

Målestasjon for vannføring i Nørdstedalen

Dato: 10.11.2023

Versjon: 01

asplanviak.no

Forsidebilde: Samløpet Nørdstedøla - Middøla

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Hydro Aluminium AS, Hydro Energi Sogn AS
Tittel på rapport:	Målestasjon for vannføring i Nørdstedalen
Oppdragsnavn:	Vassmålestasjonar i Nørdstedalen
Oppdragsnummer:	641847-01
Utarbeidet av:	Martin Solbakken Løvaas
Oppdragsleder:	Hilde Ruud
Tilgjengelighet:	Åpen

Sammendrag

Som en del av arbeidet mer fornyelse av konsesjonen for vannkraftproduksjon i Fortunsdalen, har Hydro As bedt om bistand til å vurdere plassering av målestasjoner øverst i dalen rundt Nørdstedøla, Middøla og Vetledøla. I tillegg skulle det beregnes teoretisk alminnelig lavvannføring og resttilsig. Målestasjonene skal bidra til bedre forståelse av lavvannføring i områdene med og uten vannkraftmagasiner.

Det er gjort omfattende fjernanalyse og befaring av aktuelle strekninger. Vurderingskriteriene er satt i henhold til metodikk fra NVE, der særlig forholdne og evt. utfordringer på lavvannføring er vektlagt i henhold til formålet med stasjonene. Is og snø som potensielt endrer forholdet i vannstand-vannføring er utfordrende.

I henhold til vurderingsmatrisen (se Vedlegg 1) er det **Lokasjon 2** i Middøla-Vetledøla, og **Tverrdalsbrui** som fremstår som mest gunstig for plassering av målestasjon. Lokasjon har **alminnelig lavvannføring** på **126 - 163 l/s**, mens tilsvarende for Tverrdalsbrui er **280 - 311 l/s**.

01	10. nov. 2023	Nytt dokument	MSL	SA
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Forord

I forbindelse med fornyet konsesjon for vannkraftproduksjon, ønsker Hydro Energi Sogn AS hydrologisk bistand til å vurdere plassering av målestasjon for vannføring og beregninger av resttilsig i Nørdestedalen. Knut Stokkenes har vært kontaktperson hos Hydro.

Vurderinger og beregninger som presenteres i denne rapporten er utarbeidet av Martin Solbakken Løvaas, Sølvi Amland har bistått med diskusjon og kvalitetskontroll. Synne Næss bisto i feltarbeidet og Hilde Ruud har vært oppdragsleder.

Leikanger, 10.11.2023

Hilde Ruud

Oppdragsleder

Sølvi Amland

Kvalitetssikrer

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
1.1. Bakgrunn	5
1.2. Områdebeskrivelse	6
1.3. Vurderingskriterier	10
2. Befaring og feltarbeid	11
3. Aktuelle plasseringer	13
3.1. Middøla - oppstrøms Nørdstedøla	13
3.2. Kongsøybrui	26
3.3. Tverrdalsbrui	28
3.4. Andre alternativer	30
4. Teoretisk lavvannføring	31
4.1. Alminnelig lavvannføring	31
4.2. Resttilsig	33
5. Anbefalinger	34
5.1. Vurderingsmatrise	34
5.2. Anbefalte plasseringer	35
6. Konklusjon	36

Begrepsordliste

Begrep	Symbol	Forklaring
Normalvannføring $[l/s \cdot km^2]$	q_N	Midlere avrenning fra et nedbørfelt i en gitt referanseperiode (typisk 30 år).
Middelvannføring $[m^3/s]$	Q_N	Midlere vannføring i et vassdrag over en gitt referanseperiode (typisk 30 år).
Alminnelig lavvannføring $[l/s \cdot km^2]$	Q_{ALV}	Den vannmengden som dreneres i et (uregulert) nedbørfelt i tørrværsperioder over en gitt tidsperiode. Vannmengden beregnes statistisk ut ifra de laveste målingene gjennom året over en viss måleperiode. Les mer på SNL Minstevannføring .
Lavvannsindeks -	-	Statistikk og «egenskaper» for nedbørfelt for beregning av alminnelig lavvannføring.
Minstevannføring $[m^3/s]$	-	Minste tillatte vannføring i regulerte vassdrag - fastsettelse av minstevannføring er nært knyttet til alminnelig lavvannføring.
Resttilsig / restvannføring $[m^3/s]$	-	Tilslaget til et punkt i et vassdrag som ikke er regulert.
Flomvannføring $[m^3/s]$	Q_T	En vannføring som statistikk opptrer med et visst gjentakintervall, T.
Regulering -	-	Vannkraftproduksjon med vannmagasiner (oppdemt innsjø) og bekkeinntak. Vannet i et nedbørfelt «kontrolleres».
Effektiv sjøprosent $[\%]$	A_{SE}	Summen av areal for vannoverflater (innsjøer) relativt til totalareal i feltet. Sier bla. noe om flomdemping i feltet.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

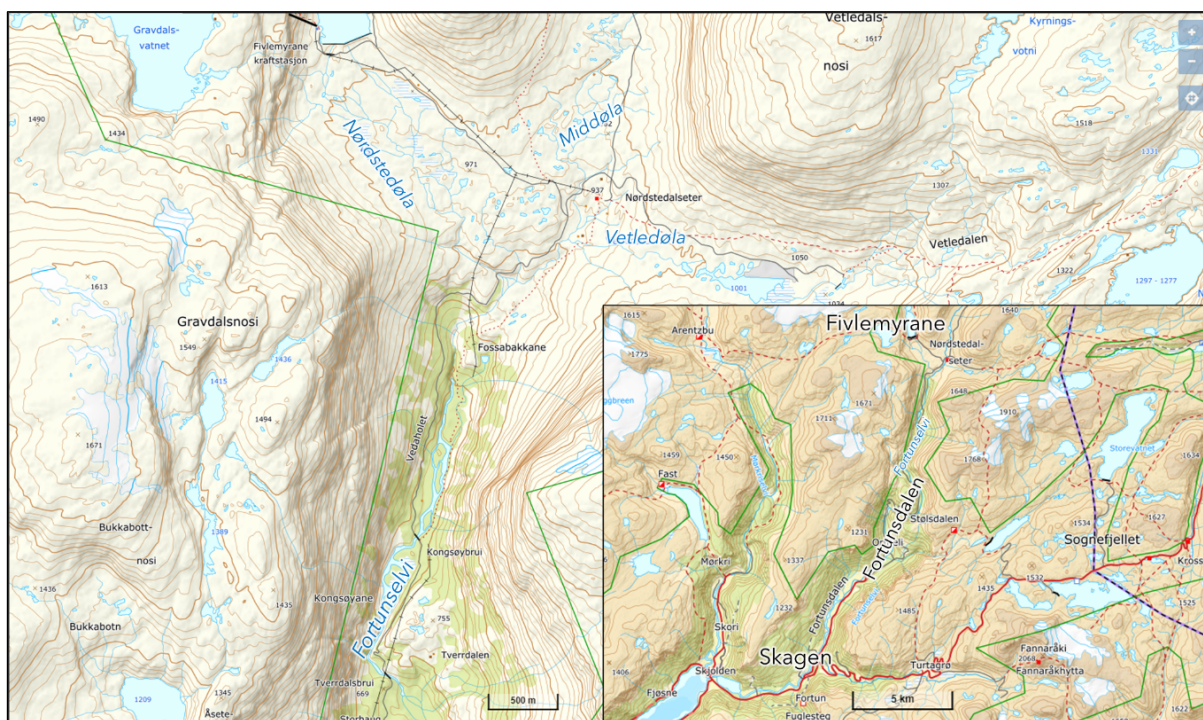
Hydro Energi Sogn AS og Hydro Aluminium AS (heretter omtalt som Hydro) ønsker bistand til vurdering av plassering av målestasjoner for vannføring i Nørdestedalen, i tillegg til beregning av resttilsig og alminnelig lavvannføring for de berørte nedbørfeltene. Hydro driver Skagen Kraftverk, og har flere magasiner, bekkeinntak og overføringen i fjellet rundt Fortunsdalen og Sognefjellet. Forrige konsesjon ble innvilget i 1957, med 60 års varighet. Per i dag drifter Hydro på en midlertidig konsesjon, i påvente av arbeidet med fornyet konsesjon da den forrige utløp i 2018. Skagen Kraftverk har i dag midlertidig fritak fra reguleringsreglementet i forhold til slipp av minstevannføring.

Som en del av arbeidet med fornyet konsesjon ønsker Hydro bedre kunnskap om de faktiske forhold i fjellet. Dette med hensyn til alminnelig lavvannføring og resttilsig fra de regulerte feltene. Denne informasjonen vil bidra til et bedre beslutningsgrunnlag rundt fremtidig minstevannføring i vassdraget.

Denne rapporten belyser mulige plasseringer av målestasjon for vannføring, der særlig lavvannføring i tørrvær og om vinteren er av stor interesse. Beregninger av alminnelig lavvannføring og resttilsig fra uregulerte delfelt er også omtalt. Nærmere beskrivelse av området og aktuelle nedbørfelt gis i kommende kapitler.

1.2. Områdebeskrivelse

Nørdestedalen ligger øverst i Fortunsdalen (Luster kommune) og samler elvene Nørdestedøla, Middøla og Vetledøla. Disse tre elvene sammenfaller til Fortunselvi som renner gjennom hele Fortunsdalen til utløpet i Skjolden, innerst i Sognefjorden. Analyseområdet er presentert i Figur 1-1. Middalen og Vetledalen er to litt mindre sidedaler som møter Nørdestedalen, videre nedover kalles dalføret Fortundalen.

