

Ny E16 og jernbane Arna - Stanghelle



Sørfjorden og Veafjorden
En hydromorfologisk beskrivelse



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Ny E16 og jernbane Arna – Stanghelle.
Sørfjorden og Veafjorden. En hydromorfologisk beskrivelse.

FORFATTERE:

Geir Helge Johnsen, Thomas Tveit Furset & Bjarte Tveranger

OPPDRAGSGIVER:

Statens Vegvesen Region Vest, Askedalen 4, 6863 Leikanger

OPPDRAGET GITT:

26. august 2016

RAPPORT DATO:

2. mai 2017

RAPPORT NR:

2427

ANTALL SIDER:

24 sider

ISBN NR:

ISBN 978-82-8308-356-9

EMNEORD:

- Sørfjorden
- Vaksdal kommune
- Beskrivelse

- Hydrologi
- Strømforhold
- Vannutskifting

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

Statens Vegvesent Region Vest:

- Rammeavtale 15/208654
- Prosjektnr 305488
- Ansvar 33160
- Bevilgning 0370

Forsidefoto: Sørfjorden med Vaksdal mai 2015. (Foto GHJ)

FORORD

ÅF Engineering og Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Statens Vegvesen, Region Vest, gjennomført en kartlegging av marint biologisk mangfold og sedimentkvalitet i Sørfjorden og Veafjorden i Bergen og Vaksdal kommuner, i forbindelse med planer om deponering av tunnelmasser fra ny E16 og jernbane.

I regi av denne kartleggingen er det utarbeidet detaljerte dybdekart basert på multistråleopplodding utført av Nearshore Survet AS, og det er utarbeidet fire fagrapporter for å beskrive fjordsystemet:

- 1) Fysisk og hydrologisk beskrivelse av Sørfjord-systemet (denne rapporten)
- 2) Beskrivelse av biologisk mangfold og naturressurser
- 3) Sedimentkvalitet med risikovurdering med hensyn på miljøgifter
- 4) Modellering av strøm- og spredningsforhold

Disse fire fagrapportene utgjør grunnlaget for den samlede verdivurdering av de ulike områdene, med påfølgende overordnet prioritering av områder for utfylling/deponering av steinmasser i og ved fjordsystemet. Planprosessen er imidlertid i innledende fase og selve konsekvensutredningen av planene kommer i neste runde. De fire fagrapportene er også utført for å danne et best mulig grunnlag for kommende konsekvensutredning (KU).

Rådgivende Biologer AS takker alle som har bidratt i denne omfattende prosessen, og ÅF Engineering ved Helge Berset og Statens Vegvesen ved Idar Reistad for oppdraget.

Bergen, 2. mai 2017.

INNHold

Forord.....	2
Innhold	2
Sammendrag.....	3
Ny E16 og jernbane Arna – Stanghelle	4
Morfologisk beskrivelse av fjordene.....	6
Dybdeforhold	6
Terskeldyp	7
Vannutskifting.....	9
Ferskvannstilrenning	9
Tidevannsutskifting	10
Fjordens bassengvannsutskifting.....	10
Strømforhold	12
Ytre del	14
Midtre del	16
Indre del.....	18
Sørfjorden ved det dypeste	19
Sjiktning og oksygenforbruk.....	20
Temperaturforhold.....	20
Saltholdighet.....	21
Oksygeninnhold	22
Fjordene og vanndirektivet.....	23
Veafjorden.....	23
Sørfjorden.....	23
Referanser	24

SAMMENDRAG

JOHNSEN, G.H., T.T. FURSET & B. TVERANGER 2017.

Ny E16 og jernbane Arna – Stanghelle.

Sørfjorden og Veafjorden. En hydromorfologisk beskrivelse.

Rådgivende Biologer AS, rapport 2427, 24 sider, ISBN 978-82-8308-356-9.

ÅF Engineering og Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Statens Vegvesen, Region Vest, gjennomført en beskrivelse av Sørfjorden og Veafjorden i Bergen og Vaksdal kommuner, i forbindelse med planer om deponering av tunnelmasser fra ny E16 og jernbane fra Arna til Stanghelle.

Fjordsystemet rundt Osterøy består av **Sørfjorden** på vest- og sørsiden, **Veafjorden** på østsiden og **Osterfjorden** på nordsiden av Osterøy. Sørfjorden er 45,5 km² og går fra Hordvikneset i vest til Vaksdal i øst, mens Veafjorden er 23,5 km² og strekker seg fra Vaksdal i sør til Stamneshella i nord.

Det grunneste partiet i fjordene rundt Osterøy er i Kallestadsundet ved Stamneshella øst for Osterøy, med omtrent 20 m dyp. Veafjorden er 385 m på det dypeste sør for Stanghelle, mens Sørfjorden er 425 m dyp ved Bruvik. Mellom de to ligger en dyp terskel på vel 330. Videre vestover i Sørfjorden er det flere lokale dypbasseng med relativt dype terskler mellom. Sørfjorden og Veafjorden er loddet opp med multistråleekkolodd i forbindelse med dette prosjektet, og det er utarbeidet svært detaljerte dybdekart.

Vannutskifting i disse indre fjordsystemer styres foruten av tidevannet, også av tersklene i de utenforliggende sjøområder, der den dypeste terskelen er avgjørende for dypvannsutskifting og kalles «sadeldypet». For Sørfjorden og Veafjorden er sadeldypet på 120 meter og det ligger i Hjeltefjorden. Alle de øvrige tersklene ved Flatøy mot Radfjorden, ved Herdla i Herdlefjorden og ved Bjørøy i Vatilestraumen mot sør, er vesentlig grunnere.

Til fjordene rundt Osterøy drenerer store vassdrag som Bergsdalsvassdraget, Vossovassdraget, Eksingedalsvassdraget og Modalsvassdraget, og nær en firedel av Hordaland fylke drenerer til Osterfjordsystemet. Gjennomsnittlig ferskvannstilrenning er på vel 400 m³/s, mens noe under halvparten renner til Veafjorden og Sørfjorden. Sesongvariasjon i tilrenning er betydelig, med en klar snøsmeltings-vårflom i mai/juni og vanligvis lavest tilrenning på vinteren.

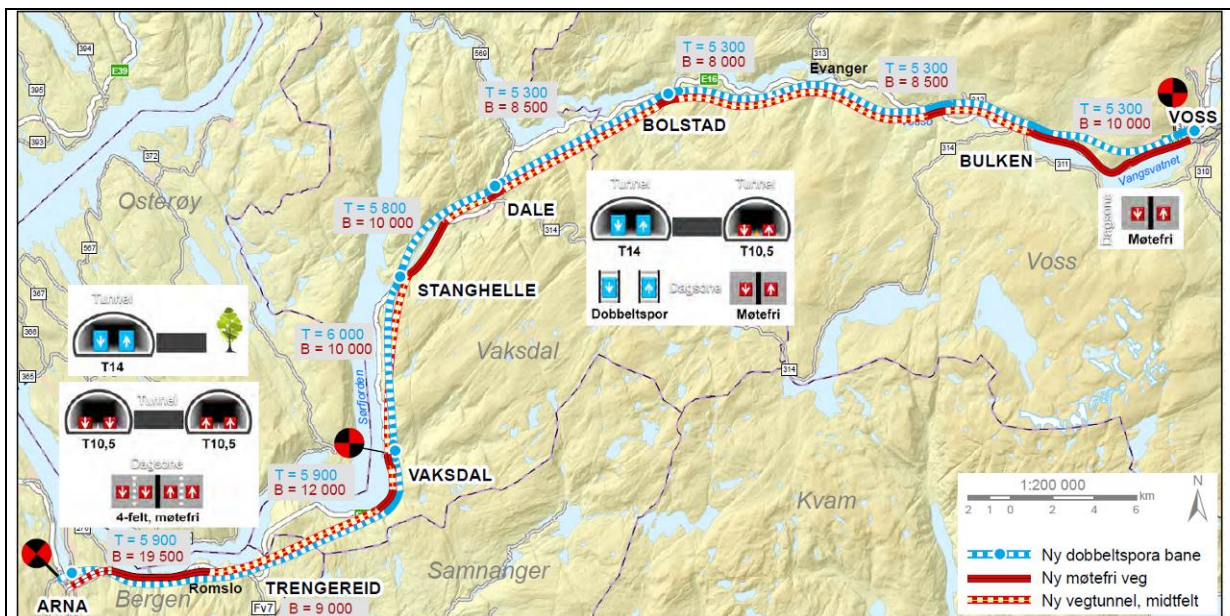
Strømforholdene i fjorden er modellert i en egen rapport, men grunnlagsdata for strømmålinger er presentert i denne rapporten og består av data fra 11 steder fra munningen mot Osterfjorden og inn til Vaksdal. Det er også foretatt nye strømmålinger ved det dypeste i fjorden, helt ned til 270 meters dyp.

Resultater fra hydrografiske profiler ved det dypeste i Sørfjorden fra 29 tidspunkt i perioden fra juli 2014 til november 2016, der det er målt til bunns på vel 400 meter på 11 av tidspunktene, er presentert i denne rapporten. Det er naturlige årsmønstre både i temperatur og saltholdighet, der overflatelaget i stor grad er preget av ferskvannstilrenningen. Oksygenforholdene i dypvannet er også beskrevet, og det har sannsynligvis verken vært noen hel eller delvis dypvannsfornyning i bassengvannet i Sørfjorden de siste 7 årene. Oksygeninnholdet tilsvarer nå omtrent 20 % metning ved det dypeste i fjorden.

Denne fysiske og hydrologiske beskrivelsen av Sørfjorden og Veafjorden utgjør rammen for den utførte kartleggingen av biologisk mangfold i de aktuelle tiltaksområdene, samt for den etablerte modellen for spredningsberegninger ifjordområdene.

