

Vurdering av behov for erosjonssikring i Loråsbekken, Røra

Hydrologiske og hydrauliske beregninger

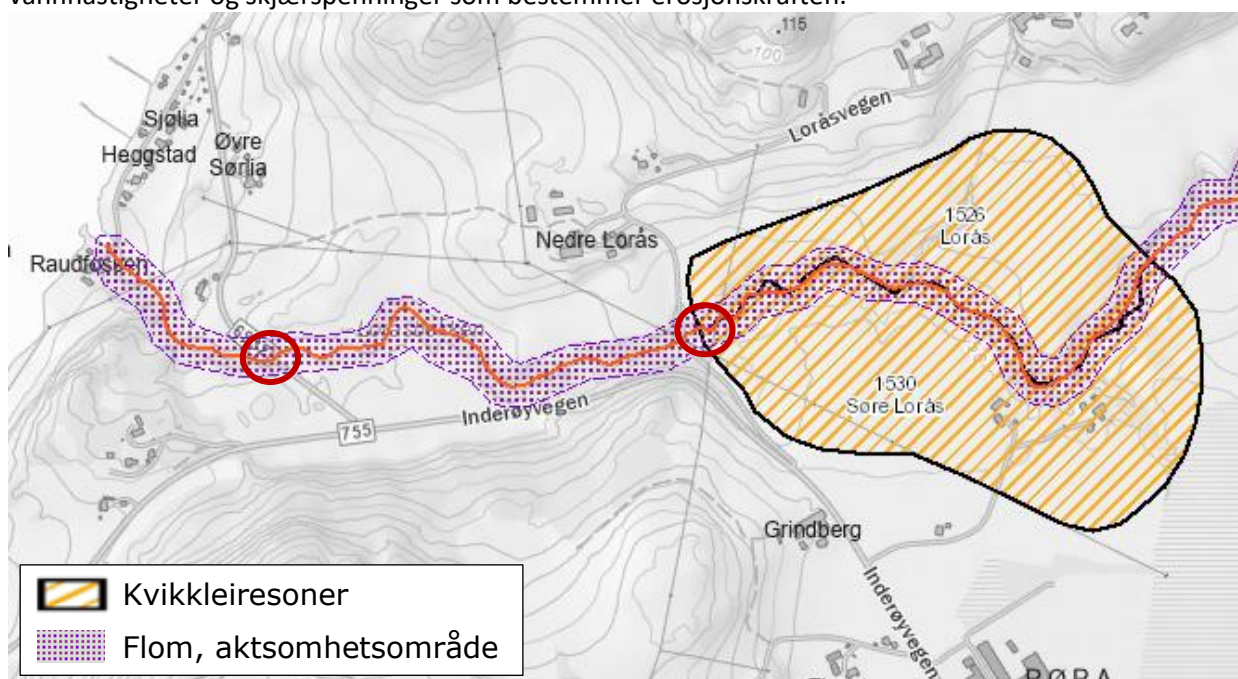
Oppdragsnavn	Fv.755 Gang-/sykkelveg mellom Røra idrettsbane og Grandmarka, hydrologisk vurdering av Loråsbekken
Prosjekt nr.	1350057089
Mottaker	Trøndelag fylkeskommune v/Anne Elisabeth Katmo
Dokument type	Rapport
Versjon	01
Dato	03.11.2023
Utført av	Nitesh Godara
Kontrollert av	Geir Vatne
Godkjent av	Geir Vatne

Innholdsfortegnelse

1.	Bakgrunn og oppdrag	2
2.	Områdebeskrivelse	2
2.1	Loråsbekken	2
2.2	Befaring	3
3.	Flomberegninger	6
3.1.1	Flomverdier fra NEVINA	7
3.1.2	Flomfrekvensanalyse	7
3.1.3	PQRUT	7
3.2	Hydrauliske beregninger	7
4.	Resultater og drøfting	8
4.1	Flomberegninger	8
4.1.1	Flomverdier fra NEVINA (nevina.nve.no)	8
4.1.2	PQRUT	8
4.2	Sammenligning med andre flomberegninger og observasjoner	9
4.3	Hydrauliske simuleringer	11
4.3.1	Vannlinjer og vannhastigheter	12
4.4	Sikkerhetspåslag	14
5.	Konklusjon og anbefalinger	14
	Referanser:	15
	VEDLEGG 1	15
	VEDLEGG 2	17

1. Bakgrunn og oppdrag

I forbindelse med ny sykkelveien langs FV 755 i Røra, har hydrologer ved Rambøll Vann, Trondheim AS blitt bedt om å vurdere behov for erosjonssikring ved Loråsbekken som går langs FV 755. Loråsbekken går gjennom en kvikkleiesone og ligger i aktsomhetsområdet for flom (Figur 1). For å gjøre en slik vurdering må det utføres en flomberegning og hydrauliske simuleringer for å kartlegge romlig fordeling av vannhastigheter og skjærspenninger som bestemmer erosjonskraften.



Figur 1: Nedre del av Loråsbekken med aktsomhetszone for flom og lokalisering av kvikkleirsone (atlas.nve.no). To kulverter på strekningen er visst med røde sirkler.

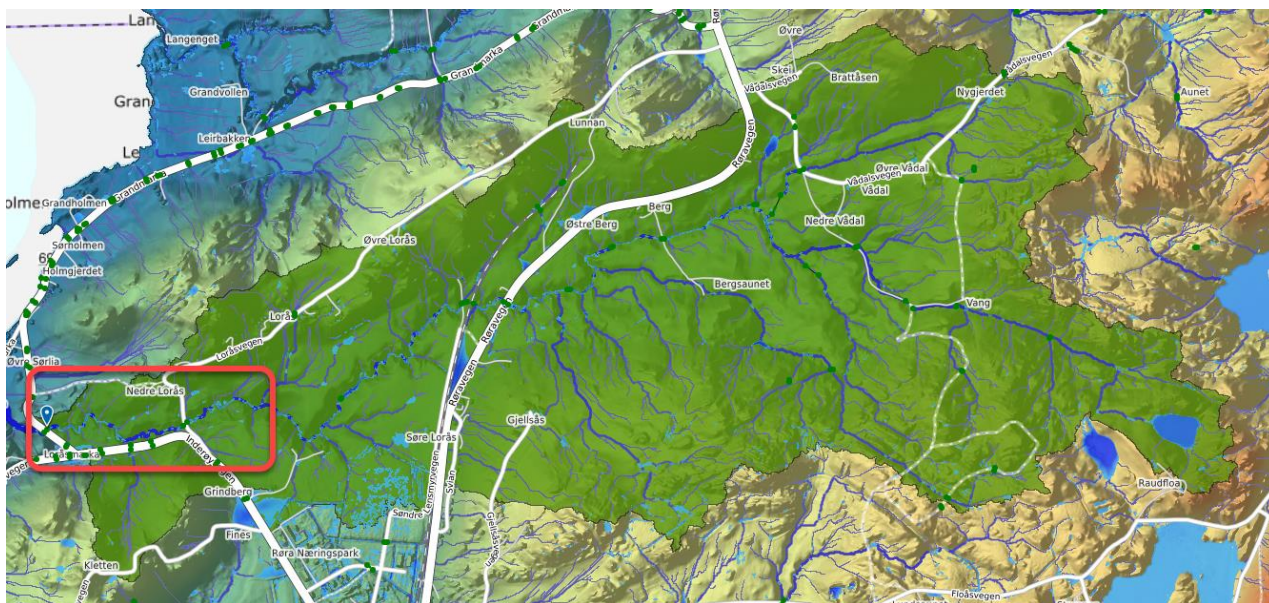
2. Områdebeskrivelse

2.1 Loråsbekken

Loråsbekken oppstrøms Grandmarka ved den nederste kulverten har et nedbørfelt på ca. 6,05 km² (Figur 1). Vegetasjon i feltet domineres av jordbruk (50%) og skog (ca. 40%) og ca. 50% ligger i område med marin leire (Vedlegg 1). Feltareal, feltlengde, høyeste og laveste punkt er beregnet i Scalgo (www.scalgo.com) som bruker en høyoppløselig terrengmodell for å beregne feltarealet.

