

Rapport – Flomberegninger Fv.714

Estimering av 200-årsflom for Aunelva



Kunde: Trøndelag fylke

Prosjekt: Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4 Røssvika - Slåttavika

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4

Estimering av 200-årsflom for Aunelva

Sammendrag:

Denne rapporten inneholder en oppsummering av 200-års flomberegninger for Aunelva som krysser Fv.714 i Hitra kommune.

Metoder benyttet for flomberegningene er nærmere beskrevet NVEs retningslinjer 04-2011 *Retningslinjer for flomberegninger*, *Statens Vegvesen håndbok N200* og NVEs veileder 7-2015 *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*.

Resultater fra beregningene viser at kulminasjonsvannføring inkl. klima- og sikkerhetsfaktor for 200-årsflom er **5,11 m³/s**.

Forslag til dimensjon for ny kulvert under veg kommer frem av kapittel 5.

DOKUMENTNAVN		DOKUMENTNUMMER		DATO	
Fv.714 Estimering av 200-årsflom for Aunelva		2016803-VA-RAP 01		19.02.2020	
KUNDE		PROJEKTNUMMER		PROSJEKTLEDER	
Trøndelag fylke		2016803		Bård Pettersen	
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTFØRT	KONTR.	GODKJENT
UTFØRT:		KONTROLLERT:		GODKJENT:	
Sigurd Malvik		Sindre Dyrhaug Hov		Bård Pettersen	
STI \\af.se\Storage\Organization\Reinertsen\Prosjekter (Trondheim)\Prosjekt\15\2210_224_Fv_714_Byggeplan_Saghølen_Stormyra\FAG\VA Marginalprosjekter\02 Notat og rapporter\01 Flomberegning Aunelva\Flomberegninger Aunelva.docx					

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

INNHold

1. BAKGRUNN, MÅLSETTING OG FORMÅL.....	5
1.1. Grunnlagsdata for beregninger	6
2. ESTIMERING AV FLOM	8
2.1. NVEs retningslinjer for flomberegning.....	8
2.1.1. Flomfrekvensmetoden	8
2.1.2. Regional flomfrekvensanalyse	8
2.1.3. Nedbør-avløpsmetoden (PQRUT-metoden).....	9
2.1.4. Den rasjonelle metode.....	9
2.2. Datagrunnlag	10
2.2.1. Nedbørintensitet og målestasjon	10
2.2.2. Snøsmelting.....	14
2.2.3. Feltparametre	14
2.2.4. Estimering av konsentrasjonstid	15
2.2.5. Valg av klimafaktor.....	15
3. BEREGNINGSRISULTATER FOR 200-ÅRSFLOM.....	16
3.1. Resultater PQRUT-metoden	16
3.2. Resultater ved NIFS-metode.....	17
3.3. Resultater rasjonelle metode	17
4. KONKLUSJON FLOMBEREGNINGER.....	18
5. DIMENSJONERING AV KULVERT	19
5.1. Beregningsgrunnlag	19
5.2. Kulvertberegning	19
5.3. Mulig etablering av rist ved innløp.....	20
5.4. Tilrettelegging for fiskevandring.....	20
5.5. Mulig etablering av to kulverter	21

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
		4(24)
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

6. REFERANSER.....	22
7. VEDLEGG	23

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

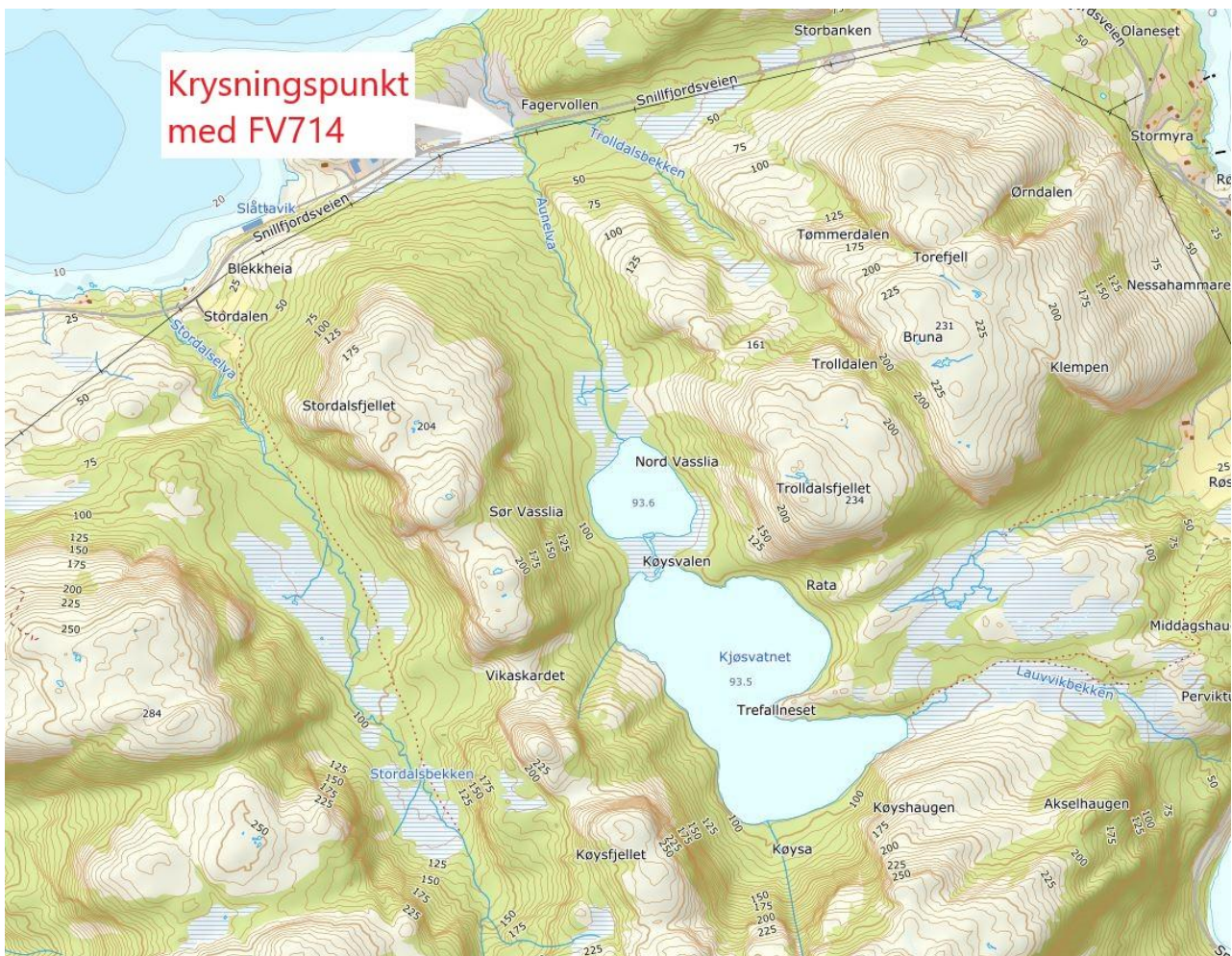
Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	5(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM

1. BAKGRUNN, MÅLSETTING OG FORMÅL

Målet med arbeidet er å finne kulminasjonsvannføring ved en 200-års flomsituasjon for Aunelva som krysser fylkesveg 714 ved Trollvika. Hydrologiske analyser og vurderinger er gjennomført og blir beskrevet nærmere i denne rapporten.

Fylkesveg 714 «Snillfjordsveien» går igjennom Hitra kommune i Trøndelag fylke. Den aktuelle vegstrekning skal utbedres og i den sammenheng er det nødvendig med hydrologisk analyse av Aunelva, denne analysen vil så bli benyttet for dimensjonering av mulig ny kulvert under veien. Se *Figur 1 - Krysningspunkt Fv.714 for Aunelva*, for beliggenhet av aktuelt vassdrag og krysningspunkt med veg.



