



Høgskulen  
på Vestlandet

# BACHELOROPPGAVE

Økologiske konsekvenser av vannkraftutslipp i  
Aurlandsfjorden og Fjærlandsfjorden

Ecological consequences of hydroelectric discharge in the  
Aurlandsfjord and Fjærlandsfjord

**Mikel Gonsholt, Simen Sande og Tor-Eirik  
Ness Sæther**

Fornybar Energi

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap

Veileder: Marianne Nilsen, Bente Johnsen Rygg og  
Torbjørn Dale

17.06.2020

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*

# Innholdsfortegnelse

<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>1</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>3</b>
<b>FORORD</b> .....	<b>4</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>11</b>
<b>2. TEORI</b> .....	<b>13</b>
2.1. VANNKRAFT .....	13
2.1.1. <i>Vannkraftens historie i Norge</i> .....	14
2.1.2. <i>Fordeler og ulemper med vannkraft</i> .....	17
2.2. FJORDTOPOGRAFI .....	19
2.2.1. <i>Aurlandsfjorden</i> .....	21
2.2.2. <i>Fjærlandsfjorden</i> .....	23
2.3. FJORDHYDROGRAFI.....	25
2.3.1. <i>Vannmasser</i> .....	25
2.3.2. <i>Vannutveksling</i> .....	26
2.3.3. <i>Næringsnett i fjord og hav</i> .....	29
2.3.4. <i>Planteplankton</i> .....	30
2.3.5. <i>Dyreplankton</i> .....	31
2.3.6. <i>Match/Mismatch- og Skreslet-hypotesen</i> .....	32
2.4. FORVALTNING AV VANNKRAFT .....	33
2.4.1. <i>Vanndirektivet</i> .....	34
2.4.2. <i>Vilkårsrevisjon av vannkraftkonsesjoner</i> .....	36
2.5. ØKONOMISKE RAMMER FOR VANNKRAFT .....	37
2.6. BESKRIVELSE AV AURLAND OG FJÆRLAND .....	38
2.6.1. <i>Aurland</i> .....	38
2.6.2. <i>Fjærland</i> .....	40
<b>3. METODE OG MATERIALE</b> .....	<b>42</b>
3.1. VALG AV CASE.....	42
3.2. DATAGRUNNLAG .....	42
<b>4. RESULTAT</b> .....	<b>43</b>
4.1. AURLAND .....	43
4.2. FJÆRLAND .....	51

<b>5. DISKUSJON .....</b>	<b>55</b>
5.1. FYSISKE ENDRINGER .....	55
5.1.1. Tilførsel av næringssalter og partikler .....	58
5.1.2. Masseoverskudd .....	59
5.2. ØKOLOGISKE ENDRINGER.....	60
5.2.1. Planteplankton og primærproduksjon .....	60
5.2.2. Påvirkning på fiskebestander .....	63
5.3. AVBØTENDE TILTAK OG DENS EFFEKT .....	66
5.4. MILJØKONSEKVENSER SMÅ OG STORE KRAFTVERK.....	70
<b>6. KONKLUSJON .....</b>	<b>75</b>
<b>7. LITTERATURLISTE.....</b>	<b>78</b>
<b>8. VEDLEGG.....</b>	<b>92</b>
Vedlegg 1 - Data Overview.....	92
Vedlegg 2 - Pre Powerplant point 1 (Skofteland, 1970).....	93
Vedlegg 3 - Pre Powerplant point 2 (Skofteland, 1970) .....	93
Vedlegg 4 - Pre Powerplant point 3 (Skofteland, 1970) .....	94
Vedlegg 5 - Post powerplant paper point 1 (Thenrup & Darell, 1981).....	95
Vedlegg 6 - Post powerplant NVE point 1 (NVE, u.å.) .....	96
Vedlegg 7 - Post powerplant paper point 2 (Thenrup & Darell, 1981) .....	97
Vedlegg 8 - Post powerplant NVE point 2 (NVE, u.å.).....	98
Vedlegg 9 - Post powerplant NVE point 3 (NVE, u.å.).....	99
Vedlegg 10 - Timelines location 1.....	100
Vedlegg 11 - Timelines location 2 .....	101
Vedlegg 12 - Timelines location 3 .....	102

# Figurliste

Figur 1 - Oversikt over inngrepsfri natur i Fjærland (Miljødirektoratet, 2020) .....	18
Figur 2 – Illustrasjon av landskapsendringer fra tertiærtid til istid (Nesje & Whillans, 1994) .....	20
Figur 3 - Dybdeprofil over Sognefjorden (Nesje & Whillans, 1994).....	20
Figur 4 - Kartutsnitt for Sognefjorden (Kartverket, 2020b) © Kartverket.....	21
Figur 5 - Sjøkart over Aurlandsfjorden (Kartverket, 2020c) © Kartverket .....	22
Figur 6 - Dybdeprofil for Aurlandsfjorden (Kartverket, 2020a) © Kartverket .....	22
Figur 7 - Sjøkart over Fjærlandsfjorden (Kartverket, 2020c) © Kartverket.....	24
Figur 8 - Oversikt over vannmassene. Viser de ulike lagenes dybde og saltholdighet (Opdal et al., 2013) .....	26
Figur 9 - Sirkulasjonsmønster i fjorder ved nordavind (Opdal et al., 2013) .....	28
Figur 10 - Sirkulasjonsmønster i fjorder ved søravind (Opdal et al., 2013) .....	28
Figur 11 - Forenklet næringspyramide av trofiske nivå i hav (Dommasnes et al., 2008) .....	29
Figur 12 - Forenklet næringsnett for Norskehavet (Dommasnes et al., 2008) .....	30
Figur 13 - Kvalitetslementer for klassifisering av økologisk tilstand (Vannforskriften, 2007, vedlegg V) .....	35
Figur 14 - Oversiktskart over Aurland (Kartverket, 2020b) © Kartverket .....	39
Figur 15 - Oversiktskart over Fjærland (Kartverket, 2020b) © Kartverket .....	41
Figur 16 - Oversikt over utbygd vannkraft i Aurlandsvassdraget (NVE, 2020b).....	43

Figur 17 - Vannføringsmønsteret fra Vassbygdvatnet i Aurland før (svart) og etter (rødt) regulering i september 1980 (Opdal et al., 2013). Vassbygdvatnet har et areal på 1,8 km <sup>2</sup> og befinner seg 54 moh. (Store norske leksikon, 2015) .....	44
Figur 18 - Målepunkter hvor rød sirkel er Aurlandsvangen, grønn sirkel er Undredal og blå sirkel er Simlenes (Kartverket, 2020b) © Kartverket.....	47
Figur 19 - Simlenes: Viser temperaturendringer målt fra 1919 til 1990 i april (Blaauw et al. 2016, upublisert).....	48
Figur 20 - Simlenes: Målinger for saltholdighet fra 1919 til 1920 i april. Svart firkant viser utsnitt for sammenligning for mai, se Figur 21 (Blaauw et al. 2016, upublisert) .....	48
Figur 21 - Aurlandsvangen: Periode før og under utbygging, uten dykket utslipp. Viser tydelig økt saltholdighet i øvre lag. Rød linje viser til terskelen for saltholdighet og overlevelse for lakselus (27 ‰) (Bricknell et al., 2006) (Blaauw et al. 2016, upublisert) .....	49
Figur 22 - Undredal: Blå markering viser til forhold før utbygging, rød viser til overgangsperioden og grønn viser til dykket utslipp. Betydelig økning i saltholdighet i øvre lag (Blaauw et al. 2016, upublisert).....	49
Figur 23 - Undredal: Blå markering viser til forhold før utbygging, rød viser til overgangsperioden og grønn viser til perioden etter dykket utslipp ble tatt i bruk (Blaauw et al. 2016, upublisert) .....	50
Figur 24 - Oversikt over kraftverk i Fjærland som er utbygd eller under utbygging (NVE, 2020b).....	52
Figur 25 - Vannføring i Bøyaelvi før og etter oppstart av Skeidsflåten kraftverk. Vannføringsvariasjoner i et middels år (Bøyaelvi Kraft AS, 2013). Y-aksen representerer m <sup>3</sup> /s fra 0 til 20 m <sup>3</sup> /s og x-aksen viser dato fra 1. januar til 1. desember .....	54

Figur 26 - Sammenligning av temperatur i bassengvannet i Sogndalsfjorden og Barsnesfjorden. Sogndalsfjorden er representert med blå linje med dybdemålinger på 100, 150 og 200 muh. Barsnesfjorden er representert med røde linje med dybdemålinger på 40, 50, 60 og 75 muh. (Kaufmann, 2014). avg = gjennomsnitt .... 56

Figur 27 - Redusert laksebestand fra 1980-tallet og utover. Men i en periode fra 1989 til 2006 var arten fredet for laksefiske i Aurlandselva og grafen viser en økt gytebestand fra år 2000 (Sægrov et al., 2007)..... 67

Figur 28 - En skisse på prosessen for dykket utslipp i Aurland IV (McClimans, 1981). Rør 1 er på 22 muh. og rør 2 er på 25 muh. Skissen er bearbeidet fra (Grøttå et al., 2016) ..... 68

## Tabelliste

Tabell 1 - Oversiktstabell over kraftverk med utløp i Aurlandsfjorden (Hafslund E-CO, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f)..... 45

Tabell 2 - Tabellen viser gjennomsnitt månedlig massestrømmer i perioden 2010-2015. Den viser tilsig, driftsvannføring, overløp, vannføring og prosentvis endring i vannføring sammenlignet mot tilsig. Vannføring er summen av driftsvannføringen for Aurland IV (Vangen Kraftverk) og overløpet fra Vassbygdatn som renner ut i Aurlandselva. De summerte gjennomsnittene er oppgitt i km<sup>3</sup>/år (Berg et al., 2017) 45

Tabell 3 - Oversiktstabell over kraftverk med utløp i Fjærlandsfjorden (Bøaelvi Kraft AS, 2013; Bøyum Energi AS, 2013; NVE, 2002, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e, 2012b, 2012a; Sognekraft AS, 2013; Spetals Verk, 2020a, 2020b)..... 53

# Forord

Denne bacheloroppgaven avslutter bachelorstudiet Fornybar Energi og er skrevet av Mikel Gonsholt, Simen Sande og Tor-Eirik Ness Sæther ved fakultet for ingeniør- og naturvitenskap i Sogndal ved Høyskolen på Vestlandet. Oppgaven ble skrevet våren 2020 med veiledning fra førsteamanuensis Marianne Nilsen, førsteamanuensis Bente Johnsen Rygg og førsteamanuensis emeritus Torbjørn Dale.

Valg av tema og problemstilling ble gjort på bakgrunn av en felles interesse for vannkraft og dens forvaltning, med et ønske om å utforske hvilke miljøkonsekvenser vannkraft kan medføre i fjord i lys av vanndirektivet og revisjon av konsesjonsvilkår.

En stor takk rettes til våre veiledere Marianne Nilsen, Bente Johnsen Rygg og Torbjørn Dale som har stilt med god veiledning underveis, og oppretthold både moral og motivasjon. Perioden denne oppgaven har blitt skrevet under har vært unik for mange og bydd på utfordringer, men har samtidig vært givende og lærerik.

Videre takk til Klais Blaauw, Mike van Meer, Molly Stanley og Jonathan Zwaan på Mountain to fjord-kurset (2016), som har sammensatt data for hydrografiske målinger i Aurlandsfjorden.

# Sammendrag

Hensikten med denne bacheloroppgaven er å vurdere hvilke økologiske konsekvenser vannkraften har for fjord- og kystmiljø under dagens konsesjonsvilkår, med utgangspunkt i småkraft i Fjærland, og større vannkraft i Aurland. Deretter vurdere om det kan være aktuelt å stille nye krav til forvaltningen, og på hvilken måte dette kan gjøres for å best mulig ivareta fjordmiljøet i fremtidige konsesjoner og revisjon av konsesjonsvilkår.

Oppgaven er av typen case-studie som tar for seg henholdsvis Aurlandsfjorden og Fjærlandsfjorden. Disse områdene er interessante ettersom forskjellen på både alder, installert effekt og årlig produksjon står i stor kontrast til hverandre. Kraftverkene i Fjærland består av små vannkraft uten reguleringsevne, hvor det i Aurland er magasinkraftverk med både pumpekraftverk og dykket utslipp.

Det er hentet inn hydrografiske målinger for Aurlandsfjorden og Fjærlandsfjorden, hvor ekstern litteratur har blitt anvendt for vurdering av økologiske konsekvenser. Av hydrografiske målinger er det vannføring, saltholdighet og temperatur som blir benyttet. Det er drøftet hvordan de fysiske endringene kan ha konsekvenser for økologien i fjordene, og hvilke effekter avbøtende tiltak kan ha på dette. Deretter diskuteres hvordan fjordøkologien kan tas hensyn til i forvaltningen av vannkraft. Det er tatt utgangspunkt i primær- og sekundærproduksjon og fiskebestanden for å kartlegge den økologiske tilstanden i fjorden. Da disse to representerer hver sin ende i næringsnett og endringer vil få konsekvenser for flere organismer i fjorden.



Resultatene i oppgaven viser at vannføringsendringer som følge av vassdragsregulering kan være årsak til flere fysiske endringer i fjorden. Spesielt i Aurland, hvor sesongmønsteret er betydelig endret med 1076 % høyere vannføring i februar, og 34 % lavere vannføring i mai, sammenlignet med opprinnelig vannføring. Dette ser ut til å ha en effekt på saltholdigheten i fjorden. Overflatelaget ser en økning fra ca. 0 ‰ opp mot 25 ‰ i mai (1968-1978) hvor det forventes en naturlig økt avrenning fra is- og snøsmelting. Samtidig er det korrelasjoner mellom vassdragsreguleringen og endringer i vinteromrøring. I 1969 er vannlagene homogene, mens etter vannkraftutbygging er vannlagene heterogene. Det blir også vist en temperaturøkning i Aurlandsfjorden på tilsynelatende 3 °C, som samsvarer med tilsvarende målinger for Sognefjorden og Barsnesfjorden.

I Fjærland nytter vannkraftverkene naturlig avrenning uten magasinering, noe som ikke medfører like endringer. Det finnes lite grunnlag for å konkretisere fysiske endringer i Fjærlandsfjorden, men det antas at det her kan finnes endringer i sammenheng med transport av næringssalter og massedeponi i fjorden. Påvirkningsfaktorene for hydrografien i fjordene er komplekse. Det er vanskelig å si at endringene alene skyldes vannkraft, men det er grunnlag til å anta at blant annet utbygging og klimaendringer er viktige bidragsyttere.

Med en økt vannføring på vinterstid vil næringssalter bli blandet opp i vannmassene før den naturlige algeoppblomstringen finner sted, som kan resultere i en tidligere våroppblomstring. Samtidig vil en redusert vannføring på sommerstid føre til et klarere vann, som gjør at sollys når lengre ned i vannmassene og primærproduksjonen strekker seg dypere. Mindre vannføring om sommeren kan også føre til mindre tilskudd av næringssalter. En økende saltholdighet vil kunne redusere avlusning av fisk som kommer til fjordene og elvene for å gyte, særlig smolt som er avhengig av et ferskt overflatelag. Videre er det grunn til å tro at den økte vannføringen fra vannkraft kan være en medvirkende årsak til å vaske ut torskeegg av fjorden.

Gjennom vannforskriften er Norge forpliktet til å følge EUs vanndirektiv som fremlegger rammer for bærekraftig forvaltning av alle vannforekomster, men dagens lovverk gir et diffust bilde over forvalteransvaret for miljøtilstanden i fjord. Ca. 400 konsesjoner kan nå tas opp til revisjon av konsesjonsvilkår mot 2022 gjennom revisjonsbestemmelsene hvor vannforskriftens bestemmelser står sentralt.

# Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to assess the ecological consequences hydropower has for the fjord and coastal environment under the current licensing conditions, based on small hydropower in Fjærland, and larger hydropower in Aurland. Then assess whether it may be appropriate to set new requirements for the management, and in what way this can be done, in order to best safeguard the fjord environment in future licenses and revision of license terms.

This thesis is a case study that deals with the Aurlandsfjord and Fjærlandsfjord respectively. These areas are of interest as the difference in age, installed power and annual production of the hydropower plants are in great contrast to each other. The power plants in Fjærland consist of small hydropower plants without regulating capability, where in Aurland there are dammed hydropower plants with both pump power plants and dived outlets.

Hydrographic measurements have been obtained for the Aurlandsfjord and Fjærlandsfjord, whereby external literature has been used to assess ecological consequences. Hydrographic measurements that are used consists of water discharge, salinity, and temperature. It has been discussed how the physical changes can have consequences for the ecology in the fjords, and what effects mitigation measures can have on this. The thesis further discusses how the fjord ecology is considered in the management of hydropower. The discussion puts emphasis on primary and secondary production and fish, as these two represent each end of the food web and could be considered as good indicators for the ecological state of the fjord.

The results of the thesis show that changes in water discharge as a result of watercourse regulation may be the cause of several physical changes in the fjord. In particular, Aurland's water discharge pattern has changed significantly with 1076 % higher water discharge in February, and 34 % lower water discharge in May compared to the original water discharge. This appears to influence the salinity of the fjord, where the surface layer sees an increase from approximately 0 ‰ to 25 ‰ in May (1968-1978), where naturally increased runoff from ice and snow melting is expected. At the same time, there are correlations between watercourse regulation and changes in winter mixing. In 1969 the water layers were homogeneous, while after hydropower development the water layers became more heterogeneous. There is also a temperature increase in the Aurlandsfjord of seemingly 3 °C, which corresponds with the measured temperature increase in the Sognefjord and Barsnesfjord.

The hydropower plants in Fjærland utilise natural runoff without reservoirs, which do not lead to the same changes. There is little basis for specifying physical changes in the Fjærlandsfjord, but it is assumed that there may be changes in connection with transport of nutrients and the disposal of landfill in the fjord. The influencing factors for hydrography in the fjords are complex, making it difficult to say if the changes are solely due to hydropower. But there are grounds to assume that the construction of hydropower and climate change are important contributors.

With increased water discharge in wintertime, nutrients will be mixed into the water masses before the natural algae bloom takes place, which may result in earlier spring blooms. At the same time, a reduced discharge of water during the summer will result in clearer water, which means that sunlight reaches farther down into the water masses and primary production extends deeper into the fjord. Reduced water discharge in the summer can also cause less supplementation of nutrients in the fjord. Increasing salinity in fjords may affect the delousing of fish that come in the fjords and rivers to spawn, especially smolt that is dependent on a fresh surface layer. Furthermore, there is reason to believe that the increased discharge of water from hydropower may be a contributing factor for washing out cod eggs from the fjord.

Through the Water Management Regulation, Norway is obligated to comply with the EU's Water Framework Directive, which provides a framework for sustainable management of all water bodies. But the current legislation gives a vague picture of the manager's responsibility for the environmental condition in the fjord. About 400 licences can now be taken up for revision of licensing terms by 2022 through the revision regulations where the provisions of the Water Management Regulation will be of importance.

# 1. Innledning

Siden den industrielle revolusjonen har vi kommet langt; vi har bygd fly, raskere biler og utviklet bemerkelsesverdige teknologier for å lære hvordan naturressursene kan brukes til vår fordel. Selv om dette stort sett uten tvil har ført til gunstige fremskritt, betyr det også at vi har økt forbruket av naturressurser og som resultat frigjort klimagasser i atmosfæren, redusert andel inngrepsfri natur og påvirket økologien både på land og i hav.

En av disse viktige naturressursene er vann, da spesielt vannkraft. Vannkraft har gjennom tidene vært en betydningsfull ressurs for mennesker. Så tidlig som i antikken brukte romerne vannkraft til å male korn. Senere ble teknologien videreført til andre deler av Europa, og på 1800-tallet utviklet vannkraftteknologien seg til å kunne gi energi til maskinindustrien. Det var ikke før 1870-tallet at vannkraft ble tatt i bruk for å produsere elektrisitet (Vinjar & Hofstad, 2019). Vannkraft i Norge har hatt en spesiell betydning på utviklingen og bærekraften i samfunnet. Norge er rik på høye fjell, elver og nedbør som tilrettelegger for gunstige forhold. Potensialet for vannkraft i Norge ble lagt merke til tidlig, og Stortinget var tidlig ute med å ivareta folkets interesser angående eierskap av ressursene ved hjelp av konsesjonslover og hjemfallsrett (Olje- og energidepartementet, 2019).

Norge har over 1600 utbygde vannkraftverk, som står for 94,3 % av den nasjonale kraftproduksjonen (Olje- og energidepartementet, 2019). Dette tilsvarer en gjennomsnittlig årlig produksjon på 134,9 TWh i 2018. Andel årlig produksjon av småkraftverk tilsvarer 11,1 TWh, mens total installert effekt for vannkraftverk er på 32,2 GW (NVE, 2020c). En av fordelene med vannkraft i Norge er muligheten til å lagre energien ved hjelp av magasiner. Norge har over 1000 magasiner og kan lagre opp til 86,5 TWh, som tilsvarer 70 % av det norske kraftforbruket. Dette gjør at i perioder hvor de er lite behov for energi, kan vann lagres, eller vannenergien kan brukes til å pumpe opp vann tilbake til magasiner. Magasiner vil derfor fungere som batterier til lagring av energi og dermed bidra til høy leveringssikkerhet.

Magasinkapasiteten til Norge er stor i forhold til resten av Europa, som gjør Norge til en viktig nasjon med tanke på leveranse av grønn energi (Olje- og energidepartementet, 2019).

Etter dagens forvaltning er de økologiske vurderingene som kreves for vannkraftskonsesjoner begrenset til miljøet i og rundt elvene, mens det kan virke som regulantens ansvar stopper ved elveosen (Sogn og Fjordane vassregion, 2015). Endring i vannføring gjennom magasiner, utslipp av vann til andre tider på året enn normalt vil kunne påvirke hydrografien, og dermed også økologien i fjorder og kystvann. Konsekvensene av endret ferskvannstilførsel kan for eksempel være endringer i vannmassenes stabilitet, næringssalttilførsel og sirkulasjon. Dette kan igjen påvirke oppblomstringen av planteplankton og med det næringsgrunnet for evertebrater og fisk i fjorder. Sognefjorden er en av de fjordene i Norge der det har vært, og fortsatt er en betydelig utbygging av vannkraft. Casene som vil diskuteres i oppgaven er herfra. Mange som bor rundt Sognefjorden er urolige for miljøtilstanden i fjorden, og har påpekt at det er en nedgang i mange fiskebestander. Noen spekulerer i om dette kan skyldes kraftproduksjonen, selv om andre forhold som naturlige variasjoner, forurensing, kloakkutslipp og klimaendringer også kan være viktige årsaker (Ødven, 2012).

Formålet med denne bacheloroppgaven er å vurdere hvilke fysiske endringer vannkraft har på fjordhydrografi, for så å vurdere de ulike økologiske konsekvensene vannkraft har på fjord- og kystvann under gitte konsesjonsvilkår. Dette med et videre ønske om å konkret foreslå om det vil være aktuelt, og på hvilken måte det kan stilles krav til regulantene for at fjorden bedre kan ivaretas i konsesjonsbehandlinger og fremtidige revisjoner av konsesjonsvilkår. Oppgaven tar utgangspunkt i tidligere bacheloroppgaver ved Høgskolen på Vestlandet, spesielt arbeidet utført av Grøttå et al. (2016) og Berg et al. (2017).

## 2. Teori

Innledningsvis tar teorikapittelet for seg vannkraft og dens historie, med tilhørende fordeler og ulemper som assosieres med vannkraftproduksjon. Videre er det gjort en topografisk beskrivelse av Aurlandsfjorden og Fjærlandsfjorden. Deretter følger en hydrografisk beskrivelse av fjorder generelt, med innledende temaer om fysiske forhold før fjorders økologi er beskrevet. Dette på bakgrunn av at de fysiske forholdene er basisen for fjordens økologi og dermed er styrende for økologiske forhold. Etterfølgende blir vannkraftforvaltning presentert i form av lovverk og økonomi, med påfølgende beskrivelse av case-lokasjonene.

### 2.1. Vannkraft

Vannkraft er prosessen hvor en høster den kinetiske energien i strømmende vann til å produsere elektrisk og mekanisk energi (Vinjar & Hofstad, 2019). Grunnen til at vannet er en fornybar energiressurs er fordi vann har sitt eget kretsløp. Vannet som renner i elvene, fra fjellet til havet, kommer tilbake til fjellene i form av nedbør. Dette sirkulerende systemet skjer stegvis gjennom fordamping, nedbør, avrenning, til ny fordamping. Stråling fra solen fordamper vann fra havet, landmasser, vannkilder og fra vekster. Dette kondenseres i atmosfæren og bringes over land i form av skyer, før det igjen faller som nedbør, som igjen skaper avrenning i elvene (Norges Geologiske Undersøkelse, 2019). Avrenning defineres som nedbør som ikke fordamper eller magasineres, men renner i bekker og elver. Nedbørfeltet er området hvor nedbør samles og har felles avrenning som ender i samme vassdrag, innsjø, hav og fjord. Avrenningen er avgjørende for vannføring og dermed også avgjørende for tilsig til vannkraft (Heggstad & Rosvold, 2019).



### *2.1.1. Vannkraftens historie i Norge*

I 1892, da tidligere statsminister Gunnar Knutsen var stortingsrepresentant, sendte han et brev til stortinget som omhandlet hvilke muligheter elektrisitet fra vannkraft ville ha for Norge. Dette ble starten på arbeidet med å trekke staten inn i elektrifiseringen ved hjelp av vannkraft. Grunnen til dette var å styrke landets økonomi, hvor dette skulle komme folket til gode ved å holde vannkraftressursene i norske hender (Olje-og energidepartementet, 2019). Dette ble spesielt viktig under unionsoppløsningen med Sverige i 1905 (Taugbøl, 2019).

Sam Eyde (1866-1940), ingeniør og industrigründer, var en av de første som virkelig så potensialet i vannkraften i Norge. Han var tidlig ute med å inngå avtaler med utenlandske investorer for å videre sikre fallrettigheter til vassdrag allerede i 1902. I 1905 var han med å etablere et testkraftverk på Notodden og Norsk Hydro på Rjukan, hvor han selv var generaldirektør fra 1905 til 1917 (Rabben, 2018).

Dette blir knyttet opp til det som kalles den andre industrielle revolusjonen i Norge fra slutten av 1800- til 1920-tallet. Dette er betegnelsen på elektrifiseringen og den teknologiske utviklingen som fant sted, med stor hjelp av utbygging av vannkraft, for bruk i industri. I Norge fikk denne perioden kallenavnet «industrieventyret», og vannkraften ble kalt for «Norges hvite kull». Flere fabrikker ble bygget i nærhet til vannkraften, slik at elektrisiteten kunne brukes direkte i industrien. Dette førte til fødselen av flere industritettsteder som f.eks. Rjukan, Notodden, Odda og Høyanger (Taugbøl, 2019).

Da hjemfallsretten ble vedtatt i 1909 som en del av konsesjonslovene innebar dette at eierskapet vederlagsfritt skulle gis tilbake til staten etter 60 år. Dette ble gjort for å hindre utenlandske aktører i å få kontroll over vannkraften i Norge. I 2007 ble det derimot klart at dette var i strid med EØS-reglene. Påfølgende endring ble da at private eiere ikke får konsesjon til vannkraftressurser, men kan eie opp til 1/3 av vannkraftverk som er eid av det offentlige. I 2009 åpnet Stortinget for utleie av vannkraftanlegg opptil 15 år til både offentlige og private aktører (Energifakta Norge, 2019).

Da kraftverket på Vemork i Rjukan ble ferdigstilt i 1911 var dette det største vannkraftverket for produksjon av elektrisitet i verden (Olje-og energidepartementet, 2019). Videre ble flere kraftverk bygget utover 1900-tallet, med den største utbyggingen mellom 1950 og 1990. I dag finnes det over 1600 vannkraftverk i Norge hvor 340 av disse er større kraftverk. Anslag for normalår basert på nedbørmålinger for perioden 1981-2010 viser at om lag 134,9 TWh vannkraft er bygd ut i Norge. Dette er av et estimert total potensial på 215 TWh, hvor 49,5 TWh allerede er vernet mot utbygging gjennom *Samlet plan for vassdrag*, som ble utviklet i 2016 (NOU 2019: 16, s. 21).

#### *2.1.1.1. Politisering av naturvern*

I 1969 ble det gitt konsesjon fra Stortinget om å begynne utbygging av vannkraft i Aurlandsdalen med et varmt samtykke fra de lokale. Kjent for sitt unike landskap og populære turstier, er Aurlandsdalen et område med høy verneverdi. På bakgrunn av kraftutbyggingen vokste det misnøye blant naturvernere, men av disse var det i all hovedsak ikke beboende i Aurland som ytret sin frustrasjon (Tvedt et al., 2020). Som et resultat av debatten rundt utbygging av vannkraftverk i Aurland, ble det en økt aktualitet å engasjere seg i naturvernsaker. En presedens ble satt hvor politisering av naturvernsaker ble satt på dagsorden. Følgende år så Norge sitt første tilfelle av sivil ulydighet, utøvd under Mardøla-aksjonen, og større politiske interessekonflikter som vitnet til i Alta-saken (Tvedt et al., 2020).

Mardøla-aksjonen besto av flere aksjoner sommeren 1970 i Eikesdal i Møre og Romsdal, hvor utbyggingen av Mardalsfossen som var planlagt å legges i rør sto sentralt i aksjonen. Samarbeidsgruppene for natur- og miljøvern (SNM), som ble opprettet i 1969, spilte en sentral rolle da de for første gang i Norges historie utøvde sivil ulydighet i en naturvernsak og stanset anleggsarbeidet. Demonstrasjonen pågikk fra 25. juli til 6. august, hvor de trakk seg etter trusler fra lokale på bakgrunn av inntekter til kommunen. Selv med et betydelig press fra SNM og samtlige, ble Eikesdal/Grytten kraftverk ferdigstilt i 1975 (Tvedt, 2017).

Med miljøpolitikk som et sentralt politisk tema på 1970-tallet, ble Stortingets forslag om utbygging av Alta–Kautokeino-vassdraget i 1968 møtt med kritikk. Dette gjaldt både for de som så på miljøproblematikken, men også for å verne om samenes interesser. 15 000 underskrifter ble samlet og sendt til Stortinget i regi av Folkeaksjonen mot utbygging av Alta/Kautokeino-vassdraget i 1978, men dette hadde liten effekt og utbyggingen ble godkjent. Som resultat ble sivil ulydighet igjen utøvd i form av demonstrasjoner i 1979, men med kun korte stans i anleggsperioden, ble det i 1982 erklært av Høyesterett at utbyggingen var lovlig (Berg-Nordlie & Tvedt, 2019).

