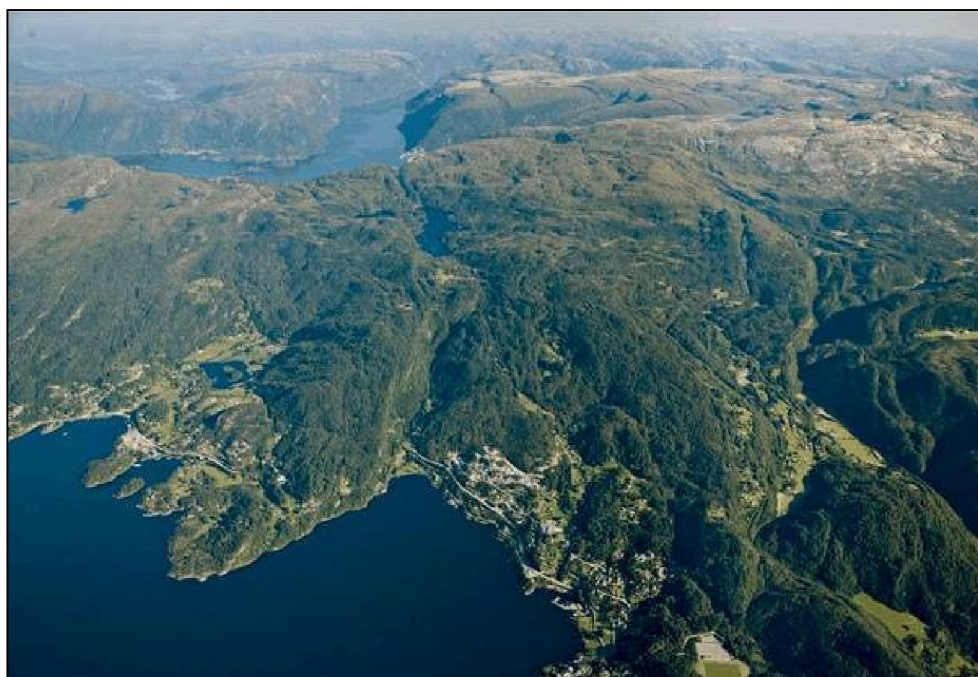


Utbygging i Samnangervassdraget
og Aldalselven,
Samnanger kommune,
Hordaland fylke.



Konsekvensutredning for
marine forhold

R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS 1341



Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselven Samnanger kommune, Hordaland fylke
Konsekvensutredning for marine forhold

FORFATTERE:

Geir Helge Johnsen, Bjarte Tveranger, Arne Herre Staveland, Mette Eilertsen & Erling Brekke

OPPDRAUGSGIVER:

BKK Produksjon AS, Postboks 7050, 5020 Bergen

OPPDRAGET GITT:

27. mars 2009

ARBEIDET UTFØRT:

2008-2010

RAPPORT DATO:

2. september 2010

RAPPORT NR:

1341

ANTALL SIDER:

69

ISBN NR:

ISBN 978-82-7658-779-1

EMNEORD:

- Konsekvensutredning
- Vannkraft
- Marin biologisk mangfold
- Havbruks- og fiskeriinteresser

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

Forsidefoto: Samnanger (Foto: Finn Loftesnes).

FORORD

BKK står foran en omfattende rehabilitering av Frøland kraftverk i Samnanger, dersom det skal driftes videre. Dette er selskapets eldste kraftverk og en rehabilitering vil bare gi en marginal økning i kraftproduksjonen. BKK ser seg derfor om etter alternative måter å nyttegjøre fallet i Samnanger-vassdraget.

BKK har meldt Aldal kraftverk med alternative utbygginger i mai 2008. Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) har fastsatt utredningsprogram for den kommende søknaden den 15. januar 2010. BKK Produksjon AS, Multiconsult AS, Asplan Viak AS og Rådgivende Biologer AS har sammen utarbeidet de foreliggende konsekvensutredningene, der denne omfatter flere fagtema samlet under ”marine forhold”.

Rådgivende Biologer AS takker Eivind Røttingen og Hermann Lie for leie av båt og feltassistanse.

BKK Produksjon AS takkes for oppdraget, og Torbjørn Kirkhorn, Arne Andreas Riisnes og Ingvald Midttun for et godt samarbeid underveis i prosessen.

Bergen, 2. september 2010.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	4
Innholdsfortegnelse	5
Sammendrag	6
Tiltaket	6
Marint biologisk mangfold	7
Havbruks- og fiskeriinteresser.....	10
Tiltaksbeskrivelse planlagte kraftverk.....	12
Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk	12
Alternativ 2:.....	16
Nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk	16
alternativ 3 (0-alternativet) :.....	18
Nødvendig rehabilitering av Frøland kraftverk	18
Metode og datagrunnlag	20
Utredningsprogram.....	20
Datainnsamling / datagrunnlag.....	20
Vurdering av verdier og konsekvenser.....	21
Datainnsamling strømmålinger	22
Sjikttingsforhold	24
Beregning av innlagingsdyp.....	24
Områdebeskrivelse med verdivurdering.....	25
Avgrensing av tiltaks- og influensområdet.....	27
Områdebeskrivelse og verdivurdering	28
Samnangerfjorden	28
Nedbørfelt og ferskvannstilrenning.....	28
Fjordens tidevannsutskifting	29
Fjordens bassengvannsutskifting.....	30
typifisert etter EUs vannrammedirektiv	30
Islegging i Samnangerfjorden	43
Marint biologisk mangfold.....	45
Viktige marine områder.....	48
Oppsummering marine verdier.....	48
Havbruks- og fiskeriinteresser.....	49
Oppsummering av havbruks- og fiskeriinteresser	52
Virkning og konsekvensvurderinger	53
Mulige virkninger for marine forhold	53
Virkning og konsekvens av 0-alternativet.....	53
Virkninger og konsekvens for Aldal kraftverk.....	54
Samlet konsekvensvurdering Aldal kraftverk	60
Virkning og konsekvens av nytt Frøland kraftverk	61
Avbøtende tiltak	62
Miljøhensyn og miljøtiltak	62
Oppfølgende undersøkelser	63
Referanseliste	64
Nettsteder	65
Kontaktpersoner	65
KU-rapporter for utbyggingen i Samnanger.....	66
Vedleggstabeller.....	67
Vedlegg om Gytte strømmålere	69

SAMMENDRAG

Johnsen, G.H., B. Tveranger, A.H. Staveland, M. Eilertsen & E. Brekke 2010

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselven, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for marine forhold

Rådgivende Biologer AS rapport 1341, 69 sider, ISBN 978-82-7658-779-1

BKK ønsker å bygge Aldal kraftverk i Samnangervassdraget i Hordaland. NVE har fastsatt utredningsprogram for prosjektet, og BKK Produksjon AS, Multiconsult AS, Asplan Viak AS og Rådgivende Biologer AS har sammen utarbeidet de foreliggende konsekvensutredningene, der denne omfatter fagtema knyttet til "marine forhold".

TILTAKET

Dagens kraftverk på Frøland er nå i en slik tilstand at det må utføres større tiltak for å opprettholde kraftproduksjonen i vassdraget. I denne sammenheng ser BKK Produksjon på mulige alternativ for å øke og rasjonalisere kraftproduksjonen i området. BKK Produksjon AS søker derfor om konsesjon for å bygge Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk med nettilknytning til regionalnettet. Prosjektet søkes med to alternativer, der nødvendig rehabilitering av Frøland kraftverk er skissert som 0-alternativ.

Aldal kraftverk er hovedalternativet og vil utnytte et fall på 198 meter mellom inntak i Grønsdalsvatnet og utslipp til Samnangerfjorden. Kraftstasjonen vil bli plassert i fjell. Aldalselva og Kvernelva blir tatt inn på driftstunnelen som bekkeinntak. Utbygging av Aldal kraftverk medfører en ny 132 kV-kraftledning fra Dalane til Frøland koplingsanlegg. En utbygging av Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk vil gi en midlere årsproduksjon på 235 GWh. Dette er en økning på totalt 80 GWh i vassdraget i forhold til dagens midlere årsproduksjon. Alternativet har en utbyggingskostnad på 2,34 kr/kWh.

Frøland småkraftverk vil utnytte restfeltet mellom Grønsdalsvatnet og Fiskevatnet. Småkraftverket vil benytte eksisterende infrastruktur etablert for dagens Frøland kraftverk. Myra kraftverk blir faset ut. Det er behov for ventil/tappeluke som kan brukes til å omfordele vann fra Grønsdalsvatnet til Fiskevatnet.

Et **nytt Frøland kraftverk** vil utnytte fallet på 164 meter fra Grønsdalsvatnet til Frølandsvatnet. Kraftstasjonen til nye Frøland kraftverk vil bli plassert i fjell bak eksisterende Frøland kraftverk. En utbygging av nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk vil gi en midlere årsproduksjon på 182 GWh. Dette er en økning på totalt 27 GWh i vassdraget i forhold til dagens midlere årsproduksjon. Alternativet har en utbyggingskostnad på 2,31 kr/kWh. Frøland småkraftverk blir tilsvarende det som omtalt for alternativ 1.

Alternativet til å bygge nytt kraftverk er en omfattende **rehabilitering av eksisterende Frøland kraftverk**. Driftstunnelen må utvides, og luker og stengeanordninger, elektrisk utstyr og aggregat må skiftes ut. En rehabilitering av Frøland vil gi en midlere årsproduksjon på 148 GWh, som er en økning på 11 GWh i forhold til dagens midlere årsproduksjon. Anleggsperioden vil medføre økt fare for flom i vassdraget, samt et produksjonstap på 60 GWh eller mer, avhengig av nedbørsforhold og lengde på driftsstans.

MARINT BIOLOGISK MANGFALD

OMRÅDESKILDRING MED VERDIVURDERING

Aldal kraftverk vil ha utløp til det inste bassenget i Samnangerfjorden. Heile Samnangerfjorden er 22 km lang, mens den indre delen utgjør eit 8,3 km² stort fjordbasseng med største djup på 240 m. Terskelen er berre på 85 m djup ved utløpet ved Gaupholm. Bassenget har eit samla vassvolum på over ein kubikkilometer (km³).

Samnangervassdraget er det største vassdraget som drenerer til fjorden, med eit samla nedbørfelt på 241 km² og ei berekna middelvassføring ved utløp til sjøen ved Tysse på 13 m³/s. Andre lokale felt som drenerer til det indre bassenget i Samnangerfjorden utgjør omlag 40 km², og har sannsynlegvis ei middelvassføring på tilsvarende omlag 2 m³/s. Samnangervassdraget er regulert sidan 1909, og Frøland kraftverk slepp ferskvatn til fjorden via Tysseelva gjennom heile vinteren. Dette fører til at saltinnhaldet øvst i vassøyla er prega av ferskvatn den øvste meteren, men med noko større tjukkeleik i flaumsituasjonar. Under dette brakkvasslaget blir saltinnhaldet raskt 25 – 30 ‰, mens det under terskeldjup er 35 ‰ saltvatn. Det er liten skilnad i sjiktningstilhøva midt ute i fjordbassenget og inne ved Aldalen.

Det er lite vasstraum i sjøområdet ved Aldalen. Ved straummåling på vinteren var det lite straum i heile vassøyla, og tilhøva syntest i all hovudsak å vere styrt av variable vêr- og vindforhold i måleperioden, og var i ubetydeleg grad tidevasstyrt. Sommarmålingane viste at straumbiletet i Aldal i denne perioden hovudsakleg var styrt av vassføringa i Aldalselva og særleg Tysseelva.

Indre basseng i Samnangerfjorden frys til i kalde og stille periodar om vinteren dei fleste år. Først frys den nordre delen innanfor Haukaneset ved Årland til Bjørkheim. Søre del av bassenget ved utløpet av Tysseelva frys etter kvart, først i buktene som Aldalen, og etter kvart også i det meste av fjorden ved langvarig kulde. Det blir då att ei opa råk frå utløpet av Tysseelva som svingar seg nordover og etter kvart vestover forbi Haukaneset. Isgang skjer vanlegvis i samband med vêromslag og vindretningar frå sør. Vêrtilhøva og snøsmelting i nedbørsfeltet fører til at straumtilhøva i fjorden blir forsterka. Det meste av isgangen vil vanlegvis skje langs vestsida av utløpet til fjorden.

Naturtypar

Strandsona ved Aldal består av hardbotnfjøre, som er svært vanleg langs kysten av Noreg. Hardbotnfjører er ikkje ein prioritert naturtype og i området førekjem vanlege artar. Verdien av denne naturtypen blir vurdert som liten. I øvre delar av sublitoralsona var det ein dominans av små og trådforma algar som dekkja den habitatbyggjande tang- og tarevegetasjonen og gav eit overgjødsla og påverka inntrykk. Det vart registrert nokre individ av sukkertare (*Saccharina latissima*), men det var for spreidde førekomstar til at det vart danna sukkertareskog (I0103). Det vart også registrert førekomstar av vanleg ålegras i øvre delar av sublitoralen. Naturtypen ålegraseng (I 11) er ein prioritert naturtype og er rekna for å vere eit viktig marint økosystem. Det er mindre ålegrasenger i brakkvatn som er registrert og denne er vurdert som lokalt viktig (verdi C), med oppunder middels verdi.

Raudlisteartar

I litoralsona vart det registrert store førekomstar av høvringtang (*Fucus ceranoides*), som er ein brakkvassalge som veks på fjell i nærleiken av bekkeutløp og elvemunningar. Den er ein raudlisteart med kategoristatus *nær trua* (NT). Sukkertare som vart registrert i øvre sublitoral er også raudlista i kategori *nær trua* (NT). Leveområde for raudlisteartar i kategorien NT, som er raudlista pga. negativ bestandsutvikling, men som framleis er vanlege, har liten verdi.

Flora og fauna

Det vart registrert ein noko artsfattig flora og fauna i litoral- og sublitoralsona. Trådforma algar som er forbunde med overgjødsling var dominerande i sublitoralen. Artane som vart registrert er vanlege, der nokon av dei dominerande artane har høg toleranse for lågt saltinnhald. Vanlege artar har liten verdi.

Viktige område

Det er avmerkt fleire gyteområde for fisk, sannsynlegvis torsk, i indre delar av Samnangerfjorden, av desse eitt utanfor Aldalen. Desse områda har "over middels verdi".

Samla verdivurdering

Ei samla vurdering av marint biologisk mangfald ved Aldal i Samnangerfjorden, tilseier at området har mellom middels og liten verdi. Gyteområdet for fisk dreg opp verdien, medan dei resterande tilhøva stort sett har liten verdi fordi registrerte artar og naturtypar er vanlege. Små forekomstar av den prioriterte naturtypen ålegrasenger dreg opp verdien noko.

VERKNADER OG KONSEKVEN SAR

0-alternativet

Rehabilitering av Frøland kraftverk vil ikkje ha nokon verknad på tilhøva i Samnangerfjorden, verken i anleggsfasen eller i driftsfasen. Kraftverket vil få ei noko større slukevne enn dagens kraftverk, slik at ein både kan kontrollere magasinet i Fiskevatnet betre, samtidig som køyringa vil bli tilpassa kapasiteten på dei ovanforliggjande kraftverka i vassdraget. Vassføringa i Tysseelva og til Samnangerfjorden vil då i særleg tørre periodar kunne bli noko større enn i dag. Dette vil i svært liten grad få noko verknad på tilhøva i fjorden.

- *Med middels til liten verdi og ingen verknad, blir det ubetydeleg konsekvens (0)*
- *For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 3 = 0-alternativet*

Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk

I anleggsfasen kan det vere avrenning og tilførsler frå anleggsområde til sjø, men desse vil eventuelt ha mest verknad heilt lokalt ved utsleppet, og vil relativt raskt bli fortynna i eit stort fjordsystem som Samnangerfjorden.

Eventuelle opne undervasssprengingar kan gje skadeverknader på dyrelivet i sjøen. Ved ein ladning på 100 kg vil 1 % av fisken kunne dø i ein avstand på om lag ein km frå sprengingsstaden, medan avstanden for 1 % dødelegheit teoretisk er 800 meter for ladningar på 25 kg. Ei sprenging vil ha middels negativ verknad på gytefeltet for fisk i området, men vil ha liten verknad for naturtypar og artsmangfald.

Utslepp frå Aldal kraftverk til fjorden vil flytte omlag halvparten av dagens ferskvasstilførslar frå Tysseelva til Aldalen, om sommaren noko mindre og om vinteren noko meir. Dette vil ikkje endre hovudmønsteret for straumtilhøva i fjorden, men hovuddrivkrafta for overflatestraumen blir flytta frå Tysse til Aldalen, slik at straumhastigheita der blir auka betydeleg. Særleg stor vil skilnaden vere om vinteren, då vassføringa i Tysseelva vil bli vesentleg redusert og følgje ein meir naturleg årsrytme.

Avløpet frå eit dykka utslepp frå kraftverket vil uansett årstid, driftsvassføring og utsleppsdjup mellom 10 og 50 m, få gjennomslag til overflata. Til djupare ein legg utsleppet, til meir innblanda blir ferskvatnet med sjøvatnet før det når overflata, og dette vil kunne bryte ned noko av dagens klåre sjiktning i fjorden. Utslepp av ferskvatn i Aldal vil difor ikkje utan vidare føre til tjukkare ferskvasslag lokalt eller i fjorden, heller tvert imot.

Dette vil påverke isleggingstilhøva. I korte kuldeperiodar vil islegging skje som i dag i nord og i stille bukter, men ikkje i Aldalen. Etter lengre kuldeperiodar vil hovudråka i fjorden vere større og verte

flytta frå Tysseelva til Aldal og strekkje seg sørvestover mot utløpet av fjordbassenget. Eit stort og dykka utslepp til Aldal vil generelt halde større delar av fjorden isfri, og i større grad til djupare utsleppet blir.

Eit dykka utslepp vil også føre med seg meir næringsrikt djupvatn opp til dei produktive øvre vassmassane, og kunne føre til gjødsling av overflatevatnet i fjorden. Til djupare utslepp, til meir upwelling av næringssalt, og ved stadig ny tilførsel vil dette medføre at våroppblomstringa blir forlenga utover sommaren. Dette kan også resultere i auka begroing på tauverk og båtar i området.

Det er eit gyteområde for fisk i Aldal ved planlagt utslepp. Eit stort ferskvassutslepp i Aldal vil kunne påverke både gyteåtferda til fisken lokalt og også transporten og spreinga av egga. Det er usikkert kva for betydning dette vil ha for overleving av egg og yngel, og det er også høgst usikkert kva for betydning dette området har for gyting av lokale fiskebestandar. Det er fleire tilsvarande område i fjorden, og det kan tenkjast at reduksjon i kvalitet av eitt gyteområde ikkje nødvendigvis fører til ein tilsvarande reduksjon i den totale rekrutteringa i området.

Endring av ferskvassutsleppet til fjorden kan også få innverknad på vaksen laks, som på vegen ut fjorden som smolt har lært seg å bruke "lukta" av dette for å orientere seg tilbake til si "barndoms elv". Sidan laksen kjem attende til vassdraget på sommaren, mens det etter ei eventuell utbygging framleis vil vere ei betydeleg naturleg vassføring i Tysseelva, vil sannsynlegheita for å gå "feil" vere liten ved et dykka utslepp frå Aldal kraftverk. Utsleppet av ferskvatnet frå kraftverket vil då vere blanda med sjøvatn, slik at dette i liten grad vil trekkje til seg fisk som elles skulle gått til Tysseelva.

- Med middels til liten verdi og liten verknad, blir det liten negativ konsekvens (-)
- For driftsfasen ved alternativ 1

Aldal kraftverk	Verdi			Virkning (omfang)			Konsekvens
	Liten	Middels	Stor	Stor negativ	Liten / ingen	Stor positiv	
anlegg Naturtyper drift	----- ----- ▲			----- ----- ----- ----- ▲			Ubetydelig (0)
				----- ----- ----- ----- ▲			Liten negativ (-)
anlegg Flora og fauna drift	----- ----- ▲			----- ----- ----- ----- ▲			Liten negativ (-)
				----- ----- ----- ----- ▲			Liten negativ (-)
anlegg Viktige områder drift	----- ----- ▲			----- ----- ----- ----- ▲			Liten negativ (-)
				----- ----- ----- ----- ▲			Ubetydelig (0)
anlegg Rødlistearter drift	----- ----- ▲			----- ----- ----- ----- ▲			Ubetydelig (0)
				----- ----- ----- ----- ▲			Liten negativ (-)

Nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk

Heller ikkje bygging av nytt Frøland kraftverk vil få noko verknad på tilhøva i Samnangerfjorden. Vassføringa i Tysseelva til fjorden blir omlag som for 0-alternativet, og i hovudsak ikkje vesentleg endra frå dagens situasjon.

- Med middels til liten verdi og ingen verknad, blir det ubetydeleg konsekvens (0)
- For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 2

AVBØTANDE TILTAK

Det er berre for alternativ 1 at det kan vere aktuelt med avbøtande tiltak.

I anleggsfasen bør avrenning og tilførsler frå anleggsområde til sjø avgrensast, men dette er mindre viktig for ein stor resipient som fjorden i høve til der tilførslene skjer til vassdraget. Vidare bør undervasssprengingar gjennomførast med omtanke ved at ein avgrensar ladningar og syter for at det ikkje skjer i gyteperioden til fisken om vinteren.

I driftsfasen er det verknadene av dykka utslepp som må vurderast konsekvensane av. Naturleg går ferskvasstilsførslene til fjordar ut i overflata, og bidreg til temperaturløve, islegging, sirkulasjonsmønster og sjiktningar, og også levevilkåra til fisk og andre marine organismar. Alle desse forholda blir endra dersom utsleppet blir dykka, og endringane blir størst ved dei djupaste utsleppa. Sidan overflateutslepp i Aldal ikkje er eit alternativ, vil ein anbefale at det dykka utsleppet blir lagt så grunt som mogeleg for å skape minst miljøforstyring. På den andre sida vil straumtilhøva lokalt då bli mest endra, og risiko for å tiltrekkje seg laks som skal vandre opp i vassdraget blir større enn ved djupare utslepp.

BEHOV FOR OPPFØLGJANDE GRANSKINGAR

Fagtema vert sett på som godt nok dokumentert, og det er ikkje vurdert behov for oppfølgjande granskingar. Ved eventuell bygging av Aldal kraftverk, må ein sørge for eit "baseline" overvakingsprogram av næringsstoff, algemengde og sjiktningstilhøve i Samnangerfjorden, slik at ein har grunnlag for å vurdere eventuelle endringar i eit tilsvarende vidareført overvakingsprogram i driftsfasen.

HAVBRUKS- OG FISKERIINTERESSER

OMRÅDESKILDRING MED VERDIVURDERING

Havbruksinteresser

Det ligg sju oppdrettslokalitetar ute i Samnangerfjorden. Dei fleste ligg meir enn 14 km utanfor Aldalen, og den næraste ligg like utom fjorden sitt indre basseng, vel 6 km frå Aldalen. Det er ingen lokalitetar i det indre bassenget av Samnangerfjorden. Havbruksinteressene i ytre delar av Samnangerfjorden tilseier middels verdi.

Fiskeriinteresser

Det er registrert fiskeriinteresser i nærområdet til Aldal i Samnangerfjorden. Utanfor Haga ligg det eit fiskefelt, sannsynlegvis trålfelt, og i vikene ved Aldal og også nord for Haga er det registrert kombinerte kaste- og låssettingsplassar.

Fiskeridirektoratets fartøysregister viser ein betydeleg nedgang i talet på registrerte fiskefartøy i Samnanger kommune, frå 15 stk i 1988 til ein båt sidan 2004. Fiskarmanntalet viser også at talet på heiltidsfiskarar i Samnanger har variert mellom 1 og 8 dei siste 30 åra. Den eine heiltidsfiskaren som er registrert i Samnanger på 2000-tallet, er no sannsynlegvis mellom 45 og 49 år, og den eine deltidsfiskaren er over 65 år. Fiskeriinteressene registrert i Samnanger kommune har liten til middels verdi, og dei registrerte fiskeområda i fjorden gjenspeglar sannsynlegvis større aktivitet i tidlegare tider.

MOGLEGE VERKNADER OG KONSEKVENSA

0-alternativet

Rehabilitering av Frøland kraftverk vil ikkje ha nokon verknad på tilhøva i Samnangerfjorden, og difor heller ikkje få nokon verknad på havbruks- og fiskeriinteressene i fjorden.

- Med middels til liten verdi og ingen verknad, blir det ubetydeleg konsekvens (0)
- For både havbruks- og fiskeriinteressene i området
- For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 3 = 0-alternativet

Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk

Det er ingen akvakulturlokalitetar i indre basseng av Samnangerfjorden, og sjølv om islegginga av fjorden vil kunne bli redusert, vil nok ikkje dette få nokon betydning for den næraste lokaliteten, som i liten grad har problem i dag sidan isen går ut på motsett side av fjorden.

- Med middels verdi og ingen verknad, blir det ubetydeleg konsekvens (0) for havbruk
- For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 1

Det er alt i alt små fiskeriinteressar i Samnangerfjorden. Aldalsbukta er imidlertid avsett som kaste- og låssettingsplass, og ein betydelig auke i vasstraum i området vil kunne vanskeleggjere slik aktivitet. Samtidig er området i dag lite brukt til føremålet i høve til tidlegare tider, slik at den samla negative verknaden for området blir liten negativ.

- Med middels til liten verdi og liten negativ verknad, blir det liten negativ konsekvens (-)
- For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 1

Aldal kraftverk	Verdi			Virkning (omfang)			Konsekvens
	Liten	Middels	Stor	Stor negativ	Liten / ingen	Stor positiv	
Havbruk anlegg drift	----- ----- ▲			----- ----- -----	▲	-----	Ubetydelig (0)
				----- ----- -----	▲	-----	Ubetydelig (0)
Fiskeområder anlegg drift	----- ----- ▲			----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)
				----- ----- -----	▲	-----	Ubetydelig (0)
Fiskeri anlegg drift	----- ----- ▲			----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)
				----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)

Nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk

Nytt Frøland kraftverk vil heller ikkje ha nokon verknad på tilhøva i Samnangerfjorden, og difor heller ikkje få nokon verknad på havbruks- og fiskeriinteressene i fjorden.

- Med middels til liten verdi og ingen verknad, blir det ubetydeleg konsekvens (0)
- For både havbruks- og fiskeriinteressene i området
- For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 2

AVBØTANDE TILTAK

Det er ikkje foreslått avbøtande tiltak sidan verknad og konsekvens er små/ubetydelege både for havbruks- og fiskeriinteressar.

BEHOV FOR OPPFØLGJANDE GRANSKINGAR

Fagtema vert sett på som godt nok dokumentert, og det er ikkje vurdert behov for verken oppfølgjande granskningar eller noko overvakingsprogram i anleggs- eller driftsfase for eventuelt kraftverk.

TILTAKSBESKRIVELSE PLANLAGTE KRAFTVERK

BKK Produksjon AS ønsker å opprettholde og fornye kraftproduksjonen i Samnangervassdraget. Dagens kraftverk på Frøland er utbygd i perioden 1909 til 1921, med betydelig ombygging i 1965, og er nå i en slik tilstand at det må utføres større tiltak for å opprettholde kraftproduksjonen i vassdraget. I denne sammenheng ser BKK Produksjon på mulige alternativ for å øke og rasjonalisere kraftproduksjonen i området.

Basert på de tekniske og økonomiske forutsetningene, samt konsekvensene for naturmiljø, brukerinteresser og samfunnsinteresser, søker BKK Produksjon om konsesjon for å bygge Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk med nettilknytning til regionalnettet. Prosjektet søkes med to alternativer, der nødvendig rehabilitering av Frøland kraftverk er skissert som 0-alternativ.

Alternativ 1: Nytt Aldal kraftverk og et småkraftprosjekt på restfeltet til Frøland kraftverk

Alternativ 2: Nytt Frøland kraftverk

Altaernativ 3 = 0-alternativ: Nødvendig rehabilitering av eksisterende Frøland kraftverk

Tabell 1. Produksjon og kostnad for de tre alternativene.

Alternativ	Produksjon	Kost / effekt	Ny produksjon
1) Aldal kraftverk	235 GWh / år	kr. 2,34 / kWh	+ 80 GWh / år*
2) Nytt Frøland kraftverk	182 GWh / år	kr. 2,31 / kWh	+ 27 GWh / år
3) Rehabilitering Frøland kraftverk	148 GWh / år	kr. 1,07 / kWh	+ 11 GWh / år

ALTERNATIV 1:

ALDAL KRAFTVERK OG FRØLAND SMÅKRAFTVERK

Aldal kraftverk vil utnytte et fall på 198 meter mellom Grønsdalsvatnet og havnivået ved Samnangerfjorden. Kraftstasjonen vil bli plassert i fjell. Aldalselva og Kvernelva blir tatt inn på driftstunnelen som bekkeinntak. Utbygging av Aldal kraftverk medfører en ny 132 kV-kraftledning fra Dalane til Frøland koplingsanlegg. En utbygging av Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk vil gi en midlere årsproduksjon på 235 GWh. Dette er en økning på totalt 80 GWh i vassdraget i forhold til dagens midlere årsproduksjon. Alternativet har en utbyggingskostnad på 2,34 kr/kWh.

