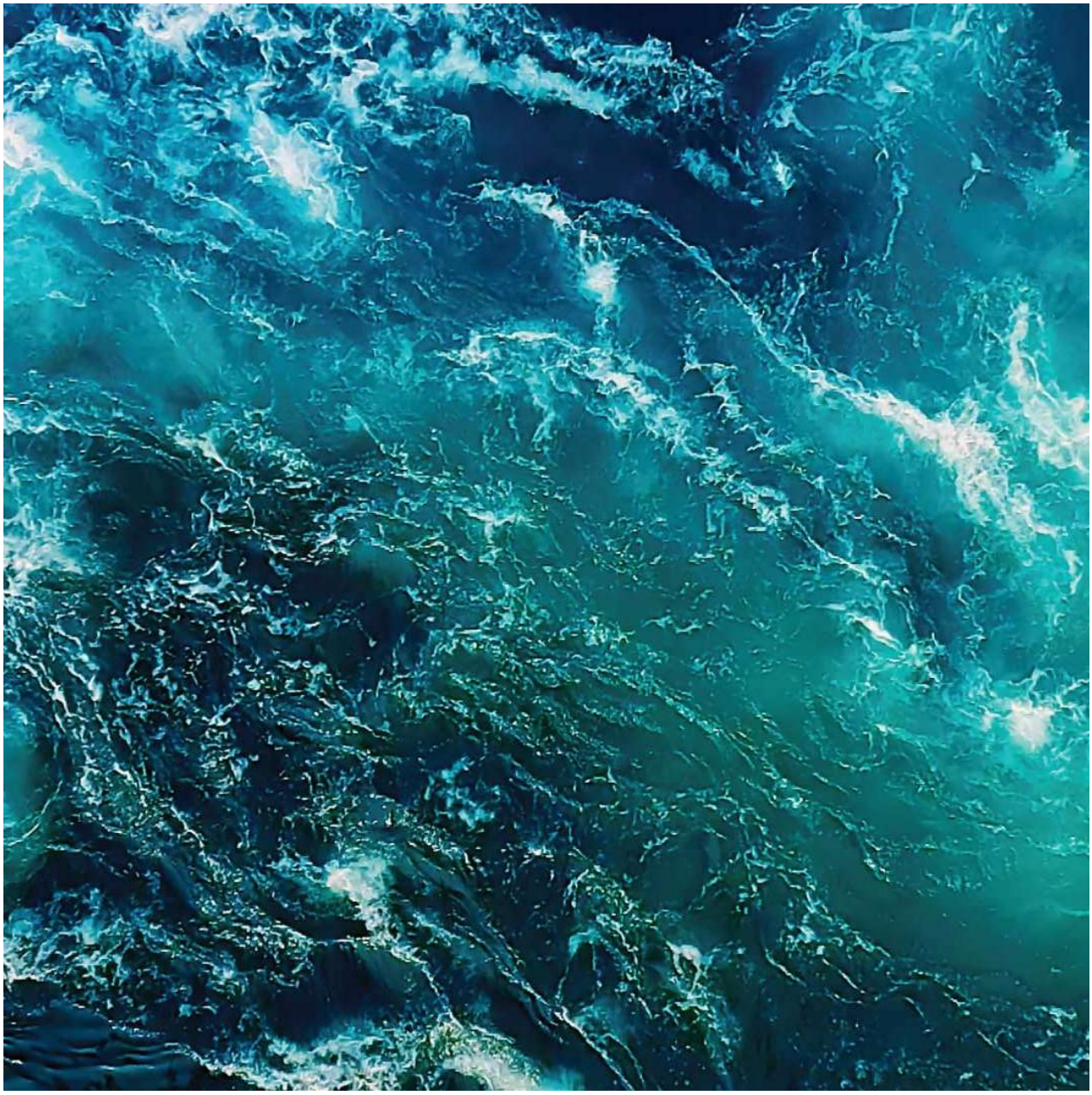
Bunnstrøm- og sedimentsanalyse lokalitet Grøttøy

Akvaplan-niva AS Rapport: 2022 63758.02



Framsenteret | Postboks 6066 Stakkevollan | 9296 Tromsø | +47 777 50 300 | www.akvaplan.niva.no

Bunnstrøm- og sedimentsanalyse lokalitet Grøttøy

Forfatter(e)	Hans Kristian Djuve
Dato	21.11.2022
Rapport nr.	2022 63758.02
Antall sider	23
Distribusjon	Gjennom kunde
Kunde	Nordlaks Oppdrett AS
Kontaktperson	Remi Mathisen

Sammendrag

Det er modellert karbontrykk ved nåværende og en alternativ konfigurasjon for lokalitet Grøttøy. Ved å flytte produksjonen til ny plassering (alternativ 1) vil totalt areal som AZE sonen omfatter øke, men maks verdi for karbonmengde på havbunnen vil synke merkbart, med over 50% i forhold til dagens plassering, som igjen vil gi en forventet økt bæreevne for lokaliteten.

Godkjenninger

Hans Kristian Djuve	Per-Arne Emaus
Prosjektleder	Kvalitetskontroll rapport

Innholdsfortegnelse

FORORD 5

4 INNLEDNING 6

5 METODER 7

5.1 Havmodell 7
5.2 Grid/gitter 7
5.3 Inngangsdata 8

6 TEORI 10

6.1 Havfysikk 10
6.2 Sedimentering 10

100 11

3.2.1 Inngangsdata fra produksjon av laks 11

101 RESULTAT 12

101.1 Bunnstrømsanalyse 12
101.1.1 April 13
101.1.2 September 15
101.2 Sedimentering 16
101.2.1 Nåværende plassering 16
101.2.2 Alternativ plassering 19

102 KONKLUSJON 22

103 REFERANSER 23

Forord

Strømforholdene rundt en oppdrettslokalitet har stor betydning for både fiskens trivsel og helse, og for lokalitetens evne til å omsette organisk materiale fra oppdrettsproduksjon. Forskning har de siste årene gjort det mulig å i større grad forstå både sirkulasjon og strømforhold ved å bruke hydrodynamiske modeller – strømmodeller – for å beskrive dette.

Akvaplan-niva har utviklet en kystnær strømmodell som beskriver sirkulasjonen nær kysten og i sund- og fjord-systemene langs kysten vår. Dette gjør at vi kan beregne hvordan oppdrettsproduksjon påvirker både andre lokaliteter i nærheten og hvordan produksjonen kan påvirke bunnforholdene.

I denne studien ser vi hvordan strømmen nær bunnen varierer mellom høst og vår, og på den måten få en indikasjon på om en oppdrettslokalitet ligger optimalt plassert i forhold til bunnstrømmen.

Videre suppleres bunnstrømsanalysen med sedimenteringsmodellering for å se endring av karbonavtrykk ved å prøve ut en alternativ konfigurasjon av lokaliteten slik at den oppnår høyere bæreevne.

1 Innledning

Akvaplan-niva AS har på oppdrag fra Nordlaks modellert området rundt lokaliteten Grøttøy for å gi en modellbasert beregning på bunnstrømsforholdene og karbonavtrykket rundt oppdrettsanlegget Grøttoy i Hadsel kommune.

Det er gjennomført flere miljøundersøkelser (B-undersøkelser) ved lokaliteten slik den ligger i dag, som viser god tilstand under merdene (APN-64007.01). Resultater fra B-undersøkelsene brukes i våre analyser som et referansepunkt mot beregnet karbonmengde. Ofte er det en klar sammenheng mellom høy karbonmengde og dårlig score på B-undersøkelsen.

Ved å studere den beregnede bunnstrømmen i området kan man danne seg et bilde av hvilke områder rundt Grøttøya i Hadselfjorden som har sterk nok bunnstrøm til å resuspendere sedimentert karbon fra som stammer fra matfiskproduksjon, og om lokaliteten ligger optimalt plassert i forhold til dette.

Modellberegningene gjelder for år 2013. Beregninger for andre vil vise variasjon i sirkulasjonsmønstre- og styrker, men for formålet her egner en slik tidsbegrenset studie seg godt, spesiellt siden vi modellerer to årstider for å danne et bilde av forventet sesongvariasjon.