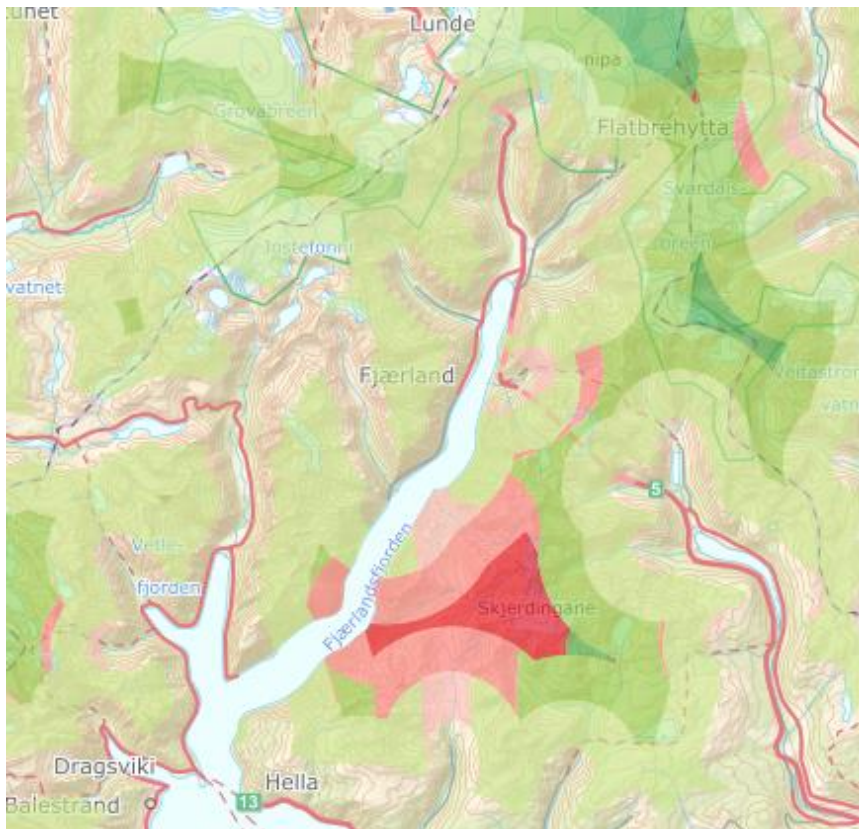
Politisering av naturvern, demonstrasjoner i form av sivil ulydighet og engasjerte borgere og organisasjoner bidro til dannelsen av bla. Miljøverndepartementet (nå Klima- og miljødepartementet) i 1972. Dette satte kursen for norsk miljøpolitikk i årene som kom og bidro til å forme miljøpolitikken i senere år, hvor et større fokus på miljø og miljøtilpasninger har blitt tatt mer hensyn til (Andersen & Halleraker, 2020). Verning av vassdrag gikk ut på å forme en plan med hensikt å sikre vassdrag mot utbygging av vannkraftverk og andre større tiltak for å ivareta verneinteresser i hele Norge. En interesse for en slik verneplan ble allerede på 1920-tallet ønsket utredet av blant annet Norges Naturvernforbund og Den Norske Turistforeningen. Men det var ikke før i 1973 at Verneplan I ble vedtatt på Stortinget. I første omgang gjaldt denne planen et vern av 95 vassdrag med 51 andre vassdrag som fikk vernetid på ti år. I senere tid har både Verneplan II, III og IV blitt vedtatt, den siste i 1993. Det har i senere år blitt vedtatt en supplering av Verneplan for vassdrag, som ble vedtatt i 2005 (Tvedt et al., 2020). I dag er det nå, i henholdt til Miljødirektoratet, 389 vassdrag som er omfattet av de ulike verneplanene. Stortinget vedtok i 2005 at det kan åpnes for konsesjonsbehandling av kraftverk med installert effekt opp til 1 MW i vernede vassdrag, unntatt for Bjerkreimsvassdraget hvor grensen ble satt til 3MW (Miljødirektoratet, 2019b).

### *2.1.2. Fordeler og ulemper med vannkraft*

Produsert elektrisitet kan ikke lagres på kraftnettet, men med regulert vannkraft kan vannet demmes opp og slippes gjennom turbinene når det er behov for det. Dette gjør regulert vannkraft til en fleksibel produksjonsmetode, som passer godt inn i samspill med mindre fleksible produksjonsteknologier som vind- og solkraft.  $\frac{3}{4}$  av vannkraften i Norge er regulert i en eller annen form (NOU 2019: 16). Dette resulterer i omtrent halvparten av Europas vannmagasin, noe som gjør at vannkraften i Norge har blitt omtalt som «Europas grønne batteri» (Skomedal, 2012). En kan også produsere elektrisitet gjennom vannkraft som ikke regulerer vannmassene, men hvor en heller utnytter det naturlige tilsiget av vannmasser. Dette kalles elvekraftverk. Den naturlige avrenningen i elven, eller deler av den, føres da ut av elven og brukes til elektrisitetsproduksjon via turbiner. Deretter føres det tilbake i elven, eller slippes ut i neste innsjø/fjord/hav. Resultatet er at produksjonen verken regulerer vanntilsiget, eller tidspunktet vanntilsiget slippes ut, men påvirker minstevannføring i det naturlige elveløpet (Rosvold, 2020).

Vannkraft produserer ingen klimagasser under drift og totalt innebærer anleggene lite klimagassutslipp i sammenligning med andre produksjonsteknologier i samme størrelse. Vannet blir heller ikke forurenset og det produseres ikke biprodukter, men utslippene er relatert til selve etableringen og produksjon av utstyr. Teknologien har høyest virkningsgrad av alle produksjonsteknologier, er godt etablert og har lave driftskostnader, samt lite vedlikehold. Levetiden er også lang og varierer fra 50-100 år. Regulert vannkraft kan også virke som flomsikring og flere av anleggene ligger i utmark, som gjør at anleggsveier kan gjøre utmark mer tilgjengelig for befolkningen for bruk til f.eks. friluftsliv og jakt. Etableringen av anleggene kan legge til rette for engasjering av lokal arbeidskraft i anleggsperioden og fører også til lokal og nasjonal verdiskapning (Boyle, 2012, s. 225). Vannkraftteknologi er også den totalt mest lønnsomme av alle produksjonsteknologier internasjonalt, sett over anleggets levetid (International Hydropower Association, 2019).

Den kanskje mest åpenbare negative siden ved vannkraft er utbyggingen, endringen og en eventuell oppdemming av store landarealer og vannmasser. I Norge er 15 av de 20 høyeste vannfallene, og 70 % av vassdragene, berørt av regulering til vannkraft. Flere av disse er også blant landets største laksevassdrag. Dessuten er mer enn halvparten av det totale ferskvannsarealet i Norge regulert (Miljødirektoratet, 2019a). Da Miljødirektoratet offentliggjorde ny rapport om inngrepsfri natur i Norge over de siste 5 årene, kom det frem at 550 km<sup>2</sup> inngrepsfri natur hadde blitt borte. Figur 1 viser tap av inngrepsfri natur i Fjærland i sammenheng med utbygging av vannkraft og el-nettlinje. Av disse var 30 km<sup>2</sup> i Fjærland, noe som svarer til det største enkelttapet i denne perioden (Henriksen, 2020).



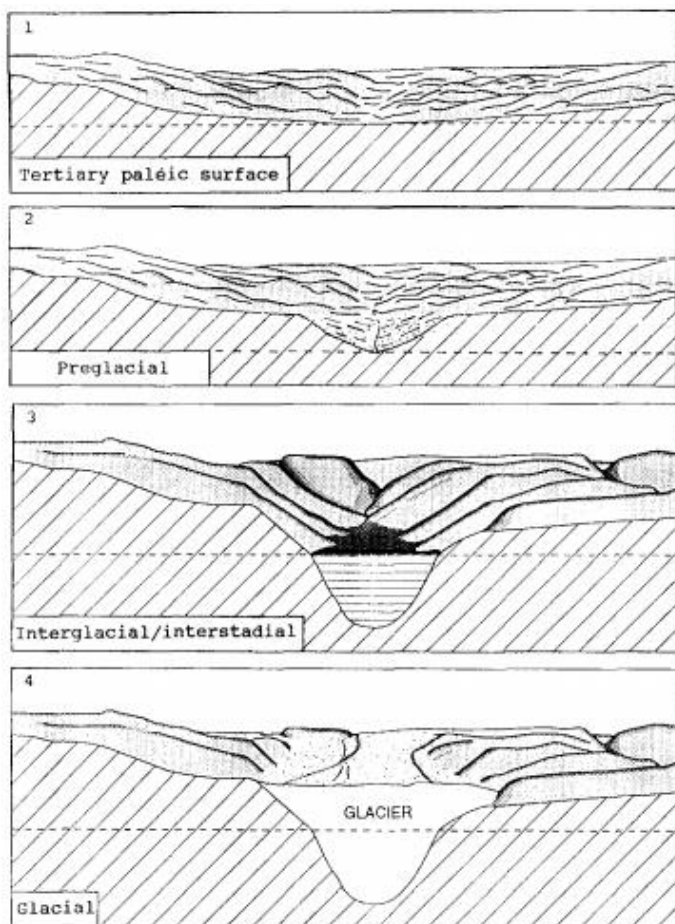
Figur 1 - Oversikt over inngrepsfri natur i Fjærland (Miljødirektoratet, 2020)

Det er også åpenbart at slike naturinngrep og endringer i vannets naturlige strømningsmønster påvirker natur og miljø. Oppdemmede areal og utbygging påvirker flere økosystemer, samtidig som endring i strømningsmønster og hydrografi påvirker økosystemer og biologisk mangfold fra innsjø, til vassdrag og fjord. Oppdemming kan også føre til oppbygging av sedimenter som kan påvirke både natur og miljø, men også kraftproduksjonen. (Boyle, 2012, s. 225).

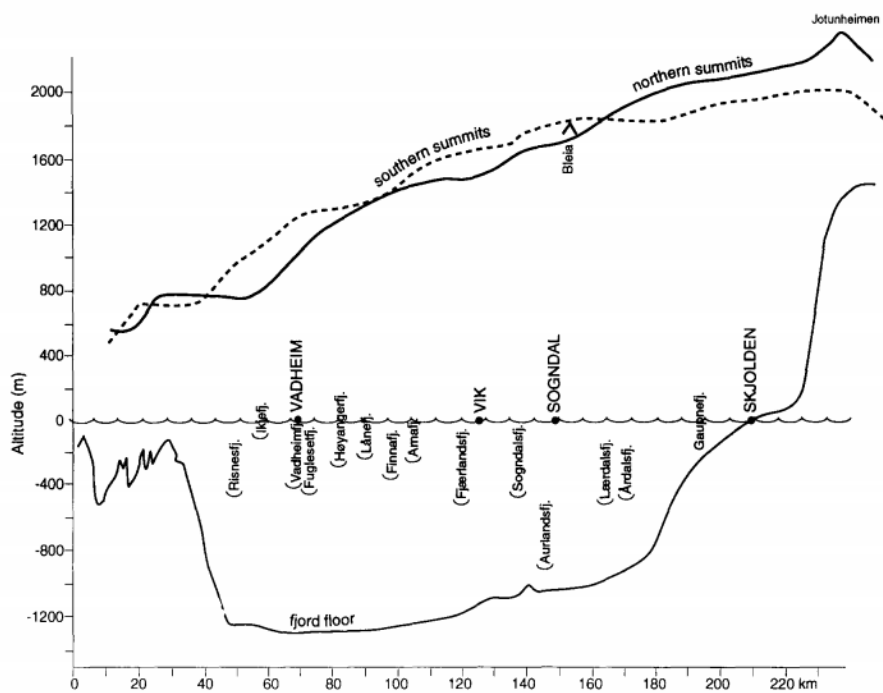
## 2.2. Fjordtopografi

Kvartærperioden er delt opp i to epoker, pleistocen og holocen, som strekker seg fra 2,58 millioner år tilbake frem til i dag og er den tidsperioden vi lever i. Kvartærtiden var preget av endringer i klima, spesielt kalde og mindre kalde perioder. Det har vært minst 20-30 istider i kvartærtiden, hvor store mengder vann (i form av nedbør og/eller snø) ble lagret som is og opplevde havnivåsynking på over 100 m. I perioden mellom istidene var det et mildere klima som førte til at de kalde klimaet trakk seg mot polene. Disse endringene i klima har ført til at store mengder is har trukket seg frem og tilbake, og har resultert i landhevninger av jordskorpen (Bryhni et al., 2019). Fase én til fire i Figur 2, viser hvordan landskapet ble erodert og formet fra tertiærtiden til istiden, og illustrerer hvordan fjorder har blitt dannet (Nesje & Whillans, 1994). Fjorder blir betegnet som en innskjæring av havet i landskapet, og er ofte lange, trange og omringet av fjell.

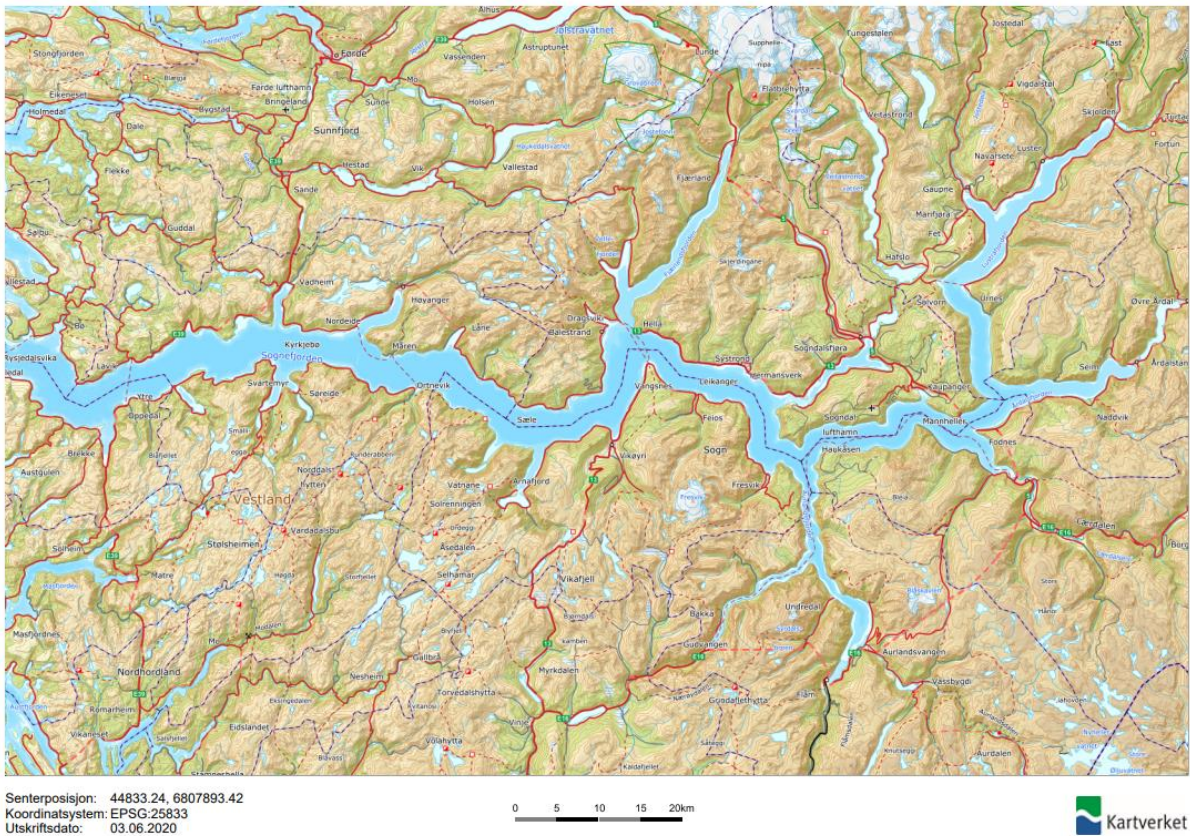
Dannelse av fjorder skjer ved at tidligere isbreer har gravd og formet landskapet, som vist i fase fire i Figur 2, og resulterer i bratte fjellsider som kan minne om en U. Fjorder er normalt veldig dype, og har ofte en terskel i enden, hvor breen har lagt igjen endemorene før den har trukket seg tilbake (Inge, 2018). Sognefjorden er den lengste og dypeste fjorden i Norge med en lengde på 205 km og et dyp på 1303 m utenfor Vadheim, se Figur 3 og Figur 4. Der fjorden munner ut i sjøen er dybden mellom 150-200 m. Slike fjorder blir betegnet som terskelfjorder på grunn av terskelen mellom sjøen og fjorden (Inge, 2018).



Figur 2 – Illustrasjon av landskapsendringer fra tertiærtid til istid (Nesje & Whillans, 1994)



Figur 3 - Dybdeprofil over Sognefjorden (Nesje & Whillans, 1994)



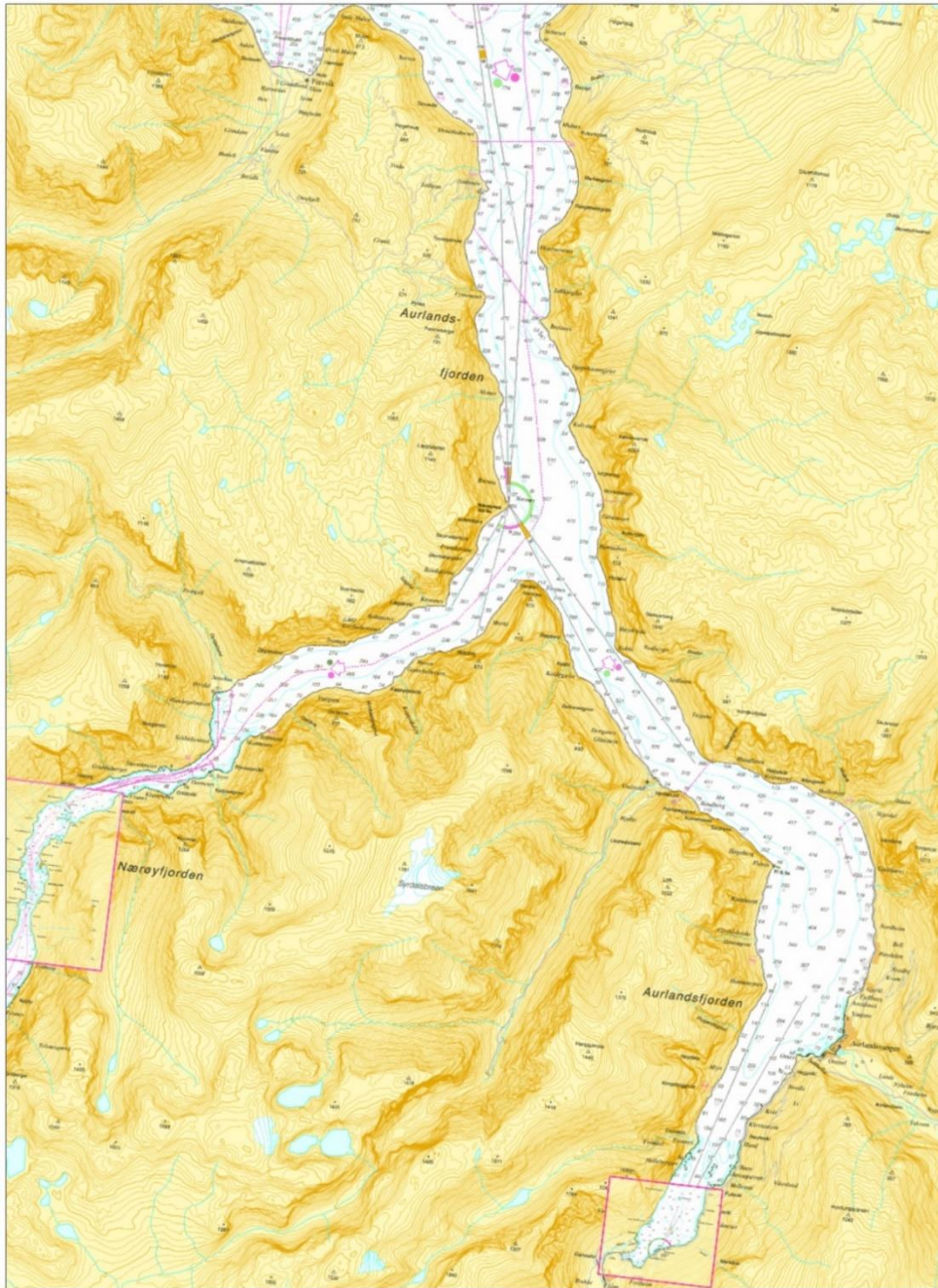
Figur 4 - Kartutsnitt for Sognefjorden (Kartverket, 2020b) © Kartverket

### 2.2.1. Aurlandsfjorden

Aurlandsfjorden er en fjordarm av Sognefjorden, og ligger i Aurland, Leikanger og Vik kommune i Vestland. Fjorden strekker seg sør fra Sognefjorden og er ca. 28 km lang. Det er naturlig å dele fjorden inn i to deler på grunn av Nærøyfjorden, som er en sidearm til Aurlandsfjorden, som munner ut i Aurlandsfjorden i Beitelen, se Figur 5. Indre Aurlandsfjorden blir betegnet sør fra Beitelen mot Aurlandsvangen og slutter i Flåm, mens ytre Aurlandsfjorden strekker seg nordover fra Beitelen til Sognefjorden (Aure et al., 1976).

Overflatearealet til indre og ytre Aurlandsfjorden er til sammen 42 km<sup>2</sup>, fjorden er omtrent 1 km bred med unntak av bassenget utenfor Aurlandsvangen og nær utløpet i Sognefjorden, hvor maksimal bredde er på om lag 2,5 km<sup>2</sup> (Aure et al., 1976). Dybden på fjorden ligger mellom 200 m og 500 m med en dybdemaksimal, uten terskel, ytterst i fjorden på 962 m i utløpet mot Sognefjorden, se Figur 6 (Selland, 2018).

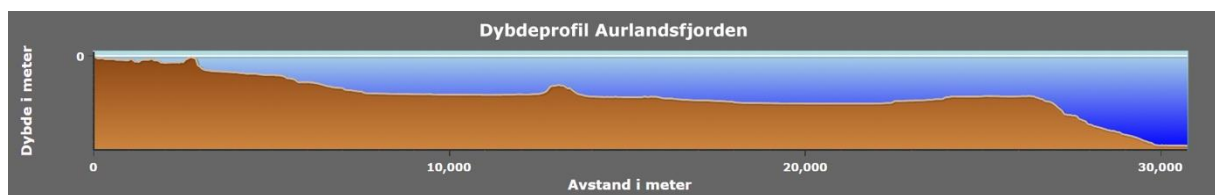




Senterposisjon: 69335.32, 6785926.52  
 Koordinatsystem: EPSG:25833  
 Utskriftsdato: 03.06.2020



Figur 5 - Sjøkart over Aurlandsfjorden (Kartverket, 2020c) © Kartverket

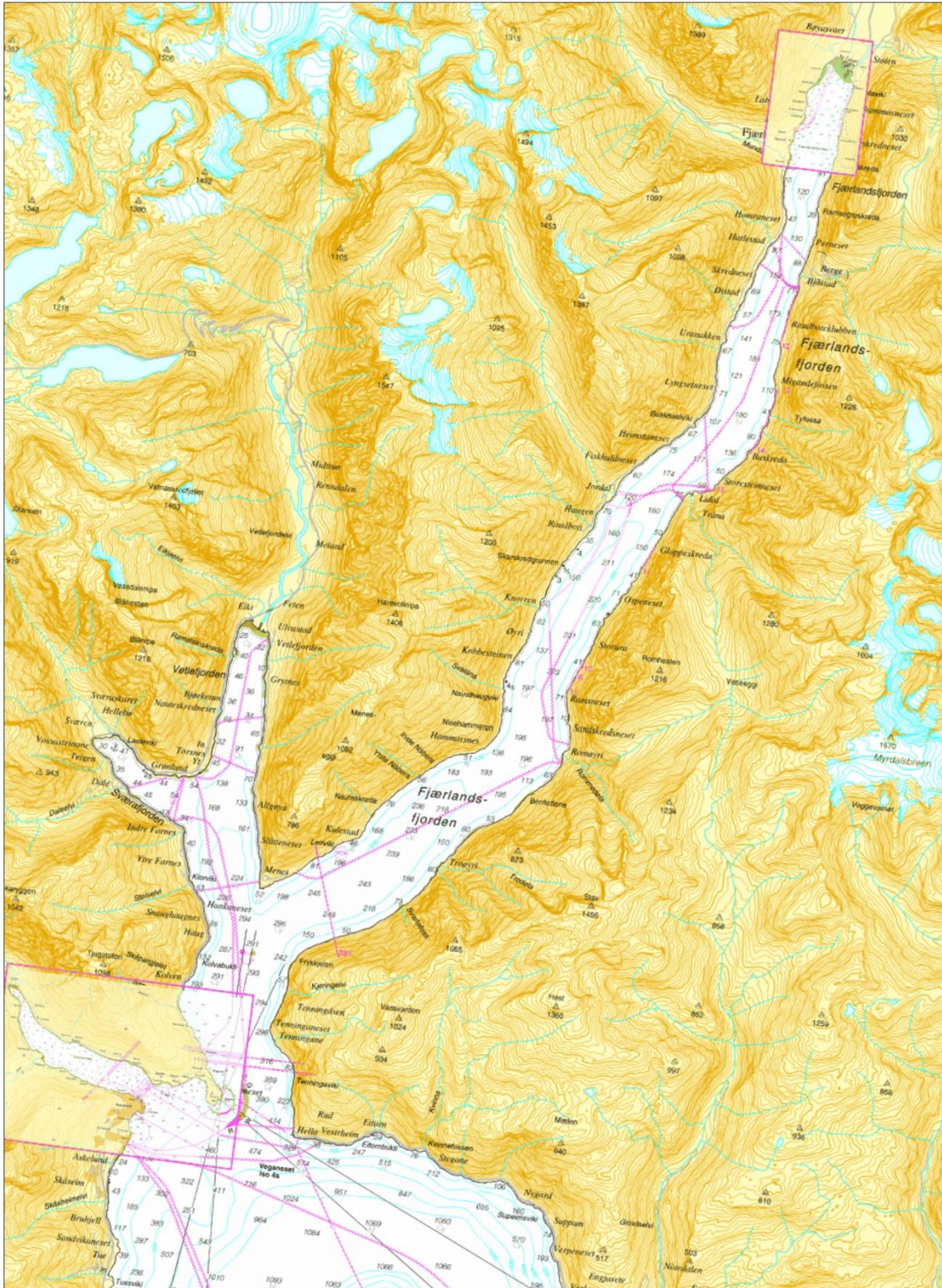


Figur 6 - Dybdeprofil for Aurlandsfjorden (Kartverket, 2020a) © Kartverket

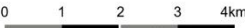
### *2.2.2. Fjærlandsfjorden*

Fjærlandsfjorden er en fjordarm og en hengende fjord til Sognefjorden. Den ligger i Sogndal kommune i Vestland fylke. Fjorden er lang og smal, og den strekker seg om lag 25 km nord fra Balestrand til deltaet hvor Storeelvi munner ut i fjorden. Fjorden har en bredde på 1,6 km ved overgangen mellom Hella og Menes hvor Fjærlandsfjorden munner ut i Sognefjorden. Smaleste partiet av fjorden er ved Homraneset hvor bredden er på ca. 650 m, se Figur 7 (Kartverket, 2020b). Fjærlandsfjorden har bratte fjellpartier før den innerste delen av fjorden, hvor Mundal befinner seg. Nord for fjorden ligger Jostedalsbreen, og nordøst Svardalsbreen (Kartverket, 2020b).

Tilsvarende dybdeprofil lik Aurlandsfjorden kunne ikke oppdrives ettersom batymetriske målinger ikke er utført/tilgjengelige for Fjærlandsfjorden. Figur 7 viser i stedet et sjøkart med dybdepunkter for Fjærlandsfjorden.



Senterposisjon: 53144.5, 6825116.26  
 Koordinatsystem: EPSG:25833  
 Utskriftsdato: 02.06.2020



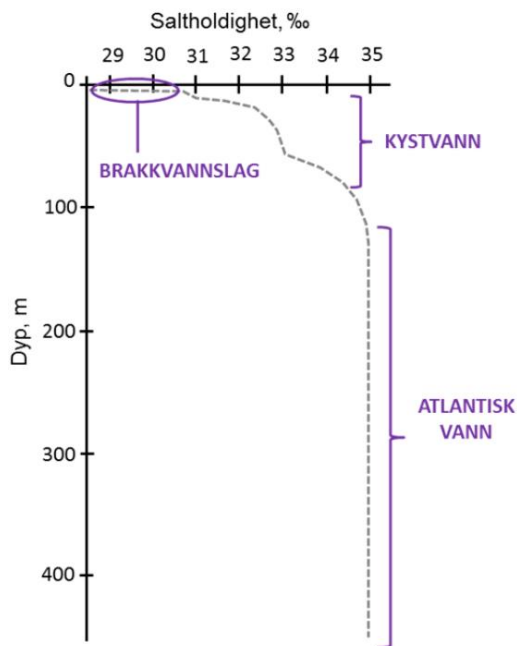
Figur 7 - Sjøkart over Fjærlandsfjorden (Kartverket, 2020c) © Kartverket

## **2.3. Fjordhydrografi**

### *2.3.1. Vannmasser*

Fjorder består av flere lag med vannmasser av ulik egenvekt, saltholdighet og temperatur. Saltholdigheten påvirker lagdelingen av vannmassene mest. Disse lagene blir som regel delt opp etter egenskaper og funksjoner for å kunne beskrive hydrodynamikken i fjorden. Det vanlige er å dele opp vannmassene i fjordene i tre ulike lag. Det øverste laget blir beskrevet som overflatelaget eller brakkvannslaget og er til to til tre meters dyp avhengig av ferskvannstilførselen. Vannlaget dannes på grunn av ferskvannstilførsel fra land, hovedsakelig fra elver og snøsmelting. Hvor elven møter fjorden dannes det et brakkvannslag som har en lavere saltholdighet, ofte mindre enn 30 ‰, som vist i Figur 8. Den lavere saltholdigheten gir brakkvannslaget en lavere egenvekt, og på vei ut fjorden blandes det med saltvann fra undersiden, blir saltere og blandes ut slik at lik egenvekt oppnås (Opdal et al., 2013).

