



RAPPORT

Flom og skredvurdering fra Finna, Vågåmo

FAREOMRÅDER FOR FLOM OG SKRED VÅGÅMO
VEST - REVISJON AV FARESONER

DOK.NR. 20200445-01-R
REV.NR. 0 / 2020-09-29

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 NGI.

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 NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Flom og skredvurdering fra Finna, Vågåmo
Dokumenttittel: Fareområder for flom og skred Vågåmo vest - revisjon av faresoner
Dokumentnr.: 20200445-01-R
Dato: 2020-09-29
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Vågå kommune
Kontaktperson: Steinar Løkken
Kontraktreferanse: Signert oppdragsbeskrivelse

for NGI

Prosjektleder: Øyvind Armand Høydal
Utarbeidet av: Øyvind Høydal, Hedda Breien
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

Det er utført modellstudier av flom og skred i Finna der en hever bunnen i elvekanalen og ser hvilke områder som blir berørt. Intensitet, beregnet som vanddybde x hastighet er benyttet for å skille områder som kan betraktes som områder med hovedsakelig vannskade (materiell skade) og områder som også kan få kritisk skade.

Modeller for flom og skred er anvendt og de viser i all hovedsak samme strømningsmønster og egenskaper innenfor det vurderte området.

Innenfor faresoner kan en ved etablering av nye bygninger gjøre tiltak som heving av bygning eller bygge en tett konstruksjon samt dimensjonere for dynamisk trykk.

Innhold

1	Innledning	6
2	Skred, flom og farekartlegging	6
2.1	Problembeskrivelse	7
3	Hydrologi og flomberegning	8
3.1	Hydrologi	8
3.2	Flomhistorie	8
3.3	Flomfrekvensanalyse	9
3.4	Klima og usikkerhet i hydrologi	14
4	Terrengmodeller	15
5	Hydrauliske beregninger	15
5.1	Hydraulisk modell	15
5.2	Resultater	16
6	Skredsimuleringer	21
7	Sedimenttransport, modell	23
8	Sammenstillinger og samlet vurdering	24
8.1	Foreløpig forslag til ny 1/5000 faresone.	26
8.2	Usikkerhet i hydrauliske beregninger	28
8.3	Videre arbeid	28

Referanser

Vedlegg

Vedlegg A Flomindeksrapport Finna

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Store deler av Vågåmo ligger innenfor faresone 1/5000 etter faresonekartlegging i 2018, (NVE Ekstern rapport 7/2018).. Vågå kommune har nå bedt NGI om å vurdere denne faresonen nærmere, vurdere lokale tiltak, eller bidrag som sier noe om hvordan skred- og flomfaren på Vågåmo kan håndteres.

2 Skred, flom og farekartlegging

I Norge har det vært skilt mellom faresonekartlegging for flom og for skred. NVE retningslinjer 1/1991 (nå utgått) hadde områder med fare for liv S, og områder for materielle skader, M. Område bak brudd i flomverk var definert som S-område. Her var tankegangen at forventet konsekvens skulle vurderes før en valgte sannsynlighet. I TEK10 og TEK17 har prosessene blitt skilt i flom (F1-F3) og skredklasser (S1-S3). For flom er det hovedsakelig oversvømmelse med økonomisk konsekvens det har vært fokusert på. I Veiledning til Tek17 §7.2, ledd 2 står det likevel at en i en del tilfeller skal ha høyere sikkerhetsnivå: *"I deler av flomutsatte områder kan det være større fare enn ellers. I flomutsatte områder der det under flom vil være stor dybde eller sterk strøm, bør det være samme sikkerhetsnivå som sikkerhetsklasse F3. Dette gjelder områder der dybden er større enn 2 meter og der produktet av dybde og vannhastighet (i m/s) er større enn 2 m²/s."*

Videre i ledd 4 står det at bygg ikke skal være utsatt for erosjon.

For skred gjelder §7.3, og her er fokuset fare for liv samt materielle skader. Veiledning til annet ledd *"angir at den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, det vil si skred med en intensitet som kan medføre fare for liv og helse eller større materielle skade. Dette innebærer at en for de fleste skredtyper kan redusere utløpsområdet i forhold til det maksimale utløpet til skred med den aktuelle sannsynligheten."*

Videre er det angitt at bygg kan dimensjoneres for skred, men at maksimal bygningslast fra skred ikke bør overstige 50 kPa.

Uavhengig av opphav til en hendelse, kan konsekvensen være ganske lik. I fysikken er dynamisk trykk, p definert som en konstant ganger romvekt og kvadratet av vannhastigheten. Grensesetting i forhold til trykk eller hastighet, er derfor noe som kan vurderes uavhengig om det er skred eller flom. I denne rapporten vil vi bruke noe som i blant annet Sveits omtales som intensitet til flom (Wegleitung, Naturgefahren in Kanton Luzern). Intensiteten er avhengig av flomdybde (h) og vannhastighet (v), eller produktet av disse som vist i Tabell 1. . Merk at i TEK17, veiledning til annen og byttet ut med *eller*. Prinsippet i Tabell 1 er kjent fra flere kilder og i praksis er det en enkel vadeformel, og når vannstanden er større en 2 m, så er dette vurdert som ikke trygt i en generell flomsituasjon. Videre i dokumentet er kombinasjonene i Tabell 1 benyttet.

Tabell 1 Intensitetsklasser flom

Liten intensitet	Middels intensitet	Stor intensitet
$h < 0,5 \text{ m}$ eller $v \cdot h < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0,5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ eller $0,5 < v \cdot h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ eller $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$

2.1 Problembeskrivelse

Både øst- og vestsida av Vågåmo ligger bak flomverk som både tjener som beskyttelse for oversvømmelse og som erosjonsvern. I opprinnelig flomsonekart Vågåmo 2001 (NVE 2001) ligger det aller meste av sideterrenget langs Finna som lavpunkt, noe som ble ansett som fornuftig den gangen. Det var og er viktig å synliggjøre at området ligger bak et flomverk. Faresonen 1/5000 er sammensatt av flere faremomenter fra skred og flom. Langs Finna er fareområdet både vurdert basert på både intensiteten av flom, masseavlagring og som følge av erosjon. I dag har vi effektive 2D modeller, og som kan gi reelle strømningsveier på sidene av Finna både for flom og skred.

Problemstillingen i Finna er at 1) det kan avsettes store mengder masse som reduserer kapasiteten til elveleiet og 2) stor vannhastighet som eroderer og bryter gjennom flomverket. Hvor kritisk skade opptrer først, er ikke opplagt selv om en vet hvor flomverket har lavest sikkerhet for overtopping og kjenner historien til sidebekkene. I området med lavest sikkerhet for flom har flomverket blitt hevet og forsterket, samt at masse er tatt ut av Finna for å opprettholde hydraulisk kapasitet. Nugga er også sikret, men om den har kapasitet til en flom tilsvarende 1938 og større vet vi ikke. Håndtering av sikkerhet bak flomverk der elva har stor masseavlagring, er ikke metodisk beskrevet noe sted. Det er derfor ikke opplagt hvordan problemstillingen håndteres t i plan- og bygningssaker.

Flomskred har sammenheng med erosjon av løsmasser i og langs elver og bekkeløp i en flomsituasjon. Overgangen mellom flom og flomskred er flytende, og det er ikke satt en absolutt grense hverken for massetransport, hastighet eller trykk. Her ligger også noe av utfordringen i å lage faresoner på vifteområder som i Vågåmo. I ei bratt elv vil en ha alle stadier mellom flom og flomskred. Inne på fjellet og i deler av Finna, er det mulig at oppdemming av sørpe kan føre til utløsning av skred, men som vil opptre som flomhendelse nede ved Vågåmo. Fysikken i et sørpeskred er ikke ulikt et dambrudd og vil kunne ha høyere og spissere forløp enn regn- og smelteflommer.

3 Hydrologi og flomberegning

3.1 Hydrologi

Finnas nedbørfelt er om lag 466 km² (NEVINA.nve). Figuren nedenfor viser vassdraget som renner ut i Otta. Selve elvevifta fra Finna demmer opp Vågåvatnet. Flomindeksrapport Finna er vedlagt.



Feltparametere	
Areal (A)	466 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.08 %
Elvleengde (E _L)	42.7 km
Elvegradient (E _G)	22.8 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	19.9 m/km
Helning	10.2 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.2 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	37.3 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0.1 %
Dyrket mark (A _{JORD})	1.3 %
Myr (A _{MYR})	1.1 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	9.7 %
Sjø (A _{SJO})	1.6 %
Snaufjell (A _{SF})	82.5 %
Urban (A _U)	0.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	3.4 %

Figur 1 Nedbørfelt og feltparametre for Finna (se vedlegg NEVINA flomindeksrapport).

Det aller meste av Finna er definert for snaufjell (83%) og dernest kommer det skog (10%) som ligger ned mot elva. Nede på elvevifta, fra Sæletunga og ned til Otta elv, faller Finna med ca 1,3 m per 100 m (1,3 %). Oppstrøms Sæletunga, de neste 10 km (elva er litt lengre, den krummer seg fram og tilbake) stiger elva med ca 330 m, dvs 3,3 m/100 m. På denne strekningen går Finna dels på berg og dels på grove løsmasser. Side-skråningene og bredder mater Finna med sedimenter under store flomhendelser som for eksempel i 2011.

3.2 Flomhistorie

Historien forteller at Vågåvatnet steg under Digerofsen, på 1340- tallet. Finna skal ha skiftet løp og rasert flere eiendommer. Det vil trolig si at det kom mye masse med flommen og demte opp Otta og utløpet av Vågåvatnet. Hvor elva gikk over vifta den gangen vet vi ikke, men på ei naturlig vifte uten tiltak vil den skifte løp ettersom den legger opp masse i enkelte perioder, og graver seg ned i andre perioder.. NVE har registrert forbygningsaker i området over snart 150 år. Etter storflommen i 1938 (trolig den største de siste 150 år) ble det satt i gang et stortilt sikringsarbeid.

1938 flommen er dokumentert blant annet av Vågå historielag:

