

# Sæteråa bru

## Hydrologisk rapport



Figur 1-1: Sæteråa bru under 1995-flommen. Kilde: Blom Geomatics AS, atlas.nve.no

## Revisjonshistorikk

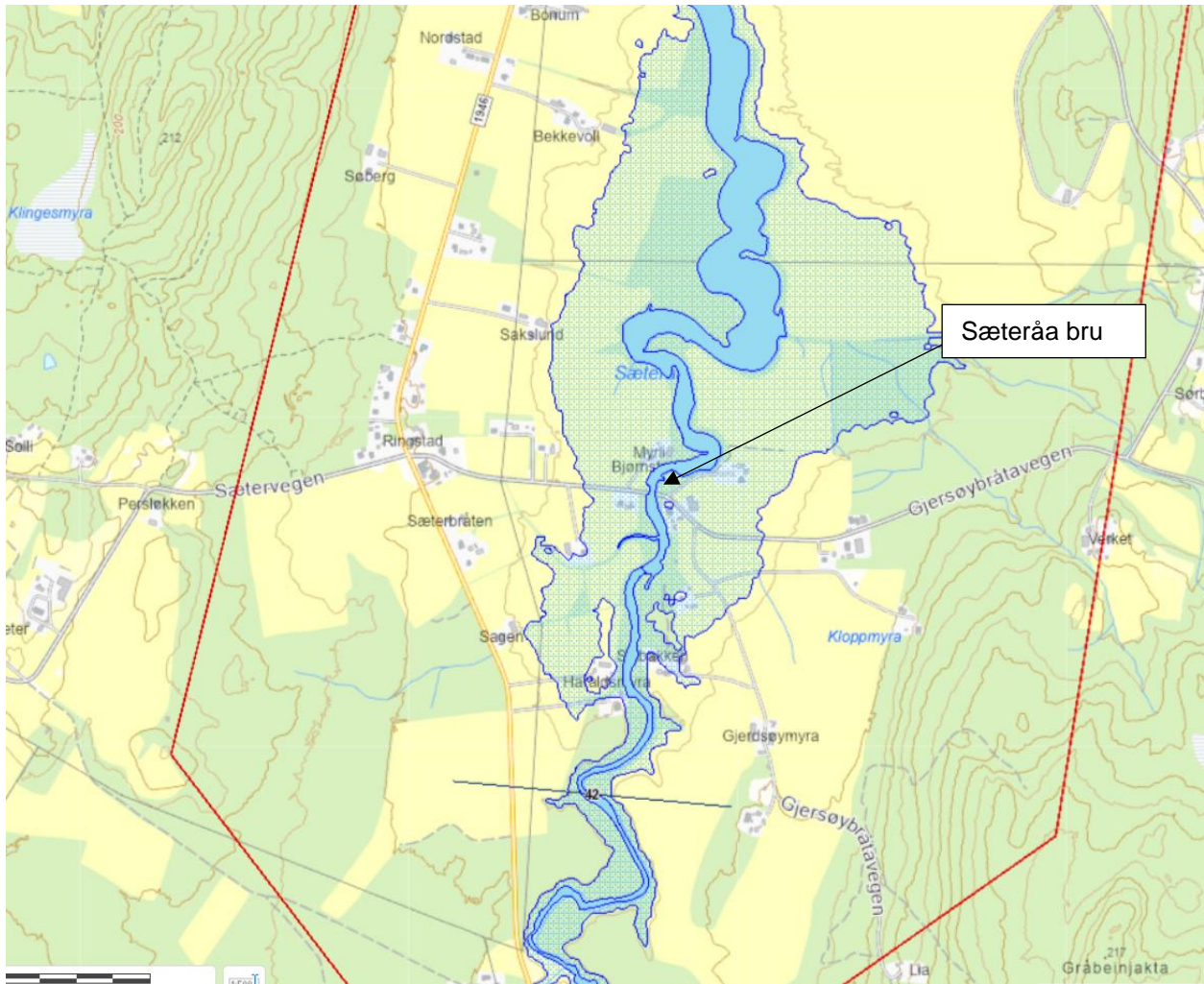
Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
00	06.05.2025	Utarbeidelse av dokumentet	NOVAJA	NOSJA (kapitel 3 og 4) NO1F9K (kapitel 5)
			06.05.2025	06.05.2025
01	25.06.2025	Endring utstrekning erosjonssikring	NOVAJA	NO1F9K (kapitel 5)
			25.06.2025	25.06.2025

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	3
2	Retningslinjer og veiledere .....	4
3	Flomberegning.....	5
3.1	Dimensjonerende flomvannføring .....	5
3.2	Nedbørsfeltegenskaper og beregningsmetodikk .....	5
3.2.1	Flomfrekvensanalyse (FFA).....	6
3.2.2	RFFA-NIFS .....	7
3.2.3	RFFA-2018 .....	7
3.2.4	PQRut .....	7
3.3	Sammenligning av metodene og valg av flomstørrelse .....	10
3.4	Sammenligning av erfaringstall .....	11
3.5	Klimapåslag og usikkerhetspåslag.....	11
3.6	Konklusjon flomberegning.....	12
4	Vannlinjeberegning.....	13
4.1	Hydrologisk modell .....	13
4.1.1	Terrenghøyder, grensebetingelser og celledstørrelse .....	13
4.1.2	Planlagt Sæteråa bru .....	14
4.1.3	Eksisterende bruer nedstrøms.....	14
4.1.4	Ruhet .....	15
4.2	Resultater og diskusjon .....	15
4.3	Konklusjon vannlinjeberegning .....	18
5	Erosjonssikring .....	19
5.1	Erosjonsfare ved landkar .....	19
5.2	Valg av sikringstype .....	19
5.3	Stabil steinstørrelse.....	21
5.4	Tykkelse og utstrekning .....	23
5.5	Underlaget.....	25
5.6	Konklusjon erosjonssikring.....	25
6	Referanser.....	25

# 1 Innledning

Sæteråa bru i Sør-Odal kommune (se figur 1-2) er i dårlig tilstand med nedsatt bæreevne, og det er nødvendig med utskifting. Kommunen har derfor engasjert Sweco for å utarbeide en ny bruløsning. I forbindelse med dette er det utført flom- og vannlinjeberegninger. Bru ligger i et flomutsatt område. En flomsonerapport fra NVE (2008) er tilgjengelig for området.



Figur 1-1: Oversiktskart av området med bru plassering med 200-årsflomsone (blå farge) beregnet i NVE (2008) (kilde: NVEatlas)





Figur 1-2: Dagens Sæteråa bru. Bilde tatt på 28.03.2025.

## 2 Retningslinjer og veiledere

Følgende retningslinjer og veilederen er brukt i hydrologirapporten:

- SVV vegnormal N200: Vegbygging (SVV, 2024)
- SVV vegnormal N400: Bruprosjektering (SVV, 2025)
- NVE Veileder for flomberegninger (NVE, 2022)
- NVE Sikringshåndboka (NVE, 2023)
- NVE Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (NVE, 2009)

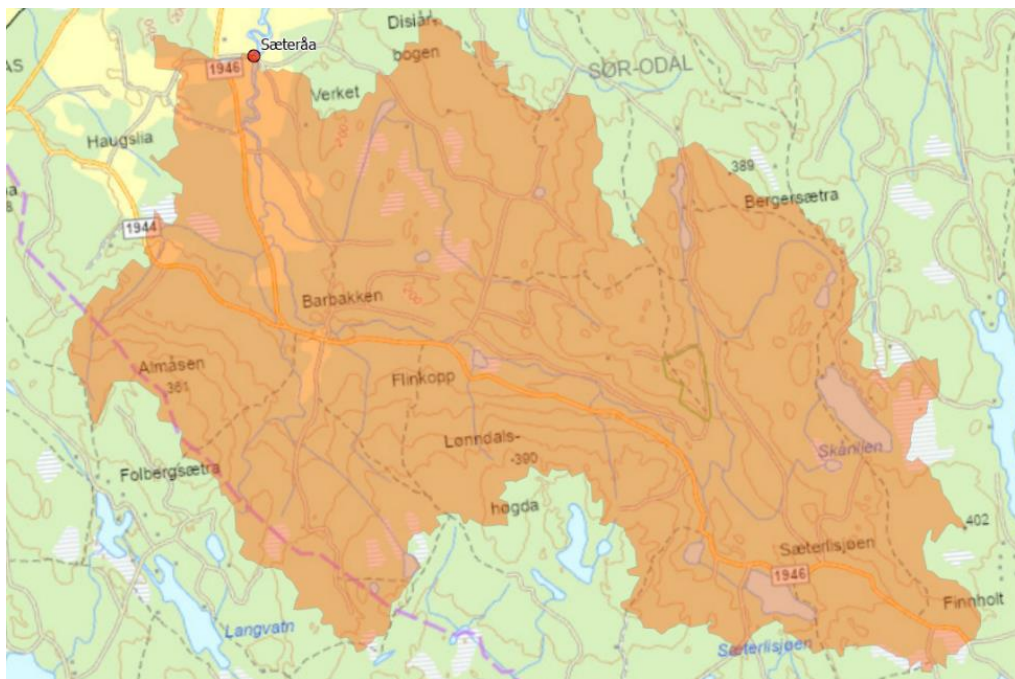
## 3 Flomberegning

### 3.1 Dimensjonerende flomvannføring

Dersom planlagt Sæteråa bru har et spennvidde som er større enn 2,5 meter kreves det dimensjoner etter N400 Bruprosjektering (SVV, 2024). Sikkerhetsklasse V3 i N200 skal forutsettes, som tilsvarer en 200-årsflom (SVV, 2025).

### 3.2 Nedbørsfeltegenskaper og beregningsmetodikk

Nedbørsfeltet ned til Sæteråa bru er vist i figur 3-1 og nedbørsfeltparametere er presentert i tabell 3-1.



Figur 3-1: Nedbørsfelt til Sæteråa bru. Kilde: NEVINA.

Tabell 3-1: Feltparametere for nedbørsfelt ned til Sæteråa bru. Kilde: NEVINA (se vedlegg 1).

Areal	A <sub>SE</sub>	Helning	Høyde maks	Høyde min	Skog	Urban	Normal-avrenning (Q <sub>n</sub> )
(km <sup>2</sup> )	(%)	(°)	(Moh.)	(Moh.)	(%)	(%)	(l/s/km <sup>2</sup> )
64,3	0,1	5,3	400	131	89	0	9,1 (periode 1961-1990)

Det er ingen målestasjoner i Sæteråa. Ved flomberegninger skal det benyttes minst tre forskjellige beregningsmetoder, og det er anbefalt å benytte minst én flomfrekvensanalyse og én nedbør-avløpsmodell (SVV, 2024). Veileder for flomberegninger (NVE, 2022) anbefaler følgende metoder, vist i tabell 3-2.

Tabell 3-2: Anbefalt bruk av ulike metoder for flomberegning (NVE, 2022).

Metode	Formelverk		Frekvensanalyser	Nedbør-avløpsmodeller	
	RFFA-NIFS	RFFA-2018		PQRUT	Den rasjonelle metode
Arealbegrensninger	< 60 km <sup>2</sup>	alle	alle	2-800 km <sup>2</sup>	< 2 km <sup>2</sup>
Tids-oppløsning	kulm	døgn / kulm	døgn / kulm	døgn / time	kulm
gjentaktsintervall	Q <sub>M</sub>	x	x		(x)
	Q <sub>5</sub> -Q <sub>100</sub>	x	x	(x)	x
	Q <sub>200</sub>	x	x	x	x
	Q <sub>500</sub>		x	x	(x)
	Q <sub>1000</sub>		x	x	

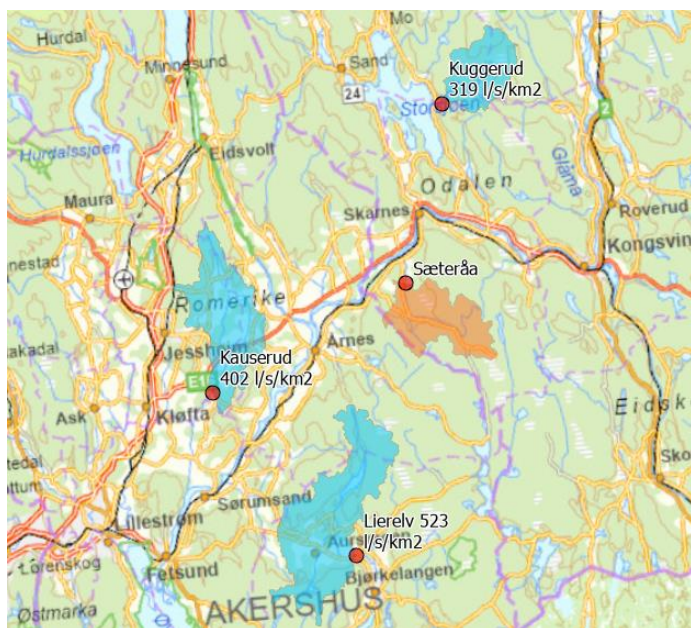
Gjentaksintervall er en 200-årsflom (Q<sub>200</sub>), og nedbørfeltstørrelse er 64,3 km<sup>2</sup>. Basert på dette er det valgt å bruke følgende metoder: frekvensanalyser (FFA), RFFA-NIFS, RFFA-2018, og PQRut.

### 3.2.1 Flomfrekvensanalyse (FFA)

Tabell 3-3 og figur 3-2 viser de hydrologiske målestasjonene med utvalgte feltegenskaper i området rundt nedbørsfeltet til Sæteråa bru. Nedbørsfelttegenskapene er hentet fra NEVINA (se vedlegg 5), mens flomverdiene er beregnet ved i Hydra II, timesdata, Gumbel-fordeling (se vedlegg 4).

Tabell 3-3: Hydrologiske målestasjoner med utvalgte feltegenskaper i området rundt nedbørsfeltet til Sæteråa bru.