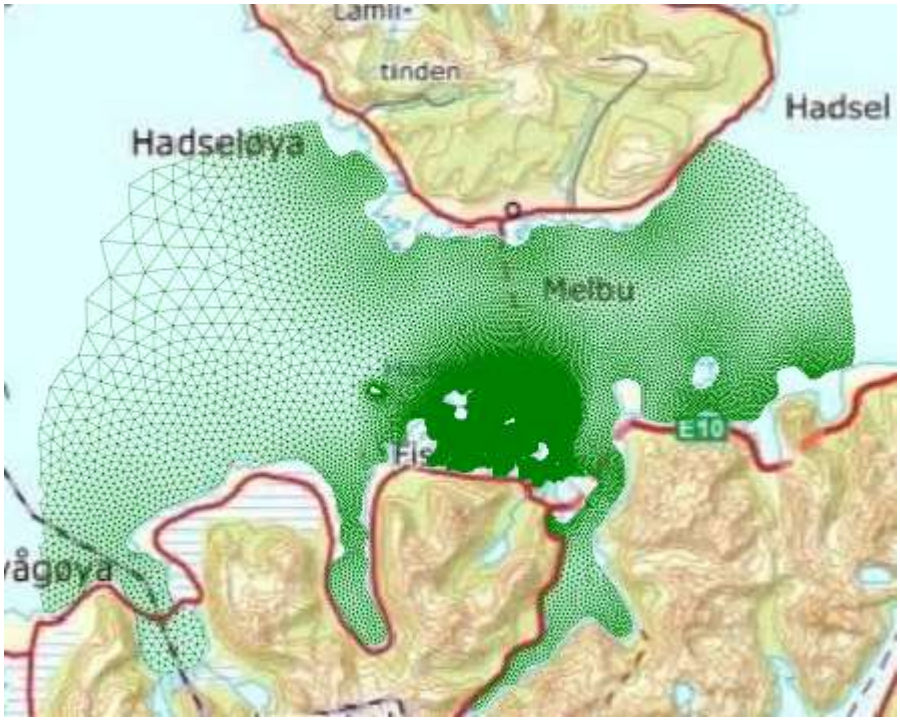
2 Metoder

2.1 Havmodell

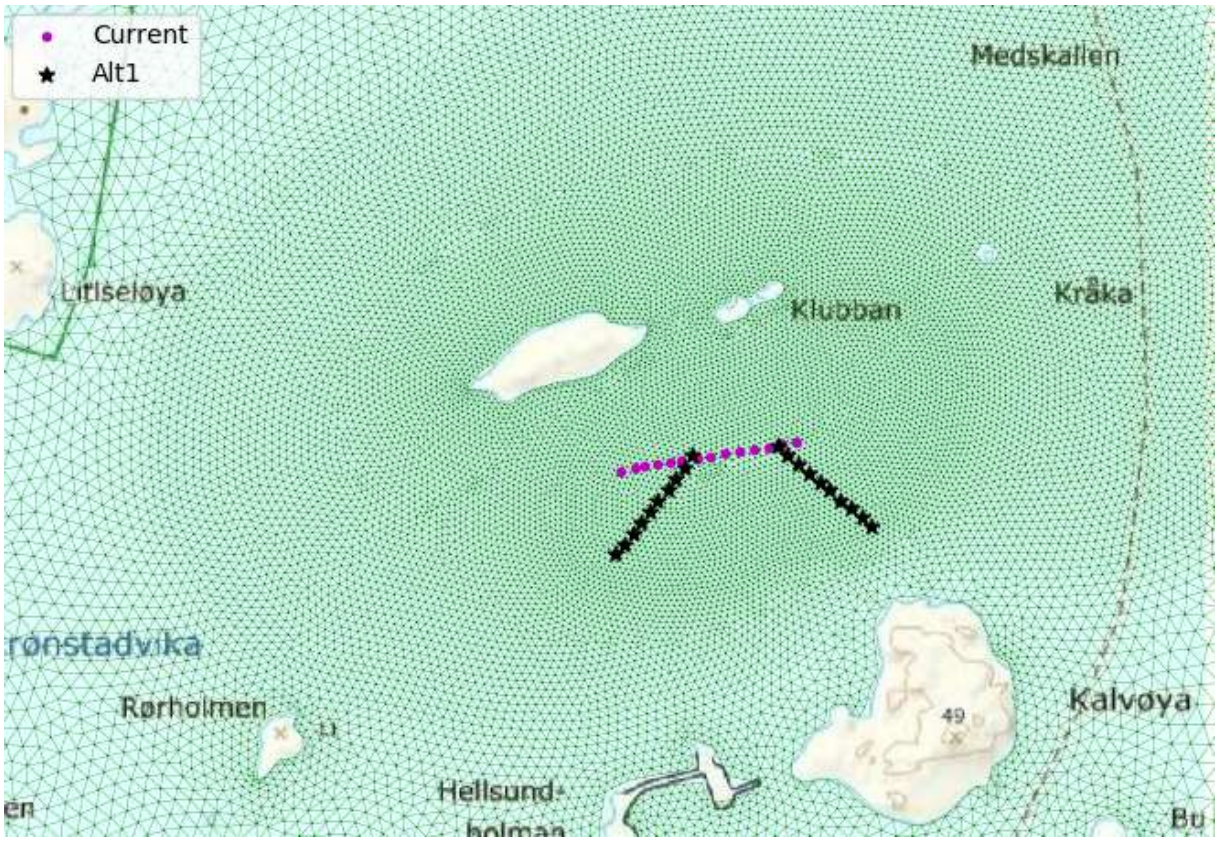
Vi har satt opp den hydrodynamiske modellen Finite Volume Community Ocean Model - FVCOM (Chen, 2003) med sikte på å regne oss fram til karakteristiske strømstyrker i Frakkfjorden. Modellen benytter et ustrukturert gitter, som betyr at vi kan variere modelleringens detaljgrad innad i modelldomenet. På den måten kan vi tillate oss å modellere med 10-20 meters oppløsning i interesseområdene, samtidig som domenet dekker et stort nok område til å fange effekten av storskala havsirkulasjon og værpåvirkning på den lokale sirkulasjonen i fjorden og rundt øyene i nærheten

2.2 Grid/gitter

Vi har klippet ut en del av Nordlandsmodell-gitteret og økt oppløsningen betraktelig i Hadselfjorden i området rundt Grøttøya som studeres nærmere her.



Figur 1: Oversiktbildet av griddet for Hadselfjorden



Figur 2: Detaljbildet av griddet for Grøttøy.

Rundt lokaliteten er oppløsningen i modellen 15 meter. I vertikalen opererer vi med 35 dybdelag.

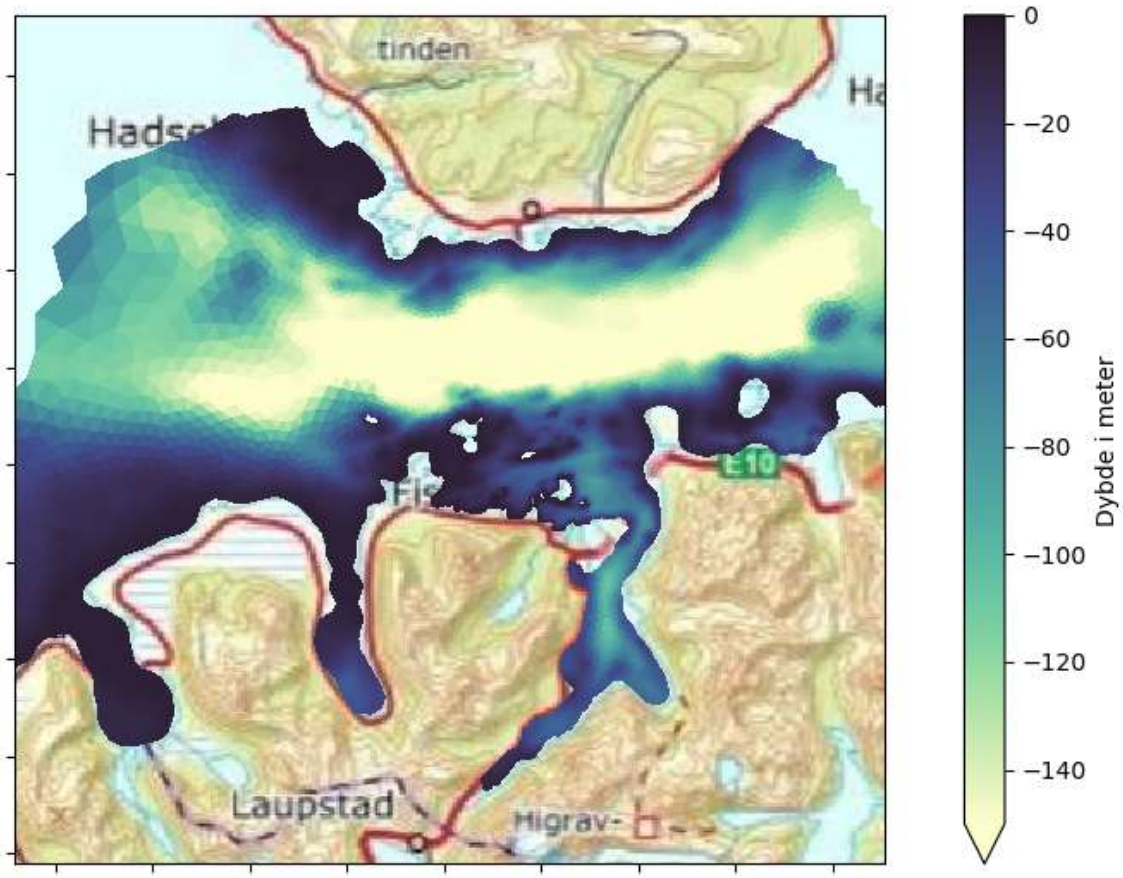
2.3 Inngangsdata

Modellen trenger informasjon om omgivelsene, og denne informasjonen kaller vi for inngangsdata. Detter er informasjon om elveavrenning, atmosfære-hav interaksjon(nedbør, vind, stråling), og havsirkulasjon/temperatur/saltholdighet på randen av modellområdet.

