

Notat

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen**

Oppdragsnr.: **52209611** Dokumentnr.: **Flom-01**

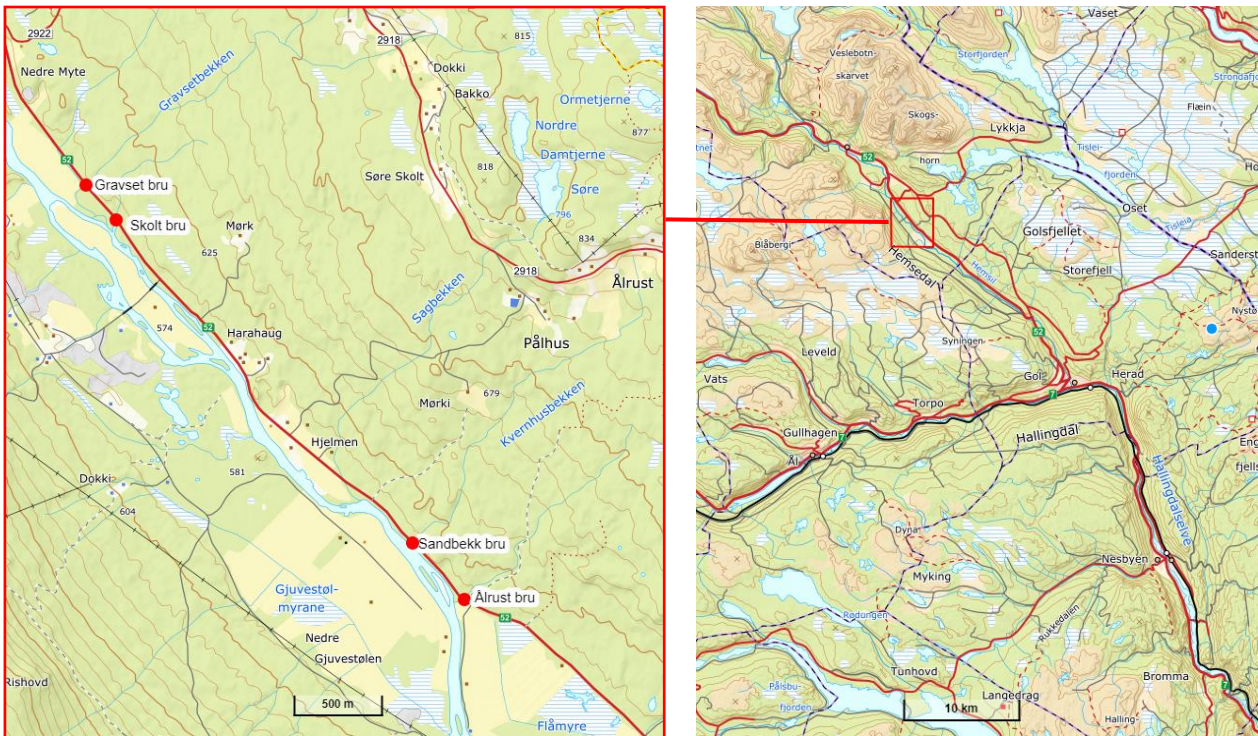
Til: Statens vegvesen v/Anne-Lise Mastrup

Fra: Norconsult AS v/Anton Hasselquist Evensen

Dato 2023-02-15

► Flomberegninger for kulverter på Rv.52 Eikredammen - Ulsåk

I forbindelse med utbedring av riksvei 52 på strekningen Eikredammen-Ulsåk, må det gjøres flom- og kapasitetsberegninger for 4 bruer. Det skal undersøkes om det er mulig å erstatte bruene med rør eller prefabrikkerte kulverter. Vegstrekningen ligger i Hemsedal kommune. Kart med plasseringen til bruene er vist i Figur 1.

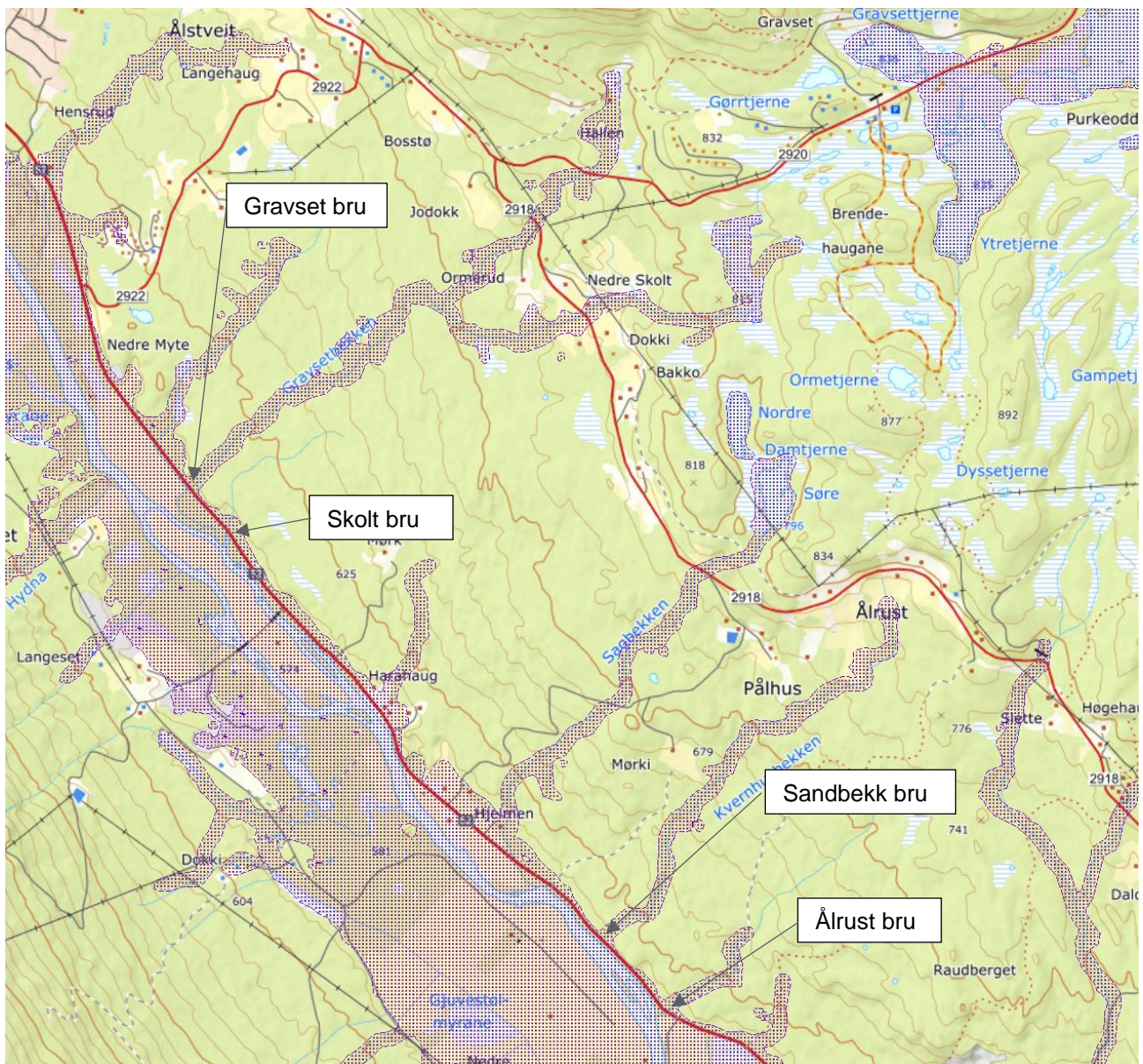


Figur 1. Oversiktskart over de aktuelle bruene på strekningen Ulsåk-Eikredammen i Hemsedal. Blå streker er elver og bekker registrert i Norgeskart. Kartgrunnlag fra norgeskart.no.

1 Problemstilling

Fire bruer på strekningen Eikredammen-Ulsåsk skal vurderes, om de kan erstattes med rør eller prefabrikkerte kulverter. Det må gjøres flomberegninger for å finne anbefalte dimensjoner på eventuelle rør eller kulverter. Nye bruer, rør eller kulverter må ha store nok dimensjoner til å håndtere en 200-årsflom med klimapåslag. Det er ønskelig at vegen holdes delvis åpen gjennom hele anleggsperioden, og det er dermed fordelaktig å etablere rør eller kulverter i stedet for bruer.

Flere av bekkene som krysser vegen på den aktuelle strekningen er inkludert som aktsomhetsområder for flom i NVEs aktsomhetskart, vist i Figur 2.



Figur 2. NVEs aktsomhetsområder for flom vist i lilla skravur. Kartgrunnlag fra norgeskart.no.

