NOTAT

Oppdragsnavn	**Tilleggsundersøkelser i Idsefjorden, vannutskifting og strømforhold**
Prosjekt nr.	**1350011688 - 002**
Kunde	**IVAR IKS**
Notat nr.	**M-rap-001**
Versjon	**003**
Til	**IVAR IKS v/ Eline Furre**
Fra	**Hanne Vidgren**
Kopi	**Marte Braathen**
Utført av	**Hanne Vidgren**
Kontrollert av	**Karen Brinchmann**
Godkjent av	**Tom Jahren**

Dato 22.03.2021

Grytnes RA utvidelse: Idsefjorden resipientvurdering

- **Undersøkelse av hydrografi, strøm og vannutskifting**
- **Utslippsberegninger utført med modellen Visual Plumes**
- **Beregninger med modellen FjordEnv**

Rambøll
Hoffsveien 4
Postboks 427 Skøyen
0213 Oslo

T +47 22 51 80 00
F +47 22 51 80 01
https://no.ramboll.com

Revisjon	Dato	Beskrivelse
001	April 2020	Undersøkelsen av hydrografi, strøm og vannutskifting, foreløpige utslippsberegninger med Visual Plumes for å vurdere utslippsdyp/sted.
002	September 2020	Rapporten oppdatert med FjordEnv beregninger, samt vurdering av total belastning.
003	Mars 2021	Utslippsberegninger med prosjektert utslippsledning (avsnitt 4.5). Det er vurdert alternativer med 40 og 50 m utslippsdyp, med riktig diameter for ledningen. Små revisjoner i rapporter etter tilbakemelding fra oppdragsgiver.

Rambøll Norge AS
NO 915 251 293 MVA

Innhold

1 Bakgrunn og målsetning ... 3
1.1 Målsetning ... 3
1.2 Aktuelle lovverk ... 3
2 Områdebeskrivelse og situasjon ... 5
2.1 Resipienten ... 5
2.2 Utslipp fra renseanlegg ... 8
2.3 Tidligere undersøkelser i resipienten ... 11
3 Material og metode ... 12
3.1 Vurdering av vannutskifting ... 12
3.1.1 Hydrografi ... 12
3.1.2 Strømmålinger ... 12
3.2 Innlagringsberegninger med Visual Plumes ... 14
3.3 Modellberegninger med FjordEnv ... 15
3.3.1 Modellscenarier – utslipp fra renseanlegg ... 15
3.3.2 Tilførsel av næringssalter og organisk stoff fra andre kilder ... 15
3.3.3 Model input: øvrige parameter ... 18
4 Resultater og diskusjon ... 20
4.1 Hydrografi ... 20
4.2 Strømforhold ... 22
4.2.1 Stasjon ADCP1 ved terskelen til Idsefjorden ... 22
4.2.2 Stasjon ADCP2 ved Bargaviga ... 23
4.3 Vannmasser og fornyelse: teoretiske og FjordEnv beregninger ... 23
4.4 Utslippsberegninger - innlagringsdyp (Visual Plumes) ... 27
4.5 Utslippsberegninger for prosjektert utslippsledning (Visual Plumes) ... 31
4.5.1 Utslippsdyp på 40 m ... 34
4.5.2 Utslippsdyp på 50 m ... 34
4.5.3 Diskusjon om anbefalt utslippsdyp med prosjektert utslippsledning ... 35
4.6 Sammenligning av bidragene fra land og vann ... 36
4.7 Resultater fra FjordEnv modellberegninger ... 39
4.8 Nedslamming rundt utslippssted ... 41
5 Konklusjoner og anbefalinger ... 41
6 Referanser ... 42

Vedlegg

Vedlegg 1. Resultater fra strømmålinger gjennomført i 2020
Vedlegg 2. Resultater fra utslippsberegninger med prosjektert utslippsarrangement
Vedlegg 3. Resultater fra strømmålinger gjennomført i 2016 ved dagens utslippssted

1 Bakgrunn og målsetning

Renseanleggene (RA) til IVAR AS ved Tau og Grytnes mottar p.t. avløpsvann tilsvarende henholdsvis ca. 4000 personekvivalenter (pe) og 8000 pe, og har derfor kun mekanisk rensing. Det er forventet en befolkningsøkning i området og IVAR har kommet med et forslag om å lede avløpsvannet til Grytnes RA i fremtiden. I 2040 er det forventet personekvivalenter på mellom 15 000 - 20 000 pe ved Grytnes RA. Ved renseanlegg som mottar avløpsvann fra flere enn 10 000 pe, kreves det sekundærrensning iht Forurensningsforskriften/Avløpsdirektivet.

IVAR vurderer om det kan søkes om unntak fra kravet om sekundærrensing for Grytnes RA. En søknad om unntak krever at miljøtilstanden i resipienten er dokumentert og at tålegrensene er vurdert. Det er tidligere (Rambøll, 2017) gjennomført undersøkelser i resipienten for å avgjøre hvorvidt utslippet fra Tau RA og Grytnes RA etter primærensing har skadevirkninger på miljøet i resipienten (Rambøll M-Rap-001, 2017, se Kap. 2.3).

1.1 Målsetning

For å få et grunnlag til å kunne vurdere om det er aktuelt å søke unntak fra sekundærrensekrav iht. avløpsdirektivet, har Rambøll på oppdrag fra IVAR gjennomført supplerende undersøkelser (inkl. hydrografi og strømmålinger) i resipienten (Idsefjorden). Generelt er det utslippsmengde, kvalitet, utslippssted og resipientkapasiteten som er avgjørende for å fastsette om resipienten har god evne til å motta og omsette forurensing. Resipientkapasitet er i hovedsak bestemt av størrelse av resipient, strømforhold, vannutskifting og sjiktning i vannmassene, samt dagens tilstand. Disse temaer gjennomgås i foreliggende notat.

For å vurdere om det er grunnlag for unntak fra sekundærrensekravet, har Rambøll, på oppdrag fra IVAR, gjennomført supplerende undersøkelser i resipienten, inkl. hydrografi og strømmålinger. Dette notatet oppsummerer resultatene fra disse supplerende undersøkelsene. Notatet inneholder også modellberegninger for utslippets innlagring, ved de prognoserte vannmengde, for å undersøke hvor dypt utslippsledningen må plasseres for å nå tilstrekkelig innlagring i resipienten. Det ble i mars 2021 gjort nye utslippsberegninger etter at utslippsledningen var ferdig dimensjonert (avsnitt 4.5).

Med en gitt størrelse på belastningen til fjorden (dvs. mengden tilført organisk materiale og næringssalter fra renseanlegg), kan miljøeffektene bli svært ulike fra fjord til fjord. Vi har utført modellberegninger med modellen FjordEnv for å vurdere om økt utslipp av organisk materiale og næringssalter vil medføre endringer i vannkvalitet og oksygenforhold i resipienten.

Våre resultater danner grunnlag for videre diskusjon om det er aktuelt å søke unntak om sekundærrensing ved utvidelse av Grytnes renseanlegg.

1.2 Aktuelle lovverk

Avløpsdirektivet – krav om rensning

Rensekrav for avløpsvann reguleres i hovedsak av EUs avløpsdirektiv (1991/271/EØF og 1998/15/EØF). Gjeldende direktiv gjennomgår nå en evaluering av EU-kommisjonen, og det kan tenkes at en revisjonsprosess blir satt i gang fra 2020 (Miljødirektoratet, 2019).

Hovedkravet i avløpsdirektivet er at alt avløpsvann skal renses med sekundærrensning når belastningen er over 10 000 pe og avløpsvannet har utløp til sjø. Det er åpnet opp for unntak fra kravet, der innvilgelse vil avhenge av type resipient, tilstand i resipienten, og den samlede størrelsen på utslippet. Miljødirektoratets veileder *TA-1890 Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann (*Versjon 3 -

oppdatert i 2005), lister fire spørsmål som må undersøkes og legges til grunn for å vurdere unntak fra direktivets hovedrensekrav:

1. Går utslipp fra samme tettbebyggelse til forskjellige resipienter som ikke påvirker hverandre?
2. Hvor ligger et utslipp i forhold til en elvemunning?
3. Vil et utslipp, etter primærrensing, kunne skade miljøet i mindre følsomme områder?
4. Vil sekundær rensing være unødvendig i mindre følsomme områder?

Alle de nevnte forholdene krever en resipientundersøkelse for å vurdere unntak. Undersøkelsene gjennomført i 2016-2017 (Rambøll, 2017) ved Grytnes RA er i henhold til punktene 1-3 i listen gitt over. Det er planlagt en økning i utslippsmengder fra renseanlegg i området i årene som kommer, og derfor er det gjennomført flere undersøkelser i resipienten for å avklare nærmere om det kan være aktuelt å klassifisere resipient som «et mindre følsomt område». Miljødirektoratet karakteriserer kysten fra Lindesnes til Grense Jakobselv hovedsakelig som mindre følsomt område (Miljødirektoratet, 2019).

Vedlegg C i TA-1890 lister opp kriterier for utarbeidingen av en liste over følsomme og mindre følsomme områder. Et marint område er et følsomt område dersom den faller inn under en av gruppene nedenfor:

> *« a) … fjorder og andre sjøområder som er eutrofe, eller som på kort tid kan bli eutrofe dersom det ikke treffes beskyttende tiltak. Det kan tas hensyn til forholdene nedenfor når det undersøkes hvilke næringsstoffer som skal reduseres ved ytterligere rensing:*
>
> > *i) avstengte viker som har liten vannutskifting, noe som kan føre til akkumulasjon. I slike områder bør fosfor fjernes med mindre det kan påvises at fjerning ikke vil ha noen innvirkning på eutrofieringen. Det kan også overveies å fjerne nitrogen når utslippene stammer fra omfattende tettbebyggelse.*
> > *ii) viker, fjorder og andre sjøområder som har dårlig vannutskifting, eller som mottar store mengder næringsstoffer. Utslipp fra lite omfattende tettbebyggelse er i alminnelighet av liten betydning i slike områder, men når det gjelder omfattende tettbebyggelse, skal fosfor og/eller nitrogen fjernes med mindre det påvises at fjerning ikke vil ha noen innvirkning på eutrofieringen.*
>
> …
>
> *«c) Områder der det er nødvendig å foreta rensing utover sekundærrensing for å tilfredsstille andre direktiver i EØS-avtalen.»*
>
> *«Med eutrofiering menes anrikning av vann med hensyn til næringsstoffer, særlig nitrogen og/eller fosforforbindelser, som påskynder veksten av alger og høyerestående plantearter, noe som fører til uønsket forstyrrelse av likevekten mellom organismene i vannet og forverring av vannkvaliteten.»*

«Mindre følsomme områder
Forurensningsmyndigheten kan registrere en marin vannforekomst eller et marint område som et mindre følsomt område dersom utslipp av avløpsvann ikke har skadevirkninger på miljøet på grunn av områdets morfologi, hydrologi eller særskilte hydrauliske forhold. Ved registreringen av mindre følsomme områder skal man ta hensyn til faren for at utslipp kan bli ført til tilstøtende områder der de kan ha skadevirkninger på miljøet. Følsomme områder utenfor Norge skal anerkjennes.

Det skal tas hensyn til forholdene nedenfor når mindre følsomme områder registreres: Åpne viker, elvemunninger og andre sjøområder som har god vannutskifting, og som ikke er utsatt for eutrofiering eller oksygensvinn, eller som ikke ventes å bli eutrofe eller å bli utsatt for oksygensvinn som følge av utslipp av avløpsvann fra byområder.»

Vannforskriften – vurdering av resipientens tilstand
EUs vanndirektiv ble innført i Norge i 2006, med den hensikt å sikre en samlet og bærekraftig forvaltning av kystvann, ferskvann og grunnvann. Innføringen av vanndirektivet medførte at alt kystvann i Norge ble delt inn i vannforekomster basert på geografisk beliggenhet, eksponering, vannutskifting og saltholdighet. For overflatevann, er direktivets hovedmål at alle vannforekomster skal oppnå minst god økologisk og kjemisk tilstand. Ved økologisk tilstandsklassifisering skal en vannforekomst plasseres i en av de fem tilstandsklassene «svært god», «god», «moderat», «dårlig» eller «svært dårlig». Klassifiseringen skal reflektere vannforekomstens avvik fra naturtilstanden dvs. den antatt opprinnelige tilstanden før menneskelig påvirkning. Om god tilstand ikke oppnås i en vannforekomst, skal det settes inn tiltak for å forbedre tilstanden. Tilstanden i en vannforekomst skal heller ikke reduseres. Økologisk tilstand blir bestemt på bakgrunn av biologiske kvalitetselement (bunnfauna, planteplankton, makroalger og evt. ålegress) og fysisk-kjemiske kvalitetselement (næringssaltinnhold, siktedyp og oksygenkonsentrasjon i bunnvannet).

Tilstandsklassifisering og metoder er beskrevet i Veileder 02:2018 *«Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver».*

2 Områdebeskrivelse og situasjon

2.1 Resipienten

Grytnes RA har direkte utslipp til Idsefjorden (vannforekomst ID 0242011101-C). Resipientvannforekomst og tilstøtende vannforekomst er vist i kart i Figur 2. Hidlefjorden og Botnefjorden ligger hhv. nordvest og øst fra anlegget. Idsefjorden ligger innenfor Hidlefjorden, og terskelen til Hidlefjorden ligger på ca. 140 m dyp (se Figur 3). Terskelen mellom Botnefjorden ligger på ca. 32 m dyp. I Vann-Nett er både Idsefjorden, Hidlefjorden og Botnefjorden klassifisert som beskyttet kyst/fjord med moderat oppholdstid for bunnvann (uker), men vi er ikke kjent at det er gjort undersøkelser knyttet til vannutskifting i Idsefjorden tidligere. Tidevannsforskjellene i området er relativt små. I middel varierer tidevannet mellom 81 cm (MHW) og 49 cm (MLW), mens middelvannstanden er 65 cm over sjøkartnull (informasjon fra Kartverket).

Idsefjorden har et areal på 32,36 km^2 og et vannvolum på omtrent 2,7 millioner m^3 i bassenget øst for rekka med holmer, mellom øyene Heng og Idse. Det er mange grunne sund inn til Idsefjorden vest, men hovedsundet er ved Kyrkjeflua i nord som har et terskeldyp på 140 meter (se Figur 3 og Figur 4 i Del. 3). Største dyp i Idsefjorden er cirka 204 m. Fordelingen av ulike dybdelag er oppgitt i Tabell 1. Tverrsnitt på hovedsundet inn til Idsefjorden er omtrent 175 000 m^2, beregnet fra sjøkart med hjelp av FjordEnv modellen (se Figur 1). Fjorden typografi og terskelform er lagt inn i FjordEnv modell.

Både Hidlefjorden og Idsefjorden tilhører et større fjordsystem som har en terskel på ca. 190 m dyp plassert mellom øyene Talgje og Fogn. Fra terskelen er fjordsystemet videre forbundet med Talgjefjorden og Boknafjorden. Grunnet relativ stort terskeldyp antas det vannutskifting fra Idsefjorden til Hidlefjorden og videre nordover generelt er god. Idsefjorden som vannforekomst er klassifisert til god økologisk tilstand, mens det er lite informasjon om den kjemiske tilstanden til vannforekomsten (Vann-nett database, 2020).

Det er flere kilder til organisk forurensing, næringssalter og miljøgifter i fjordsystemet. Tilførsel fra ulike kilder er oppsummert i kapitlene 2.2 (Grytnes RA) og 3.3.2 (øvrige kilder).

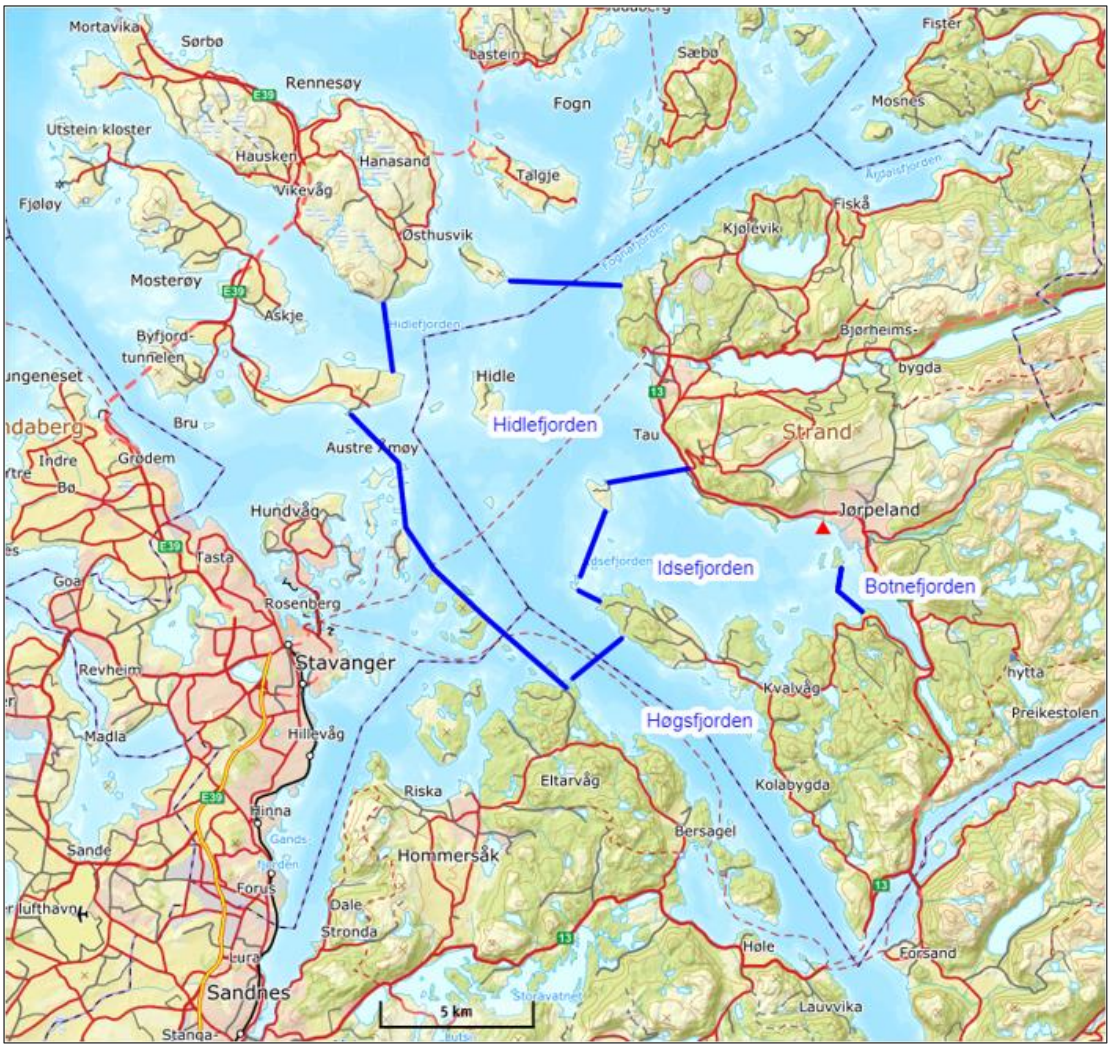
Tabell 1. Areal og dybdeforhold i Idsefjorden. Arealer er estimert basert på sjøkart (Kartverket), volumene dybdesjiktene er estimert på tilsvarende måte.

Dyp / sjikt	Areal på dyp		Volum av sjikt
m	m^2	km^2	millioner m^3
0-50	32 360 000	32,36	1 133
50-100	24 983 800	24,98	750
100-150	10 253 300	10,25	308
150-200	3 891 500	3,89	117
200-205	416 270	0,42	2
205 (bunn)	0	0	0
		Totalt volum	2 702

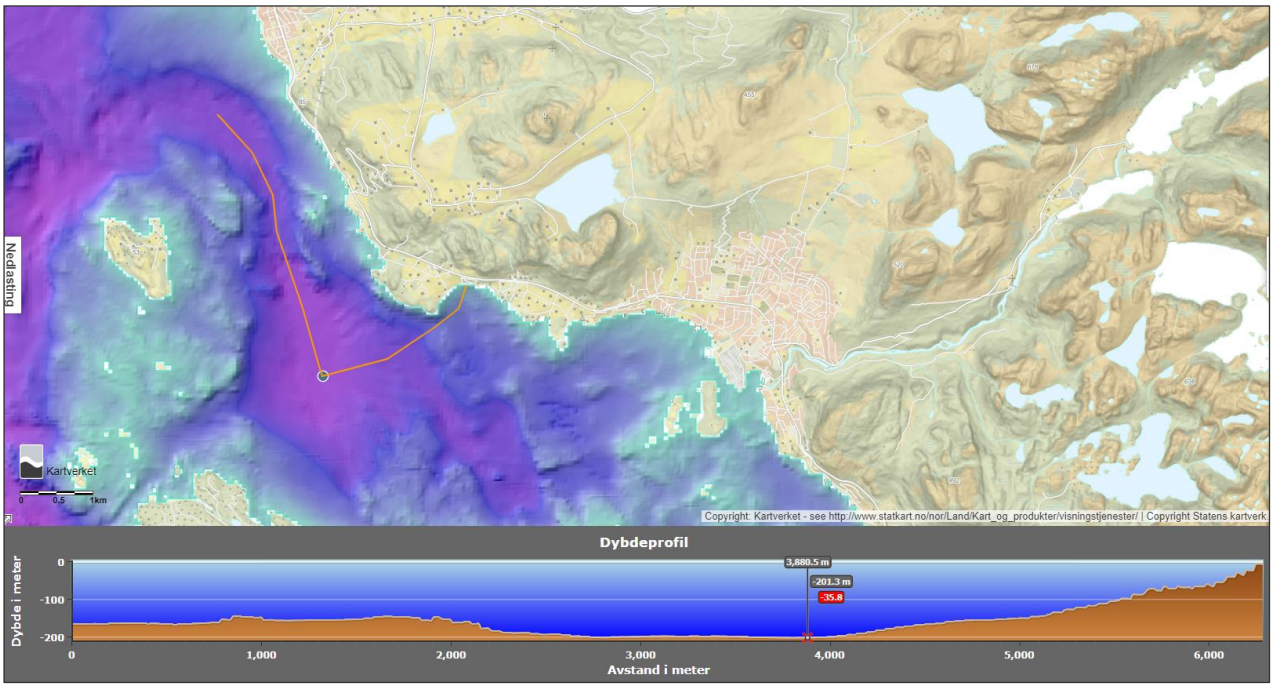
Figur 1. Typografiske forhold i Idsefjorden, kalkulert i FjordEnv modellen basert på sjøkart (Kartverket). Se Kap. 3.3 for nærmere beskrivelse av modellen, data vist i figuren er del av grunnleggende data i modellen som brukes i beregninger.

Topographic conditions in the fjord and the mouth

Maximal depth of the basin (m)	205,00	Area at the sea surface (km2)	32,36
Sill depth (m)	155,00	Area at sill level (km2)	3,54
Mean depth of the sill basin (m)	25,46	Vertical cross-selectional area of the mouth (m2)	175675,00
Volume of the fjord (km3)	2,79260	Depth of half of the mouth area (m)	41,54
Volume above sill depth (km3)	2,70238	Fjord area/Mouth area	184,20
Volume of the sill basin (km3)	0,09022		



Figur 2. Oversiktskart som viser vannforekomstene i nærheten av utslipp fra renseanlegg i Grytnes. Lokasjon for dagens utslippspunkt fra Grytnes RA er markert med rød trekant. De blå linjene markerer skillet mellom de ulike vannforekomstene.



Figur 3. Tverrsnitt som viser bunnprofil fra dagens utslippssted fra Grytnes RA (til høyre i profilen) mot den dypeste delen av Idsefjorden (grønn prikk) og videre ut til Hidlefjorden over terskelen på ca. 140 m vanndyp (til venstre i profilen) (Kilde: Kartverket.no).

2.2 Utslipp fra renseanlegg

I dette notatet gjøres det vurderinger av om resipienten har kapasitet å tåle belastning fra anlegget ved Grytnes ved skisserte utslippsmengder for 2040 (primærrenset). I tillegg er det vurdert påvirkninger for prognosert situasjon 2040 med sekundærrensing. Disse utslippsscenarioene er sammenlignet med dagens situasjon.

<u>Dagens situasjon</u>

Dagens utslippspunkt er plassert på 30 m vanndyp (utslippspunkt er vist i Figur 2). Silene i eksisterende anlegg er grovsiler. Silene alene tilfredsstiller ofte ikke primærrensekravet (SFT-rapport, TA-2088/2005 – Primærrens). Det antas derfor at rensenivået i dag er noe lavere (ca. 23 %, informasjon fra oppdragsgiver) enn kravet til primærrensing (50 % SS-reduksjon og 20 % BOF-reduksjon). I årene 2017-2019 var belastningen til renseanlegget ca. 8200 pe. I tidligere innlagringsberegninger (Visual Plumes, Rambøll, 2017) ble følgende utslippsrater benyttet:

- Q_{dim} = 128 m^3/h
- Q_{maks} = 254 m^3/h

Innløpsvannet har følgende verdier i dag (informasjon fra oppdragsgiver):

- BOF: 220 mg/l (benyttet i beregninger)
- SS: 300 mg/l (målingene 2017-2019 viser snitt på 231 mg/l, som er videre benyttet i beregninger)

<u>Prognosert situasjon</u>

For det planlagte anlegget skal det brukes en sil som oppfyller kravene til primærrensing. Det er prognosert en økning i utslippsmengden frem til 2040, og vannmengdene i den framtidige situasjonen forventes å i gjennomsnitt å øke med ca. 126 %, mens maksimal vannmengde kan øke med 219 %. Pe vil ligge mellom 15 000 – 20 000 i den prognoserte situasjonen i 2040. Beregningen av total belastning,

er gjort med pe på ca. 18 000. Vannmengder benyttet i innlagringsberegninger for situasjon i 2040 (Visual Plumes, se Kap. 3.2):

- Q_{dim} = 290 m^3/h
- $Q_{maksdim}$: 400 m^3/h
- Q_{maks}: 810 m^3/h

Konsentrasjonen i primærrenset utløpsvann vil være noe lavere fra oppgradert renseanlegg (situasjon 2040) enn i dag pga. strengere rensekrav for primærrensing (minimum 50 % SS-reduksjon og 20 % BOF-reduksjon). For sekundærrensing, er det et krav at BOF_5 -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 70% av det som blir tilført renseanlegget.

Det gjennomføres ikke målinger av nitrogen og fosfor fra utslippsvannet fra Grytnes RA. Generelt kan det antas at belastning i pe tilsvarer 12 g N/dag og 1,8 g P/dag i innløpsvannet (Statistisk sentralbyrå, 2019). For beregning av utslipp av nitrogen og fosfor fra renseanlegg i Grynes, er det benyttet informasjon fra oppdragsgiver, dvs. estimat om rensenivå basert på erfaring fra andre tilsvarende anlegg til IVAR. For estimerte rensenivåer for næringssalter, se Tabell 2.

Tabell 2 oppsummerer estimerte utslipp av organisk materiale, næringssalter og suspendert stoff fra Grytnes RA i ulike scenarioer vurdert i foreliggende notat.

Tabell 2. Grytnes RA, årlig utslipp av organisk materiale, næringssalter og suspendert stoff i ulike alternativer vurdert i foreliggende notat.

		Dagens situasjon - primær rensing	2040 primær rensing	2040 sekundær rensing
Vannmengde	m^3/år	1 122 740	2 540 400	2 540 400
Økning sammenlignet med dagens situasjon	%		126	126
pe		8 221	18 601	18 601
Organisk materiale				
Rensegrad (%) BOF	%	Ca. 17 %	20 %	70 %
BOF i utslippsvannet	(mg/l)	180	176	66
BOF årlig utslipp	tonn pr år	202	447	168
Endring - sammenlignet med dagens situasjon	%		122	-17
Næringssalter				
Tot-N	g per pe pr dag	12	12	12
rensegrad (%) *	%	10 %	10 %	30 %
Tot -N per år	tonn / år	32,4	73,3	57,0
Endring - sammenlignet med dagens situasjon	%		126	76
Tot-P	g per pe pr dag	1,8	1,8	1,8
rensegrad (%) *	%	15	15	80
Tot-P per år	tonn / år	4,6	10,4	2,4
Endring - sammenlignet med dagens situasjon	%		126	-47
Suspendert stoff				
TSS i innløpsvann *	mg/l	231	231	231
rensegrad (%) *		Ca. 16 %	50 %	50 %
TSS i utslipp	mg/l	196,4	115,5	115,5
tonn pr år	tonn / år	220	293	293
Endring - sammenlignet med dagens situasjon	%		33	33

* målinger ved renseanlegget 2017-2019

** basert på informasjon fra oppdragsgiver (erfaringstall fra IVAR sine anlegg)

2.3 Tidligere undersøkelser i resipienten

Resipientundersøkelse 2016-2017 Grytnes RA
Resultater fra resipientundersøkelsen gjennomført i 2016-2017 (Rambøll, 2017, M-Rap-001) indikerte at renseanlegget ikke påvirker resipienten negativt med dagens utslippsmengde. Utslipp fra renseanlegget hadde ikke ført til en økt belastning i form av forhøyede næringssaltkonsentrasjoner, heller ikke mengden av planteplankton eller endringer i makroalgesamfunnet med dagens utslippsmengde. Det ble vurdert at resipienten trolig vil tåle noe økning i belastning forutsatt at dette ikke fører til gjennomslag av avløpsvann til overflaten i sommermånedene. Området bærer generelt preg av å være svakt påvirket av eutrofi og det anbefales ikke å øke tilførsel av næringssalter til overflatevannet (fotiske sone). Bunnfaunasamfunnet og innhold av organisk karbon i sedimentene i hele området (inkl. referansestasjon), viste noen tegn på organisk belastning, men tilstanden i bunnfaunaen var likevel klassifisert som god.

For fullstendige resultater fra resipientundersøkelsen gjennomført i 2016-2017, henvises det til rapporten «Tau RA og Grytnes RA – Resipientundersøkelse» (Rambøll, 2017).

Miljødirektoratets Økokyst program– delprogram Nordsjøen Sør
Ifm. Miljødirektoratets ØKOKYST-program (Økokystovervåking i kystvann) overvåkes miljøtilstanden langs norskekysten og miljøtilstanden rapporteres i henhold til vannforskriften. Delprogram Nordsjøen Sør inkluderer overvåkning av en vannsøylestasjon (VT8, vanndyp ca. 120 m) i Hidlefjorden hvor silikat, næringssalter, suspendert stoff, planteplankton og klorofyll a blir analysert årlig, og hydrografiske parametere målt. Programmet omfatter også en stasjon for bløtbunnsfauna (BR23, vanndyp 165 m) i Idsefjorden som undersøkes hvert 1. eller hvert 2. år.

I Idsefjorden var tilstanden i både 2017 og 2019 god, men det er kun bløtbunnsfauna som undersøkes i Idsefjorden. Tilstanden i Hidlefjorden ble klassifisert som moderat i 2017-2019. Konsentrasjon av næringssalter tilsvarte svært god tilstand i Hidlefjorden i både 2017 og 2019. Makroalger og planteplankton (klorofyll a konsentrasjon) i Hidlefjorden ga henholdsvis god og svært god tilstand, men den fysisk/kjemiske støtteparameteren oksygen i bunnvannet trakk tilstanden ned til moderat i denne perioden.

Bunnfaunaundersøkelser i Idsefjorden i 2019, viste at det er en markant økning i individantall sammenlignet med 2017, men fortsatt en god del færre individer enn det som ble funnet på stasjonen i 2015 og 2016. Samtlige bunnfaunaindekser ved stasjonen ble klassifisert til «god» eller «svært god» tilstand i 2019 iht. veileder 02:2018 på stasjonen. Indeksen ES100 kan imidlertid kun beregnes på en grabbprøve og er derfor å anse som ufullstendig. Dette fordi det var kun en grabbprøve med flere enn 100 individer. Artssammensetningen på stasjonen viser tilstedeværelse av både sensitive og opportunistiske arter, og ingen stor dominans av enkelte arter. Normalisert innhold av organisk karbon tilsvarte moderat tilstand, en nedgang i innhold av organisk materiale fra 2017.

For fullstendige resultater fra overvåkingen henvises det til rapporter fra programmet (Miljødirektoratet, 2018, 2019, 2020).

3 Material og metode

I denne vurderingen har vi gått fram med følgende trinn:

1. Informasjonsinnhenting fra tidligere resipientundersøkelser i 2016-2017 (kap. 2.3)
2. Informasjonsinnhenting fra resipienten (hydrografi og strømforhold) for vurdering av vannutskifting og alternative utslippssted
3. Oppstilling av et «stoffbudsjett» for tilførsel av næringssalter og organisk stoff fra land til Idsefjorden. Dette vil gi inntrykk over den samlede tilførselen og den relative størrelsen av de enkelte kildene. Vi har vurdert både dagens situasjon og prognosert situasjon for 2040 (både for primær rensing og sekundær rensing)
4. Beregning av innlagringsdyp med prognoserte vannmengder. Her brukes modellen Visual PLUMES. Dette for å vurdere alternative utslippsdyp/utslippssted med situasjon i 2040
5. Bruke modellen FjordEnv (Stigebrandt, 2001) for å få en bedre forståelse over vannsirkulasjon i resipienten, samt oppholdstid og oksygenforhold i bassengvannet.

Metoden er detaljert beskrevet nedenfor (Kap. 3.1 til 3.3)

3.1 Vurdering av vannutskifting

3.1.1 Hydrografi

Temperatur og salinitet ble målt ved hjelp av et CTD-instrument (conductivity/temperature/depth) med påmontert turbiditetsmåler og oksygensensor. CTD-instrumentet var av typen SD204 fra SAIV med påmontert optisk oksygenssensor som har en nøyaktighet på +/- 0,2 mg/l. Hydrografiske målinger ble utført i det dypeste punktet i Idsefjorden (59°0.585 N, 5°56.248 Ø, se Figur 4). Målingene ble gjennomført månedlig i perioden mars 2019 - februar 2020:

- 26.mars 2019
- 26. mars 2019
- 23. april 2019
- 22. mai 2019
- 19. juni 2019
- 22. juli 2019
- 20. august 2019
- 26. september 2019
- 22. oktober 2019
- 19. november 2019
- 18. desember 2019
- 27. januar 2020
- 25. februar 2020

3.1.2 Strømmålinger

Strømningsforholdene ble kartlagt ved utplassering av to strømmålere i Idsefjorden, én ved terskelen mot Hidlefjorden (ADCP 1) og en ved et alternativt utslippssted ved Barkaviga (ADCP 2) (Figur 4, Tabell 3). Målinger ble utført i perioden 3.1.-7.2.2020. På begge stasjonene ble det benyttet en profilerende akustisk doppler-strømmåler (ADCP) av type Nortek Aquadopp Profiler 400 kHz.

Vanndyp på stasjon ADCP1 er ca. 120 m og måleren ble satt ut i overflatevannet i den smaleste delen av sundet i utgangen til Hidlefjorden (se Figur 4). Hensikten med målingene på stasjon ADCP1 er å undersøke utskiftingstiden av vann ut til Hidlefjorden. CTD målingene i den dypeste delen av fjorden (Kap. 3.1.1.) gir tilstrekkelig informasjon om utskiftingene i dypvannet.

Det er tidligere gjennomført strømmålinger ved dagens utslippssted (se Figur 4 for lokasjon). Resultatene fra strømmålingene utført i perioden september – oktober 2016 viste at strømmen er svak, og gjennomsnittlig kun 3 cm/s midt i vannsøylen. Flytting av utslippsledningen til dypere vann / et bedre egnet sted fra dagens lokasjon kan være aktuelt hvis vurderingene tyder på at økt utslipp fra dagens lokasjon vil medføre uakseptable virkninger på miljøet. Ved Barkaviga ble det utført strømmålinger for å kunne vurdere om dette kan være et bedre egnet utslippssted med tanke på strømforhold. En profilerende strømmåler ble satt ut ved 65 meters dyp.

Figur 4. Posisjoner for utplassering av to profilerende strømmålere (ADCP1 og ADCP 2) i Idsefjorden. Målerne sto ute i perioden 3.januar – 7.februar 2020. I tillegg er det tidligere gjennomført målinger ved dagens utslippspunkt fra Grytnes RA (ADCP3). Terskelen til Hidlefjorden er markert med stiplet linje. (modifisert fra Kartverket)

Tabell 3. Informasjon om posisjonene for strømmålingene i Idsefjorden og instrumentering.

Stasjon	Type måler	Posisjon	Vanndyp ved stasjonen	Måleperiode Start – stopp	Måleintervall	Cellestørrelse
Nye målinger for denne undersøkelsen						
Jorp1	Nortek 400kHz	59°01.698' 5°55.522'	132 m	3.1.2020 – 7.2.2020 (34 dager)	10 min	2 m x 30
Jorp2	Nortek 400kHz	59° 00.900' 5° 59.528'	66 m	3.1.2020 – 7.2.2020 (34 dager)	10 min	2 m x 30
Tidligere strømmålinger i området av Rambøll (2016, rapporter i M-Rap-001, 2017)						
Grytnes RA utslippssted	Nortek 400kHz	59° 01.15' 6° 00.76'	32 m	13.9.2019 – 20.10.2016 (37 dager)	10 min	2,5 m x 20

3.2 Innlagringsberegninger med Visual Plumes

De ulike trinnene som kan kreves før å undersøke influensområdet av utslipp av avløpsvann er presentert i Miljødirektorats veileder «Fastsetting av innblandingssoner» (M-46/2013). I foreliggende rapport har vi gjort beregninger med den numeriske modellen «Visual Plumes» for utslippets innlagring med ulike utslippsdyp og strømforhold i resipienten. Målsetningen er å finne ut hvor dypt utslippet må plasseres med antatt utslippsmengde for 2040 for å få god innblanding i resipienten og unngå gjennomslag til overflaten.

For dagens utslippspunkt er beregningene gjort med strømhastigheter på 1, 3 og 7 cm/s, basert på tidligere målinger (Rambøll, 2017). Strømmålingene fra stasjon ADCP2 ble brukt for å beskrive strømforholdene ved det «alternative utslippspunktet». Beregninger av innblanding av utslippet er utført ved bruk av konstante strømhastigheter gjennom vannsøylen på 2, 7 og 10 cm/s (for resultater, se kap 4.2). CTD profiler målt i mars 2019 – februar 2020 ble brukt for å beskrive sjiktning i vannmassene (se Kap. 3.1.1). Dette datasettet gir et godt bilde av sjiktingen i vannmassene i dypere vannlag. Tidligere er det kun målt CTD profiler ned til 34 m vanndyp (Rambøll, 2017).

Utslippsberegninger er gjennomført for prognosert vannmengde for 2040. Gjennomsnittlig vannmengde per døgn er forventet å bli 290 m^3/h (tilsvarende 0,081 m^3/s). Maksimal vannmengde er antatt å kunne bli 810 m^3/time (tilsvarende 0,225 m^3/s). Diameter av utslippsledningen er antatt å være 400 mm.

3.3 Modellberegninger med FjordEnv

Vi benytter modellen FjordEnv for å vurdere relative endringer som utslipp fra Grytnes RA kan medføre i resipienten. Den numeriske modellen FjordEnv ble på 1990 tallet utviklet som et verktøy for å vurdere konsekvenser av endrede tilførsler av næringssalter og organisk stoff i terskelfjorder (Stigebrandt et al., 1992, Stigebrandt, 2001). Modellen er først og fremst et verktøy for å vurdere relative endringer i belastning. Modellen er brukt i vurderinger av miljøforhold langs norskekysten, blant annet for å undersøke påvirkninger som oppdrettsnæring og kommunalt avløp kan medføre i resipientene. Vi benytter versjonen 4.0 i denne rapporten.