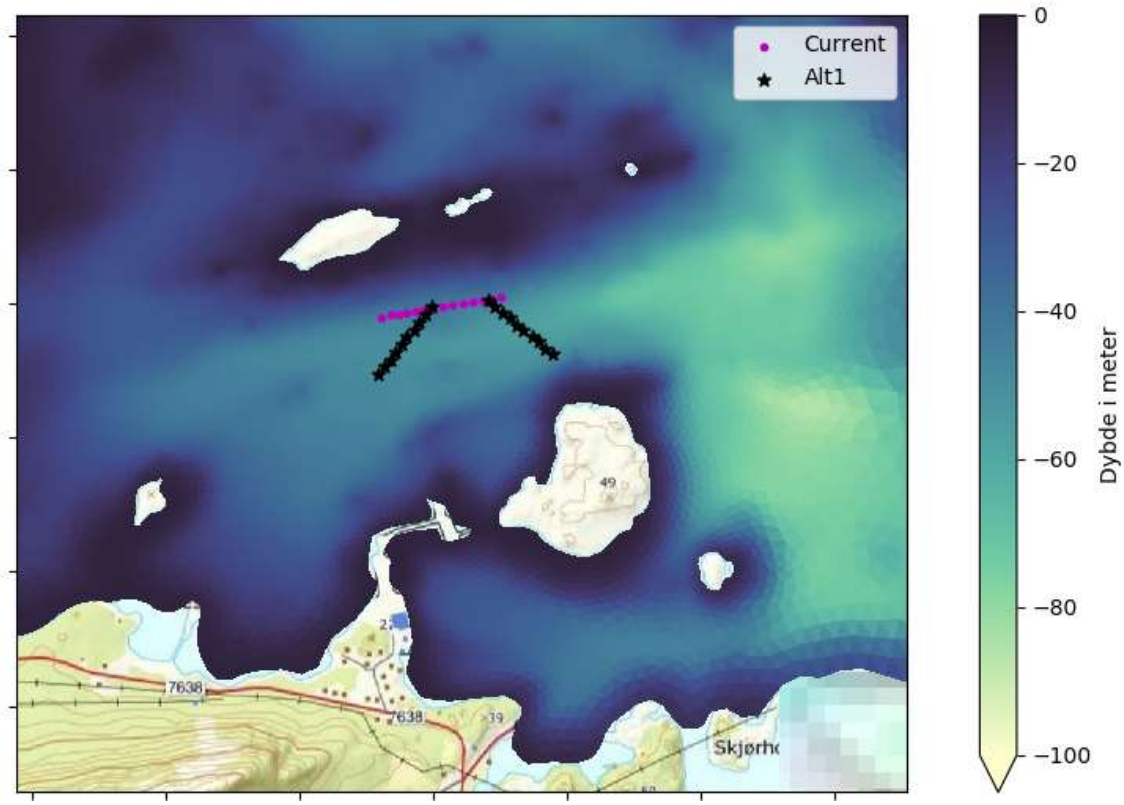
Universitetet i Athen har delt resultater fra sine numeriske eksperimenter med WRF (https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model) med oss, som inkluderer varmeutveksling mellom hav og atmosfære, vind og nedbør. Dette bidrar til å skape realistiske bilder på hvordan atmosfæren påvirker havsirkulasjonen.

Vi har brukt data fra Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE) for å gi modellen informasjon om elveavrenning.

Bunndataene kommer fra Kartverkets database.



Figur 3: Oversikt batymetri (bunndata)



Figur 4: Bunndata ved lokaliteten

3 Teori

3.1 Havfysikk

Havmodellen vi bruker benytter som nevnt et gitter som varierer i størrelse horisontalt og vertikalt. Det betyr at tykkelsen på de vertikale lagene varierer fra sted til sted. Vannet på steder hvor tykkelsen på dette laget er tykt nær bunnen påvirkes mindre av bunnfriksjon enn steder der laget er tynt (siden avstanden fra bunn til "gjennomsnitts-vannmassen" i hver celle avtar med tykkelsen på laget). Om vi ikke tar høyde for dette, vil strømmen som regel se sterkere ut der laget er tykt enn der det er tynt.

Vi tar høyde for det at modellen har ulik vertikal oppløsning fra sted til sted ved å bruke en fysisk tilnærming som kalles for "law of the wall". Denne tilnærmingen antar det følgende:

- Turbulensintensiteten er stabil (turbulensen endrer ikke middelstrømstyrken i det øyeblikket vi studerer)
- Vannmassen er stabilt stratifisert (dvs. vannpakken vi studerer er hverken betydelig lettere eller tyngre enn omgivelsene, men driver fritt med strømmen)

I oseanografiske anvendelser av disse antagelsene antar man gjerne at de er gyldig så lenge man ikke beveger seg for nært eller langt bort fra havbunnen (typisk i intervallet 0.05 – 5 m fra havbunn).

Turbulensstyrke under disse forholdene kan uttrykkes: $\epsilon = (\frac{\tau}{\rho_0})\frac{dU}{dz}$. Her er ϵ turbulensstyrken, τ er et mål på hvor mye kraft vannet påfører sjøbunnen, ρ_o er sjøvannets tetthet og $\frac{dU}{dz}$ måler hvor kjapt strømstyrken endres med vertikal avstand fra sjøbunnen (vertikalt hastighetsskjær). Turbulensstyrken er altså sterk om sjøvannet påfører mye kraft på havbunnen, tettheten er liten og hastighetsskjæret er sterkt.

"Kraften som påføres havbunnen" er et abstrakt begrep som vanskelig lar seg måle i virkeligheten. Man tilnærmer dermed verdien til τ som produktet av kvadratet til en karakteristisk hastighet u og vannets tetthet ρ_0, altså $\tau \approx \rho_0 u^2$ (kvadratet kan forklares med at en sjøbunn ikke kan påføre en kraft på vannet, og at τ derfor alltid må være positiv – det er vannet som er i bevegelse, ikke havbunnen).

Med de antagelsene vi har gjort, kan hastighetsskjæret $\frac{dU}{dz}$ bare være en funksjon av bunnfriksjonen og avstanden fra sjøbunn, som regel uttrykt slik: $\frac{dU}{dz} = \frac{u}{kz}$. Denne ligningen sier at hastighetsskjæret avtar med avstand fra veggen (law of the wall). Den kan integreres, slik at man finner $U(z) = \left(\frac{u}{k}\right)[\ln(z) - \ln(z_0)]$. z_0 har en spesiell betydning, ettersom den gir et mål på størrelsen til ting nær sjøbunnen som skaper friksjon med vannmassene og turbulens. I havmodeller setter man denne lik en verdi, i vårt tilfelle er $z_0 = 0.001\ m$. Leddet (u/k) bestemmer man basert på hastigheten modellen gir i høyde z over sjøbunnen, og når man kjenner $(\frac{u}{k})$ kan man beregne strømmen U i for en fast høyde z. (Thorpe, 2007).

3.2 Sedimentering

Sedimentering er bunnfallet som kommer som konsekvens av at faste partikler suspendert i en vannmasse har større tetthet enn væsken. Synkehastigheten til disse faste partiklene bestemmes av partikkelstørrelsen. En sedimentert partikkel – altså en partikkel som har falt

til bunn – kan piskes opp i vannsøylen igjen om turbulensen nær bunnen er sterk nok. Denne turbulens-styrken er avhengig av bunnstrømshastigheten.

