



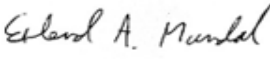

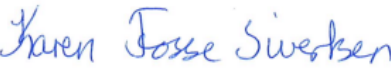
2024

**Modellert innlagringsdyp ved
Røyklibotn, Namsos kommune,
2023**

Neptun Salmo AS

AQUA KOMPETANSE AS

2715-11-23I RØYKLIBOTN

Rapportens tittel: Modellert innlagringdyp ved Røyklibotn, Namsos kommune, 2023		
Oceanbox utgave: PO7-2 (hentet des. 2023)	Rapportdato: 17.01.2024 Rapportnummer: 2715-11-23I	Antall sider uten vedlegg: 20 Antall sider totalt: 20
Oppdragsgiver: Neptun Salmo AS	Kontaktperson: Anders Bjørkli	Prosjektleder: Erlend Alme Mundal
Lokalitet: Røyklibotn	Kommune: Namsos	Fylke: Trøndelag
Sammendrag Rapporten er en gjennomgang av modellert innlagringdyp ved Røyklibotn i Namsos kommune. Modellen beregner innlagringdyp og fortykning av avløpsvann som slippes ut i en vannmasse, basert på utslippets fysiske egenskaper, samt modellert vannstrøm (fra hele vannsøyla) og hydrografi ved lokalitetens utslippspunkt. Modellert utslipp er fra et landbasert oppdrettsanlegg for smolt. Foreslått utslippspunkt er på 47 meters dyp, sør for Jektvikstrømmen (64°35.004 N, 11°36.018 Ø). Utslipet vil ifølge modellresultatene innlagres før det når vannsøylens overflatelag gjennom hele året, hvor øvre yttergrense på utslippsskyen er på 22 meters dyp, og antas å spres mot sør-sørvest. Det anbefalte utslippspunktet ved Røyklibotn har god vannutskiftning og utslippet vil dermed fortynnes raskt. Utslipet vil ifølge modellresultatene ikke utgjøre noen risiko for eutrofiering og forurensning av vannmassene i resipienten.		
Emneord: Oceanbox, FVCOM, innlagringdyp, spredning, avløpsvann, utslipp, vannstrøm, vannutskiftning, hydrografi, forurensning, eutrofiering		ID 1584-1.8 Rapporten er tilgjengelig ved forespørsel
Rapportansvarlig:  Erlend A. Mundal	 Signe Melbye Andersen	Kvalitetssikrer:  Karen Fosse Sivertsen

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Bakgrunnsstoff.....	4
Innlagringsdyp og hydrografi.....	4
Innlagringsmodellering.....	6
3. Data og metode	7
Område- og lokalitetsbeskrivelse	7
FVCOM.....	7
Batymetri	8
Utslippsdata.....	8
Vannstrømdata.....	9
Hydrografidata.....	10
4. Resultater	15
5. Diskusjon.....	18
Antagelser og usikkerheter.....	18
6. Oppsummering.....	19
7. Referanser	20

1. Innledning

Aqua Kompetanse AS har på oppdrag fra Neptun Salmo AS modellert innlagringsdypet til utslippet fra et landbasert anlegg ved Røyklibotn i Namsos kommune (**Figur 1.1**). Analysen er gjennomført med den numeriske modellen FVCOM, gjennom modellverktøyet Oceanbox, som beregner utslippets innlagringsdyp og fortykning basert på kunnskap om utslippets egenskaper, samt karakteristisk vannstrøm og hydrografi ved lokaliteten. Modellresultatene gir en indikasjon på hvor i vannsøylen utslippet vil innlagres; om det vil synke til bunnen, innlagres i vannsøylen eller om det vil stige til overflaten. For å unngå eutrofiering og forurensning av overflatevannet, er det ønskelig at utslippet ikke når overflaten.

Aqua Kompetanse AS har stått for måling av vannstrøm ved området hvor utslippspunktet blir vurdert, modellering av innlagring gjennom Oceanbox og vurdering av modellresultater, samt rapportering. Hydrografiprofilene som er brukt i modellen er basert på data som er hentet ut av modellen. Rapporten presenterer modellert innlagringsdyp basert på tilgjengelig data ved modelleringstidspunktet.



Figur 1.1: Oversiktskart over Namsos kommune og deler av Flatanger kommune. Innrammet kartutsnitt i rødt viser undersøkelsesområdet ved utslippspunktet til anlegget ved Røyklibotn, Blikengfjorden. Kartkilde: Kartverket.

2. Bakgrunnsstoff

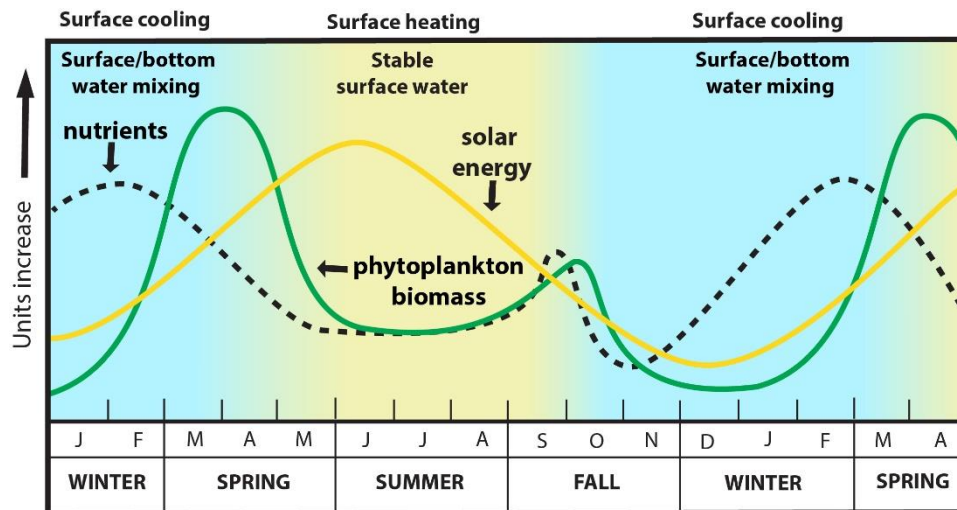
Innlagringsdyp og hydrografi

Et ferskvannsutslipp som presenteres i denne rapporten kan deles inn i tre deler. Den første er primærfortynningen. Her spiller faktorer som hastighet ut av utslippsrøret og egenskapene til utslippet en stor rolle. Når primærfortynningen er ferdig vil utslippet nå innlagingsdypet, før det går over i sekundærfortynning (Berge et al., 2018). Innlagingsdypet er der et utslipp oppnår likevekt med de omkringliggende vannmassene (resipienten). Utslipet fra landanlegget vil enten stige eller synke når det forlater røret, avhengig av om tettheten på utslippet er lavere eller høyere enn tettheten i resipienten. Utslipet vil blandes med omkringliggende vannmasser og utslippsskyen vokser. Denne blandingen vil enten senke eller øke tettheten i utslippsskyen og når tilstrekkelig fortynning av utslippsskyen har funnet sted vil resipienten og utslippet ha samme tetthet, utslippet slutter å stige eller synke, og innlagingsdypet er nådd. Når innlagingsdypet er nådd vil utslippet fortsette å spres horisontalt med vannstrømmen i området og fortynnes ytterligere (sekundærfortynning) (**Figur 2.2.1**).

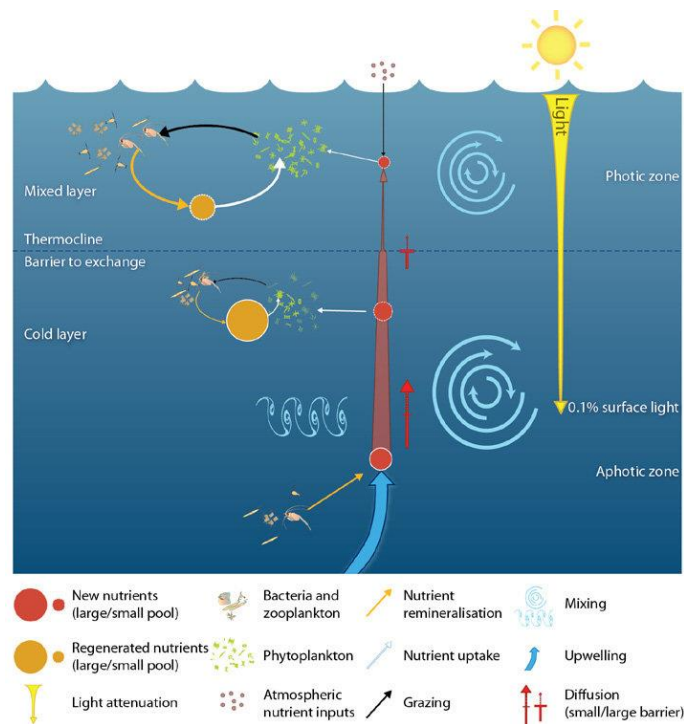
Innlagringsdypet til et utslipp bestemmes av flere faktorer. I hovedsak er det tettheten på utslippet i forhold til tettheten i vannet omkring utslippspunktet, hastigheten ut av røret og mengden vann (fluksen) fra utslippet som styrer hvor innlagingsdypet vil være. Vannets tetthet, masse per volumdel (kg/m^3), er i hovedsak avhengig av temperatur og salinitet. Tettheten kontrollerer vannsøylen vertikale struktur, med tettere vannmasser dypere i vannsøylen. Ved å øke saliniteten og senke temperaturen øker tettheten, og ved å senke saliniteten og øke temperaturen avtar tettheten. Hvis en vannprofil viser at tettheten endres raskt med økende dybde har man en pyknoklin – et delingslag mellom to vannlag som har ulik tetthet, enten på grunn av forskjell i temperatur eller salinitet (henholdsvis termoklin og haloklin), eller en kombinasjon av de to. Om sommeren er det ofte en slik pyknoklin i nærheten av overflaten, da temperaturen i overflaten øker som et resultat av varmere lufttemperaturer, samtidig som saliniteten synker på grunn av økt ferskvannstilførsel fra land. Overflatelaget vil da ha lavere tetthet enn vannmassene under, og man vil ha en stabil vertikal sjiktning i vannsøylen. Om vinteren forsvinner ofte dette overflatelaget, når temperaturforskjellene mellom luften og havoverflaten er mindre og det er økt miksing i vannsøylen forårsaket av kraftigere vær. En hydrografiprofil har derfor vanligvis mindre tetthetsforskjeller i vannsøylen om vinteren enn om sommeren.

