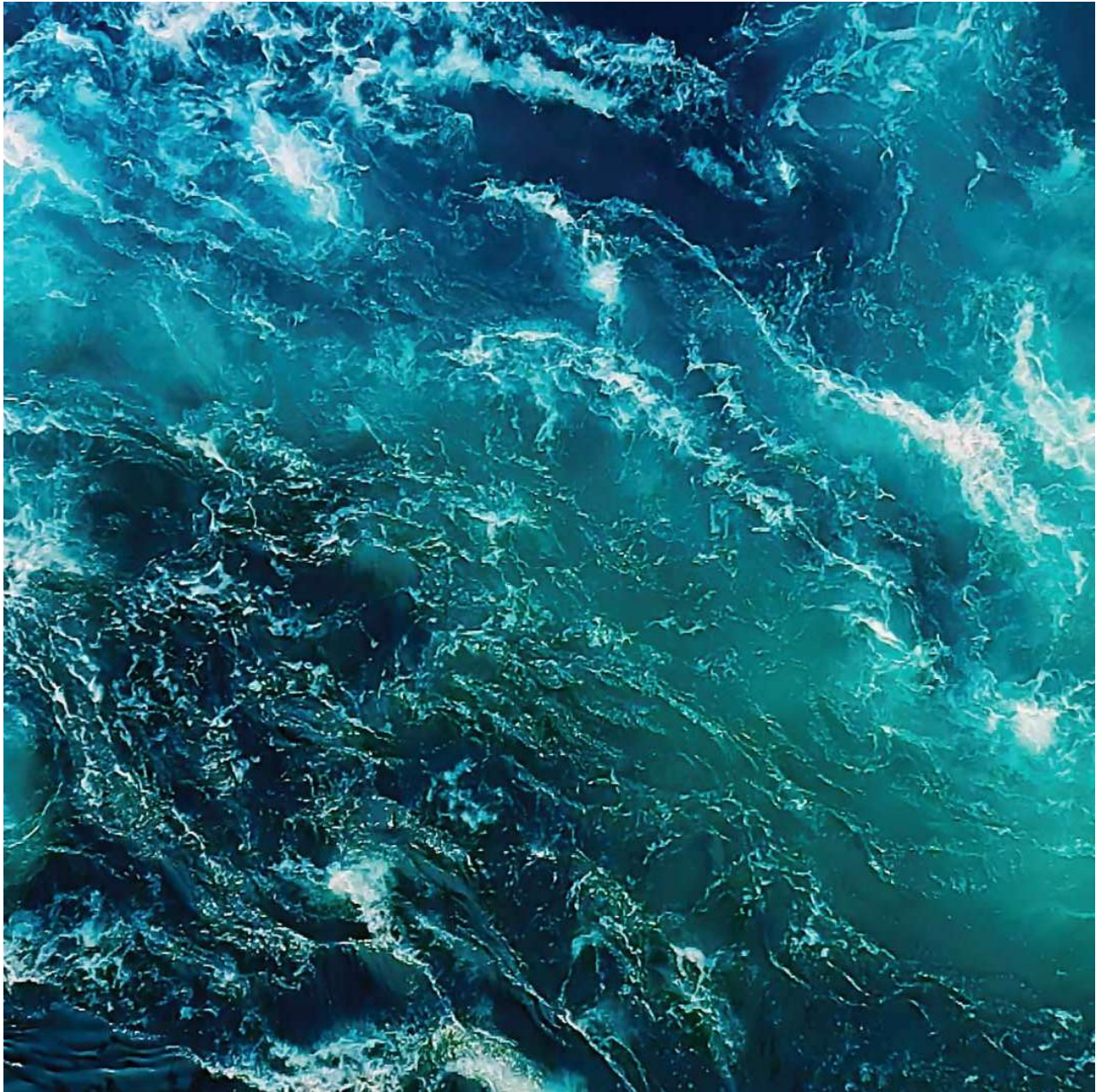


Bunnstrøms- og bæreevneanalyse 26615 Haug

Akvaplan-niva AS Rapport: 62800, 64906.01



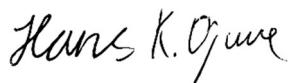
Bunnstrøms- og bæreevneanalyse 26615 Haug