Under brakkvannslaget finner man mellomlaget. Kystvannet er definert som vannmasser som har en saltholdighet mindre enn 34,5 ‰, mens atlantisk vann er vannmasser med en saltholdighet på mer enn 35 ‰. Disse to vannmassene kombinert blir kalt for mellomlaget i fjordlagdelingen, og er vannlaget mellom brakkvann og terskeldypet. Dette vannlaget utgjør som regel en betydelig større del av fjordens volum, og det er i dette laget den største delen av vannutvekslingen foregår. Det nederste vannlaget består av atlantisk vann og befinner seg som regel under fjordterskelen (Opdal et al., 2013).



Figur 8 - Oversikt over vannmassene. Viser de ulike lagenes dybde og saltholdighet (Opdal et al., 2013)

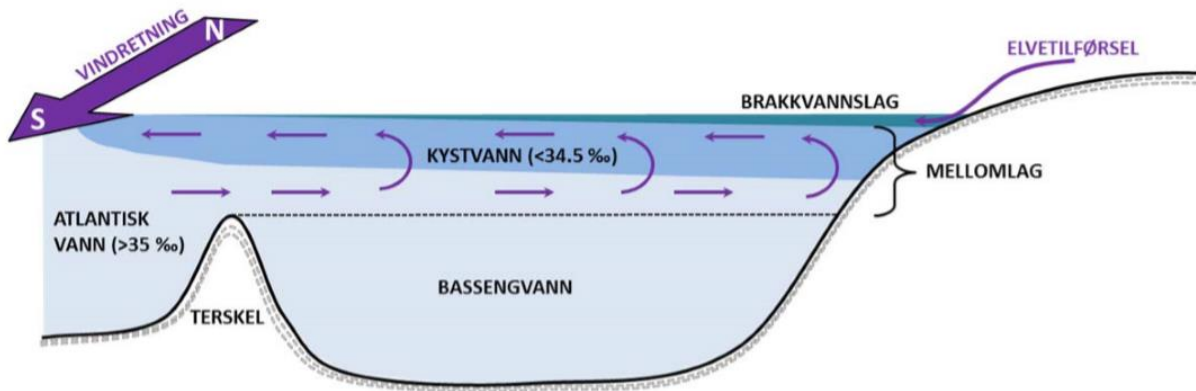
### 2.3.2. Vannutveksling

Naturlig avrenning av ferskvann til fjorder er i stor grad sesongbasert i hele Norge. Mønsteret kan ha variasjoner ved ulike breddegrader. Fellestrekk for alle fjorder er at det er mindre avrenning om vinteren på grunn av at mye nedbør lagres som snø og is. Snøsmelting starter om våren, normalt i begynnelsen av mai til slutten av juni. Dette medfører til at nedbøren som ble lagret om vinteren smelter og leder til større avrenning, også kalt vårflom. I sommermånedene vil det være en lavere ferskvannsavrenning, men fjorder som får tilført smeltevann fra isbreer vil ha en høy avrenning også på sommerstid (Kaartvedt, 1984).

Den estuarine sirkulasjonen er et strømningsmønster hvor saltvann møter ferskvann, tilført fra elver, og blandes utover fjorden. På grunn av forskjellig saltholdighet har vannmassene ulik egenvekt. Blandet ferskvann fra elvene vil legge seg som et lag på toppen av fjorden, og det vil bli dannet brakkevann som driver utover mot sjøen. På grunn av forskjell i saltholdighet blir det dannet to lag (brakkevannslaget og mellomlaget) og det vil oppstå en kompensasjonsstrøm under brakkevannslaget.

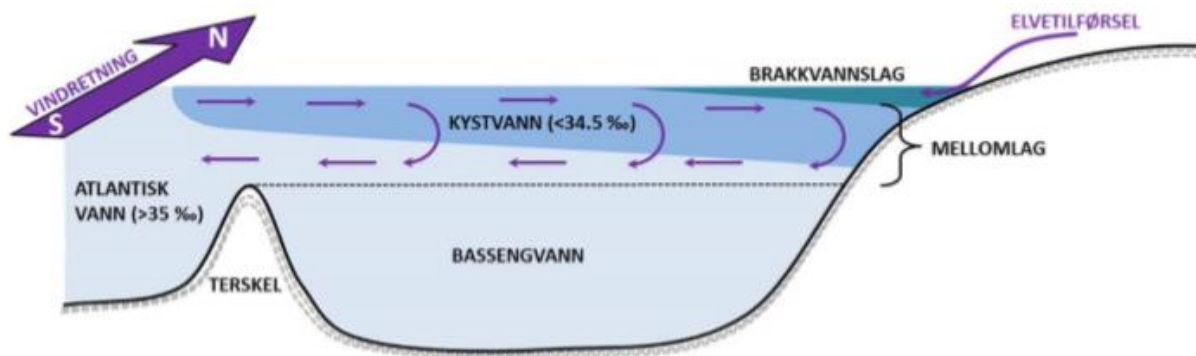
Denne blandingsprosessen utgjør den estuarine sirkulasjonen. En finner også estuarine sirkulasjoner i norske fjorder, men den er ikke like fremtredende, fordi de norske fjordene er veldig dype i motsetning til typiske estuarine forekomster. Dermed er det andre utvekslingsprosesser, som mellomlagsstrømninger, som er dominerende. Den estuarine sirkulasjonen er likevel veldig viktig for økologien, siden den påvirker de øvre vannlagene som har betydning for primærproduksjon i fjorder, og redusert avrenning fra regulerte vannkraft kan påvirke denne prosessen (Opdal et al., 2013). En av de mest dominerende årsakene av vannutveksling er tidevannsbølger. Tidevannsbølger oppstår som et resultat av månens og solens tyngdekraft på havet. Vannmassene går opp og ned med intervaller på 12 timer og 25 minutter i Norge, forflytter store mengder vann inn og ut av fjorden, og det oppstår sirkulasjon fra brakkvannslaget i toppen av fjorden til det atlantiske vannet i bunnen (Staalstrøm & Hjelmervik, 2017).

Vind oppstår som et resultat av temperaturforskjeller. Lokale vinder som beveger seg over vannet i fjorder vil påføre vannmassene et mekanisk drag. Dette fører til at vannmassene i de øverste lagene vil dras i samme retning som vinden på grunn av friksjonen mellom vannet og vinden. Dypere vannlag vil ikke påvirkes av dette draget, men draget kan påvirke vannstrømmer ned til 20 m. Dermed har lokale vinder liten betydning for utblanding i fjorder i sin helhet, men kan ha en viktig effekt for utblanding av det øverste vannlaget av fjorden. Regionale vinder har derimot en større betydning for utvekslingen av vannmassene i fjorder og påvirker i større grad utskiftning av større mengder vann. På den nordlige halvkulen av jorden vil vannmassene bli drevet til høyre for vindretning som et resultat av rotasjonen av jorden (corioliseffekten). Dette fører til at ved nordavind vil kystvann flyttes vestover ut mot havet og atlantisk vann inn i fjorden. Ved nordavind vil brakkvann strømme med kystvannet og dette kan øke utblandingen av brakkvannslaget, som vist i Figur 9 (Opdal et al., 2013).



Figur 9 - Sirkulasjonsmønster i fjorder ved nordavind (Opdal et al., 2013)

Figur 10 viser at ved søravind vil derimot kystvann strømme inn i fjorden og atlantisk vann ut av fjorden. Her renner kystvannet mot brakkvannslaget som kan redusere hastigheten på utblandingen av brakkvann (Opdal et al., 2013).

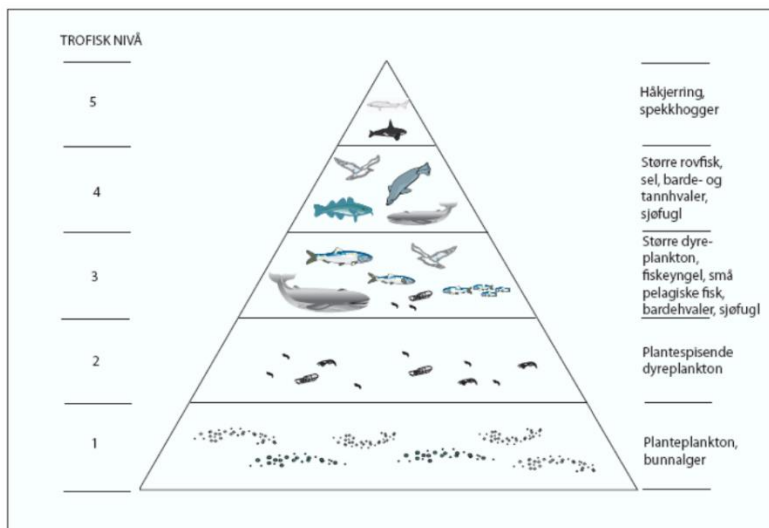


Figur 10 - Sirkulasjonsmønster i fjorder ved søravind (Opdal et al., 2013)

### 2.3.3. Næringsnett i fjord og hav

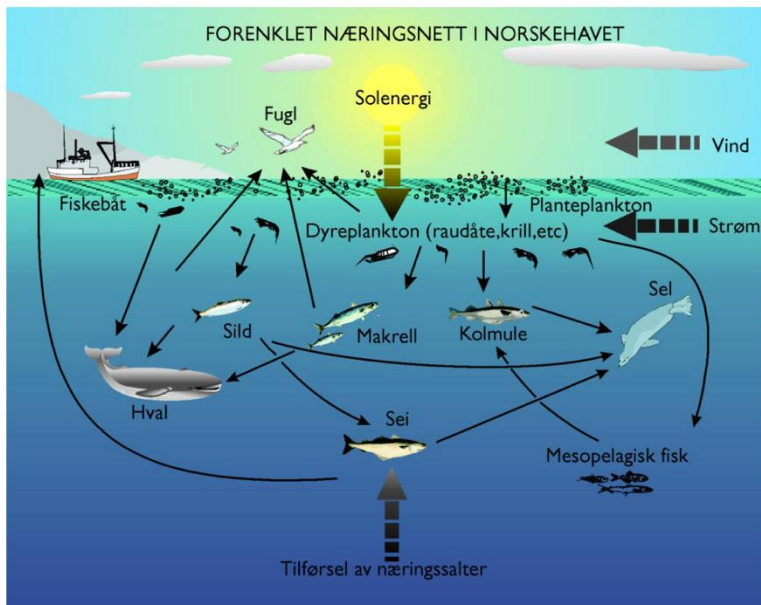
Hierarkiet over hvem som spiser hvem i et økosystem kalles næringskjede, eller nærmere bestemt, næringsnett. Gjennom konsum overføres organisk stoff og energi produsert gjennom primærproduksjon videre oppover i næringsnettet. Nederst i næringsnettet finner vi produsenten, som via fotosyntese, utnytter solenergien til å produsere organisk materiale. Neste nivå i næringsnettet er primærkonsumenten, som beiter på produsenten, deretter beiter sekundærkonsumenten på primærkonsumenten m.m. (Semb-Johansson et al., 2019). Leddene i næringsnett, eller næringskjede, kalles trofiske nivå.

I pelagialen er det planteplankton, i tillegg til mikroalger som tang og tare, som er primærprodusenter og grunnlaget for næringsnettet. Dyreplankton beiter så på planteplanktonet og kalles derfor sekundærprodusenter. Disse er igjen næringsgrunnlaget for bla. fiskelarver, -yngel, planktonspisende fisk og flere sjøpattedyr som f.eks. bardehvaler (Naustvoll, 2007). Deretter er disse næringsgrunnlag for større fisk, fugler, sel m.m., se Figur 11 Flere arter spanner over flere ledd i næringsnettet. Et eksempel på dette er de større krillartene som livnærer seg på både plante- og dyreplankton, se Figur 12 (Dommasnes et al., 2008).



Figur 11 - Forenklet næringspyramide av trofiske nivå i hav (Dommasnes et al., 2008)





Figur 12 - Forenklet næringsnett for Norskehavet (Dommasnes et al., 2008)

#### 2.3.4. Planteplankton

Planteplankton er for det meste encellede mikroalger, blant annet kiselalger, fureflagellater og andre flagellater. Disse danner fundamentet i næringsnettet i hav og ferskvann og fungerer som primærprodusenter fordi de produserer organisk materiale gjennom fotosyntese (Berner et al., 2019). I nordiske havområder finnes planteplankton ned til 15-20 m dyp, dette er fordi de er avhengig av sollys i vannlaget til å drive fotosyntese. Lagdelingen av vannmassene er viktig for at planteplankton skal kunne holde seg i områder hvor det er tilstrekkelig med lys (Thronsen, 2018).

Livsgrunnlaget til planteplankton er avhengig av en rekke næringssalter. De viktigste er nitrater, fosfater og silikater. Planteplankton har et spesielt godt opptak av næringssalter slik at en våroppblomstring kan nærmest finne sted «eksplosivt». Dette som følge av tilførsel av næringssalter gjennom vinteromrøringen og vårfloppen (Bøhle, 2019).

Vinteromrøring er en viktig prosess for våroppblomstringen, og skjer når vannet har lik egenvekt og vanntemperaturen i de øvre vannlagene synker på grunn av mindre solinnstråling. Når vinteromrøringen finner sted er det lite planteplankton på grunn av liten stabilitet i vannmassene. Kaldt vann har en høyere egenvekt enn varmere vann, og når vannlagene når lik egenvekt fører dette til at de øvre vannlagene røres med de dypere vannmassene gjennom vertikal varmeutveksling.

Dermed blir nytt og næringsrikt vann ført opp til de øvre vannlagene (Thronsen et al., 2019). Derfor er det vanlig med en algeoppblomstring om våren når vannet har stabilisert seg, enten ved varmere temperatur eller økt tilførsel av ferskvann. Denne vårflommen drar med seg organisk og uorganisk materiale fra vassdragene og vil på denne måten tilføre næringsalter til fjorden som fører til at planktonet får gunstige forhold (Opdal et al., 2013).

### 2.3.5. Dyreplankton

Dyreplankton er små dyr, oftest mellom ca. 02-10 mm, som driver fritt med vannstrømmene. De har i liten grad evne til å forflytte seg selv, men heller flyter horisontalt med vannmassene. Flere av artene forflytter seg imidlertid vertikalt, som regel som en del av en vandring i sesongoverganger eller pr. døgn, stimulert av lysforholdene. Blant dyreplankton er hoppekreps, amfipoder og krill definert som de viktigste organismene i Norskehavet og i norske fjorder (Dommasnes et al., 2008).

En nøkkelart i havet er raudåte. Dette er et dyreplankton av typen hoppekreps og representerer hoveddelen av dyreplankton i Norskehavet. Det finnes flere arter av hoppekreps, hvor det i Sognefjorden er to vanlige. Henholdsvis raudåte, (*Calanus finmarchius*) og en annen art av hoppekreps (*Calanus helgolandicus*) (Bucklin et al., 2000). Raudåte beskrives som et av de viktigste leddene i næringsnett i havet grunnet sin utbredelse. Livssyklusen varer rundt ett år med gyting om våren. Det vil si at om våren finnes to generasjoner raudåte, henholdsvis foreldre og barn. Om høsten er den nesten voksen og søker ned til dypere vann for å overvintre, hvor på våren stiger den opp igjen til øvre vannlag for å gyte og resulterende avslutte livssyklusen (Sømme, 2019). Det er påvist opptil flere årsgenerasjoner i sørlige deler av Norskekysten hvor raudåte kan gyte både vår og høst (Havforskningsinstituttet, 2019). Gyteproduktet er viktig livsnæring for yngel av sild, makrell og torsk, mens voksen raudåte er viktig næring for planktonspisende fisker som sild, kolmue, makrell, i tillegg til bardehvaler (Dommasnes et al., 2008).

### 2.3.6. Match/Mismatch- og Skreslet-hypotesen

Match-mismatch hypotesen ble utviklet av David Cushing på 1960-tallet. Hypotesen går ut på at det må være en synkronisert oppblomstring av matkilde og fiskeyngel for at fiskebestandene skal oppleve suksessfull reproduksjon. Om fiskeyngel fødes når det ikke er mat tilgjengelig, fordi våroppblomstringen ikke har funnet sted, eller allerede er over, vil dette føre til mangel på mat og dårlig reproduksjon (Durant, 2019). Premisset for denne hypotesen er at økosystemet er av typen *bottom-up control*, eller byttedyr-kontrollert. Dette innebærer at antall av en art predatorer (fiskelarver) styres av antall av en art byttedyr (dyreplankton) (Durant et al., 2014).

Skreslet (1976) presenterte en korrelasjon mellom ferskvannsvannføring i vassdrag på Sørvestlandet og rekruttering av torsk utenfor Lofoten. Det antas at vårflommen ligger til grunn for å opprettholde en sterk primærproduksjon, som fører til gode levekår for raudåte med resulterende sterk rekruttering av denne (Kaartvedt, 1984). Videre antar Skreslet at sommergenerasjonen transporteres ut av fjordene og videre nordover langs kysten med kyststrømmen, før den søker mot dypere vann for å overvintre. Skreslet hevder at raudåten da befinner seg rundt Vestfjorden mellom Lofoten og Salten, hovedområdet for gyting av torsk. Raudåten gyter her i de øvre vannlagene på sen vinteren/våren. De resulterende gyteproduktene er hovedføden for torskelarvene. Poenget er altså at gyteproduktet av dyreplankton, og dermed rekrutteringen av torsk, er avhengig av størrelsen på vårflommen i Sørvestlandet. På denne måten kan regulering av vårflommen til vannkraft gi ringvirkninger på torsk (Kaartvedt, 1984).

Det er blitt påpekt svakheter ved Skreslet sin hypotese. Blant disse er det spesielt metoden som skaper usikkerhet. Kaartvedt (1984) hevder at den store svakheten ved en korrelasjonsanalyse er at «en god korrelasjon ofte ikke trenger å være uttrykk for en årsakssammenheng». Han viser her til at det er flere parametere som spiller inn på produksjonen i havet, slik at den utslagsgivende faktoren er vanskelig å skille ut. Kaartvedt henviser til Ottestad (1960) som eksempel. Her ble det ved bruk av korrelasjonsanalyse funnet en tydelig sammenheng mellom årsvekst av furutrær og årsklassestyrke hos torsk. Kaartvedt hevder at den første faktor ikke styrer den andre og at forklaringen heller ligger i en ytre klimatisk faktor. Kaartvedt viser også til andre arbeider som ikke ser samme sammenheng som Skreslet. Det finnes derfor flere kritikere til hypotesen (Kaartvedt, 1984).

#### **2.4. Forvaltning av vannkraft**

Konsesjon er en tillatelse fra en myndighet til utføre et tiltak. Før konsesjon er gitt må en søknad sendes inn til aktuell myndighet. Formålet med en slik søknad er å veie ulempene og fordelene med tiltaket mot hverandre og vurdere hvorvidt tiltaket tilfredsstillende de krav som er satt. Av aktuelle myndigheter er det Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) som i all hovedsak behandler konsesjonssøknader i vannkraftsaker. Avhengig av størrelsen på tiltaket kan også søknaden måtte behandles hos Olje- og energidepartementet (OED) eller av Stortinget hvor konsesjon utstedes av Kongen i statsråd. Dette er eksempelvis tilfelle for utbyggingen av vannkraft i Aurland.

Ikke alle saker er konsesjonspliktige, og dette vurderes etter § 18 i vannressursloven som omhandler særskilt avgjørelse om konsesjonsplikt (Vannressursloven, 2001). NVE har som regel å anbefale at kraftverk over 1 MW krever konsesjon da tiltaket regnes som å ofte ha én eller flere ulemper. Saksgangen i en konsesjonssak er offentlig tilgjengelig og er å finne på NVE sine nettsider (Rosvold & Halleraker, 2019).

Skal det søkes konsesjon for utbygging av et vannkraftverk er det er en rekke lover som gjelder. Av disse er det i all hovedsak energiloven, vannfallrettighetsloven, vassdragsreguleringsloven, vannressursloven, plan- og bygningsloven, forurensningsloven, samt elsertifikatloven. Alle har som fellestrekk å sikre et tiltaks formål, drift og inngrep utføres på en samfunnsmessig og rasjonell måte med hensyn til natur og miljø. Unntak er elsertifikatloven som har som formål å være et insentiv for økt produksjon av fornybar energi (Elsertifikatloven, 2012; Energiloven, 1990; Forurensningsloven, 1983; Plan- og bygningsloven, 2008; Vannfallrettighetsloven, 1917; Vannressursloven, 2001; Vassdragsreguleringsloven, 1917).

Om et tiltak regnes å medføre nevneverdige skader eller ulemper for allmenne interesser vil tiltaket kreve konsesjon etter vannressursloven, jf. § 25 første ledd. Lovens virkeområde gjelder ferskvannsressurser som defineres som overflatevann og grunnvann. Her settes det regler om bla. eiendomsrettslige forhold, forvalteransvar, konsesjonsplikt og tilsyn med tiltak i vassdrag (Hustveit, 2002).

#### *2.4.1. Vanndirektivet*

I 1995 ble det igangsatt arbeid i EU for å skape en fellespolitikk med formål å beskytte og forvalte vannmiljøet på en bærekraftig måte. Fem år senere, i 2002, kom EUs mest ambisiøse miljødirektiv, vanndirektivet, som fremlegger rammer for forvaltning av vann og forplikter EUs medlemsland til å oppnå god kvalitativ og kvantitativ status for alle vannforekomster, inkludert fjorder (Vannportalen, 2014). Ettersom direktivet inngår i EØS-avtalen, er også Norge forpliktet til å følge direktivets retningslinjer. Som resultat trådte vannforskriften i kraft i 2007 med formål om å gjennomføre EUs vanndirektiv i norsk rett (Vannforskriften, 2007). Vanndirektivet samler EU under en felles vannpolitikk med en mer koordinert forvaltning enn hva som tidligere eksisterte. Direktivet innebærer en klassifisering av vannkvalitet fra svært dårlig til svært god med et minstekrav om «god tilstand». I regulerte elver og fjorder klassifiseres disse som «sterkt modifiserte vannforekomster» og pålegges andre krav om at vannforekomsten har et noe lavere miljøkrav, hvor «godt potensial» regnes som tilstrekkelig.

Dette innebærer at miljømålet er tilpasset inngrepets samfunnsnyttige formål (Vannportalen, 2014). Vannforskriften deler i vedlegg V (Figur 13) vannforekomster i fire ulike grupper, henholdsvis elver, innsjøer, brakkvann og kystvann. En fjord vil pr. definisjon inngå under kystvann som er definert som: «Saltvann fra en nautisk mil utenfor grunnlinjen og inntil land eller ytre grense for brakkvann, samt ut til den ytre grensen for territorialfarvannet med hensyn til kjemisk tilstand» som vist i Figur 13 (Vannforskriften, 2007, § 3). Én nautisk mil tilsvarer 1852 m (Kjerstad & Dick, 2020).

Kvalitets- elementer	Elver	Innsjøer	Brakkvann	Kystvann
Biologiske elementer	Sammensetning og mengde av vannplanter	Sammensetning, mengde og biomasse av planteplankton  Sammensetning og mengde av andre vannplanter	Sammensetning, mengde og biomasse av planteplankton  Sammensetning og mengde av andre vannplanter	Sammensetning, mengde og biomasse av planteplankton  Sammensetning og mengde av andre vannplanter
	Sammensetning og mengde av bunnlevende virvelløse dyr	Sammensetning og mengde av bunnlevende virvelløse dyr	Sammensetning og mengde av bunnlevende virvelløse dyr	Sammensetning og mengde av bunnlevende virvelløse dyr
	Sammensetning, mengde og aldersstruktur for fiskefauna	Sammensetning, mengde og aldersstruktur for fiskefauna	Sammensetning, mengde og aldersstruktur for fiskefauna	
Hydro- morfologiske elementer som støtter de biologiske elementene	Hydrologisk system  – Vannføringens størrelse og variasjon  – Forbindelse til grunnvannsforkoms- ter	Hydrologisk system  – Vannføringens størrelse og variasjon  – Oppholdstid  – Forbindelse til grunnvannsforkomster	Tidevannssystem  – Tidevannsforskjell  – Ferskvannsgjennom- strømming  – Bølgeeksponering	Tidevannssystem  – Tidevannsforskjell  – Dominerende strømretning  – Bølgeeksponering

Figur 13 - Kvalitetselementer for klassifisering av økologisk tilstand (Vannforskriften, 2007, vedlegg V)

#### *2.4.2. Vilårsrevisjon av vannkraftkonsesjoner*

I 1959 kom det gjennom vassdragsreguleringsloven og vannfallrettighetsloven bestemmelser for konsesjonsrevisjon for vannkraft. Jf. vassdragsreguleringsloven § 8, tredje ledd, vil eldre konsesjoner revideres etter 50 år, men i nyere tid, jf. vassdragsreguleringsloven § 8, første ledd, er denne satt til 30 år. Det er nå i dag ca. 430 konsesjoner som kan tas opp til revisjon. Det primære målet med en slik revisjon er å evaluere miljøkonsekvensene til de ulike kraftverkene og anbefale tiltak for å avgjøre til hvilken grad de kan moderniseres og bli mer miljøvennlige med ønske om å kutte kraftproduksjon minst mulig. Tidligere konsesjonssaker hadde for 50 år siden vesentlige mildere miljøkrav å forholde seg til, så en vurdering av eldre kraftverk opp mot dagens standarder er høyst nødvendig. Dette med særlig fokus på de miljømål som er vedtatt i vannforskriften (LVK, u.å.).

I NVEs rapport om nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering (2013) er det kartlagt hvilke vannkraftkonsesjoner som er ønsket revidert. NVE konkluderer i rapporten at 50 vassdrag gis høy prioritet, hvor det videre gis en lavere prioritering til 53 vassdrag og ingen prioritet til 84 vassdrag. Av hensyn til vilårsrevisjon legges det særlig vekt på fisk og fiske i ferskvann og elver, hvor fjorder er et utelukket kvalitetselement iht. vannforskriften som vist i Figur 13 (Vannforskriften, 2007). Samlet årlig produksjonstap ved innføring av minstevannføring estimeres å være på 1,8-2,8 % ved realisering av forslagene som kommer frem i rapporten (NVE, 2013). Et viktig moment som inngår i konsesjonsrevisjon er at det kun er vilkår i konsesjonen som kan revideres, ikke selve konsesjonen. Dette betyr at økonomiske forhold og privatrettslige forhold ikke inngår i en slik revisjon, men heller nye krav om bla. minstevannføring, vannstand og andre miljøforbedrende tiltak (NVE, 2015).

## 2.5. Økonomiske rammer for vannkraft

I 1990 ble energiloven vedtatt og med dette ble det store endringer i kraftsektoren i Norge. Dette førte til en liberalisering av kraftmarkedet i landet og det ble slutt på politisk styrt utbygging og investeringsbeslutninger. Før dette var det staten som hadde ansvaret for produksjon av kraft og leveransen av elektrisitet til de respektive fylkene og kommunene. De lokale elektrisitetsverkene var ansvarlig for sitt konsesjonsområde og hadde dermed oppdeckningsplikt, som innebar at de måtte kunne levere nok strøm til å dekke forbruket i sitt område (NOU 2019: 16, s. 26).

Ifølge NVEs langsiktige kraftmarkedsanalyse (2019-2040) går utviklingen i kraftmarkedet mot et tettere knytt kraftnett over landegrensene i Europa. Etterspørselen etter kraft øker og utbygging av fornybar kraft øker, samtidig som energiforbruket går ned. Norge har hatt en økning i kraftpriser de siste årene, hovedsakelig grunnet økning i pris på utslipp av klimagasser, men også grunnet prisendringer i resten av Europa som følge av utbygging av overføringskabler fra Norge til Europa. Denne økningen er forventet å fortsette. Men denne prisøkningen hevdes å kunne dempes ettersom ny fornybar kraft tilføres nettet og eventuelt et større kraftoverskudd (NVE, 2019a).

Vannkraft beskattes gjennom flere avgifter og skatter, som går til stat, vertskommuner og fylkeskommuner. Dette innebærer skatt på alminnelig inntekt og gevinstbeskatning, i tillegg til flere særskatter. Disse innebærer grunnrenteskatt, naturressursskatt, eiendomsskatt, konsesjonskraft og konsesjonsavgift. Forskjellen mellom beskatning av småkraft (1-10 MW) og større vannkraft (over 10 MW) går hovedsakelig på at småkraft er fritatt fra grunnrentebeskatning, naturressursskatt og konsesjonskraft (NOU 2019: 16, s. 50).



## **2.6. Beskrivelse av Aurland og Fjærland**

### *2.6.1. Aurland*

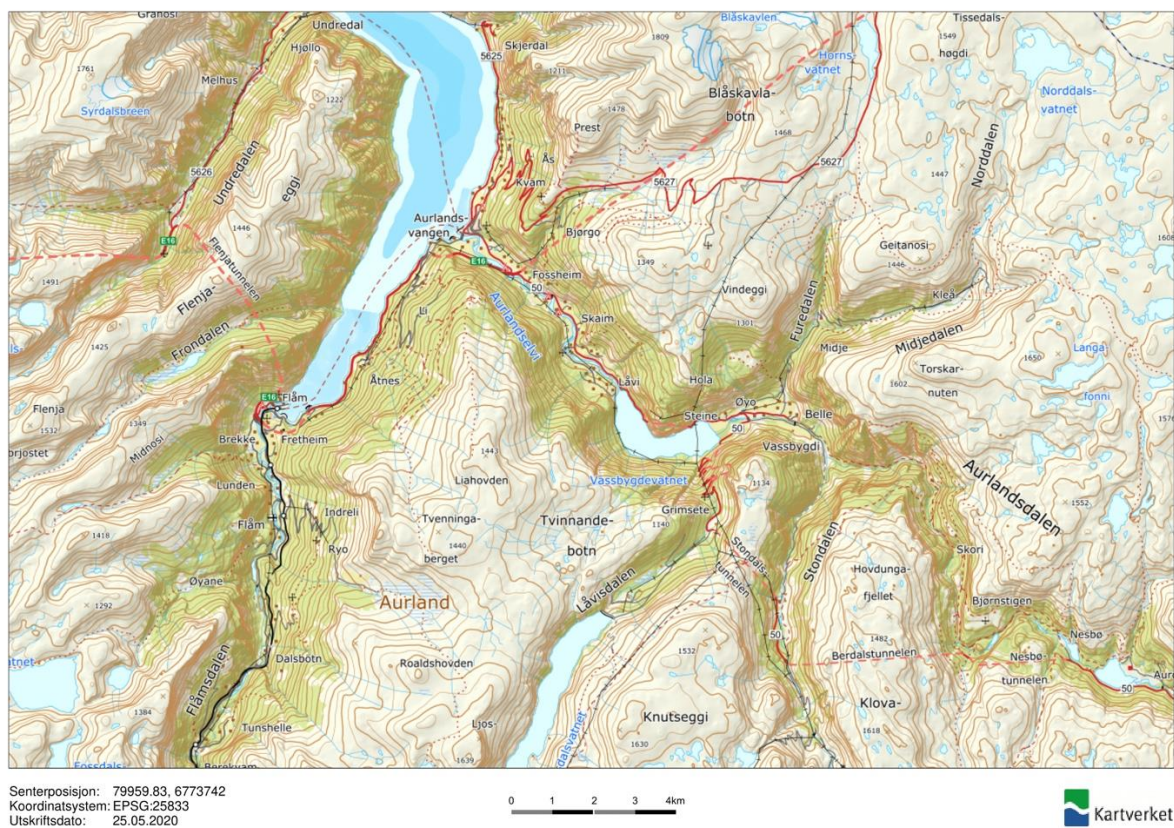
Aurlandsfjorden er en ca. 29 km lang fjordarm av Sognefjorden i Aurland kommune, se Figur 14. Den har en fjordarm, Nærøyfjorden, til tettstedet Gudvangen i sørvest, mens hovedarmen fortsetter til sørøst mot tettstedene Aurlandsvangen og avslutningsvis Flåm (Seland, 2018). Sørøst for Aurlandsvangen finnes Aurlandsdalen hvor Aurlandselva renner. Dette området er regulert av vannkraft med et nedbørfelt som brer seg helt over fylkesgrensen til Buskerud i øst, som er i motsetning til nabovassdraget i sør, Flåmselva, som er vernet under verneplan for vassdrag (NVE, 2018). Strekningen gjennom Aurlandsdalen over fjellet til Hol er en historisk ferdselsveg mellom Østlandet og Vestlandet. I 1819 reiste kunstmaleren Johannes Flintoe gjennom dalen og malte maleri undervegs, som resulterte i de første kjente skildringene fra området. Dalføret er kjent som vilt og vakkert landskap og karakteriseres med frodige lier hvor hjorten holder til. Aurlandsdalen er kjent for ørretfiske, bratte fjellsider med bart fjell i dagen, og bart høyfjell hvor villrein beiter (Flåm Turistinformasjon, u.å.).

