



NVE



Oppdatering av flomsonekart

Delprosjekt Mosby

EKSTERN RAPPORT NR 7 / 2026

SKREVET AV Norconsult

Oppdatering av flomsonekart, delprosjekt Mosby

EKSTERN RAPPORT NR 7 / 2026

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Prosjektleder: Sølvi Amland
Forfatter: Anna Hansen v/Norconsult

ISBN: 978-82-410-2540-2
ISSN: 2535-8235
Saksnummer: 202507793

Sammendrag: Flomsonekartet Mosby i Otravassdraget er oppdatert. Kartleggingen er utført av Norconsult på oppdrag fra NVE. Det er utarbeidet flomsonekart for 20, 50, 100, 200 - og 1000 - årsflommen, samt 20-, 200- og 1000-årsflommen inkludert klimapåslag. Flomsonekart er utarbeidet for hovedvassdraget i området mellom Vikeland og utløp i sjø, de to sidevassdragene Rauåna og Høiebekken er også kartlagt.

Emneord: Flom, Flomberegning, Flomsone, Flomsonekart, Høiebekken, Mosby, Otravassdraget, Rauåna

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: nve@nve.no

Internett: <https://www.nve.no>

Innholdet kan brukes videre mot kreditering.

Måned og årstall

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – flomsonekart – er under etablering for de vassdragene i Norge som har størst skadepotensial. Hovedmålet med kartleggingen er forbedret arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap i flomutsatte områder, slik at skadene ved flom blir redusert.

Denne rapporten presenterer oppdatering av flomsonekartet Mosby i Otravassdraget, Kristiansand og Vennesla kommune i Agder fylke. Kartleggingen er utført av Norconsult på oppdrag fra NVE.

Oslo, mars 2026

Torsten Starkloff
senioringeniør
Seksjon for flom og skred
Skred- og vassdragsavdelingen

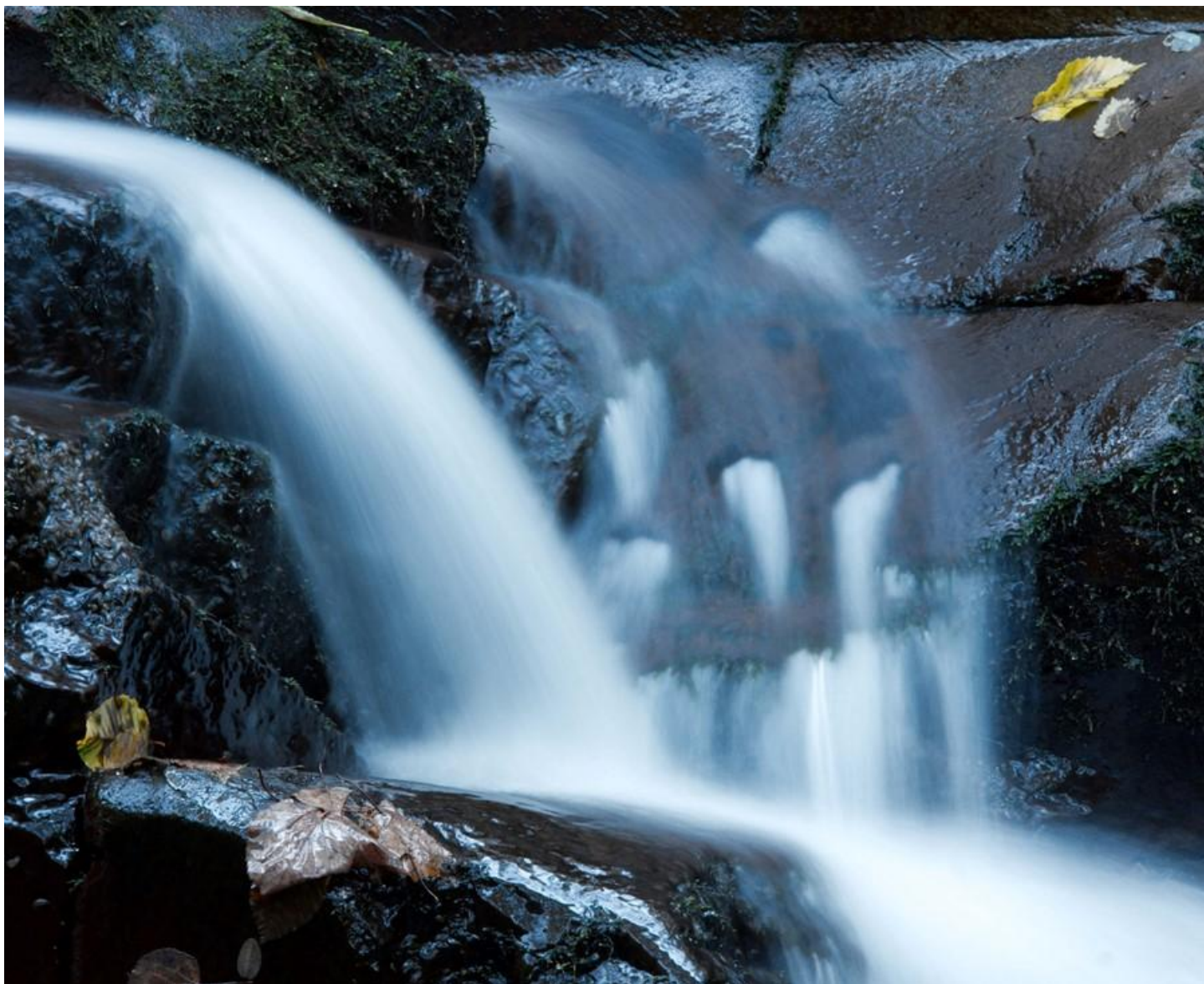
Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

NVE

► Flomsonekartlegging

Nedre Otra ved Mosby

Oppdragsnr.: 52504030 Dokumentnr.: HYD-RAPP-001 Versjon: D02 Dato: 2026-02-05



Oppdragsgiver: NVE
Oppdragsgivers kontaktperson: Sølvi Amland
Rådgiver: Anna Hansen, Norconsult Norge AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder: Daniel Fossberg
Fagansvarlig: Daniel Fossberg
Andre nøkkelpersoner:

D01	2025-10-24	For gjennomgang hos oppdragsgiver	ANNAHA	DBFOS	DBFOS
D02	2025-02-06	Revisjon etter tilbakemelding	ANNAHA	DBFOS	DBFOS
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

Sammendrag

Norconsult Norge har på oppdrag fra NVE kartlagt flomrisikoen for Mosby-området i tilknytning til Otra. I tillegg til hovedvassdraget er også sidevassdragene Rauåna og Høiebekken inkludert i vurderingene. Rapporten presenterer en flomsonekartlegging og omfatter både flomberegninger og vannlinjemodellering. Vannlinjeberegningen er utarbeidet for gjentakintervaller på 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. I tillegg er det beregnet flommer med klimafaktor for gjentakintervallene 20, 200 og 1000 år.

I henhold til TEK17 § 7-2 gjelder følgende konsekvensklasser:

- F1 – Liten konsekvens (for eksempel garasje, lager, bod): dimensjonerende for 20-årsflom
- F2 – Middels konsekvens (for eksempel bolighus, fritidsbolig, skole, kontorbygg): dimensjonerende for 200-årsflom
- F3 – Stor konsekvens (for eksempel sykehjem, brann-/politistasjon, avfallsdeponi): dimensjonerende for 1000-årsflom

Analysene er gjennomført i tråd med gjeldende byggteknisk forskrift, samt med NVEs veileder for flomberegninger (1/2025) og sikkerhet mot flom (3/2022).

► Innhold

1	Innledning	6
2	Regelverk og krav	7
3	Flomberegning for hovedvassdraget	8
3.1	Beskrivelse av nedbørfelt og vassdraget	8
3.2	Reguleringer av vassdraget	9
3.3	Hydrometriske stasjoner	10
3.4	Sesongvariasjon	10
3.5	Beregning av flomstørrelse	11
3.5.1	<i>Frekvensanalyse på døgnmiddeldata</i>	12
3.5.2	<i>Frekvensanalyse på kulminasjonsdata</i>	13
3.5.3	<i>Formelverk RFFA-2018</i>	14
3.6	Endelig valg av flomstørrelse	14
3.7	Klimapåslag	15
3.8	Klassifisering av hydrologisk grunnlag	15
3.9	Sammenligning med tidligere arbeid	15
4	Flomberegning for sidevassdragene	17
4.1	Beskrivelse av nedbørfelt og vassdraget	17
4.2	Valg av representative stasjoner	18
4.3	Beregning av flomstørrelse	19
4.3.1	<i>Frekvensanalyse av døgnmiddel</i>	19
4.3.2	<i>Formelverk RFFA-2018</i>	20
4.3.3	<i>Valg av døgnmiddelflom</i>	20
4.4	Kulminasjonsfaktor	20
4.5	Klimapåslag	21
4.6	Klassifisering av hydrologisk grunnlag	21
5	Samtidighet av Otra og sidevassdragene	23
6	Vannlinjeberegning	27
6.1	Beregningsmodell og datakvalitet	27
6.2	Grensebetingelser	28
6.2.1	<i>Samtidighet av Otra og sidevassdragene</i>	28
6.2.2	<i>Endelige grensebetingelser</i>	30
6.3	Infrastruktur i vassdraget	31
6.4	Utførte og planlagte tiltak	32
6.5	Kalibrering av vannlinjemodell	32
7	Resultat og konklusjon	33

8	Diskusjon	37
8.1	Usikkerheter	37
8.1.1	<i>Flomberegning</i>	37
8.1.2	<i>Terrengmodell</i>	37
8.1.3	<i>Vannlinjemodell</i>	38
8.2	Følsomhetsanalyse	38
8.3	Sikkerhetspåslag	39
8.4	Følgeskader	42
9	Andre farer	43
9.1	Skred	43
9.2	Isproblemer	45
	Referanser	46

1 Innledning

Norconsult Norge på oppdrag fra NVE kartlegger flomrisiko til Mosby i forbindelse av Otra. Det inkluderes også to sidevassdrag, Rauåna og Høiebekken i tillegg til hovedvassdraget. Notatet omfatter flomberegning. Som grunnlag for flomsonekartlegging skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall på 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år beregnes samt med klimafaktor til flommer med gjentaksintervall på 20, 200 og 1000 år.

Formålet med flomsonekartlegging er å identifisere områder med flomfare, særlig ved store flommer. Flommen med 200 års gjentaksintervall (200-årsflommen) har særlig betydning for arealplanlegging og byggesaker.

2 Regelverk og krav

I henhold til byggeteknisk forskrift (TEK17) skal nye tiltak plasseres, dimensjoneres og sikres mot flom basert på bestemte gjentakintervall. Hvilket gjentakintervall som blir dimensjonerende for et bygg, avgjøres av konsekvensomfanget ved eventuell skade på bygget. En oversikt over sikkerhetsklassene og tilhørende krav til gjentakintervall er gitt i punktlisten under:

F1 – Liten konsekvens (garasje, lager, bod): 20-årsflom

F2 – Middels konsekvens (bolighus, fritidsbolig, skole, kontorbygg): 200-årsflom

F3 – Stor konsekvens (sykehjem, brann-/politistasjon, avfallsdeponi): 1000-årsflom

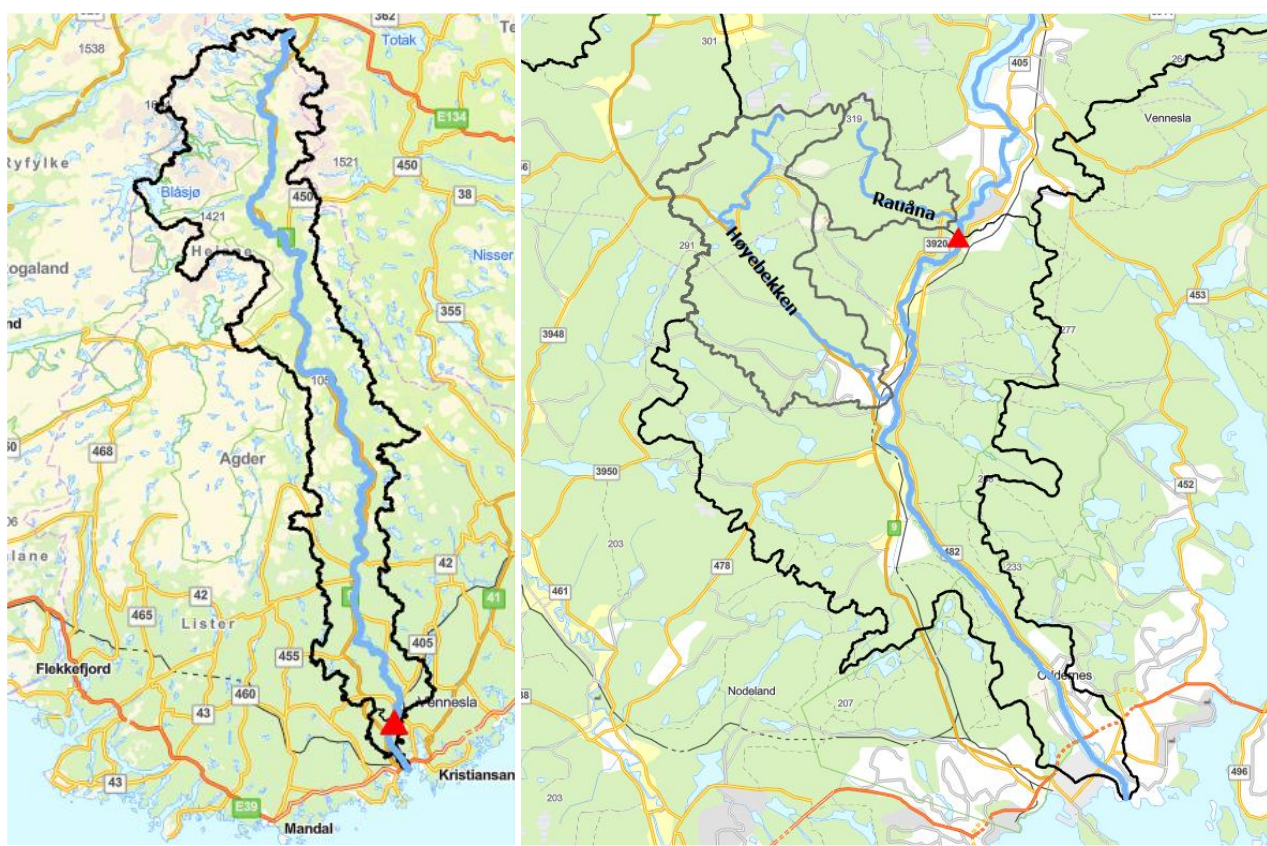
Sikkerhetsklasse F1 omfatter de fleste bygninger uten personopphold, mens F2 gjelder for bygninger med personopphold. For samfunnskritiske bygninger som faller inn under sikkerhetsklasse F3, må det også gjennomføres beregninger for 1000-årsflom. Sikkerhetsklasse omfatter også stormflo, slik at økt flomvannstand med samme gjentakintervall gjelder der stormflo påvirker arealet.

Ifølge NVEs veileder 3/2022 skal flomverk prosjekteres i tillegg med et skjønnsmessig sikkerhetsspåslag basert på en helhetsvurdering. Kvaliteten på flomberegning og vannlinjemodellering gir grunnlag for å avgjøre størrelsen på sikkerhetsspåslaget på vannføring. Eventuelle sikkerhetsspåslaget er vanligvis mellom 10 og 100 cm.

3 Flomberegning for hovedvassdraget

3.1 Beskrivelse av nedbørfelt og vassdraget

Otra ligger i all hovedsak i Agder. Nedbørfeltet drenerer i sørlig retning og munner ut i Kristiansandsfjorden ved Kristiansand. Vassdraget består av en hovedgren med tilløp fra flere sideelver. Ved utløp i havet har nedbørfeltet et totalt areal på 3751 km². Høydefordelingen strekker seg fra havnivå til over 1500 moh. Medianhøyden er på 895 moh. og høyeste punkt i vassdraget er Kvannefjellet i Tokke kommune på 1537 moh. Figur 1 viser plassering av hele nedbørfeltet og flomsonekartlegging området og Tabell 1 viser feltparametere.



Figur 1 Lokalisering av det samlede nedbørfeltet til Otravassdraget og området for flomsonekartlegging ved Mosby. Den røde trekanten viser målestasjon 21.11 Heisel. Datakilde: NVE kartdata, 2025.

Tabell 1 Feltparametere for nedbørfelt i Otravassdraget. Datakilde: NEVINA, 2025.

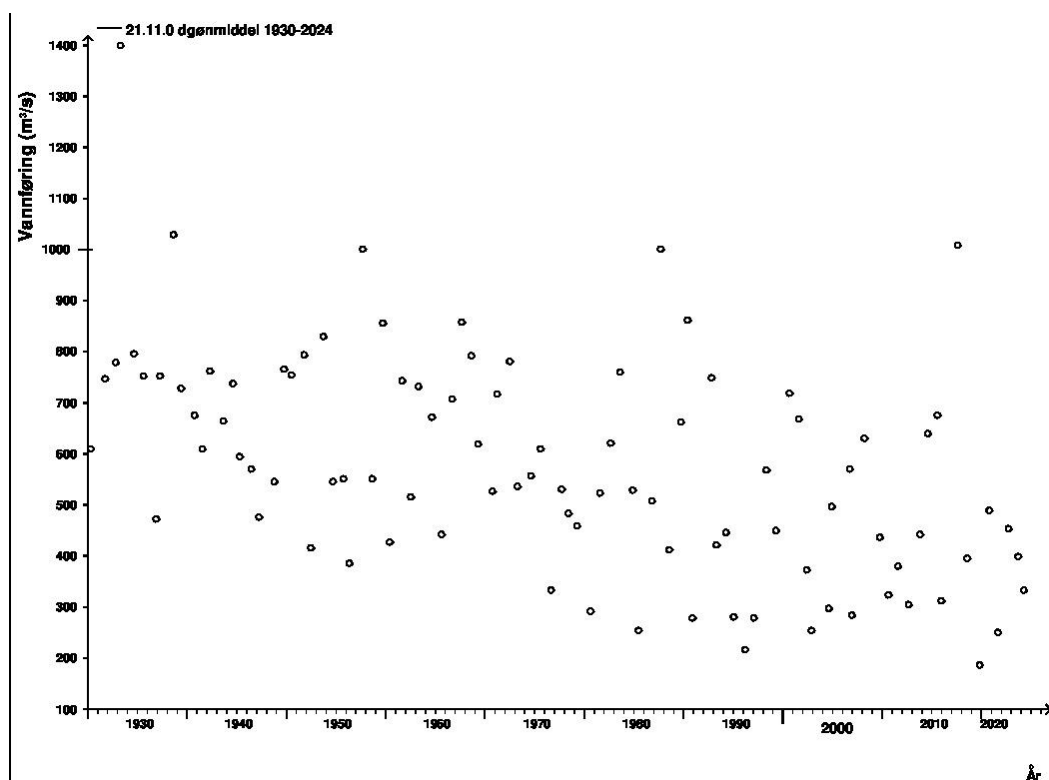
Nedbørfelt	Areal (km ²)	Effektiv sjø (%)	Høyde, min-med-maks (moh.)	Årlig middelavrenning (l/s*km ²)	Størst arealklasse (%)
Utløpet i fjorden	3751	1,3	1-895-1523	45,4	Skog (49%)
21.11 Heisel	3687	1,4	2-909-1523	45,5	Skog (48,5%)

3.2 Reguleringer av vassdraget

Otravassdraget er regulert av flere dammer og kraftverk som påvirker både flomavledning og flomvannstand. Reguleringen av vassdraget startet tidlig på 1900-tallet og har økt frem til i dag. Den største endringen skjedde i forbindelse med etablering av Venneslavann på 1980-tallet, og siden 1986 har det akkumulerte volumet vært stabilt med en liten økning i 1997. Det er ikke opplyst nye magasiner senere i NVE sin kartdata av vannkraft. Likevel er det fire dammer og tre vannkraftverk starter i drift etter 2020. Vannkraftverk har begrenset kapasitet, der Fennesfoss har største ytelse på 9,5 MW, Veringsåe på 1,82 MW og Austad på 1,5 MW. Ingen av dem ligger i analyseområdets nedbørfelt. NVEs vannføringsstasjon 21.11 (Heisel) ligger oppstrøms innen flomsonekartlegging område der 99,8% areal er påvirket av regulering og reservoar-volum er 3658,9 mill m³.

