

Bennavegen

Hydrologiske og hydrauliske beregninger

Oppdragsnavn **FV 6590 Bennavegen**
Prosjekt nr. **1350054996**
Mottaker
Dokument type **Rapport**
Versjon **01**
Dato **11.06.2024**
Utført av **Nitesh Godara**
Kontrollert av **Per Ludvig Bjerke**
Godkjent av

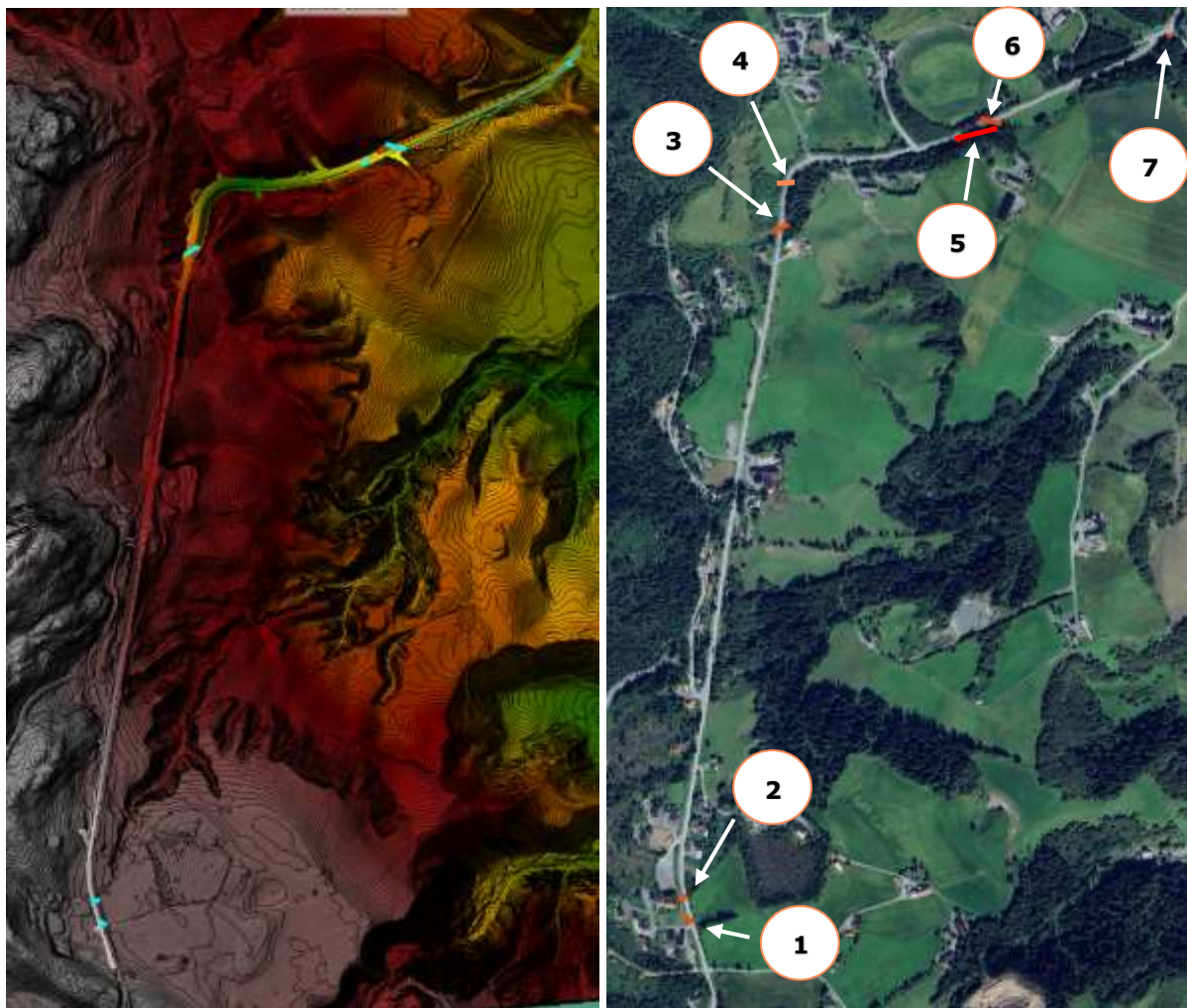
Innholdsfortegnelse

Contents

1. Bakgrunn og oppdrag	1
2. Områdebeskrivelse	2
2.1 Befaring	3
3. Forutsetninger og metode	4
3.1 Klima- og usikkerhetsfaktor	4
3.2 Krav til delvis gjentetting av gjennomløp pga. masseavsetning	5
3.3 Flomberegninger	5
3.3.1 Flomverdier fra NEVINA.....	5
3.3.2 Rasjonelle metode	5
3.4 Hydrauliske beregninger.....	6
4. Resultater og drøfting	6
4.1 Flomberegninger	6
4.1.1 Formelverk for små nedbørfelt	7
4.1.2 Rasjonelle metode	7
4.2 Sammenstilling av data og dimensjonerende vannføring.....	7
4.3 Dimensjonerende vannføring for alle stikkerne.....	8
4.4 Hydrauliske beregninger.....	8
4.4.1 Kulvertdimensjonering	8
4.4.2 Bekk langs veien:	25
5. Konklusjon	26
VEDLEGG 1	27
VEDLEGG 2	33

1. Bakgrunn og oppdrag

Rambøll AS har på oppdrag fra Trøndelag Fylkeskommunen utført en flomberegning og kapasitetsberegning for dimensjonering av kulverter som renner under FV6590 Bennavegen. Figur 1 viser ny vei med fylling og alle kulverter langs veien for planstrekningen.



Figur 1: Eksisterende stikkrenner

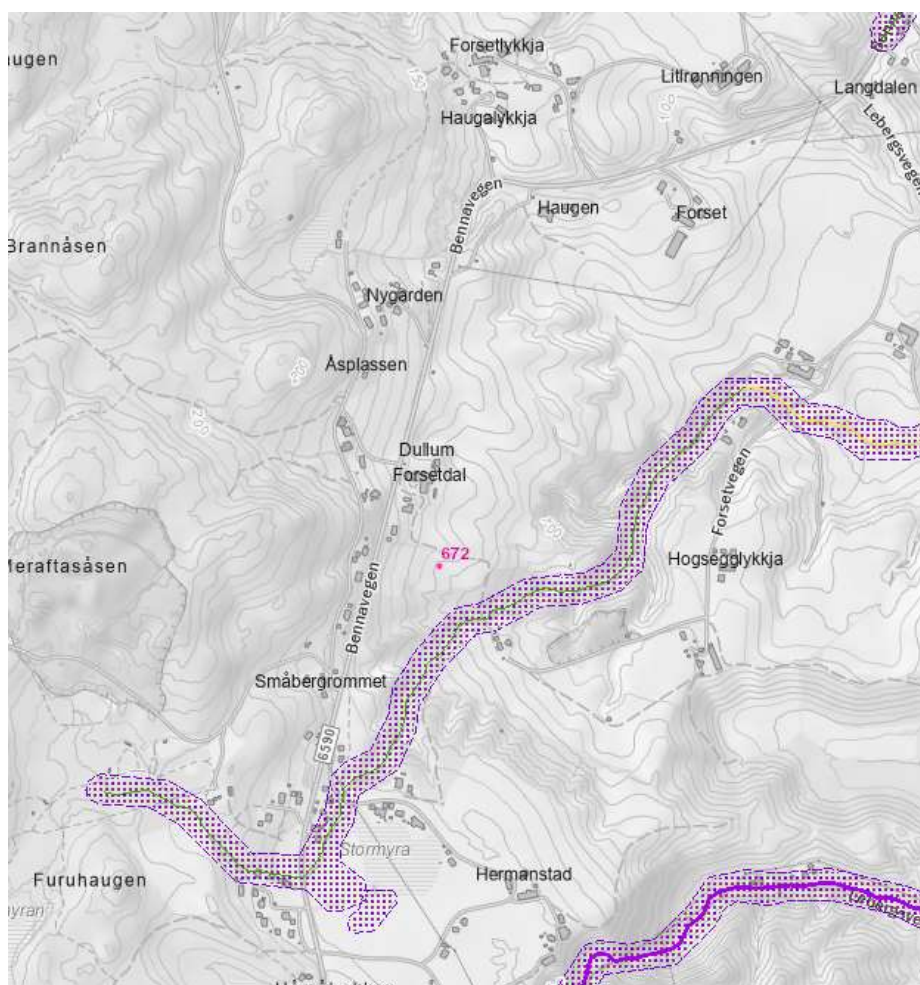
2. Områdebeskrivelse

Utbredelse av nedbørfeltet og feltparametere fra www.scalgo.com for alle kulvertene er visst i vedlegg 1. Tabell 1 viser feltareal beregnet med Scalgo for alle kulvertene.

Tabell 1: Feltarealer beregnet med justering av arealer fra scalgo.com

Nedbørfelt til stikkerne	Feltareal (Km ²)
Kulvert 1	0.037
Kulvert 2	0.63
Kulvert 3	0.58
Kulvert 4	0.042
Kulvert 5	0.01
Kulvert 6	0.12
Kulvert 7	0.61

Figur 2 viser kart over NVEs sitt aktsomhetsområde for flom langs veien.



Figur 2: Kart over NVE sitt aktsomhetsområde for flom

2.1 Befaring

Området ble befart 15.09.2023 av hydrologene Nitesh Godara og Kristine Bergseng fra Rambøll Vann, Trondheim. Bilder fra befaringen er visst i vedlegg 2 og Tabell 2 lister merknader fra befaring på alle kulvertene. På befaring fant man totalt sju kulverter som har gjennomløp for overvann. Alle var nesten helt gjentettet. Vi kunne ikke få gjort GPS innmålinger på kulvert 3 og 4 på grunn av høy vegetasjon.

Tabell 2: Merknader fra befarng.

Stikkrenne	Merknader
Kulvert 1	->Betong. Delvis tett i innløpet. ->Innvendig diameter 60 cm, veldig gjentettet
Kulvert 2	->I rør fra oppstrøms. Innløp usikkert. Hører tydelig at vannet renner. ->Erosjon i utløp. Betongrør. Innvendig diameter 60 cm. Stor fart ut av kuvert.
Kulvert 3	-> Bekken går mot berg inn mot innløpet. Innløpet er nesten tett. Får ikke målt dimensjon. Tiltak må gjøres. Gammel steinmur over kulvertåpning. -> Veldig bratt skråning ned mot utløp. Diameter innvendig rør: 60 cm. Betong
Kulvert 4	-> Innvendig dimensjon: 60 cm, nesten tett. -> Utløp i høy vegetasjon, kunne ikke befares
Kulvert 5	-> Innløpet er nesten tett. Tiltak må gjøres.
Kulvert 6	-> fant ikke innløp
Kulvert 7	-> fant ikke utløp

3. Forutsetninger og metode

For flomfarevurderinger skal det i henhold til N200 (SVV, 2022) beregnes en dimensjonerende vannføring ($Q_{dim,T}$), for feltet basert på flere metoder tilpasset nedbørfeltets størrelse og egenskaper. På den beregnede vannføring (Q_T) skal det legges på både en klimafaktor (F_k) og en usikkerhetsfaktor (F_u):

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

3.1 Klima- og usikkerhetsfaktor

Tabell 2.3.1-1 i N200 (SVV, 2022) angir klimafaktor (F_k) som skal brukes for hvert fylke, verdien er avhengig størrelsen på nedbørfelt. For Sør-Trøndelag skal F_k settes til 1.2 for små og store nedbørfelt.

Risikoaksept for flom bestemmes av valgt returperiode (gjentakintervall) og påslag for avrenningsberegninger. Etter krav 2.2.1 i håndbok N200 skal returperiode for flomhendelser bestemmes ut fra vegens årsdøgnstrafikk (ÅDT) og omkjøringsmuligheter. Gjeldende vegstrekningen FV1322 har en ÅDT på 400 og har ingen omkjøringsmuligheter, som tilsvarer sikkerhetsklasse V1 og en returperiode for flomhendelser på 100 år for tverrdrenering. Se Tabell 3.

ÅDT vil øke på denne veien så det velges å bruke sikkerhetsklasse V2 og derfor en returperiode for flomhendelser på 200 år. Det er sikkerhetsfaktor $F_u = 1.1$ for sikkerhetsklasse V2 (Tabell 4). Det skal i tillegg legges til en sikkerhetsfaktor for usikkerhet i de hydrauliske beregningene (sikringshåndboka NVE).

Tabell 3. Statens vegvesen sikkerhetsklasser for veger til dimensjonerende returperiode for nedbør basert på dimensjoneringsnivå og ÅDT.

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse			
		Med omkjøringsmuligheter		Uten omkjøringsmuligheter	
		Tverrdrenering	Langsgående drenering	Tverrdrenering	Langsgående drenering
V1	0-500	50 år	50 år	100 år	50 år

V2	500-4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	>4000	200 år	100 år	200 år	100 år

Tabell 4. Anbefalt sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved hydrologiske beregninger (SVV, 2023).

Sikkerhetsklasse	F _u
V1 eller F1	1.0
V2 eller F2	1.1
V3 eller F3	1.2

Dimensjonerende flom settes til: $Q_{dim,200} = Q_{200} * 1.2 * 1.1$

3.2 Krav til delvis gjentetting av gjennomløp pga. masseavsetning

Delvis gjentetting av gjennomløp pga. masseavsetning og gjenfrysing kan redusere kapasiteten til gjennomløpet. Ved beregning skal det antas at rørets tverrsnitt er gjenslammet eller gjentettet til 1/3 av innløpets høyde (N200 Vegbygging, SVV 2022). Regelverket tolkes slik at dette ikke gjelder for eventuelt flomløp.

