

Hydrologi

Flom- og hydrauliske beregninger for Rv. 3 Tynset-Kvikne

Tynset

Fagressurs, laboratorier og grunnboring

C166560-HYDR-01



Foto: Hanne Saug Lie



Statens vegvesen



Oppdragsrapport

Nr. C166560-HYDR-01

Labsysnr.

Hydrologi

Flom- og hydrauliske beregninger for Rv. 3 Tynset-Kvikne

Drift og vedlikehold

Fagressurs, laboratorier og grunnboring

Geofag Drift og vedlikehold

Postadresse Pb. 1010 Nordre Ål

2605 Lillehammer

Telefon (+47) 22 07 30 00

www.vegvesen.no

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	261390 - 6941986	Plan og utbygging Øst 1	34
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
3427	Tynset	2023-03-02	4
		Utarbeidet av	Antall tegninger:
		Linda Therese Nilsen	0
Prosjektnummer		Seksjonsleder	Kontrollert
C16560		Viggo Aronsen	Elena Fitje
Sammendrag			

På oppdrag fra Plan og utbygging øst 1, har fagressurs på Drift og vedlikehold utført hydrologiske undersøkelser for strekningen Rv.3 Tynset - Kvikne, Innlandet fylke. Det er i den forbindelse utført flom- og hydrauliske beregninger av sideelver som krysser vegtrasé. Mindre vannveger skal ivaretas av generell VA drenering.

Det er i den forbindelse utført flom- og hydrauliske beregninger av sideelver som krysser vegtrasé. Mindre vannveger skal ivaretas av generell VA drenering. Flomberegningene er utført ved bruk av Flomfrekvensanalyse (FFA) basert på observerte data i området, Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt og den Rasjonale formel. Metodene er hentet fra Statens Vegvesens lærebok Drenering og håndtering av overvann (Norem et al., 2018) og håndbok V240 Vannhåndtering - Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering (MoR., 2020). De hydrauliske beregningene er utført ved bruk av programvaren HY-8, versjon 7.70. For ytterligere informasjon om programvaren henvises det til HY-8 brukermanual (Federal Highway Administration, 2016).

Det er benyttet forskjellige karttjenester for å vurdere feltkarakteristika innhentet fra NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA, programvaren Scalgo og googlemap, samt til å vurdere generelle hydrologiske problemstillinger i området. Det er ikke utført befaring, grunnet snø og is, men er benyttet karttjenester og tidligere bilder fra andre i prosjektet.

Beregninger for erosjonssikring er ikke utført, men må tas hensyn til. Anbefalte tiltak for dimensjonerende vannhastighet er beskrevet i rapporten. Vegen berører aktsomhetsone for flom (se vedlegg 3). Det er ingen registrerte hendelser eller skredpunkt i NVDB og vegkart.

Emneord

Flom, hydrologi, hydraulikk, vannhastighet,

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	2
2	Overordnede krav.....	3
2.1	Klima- og sikkerhetsfaktor.....	4
3	Analyseområde.....	5
3.1	Beskrivelse av analysefelt.....	5
3.2	Analysefeltene feltkarakteristika.....	7
4	Observasjoner i felt	10
5	Flomberegninger	12
5.1	Målestasjoner	13
5.1.1	Justering av spesifikkmidlere avrenning Q_N	15
5.2	Flomfrekvensanalyse basert på observerte data i området.	15
5.3	Flomfrekvensanalyse med Nasjonalt formelverk	20
5.4	Rasjonale formel.....	21
5.5	Sammenligning av metoder og valg av endelige flomverdier	22
6	Hydrauliske analyser og beregninger	23
6.1	Forutsetninger for analyser og beregninger i HY-8	24
6.2	Resultater fra HY-8 og valgt diameter/mål:	25
6.2.1	Nedbørfelt 1 – Bekk 1 (profil: 6245).....	25
6.2.2	Nedbørfelt 2 – Hyllebekken (profil: 7487,5).....	27
6.2.3	Nedbørfelt 3 – Bekk 2 (profil: 8397,5).....	29
6.2.4	Nedbørfelt 4 – Fuglåsbecken (profil: 9495).....	31
7	Anbefalte tiltak/løsninger	33
7.1	Generelt for alle nedbørfeltene:	33
8	Referanser	34
	Vedlegg 1: Nedbørfelt fra NEVINA	35
	Vedlegg 2: Resultater fra HY-8	37
	Vedlegg 3: Aktsomhetskart, NVE Atlas.....	39
	Vedlegg 4: Resultater fra NIFS formelverk	41

1 Innledning

På oppdrag fra Plan og utbygging øst 1, har fagressurs på Drift og vedlikehold utført hydrologiske undersøkelser for strekningen Rv.3 Tynset - Kvikne, Innlandet fylke. ÅDT for strekningen er 2234 (2022) med 36% andel lange kjøretøy. Dagens veg er for smal og har til dels dårlig kurvatur og dårlig bæreevne. Strekningen er ulykkesutsatt og det er behov for utbedring og tiltak mot utforkjøringsulykker. Det er planlagt å utføre tyngre vedlikehold av strekning på ca. 5 km.

Det er i den forbindelse utført flom- og hydrauliske beregninger av sideelver som krysser vegtrasé. Mindre vannveger skal ivaretas av generell VA drenering. Flomberegningene er utført ved bruk av Flomfrekvensanalyse (FFA) basert på observerte data i området, Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt og den Rasjonale formel. Metodene er hentet fra Statens Vegvesens lærebok *Drenering og håndtering av overvann* (Norem et al., 2018) og håndbok V240 *Vannhåndtering - Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering* (MoR., 2020). De hydrauliske beregningene er utført ved bruk av programvaren HY-8, versjon 7.70. For ytterligere informasjon om programvaren henvises det til HY-8 brukermanual (Federal Highway Administration, 2016).

Det er benyttet forskjellige karttjenester for å vurdere feltkarakteristika innhentet fra NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA, programvaren Scalgo og googlemap , samt til å vurdere generelle hydrologiske problemstillinger i området. Det er ikke utført befaring, grunnet snø og is, men er benyttet karttjenester og tidligere bilder fra andre i prosjektet.

Alle tiltak skal utføres slik at erosjon unngås. Beregninger for erosjonssikring er ikke utført, men må tas hensyn til. Anbefalte tiltak for dimensjonerende vannhastighet beskrevet i håndbok V240, se

Tabell 7.1.

Vegen berører aktsomhetsone for flom (se vedlegg 3). Det er ingen registrerte hendelser eller skredpunkt i NVDB og vegkart.

2 Overordnede krav

Kapasitet og utforming på drenering/overvann skal være iht. SVV håndbøker. Det er benyttet følgende krav i prosjektet:

SVV Håndbok N200: Vegbygging

- *Sikkerhetsklasse for veg påvirket av flom (Statens vegvesen, 2018, s. 83).*
- *Påslag for avregningsberegninger. Herunder klimafaktor (F_k) og sikkerhetsfaktor (F_u). (Statens vegvesen, 2018, s. 88-s. 89).*
- *Spesielle energidrepere som erosjonssikring. «Det skal benyttes spesielle energidrepere ved vannhastigheter over 4 m/s» (Statens vegvesen, 2018, s. 95).*
- *«For fyllinger uten sikring skal vanddybden ved innløpet y_{dim} for vannføring $Q_{dim,T}$ ikke settes høyere enn toppen av innløpet, $y_{dim} \leq D_{innløp}$ » (Statens vegvesen, 2018, s. 91).*
- *For kulverter skal det «antas gjentetting i 1/3 av innløpets høyde» (Statens vegvesen, 2018, s. 92).*

SVV håndbok N400: Bruprosjektering

- *Fri høyde over vassdrag: «Fri høyde over vassdrag bestemmes slik at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom» (Statens vegvesen, 2015, s. 47).*

2.1 Klima- og sikkerhetsfaktor

Innlandet kjennetegnes av store nedbørfelt og klima preges av kalde vintre og varme somrer, slik at temperaturvariasjonen over året er stor. I de fleste elvene i Hedmark er det vanlig at snøsmelteflommer om våren eller tidlig om sommeren er årets største flom. Det forventes at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Klimaendringene i Innlandet fylke vil derfor ha behov for tilpassing av kraftig nedbør og økt problem med overvann (*klimaservicesenter.no*).

For å ta hensyn til framtidige klimaendringer er det svært viktig å unngå å bygge inn unødvendig sårbarhet i infrastrukturen. Klimafaktor for fremtidige klimaendringer (F_k) tar hensyn til mulig økning i nedbørsmengder. Kravet for klimafaktor i tidligere Hedmark fylke er 1.4. Sikkerhetsfaktor for usikkerhet i beregninger (F_u) er 1.1 for anlegg innenfor sikkerhetsklasse $V_2(N200)$.

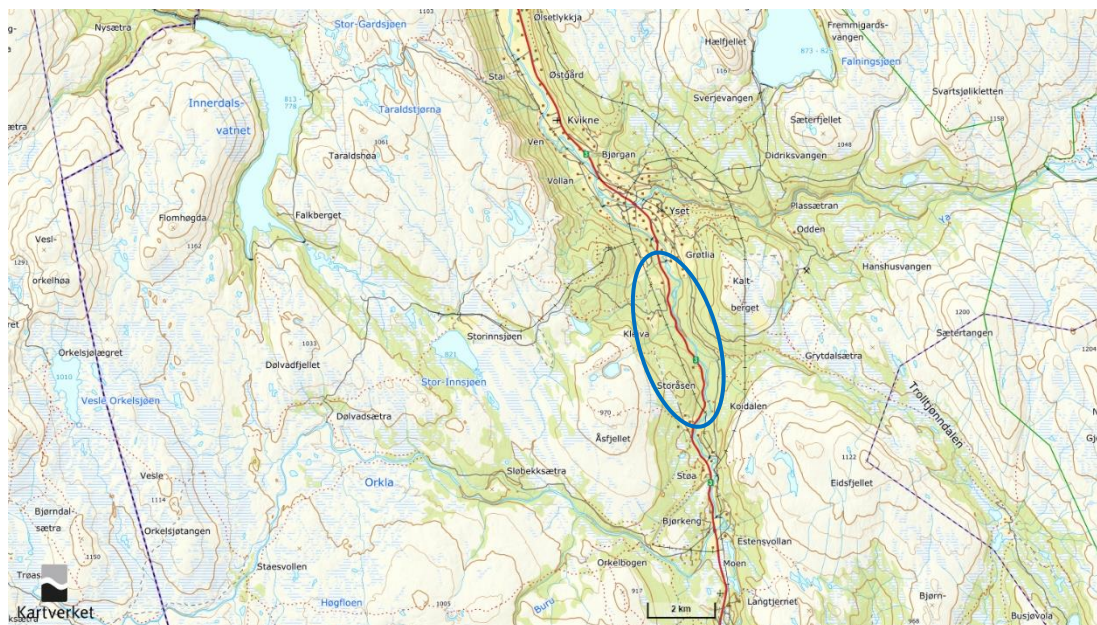
ÅDT for strekningen er 2234 (2022), uten omkjøringsmulighet, som gir en sikkerhetsklasse V_2 og returperiode for flom på 200 år. Klassifiseringene er sammenfattet i *Tabell 2.1*.

Tabell 2.1. Klassifisering benyttet i prosjektet.

Klassifisering	
Sikkerhetsklasse (-)	V2
Klimafaktor F_k (-)	1.4
Sikkerhetsfaktor F_u (-)	1.1

3 Analyseområde

I dette kapittelet gis det en beskrivelse av nedbørfeltene (heretter kalt analysefelt), deretter gjennomgås analysefeltets feltkarakteristika. Se oversiktskart *Figur 3.1*.



Figur 3.1. Oversiktskart over analyseområdet. Analyseområdet inntegnet i blå sirkel.