Forfatter(e)	Hans Kristian Djuve,
Dato	08.05.2023
Rapport nr.	62800, 64906.01
Antall sider	14
Distribusjon	Gjennom kunden
Kunde	Nordlaks Havbruk AS
Kontaktperson	Remi Mathisen

Sammendrag

Det er gjennomført bunnstrømsanalyse og optimaliseringsmodellering ved lokalitet Haug med hensikt om å finne en anleggskonfigurasjon og plassering som gir bedre bæreevne for lokaliteten. Analysene viser at endret plassering og konfigurasjon reduserer karbontrykket under hver av merdene, noe som gir økt bæreevne for lokaliteten.s

Godkjenninger


Prosjektleder

Kvalitetssikring


Kvalitetskontroll rapport

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING.....	4
2	MODELL OG METODE	5
2.1	Strømningsmodell.....	5
2.2	Sedimenteringsmodellering	5
2.2.1	Inngangsdata fra produksjon av laks.....	6
3	RESULTAT	8
3.1	Bunnstrøm.....	8
3.2	Sedimentering Haug nåværende plassering.....	9
3.3	Sedimentering Haug ny plassering.....	10
4	SAMMENDRAG	13
5	REFERANSER.....	14

1 Innledning

Tidlig i 2021 ble det utført en bunnstrømsmodellering for lokaliteten Haug i Kvæfjord kommune, hvor flere alternative anleggsplasseringer ble skissert inn. Nå, etter forespørsel fra Remi Mathisen i Nordlaks har vi blitt bedt om å gjøre sedimenteringsmodellering på dagens- og en alternativ plassering.

2 Modell og metode

2.1 Strømningsmodell

Vi har benyttet The Finite Volume Community Ocean Model (FVCOM), utviklet ved Scripps Institution of Oceanography og University of Massachusetts-Dartmouth (Chen, 2013). Modellen løser Newtons bevegelsesligninger på et ustrukturert gitter, som betyr at detaljgraden i simuleringen kan økes der det er behov for det. I våre anvendelser av modellen øker vi gjerne detaljgraden i nærfeltet til oppdrettsanlegg og i områder med kompleks topografi. Detaljgraden kommer som følge av gitterets oppløsning. En oppløsning på 100 m betyr at vi får informasjon om temperatur, saltholdighet og spredning hver 100 m horisontalt.

I dette oppdraget har vi brukt ca. 15 m oppløsning i de delene av modellområdet som er aktuelle for plassering av oppdrettsanlegg. Oppløsningen er ca. 100-200 m ellers i domenet. I hvert punkt har vi beregnet verdiene til variablene i 34 lag vertikalt.

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

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har delt elveavrenningsdata med oss, mens atmosfære-inngangsdata henter vi fra Meteorologisk institutt sin modell MetCoOp. For randen av modellen hentes data fra vår egen FVCOM-kjøring som dekker hele Nordland.

Bunntopografien er hentet fra Norges Kartverks offentlige database, som er lagret med 50 m avstand. Vi har av tekniske grunner glattet batymetrien noe. Vi modellerte sirkulasjonen i modellområdet for september 2018, da september er måneden med størst utforing. En modellering med strømndata for 2023 ville gitt andre resultater i øyeblikksbilder, men erfaring tilsier at strømstatistikken er representativ for hvilket som helst år. Det vil si at selv om bunnstrømmen i 2018 ikke er lik den i 2023, så er styrken på strømmen sammenlignbar fra år til år, og konklusjonen man trekker av en analyse for 2018 vil også holde for 2023.

2.2 Sedimenteringsmodellering

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 (resuspensjon). Denne turbulensstyrken er avhengig av bunnstrømsstyrken.

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 avføring fra fisk og fôrspill bruker vi FVCOM sammen med en sedimenteringsmodell som er formulert i FABM (Bruggeman J, 2014). Sedimenteringsmodellen tar utgangspunkt i et arbeid av (Bannister, 2016). De fant synkehastigheter til avføring og fôrspill fra forsøk i en tank. Avfallet ble 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, 2016).