Den vertikale sjiktningen i resipienten varierer gjennom året, og innlagingsdypet vil dermed også variere mellom sesonger. Når utslippet har lavere tetthet enn resipienten vil det stige når det forlater rørbåren. Om vinteren, når det er svakere vertikal sjiktning i vannsøylen, kan utslippsskyen forventes å stige og innlagres høyere i vannsøylen enn det vil om sommeren, når det er sterk vertikal sjiktning som vil forhindre videre stigning.

Det er særlig kritisk hvis utslippet innlagres rett under sjøens overflate om sommeren, ettersom varmt overflatevann og god tilgang på sollys legger til rette for vekst av alger og planteplankton (se **Figur 2.1.1**). Overflatevannet er i utgangspunktet næringssaltbegrenset gjennom sommeren grunnet den sterkere vertikale sjiktningen, og dersom det tilføres næringsalter med utslippet fra landanlegget kan dette føre til økt primær produksjon, uønsket algevekst og redusert vannkvalitet (bl.a. gjennom lavere oksygeninnhold og redusert sikt) som videre kan føre til oksygenfattig dypvann som følge av nedbrytning av biomassen (**Figur 2.1.2**). Ved å sørge for at innlagringen skjer under den fotiske sone vil man forhindre forurensning og eutrofiering av overflatelaget. Utover overnevnte er det ønskelig at utslippet spres effektivt i både horisontal og vertikal retning.



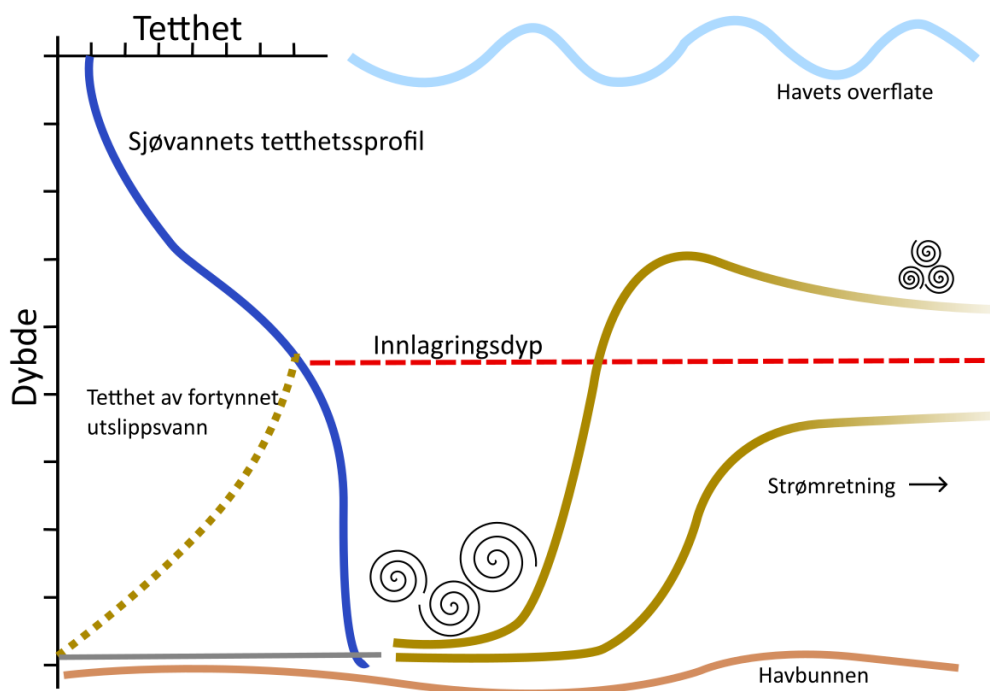
Figur 2.1.1: Primærproduksjonen er bestemt av flere abiotiske faktorer som sollys, næringsalter og lagdeling av vannsøylen, som alle varierer gjennom året. Planteplankton krever en viss mengde sollys for å skape fotosyntese, og derfor er planteplankton kun å finne nær havets overflate på tider av året det er tilstrekkelig sollys. Gjennom vinteren, når sollyset er begrenset, er vannsøylen bedre mikset og det tilføres næringsalter fra dypet. I løpet av våren når sollyset blir mer tilgjengelig utnyttes næringsaltene raskt av planteplankton til å skape fotosyntese. I takt med at havets overflate oppvarmes gjennom våren oppdeles (stratifiseres) vannsøylen grunnet endringer i vannmassernes tetthet, og tilførselen av næringsalter til overflatevannet blir dermed begrenset. På høsten starter blandingen av vannmassene på nytt grunnet nedkjøling av overflatevann samt kraftigere vær, og dette kan resultere i enda en liten planteplankton oppblomstring så lenge det er sollys nok til at planteplankton kan produsere fotosyntese, før vinteren igjen begrenser mengden av sollys. Figurkilde: <https://datalab.marine.rutgers.edu/wp-content/uploads/2020/07/7.IG-seasonal-productivity.jpg>



Figur 2.1.2: Figuren avspeiler to typiske forhold i havet som bestemmer primærproduksjonen. **Den fotiske sone**, der hvor fotosyntesen finner sted, strekker seg ned til dybden som mottar 0.1% av overflatelystintensiteten. Under denne sonen finnes den afotiske sone hvor fotosyntese ikke kan finne sted på grunn av manglende lys. Det varmere, blandede overflatelaget skilles fra det dypere kalde laget ved pyknoklinen. Denne barrieren for blanding og tilførsel av næringsstoffer fra det kalde dype vannet til det velmiksedde overflatelaget bestemmes av hvor svak denne gradient er. Næringsstoffer er hentet fra den afotiske sonen ved blanding, diffusjon og vertikal adveksjon (oppstrømning), avhengig av plassering. Figurkilde: https://www.researchgate.net/figure/Key-features-of-the-surface-layer-of-the-ocean-that-determine-primary-production-The_fig2_236597538

Innlagringsmodellering

For å modellere innlagringsdypet er modellen FVCOM (Chen & Liu, 2003) benyttet gjennom modellverktøyet Oceanbox. FVCOM benytter et ustrukturert gitter, som gir muligheten til å variere oppløsningen til modellen. Dette gjør at det er høyere oppløsning nærmere randen (land), og følgelig gjennom trange sund. For modellering av innlagringsdyp hvor det er en bakgrunnstrøm til stede, er oppløsningen i modellen særlig viktig ved lavere hastigheter (Devenish m.fl., 2010). Se **Figur 2.2.1** for visualisering.