Figur 1 - Krysningspunkt Fv.714 for Aunelva

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

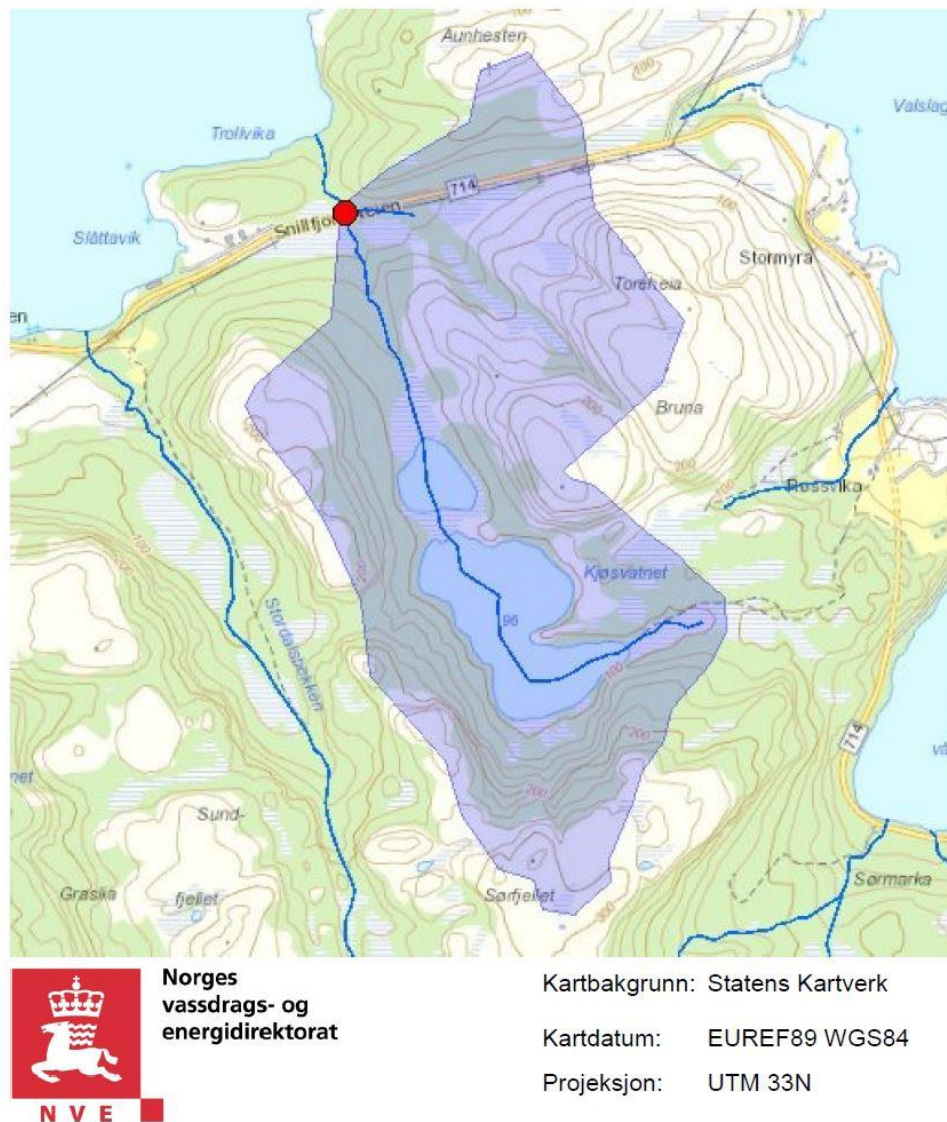
Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	6(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM

1.1. Grunnlagsdata for beregninger

Som underlag for beregninger er det innhentet grunnlagsdata fra forskjellige kilder for å kunne gjennomføre beregninger på best mulig grunnlag. Valg av hensiktsmessig beregningsmetode er også undersøkt nærmere.

De fleste feltparametrene er hentet fra NVEs karttjeneste NEVINA, ref. [1]. Denne tjenesten kan også generere nedbørfeltets yttergrenser for et valgt beregningspunkt. På bakgrunn av valgt vassdrag og det definerte nedslagsfeltet genereres et utvalg av feltparametre, klima- og hydrologiske parametre og estimerte lavvannsindeksler. NEVINA-tjenesten kan inneholde feil, slik at en kvalitetssikring av parametrene er nødvendig. På *Figur 2 - Estimert nedbørsfelt fra Nevina* kan man se det estimerte nedbørsfeltet til Aunelva fra krysningspunktet i veien.



Figur 2 - Estimert nedbørsfelt fra Nevina

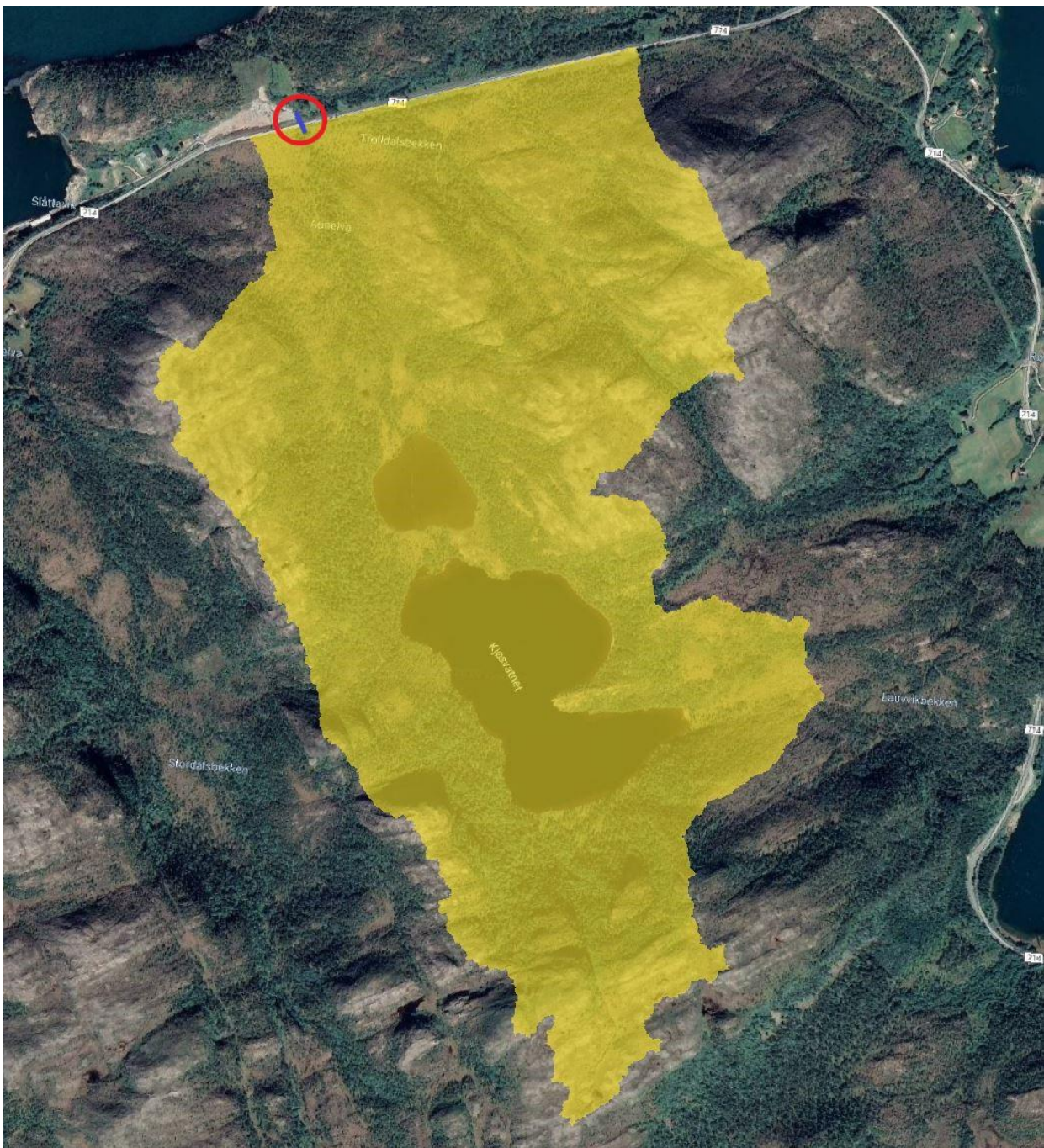
Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	7(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM

For å anslå størrelse og utforming av nedslagsfeltet til Aunelva har man også benyttet GIS-verktøyet Qgis. Se *Figur 3 - Estimert nedslagsfelt fra GIS-simulering* for illustrasjon av nedslagsfelt. Beregninger med dette verktøyet er noe mer nøyaktig enn Nevina når man har gode grunnlagsdata, noe som var tilgjengelig her gjennom *hoydedata.no*, nasjonal høydemodel. Nedslagsfeltet til Aunelva er beregnet til **2,3 km²**, dette fra GIS-simulering, verdi fra Nevina var også ca. 2,3 km².