For resuspensjonsmodellen kan man i grove trekk si at organisk materiale 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 8 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 5 andre representerer fekalier (avføring) (se Tabell 1). Synkehastighetene er hentet fra forsøkene beskrevet i (Bannister, 2016).

I en produksjonssyklus vil fiskens størrelse og derved også utslippenes egenskaper endre seg. Fiskefôr som går direkte til bunnen under anlegget har et annet karboninnhold enn fekalier. Karboninnhold i fôr er beregnet til å være 57 % (Brooks K. , 2000) (Brooks K. M., 2003). Fôrspill er satt til 2% av utfôring. Andel karbon i fekaliene er beregnet til 2,67% av utfôring (Brooks K. , 2000) (Brooks K. M., 2003).

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

		fekalie	fekalie	fekalie	fekalie	fekalie	fekalie	fôr	Fôr
Sporstoff nr.		1	2	3	4	5	6	7	8
Synkehastighet (cm/s)		0,25	0,75	1,25	2	3,75	7,5	8,8	12
fiskens vekt	1-600g	5 %	3 %	3 %	4 %	21 %	64 %	100 %	0 %
	- 1500g	5 %	3 %	3 %	2 %	9 %	78 %	0 %	100 %
>	1500g	7 %	2 %	3 %	2 %	27 %	59 %	0 %	100 %

2.2.1 Inngangsdata fra produksjon av laks

Produksjonsdata for en produksjonssyklus ble innhentet fra oppdragsgiver om utsett, utslakting, fiskebeholdningens antall, snittvekst og utfôring. Det er primært mengden biologisk tilgjengelig organisk karbon fra oppdrett som fører til økologiske endringer i bunnsstrat under og ved anleggene (Hargrave B T, 2008). Tidligere studie (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 kan da vurderes opp mot resultater fra B-undersøkelser (NS9410:2016) som også utføres rundt maksimal biomasse.

En matrise for karbonutslipp for hvert sporstoff for den måneden med størst utfôring blir regnet ut for lokaliteten. Akkumulert avsetning av alle sporstoffer i hver av bunncellene i modelldomenet for de aktuelle månedene med størst produksjon av laks blir modellert, og sedimentering av karbon blir beregnet ved å multiplisere mengde karbon i hvert sporstoff med

prosentvis avsetning av sporstoff i hver bunncelle. Ved å midle disse verdien over antall dager

med utfôring blir karbonavsetning i gram karbon per dag funnet.

Resultatene blir vist i fargekoder i geografiske kart med karbonavsetning per dag i hver bunncelle. APN har også beregnet størrelsen av areal under og rundt oppdrettsanlegg som er påvirket, samt mengde daglig karbonutslipp til disse arealene. Dette uttrykkes med 10-grams isolinje i den grafiske framstillingen, der tilførselen er større enn 10 gram karbon innenfor denne linjen.

I denne analysen er produksjonsplanen for lokaliteten ved navn Haug G15 brukt. Total formengde brukt var på rett over 5000 tonn, og måneden med størst utforing var september, som er måneden vi har kjørt i denne sedimenteringsmodelleringsanalysen.