<https://www.nb.no/nbsok/nb/439fc0c869229031d487e036518dc27b?lang=no#0>

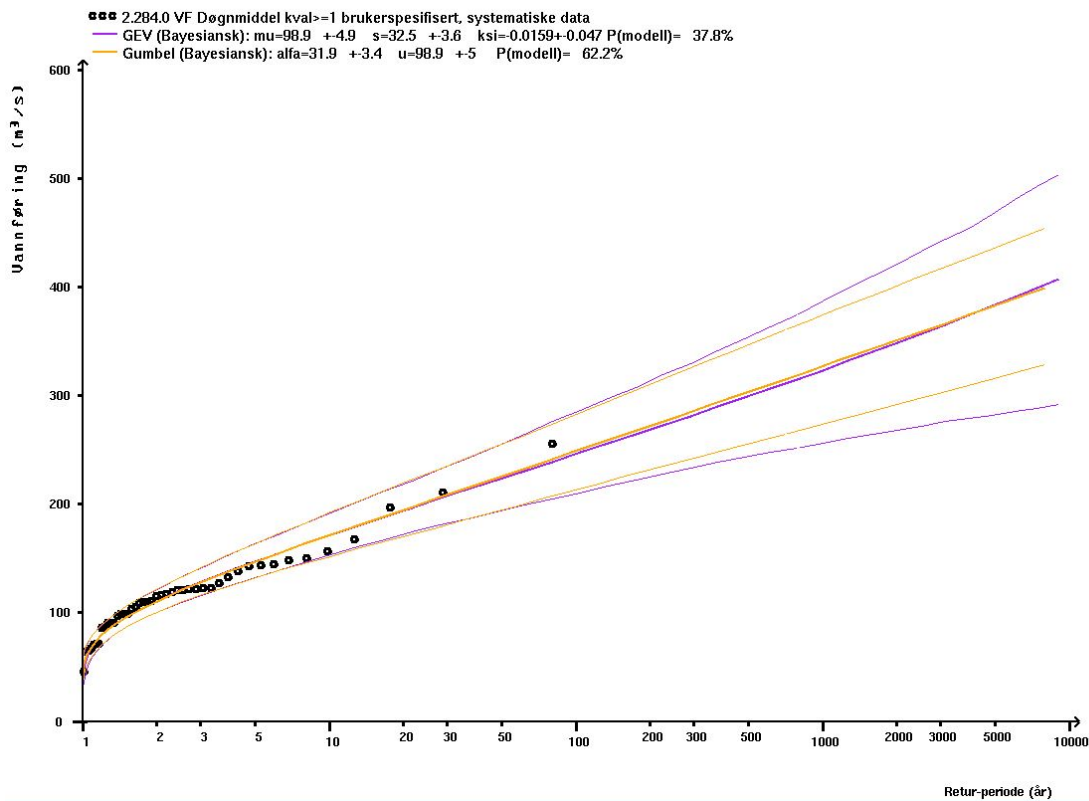
Etter storflommen i 1938 ble det vurdert mange tiltak i tillegg til flomverk med solid erosjonssikring i Finna. Det var vurdert å sette dam eller sedimentsperre i gjelet ved Sæletunga, samt flomtunnel og dam inne i Finndalen. Finna har stor massetransport, og avlagring av masse i elveleie reduserer flomkapasiteten. I slike elver som går gjennom naturlige avsetning av masser må en påregne at elveleie både periodisk og etter større flommer må renskes opp. Faresoner langs Finna er trukket slik at det er forutsatt at elva har tilsyn og tømmes for masse. Store deler av skadene i 1938, skyldtes massetransport fra Nugga. Her er det også utført sikringsarbeid.

I 1938 er det lokalt dokumentert ekstrem flom også i sidebekker sør for Nugga, ved Sandbu, Sørem, Holungen og Serkvesbekken, og ved Klones på sørsiden av vatnet. Nedbørhendelsen var regional.

3.3 Flomfrekvensanalyse

Flomvannføringer for nedre del av Finna ble beregnet i forbindelse med flomsonekart-prosjektet Vågåmo, 2001, som del av rapporten "Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen" (NVE 2000). Det er 20 år siden denne rapporten ble laget og figuren nedenfor viser oppdatert analyse av døgndata fra stasjonen 2.284 Sælatunga til og med 2019.

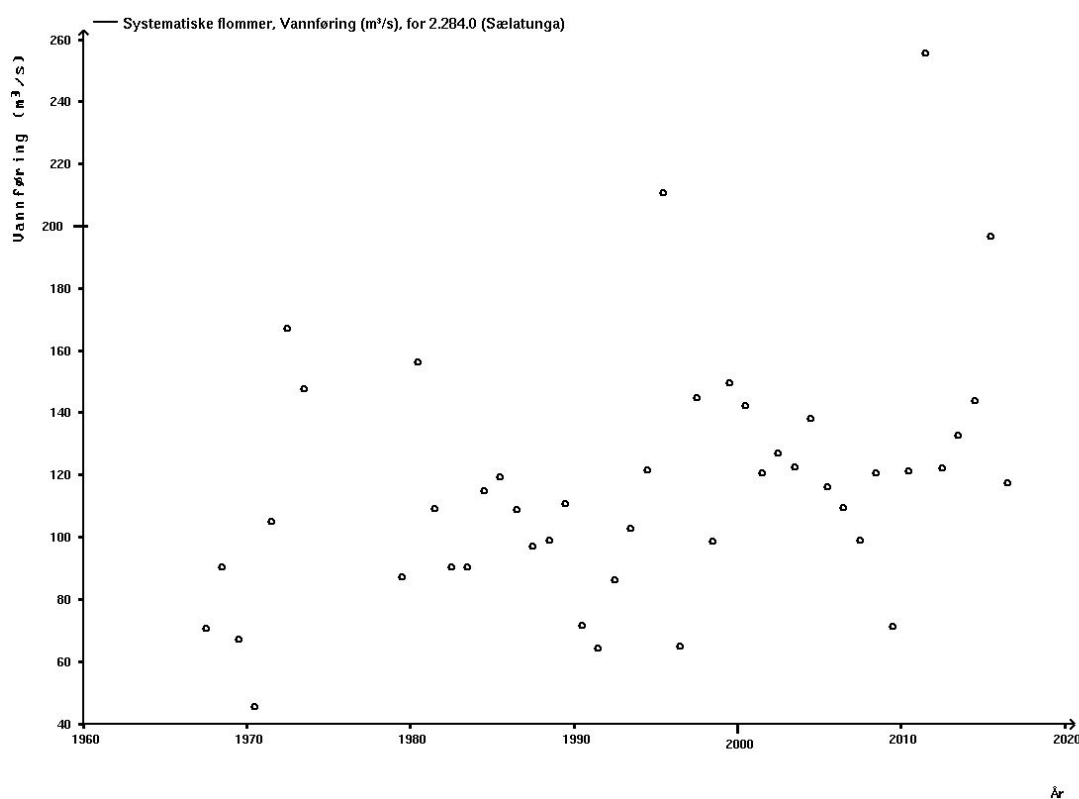
Fra rapport flomberegning NVE 2000: 2.284 Sælatunga ligger langt ned i Finna, som tilløper Otta ved Vågåmo. Nedbørfeltet er 454 km². Målestasjonen har vært i drift siden 1966, med avbrudd i fem år i perioden 1974-1978. Vannføringskurven er brukbar. Største vannføringsmåling er 58,7 m³/s. Dette utgjør ca. 56 % av middelflom. Stasjonen er ikke påvirket av reguleringer.



Figur 2 Frekvensanalyse for perioden 1966 - 2019, Sæletunga 2.284. Døgnmiddelvannføringer Høyeste observerte flom er 10. juni 2011 (HYDRA II).

Figur 2 viser analyse av døgndata for Sæletunga 2.284 i HYDRA II. En tilsvarende analyse på kulminasjonsverdier gir ikke særlig godt resultat siden det bare er en andel av dataene som har timesoppløsning.

Figur 3 viser plott av døgndata. De høyeste verdiene skiller seg klart ut, men de er for få til å se en klar trend. Ser en på de midlere flomstørrelsen er det en klar økning av flomstørrelse.



Figur 3 Høyeste årsflom for døgndata plottet år for år.

Den høyeste observerte vannføringen er fra 10 juni 2011. Kulminasjonsvannføringen (høyeste timesverdi) var 357 m³/s, mens døgnmiddelflommen var 256 m³/s. Det vil si at faktoren mellom kulminasjonsverdi (maksimalverdien) og døgnmiddelverdi er 1,39. Flomtoppen var symmetrisk i døgnet og påvirker ikke denne faktoren. Ut for Kastbuhaugen og noe sørover var flommen da helt på kanten av flomverket (nå igjen hevet). Flomvann gikk ut av kanal på motsatt bredd.

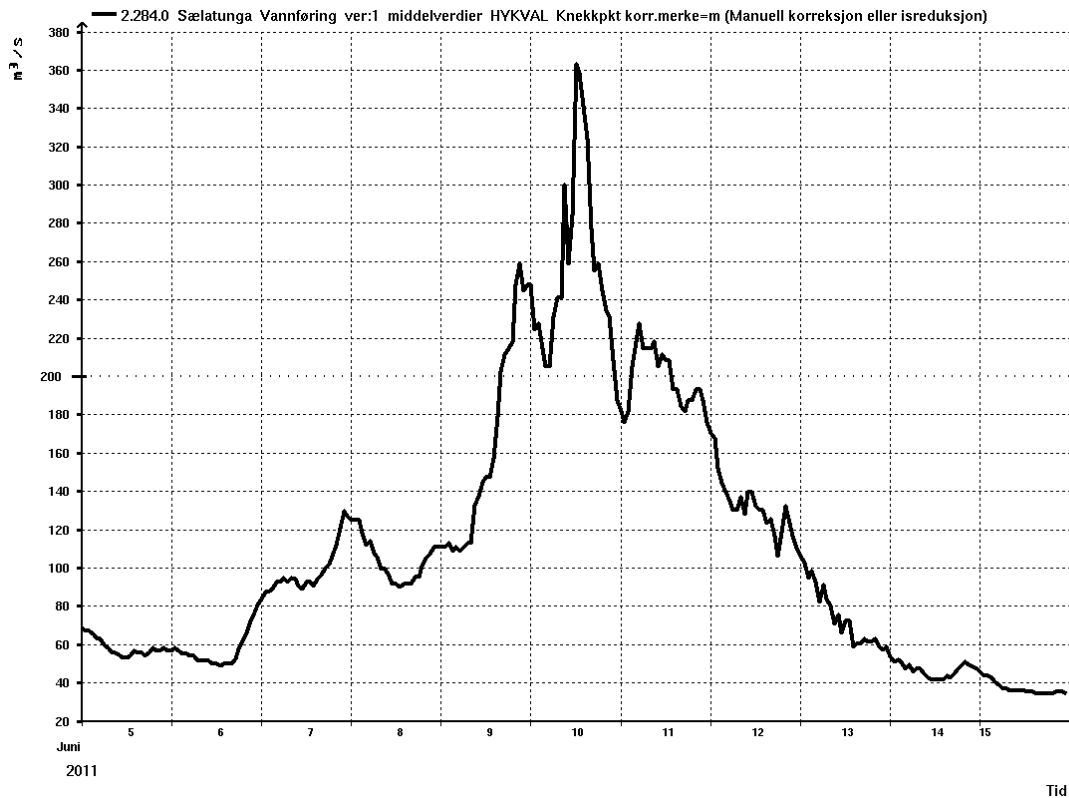
Den nest høyeste flomvannføringen er registrert i 2015, 300 m³/s, Her var tidspunktet rundt midnatt, og tar en +/- timer 12 får en kulminasjonsfaktor på 1,52 (døgnmiddel ~197 m³/s).

Den tredje største flommen er i 1995, men i HYDRA II ligger det kun døgnverdier. Og dermed har en ikke godt nok grunnlag for å vurdere kulminasjonsfaktorer.

I NVE 2000, Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen, er det benyttet en faktor på 1,23 fra døgnmiddel til kulminasjonsverdi. Vanligvis ble disse faktorene vurdert utfra nedtegnede opplysninger for de største flommene i vassdraget.

Denne faktoren er mer vesentlig for Finna enn mange andre steder, fordi en lav faktor sier at flommen er langvarig. Massetransport avhenger av vannføring, men varighet på ekstreme flomvannføringer kan bety like mye eller mer for massetransport i store vassdrag. I 2011 var flomtoppen spiss, men flommen var over middelflom i nærmere 5 døgn.