NY E16 OG JERNBANE ARNA – STANGHELLE

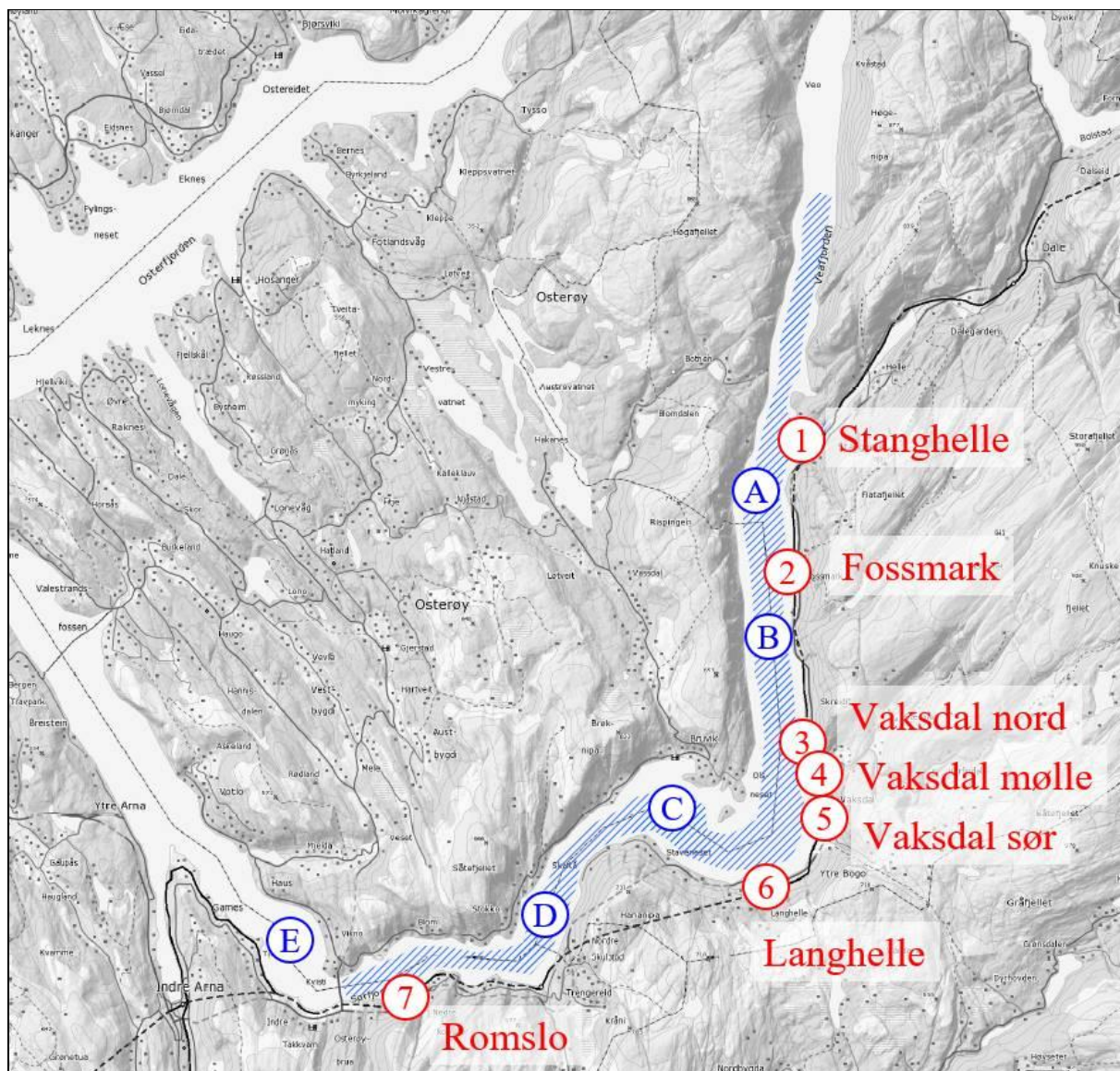
Det skal bygges ny vei og jernbane Arna-Voss. I første omgang skal strekningen Arna-Stanghelle planlegges som statlig reguleringsplan. Vei og jernbane skal følge prinsippet i konsept K5 i vedtatt KVVU Arna-Voss. Dette konseptet går ut på lange tunneler med noen korte dagsoner. Det blir 4-felts vei på strekningen Arna-Romslo og ny 2-felts vei videre til Voss. Jernbanen vil få dobbeltspor, med ettløps tunneler på strekningen Arna-Romslo og dobbelløps tunneler videre til Voss (**figur 1**). Det blir rømmingsforbindelser mellom vei og jernbanetunneler, eller også med tverrslag til friluft. Kjøretid fra Arna til Voss vil bli 46 minutter, og reisetid med tog Arna til Voss blir 24 minutter. Store deler av dagens jernbanetrase vil kunne tilrettelegges til gang- og sykkelvei.



Figur 1. Konsept K5 for ny E16 og jernbane fra Arna til Voss. T= togpassasjerer (døgnsnitt) i 2050, og B = årsdøgntrafikk biler i 2015.

Prosjektet vil generere store mengder overskuddsmasser fra tunnelene, totalt sett opp mot **20 mill. m³ med stein på hele strekningen Arna-Voss**. Det er en stor utfordring å finne god samfunnsmessig utnyttelse av disse massene eller gode steder for deponering. Av den grunn skal det undersøkes om det er teknisk og miljømessig mulig å deponere noe i Sørfjorden og Veafjorden, Utfylling fra land kan være aktuelt noen steder for å vinne nytt byggeland, men også og deponering på det dypeste i fjorden fra lekter er aktuelt.

Denne rapporten beskriver Sørfjorden og Veafjorden med de fysiske og hydrologiske forholdene som grunnlag for vurdering av aktuelle deponerings- og utfyllingsområder på strekningen Arna-Stanghelle (**figur 2**).



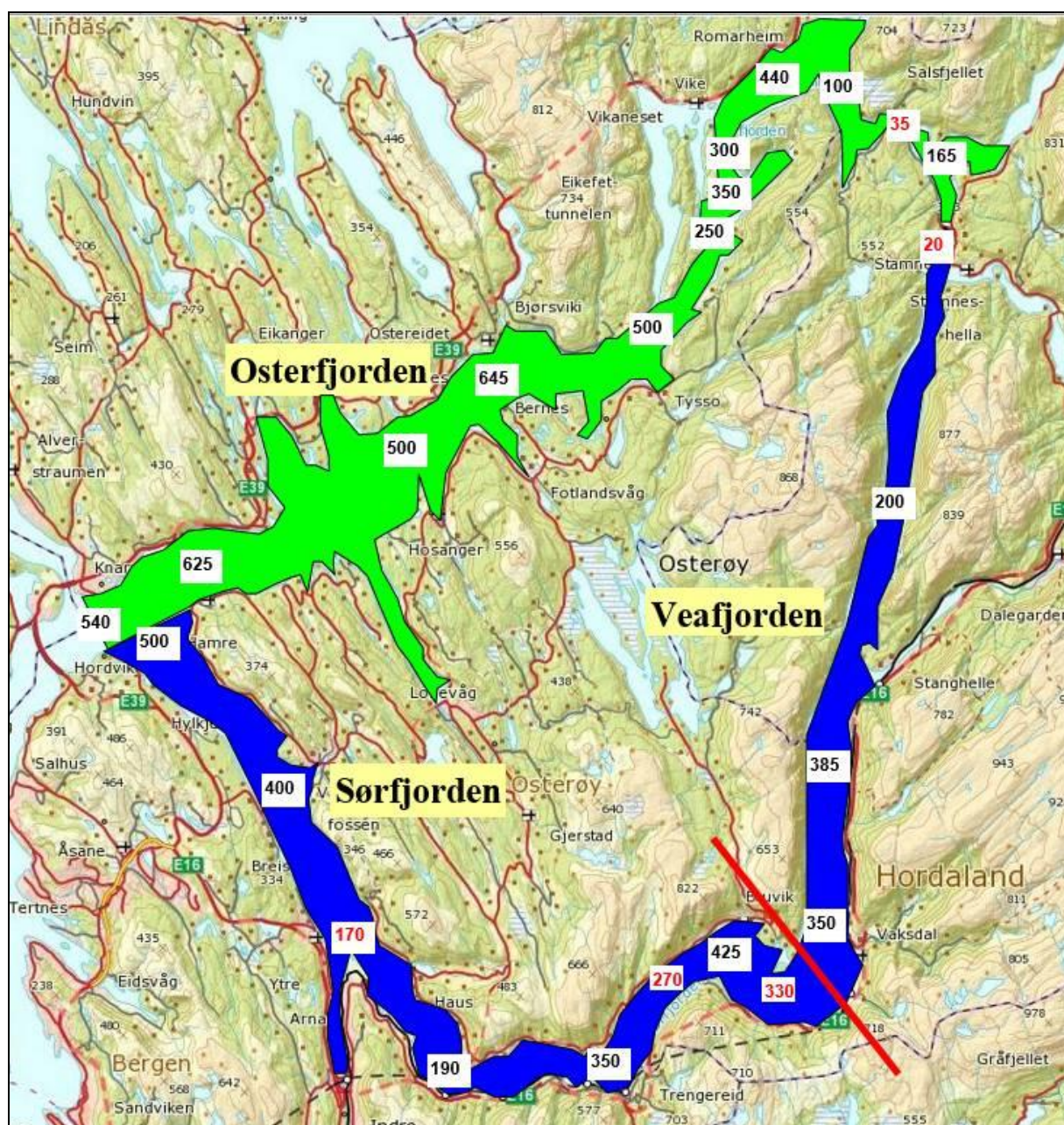
Figur 2. Mulige utfyllingsområder for å vinne nytt land nummerert fra 1 til 7 i rødt (*tabell 1*), og mulig deponeringsområde ute i fjorden skravert med blått og aktuelle dypbassenger er bokstavert fra A til E i blått.

MORFOLOGISK BESKRIVELSE AV FJORDENE

Fjordsystemet rundt Osterøy består av **Sørfjorden** på vest- og sørsiden, **Veafjorden** på østsiden og **Osterfjorden** på nordsiden av Osterøy. Sørfjorden er 45,5 km² og Veafjorden er 23,5 km².