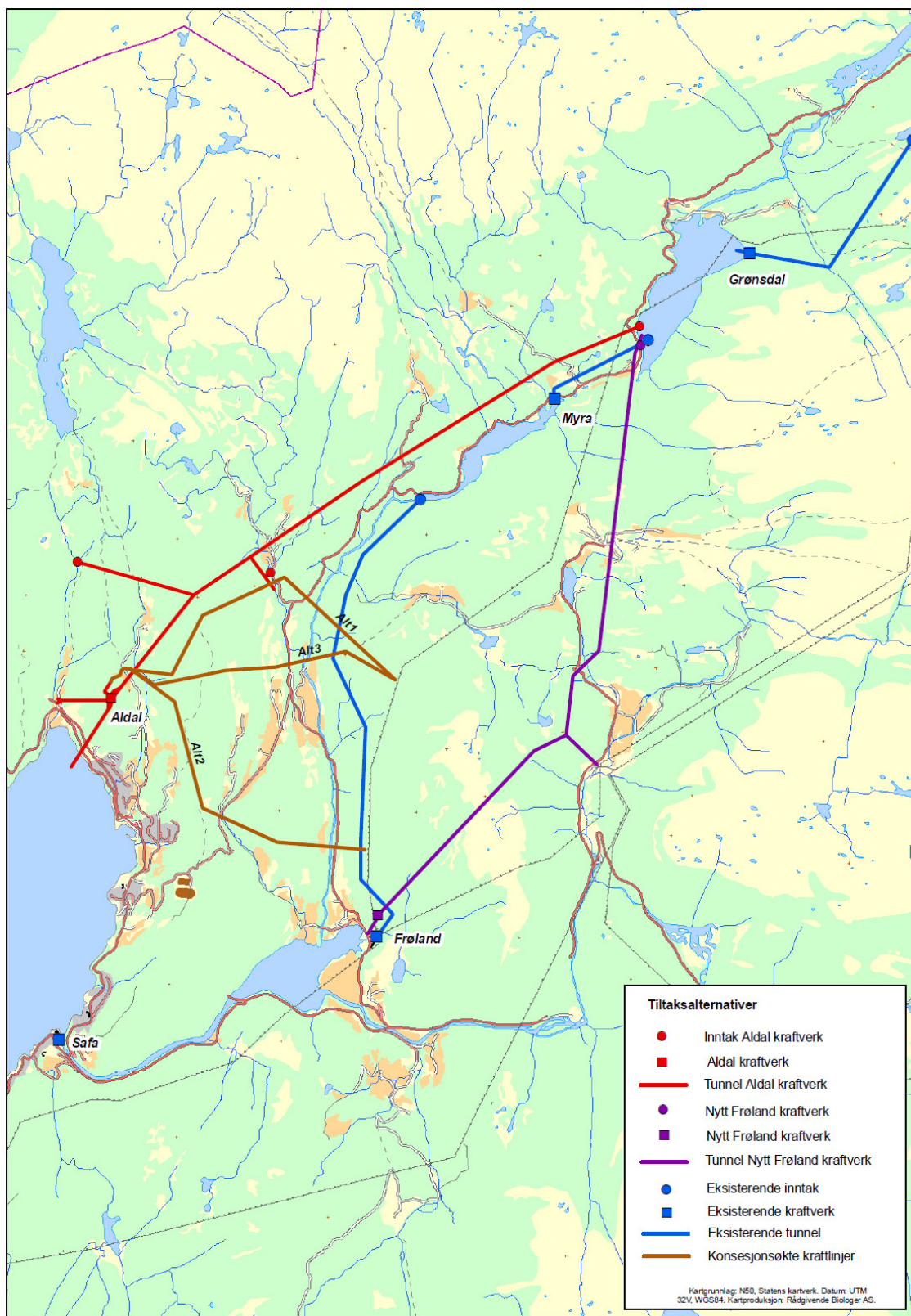
Frøland småkraftverk vil utnytte restfeltet mellom Grønsdalsvatnet og Fiskevatnet. Småkraftverket vil benytte eksisterende infrastruktur etablert for dagens Frøland kraftverk. Myra kraftverk blir faset ut. Det er behov for ventil/tappeluke som kan brukes til å omfordele vann fra Grønsdalsvatnet til Fiskevatnet.

REGULERINGER

Aldal kraftverk skal benytte eksisterende regulering av Grønsdalsvatnet som inntaksmagasin. De eksisterende ovenforliggende reguleringene vil bli utnyttet som før i Grønsdal og Kvittingen kraftverk.

Det blir søkt om å endre laveste regulerte vannstand for Grønsdalsvatnet til kote 181. Dette nivået var også laveste regulert vasstand fram til ny konsesjon i 2001. Da ble dette endret til kote 188, siden dette i praksis var benyttet som den reguleringsgrense. I ettertid har det vist seg at BKK Produksjon må søke om avvik fra manøvreringsreglement hver gang det skal gjennomføres ettersyn og vedlikehold på anleggene.

Fiskevatnet skal være inntaksmagasin for småkraftverket på Frøland, og reguleringsgrensene blir som før.



Figur 1. Skisse over alternativene for framtidig utnyttelse av Storelva i Samnangervassdraget.

Nøkkeltall for Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk er vist i **tabell 2**.

Tabell 2. Nøkkeltall for Aldal kraftverk og Frøland småkraftverk.

	Enhet	Aldal kraftverk	Frøland småkraftverk
1. Tilsigsdata			
Nedbørsfelt	km ²	123,7	11,1
Midlere tilsig	mill m ³ /år	462,1	35,28
Midlere tilsig	m ³ /s	14,7	1,11
Sum magasin	mill m ³	134,2	0,3
Magasinprosent	%	29 %	0,6 %
2. Stasjonsdata			
Midlere brutto fallhøyde	M	198,1	148
Midlere energiekvivalent	kWh/m ³	0,485	0,35
Maks turbinyttelse ved midlere brutto fallhøyde	MW	61 *	4,1
Antall aggregat	Stk	1 *	1
Maks slukeevne ved midlere brutto fallhøyde	m ³ /s	35 *	3
Brukstid	timer / pr %	3740 42,7 %	2600 29,7 %
3. Produksjon			
Potensiale	GWh/år	224	12,3
Simulert	GWh/år	226	10,9
4. Utbyggingskostnad			
Utbyggingskostnad	mill kr	530	21
Utbyggingspris	kr/kWh	2,34	1,92
Byggetid	År	3	1

INNTAK, VANNVEIER OG KRAFTVERK

Det blir bygget nytt inntak i Grønsdalsvatnet med inntaksluke i lukesjakt, lukehus og ristrensker.

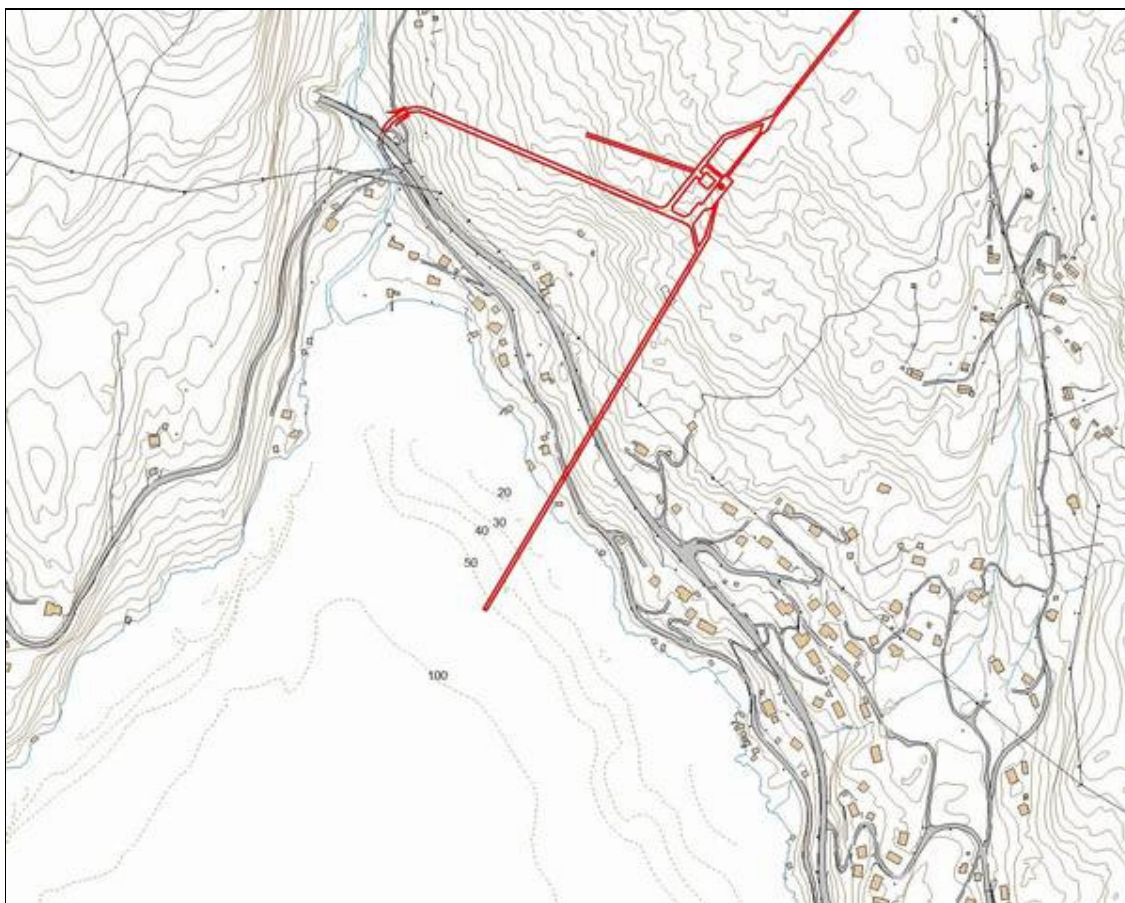
Driftstunnelen blir totalt 6000 m lang. Fra driftstunnelen vil det gå en forgreining mot bekkeinntaket i Aldalselva på omtrent 1000 m lengde. Tunnelene vil bli bygget fra to anleggsområder, fra Aldal og fra et tunneltverrslag ved Kvernelva. Kvernelva er planlagt tatt inn på driftstunnelen i en kort sjakt ned i en tverrslagstunnel, som bli omtrent 300 m lang.

Driftstunnelen vil være omtrent horisontal både mot inntaket i Grønsdalsvatnet og mot forgreiningen til Aldalselva. Den lengste tunnel delen vil være omtrent 4000 m og gå fra tverrslaget i Kvernelva til inntaket i Grønsdalsvatnet. Tverrsnittet på driftstunnelen vil være i størrelsesorden 30 m², mens overførings tunnelen fra Aldalselva vil bli noe mindre på omtrent 20 m².

Like ved bekkeinntaket i Aldalselva blir det bygget et svingekammer med luftesjakt. Luftesjakten vil få et mindre overbygg i friluft ovenfor Dalane.

Kraftstasjonen blir bygget i fjell ved Aldal, og det skal installeres en Francisturbin med en slukevne som foreløpig er satt til 35 m³/s. Med et brutto fall på 198 m vil dette gi en installert effekt på 61 MW. Ved å velge denne størrelsen på maskin, tar en også høyde for mulig fremtidig økning i tilsig, og Aldal kraftverk vil ha en meget god mulighet for effektkjøring.

Avløpet fra kraftstasjonen går ut i sjøen gjennom en 450 m lang avløpstunnel ut i Aldalsbukta. Utløpet av tunnelen vil ligge på omtrent 25-30 m dyp (**figur 12**).



Figur 2. Skisse over avløp til Samnangerfjorden, her vist på 50 meters dyp.

VEIER, TRANSPORT OG MASSEDEPONI

Aldal kraftverk får tilkomst like ved riksvei 7 ved Aldal. I anleggsperioden blir det riggplass på begge sider av riksveien. Eksisterande kulvert under riksvegen vert utvida i høgda for at transport inn og ut av anlegget vil skje utan at det vil vere behov for å krysse riksvegen ved normal drift i anlegget. I tillegg vert det bygt ei ny bru over Aldalselva på nedsida av riksvegen for å knytte riggområdet her saman med tunnelinnslaget.

Driving av driftstunnelene og kraftstasjonen vil medføre uttak av store mengder med tunnelsprengstein, foreløpig anslått til omtrent 360.000 m³. I utgangspunktet er dette potensielt gode ressurser som i kan brukes på flere måter, og det foreligger ulike alternativer der utbygger er i dialog med Samnanger kommune. Det gjelder blant annet en vidare utvikling i området ved Bjørkheim, men denne planprosessen er så vidt startet opp i kommunen, og ligger ikke som forutsetning for denne søknaden.

Uttak av tunnelmasser vil skje på to steder, og omtrent en tredel av massene vil bli fraktet ut gjennom tilkomsten i Aldal. De resterende to tredeler vil bli transportert ut gjennom tverrslagstunnelen ved Kvernelva. Det er ikke aktuelt med deponering av masser i eller ved sjø.

KRAFTLEDNINGER

Kraften fra Aldal kraftverk vil bli ført ut med en spenning på 132 kV i en kabel opp gjennom en omtrent 200 m lang sjakt som kommer ut i terrenget 200 m vest for vannbehandlingsanlegget i Dalane. Det vil bli lagt 250 m lang kabel vidare til området øst for vannbehandlingsanlegget og her blir det overgang til luftledning i kabelendemast.

Herfra vil det bli bygget en 3 til 4 km lang ny 132 kV ledning til eksisterende høyspenningskoblingsanlegg ved Frøland kraftverk. Tre alternative traseer er presentert for 132 kV linjen mellom Aldal kraftverk og den eksisterende linjen i øst (**figur 1**). **Linjealternativ 1** er det nordligste, og går mot nordøst over Dalane og passerer sør for Nygård, før den svinger sørøstover og krysser Storelva høyt over den trange dalen godt oppom Langeland. **Linjealternativ 2** er det sørligste og går i skogen oppå høydebrekket sørsørøstover og krysser sør for Solåsen og krysser Storelva nord for Tysseland. **Linjealternativ 3** er det midterste, og går nesten rett østover Raudaberget mot Tveit, der den passerer like nord for Langeland i god høyde. Alternativ framføring gjennom jordkabel fra Aldal til Frøland er ikke vurdert som realistisk eller økonomisk forsvarlig.

FRØLAND SMÅKRAFTVERK OG ETTERBRUK AV EKSISTERENDE STASJONER

Frøland småkraftverk vil utnytte fallet på 148,3 m mellom inntaket i Fiskevatnet og utløpet til Frølandsvatnet. Småkraftverket skal enten bygges i bakre del av dagens kraftstasjonshall på Frøland, eventuelt i eget bygg bak dagens anlegg.

Småkraftverket vil ha et aggregat med en effekt på omtrent 4,1 MW, og det vil ha en maksimal driftsvannføring på i størrelsesorden 3 m³/s.

Eksisterende område på Frøland vil fungere som både rigg og tilkomst for utbygging av småkraftverk ved Frøland. En utbygging av Frøland småkraftverk vil ikke medføre store massevolum.

Eksisterende kraftverksbygning og deler av eksisterende utstyr ved Frøland skal kunne brukes inntil nytt kraftverk i Aldal er i ordinær drift.

Myra kraftverk blir faset ut, men dagens tappeluken ved kraftstasjonen blir stående for å kunne omfordele vann fra Grønsdalsvatnet til Fiskevatnet, for å kunne oppfylle minstevannføringskrav nedover i vassdraget.

ALTERNATIV 2:

NYTT FRØLAND KRAFTVERK OG FRØLAND SMÅKRAFTVERK

Et nytt Frøland kraftverk vil utnytte et fall på 164 meter fra Grønsdalsvatnet til Frølandsvatnet. Kraftstasjonen til nye Frøland kraftverk vil bli plassert i fjell bak eksisterende Frøland kraftverk. Frøland småkraftverk vil utnytte restfeltet mellom Grønsdalsvatnet og Fiskevatnet, akkurat som for alternativ 1. Småkraftverket vil utnytte eksisterende infrastruktur etablert for dagens Frøland kraftverk. Myra kraftverk blir faset ut også i dette alternativet. Det er behov for ventil/tappeluken som kan brukes til å omfordele vann fra Grønsdalsvatnet til Fiskevatnet. En utbygging av nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk vil gi en midlere årsproduksjon på 182 GWh. Dette er en økning på totalt 27 GWh i vassdraget i forhold til dagens midlere årsproduksjon. Alternativet har en utbyggingskostnad på 2,31 kr/kWh.

Nøkkeltall for Nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk er vist i **tabell 3**.

REGULERINGER

Nytt Frøland kraftverk vil ha Grønsdalsvatnet som inntaksmagasin, og de eksisterende ovenforliggende reguleringene vil bli benyttet som i dag i Kvitingen og Grønsdal kraftverk. Regulering av Grønsdalsvatnet søkes som for beskrevet Aldal kraftverk. Fiskevatnet vil bli inntaksmagasin for Frøland småkraftverk, som beskrevet for Aldal kraftverk.

INNTAK, VANNVEIER OG KRAFTSTASJON

Det må bygges en 6 km lang tunnel fra Frøland til et nytt inntak i Grønsdalsvatnet. Det er planlagt at deler av tunnelen kan drives fra et omtrent 400 m langt tverrslag i Børdalen. Avløpstunnelen fra kraftverket vil bli lagt ut i Frølandsvatnet, enten via kanal eller dykket utslipp. Tverrsnitt på alle driftstunnelene vil være på mellom 18 og 30 m².

Det vil bli bygget en ny kraftstasjon i fjellet bak eksisterende Frøland kraftverk, med tilkomsttunnel fra Totland. Kraftverket er planlagt med en maksimal driftsvannføring på 25 m³/s, og det vil bli installert et Francisaggregat med installert effekt på mellom 38 MW.

På grunn av at utløpet går til Frølandsvatnet, vil Nytt Frøland kraftverk ikke ha særlig store mulighet for effektkjøring i forhold til et Aldal kraftverk med utslipp til Samnangerfjorden.

Tabell 3. Nøkkeltall for Nytt Frøland kraftverk og Frøland småkraftverk.

	Enhet	Nytt Frøland kraftverk	Frøland småkraftverk
1. Tilsigsdata			
Nedbørsfelt	km ²	110,8	11,1
Midlere tilsig	mill m ³ /år	423,17	35,28
Midlere tilsig	m ³ /s	13,4	1,11
Sum magasin	mill m ³	134,2	0,3
Magasinprosent	%	31 %	0,6 %
2. Stasjonsdata			
Midlere brutto fallhøyde	M	164	148
Midlere energiekvivalent	kWh/m ³	0,416	0,358
Maks turbinyttelse ved midlere brutto fallhøyde	MW	38	4,1
Antall aggregat	Stk	1	1
Maks slukeevne ved midlere brutto fallhøyde	m ³ /s	25	3
Brukstid	Timer/år	4600	2650
	%	52,5 %	30,3 %
3. Produksjon			
Potensiale	GWh/år	176	12,6
Simulert	GWh/år	171	10,9
4. Utbyggingskostnad			
Utbyggingskostnad	mill kr	400	21
Utbyggingspris	kr/kWh	2,3	1,9
Byggetid	År	3	1

VEIER, TRANSPORT OG MASSEDEPONI

Anlegget vil medføre uttak av store mengder med tunnelsprengstein, foreløpig anslått til omtrent 300.000 m³. Dette er planlagt plassert i midlertidige deponi ved Frøland og ved tverrslaget i Børdalen. Ingen av de tre alternativene i Børdalen ligger til sjø.

Kraftverket får tilkomst fra Frøland slik som i dag, og sprengstein fra dette innslaget er planlagt plassert på dyrka mark mellom fylkesveien og Frølandsvatnet. Matjorder vil bli tatt av og lagt tilbake ved avslutning av deponiet. Totalt vil 100 000 m³ bli plassert her.

Sprengstein fra tverrslaget i Børdalen vil bli deponert og tilpassa terrenget på begge sider av veien og ned mot elva. Alternativt kan noe av tunnelmassene benyttes til å heve terrenget i deler av Børdalen, og da vil også matjorden bli lagt tilbake etter at det er fylt ut på arealet. BKK er i dialog med grunneier og landbrukskontoret i Samnanger kommune om å benytte masser til skogsveier.

KRAFTLEDNINGER

For anleggsarbeidet vil det bli lagt provisoriske kabler fra eksisterende 22 kV nett, mens kraften fra Nye Frøland kraftverk vil bli ført ut med 132 kV spenning til eksisterende høyspenningskopplingsanlegg ved Frøland kraftverk og videre på eksisterende kraftledninger til transformatorstasjonen i Børdalen. Det blir altså ikke behov for nye ledninger ved etablering av Nye Frøland kraftverk.



Figur 3. Frøland kraftverk i 1912 (til venstre) og i 2008 (til høyre). Foto: BKK, fra meldingen.

ALTERNATIV 3 (0-ALTERNATIVET): NØDVENDIG REHABILITERING AV FRØLAND KRAFTVERK

Alternativet til å bygge nytt kraftverk ved Aldal eller Frøland er en omfattende rehabilitering av eksisterende Frøland kraftverk. Driftstunnelen må utvides fra 14 m² til 20 – 25 m² for å redusere falltap. Luker og stengeanordninger, elektrisk utstyr og aggregat må skiftes ut. Dagens rørgate blir benyttet og tilstanden på rørgate og fundament må vurderes fortløpende i forhold til gjeldende sikkerhetskrav. En rehabilitering av Frøland vil gi en midlere årsproduksjon på 148 GWh, som er en økning på 11 GWh i forhold til dagens midlere årsproduksjon. Anleggsperioden vil medføre økt fare for flom i vassdraget, samt et produksjonstap på 60 GWh eller mer, avhengig av nedbørsforhold og lengde på driftstans.

INNTAK, VANNVEIER OG KRAFTSTASJON

Rehabiliteringsalternativet omfatter en utvidelse (strossing) av eksisterende driftstunnel, der tverrsnittet i dag er omtrent 14 m², til omtrent 20 -25 m². Dette reduserer falltapet kraftig. I tillegg vil en del luker og stengeanordninger i dagens tunnelsystem bli skiftet. Rørgaten blir beholdt, men tilstanden på eksisterende rørgate og rørfundament blir fortløpende vurdert i forhold til gjeldende sikkerhetskrav. I kraftverket vil gammalt elektrisk utstyr og det eldste aggregatet bli skiftet ut.

KRAFTLEDNINGER

Kraften fra et rehabilitert Frøland kraftverk vil bli ført ut til eksisterende høyspenningskopplingsanlegg ved kraftverket og videre på eksisterende kraftledninger til transformatorstasjonen i Børdalen. Det blir altså ikke behov for nye ledninger ved rehabilitering.

Nøkkeltall for rehabilitering av Frøland kraftverk er vist i **tabell 4**.

Tabell 4. Nøkkeltall for rehabilitering av Frøland kraftverk.

	Enhet	Frøland kraftverk
1. Tilsigsdata		
Nedbørsfelt	km ²	122,9
Midlere tilsig	mill m ³ /år	458,45
Midlere tilsig	m ³ /s	14,5
Sum magasin	mill m ³	134,2
Magasinprosent	%	33 %
2. Stasjonsdata		
Midlere brutto fallhøyde	M	148
Midlere energiekvivalent	kWh/m ³	0,35
Maks turbinyttelse ved midlere brutto fallhøyde	MW	21
Antall aggregat	Stk	3
Maks slukeevne ved midlere brutto fallhøyde	m ³ /s	16
Brukstid	Timer / år	7000
	%	79,9 %
3. Produksjon		
Potensiale	GWh/år	151
Simulert	GWh/år	147
4. Utbyggingskostnad		
Utbyggingskostnad	mill kr	153
Utbyggingspris	kr/kWh	1,07
Byggetid	År	2

METODE OG DATAGRUNNLAG

UTREDNINGSPROGRAM

I utredningsprogrammet fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) av 15. januar 2010, står følgende for de aktuelle tema for denne konsekvensutredningen:

Naturmiljø og biologisk mangfold

For alle biologiske registreringer skal det oppgis dato for feltregistreringer, befaringsrute og hvem som har utført feltarbeidet og artsregistreringene.

Naturtyper, ferskvannslokaliteter og marine lokaliteter

Marine lokaliteter

- Eventuelle forekomster av marine lokaliteter med stor betydning i økologisk sammenheng skal beskrives og eventuelle konsekvenser skal vurderes. Vurderingene skal ta utgangspunkt i DN-håndbok 19, 2001 (revidert 2007).
- Mulige avbøtende tiltak i forhold til de eventuelle negative konsekvensene som kommer fram skal vurderes, herunder eventuelle justeringer av tiltaket.

Fisk

- Det skal gis en vurdering av konsekvensene for fisk ved utslipp av ferskvann i fjorden ved Aldal.
- Mulige avbøtende tiltak i forhold til de eventuelle negative konsekvensene som kommer fram skal vurderes, herunder eventuelle justeringer av tiltaket.

Marine ressurser

- Det skal gis en kort omtale av fjordområdets betydning for havbruksnæringen og fiskerier. Eventuelle konsekvenser for fiskeri- og havbruksnæringen skal vurderes.
- Mulige avbøtende tiltak i forhold til de eventuelle negative konsekvensene som kommer fram skal vurderes, herunder eventuelle justeringer av tiltaket.

DATAINNSAMLING / DATAGRUNNLAG

Konsekvensvurderingen baserer seg på konkrete undersøkelser av biologisk mangfold i strandsonen, undersøkelser av strømforhold med sjiktning og temperatur, samt innhenting og sammenstilling av foreliggende informasjon og modellering av avløpets forløp i sjøen. Datagrunnlaget for denne KU ansees å være svært godt etter følgende skala:

Klasse	Beskrivelse
1	Svært godt datagrunnlag
2	Godt datagrunnlag
3	Middels godt datagrunnlag
4	Mindre tilfredsstillende datagrunnlag

VURDERING AV VERDIER OG KONSEKVENSER

Denne konsekvensutredningen er basert på en "standardisert" og systematisk tre-trinns prosedyre for å gjøre analyser og konklusjoner mer objektive, lettere å forstå og lettere å etterprøve (Statens Vegvesen 2006).

Det første trinnet i konsekvensutredningen består i å beskrive og vurdere området sine karaktertrekk og verdier. Verdien blir fastsatt langs en skala som spenner fra *liten verdi* til *stor verdi* (se eksempelet under).

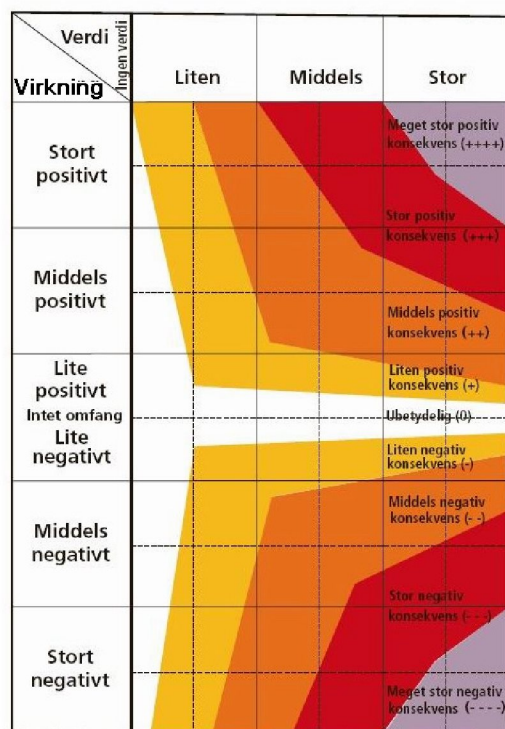
Verdivurdering		
Liten	Middels	Stor
-----	-----	-----
	▲	

Trinn 2 består i å beskrive og vurdere virkningene av utbyggingen. Omfanget blir bl.a. vurdert ut fra omfang i tid og rom og sannsynligheten for at virkningene skal oppstå. Dette gjelder både for den kortsiktige anleggsfasen og den langsiktige driftsfasen. Omfanget blir vurdert langs en skala fra *stort negativt omfang* til *stort positivt omfang* (se eksempelet under).