På 1960-tallet var Aurland en bygd uten vegtilgang. Eneste transportmetoden var med tog fra Flåm, med ferge eller via kløvveger. Elektrisitetsforsyningen var dårlig, og bygda var preget av arbeidsledighet og fraflytting. Allerede i 1945 hadde kommunen sikret seg fallrettighetene til vannressursene og i 1965 startet Oslo Lysverker prosessen med å få tillatelse til å ta nytte av disse til vannkraft.

Da Oslo Lysverker fikk konsesjon til utbygging av vannkraft i Aurlandsdalen 28. mars 1969 var dette fordi prosjektet var svært lønnsomt, og de negative ulempene for natur og miljø ble vurdert til akseptable med avbøtende tiltak. Eksempler på dette var at store deler av veiene ble lagt i tunneller og utenfor den vakreste delen av vandreruta i dalen. Det skulle også gjøres en rekke tiltak for å opprettholde den gode fiskebestanden i elva, og det ble satt vilkår for vannføring i elvemunningen sommerstid. 80 % av kraftproduksjonen ville kunne leveres vinterstid og enhetskostnaden for kraftverket ble satt til kun 2 øre/kWh (Hafslund E-CO, 2015 NVE, 1969).

Oslo Lysverker tilegnet seg alle fallrettighetene bortsett fra 7 % som staten eide. Staten ønsket å bli med på utbyggingen med utgangspunkt i sine fallrettigheter. I dag eier fortsatt Statkraft 7 % av kraftverkene i Aurland.

Utbyggingen ble dyrere enn forventet. Den var estimert til 600 millioner kroner, men endte på 3 milliarder kroner. Denne overskridelsen skyldes flere momenter. For det første var prisøkningen i denne perioden høy, med en konsumprisindeks som firedoblet seg over utbyggingsperioden. Dessuten ble utbyggingen mer omfattende med flere vegutbygginger enn tiltenkt og det ble støtt på geologiske utfordringer. Hafslund E-CO hevder også at hovedentreprenøren hadde tilbudt et urealistisk lavt tilbud som bød på en del tilleggs kostnader. Resultatet var store økonomiske ringvirkninger for Aurland gjennom sysselsetting og titalls millioner kroner årlig i skatter og avgifter (Hafslund E-CO, 2015).



Figur 14 - Oversiktskart over Aurland (Kartverket, 2020b) © Kartverket

### 2.6.2. Fjærland

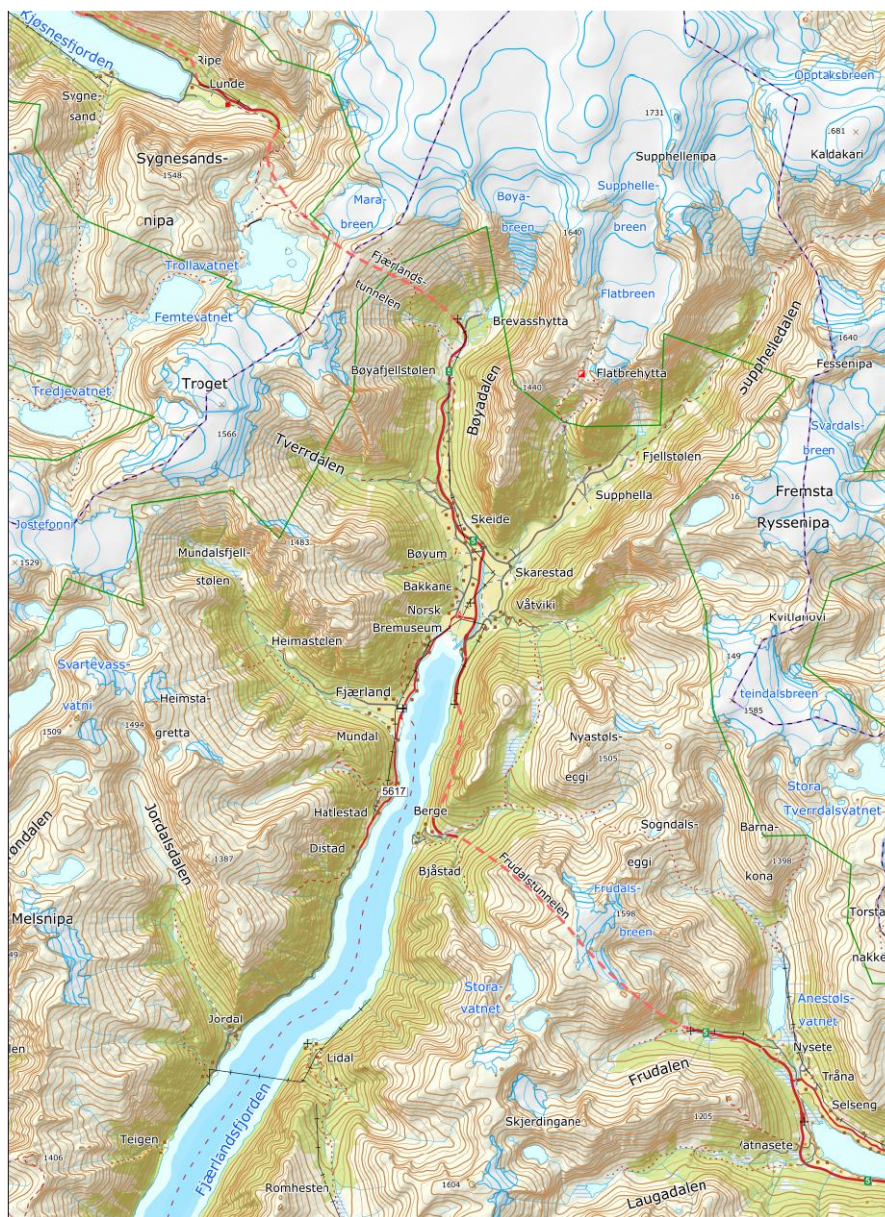
Fjærland ligger innerst i Fjærlandsfjorden, som er en 25 km lang fjordarm av Sognefjorden, se Figur 15. Ved Balestrand bryter fjordarmen løs fra Sognefjorden og dreier nordøstover til den når Fjærland (Askheim, 2020a).

Landskapet er preget av å ha blitt formet av isbreer. Høye fjell ruver over u-daler, formet av breens erosjon. Dalbunnene er preget av frodige delta av avsetninger fra breene samt breelvene. Fra enden av fjordarmen brer to daler seg ut, Bøyadalen i vest og Supphelledalen i øst. Disse fører frem til to brearmer fra Jostedalsbreen, henholdsvis Bøyabreen og Supphellebreen. Fjærland har en kombinasjon av fjord- og innenlandsklima med varm fjord og kalde isbreer. Høydeforskjellen og påvirkningen fra breene skaper store lokale klimatiske forskjeller i tillegg til store temperaturdifferanser mellom sommer og vinter generelt noe vegetasjonen bærer preg av (Norsk Bremuseum, u.å.-b).

Deler av Fjærland ligger i Jostedalsbreen nasjonalpark. Denne nasjonalparken har et areal på 1310 km<sup>2</sup> og er dermed den største isbreen i Norge og Europas fastland (Toldnæs, 2020). På Supphellebreen finnes Sogndal kommunes høyeste topp, Supphellenipa 1731 moh. Samtidig er denne brearmen den laveste i fastlands-Norge og strekker seg helt ned til kun 60 moh. (Askheim, 2020b). Smeltevann og nedbør renner i elver fra breene innerst i dalen, ned gjennom deltaene og samles i Storelvi som renner ut i fjorden ved Bøyaøyri. Her finnes Bøyaøyri Naturreservat som er et 230 dekar stort våtmarksområde som ble fredet i 1991. Området ble fredet da dette er en sterkt truet naturtype i Norge. Slike områder er ofte små i areal, men av stor viktighet. Det er få slike urørte områder igjen i fjordarmene på Vestlandet. Selve våtmarksområdet er bevart og intakt, men Bøyaelvi – der Skeidsflåten, Tverrdalselvi og Horpedalselvi renner ut i Storelvi – er under utbygging til vannkraft (Norsk Bremuseum, u.å.-a).

Da den første konsesjonen for vannkraftutbygging i Fjærland ble innvilget, for Horpedal kraftverk, i 2002, ble dette begrunnet blant annet med flere økonomiske fordeler. Senere, i 2009, i en samlet vurdering av fem kraftverk ved Fjærlandsfjorden og ny 132 kV kraftlinje til Grindsdalen ble det gitt konsesjon til Småkraft AS. I bakgrunnen for vedtaket sto det at fordelene var større enn ulempene. Det vises spesielt til de økonomiske fordelene som ble satt til å ha følgende positive effekter.

Av lokale effekter ble det anslått at de økonomiske fordelene kunne bidra til økt sysselsetting, skatteinntekter, lavere fraflytting og midler til å opprettholde landbruk, turisme og servicefunksjoner, samt lokal verdiskaping. Etablering av kaianlegg kunne også gjøre transport av beitedyr lettere. NVE vurderte det til at den estimerte brutto årsproduksjonen på 110 GWh fra de fem omsøkte kraftverkene ville gi et viktig bidrag av fornybar energi til kraftnettet. Utbyggingen av kraftlinjen var også fremtidsrettet da den hadde kapasitet til å dekke produksjon fra flere kraftutbygginger i Fjærland, som var forventet å komme, og som i senere tid har blitt utbygd (NVE, 2009g).



Senterposisjon: 60767.54, 6837733.07  
 Koordinatsystem: EPSG:25833  
 Utskiftsdato: 25.05.2020

0 1 2 3 4km



Figur 15 - Oversiktskart over Fjærland (Kartverket, 2020b) © Kartverket

## 3. Metode og materiale

Denne oppgaven er av typen tradisjonell litteraturstudie og er skrevet med bakgrunn i eksisterende litteratur fra både respektive myndigheter, vitenskapelige tidsskrifter, rapporter og målingsdata for Aurlandsfjorden overlevert av Torbjørn Dale. Anvendt litteratur har blitt nøye evaluert og benyttet på bakgrunn av troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet.

### 3.1. Valg av case

Lokasjonene i denne oppgaven ble valgt på bakgrunn av kontrasten mellom deres respektive kraftverks installerte effekt og alder. Som tettsted har Fjærland en betydelig utbygging av vannkraft i form av små vannkraftverk som i all hovedsak ikke er regulert. Kraftutbygging i Fjærland er relativ ny, med sitt eldste kraftverk som ble satt i drift i 2004. I motsetning til Fjærland, er Aurland preget av både stor, magasinert, og gammel vannkraft med Aurland kraftverk som ble ferdigstilt i 1989. Kraftverket regnes pr. i dag til å være Norges tredje største kraftverk (Vinjar & Rosvold, 2019).

### 3.2. Datagrunnlag

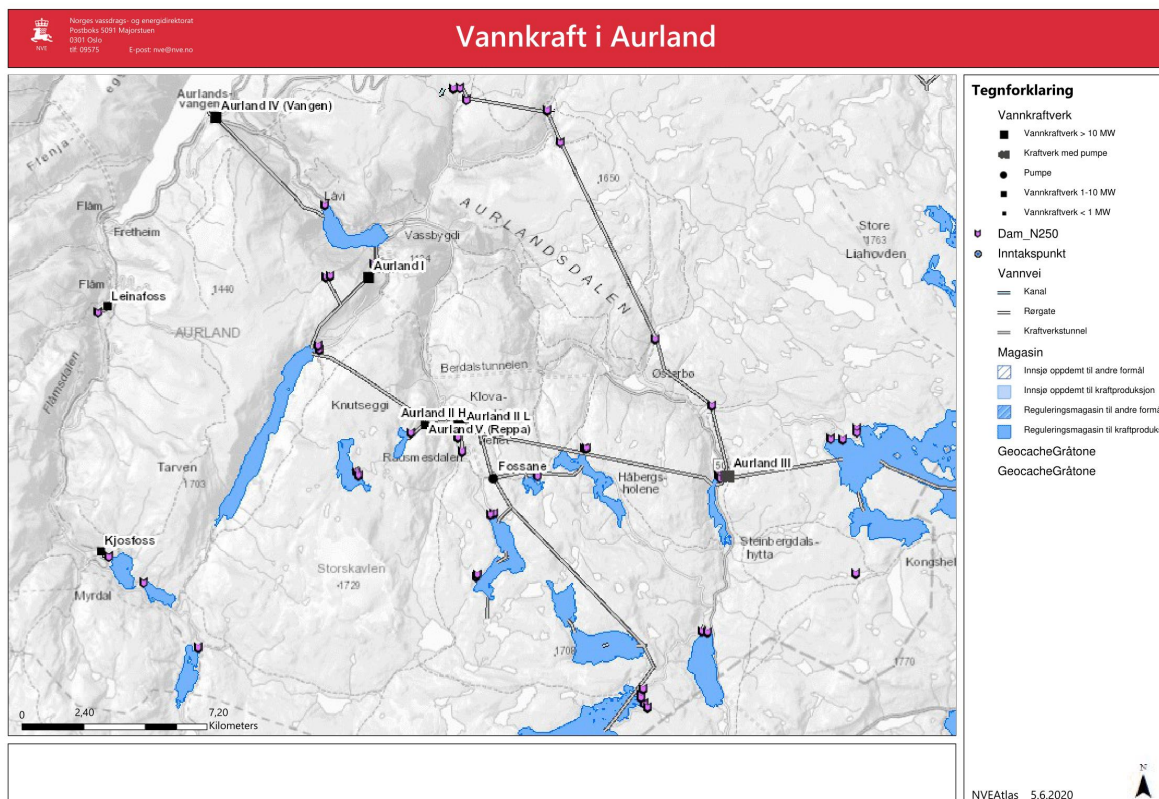
Anvendt data gjelder hydrografiske målinger for Aurlandsfjorden. Dataene fra før utbygging er hentet fra Skofteland (1970), og gjelder periodene 1919-1958, 1968 og 1969. Øvrige data er mottatt fra NVE sin database. Disse data ble sammenstilt av studenter på Mountain to Fjord kurset i 2016 ved HVL (Sogndal) av Klais Blaauw, Mike van Meer, Molly Stanley og Jonathan Zwaan. Grafene er laget av disse studentene og dette datasettet vil i denne oppgaven bli referert til som *Blaauw et al., 2016, upublisert*. Videre har vannføring i Aurlandsvassdraget i perioden 2010-2015 blitt hentet fra Berg et al. (2017). Det var ønskelig å innhente slik data direkte fra E-CO, men de kunne ikke bistå med slik data etter forespørsel. En feilkilde kan være manglende tidsserier i målingene for Aurlandsfjorden. Videre bemerkes det kompleksiteten av en slik oppgave, hvor økologiske konsekvenser av vannkraft er en problemstilling som spenner over flere faglige disipliner.

Det har blitt tatt bevisste valg etter beste evne, hvor oppgavens innhold er begrenset til den grad den åpner for mest mulig nøyaktig analyse, men vi tar forbehold om at flere faktorer, som ikke er tatt hensyn til, kan spille en viktig rolle og derav være en feilkilde. Dette kan ha ført til misvisende resultater.

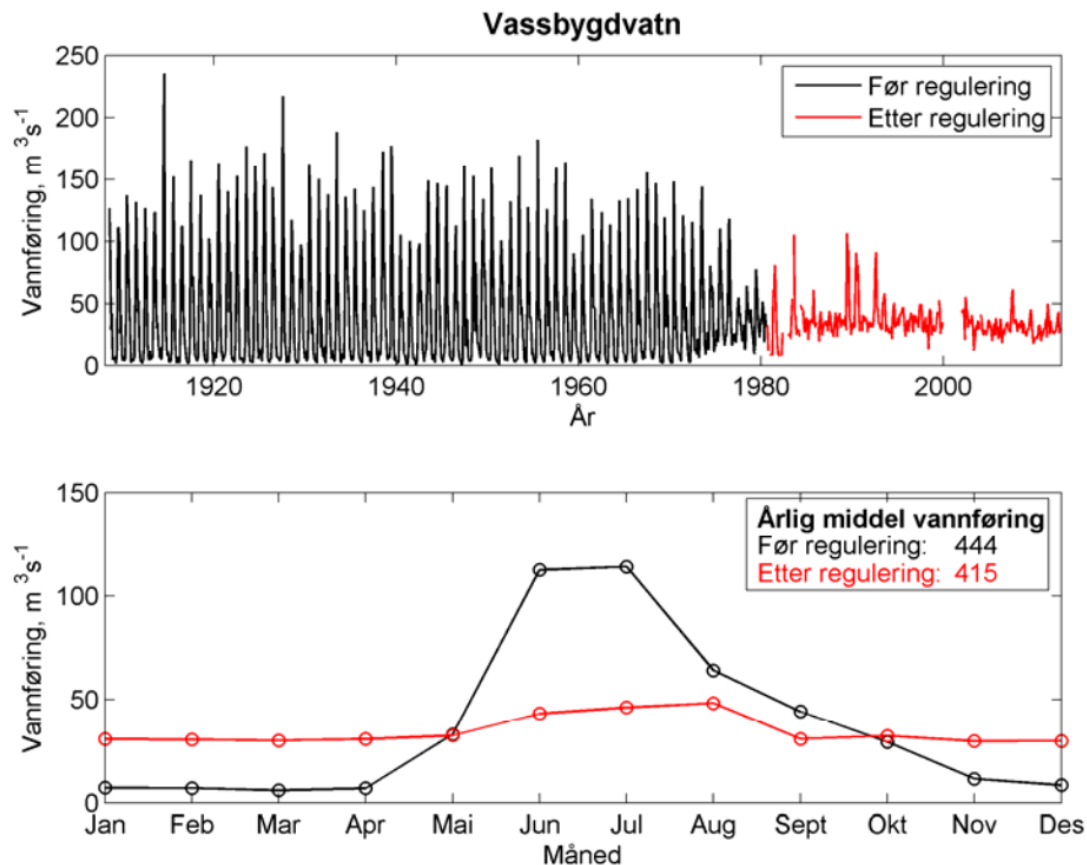
## 4. Resultat

### 4.1. Aurland

Aurland kraftverk består av seks vannkraftverk som nytter elver og magasin i og rundt Aurland, og er eid av Hafslund E-CO AS. Kraftverkene er bygget i fjell og består av et nettverk av dammer, tunneller og kraftverk, se Figur 16 (Vinjar & Rosvold, 2019). Kraftverkene har en samlet installert effekt på 1 303,8 MW og en årlig produksjon på 3 224 GWh, se Tabell 1.



Figur 16 - Oversikt over utbygd vannkraft i Aurlandsvassdraget (NVE, 2020b)



Figur 17 - Vannføringsmønsteret fra Vassbygdvatnet i Aurland før (svart) og etter (rødt) regulering i september 1980 (Opdal et al., 2013). Vassbygdvatnet har et areal på 1,8 km<sup>2</sup> og befinner seg 54 moh. (Store norske leksikon, 2015)

Figur 17 er fra Opdal et al. (2013) og viser endringsmekanismene i forbindelse med kraftutbygging i Vassbygdvatnet i Aurland. Figuren illustrerer en vesentlig endring i sesongmønster, dvs. at vannføringen reduseres på sommerhalvåret og økes på vinterhalvåret sammenliknet med normal vannføring (uregulert). Øvre graf i Figur 17 gir en tydelig indikasjon på endring i vannføring etter vassdraget ble regulert, hvor variasjonen i vannføring er dempet. Årene mellom 1920 til 1980 har toppen hvor vannføringen er mellom 150-200 m<sup>3</sup>/s, men hvor etter regulering er toppene på rundt 100 m<sup>3</sup>/s. Tilsvarende viser nedre graf en reduksjon i årlig middelvannføring på ca. 50 m<sup>3</sup>/s mellom mai og august.

Tabell 1 - Oversiktstabell over kraftverk med utløp i Aurlandsfjorden (Hafslund E-CO, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f)

Kraftverk	Brutto fallhøyde [m]	Slukeevne [m <sup>3</sup> /s]	Installert effekt [MW]	Årlig produksjon [GWh]	Nedbørfelt [km <sup>2</sup> ]	Magasinkapasitet [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Idriftsatt [år]
Aurland I	870	112,5	840	2 297	56	196	1989
Aurland II	590	83	142	418	431	199	1982
Aurland III	400	79	270	348	92	448	1979
Aurland IV	55	80	38	107	140	3	1980
Aurland V	439	3	9	31	15	17	1983
Leinafoss	55	10	4,8	23	244	11	1994
<b>Totalt</b>	<b>2 409</b>	<b>367,5</b>	<b>1 303,8</b>	<b>3 224</b>	<b>978</b>	<b>874</b>	

Tabell 1 viser en oversikt over spesifikasjoner for kraftverk med utløp i Aurlandsfjorden. Total slukeevne er på 367,5 m<sup>3</sup>/s, årlig produksjon på 3 224 GWh og en total fallhøyde på 2409 m. Aurland I står for 71 % av den årlige produksjonen av kraftverkene i Aurland.

Tabell 2 - Tabellen viser gjennomsnitt månedlig massestrømmer i perioden 2010-2015. Den viser tilsig, driftsvannføring, overløp, vannføring og prosentvis endring i vannføring sammenlignet mot tilsig. Vannføring er summen av driftsvannføringen for Aurland IV (Vangen Kraftverk) og overløpet fra Vassbygdatn som renner ut i Aurlandselva. De summerte gjennomsnittene er oppgitt i km<sup>3</sup>/år (Berg et al., 2017)

Gjennomsnitt 2010-2015 [m <sup>3</sup> /s]	Tilsig	Driftsvannføring	Overløp	Vannføring	Endring i vannføring [%]
Januar	6,08	41,08	4,18	45,26	645%
Februar	4,55	49,45	4,06	53,50	1 076%
Mars	6,50	38,67	4,65	43,32	567%
April	8,68	32,64	5,53	38,17	340%
Mai	48,46	0,00	32,18	32,18	-34%
Juni	115,93	0,00	43,54	43,54	-62%
Juli	113,88	0,00	47,86	47,86	-58%
August	64,20	0,00	40,16	40,16	-37%
September	43,77	19,63	15,19	34,82	-20%
Oktober	32,14	37,83	7,29	45,12	40%
November	19,58	46,41	5,74	52,15	166%
Desember	13,90	46,93	5,11	52,04	274%
<b>Gjennomsnitt [km<sup>3</sup>/år]</b>	<b>1,26</b>	<b>0,82</b>	<b>0,57</b>	<b>1,39</b>	



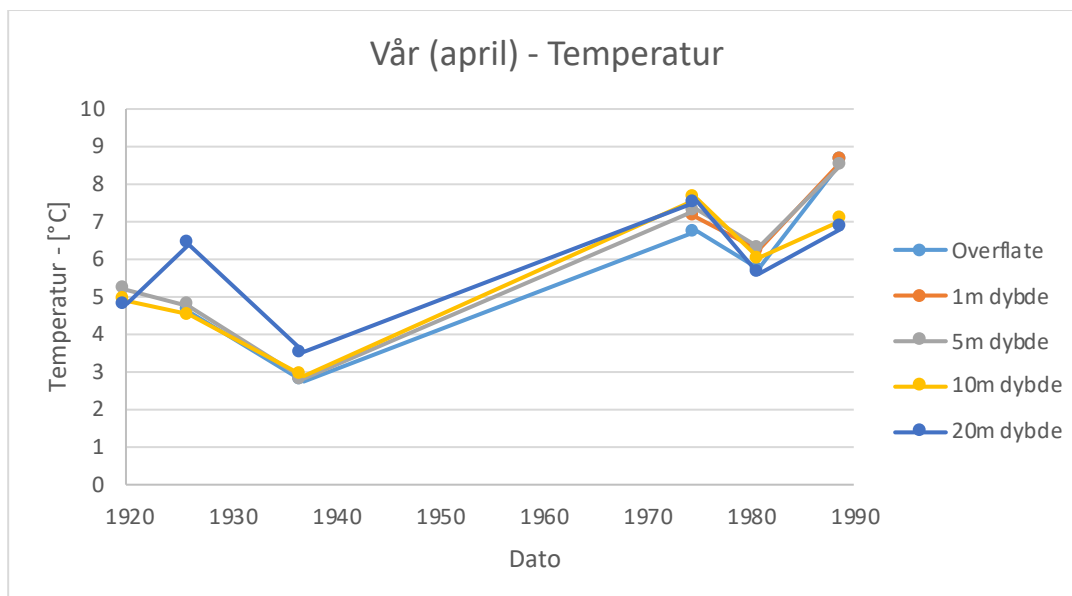
Gjennomsnittlig vannføring i Aurlandsvassdraget er beregnet ut fra månedlige gjennomsnitt over perioden 2010 – 2015. Beregningene er gjort med grunnlag i data presentert i Berg et al (2017), se Tabell 2. Målingene består av tilsig til kraftverkene i vassdraget, driftsvannføringen i Aurland IV (Vangen Kraftverk, det siste kraftverket før vannet slippes i fjorden), og overløpet som er lik vannføring i Vassbygdelva, samt overløpet fra Vassbygdvatn. Fra dette er månedlig gjennomsnittsvannføring for perioden beregnet, i tillegg til prosentvis endring i vannføring sammenlignet mot det opprinnelige tilsiget. Vannføringen er summen av driftsvannføringen i Aurland IV som slippes gjennom dykkede utslipp, og overløpet i vassdraget som renner ut Aurlandselva (Berg et al., 2017).

En ser av driftsvannføringen at Aurland IV ikke produserer i månedene mai – august. Da er vannføringen lik overløpet, samtidig som det resterende tilsiget magasineres. Resulterende blir det en negativ prosentvis endring i vannføring i denne perioden, mens prosentvis endring er positiv i de resterende månedene i året. Størst endring er det i januar, februar og mars, med en maksimal på 1 076 % i februar. I denne femårsperioden har vassdraget større vannføring enn tilsig, noe som kan forklares ved at vann er magasinert opp året før, i 2009, samtidig som at vann magasineres opp for benyttelse i 2016. Anlegget er også komplekst med flere magasiner, kraftverk, samt pumpekraftverk. Det hevdes også at dette kan være en årsak til differansen (Berg et al., 2017).

Hydrografiske målinger har blitt utført på tre steder i Aurlandsfjorden, henholdsvis Aurlandsvangen, Undredal og Simlenes, se Figur 18. Målingene er hentet inn for vår, høst og vinter. Målingene i Figur 19, Figur 20, Figur 21, Figur 22 og Figur 23 ser på saltholdighet og temperatur ved dybdeintervaller fra overflatelaget, 1 m, 5 m, 10 m og 20 m.

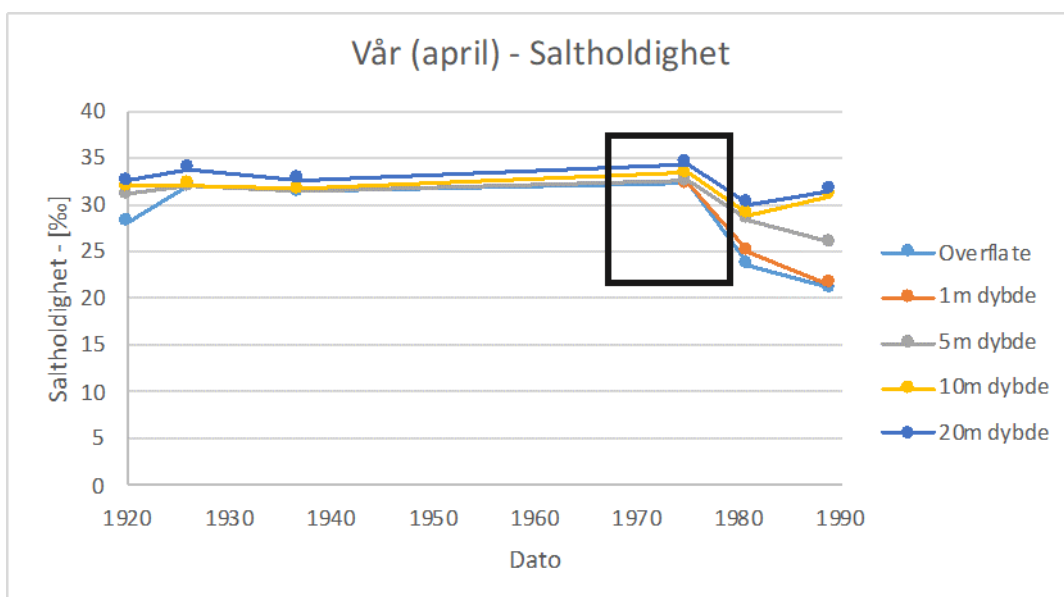


Figur 18 - Målepunkter hvor rød sirkel er Aurlandsvangen, grønn sirkel er Undredal og blå sirkel er Simlenes (Kartverket, 2020b) © Kartverket

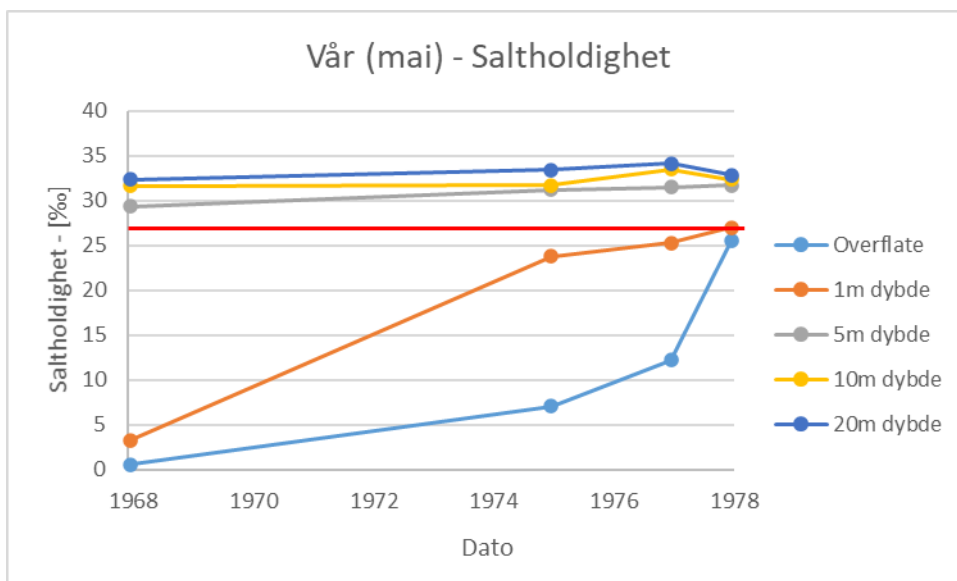


Figur 19 - Simlenes: Viser temperaturendringer målt fra 1919 til 1990 i april (Blaauw et al., 2016, upublisert)

De hydrografiske målingene utført i Aurlandsfjorden, henholdsvis Figur 19 og Figur 20, viser til endringer i temperatur og saltholdighet i april i perioden 1919 til 1990. Figur 19 synes å vise en temperaturøkning på ca. 3 °C, med et nevneverdig fall i temperatur i perioden 1975 til 1980 fra ca. 7 °C til 6 °C.