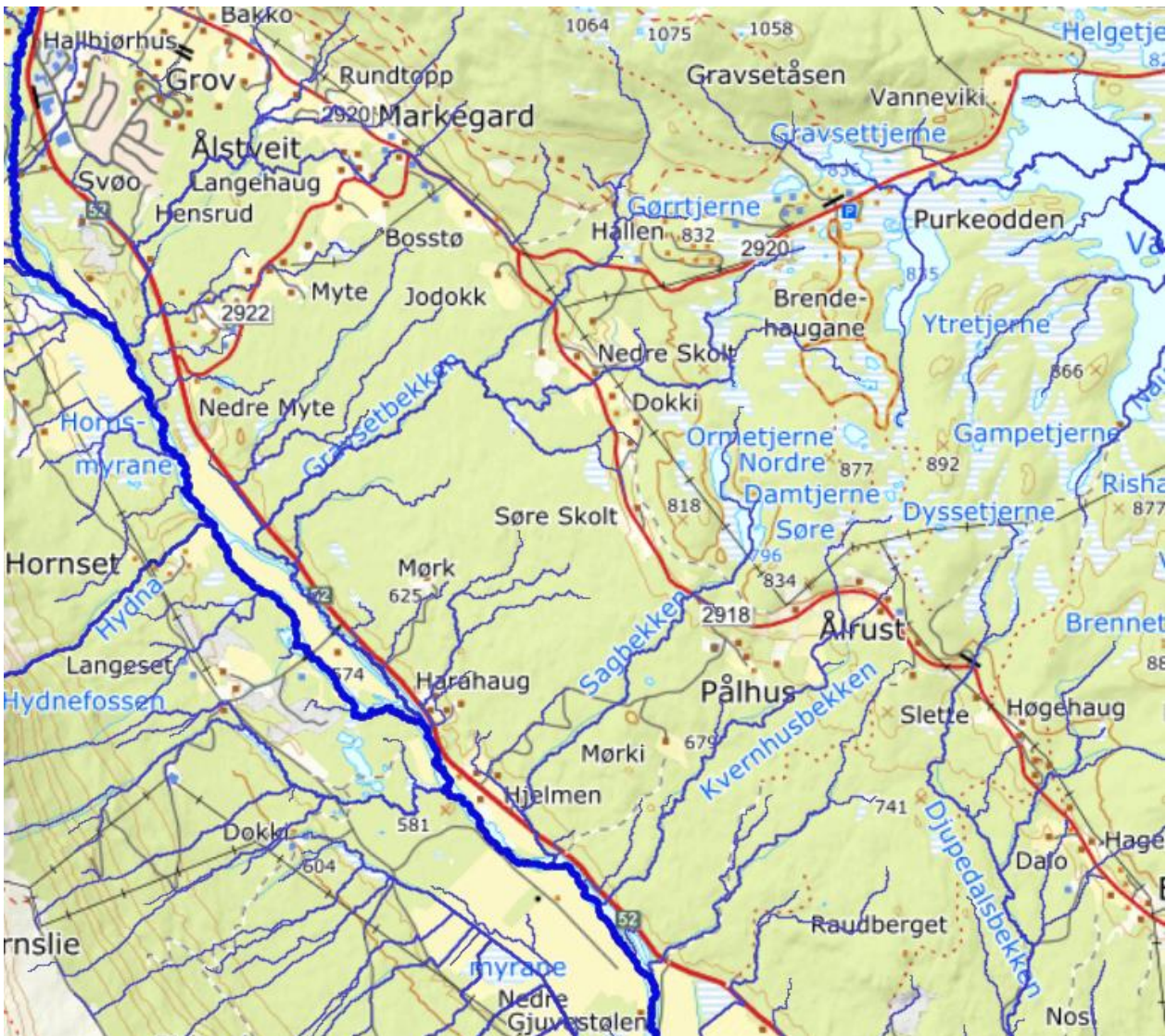
1.1 Tidligere undersøkelser

Det er tidligere gjort flom- og kapasitetsberegninger for bekker som krysser Rv 52 i Hemsedal sentrum, nord for den aktuelle vegstrekningen, av Norconsult i 2022 [1]. Disse beregningene kan brukes som kontroll for beregnede flomverdier for de fire bekkene her. Det ble i dette prosjektet etablert en IVF-kurve for Hemsedal som kan brukes til flomberegninger i denne rapporten.

2 Kartgrunnlag og bilder

Grunnet snø i området under hele oppdragsperioden ble det ikke foretatt en befaring av området i dette oppdraget. Det er tidligere gjort befaring av bruene av Statens vegvesen, men det er ikke gjort befaring oppstrøms i nedbørfeltene til bruene. Uten befaring må en stole på at tilgjengelige kartgrunnlag er tilstrekkelig for å bestemme feltgrenser og feltegenskaper til bekkene/flomveiene i området.

Flomveiskart fra GIS-analyseverktøyet Scalgo, er vist i Figur 3. Det er store usikkerheter ved krysning av veier, på grunn av at kun et få antall stikkrenner/kulverter/lukninger er registrert i kartgrunnlaget. Små endringer i terrenget kan endre flomveiene, men de antas her å stemme godt, spesielt i naturlig terreng.

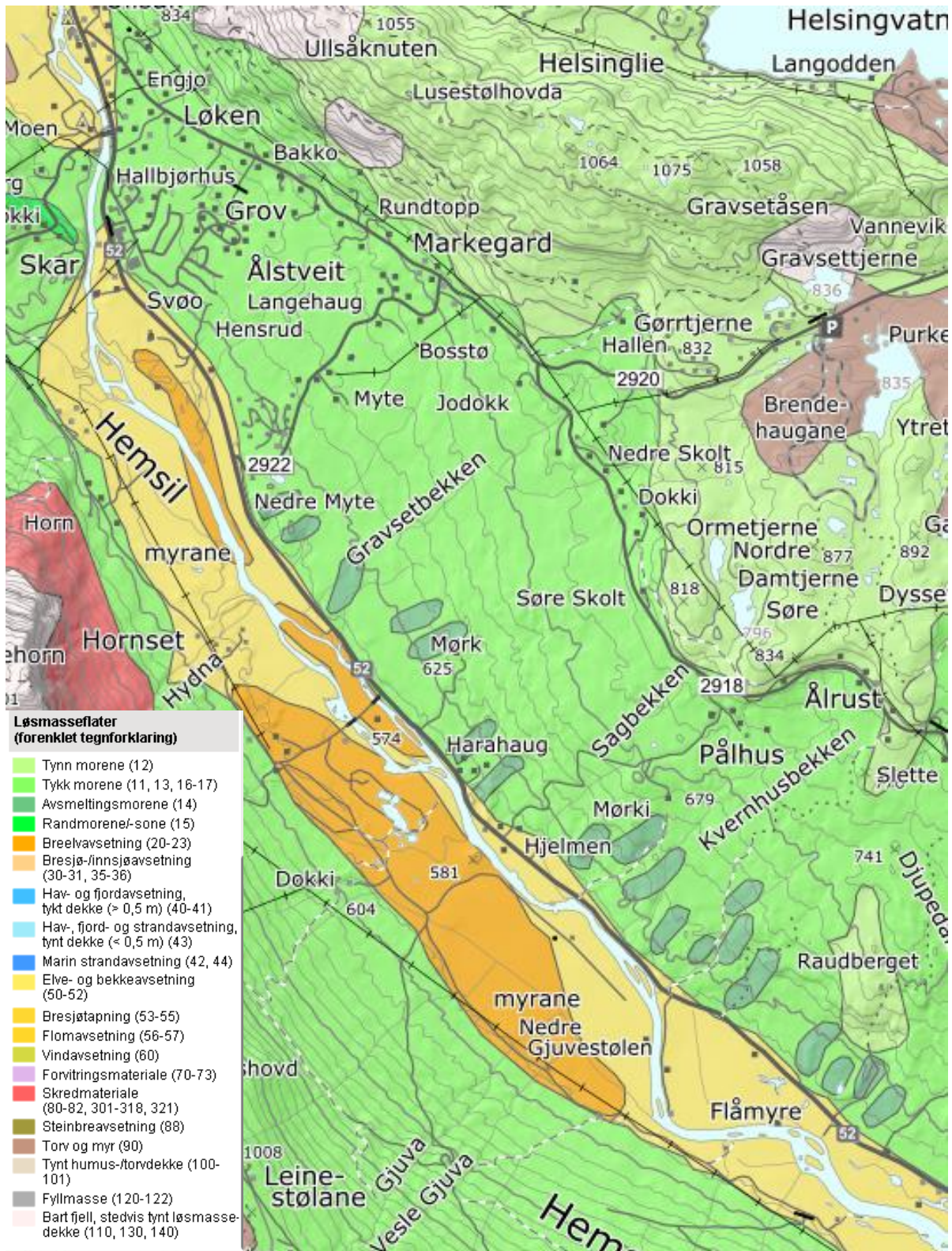


Figur 3. Flomveiskart fra Scalgø. Flomveier er vist i mørkeblått.

Antatte løsmasser i området er vist i Figur 4. Løsmassene oppstrøms for Rv.52 består hovedsakelig av tykk morene med antatt middels egnet infiltrasjonsegenskaper, samt noe avsmeltingsmorene som er antatt godt egnet for infiltrasjon. Høyere opp i terrenget er det tynn morene som er antatt lite godt egnet for infiltrasjon. Ut fra Figur 2 og Figur 3 ser det også ut for å være en del myrområder, spesielt i øvre del av de største nedbørfeltene.

Figur 5 viser godt områdene som er dekt av skog, hogstfelt, jordbruk eller annen vegetasjon. Skog eller annen vegetasjon fordrøyer og forbruker av vann, samtidig forebygger dette mot erosjon og øker infiltrasjonsevnen. Rett oppstrøms for bruene er det store hogstfelt, og det er ukjent om det skal plantes ny skog i disse områdene eller ikke. Beregningene baserer seg derfor på dagens situasjon og ortofotoet i Figur 5.

Oppdragsgiver: Statens vegvesen
 Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 4. Løsmassekart over området fra NGU.no.



Figur 5. Ortofoto som viser at vegetasjonen oppstrøms for riksvegen består hovedsakelig av skog og hogstfelt, med noe landbruk og myr lenger nordøst. Utklipp fra Norge i bilder.

Ved bruene er det registrert stikkrenner, vist i Figur 6 og Figur 7. Tilstanden og dimensjonene til stikkrennene er ukjent. Det antas at stikkrennene har noe kapasitet og at det er relativt lite vann som går i grøfter langs vegen til bruene.



Figur 6. Stikkrenner og bruer registrert i Statens Vegvesen's vegkart ved Gravset og Skolt bru. Stikkrenner er vist i grønt og bruer i blått. Dimensjoner er ikke registrert.



Figur 7. Stikkrenner og bruer registrert i Statens Vegvesen's vegkart ved Sandbekk og Ålrust bru. Stikkrenner er vist i grønt og bruer i blått. Dimensjoner er ikke registrert.