Felt navn	Areal (km <sup>2</sup> )	A <sub>se</sub> (%)	Helning (-)	Høyde min – maks (moh.)	Dyrket mark (%)	Myr (%)	Skog (%)	Sjø (%)	Urban (%)	Normalavrenning (l/s/km <sup>2</sup> ) Hydra II
2.616.0 Kuggerud	48,3	1,2	5,5	169 – 505	0,1	11,7	84,9	3,2	0	16,4 (periode 1978-2024)
1.200.0 Lierelv	133,0	0,6	6,3	130-401	16	3,0	74,5	3,6	1,2	15,1 (periode 2011-2022)
2.331.0 Kauserud	92,3	0	3,1	121-355	41,9	3,0	51,9	0,1	1,4	13,2 (periode 1998-2016)
Sæteråa bru	64,3	0,1	5,3	131 - 400	3,8	4,7	89,0	2,1	0	9,3 (avrenningskart 61-90)



Figur 3-2: Spesifikke kulminasjonsverdier (timesverdier) – 200-års flom for målestasjoner med utvalgte feltegenskaper i området rundt nedbørsfeltet til Sæteråa bru.



### Sammenligning nedbørsfelt Sæteråa bru med nedbørsfeltene til målestasjonene.

Nedbørsfeltet Kuggerud har sammenlignbar helning, skogsandel og urbant område. Nedbørsfeltet Kuggerud har høyere andel sjø og  $A_{SE}$ , noe som fører til lavere avrenning. Nedbørsfeltet Kuggerud har mindre areal, noe som fører til høyere avrenning. Basert på overstående forventes det at nedbørsfeltet til Sæteråa bru har noe høyere avrenning enn nedbørsfeltet Kuggerud.

Nedbørsfeltet Lierelv er dobbelt så stort og har høyere andel sjø og  $A_{SE}$ , noe som fører til lavere avrenning. Gjennomsnittlig felthelning er brattere, andelen dyrket mark og urbant område er høyere, og andelen skog er mindre, noe som fører til høyere avrenning. Basert på overstående forventes det at nedbørsfeltet til Sæteråa bru har sammenlignbar avrenning med nedbørsfeltet Lierelv.

Nedbørsfeltet Kauserud har større areal og lavere felthelning, noe som fører til lavere avrenning. Andelen dyrket mark og urbant område er høyere, mens andelen skog og sjø er lavere, noe som fører til høyere avrenning. Basert på overstående forventes det at nedbørsfeltet til Sæteråa bru har sammenlignbar avrenning med nedbørsfeltet Kauserud.

Basert på sammenligningene anses en kulminasjonsavrenning ( $q_{200}$ ) på 450 l/s/km<sup>2</sup> som rimelig.

### 3.2.2 RFFA-NIFS

Formelverket RFFA-NIFS er utarbeidet for å estimere kulminasjonsflomverdier i små uregulerte nedbørsfelt (areal < ca. 60 km<sup>2</sup>) og inkluderer ligninger for å beregne middelflommen og vekstkurven. RFFA-NIFS kan brukes med forsiktighet for felt opp til 100 km<sup>2</sup> (NVE, 2022) og er derfor tatt med i denne flomvurderingen.

RFFA-NIFS-formelverket benytter tre parametere: nedbørsfeltareal, normalavrenning, og effektiv sjøprosent. Blant disse er det normalavrenningen som har størst usikkerhet (NVE, 2022). Det vises seg at normalavrenningen fra avrenningskart er lav sammenlignet med målestasjoner i nærheten (se tabell 3-3). Normalavrenningen har direkte påvirkning på vannføringen. Basert på dette er normalvannføringen oppjustert til 14 l/s/km<sup>2</sup> i stedet for 9,3 l/s/km<sup>2</sup>, noe som virker mer rimelig sammenlignet med målestasjoner i området.

Resultatene fra RFFA-NIFS-beregningen er vist i vedlegg 2. 200-årsflom, uten klimapåslag og sikkerhetspåslag, er beregnet til 50,3 m<sup>3</sup>/s (783 l/s/km<sup>2</sup>).

### 3.2.3 RFFA-2018

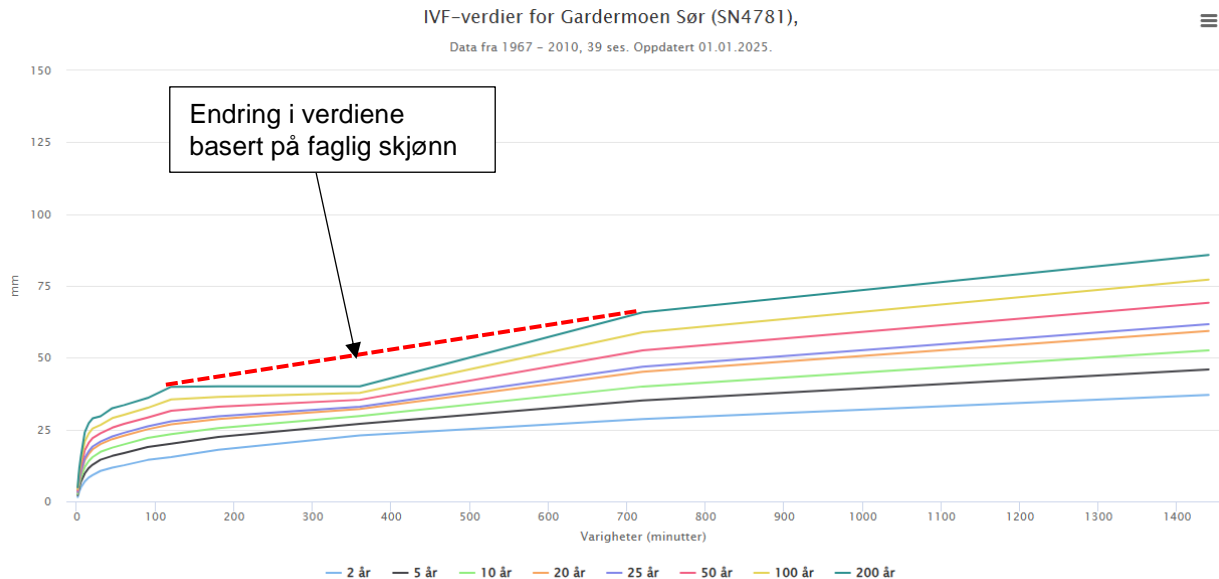
Formelverket RFFA-2018 inkluderer ligninger for å beregne medianflom, vekstkurver (forholdstall mellom middelflom  $Q_M$  og høyere gjentakintervaller  $Q_T$ ) og forholdstallet mellom kulminasjonsflom og døgnmiddelflom (kulminasjonsfaktor,  $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ) i umålte felt. Formelverket kan benyttes for alle nedbørsfeltstørrelser, men ved beregning av kulminasjonsverdier for små felt (< 60 km<sup>2</sup>) anbefales det å bruke RFFA-NIFS, opp til og med  $Q_{200}$ , istedenfor.

Formelverket er implementert i nedbørsfeltanalyseprogrammet NEVINA. Resultatene fra RFFA-2018-beregningen er vist i vedlegg 1. Også her er det valgt å bruke 14 l/s/km<sup>2</sup> som normalavrenning i stedet for 9,3 l/s/km<sup>2</sup>, noe som virker mer rimelig sammenlignet med målestasjoner i området. 200-årsflom (timesverdi), uten klimapåslag og sikkerhetspåslag, er beregnet til 29,8 m<sup>3</sup>/s (463 l/s/km<sup>2</sup>).

### 3.2.4 PQRut

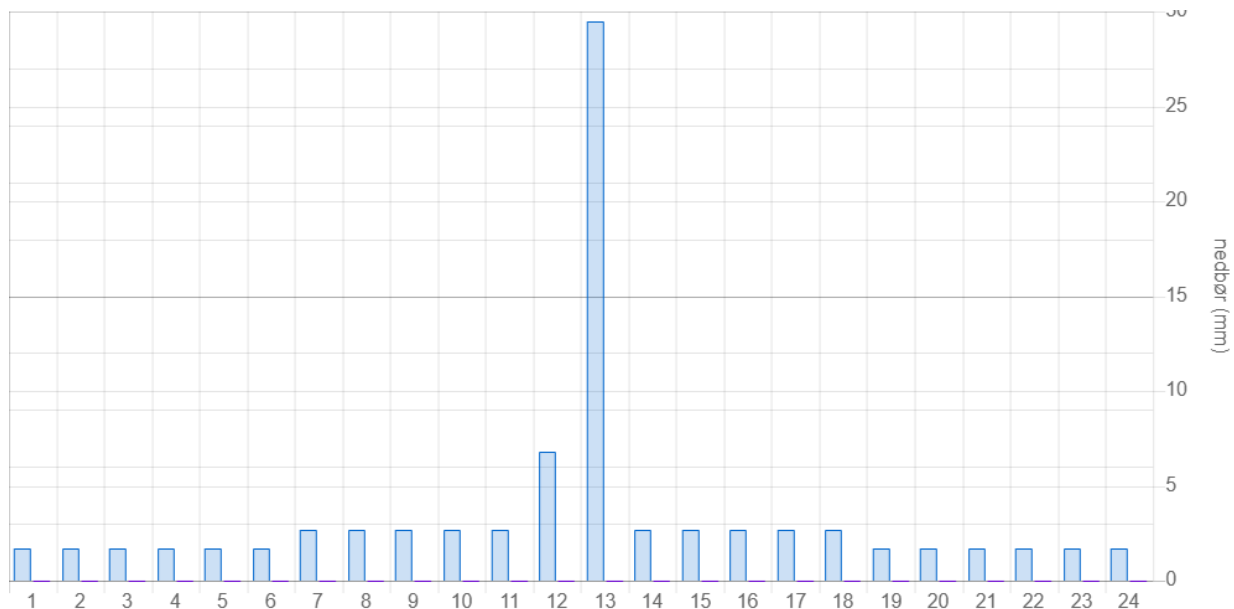
Nedbørs-avløpsmodellen i PQRUT (versjon 2016) er en enkel, hendelsesbasert modell som gir vannføring basert på et fastlagt nedbørforløp (NVE, 2022). Modellen er ikke kalibrert, og modellparameterne estimeres i NVE sin nedbør-avløpsmodellering med magasin og ruting (pqrout.nve.no). Feltparametere kommer direkte fra NEVINA og er vist i vedlegg 3. Feltparametere er innenfor gyldighetsintervallet for bruk av PQRut.

For nedbørmengde er IVF-data fra målestasjon Gardermoen Sør brukt, som er nærmest til nedbørsfeltet Sæteråa bru. Målestasjonen har kvalitetsklasse 'God' og data fra 1967 – 2010 (39 sesonger). IVF-data er vist i figur 3-3. IVF-kurven fra Gardermoen ser ikke rimelig ut mellom omtrent 100 til 700 minutter for 200-års nedbør. Kurven er tilpasset basert på faglig skjønn, som vist i figur 3-3.



Figur 3-3: IVF-verdier for Gardermoen Sør med endring i verdiene basert på faglig skjønn.

Beregnet nedbør er en representativ punktverdi for nedbørsfeltet. Det betyr at det i en nedbørsituasjon vil falle mer nedbør enn punktverdien i deler av feltet og mindre i andre deler. Punktverdien må derfor omregnes til arealverdi, dvs. justeres for «samtidighet», ved hjelp av de arealreduksjonsfaktorer (ARF) som oppgis av Meteorologisk institutt. (NVE, 2022). Nedbøren, justert med ARF, er vist i figur 3-4.



Figur 3-4: Nedbør (timesverdier) inn i modellen (inkludert ARF).

Konsentrasjonstiden beregnes med følgende formel (NVE, 2022):

$$\text{Konsentrasjonstiden} = \text{Feltlengde} / \text{Vannhastighet}$$

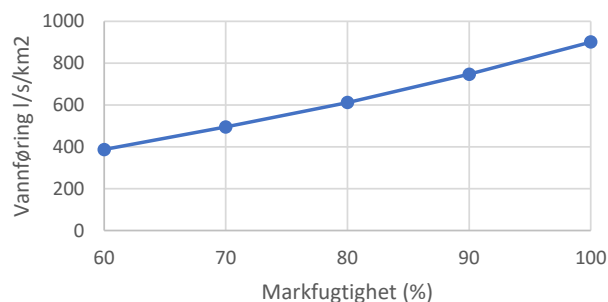


Feltlengde er omtrent 12,6 km. Vannet antas å ha en gjennomsnittshastighet på 1 til 2 meter (NVE, 2022). Konsentrasjonstiden må oppgis i tidsskritt av en time, og det er valgt til å bruke 3 timer. Dette resulterer i en vannhastighet på omtrent 1,2 m/s. Nedbørsfeltet er relativt flatt, og vannhastigheten forventes å være nærmer 1 m/s enn 2 m/s. En konsentrasjonstid på 3 timer virker derfor rimelig.

En PQRut-beregning med en Markfugtighet på 100% resulterer i en 200-årsflom på omtrent 900 l/s/km<sup>2</sup>. Basert på målestasjoner i området forventes det en flomvannføring mellom omtrent 300 til 550 l/s/km<sup>2</sup>, noe som er betydelig lavere.