Figur 3 - Estimert nedslagsfelt fra GIS-simulering

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

2. ESTIMERING AV FLOM

Denne analysen har til formål å beregne og analysere en 200-årsflom (Q_{200}) i punktet hvor bekken krysser Fv.714. 200-årsflommen bestemmes ved å beregne avrenningen fra feltet etter framgangsmåter som er beskrevet i *NVEs veileder for flomberegning i små uregulerte felt* ref. [4] og *Statens Vegvesen håndbok N200* ref [5].

2.1. NVEs retningslinjer for flomberegning

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har utarbeidet retningslinjer for hvordan bestemmelser i "Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg" (damsikkerhetsforskriften) kan oppfylles. Retningslinjene gir en detaljert beskrivelse av anbefalt arbeidsgang ved beregning av vannføring under flommer på forskjellige nedbørsfelt med inntil 1000 års gjentaksintervall. Ingen av metodene er feilsikker og resultater bør vurderes kritisk. NVE anbefaler at det brukes flere enn en metode ved beregning av flomvannføringer hvis mulig, referanse [2].

De overnevnte retningslinjene er i utgangspunktet ment for større felt (>20 km²) men kan brukes med forsiktighet for felter som er mindre. NVE har derfor utarbeidet en ny veileder ref. [4] med fokus på flomberegninger i små felt som blir benyttet her. Små felt er i veilederen definert opp til 50 km².

2.1.1. Flomfrekvensmetoden

Dette er den anbefalte metoden for beregning av maksimal flomvannføring hvor det foreligger observerte flomdata. Metoden brukes også for estimering av flom på nærliggende felt, vanligvis ved skalering av flomverdier basert på relativ feltareal ref. [2] og [4]. For aktuelt vassdrag foreligger det ikke noen målinger, og det er heller ingen nærliggende vassdrag hvor målinger er blitt gjort, så man har måtte benytte andre metoder.

2.1.2. Regional flomfrekvensanalyse

Der det ikke foreligger avrenningsmålinger kan flomvannføring beregnes ved bruk av regionale flomformler. Flomformlene uttrykker sammenhengen mellom flomstørrelse og visse feltparametre som karakteriserer avrenningen fra feltet. Det antas at denne sammenheng er konstant innenfor en gitt geografisk region og kan brukes for å bestemme flom i nedbørsfelt innenfor regionen. NVEs flomformler er beskrevet i to ulike veiledere avhengig av feltets størrelse.

NVEs Retningslinjer for flomberegninger 04-2011 gjelder for felt større enn 20 km², men brukes forsiktig for felt mindre enn 100 km² ref. [2].

NVEs veileder for flomberegninger i små uregulerte felt, 7-2015 gjelder for felt opp til 50 km² ref. [4], altså er denne veilederen hensiktsmessig å bruke her.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

Siden feltarealet er ca. 2,3 km², er det valgt beregningsmetode som beskrevet i NVEs veileder for små uregulerte felt. Videre er mangelen på måledata slik at NIFS nasjonale formelverk for flomberegninger i små felt benyttes, ref.[4].

2.1.3. Nedbør-avløpsmetoden (PQRUT-metoden)

Flomvannføring modelleres ved bruk av nedbørs avløpsmodell hvor avrenning fra et nedbørsfelt bestemmes ved å løse uttrykket:

$$\frac{dh}{dt} = P - q \quad (1)$$

I uttrykket betegner dh/dt endring i vannmengden som magasineres innenfor nedbørsfeltet pr. tidsenhet, P er input av vann fra nedbør og snø og q betegner avrenning fra felten.

Nedbørens forløp igjennom hendelsen konstrueres i henhold til anbefaling gitt i ref. [2], dvs. nedbøren fordeles symmetrisk omkring høyeste intensitet slik at akkumulert nedbørsmengde i sammenlignende tidspunkt svarer til aktuell gjentaksintervall.

Avrenning fra feltet beregnes vha. Uttrykket:

$$q = \begin{cases} k_2 \cdot h & \text{hvis } h \leq T \\ k_1(h - T) + K_2 \cdot T & \text{hvis } h > T \end{cases} \quad (2)$$

Hvor modellparametrene k_1 , k_2 og T bestemmes ved formlene i tabell 5.3 i ref. [2]. Ligningssystemet er her løst ved bruk av NVEs åpne beregningsverktøy, ref.[10].

2.1.4. Den rasjonelle metode

Vegvesenets Håndbok N200 kapittel 405.4 gir veiledning for estimering av flomavrenning ved bruk av den rasjonelle metode. I den rasjonelle metoden går det ut fra at det er lineær sammenheng mellom nedbørsmengde og avrenning. Nøyaktigheten av denne tilnærmingen avtar når avrenningsfeltet blir større, og metoden bør bare brukes på felt hvor arealet ikke overskrider noen få km². Andre forfattere som *Butler og Davies*, «Urban Drainage» ref. [8] anbefaler at metoden ikke brukes for nedbørsfelt over 50 ha (0,5 km²). Parameterne som inngår i metoden er nedbørsfeltets areal (A), nedbørintensitet (i) ved gitt gjentakperiode, som antas å være jevnt fordelt over hele nedbørsfeltet, og avrenningsfaktoren (C) som avhenger av overflatens sammensetning.

$$Q (l/s) = C \cdot i \cdot A \quad (3)$$

Metoden benyttes her i hovedsak til kvalitetssikring av øvrige resultater funnet ved hjelp av andre metoder.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

2.2. Datagrunnlag

2.2.1. Nedbørintensitet og målestasjon

I forbindelse med bruk av den rasjonelle metode er det valgt å benytte statistikk i form av Intensitet - Frekvens - Varighet kurver fra målestasjon «SN68230 Trondheim-Risvollan». Målestasjonen ligger ca. 60 km fra feltet som studeres og ca. 84 m.o.h. Stasjonen velges pga. manglende målestasjon i området som studeres. Det er i dette tilfellet derfor nødvendig å vurdere om målestasjonen er representativ for området.

I områder som ikke har tilstrekkelige målinger som kan gi grunnlag for egne IVF-kurver er det utviklet et hjelpemiddel for å kunne estimere verdier. Det har vært utført avansert regresjonsanalyse for å beregne returperiode-verdier ved hjelp av deres samvariasjon med aktuelle klimatologiske og geografiske variabler. Analysens resultater kan benyttes sammen med IVF-kurver enten fra nærliggende stasjoner eller for medianverdiene for regionen.

Resultatene fra analysen er vist i nedbørskart, se **Error! Reference source not found.** og **Error! Reference source not found.**. Kartene gir estimer av 1-timesnedbør, 3-timersnedbør, samt 24-timersnedbør for en 200-års nedbørhendelse i et bestemt geografisk område. Verdiene kan sammenlignes med målestasjonens nedbørsdata og ved behov kan det gjøres justeringer.

Målestasjonen kan også sammenlignes med medianverdiene for den aktuelle regionen. Dette kan gi en indikasjon på om målestasjonens verdier ikke skiller seg spesielt fra det som typisk for regionen.