FjordEnv er en såkalt "boksmodell" som beregner oppholdstid for vann over og under terskeldypet, nedsynkning av partikulært organisk materiale til bunnen av fjorden, oksygenforbruk ved nedbrytning og oksygenkonsentrasjon under terskeldypet. Hastighet på vannutskifting er også vurdert teoretisk uten modell (se Kap. 4.3). Inngangsdata til FjordEnv er blant annet

- bunntopografi og terskelform
- strøm, hydrografi, tidevann og ferskvannstilførsel
- tilførsel av organisk materiale og næringssalter (naturlig tilførsel og antropogene utslipp).

Formålet med beregninger med modellen FjordEnv er å undersøke hvordan oksygenforholdene og vannkvalitet i bassengvannet blir påvirket i forskjellige belastningsscenarier av kommunalt avløpsvann til Idsefjorden. Modellen vil også gir et mer detaljert bilde av vannutskiftingen i fjorden (dvs. oppholdstid i ulike vannlag). Ved modellen beregnes gjennomsnittlige forandringer for hele fjordens oksygenforhold og siktedyp som følge av utslipp av næringssalter og organisk materiale. Eutrofiering i overflatelaget kvantifiseres ved forandringer i siktedyp.

3.3.1 Modellscenarier – utslipp fra renseanlegg

For denne rapporten er det simulert 3 scenarioer for belastningssenarioer. I alle scenarier er utslipp lagt i overflatelag (dvs. over terskeldypet på ca. 140 m). Modellberegninger med FjordEnv er gjort for 3 ulike utslippsscenarioer for nitrogen, fosfor og organisk stoff som tilsvarer:

- dagens situasjon (pe ca. 8200)
- prognosert situasjon for 2040 (pe ca. 18000) med primærrensing.
- prognosert situasjon for 2040 (pe ca. 18000) med sekundærrensing

Utslippstall fra Grytnes RA benyttet i modellen er vist i Tabell 2 (kapittel 2.2). Tilførsel fra ulike kilder sammenlignes i kapittel 4.5. Det antas at bakgrunnsavrenning og tilførsel fra andre kilder er uendret i alle scenarier. Små endringer i tilførsel fra disse øvrige kilder vil trolig være betydelig mindre enn belastning fra renseanlegg. Modellen FjordEnv tar ikke i hensyn til utslipp av suspendert stoff (TSS). Nedslamming ved utslippssted er kort diskutert i Kapittel 4.7.

3.3.2 Tilførsel av næringssalter og organisk stoff fra andre kilder

Generelt er det flere kilder for næringssalter og organisk materiale i en fjord, hovedkategorier er:

1. Tilførsler fra land:
    - industriutslipp
    - kommunalt avløpsvann
    - jordbruk
    - bakgrunnsavrenning fra skog og utmark
2. Utslipp rett til vannmassene fra:
    - oppdrettsnæring
    - båttrafikk etc

3. Vannutveksling med nærliggende områder (beregnes med modellen FjordEnv)

1. Tilførsel fra land

Det er ikke registrert utslipp av næringssalter, partikulært materiale eller næringssalter fra industri til Idsefjorden (kilder: databaser Miljøstatus og Norske Utslipp).

I databasen Miljøstatus er det registrert flere små renseanlegg (pe < 100) med utslipp til Idsefjorden og Botnefjorden som er tatt med i beregninger. Utslipp av næringssalter og organisk materiale for disse anleggene er hentet fra databasen Norskeutslipp (Miljødirektoratet). Utslippene er generelt enn størrelsesorden mindre enn utslippene fra IVAR sine anlegg. Informasjon om registrerte diffus avløp i fjorden er vist i Tabell 4.

Tabell 4. Registrerte utslipp fra mindre renseanlegg til Idsefjorden, gjennomsnitt for årene 2017-2019. (Kilde: Norske utslipp / Miljøstatus databaser). i.r.= ikke rapportert

Virksomhet	Utslippssted	Tot-N	Tot-P	BOF	TSS
		tonn/år	tonn/år	tonn/år	tonn/år
Jøssang RA	Botnefjorden	0,14	0,02	0,67	i.r.
Ådnanes RA	Botnefjorden	0,09	0,01	0,43	i.r.
Grønevoll RA	Idsefjorden	0,408	0,061	1,92	i.r.
Kvalvåg RA	Idsefjorden / Botnefjorden	0,02	0,003	0,09	i.r.
Sandvika RA	Idsefjorden / Botnefjorden	0,029	0,004	0,14	i.r.
	SUM	**0,69**	**0,098**	**3,25**	**--**

I Idsefjorden er avrenning fra landbruk og tettbebygde områder en mulig kilde til eutrofiering. Idsefjorden har landbruksareal øst, nord og vest for vannforekomsten, og fra disse områdene kan det være avrenning til vannforekomsten. For beregninger av avrenning av næringssalter til Idsefjorden har vi brukt NIVAs data fra Vann-Nett databasen, som er basert på tilførselsmodellen TEOTIL (for beskrivelse se Tjomsland, 1996 og Tjomsland et al. 2010 og NIVA, 2017 «*Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførseler i Norge»).*

Vi har hentet tilførsel fra ulike kilder for området markert med blå linje i Figur 5a. Det er ikke mulig å hente tilførsel for egendefinert området fra Vann-Nett, og følgelig er kystområdet inklusiv deler av Hidlefjorden. I FjordEnv beregninger har vi tatt i utgangspunkt at 70 % av tilførsel til dette området kommer direkte til Idsefjorden. Figur 5b viser elvenett til Idsefjorden, største elva Jorpelandsåna har en middelvannføring på 6,3 m^3/s.

Beregnede tilførsel fra land er oppsummert i Tabell 5.

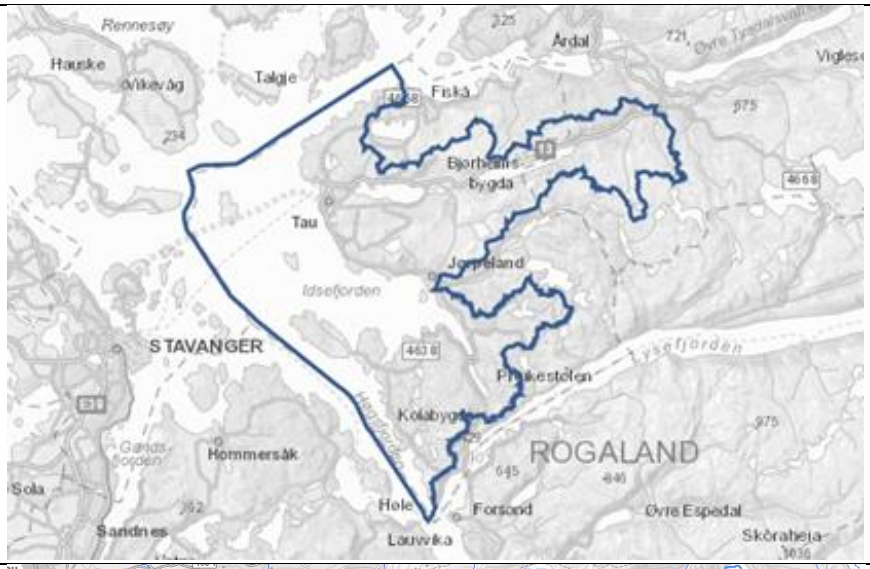
Tabell 5. Tilførsel av næringssalter fra jordbruk, arealavrenning og diffus avløp til Idsefjorden. (basert på TEOTIL modell, Vann-Nett database)

	Tot-N	Tot-P
	tonn/år	tonn/år
Arealavrenning	23,4	0,21
Jordbruk	11,3	0,38
Totalt	**34,7**	**0,59**

a)

Iht. Vann-Nett:
Areal: 311 km^2, av dette
Kyst: 120 km^2,
Land: 182 km^2.

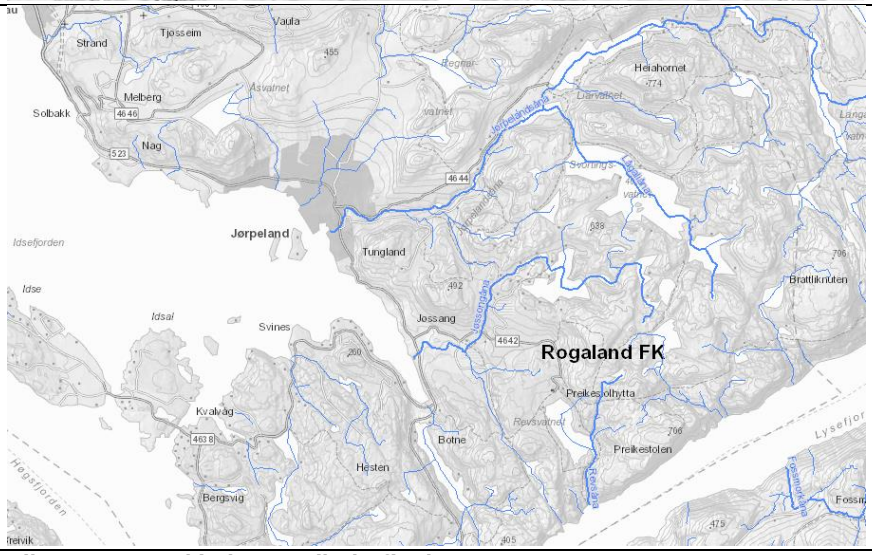
Antatt at 70 % av landarealet (127,4 km^2) har tilførsel direkte til Idsefjorden



b)

Elvenett ved Idsefjorden (NVE Atlas)

Jørpelandselva har et nedbørfelt på 80,2 km^2



Figur 5. a) Kystområdet iht. Vann-Nett, b) elvenett til Idsefjorden

2. Utslipp rett til vannmanssene

I Idsefjorden er det ikke identifisert utslipp rett til vannmassene.

3. Vannutveksling

Vannmassene i fjorden fornyes kontinuerlig gjennom vannutskiftning med nærliggende fjordområder. Næringssalter og organisk materiale fjernes og tilføres med vannutskiftingen. Bidraget gjennom vannutskiftningen mellom områdene utenfor beregnes ved bruk av modellen FjordEnv (Tabell 6). Som inputdata til beregninger har vi benyttet informasjon fra Havforskningsinstitutt sin rapport fra 2015: «*Omsetning av tilført partikulært organisk materiale i fjordbasseng med dype terskler*».

I Idsefjorden er saltholdighet i vannet over terskeldypet (140 m) mellom 34,75-34,90 psu, og følgelig er det benyttet verdi for Fc på 9,5 g/m^2/måned (Fc = tilførsel av labilt karbon). Denne relativt høye verdien for Fc i dypere vannlag er knyttet til den relative høye primærproduksjonen i atlantisk vann som strømmer inn i Nordsjøen. I fjorder med grunnere terskel (< 60 m) er tilførselen (dvs. verdi på Fc) generelt lavere. I modellen FjordEnv er organisk material antatt å være sammensett iht. Redfield ratios (per moles), og C:N:P = 106:16:1 (Stigebrandt, 2001).

Tabell 6. Innstrømning av næringssalter og karbon til Idsefjorden over terskelen, beregnet med modellen FjordEnv, samt verdier fra litteratur (Havforskningsinstitutt, 2015).

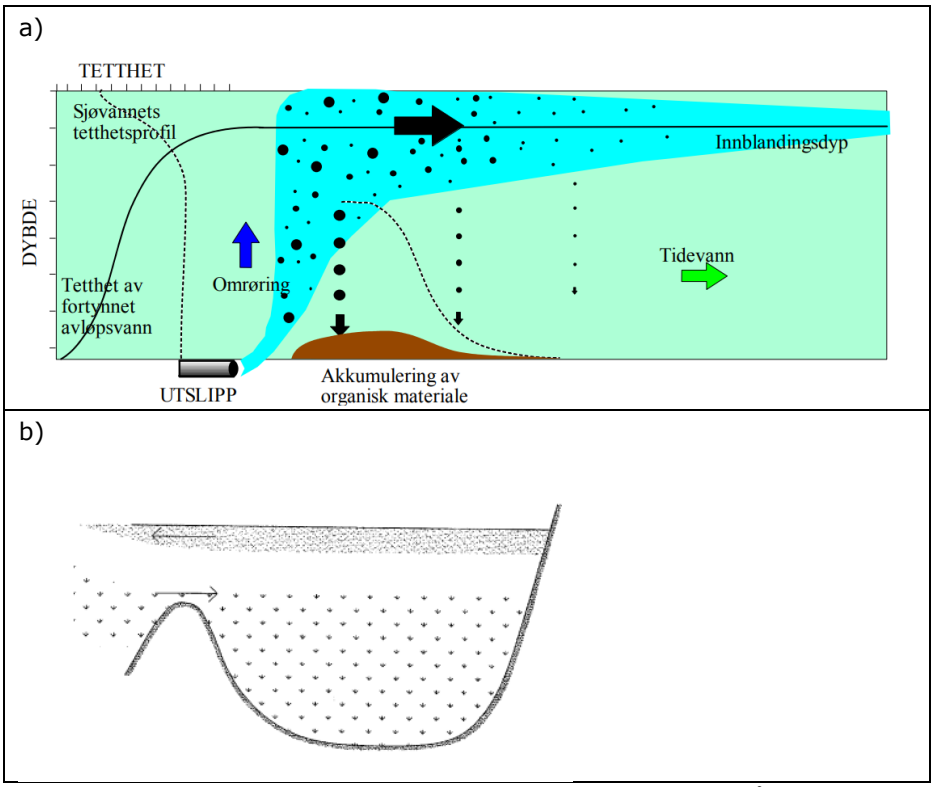
	Tot-N	Tot-P	Karbon, naturlig
	tonn/år	tonn/år	Tonn / år
Fra andre deler av fjorden FjordEnv resultater: **Fluxes of organic matter into the sill basin** Carbon, natural (tons/year) 141,09 Nitrogen, natural (tons/year) 24,85 Phosphorus, natural (tons/year) 3,44 UOD, natural (tons/year) 493,82	24,9	3,44	141,09 (tilsvarende oksygenbruk på 493,82 tonn/år)

3.3.3 Model input: øvrige parameter

Batymetriske data for vurdering av fjorden volum i ulike vannlag, samt terskelform er hentet fra Kartverket sine databaser (beskrevet i Kap. 2.1). Beskrivelse av forholdene i fjorden (input til FjordEnv modellen) er vist i Figur 7.

Ferskvannstilførsel er estimert basert på NVE Nevina database. For hydrografi benytter vi resultatene fra undersøkelsen i gjennomført i 2019-2020 (Rambøll, se kapittel 4.1). For «nytt» vann som kommer over terskelen inn til den dypeste delen av fjorden er det benyttet en verdi på 6,5 ml/l, basert på hydrografi målinger (Figur 8, Kap. 4.1). For minimum oksygen i dagens situasjon er en verdi på 5,3 ml/l benyttet.

Modellen FjordEnv beregner sedimenteringshastighet for organisk materiale. Denne beregnede sedimenteringshastigheten er såpass lav (beskrevet i resultatkapittel), at i Idsefjorden indikerer modellresultater at alt organiske materiale sluppet ut fra renseanlegget transporteres over terskelen, og ut fra fjorden (se illustrasjon i Figur 6b). Det forventes likevel at det vil være noe tyngre organiske partikler i utslippsvannet som avsetter seg i nærheten av utslippssted (Figur 6a). For beregninger har vi gjort en antakelse at 10 % av organisk materiale som slippes ut fra renseanlegg, avsetter seg til fjorden, og ikke transporteres videre.



Figur 6. a) Illustrasjon av utslipp av avløpsvann til sjøresipient (kilde Rådgivende Biologer). Deler av organisk materialer avsetter seg i nærheten av utslippssted. b) Partikulært organisk materiale som tilføres til fjorden overflatelag har generelt en lav sedimenteringshastighet, største delen av organiske materiale transporteres ut fra fjorden i vannet som har kort oppholdstid. (Stigebrandt, 1992). Sedimenteringshastighet beregnes med modellen FjordEnv.

Natural conditions

Secchi depth, typical summer value (m)	Background deepwater mixing (W/m^2)	Freshwater supply (annual mean) (m3/s)
9	0,00002004	10,32
Oxygen conc. in "new" basin water (ml O2/l)	Deltaro (kg/m3)	Power supply from interior sills (kW)
6,5	1	0,00
Tidal amplitude - M2+S2(m)	Sigmaro (kg/m3)	Flux of organic matter (gC/m2/month)
0,15	0,19	9,5
Semidiurnal contribution (fi)	Int circulation forcing (kg/m2)	
1,75	67	
S2	Efi	Wi
28	2	5

Figur 7. Inngangsdata til modellen FjordEnv - forholdene i fjorden.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Hydrografi

CTD-målingene gjennomført i den dypeste delen av Idsefjorden (vanndyp 204 m) fra februar 2019 til mars 2020 gir et godt bilde på hydrografien i fjorden gjennom året. Figur 8 viser isolinjer for salinitet, oksygen og temperatur ved målestasjonen.

Målingene av **salinitet** (Figur 8a) viser et ferskvannspåvirket overflatelag som er mest tydelig i perioden juni-oktober 2019 og januar - februar 2020. Et slikt brakkvannspreget overflatelag er typisk for sommersituasjonen i norske fjorder. Også tidligere undersøkelser i Idsefjorden (Rambøll, 2017) viste at brakkvannslaget i fjorden er mest tydelig i sommer- og høstperioden (mai – nov 2016).

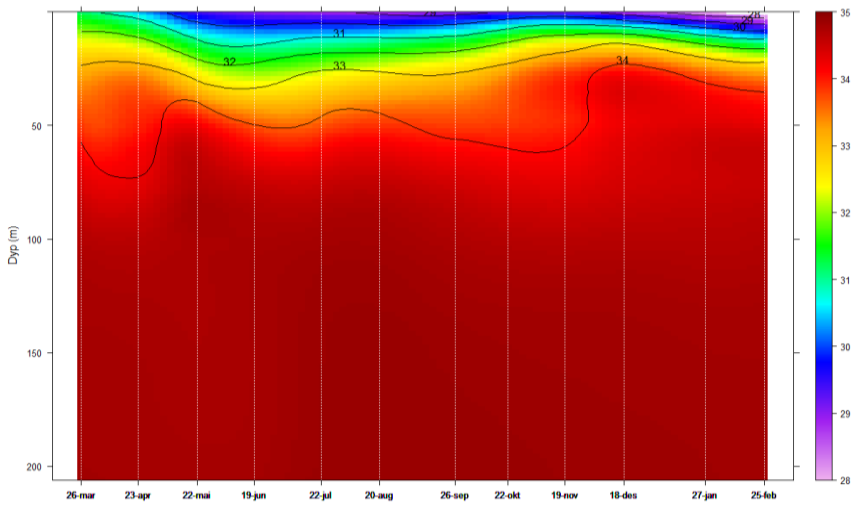
Brakkvannslaget registrert i Idsefjorden har salinitet ned mot 27 psu. Mektigheten av laget med salinitet mindre enn 30 psu varierer mellom 0 og 10 m. Idsefjorden mottar ferskvann fra bla. Jørpelandselva (middelvannføring 6,2 m^3/s). Målestasjon ble plassert midtfjords, hvor en eventuell påvirkning fra elven og mindre bekker vil være noe mindre tydelig. Figur 8a viser at brakkvannslaget er mye tynnere i mars 2019 og på høsten (oktober – november 2019) sammenlignet med sommer-situasjonen, men likevel ble det ikke registrert verdier lavere enn 30 psu i overflatelaget. Det er sjiktning i vannmassene (vanndyp < 50 m) over hele måleperioden, noe som er gunstig med tanke på innlagring av utslippet fra renseanlegg. Figur 8 viser at saltholdigheten er mer stabil i de dypere vannmassene (vanndyp > 100 m). Detaljer knyttet til saltholdighet vises i kap. 4.3.

Målinger av **oksygen** (Figur 8b) viser at oksygenkonsentrasjon tilsvarer svært god (klasse I iht. 02:2018) tilstand over hele måleperioden i Idsefjorden. Oksygenkonsentrasjonen synker i bunnvannet i perioden august 2019 – mars 2020. Oksygeninnhold i bunnvannet er også noe lavere i mars – april 2019 før innstrømming av nytt oksygenrikt vann fra utenforliggende områder i mai – juni. Målingene av oksygen tyder på at dypvannutskiftningen i fjorden er god og at det er svært god tilgang på oksygen i de dypere områdene i fjorden. Oksygeninnholdet i bunnvannet kan variere noe fra år til år, men det er lite trolig at lave oksygennivåer vil inntreffe i Idsefjorden siden resultatene ikke viser noen tegn på stagnerende bunnvann i fjorden.

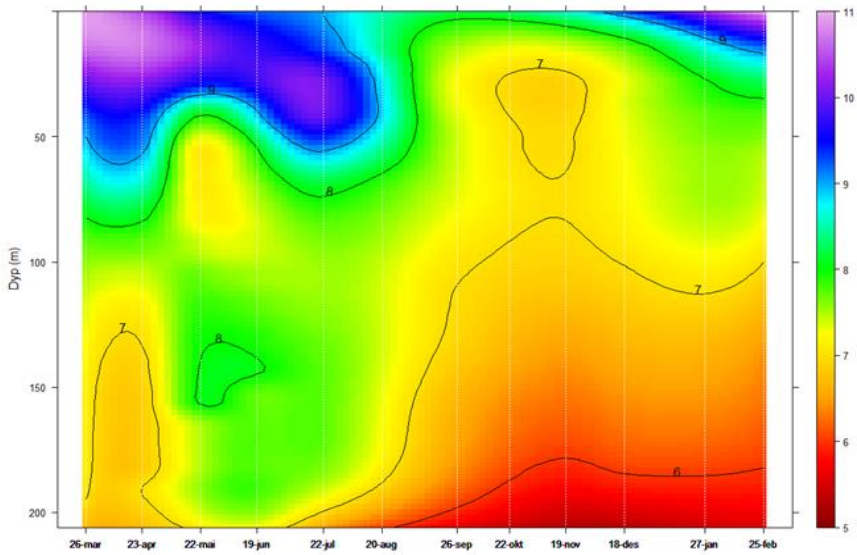
Målingene av **temperatur** (Figur 8c) viser at overflatetemperaturen i Idsefjorden varierer mellom 6-16 °C og synker gradvis ned mot en stabil temperatur på rundt 8 °C i de dypere vannmassene. Om våren (mars – april) er det mindre vertikal variasjon i temperaturen i vannsøylen. Overflatetemperaturen var lavest i februar 2019 og mars 2020, mens høyeste temperatur i overflatelaget ble registrert i juli – august 2019.

Målte CTD profiler er også benyttet for innlagringsberegningene med prognoserte vannmengder for 2040 (for resultater se kap. 4.4).

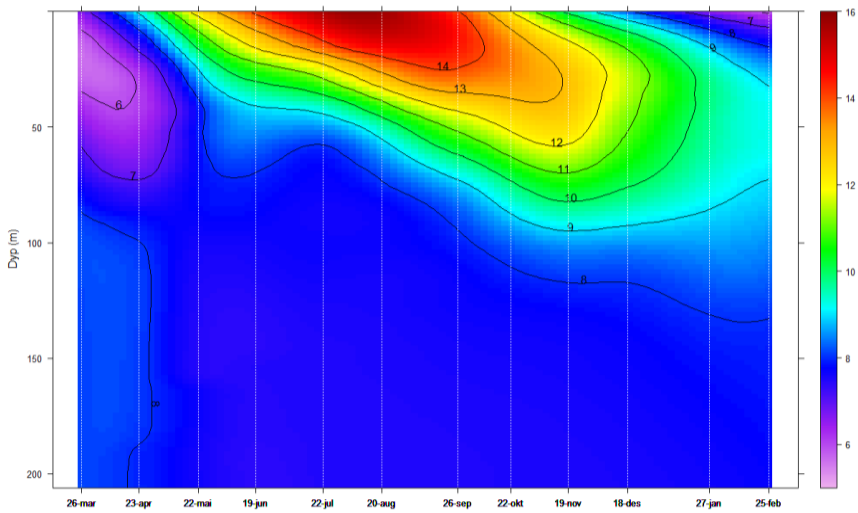
a) Saltholdighet (psu)



b) Oksygen (mg/l)



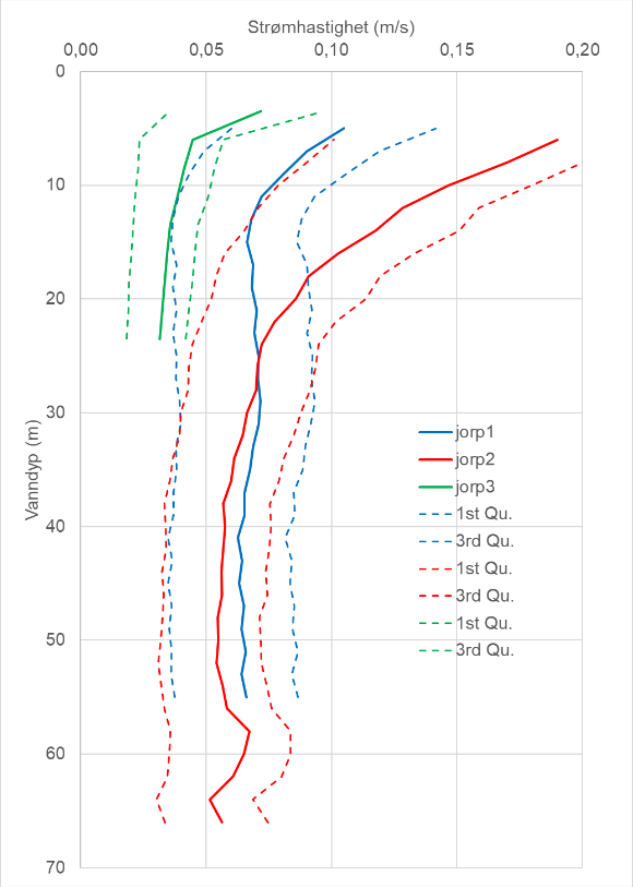
c) Temperatur (°C)



Figur 8. a) Salinitet (psu), b) oksygeninnhold (mg/L) og c) temperatur (° C) i vannsøylen i den dypeste delen av Idsefjorden i perioden februar 2019 – mars 2020. Vertikale stiplete linjer viser tidspunktene for måling av profilene.

4.2 Strømforhold

Resultatene fra strømmålinger på stasjoner ADCP1 og ADCP2 er oppgitt i Vedlegg 1. Generelt viser resultatene at strømhastigheten er høyere ved stasjoner ADCP1 og ADCP2 enn ved dagens renseanlegg ved Jørpeland (stasjon Grytnes RA). Strømforholdene på stasjon Grytnes RA er målt tidligere (Rambøll 2017). Stasjonene ADCP1 og 2 ligger mer eksponert enn Grytnes RA og resultatene viser relativt stor gjennomstrømning inn og ut av Idsefjorden. Figur 9 viser gjennomsnittlig strømhastighet i vannsøylen målt på stasjoner ADCP 1 (blå linje) og ADCP2 (rød linje) og ved dagens utslippssted (grønne linjer).



Figur 9. Gjennomsnittlig strømhastighet i ulike dyp fra ved stasjonene ADCP1 (blå), ADCP2 (rød), og ved dagens utslippssted fra Grytnes RA (grønn). Nivåene mellom målepunktene er 2 meter (cellestørrelse). Stiplede linjer viser 25 og 75 persentilen.

4.2.1 Stasjon ADCP1 ved terskelen til Idsefjorden

Målingene fra stasjon ADCP 1 benyttes for å vurdere vannutskiftingen i mellomlaget der utslippet fra renseanlegget forutsettes innlagret. Det er små tidevannsforskjeller i området, og data fra strømmåleren ved stasjon ADCP1 viser et svak periodevis mønster i strømretning knyttet til tidevannsperioden på 12,4 timer i alle vannlag fra ca. 10 m dyp og ned til 54 m vanndyp, med utstrømming mot ca. 330 grader og innstrømming mot ca. 160 grader. Over hele måleperioden er innstrømningen svakt større enn utstrømningen, slik at det var en netto innstrømning mot Idsefjorden ved målepunktet. Dette tyder på at utstrømningen er mer fordelt i tverrsnittet og over i andre overganger til andre deler av fjordsystemet.

Resultatene fra strømmålingene fra 5 m dyp ved stasjon ADCP1 viser at hovedstrømretningen og massetransporten av vann går mot nordvest og sørøst. Gjennomsnittlig strømhastighet i 5 meters vanndyp er 10 cm/s. 25 % av målingene er > 14 cm/s, 25 % av målingene er < 6 cm/s.

Resultatene fra strømmålingene på både 27 og 53 meters dyp viser at hovedstrømretningen og massetransporten av vann er definert mot nordvest og sørøst, men strømhastigheten er lavere enn i overflatelaget. Gjennomsnittlig strømhastighet er hhv. 7 og 6 cm/s. I 27 m vanndyp er 25 % av målingene er > 9 cm/s og 25 % av målingene er < 4 cm/s. I 53 m vanndyp er variasjon i strømhastighet nesten lik og 25 % av målingene er > 8 cm/s, 25 % av målingene er < 4 cm/s. Fordelingen av strøm i ulike retninger er nesten lik i 27 m og 53 m dybde, men i dypere vann (53 m) er strømmen mot sør svakt mer dominerende.

4.2.2 Stasjon ADCP2 ved Bargaviga

Strømmålingene fra stasjon ADCP2 benyttes for å vurdere strømforholdene ved eventuelt alternativ plassering av utslippet fra Grytnes RA. Resultatene fra målingene ved stasjonen er brukt for vurdering av utslippets innlagring om utslippet plassers et sted med sterkere strøm (se Del 4.4). Området ligger mer utsatt for kyststrømmen enn eksisterende utslippslokasjoner ved Jørpeland og strømhastigheten er noe høyere enn det som er registrert ved dagens utslippspunkt.

Resultatene fra strømmålingene viser ingen tydelige mønster iht. tidevannsinnstrømning ved stasjonen. Som ved stasjon ADCP1 ble høyeste strømhastighet målt i overflatelaget (6 m vanndyp). I denne dybden var middelstrømhastighet 17 cm/s, og 25 % av målingene viste hastigheter > 27 cm/s, 25 % av målingene viste hastigheter < 10 cm/s. Resultatene fra strømmålingene ved stasjon ADCP2 viser at strømhastigheten i 32 og 64 m vanndyp er gjennomsnittlig hhv. 6 og 5 cm/s. I 32 m vanndyp er 25 % av målingene > 8 cm/s, 25 % av målingene er < 4 cm/s. I 64 m vanndyp er variasjon i strømhastighet nesten lik og 25 % av målingene er > 7 cm/s, 25 % av målingene er < 3 cm/s.

Resultatene fra strømmålingene fra stasjon ADCP2 viser ingen tydelig mønster med tanke på hovedstrømretning. Strøm mot nord / nordøst (0 – 80°) er svakt dominerende i overflatelaget, mens i vanndyp 32 m er strømninger mot øst /nordøst svakt dominerende (70-90 grader). I 64 m vanndyp er strømhastighetene generelt lave og det er ikke registrert noen dominerende strømretning.

For sammenligning er resultatene for fordeling av strøm fra tidligere undersøkelser (Rambøll, 2017) ved utslippssted fra Grytnes RA tatt med i Vedlegg 1. Resultater fra strømmålinger ved dagens utslippssted er også oppgitt i Vedlegg 3, målingene er beskrevet av Rambøll (2017).

4.3 Vannmasser og fornyelse: teoretiske og FjordEnv beregninger

Vannmassenes utskifting i en fjord er essensiell for opprettholdelsen av god vannkvalitet. En vannresipient (fjord) som Idsefjorden, som er utsatt for noe belastning av næringssalter og organisk materiale, vil kreve hyppigere utskifting av vannmassene enn en resipient med lav belastning. Opplysninger om vannutskiftingen er derfor nyttige for å vurdere vannkvalitet og endringer i belastninger fra renseanlegg. Fjordens fysiske forhold og oppholdstid er avgjørende på effektene enn viss belastning vil få i resipienten.

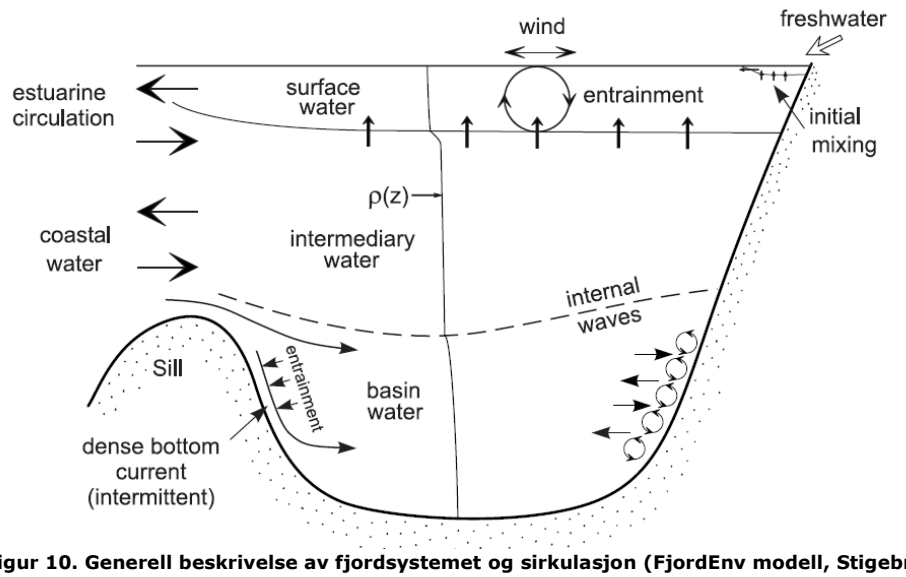
Oksygeninnholdet i vannet er en god indikator på vannkvaliteten med hensyn til organisk belastning. Generelt knyttes begrepet «vannutskifting» til fornyelse av vannmassene, dvs. tilførsel av oksygenrikt vann. Vannutskifting er vurdert fra endringer i hydrografiske parametere (særlig salinitet og oksygen), samt med modellberegninger med FjordEnv.

På grunnlag av bunntopografien og vertikale saltholdighetsprofiler (se Kap 4.1) kan vannsøylen i Idsefjorden grovt deles inn i tre ulike lag, disse er illustrert i Figur 10. Denne inndelingen brukes for å kunne vurdere vannutskifting.

1. Overflatelaget (*surface water, Figur 10*): Overflatelaget er preget av ferskvannstilrenning slik at brakkvannslag utgjør et varierende tykt topplag. Saltholdigheten varierer oftest mellom ca. 25 og 30 og tykkelsen varierer mellom ca. 3 m og 8 m. Ved situasjoner med liten ferskvannstilførsel og / eller sterk vind kan overflatelaget forsvinne. Dette skjer typisk i vinterperioden (se Kap. 4.1 og tidligere undersøkelser av Rambøll, 2017).

2. Under brakkvannslaget ligger «mellomlaget» (*intermediary water*) som er påvirket av daglige inn- og utstrømmende tidevann med kystvann. Mellomlaget ligger under brakkvannslaget og ned til terskeldypet. I Idsefjorden ligger terskelen på ca. 140 m dyp.

3. Under terskelnivået ligger "dypvannet" (*basin water*) som omfatter vannmassen under et eventuelt mellomlag og ned til største dyp (i Idsefjorden ned fra ca. 206 m dyp). I denne vannmassen kan vannfornyelsen være betydelig mindre enn i mellomlaget. Det er i dette laget eventuelle oksygenproblemer kan oppstå.



Figur 10. Generell beskrivelse av fjordsystemet og sirkulasjon (FjordEnv modell, Stigebrandt, 2001).

Med modellen FjordEnv beregnes det en generell fjorddiagnose, som for eksempel indre bølger, intermediær sirkulasjon, oppholdstid for både mellomlaget og for bunnvannet under terskeldypet, samt synkehastighet på partikulært materiale. Disse faktorer beregnes basert på lokalitet og typografien i fjorden. Resultatene for Idsefjorden er oppgitt i Figur 11. Resultater fra «fjorddiagnose» benyttes videre i modellen for beregninger av endringer som følge av endret belastning (for resultater se Kap. 4.6).

General fjord diagnosis

Choking coefficient	1,00	Estuarine circulation (m3/s)	272,69
Tidal speed in the mouth (m/s)	0,00	Residence time for water above sill level (days)	8,63
Speed of internal waves in the fjord (m/s)	0,46	Settling time for particular organic matter (days)	103,33
Intermediary circulation (m3/s)	3244,26	The function f1	0,00
Tidally forced circulation (m3/s)	108,16	The function f2	0,00

Conditions in the basin water

The fjord is a wave fjord	ci/us0 = 118,28	Work against the buoyancy forces (mW/m^2)	0,02
Filling time for basin water (days)	0,29	Background(mW/m^2)	0,02
Re-value of the sill basin	0,07	Tidally forced (mW/m^2)	0,00
Density reduction (kg/m^3/month)	0,02	From interior sills (mW/m^2)	0,00
Oxygen consumption (ml/l/month)	0,33	Oxygen minimum in the basin water (ml/l)	5,30
Time-scale for water exchange (months)	3,64	The Function f3	0,00
Time-scale for oxygen consumption (months)	19,72	Power supply to exterior basin (kW)	0,01

Figur 11. Beskrivelse av fysiske forhold i Idsefjorden, resultater fra FjordEnv modellen, «fjord diagnosis». Figuren viser resultater (oksygenbruk) i dagens situasjon. Øvrige resultater fra modellen i Kapittel 4.6.

Overflatelaget / brakkvannslaget

Vannutskifting i overflatelaget er avhengig av tilførselen av ferskvann, tidevann og meteoriske forhold (vind osv.). I tilfeller der utslippet stiger helt til overflaten vil strømretningen i overflatelaget være avgjørende for eksponering for bakteriellforurensing. Ved plassering av utslippsledningen forutsettes det at utslippet under normale forhold vil innlagres i dypere lag. Dette vil si at vannutskifting i brakkvannslaget har mindre betydning for påvirkninger utslippet kan gi i resipienten. Strømhastighetene i overflatevannet er målt til i gjennomsnitt å være mellom 8 og 15 cm/s, som gir effektiv utskifting i overflatelag, men oppholdstiden vil variere mye i ulike deler av fjorden.

Mellomlaget

Avløpsvannet fra renseanlegget slippes ut i mellomlaget og innlagres vanligvis her (se grafer i Kap 4.4). Følgelig er vannutskifting i dette laget viktig med tanke på påvirkninger som utslipp fra kommunalt renseanlegg vil kunne få. Vi har målt strømhastighet og -retning i de øverste 55 m av vannsøylen i åpningen mellom Idsefjorden til Hidlefjorden (stasjon ADCP1).

Overflatearealet for vannforekomsten Idsefjorden er 32,4 km^2 (se Tabell 1). Betrakter vi vannmassene ned til 50 m dyp, utgjør dette omtrent 1 130 mill. m^3. Arealet av tverrsnittet over terskelen på 50 m dyp er omtrent 0,08 km^2, basert på sjøkart. Vi antar at vannutskifting skjer over terskelen mot nordvest. Gjennomsnittshastigheten er 0,07 m/s i 25 m vanndyp og gir en gjennomsnittlig inn- og utstrømning på ca. 100 mill. m^3 / tidevannssyklus. Dette vil si at hele vannmassen kan utskiftes på 5-7 døgn gjennom åpningen til Hidlefjorden. Små tidevannsforskjeller i området gir en forholdsvis stor oppholdstid i dette laget. Ved lave og høy strømhastighet ved terskelen kan oppholdstiden i mellomlaget variere alt mellom 3 – 15 dager.