DYBDEFORHOLD

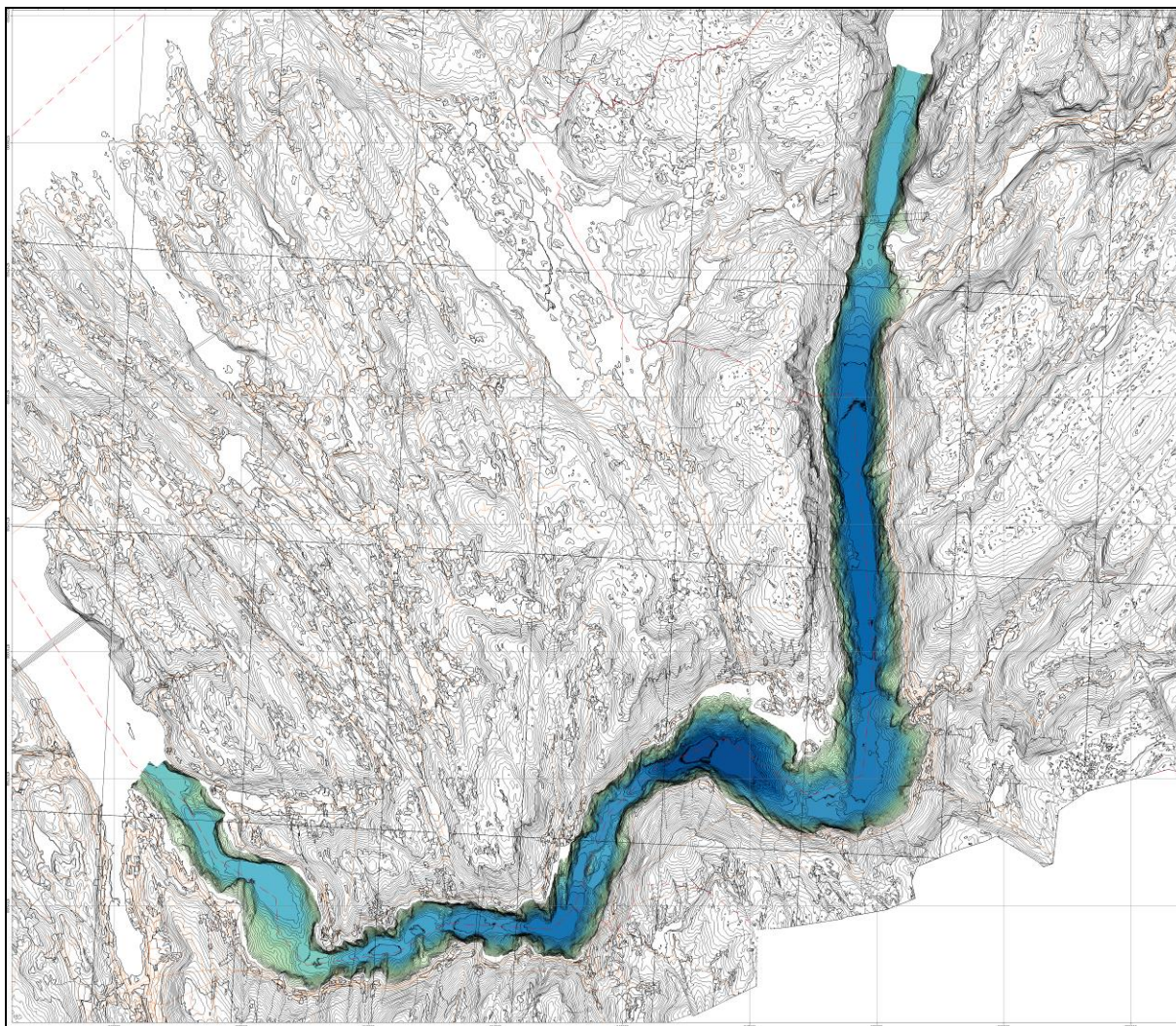
De dypeste områdene rundt Osterøy finner en i Osterfjorden, med over 500 meters dyp. Det grunneste partiet rundt Osterøy er i Kallestadsundet ved Stamneshella øst for Osterøy, med dyp på omtrent 20 m (**figur 3**). Fra Kallestadsundet dybdes Veafjorden mot sør til vel 385 meters dyp sør for Stanghelle og 350 meter ved Vaksdal. Sør for Ulsnesøy er den en dyp terskel på vel 330 meter før det dybdes nedover til det dypeste området i Sørfjorden ved Bruvik på 425 m dyp. Videre vestover er det flere lokale dypbasseng med relativt dype terskler mellom.



Figur 3. Bassengdybder og terskeldybder i Sørfjorden og Veafjorden (blå) og Osterfjorden (grønn) der tall i rødt angir terskler mellom bassengene i fjordsystemene, og øvrige tall angir bassengdyp.

Like før Skaftå er det en dyp terskel på vel 270 meters dyp, og videre utover ligger dybden på 300 – 350 meter ut til Trengereid. Videre mot vest blir det gradvis grunnere til en ny dyp terskel på omtrent 190 m dyp på høyde med Kvisti bro. Det er vel 200 meter dypt nord til Garnes før det grunnes opp til en ny dypterskel på vel 170 m dyp på høyde med Votlo. Herfra dybdes det gradvis nordover til ved 500 meters dyp i overgangen til Osterfjorden og Salhusfjorden ved Hordvikneset (**figur 3**).

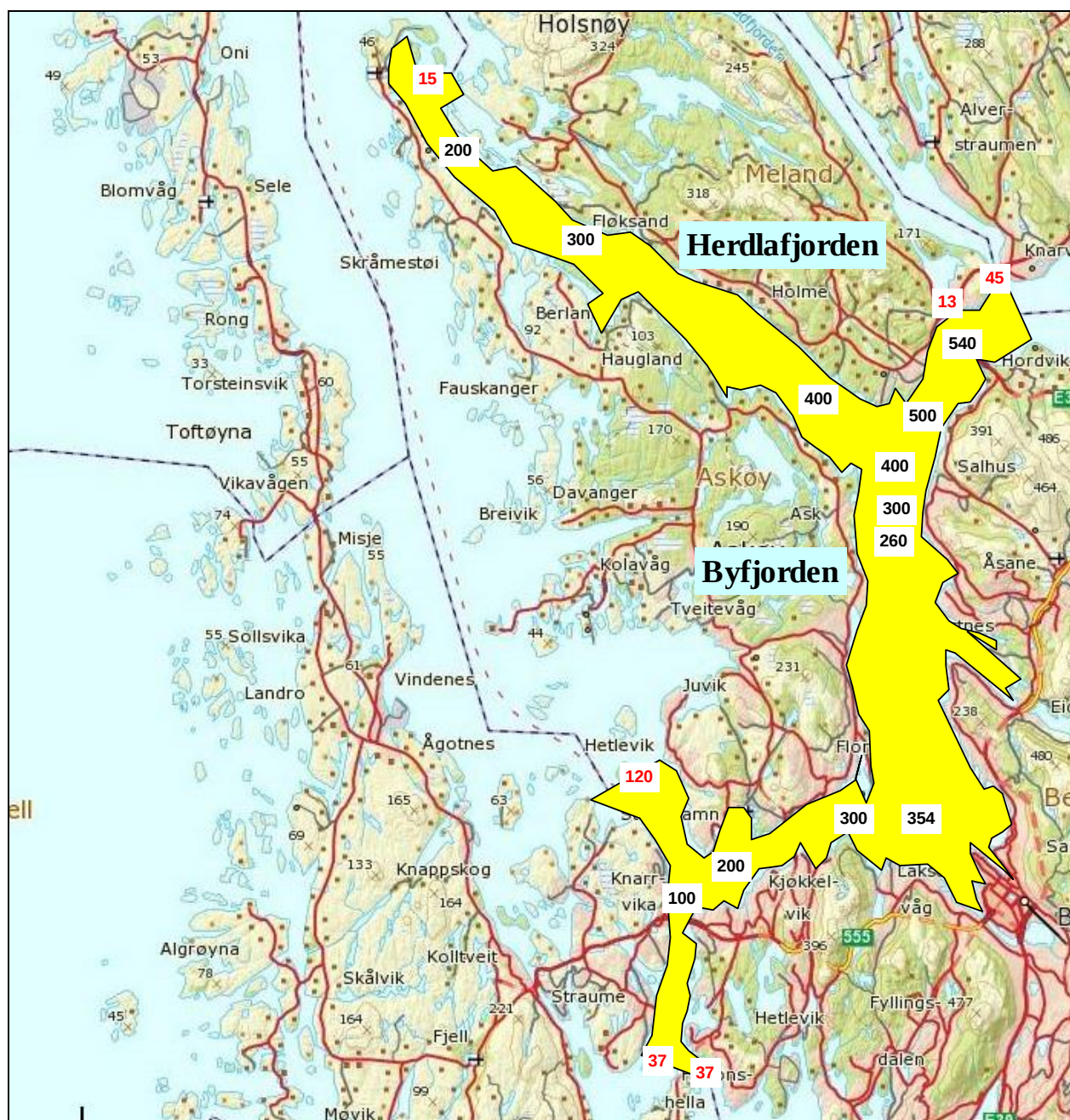
Sørfjorden og Veafjorden er loddet opp med multistråleekkolodd av Nearshore Survey AS i forbindelse med dette prosjektet, og det er utarbeidet svært detaljerte dybdekart, som blir benyttet i beskrivelsen av områdene. Oversiktskart er vist i **figur 4**.



Figur 4. Dybdekart for Sørfjorden og Veafjorden, basert på multistråleopplødding i forbindelse med dette prosjektet, fra Nearshore Survey AS. Kartet har 10-meters koter.

TERSKELDYP

Fjordene rundt Osterøy utgjør den indre delen av fjordene rundt Bergen. Vannutskifting i de indre fjordsystemer styres foruten av tidevannet, også av tersklene i de utenforliggende sjøområder, der de grunneste tersklene hindrer dypvannsutskifting. Det er den dypeste av disse tersklene som er avgjørende for vannutskifting av dypvannet og de hydrologiske sjiktningsforholdene i fjordene innenfor. Denne avgjørende terskelen kalles for «sadeldypet» og er på 120 meter i Hjeltefjorden. Alle de øvrige tersklene ved Flatøy mot Radfjorden, ved Herdla i Herdlefjorden og ved Bjørøy i Vatløstraumen mot sør, er vesentlig grunnere (**figur 4**).



Figur 5. Forenklet «dybdekart» over Herdlafjorden og Byfjorden (gul) der tall i rødt angir terskeldyp til tilstøtende fjorder og strømsund, og øvrige tall angir bassengdyp.

VANNUTSKIFTING

FERSKVANNSTILRENNING

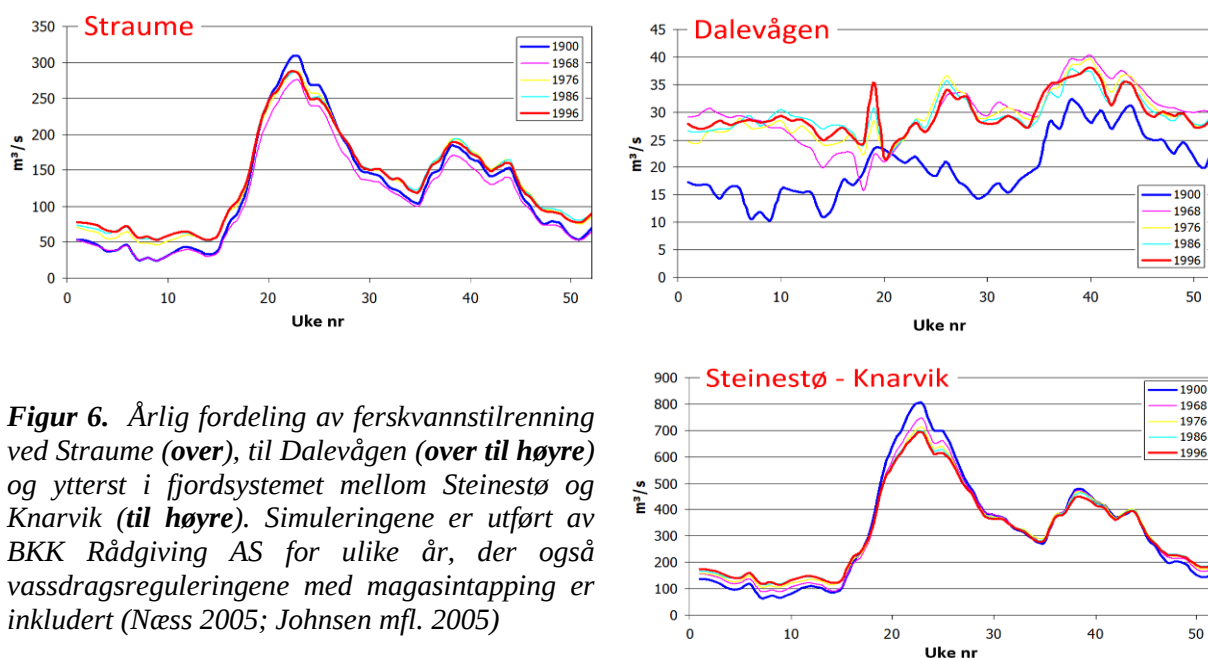
Osterfjordsystemet har et stort nedbørfelt bestående av en rekke vassdragsområder, der Vossovassdraget er det desidert største. Det renner ut i fjordsystemet via Bolstadfjorden og til Straume og Stammeshella, der vannmassene både går nordover til Osterfjorden og sørover til Veafjorden og Sørfjorden, før de uansett ender opp i fjordområdene utenfor Knarvik-Steinestø.

