndal
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Driva
Nedbørfeltareal: 1661 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018

Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	171	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	1.09	-

NIFS-2015

Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km ²
Klimapåslag	-	%

Annet

Tilløpsflom	Nei	-
-------------	-----	---

RFFA-2018 (døgnmiddel)

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.18	1.36	1.53	1.75	1.92	2.09	2.31	2.47	-
Flomverdier, m³/s	285	334	386	435	499	546	594	656	703	831
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	504	605	714	822	972	1092	1187	1312	1406	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	161	185	209	230	256	273	297	328	351	-

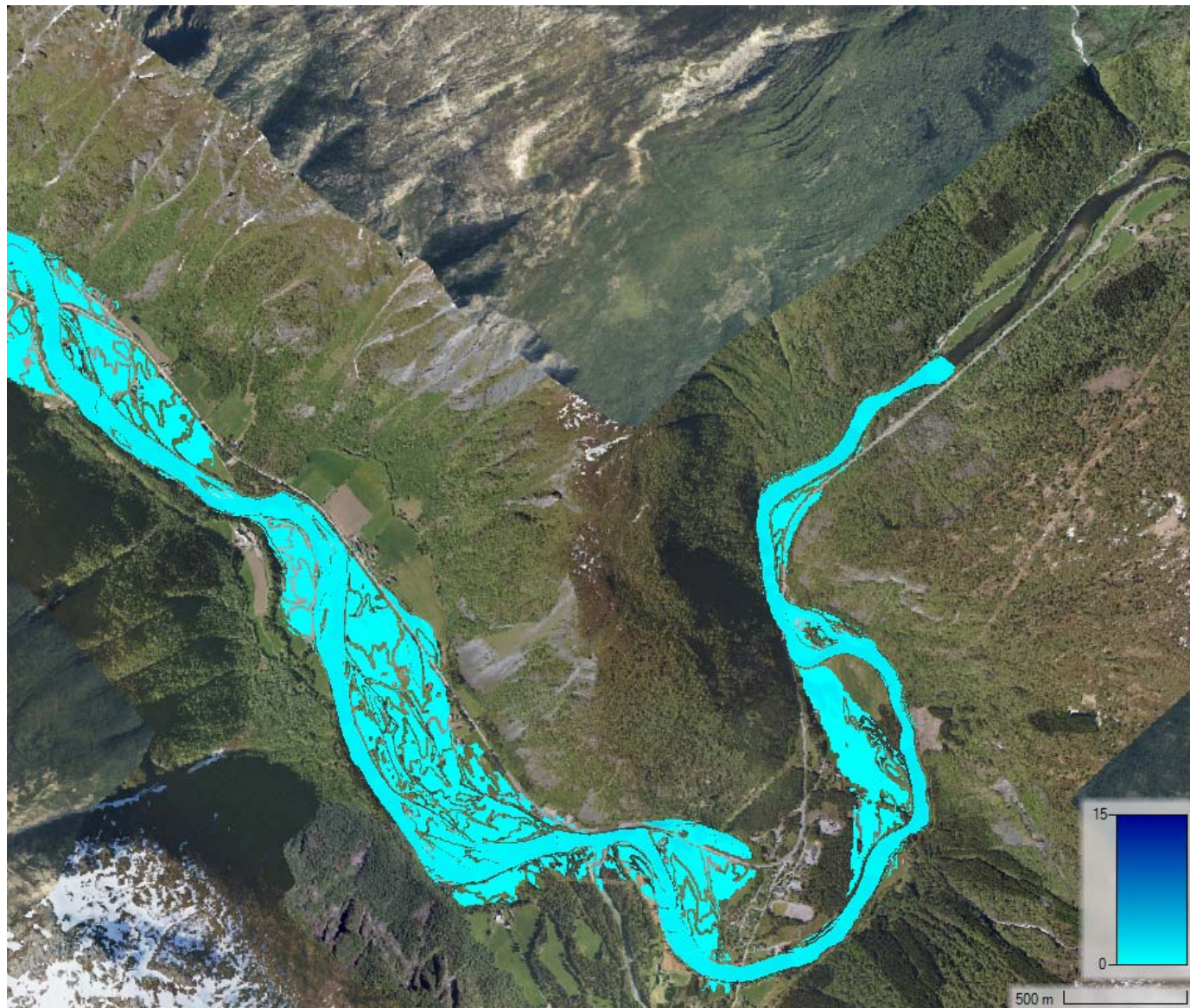
NIFS (kulminasjon)