Fase	Virkningene av tiltaket				
	Stort neg.	Middels neg.	Lite / intet	Middels pos.	Stort pos.
Anleggsfasen	-----	-----	-----	-----	-----
Driftsfasen			▲		

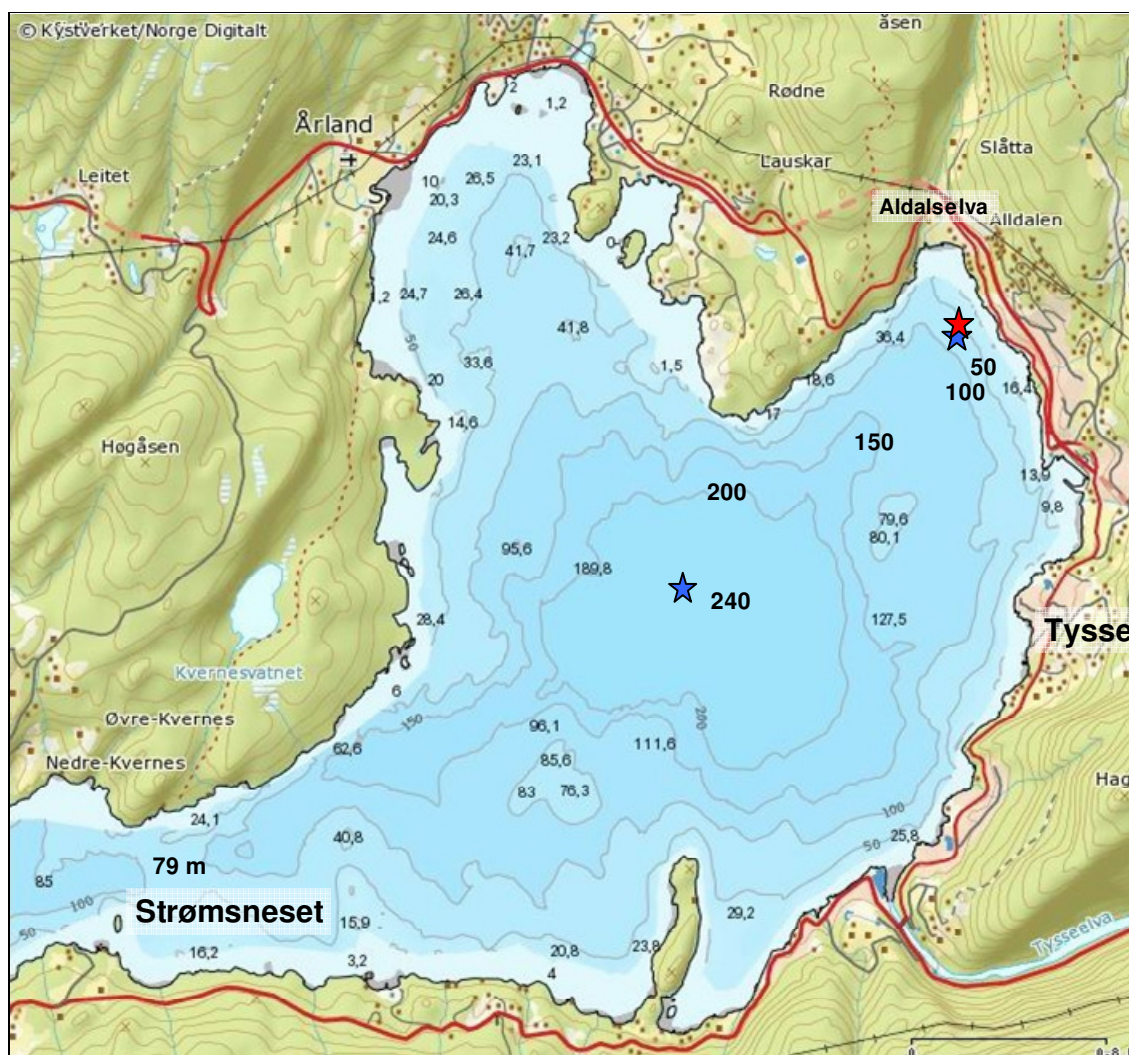
Det tredje og siste trinnet i konsekvensutredningen består i å kombinere verdien av området og virkningene av tiltaket for å få den samlede konsekvensvurderingen. Dette skjer ved at resultatet av de to første trinnene plottes langs hver sine akser i **figur 4**, og resultatet blir avlest langs en skala fra *svært stor negativ konsekvens* til *svært stor positiv konsekvens*.

Figur 4. Konsekvensvifte (Statens vegvesen, 2006). Konsekvensen for et tema framkommer ved å sammenholde områdets verdi for det aktuelle tema og tiltakets virkning/omfang på temaet. Konsekvensen vises til høyre, på en skala fra meget stor positiv konsekvens (+ + + +) til meget stor negativ konsekvens (− − − −). En linje midt på figuren angir ingen virkning og ubetydelig konsekvens. Over linja vises positive konsekvenser, og under linja negative konsekvenser (etter Statens Vegvesen 2006).



DATAINNSAMLING STRØMMÅLINGER

Strømmålingene ble utført ca 300 m sørsørøst for utløpet til Aldalselva ved Tysse i Samnanger kommune. Den innerste delen av Samnangerfjorden har en utstrekning på ca 3 x 3 km, et overflateareal på ca 8,35 km², og største dyp er 240 m (**Figur 5**). Den innerste delen av Samnangerfjorden er et terskelt basseng, der terskelen inn til bassenget ved Strømsneset er 79 m dyp. Terskelen ble loddet opp med et Olex integrert GPS og ekkolodd den 17. mars 2009. Med så dyp terskel vil det trolig minst en gang i året være utskifting av vannmassene helt ned til bunnen i det dypeste i bassenget. De hydrografiske profilene viste at det i 2009 oppstod en total utskifting av bassengvannet i juli-august. Strømmålerriggen ble plassert på moderat skrånende bunn på ca 49 m dyp ca 100 m fra land utenfor Aldalen. Fra land ved strømriggeren skråner bunnen moderat nedover i sørvestlig retning til ca 100 m dyp. Videre skråner bunnen svakt nedover mot det dypeste i bassenget på 240 m dyp ca 1,2 – 1,5 km sørvest for strømmålerriggen.



Figur 5. Oversiktskart (kilde: Kystverket) med 50 m dybdekoter over den innerste delen av Samnangerfjorden ved Tysse. Posisjonen til strømmålerriggen er merket av som rød stjerne, og posisjonene der det ble tatt hydrografiske profiler er merket av som blå stjerner.

I periodene 17. mars - 16. april 2009 (vintermåling), og 21. juli – 19. august 2009 (sommermåling) var det utplassert en rigg med Gytte Strømmålere (modell SD-6000 produsert av Sensordata AS i Bergen) utenfor Aldal i Samnanger kommune. Begge de to riggene bestod av tre strømmålere som ble satt ut i posisjon N 60° 23,821' / Ø 05° 45,437' (vinter) og i posisjon N 60° 23,824' / Ø 05° 45,443' (sommer).

Strømriggene stod dermed utplassert ca 100 m fra land og ca 300 m sørsørvest for utosen til elven som renner ut inne i Aldalen. Det ble målt temperatur, strømhastighet og strømreretning hvert 30. minutt på 2, 15 og 30 m dyp. Riggene var forankret til bunnen med et kulelodd på ca 30 kg. For å hindre at riggene skulle rulle nedover bunnen ble det knyttet et stramt landtau fra kuleloddet og inn til en bjørkestamme på land. Det var festet en trålkule av plast i tillegg til en liten blåse i tauet over den øverste strømmåleren, og en trålkule over den nederste strømmåleren, for å sikre tilstrekkelig oppdrift og stabilitet på riggene i sjøen. Det ble også festet en blåse og en blink til overflaten i et slakt tau for å ta av for bølgepåvirkningen. Riggene ble utplassert på et middels bratt skrånende område på ca 48 - 49 m dyp.

RESULTATPRESENTASJON

Resultatene av målingene av strømhastighet og strømreretning er presentert hver for seg, og kombinert som vanntransport (relativ fluks). Vanntransporten er en funksjon av strømhastighet og strømreretning, og her ser en hvor mye vann som renner gjennom en rute på 1 m² i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. Når en regner ut relativ fluks, tar en utgangspunkt i alle målingene for strømhastighet i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. For hver måling innen en gitt sektor multipliserer en strømhastigheten med tidslengden, dvs hvor lenge målingen ble gjort innen denne sektoren. Her må en også ta hensyn til om tidsserien inneholder strømmålinger med forskjellig styrke. Summen av disse målingene i måleperioden gir relativ fluks for hver 15 graders sektor. Relativ fluks er meget informativ og forteller hvordan vanntransporten som funksjon av strømhastighet og -retning er på lokaliteten.

KLASSIFISERING AV STRØMMÅLINGENE

Rådgivende Biologer AS har utarbeidet et system for klassifisering av overflatestrøm med hensyn til de tre parametrene gjennomsnittlig strømhastighet, retningsstabilitet og innslag av strømskille perioder (**tabell 1**). Klassifiseringen er utarbeidet på grunnlag av resultat fra strømmålinger med Gytte strømmålere på omtrent 60 lokaliteter for overflatestrøm, 150 lokaliteter for vannutskiftingsstrøm, og 70 lokaliteter for spredningsstrøm og bunnstrøm. Klassifiseringssystemet er laget for å beskrive kvaliteten på strømmen i forhold til oppdrettsanlegg i sjø, men blir i denne sammenhengen benyttet som en referanse for å beskrive kvaliteten på overflate-, vannutskiftings-, og spredningsstrømmen.

Tabell 5 Rådgivende Biologer AS klassifisering av ulike forhold ved strømmålingene, basert på fordeling av resultatene i et omfattende erfaringsmateriale fra Vestlandet. Strømskille perioder er definert som strøm svakere enn 2 cm/s i perioder på 2,5 timer eller mer.

Tilstandsklasse gjennomsnittlig strømhastighet	I svært sterk	II sterk	III middels sterk	IV svak	V svært svak
Overflatestrøm (cm/s)	> 10	6,6 - 10	4,1 - 6,5	2,0 - 4,0	< 2,0
Vannutskiftingsstrøm	> 7	4,6 - 7	2,6 - 4,5	1,8 - 2,5	< 1,8
Spredningsstrøm	> 4	2,8 - 4	2,1 - 2,7	1,4 - 2,0	< 1,4
Tilstandsklasse andel strømskille	I svært lite	II lite	III middels	IV høy	V svært høy
Overflatestrøm (%)	< 5	5 - 10	10 - 25	25 - 40	> 40
Vannutskiftingsstrøm	< 10	10 - 20	20 - 35	35 - 50	> 50
Spredningsstrøm	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80
Tilstandsklasse retningsstabilitet	I svært stabil	II stabil	III middels stabil	IV lite stabil	V svært lite stabil
Neumann parameter	> 0,7	0,4 - 0,7	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	<0,1

I dette tilfellet ble strømmålingene på 2 m dyp vurdert som overflatestrøm, på 15 m som vannutskiftingsstrøm, og strømmålingene på 30 m dyp ble vurdert som spredningsstrøm.

SJIKTNINGSFORHOLD

Temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen ble målt ved hjelp av en SAIV STD/CTD sonde modell SD204 som logget hvert annet sekund på to stasjoner, dvs ved strømmåleriggen (vinter, vår og høst 2009 samt vinter 2010) og på det dypeste i Samnangerfjorden (vinter, vår og høst 2009). Målingene ble utført den 17. mars, 16. april og 19. august 2009 ved strømmåleriggen og på det dypeste i Samnangerfjorden. Ved befaringen den 12. februar 2010 var indre deler av Samnangerfjorden islagt, og målingene ble da utført gjennom isen omtrent der strømmåleriggen hadde stått.

BEREGNING AV INNLAGRINGSDYP

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut gjennom en ledning på dypt vann, vil det derfor begynne å stige opp mot overflaten samtidig som det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann og sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar på vei oppover, og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring. Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres. Dersom slike tilførsler når overflatevannet, vil effektene kunne måles ved vannprøvetaking ved utslippet. I dette tilfellet skal det i stedet for avløpsvann slippes ut rent ferskvann gjennom en utløpstunnel ett sted mellom 10 og 50 m dyp.

For beregning av innlagringsdypet og spredning med fortynning etter innlagring, bruker vi den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al. 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, utslippsdyp, diameter for utslippsrøret, vertikalprofiler for temperatur og saltholdighet - samt strømhastigheten i resipienten. Vi bruker en typisk "vinterprofil" og en typisk "sommerprofil", men en bør være oppmerksom på at det sannsynligvis utelater store variasjoner innenfor hver periode.

Ved stor diameter i avløpsledningen og liten vannmengde er det sannsynlig at avløpsvannet ikke alltid fyller opp rørledningen. Utstrømningen blir da konsentrert i øvre del av tverrsnittet, og det blir sjøvannsinntrengning i tverrsnittets nedre del. Det blir en viss medrivning og blanding mellom avløpsvann og sjøvann i det siste stykket av ledningen, og den strålen som forlater ledningen vil derfor bestå av avløpsvann og en mindre andel sjøvann.

Dersom det ikke er noen vesentlig medrivning av sjøvann inne i røret, kan vannet i nedre del av tverrsnittet dynamisk sett betraktes som stillestående. Tverrsnittsarealet for utstrømning er da gitt av at det såkalte densimetriske Froude-tallet (F) har verdien 1. F er definert som:

$$F = \frac{U}{\sqrt{g \frac{\Delta \rho}{\rho} H}}$$

Der: U = strømhastighet, g = gravitasjonskonstanten (9.81 m/s^2), $\Delta \rho / \rho$ = relativ tetthetsforskjell mellom ferskvann og omgivende sjøvann, og H = tykkelse av utstrømmende lag. Betingelsen $F = 1$ uttrykker at det er balanse mellom kinetisk energi og potensiell energi knyttet til trykket. Hvis $F \geq 1$ vil utstrømningen fylle hele røret. Når $F < 1$ vil ikke det utstrømmende avløpsvannet kunne fylle hele røret og det blir sjøvannsinntrengning.

OMRÅDEBESKRIVELSE MED VERDIVURDERING

Ved kartlegging av **marint biologisk mangfold** skal spesielle naturtyper vektlegges, og DN-håndbok 19 omtaler 15 naturtyper som skal kartlegges og verddivurderes:

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Større tareskogforekomster | 8. Bløtbunnområder i strandsonen |
| 2. Sterke tidevannstrømmer | 9. Løstliggende kalkalger |
| 3. Fjorder med naturlig lavt oksygeninnhold i dypvannet | 10. Korallforekomster |
| 4. Spesielt dype fjorder | 11. Ålegrasenger |
| 5. Poller | 12. Skjellsand |
| 6. Littoralbasseng | 13. Østersforekomster |
| 7. Israndavsetninger | 14. Større kamskjellforekomster |
| | 15. Gyteområde for fisk |

Her blir området sine karaktertrekk og verdier beskrevet og vurdert så objektivt som mulig i forhold til foreliggende veiledere og håndbøker for marine naturverdier. Grunnlaget for verdissetingen bygger for det meste på ulike håndbøker utgitt av Direktoratet for naturforvaltning (DN-håndbok 13 – kartlegging av naturtyper og DN-håndbok 19 – kartlegging av marint biologisk mangfold). Verdien til et område blir fastsatt langs en skala som spenner fra liten verdi til stor verdi, og ”verdi” angir en vurdering av hvor viktig et område eller miljø er med utgangspunkt i nasjonale mål innenfor det enkelte fagtema (**tabell 2**).

Tabell 6. Verdisseting av naturmiljø etter håndbok 140 (Statens vegvesen 2006).

	Liten verdi	Middels verdi	Stor verdi
Marine naturtyper/vegetasjon	Områder med biologisk mangfold som er representativt for distriktet	Naturtyper med verdi B eller C etter DN-håndbok 19	Naturtyper med verdi A etter DN-håndbok 19
Marint arts- og individ-mangfold	- Områder med arts- og individmangfold som er representativt for distriktet - Leveområder for arter i kategorien NT på den nasjonale rødlisten som er rødlistet pga. negativ bestandsutvikling, men fremdeles er vanlige	- Områder med stort artsmangfold i lokal eller regional målestokk - Leveområder for arter i de laveste kategoriene på nasjonal rødliste og relativt utbrede arter i kategorien sårbar (VU)	- Områder med stort artsmangfold i nasjonal målestokk - Leveområder for arter i de tre strengeste kategoriene (VU, EN, CR) på nasjonal rødliste - Områder med mange rødlistearter

STRANDSONEKARTLEGGING

Det ble utført en undersøkelse av en litoralsone og sublitoralsone ved Aldal den 10. juni 2009, som omfattet semikvantitativ kartlegging av fastsittende makroalger og dyr på hardbunn. Der det var mulig å komme ned til relativt uberørte områder ble det også gjort en befaring langs strandsonen, for å få en oversikt over marin flora og fauna i området (**figur 6**). I forhold til NS-EN ISO 19493:2007 ”Vannundersøkelse - Veiledning for marinbiologisk undersøkelse på litoral og sublitoral hardbunn”, skal en kontrollere flest mulige naturlige forhold som kan påvirke samfunnet i strandsonen. Ulike parametere bør registreres, blant annet bølgeeksponering, substrattypen, himmelretning og helningsvinkel (**tabell 7**).



Figur 6. Oversikt over stasjonen (st. 1) utvalgt for semikvantitativ kartlegging av litoral og sublitoralsone, samt befaringpunkter ved Aldal 10. juni 2010. Posisjon st. 1: 60°23,799', 05°45,631'.

Ved semikvantitativ kartlegging i litoralsonen blir det på hver stasjon lagt ut et tau med en horisontal bredde på 8 m, og undersøkelsesarealet skal være minst 8 m². Fastsittende makroalger og dyr (> 1 mm) blir undersøkt ved å registrere antall arter og dekningsgrad etter en 4-delt skala for hver art (**tabell 4**). Mobile dyr og større fastsittende dyr blir angitt i antall individ, mens alger og mindre dyr blir angitt i prosentvis dekningsgrad. Undersøkelsen i litoralsonen blir utført ved lavt tidevann. Dersom en art ikke lot seg identifisere i felt, tok en prøver for seinere identifikasjon ved hjelp av lupe eller mikroskop.

Ved semikvantitativ kartlegging av sublitorale forhold blir det i større grad utført fridykking en fast strekning langs strandkanten med en horisontal bredde på 8 m, der en registrerer makroskopiske og fastsittende alger og dyr i 0-3 m dyp. I tillegg til artsregistrering, blir også forekomsten (mengden) anslått etter følgende 4 – delt skala. Dominerende arter og spesielle naturtyper ble fotografert og registrert for hver lokalitet, samt retning og geografiske koordinater.

Tabell 7. Skala brukt i sammenheng med semikvantitativ analyse av flora og fauna i strand- og sjøsoner.

Mengde		Dekningsgrad i % (alger og dyr)	Antall individ per m ²
Dominerende	4	<80	>125
Vanlig	3	20-80	20-125
Spredt forekomst	2	5-20	5-20
Enkeltfunn	1	<5	<5
Ikke tilstede	0	0	0

AVGRENSING AV TILTAKS- OG INFLUENSOMRÅDET

Tiltaksområdet består av alle områder som blir direkte fysisk påvirket ved gjennomføring av det planlagte tiltaket og tilhørende virksomhet (jfr. § 3 i vannressursloven), mens *influensområdet* også omfatter de tilstøtende områder der tiltaket vil kunne ha direkte og indirekte effekter.

Tiltaksområdet ved sjøen i Aldal er vist i **figur 2 og 6** og inkluderer berørte areal for inntaksområder for vannveier, anleggsveier og veier til faste installasjoner, planlagte massedeponi og også traseer for linjetilknytning. Det er ikke noe av dette som vil berøre de marine forholdene knyttet til Samnangerfjorden.

Influensområdet inkluderer imidlertid forhold knyttet til Samnangerfjorden, der utslippet vil medføre lokalt store tilførsler av ferskvann i Aldalen. Dermed vil både forhold knyttet til fjorden, samt bruksinteresser knyttet til disse forhold måtte inkluderes i tiltakets influensområde.



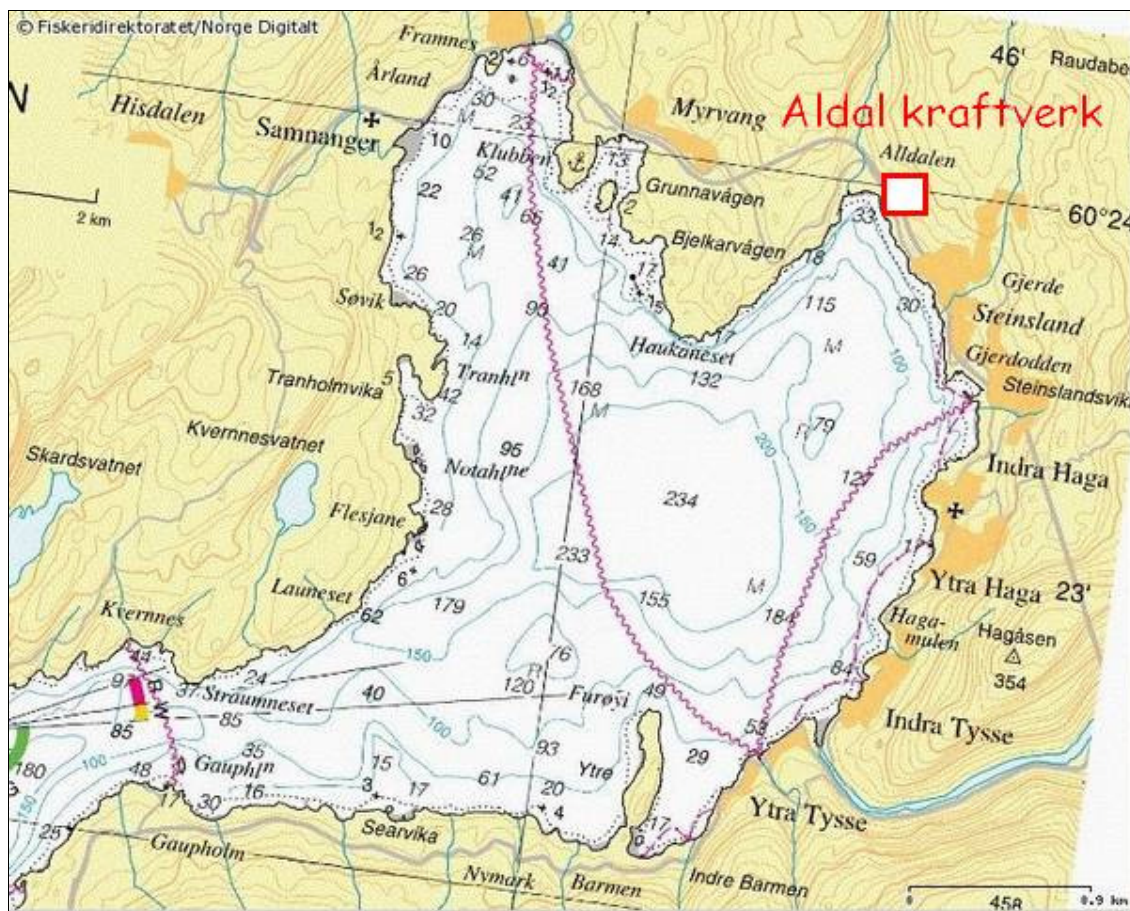
Figur 7. Aldal sett fra fjorden.

OMRÅDEBESKRIVELSE OG VERDIVURDERING

SAMNANGERFJORDEN

Samnangerfjorden er en nordøstlig rettet fjordarm til Fusafjorden og Bjørnafjorden, og passerer gjennom i kommunene Fusa og Os på hver side før den ender opp i Samnanger kommune. Ved Utskot deler fjorden seg i to, der den vestligste er sidefjorden Trengereidfjorden, som går nord til Trengereid. Den østlige delen fortsetter videre som Samnangerfjorden og ender opp i et sjøbasseng / poll der kommunesenteret Tysse ligger i sørøst, Samnangerbygden ligger helt i nordvest og Aldal ligger i nordøst (**figur 8**).

Hele Samnangerfjorden er 22 km lang, mens området innenfor Gaupholm utgjør et 8,3 km² stort fjordbasseng med største dybde på 240 m. Terskelen er på 79 m dyp ved Straumsneset. Bassenget har et samlet vannvolum på over en km³ (**figur 8**).



Figur 8. Sjøkart over Samnangerfjorden, med planlagt Aldal kraftverk inntegnet.

NEDBØRFELT OG FERSKVANNSTILRENNING

Samnangervassdraget er det største vassdraget som drenerer til fjorden. Vassdraget har et samlet nedbørfelt på 241 km² og en beregnet middelvannføring ved utløp til sjøen ved Tysse på 13 m³/s. Øvrig lokalt felt til det indre bassenget i Samnangerfjorden er på omtrent 40 km², og har sannsynligvis en middelvannføring på tilsvarende omtrent 2 m³/s.

Samnangervassdraget består av to hovedgreiner, Storelva fra nord og Frølandselva fra øst, som begge renner inn i Frølandsvatnet (29 moh.). Utløpselven herfra til sjøen er den 1,8 km lange Tysseelva, som renner ut i Samnangerfjorden ved Tysse.

Samnangervassdraget ble startet utbygd for vannkraftformål allerede i juli 1909, for Bergen kommune hadde sikret seg fallrettene på de øvre delene i 1898. Frøland kraftstasjon var tatt i bruk i februar 1912, og siden den tid er det i alt blitt bygd fem kraftverk som utnytter fallene i Samnangervassdraget: Kvittingen, Grønsdal, Myra og Frøland kraftverk er i BKKs eie, mens Safa har et privat kraftverk nederst i Tysseelva mot Samnangerfjorden. De store magasinene i Svartavatnet og Kvitingsvatnet gjør at kraftverkene kan kjøre gjennom vinteren, slik at ferskvannstilførselen til Samnangerfjorden er vesentlig større vinterstid enn før reguleringene.

FJORDENS TIDEVANNSUTSKIFTING

Brakkvannet i en fjord utgjør en blanding av ferskvannstilrenningen og det to ganger daglige innstrømmende tidevannet under dette. Tidevannet har kvaliteter mer lik vannet i kyststrømmen, men for Samnangerfjordens vedkommende vil det også være preget av forholdene i de utenforliggende Fusa- og Bjørnafjordene. Brakkvannsstrømmen har en nettotransport ut fjorden, og innerst er brakkvannet mest preget av ferskvannstilførslene. På veien utover blir det gradvis blandet med det underliggende sjøvannet, og blir således mindre brakt på vei ut.

Brakkvannstransporten ut fjorden er i gjennomsnitt beregnet til minst 50 m³/s, basert på en midlere ferskvannstilrenning på 15 m³/s og en tilsvarende innstrømming av sjøvann på 35 m³/s (estuarin sirkulasjon). Brakkvannstykkelsen er da beregnet til 3 meter.

Tidevannsforskjellen ved Osøyro, nærmeste sekundærhavn til Tysse, er 73 cm mellom middel høyvann og lavvann, mens det ved ekstreme forhold kan være betydelig større forskjell. Forskjell mellom middel spring høy og lavvann er nesten en meter (**tabell 8**). I Samnanger er det nok noe mindre.

Tabell 8. Tidevannsforskjeller ved Osøyro, - nærmeste sekundærhavn for Tysse i Samnanger, hentet fra Tidevannstabeller for den norske kyst 2009, korrigert fra nærmeste standardhavn Bergen.

Standardhamn: Bergen	Sekundærhamn: Osøyro	Høgdekorreksjon: 0,81
	241 cm Høyeste observerte vanntand	195 cm
	180 cm Høyeste astronomiske tidevann (HAT)	146 cm
Høgvatn:	151cm Middel spring høyvann (MHWS)	122 cm
	135cm Middel høyvann (MHW)	109 cm
	119 cm Middel nipp høyvann (MHWN)	96 cm
	90 cm Middelvann (MSL)	73 cm
	61 cm Middel nipp lavvann (MLWN)	49 cm
Lågvatn:	45 cm Middel lavvann (MLW)	36 cm
	29 cm Middel spring lavvann (MLWS)	23 cm
	0 cm Laveste astronomiske tidevann (LAT)	0 cm
	- 42 cm Laveste observerte vanntand	-34 cm

Under brakkvannet strømmer altså tidevannet ut og inn av fjorden to ganger i døgnet gjennom terskelen ytterst i bassenget. Dette skjer på dybder mellom 4 og 20 meter, og består av flere typer "vannmasser", der tidevannet i seg selv sannsynligvis utgjør opp mot 275 m³/s, det intermediære vannet er anslått til 200 m³/s og den estuarine sirkulasjonen er anslått til i størrelsesorden 75 m³/s. Til sammen blir da vannutskiftingen mellom det utstrømmende brakkvannet øverst og det stagnerende bassengvannet under, altså lik summen av de tre på 550 m³/s.

FJORDENS BASSENGVANNSUTSKIFTING

I det stabile bassengvannet innenfor terskelen er tettheten større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her skjer to viktige prosesser. For det første blir oksygenet i vannmassene jevnt og trutt forbrukt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av tilført organisk materiale. For det andre skjer det en tetthetsreduksjon på grunn av daglig påvirkning fra turbulenser fra det inn- og utstrømmende tidevannet. Tettheten vil da avta, og når tettheten i bassenget har blitt så lav at den tilsvarer tettheten i tidevannet, kan bassengvannet bli skiftet ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget.

Utskifting av bassengvannet kan også skje vinterstid dersom tettheten av vannet i området utenfor er høyere enn i bassengvannet. Når tyngre og saltere vannmasser da kommer nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvasstilstrømmingen til kystområdene da er liten, vil dette tyngre vannet også kunne bidra til fullstendig utskifting av bassengvannet dersom det strømmer inn over terskelen. Frekvensen av slike utskiftinger avhenger i stor grad av hvor dyp terskelen er, jo grunnere terskel, desto sjeldnere har en utskiftinger av denne typen.

I slike innestengte bassengvann, som altså finnes naturlig i alle fjorder under terskelnivået, vil balansen mellom disse to prosessene avgjøre miljøtilstanden. Dersom oksygenforbruket er stort grunnet store tilførsler, slik at oksygenet blir brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom bassengvannutskiftingene, vil det oppstå oksygenfrie forhold med dannelse av hydrogensulfid i bassengvannets dypeste deler. Under slike forhold er den biologiske aktiviteten mye lavere, slik at nedbryting av organisk materiale blir sterkt redusert i bunnsedimentet. Motsatt vil en hele tiden kunne ha oksygen i bassengvannet dersom oksygenforbruket enten er lavt eller tidsintervallet mellom bassengvannutskiftingene er kort.