Oppholdstid ble også beregnet med hjelp av FjordEnv modellen. Resultatene (se Figur 11) indikerer at fjorden kan beskrives som «wave fjord» (dvs. strømforholdene i fjorden er i mindre grad dominert av tidevannsstrømninger). Ved bruk av modellen får vi en gjennomsnittlig oppholdstid for vannmasser over terskeldyp (ca. $2,7*10^9$ m3) på 8,63 døgn. Modellresultater indikerer relativt lik / noe lengre gjennomsnittlig oppholdstid som beregnet teoretisk ut basert på strømhastighet ovenfor, men oppsummert ligger oppholdstid i vannmassene over terskeldyp i hovedsak mellom 5-11 døgn. Beregnede oppholdstid i modellen FjordEnv er for hele mellomlaget over terskeldyp.

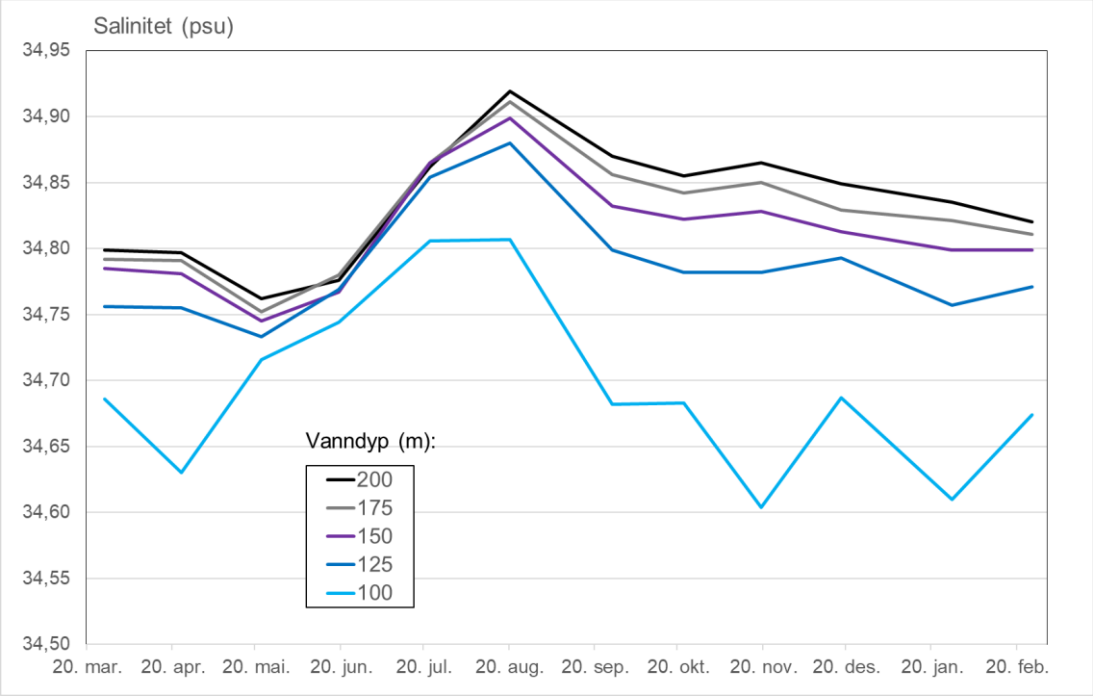
<u>Dypvannslaget</u>
I dypvannslaget under terskeldypet er vannbevegelsene små. Oksygeninnholdet i dypvannslag er den variabelen som gir et tydelig tegn på omfanget av dypvannsutskiftinger i terskelfjorder. Ved overvåking av oksygeninnholdet i bunnvannet kan man registrere tidspunktene for utskiftinger. Endringer i oksygen og saltholdighet i vanndyp > 100 m i mars 2019 - februar 2020 er vist i hhv. Figur 12 og Figur 13.

Resultatene viser noe avtakende oksygenkonsentrasjoner i sommerhalvåret, men likevel tilsvarer oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet svært god tilstand hele året (> 5 mg/l). Nedre grense for «svært god» tilstand for oksygeninnhold i bunnvannet er 4,5 mg O_2/l iht. 02:2018. Resultatene tyder på at dypvannet skriftes ut med jevne mellomrom. Mellom målingene i mars – april var det økning i oksygennivået i 200 m vanndyp fra 6,5 til 8,0 mg/l. I samme tidsperiode sank saliniteten i bunnvannet fra 34,80 til 34,75 psu.

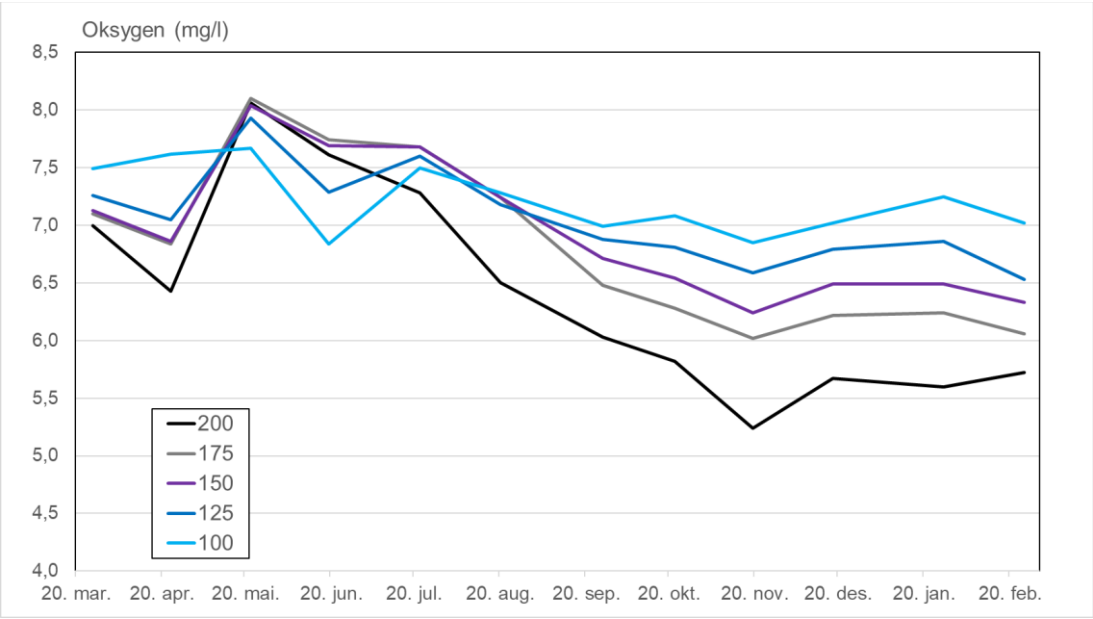
Saltholdigheten øker igjen jevnt mellom målingene fra mai til august (fra 34,75 psu til 34,92 psu) som tyder på innstrømning av vann fra andre deler av fjordsystemet. I samme tidsperiode viser oksygennivået i dypvannet (200 m) synkende trend. Fra og med november øker oksygenkonsentrasjonen svakt i bunnvannet (200 m dyp) som tyder på jevne utskiftinger av bunnvannet. Resultater viser ingen tegn til oksygensvikt i Idsefjorden som har relativt dyp terskel ut mot ytre deler av fjordsystemet.

I vannlaget som ligger over terskeldypet (100 m og 125 meters grafer i Figurer 5 og 6) er endringene i saltholdighet og oksygen noe raskere, som tyder på raskere utskiftinger i disse lagene, men forskjellene er forholdsvis små sammenlignet med endringene i dypvannslaget. I mindre vanndyp (< 100 m vanndyp) er endringene enda raskere som isolinjene i kap. 4.1 indikerer.

Oppholdstid i bunnvannet ble også beregnet med hjelp av FjordEnv modellen. Oppholdstid av dypvannet under terskeldyp ble beregnet å være 4,3 måneder. Dette er i tråd med resultater fra hydrografimålinger, bunnvannet innenfor terskelen skiftes ut med jevne mellomrom.



Figur 12. Variasjon av saltholdighet i 100, 125, 150, 175 og 200 m vanndyp i den dypeste delen av Idsefjorden (205 m). (Målinger fra 2019-2020)



Figur 13. Variasjon i oksygeninnhold i 100, 125, 150, 175 og 200 m vanndyp den i dypeste delen av Idsefjorden. (Målinger fra 2019-2020)

4.4 Utslippsberegninger - innlagringsdyp (Visual Plumes)

Dersom avløpsvannet er lettere enn mellomlaget, vil avløpsvannet stige oppover i vannsøylen. I første fasen (rev001 av rapporten) var det ønske om å få vurdert innlagring av utslippet for å finne ut om dagens utslippssted i 30 m vanndyp kan benyttes også med økt utslippsvolum. Utslippsberegninger er gjort med gjennomsnittlig forventet utslippsmengder for 2040, Q_{dim} = 290 m^3/h. I tillegg er det ønske om å få vurdert et *«worst case»*-scenario med maksimale forventet vannmengde, Q_{maks} = 810 m^3/h, og hvor dypt utslippsledningen da bør plasseres for å oppnå innlagring.

Figur 14 og Figur 15 viser strålebaner for utslippet med strømforhold ved hhv. dagens utslippssted og ved stasjon ADCP2. Det ble testet flere utslippsdybder for å finne ut hvor dypt utslippsledning må plasseres for å nå innlagring i resipienten. Innlagring av utslippet er kritisk både med tanke på vannkvalitet i overflatelaget (bakteriell forurensing) og om tilgang til næringssalter i fotisk sone kan føre til eutrofiering. Dette er nærmere diskutert nedenfor.

Dagens utslippssted
Utslippsmengder for 2040 er betydelig høyere enn i dagens situasjon (Q_{mid} = 128 m^3/time), og resultatene viser at utslippsledning må plasseres på minst ca. 40 m vanndyp for å unngå gjennomslag til overflaten ved de fleste forholdene i resipienten (Figur 14). Ved utslipp til 30 m vanndyp (gjennomsnittlig vannmengde for 2040) kan det forventes gjennomslag til overflaten med lav og gjennomsnittlig strømhastighet i resipienten (Figur 14). Det er følgelig ikke anbefalt å beholde dagens utslippsdyp på 30 m. Også ved utslipp til 40 m vanndyp kan yttergrensen av utslippsskyen stige til nær overflaten før endelig innlagring. I avsnitt 4.5 er beregningene gjort med prosjektert utslippsledning.

Eventuelt kan diffusor vurderes i utslippsledningen hvis dages utslippssted beholdes. Egnet diffusor vil øke fortynningen i utslippet og dermed øker avløpsvannets egenvekt raskere og avløpsvannet kan antas å innlagres dypere i vannmassene. Beregninger med diffusor er ikke gjort i foreliggende notat.

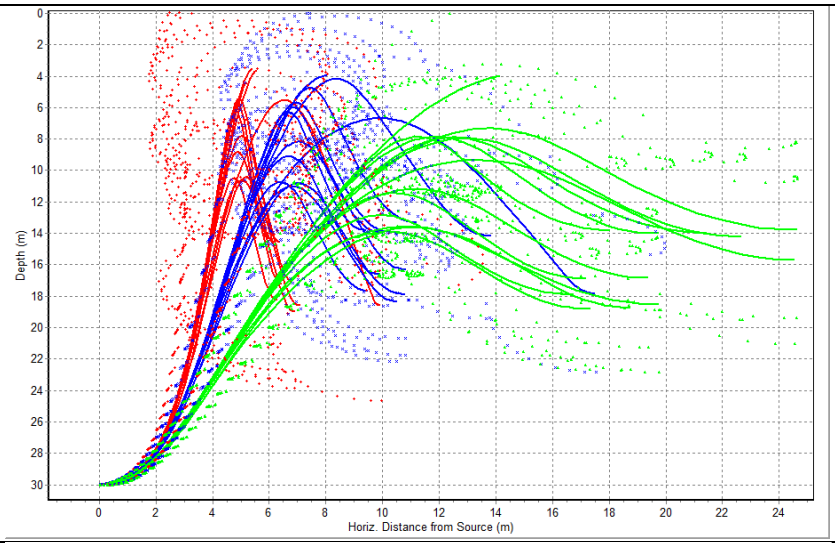
Utslipp ved Barkaneset (ADCP2)
Ved å sammenligne Figurer 14 og 15 kan man se at høyere strømhastighet ved Barkaneset er gunstig med tanke på innlagringsdyp av utslippet, forskjellene er likevel forholdsvis små. Ved utslipp til 30 m vanndyp kan det forventes gjennomslag til overflaten ved lav strømhastighet (2 cm/s) i resipienten (Figur 15). Hvis utslippsledning plasseres i 40 m vanndyp, vil endelig innlagring av utslippssky skje i ca. 16-34 m vanndyp (yttergrensen til utslippsskyen). Tidligere beregninger viste også at høyere strømhastighet gir mer effektiv fortynning, men fortynningsberegninger er ikke vist i foreliggende notat.

Utslipp av maksimale vannmengde og lav strømhastighet i resipienten
Det verste tenkelige scenario (maksimale vannmengde for 2040 og lav strømhastighet i resipienten) fører til at yttergrensen av utslippsskyen kan nå overflaten i perioder med mindre sjikting i vannmassene (generelt om vinteren) samtidig med lav strømhastighet i resipienten. Resultatene tyder på at utslippsledningen må plasseres dypere enn 40 m hvis den maksimale vannmengden forventes å forekomme ofte.

Generelt om innlagringsdyp
Siktedypet er en god indikator for nedre grense for mulig primærproduksjon. Primærproduksjonen foregår i sonen i overflaten så langt ned det er tilstrekkelig lys for fotosyntese. Nedre grense for primærproduksjon er generelt omtrent 2-2,5 ganger siktedypet. I Idsefjorden var siktedypet gjennomsnittlig ca. 8 m i vår / sommerperioden (Rambøll, 2017). Dette vil si at primærproduksjon skjer i hovedsakelig i øverst 20 m av vannsøylen, og derfor anbefales det et utslippsdyp som gir innlagring i minimum 15–20 m vanndyp i sommerperioden. Dette vil redusere risikoen for eutrofiering. Om sommeren er det generelt tydelig sjikting i vannet som er gunstig med tanke på innlagring.

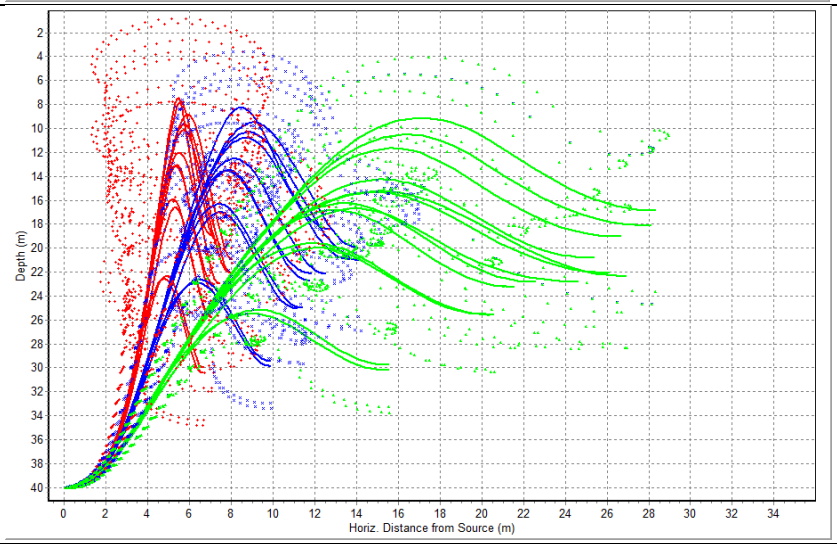
Utslippsdyp 30 m
Strømhastighet i resipienten

- 1 cm/s (røde linjer)
- 3 cm/s (blåe linjer)
- 7 cm/s (grønne linjer)



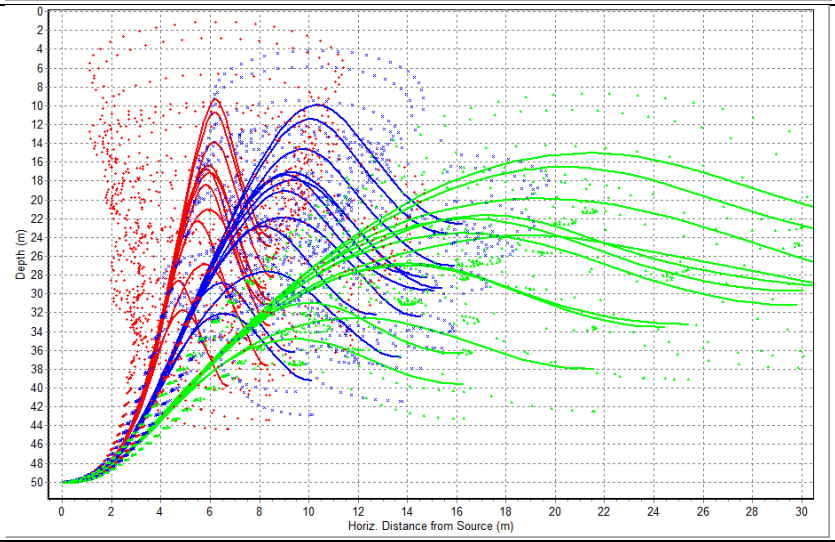
Utslippsdyp 40 m
Strømhastighet i resipienten

- 1 cm/s (røde linjer)
- 3 cm/s (blåe linjer)
- 7 cm/s (grønne linjer)



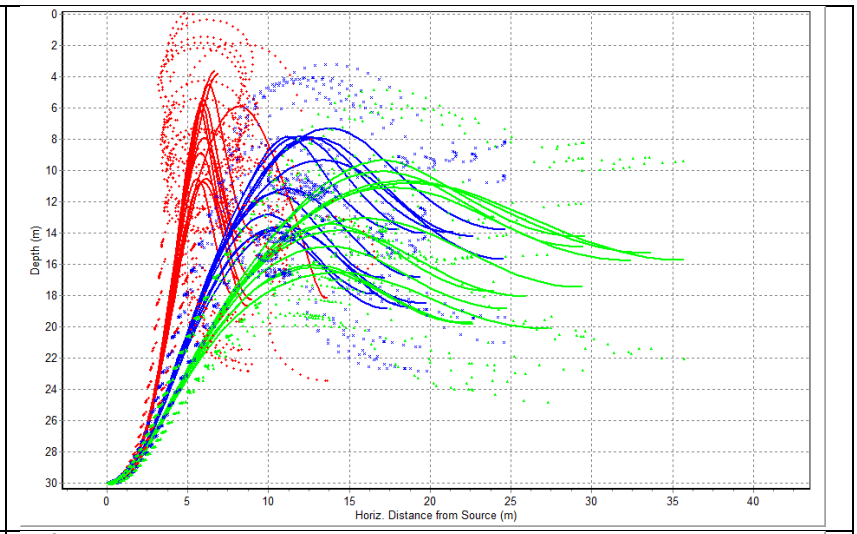
Utslippsdyp 50 m
Strømhastighet i resipienten

- 1 cm/s (røde linjer)
- 3 cm/s (blåe linjer)
- 7 cm/s (grønne linjer)

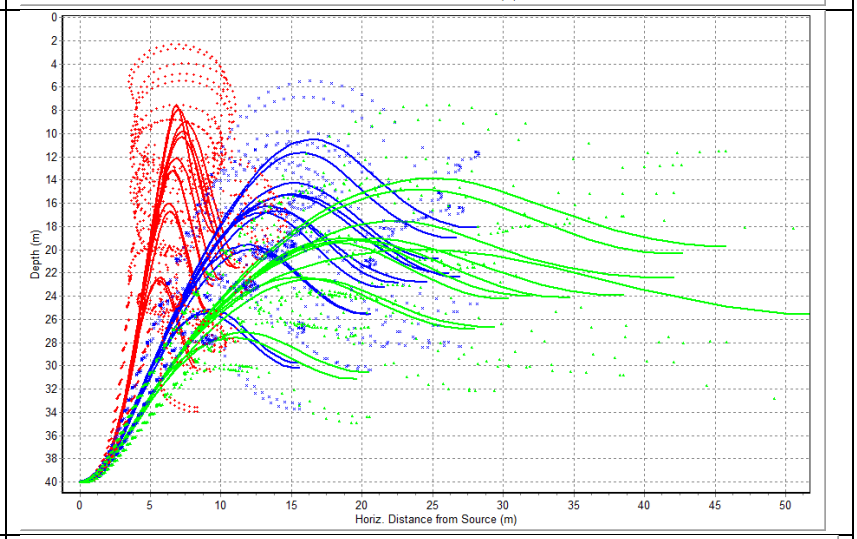


Figur 14. Beregnede strålebaner for utslipp fra Grytnes RA med gjennomsnittlig forventet vannmengde i 2040 (290 m3/time). Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser av skyene. Beregninger er gjort med tre ulike antakelser om strømhastigheter i resipienten målt ved dagens utslippssted (Rambøll, 2017): Rød: lav hastighet (1 cm/s), Blå: middels (3 cm/s) og grønt: høy (7 cm/s).

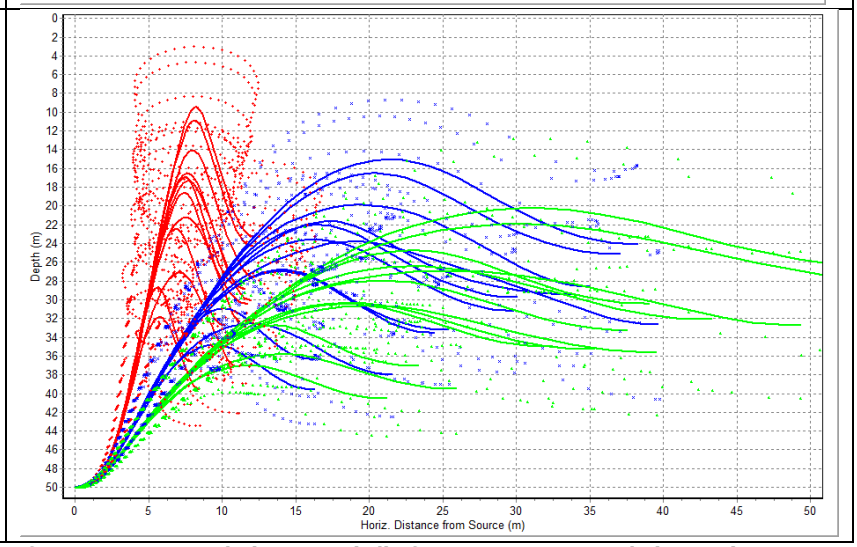
Utslippsdyp 30 m
Strømhastighet i resipienten
- 2 cm/s (røde linjer)
- 7 cm/s (blåe linjer)
- 10 cm/s (grønne linjer)



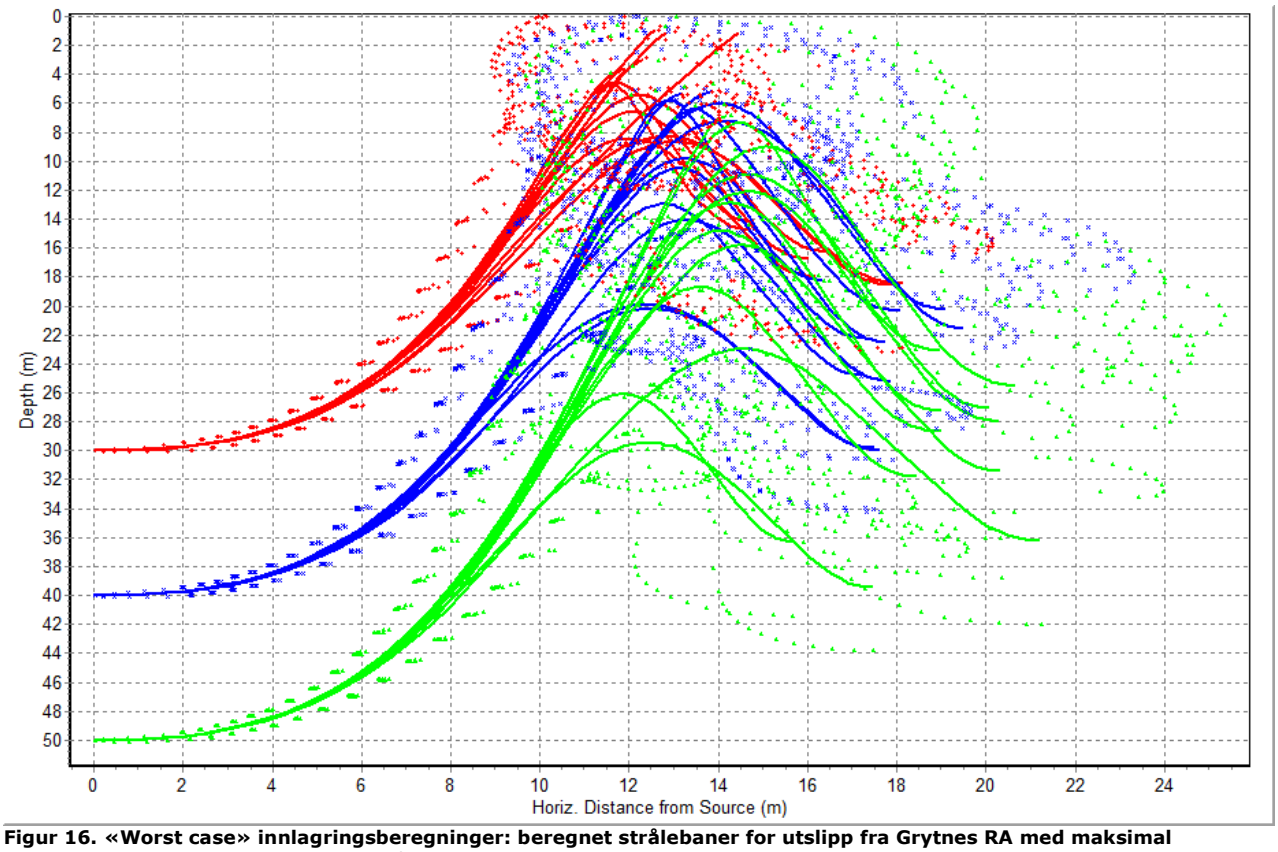
Utslippsdyp 40 m
Strømhastighet i resipienten
- 2 cm/s (røde linjer)
- 7 cm/s (blåe linjer)
- 10 cm/s (grønne linjer)



Utslippsdyp 50 m
Strømhastighet i resipienten
- 2 cm/s (røde linjer)
- 7 cm/s (blåe linjer)
- 10 cm/s (grønne linjer)



Figur 15. Beregnet strålebaner for utslipp fra Grytnes RA med gjennomsnittlig forventet vannmengde i 2040 (290 m^3/time). Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser av skyene. Beregninger er gjort med tre ulike antakelser om strømhastigheter i resipienten målt ved stasjon ADCP2: Rød: lav hastighet (1 cm/s), Blå: middels (3 cm/s) og grønt: høy (7 cm/s).



Figur 16. «Worst case» innlagringsberegninger: beregnet strålebaner for utslipp fra Grytnes RA med maksimal forventet vannmengde i 2040 (810 m³/time). Beregninger er gjort med lav strømhastighet i resipienten (2 cm/s). Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser av skyene.

4.5 Utslippsberegninger for prosjektert utslippsledning (Visual Plumes)

Dimensjonering av utslippsledningen kan også ha virkning på innlagringsdypet. Beregningene er i første fase (Kap. 4.4) gjort ved å anta en diameter for utslippsledningen på 400 mm, tilsvarende det som brukes i dag ved Grytnes RA. Ved større rørdiameter og lavere hastighet på vannet ut av røret kan primærfortynningen i resipienten bli noe mindre effektiv. Dermed har vi gjort nye utslippsberegninger til denne revisjon (rev003) av rapporten.

Asplan Viak har prosjektert to alternativer for plassering av utslippsledningen. Figur 17 viser disse alternativene, utslippsledningen er planlagt plassert i nærheten av dagens utslippsledning. Alternativene er:

- 50 m utslippsdyp, ytre diameter 800 mm - indre diameter er 705,2 mm.
- 40 m utslippsdyp, ytre diameter 710 mm - indre diameter er 625,8 mm.

I dette kapittelet (4.5 og underkapitler) presenteres resultater fra beregninger med disse dimensjoner for utslippsledningen. Strømmålinger utført ved dagens utslippspunkt (Rambøll, 2017) beskriver best strømforholdene ved planlagt utslippssted. Utslippsledningen er planlagt plassert ca. 100 m (40 m utslippsdyp)/ 200 m (50 m utslippsdyp) lengre ut fra bukta enn dagens utslippsledning (se Figur 17), men strømforholdene ved planlagt utslippssted forventes å være roligere enn ved stasjon ADCP2 der det ble målt høye sterkere strøm (for plassering se Figur 4).

Figur 17. Planlagt utslippsledning fra nytt renseanlegget i Grytnes (utsnitt fra tegning oversendt fra oppdragsgiver, datert 27.1.2021).

Grafene fra beregninger for utslippsdyp på 40 m og 50 m (2 alternativer for endelig utslippsarrangement) er vist i Vedlegg 2. Grafene viser innlagring og fortynning med både Q_{dim} (figurer a) og Q_{maks} (figurer b):

- Figur V2-1: Strålebaner for utslipp til 40 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}
- Figur V2-2: Fortynning for utslipp til 40 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}
- Figur V2-3: Strålebaner for utslipp til 50 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}
- Figur V2-4: Fortynning for utslipp til 50 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}

Beregningene er gjort med inngangsdata oppgitt i avsnitt 3.2, bortsett fra ledningsdiameter. I figurene er resultater for alle profiler fra de 12 ulike hydrografiske forholdene presentert. Ulike scenarier som kan oppstå for utslippets spredning i vannsøylen er dermed representert. I grafene er strømhastighet i resipienten visualisert med farger (1 cm/s, 3 cm/s og 7 cm/s).

Resultatene (innlagring og fortynning av utslippet) er oppsummert i Tabell 5 for å enklere kunne sammenligne resultater mellom 40 og 50 m utslippsdyp.

Tabell 7. Utslippsdyp på 40 og 50 m, med planlagt utslippsledning (se Figurer i Vedlegg 2), oppsummering og sammenligning av modellresultater. Tabellen viser risiko for gjennomslag til overflaten, innlagringsdyp, fortynning av utslippsskyen ved 20 og 200 m avstand fra utslippssted. Alle resultater er oppgitt for vannmengder på Q_{dim} og Q_{maks} i 2040, og for strømhastigheter 1, 3 og 7 cm/s i resipienten.

	40 m utslippsdyp (Grafer i Vedlegg 2		50 m utslippsdyp * (Grafer i Vedlegg 2)	
	Q_{dim} 290 ^{3}m/time i 2040	Q_{maks} 810 m^3/time i 2040	Q_{dim} 290 ^{3}m/time i 2040	Q_{maks} 810 m^3/time i 2040
Risiko for å nå overflatelaget				
1 CM/S	Liten: 1 av 12 profiler gir gjennomslag	Stor: 6 / 12 profiler gir gjennomslag	Ingen	Middels: 4 av 12 profiler gir gjennomslag
3 CM/S	Ingen	Middels: 4 av 12 profiler gir gjennomslag	Ingen	Middels: 3 av 12 profiler gir gjennomslag
7 CM/S	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Endelig Innlagringsdyp for de profiler som gir innlagring (senterlinje)				
1 CM/S	20-29 m (11 av 12 profiler)	20-28 m (6 av 12 profiler)	23-38 m (alle profiler)	26-36 m (8 av 12 profiler)
3 CM/S	18-29 m (alle profiler)	18-29 m (8 av 12 profiler)	22-38 m (alle profiler)	22-36 m (9 av 12 profiler
7 CM/S	18-29 m (alle profiler)	16-27 m (alle profiler)	24-39 m (alle profiler)	20-36 m (alle profiler)
Fortynning ved 20 m avstand fra utslippspunkt - Antall ganger				
1 CM/S	90-220 ganger	65-120 ganger	95-290 ganger	70-140 ganger
3 CM/S	85-210 ganger	65-120 ganger	90-310 ganger	65-160 ganger
7 CM/S	120-320 ganger	85-170 ganger	130-370 ganger	90-220 ganger
Fortynning ved 200 m avstand fra utslippspunkt - Antall ganger				
1 CM/S	230-500 ganger	165-360 ganger	240 til over 500 ganger	170-330 ganger
3 CM/S	175-380 ganger	120-210 ganger	180 til over 500 ganger	125-265 ganger
7 CM/S	180-490 ganger	120-250 ganger	190 til over 500 ganger	125-310 ganger

** Anbefalt utslippsdyp 50 m*

4.5.1 Utslippsdyp på 40 m

Vannmengde Q_{dim} i 2040 (290 m^3/time)

Som vist i Figur V2-1a vil senterlinjen til utslippet stige til mellom 14 og 28 m dyp før endelig innlagring vil inntreffe mellom 28 og 37 meters dyp (Grafene fra beregninger for utslippsdyp på 40 m og 50 m (2 alternativer for endelig utslippsarrangement) er vist i Vedlegg 2. Grafene viser innlagring og fortynning med både Q_{dim} (figurer a) og Q_{maks} (figurer b):

- Figur V2-1: Strålebaner for utslipp til 40 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}
- Figur V2-2: Fortynning for utslipp til 40 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}
- Figur V2-3: Strålebaner for utslipp til 50 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}
- Figur V2-4: Fortynning for utslipp til 50 m dyp, a) Q_{dim} og b) Q_{maks}

Beregningene er gjort med inngangsdata oppgitt i avsnitt 3.2, bortsett fra ledningsdiameter. I figurene er resultater for alle profiler fra de 12 ulike hydrografiske forholdene presentert. Ulike scenarier som kan oppstå for utslippets spredning i vannsøylen er dermed representert. I grafene er strømhastighet i resipienten visualisert med farger (1 cm/s, 3 cm/s og 7 cm/s).

Resultatene (innlagring og fortynning av utslippet) er oppsummert i Tabell 5 for å enklere kunne sammenligne resultater mellom 40 og 50 m utslippsdyp.

Tabell 7) ved lav strømhastighet i resipienten (1 cm/s). Det er en profil (mars 2019) som gir gjennomslag til overflaten ved lav hastighet i resipienten. Høyere strømhastighet i resipienten reduserer risikoen for gjennombrudd til overflaten. Ved høyere strømhastighet (3 og 7 cm/s) vil plumen stige til mellom ca. 8-25 m dyp før innlagring til 18-29 m dyp. Beregningene viser at det er risiko for gjennomslag til overflaten ved Q_{dim} når det er lite sjikting i resipienten kombinert med lav strømhastighet i resipienten. Hydrografiundersøkelsene viser at det forekommer mindre sjikting i resipienten i vintermånedene (se avsnitt 3.1.1).

Figur V2-2a viser utslippsvannet forholdsvis raskt blander seg med omkringliggende vannmasser ved Q_{dim}. Figur V2-2 viser at fortynningen blir mindre effektiv etter at innlagring har funnet sted, fordi da er det den naturlige turbulente blandingen som bestemmer videre fortynning. Under primærfortynningen (dvs. før innlagring når plumes stiger) er blandingen mellom avløpsvann og sjøvann mer effektiv. Ved 20 m avstand vil utslippsvannet være minst 90-120 ganger fortynnet ved strømhastigheter på 1-7 cm/s (Tabell 7, Figur V2-2a). Etter innlagringen blir fortynningen mindre effektiv. Ved 200 m avstand fra utslippspunktet er utslippet minst 175-230 ganger fortynnet. Ved noen hydrografiske forhold gir høyere strømhastighet i resipienten mer effektiv fortynning, mens ved andre hydrografiske forhold er situasjon motsatt. Effektivitet av fortynningen er mye avhengig av innlagringsdypet (dvs. hvor mye utslippet stiger).

<u>Vannmengde Q_{maks} i 2050 (810 m^3/time)</u>
Det er også beregnet innblanding ved maksimale vannmengde som kan forventes i 2040. Vannmengde tilsvarende Q_{maks} vil kun komme over kortere perioder, men det er allikevel viktig at utslippet blir innlagret til dypere vannlag også ved maksimale vannmengder. Resultatene i Figur V2-1b viser at det er større risiko for gjennomslag ved Q_{maks}. Mellom 6 og 4 profiler (av 12) gir gjennombrudd ved strømhastigheter på hhv. 1 og 3 cm/s i resipienten (se Tabell 7). Ved strømhastighet på 7 cm/s vil utslippet innlagres også ved Q_{maks}. Utslippsvannet får noe høyere hastighet ut fra røret ved større vannmengde, som er gunstig med tanke på innblanding. Dermed er det lite forskjeller i innlagringsdypet bortsett fra de profiler som gir gjennombrudd til overflaten.

Resultatene vist i Figur V2-2 og oppsummert i Tabell 7 viser at fortynningen er generelt mindre effektiv med høyere utslippsmengde.

4.5.2 Utslippsdyp på 50 m

<u>Vannmengde Q_{dim} i 2040 (290 m^3/time)</u>
Som vist i Figur V2-3a vil senterlinjen til utslippet stige til mellom 8 og 34 m dyp før endelig innlagring vil inntreffe mellom 24 og 39 meters dyp (Tabell 7). Dette gjelder ved Q_{dim} og alle vurderte strømhastigheter i resipienten (1-7 cm/s). Under beregnede scenarier er det ingen risiko for gjennomslag til overflaten ved utslippsdyp på 50 m og vannmengder tilsvarende Q_{dim}. Resultatene, oppsummert i Tabell 7, viser at utslipp til 50 m vanndyp vil gi innlagring av utslippsskyen ca. 4-10 m lengre ned i vannsøylen enn ved 40 m utslippsdyp.

Figur V2-4a viser at fortynning av utslippsvannet er noe mer effektiv med utslippsdyp på 50 m sammenlignet med utslippsdyp på 40 m. Ved 20 m avstand til utslippspunktet er utslippsvannet minst 90-130 ganger fortynnet ved strømhastigheter på 1-7 cm/s (Figur V2-4a, Tabell 7). Etter innlagringen blir fortynningen mindre effektiv og ved 200 m avstand fra utslippspunktet er utslippet minst 180-240 ganger fortynnet (Figur V2-4a, Tabell 7).

<u>Vannmengde Q_{maks} i 2050 (810 m^3/time)</u>
Resultatene i Figur V2-3b viser at det risiko for gjennomslag ved Q_{maks} også med utslipp til 50 m dyp, men likevel er risikoen mindre enn med 40 m utslippsdyp. Gjennomslag til overflaten ved Q_{maks} kan

komme når det er lite sjikting i resipienten kombinert med lav/gjennomsnittlig strømhastighet i resipienten (1-3 cm). Det er 4 og 3 profiler (av 12) som gir gjennombrudd ved strømhastigheter på hhv. 1 og 3 cm/s i resipienten (se Tabell 7). Øvrige profiler gir innlagring til 22-38 m vanndyp. Høyere strømhastighet (7 cm/s) i resipienten minske sjansen til gjennombrudd til overflaten og utslippet innlagres til 20-36 m dyp.

Resultatene vist i Figur V2-4 og oppsummert i Tabell 7 viser at fortynningen er generelt mindre effektiv med høyere utslippsmengde.

4.5.3 Diskusjon om anbefalt utslippsdyp med prosjektert utslippsledning

Endelig anbefalt utslippsdyp er vurdert basert på beregninger presentert i kapittel 4.5, dvs. basert på beregninger med endelig dimensjonering for utslippsledningen. Utslippsberegninger ble oppdatert siden utslippsledningen (dvs. hastighet på utslippsvannet ut av røret) har betydning for utslippets innblanding.