Energiloven regulerer produksjon, omsetning og bruk av energi i Norge. Loven ble endret i 1990 i forbindelse med liberaliseringen av kraftmarkedet. Endringen medførte en ny reguleringspraksis i Otravassdraget, med mål om å redusere tidligere flomtap. Dette kan ha betydning for representativiteten til flomdata, og bør tas i betraktning ved valg av datagrunnlag og analyseperiode.

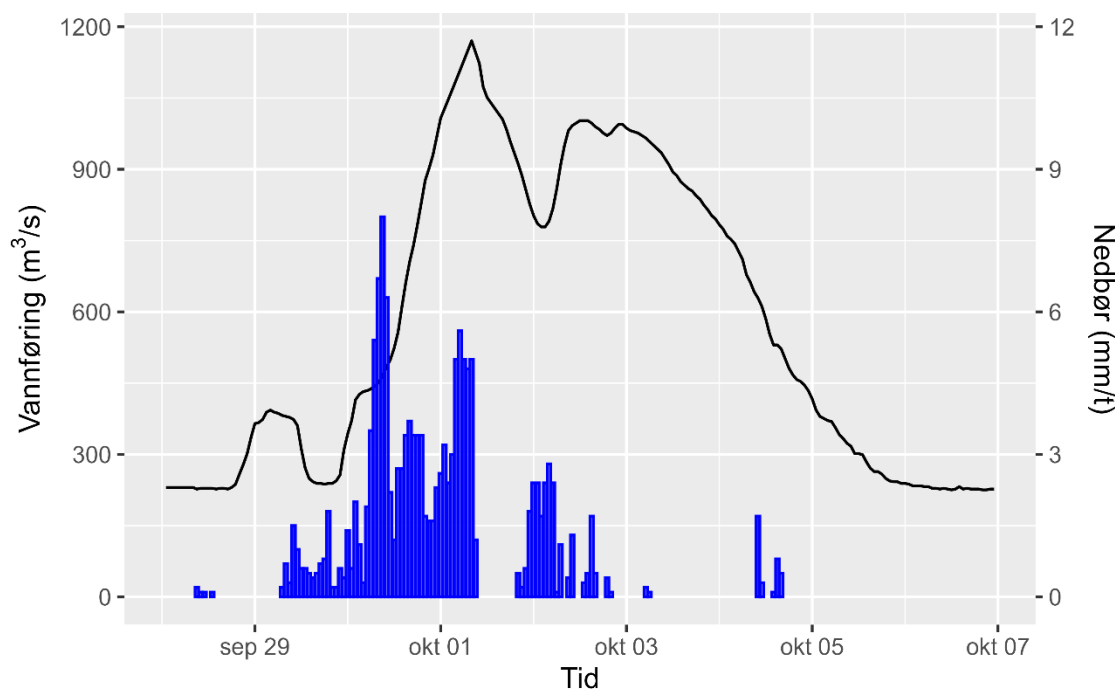
Figur 2 viser årlig døgnmiddelflom i perioden 1930-2024. Det er observert at flomverdier av årlig flomtopper har gradvis redusert, særlig i de små flommer, men de største flommer over 900 m³/s er vanskelig si påvirket av regulering.



Figur 2 Årlig døgnmiddelflom ved stasjon 21.11 Heisel.

Figur 3 viser data for nedbør og vannføring til flom i 2017, som var den tredje største flommen i hele tidsserien. Det er registrert at vannmagasinene slipper ut vann før flommen oppstår. Dette indikerer at reguleringen har større innvirkning på mindre flommer enn på store flommer.

For beregning av store flommer, det vil si flomstørrelser med gjentaksintervall på 200, 500 og 1000 år, er hele perioden 1930–2040 benyttet. Perioden 1991–2024 er brukt til å beregne mindre flommer med gjentaksintervall fra 2 til 100 år.



Figur 3 Hydrograf av flom i 2017. Nedbørdata er ved Byglandsfjord – Neset. Datakilde: klimaservicesenter og NVE, 2025.

3.3 Hydrometriske stasjoner

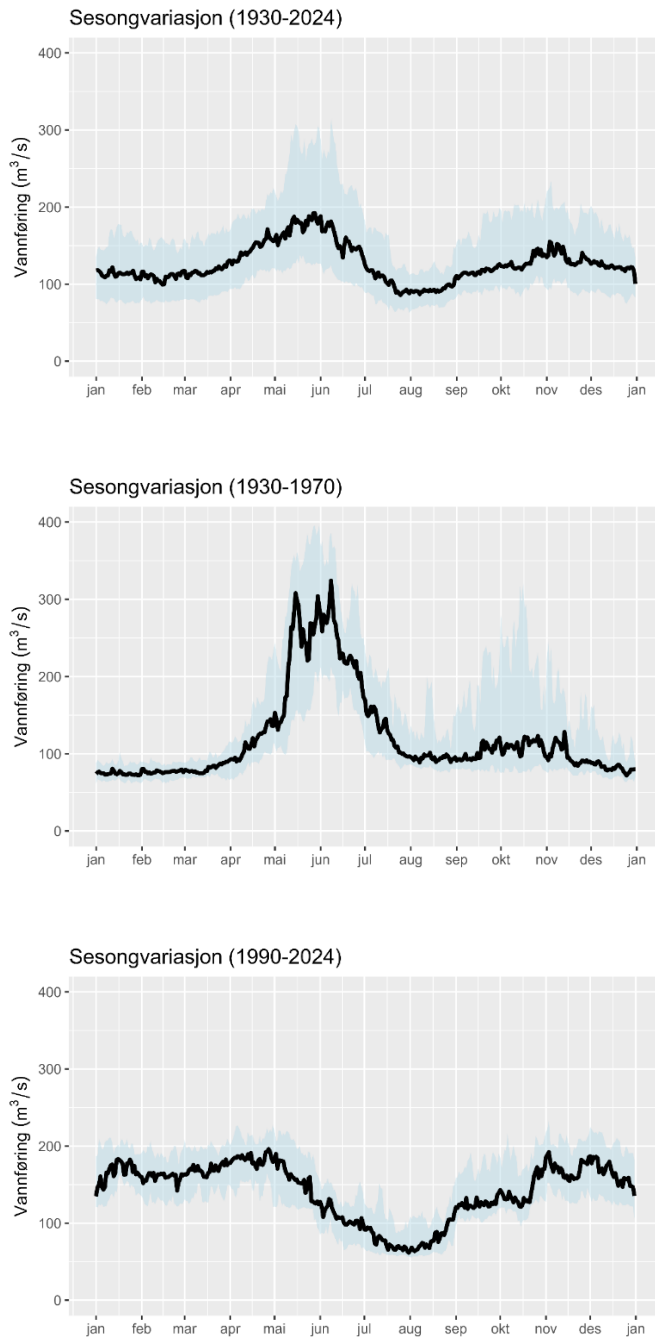
NVEs målestasjon 21.11 Heisel er plassert i Otravassdraget oppstrøms analyseområdet, ca. 800 meter nedstrøms Vigelanddam (Figur 1). Målestasjonen er opprettet i 1997 og vannføringsserien er koblet med stasjon 21.71 Vigeland slik at den har observasjoner siden 1930. Tidsserier for døgnmiddelverdier er fra 1930 og for timesverdier er fra 1997.

Det finnes ingen vurdering av kurvekvalitet i NVE sin database Hydra. Vannføringskurven er etablert basert på 141 målepunkter, med vannføringsverdier fra 46 til 1080 m³/s. På bakgrunn av dette anses kurvekvaliteten som god, og vannføringsdataene vurderes å være av høy kvalitet.

3.4 Sesongvariasjon

Figur 4 viser sesongvariasjon i vannføringsdata for periodene 1930–2024, 1930–1970 og 1990–2024. Analysen viser to hovedsesonger med høy vannføring: én om våren (mai–juli) og én om høsten (oktober). I perioden 1930–1970 er vårfloppen den klart dominerende. I perioden 1990–2024 er vannføringen i vår- og høstsesongene mer jevnt fordelt. Videre viser perioden 1990–2024 betydelig mindre sesongvariasjon enn 1930–1970, noe som indikerer effekten av regulering på vannføringen.

Ettersom flommer kan opptre både på våren og på høsten, velges det å benytte årsflommer i de etterfølgende frekvensanalysene.



Figur 4 Sesongvariasjon i døgnmiddelvannføring. Den tykke svarte kurven representerer mediankurven, det vil si at halvparten av observasjonene i referanseperioden er høyere og halvparten lavere enn denne. De skyggelagte feltene angir henholdsvis 25- og 75-persentilene. 25-persentilene angir at 25 % av observasjonene ligger under denne vannføringen, mens 75-persentilene viser at 75 % av observasjonene ligger under. Datakilde: NVE, 2025.

3.5 Beregning av flomstørrelse

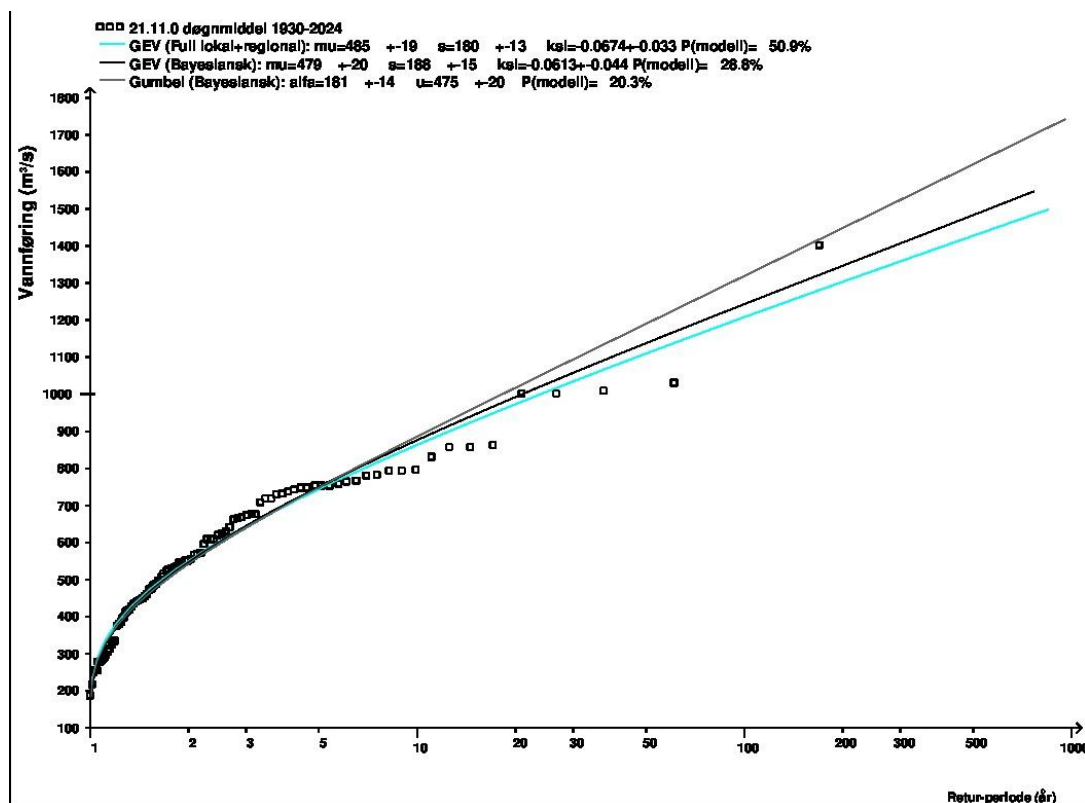
Tre metoder er benyttet for å beregne flom ved Heisel målestasjon:

- Frekvensanalyse på døgnmiddeldata, og skalert med kulminasjonsfaktor
- Frekvensanalyse på kulminasjonsdata
- Formelverk RFFA-2018.

3.5.1 Frekvensanalyse på døgnmiddeldata

Figur 5 viser flomfrekvensanalyse på døgnmiddelvannføring, utført med tre fordelingsmetoder: GEV (full lokal + regional), GEV og Gumbel. Det er visse forskjeller mellom resultatene fra de ulike fordelingsmetodene. Gumbel-metoden gir den høyeste beregnede flomstørrelsen, med 1755 m³/s for 1000-årsflommen. GEV (full lokal + regional) gir den laveste, med 1523 m³/s for samme returperiode. GEV er valgt som basis for videre analyser.

Selv om hele perioden 1930–2024 er benyttet i flomberegningen, er antallet observerte store flommer begrenset, noe som gir usikkerhet i beregningene for flommer med gjentakintervall over 200 år. Den største observerte flommen inntraff i 1933, med en vannføring på 1400 m³/s. Dette tilsvarer en flom mellom 200- og 500-års nivå ifølge GEV-fordelingsmetoden. 20-årsflommen er beregnet til 1095 m³/s. Det er registrert fire flommer med vannføring over 1000 m³/s: 1029 m³/s i 1938, 1008 m³/s i 2017, og 1000 m³/s både i 1957 og 1987.



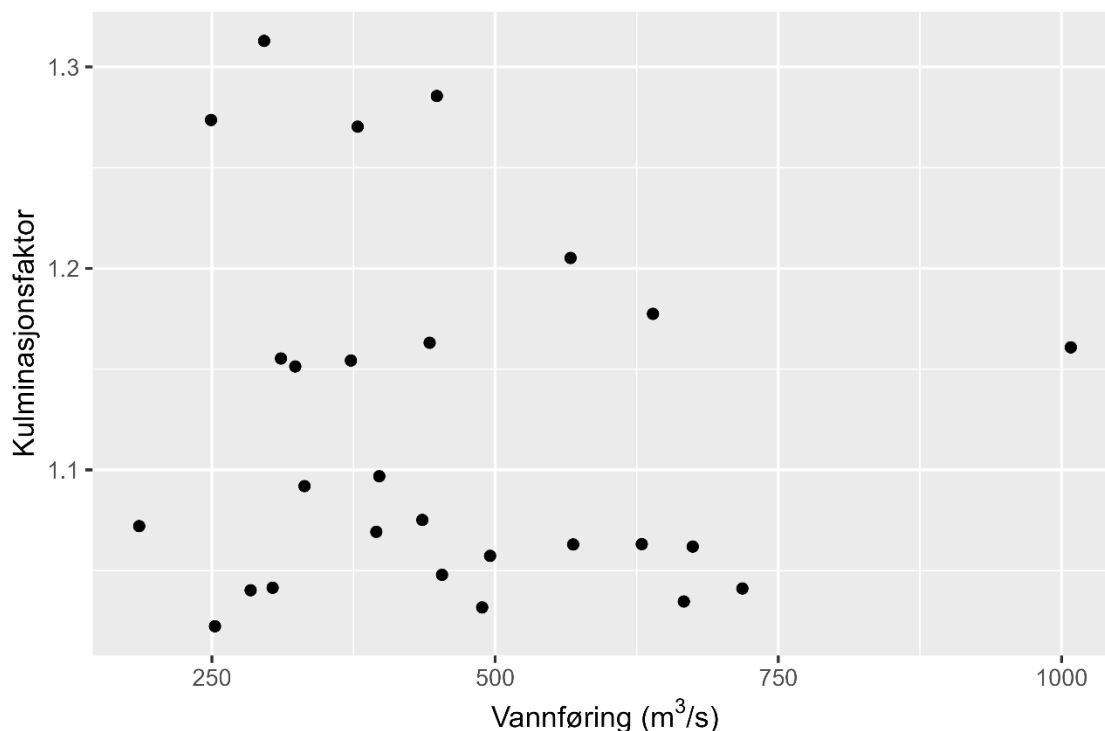
Figur 5 Plot av flomfrekvensanalyse utførte med tre fordelingsmetoder: GEV (full lokal + regional), GEV og Gumbel.

Beregningen er også utført for perioden 1991-2024 for lav gjentakintervall inntil 100-årsflom.

Kulminasjonsfaktor er beregnet basert på observerte flommer i perioden 1998–2024, og resultatene er vist i Figur 6. Den gjennomsnittlige verdien er 1,12, med et minimum på 1,02 og et maksimum på 1,31. Den største

observerte flommen i datagrunnlaget inntraff i 2017, med en døgnmiddelvannføring på 1008 m³/s og en kulminasjonsvannføring på 1170 m³/s.