3.3 Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder anbefalt i NVE-veileder 1/2022 'Veileder for flomberegninger' (NVE, 2022). Under er det gitt en kort forklaring av de ulike metodene benyttet. For flere detaljer henvises leseren til veilederen (NVE, 2022). For alle flomberegninger er arealet til nedbørfeltet viktig. Arealet for vassdragene er hentet fra SCALGO LIVE som bruker en høyoppløselig terrengmodell for å beregne feltarealet.

3.3.1 Flomverdier fra NEVINA

Veilederen for flomberegning (NVE, 2022) anbefaler at nasjonalt formelverk for små nedbørfelt (NIFS) benyttes for nedbørfelt opp til 60 km², og RFFA_2018 for felt over dette. Begge disse verktøyene ligger inne i NVE sitt nettbaserte program NEVINA (nve.nevina.no). Det er knyttet usikkerhet ved normalavrenning og middelflommen (l/s*km²) beregnet i NEVINA, slik at en sammenligning mot middelflomverdier og dimensjonerende flomverdier fra nærliggende og sammenlignbare felt med målestasjoner for vannføring bør gjennomføres. Feltekaraktistikker og observasjoner av vannføring fra nærliggende vassdrag er hentet ved hjelp av NVE seriekart (seriekart.nve.no).

Her finnes ingen data fra NEVINA for nedbørfeltene i dette området.

3.3.2 Rasjonelle metode

Etter N200 kan den rasjonelle metode brukes til å beregne avrenning fra nedbørfelt på opp til 2 km². Metoden vurderes å være godt egnet i de gjeldende nedbørfeltene på grunn av lite areal og rask responstid på grunn av stor helning i feltene. Den rasjonelle formel er gitt ved (Stenius, Glad, Wang, & Væringstad, 2015):

$$Q_T = C * i * A$$

Her er:

Q_T = Beregnet avrenning for returperiode T [m³/s]

C = avrenningsfaktor [-]. Den samlede avrenningsfaktoren for feltet regnes ut med

$$C_{vektet} = \sum \frac{A_j * C_j}{A}$$

i = dimensjonerende nedbørintensitet, hentes fra lokal IVF-kurve [l/(s*ha)]. Her fra Molde - Nøisomhed (Norsk Klimaservicesenter, 2021)

$A = \text{feltareal [ha]}$

Verdier for overflatetype settes ut ifra Tabell 5.

Tabell 5. K-verdier basert på ulike overflatetyper (NVE 28/2016). Verdiene er revidert av Bjørnar Nordeidet (Rambøll) og NVE (07.11.2017).

Overflatetype	K-verdi
Tett skog	0,6
Høy vegetasjon	0,4
Plen og kort gress	0,25
Bart fjell	0,15
Asfalt og betong	0,1

3.3.2.1 Konsentrasjonstid

For å dimensjonere varighet for nedbørintensitet er det brukt to forskjellige ligninger:

1. Ligning for naturlige felt (SVV rapport 681)

$$t_c = K \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A_{se}$$

Hvor:

t_c = konsentrasjonstid (min)

K = Verdi basert på overflatetype. Se tabell 3.7 i SVV rapport 681.

L = Lengde (m)

H = Høydeforskjell i feltet (m)

A_{se} = Andel innsjø i feltet (forholdstall)

1. Forslag til ny ligning for konsentrasjonstid (SVV rapport 681)

$$t_c = K \cdot \left(\frac{L}{I}\right)^{0,5}$$

Hvor:

t_c = konsentrasjonstid (min)

K = Verdi basert på overflatetype. Se tabell 3.7 i SVV rapport 681.

L = Lengde (m)

I = Nedbørsfeltets helning (m/m)

Lengde og høydeforskjellen i feltet regnes fra fjerneste eller høyeste punkt i feltet fra utløpet.

3.4 Hydrauliske beregninger

Programvaren HY-8 er benyttet til beregning av kulvert dimensjon, vannstand og vannhastighet for dimensjonerende flom. HY-8 er en programvare utviklet av Federal Highway Administration i USA for å analysere vannstrøm gjennom kulverter og dreneringsystemer. Den hjelper ingeniører med å forstå vannets oppførsel og designe sikre vei- og dreneringsstrukturer. Programvaren tar hensyn til hydrologiske og hydrauliske faktorer for å evaluere mulige oversvømmelser og erosjonsskader.

4. Resultater og drøfting

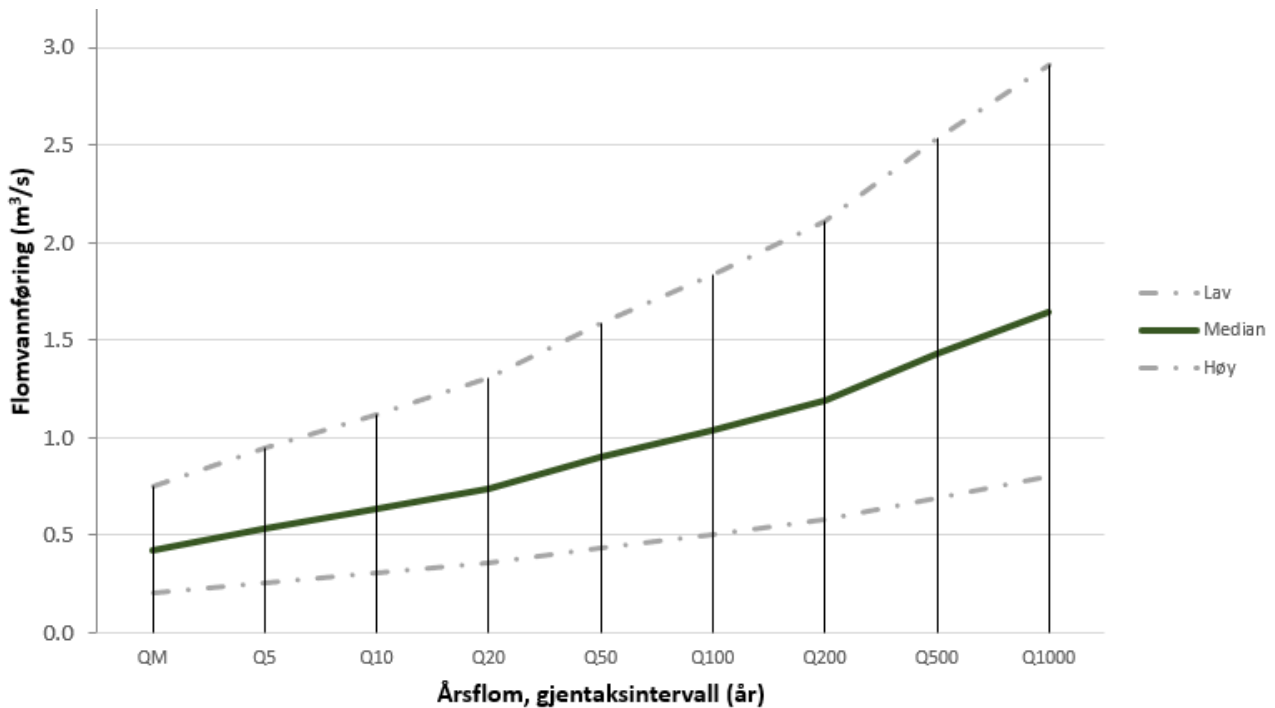
4.1 Flomberegninger

Vi bruker flomberegninger utført for kulvert 3 og areal skalerer verdien til de andre kulvertene.

4.1.1 Formelverk for små nedbørfelt

Normal Avrenning for dette området er brukt fra NEVINA rapport fra nærliggende nedbørfelt. Det er utført beregninger av vannføringer basert på formler for små nedbørfelt. Figur 4 viser de beregnet flom med ulike gjentaksintervall. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet.

Beregnet 200-årsflom med $F_k = 1.19 * 1.2 = 1.43 \text{ m}^3/\text{s} = 2465 \text{ l/s/km}^2$



Figur 3: Beregning av flom med ulike gjentaksintervall basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).

4.1.2 Rasjonelle metode

Konsentrasjonstiden $T_c = 82.2$ minutter (ble beregnet som oppgitt i kapittel 3.3.3.1).

Brukt konsentrasjonstiden = 60 minutter.

Beregnet $Q_{100, F_k} = 1.57 \text{ m}^3/\text{s} = 2720 \text{ l/s/km}^2$

4.2 Sammenstilling av data og dimensjonerende vannføring

Tabell 9 viser resultatene av beregning av flom med 200 års gjentaksintervall med klimafaktor på 1.2 for de tre metodene som er brukt.

Tabell 9: Sammenstilling av beregnede kulminasjonsverdier med ulike metoder

Metode	Q_{200} med F_k (m^3/s) \rightarrow (l/s/km^2)	Q_{200} med F_k 1.2 og F_u 1.1 (m^3/s)
NIFS	1.43 \rightarrow 2465	1.57
Rasjonelle metode	1.57 \rightarrow 2720	1.73

I Veileder for flomberegning (NVE 2022) er det anbefalt at de beregnede flomstørrelsene sammenlignes med andre flomberegninger og observasjoner i området samt med erfaringstall. I Trøndelag varierer

flomverdiene i stort fra 800-3000 l/s· km², og flomverdier fra begge metodene ligger i sammenheng med disse kulminasjonsverdiene. Vi velger å bruke verdier fra Rasjonelle metode fordi den er konservativ.

Dimensjonerende flomvannføring på $Q_{100, Fk, Fu} = 1.73 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3 Dimensjonerende vannføring for alle stikkerne

Tabell 6 viser dimensjonerende flomverdi på alle kulvertene som ble beregnet med justering av flomverdi på kulvert 3.

Tabell 6: 200 års flom verdi på alle kulvertene

Stikkrenne/ Kulvert	Feltareal Km ² (Ai)	Ai/A4	Q200 med Fk 1.2 (m ³ /s)	Q _{200, Fk} med 1.33 Gjentetting
Kulvert 1	0.037	0.06	0.11	0.15
Kulvert 2	0.63	1.09	1.88	2.50
Kulvert 3	0.58	1.00	1.73	2.30
Kulvert 4	0.042	0.07	0.13	0.17
Kulvert 5	0.59	1.02	1.76	2.34
Kulvert 6	0.12	0.21	0.36	0.48
Kulvert 7	0.61	1.05	1.82	2.42

4.4 Hydrauliske beregninger

4.4.1 Kulvertdimensjonering

I henhold til N200 (Statens vegvesen, 2021) er stikkrenner og kulverter vanngjennomløp på tvers av vegen med diameter opptil 2.5 m. For veger og gater skal kulverten ha en minimumsdimensjon på 600 mm. Vanngjennomløpene kan gis en veiledende minste dimensjon ved å bruke nomogram med innløpskontroll fra veilederen HDS-5 (Schall, Thompson, Zerges, Kilgore, & Morris, 2012). I Tabell 7 er rørdimensjon og kapasitet i henhold til nomogrammet gitt.

Tabell 7: Beregnet vannføringskapasitet for ulike kulvertdiametere. Kapasiteten med tilhørende rørdiameter er funnet med nomogram fra (Schall, Thompson, Zerges, Kilgore, & Morris, 2012) med innløpsvannstand/innvendig rørdiameter lik 1.0. Videre er det antatt frontmur som er vinkelrett på rørets lengdeakse.

Kulvertdiameter [mm]	Vannføringskapasitet [m ³ /s]
600	0.4
800	0.7
1000	1.2
1200	2.0
1400	3.0
1500	3.5
1600	4.0
1800	5.6
2000	8.0
2200	9.0
2400	12.0

I henhold til Krav 2.28 i N200 skal kulverten ha kapasitet til å gjennomføre dimensjonerende vannføring når tverrsnittet på kulverten er nedslammet eller gjentettet til 1/3 av innløpets høyde. I kapittel 9.3.6 i SVV sin håndbok V240 er det anbefalt bruk av kulvertdimensjoneringsprogrammet HY-8 (Federal

Highway Administration, 2019) til å dimensjonere kulverter med 1/3 gjentetting som input parameter. Ved bruk av andre metoder kan effekten av gjentetting hensyntas ved å justere opp dimensjonerende vannføring med en korreksjonsfaktor (Statens vegvesen, 2020, s. 68-69). Den korrigerte vannføringen er gitt ved:

$$Q_{dim,T,1/3} = K_{1/3} \cdot Q_{dim,T}$$

Hvor variablene er:

$Q_{dim,T,1/3}$ = Dimensjonerende vannføring for 1/3 tetting for returperiode T [m³/s]

$Q_{dim,T}$ = Dimensjonerende vannføring for returperiode T [m³/s]

$K_{1/3}$ = Korreksjonsfaktor for 1/3 gjentetting [-]. Siden det ikke er bestemt hvilke rørtype og innløpsutforming som skal benyttes i vanngjennomløpet settes denne til 1,33.

Rørdimensjonene i Tabell 8 er funnet ved hjelp av nomogram (Schall, Thompson, Zerges, Kilgore, & Morris, 2012), og vil gi veiledende dimensjoner ved bruk av dimensjonerende vannføringer som er korrigert for 1/3 gjentetting.

Tabell 8: Estimert kulvert dimensjoner fra nomogram med 1/3 gjentetting.