Det vurderes som best å legge utslippsledning til 50 meters dyp med tanke på innlagringsdyp og primær fortynning av utslippet. Det er noe sjikting i vannsøylen året rundt i Idsefjorden, men om vinteren er sjiktingen noe svakere (se avsnitt 3.1.1). Det vil følgelig være mindre risiko for gjennombrudd til overflaten i vintermånedene hvis utslippsledning plasseres til 50 m vanndyp. Utslippsledning er planlagt plassert nærme dagens utslippssted der strømforholdene i området er forholdsvis rolige (se Rambøll, 2017 og Vedlegg 3). Det er i hovedsak kun ved strømhastigheter på og under 1 cm/s som gir risiko til gjennombrudd ved gjennomsnittlige vannmengder.

Hvis utslippsledning plasseres i 40 m vanndyp vil utslippsskyen stige noe høyere opp i vannsøylen og nærmere fotisk sone der næringssalter tas opp av alger og kan føre til algeoppblomstring (ca. øvre 20 m av vannsøylen, beskrevet i avsnitt 4.4). Det vil også kunne forventes gjennombrudd til overflaten med Q_{dim} i vintermånedene når det er lite sjiktning i vannet og strømhastighet er lave. Dette kan føre til bakteriell forurensing i overflatelaget. Ved 50 m utslippsdyp vil utslippet innlagres ved disse forholdene. Ved 50 m utslippsdyp vil gjennombrudd kunne komme i kombinasjon med Q_{maks}, lite sjiktning og lav strømhastighet i resipienten. Det er likevel anslått som sjeldent at maksimale vannmengder vil forekomme, og sannsynlighet for at utslipp med Q_{maks} kommer i kombinasjon med overnevnte forhold vurderes som lav.

Resultater viser også at dypere utslipp er gunstigere med tanke på utslippets fortynning i vannmassene. Oppsummerte resultater i Tabell 7 viser at utslippsdyp på 50 m gir også noe mer effektiv fortynningen enn utslippsdyp på 40 m. Dette er på grunn av at utslippet stiger noe mer ved utslipp til 50 m dyp, og det er primære fortynningen (før innlagring) som er mest effektiv. Strømforholdene i de planlagte utslippsstedene er forholdsvis rolige (snitt ca. 3 cm/s, Vedlegg 3), og det er viktig å designe utslippsledning sånn at primær fortynning blir effektiv. Dette vil være gunstig også for spredning av partikler. Mer effektiv primær fortynning gir spredning over større området og det vil følgelig være mindre sannsynlig å få lokale påvirkninger rundt utslippspunktet.

<u>Vertikal og horisontal utbredelse av utslippsskyen</u>

Vertikal utbredelse på utslippsskyen er mellom ca. 6-10 m for alle scenarier, både med Q_{dim} og Q_{maks} (se Figur V2-1 og Figur V2-3). Grafer for utslippets horisontale utbredelse er ikke vist i foreliggende rapport, men bredden på utslippsskyen er beregnet å ligge mellom på 10 og 40 m ved 50 m avstand fra utslippspunkt ved Q_{dim}. Strømretningen vil være avgjørende for utslippsskyens spredning i fjorden, dette er diskutert i avsnitt 4.2.

4.6 Sammenligning av bidragene fra land og vann

Påvirkninger av utslipp av primærrenset kommunalt avløpsvann kan deles inn i fire hovedkategorier

1. Næringssalter og organisk materiale (beregnes med modellen FjordEnv)
   - Økt vekst av planteplankton og alger
   - Økt forekomst av skadelige alger/massiv forekomst av grønnalger
   - Effekter ved nedbrytning av plantemateriale
   - Økt begroing
   - Økt forbruk av oksygen
   - Endring i bunnfauna
2. Bakteriell forurensning
   - Hygieniske problemer ved bading og ved vannforsyning
   - Forurenser skalldyr
3. Miljøgifter i kommunalt avløpsvann
   - Kroniske eller akutte giftvirkninger
   - Kostholdsråd og omsetningsforbud for marine organismer
4. Partikulært materiale
   - Nedslamming av bunn og strender, skader bunnflora og –fauna
   - Estetisk skjemmende (ved gjennombrudd til overflaten)

Utslipp av bakteriell forurensing fra renseanlegget ansees som mindre problematiske med forutsetning av at utslippsledningen plasseres sånn at utslippet innlagres i resipienten og ikke bryter overflaten (se Kap 4.4). Det er ikke vurdert utslipp av miljøgifter i foreliggende rapport (punkt 3). Vi har ikke heller vurdert problemstillinger som for eksempel legemiddelrester og mikroplast.

Næringssalter

Det er flere kilder til tilførsel av næringsstoffer og organisk karbon til Idsefjorden, uavhengig av om disse foreligger i biotilgjengelig kvalitet eller ikke. Disse kilder er diskutert i kapittel 3.3 (metoder for beregninger). I Tabell 7 er bidragene fra identifiserte kilder av næringssalter til Idsefjorden sammenlignet. I dagens situasjon domineres utslipp av nitrogen arealavrenning / jordbruk (37 %), samt utslipp fra Grytnes RA (35 %). For fosfor er utslipp fra Grytnes RA dominerende i Idsefjorden, det er beregnet at over halvparten av fosfor (53 %) til fjorden kommer fra renseanlegget. Mengden av næringssalter som transporteres inn fra fjordområdene pga. vannutskiftning utgjør 27 % av nitrogen og 39 % av fosfor i dagens situasjon.

For prognoserte scenarioer i 2040 med primærrensing vil bidrag fra renseanlegget til Idsefjorden være noe høyere (55 % og 72 % av total tilførsel for hhv. Tot-N og Tot-P). Med sekundær rensing vil bidrag til tilførsel av nitrogen være fortsatt noe høyere (49 %) sammenlignet med dagens situasjon, mens bidrag av fosfor fra renseanlegget (37 %) vil være lavere sammenlignet med dagens situasjon.

Tallene i Tabell 7 ble benyttet som inngangsdata til FjordEnv beregninger (se Kap. 4.6 for resultater).

Økt næringstilgang i resipienten kan også medføre øke vekst og eventuell endre artssammensetning av planktonalger og av fastsittende alger. Indirekte virkninger av økt næringstilgang som følge av økt primærproduksjon er synkende oksygenkonsentrasjon i dypvann og økt forekomst av skadelige alger. Virkningen av næringssalter og organisk stoff må derfor ses i sammenheng.

Utslippet fra Grytnes RA vil inneholde P og N-forbindelser som er lett tilgjengelige for fytoplankton, gitt at forbindelsene blir tilført den fotiske sonen der primærproduksjonen foregår. Ved et utslippsdyp på 40 eller 50 m, er det beregnet at gjennomslag nær overflata (den fotiske sonen) vil forekomme sjeldent. Det vil være størst sjanse for transport av næringssalter til overflatelaget ved situasjoner med lite stratifisering i vannsøylen. Slike situasjoner forekommer helst om vinteren (se Kap. 3.2), og da vil de fysiske faktorene som begrenser algevekst som lystilgang og temperatur være begrensende. Det

vurderes derfor at økt utslipp av næringssalter er mindre kritisk med tanke på resipientkapasitet, under forutsetning av at utslippsvannet innlagres dypere enn 15-20 m i sommerperioden. Tidligere undersøkelser har indikert at det kun er enkelte overkonsentrasjoner av næringssalter i overflatevann ved renseanlegget. Generelt tilsvarte konsentrasjon av næringssalter i Idsefjorden svært god tilstand (Rambøll, 2017). Dette er også tilfellet i Hidlefjorden (Økokyst programmet, Rambøll 2017-2019).

I kapittel 4.6 er modellresultater med økt utslipp av næringssalter vist – endring i siktedyp benyttes i modellen for å beskrive endringer i eutrofieringsstilstand.

Tabell 8. Sammenstilling av de viktigste tilførslene av fosfor (Tot-P) og nitrogen (Tot-N) til vannmassene i Idsefjorden.

		Tilførsel		Prosentandel	
		Tot-N	Tot-P	Tot-N	Tot-P
		tonn/år	tonn/år	%	%
Dagens situasjon					
	Transport fra andre deler av fjorden*	25	3,4	27 %	39 %
	Spredt avløp	1	0,1	1 %	1 %
	Arealavrenning / jordbruk	35	0,6	37 %	7 %
	Grytnes RA - dagens situasjon	32	4,6	35 %	53 %
	TOTALT	93	8,7	100 %	100 %
2040 primærrensing					
	Transport fra andre deler av fjorden*	25	3,4	19 %	24 %
	Spredt avløp	1	0,1	1 %	1 %
	Arealavrenning / jordbruk	35	0,6	26 %	4 %
	Grytnes RA 2040 primærrensing	73	10,4	55 %	72 %
	TOTALT	134	14,5	100 %	100 %
2040 sekundærrensing					
	Transport fra andre deler av fjorden*	25	3,4	21 %	53 %
	Spredt avløp	1	0,1	1 %	2 %
	Arealavrenning / jordbruk	35	0,6	30 %	9 %
	Grytnes RA 2040 sekundærrensing	57	2,4	49 %	37 %
	TOTALT	117	6,5	100 %	100 %

** beregnet med FjordEnv modellen*

Organisk materiale

Tilførsler fra avløpsanlegg er i en tilstandsform som generelt er mer biotilgjengelig enn tilførsler fra elver og dypvannsutskifting. I elvevann kan en stor del av tilførslene forekomme i form av planterester og humus som er lite biotilgjengelig. Organisk belastning i kloakkutslippet vil være mer på partikulær form enn organisk materiale i elvevannet. Det er utfordrende å skaffe kvantitativ informasjon om naturlige tilførsel og avrenning fra land for organisk materiale. I tillegg er direkte kvantitativ sammenligning av bidragene av organiske materiale mer utfordrende enn sammenligning av bidragene av næringssalter. Derfor er det kun gjort grove vurderinger for sammenligning som gir inntrykk av relativ økning i tilførsler ved utvidelse av renseanlegget ved Grytnes. Resultatene presentert i Kap. 4.7 gir bedre bilde om hvordan økt tilførsel av organisk materiale kan påvirke oksygenforholdene i fjorden.

Organiske stoffer fra kommunale renseanlegg er generelt lett nedbrytbare, og omsettes ved tilstrekkelig tilgang på oksygen på kort tid (noen dager – uker, SFT, 2005). Det organiske materialet som tilføres resipienten gjennom utslippet av kommunalt avløpsvann, men kan også dannes gjennom eutrofiprosessen (dvs. utslipp av næringssalter). Under gunstige forhold kan næringssalttilførsler påvirke veksten av organismer og dermed mengden av organisk stoff resipienten (se ovenfor).

For sammenligning er det beregnet tilførsel av organisk materiale fra Jørpelandselva. Jørpelandselva har et nedbørfelt på 80,2 km^2 og middelvannføring på 78,6 l/s*km^2 (NVEs Nevina database). Dette gir en middelvannføring på 6,3 m^3/s. Enkelte målinger fra 2008 (NIVA, n=16) viser en middelverdi på 2,0 mg TOC/l i elvevannet ved utløpet (NIVA, 2008). I henhold til Klassifiseringen i Vann-Nett defineres humuselver som har en TOC-konsentrasjon i elvevannet tilsvarende 2-5 mg TOC/l som «klar elv». Andre elver og bekker med utløp til Idsefjorden har betydelig mindre nedbørsfelter, men det er ingen måledata for organisk karbon fra disse elvene. Det er følgelig kun beregnet tilførsel fra Jørpelandselva.

For å kunne sammenligne de målte TOC-verdiene fra elven med estimerte utslippstall fra Grytnes RA sine bidrag til resipienten, har KOF blitt omregnet til TOC vha. forholdstall (se info under Tabell 8). Det eksisterer noe usikkerhet rundt slike beregninger, men tallene antas å være representativ for utslippene til bruk i sammenligningen. Tabell 8 viser grove beregninger for utslipp av organisk materiale fra renseanlegget og fra elven. Idsefjorden mottar ca. 400 tonn organisk materiale årlig fra Jørpelandselva. Årlig bidrag fra Grytnes RA i dagens situasjon er ca. 210 tonn, og bidrag forventes å fordobles med vannmengder for 2040 (med primær rensing), også ved å anta noe høyere renseeffekt ved nytt anlegg (20 %). Bidraget av organisk materiale vil i 2040 (primær rensing) bli høyere enn estimert tilførsel fra Jørpelandselva, og dette kan øke den organiske belastningen i fjorden, og/eller medføre nedslamming ved utslippssted.

I prognosert situasjon 2040 med sekundær rensing er rensenivå for organisk materiale betydelig høyere, og dette vil medføre liten reduksjon i utslipp av organisk materiale til fjorden. I dette alternativet vil teoretisk beregnet utslipp fra renseanlegget være under halvparten av tilførsel fra Jørpelandselva (se Tabell 8).

Grunnet god utskifting av dypvannet er det likevel lite sannsynlig at økt organisk belastning vil redusere oksygennivået i dypvannet betydelig. Oksygenforbruk med ulike belastninger er mer detaljert vurdert med fjordmodellen FjordEnv (se Kap. 4.6).

Tabell 9. Beregnet årlig utslipp av organisk karbon fra Grytnes RA i dagens situasjon og prognosert situasjon (2040 primær / sekundær rensing), sammenlignet med tilførsel fra Jørpelandselva.

Renseanlegg Grytnes	Vannmengde Q_{dim}		Innløp BOF5	Utløp BOF5	KOF 1)	TOC	Tilførsel av TOC
	m3/time	m3/år	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Tonn / år
Dagens utslippsmengde	128	1121280	220	198 3)	396	189 2)	**211**
Utslippsmengde 2040 Primær rensing	290	2540400	220	176 4)	352	168 2)	**426**
Utslippsmengde 2040 Primær rensing	290	2540400	220	66	132	63	**160**
Jørpelandselva	**Middelvannføring**						**Tilførsel av TOC**
	m^3/s	m3/år					Tonn / år
	6,3 (tilsvarende 22 680 m^3/time)	198676800				2,0 5)	**397**

1) estimat baser på forholdstallet KOF/BOF = 2

2) Beregning av TOC gjøres vha. et forholdstall mellom KOF/TOC (NIVA, 1990). Forholdstallet er 2,1 for kommunalt renseanlegg i avløpsvann.

3) Antatt 10 % reduksjon ved anlegget

4) Antatt 20 % reduksjon ved anlegget (min. krav)

5) NIVA, 2008, ved utløpet

4.7 Resultater fra FjordEnv modellberegninger

Oppsummerte resultater fra FjordEnv beregninger er vist i Tabell 9. De beregnede forandringene med modellen er midlere forandringer for hele fjorden.

Økt utslipp av næringssalter kan medføre at økt planteplankton og fekalier fra dyreplankton synker nedover i vannsøylen og brytes ned (økt oksygenbruk). Dette er likevel avhengig av oppholdstid i mellomlag. Ved modellen FjordEnv er det beregnet gjennomsnittlig oppholdstid av vannet over terskeldyp på 8-9 døgn. Resultatene viser at økte utslipp av næringssalter i seg selv ikke vil medføre endringer i oksygenforhold i bunnvannet.

Beregnet sedimenteringshastighet for partikulært organisk materiale er 103 døgn (se Figur 11). Som resultatene diskutert i kapittel 4.3 viser, er oppholdstid i mellomlag gjennomsnittlig 8-9 døgn. Dette vil si at ingen av organiske materiale som stammer fra renseanlegg er beregnet sedimentert på dypvann innenfor terskelen, bortsett fra de tyngste partikler som sedimentere i nærheten av utslippssted. Organisk materiale transporteres videre i fjordsystemet, mens organisk materiale tilføres tilbake til fjorden over terskelen med dypvann. Beregningene indikerer at oksygentilstand i Idsefjorden er i stor grad avhengig av fluksen inn til fjorden over terskelen. I beregningene har vi likevel gjort en konservativ antakelse at 10 % av organiske materiale fra utslippet fra renseanlegget sedimenterer i dypvannet i fjorden, der materialet bruker oksygen.

Resultatene fra beregninger med FjordEnv viser at et økt utslipp av organisk materiale og næringssalter fra Grytnes RA ikke vil medføre betydelige endringer i oksygenforholdene i bunnvannet. Oppholdstid av bunnvannet ble med modellen FjordEnv vurdert å være ca. 4,3 måneder. Ettersom resipienten har et relativt stort volum, gjør det at tiden som brukes for å bryte ned oksygen i bunnvannet ved de ulike scenarioene er på 19,7, 18,8 og 19,9 måned (se Tabell 9) med henholdsvis dagens situasjon, framtidig

situasjon med primær rensing og framtidig situasjon inkludert sekundær rensing. Dette tyder på at utslipp fra renseanlegg har mindre betydning for oksygenforholdene i fjorden.

Økt utslipp i situasjon «2040 Primær rensing» vil medføre ca. 4,8 % økning i oksygenforbruket som vil redusere oksygenminimum i fjordbassenget fra dagens 5,3 ml/l til ca. 5,24 ml/l, dvs. en reduksjon på ca. 1,1 % oksygenkonsentrasjon i bunnvannet. Den lille effekten på oksygenforholdene med økte tilførsler av organisk materiale er et resultat både av det store bassengvolumet, relativt god vannutskifting og den relativt høye naturlige tilførsel/omsetning av organisk materiale i fjordbasseng med dype terskler. I situasjon 2040 Sekundærrensing er det beregnet en ubetydelig forbedring i oksygenforholdene i bunnvannet (fra 5,3 ml/l til 5,31 ml/l, dvs. i praksis uendret situasjon).

Grensen mellom god og svært god tilstand for oksygen i bunnvannet er 4,5 ml/l (iht. 02:2018). Dagens svært gode tilstand for oksygen i bunnvannet i Idsefjorden er ikke beregnet å endres som følge av økte tilførsler fra renseanlegget.

Endringer i siktedypet benyttes i modellen for å beskrive endringer i eutrofieringsstilstand. Økt utslipp av nitrogen og fosfor i situasjon «2040 Primærrensing» vil medføre ca. 0,22 % reduksjon i siktedypet. Denne endringer i eutrofieringstilstand har liten betydning, og tilstanden med tanke på konsentrasjon av næringssalter vil mest sannsynligvis ikke forringes. Situasjon "2040 Sekundærrensing» og redusert utslipp på særlig fosfor vil gi mer betydelig forbedring i eutrofieringsstilstand (forbedring i siktedyp på ca. 117 %).

Tabell 10. Oppsummerte resultater fra beregninger med FjordEnv – endring i oksygenforholdene i bunnvannet i Idsefjorden, og endring i siktedypet i fjorden. Endringene er snittverdier for hele fjorden.

Modellscenario	Tidsskala for oksygenbruk i dypvannet	Oksygen bruk, endring (%), sammenlignet med dagens situasjon	O_2 konsentrasjon i bunnvannet, Idsefjorden (ml/l)	Secchi dyp, endring (%) – reflekterer endringer i vannkvalitet med tanke på eutrofiering	Oppsummert
	Måned	%			
Dagens situasjon («primær rensing»)	19,72	-	5,3 ml/l (basert på hydrografi målinger 2018-2019)	-	Dagens situasjon - godt forhold i fjorden, men bunnfauna er noe belastet av organisk materiale
Situasjon i 2040 - primær rensing	18,82	+ 4,77 % (ved å anta at 10 % av organiske materiale fra RA sedimenterer i dypvann)	5,24 ml/l (fortsatt tilsvarende svært godt nivå iht. 02:2018)	99,78 % av dagens situasjon	Liten negativ endring i oksygenforholdene, mindre negativ endring i eutrofiering (-0,22 %)
Situasjon i 2040 - sekundær rensing	19,85	-0,61 % (ved å anta at 10 % av organiske materiale fra RA sedimenterer i dypvann)	5,31 ml/l - svært lik dagens situasjon / svær liten forbedring	116,82 % av dagens situasjon	Liten positiv endring i oksygenforholdene, mer betydelig forbedring i eutrofieringstilstand

4.8 Nedslamming rundt utslippssted

Nedslamming fra avløpsvannet kan gi negative effekter på flora og fauna. De tyngste partiklene kan forme en slamhaug ved utløpet av utslippsledningen, mens lettere fraksjoner spres ut over et større område. Tidligere undersøkelser har vist organisk belastning på bunnfaunaen i nærheten av utslippspunktet, og tilførselen forventes å øke i den framtidige situasjonen hvis kun primærrensing planlegges ved renseanlegget.

Nedslamming er avhengig av strømforholdene i tillegg til sammensetningen og mengden av partikulært materiale (Molvær et al., 1983). Ifølge rapporten, tyder observasjoner gjort av dykker på at urensede utslipp for > 20000 pe i vannmasser kan føre til nedslamming i et nærområde rundt utslippspunktet på 100 m diameter eller mer. Nedslammingen kan muligens reduseres ved å plassere utslippsledning på en måte som gir effektiv primær innblanding for utslippet. Dette vil medføre at tyngre organiske partikler som ikke transporteres ut fra fjorden med vannutskifting vil spres over et større område. Nedslammingen vil være mer lokalt påvirkning innenfor utslippets influenssone, og iht. modellberegninger vil økt utslipp av organisk materiale ikke å ha nevneverdig betydning for fjordens oksygenforhold.

5 Konklusjoner og anbefalinger

Det er gjennomført et måleprogram for å undersøke vannutskifting og strømforhold i Idsefjorden i perioden mars 2019 til februar 2020. Resultatene fra målinger viser ingen tegn til oksygensvikt i bunnvannet i Idsefjorden, og oksygenverdiene tilsvarer svært god tilstand (> 5,2 ml O_2/l) iht. klassifiseringssystem (Veileder 02:2018) i hele måleperioden, noe som tyder på svært god vannutskifting i dypvannet. Gjennomsnittlig vannutskiftingstid for mellomlaget (over terskeldyp), der avløpsvannet innlagres, er med modellen FjordEnv beregnet å være gjennomsnittlig ca. 8 døgn, og ca. 4,3 måneder i dypvannslag.

Resultatene fra strømmålingene viser at strømhastigheten er høyere ved Barkaviga, nordvest for dagens utslippssted ved Jørpeland. Innledende innlagringsberegninger viser at sterkere strømhastighet er gunstig med tanke på innlagringsdyp og det vil være fordel å flytte utslippsledning til et mer eksponert sted. Etter innledende innlagringsberegninger ble utslippsledningen videre prosjektert og endelige utslippsberegninger ble utført med riktig diameter for utslippsledningen (avsnitt 4.5). Utslippsledning er planlagt flyttet til noe større vanndyp, men plassert nære dagens utslippssted der strømforholdene er forholdsvis rolige. For å unngå avløpsvannets gjennombrudd til overflaten ved gjennomsnittlige vannmengder, bør utslippsledningen plasseres til 50 m ved planlagt utslippssted da det er større fare for gjennombrudd ved 40 m utslippsdyp. Ved å plassere utslippsledning til 50 m vanndyp vil utslippsvannet innlagres dypere enn 20 m ved gjennomsnittlige vannmengder. Innlagring under fotiske sonen vil redusere risikoen for eutrofiering. Økt utslippsdyp gir også noe mer effektiv fortynning av utslippet i resipienten og dermed mindre lokal påvirkning.

Det er i utgangspunktet benyttet prognoserte utslippstall for 2040 fra renseanlegget for å vurdere resipientkapasitet. Modellen FjordEnv ble benyttet for å undersøke oksygenbruk i dypvannet og eutrofieringstilstand ved ulike belastningsscenarioer. Basert på resultater fra FjordEnv modellen, samt øvrige undersøkelser kan vi konkludere følgende:

- Resipienten har moderat til god vannutskifting i bunnvannet (måneder), ingen tegn på oksygensvikt i dagens situasjon
- Modellkjøringer tyder på at rensing mht. organisk materiale ikke vil medføre betydelig endring i oksygenforholdene i fjordbassenget. Beregningene viser at organisk material fra renseanlegget med lav sedimentasjonshastighet ikke vil sedimentere i Idsefjorden, men transporteres videre i fjordsystemet.

- Økt utslipp av næringssalter (situasjon 2040 primær rensing) vil kunne medføre mindre endringer i eutrofieringsstilstand (under 1 %)
- Betydelige bidrag av organisk materiale og næringssalter stammer også fra avrenning fra land, samt fra vannutveksling med nærliggende vannmasser.
- Situasjon 2040 med sekundærrensing kan gi en viss forbedring i eutrofieringstilstand. Likevel er tilstand i Idsefjorden god / svært god i dag mtp. konsentrasjon av næringssalter.
- Utslipp av næringssalter vil sannsynligvis ikke skade miljøet i fjorden hvis utslippsledning plasseres dypt nok for å nå innlagring i dypere vannlag.

Bunnfaunaen i Idsefjorden har vist tegn på organisk belastning, og økt utslipp av partikulært materiale kan øke nedslamming av organiske materiale i nærheten av utslippsledningen. Dette kan muligens reduseres ved å plassere utslippsledning på en måte slik at primær innblanding blir effektiv. Rensenivå for suspendert stoff vil være høyere ved nytt anlegg, også ved tilfellet av primær rensing, og dette kan redusere tilslammingen i forhold til dagens situasjon. Tidligere undersøkelser (2015 til og med 2019) har vist god tilstand i bunnfaunaen i Idsefjorden. Det ble likevel observert en betydelig økning i mengden organisk materiale i sedimentet fra moderat tilstand i 2015 til svært dårlig tilstand i 2017 kombinert med en nedgang i antall arter og individer. Denne nedgangen ble ikke fanget opp av bunnfaunindeksene i 2017. Resultatene fra 2019 indikerer at mengden organisk materiale (normalisert TOC) tilsvarer moderat tilstand og er på samme nivå som ble registrert ved stasjonen i årene 2015-2016. Bunnfaunaundersøkelsene gir ingen indikasjon at organisk belastning i Idsefjorden har økt i de siste to årene. Resultatene fra undersøkelsen i 2017 kan ansees som et unntak med tanke på innhold av organisk materiale i overflatesedimentene, årsaken til avvikende resultater med tanke på innhold av TOC er ukjent. Avstand mellom undersøkte stasjon og utslippssted er over 4 km, og basert på modellberegninger vil det være lite sannsynlig at organiske belastningen skyldes utslipp fra renseanlegg.

Disse konklusjoner tyder på at resipienten ved Grytnes RA kan klassifiseres som «mindre følsom resipient» som indikerer at det kan gis dispensasjon fra sekundærrensekravet.

6 Referanser

Frick, W. E., Roberts, P. J. W. et al., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition Visual Plumes. Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften. (2018). Veileder 02:2018 «Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver».

Havforskningsinstituttet. 2015. Omsetning av tilført partikulært organisk materiale i fjordbasseng med dype terskel. Rapport nr. 1/2015.

Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE). NEVINA – database. http://nevina.nve.no/ Informasjon hentet i november, 2019.

NIVA. (1990). Bestemmelse av organisk stoff i avløpsvann. NIVA-rapport O-89023.

NIVA (2008). Jørpelandsvassdraget (Koordinator: Ø. Kaste, NIVA). Lastet ned fra: https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/dirnat2/attachment/358/jarpelandsvassdraget_08.pdf

NIVA (1996). (auth:Tjomsland & Bratli). Brukerveiledning for TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsel i Norge. NIVA-rapport 3426-96.

NIVA, (2017). (auth: Selvik, J.R., Kvernø, S.H., Turtumøygard, S., Skarbøvik, E., Bakken, T.H.,). Datagrunnlag for karakterisering av vannområder og planlegging av overvåking – tilførsel av næringssalter. NIVA-rapport 7149-2017. 45 s + vedlegg.

SFT, 2005. Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. EUs avløpsdirektiv. Versjon 3 – oppdatert i 2005. SFT TA-1890/2005. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 54 s.

SFT. 2005. Rapport 2088:2005. Primærrensing - Rapport om valg av rensemetode.

Miljødirektoratet. (2017). M-862. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters-2016.

Miljødirektoratet (2019). Rapport M-1337. ØKOKYST – delprogram Nordsjøen Sør - Årsrapport 2018. Rambøll Norge. 48 s.

Miljødirektoratet (2018). Rapport M-1008. ØKOKYST – delprogram Nordsjøen Sør - Årsrapport 2017. Rambøll Norge. 70 s.

Miljødirektoratet (2020) Rapport M-1604. ØKOKYST – delprogram Nordsjøen Sør - Årsrapport 2019. Rambøll Norge.

Miljødirektoratet (2019). Skjerping av praksis for krav til sekundærrensing innenfor normalt og følsomt område. Ref. 2019/8479. 20.08.2019.

Rambøll (2017). Tau RA og Grytnes RA. Resipientundersøkelse. Rev002, mars, 2017.

Stigebrandt, A., 2001. FjordEnv - A Water Quality Model for Fjords and Other Inshore Waters. Gøteborgs Universitet. Gøteborg. Report C40. 41 p.

Stigebrandt, A., 1992: Beregning av miljøeffekter fra menneskelige aktiviteter. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Statens Forurensningstilsyn og Ancylus, 58 pp.

Vedlegg 1

Resultater fra strømmålinger i Idsefjorden i januar – februar 2020
Stasjoner ADCP1 og ADCP2

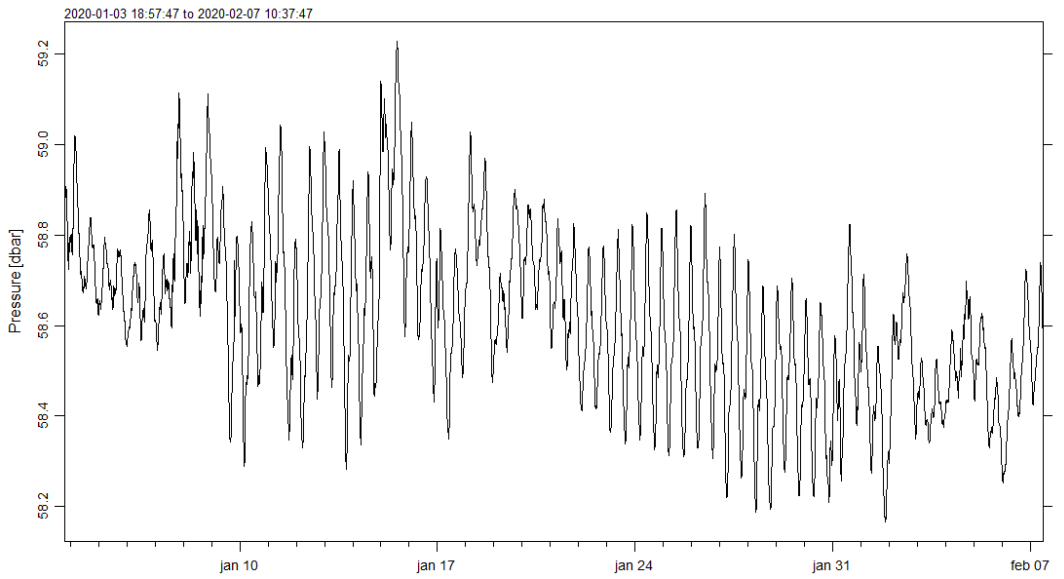
For målinger av strømforhold i resipienten ble det satt ut to strømmålere. Tabellen under oppsummerer de utførte målingene.

Strømmålinger ble utført av Kvitsøy Sjøtjenester AS.

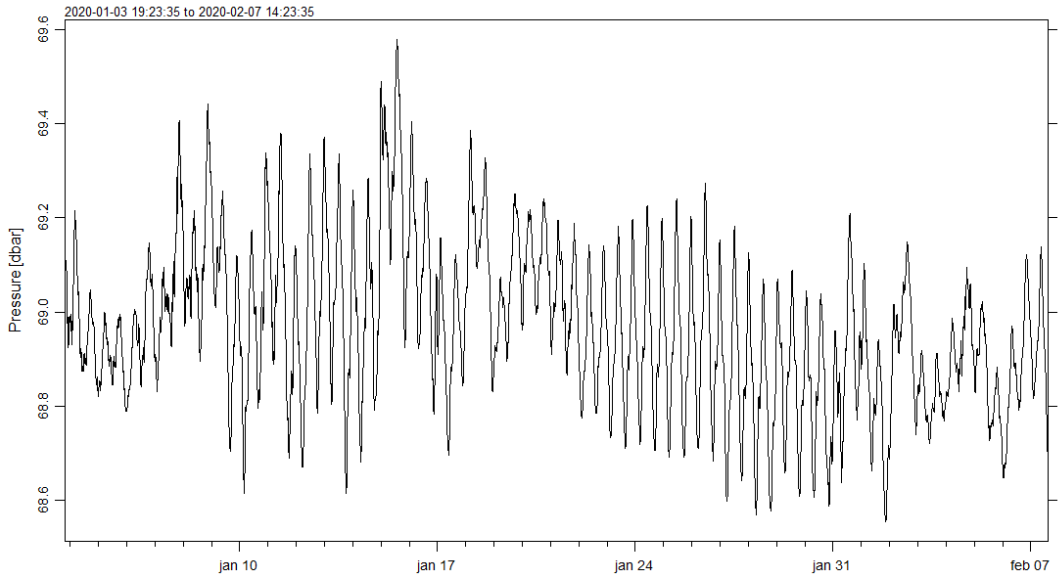
Stasjon	Type måler	Posisjon	Vanndyp ved stasjonen	Måleperiode Start – stopp	Måleintervall	Cellestørrelse
Nye målinger for denne undersøkelsen						
ADCP1	Nortek 400kHz	59°01.698' 5°55.522'	132 m	3.1.2020 – 7.2.2020 (34 dager)	10 min	2 m x 30
ADCP2	Nortek 400kHz	59° 0.900' 5° 59.528'	66 m	3.1.2020 – 7.2.2020 (34 dager)	10 min	2 m x 30

Trykk (dbar) under hele måleperioden:

ADCP1

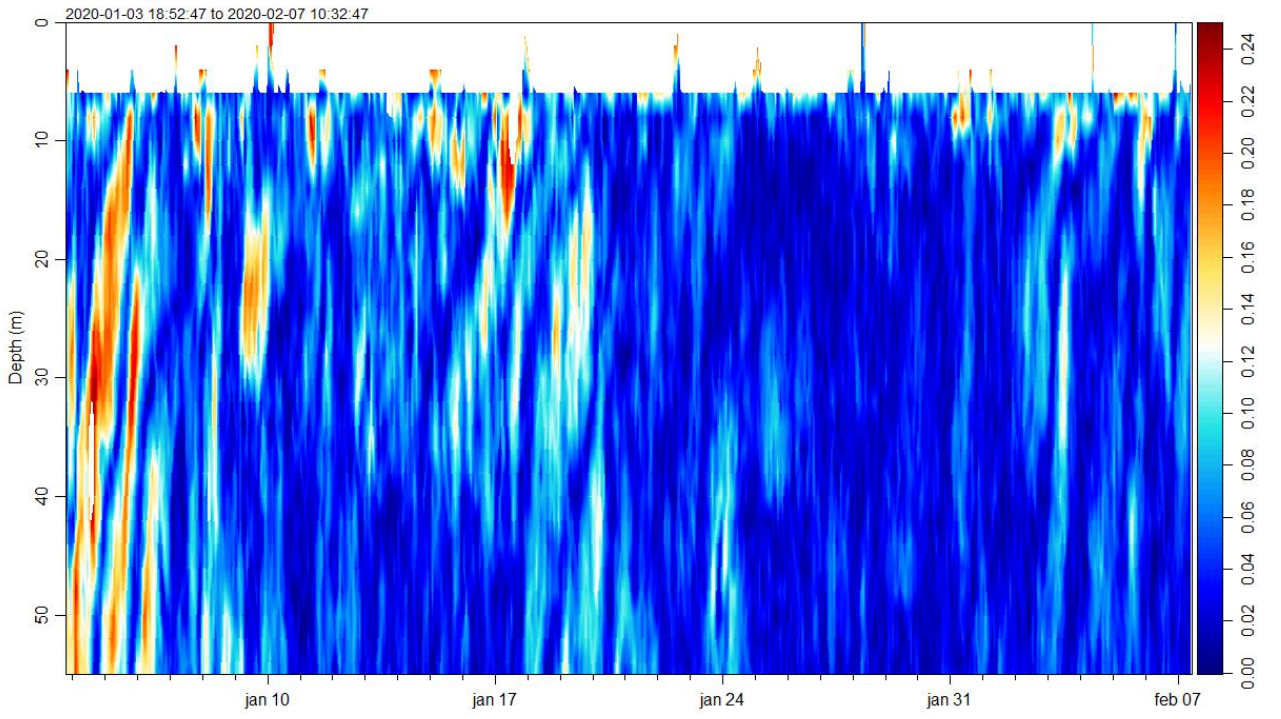


ADCP2

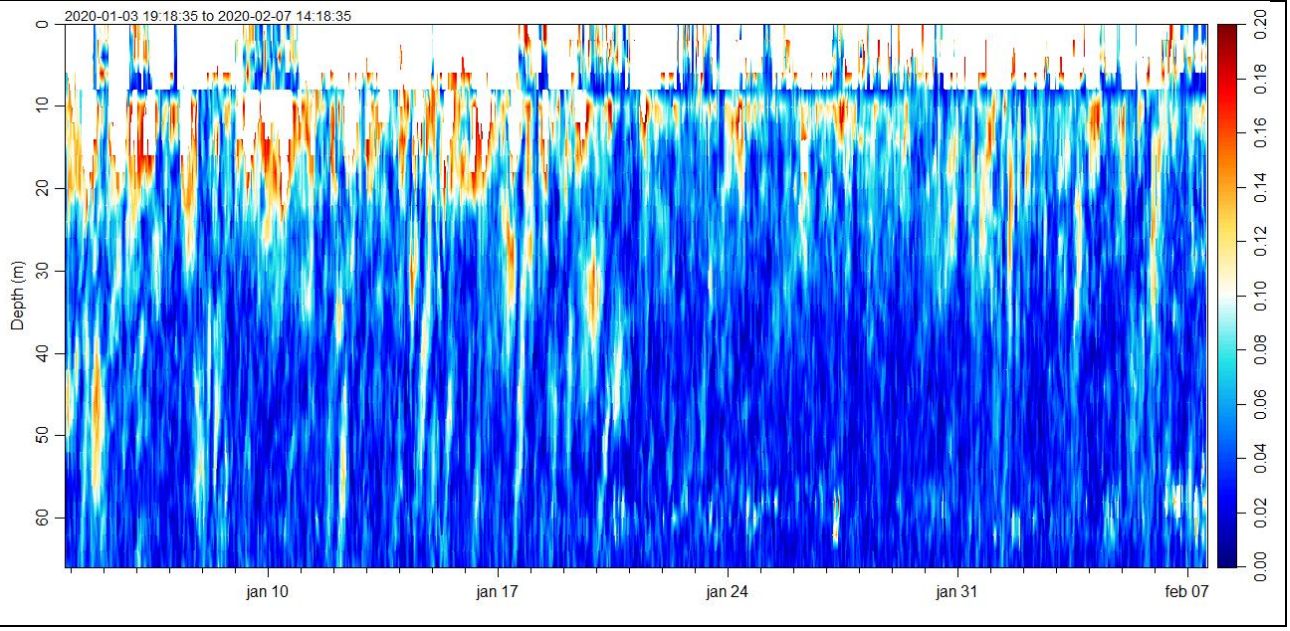


Strømhastighet (m/s) under hele måleperioden:
Y-aksen viser vanndybde (m).