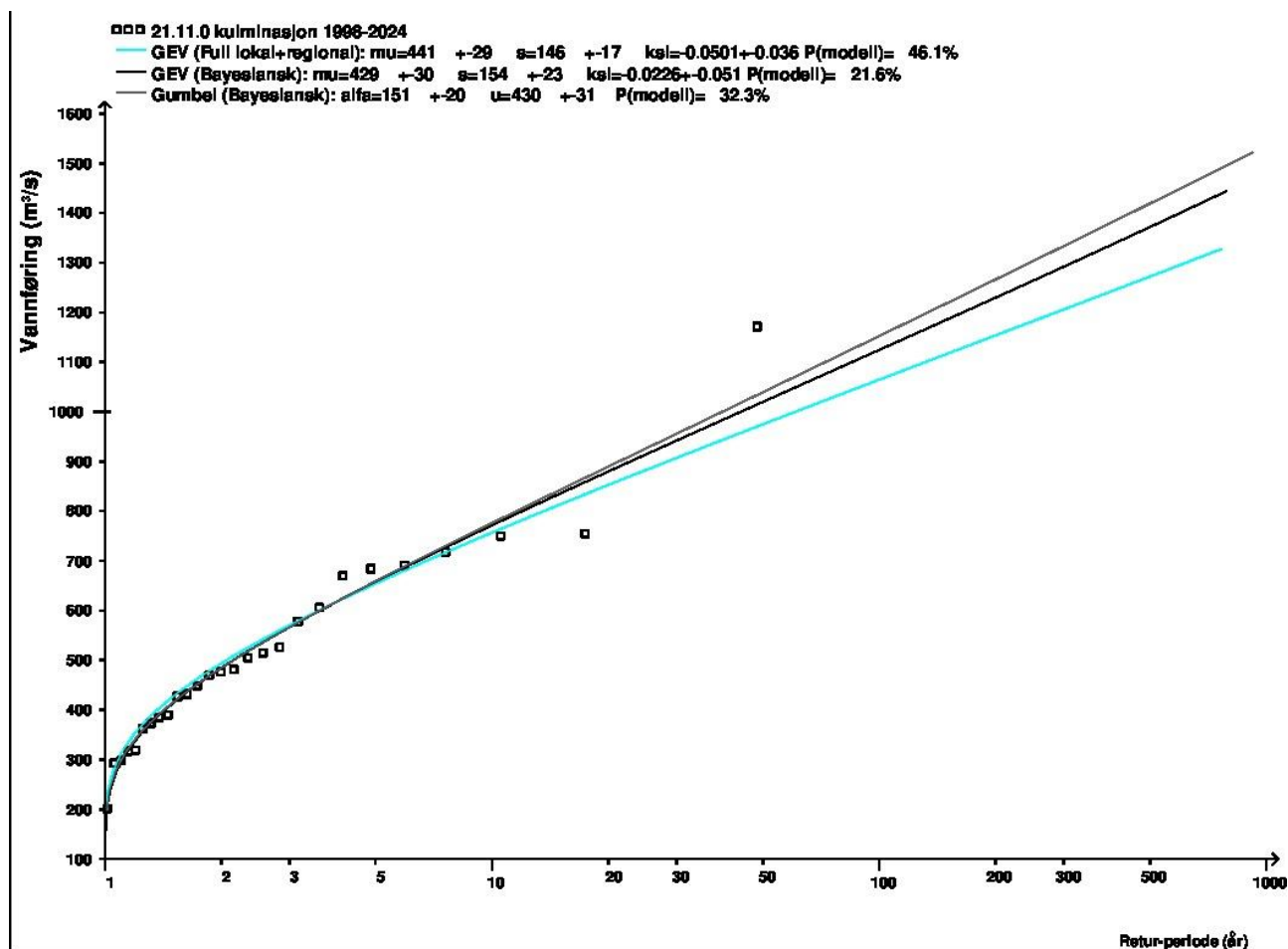
En kulminasjonsfaktor på 1,15 er benyttet i videre analyser. Denne verdien er også brukt i NVEs flomberegning fra 2005 og i Norconsults flomberegning fra 2021.



Figur 6 Kulminasjonsfaktor basert på årsflommer i perioden 1998–2024.

3.5.2 Frekvensanalyse på kulminasjonsdata

Figur 7 viser frekvensanalyse på kulminasjonsflommer basert på data fra perioden 1998–2024. Sammenhengen mellom observerte flommer og den teoretiske frekvenskurven vurderes som tilfredsstillende. Likevel viser analysen at beregnede flomstørrelser basert på kulminasjonsvannføring er vesentlig lavere enn tilsvarende beregninger basert på døgnmiddelvannføring. Dette skyldes hovedsakelig at perioden 1998–2024 inneholder få store flommer. Gumbel-fordelingen er benyttet i analysen for sammenligning med andre metoder i Tabell 2.



Figur 7 Frekvensanalyse av kulminasjonsflommer, basert på observerte maksimumsverdier i perioden 1998–2024.

3.5.3 Formelverk RFFA-2018

Formelverket RFFA-2018 er implementert i det digitale verktøyet NEVINA. Resultatene fra beregningene er presentert i Tabell 3, sammen med resultater fra andre metoder. For beregning av kulminasjonsflommer benyttes en kulminasjonsfaktor på 1,04.

3.6 Endelig valg av flomstørrelse

Tabell 2 viser flomstørrelser (i m^3/s) for ulike returperioder, beregnet med de tre forskjellige metodene; frekvensanalyse på døgnmiddeldata, frekvensanalyse på kulminasjonsdata og formelverk RFFA-2018.

Frekvensanalysen for kulminasjonsflommer er basert på observerte maksimumsverdier i perioden 1998–2024 hvor de fleste flommer er lavere bortsett fra flommen i 2017. Dette gir lavere flomverdier sammenlignet med døgnmiddelflom for hele perioden.

Frekvensanalyse på døgnvannføring (GEV-fordeling) er valgt som endelig flomstørrelse. Denne metoden gir de største kulminasjonsflommene sammenlignet med de øvrige metodene. RFFA-2018 gir noe høyere døgnmiddelflommer ved kortere returperioder (under 200-årsflommen), men benytter lavere kulminasjonsfaktorer. Det er kjent at denne metoden ofte undervurderer kulminasjonsfaktoren for større vassdrag, noe som kan føre til for lave estimater av kulminasjonsflommer.

Tabell 2 Sammenligning av ulike metoder.

Metode	Flom	Q _M	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Døgnvannføring FFA - GEV	døgnmiddel 1930-2024	551							1346	1483	1587
	døgnmiddel 1991-2024	409	414	568	668	764	886	977			
	kulminasjon	470	476	653	769	879	1019	1124	1548	1706	1825
Kulminasjonsvannføring FFA - Gumbel	kulminasjon	475	481	653	768	880	1027	1137	1249	1399	1514
RFFA-2018	døgnmiddel	653		826	935	1035	1158	1245	1329	1433	1509
	kulminasjon	679		859	972	1076	1204	1295	1382	1490	1569

3.7 Klimapåslag

Klimapåslag benyttes for å beskrive forventede endringer i fremtidige flommer som følge av klimaendringer. NVE anbefaler bruk av klimapåslag basert på resultater fra klimaframskrivninger kombinert med hydraulisk modellering. Framskrivningene er basert på ti ulike kombinasjoner av globale og regionale klimamodeller (GCM/RCM), kjørt under to utslippsscenarioer: middels (RCP 4.5) og høyt (RCP 8.5), slik definert i IPCCs femte hovedrapport (AR5) fra 2014.

I NVE-rapport 81/2016 anbefales et klimapåslag på 20% for flomsone langs Otra ved Mosby. I den oppdaterte temakartserien "Klimapåslag for flomberegninger" fra NVE oppgis en sannsynlighet på 93,7% for at klimapåslaget bør være 0%, og 6,3% for at 20% bør benyttes.

Ifølge avrenningskart fra NEVINA har årlig middelavrenning i området økt med 9,3 % i perioden 1990–2020, sammenlignet med referanseperioden 1960–1990. Gitt at grunnlaget for de tidligere modellbaserte vurderingene er over 10 år gammelt, og at observerte endringer i avrenning ikke er marginale, er det i dette arbeidet valgt å benytte et klimapåslag på 20%. Dette er i tråd med tidligere flomsonekartlegginger utført av NVE (2005) og Norconsult (2021).

3.8 Klassifisering av hydrologisk grunnlag

Klassifiseringen er gjort i henhold til NVE Veileder 1/2025. Målestasjonen Heisel har en lang og sammenhengende tidsserie med god datakvalitet. Datagrunnlaget har tidligere vært benyttet i flere flomberegninger. Det hydrologiske grunnlaget vurderes derfor å tilhøre klasse 1, som er den høyeste klassifiseringen.

3.9 Sammenligning med tidligere arbeid

Tabell 3 viser en sammenligning av flomberegninger utført av NVE (2005), Norconsult (2021) og den foreliggende analysen. Resultatene fra denne analysen viser flomstørrelser som i stor grad samsvarer med NVEs beregninger fra 2005. For de lavere returperiodene (kort gjentakintervall) er flomstørrelsene noe høyere, noe som trolig skyldes økt årlig middelavrenning i de siste tiårene.

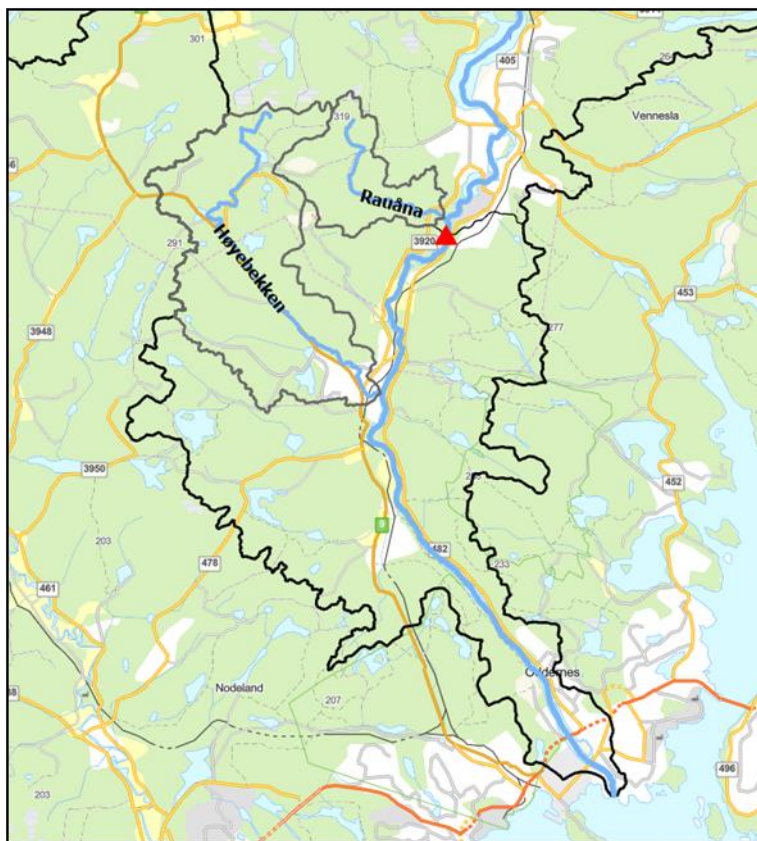
I analysen utført av Norconsult i 2021 ble beregningene gjort for et område oppstrøms i Otravassdraget, hvor reguleringer har større innvirkning på flomforløpet enn ved Mosby. Norconsult valgte derfor å benytte observasjonsperioden 1990–2020 for beregning av flommer med lavere returperiode, og hele tidsserien for de høyere returperiodene (f.eks. 200-årsflom). Dette forklarer hvorfor Norconsults verdier for lavere gjentakintervaller er lavere enn de som fremkommer i denne analysen.

Tabell 3 Sammenligning av beregnede flomstørrelser (m^3/s) fra ulike studier.

Studie	Datagrunnlag	Fordeling	Q_M	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
NVE 2005	1930-2003	GEV	571			915	1033	1200	1377	1535	1722	
Norconsult 2021	1930-2020	GenLog	527			814	940			1460		
Gjeldende	1930-2024	GEV	470	476	653	769	879	1019	1124	1548	1706	1825

4 Flomberegning for sidevassdragene

Sidevassdragene Rauåna og Høiebekken er inkludert i flomsonekartleggingen. Rauåna ligger ved starten av kartleggingsområdet, mens Høiebekken munner ut i Otra omtrent midt på strekningen. Beliggenheten er vist i Figur 8, og feltparametere er oppsummert i Tabell 4.



Figur 8 Beliggenheten av Rauåna og Høiebekken.

4.1 Beskrivelse av nedbørfelt og vassdraget

Rauåna er et relativt lite nedbørfelt på 4,9 km², med en årlig middelavrenning på 41,1 l/s/km². Gjennomsnittlig høyde er 249 moh, med høyeste punkt på 316 moh og laveste på 3 moh. Det dominerende arealdekket er skog, som utgjør 89,8 % av arealet. Det finnes ingen vannkraftmagasiner eller kraftverk i dette feltet.

Høiebekken har et areal på 16,2 km² og en årlig middelavrenning på 41,5 l/s/km². Gjennomsnittlig høyde er 254 moh, med høyeste punkt på 315 moh og laveste på 1 moh. Skog utgjør 84,7 % av arealet. I nedbørfeltet finnes det 7 innsjøer, hvorav 6 er regulerte med reguleringsklasse 1 og 2. Det totale innsjøarealet er 0,48 km², som tilsvarer omtrent 3 % av nedbørfeltets areal. Reguleringene har formål som rekreasjon og vannforsyning. Det finnes også et lite mikrokraftverk med en ytelse på 0,1 MW, men det antas at reguleringen har begrenset betydning for flomberegningen.

Tabell 4 Feltparametere for nedbørfelt for Rauåna og Høiebekken. Datakilde: NEVINA, 2025.

Nedbørfelt	Areal (km ²)	Effektiv sjø (%)	Høyde, min-med-maks (moh.)	Årlig middelavrenning (l/s*km ²)	Størst arealklasse (%)
Rauåna	4,9	0	3-249-316	41,1	Skog (89,8%)
Høiebekken	15,8	0,5	1-254-315	41,5	Skog (84,7%)

Nedbørfeltene er forholdsvis like med hensyn til klima og avrenning, men varierer i areal. Begge regnes som små nedbørfelt, og flomberegningen gjennomføres derfor basert på spesifikke flomstørrelser, som deretter skaleres med areal for å gi absolutte verdier.

4.2 Valg av representative stasjoner

Valg av representative stasjoner er gjort etter følgende kriterier:

Avstand til nedbørfeltene < 100 km

Nedbørfeltareal < 50 km²

Minst 20 år med tilgjengelige data

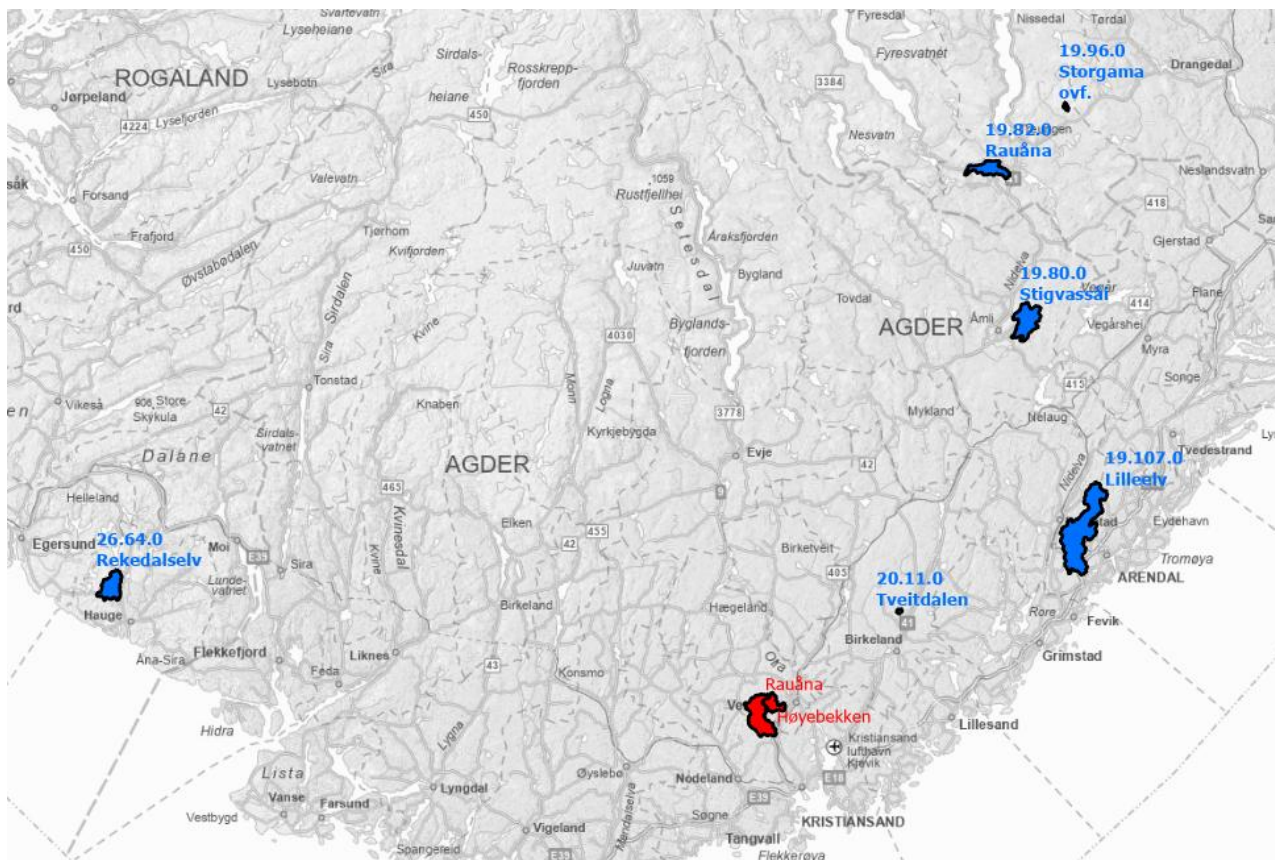
Årlig middelavrenning i området 25–60 l/s/km²

Seks representative målestasjoner er valgt basert på kriteriene i Tabell 5. De har et gjennomsnittlig nedbørfeltareal på 12,51 km² og en årlig middelavrenning på 34,97 l/s/km². Effektiv sjøprosent er relativt lav, med maks 6 % ved Storgama ovf. der arealet er lite. Beliggenheten til nedbørfeltene er vist i Figur 9.

De fleste utvalgte stasjonene ligger med en viss avstand fra targetstasjonen og befinner seg i Sør-Norge og Øst-Norge. Årlige middelavrenningsverdier varierer fra 27 til 59 l/s/km², og generelt har stasjonene relativt høye avrenningsverdier.

Tabell 5 Feltparametere for utvalgte nedbørfelt.

Nedbørfelt	Navn	Areal (km ²)	Årlig middelavrenning (l/s*km ²)	Effektiv sjø (%)	Datagrunnlag
26.64	Rekedalselv	10,13	58,60	1,40	1997-2024 uten observasjoner i 2003, 2009
20.11	Tveitdalen	0,44	33,14	0	1973-2024
19.107	Lilleelv	40,52	33,81	1,97	1986-2024 uten observasjoner i 1987-1992, 1994-1995, 1997
19.96	Storgama ovf.	0,58	31,15	6,17	1975-2024
19.82	Rauåna	8,91	25,86	0	1973-2024
19.80	Stigvassåi	14,49	27,26	0	1972-2024
Gjennomsnitt		12,51	34,97		
Median		9,52	32,15		



Figur 9 Oversiktskart over utvalgte representative nedbørfelt.

4.3 Beregning av flomstørrelse

To metoder er benyttet:

- Frekvensanalyse på representative stasjoner
- Formelverket RFFA-2018, via verktøyet NEVINA

Beregningene gjelder døgnmiddelvannføring. Kulminasjonsfaktorer benyttes for å estimere kulminasjonsflom.