Stikkrenne	$Q_{200, Fk}$ med 1.33 Gjentetting	Eksiterende Kulvert- diameter [mm]	Kulvert-diameter [mm] fra nomogram
Kulvert 1	0.15	600	600
Kulvert 2	2.50	600	<u>1400</u>
Kulvert 3	2.30	600	<u>1400</u>
Kulvert 4	0.17	600	600
Kulvert 5	2.34	400	<u>1400</u>
Kulvert 6	0.48	600	<u>800</u>
Kulvert 7	2.42	600	<u>1400</u>

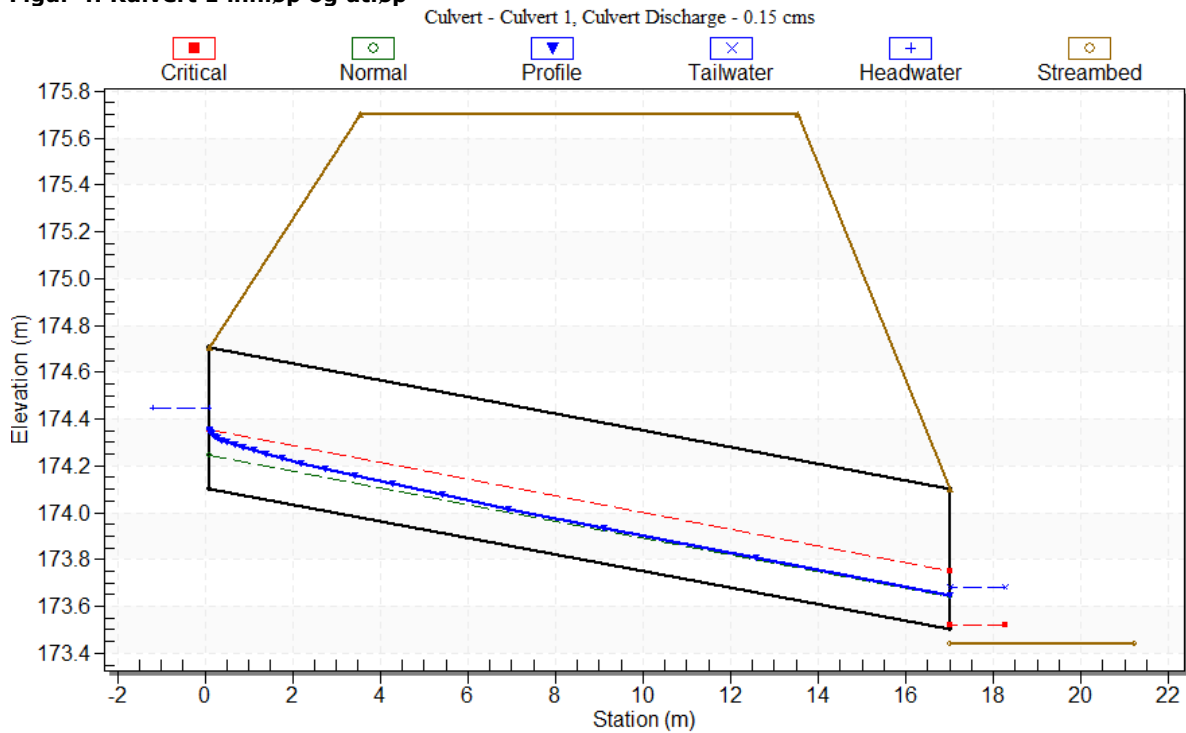
Kulvertdimensjonene funnet med nomogrammer er også beregnet ved bruk av HY-8 for å kontrollere dimensjonen.

4.4.1.1 Kulvert 1:

Eksiterende Kulvert 1 er 600mm og har nok kapasitet til 200års flom (Figur 5), men innløp og utløp er gjentettet (Figur 4). Så den må renskes. I tillegg, skal denne kulverten ligge under ny fyllinga, så den må forlenges.



Figur 4: Kulvert 1 innløp og utløp



Figur 5: Eksiterende kulvert 1 med 600mm diameter.

4.4.1.2 Kulvert 2:

Kulvert 2 har ikke nok kapasitet til 200års flom. Figur 8 viser at vannet går over veien med dagens kulvert med 600mm diameter. Figur 9 og Figur 10 vannlinje med 1200mm og 1400mm kulvert diameter.

I henhold til Vassdragshåndboka (Håndbok i vassdragsteknikk), ved å la vannstanden stige slik at $y_1 / D = 1.2$, vil vi kunne øke kapasiteten i innløpet med 15–20 % i forhold til $y_1 / D = 1.0$. Som regel vil dette kunne skje uten at friskeilstrømninga brytes. Økningen kan vi betrakte som en reservekapasitet i forhold til vanlig dimensjonering. Vi forutsetter imidlertid at en uforutsett heving på $0.2D$ av oppstrøms vannstand kan aksepteres ut fra hensyn til oversvømmelse og overtopping. Vi må eventuelt gjøre noen mindre tilpasninger av innløpet for å optimalisere og vingemur kan brukes for denne type saken (Figur 6).

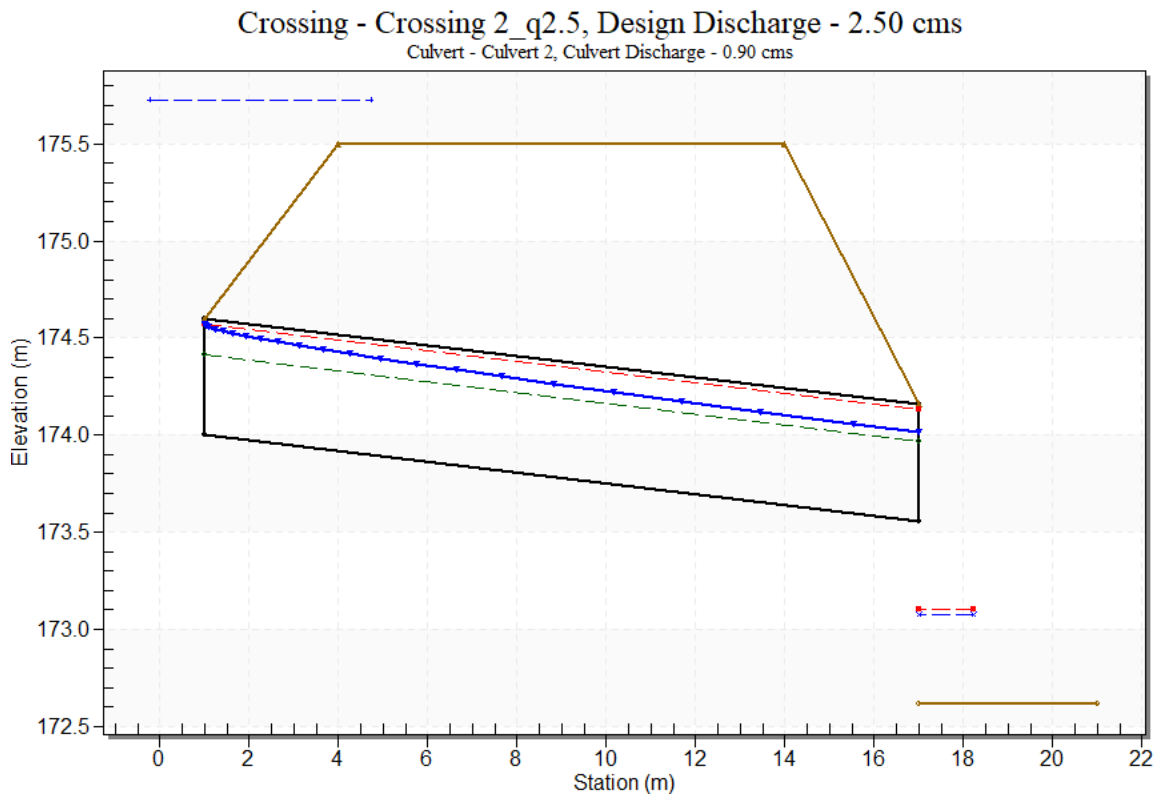
Siden y_1/D for 1200mm diameter kulvert er større enn 1.2, bør det brukes 1400mm kulvert.



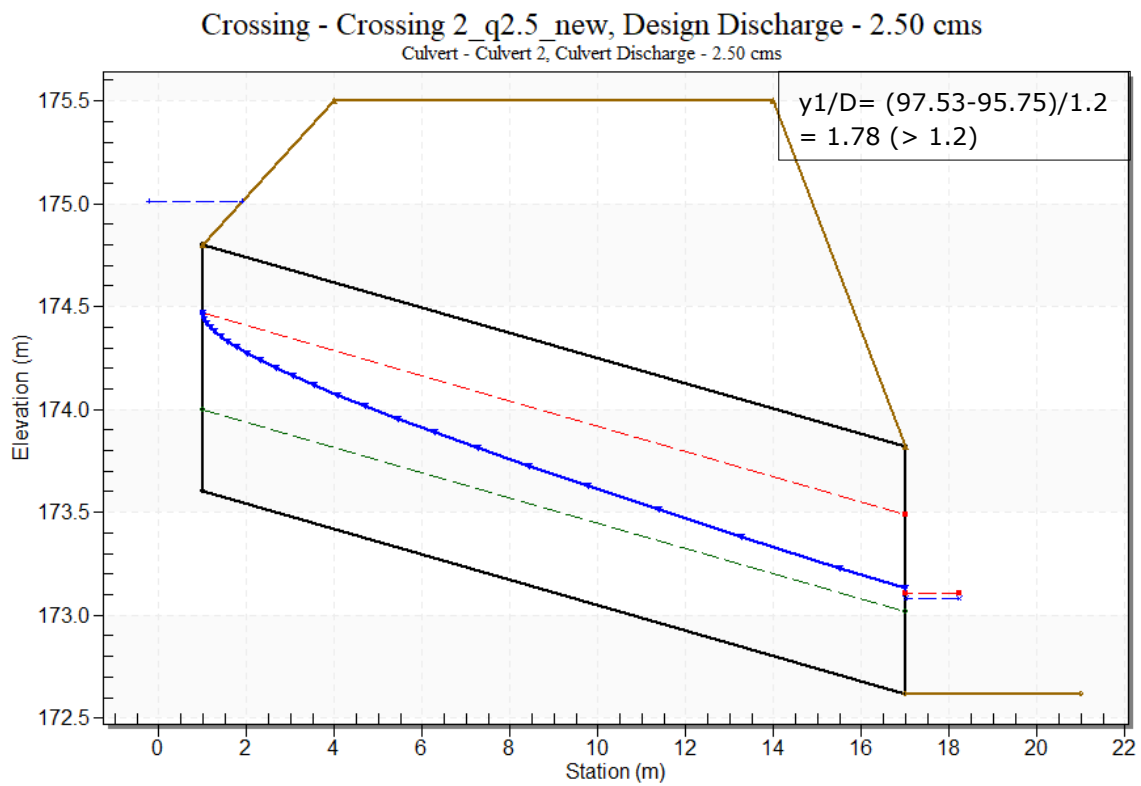
Figur 6: Vingemur



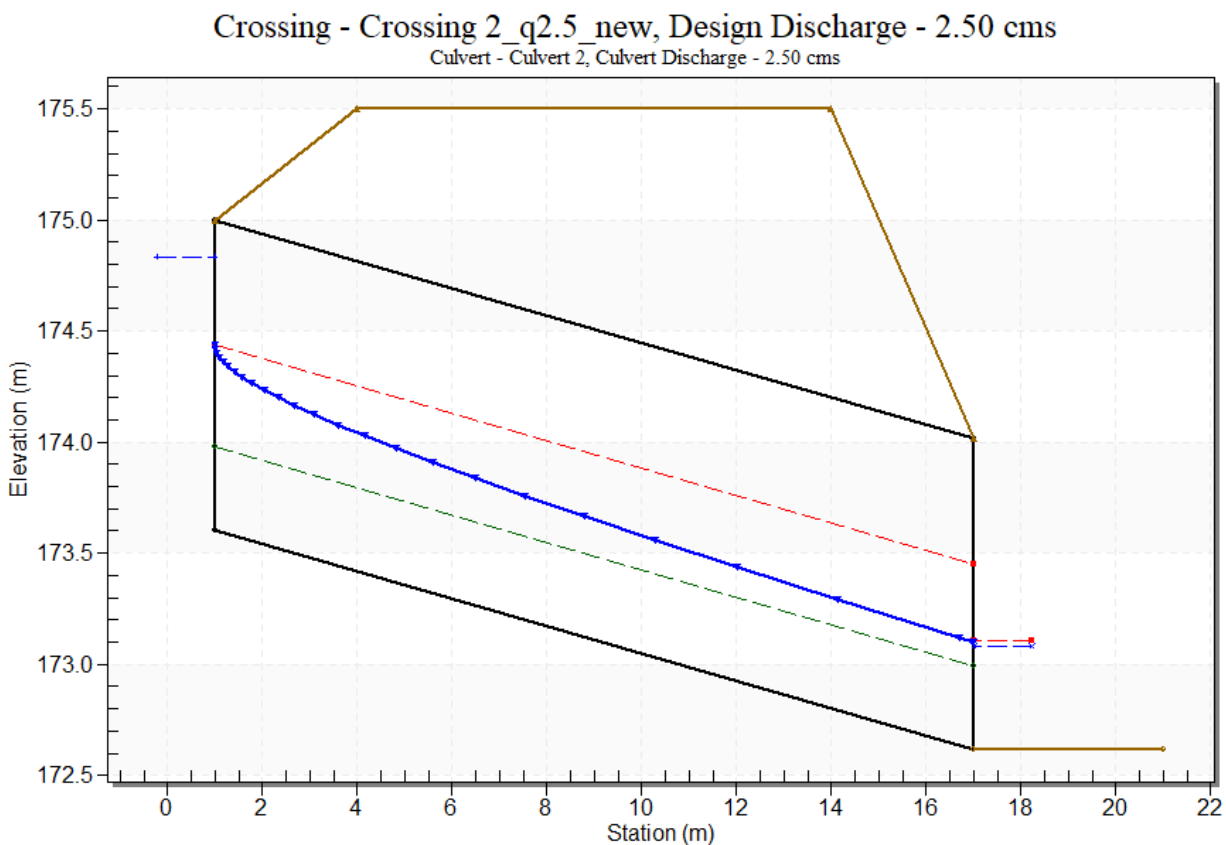
Figur 7: Kulvert 2 innløp (kom) og utløp



Figur 8: Dagens kulvert nr.2 med diameter 600mm.