Tabell 1: Feltparametere for Loråsbekken oppstrøms Grandmarka (nevina.nve.no og scalgo.com*)

Feltparameter	Verdi	Enhet
Areal*	6,05	km ²
Effektiv sjø	0	%
Elvelengde	6,4	km ²
Elvegradient	30,2	m/km
Dreneringstetthet	1,1	km ⁻¹
Feltlengde*	4,8	km
H _{min} -H _{max} *	24 – 235	m
Spesifikk avrenning 1961-90, (Q _N)	24,1	l/s*km ²

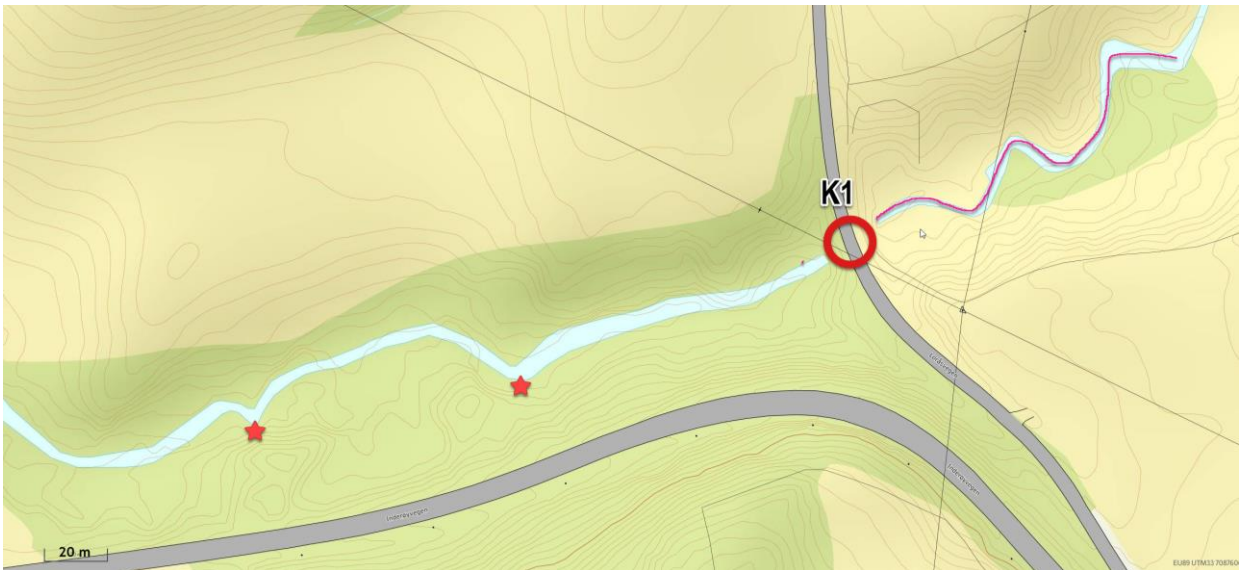


Figur 2: Loråsbekken sitt nedbørfelt (www.scalgo.com) med befart område i rød ramme.

2.2 Befaring

Området ble befart 17.08.2023 av hydrologene Nitesh Godara og Geir Vatne fra Rambøll Vann, Trondheim. Det ligger to kulverter på strekningen vist med røde sirkler i Figur 1. Kulverten som ligger lengst oppstrøms, K1, ved grensen til det kartlagte kvikkleiresonen (Figur 3 og Figur 4), er ikke registret i vegkart. Dimensjoner av kulvertene ble målt, og både erosjonsskader og noe av den eksisterende erosjonssikringen på strekningen ble kartlagt. Dessverre var vegetasjonen for tett til at vi klarte å få gjort noen innmålinger av tverrsnitt og lengdesnitt av bekken med differensiell GPS.

Flere steder ble det observert erosjonssår med undergraving av elvebredden med tilhørende skredsår (eks. Figur 5, Figur 6). De fleste erosjonssårene lå på nordsiden av elva. Substratet i bekken besto flere steder bare av et tynt lag med grus over leire i bunn av elva. Leira i elvebunnen viste lite motstand, og vi kunne enkelt stikke en pinne over en meter ned i elvebunnen (Figur 7). Flere steder ble tidligere erosjonssikring observert (eks. Figur 7), men denne er ikke sammenhengende. Vannføringen sammen med manglende sikt i vannet gjorde at det ikke var mulig å kartlegge eksisterende erosjonssikring i detalj. Erosjonssikringen som ble observert var i hovedsak av elvebunnen og i liten grad elvebredd og sideskråninger. Det er bare deler av Loråsbekken som er angitt i med erosjonssikring i NVE Atlas (Figur 8). Det er derfor ikke kjent alder på erosjonssikringen eller hvem som har utført denne. Langs de befarte strekningene er dalbunnen vid til å være en ravinedal, og bekken kan ta i bruk et stort areal i flomsituasjonen slik at hastighetene, og dermed erosjonspotensialet, ikke blir høyt.



Figur 3: Steder med større skredsår og aktiv erosjon på sørsiden av bekken er markert med røde stjerner.



Figur 4: Utløp av kulvert K1 som går under kommunal vei. Store steiner ved utløp som erosjonssikring og energidreper.



Figur 5: Utløp av kulvert under kommunal vei, K1, med nedstrøms kunstig terskel. Erosjon ble observert på nordsiden av utløpet i foten av veifyllingen.



Figur 6: Erosjonsskader på nordsiden av elva og eksisterende erosjonssikring i elvebunnen.



Figur 7: Et tynt gruslag med steiner over leire i bunnen av elva. Det var liten motstand mot å stikke en pinne over en meter ned i elvebunnen.



Figur 8. Områder med erosjonssikring i nedre del av Loråsbekken markert med rosa strek (atlas.nve.no).

3. Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder anbefalt i NVE-veileder 1/2022 Veileder for flomberegninger (NVE, 2022). Under er det gitt en kort forklaring av de ulike metodene benyttet. For flere detaljer henvises leseren til veilederen (NVE, 2022). Tabell 2.3.1-1 i N 200 (SVV, 2022) angir klimafaktor (F_k) som skal brukes for hvert fylke. Verdien er avhengig størrelsen på nedbørfeltet. For Nord-Trøndelag skal F_k settes til 1,3 for både små og store nedbørfelt. I klimaprofilen for

tidligere Nord-Trøndelag fylke, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter (klimaservicesenter.no), anbefale et påslag på minst 20% for mindre vassdrag. Vi har valgt å bruke klimapåslag på 1.3 som anbefalt i N200 (SVV, 2022).

3.1.1 Flomverdier fra NEVINA

Veilederen for flomberegning (NVE, 2022) anbefaler at nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS) benyttes for nedbørfelt opp til 60 km², og RFFA_2018 for felt over dette. Begge disse verktøyene ligger inne i NVE sitt nettbaserte program NEVINA (nve.nevina.no). Det er knyttet usikkerhet ved normalavrenning og middelflommen (l/s*km²) beregnet i NEVINA, slik at en sammenligning mot middelflomverdier og dimensjonerende flomverdier fra nærliggende og sammenlignbare felt med målestasjoner for vannføring bør gjennomføres. Felte karakteristikk og observasjoner av vannføring fra nærliggende vassdrag er hentet ved hjelp av NVE seriekart (seriekart.nve.no).