4.3.1 Frekvensanalyse av døgnmiddel

Frekvensanalyse er gjennomført for seks representative stasjoner ved bruk av GEV-fordeling. Resultatene er oppsummert i Tabell 6, som viser spesifikke døgnmiddelflommer (i l/s/km²) for ulike gjentaksintervaller.

Det observeres relativt stor variasjon mellom de spesifikke flomstørrelsene, spesielt i verdiene for Q₂₀₀ og høyere gjentaksintervaller. Den høyeste verdien for årlig middelvrenning (Q_M) er registrert ved stasjon 26.64 Rekedalselv, som har en verdi på 631 l/s/km², mens de øvrige stasjonene har lavere verdier, fra 296 til 548 l/s/km².

Siden bare én av de seks stasjonene har høyere avrenning enn Rauåna og Høyebekken, er det vurdert at gjennomsnittsverdien gir et mer representativt bilde av de aktuelle flomstørrelsene enn medianen.

Tabell 6 Resultater for flomstørrelser (l/s/km²).

Nedbørfelt	Q _M	Fordelingsmetode	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
26.64	631	GEV	588	779	905	1026	1184	1304	1425	1590	1722
20.11	548	GEV	500	659	773	864	1000	1114	1227	1386	1500
19.107	296	GEV	280	376	439	497	573	629	686	762	822
19.96	432	GEV	414	534	621	690	793	879	948	1069	1155
19.82	355	GEV	332	440	512	581	672	741	809	905	980
19.80	433	GEV	402	560	665	763	889	982	1075	1202	1299
Gjennomsnitt	449		419	558	652	737	852	941	1029	1152	1246
Median	432		408	547	643	726	841	931	1012	1135	1227

4.3.2 Formelverk RFFA-2018

Formelverket RFFA-2018 er implementert i verktøyet NEVINA. Resultatene presenteres i Tabell 7, sammen med resultatene fra frekvensanalysen (FFA).

4.3.3 Valg av døgnmiddelflom

Valg av døgnmiddelflom er basert på en sammenstilling og vurdering av resultater fra to ulike tilnærminger: frekvensanalyse av representative målestasjoner og bruk av formelverket RFFA-2018, implementert gjennom det digitale verktøyet NEVINA.

Som vist i Tabell 7 er resultatene fra frekvensanalysen av representative stasjoner og RFFA-2018 relativt sammenfallende for både Rauåna og Høiebekken. Selv om RFFA-2018 gir noe lavere verdier, bekrefter det overordnede nivået og trenden resultatene fra frekvensanalysen.

Det er valgt å benytte flomstørrelser basert på frekvensanalyse av representative målestasjoner i den videre analysen. Valgte verdier danner også grunnlaget for videre beregninger av kulminasjonsflom og vurdering av klimapåslag.

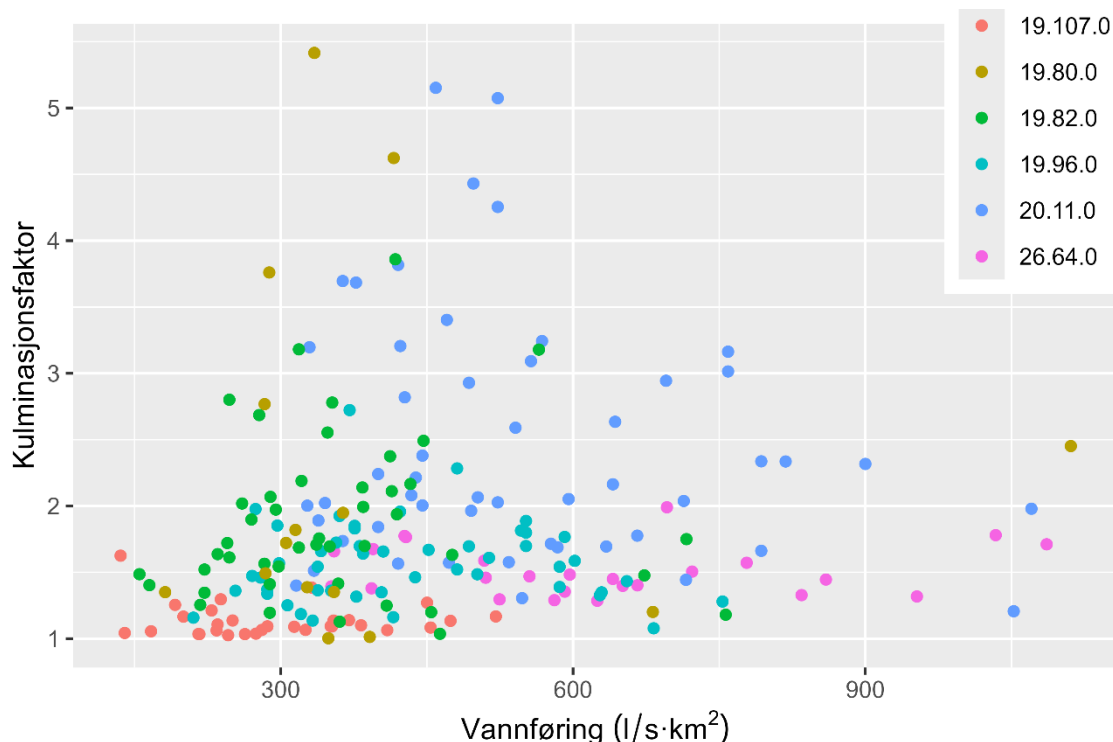
Tabell 7 Sammenligning av beregnede flomstørrelser (m³/s). Valgte verdiene er fremhevet.

Nedbørfelt	Metode	Q _M	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Rauåna	FFA	2,2	2,1	2,7	3,2	3,6	4,2	4,6	5,0	5,6	6,1
	NEVINA	2,0		2,7	3,2	3,6	4,3	4,7	5,2	5,8	6,3
Høiebekken	FFA	7,1	6,6	8,8	10,3	11,6	13,5	14,9	16,3	18,2	19,7
	NEVINA	5,9		7,9	9,2	10,6	12,3	13,6	15,0	16,8	18,2

4.4 Kulminasjonsfaktor

Kulminasjonsfaktoren er estimert ved bruk av tre ulike metoder: analyse av observerte data fra representative målestasjoner, beregninger basert på NVE sitt formelverk (NVE-rapport 10/2020), og anbefalinger fra RFFA-2018.

Analysen av observerte flommer ved representative stasjoner er vist i Figur 10. Figuren viser stor variasjon i kulminasjonsfaktoren, med en minimumsverdi på 1,00 og en maksimumsverdi på 5,42. Gjennomsnittsverdien for de analyserte stasjonene er 1,83, mens medianverdien er 1,63.



Figur 10 Kulminasjonsfaktor til representative stasjoner.

Basert på NVE sitt formelverk er kulminasjonsfaktoren beregnet til 2,21 for Rauåna og 1,47 for Høiebekken ved regnflom, mens verdiene for smelteflom er henholdsvis 1,12 og 1,02. RFFA-2018 anbefaler en kulminasjonsfaktor på 1,84 for Rauåna og 1,40 for Høiebekken, noe som også støtter den generelle vurderingen fra felldata.

Etter en samlet vurdering av resultatene fra alle tre metodene er det valgt å bruke en kulminasjonsfaktor på 1,63 for både Rauåna og Høiebekken. Dette tilsvarer medianverdien fra analysen av de representative målestasjonene, og anses som et konservativt og balansert valg for estimering av kulminasjonsflommer i de aktuelle sidevassdragene.

4.5 Klimapåslag

Ifølge NVE-rapport 81/2016 anbefales det et generelt påslag på 40 % for kulminasjonsflommer i små nedbørfelt, noe som er i tråd med verdiene som fremgår av NVE sitt temakart for klimapåslag. Dette temakartet angir også et påslag på 40 % for alle sideløpene til Otra i området.

I tillegg viser beregninger fra NEVINA at det allerede har skjedd en økning i avrenningen. For perioden 1990–2020 sammenlignet med 1960–1990 er det observert en økning i årlig middelavrenning på 7,7 % for Rauåna og 8,1 % for Høiebekken.

4.6 Klassifisering av hydrologisk grunnlag

Det hydrologiske datagrunnlaget for Rauåna og Høiebekken er vurdert til klasse 3 etter kriteriene i NVE veileder 1/2025. Det finnes ingen vannføringsmålestasjoner direkte i vassdragene, men flomberegningen bygger på seks representative stasjoner i nærliggende nedbørfelt med lignende hydrologiske forhold.

Datagrunnlaget vurderes som brukbart, men preget av varierende datakvalitet og lengde, samt enkelte manglende år i måleseriene. I tillegg er det observert betydelige variasjoner i spesifikke flomstørrelser mellom stasjonene, som øker usikkerheten i overførbarhet. På bakgrunn av disse forholdene er klasse 3 en passende vurdering, og det legges inn nødvendig sikkerhetsmargin i flomestimatene.

5 Samtidighet av Otra og sidevassdragene

Formålet med vurderingen av samløpsproblematikk er å gjenspeile den realistiske flomsituasjoner der to eller flere elver møtes. Det å anta at elver og bekker kulminerer samtidig, vil sannsynligvis gir et konservativt estimat i flomvannstand. Vurderingen er viktig i tilfeller der det er stor forskjell i vannstand ved ulike kombinasjoner av gjentakintervaller.

Tidsanalyse av vannføringsdata er først og fremst mest troverdige metoden. Det finnes likevel ingen vannføringsmålinger i sidevassdragene som kan brukes direkte til analyse av samtidighet. Et alternativ er å vurdere dette ut fra konsentrasjonstid. Dette forutsetter at nedbørfeltet får noenlunde jevn nedbør. Konsentrasjonstid for sidevassdragene kan beregnes ut fra nedbørfeltets karakteristika. Ifølge NVEs formel for naturlige nedbørfelt, basert på data fra NEVINA, er konsentrasjonstiden henholdsvis ca. 2 timer for Råuana og ca. 4 timer for Høiebekken.

Konsentrasjonstiden for Otra kan estimeres fra målinger av vannføring og nedbør. Konsentrasjonstiden er her vurdert til om lag ett døgn basert på sammenligning av vannføringsmålinger ved Heisel og nedbørdata fra værstasjonen Byglandsfjord–Neset. Topp i nedbør inntraff 2017-09-30 kl. 09:00, og topp i vannføring ved Heisel inntraff 2017-10-01 kl. 08:00 som først og størst flomtopp. Se Figur 3 for nærmere detaljer. Flommen har 700 m³/s (døgnmiddel) som tilsvarer 200-årsflom. Det antas at konsentrasjonstiden for mindre flommer (opp til og med 100-årsflom) vil være påvirket av regulering.

Tidspunkt for 2017-flommen ved sidevassdragene er i tillegg sammenlignet med sine representative stasjonene. I likhet med vannføringsdata ved Heisel, viser vannføringsdata ved representative stasjoner tre flomtopper bortsett at en flomtopp ved 19.107 Lilleelv er ikke vist på grunn av datamangel. Tabell 8 viser tidspunkt for de flomtoppene. Det viser seg at ingen representative stasjoner har oppnådd sitt først topp på 1. oktober 2017. Det tilsier en kort responstid.

Tabell 8 Tidspunkt for flomtoppene ved representative stasjonene. Datakilde: Slidre, 2026.

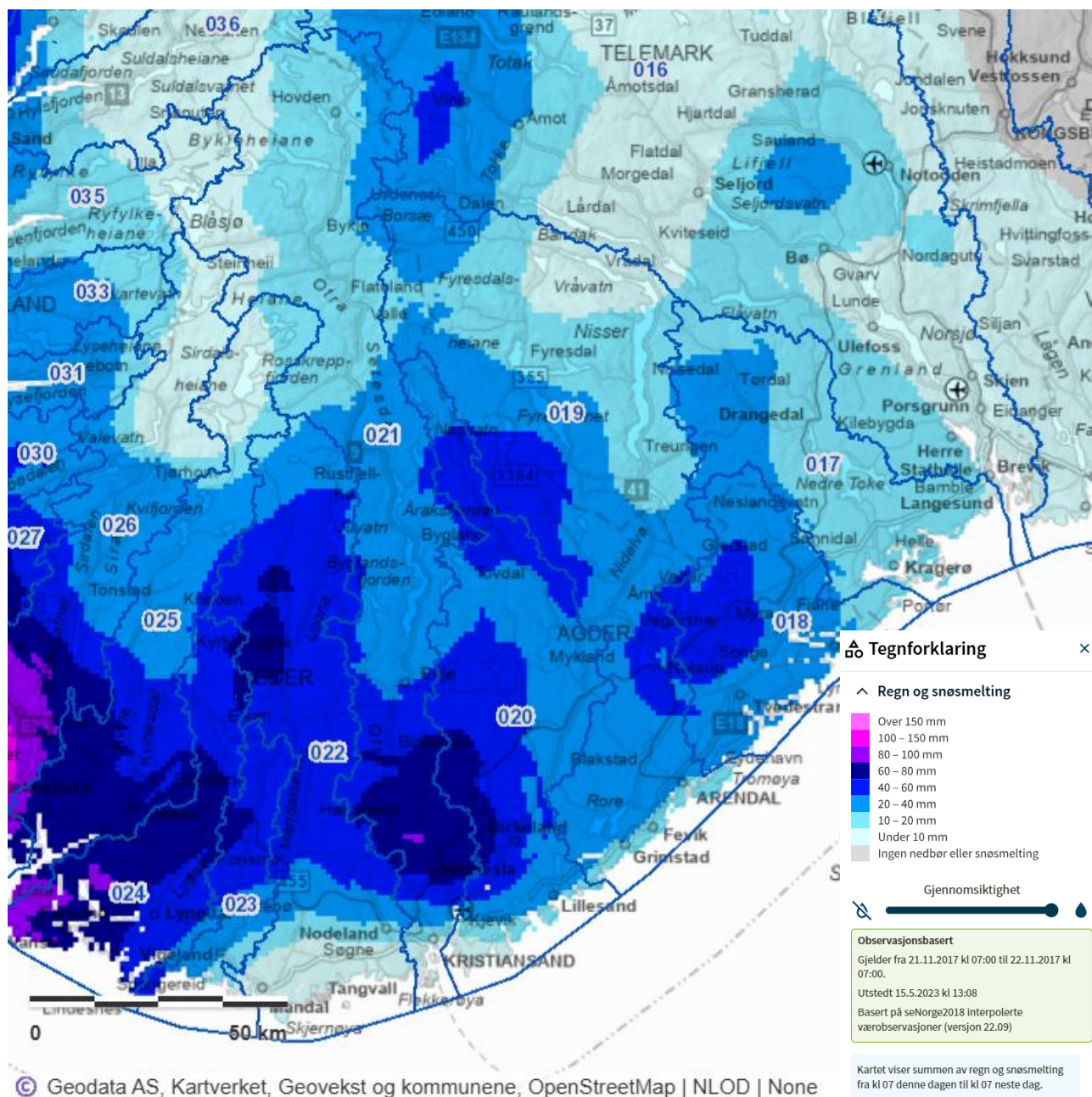
Nedbørfelt	Navn	Areal (km ²)	Flomtopp nr. 1	Flomtopp nr. 2	Flomtopp nr. 3
26.64	Rekedalselv	10,13	2017-09-30 10:30:00	2017-10-01 05:30:00	2017-10-02 05:30:00
20.11	Tveitdalen	0,44	2017-09-30 17:30:00	2017-10-01 03:30:00	2017-10-02 07:00:00
19.107	Lilleelv	40,52		2017-10-01 13:00:00	2017-10-02 10:00:00
19.80	Stigvassåi	14,49	2017-09-30 21:00:00	2017-10-01 14:00:00	2017-10-02 11:00:00
19.82	Rauåna	8,91	2017-09-30 15:00:00	2017-10-01 13:00:00	2017-10-02 06:30:00
19.96	Storgama ovf.	0,58	2017-09-29 23:00:00	2017-10-01 13:45:00	2017-10-02 07:15:00

Nedbør kan påvirke samtidige flomhendelser. Figur 11 til Figur 13 viser døgndata for regn og snøsmelting fra 30. september 2018 til 1. oktober 2017. Kartgrunnlaget inneholder døgnerverdier, så det er vanskelig å se nøyaktig tidspunkt for flomtopp, men det viser at nedbørfeltet har variabel nedbør og flom i nedre Otra er påvirket av nedbørsmønstre.

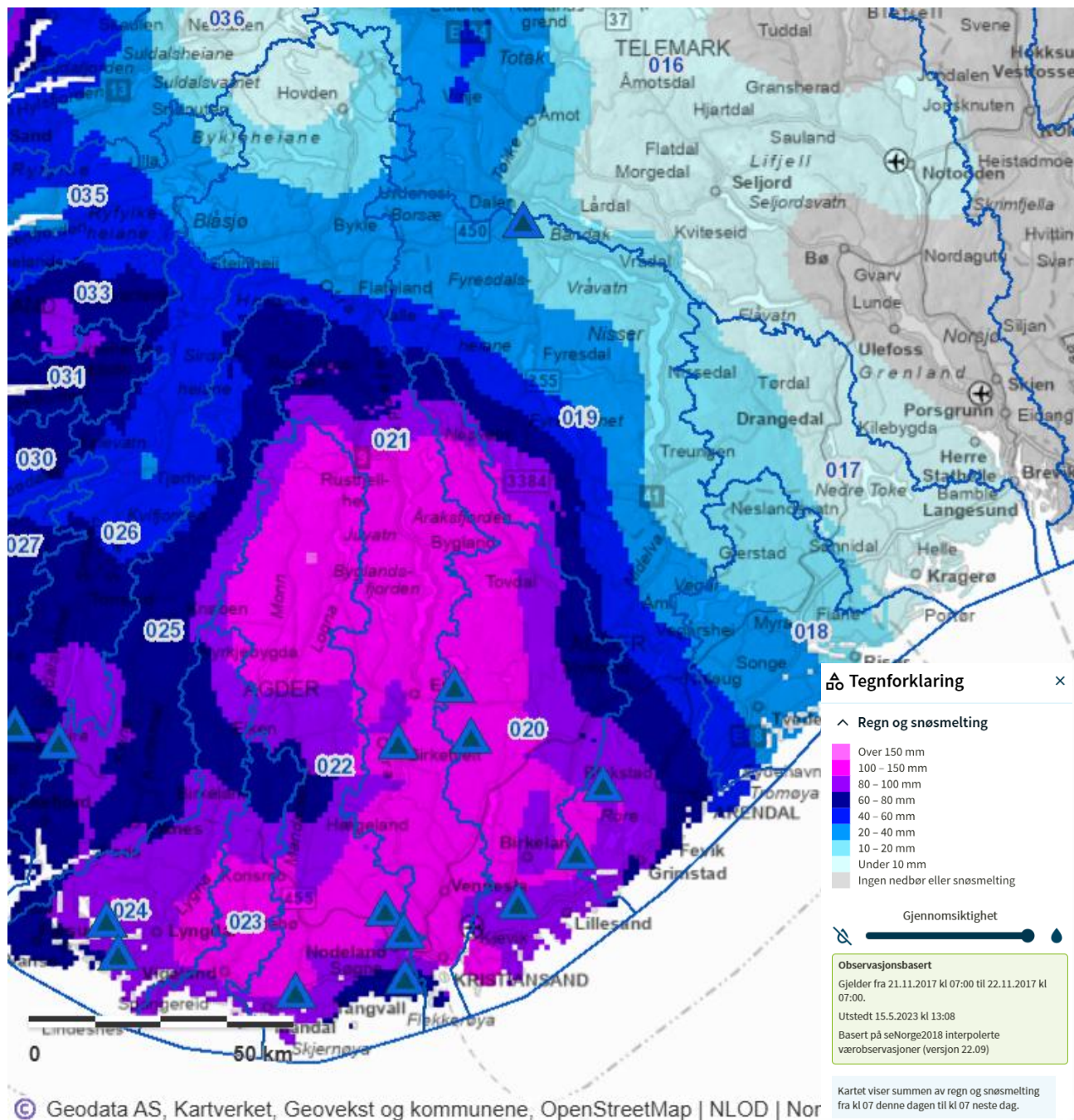
En annen grunn til å anta at flommene ikke inntreffer sammentidig, er at maksimal vannføring i Råuana og Høynebekken normalt forekommer i oktober og november, mens maksimal vannføring i Otra forekommer i mai og juni. Førstnevnte er høstflommer, mens sistnevnte er vårflokker.