Figur 9: Kulvert 2 med diameter 1200mm.



Figur 10: Kulvert 2 med 1400mm diameter.

4.4.1.3 Kulvert 3:

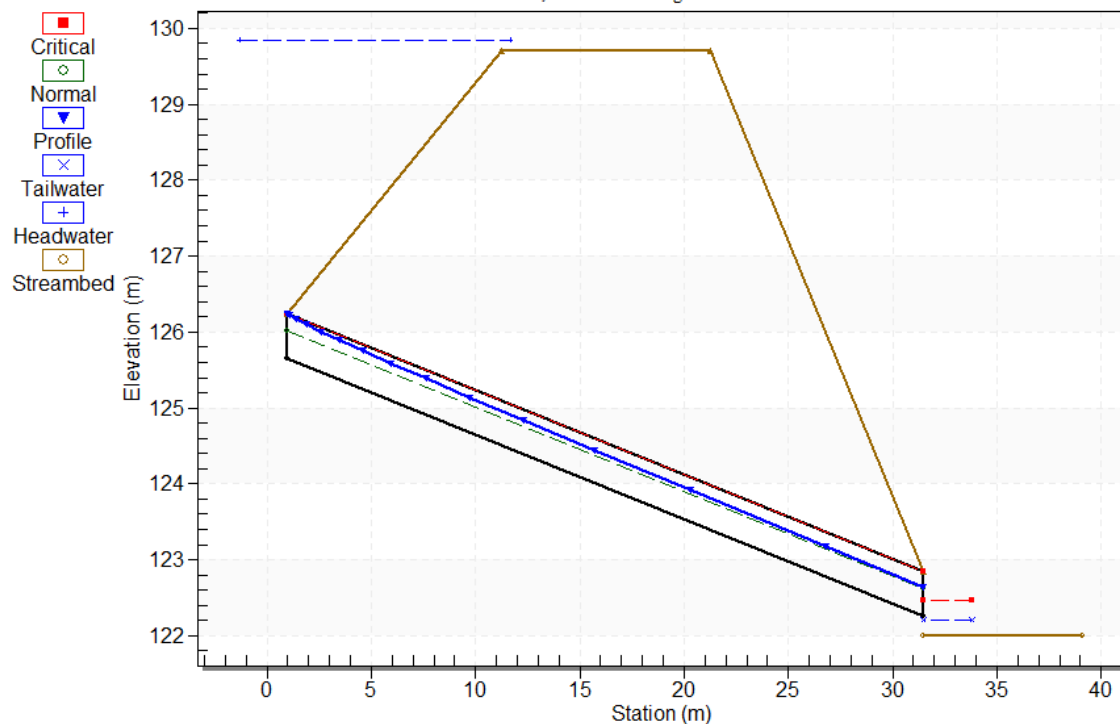
Kulvert 3 er gjennomløp til en bratt bekk. Dagens størrelse tåler ikke en 200års flom (Figur 12). I tillegg er kulvertens innløp gjentettet (Figur 11). Kulverten skal også ligge under ny fylling, så den må forlenges.

Stikkrennen bør oppdimensjoneres til en større dimensjon i tillegg. Figur 14, Figur 15 og Figur 15 viser vannlinje for ny kulvert med 1000 og 1200mm og 1400mm diameter.

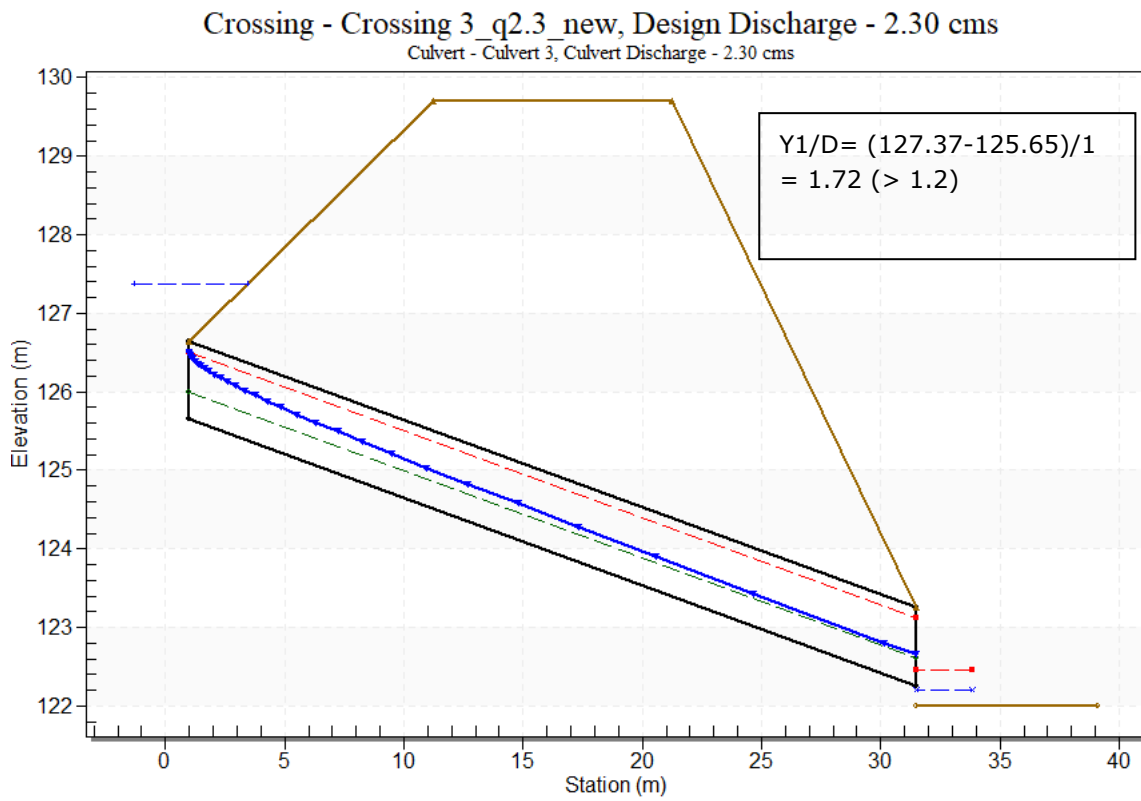


Figur 11: Kulvert 3 innløp og utløp

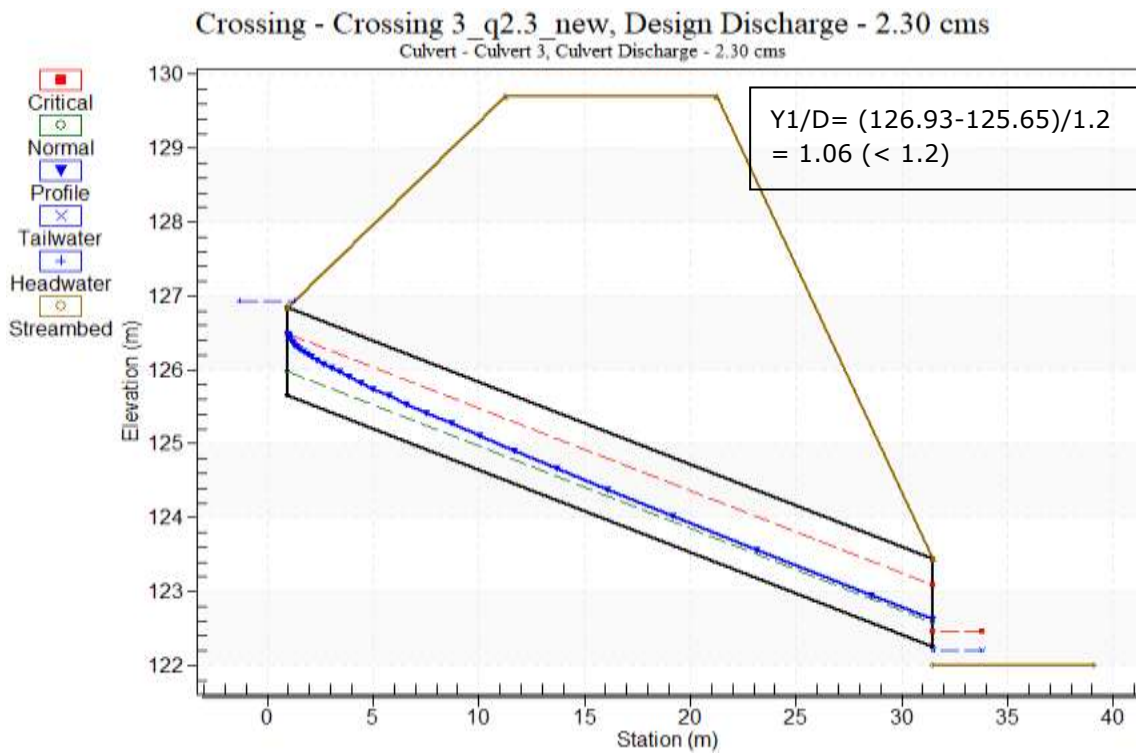
Crossing - Crossing 3_q2.3, Design Discharge - 2.30 cms
 Culvert - Culvert 3, Culvert Discharge - 1.51 cms



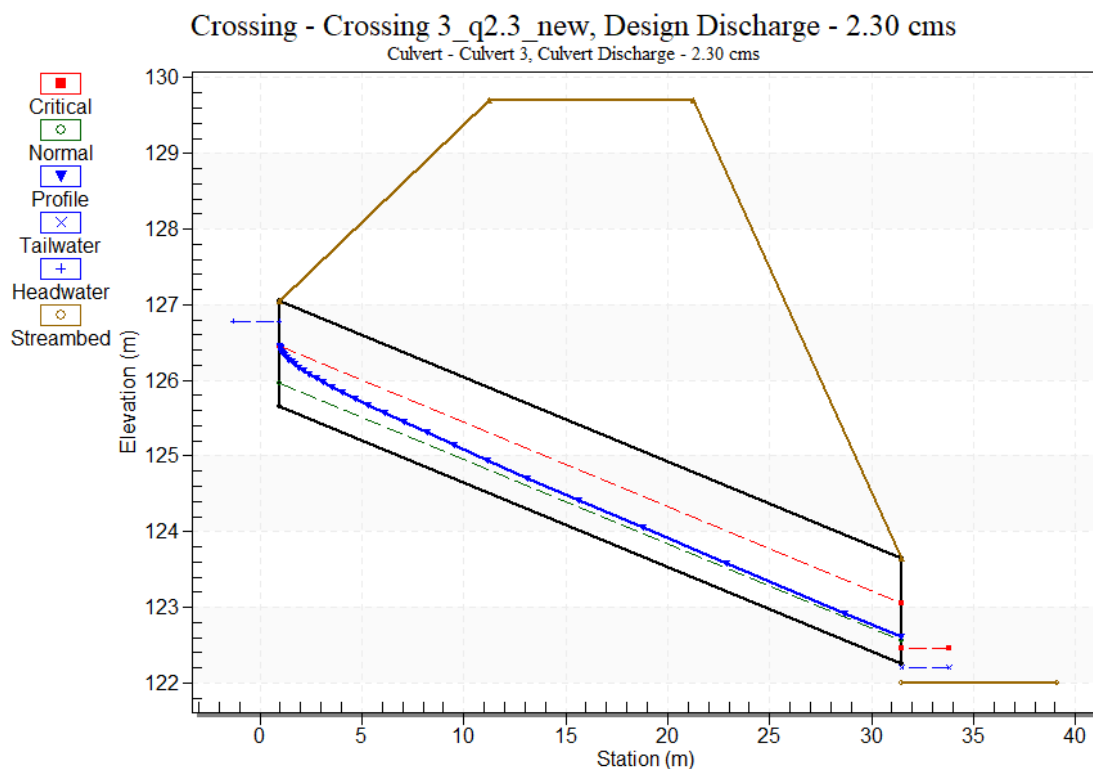
Figur 12: Dagens kulvert3 med 600mm diameter har ikke nok kapasitet til 200årsflom.



Figur 13: Kulvert 3 med diameter 1000mm.