Måling av oksygen i dypvannet vil da kunne angi frekvensen av dypvannsutskifting i fjorden, og våre målinger fra det dypeste i Samnangerfjorden viste relativt oksygenfattige forhold vinteren og våren 2009, mens hydrografimålingene i august samme år viste at det hadde skjedd en utskifting av bassengvannet med tilførsler av oksygenrikt vann forut for disse målingene. Ut fra den relativt dype terskelen inn til Samnangerfjorden på 79 m dyp er det nokså sannsynlig at bassengvannet skiftes ut hvert år.

TYPIFISERT ETTER EUS VANNRAMMEDIREKTIV

Samnangerfjorden ligger innerst i fjordsystemet "Bjørnefjordsystemet" med fjordkatalognummer 02.60.05.00.00, og indre del av fjorden innenfor Nordodden og samløp med Trengereidfjorden utgjør en egen vannforekomst "Samnangerfjorden Indre".

Havforskningsinstituttet har typifisert alle vannforekomstene i hele kyststrekningen, og har anført "Samnangerfjorden indre" til å være "polyhalin" med saltholdigheter mellom 18 og 30 ‰, mens målingene antyder at overflaten er mer ferskvannspåvirket og at "mesohalin" med saltholdigheter mellom 5 og 15 ‰ er riktigere. Fjorden er også "delvis lagdelt" med tidvis stagnerende dypvann.

Samnangerfjordens indre basseng utgjør en vannforekomst i overgang mellom de to typene **CNs 4-5 = "ferskvannspåvirket til sterkt ferskvannspåvirket fjord"** basert på følgende forhold:

- Økoregion Nordsjøen
- Polyhalin 18-30 ‰ til mesohalin 5-18 ‰
- Beskyttet
- Delvis lagdelt med tidvis stagnerende dypvann
- Tidevann <1 meter

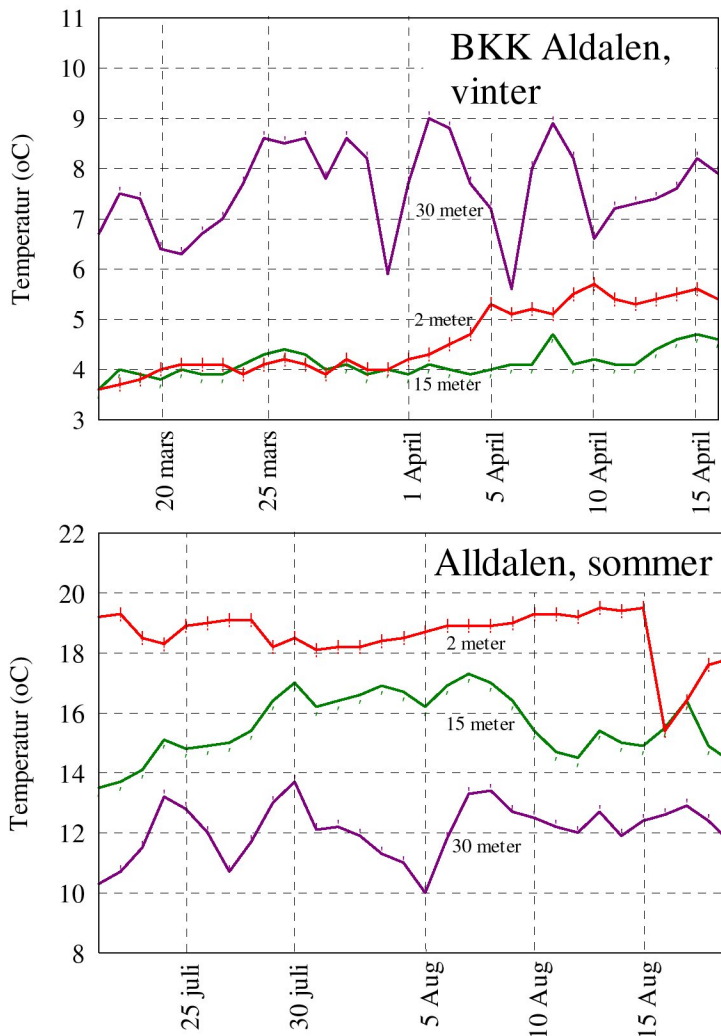
TEMPERATUR OG SJIKTNINGSFORHOLD

Temperaturen ble målt av strømmålerne hvert 30. minutt på 2, 15 og 30 m dyp i periodene 17. mars – 16. april 2009 (**figur 9**, øverst), og 21. juli – 19. august 2009 (**figur 9**, nederst).

Vintermålingen viste at døgnmiddeltemperaturen på 2 m dyp steg fra 3,6 – 5,4 °C i løpet av måleperioden, der temperaturstigningen startet rundt 1. april. På 15 m dyp steg døgnmiddeltemperaturen fra 3,6 til 4,6 °C i løpet av måleperioden. Temperaturstigningen på disse dyp følger av den begynnende våroppvarmingen med økte daglengder og økende innstråling. På 30 m dyp var døgnmiddel-temperaturen mer variabel i måleperioden (mellom 5,6 og 9,0 °C), hvilket trolig skyldes vertikalforskyvinger oppover og nedover av sjikt med vannmasser med ulik temperatur på grunn av skifte i dominerende vindretning.

Sommermålingen viste at døgn-middeltemperaturen på 2 m dyp for det meste lå stabilt mellom 18,1 og 19,5 °C i løpet av måleperioden, men fra den 15. til den 16. august sank temperaturen hele 3,1 °C på grunn av store nedbørsmengder og økt vannføring i Tysseelva disse dagene. På 15 m dyp varierte døgn-middeltemperaturen generelt mer enn på 2 m dyp, og lå mellom 13,5 og 17,3 °C i løpet av måleperioden. På 30 m dyp varierte døgnmiddel-temperaturen med over 3 °C gjennom måleperioden (mellom 10,0 og 13,7 °C), hvilket også her trolig skyldes vertikalforskyvinger oppover og nedover av vannmasser med ulik temperatur på grunn av skifte i dominerende vindretning.

Figur 9. Døgnmidler for temperatur målt i Aldal på 2 meter (rød strek), 15 meter (grønn strek) og 30 meters dyp (lilla strek) i periodene 17. mars – 16. april 2009 (øverst), og 21. juli – 19. august 2009 (nederst).



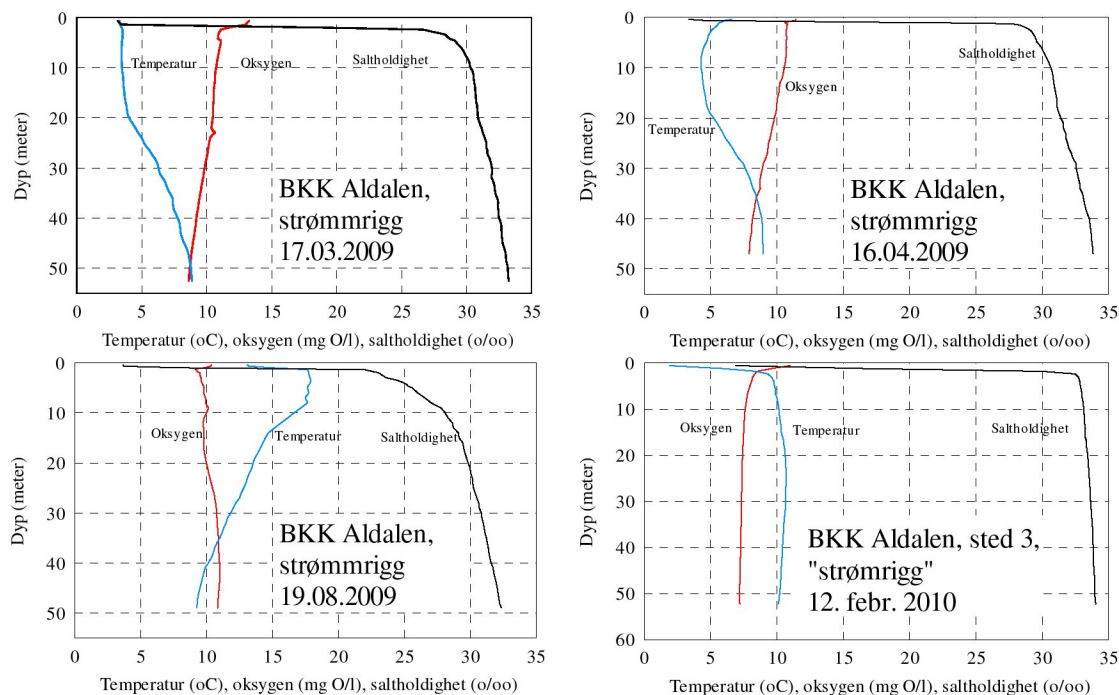
Temperaturmålingene reserterer en typisk vintersituasjon med et kjølig overflatelag og et varmere underliggende dypvannslag, mens situasjonen sommerstid er omvendt med et varmere overflatelag oppå et kjøligere underliggende dypvannslag. Dette har betydning for i hvor stor grad et kjølig ferskvannsutslipp har gjennomslag til overflaten siden ferskvannet vanligvis innlagres dypere om sommeren pga høyere temperaturer og mer markert sjiktning av vannmassene.

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt i vannsøylen på to forskjellige steder i Samnangerfjorden. Det ene stedet var ved strømriggeren på ca 50 m dyp, og det andre stedet var ute i fjorden ca 1,5 km sørsørvest for strømriggeren på ca 240 m dyp i posisjon N 60° 23,080' / Ø 05° 44,392'

(figur 5). Profilene ble tatt den 17. mars, 16. april og 19. august 2009 med en SAIV STD/CTD – model SD 204 nedsenkbar sonde. Den 12. februar 2010 ble det også tatt hydrografi i vannsøylen, men da var indre deler av Samnangerfjorden islagt, og en borte hull i isen omtrent der som strømriggeren hadde stått og slapp ned sonden til vel 50 m dyp.

Alle profilene som ble tatt i 2009 viser at vannsøylen i stor grad var ferskvannspåvirket. Ved strømriggeren lå saltholdigheten i overflaten mellom 3,12 og 3,67 ‰, og i overflaten av dybbassenget i Samnangerfjorden mellom 4,25 og 6,22 ‰ (figur 10 og 11). Fra ca 1,5 - 3 m dyp var saltholdigheten sterkt avtagende nedover begge stedene. Ved strømriggeren økte saltholdigheten jevnt nedover fra ca 5 m dyp til bunn rundt 50 m dyp der saltholdigheten lå rundt 32 – 34 ‰ ved de ulike måletidspunktene. I dypområdet økte saltholdigheten jevnt til 34,5 ‰ på 70 - 90 m dyp ved de ulike måletidspunktene, og dypere enn 100 m lå saltholdigheten relativt stabilt rundt 35 ‰ (figur 11).

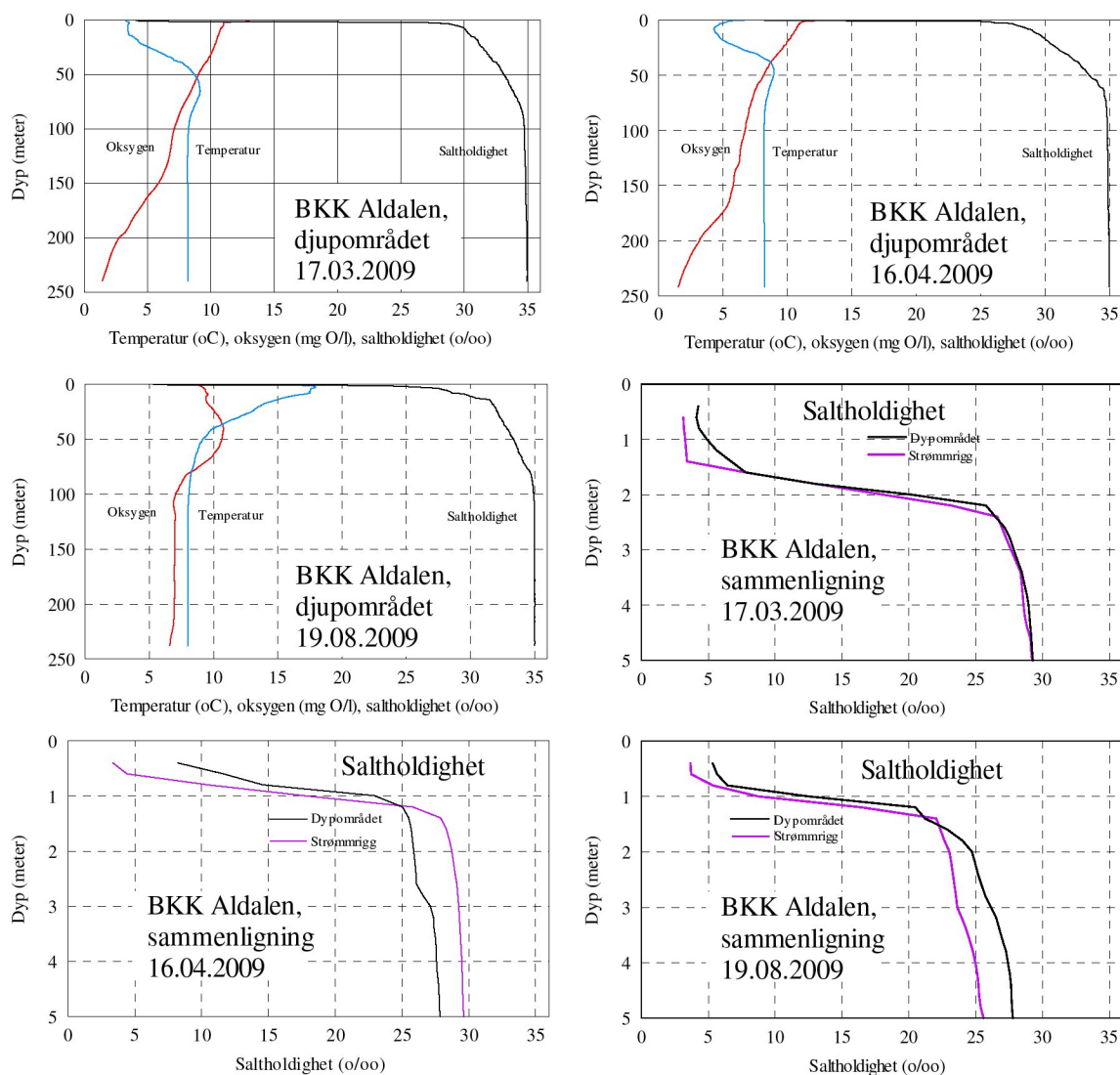
Profilene som ble tatt vinteren 2009 ved strømriggeren og i dypområdet viste at temperaturen var lav i overflaten og ned til ca 20 m dyp (under 5 °C). Herfra og ned til 50 m dyp økte temperaturen til vel 8 °C, og i dypområdet lå temperaturen rundt 8 °C fra ca 100 m dyp og ned til bunn både sommer og vinter. Ved strømriggeren og på det dypeste ble temperaturen om sommeren målt til rundt 18 °C i overflatelaget, og fra 10 m dyp og nedover til 50 m dyp falt temperaturen til rundt 9 °C begge steder.



Figur 10. Måling av temperatur (°C), saltholdighet (‰) og oksygeninnhold (mg O/l), i vannsøylen ved strømmålergriggen i Aldal den 17. mars (øverst t.v.), 16. april (øverst t.h.) og 19. august 2009 (nederst t.v.), samt omtrent i posisjonen til strømriggeren den 12. februar 2010 (nederst t.h.).

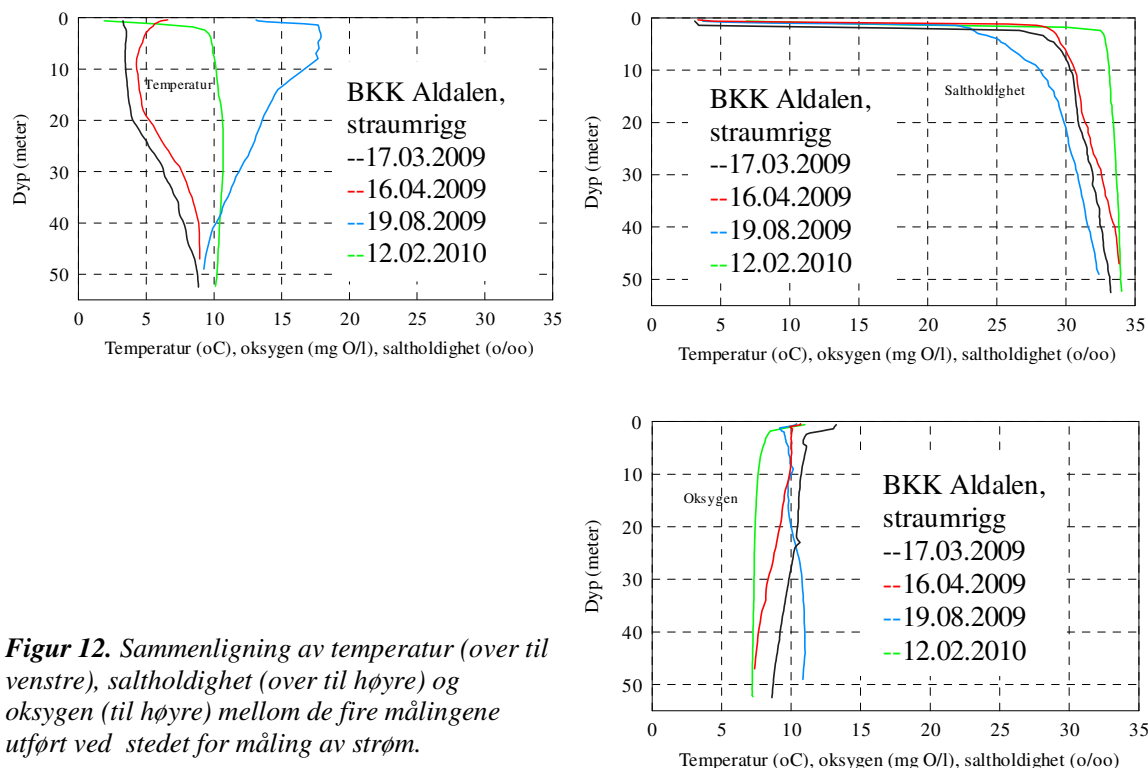
I overflata viste alle profilene normalt høyt oksygeninnhold. Fra ca 5 m dyp og ned til bunnen ved strømriggeren på 50 m dyp og ved bunnen i dypområdet på 240 m dyp, var oksygeninnholdet avtagende. Ved bunnen i dypområdet på rundt 240 m dyp ble oksygeninnholdet vinter og vår målt til rundt 1,5 mg/l (16 %), noe som tilsvarer SFT tilstandsklasse V = “Meget dårlig”. Før hydrografimålingene den 19. august hadde det vært en utskifting av bassengvannet, slik at oksygeninnholdet ved bunnen hadde økt til 6,6 mg/l (70 %), noe som tilsvarer SFT tilstandsklasse I = “Meget god”.

Hydrografimålingene i februar 2010 viste et litt annet bilde enn i mars 2009 (**figur 10 og 11**) på grunn av isleggingen. Like under isen var det kun et 0,5 m tynt lag med kaldt tilnærmet ferskvann. Sprangsjiktet lå like under isen der temperaturen og saltinnholdet økte bratt. Fra 0,6 til 1,8 m dyp økte saltinnholdet fra 6,9 til 30,1 ‰, og temperaturen økte fra 1 til 8,4 °C. Fra 10 m dyp og ned til 50 m dyp var temperaturen over 10 °C, og saltinnholdet økte til 34 ‰.



Figur 11. Måling av temperatur (°C), saltholdighet (‰) og oksygeninnhold (mg O/l), i vannsøylen i dypområdet i Samnangerfjorden utenfor Tysse den 17. mars (øverst t.v.), 16. april (øverst t.h.) og 19. august 2009 (midten t.v.). Figurene (midten t.h.), og (nede t.v. og t.h.) sammenligner saltholdigheten i overflatevannet ved strømrigger og i dypområdet utenfor Tysse de tre samme datoer.

Ved å sammenlikne saltholdigheten i de øverste 5 metrene av vannsøylen ved strømrigger og midt ute i fjorden den 17. mars, 6. april og 19. august 2009, ser en at brakkvannslaget har tilnærmet eller nokså lik saltholdighet og tykkelse på begge stedene (**figur 12**). Dette tyder på god sirkulasjon og utveksling av vannmasser i overflaten i hele den indre delen av Samnangerfjorden.



Figur 12. Sammenligning av temperatur (over til venstre), saltholdighet (over til høyre) og oksygen (til høyre) mellom de fire målingene utført ved stedet for måling av strøm.

Ved å sammenligne de ulike måletidspunktene med hverandre med hensyn til temperatur, saltholdighet og oksygen, vises forskjeller som naturlig nok skyldes årstidsvariasjoner, men som også viser hvordan islegging påvirker vannsøylen vinterstid.

De fleste vestlandsvintre er stort sett relativt fuktige og milde med regn og vind. Dette gir normalt en aktiv omrøring og utskifting av vannmassene kombinert med en avkjøling og nedbryting av sjiktningen i vannsøylen utover høsten og vinteren. Islegging fører naturlig nok til at vannsøylen nedover blir liggende mer eller mindre i ro da isen ligger som et lokk over og isolerer for vind- og ytre temperaturpåvirkning. Isleggingen vil i stor grad "konservere" de temperatur- og saltforhold på stedet som var på isleggingstidspunktet i vannsøylen. Is som ligger over tid indikerer også lite nedbør, og at den nedbøren som faller blir liggende på bakken, og således medfører økt saltholdighet nedover i vannsøylen på grunn av lite ferskvannstilrenning, gjerne over flere måneder slik som vinteren 2010.

Således var temperaturen fra rundt 1,8 m dyp og ned til 50 m dyp der som strømmålerne stod (omtrent ved planlagt utløp av tunnel fra kraftverket) flere grader lavere både i mars og april 2009 enn i februar 2010, og saltholdigheten var flere promille høyere i overflatelaget. Først på 50 m dyp var forskjellen utjevnet (**figur 12**). Oksygeninnholdet var også lavere i vannsøylen vinteren 2010 enn året før, og dette skyldes naturlig nok den isolerende effekten av isen og manglende omrøring der oksygen naturlig nok forbrukes i nedbrytingsprosesser uten at det skjer noe særlig omrøring og utveksling av oksygen fra luft til sjø.

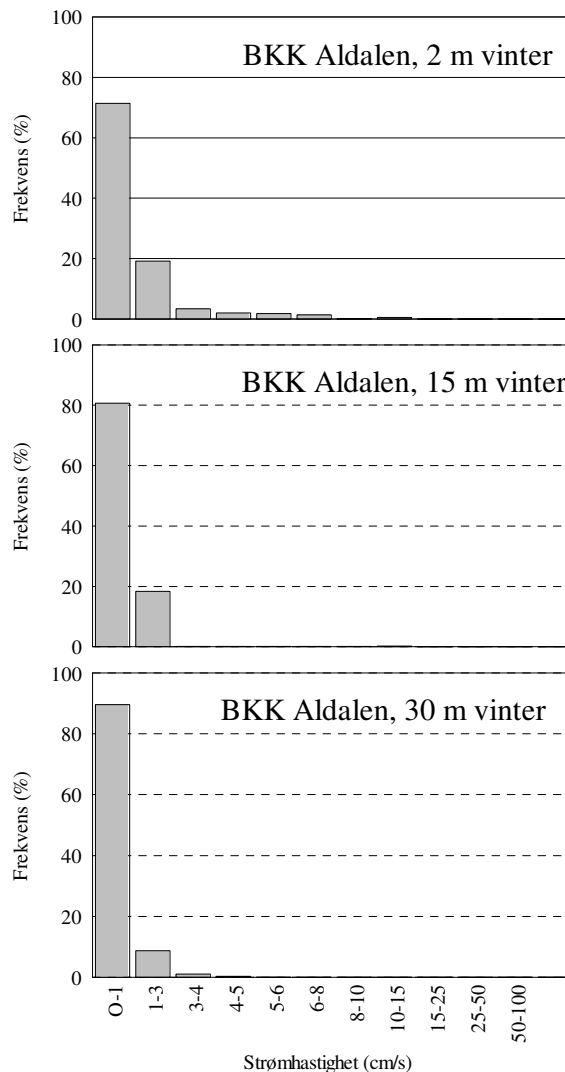
STRØMHASTIGHET, VINTER

Strømforholdene var svake i hele vannsøylen på målestedet ved Aldal der strømforholdene i all hovedsak så ut til å være styrt av variable vær- og vindforhold i måleperioden vinterstid, og i ubetydelig grad tidevannstyrt (**figur 13**). På 2 m dyp var det noe sterkere strøm enn ellers i måleperioden rundt nymåne 26. mars, og fullmåne 9. april, men dette er trolig tilfeldig da det var urolig vær disse dagene.

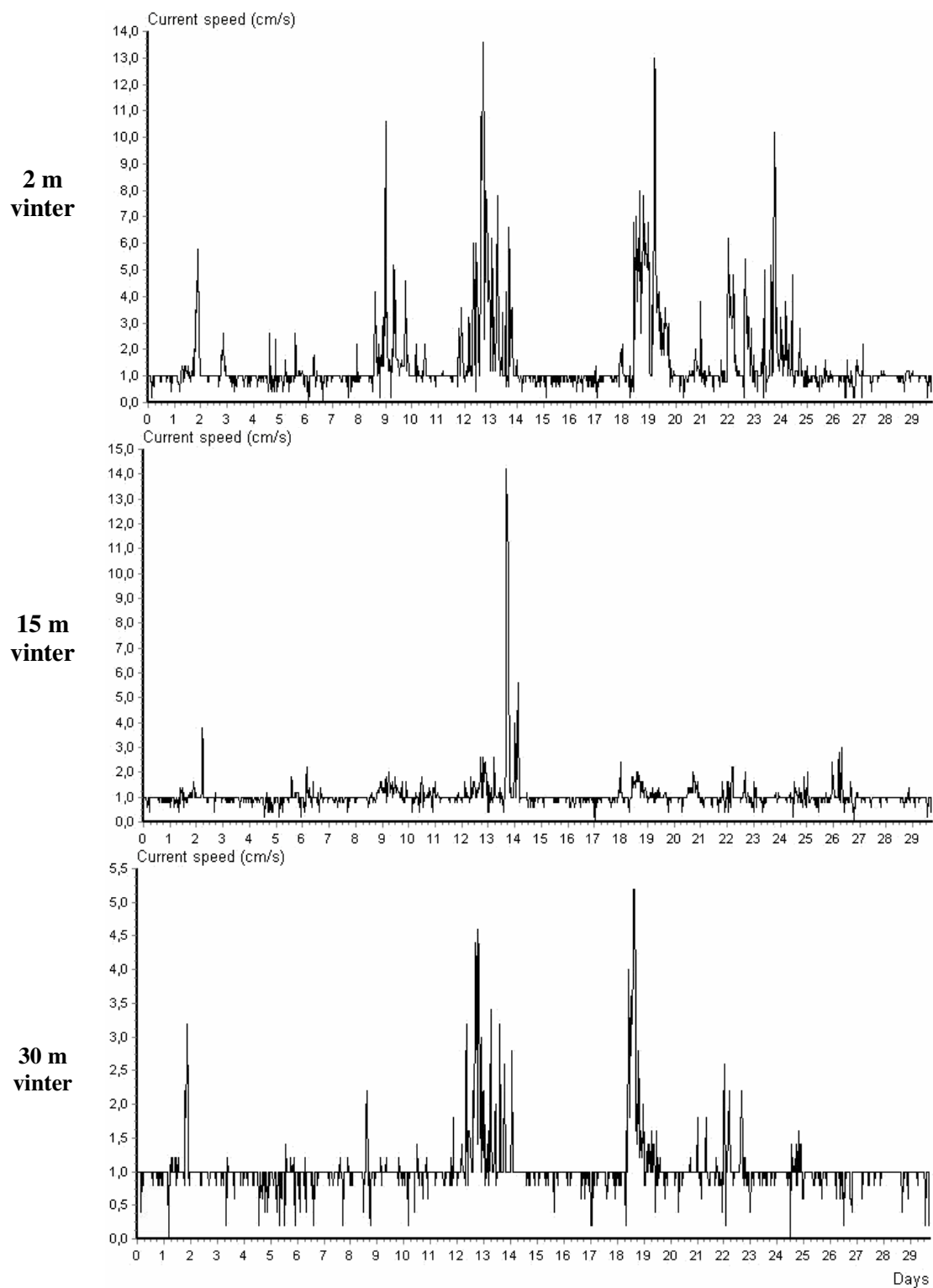
Det ble målt ”svært svak” overflatestrøm på 2 m dyp i måleperioden, med en gjennomsnittlig hastighet på 1,5 cm/s. Med 71,4 % av målingene, var det flest målinger i intervallet på 1 cm/s eller mindre (helt strømstille). 19,2 % av målingene var i intervallet 1 - 3 cm/s, mens det var betydelig færre målinger og jevnt avtagende frekvens av målinger i intervallene mellom 3 – 15 cm/s. Kun 0,6 % av målingene var sterkere enn 10 cm/s (**figur 13**). Den maksimale strømhastigheten på dette dypet ble målt til 13,6 cm/s (**figur 14**).