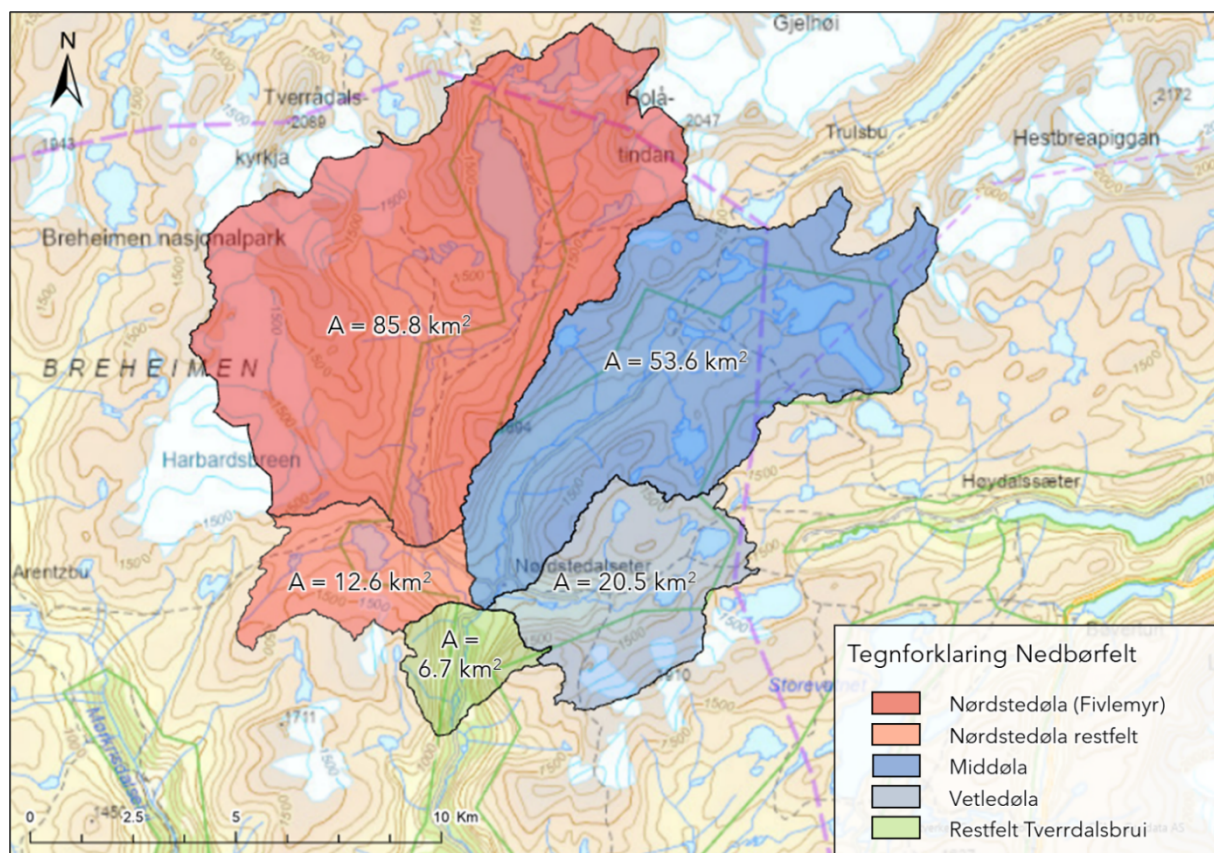


Figur 1-1: Områdebeskrivelse og regional plassering av det aktuelle området i Nørdestedalen, øverst i Fortunsdalen.

Fortunvassdraget er regulert til vannkraft, og nedbørfeltene som drenes gjennom Nørdestedalen er i ulik grad påvirket. Nedbørfeltparameterne er oppsummert i Tabell 1-1, der det fremkommer at feltene i stor grad består av snau fjell over 1000 moh., feltene har noe bredekt areal og effektiv sjøprosent fra 0 til 1.4 %, der Fivlemyrane-magasinet bidrar til mye flomdemping for Nørdestedøla. Feltene strekker seg fra om lag 900 moh. og opp til ca. 1950 moh. Utstrekning for de aktuelle feltene er presentert i Figur 1-2.

Tabell 1-1: Nedbørfelt og aktuelle feltparametere.

Felt	Areal Km ²	Effektiv sjøprosent %	Breareal %	Snaufjell %	Skog %
Nørdstedøla	98.4	1.4	18.8	73.7	7.4
Middøla	53.6	1.2	0.7	89.7	0.0
Vetledøla	20.5	1.4	5.8	87.1	0.0
Tverrdalsbrui restfelt	6.7	0.0	0.9	75.0	14.9



Figur 1-2: Aktuelle nedbørfelt som dreneres gjennom analyseområdet i Nørdsteden og videre nedover Fortunsdalen.

Nørdstedøla har et totalt feltareal på 98.4 km², og har flere store magasiner for vannkraft. Feltet har dermed betydelig reguleringsgrad, og noe breareal. Dette er faktorer som tyder på stor flomdemping og beskjeden lavvannsføring om vinteren.

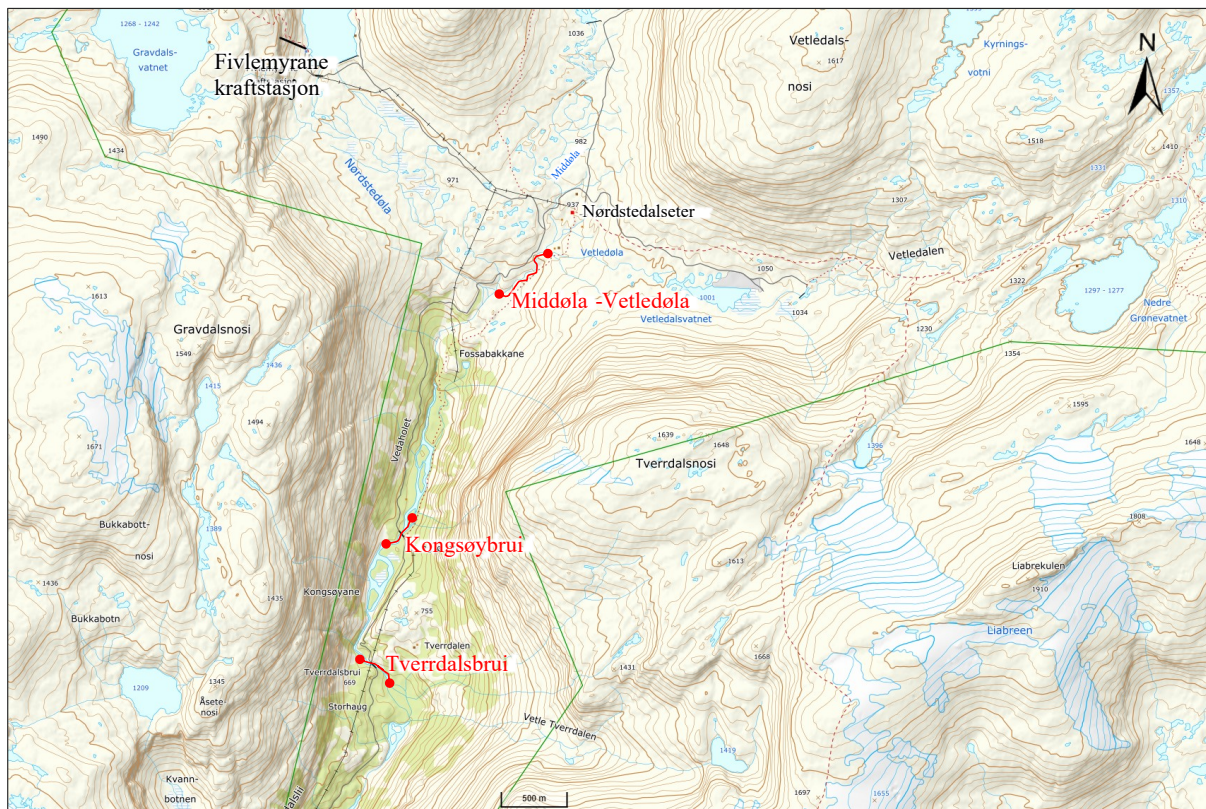
Middøla har et totalt feltareal på 53.6 km² og har et bekkeinntak med en relativt lav terskel med inntaksmagasin. Det ligger noen fjellvann lengst opp i feltet, og den effektive

sjøprosenten er 1.2 %. For øvrig er det omtrent 90% snaufjell, og noe bre og snøfonner. Dette er feltegenskaper som tilsier lavvannsperiode om vinteren og lite selvregulering, altså vil vannføringen øke hurtig under et større nedbørsforløp, til tross for at det er noe innsjøareal.

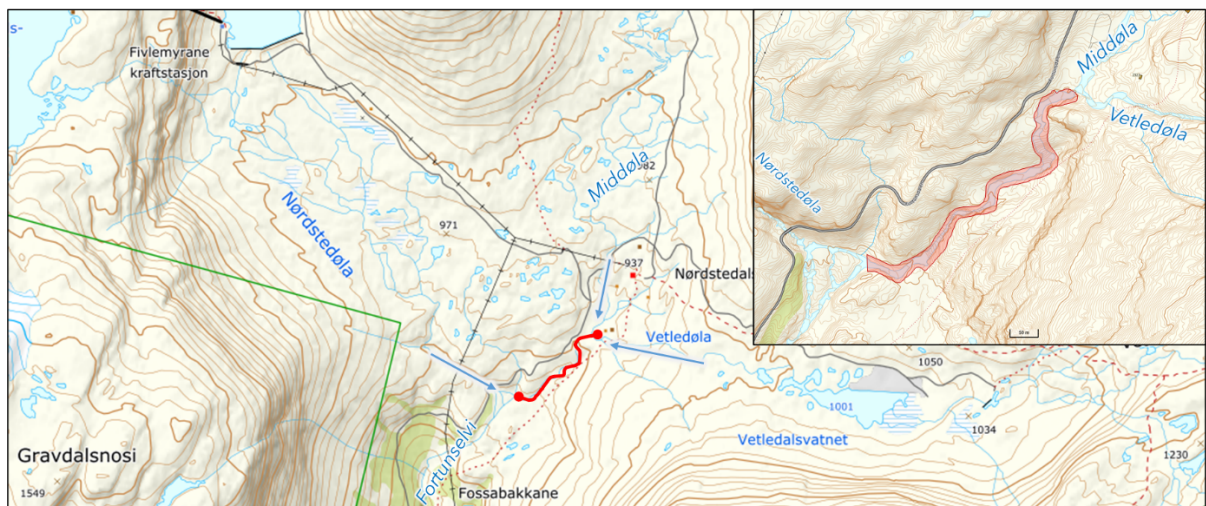
Vetledøla er det minste av de tre delfeltene. Feltet har et areal på 20.5 km², og består i all hovedsak av snaufjell (87 %), med noe breareal (5.8 %) og har en effektiv sjøprosent på 1.4%. Det er ingen store regulerte magasiner, men det er et lite bekkeinntak som tar vann fra Vetledøla. Feltet vil respondere raskt på nedbør, og har svært lav flomdemping.