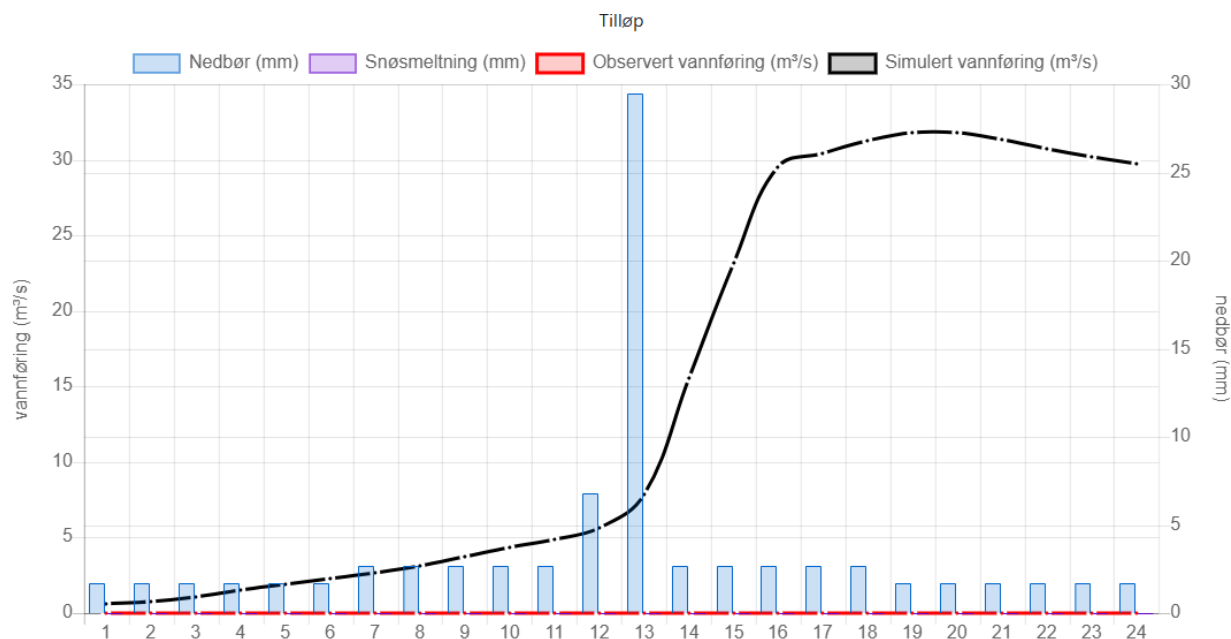
For flommer, særlig i store felt og felt på Østlandet, kan flommene imidlertid beregnes for store hvis man forutsetter mettet felt ved flomsimulering. Dette bekreftes av erfaringer med flomberegninger i slike felt. Det kan tolkes som at terrenget er slik at det også ved sterkt mettede markvannsforhold alltid finnes områder som ikke umiddelbart bidrar til flom. I store felt kan man ikke regne med fullt markvannsmagasin over hele feltet. (NVE, 2022)

Nedbørsfeltet til Sæteråa bru ligger på Østlandet, og er relativt stort (> 60 km<sup>2</sup>) og normalavrenningen er helt på nedre grense i gyldighetsintervallet for bruk av PQRut. Der er utført beregninger med forskjellige markfugtighetsnivåer (se figur 3-5).



Figur 3-5: PQRut-beregninger ved forskjellige markfugtighetsnivåer.

En vannføring med 70% markfugtighet samsvarer bedre med flomvannføringen fra målestasjoner i området. Basert på at nedbørsfeltet til Sæteråa bru befinner seg på Østlandet, er relativt stor (> 60 km<sup>2</sup>) og normalavrenningen er helt på nedre grense i PQRut-beregningen, virker det rimelig å sette markfugtighet til 70% i PQRut-beregningen. Endelig resultat er vist i figur 3-6.



Figur 3-6: PQRut-resultatet nedbørsfelt til Sæteråa bru.

200-årsflom (timesverdi), uten klimapåslag og sikkerhetspåslag, er beregnet til 31,8 m³/s (495 l/s/km²).

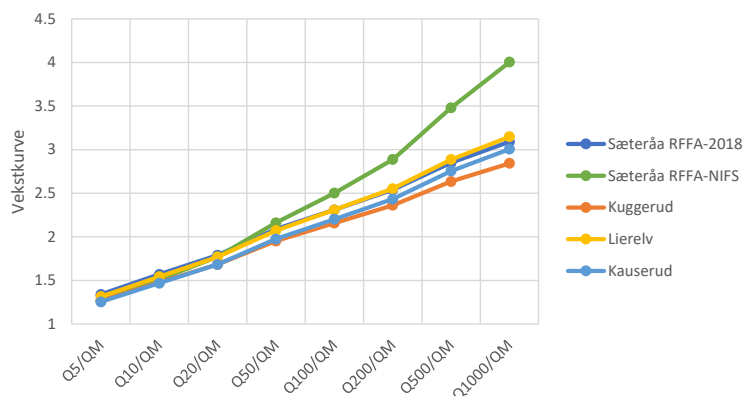
### 3.3 Sammenligning av metodene og valg av flomstørrelse

Tabell 3-4 viser de brukte metodene og beregnede vannføring under en 200-årsflom.

Tabell 3-4: Sammenligning av metodene.

Metode	$Q_{200}$ (m³/s)	$q_{200}$ (l/s/km²)
FFA	28,9	450
RFFA-NIFS	50,3	783
RFFA-2018	29,8	463
PQRut	31,8	495

De beregnede flomverdiene er nesten like, med unntak av RFFA-NIFS. Det er kjent at vekstkurven (forholdstall mellom middelflom  $Q_M$  og høyere gjentaksintervaller  $Q_T$ ) fra RFFA-NIFS kan bli veldig bratt for de høyeste gjentaksintervallene (NVE, 2022). En sammenligning mellom vekstkurven for RFFA-NIFS, RFFA-2018 og målestasjonene i området er presentert i figur 3-7. Her vises det at vekstkurven for RFFA-NIFS er betydelig brattere enn vekstkurvene fra målestasjonene, noe som påvirke beregnet flomvannstand. Basert på dette virker den beregnede flomverdien fra RFFA-NIFS som konservativ. Vekstkurven fra RFFA-2018 virker rimelig sammenlignet med vekstkurvene fra målestasjonene.



Figur 3-7: Sammenligning mellom vekstkurvene.

Beregnet flomstørrelse fra FFA, RFFA-2018, og PQRut er nesten lik. Det er usikkerhet i normalavrenningen i RFFA-2018, og normalavrenningen er tilpasset basert på målestasjoner i området. Også IVF-kurve i PQRut er tilpasset, i tillegg til endringer i markfugtighet basert på erfaringer fra nedbørsfelt på Østlandet. Basert på overstående velges det å legge mest vekt på FFA, og 200-årsflomverdi på 28,9 m³/s (450 l/s/km²) brukes videre.

### 3.4 Sammenligning av erfaringstall

På Østlandet (Hedmark, Oppland, Akershus, Oslo, Buskerud og deler av Telemark), vassdragsnummer 1-16, varierer flomverdier i stort fra 500 l/s/km² til 1500 l/s/km², men noen flomverdier helt opp til 2000 – 2500 l/s/km² og helt ned i 400 l/s/km². Det er relativt jevn geografisk spredning på flomverdiene, men de laveste verdiene finner en øst i området og/eller større felt med høy selvreguleringsevne. (NVE, 2022)

Nedbørsfeltet til Sæteråa bru befinner seg øst i området der de laveste verdiene finnes. En flomverdi på 450 l/s/km² er relativt lavt, men innenfor erfaringstallene for området. Basert på dette virker en flomverdi på 450 l/s/km² rimelig.

### 3.5 Klimapåslag og usikkerhetspåslag

Den dimensjonerende vannføringen inkluderer en sikkerhetsfaktor for framtidige klimaendringer ( $F_k$ ) og usikkerhet knyttet til beregningsmetoden ( $F_s$ ). Nedbørsfeltet til Sæteråa bru befinner seg i både fylke Oslo og Akershus (klimapåslag 1,3) og fylke Oppland (klimapåslag 1,2) i tabellen fra SVV (2024). For anlegg med nedbørsfelt som faller innenfor ulike klimafaktorer for flomvannføring, skal den høyeste av verdiene legges til grunn (SVV, 2024). Klimafaktor 1,3 brukes i beregningene.

Sikkerhetsfaktoren  $F_s$  tar hensyn til usikkerhet i flomberegningen og skal bestemmes ut fra kvaliteten på det hydrologiske datagrunnlaget og sikkerhetsklassen av vegen (se figur 3-8).

**Tabell 2.4.1.1—2 — Sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved flomberegninger -  $F_s$**

Sikkerhetsklasse av veg påvirket av flom	Kvalitet på det hydrologiske datagrunnlaget		
	Klasse 1	Klasse 2 eller 3	Klasse 4 eller 5
V1	1,0	1,1	1,2
V2	1,1	1,2	1,3
V3	1,2	1,3	1,4

**Tabell 2.4.1.1—3 — Klasse og klassifiseringskriterier for hydrologisk datagrunnlag**

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologiske datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget
2	Brukbart hydrologiske datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i områder

Figur 3-8: Krav 2.4.1.1-3 (SVV, 2024).

Det er ingen observasjoner i eller nært vassdraget. Det er relativt få målestasjoner i området, og de fleste har korte tidsserier. Basert på dette anses det hydrologiske datagrunnlaget som begrenset (klasse 4). Sikkerhetsklasse for veg påvirket av flom er V3. Basert på overstående er sikkerhetsfaktoren  $F_s$  satt til 1,4.

### 3.6 Konklusjon flomberegning

Dimensjonerende flom ( $Q_{dim\_200}$ ) til Sæteråa bru er beregnet til 52,7 m<sup>3</sup>/s i tabell 3-5.

Tabell 3-5: Beregning av dimensjonerende flom til Sæteråa bru.

$Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)	$F_k$ (-)	$F_s$ (-)	$Q_{dim\_200}$ (m <sup>3</sup> /s)
28,9 (450 l/s/km <sup>2</sup> )	1,3	1,4	52,7 (819 l/s/km <sup>2</sup> )





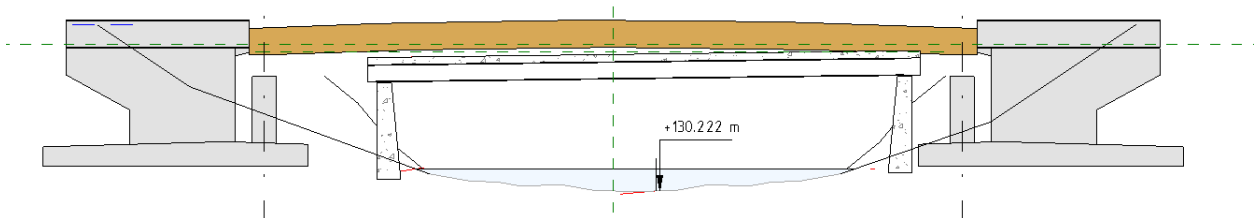
Som oppstrøms grense er vannføring fra flomberegningen benyttet (52,7 m<sup>3</sup>/s).

Sæteråa bru ligger i et område som er påvirket av flom i Glomma. En 200-årsflomvannstand ved Disenå (litt oppstrøms der Sæteråa renner ut i Glomma) er beregnet til kote 134,5 + 30 cm sikkerhetsmargin (NVE, 2020), noe som er høyere enn dagens og planlagt bru. NVE (2020) skrev at det er viktig at lysåpningen av ny Sæteråa bru er tilstrekkelig for flom i Sæteråa. Brua må samtidig konstrueres slik at den tåler belastningen fra store flommer i Glomma (NVE, 2020). Basert på dette brukes det vannstanden i Glomma under høydemålingen (omtrent 131,2 moh.) som nedstrøms grense i modellen, og ikke en flomvannstand i Glomma.

Området ved bruene og elven selve krever et fint rutenett i modellen. Den generelle celledørrelsen i modellen er satt til 10 meter og celledørrelsen i området ved bruene, og elver er 3,5 til 5 meter.

#### 4.1.2 Planlagt Sæteråa bru

Planlagt Sæteråa bru er høyere og har større lengde (større bredde i tverrsnitt i elva) enn dagens bru (se figur 4-2). Det er utført bunnmålingen lokalt ved brua og bunnhøyden er omtrent 130,2 moh. Lokalt ved brua er bunnhøyden tilpasset til 130,2 moh.



Figur 4-2: Skisse av planlagt bru (farge), sammenlignet med dagens bru (svart-hvit).

I modellen er brudekktykkelse omtrent 0,7 m, brudekklengde 13,9 m og brudekklengde 13,9 m. Høyde underkant bru er omtrent 133,05 moh.

#### 4.1.3 Eksisterende bruer nedstrøms

Det er tre bruer mellom Glomma nedstrøms og Sæteråa bru. Første bru nedstrøms Sæteråa bru er brua under FV175 (se figur 4-3). Brua består av to sirkulær stålrør med en innvendig diameter på 4 meter og en lengde på ca. 15 meter (vegkart.atlas.vegvesen.no).



Figur 4-3: Bru under FV175.

Nedstrøms brua under FV175 befinner seg to bruer: en jernbanebru (se figur 4-4) og en vegbru (se figur 4-5). Landkarene under bruene er inkludert i høydedata. Det er valgt å ikke inkludere brudekkene, siden de er over flomvannstanden fra Sæteråa.



Figur 4-4: Jernbanebru.



Figur 4-5: Bru Arnold Rørholts veg.

#### 4.1.4 Ruhet

Manningskoeffisient (n-verdi) er benyttet for ruheten i modellen. Det finnes ingen innmålinger av vannføring og vannstand, og modellen er derfor ikke kalibrert. Benyttet Manningskoeffisient er basert på Chow (1959). Verdiene vist i tabell 4-1 brukes. Områdene er basert på AR5-data.

