

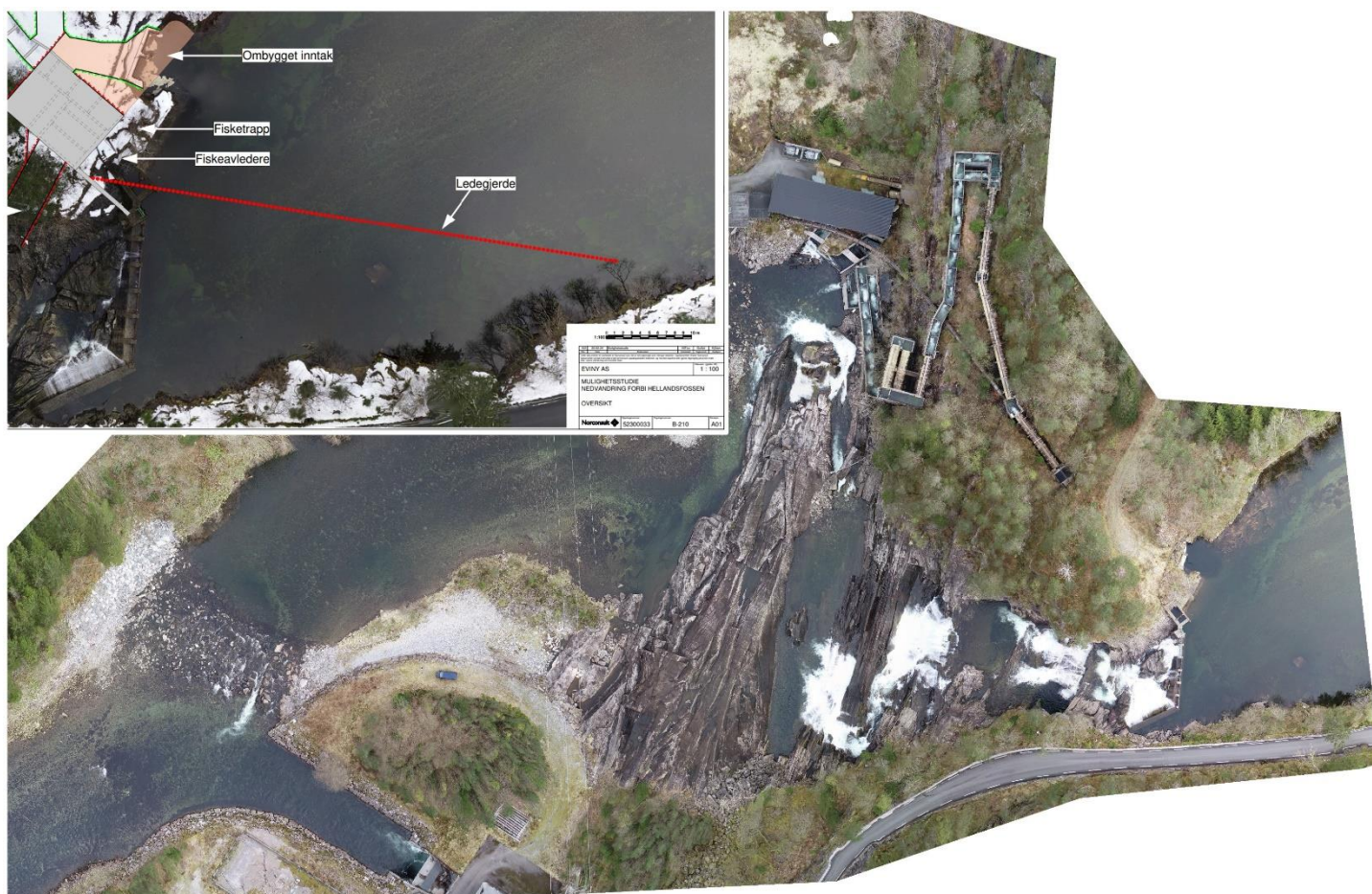
Eviny Fornybar AS

# ► Hellandsfoss kraftverk

Nedvandring forbi Hellandsfossen

Mulighetsstudie

Oppdragsnr.: 52300033 Dokumentnr.: 02 Versjon: J01 Dato: 2024-03-20



**Oppdragsgiver:** Eviny Fornybar AS  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Sissel Hauge Mykletun og Svenn Rognås  
**Rådgiver:** Norconsult Norge AS , Sandvika  
**Oppdragsleder:** Kjetil Sandem  
**Fagansvarlig:** Kjetil Sandem (biologi), Gunnar Solvang (bygg)  
**Andre nøkkelpersoner:** Halvor Kjærås, Lars Bendixby, Axel Emanuelsson, Hilde Touya (Norconsult), Sebastian Stranzl (Norce LFI)

J01	2024-03-20	For bruk	Kjetil Sandem Halvor Kjærås Gunnar Solvang		Kjetil Sandem
A01	2024-02-22	Gjennomgang hos oppdragsgiver	Kjetil Sandem Halvor Kjærås Gunnar Solvang	Lars Bendixby Gunnar Solvang	Kjetil Sandem
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammen drag

Det er knyttet betydelig dødelighet til nedvandring av fisk i Hellandsfossen. Det er beregnet en smoltoverlevelse ned fossen på ca. 40 %, og det må antas at overlevelse for nedvandrende utgytt fisk vil være enda lavere. Dersom det tilrettelegges for oppvandring forbi Hellandsfossen, vil det derfor være nødvendig med nedvandringstiltak både ved kraftverksinntaket ved Almelid (Eviny), kraftverksinntaket ved Hellandsfossen (Modalen kraftlag) og i selve Hellandsfossen for å sikre høy overlevelse til utvandrende fisk.

Denne mulighetsstudien omhandler tekniske løsninger for å etablere en trygg, alternativ nedvandningsvei utenom selve Hellandsfossen. Det var et ønske fra Eviny om å avklare muligheten for en slik løsning før det eventuelt sees nærmere på fiskevennlige løsninger knyttet til selve kraftverksinntakene.

Det foreligger flere alternative løsninger som kan være aktuelle, men flere av disse må regnes som eksperimentelle og omtales kun kort i denne rapporten. Hovedalternativet som i denne innledende fasen fremstår som mest egnet ut fra et kost-nytte- perspektiv, er en kombinasjon av mobilt flytende ledegjerde og fiskeavleder med kobling til fisketrapp. Løsningen fremstår som teknisk gjennomførbar, og basert på erfaringer ved blant annet Laudal kraftverk (Mandalselva) er den antatt å kunne ha høy effektivitet. Løsningen må imidlertid anses å være delvis eksperimentell, og det foreligger ikke erfaringer fra identiske anlegg som kan benyttes for å anslå grad av effektivitet ved ulike vannføringer. En lignende løsning med tilsvarende ledegjerde og avleder, men med rør fra nedre del av fiskeavleder og helt ned til fossefoten, er også vurdert som aktuelt.

Selv om vurderinger av løsninger ved de to kraftverksinntakene ikke er en del av denne mulighetsstudien, har det vært nærliggende å vurdere utforming av inntaket ved Hellandsfossen kraftverk i sammenheng med valgt løsning. Valgt løsning vil også kunne fungere som effektiv avleder for fisk som trekkes mot inntaket ved Hellandsfossen kraftverk, dersom dagens inntak bygges om og risten erstattes med en vinklet rist med noe større areal. Siden fisketrappa foreslås som nedvandningsvei, er også denne delvis implementert i valgt løsning. Fisketrappa må uavhengig av valgt tiltak for nedvandring modifiseres i øvre del (beskrevet i separat rapport), og det er foreslått enkle tilpasninger slik at denne også kan tilpasses nedvandring.

Samlet kostnadsestimat for alternativ nedvandningsløsning (ledegjerde og avleder), ombygging av øvre deler av fisketrapp og ombygging av inntaket til Hellandsfossen kraftverk (Modalen kraftlag) er stipulert til ca. 50 200 000.-. Siden disse delprosjektene (avledning fra foss, ombygging til fiskevennlig inntak og ombygging av øvre del av fisketrapp) i byggteknisk sammenheng må sees integrert, er kostnader vurdert samlet. Kostnader knyttet til avleder vil dekke behov både for avledning fra foss/ledegjerde og for kraftverksinntak/β-rist.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Dagens forhold for nedstrøms fiskevandring</b>	<b>6</b>
2.1	Kraftverksinntakene	6
2.1.1	<i>Hellandsfoss kraftverk – Almelid (Eviny)</i>	6
2.1.2	<i>Hellandsfossen kraftverk – Hellandsfossen (Modalen kraftlag)</i>	6
2.1.3	<i>Nedvandring i Hellandsfossen</i>	7
2.2	Oppsummering	8
<b>3</b>	<b>Hydrologisk grunnlag</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Vurdering av alternativer for nedvandring forbi fossen</b>	<b>13</b>
4.1	Ledesystem	14
4.1.1	<i>Permanent konstruksjon med varegrind</i>	14
4.1.2	<i>Flytende ledegjerde</i>	15
4.1.3	<i>Boblegardin</i>	16
4.1.4	<i>Elektrisk barriere (wire-grind)</i>	17
4.1.5	<i>Oppsummering</i>	18
4.2	Fiskeavleder	18
4.2.1	<i>Generelt</i>	18
4.2.2	<i>Tyrolerinntak</i>	19
4.2.3	<i>Coandainntak</i>	21
4.3	Nedvandringsvei	22
4.3.1	<i>Trapp</i>	23
4.3.2	<i>Rør</i>	23
4.3.3	<i>Eksisterende kraftverkstunnel</i>	23
4.4	Selvstendige fangstinnretninger	24
4.4.1	<i>Smolthjul/smoltskrue</i>	24
4.4.2	<i>Ruser</i>	24
4.4.3	<i>Wolf-felle</i>	25
<b>5</b>	<b>Anbefalt løsning</b>	<b>26</b>
5.1	Prinsipp	26
5.2	Kostnadsoverslag	31
<b>6</b>	<b>Inntaksløsning Almelid</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Kilder</b>	<b>34</b>
	<b>Vedlegg – kostnadsestimat</b>	<b>36</b>
	<b>Vedlegg - tegninger</b>	<b>37</b>



# 1 Innledning

I forbindelse med vilkårsrevisjon har Miljødirektoratet bedt Eviny om å undersøke muligheter for å få utvandrende fisk trygt forbi kraftverkstintakene ved Almelid (Hellandsfoss kraftverk, Eviny) og Hellandsfossen (Hellandsfossen kraftverk, Modalen kraftlag), samt forbi det naturlige elveløpet i selve Hellandsfossen.

Etter ønske fra Eviny er det i første omgang ønskelig å utføre en mulighetsstudie som kun ser på fiskenedvandring i selve fossen, og at nedvandningsproblematikk forbi de to kraftversinntakene holdes utenom. Tiltak knyttet til sikker nedvandring forbi kraftverksinntakene er følgelig ikke del av dette mulighetsstudiet, men forhold knyttet til inntaket til Hellandsfossen kraftverk (inntak rett oppstrøms Hellandsfossen) er likevel i noe grad implementert i vurderingene grunnet nærheten til fossen.

Norconsult er engasjert til å gjennomføre en mulighetsstudie for tiltak som kan sikre overlevelse til utvandrende fisk ned fossen. Det ble gjennomført befarings i Hellandsfossen og idémyldring av alternative tiltak den 10. mai 2023. Deltakere på befaringsen var Svenn Rognås og Sissel Hauge Mykletun fra Eviny, Gunnar Solvang og Kjetil Sandem fra Norconsult, samt Sebastian Stranzl fra NORCE-LFI.

Forhold knyttet til oppvandring forbi laksetrappa i Hellandsfossen er detaljert beskrevet i rapport fra 2022 [1]. I en eventuell senere prosjekteringsfase vil det være avgjørende å se på modifiseringer av øvre del av trappa i sammenheng med valgt nedvandningsløsning. Den samme rapporten omtaler i grove trekk nedvandningsforholdene ved kraftverksinntakene og ved fossen. Deler av dette er gjengitt i kapittel 2. Undersøkelse av overlevelse til nedvandrende smolt forbi fossen er i tillegg undersøkt i 2023, og er et viktig bidrag til det totale kunnskapsgrunnlaget vedrørende dagens forhold for nedvandring i selve fosseløpet.

Rapporten er delt inn i ett kapittel der ulike aktuelle løsninger omtales noe overordnet (kapittel 4), samt ett kapittel der «valgt» løsning beskrives noe mer detaljert (kapittel 5). Det presiseres at dette mulighetsstudiet kun beskriver aktuell(e) løsning(er) i grove termer, og at det i eventuelt senere faser må utføres mer detaljert prosjektering.

## 2 Dagens forhold for nedstrøms fiskevandring

### 2.1 Kraftverksinntakene

#### 2.1.1 Hellandsfoss kraftverk – Almelid (Eviny)

Inntaket til Hellandsfoss kraftverk ligger om lag 2 km oppstrøms Hellandsfossen. Kraftverket har en slukeevne på 50 m<sup>3</sup>/s og inntaksrist med 85 mm lysåpning mellom grindstavene. Inntaket er ellers utformet slik at det ikke vil være noen direkte eller indirekte vandringsbarriere for nedvandrende fisk. Kraftverkets slukeevne er betydelig sammenlignet med minstevannføringen (2,2-5,0 m<sup>3</sup>/s). Det er ellers få dager i året der totalvannføringen overstiger 100 m<sup>3</sup>/s, dvs. det punktet der det andelsmessig går mer vann i overløp enn i inntaket. Det vurderes som sannsynlig at mesteparten av nedvandrende fisk vil trekkes mot inntaket utenom perioder med vesentlig overløp over dammen, dvs. flomvannsperioder med totalvannføring godt over 50 m<sup>3</sup>/s.

Enkle simuleringer (Monte-Carlo-simulering) av direkte turbindødelighet viser en dødelighet på hhv 13 % for smolt og 50 % for utgytt fisk (fiskelengde 60 cm) ved Q<sub>max</sub>. Det presiseres at simuleringen er svært generell, i tillegg til at den ikke inkluderer eventuelle senskader uten at fisk fysisk treffer turbinbladene (eksempelvis som følge av trykkforandringer) [1].

#### 2.1.2 Hellandsfossen kraftverk – Hellandsfossen (Modalen kraftlag)

Hellandsfossen kraftverk har en total slukeevne på 11,0 m<sup>3</sup>/s og inntaksrist med lysåpning på 67 mm. Rista vil trolig delvis kunne fungere som adferdssperre for nedvandrende smolt og spesielt for utgytt fisk, men betydningen av rista som eventuell adferdssperre vil trolig i stor grad avhenge av attraktiv og nært beliggende alternativ nedvandringsvei.

