

► **Flomfarevurdering for Omkjøringsvegen I-III**

Sammendrag/konklusjon

Omkjøringsvegen berøres av 200-årsflom med klimapåslag. Det må derfor etableres en 1000 mm stikkrenne for at vegen ikke skal oversvømmes og at arealene bak Midtratjørna ikke skal være like utsatt. Det er også svært viktig at utløpsledningen fra Vestratjørna blir driftet og vedlikeholdt.

Beregningene er utført i henhold til gjeldende praksis for denne typen flomvurderinger. Detaljer omkring vurderingene som er utført, er gitt nedenfor.

E01	2024-06-11	For godkjenning hos myndigheter	KinSve	StMyr	TSi
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.

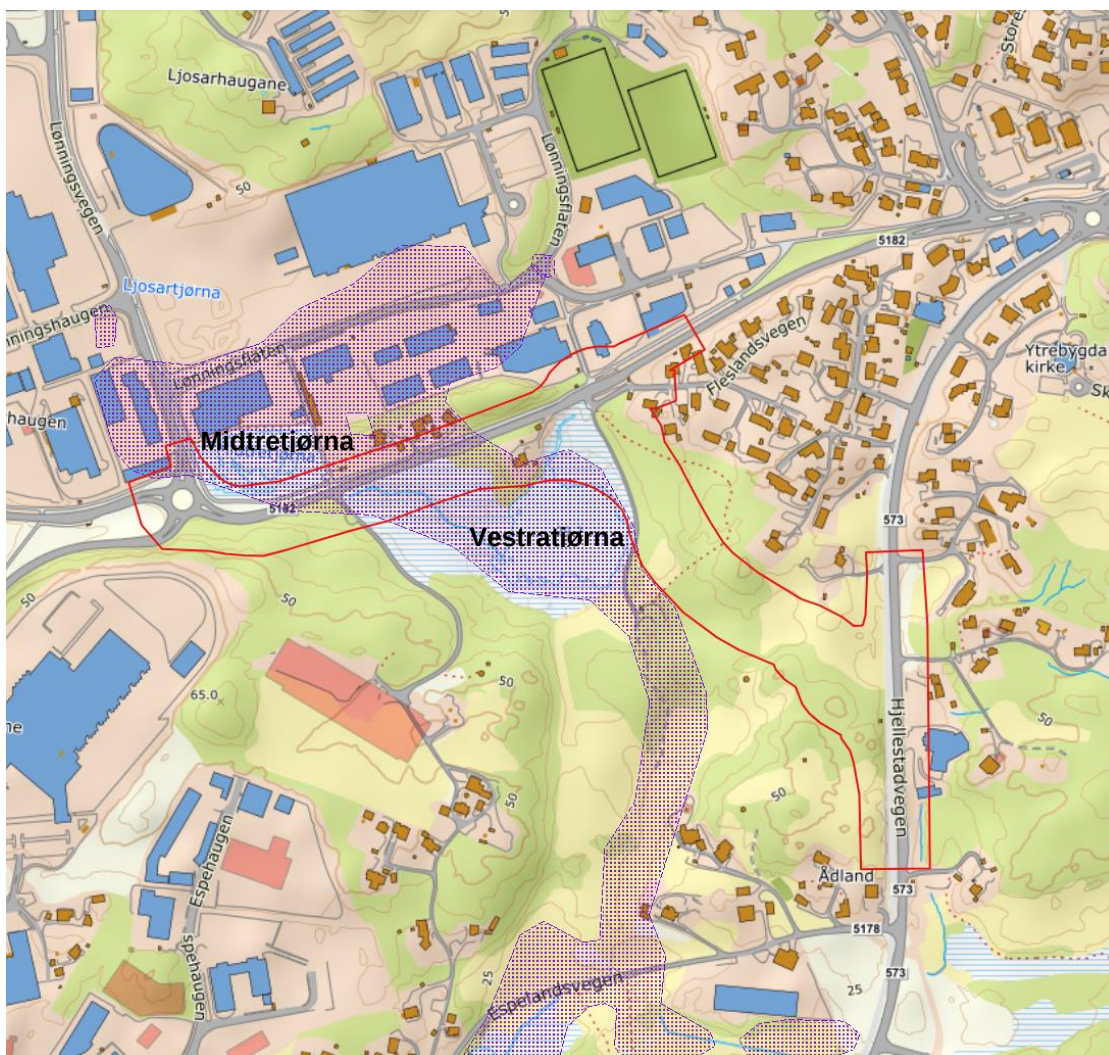
1 Introduksjon og beskrivelse av oppdrag

1.1 Beskrivelse av oppdrag

Norconsult har på oppdrag fra Bybo AS, utført en flomvurdering for Omkjøringsvegen strekning I-II i Ytrebygda i Bergen kommune i forbindelse med detaljregulering som også utføres av Norconsult.

Veien som skal etableres ligger delvis innenfor NVEs aktsomhetssone for flom, som gir krav om nærmere vurdering av reell flomfare i området. Utredningen følger NVEs veileder 3/2022 Sikkerhet mot flom [1]. Figur 1-1 viser tidligere plangrense og aktsomhetssone. Flomfaren er knyttet til to hovedpunkter. Det er kapasiteten til kulvert mellom Midtratjørna og Vestratjørna og vannstandsstigning i Vestratjørna.

Det utføres beregning av flomverdi for nedbørfeltet som legger grunnlag for dimensjonering av kulvert og beregning av maksimal vannstandsstigning i Vestratjørna. Utløpsforholdene langs Vestratjørna er bestemmende for maksimal vannstandsstigning.



Figur 1-1 Utsnitt fra Scalgo live viser rødt omriss av en tidligere plangrense for veien, prikket område er NVEs aktsomhetssone for flom.