3.1.2 Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalyser er statistiske analyser som utføres på observerte flomdata for å bestemme flomverdier for ulike gjentaksintervaller. Der det ikke foreligger lokale flomdata, kan data fra representative nærliggende målestasjoner benyttes. Analysene kjøres i NVE sin database HYDRA II med de mest oppdaterte dataene. Analysene utføres enten på døgnverdier eller på timesverdier (kulminasjonsverdier) for vannføring. Når beregningene utføres på døgnverdier, må forhåndstallet mellom døgn- og kulminasjonsverdi (kulminasjonsfaktor) bestemmes.

3.1.3 PQRUT

PQRUT er anbefalt som metode for nedbørfelt fra 2 – 80 km². Nedbør-avrenningsmodellen PQRUT er en forenkling av HBV-modellen som benyttes for større vassdrag. Modellen krever felte karakteristikkene areal, effektiv sjøprosent, hypsografisk kurve (H25 og H75), feltlengde og spesifikk normalavrenning for å «kalibrere» modellparameterne K1, K2 og T1. Konsentrasjonstiden er beregnet som oppgitt i kapittel 3.1.3.1. PQRUT er en nedbørs-avløpsmodell og i beregninger for flomverdier i PQRUT er nedbørdata input. Nedbørsforløpet er konstruert for nedbørshendelse med ulike gjentaksintervaller ved hjelp av IVF-kurven (Intensitet, varighet, frekvens).

3.1.3.1 Konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden er beregnet med metode presentert i 2016 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE, 7/2015).

$$T_{c\text{prag}} = L_F / \left(\frac{m}{t}\right) \quad [\text{time}]$$

Hvor L_F er feltlengden i km og (m/t) er vannhastighet i m/s.

3.2 Hydrauliske beregninger

Programvaren HEC-RAS 6.3.1 er benyttet til beregning av vannstand, vannhastighet og skjærspenning for dimensjonerende flom. HEC-RAS er et anerkjent elvemodellprogram som beregner vannlinjer basert på en høyoppløselig terrengmodell, og input av et flomforløp, samt innlegging av kulverter og terskler for å modellere hvordan vannstrømmen passerer disse. Høydegrunnlaget er fra NDH Steinkjer fra 2017 med 5 punkt pr m² med koordinatsystem Euref89 UTM32 lastet ned fra høydedata.no 08.08.2023. Det er ingen målinger eller observasjoner og kalibrerer modellen mot. Det er derfor viktig å kjøre modellen med ulike ruhetsverdier for å teste hvor følsom modellen er for endringer i denne, da den er avgjørende for vannhastighet og dermed vannstand. Modellen ble kjørt med ruhetsverdier 0.04 i bekken. Modellen er kjørt

med tidsskritt basert på Courant-tall på under 1 for å oppnå modellstabilitet. Ligningssettet er SWE-ELM er benyttet for å beregne lokal akselerasjon.

4. Resultater og drøfting

4.1 Flomberegninger

For vurdering av erosjonsfare er det viktig å se på vannhastigheter for ulike flomverdier. Selv om en 200 års flom gjør mest skade vil alle 5 års flommer mellom de sjeldne 200 års hendelsene samlet kunne medføre større erosjon. Det er derfor beregnet flomstørrelser for flere gjentaksintervall og kjørt simuleringer av vannhastighet og skjærspenning for disse.

4.1.1 Flomverdier fra NEVINA (nevina.nve.no)

For Loråsbekken benyttes NEVINA-NIFS da feltet er mindre enn 60 km². Normal spesifikk årsavrenning er oppgitt til 24,1 l/s/km². Tabell 2 gir flomverdier med og uten klimapåslag for flommer med 7 ulike gjentaksintervaller.

Tabell 2: Flomverdier fra NEVINA-NIFS (nevina.nve.no) uten og med klimapåslag (FK).

Gjentaksintervall	m ³ /s	l/s*km ²	Med klimapåslag (m ³ /s)
QM	3,6	600	4,7
Q5	4,5	750	5,9
Q10	5,3	883	6,9
Q20	6,2	1033	8,1
Q50	7,5	1250	9,8
Q100	8,7	1420	11,3
Q200	10	1660	13,8

4.1.2 PQRUT

Konstruksjonen av nedbørsforløpet er gjort etter anbefalingene i NVE veileder 7/2015 (NVE, 2015), hvor den mest intense nedbøren hentes fra IVF-kurven med varighet lik konsentrasjonstiden. Konsentrasjonstiden T_c ble beregnet som oppgitt i kapittel 3.3.3.1. til 48 min med vannhastighet på 1 m/s. Siden tidssteget i modellen bare kan være heltall, ble konsentrasjonstiden avrundet til 1 time. Nedbøren ble videre fordelt symmetrisk om den dimensjonerende nedbørintensiteten for konsentrasjonstid på en time, slik at summen gjennom døgnet tilsvarer 24-timers verdiene i IVF-kurven.

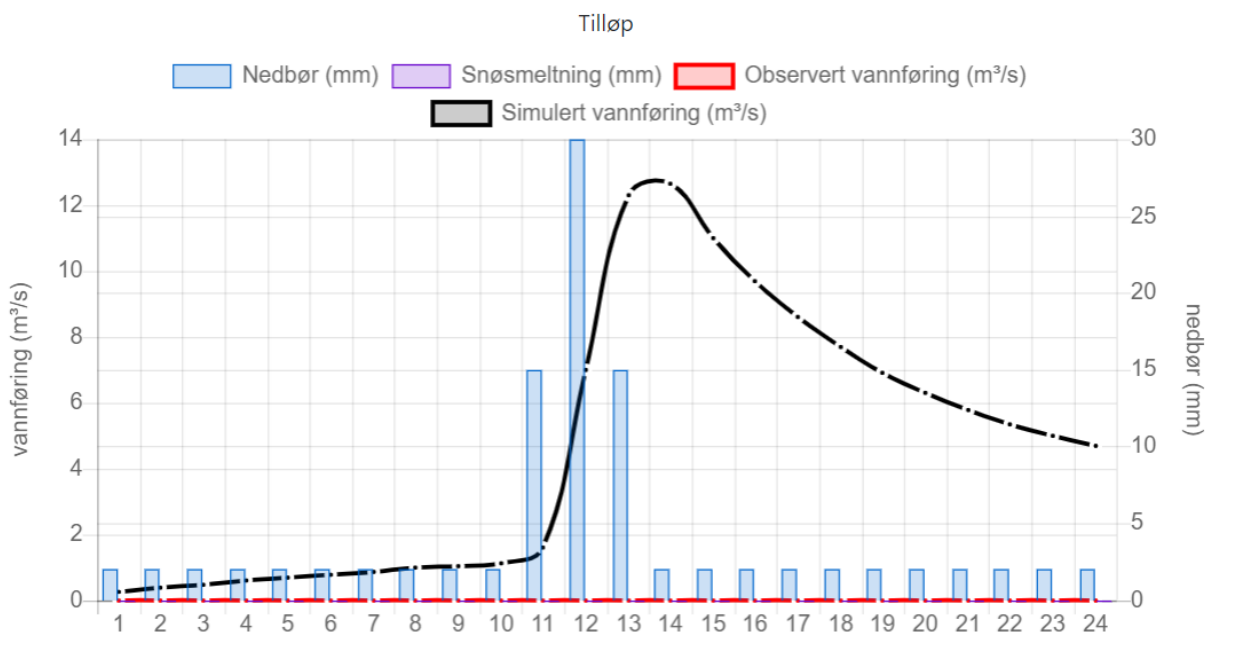
Av nedbørstasjoner er det Høylandet som er nærmest Røra, men den har kvalitetsklasse svært usikker (klasse 3) og har en dataserie som ble avsluttet i 1980. Vi valgte i stedet å bruke IVF kurven fra Trondheim-Risvollan selv om denne ligger lengre unna Loråsbekken. Årsaken er at stasjonen er vurdert til kvalitetsklasse god (klasse 1) og har data fra 1986 fram til i dag.

