

Rapport

Hydrologisk rapport for Fv.255 Vigga bru, Gausdal kommune

OPPDRAGSGIVER

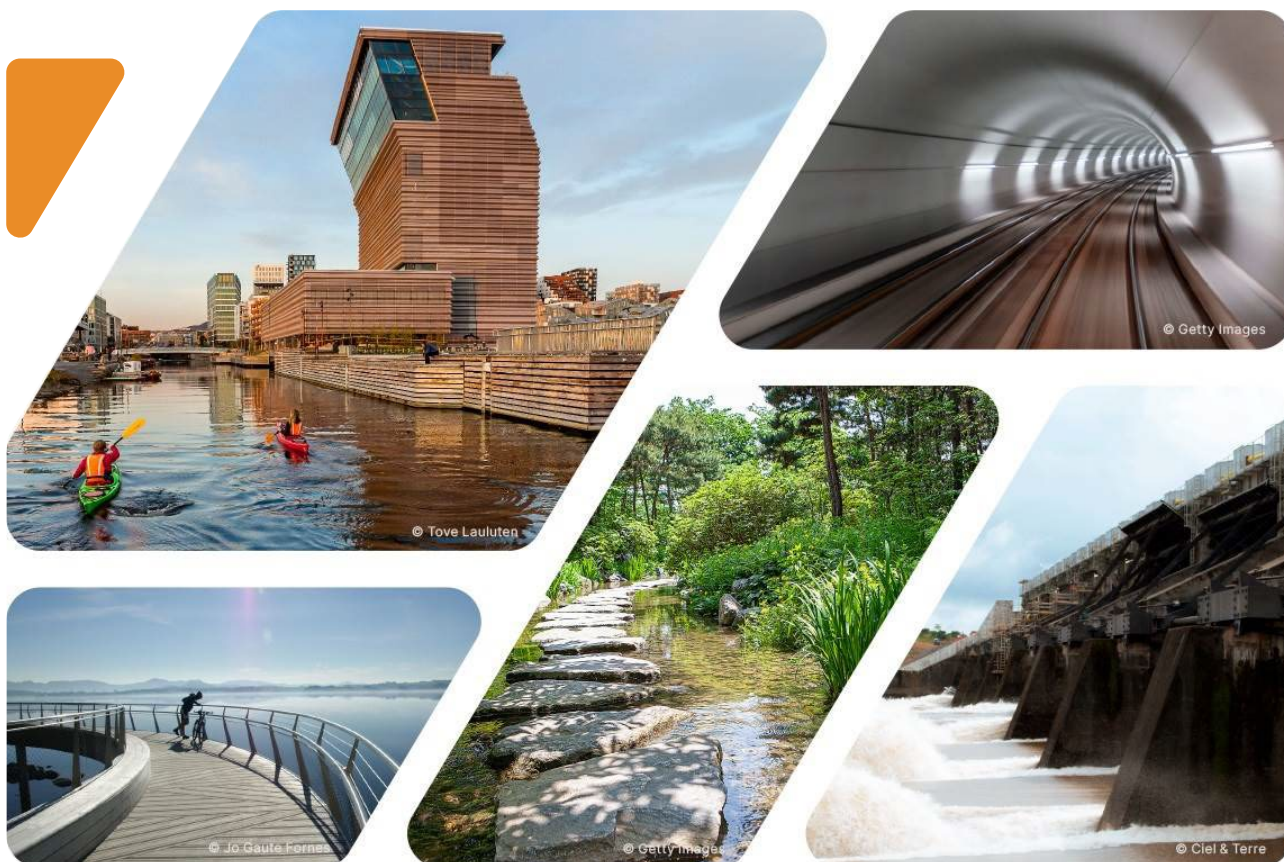
Innlandet Fylkeskommune

HYDROLOGISK RAPPORT FOR FV.255 VIGGA BRU, GAUSDAL KOMMUNE

Dimensjonering av midlertidig kulvert og erosjonssikring

DATO / REVISJON: 11/18/2025

DOKUMENTKODE: 10266799-01-RIVass-RAP-001



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



Rapport

OPPDRAAG	Fv255 Vigga bru i Gausdal kommune	DOKUMENTKODE	10266799-01-RIVass-RAP-001
EMNE	HYDROLOGISK RAPPORT FOR FV.255 VIGGA BRU, GAUSDAL KOMMUNE	TILGJENGELIGHET	Åpent
OPPDRAAGSGIVER	Innlandet fylkeskommune	OPPDRAAGSLEDER	Heidi Tangvold Lundebby
KONTAKTPERSON	Petter Olufsen Aasen	UTARBEIDET AV	Byman H. Hamududu
KOORDINATER	Sone: / Øst: / Nord:	ANSVARLIG ENHET	10112033
GNR./BNR./SNR.	/ /		

SAMMENDRAG

Det bygges en ny veikryssing over FV 255 og Vigga, som er en sidebekk til Gausa ved Vigga. I byggeperioden er det behov for en midlertidig kryssing i tillegg til den permanente brua. Dimensjoneringsgrunnlaget for den midlertidige veikryssingen er satt til 10-årsflom. Kulminerende vannføring er beregnet til $Q_{10} = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Uten klima- eller usikkerhetsfaktor gir dette en dimensjonerende vannføring på $Q_{\text{dim}} = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Bekken kan føres gjennom en kulvert bestående av et sirkulært kulvertrør med indre diameter $\varnothing 1,8 \text{ m}$.