Dessuten er flommene i Otra er vesentlig større enn i sidevassdragene. Flomstørrelsene i Råuna utgjør mindre enn 1 % av flomstørrelsene ved Heisel, og ca. 2 % for Høiebekken. Dette innebærer at sidevassdragene har svært liten betydning for flomsituasjonen i Otra.

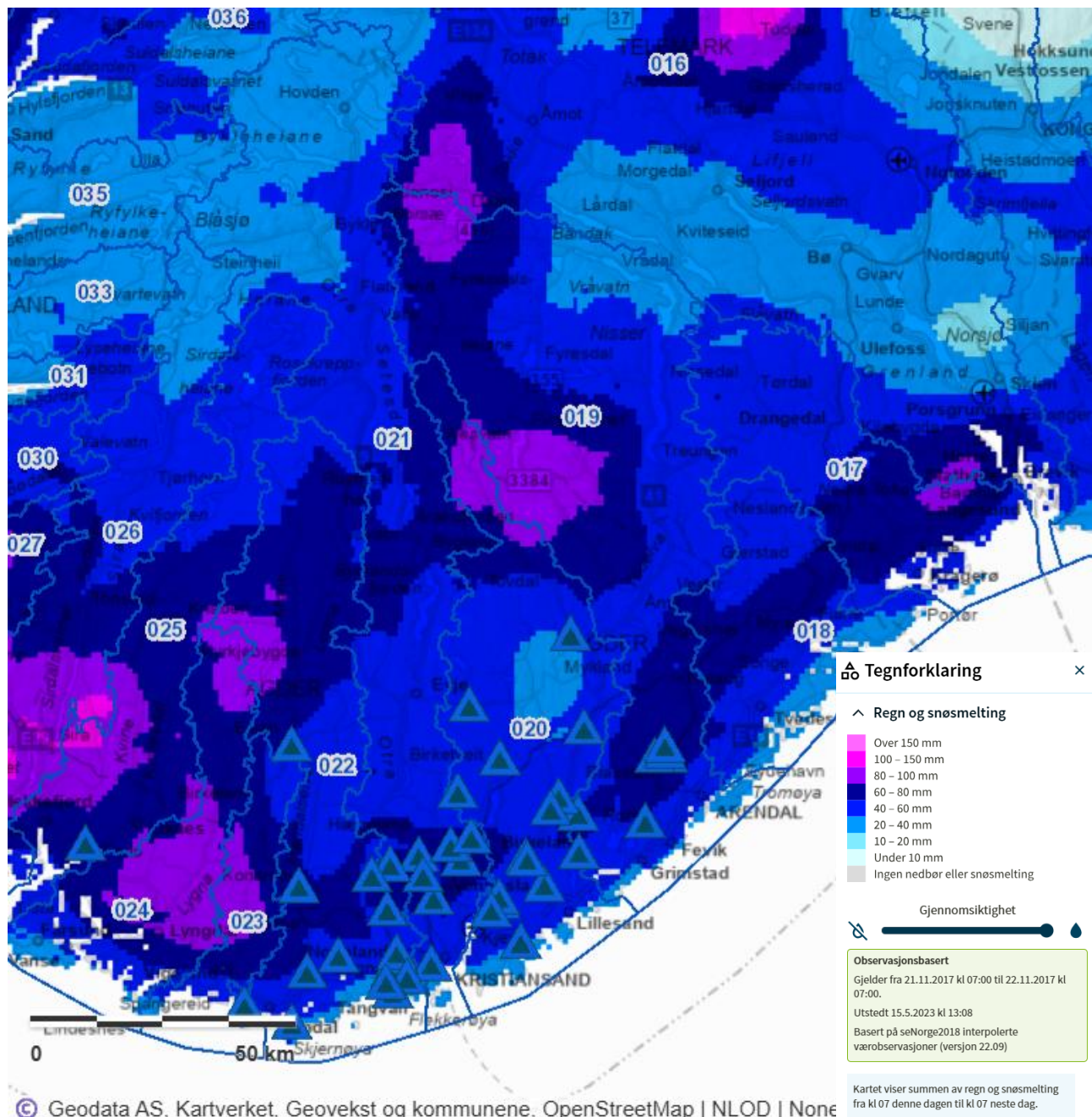
En kombinasjon av ulike flomscenarier er undersøkt i vannlinjeberegning.



Figur 11 Regn og snøsmelting den 29. september 2017. Kilde: SeNorge, 2026.



Figur 12 Regn og snøsmelting den 30. september 2017. Kilde: SeNorge, 2026.



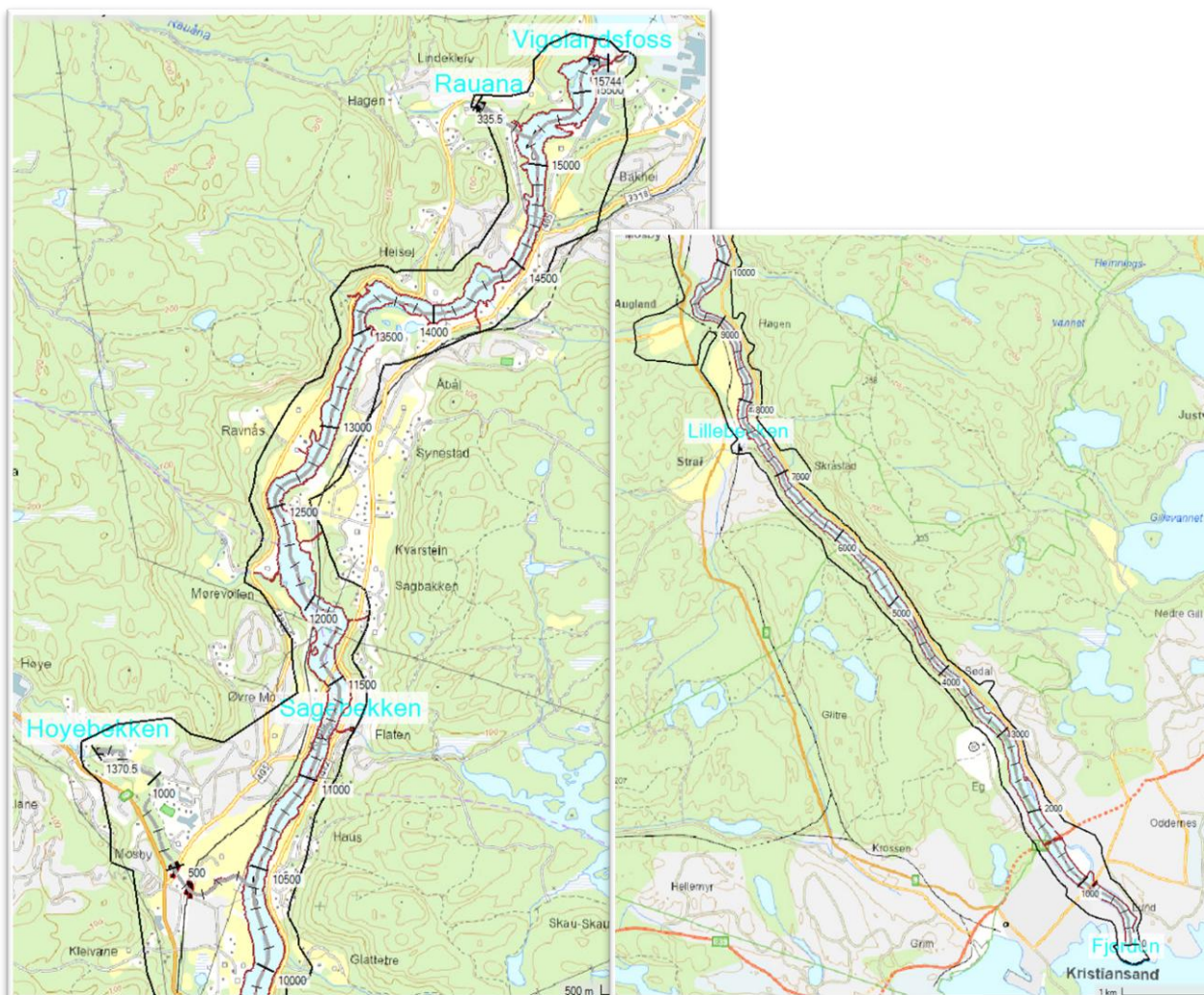
Figur 13 Regn og snøsmelting den 01. oktober 2017. Kilde: SeNorge, 2026.

6 Vannlinjeberegning

6.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Vannstandsstigning, flomutbredelse og vannhastigheter i Otravassdraget er beregnet ved hjelp av en todimensjonal hydraulisk modell utviklet i programvaren HEC-RAS 6.7. Modellgrunnlaget består av en bunnskanning av Otraelva, oversendt fra NVE, og er supplert med laserskanning fra fly gjennomført i 2014 og 2017 hentet fra det nasjonale høydedatasettet tilgjengelig på høydedata.no. Enkelte hull er manuelt justert ut fra flyfoto og terrengforhold.

Modellen beregner vannføring, vannstand og vannhastighet mellom celler i et beregningsnett (mesh). Cellestørrelsen varierer avhengig av terrengtype: fra 5x5 meter til 20x20 meter i elveløpet og elvebredden, og opptil 20x20 meter i flate områder uten oversvømmelse. Kritiske terrengformasjoner som veier og terskler modelleres med «break lines» for økt presisjon. Figur 14 viser oppsett av HEC-RAS-modellen. Modellen benytter strømningsligningssettet SWE-ELM, og Courant-tallet er begrenset til maks. 1,0 for å sikre numerisk stabilitet.



Figur 14 Oppsett av HEC-RAS-modellen. Venstre figur viser området oppstrøms fra Vigelandsfoss, mens høyre figur viser utløpet mot fjorden. Figurene illustrerer 2D-strømningsområdet, bruddlinjer (break lines), randbetingelser (boundaries), bru samt med senterlinjen til vassdraget. Senterlinjen er også med peler til utløpet.

6.2 Grensebetingelser

6.2.1 Samtidighet av Otra og sidevassdragene

Det er i punkt 5 Samtidighet av Otra og sidevassdragene konkludert med at flom i Otra og sidevassdragene trolig ikke inntreffer samtidig. Det aktuelle scenarioet undersøker derfor kombinasjoner av flommer med ulike gjentakintervall, nærmere bestemt 200-årsflom og 2-årsflom. Grensebetingelsene for scenarioet er angitt i Tabell 9 og øvrige grensebetingelser er Tabell 10 for dagens klima. Resultatene fra beregningene er vist i Figur 15 og Figur 16, basert på modellering i HEC-RAS.

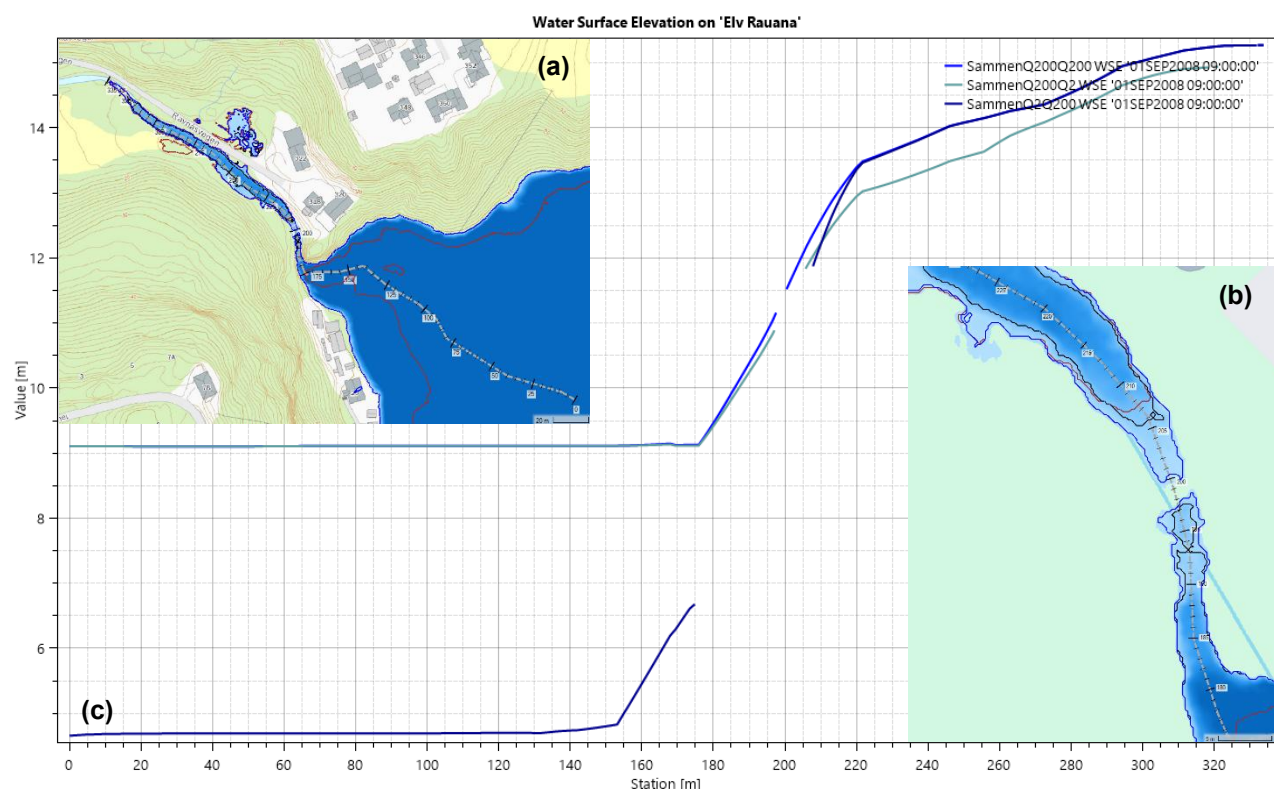
Resultatene viser at flom i sidevassdragene ikke påvirker flomvannstanden i hovedvassdraget. Flom i hovedvassdraget medfører derimot en økning i flomvannstanden i sidevassdragene, men kun over korte strekninger. I Råuana er påvirkningen begrenset til en strekning på om lag 20 meter, mellom pel 190 og 210

meter. I Høiebekken er påvirkningen noe større, med en strekning på ca. 720 meter, fra pel 500 meter til 1220 meter. Innenfor denne strekningen er det kun rundt 100 meter hvor forskjellen i vannstand overstiger 10 cm.

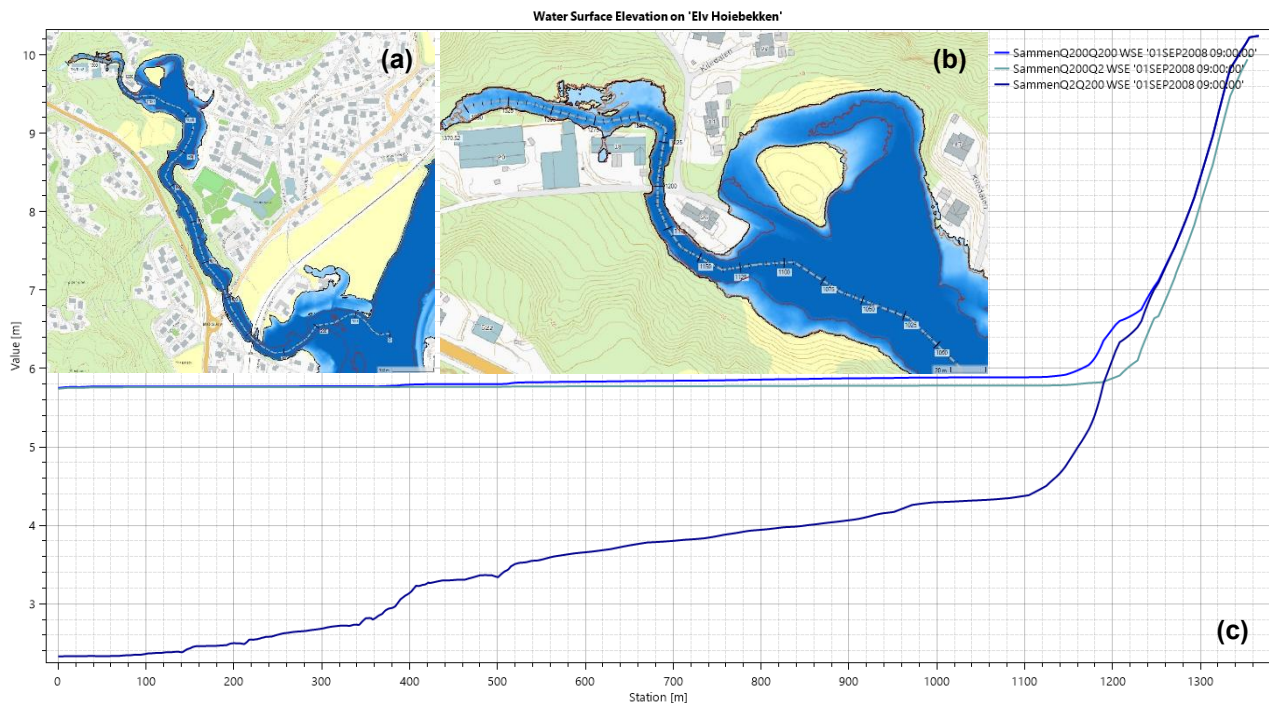
Samlet sett viser resultatene at forskjellene i flomvannstand er marginale. På bakgrunn av dette er det i videre vannlinjeberegninger valgt å benytte flom med samme gjentaksintervall i hovedvassdraget og sidevassdrag, for å gi et mer representativt bilde av flomforholdene i sidevassdragene.