Inntaket til Hellandsfossen kraftverk har ingen lang inntakskanal som skiller driftsvannet fra vannet i elva. Utformingen av selve inntaket er således i utgangspunktet noe bedre tilpasset nedvandring utenom kraftverket sammenlignet med inntaket ved Almelid. Vannføringskurver fra elva oppstrøms Hellandsfossen viser at kortvarige flommer inntreffer flere ganger vår og høst. Ved vannføringer over kraftverkets slukeevne vil vann gå i overløp over dammen ved Hellandsfossen. Jo høyere vannføringen er, desto større blir sannsynligheten for at fisk velger det naturlige elveløpet som nedvandringsrute. Ved vannføringer > 20 m<sup>3</sup>/s vurderes det som mer sannsynlig at nedvandrende fisk følger det naturlige elveløpet enn turbinvannet. Andel nedvandrende fisk som følger det naturlige elveløpet vil trolig kunne variere stort mellom år, og vil avhenge av tidspunkt og størrelse på «flomtopper», dvs. vannføringer > 11,0 m<sup>3</sup>/s pluss minstevannføring [1].

Enkle simuleringer av turbindødelighet (tilsvarende som utført for inntak ved Almelid, og med de samme usikkerheter) viser en turbindødelighet for nedvandrende smolt på 28 % ved Q<sub>max</sub>. For nedvandrende utgytt fisk med fiskelengde 60 cm er tilsvarende dødelighet beregnet til 85 % [1].

Kraftverksinntaket har såpass liten lysåpning at denne vil kunne fungere som fysisk sperre for større utgytt fisk. Hvis en legger til grunn at bredden til en voksen laks eller ørret tilsvarer ca. 15 % lengden, vil en fisk på 50 cm lengde (ca. 1-1,3 kg) trolig i stor grad fysisk forhindres i å passere gjennom rista. For smolt vil varegrinda kunne ha en viss adferdsmessig barriereeffekt, men mangel på alternativ nedvandringsrute i umiddelbar nærhet til rista medfører trolig at effekten vil være svært begrenset. Dette vil trolig også være tilfelle for utgytt fisk i de mindre lengdegruppene. Eventuell fare for at fisk fester seg til grinda som følge av høy vannhastighet/utmattelse er ikke vurdert.

### 2.1.3 Nedvandring i Hellandsfossen

Høydeprofil fra høydedata viser et totalt fall på 36,3 meter fra nedstrøms ende av fossen til elva oppstrøms dammen. Fossen utgjøres av flere fall, og fremstår turbulent der vannstrømmen flere steder tilsynelatende skyter mot fast fjell. De to største sprangene er lokalisert omtrent midt i fossen, og det er dette partiet som visuelt sett fremstår som mest kritisk for fisk (figur 2-1).



Figur 2-1. Hellandsfossen. Fosseparti med antatt størst sannsynlighet for skade på fisk er markert med rød sirkel.

Den øverste av de to kritiske fallstrekningene inkluderer to fosser der begge har fallhøyde på 7 meter og treffer fast fjell med en vinkel på 90°. Den nederste fallstrekningen inkluderer to fosser på hhv. 7 og 9 meters høyde. Den øverste av disse er oppgitt å treffe fast fjell med ca. 70° vinkel, mens den høyeste fossen treffer omtrent vinkelrett på berget [2]. Fallhøydene er i seg selv ikke tilstrekkelig store til at det vurderes at disse alene utgjør noe vesentlig utfordring verken for nedvandrende smolt eller utgytt fisk, dersom fisken treffer vann med tilstrekkelig dybde. Utfordringene er knyttet til fysiske skader i form av slagskader når fisken treffer fast fjell. Gabrielsen et al. (udat.) påpeker at forholdene forbedres med økende vannføring på grunn av at vannsøylen da vil skyte skrått mot strykpartier/kulper snarere enn vinkelrett på fjell. Dette kan være relevant dersom tekniske løsninger for å forbedre nedvandningsforholdene ikke kan hensynta de største flomtoppene som kan forekomme i vassdraget. Imidlertid er det ikke undersøkt hvilke vannføringer dette eventuelt gjelder for, og hvor ofte slike vannføringer inntreffer i kritiske nedvandningsperioder. Selv om det observeres at

fossen endrer karakter ved gitte vannføringer, vil vurderinger av endringer i overlevelse uansett være heftet med stor grad av usikkerhet uten mer omfattende undersøkelser.

I 2023 ble det merket 70 smolt med akustiske sendere, hvorav 20 av disse var predasjonsmerker [3]. Totalt ble 59 individer detektert i lyttebøynettverket, og 18 individer ble detektert nedstrøms fossen. Ved antakelse om at de individene som ikke ble detektert oppstrøms fossen heller aldri vandret nedstrøms, blir overlevelse 31 %. Om man derimot tar utgangspunkt i at samtlige merkede smolt har vandret ned Hellandsfossen (også de som ikke ble detektert oppstrøms), blir overlevelsen 26 %. Av predatormerkene fremkommer det at 6 smolt ble spist i løpet av vandringen, hhv. 4 oppstrøms fossen og 2 nedstrøms. Korrigerer man for predasjon, blir overlevelsen ned Hellandsfossen 40 %.

Merkestudiet konkluderte med at det er sannsynlig at 31-40 % av smolten som vandrer ned Hellandsfossen overlever, avhengig av om man korrigerer for predasjon [3].

## 2.2 Oppsummering

Norconsult er av en klar oppfatning av at dødeligheten for nedvandrende fisk som får tilgang til elvearealer oppstrøms Hellandsfossen, vil være høy, og høyere enn det som anses forsvarlig med tanke på å kun gjennomføre tiltak knyttet til oppvandring. Vi vurderer derfor at det er tre mulige scenarier for videre drift og forvaltning av Modalsvassdraget:

- Fortsatt stenging/riving av laksetrappa ved Hellandsfossen. Anadrom strekning vil være opp til foten av Hellandsfossen (6,3 km).
- Ombygging av laksetrapp, bygge fiskevennlige inntaksarrangement ved inntakene i Almelid og Hellandsfossen samt arrangement for forbiledning av fisk forbi Hellandsfossen. Anadrom strekning vil være opp til og med Steinslandsvatnet (20 km).
- Ombygging av laksetrapp, bygge fiskevennlig inntaksarrangement ved Hellandsfossen i kombinasjon med forbiledning av fisk forbi fossen, og stenging av laksetrappa ved Almelid. Anadrom strekning vil være 8,4 km.

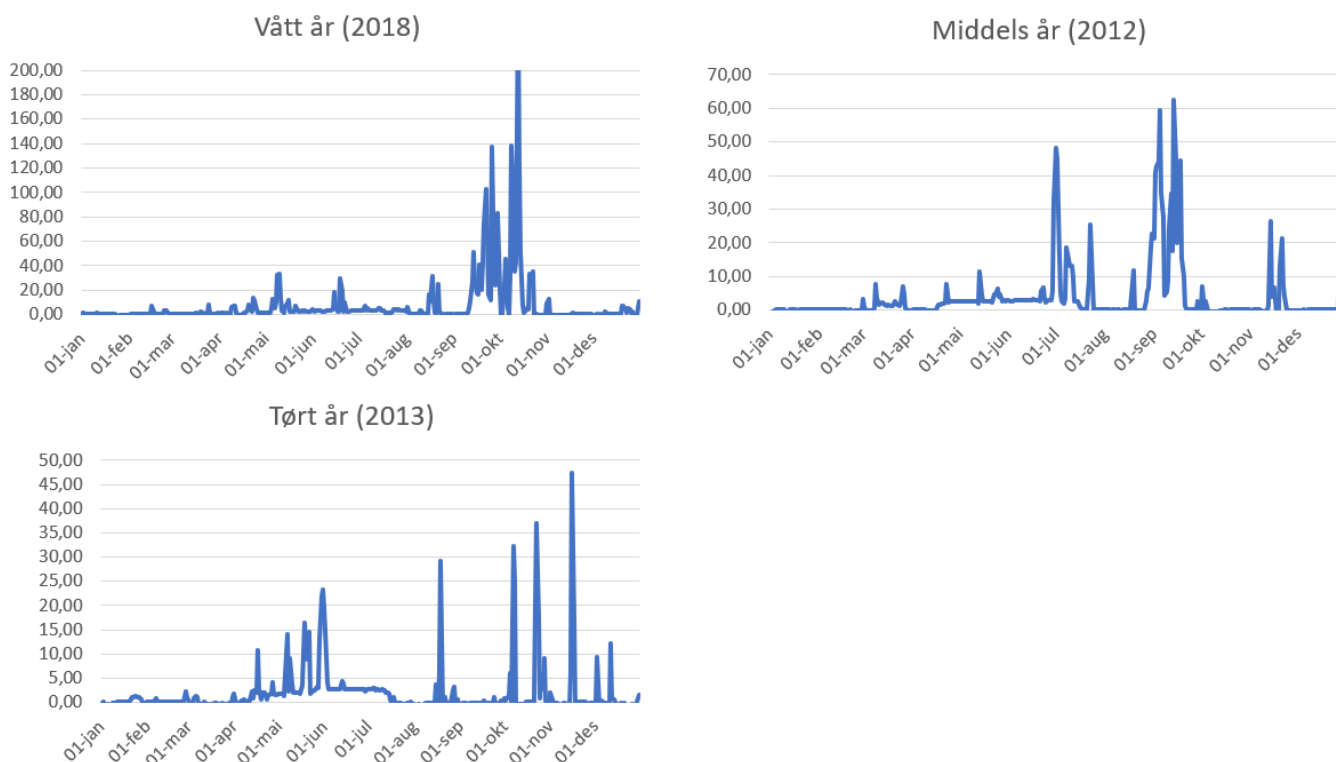
Et fjerde scenario er å utføre tiltak ved kraftverksinntakene, men å la nedvandringsforholdene for øvrig være som de er. Det må ved et slikt alternativ påregnes vesentlig dødelighet for utvandrende fisk.

Det påpekes også at tiltak for å forhindre fisk i å følge turbinvannet ved kraftverksinntakene også vil ha en positiv påvirkning på øvrig fiskefauna, antatt begrenset til stasjonær, elvelevende ørret. Det er ikke kjent om ål finnes i vassdraget, og det er ikke lagt inn registreringer av arten i tilgjengelige databaser.

### 3 Hydrologisk grunnlag

Det hydrologiske grunnlaget er utarbeidet av Eviny etter forespørsel fra Norconsult. Det er presisert at det ikke foreligger gode grunnlagsdata for beregningen, og at den må benyttes med noe forsiktighet. Spesielt er det knyttet usikkerhet til måling ved Almelid ved vannføringer over minstevannføringskravet ( $> 5 \text{ m}^3/\text{s}$ ), samt estimerte tilsig i restfelt mellom Almelid og Hellandsfossen. I tillegg er det usikkerhet knyttet til at bekkeinntakene i perioder har vært stengt, og det i beregningen er lagt til grunn at alt tilsig til disse er benyttet til kraftproduksjon. Det er også knyttet usikkerheter til tilsigsfordeling mellom foss, fisketrapp og Hellandsfossen kraftverk, som har medført at beregningen periodevis gir negativ vannføring i fossen [4].

Vannføringskurver for hele året fra tre utvalgte eksempelår (vått, «middels» og «tørt» år) viser betydelige variasjoner både innad og mellom år, og vassdragssegmentet kjennetegnes ved at de største flommene ser ut til å inntreffe om høsten (figur 3-1).

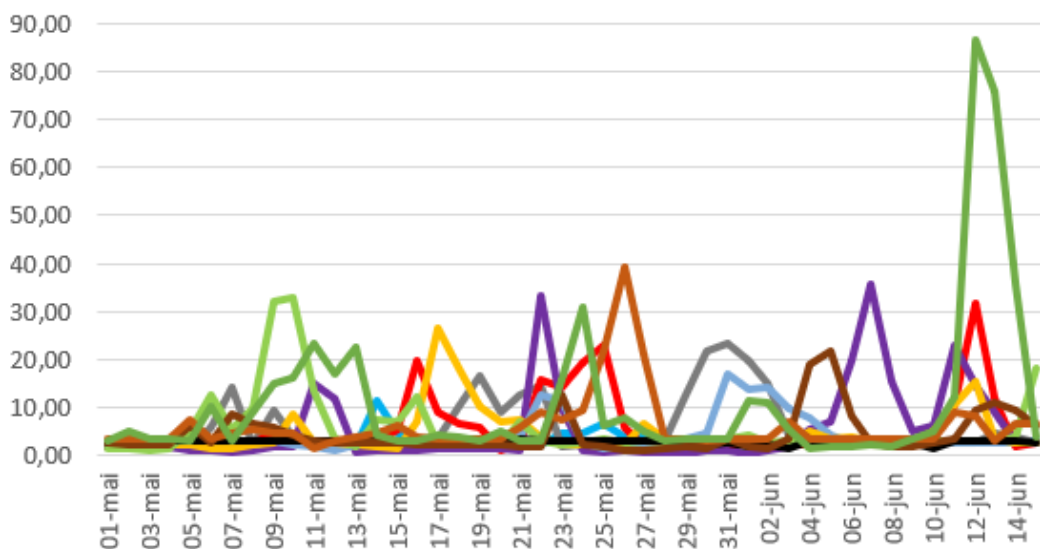


Figur 3-1. Vannføring over året for tre eksempelår. Merk at vannføring (y-akse) har ulik skalering for de respektive årene. Hydrologisk grunnlag er utarbeidet av Eviny.

Vannføringskurver i smoltutvandringsperioden for 11 år (2012-2022) viser at mindre flommer på opptil  $30\text{-}40 \text{ m}^3/\text{s}$  forekommer i om lag halvparten av årene, og at flomvannsepisoder inntreffer relativt regelmessig gjennom hele den definerte perioden (figur 3-2). Det vurderes at et ledesystem som fungerer tilfredsstillende opp til  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  vil gi en høy effektivitet ved vurdering av smoltutvandring isolert.

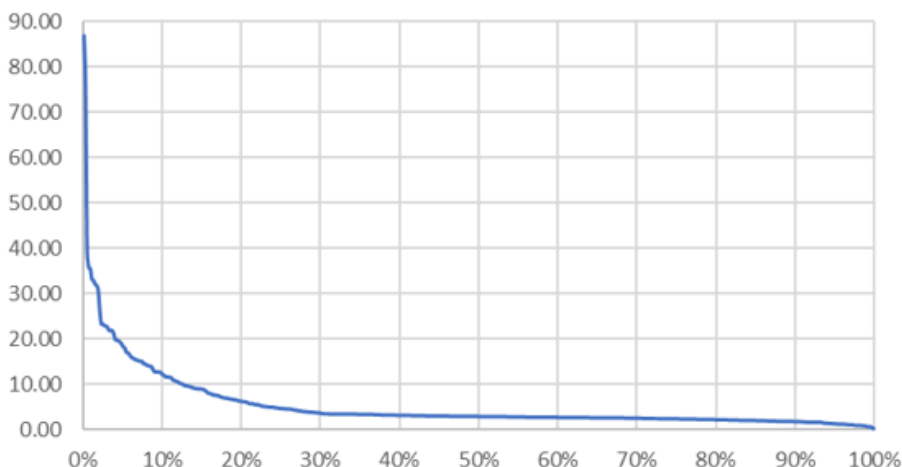


### 1. mai - 15. juni



Figur 3-2. Vannføring i smoltutvandringsperioden for hvert år i perioden 2012-2022. Hydrologisk grunnlag er utarbeidet av Eviny.