Det totale nedbørfeltet som dreneres gjennom Fortunselvi under Tverrdalsbrui er 179,9 km², av disse er 6,7 km² restfeltet mellom samløpet Nørdstedøla-Middøla og brua. Totalfelter er i likhet med de feltene tidligere beskrevet, dominert av snaufjell mellom 900 - 1950 moh. Ned mot Kongsøybrui og Tverrdalsbrui er det noe mer skog, og restfeltet har 16.2 % skog, resten snaufjell. Reguleringsgraden gjør at flomdempingen i feltet blir betydelig, men er avhengig av reguleringsmanøvrering og kapasitet i magasinene.

Basert på delfeltene er det kommet frem til (minimum) tre strekninger som er aktuelle for plassering av målestasjon. Disse strekningene, Middøla-Vetledøla, Kongsøybrui og Tverrdalsbrui, er illustrert i Figur 1-3. Middøla-Vetledøla fanger opp vannføringen oppstrøms samløpet med Nørdstedøla (som er regulert og har et stort magasin med overføringer) se Figur 1-4 for detaljer, mens de to sørligste lokasjonene (Kongsøybrui - Tverrdalsbrui) vil representere avrenningen fra hele fjellområdet.



Figur 1-3: Analyseområdet i Nørstедalen / Fortunsdalen, med strekningene som er av særlig interesse for plassering av målestasjon markert.



Figur 1-4: Detaljert kartutsnitt med presentasjon av Middøla-strekningen. Strekingen fanger opp tilsiget fra Middøla og Vetledøla, før samløpet med Nørstedsøla.

1.3. Vurderingskriterier

En optimal plassering av en målestasjon er først og fremst der hvor plasseringen fanger opp de vannveiene som er av interesse. Riktig plassering i nedbørfeltet settes derfor øverst i prioriteringslisten. Videre burde plasseringen velges med fokus på at stasjonen skal levere stabile måledata ved lavvann, over lang tid. Videre er miljøpåvirkning og drift- og vedlikehold av stasjonen viktig.

For å etablere en vannstandskurve er det nødvendig å få gjort stedige vannføringsmålinger over et spekter av vannføringer, tilkomst og HMS må derfor også vurderes. NVE anbefaler at det må gjøres minimum 12-20 målinger av vannføring på ulike vannstander for å kunne skape et representativt forhold mellom vannføring og vannstand.

Det finnes flere metode for måling av vannføring, og endelig valgt metodikk må baseres på strømningsforhold. I strie elver, typisk for bratte vestlandselver, er *fortynningsmetoden* mye brukt av NVE. I elver med mye fall og svært turbulent strømming på økende vannføring, kan trykkmålinger være utfordrende. Vannstanden kan da måles som kunstig høy på grunn av bølger og sentrifugalkrefter i kurver.

For at stasjonen skal gi stabile data over tid, er et konstant forhold mellom vannstand og vannføring viktig – dette oppnås gjennom at tverrprofilen er stabilt og at måleinstrumentene ikke tildekkes eller rives vekk av flomvann. Endringer i tverrprofil kan skapes gjennom massetransport eller isproblematikk.

Is og snø kan gjøre vannføringsmålinger om vinteren utfordrende, enten fordi tilgangen til vannet er blokkert, eller fordi isen skaper oppstuvning og kunstige terskler, som igjen gir feil i forholdet mellom vannstand og vannføring.

For etablering av målestasjoner i Nørdstedalen- Fortunsdalen er følgende kriterier vektlagt i denne innledende vurderingen, se Tabell 1-2

Tabell 1-2: Vurderingskriterier for etablering av målestasjon for vannføring

Kriteria	Hva vurderes?
Tverrprofil	Stabilitet, grunnforhold
Sedimenttransport	Sedimenttilgang og transportkapasitet i elva
Lav vannføring	Hvordan er vannspeilet på lavvannføring?
Høy vannføring	Er det en flomrisiko eller andre utfordringer?
Is og snø	Risiko for issvuller og endringer påvirkning av vannstand
Miljø og landskap	Kreves det mindre eller større inngrep?
HMS	Sikkerhet under etablering og drifting av anlegget

2. Befaring og feltarbeid

I henhold til anbefalinger fra NVEs digitale veileder, *Etablering av målestasjon for vannføring* (2023) er det gjennomført befaring av interessestrekningene. Befaringen ble gjennomført 21. september 2023. På tidspunktet for befaringen var det middels til høy vannføring, men god sikt, lettskyet og 3-4°C. På grunn av mye regn i dagene før, hadde Fivlemyrane et betydelig overløp, derfor var vannføringen i Nørdstedøla høy, mens Middøla og Vetledøla hadde middels- til lav vannføring da restfeltene har lite flomdemping.

Hensikten med befaringen var å få en bedre forståelse for stedlige forhold som er førende med tanke på hvor det vil være egnet å plassere målestasjonen.

I tillegg til vurderingskriteriene gitt i Tabell 1-2 i forrige kapittel, ble disse punktene særlig vektlagt under befaringen:

- Sedimenttransport og stabilitet for elveprofilen
- Strømningsforhold
- Vannspeil og antatte forhold ved lavvann
- Tilgjengelighet for etablering og drift av stasjonen
- Sikkerhet mot flom

De samme punktene er studert via fjernanalyse i forkant, men befaringen er avgjørende for et godt resultat. NVE (2023) anbefaler at det i utgangspunktet gjennomføres befaringer av samme strekning ved ulike vannføringer – herunder lav, middels og høy vannføring, samt ved vinterforhold. Vinterforhold er vurder basert på en serie dronebilder tatt i oktober, etter en periode med minusgrader og snø. For Nørdstedalen er det særlig interesse for lavvann og vinterforhold, da det er minstevannføring fra restfelene som er ønskelig å kartlegge. Akkumulasjon av is kan forstyrre forholdet mellom vannstand og vannføring, og det vil være uheldig for målingene om målestasjonen til stadighet blir tørrlagt i lavvannsperioder.

Befaringen var vellykket, men med noen tekniske utfordringer på måleutstyret (GPS) som resulterte i unøyaktige (± 60 cm) innmålinger av punkt. Unøyaktigheten antas å komme marginal satellittdekning, og mangelfullt mobilsignal. Innmålinger ble gjort med en liten Leica GPS kombinert med en digital målebok med forhåndsbestemte attributter i ArcGIS Field Maps. Eksempel på arbeidet er vist i Figur 2-1. og Figur 2-2.



Figur 2-1: Feltarbeidet besto av dokumentasjon av forhold og innmålinger av punkt for å kunne sammenligne med eksisterende terrengmodeller og georeferering av observasjoner. For innmåling ble det benyttet en liten Leica GPS og digital målebok med ArcGIS Field Maps.



Figur 2-2: Innmåling av elvebunn og georeferering av bilder. For innmåling ble det benyttet en liten Leica GPS og digital målebok med ArcGIS Field Maps.

3. Aktuelle plasseringer

3.1. Middøla - Vetledøla

Strekningen oppstrøms samløpet med Nørdestedøla representerer resttilsiget fra nedbørfeltene som drenes gjennom Middøla og Vetledøla. Aktuelle lokasjoner i strekningen beskrives kronologisk i kommende avsnitt, og geografisk plassering er vist i Figur 3-1.



Figur 3-1: Kart med geografisk plassering av Lokasjon 1- 5 i strekningen oppstrøms samløpet med Nørdestedøla.

3.1.1. Lokasjon 1

Beskrivelse

Lokasjon 1 er en mindre kulp i bunn av et blankskurt sva, der elva møter fast fjell og endrer fallgradient. Lokasjonen har potensiale for plassering av målestasjon, da det er et smalt, definert utløp, med berg i hele profilet. Det er derimot noe usikker hvordan flomvannet spres utover svaet, og om det på høy vannføring blir misvisende dersom mye vann ikke nødvendigvis gir økt vannstand ved måleren.

Noen meter nedstrøms ligger det grove løsmasser som en naturlig terskel, med hovedstrømmen mot sør-vest. Her er det antatt en definert vannstrøm på lavere

vannføringer, men tverrprofilet på høy vannføringer er mindre definerbart, og de grove løsmassene skaper mange infiltrasjonspunkter.