Bilder av bruene er vist i Figur 8-Figur 14. Gravset, Skolt og Sandbekk bru har i dag godt etablerte utløp og vannet renner greit gjennom bruene ved antatt normalvannføring. Det er for disse bruene rimelig å anta innløpskontroll ved kapasitetsberegninger. Ålrust bru har oppstuvning av vann under bruene ved antatt normalvannføring, vist i Figur 14. Dette er ikke optimalt og kan skape kapasitetsproblemer ved høyere vannføring. Eventuell ny kulvert ved Ålrust bør etableres slik at kulverten har innløpskontroll, og det er mulig man må endre terrenget nedstrøms for brua for å sikre at flomvann ikke oppstues. Det ser ut for å være maksimum 1 meter høydeforskjell på vannstanden ved utløp bru til Hemsil elva rett nedstrøms, så det er også stor fare for oppstuvning fra Hemsil elva i flomsituasjoner.

Notat

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 8. Bilde av Gravset bru tatt fra innløpet. Foto: Statens vegvesen.



Figur 9. Bilde av utløpet til Gravset bru. Foto: Statens vegvesen.

Notat

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 10. Bilde av innløpet til Skolt bru. Foto: Statens vegvesen.



Figur 11. Bilde av Skolt bru tatt fra innløpet. Foto: Statens vegvesen.

Notat

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen**

Oppdragsnr.: **52209611** Dokumentnr.: **Flom-01**



Figur 12. Bilde av innløpet til Sandbekk bru. Foto: Statens vegvesen.



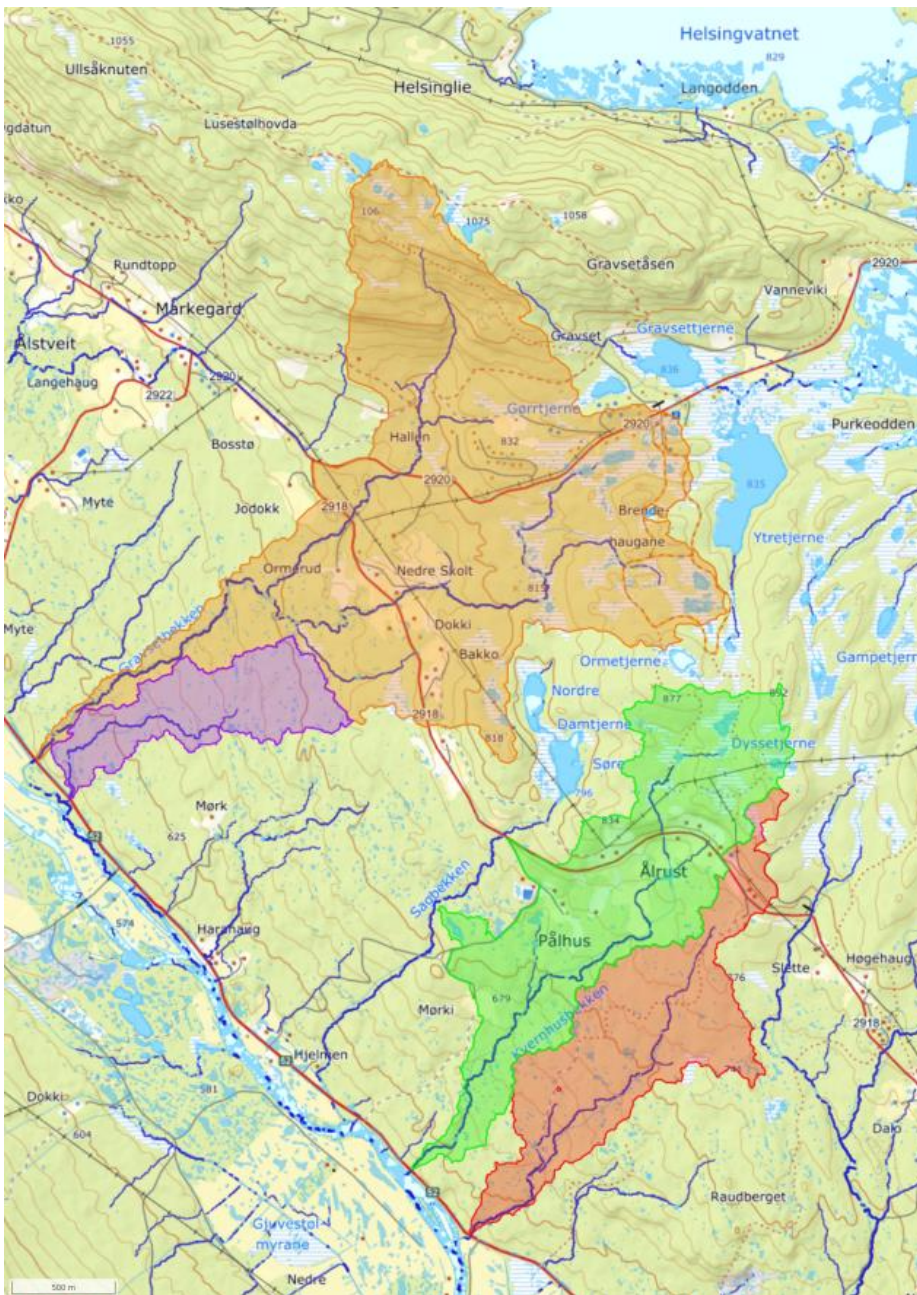
Figur 13. Oversiktsbilde av innløpet til Sandbekk bru. Foto: Statens vegvesen.



Figur 14. Bilde tatt fra innløpet til Ålrust bru. Det er oppstuvning av vann under brua. Foto: Statens vegvesen.

3 Nedbørfelt og feltegenskaper

Nedbørfeltene til bruene er beregnet i Scalgo, som gir mer nøyaktige feltgrenser enn NEVINA. Statens vegvesens vegkart med registrerte stikkrenner er brukt til å justere nedbørfeltene ved krysning av veger i nedbørfeltene. Nedbørfeltene er vist i Figur 15. Feltparameterne, fra Scalgo, for hvert nedbørfelt er vist i Tabell 1. Scalgo skiller ikke på om det er hogstfelt eller skog, så feltparameterne må justeres med ortofoto for å finne riktig avrenningsfaktor og skogprosent.



Figur 15. Nedbørfelt til de 4 bruene. Kartgrunnlag fra Norgeskart.

Tabell 1. Feltparametere til nedbørfeltene til bruene, fra Scalgo.

Nedbørfelt	Areal [km ²]	Høyde (min-maks) [moh.]	Feltlengde [m]	Skog [%]	Myr [%]	Jordbruk [%]	Bebygd og samferdsel [%]	Åpen fastmark [%]	Ferskvann [%]
Gravset	3,64	574-1055	4060	79	12	6	2	1	0
Skolt	0,47	571-719	1760	99	1	0	0	0	0
Sandbekk	1,44	571-889	3030	74	7	15	2	1	1
Ålrust	0,94	571-871	2820	96	1	2	1	0	0

4 Flomberegninger

For å anslå flomvannføringen til bekkene i det vurderte området, og tilstrekkelig kapasitet til kulverter/rør ved 200-årsflom med klimapåslag, må det gjøres flomberegninger.

Det finnes ulike metoder for flomberegning avhengig av tilgjengelige data/observasjoner i området og størrelsen på nedbørfeltet. Ifølge veileder fra NIFS prosjektet «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» [2], bør en vurdere metodene ut fra datagrunnlag i området. Det er fornuftig å benytte flere metoder (minst to) og sammenligne resultatene før en går videre med en metode. Alle metodene har en del usikkerhet, i tillegg til at datagrunnlaget vanligvis har noe usikkerhet

Her kan alle bekkene beregnes via NVE's analyseprogram NEVINA. Dimensjoneringsgrunnlaget for andre flomberegningsmetoder i små felt avhenger av tilgjengelig observasjoner i området. Det finnes ingen målestasjoner for avrenning som kan benyttes, så nedbørdata må benyttes som grunnlag. Resultat fra NEVINA (NIFS) sammenlignes med beregninger fra den rasjonelle formel og PQROUT.

SVV har her vedtatt å benytte en klimafaktor på 40% ved intens nedbør for flomberegninger i små felt i dette området. Dette er også i henhold til klimaprofilene på www.klimaservicesenteret.no.

GIS analyseverktøyet Scalgo er mye bedre enn NEVINA til å finne feltgrenser i små naturlige nedbørfelt. Verktøyet er derfor benyttet for å beregne feltareal og andre feltegenskaper for alle de ulike nedbørfeltene. Feltgrensene må alltid sjekkes og justeres manuelt i NEVINA, og her benyttes som nevnt over analyseresultater fra Scalgo som et hjelpemiddel.

4.1 Metode for flomberegninger

I delkapitlene under kapittel 3.1 er det beskrevet hvordan flomvannføring beregnes med NEVINA, PQROUT og den rasjonelle metode, samt beregning av parametere for videre å kunne beregne flomvannføring.

4.1.1 Beregning av konsentrasjonstid i feltene

Konsentrasjonstiden i feltene er beregnet med følgende formel:

$$T_{C, \text{ naturlig}} = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}, \text{ hvor}$$

$$T_{C, \text{ naturlig}} = \text{Konsentrasjonstid, [min]}$$

$$L = \text{Lengde av feltet, [m]}$$

$$H = \text{Høydeforskjellen i feltet, [m]}$$

$$A_{se} = \text{Effektiv andel innsjø i feltet, (ingen innsjøer} \rightarrow A_{se} = 0)$$

4.1.2 Beregning av flomvannføring med bruk av den rasjonelle formel

Metoden er nærmere beskrevet blant annet i ref. [3], der flomavrenningen beregnes ut fra en avrenningskoeffisient, dimensjonerende nedbørintensitet, feltareal og en klimafaktor.