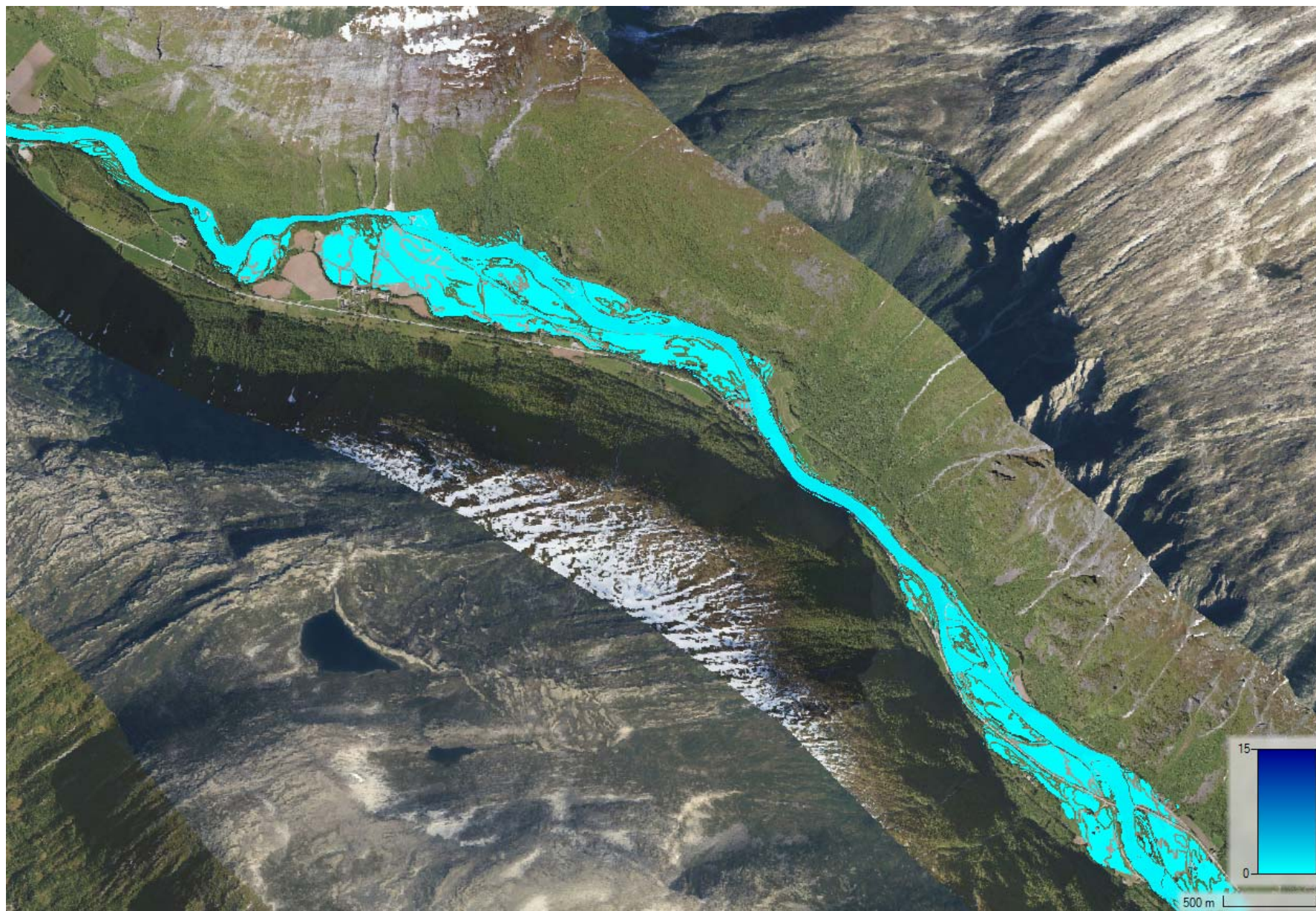
Ikke beregnet pga. areal større enn 60km ²										
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)										
Flomverdier, m³/s										
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s										
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s										