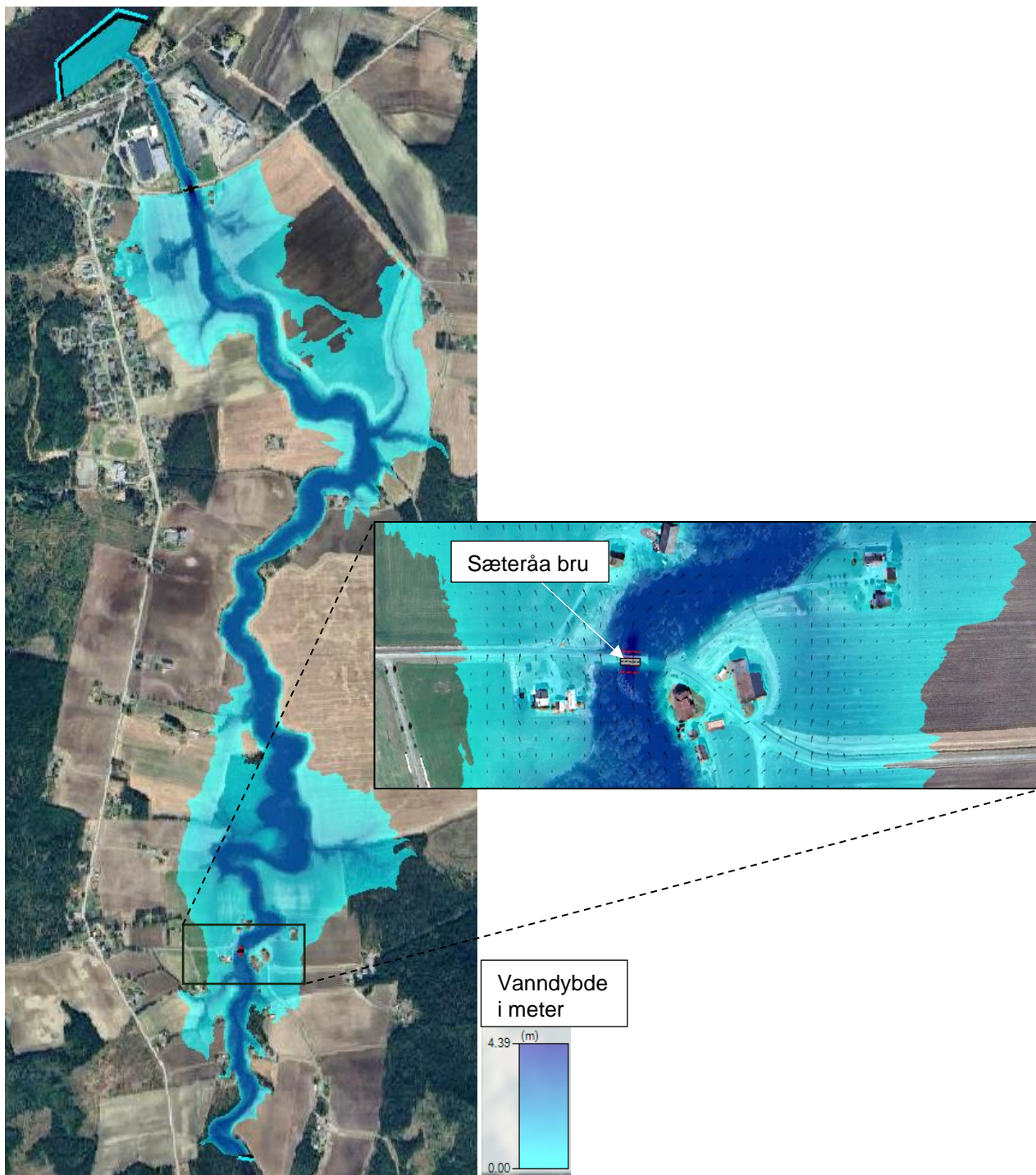
Tabell 4-1: Manningstall som er brukte i modelleringen

Type terreng	AR5 kode	Valgt Manningstall, n
Elv og innsjø	81, 82	0,035
Skog, busker og trær	30	0,1
Myr	60	0,03
Åpen fastmark	50	0,04
Fulldyrka jord	21	0,03
Overflatedyrka jord	22	0,03
Innmarksbeite	23	0,035
Bebyggelse	11	0,06
Samferdsel / vei	12	0,02
Ikke kartlagt	99	0,06

## 4.2 Resultater og diskusjon

Oversvømt område og vandedbder under en 200-årsflom med 30% klimapåslag og 40% usikkerhetspåslag er vist i figur 4-6.





Figur 4-6: Oversvømt område og vanndybder under en 200-årsflom med 30% klimapåslag og 40% usikkerhetspåslag.

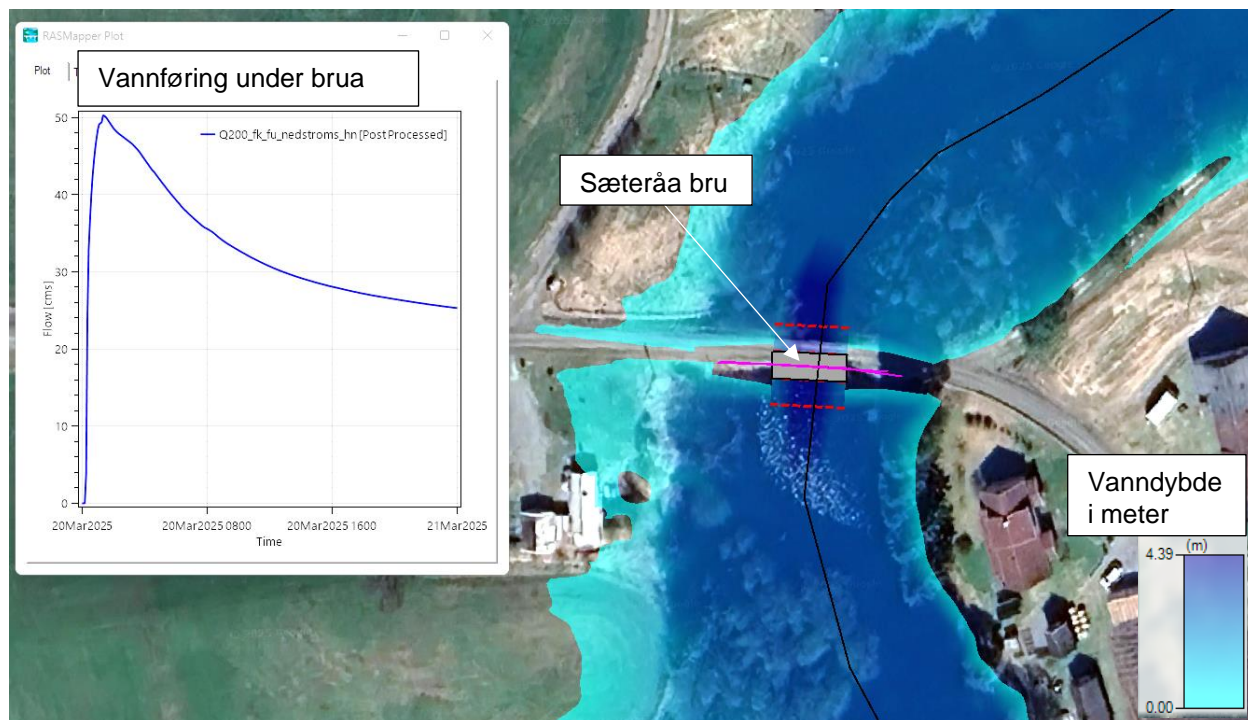
Sæteråa renner utenfor sin vanlige bredde, og 200-årsflomvannstanden ved Sæteråa bru er omtrent 134,2 moh., noe som er høyere enn brudekket til ny Sæteråa bru (omtrent 133,8). Nedstrøms modellgrensen er ikke en flomvannstand i Glomma, noe som kan resultere i en enda høyere vannstand ved Sæteråa bru.

Det er kjent at vannstanden kan overstige dagen Sæteråa brua (se figur 1-1). Hovedspørsmålet er om den nye Sæteråa bru har tilstrekkelig lysåpning til å håndtere en dimensjonerende flom fra Sæteråa.



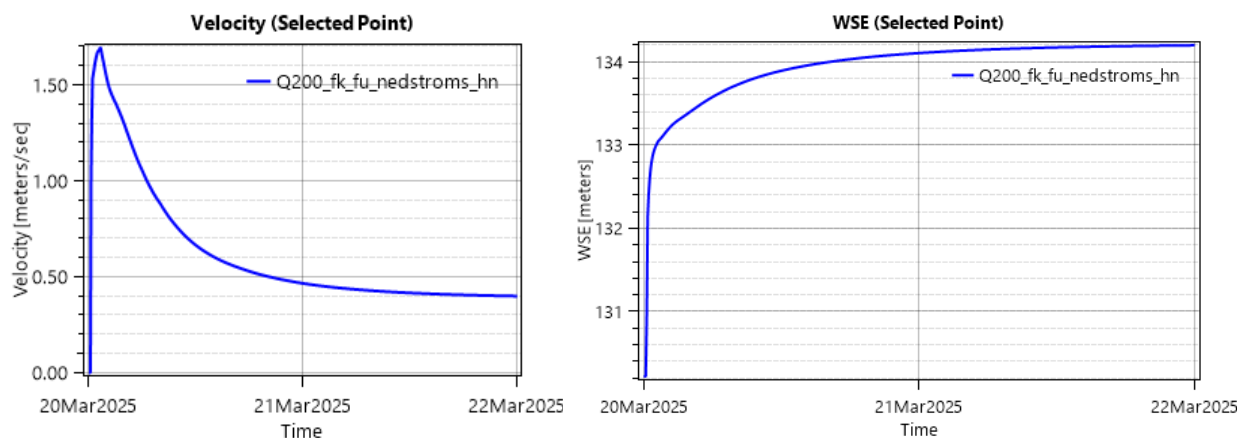
Området nedstrøms fyller seg gradvis opp til et nivå hvor Sæteråa bru overtoppes. Nedstrøms bruene og elveløpet har ikke nok kapasitet til å lede flomvannet videre.

Modellresultatene viser at i perioden hvor modellområdet fyller seg med vann, finnes det et tidspunkt hvor den nye Sæteråa bru kan håndtere en dimensjonerende vannføring (52,7 m<sup>3</sup>/s) før nedstrøms vannstand negativt påvirke vannføringen under brua, og vann renner over veien og rundt brua (se figur 4-7).



Figur 4-7: Dimensjonerende vannføring over tid ved ny Sæteråa bru (målt over lilla linje). Oversiktskart viser vanndybde på tidspunktet med maksimal vannføring under brua.

Vannstanden på tidspunktet hvor brua kan håndtere en dimensjonerende vannføring er omtrent 133,05 moh. (se høyre bilde i figur 4-8), noe som er underkant brudekket. Vannhastigheten under Sæteråa bru er også høyest på dette tidspunktet, med en maksimal vannhastighet på omtrent 1,7 m/s (se venstre bilde i figur 4-8).



Figur 4-8: Vannhastighet under Sæteråa bru over tid (venstre bilde) og vanndybde under Sæteråa bru over tid (høyre bilde).

## 4.3 Konklusjon vannlinjeberegning

Det er viktig at lysåpningen på den nye Sæteråa bru er tilstrekkelig for å håndtere flommen i Sæteråa, samtidig som brua må tåle belastningen fra store flommer i Glomma. (NVE, 2020)

Nedstrøms bruene og elveløpet har ikke nok kapasitet til å lede flomvannet fra Sæteråa videre. Området nedstrøms fyller gradvis opp så høyt at Sæteråa bru overtoppes. Modellresultatene viser at i perioden modellområdet fyller seg med vann, det finnes et tidspunkt der den nye Sæteråa bru kan håndtere en dimensjonerende vannføring fra Sæteråa, før vannstanden nedstrøms påvirker vannføringen under brua negativt, og vann renner over veien og rundt brua. Basert på dette konkluderes det med at lysåpningen på den nye Sæteråa bru er tilstrekkelig til å avlede en dimensjonerende flom fra Sæteråa, dersom området nedstrøms ikke påvirker vannstanden ved brua.

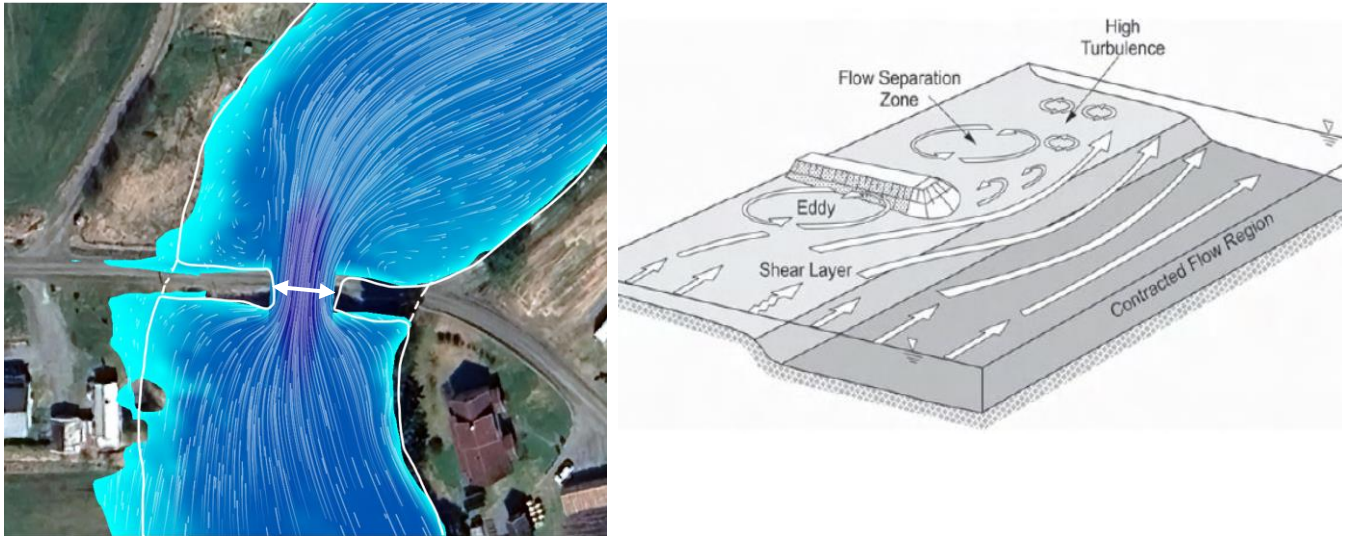
Maksimal vannstand ved brua er avhengig av vannstanden i Glomma, nedstrøms bruene og nedstrøms elveløpet. Dersom det er normalvannstand i Glomma, er 200-årsflomvannstanden ved Sæteråa bru beregnet til 134,2 moh. En høyere vannstand i Glomma resulterer i at den beregnete 200-årsflomvannstanden ved Sæteråa bru vil være høyere.

For vassdrag skal det være en klaring på  $\geq 0,5$  meter til underkant bru ved dimensjonerende vannføring med en returperiode på 200 år. Klaring er blant annet for å ta høyde for drivende gjenstander i vassdraget. Den nye Sæteråa bru oppfyller ikke kravet om 0,5 m klaring mellom flomvannstand og underkant bru fra N400 (SVV, 2025). Sæteråa bru er del av en kommunal veg, og kommunen har her fraviksmyndighet. Dersom kommunen aksepterer at brua kan være oversvømmet, må de søke fravik.