1.2 Formål og omfang

Denne rapporten har som hensikt å kartlegge reell flomfare i området.

1.3 Tilgjengelig informasjon og datagrunnlag

Det er i hovedsak utløp fra 2 overvannsledninger til Vestratjørna som fører vann til tjernet. En 300 mm og en 800 mm. Verken innløp eller utløp fra Vestratjørna er en åpen bekk. Utløpet er et bekkeinntak og en 600 mm overvannsledning. Se VA-rammeplan og vedlagte tegninger for bedre beskrivelse av situasjonen [2].

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomsonekartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000 hvis ikke annet er spesifisert.

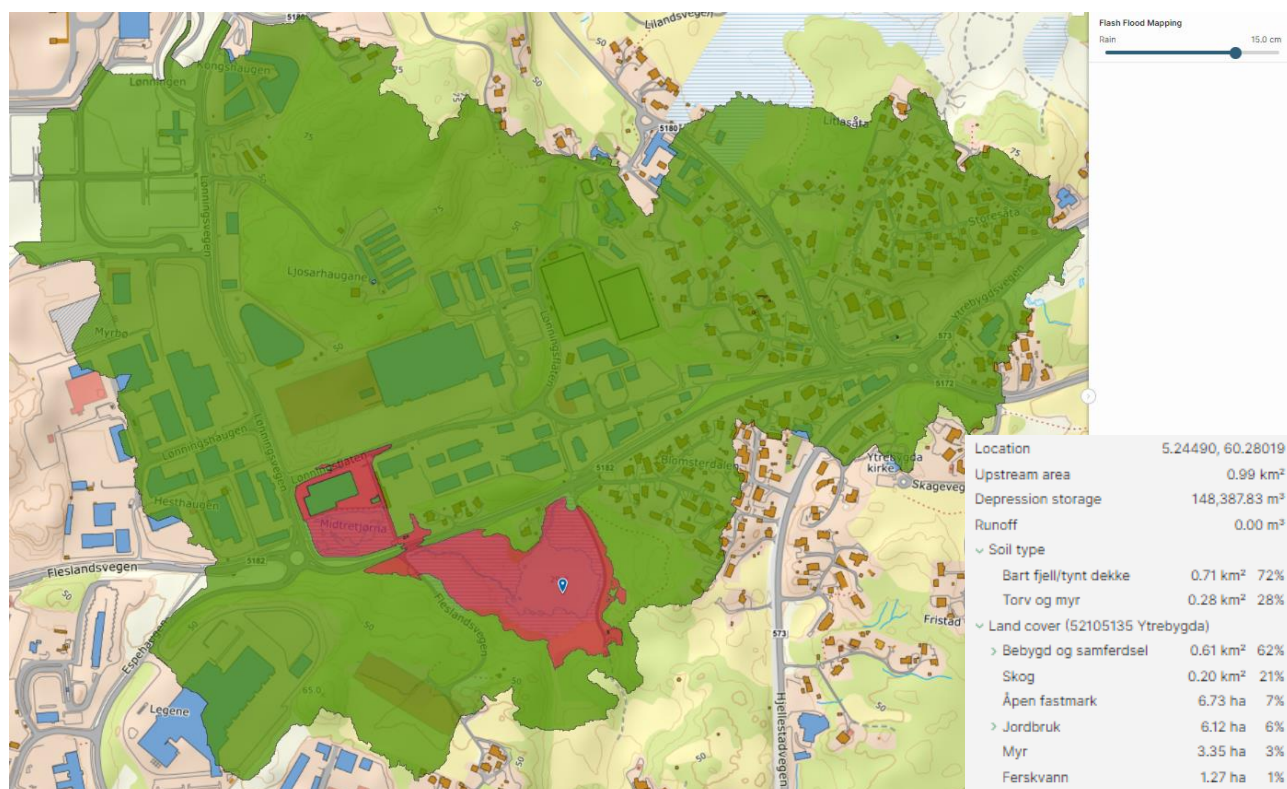
2 Flomberegning

2.1 Beskrivelse av benyttet beregningsmetodikk

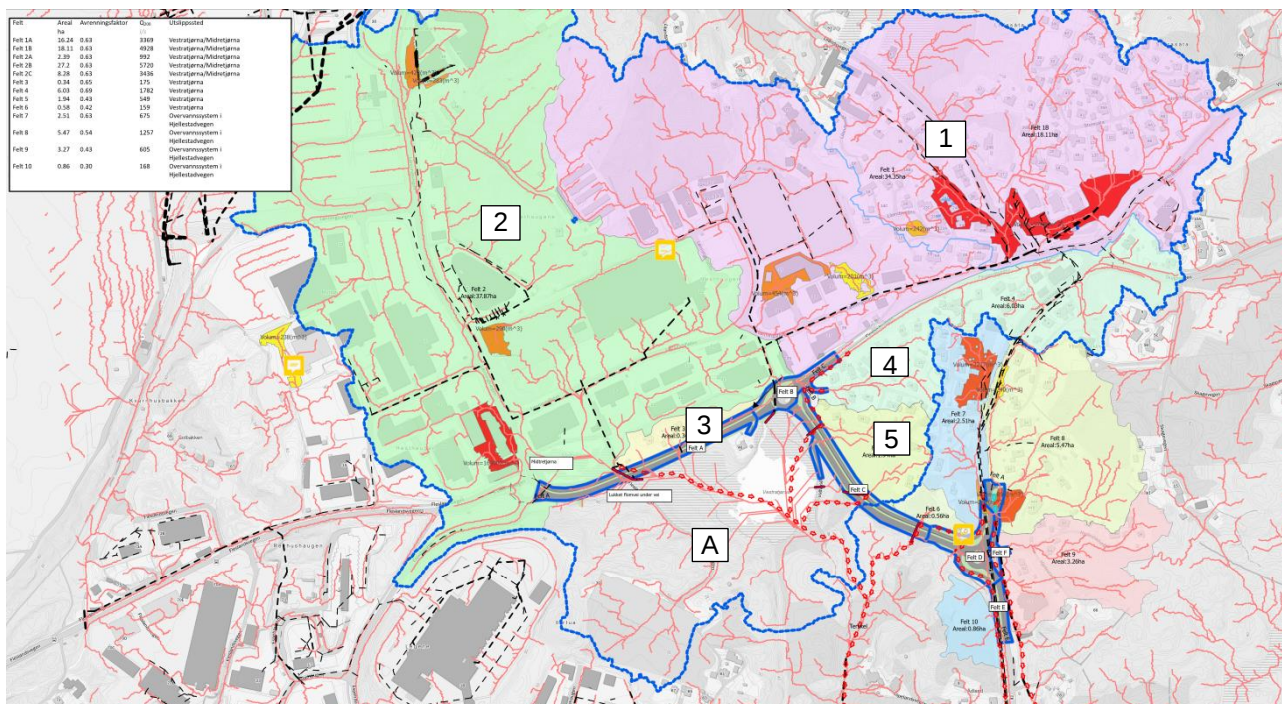
For dette urbane området er det benyttet den rasjonelle formel i kombinasjon med summasjonskurvemetoden. Den rasjonelle formel er beskrevet i NVE Veileder 1/2022: veileder for flomberegninger [3]. Summasjonskurvemetoden benytter addering slik at ulike avrenningstider og felter hensyntas for overvannsledningene. Resultatet fra denne beregningen er en avrenningskurve for de ulike feltene. Det er i tillegg gjort en