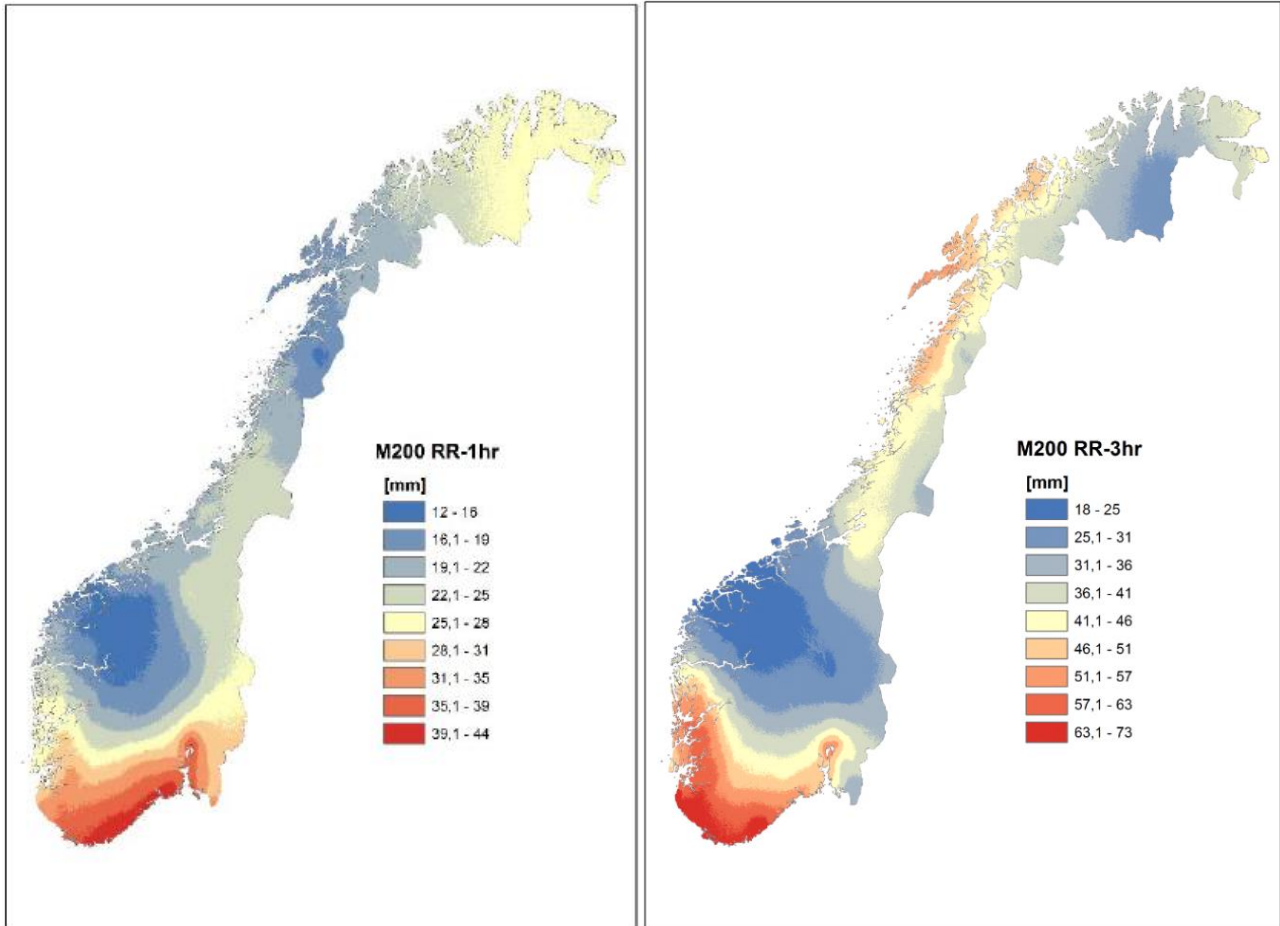
Med bakgrunn i dette kan en sammenligne verdiene med valgt IVF-kurve og evt. gjøre nødvendige justeringer.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	11(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM



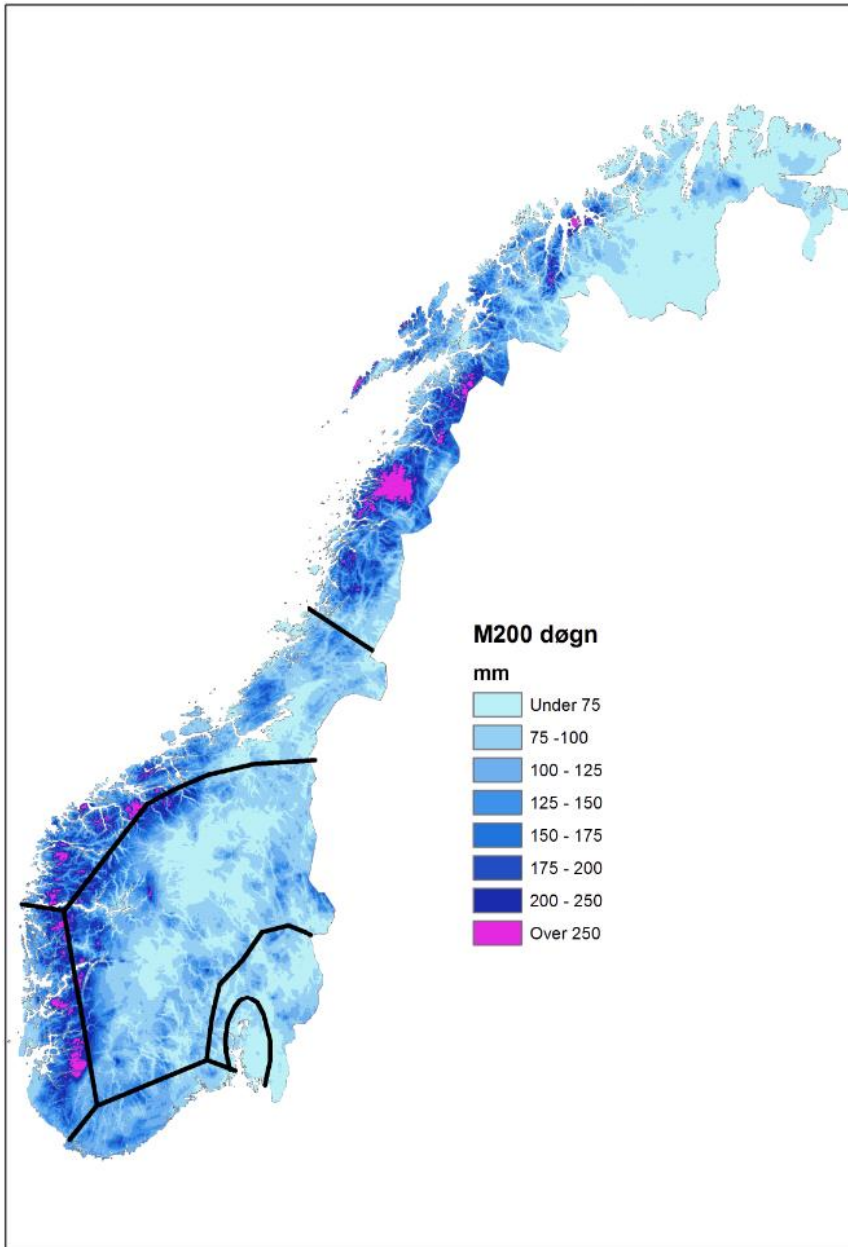
Figur 4, Geografisk fordeling av 1- og 3-times nedbør med 200-års returperiode (Dyrredal m. fl., 2014). Hentet fra referanse [4]

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	12(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM



Figur 5, 1-døgns nedbør med 200 års returperiode. Hentet fra referanse [4]

Ut fra figurene over har vi følgende estimater for nedslagsområde Hitra kommune:

Varighet	M200 [mm]
1-time	19,1 – 22
3-timer	25,1 – 31
24-timer	100 – 150

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

Tabeller under viser en sammenligning av IVF-verdien for valgt målestasjon og medianverdiene for regionen, *Møre, Romsdal og Trøndelag*. Her ser vi at verdiene er noe lavere for medianverdiene enn målestasjon for nesten alle hendelser. Foreslått målestasjon er da et heller konservativt valg, og man har benyttet disse verdiene i videre beregninger.

Varighet	M200 nedbør IVF RIS	M200 nedbør Medianverdier
1 minutter	3,6	2,8
2 minutter	6,0	3,8
3 minutter	8,5	5,5
5 minutter	10,9	7,7
10 minutter	13,9	10,9
15 minutter	15,6	12,7
20 minutter	17,1	13,6
30 minutter	20,8	14,8
45 minutter	23,7	17,1
1 time	23,8	19,7
1,5 timer	24,0	22,8
2 timer	27,6	23,5
3 timer	31,4	25,8
6 timer	44,9	38,9
12 timer	63,1	58,8
24 timer	90,7	91,6

Tabell 1. Nedbørintensitet og varighet på målestasjonen Trondheim-Risvollan (SN68230), referanse [6] og medianverdier for region Møre, Romsdal og Trøndelag med 200 års gjentakintervall.