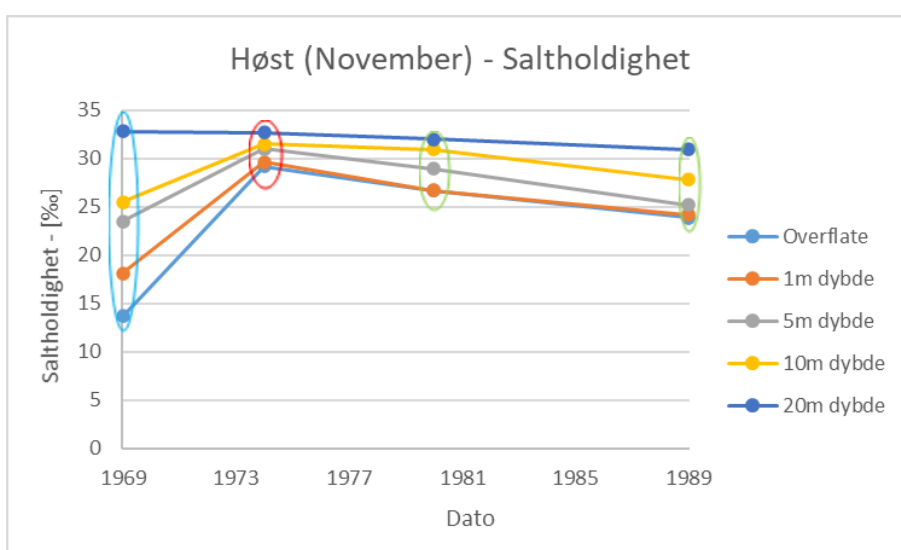


Figur 20 - Simlenes: Målinger for saltholdighet fra 1919 til 1990 i april. Svart firkant viser utsnitt for sammenligning for mai, se Figur 21 (Blaauw et al., 2016, upublisert)



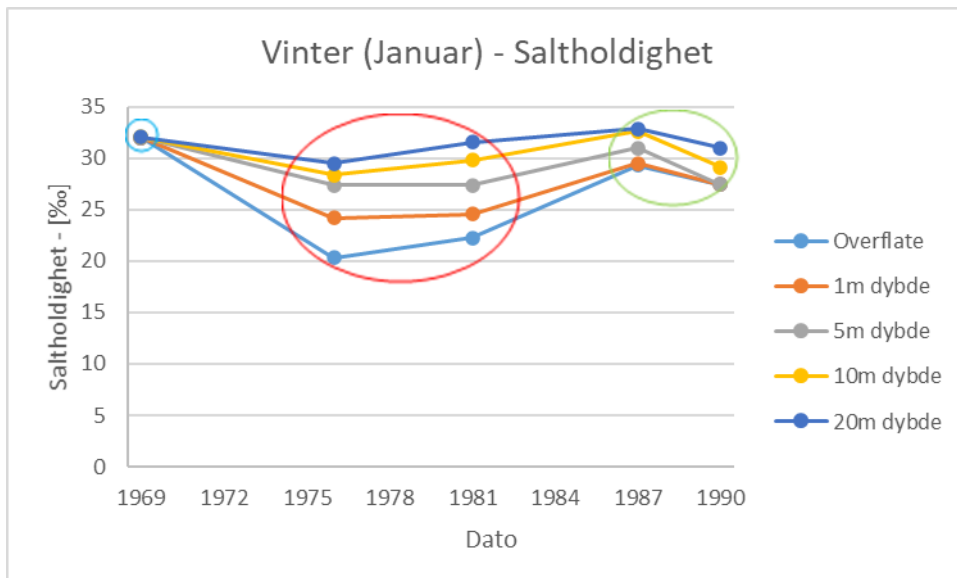
Figur 21 - Aurlandsvangen: Periode før og under utbygging, uten dykket utslipp. Viser tydelig økt saltholdighet i øvre lag. Rød linje viser til terskelen for saltholdighet og overlevelse for lakselus (27 %) (Bricknell et al., 2006) (Blaauw et al., 2016, upublisert)

Endringer i saltholdighet i mai i perioden 1969 til 1978 i Figur 21 en betydelig økning i saltholdighet i overflatelaget og ned til én meters dyp. Ferskvannslaget ser en økning fra ca. 0 ‰ opp mot 25 ‰ for overflaten og 27 ‰ på én meters dyp. Dybdemålingene for 5 m, 10 m og 20 m viser til liten endring. Til sammenligning er det en reduksjon i saltholdighet i april, som vist i Figur 20.



Figur 22 - Undredal: Blå markering viser til forhold før utbygging, rød viser til overgangsperioden og grønn viser til dykket utslipp. Betydelig økning i saltholdighet i øvre lag (Blaauw et al., 2016, upublisert)

Figur 22 viser til endringer i saltholdighet i november fra 1969 til 1989. Før utbygging var det en tydelig lagdeling, hvor det i 1973 til 1989 ble en økning saltholdighet i flere av vannlagene hvor tidligere lagdeling ble mer homogen. Overflatelaget ser en endring i saltholdighet fra 13 ‰ til 30 ‰ fra 1969 til 1974.

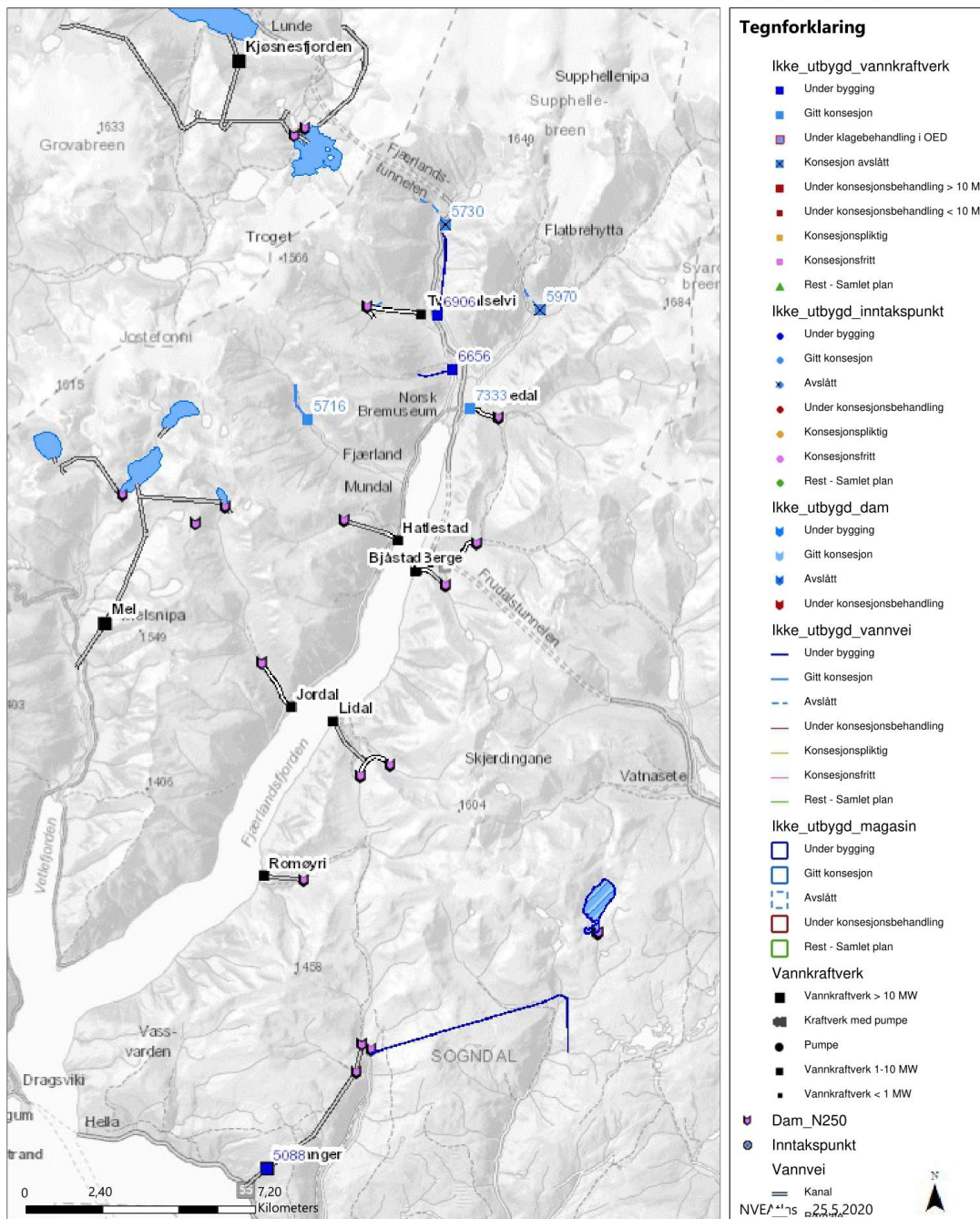


Figur 23 - Undredal: Blå markering viser til forhold før utbygging, rød viser til overgangsperioden og grønn viser til perioden etter dykket utslipp ble tatt i bruk (Blaauw et al., 2016, upublisert)

Figur 23 viser en tydelig endring i lagdelingen både under og etter utbygging, hvor lagdelingen i 1969 var homogen og hadde en saltholdighet på 32 ‰ som er perioden før utbygging. Overflatelaget ser en reduksjon i saltholdighet på 12 ‰ fra 1969 til 1976 og i perioden 1981 til 1990 økte saltholdigheten i alle vannlagene, hvor overflatelaget så en endring fra 22 ‰ i 1981 til 31 ‰ i 1987.

## 4.2. Fjærland

Fjærlandsfjorden har i de siste årene blitt et attraktivt område for småkraftverk, og har tidligere bare bestått av et mindre kraftverk i Horpedal. I nyere tid har Fjærland Kraft AS, eid av Sognekraft AS, etablert seks nye små kraftverk som har avrenning ut i Fjærlandsfjorden, se Figur 24. Fire av disse kraftverkene fikk vedtatt konsesjonssøknad 29.06.2009 (NVE, 2009f). Den 31.12.2018 kjøpte Clemens Kraft AS seks vannkraftverk i Fjærland av Sognekraft AS (Sognekraft, 2018). I 2018 ble det innvilget konsesjon for fire nye kraftverk i Fjærland, henholdsvis Skeidsflåten, Tverrdalselvi, Botna og Mundalselvi kraftverk. Skeidsflåten ble satt i drift som nyeste kraftverk i Fjærland 15.05.2020, hvor Mundalselvi er under utbygging, med en planlagt idriftsettelse senere i 2020, se Tabell 3.



Figur 24 - Oversikt over kraftverk i Fjærland som er utbygd eller under utbygging (NVE, 2020b)

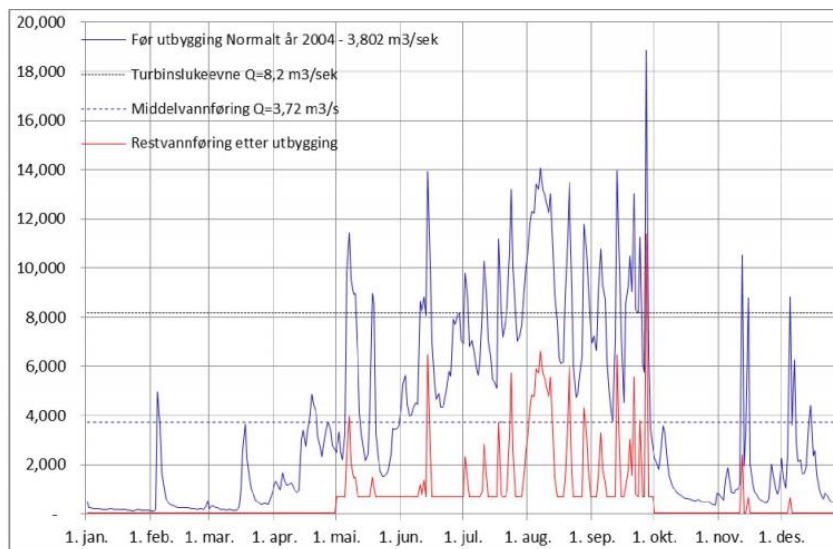
Tabell 3 - Oversiktstabell over kraftverk med utløp i Fjærlandsfjorden (Bøyaelvi Kraft AS, 2013; Bøyum Energi AS, 2013; NVE, 2002, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e, 2012b, 2012a; Sognekraft AS, 2013; Spetals Verk, 2020a, 2020b)

Kraftverk	Brutto fallhøyde [m]	Slukeevne [m <sup>3</sup> /s]	Installert effekt [MW]	Årlig produksjon [GWh]	Nedbørfelt [km <sup>2</sup> ]	Minstevannføring sommer [m <sup>3</sup> /s]	Minstevannføring vinter [m <sup>3</sup> /s]	Idriftsatt [år]
Bjåstad	383,10	1,74	5,20	16,00	8,40	0,25	0,05	2018
Berge	426,00	2,33	7,90	19,50	12,30	0,30	0,06	2018
Hatlestad	626,34	0,85	4,50	15,50	4,40	0,14	0,025	2018
Jordal	255,61	2,90	6,06	24,80	16,40	0,30	0,06	2018
Lidal	636,90	1,57	7,70	22,70	8,30	0,14	0,03	2017
Romøyri	528,00	2,01	8,63	26,70	11,70	0,25	0,05	2018
Horpedal	174,00	1,44	2,00	10,80	24,00	0,12	Ingen krav	2004
Tverrdalselvi	260,00	2,60	5,49	15,00	11,30	0,12	0,036	2020
Skeidsflåten	85,00	8,20	5,49	18,10	31,70	0,71	0,038	2020
Botna	350,00	0,70	2,00	5,80	2,20	0,01	0,004	2020
Mundalselvi	255,00	2,30	4,80	15,80	11,70	0,13	0,063	Under bygging
<b>Totalt</b>	<b>3 979,95</b>	<b>26,64</b>	<b>59,76</b>	<b>190,7</b>	<b>142,4</b>			

Tabell 3 viser en oversikt over spesifikasjoner for kraftverk med utløp i Fjærlandsfjorden. Total slukeevne er på 26,64 m<sup>3</sup>/s, årlig produksjon på 190,7 GWh og en total fallhøyde på 3 979,95 m. Hatlestad og Lidal kraftverk benytter den høyeste fallhøyden på respektive 624,34 m og 636,9 m. Vannkraftverkene i Fjærland er som nevnt i 4.2 elvekraftverk uten magasinerings, noe som fører til at vannføringen er lik tilsiget. Derfor vil det ikke være endring i vannføringen ut av det regulerte vassdraget. Det er likevel en endring i vannføring i selve vassdraget (restvannføring), da vann fra elven ledes over til kraftproduksjon (driftsvannføring). Det er kun Horpedal kraftverk som ikke har krav om minstevannføring (vinterstid), mens alle de andre kraftverkene har krav om minstevannføring hele året. Det vil derfor være en differanse mellom vannføringen i vassdrag før regulering og vannføringen i vassdraget etter regulering (restvannføringen), da vann føres i rør ut av vassdraget til kraftproduksjon.



De nyeste kraftverkene har tilgjengelige målinger for vannføring. Dette innebærer Tverrdalselvi, Botna, og Skeidsflåten som ble idriftsatt i 2020, og Mundalselvi som er under utbygging. Figur 25 viser et eksempel fra Bøyaelvi ved et middels år, med differanse i vannføring før og etter oppstart av Skeidsflåten kraftverk. Figuren viser at restvannføringen i vassdraget etter utbygging er lik minstevannføring hele året, bortsett fra perioden 1.mai – 1. oktober. I denne perioden er tilsiget høyere enn turbinens slukeevne, slik at det resterende tilsiget forblir i vassdraget som restvannføring.



Figur 25 - Vannføring i Bøyaelvi før og etter oppstart av Skeidsflåten kraftverk. Vannføringsvariasjoner i et middels år (Bøyaelvi Kraft AS, 2013). Y-aksen representerer  $m^3/s$  fra 0 til 20  $m^3/s$  og x-aksen viser dato fra 1. januar til 1. desember

## 5. Diskusjon

Oppbyggingen av dette kapittelet tar for seg først de observerte fysiske endringene basert på de innsamlede resultatene og diskuterer hvorvidt disse resultatene er på bakgrunn av kraftverktutbygging eller ikke. Videre tar kapittel 5.2 for seg hvilke økologiske endringer som kan forventes å forekomme skulle ovennevnte fysiske endringer være på bakgrunn av vannkraftutbygging og sette spørsmålstegn ved dagens lovverk og forvaltning.

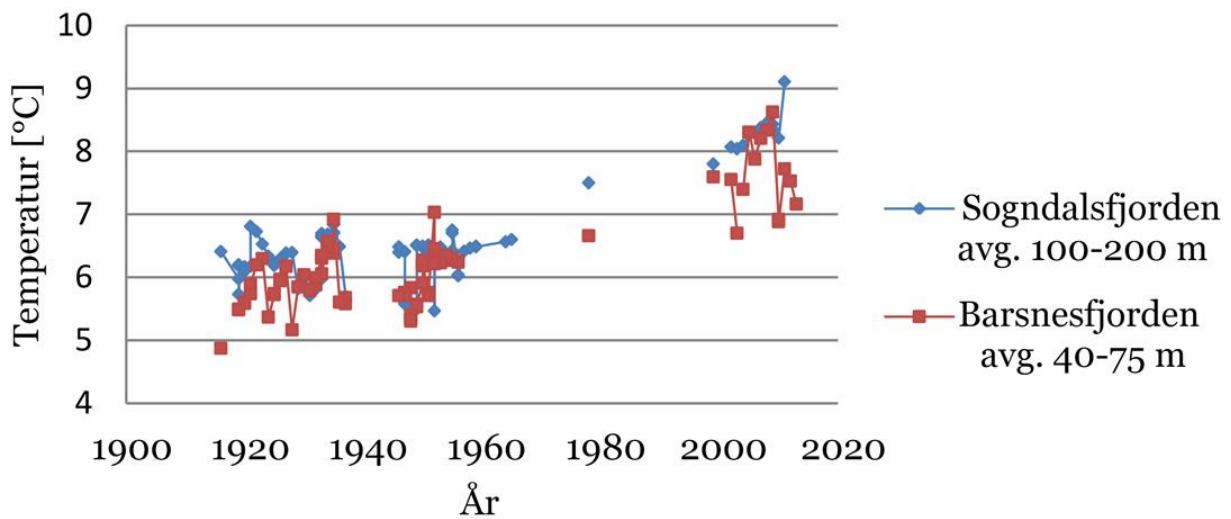
### 5.1. Fysiske endringer

Det er flere faktorer som vil påvirke fysiske endringer i fjorder. Blant annet størrelsen på reguleringen av vassdraget sammen med antall kraftverk og størrelse på tilførsel av ferskvann fra andre uregulerte vassdrag til fjorden. Tilsvarende vil fjordens topografi og påvirkning fra klimatiske faktorer og vannforhold i kystområdene være aktuelt å ta hensyn til.

Tabell 2 er i samsvar med hva som forventes av regulert vannkraft med magasinering, da produksjonen er høyest på vinteren, når etterspørselen er høyest, og lavest på sommeren, når etterspørselen er lavest (Olje- og energidepartementet, 2019). Dette synes å være et resultat av vannkraftutbyggingen, noe som også bekreftes av Figur 17 som viser tydelig reduksjon i sesongvariasjoner i vannføringen. Dette er trolig ikke tilfellet i Fjærland, selv om det er flere kraftverk spredt utover fjorden er disse kraftverkene ikke regulert, og mengden vann som blir tilført fjorden vil være som følge av naturlig vannføring.

Endringer i vannføring kan ha en rekke fysiske konsekvenser for fjorden. Dette kan innebære endring i saltholdighet, temperatur, lagdeling, vinteromrøring, tilførsel av næringsalter og sedimenter.

## Temperatur, bassengvann Sogndalsfjorden - Barsnesfjorden



Figur 26 - Sammenligning av temperatur i bassengvannet i Sogndalsfjorden og Barsnesfjorden. Sogndalsfjorden er representert med blå linje med dybdemålinger på 100, 150 og 200 muh. Barsnesfjorden er representert med røde linje med dybdemålinger på 40, 50, 60 og 75 muh. (Kaufmann, 2014). avg = gjennomsnitt

Den observerte temperaturøkningen på tilsynelatende ca. 3°C i Figur 19 kan mulig skyldes regulering av vannkraft, samtidig som den delvis kan være et resultat av klimaendringer. Dataserien er noe kortfattet, med få målinger, da spesielt i perioden 1936 til 1975, men det forekommer en tilsvarende temperaturøkning for Sogndalsfjorden og Barsnesfjorden som vist i Figur 26. Det er beregnet å ha blitt én grad varmere det siste århundre, og de ti varmeste årene siden 1880 har vært i de to siste tiårene (NOAA, 2017). Men en slik temperaturøkning forklarer dog ikke en slik endring som Figur 19 og Figur 26 viser. Det kan forekomme en temperaturøkning over det globale gjennomsnittet, og dette er påvist å være tilfelle for høyere breddegrader, hvor polare regioner er mer sensitive ovenfor klimaendringer (National Geographic, 2019). Hvorvidt dette utelukkende kan krediteres til klima er noe usikkert siden havet ikke har opplevd en like stor temperaturøkning som atmosfæren (Levitus et al., 2012).

En alternativ forklaring på temperaturøkning som er målt i Aurlandsfjorden kan være vannkraftpåvirkning på vinteromrøringen. På vinterstid tilfører kraftverk med magasin, som er tilfelle i Aurland, en økt ferskvannstilførsel som er med på å øke lagdelingen. Som Tabell 2 viser er det en betraktelig økning av ferskvannstilførsel i vintermånedene. Den økte ferskvannstilførselen danner et ferskvannsløkk hvor den latente varmen i dypere lag ikke vil nå overflaten gjennom vertikal varmeutveksling. Som Figur 23 illustrerer går ikke vinteromrøringen like dypt i perioden 1975-1985, men når en noe mer stabil og homogen lagdeling mot 1989, som er i tilsvarende periode hvor dykket utslipp ble idriftsatt i Aurland IV i 1980. Dykket utslipp øker turbiditeten mellom vannlagene og reduserer ferskvannsvolumet i øvre vannlag. Det viser å være en korrelasjon mellom kraftutbygging og endring på vinteromrøring ut ifra hva Figur 23 viser.

En mulig forklaring for en så stor økning i saltholdighet på våren kan komme av, som tidligere nevnt, at kraftverk med magasin oftest lagrer tilsiget til kraftproduksjon om vinteren.

Tabell 2 tyder på dette hvor det i månedene mellom mai og september har en negativ prosentvis endring i vannføring i Aurland IV. Det bør nevnes at målinger for saltholdighet i Figur 21 gjelder perioden 1969 til 1978, hvor vannføringsmålingene er utført i perioden 2010 til 2015. Men Aurland IV har siden idriftsettelse (1980) ikke produsert kraft på vår- og sommerstid. Videre forsterkes endring i saltholdighet opp mot kraftutbygging, hvor det i Figur 20 er en relativ homogen lagdeling før Aurland IV ble satt i drift. Av ovennevnt analyse kommer det frem en korrelasjon av fysiske endringer på bakgrunn av kraftverksutbygging i Aurland. Figurene viser endringer over normalen som er i tilsvarende periode av idriftsettelse av kraftverkene. Samtidig er det god sammenheng mellom

Tabell 2 og de hydrografiske målingene som er utført i Aurlandsfjorden. Om alt utelukkende kan tilskrives vannkraft er det umulig å si, men det ser ut til å være en sammenheng.

### *5.1.1. Tilførsel av næringssalter og partikler*

Regulering av vassdrag vil endre ferskvannsutstrømmingen til fjorden, spesielt ved magasinering. Dermed vil det også påvirke materialtransport med disse strømmene fra innsjø og vassdrag. Ferskvannet transporterer organisk materiale, uorganisk materiale, samt næringssalter (enten oppløst eller i form av partikler). Transporten av partikler i vannmassene øker eksponentielt med økende vannføring, og dermed vil redusert vannføring, f.eks. under vårflommen, gi vesentlig lavere transport av næringssalter og materialer (Kaartvedt, 1984).

Tabell 2 viser at vårflommen reguleres, noe som skaper en negativ prosentvis endring i vannføringen i perioden mai – september. Aurland kraftverk er sterkt preget av rørgater og magasinering, noe som kan virke som sedimentbarrierer, hvor materiale som opprinnelig fraktes med vannmassene heller blir lagret. Det kan antas at dette vil redusere tilførsel av næringssalter og sedimenter til Aurlandsfjorden. Resultatet av en slik endring kan også bety klarere vann i fjorden, hvor lyset dermed når dypere i vannmassene (Opdal et al., 2013).

Tabell 2 viser også at Vangen Kraftverk (Aurland IV) ikke kjøres i perioden mai – august, slik at overløpet er lik vannføringen gjennom Aurlandsvangen. Dette, sammen med den høye driftsvannføringen vinterstid, kan redusere de negative konsekvensene for sedimenttransport.

I kapittel 4.2 beskrives vannføringen i de regulerte vassdragene i Fjærland. Mangel på målinger gjør det vanskelig å definere konsekvenser, men som det vises i Figur 25 er det en vesentlig differanse i vannføring i Bøyaelvi hvor driftsvannføring går i rørgater til Skeidsflåten kraftverk. Dette er en fellesnevner for de fire nyeste kraftverkene i Fjærland (Tverrdalselvi, Skeidsflåten, Botna og Munndalselvi) hvor det finnes tilgjengelig grafer på dette. Det kan på grunnlag av dette antas at den reduserte restvannføringen vil bidra til redusert transport av næringssalter og sedimenter i dette området av vassdraget, før driftsvannføringen føres tilbake til vassdraget. Ved kraftverkene Hatlestad, Bjåstad, Berge, Lidal, Jordal og Romøyri går driftsvannføringen i fjorden, istedenfor å tilbakeføres til vassdraget ved lavere høydekote. Derfor vil det være nærliggende å tro at det i disse vassdragene kan oppstå en ytterligere reduksjon i tilførsel av næringssalter og sedimenter til Fjærlandsfjorden.

### 5.1.2. Masseoverskudd

Utbygging av vannkraft medfører store naturinngrep, som kan innebære utforming av rørgater ved sprengning og andre terrengendringer. Slike inngrep i naturen fører til overskuddsmasser som ofte brukes til fremtidige byggetiltak, men i andre tilfeller blir overskuddsmassene lagret i deponier. Slike deponier kan enten lagres på land eller i sjøen. Dette kan medføre en rekke konsekvenser for fysiske og økologiske forhold i fjorden.

I forbindelse med vannkraftutbyggingen i Fjærland har fylkesmannen gitt tillatelse til dumping av overskuddsmasser i Fjærlandsfjorden fra kraftverkene Bjåstad, Lidal og Romøyri. Totalt utslipp i fjorden fra alle kraftverkene tilsvarer 69 100 m<sup>3</sup> sprengningsmasse, og 63 000 m<sup>3</sup> borrevann, hvor det blir dumpet mest i fjorden utenfor Lidal med en mengde på 49 000 m<sup>3</sup> sprengningsmasse og 30 000 m<sup>3</sup> borrevann. Det ble satt vilkår i godkjennelsen av søknaden hvor det spesifiseres det at dumpingene skulle foregå på vinterstid på grunnlag av at Sognefjorden er en nasjonal laksefjord (Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, 2013c, 2013b, 2013a).

Slike betydelige mengder utslipp av masser i fjorder vil kunne ha en negativ konsekvens for de fysiske forholdene i fjorden. Blant annet kan opprøring og spredning av sedimenter som allerede er til stede ved utslippslokasjonen være en faktor. Forutsatt at disse sedimentene er forurenset kan dette medføre spredning av forurensingen i fjorden. Det er også slik at rester fra sprengstoff inneholder nitrogen, og det kan oppstå eutrofiering (økt tilførsel av næringssalter). Dersom vannet har en høy pH-verdi, som kan forekomme ved rester av sprøytebetong, kan dette omformes til ammoniakk som er giftig (Miljødirektoratet, 2018). Dette er aktuelt for Fjærland og det er tatt hensyn til i løyvevilkår ved at tiltakshaver skal utføre dumping slik at massene ikke blir spredt utover fjorden. Det ble vurdert et alternativ ved å deponere massene på land, men det var i strid med konsesjonsvilkårene da det var ønsket at inngrepet i terrenget skulle være minst mulig synlig. Det er ikke lyktes med å finne dokumentasjon på hvilke fysiske endringer dumpingene av masseoverskudd i Fjærlandsfjorden kan medføre.