kontrollberegning med den rasjonelle formel for hele området med ledningsnett. Det er også gjort beregning for øvrige områder som drenerer til Vestratjørna, samt en samla beregning for hele nedbørfeltet som kontroll.

2.2 Nedbørfelt

Det totale nedbørfeltarealet til Vestratjørna er beregnet i Scalgo til 0,99 km², se Figur 2-1. Som man ser av nedbørfelt infoen i Figur 2-1 er det 60% av arealene som er i kategorien bebygd og samferdsel, samt 20% skog. Helningen i området varierer mellom 9% og 9 ‰. Øvrig inndelinger av nedbørfelt i forhold til ledningsnett er gjort i VA-rammeplan [2]. Et utsnitt er vist i Figur 2-2.



Figur 2-1 Nedbørfelt til Vestratjørna automatisk generert i analyseverktøyet Scalgo live.



Figur 2-2 Utsnitt fra tegning G-100 som følger VA-rammeplan [2]. Nummerering av nedbørfelt for å kunne henvise til de ulike feltene i beregninga.

2.3 Beregning

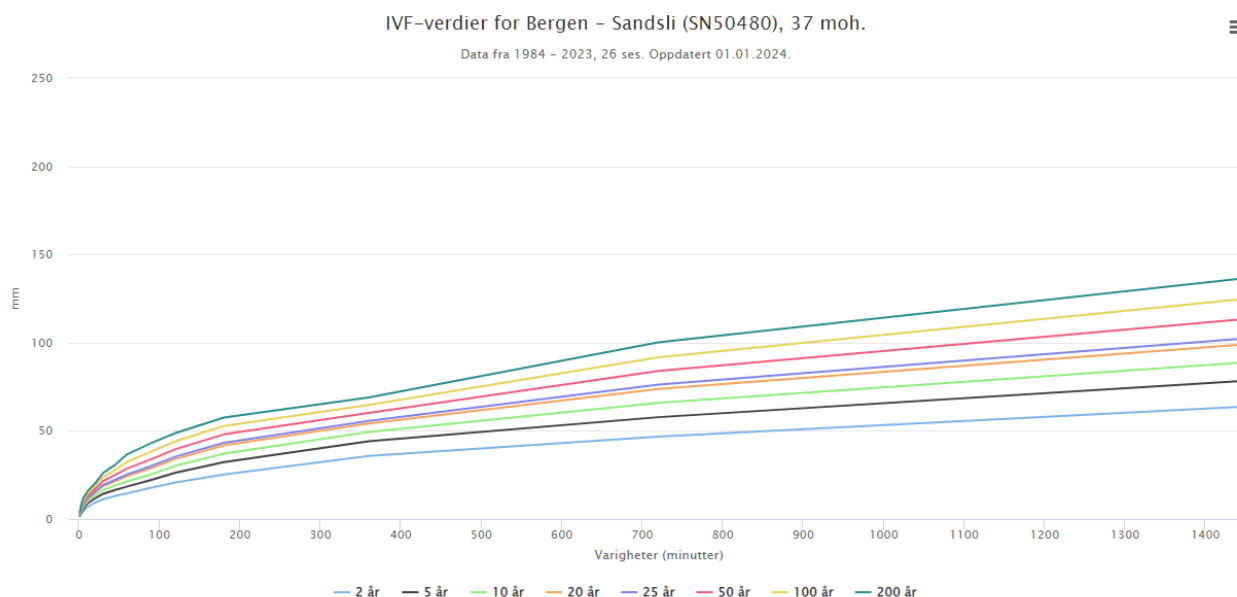
Summasjonskurvemetoden er benyttet og det er beregnet avrenningskurver for ulike varighet. Varigheten som ga høyest utslag i modellering er benyttet. I dette tilfellet er det en varighet på nedbør på 45 minutter, og er derfor de resultatene som presenteres her.

