

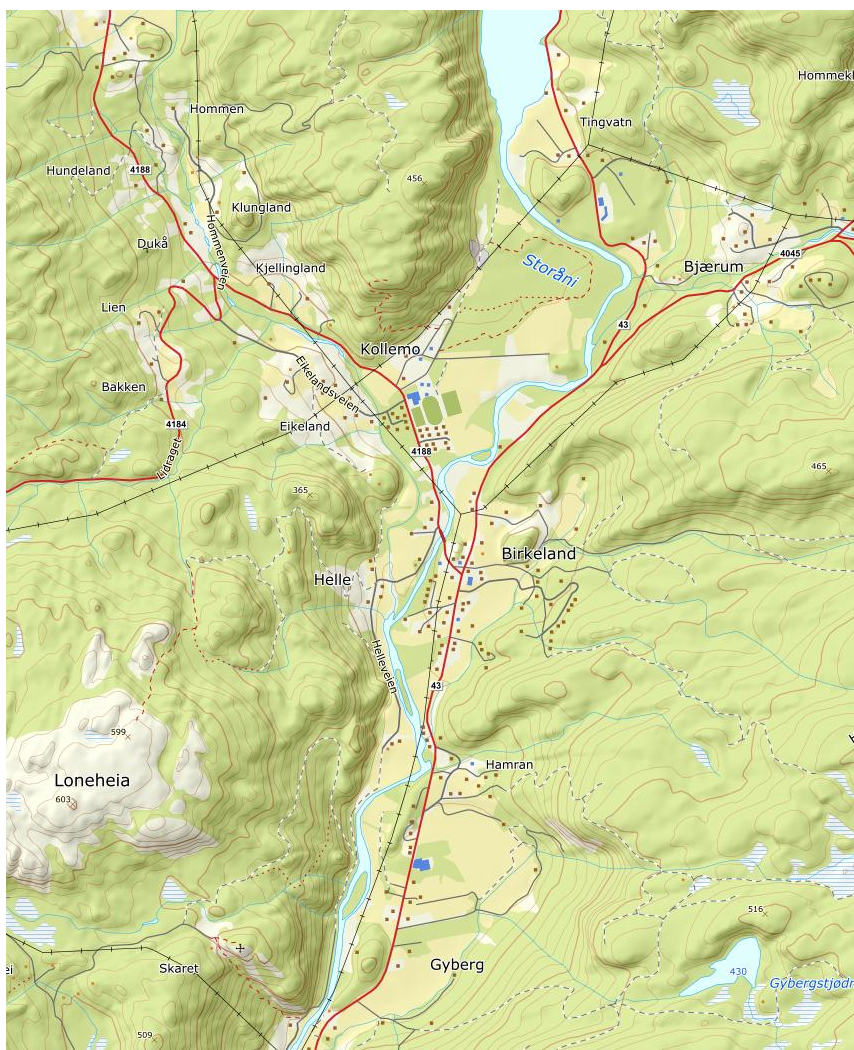
Beregnet til
Hægebostad kommune, Agder fylkeskommune

Dokument type
Rapport

Dato
September 2025

GSV. Birkeland – Gyberg

Flomfarevurdering



GSV. Birkeland – Gyberg

Flomfarevurdering

Oppdragsnavn **GSv. Birkeland - Gyberg**
Prosjekt nr. **1350061432-002**
Mottaker **Hægebostad kommune, Agder fylkeskommune**
Dokument type **Rapport**
Versjon **A**
Dato **9/8/2025**
Utført av **HEAG, HHEA**
Kontrollert av **PLUB**
Godkjent av **AMOL**

Rambøll
Harbitzalléen 5
Postboks 427 Skøyen
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00
<https://no.ramboll.com>

Innholdsfortegnelse

1.	Sammendrag	2
2.	Bakgrunn og formål	3
3.	Områdebeskrivelse	4
4.	Regelverk og myndighetskrav	6
4.1	Dimensjonerende flom (Q_{dim}, T)	6
4.2	Klimafaktor (F_K)	6
4.3	Sikkerhetsfaktor (F_S)	6
5.	Metode og data	7
5.1	Flomberegninger	7
5.1.1	Formelverk for små nedbørsfelt (NIFS)	7
5.1.2	PQRUT	7
5.1.3	Flomfrekvensanalyse	7
5.2	Rasjonell metode	7
5.3	Hydrauliske beregninger	7
6.	Flomanalyser og dimensjonerende flomverdi	8
6.1	Flomfrekvensanalyse	8
6.2	PQRUT	9
6.3	Formelverk for små nedbørsfelt	13
6.4	Oppsummering og valg av dimensjonerende 200-års flom	16
7.	Hydraulisk modell og resultater	17
7.1	Modelloppbygging og valgte betingelser	17
7.1.1	Terrengmodell	17
7.1.2	Beregningsnett	17
7.1.3	Grensebetingelser	17
7.1.4	Øvrige modellparametere	17
7.1.5	Kalibrering av modell	17
7.2	Resultater fra hydraulisk beregning	18
7.2.1	Krysning K1	18
7.2.2	Krysning K2	20
7.2.3	Krysning K3	22
7.2.4	Erosjonssikring	25
7.2.5	Fiskevandring	25
8.	Oppsummering og konklusjon	26
9.	Referanser	27

1. Sammendrag

Rambøll Norge AS har på oppdrag for Hægebostad kommune gjort en flomfarevurdering av strekningen langs Fv. 43 i forbindelse med reguleringsplan for etablering av ny gang- og sykkelvei langs strekningen. Formålet med vurderingen har vært å undersøke tre bekkekrysninger ved dimensjonerende flom, iht. gjeldende myndighetskrav herunder Statens vegvesens (SVV) håndbok N200 (Statens vegvesen, 2024) og Statens vegvesens håndbok N400 (Statens vegvesen, 2025), i forhold til etablering av ny gang- og sykkelvei.

Flomberegninger er utført iht. SVV håndbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2024), samt metoder som beskrevet og anbefalt i NVEs Rapport 1/2022 Veileder for flomberegninger (Norges vassdrag- og energidirektorat, 2022). Dimensjonerende flomvannføring er beregnet med RFFA-2018, NIFFS, PQRUT og flomfrekvensanalyse med måledata fra stasjonene Brådlandsvann (23.4.0), Sandvatn (26.21.0) og Knabåni (25.32.0). Dimensjonerende returperiode er satt til 200 år. Flomberegningene er utført for 3 krysninger kalt K1, K2 og K3. Det er benyttet klimafaktor 1,4 og sikkerhetspåslag 1,4 for K1 og K3, og 1,3 for K2. Dimensjonerende flom er beregnet til å være $Q_{Dim, T} = 25,8 \text{ m}^3/\text{s}$ for K1, $Q_{Dim, T} = 3,9 \text{ m}^3/\text{s}$ for K2 og $Q_{Dim, T} = 22,1 \text{ m}^3/\text{s}$ for K3.

Det er laget en 2D-modell for de tre krysningene i programvaren HEC-RAS til gjennomføring av hydrauliske beregninger. Beregninger viser at eksisterende kjørevei oversvømmes i krysning K1 i eksisterende situasjon for en 200-års flom. I planlagt situasjon heves gang- og sykkelvei slik at kjørevei ikke oversvømmes. Dette fører til mer vann nedstrøms bru, og en forverring av flomsituasjon for eiendommer nedenfor krysningen.

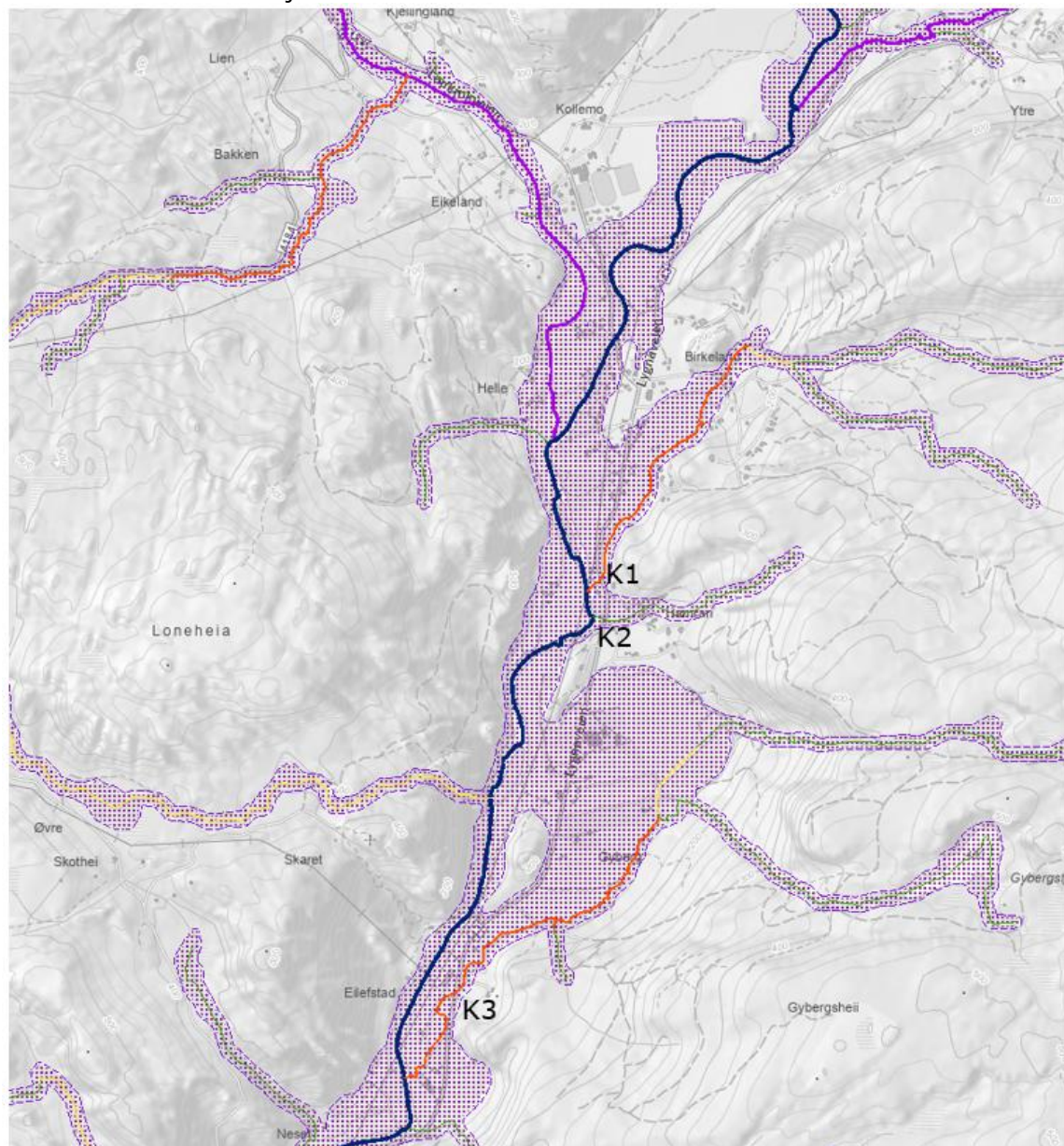
For krysning K2 viser resultatene at eksisterende kulvert, med diameter på 1200mm, under veien ikke har nok kapasitet og jordet oppstrøms kulverten oversvømmes. For å forbedre flomsituasjonen bør eksisterende kulvert byttes ut med en større kulvert, med diameter på 2400mm. Resultater for planlagt situasjon viser at oversvømmelsen på jordet forbedres. Ved valg av denne løsningen kreves det at eksisterende vei graves opp for å bytte eksisterende kulvert.