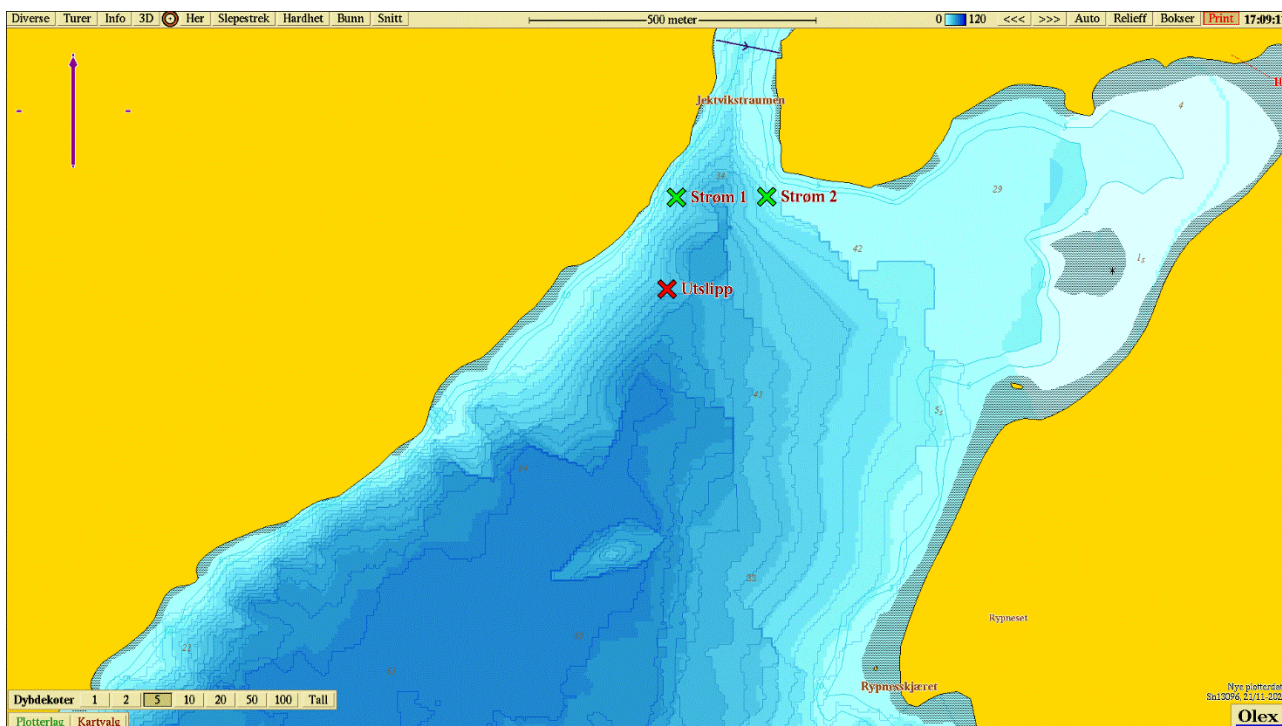


Figur 2.2.1: Skisse over hvordan et utslipp, som originalt har lavere tetthet enn resipienten, oppfører seg i det utslippet forlater røråpningen og innlagres i vannmassene. Figurkilde: Aqua Kompetanse (Inspirert av Berge et al., 2018).

3. Data og metode

Område- og lokalitetsbeskrivelse

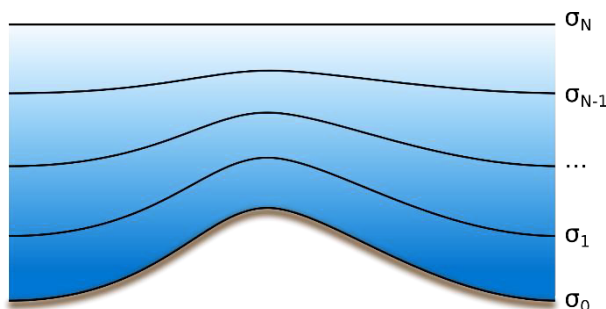
Røyklibotn ligger innerst i Blikengfjorden i Namsos kommune i Trøndelag. Røyklibotnet er knyttet til Blikengfjorden via den smale Jektvikstraumen. Her er det en grunn terskel på ca. 11 meters dyp, som potensielt kan bidra til mindre utskiftning av bassengvann i Røyklibotnet, da ferskvannet som har sitt utløp i Røyklibotnet bidrar til å blokkere eller kvele tungt vann fra å komme over terskelen. Det er målt strøm i flere posisjoner utenfor terskelen ved Jektvikstraumen i 2016 (se **Figur 3.1.1**). Sør for Jektvikstraumen utvider batymetrien seg, og fører videre til et større basseng i Blikengfjorden i sør-sørvestlig retning.



Figur 3.1.1: Undersøkellesområdet ved utslippspunktet i Blikengfjorden med plassering av foreslått utslippspunkt (rødt kryss, posisjon 64°35.004 N, 11°36.018Ø) og strømrigger (grønne kryss). Kartkilde: Olex.

FVCOM

For å modellere innlagingsdyper er modellen FVCOM anvendt gjennom modelleringsverktøyet Oceanbox. FVCOM er en tredimensjonal hydrodynamisk havmodell som benytter ustrukturetrte gitterceller, som muliggjør variabel gitterstørrelse i modellen (Chen & Liu, 2003). Modellen beregner, ved hjelp av de primitive likningene, strømningene i sjøen som i stor grad blir styrt av de hydrografiske egenskapene som salinitet, temperatur og densitet. Modellen benytter sigmakoordinater, som gjør at gitteret i modellen følger batymetrien. En fordel med dette er at bunn og overflate vil være randen til koordinatsystemet uansett dybde (se **Figur 3.2.1**). Disse er fordelt tettere i overflaten, og avstanden mellom hvert lag varierer etter totaldyper.

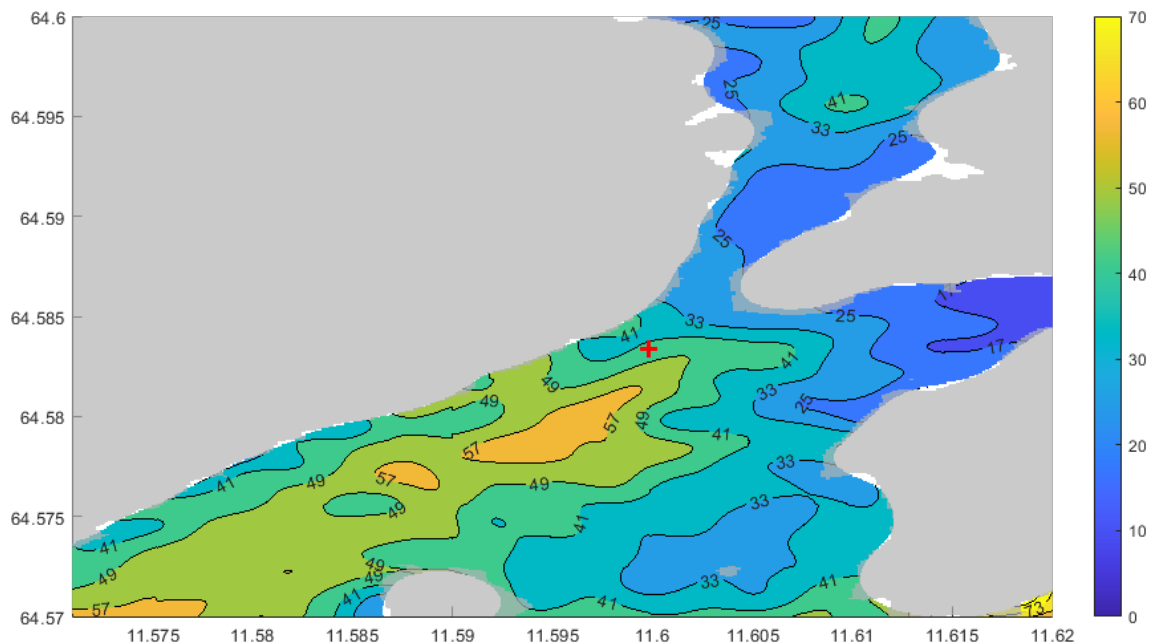


Figur 3.2.1: Eksempel på sigmalag. Figurkilde: https://en.wikipedia.org/wiki/Sigma_coordinate_system

Gjennom Oceanbox blir meteorologisk institutt sin værmodell AROME anvendt som randverdier for vinddata i hele modelldomenet. Avrenningsdata fra NVE (Norges Vassdrags- og energidirektorat) for de fleste elver og bekker blir også brukt som randverdier, og er viktige for å kunne gjengi riktig hydrografi og følgelig strømningsfelt.

Batymetri

Batymetrien i modellen stemmer i stor grad overens med virkeligheten. Spesielt er bassenget som går langs vestsiden av Blikengfjorden godt representert. Det største avviket er sannsynligvis den 11 meter dype terskelen ved Jektvikstraumen, som i modellen er omtrent 25-30 meter dyp.



Figur 3.3.1: Undersøkelsesområdet ved utslippspunktet (64°35.004 N, 11°36.018 Ø) i Blikengfjorden med batymetrien som den er i modellen.

Utslippsdata

Neptun Salmo AS har søkt om en utvidelse av årlig produksjon til 400 tonn smolt. Det er i denne rapporten modellert for et utslipp som tilsvarer en produksjon på både 400 og 800 tonn smolt fra et landbasert anlegg ved Røyklibotn. Sterner AS har gjort beregningene rundt egenskapene til avløpsvannet fra landanlegget (**Tabell 1**), blant annet vannmengde, fysiske egenskaper som salinitet og temperatur samt konsentrasjon av næringsalter. Utslippet modelleres fra et dyp på 47 meter (2 meter over havbunnen), der røråpningen er rettet vannrett mot sør og med en røråpning på 0.25 m i diameter. Den valgte posisjonen er 64°35.004 N, 11°36.018 Ø.

Spillvannet fra smoltanlegget varierer fra 16.7 l/s til 33.3 l/s avhengig av størrelsen på produksjonen. Det er i begge tilfellene snakk om ferskvann og temperaturen på utslippet varierer gjennom året fra rundt 4 til 13 °C. I modelleringene antas det at disse verdiene er konstante over tid og gjennom ulike sesonger.