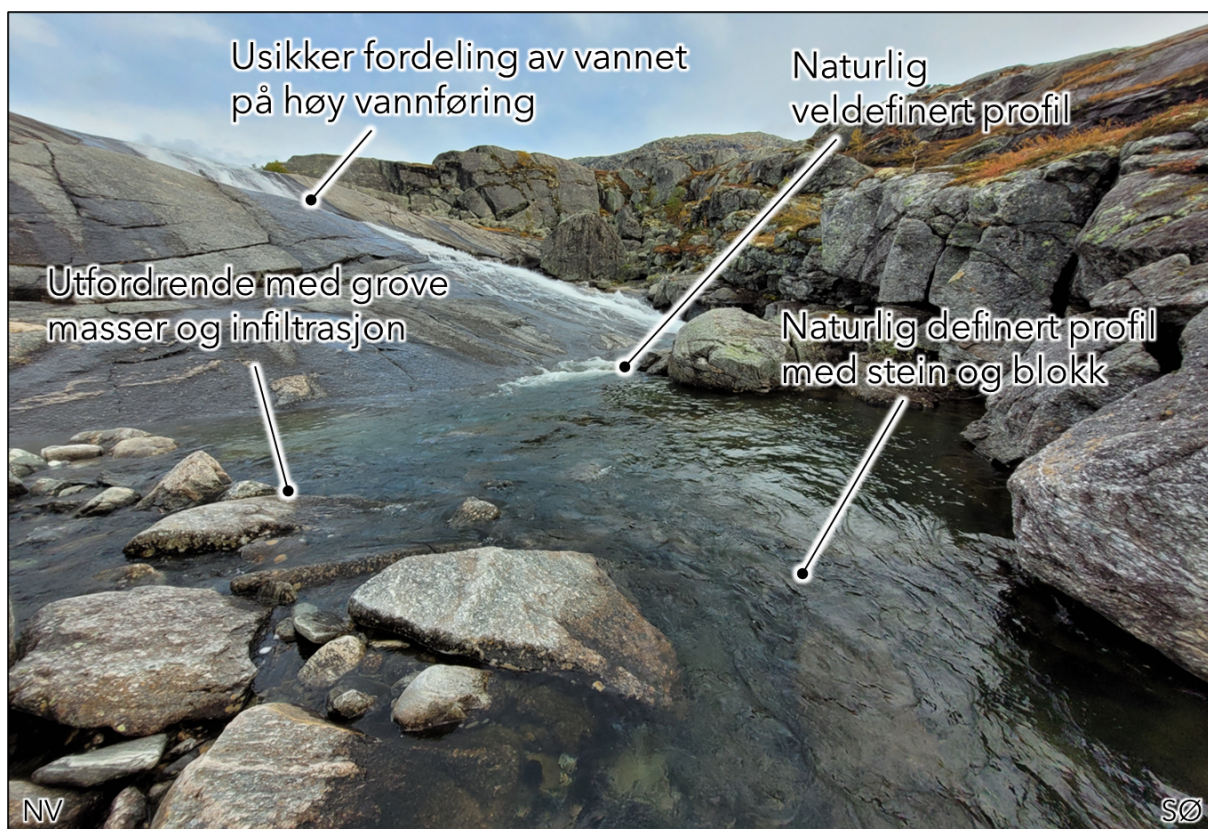
Figur 3-4 viser Lokasjon 1 med snø og is. Svaet er isdekt og mye av kulpene er fryst.

Målestasjon

Lokasjon 1 har enkel adkomst via vei og kort gange. På høy vannføring kan det derimot være vanskelig å nå bredden mot sør-vest, mulig løsning er å krysse elva ved en bru oppstrøms. Lokasjonen kan fungere med et naturlig elveprofil - i så fall må vannføringen over svaet vurderes. En betongterskel der det i dag er grove løsmasser kan også være mulig. Is og så på svaet er problematisk da vannveiene kan endres og is i kulpene vil forstyrre vannstanden.



Figur 3-2: Lokasjon 1 er en grunn kulp i bunn av et stor sva med en bergkant mot sørøst. Nedstrøms er det økende grad av stor stein og blokk der elveleiet blir bredere.



Figur 3-3: Lokasjon 1 - Annotert med observasjoner og beskrivelser.



Figur 3-4: Lokasjon 1 med is og snø i oktober. Dronefoto Hydro AS.

3.1.2. Lokasjon 2

Beskrivelse

Lokasjon 2 er en relativt stor kulp, med god dybde i et definert gjel. Bratte kanter av berg, med noe blokk og stein ved et smalt, tydelig utløp. Ved utløpet er det flere store blokker som kan skape turbulens og noe utfordrende tverrsnitt-geometri. Erosjon er usannsynlig.

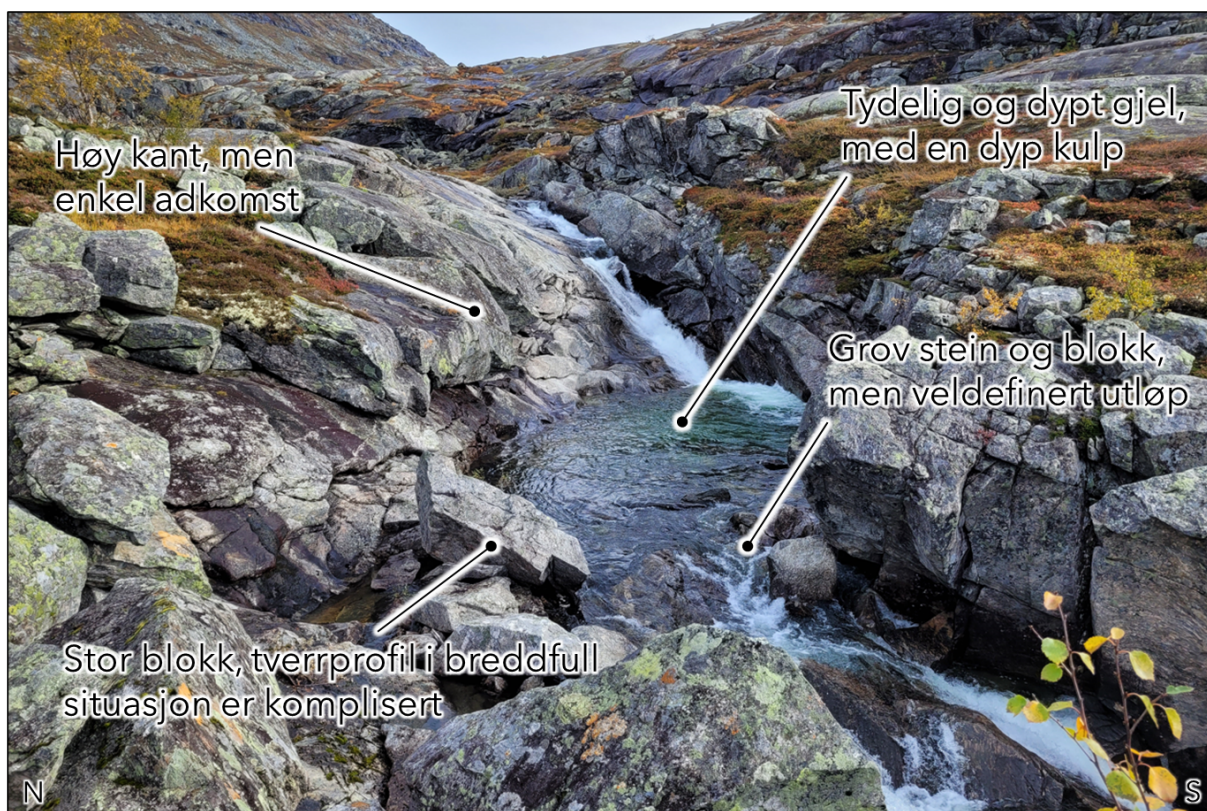
Dybde og utforming tilser at kulpen vil ha et vannspeil også i lavvannsperioder. Massetransport antas å ikke være et stort problem, da sedimenttilgang er begrenset, og dybden i kulpen tilsier at vannstanden i liten grad vil påvirkes.

Målestasjon

Det naturlige utløpet er bra, men det er mulig å etablere en støpt terskel for å få et enda mer definert utløp og enda bedre kontroll på lavvannføring. Adkomst på sørsiden er litt krevende på over middels vannføring. Det vil være mest gunstig å etablere målestasjonen på nordsiden, og selve senderen burde plasseres i god avstand fra kanten av gjelet. Lokasjon 2 er presentert i Figur 3-5 og annotert med observasjoner i Figur 3-6. Figur 3-7 viser lokasjonen med snø og is.



Figur 3-5: Lokasjon 2, fotografert fra ulike vinkler. Lokasjonen er et gjel med en dyp kulp og et definert utløp.



Figur 3-6: Lokasjon 2 - Annotert med observasjoner og beskrivelse.



Figur 3-7: Lokasjon 2 med snø og is i oktober. Dronefoto Hydro AS.