Det ble målt ”svært svak” strøm på 15 m dyp i måleperioden med en gjennomsnittlig strømhastighet på 1,1 cm/s. Med 80,7 % av målingene, var det flest målinger i intervallet på 1 cm/s eller mindre. 18,4 % av målingene var i intervallet 1 - 3 cm/s, mens det var svært få målinger i intervallene over 3 cm/s. Kun 0,3 % av målingene var sterkere enn 10 cm/s (**figur 13**). Den maksimale strømhastigheten på dette dypet ble målt til 14,2 cm/s (**figur 14**).

Det ble målt ”svært svak” strøm på 30 m dyp i måleperioden med en gjennomsnittlig strømhastighet på 1,1 cm/s. (I oppdretts-sammenheng får strømmen på dette dypet benevnelsen ”spredningsstrøm”, se metode-beskrivelsen side 23). Med 89,6 % av målingene, var det klart flest målinger i intervallet på 1 cm/s eller mindre. 8,8 % av målingene var i intervallet 1 - 3 cm/s, mens det var betydelig færre målinger og jevnt avtagende frekvens av målinger i intervallene mellom 3 – 6 cm/s (**figur 13**). Den maksimale strømhastigheten på dette dypet ble målt til 5,2 cm/s (**figur 14**).



Figur 13. Fordeling av strømhastighet ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 17. mars - 16. april 2009.



Figur 14. Strømhastighet ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 17. mars - 16.april 2009.

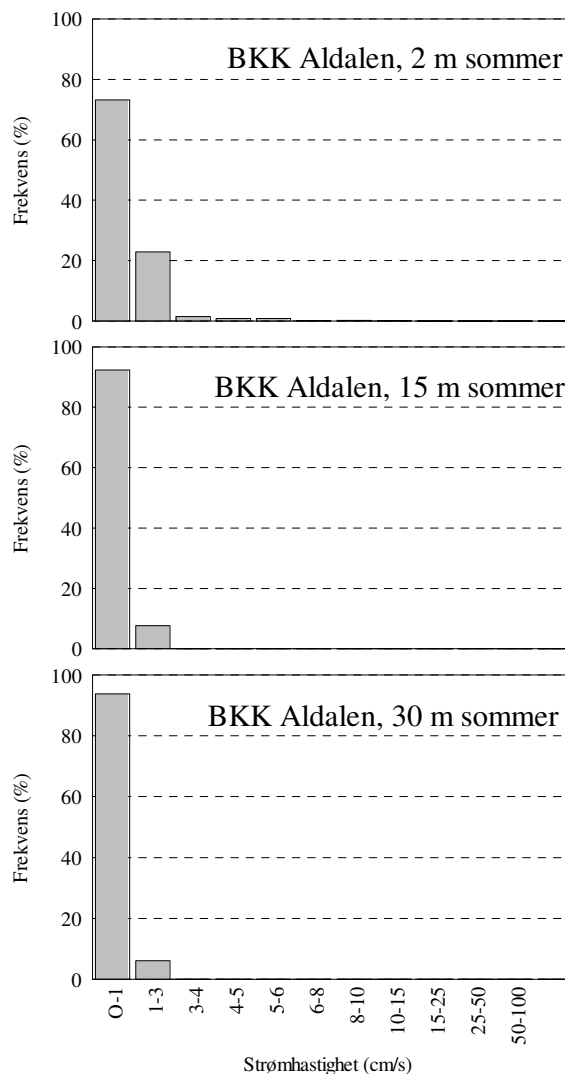
STRØMHASTIGHET, SOMMER

Strømbildet i hele vannsøylen i Samnangerfjorden ved Aldal var i ubetydelig grad tidevannstyrt i måleperioden sommerstid (**figur 15**). Det som trolig i størst grad har påvirket strømbildet i Aldal i denne måleperioden var vannføringa i Aldalselva og Tysseelva. I motsetning til ved vintermålingene, så hadde trolig vindforholdene lite påvirkning på strømforholdene i denne perioden. Det var ikke sterkere strøm enn ellers i måleperioden rundt nymåne 22. juli, og fullmåne 6. august.

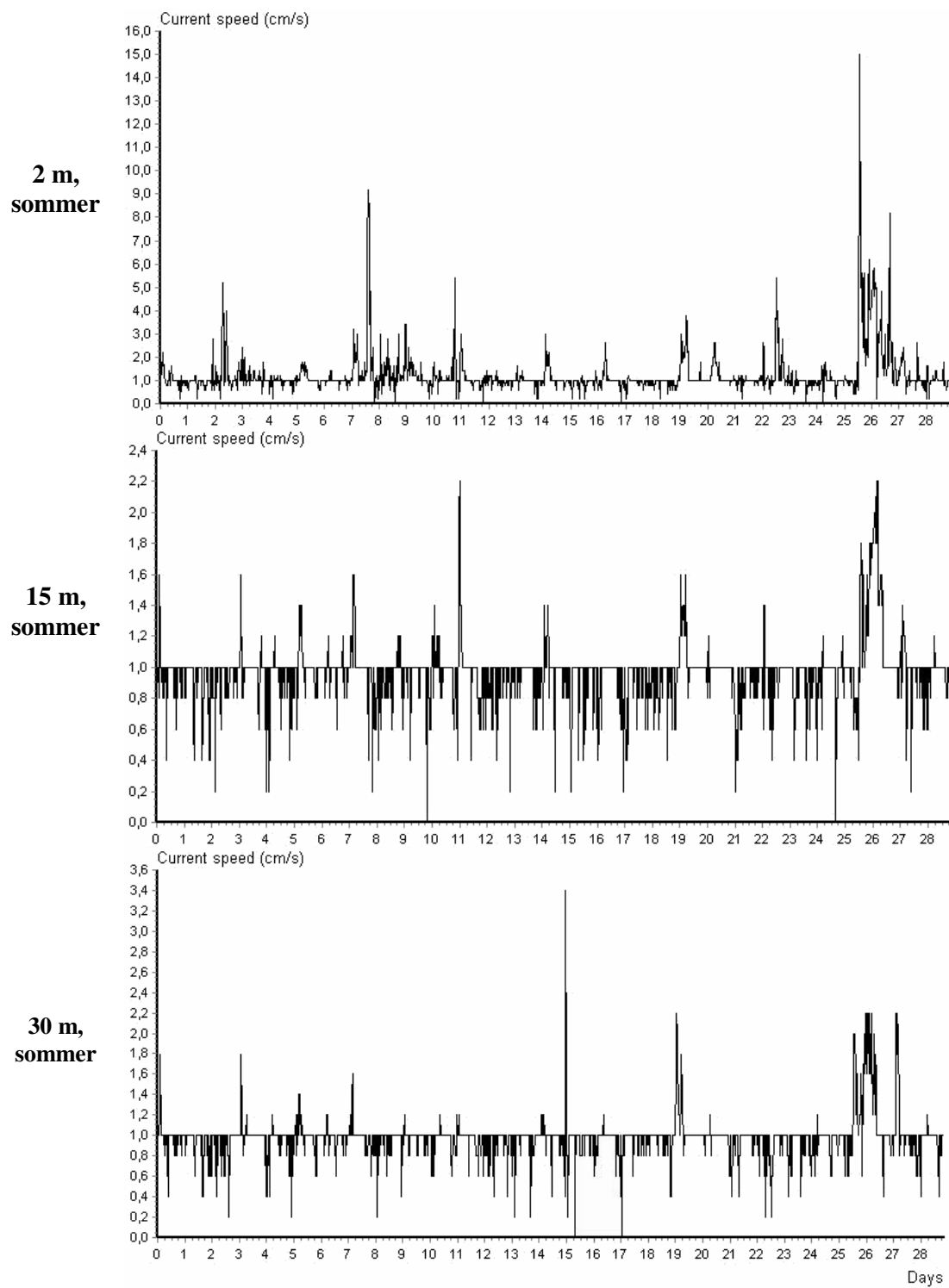
Det ble målt ”svært svak” overflatestrøm på 2 m dyp i måleperioden, med en gjennomsnittlig hastighet på 1,2 cm/s. Med 73,2 % av målingene, var det flest målinger i intervallet på 1 cm/s eller mindre (helt strømsstille). 22,9 % av målingene var i intervallet 1 - 3 cm/s, mens det var betydelig færre målinger og jevnt avtagende frekvens av målinger i intervallene mellom 3 - 10 cm/s. Kun 0,1 % av målingene var sterkere enn 10 cm/s (**figur 15**). Den maksimale strømhastigheten på dette dypet ble målt til 15,0 cm/s (**figur 16**).

Det ble målt ”svært svak” ”vannutskiftingsstrøm” på 15 m dyp i måleperioden med en gjennomsnittlig strømhastighet på 1,0 cm/s. Med hele 92,3 % av målingene, var det klart flest målinger i intervallet på 1 cm/s eller mindre. 7,7 % av målingene var i intervallet 1 - 3 cm/s, mens det ikke var noen målinger av strøm som var sterkere enn 3 cm/s (**figur 15**). Den maksimale strømhastigheten på dette dypet ble målt til 2,2 cm/s (**figur 16**).

Det ble målt ”svært svak” ”spredningsstrøm” på 30 m dyp i måleperioden med en gjennomsnittlig strømhastighet på 1,0 cm/s. Med hele 93,8 % av målingene, var det klart flest målinger i intervallet på 1 cm/s eller mindre. 6,1 % av målingene var i intervallet 1 - 3 cm/s, og kun 0,1 % av målingene var sterkere enn 3 cm/s (**figur 15**). Den maksimale strømhastigheten på dette dypet ble målt til 3,4 cm/s (**figur 16**).



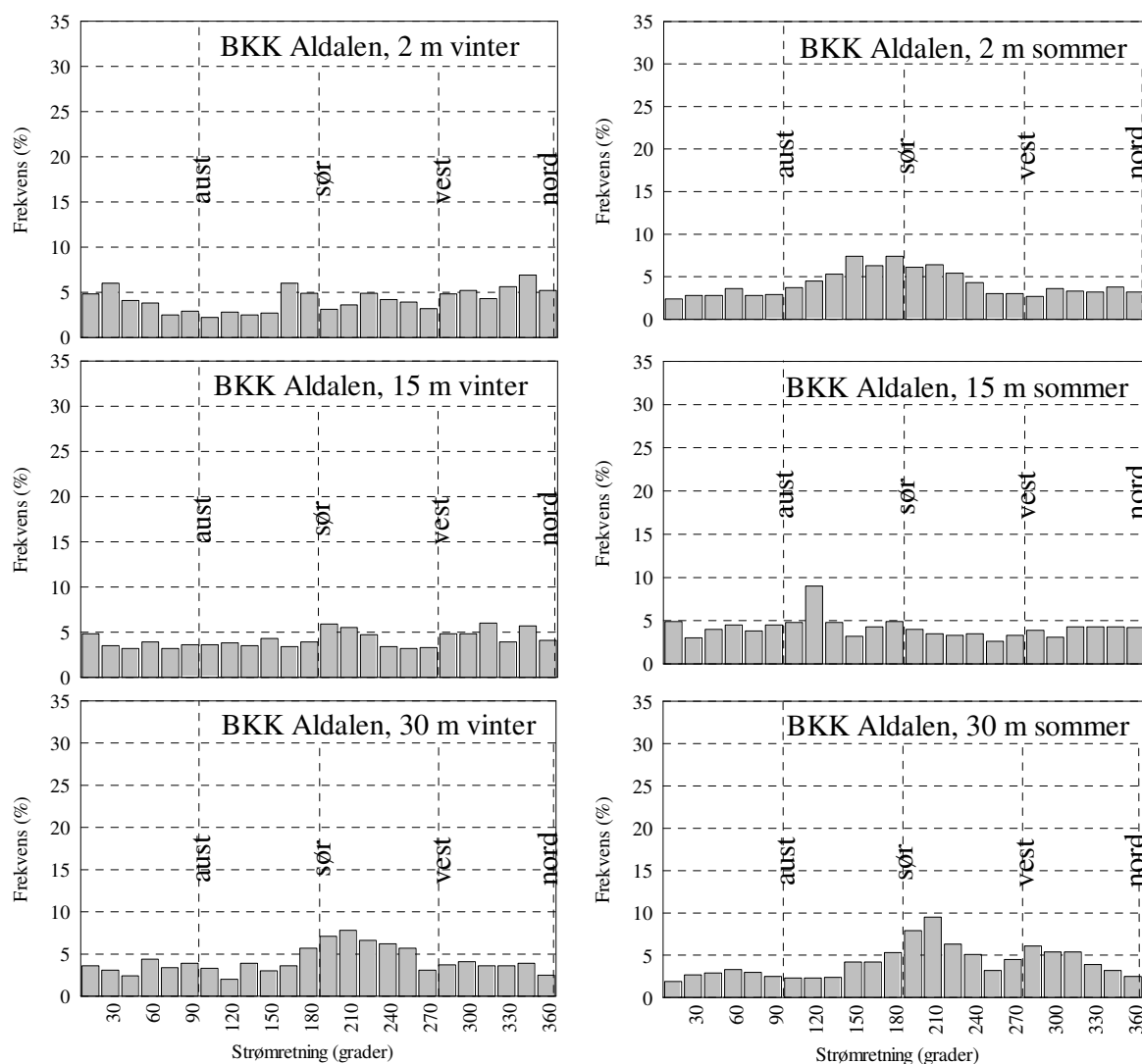
Figur 15. Fordeling av strømhastighet ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juli - 19. august 2009.



Figur 16. Strømhastighet ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juli - 19. august 2009.

STRØMRETNING, VINTER OG SOMMER

I begge måleperiodene viser strømmålingene en relativt jevn fordeling av målinger i de ulike retningene. Dette skyldes at når det er svake strømforhold, vil rotoren på en Gytte måler ikke gå rundt på grunn av rotorens treghet (rotoren trenger en viss strømfart for å gå rundt), men strømmen kan være sterk nok til at strømmåleren skifter retning, slik som på målestedet ved Aldalen. At strømmen i begge måleperioder gikk i de fleste retninger på de ulike dypene, viser at det har vært nok bevegelse i vannmassene til at strømmålerne har skiftet retning, men i mindre grad til å drive rotoren rundt.



Figur 17. Fordeling av strømretning ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 17. mars - 16. april 2009 (kolonnen til venstre) og fordeling av strømretning på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juli - 19. august 2009 (kolonnen til høyre).

I de videre vurderingene har vi kun oppsummert de viktigste egenskapene til strømmens retning (jf. **tabell 9**) der vi legger vekt på en beskrivelse av vannets flux forbi målestedet som en funksjon av strømmens retning og fart, da dette har betydning for i hvor stor grad strømforholdene vil kunne påvirke spredningen og fortynningen av tunellvannet i forhold til aktuelle alternative utslippsdyp.

På 2 og 15 meters dyp ble det vinterstid målt strøm i de fleste retninger, men i de periodene det ble registrert strøm, var det en svak dominans av strøm i nordnordvest- og sørsørøstlig retning (**figur 17**). Det vil si en strøm som periodevis rant mest fram og tilbake langs med land ved strømgriggen.

På 30 m dyp ble det målt strøm i de fleste retninger, men med en viss dominans av strøm som gikk mot sør til sørvest. Det vil si at strømmen gikk mest ut fra land, noe som kan skyldes oppstuvning av vannmasser inn mot viken i Aldal i perioder med pålandsvind.

På 2, 15 og 30 meters dyp ble det om sommeren målt strøm i de fleste retninger, men på 2 meters dyp så det ut til å være en dominans av overflatestrøm som gikk mest i retningsområdet sørøst – sørvest. På 15 m dyp var det en dominans av strøm som gikk mest i østsørøstlig retning, og på 30 m dyp var det en dominans av strøm mot sørsørvest og vestnordvest. (**figur 17**).

Tabell 9. Beskrivelse av hastighet, varians, stabilitet, og retning til strømmen ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i måleperiodene 17. mars - 16. april 2009 og 21. juli - 19. august 2009.

Måledyp	Middel hastighet (cm/s)	Varians (cm/s) ²	Neumann- parameter	Resultant retning
2 meter, vinter	1,5	2,110	0.136	284° = VNV
15 meter, vinter	1,1	0,564	0.091	295° = VNV
30 meter, vinter	1,1	0,214	0.213	218° = SV
2 meter, sommer	1,2	0,947	0.175	169° = S
15 meter, sommer	1,0	0,046	0.101	98° = Ø
30 meter, sommer	1,0	0,051	0.237	224° = SV

VANNTRANSPORT, VINTER OG SOMMER

Vanntransporten (fluksen) på de forskjellige dypene er en funksjon av strømhastighet og strømretning og er fremstilt i **figur 18**. **Figur 19** viser sammenfattende strømrøser av største registrerte, samt middel strømhastighet, vanntransport og antall målinger pr retningsenhet.

Vanntransporten på de forskjellige dypene var lav både sommer og vinter på grunn av den svake strømmen. Det at en registrerer noe særlig vanntransport i det hele tatt, særlig på 15 og 30 m dyp, skyldes at strømmålerne registrerer en terskelverdi på 1,0 cm/s selv når rotoren ikke har gått rundt i løpet av måleintervallet (30 min) (jf. vedlegg om SD 6000 Gytte målerne helt bak i rapporten). Selv ved heilt strømsstille forhold vil det bli registrert en vanntransport som funksjon av retning og terskelverdien på 1 cm/s.

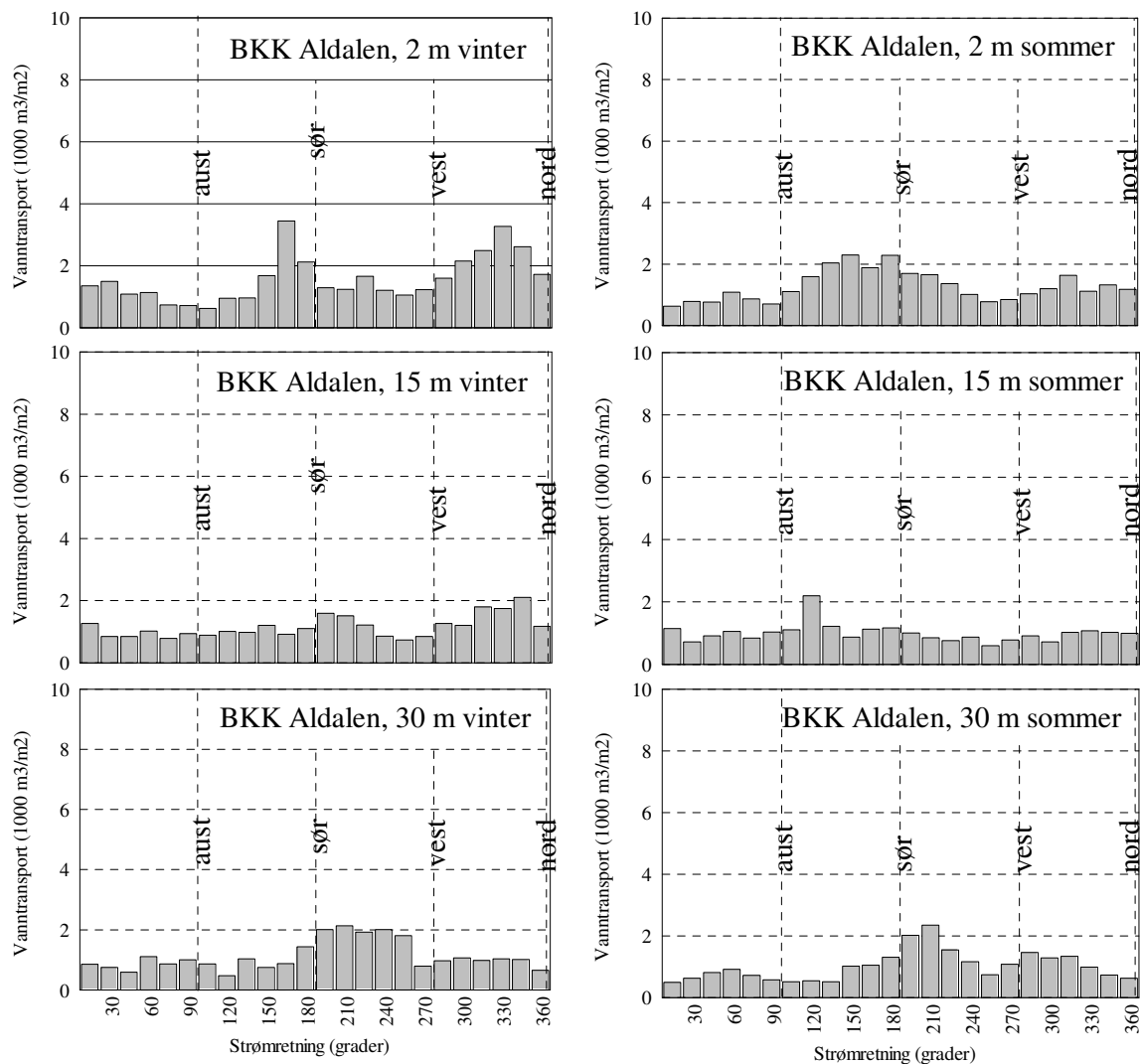
Om vinteren gikk fluksen på 2 og 15 m dyp i de fleste retninger, men med en viss dominans av overflate vanntransport i nordvestlig og sør – sørøstlig retning (**figur 18**). Den sterkeste strømmen på 2 m dyp (13,6 cm/s) ble målt mot nordvest, mens den sterkeste gjennomsnittsstrømmen (ca 2,3 cm/s) ble målt mot sørøst (**figur 19**). Den sterkeste strømmen på 15 m dyp (14,2 cm/s) ble målt mot nordnordvest, og den sterkeste gjennomsnittsstrømmen (ca 1,7 cm/s) ble målt mot nordvest (**figur 19**).

På 30 m dyp var det en dominans av ”spredningsstrøms” vanntransport i retning sør til vestsørvest, mens det var lite vanntransport i andre retninger (**figur 18**). Den sterkeste strømmen (5,2 cm/s), og den sterkeste gjennomsnittsstrømmen (ca 1,3 cm/s) ble målt mot sørvest (**figur 19**).

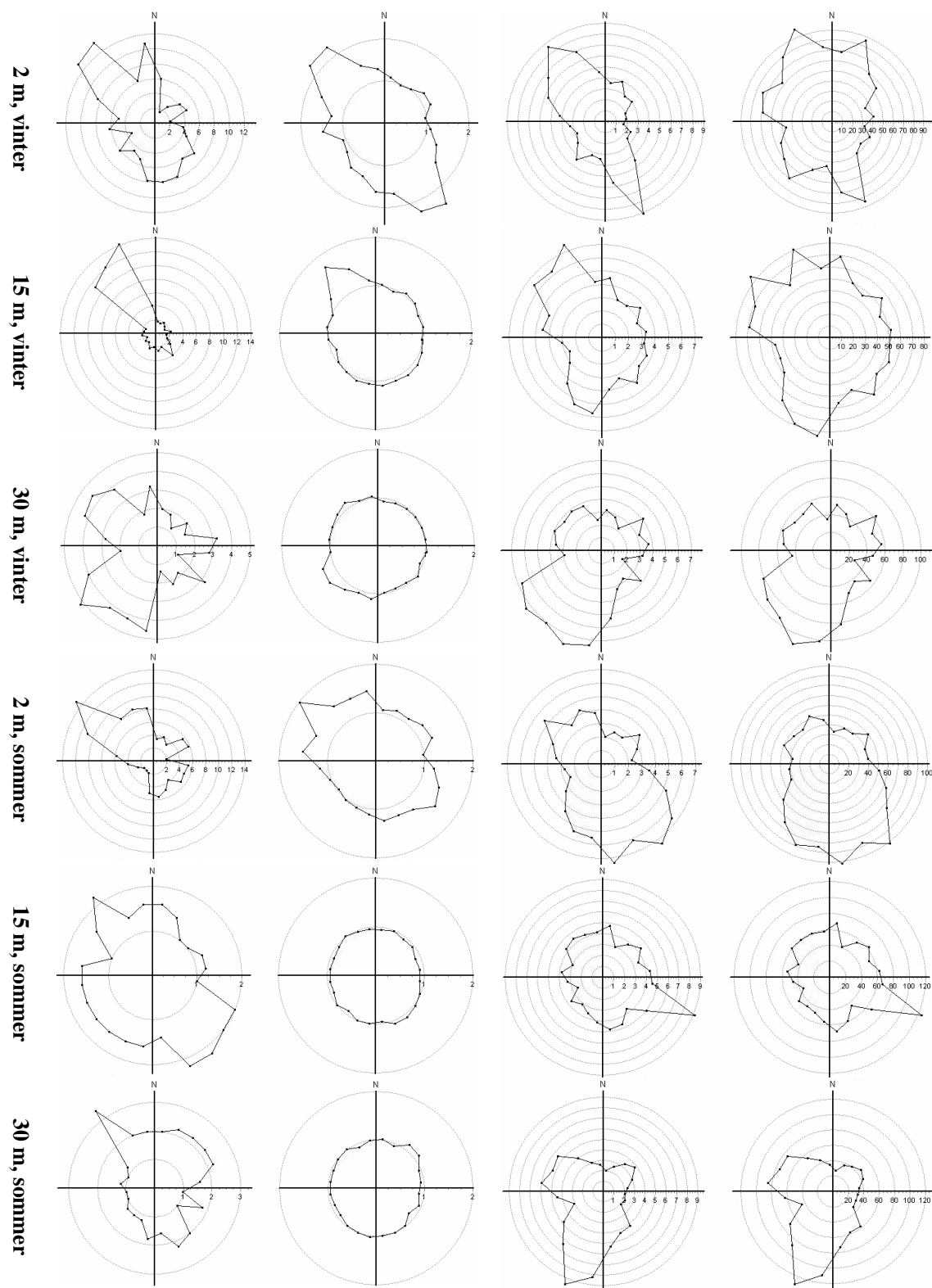
Om sommeren gikk fluksen på de ulike dypene i de fleste retninger, men på 2 m dyp var det en viss dominans av overflate vanntransport i retning sørøst til sør og og nordvest (**figur 18**). Den klart sterkeste strømmen (15,0 cm/s), og den sterkeste gjennomsnittsstrømmen (ca 2,0 cm/s) ble målt mot nordvest (**figur 19**).

På 15 m dyp var det en svak dominans av vanntransport i østsørøstlig retning (**figur 18**). Den sterkeste strømmen (2,2 cm/s) ble målt både mot nordvest og mot sørøst. Den ”sterkeste” gjennomsnittsstrømmen (ca 1,1 cm/s) ble målt mot sørøst, men på grunn av den høye andelen strømsstille var gjennomsnittsstrømmen ca 1,0 cm/s i alle retninger (**figur 19**).

På 30 m dyp var det en viss dominans av vanntransport i retning sørsørvest, men det var også noe vanntransport i retning vest til nordvest (**figur 18**). Den sterkeste strømmen (3,4 cm/s) ble målt mot nordvest. Den ”sterkeste” gjennomsnittsstrømmen (ca 1,1 cm/s) ble målt mot nordøst, men på grunn av den høye andelen strømsstille var gjennomsnittsstrømmen ca 1,0 cm/s i alle retninger (**figur 19**).



Figur 18. Vanntransport (total fluks) ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 17. mars - 16. april 2009 (kolonnen til venstre) og vanntransport (total fluks) på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juli - 19. august 2009 (kolonnen til høyre).



Figur 19. Sammenfattende strømroser for måleresultatene ved BKK Aldal på 2, 15 og 30 m dyp i periodene 17. mars - 16. april 2009 og 21. juli - 19. august 2009. De fire forskjellige rosene viser fordelingen for hver 15 grad, fra venstre: Største registrerte, samt middel strømhastighet, vanntransport og antall målinger.

ISLEGGING I SAMNANGERFJORDEN

Indre basseng i Samnangerfjorden fryser til i kalde og stille perioder vinterstid de fleste år. Først fryser den nordre delen innenfor Haukaneset ved Årland til Bjørkheim. Søre del av bassenget ved utløpet av Tysseelva fryser etter hvert, først i buktene som Aldalen, og etter hvert også i det meste av fjorden. Dette skjer ikke hvert år, og krever en noe lengre kuldeperiode. Det blir da igjen en åpen råk fra utløpet av Tysseelva som svinger seg nordover og etter hvert vestover forbi Haukaneset (**figur 20**).