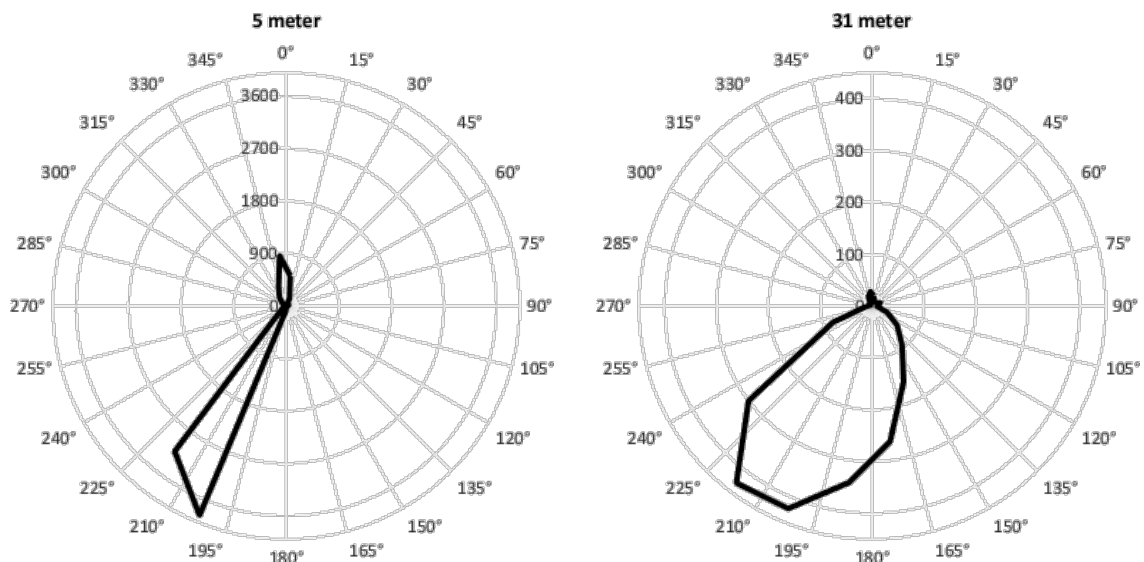
Tabell 3.4.1: Utslippsinformasjon for smoltanlegget ved Røyklibotn oppgitt av Neptun Salmo AS, samt modellverdier benyttet i Oceanbox.

	Oppgitt av Neptun Salmo AS		Modellverdi	
Produksjon (tonn)	400	800	-	-
Temperatur (°C)	2-6 og 12-14	2-6 og 12-14	4 og 13	4 og 13
Salinitet (ppt)	0	0	0	0
Tetthet (kg/m ³)	-	-	1000	1000
Spillvann (l/s)	16.7	33.3	16.7	33.3
Suspendert stoff per år (tonn/år)	76	125	76	125

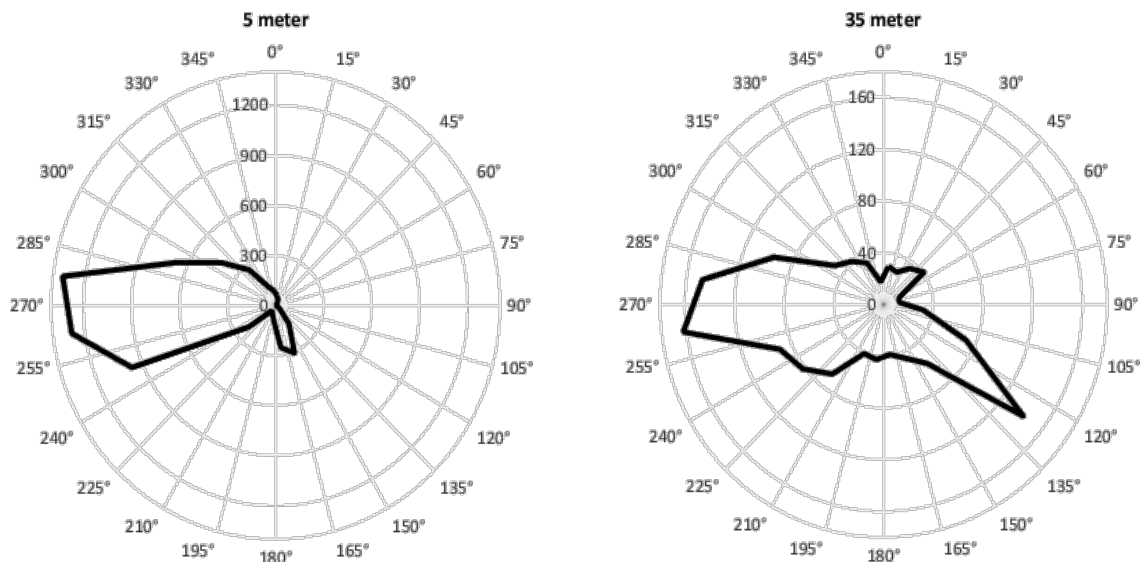
Vannstrømdata

Aqua Kompetanse har stått for vannstrømmålingene fra 2016 (Pedersen & Hagen, 2016). Det er målt vannstrøm i posisjonene 64°35.090 N, 11°36.007 Ø (posisjon 1) og 64°35.091 N, 11°36.204 Ø (posisjon 2, se **Figur 3.1.1**). Det ble registrert målinger på 5 meters dyp i begge posisjonene, og henholdsvis på 31 og 35 meters dyp for posisjon 1 og 2. Målingene er fra perioden 22.03.–19.04.2016, med unntak av måleserien fra første punkt på 5 meter, som er i perioden 22.03.–15.04.2016 (Pedersen & Hagen, 2016). For å måle vannstrøm er det benyttet fire rotormålere av typen SD6000. Instrumentet måler strøm hvert tiende minutt og det er 32 og 36 meter dypt i målepunktene. Størst vanntransport i posisjon 1 registreres mot sør-sørvest på både 5 og 31 meters dyp, med en sekundærkomponent mot nord på 31 meters dyp. I posisjon 2 registreres størst vanntransport mot vest ved begge måledyp, med en sekundærkomponent mot sørøst på 35 meters dyp.

I posisjon 1 er det målt gjennomsnittsstrøm på 11.3 og 2.7 cm/s med maksimalhastighet på 65.0 og 35.0 cm/s på henholdsvis 5 og 31 meters dyp. Det registreres strømstille i henholdsvis 3.2 og 66.1 % av tiden. I posisjon 2 registreres gjennomsnittsstrøm på 7.4 og 1.6 cm/s med maksimalhastighet på 40.6 og 24.4 cm/s på henholdsvis 5 og 35 meters dyp. Det er strømstille i henholdsvis 2.5 og 79.4 % av tiden.



Figur 3.4.1: Målt vanntransport ($m^3/m^2/dag$) for hver 15° sektor på 5 (venstre), 31 (midten) meters dyp sørvest for Jektvikstraumen (Strøm 1 i **Figur 3.1.1**) i perioden 22.03.–15.04.2016 (5 meters dyp) og 22.03.–15.04.2016 (31 meters dyp).



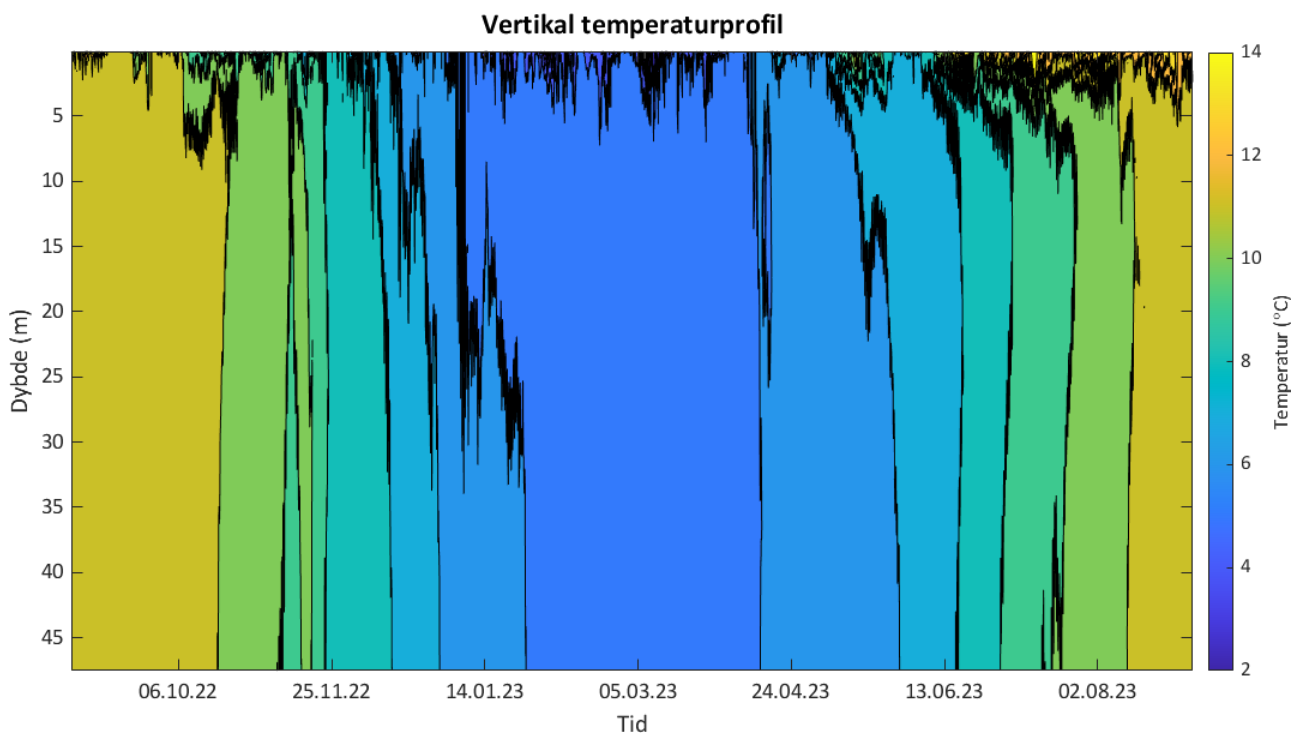
Figur 3.4.2: Målt vanntransport ($m^3/m^2/dag$) for hver 15° sektor på 5 (venstre), 35 (midten) meters dyp sørvest for Jektvikstraumen (Strøm 2 i **Figur 3.1.1**) i perioden 22.03.2023–19.04.2023.