## 5.2. Økologiske endringer

Når fysiske endringer i fjorden kan antas å skyldes vannkraftproduksjon er det naturlig å stille spørsmål ved om disse endringene kan få økologiske konsekvenser. Planteplankton og primærproduksjon, samt fisk har blitt vektlagt i denne delen. De representerer hver ende av næringsnett og en påvirkning på hver av de kan ha vidtrekkende konsekvenser. Slike økologiske konsekvenser bygger i stor grad på tidligere forskning på emnet, og iht. vannforskriften inkluderes verken dyreplankton eller fisk som såkalte kvalitetselementer som vist i Figur 13. Systemet baseres i stor grad på planteplankton, makroalger, sjøgress og bunndyr som biologiske parametere med fysiske og kjemiske støtteparametere. Ved å måle dette og klassifisere miljøtilstand basert på dette, klarer en ikke nødvendigvis å fange opp de mulige påvirkningene vannkraft har på de ovennevnte som ikke inkluderes som et kvalitetselement, verken lokalt eller i større skala.

### 5.2.1. *Planteplankton og primærproduksjon*

I følge Opdal et al. (2013) hevdes det at endring i vannføringen via regulerte vassdrag kan spille inn på våroppblomstringen i fjorden. Spesielt om vannføringen er endret til høyere vannføring vinterstid og lavere vannføring sommerstid, som er tilfelle i Aurlandsfjorden som vist i Tabell 2 og Figur 17. Det hevdes at en slik regulering kan endre både størrelsen på primærproduksjonen og artssammensetningen. I tillegg kan våroppblomstringen forskyves, enten fremover i tid, eller bakover i tid, sammenlignet med opprinnelig periode. Det er derfor vanskelig å konkludere med om regulering av vannkraft vil virke positivt eller negativt på primærproduksjonen lokalt (Kaartvedt, 1984). Det er dokumentert tilfeller hvor økende primærproduksjon har ført til økende sekundærproduksjon (match-situasjon). Det hevdes også å være «generelt akseptert» at områder med sterk plante- og dyreplanktonproduksjon også er hjem for store fiskepopulasjoner da dette er områder rikelig på føde (Kaartvedt, 1984). Som diskutert i kapittel 5.1 viser Figur 23 at fjorden kan ha opplevd en redusert vinteromrøring etter regulering av vassdraget. Forholdene ser til å bedres etter idriftsetting av dykket utslipp, men endringene er likevel tydelige sammenlignet med forholdene før utbygging.

Det er kan derfor synes at vassdragsreguleringen i Aurland har endret vannføringsmønsteret i en slik grad at det er nærliggende å anta at dette vil påvirke primærproduksjonen i fjorden. Det er likevel vanskelig å konkludere om påvirkningen vil virke negativ eller positiv på produksjonen, da det krever grundigere undersøkelser.

Endringer i ferskvannstilførsel kan også føre til utvasking av plankton fra fjorden. Dette kan være spesielt utfordrende for dyreplankton, da reguleringen kan ha innvirkning på strømningsforhold og lagdeling (Opdal et al., 2013). Dessuten finnes majoriteten av planteplankton og store mengder dyreplankton i de øverste vannlagene, hvor de vil bli påvirket av slike strømendringer (Kaartvedt, 1984). I Opdal et al. (2013) oppsummeres Ryfylkestudiene og vannkraftutbyggingen Ulla-Førre, Lie (1992). Undersøkelsene her viste at ferskvannsstrømmene etter vassdragsreguleringen førte til utvasking av alger fra Hylsfjorden. Tydeligst var dette sommeren 1989, da store mengder av giftalgen *Prymnesium parvum* ble spredt med et ferskvannsutslipp fra Hylsfjorden. Dette resulterte i at store mengder fisk i oppdrettsanlegg døde i Ryfylkefjordene (Opdal et al., 2013). Dette kan også være en problematikk vinterstid.

I Trondheimsfjorden ble det av Strömngren (1976) observert en korrelasjon mellom bestandsstørrelse av dyreplanktonet raudåte og ferskvannsutslipp fra regulerte vassdrag vinterstid. På denne tiden er det opprinnelig lavt ferskvannsutslipp i fjorden. Det hevdes derfor at dette antagelig skyldes utskylling fra fjorden grunnet økning i ferskvannsutslipp på dette tidspunktet (Opdal et al., 2013). Med en prosentvis endring på 1 076 % (Tabell 2) høyere vannføring i februar kan det antas at en lignende form for utvasking finner sted i Aurlandsfjorden. Datagrunnlaget for Tabell 2 viser ikke detaljerte vannføringsendringer fra dag til dag. Det kan derfor tenkes at effektkjøring finner sted for å levere elektrisitet ved høy etterspørsel over døgnet, også sommerstid. En slik effektkjøring kan resultere i lignende ferskvannsutslipp som Hylsfjorden.



Det kreves likevel undersøkelser på området for å danne klare konklusjoner. De ovennevnte studiene registrerte også en direkte påvirkning på dyreplankton som følge av ferskvannsutslippene. Perioder med store utslipp ble koblet sammen med registrering av høy dødelighet av plankton i Hylsfjorden. Det hevdes at dødsårsaken kan være at påkjenningen fra den for raske blandingen fra sjøvann til brakkvann i overflaten ble for stor (osmotisk stress). Dette resulterte også i at den underliggende kompensasjonsstrømmen førte til høyere konsentrasjon og en annen diversitet av plankton i nærheten av kraftverkets utløp (Opdal et al., 2013). Det kan tenkes at denne effekten også kan inntreffe i Aurlandsfjorden grunnet bruk av dykket utslipp. Dette diskuteres nærmere i kapittel 5.3.

Regulering av vassdrag kan også endre tilførselen av næringssalter, som beskrevet i kapittel 5.1.1. Den reduserte vannføringen, beskrevet i Figur 17 og Figur 25, i kombinasjon av rørgater resulterer i at Fjærlandsfjorden, og spesielt Aurlandsfjorden vil få redusert tilførsel av næringssalter. Dette vil kunne ha en påvirkning på produksjon av planteplankton i fjorden, da disse er, som beskrevet i kapittel 2.3.4, avhengig av nitrater, fosfater og silikater. Selve næringssalts sammensetningen i ferskvannet som tilføres fjorden vil også kunne ha betydning. Undersøkelsene fra Ulla-Førre-utbyggingen (Lie, 1992) viser at ferskvannstilførselen til Hylsfjorden inneholdt store mengder nitrat og silikat, men vannet var også fattig på fosfater. Resultatet var at det virket inn på konkurranseforholdet mellom algeartene. Det hevdes at dette også kan være tilfellet i Sognefjorden (Opdal et al., 2013). Med endringene i vannføringsmønster som forekommer for Fjærlandsfjorden og spesielt Aurlandsfjorden er det mulig at reguleringene av vassdragene til disse fjordene er deltagende i denne påvirkningen.

Det er dessverre ikke utført undersøkelser som kan beskrive om reguleringen av Aurlandsvassdraget har ført til endringer verken på våroppblomstring av planteplankton, påvirkning på dyreplankton eller utvasking av plankton. Likevel er endringene i ferskvannsutslippet i fjorden av den skala at det er nærliggende å tro at påvirkninger finner sted.

### *5.2.2. Påvirkning på fiskebestander*

Miljøtilstanden i Sognefjorden har enkelte bekymret seg for og ett av punktene som kommer frem er en reduksjon i fiskebestanden (Ødven, 2012). Av årsaker til dette er vannkraft nevnt og det vil da være hensiktsmessig å se til data som kan bidra til å styrke eller svekke en slik teori (Opdal et al., 2013). Det er også viktig å forstå hvilke naturlige mekanismer som bidrar til en variasjon i fiskebestanden. Av dette er det naturlige bestandsvariasjoner som ikke nødvendigvis har en god forklaring, men også effektene av klimaendringer, fiske m.m. Kaartvedt (1984) diskuterer i sin rapport ulike påvirkningsmekanismer på fisk i fjord og dens effekt, men svarer med svake korrelasjonstolkninger og konklusjoner som gir ytring om behov for videre forskning (Kaartvedt, 1984).

Laksebestanden, på like linje med andre arter, påvirkes av en rekke faktorer. Én av dem er lakselus, en marin parasitt i gruppen hoppekreps som medfører en rekke negative effekter på laks om den blir infisert (Eichner et al., 2008). Dårligere svømmeevne, dødelighet, svekket reproduksjonsevne og dårligere immunforsvar er blant flere av skadene lakselusen kan påføre infisert fisk (Karlsen, 2018). Lakselusen trives ikke i ferskvann og holder seg da under ferskvannslaget som skapes av vårflommen i fjordene. I en regulert fjord, vil dette ferskvannslaget bli forstyrret og saltholdigheten endret. Dette demonstreres i Figur 21 som viser til økt saltholdighet i øvre vannlag. Før utbyggingen av Aurlandsvassdraget beholdt overflatelaget seg ferskt, men etter utbyggingen ble det målt en økning i saltholdighet i overflatelaget i mai. Lakselus overleverer ikke om saltholdigheten er lavere enn 27 ‰, men om dette endres, tilsvarende hva som kan være tilfelle i Figur 21, vil lakselusen lettere kunne overleve og påvirke laksen, samt smolt spesielt, som svømmer i overflatelaget (Bricknell et al., 2006).

Ettersom Figur 21 viser til en økning i saltholdighet i de øvre vannlagene, som mulig kan være på bakgrunn av vannkraftproduksjon, kan det være sannsynlig å forvente en økning av lakselus. Laksen har tilbakevandring til elvene for å gyte i november og i uregulerte fjorder vil ferskvannslaget da ha en avlusningseffekt (Vøllestad, 2019). Ved en økt ferskvannstilførsel i denne perioden, som er vist i Tabell 2 og Figur 22, risikeres det at denne avlusing ikke finner sted og kan påvirke fisken negativt. Havforskningsinstituttet har i nyere tid kartlagt lakselus på villfisk blant annet i Sognefjorden, og i Bjordal hadde over 90 % av fisken lus med et gjennomsnitt på 20 lus hver. I kartleggingen ble det også sett på Boknafjorden, Hardangerfjorden samt Flekkefjordområdet, og med unntak av Hardangerfjorden som hadde lavt til moderat smittepress, er Sognefjorden betydelig mer påvirket enn andre (R. Nilsen et al., 2019).

Laksefiskunger (smolt) er avhengig av å oppholde seg i det øvre ferskvannslaget i sine første 1-6 år for å tilpasse seg saltvann, en prosess som kalles «smoltifisering» (Vøllestad, 2018). I dette livsstadiet er laksefiskungene svært sensitiv ovenfor alle miljøpåvirker (Sægrov et al., 2007). Målingene i Figur 21 viser en økning i saltholdighet i overflatelaget og kan påvirke smolt og fiskebestanden negativt. Tilsvarende kan torskeeggene som legges, via gyting som forekommer i mars, bli drevet ut av en økt ferskvannstilførsel. Ved en endring i vannføring på 567 % i mars i Aurlandsvassdraget, som vist i Tabell 2, kan det være tilfelle at torskeeggene blir vasket ut av fjorden. Myksvoll et al. (2014) hevder at vannkraftproduksjon kan ikke bli neglisjert som en medvirkende årsak til den observerte nedgangen i kyst- og fjordtorskbefolkningen (Myksvoll et al., 2014).

Det finnes vesentlig flere undersøkelser for Hardangerfjorden enn Sognefjorden. Hardangerfjorden karakteriseres også av betydelig vannkraftutbygging og kan derfor være et grunnlag for å anta at liknende effekter kan finne sted i Sognefjorden også. Tilfellet i denne fjorden er at en del type fisk og krabbe øker i mengde, mens torsk og skatearter minker i mengde, men denne nedgangen kan også skyldes fiske. Av andre fiskeslag er det også registrert en nedgang i fangst av brisling langs norskekysten. Denne nedgangen har vært tydelig siden 1973 (Opdal et al., 2013).

Om en ser på endringene i ferskvannstilførsel til Aurlandsfjorden, som følge av reguleringen (Tabell 2) er det nærliggende å anta at den store endringen i ferskvannstilførsel vinterstid kan være en bidragsyter til Skreslet- og match/mismatch-hypotesen (se kapittel 2.3.6). Det bør derfor være grunnlag for videre undersøkelser om ferskvannstilførselen kan ha en påvirkning på våroppblomstring, spesielt i Aurland. Videre bør det da ikke utelukkes at en eventuell påvirkning på dette kan ha ringvirkninger til andre havøkosystemer, som f.eks. torsk utenfor Lofoten (Skreslet, 1997).

Muligens kan det finnes en mismatch i Aurlandsfjorden som er svar, eller en del av et svar, på nedgangen i fiskebestandene. Dette finnes det dessverre ingen dokumentasjon på. Det økologiske systemet er komplekst, slik at det er mange faktorer som spiller inn. Det er derfor vanskelig å trekke ut en utløsende faktor, da det kan være en kombinasjon av flere, eksempelvis massedeponi i fjorden tilknyttet vannkraftutbygging.

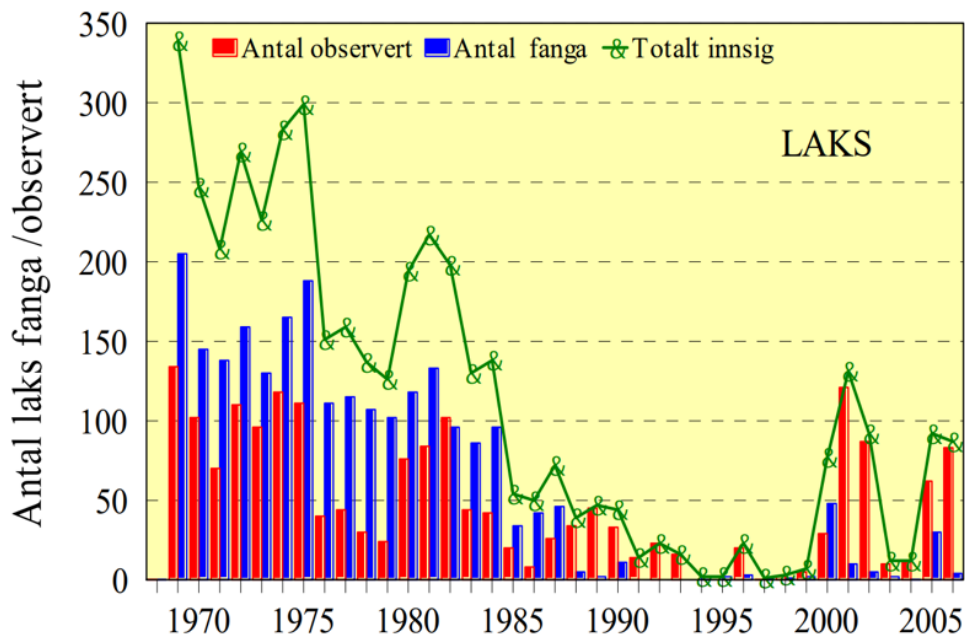
Dumping av overskuddsmasser i fjorder påvirker vannkvaliteten. Endret vannkvalitet vil kunne ha konsekvenser for økologien. Blant annet er gjeller hos fisk meget sensitiv ovenfor endring av vannkvalitet, som for eksempel steinpartikler fra sprengstein. Disse partiklene er veldig skarpe, som kan føre til skade på gjeller til fisk, og i sjeldne tilfeller være dødelig. Det er derimot mer vanlig at steinpartiklene fører til sår på gjellene, som kan skape respirasjonsproblemer og være en stressfaktor. I hvilken grad dette kan skade, varierer på fiskearten. Stressfaktoren som påføres fisken kan resultere i en lavere appetitt, som over lengre perioder kan føre til en dårligere kvalitet på fiskebestanden. Partikkelforurensning som reduserer mengden av næring tilgjengelig medfører at fisken må bruke mer tid og energi på å finne mat (Sørensen, 1998). En rapport av Hobæk et al. (2017) viser at dumping av masser i fjorder kan få konsekvenser for bunndyr. På lik linje som på land finnes det variasjon i egnede habitat under sjø. Gode habitatområder for enkelte arter blir i stor grad påvirket av bunnforhold, som salt, silt og leire. Ved dumping av masser kan en risikere å ødelegge slike habitater, som igjen kan få konsekvenser for andre mindre egnede habitater i fjorden som er avhengig av re-populasjon fra gode habitatområder (Hobæk et al., 2017).

Selv om rapporten tar for seg hvordan dumping av overskuddsmasser kan påvirke habitat for bunndyr, er det grunn til å anta at samme konsekvens er til stede med tanke på gode habitatområder for fisk, eller påvirke næringsnett i en slik retning at det får en negativ konsekvens. Som nevnt i 5.1.2 er det betydelige mengder med overskuddsmasser som har blitt dumpet i Fjærlandsfjorden fra utbyggingen av en rekke vannkraftverk, hvor undersøkelser for hvilke påvirkninger dette kan ha på økologien ikke foreligger. Men det kan antas å ha en effekt på både habitatsforhold og en rekke arter.

### **5.3. Avbøtende tiltak og dens effekt**

Med et ønske om å minske eller fjerne negative konsekvenser av et inngrep, er avbøtende tiltak tilpasninger eller endringer for å bedre tiltakets virkning på miljøet. Med hensyn til vannkraft er det miljøtilpasset drift, minstevannføring, fisketrapper og andre tiltak for å bedre akvatiske forhold eksempler på slike avbøtende tiltak. Gjennom EUs vanddirektiv og norsk lovverk settes det retningslinjer for å sikre god vannkvalitet og bærekraftig utvikling (Halleraker, 2019). Underliggende diskusjon ser i all hovedsak på avbøtende tiltak i elv og ikke fjord, men det kan være antydninger til overføringsverdi.

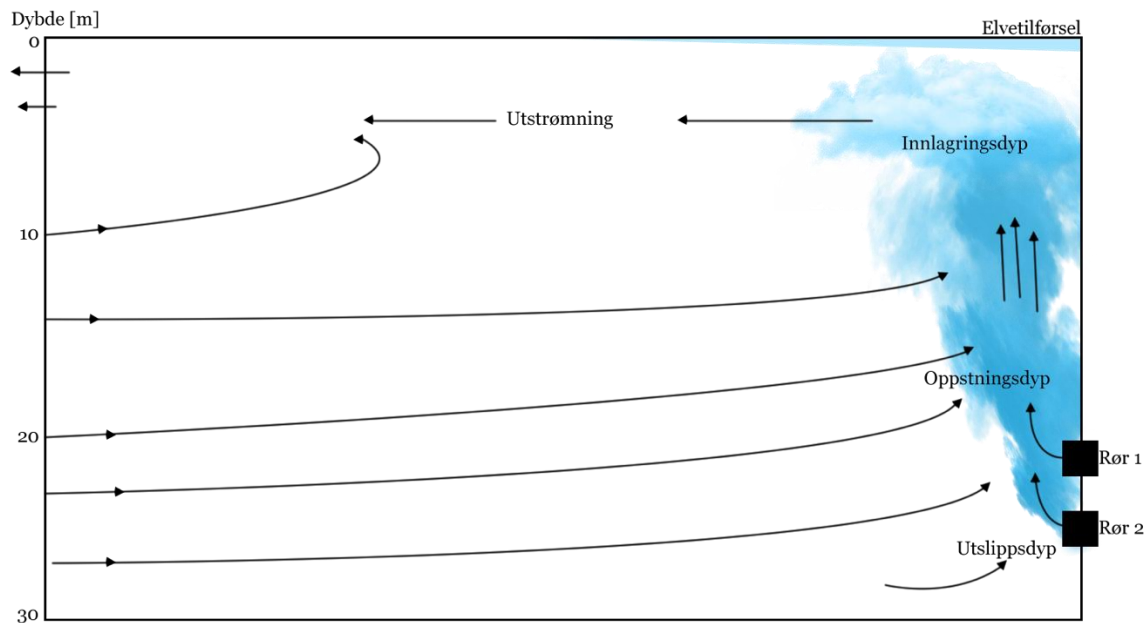
Aurlandsvassdraget, som har Norges tredje største vannkraftverk, byr naturligvis på utfordringer vedrørende miljøhensyn og opplevde en reduksjon av fiskefangst som et mulig resultat av utbyggingen. Laksefangst var før utbygging oppe i fem tonn årlig, men så en reduksjon til ca. ett tonn i 1975. Laksen ble så fredet i elven i 1989 frem til 2006. En hypotese på reduksjonen i bestanden var at nedvandrende fisk endte opp i turbinen i Vangen kraftverk og ble drept. Over en toårs periode ble 39 ørret merket med radiosendere for å kartlegge om teorien stemte, men ingen av de radiomerkede ørretene ble registrert å ha blitt drept som følge av turbinen (Økland et al., 1995). Hafslund E-CO setter nå årlig ut 30 000 sjøørret og 10 000 laks i Aurlandselva for å opprettholde fiskebestanden (Hafslund E-CO, 2016). Videre data om reduksjon i fiskebestanden støttes opp av Sægrov et al. (2007) som vist på Figur 27 (Sægrov et al., 2007).



Figur 27 - Redusert laksebestand fra 1980-tallet og utover. Men i en periode fra 1989 til 2006 var arten fredet for laksefiske i Aurlandselva og grafen viser en økt gytebestand fra år 2000 (Sægvog et al., 2007)

Det ble konkludert med at de konsesjonspålagte utsettingene av 30 000 ørretsmolt årlig siden 1979 hadde gitt lite eller ingen bidrag til bestanden av voksen sjøørret i vassdraget (Sægvog et al., 2007). En mulig årsak til at bestanden ikke har blitt bedret ved utsetting av ørretsmolt kan være (ettersom sjøørret er en anadrom fiskeart og vandrer mellom fjord og elv) at det ikke har blitt tatt tilstrekkelig hensyn til de økologiske forholdene i fjorden gjennom avbøtende tiltak.

En metode som har blitt testet for å forbedre forholdene i fjorder er dykket utslipp eller kunstig oppvelling. Dykket utslipp er et kunstig utslipp av ferskvann under det naturlige avløpet fra elver og er ofte utført i forbindelse med vannkraftverk. Ved å ha utløpet av ferskvann i et dypere punkt i en fjord vil dette føre til at ferskvann blandes med næringsrikt saltvann, og dermed vil dra med seg næring fra dypet av fjorden mot lyssonen i de øvre vannlagene, se Figur 28. Opprinnelig var formålet med dykket utslipp et avbøtende tiltak for å hindre isdannelse i fjorder. Dette er mulig ved å blande ferskvann tilført fjorden med saltvann, hvor frysepunktet senkes og nås ved en lavere temperatur (Aure et al., 1976). Men senere studier viser at samtidig som dykket utslipp hindrer isdannelse kan det ha tilleggseffekter som f.eks. økt produksjon av planteplankton, samtidig som algesammensetningen består av mindre giftige alger. Det vil også gi en mer stabil alge- og skjellproduksjon, samtidig som vannutvekslingen vil øke i de øvre vannlagene (Hansen et al., 2003).



Figur 28 - En skisse på prosessen for dykket utslipp i Aurland IV (McClimans, 1981). Rør 1 er på 22 muh. og rør 2 er på 25 muh. Skissen er bearbeidet fra (Grøttå et al., 2016)

Det ble utført en undersøkelse i Aurlandsfjorden i 1976 på oppdrag fra Oslo Lysverker. Formålet med undersøkelsen var å undersøke om dykket utslipp kunne forhindre at den økte ferskvannstilførselen fra vannkraftverkene på vinterstid ville påvirke eller forverre isdannelsen i Aurlandsfjorden. Rapporten viser at det er flere faktorer som er betydelige for hvor stor effekt en vil ha av dykket utslipp. Resultatet av undersøkelsen viser blant annet at antall avløpsrør og hvor mye trykk i utslippet er viktig med tanke på om utslippet skal ha tilstrekkelig effekt på utblanding av ferskvann med sjøvann i fjorden for å hindre isdannelse (Aure et al., 1976).

Med utgangspunkt i tidligere forsøk og tilleggseffekter av dykket utslipp, ble det igangsatt et forskningsprosjekt av Havforskningsinstituttet i Lysefjorden i Rogaland. Dette prosjektet viser at ved å pumpe opp næringsrikt vann fra dypere vannlag har stor påvirkning på næringssaltkonsentrasjonen i de øvre vannlagene. Dette forskningsprosjektet viser at i perioden med dykket utslipp var det to til fire ganger større konsentrasjon av næringsalter i de øvre vannlagene i forhold til perioden uten dykket utslipp. Forsøket viste også klare responser i planteplankton hvor det var to til tre ganger høyere konsentrasjon av planteplankton i tiltakssoenen (Aure et al., 2001).

Studien Zajaczkowski & Legeżyńska (2001) så på hvordan osmotisk stress førte til dødelighet av dyreplankton grunnet ferskvannsavrenning under vårmeltingen ved Kongsbreen på Svalbard. Funnene viste at lav saltholdighet i overflatelag er dødelig for dyreplankton. Dødeligheten av raudåte ble undersøkt ved forskjellige saltholdigheter. Resultatet viste at overlevelsesgrensen for raudåte ligger på rundt 24 ‰, mens ved 9 ‰ eller lavere dør planktonet innen 15 minutter. Det vises at dødeligheten økte med økende ferskvannsavrenning fra breen og at 15 % av stammen døde i løpet av en sommer grunnet osmotisk stress (Zajaczkowski & Legeżyńska, 2001). Som Figur 21 viser er saltholdigheten ved 20 muh. jevn på 30-35 ‰. De dykkede utslippene i Aurlandsfjorden ligger på 22 muh. og 25 muh. Det er ikke undersøkt om utblandingen av ferskvann i fjorden kan skape osmotisk sjokk for dyreplankton. Men det er rimelig å anta at dyreplankton i vannmassene rundt dette dykkede utslippet vil nå en saltholdighet lavere enn 9 ‰, noe som vil kunne resultere i død av dyreplankton.

Det kan være grunnlag for å se på dykket utslipp som en metode for å forbedre miljøkonsekvensene av regulert vannkraft, og om det i noen tilfeller er en løsning på isdannelse. Sognefjorden har totalt tre forskjellige kraftverk med dykkete utslipp, der det ene befinner seg i Aurlandsfjorden ved vannkraftverk Aurland IV (McClimans, 1981). Det tyder på at dykket utslipp påvirker planteplanktonproduksjon, isdannelse og blanding av øvre vannlag i lokale områder, men andre faktorer, som for eksempel potensielle negative effekter for fjordsystem som helhet, er lite undersøkt. Det bør nevnes at dykket utslipp har ingen betydning for Fjærlandsfjorden da kraftverkene her ikke har dykket utslipp.

Sammen med ovennevnte tiltak er det også krav om minstevannføring for en rekke kraftverk. Fra 1.1.2010 har alle vannkraftverk som har minstevannføring fått krav fra NVE om å dokumentere at riktig minstevannføring slippes ut (NVE, 2009a). Hvor hensikten er å unngå å tørke ut regulerte elver og øke vannkvaliteten i fjorden, bidrar minstevannføring til å opprettholde levedyktige bestander av fisk i elver, selv med redusert vannføring.



I 2013 ble det i regi av NVE utført undersøkelser ved Naturhistorisk Museum på minstevannføringseffekter i fire elvestrenger med krav om minstevannføring. Usma og Berdalselva i Møre og Romsdal, Stølsdalselva i Hordaland og Vågåna i Rogaland ble brukt som eksempler og funnene tyder på at minstevannføringen bidro til gode levevilkår. Dog beskrives det store vannføringsforskjeller i Usma hvor det også ikke hadde blitt påvist årsunger, men tre årsklasser av eldre ørret (Saltveit & Pavels, 2013). Anadrome fiskearter er mat for andre marine organismer og livnærer seg på føde både i elver og i fjorder. Om minstevannføring kan bidra til å tilrettelegge for bedre levevilkår i elv, vil dette kunne ha en overføringsverdi for fjorden.

#### **5.4. Miljøkonsekvenser små og store kraftverk**

Utbyggingen av vannkraftverk i Fjærland og Aurland, da Fjærland spesielt, gjenspeiler det bilde vi ser i Norge med utbygging av ny vannkraft. I all hovedsak er det kraftverk under 10 MW, altså småkraft, som utbygges og større vannkraftprosjekter ble for det meste utbygd på 60- og 80-tallet (Vinjar & Hofstad, 2019). Et spørsmål som er naturlig å stille seg er hvorvidt det å bygge ut småkraft i stedet for større vannkraftprosjekter er mer miljøvennlig, da spesielt for miljøforholdene i fjord?

En naturlig tanke vil være å anta at større vannkraftprosjekter byr på større utfordringer med hensyn til miljøpåvirkninger. Lange rørgater, oppdemming av store vannmasser, endring i vannføring, og annen infrastruktur er flere eksempler på store inngrep knyttet til slike prosjekter. Til sammenligning er inngrep som er knyttet til mindre kraftverk, spesielt de uten reguleringsevne, betraktelig mindre, òg med tilhørende konklusjon at miljøpåvirkningene reflekterer dette. Men som vi ser i nyere tid, har det blitt utbygd, og det skal utbygges, flere små enn store vannkraftverk i ulike vassdragsregioner, og summen av hvilke miljøpåvirkninger disse vil ha bør undersøkes (NVE, 2019b). Størrelsesforskjell mellom kraftverkene bør også bemerkes. Kraftverkene i Fjærland utgjør kun 6 % av årlig produksjon sammenlignet med kraftverkene i Aurland. Tilsvarende har Aurland en installert effekt og slukeevne på henholdsvis 22 og 13 ganger større enn kraftverkene i Fjærland. Miljøeffekten vil av den grunn være ulike.

Bakken et al. (2012) utførte en undersøkelse hvor 27 småkraftverk med en installert effekt mellom 1 MW og 9,3 MW ble sammenlignet med tre større vannkraftverk i Vestland, hvor flere av de små befinner seg i Fjærland, henholdsvis Bjåstad, Hatlestad, Jordal, Lidal mfl. Av de store kraftverkene ble henholdsvis Trollheim, Vestsideelvane og Vigdøla kraftverk plukket ut. Utvalg av kraftverk ble gjort på bakgrunn av lignende landskapskarakteristikker, klima, hydrologi, flora og fauna for lettere sammenligning (Bakken et al., 2012).

Et spørsmål er hvorfor det vises å være en forskjell på utbyggingen av andel småkraftverk i sammenligning med antall større kraftverk. Det kan tenkes at det kan være av politiske årsaker, hvor mindre kraftverk kan fremtre som mer miljøvennlig, hvor storskala-vannkraftprosjekter har et rykte for å forårsake dramatiske og negative innvirkninger på miljøet. Videre bør det påpekes at små vannkraftverk har et fritak fra grunnrenteskatten som ligger på 37 % pr. 2018 som alle større vannkraftverk må betale (NOU 2019: 16, s. 50). Dette gjelder også konsesjonskraft (ny elvekraftverk uten reguleringsevne eller oppdemning etter vannressursloven) og naturressursskatt. Det er mulig at dette kan virke som et insentiv, hvor småkraft vil bli en betraktelig mer gunstig økonomisk investering enn større vannkraftprosjekter.