Dersom vi sammenligner estimatene for området i Hitra kommune og valgt målestasjon ser vi følgende:

Varighet	M200 [mm] (estimert)	M200 [mm] (IVF Ris)
1-time	19,1 – 22	23,8
3-timer	25,1 – 31	31,4
24-timer	100 – 150	90,7

Tabell 2, Sammenligning av estimerte verdier for nedbør med gitt varighet og 200-års returperiode

Vi ser at estimert verdi for 24-timers nedbøren er noe høyere enn verdiene fra valgt målestasjon lokalisert i Trondheim. Beregnet konsentrasjonstid for feltet er ca. 2,5 timer. Innenfor denne tidsperioden ser vi at IVF verdiene for valgt målestasjon er noe høyere enn de estimerte verdiene.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

Med bakgrunn i de gjennomførte analysene for nedbør i aktuelt område er det valgt å gå videre med måledata fra Risvollan for beregninger med den rasjonelle metode og PQRUT-metoden

2.2.2. Snøsmelting

Ettersom feltet er såpass lite og ligger langs kysten antar man at mulig største flom vil forekomme på høsten ved ekstrem nedbør, og at man da ikke har noe snøsmelting som bidrar til økt avrenning. For små nedbørfelt er det funnet at de største flommene i hovedsak genereres av regn (Stenius et al., 2014), ref.[4].

2.2.3. Feltparametre

Tabell 3 gir en oversikt over aktuelle feltparametre som er benyttet i analysen. De fleste parameterne er hentet fra digitale karttjenester NEVINA referanse [1], skog og landskap, norgeskart og lignende.

	Parameter		Kilde
A	Nedbørfeltets areal **	2,3 km ²	Arealet bestemmes vha. verktøyet NEVINA fra NVE, simuleringer ved bruk av GIS-verktøy
q_N	Midlere spesifikk årsavrenning	31,1 l/s pr km ²	Gis automatisk fra NEVINA og sjekkes opp mot tall i NVEs REGINE-database
P_N	Midlere årsnedbør	1371 mm	Gis automatisk fra NEVINA
A_{SE}	Effektiv sjøprosent	4,9 %	Gis automatisk fra NEVINA, Manuelt kontrollert.
L_f	Feltaksens lengde	2,45 km	Feltaksen defineres som en rett linje trukket mellom feltens utløp og det mest fjerne punkt. Bestemmes manuelt utfra digital terrengmodell og NEVINA
D_h	Hovedkanalens fall	30 m/km	Gis automatisk fra NEVINA, Manuelt kontrollert.
H75%	75% passasje på hypsografiske kurve	180 moh	Gis automatisk fra NEVINA.
H25%	25% passasje på hypsografiske kurve	96 moh	Gis automatisk fra NEVINA.
H_l	Relieff forhold	34 m/km	Manuelt beregnet: $H_l = (H_{75\%} - H_{25\%})/L_f$
K₁	Øvre tømmekonstant for felt	0,079 tid-1	Manuelt beregnet ved bruk av formel i tabell 5.3 i [2]
K₂	Nedre tømmekonstant for felt	0,018 tid-1	Manuelt beregnet ved bruk av formel i tabell 5.3 i [2]
T	Skille mellom K1 og K2	20,2 mm	Manuelt beregnet ved bruk av formel i tabell 5.3 i [2]
T_{c1}	Konsentrasjonstid (Statens Vegvesen Håndbok N200)	231 min	Manuelt beregnet ved bruk av formel på side 142 i referanse [5] Naturlige felt. IKKE HELT GYLDIG HER, grunnet høy sjøprosent
T_{c2}	Konsentrasjonstid (ref. [9])	54 min	Manuelt beregnet ved bruk av formel på side 20 i referanse [2]
T_{c3}	Konsentrasjonstid (ref. [9])	41 min	Manuelt beregnet ved bruk av formel på side 20 i referanse [2] med vannhastighet på 1,0 m/s.
i	Nedbørintensitet (den rasjonelle metoden)	33,8 l/s ha	Beregnet ved bruk av IVF kurver i referanse [6], for gitt konsentrasjonstid (150 min)
C	Avrenningsfaktor	0,47	Estimert fra Nevina og diverse kartdata
K_f	Klimafaktor	1,4	Settes til 1,4 for prosjektet

Tabell 3. Feltparametre

** Krysningpunkter med prosjekttert/eksisterende fylkesveg defineres som utløpspunkt/beregningspunkt.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

2.2.4. Estimering av konsentrasjonstid

Det er beregnet konsentrasjonstid vha. 3 ulike metoder. I små nedbørfelt med liten dempningsgrad anbefales det å benytte Statens vegvesens formel for naturlige felt på side 142 i referanse [5]. I feltet som studeres er det to innsjøer av en viss størrelse som fører til at denne formelen ikke er anbefalt. Statens vegvesens formel for naturlige felt anbefales kun for felt med effektiv sjøprosent under 1 %, og ettersom aktuelt felt har sjøprosent på ca.5%, er ikke denne fullstendig gyldig.

Det er derfor beregnet konsentrasjonstid med 2 andre formler i tillegg. Disse 3 metodene gir alle ganske forskjellige svar; ca. 41 minutter, ca. 55 minutter og 233 minutter. Alle metodene brukt er nærmere beskrevet i ref.[4] s. 25-26. Ettersom feltet er et relativt lite, naturlig felt, er det sannsynligvis formelen utviklet av SVV som er mest korrekt. Setter man effektiv sjøprosent for feltet lik 1%, får man en konsentrasjonstid på 116 min. Ettersom vår effektive sjøprosent er en del høyere vil nok konsentrasjonstiden være en del høyere enn dette, og man har da valgt å sette konsentrasjonstiden lik 150 min. Konsentrasjonstiden vil normalt øke med økt sjøprosent, ettersom sjøen vil ha en fordrøyende effekt på vannet som renner via denne før det renner videre. Konsentrasjonstiden er brukt for beregninger med den rasjonelle formel.

2.2.5. Valg av klimafaktor

Generelt er det forventet at framtidige klimaendringer fører til økt regnvarighet og intensitet som resulterer i større flommer. NVE, rapport 04/2011 (side 41) anbefaler å benytte mellom 20 % og 40 % økning i flomstørrelse. Regionen, hvor disse nedbørsfeltene ligger, er allerede i stor grad dominert av høy regnintensitet og sannsynligheten for økt klimapåvirkning er til stede. Se side 39 i NVE rapport 05/2011 [2].

Ved dimensjonering av installasjoner langs veg har Statens vegvesen egne føringer for størrelse på klimafaktor. Det vises til håndbok N200, referanse [5]. Vanligvis har man en klimafaktor mellom 1,2 – 1,5 litt avhengig av type konstruksjon, antatt levetid og hvor man er i landet.

For dette prosjektet er klimafaktoren satt til **1,4**.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	16(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM

3.BEREGNINGRESULTATER FOR 200-ÅRSFLOM

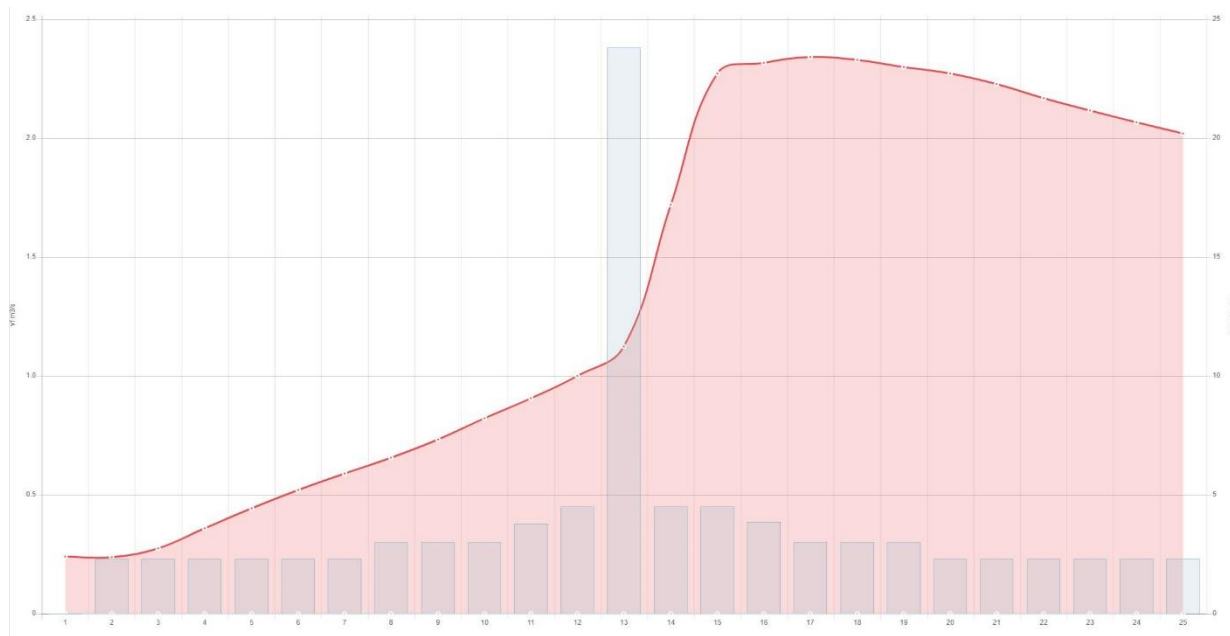
Kulminasjonsvannføring for 200-årsflommen ble beregnet ved bruk metodene beskrevet i forrige kapittel.