Hydrografidata

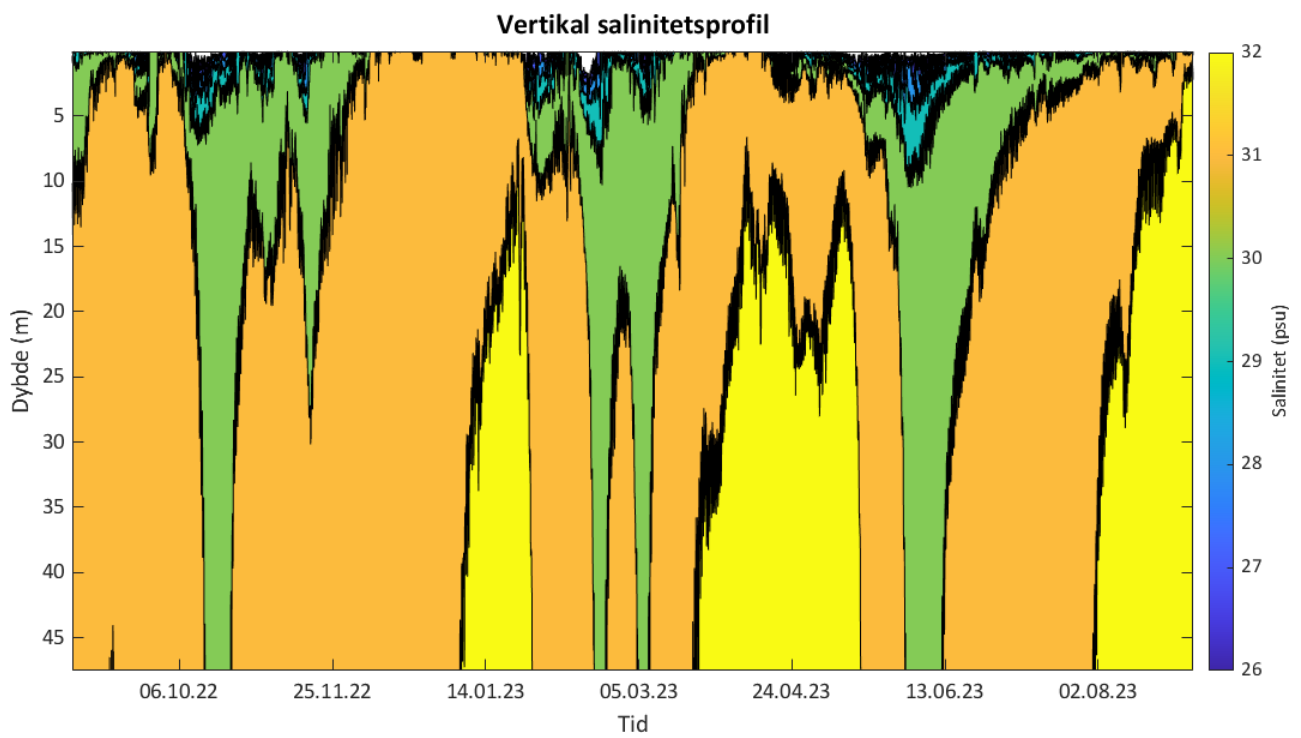
Hydrografidata er hentet ut fra modellen i perioden 01.09.2022–01.09.2023. Den vertikale salinitetsprofilen samt vertikale temperaturprofilen er plottet for det valgte utslippspunkt ($64^{\circ}35.004$ N, $11^{\circ}36.018$ Ø) i henholdsvis **Figur 3.6.1** og **Figur 3.6.2**. Begge profiler viser variasjon i den vertikale sjiktningen gjennom året. I den vertikale temperaturprofilen (**Figur 3.6.1**) ses en sterk vertikal sjiktning for sommersesongen med en termoklin hvor overflatelaget er relativt tynt og varmt, mens profilen for vintersesongen viser en svak vertikal sjiktning og dypere eller nesten ikke eksisterende overflatelag. Variasjonen gjennom året er vesentlig mer karakterisk i den vertikale salinitetsprofil (**Figur 3.6.2**). Her ses en tydelig haloklin i perioden februar-mars, og igjen i sommermånedene mai til juli samt på høsten i oktober og november. Her er overflatevannet relativt fersk, med en dypere vannmasse som har en salinitet rundt 31 psu. I de resterende deler av året er den vertikale sjiktningen svakere. I disse periodene er vannet mer homogent, med en salinitet rundt 31 psu i overflaten og et dypere lag med salinitet rundt 32 psu.

TS-diagrammet i **Figur 3.6.3** viser at vannets tetthet rundt utslippspunktet varierer mellom 1023.7 kg/m^3 og 1025.5 kg/m^3 i løpet av året. Temperaturen varierer mellom 4 og 13 grader celsius mens saliniteten varierer mellom 30.5 psu og 32.5 psu. Variasjonen i tetthet følger både variasjonen i salinitet og temperatur gjennom året og indikerer at området rundt utslippspunktet er dynamisk og har hyppig utskifting av vannmassene, med vann fra kysten som føres inn i Blikengfjorden.

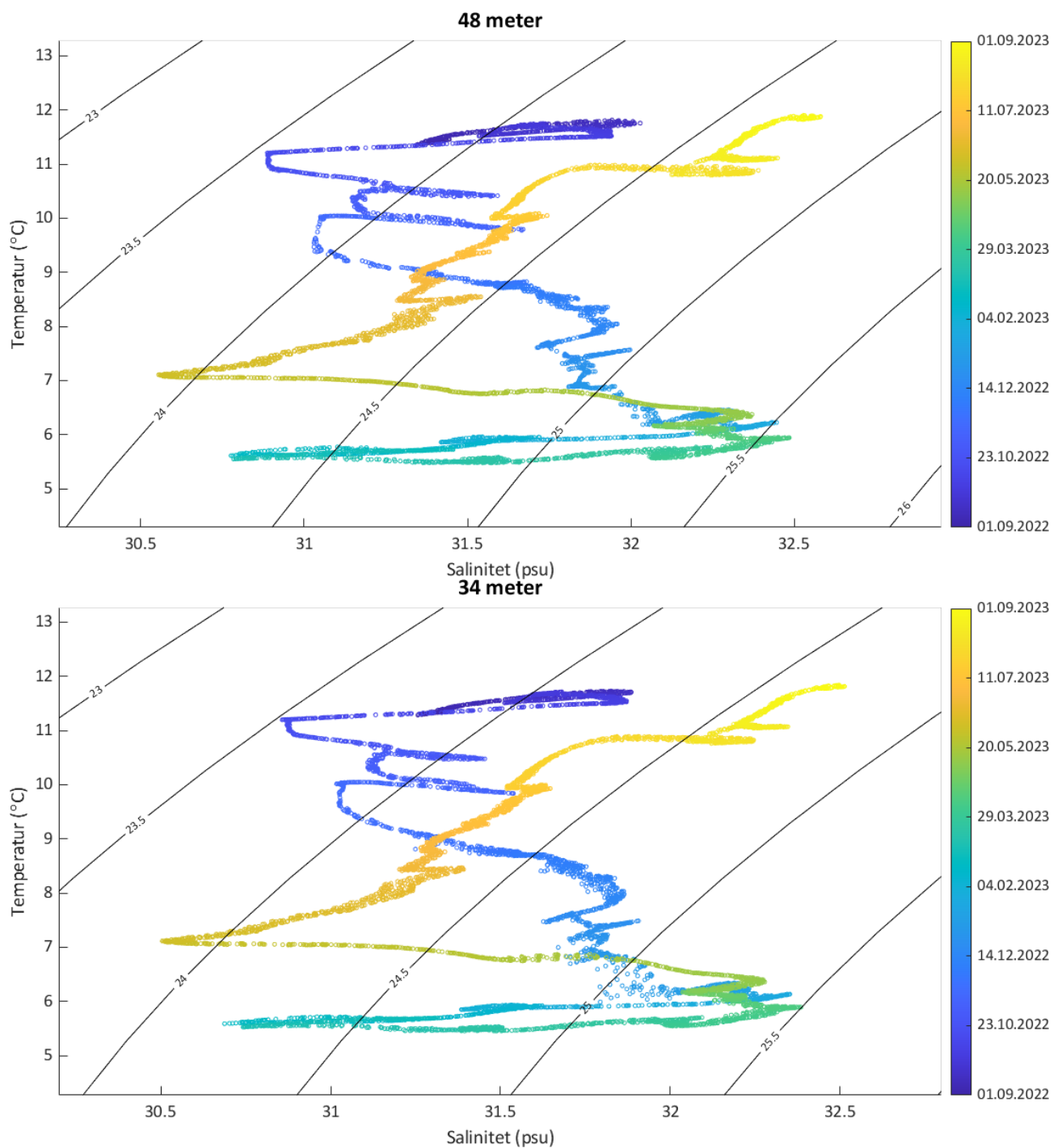
Tetthetsprofilen i posisjonen for utslippet fra henholdsvis vinter (01.01.2023) og sommer (15.06.2023) er presentert i et TS-diagram i **Figur 3.6.4**. Tetthetsprofilen fra sommersesongen viser en sterk vertikal sjiktning med et relativt tynt og ferskt overflatelag, mens profilen fra vintersesongen viser en svak vertikal sjiktning og dypere overflatelag. Av figuren kommer det også fram at både salt- og temperaturgradienten er relativt høy på sommeren i forhold til vinteren, og er et resultat av sterkere sjiktning på sommeren. Tettheten varierer mellom 1019.5 kg/m^3 ved overflaten og 1024.5 kg/m^3 på bunnen på sommeren mens den på vinteren varierer mellom 1024.6 kg/m^3 ved overflaten og 1025 kg/m^3 på bunnen.