Avrenningskoeffisienten angir hvor stor del av nedbøren som renner hurtig av og bidrar til flomtoppen, og velges i de ulike delene av feltet ut fra tabell med ulike terrengtyper, korrigert for bl.a. løsmassetype og -dybde, samt terrenghelning.

Avrenning Q beregnes ved:

$$Q = C \times i \times A, \text{ hvor}$$

C = Avrenningsfaktor, anslått på bakgrunn av nedbørfeltets egenskaper og tillegg for 200-års flom [-]

i = Dimensjonerende nedbørintensitet hentet fra IVF-kurve [$l/(s \times ha)$]

A = Feltareal [ha]

Dimensjonerende nedbørintensitet, i, bestemmes ut fra IVF-kurver med varighet basert på aktuelle tilrenningstider/konsentrasjonstid for vannet som bidrar til flomtoppen og 200-års returperiode. Det er ingen representative nedbørstasjoner med korttidsdata i nærheten. I forbindelse med et tidligere oppdrag i Hemsedal sentrum er det konstruert en IVF-kurve for Hemsedal for 200 års gjentaksintervall i samarbeid med Meteorologisk Institutt, vist i Tabell 2. Den benyttes her.

Tabell 2. IVF-verdier [mm] for Hemsedal konstruert av Norconsult i 2022 i samarbeid med MET.

Nedbør- intensitet [mm]	Regnvarighet (min)																
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440	
Gjentaksintervall (år)	2																
	5																
	10																
	20																
	25																
	50																
	100																
	200	3.5	6.0	8.1	11.1	16.0	19.7	22.3	26.5	31.5	35.0	41.0	46.5	54.5	69.0	85.0	105.0

4.1.3 Beregning av flomvannføring med bruk av NEVINA (NIFS)

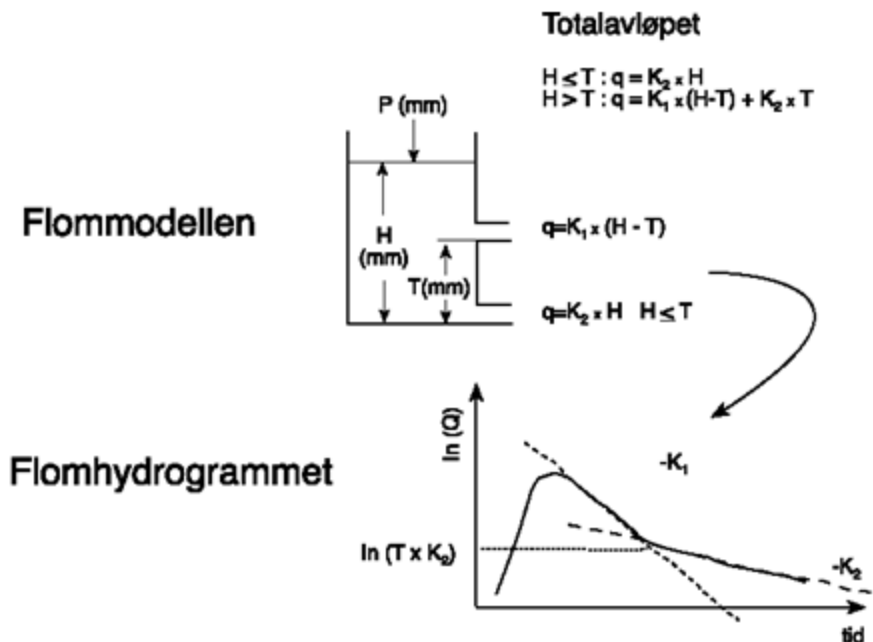
I NVEs beregningsverktøy NEVINA (Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse) beregnes kulminasjonsflom med NIFS formelverk. Metoden er nærmere beskrevet i Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt [2], der flomvannføringen beregnes ut fra normalavrenningen fra området (Q_N), feltareal og effektiv innsjøprosent. Den tar ikke hensyn til andre viktige feltegenskaper, som f.eks. bratthet og urbaniseringsgrad (andel tette flater o.l.). Gyldighetsintervallet mht. areal for bruk av metoden er 0,2 – 53 km². Ut fra feltegenskapene forventes den dimensjonerende flomverdien å ligge mellom middelerdi og den høyeste verdien beregnet via NEVINA, så disse verdiene benyttes her i sammenligning med de andre metodene.

4.1.4 Flomberegning med PQROUT

Flommodellen i PQROUT er en nedbør-avløpsmodell utviklet til bruk i flomberegninger; ref. [2]. Flommodulen i PQROUT er en lineær karmmodell, der avløpet antas å være proporsjonalt med innholdet. I nedbørfrie perioder er avløpet eksponentielt avtagende. Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom karet som er modellert med to utløp (Figur 16). Anbefalt intervall mht. areal for bruk av metoden er 1 - 200 km², så de to største feltene ligger innenfor grensene.

Modellen har følgende tre parametere:

- K1: tømmekostant for øvre nivå [tid-l]
- K2: tømmekostant for nedre nivå [tid-l]
- T: skille mellom øvre og nedre nivå [mm]



Figur 16. Skisse av flommodellen i PQRUT og et simulert flomforløp; ref. [2]

For at modellen skal gi best mulig resultat bør parameterne helst kalibreres mot observerte flommer, noe som nesten aldri er mulig, som i tilfellet. Derfor er det utviklet ligninger som beskriver parameterne med hjelp av feltparametere:

- $K_1 = 0,0135 + 0,00268 \cdot HL - 0,01665 \cdot \ln ASE$
- $K_2 = 0,009 + 0,21 \cdot K_1 - 0,00021 \cdot HL$
- $T = -9,0 + 4,4 \cdot K_1 - 0,6 + 0,28 \cdot qN$

Hvor

- HL: relieff forhold (H_{50}/LF), [m/km]
- H_{50} : høydeforskjell i meter mellom 25 og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve
- LF: feltaksens lengde
- ASE: effektiv innsjøprosent, [%]
- qN : midlere spesifikt årsavløp 1961-1990, [$l/s \cdot km^2$]

NVE har lagt ut en web versjon: PQRUT (nve.no) som kan kjøres direkte fra programmet NEVINA. Det er gjort i dette tilfellet.

4.2 Beregninger

4.2.1 Gravset bru

Nedbørfeltet oppstrøms for Gravset bru, er vist i Figur 17. Nedbørfeltet har et areal på 3,64 km² og har en gjennomsnittlig helning på 12 %. Beregnet konsentrasjonstid for nedbørfeltet er 120 min. Feltet er dekket hovedsakelig av skog, myr og langbruk, som vist i Figur 17. Løsmassene består av tykk morene i nedre del av feltet, som er antatt godt egnet til infiltrasjon, og tynn morene i øvre del av feltet, som er antatt lite godt egnet for infiltrasjon. Ut fra feltegenskapene er det valgt en C-faktor på 0,45 for flomberegninger med rasjonell metode.

Simuleringsresultatene fra PQROUT for 200-årsflom med klimapåslag, er vist i Figur 18. Klimapåslaget er lagt på som 40% mer nedbør for de tre timene med høyest nedbørintensitet i nedbørførløpet. Resultatet fra flomberegning for Gravset bru med NIFS (NEVINA) er vist i Figur 19. Årsavregningen Q_n er justert etter det nye avrenningskartet fra NVE for perioden 1991-2020 og er satt til 19,3 l/s*km².

Resultatet fra flomberegningene er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Flomberegninger for 200-årsflom for Gravset bru. Resultat av flomberegninger for 200 års flom (Q200), spesifikke verdier (q200) og 200 års flom med klimafaktor (Q200+40%).

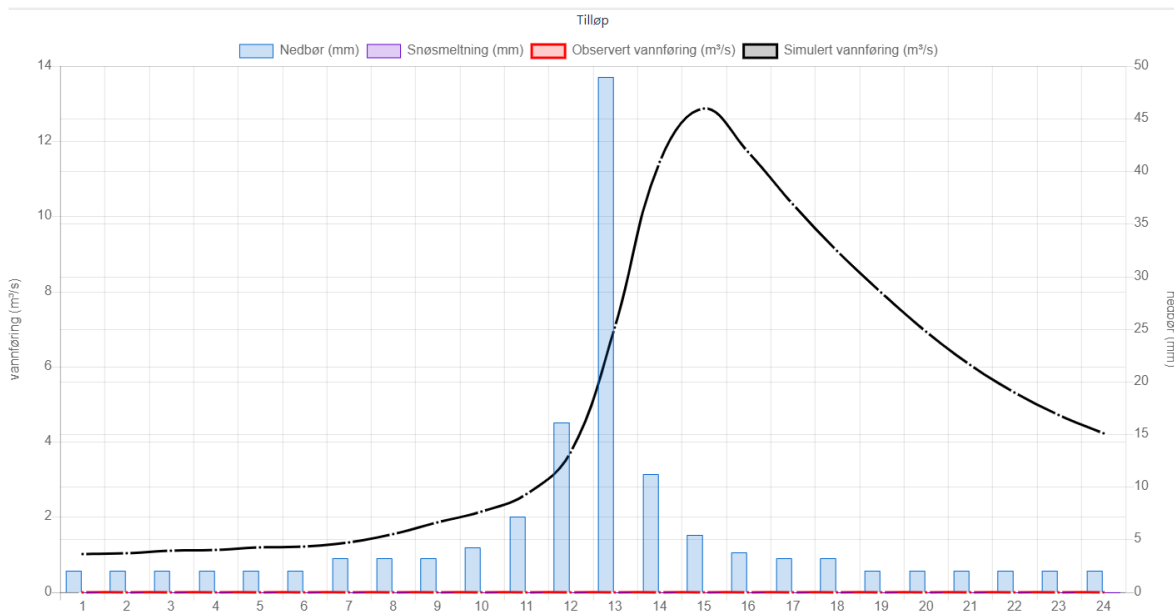
Metode	q200 [l/s*km ²]	Q200 [m ³ /s]	q200+40% [l/s*km ²]	Q200+40% [m ³ /s]
Rasjonell metode	3050	11,1	4270	15,5
PQRUT	2530	9,2	3540	12,9
NIFS (median)	1480	5,4	2070	7,6
NIFS (97,5 %)	2970	10,8	4150	15,1

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 17. Ortofoto av nedbørfeltet til Gravset bru. Kartgrunnlag fra Norge i bilder.