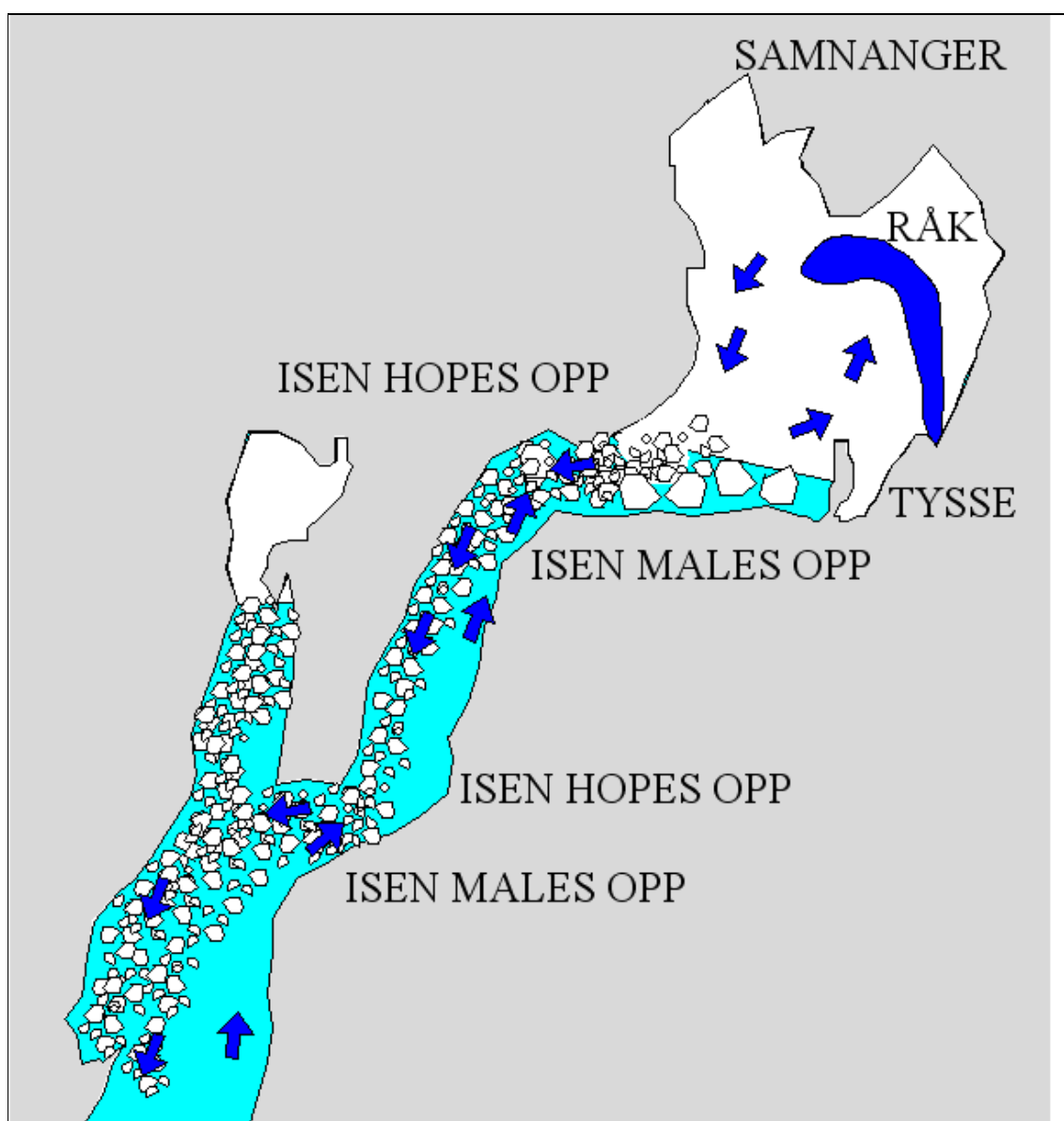


Figur 20. Islegging i Samnangerfjorden vinteren 2010, med åpen råk fra Tysseelva og ut forbi Aldal mot Haukaneset.

Isgang skjer vanligvis i forbindelse med værromslag og vindretninger fra sør. Værforholdene og snøsmelting i nedbørsfeltet fører til at strømningsforholdene i fjorden forsterkes. Hovedstrømmen ut fjorden forbi det smale partiet i utløpet av indre basseng, forbi Gaupholm og Utskot, går på nordvestsiden, mens tidevannet går innover langs østsiden. Dette medfører at det meste av isgangen vanligvis vil skje langs vestsiden av fjorden (**figur 21**).

Havforskningsinstituttet utarbeidet i 1981 en oversikt over høvelige oppdrettslokaliteter i Hordaland, der isforhold og risiko for isdannelse ble omtalt (Aure 1981). I områder der det forekommer brakkvann og lave temperaturer om vinteren, vil det naturlig dannes is. Det er svært tynne vannlag som raskest avkjøles og fryser, og slike forhold finner en i Samnangerfjorden innenfor Utskot (Aure 1981).

Særlig kalde vintre opptrer med jevne mellomrom, og de utgjorde omtrent 30 % av vintrene i perioden 1936 - 1980. Ekstremt kalde vintre var det i årene 1937, 1942, 1966, 1970, 1979 (Aure 1981) og siden også,- med vintrene 1996 og 1997 og særlig vinteren 2010 i ferskt minne.



Figur 21. Skjematisk bilde av omfattende islegging og isgang i Samnangerfjorden i dag.

MARINT BIOLOGISK MANGFOLD

MARINE NATURTYPER

Av naturtyper i litoralsonen ble det registrert hardbunnsfjære på st. 1 ved Aldal (**figur 23**). Hardbunnsfjære er svært vanlig langs kysten av Norge og har stort sett vanlig forekommende arter. Hardbunnsfjære er ikke en prioritert naturtype og verdien blir vurdert som liten.

I sublitoralsonen ble det ved befaringen registrert forekomster av naturtypen ålegraseng (I 11, jf. **figur 22**) som er en prioritert naturtype og her var det utformingen *vanlig ålegras* som ble registrert (*Zostera marina*, I 1101) jf. DN-Håndbok 19, 2. utgave 2007. Ålegraseng kan forekomme under tidevannssonen i bløtbunnsområder, vanligvis ned til 2-5 meters dyp. Ålegras produserer oksygen og organisk materiale, og er således svært produktiv. Naturtypen er regnet for å være et viktig marint økosystem på verdensbasis. Ålegraseng er rik på flora og fauna og fungerer som skjulested og oppvekstområde for larver og yngel og næring for fisker og krepsdyr. Ålegraseng er vurdert som noe truet av Fremstad og Moen (2001). Naturtypen finner en ofte i grunne sund, beskyttede fjorder og poller, samt i områder med mer eller mindre brakkvannspåvirkning. Da det her er snakk om mindre områder med ålegraseng i brakkvann, er områdene vurdert som lokalt viktig (verdi C), med middels verdi.

- En samlet vurdering av naturtyper i litoralsonen og sublitoralsonen ved Aldal gir ”liten” til ”middels” verdi.

RØDLISTEARTER

I litoralsonen ble det registrert store forekomster av høvringtang (*Fucus ceranoides*) på st. 1 og fra befaringen av området. Høvringtang er en brakkvannsalge som vokser på fjell i nærheten av bekkeutløp og elvemunninger og er en rødlisteart med kategoristatus *nær truet* (NT) fra Norsk Rødliste 2006 (Kålås m. fl. 2006).

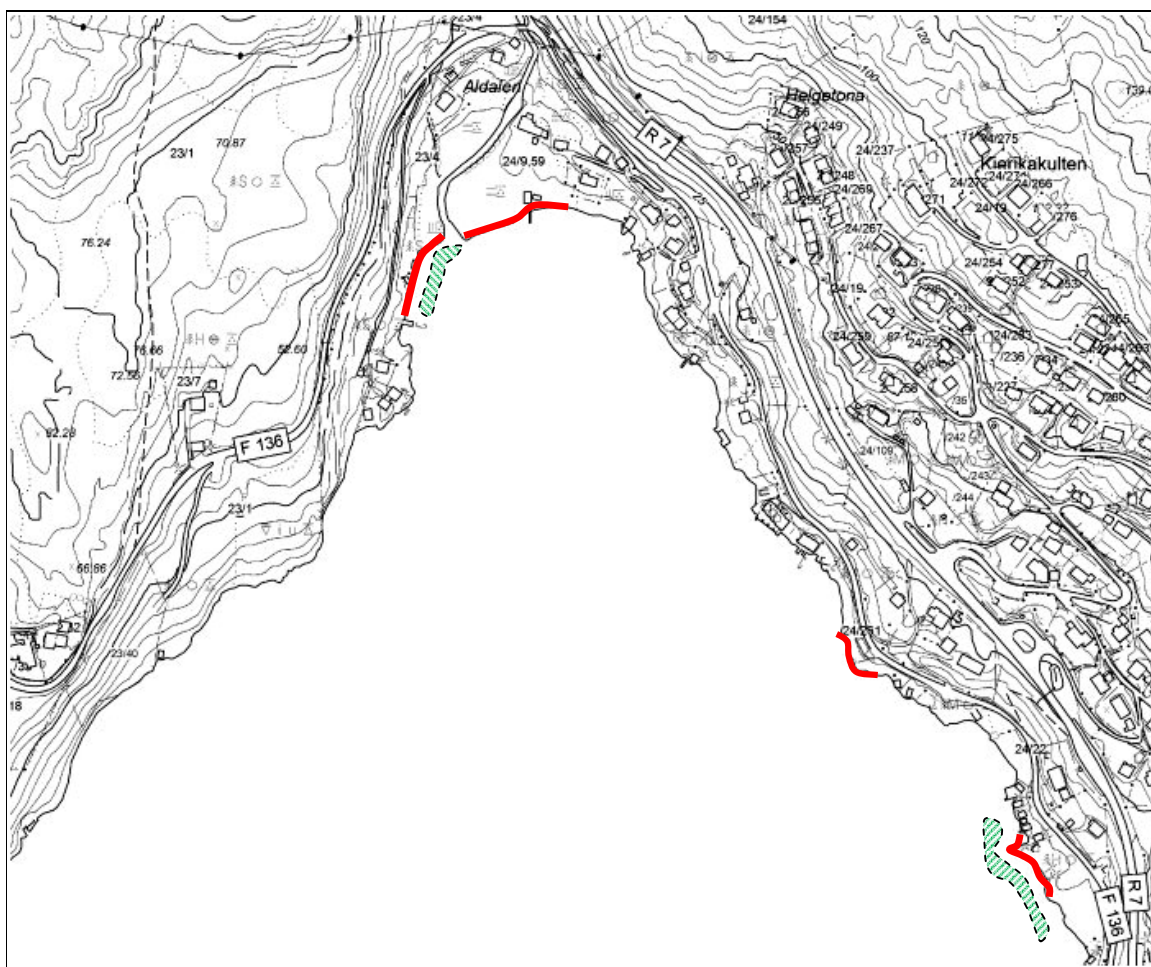
I sublitoralen på st. 1 ble det registrert noen få individer av sukkertare (*Saccharina latissima*). Sukkertareskog har de senere årene vært i tilbakegang og arten er rødlistet i kategori *nær truet* (NT). Leveområde for rødlistearter i kategorien NT, som er rødlistet pga. negativ bestandsutvikling, er fremdeles vanlige og gis liten verdi.

En samlet vurdering av rødlistearter i litoralsonen og sublitoralsonen ved Aldal gir ”ned mot liten” verdi.

FLORA OG FAUNA

Aldalen, litoralt

Området for litoralsonekartlegging ved Aldalen, er en vestvendt hardbunnsfjære med en helningvinkel på mellom 10-20 °. I supralittoralsonen vokste lavarten marebek (*Verrucaria maura*) på store deler av fjellberget nært opp til skogvegetasjonen. Strandsonen var tydelig ferskvannspåvirket og noe artsfattig. Øverst i litoralsonen var det noen individer spiraltang, men hovedsakelig var det høvringtang, samt enkelte individer av blæretang (*Fucus vesiculosus*) innimellom. Nederst i litoralsonen dominerte grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og hadde få påvekster av flora og fauna. Det var ellers noe perlesli (*Pyliella littoralis*) på tang og tarmgrønske (*Ulva intestinalis*) og dverg-tarmgrønske (*Blidingia marginata*) på fjell innimellom tangvegetasjonen. Under tangvegetasjonen var det store forekomster av vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*), og den skorpeformede rødalgen fjøreblod (*Hildenbrandia rubra*) dekket store deler av berget (**vedleggstabell 1**).



Figur 22. Naturtypen ålegraseng (I11) (grønn skravering) og rødlistearten høvringtang (NT) (røde linjer) fra befaring og semikvantitativ kartlegging ved Aldal 10. juni 2010.

Det var sparsomt med fauna i strandsonen og det ble kun registrert et par individer av strandkrabbe (*Carcinus maenas*) og blåskjell (*Mytilus edulis*) i et område med en horisontal lengde på 8 m (**figur 23**). Tanglopper (Amphipoda) ble kun registrert som "til stede" da det er en vanskelig og tidkrevende prosess å estimere det virkelige tallet.



Figur 23. St. 1 Aldalen, litoralt. Venstre: oversiktsbilde av litoralsonen. Høyre: nærbilde av høvringtang som dominerte i øverste del av fjæren.

Aldalen, sublitoralt

Øverst i sublitoralen var det fjellbunn med en dominans av grisetang og enkelte individer av blæretang (**figur 24**). Deretter var det et sagtangbelte (*Fucus serratus*) med enkelte individer av sukkertare (*Saccharina latissima*) innimellom. Habitatbyggende alger var vanskelig å se, da det var et teppe med trådformede alger som dekket større og fastsittende tang og tarevegetasjon. Det var først når en løftet opp algeteppene at en fikk oversikt. Sagtang var noe formvariabel på grunn av ferskvannstilførslene i området. Nedenfor forekomstene av sagtang og sukkertare var det små og trådformede alger som dominerte algevegetasjonen på steinblokker og berg, det nevnes rødkluft (*Polyides rotundus*), svartdokka (*Polysiphonia nigra*), bleiktuste (*Spermatocchnus paradoxus*), teinebusk (*Rhodomela confervoides*) og rødlo (*Bonnemaisonia hamifera*). Det var ellers dårlig sikt på grunn av algeblomstringen av blant annet kiselalger og partikler i øvre deler av vannsøylen. Det var også mange foraminiferer viklet inn i algeteppene.

Slettrugl (*Phymatolithon cf. lenormandii*) dekket stor deler av berget i øvre del av sublitoralen, mens forekomster av vorterugl (*Lithothamnion cf. glaciale*) forekom noe dypere. Av trådformede alger som ble bestemt i ettertid nevnes bruntufs (*Sphacelaria cirrosa*), røddokka (*Polysiphonia stricta*), brunslie (*Ectocarpus* sp.), perleslie (*Pylaiella* sp.), kryptråd (*Rhizoclonium riparium*), *Ceramium cimbrium*, *Ceramium cf. diaphanum*, silkegrønndusk (*Cladophora sericea*) og grønndusk (*Cladophora* spp.). Det er vanlig at en finner habitatbyggende alger som dominerer med en tydelig undervegetasjon. Her var tilfellet at etter bare noen få meter dominerte undervegetasjonen med spredte forekomster av større alger. Det var tydelig at trådformede alger grodde over eller erstattet større alger og dette gav et overgjødslet og påvirket inntrykk (**figur 24**).

Faunaen bestod av vanlig forekommende arter med dominans av membranmosdyr (*Membranipora membranacea*), *E. pilosa* og posthornmark (*Spirorbis spirorbis*). Det var enkelte forekomster av brødsvamp (*Halichondria panicea*), bjellehydroide (*Obelia geniculata*), kolonisekkedyr (*Botryllus* sp.), strandsnegl (*Littorina littorea*) og vanlig korstroll (*Asterias rubens*).

En samlet vurdering av flora og fauna i litoralsonen og sublitoralsonen ved Aldal gir ”liten” verdi.



Figur 24. St.1 Aldalen, sublitoralt. Bilder som viser hvordan trådformede alger danner et teppe over den habitatbyggende tang- og tarevegetasjonen. Øverst t.v. Grisetang i vannoverflaten.

VIKTIGE MARINE OMRÅDER

Det er avmerket flere gyteområder for fisk, sannsynligvis torsk, i indre deler av Samnangerfjorden, hvorav ett utenfor Aldal (**figur 25**). Kysttorsken finnes fra innerst i fjordene og helt ut til eggakanten. Den er i hovedsak en bunnfisk, men kan også oppholde seg de åpne vannmassene i perioder under beiting og gyting. Merkeforsøk har vist at torsk i fjorder kan være svært stedbundet, og foretar i liten grad lengre vandringer. Kysttorsken sine larver bunnsår på svært grunt vann og vandrer sjelden ned på dypere vann før de er to år gamle. Bestandene av norsk kysttorsk har avtatt kontinuerlig siden 1994. Gytebestanden var i 2006 regnet å vere den laveste observerte noen gang og den er høyst sannsynlig ytterligere redusert siden det (Berg 2007). Disse områdene har over middels verdi.



Figur 25. Viktige marinbiologiske områder i indre del av Samnangerfjorden (fra <http://kart.fiskeridir.no/adaptive/>).

OPPSUMMERING MARINE VERDIER

En oppsummering av verdier for marint biologisk mangfold viser at det samlet sett blir vurdert å ha mellom middels og liten verdi (**tabell 10**).

Tabell 10. Oppsummering av verdier for marint biologisk mangfold.

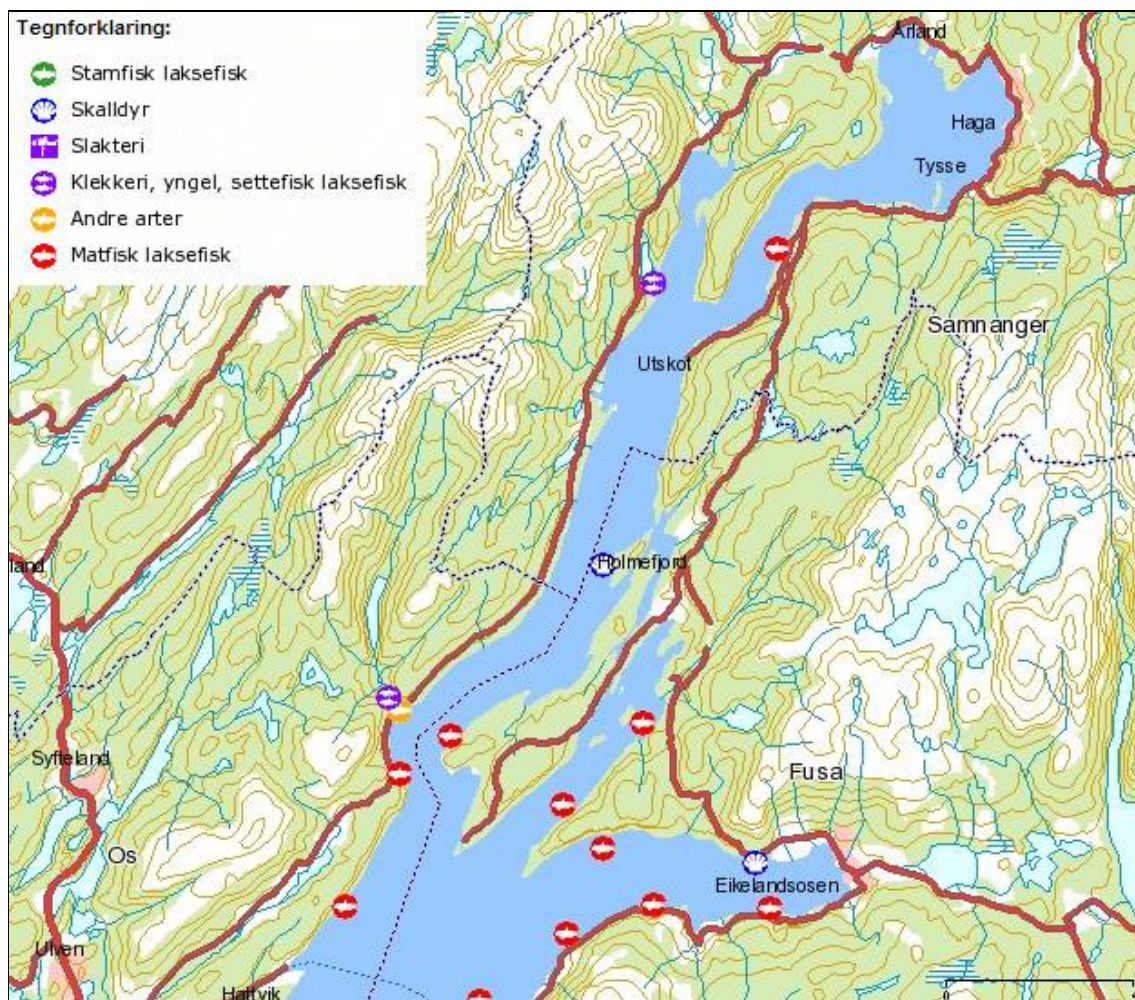
Marint biologisk mangfold		Verdi		
		Liten	Middels	Stor
Naturtyper	Hardbunnsfjære dominerte, med små forekomster av ålegraseng (I 11), som er lokalt viktig (C).	----- ----- ▲		
Flora og fauna	Flora og faunaen i litoralen og sublitoralen består av vanlig forekommende arter	----- ----- ▲		
Viktige områder	Gyteområder for fisk, sannsynligvis torsk i bukten i Aldalen	----- -----	▲	
Rødlistearter	Sukkertare (NT) og høvringtang (NT). Begge er rødlistet pga. negativ bestandsutvikling, men er fremdeles vanlige	----- ----- ▲		
Samlet vurdering gir ”middels til liten verdi”		----- -----	▲	

HAVBRUKS- OG FISKERIINTERESSER

Det ligger syv oppdrettslokaliteter ute i Samnangerfjorden, de fleste mer enn 14 km utenfor Aldalen. Ytterst ved Lønningdal ligger EWOS Innovation AS sine fire lokaliteter Karlhovden (laks), Lønningdal II (marine arter), II (settefisk) og Aldal (laks) omtrent 20 km ute i fjorden, mens lokaliteten Nygård (laks) ligger like utom fjordens indre basseng vel 6 km fra Aldalen. I Trengereidfjorden ligger også Sagen Settefisk AS, og utenfor Holmefjord ligger skjell-lokaliteten Børøy (tabell 11 og figur 26).

Tabell 11. Oversikt over akvakulturinteresser i Samnangerfjorden.

Lokalitet	Konsejjon	Størrelse	Eier	Avstand
1 320 Nygård	HFS 0005 + 0013 HKm 0009 + 0017 HSo 0002	MTB 2 340 tonn Matfisk laks og regnbueaure	Tombre Fiskeanlegg AS Quatro Laks AS Hardangerfisk AS Nygård Laks AS	6,2 km
1 131 Sagen	HSr 0002	2,5 mill Settefisk laks, aure og regnbueaure	Sagen Settefisk AS	9,4 km
19 842 Børøy	HF 0325 + 0327 + 0328	29 daa, blåskjell, stort kamskjell og østers	Safjord Skjell DA	14 km
23 136 Karlhovden	H O 0005 + 0012 + 0013	MTB 2 340 tonn Forskning og matfisk laks, aure og regnbueaure	Ewos Innovation AS	18,8 km
14 556 Lønningdal III	HO 0004	1 mill Settefisk laks, aure og regnbueaure	Ewos Innovation AS	18,8 km
12 141 Lønningdal II	HO 0007	MTB 325 tonn marine arter	Ewos Innovation AS	18,8 km
12 067 Aldalen	H O 0005 + 0012 + 0013	MTB 2 340 tonn Forskning og matfisk laks, aure og regnbueaure	Ewos Innovation AS	20 km



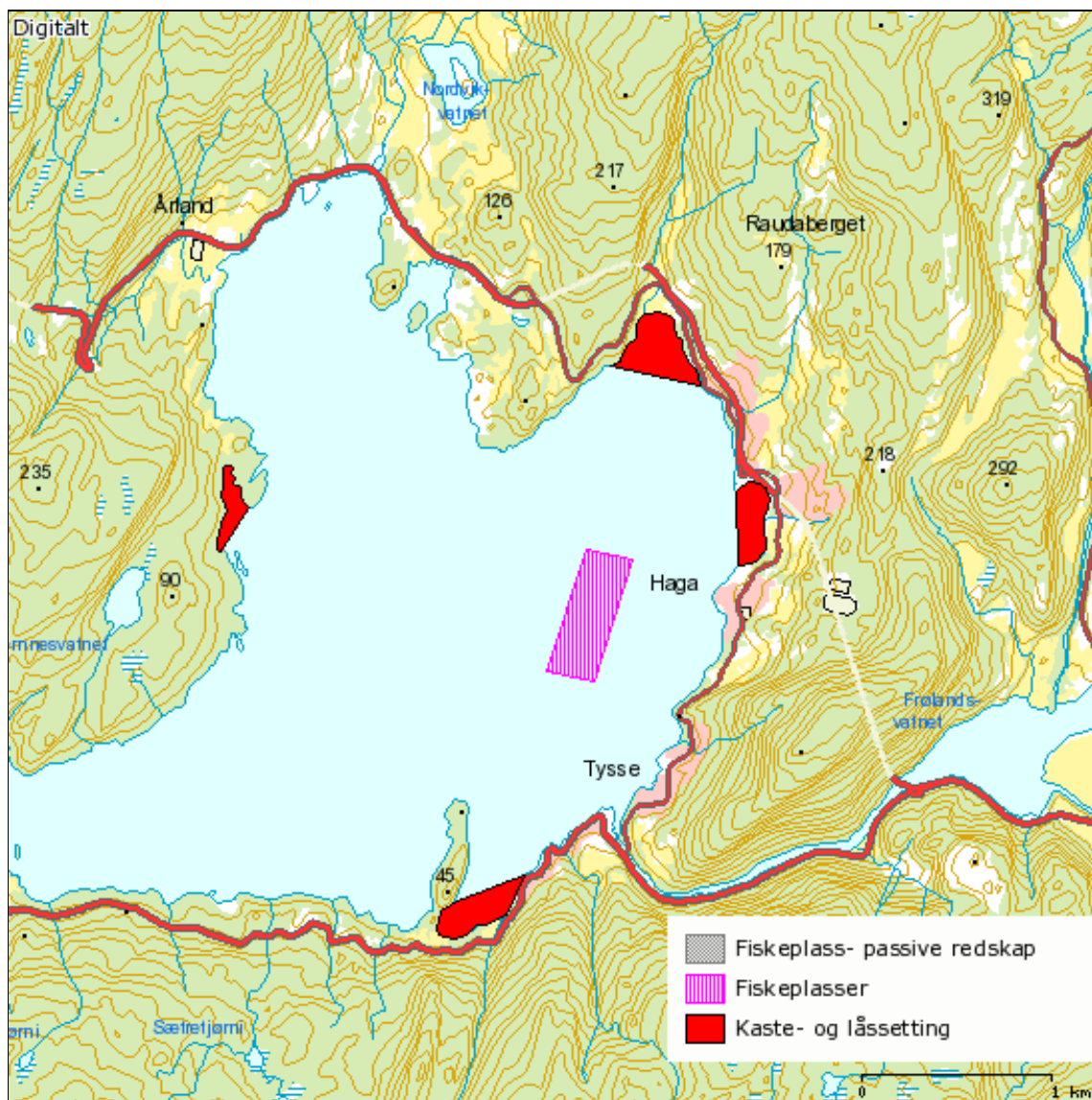
Figur 26. Oppdrettslokaliteter i Samnangerfjorden (fra <http://kart.fiskeridir.no/adaptive/>)

FISKERI INTERESSER

Det er registrert en del fiskeriinteresser i nærområdet til Aldal i Samnangerfjorden. Utenfor Haga ligger det et fiskefelt, sannsynligvis trålfelt, og i vikene ved Aldal og også nord for Haga er det registrert kombinerte kaste- og låssettingsplasser. Ytterligere to låssettingsplasser er også registrert på sør- og vestsiden i Samnangerfjorden (**figur 27**).

Kaste- og låssettingsplasser er knyttet til tradisjonelle fiskerier som brislingfiske i fjordene, men også makrell og sei blir satt i steng. For mange av disse fiskeriene er dette i mindre grad aktuelt, siden de fleste i dag leverer fisken fersk uten at den har "gått av seg åte" i steng først. Fisk kan eventuelt samles opp i steng fortløpende i påvente av stort nok kvantum til transport og levering til mottak.

Ifølge lederen av Midthordland Fiskarlag (Johannes Røttingen pers. medd.) blir det fisket mye i Samnangerfjorden i 2009. Både breiflabb sei og lyr ble tatt på bunn garn, mens det siste året er tatt hele 250 tonn makrell i Samnangerfjorden, fra til sammen 17 båter, og alle låsplassene var brukt. Det blir og fisket sild om høsten, men tråling etter reker skjer ikke.