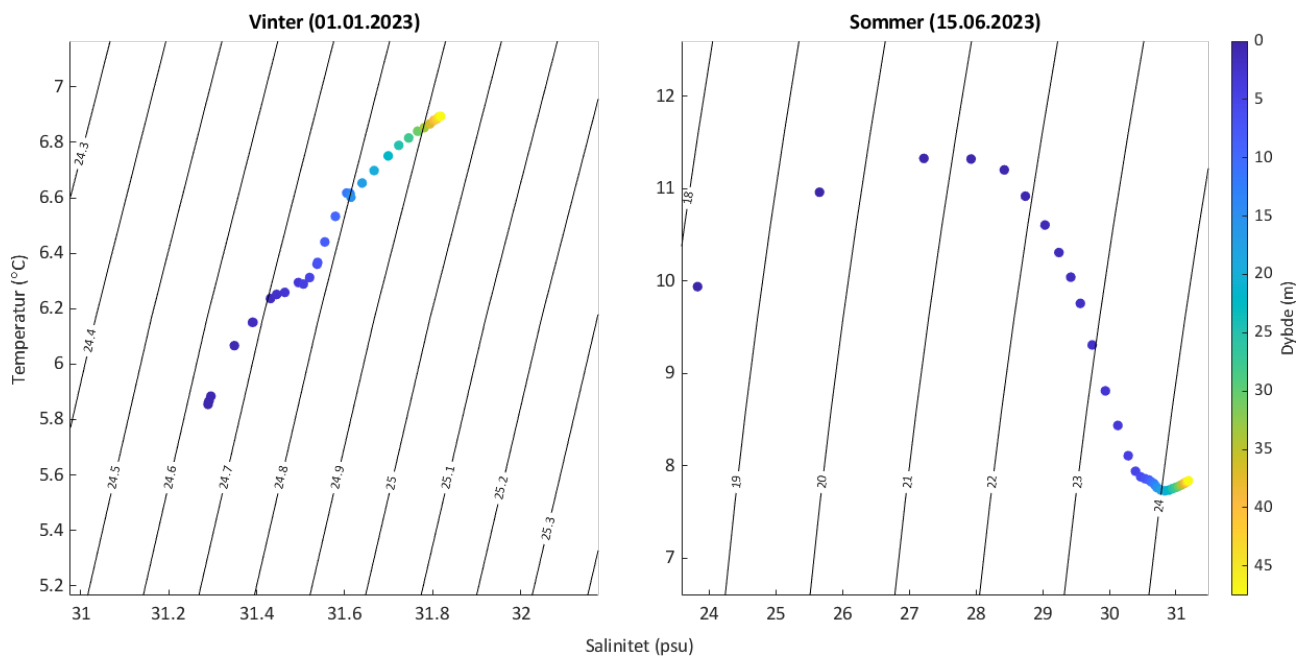
Figur 3.6.1: Vertikal temperaturprofil ($^{\circ}\text{C}$) med data fra modellen i utslippspunktet fra 01.09.2022-01.09.2023.



Figur 3.6.2: Vertikal salinitetsprofil (psu) med data fra modellen i utslippunktet fra 01.09.2022-01.09.2023.



Figur 3.6.1: TS-diagram med temperatur- og salinitetsdata fra modellen i utslippspunktet på utslippsdybden (48 meter) og innlagringsdybet (34 meter) i perioden 01.09.2022-01.09.2023. Temperatur (°C) er plottet på y-aksen mot salinitet (psu) på x-aksen. Linjer med lik tetthet (kg/m^3) er plottet i diagrammet som 'sigma-t' konturer (σ_t). σ_t er differensen mellom vannmassens tetthet og 1000 kg/m^3 .



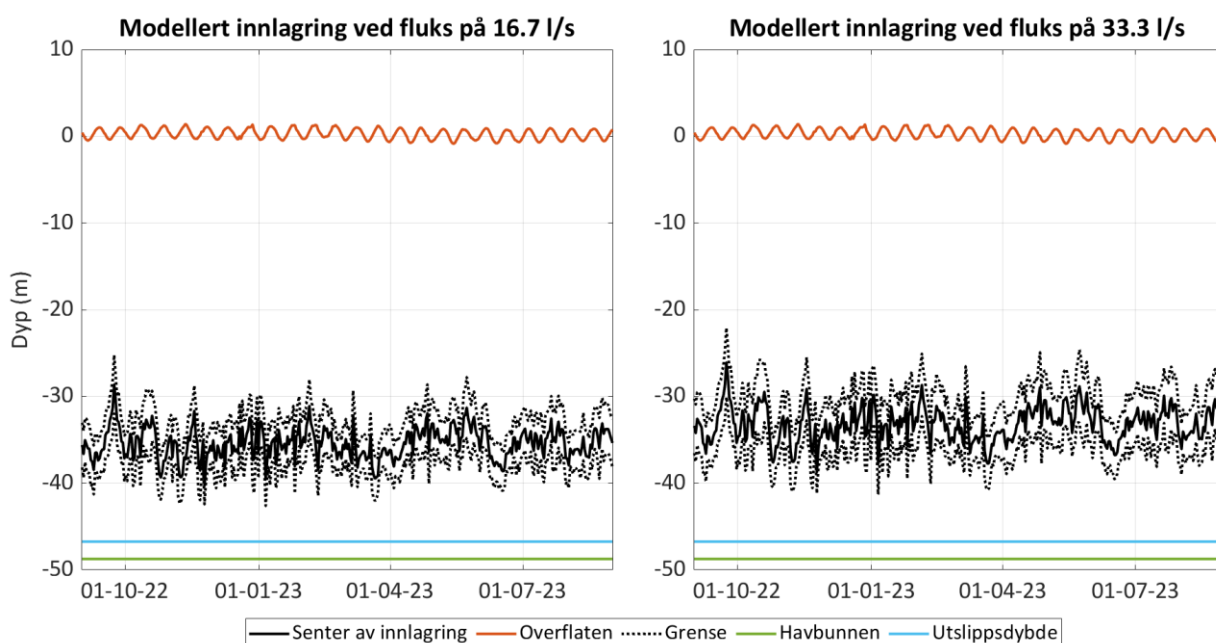
Figur 3.6.2: TS-diagram med temperatur- og salinitetsdata fra modellen i utslippspunktet på to valgte datoer som skal representere henholdsvis vinter (01.01.2023) og sommer (15.06.2023). Temperatur (°C) er plottet på y-aksen mot salinitet (psu) på x-aksen. Linjer med lik tetthet (kg/m^3) er plottet i diagrammet som 'sigma-t' konturer (σ_t). σ_t er differensen mellom vannmassens tetthet og 1000 kg/m^3 .

4. Resultater

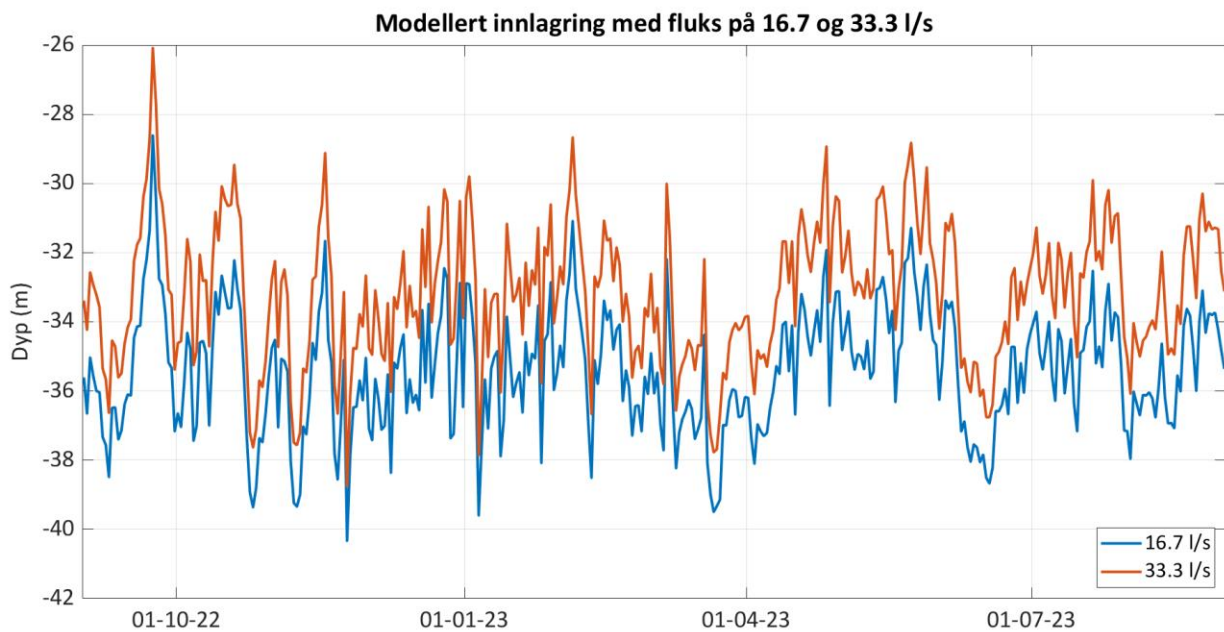
Modellen er kjørt for perioden 01.09.2022–31.08.2023, med inputverdi på utslippet som beskrevet i **Tabell 3.4.1**. Det har vært modellert med konstant fluks og temperatur på utslippet gjennom hele perioden, men det er modellert for temperaturer på både 4 og 13 °C, og for flukser på 16.7 og 33.3 l/s. Det presenteres likevel bare modellert utslipp med en temperatur på 13 °C, da dette vannet har den laveste tettheten.