Til fjordene innerst renner også Eksingedalsvassdraget og Modalsvassdraget, men disse renner sannsynligvis i hovedsak ut mot Osterfjorden på nordsiden. Sannsynlig ferskvannstilrenning til hele fjordsystemet er i gjennomsnitt vel 400 m³/s, mens godt under halvparten - anslagsvis 175 m³/s renner til Veafjorden og Sørfjorden. Brakkvannstransporten ut Sørfjorden er i gjennomsnitt beregnet til minst 575 m³/s, basert på en midlere ferskvannstilrenning på 175 m³/s og en tilsvarende innstrømming av sjøvann på 400 m³/s (estuarin sirkulasjon). Brakkvannstykkelsen er da beregnet til 3 meter i gjennomsnitt.

Sesongvariasjon i tilrenning er betydelig, med en klar snøsmeltings-vårflom i mai/juni og minst tilrenning på vinteren. I **figur 6** er det dessuten betydning av de omfattende vassdragsreguleringene til fjordene også modellert.

Tabell 1. Vassdragsområder som drenerer til Osterfjordsystemet, med nedbørfelt og årlig tilrenning (fra www.nve.no).

Vassdragsområde		Nedbørfelt	Årlig tilrenning
060	Osterøy	30 km ²	
061	Bergsdalen til Steinestø	431 km ²	
062	Vossovassdraget	1639 km ²	
Samlet til Sørfjorden / Veafjorden		2.100 km ²	5.520 mill. m ³ /år
060	Osterøy	302 km ²	
063	Eksingedalen	477 km ²	
064	Modal til Knarvik	692 km ²	
Samlet til Osterfjorden på nordsiden		1.471 km ²	3.940mill. m ³ /år
Samlet til hele Osterfjordsystemet		3.571 km ²	10.060 mill. m ³ /år



Figur 6. Årlig fordeling av ferskvannstilrenning ved Straume (over), til Dalevågen (over til høyre) og ytterst i fjordsystemet mellom Steinestø og Knarvik (til høyre). Simuleringene er utført av BKK Rådgiving AS for ulike år, der også vassdragsreguleringene med magasintapping er inkludert (Næss 2005; Johnsen mfl. 2005)

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 Sørkjordens vedkommende vil det også være preget av forholdene i de utenforliggende sjøområdene i Salhus- og Byfjorden. 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.

Sørkjorden og Veafjorden er 52 km lang fra Steinestø til Stamneshella, og med en midlere fjordbredde på omtrent 1,3 km, får fjordene et samlet overflateareal på 69 km². Tidevannsforskjellen ved Stamneshella og Knarvik, henholdsvis inne og ute i fjorden, tar begge utgangspunkt i Standardhavn Bergen, og har nesten samme korreksjonsfaktor på hhv. 1,02 og 1,01. Forskjell mellom middel høyvann og middel lavvann er da 90 cm (**tabell 2**), noe som gir en tidevannsmengde på 62 mill. m³, som skiftes ut to ganger i døgnet. Dette inngår da delvis i det netto utstrømmende brakkvannslaget i fjorden, der ferskvannstilførslene utover fjorden blandes med de underliggende vannmasser.

Tabell 2. Tidevannsforskjeller ved Stamneshella, hentet fra Tidevannstabeller for den norske kyst 2017, korrigert fra nærmeste standardhavn Bergen.

Standardhavn: Bergen		Sekundærhavn: Stamneshella	Høydekorreksjon: 1,02
Høyvann:	240 cm	Høyeste observerte vannstand (27/2-90)	245 cm
	239 cm	Høyvann med 1000 års gjentakintervall	244 cm
	232 cm	Høyvann med 200 års gjentakintervall	237 cm
	228 cm	Høyvann med 20 års gjentakintervall	233 cm
	210 cm	Høyvann med 5 års gjentakintervall	214 cm
	180 cm	Høyeste astronomiske tidevann (HAT)	184 cm
	152 cm	Middel spring høyvann (MHWS)	155 cm
	136 cm	Middel høyvann (MHW)	139 cm
	119 cm	Middel nipp hlyvann (MHWN)	121 cm
	91 cm	Middelvann (MSL) (1996-2014)	93 cm
Lavvann:	62 cm	Middel nipp lavvann (MLWN)	63 cm
	46 cm	Middel lavvann (MLW)	47 cm
	29 cm	Middel spring lavvann (MLWS)	30 cm
	0 cm	Laveste astronomiske tidevann (LAT)	0 cm
	- 42 cm	Laveste observerte vanntand (18/3-80)	-43 cm

FJORDENS BASSENGVANNSUTSKIFTING

Fjordene rundt og Osterøy er spesielle i den forstand at vannutskiftingen ikke skjer gjennom ett felles terskelutløp, men foregår over seks forskjellige terskler, der den dypeste er rundt 120 meter og ligger langt ute mot vest. Med et «sadeldyp» på 120 meter vil utskifting av eventuelt stagnerende dypvann under dette nivået i fjordene innenfor avhenger av når og om det vannet som kommer inn over terskelen er så tungt at det kan erstatte det innenfor liggende bassengvannet.

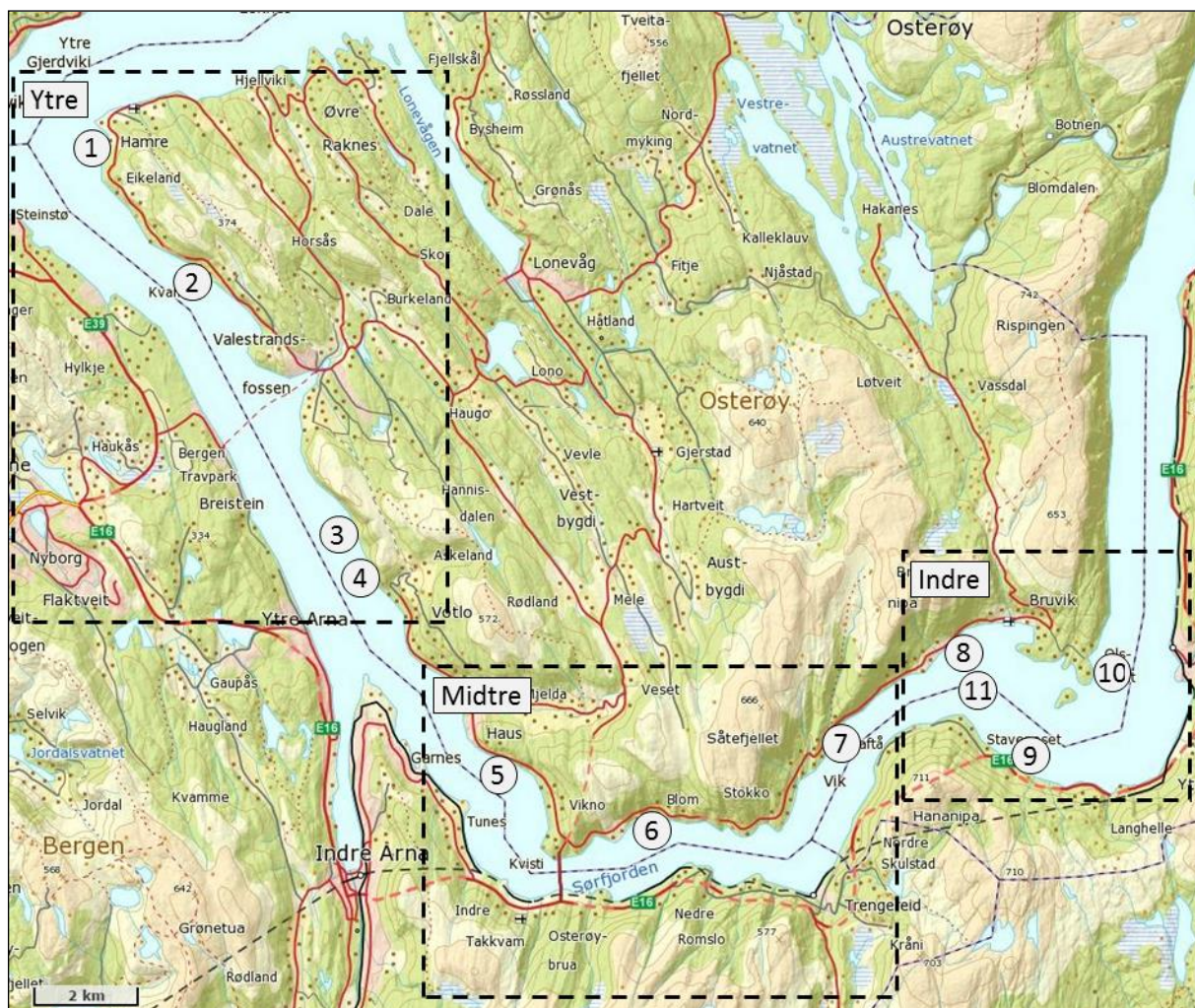
I det stabile bassengvannet under «sadeldypet» på 120 meter i Sørkjorden, er tettheten vanligvis større enn i vannsøylen over, og her skjer to viktige prosesser. For det første blir oksygenet i vannmassene jevnt og trutt forbrukt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av tilført organisk materiale. Dessuten skjer det en gradvis tetthetsreduksjon i dypvannet ved turbulenser og påvirkning fra de ovenforliggende og lettere vannmassene.

Utskifting av bassengvannet kan skje vinterstid dersom tyngre og saltere vannmasser velter inn over sadelen ytterst i fjorden og fortrenger de innenfor liggende og stagnerende dypvannsmassene. Dette skjer i perioder når tyngre og saltere vannmasser kommer nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, i perioder når ferskvasstilstrømmingen til kystområdene er liten. Dette tyngre vannet kan bidra til delvis eller fullstendig utskifting av bassengvannet når det strømmer inn over terskelen. Frekvensen av slike utskiftinger avhenger i stor grad av hvor dyp terskelen er, jo grunnere terskel, desto sjeldnere skjer dette. Dessuten er det avhengig av værforhold som bidrar til at den mindre salte kyststrømmen langs kysten blir «grunn», slik at det tyngre Atlanterhavsvannet når høyere opp. Dette skjer typisk i perioder på vinteren med lite ferskvannstilrenning og med stabilt nordavindsvær.