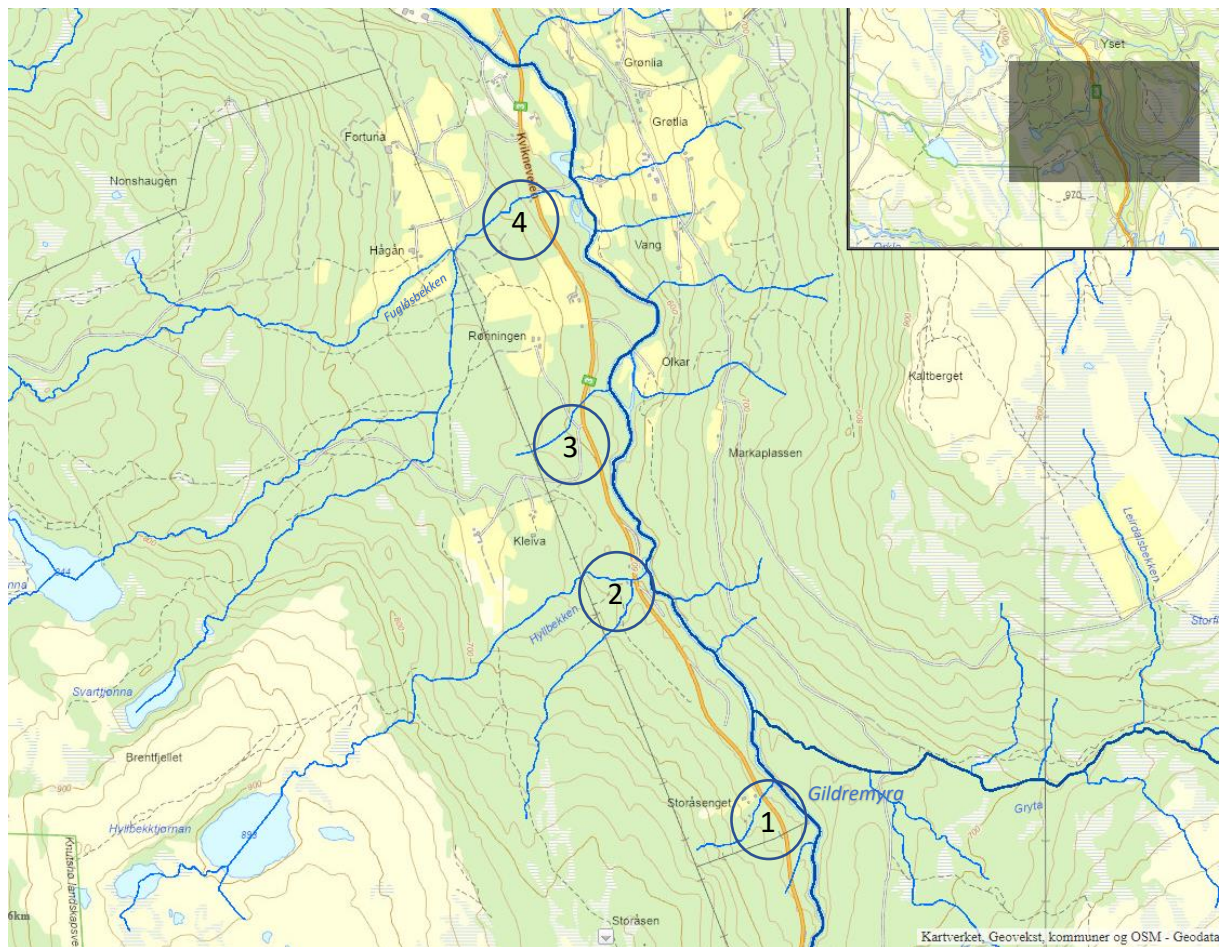
3.1 Beskrivelse av analysefelt

Analyseområdet består av 4 nedbørfelt (elver/bekker) som krysser vegtrasé. Nedbørfeltene er uregulerte, tilhører Orklavassdraget med vassdrag nr. 121.F1 og ligger i Tynset kommune, Innlandet fylke.

Alle nedbørfeltene drenerer mot øst og renner ut i elva Orkla. Orkla kommer fra Orkelsjøen (1058moh) i Oppdal og har sitt utløp i Orkdalsfjorden, en gren av Trondheimsfjorden. I de fleste elvene i Hedmark er det vanlig at snøsmelteflommer om våren eller tidlig om sommeren er årets største flom. Dersom det også kommer regn under snøsmelting, vil flommene bli spesielt store. Snøakkumulasjon om vinteren gir vanligvis lav vannføring i elvene om vinteren.

Årsnedbøren i Hedmark fylke forventes å øke, og det forventes økt vannføring fordi mer nedbør er forventet å komme som regn og ikke snø (klimaprofil.no/Hedmark).

Analysefeltene ligger innenfor aktsomhetsone for flom (a. NVE, 2014), se aktsomhetskart (vedlegg 3). Et oversiktskart over analyseområdet og analysefelt ses i *Figur 3.2*.



Figur 3.2: Oversiktskart over analyseområdet nummerert med tilhørende analysefelt.

3.2 Analysefeltene feltkarakteristika

For alle analysefelt er feltkarakteristika innhentet ved bruk av NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA (Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse), som benytter seg av GIS-analyse for å estimere de ulike feltparametere. Programvaren Scalgo er benyttet for sammenligningsgrunnlag til Nevina og nedbørfeltene ser ut til å stemme godt overens i de forskjellige programmene.

Areal til analysefelt 1 og 3 er mindre enn 1 km² og kan defineres som microfelt. Mindre vannveger skal ivaretas av generell VA drenering langs vegtrasé.

Relevante feltparametre er presentert i *Tabell 3.1*. For en oversikt over NEVINA rapporter/nedbørfelt til de respektive analysefeltene henvises det til *vedlegg 1*. Ingen av analysefeltene har feltparametre bestående av leire og urban, disse er derfor ikke presentert.

Tabell 3.1: Feltparametre for analysefeltene (NEVINA).

Analysefelt	Areal	A _{SE}	Dyrket mark	Myr	Skog	Sjø	Snaufjell	Høydegrad	Feltlengde	Helning	q _{N(61-90)}	Q _{N(61-90)}
	(km ²)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(moh.)	(km)	°	(l/s/km ²)	(m ³ /s)
1 - Bekk 1	0.27	0.0	3.0	0.9	95.6	0.0	0.0	641-821	0.9	12.5	14.0	0.00
2 - Hyllebekken	4.17	1.14	1.8	5.4	39.4	4.7	48	603-969	3.4	7.8	15.9	0.07
3 - Bekk 2	0.53	0.0	4.6	3.5	89.6	0.0	1.9	581-874	1.8	8.4	11.3	0.01
4 - Fuglåsbecken	7.41	0.5	1.9	7.2	57.6	2.5	30.7	564-987	4.2	7.1	15.5	0.11

Analysefelt 1 – Bekk 1

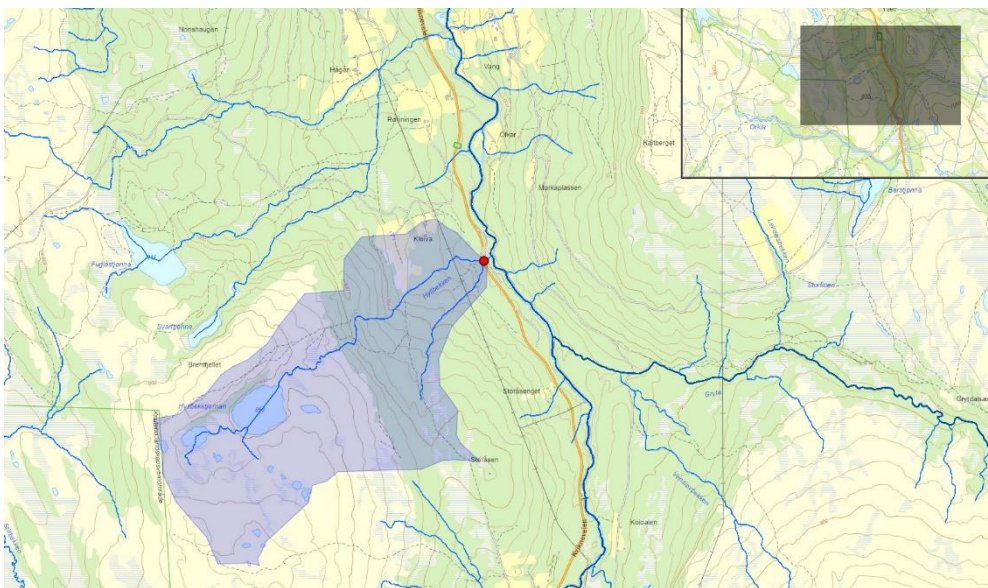
Feltet har et areal på 0,27 km² og går under betegnelsen microfelt. Ut ifra feltparametre i Tabell 3.1 består feltet for det meste av skog (95,6 %) og ingen andel snaufjell. Dette vil sannsynligvis bidra til noe selvregulering/demping i feltet (Stenius et al., 2015).



Figur 3.3. Analysefelt 1 – Bekk 1.

Analysefelt 2 - Hyllebekken

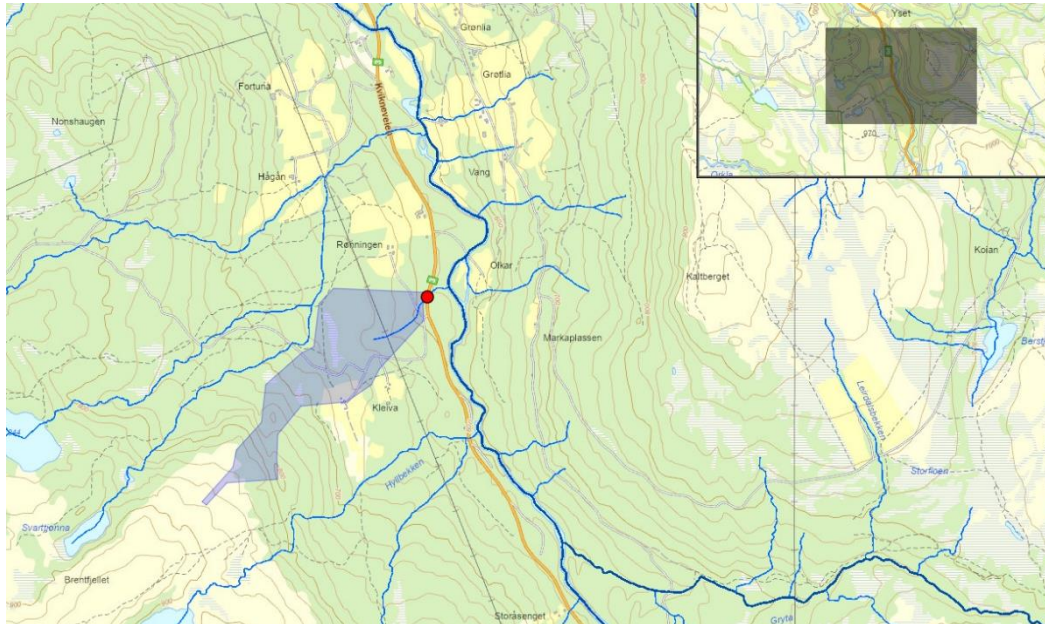
Feltet har et areal på 4,17 km². Ut ifra feltparametre i Tabell 3.1 består feltet av nesten like store deler skog (39,4%) og snaufjell (48%), samt liten andel av myr (5,4%). Skog og myr vil sannsynligvis bidra til noe selvregulering/demping mens snaufjell bidrar til raskere avrenning i feltet (Stenius et al., 2015).



Figur 3.4. Analysefelt 2 – Hyllebekken.

Analysefelt 3 – Bekk 2

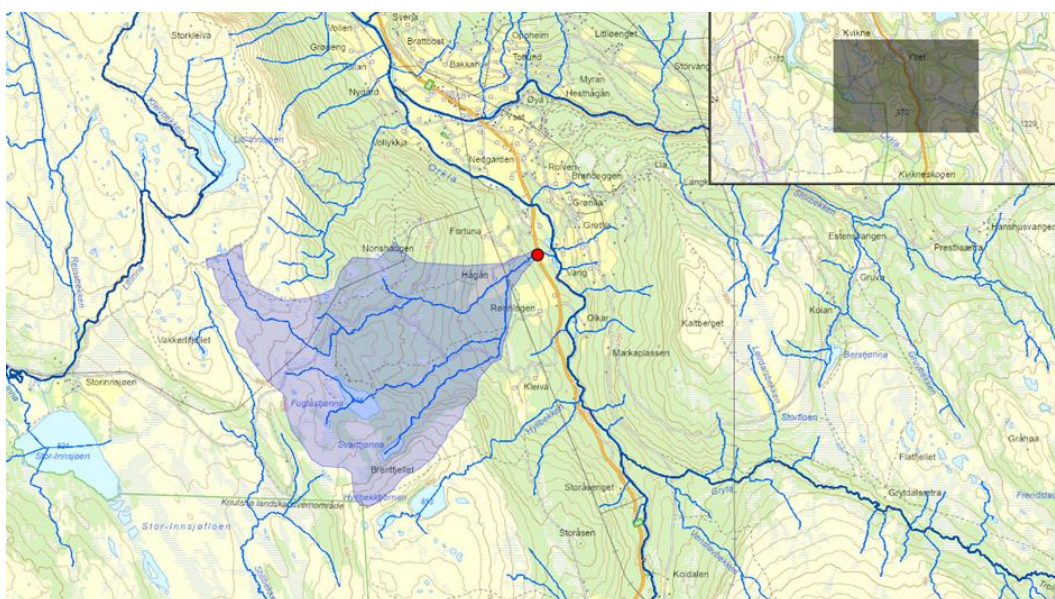
Feltet har et areal på 0,53 km² og går under betegnelsen microfelt. Ut ifra feltparametre i Tabell 3.1 består feltet for det meste av skog (89,6%) og en liten andel myr (3,5%) og snaufjell (1,9%). Sannsynligvis har feltet noe selvregulering/demping (Stenius et al., 2015).