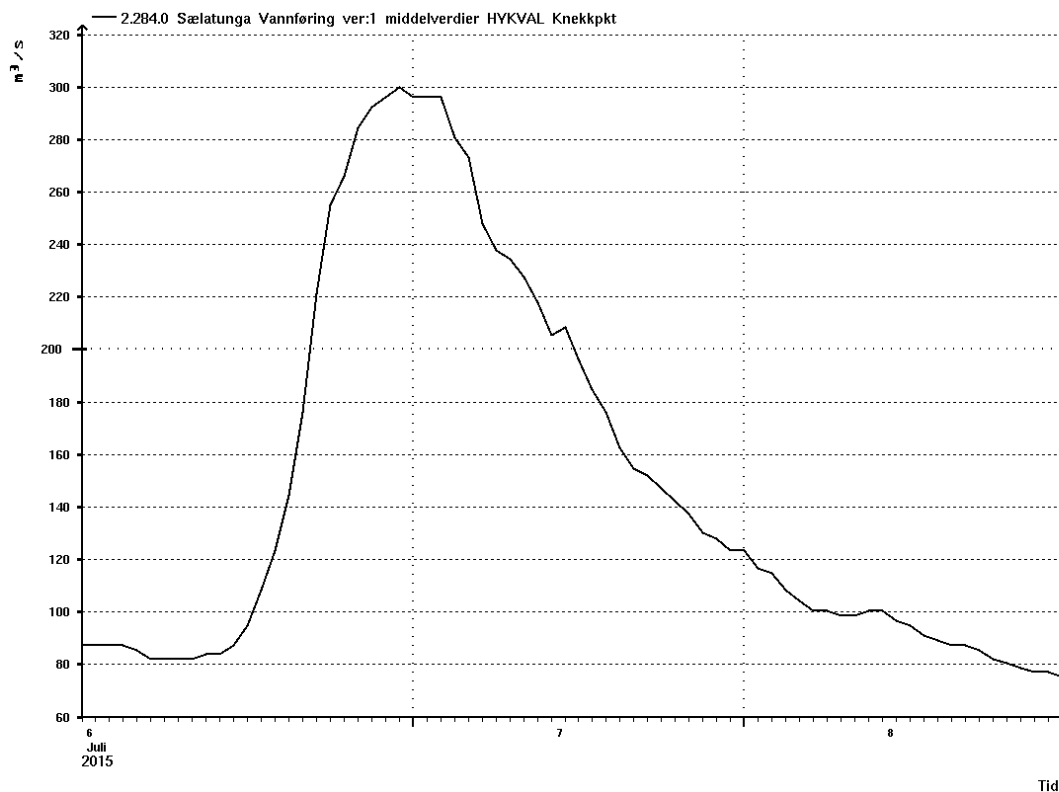
I mange elver er det slik at det er mer enn nok masse å ta av, slik at det er transportevne som begrenser og bestemmer massetransporten.



Figur 4 Flomtopp 10.juni 2011, Sælatunga 2.0284.

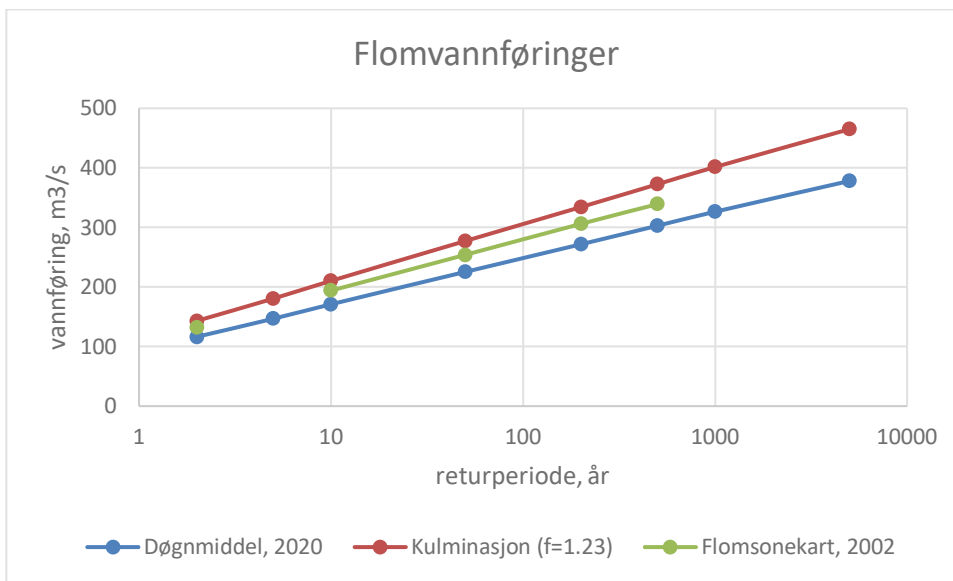
Tabell 2 Døgnmiddel og kulminasjonsverdier, 3 største

Tidspunkt	Døgnmiddel, m ³ /s	Kulminasjonsverdi, m ³ /s
2011	256	357
1995	211	x
2015	197	300



Figur 5 Flomtopp 6-7 juli 2015.

I det følgende er det benyttet kulminasjonsfaktor på 1,23 som i NVE, 2000. Det har i prinsippet ikke så mye å si i denne studien hva størrelsen på de lavere flommene er. 2D-modellen er kjørt med tidserie der vannføringen holdes konstant i 2 timer, og økes gradvis en time slik at en ser overganger mellom trinnene. I denne studien er det flomstørrelser for Q1000 og høyere som skal studeres. Resultat av beregningen er gjengitt i Figur 6 og Tabell 3.



Figur 6 Beregnede flomvannføringer i 2002 og 2020

Tabell 3 Benyttede kulminasjonsvannføringer (m³/s)

Qm	Q5	Q50	Q200	Q1000	Q5000
143	180	277	334	401	465

3.4 Klima og usikkerhet i hydrologi

Av Tabell 3 og Tabell 2 ser en at det som er "kalt" 200- års flom er mindre enn flommen i 2011. Noen av forklaringen er at døgnmiddeldata dominerer datasettet. Figur 2, som baserer seg på døgndata, viser trend som tilsier at en kan forlenge flomestimatet til ekstreme flommer som 1000 og 5000 års flom. Sett i forhold til den begrensede lengden på dataserien, er dette noe en ikke burde gjøre, samtidig som en må ta stilling til hva en ekstremflom kan være. Det legges nå vanligvis opp til klimapåslag på 20 – 40 %. Hvis en nå multipliserer Q200 i Tabell 2 og Tabell 3 med 1,2 og 1,4 får en verdiene til Q1000 og Q5000 i Tabell 3. Det at en muligens har 2 av de største flommene i dataserien de siste 10 år, kan være et uttrykk for at det er en trend mot større flommer.

Varighet av en flom blir ofte diskutert for de store og lange vassdragene. For Finna har varighet stor betydning for massetransporten. 2011-flommen varte nesten 5 døgn (over middelflom), mens 2015-flommen var over på ett døgn. I 1938 gikk flommen trolig over 3 døgn (fra kvelden mandag 29.august til 31 august/1 september). Ved Klones beskrives hendelsen som resultat av intens nedbør og kontinuerlig lyn og tordenvær. Hendelsen var regional og strakte seg nordover til Rana fram mot 4. september. Nedbør startet først i en varm periode, så kom det en "attpåsjenk" 1. september med synkende og mer normal temperatur.

4 Terrengmodeller

Utgangspunktet for 2-D beregninger er laserdata fra 2013 med 0,25 m oppløsning. Det er benyttet både datasettene DEM og DOM for å gi mer realistiske flomveger i Vågås sentrum. Alle bygg er klipt ut fra DOM ved hjelp av omriss bygg (FKB) med 1m buffer, og deretter slått sammen med DEM. Modellen er kalt DEMBygg. Trær som ikke står helt inntil hus, er da tatt vekk.

Fra 2002 ble det målt opp tverrprofiler i elva. Laserdataene går i liten grad ned i vann, men der det er grunt ser en ruhet (stein). Tverrprofilene er neppe rett i dag, men viser omtrent hvor mye dypere terrengkanalen var. Tverrprofilene ligger ca fra 0, 5 – 0, 8 m lavere enn laserdataene på det dypeste som er målt (forskjellen i høydemodeller NN2000 og NN1954 er ca 0,5-10 cm). Otta er også senket noe, men modellen er ikke lagd for å være korrekt i dette området. Finna har relativt stort og jevnt fall og kun den aller nederste delen påvirkes av Otta. Vi ønsker i dette prosjektet å studere området høyere opp rundt sentrum.

Følgende terrengmodeller er benyttet i det videre arbeidet:

- 1) En kanalmodell er lagt inn i DEMBygg under laserdataene i Finna.
- 2) Laserdata modell DEM Bygg.
- 3) Finna i DemBygg hevet 1 m fra Sæletunga til rett ovenfor bru i Vågås (gamle RV 15)
- 4) Finna i DemBygg hevet 1 m fra Sæletunga ned til Otta elv.
- 5) Finna i DemBygg hevet 2 m fra Sæletunga til rett ovenfor bru i Vågås (gamle rv 15), og 1 m videre ned til Otta elv

5 Hydrauliske beregninger

5.1 Hydraulisk modell

De hydrauliske beregningene er utført som 2D beregninger i Hec - Ras. Samme grid er benyttet på alle beregningene, men med ulike terrengmodeller. For å få et tilpasset grid til potensielle strømningsveier er det brukt bruddlinjer som definerer cellestørrelsen og retning på celler ved disse linjene, f.eks i selve elvekanalen og der veger har retning med vannstrømmen..

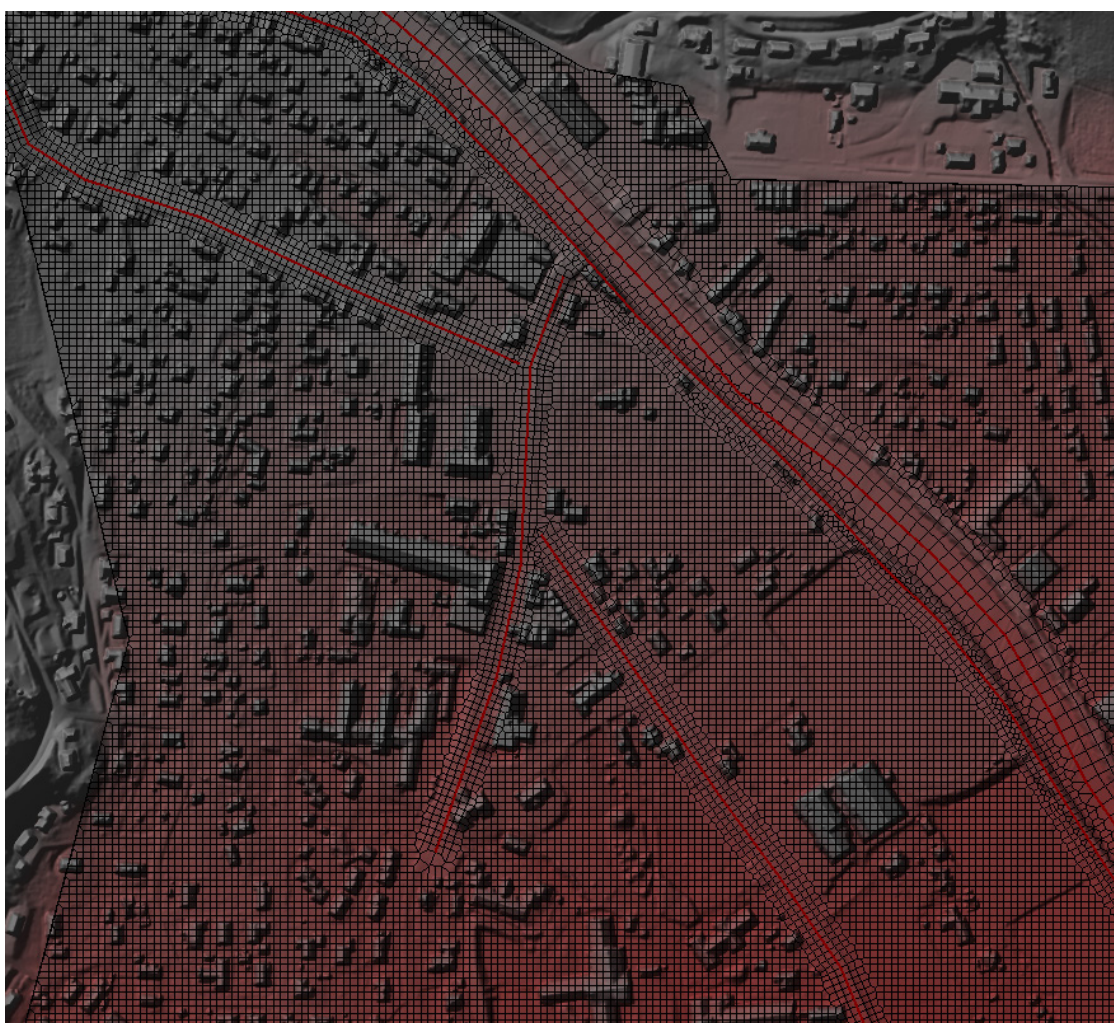
Oppstrøms starter beregningene rett ut for gjelet ved Sælatunga. Inngående vannføring er kjørt i trinn, fra Q_m , til Q_{50} , Q_{200} , Q_{1000} og Q_{5000} . Helning til grensebetingelse er gitt som helning på laserdata nedenfor gjelet.