I de senere år har det vært rettet et stort fokus på å forstå bunnfallet- og resuspensjonen til avfall fra oppdrettsanlegg. For å simulere spredning og deponering av faeces fra fisk og forspill bruker vi FVCOM sammen med en sedimenteringsmodell som er formulert i FABM (Bruggeman J, 2014)Sedimenteringsmodellen tar utgangspunkt i et arbeid av (Bannister R, 2016). De fant synkehastigheter til faeces og forspill fra forsøk i en tank. Avfallet blir delt inn i 6-8 kategorier med forskjellig synkehastighet avhengig av størrelse på fisken i den aktuelle merden og type fôr. I sedimenteringsmodellen bruker vi et sporstoff for hver kategori, og sporstoffet blir gitt en synkehastighet i henhold til (Bannister R, 2016)

For resuspensjonsmodellen kan man i grove trekk si at organisk matriale resuspenderes fra bunn ved hastigheter over 9 cm/s (Law, Hill, Milligan, & Zions, 2016), men hvor mye masse som forflyttes avhenger også av andre faktorer som bunntype og variabilitet i strømstyrke

Utslippet simuleres ved 5 sporstoffer som hver kan ha ulik synkehastighet, forskjellig mengde som slippes ut og ulikt karboninnhold. Partiklene simuleres som sporstoff som spres tredimensjonalt gjennom cellene i 34 dybdelag til de sedimenterer på bunnen, og resuspensjonen tar over muligheten for at partiklene flytter seg ytterligere.

To av sporstoffene representerer fiskefôr og de tre andre fekalier (se Tabell 1). Synkehastighetene er hentet fra forsøkene beskrevet i (Bannister R, 2016).

Tabell 1: Synkehastighet og prosentvis fordeling av sporstoff i fekalier og fôr

		fekalie	fekalie	fekalie	fôr	fôr
Sporstoff nr.		4	5	6	7	8
Synkehastighet (cm/s)		1	3,75	7,5	8,8	12
fiskens	1-600g	15 %	21 %	64 %	100 %	0 %
vekt	- 1500g	13 %	9 %	78 %	0 %	100 %
>	1500g	14 %	27 %	59 %	0 %	

3.2.1 Inngangsdata fra produksjon av laks

Produksjonsdata ble for en produksjonssyklus innhentet fra oppdragsgiver om utsett, utslakting, fiskebeholdningens antall, snittvekst og utfôring (pers. medd. Remi Mathisen). Det er primært mengden biologisk tilgjengelig organisk karbon fra oppdrett som fører til økologiske endringer i bunnsubstrat under og ved anleggene (Hargrave B T, 2008). (Keeley N B, 2013) viser at en modellering av sedimentenes økologiske respons på mengde utfôring i et oppdrettsanlegg kan vises i korte tidsserier fra driftsperioden på en til seks måneder. APN har valgt å modellere karbonavsetning under og rundt anlegget for måneden med størst utfôring/ maksimal biomasse. Dette gir et anslag for lokalitetens belastning med organisk tilgjengelig karbon ved maks biomasse. Modellresultatene blir da sammenlignbare med B-undersøkelser som også utføres rundt maksimal biomasse.
I modelleringen produksjonsplanen for lakseproduksjon gitt av oppdragsgiver, der produksjonsplanen for 2014-generasjonen er lagt til grunn (august -14 til juli -16). For denne generasjonen ble det produsert 3266 tonn laks med et fôr-forbruk på 4900 tonn. Måneden med høyest utforing var i august 2015, med et fôr-forbruk på 396 tonn (pers. medd. Remi Mathisen).