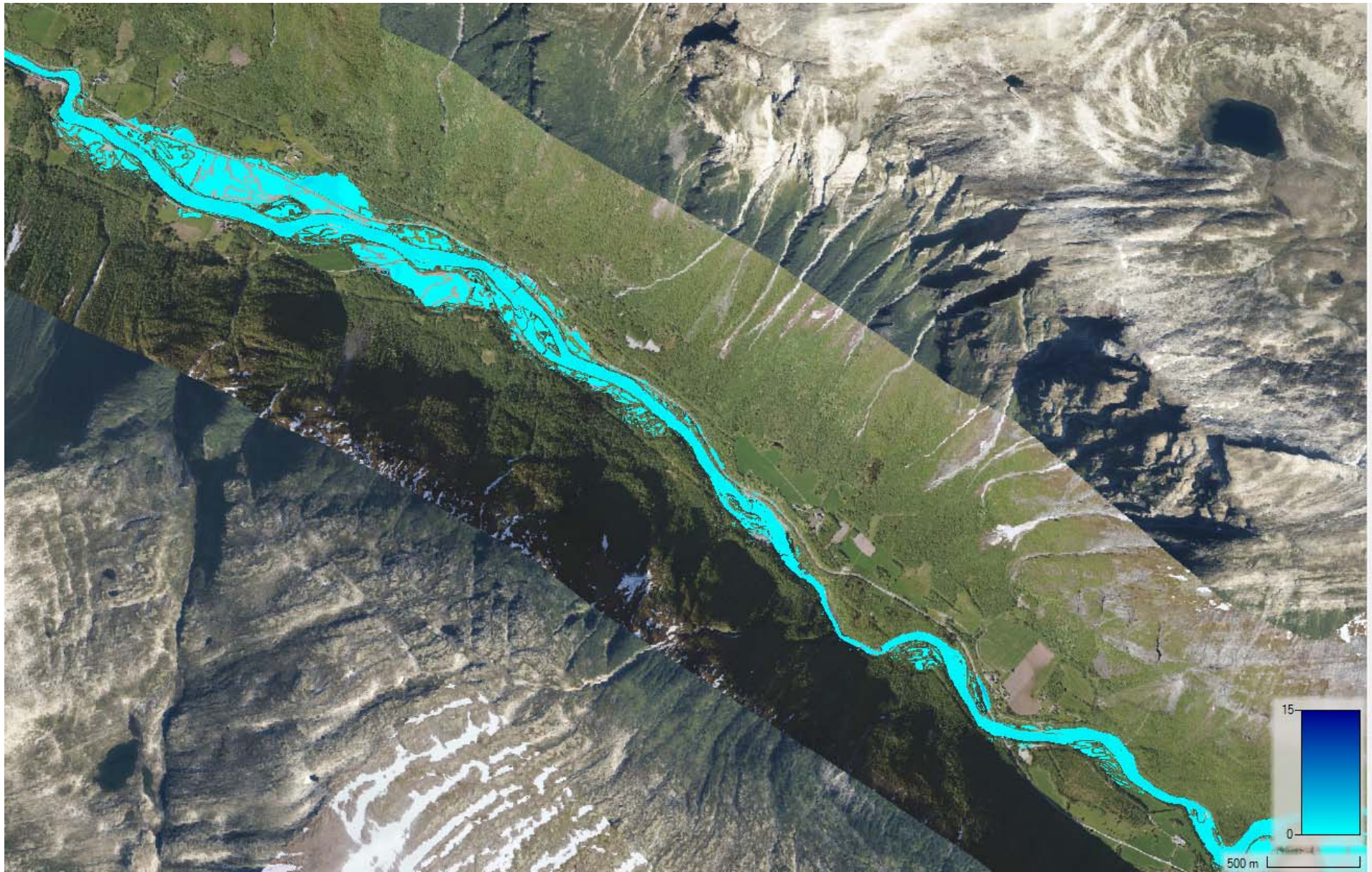
Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