For krysning K3 viser resultatene at vannet renner over eksisterende vei og til bebyggelse i vest som oversvømmes. Noe vann renner også sørover over jorder og mot bebyggelse i sør som også oversvømmes til en viss grad. For å forhindre at vann renner over veien er ny gang- og sykkelvei hevet. Dette medfører at flomsituasjonen for bebyggelsen i vest forbedres. Siden vann ikke renner over veien, vil mer vann renne sørover under eksisterende bru og mot bebyggelsen i sør. Flomsituasjonen for bebyggelsen i sør vil forverres noe.

2. Bakgrunn og formål

I forbindelse med regulering av ny gang- og sykkelvei langs eksisterende fylkesvei mellom Birkeland og Gyberg i Hægebostad kommune, er Rambøll engasjert for å utrede flomfare. Strekningen er på ca. 2800 meter og går primært gjennom landskap med dyrket mark. Prosjektområdet innehar tre bekkekryssninger, kalt K1, K2 og K3, markert på Figur 2—1.

Flomutredningen er utført i henhold til SVV Håndbok N200 (Statens vegvesen, 2024). Området befinner seg innenfor aktsomhetsområde for flom som vist i Figur 2—1. Formålet med utredningen er å bestemme dimensjonerende flomvannføring Q_{dim} og vurdere høyde på flomvannstand ved klimajustert 200-års flom.

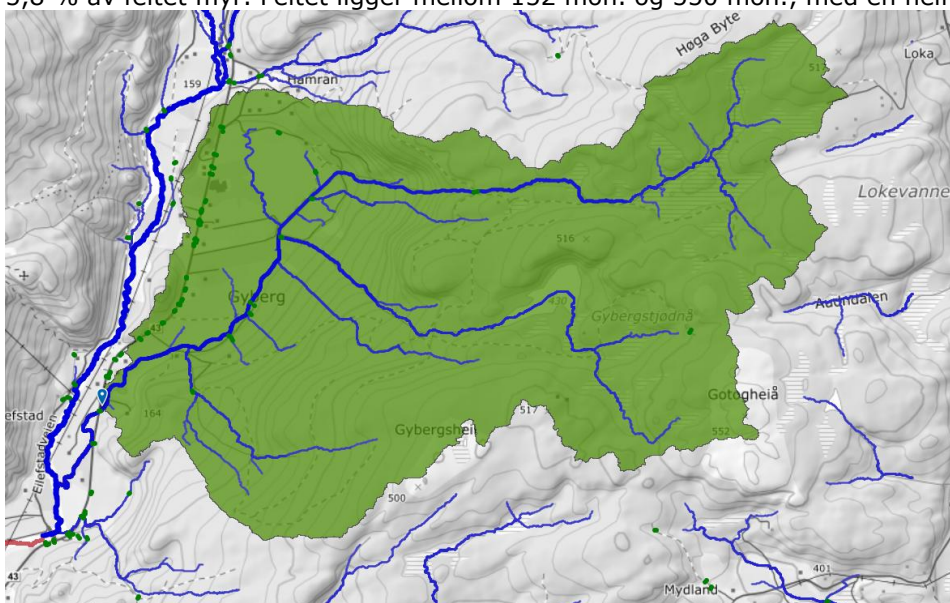


Figur 2—1 Tiltaksområdet med aktsomhetsområde skravert i lilla. Det er tre bekkekryssninger innenfor planområdet som er markert med K1, K2 og K3. (Kilde: (Norges vassdrag og energidirektorat, 2025)).

3. Områdebeskrivelse

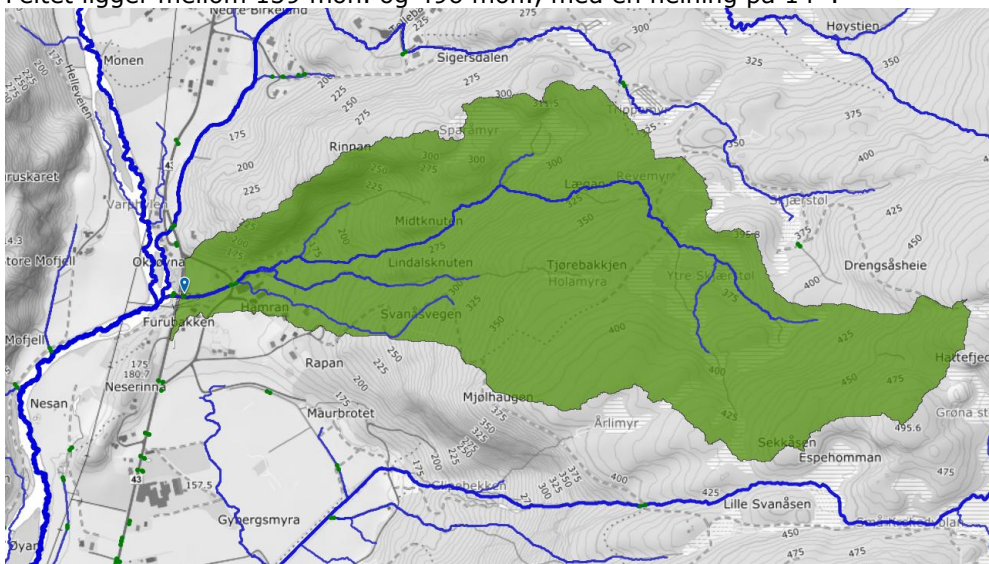
Prosjektområdet har tre bekkekryssninger kalt K1, K2 og K3.

Krysning K1 befinner seg lengst sør i prosjektområdet. Nedbørsfeltet har et areal på 5,50 km², og er vist i Figur 3—1. Nedbørsfeltet domineres av skog (82,3 %) og 0,2 % effektiv sjø. I tillegg er 5,8 % av feltet myr. Feltet ligger mellom 152 moh. og 550 moh., med en helning på 13,3°.



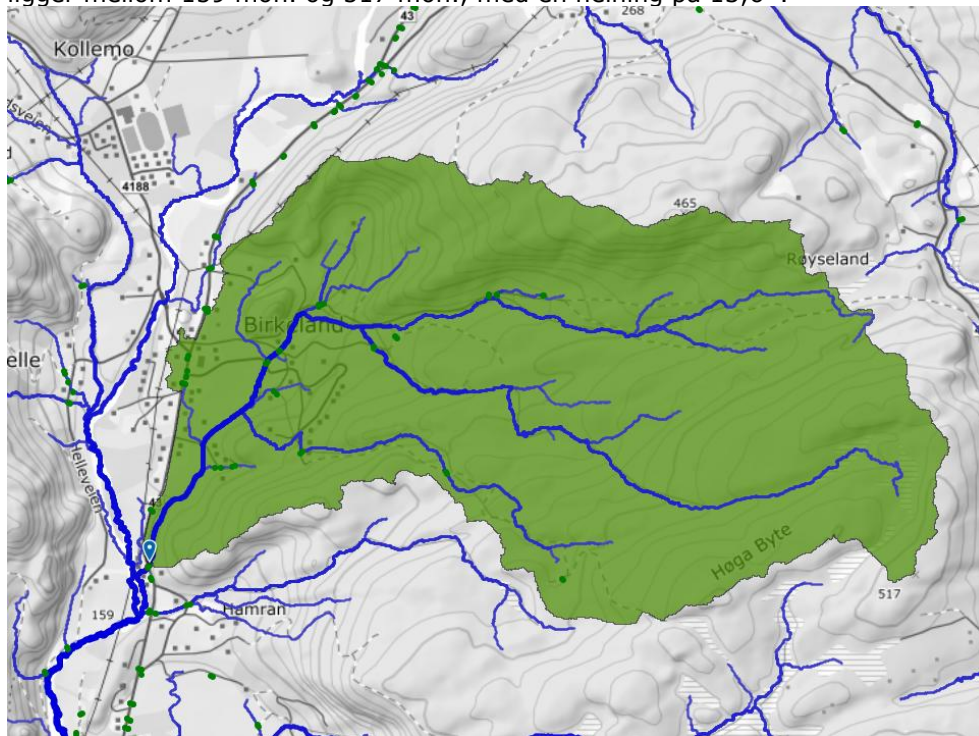
Figur 3—1 Nedbørsfeltet til krysning K1 er markert i grønt, og avrenningslinjer i blått. (Kilde: (SCALGO Live , 2025)).

Krysning K2 befinner seg lengre nord i prosjektområdet. Nedbørsfeltet har et areal på 0,98 km², og er vist i Figur 3—2. Nedbørsfeltet domineres av skog (96 %) og har ingen effektiv sjø i feltet. Feltet ligger mellom 159 moh. og 496 moh., med en helning på 14°.



Figur 3—2 Nedbørsfeltet til krysning K2 er markert i grønt, og avrenningslinjer i blått. (Kilde: (SCALGO Live , 2025))

Krysning K3 ligger lengst nord i prosjektområdet. Nedbørsfeltet har et areal på 3,83 km², og er vist i Figur 3—3. Nedbørsfeltet domineres av skog (90,2 %) og har ingen effektiv sjø i feltet. Feltet ligger mellom 159 moh. og 517 moh., med en helning på 13,6°.



Figur 3—3 Nedbørsfeltet til krysning K3 er markert i grønt, og avrenningslinjer i blått. (Kilde: (SCALGO Live , 2025))

4. Regelverk og myndighetskrav

For flomberegninger skal det i henhold til N200 (Statens vegvesen, 2024) beregnes en dimensjonerende vannføring ($Q_{dim, T}$) for nedbørfeltet ved bruk av flere metoder som tilpasses nedbørfeltets størrelse og feltegenskaper. Vannføring beregnes for dimensjonerende returperiode (Q_T) og det tas høyde for klimaforandringer og usikkerheter ved bruk av henholdsvis klimafaktor (F_k) og en sikkerhetsfaktor (F_s). Dimensjonerende flomvannføring blir dermed:

$$Q_{dim, T} = Q_T \times F_k \times F_s$$

Der:

$Q_{dim, T}$ = Dimensjonerende avrenning for returperiode T [m^3/s]

Q_T = Beregnet avrenning for returperiode T [m^3/s]

F_k = Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer.

F_s = Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregning av flomvannføring.

4.1 Dimensjonerende flom ($Q_{dim, T}$)

Etter krav 2.2.1 i håndbok N200 (Statens vegvesen, 2024) skal returperiode for flomhendelser bestemmes ut fra kombinasjonen av vegens årsgjennsnitt (ÅDT) og omkjøringsmuligheter. Sikkerhetsklassen for vegen er satt til V2 og dimensjonerende gjentakintervall er 100-år. For krysning K1 og K3, hvor det er planlagt for bru, vil dimensjonerende flom være 200-år ihht. N400.

4.2 Klimafaktor (F_k)

Tabell 2.3.1-1 i N200 (Statens vegvesen, 2024) angir klimafaktor (F_k) som skal brukes for hvert fylke. Verdien er avhengig av størrelsen på nedbørfeltet. For små nedbørfelt mindre enn 10 km^2 , skal det benyttes $F_k = 1,4$ uavhengig av fylke og feltegenskaper. Dette gjelder nedbørfeltene til krysning K1, K2 og K3.

4.3 Sikkerhetsfaktor (F_s)

Etter krav fra N200 (Statens vegvesen, 2024) skal det brukes en sikkerhetsfaktor (F_s) for anlegg med levetid over 50 år for å ta hensyn til usikkerheter i flomberegninger. Sikkerhetsfaktoren skal bestemmes ut fra sikkerhetsklassen til vegen og kvaliteten på det hydrologiske datagrunnlaget. Sikkerhetsfaktor settes til 1,4 for krysningene med bro, K1 og K3. Sikkerhetsfaktor settes til 1,3 for krysning K2.