I slike innestengte bassengvann, som altså finnes naturlig i alle fjorder under terskelnivået, vil balansen mellom nedbryting og utskiftingsforholdene avgjøre miljøtilstanden. Dersom oksygenforbruket er stort grunnet store tilførsler, blir oksygenet brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom bassengvannutskiftingene. Da kan 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.

STRØMFORHOLD

Det er utført strømmålinger flere steder i Sør fjorden. Rådgivende Biologer AS besitter data fra 11 slike målinger som strekker seg fra munningen ut mot Osterfjorden og inn til Olsneset (**figur 7**). De fleste målingene er utført i forbindelse med oppdrettslokaliteter som ligger langs land mot Osterøy, og posisjonene er relativt jevnt spredd.



Figur 7. Oversiktskart over strømmålinger gjort rundt sørsiden av Osterøy. Posisjoner for strømmålinger er markert med nummererte sirkler (1 – 11), og stiplede rektangel viser kartutsnitt som blir presentert senere i rapporten.

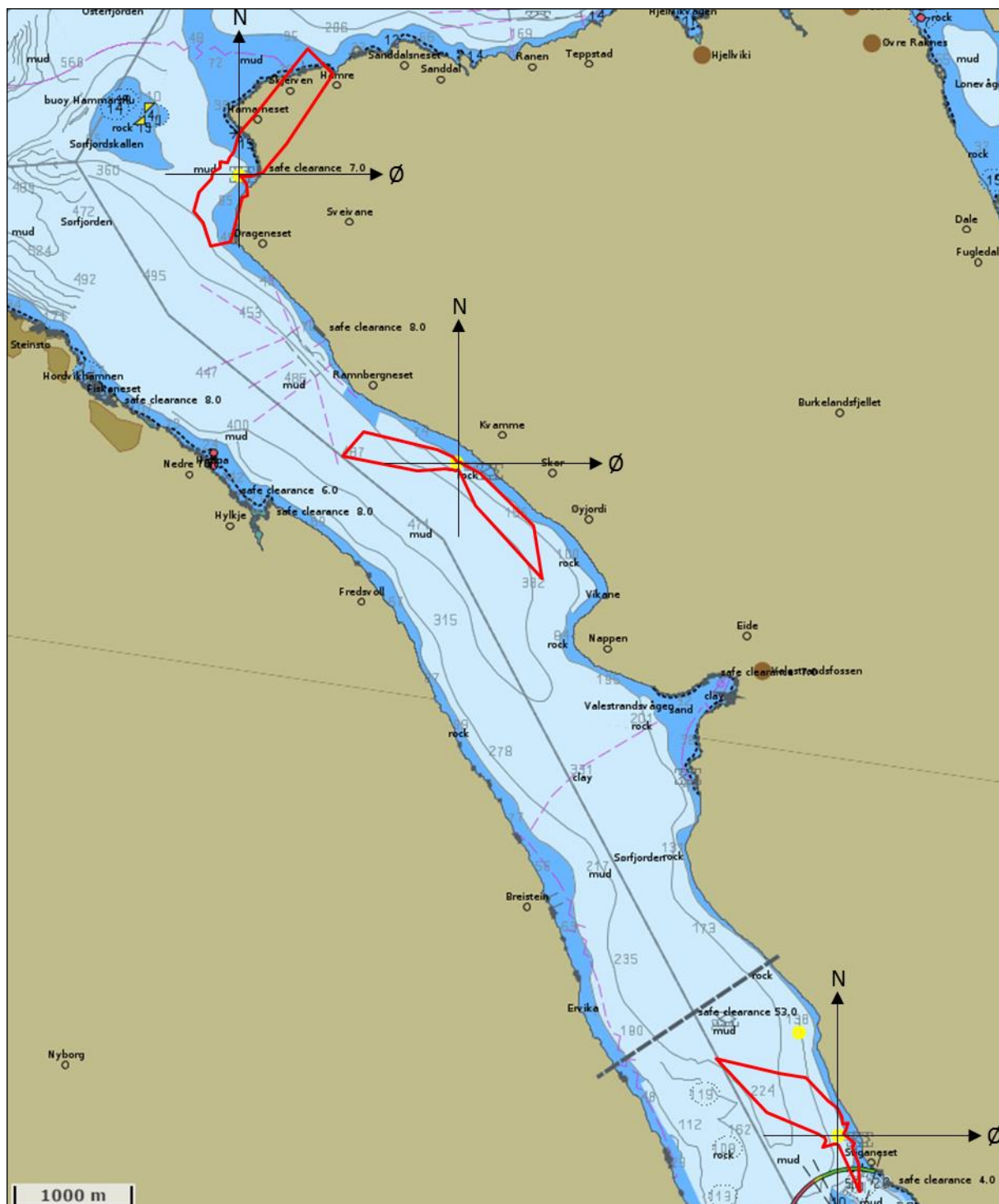
Strømmålingene i fjordsystemet er gjort på ulike dyp, ettersom krav til strømmålinger ved oppdrettslokaliteter har endret seg mye siden de første målingene ble utført, men jevnt over er det en bra inndekking av strømforholdene i vannsøylen ned mot 100 m dyp (**tabell 3**). Målinger gjort grunnere enn 10 m dyp er definert som overflatestrøm. Periodene strømmålingene er utført i strekker seg gjennom hele året, fra januar til ut november, og her må endringer i vannets fysiske egenskaper gjennom sesongen tas med i vurdering av de enkelte målingene. Det er og noe variasjon i utstyret som er brukt. De fleste målingene er gjort med mekaniske rotormålere av typen SD 6000, men det er og brukt akustiske doppler målere, og da både profilerende målere og punktmålere. Erfaringsmessig kan mekaniske målere vise noe svakere strøm enn doppler målere, samt at strømretningen kan være noe mindre nøyaktig.

Tabell 3. Spesifikasjoner for de ulike strømmålingsperiodene. Nummerering av posisjoner er i henhold til figur 7.

Nr	Sted	Posisjon (WGS 84)	Utstyr	Periode	Måledyp
1	Hamre	N 60° 32,215' Ø 5° 20,536'	SD 6000	13.06 – 13.07.2001	5 m 50 m 100 m
2	Kvamme	N 60° 31,074' Ø 5° 22,898'	SD 6000	13.06 – 13.07.2001	5 m 50 m 100 m
3	Litletveitholane	N 60° 28,745' Ø 5° 26,769'	SD 6000	09.04 – 09.05.2013	80 m 130 m
4	Grønebrekkane	N 60° 28,309' Ø 5° 27,262'	SD 6000	10.10 – 03.11.2012	5 m 15 m
5	Vikna	N 60° 26,478' Ø 5° 30,598'	Doppler profilmåler	28.06 – 01.09.2011	4 – 31 m
6	Blom	N 60° 26,228' Ø 5° 33,877'	SD 6000	18.10 – 20.11.2002	8 m 50 m 100 m
7	Skaftå	N 60° 27,267' Ø 5° 37,448'	SD 6000	03.03 – 03.04.2000	8 m 38 m 70 m
8	Bruvik	N 60° 28,420' Ø 5° 39,680'	SD 6000	17.01 – 18.02.2000	10 m 50 m 100 m
9	Sandvik	N 60° 27,340' Ø 5° 41,330'	SD 6000	22.06 – 09.08. 2001	9 m 50 m 100 m
10	Olsnestangen	N 60° 28,384' Ø 5° 42,655'	SD 6000	31.01 – 03.03.2000	8 m 38 m 70 m
11	Sørfjorden innerst	N 60° 28,073' Ø 5° 40,083'	SD 6000, Doppler profilmåler, Doppler punktmåler	4.11 – 28.11.2016	2 m 4 – 36 m 45 m 80 m 270 m