Figur 14: Kulvert 3 med diameter 1200mm



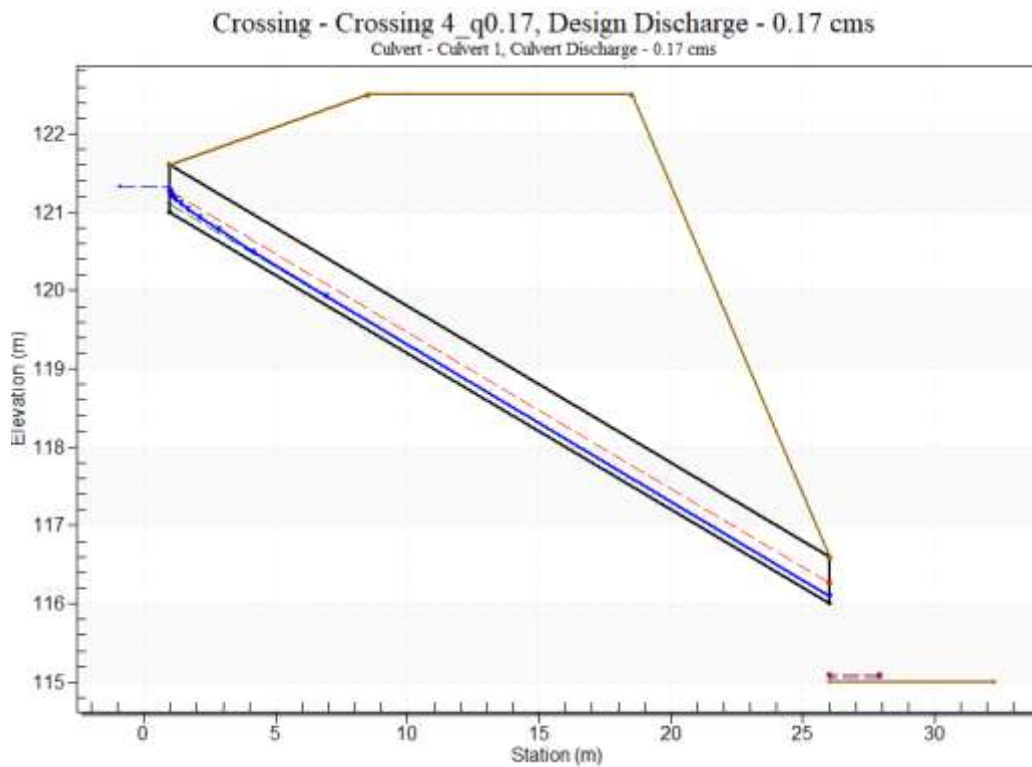
Figur 15: Kulvert 3 med diameter 1400mm

4.4.1.4 Kulvert 4

Eksisterende kulvert 4 har nok kapasitet med 600mm diameter (Figur 17), men kulverts innløp er helt gjentettet (Figur 16). Så kulverten bør flyttes opp ellers den må renskes ofte.



Figur 16: Kulvert 4 innløp



Figur 17: Dagens kulvert 4 med 600mm diameter, antatt utløps kote.

4.4.1.5 Kulvert 5

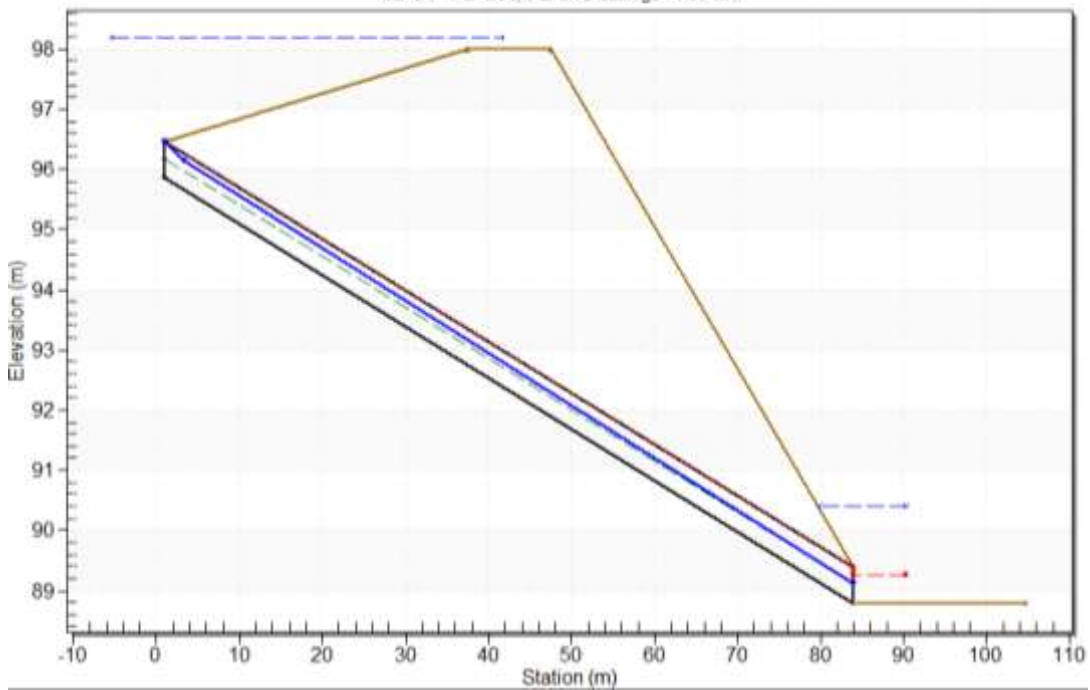
Kulverts innløp er helt gjentettet (Figur 18). Kulverten må renskes ofte. Figur 19 viser at vannet går over veien med eksisterende kulvert. Figur 20, Figur 21 og Figur 22 viser vannlinje for ny kulvert med 1000 og 1200mm og 1400mm diameter.

Y1/D er mindre enn 1.2 for 1200mm så den kan brukes i stedet for 1400mm.



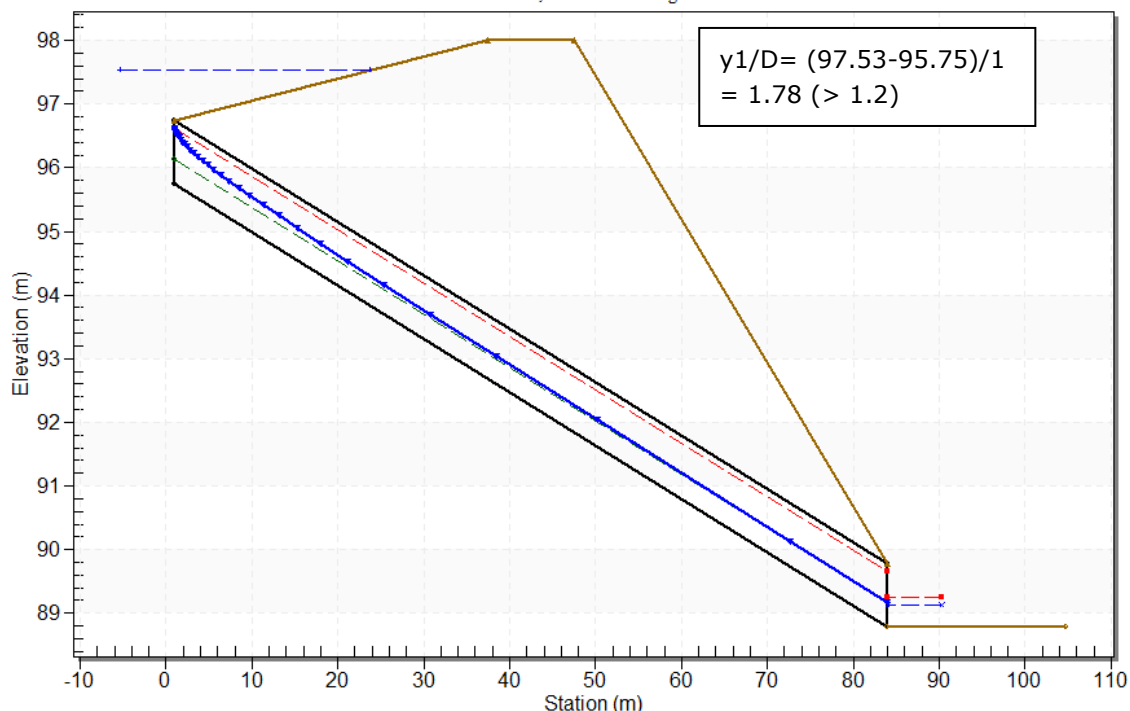
Figur 18: Kulvert 5 innløp og utløp

Crossing - Crossing 5_q2.34, Design Discharge - 2.34 cms
Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.08 cms



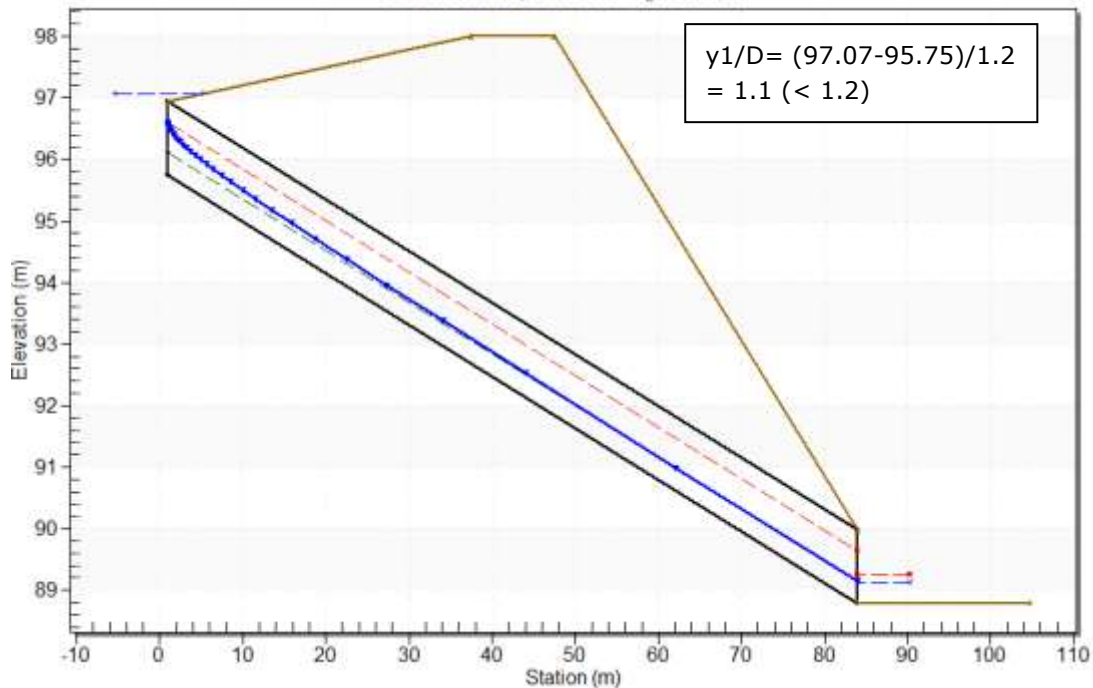
Figur 19: Dagens kulvert 5 med diameter 600mm.

Crossing - Crossing 5_q2.34_new, Design Discharge - 2.34 cms
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 2.34 cms

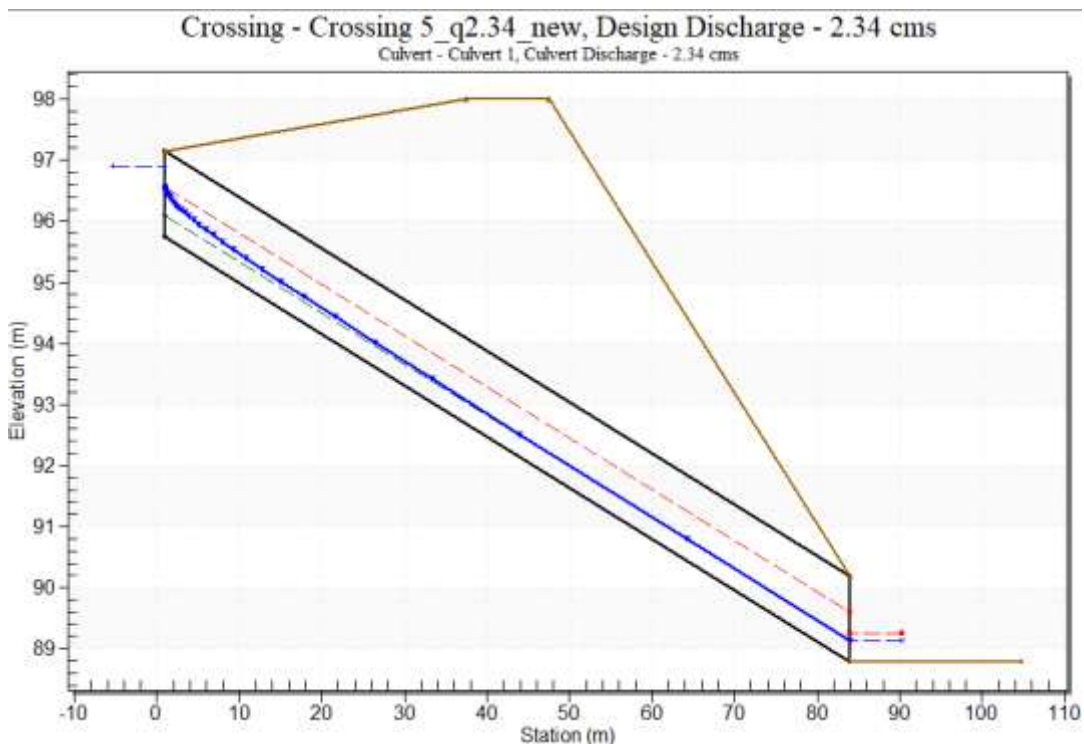


Figur 20: kulvert 5 med diameter 1000mm.

Crossing - Crossing 5_q2.34_new, Design Discharge - 2.34 cms
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 2.34 cms



Figur 21: kulvert 5 med diameter 1200mm.



Figur 22: kulvert 5 med diameter 1400mm.