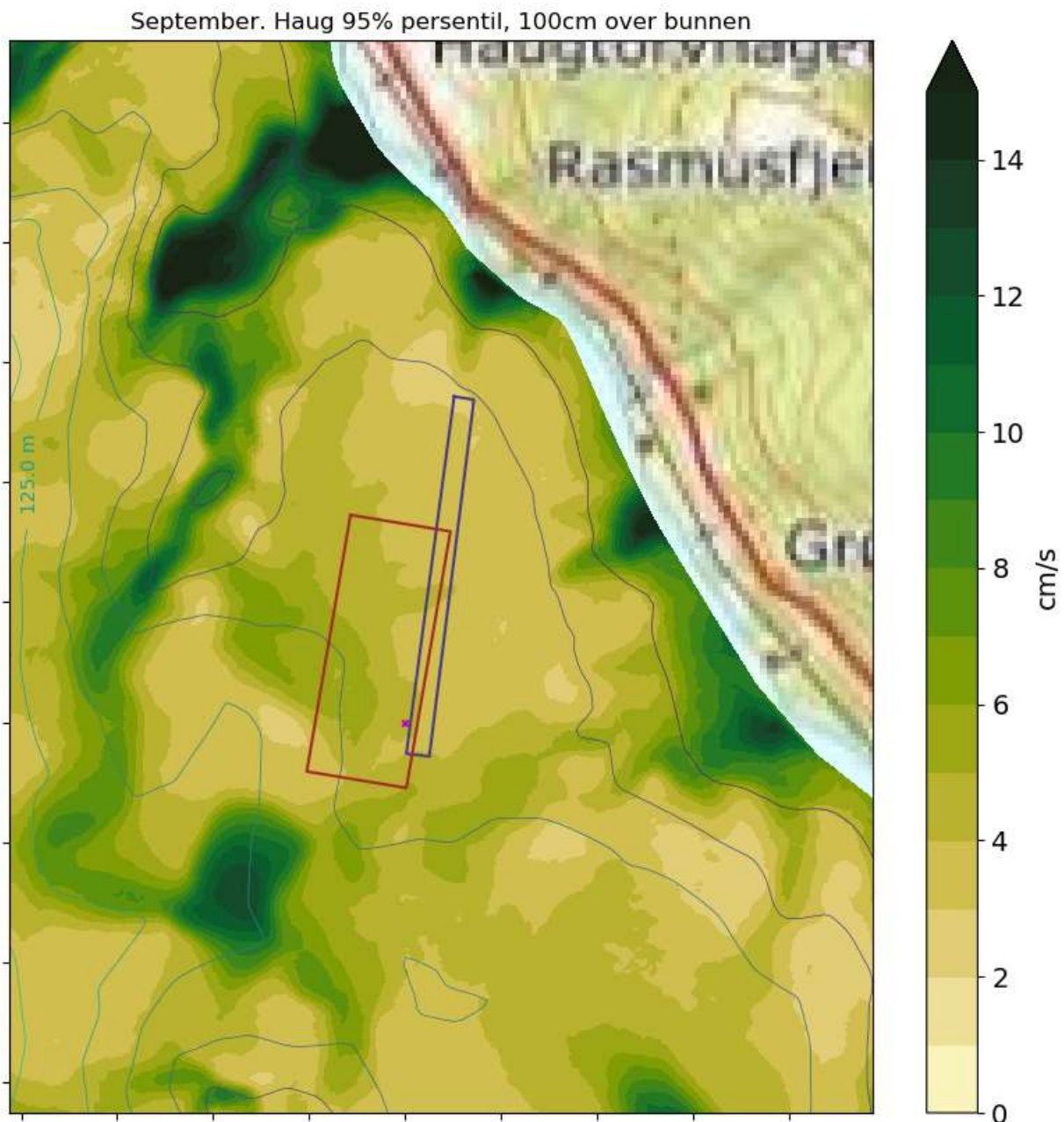
3 Resultat

3.1 Bunnstrøm

Bunnstrømmen for lokalitetens nye plassering er godt vist i Figur 1 under, som ble laget etter forespørsel fra kunden like før vi fikk dette sedimenteringsoppdraget.

Buret som er skissert inn, er en tenkt ny konfigurasjon for lokaliteten. Det som vises, er 95% percentilen for strømmen en meter over bunn for september.