5. Metode og data

Nedbørsfeltet for de tre krysningene er ikke like i analyser gjort i Scalgo Live og Nevina. Nedbørsfeltene er derfor justert i Nevina for å stemme overens med nedbørsfeltet i Scalgo. Scalgo har høyere oppløsning i terrengmodell, og er dermed mer nøyaktig.

5.1 Flomberegninger

Etter krav i N200 skal flere metoder for avrenningsberegninger benyttes og Q_T (vannføring med T års gjentaksintervall) velges innenfor spennet av beregnet avrenning (Statens vegvesen, 2024). Flomberegninger er utført med metoder og formelverk som anbefalt i NVE-veilederen 1/2022 Veileder for flomberegninger (Norges vassdrag- og energidirektorat, 2022). I det følgende gis en kort forklaring av de ulike metodene. For detaljer henvises leseren til veilederen.

5.1.1 Formelverk for små nedbørsfelt (NIFS)

For nedslagsfelt med størrelse $< 50 \text{ km}^2$ anbefales det å bruke nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) for beregning av flomverdier. Formelverket baserer seg på parameterne feltstørrelse, middelvannføring og andel sjø, og beregner kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall (fra middelflom til 200-årsflom), samt et troverdighetsintervall. Ved bruk av NVEs analyseverktøy NEVINA hentes nedbørsfeltet, dets feltkarakteristika og beregnede flomverdier.

5.1.2 PQRUT

Nedbør-avrenningsmodellen PQRUT er anbefalt som metode for nedbørsfelt fra $2 - 80 \text{ km}^2$. Modellen baserer seg på feltkarakteristikkene areal, effektiv sjøprosent og hypsografisk kurve (H25 og H75), feltlengde og spesifikk normalavrenning for å «kalibrere» modellparameterne K1, K2 og T1. For beregninger av flomverdier i PQRUT er nedbørdata input.

5.1.3 Flomfrekvensanalyse

Det er gjort flomfrekvensanalyse på NVE sin database HYDRA II. Da det ikke foreligger målinger av vannføring i det aktuelle nedbørsfeltet, så er det brukt data fra representative, geografisk nærliggende målestasjoner. Basert på likhet mellom feltparametere velges det ut målestasjoner til flomfrekvensanalyse. Målestasjoner med lignende feltkarakteristika som planområdet nedbørsfelt kan benyttes for å vurdere om beregnet middelflomverdi er for lav eller høy. Analysen gjøres for vannføring i timesverdier med GEV-, Gumbel -og Weibull-fordeling, hvorav den mest treffende fordelingsfunksjonen benyttes videre.

5.2 Rasjonell metode

Den rasjonelle metode kan benyttes for å beregne avrenning fra nedbørsfelt opp til 2 km^2 . Det er ikke utført beregninger for rasjonell metode da nedbørsfeltet til de tre krysningene er større enn det som er anbefalt for denne metoden.

5.3 Hydrauliske beregninger

Hydrauliske beregninger er gjort med den 2-dimensjonale elvemodellen i HEC-RAS 6.5 utviklet av United States Army Corps of Engineers. Input til modellen er høydedata, vannføring, grensebetingelser og ruhet. Høydedata er hentet fra Kartverkets hoydedata.no (Kartverket, 2025).

Vannføring i innløpet til avrenningslinjene er beregnet fra utførte flomanalyser.

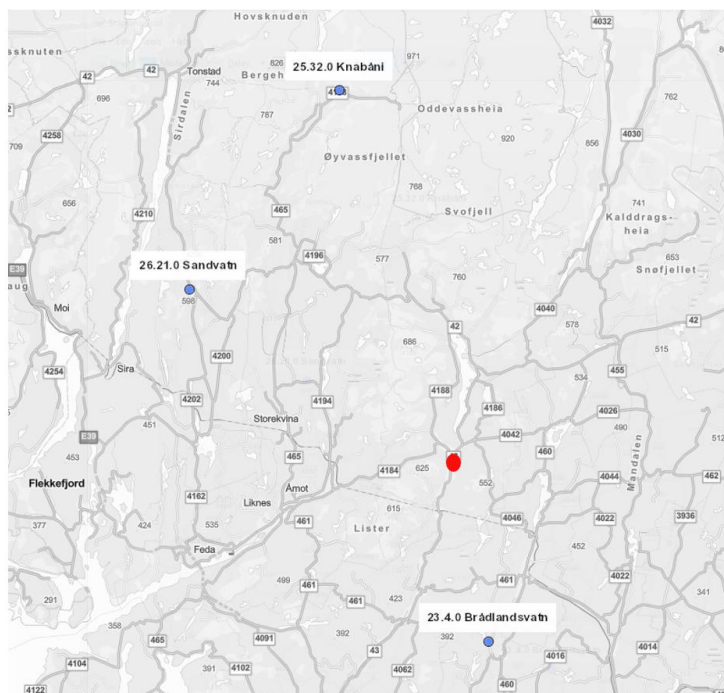
Ligningssettet SWE-ELM er benyttet for å ta hensyn lokal akselerasjon.

6. Flomanalyser og dimensjonerende flomverdi

6.1 Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for krysningene. Utvalg av målestasjoner er i første tilnærming basert på feltstørrelse, effektiv innsjøprosent og årlig middelavrenning Q_N .

Feltkarakteristikk fra målestasjoner i nærheten er vurdert ut ifra om de er sammenliknbare med nedbørsfeltet ved prosjektområdet. Målestasjonene som ble sammenliknet var Brådlandsvann (23.4.0), Sandvatn (26.21.0) og Knabåni (25.32.0), vist i Figur 6—1.



Figur 6—1 Oversiktsbilde over målestasjoner benyttet i flomfrekvensanalyse. Rødt markerer prosjektområde. (Kilde: (Norges vassdrag- og energidirektorat , 2025)).

I Tabell 6-1 er feltkarakteristikk for målestasjonene og de ulike krysningene gitt.

Tabell 6-1 Feltkarakteristikk for nærliggende målestasjoner og de tre krysningene K1, K2 og K3. (Kilde: (Norges vassdrag- og energidirektorat , 2025)).

Stasjon	Brådlandsvann (23.4.0)	Sandvatn (26.21.0)	Knabåni (25.32.0)	K1	K2	K3
Antall år	101	50	30			
Felt-areal (km ²)	58,9	16,1	46,0	5,3	1,0	3,9
Normal- avløp, Q_N (l/s*km ²)	61	69,3	75,36	60,1	59,3	57,8
Eff. Sjø (%)	3,0	2,4	0,5	0,2	0	0
Skog (%)	74,0	44,5	12,3	82,3	96,0	90,2
H_{min} - H_{max} (m)	177 - 549	647 - 306	378 - 390	152 - 550	159 - 496	159 - 517
Median Høyde (m)	310	470	758			

Beregnet Q_{200} for Brådlandsvann er lik 11.1 m³/s, for Sandvatn lik 8,2 m³/s og for Knabåni lik 6,4 m³/s, som vist i Tabell 6-2.

Tabell 6-2 Spesifikk middelflom, 200-års flom og forholdet mellom disse for referansestasjonene.

Stasjon	Q_M (l/s*km ²)	Q_M (m ³ /s)	Q_{200} (l/s*km ²)	Q_{200} (m ³ /s)	Q_{200}/Q_M	Fordelingsfunksjon	Tidsoppløsning
Brådlandsvann	1102	5.8	2095	11.1	1.9	Gumbel	TIME
Sandvatn	524	2.8	1543	8.2	2.9	GEV	TIME
Knabåni	404	2.1	1208	6.4	2.9	Gumbel	TIME

6.2 PQRUT

Flommodellen i PQRUT er en forenklet versjon av HBV-modellen og den beregner avløp fra et fastlagt nedbørforløp. Konsentrasjonstiden for PQRUT er beregnet til 1 time, med formelen anbefalt i Veileder for flomberegninger (Norges vassdrag- og energidirektorat , 2022).

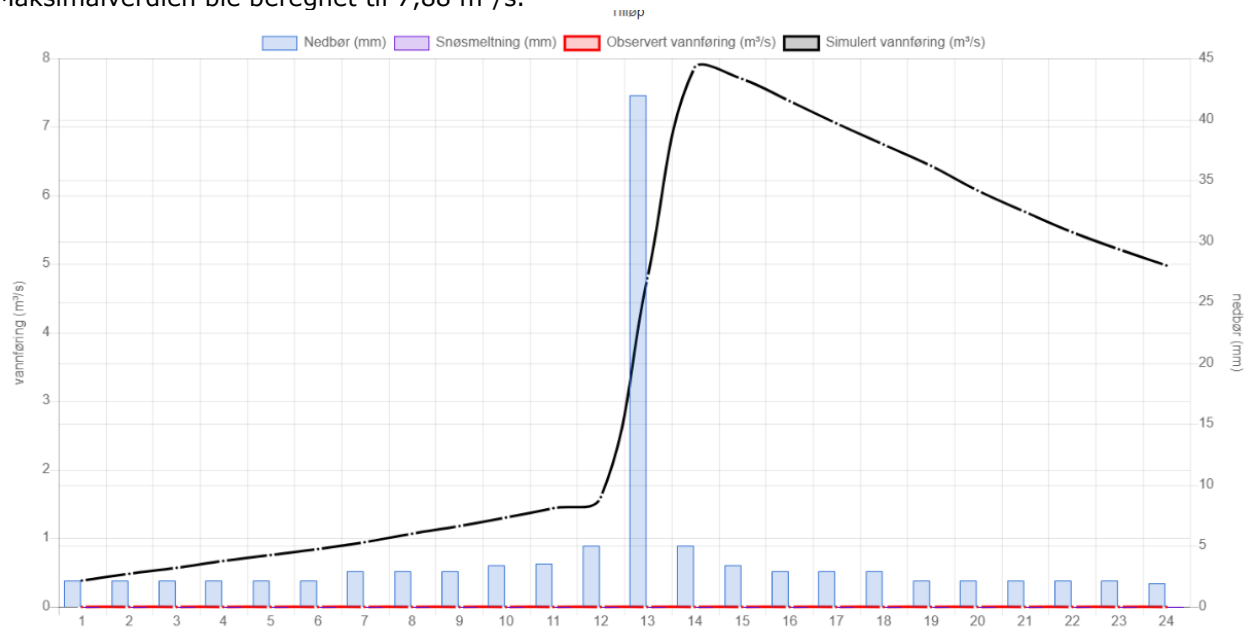
Nedbørforløp er konstruert basert på verdier for 200-års gjentaksintervall og 1 times varighet ved hjelp av IVF-kurven for Mandal III, og vist i Tabell 6-3. IVF-kurver (Intensitet-varighet-frekvenskurver) er en statistisk fremstilling av nedbør i et bestemt område, og er hentet fra Klimaservicesenter (Norsk klimaservicesenter , 2025).

Tabell 6-3 Konstruert nedbørskurve benyttet i PQRUT-modellen basert på IVF-data.

Tidssteg (timer)	Nedbør (mm)
1	2.1
2	2.1
3	2.1
4	2.1
5	2.1
6	2.1
7	2.9
8	2.9
9	2.9
10	3.4
11	3.5
12	5.0
13	42.00
14	5.0
15	3.4
16	2.9
17	2.9
18	2.9
19	2.1
20	2.1
21	2.1
22	2.1
23	2.1
24	1.9

Krysning K1

I Figur 6—2 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200-års flom. Maksimalverdien ble beregnet til 7,88 m³/s.