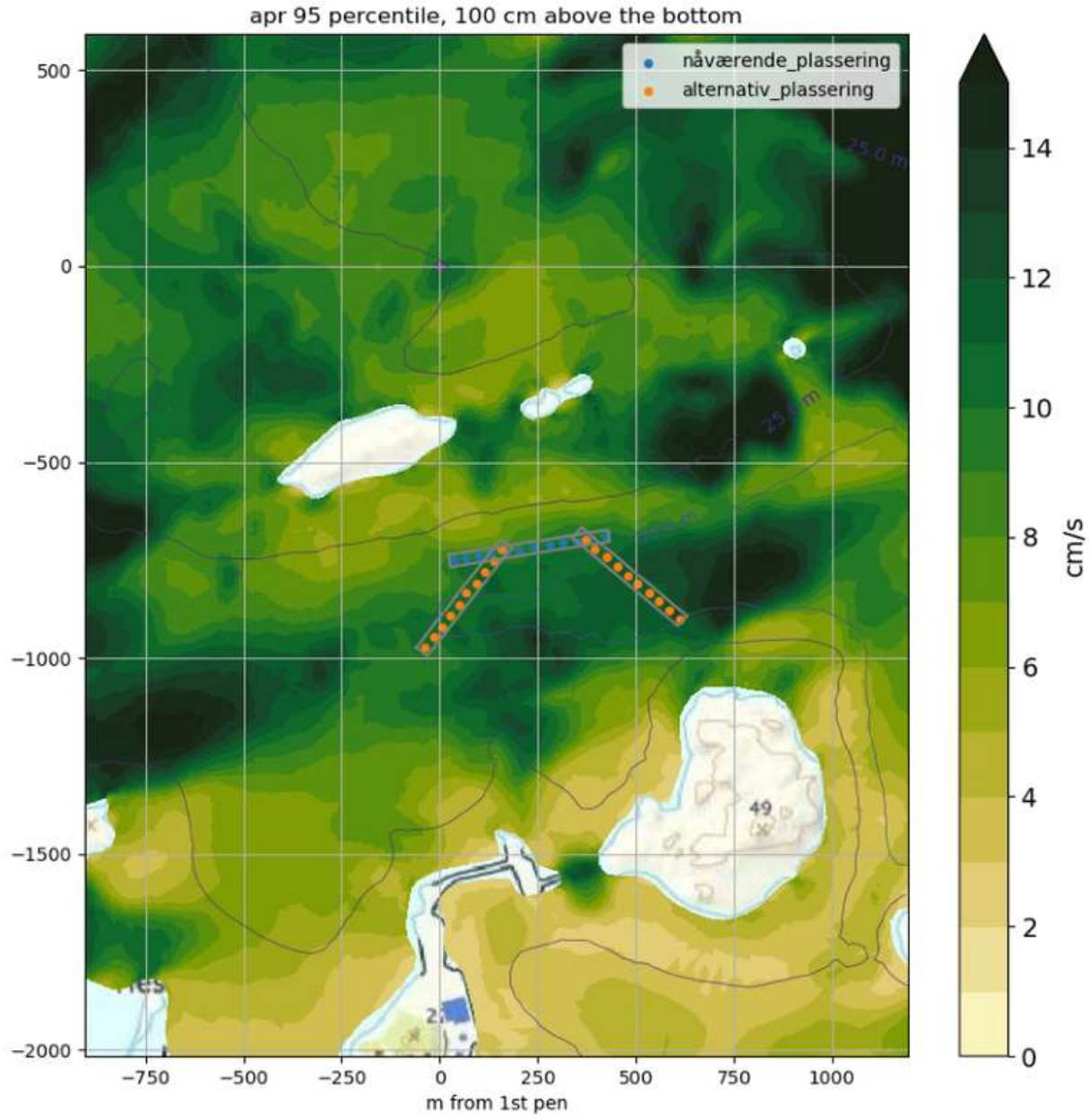
4 Resultat

4.1 Bunnstrømsanalyse

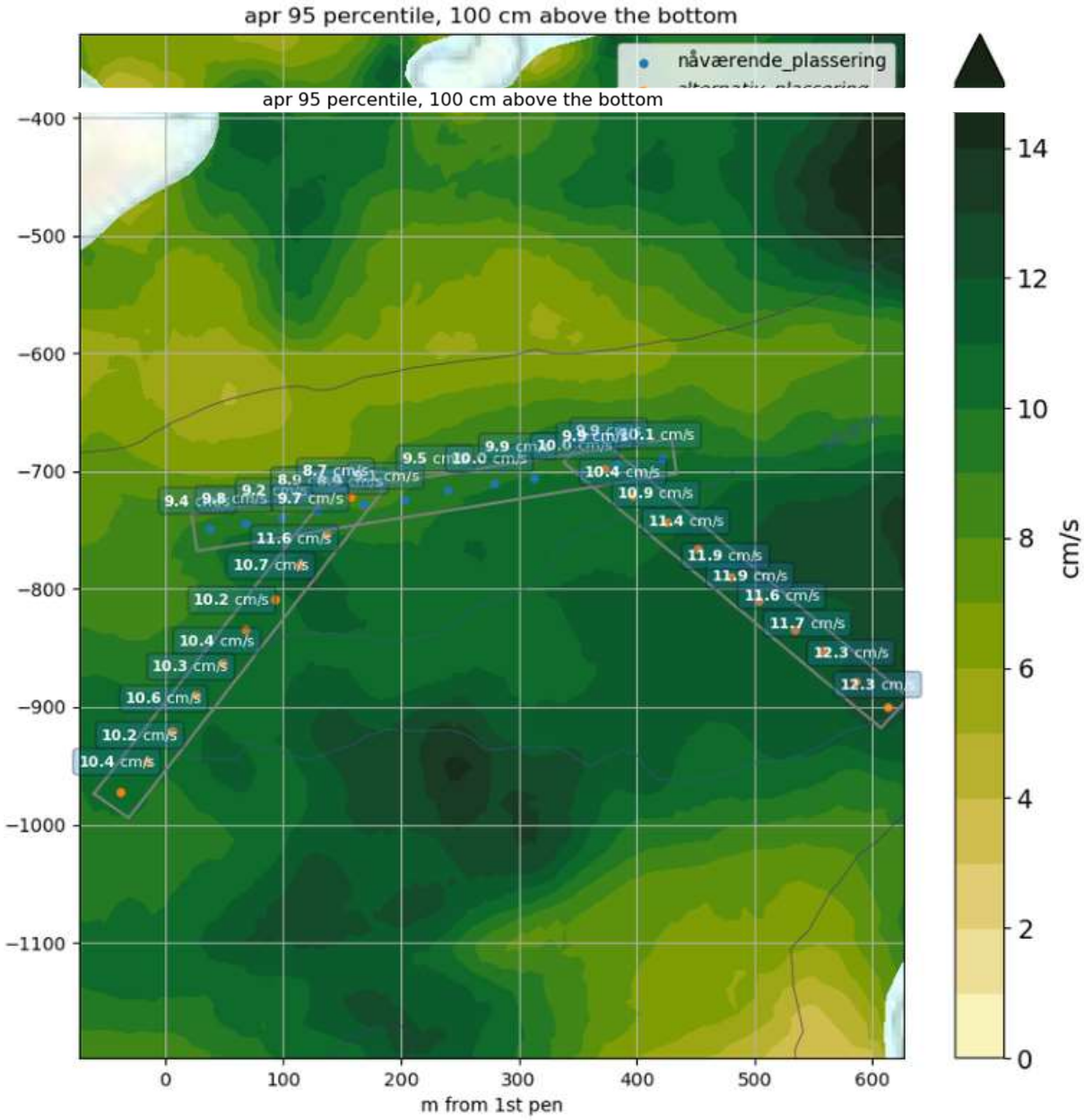
Bunnstrømmen vises som månedsmiddel, 1 meter over bunn og som 95% persentil. Det vil si at 95% av tiden er strømmen svakere enn figuren viser, og 5% av tiden er den sterkere enn figuren viser. For å danne et bilde av sannsynlighet for at bunnstrømmen er sterk nok til å resuspendere sedimenter fra tid til annen er 95% persentilen en god indikator. Bunnstrømmen kan man i grove trekk si at må ha en hastighet på over 9 cm/s for at det skal være sannsynlig at man får resuspensjon av organisk materiale fra havbunnen (Law B. H., 2016).

Det er månedene april og september som er modellert og analysert for bunnstrømsforhold.