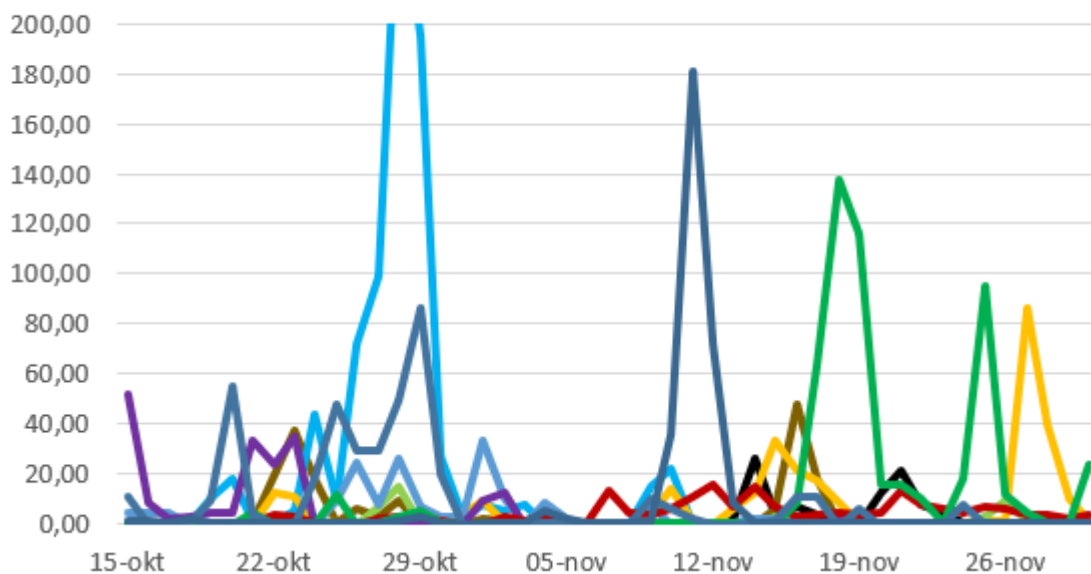
Varighetskurve for samme periode viser at vannføringer over 10 m<sup>3</sup>/s bare inntreffer i ca. 10 % av perioden. Imidlertid må varighetskurver som kriterium for design av nedvandringssløsning benyttes med forsiktighet, da det må antas at en stor andel av nedvandringen foregår i kortere perioder med høye vannføringer, der gjennomsnittlige vannføringer er av mindre relevans.



Figur 3-3. Varighetskurve for vannføring ved Hellandsfossen i smoltutvandringsperioden (1/5-15/6), basert på tidsserie for perioden 2012-2022. Hydrologisk grunnlag er utarbeidet av Eviny.

Vannføring etter gyting senhøsten varierer betydelig, og kraftige (kortvarige) høstflommer med vannføringer > 120 m<sup>3</sup>/s forekommer år om annet (figur 3-4). Vannføringsforholdene i perioden det kan forventes utvandring av utgytt fisk (her definert til 15/10-30/11) vil altså kunne variere stort. Varighetskurve for samme periode viser at det i om lag 90 % av tiden er vannføringer under ca. 15 m<sup>3</sup>/s ved Hellandsfossen (figur 3-5).

### 15. oktober - 30. november

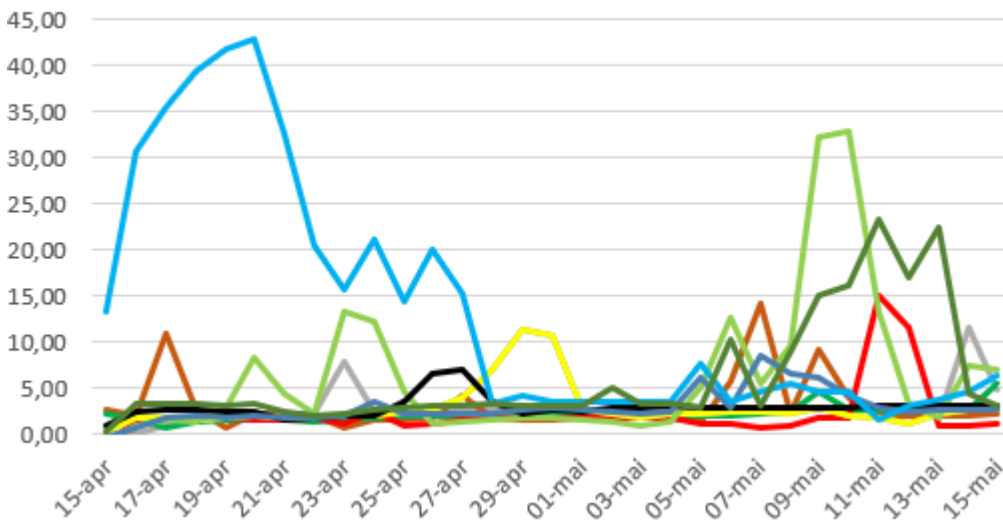


Figur 3-4. Vannføring etter gyting for hvert år i perioden 2012-2022. Hydrologisk grunnlag er utarbeidet av Eviny.

Figur 3-5. Varighetskurve for vannføring ved Hellandsfossen etter gyting (15/10-30/11) basert på tidsserie for perioden 2012-2022. Hydrologisk grunnlag er utarbeidet av Eviny.

Det er knyttet usikkerhet til i hvor stor grad utgytt fisk vil overvintre i ferskvann oppstrøms Hellandsfossen, og eventuelt andelen fisk som velger å bli stående over vinteren. Vannføringer ved antatt relevant utvandningsperiode for vinterstøinger (15/4-15/5) ligger de fleste år relativt lavt, med flomvannsepisoder på 5-15 m<sup>3</sup>/s (figur 3-6). År om annet inntreffer noe større flomvannshendelser i perioden for potensiell utvandring av støinger, med høyeste beregnede vannføring på noe i overkant av 40 m<sup>3</sup>/s innenfor den undersøkte tidsperioden.

### 15. april - 15. mai



Figur 3-6. Vannføring i tidsrommet der det eventuelt kan forventes utvandring av vinterstøinger, hvert år i perioden 2012-2022. Hydrologisk grunnlag er utarbeidet av Eviny.

## 4 Vurdering av alternativer for nedvandring forbi fossen

Etablering av nedvandringssløsning ved Hellandsfossen kan enten gjennomføres ved tiltak i selve fossen (sprenging) eller som tiltak for å lede fisken til en trygg, alternativ nedvandningsrute. Utglatting av berg og sprenging av kulper i fossen vil medføre betydelige endringer av fossens karakteristika, og må også hensynta til dels store variasjoner i vannføring. En kombinasjon av noe enklere tiltak i fossen for å øke sannsynligheten for overlevelse, kombinert med tiltak knyttet til alternativ nedvandningsrute, kan også være aktuelt. I denne mulighetsstudien sees det ikke nærmere på tiltak knyttet til endringer i selve fosseløpet, da det vurderes som svært usikkert hvorledes tiltak skal utføres slik at høy overlevelse sikres på et bredt spekter av vannføringer. I tillegg er det usikkert hvorvidt det er ønskelig/akseptabelt fra andre relevante myndigheter med tiltak som totalt vil forandre karakteren til fossen.

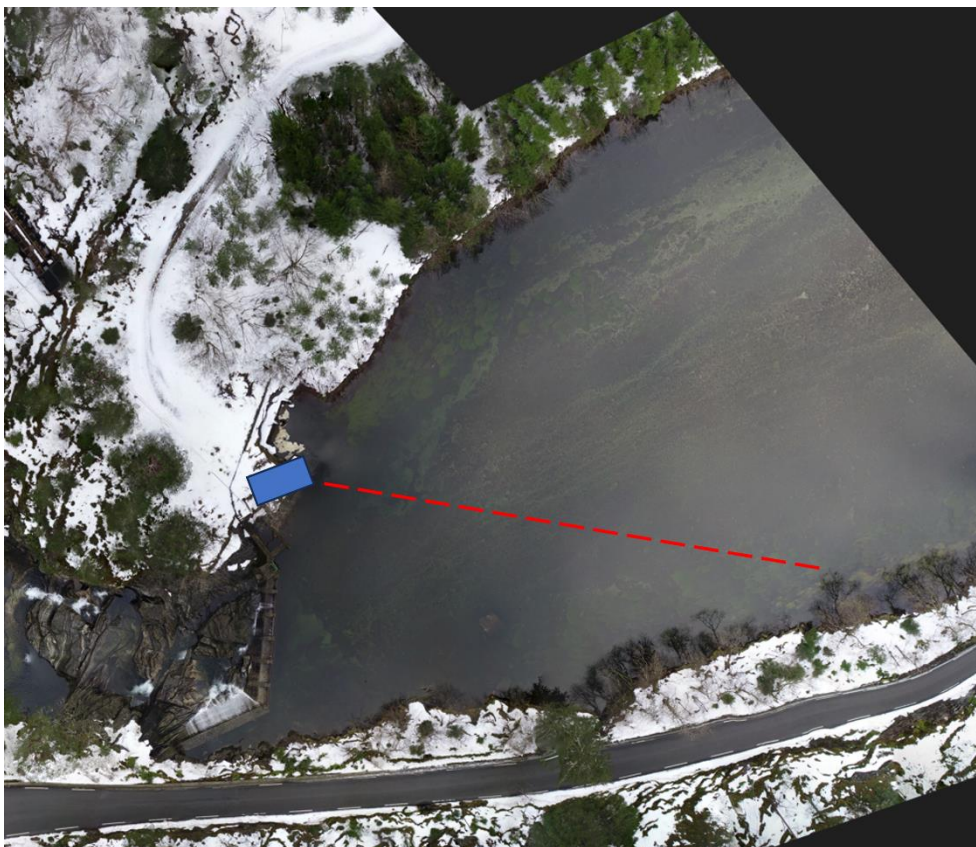
Skisserte løsninger knyttet til alternativ nedvandningsrute inkluderer to deltiltak:

- Ledesystem oppstrøms fossen for å lede fisk til etablert nedvandringssløsning
- Avleder og nedvandningsvei utenfor fossen, inkludert system for å skille fisk og vann

Ledesystem etableres for å styre fisken mot et avgrenset område der det etableres en avleder for videre transport av fisk, enten ved å etablere passasje til fossefoten, til punkt i fossen nedstrøms antatte kritiske punkt eller til fisketrappa. Det er kun vurdert en plassering av avleder på nordsiden av elva, som følge av stedlige og topografiske forhold, samt at kraftverksinntaket med tidvis betydelig attraksjonskraft også er beliggende på denne siden. Ledegjerdet plasseres nedstrøms kraftverksinntaket, slik at attraksjonen fra kraftverksinntaket også vil bidra til økt effektivitet. Løsningen krever ombygging av inntaket.

Et ledesystem bør anlegges skrått på hovedvannstrømmen mot avleder, slik at strømningsmønsteret vil bidra til at fisken vil følge ledesystemet mot nedstrøms ende. Prinsippet er vist i figur 4-1.

Det er ikke vurdert tiltak som omfatter bygging på sør/østsiden av elva. Dette skyldes svært krevende byggetekniske forhold med bratt terreng, og små tilgjengelige arealer mellom vei og elv/foss.



Figur 4-1. Etablering av ledesystem (rødstiplet linje) for å styre fisk mot alternativ nedvandringsvei (eksempel på lokasjon illustrert med blå firkant).

Et alternativ til ledesystem og separat nedvandringvei er selvstendige fangstinnretninger kun for innsamling av fisk, der fisken flyttes fysisk fra oppstrøms til nedstrøms side av fossen («trap and transport»). Dette kan eksempelvis utføres ved hjelp av smoltskruer, som vil være en vesentlig enklere installasjon, men med usikker effekt, alternativt smoltfeller med oppsamlingskar uten et arrangement for videre vandring. Slike systemer vil kreve kontinuerlig overvåking og oppfølging gjennom hele nedvandringssesongen. Selvstendige fangstinnretninger er kort omtalt i 4.4.

## 4.1 Ledesystem

Det finnes flere alternative løsninger for å lede fisk mot ønsket del av et elvetvernsnitt/nedvandringsrute, men der spesielt løsninger som kun virker som *adferdsbarrierer* fremfor fullstendige *fysiske barrierer* i noe grad må kunne omtales som eksperimentelle. Det gis en kort beskrivelse av aktuelle ledesystemer i det følgende, med vurderte fordeler og ulemper. De alternative løsningene beskrevet under vil også være aktuelle å vurdere for å hindre fisk i å svømme inn inntakskanalen ved Almelid.

### 4.1.1 Permanent konstruksjon med varegrind

En permanent installasjon i form av varegrind med liten lysåpning vil kunne oppnå svært høy effektivitet da denne vil kunne anlegges som en fullstendig fysisk barriere, og vil kunne bli tilsvarende som legges til grunn for mønsterpraksis ved fiskevennlige kraftverksinntak. Typisk lysåpning mellom grindstavene vil være 10-15 mm. Det må trolig installeres langsgående automatisk grindrensker for å transportere driv mot nedstrøms



ende av grinda. Utfordringer er knyttet til å få transportert drivgods vekk fra fiskeavleder, samt at dette alternativet trolig medfører betydelige kostnader sammenlignet med de øvrige nevnte tiltakene. Det vil kreves et permanent betongdekke langs hele konstruksjonen som rista anlegges på, og tilsvarende langs bunnen for fundamentering.

#### 4.1.2 Flytende ledegjerde

Flytende ledegjerde vil ha noe av den samme funksjonen som permanent varegrind, men der effektivitet vil avhenge av dybde på grinda samt avstand mellom grindstavene. Gjerdet vinkles  $\leq 30$  grader i forhold til vannstrømmen, for å skape en sekundærstrøm parallelt med grinden etter samme prinsipp som en vinklet, permanent varegrind. Det finnes ulike former for ledegjerder (angled bar, modified angled bar, louver), der forskjellene i hovedsak ligger i utformingen av grindstavene.