Selv om ovennevnte påvirkningsfaktorer kan bidra til å forklare en nedgang i utbygging av større vannkraftprosjekter, er også en mulig årsak at de fleste store vassdragene er enten utbygd eller vernet mot kraftutbygging. Statkraft, som ledende kraftprodusent av fornybar energi i Europa, bygde ut sitt siste store vannkraftverk i 1993 (Statkraft, 2009).

Et argument for større vannkraft er også det tilfellet at de ofte bygges ut i områder som allerede er omfattende regulert og at mindre vannkraftverk ofte bygges ut i landskap som ellers ikke er berørt av eksisterende tiltak på lik måte, som betyr at en ødelegger mindre urørt natur. En rekke potensielle nye storskala vannkraftprosjekter befinner seg i allerede regulerte vassdrag, noe som betyr at miljøskadene allerede er gjort, og utvidelser av produksjonskapasiteten i slike prosjekter kan antagelig gjøres med begrensede miljøpåvirkninger (Bakken et al., 2012). Igjen, så belyses ikke fjord i stor grad i de tilfeller miljøkonsekvenser blir vurdert, men det legges større vekt på landbaserte endringer.

Et spørsmål som kan stilles er hvilke miljøpåvirkninger som vil forekomme i fjorden hvor det blir besluttet en utvidelse av produksjonskapasiteten. Store vannkraftverk med magasineringssevne medfører som tidligere nevnt store endring i vannføringsmønsteret. Og ved en økt endring kan dette bidra til å forsterke allerede potensielle økologiske konsekvenser.

Av det som kommer frem i undersøkelsen til Bakken et al. (2012) er typiske påvirkninger for små vannkraftprosjekter knyttet til reduksjon i vannføring, innvirkning på fiskefaunaen (inkludert anadrom fisk), reduksjon i gjenværende områder (uten tidligere eller større inngrep) og fragmentering, tap og reduksjon av kvalitetene på kulturminner, tap av utvalgte arter avhengig av vann eller fuktighet (biologisk mangfold) og tap av spesifikke naturtyper. Til sammenligning nevnes det at miljøkonsekvensene varierer mellom de store vannkraftverkene, men fiskefaunaen er vanligvis påvirket negativt, både på grunn av endringer i vannføring og vanntemperatur (Bakken et al., 2012). En mulig forklaring på hvorfor fiskefaunaen antas å ikke bli påvirket negativt er at dette gjelder for ferskvannsarter eller anadrom fisk i elven og ikke i fjorden.

Til hvilken grad slike påvirkninger gir uttrykk i fjordene er det lite data og konklusjoner å henviser til. Men det kommer frem i undersøkelsen til Bakken et al. (2012) at stor vannkraft viser seg å være noe mer miljøvennlig. Resultatene bør allikevel tolkes forsiktig ettersom faktorer tatt i betraktning ikke bare ser på miljøkonsekvenser i fjord. Dvs. at om kraftverkene tildeles en negativ vurdering av miljøkonsekvenser, kan dette komme av inngrep i natur og mulig negativ påvirkning på artsmangfoldet hvor kraftverket er bygd ut. Av viktige resultater knyttet til denne oppgavens problemstilling er det tilfelle at større vannkraftverk har en større påvirkning på temperatur, hvor småkraftverkene har en større påvirkning på sedimenttransport og fisk. Det kommer også frem at det å vurdere miljøkonsekvens er vanskelig ettersom slike vurderinger er skjønnsbasert og ikke alltid er enkelt å sammenligne case-til-case. I tillegg pekes det til usikkerheter i dataene med svakt metodisk grunnlag (Bakken et al., 2012). Om dette stemmer er usikkert, og tidligere forskning strider med en slik konklusjon. I henhold til Myksvoll et al. (2014) økte transporten av torskegg ut av fjordsystemet med regulert avrenning sammenlignet med den naturlige avrenningen, noe som tilsvarende forårsaket redusert lokal oppbevaring av egg i de forskjellige fjordgrenene.

Ved slik usikkerhet er det tydelig at strengere krav om lokale undersøkelser er ønsket for å sikre en god kartlegging før konsesjon gis og i revisjonsprosesser. Selv Opdal et al. (2013) konkluderer med at kunnskapsgrunnlaget for Sognefjorden som økosystem har store mangler, og selv med gode overvåkinger og tidsserier, vil en årsakssammenheng som knytter vannkraftutbygging og påvirkningen på økosystemet være vanskelig (Opdal et al., 2013). Et videre ønske om grundigere undersøkelser har blitt bla. foreslått av «Sognefjorden Vel», hvor det ytres bekymring over det manglende kunnskapsgrunnlaget som forvaltningsplaner bygger på (M. Nilsen & Dale, 2015).

Basert på ovennevnte diskusjon kan det kanskje være aktuelt å se til mulige fremtidige endringer i lovverket. Er det slik at lovverk om små og store vannkraftverk virker som en barriere, og som resultat hindrer utbyggingen av mer miljøvennlig vannkraft? Er det slik at de konsesjonskrav og lovverk pålagt små og stor vannkraft burde i fremtiden se bort ifra nåværende klassifisering basert på installert effekt, og heller ta en vurdering på de faktiske miljøpåvirkningene? I en rekke tilfeller har det blitt utredet en samlet vurdering for utbygging av flere småkraftverk i samme område. Eksempel på dette er en rapport utført av Luster Energiverk AS i 2006 som så på en rekke kraftverk i Fjærland. Av vurderingskriterier legges det vekt på hva en ellers finner i en konsekvensutredning og her er fjordens økologiske påvirkning ikke vurdert (Luster Energiverk AS, 2006). Året etter publikasjon av rapporten kom som tidligere nevnt vanddirektivet fra EU i norsk rett i form av vannforskriften.

Samtidig er det nå aktuelt frem mot 2022 å revidere konsesjonsvilkår og NVE har anledning til å selv sette i gang en vilkårsrevisjon dersom de mener dette er nødvendig. Dette kan f.eks. være for å følge opp konkrete miljømål etter vannforskriften og Norges forpliktelser til EU. Et åpenbart ønske her vil være for aktuell myndighet å igangsette revisjon av konsesjonsvilkår, ikke bare etter vassdragsreguleringsloven § 8 (hvor vilkår kan revideres etter 30 år), men på bakgrunn av de miljøkravene som er satt i vannforskriften, med et større fokus på økologiske påvirkninger påført av vannkraft i fjord. Å styrke kunnskapsgrunnlagene vil i årene fremover bli sentralt for at vanddirektivets formål blir utøvd etter beste evne.

Slik situasjonen er i dag, tyder det på at regulantens ansvarsområde slutter hvor elven renner ut i fjorden og ikke er tillagt et ansvar for eventuelle miljøkonsekvenser regulantens vannkraftverk muligens påfører (Sogn og Fjordane vassregion, 2015). Etter styringsprinsippet i EU motstrider dette dagens ansvarsområde, hvor etter vannforskriften, er hele vannløpet under en helhetlig forvaltning fra elv til fjord tatt i betraktning. Det oppfordres til en endring hvor regulanten også stilles til ansvar for mulige negative påvirkninger i fjord/kystvann og at kvalitetselementene i vannforskriften utfylles for å sikre en mer helhetlig kartlegging av økologiske miljøtilstander.

## 6. Konklusjon

Med bratte daler, elver i overflod og kraftig konsentrert nedbør i vest er det tilrettelagt til gunstige forhold for vannkraft i Norge. I dag produseres det ca. 135 TWh elektrisitet fra vannkraft årlig, noe som svarer til 94,3 % av den nasjonale kraftproduksjonen. Men det er også godt kjent at vassdragsregulering innebærer fysiske inngrep og økologiske konsekvenser. Før det gis konsesjon til utbygging av vannkraft, stilles det krav om god dokumentasjon på hvilke konsekvenser tiltaket har. Det er sentralt i prosessen å veie ulempene og fordelene med tiltaket mot hverandre.

Denne oppgaven er en case-studie hvor småkraft i Fjærlandsfjorden sammenlignes med større vannkraft i Aurlandsfjorden. Disse fjordene er begge del av den sterkt regulerte Sognefjorden, men innehar store ulikheter i form av regulering. Totalt har kraftverkene i Aurland en årlig produksjon på 3 224 GWh med en slukeevne på 367,5 m<sup>3</sup>/s over et nedbørfelt på 978 km<sup>2</sup>. Til sammenligning har småkraftverkene i Fjærlandsfjorden en total årsproduksjon på 190,7 GWh og en slukeevne på 26,64 m<sup>3</sup>/s over et nedbørfelt på 142,4 km<sup>2</sup>. Aurlandsvassdraget er preget av eldre vannkraftverk med magasineringsevne hvor det første kraftverket ble idriftsatt i 1973. Fjærlandsfjorden er definert av en rekke småkraftverk hvor det eldste ble idriftsatt i 2004 uten reguleringsevne.

Hovedvekten av resultatene i oppgaven tar grunnlag i målinger av saltholdighet, temperatur og vannføring i Aurlandsfjorden. Resultatene peker på en endring som finner sted i samme tidsramme som etableringen av vassdragsreguleringen.

Resultatene viser at vannføringen som følge av vassdragsregulering kan være årsak til flere fysiske endringer i fjorden. For Aurland kraftverk, med sine magasiner, er sesongmønsteret betydelig endret med 1 076 % høyere vannføring i februar, og 62 % lavere vannføring i juni sammenlignet med opprinnelig vannføring. Dette synes å ha en påvirkning på saltholdigheten i fjorden, hvor det ble mellom 1968 og 1978 målt en økning fra 0 ‰ før regulering opp mot 25 ‰ i overflatelaget i mai etter regulering, som korresponderer med en ferskvannstilførsel på -34 % i samme måned. Det synes å være en temperaturøkning i Aurlandsfjorden som sammenfaller med den observerte temperaturøkningen i Sognefjorden og Barsnesfjorden. Disse fysiske endringene kan ha påvirkning på våroppblomstringen av planteplankton, slik at det kan oppstå en mismatch-situasjon mellom planteplankton som beitegrunnlag for dyreplankton. Vannføringsendringene kan også føre til utvasking av plankton, i lag med torskeegg, som kan få ringvirkninger på fiskebestanden i og utenfor fjorden. Den økte saltholdigheten kan gjøre forholdene mer gunstige for lakselus. Vannføringsendringene kan tilsynelatende ha redusert vinteromrøringen og i sammenheng med magasinerings av vårflommen kan dette ha ført til mindre næringsalter i de øvre vannlagene, som igjen kan redusere livsviktige næringsgrunnlag for planteplankton. I Aurland benyttes det dykket utslipp som synes å ha en positiv effekt på de negative endringene på lagdeling og saltholdighet. Det er derimot flere effekter ved dykket utslipp som ikke er kartlagt. Det er mulig at det dykkede utslippet utsetter plankton for osmotisk stress grunnet utslipp av ferskvann i dypere vannlag. Den brå differansen i saltholdighet kan være dødelig for plankton.

Kraftverkene i Fjærland er elvekraftverk som ikke benytter magasinerings, men heller naturlig avrenning. Selve vannføringsmønsteret er derfor ikke endret, men vannføringen i vassdraget er redusert, noe som kan redusere tilførselen av næringsalter og sedimenter til fjorden. I tillegg til dette er det dumpet masseoverskudd ved flere lokasjoner i fjorden som resultat av utbygging av kraftverk. Dette kan resultere i forurensing og habitatendring for en rekke marine arter. Generelt kan det virke som at vassdragsreguleringer har fått konsesjon på et svakt kunnskapsgrunnlag for økologiske konsekvenser i fjord, noe som gjør det vanskelig å se tydelige sammenhenger og trekke klare konklusjoner. Det foreligger, av den grunn, et ønske om videre forskning på dette området.

Det kan også se ut til at lovverk rundt små og store vannkraftverk virker som en barriere, og som resultat hindrer utbyggingen av mer miljøvennlig vannkraft. Med dagens forskjeller i skatterammer mellom småkraft og større vannkraft kan det virke som dette kan være et insentiv for å gjøre etablering av småkraft mer økonomisk gunstig enn stor vannkraft. Dagens forvaltning stiller ikke de samme miljøkrav i fjord som i vassdrag. Det er også diffust hvem som har forvalteransvar i fjorden. Det kan virke som at miljøkonsekvenser i fjorden blir glemt under dagens forvaltningsrammer. Samtidig burde det i fremtiden muligens være et alternativ å se til at vilkår og rammer fastsettes etter miljøpåvirkninger i stedet for installert effekt som klassifisering. Et gjennomgående problem i Sognefjorden er mangel på kunnskapsgrunnlag ved vurdering av økologiske konsekvenser på fjorder som resultat av vassdragsregulering. Oppgavens konklusjon tar forbehold om et tynt kunnskapsgrunnlag for Aurlandsfjorden, og tilnærmet ikke-eksisterende kunnskapsgrunnlag for Fjærlandsfjorden. Å styrke kunnskapsgrunnlaget vil i årene fremover bli nødvendig, hvor flere vannkraftverk er åpne for revisjon av konsesjonsvilkår mot 2022. Et ønske her er for NVE å igangsette vilkårsrevisjoner for å sikre et godt kunnskapsgrunnlag for miljøpåvirkninger i fjorder slik at formålet i EUs vanddirektiv blir utøvd etter beste evne.



## 7. Litteraturliste

Andersen, G., & Halleraker, J. H. (2020). Miljøbevegelsen. I *Store norske leksikon*.

<http://snl.no/milj%C3%B8bevegelsen>

Askheim, S. (2020a). Fjærlandsfjorden. I *Store norske leksikon*.

<https://snl.no/Fj%C3%A6rlandsfjorden>

Askheim, S. (2020b). Supphellebreen. I *Store norske leksikon*.

<https://snl.no/Supphellebreen>

Aure, J., Lundekvam, O., & Thendrup, A. (1976). *Tvungen innblanding av sjøvann i utslippsvann fra vangen kraftverk, Aurland. Delrapport 1.* (STF60 F76039).

Vassdrags- og havnelaboratoriet.

Aure, J., Strand, Ø., & Skaar, A. (2001). *Framtidige muligheter for havbruk i Lysefjorden* (Nr. 9; s. 32). Havforskningsinstituttet.

<https://core.ac.uk/display/52049645>

Bakken, T. H., Sundt, H., Ruud, A., & Harby, A. (2012). Development of Small Versus Large Hydropower in Norway– Comparison of Environmental Impacts. *Energy Procedia*, 20, 185–199.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.019>

Berg, A. S., Fauskanger, L., Karl-Kristian Muggerud, & Århus, R. H. (2017).

*Vannkraft – Naturens pris. Effekter på hydrografisk og økologiske forhold i Sognefjorden Hydro power – At the cost of the nature. Effects on hydrological and ecological conditions in the Sognefjord* [Bacheloroppgave, Høgskolen på Vestlandet].

<https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/handle/11250/2467516>

Berg-Nordlie, M., & Tvedt, K. A. (2019). Alta-saken. I *Store norske leksikon*.

<http://snl.no/Alta-saken>

Berner, E., Hjermann, D. Ø., & Lee, A. M. (2019). Primærproduksjon. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/prim%C3%A6rproduksjon>

Blaauw, K., Meer, M. van, Stanley, M., & Zwaan, J. (2016). *Hydrography—Science Project Mountain to Fjord*. Offentlig seminar, Høgskulen på Vestlandet.

Boyle, G. (2012). *Renewable Energy—Power for a sustainable future—Third edition* (Third edition). Oxford University Press.

Bricknell, I. R., Dalesman, S. J., O’Shea, B., Pert, C. C., & Luntz, A. J. M. (2006). Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. *Diseases of Aquatic Organisms*, 71(3), 201–212.  
<https://doi.org/10.3354/dao071201>

Bryhni, I., Tjernshaugen, A., & Delsett, L. L. (2019). Kvartær. I *Store norske leksikon*.  
<http://snl.no/kvart%C3%A6r>

Bucklin, A., Kaartvedt, S., Guarnieri, M., & Goswami, U. (2000). Population genetics of drifting (*Calanus* spp.) and resident (*Acartia clausi*) plankton in Norwegian fjords. *Journal of Plankton Research*, 22(7), 1237–1251.  
<https://doi.org/10.1093/plankt/22.7.1237>

Bøhle, K. (2019, juni 17). *Primærproduksjon i havet*.  
<https://ndla.no/subjects/subject:42/topic:1:198227/topic:1:198361/resource:1:170314>

Bøyaelvi Kraft AS. (2013, oktober 23). *Bøyaelvi Kraft AS Skeidsflåten Kraftverk i Sogndal kommune i Sogn og Fjordane. Søknad om konsesjon*.  
<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201207912/791474>

Bøyum Energi AS. (2013, oktober 25). *Bøyum Energi AS Tverrdalselvi kraftverk i Sogndal kommune i Sogndal kommune i Sogn og Fjordane*.  
<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200900723/791468>

Dommasnes, A., Meeren, G. I. van der, & Aarefjord, H. (2008). *Helhetlig forvaltningsplan for Norskehavet: Forslag til indikatorer, referanseverdier og tiltaksgrenser til samordnet overvåkingssystem for økosystemets tilstand* (Nr. 6; Fisken og havet, s. 158). Havforskningsinstituttet.  
<http://hdl.handle.net/11250/113643>

Durant, J. (2019, oktober 24). *Match-mismatch and the effect of climate warming on fish populations—CEES - Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis*. CEES - Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis.

<https://www.mn.uio.no/cees/english/outreach/blogs/marine-science/timing-and-the-effect-of-climate-change-on-high-la.html>

Durant, J., Hjermand, D., Falkenhaus, T., Gifford, D., Naustvoll, L., Sullivan, B., Beaugrand, G., & Stenseth, N. (2014, desember 12). *The question to be on time*. CEES - Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis.

[https://www.mn.uio.no/cees/english/outreach/blogs/marine-science/match\\_mismatch.html](https://www.mn.uio.no/cees/english/outreach/blogs/marine-science/match_mismatch.html)

Eichner, C., Frost, P., Dysvik, B., Jonassen, I., Kristiansen, B., & Nilsen, F. (2008). Salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) transcriptomes during post molting maturation and egg production, revealed using EST-sequencing and microarray analysis. *BMC Genomics*, 9(1), 126. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-126>

Elsertifikatloven. (2012, januar 1). *Lov om elsertifikater (LOV-2011-06-24-39)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2011-06-24-39>

Energifakta Norge. (2019, januar 3). *Eierskap i kraftsektoren*. Energifakta Norge. <https://energifaktanorge.no/om-energisektoren/eierskap-i-kraftsektoren/>

Energiloven. (1990, juni 29). *Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (LOV-2018-05-25-21)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50>

Flåm Turistinformasjon. (u.å.). *Aurlandsdalen*. Aurlandsdalen. <https://www.visitnorway.com/listings/aurlandsdalen/10791/>

Forurensningsloven. (1983, oktober 1). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (LOV-1981-03-13-6)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. (2013a). *Småkraft AS - Løyve etter ureiningslova til dumping av sprengstein og utslepp av borevatn ved Lidal I Sogndal kommune*. <http://www.norskeutslipp.no/WebHandlers/PDFDocumentHandler.ashx?documentID=34939&documentType=T&companyID=28845&aar=0&epslanguage=no>

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. (2013b). *Småkraft AS - Løyve etter ureiningslova til dumping av sprengstein og utslepp av borevatn ved Romøyri i Sogndal kommune.*

<http://www.norskeutslipp.no/WebHandlers/PDFDocumentHandler.ashx?documentID=34940&documentType=T&companyID=28846&aar=0&epslanguage=no>

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. (2013c). *Småkraft AS - Løyve etter ureiningslova til dumping av sprengstein ved Bjåstad i Sogndal kommune.*

<http://www.norskeutslipp.no/WebHandlers/PDFDocumentHandler.ashx?documentID=34940&documentType=T&companyID=28846&aar=0&epslanguage=no>

Grøttå, M. H., Rødland, J., & Trefall, K. (2016). *Endring av avrenningsmønster i elver i Indre Sogn som følge av vannkraftproduksjon: Effekter av hydrografiske og økologiske forhold i Indre Sognefjorden* [Bacheloroppgave, Høgskulen på Vestlandet]. <https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/handle/11250/2395900>

Hafslund E-CO. (2015). *Poster om utbyggingen av vannkraft i Aurland*. Hafslund E-CO. [https://www.e-co.no/wp-content/uploads/sites/111/2018/12/ECO\\_PostereNYE\\_LR\\_ENDELIG\\_2015.pdf](https://www.e-co.no/wp-content/uploads/sites/111/2018/12/ECO_PostereNYE_LR_ENDELIG_2015.pdf)

Hafslund E-CO. (2016, april 14). *Aurland*. <https://www.e-co.no/aurland/>

Hafslund E-CO. (2019a, oktober 22). *Aurland 1*. <https://www.e-co.no/project/aurland-i/>

Hafslund E-CO. (2019b, oktober 22). *Aurland 2*. <https://www.e-co.no/project/aurland-ii/>

Hafslund E-CO. (2019c, oktober 22). *Aurland 3*. <https://www.e-co.no/project/aurland-iii/>

Hafslund E-CO. (2019d, oktober 22). *Aurland 4 (Vangen)*. <https://www.e-co.no/project/aurland-iv-vangen/>

Hafslund E-CO. (2019e, oktober 22). *Aurland 5 (Reppa)*. <https://www.e-co.no/project/aurland-v-reppa/>

- Hafslund E-CO. (2019f, oktober 22). *Leinafoss*. <https://www.e-co.no/project/leinafoss/>
- Halleraker, J. H. (2019). Avbøtende tiltak. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/avb%C3%B8tende\\_tiltak](http://snl.no/avb%C3%B8tende_tiltak)
- Havforskningsinstituttet. (2019, april 1). *Raudåte*. <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/raudate>
- Heggstad, R., & Rosvold, K. A. (2019). Nedbørfelt. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/nedb%C3%B8rfelt>
- Henriksen, J. (2020, februar 10). *Den siste villmarka*. Harvest Magazine. <https://www.harvestmagazine.no/pan/den-siste-villmarka>
- Hobæk, A., Birkeland, I., Haug, L. M. H., & Glenner, H. (2017). *Genetisk isolasjon mellom fjordbassenger hos benthiske evertebrater* (Fagrapport Nr. 7129–2017). NIVA. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/2478596/7129-2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Hustveit, A. (2002). *Behandling etter vannressursloven m.v. Av vassdragstiltak og tiltak som kan påvirke vassdrag og grunnvann* (Nr. 1). NVE. [http://publikasjoner.nve.no/veileder/2002/veileder2002\\_01.pdf](http://publikasjoner.nve.no/veileder/2002/veileder2002_01.pdf)
- Inge, B. (2018). Fjord. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/fjord>
- International Hydropower Association. (2019, juni 18). *Fast facts about hydropower*. Fast facts about hydropower. <https://www.hydropower.org/facts>
- Karlsen, Ø. (2018, desember 17). *Effekter av lakselus på vill laksefisk*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus/effekter-av-lakselus-pa-vill-laksefisk>
- Kartverket. (2020a, juni 2). *Dybdedata*. Dybdedatainnsyn. <https://dybdedata.kartverket.no/DybdedataInnsyn/>
- Kartverket. (2020b, juni 3). *Norgeskart*. Norgeskart. <https://norgeskart.no/>
- Kartverket. (2020c, juni 3). *Sjøkart*. Kartverket. <http://kartverket.no/Kart/Sjokart/>

Kaufmann, S. (2014). *A 100 year hydrographical record of the Barsnesfjord, Western Norway and its environmental application* [Bacheloroppgave, Høgskulen på Vestlandet]. <https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/handle/11250/226720>

Kjerstad, N., & Dick, Ø. B. (2020). Nautisk mil. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/nautisk\\_mil](http://snl.no/nautisk_mil)

Kaartvedt, S. (1984). Vassdragsregulerings virkning på fjorder. *Fisken Hav*, 3, 1–104.

Levitus, S., Antonov, J. I., Boyer, T. P., Baranova, O. K., Garcia, H. E., Locarnini, R. A., Mishonov, A. V., Reagan, J. R., Seidov, D., Yarosh, E. S., & Zweng, M. M. (2012). World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, 39(10). <https://doi.org/10.1029/2012GL051106>

Lie, U. (1992). *Vannkraft og fjorder: Fysiske og biologiske konsekvenser av Ulla-Førre utbyggingen*. Universitetet i Bergen, Senter for miljø- og ressursstudier; Bibliotek katalogen. [https://bibsyst-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=BIBSYS\\_ILS71514873320002201&context=L&vid=HIB&lang=no\\_NO&search\\_scope=default\\_scope&adaptor=Local%20Search%20Engine&ab=default\\_tab&query=any,contains,Vann-%20kraft%20og%20fjorder.%20Fysiske%20og%20biologiske%20konsekvenser%20av%20Ulla-F%C3%B8rre%20utbyggingen.%20&mode=Basic](https://bibsyst-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=BIBSYS_ILS71514873320002201&context=L&vid=HIB&lang=no_NO&search_scope=default_scope&adaptor=Local%20Search%20Engine&ab=default_tab&query=any,contains,Vann-%20kraft%20og%20fjorder.%20Fysiske%20og%20biologiske%20konsekvenser%20av%20Ulla-F%C3%B8rre%20utbyggingen.%20&mode=Basic)

Luster Energiverk AS. (2006). *Samla vurdering av småkraftverk i Fjærland, Sogndal kommune* (s. 100). <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200901236/782433>

LVK. (u.å.). *Revisjon av konsesjonsvilkår*. Hentet 22. mars 2020, fra <http://lvk.no/LVK/Fagomrader/Vassdragsvern-og-miljo/Revisjon-av-eldre-konsesjonsvilkar>

McClimans, T. A. (1981). *Dykket utslipp frå Vangen kraftverk, etterprøving* (nhl 281113).

Miljødirektoratet. (2018). *Mellomlagring og sluttdisponering av jord- og steinmasser som ikke er forurenset*. 7.

- Miljødirektoratet. (2019a, juni 5). *Vassdragsutbygging*. Miljøstatus. <https://environment.no/tema/ferskvann/vassdragsutbygging/>
- Miljødirektoratet. (2019b, juni 5). *Vernede vassdrag*. Miljøstatus. <https://environment.no/tema/ferskvann/vernede-vassdrag/>
- Miljødirektoratet. (2020, mars 17). *Inngrepsfrie naturområder*. Inngrepsfrie naturområder. <https://www.miljodirektoratet.no/om-oss/roller/miljoovervaking/Inngrepsfrie-naturomrader/>
- Myksvoll, M. S., Sandvik, A. D., Asplin, L., & Sundby, S. (2014). Effects of river regulations on fjord dynamics and retention of coastal cod eggs. *ICES Journal of Marine Science*, 71(4), 943–956. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst113>
- National Geographic. (2019, januar 14). *Global Warming Effects*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/global-warming-effects/>
- Naustvoll, L.-J. (2007). Primær- og sekundærproduksjon. I *Havets ressurser og miljø*. Havforskningsinstituttet. [https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/113940/1.3.1\\_primaerproduksjon\\_planteplankton.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/113940/1.3.1_primaerproduksjon_planteplankton.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nesje, A., & Whillans, I. M. (1994). Erosion of Sognefjord, Norway. *Geomorphology*, 9(1), 33–45. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0169-555X(94)90029-9)
- Nilsen, M., & Dale, T. (2015). *Høring «Regional plan for vassforvaltning for Sogn og Fjordane vassregion 2016-2021» og «Tiltaksprogram for Sogn og Fjordane vassregion 2016-2021»*. <http://sognefjordenvel.no/onewebmedia/H%C3%B8ringssvarSognefjordenVel%20vassforvaltning%20for%20Sogn%20og%20Fjordane%202015.pdf>
- Nilsen, R., Serra, R. M. L., Mohn, A. M., Kjær, R., Dagrund Sandvik, A., & Karlsen, Ø. (2019). *Lakselusinfestasjon på vill laksefisk våren 2019* (Nr. 27; s. 22). Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=22404&55770665>

Norges Geologiske Undersøkelse. (2019, juli 4). *Vannets kretsløp*. Vannets kretsløp. <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/alt-om-grunnvann/generelt-om-grunnvann/vannets-kretslop>

Norsk Bremuseum. (u.å.-a). *Bøyaøyri naturreservat*. Hentet 17. mars 2020, fra <https://www.bre.museum.no/boyaoyri-naturreservat>

Norsk Bremuseum. (u.å.-b). *Fjærland*. Hentet 17. mars 2020, fra <https://www.bre.museum.no/om-fjrland>

NOU 2019: 16. (2019). *Skattlegging av vannkraftverk*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/48c20fac986743ab9e91649d5fec645a/nou-2019-16-skattlegging-av-vannkraftverk-2172316.pdf>

NOAA. (2017). *Global Climate Report—Annual 2017 | State of the Climate | National Centers for Environmental Information (NCEI)*. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>

NVE. (1969). *Konsesjonstillatelse til å foreta reguleringer og overføringer i Aurlandsvassdraget*. Norges vassdrags- og energiverk. <https://www.nve.no/kdb/sc251.pdf>

NVE. (2002, august 2). *Konsesjonssak Horpedal kraftverk*. <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=3278&type=V-1>

NVE. (2009a, januar 19). *Minstevannføring*. <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/miljotilsyn/minstevannforing/?ref=mainmenu>

NVE. (2009b, juni 29). *Konsesjonssak Hatlestad kraftverk*. <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=4243&type=V-1>

NVE. (2009c, juni 29). *Konsesjonssak Jordal kraftverk*. <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=4246&type=V-1>

NVE. (2009d, juni 29). *Konsesjonssak Lidal kraftverk*. <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=4242&type=V-1>

NVE. (2009e, juni 29). *Konsesjonssak Romøyri kraftverk*. <https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=4245&type=V-1>



NVE. (2009f, juni 29). *Småkraft AS - Søknad om tillatelse til å bygge 5 kraftverk ved Fjærlandsfjorden, Sogndal kommune, Sogn og Fjordane—Oversendelse av NVEs vedtak.*

<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200702107/218033>

NVE. (2009g). *Søknad om tillatelse til å bygge Berge/Bjåstad kraftverk i Sogndal kommune, Sogn og Fjordane.* NVE.

<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200702107/217612>

NVE. (2012a, desember 19). *Konsesjonssak Berge kraftverk.*

<https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=5898&type=V-1>

NVE. (2012b, desember 19). *Konsesjonssak Bjåstad kraftverk.*

<https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=5897&type=V-1>

NVE. (2013). *Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022. Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering* (Nr. 49; s. 316).