4.1.1 April



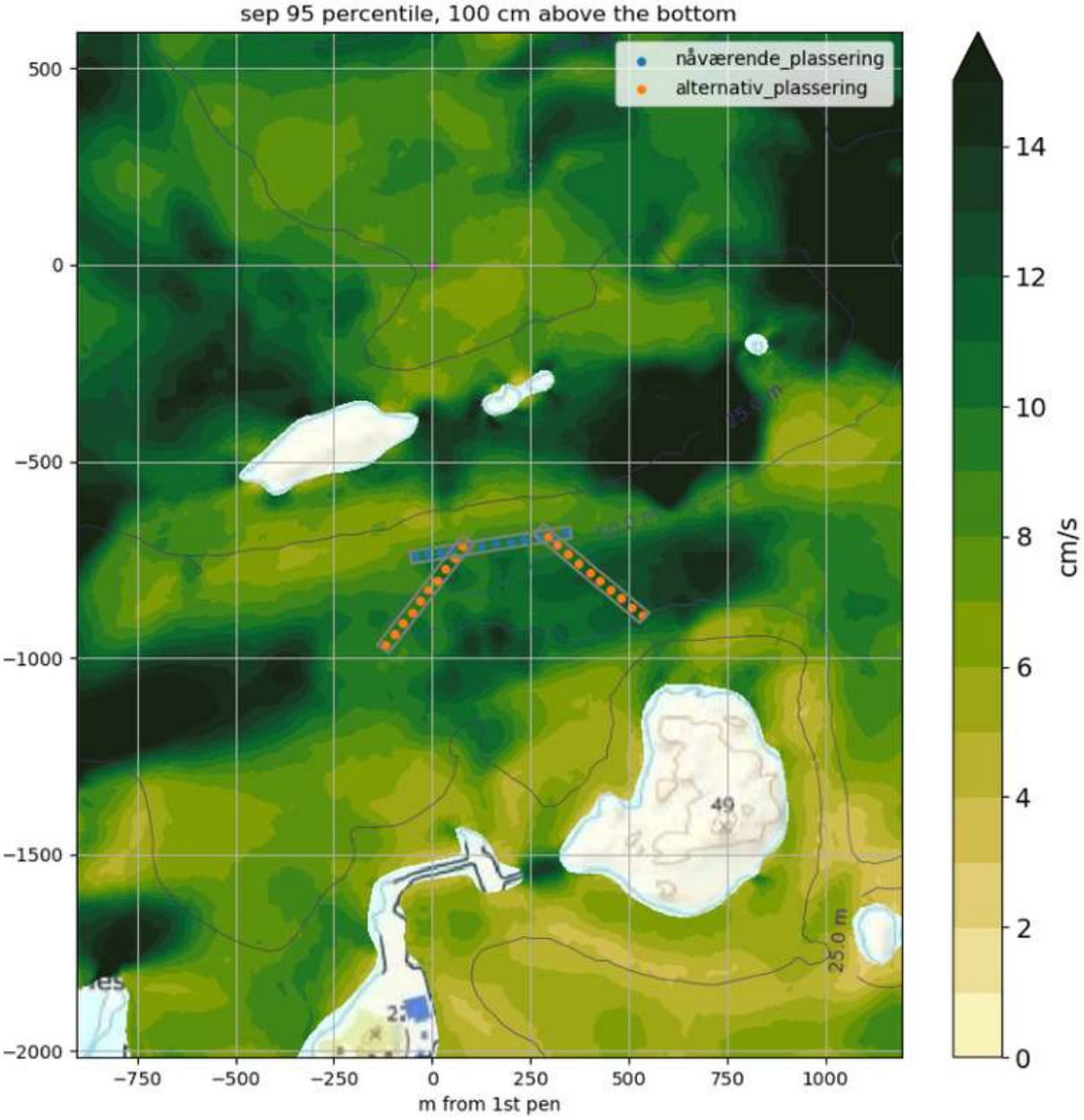
Figur 5: Bunnstrøm april



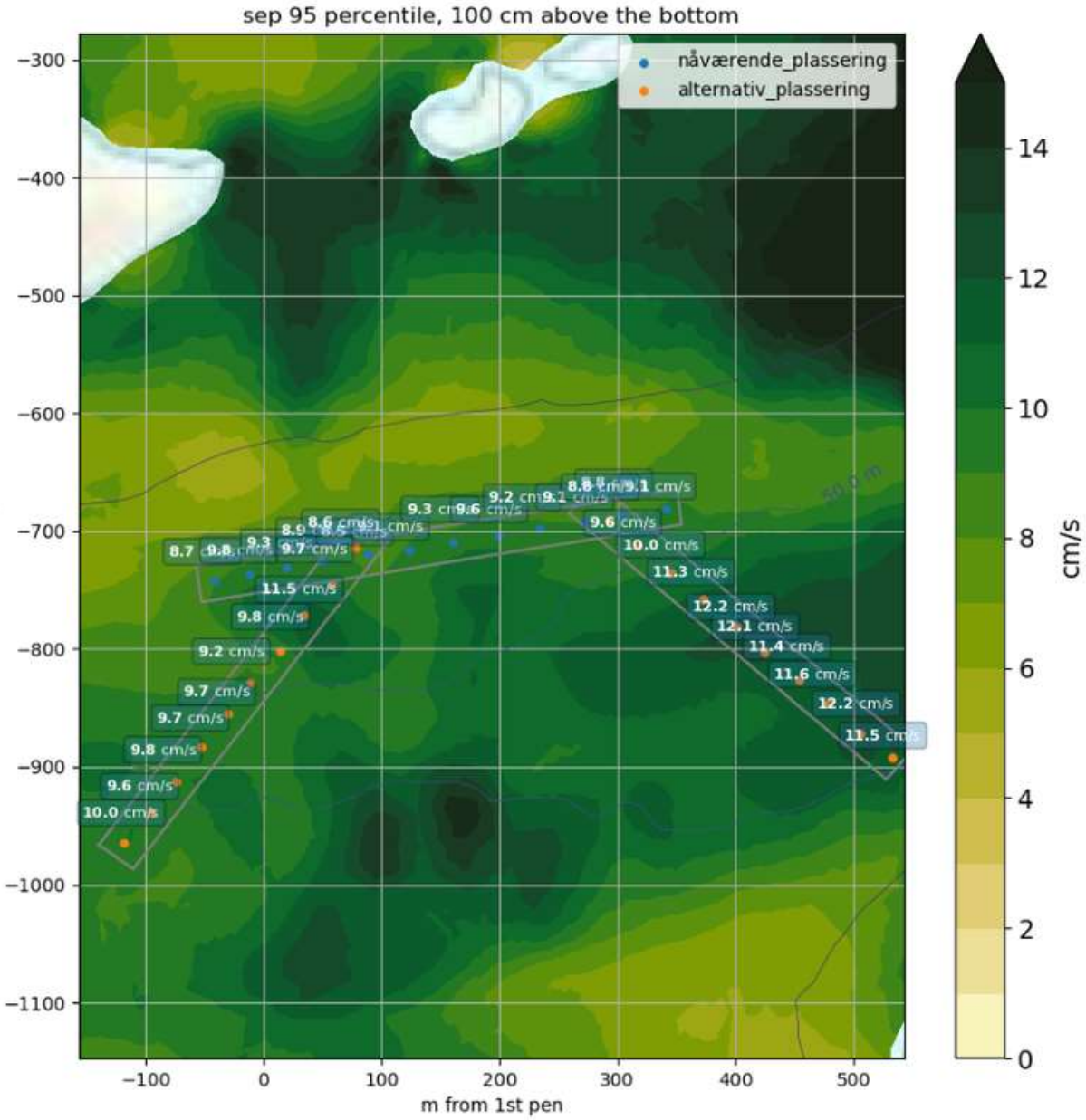
Figur 6: Bunnstrøm april, med hastighetsverdier

Det kommer klart frem at den alternative plasseringen av anlegget ligger mer gunstig til enn nåværende plassering med tanke på bunnstrømsstyrke.

4.1.2 September



Figur 7: Bunnstrøm september



Figur 8: Bunnstrøm september, med hastighetsverdier

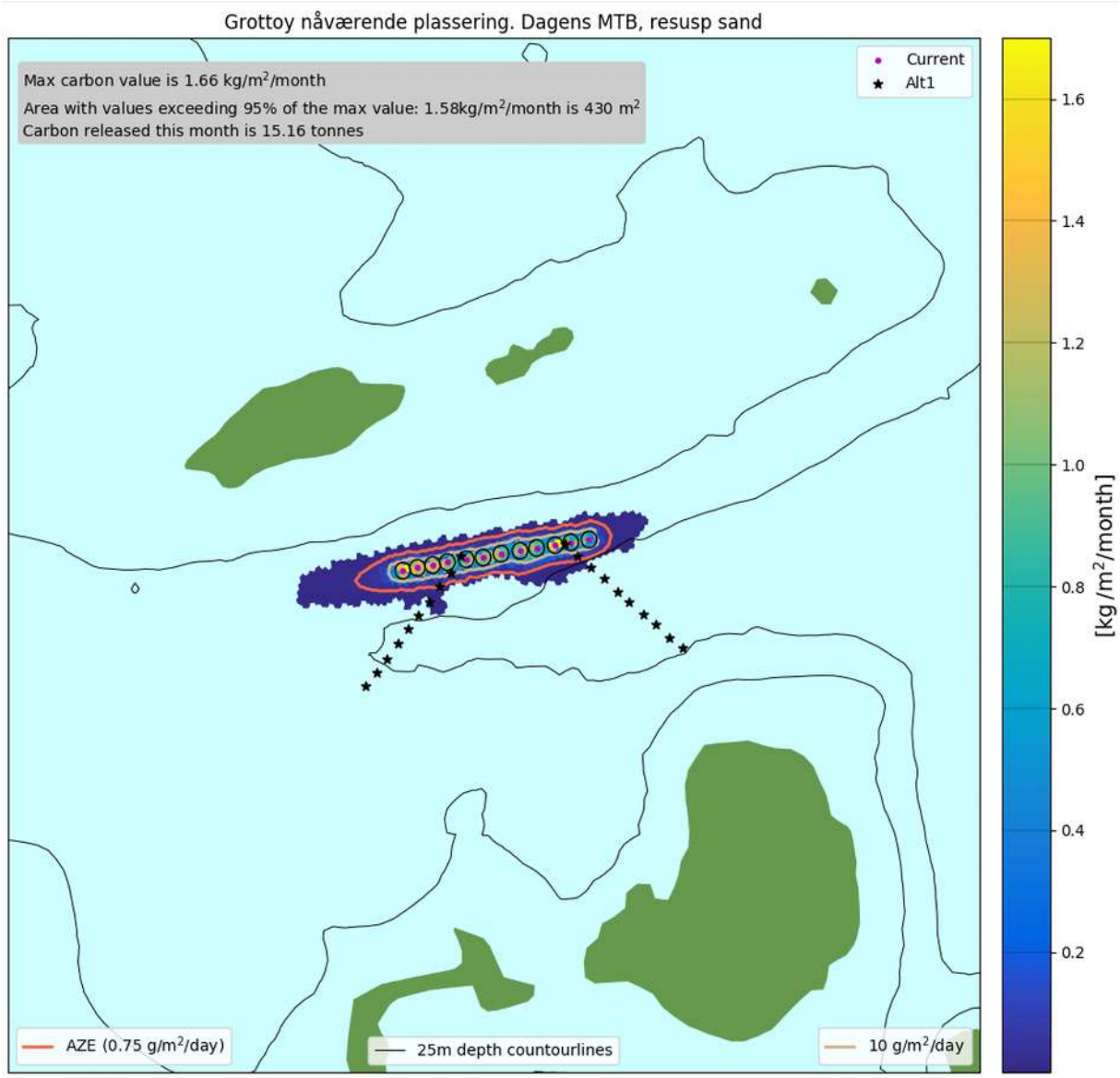
For september observerer vi det samme som for april, at det er sterkere bunnstrøm under den alternative plasseringen.

4.2 Sedimentering

Etter en analyse av statistikk for utforing og utslaktning vi har fått for produksjonssyklusen, viser det seg at august var den måneden med høyest utforing i løpet av perioden. Det er altså august måned vi har modellert med sedimentmengde tilsvarende det reelle utslippe fra anlegget den måneden.