Resultatene fra innlagringsmodelleringen viser at senter av utslippsskyen i gjennomsnitt er på dypene 35.4 og 33.2 meters dyp for henholdsvis 16.7 og 33.3 l/s med utslipp (**Figur 4.2**). Da det er samme rørdimensjon i begge tilfeller vil utslippet på 33.3 l/s ha en høyere utgangshastighet, og er en del av forklaringen til at innlagringsdypet er så likt selv om det er dobbel fluks i siste tilfelle.

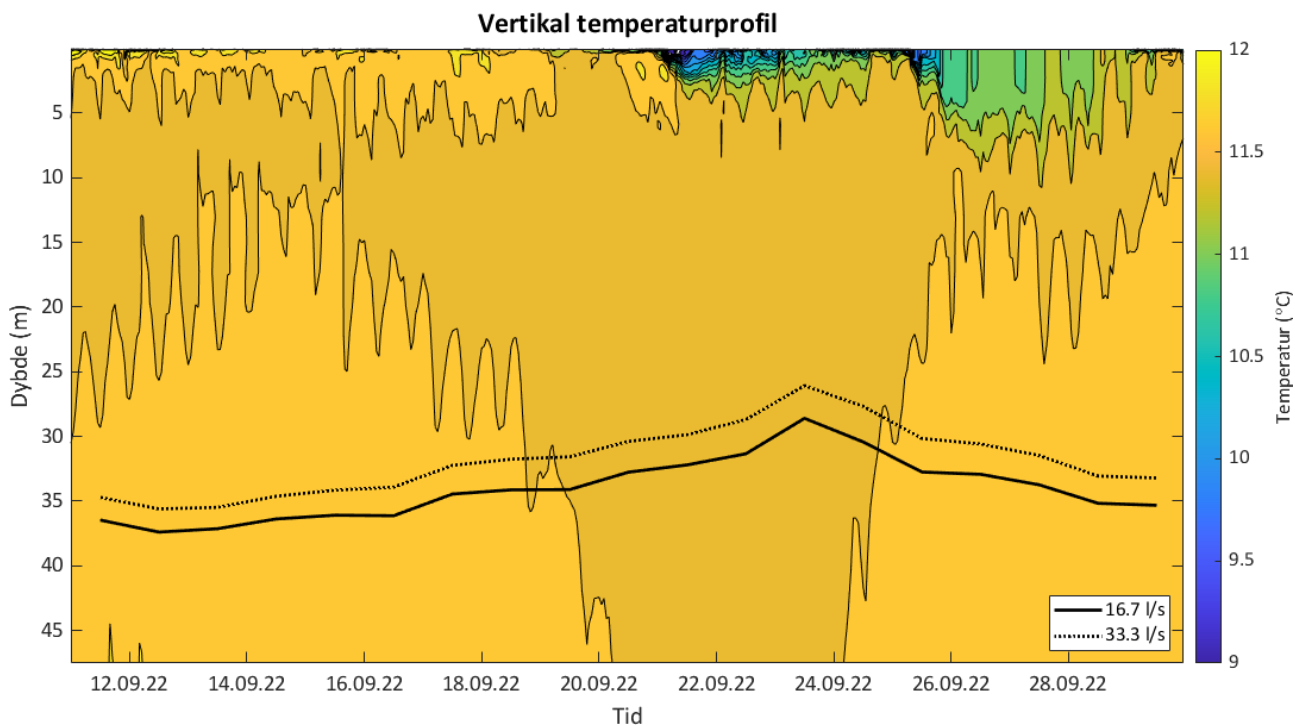
Innlagringsdypet varierer likevel en del gjennom året. For utslippet med en fluks på 16.7 l/s er grunneste innlagring (øvre grense) på 25 meters dyp, og dypeste innlagring (nedre grense) er på omtrent 43 meters dyp (**Figur 4.1**). For utslippet med fluks på 33.3 l/s er grunneste innlagring på 22 meters dyp, og dypeste innlagring er på rundt 41 meters dyp (**Figur 4.1**).



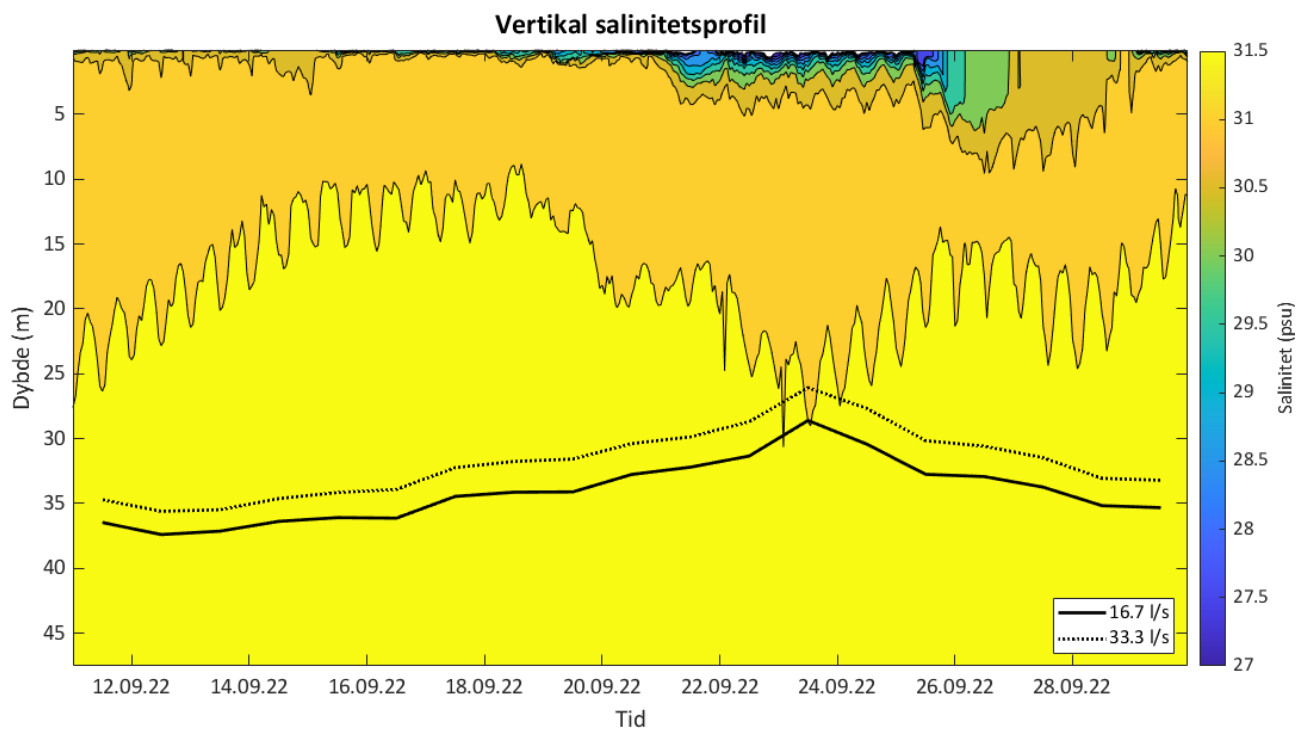
Figur 4.1: Modellert innlagringsdyp for et utslipp på 47 meters dyp og fluks på 16.7 (venstre panel) og 33.3 (høyre panel) l/s med ferskvann i perioden 01.09.2022–31.08.2023. Stipla svart strek indikerer øvre og nedre grense av innlagringsdypet. Blå og grønn strek er henholdsvis utslippsdypet og bunn, og oransje linje er havnivået.