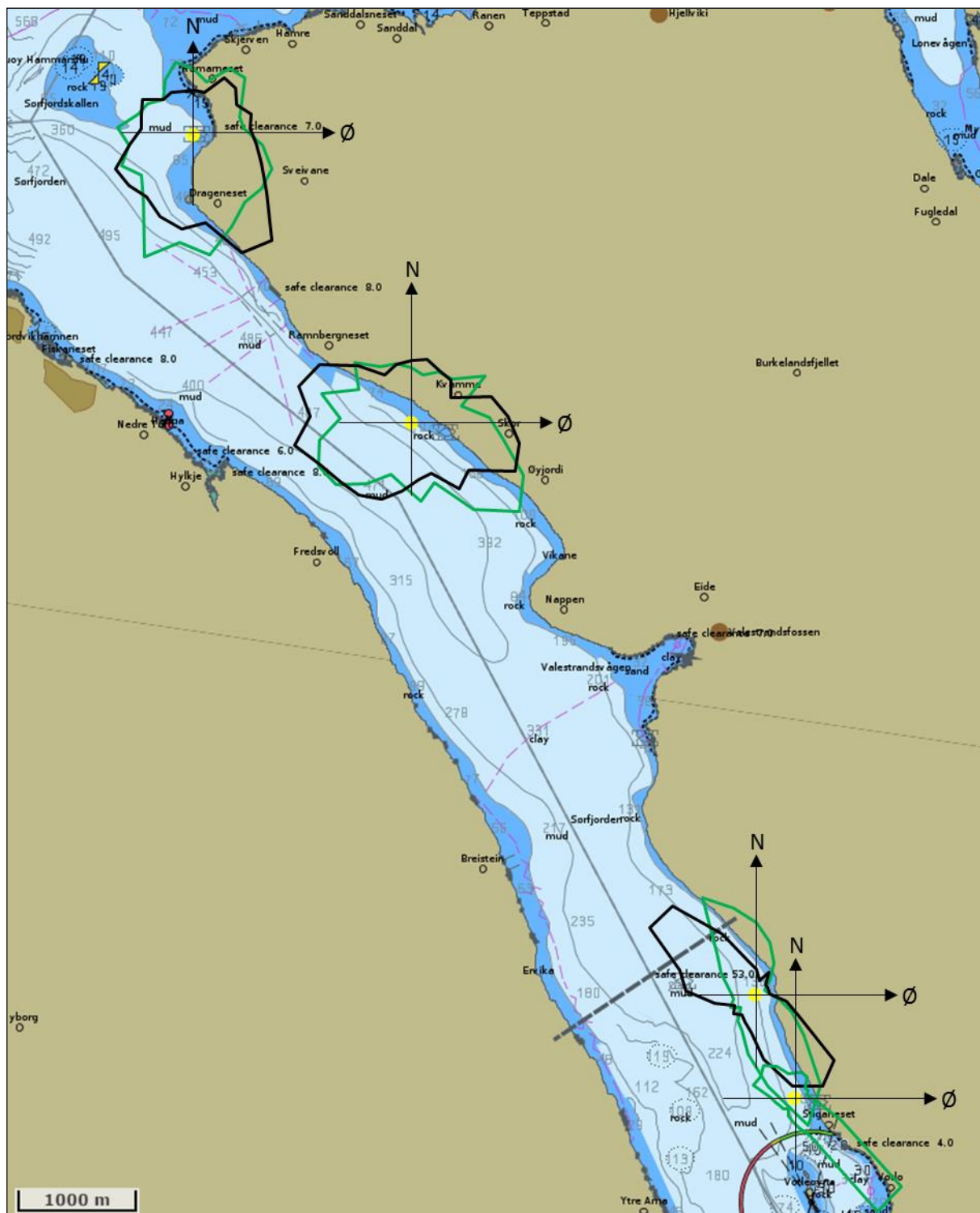
YTRE DEL

I ytre del av Sørfjorden er det målt strøm på tre steder. Strømmålingene viser at overflatestrømmen i all hovedsak gikk i fjorden sin lengderetning, langs land (**figur 8**). På Hamre var det en overvekt av vanntransport mot nordnordøst på 5 m dyp, noe som i denne posisjonen innebærer utover fjordsystemet, men her var og en nokså høy andel vanntransport i motsatt retning innover fjorden. I denne posisjonen er det og sannsynlig at strømbildet også er påvirket av strømforholdene i Salhusfjorden og Osterfjorden, noe som kan ha bidratt til en overvekt av strøm mot nordlige retninger. På Kvamme var det nokså lik andel vanntransport inn- og utover fjorden på 5 m dyp, mens overflatestrømmen på Grønebrekkane hadde en relativt ensrettet retning utover fjorden.



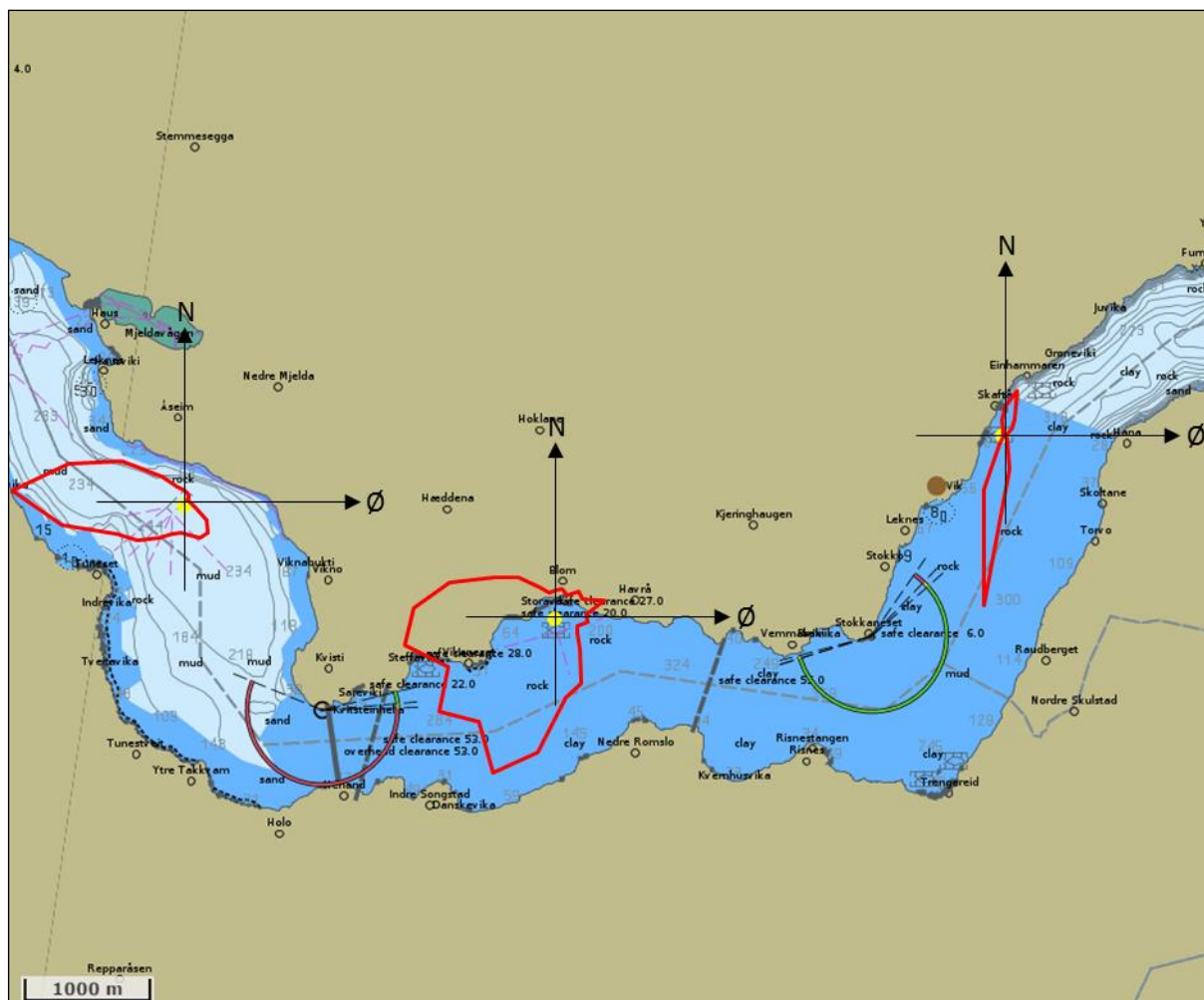
Figur 8. Overflatestrøm på tre lokaliteter i ytre del av Sørfjorden, jf. figur 7 og tabell 3.

I dypere vannlag var strømbildet noe annerledes. På Hamre gikk det mest strøm innover fjorden på 50 og 100 m dyp, mens det gikk strøm både inn og utover fjorden på samme dyp på Kvamme. Vanntransporten på 80 og 130 m dyp på Litletveitholane viste nokså lik fordeling av inn- og utgående strøm, og her var strømrretningen mer stabil enn på de to ytterste lokalitetene. På Grønebrekkane var det en overvekt av vanntransport innover fjorden på 15 m dyp, altså motsatt av overflatestrømmen på lokaliteten.



MIDTRE DEL

I midtre del av Sørfjorden er det målt strøm på tre steder. Målingene viser en klar overvekt av vanntransport utover fjordsystemet på 4 – 8 m dyp (**figur 10**). På Vikna var strømmen nokså retningsstabil, og bare en liten andel av vanntransporten gikk innover fjorden. På Blom var strømretningen mer varierende, mens det var svært ensrettet strømretning på Skaftå. Variasjonen i strømmen sin retningsstabilitet er sannsynligvis et resultat av topografi, og buktninger og svinger i fjorden sin lengderetning.

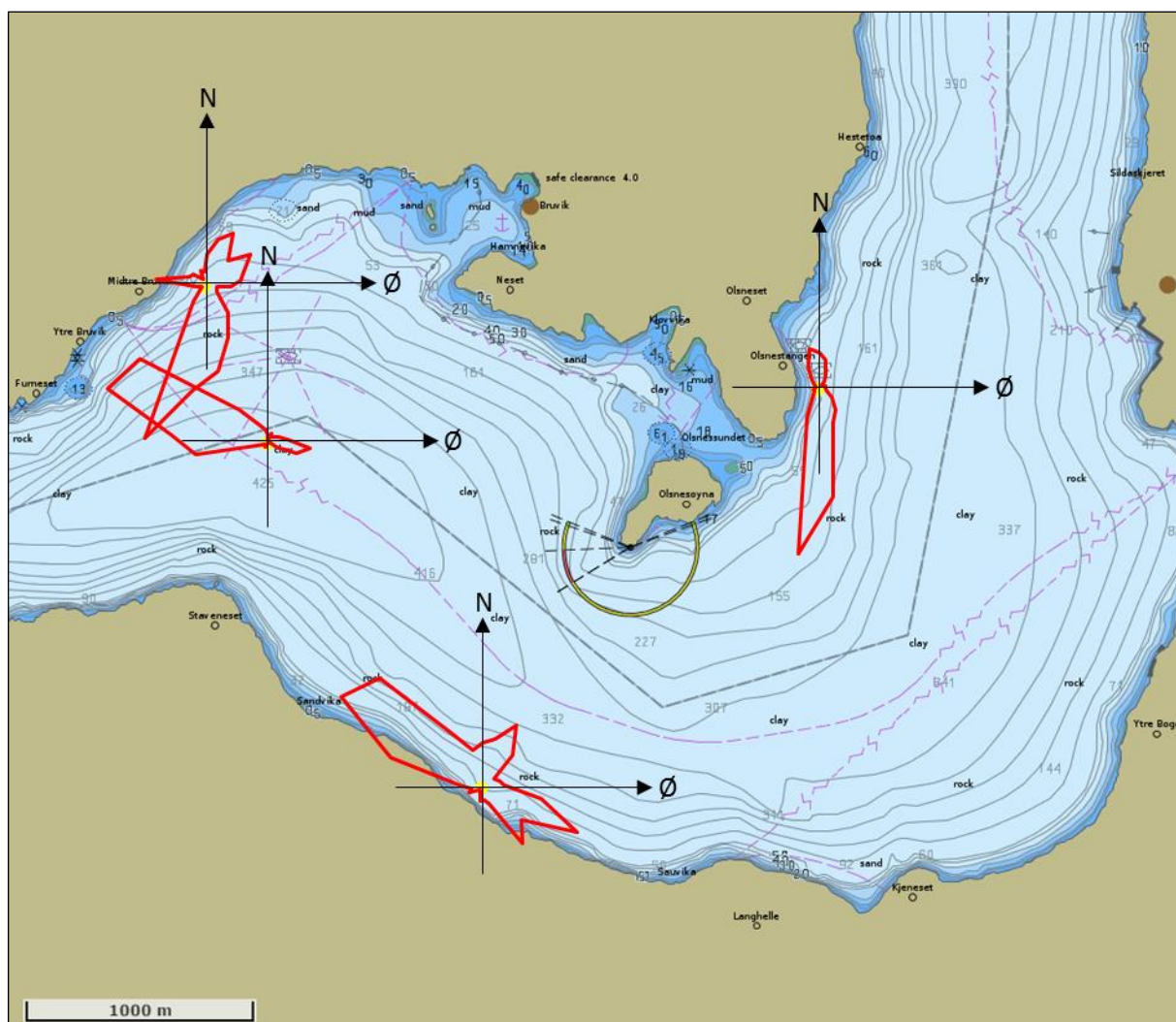


Figur 10. Overflatestrøm på tre lokaliteter i midtre del av Sørfjorden, jf. **figur 7** og **tabell 3**.