3.1. Resultater PQRUT-metoden

Flomvannføring / avrenning		Nedbør – avrenningsmetode
		Aunelva
Q200	Kulminasjonsvannføring	2,34 m ³ /s
Q200	Kulminasjonsvannføring med klimafaktor 1,4	3,28 m ³ /s

Tabell 4. Flomvannføring i 200 års returperiode vha. Nedbør-avløpsmetode (PQRUT).

Nedbør-avløpsmetoden relaterer vannføring per tidsenhet i løpet av nedbørsperioden og kan representeres i en graf som vist i under. Denne beregningen er gjort vha. NVE sitt interaktive beregningsverktøy ref. [10].



Figur 6. Simulert flomforløp 200-årsflom for Aunelva vha. Nedbør – avløpsmetode

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

3.2 Resultater ved NIFS-metode

Ettersom feltarealet er ca. 2,3 km², er det valgt beregningsmetode som beskrevet i NVEs veileder for små uregulerte felt ref.[4]. Siden det ikke foreligger sammenlignbare måledata for lignende nedbørfelt benyttes formelverket utarbeidet ifm. NIFS-prosjektet. Formelverket beregner middelflom og vannføringer med høyere returperioder, direkte på kulminasjonsverdier, for små uregulerte nedbørfelt i Norge.

Flomvannføring / avrenning		Flomfrekvensanalyse
		Aunelva
Q200	Kulminasjonsvannføring	3,32 m ³ /s
Q200	Kulminasjonsvannføring med klimafaktor 1,4	4,65 m ³ /s

Tabell 5. Flomvannføring med 200-års returperiode vha. NIFS-formelverk

3.3 Resultater rasjonelle metode

For å utføre beregninger med den rasjonelle metode er det tre tall som må bestemmes. Dette er konsentrasjonstiden, nedbørets varighet og intensitet og avrenningskoeffisienten for feltet. Konsentrasjonstiden ble funnet ved hjelp av SVVs formler for naturlige felt. Nedbørets varighet settes lik konsentrasjonstiden for feltet, noe som antas å gi den dimensjonerende avrenningen. Valg av IVF-kurve og skalering av denne er utledet i tidligere kapitler. Avrenningskoeffisienten er basert på fallforholdet innad i feltet i tillegg til overflatetypene. Størrelsene på de ulike avrenningskoeffisientene er hentet fra SVVs håndbok N200. Ved beregning av flom med lengre returperioder, her 200 år, skal verdiene økes etter gitte retningslinjer. Som resultat av overnevnte kriterier er den gjennomsnittlige avrenningskoeffisienten for nedbørfeltet funnet til å være 0,47.

Flomvannføring / avrenning		Rasjonelle metode
		Aunelva
Q200	Kulminasjonsvannføring	3,64 m ³ /s
Q200	Kulminasjonsvannføring med klimafaktor 1,4	5,10 m ³ /s

Tabell 6. Flomvannføring med 200-års returperiode vha. Rasjonale metode

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

4. KONKLUSJON FLOMBEREGNINGER

Det er en hel del usikkerheter knyttet til hydrologiske beregninger og spesielt der det ikke foreligger gode måledata. Flomberegningen her er blitt gjennomført med et begrenset datagrunnlag. Det var ingen representative målestasjoner for vannføring i området og frekvensanalyser basert på observerte flomdata var derfor ikke mulig å gjennomføre. Det var heller ingen umiddelbar nærliggende målestasjon for nedbør med IVF-statistikk. De beregnede resultatene er som følger, inkludert klimafaktor:

Nedbør-avløpsmetode (PQRUT-metoden): $Q_{200} = 3,28 \text{ m}^3/\text{s}$

NIFS formelverk: $Q_{200} = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$

Rasjonelle metode: $Q_{200} = 5,10 \text{ m}^3/\text{s}$

Når det er begrenset datagrunnlag for beregning av flomverdier er dette noe som er viktig å ta hensyn til ved bestemmelse av dimensjonerende flomverdi. Det kan ikke forventes at man får til et godt og nøyaktig estimat, og usikkerheten vil dermed være relativ høy.

Av de tre metodene benyttet ser vi at flomavrenningen er beregnet fra 3,28 til 5,10 m^3/s . Laveste verdi ble funnet vha. NVEs PQRUT-metode og høyeste ved den rasjonelle metode. Fordrøyende effekt grunnet innsjø og høy usikkerhet for konsentrasjonstid er nok noe av grunnen til såpass store forskjeller mellom metodene. Vi ser også at nedbørfeltet til Aunelva ligger i et område bestående av mest skog, med noe snau fjell og sjøareal. Feltet strekker seg fra ca. 30 til 320 moh og hvor den hypsografiske fordeling H50 er 84. Terrenget er ikke veldig bratt. Videre er den effektive sjøprosenten ganske høy som medfører en flomdempende effekt.

Siden den rasjonelle metode ikke er anbefalt for felt $> 2 \text{ km}^2$ bruker man ikke kulminasjonsvannføringen beregnet med denne metoden videre. Stor usikkerhet ifm. konsentrasjonstid har man også.

Valgt kulminasjonsvannføring er satt til 4,65 m^3/s , som beregnet med NIFS` metode, ettersom denne er noe høyere enn vannføringen beregnet med PQRUT-metoden og man ønsker å være konservativ.

ÅDT langs vegen er 2050 i følge SVVs vegkart ref.[9], dette medfører at man skal legge inn sikkerhetsfaktor $F_u=1,1$ i beregningene ref.[5].

Det konkluderes med en maksimum vannføring inkl. klimafaktor $Q_{200} = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$ som beregnet med formelverk fra NIFS. Inkludert SVVs sikkerhetsfaktor gir det en kulminasjonsvannføring lik **5,11 m^3/s** , usikkerheten er å betegne som relativ stor med bakgrunn i begrensede hydrologiske data.

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
		19(24)
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

5. DIMENSJONERING AV KULVERT

Videre beregninger for kulvert er basert på beregnet vannføring inkl. klima- og sikkerhetsfaktorer iht. N200 ref. [5], denne er beregnet til 5,11 m³/s, se Kap.4. For å finne hensiktsmessig størrelse på mulig kulvert er beregningsprogrammet HY-8 ref.[7] benyttet. Videre beregninger er basert på N200 ref.[5] og NVEs veileder «Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane», ref.[6].

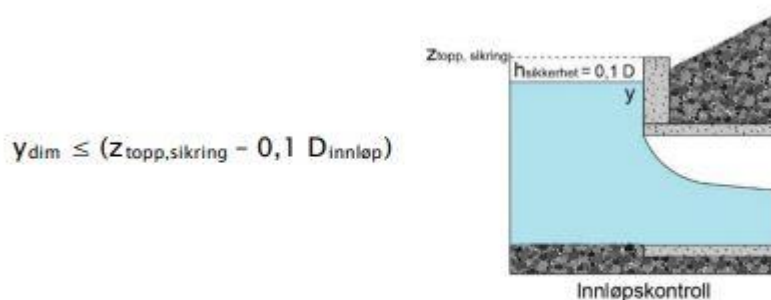
5.1. Beregningsgrunnlag

For kulvertberegninger har man forutsatt at kulvert blir etablert i betong med fall på ca. 25%. Eksisterende kulvert er målt inn og man har antatt samme fall og innløpshøyde for mulig ny kulvert. Innløpsutforming for ny kulvert antas å være vingemur, enten i prefabrikkert betong eller vha. steinsetting, dette for å ha en god sikring mot vegfyllingen og gode hydrauliske forhold .