ADCP 1

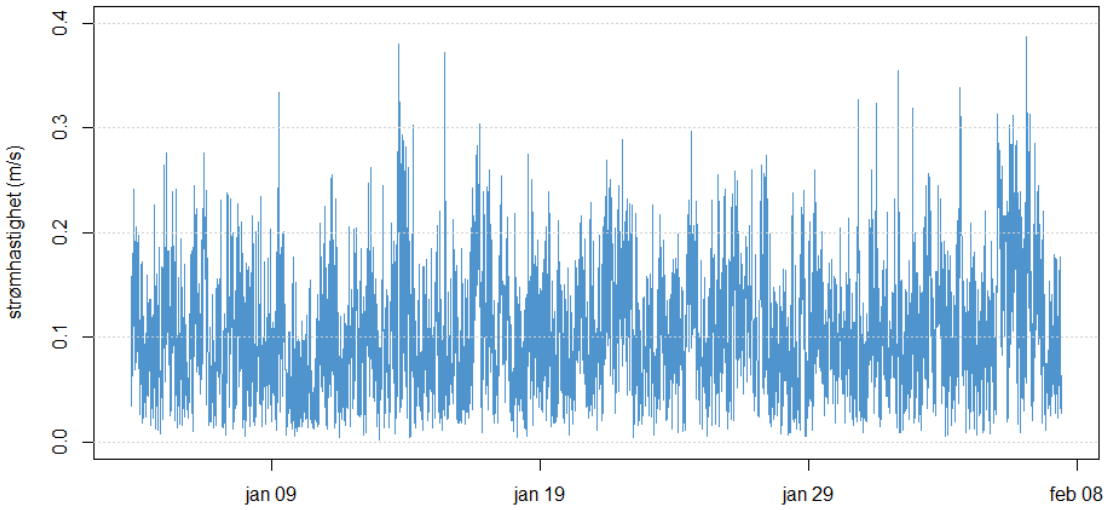


ADCP 2

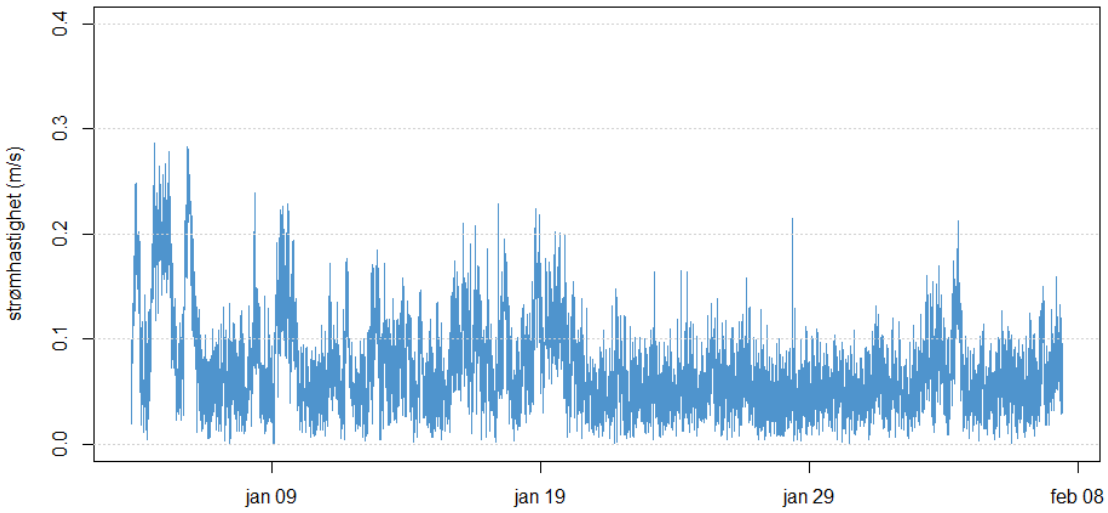


Timeserier – strømhastighet (m/s)

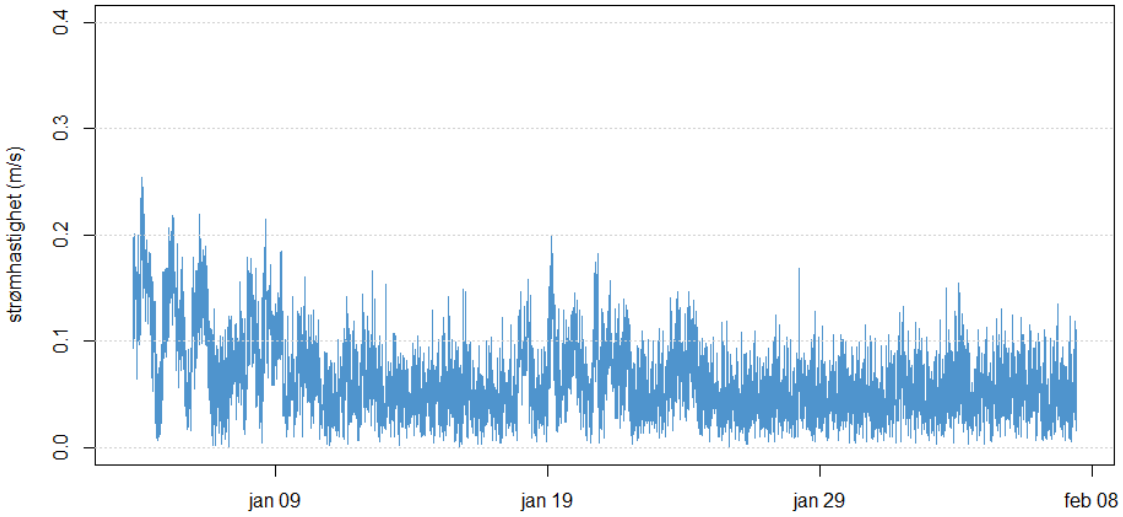
ADCP1 5 m

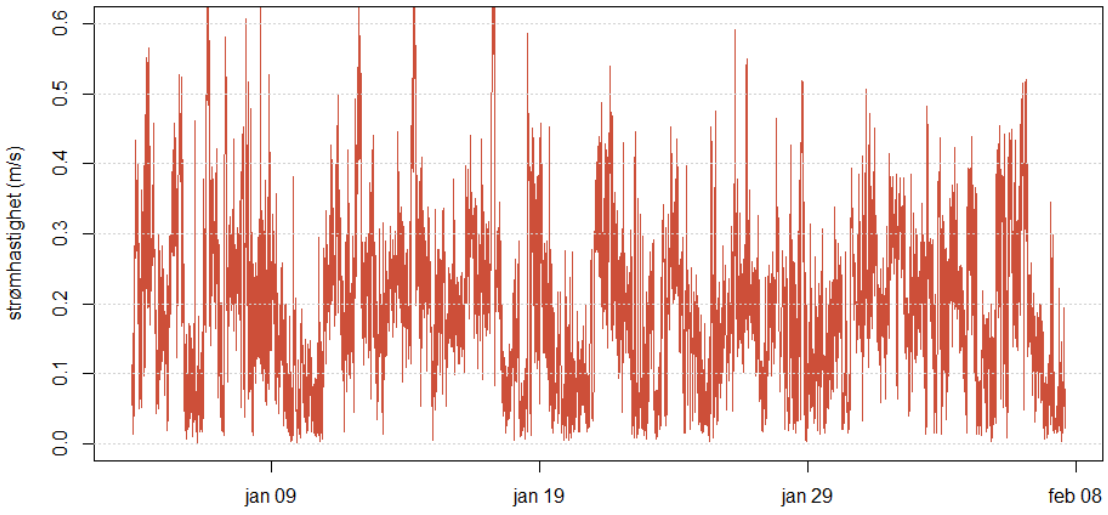
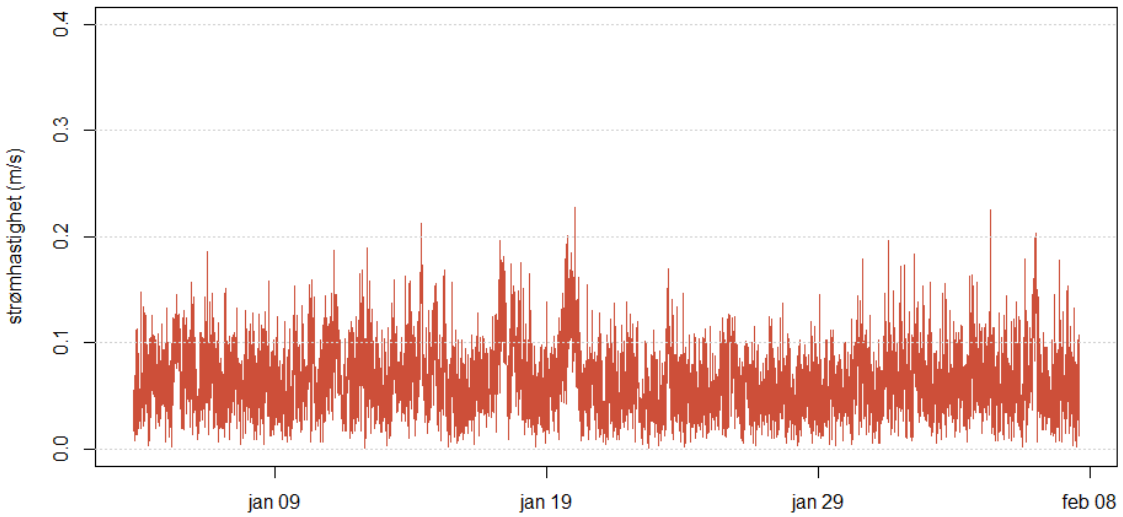
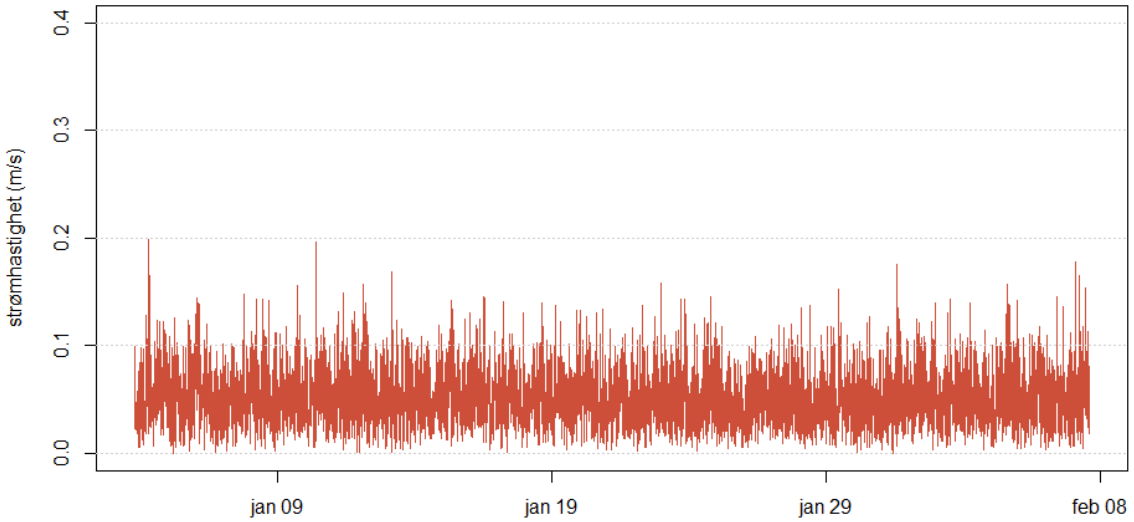


ADCP1 27 m



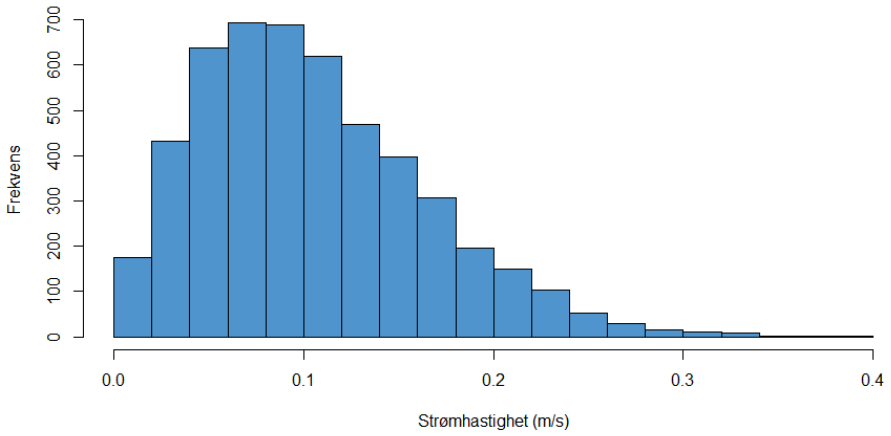
ADCP1 53 m



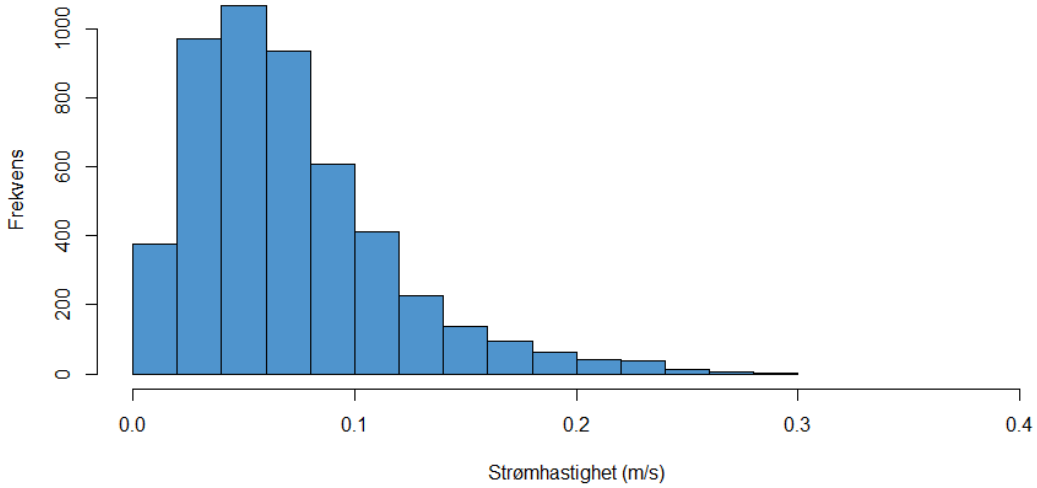
ADCP2 6 m (feil?)	
ADCP 2 32 m	
ADCP2 64 m	

Histogram – strømhastighet (m/s)
Hastighetsfordeling uten hensyn til retning

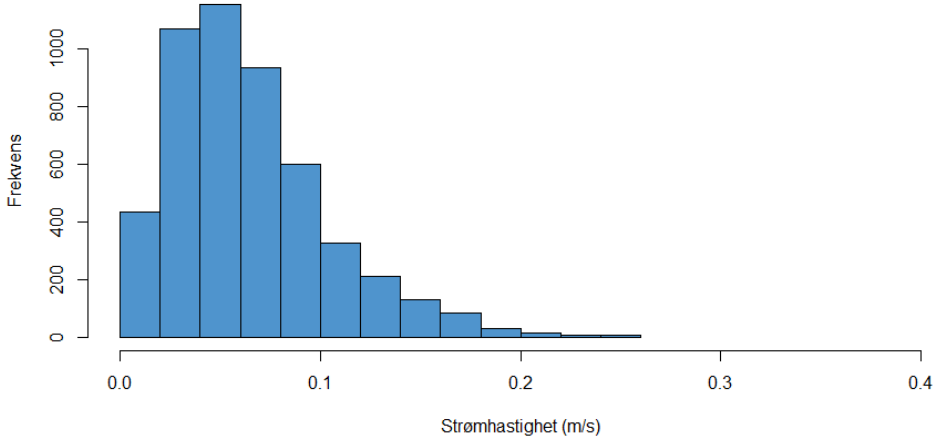
ADCP1 5 m

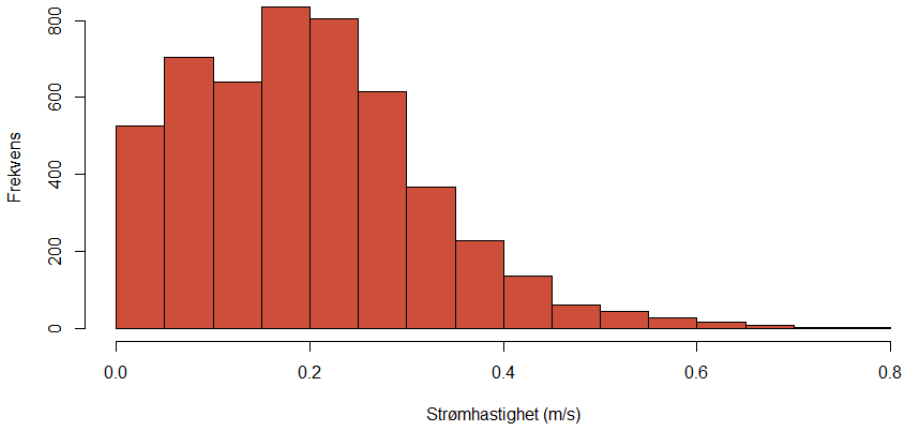
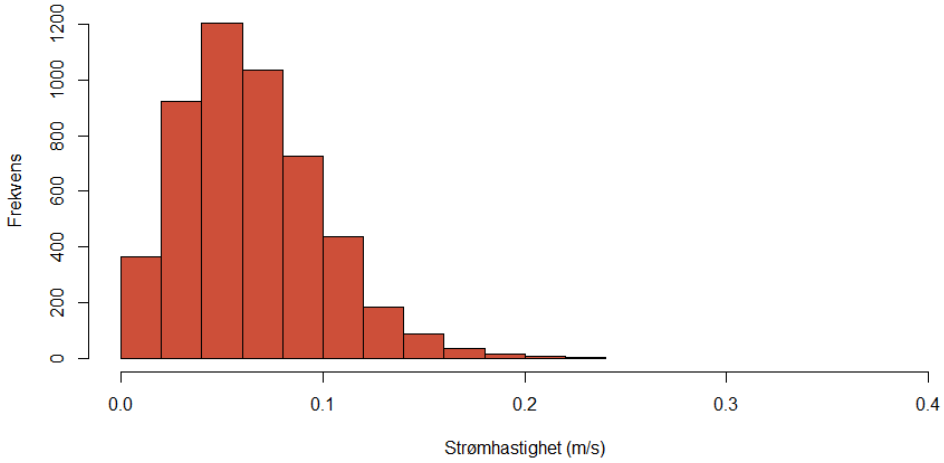
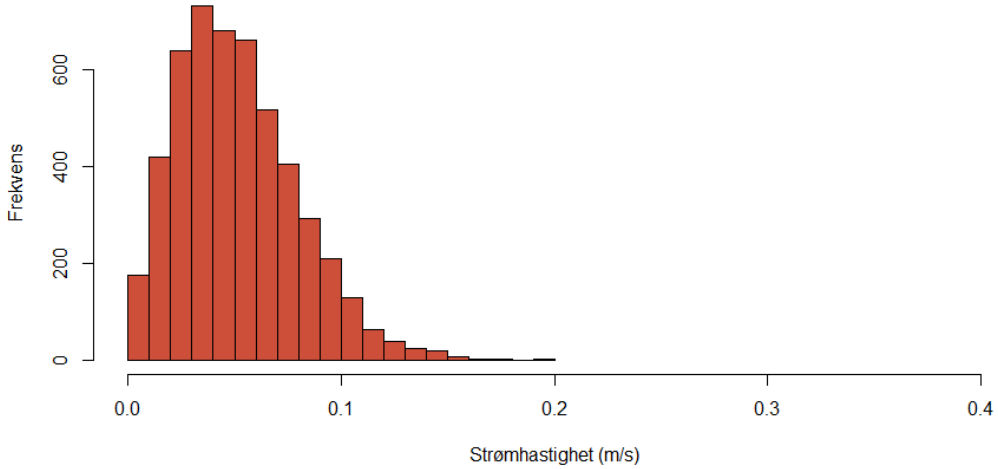


ADCP1 27 m

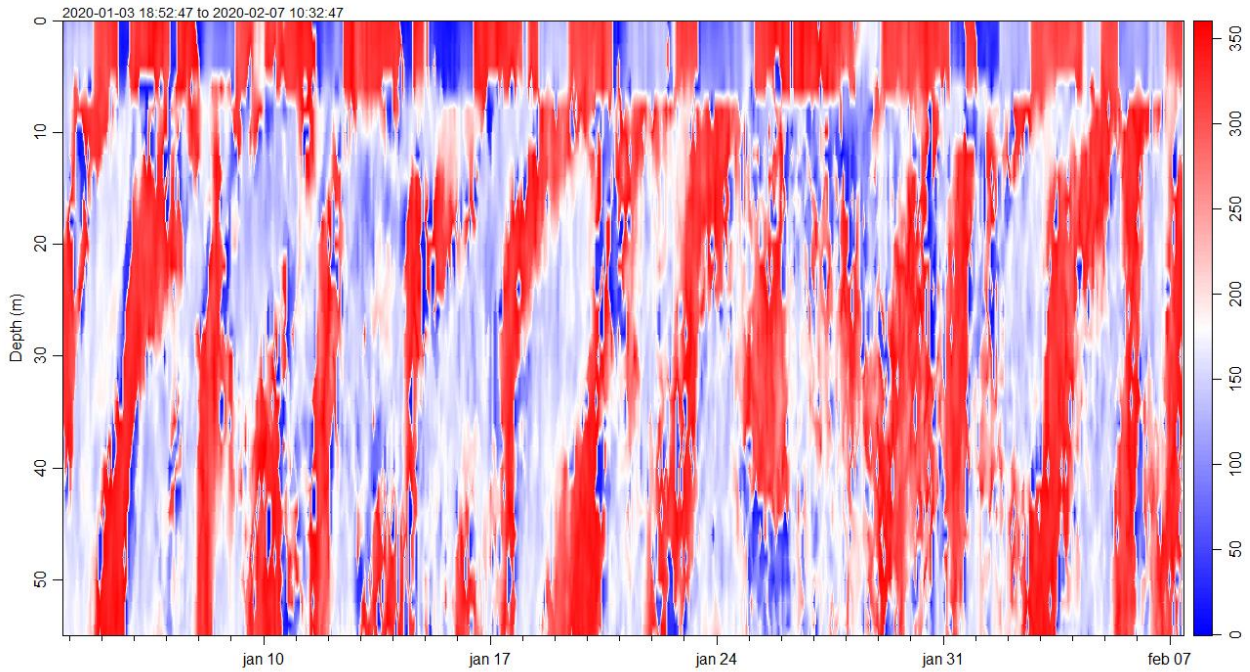
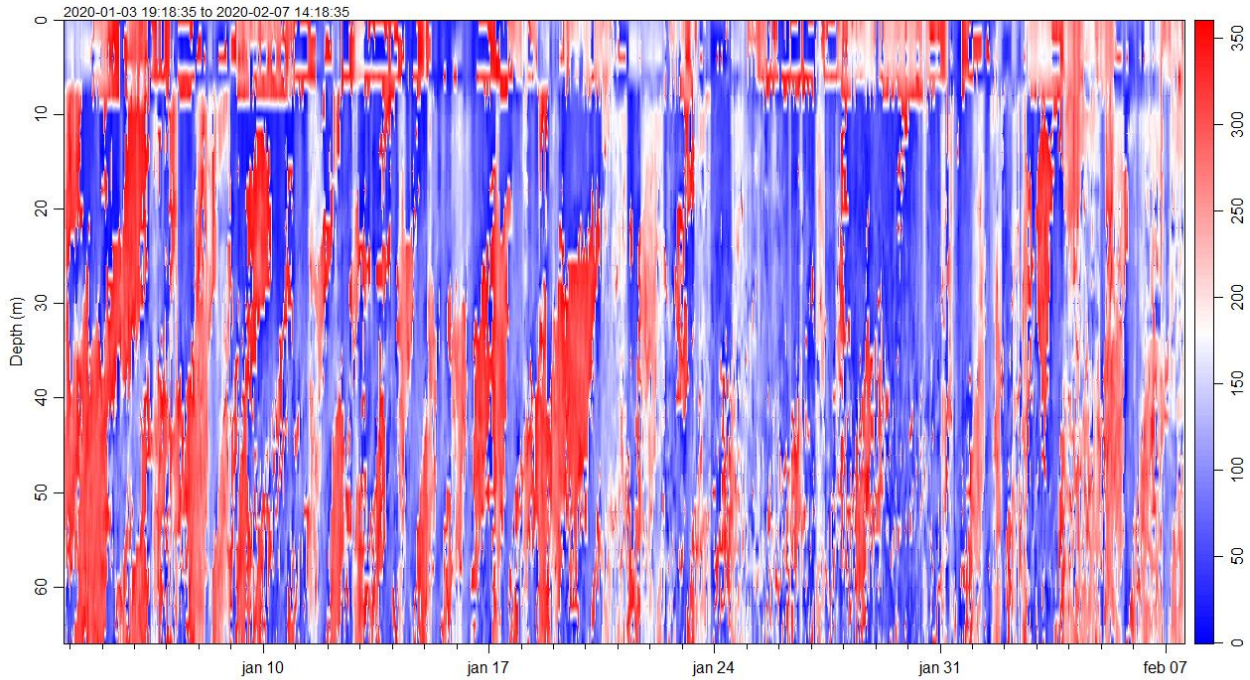


ADCP1 53 m



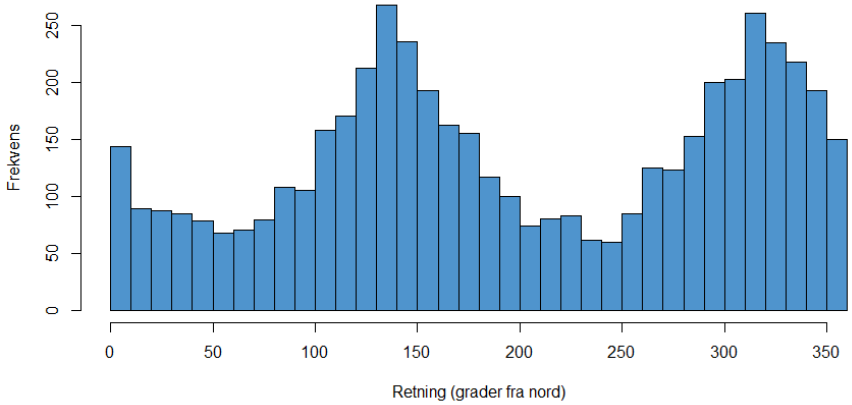
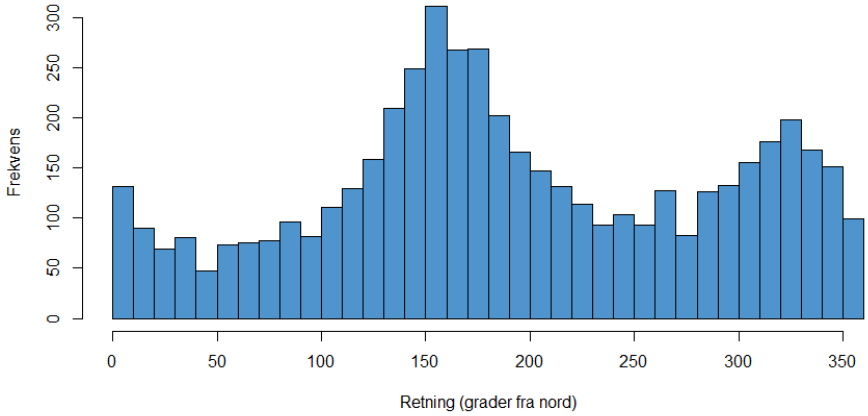
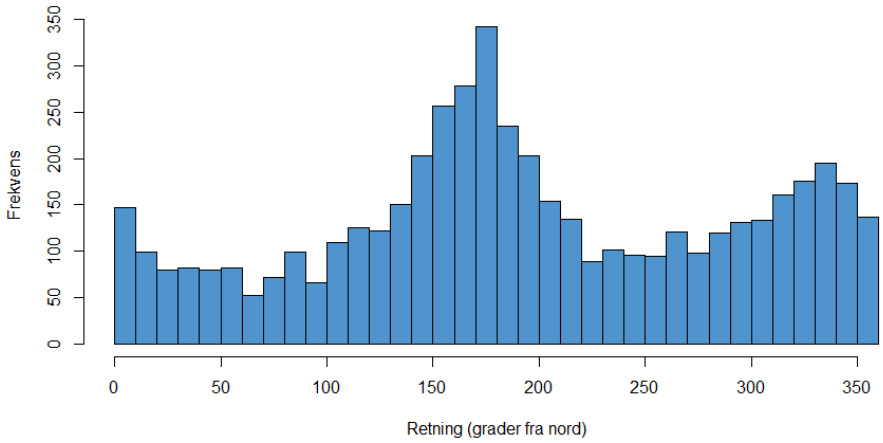
ADCP2 6 m	
ADCP 2 32 m	
ADCP2 64 m	

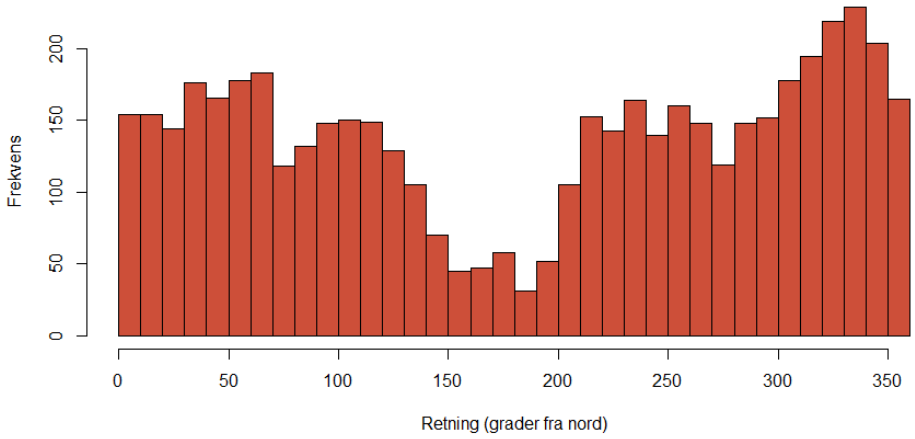
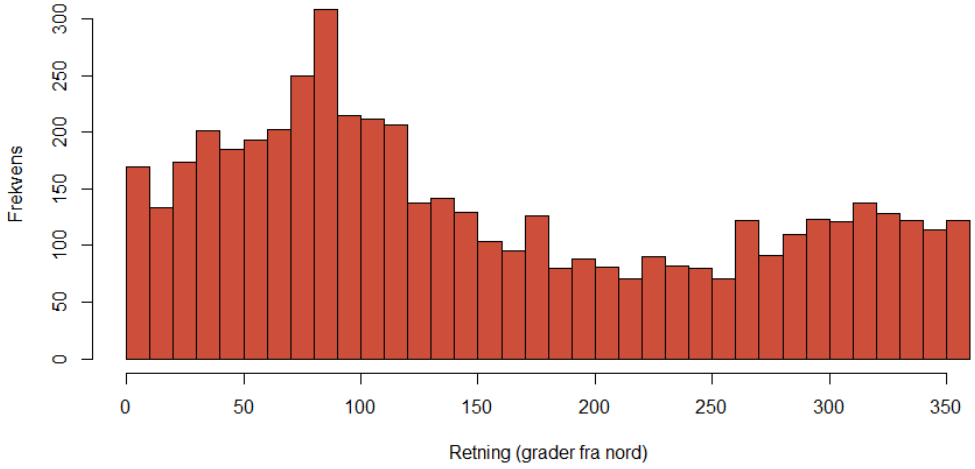
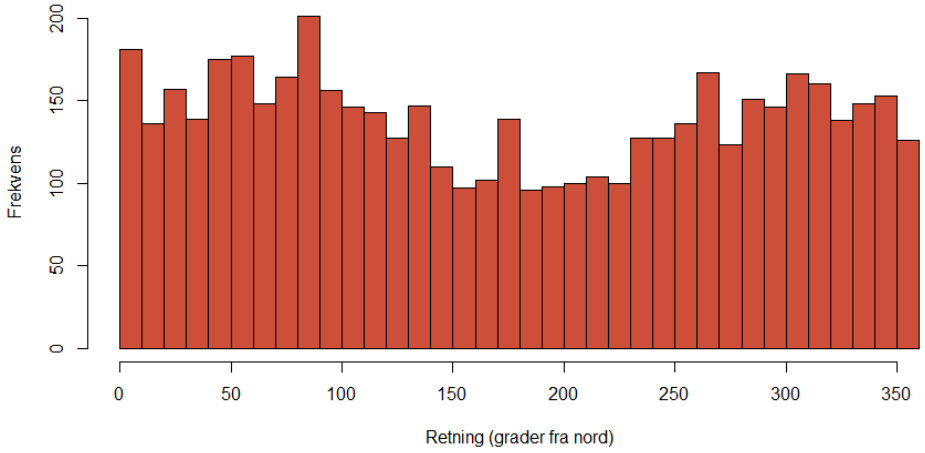
Strømretning (grader fra nord) over hele måleperioden:

ADCP 1	
ACCP2	

Histogram – strømretning (grader fra nord)

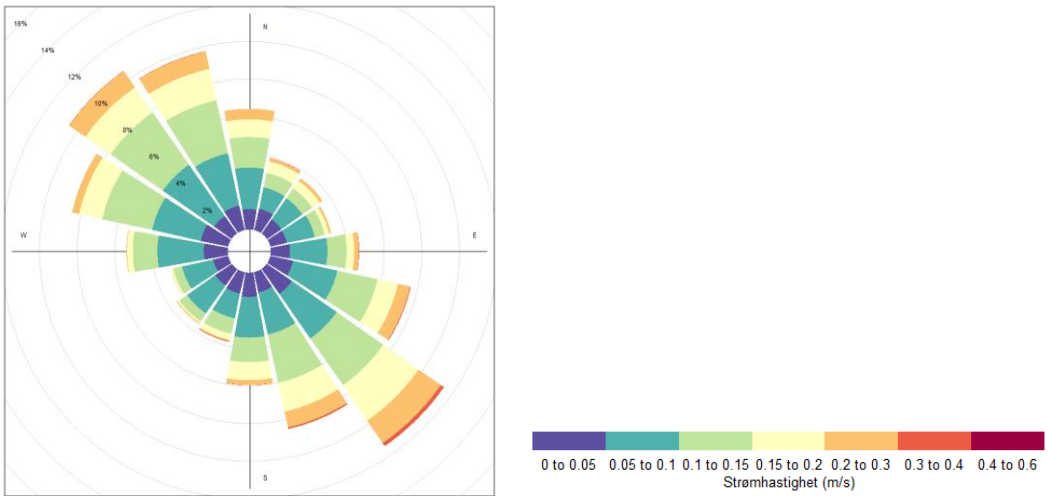
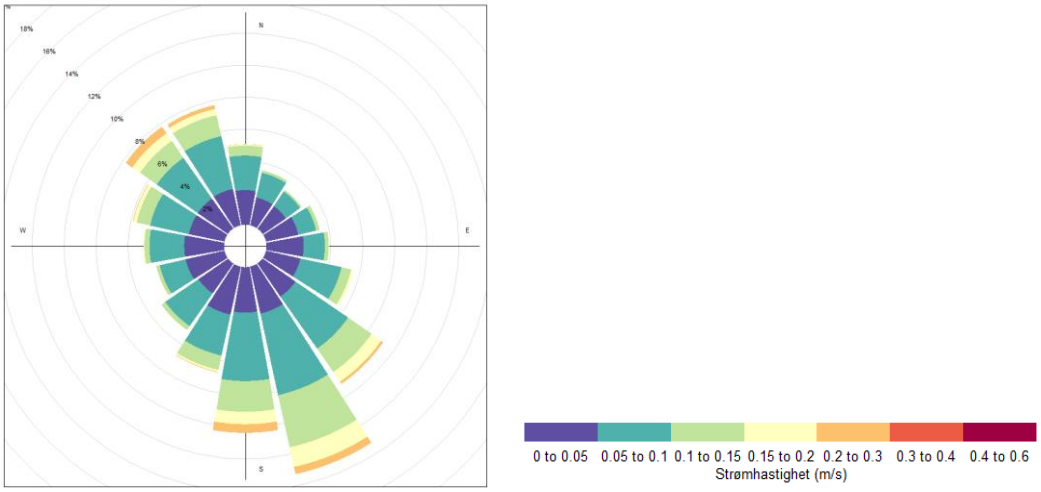
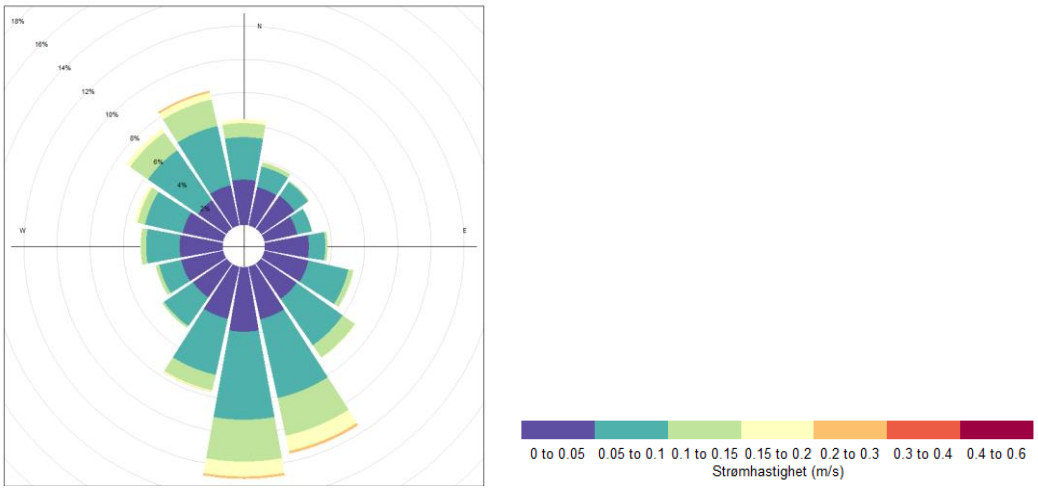
Strømmens retningsfordeling uten hensyn til hastighet