Som IVF-kurve er det benyttet kurven fra Sandsli målestasjon, se Figur 2-3. IVF-kurven har 26 sesonger og anses som en god kurve.

Resultatene fra beregningene med den rasjonale formel er vist i Tabell 2-1 og feltene følger feltene angitt i Figur 2-2.

Avrenningskurven i Figur 2-4 viser resultatet av summasjonskurvemetoden for felt 1, felt 2 og felt 4. Det er benyttet C-faktor på 0,63. For felt 1 er det fratrasket 400 l/s som antas ført i 800 mm overvannsledning.

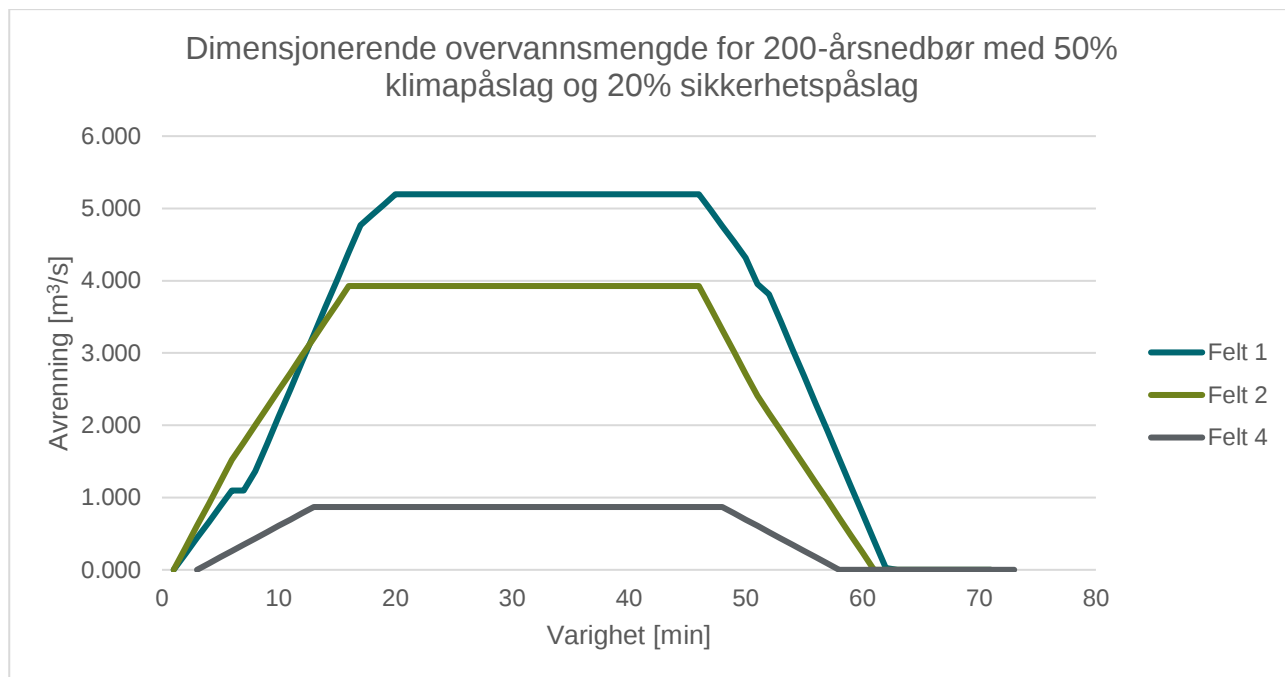
Det er på lik linje med beregninger i VA-rammeplanen benyttet sikkerhetsfaktor og klimapåslag. Sikkerhetsfaktor 1,2 siden vegen er en fylkesveg og klimafaktor 1,5 grunnet klimaprofil og varighet på dimensjonerende nedbør.



Figur 2-3 IVF-kurve for Sandsli målestasjon for alle varigheter i mm.

Tabell 2-1 Flomberegninger med den rasjonelle metoden for 200 års flom (Q_{200}) og 200 års flom med klimafaktor ($Q_{200+klf}$). C er avrenningsfaktoren, L er feltlengden og H er høydeforskjellen i feltet i meter. Ase er effektiv innsjøprosent, t_c er konsentrasjonstiden og i er dimensjonerende nedbørintensitet.

Felt	Areal (ha)	C	L (m)	H (m)	Ase (%)	t_c , naturlig (min)	t_c , urban (min)	Valgt t_c (min)	i $l/(s \cdot h)$ a)	Q_{200} (m^3/s)	$Q_{200+klf}$ (m^3/s)	$Q_{200+klf}$ +20% (m^3/s)
Øvrig avrenning til Vestratjørna (Felt A+3+5)	15	0,4	380	17	0	55	6	30	146	0,9	1,3	1,6
Avrenning til Midtretjørna (Felt 1+2)	84	0,63	1300	25	0	156	20	20	169	9,2	13,9	16,7
Totalt – all avrenning til Vestratjørna	99	0,6	1300	25	0	156	20	20	169	10	15,1	18,1



Figur 2-4 Avrenningskurver for Felt 1, Felt 2 og Felt 4 som er input i vannlinjeberegning.

3 Vannlinjemodellering

3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Beregning av 200-års flomvannstand med klimapåslag gjøres på grunnlag av beregnet flomvannføring. For å kunne gjøre om vannføring til vannstand må flomvannføringen rutes gjennom en hydraulisk modell. I denne analysen er programvaren HEC-RAS benyttet. HEC-RAS kan beregne strømming i 2 dimensjoner, noe som er egnet for å vurdere flomsoner langs vassdrag.