## 5 Erosjonssikring

### 5.1 Erosjonsfare ved landkar

Landkarene ved Sæteråa bru snevrer inn elveløpet, noe som fører til at vannet konsentreres når det passerer brua (se hvite linjer og piler i figur 5-1). Dette resulterer i en økning i hastigheten over hele området, spesielt rundt de utstikkende landkarene. Nedstrøms for brua utvides strømningsarealet brått, noe som fører til kraftig turbulens. Hastighetsøkningen gir ekstra erosjonsbelastning.



Figur 5-1: Venstre bilde: Oversvømt areal og strømningsretning ved Sæteråa bru under en dimensjonerende flom (tidspunkt med maksimal vannføring under brua). Vannet konsentreres når det passerer brua (se hvite linjer og piler). Høyre bilde viser prinsippskisse av strømning ved et kjegleformet landkar (etter Barkdoll, NVE, 2009).

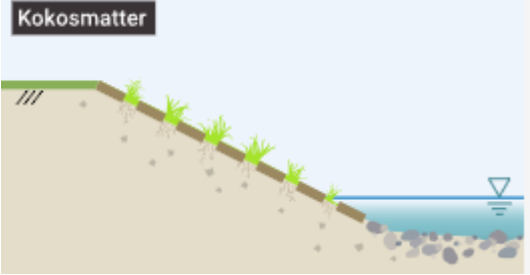
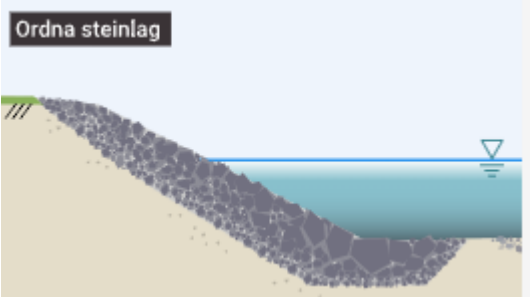
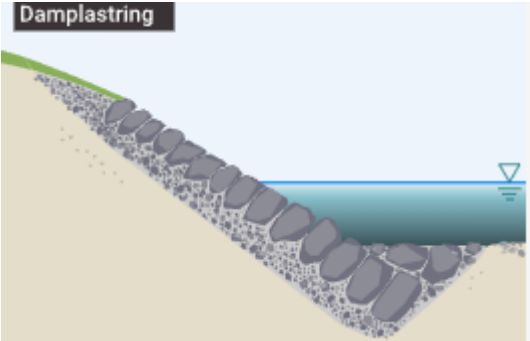
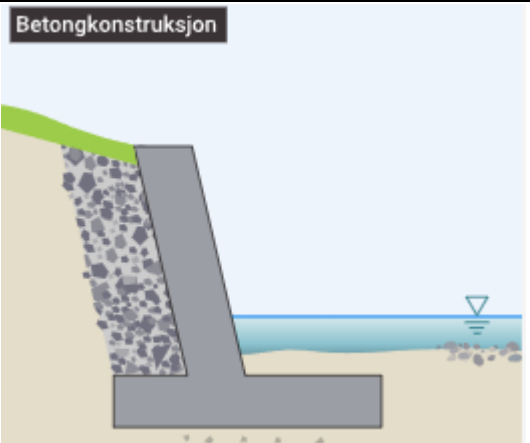
Det er grovt sett to typer erosjon Sæteråa bru er utsatt for:

1. Innsnevringserosjon: Fordi brua reduserer strømningsarealet, vil vannhastigheten øke, særlig under flom. Dette kan føre til bunnsenkning i hele gjennomløpet.
2. Landkarerosjon: Graving som følge av strømkonsentrasjon og hastighetsøkning ved enden av landkarene. (NVE, 2009)

### 5.2 Valg av sikringstype

Valg av egnet sikringstype avhenger blant annet av den forventede belastningen. Ved en dimensjonerende flom forventes det maksimale vannhastigheter på omtrent 1,7 m/s ved brua. Tabell 5-1 kan være til hjelp for å velge riktig sikringstype basert på forventet vannhastighet og annen belastning.

Tabell 5-1: Sikringstiltak som funksjon av belastning (Sikringshåndboka, 2023).

Veiledende belastning	Sikringsmetode (anbefalt/ best egnet)
<p><b>Belastningsnivå 1: Kokosmatter</b></p> <p>Vannhastighet &lt; 1 m/s. Liten belastning fra is, drivgods og massetransport.</p>	
<p><b>Belastningsnivå 2: Ordna steinlag</b></p> <p>Vannhastighet = 1-3 m/s. Liten til moderat belastning fra is/drivgods.</p> <p>Vannhastighet = 1-2 m/s. Stor belastning fra is/drivgods.</p>	
<p><b>Belastningsnivå 3: Damplastring</b></p> <p>Vannhastighet = 4-6 m/s. Liten til moderat belastning fra is/drivgods.</p> <p>Vannhastighet = 3-5 m/s. Stor belastning fra is/drivgods.</p>	
<p><b>Belastningsnivå 4: Betongkonstruksjon</b></p> <p>Vannhastighet &gt; 6 m/s.</p> <p>Vannhastighet &gt; 5 m/s. Stor belastning fra is/drivgods.</p>	

Maksimal vannhastighet ved brua under en dimensjonerende flom er beregnet til omtrent 1,7 m/s. Basert på dette klassifiseres brulokasjonen til belastningsnivå 2, og det anbefales å bruke ordna steinlag som erosjonssikring.



Ordna steinlag består av velgraderte masser med gradering fra null til maksimal tillatte størrelse. Toppen av steinlaget legges ofte i nivå med dimensjonerende vannstand, pålagt et fribord, eller føres til toppen av skråningen. De groveste fraksjonene plasseres nederst og ytterst der man kan forvente størst belastning på sikringen. De resterende massene bygges opp til et solid blandet filter mot grunnmassene innenfor. Tykkelsen av steinlaget avhenger av den dimensjonerende størrelsen på steinen. (NVE, 2023)

Erosjonssikringen rund dagens Sæteråa bru er også et ordna steinlag (se figur 5-2). Det er ukjent om det er utført en steinstørrelseberegning for dagens erosjonssikring.



Figur 5-2: Erosjonssikring dagens Sæteråa bru.

### 5.3 Stabil steinstørrelse

Den mest kritiske situasjonen for erosjonssikring er tidspunktet med størst vannhastighet. Erosjonssikringsberegningene er utført for tidspunktet da den nye Sæteråa bru kan håndtere en dimensjonerende flom.

Stabil steinstørrelse for sikring av landkar (Froudetall  $< 0,8$ ) kan beregnes med Barkdoll sin formel (NVE, 2009):

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(s - 1)} \frac{V_{kar}^2}{gy}$$

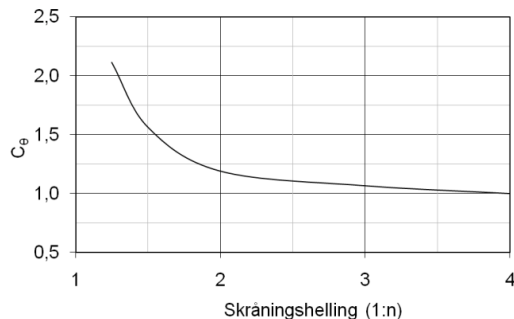
Her er:

$D_{50}$	Stabil steinstørrelse (m)
$K$	1,02 for landkar med vertikal frontvegg (-)
$s$	Steinens relative tetthet, 2,65 (-)
$g$	Tyngdens akselerasjon, 9,81 (m/s <sup>2</sup> )
$y$	Vanndybde ved foten av landkaret, 2,7 (m)
$V_{kar}$	Karakteristisk hastighet, 1,4 (m/s)

Landkarene står i hovedløpet, og den karakteristiske hastigheten er derfor gjennomsnittshastigheten under brua.

SVV (2024) krever en sikkerhetsfaktor  $F_{S,D50}$  på 1,2 for å ta hensyn til lokale variasjoner i vannhastighet. Sideskråninger må sikres med større stein enn bunnen (NVE, 2009). For sideskråninger brukes en

korreksjonsfaktor  $C_\theta$  basert på figur 5-3. Sideskråningene har en gradient på 1:2, som resulterer i  $C_\theta = 1,2$ .



Figur 5-3: Korreksjonsfaktor  $C_\theta$  (NVE, 2009).

Dimensjonerende steinstørrelse beregnes med følgende formel:

$$D_{dim,50} = D_{50} \cdot F_{s,D50} \cdot C_\theta$$

Her er:

$D_{dim,50}$	Dimensjonerende steinstørrelse (m)
$D_{50}$	Beregnet steinstørrelse (m)
$F_{s,D50}$	Sikkerhetsfaktor for å ta hensyn til lokale variasjoner i vannhastighet, 1,2 (-)
$C_\theta$	Korreksjonsfaktor sideskråninger, 1,2 (-)

Sikringshandboka (NVE, 2020) anbefaler å beregne stabil steinstørrelse med to forskjellige metoder. Som kontroll er det utført en beregning med Maynords formel:

$$D_{30} = S_f C_s C_v C_t y_0 \left[ \left( \frac{1}{s-1} \right)^{0,5} \frac{U}{\sqrt{K_1 g y_0}} \right]^{2,5} \quad K_1 = -0,672 + 1,492 \cot \theta - 0,449 \cot^2 \theta + 0,045 \cot^3 \theta$$

Her er:

$D_{30}$	Stabil steinstørrelse (m)
$S_f$	Sikkerhetsfaktor, 1,2 (-)
$C_s$	Stabilitetsfaktor, sprengstein: 0,3 (-)
$C_v$	Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling, utstikkende voller: 1,25 (-)
$C_t$	Koeffisient for sikringstykkelse, 1 (-)
$y_0$	Vanndybde samme sted som U, 2,5 (m)
$s$	Steinens spesifikke tetthet, 2,65 (-)
$U$	Dybdemiddelhastighet i et punkt som ligger 20% opp skråningen, 1,7 (m/s)
$\cot(\theta)$	Helning på skråning, 1:2 (-)
$K_1$	Koeffisient for skråningshelling, 0,88 (-)
$g$	Tyngdens akselerasjon, 9,81 (m/s <sup>2</sup> )

Resultatene av beregningene er vist i tabell 5-2.

Tabell 5-2: Resultat beregninger stabil steinstørrelse i sideskråninger.

	Barkdoll	Maynard
$D_{15}$ [mm]	120	40
$D_{50}$ [mm]	180	60
$D_{85}$ [mm]	250	90
$D_{maks}$ [mm]	360	120

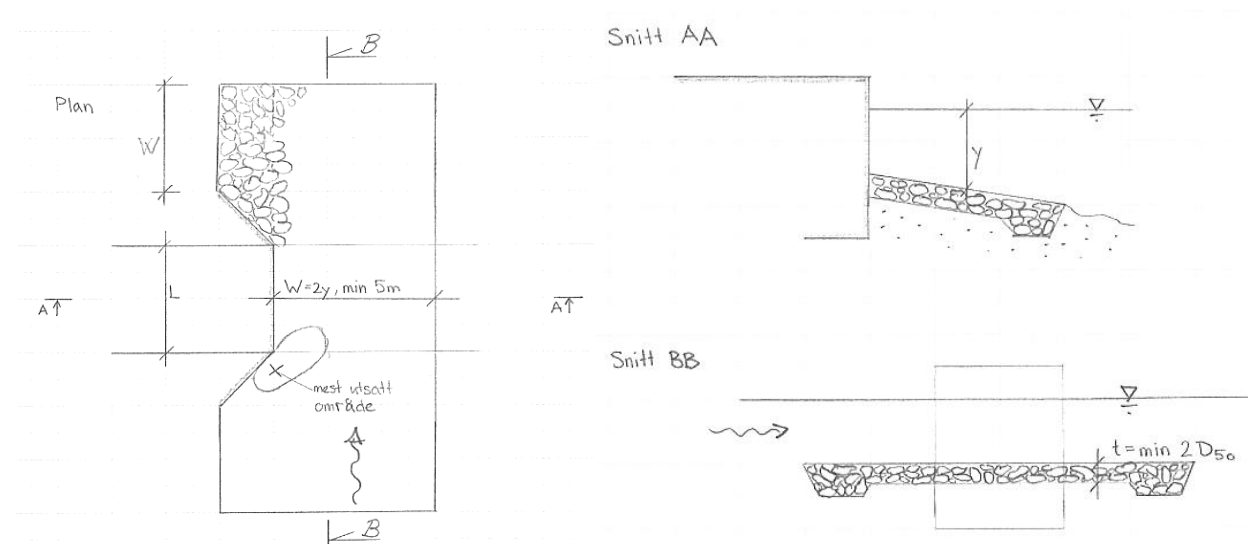
Barkdolls formel resulterer i større steinstørrelser enn Maynords formel. Det er kjent at Barkdolls formel bygger på modellforsøk som gir for stor stein for 90 % av datagrunnlaget (NVE, 2009). Barkdolls formel er egnet for beregning av stabile steinstørrelser rundt landkar, mens Maynords formel er brukt utenfor det området den er ment for.

Basert på dette velges det å sette større vekt på Barkdolls formel. Det anbefales å benytte et ordna steinlag som består av velgraderte sprengsteinmasser med gradering fra 0 til 350 mm, der  $D_{50}$  er 180 mm.