Tabell 9 Kombinasjoner av flommer i Otra og sidevassdragene. $Q_{200}Q_{200}$ representerer samtidig 200-årsflom i både Otra og sidevassdragene. $Q_{200}Q_2$ representerer 200-årsflom i Otra og 2-årsflom i Rauåna og Høiebekken. Q_2Q_{200} representerer 2-årsflom i Otra og 200-årsflom i Rauåna og Høiebekken.

Grense	$Q_{200}Q_{200}$	$Q_{200}Q_2$	Q_2Q_{200}
Vigelandsfoss	1539,85	1544,58	467,85
Rauåna (m ³ /s)	8,15	3,42	8,15
Otra etter samløpet med Rauåna / ved Heisel (m ³ /s)	1548	1548	476
Høiebekken (m ³ /s)	26,57	10,76	26,57
Utløp ved fjorden (m ³ /s)	1574,54	1574,54	484,16
Vannstand ved fjorden (moh)	0,65	0,65	0,65



Figur 15 Flomvannstand ved forskjellige kombinasjoner i Rauåna. (a) Vanddybde ($Q_{200}Q_{200}$) og oversvømt areal for kombinasjonene. (b) Nærbildet der pel mellom 180-220 meter. (c) Profil av flomvannstand (moh).



Figur 16 Flomvannstand ved forskjellige kombinasjoner i Høiebekken. (a) Vanndybde ($Q_{200}Q_{200}$) og oversvømt areal for kombinasjonene. (b) Nærbildet der pel mellom 1000-1300 meter. (c) Profil av flomvannstand (moh).

6.2.2 Endelige grensebetingelser

Vannlinjemodellen er definert med en øvre og nedre grensebetingelse. Oppstrøms grensebetingelser består av beregnede momentane flomvannføringer i hoved- og sidevassdragene, både for dagens klima og med klimapåslag. Nedstrøms grensebetingelse er satt til årlig høyvannstand i fjorden – henholdsvis 0,65 moh for dagens klima og 1,45 moh med fremtidig klima.

Vannføringen for dagens situasjon er hentet fra frekvensanalyser for Høiebekken, Rauåna og Otra (ved Heisel). Klimapåslaget er 40 % i sidevassdragene (Rauåna og Høiebekken) og 20 % i hovedvassdraget Otra.

Vannføringen ved Vigelandsfoss er justert slik at totalvannføringen ved utløpet øker med 20 %. Differansen mellom flomvannføringen ved utløpet og summen av bidragene fra Heisel og Høiebekken representerer tilskudd fra Sagabekken, Sagebekken og Lillebekken. Grensebetingelser for vannføring og vannstand i fjorden er vist i Tabell 10.

Tabell 10 Grensebetingelser av vannføringer og vannstand ved fjorden.

Klima	Grense	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
Dagens klima	Vigelandsfoss (m ³ /s)	472,58	648,6	763,78	873,13	1012,15	1116,5	1539,85	1696,87	1815,06
	Rauåna (m ³ /s)	3,42	4,4	5,22	5,87	6,85	7,5	8,15	9,13	9,94
	Otra etter samløpet med Rauåna / ved Heisel (m ³ /s)	476	653	769	879	1019	1124	1548	1706	1825
	Høiebekken (m ³ /s)	10,76	14,34	16,79	18,91	22	24,29	26,57	29,67	32,11
	Utløp ved fjorden (m ³ /s)	486,76	667,34	785,79	897,91	1041,01	1143,29	1574,57	1735,67	1857,11
	Vannstand ved fjorden (moh)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Med klimapåslag	Vigelandsfoss (m ³ /s)				1046,58			1846,19		2176,08
	Rauåna (m ³ /s)				8,22			11,41		13,92
	Otra etter samløpet med Rauåna / ved Heisel (m ³ /s)				1054,8			1857,6		2190
	Høiebekken (m ³ /s)				26,47			37,2		44,96
	Utløp ved fjorden (m ³ /s)				1081,27			1894,8		2234,96
	Vannstand ved fjorden (moh)				1,45			1,45		1,45

Friksjonsforhold i modellen er hovedsakelig bestemt ut fra terrengdata, flyfoto og befarings. Elvebreddene består hovedsakelig av skog og flate jordbruksområder. Strømningsforholdene vurderes som rolige. Friksjon er representert ved bruk av Manningstallet ($n=1/M$) varierer fra 0,02 for samferdselsområder til 0,08 i tett skog. Inndelingen er basert på arealressurskart fra Statens kartverk, og valg av friksjonsverdier følger anbefalinger i NVEs Vassdrags håndbok. En oversikt over benyttede friksjonsverdier er vist i Tabell 11.

Tabell 11 Oversikt over friksjon benyttet i vannlinjmodellene.

AR5	Manningstall (n)
Bebyggd	0,1
Samferdsel	0,02
Fulldyrka	0,05
Overflatedyrka	0,05
Innmarksbeite	0,045
Barskog	0,08
Åpen fastmark	0,05
Myr	0,06
Ferskvann	0,025

6.3 Infrastruktur i vassdraget

Fem ulike broer krysser Otravassdraget, fra enkle hengebroer til større vei- og jernbanebroer. To av disse broene, inkludert Oddernesbrua og Christian Quartbroa, har god klaring over vannet og er modellert med pilarene sine. Thygesons Minde er også inkludert i modellen.

Fire broer, både for vei og jernbane, krysser Høiebekken og inngår i vannlinjemodellen. Under store flommer har de liten oppstuvningseffekt sammenlignet med Otra.

6.4 Utførte og planlagte tiltak

I NVE Kartdata er det registrert et erosjonssikringstiltak ved Sørlandssykehuset, utført med ordnet steinlag. Tiltaket ble opprinnelig bygget i 1894, og det ble etablert delvis støttefylling i 1999. Sikringen strekker seg over omtrent 400 meter langs vestsiden av Otra. Terrengdata viser ingen tegn til terrengheving ved steinlaget. Tiltaket er ikke forventet å ha noen innvirkning på flomsituasjonen.

6.5 Kalibrering av vannlinjemodell

Vannlinjemodellen er kalibrert ved å justere friksjonsverdier for vann og ulike arealtyper, med utgangspunkt i tidligere modeller fra Norconsult (2021) der friksjonstallene ble først tilpasset relativ vannføring mellom målestasjoner – Heisel med ca. 215 m³/s og Vigelandsdammen med 150–160 m³/s.

Videre er modellen kalibrert mot flomhendelsen i 1987, da vannføringen ved Heisel var 1238 m³/s og vannstanden ble registrert til 4,7 moh (NN1954) eller 4,58 moh (NN2000). Modellens vannstand for profil 13, som brukes i NVEs flomsonekartlegging, er på 4,35 moh – i god overensstemmelse med observerte data.

Den endelige friksjonsverdien for vann i modellen er satt til 0,025. En fullstendig oversikt over brukte Manningstall finnes i Tabell 11.

7 Resultat og konklusjon

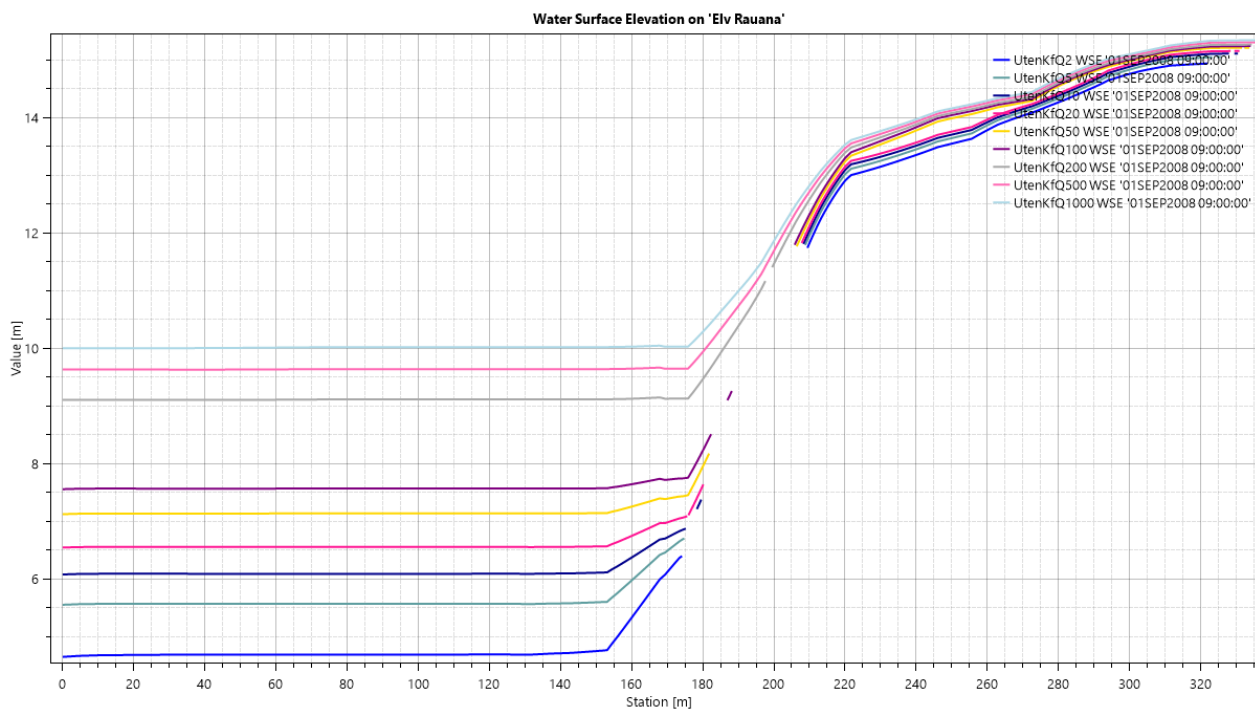
Flomsonekart som viser flomutbredelse langs Otravassdraget er vist i vedlegg. Flom er vurdert for gjentakintervall på 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år. I tillegg er 20-, 200- og 1000-årsflommer vurdert med et klimapåslag på 20 %. Videre i dette kapittelet gis en kortfattet beskrivelse av de forventede konsekvensene av flom i vassdraget.

Figur 17 til Figur 19 viser beregnet flomvannstanden for dagens forhold ved alle gjentakintervaller. Figur 20 til Figur 22 viser 20-, 200- og 1000-årsflom med og uten klimapåslag.

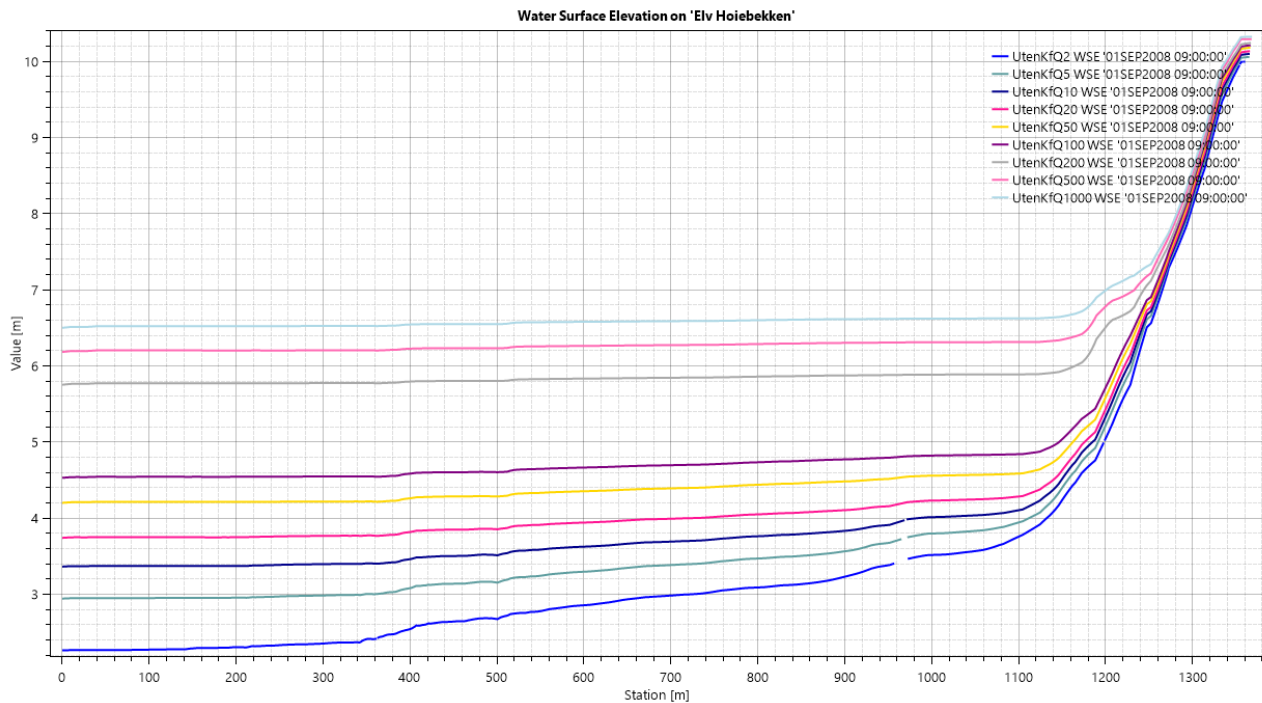
Hvor mye flomvannstanden øker med økende flomstørrelser avhenger av fluviale forhold og geometri. I Rauåna og Høiebekken øker flomvannstanden mindre med økende flomstørrelse sammenlignet med hovedvassdraget, som har vesentlig større flommer enn sidevassdragene.

Analysen viser at 200-årsflommen med klimapåslag blir litt høyere enn 1000-årsflommen uten klimapåslag, og at økningen i flomvannstand fremover varierer mellom forskjellige strekninger.

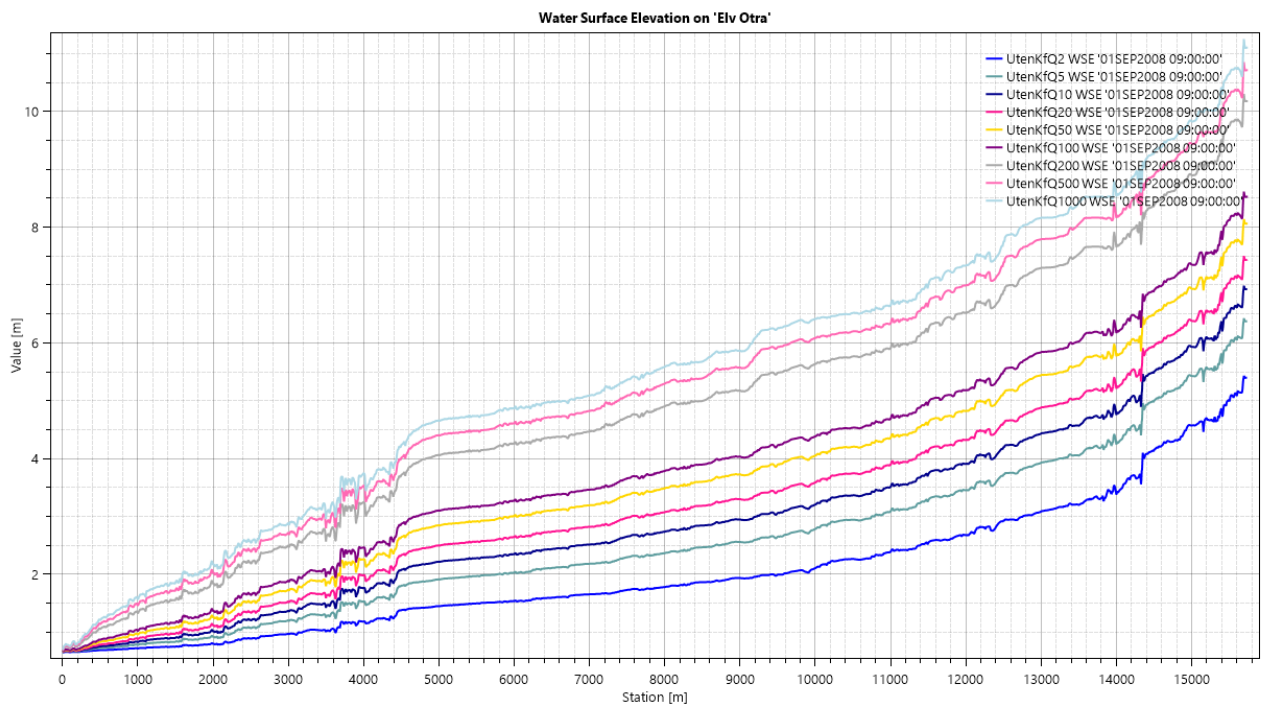
I sidevassdragene, spesielt nær utløpet, vil flom i hovedvassdraget heve flomvannstanden også i sideelvene. I hovedvassdraget viser modellresultatene at vannstanden i fjorden påvirker vannstanden omtrent 4500 meter oppstrøms. Modellen bruker ettårig stormflomvannstand i fjorden for fremtidige scenarioer.



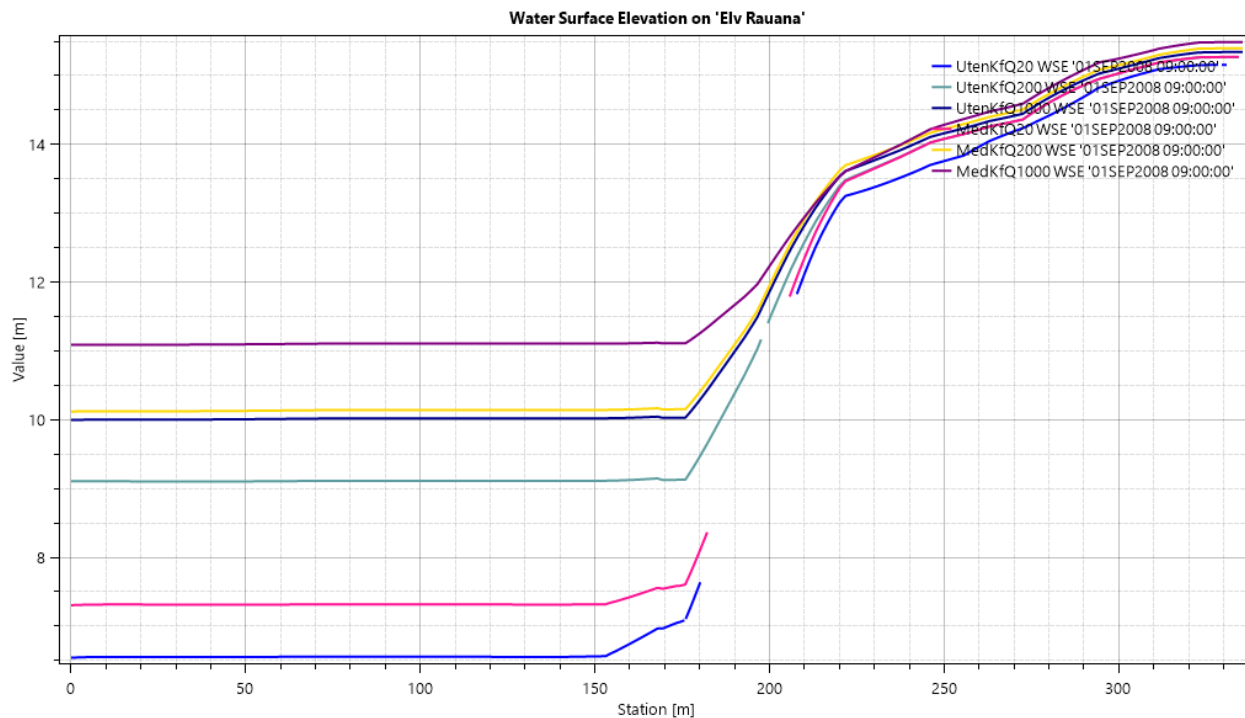
Figur 17 Beregnet flomvannstand for Rauåna – dagens situasjon.