Figur 3.5. Analysefelt 3 – Bekk 2.

Analysefelt 4 – Fuglåsbecken

Feltet har et areal på 7,41 km². Ut ifra feltparametre i Tabell 3.1 består størsteparten av feltet av skog (57,6%) og en del snaufjell (30,7%). Skogen vil sannsynligvis bidra til noe selvregulering/demping mens snaufjell derimot bidrar til raskere avrenning i feltet (Stenius et al., 2015).



Figur 3.6. Analysefelt 4 – Fuglåsbecken.

4 Observasjoner i felt

Det er ikke utført befaring av eksisterende kulverter på eksisterende vei undersøkt grunnet mye snø og is. Bildene under er fra vinteren 22-23, tatt av andre i prosjektet. Da analyseområdene består av stor andel skog er det tatt høyde for krav om 1/3 gjentetting i forbindelse med dimensjonering av kulvert.



Figur 4.1. Bildet viser innløpet til steinhvelvsbru, oppstrøms Rv. 3 - Hyllebekken (Foto: Einar Aakerøyen).



Figur 4.2. Bildet viser innløp (høyre) og utløp (venstre) – Hyllebekken (Foto: Einar Aakerøyen).



Figur 4.3. Bildet viser innløp - Fuglåsbecken (Foto: Hanne Saug Lie).



Figur 4.4. Bildet viser utløp - Fuglåsbecken (Foto: Hanne Saug Lie).

5 Flomberegninger

Dimensjonerende avrenning for analysefeltene skal tilsvare kulminasjonsverdi for 200-års flom inkludert klima- og usikkerhets påslag. Bestemmelse av dimensjonerende avrenning er forbundet med store usikkerheter og det er derfor benyttet flere metoder for å sammenligne beregningsresultatene. Endelig verdi er valgt etter faglig vurdering. Flomberegningsmetodene som er benyttet er: flomfrekvensanalyse basert på observerte data (FFA), flomfrekvensanalyse basert på Nasjonalt formelverk for små felt (NIFS), Regional flomfrekvensanalyse (RFFA) og den Rasjonale metoden.

Retningslinjene i håndbok *N200* vedrørende klimafaktor (F_k) og en sikkerhetsfaktor (F_u) er ivaretatt. I beregningene er det benyttet klimafaktor på 1.4 for små nedbørfelt (Hordaland) og en sikkerhetsfaktor på 1.1. Dimensjonerende avrenning med klimafaktor og sikkerhetsfaktor kan uttrykkes matematisk som:

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

Der:

$Q_{dim,T}$ = dimensjonerende avrenning for returperiode T (m³/s)

F_k = klimafaktor for store og små (<10 km²) nedbørfelt

F_u = sikkerhetsfaktor, bestemmes ut fra hvilken sikkerhetsklasse som er bestemt for vegstrekningen.

5.1 Målestasjoner

Nasjonalt formelverk benytter normalavrenningen $Q_{N(61-90)}$ som grunnlag for å beregne flomvannføring. En av usikkerhetene ved bruk av formelverket ligger i normalavrenning $Q_{N(61-90)}$, som er beregnet for tidsperioden 1961-1990. For å redusere usikkerheten til parameteren er normalavrenning for elva kalibrert mot observert normalavrenning (Q_{Nobs}) fra nærliggende eller mest representative målestasjoner hentet fra NVEs database og ekstremverdianalyseprogram Hydra II. Feltegenskaper, måleserienes lengde og kvalitet blir vurdert for sammenligning. Målestasjonene benyttet til beregning er presentert i *Figur 5.1* og *Tabell 5.1*. I mangel på målestasjoner med små nedbørfelt i nærheten av analyseområdet ligger valgte målestasjoner et stykke unna geografisk. Målestasjonene har også noe ulike feltparametere, men er likevel vurdert til å være de mest representative målestasjonene for analysefeltene.



Figur 5.1. Kart over målestasjoner benyttet i beregning, Nasjonalt formelverk. Benyttede målestasjoner er inntegnet rød sirkel. Analyseområdet inntegnet i rød firkant.

Tabell 5.1: Målestasjoner benyttet i flomfrekvensanalyse, med tilhørende feltegenskaper.

Stasjons nr.	109.35.0	123.28.0	2.36.0	104.22.0	12.212.0
Stasjonsnavn	Håkådalselv	Hokfossen	Øvre Heimdalsvatn	Midtre Mardalsvatn	Hangtjern
År**	32	51	27	42	34
Periode** (år)	1989-2019	1969-2020	1995-2022	1976-2018	1986-2020
Areal** (km ²)	23.62	8.06	24.94	13.68	11.02
A _{SE} * (%)	2.72	1.24	3.13	3.96	0.00
SjøProsent* (%)	4.20	4.00	4.30	0.00	2.50
Bre* (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dyrket mark* (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Myr* (%)	0.00	19.90	0.90	0.00	12.30
Leire* (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Skog* (%)	0.00	76.00	2.60	0.00	80.20
Sjø* (%)	4.20	4.00	4.30	0.00	2.50
Snaufjell* (%)	88.90	0.00	92.30	80.70	4.00
Annet* (%)	6.90	0.10	0.00	12.00	1.00
Høydegrad* (moh.)	905-1866	226-512	1088-1841	880-1575	586-1047
Feltlengde* (km)	9.20	4.95	8.27	6.58	4.40
q _N (61-90)* (l/s/km ²)	39.67	25.56	34.60	67.25	22.10
Q _N (61-90)* (m ³ /s)	0.94	0.21	0.86	0.92	0.24
q _{Nobs} (61-90)** (l/s/km ²)	36.79	27.17	25.90	82.60	17.97
Q _{Nobs} (61-90)** (m ³ /s)	0.87	0.22	0.65	1.13	0.20

Vurdering av normalavrenning $Q_{N(61-90)}$ utføres vanligvis ved å sammenligne spesifikk normalavrenning q_N (l/s/km²) fra NEVINA og observert spesifikk normalavrenning fra målestasjoner. Spesifikk normalavrenning kan uttrykkes matematisk som:

$$q_N = \frac{Q_N \times 10^3}{A}$$

Hvor A er nedbørfeltets areal (km²), beregnet ved bruk av NEVINA og/eller Scalgo. Vurderingen utføres ved å se etter systematiske avvik mellom estimert spesifikk normalavrenning fra NEVINA og observerte verdier fra måleserier fra Hydra II.

$$q_{N(obs)}^{**} - q_{N(61-90)}^{*} = \text{avvik}$$

5.1.1 Justering av spesifikkmidlere avrenning Q_N

Avviket i spesifikkmidlere avrenning for målestasjonene ses i *Tabell 5.2*.

Tabell 5.2 Avvik mellom observerte (Hydra II) og estimerte (NEVINA) spesifikkmidlere avrenning for valgte målestasjoner.

Stasjon nr.	Stasjonsnavn	q_N (61-90)* NEVINA	q_N obs** Hydra II	Avvik pr. stasjon	Avvik pr. stasjon
		(l/s*km ²)	(l/s*km ²)	(l/s*km ²)	(%)
109.35.0	Håådalselv	39.67	36.79	- 2.88	-7.26
123.28.0	Hokfossen	25.56	27.17	1.61	6.30
2.36.0	Øvre Heimdalsvatn	34.60	25.90	- 8.70	-25.14
104.22.0	Midtre Mardalsvatn	67.25	82.60	15.35	22.83
12.212.0	Hangtjern	22.10	17.97	- 4.13	-18.70
			Gjennomsnitt avvik	0.25	- 4.39

Som følger av *Tabell 5.2*, stemmer data fra NEVINA relativt godt med observasjonene i Hydra II, bortsett fra Øvre Heimdalsvatn og Midtre Mardalsvatn. Av de benyttede målestasjonene er avviket størst for Øvre Heimdalsvatn (-25,14 %). Det store avviket kan begrunnes med feltets plassering og avstand fra analyseområdet, samt noe ulike feltparametre. De resterende stasjonene har følgende avvik: Håådalselv -7,26 %, Hokfossen 6,30%, Midtre Mardalsvatn (22,83 %) og Hangtjern -4,13 %. Det gjennomsnittlige avviket for alle målestasjonene er -4,39 %, som gir en justert spesifikk midlere avrenning på 0,25 l/s/km².

Gjennomsnittsverdien for q_N på observerte data er noe høyere i forhold til gjennomsnittresultat fra NEVINA. Ut i generell vurdering er det valgt konservativt å øke spesifikkmidlere avrenning med 0,25 l/s/km.

5.2 Flomfrekvensanalyse basert på observerte data i området.

Metoden er beskrevet i *håndbok V240* og *NVE Veileder nr. 7-2015* og er gyldig for nedbørsfeltareal fra 0 til 150 km².

Flomfrekvensanalyse er utført på observerte data fra de 3 målestasjonene (Håådalselv, Hokfossen og Hangtjern), som beskrevet i kapittel 5.1. Statistiske analyse utført veg hjelp av NVEs analyseverktøy Hydra II. Midttømme et al. (2011) anbefaler bruk av to- eller treparameterfordeling for lange tidsserier (>50 år), og toparameterfordeling for kortere tidsserier (30-50 år).

Tabell 5.3 viser de 3 valgte stasjonene med fordelingsfunksjon, beregnet gjennomsnitt for Q_{200}/Q_M , 200-års avrenning q_{200} (l/s*km²) og Q_{200} (m³/s) for feltene. Gjennomsnittsverdiene er benyttet for å estimere flomkarakteristikkene for analysefeltet.

Tabell 5.3. Valgt fordelingsfunksjon, tilsvarende maksimale- og 200-års avrenning og forholdet Q_{200}/Q_M .

Stasjons nr.	Stasjonsnavn	Q_M	q_M	Valgt fordeling	Q_{200}	q_{200}	Q_{200}/Q_M
		(m ³ /s)	(l/s/km ²)		(m ³ /s)	(l/s/km ²)	(-)
109.35.0	Håkådalselv	9.37	396.70	GEV (vår)	14.65	620.24	1.56
123.28.0	Hokfossen	2.41	299.01	Gumbel (høst)	5.94	736.97	2.46
12.212.0	Hangtjern	2.45	222.32	GEV (vår)	4.51	409.26	1.84
Gjennomsnitt			306.01			588.82	1.96

Analyse er utført på døgnverdier (DAGUT-program fra Hydra II). Resultatene må regnes om til kulminasjonsverdier for å kunne benyttes i dimensjonering og sammenlignes med resultatene fra andre metoder. Forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnverdier skiller mellom vår- og høstflommer og er gitt som følgende formler (Stenius et al., 2015):

$$\text{Vårflom} \quad \frac{Q_{mom}}{Q_{døgn}} = 1,71 - 0,17 \times \log A - 0,125 \times A_{SE}^{0,5}$$

$$\text{Høstflom} \quad \frac{Q_{mom}}{Q_{døgn}} = 2,29 - 0,29 \times \log A - 0,270 \times A_{SE}^{0,5}$$

Hvor:

Q_{mom} = Kulminasjonsvannføringer/momentanvannføringer (m³/s)

$Q_{døgn}$ = Døgnmiddelvannføringer (m³/s)

A = Nedbørfeltets areal (km²)

A_{SE} = Effektiv sjø (-)

Analysefelt domineres av både vår- og høstflommer og flomfrekvensanalyse er utført for begge tilfeller. For Innlandet fylke er det mest vanlig med vårflommer (klimaprofil.no). Det er også utført flomplot på benyttede målestasjoner i Hydra II. For Håkådalselv og Hangtjern er vårflom den regjerende flom og for Hokfossen er høstflom regjerende flom. Høstflom gir de største verdier for momentane flomavrenning. Omregning til momentan verdi er basert på flomplottet til målestasjonene. Resultatene vises i *Tabell 5.4*.