3.1.3. Lokasjon 3

Beskrivelse

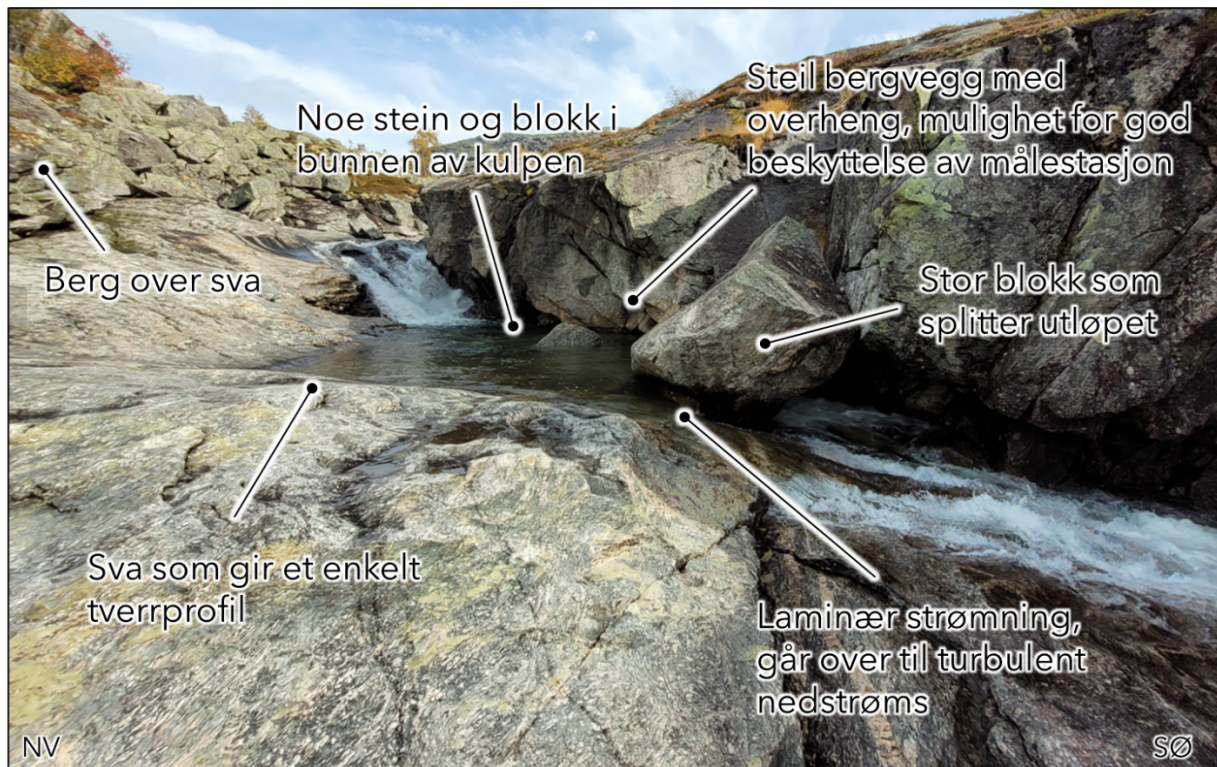
Lokasjon 3 er en kulp i et gjel, med blakt sva på nordvestsiden opp til et brattere berg. På sørøstlig side er det en steil bergvegg, der vannet renner til en viss grad inn under overhenget. Ved utløpet har en større blokk falt ned, og splitter vannstrømmen i to. Det er lite løsmasser i området, bare stor stein og blokk – problemer med massetransport er dermed mindre sannsynlig. Lokasjonen er illustrert og beskrevet i Figur 3-8 og Figur 3-9. Figur 3-10 viser lokasjonen med is og snø.

Målestasjon

Kulpen tilsier at det burde være stabilt vannspeil også i lavvannperioder. Plassering av trykkmåler og sender er mulig på begge elvebredder, der vestlig elvebredd har noe enklere adkomst, men en innretning på svaet er mer utsatt. På østsiden er stasjonen mer beskyttet, men med noe mer krevende adkomst. Den store blokka i utløpet gjør det vanskelig å måle inn en tydelig tverrprofil, dersom mulig kan den med fordel fjernes. Is er utfordrende, særlig med tanke på bunnis ved utløpet.



Figur 3-8: Lokasjon 3 – bildeserie fra innløp til utløpet av en naturlig kulp. Kulpen er definert av et steilt berg mot sørøst, et kurvet sva mot nordvest og en stor blokk i utløpet.



Figur 3-9: Lokasjon 3 - Annotert med observasjoner og beskrivelse.



Figur 3-10: Lokasjon 2 med snø og is i oktober. Dronefoto Hydro AS.

3.1.4. Lokasjon 4

Beskrivelse

Lokasjon 4 er en relativt stor kulp, der det fremtredende svaet på oppstrøms side går over i et flatere terreng. Elva renner videre mot sørvest, der utløpet har en naturlig terskel av grov stein. I sørøst er der et gjengrodd flomløp som leder videre til en flomslette som i dag er vegetasjonsdekt og vurderes som rimelig inaktiv. Langs nordsiden mot utløpet er det en bratt bergvegg, med noe overheng. Bunnsubstratet mot utløpet anses som grovt. Alger og vannplanter tyder på lite sedimenttransport. Lokasjon 4 er presentert i Figur 3-11 og Figur 3-12 og med is i Figur 3-13.

Målestasjon

Plassering av målestasjonen langs det steile berget mot nord vil være mulig. Plasseringen tillater enkel adkomst for vedlikehold. Det er et rimelig stabile bunnforhold, og dybden i kulpen tilsier at det vil være vannspeil også i lavvannsperioder. Utløpet har en relativt definert terskel, men under ekstremisituasjoner kan det bli problematisk at flomvannet gjeninntar det gjengrodd løpet mot sørøst. Vinterstid vil vannoverflaten fryse, og bunnis i det turbulente utløpet kan forstyrre vannstanden.



Figur 3-11: Lokasjon 4 - Bildeserie fra innløp til utløp av den store kulpen i bunnen av svaet. Utløpet er definert med stein og blokk som utgjør en terskel, og steilt berg langs sidene med noe overheng.

3.1.5. Lokasjon 5

Beskrivelse

Lokasjon 5 er en streking av Middøla, like før samløpet med Nørdstedøla. Strekingen består av grov stein og blokk, og en turbulent vannstrøm. Bildeserien i Figur 3-14 viser forholdene og fossestryk morfologien. Det grove bunnssubstratet gjør at vann kan sildre mellom steinene, og en tydelig sammenheng mellom vannstand og vannføring kan være vanskelig å oppnå – særlig i lavvannsperioder. I yttersvingen mot sør møter elva berg (se Figur 3-15) og det dannes en mindre kulp med et relativt smalt utløp.

Målestasjon

For plassering av en målestasjon i lokasjon 5, vil svingen mot berget være mulig. Her er det et rimelig definert utløp med en terskel av stor stein. Elveløpet er smalt og det kan være mulig å støpe en mindre betongterskel for å optimalisere forholdene. Tilkomsten er enkel, men det kan være utfordrende å krysse elva på høy vannføring. De turbulente strømmingene kan skape utfordringer med bunnis. På høy vannføringer kan samme problematikk som på lokasjon 4 bli gjeldende.



Figur 3-14: Bildeserie fra Lokasjon 5 i kronologisk rekkefølge. fossestryk morfologi og grov stein / blokk. Noe Masseavlagring på nordsiden i nedre del av strekingen, men få øvrige tegn til massetransport. Berg på sørsiden, flomslette/våtmark mot sørøst.



Figur 3-15: Lokasjon 5 – annotert bilde med observasjoner og beskrivelse.



Figur 3-16: Lokasjon 5 med snø og is i oktober. Svingen midt i bilder er aktuelt for plassering av målestasjon. Dronefoto Hydro AS.

3.2. Kongsøybrui

Beskrivelse

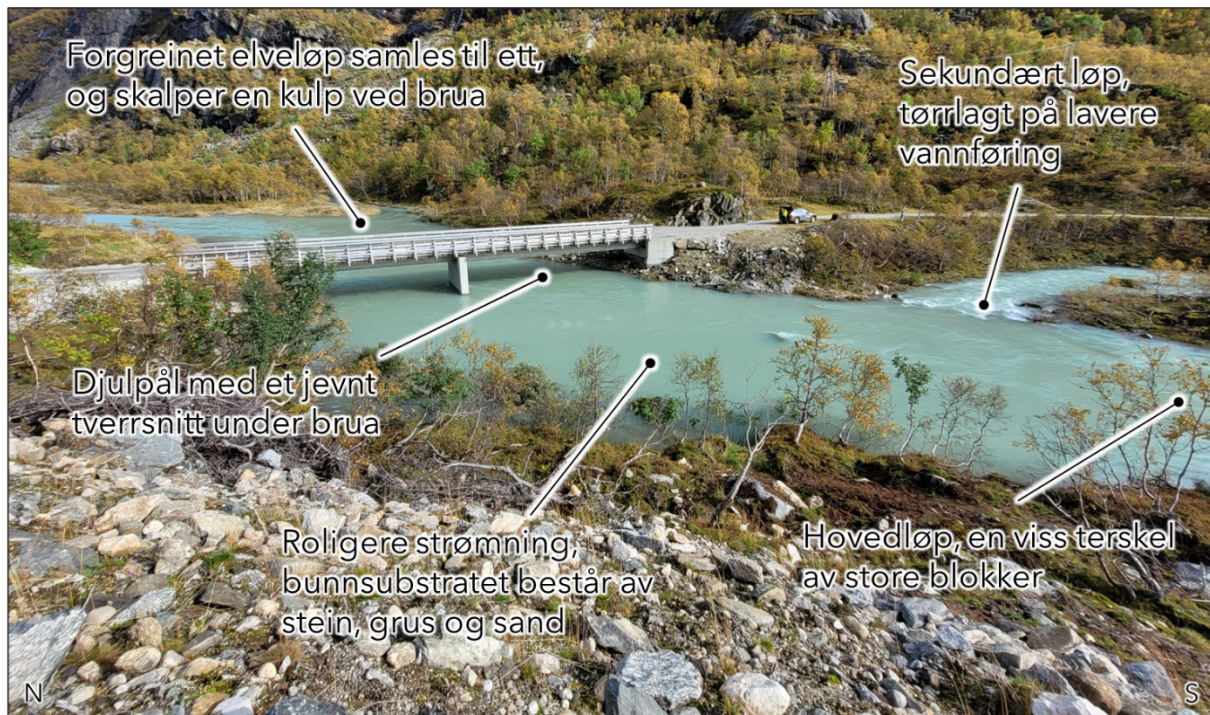
Kongsøybrui krysser Fortunselvi et stykke nedstrøms samløpet mellom Middøla-Nørdstedøla (se Figur 1-3). Området er i overgangen mellom en flomslette med forgreinet elveløp oppstrøms, et kanalisert løp under brua men relativt rolig kulp, før et utløp med brekk for elveløpet igjen brer seg utover. Under brua har elva et jevnt tverrprofil, men nedstrøms kulpen er det to utløp, et mindre løp som tørrlegges på lavere vannføring. Bunnsstratet består av stein, grus og sand. Utløpet er preget av store blokker og turbulent strømming. Området er presentert ved middels- og lav vannføring i Figur 3-17, Figur 3-18 og Figur 3-19.