Flytende *louver* er blant annet testet ut med høy passasjeeffektivitet for smolt i Connecticut River [5] og Exploit River. Ved sistnevnte kraftverk er det imidlertid rapportert om betydelig dårligere effektivitet for utgytt fisk, trolig fordi de svømmer under louveren. I tillegg ble det utført omfattende modifiseringer for å få ledegjerdet til å oppnå ønsket effektivitet på smolt [6]. Ledegjerdet ved Exploit River har for øvrig lysåpning på 5 cm, er 2,5 meter dypt (vanndyb i kanalen ca. 10 meter) og er om lag 200 meter langt. Flytende ledegjerde er i senere tid også testet ut i Mandalselva for å lede fisk utenom inntaket til Laudal kraftverk. Ledegjerdet her hadde en lengde på 90 meter, med lysåpning på 5 cm. Ledegjerdet var 1,5 m dypt, mens største vanndyb var ca. 4 m. Det bestod av paneler på 2,5 m lengde som kunne heises opp og ned med en vinsj. Formålet med heving og senkning er tredelt: lokal tilpasning mot bunnen i grunne områder, heving utenfor driftssesongen og rensking av grinda. På utsiden av føringene er det montert en grindrensker som skraper av drivende vegetasjon når grinda heves (se figur 4-2).



Figur 4-2 Oppstrøms side av ledegjerde i Mandalselva. Hvert panel har en lengde på 2,5 m og kan heves og senkes med vinsj. Grindrensker sees øverst på grindpanelene. (Bilde: Halvor Kjærås)

Erfaringer fra telemetristudie av laksesmolt ved flytende ledegjerde i Mandalselva viste at effektiviteten til selve ledegjerdet var svært godt, men at smolten ikke kan forutsettes å bare vandre i overflaten. De merkede smoltene som interagererte med gjerdet ble i stor grad ledet til enden av gjerdet, men en relativt stor andel av smolten passerte under gjerdet. Det ble observert noe dykkeatferd ved gjerdet, men den største andelen av smolt som passerte var fisk som i utgangspunktet svømte lavt i vannsøylen. (Kjærås et al, upub.)

Det regnes derfor som sannsynlig at effektiviteten til et ledegjerde i stor grad avhenger av den relative dybden til gjerdet i forhold til den totale dybden. Eksakte dybder ved det aktuelle elvesegmentet i Modalselva er ikke kjent, men det antas at dybden til ledegjerdet vil kunne utgjøre tilnærmet hele vannsøylen. Dronescan viser at vandypet i det aktuelle området for et ledegjerde er ca 1,0-1,8 meter ved lav vannføring. Fra orto- og dronefoto er det tydelig at det er sandbunn i området, så ledegjerdet kan føres helt ned til bunnen de fleste steder. Et alternativt til en helt flytende konstruksjon er at ledegjerdet føres ned til og forankres mot bunnen, mens bare flytebryggen beveger seg med den varierende vannstanden.

Ledegjerdet forankres med vaiere til lodd på bunnen, og kan trekkes seksjonsvis mot land i de periodene ledesystemet ikke behøver å være operativt. Smoltutvandringen inntreffer i en relativt konsentrert periode om våren og forsommeren, og det kan antas at en stor andel av den utgytte fisken vil utvandre i en begrenset periode senhøst (etter gyting). Utvandring av utgytt fisk kan imidlertid også forekomme i andre perioder, ved at den utgytte fisken blir stående i elva over vinteren og vandrer ut som vinterstøinger påfølgende vår. Dette skjer typisk ved de første vårflommene, i perioden rett før og noe inn i smoltutvandringsperioden, typisk mars-medio mai. Hvor stor andel av den utgytte fisken som utvandrer hhv høst og vår er ikke kjent.

I Mandalselva har ikke tilstopping vært noe stort problem. Ledegjerdet er der plassert ca. 45 grader på vannstrømmen, men i vannoverflaten oppstår det umiddelbart oppstrøms for gjerdet en parallellstrømning som transporterer bort det meste av drivende vegetasjon. De største problemene har vært med langt gress på forankringsvaierne.

Steis Mekaniske Verksted har rettigheter til løsningen som ble benyttet i Mandalselva, og rettigheter må avklares med dem.

### 4.1.3 **Boblegardin**

Boblegardin vil kun utgjøre en *adferdsmessig* barriere, og må tolkes som eksperimentelt. Svenske studier fra laboratorium og et større vassdrag har imidlertid vist høy ledeeffektivitet, hhv. 95 % i lab og 90 % i elv. Effektiviteten synes dog delvis å avhenge av lysforhold, der mørke påvirker effektiviteten negativt [7]. Foruten et fåtalls studier utført i England og Sverige kjenner vi til få undersøkelser der boblegardinens effekter på fiskeavledning er undersøkt.

Vannhastigheten i studiet det refereres til over var om lag 0,3 m/s. Det må antas at høyere vannhastigheter vil påvirke effektiviteten negativt, og vil også avhenge av høyden på vannsøylen den må operere innenfor. Boblegardin kan enten utføres som enkeltstående tiltak eller i kombinasjon med andre ledeanordninger. Eksempelvis kan boblegardin supplere et flytende ledegjerde for å øke den adferdsmessige barrieren til installasjonen, og kanskje spesielt nært bunnen i den delen av vannsøylen som eventuelt ikke dekkes av det fysiske ledegjerdet.

Fordeler med boblegardin er nok spesielt knyttet til at det er et kostnadseffektivt og relativt enkelt tiltak, samt at det er driftsmessig gunstig ved at driv kan passere. Usikkerheter er knyttet til at effektiviteten generelt i liten grad er dokumentert, og at vannhastigheter mot gardinen trolig er en viktig parameter for funksjonen.

Dersom boblegardin skal vurderes nærmere bør det gjennomføres som et testprosjekt hvor man overvåker fiskevandring og sperre/ ledeeffekt på smolt og utgytt fisk gjennom en sesong, før dette evt. vurderes som et permanent tiltak. Erfaringer herfra vil også være svært nyttig for andre overførbare prosjekter.

#### 4.1.4 Elektrisk barriere (wire-grind)

Et elektrisk ledegjerde omfatter horisontale stål-wire med elektrisk spenning. Løsningen må betraktes som eksperimentell, men har vist svært høy effektivitet (> 95 % passasjeeffektivitet) ved testing både i laboratorium og ved pilotanlegg i elv (Leinau vannkraftverk i Bauern). Vannhastighetene ved studieområdene har vært lavere enn 0,5 m/s, og vannhastighet er trolig en viktig parameter for at en slik løsning skal fungere etter hensikten. I tillegg er systemet testet ut i en inntakskanal med antatt svært jevnt strømningsmønster og en fast vannføring mot inntaket på 14 m<sup>3</sup>/s.

En stor fordel ved denne løsningen er at wire-grinden er selvlensende ved at wirene kan slakkes opp ved hjelp av hydrauliske sylindre hvis/når det fester seg drivgods på wiren (figur 4-3).

Tiltaket er som nevnt eksperimentelt, og det er usikkert om dette bør vurderes videre som aktuell løsning enten alene eller i kombinasjon med annet ledesystem. Systemet omtales derfor ikke videre i denne mulighetsstudien.



Figur 4-3. Oppspent (driftsmodus) og slakket (rensemodus) posisjon på elektrisk wire-grind. Figur er klipt ut fra presentasjon til FishProtector.

## 4.1.5 Oppsummering

I tabell 4-1 gis det en oppsummering av tidligere beskrevne tiltakstyper for å styre fisk mot ønsket lokalitet for alternativ nedvandningsvei forbi fossen, med skjønnsmessige vurderte fordeler og ulemper.

Tabell 4-1. Sammenstilling av tiltak for å styre fisk til fiskeavleder.

Kapittel	Tiltak	Forventet passasjeeffektivitet	Kostnad	Driftsvennlighet	Eksperimentelt	Anbefalt å vurdere videre
4.1.1	Permanent ledegjerde (utformet som $\beta$ inntaksrist)	Høy	Ikke beregnet	Usikkert; Må etablere et system for utspyling av driv	Nei	Usikkert
4.1.2.	Flytende ledegjerde	Middels-høy*	Middels	Usikkert; Må trolig etablere et system for utspyling/sortering av driv	Delvis	Ja
4.1.3	Wiregrind som elektro-fysisk barriere (hybridløsning)	Usikker/ men potensielt god	Middels	Trolig god (avhengig av stabil strømtilførsel)	Delvis/ ja	Usikkert
4.1.4	Boblegardin	Usikker/ men potensielt god	Lav	God	Delvis	Usikkert
4.1.2/4.1.4	Kombinasjon flytende ledegjerde og boblegardin	Middels-høy*	Middels	Usikker	Delvis	Ja**

\*Avhenger i stor grad av dybde på gjerde i forhold til elvedybde. \*\*Spesielt aktuelt dersom det blir betydelig dybde mellom elvebunn og bunn ledegjerde (problemstilling knyttet til flomvannføringer/høy vannstand, evt kostnadsmessige og/eller driftstekniske hensyn)

## 4.2 Fiskeavleder

### 4.2.1 Generelt

#### Vannføring

For å få tilstrekkelig attraksjonsstrøm mot fiskeavleder bør vannføring i fiskeavleder utgjøre minst 5 % av turbinvannføringen [8]. Litteraturen er imidlertid noe sprikende angående krav til andel vannføring i fiskeavleder, noe som trolig skyldes ulike stedsspesifikke forhold knyttet til strømningsmønstre og generell lokalisering og utforming av avleder og inntaket for øvrig. Pulg et.al. (2018) oppgir at vannføring i fiskeavleder bør ligge i intervallet 2-10 % av totalvannføring, og at finmasket, skråstilt inntaksrist vil redusere behovet for vannmengde i avlederen. Nødvendig vannføring mot avleder vil således også avhenge av hvilket ledesystem som benyttes, der en fysisk barriere (eksempelvis varegrind med 15 mm lysåpning mellom grindstavene) vil medføre lavere behov for attraksjonsvannføring mot avleder enn et ledesystem som kun fungerer som adferdsmessig barriere (eksempelvis boblegardin og ledegjerde med 50 mm lysåpning).

## Utforming

Vannhastigheten mot avlederen bør være jevnt akselererende og ikke overstige 1 m/s per meter utløpskanal [9]. Det er viktig å unngå bratte kanter slik at rask endring i akselerasjon unngås [8]. Dette oppnås best ved å anlegge en slakt skrånende bunn med avrundet form mot overløpet fremfor loddrett vegg.

For at avlederen også skal ha funksjon som oppsamlingsanordning for nedvandrende fisk må det installeres en finrist i avlederen som skiller fisk fra vannmassene og leder fisken via en oppsamlingsrenne til egnet basseng.

### 4.2.2 Tyrolerinntak

Et tyrolerinntak består av en terskel fulgt av en grind som ligger over en samlekanal. Grinden består av grindstaver som ligger parallelt med strømrretningen [10]. Helningen på ristene er typisk 10-20 grader, der en brattere rist er nødvendig for å holde rista åpen hvis det er mye transport av stein og/eller drivgods. Dersom grindstavene utformes med trapesform med største tverrsnitt opp, er det erfaringsmessig lite tilstoppingsproblemer med disse inntakene, og ristene er lett tilgjengelige for manuell rensk utenom flomperioder. Fisk og drivgods vil passere samlet over rista, mens vannet faller ned mellom grindstavene. For bruk som fiskeavleder må det etableres en kanal som transportere fisken videre. Kanalen kan etableres sentralt i feltet, og ristene på sidene vinkles svakt inn mot kanalen. For å skille fisk fra vann må risten ha liten lysåpning.

Når tyrolerinntak benyttes som kraftverksinntak, benyttes det vanligvis lysåpninger større enn 5 mm, men dette skyldes at inntaket da legges på tvers av elva slik at alt vann med drivgods og bunnlast passerer over. Ved Hellandsfossen vil inntaket være lokalisert som en avleder på siden av elva, slik at drivgods og bunnlast i all hovedsak vil transporteres videre til fossen når vannføringen er stor.

En annen variant av denne løsningen er benyttet ved fiskeavledere på Herting kraftverk i Ätran i Sverige, der finrista skiller nedvandrende fisk fra vannet via en oppsamlingsrenne som førest til et oppsamlingsbasseng.





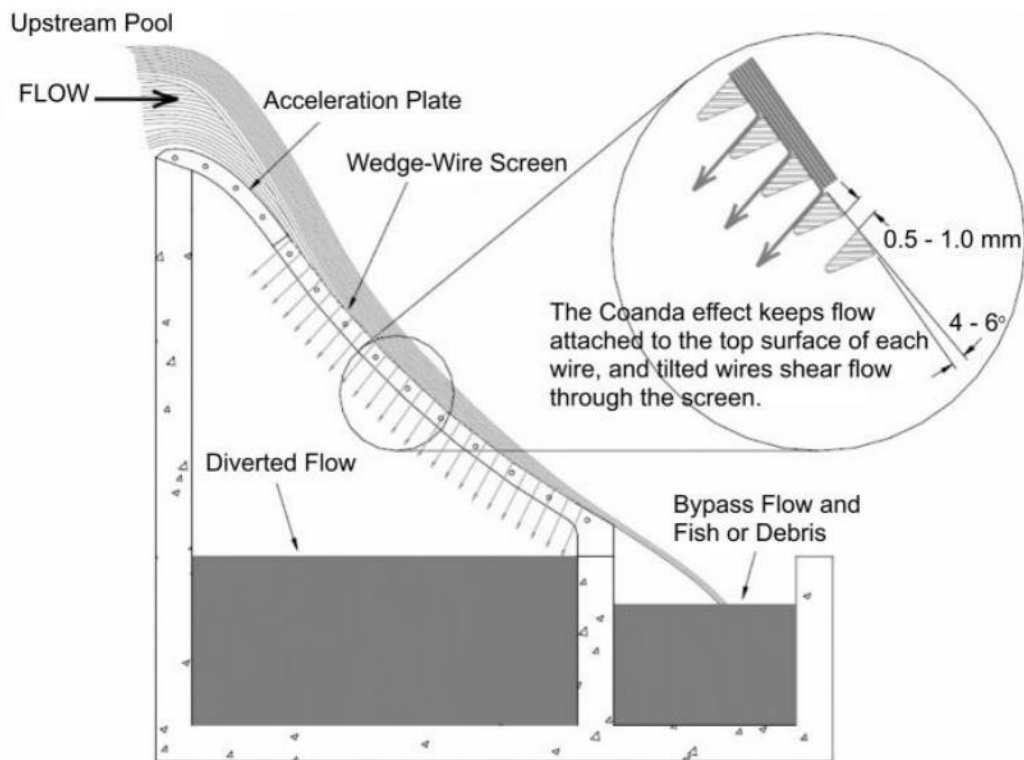
*Figur 4-4. Finnrister i fiskeavlederen ved Herting kraftverk i Åtran. Formålet med rista er å skille ut nedvandrende fisk fra vannet, ved at fisken sklir oppå rista ned i en oppsamlingsrenne som føres til et oppsamlingsbasseng. Foto: Norconsult Sverige.*



Figur 4-5. Finnrist i fiskeavlederen ved Herting kraftverk i Ätran. Formålet med rista er å skille ut nedvandrende fisk fra vannet, ved at fisken sklir oppå rista ned i en oppsamlingsrenne som føres til et oppsamlingsbasseng. Foto: Norconsult Sverige.