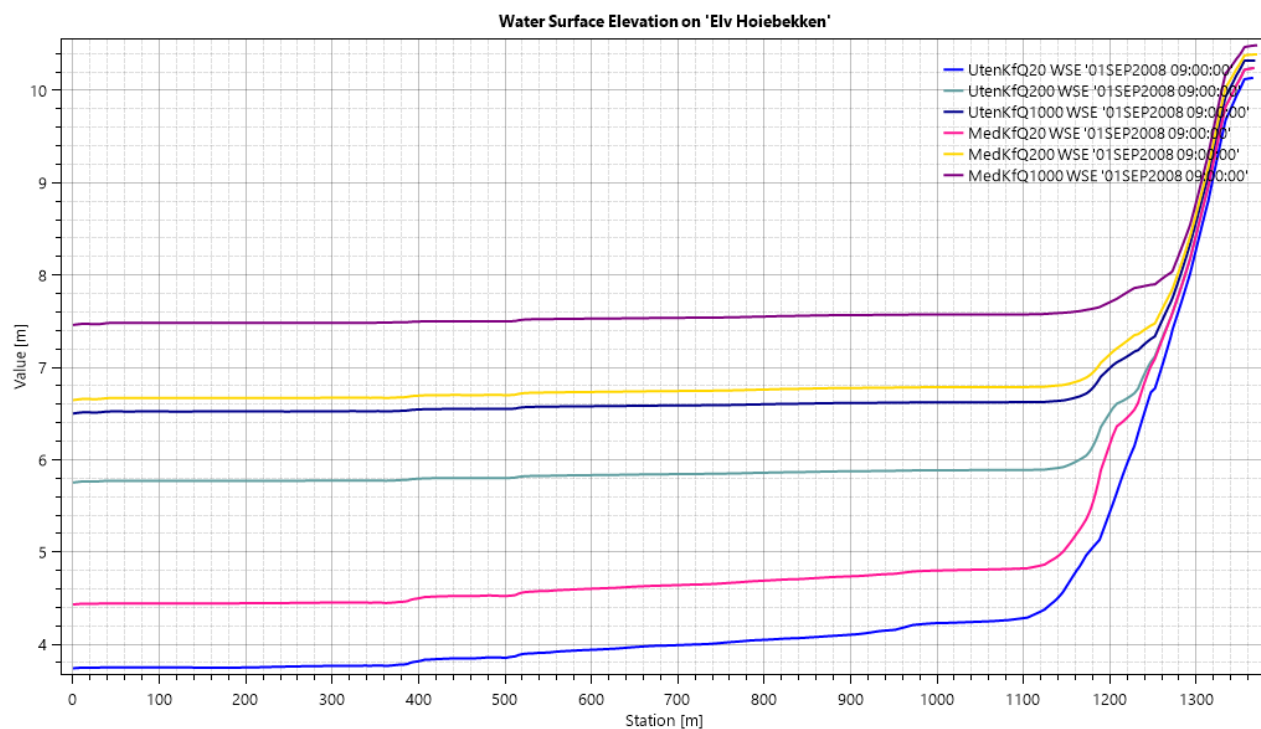
Figur 18 Beregnet flomvannstand for Høiebekken – dagens situasjon.



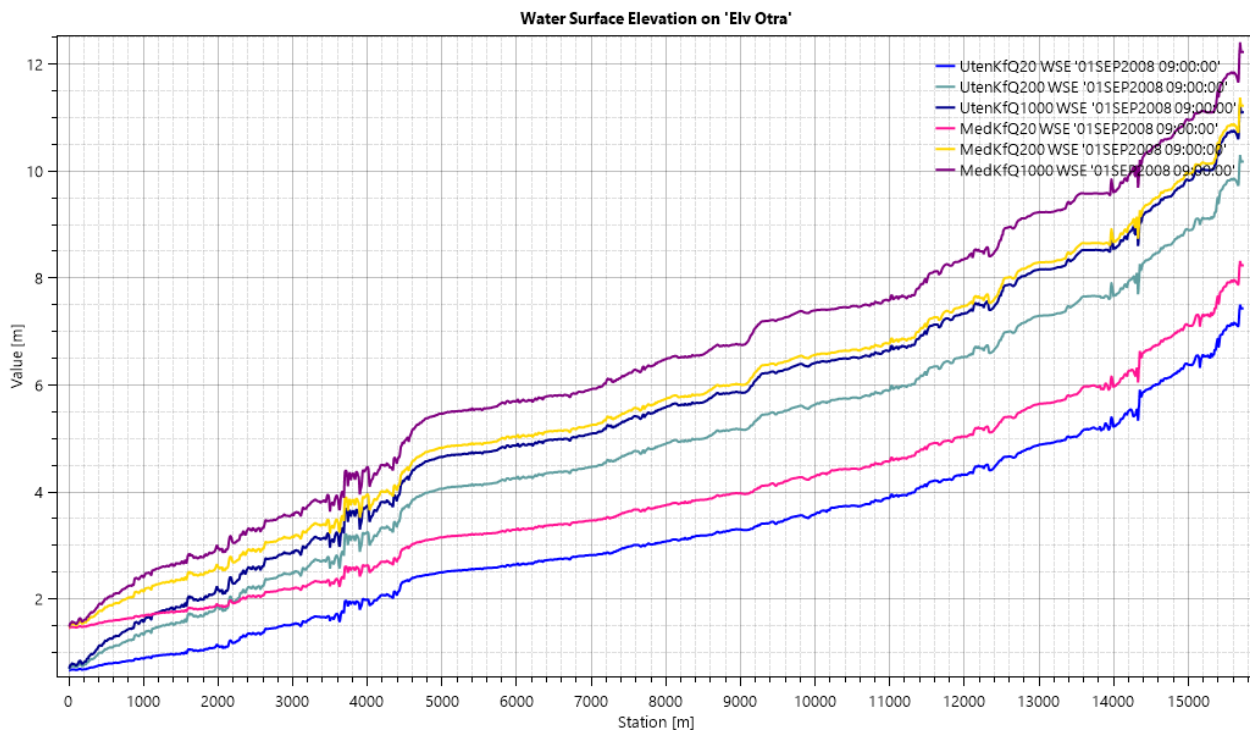
Figur 19 Beregnet flomvannstand for Otra – dagens situasjon.



Figur 20 Beregnet flomvannstand (20-, 200- og 1000-årsflom) for Rauåna – dagens og fremtidig situasjon.



Figur 21 Beregnet flomvannstand (20-, 200- og 1000-årsflom) for Høiebekken – dagens og fremtidig situasjon.



Figur 22 Beregnet flomvannstand (20-, 200- og 1000-årsflom) for Otra – dagens og fremtidig situasjon.

Det presiseres at flomvurderingene er gjort for hovedelvene og Rauåna og Høiebekken i vassdraget. Under en flom kan økt vannføring i mindre bekker føre til lokale oversvømmelser som ikke nødvendigvis fremgår av flomsonekartene.

8 Diskusjon

8.1 Usikkerheter

8.1.1 Flomberegning

Det vil alltid være en viss grad av usikkerhet knyttet til beregninger av flomvannføring. I denne flomsonekartleggingen er beregningene i stor grad basert på vannføringsmålinger ved Heisel målestasjon, som har en lang og sammenhengende tidsserie. Vannføringskurven ved Heisel er utarbeidet på bakgrunn av 141 målepunkter, noe som gir et solid statistisk grunnlag for vurderingene. Selv om det ikke er oppgitt spesifikk informasjon om kvaliteten på selve vannføringskurven, anses datakvaliteten generelt for å være god. Tidsserien fra Heisel er også benyttet i tidligere flomsonekartlegginger, noe som styrker grunnlaget for beregningene. Likevel må det påpekes at selv lange måleserier kan være korte sammenlignet med de lengste gjentakintervallene, som for eksempel 200-års flom. Lengre måleserier vil kunne gi et enda tryggere fundament for å fastsette flomvannføring, og det er derfor en viss risiko for at flomverdiene kan endre seg i fremtiden.

Vannføringen er fastsatt med utgangspunkt i regulerte flommer og er derfor påvirket av reguleringen i vassdraget. Dette har vært et bevisst valg, da regulerte flommer gir et mer representativt bilde av de faktiske flomforholdene i vassdraget enn uregulerte vannføringer. Uregulerte vannføringer kan gi kunstig høye flomverdier i regulerte vassdrag. Det er imidlertid kjent at effekten av vassdragsregulering avtar ved store gjentakintervaller. Denne flomsonekartleggingen tar hensyn til dette gjennom bruk av ulike lengder på dataseriene. For lavere flommer, til og med 100-årsflom, er det benyttet data fra perioden 1991–2024 med tilnærmet komplett regulering. For større flommer, fra 200-årsflom og oppover, er en lengre tidsserie fra 1930–2024 med mindre grad av regulering lagt til grunn.

En viktig usikkerhetsfaktor i flomberegningen er valg av kulminasjonsfaktor. Kulminasjonsfaktoren benyttes for å omregne mellom døgnmiddelvannføring og flomtopp, og er avgjørende for å fastsette den maksimale flomvannføringen. I denne analysen er det brukt en kulminasjonsfaktor på 1,15, som er basert på sammenligning av oppmålte kulminasjonsflommer og døgnmiddel flomverdier. Valg av kulminasjonsfaktor kan ha stor betydning for flomberegningen, spesielt i regulerte vassdrag der flomforløpet kan påvirkes av magasinregulering og tapping. Flommen i 2017 illustrerer dette godt, da det ble registrert to flomtopper i løpet av flomperioden. Dersom det kun hadde vært én samlet flomtopp, ville den maksimale vannføringen trolig vært betydelig høyere. Dette understreker viktigheten av å velge en kulminasjonsfaktor som er representativ for de faktiske forholdene i vassdraget, og samtidig å være oppmerksom på at variasjoner i flomforløp kan påvirke resultatene.

8.1.2 Terrengmodell

Vannlinjemodellen er basert på en terrengmodell som er basert på bunnskanning av Otraelva fra 2024 og laserdata til terreng. Punktskyen til terrenget er laget med bakkepunkter registrert fra fly. Konsekvensen av dette er at noen områder har lavere punkttetthet som igjen kan føre til unøyaktigheter i modellen. Spesielt gjelder dette for områder med tett vegetasjon. Grunnlaget som terrengmodellen er laget, betraktes som godt og det er bare i liten grad forventet at unøyaktigheter i terrenget vil påvirke resultatene.

Terrengmodellen for sidevassdragene er basert på laserskanning fra fly (2014 og 2017) hentet fra høydedata.no. Datakvaliteten er lavere enn for hovedvassdraget.

Terrengmodellen tar ikke hensyn til endringer i terrenget etter kartlegging og tar heller ikke hensyn til erosjonsskader eller sedimentering som kan forekomme i en flomsonekartlegging.

8.1.3 Vannlinjemodell

Utover usikkerheter knyttet til fremstillingen av terrenget, er de viktigste usikkerhetene i den hydrauliske modellen knyttet til vurdering av friksjonsforhold og hvorvidt friksjonsfaktorene som er benyttet reflekterer de faktiske forholdene i vassdraget. Valg av friksjonsfaktor er i stor grad erfaringsbasert og kan være krevende. Erfaring viser imidlertid at Manning-tallet har mindre betydning når vannføringen og vanndybden er stor, noe som gjelder for store deler av vassdraget under de simulerte vannføringene. Simulert vannstand samsvarer godt med tidligere observerte vannstander, noe som indikerer at friksjonsforholdene i modellen er hensiktsmessige.

Bruene som krysser Otra har god klaring til vassdraget og forventes å ha liten eller ingen effekt på vannstand eller vannføring under flom. En situasjon der drivgods begrenser avledningskapasiteten til bruene, kan imidlertid føre til lokal vannstandsstigning og økt oversvømmelse oppstrøms, noe som ikke fanges opp i flomsonekartene. Flere mindre sidevassdrag og elver passerer under mindre bruer langs Otra. Denne flomsonekartleggingen vurderer kun flom i hovedelva, men kombinasjonen av høy vannstand i Otra og lokal flom i sidevassdragene kan medføre lokale oversvømmelser som ikke fremkommer i kartleggingen.

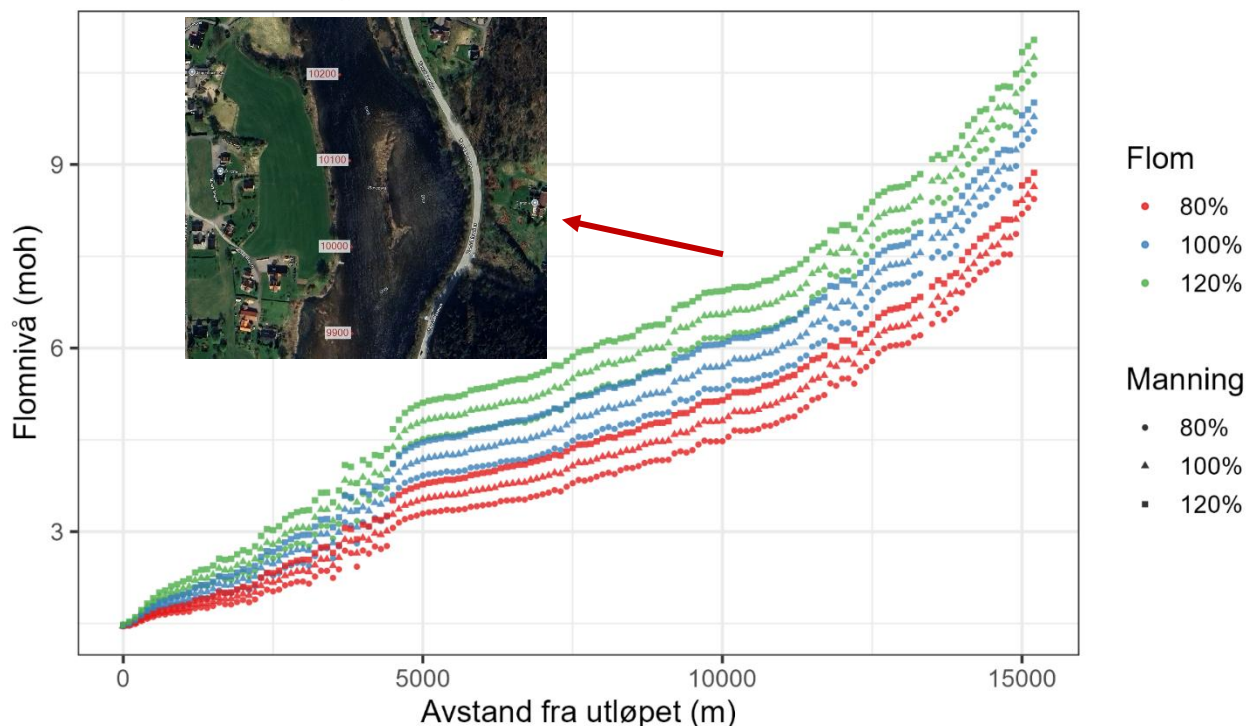
Friksjonsforholdene i vannlinjemodellene er satt etter Norconsult (2021), som er kalibrert mot lavere vannføringer. Sammenligningen med flommen i 1987 viser moderate avvik, men effekten av endringer i terrenget er fortsatt vanskelig å vurdere.

8.2 Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyse er gjennomført for 200-årsflommen uten klimapåslag. Det er gjort ± 20 % endring i Manningstall og flomstørrelsen. Figur 23 viser hvordan flomstørrelse og Manningstall påvirker resultatene. Endringene blir mindre jo nærmere utløpet man kommer, noe som illustrerer hvordan vannstanden ved fjorden påvirker resultatene.

Ved en pel på 10 000 meter fra fjorden, ved Mosby og Stavsøyra, varierer vannstanden fra 4,5 til 6,9 moh. En 20 % endring i flomstørrelsen gir en endring i flomvannstand på omtrent 0,8–0,9 meter. Tilsvarende vil en 20 % endring i Mannings friksjon bare endre vannstanden med cirka 0,3–0,4 meter.

Følsomhetsanalyse av flomnivåer ved 200-årsflom



Figur 23 Resultat av følsomhetsanalyse.

8.3 Sikkerhetspåslag

Formålet med sikkerhetspåslag er å ta hensyn til usikkerheter knyttet til både flomberegninger og hydrauliske beregninger på de beregnede vannstandene. Vurdering av sikkerhetspåslag tar utgangspunkt i kvaliteten på flomberegningen og den hydrauliske modellen. Valg av anbefalt sikkerhetspåslag på vannstand er en skjønnsmessig vurdering.

Flomberegningen for hovedvassdraget ved Heisel er klassifisert som klasse 1, mens sidevassdragene er klassifisert som klasse 3. Mer detaljer er i flomberegningene, punkt 3.8 og 4.6.

Når det gjelder den hydrauliske modellen, er modellen kalibrert mot flommen i 1987, og avviket i vannstand ved Heisel er om lag 20 cm. Følsomhetsanalyser viser at gjennomsnittlige endringer i vannstand kan være større enn 30 cm. Samtidig er den hydrauliske modellen bygget på terrengdata av god kvalitet, og geometriendringer og massetransport i vassdraget vurderes som små. Ut fra en helhetlig vurdering konkluderer Norconsult med at den hydrauliske modellen tilhører klasse C. Dette innebærer et sikkerhetspåslag på 15 % på vannføringen i hovedvassdraget og 30% på vannføringen i sidevassdragene.

Sikkerhetspåslaget vurderes for en 200-års flomvannføring, og det anvendes et uniformt sikkerhetspåslag i høyde for alle dimensjonerende flomvannføringer. Vannføringsforholdene benyttet ved evaluering av sikkerhetspåslag fremgår av Tabell 12 og øknings i flomvannstand er vist Figur 24 til Figur 26.