Det var nokså store likheter mellom overflatestrømmen og strømforholdene i dypere vannlag. Vanntransportsretningen på Vikna var nesten uforandret fra overflaten og ned til 31 m dyp, og på Skaftå gikk overvekten av vanntransporten på 38 og 70 m dyp i samme retning som overflatestrømmen. På Blom var strømbildet på 50 m dyp svært likt overflatestrømmen, men strømmen på 100 m dyp var dreid mer mot sørlig retning. Grunnen til at strømretningen på 100 m dyp på Blom skilte seg noe ut kommer trolig av bunntopografi og dybde på målestedet. Målingene på 100 m dyp er trolig gjort like over bunnen, og strømmen vil da bøye av og følge bunnen i det horisontale laget. Målingene på 5 og 50 m dyp på Blom er gjort oppe i frie vannmasser, og her vil ikke strømmen bøye av før den treffer bunnen lenger inne mot land.

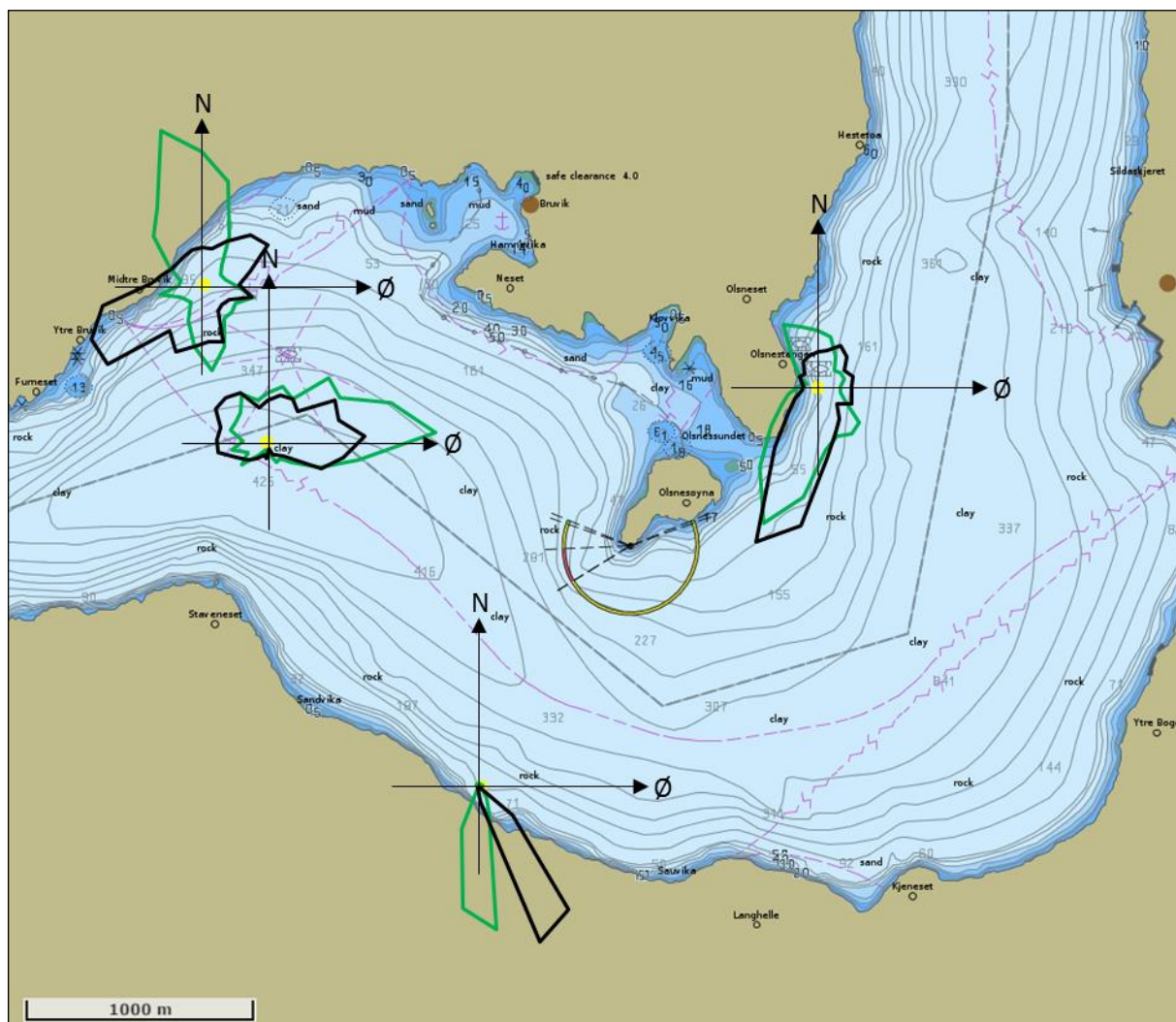
INDRE DEL

I indre del av Sør fjorden er det tidligere målt strøm på tre lokaliteter, og i 2016 ble det målt strøm sentralt i fjorden sør for Bruvik. Som i både ytre og midtre del viser målingene av overflatestrøm at det er størst vanntransport utover fjorden. Øst for Olsnestangen går strømmen nokså ensrettet mot sør, og når den treffer land ved Sandvik bøyer den av mot vest. Midt i fjorden sør for Bruvik har strømmen retning mot land, og inne ved land i Bruvik bøyer strømmen av mot sør.



Figur 12. Overflatestrøm på fire lokaliteter i indre del av Sør fjorden, jf. **figur 7** og **tabell 3**.

Når man ser på strømmen i dypere vannlag enn 10 m er bildet noe mer kaotisk. Ved Olsnestangen gikk vanntransporten på 38 og 70 m dyp i all hovedsak utover fjorden mot sør, mens strømmen på 50 og 100 m dyp ved Sandvik nesten utelukkende gikk mot sør og sørsørøst innover fjorden. Sentralt i fjorden sør for Bruvik var det mest vanntransport innover fjorden på 30 og 80 m dyp, med noe returstrøm i vestlig retning. På 50 m dyp ved Bruvik gikk vanntransporten hovedsakelig mot nord, og på 100 m dyp gikk den mest langs land mot sørvest, med noe returstrøm mot nordøst. Det kaotiske bildet i dette området kommer trolig av at fjorden svinger nokså markant i området, og at dette skaper bakevjer og retningsendring når strømmen treffer grunnere partier og land.



Figur 13. Strømforhold i vannlag dypere enn 10 m på fire lokaliteter i indre del av Sør fjorden, jf. figur 7 og tabell 3.

SØRFJORDEN VED DET DYPESTE

Ved det dypeste i Sør fjorden, ble det i forbindelse med dette prosjektet, målt strøm på flere dyp helt ned til 270 m dyp i litt over 3 uker i november 2016. Rotormålere målte strøm på 2 og 45 m dyp, en doppler profilmåler målte strøm fra 36 til 4 m dyp, og to doppler punktmålere målte strøm på 80 og 270 m dyp.

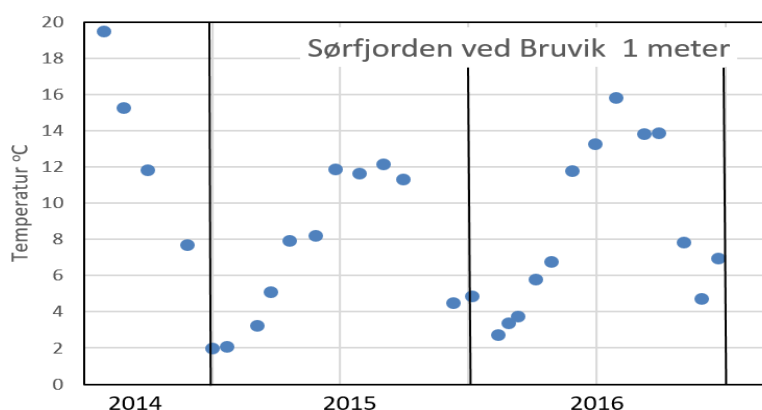
SJIKTNING OG OKSYGENFORBRUK

Det foreligger mye hydrografiske resultater fra overvåking av Sørkjordsystemet de siste årene. Mye er gjort som punktmålinger ved de ulike oppdrettsanleggene, og siden 2013 har også oppdretterne i Hordaland gjennomført en overvåking av fjordene i Hordaland, organisert av Blue Planet AS. Resultatene fra 2014 og 2015 er rapportert i Johnsen & Furset (2016), og resultatene fra 2016 er hentet fra Vanddirektiv-databasen «Vann-Miljø».

TEMPERATURFORHOLD

Overflatetemperaturen i Sørkjorden varierer mye gjennom året, med temperaturer på over 19° C på det varmeste på sommeren, og ned mot 2° C på det kaldeste ved nyttår. Det «varme» overflatelaget strekker seg ned mot 50 meters dyp på høsten (**figur 14** og **tabell 4**). Dypvannet har hatt en stabil temperatur på 8° C i hele perioden, mens det var kaldere med 6,94° C vinter og vår 1982 (Ervik mfl. 1982).

Figur 14. Temperatur på 1 meters dyp i Sørkjorden ved det dypeste utenfor Bruvik i perioden juli 2014 til desember 2016. Fra Blue Planet sin kystovervåking i Hordaland



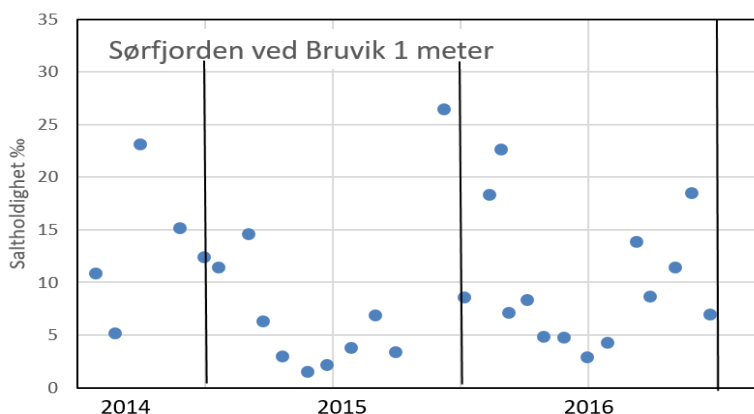
Tabell 4. Temperaturer i Sørkjorden ved Bruvik for de måletidspunktene der det foreligger profiler helt til bunns ved det dypeste, for perioden fra juli 2014 til november 2016. Rød linje markerer terskeldyp på 120 m og viser grensen for stagnerende dypvann. Følgende fargeskala er benyttet for å visualisere variasjon:

Under 5 °C			5-10 °C			10 – 15 °C		Over 15 °C			
Dyp (m)	2014		2015					2016			
	28/7	30/9	19/1	26/5	27/7	29/9	8/12	26/5	27/7	26/9	24/11
1	19	12	2	8	12	11	4	12	16	14	5
5	15	14	7	9	11	14	6	9	14	14	9
10	13	14	9	9	11	13	10	8	13	13	10
15	12	13	9	9	10	13	11	8	12	14	10
20	10	13	10	9	9	13	11	8	12	14	11
25	9	12	10	9	9	12	11	9	11	14	11
50	9	10	9	9	9	9	10	8	9	11	9
100	8	8	8	8	8	8	9	8	8	9	9
150	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8
200	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8
250	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8
300	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8
350	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8
400	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8

SALTHOLDIGHET

Overflatesaltholdigheten i Sørfjorden varierer mye gjennom året, avhengig av tilførselene av ferskvann. Vanligvis er saltholdigheten desidert lavest i overflaten ved vårflommen i mai-juni, med 2-3 ‰. De siste årene har også store høstflommer med snøsmelting bidratt med lave saltholdigheter også ved nyttår. Høyest saltholdighet i overflaten forekommer vanligvis på vintrene når nedbøren kommer som snø i fjellet (**figur 15** og **tabell 5**). Brakkvannslaget er vanligvis ikke særlig tykt, og allerede på 5 meters dyp er saltholdigheten oftest godt over 20 ‰. Dypvannet har de siste tre årene hatt stabile saltholdigheter på over 35 ‰ (**tabell 5**). Vinteren 1982 var det 34,8 ‰ i dypvannet i Sørfjorden (Ervik mfl. 1982).