Modellparametrene som ble benyttet i PQRUT er gitt i Tabell 5 Verdier for alle parameterne er hentet ut fra NEVINA, bortsett fra feltarealet som er hentet fra SCALGO.

Tabell 3: Modellparametere benyttet i PQRUT etter kalibrering.

Modellparameter	Verdi	Enhet
K1	0,1902	1/time
K2	0,0371	1/time
T1	29,8	mm
Q _{start}	0,2	m ³ /s

Figur 9 viser flomforløpet som sort stiptet linje som resultat av angitt nedbørforløp (blå søyler).



Figur 9: Simulert vannføring med PQRUT for 200 års flom. Blå søyler viser nedbør og sort stiptet linje viser vannføring. Enheten på X-aksen er timer.

Med nedbørsdata fra Risvollan beregner PQRUT 200 års flom til følgende verdier.

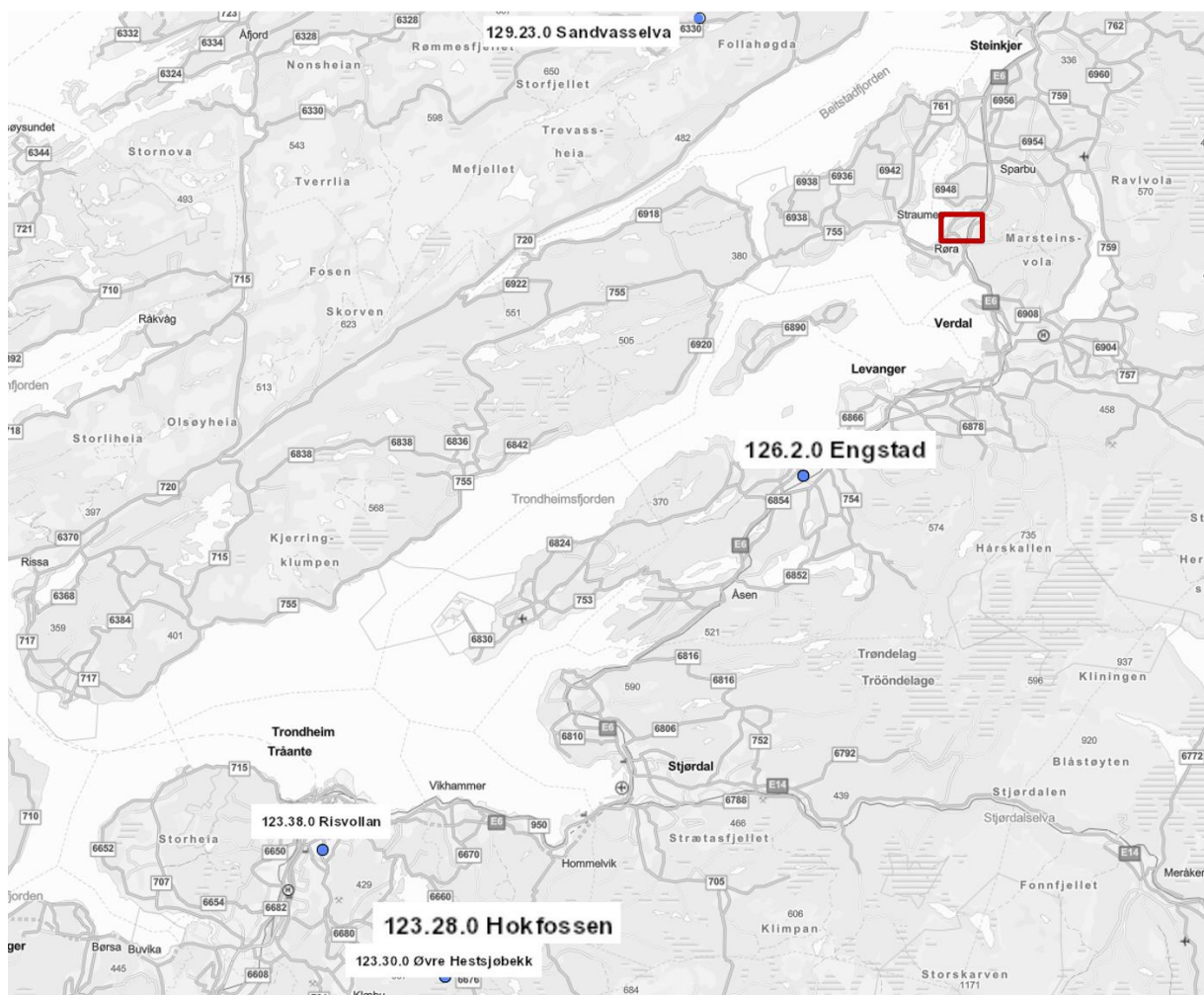
Tabell 4. Beregnede flomverdier for 200 års flom med og uten klimapåslag

	m ³ /s	l/s*ha
Q200	12,9	2100
Q200kf	16,8	2750

4.2 Sammenligning med andre flomberegninger og observasjoner

Det foreligger ikke lokale målinger av vannføring i Loråsbekken. Vi har derfor utført flomberegninger på nærliggende representativt felt med målinger der måleserien ikke er for gammel. Siden Loråsbekken har et feltareal på ca. 6,1 km² og innsjøprosent på 0 har vi begrenset søket etter referansestasjoner til felt under 25 km² og innsjøprosent mindre enn 5, da disse to parameterne er avgjørende for flomstørrelsen.

Det ligger flere aktive målestasjoner for vannføring som tilfredsstiller disse kravene i rimelig geografisk nærhet til Røra. Bare 2 av stasjonene er vurdert til å ha en dataserie med tilstrekkelig kvalitet til å brukes som referansestasjon. En oversikt over målestasjoner i området rundt Loråsbekken er visst i Figur 10, og viktige feltegenskaper for sammenligning med Loråsbekken er gitt i Tabell 5.



Figur 10: Utsnitt fra <https://seriekart.nve.no/> med stasjoner med feltareal mindre enn 25 km² og innsjøprosent mindre enn 5 i nærheten av Røra (rød firkant). Målestasjonene som er valgt som referansestasjoner er uthevet med større skrift.

Tabell 5: Sammenligning av feltegenskapene til Loråsbekken med feltene Engstad og Hokfossen (seriekart.nve.no) (*fra Nevina) (#fra Scalgo).