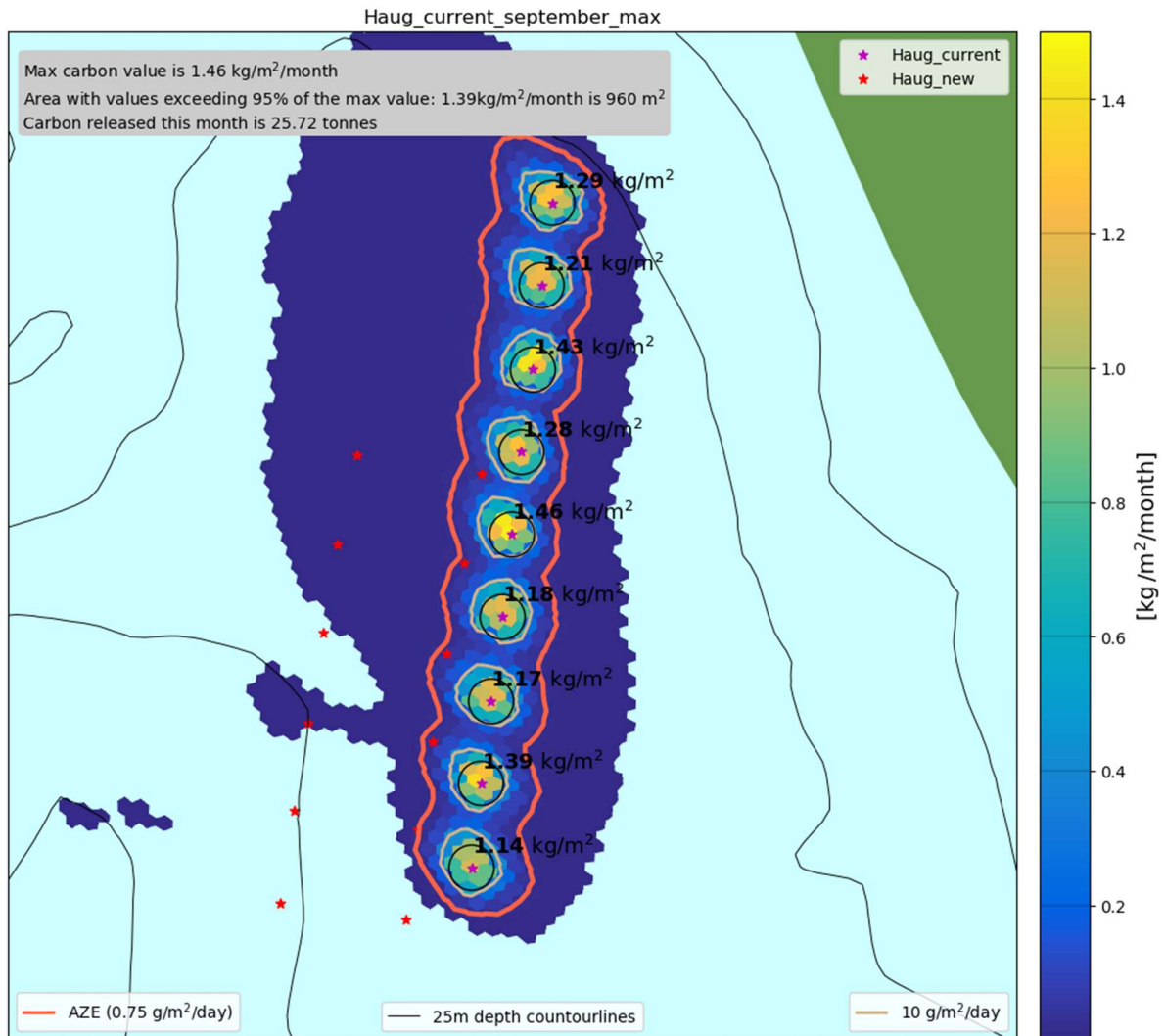
Det 95% percentilen forteller oss er at ved 5 % av tiden er strømmen like sterk, eller sterkere enn verdien vist, mens 95% av tiden er styrken på strømmen lavere.