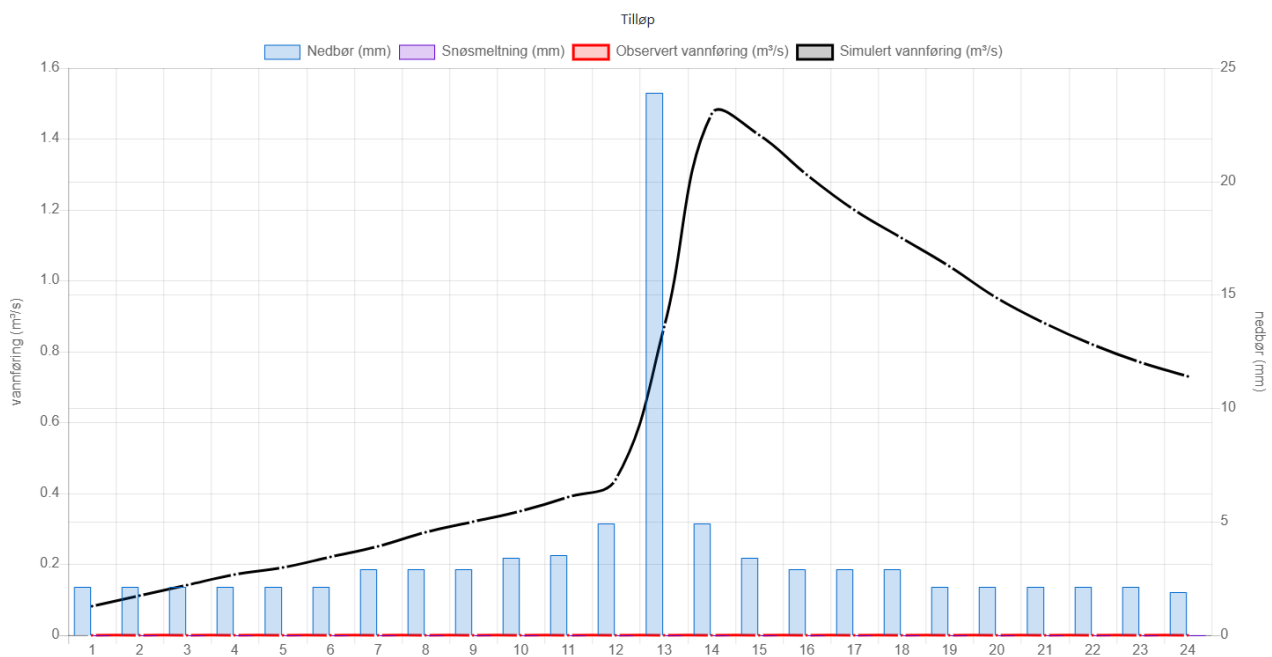


Figur 6—2 Nedbørforløp og beregnet 200-års flom i PQRUT-modellen for krysning K1.

Krysning K2

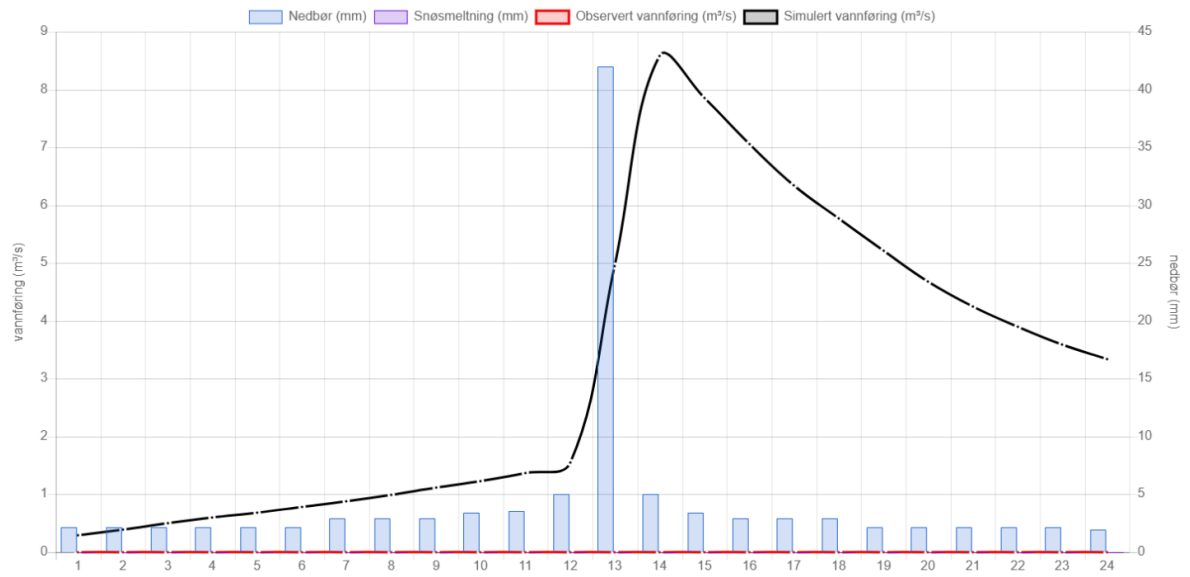
I Figur 6—3 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 100-års flom. Maksimalverdien ble beregnet til 1,47 m³/s.

Figur 6—3 Nedbørforløp og beregnet 200-års flom i PQRUT-modellen for krysning K2.



Krysning K3

I Figur 6—4 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200-års flom. Maksimalverdien ble beregnet til 8,58 m³/s.



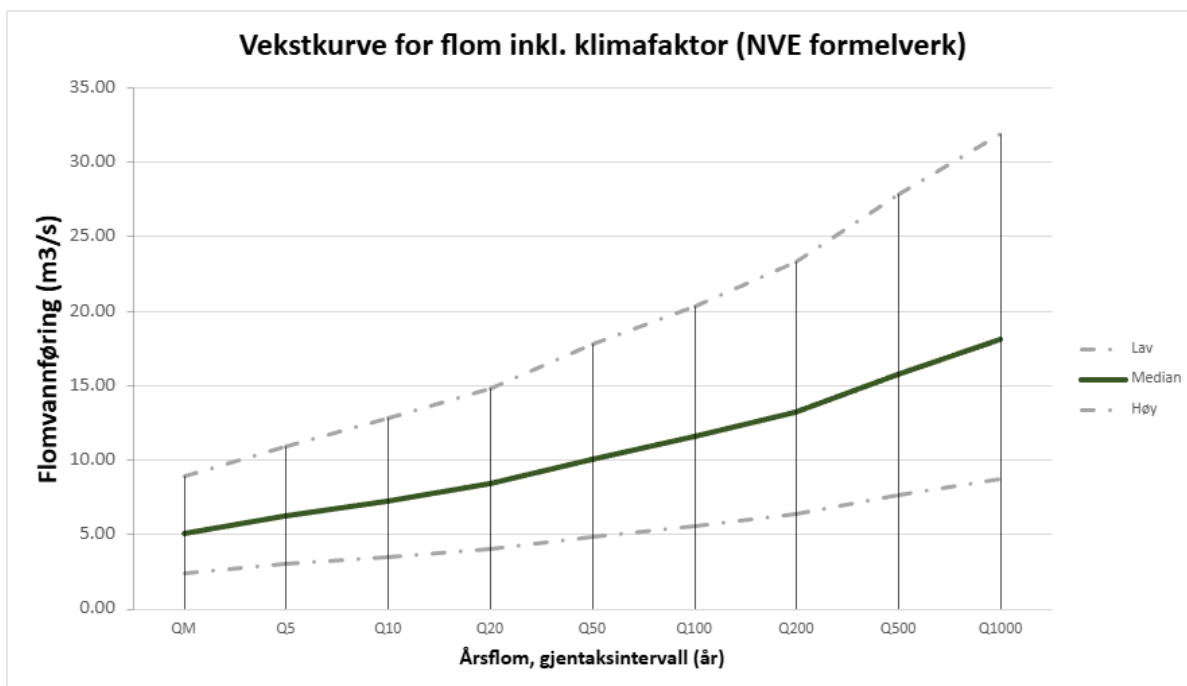
Figur 6—4 Nedbørforløp og beregnet 200-års flom i PQRUT-modellen for krysning K3.

6.3 Formelverk for små nedbørsfelt

Det er utført beregninger av vannføring basert på formler for små nedbørsfelt.

Krysning K1

Figur 6—5 og Tabell 6-4 viser beregnet flomverdi med ulike gjentakintervall for nedbørsfelt ved krysning K1. Resultatene for krysning K1 viser en beregnet middelflom på 5,0 m³/s og en 200-årsflom på 13,2 m³/s som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis 947 l/(s*km²) og 2486 l/(s*km²).



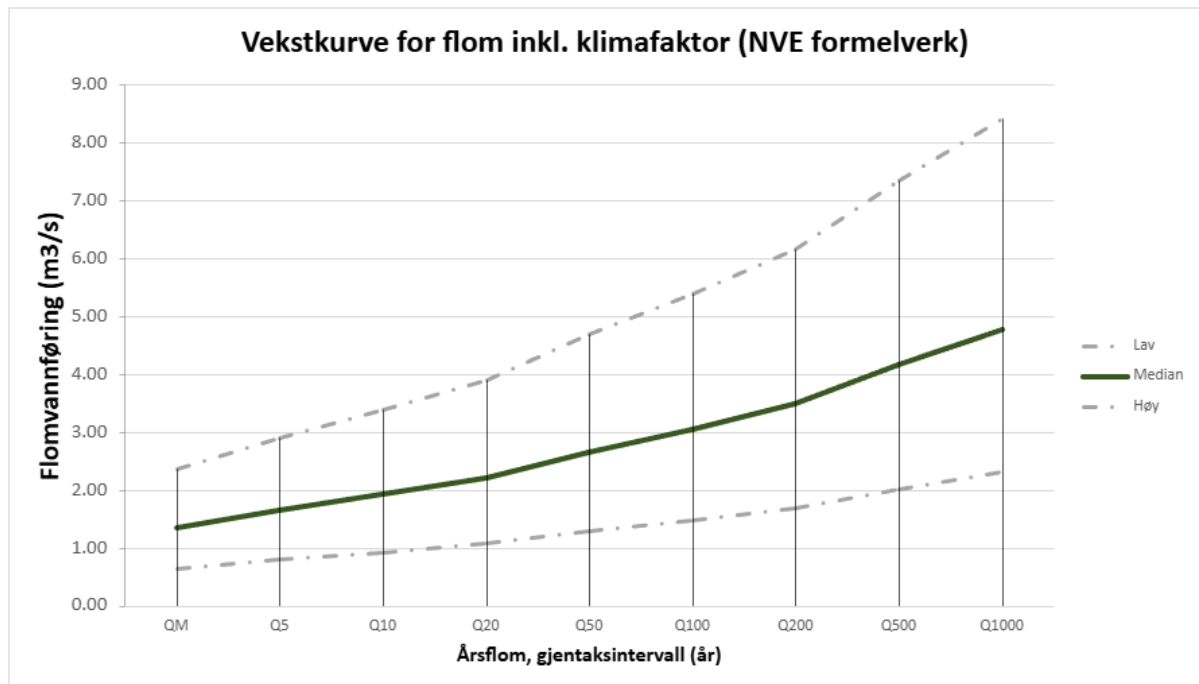
Figur 6—5 Beregning av flom med ulike gjentakintervall for nedbørsfelt ved prosjektområdet basert på formler for små nedbørsfelt. (Kilde: NVE 13/2015)

Tabell 6-4 Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m³/s) basert på formler for små nedbørsfelt.