## 5.4 Tykkelse og utstrekning

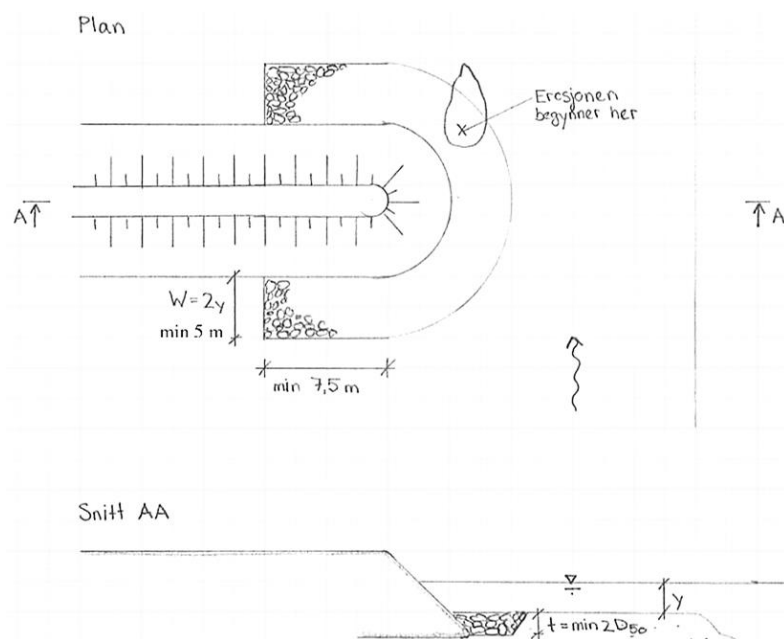
Tykkelsen på sikringen må minst være den største av 2 ganger  $D_{50}$  eller  $D_{maks}$ . Ved plassering i vann bør tykkelsen økes med 50%. Sikringen skal delvis plasseres under vann, og det anbefales derfor en minste lagtykkelse på omtrent 0,5 meter. Det er anbefalt å øke lagtykkelse ved starten og slutten av sikringen (se prinsipp i figur 5-4).

For sikring rundt landkar anbefales det at sikringen strekker seg minst 2 ganger vanndybden ved landkar ( $y$ ), men minst 5 meter oppstrøms og nedstrøms broen (se 'W' i prinsippskisse i figur 5-4). 2 ganger vanndybden ved landkaret er mindre enn 5 meter, og derfor anbefales det å bruke 5 meter. Disse anbefalingene gir den minste nødvendige utstrekningen for å beskytte brua.



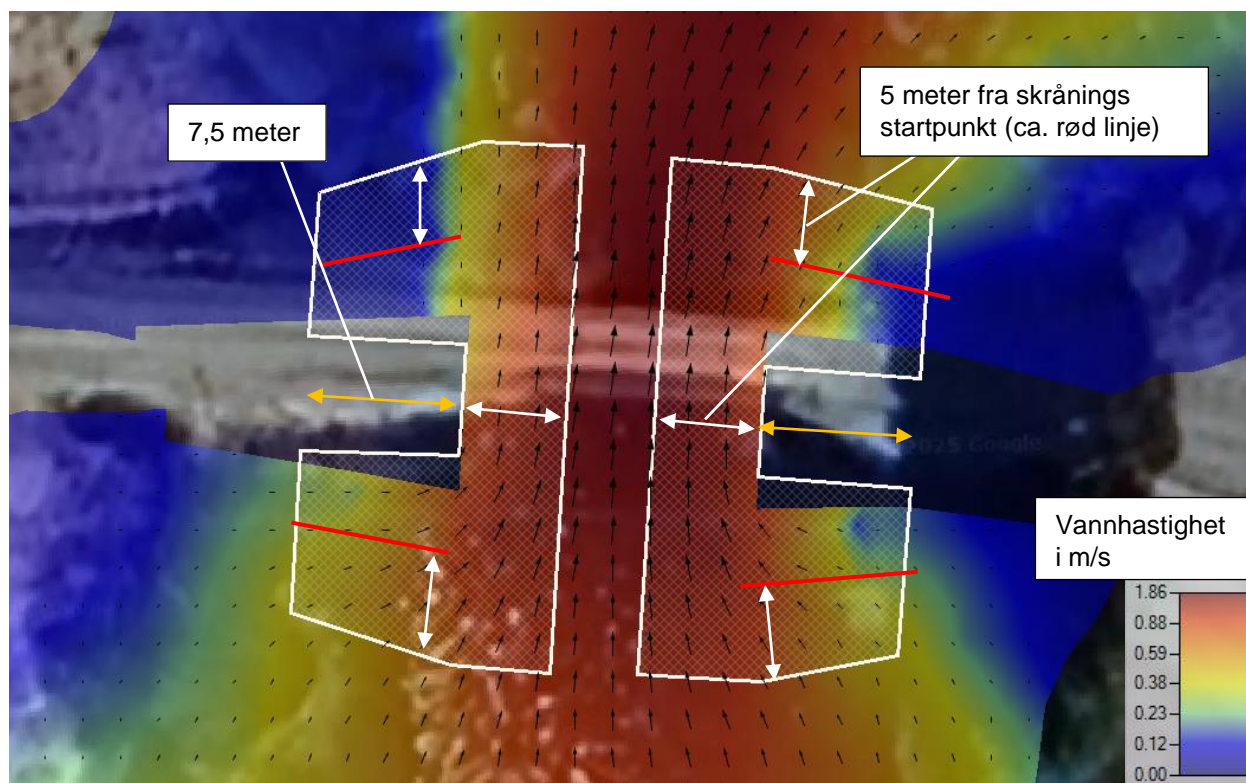
Figur 5-4: Prinsippskisse og utstrekning sikring rundt landkar (NVE, 2009).

Prinsippskissen i figur 5-4 viser ingen utstrekning i 'bredderetning' (parallelt med veien), mens prinsippskissen i figur 5-5 anbefaler en lengde på minst 7,5 meter fra punktet der skråningen begynner. Figur 5-5 er sammenlignbar med landkarene ved Sæteråa bru, og derfor anbefales det å benytte en lengde i bredderetning på minst 7,5 meter fra skråningens startpunkt.



Figur 5-5: Prinsippskisse utstrekning sikring rundt kjegleformet landkar (NVE, 2009).

Endelig anbefalte utstrekning er vist i figur 5-6. Figuren viser vannhastigheten på tidspunktet der den nye Sæteråa bru kan håndtere en dimensjonerende flom. Toppen av steinlaget føres til toppen av skråningen.



Figur 5-6: Skisse anbefalt utstrekning erosjonssikring av landkar (innenfor de hvite linjene). Røde linjene viser omtrent skrånings startpunkt. Figuren viser vannhastigheten på tidspunktet der den nye Sæteråa bru kan håndtere en dimensjonerende flom.



## 5.5 Underlaget

Per 08.04.2025 er det gjennomført grunnundersøkelser i felt. Foreløpige resultater indikerer at det øvre laget består av sand og grus, og strekker seg ned til ca. 2,5 m.

Velgradert (samfengt) sprengt stein inneholder mye finstoff og har en vid gradering (stein i alle størrelser). Dette gjør at velgradert stein kan fungere både som dekklag og som filter i ett, slik at det ikke er nødvendig med et eget filterlag mot grunnmassene. (NVE, 2023)

## 5.6 Konklusjon erosjonssikring

Tabell 5-3 viser nøkkelinformasjonen til sikringen. Sikringen skal utføres i henhold til sikringshåndboka Modul F3.201: <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/moduler/modul-f3-201-ordna-steinlag-sidesikring-utforelse/>

Tabell 5-3: Nøkkelinformasjon til sikringen.

Type sikring	Steinstørrelse	Lagtykkelse	Overkant sikringen	Utstrekning sikringen	Underlaget
Ordna steinlag	Velgraderte sprengsteinmasser med gradering fra 0 til 350 mm, men en D <sub>50</sub> på 180 mm.	Generelle lagtykkelse: 0,5 m. Det er anbefalt å øke lagtykkelse ved starten og slutten av sikringen.	Toppen av steinlaget føres til toppen av skråningen	Minst 5 m fra der skrånings startpunkt (oppstrøms, nedstrøms og mot elva), og 7,5 m i landretning.	Erosjonssikringen kan plasseres direkte på underlaget, som består av sand og grus.*

\*Dersom definitive grunnundersøker viser at det ikke er grus i bunnen, eller at eksisterende erosjonssikring er plassert på for eksempel geotekstil, må det vurderes om et filter av geotekstil er nødvendig mellom underlaget og steinene brukt til erosjonssikring.

## 6 Referanser

NVE, 2023. *Sikringshåndboka*. Veiledere.nve.no/sikringshandboka.

NVE, 2020. *NVEs tilbakemelding på forespørsel i forbindelse med planlegging av arbeider ved Sæteråa bru i Sør-Odal kommune, Innlandet*. Ref.: 202003654-2, 24.03.2020.

NVE, 2022. *Veileder for flomberegninger*. Nr. 1/2022.

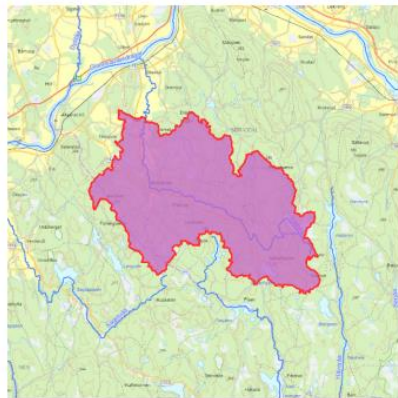
NVE, 2009. *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. Nr. 4/2009.

NVE, 2008. *Flomsonekart Delprosjekt Skarnes*. Nr. 1/2008.

SVV, 2024. *N200 Vegbygging*

SVV, 2025. *N400 Bruprosjektering*

# Vedlegg 1: NEVINA



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N  
Beregn.punkt: 314149 E  
6676522 N

## Feltparametere

Areal (A)	64.3 km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0.1 %
Elveleengde uten sjø (E <sub>TL,net</sub> )	104.5 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	13.3 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	14 m/km
Helning	5.3 °
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.8 km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	12.7 km

## Arealklasse

Bre (A <sub>BRE</sub> )	0 %
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	3.8 %
Myr (A <sub>MYR</sub> )	4.7 %
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	8 %
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	89 %
Sjø (A <sub>SJØ</sub> )	2.1 %
Snøfjell (A <sub>SF</sub> )	0 %
Urban (A <sub>U</sub> )	0 %
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	0.5 %

## Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	131 m
Høyde <sub>10</sub>	166 m
Høyde <sub>25</sub>	205.5 m
Høyde <sub>50</sub>	286 m
Høyde <sub>75</sub>	348.5 m
Høyde <sub>MAX</sub>	400 m

## Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990

Årlig middellavrenning 1961-1990 (Q <sub>N</sub> )	14 l/s*km <sup>2</sup>
Nedbør juni	73 mm
Nedbør juli	83 mm
Regn og snøsmelting mai	73 mm
Regn og snøsmelting juni	80 mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	63 mm
Regn og snøsmelting november	49 mm
Temperatur februar	-7.4 °C
Temperatur mars	-3.1 °C

1) Verdien er editert

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

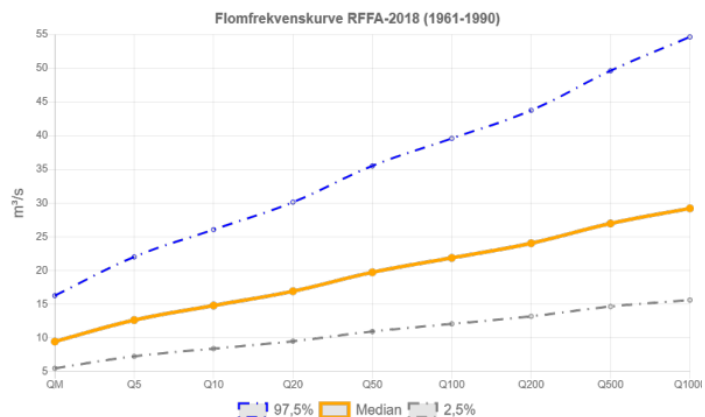
## Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 002.E5Z  
Kommune.: Sør-Odal  
Fylke.: Innlandet  
Vassdrag.: Glommavassdraget  
Nedbørfeltareal: 64.3 km<sup>2</sup>

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km<sup>2</sup>, 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](http://www.klimaservicesenter.no)).

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	147	l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	20	%
Kulminasjonsfaktor	1.24	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	-	%
Annet		
Tilsløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q <sub>M</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>	Q <sub>2000-klima</sub>
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )	1	1.34	1.57	1.79	2.09	2.31	2.54	2.85	3.09	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	9.5	12.7	14.8	16.9	19.7	21.9	24.0	27.0	29.2	28.8
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	16.3	22.0	26.1	30.1	35.5	39.6	43.8	49.6	54.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	5.5	7.3	8.4	9.5	11.0	12.1	13.2	14.7	15.6	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km <sup>2</sup>									
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )										
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s										
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s										
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s										

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

# Vedlegg 2: RFFA-NIFS

## RFFA-NIFS 2015

Areal [km <sup>2</sup> ]	qn [l/s*km <sup>2</sup> ]	MIDTILSIG	EFF_SjØ [%]
64.30	15	0.96	0

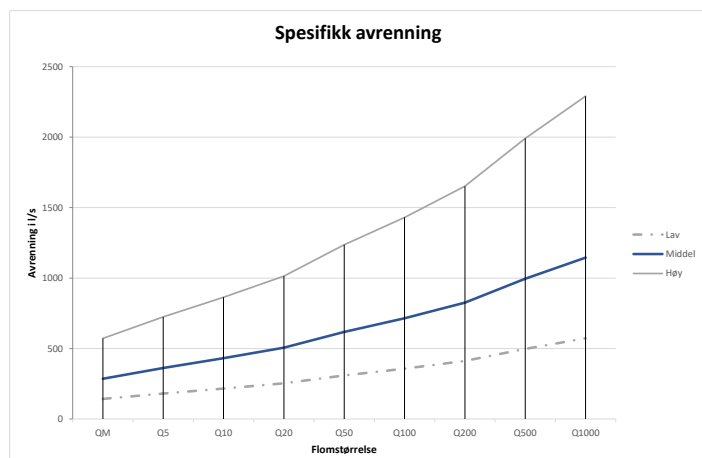
k	QM reg	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Q1000
-0.19	18.39	23.30	27.78	32.59	39.76	46.00	53.09	64.01	73.64
	9.19	11.65	13.89	16.29	19.88	23.00	26.54	32.01	36.82
	36.77	46.60	55.57	65.17	79.51	91.99	106.18	128.02	147.28