1D-modellen i 2001 var kalibrert for en flom i 1997, samme Manning tall er brukt i denne 2D modellen, Finna ($n=0.047$) og Otta ($n=0.035$). For annet sideareal er det brukt $n=0,06$.

Finna løper sammen med Otta elv. Oppstrøms i Otta, i utløp Vågåvatnet, er vannføringen satt til 500 m³/s. Denne vannføringen er ca en middelflom i Otta. Nedstrøms beregningsområdet i Otta er det brukt en Q/h kurve som ble generert i NVE flomsonekartet, 2001 basert på fallforhold under stor flom.

Terrengmodellen for elvebunn i Otta er dårlig, men vi mener at Finna er så bratt at det i liten grad påvirker forholdene høyere opp i Finna .

Bruene over Finna er fjernet i modellen.



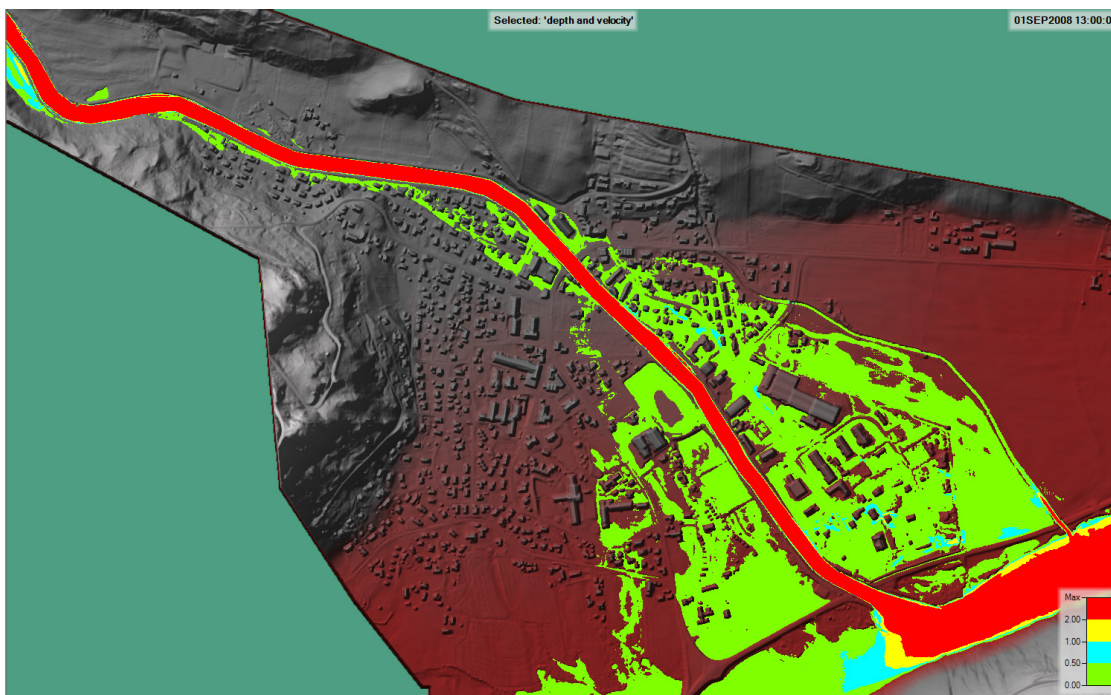
Figur 7 Utsnitt av beregningsgrid

5.2 Resultater

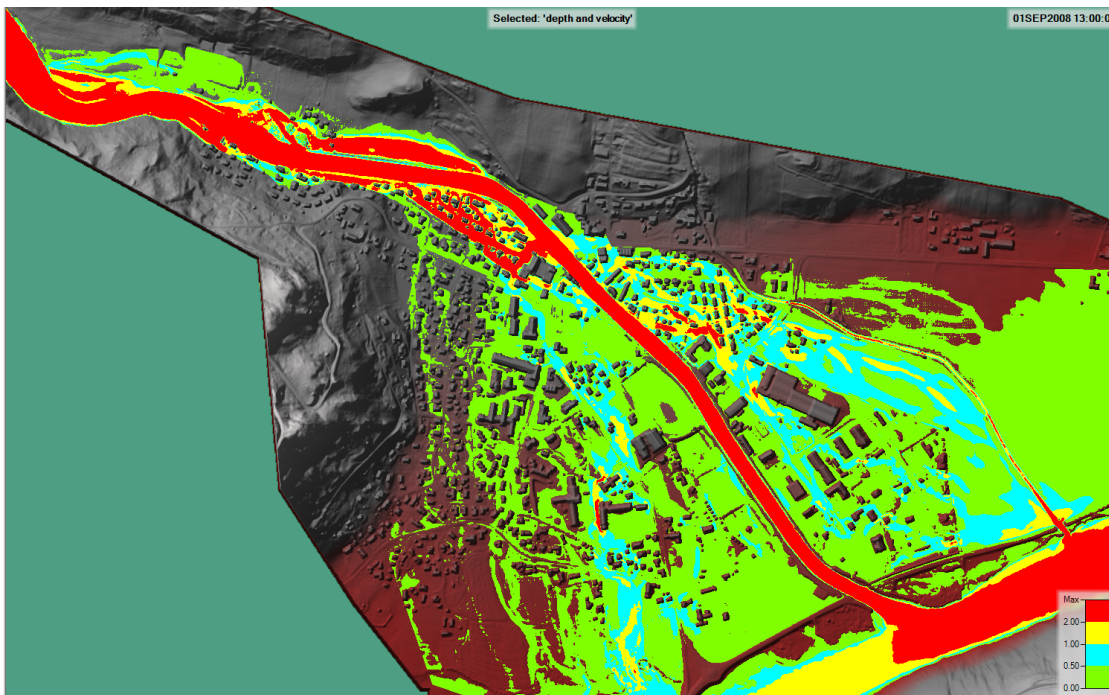
I resultatfiguren nedenfor er det kun tatt ut modell som antas å representere dagens situasjon, en kanal som ligger lavere enn laserdata, tilsvarende som i 2001, samt at det er tatt ut resultater med geometrimodellen der laserdata er hevet 2 m ned til bru i sentrum og 1 m videre ned til Otta. Tilsvarende temakart kan tas ut for de 3 andre geometri-

modellene for alle vannføringer i Tabell 3. Eksempler på resultater er vist i Figur 8 til Figur 13. Generelt ser vi at så lenge elva ikke fyller seg opp med masser og flomverket opprettholdes, vil flomintensiteten være liten i de aller fleste områder (1/5000). Når elva fylles opp, eller kapasiteten reduseres (Figur 9) er det særlig området fra øverst i Kastbuvegen og mot bru over Finna i sentrum der en får høy intensitet. Her er det et søkk etter et eldre elveleie. Coop-bygget leder noe vann tilbake til Finna og styrer noe vann vekk fra Finna. Kyrkja ligger dermed noe beskyttet. Herfra renner det i modellen ei stripe med middels intensitet forbi ungdomsskolen og ned til utløp Vågåvatnet. Også her er det trolig et eldre forlatt elveleie. På østsiden er det gjennomgående høyere intensitet på flommen, det vil si at det generelt er middels intensitet mens det lokalt er høy intensitet mellom bygg der strømmingen er konsentrert.

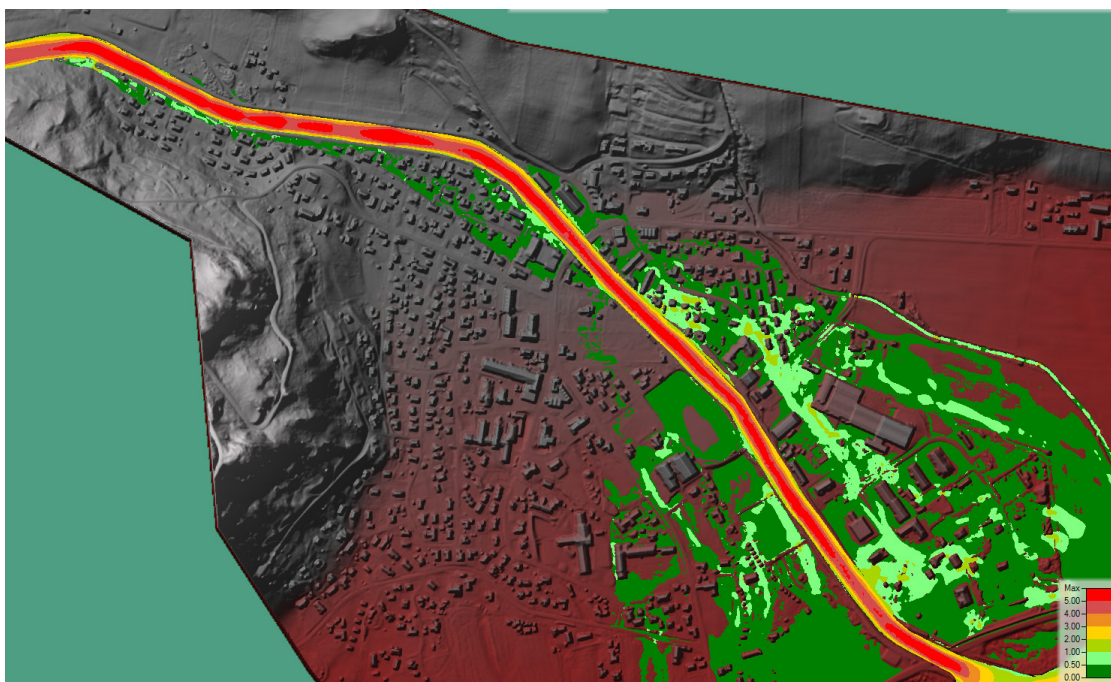
Det generelle trekket vurdert etter vanndyp (Figur 12 og Figur 13) er at østsiden, med unntak av området Kastbuvegen-Finna bru, er mer flomutsatt enn vestsiden. I modellen går det mer vann på østsiden enn på vestsiden når kapasiteten til Finna blir for lav.