### 4.2.3 Coandainntak

En løsning som ligner på Tyrolerinntak er Coandainntak. I motsetning til tyrolerinntaket har Coandainntak horisontale grindstaver vinkelrett på strømrretningen. Lysåpningen er her svært liten, 0,5-2,0 mm [11], og inntaket fungerer ved at hver grindstav er svakt skråstilt og skjærer av den nederste delen av vannfilmen etter Coanda-effekten (se figur 4-6). Vannet samles opp i en samlekanal på samme måte som Tyrolerinntaket [10].



Figur 4-6 Prinsippskisse for et Coanda-inntak [11]

En fordel med Coandainntak er at risten er selvrensende i større grad enn andre inntaksrister. Drivgods og sedimenter skyller over inntaksristerne. For å hindre skader på grindstaver, utføres de ofte med beskyttelsesstaver i strømrretningen.

Den største ulempen med denne inntakstypen er at de er arealkrevende for større vannføringer. For en rist med høyde på 1,3 m er kapasiteten oppgitt til 140 L/s per lengdemeter [10]. I Norge er det bare installert Coandainntak med kapasitet inntil 6 m<sup>3</sup>/s. Driftsmessig er det erfaringer med isproblemer og algedannelse på ristene [11]. For Hellandsfossen er isproblematikk muligens mindre relevant siden avlederen i stor grad har sin hovedfunksjon utenom kuldeperioder. Tiltetting med alger vil kunne medføre at mindre vann passerer gjennom rista og at kanalen som skal føre fisken videre overtoppes. Det er på grunn av stort areal også potensielt utfordrende å oppnå godt vanddyb over terskelen på rista for at fisk effektivt vil slippe seg ned.

Coanda-rister leveres i det norske markedet av Brødrene Dahl, under navnet Fossekalen.

### 4.3 Nedvandringsvei

Fisken må ledes videre nedstrøms fra avleder via egnet arrangement. Dette kan være i rør hele veien ned til fossefoten/utløp Hellandsfossen kraftverk eller i et kortere rør eller kanal som skjøtes på eksisterende fisketrapp. Et annet alternativ som ikke er viet oppmerksomhet ved vurdering av konkrete alternativer for sikker nedvandring, men som likevel her omtales kort, er å legge ned dagens kraftverk og benytte dagens vannvei som nedvandringsløsning.

### 4.3.1 Trapp

Å benytte deler av eksisterende trappetrasé som nedvandringsrute har en klar fordel med at det da kun kreves et kort rør eller kanal fra avleder til egnet skjøteområde i trappa. Ved tilpasninger av hvor i trappa avleder skjøtes på vil det være relativt enkelt å oppnå egnede hydrauliske forhold i (nedre del av) avleder.

Potensielle problemstillinger er knyttet til at dette alternativet krever at vannføringen i nedstrøms ende av avlederen er lavere enn kapasiteten til trappa (anslagsvis 350 l/s). I tillegg må man ha et arrangement som sørger for at tilnærmet alt driv separeres fra fisken og restvannet, slik at man unngår fare for tilstopping av trappa. Koplingspunktet mellom trapp og fiskeavleder/rør kan også påvirke eventuelt oppvandrende fisk, ved at disse vil søke mot den lite egnede avlederen fremfor å fortsette vandringen i trappeløpet. Det er imidlertid kun i korte perioder der nedvandringsperioder overlapper med oppvandringsperioden, og det vurderes at det kan utarbeides en løsning som medfører at trappeløpet fremstår mer attraktivt for oppvandrende fisk (ved relativt høyere vannføring samt friskeilstrømning). Dersom det er teknisk utfordrende å få til dette vurderes det som en akseptabel løsning å stenge innløpet til trappa i perioder med nedvandring, eller sagt på en annen måte at lukene i avlederen stenges når trappa skal være operativ for vandrende gytefisk. Dette forklares som tidligere nevnt med at perioder for hhv. opp- og nedvandring i stor grad *ikke* overlapper.

I tillegg vil nedvandring via trappa ta lenger tid sammenlignet med et rør som går helt til fossefoten, eventuelt vandring i naturlig fosseløp. Hvorvidt denne forsinkelsen vil kunne påvirke overlevelse er imidlertid usikkert, men antas ikke å utgjøre en betydelig faktor for dette. Imidlertid er det i undersøkelser av vandringshastigheter hos nedvandrende smolt i Nidelva i Agder registrert svært lave vandringshastigheter gjennom trapp sammenlignet med elveløpet [12]. Faktisk tidsbruk fra opp- til nedstrøms ende av trappa bør undersøkes før videre prosjektering, og det bør vurderes nærmere hvilke vannføringer som bør slippes i trappa for å gi raskest mulig nedvandring.

Et eventuelt behov for å drifte trappa som nedvandringsvei vinterstid medfører at trappa i så fall må tåle å være vannsatt i denne perioden. Trappa er potensielt sårbar for istrykk, som følge av tynne betongvegger og usikker bruddstyrke på glassfiberrørene. Det vil uansett være vanskelig å beregne seg frem til at trappa tåler relevant istrykk selv om det faktisk skulle være tilfelle. Imidlertid er det lite trolig at det vil legges seg is i trappa som følge av kort oppholdstid på vannet i hvert kammer. I tillegg er det sannsynlig at det ikke vil være behov for å ha nedvandringsveien åpen i de kaldeste periodene om vinteren, da det ikke antas nevneverdig nedvandring. Trappa er også selvlensende, hvilket betyr at trappa kan tømmes i kalde perioder dersom det identifiseres en utfordring med gjenfrysing, uten at trappa blir stående vannsatt og med istrykk.

### 4.3.2 Rør

Et rør helt fra avleder til fossefot har en klar fordel i at transporttiden til vannet (og fisken) minimeres. Det er også sannsynlig at en slik løsning ikke vil være like sårbar for drivgods sammenlignet med alternativet der trappa benyttes. Imidlertid vil det også her være behov for et arrangement i tilknytning til avlederen som kan separere mesteparten av drivgodset fra fisk.

Ulemper er knyttet til kostnader og eventuelle terrenginngrep. I tillegg er høydeforskjellen betydelig, og vannet i røret vil oppnå betydelige vannhastigheter. Det kan være behov for at røret utformes på en måte som reduserer vannhastigheten før utløpet, noe avhengig av faktisk vannhastighet, utforming av utløp og dybde i utløpskulp.

### 4.3.3 Eksisterende kraftverkstunnel

Dersom det av økonomiske hensyn vurderes som mer økonomisk gunstig å legge ned Hellandsfossen kraftverk (Modalen kraftlag) enn å gjennomføre ombygginger av kraftverksinntaket samt arrangement for nedvandring, kan det være aktuelt å benytte kraftverkstunnelen som nedvandringsvei. Denne vannveien

antas å være godt egnet, og vil medføre en mindre kompleks nedvandringssløsning ved at det er kapasitet til betydelige vannmengder samt at problematikken tilknyttet drivgods blir vesentlig mindre. Alternativet er imidlertid ikke vurdert nærmere, da realismen er usikker. Det bemerkes i tillegg at det ikke er faktisk kjent om tunnelen er egnet som vandringsvei slik den ligger i dag, eller om det for eksempel er sjakt med stort fall og uheldig vinkling ned mot dagens turbiner.

#### **4.4 Selvstendige fangstinnretninger**

##### **4.4.1 Smolthjul/smoltskrue**

Smoltskrue er en felletype som kun dekker en del av elvetverrsnittet og kun den øverste delen av vannsøylen, der åpningen er formet som en trakt med diameter på ca 1,5-2,5 meter. Bruk av ledegjerde oppstrøms trakten kan eventuelt øke fiskbart areal noe. Smoltskruen ankres til et bestemt punkt i elva, fortrinnsvis der man antar at utvandrende fisk vil passere. Fellen er egna på lokaliteter med relativt høy vannhastighet og brutt overflate, og helst i avsmalende partier av elva for økt effektivitet. Fellene er mest brukt i elver som er for store til at feller med gjerder/rist kan benyttes.

Fordelen med smoltskrue eller andre flytende feller er at den er mindre utsatt for flomvannføringer enn ruser, samt at det har lavere bygge/investeringstkostnader sammenlignet med større konstruksjoner. Ulempen er at smoltskruen dekker et lite område både i horisontal- og i vertikalplanet. Dette kan eksempelvis være utfordrende i lokaliteter der både smolt og utgytt fisk må samles opp. At smoltskruen må fungere på et relativt bredt spekter av nedvandningsperioder krever også at personell kan jobbe med røkting i tiden for nedvandring, med de kostnader det medfører.

Smoltskruer er utprøvd blant annet i nedre del av Klarälven, med svært lav gjenfangst på utsatt smolt (0,06 %) [13]. Effektiviteten vil trolig være betydelig større i et såpass lite vassdrag som Modalselva, men det vil fortsatt knyttes store usikkerheter til effektiviteten ved flomvannføringer. Selv om smoltskruer er prøvd ut i flere vassdrag, må metoden anses som eksperimentell og med svært usikker fangsteffektivitet, spesielt i perioder med høy vannføring (som typisk samsvarer med utvandring). I tillegg krever denne løsningen nærmest kontinuerlig røkting. Dette alternativet er ikke en fullgod løsning, og er således ikke vurdert nærmere.

##### **4.4.2 Ruser**

Ruser er egnet i stilleflytende elvepartier eller i stille vann. Fella er sensitiv for høy vannføring og mye driv. I studiene nevnt under var ikke rusene operative ved høye vannføringer på grunn av for høy vannhastighet.

I 2012 ble ruser benyttet for å samle inn smolt i Klarälven ved Edebäck. Det ble fanget 162 smolt i løpet av 25 dager, og effektiviteten ble beregnet til 17 % på bakgrunn av en gjenfangst på 19 smolt av totalt 109 merka individer. Tilsvarende ble effektiviteten i 2013 og 2014 beregnet til 19 og 7 % [13]. På punktet der ruser var plassert er elva ca 210 meter bred. Det kan således forventes betydelig høyere effektivitet med bruk av tilsvarende ruse på et smalere punkt. Egna områder oppstrøms Hellandsfossen har en bredde på anslagsvis 50-65 meter avhengig av lokasjon.

Ruser vurderes som bedre egnet til å fange smolt enn for utgytt fisk, og vurderes således ikke som en godt egnet metode for å samle inn all nedvandrende fisk. I tillegg viser undersøkelser fra nedre deler av Klarälven relativt lav effektivitet. Ruser kan effektiviseres ved å øke arealet på ledegarn, men konstruksjonen blir dertil mer sårbar for flomvannføringer og driv. Det vurderes som komplisert å drifte en ruse som skal dekke mye av elvetverrsnittet i perioder med høy vannføring og mye driv, og er derfor ikke vurdert mer inngående.



#### 4.4.3 *Wolf-felle*

Denne felletypen er heldekkende og kan dermed potensielt fange fisk uavhengig av hvor i elvetverrsnittet nedvandringen foregår. Fisken føres ut på en skråstilt rist hvor vannet siles ut, men hvor fisken seiler oppå risten grunnet kort avstand mellom spilene. I enden av rista sklir fisken ned i en oppsamlingsrenne. Lengde og bredde på rista vil være avgjørende for hvor mye vann som kan siles, og dermed være avgjørende for hvilke vannføringer fella vil være effektiv på. Det finnes enkelte eksempler på Wolf-feller i Norge, etablert i relativt små vassdrag (vannføring < 5 m<sup>3</sup>/s) der intensjonen er å fange all nedvandrende fisk. En av de mest kjente er fiskefella i elva Imsa der NINA har etablert egen forskningsstasjon. Det er betydelige vannmengder som inntreffer i viktige nedvandringsperioder, og en felle vil også kreve et arrangement for videre nedvandring (alternativt «trap and transport»). Selve utsilingskonseptet for å skille nedvandrende fisk fra vannet er imidlertid vurdert benyttet i tilknytning til ledegjerde og separat avleder. Sistnevnte metode er i disse innledende fasene vurdert som mer egnet, med hensyn til både byggmessig omfang og drift.

## 5 Anbefalt løsning

### 5.1 Prinsipp

Valgt løsning innebærer å installere et flytende ledegjerde over mesteparten av elvetverrsnittet oppstrøms Hellandsfossen (figur 5-1). En enkel hydraulisk modell basert på droneskann viser vannhastigheter på om lag 0,7 m/s i det aktuelle området for ledessystem, ved en totalvannføring på 60 m<sup>3</sup>/s. Ved et vinklet ledegjerde på 30° tilsvarer modellert vannhastighet i elvetverrsnittet en vannhastighet normalt på ledegjerdet på 0,35 m/s (figur 5-2). Til sammenligning var hastigheten normalt på ledegjerdet i Mandal i størrelsesorden 0,1-0,2 m/s. I laboratoriestudier har ledegjerder vist mindre ledeevne ved lave vannhastigheter fordi det blir svakere hydrauliske signaler som fisken kan reagere på.