Høydemodellen er mottatt fra BIM-koordinator i oppdraget. Høydemodellen er generert ut fra høydedata og IFC av vegmodellen, samt FKB takflater for bygg. Det er mye skog langs Vestratjørna, og dette gjør at terrengmodellen vil ha færre bakkepunkter og dermed større usikkerhet.

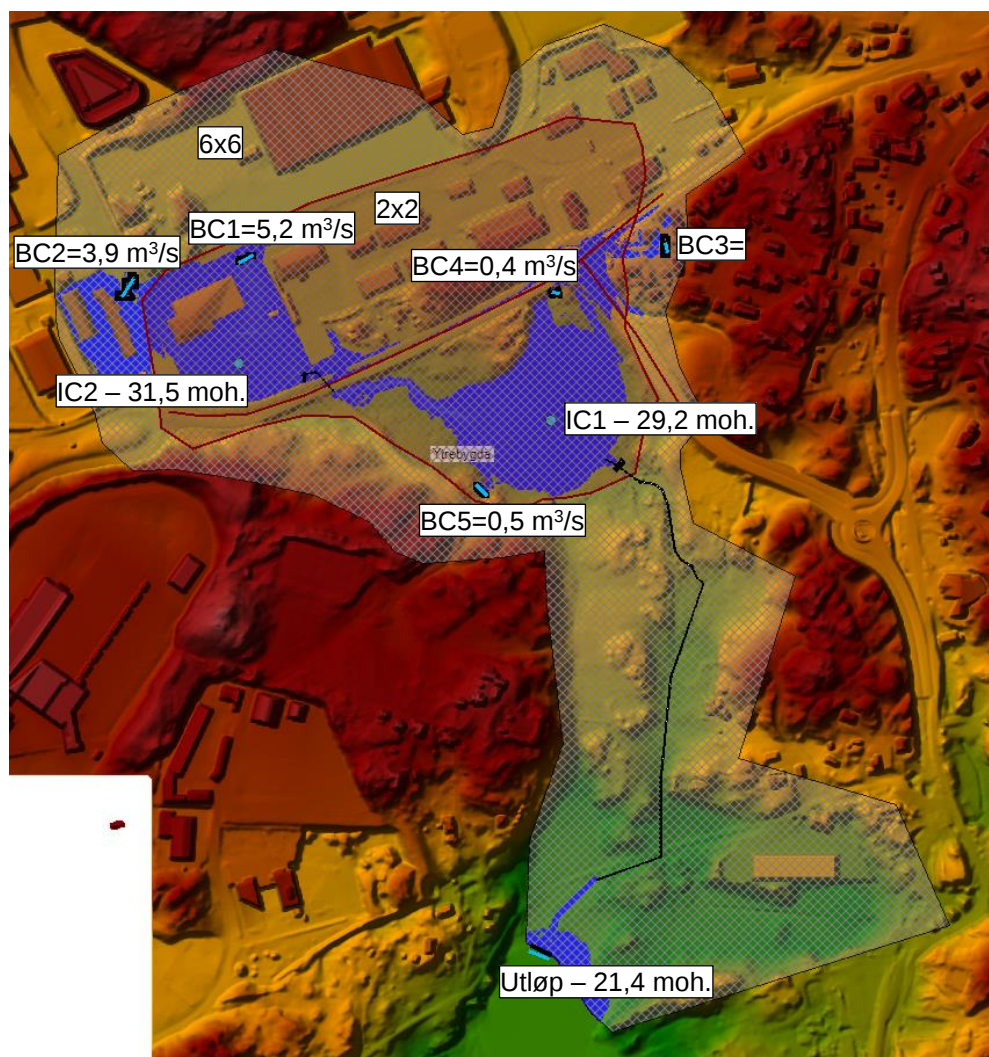
3.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold

Tabell 3-1 og Figur 3-1 viser hvor grensebetingelser er plassert, samt størrelse og hvordan modellen er bygd opp. Modellen er kjørt med varierende vannføring inn i modellen som en «unsteady-flow-simulation». Nedstrøms grensebetingelse er satt til «stage hydrograph» som svarer til en satt vannstand der modellen er avsluttet. 2D-modellen avsluttes et stykke nedstrøms for planområdet. Nedstrøms grensebetingelse påvirker resultatet ved analyseområdet.

For tjern og vann er normalvannstand benyttet som initialvannstand.