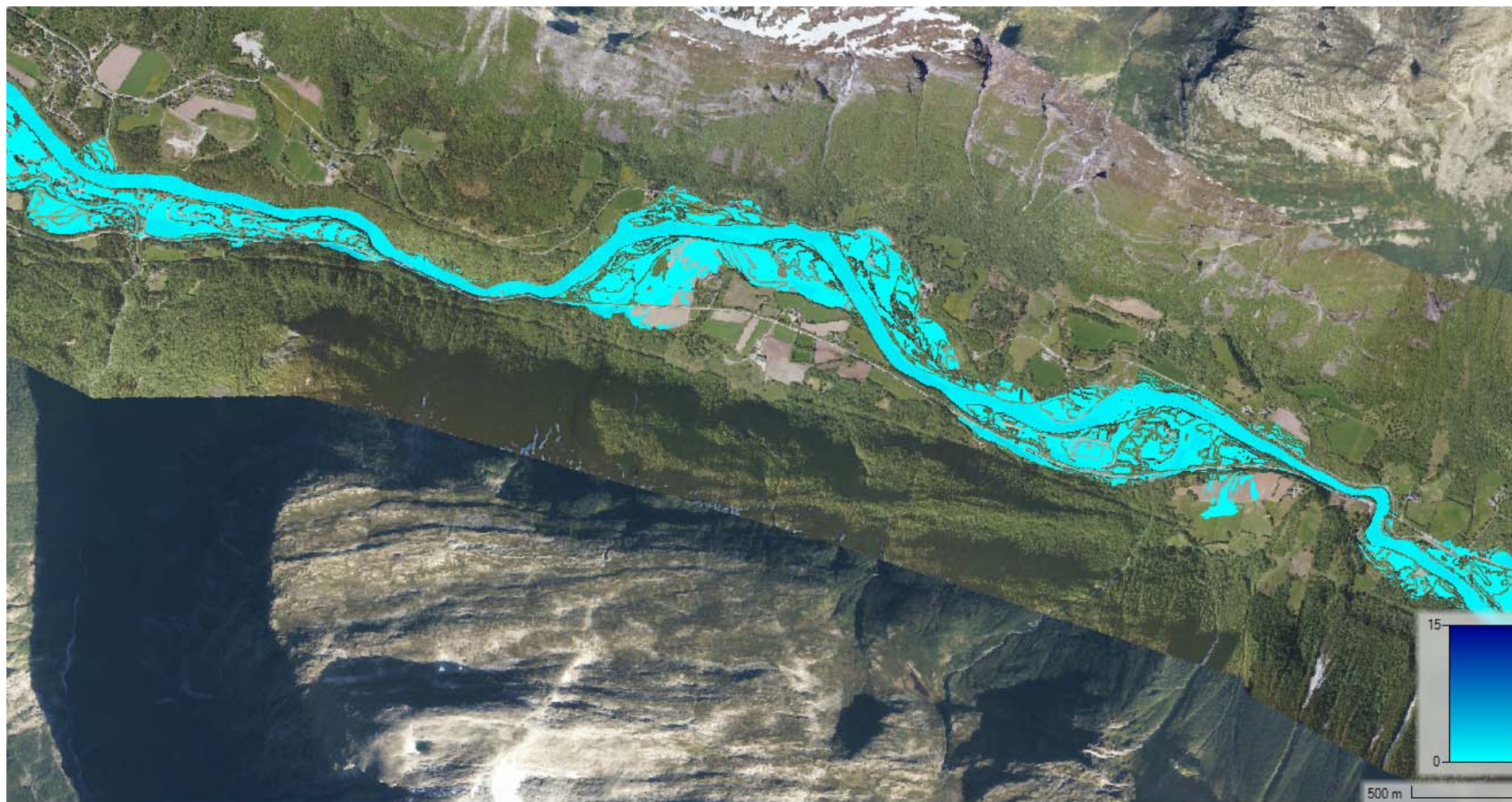
VEDLEGG 3 Kart som viser oversvømt området