Flomvannføring i m <sup>3</sup> /s			
	Lav	Middel	Høy
QM	9.19	18.39	36.77
Q5	11.65	23.30	46.60
Q10	13.89	27.78	55.57
Q20	16.29	32.59	65.17
Q50	19.88	39.76	79.51
Q100	23.00	46.00	91.99
Q200	26.54	53.09	106.18
Q500	32.01	64.01	128.02
Q1000	36.82	73.64	147.28

Estimat	Middelflom		Q <sub>20</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>1000</sub> / Q <sub>M</sub>	Q <sub>20</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>1000</sub> [m <sup>3</sup> /s]
	Q <sub>M</sub> [m <sup>3</sup> /s]	q <sub>M</sub> [l/s*km <sup>2</sup> ]						
Lav (95%)	9.2	143	1.77	2.89	4.01	16.3	26.5	36.8
Middel	18.4	286	1.77	2.89	4.01	32.6	53.1	73.6
Høy (95)	36.8	572	1.77	2.89	4.01	65.2	106.2	147.3

T-årsflom	
T	200 år
Q(T)=	53.1 m <sup>3</sup> /s

Spesifikk avrenning				
	Lav	Median	Høy	Qt/Qm
QM	143	286	572	
Q5	181	362	725	1.27
Q10	216	432	864	1.51
Q20	253	507	1014	1.77
Q50	309	618	1237	2.16
Q100	358	715	1431	2.50
Q200	413	826	1651	2.89
Q500	498	995	1991	3.48
Q1000	573	1145	2291	4.01

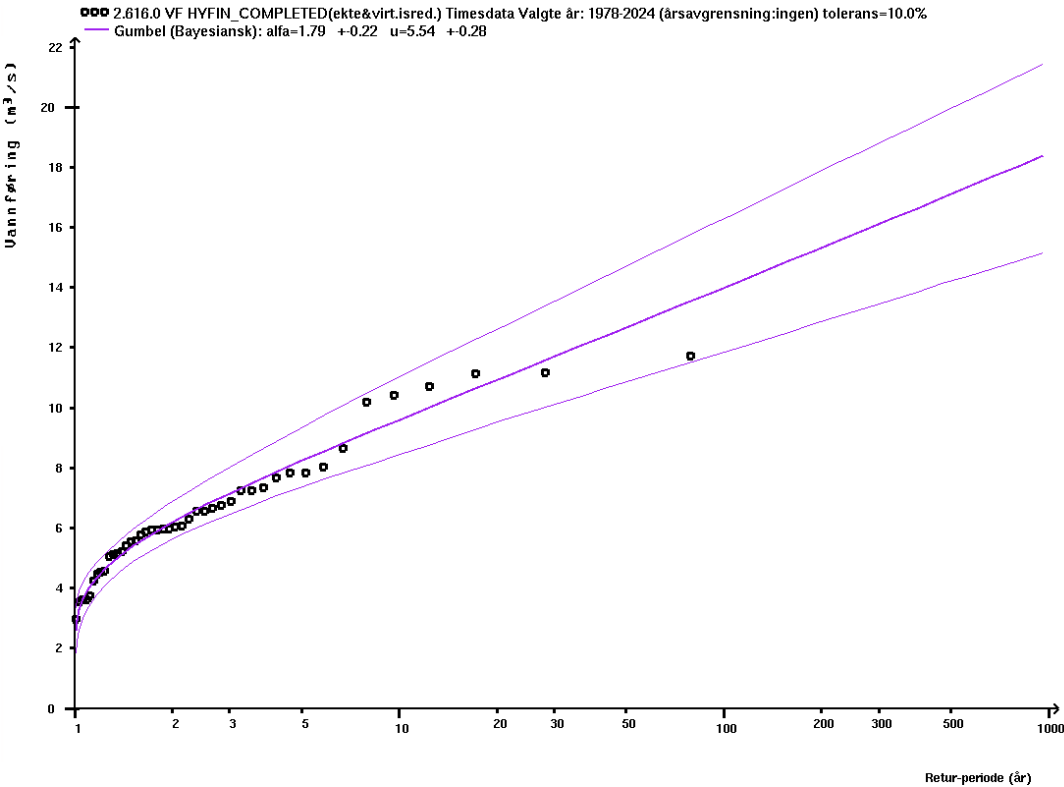


## Vedlegg 3: PQRut

Feltparametre					
Areal (km <sup>2</sup> )	A ?	Effektiv sjøprosent (%)	A <sub>SE</sub> ?		
<input type="text" value="64.30"/>		<input type="text" value="0.100"/>			
Hypsografisk kurve (m)	H <sub>75</sub> ?	Hypsografisk kurve (m)	H <sub>25</sub> ?	Høydeforskjell	
<input type="text" value="348.5"/>		<input type="text" value="205.5"/>		H <sub>75</sub> - H <sub>25</sub> = 143.00 m	
Middelavrenning (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>N</sub> ?	Feltaksens lengde (km)	F <sub>L</sub> ?	Relief forhold	
<input type="text" value="14"/>		<input type="text" value="12.60"/>		H <sub>50</sub> / L <sub>F</sub> = 11.35 m/km	
Dreneringstetthet (km <sup>-1</sup> )	D <sub>T</sub> ?	Årlig nedbør (mm/år)	P ?	Skogprosent (%)	A <sub>SKOG</sub> ?
<input type="text" value="1.80"/>		<input type="text" value="714"/>		<input type="text" value="89"/>	
Beregne modellparametre					
Øvre tømmekonstant (1/time)	K1 ?	Nedre tømmekonstant (1/time)	K2 ?	Terskelverdi (mm)	T ?
<input type="text" value="0.0823"/>		<input type="text" value="0.0239"/>		<input type="text" value="14.6151"/>	1983
<input type="text" value="0.1021"/>		<input type="text" value="0.0223"/>		<input type="text" value="29.9636"/>	2016
Tilleggsparametre ↓					
Perkolasjon (mm/time)	Perc ?	Tømming nedre (mm/time)	klz ?		
<input type="text" value="0.0025"/>		<input type="text" value="0.00042"/>			
Feltkapasitet (mm)	F <sub>c</sub> ?	Innsjøprosent (%)	A <sub>s</sub> ?	Fordampning (mm/døgn)	E <sub>p</sub> ?
<input type="text" value="150"/>		<input type="text" value="2.1"/>		<input type="text" value="2"/>	
Starttilstand og konsentrasjonstid					
Markfuktighet (%)	S <sub>m</sub> ?	Q <sub>start</sub> (m <sup>3</sup> /s)	?	Konsentrasjonstid	T <sub>c</sub> ?
<input type="text" value="70"/>		<input type="text" value="0.6"/>		<input type="text" value="3"/>	

# Vedlegg 4: FFA – Hydra II

Kuggerud



2.616,0 VF HYFIN\_COMPLETED(ekte&virt.isred.) Timesdata Valgte år: 1978-2024 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom) : 6.51341  
Median maksimalverdi (indeksflom for døgndata) : 5.99891

Gumbel (Bayesiansk):  $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)/\alpha\exp(-(x-u)/\alpha)$  alfa=1.81 +-0.21 u=5.53 +-0.29  
Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Nedre estimat	Øvre estimat
2	6.18	0.949	5.59	6.83
5	8.25	1.266	7.38	9.29
10	9.63	1.478	8.52	10.93
20	10.97	1.684	9.59	12.54
50	12.72	1.953	10.94	14.65
100	14.05	2.158	11.95	16.22
200	15.39	2.362	12.98	17.85
500	17.16	2.635	14.29	19.92
1000	18.52	2.843	15.28	21.46

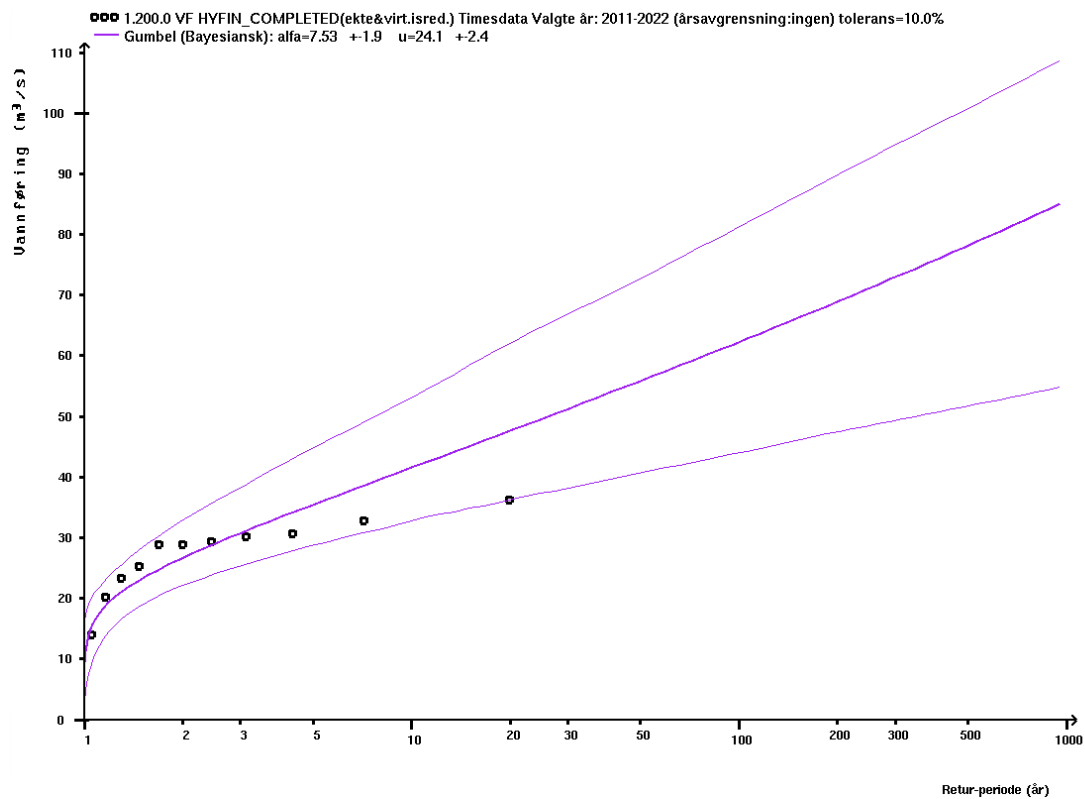
Relativ måleverdi = flomverdi / middelflom.

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

Usikkerheten i parameterestimater 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.



## Lierelv



1.200,0 VF HYFIN\_COMPLETED(ekte&virt.isred.) Timesdata Valgte år: 2011-2022 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10,0%

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom) : 27,2245  
Median maksimalverdi (indeksflom for døgndata) : 28,8683

Gumbel (Bayesiansk):  $f(x) = (1/\alpha) \exp(-(x-u)/\alpha) \exp(-\exp(-(x-u)/\alpha))$  alfa=7.7 +-1.8 u=24,2 +-2.5  
Maksimums-kvantiler:

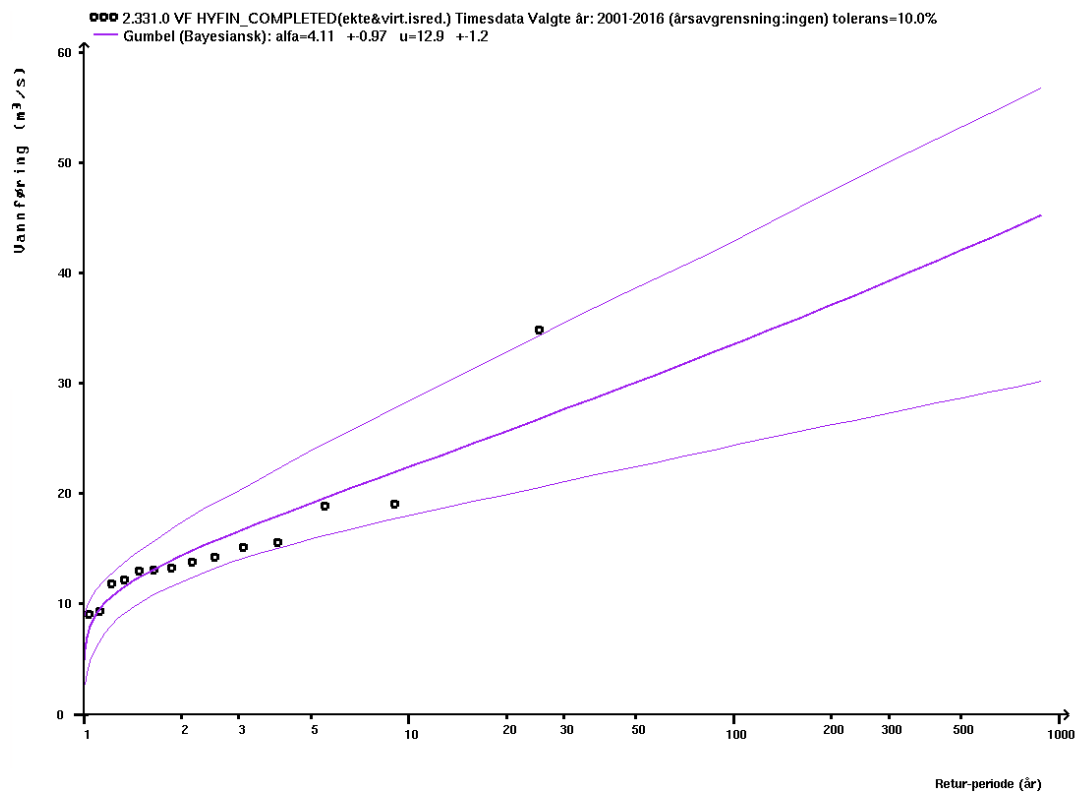
Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Nedre estimat	Øvre estimat
2	26,82	0,985	21,79	32,74
5	35,79	1,315	28,69	45,47
10	41,99	1,542	32,94	53,57
20	48,15	1,769	37,07	61,75
50	56,43	2,073	42,24	72,16
100	62,87	2,309	45,79	79,93
200	69,52	2,553	49,19	88,26
500	78,60	2,887	53,93	98,81
1000	85,73	3,149	57,51	106,78

Relativ måleverdi = flomverdi / middelflom.