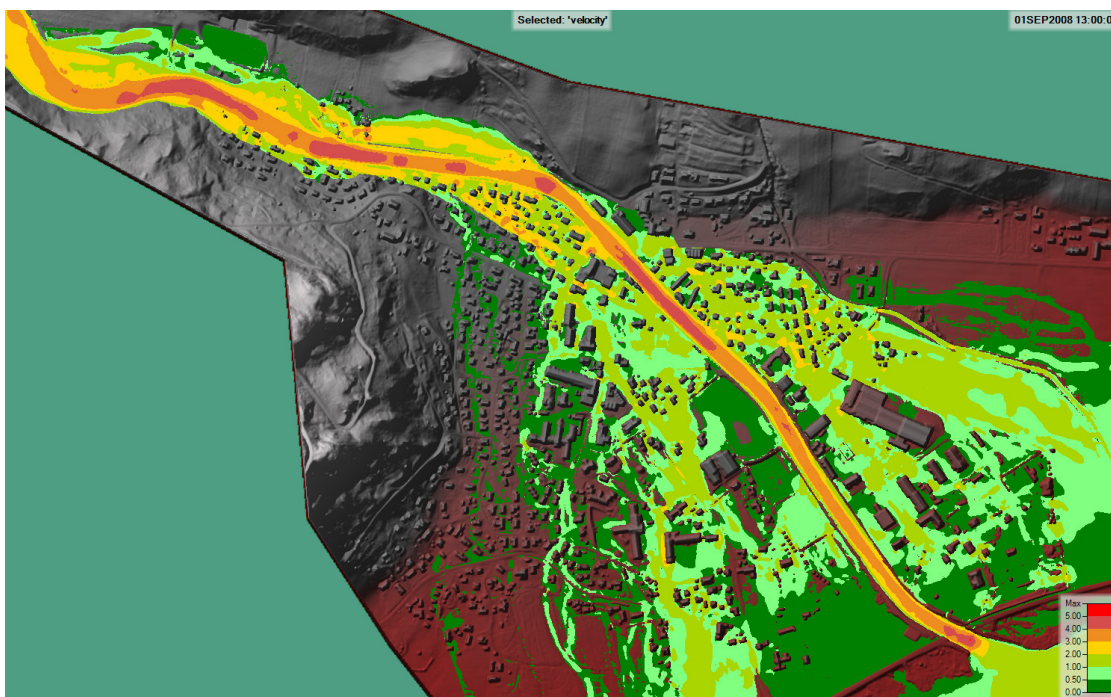
Figur 8 Intensitet for modell med kanal, tilsvarende kanalen i flomsonekartet 2001, flomstørrelsen er 465 m³/s, tilsvarende 1/5000. Her sier figuren at så lenge elva ikke fyller seg opp og flomverket opprettholdes, vil flomintensiteten være liten i de aller fleste områder.



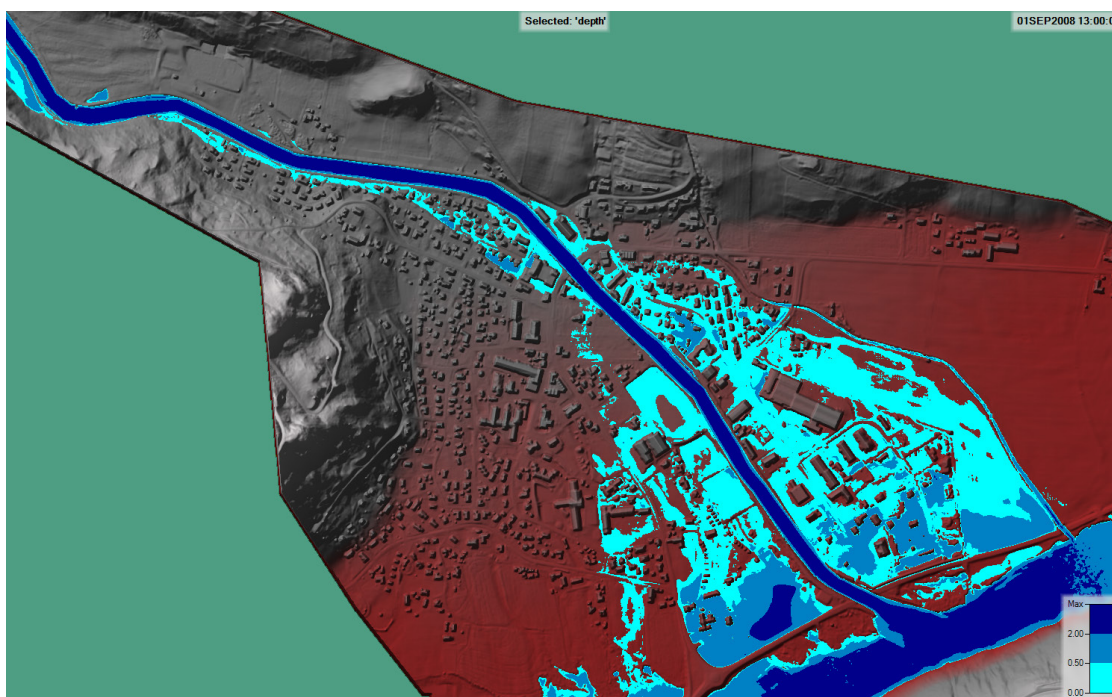
Figur 9 Intensitet $h \cdot v$ for kanal hevet 2 m ned til bru i sentrum, deretter hevet 1 m ned til i Otta elv i forhold til laserdata som beskrevet i tekst ovenfor (terrengmodell nr 5). Vannføring i Finna tilsvarende flom med sannsynlighet 1/5000, 465 m³/s. De aller meste av områdene har lav intensitet på vestsiden. med unntak av områdene oppe ved Kastbuvegen og ned mot brua. Knausen som ligger vest for Ullinsvin, Kastbuhaugen, styrer strømmen i et eldre elvefar der en får høy intensitet ned til Coop. Det er også en stripe ned mot bru over utløp Vågåvatnet som trolig samsvarer med et eldre elvefar. Østia har mindre strukturer og her er det bygg alene som i dag i all hovedsak påvirker strømmingssituasjonen.



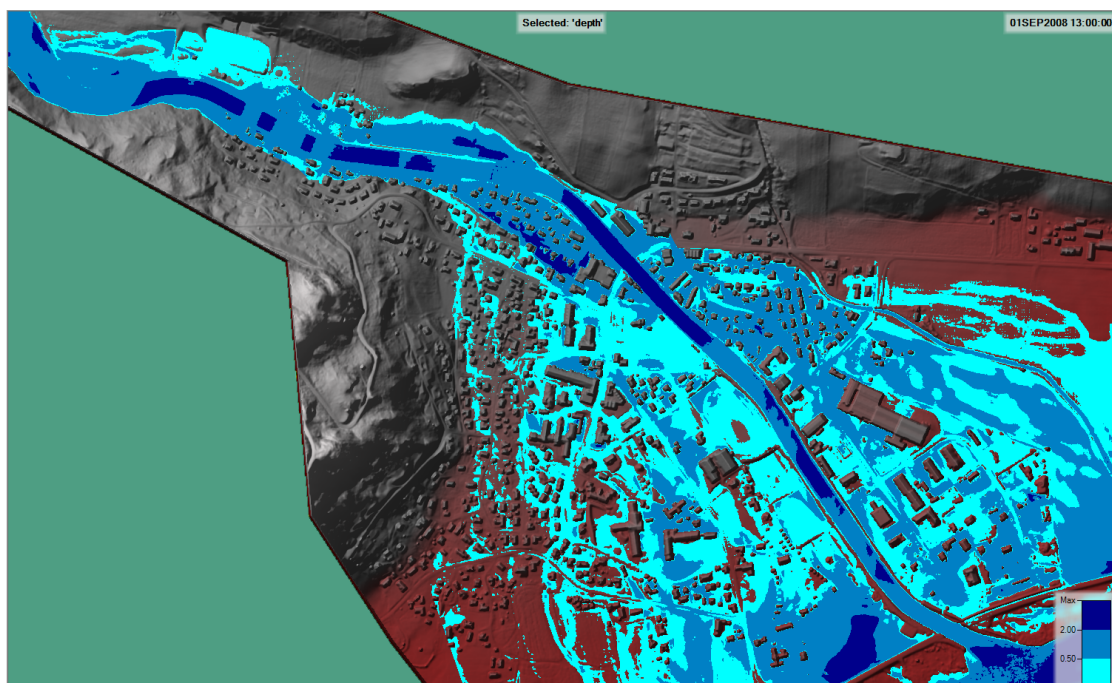
Figur 10 Vannhastighet, 465 m³/s, modell som kanal 2001.



Figur 11 Vannhastighet, 465 m³/s, terrengmodell nr 5 ovenfor med 2m oppfylt til ned til Finnbrua, 1m videre ned til Otta.



Figur 12 Vanndybde, 465 m³/s, modell som kanal 2001



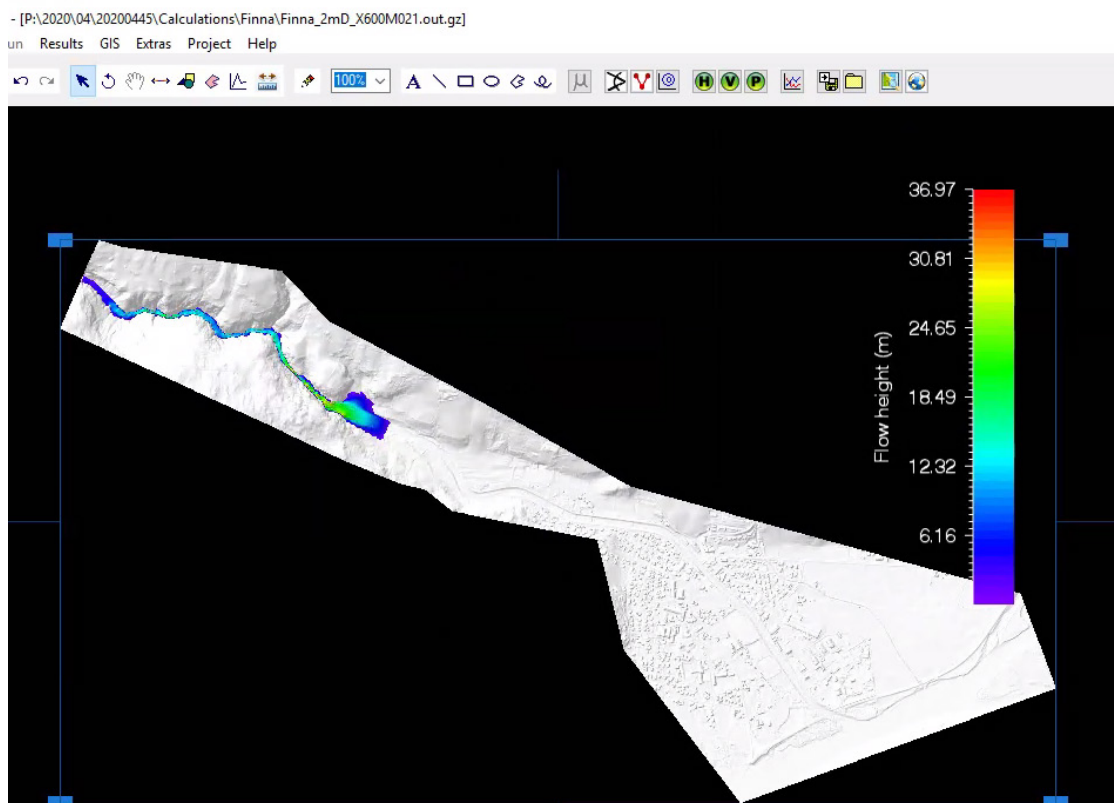
Figur 13 Vanndybde, 465 m³/s, terrengmodell nr 5 ovenfor med 2m oppfylling i løpet til ned til Finnbrua i sentrum, 1m videre ned til Otta.

6 Skredsimuleringer

RAMMS er benyttet for å se hva som skjer om tilfører ekstremt store masser som løses ut inne i gjelet som følge av skred. Vi bruker betegnelsen gjelet for hele dalen de neste ca 10 km oppover Skogsbygda.

Her er det benyttet 1 m laserdata gjennom gjelet og i lavere områder er disse dataene klipt sammen med terrengmodellen som overfor er omtalt som DemBygg. I prinsippet er det samme terrengmodell som er benyttet nede ved Vågåmo, men beregningene i RAMMS er utført på 2 m grid for å gjøre beregningene praktisk gjennomførbare.