For den midlertidige kryssingen er det vurdert erosjonssikring ved inn- og utløp. Beregnet steinstørrelse er $d_{50} = 0,17 \text{ m}$ i bunnen og $d_{50} = 0,28 \text{ m}$ på sidene, med minste lagtykkelse $t_{\text{min}} = 0,34 \text{ m}$ i bunnen og $t_{\text{min}} = 0,55 \text{ m}$ på sidene.

For den permanente bruene anbefales et steinlag med $d_{50} = 0,30 \text{ m}$ i bunnen og $d_{50} = 0,49 \text{ m}$ på sidene, lagt langs kanalbunnen for å gi tilstrekkelig motstand mot strømningsinduserte skjærspenninger. Minimum lagtykkelse er $0,6 \text{ m}$ i bunnen og $0,97 \text{ m}$ på sidene

00	18.11.2025	Hydrologi til Fv.255 Vigga bru, midlertidig kulvert	BHH	PETB, SIGUS	HTL
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	5
2	Dagens tilstand	5
3	Designbasis og forutsetninger	6
3.1	Dimensjonerende flom for midlertidige konstruksjoner	6
3.2	Permanent konstruksjon	6
3.3	Nedbør og avrenning	6
4	Hydraulisk dimensjonering	7
4.1	Valg av kulverttype	7
4.2	Kulvert lengde	7
4.3	Inn- og utløpsforhold	7
4.4	Dimensjonering	8
5	Sikkerhetsmargin og sensitivitetsanalyse	8
6	Erosjonssikring	9
6.1	Inn- og utløpet til den midlertidige konstruksjonen - kulvert	11
6.2	Inn- og utløpet av den permanente konstruksjonen - bru	11
7	Konklusjon og anbefalt kulvert	11
8	Referanser	12
9	Vedlegg	13

1 Innledning

Det bygges ny veikryssing (FV 255) over Vigga, en sidebekk til Gausa ved Vigga. Det er behov for en midlertidig kryssing i tillegg til hovedkryssingen for å dekke behovet i byggeperioden. Gjeldende rapport gir dimensjoneringsgrunnlag for denne kryssingen, som skal lede flomvann under den midlertidige veien, sikre kapasitet og unngå oversvømmelse og erosjon under byggefasen, i tillegg til nødvendig steinstørrelse ved hovedkryssingen for erosjonssikring.

2 Dagens tilstand

En tidligere utarbeidet rapport fra COWI (COWI, 2025) beskriver nedbørfeltet opp til der Vigga krysser veien. Nedbørfetarealet er på 5,5 km². Det meste av området i nedbørfeltet er skog og jordbruksarealer. Det meste hellingen i nedslagsfeltet er omtrent 9°, og elven er 3,8 km lang. Grunnforhold: morenemasser over fjell, noe grunnvann registrert. Figur 2-1 visert er kart over bekken og kryssingene.



Figur 2-1 Kart over modellert området



3 Designbasis og forutsetninger

Statens vegvesens håndbok N200 brukes som utgangspunkt (SVV, 2024). 10-års flom legges til grunn for dimensjonering av den midlertidige kryssingen. Vannføringen skal økes med en sikkerhetsfaktor som er i tråd med anbefalte krav for denne typen tiltak. Det antas en Mannings n-verdi i røret på 0,035, noe som er representativt for et betongrør. Den tillatte HW/D-verden (headwater depth over culvert rise) er begrenset til $\leq 1,2$ for å sikre tilfredsstillende kapasitet uten uønsket oppstuvning. Kulvertens inn- og utløps skal sikres mot erosjon. Innløpet må tettes, slik at vann ledes gjennom kulverten og man unngår utvasking.

200-årsflom (inkludert usikkerhet og klimapåslag) skal legges til grunn for dimensjonering av den permanente kryssingen. Det vurderes at det oppstår lite fare for avsetning av sedimenter, men erosjonssikring nedstrøms kulvertenes utløp vurderes som nødvendig for å hindre utgraving og sikre stabilitet i utløpsområdet. Innløpet må tettes, slik at vann ledes gjennom kulverten og man unngår utvasking og undergraving av konstruksjonen.

3.1 Dimensjonerende flom for midlertidige konstruksjoner

I Norge er midlertidige konstruksjoner, som kulverter, anleggsveier over bekker, m.m., generelt ikke konstruert for å tåle samme høye tilbakevendingsperiode som permanente konstruksjoner. De må imidlertid tåle typiske sesongflommer på en sikker måte i anleggsperioden.

I henhold til NVEs retningslinjer (NVE, 2025; NVE, 2022) og praksis referert til i Statens vegvesen N200, gjelder et typisk dimensjonerende gjentakinterval (T) på 10–20 år når konstruksjonen skal være på plass i mindre enn ett år. Dette bør håndtere forventede flom i byggeperioden.

Hvis en midlertidig kulvert brukes i seks måneder under sommerbyggingen, er det vanlig å utforme den for en 10-årsflom (Q_{10}). Hvis byggingen imidlertid strekker seg over vårmeltingen eller høyvannssesongen, anbefales det å utforme den for en 20-årsflom (Q_{20}) for å sikre robusthet og unngå utvasking. For gjeldende midlertidig konstruksjon velges det 10-årsflom som dimensjonerende.

Det velges at vannføringen for midlertidig kryssing ikke økes med sikkerhetsfaktor (dvs. $F_s=1$).

3.2 Permanent konstruksjon

For gjeldende permanent konstruksjon skal 200-årsflom benyttes til dimensjonering. Den tidligere refererte rapporten (COWI, 2025) viser at dimensjonerende flom er $Q_{dim}=18 \text{ m}^3/\text{s}$, og anbefaler en permanent bro med dimensjoner på 4 m (B) x 2 m (H).