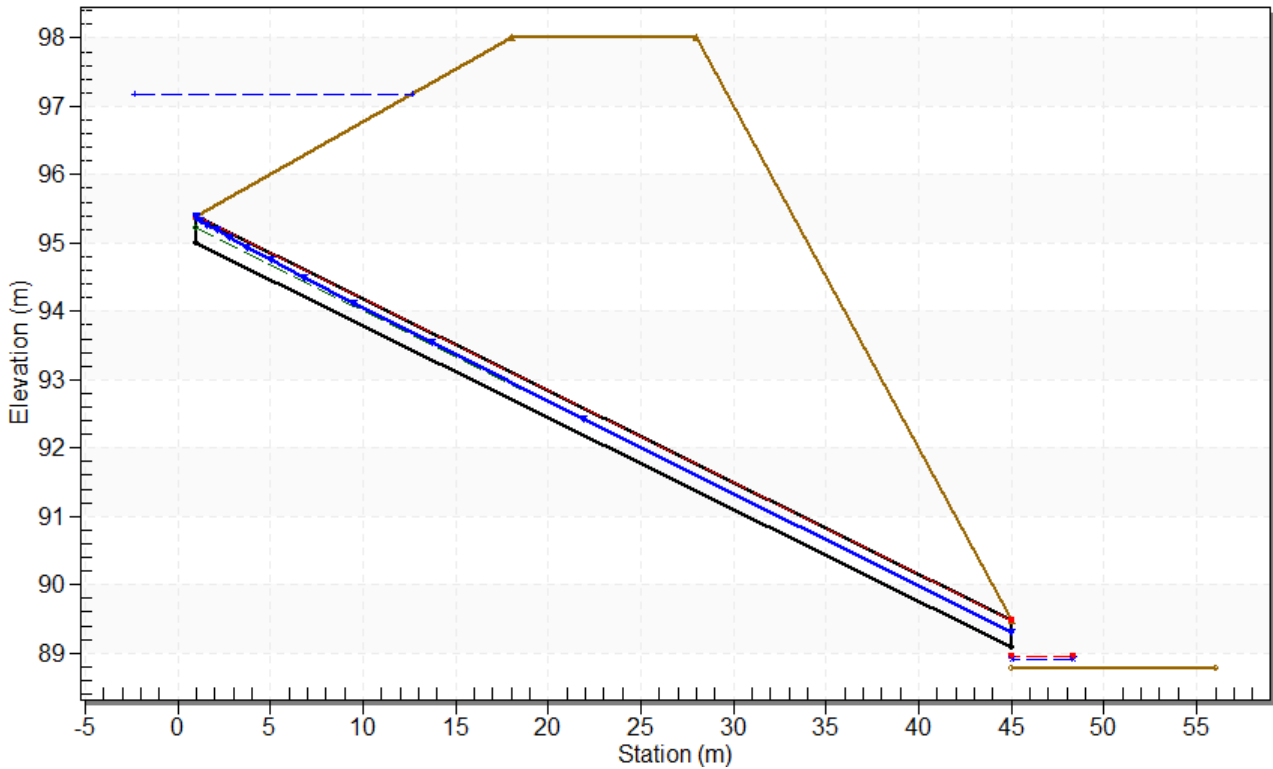
4.4.1.6 Kulvert 6

Kulverts utløp er vist i Figur 23. Figur 18, Figur 19 og Figur 20 viser at eksisterende kulvert har ikke nok kapasitet. Figur 21 og Figur 22 viser vannlinje for ny kulvert med 600 mm og 800 mm diameter. Innløps kote for beregningen er antatt fordi vi fant ikke innløpet på befaring.

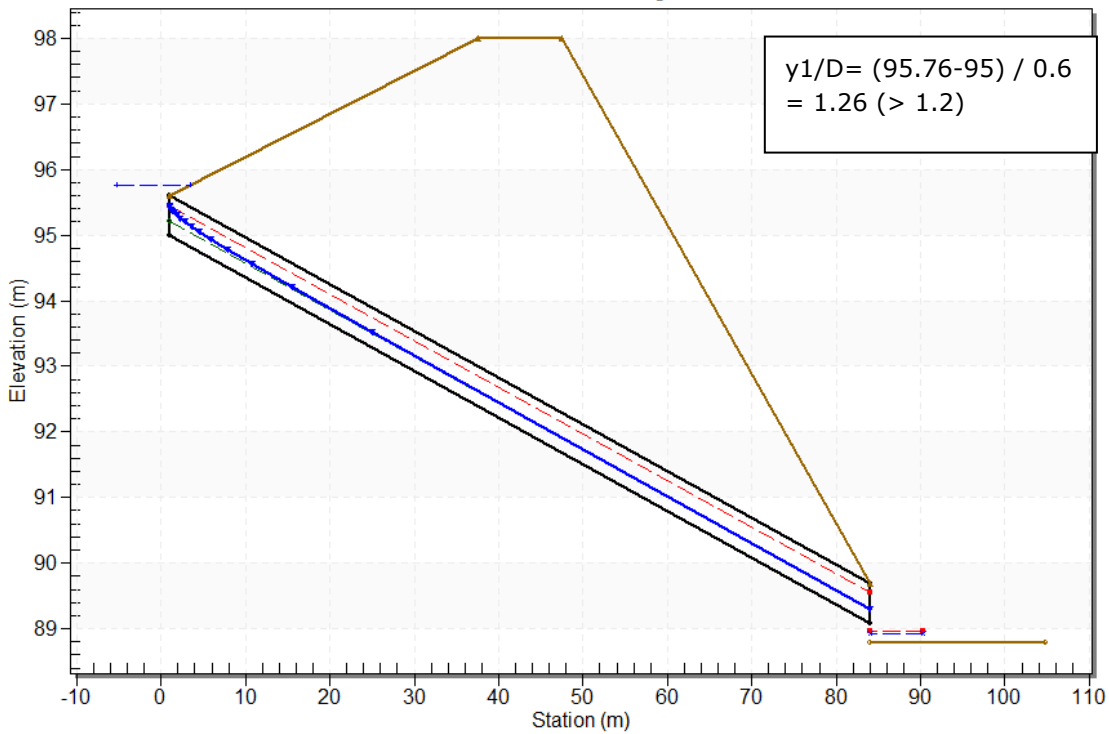


Figur 23: Kulvert 6 utløp, 400mm diameter.

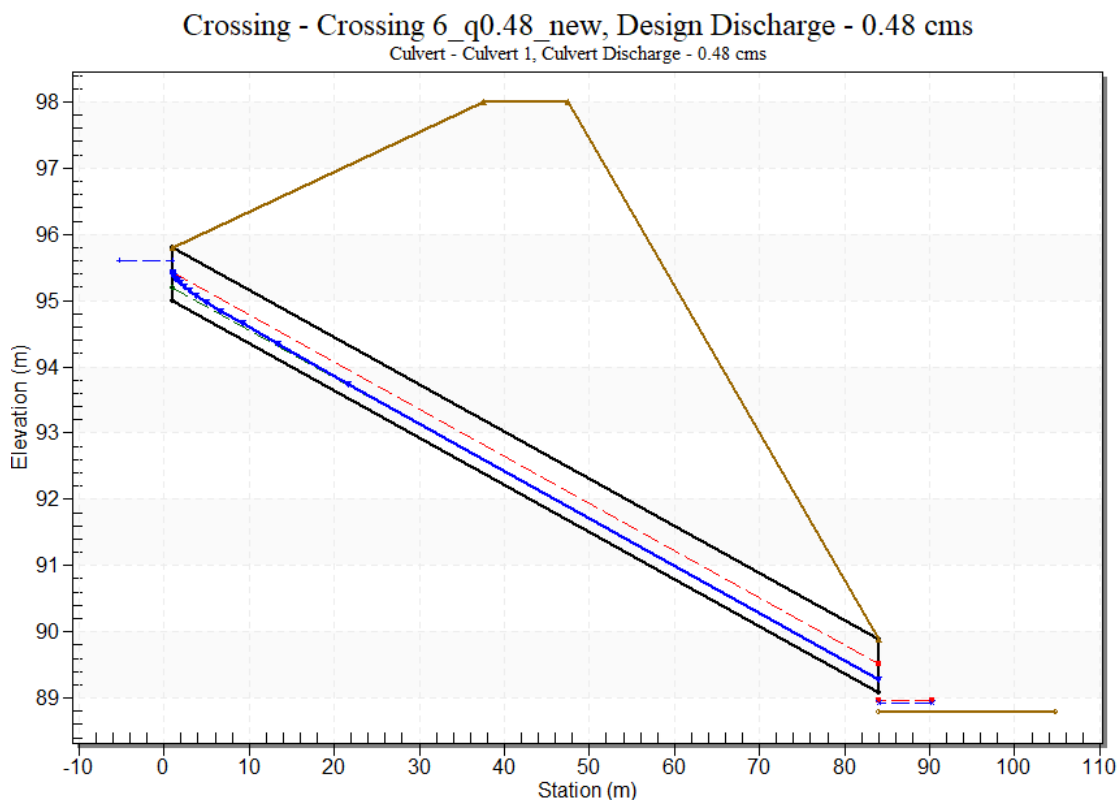
Crossing - Crossing 6_q0.48, Design Discharge - 0.48 cms
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.48 cms



Figur 24: Dagens kulvert 6, diameter 400mm, antatt innløps kote
 Crossing - Crossing 6_q0.48_new, Design Discharge - 0.48 cms
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.48 cms



Figur 25: Kulvert 6 med 600mm diameter, antatt utløps kote.



Figur 26: kulvert 6 med 800mm diameter.

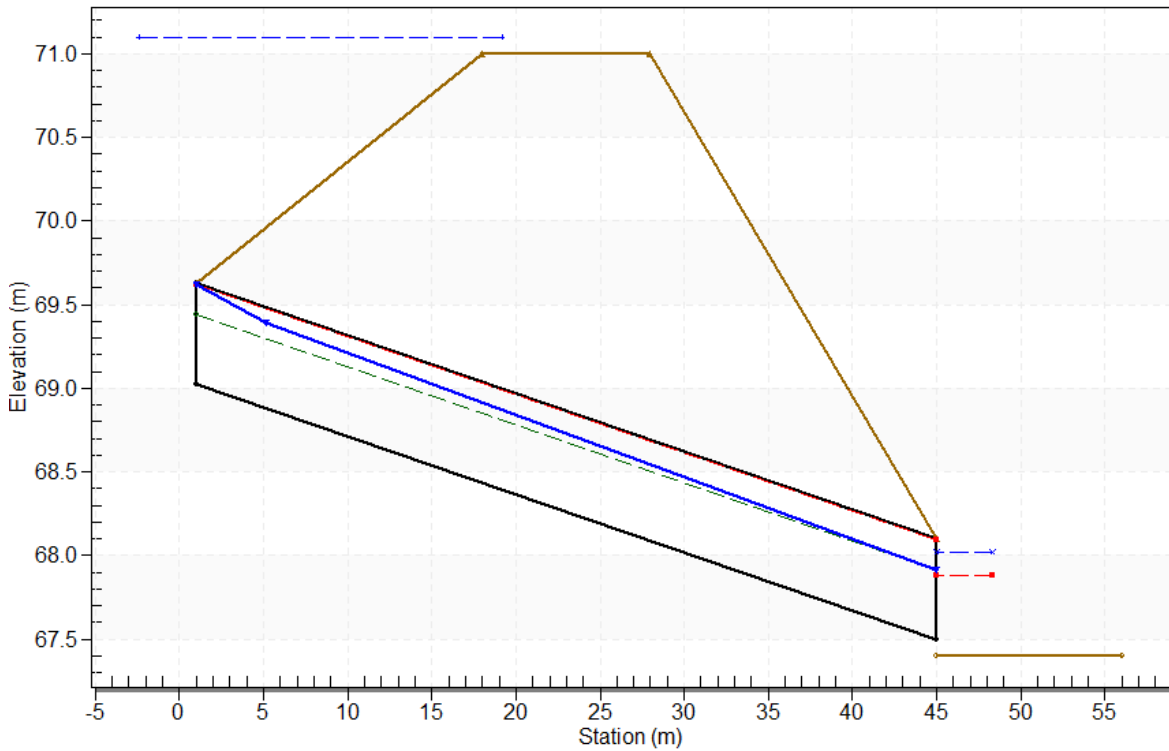
4.4.1.7 Kulvert 7

Figur 27 viser kulverts innløp. utløps kote på er antatt fordi vi fant ikke innløpet på befaring. Figur 28 Figur 19 viser at vannet går over veien med eksisterende kulvert. Figur 29 Figur 20, Figur 30 Figur 21 og Figur 31 Figur 22 viser vannlinje for ny kulvert med 1000 og 1200mm og 1400mm diameter.