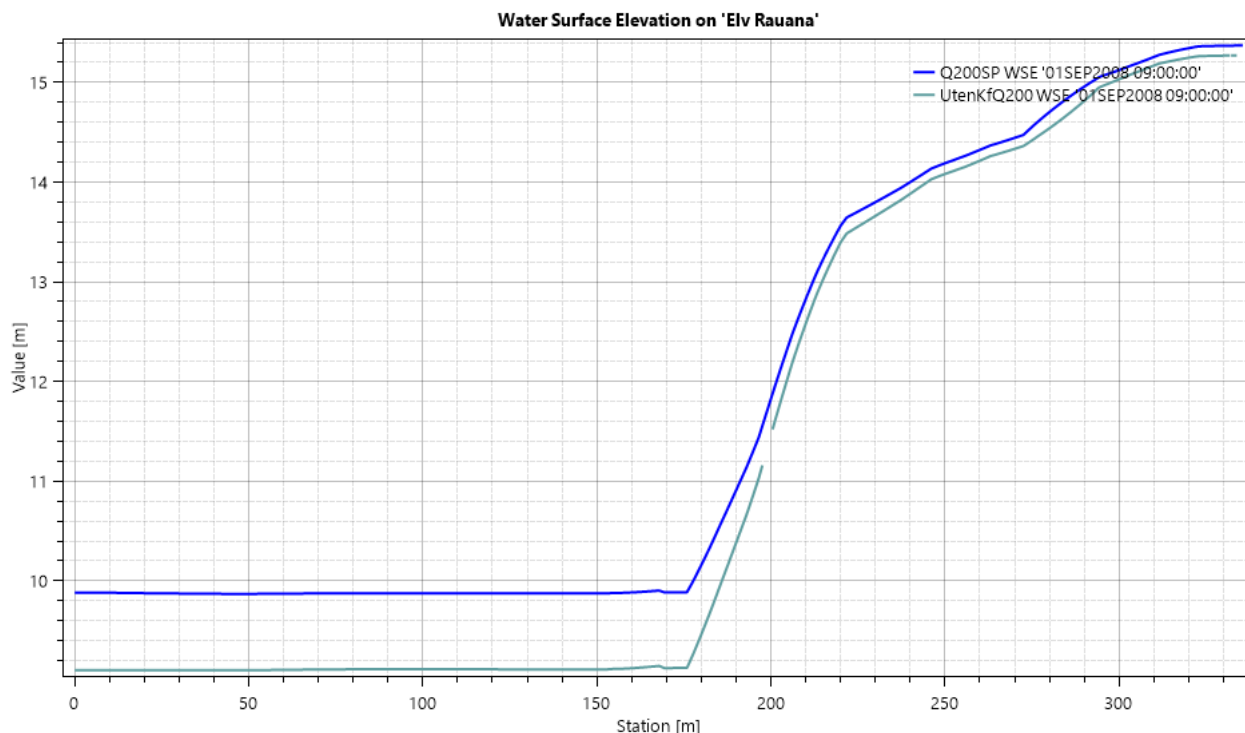
For Rauåna, varierer forskjellen fra 0,09 til 0,52 meter, over en strekning av 190 m, og gjennomsnittet er på 0,15 meter. Anbefalt sikkerhetspåslag er 0,5 meter.

For Høiebekken, varierer forskjellen fra 0,11 til 0,47 meter, over en strekning av 1200 m, og gjennomsnittet er på 0,24 m. Anbefalte sikkerhetspåslag er 0,5 meter.

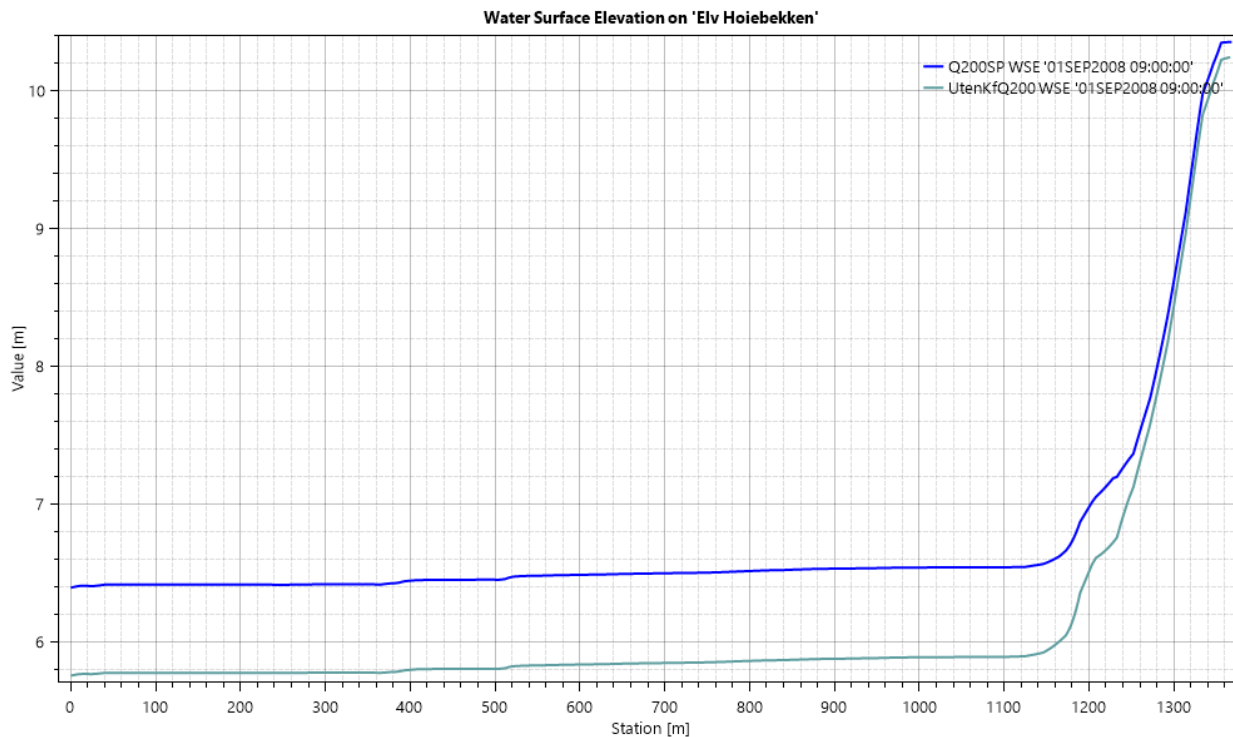
For Otra, der en pel mer enn 4000 meter, oppstrøms Sødal, varierer forskjellen fra 0,38 til 0,83 meter, og gjennomsnitt er 0,63 meter. Anbefalte sikkerhetspåslag er 0,7 m. Mellom Sødal og sjøen indikerer vannlinjeberegningene økt påvirkning fra vannstand i fjorden, og et minimum sikkerhetspåslag på 0,3 meter anbefales.

Tabell 12 Betingelse til vurdering av sikkerhetspåslag.

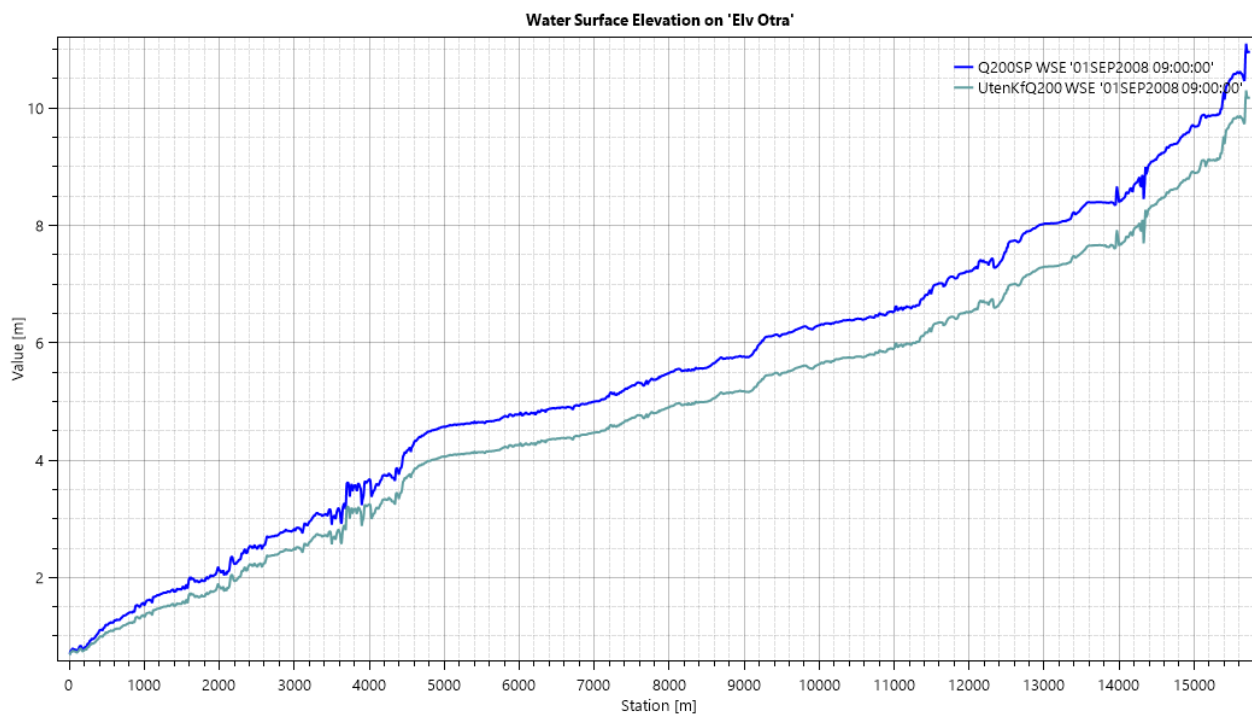
Grense	Q ₂₀₀ med SP
Vigelandsfoss	1769,61
Rauåna (m ³ /s)	10,60
Otra etter samløpet med Rauåna / ved Heisel (m ³ /s)	1780,2
Høiebekken (m ³ /s)	34,54
Utløp ved fjorden (m ³ /s)	1814,74
Vannstand ved fjorden (moh)	0,65



Figur 24 Forskjell i vannstand mellom en 200-årsflom og når det er lagt til et sikkerhetspåslag på vannføringen for Rauåna.



Figur 25 Forskjell i vannstand mellom en 200-årsflom og når det er lagt til et sikkerhetspåslag på vannføringen for Høiebekken.



Figur 26 Forskjell i vannstand mellom en 200-årsflom og når det er lagt til et sikkerhetspåslag på vannføringen for Otra.

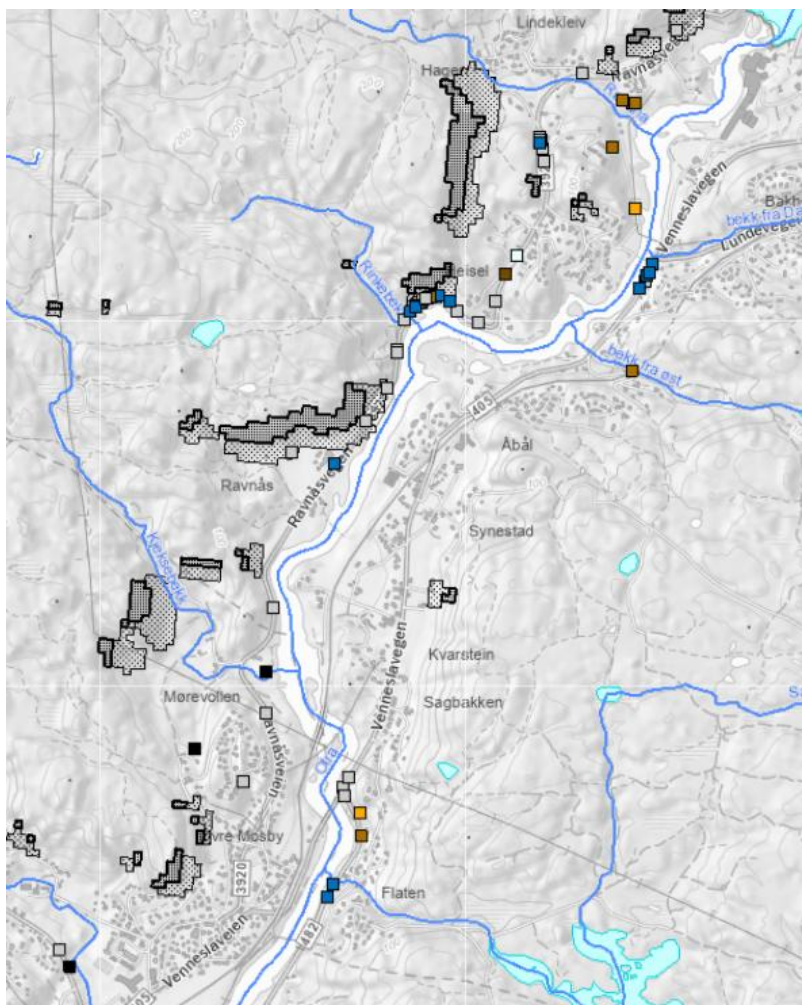
8.4 Følgeskader

Elvebredden langs Otravassdraget består hovedsakelig av elveavsetning og bart fjell, med noen områder med breelvavsetning og morenemateriale. Geoteknisk vurdering er ikke utført, men risikoen for erosjon og ras anses som liten der det er tynt morenelag eller bart fjell. Erosjonsskader henger sammen med vannhastighet, og utsatte masser finnes der vannet renner sakte. Flomsonekartlagte områder har lav risiko for følgeskader og erosjon er ikke et utbredt problem her.

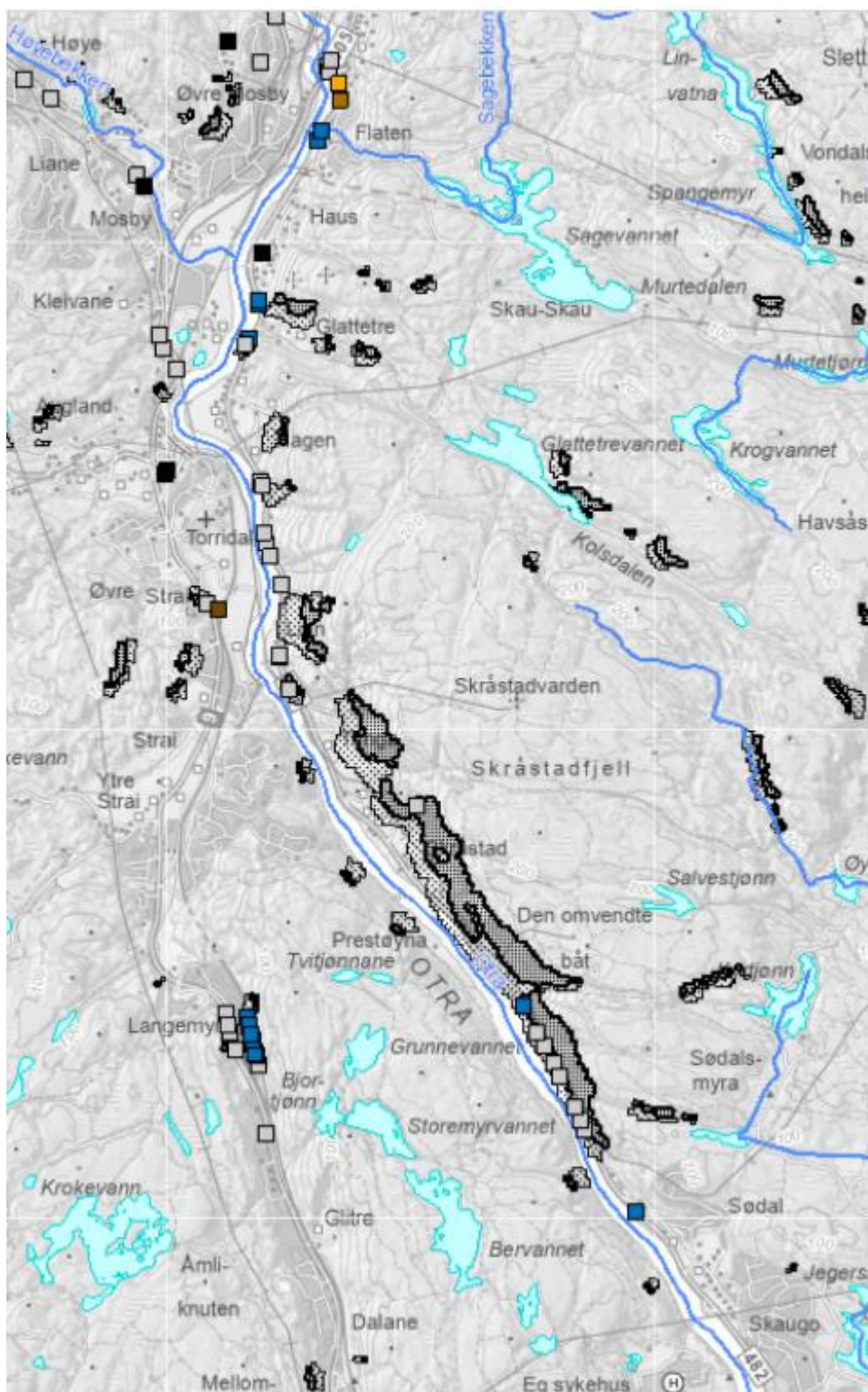
9 Andre farer

9.1 Skred

Analyseområdet ligger i Agder. Skred forekommer hovedsakelig som steinskred, med få tilfeller av leir- og jordskred. Figur 27 og Figur 28 viser skredhendelser samt aktsomhetsområder for steinsprang, jordskred og flomskred hentet fra NVE Atlas. Skred kan påvirke flomforhold ved å blokkere elver og bekker, øke sedimenttransport og endre terreng. Dette kan både forverre flomrisikoen og redusere effektiviteten til flomsikringstiltak.



Figur 27 Skredhendelser og aktsomhetsområder for steinsprang samt jord- og flomskred fra Vigelandsfoss til Flaten. Kilde: NVE, 2025.



Figur 28 Skredhendelser og aktsomhetsområder for steinsprang samt jord- og flomskred fra Flaten til utløpet. Kilde: NVE, 2025.

9.2 Isproblemer

Det er ikke registret isproblemer på www.iskart.no. Det forventes heller ikke isproblemer i framtiden som vil påvirke flomsituasjoner.

Referanser

NVE (2005). *Flomsonekart, Delprosjekt Mosby*. NVE-rapport 12/2005.

NVE (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. NVE-rapport 81/2016.

NVE (2020). Lokal og regional flomfrekvensanalyse. NVE-rapport 10/2020.

Norconsult (2021). Flomsonekartlegging Otravassdraget.

NVE. (2022). Sikkerhet mot flom. Veileder nr. 3/2022.

NVE. (2025). Veileder om flomberegning. Veileder nr. 1/2025.

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: (+47) 22 95 95 95

<https://www.nve.no>