Tabell 5.4. Omregnet momentane verdier for Q_{200} for de valgte målestasjonene – Bekk 1:

Stasjons nr.	Stasjonsnavn	Tidsperiode	Q _M **	q _M **	Fordeling**	Q _T **	q _T **	Q ₂₀₀ /Q _M
(-)	(-)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)
109.35.0	Håkdalselv	Døgn	9.37	396.70	GEV	14.65	620.24	1.56
		Kulminasjon - vår	17.02	720.67	GEV	26.61	1126.76	2.84
		Kulminasjon - høst	23.00	973.86	GEV	35.96	1522.62	3.84
123.28.0	Hokfossen	Døgn	2.41	299.01	Gumbel	5.94	736.97	2.46
		Kulminasjon - vår	4.38	543.20	Gumbel	10.79	1338.83	4.48
		Kulminasjon - høst	5.92	734.04	Gumbel	14.58	1809.20	6.05
12.212.0	Hangtjern	Døgn	2.45	222.32	GEV	4.51	409.26	1.84
		Kulminasjon - vår	4.45	403.88	GEV	8.19	743.48	3.34
		Kulminasjon - høst	6.01	545.77	GEV	11.07	1004.68	4.52
Gjennomsnitt:							1226.48	4.08

Tabell 5.5. Omregnet momentane verdier for Q_{200} for de valgte målestasjonene – Hyllebekken:

Stasjons nr.	Stasjonsnavn	Tidsperiode	Q _M **	q _M **	Fordeling**	Q _T **	q _T **	Q ₂₀₀ /Q _M
(-)	(-)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)
109.35.0	Håkådalselv	Døgn	9.37	396.70	GEV	14.65	620.24	1.56
		Kulminasjon - vår	17.02	720.67	GEV	26.61	918.64	2.32
		Kulminasjon - høst	23.00	973.86	GEV	35.96	1130.00	2.85
123.28.0	Hokfossen	Døgn	2.41	299.01	Gumbel	5.94	736.97	2.46
		Kulminasjon - vår	4.38	543.20	Gumbel	10.79	1091.54	3.65
		Kulminasjon - høst	5.92	734.04	Gumbel	14.58	1342.68	4.49
12.212.0	Hangtjern	Døgn	2.45	222.32	GEV	4.51	409.26	1.84
		Kulminasjon - vår	4.45	403.88	GEV	8.19	606.15	2.73
		Kulminasjon - høst	6.01	545.77	GEV	11.07	745.61	3.35
Gjennomsnitt:							955.82	3.18

Tabell 5.6. Omregnet momentane verdier for Q_{200} for de valgte målestasjonene – Bekk 2:

Stasjons nr.	Stasjonsnavn	Tidsperiode	Q _M **	q _M **	Fordeling**	Q _T **	q _T **	Q ₂₀₀ /Q _M
(-)	(-)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)
109.35.0	Håkådalselv	Døgn	9.37	396.70	GEV	14.65	620.24	1.56
		Kulminasjon - vår	17.02	720.67	GEV	26.61	1095.88	2.76
		Kulminasjon - høst	23.00	973.86	GEV	35.96	1469.94	3.71
123.28.0	Hokfossen	Døgn	2.41	299.01	Gumbel	5.94	736.97	2.46
		Kulminasjon - vår	4.38	543.20	Gumbel	10.79	1302.14	4.35
		Kulminasjon - høst	5.92	734.04	Gumbel	14.58	1746.60	5.84
12.212.0	Hangtjern	Døgn	2.45	222.32	GEV	4.51	409.26	1.84
		Kulminasjon - vår	4.45	403.88	GEV	8.19	723.10	3.25
		Kulminasjon - høst	6.01	545.77	GEV	11.07	969.92	4.36
Gjennomsnitt:							1188.53	3.95

Tabell 5.7. Omregnet momentane verdier for Q_{200} for de valgte målestasjonene – Fuglåsbekken :

Stasjons nr.	Stasjonsnavn	Tidsperiode	Q _M **	q _M **	Fordeling**	Q _T **	q _T **	Q ₂₀₀ /Q _M
(-)	(-)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)	(m³/s)	(l/s*km²)	(-)
109.35.0	Håkådalselv	Døgn	9.37	396.70	GEV	14.65	620.24	1.56
		Kulminasjon - vår	17.02	720.67	GEV	26.61	920.24	2.32
		Kulminasjon - høst	23.00	973.86	GEV	35.96	1145.47	2.89
123.28.0	Hokfossen	Døgn	2.41	299.01	Gumbel	5.94	736.97	2.46
		Kulminasjon - vår	4.38	543.20	Gumbel	10.79	1093.48	3.66
		Kulminasjon - høst	5.92	734.04	Gumbel	14.58	1361.07	4.55
12.212.0	Hangtjern	Døgn	2.45	222.32	GEV	4.51	409.26	1.84
		Kulminasjon - vår	4.45	403.88	GEV	8.19	607.23	2.73
		Kulminasjon - høst	6.01	545.77	GEV	11.07	755.83	3.40
Gjennomsnitt:							962.86	3.20

Med utgangspunktet i gjennomsnitt 200-års flom og beregnet forhold av $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ var dimensjonerende (momentan) $Q_{200\text{kulm}}$ (m^3/s) og $q_{200\text{kulm}}$ beregnet for analysefeltene. Resultater er presentert *Tabell 5.8*.

Tabell 5.8. Resultater fra FFA på observerte data:

Analysefelt	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ (høst)	$q_{200\text{ kulm}}$	$Q_{200\text{ kulm}}$
	(-)	($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$)	m^3/s
1 - Bekk 1	1.82	1226.48	0.33
2 - Hyllebekken	1.48	955.82	3.99
3 - Bekk 2	1.77	1188.53	0.63
4 - Fuglåsbecken	1.48	2483.75	7.13

5.3 Flomfrekvensanalyse med Nasjonalt formelverk

For beregning av avrenning for returperiode 200 år (Q_{200}), er det benyttet Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt. Formelverket beregner kulminasjonsflommer for ulike returperioder for små ($< 50 \text{ km}^2$) uregulerte nedbørfelt i Norge (Stenius et al., 2015). For å benytte formelverket bør følgende parametere ligge innenfor et gyldighetsintervall (Tabell 5.9):

Tabell 5.9. Gyldighetsintervall for feltparametere i Nasjonalt formelverk.

Parameter	Gyldighetsintervall
Areal	0,2 - 53 km^2
$Q_{N(61-90)}$	9 - 163 $\text{l/s} \cdot \text{km}^2$
A_{SE}	0 - 21 %

Alle nedbørfeltene ligger innenfor gyldighetsintervallene for Nasjonalt formelverk.

Formelverket består av et sett med likninger som beregner middelflom (Q_M) og vekstkurven (Q_T/Q_M). Den største usikkerheten ved bruk av formelverket ligger i midlere avrenning $Q_{N(61-90)}$ (Stenius et al., 2015) samt effektiv sjøprosent. Resultatene er presentert i Tabell 5.10. Inngangsparametere og resultater fra Nasjonalt formelverk.

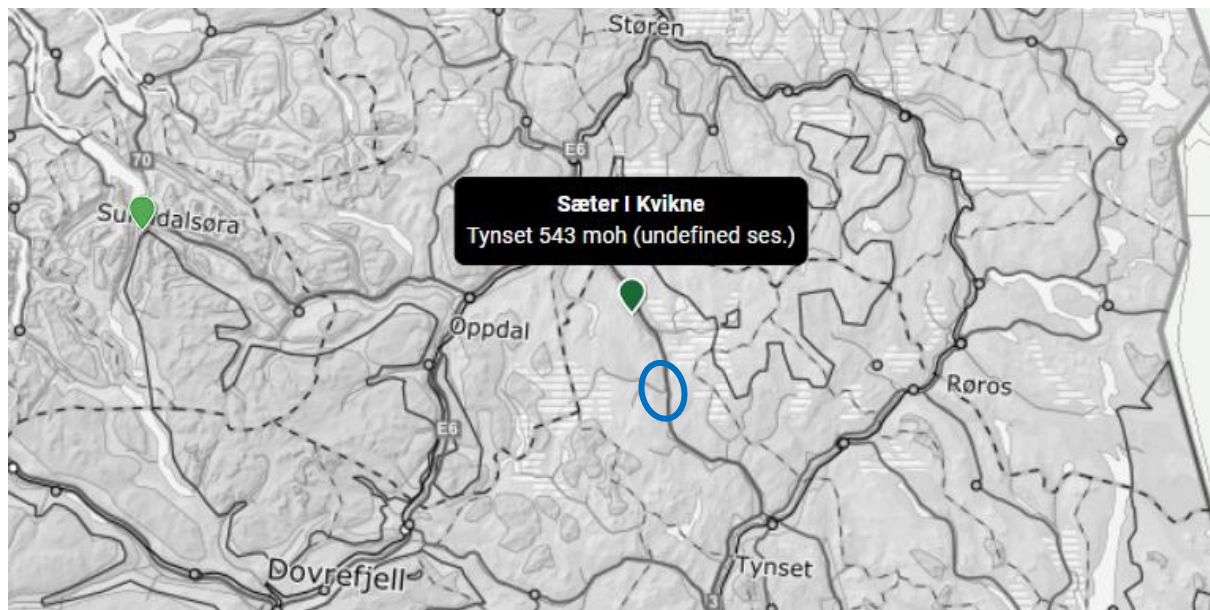
Tabell 5.10. Inngangsparametere og resultater fra Nasjonalt formelverk.

Nedbørfelt	Feltareal (km^2)	$Q_{N(61-90)}$ $\text{l/s} \cdot \text{km}^2$	A_{SE} (%)	Nasjonalt formelverk Q_{200} ($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$)	Nasjonalt formelverk Q_{200} (m^3/s)
1 - Bekk 1	0.27	14.0	0.00	1670.37	0.45
2 - Hyllebekken	4.17	15.9	1.14	986.41	4.11
3 - Bekk 2	0.53	11.3	0.00	1295.35	0.69
4 - Fuglåsbecken	7.41	15.5	0.50	970.32	7.19

5.4 Rasjonale formel

Den Rasjonale formelen er best tilpasset små nedbørfelt med rask respons og skal benyttes for nedbørfelt med feltareal mindre enn 2 km². Nedbørfelt 1 og 3 er innenfor gyldighetsintervall. Det er likevel valgt å utføre på alle nedbørfelt for sammenligning.

Målestasjon benyttet til dimensjonerende nedbør (IVF-verdier) er Sæter i Kvikne (SN66830) hentet fra Norsk klimaservicesenter. Stasjonen ligger 543 moh. med måleperiode i tidsrommet 1968-1984 (14 sesonger), og er den nærmeste målestasjonen til analyseområdet.



Figur 5.2. Kartet viser lokasjon til analyseområde (blå ellipse) og valgt målestasjon Sæter i Kvikne (SN66830) for IVF-verdier fra Norsk klimaservicesenter.

Tabell 5.11. Inngangsparametere og resultater fra Rasjonale formel (- ugyldig metode).

Nedbørfelt	Feltareal (km ²)	A _{SE} (%)	Avr.f C (-)	Feltlengde (km)	Høydegrad (moh.)	Q _{dim,T} (l/s/km ²)	Q _{dim,T} (m ³ /s)
1 - Bekk 1	0.27	0.00	0.20	0.9	641-821	3493.84	0.94
2 - Hyllebekken (-)	4.17	1.14	0.40	3.4	603-969	3065.52	12.78
3 - Bekk 2	0.53	0.00	0.21	1.8	581-874	2902.91	1.54
4 - Fuglåsbecken (-)	7.41	0.50	0.33	4.2	564-987	2352.41	17.43

5.5 Sammenligning av metoder og valg av endelige flomverdier

Sammenligning av beregningsmetoder og valg av endelige flomverdier ut ifra faglig vurdering, se *Tabell 5.12*. Valgt flomverdi (Q_{200} (m³/s) er et gjennomsnitt av gyldige metoder.

Tabell 5.12. Sammenligning av beregningsmetoder og valgt $Q_{dim,T}$ (- ugyldig metode)

Nedbørfelt	Feltareal (km ²)	FFA på obs. data Q_T (m ³ /s)	Nasjonalt formelverk Q_T (m ³ /s)	Rasjonale formel (justert) Q_T (m ³ /s)	Valgt flomverdi (gj. gyldige metoder) Q_T (m ³ /s)	Valgt flomverdi $Q_{dim,T}$ (m ³ /s)
1 - Bekk 1	0.27	0.33	0.69	0.94	0.94	1.45
2 - Hyllebekken	4.17	3.99	4.11	-	4.05	6.24
3 - Bekk 2	0.53	0.63	0.69	1.54	1.54	2.37
4 - Fuglåsbecken	7.41	7.13	7.19	-	7.16	11.03

Gyldige beregningsmetoder stemmer godt og gir relativt like verdier. For analysefelt 2 og 4 (Hyllebekken og Fuglåsbecken) er valgt flomverdi gjennomsnitt av alle gyldige metoder. For analysefelt 1 - Bekk 1 og analysefelt 3 - Bekk 2 er det valgt å være konservativ og valgt flomverdi fra Rasjonale formel da denne metoden er best egnet for små nedbørfelt.

Det er tatt hensyn til NVE sine anbefalinger for mikrofelt (*Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt, kap. 6.5*).