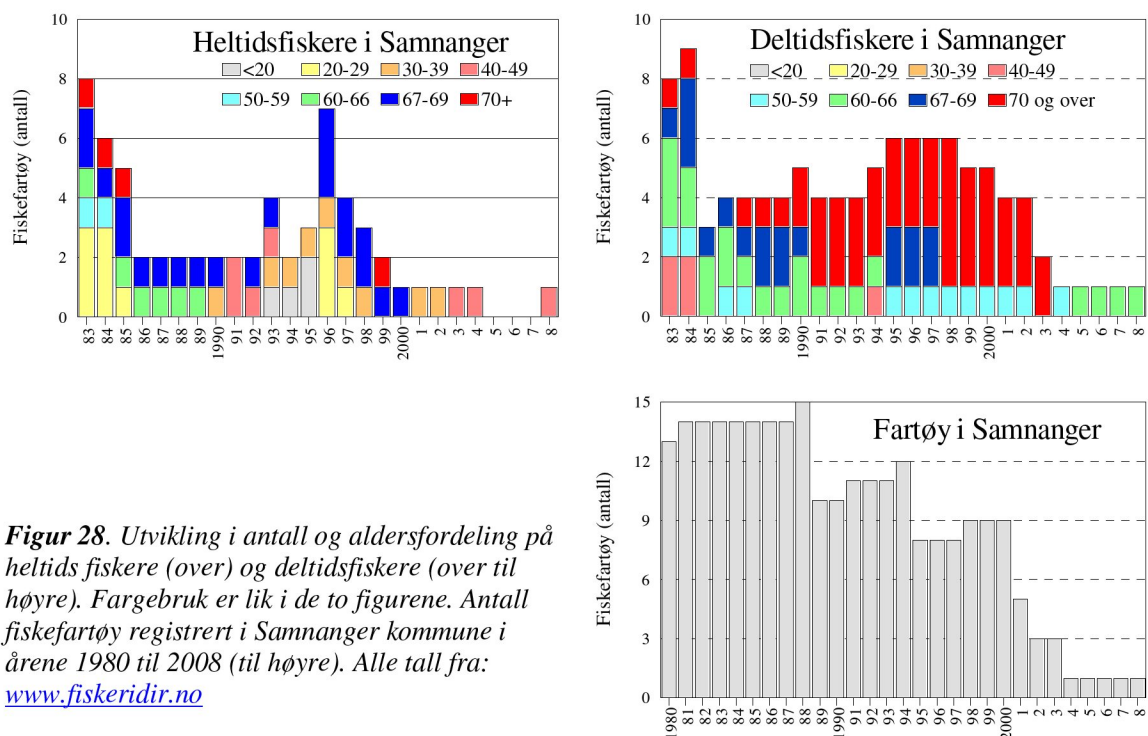


Figur 27. Fiskeriinteresser i indre del av Samnangerfjorden (fra <http://kart.fiskeridir.no/adaptive/>)

Fangsten av brisling er blitt sterkt redusert fra tidlig på 1970-talet og fram til i dag. I perioden fom. 1998 har det meste av brislingfangsten på Vestlandet blitt fanget i Hardanger og Sogn, men i Hardanger har det blitt fanget svært lite brisling etter 1999. Rekrutteringa av brisling har også vært svært lav. I 2009 økte fangstene av brisling i Hardanger, men er fremdeles på et lavt nivå sammenlignet med tidligere. Det er ikke kjent om det foregår fiske etter brisling innerst i Samnangerfjorden.

FISKERE OG FARTØY I SAMNANGER KOMMUNE

Fartøysregisteret 1980 – 2008 for Samnanger kommune viser en betydelig nedgang i antall registrerte fiskefartøy, fra 15 stk i 1988 til en båt siden 2004. Tilsvarende nedgang finner en også langs kysten forøvrig. Antall heltidsfiskere i Samnanger er lavt, og har variert mellom 2 og 8 de siste 30 årene. Den ene heltidsfiskeren som er registrert i Samnanger på 2000-tallet, er mellom 40 og 49 år, og den ene deltidfiskeren er over 65 år (**figur 28**). Fiskeriinteressene i Samnanger er små og har avtatt de siste årene.



Figur 28. Utvikling i antall og aldersfordeling på heltids fiskere (over) og deltidsfiskere (over til høyre). Fargebruk er lik i de to figurene. Antall fiskefartøy registrert i Samnanger kommune i årene 1980 til 2008 (til høyre). Alle tall fra: www.fiskeridir.no

OPPSUMMERING AV HAVBRUKS- OG FISKERIINTERESSER

En oppsummering av verdier for havbruks- og fiskeriinteresser i Samnangerfjorden er samlet sett vurdert til middels til liten verdi (**tabell 12**). Akvakulturlokaliteter i ytre deler av fjorden trekker opp, mens fiskeområdene i fjorden sannsynligvis gjenspeiler større aktivitet i tidligere tider. Fiskeriinteressene registrert i Samnanger kommune er små, men områdene har sannsynligvis mellom liten og middels verdi.

Tabell 12. Oppsummering av verdier for havbruks- og fiskeriinteresser

Havbruks- og fiskeriinteresser		Verdi		
		Liten	Middels	Stor
Havbruk	Ingen akvakulturlokaliteter i indre basseng av Samnangerfjorden, men mange lokaliteter de nærmeste 20 km ute i fjorden.	----- ----- ▲		
Fiskeområder	Kaste- og låssettingsplass i Aldalsbukten, trålfelt like utenfor i fjorden. Plassene sannsynligvis lite benyttet.	----- ----- ▲		
Fiskeriinteresser	Svært få fiskere og svært få fartøy registrert i Samnanger. Stor nedgang i fiskeriinteresser siste årene, men periodevis stor aktivitet knyttet til makrellfiske.	----- ----- ▲		
Samlet vurdering gir "liten til middels verdi"		----- ----- ▲		

VIRKNING OG KONSEKVENSVURDERINGER

Prosjektet søkes med to alternativer og et 0-alternativ:

Alternativ 1: Nytt Aldal kraftverk og et småkraftprosjekt på restfeltet til Frøland kraftverk

Alternativ 2: Nytt Frøland kraftverk og et småkraftprosjekt på restfeltet til Frøland kraftverk

Altaernativ 3 = 0-alternativ: Nødvendig rehabilitering av eksisterende Frøland kraftverk

Av disse tre er det bare alternativ 1 som vil medføre direkte utslipp fra kraftverket til Samnangerfjorden, mens de to øvrige vil ha sine utslipp til Frølandsvatnet og Tysseelva, slik som dagens situasjon.

MULIGE VIRKNINGER FOR MARINE FORHOLD

Det er flere mulige virkninger av kraftverksutslipp til fjorder, og de er skilt mellom anleggsfasen og driftsfasen. I anleggsfasen vil en kunne ha følgende virkninger som er konsekvensvurdert:

- Eventuelle sprengingsarbeid under vann
- Eventuell tilrenning til sjø fra anleggsaktiviteter på land

I driftsfasen av et kraftverk med utslipp av ferskvann til en fjord, vil en kunne få virkning på de fysiske forhold i fjorden, som igjen påvirker de biologiske. I denne sammenhengen må det imidlertid understrekes at Samnangerfjorden også i dag får tilførsler av ferskvann fra Frøland kraftverk, rett nok via Tysseelva sitt utløp i fjorden. Virkningene i driftsfasen kan da være:

- Endret saltholdighets-, strømnings- og sjiktningsforhold i fjorden
- Endrete isleggingsforhold i fjorden
- Lokale biologiske responser på endrete fysiske forhold i Aldalen
- Mulig eutrofiering av fjorden via oppwelling fra dypvannsutslipp
- Problem for gyteområdet for fisk ved stor vannstrøm
- Endrete vilkår for oppvandrende gytefisk av laks og sjøaure til vassdraget
- Mulige endrete vilkår for fiskeri- og havbruksinteresser

VIRKNING OG KONSEKVENNS AV 0-ALTERNATIVET

For det marine miljøet og interessene knyttet til forhold i Samnanger, vil 0-alternativet være så godt som sammenfallende med dagens drift ved Frøland kraftverk. En noe større slukevne vil medføre større kontroll over vannføringen i Storelva, men siden inntaket i Fiskevatnet ikke har noen magasinkapasitet, vil kraftverket kjøre på vannføringen i vassdraget. Dessuten ender både Storelva og Frøland kraftverk begge i Frølandsvatnet og deretter Tysseelva. Utløpet til Samnangerfjorden vil dermed få tilnærmet samme vannføringer og vannføringsregime som i dag.

- *Med middels til liten verdi for marint biologisk mangfold,*
- *og litt under middels verdi for havbruks- og fiskeriinteresser,*
- *vil det med ingen virkning være ubetydelig konsekvens (0) for begge fagtema*
- *Både for anleggsfasen og særlig for driftsfasen*

VIRKNINGER OG KONSEKVENSN FOR ALDAL KRAFTVERK

ANLEGGSPHASEN

Undervannsprengninger

Ved åpne undervannsprengninger i avløpet frå kraftverket, eller ved sprengninger i fjell like under vatn, vil det kunne skje skader på livet i nærheten av sprengningsstedet. Særlig ved eventuelle sprengninger der ladningene er plassert direkte i de åpne vannmassene, vil stigetiden ved trykkbølgen være i størrelsesorden mikrosekund (milliondels sekund), og det er lite som skjermer for sjokkbølgen. Virkningene av slike sprengninger kan da bli svært kraftige for fisk og dyr som oppholder seg i nærheten, samtidig som sjokkbølgen vil gi store trykkdifferanser i vevet i det den passerer, og det kan da oppstå store skjærspenninger som kan medføre skader på fisk i nærheten i form av vevsskader og indre og ytre blødninger. Ved en ladning på 100 kg vil en prosent av fisken kunne dø i en avstand på omtrent en km fra sprengstedet, mens avstanden for 1 % dødelighet teoretisk er 800 meter for ladninger på 25 kg (Ylverton mfl 1975).

Sprengning av utløpstunnel fra Aldal kraftverk vil medføre en kortvarig episode med slike sprengninger under vann. Dette vil medføre risiko for skade på fisk i nærområdet. Det er ingen havbruksinteresser i nærområdet,

Tilførsler fra anleggsaktivitet

Avrenning fra tunneldrift, massedeponier og anleggsområder kan resultere i tilførsler av sprengstoffrester som ammonium og nitrat i ofte relativt høye konsentrasjoner til vassdragene (Urdal 2001; Hellen mfl. 2002). Dersom det foreligger som ammoniakk (NH_3), kan dette selv ved lave konsentrasjoner medføre giftvirkning for dyr som lever i vannet. Andelen som foreligger som ammoniakk er avhengig av blant annet temperatur og pH, men vil sjelden være så høy at den kan medføre dødelighet for fisk.

Erfaring fra slike anlegg viser at vannet kan bli kraftig blakket, men det er oftest små eller ingen skadeeffekter av steinstøv eller nitrogenforbindelser på forekomst av og på fisk, siden disse kan unngå områdene. I vassdrag, der fisk ikke kan rømme, finnes det imidlertid eksempler på det motsatte der det har vært ekstremt høye tettheter av steinstøv (Hessen mfl. 1989).

Det vil ikke bli foretatt anleggsarbeid eller utfylling i sjø i forbindelse med Aldal kraftverk, men det kan påregnes små tilførsler til Aldalsbukten via Aldalselva. Dette vil imidlertid bli søkt begrenset.

Samlet vurdering av anleggsfasen

I anleggsfasen er det da i all hovedsak den kortvarige perioden emd undervannsprengninger som vil på virke fisk og eventuelt fiskeinteresser i nærområdet til Aldalsbukten. Verken naturtyper og rødlistearter blir berørt, og havbruksinteressene ligger langt ute i fjorden.

- *Med middels til liten verdi for marint biologisk mangfold,*
- *Og med liten til middels negativ virkning for fisk, blir det liten negativ konsekvens (-)*
- *Med litt under middels verdi for fiskeriinteresser,*
- *Og liten negativ virkning blir det liten negativ konsekvens (-)*

DRIFTSFASEN

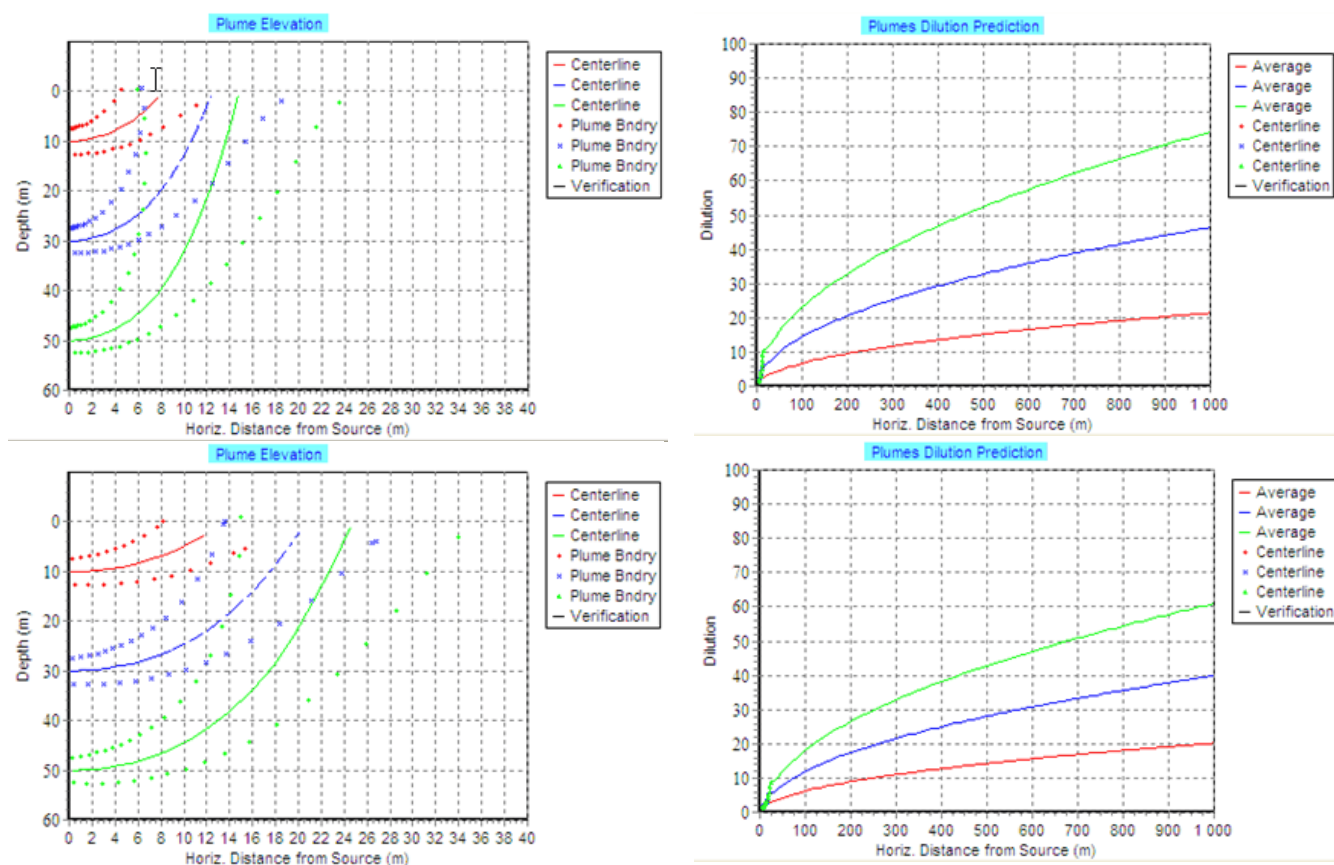
Utslipp fra Aldal kraftverk til fjorden vil flytte omtrent halvparten av dagens ferskvannstilførsler fra Tysseelva til Aldalen, sommerstid noe mindre og vinterstid noe mer. Men virkningene vil også omfatte endringene fra naturlig utløp i Tysseelva til fjordens overflate til dykket utslipp i Aldalen.

Modellering av dykket utslipp

Produksjonsvannet fra kraftverket skal slippes i utsprengt tunnel gjennom fjell og slippes rett fra hullet i fjellet og ut i Samnangerfjorden ved Aldalen. Tunnelen skal munne ut ett sted mellom 10 og 50 m dyp og vil ha en åpning på rundt 4x5m, totalt rundt 20m². Det er modellert for tre alternative utslippsdyp, dvs 10 m, 30 m og 50 m dyp. Det er modellert for en middel og maksimal vannføring på henholdsvis 20 og 35 m³/s ut av tunnelåpningen, noe som vil gi en middel og maksimal hastighet ut av tunnelåpningen på henholdsvis 1 og 1,75 m/s.

Innlagringsdyp og fortynning av produksjonsvannet i den planlagte tunnelåpningen er beregnet ut fra middel strømhastighet i måleperioden om vinteren og sommeren og hydrografi (temperatur, saltinnhold og vannets tetthet) i vannsøylen på målestedet omtrent ved tunnelåpningen 17. mars og 19. august 2009. Tettheten på vannet er satt til 1000 kg/m³, og temperaturen i tunnelvannet lik 10 °C om sommeren og 4 °C om vinteren.

Ferskvannet i den planlagte tunnelåpningen vil munne ut gjennom en rundt 20m² stor tunnelåpning i et åpent sjøområde med svake strøm og vannutskiftingsforhold på ett sted mellom 10 og 30 m dyp. Beregning av innlagringsdyp for det nye planlagte tunnelutslippet for en vintersituasjon med middel og maksimal vannmengde og alternative utslippsdyp på 10 m, 30 m og 50 m dyp er vist i **figur 29**.

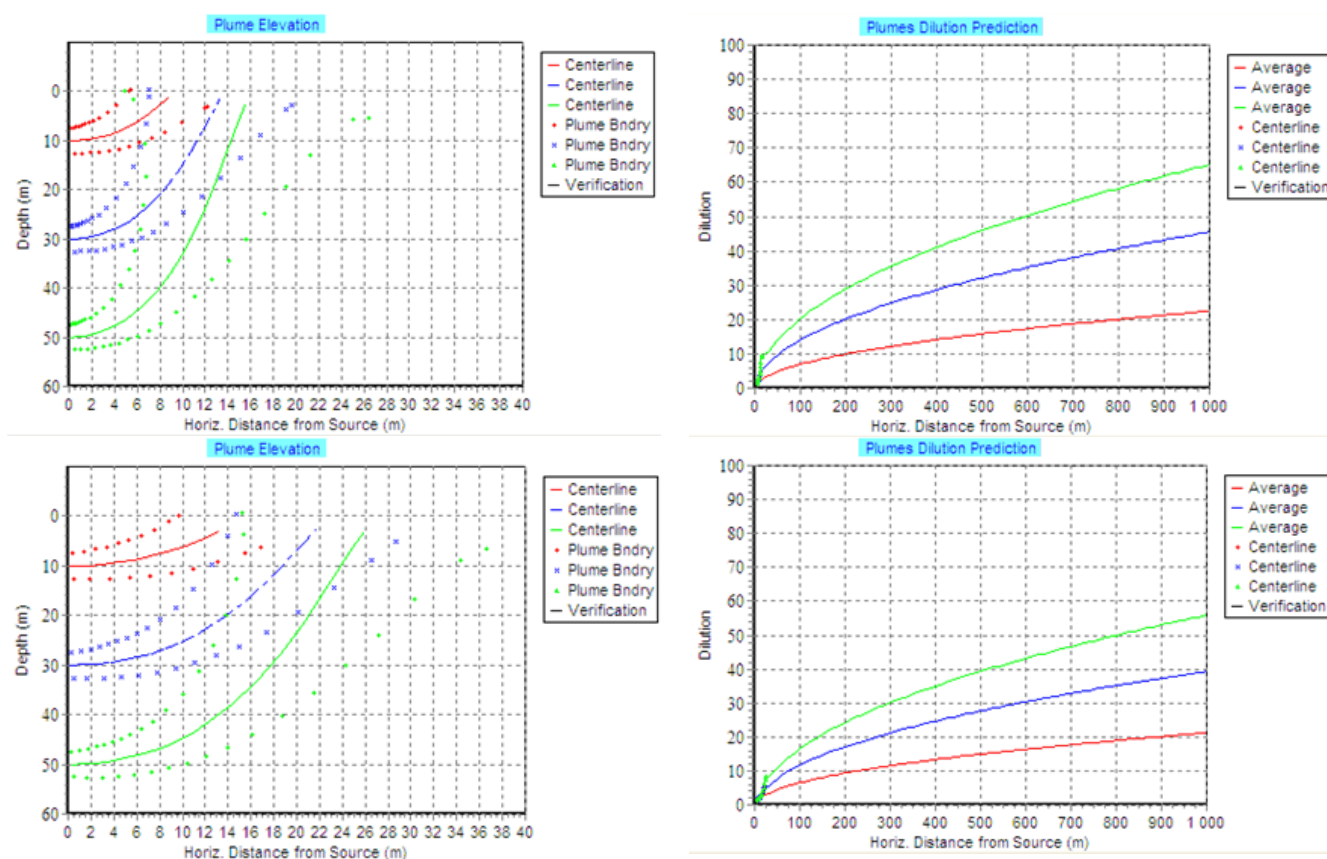


Figur 29. Aldal RD1. Innlagringsdyp og fortynning i en vintersituasjon for en beregnet middel vannmengde på 20 m³/s (øverst til venstre og høyre) og en beregnet maksimal vannmengde på 35 m³/s (nederst til venstre og høyre) for et utslippsdyp på 10 m (rød linje), 30 m dyp (blå linje) og 50 m dyp (grønn linje). Figuren viser "strålebanene" for de ulike alternative utslippsdypene ved midlere strømhastighet målt vinterstid (jf. vedleggstabell 2-4).

Med utslipp av middel vannmengde på 20 m³/s og maksimal vannmengde på 35 m³/s, vil toppen av "skyen" med ferskvann ha gjennomslag til overflaten ved samtlige tre alternative utslippsdyp fra 10 til 50 m dyp så vel sommer som vinter (**figur 29 & 30**). Jo dypere utslippet er desto mer fortynnet blir det når det når overflaten. Det er liten forskjell på sommer og vinter, og ligger på vel 2 gangers fortynning for 10 m utslipp, omtrent 22 gangers fortynning for 30 meters utslipp og fra 56 til 75 gangers fortynning ved 50 meters utslipp (**tabell 13**).

Tabell 13. Fortynningsgrad for utslipp avhengig av utslippsmengde, utslippsdyp og årstid. Beregninger er gjort for der vannskyen treffer overflaten, og for situasjonen 1 km unna.

Utslippsdyp	Utslipp av 20 m ³ /s				Utslipp av 35 m ³ /s			
	vinter		sommer		Vinter		sommer	
	overflate	1 km	overflate	1 km	overflate	1 km	overflate	1 km
10 m	2,2 x	21,5 x	2,3 x	22,5 x	2,3 x	20,0 x	2,3 x	21,0 x
30 m	5,8 x	46,5 x	5,5 x	45,5 x	5,2 x	40,0 x	5,0 x	39,5 x
50 m	10,5 x	74,5 x	9,2 x	65,0 x	8,9 x	62,0 x	8,2 x	56,0 x



Figur 30. Aldal RD1. Innlagringsdyp og fortynning i en sommersituasjon for en beregnet middel vannmengde på 20 m³/s (øverst til venstre og høyre) og en beregnet maksimal vannmengde på 35 m³/s (nederst til venstre og høyre) for et utslippsdyp på 10 m (rød linje), 30 m dyp (blå linje) og 50 m dyp (grønn linje). Figuren viser "strålebanene" for de ulike alternative utslippsdypene ved midlere strømhastighet målt sommerstid (jf. vedleggstabell 2-4).

Hydrologiske forhold i Samnangerfjorden

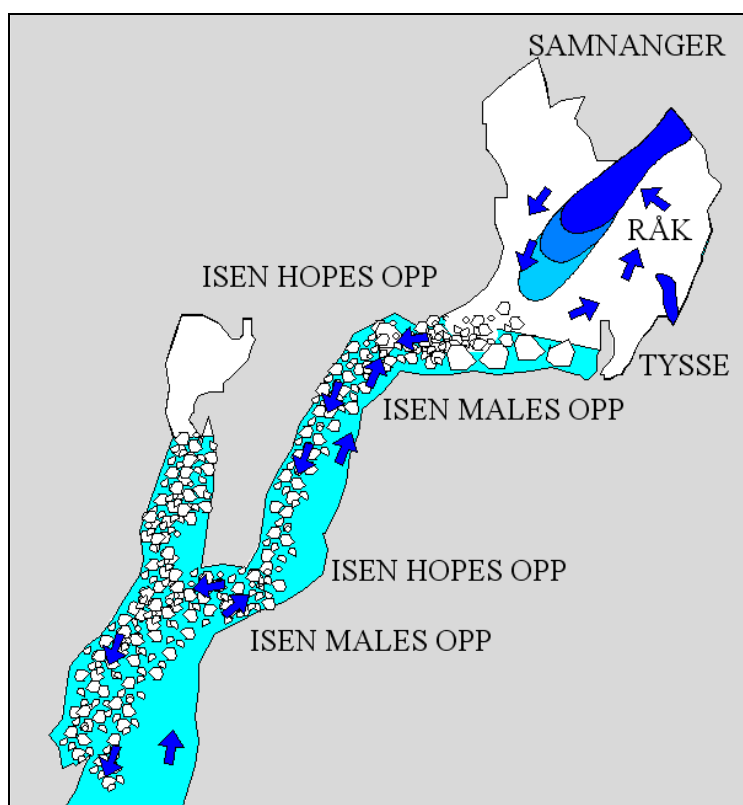
Flytting av omtrent halvparten av ferskvannstilførselen til Samnangerfjorden fra utløpet av Tysseelva til Aldal vil endre på strømningsforholdene i fjorden. I dag styres overflatevannstrømmen i fjorden av Ferskvannet fra Tysseelva, som følger nordover langs fjordens østkyst, og svinger så vestover ved

Haukaneset, og følger så sannsynligvis ut fjorden langs nordvestsiden. Dette strømbildet vil bli forsterket ved et nytt utslipp fra Aldal kraftverk. Tidevannsstrømmen i fjorden, under brakkvannslaget, følger sannsynligvis også mye det samme mønsteret, og dette vil også bli forsterket ved at ferskvannstilførslene blir spredd på to likeverdige utslipp i dette bildet. Strømfarten i vannet fra Aldal og vestover forbi Haukaneset vil øke betraktelig. Samtidig vil vannføringen i Tysseelva i større grad følge det naturlige årsregimet, med lavere vannføringer i kalde perioder vinterstid, uten driftsvannet fra Frøland kraftverk om vinteren. Hoveddrivkraften i strømningsmønsteret i fjordens overflate flyttes da fra Tysse til Aldalen, særlig vinterstid. Ved et dypt dykket utslipp vil en også få en tilførsel av både saltere dypvann til utslippspunktet, for å kompensere for det saltvannet som blir revet med av og blandet inn i den oppstigende ferskvannsstrømmen.

I dag er det et nokså jevnt tykt brakkvannslag i fjorden, med lokalt størst tykkelse nær elvemunningen. Avløpet fra et dykket utslipp fra kraftverket vil uansett årstid, driftsvannføring og utslippsdybde mellom 10 og 50 m, få gjennomslag til overflaten. Jo dypere en legger utslippet, desto mer innblandet blir utslippet med sjøvannet før det når overflaten, og dette vil kunne bryte ned noe av dagens klare sjiktning i fjorden. Et nytt utslipp i Aldal vil derfor ikke nødvendigvis gi mer ferskvannspåvirkning i overflaten, verken lokalt eller i fjorden. Dette vil være særlig markert vinterstid.

Islegging lokalt og mønster i fjorden

En normal Vestlandsvinter i Samnangerfjorden tilsier lengre perioder med mildt og fuktig vær og kortere perioder med islegging innimellom, slik som i 2009. Det er da særlig de grunneste og mest stillestående områdene i fjorden mellom Årland og Bjørkheim som først islegges. Vinteren 2010 var en sjelden kald vinter på Vestlandet, men den gav et meget godt inntrykk av isforholdene i fjorden med dagens høye vintervannføringer i Tysseelva. Dersom denne reduseres, og utslippet skjer dykket i Aldalen, vil hovedråken i fjorden flyttes til Aldal og videre sørvestover mot fjordbassengets utløp (**figur 31**). Råken vil bli større siden den utgående strømmen vil være mindre påvirket av ferskvann, og i dette vil også bidra til å holde større deler av fjorden isfri. Dette vil ha størst effekt for dypest utslipp, som både blandes ut med mer saltvann, men også river med seg vesentlig varmere vann. Bare områdene i nord, og lokale bukter og viker vil fryse til som i dag.



Figur 31. Islegging og råkdannelse i Samnangerfjorden en kald vinter med Aldal kraftverk. Blå piler markerer hovedstrømningsforholdene i fjorden.

Biologiske forhold lokalt

Virkningen på marin flora og fauna i Aldal vil i hovedsak være koblet til ferskvannstilførsler og eventuell økning av næringssalter pga upwellingeffekten.

Hardbunnsfjæren i Aldal bar preg av å være ferskvannspåvirket med relativt få arter i strandsonen. Brakkvannsarten høvringtang dominerte den habitatbyggende tangvegetasjonen. Arten er rødlistet, men har gode bestander ved brakkvannlokaliteter. Det var små og flekkvise forekomster av algeslektene *Blidingia*, *Ulva*, *Cladophora* og *Pyliaella* i strandsonen og dette er algeslekter som ofte er forbundet med overgjødning. Da det er flere elveutløp i området, blant annet Aldalselva, et sidevassdrag som kommer ut ved Steinsland og Tysseelva, blir det naturlig tilført næringssalter i fjorden. Det er derfor ikke uvanlig at de nevnte algeslektene opptrer i områder med tilførsler av ferskvann. De tre førstnevnte slektene er grønnalger og i brakkvannsområder kan de utkonkurrere tang i fjæra eller prege vegetasjonen helt (Rueness 2005).

I sjøsonen var den habitatbyggende tang- og tarevegetasjonen omtrent fullstendig dekket av trådformede alger av ulikt slag, blant annet fra nevnte algeslekter. Den kraftige overgroingen av brun- og grønnalger i sjøsonen indikerer overgjødning. Næringssaltene fra elveutløp og sidevassdrag har en stor effekt på makroalgensamfunnet. Fra befaringen ble det registrert flere lokaliteter med naturtypen vanlig ålegras, som er vurdert til lokalt viktig på grunn av forekomster i brakkvannsområder. Eutrofiering er en av de største truslene til ålegrassamfunn på grunn av den økte mengden påvekstalter og reduserte lysforhold for ålegraset.