Det en ser er at et typisk flomskred (dvs friksjonsparametre som flomskred Xi 400, Mu 0,2) som starter fra sidene rett oppstrøms gjelet, stopper rett nedstrøms Sæletunga. Det vil si at skredmassene vil legge seg opp her, med mindre en har en samtidig stor flom som eventuelt transporterer massene videre.

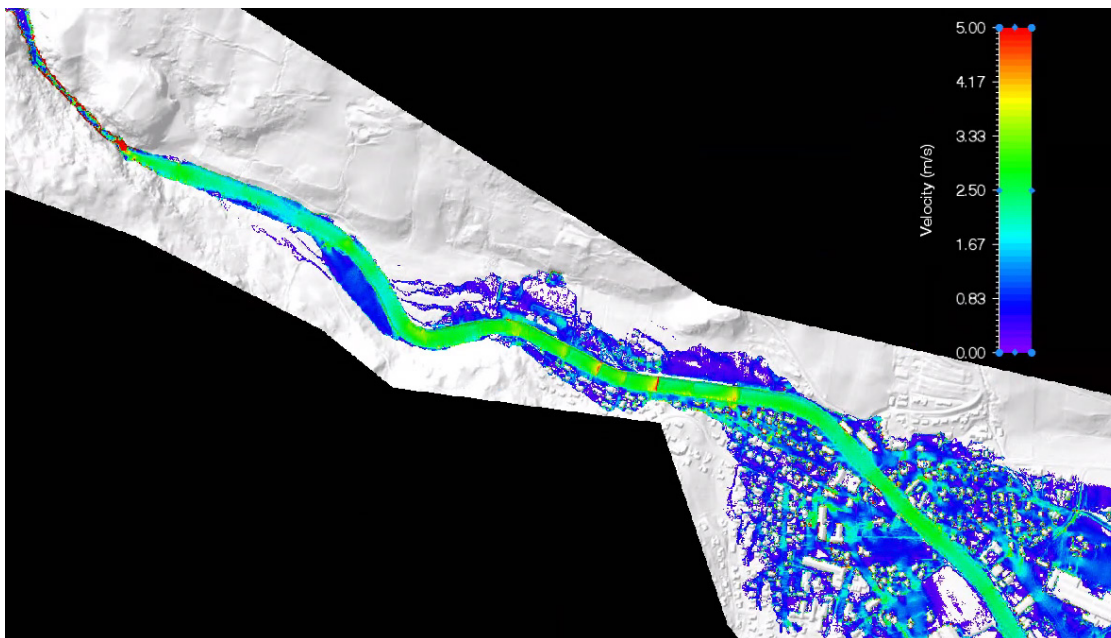


Figur 14 Flomskred ut gjelet vil stoppe rett ut for gjelet ved Sæletunga. En flom må ta materialet videre.

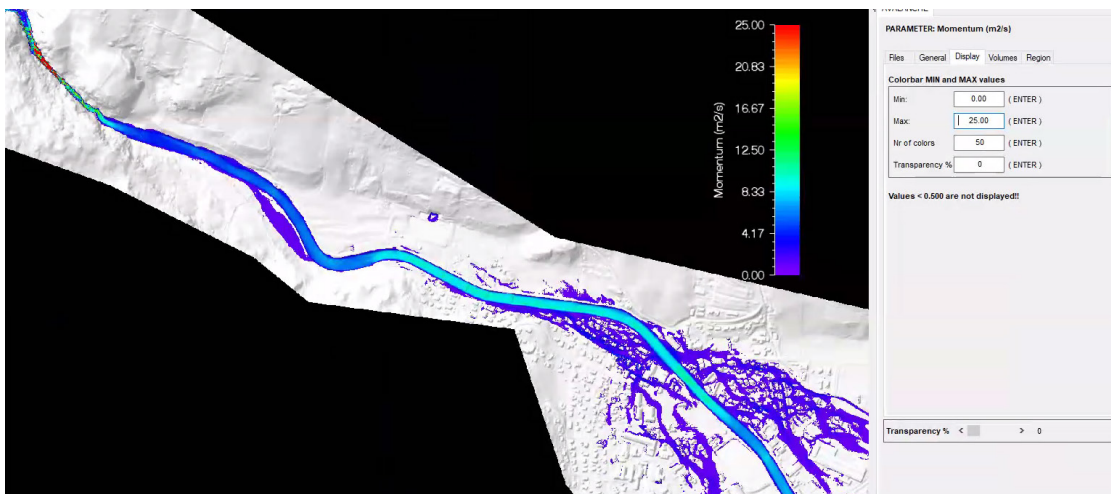
Det er for sørpeskred (friksjonsparametre Xi 600, Mu 0.01) kjørt volum opp i 100 000 m³ med start nært ovenfor Sæletunga og ca 1 000 000 m³ i indre deler av gjelet eller den svingende V-dalen. Selv om det er stor forskjell på utløst volum, er forskjellen mye

mindre nede på vifta. Den svingende dalen demper og flater ut skredflomtoppen slik at hendelsen strekker seg mer ut i tid.

Figur 15 viser resultat av ekstremt volum for sørpeskred. Figuren viser et tidspunkt der hendelsen har omkring maksimal utbredelse. RAMMS regner med svært lave flythøyder, og utbredelsen kan da se svært stor ut. Figur 16 viser resultatene presentert som Flow Momentum. Fysisk burde dette være strømningshastighet x flythøyde x romvekt, men i RAMMS er romvekt konstant og Flow Momentum er strømningshastighet x flythøyde, altså samme fysiske størrelse som intensitet i hydrauliske beregninger ovenfor. Presentasjonsverdien i Figur 16 er større enn $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$, og vi ser da at det er langt på veg de samme områdene som trer fram som utsatte i RAMMS som i flomberegningene i Hec-RAS i kapittelet ovenfor.



Figur 15 Sørpeskredsimulering, hastighet, ekstremt stort volum, her er det presentert uten å kutte vekk de laveste resultatene.

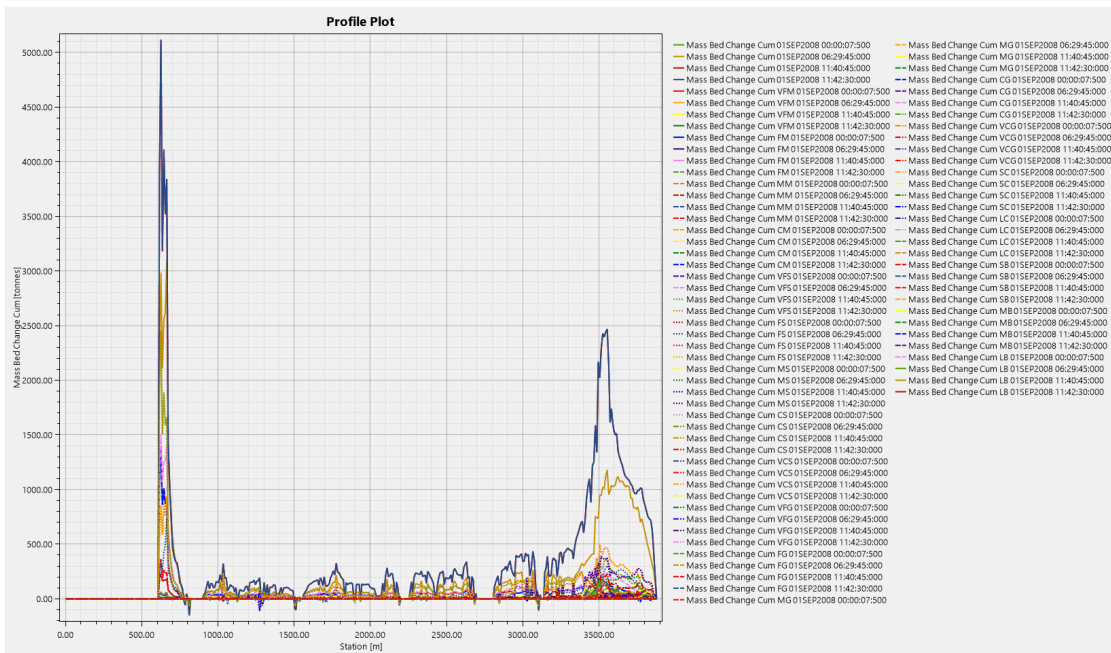


Figur 16 "Sørpeskred" presentert som "Flow momentum" enhet m^2/s , merk at verdier lavere enn 0,5 ikke er vist.

7 Sedimenttransport, modell

Det er forsøkt å kjøre sedimenttransport-beregninger ut fra gjelet og ned i Otta. Øvre grensebetingelse er da satt slik at transportkapasitet inn i modellen begrenser sedimenttransporten. Det en ser i en slik modell, er at det i all hovedsak er i øvre del, rett etter gjelet, at masse avsettes. Deretter er det mye masse som går rett gjennom og avsettes i utløp eller overgang til Otta. Med en større vannføring og mer geometrisk rett dybdemodell i Otta, ville denne massen også bli transportert noe videre.

For å gå videre på en slik modell, bør en studere dalen og gjelet nærmere slik at en kan inkludere eller i alle fall kjenner hvordan transporten foregår ned til Sæletunga. Videre bør en gå gjennom tallene for uttak av masse gjennom tidene, og samle kunnskap om hvilke massefraksjoner som avsettes i Finna og hvilke som går videre.



Figur 17 Akkumulert masse i i simuleringen.

8 Sammenstillinger og samlet vurdering

Disse modellstudiene viser at det er vannbårne prosesser som gir fare på sidene av Finna. En ekstrem vannføring, gjenfylling av Finna på grunn av stor massetransport eller tilførsel fra Nugga kan gi situasjoner med høy intensitet. I 1938 - hendelsen var alle disse 3 faktorene til stede.

Resultater fra hydrauliske beregninger i HEC RAS og RAMMS er ganske entydige når en studerer den fysiske størrelsen strømningsdyp x strømningshastighet. I grunnen kunne en nøye seg med å gjøre en flomvurdering der en vurderer redusert kapasitet i Finna og øker sikkerhetsnivået slik det er gitt i veiledning til TEK 17. En får da ut omtrent de samme kritiske områder enten en vurderer det som flom eller skred.

Naturlige elvevifter (alluviale vifter), er en vifte med aktive avsetninger, noe som igjen betyr løpsendringer. Det kritiske punktet, er topp vifte der naturlig sideterreng ikke styrer elva, men elva har fri bevegelse. På bebygde vifter er løpet ofte sikret og forsøkt låst med en kanal der hastighet opprettholdes i kanalen, slik at mest mulig av sedimenter ledes ut fra vifta, uten erosjonsskader. Praksis viser at en iallfall opp til en viss flomstørrelse, avhengig av sedimenttransport, oppnår vesentlig forbedret sikkerhet på denne måten.

På Vågåmo kan Finna gå ut av løpet på begge sider ned forbi trafostasjonen og Blesmovollen, uten at det trenger å gå særlig ut over nedstrøms areal. Da er elva i

hovedsak fortsatt styrt av dalsidene. Først etter Kastbuhaugen er vifta mer fri. Østsiden av elva er videre nedover noe mer utsatt enn vestsiden.