6 Hydrauliske analyser og beregninger

I forbindelse med de hydrauliske analysene og beregningene gir følgende parametere risiko for skader og er derfor undersøkt:

1. Strømningsform
2. Oppstrøms vanndybde
3. Nedstrøms vanndybde
4. Vannhastighet
5. Tillatt gjentetting
6. Kritisk dybde nedstrøms (y_c)

Punkt 1 til 4 og punkt 6 hentes ut fra HY-8, mens punkt 5 er i henhold til krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$, jf. Kapittel 2 Overordnede krav.

Hvilken strømningsform som opptrer i gjennomløpet, påvirker de resterende punktene. Vanndybden ved innløp undersøkes da denne er knyttet til krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$. Dersom vanndybde ved innløp er lavere enn overbygningen er det heller ingen risiko for overtopping ved innløp. Dersom nedstrøms vanndybde er høyere enn kritisk dybde nedstrøms (y_c) er det risiko for oppstuvning ved utløp.

Faren for erosjon i området det gjøres tiltak for skal vurderes. Tiltak skal utføres i henhold til SVV håndbøker.

Gjentettingskravet på 1/3 er tatt med i beregningene. Tillatt gjentetting ved innløp må derfor bestemmes for å møte krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$. I en flomsituasjon kan trær eller andre gjenstander fraktes med elva og blokkerer vannstrømmen og må tas hensyn til i beregningene. Gitt at nevnte krav innfris vil kapasiteten til kulverten være ivarettatt under en 200-års flom. Henviser til fullstendige resultater i kapittel 6.3 Resultater – beregnet diameter i HY-8.

6.1 Forutsetninger for analyser og beregninger i HY-8

Forutsetninger som ligger til grunn for analyser og beregninger i HY-8:

- Beregningene er basert på dimensjonerende flom ($Q_{dim,200}$).
- Det er valgt «Mitted to conform to slope» som innløpsutforming.
- Kulvertenes utforming er satt til sirkulær med rett gjennomløp, bortsett fra nedbørfelt 4-Fuglåsbekken som er satt til rektangulær (concrete box).
- Materialvalg er betong og Manningstallet er satt til 83,3 (0.012) for kulvertens innvendige overflate på sider og topp for å gjenspeile betongens ruhet. Manningstallet for kulvertens bunn er satt til 28,6 (0.035) i bunn for å gjenspeile naturlig elvebunn og gjentetting. Denne er noe usikker da elvebunn og sider ikke er befart grunnet snø og is.
- Innløp-, utløp- og nedstrøms elvebunnshøyde (moh.) er valgt ut fra gjeldene forutsetninger (dagens høydemodell).
- Tillatt gjentetting er 1/3 av innvendig diameter/høyde på kulvert.
- Ca. kulvertlengde er hentet ut ifra vegmodell .

Dersom disse forutsetningene endres i detaljprosjekteringen, må det utføres nye hydrauliske analyser og beregninger. For fullstendige resultater fra HY-8 henvises det til Vedlegg 2.

Det anbefales innmåling på innløp/utløp og kulvertlengde, spesielt for Hyllebekken og Fuglåsbekken for mer nøyaktighet.

6.2 Resultater fra HY-8 og valgt diameter/mål:

6.2.1 Nedbørfelt 1 – Bekk 1 (profil: 6245)

Dimensjonerende flom med returperiode 200 år er 1.45 m³/s. Kulvertenes utforming er satt til sirkulær med rett gjennomløp. Inputparametere i HY-8 vises i *Tabell 6.1* og *Figur 6.1*. Hydraulisk analyse i *Tabell 6.2* og *Figur 6.2*.

Tabell 6.1. Utformingsparametere for valgt kulvertløsning.

Indre diameter (mm)	1400
Gjentettingshøyde (mm)	467
Kulvertlengde (m)	20

The screenshot displays the HY-8 software interface, divided into two main panels: Crossing Properties and Culvert Properties.

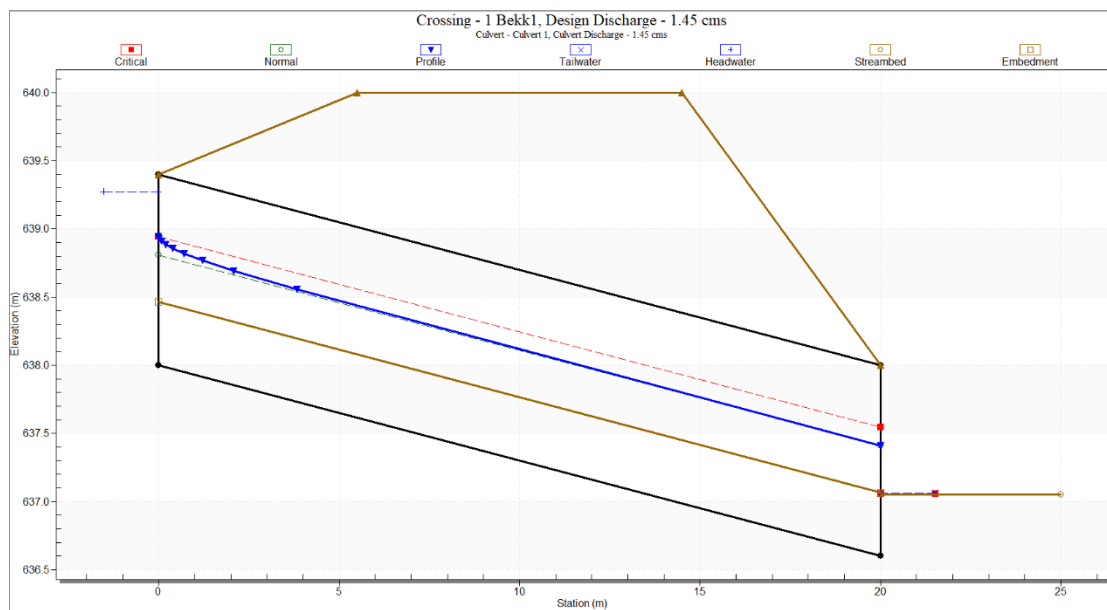
Crossing Properties Panel:

- Name: 1 Bekk1
- DISCHARGE DATA**
 - Discharge Method: Minimum, Design, and Maximum
 - Minimum Flow: 1.450 cms
 - Design Flow: 1.450 cms
 - Maximum Flow: 1.450 cms
- TAILWATER DATA**
 - Channel Type: Trapezoidal Channel
 - Bottom Width: 1400.000 m
 - Side Slope (H:V): 2.000 _:1
 - Channel Slope: 0.0100 m/m
 - Manning's n (channel): 0.040
 - Channel Invert Elevation: 637.050 m
 - Rating Curve: View...
- ROADWAY DATA**
 - Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation
 - First Roadway Station: 0.000 m
 - Crest Length: 10.000 m
 - Crest Elevation: 640.000 m
 - Roadway Surface: Paved
 - Top Width: 9.000 m

Culvert Properties Panel:

- Culvert 1
 - Add Culvert
 - Duplicate Culvert
 - Delete Culvert
- CULVERT DATA**
 - Name: Culvert 1
 - Shape: Circular
 - Material: Concrete
 - Diameter: 1400.000 mm
 - Embedment Depth: 466.670 mm
 - Manning's n (Top/Sides): 0.012
 - Manning's n (Bottom): 0.035
 - Culvert Type: Straight
 - Inlet Configuration: Mitered to Conform to Slope (Ke=0.7)
 - Inlet Depression?: No
- SITE DATA**
 - Site Data Input Option: Culvert Invert Data
 - Inlet Station: 0.000 m
 - Inlet Elevation: 638.000 m
 - Outlet Station: 20.000 m
 - Outlet Elevation: 636.600 m
 - Number of Barrels: 1
 - Computed Culvert Slope: 0.070000 m/m

Figur 6.1. Inputparametere i HY-8.



Figur 6.2. Hydraulisk analyse av kulvert ved $Q_{dim,200}$.

Tabell 6.2. Resultater fra hydraulisk analyse for valgt kulvertløsning ved $Q_{dim,200}$.

Strømningsform	Vanndybde ved innløp (m)	Vanndybde ved utløp (m)	Nedstrøms vanndybde (m)	Kritisk dybde y_c (m)	Vannhastighet ved utløp (m/s)
Innløpskontroll	0.81	0.34	0.01	0.48	3.07

Resultatene fra HY-8 gir innløpskontroll med fritt utløp, uten overtopping og oppstuvning. For diameter på 1400 mm med 467 mm gjentetting er kapasiteten til kulverten ivaretatt ved en 200-års flom og innfrir krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$.

6.2.2 Nedbørfelt 2 – Hyllebekken (profil: 7487,5)

Dimensjonerende flom med returperiode 200 år er $6.24 \text{ m}^3/\text{s}$. Kulvertenes utforming er satt til sirkulær med rett gjennomløp. Inputparametere i HY-8 vises i *Tabell 6.3* og *Figur 6.3*. Hydraulisk analyse i *Tabell 6.4* og *Figur 6.4*.

Tabell 6.3. Utformingsparametere for valgt kulvertløsning.

Indre diameter (mm)	2600
Gjentettingshøyde (mm)	867
Kulvertlengde (m)	28

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	6.240	cms
Design Flow	6.240	cms
Maximum Flow	6.240	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	2.600	m
Side Slope (H:V)	2.000	_:1
Channel Slope	0.2300	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	601.867	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	13.000	m
Crest Length	8.000	m
Crest Elevation	609.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	9.000	m

Culvert Properties

Culvert 1

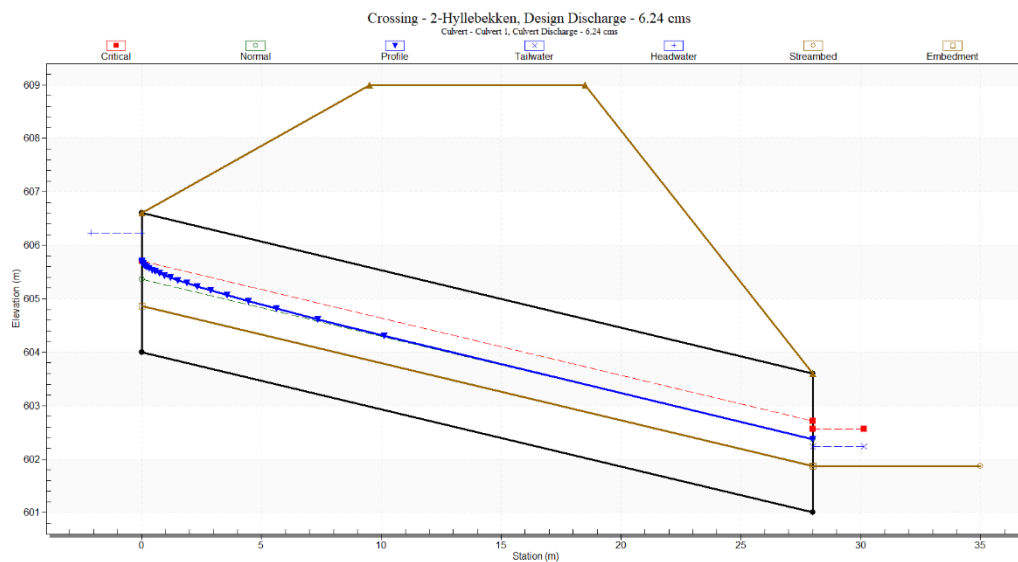
[Add Culvert](#)

[Duplicate Culvert](#)

[Delete Culvert](#)

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Culvert 1	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	2600.000	mm
Embedment Depth	867.000	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.012	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Mitered to Conform to Slope (Ke=0.7)	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	604.000	m
Outlet Station	28.000	m
Outlet Elevation	601.000	m
Number of Barrels	1	
Computed Culvert Slope	0.107143	m/m

Figur 6.3. Inputparametere i HY-8.



Figur 6.4. Hydraulisk analyse av kulvert ved $Q_{dim,200}$.

Tabell 6.4. Resultater fra hydraulisk analyse for valgt kulvertløsning ved $Q_{dim,200}$.

Strømningsform	Vanndybde ved innløp (m)	Vanndybde ved utløp (m)	Nedstrøms vanndybde (m)	Kritisk dybde y_c (m)	Vannhastighet ved utløp (m/s)
Innløpskontroll	1.36	0.50	0.36	0.84	4.91

Resultatene fra HY-8 gir innløpskontroll med fritt utløp, uten overtopping og oppstuvning. For diameter på 2400 mm med 800 mm gjentetting er kapasiteten til kulverten ivaretatt ved en 200-års flom og innfrir krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$.