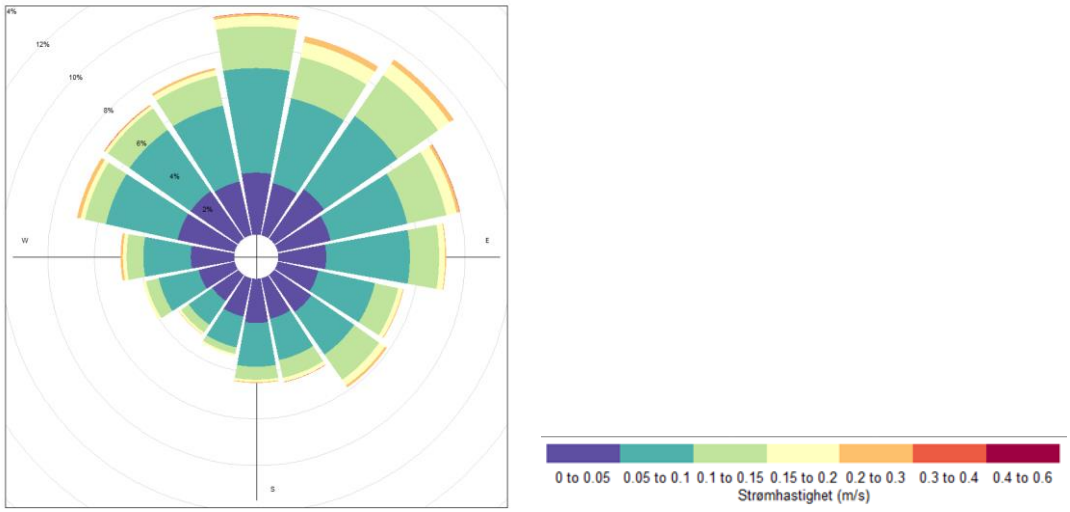
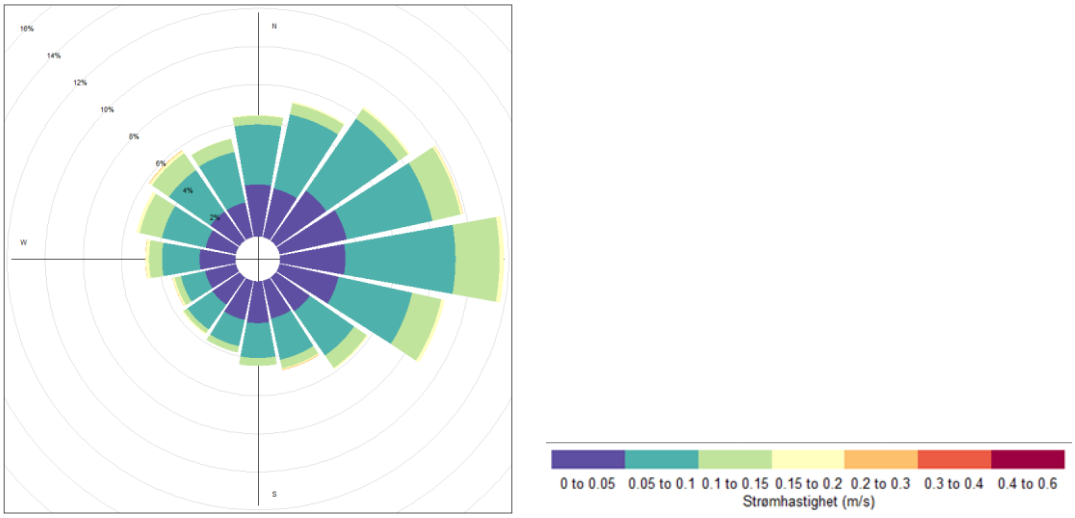
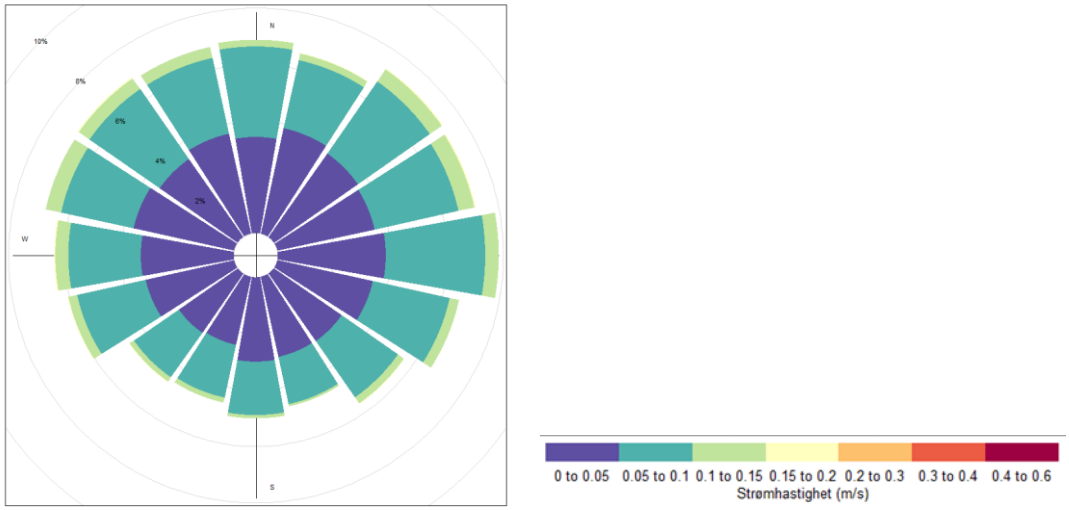
ADCP1 5 m	
ADCP1 27 m	
ADCP1 53 m	

ADCP2 6 m	
ADCP 2 32 m	
ADCP2 64 m	

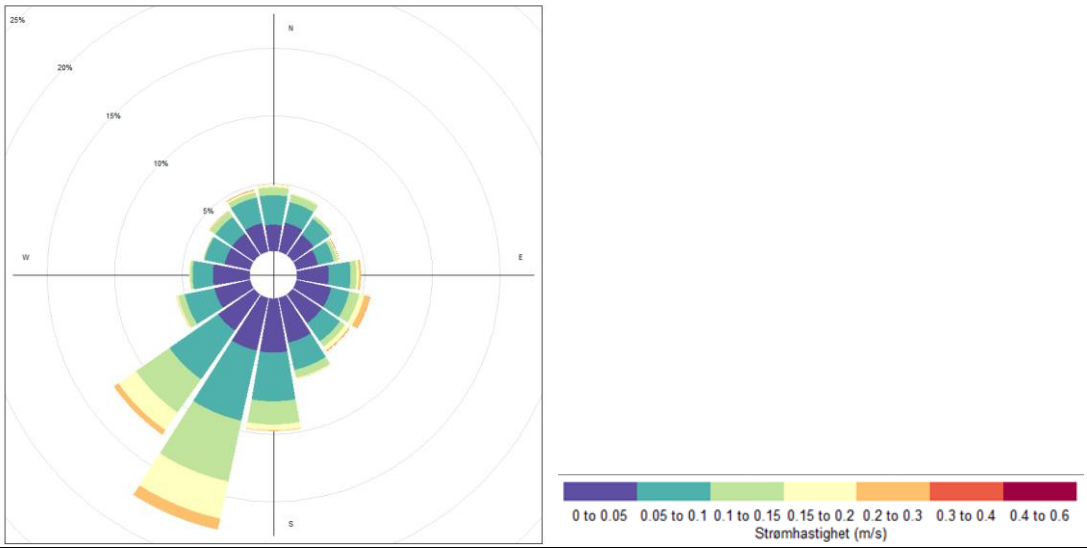
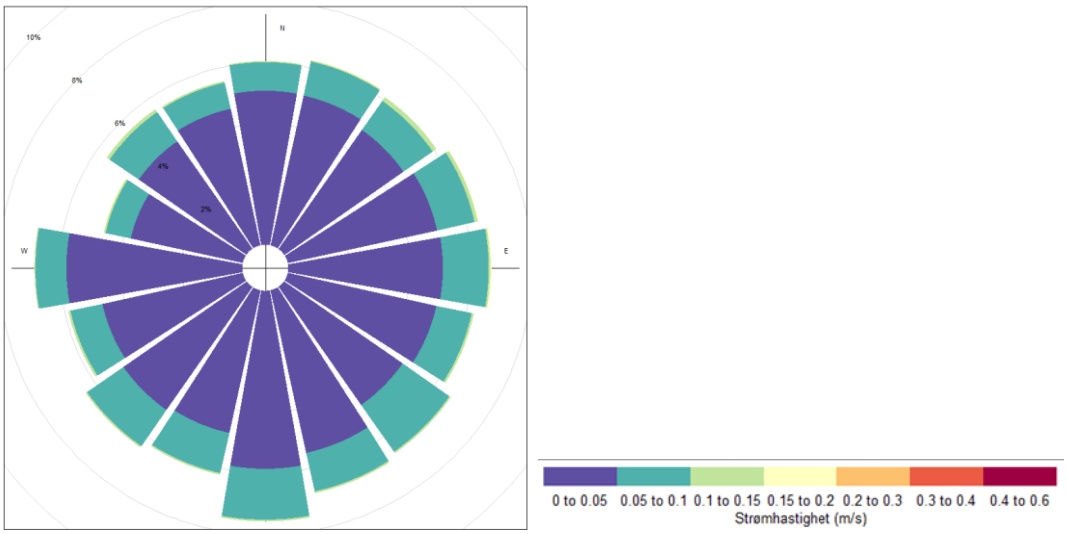
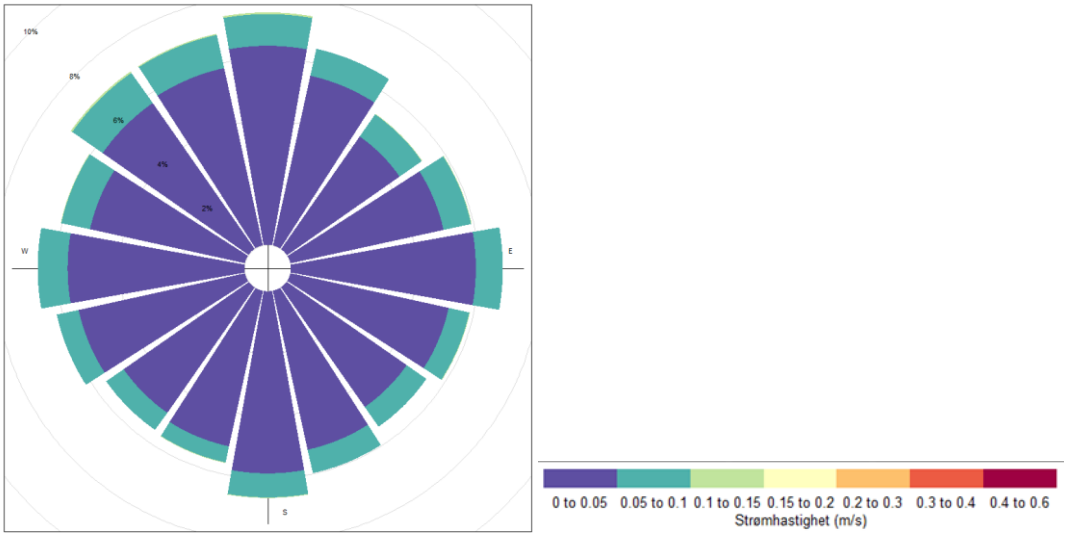
Strømroser

Figurene viser strømhastighet og retning under hele måleperioden. Strømroser gir en indikasjon av hovedstrømretning og om tidevanns ellipse er rettlinjet eller sirkulær.

ADCP1 5 m	
ADCP1 27 m	
ADCP1 53 m	

ADCP2 8 m	
ADCP 2 32 m	
ADCP2 64 m	

Tidligere resultater, dagens utslippssted fra Grytnes RA (Rambøll, 2017)
Strømroser:

Grytnes RA 4 m	
Grytnes RA 14 m	
Grytnes RA 24 m	

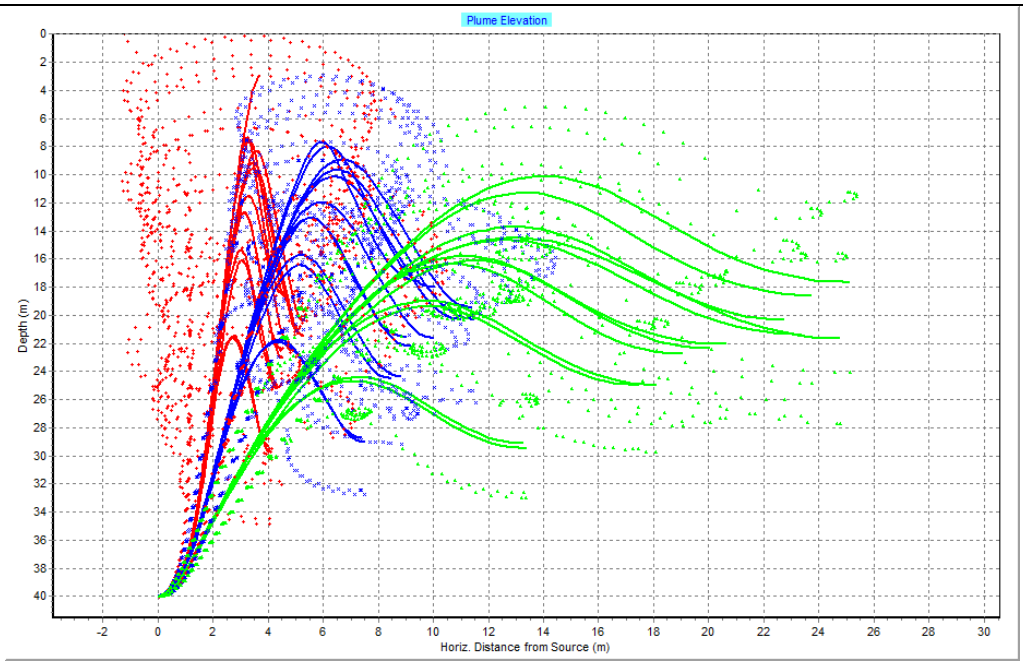
Vedlegg 2

Oppdaterte utslippsberegninger med prosjektert utslippsledning – innlagring og fortynning

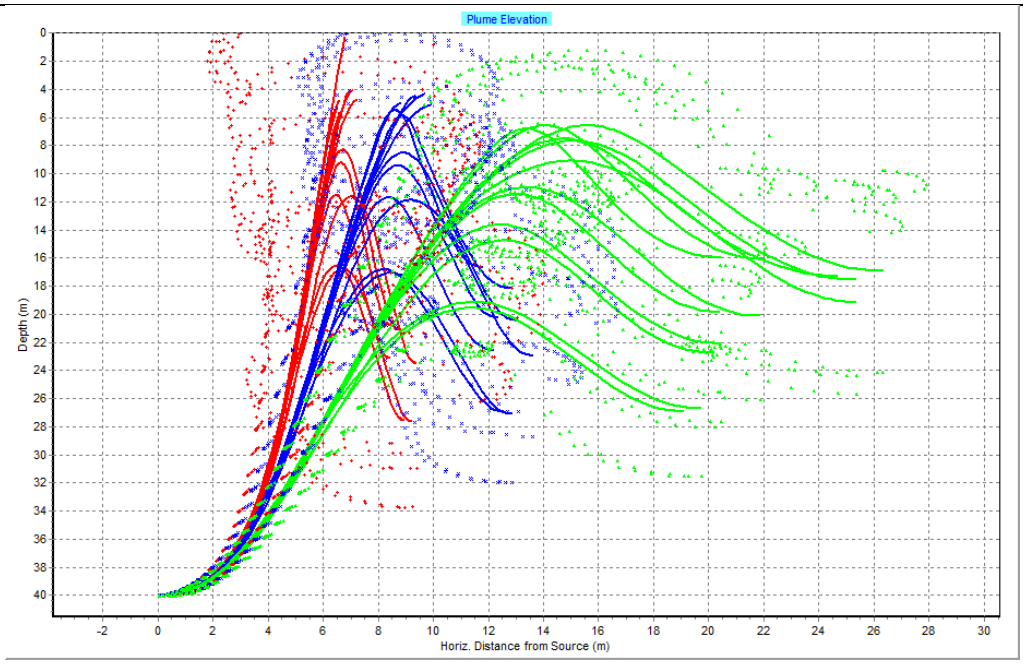
Utslippsdyp 40 m, ledning 710 mm (indre diameter 625,8 mm)

INNLAGRING

Utslippsdyp 40 m, Q_{dim} 290 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



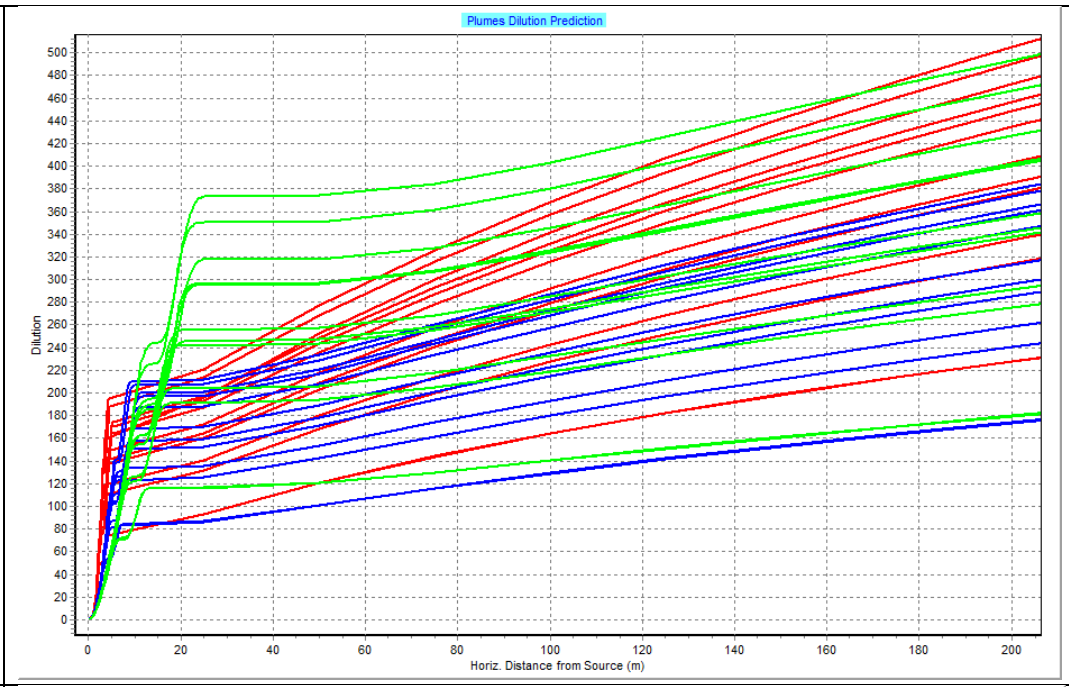
Utslippsdyp 40 m, Q_{maks} 810 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



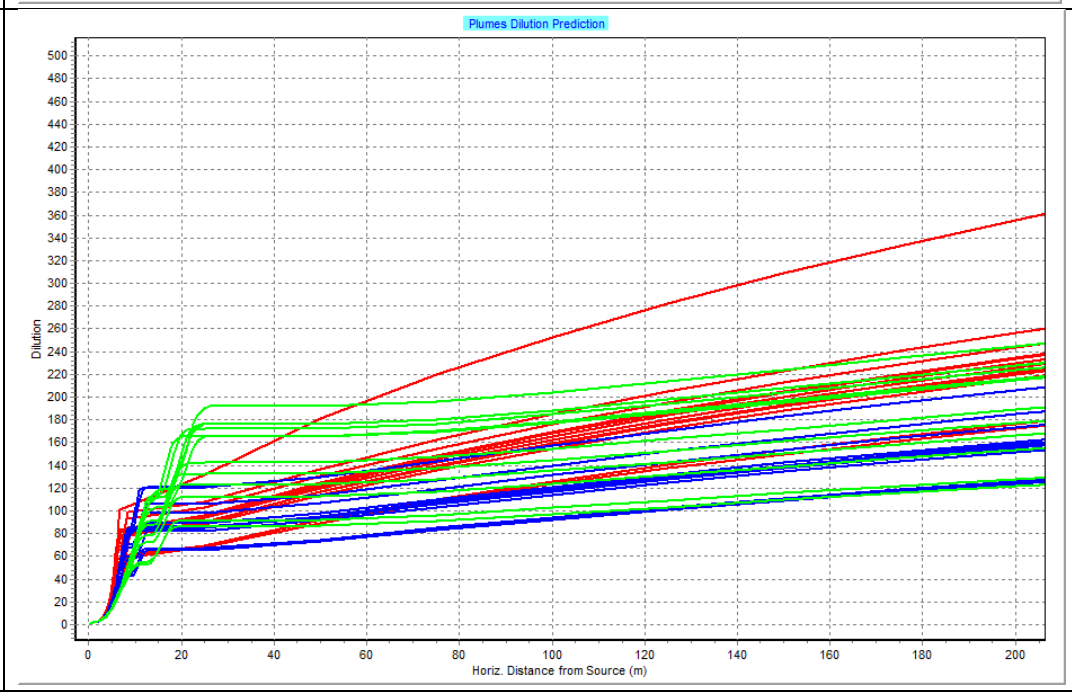
Figur V2-1. Beregnede strålebaner for utslipp fra Grytnes RA med gjennomsnittlig forventet vannmengde i 2040 (290 m3/time). Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser av skyene. Beregninger er gjort med tre ulike antakelser om strømhastigheter i resipienten målt ved dagens utslippssted (Rambøll, 2017): Rød: lav hastighet (1 cm/s), Blå: middels (3 cm/s) og grønt: høy (7 cm/s).

FORTYNNING

Utslippsdyp 40 m, Q_{dim} 290 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



Utslippsdyp 40 m, Q_{maks} 810 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s

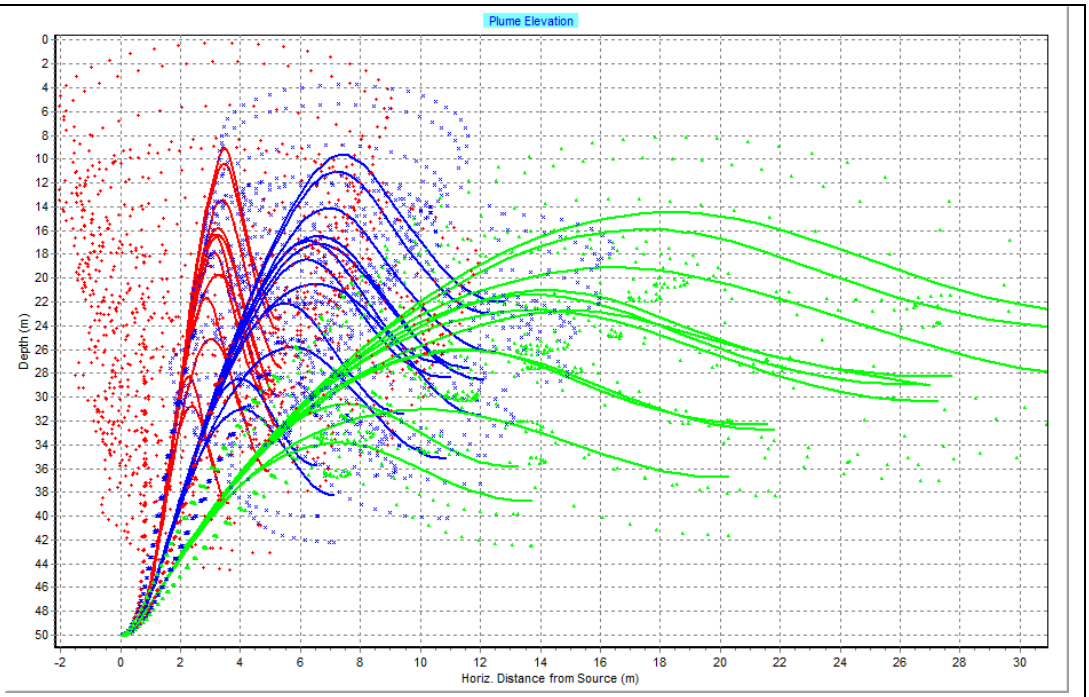


Figur V2-2. Fortynning av utslippsvannet i senterlinjen av skyen (antall ganger; y-aksen) med avstand fra utslippet (meter; x-aksen), beregnet med vannmengde a) Q_{dim} og b) Q_{maks}. Beregninger er gjort med tre ulike antakelser om strømhastigheter i resipienten målt ved dagens utslippssted (Rambøll, 2017): Rød: lav hastighet (1 cm/s), Blå: middels (3 cm/s) og grønt: høy (7 cm/s).

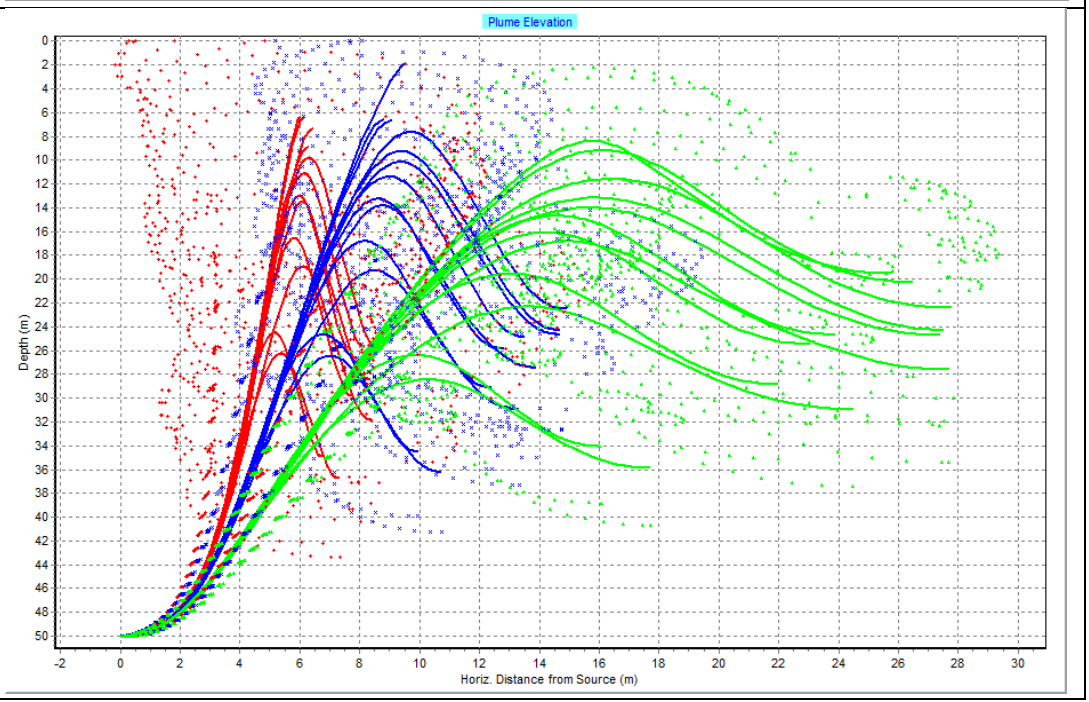
Utslippsdyp 50 m dyp, ledning 800 mm (indre diameter er 705,2 mm)

INNLAGRING

Utslippsdyp 50 m, Q_{dim} 290 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



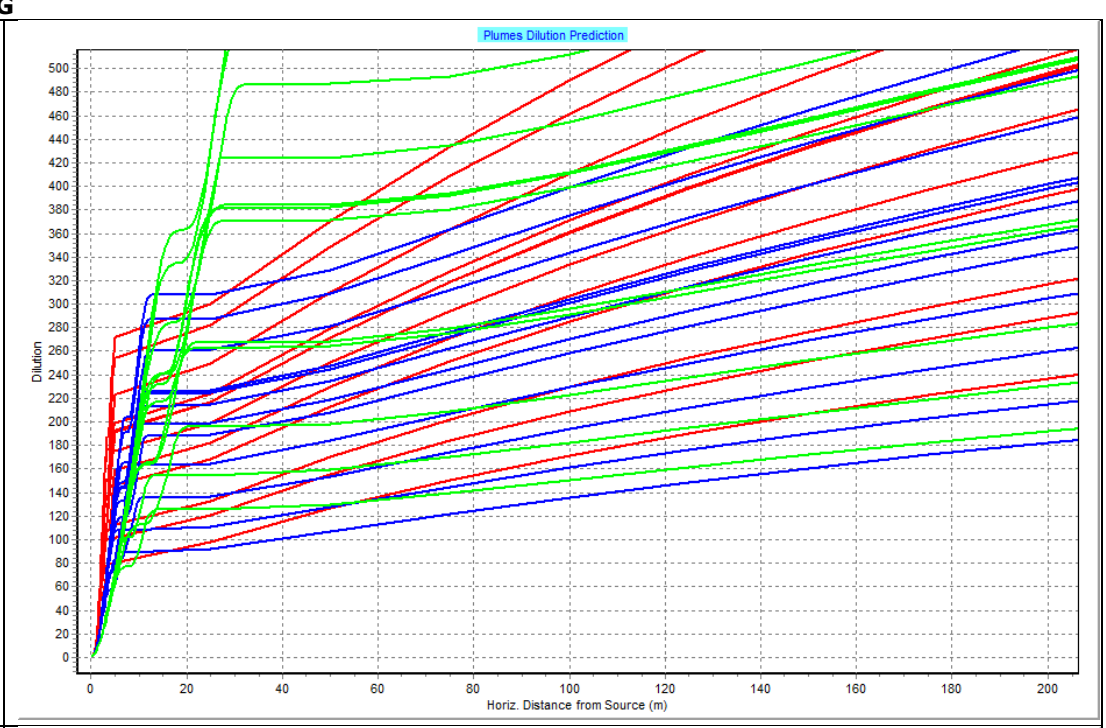
Utslippsdyp 50 m, Q_{maks} 810 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



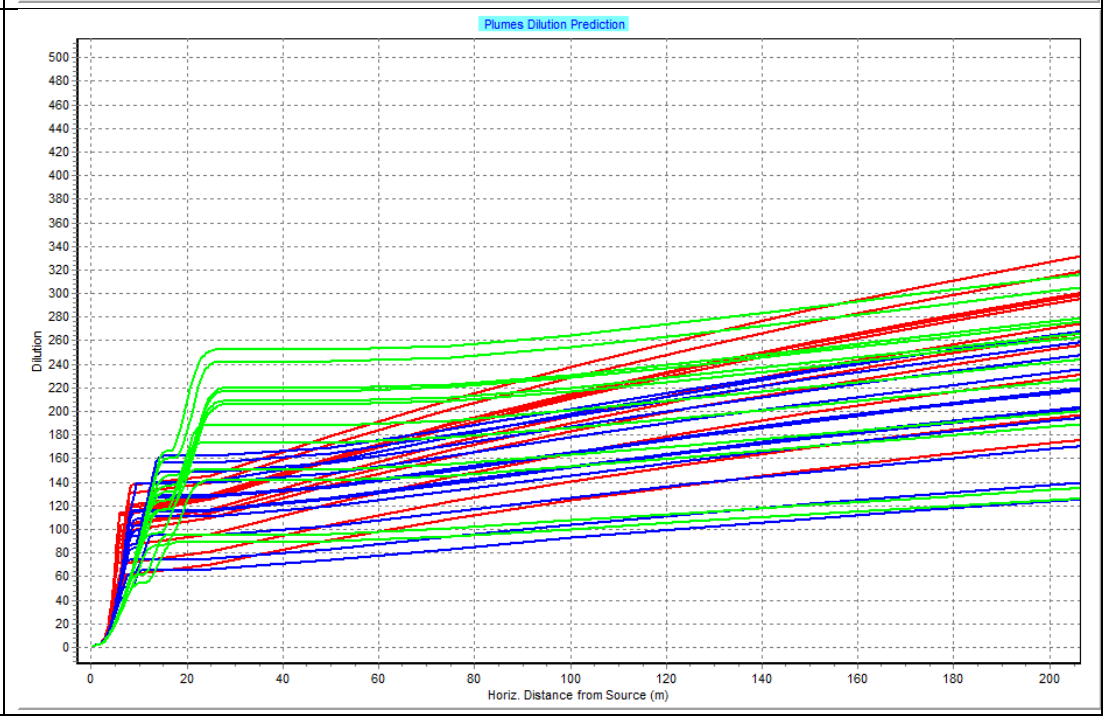
Figur V2-3. Beregnede strålebaner for utslipp fra Grytnes RA med gjennomsnittlig forventet vannmengde i 2040 (290 m3/time). Heltrukne linjer viser senter til utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrenser av skyene. Beregninger er gjort med tre ulike antakelser om strømhastigheter i resipienten målt ved dagens utslippssted (Rambøll, 2017): Rød: lav hastighet (1 cm/s), Blå: middels (3 cm/s) og grønt: høy (7 cm/s).

FORTYNNING

Utslippsdyp 50 m, Q_{dim} 290 m^3/time
Strømhastighet i resipienten
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



Utslippsdyp 50 m, Q_{maks} 810 m^3/time
1 cm/s
3 cm/s
7 cm/s



Figur V2-4. Fortynning av utslippsvannet i senterlinjen av skyen (antall ganger; y-aksen) med avstand fra utslippet (meter; x-aksen), beregnet med vannmengde a) Q_{dim} og b) Q_{maks}. Beregninger er gjort med tre ulike antakelser om strømhastigheter i resipienten målt ved dagens utslippssted (Rambøll, 2017): Rød: lav hastighet (1 cm/s), Blå: middels (3 cm/s) og grønt: høy (7 cm/s).

Strømmåling Grytnes

Dyp: 4M - 14M - 24M

03.11.2016
Kvitsøy Sjøtjenester AS
Bjarte Espevik

Content

Summary ..... **Error! Bookmark not defined.**
Details 2
Instrument 3
Configuration 3
Quality 3
Post processing 3
Manually removed data 4
Statistics 5
Top [4,0m] 5
Middle [14,0m] 5
Bottom [24,0m] 5
Direction with return period 7
Top [4,0m] 7
Middle [14,0m] 7
Bottom [24,0m] 7
Time series 8
Top [4,0m] 8
Middle [14,0m] 8
Bottom [24,0m] 9
Mean speed - roseplot 10
Top [4,0m] 10
Middle [14,0m] 10
Bottom [24,0m] 11
Max speed - roseplot 12
Top [4,0m] 12
Middle [14,0m] 12
Bottom [24,0m] 13
Speed histogram 14
Top [4,0m] 14
Middle [14,0m] 14
Bottom [24,0m] 15
Direction histogram 16
Top [4,0m] 16
Middle [14,0m] 16
Bottom [24,0m] 17
Direction/Speed histogram 18
Top [4,0m] 18
Middle [14,0m] 18
Bottom [24,0m] 19
Flow 20
Top [4,0m] 20
Middle [14,0m] 20
Bottom [24,0m] 21
Progressive vector 22
Top [4,0m] 22
Middle [14,0m] 22
Bottom [24,0m] 23
Sensors 24
Pressure 24
Tilt 24

Temperature.....25

Details

Instrument

Head Id	AQP 5222
Board Id	AQD 9581
Frequency	400000

Configuration

File	Aqua101.prf
Start	13.09.2016 08.30
End	21.10.2016 06.50
Data Records	5463
Longitude	6° 1,41'E
Latitude	59° 1,10'N
Orientation	DOWN
Cells	20
Cell Size [m]	2,5
Blanking Distance [m]	1
Average Interval [sec]	00:01:00
Measurement Interval [sec]	00:10:00

Quality

Low Pressure Treshold	0
HighTilt Threshold	30
Expected Orientation	UP
Amplitude Spike Treshold	70
Velocity Spike Treshold	5
SNR Treshold	3

Post processing

Selected Start	13.09.2016 16.00
Selected End	19.10.2016 16.00
Compass Offset	0
Pressure Offset	0
Selected Records	5185
Reference	Water Surface
Top Depth [m]	4
Top Invalid Data	0
Middle Depth [m]	14
Middle Invalid Data	0
Bottom Depth [m]	24
Bottom Invalid Data	0

Manually removed data

Start Time	End Time	Comment

Statistics

Top [4,0m]

Mean current [m/s]	0.07
Max current [m/s]	0.47
Min current [m/s]	0.00
Measurements used/total [#]	5185 / 5185
Std.dev [m/s]	0.05
Significant max velocity [m/s]	0.13
Significant min velocity [m/s]	0.03
10 year return current [m/s]	0.775
50 year return current [m/s]	0.869
Most significant directions [°]	210°, 225°, 195°, 240°
Most significant speeds [m/s]	0.05, 0.10, 0.15, 0.20
Most flow	1042.30m³ / day at 195-210°
Least flow	98.27m³ / day at 285-300°
Neumann parameter	0.39
Residue current	0.03 m/s at 200°
Zero current [%] - [HH:mm]	2.53% - 00:20

Middle [14,0m]

Mean current [m/s]	0.03
Max current [m/s]	0.17
Min current [m/s]	0.00
Measurements used/total [#]	5185 / 5185
Std.dev [m/s]	0.02
Significant max velocity [m/s]	0.06
Significant min velocity [m/s]	0.01
10 year return current [m/s]	0.283
50 year return current [m/s]	0.318
Most significant directions [°]	165°, 105°, 180°, 135°
Most significant speeds [m/s]	0.05, 0.10, 0.15, 0.20
Most flow	143.46m³ / day at 120-135°
Least flow	87.67m³ / day at 285-300°
Neumann parameter	0.08
Residue current	0.00 m/s at 140°
Zero current [%] - [HH:mm]	8.22% - 00:30

Bottom [24,0m]

Mean current [m/s]	0.03
Max current [m/s]	0.11
Min current [m/s]	0.00
Measurements used/total [#]	5185 / 5185
Std.dev [m/s]	0.02
Significant max velocity [m/s]	0.05
Significant min velocity [m/s]	0.01
10 year return current [m/s]	0.182
50 year return current [m/s]	0.204
Most significant directions [°]	15°, 345°, 330°, 360°

Most significant speeds [m/s]	0.05, 0.10, 0.15, 0.20
Most flow	129.35m³ / day at 0-15°
Least flow	82.83m³ / day at 195-210°
Neumann parameter	0.06
Residue current	0.00 m/s at 349°
Zero current [%] - [HH:mm]	10.22% - 00:40

Direction with return period

Top [4,0m]

Direction	Mean	Max	Mean 10y	Max 10y	Mean 50y	Max 50y
0	0,062	0,295	0,102	0,487	0,115	0,546
45	0,056	0,470	0,092	0,775	0,104	0,869
90	0,066	0,274	0,110	0,452	0,123	0,507
135	0,067	0,324	0,110	0,534	0,123	0,599
180	0,075	0,266	0,123	0,439	0,138	0,493
225	0,093	0,284	0,153	0,468	0,171	0,525
270	0,048	0,236	0,080	0,389	0,089	0,436
315	0,059	0,347	0,098	0,573	0,110	0,642

Middle [14,0m]

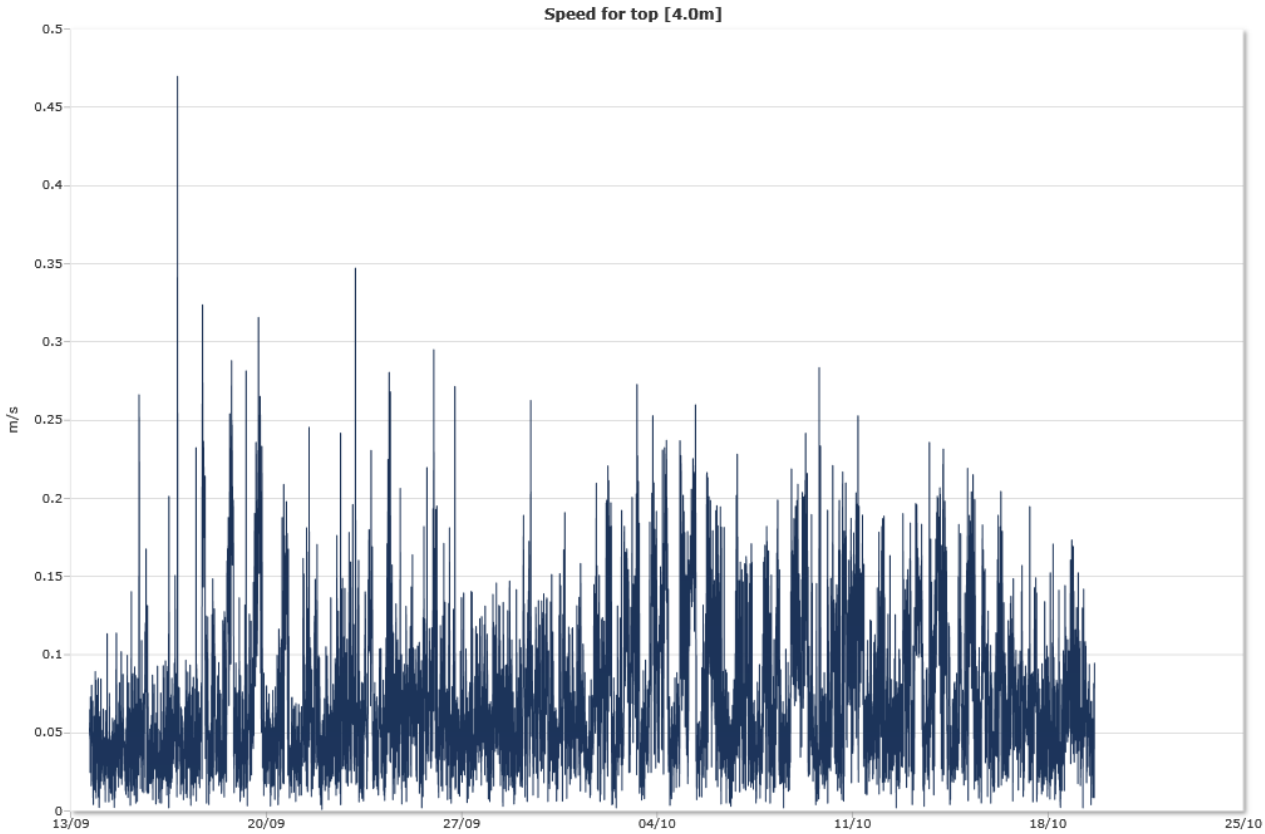
Direction	Mean	Max	Mean 10y	Max 10y	Mean 50y	Max 50y
0	0,031	0,147	0,051	0,242	0,057	0,271
45	0,034	0,146	0,055	0,241	0,062	0,270
90	0,035	0,155	0,058	0,256	0,066	0,287
135	0,034	0,136	0,056	0,225	0,063	0,252
180	0,034	0,128	0,056	0,211	0,063	0,237
225	0,033	0,121	0,055	0,200	0,062	0,225
270	0,031	0,172	0,051	0,283	0,058	0,318
315	0,033	0,116	0,055	0,192	0,062	0,215