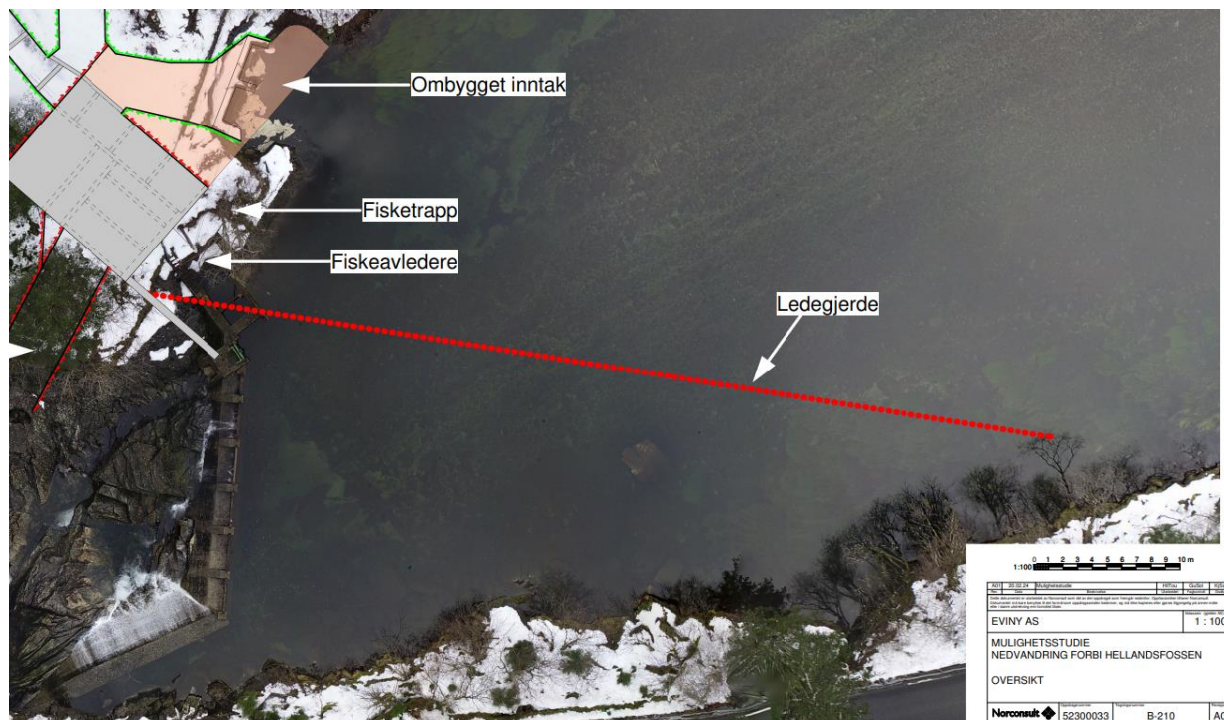
Ved prosjektering av inntaksrister etter mønsterpraksis er anbefalte vannhastigheter vinkelrett på rista  $\leq 0,5$  m/s, for at nedvandrende fisk aktivt skal kunne søke mot alternativ nedvandningsvei. Vannhastighetene i tiltaksområdet er tilstrekkelig lave til at man kan forvente at et ledessystem vil være funksjonelt, gitt at øvrige nødvendige hensyn også ivaretas. Vinkelen til grindstavene er ikke nødvendigvis 90 grader og vil variere over ledegjerdets lengde. Valg av vinkel må bestemmes etter simulering av vannstrømningen i inntaksområdet.

For å oppnå en størst mulig andel fisk til avlederen, må ledegjerdet føres til andre bredd av elva. Dersom elvebunnen i området er relativt flat og dybden ikke er for stor, kan ledegjerdet føres tilnærmet ned til bunnen av elva. Det kan i senere faser vurderes om hele konstruksjonen skal være flytende som i Mandalselva, eller om grindpanelene kan hvile på bunnen mens flytebyggen beveger seg opp og ned med vannstandene. De tekniske løsningene her må avklares senere. Mellom sandbanker og på områder med skrå bunn vil det være glipper under grindene, men disse kan enkelt tettes med for eksempel korte kjettinger eller et «skjørt» under ristene. Dersom dybden er større enn det som lar seg praktisk tette med ledegjerde eller dersom vannstandsvariasjonene gjør at grindene ikke kan tette åpningen ned mot bunnen, anbefales en løsning med kombinasjon av ledegjerde i overflaten og boblegardin fra bunnen.

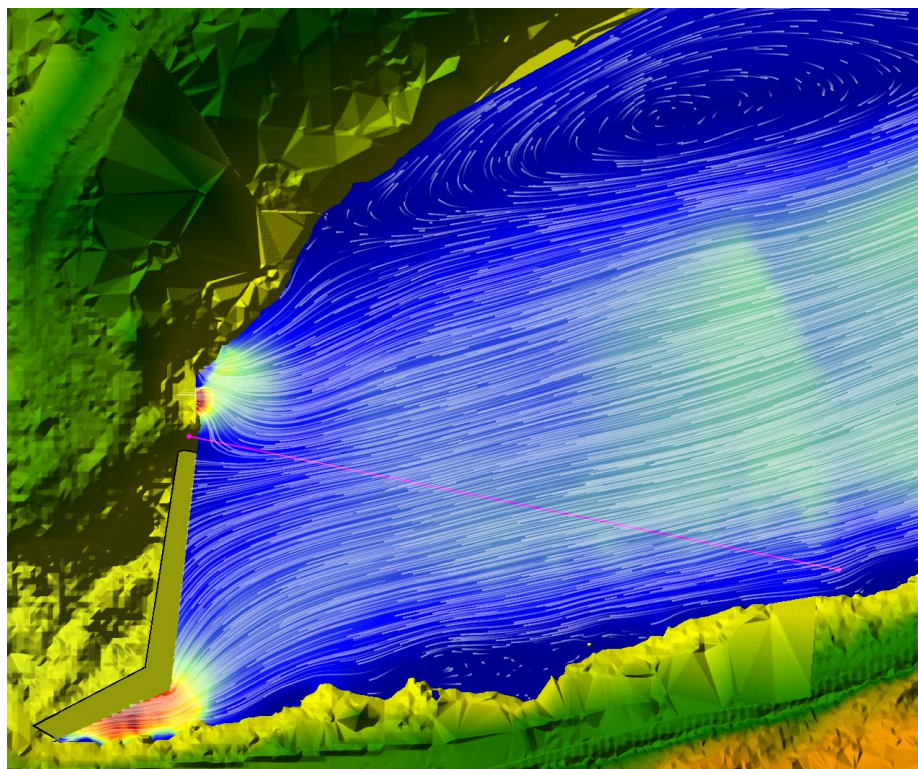
Lysåpningen er foreløpig satt til 50 mm, som tilsvarer det som ble benyttet i Mandalselva. Laboratorieforsøk har vist at ledeevnen drastisk reduseres ved lysåpning større enn 50 mm. Mindre lysåpning kan gi enda høyere ledeevne, men risikoen for større driftsulempet er vurdert å telle imot en slik løsning.

Drift av ledegjerde er noe som må studeres nærmere i neste fase. Løsningen i Mandalselva har fastmonterte grindrensker-kammer som rensker grindene når panelene heises opp. Gress og lettere drivgods fjernes lettere med en rive, og følger deretter parallelstrømmen forbi ledegjerdet. Begge disse løsningene er manuelle operasjoner. Det kan kanskje installeres mekanismer for automatisk heving og rensing av ristene. Dette forutsetter at det er områder uten flytepontonger der rensket kan passere videre nedstrøms under ledegjerdet. Horisontale grindstaver er også en mulig løsning, men for en flytende løsning med en viss bevegelighet er dette foreløpig vurdert som vanskeligere å rense enn vertikale grindstaver. Siden drivgods i stor grad vil ledes bort til avlederne, må det i dette området være et felt der drivgods enkelt kan slippes forbi.

Dersom det viser seg at drivgods blir et stort problem for ledegjerde og fiskeavledere, kan det vurderes en oppstrøms lense for å lede flytende drivgods fra nordre til søndre bredd, ved at drivet kan passere i et begrenset tverrsnitt mellom land og søndre bredd der det uansett forventes lite eller ingen fiskevandring.



Figur 5-1. Foreslått løsning inkluderer flytende ledegjerde i kombinasjon med fiskeavleder.



Figur 5-2. Vannhastigheter ved aktuell lokasjon for ledegjerde/ledesystem oppstrøms Hellandsfossen er modellert til ca 0,7 m/s, som gir en vannhastighet på 0,35 m/s normalt på gjerdet ved vinkel på 30°.

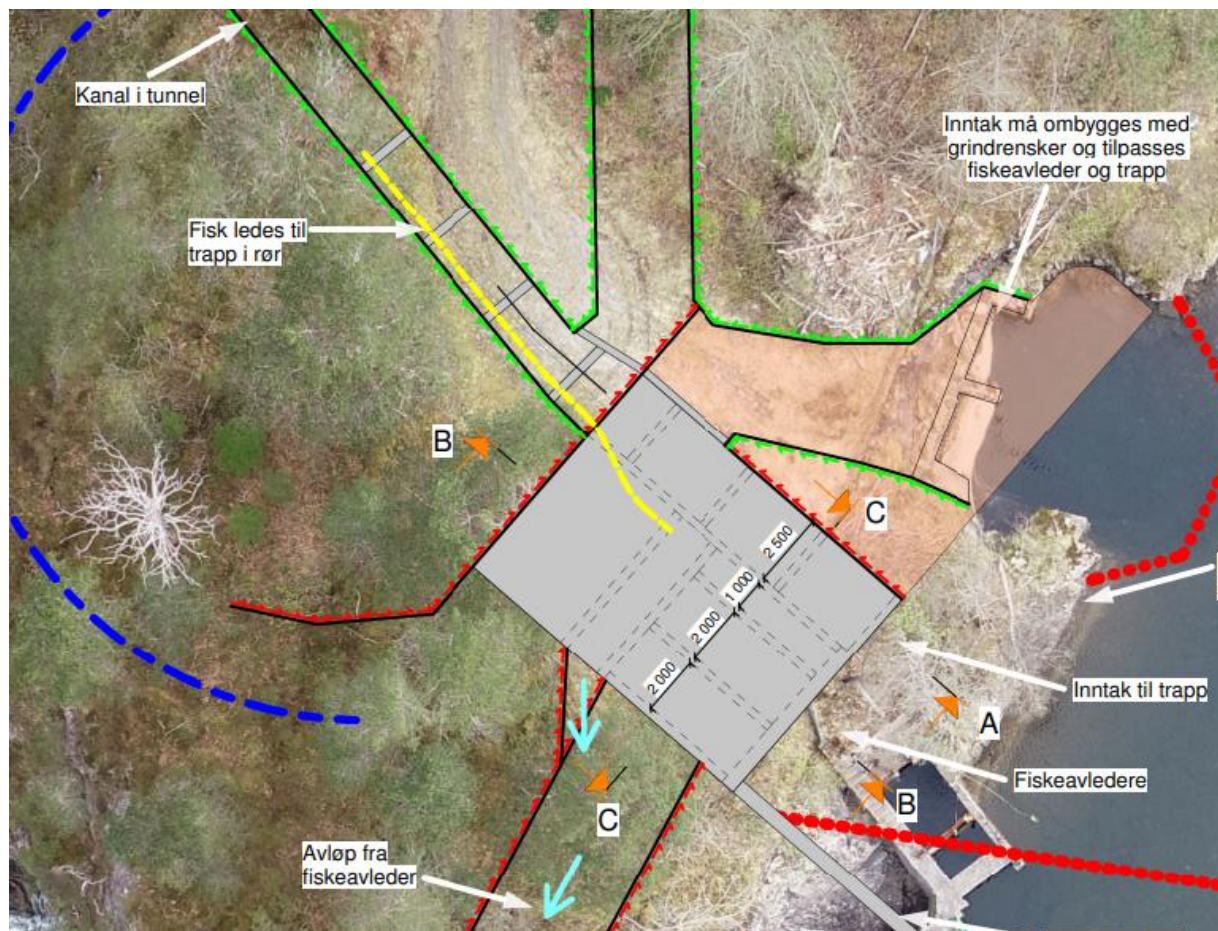
I nedstrøms ende av ledegjerdet installeres fiskeavleder med tre separate åpninger/avledere (figur 5-3). Avleder 1, nærmest kraftverksinntaket, skal sikre en minimumsvannføring til avlederen med egnet bredde og dybde. Denne er i mulighetsstudien satt til 0,45 m<sup>3</sup>/s, som utgjør i underkant av 5 % av slukeevnen til kraftverket. Dette er i tråd med anbefalt vannføring i fiskeavleder relativt til turbinvannføring ved utforming av fiskevennlige kraftverk. Ved totalvannføringer over 11,45 m<sup>3</sup>/s (11 m<sup>3</sup>/s turbinvannføring + 0,45 m<sup>3</sup>/s «minstevannføring» i avleder) vil vannføringen i avleder 1 gradvis øke, og i takt med vannstandsstigning over HRV (figur 5-4). Avleder 2 og 3 vannsettes også trinnvis ved vannføring over HRV. Det er i mulighetsstudien forutsatt at avleder 2 ligger på HRV, mens avleder 3 ligger 0,1 m høyere, begge med en bredde på 2 m. Ved en vannstand på 1,2 m over HRV har disse to en samlet kapasitet på 8,88 m<sup>3</sup>/s. Avlederne kan stenges med automatiske luker. Ved høy vannstand må avleder 1 stenges for å hindre større vannføring inn enn Tyrolerristen er dimensjonert for.

Relativt til totalvannføringen i vassdraget vil det være en betydelig vannføring til avleder utenom store flomvannsepisoder. Ved vannstand lik HRV vil alt vann gå i avleder og kraftverksinntak, det vil si at fossen er tørr. Ved vannstander over HRV vil vannføring i hhv. avledere og foss fordeles som vist i tabell 5-1 og figur 5-4. Innenfor det som er vurdert som avlederens mest egnede driftsintervall (0-60 m<sup>3</sup>/s) vil vannføring til avleder utgjøre fra 100 til om lag 17 % av totalvannføringen i elva, ekskludert turbinvannføring (0-11 m<sup>3</sup>/s). Inkluderer man turbinvannføringen som «attraksjonsvann» mot avleder, vil den samlede vannføringen til inntak og avleder utgjøre fra 100 til 25 % av totalvannføringen innenfor det samme driftsintervallet.

Det er av Eviny opplyst om at Hellandsfossen kraftverk i dag kun drifter den ene av totalt to turbiner, da en av turbinene er ute av drift. Dette medfører at slukeevnen i dag er om lag ± 5 m<sup>3</sup>/s. Dersom dette i fremtiden vil være permanent slukeevne, er det sannsynlig at minste dimensjonerende vannføring i avleder kan reduseres i forhold til overnevnte minimumsvannføring, uten at dette bør innvirke i vesentlig grad på avlederens effektivitet. Bredden i øvre del av avleder / ved luke bør ikke være under 0,5 meter, og vanddyp bør være minst 0,4 meter i henhold til anbefalinger gitt i SafePass [14]. Hvis man eksempelvis forutsetter en frispeilstrømning med vannhastighet på 1,0 m/s vil overnevnte «grenseverdier» for bredde og dybde medføre et behov for et vannslipp gjennom avleder på 200 l/s. Det kan være ønskelig med noe økt vannhastighet mot avlederen, hvilket også medfører økt vannbehov. Uavhengig av dette antas det at det vil være gjennomførbart å finne egnet utforming på luke/avleder som kan forsvare en vannføring under 0,45 m<sup>3</sup>/s dersom fremtidig slukeevne vil ligge på om lag halvparten av oppgitt slukeevne på 11,45 m<sup>3</sup>/s, og at det av produksjonsmessige hensyn er ønske om dette.

Avlederen er tegnet relativt vinkelrett på elva, og med antatt gunstig vinkling med tanke på attraksjonskraft mot ledegjerdet. Det må i eventuelt senere faser sees på om det kan være mulig å vinkle avleder i noe større grad mot (nedre del av) inntaksrista, slik at det det hydrauliske bildet langs inntaksrist mot avleder kan optimaliseres uten at dette påvirker effekten mot ledegjerdet.