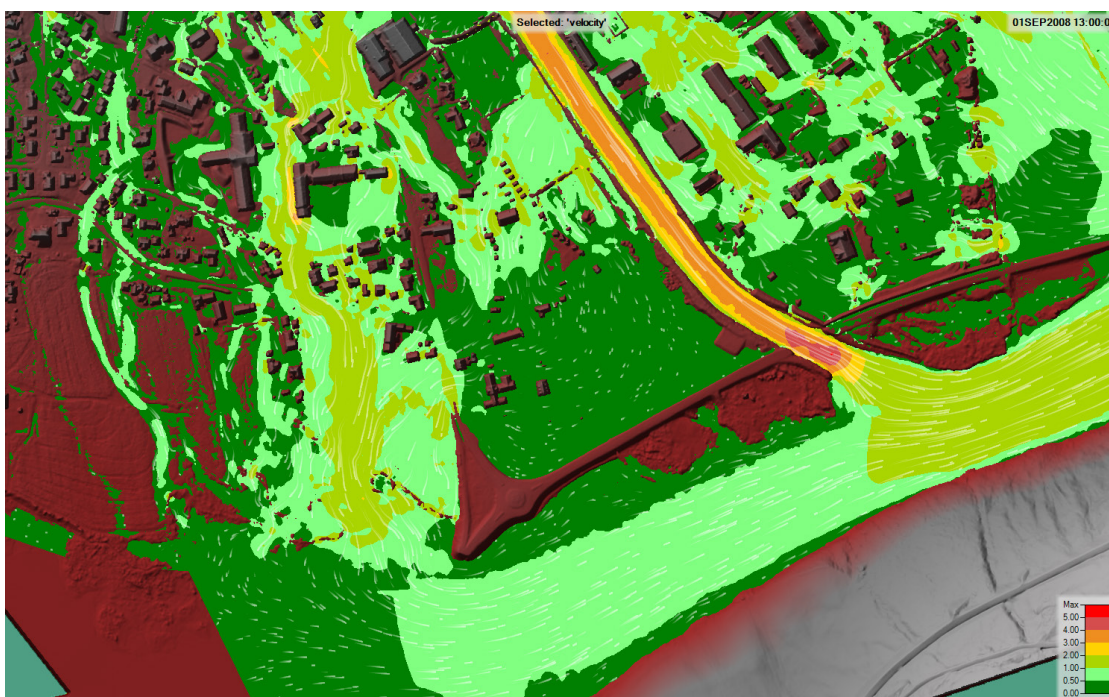
Modellstudiet tar ikke for seg erosjon og følger av at flomverket blir overtoppet. Flomverket er i hovedsak ganske lavt i forhold til sideterrenget, og så lenge kanalen opprettholder strømmingen vil strømmingen utenfor Finna være begrenset. Vi har i denne rapporten derfor sett på følgene av oppfylling i Finna som reduserer kapasiteten i elvekanalen. Beregningene vil kunne bli ganske like enten en fyller opp, eller at Nugga kommer seg ned i gammelt løp, ut gjennom flomverket og legger opp masse.

Ofte står det: "Faresoner for skred og flom baserer seg på dagens situasjon". Dette er en forenkling som ikke er holdbart i masseførende vassdrag, fordi "topografi" endres kontinuerlig i løpet av selve hendelsen..

Like viktig som å beskrive fareområder, ser en at modellstudiet gir områder med lav intensitet. Det vil si at det er vannstand her alene som er problemet. En kan betrakte disse områder som flom med fare for materiell skade (vann i kjeller). Ute på ei vifte vil flomvannstanden generelt være liten, men gamle kanaler kan gi større flomvannstand. Begrenset vannstand betyr at en for nye bygg eller tiltak kan angi byggehøyde eller forutsette tett konstruksjon opp til et visst nivå.

En skredanalyse bør for områder som kartlegges som faresone 1/5000 ha drøftet komplikasjoner som erosjon, masseavlagring, elvebrudd og uheldig sammenfall med sideelver eller bekker. Vannføringen trenger ikke nødvendigvis være statistisk den samme som nominell sannsynlighet for sonen, det er den totale mulige faresituasjonen som skal vurderes.

Denne studien er mye mer detaljert enn det som har vært gjort i tidligere skredkartlegginger. Nedenfor kommer vi derfor med en revidert versjon av 1/5000-faresone.



Figur 18 Detaljert hastighetskart mot Otta.

8.1 Foreløpig forslag til ny 1/5000 faresone.

Nedenfor er revidert 5000-års sone vist. Den er basert på intensitet (dybde x hastighet), slik det er definert tidligere.

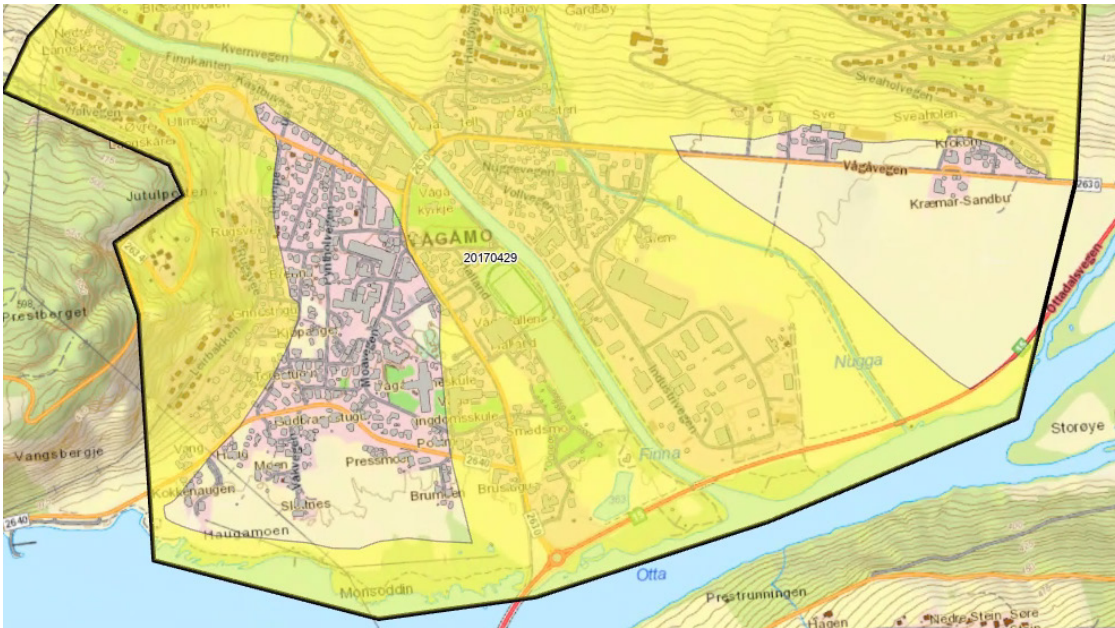
I store deler av den gamle faresona vil faren dreie seg om vann uten stor høyde eller stor hastighet. Dette vil ikke ha ødeleggende intensitet for byggene, og vil kunne håndteres med kontroll av vinduer og åpninger i kjellere osv. I disse områdene kan ikke hendelsen kalles skred, og utgår derfor fra 1/5000 skredfaresona.

Faresoner for skred og flom baserer seg på dagens situasjon. Vi har gått igjennom deler av faresonen for å se om hindringer eller andre styrende elementer enn bygg er tatt med og hvordan modellen generelt stemmer. For dette området ser en at det ligger en rekke større bygg på tvers av strømning. En finner slike bygg på begge sider av Finna. Dette er trolig bygg som ikke tilhører sikkerhetsklassene S3 eller F3, men flere slike bygg vil påvirke strømning og reelt fareområde ved en ekstremflom. Dette er ikke tatt hensyn til i den eksisterende faresonekartleggingen. Det må derfor tenkes gjennom hvordan en skal håndtere videre reguleringsplaner og utbygging i elvenære områder.

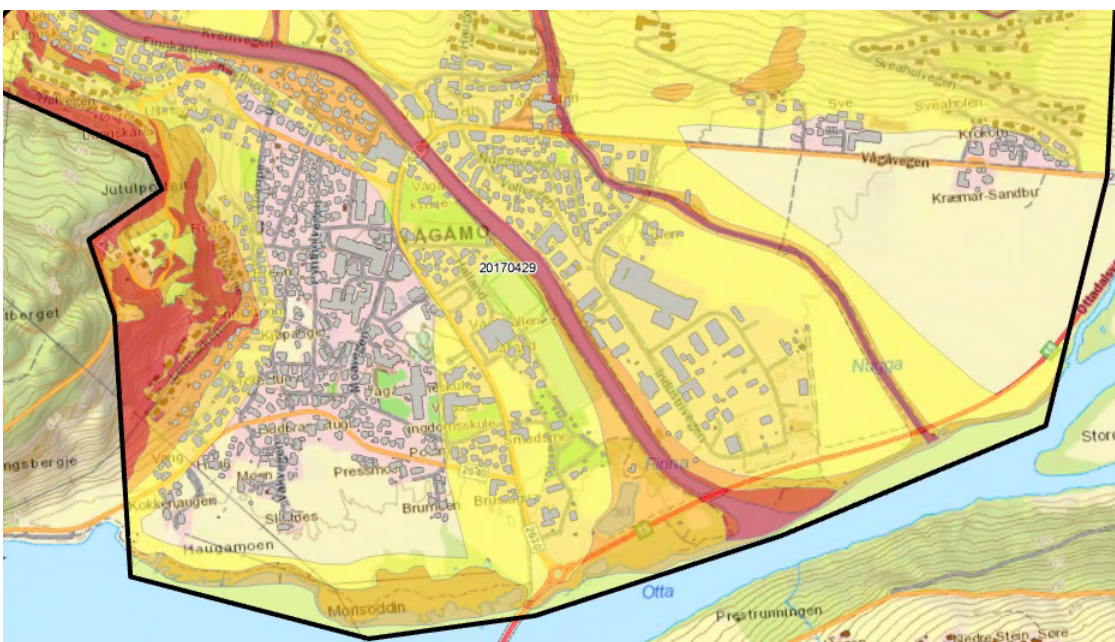
Det er først etterat en har regnet på en 1000-års flom en ser om denne flomstørrelsen gir vanddyb eller dynamiske forhold som tilsier at denne flomstørrelsen skal benyttes også for S2 bygg. Etter TEK 17 må det derfor være standard at det regnes på denne flomstørrelsen.

Innenfor potensielle fareområder vil en kunne bygge, hvis en tar hensyn til vanddyp og hastigheter, forutsatt at en sikrer mot vann og trykkskade.

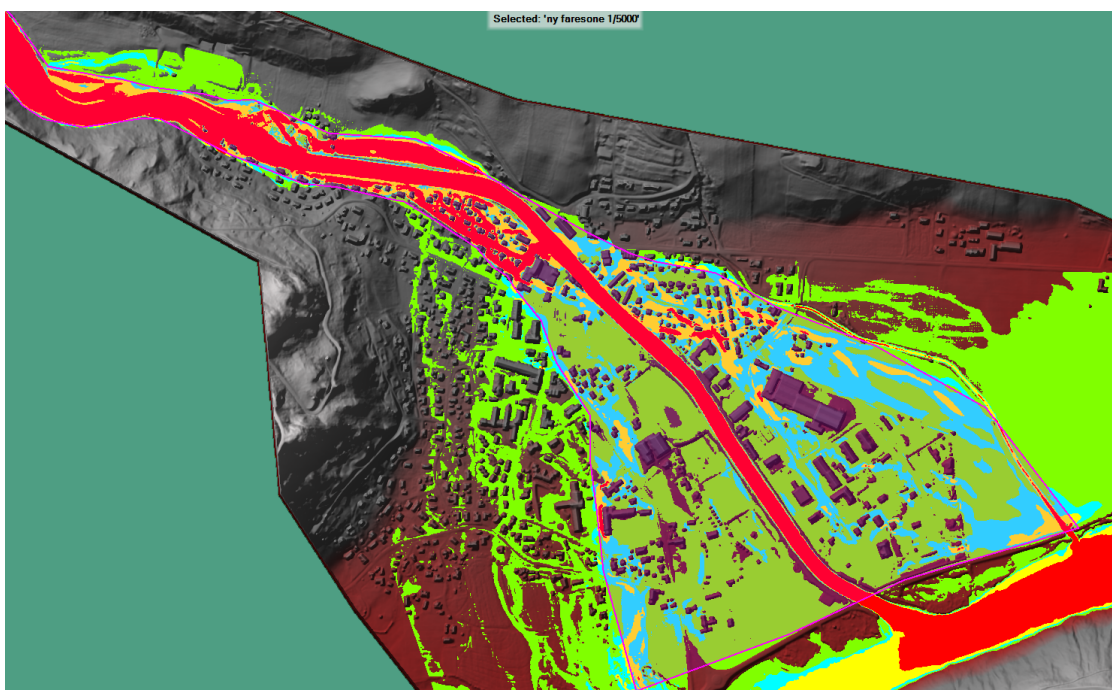
Når det gjelder avslutning av sonen mot Otta så bør nok den vurderes i forhold til en større flom i Otta og sees i sammenheng med avlagring av masse i Otta nedstrøms utløp Finna.