Kulminasjonsvannføring (m ³ /s)		Gjen.inter.	Lav	Median	Høy	Median m/kf
QM			2.4	5.0	8.8	7.0
Q5		5	2.9	6.1	10.9	8.6
Q10		10	3.5	7.2	12.7	10.1
Q20		20	4.0	8.3	14.7	11.7
Q50		50	4.8	10.0	17.7	14.0
Q100		100	5.5	11.5	20.3	16.1
Q200		200	6.4	13.1	23.3	18.4
Q500		500	7.6	15.7	27.8	22.1
Q1000		1000	8.7	18.0	31.9	25.2

Krysning K2

Figur 6—6 og Tabell 6-5 viser beregnet flomverdi med ulike gjentakintervall for nedbørsfelt ved krysning K2. Resultatene for krysning K2 viser en beregnet middelflom på 1,3 m³/s og en 100-årsflom på 3 m³/s som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis 1329 l/(s*km²) og 3040 l/(s*km²).



Figur 6—6 Beregning av flom med ulike gjentakintervall for nedbørsfelt ved prosjektområdet basert på formler for små nedbørsfelt. (Kilde: NVE 13/2015)

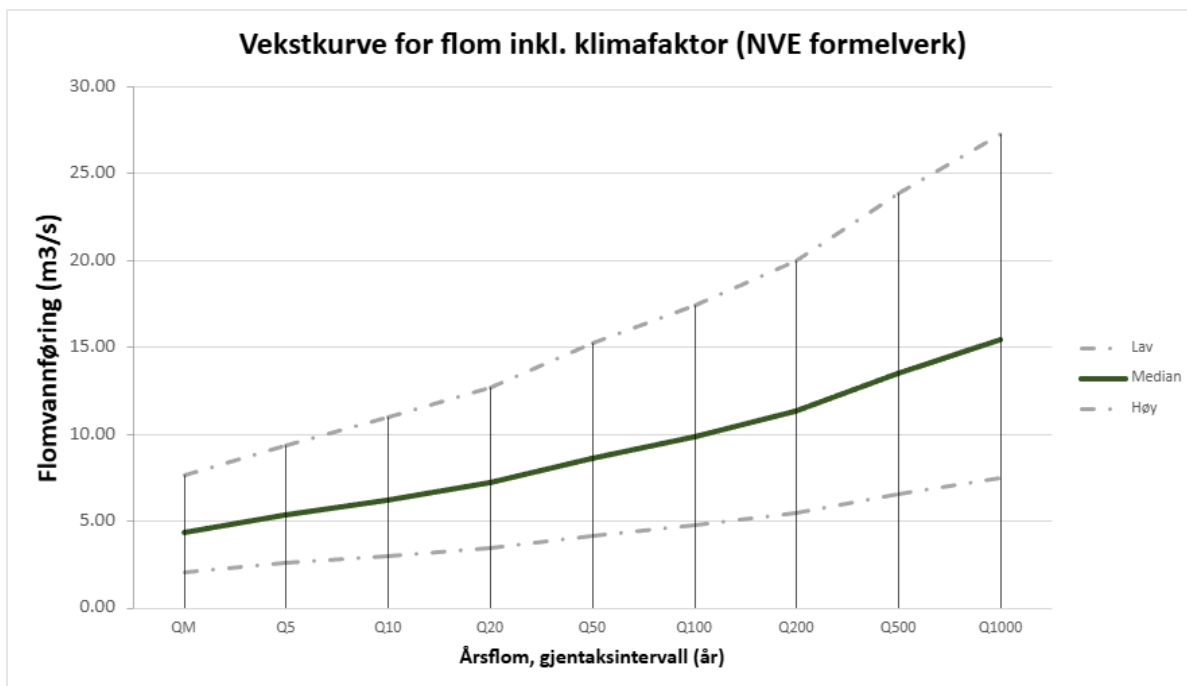
Tabell 6-5 Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m³/s) basert på formler for små nedbørsfelt.

**Kulminasjonsvannføring
(m³/s)**

	Gjen.inter.	Lav	Median	Høy	Median m/kf
QM		0.6	1.3	2.3	1.9
Q5	5	0.7	1.6	2.8	2.3
Q10	10	0.9	1.9	3.3	2.7
Q20	20	1.0	2.2	3.9	3.1
Q50	50	1.2	2.6	4.7	3.7
Q100	100	1.4	3.0	5.3	4.3
Q200	200	1.6	3.4	6.1	4.9
Q500	500	2.0	4.1	7.3	5.8
Q1000	1000	2.3	4.7	8.4	6.7

Krysning K3

Figur 6—7 og Tabell 6-6 viser beregnet flomverdi med ulike gjentakintervall for nedbørsfelt ved krysning K3. Resultatene for krysning K3 viser en beregnet middelflom på 4,3 m³/s og en 200-årsflom på 11,3 m³/s som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis 1104 l/(s*km²) og 2892 l/(s*km²).



Figur 6—7 Beregning av flom med ulike gjentakintervall for nedbørsfelt ved prosjektområdet basert på formler for små nedbørsfelt. (Kilde: NVE 13/2015)

Tabell 6-6 Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m³/s) basert på formler for små nedbørsfelt.

**Kulminasjonsvannføring
(m³/s)**

	Gjen.inter.	Lav	Median	Høy	Median m/kf
QM		2.0	4.3	7.6	6.0
Q5	5	2.5	5.2	9.3	7.4
Q10	10	3.0	6.1	10.9	8.7
Q20	20	3.4	7.1	12.6	10.0
Q50	50	4.1	8.6	15.2	12.0
Q100	100	4.7	9.8	17.4	13.8
Q200	200	5.4	11.2	19.9	15.8
Q500	500	6.5	13.4	23.8	18.9
Q1000	1000	7.4	15.4	27.2	21.6

6.4 Oppsummering og valg av dimensjonerende 200-års flom

Resultater av flomberegninger med de ulike metodene er sammenstilt nedenfor i Tabell 6-7, Tabell 6-8 og Tabell 6-9. Flomverdiene er uttrykt som kulminasjonsverdier inkludert klimapåslag 1,4 og sikkerhetsfaktor 1,4. Klimafaktor og sikkerhetsfaktor er begrunnet i kapittel 4.

Tabell 6-7 Sammenstilling av beregnede kulminasjonsverdier med ulike metoder for krysning K1.

Metode	Q200 med Fk, Fs (m ³ /s)
NIFS	25,8
FFA	16,1
PQRUT	7,9

Tabell 6-8 Sammenstilling av beregnede kulminasjonsverdier med ulike metoder for krysning K2.

Metode	Q100 med Fk, Fs (m ³ /s)
NIFS	3,9
FFA	3,0
PQRUT	2,7

Tabell 6-9 Sammenstilling av beregnede kulminasjonsverdier med ulike metoder for krysning K3.

Metode	Q200 med Fk, Fs (m ³ /s)
NIFS	22,1
FFA	11,8
PQRUT	16,9

Flomverdiene for 200-års flom for flomberegningene for krysning K1 og K3 for flomfrekvensanalyse og PQRUT er lavere enn medianverdi for 200-års flom beregnet med NIFS. Det velges derfor, basert på en samlet, faglig vurdering av resultatene å sette

K1: $Q_{dim,200} = 25,8 \text{ m}^3/\text{s}$

K2: $Q_{dim,200} = 3,9 \text{ m}^3/\text{s}$

K3: $Q_{dim,200} = 22,1 \text{ m}^3/\text{s}$

7. Hydraulisk modell og resultater

7.1 Modelloppbygging og valgte betingelser

7.1.1 Terrengmodell

Det er satt opp en terrengmodell, som er hovedgrunnlaget for de hydrauliske beregningene. Terrengmodellen er basert på laserdata fra prosjektet NDH Farsund-Lyngdal-Hægebostad 5 pkt 2017, hentet fra Kartverkets forvaltningsløsning Høydedata.

Laserdata har ikke nøyaktige data for terreng under trær og annen tett vegetasjon. Langs bekken er det mange trær og dette gir utslag i usikkerhet. Det anbefales å supplere modellen med innmålinger av elvebunn i senere faser.

For ny terrengmodell er det benyttet samme laserdata som for eksisterende situasjon, og lagt inn ny gang- og sykkelvei.

7.1.2 Beregningsnett

Den hydrauliske modellen baserer seg på et rutenett, hvor det for hver enkelt rute gjøres beregninger. Rutenettstørrelsen er satt til 3X3 meter som standard, mens det er lagt inn refinement regions og breaklines langs bekkeløp, ny gang- og sykkelsti og i områder med bebyggelse, med en størrelse på 1X1 meter. Bekkeløp er lagt inn som såkalte «breaklines» i alle krysningene, slik at beregningsrutene blir orientert i riktig retning og strømmingen blir mer nøyaktig modellert.

7.1.3 Grensebetingelser

Flow hydrograph ble lagt inn som oppstrøms grensebetingelse med helning på 0.01. Det ble benyttet en konstant vannføring som var høyeste vannføring på dimensjonerende 200-års flom. For K2 ble det benyttet en verdi for 100-års flom. For K1 er det 25.8 m³/s. For K2 er det 3,9 m³/s. For K3 er det 22.1 m³/s.

Normal dybde med helning 0.001 ble lagt inn som nedstrøms grensebetingelse.

Det er benyttet en vannføring på 157,2 for grensebetingelsen for utløp.

7.1.4 Øvrige modellparametere

Likningssettet Shallow Water Wquations – Eulerian-Langrangian Method (SWE-ELM) er benyttet i beregningene.

7.1.5 Kalibrering av modell

Modellen er ikke blitt kalibrert da det ikke er noen tilgjengelige kalibreringsdata fra tidligere flom.