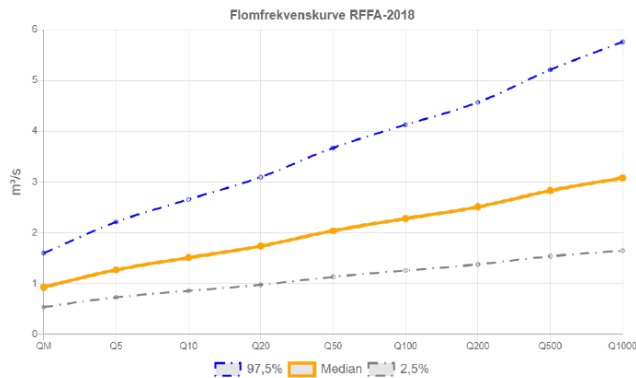


Figur 18. Flomberegninger for Gravset bru; fra bruk av programmet PQROUT med startverdi 1 m³/s (ca. 5 % av flomtopp). Nedbørførløpet er konstruert symmetrisk fra IVF-verdier med klimapåslag på 40 % for de 3 mest intense verdiene.

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 012.CDB12
 Kommune.: Hemsedal
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Hemsil
 Nedbørfeltareal: 3.64 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	255 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
Kulminasjonsfaktor	1.71 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	525 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilførselsflom	Nei -

RFFA-2018 (døgnmiddel)		Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀₀ klima
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)		1	1.37	1.62	1.87	2.19	2.45	2.70	3.04	3.31	-
Flomverdi, m³/s		0.9	1.3	1.5	1.7	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.5
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s		1.6	2.2	2.7	3.1	3.7	4.1	4.6	5.2	5.8	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s		0.5	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	-
NIFS (kulminasjon)		Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q ₂₀₀₀ klima
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)		1	1.26	1.50	1.75	2.13	2.46	2.83	3.40	3.91	-
Flomverdi, m³/s		1.9	2.4	2.9	3.3	4.1	4.7	5.4	6.5	7.5	7.6
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s		3.4	4.4	5.3	6.3	7.9	9.4	10.8	13	14.9	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s		1.1	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.7	3.3	3.7	-

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.

Figur 19. Beregning av flomvannføring til Gravset bru via NVE's program NEVINA. Det er kulminasjons-verdiene (NIFS) nederst i tabellen som er aktuelle.

4.2.2 Skolt bru

Nedbørfeltet oppstrøms for Skolt bru har et areal på 0,47 km² og helning på 8 %. Beregnet konsentrasjonstid for nedbørfeltet er 90 min. Feltet er dekket hovedsakelig av skog og hogstfelt. Løsmassene består av tykk morene som er antatt godt egnet til infiltrasjon. Ut fra disse feltegenskapene er det valgt en C-faktor på 0,4 for flomberegninger med rasjonell metode.

Simuleringsresultatene fra PQROUT for 200-årsflom med klimapåslag, er vist i Figur 21. Klimapåslaget er lagt på som 40% mer nedbør for de tre timene med høyest nedbørintensitet i nedbørforløpet. Resultatet fra flomberegning for Skolt bru med NIFS (NEVINA) er vist i Figur 22. Årsavregningen Q_n er justert etter det nye avrenningskartet fra NVE for perioden 1991-2020 og er satt til 18,5 l/s*km².

Resultatet fra de tre metodene er vist i Tabell 4.

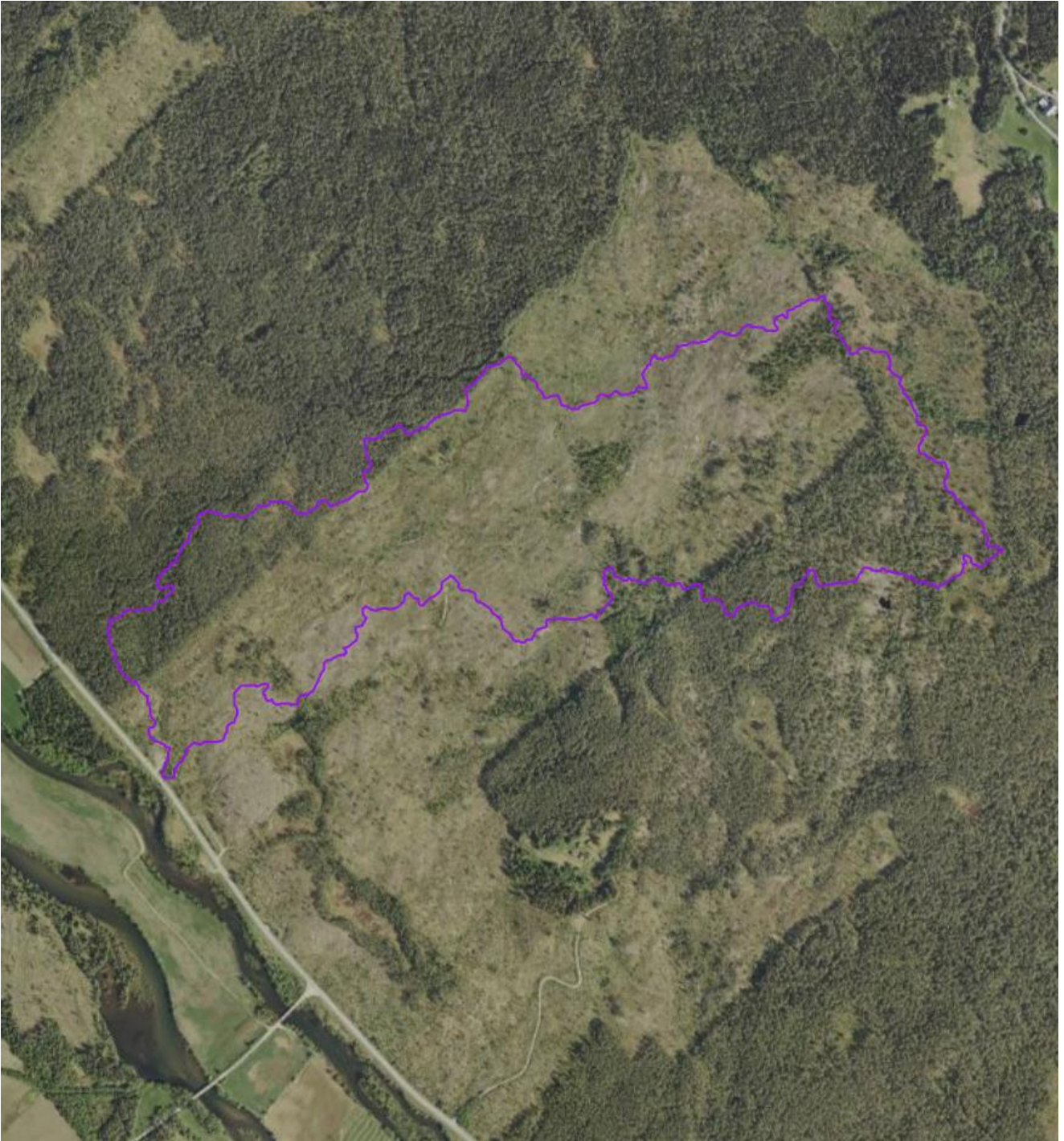
Tabell 4. Flomberegninger for 200-årsflom for Skolt bru. Resultat av flomberegninger med de 3 metodene for 200 års flom (Q200), spesifikke verdier (q200) og 200 års flom med klimafaktor (Q200+40%).

Metode	q200 [l/s*km ²]	Q200 [m ³ /s]	q200+40% [l/s*km ²]	Q200+40% [m ³ /s]
Rasjonell metode	3040	1,4	4250	2,0
PQRUT	2740	1,3	3830	1,8
NIFS (median)	1910	0,9	2550	1,2
NIFS (97,5 %)	3830	1,8	5320	2,5

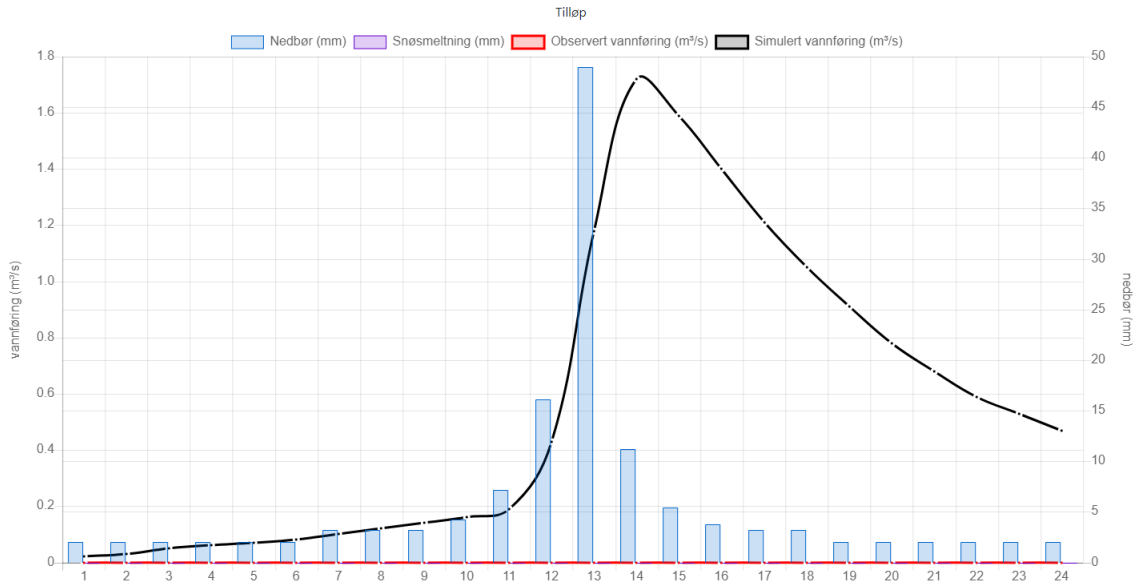
Notat

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 20. Ortofoto av nedbørfeltet til Skolt bru. Kartgrunnlag fra Norge i bilder.