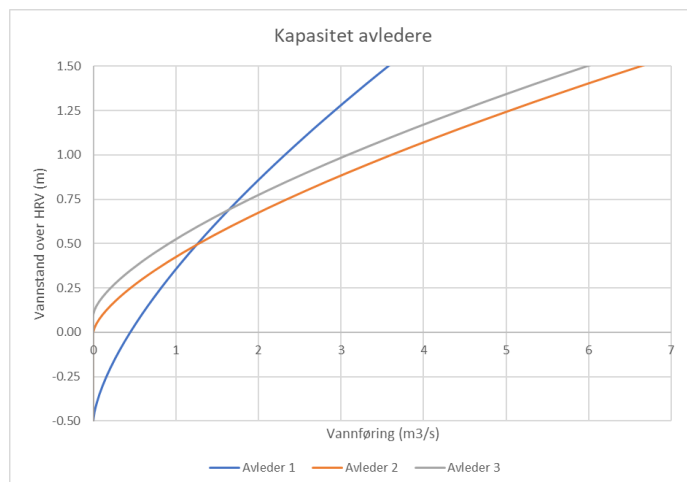


Figur 5-3. Tre separate avledere lokalisert ved siden av fisketrappa og eksisterende kraftverksinntak. Avledernes samlede kapasitet er på om lag 12 m<sup>3</sup>/s (før rista nedstrøms overtoppes og gradvis mister dens funksjon), slik de er dimensjonert i mulighetsstudiet.

Tabell 5-1. Vannføring i fiskeavleder og foss ved ulike vannstander. Det bemerkes at det ved vannføringer som medfører vannstand over HRV (vannstand ift. HRV > 0) vil være en driftsvannføring til Hellandsfossen kraftverk på 11,0 m<sup>3</sup>/s.

Vannstand ift HRV (m)	Q avledere (m <sup>3</sup> /s)	Q foss (m <sup>3</sup> /s)	Andel Q avleder ift foss (%)
-0,2	0,21	0,00	100,0
0,0	0,45	0,00	100,0
0,1	0,70	0,71	49,6
0,2	1,17	2,23	34,5
0,4	2,58	7,25	26,2
0,6	4,40	15,40	22,2
0,8	6,55	26,42	19,9
1,0	8,99	39,51	18,5
1,2	11,68	54,36	17,7
1,4	14,60	70,77	17,1



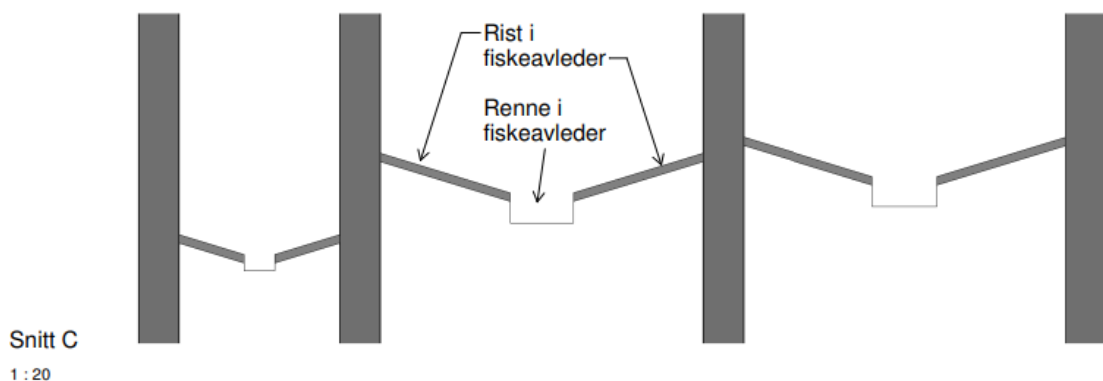


Figur 5-4. Vannføringer i avledere og over overløpet i fossen som funksjon av vannstand.

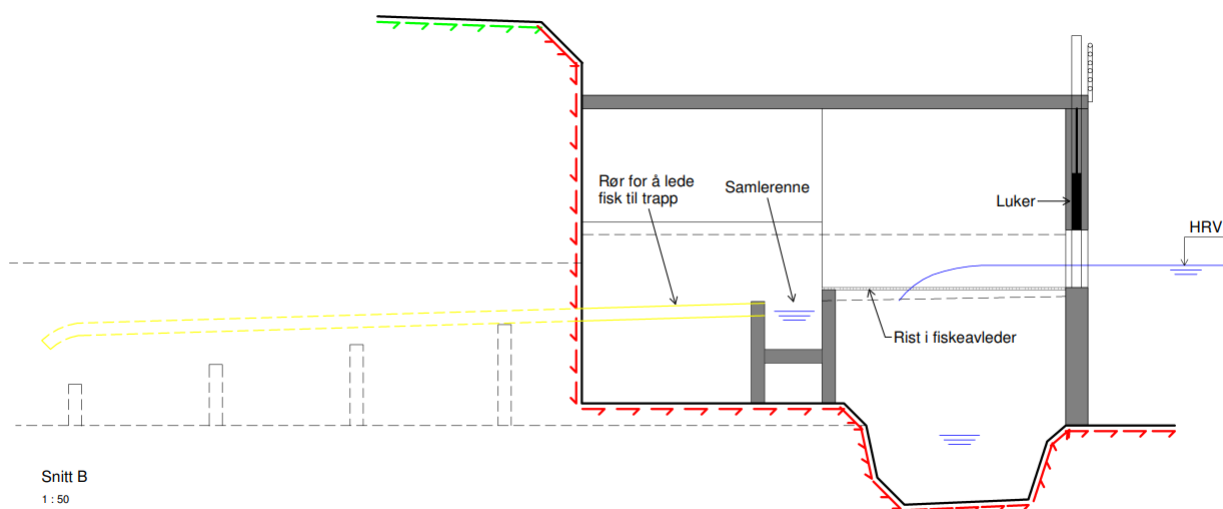
For å skille fisk fra vann er det valgt en løsning med Tyroler-rist. Det vil være en horisontal rist på nedstrøms side av hver av avlederne, med en lengde på 5 m. For høyere vannstander vil lengden på ristene være begrensende for funksjonen, spesielt for avleder 1, slik at denne må stenges med luke. Dersom enda større vannføringer i elva enn forutsatt (0-60 m<sup>3</sup>/s) skal hensyntas, må dimensjonen til avleder inkludert rist økes tilsvarende. Tyrolerne er planlagt horisontale slik som ved Herting kraftverk (figur 4-4), men vinklet sideveis inn mot en renne der fisken vil skli (figur 5-5). Vinklingen utføres for å forhindre at fisk blir liggende på tørr del av rista (nedre del av rista ved vannføringer under høyeste dimensjonerende vannføring), ved at den skli av rista og følger den vannsatte renna. Det kan være aktuelt å vurdere andre vinklinger på rista (eksempelvis stående rist) i senere faser.

I nedstrøms ende av Tyrolerristene samles vann og fisk opp i en samlerrenne (figur 5-6). Mengden vann inn i renna vil være større enn kapasiteten til trappa, så vann skiller ut over et overløp med rist før fisken ledes videre til fisketrappa gjennom et rør. Alt vann som skiller ut gjennom Tyrolerrister og i samlerenna føres tilbake til fossen i en avløpskanal.

Det må forutsettes at det vil samle seg en del drivgods både på Tyrolerristene og i samlerenna, og dette må fjernes med jevne mellomrom i periodene avlederne er i funksjon.



Figur 5-5: Prinsippskisse for tyrolerrikk, tverrsnitt.



Figur 5-6: Prinsippskisse for tyrolerrikk, lengdesnitt.

## 5.2 Kostnadsoverslag

Byggekostnader er stipulert til NOK 50 200 000.-. Det bemerkes her at i det totale kostnadsoverslaget er ombygging av inntaket til Hellandsfossen kraftverk (Modalen kraftlag) samt ombygging av øvre del av fisketrappa inkludert, i tillegg til selve nedvandringensløsningen forbi Hellandsfossen.

Ombygging av øvre deler av trapp samt ombygging av kraftverksinntaket er så integrert i fiskeavlederen at det vil være vanskelig å fullt ut spalte opp de ulike kostnadene. Årsaken til at kostnader for trapp og inntak er inkludert, er derfor at dette må sees i sammenheng med en eventuell bygging av avleder. Kostnadsoverslag spaltet opp i poster er vist i vedlegg.

Kostnadene inkluderer ombygging av øvre del av trapp samt ombygging av kraftverkets inntak med fin varegring og automatisk grindrensker. Lukene til fiskeavleder og trapp er utsyrt med lukestyring slik at de kan kjøres automatisk når grindrensker går. Isolerte kostnader for ombygging av øvre del av trapp ble i 2022 beregnet til ca. 6 000 000.-, ekskludert øvrige rehabilitering [1].

Kostnadsoverslaget er basert på en grov vurdering av mengder for beskrevet alternativ, samt basert på enhetspriser som er gjeldende for første kvartal 2024.

Det er antatt at eksisterende strømforsyning har nok kapasitet til de nye installasjonene, men dette må sjekkes og evt oppgraderes. Det er ikke tatt med kostnad for dette.

Forbiledning av driv kan eksempelvis løses med en luke i dammen eller å senke fiskeavlederne. Det er ikke vist separat kostnad for dette.

## 6 Inntaksløsning Almelid

Vurderinger av inntaksløsning ved Almelid har ikke vært del av dette skisseprosjektet. Imidlertid har det blitt ytret et ønske om å gjennomføre en svært grov estimering av kostnader for å få et helhetsbilde av totale kostnader for gjennomføring av både modifisering av trappa, tiltak for nedvandring utenom fossen og fiskevennlig utforming av de to kraftverksinntakene.

Det er lagt til grunn mønsterpraksis med permanent vinklet varegrind ( $\beta$ ) med 15 mm lysåpning mellom grindstavene og med et areal som gir en teoretisk vannhastighet vinkelrett på grinda på  $\leq 0,5$  m/s. Arealet på varegrinda er satt til 130 m<sup>2</sup> (figur 6-1). Videre er det lagt til grunn automatisk grindrensker. Det presiseres igjen at det ikke er sett på detaljer rundt løsningen på Almelid, og at det kun er benyttet estimerte kostnader fra sammenlignbare inntakskonstruksjoner som videre er skalert til slukeevnen på Almelid.

Kostnader for et slikt «inntaksarrangement» med permanent fingrind, inkludert rigg og drift, er grovt stipulert til ca. NOK 49 000 000.-.

Det er foreløpig ikke sett på alternative og potensielt rimeligere løsninger. Alternative løsninger vil blant annet kunne være tilsvarende som er omtalt i kapittel 4.1.



Figur 6-1. Forslag til plassering av ny fiskevennlig inntaksrist ved inntaket til Hellandsfoss kraftverk ved Almelid.

## 7 Kilder

- [1] K. Sandem og G. Solvang, «Fisketrapp Hellandsfossen - Vurdering av behov for tiltak inkludert kostnadsestimat, samt vurderinger av nedvandringsforhold,» Norconsult AS, 2022.
- [2] S. Gabrielsen, B. Barlaup, H. Skoglund og T. Wiers, «Betenkninger angående topografiske forhold og utvandring av smolt ned Hellandsfossen, Modalen kommune,» LFI, Unifob Miljøforskning, udat..
- [3] S. Gabrielsen, L. Svengård Dahlmo, Y. Landro, R. Lennox, N. Meister, C. Nilsen, E. Straume Normann, B. Skår, K. Vollset og T. Wiers, «Vurdering av overlevelsen til laksesmolt i Modalselva ved bruk av akustisk telemetri,» NORCE, unpubl., 2024.
- [4] L. Andersen, Interviewee, *Hydrolog, Eviny*. [Intervju]. 2023.
- [5] D. Robinson og R. Stira, «The use of floating louvers for guiding Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts from hydroelectric turbine intakes,» s.l.: Proceedings of the workshop on fish passage at hydroelectric , 1993.
- [6] Havs och vattenmyndigheten, «Fiskavledare vid stora vattenkraftverk. PM från studieresa till Kanada i juni 2016,» s.l.: Havs och vattenmyndigheten PM 2016-10-21, 2016.
- [7] J. Leander, J. Klaminder og G. Hellstrom, «Bubble barriers to guide downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*): An evaluation using acoustic telemetry,» s.l.: Ecological Engineering 160 (2021) 106141, 2021.
- [8] USFWS, «Fish Passage Engineering Design Criteria,» U.S. Fish and Wildlife Service. USFWS, Northeast Region R5., 2017.
- [9] U. Pulg, B. Barlaup, H. Skoglund, G. Velle, S.-E. S. S. Gabrielsen, E. Olsen, G. Bekke Lehmann, T. Wiers, B. Skår, E. Normann og H.-P. K. F. Fjeldstad, «Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker,» Uni Research Miljø, 2018.
- [10] E. T. S. L. D. H. Lars Jensen, Inntakshåndboken, Oslo: NVE, 2006.
- [11] R. H. Jenny Evjen, «Statusrapport om coanda-inntak. Erfaringer fra utforming og drift. ISBN: 978-82-410-2021-6,» NVE, Oslo, 2019.
- [12] T. Haraldstad, S. Stranzl, R. Lennox og K. Johansen, «Are fish ladders a one-way street? Downstream migration of Atlantic salmon smolts through fish ladders designed for upstream migration of adult spawners.,» Norce LFI, In prep..
- [13] E. Bergman, L. Greenberg, J. Norrgård og J. Piccolo, «Produktion av vild laxsmolt i Klarälven,» Karlstads Universitet. Lest i: Hedenskog m.fl. 2015. Vänerlaxens fria gång., 2015.
- [14] H.-P. Fjeldstad, U. Pulg og T. Forseth, «Sikker toveis fiskevandring forbi vannkraftverk. Kunnskapsoppdatering og mønsterpraksis,» SINTEF Energi AS, 2018.