5.2. Kulvertberegning

For beregning av kulvert er de antagelser som beskrevet over lagt til grunn. I tillegg har man antatt en gjentetting i 1/3 av innløpets høyde iht. krav gitt i N200. Utførte beregninger viser at man behøver en kulvert med tverrsnitt Ø2000 for å tilfredsstille de gitte kriterier. I dette tilfellet, Q=5,11 m³/s og 1/3 gjentetting av innløpets høyde, vil man få en vannstand som ikke går over topp innløp, se *Figur 11 - Vannføring gjennom kulvert Ø2000, Q=5,11 m³/s og 1/3 gjentetting* i vedlegg.

Det er også utført beregninger der man ikke har antatt noe gjentetting av tverrsnittet, dette siden fallet gjennom kulvert er relativt høyt, noe som gir god selvrens, og man ikke så tegn til gjentetting av eksisterende kulvert under befaring. Ved valg av et Ø1600-rør, hvor man neglisjerer gjentetting, vil vannstanden stå ca.15 cm over topp innløp ifølge. beregninger, se *Figur 10 - Illustrert vannstrøm gjennom kulvert Ø1600, Q=5,11 m³/s* i vedlegg. Dette medfører at man i dette tilfellet behøver en toppsikring på minimum 31 cm, ref. [5], se *Figur 7 – Utklipp N200*, for illustrasjon av toppsikring.



Figur 405.2 Vannstand ved innløp for fyllinger med tett sikring

Figur 7 – Utklipp N200

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

5.3. *Mulig etablering av rist ved innløp*

Ettersom kulvert under veg sannsynligvis skal forlenges som følge av utvidelse av eksisterende massedeponi kan det være hensiktsmessig å installere rist ved innløpet. Dette har konsekvenser i form av at innløpet da er veldig utsatt for gjentetting. Det er ikke mottatt noen informasjon som tilsier at bekken og eksisterende kulvert er spesielt utsatt for sedimenter og drivgods, og man mener derfor at det *ikke* er hensiktsmessig å etablere rist ved kulvertinnløpet, siden dette fører til stor risiko mtp. gjentetting av innløp.

Hvis forlengelse av kulvert viser seg å være veldig lang og må etableres med lite fall, bør man se nærmere på bruk av rist ved innløp ettersom det vil være større mulighet for at man får gjentetting grunnet sedimenter og drivgods. Rist er også en sikkerhet for at ingen, hverken dyr eller mennesker, går inn i kulverten. Per nå er ikke relevant informasjonen angående dette for hånden, og man har beregnet og foreslått en kulvertløsning uten inntaksrist.

5.4. *Tilrettelegging for fiskevandring*

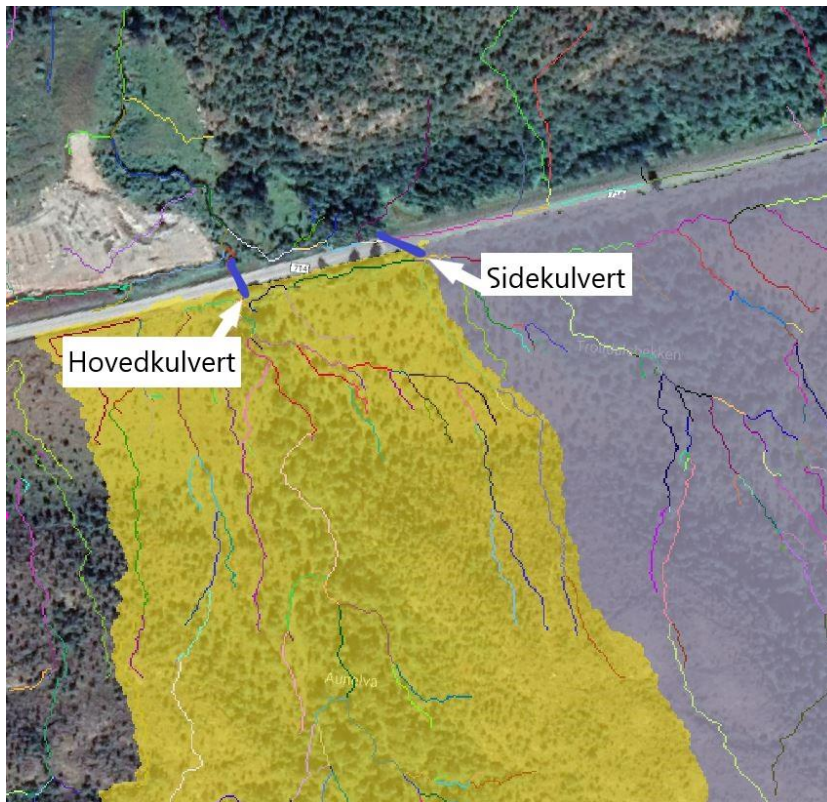
Kulvert er i utgangspunktet ikke beregnet og utformet med spesielle hensyn på fiskevandring eller annen type dyrevandring gjennom kulvert. Hvis det påvises at fisk eller andre dyr vil bruke kulvert som passasje under veg bør man se nærmere på hensiktsmessig utforming mtp. dette. I så tilfelle er det omtalt diverse krav i N200 ref.[5] og «Slipp fisken fram!» ref.[11].

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
		21(24)
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

5.5. Mulig etablering av to kulverter

En viktig opplysning med tanke på gjennomførte beregninger i denne rapporten er at man i dag har en eksisterende «sidekulvert» som cirka $\frac{1}{4}$ av nedslagsfeltet krysser vegen gjennom. Denne er like øst for «hovedkulvert» hvor aktuelt hovedvassdrag krysser vegen, se *Figur 8 - Beliggenhet eksisterende kulverter*. Beregninger og dimensjonering som er gjennomført her antar at man kun etablerer én kulvert for det aktuelle nedslagsfeltet; det virker å være en naturlig vannveg langs vegen fra innløpet til sidekulvert frem til innløpet for hovedkulvert.

Beholder man den eksisterende sidekulverten, evt. renoverer/legger ny, vil man muligens kunne gå litt ned på de dimensjonene som er beregnet over for hovedkulverten. Sannsynligvis vil dette være fra Ø2000 til Ø1600.



Figur 8 - Beliggenhet eksisterende kulverter

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika Estimering av 200-årsflom for Aunelva AFRY prosjekt nr. 2016803 Kundes prosjekt nr. 407939	Rev	side
	Dato	Sign
	19.02.2020	SM

6. REFERANSER

- [1] NVE, NEVINA, 2017. *Data hentet fra websiden <http://nevina.nve.no/>*, mai 2017
- [2] NVE 2011. *Retningslinjer for flomberegninger*. NVE Rapport 04/2011.
- [3] NVE, 2011. *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate*. NVE Rapport 05/2011
- [4] NVE, 2015. *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE Veileder 7-2015
- [5] Statens vegvesen, 2018. *Handbok N200 (Vegbygging)*, juli 2018
- [6] NVE, 2016. *Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane*. Rapport 28
- [7] HY-8, URL: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>
- [8] BUTLER, DAVIES. *Urban Drainage*. 2th Edition
- [9] Vegkart SVV, URL: <https://www.vegvesen.no/nvdb/vegkart/v2/#kartlag:geodata/@600000,7225000,3>
- [10] Beregningsverktøy NVE, PQRUT-flommodell, URL: <https://www.nve.no/hydrologi/analysemetoder-og-modeller/pqrut-flommodell/?ref=mainmenu>
- [11] Direktoratet for naturforvaltning, «Slipp fisken fram!», februar 2002, URL: <http://tema.miljodirektoratet.no/old/dirnat/attachment/385/DN-h%C3%A5ndbok%2022-2002.jpg.pdf>

Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

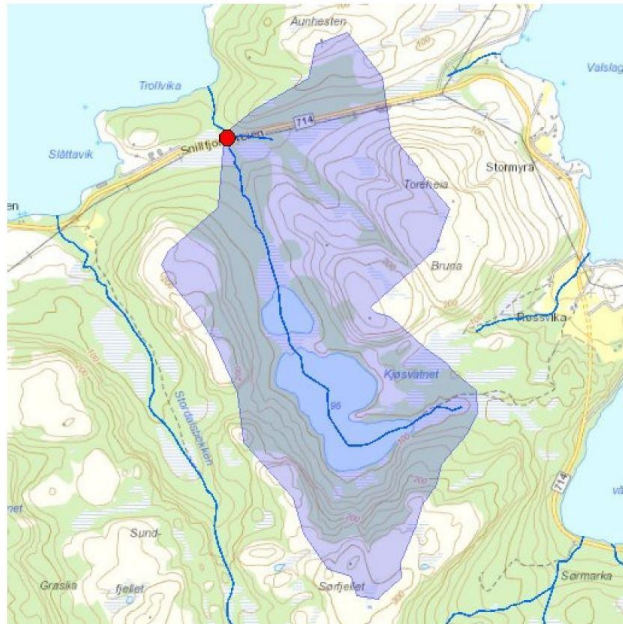
AFRY prosjekt nr. 2016803

Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	23(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM

7. VEDLEGG

Nedbørsfelt Kart



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N

Nedbørsfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 119.73
 Kommune: Snillfjord
 Fylke: Trondelag
 Vassdrag: KYSTFELT

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	32,1 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	5,8 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	5,8 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	4,4 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	7,9 l/(s*km ²)
Base flow	13,5 l/(s*km ²)
BFI	0,4

Klima

Klimaregion	Midt
Årsnedbør	1371 mm
Sommernedbør	491 mm
Vinternedbør	880 mm
Årstemperatur	5,0 °C
Sommertemperatur	10,7 °C
Vintertemperatur	0,9 °C
Temperatur Juli	12,4 °C
Temperatur August	12,5 °C

Feltparametere

Areal (A)	2,3 km ²
Effektivt sjø (S _{eff})	4,9 %
Elvelengde (E _L)	2,3 km
Elvegradient (E _G)	29,7 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	25,3 m/km
Feltlengde(F _L)	2,4 km
H _{min}	30 moh.
H ₁₀	72 moh.
H ₂₀	95 moh.
H ₃₀	96 moh.
H ₄₀	105 moh.
H ₅₀	116 moh.
H ₆₀	135 moh.
H ₇₀	163 moh.
H ₈₀	196 moh.
H ₉₀	223 moh.
H _{max}	322 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	8,5 %
Sjø	11,1 %
Skog	44,4 %
Snaufjell	5,6 %
Urban	0,1 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørsfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

Figur 9. Nedbørsfelt og feltparametere hentet fra NEVINA [1]

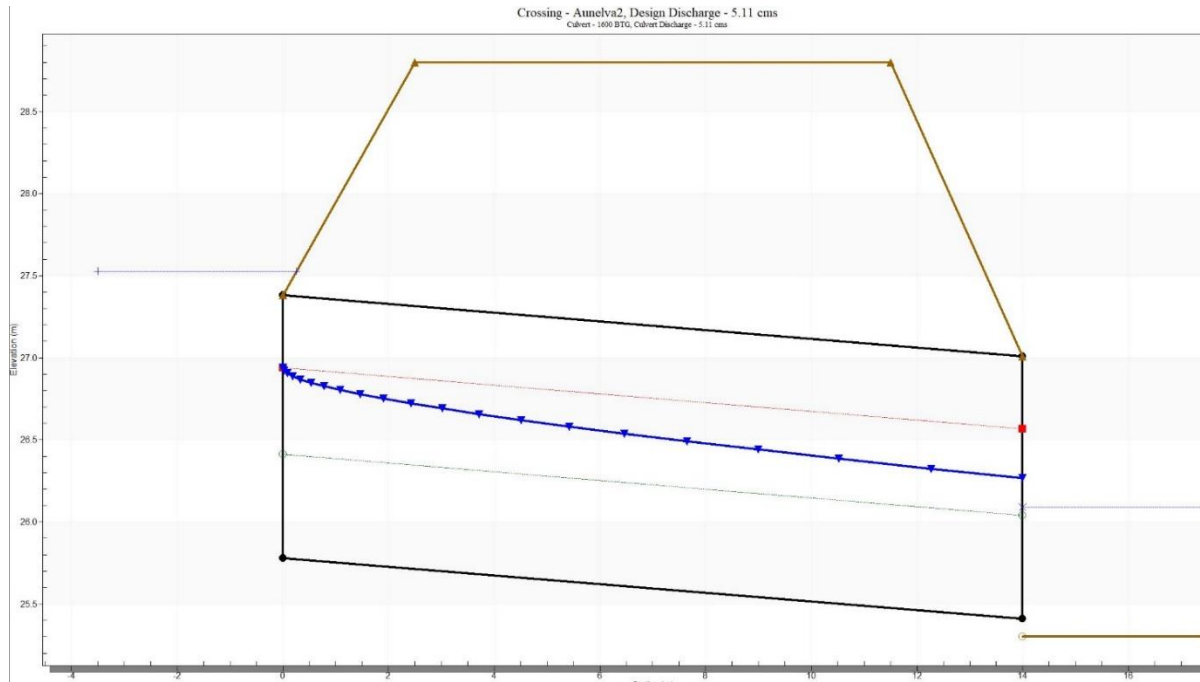
Fv.714 Punkttiltak, tiltak 4, Røssvika - Slåttavika
Estimering av 200-årsflom for Aunelva

AFRY prosjekt nr. 2016803

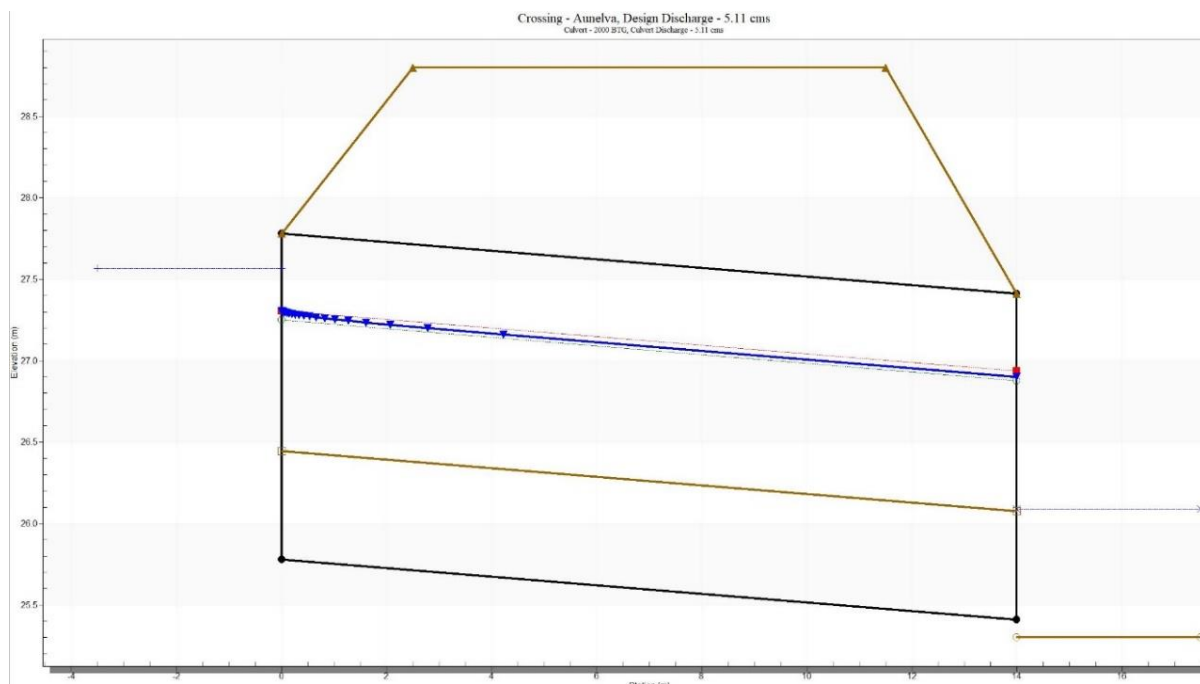
Kundes prosjekt nr. 407939

Rev	side
	24(24)
Dato	Sign
19.02.2020	SM

Utklipp fra kulvertberegninger vha. HY-8



Figur 10 - Illustrert vannstrøm gjennom kulvert Ø1600, Q=5,11 m³/s



Figur 11 - Vannføring gjennom kulvert Ø2000, Q=5,11 m³/s og 1/3 gjentetting