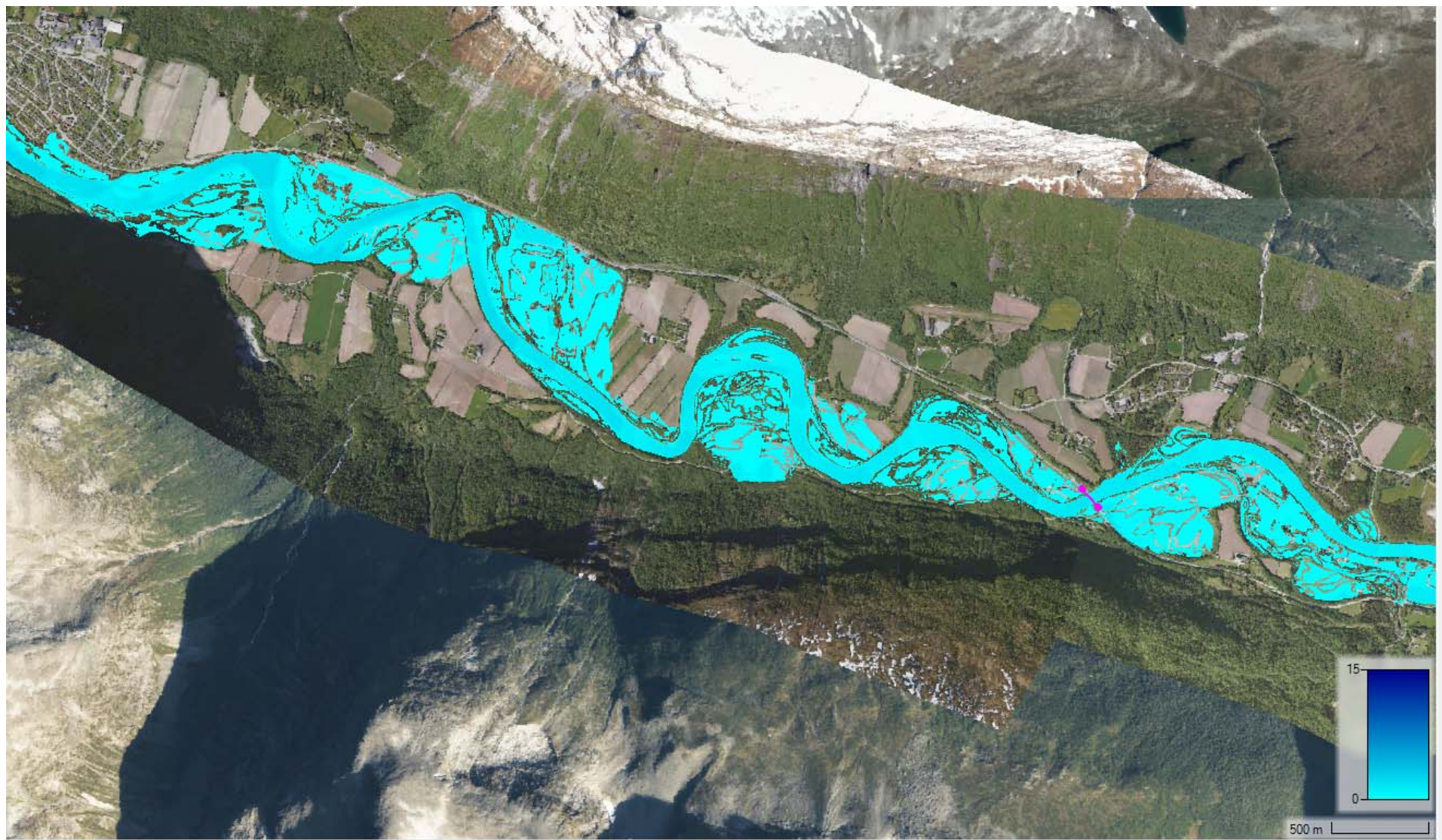
Kart som viser hvilket området som oversvømmes ved en dambruddsbølge fra skredgenerert dam fra øverst og helt ned til Sunndalsøra. Det er $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ øverst som dempes til $600 \text{ m}^3/\text{s}$ nede ved Sunndalsøra.