Bottom [24,0m]

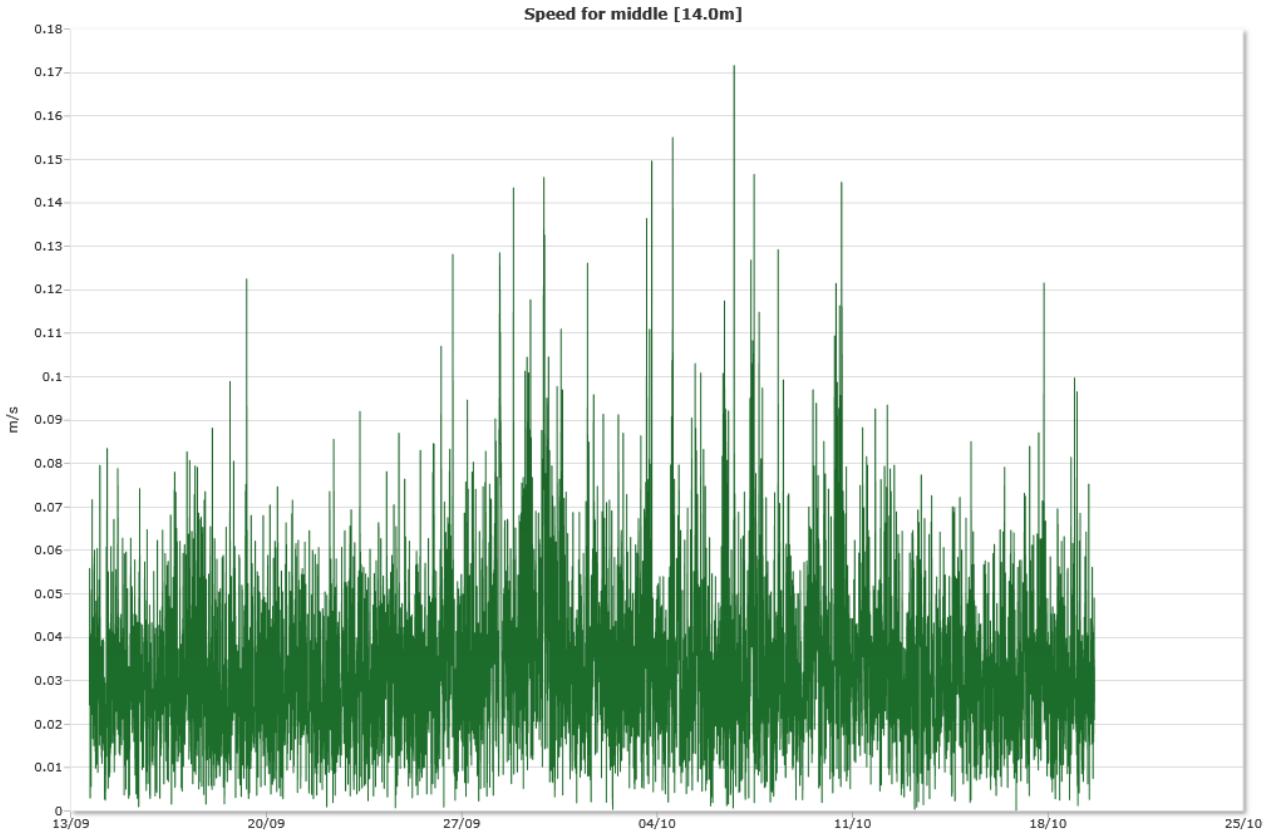
Direction	Mean	Max	Mean 10y	Max 10y	Mean 50y	Max 50y
0	0,029	0,106	0,048	0,174	0,054	0,195
45	0,031	0,110	0,051	0,182	0,057	0,204
90	0,029	0,103	0,047	0,170	0,053	0,190
135	0,029	0,092	0,048	0,153	0,054	0,171
180	0,028	0,106	0,046	0,175	0,052	0,196
225	0,028	0,090	0,046	0,149	0,052	0,167
270	0,028	0,084	0,047	0,139	0,052	0,155
315	0,031	0,105	0,051	0,174	0,057	0,195

Time series

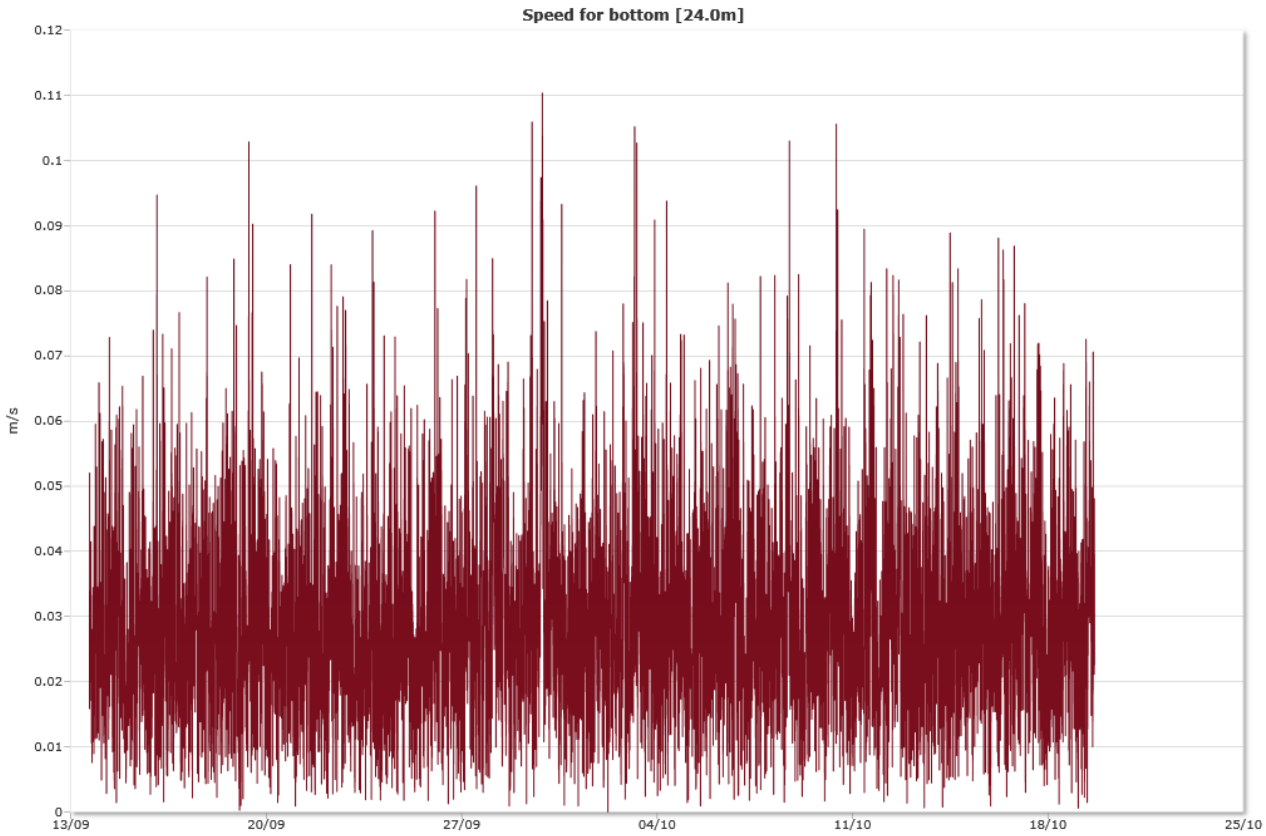
Top [4,0m]



Middle [14,0m]

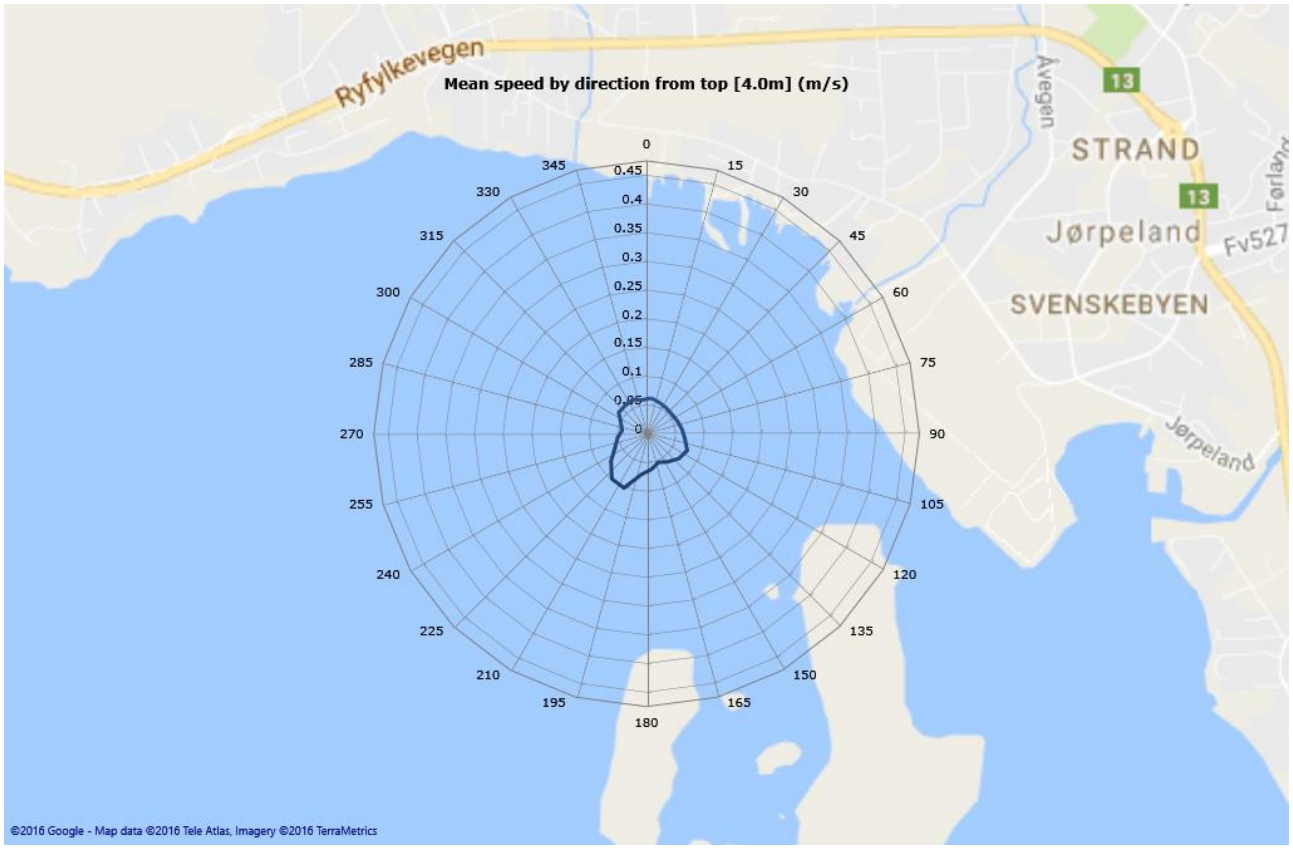


Bottom [24,0m]

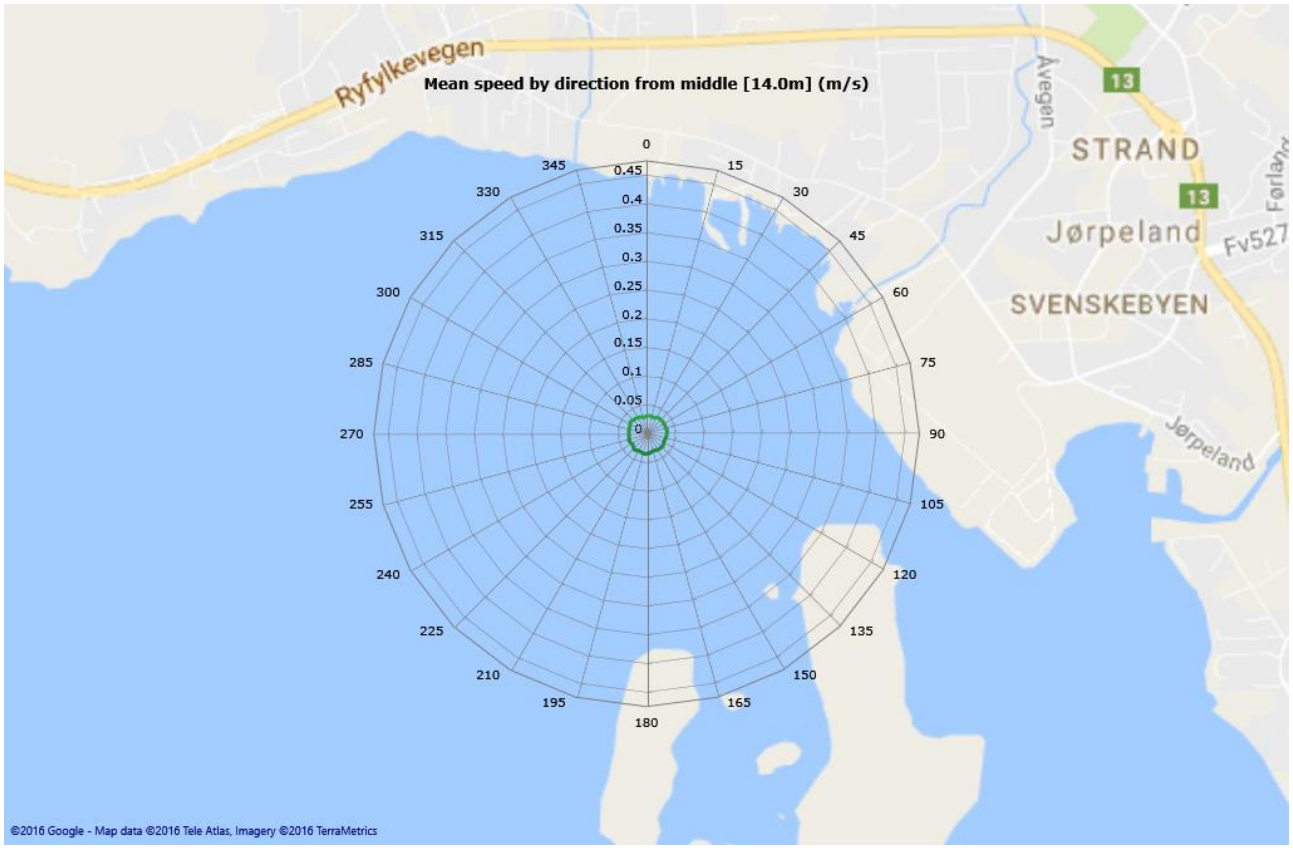

Speed for bottom [24.0m]
m/s
0.12
0.11
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
13/09
20/09
27/09
04/10
11/10
18/10
25/10

Mean speed - roseplot

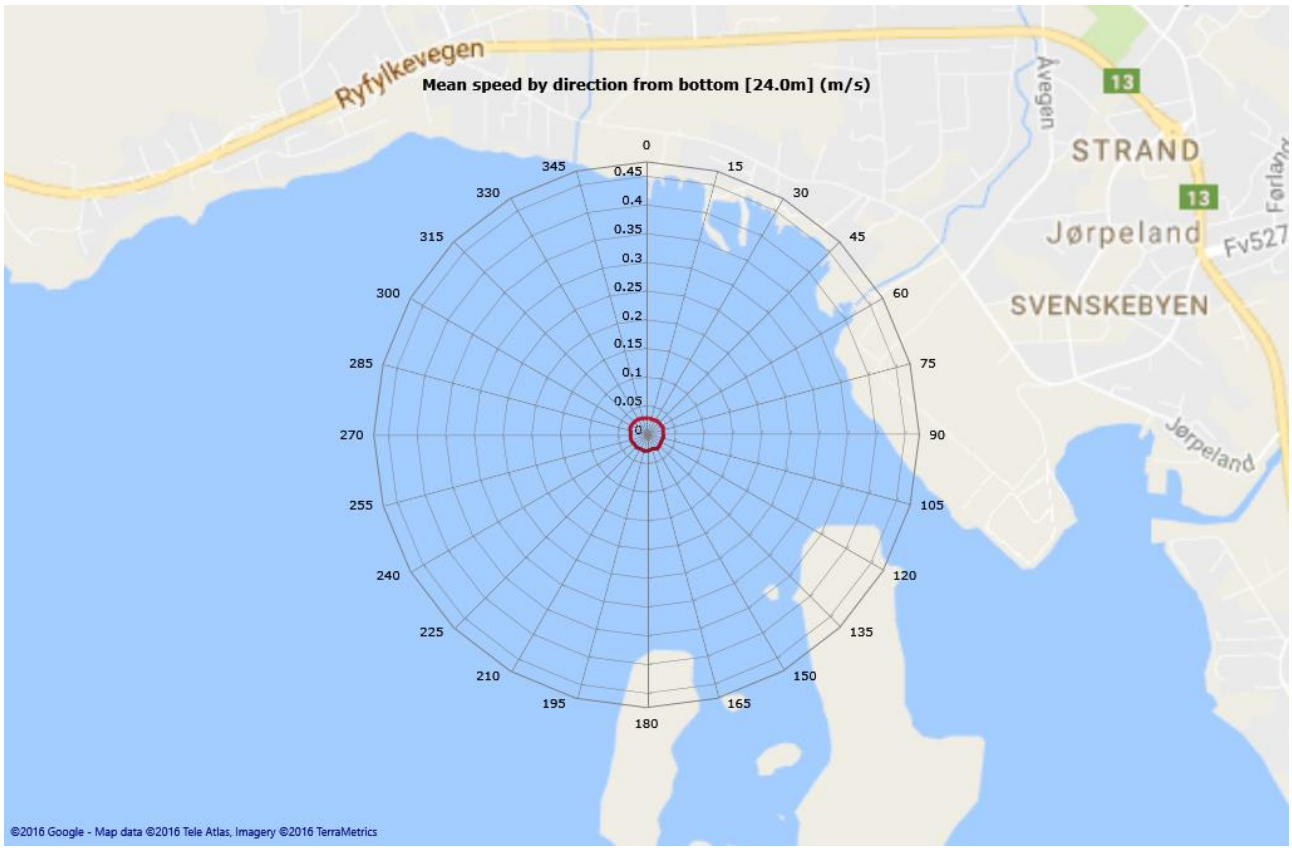
Top [4,0m]



Middle [14,0m]

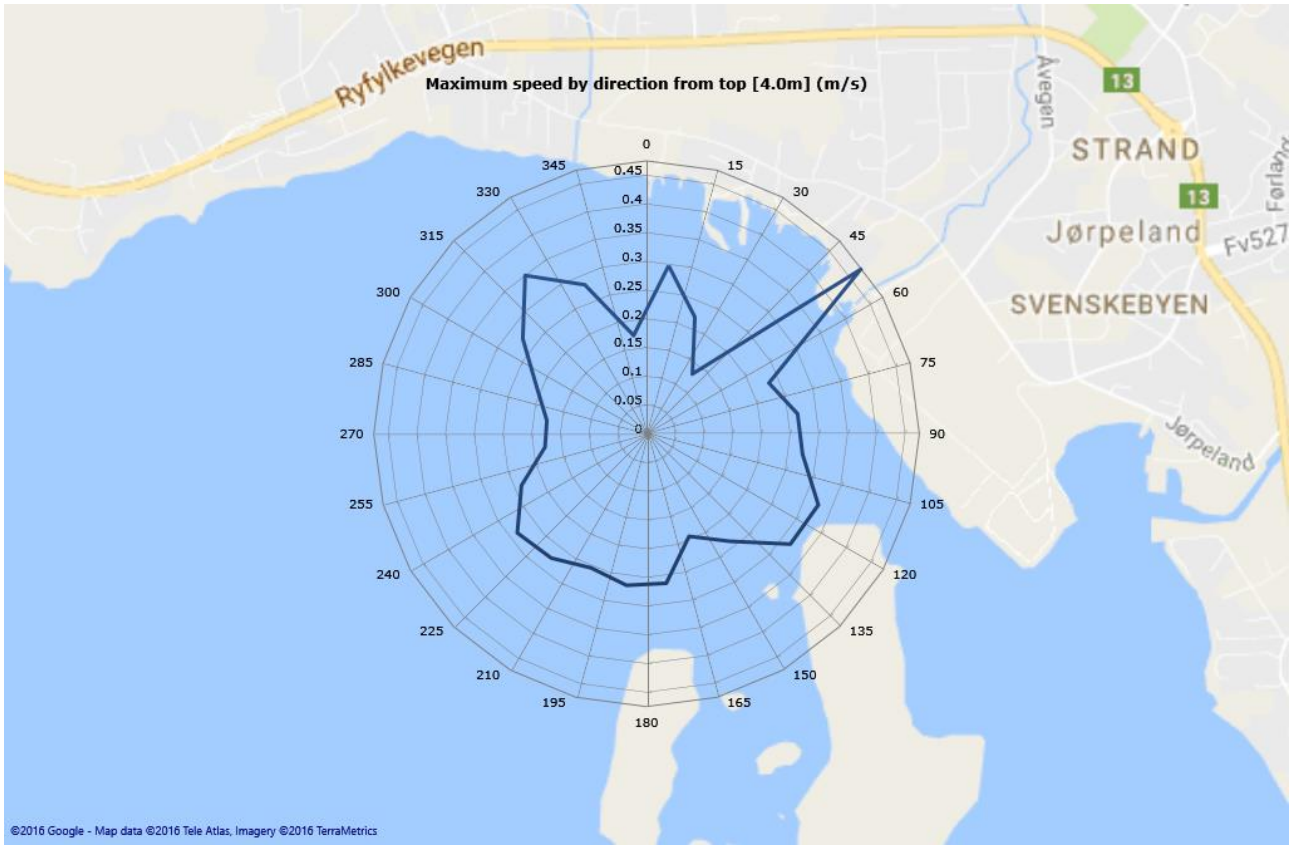


Bottom [24,0m]

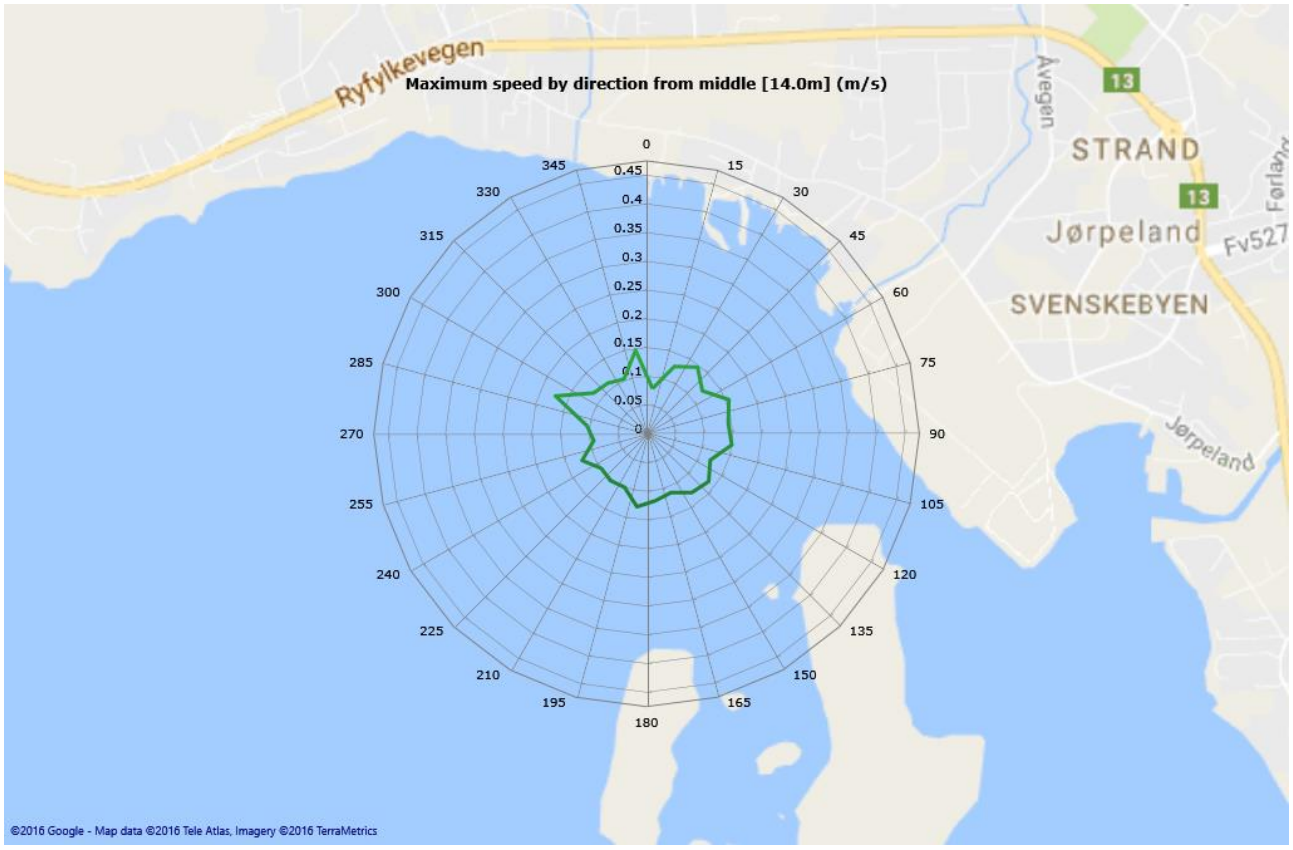

Mean speed by direction from bottom [24.0m] (m/s)
0
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
180
195
210
225
240
255
270
285
300
315
330
345
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
Ryfylkevegen
Avegen
13
STRAND
Jørpeland
SVENSKEBYEN
Fv527
©2016 Google - Map data ©2016 Tele Atlas, Imagery ©2016 TerraMetrics

Max speed - roseplot

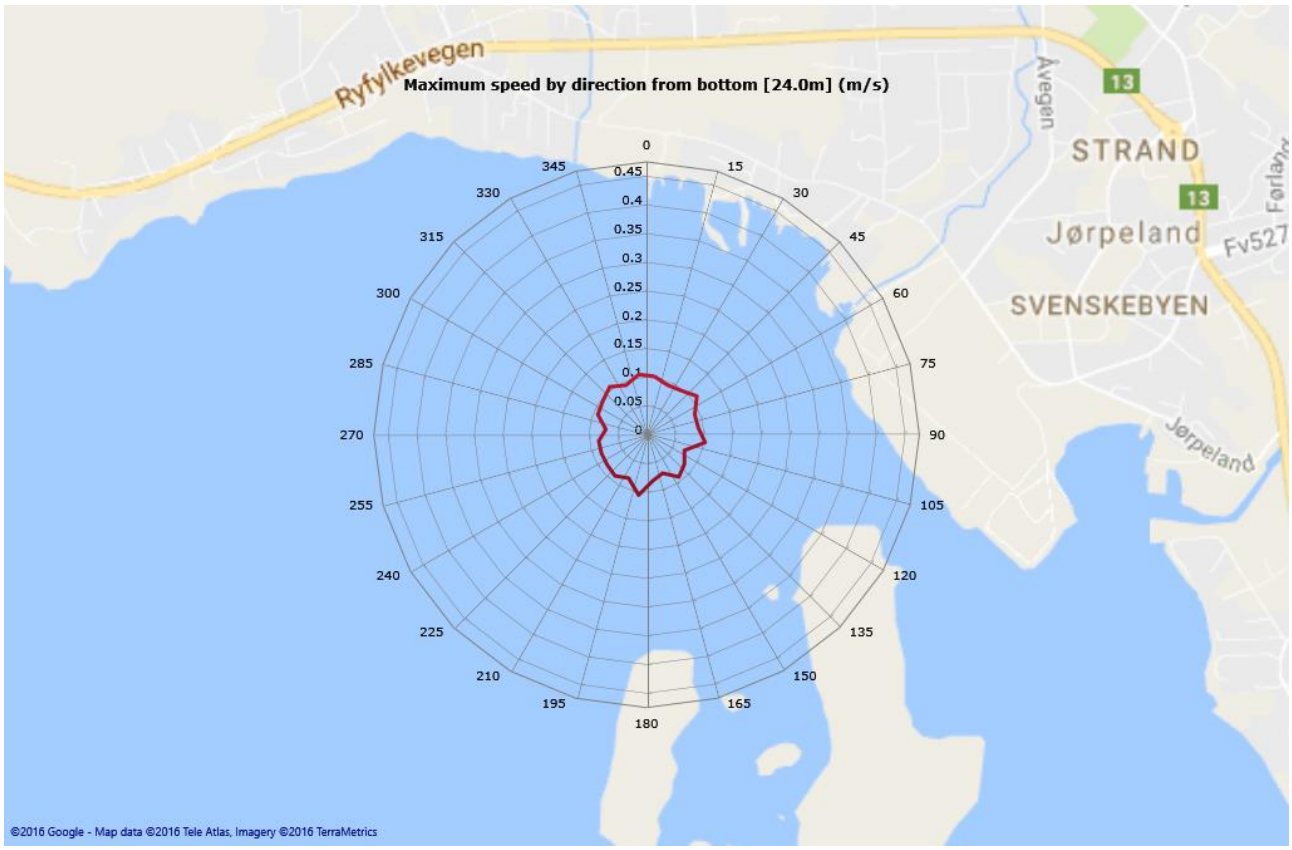
Top [4,0m]



Middle [14,0m]

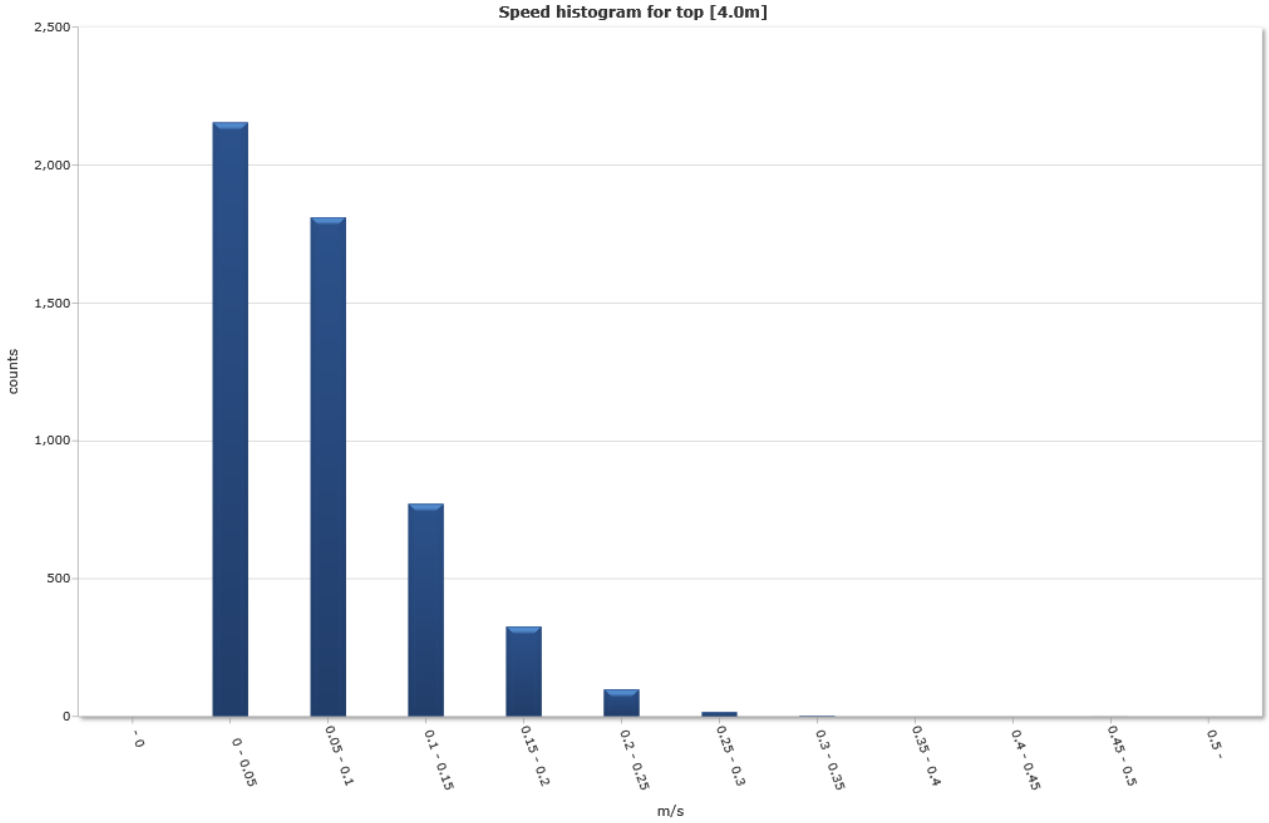


Bottom [24,0m]

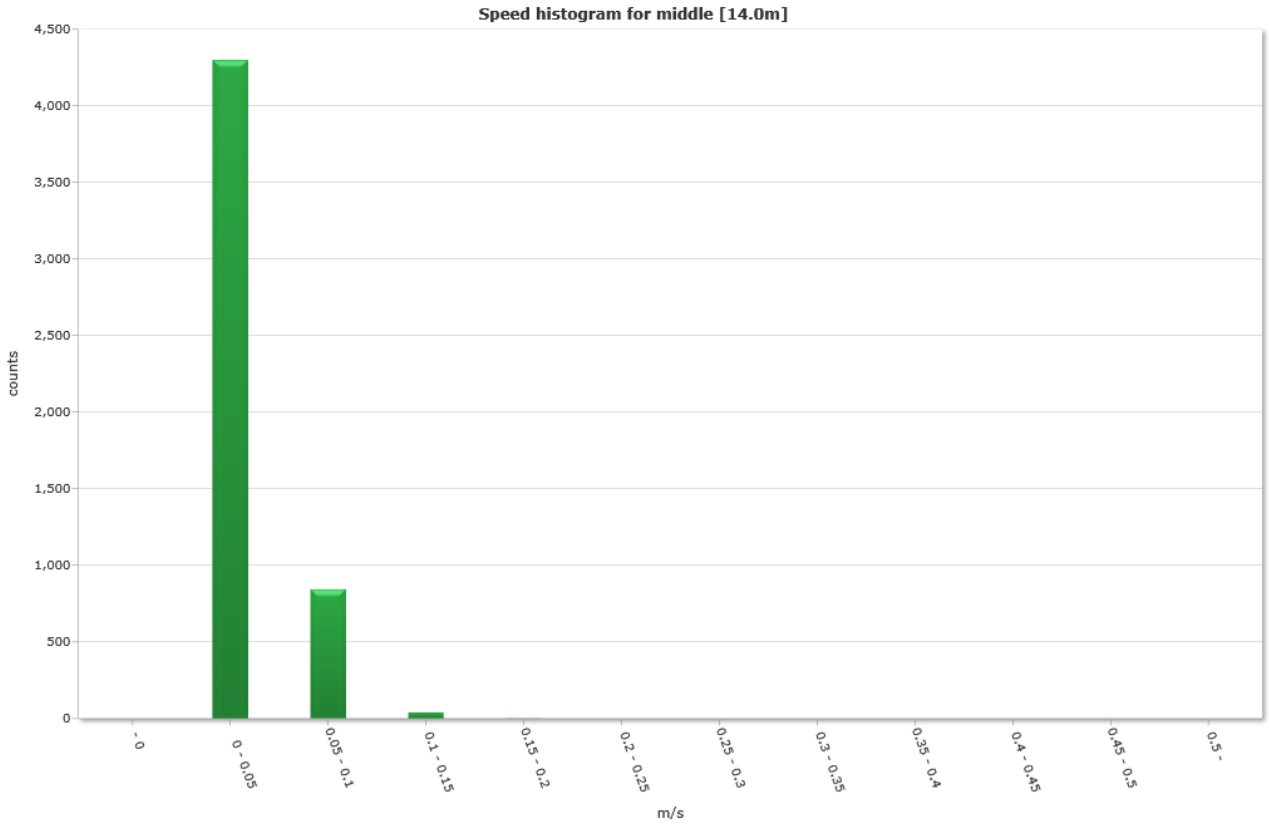

Maximum speed by direction from bottom [24.0m] (m/s)
0
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
180
195
210
225
240
255
270
285
300
315
330
345
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
Ryfylkevegen
Avegen
13
STRAND
Jørpeland
SVENSKEBYEN
Fv527
©2016 Google - Map data ©2016 Tele Atlas, Imagery ©2016 TerraMetrics

Speed histogram

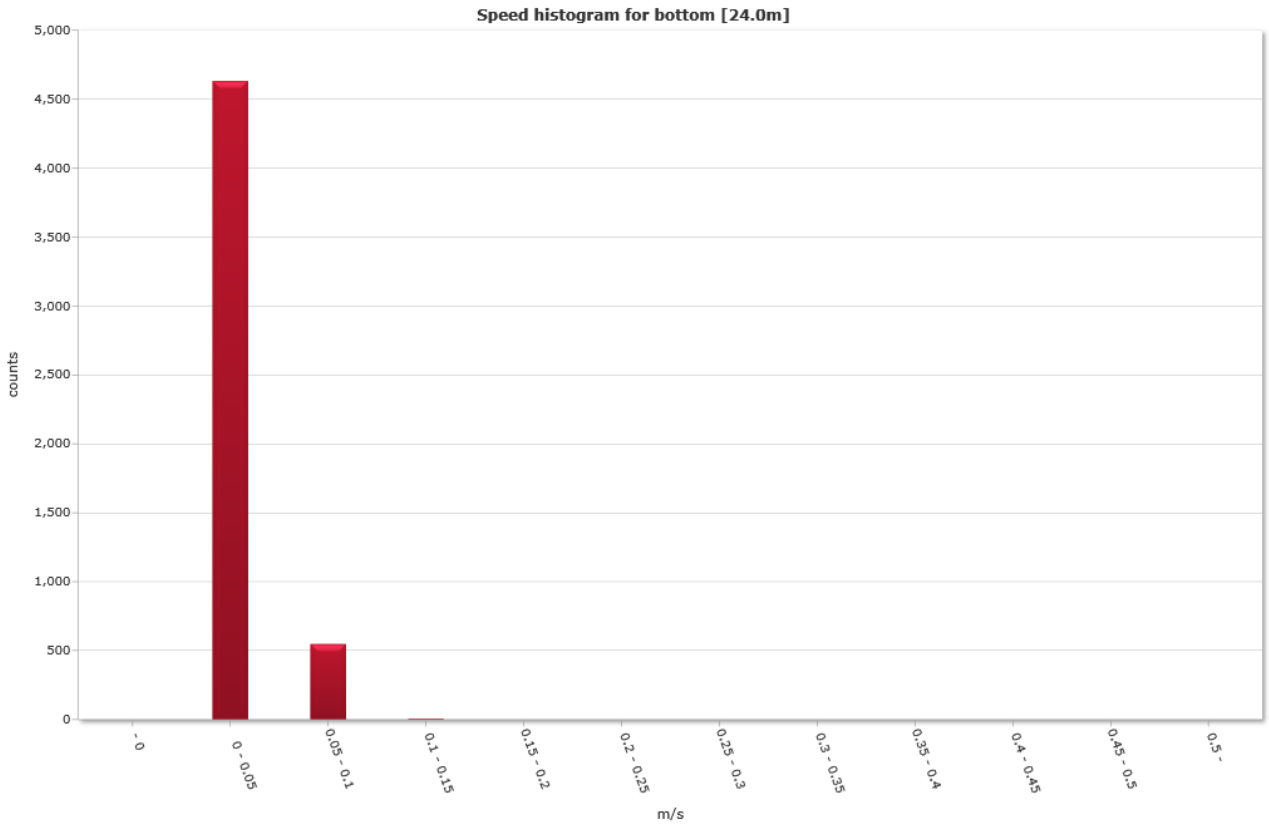
Top [4,0m]