Det biologiske mangfoldet langs land i Aldal er allerede tydelig påvirket av både ferskvanns- og næringstilførsler i områdene. Dykket utslipp med store ekstra tilførsler av ferskvann vil trolig ikke påvirke alge og dyresamfunnet i noe større grad enn hva det allerede er. En noe økt saltholdighet i overflaten, sammen med tilførsler av næringssalter fra upwelling, vil ikke medføre noen stor endring fra dagens situasjon. Upwellingeffekten blir størst for dypeste utslippsalternativene. Virkningen på marint biologisk mangfold lokalt vurderes som liten negativ og gir dermed liten negativ konsekvens.

- ***Med liten til middels verdi og liten negativ virkning, blir det liten negativ konsekvens (-)***

Biologiske produksjonsforhold i fjorden

Et dykket utslipp vil ha en større algeproduksjonsstimulerende virkning enn dagens overflateutslipp via Tysseelva. Den viktigste effekten av det dykkete utslippet vil være upwelling av næringssalter (nitrat og fosfat) til overflatelaget. Dess dypere utslipp, dess mer upwelling av næringssalter. Samnangerfjorden blir regnet som næringsfattig grunnet de store og kontinuerlige tilførte mengdene med ferskvann.

Algeblomstringen starter vanligvis med en topp om våren i mars-april, og avtar utover sommeren da temperaturstigningen etter hvert medfører en stabil sjiktning av vannsøylen og reduserte nivåer av tilgjengelige næringssalter til planktonproduksjon i produksjonslaget. I september og tidlig i oktober får man så gjerne en liten høstoppblomstring i forbindelse med en begynnende nedbryting av sjiktningen i vannsøylen på grunn av kraftig vind og tilførsler av næringssalter til produksjonslaget. Når kraftverket kjører, vil et dykket utslipp sørge for en kontinuerlig tilførsel av næringssalter til overflatelaget i produksjonslaget på grunn av upwellingeffekten der ferskvannet drar med seg næringsrikt saltvann oppover i vannsøylen hvor fotosyntesen pågår. Særlig det dypeste utslippsalternativet på 50 m dyp vil sørge for en stabil tilførsel av næringssalter til overflatelaget, mens grunnere alternativ vil ha en redusert upwellingeffekt.

Det dykkete utslippet vil således bidra til økte næringstilførsler i overflatelaget og økt algeblomstring der blomstringen vil kunne pågå i hele blomstringssesongen.

Havforskningsinstituttet beregnet at et tilsvarende dykket utslipp på 4 m³/s innerst i Lysefjorden i Ryfylket, på omtrent 40 m dyp, ville kunne tilføre øvre lag 400 kg/døgn med nitrat, 600 kg/døgn med silikat og 55 kg/døgn med fosfat ut fra sammensetningen av næringssaltkonsentrasjonen i lagene på 25 – 40 m dyp (Aure mfl 2001).

I treårsperioden 2003- 2006 pumpet Havforskningen opp næringsrikt dypvann innerst i Lysefjorden til overflatelaget i deler av året for å ”gjødsle fjorden”, tilsvarende 75 kg fosfat i døgnnet, eller 7 tonn fosfat gjennom året. Dette gav en målbar respons på algevekst, men det gav ingen målbar effekt i økte næringskonsentrasjoner i fjorden (Johnsen mfl. 2008).

Ved et dykket utslipp på 50 m i Aldal og en midlere og maksimal vannføring ut av tunnelen på henholdsvis 20 og 35 m³/s, samt en fortyningseffekt av utslippet ved overflaten (eller blandingsforhold mellom ferskvann og sjøvann på ca 10), vil dette kunne tilføre øvre og produktive vannlag i Samnangerfjorden mange ganger disse næringsmengdene. Gjennom vinteren vil overflatelaget da bli mer næringsrikt, slik at våroppblomstringen vil kunne bli større, og dessuten forlenget utover forsommeren. Dette er en endring som kan medføre økt produksjon i fjordbassenget, men sannsynligvis ikke økt begroing lokalt, der det allerede er tydelig påvirket av lokale tilførsler.

- ***Med liten til middels verdi og liten negativ virkning, blir det liten negativ konsekvens (-)***

Forhold for gyteområde fisk

Det er et gyteområde for fisk i Aldal ved planlagt utslipp. Kysttorsken gyter ikke langt fra land og etter at eggene har klekket så bunnslår fiskelarvene på svært grunt vann. Dersom det etableres et stort ferskvannsutslipp i Aldalen, vil dette kunne påvirke både fiskens gyteatferd lokalt og også transporten og spredningen av eggene. Det er usikkert hvilken betydning dette vil ha for overlevelse av egg og yngel, og det er også høyst usikkert hvilken betydning dette området har for gyting av lokale fiskebestander. Det er flere tilsvarende områder i fjorden, og det kan tenkes at reduksjon i kvaliteten av ett gyteområde ikke nødvendigvis fører til en tilsvarende reduksjon i den totale rekruttering i området.

- ***Med middels verdi og liten negativ virkning, blir det liten negativ konsekvens (-)***

Forhold for tilbakevandring av laks

Endring av ferskvannsutslippet til fjorden kan også få innvirkning for voksen laks som skal tilbake til Tysseelva for å gyte. Laksesmoltene har på sin vei ut fjorden lært seg både at det fins en brakkvannsstrøm ut fjorden, og benytter seg av ”lukten” av denne på sin vei tilbake. Da er det viktig at det er samsvar med det den opplevde på vei ut og det den finner på vei tilbake. Når laksen nærmer seg elveosen, holder den seg i dette overflatelaget og hver laks som kommer inn i Samnangerfjordens indre basseng, treffer i dag på den utgående overflatestrømmen fra Tysseelva. Siden laksen kommer tilbake til vassdraget på sommeren, mens det etter en eventuell utbygging fremdeles vil være en betydelig naturlig vannføring i Tysseelva, vil sannsynligheten for å gå ”feil” være liten ved et dykket utslipp fra Aldal kraftverk. Utslippet av ferskvannet fra kraftverket vil da være blandet med sjøvann, slik at dette i liten grad vil trekke til seg fisk som ellers skulle gått til Tysseelva.

- ***Med middels til stor verdi for laks og ingen virkning, blir det ubetydelig konsekvens (0)***
- ***For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 1***

MARINE RESSURSER

Havbruk

Det er ingen akvakulturlokaliteter i indre basseng av Samnangerfjorden, og selv om isleggingen av fjorden vil kunne bli redusert, vil nok ikke dette få noen betydning for den nærmeste lokaliteten, som i liten grad har problemer i dag siden isen går ut på motsatt siden av fjorden.

- *Med liten lokal verdi og ingen virkning, blir det ubetydelig konsekvens (0)*
- *For både anleggsfasen og driftsfasen ved alternativ 1*

Fiskeriinteresser

Det er alt i alt små fiskeriinteresser i Samnangerfjorden. Aldalsbukten er imidlertid avsatt som kaste- og låssettingsplass, og en betydelig økning i vannstrøm i området vil kunne vanskeliggjøre slik aktivitet akkurat her. Det er uvisst hvor viktig denne låssettingsplassen er, og det er ikke observert steng her i løpet av de befaringer eller passeringer som er gjort i dette området de siste årene.

- *Med middels til liten verdi og liten negativ virkning, blir det liten negativ konsekvens (-)*
- *For driftsfasen ved alternativ 1*
- *Og ubetydelig konsekvens(0) for anleggsfasen*

SAMLET KONSEKVENSVURDERING ALDAL KRAFTVERK

Tabell 14. Samlet vurdering av verdi, virkninger og konsekvenser for marine forhold ved etablering av Aldal kraftverk med Frøland småkraftverk, skilt mellom anleggsfasen og driftsfasen.

Aldal kraftverk	Verdi			Virkning (omfang)			Konsekvens
	Liten	Middels	Stor	Stor negativ	Liten / ingen	Stor positiv	
Naturtyper	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Ubetydelig (0)
	▲			----- ----- -----			Liten negativ (-)
Flora og fauna	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)
	▲			----- ----- -----			Liten negativ (-)
Viktige områder	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)
	▲			----- ----- -----			Ubetydelig (0)
Rødlistearter	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Ubetydelig (0)
	▲			----- ----- -----			Liten negativ (-)
Havbruk	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Ubetydelig (0)
	▲			----- ----- -----			Ubetydelig (0)
Fiskeområder	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)
	▲			----- ----- -----			Ubetydelig (0)
Fiskeri	----- -----			----- ----- -----	▲	-----	Liten negativ (-)
	▲			----- ----- -----			Liten negativ (-)

VIRKNING OG KONSEKVENNS AV NYTT FRØLAND KRAFTVERK

For det marine miljøet og interessene knyttet til forhold i Samnangerfjorden, vil nytt Frøland kraftverk ikke skille seg vesentlig fra 0-alternativet, og samtidig være så godt som sammenfallende med dagens drift ved Frøland kraftverk. En noe større slukevne vil medføre større kontroll over vannføringen i Storelva.

- *Med middels til liten verdi for marint biologisk mangfold,*
- *og litt under middels verdi for havbruks- og fiskeriinteresser,*
- *vil det med ingen virkning være ubetydelig konsekvens (0) for begge fagtema*
- *Både for anleggsfasen og særlig for driftsfasen*

AVBØTENDE TILTAK

MILJØHENSYN OG MILJØTILTAK

Når en eventuell konsesjon gis for utbygging av et kraftverk, skjer dette etter en forutgående behandling der prosjektets positive og negative konsekvenser for allmenne og private interesser, blir vurdert opp mot hverandre. En konsesjonær er underlagt forvalteransvar og aktsomhetsplikt i henhold til Vannressursloven § 5, der det fremgår at vassdragstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til minst mulig skade og ulempe for allmenne og private interesser. Vassdragstiltak skal fylle alle krav som med rimelighet kan stilles til sikring mot fare for mennesker, miljø og eiendom. Før endelig byggestart av et anlegg kan iverksettes, må tiltaket få godkjent detaljerte planer som bl.a. skal omfatte arealbruk, landskapsmessig utforming, biotopiltak i vassdrag, avbøtende tiltak og opprydding/istandsetting.

Nedenfor beskrives anbefalte tiltak som har som formål å minimere de eventuelle negative konsekvensene og virke avbøtende med hensyn på marine forhold ved en utbygging av Aldal kraftverk. For nytt Frøland kraftverk (alternativ 2) eller rehabilitering av eksisterende Frøland kraftverk (alternativ 3 = 0-alternativet), blir det ingen særlige virkninger for marine forhold, og derfor heller ikke behov for avbøtende tiltak

GRUNNSET MULIG UTSLIPP

Den klart største virkningen av Aldal kraftverk er det planlagt dykkete utslippet til Samnangerfjorden. Dette vil endre sjiktningsforholdene i fjorden, og bidra til en gjødsling av overflatelaget ved oppwelling av næringsrikere dypvann. For å begrense endringene i naturmiljøet i samnangerfjorden, vil et grunnest mulig utslipp være å foretrekke.

BEGRENSE UNDERVANNSSPRENGNINGER

Ved etablering av utslippstunnel fra Aldal kraftverk, bør undervasssprengingar gjennomførast med omtanke ved at ein avgrensar ladningar og syter for at det ikkje skjer i gyteperioden til fisken om vinteren.

SILTGARDIN I ALDALSBUKTEN

Det bør etableres beredskap for utlegging av siltgardin i Aldalsbukten utenfor munningen av Aldalselven, dersom det skulle skje tilførsler til denne elven fra arbeidet i Aldal.

HENSYN TIL FISKERIER

Ved gjennomføring av undervannssprengninger, bør kontakt med fiskeriinteressene være opprettet slik at gjensidig orientering om planer kan samordne aktiviteter for å hindre skadevirkninger på fisk i steng eller fiskerier generelt.

OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER

Behov for og eventuelt innhald i vidare undersøkelser sakal skisseres på tre ulike nivå:

- 1) Behov for ytterligere informasjon i forbindelse med selve KU-arbeidet
- 2) Behov for overvåking i forbindelse med anleggsarbeidet og bygging av kraftverkene
- 3) Behov for vidare overvåking av mulige virkninger etter igangsetting av kraftverkene

Samnangerfjorden er undersøkt i forbindelse med utarbeidelsen av denne rapporten, og det ansees ikke å være nødvendig med ytterligere undersøkelser for å kunne ta stilling til søknaden.

Ved bygging av Aldal kraftverk, må ein sørge for eit overvåkingsprogram av næringsstoff, algemengde og sjiktningstilhøve i Samnangerfjorden, som omfattar både anleggs- og driftsfasen ved kraftverket.

REFERANSELISTE

- AURE, J. 1981.
Akvakultur i Hordaland. Kartlegging av høvelige lokaliteter for fiskeoppdrett.
Fisken og Havet, Serie B, 1981 nr 3, 128 sider.
- AURE, J., Ø. STRAND & A. SKAAR 2001.
Framtidige muligheter for havbruk i Lysefjorden.
Fisken og havet Nr 9-2001, 30 sider
- BERG, E. 2007.
Norsk kysttorsk.
Kapittel 2.2 i "Kyst og Havbruk 2007", side 81 – 83, www.imr.no
- DN 2007a.
Kartlegging av naturtyper. Verdssetting av biologisk mangfold.
Direktoratet for naturforvaltning, handbok 13, 2. utg. <http://www.dirnat.no>
- DN 2007b.
Kartlegging av marint biologisk mangfold.
Direktoratet for naturforvaltning, handbok 19 revidert 2007, 51 sider.
- FREMSTAD, E. & A. MOEN 2001.
Truete vegetasjonstyper i Norge.
Rapport botanisk serie 2001-4, s.231.
- FRICK, W.E., ROBERTS, P.J.W., DAVIS, L.R., KEYES, J, BAUMGARTNER, D.J. AND GEORGE, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes).
Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia.
- GOLMEN, L. G. & E. NYGAARD 1997.
Strømførhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø.
NIVA-rapport 3709, 58 sider, ISBN 82-577-3275-3
- GOLMEN, L. G. & A. SUNDFJORD 1999.
Strøm på havbrukslokaliteter.
NIVA-rapport 4133, 33 sider, ISBN 82-577-3743-7
- HELLEN, B.A., K. URDAL & G.H. JOHNSEN 2002.
Utslipp av borevann i Biskopsvatnet; effekter på fisk, bunndyr og vannkvalitet.
Rådgivende Biologer AS rapport 587, 8 sider.
- HESEN, D., V. BJERKNES, T. BÆKKEN & K.J. AANES. 1989.
Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr.
NIVA – rapport 2226, 36 s
- JOHNSEN, G.H., B. TVERANGER & M. EILERTSEN 2008.
Utvidelse av Eidane Smolt AS, Forsand kommune.
Konsekvensutredning for økologisk status i Lysefjorden.
Rådgivende Biologer AS, rapport 1073, 54 sider. ISBN 978-82-7658-590-2
- KÅLÅS, J.A., VIKEN, Å. OG BAKKEN, T (red) 2006.
Norsk Rødliste 2006 – 2006 Norwegian Red List.
Artsdatabanken, Norway.

NORSK STANDARD NS-EN ISO 19493:2007

Vannundersøkelse - Veiledning for marinbiologisk undersøkelse av litoral og sublitoral hard bunn
Standard Norge, 21 sider

RUENESS, J., 2005.

Alger i Farger - En felthåndbok om kystens makroalger. 2. utg.
Almater Forlag, Oslo. 139s.

STATENS VEGVESEN 2006. Konsekvensanalyser – veiledning. Handbok 140, 3. utg.

STATENS KARTVERK SJØ 2009. Tidevannstabeller for den norske kyst. 72. årgang.

URDAL, K. 2001.

Ungfisk og vasskvalitet i Urdalselva i 2001.
Rådgivende Biologer AS, rapport 519, ISBN 82-7658-351-2, 8 sider.

YLVERTON, J.T., D.R. RICHMOND, W. HICKS, K. SAUNDERS & E.R. FLETCHER 1975.

The relationship between fish size and their response to underwater blast. Lovelace
Foundation for Medical Education and Research, Albuquerque. Report DNA 3677T, 39 pp.

NETTSTEDER

Fiskermantallet og fartøyregisteret www.fiskeridir.no

Marinbiologiske verdier, oppdrettslokaliteter og fiskeriinteresser <http://kart.fiskeridir.no/adaptive/>

KONTAKTPERSONER

Johannes Røttingen, leiar i Midthordland Fiskarlag, rottingenhavfiske@gmail.com

KU-RAPPORTER FOR UTBYGGINGEN I SAMNANGER

Landskap og inngrepsfrie områder

Hestvedt, M.S. 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for landskap og inngrepsfrie områder

Multiconsult AS.

Friluftsliv og turisme

Osen, R.. 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for friluftsliv og turisme

Multiconsult AS.

Samfunnsmessige forhold

Bakken, L. 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for samfunnsmessige forhold

Multiconsult AS.

Naturmiljø og biologiske forhold

Eilertsen, L., K. Mork, P.G. Ihlen & G. H. Johnsen 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for naturmiljø, biologisk mangfold og naturverninteresser

Rådgivende Biologer AS & Multiconsult AS.

Fisk og ferskvannsbiologi

Hellen, B.A. & G.H. Johnsen 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for fisk og ferskvannsbiologi

Rådgivende Biologer AS.

Marine forhold

Johnsen, G.H., B. Tveranger, A.H. Staveland, M. Eilertsen & E. Brekke 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for marine forhold

Rådgivende Biologer AS.

Naturressursar

Johnsen, G.H. & L. Eilertsen. 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for naturressurser

Rådgivende Biologer AS.

Kulturminner og kulturmiljø

Engedal, O.D. 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutredning for kulturminner og kulturmiljø.

Asplan Viak AS.

Hydrologi

Kirkhorn, T og Andersen, L. 2010.

Utbygging i Samnangervassdraget og Aldalselv, Samnanger kommune, Hordaland fylke.

Konsekvensutgreiing hydrologi

BKK Produksjon AS.

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Oversikt over makroalger og makrofauna (>1 mm) funnet ved **litoral og sublitoral undersøkelse** på st. 1 i Aldal den 10. juni 2010. Prøvetakingen dekker generelt et samlet bunnareal på 8 m² i litoralsonen. Prøvetaking og artsbestemmelse er utført av M.Sc Mette Eilertsen .

+ Arter som ble identifisert i ettertid eller kun registrert som til stede i felt.

Taxa St. 1 Aldalen	Litoralt	Sublitoralt
<i>Verrucaria maura</i> (lav)	+	
CHLOROPHYTA - grønnalger		
<i>Blidingia marginata</i>	1	
<i>Ulva intestinalis</i>	1	
<i>Ulva</i> sp.		1
<i>Cladophora rupestris</i>	3	3
<i>Cladophora sericea</i>		+
<i>Cladophora</i> sp.		3
<i>Rhizoclonium riparium</i>		+
RHODOPHYTA – raudalger		
<i>Hildenbrandia rubra</i>	3	2
<i>Chondrus crispus</i>		2
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>		+
<i>Ceramium cimbricum</i>		+
<i>Ceramium diaphanum</i>		+
<i>Polyides rotundus</i>		2
<i>Lithothamnion</i> cf. <i>glaciale</i>		3
<i>Phymatolithon</i> cf. <i>lenormandii</i>	+	3
<i>Polysiphonia stricta</i>		+
<i>Polysiphonia fucoides</i>		1
<i>Gracilaria gracilis</i>		+
<i>Rhodomela confervoides</i>		2
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>		3
<i>Bonnemaisonia</i> cf. <i>asparagoides</i>		+
PHAEOPHYCEAE – brunalger		
<i>Fucus spiralis</i>	1	
<i>Fucus vesiculosus</i>	2	3
<i>Fucus ceranoides</i>	3	
<i>Aschophyllum nodosum</i>	3	3
<i>Fucus serratus</i>		2-3
<i>Saccharina latissima</i>		1-2
<i>Pylaiella littoralis</i>	2	
<i>Pylaiella</i> sp.		3
<i>Ectocarpus</i> sp.		3
<i>Sphacelaria cirrosa</i>		+
<i>Sphacelaria plumosa</i>		1
<i>Stictyosiphon tortilis</i>	+	
<i>Spermatochnus paradoxus</i>		2
FAUNA - dekning		
<i>Membranoptera membranacea</i>		3
<i>Electra pilosa</i>		2
<i>Mytilus edulis</i>	1	1 (juv)
<i>Halicondria panicea</i>		1
<i>Spirorbis spirorbis</i>		2-3
<i>Botryllus</i> sp.		1
<i>Obelia geniculata</i>		1
FAUNA – antall		
<i>Littorina littorea</i>		1
<i>Rissoa parva</i>		+
<i>Bittium reticulatum</i>		+
<i>Carcinus maenas</i>	1	
<i>Asterias rubens</i>		1
Amphipoda indet	+	+

Vedleggstabell 2. Utløpstunnelen sin plassering på alternative dyp og dimensjon, samt anslått middel og maksimum vannføring i tunnelen, og ferskvannets hastighet idet det forlater tunnelåpningen. Grunnlag for modellering.

Tunnel	Dimensjon			Vannføring i tunnel		hastighet i tunnel	
	Utløpsdyp (m)	tunnelåpning	areal i m ²	middel l/s	maks l/s	middel m/s	maks m/s
Aldal	10, 30, 50	5050mm (4x5m)	20,02	20000	35000	1,0	1,75

Vedleggstabell 3. Benyttet sjikttingsprofil tatt i Aldal 17. mars og 19. august 2009. Grunnlag for modellering.

Dyp	Aldal 17. mars 2009			Aldal 19. august 2009		
	temp	salt	tetthet	temp	salt	tetthet
0,4	3,3	3,12	2,48	13,1	3,67	2,21
1	3,3	3,27	2,60	16,6	16,44	11,41
2	3,4	12,92	10,29	17,8	23,06	16,22
3	3,5	27,66	22,01	17,9	23,64	16,64
4	3,5	28,6	22,76	17,9	24,99	17,68
5	3,5	29,22	23,26	17,7	25,6	18,19
6	3,5	29,57	23,55	17,8	26,03	18,49
7	3,4	29,82	23,75	17,5	26,59	18,99
8	3,4	30,03	23,92	17,7	27,04	19,29
9	3,5	30,21	24,07	17,2	27,79	20,00
10	3,5	30,3	24,15	16,7	28,12	20,36
12	3,6	30,55	24,35	15,7	28,67	21,01
14	3,6	30,65	24,43	14,7	29,12	21,56
16	3,7	30,71	24,48	14,3	29,45	21,91
18	3,8	30,82	24,56	13,9	29,63	22,14
20	4,0	30,89	24,61	13,5	29,86	22,40
22	4,5	31,15	24,78	13,3	30,06	22,61
24	5,0	31,41	24,95	13,0	30,19	22,78
26	5,4	31,53	25,00	12,6	30,4	23,02
28	6,0	31,76	25,13	12,2	30,67	23,31
30	6,3	31,95	25,25	11,9	30,85	23,53
35	7,2	32,22	25,37	11,0	31,24	24,00
40	7,8	32,52	25,54	10,1	31,6	24,46
45	8,3	32,79	25,71	9,5	32,08	24,95
50	8,8	33,17	25,95	9,2	32,39	25,26

Vedleggstabell 4. Sammenfatning av resultatene fra de utførte strømmålingene i en vintersituasjon (perioden 17. mars – 16. april 2009) og en sommersituasjon (21. juli – 19. august 2009) i Aldal, med middel og maks registrert strømhastighet, strømmens retning og retningsstabilitet.

Måledyp	Strømhastighet		Strømstabilitet	resultantretning
	middel cm/s	maks cm/s	Neumann-parameter	grader
Aldal 2 m vinter	1,5	13,6	0,136	284
Aldal 15 m vinter	1,1	14,2	0,091	295
Aldal 30 m vinter	1,1	5,2	0,212	218
Aldal 2 m sommer	1,2	15,0	0,175	169
Aldal 15 m sommer	1	2,2	0,101	98
Aldal 30 m sommer	1	3,4	0,237	224

VEDLEGG OM GYTRE STRØMMÅLERE

Strømmåleren som er benyttet (en Gytre måler, SD 6000) har en rotor med en treghet som krever en viss strømfart for at rotoren skal gå rundt. Ved lav strømfart vil Gytre måleren derfor i mange tilfeller vise noe mindre strøm enn det som er reelt, fordi den svakeste strømmen i perioder ikke blir fanget tilstrekkelig opp av måleren. På lokalitetene er en god del av strømmålingene på alle dyp lavere enn 3-4 cm/s, og derfor kan man ikke utelukke at lokalitetene på disse dybdene faktisk er noe mer strømsterke enn målingene viser for de periodene man har målt lav strøm. I de periodene måleren viser tilnærmet strømstille kan strømmen periodevis egentlig være 1 – 2 cm/s sterkere. Målingene på alle dyp er således **minimumsstrøm** all den tid man har indikasjoner på at Gytre strømmålerne måler mindre strøm enn sann strøm ved lav strømhastighet.

Man må i denne sammenhengen gjøre oppmerksom på at strømmålerne brukt på denne lokaliteten registrerer en verdi på 1,0 cm/s når rotoren ikke har gått rundt i løpet av måleintervallet (30 min). Terskelverdien er satt til 1,0 cm/s for å kompensere for at rotoren krever en viss strømfart for å drive den rundt. Ved de tilfellene der måleren viser verdier under 1,0 cm/s, skyldes dette at rotoren ikke har gått rundt i løpet av måleintervallet, men at det likevel har vært nok strøm til at måleren har skiftet retning i løpet av måleintervallet. Strømvektoren for måleintervallet blir da regnet ut til å bli lavere enn 1 cm/s.

En instrumenttest der en Gytre måler (SD 6000) og en Aanderaa måler (RCM7 strømmåler) ble sammenlignet, ble utført av NIVA i 1996. Aanderaa-måleren har en rotor med litt annen design enn SD 6000. Testen viste at RCM 7 strømmåleren ga 19 % høyere middelstrømfart enn Gytre måleren (Golmen & Nygård 1997). På lave strømverdier viste Gytre måleren mellom 1 og 2 cm/s under Aanderaa måleren, dvs at når Gytre måleren viste 1-2 cm/s, så viste Aanderaa måleren 2 – 3 cm/s. Dette kan som nevnt forklares ut fra vannmotstanden i rotorburet til en Gytre måler, samt at det er en viss treghet i en rotor der rotoren må ha en gitt strømstyrke for å gå rundt. Ved lave strømstyrker går større del av energien med til å drive rundt rotoren på en Gytre måler enn på en Aanderaa måler.

Det ble i 1999 utført en ny instrumenttest av samme typer strømmålere som ble testet i 1996 (Golmen & Sundfjord 1999). Testen ble utført på en lokalitet på 3 m dyp i 9 dager i januar 1999. I tillegg til Aanderaa- og SD 6000-målerne stod det en NORTEK 500 kHz ADP (Acoustic Doppler Profiler) strømmåler på bunnen. Denne måler strøm ved at det fra måleren sine hydrofoner blir sendt ut en akustisk lydimpuls med en gitt frekvens (f.eks. 500 kHz) der deler av signalet blir reflektert tilbake til instrumentet av små partikler i vannet. ADP strømmåleren har flere celler/kanaler og kan måle strøm i flere forskjellige dybdesjikt, f.eks. hver meter i en vannøyle på 50 m. Ved å sammenligne strømmålingene på 3 m dyp (Aanderaa- og Gytremåleren) med NORTEK ADP (celle 31, ca 4 m dyp) fant en at NORTEK ADP målte en snittstrøm på 5,1 cm/s, Aanderaa RCM 7 en snittstrøm på 2,7 cm/s, og SD 6000 en snittstrøm på 2,0 cm/s. Man ser at i denne instrumenttesten ligger begge rotormålerne langt under ADP måleren når det gjelder strømstyrke.

Våren 2010 utførte Rådgivende Biologer AS en ny instrumenttest av Nortek ADP måler og Gytre SD-6000 målere i Hervikfjorden i Tysvær i en måned. Gytre målerne hadde en nyere og mer robust type syrefast rotorbur i stål, som på en bedre måte registrerer strømmen ved lav strømfart. Nortek ADP måleren stod på 46 m dyp på samme riggen som Gytre målerne og målte strømmen oppover i vannsøylen. En sammenlignet Nortek målingene med strømmålinger utført med Gytre målerne på 30, 15 og 5 m dyp. Resultatene viste at det var best samsvar mellom de to instrumentene på 30 m dyp, og generelt dårligere samsvar mellom de to instrumentene med økende avstand fra målehodet på Nortek ADP måleren. Målingene viste ellers at det var størst forskjell på strømfarten mellom Gytre og Nortek ved middels lav strømfart (ca 3-4 til 8-9 cm/s), og noe mindre forskjell ved høyere strømfart. Nortek måleren målte ca 1,5 – 2,5 cm/s høyere gjennomsnittlig strømfart enn Gytre måleren ved svak strøm (Gytremålinger på 0 – 3 cm/s), ca 3 – 4,5 cm/s høyere strømfart ved Gytremålinger på ca 3 – 10 cm/s, og 2 – 3,5 cm/s høyere strømfart ved Gytremålinger på ca 11 – 15 cm/s.