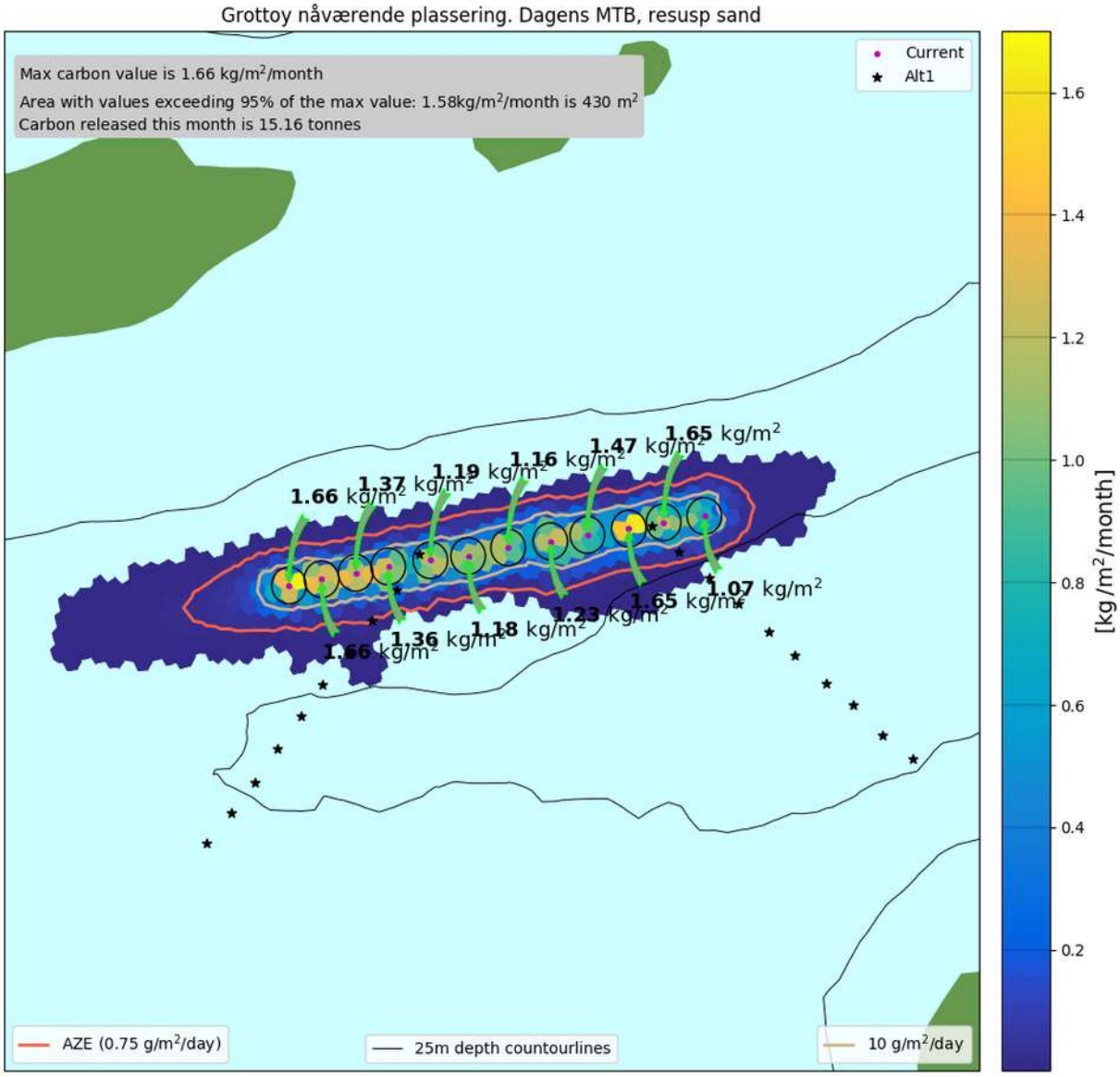
4.2.1 Nåværende plassering

Først ser vi på nåværende plasserings karbontrykk, som er en rekke på 12 merder som ligger ganske så øst-vest orientert.



Figur 9: Karbontrykk maks måned for nåværende plassering

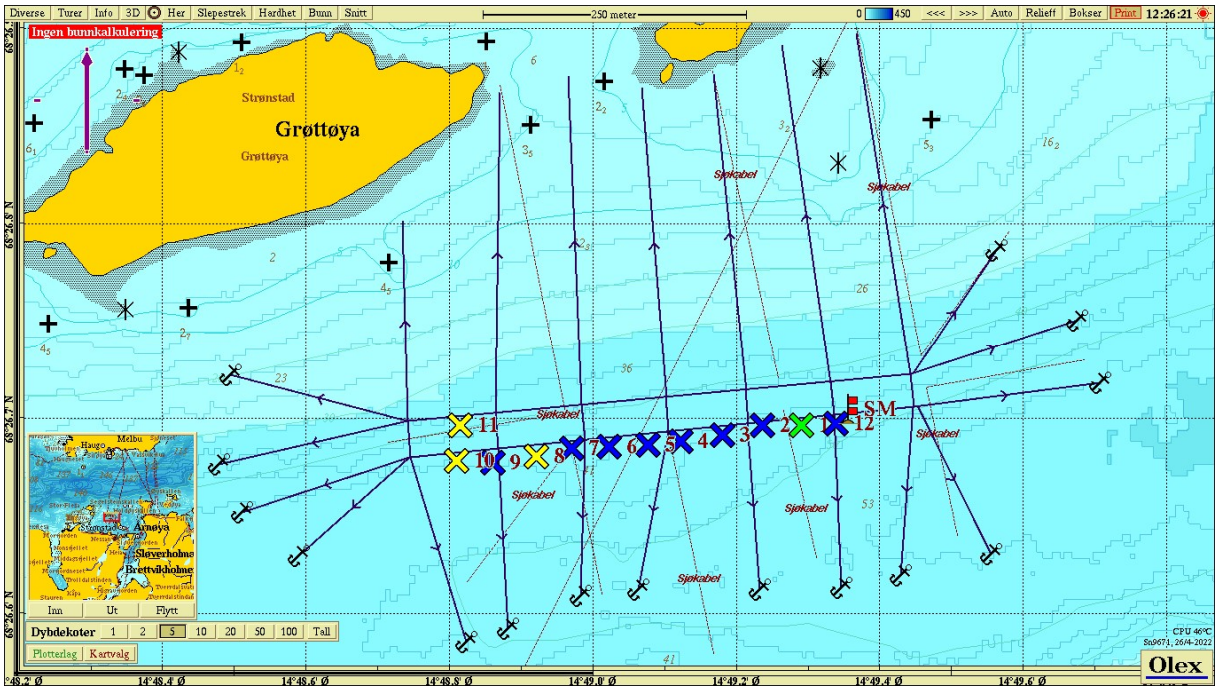
For å få konkrete karbonverdier underanlegget kan Figur 10 studeres:



Figur 10: Karbonverdier under merdene for nåværende plassering

Tallene for hver merd indikerer karbonmengde etter en måned. Maksverdien er i vest-enden av anlegget, og er på 1.66 kg/m^2, men i nærheten av øst-enden er det verdier i nesten samme størrelse å oppdrive.

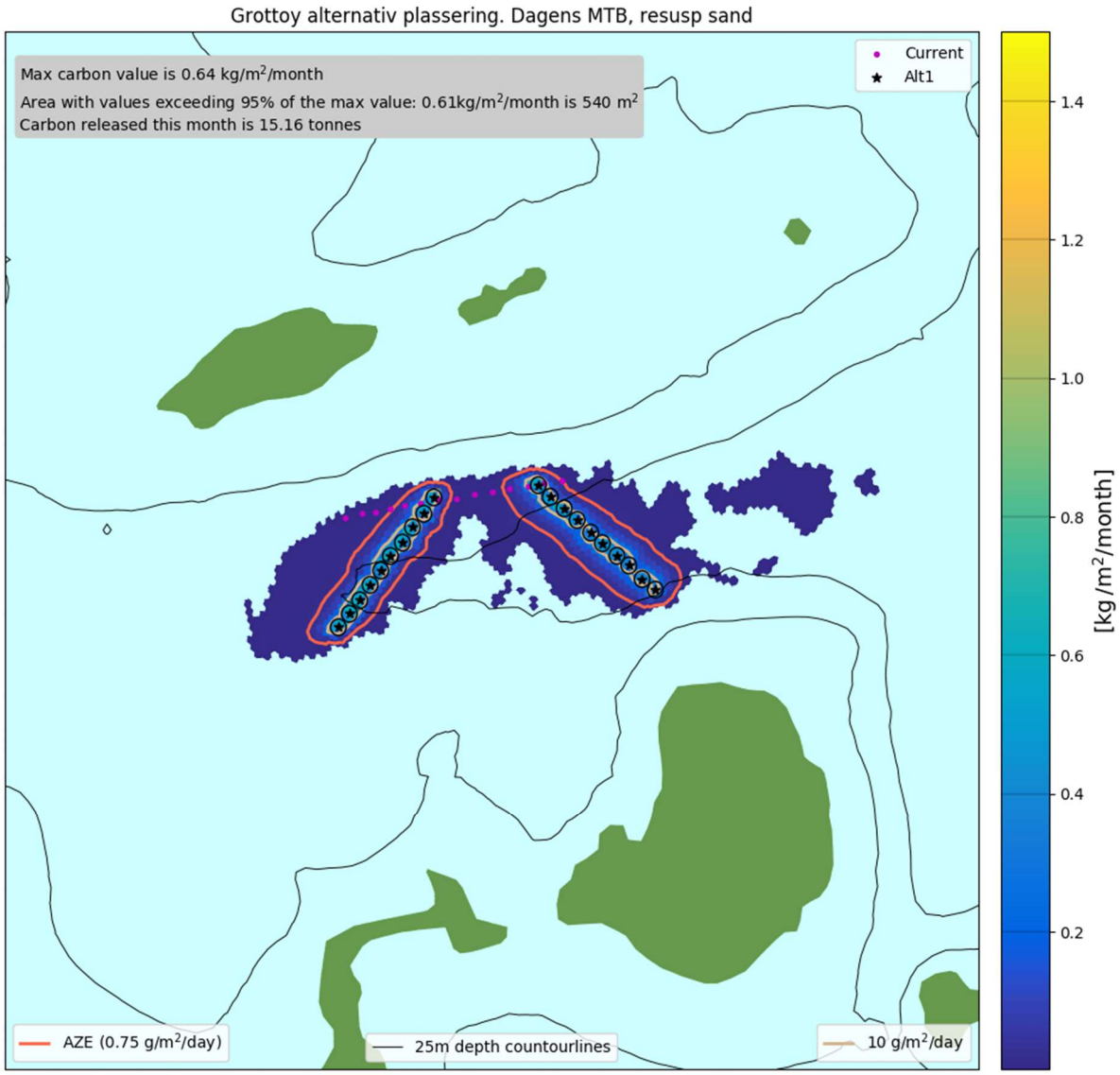
Hvis vi sammenligner resultatene med resultatene fra siste B-undersøkelse indikerer de det samme: det er størst belastning i østlig og vestlig ende av anlegget (se Figur 11)