Stasjon	Engstad (126.2.0.1)	Hokfossen (123.28.0.1)	Loråsbekken
Antall år	22	17	-
Felt-areal (km ²)	20,1	8,06	6,1
Normal-avløp, Q _N (l/s*km ²)	17,4	27,6	24,1*
Eff. Sjø (%)	0	1,2	0
Skog (%)	34,8	76	42#
Jordbruk (%)	54,6	0	50#
H _{min} -H _{max} (m)	13-283	246-512	24-229
Median Høyde (m)	85	336	-
Avstand fra Loråsbekken (km)	23	70	-
Fysiske forhold for måling	Ikke angitt	Middels	-
Tids.oppl.	Time	Time	-

Programmet FLOM_ANALYSE i Hydra II er kjørt på ICEcorr_Hykval dataserien på timesdata og Gumbel funksjonen ble valgt for begge stasjoner (Vedlegg 2). Kurvekvalitet på Engstad og Hokfossen er i seriekart.no oppgitt som 'Bra' og 'Meget bra'. Fysiske forhold for stor vannføring måling er oppgitt som 'Middels' for Hokfossen og ikke angitt for Engstad. Feltegenskapene og høydefordeling i Loråsbekken sitt nedbørfelt er mest lik Engstad som ligger nærmere enn Hokfossen, men Hokfossen sitt nedbørfelt mer likt i størrelse. Flomverdier for 200 års flom er gitt i Tabell 6

Tabell 6. Flomverdier for Hokfossen og Engstad basert på Flomfrekvensanalyser på timesdata.

	m³/s	l/s/km²
Engstad	34,0	1700
Hokfossen	11,9	1490

Erfaringstall for kulminasjonsflomverdiene for små felt i Trøndelag for 200 års flom spenner fra 800 til 3000 l/s·km². Verdiene fra begge beregningsmetodene ligger i nedre del av dette intervallet (1660-2100 l/s*km²). Vi velger å bruke en spesifikk 200 års flomverdi på 1850 l/s*ha da vi vurderer PQRUT til p gi noe høye verdier siden den bruker nedbørsverdier fra Risvollan.

Flomverdiene for lavere gjentaksintervaller er beregnet ut fra 200 års flom på 1850 l/s*km² og skalert etter forhåndstallene beregnet av NEVINA-NIFS

Valgte verdier for ulike flomstørrelser med og uten klimapåslag er vist i

Tabell 7.

Tabell 7: Valgt flomverdier for Loråsbekken for ulike gjentaksintervall.

Gjentaksintervall	Flomverdier (m³/s)	Flomverdier FFA med Fk 1,3 (m³/s)
Q5	5,0	6,6
Q10	6,0	7,8
Q20	6,4	8,3
Q50	8,4	11
Q100	9,7	12,6
Q200	11,2	14,6

4.3 Hydrauliske simuleringer

Oppstrøms grensebetingelser for simuleringene presentert nedenfor er flomverdier for Q5, Q10 og Q200 med friksjonshelning på 0,01. I nedstrøms ende er grensebetingelsene satt til normalvannstand med friksjonshelning på 0,003. Det er ikke observasjoner i feltet å kalibrere simuleringene mot, og ruhetstall må velges fra litteratur og erfaringstall. Vi har valgt å bruke (Chow, 1959) som fortsatt er mye brukt. Chow (1959) anbefaler 0,04 som normal verdi for fjellelver uten vegetasjon i elvekanalen og med bunnsstrat bestående av grus, steiner og enkelte blokker. For områder utenfor kanalen anbefaler Chow (1959) en sommerverdi på 0,06 for områder med en kombinasjon av busker og trær. Disse verdiene er brukt i denne analysen. Videre har vi kjørt simuleringene med konstant vannføring i 2 timer til simuleringene ga stabile verdier. Dette er en god framgangsmåte for å få verdier for dimensjonerende vannhastigheter, men kan

være feil mhp. oppfylling av magasiner oppstrøms veifyllinger og overtopping av disse, da selve flomtoppen er kortere, men selve flomforløpet er lengre.

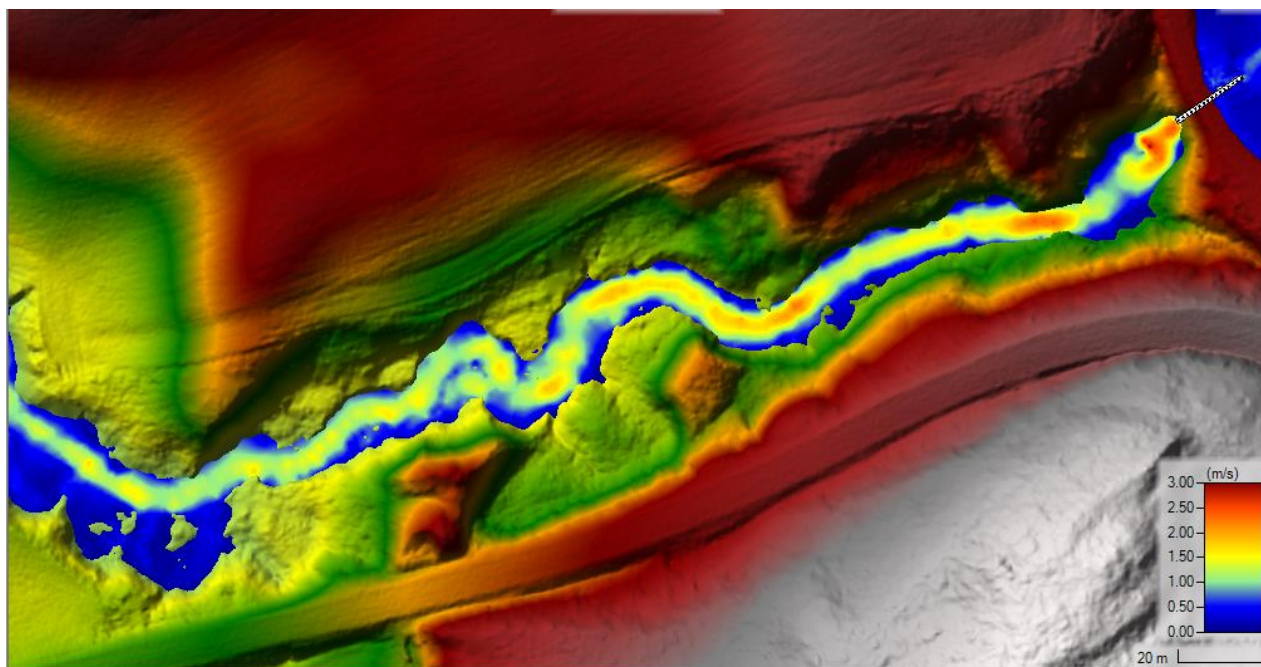
Ved tolking av resultatene er det viktig at man tar høyde for usikkerhetene knyttet til både flomberegningene og den hydrauliske simuleringen. Den hydrauliske modellen er basert på en høydemodell fra fly baserte Lidar. Lidar fungerer dårlig der det er mye trær, da trekronene stopper signalene fra laseren og hindrer at de når bakken. Antall laserstråler som klarer å trenge gjennom vegetasjonen og reflektere signal fra bakken, og dermed måler høyden på bakken, kan være begrenset. Med få refleksjoner fra bakken interpoleres terrengnivå mellom punktene, noe som vil innføre unøyaktigheter i terrenngmodellen som vil påvirke resultatene fra simuleringene.