3.3 Nedbør og avrenning

Flomverdiene er estimert fra flomberegningene som COWI utførte for området (COWI, 2025). Det er uklart om rapporten kun oppgir 200- eller 100-årsflomverdien. I COWI-rapporten står det i seksjon 4.4: «Dimensjonerende flom (Q_{100}) for Vigga blir dermed på; $12,5 \text{ m}^3/\text{s} * 1,2 \text{ (klimafaktor)} * 1,2 \text{ (sikkerhetsfaktor)}$ som blir $18 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3272 \text{ l/s} * \text{km}^2$).», mens i konklusjonen i kapittel 6 står følgende: «Dimensjonerende flom er vurdert til å være $Q_{200} + 1,2 \text{ klimafaktor} + 1,2 \text{ sikkerhetsfaktor}$ ($18 \text{ m}^3/\text{s}$).» Denne uoverensstemmelsen bør avklares for å unngå forvirring om hvilken flomreturperiode som faktisk er benyttet. Etter gjennomgang av oppgitte detaljer i rapporten, antas det at verdien $18 \text{ m}^3/\text{s}$ i den refererte rapporten tilsvarer 200-årsflom. Det brukes vekstkurven fra NIFS formelen (NVE, 2015) for å estimere 10-årsflom. Basert på COWIs flomberegninger ble kulminerende 10-årsflom estimert til $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, uten sikkerhetspåslag.

4 Hydraulisk dimensjonering

Modelleringsverktøyet HY-8 (FHWA, 2022) er benyttet til å bestemme størrelsen på den midlertidige kulverten. HY-8 er et hydraulisk analyseprogram utviklet av U.S. Federal Highway Administration (FHWA) for prosjektering og analyse av kulverter. Programmet beregner vannspeil, kapasitet, vannstander oppstrøms og energitap for ulike kulvertformer og materialer under forskjellige strømningsforhold.

HY-8 brukes ofte til å bestemme sammenhengen mellom vannføring og vannstand oppstrøms, vurdere kulvertens funksjon ved innløps- og utløpskontroll, og til å støtte utforming av sikre og effektive dreneringsløsninger.

4.1 Valg av kulverttype

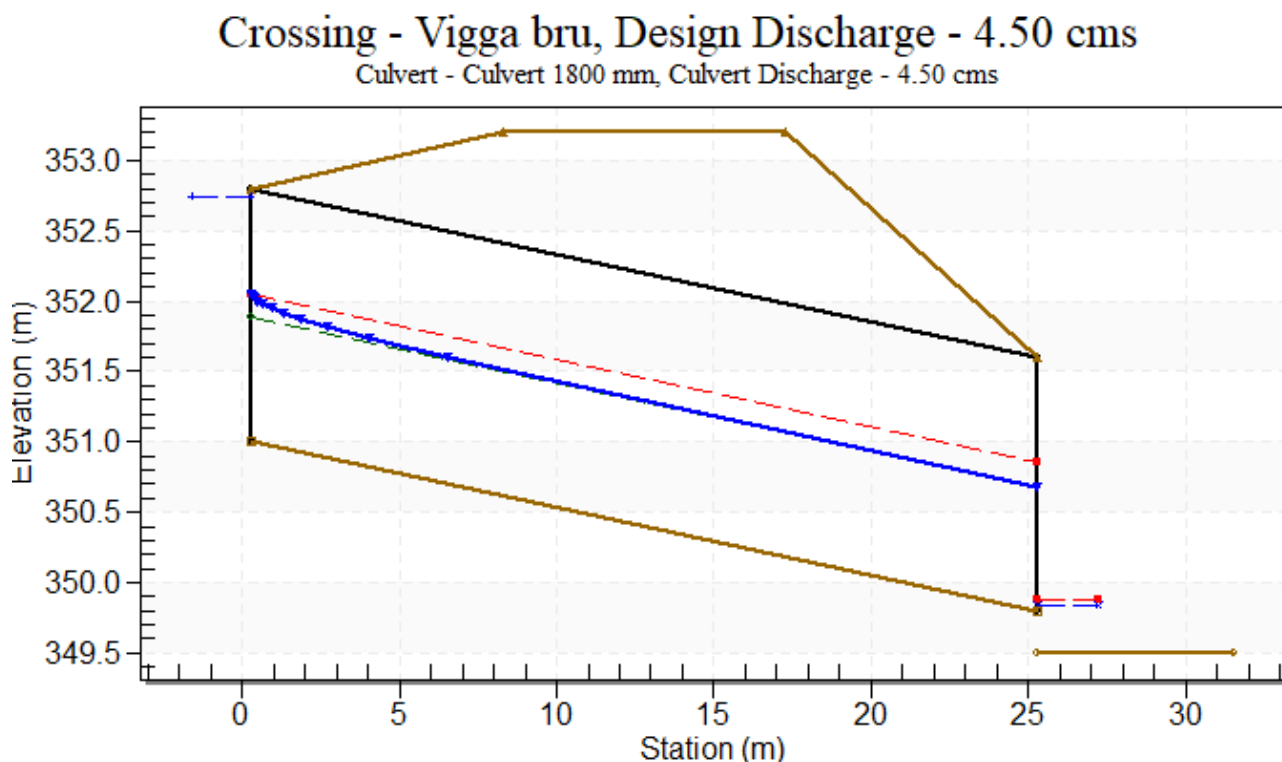
Riktig type kulvert påvirker ytelse, holdbarhet, vedlikeholdsbehov og kostnader. Valget avhenger av forhold, behov, materialer, installasjon og miljø. Vanlige typer inkluderer runde, kasseformede og elliptiske rør. Materialene velges ut fra behovet eller begrensninger tilknyttet hydraulisk ruhet, korrosjon, levetid og konstruksjon. Den valgte kulverten skal ha tilstrekkelig kapasitet, strukturell stabilitet, miljøkompatibilitet og kostnadseffektivt vedlikehold.

For gjeldende prosjekt, velges sirkulær betongkulvert.

4.2 Kulvert lengde

Veibredden på toppen er 9 meter, som medfører at bredden målt gjennom skråningsfoten (langs bekkekanalen) er omtrent 25 meter på grunn av veifyllingens sideskråning. Figur 4-1 viser lengdeprofilen til den midlertidige kulverten.

4.3 Inn- og utløpsforhold



Figur 4-1: Lengdeprofil av den midlertidige kulverten i HY-8



Størrelsen på kulverten ble bestemt på grunnlag av følgende

- Antatt fribord uten oppstuvning
- Beregnet nedstrøms vannstand ut fra kanalprofil
- Antatt meget konservativ innløpsform og følgelig stor inn/utløpstap

4.4 Dimensjonering

Tabell 1 viser inndata brukt til dimensjoneringen til den midlertidige kulverten. Det er utført beregninger både uten og med 0,1 m nedgraving (senking) av kulverten i substratet.

Tabell 1: Hovedparametere brukt til dimensjonering

Vannføring <i>m³/s</i>	Kulvert innløp <i>moh</i>	Kulvert utløp <i>moh</i>	Kanal bunn ved utløp <i>moh</i>	Mannings n	Innløps- koeffisient K _E	Kulvert lengde <i>m</i>	Kulvert helning %
4,5	351,0	349,8	349,5	0,035	0,9	25,3	4,7

Dette gir er en betong rør med indre diameter **d = 1,8 m**, som tilfredsstiller kapasitet 4,5 m³/s uten at vannstanden ved innløpet overstiger kulvertens indre topp. Med denne konfigurasjonen oppstår innløpskontroll. Kulverten drukner ved omtrent 7,5 m³/s (ved 6,0 m³/s i tilfelle nedgraving med 0,1 m). Større nedgraving enn 0,1 m vil føre til oppstuvning ved innløpet ved denne vannføringen. Det ikke antas gjentetting.

Tabell 2 viser hovedresultatene. HW/D-forholdet er 0,8, som er godt under den tillatte grenseverdien på 1,2. Beregnet vannhastighet i røret er 3,6 m/s, hvilket vurderes å ligge utenfor grenser med tanke på sediment transport og risiko for erosjon. Energitalp og hydraulisk motstand er tatt hensyn til i beregningene, slik at resultatene representerer noe konservative valg av parametere.

Tabell 2 Hovedresultater for 1 stk Ø1800 betongrør ved $Q_{dim} = 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Beskrivelse	enhet	verdi
Vannstand ved kulvertens innløp uten nedgraving	m (NN2000)	352,5
Vannstand ved kulvertens innløp med nedgraving 0,1 m	m (NN2000)	352,8
HW/D	-	0,8
Strømningshastighet ved kulvertens utløp	m/s	3,6
Strømningshastighet i bekkekanalen etter kulverten	m/s	2,0

5 Sikkerhetsmargin og sensitivitetsanalyse

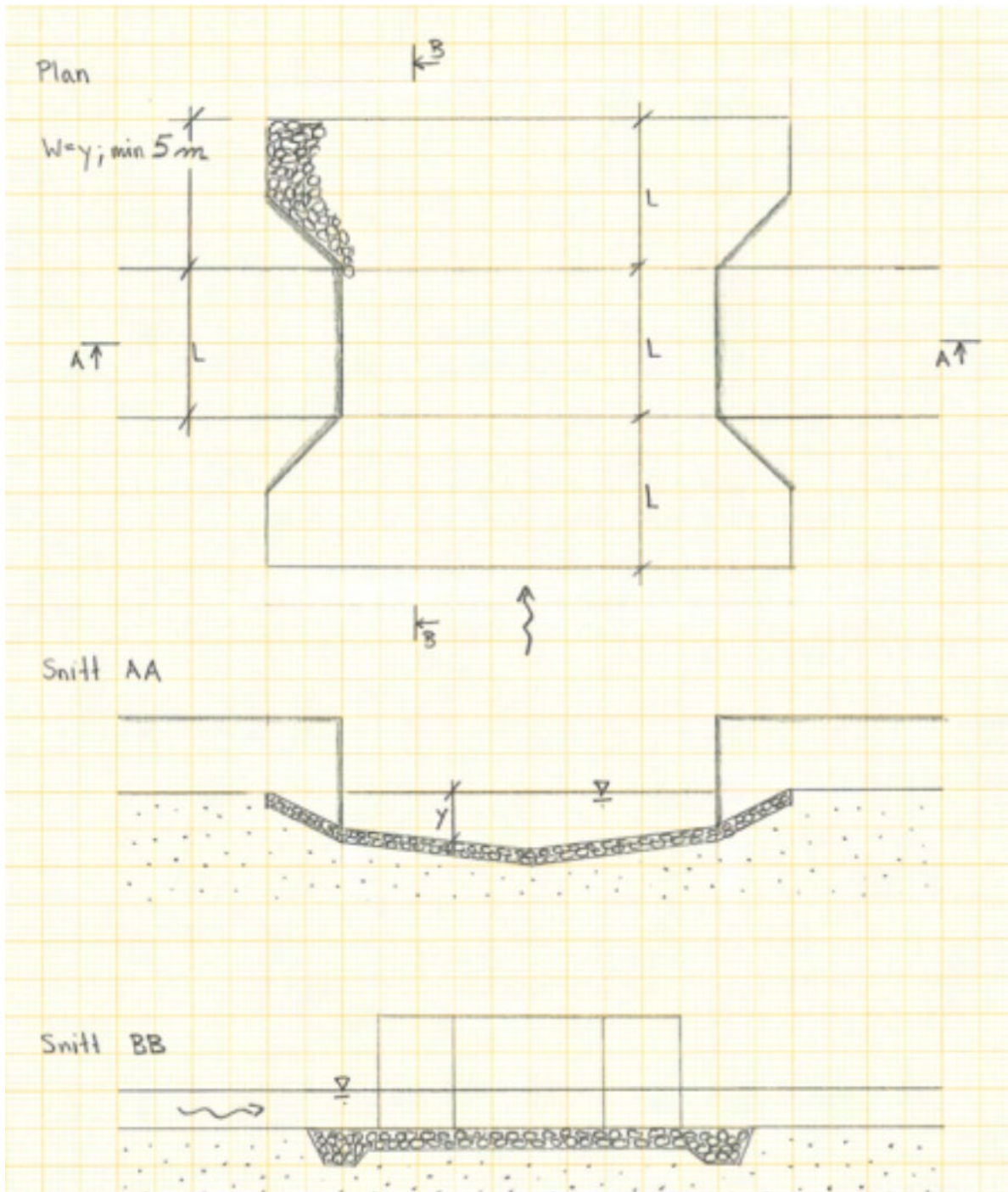
Kulvertmodellen er testet for følsomhet på følgende parametere: hydraulisk ruhet og innløpstap. Resultatene viser at modellen er følsom på innløpstapet, men ikke på ruheten. Dette er fordi kapasiteten bestemmes av innløpet, ikke av strømmingen i røret. Modellen derimot er følsom på valgt innløpskoeffisient, som er avhengig av innløpets utforming. For denne grunn er det brukt en relativt høy verdi (som betyr høy oppstuvning ved innløpet).



6 Erosjonssikring

Erosjonssikring skal utformes i henhold til NVE veileder «Sikringhåndboka» (NVE, 2023). Det benyttes Robinsons formel pga. bratt elveløp. Fyllingene rundt innløpene i begge kryssinger bør sikres mot vanninntrenging, utvasking og erosjon. De største steinene bør benyttes i uløpet av kryssingene for å begrense erosjon ved overgangen til elveløpet.

Sikringen utføres ved å grave bort i en dybde tilsvarende erosjonssikringens tykkelse, dvs. elveprofilen skal ikke endres fra dagens situasjon. Det anbefales å sikre minst opp til en høyde lik energilinjens høyde. Maksimal sidehelning er 1:1,5. De minste steinfraksjonene legges inn mot eksisterende masser, de største steinfraksjonene legges ytterst og spesielt i nedre del av skråning og videre ned i bunnsikringa i skråningsfot. Det er i tillegg anbefalt å bruke et ekstra steinlag til fotgrøft/fotsikring for å sikre mot utgliding av sidesikringen. Erosjonssikringen kan avsluttes 10 m nedstrøms etter bruas utløp med ei dyp fotgrøft for å beskytte enden av sikringa mot erosjon av eksisterende elvebunn, tykkelse 1 m. I strekningen imellom den midlertidige kulverten og brua skal bunnsikringen føres i hele strekningen. Figur 6-1 viser en skisse av utforming av erosjonssikringen i hele gjennomløpet.



Figur 6-1: Sikring av hele gjennomløpet (NVE & NTNU, 2009)

Hvis velgradert (samfengt) sprengt stein er tilgjengelig for bruk i erosjonssikringen, som inneholder mye finstoff og har en vid gradering (stein i alle størrelser), kan dette fungere som dekklag og som filter i ett, slik at det ikke er nødvendig med et eget filterlag mot grunnmassene. Hvis filteret består av ett lag, bør det være 150 til 400 mm tykt, men ikke mindre enn $4 \times D_{50, \text{filter}}$. Mao. et minimum av 0,15 – 0,4 m tykkelse av lag med finere partikler (som funker som grusfilter) er nødvendig. Ellers skal grusfilteret hindre utvasking av fine partikler og må oppfylle følgende krav (NVE, 1998):

- Filteret skal være stabilt mot indre erosjon (selvfiltrerende): $D_{15,f} / D_{15,b} > 5$ eller $> 1,5$ der det ikke strømmer ut grunnvann bak sikringen
- Filteret skal hindre utvasking av partikler fra underlaget: $D_{15,f} / D_{85,b} < 5$



- Filteret skal være så permeabelt at det ikke bygger seg opp vanntrykk bak filteret:
 $D_{60,f} / D_{10,f} < 10$

Hvor subskript «b» handler om partikkelstørrelser i underlaget (base) og «f» om filterlaget.

6.1 Inn- og utløpet til den midlertidige konstruksjonen - kulvert

Det er nødvendig å beskytte nedstrøms ende av kulverten mot erosjon, med tanke på strømningshastigheten i kanalen. Beregningene tar som forenkling utgangspunkt i trapesformet kanal, med en helling på 1:2 på sidene. Det er benyttet 1,1 sikkerhetsfaktor, og 4,5 m³/s som dimensjonerende vannføring. Siden vassdraget antas å være masseførende, anbefales ikke bruk av innløpsrist.

Det anbefales et ordnet steinlag med karakteristisk steinstørrelse $d_{50} = 0,17$ m i bunnen og $d_{50} = 0,27$ m på sidene, lagt langs kanalbunnen for å motstå strømningsinduserte skjærspenninger. Minimum lagtykkelse er 0,33 m i bunnen og 0,53 m på sidene. Se vedlegg 9b for detaljer.

6.2 Inn- og utløpet av den permanente konstruksjonen - bru

Erosjonsbeskyttelse er nødvendig for å forhindre utvasking og ustabilitet ved inn- og utløpet ved høy vannføring. Elvebredden og broåpningen skal stabiliseres med steinbeskyttelse. Beregningene som forenkling tar utgangspunkt i trapesformet kanal, med en helling på 1:1,5 på sidene. Det er benyttet 1,2 sikkerhetsfaktor, og 18 m³/s som dimensjonerende vannføring (COWI, 2025).

For den permanente bruene anbefales et steinlag med $d_{50} = 0,30$ m i bunnen og $d_{50} = 0,49$ m på sidene, lagt langs kanalbunnen for å gi tilstrekkelig motstand mot strømningsinduserte skjærspenninger. Minimum lagtykkelse er 0,6 m i bunnen og 0,97 m på sidene. Se vedlegg 9a for detaljer.

Det anbefales ordna steinlag som beskyttelse mot erosjon fra økt strømningshastighet og turbulens ved bruens inn- og utløp. Sikringstiltaket må dekke hele elvesiden som er utsatt for erosjon, med en solid forankring i oppstrøms og nedstrøms ende. Utformingen skal følge Statens vegvesens veghåndbøker N200 og V240 og Sikringshåndboka «Modul F2.201: Ordna steinlag, sidesikring – Prosjektering» og «Modul F2.004: Fundamentering av sidesikring i vassdrag» av NVE (SVV, 2024; SVV, 2023; NVE, 2023).

7 Konklusjon og anbefalt kulvert

Basert på hydrologiske og hydrauliske vurderinger er en betong-kulvert med en diameter på 1,8 m anbefalt løsning som gir tilstrekkelig kapasitet for den midlertidige kryssingen. Denne kulvert gir tilstrekkelig kapasitet til å en 10-årsflom uten usikkerhetspåslag og uten klimapåslag uten oppstuvning ved innløpet. Strømningshastigheten er tilstrekkelig for å minimere avsetning av sedimenter i kulverten.

For å forhindre lokal erosjon og beskytte kanalen nedstrøms den midlertidige kulverten, trengs det erosjonssikring i form av steinbelegg. For den permanente brua er nødvendig steinstørrelse beregnet til $d_{50} = 0,17$ m i elvebunnen og $d_{50} = 0,28$ m langs sidene, med minste lagtykkelse $t_{min} = 0,34$ m i bunnen og $t_{min} = 0,55$ m på sidene. I tillegg kreves stein ved utløpet av den midlertidige kulverten for å dempe energien fra den konsentrerte vannstrålen.

For den permanente bruene anbefales et steinlag med $d_{50} = 0,30$ m i bunnen og $d_{50} = 0,49$ m på sidene, lagt langs kanalbunnen for å gi tilstrekkelig motstand mot strømningsinduserte skjærspenninger. Minimum lagtykkelse er 0,6 m i bunnen og 0,97 m på sidene.

Ved prosjektering av erosjonssikringer skal Moduler F2.201 og F2.004 følges i NVE sikringshåndboka.



8 Referanser

- COWI. (2025). *Flomberegning 05-0930 Vigga bru/kulvert*. Oslo: Innlandet fylkeskommune.
- FHWA. (2022, 12 8). *HY-8 Culvert Hydraulic Analysis Program*. Retrieved from Federal Highway Administration: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>
- NVE & NTNU. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. Oslo: NVE. Retrieved from http://publikasjoner.nve.no/veileder/2009/veileder2009_04.pdf
- NVE. (1998). *Vassdragshåndboka*. Trondheim: Tapir. Retrieved from https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2010072303004
- NVE. (2015). *Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. doi:ISBN 9788241010606
- NVE. (2022). *Sikkerhet mot flom*. Oslo: NVE. Retrieved from https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf
- NVE. (2023). *Sikringshåndboka, Modul F2.201: Ordna steinlag, sidesikring – Prosjektering*. Retrieved 17, 2024, from <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/moduler/modul-f2-201-ordna-steinlag-sidesikring-prosjektering/>
- NVE. (2025). *Veileder for flomberegninger*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Retrieved from https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf
- SVV. (2023). *N-V240 Vannhåndtering*. Retrieved from SVV vegnorm: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/nv240-23>
- SVV. (2024). *Vegnormal N200 Vegbygging*. Lillehammer: Statens vegvesen. Retrieved from <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200>



9 Vedlegg

a) Erosjonssikring ved permanent bru, - beregningsark for steinstørrelse

Hydraulisk beregning			Seksjon 1
Vannføring	Q	[m³/s]	18
Bunnbredde	b	[m]	2.3
Sideskråningens horisontalkomponent	z	-	1.5
Vanndybde	y	[m]	1.13
Bunnhelning	S ₀	-	4.80%
Mannings ruhet	M	[m ^{1/3} /s]	25.00
Bredde vannflate	W	[m]	5.7
Strømningsareal	A	[m²]	4.28
Våt perimeter	P	[m]	6.36
Hydraulisk radius	R	[m]	0.67
Midlere vannhastighet	V	[m/s]	4.2
Froudetall	Fr	-	1.3
Hastighetshøyde		[m]	0.9
Energi høyde		[m]	2.0
Vannføring	Q	[m³/s]	18.0
Differanse	Q	[m³/s]	0.0

Korreksjon for sideskråning		
Friksjonsvinkel erosjonssikring	f	45
Sideskråningens horisontalkomponent	z	1.5
Korreksjonsfaktor (tradisjonell)	K ₁	0.62
Alternativ korreksjonsfaktor (Escameia)	K ₁	0.71

Maynords formel, slake elver, fall mindre enn 2 %		
$d_{30} = S_f C_s C_v C_u y_0 \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0.5} \frac{U}{\sqrt{K_1 g y_0}} \right]^{2.5}$		
Sikkerhetsfaktor	S _f	1.1
Bunnhelning	S ₀	6.0 %
Midlere vannhastighet	V	4.2 m/s
Vanndybde	y ₀	1.13 m
Bredde av hovedløp	W	5.7 m
Kurveradius	R	500 m
Stabilitetskoeffisient	C _s	0.3
Relativ radius	R/W	88.04
C _v kurve		1.00
Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling	C _v	1.0
Koeffisient for sikringstykkelser	C _t	1
Steinvekt	W _s	2600 [kg/m³]
	s	2.6
Vannhastighet midlet over dybden	U	5.3 m/s
	y _{0ss}	0.90 m
	U _{ss}	4.2 m/s
	d ₃₀	1.00
	d ₃₀ side	0.57
	d ₅₀	1.30 m
	d ₅₀ side	0.74 m

Shields formel: ugyldig for store steinstørrelser		
$d_{60} = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_w) C_s} = \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho_w) C_s} \times \frac{Q^2}{A^2 M^2 R^{1/3}}$		
Steinens tetthet	ρ _s	2650 [kg/m³]
Vannets tetthet	ρ _w	1000 [kg/m³]
Tyngdens akselerasjon	g	9.81 m/s²
Shields konstant	C _s	0.05
Vannføring	Q	18.0 [m³/s]
Stabil steinstørrelse	d ₆₀	0.39 [m]
Manningstall	M	27.69 [m ^{1/3} /s]

Robinsons formel, bratte elver, fall mellom 2 % og 40 %		
$d_{50} = 1.5 S_0^{0.79} q^{0.53} \text{ for } S_0 < 1:10$ $d_{50} = 0.55 S_0^{0.31} q^{0.53} \text{ for } 1:10 \leq S_0 < 1:2.5$		
Sikkerhetsfaktor	S _f	1.2
Vanndybde	y	1.13 [m]
Bunnhelning	S ₀	4.8 %
Bredde av hovedløp	W	5.7 [m]
Vannføring	Q	18.0 [m³/s]
Enhetsvannføring	q	3.17 [m³/s]
Dimensjonerende steinstørrelse	d ₅₀	0.30 [m]
Dimensjonerende steinstørrelse, sideskråning	d ₅₀ side	0.49 [m]
Minstetykkelse bunn / side	t _{min}	0.6 / 0.97 [m]

b) Erosjonssikring ved midlertidige kulvert, beregningsark - steinstørrelse

Hydraulisk beregning			Seksjon 1
Vannføring	Q	[m³/s]	4.5
Bunnbredde	b	[m]	3
Sideskråningens horisontalkomponent	z	-	2
Vanndybde	y	[m]	0.36
Bunnhelning	S ₀	-	3.70%
Mannings ruhet	M	[m ^{1/3} /s]	25.00
Bredde vannflate	W	[m]	4.4
Strømningsareal	A	[m²]	1.78
Våt perimeter	P	[m]	4.59
Hydraulisk radius	R	[m]	0.39
Midlere vannhastighet	V	[m/s]	2.6
Froudetall	Fr	-	1.4
Hastighetshøyde		[m]	0.3
Energi høyde		[m]	0.7
Vannføring	Q	[m³/s]	4.5
Differanse	Q	[m³/s]	0.0

Shields formel: ugyldig for store steinstørrelser		
$d_{60} = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_w) C_s} = \frac{\rho_s}{(\rho_s - \rho_w) C_s} \times \frac{Q^2}{A^2 M^2 R^{1/3}}$		
Steinens tetthet	ps	2650 [kg/m³]
Vannets tetthet	pw	1000 [kg/m³]
Tyngdens akselerasjon	g	9.81 m/s²
Shields konstant	Cs	0.05
Vannføring	Q'	4.5 [m³/s]
Stabil steinstørrelse	d60	0.17 [m]
Manningstall	M'	31.71 [m ^{1/3} /s]

Robinsons formel, bratte elver, fall mellom 2 % og 40 %		
$d_{50} = 1,5 S_0^{0.79} q^{0.53} \text{ for } S_0 < 1:10$ $d_{50} = 0,5 S_0^{0.31} q^{0.53} \text{ for } 1:10 \leq S_0 < 1:2,5$		
Sikkerhetsfaktor	S _f	1.1
Vanndybde	y	0.36 [m]
Bunnhelning	S ₀	3.7 %
Bredde av hovedløp	W	4.4 [m]
Vannføring	Q	4.5 [m³/s]
Enhetsvannføring	q	1.02 [m²/s]
Dimensjonerende steinstørrelse	d ₅₀	0.12 [m]
Dimensjonerende steinstørrelse, sideskråning	d _{50 side}	0.20 [m]
Minstetykkelse bunn / side	t _{min}	0.25 / 0.4 [m]

Korreksjon for sideskråning		
Friksjonsvinkel erosjonssikring	φ	45
Sideskråningens horisontalkomponent	z	1.5
Korreksjonsfaktor (tradisjonell)	K ₁	0.62
Alternativ korreksjonsfaktor (Escarameia)	K ₁	0.71

Maynords formel, slake elver, fall mindre enn 2 %		
$d_{30} = S_f C_s C_v C_t y_0 \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0.5} \frac{U}{\sqrt{K_1 g y_0}} \right]^{2.5}$		
Sikkerhetsfaktor	S _f	1.1
Bunnhelning	S ₀	6.0 %
Midlere vannhastighet	V	2.6 m/s
Vanndybde	y ₀	0.36 m
Bredde av hovedløp	W	4.4 m
Kurveradius	R	500 m
Stabilitetskoeffisient	C _s	0.3
Relativ radius	R/W	113.12
C _v kurve	C _v kurve	1.00
Koeffisient for vertikal hastighetsfordeling	C _v	1.0
Koeffisient for sikringstykkel	C _t	1
Steinvekt	W _s	2600 [kg/m³]
	s	2.6
Vannhastighet midlet over dybden	U	3.2 m/s
	y _{0ss}	0.28 m
	U _{ss}	2.6 m/s
	d ₃₀	0.38
	d _{30 side}	0.22
	d ₅₀	0.50 m
	d _{50 side}	0.29 m



Crossing Properties

Name: Vigga bru (KS)

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	3.500	cms
Design Flow	4.500	cms
Maximum Flow	7.500	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Trapezoidal Channel	
Bottom Width	5.000	m
Side Slope (H:V)	5.000	_:1
Channel Slope	0.0370	m/m
Manning's n (channel)	0.040	
Channel Invert Elevation	349.500	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	1.000	m
Crest Length	10.500	m
Crest Elevation	353.220	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	9.000	m

Culvert Properties

Betong 1800

Add Culvert

Duplicate Culvert

Alternative Design

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Betong 1800	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	1800.000	mm
Embedment Depth	0.001	mm
Manning's n (Top/Sides)	0.035	
Manning's n (Bottom)	0.035	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Thin Edge Projecting (Ke=0.9)	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	351.000	m
Outlet Station	25.300	m
Outlet Elevation	349.800	m
Number of Barrels	1	
Computed Culvert Slope	0.047431	m/m

HY-8 inndata for dimensjonering av den midlertidige kulverten

Resultater for: 1 × 1800 mm uten nedgraving (HY-8)

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	HW / D	Flow Type	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)	Tailwater Elevation (m)
3,5	3,5	352,22	1,22	0,09	0,68	1-S2n	0,77	0,29	3,4	1,84	349,79
3,9	3,9	352,31	1,31	0,23	0,73	1-S2n	0,82	0,31	3,45	1,91	349,81
4,3	4,3	352,4	1,4	0,38	0,78	1-S2n	0,86	0,33	3,59	1,97	349,83
4,5	4,5	352,45	1,45	0,46	0,8	1-S2n	0,89	0,34	3,63	2	349,84
5,1	5,1	352,58	1,58	0,7	0,88	1-S2n	0,95	0,36	3,74	2,07	349,86
5,5	5,5	352,67	1,67	0,87	0,93	1-S2n	1	0,38	3,81	2,12	349,88
5,9	5,9	352,77	1,77	1,05	0,98	1-S2n	1,04	0,39	3,87	2,17	349,89
6,3	6,3	352,87	1,87	1,24	1,04	5-S2n	1,1	0,41	3,9	2,21	349,91
6,7	6,7	352,97	1,97	1,44	1,09	5-S2n	1,14	0,42	3,98	2,25	349,92
7,1	7,1	353,08	2,08	1,64	1,15	5-S2n	1,19	0,43	4,01	2,29	349,93
7,5	7,5	353,19	2,19	2,07	1,22	5-S2n	1,23	0,45	4,07	2,33	349,95



Resultater for: 1 × 1800 mm med 0,1m nedgraving

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	HW / D	Flow Type	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)	Tailwater Elevation (m)
3,5	3,5	352,51	1,41	0,04	0,83	1-S2n	0,7	0,29	3,38	1,84	349,79
3,9	3,9	352,63	1,53	0,19	0,9	1-S2n	0,75	0,31	3,48	1,91	349,81
4,3	4,3	352,75	1,65	0,34	0,97	1-S2n	0,8	0,33	3,54	1,97	349,83
4,5	4,5	352,81	1,71	0,42	1	5-S2n	0,82	0,34	3,59	2	349,84
5,1	5,1	353	1,9	0,67	1,12	5-S2n	0,89	0,36	3,72	2,07	349,86
5,5	5,5	353,14	2,04	0,85	1,2	5-S2n	0,94	0,38	3,78	2,12	349,88
5,9	5,8	353,25	2,15	0,99	1,27	5-S2n	0,98	0,39	3,81	2,17	349,89
6,3	5,92	353,3	2,2	1,05	1,29	5-S2n	0,98	0,41	3,86	2,21	349,91
6,7	6,01	353,34	2,24	1,09	1,32	5-S2n	0,99	0,42	3,87	2,25	349,92
7,1	6,09	353,37	2,27	1,13	1,33	5-S2n	1	0,43	3,88	2,29	349,93
7,5	6,17	353,4	2,3	1,17	1,35	5-S2n	1,01	0,45	3,89	2,33	349,95