6.2.3 Nedbørfelt 3 – Bekk 2 (profil: 8397,5)

Dimensjonerende flom med returperiode 200 år er $2.37 \text{ m}^3/\text{s}$. Kulvertenes utforming er satt til sirkulær med rett gjennomløp. Inputparametere i HY-8 vises i *Tabell 6.5* og Figur 6.5. Hydraulisk analyse i *Figur 6.6* og *Tabell 6.6*.

Tabell 6.5. Utformingsparametere for valgt kulvertløsning.

Indre diameter (mm)	1800
Gjentettingshøyde (mm)	600
Kulvertlengde (m)	20

Crossing Properties

Name:

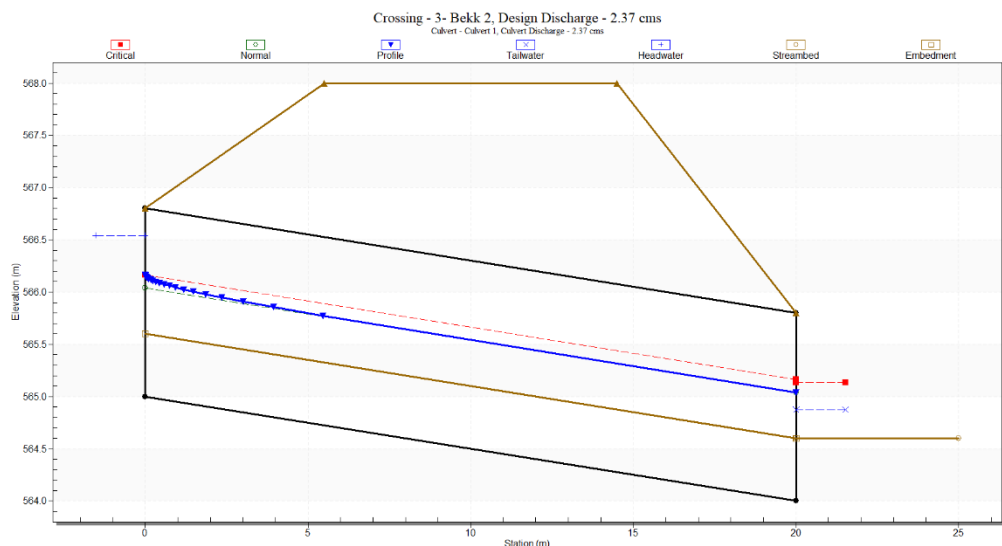
Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	2.370	cms
Design Flow	2.370	cms
Maximum Flow	2.370	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	1.800	m
Side Slope (H:V)	0.500	1:1
Channel Slope	0.2500	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	564.600	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	18.000	m
Crest Length	13.000	m
Crest Elevation	568.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	9.000	m

Culvert Properties

Culvert 1 Add Culvert Duplicate Culvert Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Culvert 1	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	600.000	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.012	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Mitered to Conform to Slope (Ke=0.7)	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	565.000	m
Outlet Station	20.000	m
Outlet Elevation	564.000	m
Number of Barrels	1	
Computed Culvert Slope	0.050000	m/m

Figur 6.5. Inputparametere i HY-8.



Figur 6.6. Hydraulisk analyse av kulvert ved $Q_{dim,200}$.

Tabell 6.6. Resultater fra hydraulisk analyse for valgt kulvertløsning ved $Q_{dim,200}$.

Strømningsform	Vanndybde ved innløp (m)	Vanndybde ved utløp (m)	Nedstrøms vanndybde (m)	Kritisk dybde y_c (m)	Vannhastighet ved utløp (m/s)
Innløpskontroll	0.94	0.44	0.27	0.56	3.05

Resultatene fra HY-8 gir innløpskontroll med fritt utløp, uten overtopping.

Nedstrøms dybde er høyere enn kritisk dybde og kan gi oppstuvning. For diameter på 1800 mm med 600mm gjentetting er kapasiteten til kulverten ivaretatt ved en 200-års flom og innfrir krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$.

6.2.4 Nedbørfelt 4 – Fuglåsbecken (profil: 9495)

Dimensjonerende flom med returperiode 200 år er 11.03 m³/s. Bruens utforming er satt til rektangulær form med rett gjennomløp. Inputparametere i HY-8 vises i *Tabell 6.7* og *Figur 6.7*. Hydraulisk analyse i *Tabell 6.8* og *Figur 6.8*.

Tabell 6.7. Utformingsparametere for valgt bruløsning.

Indre diameter (mm)	5000 x 2800 (B x H)
Gjentettingshøyde (mm)	933
Brulengde (m)	20

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	11.030	cms
Design Flow	11.030	cms
Maximum Flow	11.030	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	3.500	m
Channel Slope	0.0100	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	564.933	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	12.000	m
Crest Length	7.000	m
Crest Elevation	569.000	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	9.000	m

Culvert Properties

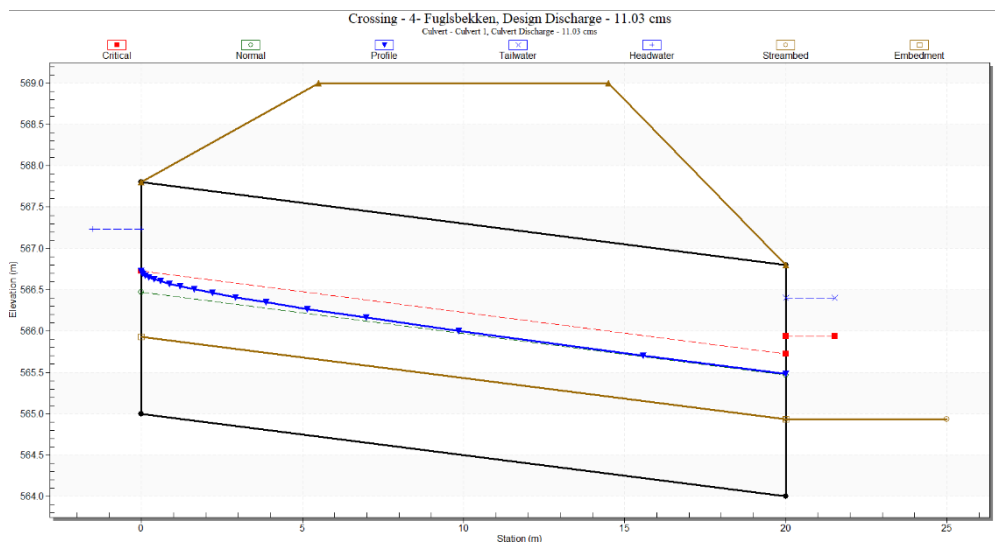
Culvert 1 Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Culvert 1	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	5000.000	mm
Rise	2800.000	mm
Embedment Depth	933.000	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.012	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall (Ke=0.5)	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	565.000	m
Outlet Station	20.000	m
Outlet Elevation	564.000	m
Number of Barrels	1	
Computed Culvert Slope	0.050000	m/m

Figur 6.7. Inputparametere i HY-8.



Figur 6.8. Hydraulisk analyse av bru ved $Q_{dim,200}$.

Tabell 6.8. Resultater fra hydraulisk analyse for valgt bruløsning ved $Q_{dim,200}$.

Strømningsform	Vanndybde ved innløp (m)	Vanndybde ved utløp (m)	Nedstrøms vanndybde (m)	Kritisk dybde y_c (m)	Vannhastighet ved utløp (m/s)
Innløpskontroll	1.30	0.55	1.47	1.00	4.04

Resultatene fra HY-8 gir innløpskontroll med fritt utløp, uten overtopping. Nedstrøms dybde er høyere enn kritisk dybde og kan gi oppstuvning. For tverrsnitt på 5000 x 2800 mm med 933 mm gjentetting er kapasiteten til bruene ivarettatt ved en 200-års flom og innfrir krav $y_{dim} \leq D_{innløp}$.

7 Anbefalte tiltak/løsninger

7.1 Generelt for alle nedbørfeltene:

En stor del av analyseområdet består av skog og det er viktig at kulverter inspiseres og vedlikeholdes (rensk av grøfter, innløp og utløp av kulvert) hvert år, eller etter skred- og flomhendelser for å unngå massetransport og gjentetting. Det anbefales å sette opp en plan for kulvertvedlikehold og at kulvertdokumentasjon er oppdatert og tilgjengelig.

Oversikt over beregnet innvendig diameter/tverrsnitt for alle nedbørfelt og anbefalt dimensjon se *Tabell 7.2*. Analysefeltene har relativt høye vannhastigheter (3-5 m/s) og alle tiltak skal utføres slik at erosjon unngås. Beregninger for erosjonssikring er ikke utført, men må tas hensyn til. Anbefalte tiltak for dimensjonerende vannhastighet beskrevet i håndbok V240, se

Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Anbefalte tiltak for vannhastigheter ved utløp:

Dimensjonerende vannhastighet	Anbefalt tiltak
2 – 3 m/s	Kanaltilpasning for vannstandssprang Energidreper med terskel Energidreper med fall og terskel
3 – 4 m/s	Kanaltilpasning for vannstandssprang Energidreper med terskel Energidreper med fall og terskel Energidreperbasseng
> 4 m/s	Energidreperbasseng Energidreper med terskel Energidreper med fall og terskel Spesiell energidreper

Tabell 7.2. Beregnet diameter på kulvert/bru med dimensjonerende flom (Q200):

Nedbørfelt	Valgt flomverdi Q_{dimT} (m ³ /s)	Dimensjon i dag (innvendig diameter/mål (mm))	Dimensjon etter dagens krav (innvendig diameter/mål mm)
1 - Bekk 1	1.45	500	1400
2 - Hyllebekken	6.24	3970	2600 (eventuelt en bruløsning)
3 - Bekk 2	2.37	500	1800
4 - Fuglåsbecken	11.03	3,97 bredde x 2,25 (spenn)	Bru 5000 x 2800 (B x H)

8 Referanser

Balkham, M., Forsbeary, C., Kitchen, A., Rickard, C. (2010). *Culvert design and operation guide*. London: CIRIA.

Chow, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulics*, New York: McGraw-Hill.

Federal Highway Administration. (2016). *HY-8 User Manual (v7.5)*. USA. Hentet fra: http://wmsdocs.aquaveo.com/HY-8_UserManual_v7.5.pdf

Hydra II, *NVEs database for hydrologiske data*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Midttømme, G., Pettersson, L. E., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H., Sivertsgård, R. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger: til § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

NEVINA, *NVEs karttjeneste for nedbørfelt- og vannføringsindeksanalyse; NEVINA.nve.no*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Norsk klimaservicesenter. Hentet fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml>

Norem, H., Flesjø, K., Sellevold, J., Lund, M. R., Viréhn, P. L. E. (2018). *Lærebok Drenering og håndtering av overvann*. (Rapport nr. 681). Trondheim: Statens Vegvesen.

Stenius, S., Glad, P. A., Wang, T. K., Væringstad, T. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. (Veileder nr. 7). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Vegdirektoratet. (2015). *Håndbok N400 Bruprosjektering*. Oslo: Statens Vegvesen.

Vegdirektoratet. (2018). *Håndbok N200 Vegbygging*. Oslo: Statens Vegvesen.
[N200:2022 | Viewer \(vegvesen.no\)](#)

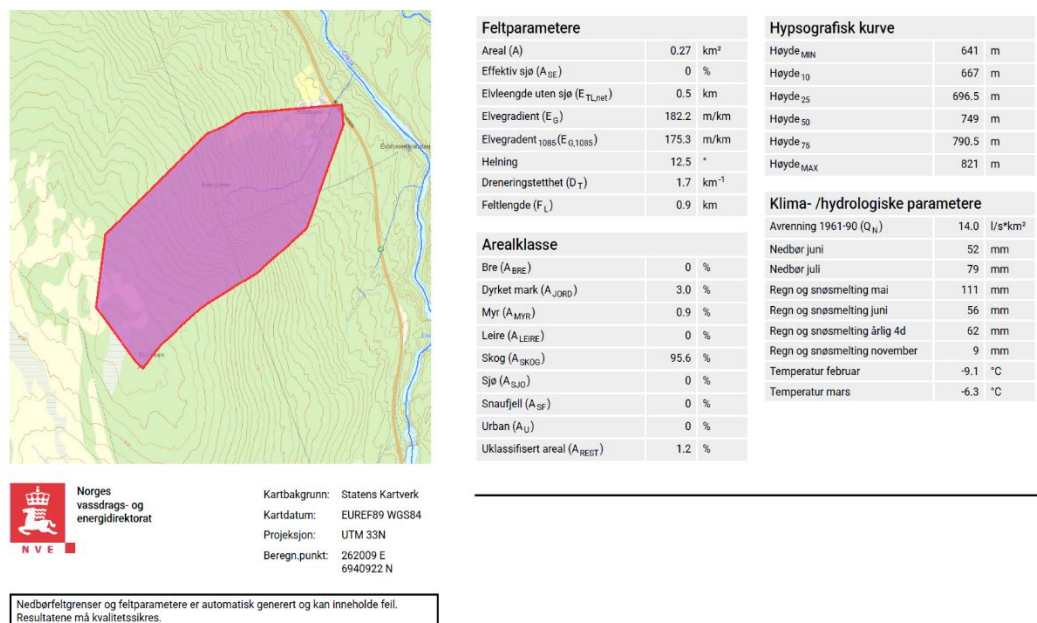
Myndighet og regelverk. (2020). *Håndbok V240. Vannhåndteringer og hydraulisk dimensjonering*.