4.3.1 Vannlinjer og vannhastigheter

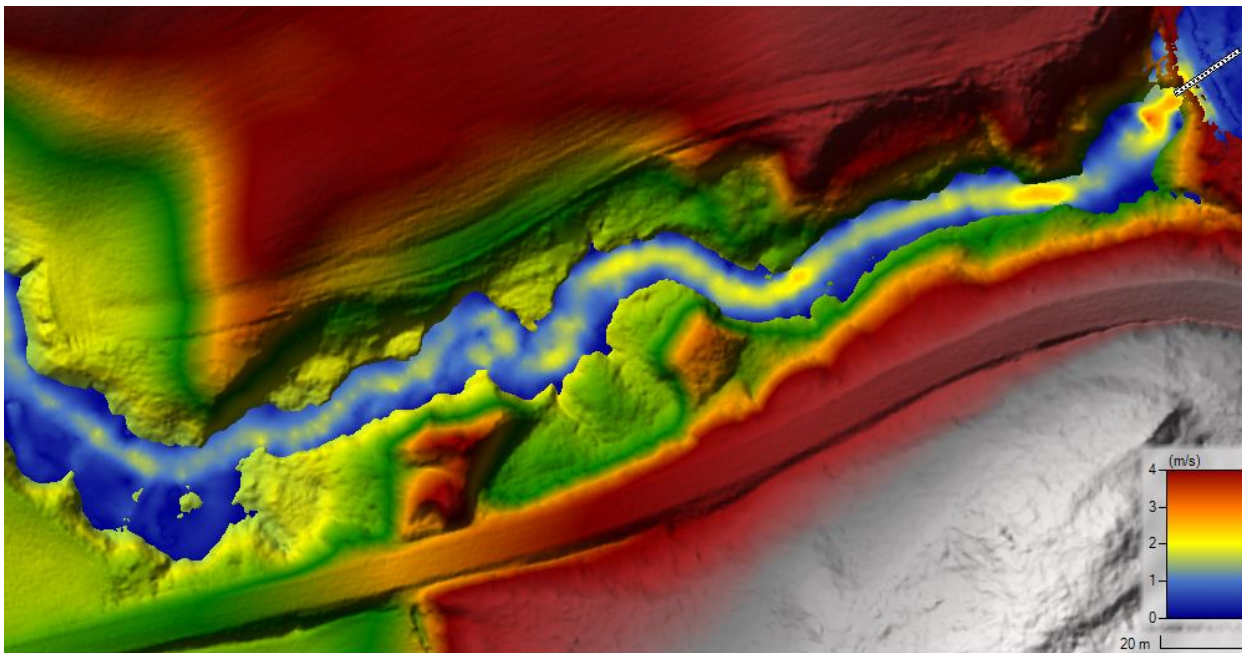
Figur 11 viser at allerede ved 5 års flom er hastigheten over 2 m/s enkelte steder i elva. Dette gjelder spesielt ved utløp av kulvert og kulpen rett nedstrøms, men og i partier der dalbunnen er smal og vannstrømmen konsentreres. Der bekken går ut over bekkeløpet og kan ta i bruk sideterreng er hastighetene normalt lavere.

Kulverten lengst oppstrøms, K1, har stor manglende kapasitet. Allerede for flommer med gjentakintervall $Q_{10_{FK}}$ overstiges kulvertens kapasitet, og vann demmes opp mot veifyllingen. Om bassenget oppstrøms veien fylles opp og vann begynner å drenere over veien, avhenger av varigheten på den dimensjonerende nedbørshendelsen. Simuleringene viser at det kan oppstå overtopping allerede ved ca. 10 års flom. Dersom vannet drenerer over veien vil det oppstå høye vannhastigheter på nedstrøms side av fyllingen da denne er svært bratt (Figur 12).

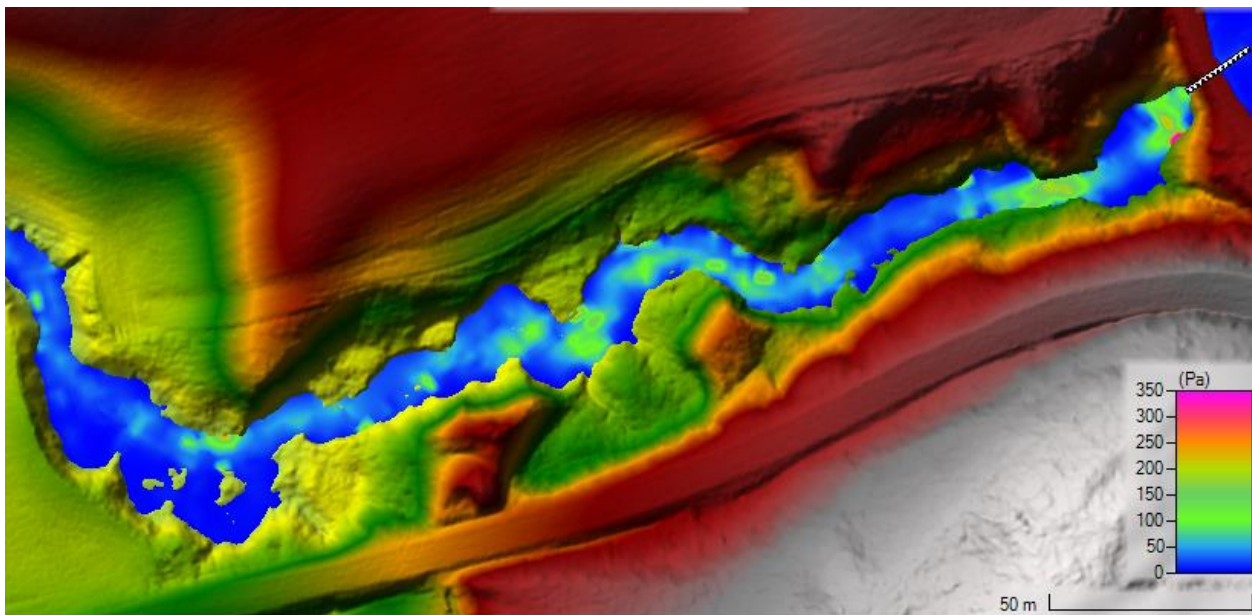
Skjærspenning er et bedre enn vannhastighet som mål på hvor utsatt elvebunnen og elvebredden er for erosjon. Skjærspenningen er et mål på friksjonskreftene som virker på elvebunnen av det strømmende vannet, og er en funksjon av vanddyb og helning på vannoverflata. Figur 13 og Figur 14 viser skjærspenning i elvestrekning ved 5 og 200 års flom.



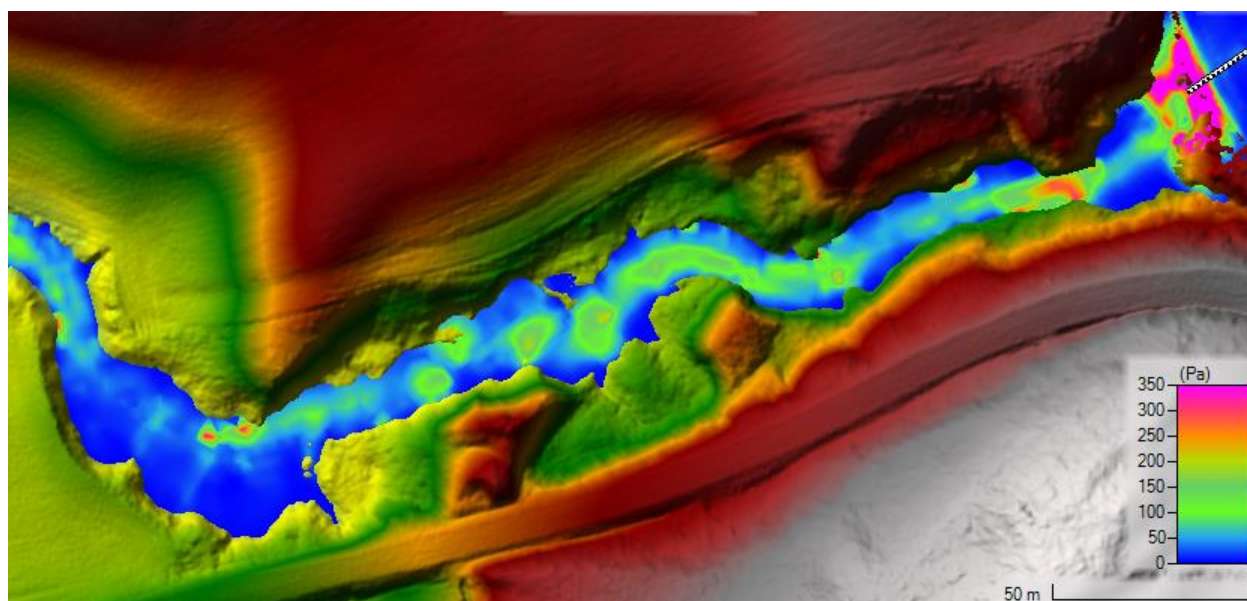
Figur 11: Flomutbredelse og vannhastigheter (m/s) i Loråsbekken ved 5 års flomvannføring.