Figur 21. Flomberegninger for Skolt bru; fra bruk av programmet PQROUT med startverdi 0,1 m³/s (ca. 5 % av flomtopp). Nedbørfølget er konstruert symmetrisk fra IVF-verdier med klimapåslag på 40 % for de 3 mest intense verdiene.

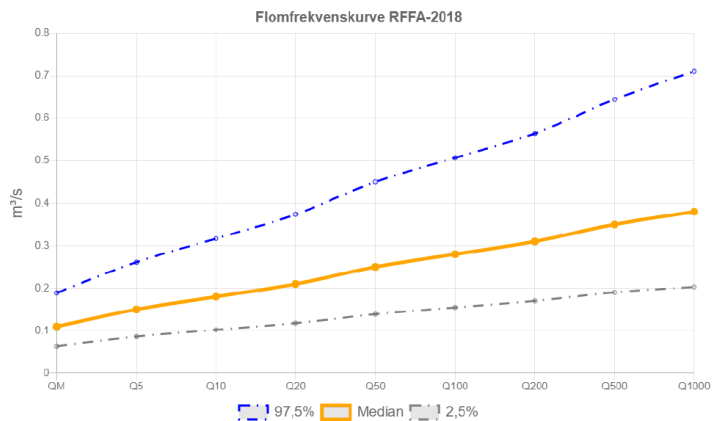
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 012.CDB12
 Kommune.: Hemsedal
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Hemsil
 Nedbørfeltareal: 0.47 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	234 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
Kulminasjonsfaktor	2.42 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	660 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilløpsflom	Nei -

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q _S	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{agg-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.36	1.64	1.91	2.27	2.55	2.82	3.18	3.45	-
Flomverdier, m³/s	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.29	1.52	1.77	2.16	2.48	2.87	3.45	3.97	-
Flomverdier, m³/s	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.2
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	0.5	0.7	0.9	1.0	1.3	1.5	1.8	2.1	2.5	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	-

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.

Figur 22. Beregning av flomvannføring til Skolt bru via NVE's program NEVINA. Det er kulminasjons-verdiene (NIFS) nederst i tabellen som er aktuelle.

4.2.3 Sandbekk bru

Beregnet konsentrasjonstid for nedbørfeltet er 130 min. Nedbørfeltet har et areal på 1,44 km² og har helning på 11 %. Feltet er dekket hovedsakelig av skog og noe jordbruksareal. Løsmassene består av tykk morene i nedre del av feltet som er antatt godt egnet til infiltrasjon og tynn morene i øvre del av feltet som er antatt lite godt egnet for infiltrasjon. Ut fra disse feltegenskapene er det valgt en C-faktor på 0,4 for flomberegninger med rasjonell metode.

Simuleringsresultatene fra PQROUT for 200-årsflom med klimapåslag, er vist i Figur 24. Klimapåslaget er lagt på som 40% mer nedbør for de tre timene med høyest nedbørintensitet i nedbørforløpet. Resultatet fra flomberegning for Sandbekk bru med NIFS (NEVINA) er vist i Figur 25. Årsavregningen Q_n er justert etter det nye avrenningskartet fra NVE for perioden 1991-2020 og er satt til 19,0 l/s*km².

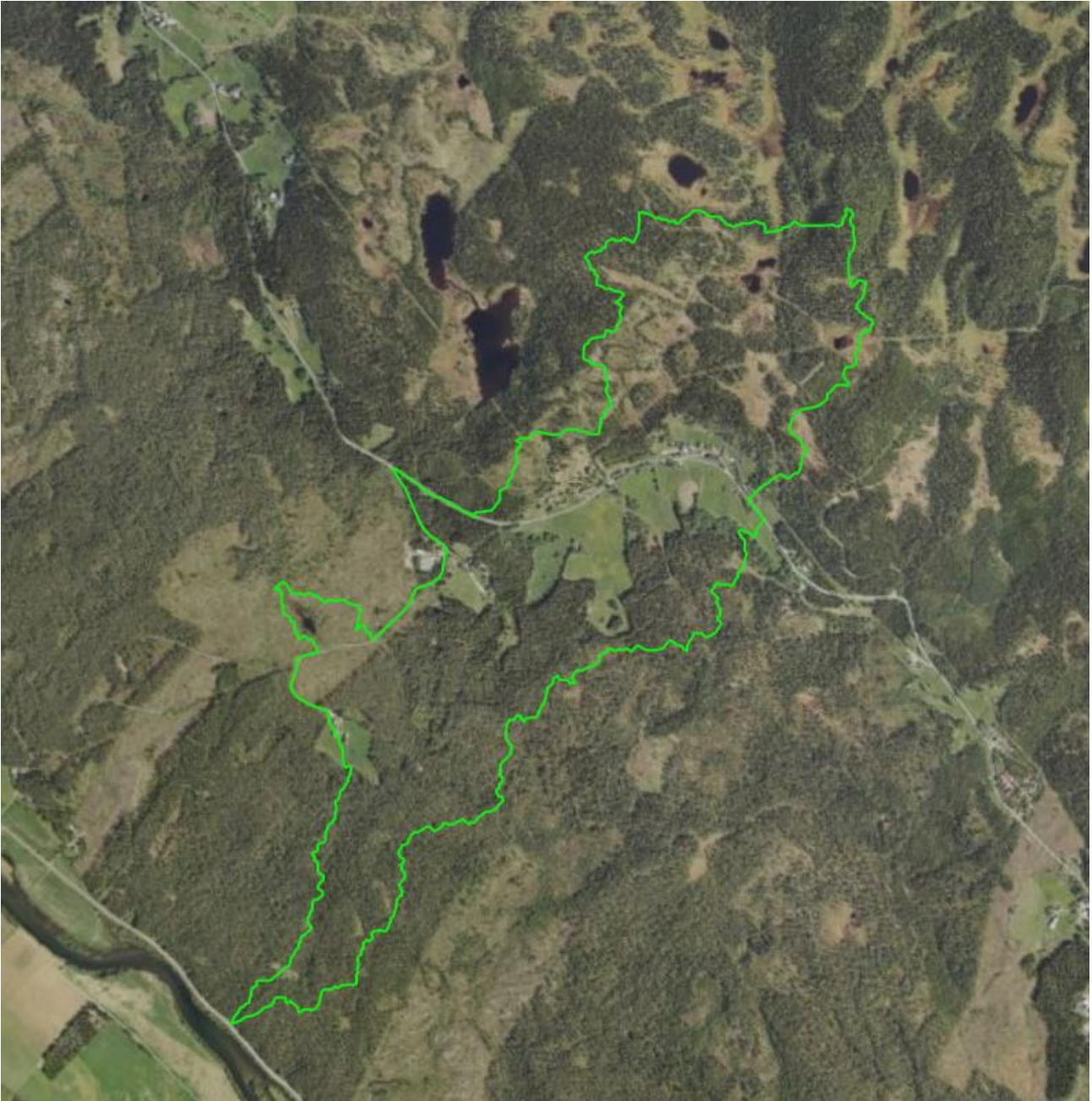
Resultatet fra de tre metodene er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Flomberegninger for 200-årsflom for Sandbekk bru. Resultat av flomberegninger med de 3 metodene for 200 års flom (Q200), spesifikke verdier (q200) og 200 års flom med klimafaktor (Q200+40%).

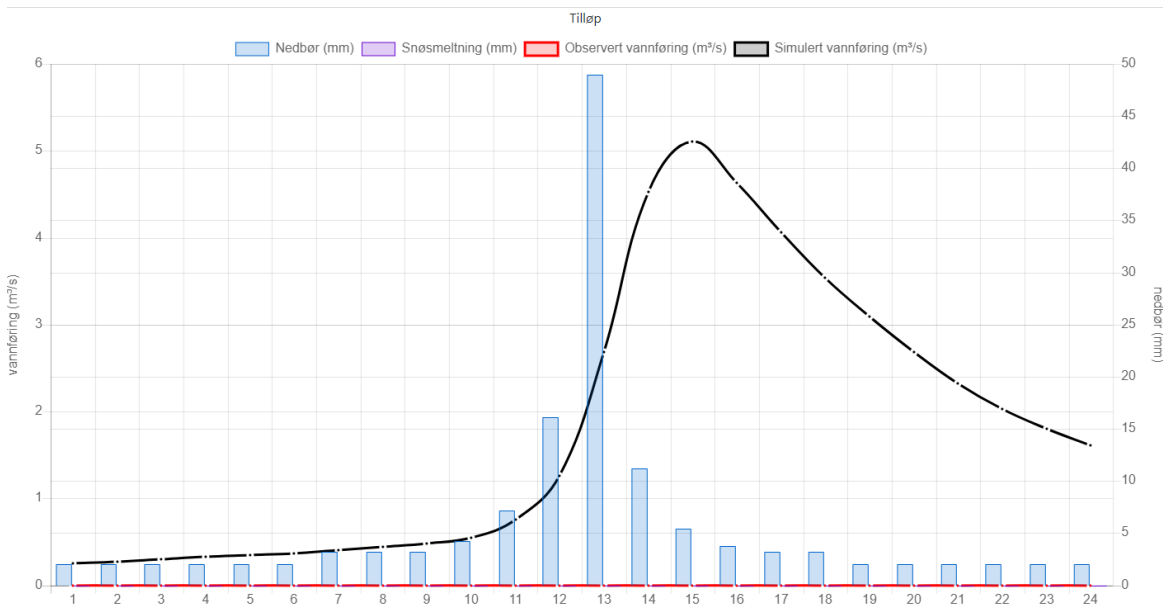
Metode	q200 [l/s*km ²]	Q200 [m ³ /s]	q200+40% [l/s*km ²]	Q200+40% [m ³ /s]
Rasjonell metode	2450	3,5	3430	4,9
PQRUT	2530	3,6	3540	5,1
NIFS (median)	1600	2,3	2240	3,3
NIFS (97,5%)	3260	4,7	4570	6,6

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 23. Ortofoto av nedbørfeltet til Sandbekk bru. Kartgrunnlag fra Norge i bilder.