Figur 15. Saltholdighet på 1 meters dyp i Sørfjorden ved det dypeste utenfor Bruvik i perioden juli 2014 til desember 2016. Fra Blue Planet sin kystovervåking i Hordaland



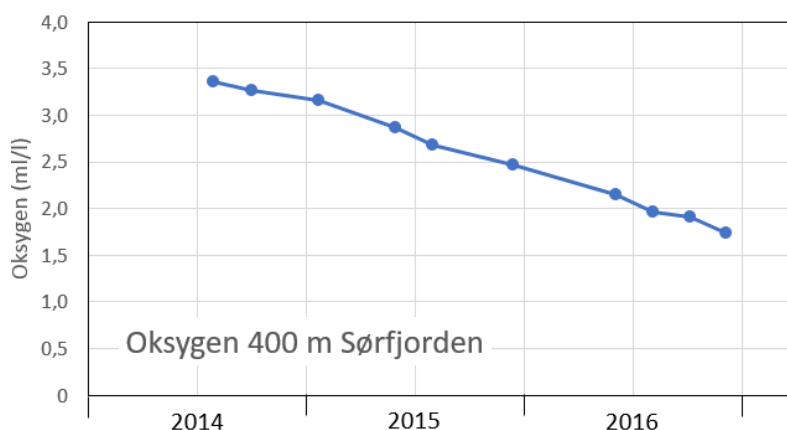
Tabell 5. Saltholdigheter i Sørfjorden ved Bruvik for de måletidspunktene der det foreligger profiler helt til bunns ved det dypeste, for perioden fra juli 2014 til november 2016. Rød linje markerer terskeldyp på 120 m og viser grensen for stagnerende dypvann. Følgende fargeskala er benyttet for å visualisere variasjon:

Under 10 ‰			10 – 20 ‰			20 – 35 ‰			Over 35 ‰		
Dyp (m)	2014		2015					2016			
	28/7	30/9	19/1	26/5	27/7	29/9	8/12	26/5	27/7	26/9	24/11
1	6	5	12	3	2	7	3	5	3	14	11
5	27	27	26	14	17	27	8	30	23	27	30
10	30	30	33	32	31	30	30	32	30	29	32
15	31	31	34	32	32	30	32	33	31	30	32
20	32	31	34	33	32	31	33	33	31	30	33
25	32	32	34	33	33	31	33	34	32	31	33
50	35	33	35	34	35	34	34	35	34	32	34
100	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
150	35	35	36	35	35	35	35	35	35	35	35
200	35	35	36	35	35	35	35	35	35	35	35
250	35	35	36	35	35	35	35	35	35	35	35
300	35	35	36	35	35	35	35	35	35	35	35
350	35	35	36	35	35	35	35	35	35	35	35
400	35	35	36	35	35	35	35	35	35	35	35

OKSYGENINNHOLD

Oksygeninnhold i fjorder varierer svært mye fra overflaten til nederst i dypvannet. I overflaten vil det på fine dager med høye temperaturer på sommeren, kunne bli betydelig overmetning med opp mot 120 % metning fordi planteplankton da produserer oksygen. Nedover i dypet forbrukes oksygen ved respirasjon, og særlig vil innhold av oksygen kunne bli lavt dersom dypvannet blir stagnerende over lang tid. De siste tre årene synes det ikke å ha vært noen tilførsler av nytt og oksygenrikt vann i dypvannet, og oksygeninnholdet har gått jevnt ned i perioden (**figur 16** og **tabell 6**). I alle disse siste årene har det imidlertid på sommeren kommet inn en kile noe mer oksygenrikt vann rundt 150 meters dyp, og sommeren og høsten 2016 trengte dette også ned til 200 meters dyp, uten å ha påvirket dypvannet under i særlig grad (**tabell 5**). Der har oksygenet gradvis blitt brukt opp med en jevn rate på omtrent 0,058 ml O/mnd (**figur 16**). Våren 1982 var det 5,0 ml/l med oksygen, tilsvarende 70,8 % metning på 400 meters dyp i dypvannet i Sørfjorden (Ervik mfl. 1982).

Figur 16. Oksygeninnhold på 400 meters dyp i Sørfjorden ved det dypeste utenfor Bruvik i perioden juli 2014 til desember 2016. Fra Blue Planet sin kystovervåking i Hordaland



Tabell 6. Oksygenmetning i Sørfjorden ved Bruvik for de måletidspunktene der det foreligger profiler helt til bunns ved det dypeste, for perioden fra juli 2014 til november 2016. Rød linje markerer terskeldyp på 120 m og viser grensen for stagnerende dypvann. Fargekoder for klassifisering av oksygenmetning i dypvann er gitt under:

>65 %			65 – 50 %		50 – 35 %			35 – 20 %		<20 %	
Dyp (m)	2014		2015					2016			
	28/7	30/9	19/1	26/5	27/7	29/9	8/12	26/5	27/7	26/9	24/11
1	147	101	83	113	124	102	103	111	113	101	95
5	138	105	96	109	115	103	93	124	113	93	87
10	130	101	89	111	118	96	96	112	102	81	79
15	121	97	83	110	113	92	93	97	98	81	75
20	114	94	81	105	106	92	89	83	98	82	74
25	108	91	81	99	99	92	85	73	98	81	74
50	53	81	80	69	66	86	79	55	45	83	64
100	64	53	72	69	66	66	67	68	63	46	53
150	66	62	58	76	74	73	61	73	74	64	55
200	70	63	60	66	63	65	61	65	77	75	68
250	53	53	54	52	49	51	48	38	36	35	34
300	52	51	50	47	44	46	40	35	30	30	29
350	51	50	49	44	43	45	39	35	30	30	27
400	50	49	48	43	42	44	37	34	29	29	25

VEAFJORDEN

Veafjorden fra Stamneshella til Vaksdal er en egen vannforekomst nummer 0231020200-C i den opprinnelige «fjordkatalogen». Den er ført opp med følgende karakteristika:

- Sterkt ferskvannspåvirket fjord
- Beskyttet
- Oligohalin med 0,5 – 5 ‰ i overflaten
- Tidevann < 1m
- Permanent lagdelt
- Lang oppholdstid av dypvann

Økologisk tilstand er oppført som «god» av Fylkesmannen i Hordaland i 2012, med «lav» pålitelighetsgrad. Vannforekomsten er heller ikke ført opp som «sterkt modifisert» (SMVF).

SØRFJORDEN

Sørfjorden fra Vaksdal og ut til Hordbikneset er en egen vannforekomst nummer 0261020100-2-C i den opprinnelige «fjordkatalogen». Den er ført opp med følgende karakteristika:

- Ferskvannspåvirket fjord
- Beskyttet
- Polyhalin med 18 – 30 ‰ i overflaten
- Tidevann < 1m
- Delvis lagdelt
- Lang oppholdstid av dypvann

Økologisk tilstand er oppført som «moderat» av Fylkesmannen i Hordaland i 2015, med «høy» pålitelighetsgrad. Påvirkningen er «avrenning fra byer og tettsteder» og «utslipp fra fiskeoppdrett». Dette påvirker marin bløtbunnfauna og oksygenforbruk, men i liten grad vannkvalitet i fjorden. Vannforekomsten er ikke ført opp som «sterkt modifisert» (SMVF). Sørfjorden står i risiko for ikke å oppnå miljømålene innen fristen, og Fylkesmannen har satt at «nye tiltak nødvendig for å oppnå god miljøtilstand».

REFERANSER

- ERVIK, A., A. FOSSHAGEN & I. OPSTAD 1982.
Vurdering av biologiske virkninger av flytebru over Salhusfjorden
Statens Vegvesen Hordaland RA0014-53, 107 sider
- JOHNSEN, G.H., B.A. HELLEN, S. KÅLÅS & H. SÆGROV 2005.
Hydrologiske undersøkelser i Bolstadfjorden våren 2005.
Rådgivende Biologer AS, rapport 857, 34 sider, ISBN 82-7658-451-9.
- JOHNSEN, G.H. & T.T. FURSET 2016.
Overvåking av fjordområdene i Hordaland. Vannkvalitet 2014-2015.
Rådgivende Biologer AS, rapport 2231, 48 sider, ISBN 978-82-8308-251-7.
- NÆSS, S. 2005.
Bolstadfjordsystemet. Utbygging og hydrologiske endringer.
Dokumentasjon på historisk utbygging og hydrologiske konsekvenser.
BKK Rådgiving AS, notat datert 6.desember 2005, 34 sider med vedlegg.

RAPPORTER FRA DETTE PROSJEKTET

- Dam, G, 2017. Simulation of spreading of fine sediment in Sørfjorden due to rock dumping.
Dam Engineering rapport.
- Johnsen, G.H., T.T. Furset & B. Tveranger 2017. Ny E16 og jernbane Arna – Stanghelle. Sørfjorden og Veafjorden. En hydromorfologisk beskrivelse. Rådgivende Biologer AS, rapport 2427, 24 sider, ISBN 978-82-8308-356-9.
- Todt, C., J. Tverberg & G.H. Johnsen 2016. Ny E16 og jernbane Arna – Stanghelle. Risikovurdering av sedimenter. Rådgivende Biologer AS, rapport 2428, 58 sider, ISBN 978-82-8308-357-6.
- Todt C., M. Eilertsen, G. H. Johnsen, B. R. Olsen & J. Tverberg 2017. Kartlegging av marint naturmangfold og naturressurser med verdivurdering. Rådgivende Biologer AS, rapport 2429, 89 sider, ISBN 978-82-8308-358-3.
- Todt, C., G.H. Johnsen & M. Eilertsen. 2017. Ny E16 og jernbane Arna – Stanghelle. Konsekvensvurdering for marint naturmangfold og naturressurser Rådgivende Biologer AS, rapport 2430, 66 sider, ISBN 978-82-359-0.