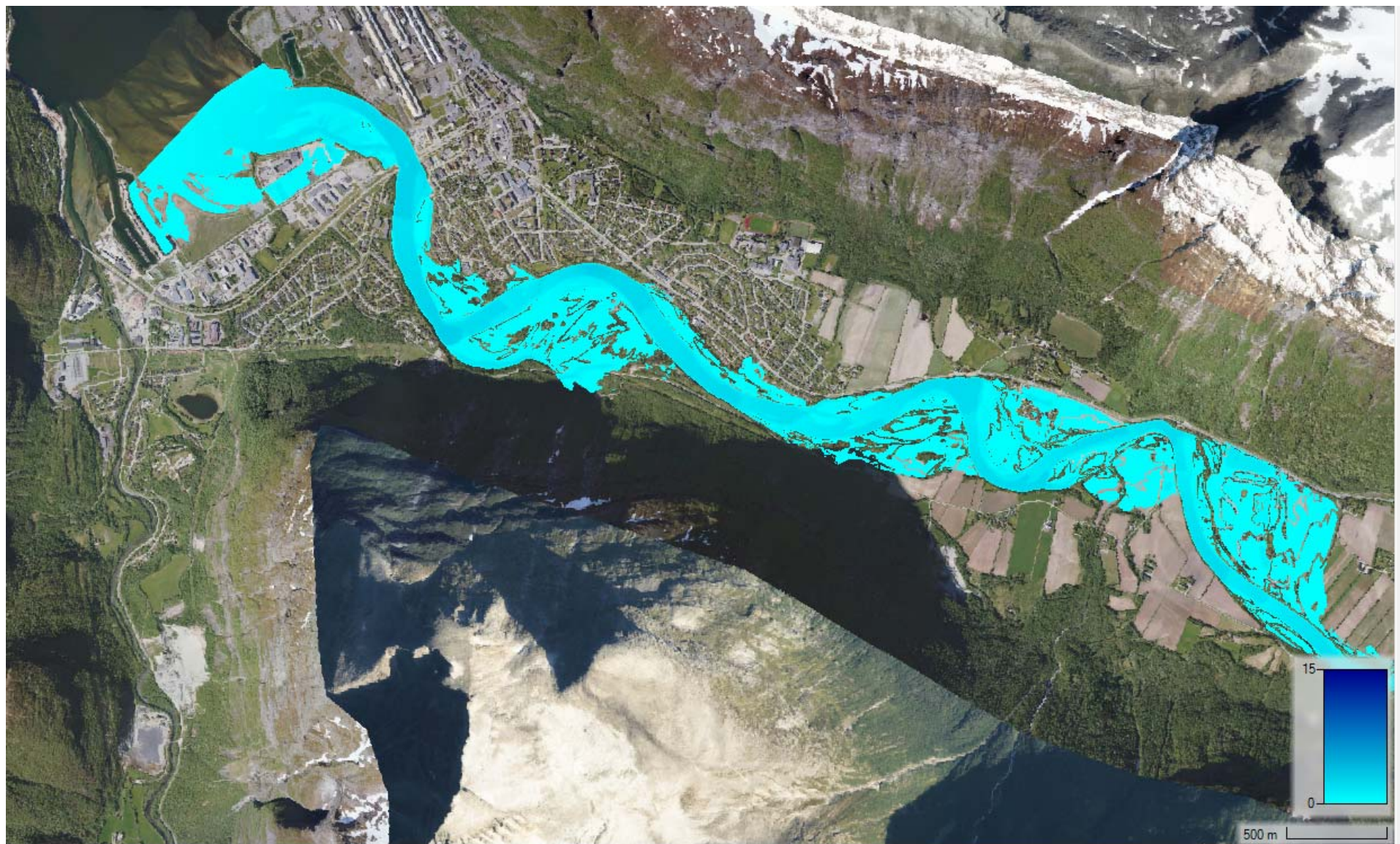














NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no