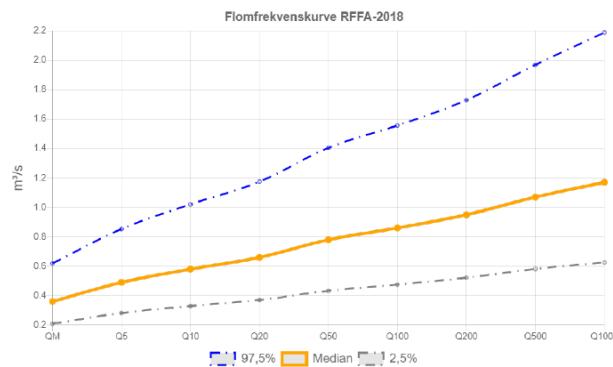


Figur 24. Flomberegninger for Sandbekk bru; fra bruk av programmet PQROUT med startverdi 0,25 m³/s (ca. 5 % av flomtopp). Nedbørførløpet er konstruert symmetrisk fra IVF-verdier med klimapåslag på 40 % for de 3 mest intense verdiene.

Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 012.CDB12
 Kommune.: Hemsedal
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Hemsil
 Nedbørfeltareal: 1.44 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	250 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
Kulminasjonsfaktor	2.11 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	576 l/s*km²
Klimapåslag	40 %
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 (Q _T / Q _M)	1	1.36	1.61	1.83	2.17	2.39	2.64	2.97	3.25	-
Flomverdier, m³/s	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	0.6	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T / Q _M)	1	1.25	1.49	1.73	2.12	2.45	2.82	3.39	3.89	-
Flomverdier, m³/s	0.8	1.0	1.2	1.4	1.8	2.0	2.3	2.8	3.2	3.3
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	1.5	1.9	2.3	2.7	3.4	4.1	4.7	5.6	6.5	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	-

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.

Figur 25. Beregning av flomvannføring til Sandbekk bru via NVE's program NEVINA. Det er kulminasjons-verdiene (NIFS) nederst i tabellen som er aktuelle.

4.2.4 Ålrust bru

Beregnet konsentrasjonstid for nedbørfeltet er 100 min. Nedbørfeltet har et areal på 0,94 km² og har helning på 11 %. Feltet er dekket hovedsakelig av skog, med noe hogstfelt. Løsmassene består av tykk morene som er antatt godt egnet til infiltrasjon. Ut fra disse feltegenskapene er det valgt en C-faktor på 0,4 for flomberegninger med rasjonell metode.

Simuleringsresultatene fra PQROUT for 200-årsflom med klimapåslag, er vist i Figur 27. Klimapåslaget er lagt på som 40% mer nedbør for de tre timene med høyest nedbørintensitet i nedbørførløpet. Resultatet fra flomberegning for Ålrust bru med NIFS (NEVINA) er vist i Figur 28. Årsavregningen Q_n er justert etter det nye avrenningskartet fra NVE for perioden 1991-2020, og er satt til 18,3 l/s*km².

Resultatet fra de tre metodene er vist i Tabell 6.

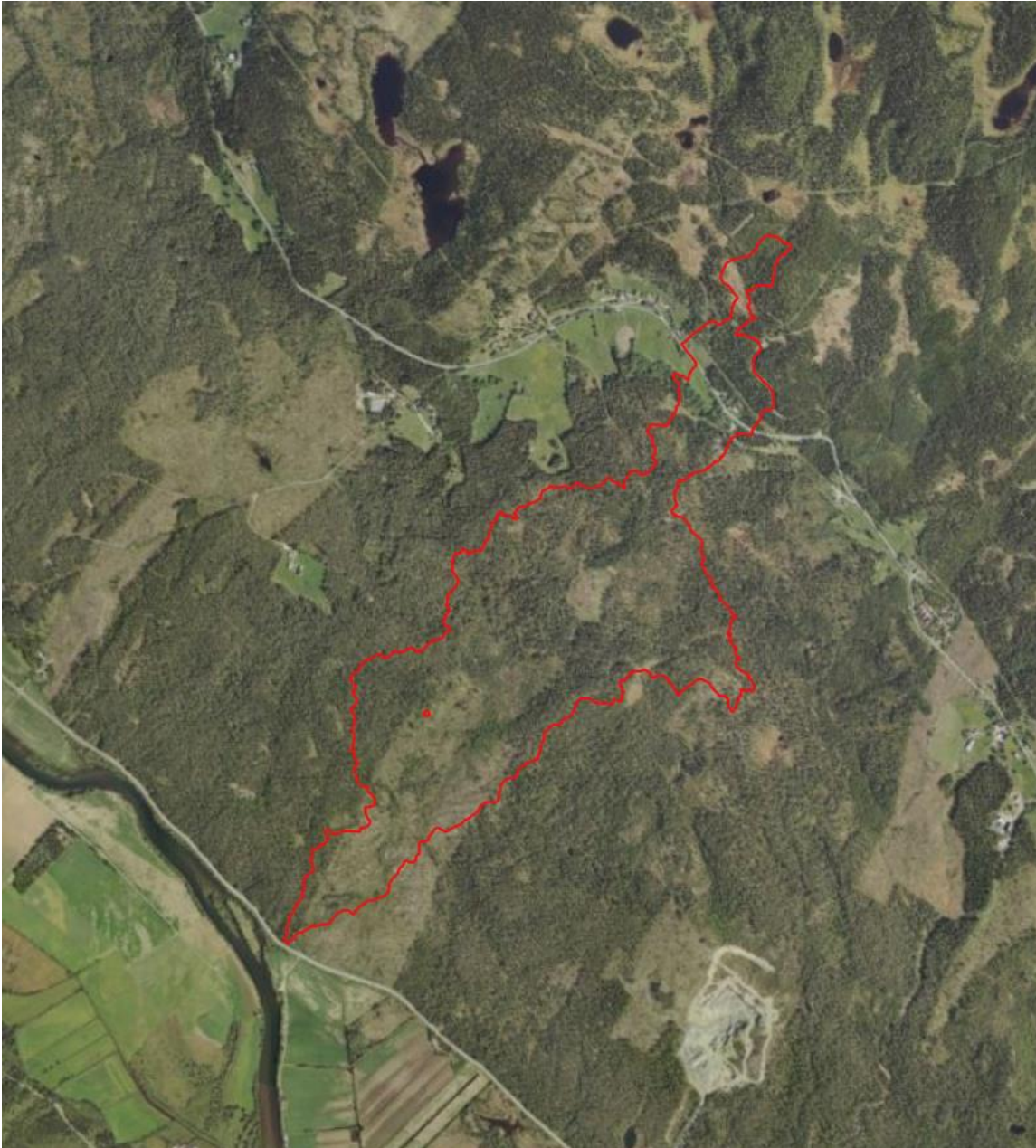
Tabell 6. Flomberegninger for 200-årsflom for Ålrust bru.

Metode	q200 [l/s*km ²]	Q200 [m ³ /s]	q200+40% [l/s*km ²]	Q200+40% [m ³ /s]
Rasjonell metode	2853	2,7	4000	3,8
PQRUT	2510	2,4	3510	3,3
NIFS (median)	1700	1,6	2380	2,3
NIFS (97,5 %)	3400	3,2	4770	4,5

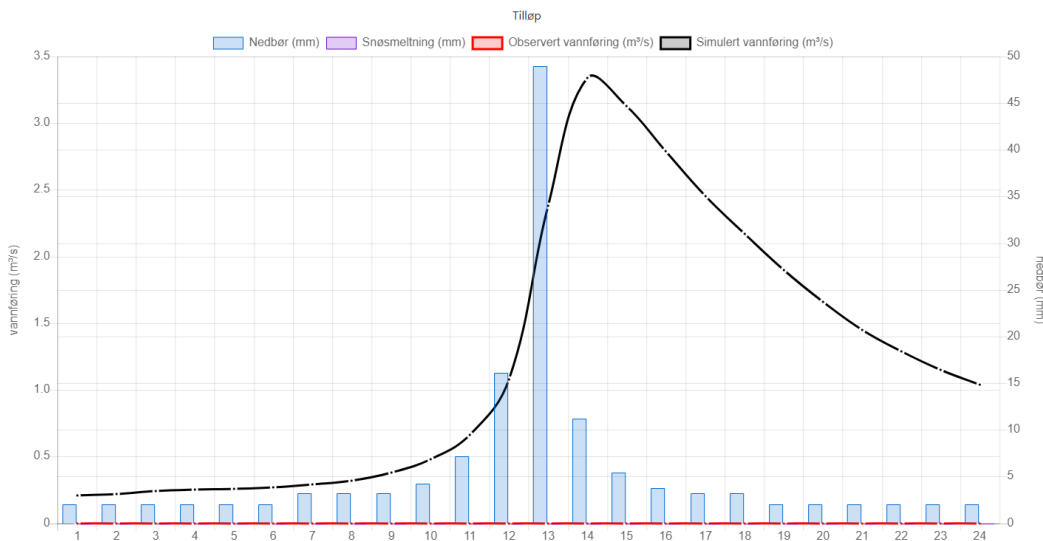
Notat

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Oppdragsnr.: 52209611 Dokumentnr.: Flom-01



Figur 26. Ortofoto av nedbørfeltet til Sandbekk bru. Kartgrunnlag fra Norge i bilder.