Målestasjon

Plassering av målestasjon under brua er gunstig da vannspeilet er stabilt og tverrprofilen er jevnt. Utfordringen er at bunnen kan endre seg gjennom massetransport. Brua er svært godt tilgjengelig og trygg, også på høy vannføring. Rolig strømming gir mindre problem med bunnis i selve tverrprofilen, utfordringen er hvordan forholdene ved utløpet endrer seg. To utløp fra kulpen er utfordrende. En støpt terskel gir bedre kontroll – samtidig kan en ny terskel skape et uheldig sedimentbasseng oppstrøms.



Figur 3-17: Kongsøybrui - bildeserie av området rundt brua ved to ulike vannføringer. Dronefoto Hydro AS.



Figur 3-18: Lokasjon Kongsøybrui - annotert med observasjoner.



Figur 3-19: Panorama over Kongsøybrui og området opp- og nedstrøms.

3.3. Tverrdalsbrui

Beskrivelse

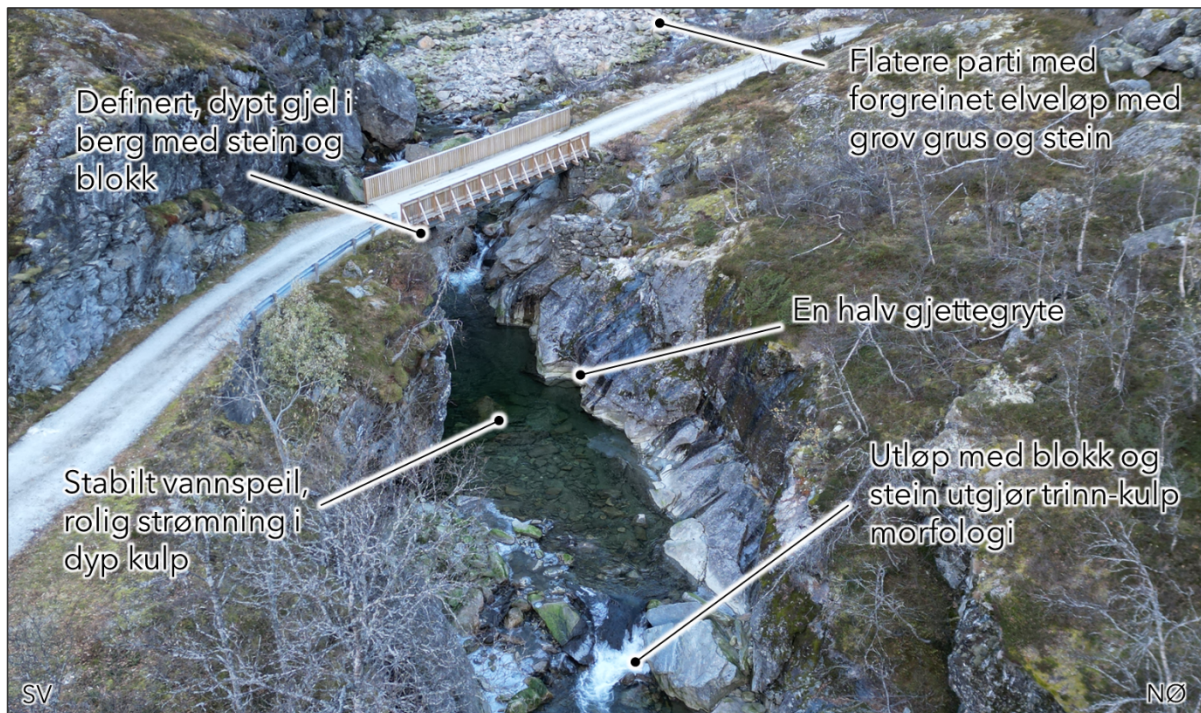
Tverrdalsbrui krysser Fortunselvi på et punkt der elva føres inn et dypt gjel, etter å ha vært forgreinet utover en større flomslette nedstrøms Kongsøybrui (se Figur 1-3). Gradienten i elva øker, og skaper trinn-kulp morfologi med noen gjettegryter. Det dype gjelet skaper et veldig definert elveløp. Samtidig tilsier det at kreftene fra vannstrømmen er betydelige. Store blokker ved innløpet til gjelet (oppstrøms brua) kan bremse massetransporten, og bunnforholdene vurderes som stabile. På lavvann er det rolige partier med stabilt vannspeil, men turbulent strømming i strykpartiene kan gi noe utfordring med bunnis. Lokasjonen er presentert i Figur 3-20, Figur 3-21 og Figur 3-22.

Målestasjon

Det vil være mulig å plassere en målestasjon langs de bratte veggene, på begge sider av løpet. Selve senderen kan enkelt plasseres utenfor flomfare, og trykkmåleren kan sikres til berget. Sedimenttransport vurderes som mindre problematisk – det er heller bunnis som kan skape utfordringer for et stabilt forhold mellom vannstand og vannføring. Tverrdalsbrui vurderes som et godt egnet sted for målestasjon.



Figur 3-20: Bildeserie av Tverrdalsbrui på middels og lav vannføring. Dronebilder fra Hydro.



Figur 3-21: Tverrdalsbrui - Dronefoto, annotert med observasjoner.



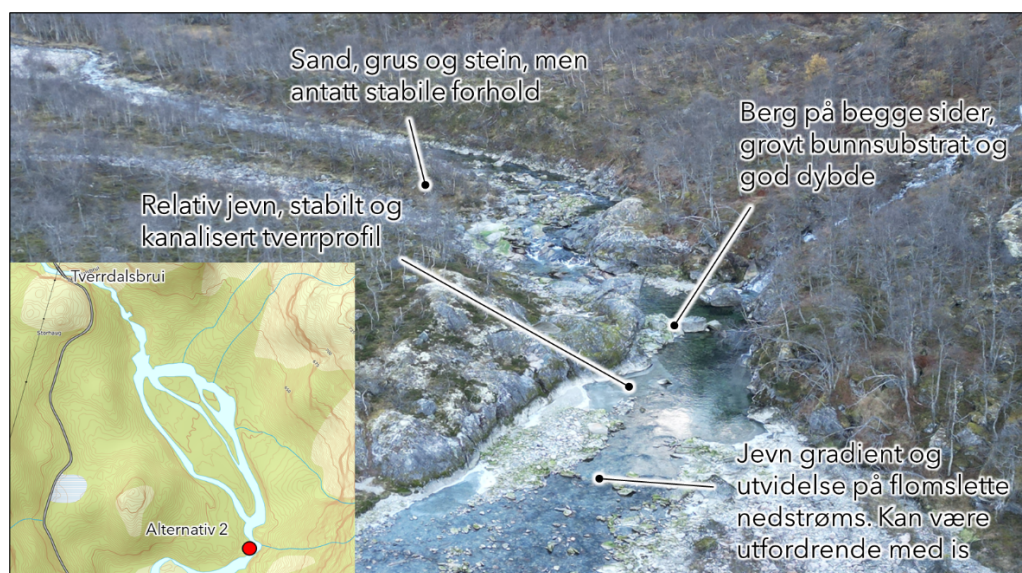
Figur 3-22: Panoramabilde for Tverrdalsbrui og gjelet videre nedstrøms, under moderat til høy vannføring under befaring i september 2023.

3.4. Andre alternativer

Figur 3-23 og Figur 3-24 presenterer alternative plasseringer som vil fange opp samme nedbørfelt som Kongsøybrui og Tverrdalsbrui. Områdene er ikke en del av det opprinnelige analyseområdet og er derfor ikke befart. Men basert på fjernanalyse gjennom dronebilder og kart har områdene absolutt et potensial som burde nevnes. Adkomst er noe mer krevende og snøskred kan være et stort problem.



Figur 3-23: Alternativ plassering 1. Bilde med beskrivelser og lokasjon oppstrøms Kongsøybrui



Figur 3-24: Alternativ plassering 2. Bilde med beskrivelse og lokasjon nedstrøms Tverrdalsbrui.

4. Teoretisk lavvannføring

4.1. Alminnelig lavvannføring

Tall på alminnelig lavvannføring er hentet fra NVEs digital hydrologiske verktøy, NEVINA, og NVEs database HYDRA II.

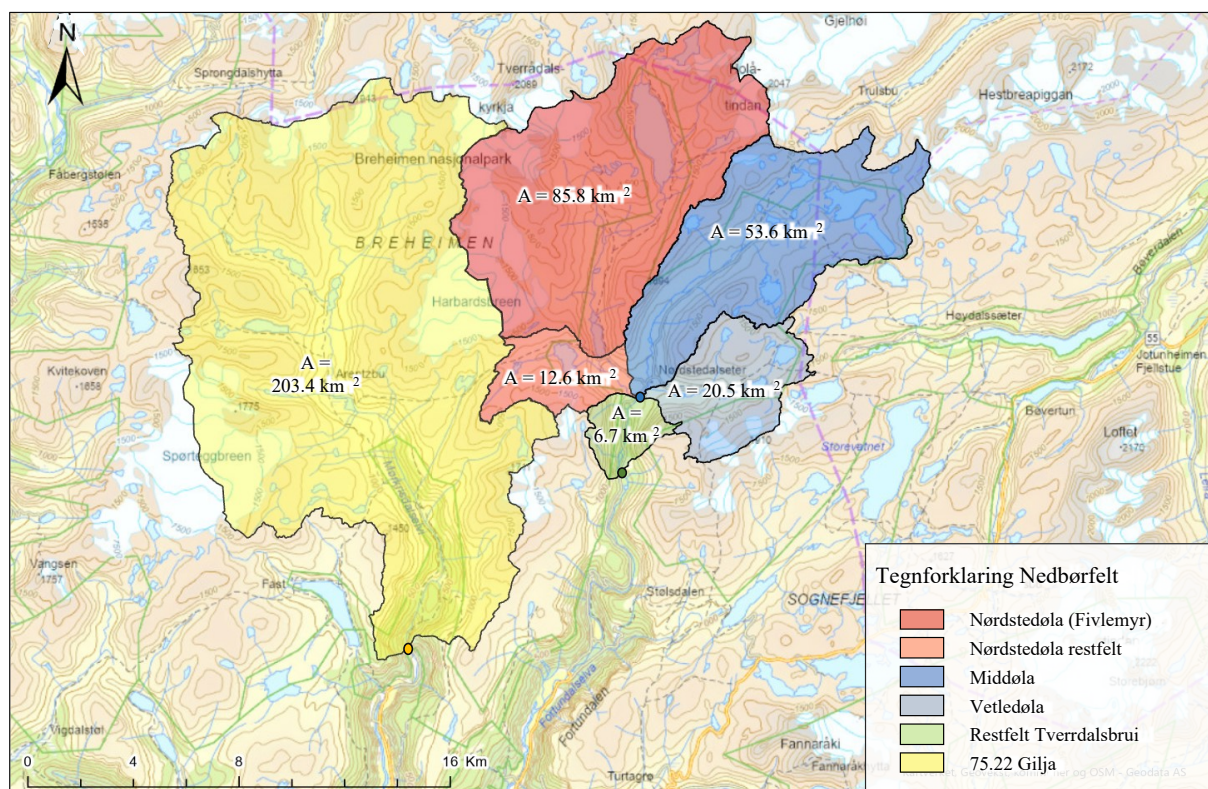
I NEVINA benyttes feltparametere som årstemperatur, og middelvannføring, og lavvannindekser genereres automatisk basert på et valgt punkt i det definerte elvenettet.