7.2 Resultater fra hydraulisk beregning

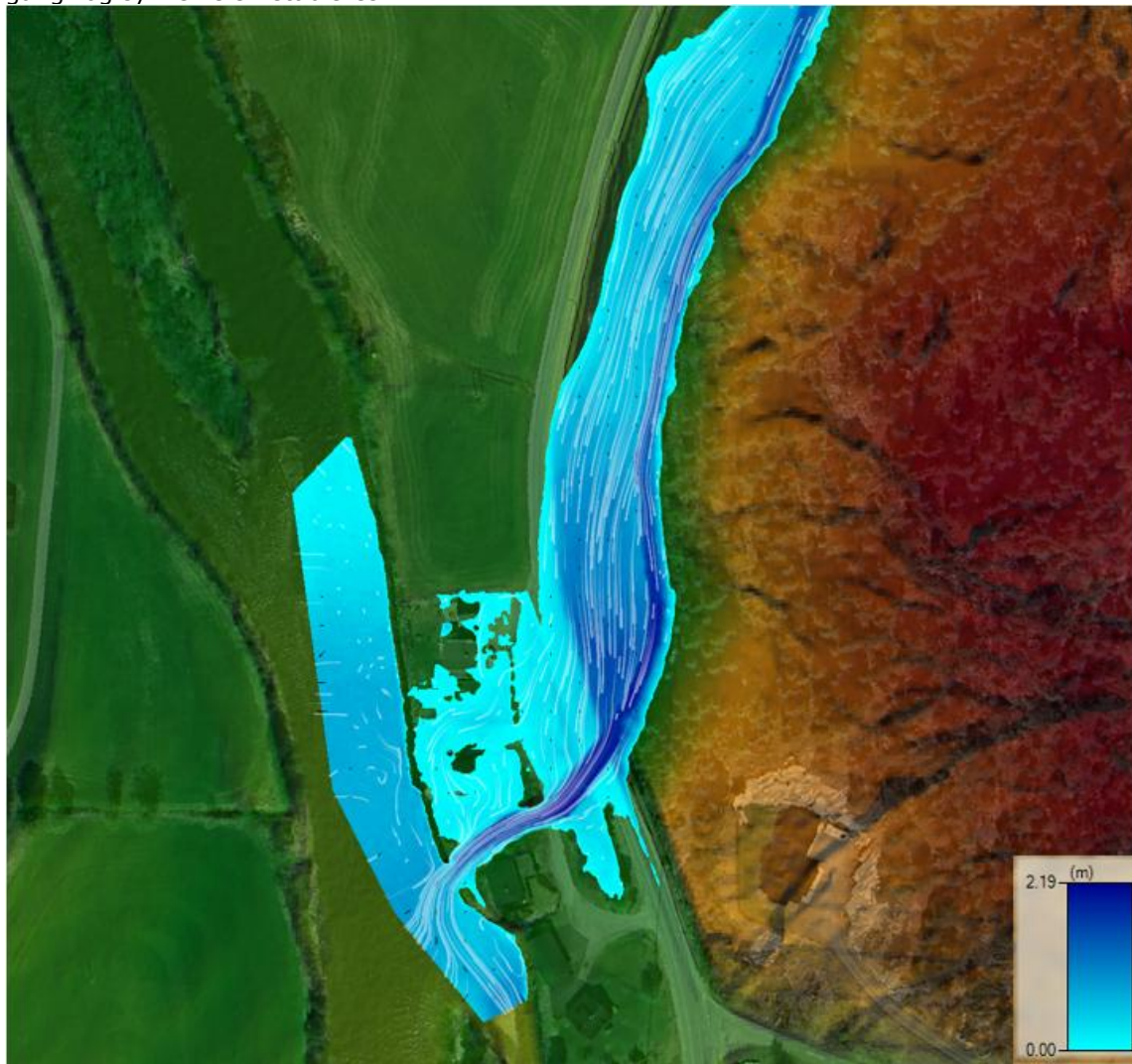
7.2.1 Krysning K1

7.2.1.1 Eksisterende situasjon

Beregnet 200-års flom er simulert ved eksisterende situasjon og det er bekreftet at vannføringen går ut av bekkeløpet nord for krysningen. Området ovenfor krysningen er veldig flatt, og består av gresskledd jorde. I eksisterende situasjon vil vannet flomme over sletten og eksisterende kjørevei nord for krysningen.

Det vil også flomme over i området vest for krysningen og over eksisterende eiendommer. En slik flomsituasjon utgjør dermed flomfare for tredjepart.

I eksisterende situasjon viser HECRAS-modellen at eksisterende kjørebru ikke har nok kapasitet for 200-års flom. Det stuves opp under eksisterende kjørebru og påvirker gang- og sykkelvei og ny bro selv om den har tilstrekkelig kapasitet. Det anbefales å bytte ut kjørebrua samtidig som gang- og sykkelveien etableres.



Figur 7–1 Maks vanddybde i eksisterende situasjon for en 200-års flom.

7.2.1.2 Planlagt situasjon

Terrengmodellen for planlagt situasjonen er oppdatert med den nye gang- og sykkelstigeometrien.

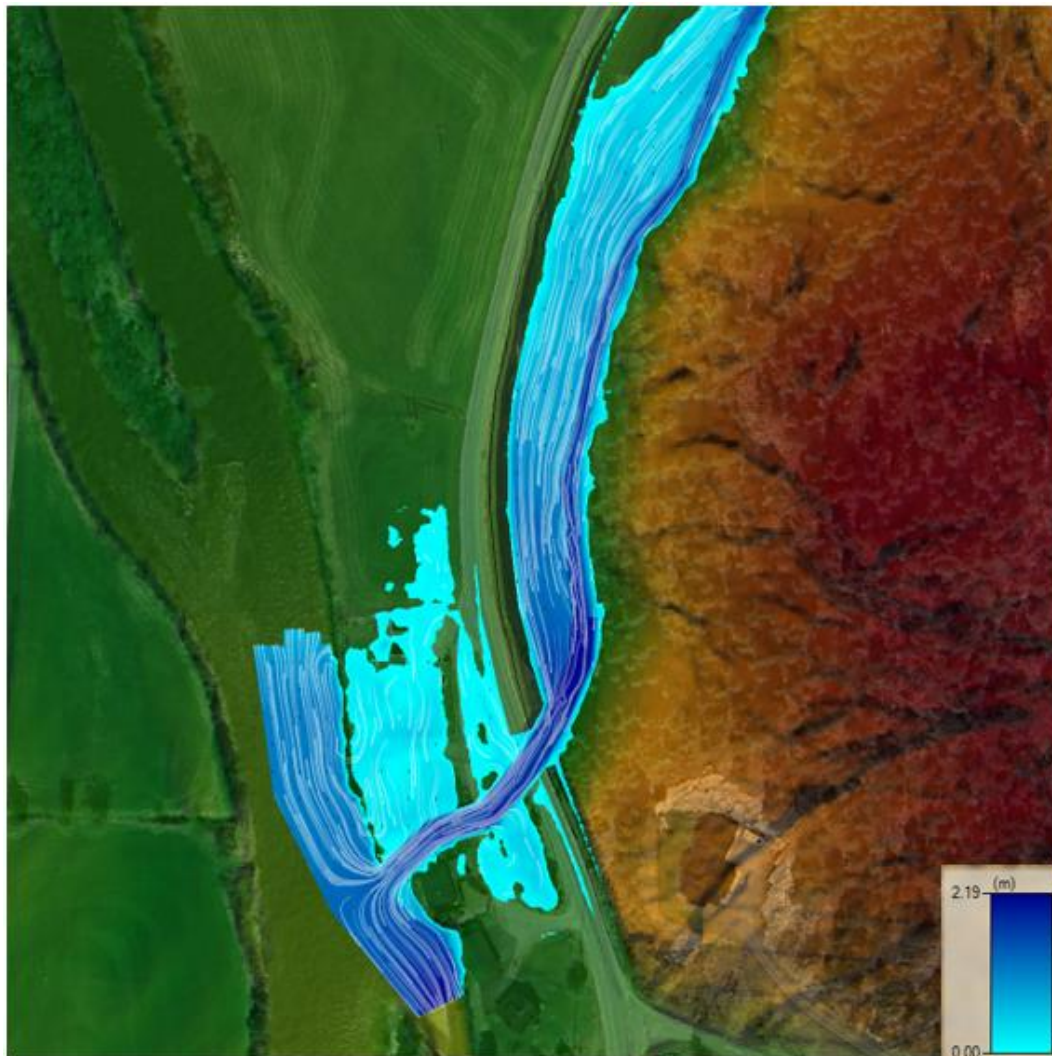
Her presenteres en oppsummering av endringene som er utført på terrengmodellen og konstruksjonene som er modellert i simuleringen av den fremtidige situasjonen:

Modifikasjoner i terrengmodellen:

- Det er lagt inn en såkalt «channel-modification» for å simulere ny gang- og sykkelvei bru over bekkekrysningen. Denne er lagt inn med en bredde på 6,5 meter etter beregning av brubredde ved hjelp av monogram og programmet HY-8.
- Det er lagt inn en oppgradering av eksisterende bruer på tilsvarende måte som for ny bru. Valgt bredde er 6,5 meter.
- Gang- og sykkelveien er hevet slik at det ikke skal flomme over denne. Veien er hevet til kote 162 fra bekkekrysningen og nordover.

Simuleringer viser at broen med bredde på 6,5 meter vil ha nok kapasitet til å kunne håndtere en klimajustert 200-års flom. Heving av ny gang- og sykkelstivei vil bidra til at mer vann fra bekken føres mot broen enn i eksisterende situasjon, hvor store deler av vannet flommer over gressletten og over eksisterende kjørevei. Dette fører til at det er mer vann som vil renne mot eiendommene nedstrøms tiltaket. Tiltaket fører til en forverret situasjon for disse eiendommene, og utgjør en flomfare for tredjepart. Det anbefales å se på avbøtende tiltak i senere faser, eksempelvis flomvoll fra bekk mot hus.

Det vil tilrettelegges for at eksisterende kjørebro byttes ut etter hvert, ved at det etableres murer fra den nye gang- og sykkelveibroen til kjørebroen. Murene vil etableres slik at vannet som renner under gang- og sykkelvei føres til kjørebro.

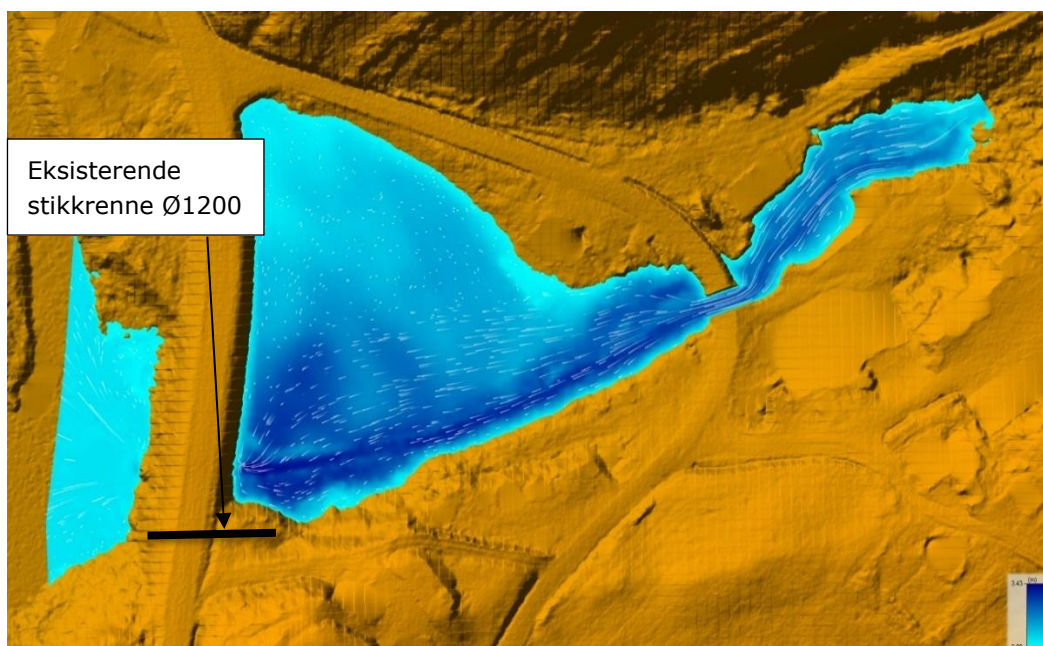


Figur 7—2 Maks vanddybde i planlagt situasjon for en 200-års flom.

7.2.2 Krysning K2

7.2.2.1 Eksisterende situasjon

Beregnet 100-års flom er simulert ved eksisterende situasjon. Under vegen ligger det i dag en stikkrenne med diameter 1200mm. Figur 7—3 viser maksimale vanddybder ved en 100-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor. Resultatene viser at denne ikke har nok kapasitet som gjør at vannet stuver seg opp oppstrøms denne. Området er veldig flatt, og vannet vil renne inn på jorden nord for elva som medfører at dette området blir oversvømt.