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M49/M49.pdf>

NVE. (2018, juni 7). *072/2 Flåmselvi.* 072/2 Flåmselvi. <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/verneplan-for-vassdrag/sogn-og-fjordane/072-2-Flamselvi/>

NVE. (2019a). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2019-2040. Rapport Nr. 41/2019* (Analyse 41/2019). Norges vassdrags- og energidirektorat.

<https://www.nve.no/energiforsyning/kraftmarkedsdata-og-analyser/langsiktig-kraftmarkedsanalyse/?ref=mainmenu>

NVE. (2019b). *Ny kraft: Endelige tillatelser og utbygging—Fjerde kvartal 2019* (s. 8). NVE. [https://www.nve.no/media/9118/rapport\\_4kv\\_2019.pdf](https://www.nve.no/media/9118/rapport_4kv_2019.pdf)

NVE. (2020a, februar 24). *Konsesjonsbehandling av vannkraft.*

<https://www.nve.no/konsesjonssaker/konsesjonsbehandling-av-vannkraft/>

NVE. (2020b, mars 17). *NVE Atlas.* <https://atlas.nve.no>

NVE. (2020c, april 3). *Vannkraft—NVE.*

<https://www.nve.no/energiforsyning/vannkraft/>

Olje- og energidepartementet. (2019, januar 3). *Kraftproduksjon*. Energifakta Norge. <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftforsyningen/>

Olje- og energidepartementet. (2019, mars 20). *Norsk vannkraftshistorie på 5 minutter* [Redaksjonellartikkel]. Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/norsk-vannkraftshistorie-pa-fem-minutter/id2346106/>

Opdal, A. F., Aksnes, D. L., Rosland, R., & Fiksen, Ø. (2013). *Sognefjorden – en oppsummering av litteratur og kunnskapsstatus om fjord- økologi og vannkraftutbygging* (Nr. 32; s. 40). Institutt for biologi, Universitetet i Bergen. [http://bio.uib.no/te/papers/Opdal\\_etal\\_2013\\_Sognefjorden\\_en\\_oppsummering.pdf](http://bio.uib.no/te/papers/Opdal_etal_2013_Sognefjorden_en_oppsummering.pdf)

Plan- og bygningsloven. (2008, juni 27). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (LOV-2008-06-27-71)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

Rabben, M. B. (2018). Sam Eyde. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/Sam\\_Eyde](http://snl.no/Sam_Eyde)

Rosvold, K. A. (2020). Elvekraftverk. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/elvekraftverk>

Rosvold, K. A., & Halleraker, J. H. (2019). Konesesjon – kraftanlegg. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/konesesjon\\_-\\_kraftanlegg](http://snl.no/konesesjon_-_kraftanlegg)

Saltveit, S. J., & Pavels, H. (2013). *Småkraftverk: Tetthet og reproduksjon av ørret på utbygde strekninger med krav om minstevannføring* (Nr. 31; s. 32). Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. <https://www.nhm.uio.no/forskning/publikasjoner/nhm-rapporter/nhm-rapport-031-2013.pdf>

Selland, S.-G. (2018). Aurlandsfjorden. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/Aurlandsfjorden>

Semb-Johansson, A., Hjermand, D. Ø., & Lee, A. M. (2019). Næringskjede. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/n%C3%A6ringskjede>

Skofteland, E. (1970). *Hydrografiske undersøkelser i indre del av Sognefjorden* (3/70; s. 70). NVE.

<https://www.nb.no/nbsok/nb/03f1e0282e18ba49c8a225a387d46185?lang=no#5>

Skomedal, I. (2012). *Norge som Europas grønne batteri. En teoretisk analyse av vann og vind som løsningen på Europas klimautfordringer* [Masteroppgave, Universitetet i Oslo].

<https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/34011/Skomedal-Master.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Skreslet, S. (1997). A conceptual model of the trophodynamical response to river discharge in a large marine ecosystem. *Journal of Marine Systems*, 12(1–4), 187–198. [https://doi.org/10.1016/S0924-7963\(96\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0924-7963(96)00097-8)

Sogn og Fjordane vassregion. (2015). *Regional plan for vassforvaltning for Sogn og Fjordane vassregion 2016-2021*.

<http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/plandokumenter/2016-2021/regional-plan-vedtatt-fylkesting-2016-2021/regional-plan-vassregionfor-sogn-og-fjordane-2016-2021.pdf>

Sognekraft. (2018, desember 20). *Clemens Kraftverk kjøper Fjærland Kraft AS fra Sognekraft og inngår langsiktig samarbeid om drift*. Sognekraft (nett).

<https://nett.sognekraft.no/clemens-kraftverk-kjoper-fjaerland-kraft-as-fra-sognekraft-og-inngar-langsiktig-samarbeid-om-drift/>

Sognekraft AS. (2013, november 1). *Konsesjonssøknad for Mundalselvi kraftverk. Fjærland—Sogndal kommune*.

<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200901236/794649>

Spetals Verk. (2020a, mars 6). *Botna kraftverk—Idriftsatt*.

<https://www.spetalsverk.no/2020/botna-kraftverk-idriftsatt>

Spetals Verk. (2020b, mai 15). *Skeidsflåten kraftverk—Idriftsatt*.

<https://www.spetalsverk.no/2020/skeidsflaten-kraftverk-idriftsatt>

- Statkraft. (2009, september). *Vannkraft*. Vannkraft.  
[https://www.statkraft.no/globalassets/old-contains-the-old-folder-structure/documents/no/vannkraft-09-no\\_tcm10-4585.pdf](https://www.statkraft.no/globalassets/old-contains-the-old-folder-structure/documents/no/vannkraft-09-no_tcm10-4585.pdf)
- Store norske leksikon. (2015). Vassbygdvatnet. I *Store norske leksikon*.  
<http://snl.no/Vassbygdvatnet>
- Staalstrøm, A., & Hjelmervik, K. B. (2017). Strømforholdene i innløpet til Drammensfjorden. *Vannforeningen*, 12.
- Sægrov, H., Are Hellen, B., Kålås, S., Urdal, K., & Johnsen, G. H. (2007). *Endra manøvrering i Aurland 2003 – 2006. Sluttrapport—Fisk* (Nr. 1000; s. 103).  
<https://www.e-co.no/wp-content/uploads/sites/111/2014/04/Aurlandselvafiskeunderskelselser2000-2007RdgBSluttrapport.pdf>
- Sømme, L. S. (2019). Raudåte. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/raud%C3%A5te>
- Sørensen, J. (1998). *Massedeposering av sprengstein i vannforurensningsvirkninger* (Nr. 29; s. 36). NVE.  
[http://publikasjoner.nve.no/rapport/1998/rapport1998\\_29.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/1998/rapport1998_29.pdf)
- Taugbøl, T. (2019). Den andre industrielle revolusjon. I *Store norske leksikon*.  
[http://snl.no/den\\_andre\\_industrielle\\_revolusjon](http://snl.no/den_andre_industrielle_revolusjon)
- Thenrup, A., & Darell, L. (1981). *Feltmålinger i Aurlandsfjorden i februar og mars 1981. Datarapport*. (Nr. 602908). Norges hydrodynamiske laboratorier.
- Thronsen, J. (2018). Planteplankton. I *Store norske leksikon*.  
<http://snl.no/planteplankton>
- Thronsen, J., Aarnes, H., & Kvile, K. (2019). Algeoppblomstring. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/algeoppblomstring>
- Toldnæs, J. P. (2020). Jostedalsbreen nasjonalpark. I *Store norske leksikon*.  
[https://snl.no/Jostedalsbreen\\_nasjonalpark](https://snl.no/Jostedalsbreen_nasjonalpark)
- Tvedt, K. A. (2017). Mardøla-aksjonen. I *Store norske leksikon*.  
<http://snl.no/Mard%C3%B8la-aksjonen>

Tvedt, K. A., Toldnæs, J. P., & Olerud, K. (2020). Verneplan for vassdrag. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/verneplan\\_for\\_vassdrag](http://snl.no/verneplan_for_vassdrag)

Vannfallrettighetsloven. (1917, desember 14). *Lov om konsesjon for rettigheter til vannfall mv. (LOV-2017-06-21-101)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1917-12-14-16>

Vannforskriften. (2007, januar 1). *Forskrift om rammer for vannforvaltningen (FOR-2006-12-15-1446)*. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

Vannportalen. (2014, oktober 12). *Vannportalen—Vanndirektivet*. <https://www.vannportalen.no/regelverk/vanndirektivet/>

Vannressursloven. (2001, januar 1). *Lov om vassdrag og grunnvann (LOV-2000-11-24-82)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>

Vassdragsreguleringsloven. (1917, desember 14). *Lov om regulering og kraftutbygging i vassdrag (LOV-1917-12-14-17)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1917-12-14-17>

Vinjar, A., & Hofstad, K. (2019). Vannkraft. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/vannkraft>

Vinjar, A., & Rosvold, K. A. (2019). Aurland kraftverk. I *Store norske leksikon*. [http://snl.no/Aurland\\_kraftverk](http://snl.no/Aurland_kraftverk)

Vøllestad, A. (2018). Smolt. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/smolt>

Vøllestad, A. (2019). Laks. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/laks>

Zajączkowski, M. J., & Legeżyńska, J. (2001). *Estimation of zooplankton mortality caused by an Arctic glacier outflow* (OCEANOLOGIA, 43 (3)). Polish Academy of Sciences. <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-a9e6a45e-a5c9-4c3c-9044-e0436e36b693>

Ødven, B. (2012). *Mulige endringer i forekomst av ulike arter i og langs Sognefjorden de siste 65 år: Resultater fra en spørreundersøkelse* [Bacheloroppgave, Høgskulen på Vestlandet]. <https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/handle/11250/2431471>

Økland, F., J. Jensen, A., & Ove Johnsen, B. (1995). *Vandring hos radiomerket ørret i Aurlandsvassdraget -Vandrer sjørret inn i Vangen kraftverk?* (Nr. 337; s. 21). <https://www.nina.no/archive/nina/PPPBasePdf/oppdragsmelding/337.pdf>

## 8.Vedlegg

Vedlegg består av rådata som er satt sammen av Klais Blaauw, Mike van Meer, Molly Stanley og Jonathan Zwaan fra Mountain to fjord-kurset (2016). Av endringer er det kun oversetting (måneder og overordnet tekst) som har blitt utført.

Vedlegg 1 - Data Overview

<b>PRE</b>							
Punkt 1		Punkt 1		Punkt 1			Mai Vår
Mai		Februar x2		Mai x 3			Januar Vinter
Juni		<u>Mars</u>		Januar x4			November Høst
Juli				November x 4			
Punkt 2		Punkt 2		Mai x 3			
Mai		Februar x2		Januar x4			Mai Vår
Januar		<u>Mars</u>		November x 4			Januar Vinter
November							November Høst
Punkt 3		Punkt 3					
Januar x 3		Februar		April x 3			Mai Vår
November x 2				Januar x4			Januar Vinter
April x 3				November x 4			November Høst

Vedlegg 2 - Pre Powerplant point 1 (Skofteland, 1970)

<b>Punkt 12</b>								
<b>3/5/1968</b>			<b>16/01/1969</b>			<b>6/11/1969</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	5,9	0,6	0	6,1	19,2	0	5,8	15,3
1	7,6	3,3	1	5,3	31,5	1	7,5	19,2
5	8	29,3	5	6,6	32,15	5	9,6	23,1
10	7	31,65	10	7	32,3	10	10,8	25,7
20	7,1	32,35	20	8,2	32,6	20	9,9	31

Vedlegg 3 - Pre Powerplant point 2 (Skofteland, 1970)

									<b>NVE 72-36-6-100</b>		
<b>Punkt 9</b>									<b>Punkt</b>		
<b>3/5/1968</b>			<b>16/01/1969</b>			<b>6/11/1969</b>			<b>6/11/1969</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	9,2	16,5	0	5,9	32	0	4,5	13,7	0	4,6	13,7
1	9,2	17	1	6	32	1	6,4	18,1	1	6,4	18,1
5	7,8	30	5	6,1	32	5	9,4	23,5	5	9,4	23,6
10	7	31,65	10	6,1	32,05	10	10,8	25,5	10	10,8	25,6
20	6,6	32,36	20	6,1	32,05	20	10,2	32,8	20	10,2	30,8



Vedlegg 4 - Pre Powerplant point 3 (Skofteland, 1970)

<b>Punkt Buene</b>											
<b>18/01/1919</b>			<b>16/01/1920</b>			<b>7/1/1920</b>			<b>1/4/1926</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	7,78	32,12	0	5,74	33,25	0		28,14	0	4,62	31,93
5	8,63	32,25	5	5,75	33,28	5	5,16	31,09	5	4,74	31,94
10	9,625	32,495	10	5,77	33,31	10	4,88	31,87	10	4,49	32,02
20	10,565	33,12	20	5,69	33,32	20	4,785	32,56	20	6,39	33,83
<b>23/01/1935</b>			<b>2/4/1937</b>			<b>2/11/1958</b>			<b>6/11/1969</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	0	T [°C]	S [‰]
0	6,69	33,07	0	2,76	31,3	0	7,03	14,05	1	6,1	19,8
5	6,78	33,07	5	2,77	31,5	5	12,01	26,96	5	9	23,5
10	6,76	33,07	10	2,88	31,7	10	12,34	28,54	10	10,9	26,5
20	6,73	33,04	20	3,49	32,68	20	12,53	30,25	20	10,5	30,9

Vedlegg 5 - Post powerplant paper point 1 (Thenrup & Darell, 1981)

<b>Snitt 2 - C</b>								
<b>16/02/1981</b>			<b>20/02/1981</b>			<b>13/03/1981</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	4,6	24,2	0	1,8	24,6	0	6,3	26,5
1	4,6	24,6	1	4,8	26	1	6,4	28,3
5	5,2	25,8	5	5,6	28,4	5	6,2	29,6
10	5,1	28,6	10	6,6	30,4	10	7,1	31,8
20	8,6	31,6	20	8,5	31,8	20	8,1	32,5

Vedlegg 6 - Post powerplant NVE point 1 (NVE, u.å.)

<b>3/5/1978</b>			<b>6/5/1977</b>			<b>7/5/1975</b>					
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	7,7	25,5	0	9,4	12,2	0	6,7	7,1			
1	8	27	1	9,6	25,3	1	10,2	23,8			
5	8,2	31,7	5	8,2	31,5	5	8,5	31,2			
10	7,2	32,3	10	7,4	33,5	10	7,9	31,7			
20	7,2	32,8	20	8,3	34,1	20	7,3	33,4			
<b>10/1/1990</b>			<b>25/01/1986</b>			<b>8/1/1981</b>			<b>16/01/1975</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	6,73	27,83	0	6,98	24,19	0	3,8	24,7	0	4,5	11,3
1	6,54	27,83	1	7,28	24,7	1	4,7	26,7	1	6,4	27
5	7,33	28,92	5	9,08	29,7	5	6,4	27,6	5	6,7	29,4
10	7,92	30,41	10	8,48	30,72	10	6,9	30,4	10	7,2	30,6
20	8,32	31	20	8,38	31,33	20	9,2	32	20	7,8	31,2
<b>24/11/1989</b>			<b>11/11/1980</b>			<b>5/11/1974</b>					
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	7,72	23,97	0	9,2	27	0	6,9	21,4			
1	7,82	24,07	1	9,5	27,7	1	10,3	29,6			
5	8,91	25,36	5	8,5	28,4	5	12,3	30,7			
10	10,4	28,42	10	12,1	31,5	10	12,5	31,2			
20	10,59	30,5	20	10,9	32,1	20	11,8	32,1			

Vedlegg 7 - Post powerplant paper point 2 (Thenrup & Darell, 1981)

<b>Snitt 4 - B</b>								
<b>16/02/1981</b>			<b>20/02/1981</b>			<b>13/03/1981</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	1,2	23,5	0	0,6	23,2	0	5,6	27,5
1	1	23,6	1	4	25,5	1	6	28,2
5	4,5	26,3	5	5,2	28,5	5	6,2	30,2
10	5	28,5	10	6,7	30,4	10	7,1	31,8
20	8,6	31,6	20	8,6	31,6	20	7,9	32,6

Vedlegg 8 - Post powerplant NVE point 2 (NVE, u.å.)

<b>3/5/1978</b>			<b>6/5/1977</b>			<b>7/5/1975</b>					
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	8,6	28,1	0	9,6	14,9	0	9,7	25,9			
1	8,6	28,9	1	9,5	28,3	1	9,7	29,5			
5	7,8	32	5	8,4	32	5	8,4	31,4			
10	7,1	32,5	10	7,5	33,5	10	7,7	32,1			
20	7,3	32,9	20	8,4	34,1	20	7,3	33,4			
<b>10/1/1990</b>			<b>22/01/1987</b>			<b>8/1/1981</b>			<b>16/01/1976</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	6,34	27,43	0	5,98	29,29	0	2,1	20	0	2	20,3
1	6,34	27,43	1	6,08	29,49	1	3,4	24,7	1	3,4	24,2
5	6,34	27,43	5	4,98	31,02	5	5,6	27,4	5	5,4	27,4
10	6,04	29,12	10	8,38	32,66	10	6,8	30,5	10	6,6	28,4
20	8,02	31	20	8,58	32,86	20	9,1	31,5	20	7,4	29,5
<b>24/11/1989</b>			<b>11/11/1980</b>			<b>5/11/1974</b>					
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	6,73	23,87	0	6,3	26,7	0	9,3	29,2			
1	6,83	24,17	1	6,5	26,7	1	9,7	29,6			
5	7,53	25,16	5	7,8	28,9	5	12,4	31			
10	10,1	27,83	10	11	30,9	10	12,6	31,5			
20	10,59	30,9	20	10,9	32	20	11,7	32,7			

Vedlegg 9 - Post powerplant NVE point 3 (NVE, u.å.)

<b>1/4/1989</b>			<b>12/4/1981</b>			<b>23/04/1975</b>					
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	8,61	21,02	0	5,7	23,5	0	6,7	32,2			
1	8,61	21,52	1	6,2	24,9	1	7,1	32,2			
5	8,51	25,97	5	6,3	28,3	5	7,3	32,5			
10	7,03	30,92	10	6	29	10	7,6	33,3			
20	6,83	31,51	20	5,6	30,1	20	7,5	34,3			
<b>16/01/1988</b>			<b>19/01/1986</b>			<b>14/01/1979</b>			<b>17/01/1975</b>		
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	6,11	27,65	0	5,23	30,15	0	3	30	0	3,9	21,7
1	6,4	27,93	1	5,23	30,25	1	3,3	30,1	1	4,6	23,6
5	7,09	29,07	5	5,03	31,45	5	5,6	31	5	5,2	29,6
10	7,09	29,83	10	5,23	32,15	10	7	31,7	10	5,9	30,3
20	7,87	30,4	20	5,43	32,15	20	6,6	31,7	20	6,7	31,2
<b>3/11/1988</b>			<b>11/11/1980</b>			<b>15/11/1976</b>					
Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]	Dybde [m]	T [°C]	S [‰]
0	7,2	25,71	0	5,4	28	0	7,4	27,4			
1	7,4	25,71	1	5,7	28,1	1	7,3	27,5			
5	8,2	26,1	5	9,4	30,6	5	9,4	30,1			
10	11,3	29,33	10	11	32,2	10	10,1	30,9			
20	11,4	30,31	20	10,9	32,9	20	10,3	31,3			

Vedlegg 10 - Timelines location 1

<b>Tidslinjer</b>									
<i>Vår</i>									
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>						
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]				
3/5/1968	5,9	0,6	3/5/1968	7,6	3,3				
7/5/1975	6,7	7,1	7/5/1975	10,2	23,8				
6/5/1977	9,4	12,2	6/5/1977	9,6	25,3				
3/5/1978	7,7	25,5	3/5/1978	8	27				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>			
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	
3/5/1968	8	29,3	3/5/1968	7	31,65	3/5/1968	7,1	32,35	
7/5/1975	8,5	31,2	7/5/1975	7,9	31,7	7/5/1975	7,3	33,4	
6/5/1977	8,2	31,5	6/5/1977	7,4	33,5	6/5/1977	8,3	34,1	
3/5/1978	8,2	31,7	3/5/1978	7,2	32,3	3/5/1978	7,2	32,8	
<i>Vinter</i>									
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>						
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]				
16/1/1969	6,1	19,2	16/1/1969	5,3	31,5				
16/1/1975	4,5	11,3	16/1/1975	6,4	27				
8/1/1981	3,8	24,7	8/1/1981	4,7	26,7				
16/2/1981	4,6	24,2	16/2/1981	4,6	24,6				
20/2/1981	1,8	24,6	20/2/1981	4,8	26				
25/1/1986	6,98	24,19	25/1/1986	7,28	24,7				
10/1/1990	6,73	27,83	10/1/1990	6,54	27,83				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>			
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	
16/1/1969	6,6	32,15	16/1/1969	7	32,3	16/1/1969	8,2	32,6	
16/1/1975	6,7	29,4	16/1/1975	7,2	30,6	16/1/1975	7,8	31,2	
8/1/1981	6,4	27,6	8/1/1981	6,9	30,4	8/1/1981	9,2	32	
16/2/1981	5,2	25,8	16/2/1981	5,1	28,6	16/2/1981	8,6	31,6	
20/2/1981	5,6	28,4	20/2/1981	6,6	30,4	20/2/1981	8,5	31,8	
25/1/1986	9,08	29,7	25/1/1986	8,48	30,72	25/1/1986	8,38	31,33	
10/1/1990	7,33	28,92	10/1/1990	7,92	30,41	10/1/1990	8,32	31	
<i>Høst</i>									
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>						
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]				
6/11/1969	5,8	15,3	1 6/11/1969	7,5	19,2				
5/11/1974	6,9	21,4	2 5/11/1974	10,3	29,6				
11/11/1980	9,2	27	3 11/11/1980	9,5	27,7				
24/11/1989	7,72	23,97	4 24/11/1989	7,82	24,07				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>			
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	
6/11/1969	9,6	23,1	6/11/1969	10,8	25,7	6/11/1969	9,9	31	
5/11/1974	12,3	30,7	5/11/1974	12,5	31,2	5/11/1974	11,8	32,1	
11/11/1980	8,5	28,4	11/11/1980	12,1	31,5	11/11/1980	10,9	32,1	
24/11/1989	8,91	25,36	24/11/1989	10,4	28,42	24/11/1989	10,59	30,5	

Vedlegg 11 - Timelines location 2

<b>Tidslinjer</b>										
<i>Vår</i>										
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>							
Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]				
<b>3/5/1968</b>	9,2	16,5		<b>3/5/1968</b>	9,2	17				
<b>7/5/1975</b>	9,7	25,9		<b>7/5/1975</b>	9,7	29,5				
<b>6/5/1977</b>	9,6	14,9		<b>6/5/1977</b>	9,5	28,3				
<b>3/5/1978</b>	8,6	28,1		<b>3/5/1978</b>	8,6	28,9				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>				
Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]
<b>3/5/1968</b>	7,8	30		<b>3/5/1968</b>	7	31,65		<b>3/5/1968</b>	6,6	32,36
<b>7/5/1975</b>	8,4	31,4		<b>7/5/1975</b>	7,7	32,1		<b>7/5/1975</b>	7,3	33,4
<b>6/5/1977</b>	8,4	32		<b>6/5/1977</b>	7,5	33,5		<b>6/5/1977</b>	8,4	34,1
<b>3/5/1978</b>	7,8	32		<b>3/5/1978</b>	7,1	32,5		<b>3/5/1978</b>	7,3	32,9
<i>Vinter</i>										
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>							
Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]				
<b>16/1/1969</b>	5,9	32		<b>16/1/1969</b>	6	32				
<b>16/1/1976</b>	2	20,3		<b>16/1/1976</b>	3,4	24,2				
<b>31/1/1981</b>	2,1	22,23		<b>31/1/1981</b>	3,4	24,6				
<b>22/1/1987</b>	5,98	29,29		<b>22/1/1987</b>	6,08	29,49				
<b>10/1/1990</b>	6,34	27,43		<b>10/1/1990</b>	6,34	27,43				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>				
Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]
<b>16/1/1969</b>	6,1	32		<b>16/1/1969</b>	6,1	32,05		<b>16/1/1969</b>	6,1	32,05
<b>16/1/1976</b>	5,4	27,4		<b>16/1/1976</b>	6,6	28,4		<b>16/1/1976</b>	7,4	29,5
<b>31/1/1981</b>	5,6	27,4		<b>31/1/1981</b>	6,8	29,8		<b>31/1/1981</b>	9,1	31,56
<b>22/1/1987</b>	4,98	31,02		<b>22/1/1987</b>	8,38	32,66		<b>22/1/1987</b>	8,58	32,86
<b>10/1/1990</b>	6,34	27,43		<b>10/1/1990</b>	6,04	29,12		<b>10/1/1990</b>	8,02	31
<i>Høst</i>										
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>							
Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]				
<b>6/11/1969</b>	4,5	13,7	1	<b>6/11/1969</b>	6,4	18,1				
<b>5/11/1974</b>	9,3	29,2	2	<b>5/11/1974</b>	9,7	29,6				
<b>11/11/1980</b>	6,3	26,7	3	<b>11/11/1980</b>	6,5	26,7				
<b>24/11/1989</b>	6,73	23,87	4	<b>24/11/1989</b>	6,83	24,17				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>				
Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]		Dato	T [°C]	S [‰]
<b>6/11/1969</b>	9,4	23,5		<b>6/11/1969</b>	10,8	25,5		<b>6/11/1969</b>	10,2	32,8
<b>5/11/1974</b>	12,4	31		<b>5/11/1974</b>	12,6	31,5		<b>5/11/1974</b>	11,7	32,7
<b>11/11/1980</b>	7,8	28,9		<b>11/11/1980</b>	11	30,9		<b>11/11/1980</b>	10,9	32
<b>24/11/1989</b>	7,53	25,16		<b>24/11/1989</b>	10,1	27,83		<b>24/11/1989</b>	10,59	30,9



Vedlegg 12 - Timelines location 3

<b>Tidslinjer</b>									
<i>Vår</i>									
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>						
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]				
<b>3/4/1920</b>		28,14							
<b>1/4/1926</b>	4,62	31,93							
<b>2/4/1937</b>	2,76	31,3							
<b>23/4/1975</b>	6,7	32,2	<b>23/4/1975</b>	7,1	32,2				
<b>12/4/1981</b>	5,7	23,5	<b>12/4/1981</b>	6,2	24,9				
<b>1/4/1989</b>	8,61	21,02	<b>1/4/1989</b>	8,61	21,52				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>			
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	
<b>7/4/1920</b>	5,16	31,09	<b>7/4/1920</b>	4,88	31,87	<b>7/4/1920</b>	4,785	32,56	
<b>1/4/1926</b>	4,74	31,94	<b>1/4/1926</b>	4,49	32,02	<b>1/4/1926</b>	6,39	33,83	
<b>2/4/1937</b>	2,77	31,5	<b>2/4/1937</b>	2,88	31,7	<b>2/4/1937</b>	3,49	32,68	
<b>23/4/1975</b>	7,3	32,5	<b>23/4/1975</b>	7,6	33,3	<b>23/4/1975</b>	7,5	34,3	
<b>12/4/1981</b>	6,3	28,3	<b>12/4/1981</b>	6	29	<b>12/4/1981</b>	5,6	30,1	
<b>1/4/1989</b>	8,51	25,97	<b>1/4/1989</b>	7,03	30,92	<b>1/4/1989</b>	6,83	31,51	
<i>Vinter</i>									
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>						
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]				
<b>18/1/1919</b>	7,78	32,12							
<b>16/1/1920</b>	5,74	33,25							
<b>23/1/1935</b>	6,69	33,07							
<b>17/1/1975</b>	3,9	21,7	<b>17/1/1975</b>	4,6	23,6				
<b>14/1/1979</b>	3	30	<b>14/1/1979</b>	3,3	30,1				
<b>19/1/1986</b>	5,23	30,15	<b>19/1/1986</b>	5,23	30,25				
<b>16/1/88</b>	6,11	27,65	<b>16/1/88</b>	6,4	27,93				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>			
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	
<b>18/1/1919</b>	8,63	32,25	<b>18/1/1919</b>	9,63	32,5	<b>18/1/1919</b>	10,565	33,12	
<b>16/1/1920</b>	5,75	33,28	<b>16/1/1920</b>	5,77	33,31	<b>16/1/1920</b>	5,69	33,32	
<b>23/1/1935</b>	6,78	33,07	<b>23/1/1935</b>	6,76	33,07	<b>23/1/1935</b>	6,73	33,04	
<b>17/1/1975</b>	5,2	29,6	<b>17/1/1975</b>	5,9	30,3	<b>17/1/1975</b>	6,7	31,2	
<b>14/1/1979</b>	5,6	31	<b>14/1/1979</b>	7	31,7	<b>14/1/1979</b>	6,6	31,7	
<b>19/1/1986</b>	5,03	31,45	<b>19/1/1986</b>	5,23	32,15	<b>19/1/1986</b>	5,43	32,15	
<b>16/1/1988</b>	7,09	29,07	<b>16/1/1988</b>	7,09	29,83	<b>16/1/1988</b>	7,87	30,4	
<i>Høst</i>									
<b>Overflate</b>			<b>1m dybde</b>						
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]				
<b>2/11/1958</b>	7,03	14,05							
<b>6/11/1969</b>	5,6	19	<b>6/11/1969</b>	6,1	19,8				
<b>15/11/1976</b>	7,4	27,4	<b>15/11/1976</b>	7,3	27,5				
<b>11/11/1980</b>	5,4	28	<b>11/11/1980</b>	5,7	28,1				
<b>3/11/1988</b>	7,2	25,71	<b>3/11/1988</b>	7,4	25,71				
<b>5m dybde</b>			<b>10m dybde</b>			<b>20m dybde</b>			
Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	Dato	T [°C]	S [‰]	
<b>2/11/1958</b>	12,01	26,96	<b>2/11/1958</b>	12,34	28,54	<b>2/11/1958</b>	12,53	30,25	
<b>6/11/1969</b>	9	23,5	<b>6/11/1969</b>	10,9	26,5	<b>6/11/1969</b>	10,5	30,9	
<b>15/11/1976</b>	9,4	30,1	<b>15/11/1976</b>	10,1	30,9	<b>15/11/1976</b>	10,3	31,3	
<b>11/11/1980</b>	9,4	30,6	<b>11/11/1980</b>	11	32,2	<b>11/11/1980</b>	10,9	32,9	
<b>3/11/1988</b>	8,2	26,1	<b>3/11/1988</b>	11,3	29,33	<b>3/11/1988</b>	11,4	30,31	