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

Usikkerheten i parameterestimater 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.

## Kauserud



2.331.0 VF HYFIN\_COMPLETED(ekte&virt.isred.) Timesdata Valgte år: 2001-2016 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow) : 15,2186

Median maksimalverdi (indeksflow for døgndata) : 13,4859

Gumbel (Bayesiansk):  $f(x) = (1/\alpha) \exp(-(x-u)/\alpha) \exp(-\exp(-(x-u)/\alpha))$  alfa=4,11 +-0,98 u=12,9 +-1,1

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Nedre estimat	Øvre estimat
2	14,34	0,942	12,31	17,05
5	19,08	1,254	15,78	23,79
10	22,35	1,469	17,90	28,48
20	25,62	1,684	19,86	32,86
50	30,07	1,976	22,42	38,58
100	33,51	2,202	24,37	42,98
200	37,05	2,434	26,22	47,29
500	41,92	2,755	28,65	53,04
1000	45,74	3,006	30,53	57,38

Relativ måle verdi = flowverdi / middelflow.

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.

# Vedlegg 5: FFA – NEVINA

Kuggerud

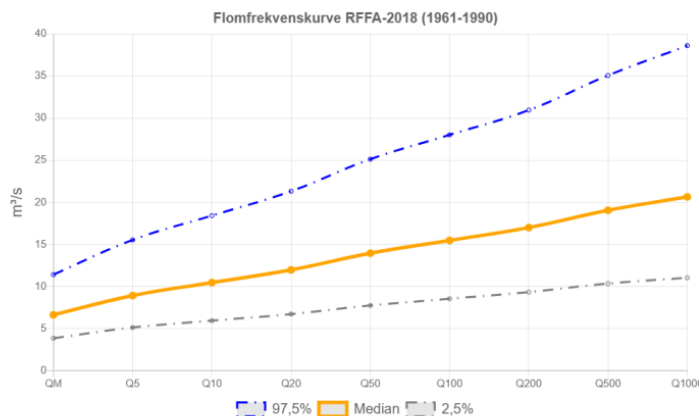
## Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 002.EB11A  
Kommune.: Sør-Odal  
Fylke.: Innlandet  
Vassdrag.: Kugga  
Nedbørfeltareal: 47.6 km<sup>2</sup>

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km<sup>2</sup>, 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](http://www.klimaservicesenter.no)).

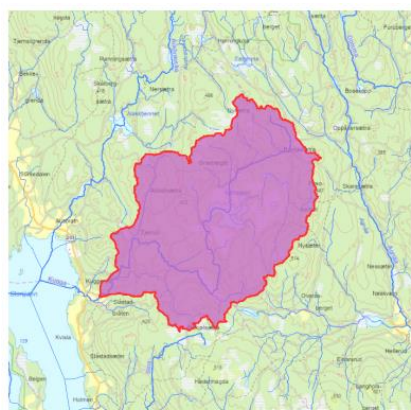
Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	139	l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	20	%
Kulminasjonsfaktor	1.12	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	223	l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	40	%
Annet		
Tilførsel	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q <sub>M</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>	Q <sub>2000</sub> klima
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )	1	1.34	1.58	1.80	2.10	2.33	2.56	2.87	3.11	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	6.6	8.9	10.5	12.0	14.0	15.5	17.0	19.1	20.6	20.4
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	11.4	15.5	18.4	21.3	25.1	28.0	31.0	35.1	38.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	3.9	5.1	5.9	6.7	7.8	8.6	9.3	10.4	11.0	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )	1	1.27	1.52	1.78	2.19	2.54	2.94	3.57	4.13	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	10.6	13.4	16.1	18.9	23.2	27.0	31.3	37.9	43.8	43.8
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	18.8	24.3	29.8	35.8	45.3	53.9	62.5	75.8	87.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	6.0	7.4	8.7	10.0	11.9	13.5	15.6	19.0	21.9	-

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.



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N  
Bereg.punkt: 319788 E  
6695474 N

### Feltparametere

Areal (A)	47.6	km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	1.2	%
Elvleengde uten sjø (E <sub>TLnet</sub> )	51	km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	12.7	m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> )	8.3	m/km
Helning	5.5	°
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.3	km <sup>-1</sup>
Feltleengde (F <sub>L</sub> )	10.4	km

### Arealklasse

Bre (A <sub>BRE</sub> )	0	%
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	0.1	%
Myr (A <sub>MYR</sub> )	11.7	%
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	0	%
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	84.9	%
Sjø (A <sub>SJO</sub> )	3.2	%
Snau fjell (A <sub>SF</sub> )	0	%
Urban (A <sub>U</sub> )	0	%
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	0.1	%

### Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	169	m
Høyde <sub>10</sub>	337	m
Høyde <sub>25</sub>	374.5	m
Høyde <sub>50</sub>	393	m
Høyde <sub>75</sub>	431.5	m
Høyde <sub>MAX</sub>	505	m

### Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990

Årlig middelavrenning 1961-1990 (Q <sub>N</sub> )	14.8	l/s*km <sup>2</sup>
Nedbør juni	70	mm
Nedbør juli	76	mm
Regn og snøsmelting mai	101	mm
Regn og snøsmelting juni	73	mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	67	mm
Regn og snøsmelting november	41	mm
Temperatur februar	-8.2	°C
Temperatur mars	-3.9	°C

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

Lierelv

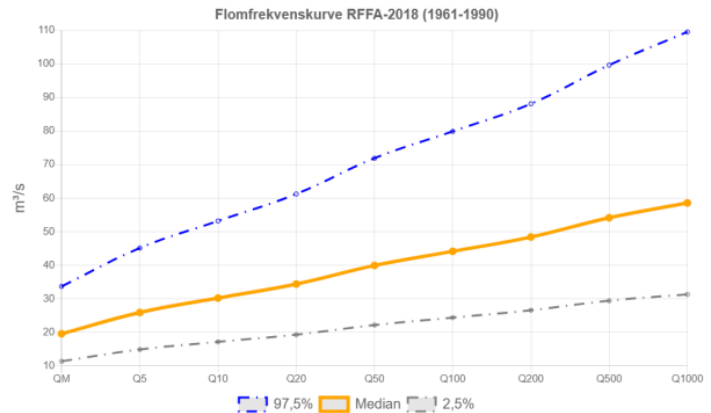
## Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 001.K41  
Kommune.: Aurskog-Høland  
Fylke.: Akershus  
Vassdrag.: Haldenvassdraget  
Nedbørfeltareal: 134 km<sup>2</sup>

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km<sup>2</sup>, 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](http://www.klimaservicesenter.no)).

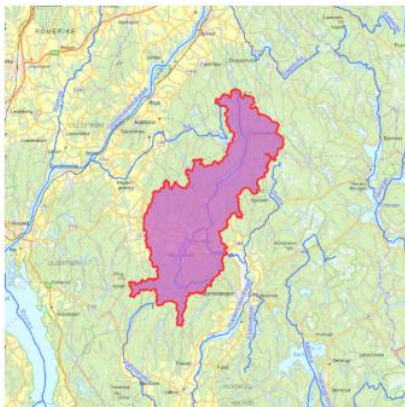
Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	146	l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	20	%
Kulminasjonsfaktor	1.12	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km <sup>2</sup>
Klimapåslag	-	%
Annet		
Tilløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q <sub>M</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>	Q <sub>2000</sub> klima
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )	1	1.32	1.54	1.76	2.04	2.25	2.47	2.76	2.99	-
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s	19.6	25.9	30.2	34.4	39.9	44.1	48.4	54.2	58.6	58.1
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s	33.7	45.1	53.2	61.2	71.9	79.9	88.1	99.7	110	-
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /s	11.4	14.9	17.2	19.3	22.2	24.4	26.6	29.4	31.3	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km <sup>2</sup>									
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )										
Flomverdier, m <sup>3</sup> /s										
Flom usikkerhet (97,5%), m <sup>3</sup> /s										
Flom usikkerhet (2,5%), m <sup>3</sup> /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: 306145 E  
6647624 N

### Feltparametere

Areal (A)	134	km <sup>2</sup>
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0.6	%
Elveengde uten sjø (E <sub>TL,net</sub> )	159.3	km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	3.3	m/km
Elvegradient 1085 (E <sub>G,1085</sub> )	3.3	m/km
Helning	6.3	°
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.4	km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	16.4	km

### Arealklasse

Bre (A <sub>BRE</sub> )	0	%
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	16	%
Myr (A <sub>MYR</sub> )	3	%
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	27.3	%
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	74.5	%
Sjø (A <sub>SJO</sub> )	3.6	%
Snaufjell (A <sub>SF</sub> )	0	%
Urban (A <sub>U</sub> )	1.2	%
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	1.7	%

### Hypsografisk kurve

Høyde <sub>MIN</sub>	130	m
Høyde <sub>10</sub>	179	m
Høyde <sub>25</sub>	198	m
Høyde <sub>50</sub>	231	m
Høyde <sub>75</sub>	310.5	m
Høyde <sub>MAX</sub>	401	m

### Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990

Årlig middellavrenning 1961-1990 (Q <sub>N</sub> )	14.1	l/s*km <sup>2</sup>
Nedbør juni	68	mm
Nedbør juli	76	mm
Regn og snøsmelting mai	72	mm
Regn og snøsmelting juni	72	mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	64	mm
Regn og snøsmelting november	57	mm
Temperatur februar	-6.8	°C
Temperatur mars	-2.6	°C

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

Kauserud

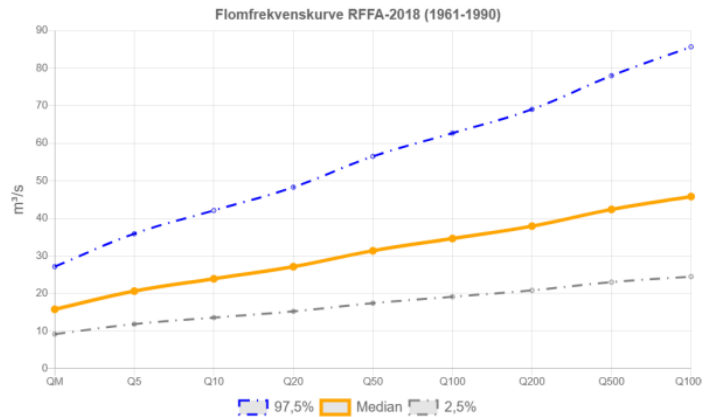
Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.:	002.D2Z
Kommune.:	Ullensaker
Fylke.:	Akershus
Vassdrag.:	Glommavassdraget
Nedbørfeltareal:	91.6 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](http://www.klimaservicesenter.no)).

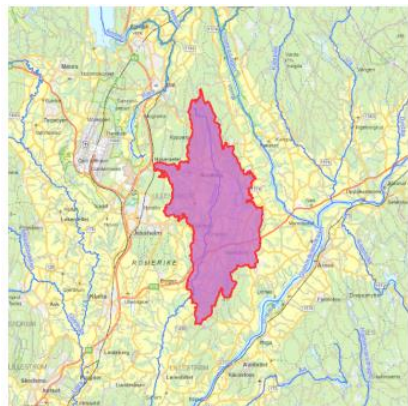
Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



<b>RFFA-2018</b>		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	172	l/s*km²
Klimapåslag	20	%
Kulminasjonsfaktor	1.24	-
<b>NIFS-2015</b>		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km²
Klimapåslag	-	%
<b>Annet</b>		
Tilførsel	Nei	-

<b>RFFA-2018 (døgnmiddel)</b>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>S</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>	Q <sub>200-klima</sub>
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )	1	1.31	1.52	1.72	1.99	2.19	2.40	2.68	2.90	-
Flomverdier, m³/s	15.8	20.6	23.9	27.1	31.4	34.6	37.9	42.4	45.8	45.5
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	27.2	35.9	42.1	48.3	56.5	62.7	69.1	78.0	85.7	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	9.2	11.9	13.6	15.2	17.4	19.1	20.8	23.0	24.5	-
<b>NIFS (kulminasjon)</b>	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km²									
Flomfrekvensfaktor (Q <sub>T</sub> / Q <sub>M</sub> )										
Flomverdier, m³/s										
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s										
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s										

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



	Norges vassdrags- og energidirektorat	Kartbakgrunn:	Statens Kartverk
		Kartdatum:	EUREF89 WGS84
		Projeksjon:	UTM 33N
		Beregn.punkt:	292271 E 6666607 N

<b>Feltparametere</b>	
Areal (A)	91.6 km²
Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )	0 %
Elvleengde uten sjø (E <sub>TL,net</sub> )	138.9 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	6.7 m/km
Elvegradient 1085 (E <sub>G,1085</sub> )	2.4 m/km
Helning	3.1 °
Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )	1.5 km <sup>-1</sup>
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	18.5 km

<b>Arealklasse</b>	
Bre (A <sub>BRE</sub> )	0 %
Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )	41.9 %
Myr (A <sub>MYR</sub> )	3 %
Leire (A <sub>LEIRE</sub> )	37.2 %
Skog (A <sub>SKOG</sub> )	51.9 %
Sjø (A <sub>SJO</sub> )	0.1 %
Snøfjell (A <sub>SF</sub> )	0 %
Urban (A <sub>U</sub> )	1.4 %
Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> )	1.7 %

<b>Hypsografisk kurve</b>	
Høyde <sub>MIN</sub>	121 m
Høyde <sub>10</sub>	165 m
Høyde <sub>25</sub>	172.5 m
Høyde <sub>50</sub>	184 m
Høyde <sub>75</sub>	214 m
Høyde <sub>MAX</sub>	355 m

<b>Klima- /hydrologiske parametere 1961-1990</b>	
Årlig middellavrenning 1961-1990 (Q <sub>N</sub> )	21.1 l/s*km²
Nedbør juni	65 mm
Nedbør juli	74 mm
Regn og snøsmelting mai	72 mm
Regn og snøsmelting juni	70 mm
Regn og snøsmelting årlig maks. over 4 dager	67 mm
Regn og snøsmelting november	57 mm
Temperatur februar	-7.2 °C
Temperatur mars	-2.7 °C

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