Figur 27. Flomberegninger for Ålrust bru; fra bruk av programmet PQROUT med startverdi 0,2 m³/s (ca. 5 % av flomtopp). Nedbørførløpet er konstruert symmetrisk fra IVF-verdier med klimapåslag på 40 % for de 3 mest intense verdiene.

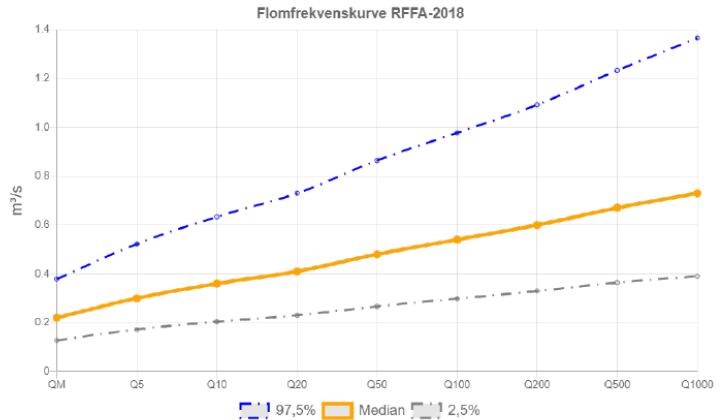
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 012.CDB12
 Kommune.: Hemsedal
 Fylke.: Viken
 Vassdrag.: Hemsil
 Nedbørfeltareal: 0.94 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	234	l/s*km²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	2.11	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	606	l/s*km²
Klimapåslag	40	%
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 (Q _T /Q _M)	1	1.36	1.64	1.86	2.18	2.45	2.73	3.05	3.32	-
Flomverdier, m³/s	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.26	1.49	1.74	2.12	2.46	2.82	3.40	3.91	-
Flomverdier, m³/s	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.3
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	2.8	3.2	3.9	4.5	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	-

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.

Figur 28. Beregning av flomvannføring til Ålrust bru via NVE's program NEVINA. Det er kulminasjons-verdiene (NIFS) nederst i tabellen som er aktuelle.

4.2.5 Valgte flomverdier

Vannføringen ved 200-årsflom med klimapåslag er beregnet for bruene ved bruk av tre forskjellige metoder. For 3 av 4 nedbørfelt gir den rasjonelle metoden høyest flomverdi, men PQRUT gir en relativt lik flomverdi.

PQRUT tar ikke hensyn til alle feltegenskapene. Det er derfor her forventet at flomberegningen med PQRUT vil gi litt lavere verdi enn med rasjonelle formel. Dette varierer også fra felt til felt hvor forskjellige feltegenskaper er dominerende for forskjellige felt. Det er for hvert nedbørfelt gitt to beregnede verdier fra NIFS formelen, medianverdi og 97,5 prosentilet.

Det er store usikkerheter i alle metodene. En ny konstruert IVF-kurve for Hemsedal, og de andre parameterne brukt i den rasjonelle metode og PQRUT er vurdert til å være mere representative for nedbørfeltene, enn avrenningskartet og NIFS-formelen. Det er derfor valgt en 200-årsflom lik gjennomsnittet fra den rasjonelle metoden og PQRUT. Flomverdien fra NIFS er brukt som kontroll, hvor 200-årsflommen bør ligge mellom median og 97,5 %.

Tabell 7. Valgte flomverdier for bruene. Spesifikk avrenning (q_{200+40}): gjennomsnittet av beregnet flomverdi for PQRUT og rasjonell metode. Den spesifikke avrenningen er avrundet, da det er en del usikkerhet i beregningene. 200-årsflom med klimapåslag (Q_{200+40}): beregnet fra spesifikk flomverdi og arealet til nedbørfeltet.

Bru	q_{200+40} % [$l/s \cdot km^2$]	Q_{200+40} % [m^3/s]
Gravset bru	3900	14,2
Skolt bru	4000	1,9
Sandbekk bru	3500	5,0
Ålrust bru	3800	3,6

5 Nødvendige dimensjoner på kulverter

Det blir i dette kapittelet anbefalt dimensjoner på kulverter ved de fire bruene.

5.1 Metode

Metoden for beregning av nødvendig dimensjon for kulverter/stikkrenner baserer seg på nomogrammer utarbeidet og utgitt av Federal Highway Administration i 2012 [5]. Nomogrammer blir ofte brukt for enkle beregninger av nødvendig dimensjon. Metoden er også nevnt i håndboka til Statens vegvesen [6].

Det er i dimensjonsberegningene antatt normalstrømning, innløpskontroll og innløpsvannstand lik innvendig diameter/rørhøyde. Det er benyttet nomogram for rørmateriale betong og forutsatt innløpsutforming tilsvarende utstikkende rørende (Chart 1A, 3) for sirkulær kulvert og 0 graders vingemur (Chart 8A, 3) for rektangulær kulvert.

Det er usikkerheter ved bruk av nomogrammer. Kapasiteten til en kulvert er blant annet avhengig av utformingen av innløpet og utløpet, fall, og materiale. Oppgitte dimensjoner er estimater og nye kulverter må detaljprosjekteres slik at lokale forhold blir ivarettatt.

5.2 Beregninger

Beregnete dimensjoner på kulvertene er vist i Tabell 8. Det er valgt å angi dimensjoner for sirkulære og rektangulære kulverter. De rektangulære kulvertene er beregnet med bredde på 2 meter. Dimensjonene er minimum dimensjon nødvendig for å håndtere en 200-årsflom med klimapåslag.

Tabell 8. Dimensjoner på kulverter med forskjellig utforming.

Kulvert	Q200+40 % [m ³ /s]	Sirkulær kulvert. Diameter [mm]	2 sirkulære kulverter. Diameter [mm]	Rektangulær kulvert. Bredde x Høyde [mm]
Gravset bru	14,2	2600	2x2000	2000 x 3000
Skolt bru	1,9	1300	2x900	2000 x 800
Sandbekk bru	5,0	1800	2x1400	2000 x 1500
Ålrust bru	3,6	1600	2x1200	2000 x 1200

6 Usikkerheter og konklusjon

Det er flere usikkerheter ved flomberegninger, spesielt beregninger basert på nedbørfelt hvor vannskillet og parametere er satt uten befaring av området. Grunnet store usikkerheter er det valgt parametere og faktorer som er på den sikre siden. Dette er gjort for å ikke underestimere 200-årsflommen med klimapåslag.

Scalgo er brukt for å finne nedbørfeltene til bruene. Scalgo er basert på høydedata som kan være usikker. Små uregistrerte terrengendringer, skogsbilveger, endring av lokal vegetasjon, e.l., kan endre vannveiene og nedbørfeltene i området. Stikkrenner og bruer er sjeldent registrert i Scalgo, så det er i tillegg til Scalgo brukt vegkart for å finne ut hvor disse er. Vegkart gir ca. posisjonen til stikkrennene, men uten befaring er det usikkert om stikkrennene har tilstrekkelig kapasitet i nåværende tilstand til å håndtere en flomsituasjon. Det er usikkert hvilke løsmasser som er i området, men det er antatt i beregningene at NGU sitt løsmassekart stemmer. Det er også usikkerheter i vegetasjonen. Ortofoto viser kun vegetasjonen på stor skala og det er usikkert hvordan vegetasjonen i området egentlig er i mindre skala nær bekkeløpene og i nedbørfeltet. Det er for Hemsedal konstruert en ny IVF-kurve som er vurdert til å være svært representativ for nedbørfeltene i denne rapporten. Avrenningsdata brukt i NIFS formelen har store usikkerheter og det er usikkert om dette er data som er representativt for beregningene. Det finnes ikke avrenningsdata fra nærliggende målestasjoner som er representative for nedbørfeltene i denne rapporten.

Ved beregning av kapasitet på kulvertene er det også usikkerheter. Kapasitetene er beregnet for innløpsvannstand lik rørdiameter/kulverthøyde, minimumfall og innløpskontroll. Hvis kulvertene etableres slik at vannstanden ved innløpet, ved høy flomvannføring, kan stå over toppen av kulverten, så fører det til at kulverten får enda større kapasitet.

Dimensjonene gitt i Tabell 8 er et forslag til anbefalte dimensjoner, som grunnlag til videre detaljprosjektering. For mer nøyaktige dimensjoner er det nødvendig å vite detaljer som innløpsutforming, fall og form. Det er viktig at eventuelle nye kulverter eller stikkrenner etableres med gode innløp og utløp som forsikrer innløpskontroll. Dette er spesielt viktig for Ålrust bru, som i dag mest sannsynlig har problemer med oppstuvning av vann under brua.

Stedlige forhold må også vurderes om det er plass til kulverter som erstatning for de ulike bruene, spesielt mht. bredde, høyde og overdekning.

7 Referanser

1. Norconsult AS (2022): Flom- og overvannsvurdering for RV 52, Hemsedal. Notat oppdragsnr.: 52201295 Dokumentnr.: J_03.
2. Steinus, S., Glad, P. A., Wang, T. K., Væringstad, T. (2015): Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE veileder nr. 7-2015
3. Myrabø, S. (1991): Flomberegninger. NVE Oppdragsrapport 8-91.
4. Direktoratet for byggekvalitet (DIBK) (2017): Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, Kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo.
5. FHWA (april 2012): HYDRAULIC DESIGN OF HIGHWAY CULVERTS, Third Edition. Report No. FHWA-HIF-12-026 HDS 5
6. Vegdirektoratet (juni 2014): Håndbok N200 Vegbygging. Statens vegvesen

B01	2023-02-15	For kommentar	ANTEVE	STMYR	ANTEVE
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.