Klimaprofil for Sogn- og Fjordane (2021), www.klimaservice.no.

NVE veileder 10/2020 Lokal og Regional flomfrekvensanalyse, Engeland et al. 2020.

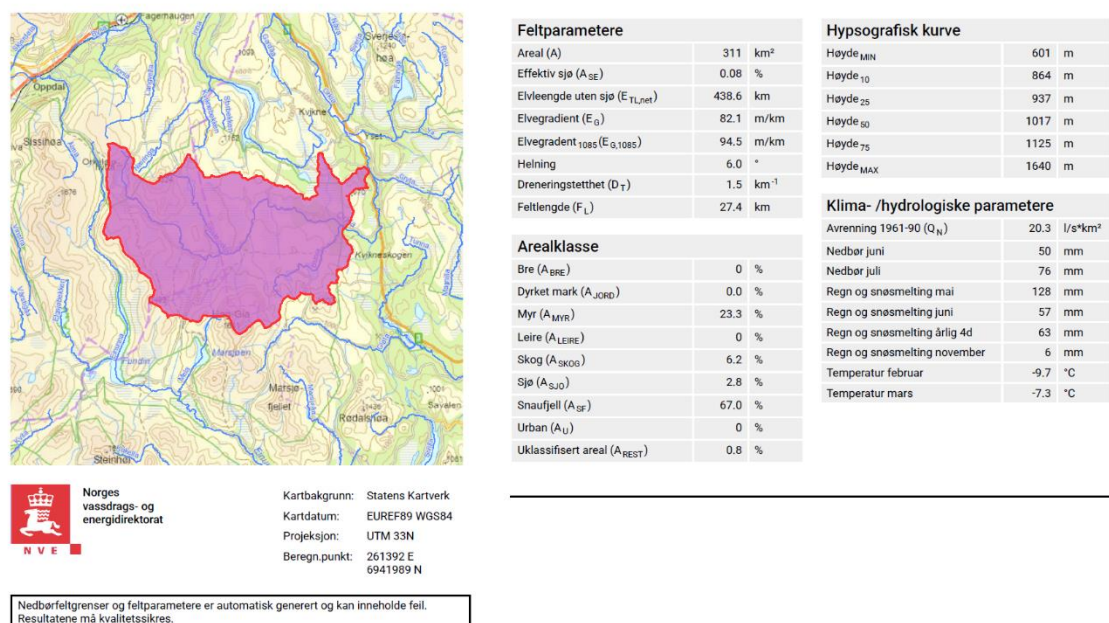
Vedlegg 1: Nedbørfelt fra NEVINA

Figur 0.1. Analysefelt 1 – Bekk 1.



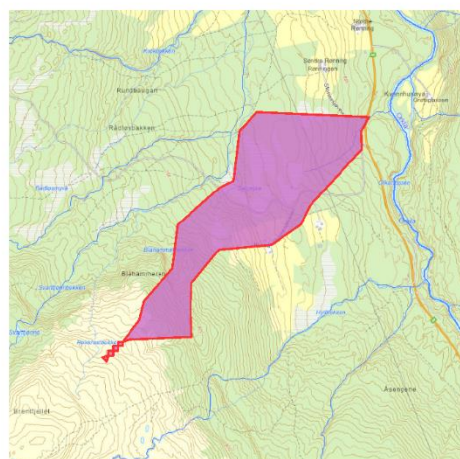
Rapportdato: 25.1.2023 © nevina.nve.no

Figur 0.2. Analysefelt 2 – Hyllebekken.



Rapportdato: 25.1.2023 © nevina.nve.no

Figur 0.3. Analysefelt 3 – Bekk 2.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 261134 E
6942856 N

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

Feltparametere	
Areal (A)	0.53 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elveleengde uten sjø (E _{TLnet})	0.4 km
Elvegradient (E _G)	113.7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	114.5 m/km
Helning	8.4 °
Dreneringstetthet (D _T)	0.8 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	1.8 km

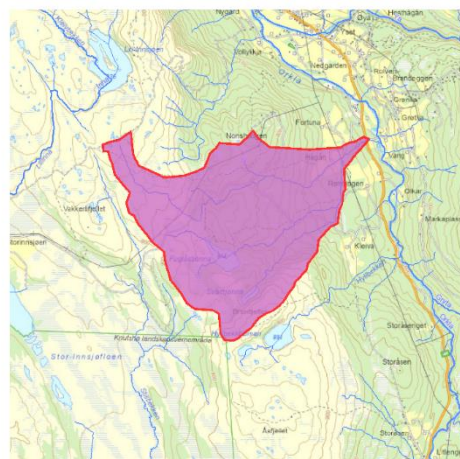
Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	4.6 %
Myr (A _{MYR})	3.5 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	89.6 %
Sjø (A _{SJØ})	0 %
Snaufjell (A _{SF})	1.9 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	0.5 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	581 m
Høyde ₁₀	620 m
Høyde ₂₅	640.5 m
Høyde ₅₀	656 m
Høyde ₇₅	711.5 m
Høyde _{MAX}	874 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	11.3 l/s*km ²
Nedbør juni	51 mm
Nedbør juli	75 mm
Regn og snøsmelting mai	82 mm
Regn og snøsmelting juni	56 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	59 mm
Regn og snøsmelting november	12 mm
Temperatur februar	-8.8 °C
Temperatur mars	-5.8 °C

Rapportdato: 25.1.2023 © nevina.nve.no

Figur 0.4. Analysefelt 4 – Fuglåsbecken.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 260901 E
6943872 N

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

Feltparametere	
Areal (A)	7.41 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.5 %
Elveleengde uten sjø (E _{TLnet})	12.8 km
Elvegradient (E _G)	69.9 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	66.7 m/km
Helning	7.1 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.9 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	4.2 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	1.9 %
Myr (A _{MYR})	7.2 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	57.6 %
Sjø (A _{SJØ})	2.5 %
Snaufjell (A _{SF})	30.7 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	0.1 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	564 m
Høyde ₁₀	693 m
Høyde ₂₅	778 m
Høyde ₅₀	846 m
Høyde ₇₅	882.5 m
Høyde _{MAX}	987 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	15.5 l/s*km ²
Nedbør juni	51 mm
Nedbør juli	76 mm
Regn og snøsmelting mai	115 mm
Regn og snøsmelting juni	56 mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	62 mm
Regn og snøsmelting november	9 mm
Temperatur februar	-9.1 °C
Temperatur mars	-6.4 °C

Rapportdato: 25.1.2023 © nevina.nve.no

Vedlegg 2: Resultater fra HY-8

Tabell 0.1. Nedbørfelt 1 – Bekk 1:

[illegible]

Tabell 0.2. Nedbørfelt 2 - Hyllebekken:

[illegible]

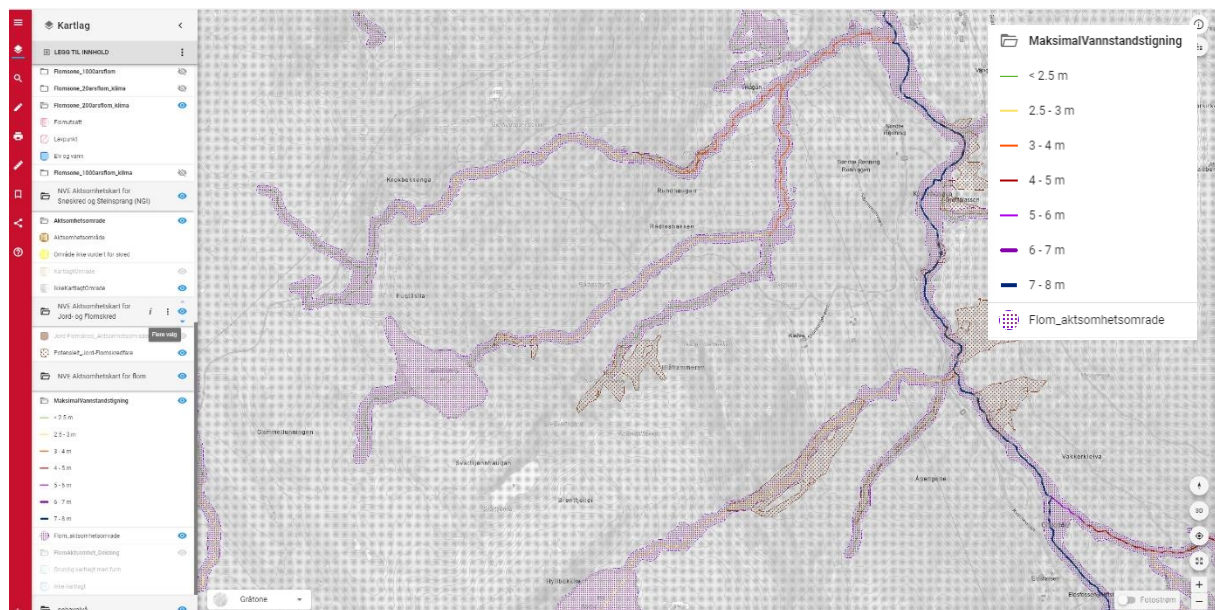
Tabell 0.3. Nedbørfelt 3 – Bekk 2:

[illegible]

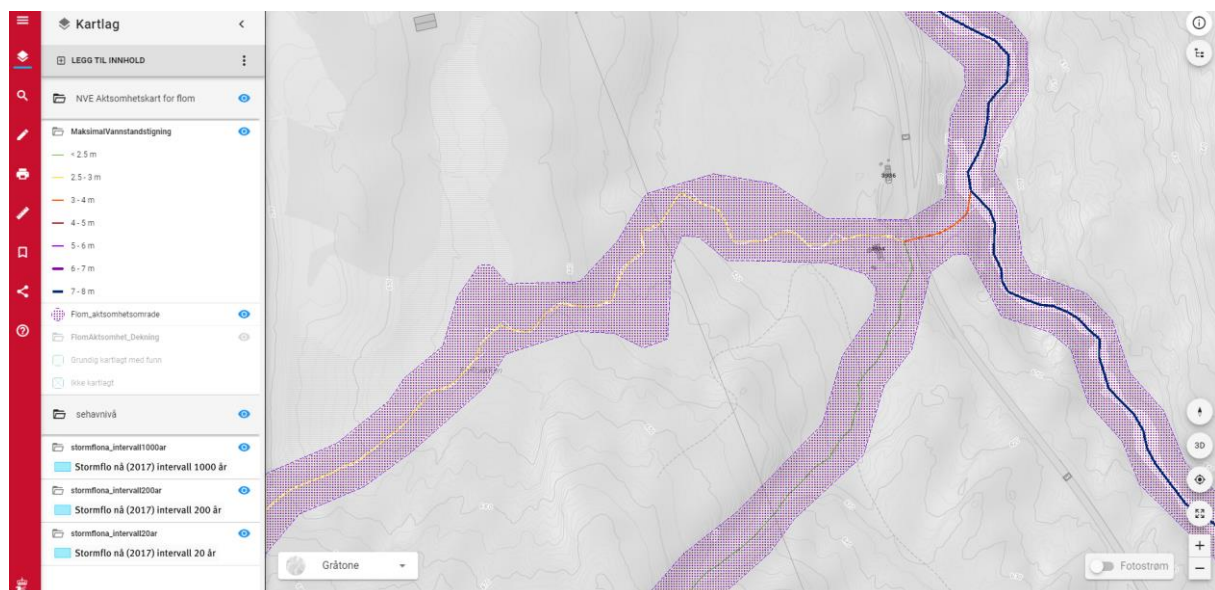
Tabell 0.4. Nedbørfelt 4 - Fuglåsbecken:

[illegible]