Figur 11 Stasjonsoversikt. B-undersøkelse ved maksimal organisk belastning, Grøttøy, april 2022. Prøvetakingsstasjonene er tegnet inn med fargekode som beskriver tilstand iht NS 9410:2016 (1 = blå, 2 = grønn, 3 = gul, 4 = rød). Strømrose (til høyre) viser retning av vanntransport ved spredningsdyp på lokaliteten (Hermansen, 2021). Rødt flagg viser plassering av strømmåler.

4.2.2 Alternativ plassering

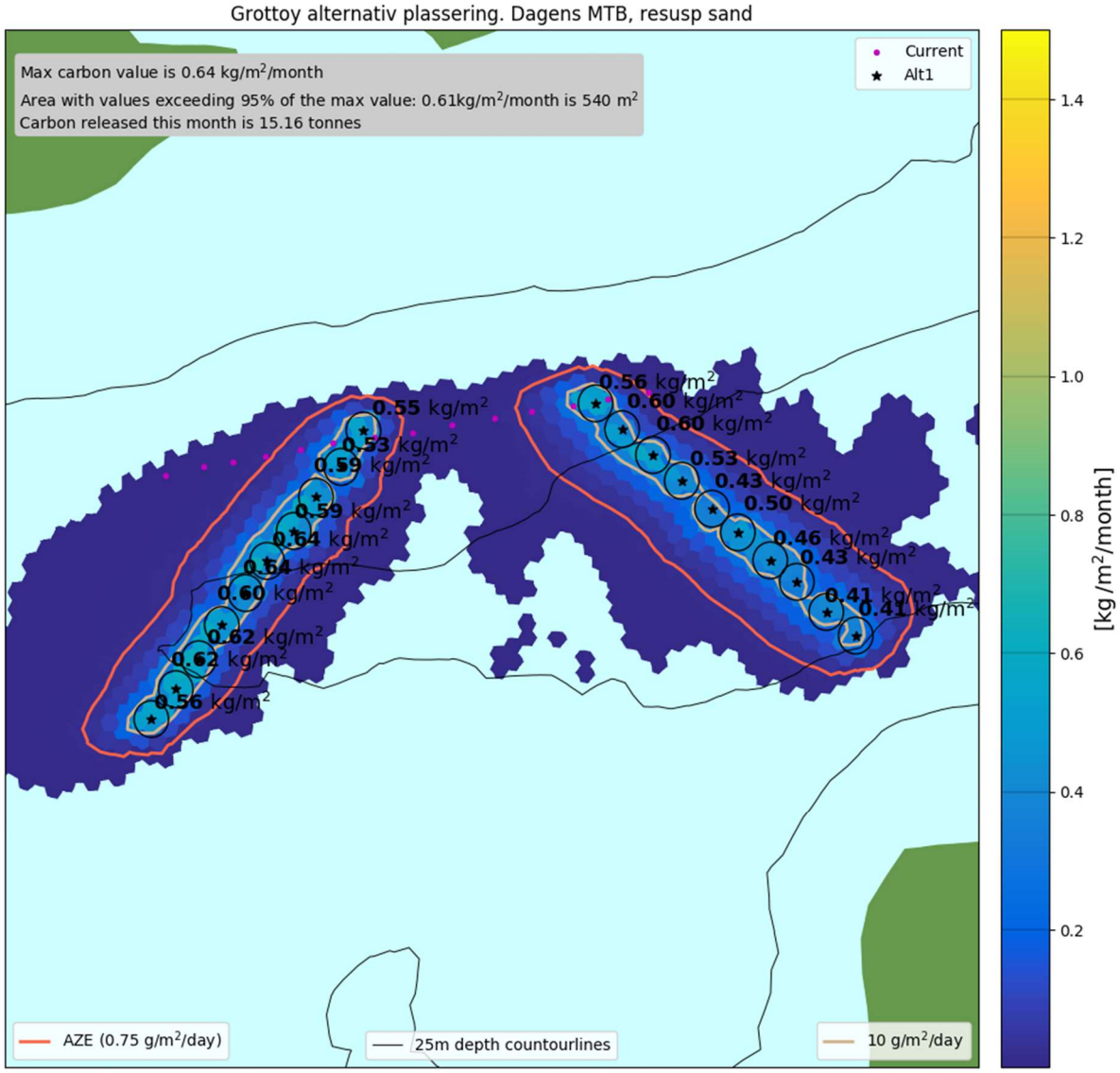
For den alternative plasseringen for anlegget er det tenkt en helt annen konfigurasjon, men 2 rekker på 10 merder hver, som fint kan sees i Figur 5. Denne figuren viser også at det en anelse sterkere strøm for den alternative plasseringen. Dette, sammen med at det i tillegg er litt dypere for de fleste av merdene for denne alternative plasseringen som vist i Figur 4 gir god grunn til å forvente lavere karbontrykk for denne plasseringen. At utslippet er fordelt på 20 merder i stedet for 12 som ved nåværende plassering er også en fordel.



Figur 12: Karbontrykk alternativ plassering

Maks karbon vi finner under den nye plasseringen er kun 0.64 kg/m² etter en måned. Dette er mer enn en halvering av maks karbon for nåværende plassering. AZE sonen for hver av de to radene er ganske sammenlignbar som for nåværende plassering, så til sammen danner de to separate merde-rekkene et større areal for AZE sone.

I Figur 13 ser man verdien under hver merd.



Figur 13: Karbonverdi under merdene for alternativ plassering.

5 Konklusjon

Både bunnstrøm og sedimentering er analysert for lokaliteten Grøttøy, med en tilleggs-studie av en alternativ plassering av lokaliteten, som delvis overlapper dagens plassering.

Erfaring fra siste B undersøkelser viser at lokaliteten jevnt over har god tilstand, og at områdene i den østlige og vestlige enden av anlegget har påvist belastning. Dette stemmer godt over ens med sedimentanalysene.

Ved å flytte produksjonen til ny plassering (alternativ 1) vil totalt areal som AZE sonen omfatter øke, men maks verdi for karbonmengde på havbunnen vil synke merkbart, med over 50% i forhold til dagens plassering, som igjen vil gi en forventet øket bæreevne for lokaliteten.

6 Referanser

Bannister R, J. I. (2016). Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlatic salmon aquaculture in fjord systems. *ICES Journal of Marine Science 73*, 2408-2419.

Bruggeman J, B. K. (2014). A general framework for aquatic biogeochemical models. *Environmental modelling and software vol 61*, 249-265.

Chen, C. H. (2003). An unstructured grid, finite-volume, three-dimensional, primitive equations ocean model: application to coastal ocean and estuaries. *Journal of atmospheric and oceanic technology 20.1*, 159-186.

Hargrave B T, H. M. (2008). 2008. *Marine Polution Bulletin 56*, 810-824.

Keeley N B, C. C. (2013). Predictive depositional modelling (DEPOMOD) of the interactive effect of current flow and resuspension on ecological impacts beneath salmon farms. *Aquaculture Environmentals Interactions Vol 3*, 275-291.

Law, B. H. (2016). Erodibility of aquaculture waste from different bottom substrates. *Aquacult. Environ. Interact*, 575–584.

Law, B., Hill, P., Milligan, T., & Zions, V. (2016). Erodibility of aquaculture waste from different bottom substrates. *Aquacult. Environ. Interact.*, 575–584.

Thorpe, S. A. (2007). An introduction to ocean turbulence. I S. A. Thorpe, *An introduction to ocean turbulence.* (ss. 85-86). Cambridge: Cambridge University Press.