Figur 12: Flomutbredelse og vannhastighet nedstrøms kulvert under veien til Nedre Lorås ved 10 års flom med klimapåslag. Kulverten har ikke tilstrekkelig kapasitet, og vannet vil kunne strømme over veien.



Figur 13: Maksimum skjærspenning (N/m^2) nedstrøms kulverten ved 5 årsflom. Høyeste skjærspenning oppstår rett nedstrøms kulverten da vannet vil akselerere gjennom denne, og i det smale partiet rett nedstrøms hvor bunnen allerede er erosjonssikret.



Figur 14: Maksimum skjærspenning ved 200 års flom. Flere steder langs elven oppstår skjærspenninger over 100 Pa (N/m^2) som ansees som betydelige.

Allerede ved en 5 års flom går bekken ut over sitt normale løp da bekken er bred og grunn på de fleste steder. Dette gjør at bekken tar i bruk et større areal og hastigheten reduseres. Samtidig oversvømmes flate områder mellom elvesvinger som gjør at elva kan ta et mer direkte løp. Dette blir enda tydeligere ved en 200 års flom, hvor hele bekkedalens bunn er tatt i bruk av elva.

Ved 5 års flom oppstår områder i bekken hvor vannhastigheten er over 2 m/s og skjærspenninger over 100 N/m^2 . Med økende flomstørrelse øker både hastighet og skjærspenning, og større deler av elvebunnen får skjærspenning over 100 N/m^2 . Dette er betydelige skjærspenninger som har evne til å erodere elvebunnen. Hvor raskt erosjonen vil gå avhenger om det er kohesive masser eller friksjonsmasser og egenskapene til disse, sammen med vegetasjon og røtter som vil motvirke erosjon.

4.4 Sikkerhetspåslag

I henhold til NVE nr.3/2022 'Sikkerhet mot flom', bør det legges sikkerhetspåslag på både flom- og vannlinjeberegninger, basert på en klassifisering av beregningene i henhold til en rekke kriterier.

Det er dårlig hydrologisk datagrunnlag for flomberegningene i vassdraget og disse er vurdert til å ligge i klasse 4 - 'Begrenset hydrologisk datagrunnlag.' Den hydrauliske modellen vurderes til klasse E da resultater fra simuleringen ikke er tilpasset mot en målt vannlinje. Anbefalt prosentvist påslag på vannføringen for hydraulisk modell med klasse E og flomberegning med klasse 4 er 60% (NVE, 2022).

Ved en detaljprosjektering av erosjonssikring anbefales simuleringene for vannhastighet å kjøres med et påslag for usikkerhet etter anbefalingene i NVE sin veileder «Sikkerhet mot flom».

5. Konklusjon og anbefalinger

Det er utført hydrologiske og hydrauliske beregninger for Loråsbekken ved FV 755 i Røra i Verdal kommune for å undersøke behovet for erosjonssikring.

Kulvertene som Loråsbekken går gjennom i nedre del har stor manglende kapasitet, og vannet vil kunne gå over veien allerede ved flommer med lave gjentaksintervaller. Vann vil da strømme ned veifyllinga på nedstrøms side og forårsake erosjon, samtidig som fyllinga vil bli utsatt for et stort vanntrykk på oppstrøms side. Det anbefales derfor at kulvertene oppgraderes til en kapasitet som tilsvarer dimensjonerende flomhendelse med god innløpskonstruksjon og erosjonssikring/energidreper ved utløp.

Både simulerte vannhastigheter og skjærspenninger gir verdier som viser erosjonsfare selv ved mindre flommer. Flere steder langs bekken ble det observert aktiv erosjon i sideskråninger med tilhørende skredsrår. Bunnsubstratet i bekken besto flere steder av et tynt lag med grus og små stein som raskt kan bli punktert ved erosjon slik at vannet kan grave i den underliggende leira hvor det kort avstand ned til kvikkleire. Det anbefales at igangsettes tiltak for å sikre mot videre erosjon i bekken.

Det er stedvis utført erosjonssikring i bekken tidligere, men denne er ikke kartlagt i detalj. Det anbefales at det utføres en kartlegging for å se på omfang og kvalitet på eksisterende erosjonssikring.

Om det ikke utføres tiltak vil den pågående erosjonen og/eller den manglende kapasiteten på kulverten kunne føre til utløsning av kvikkleireskred i området. For mer informasjon om stabiliteten i området henvises det til den geotekniske rapporten.

Referanser:

Chow, 1959. Open Channel hydraulics.

NVE, 2015. *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt (7/2015)*. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf

NVE, 2022. *Veileder for flomberegninger (1/2022)*. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf

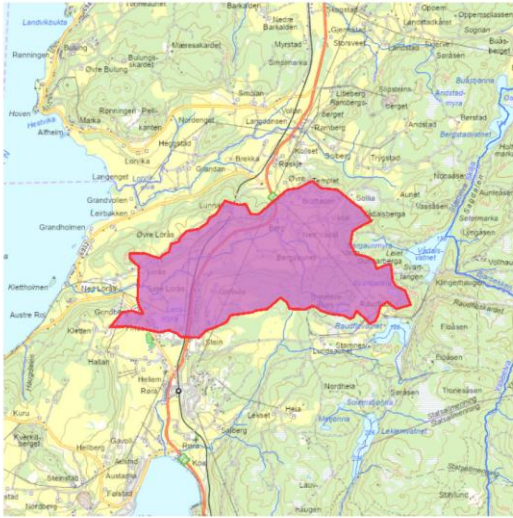
SCALGO ApS., 2022. *SCALGO Live*. Hentet fra <https://scalgo.com/live/norway>

SVV, 2022. *Vegnormal N200 Vegbygging (2022)*. Hentet fra https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200_2022

NVE. (2009, 11). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (4/2009)*. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2009/veileder2009_04.pdf

VEDLEGG 1

Feltegenskaper og flomverdier for Lårasbekken beregnet ved NEVINA



Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 322554 E
 7087651 N

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 127.20
 Kommune.: Inderøy
 Fylke.: Trøndelag
 Vassdrag.: KYSTFELT
 Nedbørfeltareal: 6.05 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.