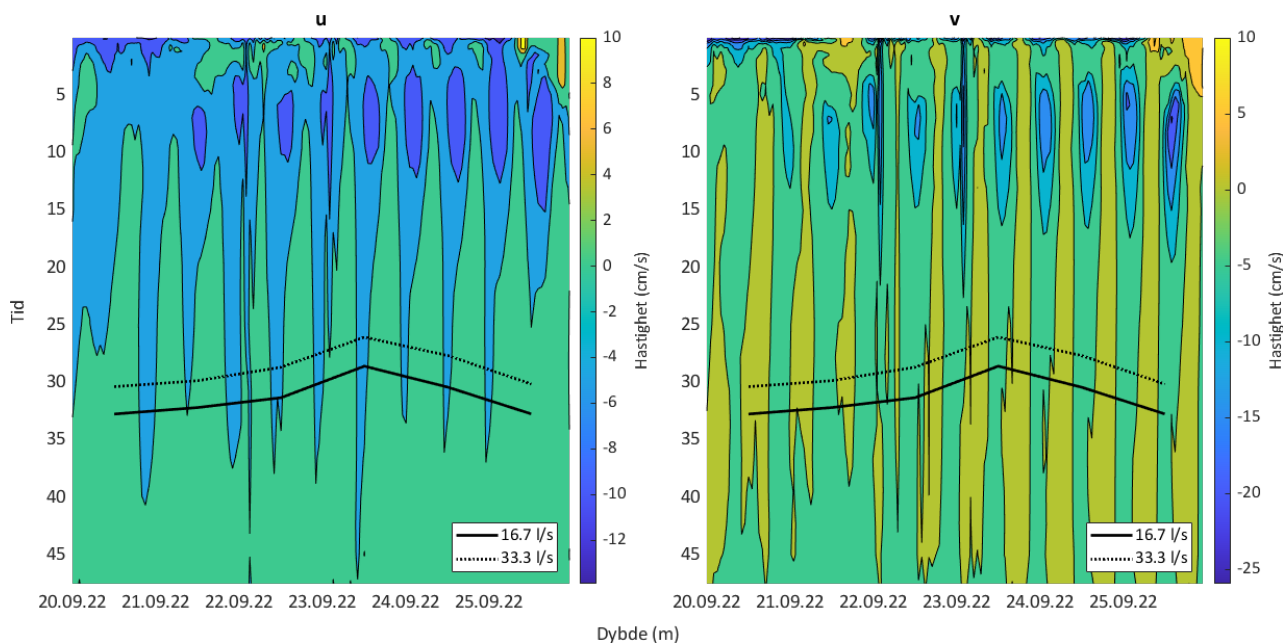
Figur 4.2: Modellert innlagringsdyp for et utslipp på 47 meters dyp og fluks på 16.7 (blå linje) og 33.3 (oransje linje) l/s med ferskvann i perioden 01.09.2022–31.08.2023.



Figur 4.3: Vertikal temperaturprofil (°C), innlagringsdyp for en fluks på 16.7 l/s (heltrukken svart linje) og innlagringsdyp for en fluks på 33.3 l/s (stiplet svart linje) med data fra modellen i utslippspunktet fra 11.09.–30.09.2022.



Figur 4.4: Vertikal salinitetsprofil (psu), innlagringsdyp for en fluks på 16.7 l/s (heltrukken svart linje) og innlagringsdyp for en fluks på 33.3 l/s (stiplet svart linje) med data fra modellen i utslippspunktet fra 11.09.–30.09.2022.



Figur 4.5: Vertikal profil for vannstrømkomponentene u og v (cm/s) i perioden 20.09.–27.09.2022. Innlagringsdyp for en fluks på 16.7 og 33.3 l/s vises med henholdsvis heltrukken og stiplet svart linje.

5. Diskusjon

Modellert innlagringsdyp fra Røyklibotn til Blikengfjorden viser at utslippet fortynnes og innlagres før det når overflaten. Vannstrømmen ved utslippspunktet er preget av høye hastigheter i overflaten, med lavere hastigheter dypere i vannsøylen. Ved lave hastigheter vil utslippsskyen tynnes i mindre grad, og kan potensielt nå grunnere enn ved høye vannstrømhastigheter. Modelleringene estimerer at ytterkanten av utslippsskyen på det grunneste kan nå omtrent 22 meters dyp, og denne episoden finner sted på høsten. I **Figur 4.5** vises grunneste innlagring sammen med vannstrømhastigheter ved utslippspunktet. Det er tydelig at det ved denne episoden er det relativt homogene vannmasser med lave strømhastigheter helt ned til bunnen som fører til at utslippsskyen når høyt i vannlaget. Til tross for dette når ikke utslippsskyen opp til overflaten.

Selv den grunneste innlagringen som er modellert i denne rapporten viser at utslippsskyen ikke vil nå terskeldybden ved Jektvikstraumen. Over terskelen vil det være en nettotransport ut av Røyklibotn mot Blikengfjorden, da det er noe ferskvannstilsig til Røyklibotn. Det kan likevel oppstå en kompensasjonsstrøm under overflatelaget, som fører til at det i perioder er vannstrøm ut av Røyklibotn i overflaten samtidig som det går en vannstrøm inn mot Røyklibotn ved bunnen (Stigebrandt, 1980). Om dette er tilfelle så kan det antas at vannmasser som er noe dypere enn terskeldypet på 11 meter vil bli transportert inn i Røyklibotn. Det kan derfor ikke utelukkes at det i korte perioder kan føre deler av utslippsskyen inn mot Røyklibotn. Likevel understrekes det at gjennomsnittsdypet for sentrum av utslippsskyen ved en fluks på 33.3 l/s er på 33.2 meters dyp, som gjør at utslippsskyen sannsynligvis svært sjeldent vil kunne bli transportert over terskelen.

Vannstrømmålingene fra 2016 viser også at vanntransporten ved begge posisjoner beveger seg bort fra terskelen ved Jektvikstraumen, se **Figur 3.4.1** og **3.4.2**. Strømmålingene underbygger antagelsen om at utslippsskyen vil bli transportert i retning sør-sørvest. I tillegg til dette registreres relativt høye strømhastigheter i overflaten. Slike hastighetsskjær bidrar til å forhindre at utslippet når opp til overflaten.

Figur 4.3 og **4.4** viser innlagringsdypet sammen med henholdsvis vertikal temperatur- og salinitetsprofil i perioden hvor innlagringen er på det grunneste. I perioden som vises er vannmassene i Blikengfjorden relativt homogene, og avviker en del fra normalen. Til tross for dette er ikke innlagringsdypet grunnere enn 22 meter på noe tidspunkt.

Antagelser og usikkerheter

Modelleringene som er presentert i denne rapporten er utført med en vannstrøm som er modellert med FVCOM gjennom modellverktøyet Oceanbox. Selve innlagringsdypet er beregnet som beskrevet i Hoult & Weil (1972). Den modellerte vannstrømmen kan avvike noe fra realiteten, og på denne måten påvirke hvor stor innblanding til utslippsskyen det er. Ved lave hastigheter vil det være mindre innblanding, og utslippet vil kunne nå grunnere. Til tross for dette er det i alle modelleringer en god margin for at utslippet skal nå opp til overflaten.

Det er også i denne rapporten utelukkende presentert modelleringer med et konstant utslipp. I løpet av en produksjonssyklus vil antageligvis utslippet variere, men være opp til 16.7 og 33.3 l/s for henholdsvis 400 og 800 tonn produksjon per år. Ved lavere utslipp vil utslippet innlagres dypere, og bidrar til å redusere risikoen for eutrofiering.

I modellen er det ikke hensyntatt at et ferskvannsutslipp nær bunnen kan endre noe på hydrografien i området. Denne effekten er neglisjert i denne rapporten. Da utslippet er i Blikengfjorden, og ikke inne i Røyklibotn, antas det som rimelig at det er stor nok utskifting av vannmasser til at effekten av ferskvannsutslippet ikke har en signifikant påvirkning på hydrografien i området.

6. Oppsummering

Innlagringsdyp og fortytning av utslipp fra et landbasert oppdrettsanlegg ved Røyklibotn med utslipp til Blikengfjorden er modellert med FVCOM gjennom modellverktøyet Oceanbox. Modellen er kjørt for en periode på 1 år, med kontinuerlig og konstant utslipp til Blikengfjorden. Samtlige modellresultater viser at utslippet fortyntes og innlagres før det når overflaten. Utslippet antas at føres i sør-sørvestlig retning, vekk fra terskelen ved Jektvikstraumen. God vannutsiftning i Blikengfjorden fører også til rask fortytning, som reduserer risikoen for eutrofiering av resipienten. Basert på modelleringen med Oceanbox, fremstår plasseringen av utslippspunktet til Blikengfjorden som god i forhold til innlagringsdyp og antatt sekundærfortytning.

7. Referanser

Berge, J. A., Schaanning, M. T., Staalstrøm, A., 2018. Utslipp til sjø – kan enkle modeller gi tilstrekkelig grunnlag for vurdering av spredning, fortykning og surhetsgrad? *Vann*, 53 (1), 15-30. Vannforeningen.

Chen, C., Liu, H. & Beardsley, R.C., 2003. An Unstructured Grid, Finite-Volume, Three-Dimensional, Primitive Equations Ocean Model: Application to Coastal Ocean and Estuaries. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. Vol. 1-2020 s. 159-186.

Devenish, B. J., Rooney, G. G., Webster, H. N. & Thomson, D. J., 2010. The Entrainment Rate for Buoyant Plumes in a Crossflow. *Boundary-Layer Meteorology*, 134, sS. 411-439.

Hoult, D. P., & Weil, J. C., 1972. Turbulent plume in a laminar cross flow. *Atmospheric Environment*. Vol. 6, s. 513-531.

Pedersen, A. & Hagen, L., 2016. Måling av vannstrøm i Jektvikstrømmen, Namsos, mars-april 2016. Aqua Kompetanse AS, rapportnummer 59-4-16S.

Stigebrandt, A., 1980. Some aspects of tidal interactions with fjord constrictions. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 11(2), s. 151-166.