Middle [14,0m]

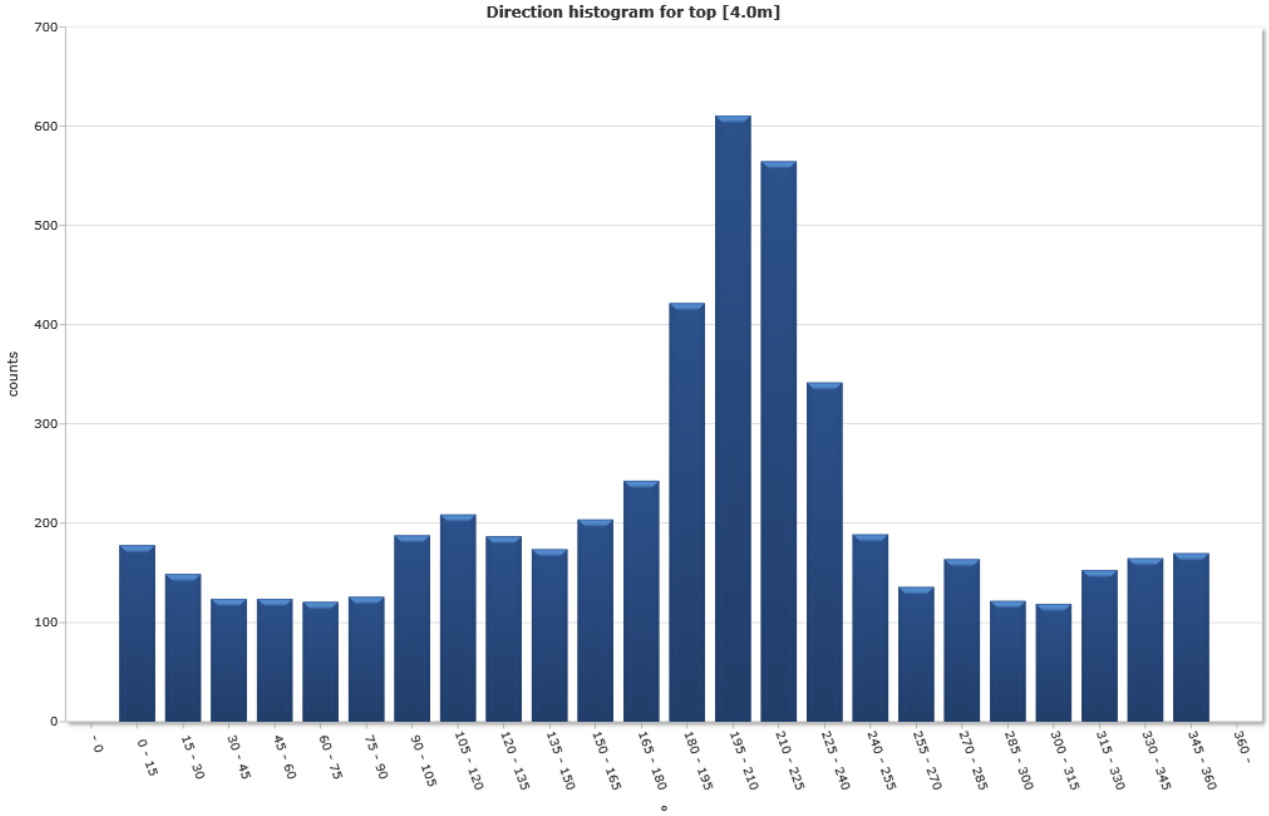


Bottom [24,0m]

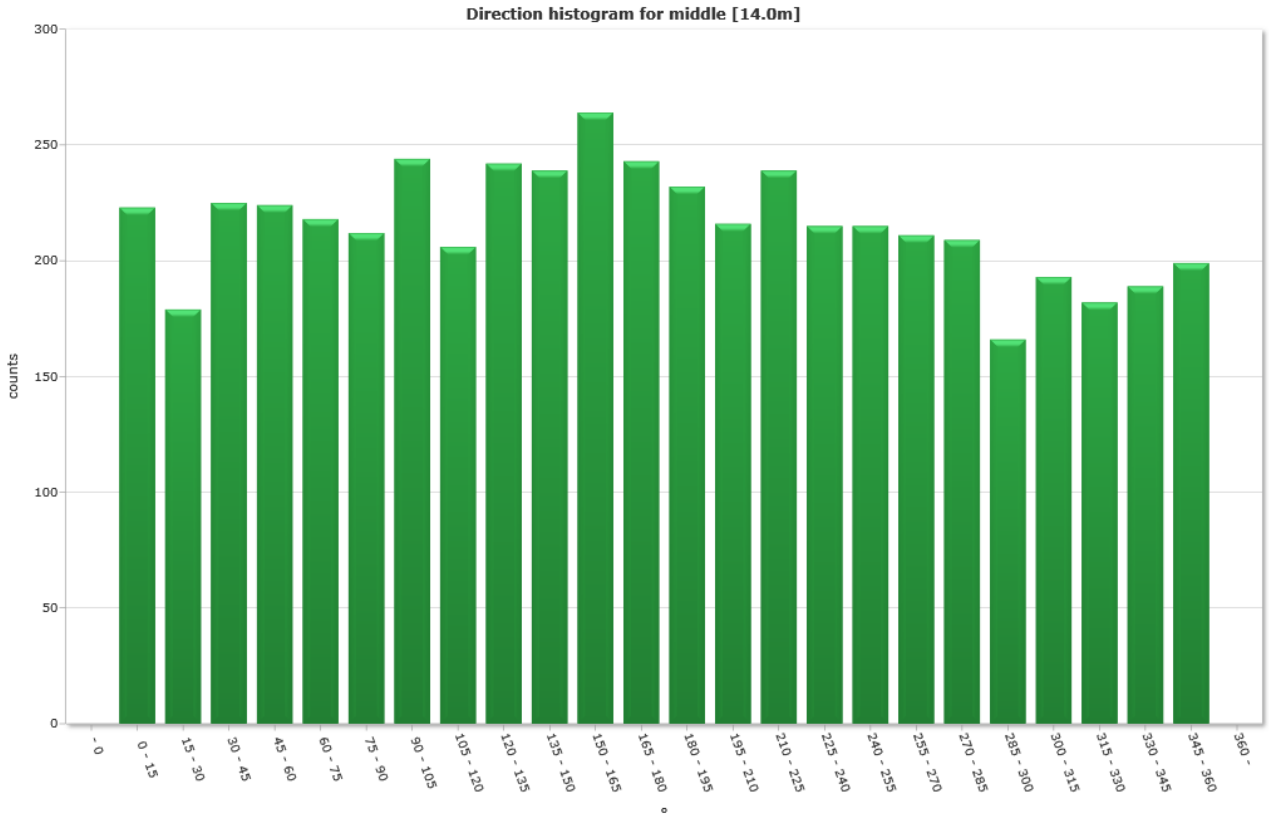

Speed histogram for bottom [24.0m]
counts
5,000
4,500
4,000
3,500
3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
0
- 0
0 - 0.05
0.05 - 0.1
0.1 - 0.15
0.15 - 0.2
0.2 - 0.25
0.25 - 0.3
0.3 - 0.35
0.35 - 0.4
0.4 - 0.45
0.45 - 0.5
0.5 -
m/s

Direction histogram

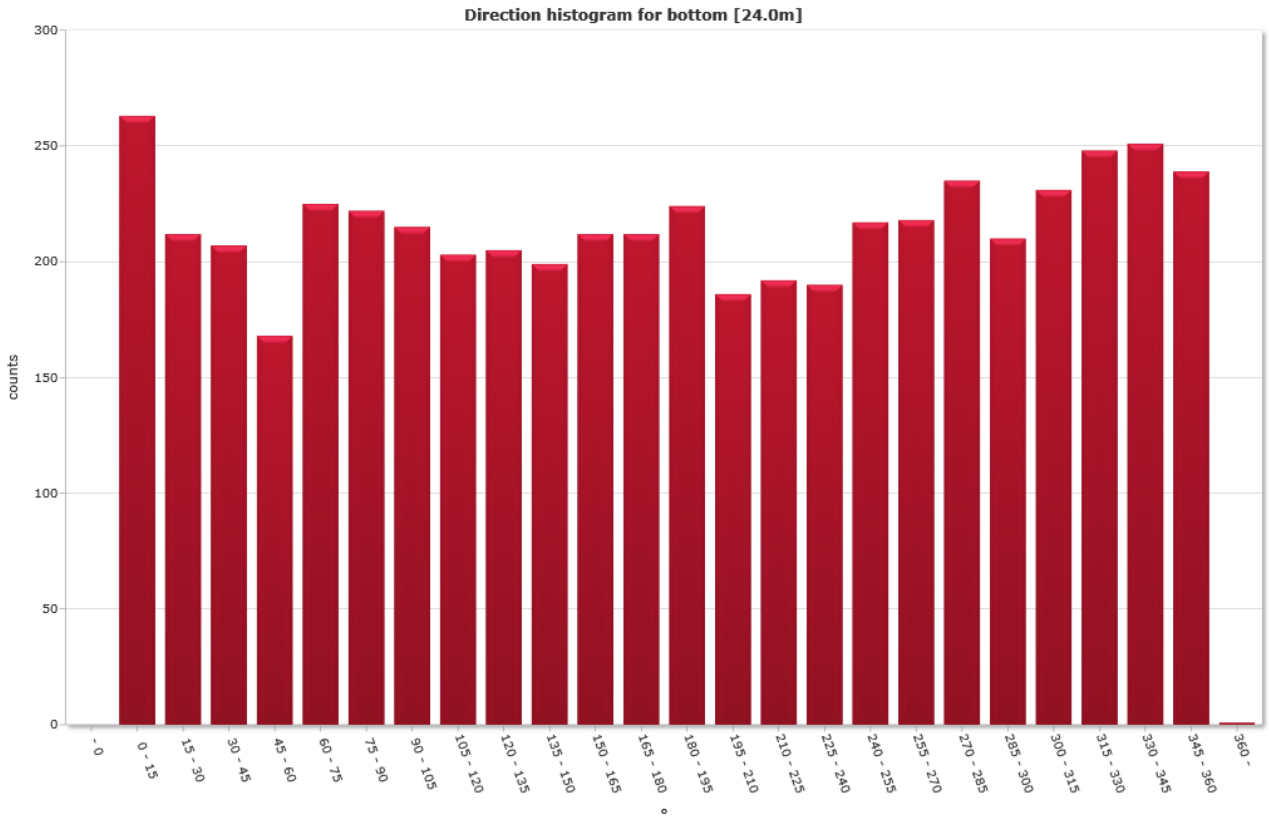
Top [4,0m]



Middle [14,0m]



Bottom [24,0m]


Direction histogram for bottom [24.0m]
counts
300
250
200
150
100
50
0
- 0
0 - 15
15 - 30
30 - 45
45 - 60
60 - 75
75 - 90
90 - 105
105 - 120
120 - 135
135 - 150
150 - 165
165 - 180
180 - 195
195 - 210
210 - 225
225 - 240
240 - 255
255 - 270
270 - 285
285 - 300
300 - 315
315 - 330
330 - 345
345 - 360
360 -
°

Direction/Speed histogram

Top [4,0m]

° m/s	Direction/speed matrix for top [4.0m]																								
0.0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	%	Sum
0.05	77	73	61	68	62	61	91	98	91	95	115	107	176	126	119	120	86	76	108	69	57	71	73	75	41.6	2155
0.10	73	56	50	46	47	47	55	54	57	51	67	95	141	181	187	122	81	51	49	51	45	62	68	75	34.9	1811
0.15	21	17	13	9	7	11	22	29	16	20	18	37	74	167	149	69	18	7	6	1	14	15	16	16	14.9	772
0.20	6	2	0	0	4	2	11	15	14	7	4	3	25	109	84	23	3	2	1	0	1	1	6	4	6.3	327
0.25	0	1	0	0	1	4	7	11	7	1	0	0	5	27	23	7	1	0	0	1	1	2	0	0	1.9	99
0.30	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1	1	1	3	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0.3	17
0.35	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.1	3
0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.50	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	1
%	3.4	2.9	2.4	2.4	2.3	2.4	3.6	4.0	3.6	3.4	3.9	4.7	8.1	11.8	10.9	6.6	3.6	2.6	3.2	2.4	2.3	3.0	3.2	3.3	100.0	100.0
Sum	178	149	124	124	121	126	188	209	187	174	204	243	422	611	565	342	189	136	164	122	119	153	165	170	100.0	5185

Middle [14,0m]

° m/s	Direction/speed matrix for middle [14.0m]																								
0.0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	%	Sum
0.05	187	163	182	180	175	167	194	177	190	195	226	201	179	178	183	188	182	187	178	141	152	151	164	178	82.9	4298
0.10	36	15	38	40	38	42	48	28	51	43	37	41	51	37	55	27	31	24	29	23	39	29	23	19	16.3	844
0.15	0	1	5	4	4	3	2	1	1	1	1	1	2	1	1	0	2	0	2	1	2	2	2	2	0.8	41
0.20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.0	2
0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
%	4.3	3.5	4.3	4.3	4.2	4.1	4.7	4.0	4.7	4.6	5.1	4.7	4.5	4.2	4.6	4.1	4.1	4.1	4.0	3.2	3.7	3.5	3.6	3.8	100.0	100.0
Sum	223	179	225	224	218	212	244	206	242	239	264	243	232	216	239	215	215	211	209	166	193	182	189	199	100.0	5185

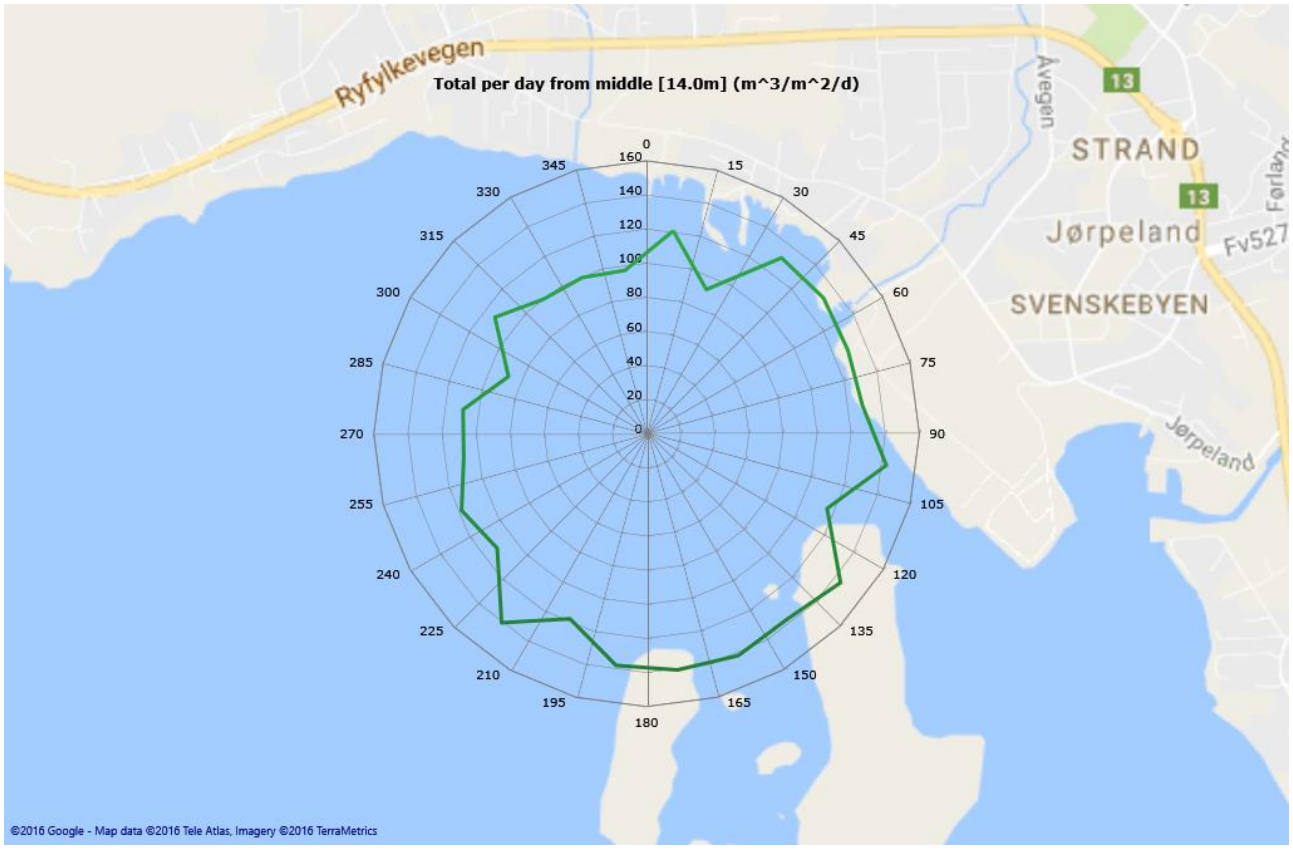
Bottom [24,0m]

° m/s	Direction/speed matrix for bottom [24.0m]																								
0.0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	%	Sum
0.05	237	188	182	145	195	196	194	183	186	175	191	192	207	173	171	173	201	198	211	181	200	220	217	214	89.3	4630
0.10	25	24	25	22	30	26	20	20	19	24	21	20	16	13	21	17	16	20	24	29	31	27	34	23	10.6	547
0.15	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0.1	7
0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
%	5.1	4.1	4.0	3.2	4.3	4.3	4.1	3.9	4.0	3.8	4.1	4.1	4.3	3.6	3.7	3.7	4.2	4.2	4.5	4.1	4.5	4.8	4.8	4.6	100.0	100.0
Sum	263	212	207	168	225	222	215	203	205	199	212	212	224	186	192	190	217	218	235	210	231	248	251	239	100.0	5184

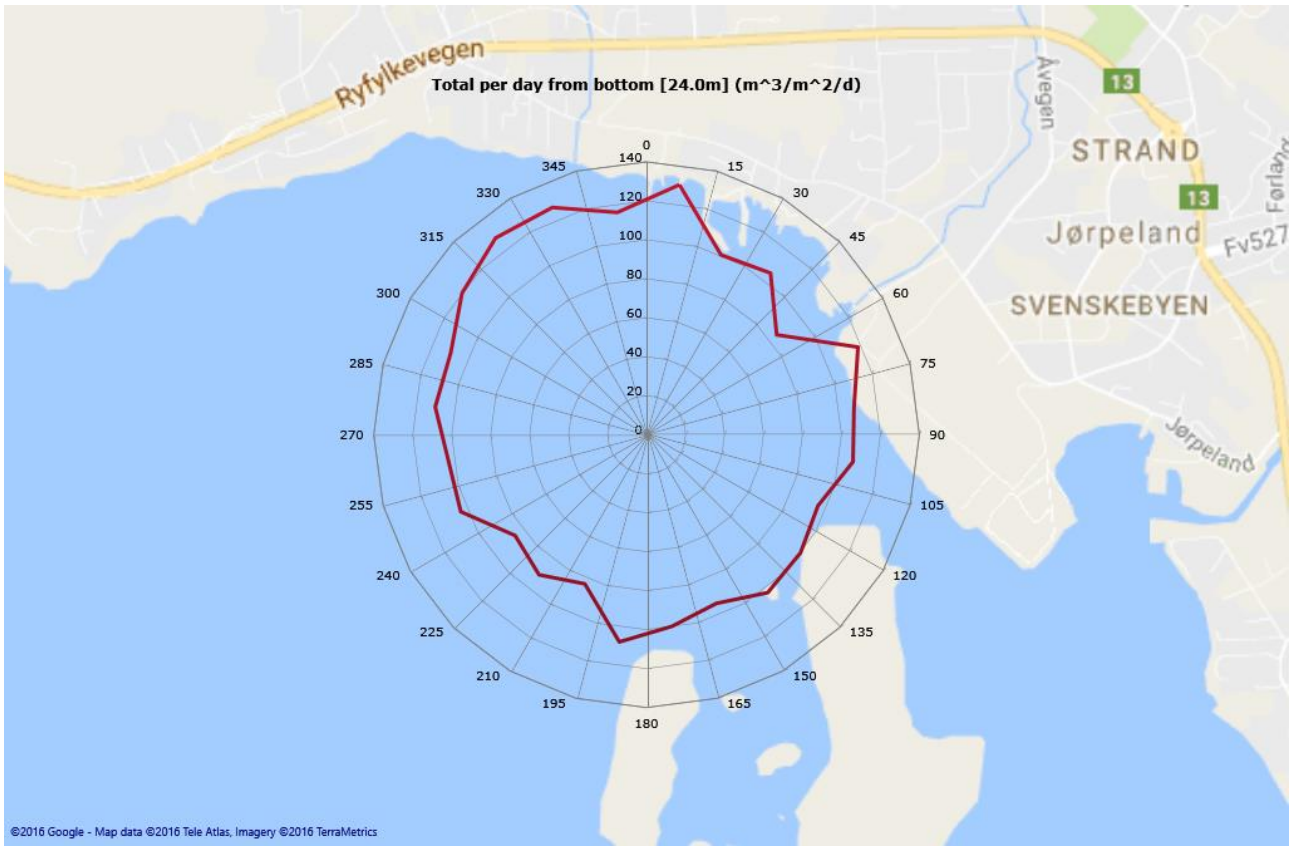
Flow

Top [4,0m]

Middle [14,0m]

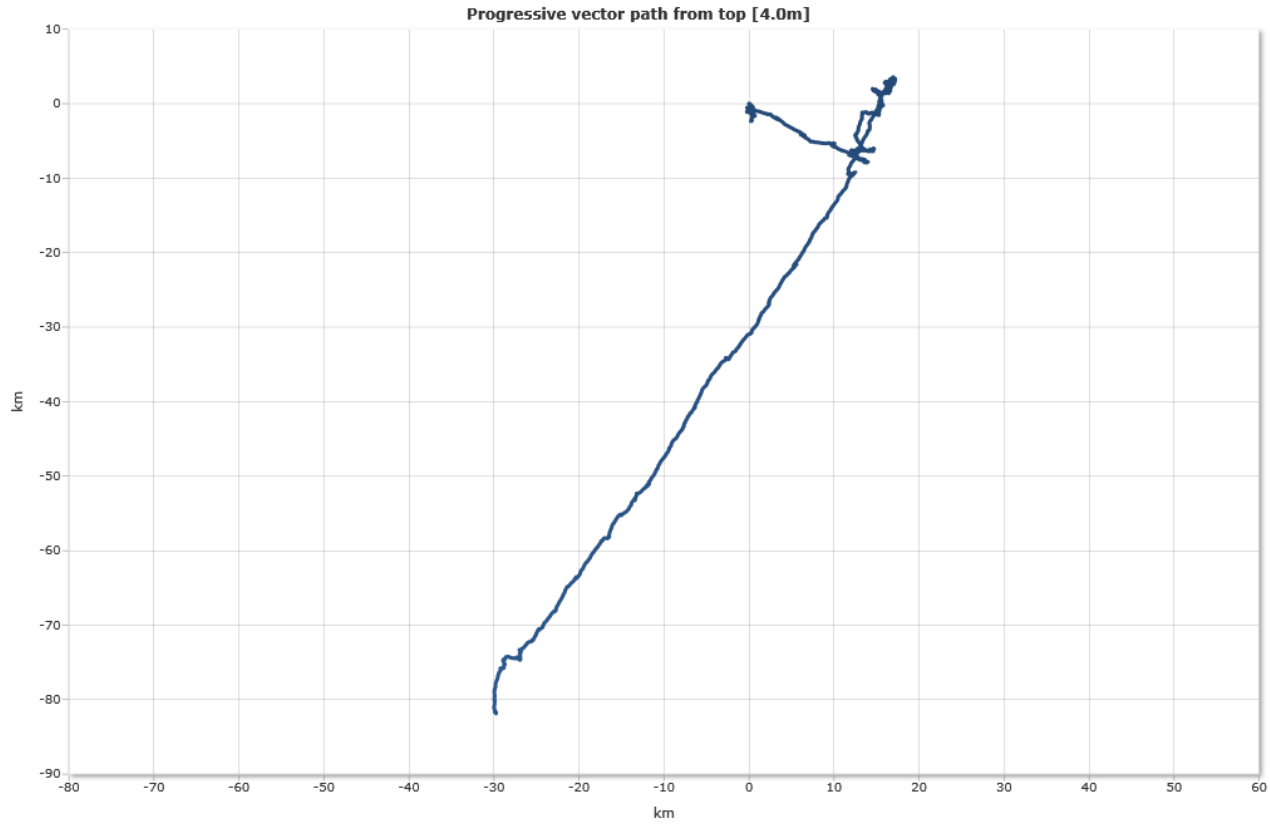


Bottom [24,0m]

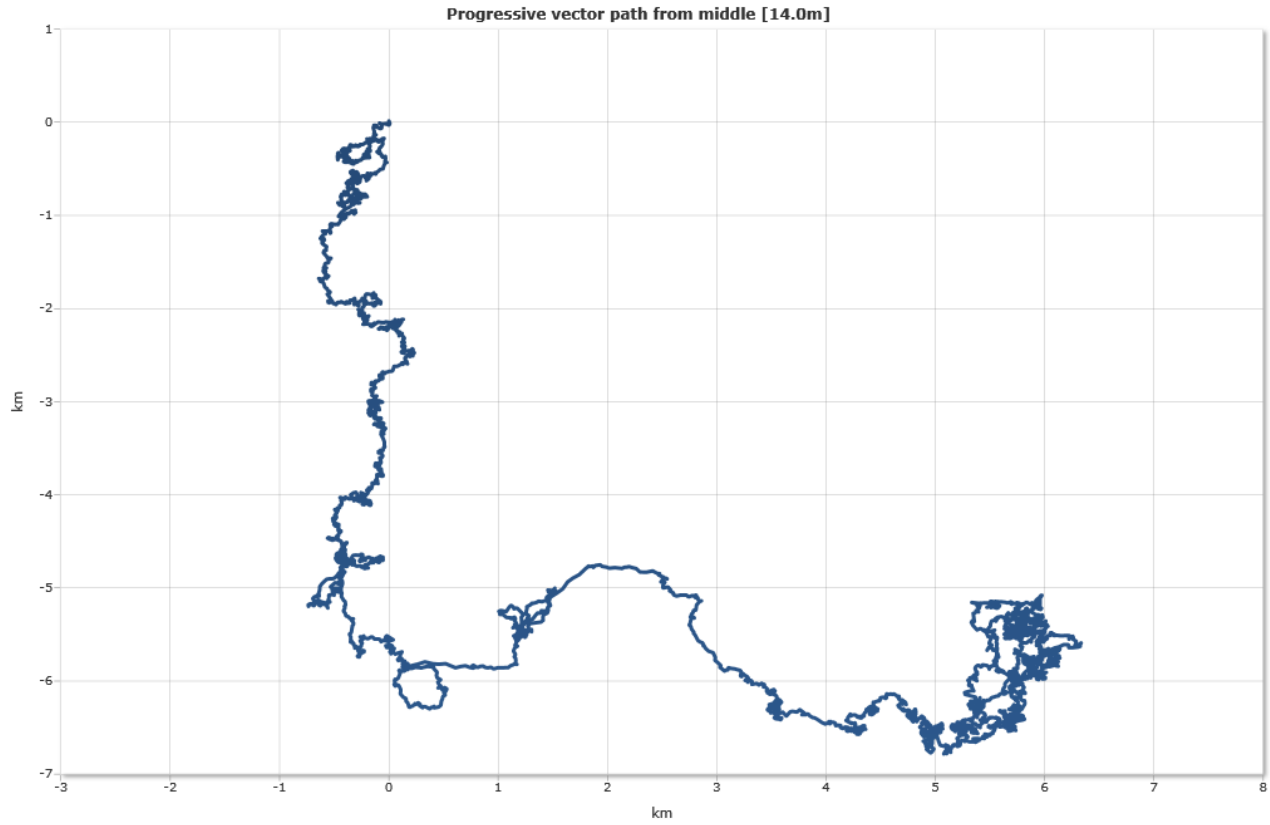

Total per day from bottom [24.0m] (m^3/m^2/d)
0
15
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
180
195
210
225
240
255
270
285
300
315
330
345
0
20
40
60
80
100
120
140
Ryfylkevegen
Avegen
13
STRAND
13
Jørpeland
Fv527
SVENSKEBYEN
Jørpeland
©2016 Google - Map data ©2016 Tele Atlas, Imagery ©2016 TerraMetrics

Progressive vector

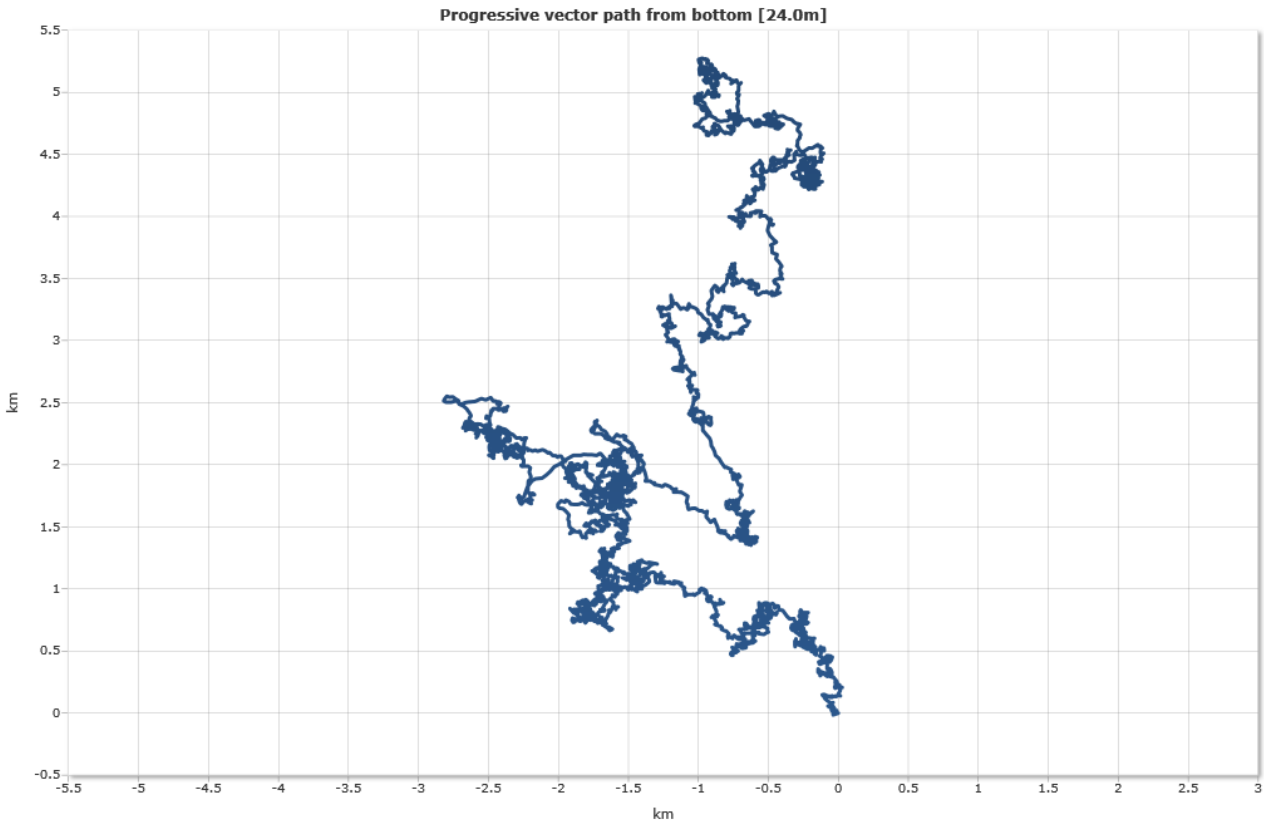
Top [4,0m]



Middle [14,0m]

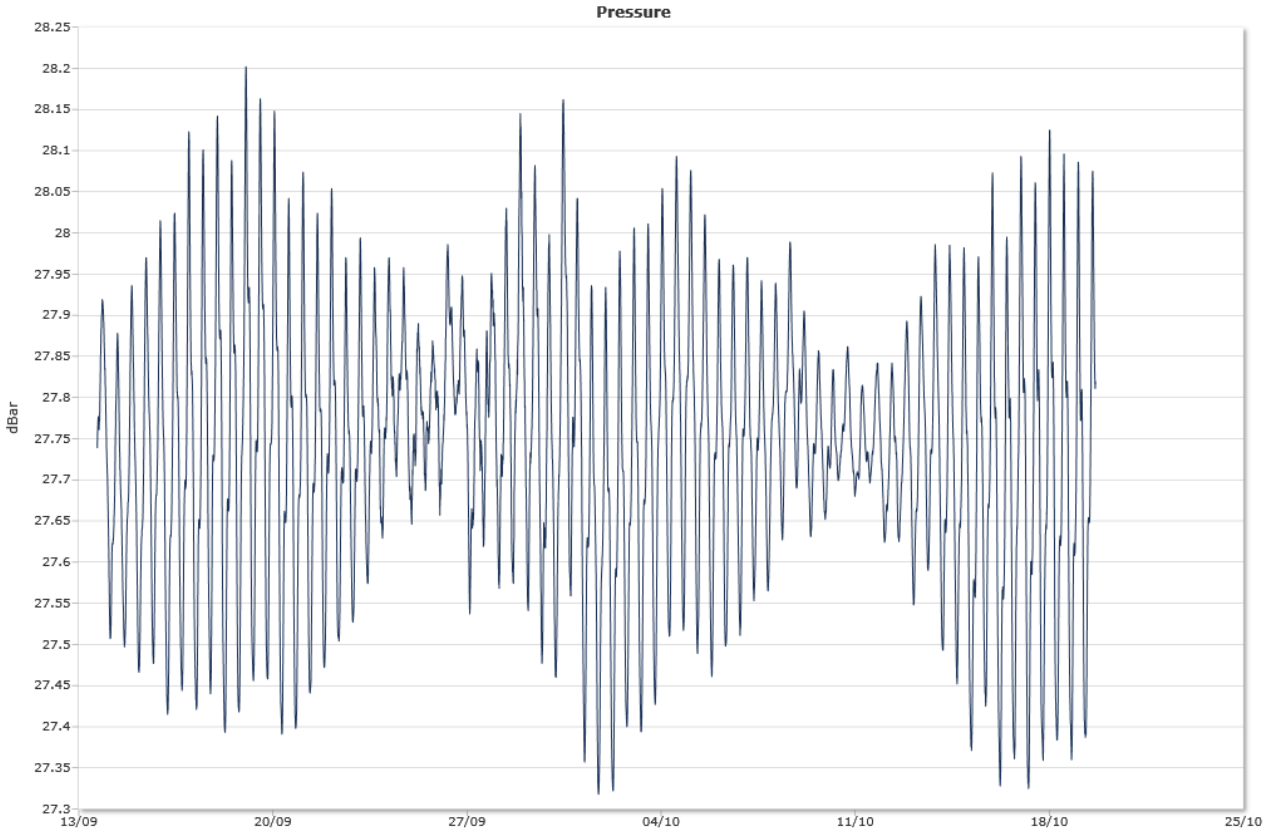


Bottom [24,0m]

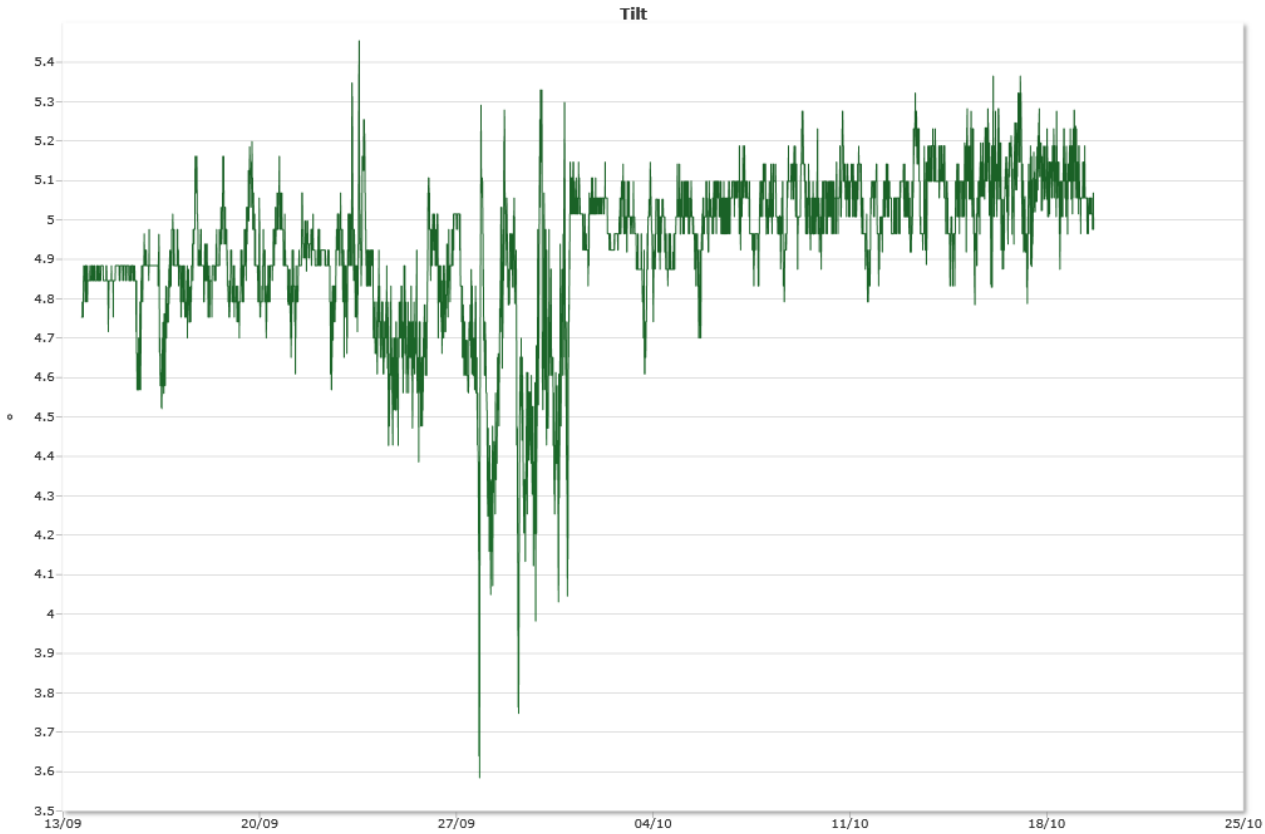

Progressive vector path from bottom [24.0m]
km
km
5.5
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-5.5
-5
-4.5
-4
-3.5
-3
-2.5
-2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3

Sensors

Pressure



Tilt



Temperature