Feltparametere

Areal (A)	6.05 km ²
Effektiv sjo (A _{SE})	0 %
Elvleengde uten sjo (E _{TL,net})	6.4 km
Elvegradient (E _G)	30.2 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	31.6 m/km
Helning	6.8 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.1 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	4.1 km

Arealklasse

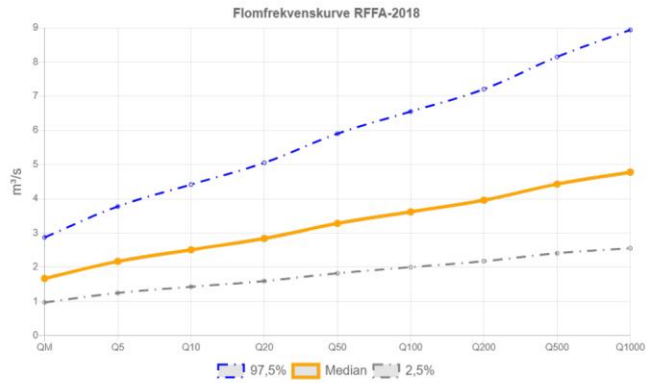
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	47.5 %
Myr (A _{MVR})	2.5 %
Leire (A _{LEIRE})	52.9 %
Skog (A _{SKOG})	43.4 %
Sjo (A _{SJO})	0.3 %
Snauvfell (A _{SP})	0 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	6.4 %

Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	40 m
Høyde ₁₀	58 m
Høyde ₂₅	70.5 m
Høyde ₅₀	102 m
Høyde ₇₅	150.5 m
Høyde _{MAX}	229 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	24.1 l/s*km ²
Nedbør juni	60 mm
Nedbør juli	85 mm
Regn og snøsmelting mai	69 mm
Regn og snøsmelting juni	64 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	67 mm
Regn og snøsmelting november	71 mm
Temperatur februar	-4.0 °C
Temperatur mars	-1.6 °C



RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	276 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Kulminasjonsfaktor	1.67 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middefflom	595 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilføpsflom	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 (Q _T /Q _M)		1	1.30	1.50	1.70	1.96	2.17	2.37	2.65	2.86	-
Flomverdier, m ³ /s		1.7	2.2	2.5	2.8	3.3	3.6	4.0	4.4	4.8	5.5
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		2.9	3.8	4.4	5.1	5.9	6.6	7.2	8.2	8.9	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	-
NIFS (kulminasjon)											
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)		1	1.25	1.48	1.72	2.09	2.41	2.77	3.32	3.81	-
Flomverdier, m ³ /s		3.6	4.5	5.3	6.2	7.5	8.7	10.0	12.0	13.7	13.9
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		6.4	8.1	9.8	11.7	14.6	17.3	19.9	23.9	27.4	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		2.0	2.5	2.9	3.3	3.9	4.3	5.0	6.0	6.9	-

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 2

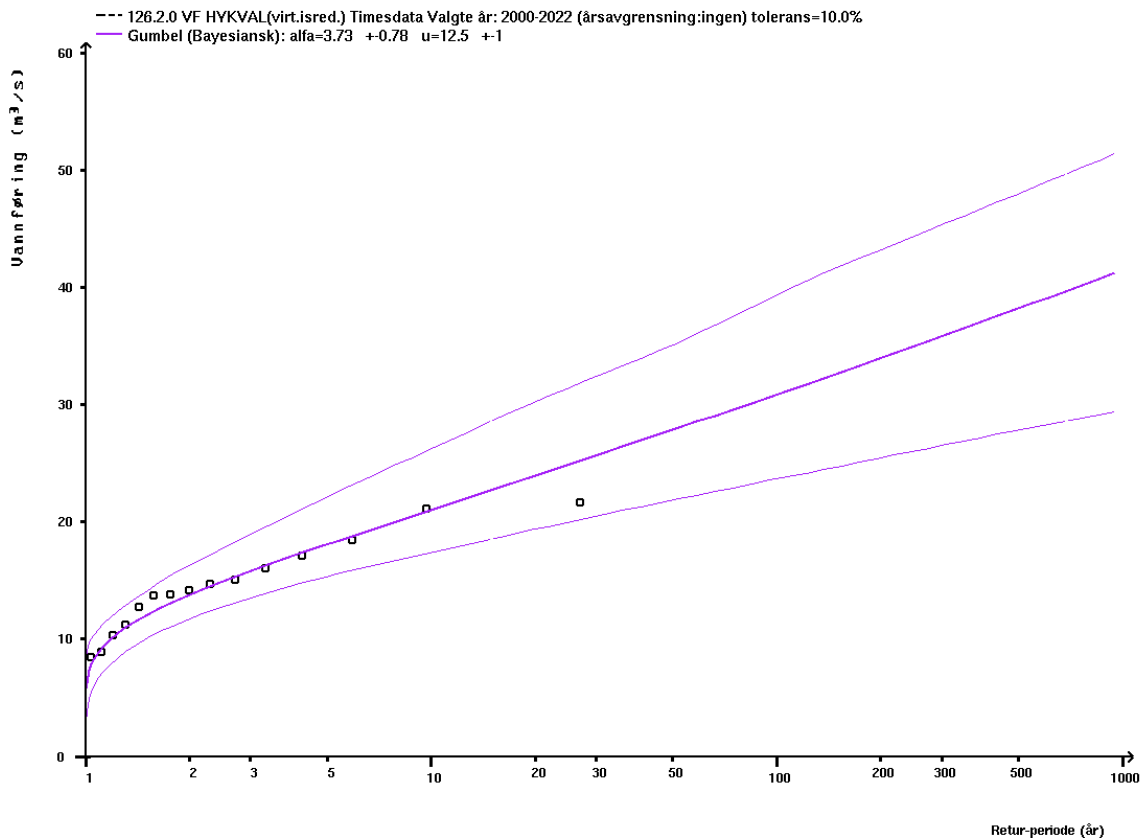
Engstad (126.2.0.1)

126.2.0 VF HYKVAL(virt.isred.) Timesdata Valgte år: 2000-2022 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10,0%

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom) : 14,4679
 Median maksimalverdi (indeksflom for døgndata) : 14,1356

Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\text{alfa})\exp(-(x-u)/\text{alfa})/\text{alfa}-\exp(-(x-u)/\text{alfa})$ alfa=3,73 +-0,79 u=12,5 +-1
 Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	13,79	0,953	11,83	16,24
5	18,10	1,251	15,24	21,87
10	21,05	1,455	17,30	25,95
20	23,97	1,657	19,16	29,95
50	27,88	1,927	21,74	35,42
100	30,91	2,136	23,49	39,39
200	34,02	2,351	25,22	43,32
500	38,29	2,646	27,54	48,33
1000	41,64	2,878	29,35	52,24



Hokfossen (123.28.0.1)

123,28,0 VF HYKVAL(virt.isred.) Timesdata Valgte år: 2003-2020 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10,0%

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom) : 3,83014
 Median maksimalverdi (indeksflom for døgndata) : 3,50053

Gumbel (Bayesiansk): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)-\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=1,51$ $\pm 0,34$ $u=3,06$ $\pm 0,46$
 Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	3,58	0,935	2,70	4,62
5	5,34	1,393	4,02	7,15
10	6,56	1,711	4,85	8,80
20	7,76	2,026	5,60	10,50
50	9,38	2,449	6,56	12,70
100	10,64	2,778	7,27	14,35
200	11,94	3,117	7,97	16,00
500	13,72	3,581	8,89	18,17
1000	15,11	3,945	9,61	19,81

Relativ måleverdi = flomverdi / middelflom.

Nedre/øvre estimat angir grensene for å posteriori 95% troverdighetsintervall

Usikkerheten i parameterestimer er her angitt med '+/-' standardavvik (stdev). Under normal-fordelings-
 antagelser for å posteriori-fordelingen til hver parameter, betyr det at et 95% troverdighetsintervall kan lages med
 estimat \pm 1.96*stdev som grenser.