Figur 21 Revidert faresone 1/5000 Vågåmo



Figur 19 Samlede faresoner for Vågåmo (rød 1/100, oransje 1/1000, gul 1/5000).



Figur 20 Del av faresone rundt Finna presentert sammen med intensitet.

8.2 Usikkerhet i hydrauliske beregninger

I alle modeller er det usikkerhet. Normalt for hydrauliske modeller bør det utføres kalibreringer basert på at vannstander og tilhørende vannføringer måles inn. Dette er ikke gjort i dette prosjektet, selv om ruhet i elveleie er tatt fra en tidligere beregning. Hvis en kun skal se på vann i Finna, bør en måle inn vannstander, kanalgeometri for å optimalisere modellen. Hvis en derimot skal se på hva som skjer under en ekstremflom, så er ikke kanalgeometrien så mye verdt.. Denne modellen bruker ekstreme vannføringer, større enn hva flomverk og kanal er dimensjonert for. Den ser mer i detalj på hvor det strømmer vann når og hvis Finna mister kapasitet til å ta unna vann og sedimenter. Etter vårt syn, er det nettopp her usikkerheten ligger, hvordan en ekstrem flom kan fylle opp Finna med sedimenter.

Resultatene gir etter vårt syn et godt bilde av areal utsatt for ulik grad av fare under en ekstremflom i Finna.

8.3 Videre arbeid

Området bør sjekkes i forhold til geometri, om det er vesentlige elementer som bør med i terrengmodellene. Befaring i forbindelse med presentasjon av resultater, viste generelt god overenstemmelse, men det er noen murer som er såpass smale langs Finna, at en ikke uten videre vet om de er representert i terrengmodellen. Elvebunnen bør måles opp og sammenlignes med eldre tverrprofiler. Det er viktig å dokumentere tilstand og geometri til elva slik at dette er bevart.

Det hydrologiske grunnlaget bør gås igjennom av NVE, både flomstørrelser og varighet av flommer i forhold til ekstremer og massetransport.

Klimapåslag indikerer at flomsonekartet bør revideres. Beregninger her indikerer at flomverket og sideliggende arealer kan være direkte flomutsatt ved klimajusterte flomstørrelser.

Det er tatt ut masse i Finna over mange år. Hvor dette er tatt ut, hvor mye og hvordan geometrien endres er viktig for å kunne forstå og modellere massetransport i Finna. Prosessen med massetransport ned dalen til Sælatunga og mating av masse fra dalsidene bør også studeres.

Sedimentberegninger bør verifiseres med bedre grunnlag og sammenlignes med erfaring for hvor Finna legger igjen masse. Dette er avgjørende for hvordan en bør tømme Finna for masse, og hvilket tverrsnitt Finna bør ha nedover. Uansett hvordan en ser på sikkerheten, er behovet for kontroll og uttak av masse avgjørende for sikkerheten på Vågåmo.

I et område på østsiden av Finna, er det lagd en sikring innenfor (mot elva) 1938 sikringen. Terskler er etablert og forsterket. Dokumentasjon på alle tiltak og hvorfor disse er utført etter 1938 bør samles og gjennomgås.

Lokale tiltak: Basert på farevurderinger i sentrumsområdet kan nye bygningstiltak tilpasses. Resultatkart kan vise dimensjonerende høyde og trykk.

Tiltak i vassdraget: Andre tiltak i vassdraget må vurderes ut fra en større studie der punktene ovenfor er med.

Referanser

NVE 2001 Delprosjekt Vågåmo, Eli Øydvin, Flomsonekart 3/2001

NVE 2000, Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen, Turid-Anne Drageset, NVE dokument 4/2000

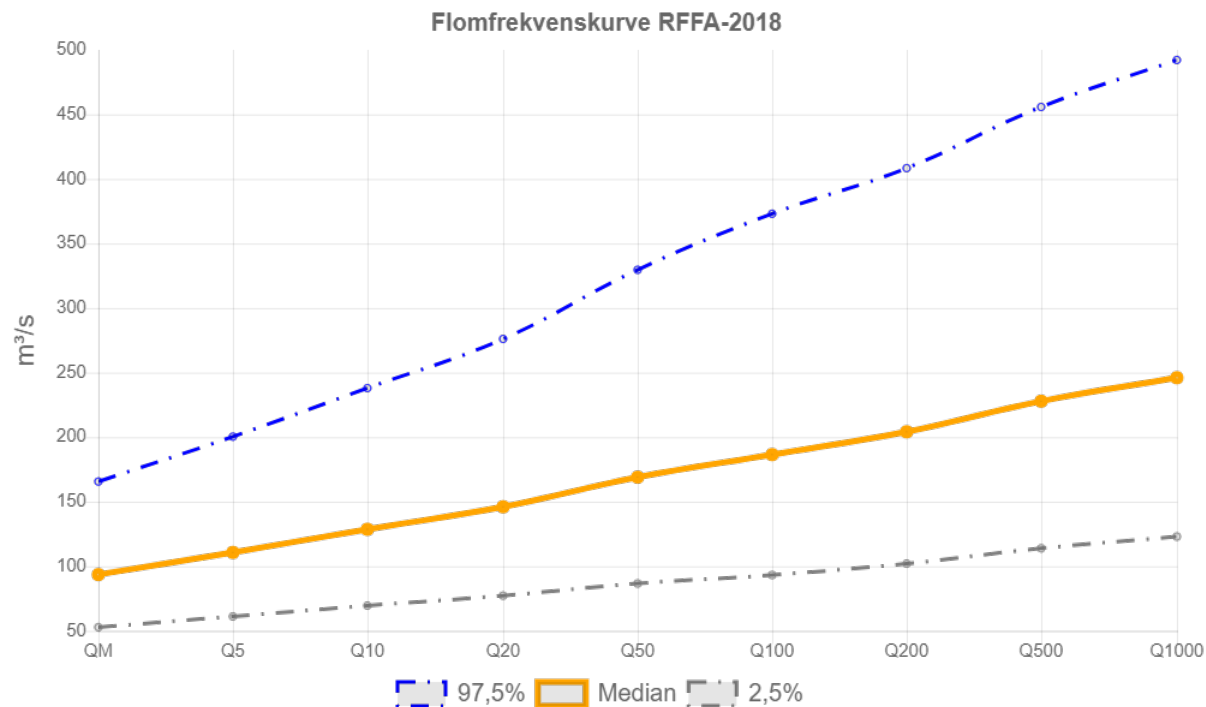
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 002.DHAA0
Kommune.: Vågå
Fylke.: Innlandet
Vassdrag.: Finna
Nedbørfeltareal: 466 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).

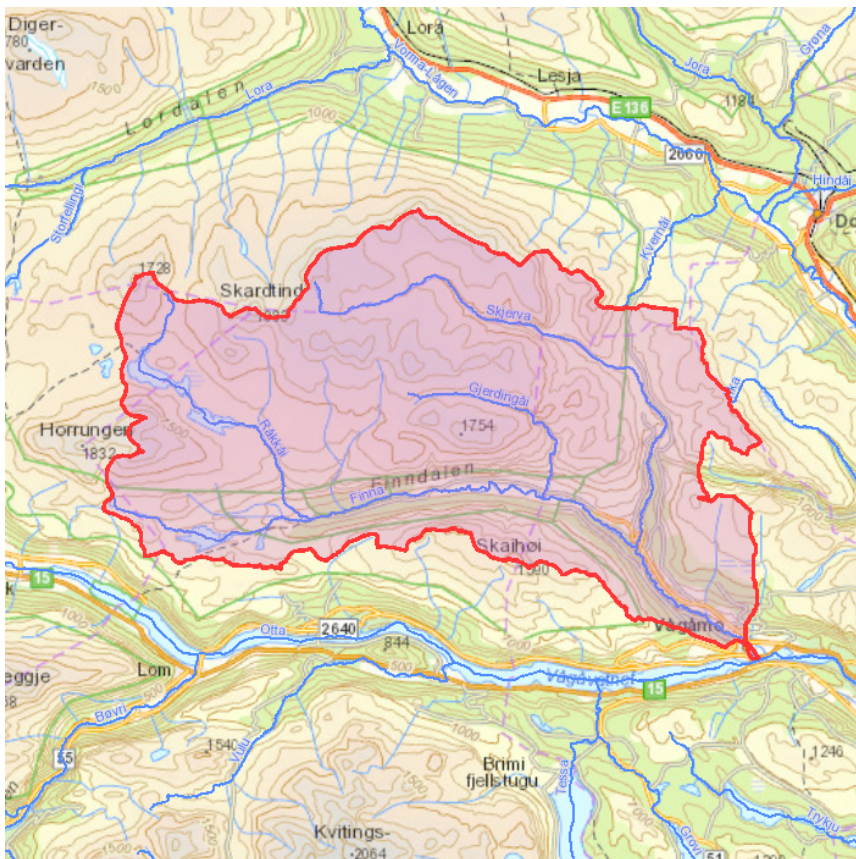
Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	201	l/s*km ²
Klimapåslag	20	%
Kulminasjonsfaktor	1.15	-
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	1.37	1.56	1.81	1.99	2.18	2.43	2.63	-
Flomverdier, m ³ /s	93.6	111	129	146	169	187	204	228	246	245
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	166	200	238	276	330	373	408	456	492	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	52.9	61.2	69.5	77.3	86.7	93.3	102	114	123	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km ²									
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)										
Flomverdier, m ³ /s										
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s										
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /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.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 190506 E
6873774 N

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

Feltparametere

Areal (A)	466	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.08	%
Elvleengde (E _L)	42.7	km
Elvegradient (E _G)	22.8	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	19.9	m/km
Helning	10.2	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.2	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	37.3	km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0.1	%
Dyrket mark (A _{JORD})	1.3	%
Myr (A _{MYR})	1.1	%
Leire (A _{LEIRE})	0	%
Skog (A _{SKOG})	9.7	%
Sjø (A _{SJO})	1.6	%
Snaufjell (A _{SF})	82.5	%
Urban (A _U)	0.1	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	3.4	%

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	363	m
Høyde ₁₀	883	m
Høyde ₂₅	1116.5	m
Høyde ₅₀	1367	m
Høyde ₇₅	1566	m
Høyde _{MAX}	1880	m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	20.3	l/s*km ²
Nedbør juni	44	mm
Nedbør juli	57	mm
Regn og snøsmelting mai	156	mm
Regn og snøsmelting juni	99	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	59	mm
Regn og snøsmelting november	4	mm
Temperatur februar	-10.4	°C
Temperatur mars	-8.5	°C

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Fareområder for flom og skred Vågåmo vest - revisjon av faresoner		Dokumentnr./Document no. 20200445-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Vågå kommune	Dato/Date 2020-09-29
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords flomskred, massetransport flom		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Innlandet	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Vågå	Felt navn/Field name
Sted/Location Vågåmo	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2020-09-25 Øyvind A Høydal	2020-09-28 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 29. september 2020	Prosjektleder/Project Manager Øyvind A Høydal
--	--	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within 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 following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