I NVE sitt statesikk-program HYDRA II er det mulig å utføre lavvannsanalyser direkte på kjente måleserier. For kontroll av lavvannføringer i Nørdstedalen og Fortunselvi er det gjort nevnte Analyse i HYDRA II, basert på måleserien fra stasjon 75.22 Gilja. Stasjonen ligger i nabodalen i vest, og er uregulert. Måleserien anses som god, men for å få optimalt grunnlag og et datasett uten hull, er det bare benyttet døgndata fra 1985 – 2016, en dataserie som gir et godt statistisk grunnlag. Stasjonen har svært representative feltparameter og geografisk plassering.

I HYDRA II er det benyttet ekstremanalyse lavvannføring, E-tabell for normalavrenning og alminnelig lavvannføring, samt serie-statistikk for beregning av persentiler. Parametere og resultat fra beregningene for 75.22 Gilja er oppsummert i Tabell 4-1. Nedbørfeltet for referansestasjonen er presentert i Figur 4-1.

Tabell 4-1: Beregninger av lavvannføring for 75.22 Gilja gjennom NVEs beregningsprogram HYDRA II.

Referansefelt	Areal [km ²]	q _N [l·s/km ²]	Alminnelig lavvannføring [l·s/km ²]	5-persentil [l·s/km ²]	Lavvannføring [l/s]
75.22 GILJA	203.4	65.2	1.73	1.87	351



Figur 4-1: Aktuelle nedbørfelt for analyser av lavvannføring, referansestasjonen 75.22 Gilja er markert i gult.

Tabell 4-2 viser en sammenlign av beregnede lavvannsverdier basert på metodikken beskrevet i foregående avsnitt. Verdiene som er skalert på observerte verdier ligger noe høyere enn verdiene beregnet i NEVNIA. Dette kommer av at observert normalavrenning (q_N) for Gilja er høyere enn avrenningen som er hentet fra avrenningskartet til NVE. (se kapittel 4.2.2 for vurdering av verdiene).

Tabell 4-2: Verdier for lavvannføring i aktuelle nedbørfelt og strekninger.

Nedbørfelt	Areal [km ²]	Q_N (61-90)* [l·s/km ²]]	Beregnete verdier			
			Lavvannsindeks NEVNIA [l·s/km ²]		lavvannanalyse HYDRA II [l·s/km ²]	
Nørdestedøla (Fivlemyrane)	85.8	53.5	1.5	129	1.7	148
Nørdestedøla restfelt	12.6	53.5	1.5	19	1.7	22
Middøla	53.6	47.4	1.8	96	1.7	92
Vetledøla	20.5	56.4	1.0	21	1.7	35
Middøla-Vetledøla	74.1	49.8	2.2	163	1.7	126
Restfelt Kongsøybrui	2.0	51.7	1.6	3	1.7	3
Restfelt Tverrdalsbrui	6.7	51.7	1.6	11	1.7	13
Samlet Tverrdalsbrui	180.0	51.7	1.6	288	1.7	336

*Hentet fra NEVNIA og NVEs avrenningskart. Merk at verdiene ikke er justert, men er generelt lavere enn observert normalavrenning.

4.2. Resttilsig

4.2.1. Beregnede verdier

Basert på en skalering av observerte målinger og beregninger fra regresjonsligninger, er det estimert resttilsig til Fortunvassdraget for de aktuelle lokasjonene. Resultatet er oppsummert i Tabell 4-3.

Tabell 4-3: Beregninger av normalavrenning og resttilsig i de aktuelle nedbørfeltene.

Tabell 4-3: Beregninger av normalavrenning og resttilsig i de aktuelle nedbørfeltene.			
Nedbørfelt		Normalavrenning tilsig	
Areal		NEVINA 50.0 l·s/km ² *	Referansestasjon 65.2 l·s/km ²
		Tilsig	
		[m ³ /s]	[m ³ /s]
Middøla	53.6	2.7	3.5
Vetledøla	20.5	1.0	1.3
Nørdstedøla restfelt	12.6	0.6	0.8
Tverrdalsbrui restfelt	6.7	0.3	0.4
Tverrdalsbrui eks. Fivlemyrane	94.2	4.7	6.1
Tverrdalsbrui totalfelt	180	9.0	11.7

*satt som generell verdi for alle felt basert på verdier fra avrenningskart i NEVINA

4.2.2. Fremtidig vurdering og klimapåvirkning

I en hydrologisk vurdering vil det (avhengig av kvalitet og relativitet for referansestasjonen) i de aller fleste tilfeller legges mer vekt på faktiske observasjoner enn generaliserte data, slik som avrenningskart. Etter hvert som fremtidige målestasjoner i Nørdstedalen-området blir gjeldene og har tilstrekkelig kvalitet, burde stedige data vektlegges når de faktiske forhold i Nørdstedalen og Fortunselvi skal beskrives, som igjen kan sammenlignes med teoretiske og observerte data.

Det må også nevnes at avrenningskart er basert på datagrunnlag fra en utgående referanseperiode, 1961-1990. I skrivende stund har ikke NVE publisert oppdaterte verdier i forhold til den nye referanseperioden 1991-2020. Klimaprofilen for Sogn og Fjordane (2021) kan oppsummeres med at det blir færre og mindre snøsmelteflommer, vesentlig økning i nedbør og regnflommer, samt økt fare for tørke om sommeren.

Økt avrenning fra isbreene forstyrrer vannbalansen gjennom året, og kombinert med mer nedbør kan dette være noe av forklaringen på hvorfor observert normalavrenning i regionen er noe høyere enn kalkuleerte verdier. Med bakgrunn i denne argumentasjonen må klimaendringer tas med i vurderingen av tilstanden i Fortunselvi.

5. Anbefalinger

5.1. Vurderingsmatrise

Basert på beskrivelsene av hver enkel lokasjon og mulig plassering av målestasjon, er det utarbeidet en vurderingsmatrise der sentrale kriterier gis en kort kommentar og en poengscore. Poengscoren er enkelt fordelt fra 1-3, der 3 poeng (grønt) er best, og mørkegul er 1 poeng og antyder utfordringer med det gitte kriteriet for den aktuelle plasseringen. Dersom det skulle være flere stasjoner som får samme poengscore, må det gjøres en videre vurdering der forholdne på lavvannføring og utfordringer med is og snø vektlegges, da disse er direkte knyttet oppimot hovedformålet med stasjonen, nemlig å dokumentere vannføring i tørrvær, særlig under lavvannsperioden vinterstid.

I tillegg er det gjort vurderinger på hvordan det vil være å utføre manuelle målinger av vannføring for etablering av vannføringskurve. Der elveløpet ikke forgreines, vil det være mulig å måle vannføring med eksempelvis saltmåling (fortynningsmetode) der elva er turbulent. Det er i utgangspunktet bare under Kongsøybrui at metoder som flottør eller flygel. Metodene er nærmere beskrevet av NVE (2015).

Vurderingsmatrisen er gitt i fullformat i Vedlegg 1, men er også gjengitt i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Matrise med vurdering og kommentarer for sentrale kriterier for hver lokasjon. Matrisen leses i sin helhet i Vedlegg 1.