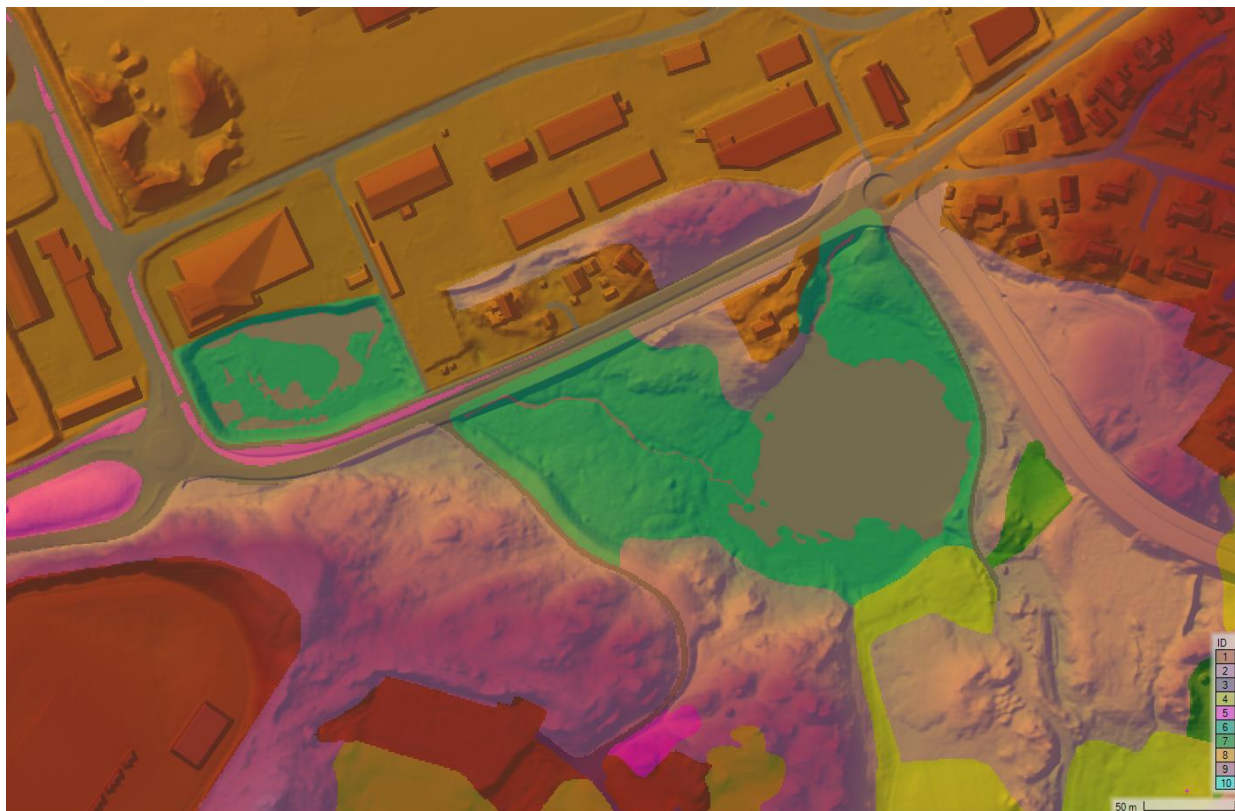
Tabell 3-1 Grensebetingelser og oppbygging av modell.

Navn grensebetingelse/info	Beskrivelse
BC1	Avrenningskurve fra felt 1
BC2	Avrenningskurve fra felt 2
BC3	Avrenningskurve fra felt 4
BC4	Utløp fra 800 mm overvannsledning
BC5	Avrenning fra felt A, 3 og 5
IC1	Initialvannstand i Midtratjørna
IC2	Initialvannstand i Vestratjørna
Midtre-Vestre	Ledning mellom Midtratjørna og Vestratjørna er nesten gjengrodd. 300 mm ledning innpå overvannsledning.
Bekkeinntak	Bekkeinntak/utløp fra Vestratjørna, 600 mm, vingemurer og rist
Utløp ledning	Utløpet fra utløpsledningen fra Vestratjørna er ikke kjent. Dette er en viktig parameter for simuleringa og gir derfor en stor usikkerhet.
Utløp	Nedre grensebetingelse er vannstand i vannet



Figur 3-1 Viser grensebetingelser, initialbetingelser, mesh og SA/2D connections. Verdiene for disse er angitt. For grensebetingelser BC1-BC3 er maksverdien oppgitt, mens kurven som er brukt som input på punktene er vist tidligere i rapporten.

Friksjonsforholdene er vurdert fra kartdata. Vannhastighetene er forholdsvis lave og varierer mellom ca. 0,1-4,0 m/s. Kantvegetasjonen langs vassdraget består for det meste av skog og myr. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk, mens valg av Manningsverdi er gjort med utgangspunkt i erfaringstall fra vassdragshåndboka til NVE [4]. En oversikt over Manningstall benyttet i modellen er vist i Figur 3-2 og Tabell 3-2. AR5 kartgrunnlag er benyttet.



Figur 3-2 Kart med inndeling av Mannings-tall i modellen.

Tabell 3-2 Oversikt over Mannings-tall benyttet i vannlinjemodellen.

Arealtype	ID	Mannings-tall n (M)
Bebyggd	1	0.029 (35)
Skog	2	0.100 (10)
Samferdsel (vei)	3	0.017 (60)
Fulldyrka jord	4	0,043 (23)
Åpen fastmark	5	0.043 (23)
Myr	6	0,017 (60)
Innmarksbeite	7	0,043 (23)
Overflatedyrka jord	8	0,043 (23)
Ferskvann	9	0.060 (17)

4 Usikkerheter

Det er flere usikkerheter knyttet til en vannlinjemodell. Vannføring, Mannings-tall, stikkrenner og terrengdata er blant usikkerhetene i modellen. Terrengdata kartlagt med luftbåren laser har de senere år gitt tilgang på betydelig bedre terrengdata for Norge enn det som var tilfellet for bare 10 år siden. Laserkartlagte data har likevel også sine begrensninger, blant annet kan ikke tradisjonell rød laser kartlegge terreng under vannflaten, og vegetasjon og løvverk vil redusere antallet registrerte punkt på reell terrengoverflate. Den hydrauliske beregningen forholder seg til terrenget slik det var på scanningstidspunktet. Eventuell erosjon/sedimentasjon i vassdraget i tiden etter scanning, eller det som oppstår under en flomhendelse, samt forhold knyttet til tilstopping, is eller grunnforhold/ skred, er ikke hensyntatt i beregningen.

4.1.1 Kvalitet på flomberegninger

Det er flere usikkerheter ved flomberegningene. Usikkerhetene kommer av valg av IVF-verdier, C-faktor, nedbørforløp, konsentrasjonstid og andre parametere. Hvor mye vann ledningsnettets fører er også usikkert.