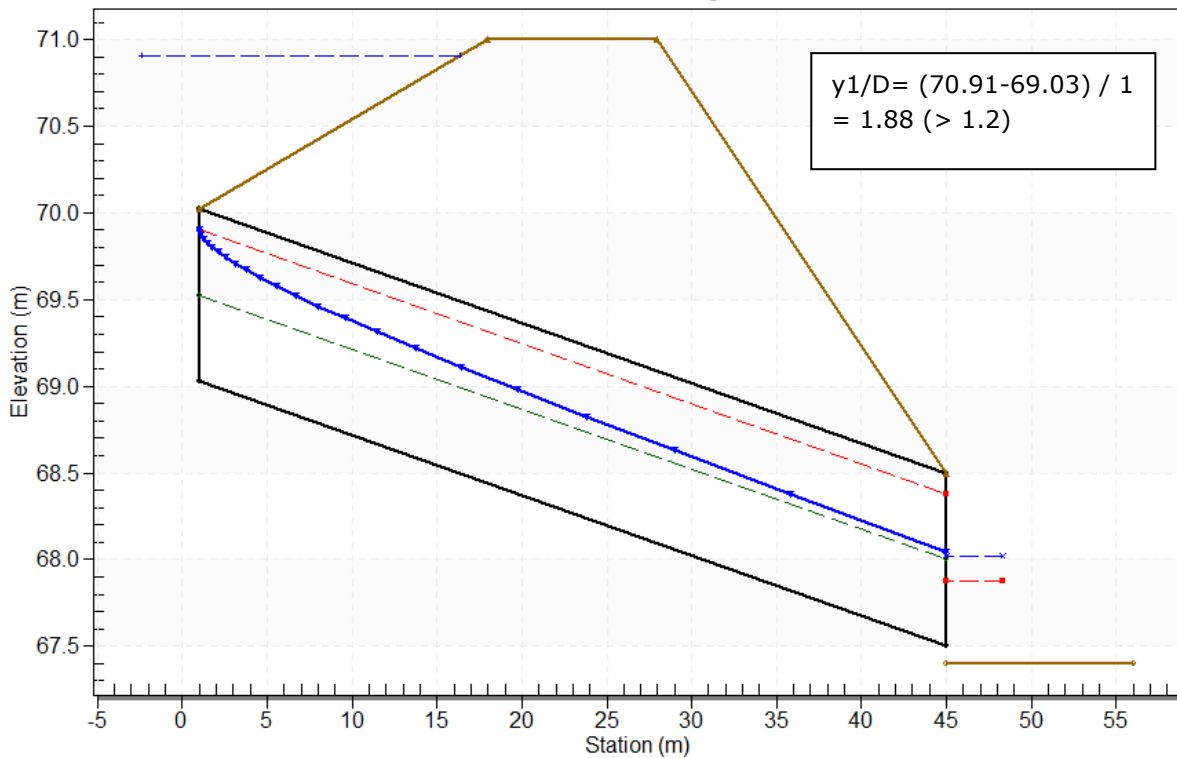
Figur 27: Kulvert 7 innløp, diameter 600mm

Crossing - Crossing 7_q2.42, Design Discharge - 2.42 cms
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.01 cms

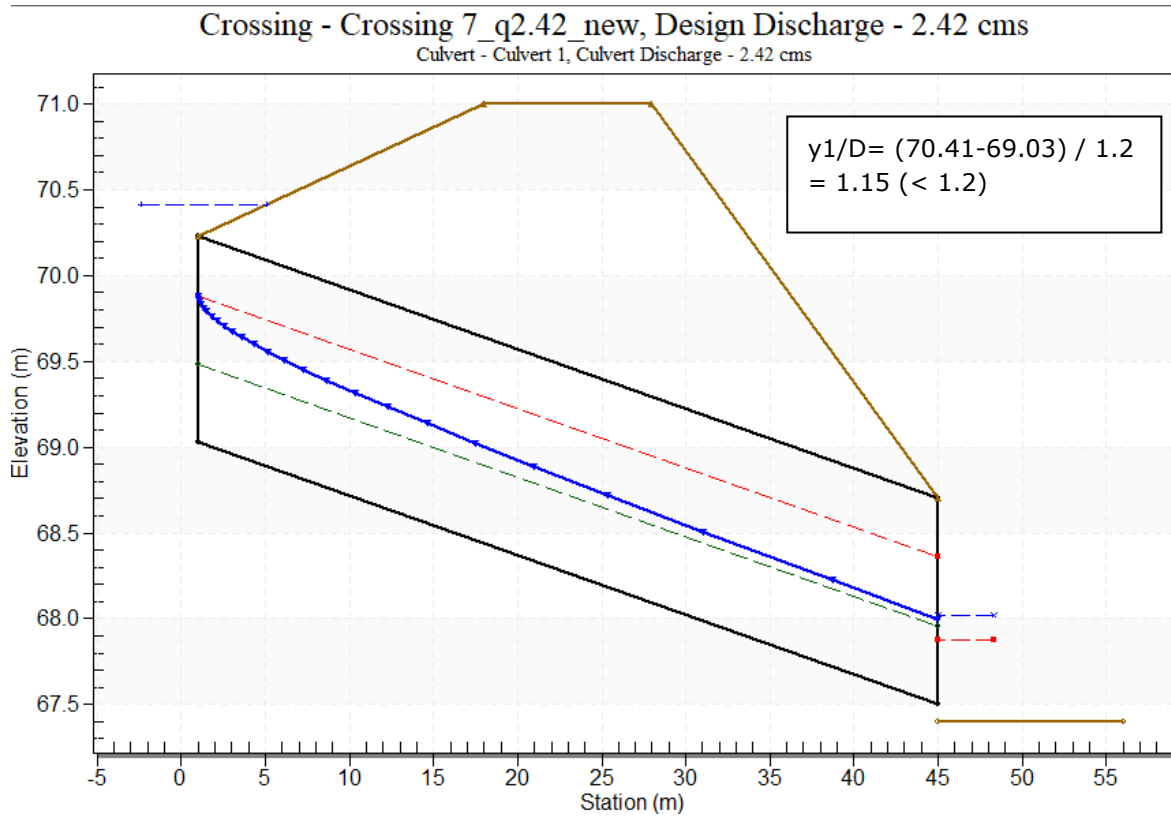


Figur 28: Eksisterende kulvert 7, 600mm diameter, antatt utløps kote.

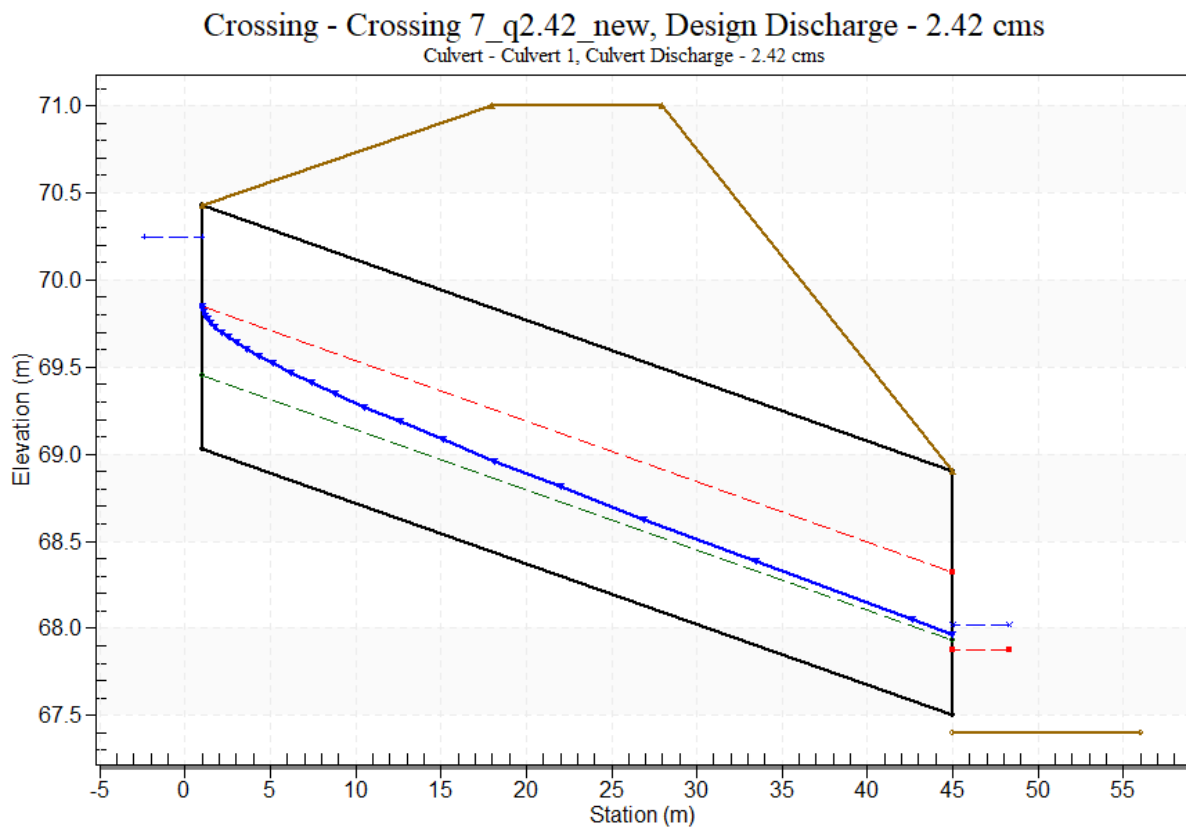
Crossing - Crossing 7_q2.42_new, Design Discharge - 2.42 cms
 Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 2.42 cms



Figur 29: Kulvert 7 med diameter 1000mm



Figur 30: Kulvert 7 med diameter 1200mm



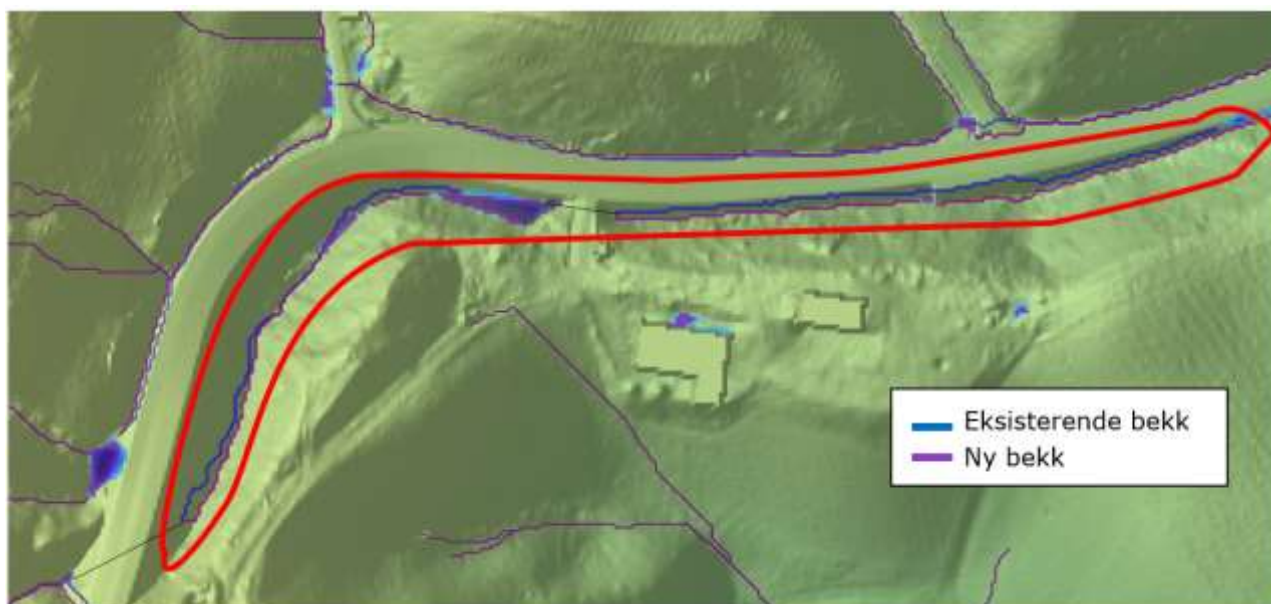
Figur 31: Kulvert 7 med diameter 1400mm.

4.4.2 Bekk langs veien:

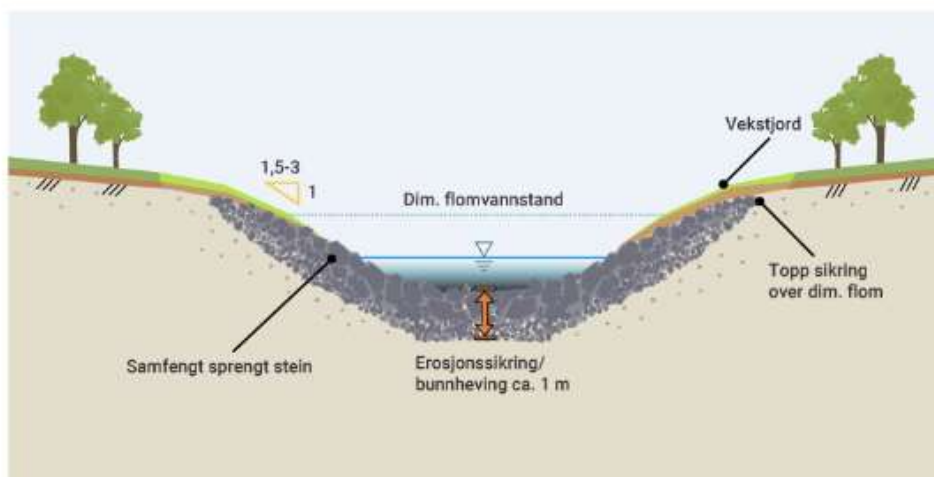
Bekken renner i dag langs veien på sørsiden mellom kulvert 3 og 5 som vist med blått i Figur 32 (ca. 360m lang strekning). Bekken inne i den røde kurven (Figur 32) må flyttes som vist til lilla linje i fordi fyllinga kommer på innsiden nedover veien.

Bekken må i tillegg erosjonssikres langs veien. Dette gjøres ved å legge stein som vist skjematisk i figur 33. Beregning av steinstørrelse og utstrekning av erosjonssikring vil måtte beregnes i detaljeringsfasen. Hvor høyt opp erosjonssikringen skal legges er avhengig hvor høyt opp i skråningen den dimensjonerende flomvannstanden i bekken går og den må så plusses på 0.5 m. Det vil si pilen som viser "topp sikring av dim flom" på figur 33 er 0.5 m over dimensjonerende flomvannstand.

Ut fra et grovt anslag, hvis vi sier en 4 m bred bekk og 0.75 m dybde, blir dette 3 m³ per løpemeter og totalt 1100 m³ stein. Enhetspriser fra NVEs database er 4000 kroner. Altså, kostnaden er 4000 kr pr meter og totalt ca. 1,44 millioner kroner. Dette er et grovt anslag.



Figur 32: Eksisterende bekk (blå) og ny bekk etter fyllinga (lilla) sørover veien.



Figur 33 Prinsippkisse på erosjonssikring av bekk/elv.

5. Konklusjon

I denne rapporten er det gjort hydrologiske og hydrauliske beregninger for 7 kulverter som ligger langs Bennavegen FV6590 i Kvål. Beregningene er gjort for 200 års flom med klima og sikkerhetspåslag.

Dimensjonerende flomverdi Q_{200} med klimapåslag og usikkerhetsfaktor er beregnet for alle kulverter og vist i Tabell 6. Tabell 9 viser anbefalte nye kulvert dimensjoner.

Bekken mellom kulvert 3 og 5 må flyttes og erosjonssikres.