Plassering		Kriterier							Sum
		Tverrprofil	Sediment-transport	Lav Q	Høy Q	Is og snø	Miljø og landskap	HMS	
Middela-Vettedela	Lokasjon 1	Berg, kombinert med stein og blokk.	Lav sedimenttilgang	Rolig vannspeil, god dybde i kulp.	Infiltrasjon, fordeling over sva	Utfordrende i utløp og liten kulp	Enkel installasjon, mulig støpt terskel	Trygt, men noe innmarsj på høy Q. Enkle tiltak	15
	Lokasjon 2	Berg, definert gjel og utløp	Lav sedimenttilgang	Dyp kulp, definert utløp	Kanalisert løp, stor blokk forstyrrer tverprofilen	Kulp islegges, fare for bunnis ved utløp	Minimalt inngrep	Enkel tilkomst, Enkle tiltak	19
	Lokasjon 3	Sva og berg, noe blokk og stein.	Minimal sedimenttilgang	Jevnt tverrprofil, blokk i utløp er utfordrende	Jevnt tverrprofil, utfordrende blokk i utløp	Kulp islegges, fare for bunnis ved utløp	Enkel installasjon, blokk i utløp burde fjernes	Trygt, men noe innmarsj på høy Q. Enkle tiltak	17
	Lokasjon 4	Terskel ved utløp av stor stein. Flere utløp	Stabilt, relativt grovt bunnsbstrat	Noe utfordrende å definere tverrprofil ved utløp	Flomløp og vann på avveie.	Bunnis ved utløp, Kulp islegges, antas å ikke bunnfryse	Enkel installasjon, inngrep kan minimaliseres	Enkel tilkomst, Enkle tiltak kreves	17
	Lokasjon 5	Berg og grov stein, rimelig kanalisert. Burde støpes terskel	Grovt bunnsbstrat. Moderat tilgang på grus og sand	Liten naturlig kulp, liten kunstig terskel fordelaktig	Flomslette oppstrøms - vann på avveie	Utfordringer med snø, islegging og bunnis.	Enkel installasjon, mulig støpt terskel ved utløp	Enkel tilkomst, Enkle tiltak kreves	16
Kongsøybrui		Løsmasser, sand, grus og stein. Jevnt profil	Eroderbare løsmasser. Utsatt for lokalerosjon	Stilleflytende, djupål og ett definert utløp	Jevnt vannspeil, men utfordrende med to utløp	Usikre forhold under brua, bunnis ved utløp håndterbart	Svært enkel installasjon. Mulig terskel må støpes	Enkel tilkomst, Enkle tiltak kreves	17
Tverrdalsbrui		Berg, dypt gjel. Blokk og stein i utløp.	Rimelig stabilt, begrenset tilgang på <u>sedimen</u>	Rolig, stilleflytende vann, kanalisert i berg	Store krefter og turbulens - feilmargin i vannstand.	Mulig bunnis i utløp, kulp dyp, men fryse til	Minimalt inngrep, flomsikker stasjon	Enkel tilkomst, men ulent. Tiltak kreves	19

5.2. anbefalte plasseringer

Poengscoren fra vurderingsmatrisen er oppsummert i Tabell 5-2. For måling av vannføring i Middøla-Vetledøla er det Lokasjon 2 som utpeker seg med høyest poengsum.

Tabell 5-2: Oppsummering av poengscore fra vurderingsmatrisen for plassering av målestasjon.

	Middøla-Vetledøla					Kongsøybrui	Tverrdalsbrui
	Lokasjon 1	Lokasjon 2	Lokasjon 3	Lokasjon 4	Lokasjon 5		
Sum	15	19	17	17	16	17	19

Det er viktig å poengtere at andre plasseringen også kan være aktuelle, dersom det gjøres tiltak eksempelvis etablering av terskel, eller fjerning av blokker i utløpet. For eksempel kan Lokasjon 3 være veldig gunstig, dersom det godtas at innvirkningen på Miljø og landskap blir noe større.

For måling av det totale tilsiget nedover Fortunselvi er det de to plasseringene ved Kongsøybrui og Tverrdalsbrui som er aktuelle. Her har Tverrdalsbrui høyest poengscore, da utfordringer med sedimenttransport og påvirkning på Miljø og Landskap trekker ned for Kongsøybrui. Tverrdalsbrui scorer høyt jevnt over, men det er noe usikkerhet knyttet til is og snø, uten at det har vært anledning til å se faktiske vinterlige forhold.

6. Konklusjon

Det er utfordrende å finne en egnet plassering for målestasjon i de aktuelle strekningene. Formålet med stasjonen er som sagt å dokumentere lavvannføringer i feltene. Lavvannsperioden er vinterstid, og dermed er is og snø et kritisk punkt. Særlig bunnis i turbulente strømmer ved en terskel eller utløpet av en kulp kan føre til misvisende forholdstall mellom vannstand og vannføring – som igjen gir merarbeid med korrigering og økt usikkerhet i målingene. Is og snø er gjentakende i alle aktuelle plasseringer – men noen plasseringer har større utfordringer enn andre. Det må også bemerkes at de på dette stadiet i arbeidet ikke har vært gjennomført befaringer vinterstid.

Foruten is-problematikk, er det flere plasseringer som skårer høyt på tverrsnitt, stabilt vannspeil og lite utfordringer med massetransport. De fleste plasseringene har enkel tilkomst, og god HMS kan oppnås med rimelig enkle forhåndsregler. Ved store vannføringer kan noen plasseringer kreve en noe lengre innmarsj dersom det ikke gjøres tiltak for å kunne krysse elva flere steder.

Basert på Vurderingsmatrisen gitt i vedlegg 1, er det **Lokasjon 2** og **Tverrdalsbrui** som er best egnet for å måle vannføring. Lokasjon 2 oppfylder ønsket om å måle vannføringen fra Middøla-Vetledøla, før samløpet med Nørdstedøla. Tverrdalsbrui innfrir ønsket om å måle den samlede vannføring fra Nørdstedalen, inkl. Fivlemyrane, og et samlet restfelt.

Det er beregnet at lavvannføring ved Lokasjon 2 vil være i sjiktet 126 - 163 l/s, med ei normalavrenning på omtrentlig 3.7 - 4.8 m³/s. Tilsvarende verdier for et samlet nedbørfelt til Tverrdalsbrui (sett bort ifra regulering) vil være lavvannføring på 288.0 - 310.6 l/s, og normalavrenning på 9.3 - 11.7 m³/s. Verdiene er oppsummert i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Verdier for lavvannføring og normalavrenning for de anbefalte lokasjonene for målestasjon.

Lokasjon	Alminnelig lavvannføring [l/s]	Normalavrenning [m ³ /s]
Middøla-Vetledøla Lokasjon 2	126.0 - 163.0	3.7 - 4.8
Tverrdalsbrui	288.0 - 310.6	9.3 - 11.7

Observerte verdier fra referansefeltet ligger jevnt over høyere enn det som hentes fra NVEs avrenningskart. Dette kan komme av en utdatert referanseperiode for normalavrenning, og virkingen fra klimaendringer med et våtere klima, med negativ massebalanse i breene. Generelt vil representative, observerte hydrologiske data, vektlegges over generelle verdier, dette må tas med i fremtidige vurderinger av målte vannføringer.

Kilder

NVE (2023). Etablering av målestasjon for vannføring. NVEs Digitale veiledere. Hentet fra: <https://veiledere.nve.no/vann-og-vassdrag/etablering-av-hydrologisk-vannføringstasjon/>
Sist oppdatert 11.04.2023

NVE (2015). *Målinger og metoder*. Vann og vassdrag - vannstand og vannføring. Hentet fra [Målinger og metoder - NVE](#). Sist oppdatert 21.06.2021

Norsk Klimaservicesenter (2021). *Klimaprofil Sogn og Fjordane*. [Klimaprofil Sogn og Fjordane - Norsk klima service senter](#). Sist oppdatert 04.2022, lastet ned 1.11.2023

NEVINA (2023). NVEs nettportal for generering av nedbørfelt og feltparametere.

HYDRA II (2023). NVEs database for vannføringsdata og statistikk.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Vurderingsmatrise for plassering

Vedlegg 1 – Vurderingsmatrise for målestasjon

Plassering		Kriterier							
		Tverrprofil	Sediment-transport	Lav Q	Høy Q	Is og snø	Miljø og landskap	HMS	Sum
Middøla-Vetledøla	Lokasjon 1	Berg, kombinert med stein og blokk.	Lav sedimenttilgang	Rolig vannspeil, god dybde i kulp.	Infiltrasjon, fordeling over sva	Utfordrende i utløp og liten kulp	Enkel installasjon, mulig støpt terskel	Trygt, men noe innmarsj på høy Q. Enkle tiltak	15
	Lokasjon 2	Berg, definert gjel og utløp	Lav sedimenttilgang	Dyp kulp, definert utløp	Kanalisert løp, stor blokk forstyrrer tverrprofilet	Kulp islegges, fare for bunnis ved utløp	Minimalt inngrep	Enkel tilkomst, Enkle tiltak	19
	Lokasjon 3	Sva og berg, noe blokk og stein.	Minimal sedimenttilgang	Jevnt tverrprofil, blokk i utløp er utfordrende	Jevnt tverrprofil, utfordrende blokk i utløp	Kulp islegges, fare for bunnis ved utløp	Enkel installasjon, blokk i utløp burde fjernes	Trygt, men noe innmarsj på høy Q. Enkle tiltak	17
	Lokasjon 4	Terskel ved utløp av stor stein. Flere utløp	Stabilt, relativt grovt bunnsubstrat	Noe utfordrende å definere tverrprofil ved utløp	Flomløp og vann på avveie.	Bunnis ved utløp, Kulp islegges, antas å ikke bunnfryse	Enkel installasjon, inngrep kan minimaliseres	Enkel tilkomst, Enkle tiltak kreves	17
	Lokasjon 5	Berg og grov stein, rimelig kanalisert. Burde støpes terskel	Grovt bunnsubstrat. Moderat tilgang på grus og sand	Liten naturlig kulp, liten kunstig terskel fordelaktig	Flomslette oppstrøms – vann på avveie	Utfordringer med snø, islegging og bunnis.	Enkel installasjon, mulig støpt terskel ved utløp	Enkel tilkomst, Enkle tiltak kreves	16
Kongsøybrui		Løsmasser, sand, grus og stein. Jevnt profil	Eroderbare løsmasser. Utsatt for lokalerosjon	Stilleflytende, djupål og ett definert utløp	Jevnt vannspeil, men utfordrende med to utløp	Usikre forhold under brua, bunnis ved utløp håndterbart	Svært enkel installasjon. Mulig terskel må støpes	Enkel tilkomst, Enkle tiltak kreves	17
Tverrdalsbrui		Berg, dypt gjel. Blokk og stein i utløp.	Rimelig stabilt, begrenset tilgang på sediment	Rolig, stilleflytende vann, kanaliser i berg	Store krefter og turbulens – feilmargin i vannstand.	Mulig bunnis i utløp, kulp dyp, men fryse til	Minimalt inngrep, flomsikker stasjon	Enkel tilkomst, men ulent. Tiltak kreves	19



asplan viak