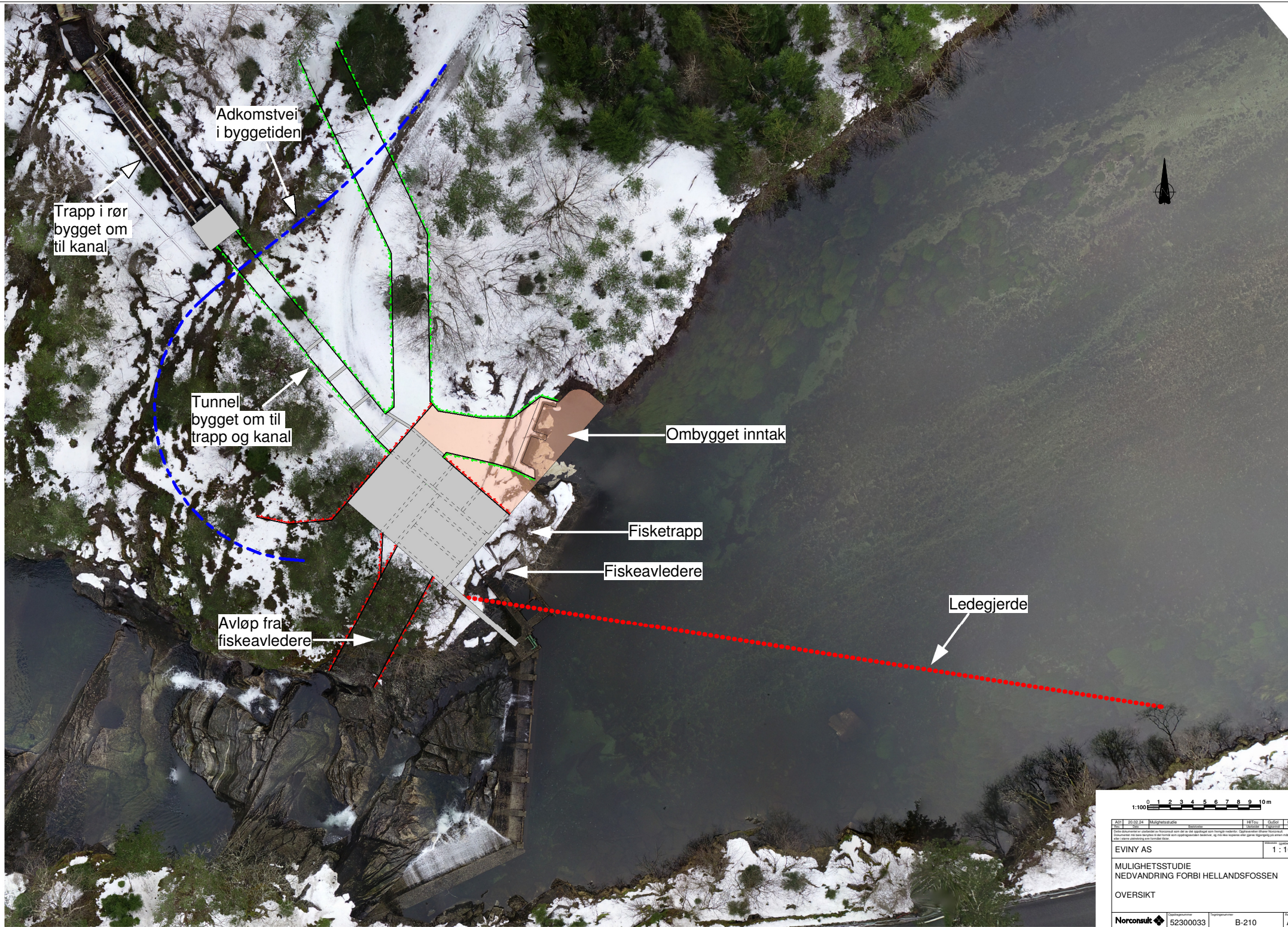


## Vedlegg – kostnadsestimat

Mulighetsstudie nedvandring forbi Hellandsfossen				Dato	Utført	Fagkontroll
Norconsult AS				2024-02-21	HilTou	GuSol
Kostnadsoverslag bygg- og anleggstekniske arbeider						
Alle priser i NOK pr. 2024-01-02 eks. MVA						
Post	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Pris	Sum	Kommentar
<b>1</b>	<b>Etablering, drift og avvikling</b>				<b>4 876 800</b>	
	Rigg og drift av byggeplass	40	%		3 876 800	Av byggkost post 2-4
	Vannhåndtering/fangdam/lensing	1	RS	1 000 000	1 000 000	
<b>2</b>	<b>Riving og Grunnarbeider</b>				<b>4 210 000</b>	
	Riving og miljøsanering	1	RS	900 000	900 000	
	Rensk av berg, strossing og bergsikring i tunnel*	1	RS	1 800 000	1 800 000	
	Sprenging av berg	1 700	m <sup>2</sup>	800	1 360 000	
	Bergsikring	1	RS	150 000	150 000	
<b>3</b>	<b>Betongarbeider</b>				<b>3 972 000</b>	
	Forskaling	1 000	m <sup>2</sup>	1 700	1 700 000	
	Betong	200	m <sup>2</sup>	2 500	500 000	
	Armering	30 000	kg	30	900 000	
	Bergbolter	70	stk	3 000	210 000	
	Uspesifisert	20	%		662 000	
<b>4</b>	<b>Adkomstvei og adkomst</b>				<b>1 510 000</b>	
	Sprenging av berg	500	m <sup>2</sup>	800	400 000	
	Bergsikring	1	RS	110 000	110 000	
	Etablering av permanent og midlertidig vei	100	m	5 000	500 000	
	Rekkverk, trapper arbeidsplattformer og leidere	1	RS	500 000	500 000	
<b>5</b>	<b>Mekanisk</b>				<b>21 800 000</b>	
	Finvaregrind. Grindåpning 15mm, L x H 11 x 2.2m	1	Stk	1 200 000	1 200 000	
	Grindrensker	1	Stk	2 000 000	2 000 000	
	Luke foran fiskeutrapp 0.7 x 0.7m	1	Stk	1 100 000	1 100 000	
	Luke foran fiskeavledere, 1 x 1.3m	1	Stk	1 200 000	1 200 000	
	Luke foran fiskeavledere, 2 x 1.3m	2	Stk	1 600 000	3 200 000	
	Rør og renner til fiskeavledere	1	RS	1 000 000	1 000 000	
	Grind til fiskeavleder B = 2, L = 6, lysåpning 10mm	3	Stk	700 000	2 100 000	
	Ledegerde inkl fundamentering	1	RS	10 000 000	10 000 000	
<b>6</b>	<b>Byggherrekostnader</b>				<b>7 273 760</b>	
	Planlegging, admin, prosjektering, byggeledelse	20	%		7 273 760	Av post 1-5
<b>7</b>	<b>Uforutsett</b>				<b>6 546 384</b>	
	Uforutsett	15	%		6 546 384	Av post 1-6
<b>8</b>	<b>Sum byggekostnader</b>				<b>50 188 944</b>	Post 1-7
	*) Det er muligens rimeligere å fjerne hele tunnelen, men det blir et vesentlig større synlig inngrep					

## Vedlegg - tegninger





Trapp i rør bygget om til kanal

Adkomstvei i byggetiden

Tunnel bygget om til trapp og kanal

Ombygget inntak

Fisketrapp

Fiskeavledere

Avløp fra fiskeavledere

Ledegjerde



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

AD1	20.02.24	Mulighetsstudie	HEFOU	Gulfot	Kjellum
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS. Det er ikke tillatt å kopiere eller offentliggjøre deler av dette dokumentet uten tillatelse fra Norconsult AS. Dette dokumentet er utarbeidet i henhold til de tekniske kravene som er fastlagt i de relevante standardene og/eller i henhold til de tekniske kravene som er fastlagt i de relevante standardene og/eller i henhold til de tekniske kravene som er fastlagt i de relevante standardene.</small>					

EVINY AS 1 : 100

MULIGHETSSTUDIE  
NEDVANDRING FORBI HELLANDSFOSSEN

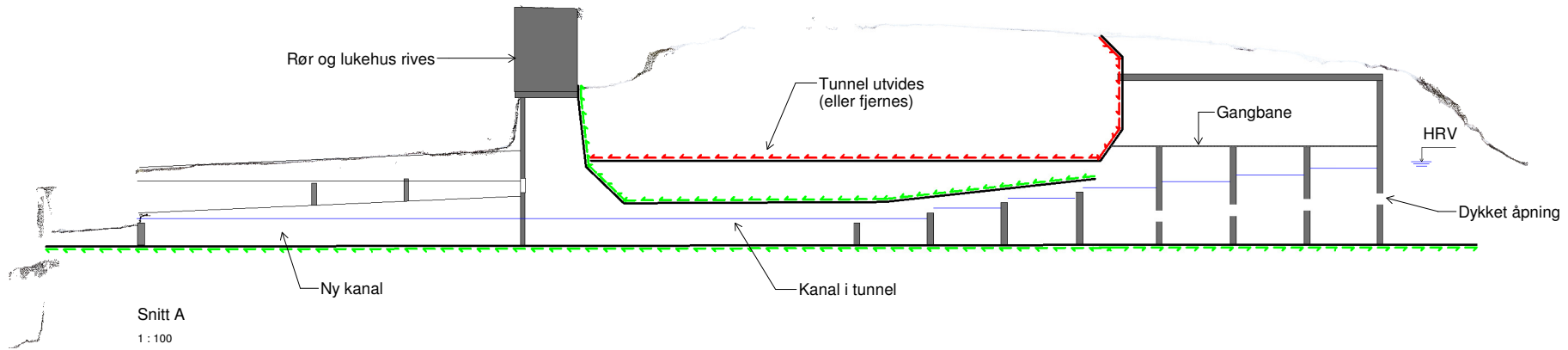
OVERSIKT



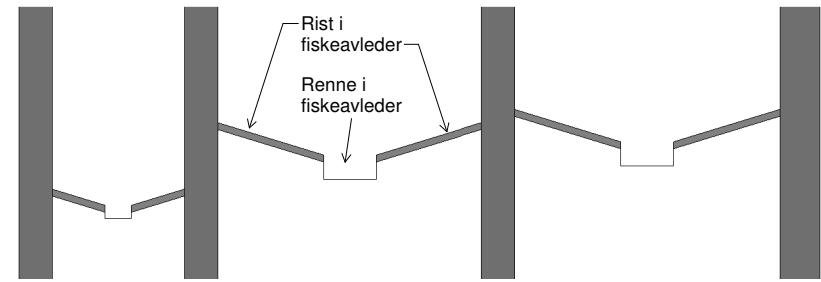


<p><b>Eksisterende fjellkontur</b></p> <p><b>Ny sprengkontur</b></p>																	
<p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m</p> <p>1:100</p>																	
<table border="1"> <tr> <td>A01</td> <td>20.02.24</td> <td>Mulighetsstudie</td> <td></td> <td>HiTou</td> <td>GuSol</td> <td>KjSam</td> </tr> <tr> <td>Rev</td> <td>Dato</td> <td>Beskrivelse</td> <td>Utarbeidet</td> <td>Prosjektant</td> <td>Godkjort</td> <td></td> </tr> </table>	A01	20.02.24	Mulighetsstudie		HiTou	GuSol	KjSam	Rev	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Prosjektant	Godkjort		<p>EVINY AS</p> <p>MULIGHETSSTUDIE NEDVANDRING FORBI HELLANDSFOSSEN</p> <p>PLAN</p>		<p>1:100</p>
A01	20.02.24	Mulighetsstudie		HiTou	GuSol	KjSam											
Rev	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Prosjektant	Godkjort												
<p><b>Norconsult</b></p>		<p>Oppdragsnummer 52300033</p>	<p>Teigingsnummer B-240</p>	<p>Revisjon A01</p>													

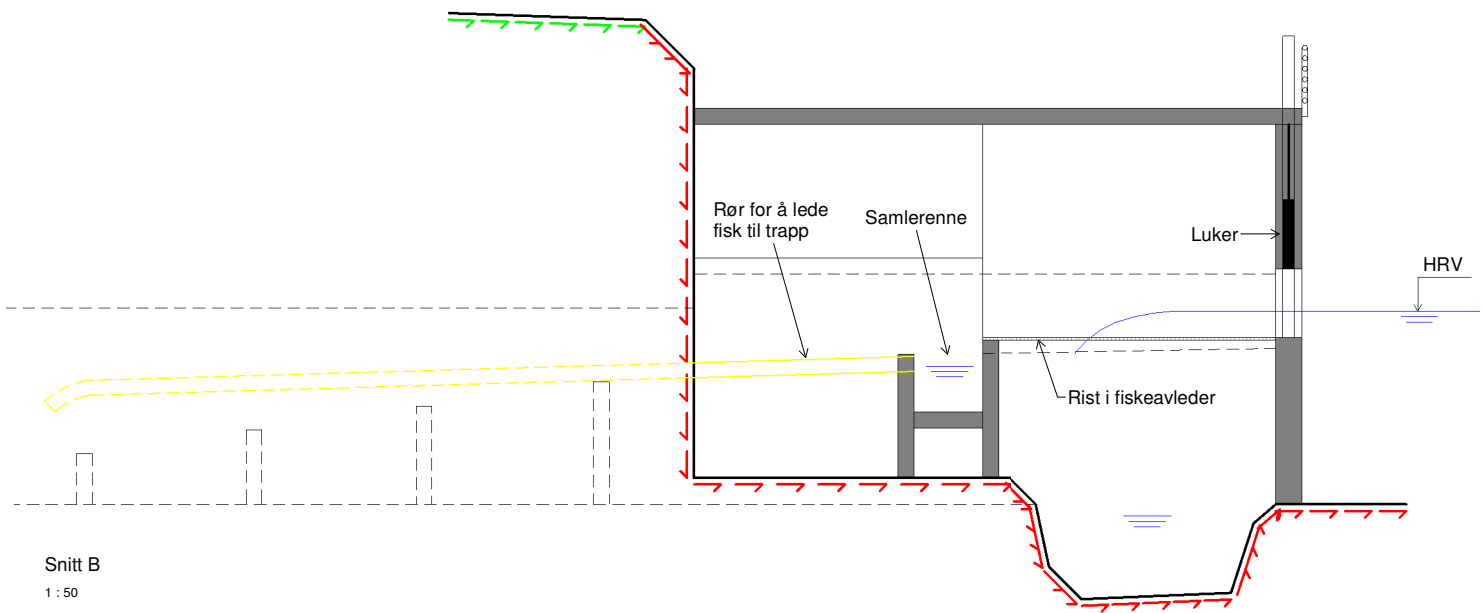




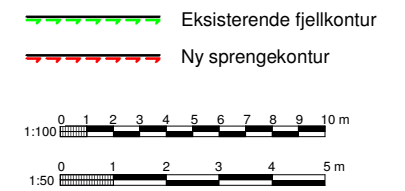
Snitt A  
1 : 100



Snitt C  
1 : 20



Snitt B  
1 : 50



A01	20.02.24	Mulighetsstudie		HiTou	GuSol	KjSam
Rev	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Opprevidd av	Prosjektleder	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavstegn tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i annen utgave enn formålet viser.</small>						
EVINY AS						SOM VIST
<b>MULIGHETSSTUDIE NEDVANDRING FORBI HELLANDSFOSSEN</b>						
Snitt						
Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningnummer	Revisjon			
	52300033	B-250			A01	