4.1.2 Kvalitet på terrengmodell

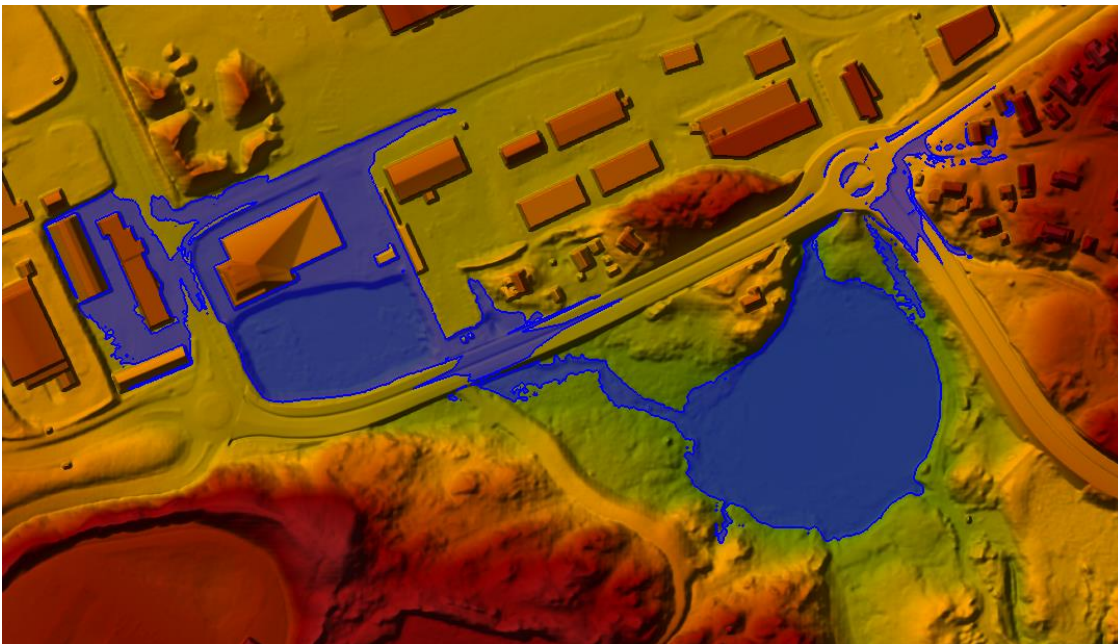
Terrenggrunnlaget benyttet i modellen er laserdata av terrenget. Laserdataen gjengir høyden på vannoverflaten i tjernene, og elvebunnen ligger derfor noe lavere enn det som er blitt brukt i modellen. Kvaliteten på grunnlaget ellers betraktes som god. Modellen vil gi et mer presist resultat hvis den justeres etter bunnmålinger i tjernene. Justeringer av terrenget med bunnmålinger vil gi lavere vannstander.

4.1.3 Kulvertkapasitet

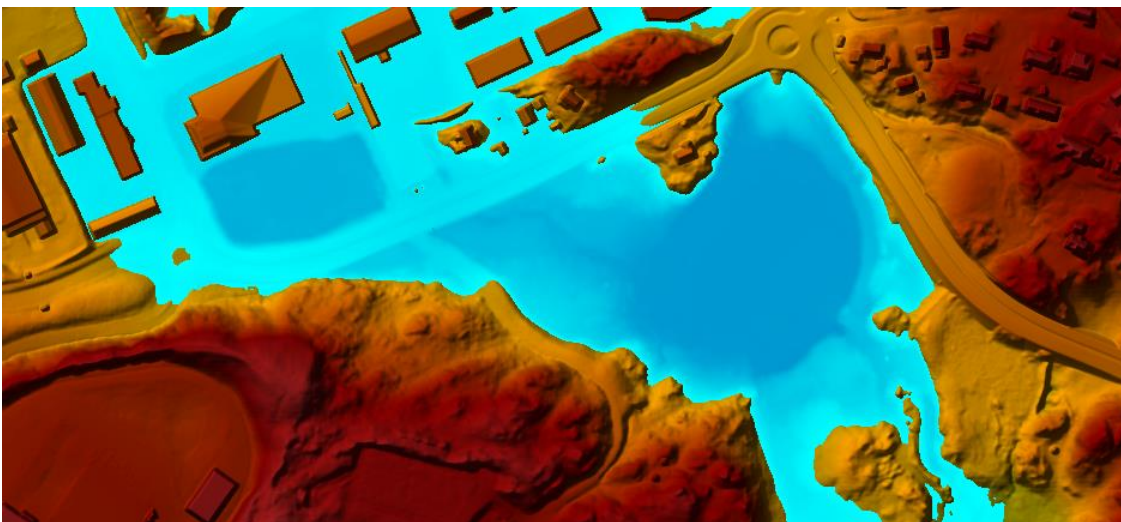
Vannlinjeberegning for eksisterende flomsituasjon ved Vestratjørna tar hensyn til 2 kulverter. Det er ikke tilgjengelige data for innmålte høyder for innløp og utløp og kapasiteten til kulvertene ved 200-årsflom. Utløpet fra Vestratjørna ble ikke funnet på befaring. Det er derfor valgt å modellere kulvertene med parametere på den sikre siden.

5 Resultater

Resultater for beregnet 200-årsflom med 50 % klimapåslag og 20% sikkerhetspåslag er vist i Figur 5-1. Figur 5-2 viser potensiell utbredelse av flom hvis utløpsledningen fra Vestratjørna går tett.



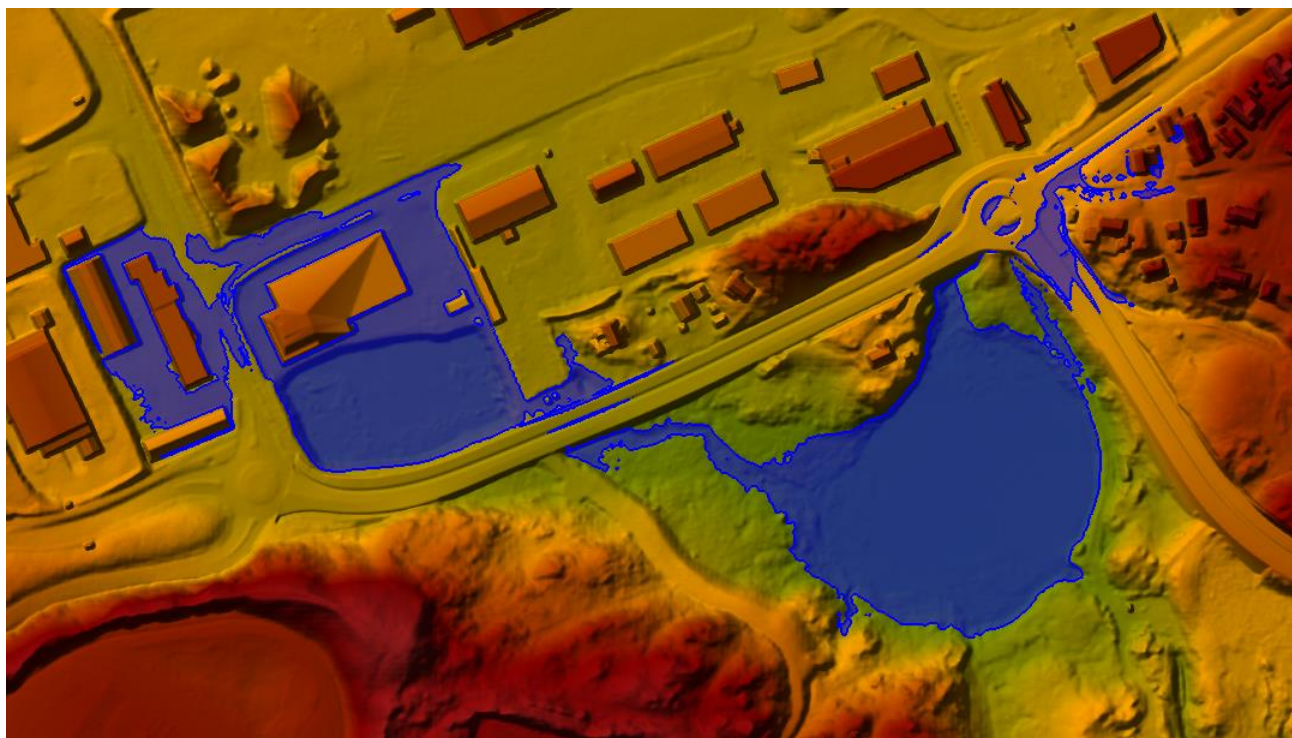
Figur 5-1 Beregnet flomsone ved Omkjøringsvegen. 200-årsflom med 50% klimapåslag og 20% sikkerhetspåslag iht SVV.



Figur 5-2 Beregnet flomsone ved Omkjøringsvegen hvis utløpsledning fra Vestratjørna er tett.

5.1 Tiltak

Det er kjørt flere simuleringer for å finne en dimensjon og høyde på stikkrenne som ikke senker vannstand i Midtretjørna mer enn nødvendig, men som holder vegen og arealene rundt Midtretjørna utenom flomfare. Ved å anlegge en 1000 mm kulvert under vegen som ligger litt høyt unngår man oversvømmelse av vegen og at det minsker flomfaren rundt Midtretjørna. Bunn innvendig kulvert er lagt på 31,24 moh. Dette gjør også at tjernet ikke tømmes for vann i normalsituasjon. Simuleringen viser at den økte vannføringen til Vestratjørna ved større stikkrenne ikke vil utgjøre noen større fare ved Vestratjørna. Figur 5-3 viser flomsone etter tiltak. Endringene med utbyggelse av veg og etablering av stikkrenne vil ikke utgjøre en endret fare for bebyggelse nedstrøms.



Figur 5-3 Beregnet flomsone ved Omkjøringsvegen. 200-årsflom med 50% klimapåslag og 20% sikkerhetspåslag iht SVV.

5.2 Kommentarer

Det er viktig å sikre at stikkrenne ligger inne i rekkefølgebestemmelsene for at flomsonen skal være gjeldende. Om ikke må flomsonen før ny stikkrenne mellom Midtratjørna og Vestratjørna benyttes. Høyde og dimensjon på stikkrenne må detaljprosjekteres.

I tillegg er det svært viktig å inkludere drift og vedlikehold av bekkeinntaket og utløpsledningen fra Vestratjørna, denne vil være kritisk.

Vannet fra Vestratjørna vil ved åpen stikkrenne ikke oversvømme vegen, men vil kunne stå ved fyllingen. Dette er et punkt å vurdere i prosjekteringen av vegen.

6 Konklusjon

Omkjøringsvegen strekning I-III som nå reguleres ligger innenfor NVEs aktsomhetssone for flom. En mer detaljert flomberegning med tilhørende hydraulisk analyse viser at vegen og området vil være flomutsatt ved 200-årsflom med klimapåslag uten tiltak og drift- og vedlikehold. Ved etablering av en 1000 mm kulvert mellom Midtratjørna og Vestratjørna, samt godt vedlikehold av eksisterende utløpsledning vil ikke vegen ligge innenfor flomsonen.

7 Referanser

[1] NVE Veileder 3/2022: Sikkerhet mot flom

[2] Norconsult 2024: 52106135 VA-rammeplan

[3] NVE Veileder 1/2022: Veileder for flomberegninger

[4] Fergus. T. mfl. (2010) Vassdragshåndboka: Håndbok i vassdragsteknikk. 2. utg. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.