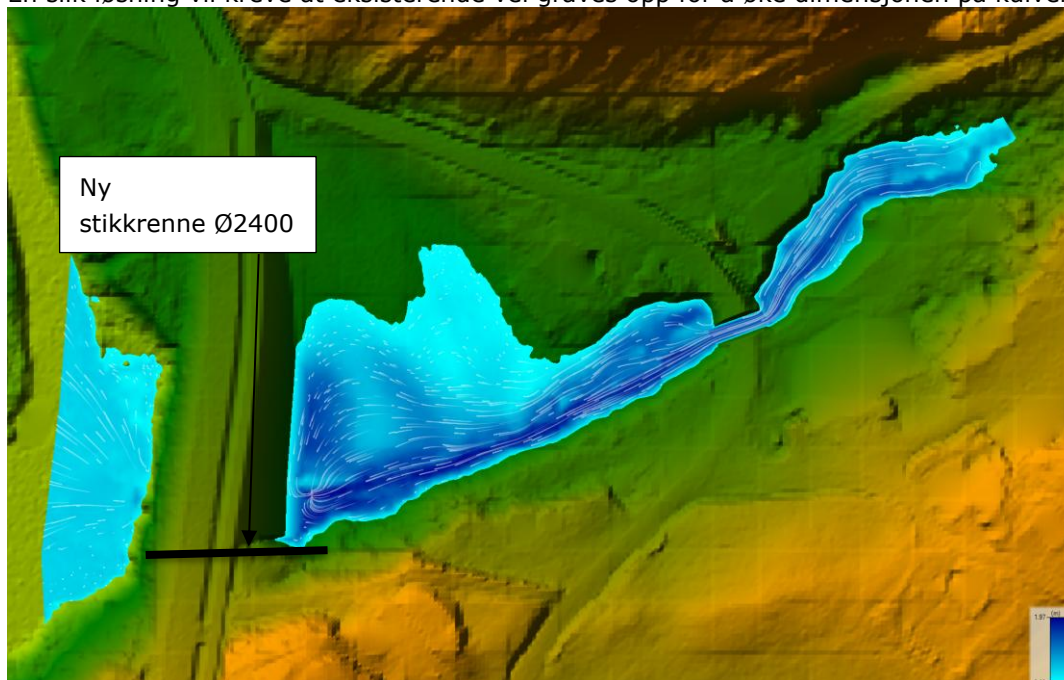


Figur 7—3: Kart som viser maks vanndybde ved en 100-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor for K2 ved eksisterende situasjon.

7.2.2.2 Planlagt situasjon

For planlagt situasjon er det beregnet at det er nødvendig med en ny kulvert som har en diameter på 2400mm som går under ny gang- og sykkelvei samt eksisterende vei. Denne er lagt inn i modellen sammen med ny gang- og sykkelvei. Figur 7—4 viser maksimale vanndybder ved en 100-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor. Resultatene viser at vannet stuver seg opp ved innløpet til kulverten. Siden det er flatt i området og elva ikke er så dyp vil noe vann renne inn på jorden, men betraktelig mindre enn ved eksisterende situasjon.

En slik løsning vil kreve at eksisterende vei graves opp for å øke dimensjonen på kulverten.

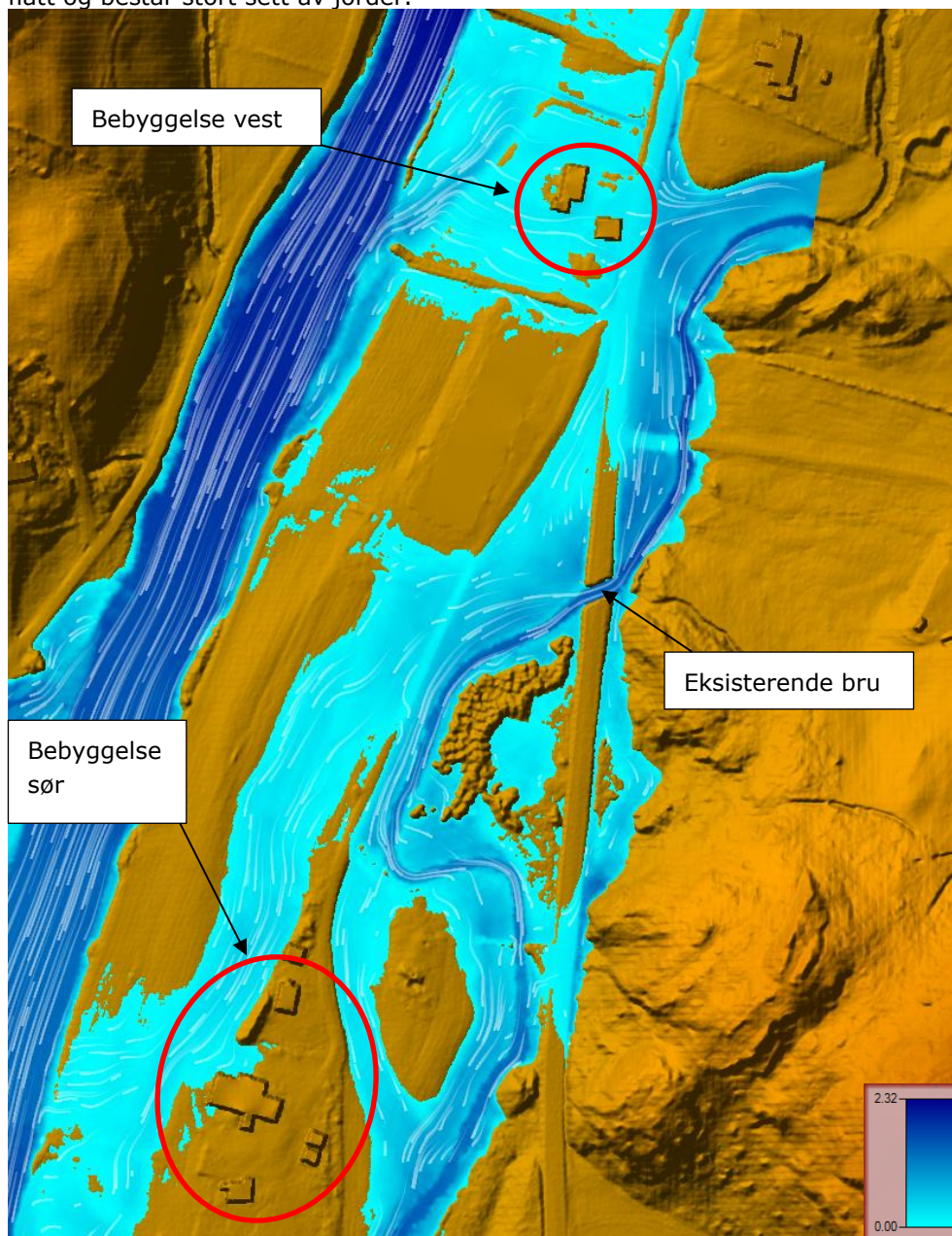


Figur 7—4: Kart som viser maks vanndybde ved en 100-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor for K2 ved fremtidig situasjon.

7.2.3 Krysning K3

7.2.3.1 Eksisterende situasjon

Beregnet 200-års flom er simulert ved eksisterende situasjon. Dagens vei krysser elva over en bru. Figur 7—5 vier maksimale vanndybder ved en 200-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor. Resultatene viser at renner utenfor elvebredden og mot eksisterende veg oppstrøms eksisterende bru. Her stuver vannet seg opp og renner over vegen og mot bebyggelsen i vest. Noe vann vil også renne sørover mot bebyggelsen her. Området er generelt flatt og består stort sett av jorder.

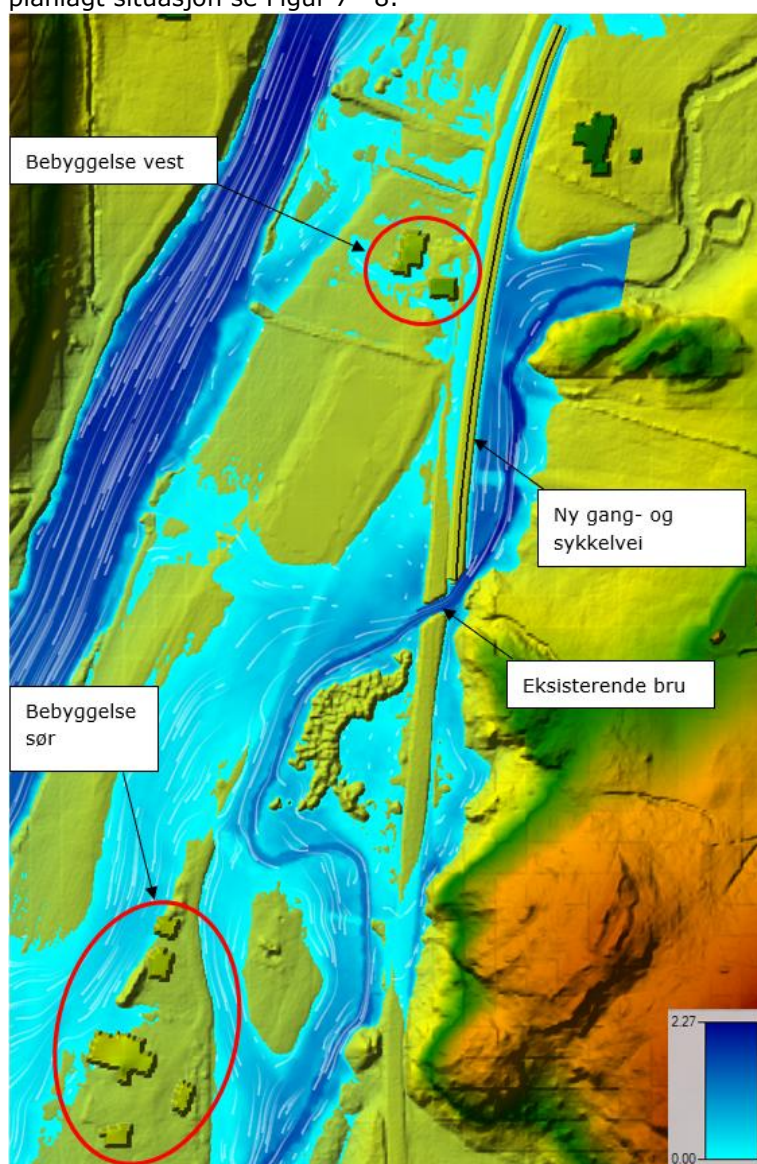


Figur 7—5: Kart som viser maks vanndybde ved en 200-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor for K3 ved eksisterende situasjon.