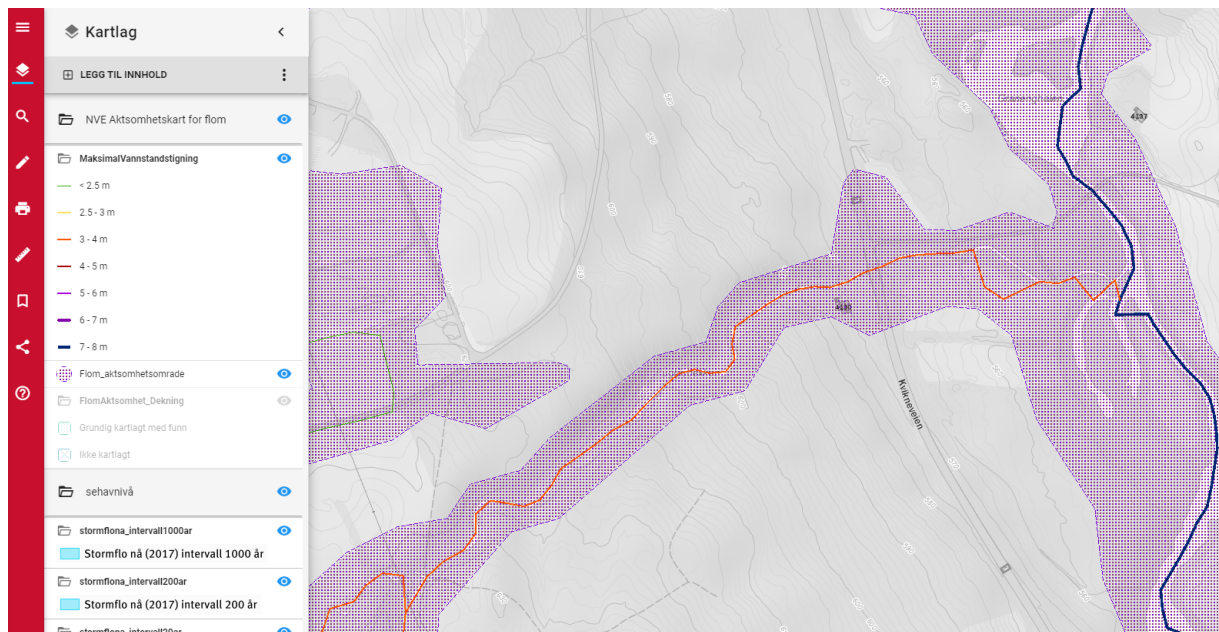
Vedlegg 3: Aktsomhetskart, NVE Atlas



Figur 0.1. Oversiktskart, NVE Aktsomhetskart for flom og jordskred (NVE Atlas).

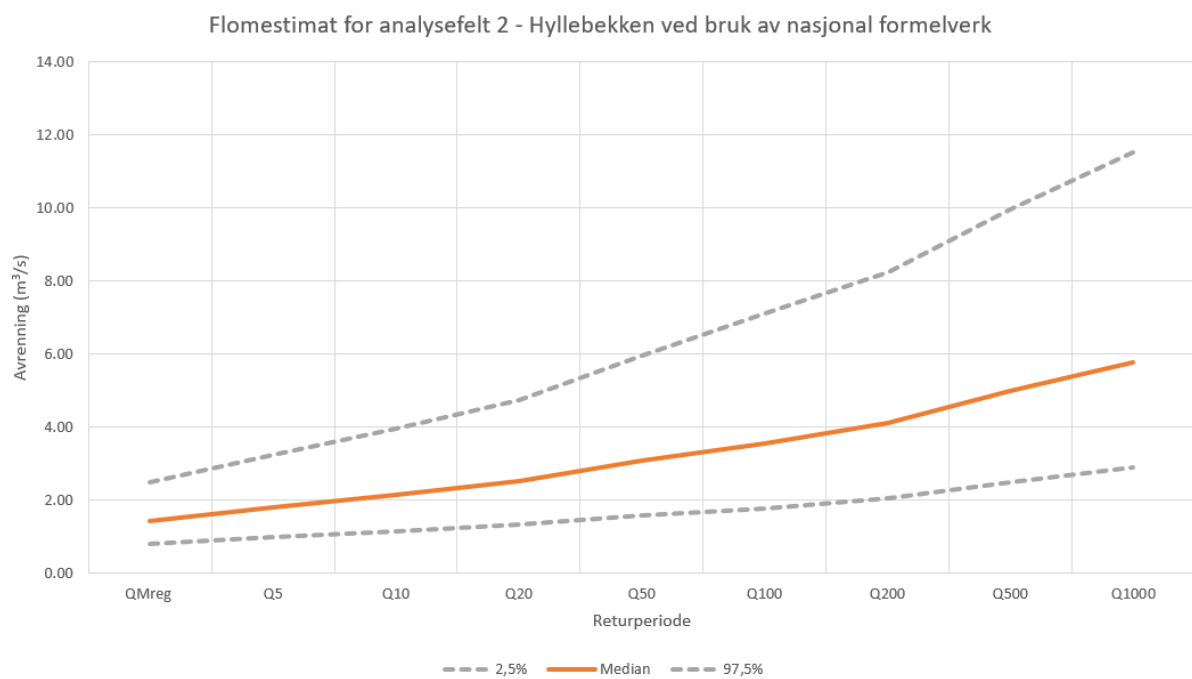
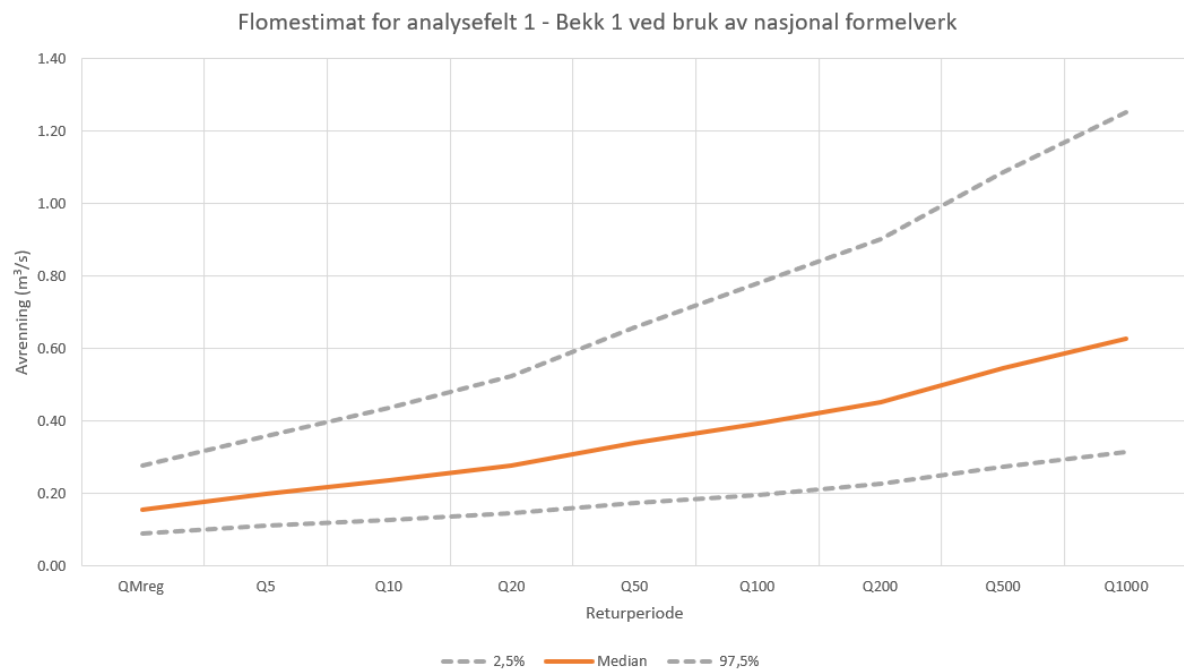


Figur 0.2 – Hyllebekken, NVE Aktsomhetskart for flom (NVE Atlas).

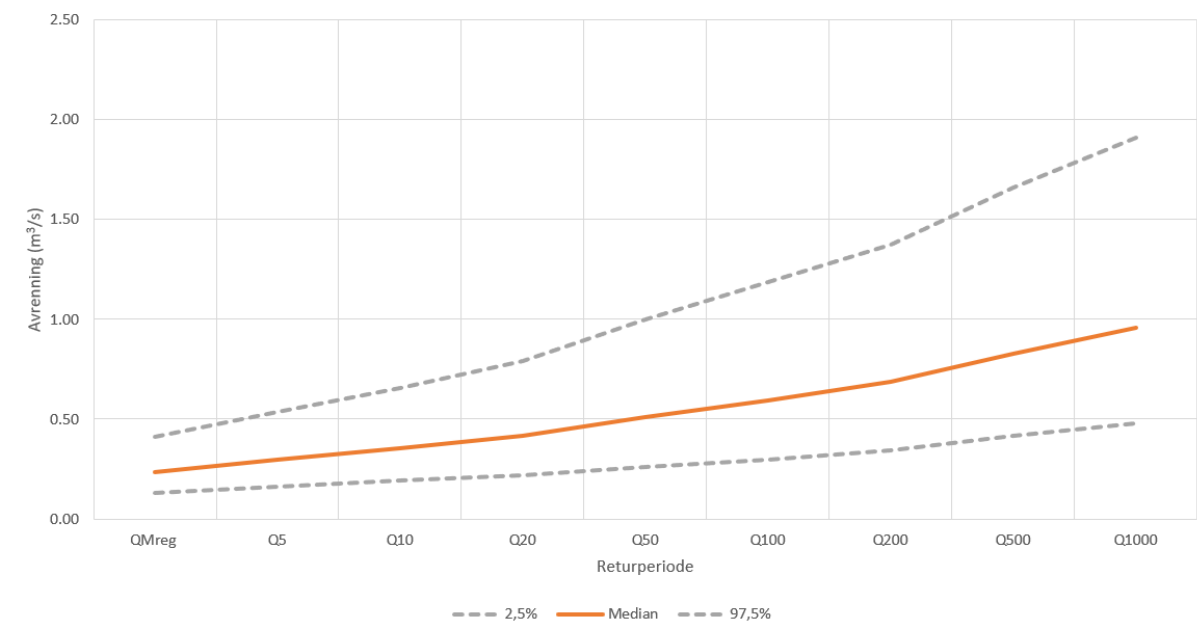


Figur 0.3- Fuglåsbecken, NVE Aktsomhetskart for flom (NVE Atlas).

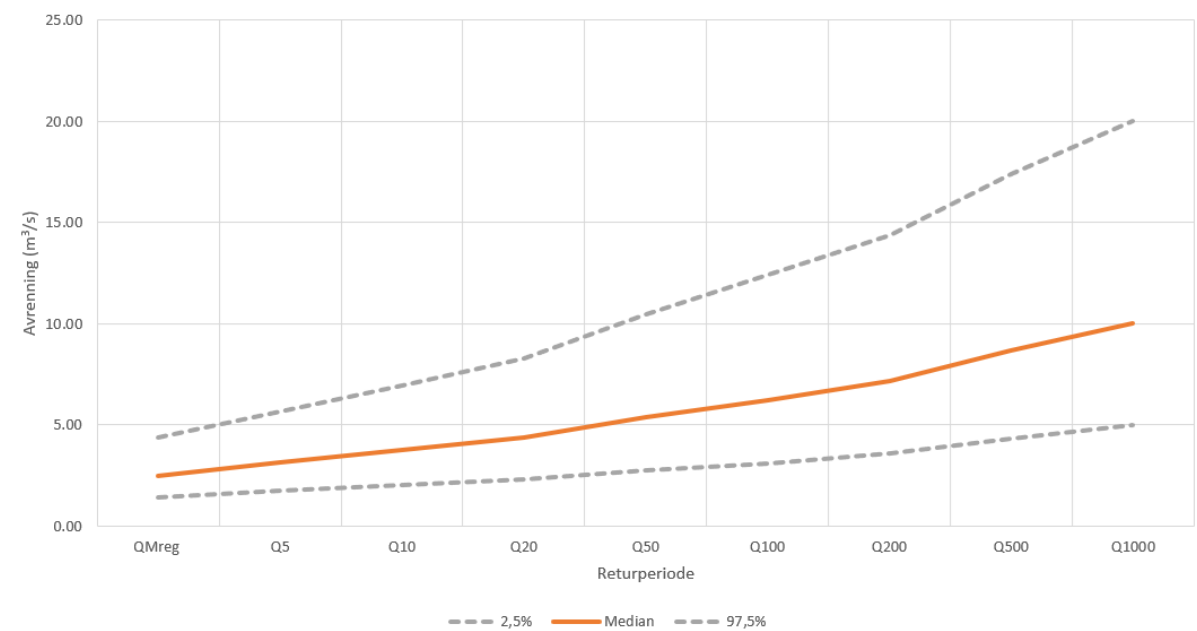
Vedlegg 4: Resultater fra NIFS formelverk



Flomestimat for analysefelt 3 - Bekk 2 ved bruk av nasjonal formelverk



Flomestimat for analysefelt 4 - Fulgåsbekken ved bruk av nasjonal formelverk





Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag