

## E39 JULBØEN – MOLDE

### ENKEL FLOMVURDERING I MORDALSELVA

Oppdragsnavn **E39 Julbøen - Molde**  
Prosjekt nr. **1350047552**  
Kunde **Statens vegvesen**  
Versjon **1**

Utført av **Kristine Bergseng**  
Kontrollert av **Lars Skeie**  
Godkjent av **Lars Skeie**

Dato 17.12.2021

## 1 Bakgrunn

I forbindelse med ny E39 på strekningen Julbøen – Molde er det i dagsonen i Mordalen planlagt en bru som skal krysse over Mordalselva og en eksisterende lokalvei. Sweco Norge AS har tidligere vurdert flomvannstand/lysåpning og isproblematikk i Mordalselva (Hailegeorgis & Thomas-Lepine, 2020) i eksisterende tverrsnitt av elva. Med den planlagte brua må både eksisterende lokalvei og elva legges om, og Rambøll er derfor engasjert til å gjøre enkle flomvurderinger for den nye situasjonen.

Rambøll  
Kobbegate 2  
PB 9420 Torgarden  
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00  
<https://no.ramboll.com>

Dette notatet omhandler enkle flomberegninger i Tverrelva og Mordalselva. Formålet er å finne nødvendig kulvertstørrelse for vanngjennomløpene til Tverrelva under lokalvegen og for Mordalselva under driftsvegen, samt å finne ut om det nye tverrsnittet til Mordalselva både før og etter møtet med Tverrelva har stor nok kapasitet ved en dimensjonerende flom. Det vil i tillegg være behov for en kulvert under en traktorveg som skal krysse Tverrelva. Denne kulverten gis størrelse etter beregningene for hvor Tverrelva går ut i Mordalselva.

## 2 Metode

### 2.1 Krav til flomsikkerhet og klimafaktor

Ny E39 i Mordalen har en en årsdøgntrafikk (ÅDT) > 4000 og vil etter Statens vegvesens (SVV) håndbok N200 (Statens vegvesen, 2021) krav 2.8 ha sikkerhetsklasse V3. Dette gir returperiode for flomhendelse 200 år for tverrdrenering og 100 år for langsgående drenering. Dimensjonerende avrenning er gitt ved:

$$Q_{dim,T} = Q_T * F_k * F_u$$

Hvor variablene er:

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

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

$F_k$  = Sikkerhetsfaktor for fremtidige klimaendringer.

$F_u$  = Sikkerhetsfaktor for usikkerhet ved beregningsmetode.

$F_k$  er etter krav 2.17 i N200 for Møre og Romsdal 1,4, imens  $F_u$  er i henhold til krav 2.19 for sikkerhetsklasse V3 1,2.

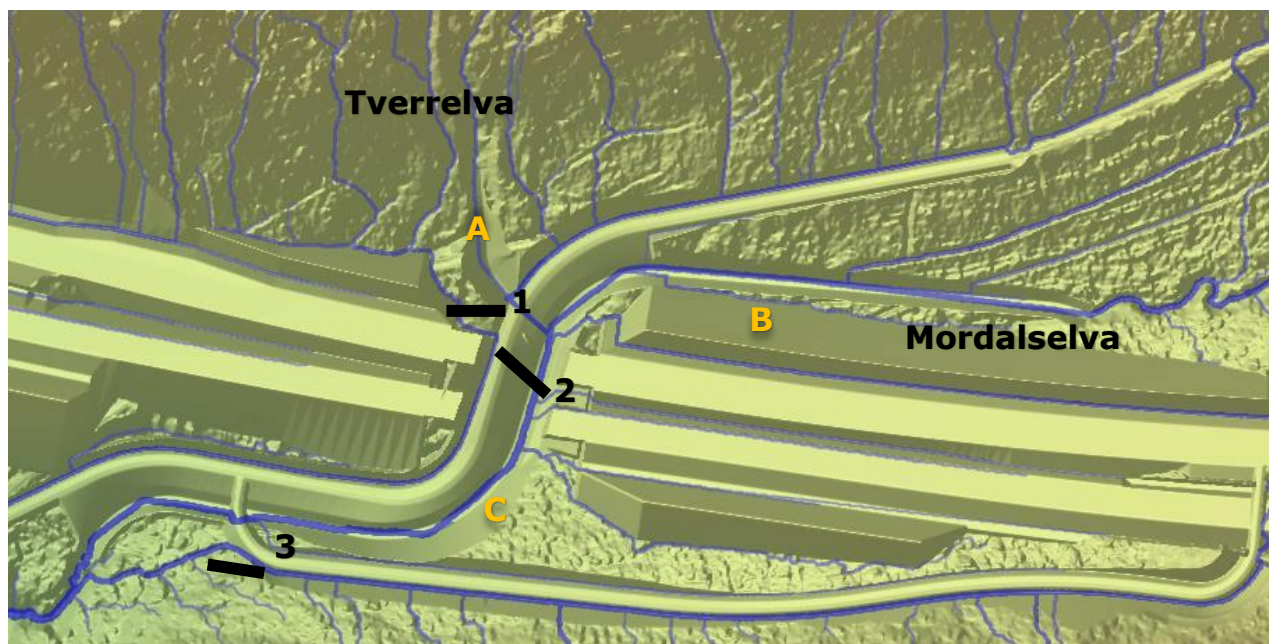
## 2.2 Nedbørsfelt og dimensjonerende flomverdi

SWECO har sammenlignet med flere nedbørsfelt i regionen, og kommet frem til en spesifikk kulminasjonsverdi på  $Q_{200} = 3382 \text{ l/s/km}^2$  for nedbørsfeltet (Hailegeorgis & Thomas-Lepine, 2020). Denne verdien er vurdert som realistisk for vassdragene og er brukt videre i beregningene i dette notatet. Dette er basert på «Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt», som har en gyldighet for feltareal mellom  $0,2 \text{ km}^2$  og  $53 \text{ km}^2$ . Flomverdien som denne kulminasjonsverdien gir ved en dimensjonerende 200 års flom ( $Q_{200, \text{dim}} = A * Q_{200} * F_k * F_u$ ) er også gitt i Tabell 1.

**Tabell 1 Dimensjonerende vannføring i de ulike strekkene av Tverrelva/Mordalselva.**

Strekning	Areal som bidrar	Totalt areal [km <sup>2</sup> ]	$Q_{200}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{200, \text{dim}}$ [m <sup>3</sup> /s]
A	Tverrelva (T) + avskjærenede grøft i vest (A)	0,77	2,6	4,4
B	Mordalselva (M)	1,1	3,7	6,2
C	T+A+M	1,9	6,3	10,6

Oppstrøms brua er det tre hoved-vannveier: En avskjærende grøft fra vest (18 ha), Tverrelva med vann fra grøfta til lokalveien (59 ha) og Mordalselva (109 ha). Disse nedbørsfeltene er vist i vedlegg i kapittel 8. Til sammen består feltene av 65 % skog, 34 % åpen fastmark og 1 % innsjø. I planene blir det lagt opp til at vann fra avskjærende grøft føres til Tverrelva før den krysser under lokalveien og inn i Mordalselva. I modelleringen brukes det fire ulike vannføringer for å representere dette. Disse strekningene er vist i Figur 1 og dimensjonerende vannføring er vist i Tabell 1.



**Figur 1** Terrengmodellen lagt til grunn for oppsett av HEC-RAS modell. I den hydrauliske modellen er det benyttet ulike vannføringer, som er markert med A, B og C. Kulvertene er markert med svart.

### 2.3 Vanngjennomløp

I planområdet må det bygges tre kulverter, hvor to ligger i Tverrelva og en ligger i Mordalselva nedstrøms brua (Kulvert 3). I Tverrelva ligger den ene kulverten under en traktorvei (Kulvert 1) imens nummer to ligger under lokalveien i overgangen til Mordalselva (Kulvert 2). Det er i Artskart (Artsdatabanken, 2021) registret funn av ørret ved brua, og det må derfor tilrettelegges for fiskevandring i kulverten nedstrøms brua. Oppstrøms brua har Tverrelva en helning på over 10 %, som regnes som et naturlig hinder for fiskevandring (LFI, 2019, s. 54). I Mordalselva er det lav nok helning for fiskevandring i ca 500 m oppstrøms ny E39, men det ser ut til å være bygd grøfter rundt vassdraget, som antakelig vil være en hindring for fiskevandring.

For å ivareta fiskevandring i Mordalselva må det være et lag med bunnssubstrat i kulverten. Tykkelsen på dette bør det være minst 40 cm og motstandsdyktig mot flom (Direktoratet for naturforvaltning, 2002). På grunn av bratt terreng og stor energi i vannet settes dette bunnlaget til 80 cm, for å være motstandsdyktig mot flom og endringer i bekkeløp. Kulvertene i Tverrelva trenger ikke å utformes for fiskevandring, men i henhold til kapittel 2.1.5 krav 2.28 i N200 skal det ved beregning antas at tverrsnittet er gjentettet til 1/3 av innløpets høyde. For kulverten i Mordalselva blir substratet en del av elvebunnen, og det antas at gjentettingen på 80 cm vil være tilstrekkelig.

Dimensjon på vanngjennomløp nummer 1 settes lik nødvendig dimensjon for kulvert nummer 2.

## 3 Hydrauliske beregninger

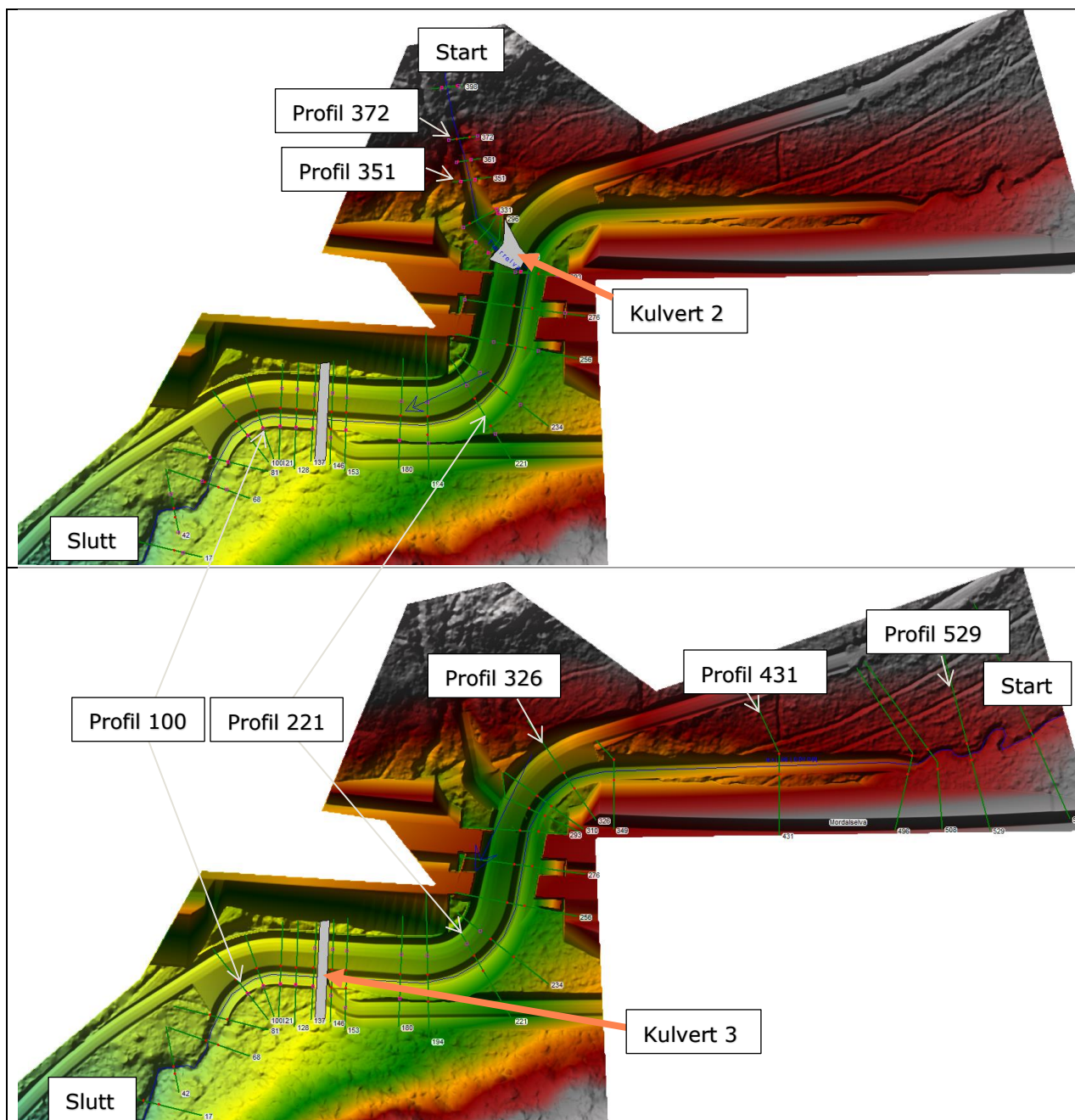
Programvaren HEC-RAS 5.0.6 (US Army Corps of Engineers) er benyttet ved beregning av vannlinjer. HEC-RAS er et anerkjent 1- og 2-dimensjonal-elvemodell program som beregner vannlinjer ved ulike hydrauliske forhold.

### 3.1 Topografiskedata

Den hydrauliske modellen i HEC-RAS er basert på en generert høydemodell (i NN2000) for planområdet som er sammenstilt av terrengdata fra «NDH Aukra-Fræna-Molde 5pkt 2017», som er hentet fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no). I denne høydemodellen har man ikke informasjon om terrenget under vannspeilet. Modellen av veilinjer og elveomlegging er hentet fra Quadri 9.12.2021. De brukte XXXveimodellene har navn: f-veg\_10364\_HT\_02, f-veg\_10364\_VT\_02, f-veg\_65400, f-veg\_69300, f-dren\_Mordalselven og f-dren\_Tverrelven. Statens vegvesen har selv gjort innmålinger av elvebunn, og det antas derfor at omleggingen er gjort med tilpasning til disse innmålingene.

### 3.2 Modelloppbygging

Det er etablert en ca. 6 ha stor hydraulisk 1D modell i HEC-RAS. Fokusområdet for modellen er i omleggingen av Tverrelva og Mordalselva. I modellen etableres det to kulverter: En for vanngjennomløpet til Tverrelva ut i Mordals elva og en for Mordalselva under driftsvegen nedstrøms brua.



Figur 2 Oppsett av modell i HEC-RAS for Tverrelva (øverst) og Mordalselva (nederst).

### 3.3 Grensebetingelser og ruhetskoeffisienter

Følgende grensebetingelser er gitt:

- Oppstrøms betingelse, Mordalselva: Helningene er estimert basert på lengdeprofil ved øverste tverrprofil og ca. 50-100 meter lengre nedstrøms. Det ble benyttet en helning på 4 prosent.
- Oppstrøms betingelse, Tverrelva: Helningene er estimert basert på lengdeprofil ved øverste tverrprofil og ca. 50 meter lengre nedstrøms. Det ble benyttet en helning på 25 prosent.
- Nedstrøms betingelse, begge: Helningen er basert på lengdeprofil ved tverrprofilet nederst i elva og ca 50 meter lengre nedstrøms. Det ble benyttet en helning på 8 prosent.

Mannings ruhetskoeffisienter,  $n$ , er hentet fra tabell 4.1. i Vassdragshåndboka (Sæterbø, Fergus, & Hoseth, 2010).

- For bunn er n satt til 0,035.
- For sidekanter mot terreng er n satt til 0,05
- For sidekanter mot grusvei er n satt til 0,02
- For sidekanter mot asfalt er n satt til 0.015

Det er lagt til grunn at det skal brukes 45° vingemur, og det brukes da innløpskoeffisient på 0,3.

### 3.4 Kalibrering

Det foreligger ingen kalibreringsdata, og kalibrering av modellen har dermed ikke gjort.

## 4 Resultater

### 4.1 Kapasitet i omlagt elveløp

De hydrauliske beregningene viser at kapasiteten i de omlagte tverrsnittene er god nok ved en dimensjonerende flom. Beregninger i utvalgte tverrsnitt er gitt i Beregninger i utvalgte tverrsnitt er gitt i Tabell 2. På grunn av brede tverrsnitt i det omlagte tverrsnittet bør det i detaljfasen gjøres tiltak for å gjøre tverrsnittet mer naturnært for å skape varierte hydromorfologiske forhold. Dette kan for eksempel gjøres ved å lage en dypål eller «elv i elva» hvor vannet renner ved en normalvannstand, imens det mer kanallignende tverrsnittet kun blir benyttet ved flomhendelser. Slik vil man sikre både naturmangfold og flomsikkerhet i vassdragene. Det er beregnet store vannhastigheter 2–6 m/s, som tilsier at det vil være behov for en ganske kraftig erosjonssikring. Det er ikke gjort noen vurderinger av nødvendige steinstørrelser for å hindre erosjon i dette notatet, men det anslås at steinstørrelser i området 200–1000 mm vil være nødvendig for å hindre erosjon ved dimensjonerende flom.

**Tabell 2 Beregnede vannlinjer (m.o.h.) og vannhastighet (m/s) i utvalgte tverrsnitt i Tverrelva og Mordalselva.**

Tverrsnitt nr.	Flomsituasjon (Q200 * 1,2 *1,4)				Kommentar
	Terrengnivå [m.o.h.]	Vannlinje [m.o.h.]	Vanndybde [m]	Vannhastighet [m/s]	
<b>Tverrelva</b>					
372	103,72	104,18	0,46	6,37	
351	100,14	100,47	0,33	3,81	
<b>Mordalselva</b>					
529	103,28	103,97	0,69	2,66	
431	99,67	100,28	0,61	2,43	
326	95,67	96,20	0,53	2,96	
<b>Tverrelva + Mordalselva</b>					
221	90,26	90,96	0,70	3,48	
100	83,27	83,88	0,61	4,18	



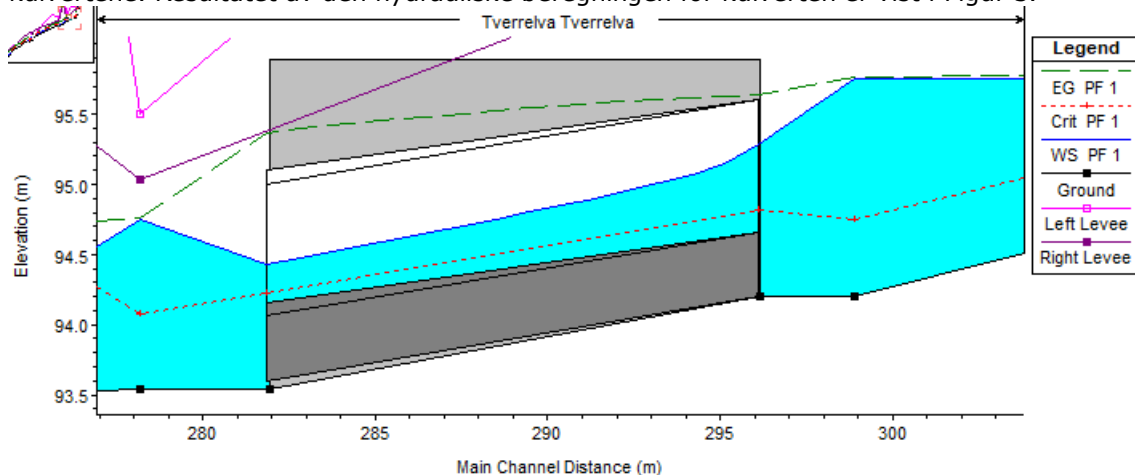
## 4.2 Vanngjennomløp

### Kulvert 1 – Under traktorvei

Dimensjon for dette vanngjennomløpet settes til det samme som for kulvert nummer 2. På innløpet skal det benyttes vingemur på 45°, og røret skal ha en overdekning på minst 0,5 m. Kulverten er ikke beregnet som følge av at veimodellen for traktorveien (f-veg\_69400) ikke var tilgjengelig per tidspunkt modelleringen ble gjennomført. Vannmengdene og forutsetningene i modellen vil samsvare med kulvert 2, slik at løsning for kulverter vil være gyldig for kulvert 1 også.

### Kulvert 2 – Under lokalvei

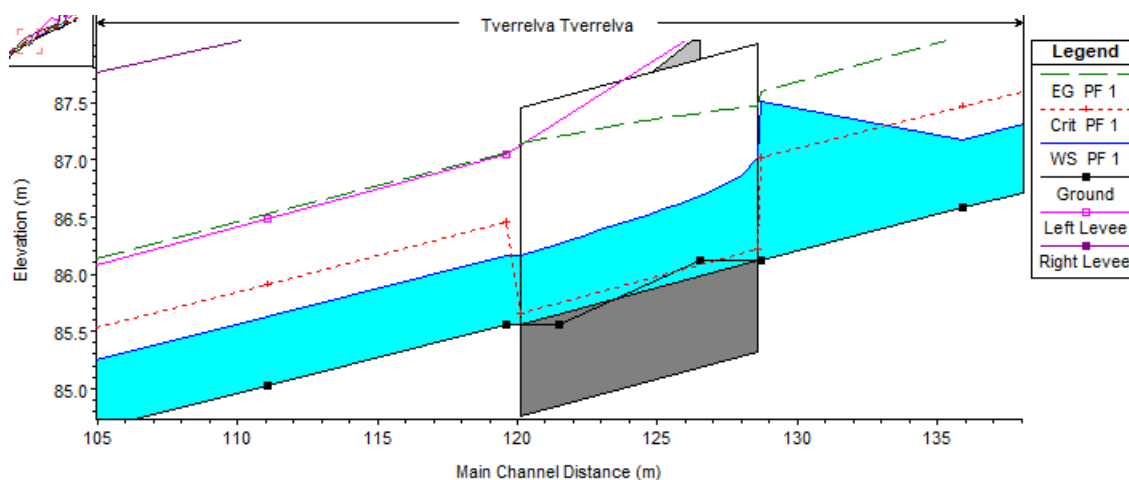
Det anbefales å legge to stykk rør på DN1400, eller eventuelt en bokskulvert med dimensjon 2400 mm \* 1000 mm. I disse dimensjonene er det tatt høyde for at 1/3 av tverrsnittet gjentettes. Uavhengig av kulverttype skal der benyttes vingemur på 45°. Ved valg av bruk av to rør med dimensjon DN1400 må bunnen på Tverrelva slik at det blir en overdekning på minst 0,5 m over rørene. Nødvendig overdekning må sees på nærmere i detaljeringsfasen, og vil avhenge av kjøretøyenes last og rørmateriale som benyttes. Innløpet av kulverten kan senkes til kote + 93,9 m.o.h. for å opprettholde fall gjennom kulvertene. Resultatet av den hydrauliske beregningen for kulverten er vist i Figur 3.



**Figur 3 Resultat av de hydrauliske beregningene for kulvert nummer 2. I beregningene er det benyttet to kulverter på DN1400, samt en gjentetting på 1/3 av innløpshøyden (mørkegrått felt).**

### Kulvert 3

Beregninger viser at det ikke er mulig å oppnå tilstrekkelig hydraulisk kapasitet i en kulvert med bredde mindre enn 2,5 m under driftsveien. I henhold til Vegnormal N400 Bruprosjektering vil vanngjennomløpet derfor være definert som bru. Det foreslås å benytte en bokskulvert med bredde\*høyde lik 4 m \* 2,7 m, som gir en lysåpning på 4 m \* 1,9 m. I dette er det inkludert 0,5 m fribord. Grunnen til at lysåpningen blir mindre enn konstruksjonsstørrelsen er at det skal tilrettelegges for fiskevandring, og at dermed 80 cm av kulverten skal fylles med substrat (kulverten er dermed senket 80 cm under bekkens nivå for å fylle igjen med masser). Den bestemte høyden på hvor mye masser som er nødvendig, og hvor mye kulverten må senkes må bestemmes i detaljeringsplanen. Resultat av de hydrauliske beregningene er vist i Figur 4.



**Figur 4** Resultat av de hydrauliske beregningene i kulvert nummer 3, som fører Mordalselva under driftsveien. I beregningene er det benyttet en bokskulvert med bredde\*høyde lik 4 m \* 2,7 m, som er senket 80 cm (mørkegrått felt) for å tilrettelegge for fiskevandring.

## 5 Usikkerheter

Det vil alltid være usikkerheter knyttet flomutredninger. Usikkerhetene er primært knyttet til følgende elementer:

- Flomberegningene
- Terrengdata benyttet i hydraulisk modellen
- Hydraulisk modellering

### Flomberegninger

Flomverdien er hentet fra SWECO sin rapport for flomberegningen på eksisterende situasjon i Mordalselva (Hailegeorgis & Thomas-Lepine, 2020). Denne var igjen hentet NIFS metode, som er automatisk genererte Nevina rapporter. Dette gir en usikkerhet. I samme rapport har SWECO sammenlignet verdien med tidligere flomberegninger fra flomfrekvensanalyser i regionen, som sikrer verdien noe. I tillegg kan beregning ved hjelp av flere metoder gjennomføres for å være tryggere på benyttet flomverdi. Det foreligger ikke data som modellen kan kalibreres mot, dette gir også usikkerhet knyttet til resultatene.

### Datagrunnlag

Datagrunnlaget for elveløpene er basert på planlagt terreng og vil ha liten usikkerhet. Modellene for elven er per tidspunkt veldig teoretisk, og vil ved utførelse ha en litt annen utforming. Terreng vil derfor ikke klare å representere den faktiske situasjonen som vil bli. For formålet med vurderingene er terreng ansett som tilstrekkelig og med lave usikkerheter.

### Hydraulisk modell

En hydraulisk modell vil aldri klare å gjenskape et korrekt strømningsbilde. Modellens ligninger og formler, samt brukerens parametervalg vil være bestemmende for kvaliteten til resultatene. Det er benyttet en 1D modell for å beregne vannstanden.

## 6 Sammen drag

Det er i dette notatet gjort enkle flomberegninger i Tverrelva og Mordalselva for den planlagte omleggingen av vassdragene under ny E39 på strekningen Julbøen-Molde. I vassdragene er det gjort vurderinger for tre kulverter. Oppsummeringen av de anbefalte dimensjonene er gitt i Tabell 3. Det vil være et behov for erosjonssikring av elveløpene, men også spesielt i utløpsområdene til kulvertene, da hastighetene vil være høyere her enn i elveløpet ellers.

**Tabell 3 Oppsummering av nødvendig dimensjon i de ulike vanngjennomløpene.**

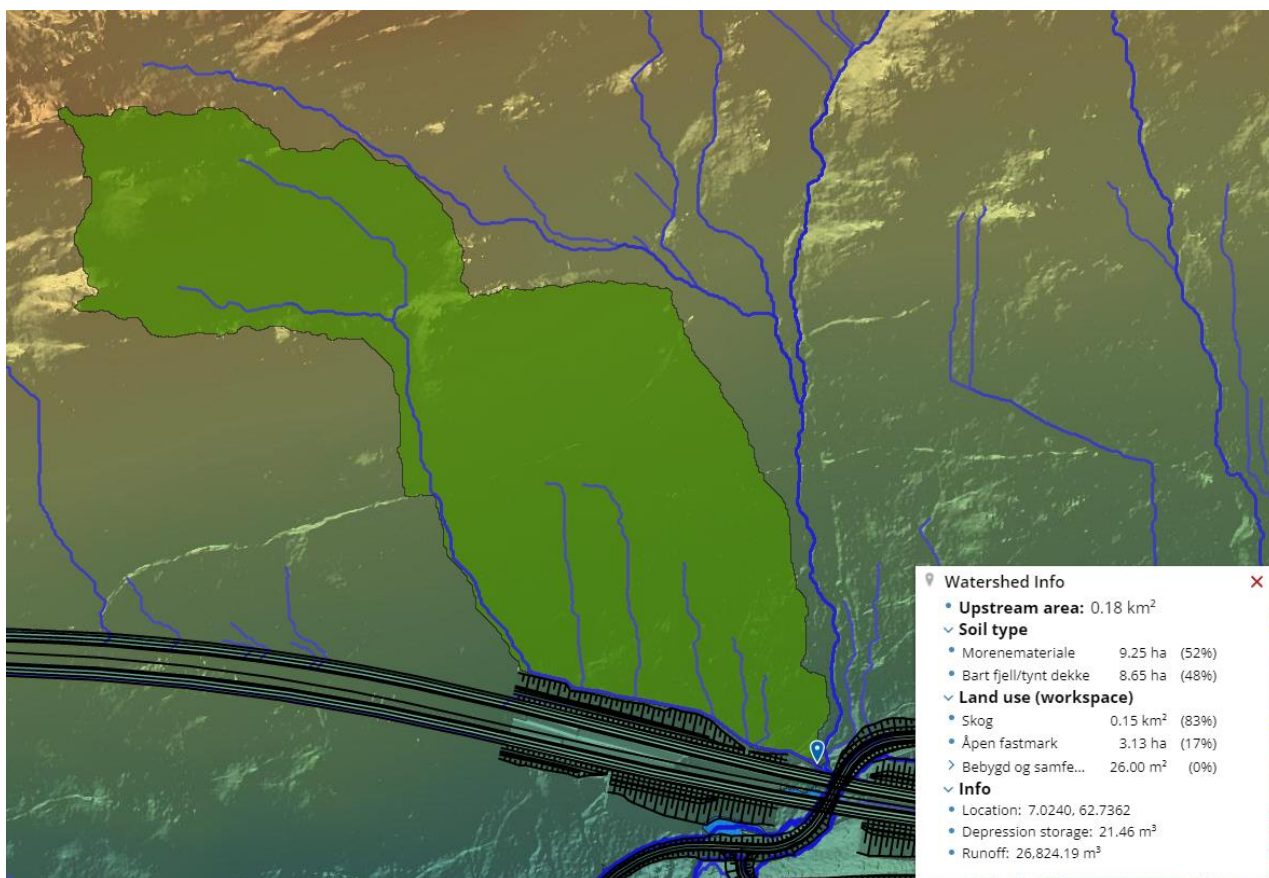
Nr	Vanngjennomløp	Elv	Kote innløp [m.o.h]	Kote utløp [m.o.h]	Dimensjon [mm]	Tetting [m]
1	Under traktorvei	Tverrelva			2* DN1400	0,46
2	Under lokalvei	Tverrelva -> Mordalselva	+93,9	+93,7 +93,6	2* DN1400	0,46
3	Under driftevei	Mordalselva	+85,3	+84,7	4000 * 2700	0,80

## 7 Kilder

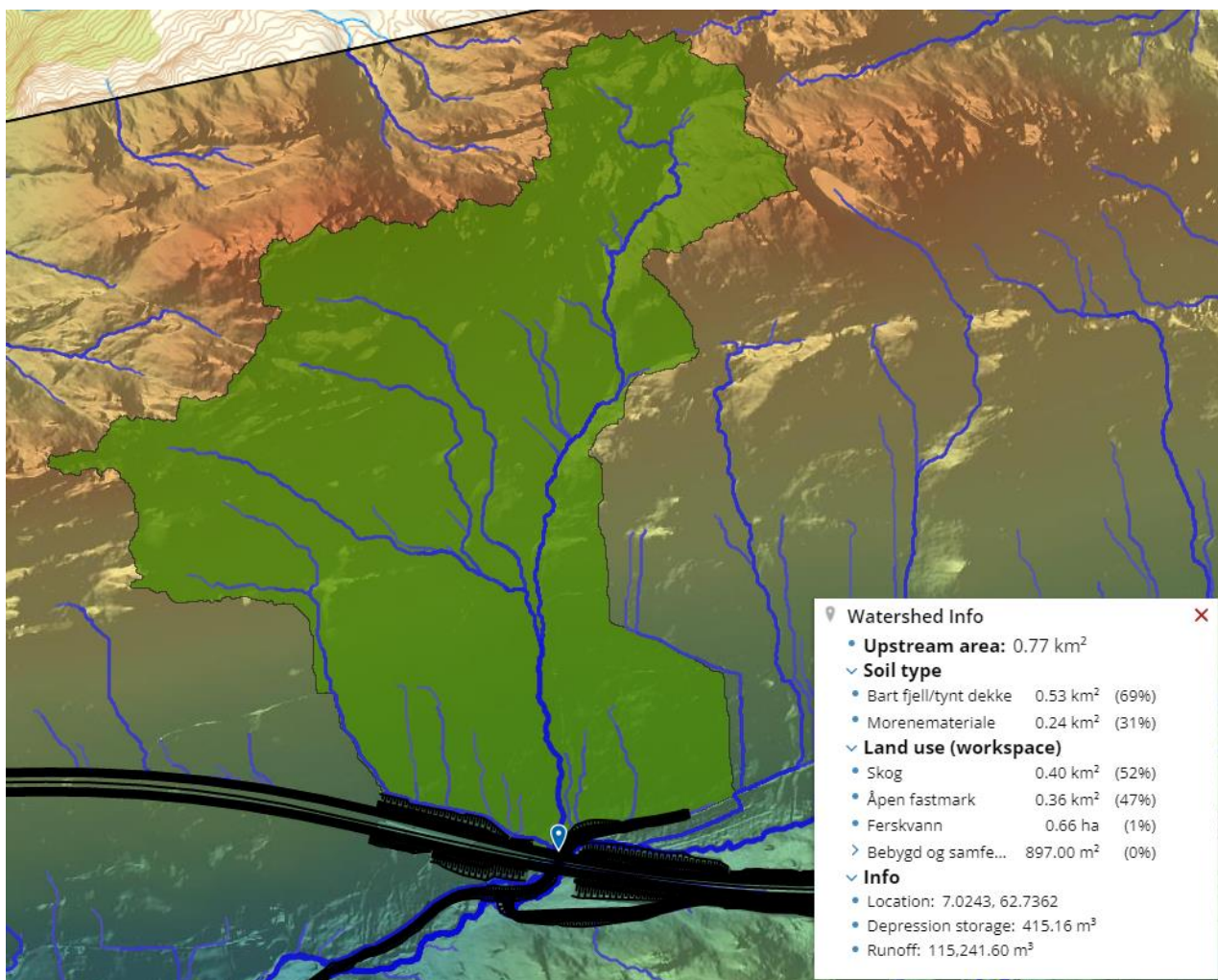
- Artsdatabanken. (2021). *Artskart*. Hentet fra <https://artskart.artsdatabanken.no/app/>
- Direktoratet for naturforvaltning. (2002). *Slipp fisken fram! Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner. Håndbok 22-2002*. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/publikasjoner-fra-dirnat/dn-handboker/slipp-fisken-fram/>
- Hailegeorgis, T. T., & Thomas-Lepine, C. (2020). *E39 Julbøen\_Molde Vannøkologiske undersøkelser vassdrag; Flomberegning og enkle vurderinger av flomvannstand/lysåpning og isproblematikk*. Sweco.
- LFI. (2019). *Laboratorium for ferkvannøkologi og innlandsfiske. Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø. God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. LFI-rapport nr. 296*. Bergen: Norwegian Research Centre (NORCE).
- Statens vegvesen. (2021, Juni). *N200:2021*. Hentet fra N200 Vegbygging: <https://svv-cm-sv-apppublic-prod.azurewebsites.net/product/859919>
- Sæterbø, E., Fergus, T., & Hoseth, K. A. (2010). *Vassdragshåndboka*. Vigmostad & Bjørke AS.
- US Army Corps of Engineers. (u.d.). *HEC-RAS*. Hentet fra <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/download.aspx>



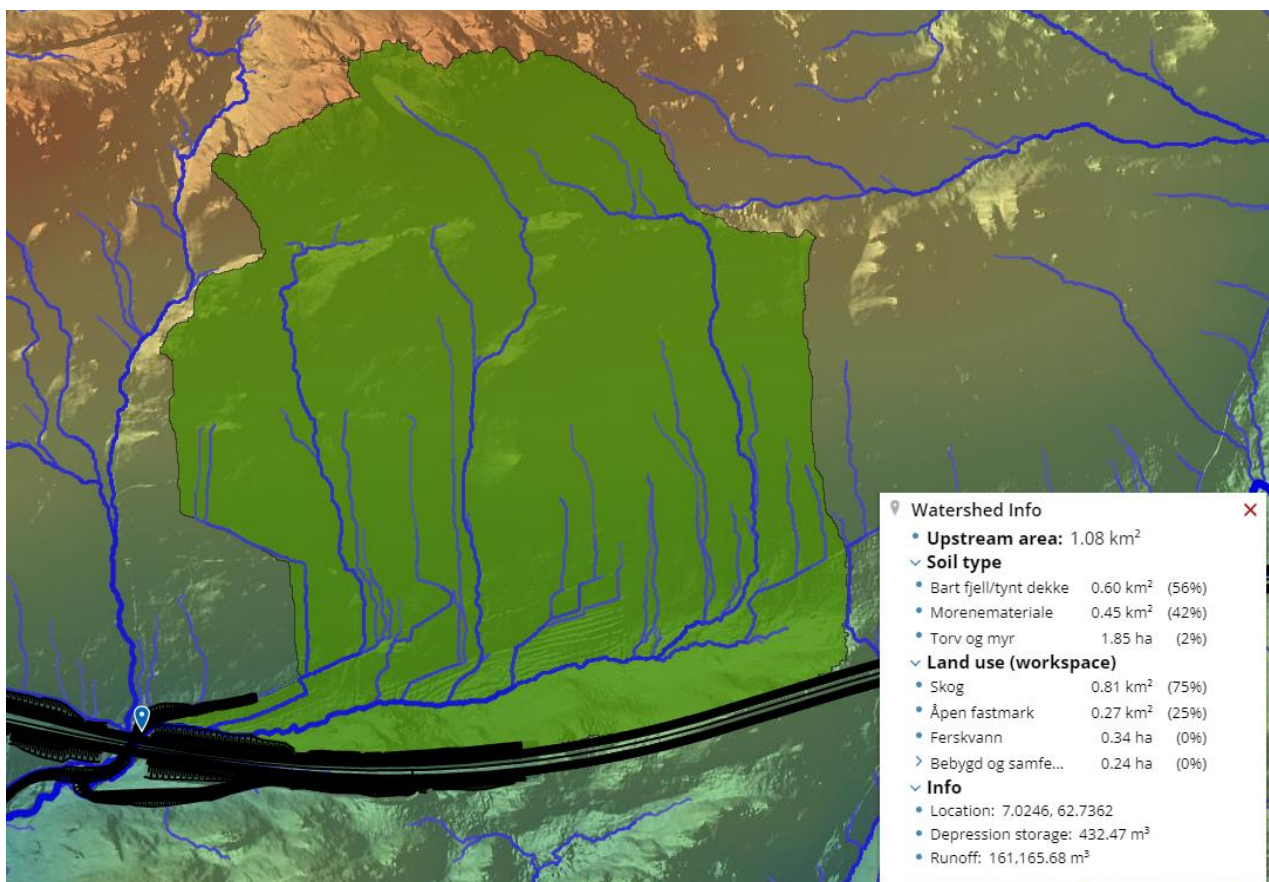
8 Vedlegg



Vedlegg - Figur 1 Nedbørsfelt for den avskjærende grøfta som drenerer til Tverrelva oppstrøms bro på ny E39.



Vedlegg - Figur 2 Nedbørsfelt for avskjærende grøt samt Tverrelva. Tverrelva sitt nedbørsfelt finnes ved å subtrahere den avskjærende grøftens nedbørsfelt fra dette.



Vedlegg - Figur 3 Nedbørsfeltet til Mordaleselva i punktet oppstrøms ny bro på E39.