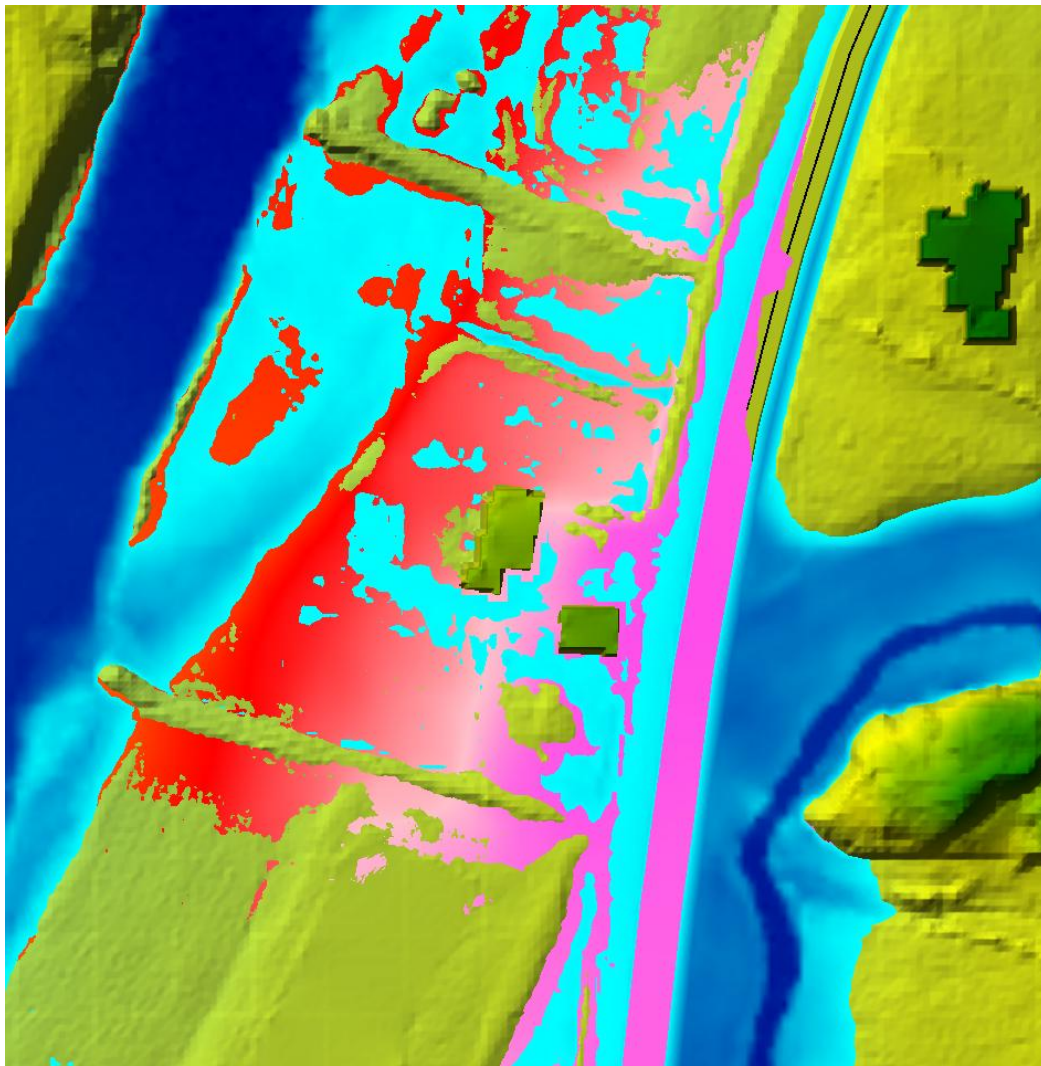
7.2.3.2 Planlagt situasjon

For planlagt situasjon er ny gang- og sykkelvei hevet til kote. 153,7 for å sikre at vannet ikke renner over veien. Ny gang- og sykkelvei starter rett nord for eksisterende bru og vil ikke påvirke elva i dette området. Figur 7—6 viser maksimale vanndybder ved en 200-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor. Resultatene viser at vannet fortsatt vil renne over elvebredden oppstrøms eksisterende bru. Vannet vil så stuve seg opp mot ny gang- og sykkelvei men ikke renne over. Vannstanden mot ny gang- og sykkelvei er maksimalt på kote. 153,63. Dette gjør at flomsituasjonen for bebyggelsen i vest forbedres kraftig, se Figur 7—7.

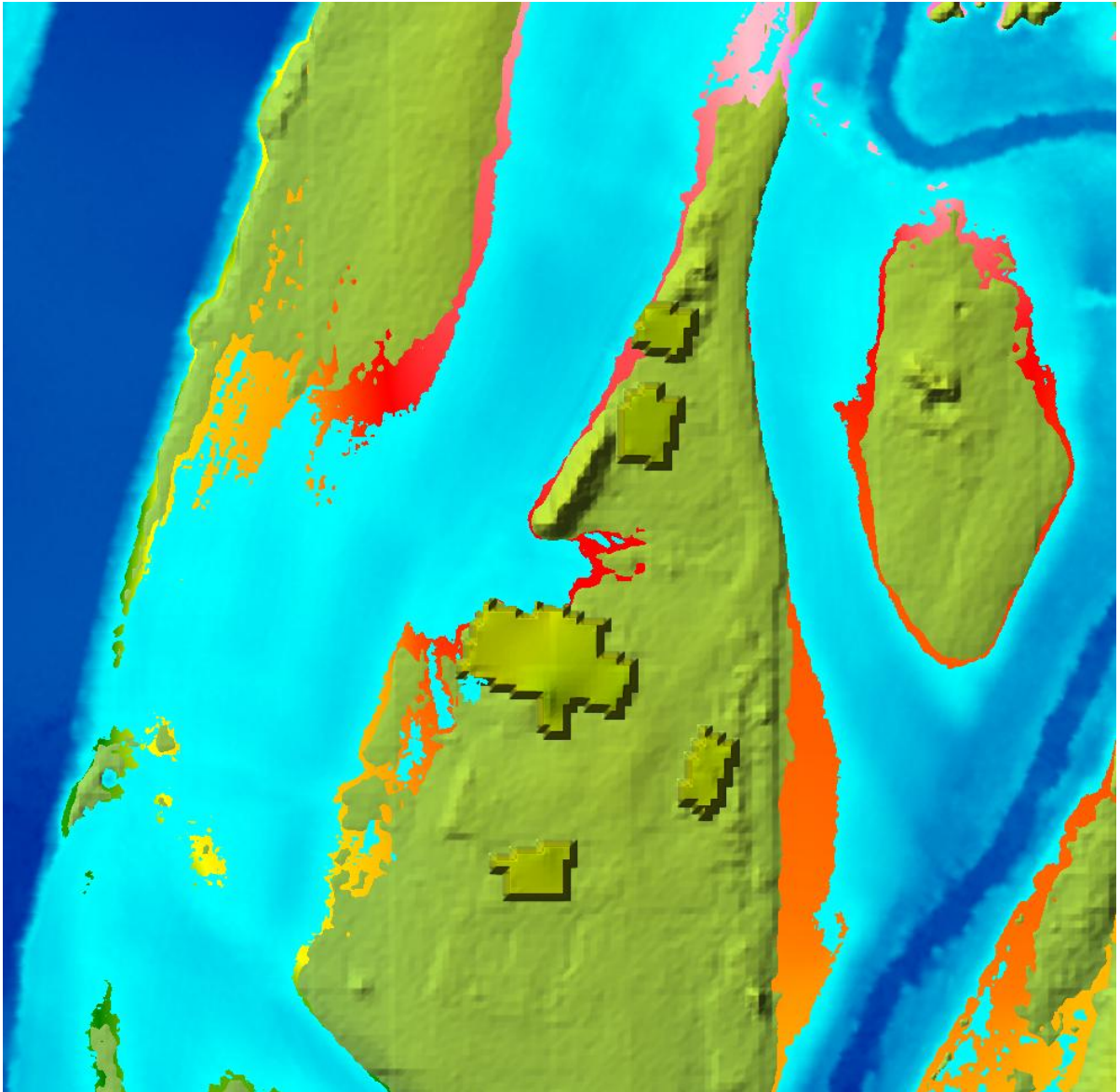
Siden vannet ikke lenger renner over veien og vestover vil mer vann renne sørover og under eksisterende bru. Dette medfører at det kommer noe mer vann mot bebyggelsen i sør. Her øker vanndybden opp mot 10 cm. For sammenligning av resultater for eksisterende situasjon og planlagt situasjon se Figur 7—8.



Figur 7—6: Kart som viser maks vanndybde ved en 200-års flom inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor for K3 ved planlagt situasjon.



Figur 7—7: Kart som viser vann ved bebyggelsen i vest, rød/rosa farge er eksisterende situasjon, blå farge er planlagt situasjon.



Figur 7–8: Kart som viser vann ved bebyggelsen i sør, rød/rosa farge er planlagt situasjon, blå farge er eksisterende situasjon.

7.2.4 Erosjonssikring

Det bør i senere faser gjennomføres en mer detaljert simulering for å kunne vurdere behovet og planlegge for erosjonssikringstiltak.

7.2.5 Fiskevandring

Dersom det er registrert fisk i bekkekrysningene, må det i videre detaljeringsfaser prosjekteres fiskepassasje.

8. Oppsummering og konklusjon

Hovedmålet med denne utredningen har vært å utrede for flomfare for 200-års flom for tre krysninger langs ny planlagt gang- og sykkelsti.

Flomfarevurderingen er gjennomført ved en kombinasjon av hydrologiske og hydrauliske analyser for bekkene som krysser den planlagte gang- og sykkelveien. Basert på flomberegninger er dimensjonering av gjennomløp undersøkt i krysningene.

Det anbefales å at det i videre faser tas innmåling i bekkebunn.

Beregninger viser at eksisterende kjørevei oversvømmes i krysning K1 i eksisterende situasjon for en 200-års flom. I planlagt situasjon heves gang- og sykkelvei slik at kjørevei ikke oversvømmes. Dette fører til mer vann nedstrøms bru, og en forverring av flomsituasjon for eiendommer nedenfor krysningen. Det bør etableres flomsikringstiltak mot eiendommene i krysning K1.

For krysning K2 viser resultatene at eksisterende kulvert, med diameter på 1200mm, under veien ikke har nok kapasitet og jordet oppstrøms kulverten oversvømmes. For å forbedre flomsituasjonen bør eksisterende kulvert byttes ut med en større kulvert, med diameter på 2400mm. Resultater for planlagt situasjon viser at oversvømmelsen på jordet forbedres. Ved valg av denne løsningen kreves det at eksisterende vei graves opp for å bytte eksisterende kulvert.

For krysning K3 viser resultatene at vannet renner over eksisterende vei og til bebyggelse i vest som oversvømmes. Noe vann renner også sørover over jorder og mot bebyggelse i sør som også oversvømmes til en viss grad. For å forhindre at vann renner over veien er ny gang- og sykkelvei hevet. Dette medfører at flomsituasjonen for bebyggelsen i vest forbedres. Siden vann ikke renner over veien, vil mer vann renne sørover under eksisterende bru og mot bebyggelsen i sør. Flomsituasjonen for bebyggelsen i sør vil forverres noe.

I detaljprosjektering bør erosjonssikring vurderes nøye.

9. Referanser

- Kartverket. (2025, 09 01). *Hoydedata*. Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>
- Norges vassdrag- og energidirektorat . (2022). *Veileder for flomberegninger* . NVE .
- Norges vassdrag- og energidirektorat . (2025, 08 14). *Seriekart* . Hentet fra <https://seriekart.nve.no/>
- Norges vassdrag- og energidirektorat . (2025, 08 15). *Seriekart* . Hentet fra <https://seriekart.nve.no/>
- Norges vassdrag og energidirektorat. (2025, 04 24). *Aktsomhetskart for flom*. Hentet fra <https://temakart.nve.no/tema/flomaktsomhet>
- Norsk klimaservicesenter . (2025, 08 15). *Nedbørintensitet (IVF-verdier)* . Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN18701>
- SCALGO Live . (2025, 04 25). Hentet fra Scalgo : https://scalgo.com/live/norway?res=4&ll=7.221558%2C58.364546&lrs=geonorge_topo4graatone%2C_%3Aworkspaces%3Awid-505664%3AclippedDEM%3Adataset%3Bopacity%3D0%2Cnorway%3A3006%3Arain%3Afloded-edgeflow-dfs%3Adtm1%3Boption%3Drenderdownstream%3Dtrue%2C_%3Aworksp
- Statens vegvesen . (2024). *N200 Vegbygning* . Statens vegvesen .
- Statens vegvesen. (2025). *N400 Håndbok i broprosjektering*. Statens vegvesen .
- Statens vegvesen. (2025, 04 25). *Vegkart* . Hentet fra <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@283402,6662714,13/hva:hva%5B0%5D%5BabsoluteIntervals%5D=false&hva%5B0%5D%5Bid%5D=532&hva%5B1%5D%5BabsoluteIntervals%5D=false&hva%5B1%5D%5Bid%5D=77&hva%5B2%5D%5BabsoluteIntervals%5D=false&hva%5B2%5D%5Bid%5D=>