Tabell 9: Anbefalte kulvert dimensjoner.

Stikkrenne	Q _{200, Fk, 1.33} Gjentetting	Dagens kulvert- diameter [mm]	Kulvert- diameter [mm] fra hydraulikk beregninger	Merknader
Kulvert 1	0.15	600	600	->Har nok kapasitet. ->Må forlenges og renskes.
Kulvert 2	2.50	600	1400	->Bør byttes til 1400mm. -> utløp vurderes til erosjonsskader.
Kulvert 3	2.30	600	1200/ 1400	->1200mm kan brukes med vingemur kulvert fordi $y1/D > 1.2$. ->Må forlenges og renskes.
Kulvert 4	0.17	600	600	->Har nok kapasitet, men helt tettet. -> Må flyttes opp eller må reskes ofte.
Kulvert 5	2.34	600	1200/ 1400	->1200mm kan brukes med vingemur kulvert fordi $y1/D > 1.2$ ->Innløp må renskes.
Kulvert 6	0.48	400	<u>600</u> /800	->Bør byttes til 800mm, men 600mm kan vurderes.
Kulvert 7	2.42	600	1200/1400	->1200mm kan brukes med vingemur kulvert fordi $y1/D > 1.2$ -> kulvert kommer under fyllinga.

Referanser:

NVE, 2015. *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt (7/2015)*. Hentet fra

https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf

NVE, 2022. *Veileder for flomberegninger (1/2022)*. Hentet fra

https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf

SCALGO ApS., 2022. *SCALGO Live*. Hentet fra <https://scalgo.com/live/norway>

SVV, 2022. *Vegnormal N200 Vegbygging (2022)*. Hentet fra

https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200_2022

Vassdragshåndboka (Håndbok i vassdragsteknikk). Hentet fra

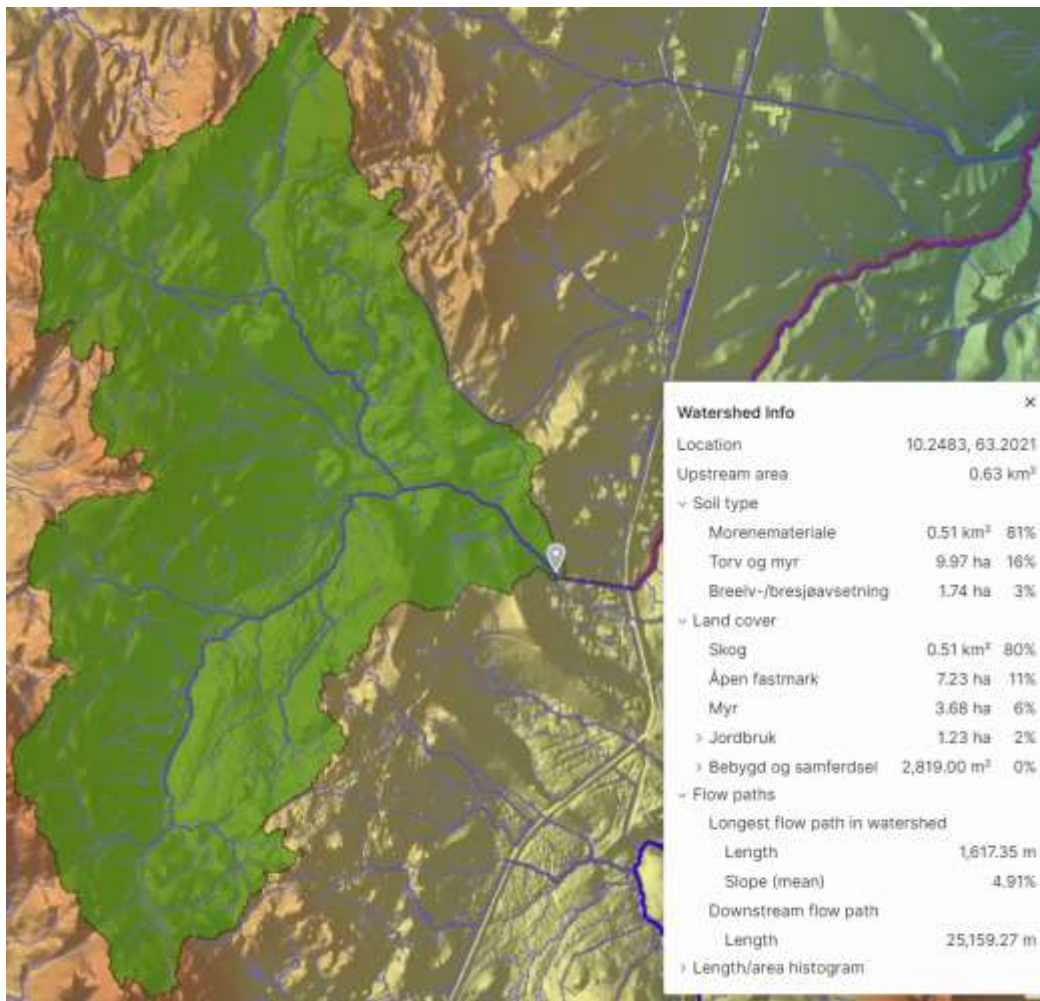
<https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/G19-00801/2724146/>

VEDLEGG 1

Feltareal beregnet med justering i Scalgo.com.



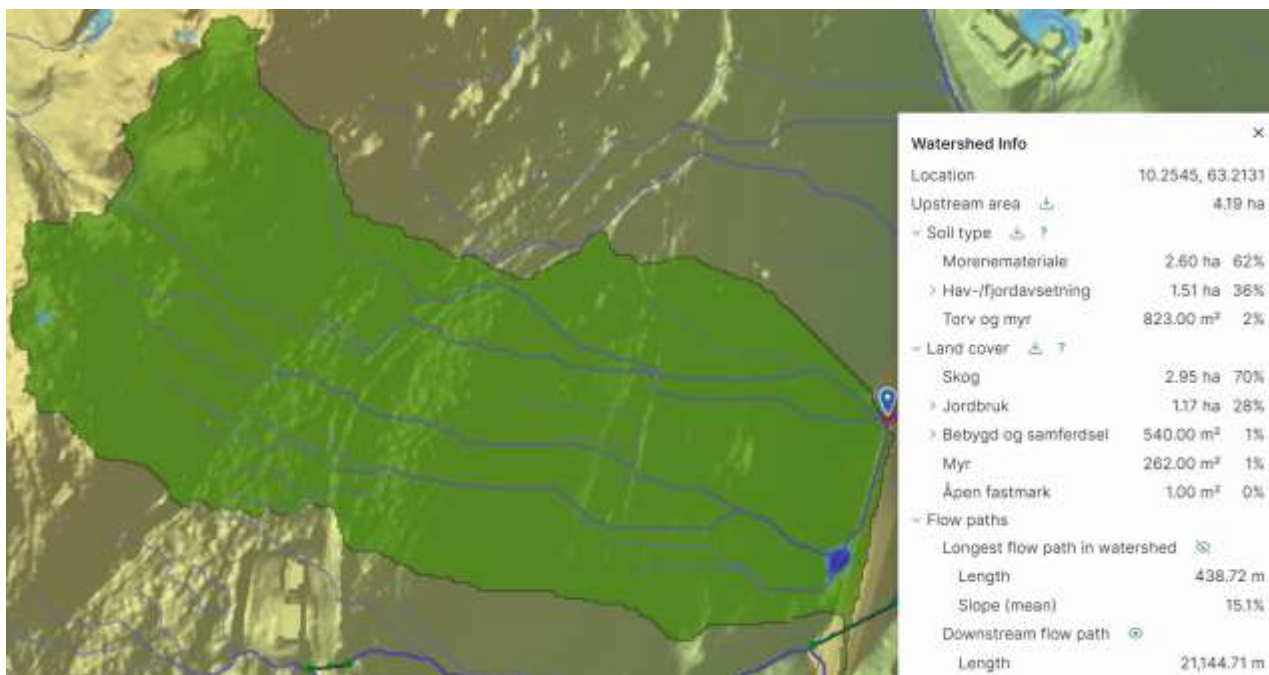
Utbredelse av kulvert 1 sin nedbørfeltet og feltparametere (www.scalgo.com)



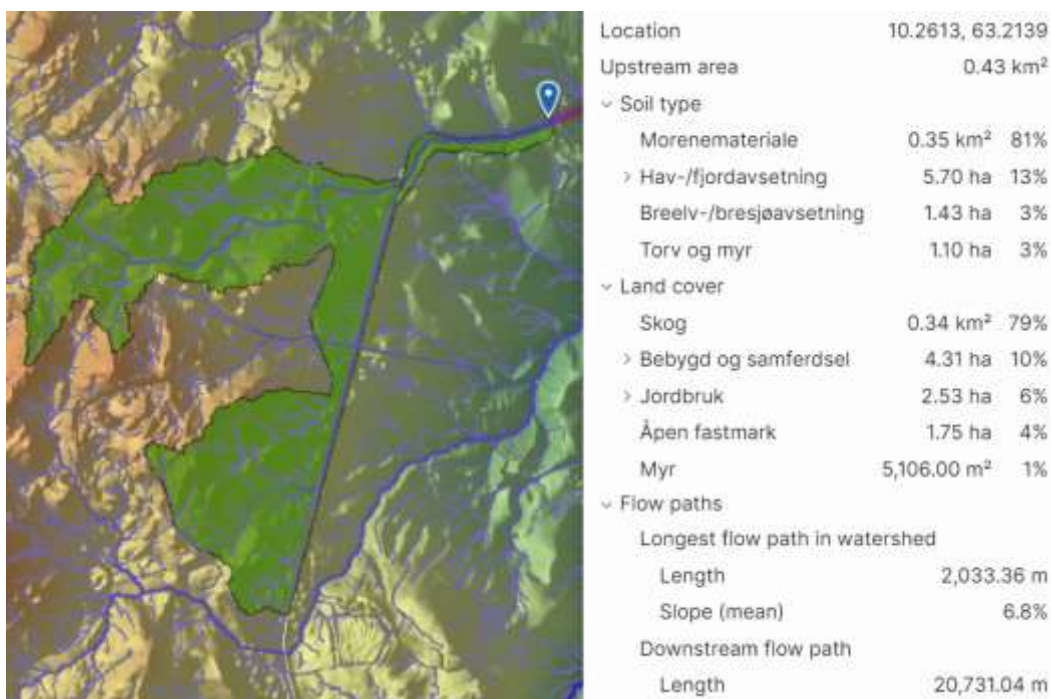
Utbredelse av kulvert 2 sin nedbørfeltet og feltparametere (www.scalgo.com)



Utbredelse av kulvert 3 sin nedbørfeltet og feltparametere (www.scalgo.com)



Utbredelse av kulvert 4 sin nedbørfeltet og feltparametere (www.scalgo.com)



Utbredelse av nedbørfeltet til kulvert 5 sammen kulvert 3 (0.42km²), og feltparametere (www.scalgo.com)



Watershed Info		X
Location	10.2614, 63.2140	
Upstream area	0.12 km ²	
Soil type		
> Hav-/fjordavsetning	7.24 ha 80%	
Morenemateriale	4.69 ha 39%	
Torv og myr	823.00 m ² 1%	
Land cover		
Skog	6.57 ha 55%	
> Jordbruk	4.08 ha 34%	
> Bebyggd og samferdsei	1.23 ha 10%	
Åpen fastmark	1,168.00 m ² 1%	
Myr	262.00 m ² 0%	
Flow paths		
Longest flow path in watershed		
Length	855.45 m	
Slope (mean)	11.0%	
Downstream flow path		
Length	20,727.97 m	

Utbredelse av kulvert 6 sin nedbørfeltet og feltparametere (www.scalgo.com)



Watershed Info		X
Location	10.2678, 63.2152	
Upstream area	2.06 ha	
Soil type		
> Hav-/fjordavsetning	2.06 ha 100%	
Land cover		
> Jordbruk	1.12 ha 55%	
Skog	7,012.00 m ² 34%	
> Bebyggd og samferdsei	1,441.00 m ² 7%	
Åpen fastmark	905.00 m ² 4%	
Flow paths		
Longest flow path in watershed		
Length	404.20 m	
Slope (mean)	6.7%	
Downstream flow path		
Length	20,298.38 m	

Utbredelse av nedbørfeltet til kulvert 7 [uten kul 5 (0.43 km²) og kul 6 (0.12 km²)], og feltparametere (www.scalgo.com)

VEDLEGG 2

Bilder fra befaringen:

Kulvert 1.

Betong. Innvendig Diameter 51 cm. Delvis tett i innløpet. Bilde:





Utløp. Innvendig Diameter 60 cm

Kulvert 2:

I rør fra oppstrøms. Innløp usikkert. Hører tydelig at vannet renner.





Utløp: Betongrør. Innvendig diameter 60 cm



Errosjon i utløp. Stor fart ut av kuvert.

Kulvert 3:

Bekk. Rør 3:



Erosjon i skråning mellom vei og bekk



Bekken går mot berg inn mot innløpet:



Innløpet er nesten tett. Fikk ikke målt dimensjon. Tiltak må gjøres.
Gammel steinmur over kulvertåpning.



Sett ned mot innløp:



Utløp: Diameter innvendig rør: 600 mm.
Betong
Veldig bratt skråning ned mor utløp.



Nedstrøms utløp

Kulvert. 4:



Innvendig dimensjon: 60 cm

Kulvert 5:



Innlopsrist. Tett



Stikkrenne i vei over omlag bekk:

Kulvert 6



Stikkrenne (ligger rett over kulvert 6):



Utløp: kulvert 5 og 6



Utløp



Nedstrøms

Kulvert 7:



innløp



Oppstrøms