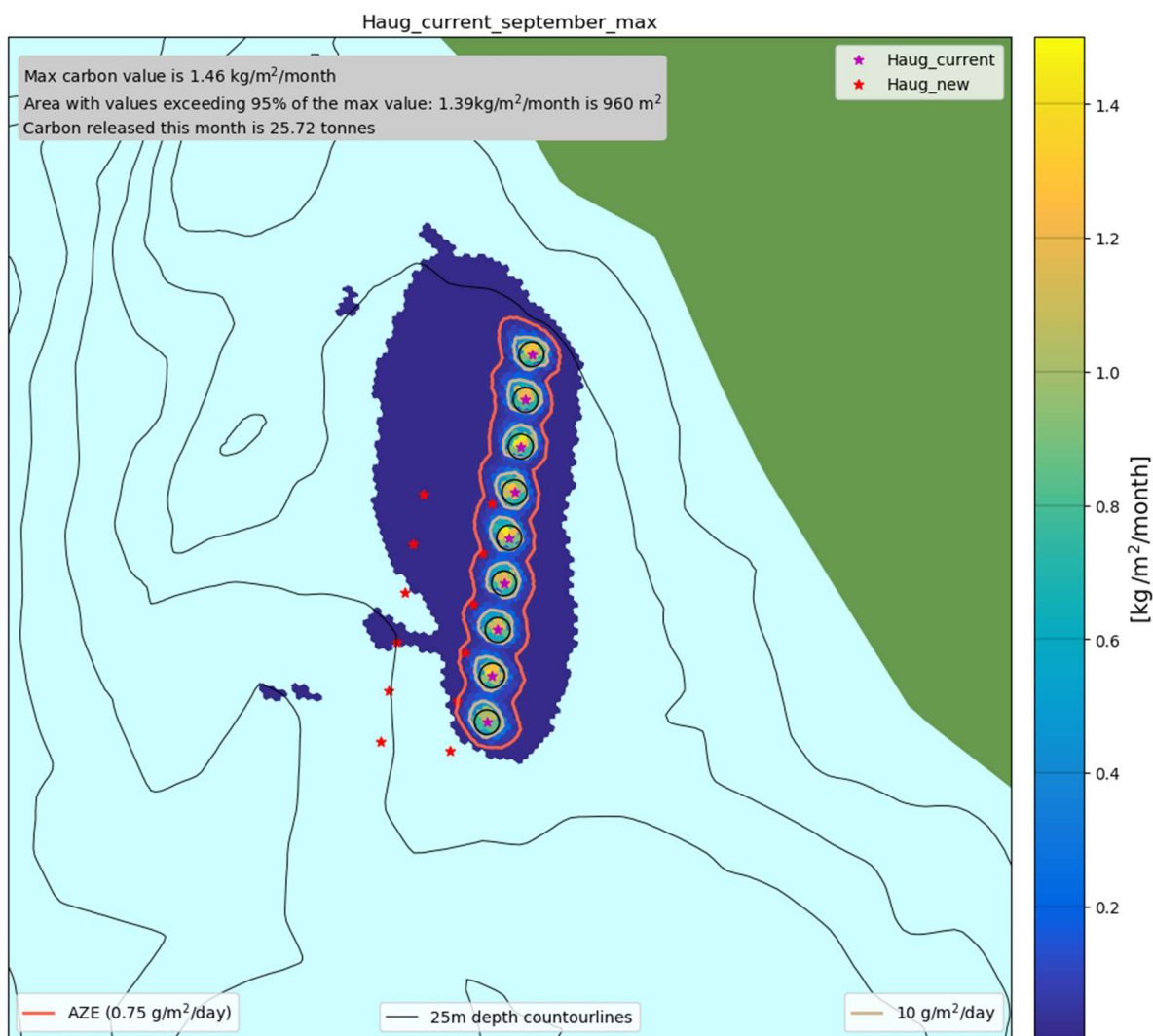
Figur 1: Bunnstrømmen ved lokaliteten Haug. Rammen i rødt illustrerer tenkt ny konfigurasjon for lokaliteten. Rammen i blått er dagens plassering

3.2 Sedimentering Haug nåværende plassering

Først simuleres spredningen fra dagens plassering for lokaliteten. Karbontrykket vises under i Figur 2. AZE (Allowable Zone of Effect) er markert med lyserød iso-linje, 10g iso-linje er markert med grå linje. Den nye konfigureringen er tegnet inn med røde stjerner, som markerer midtpunkt i hver merd.



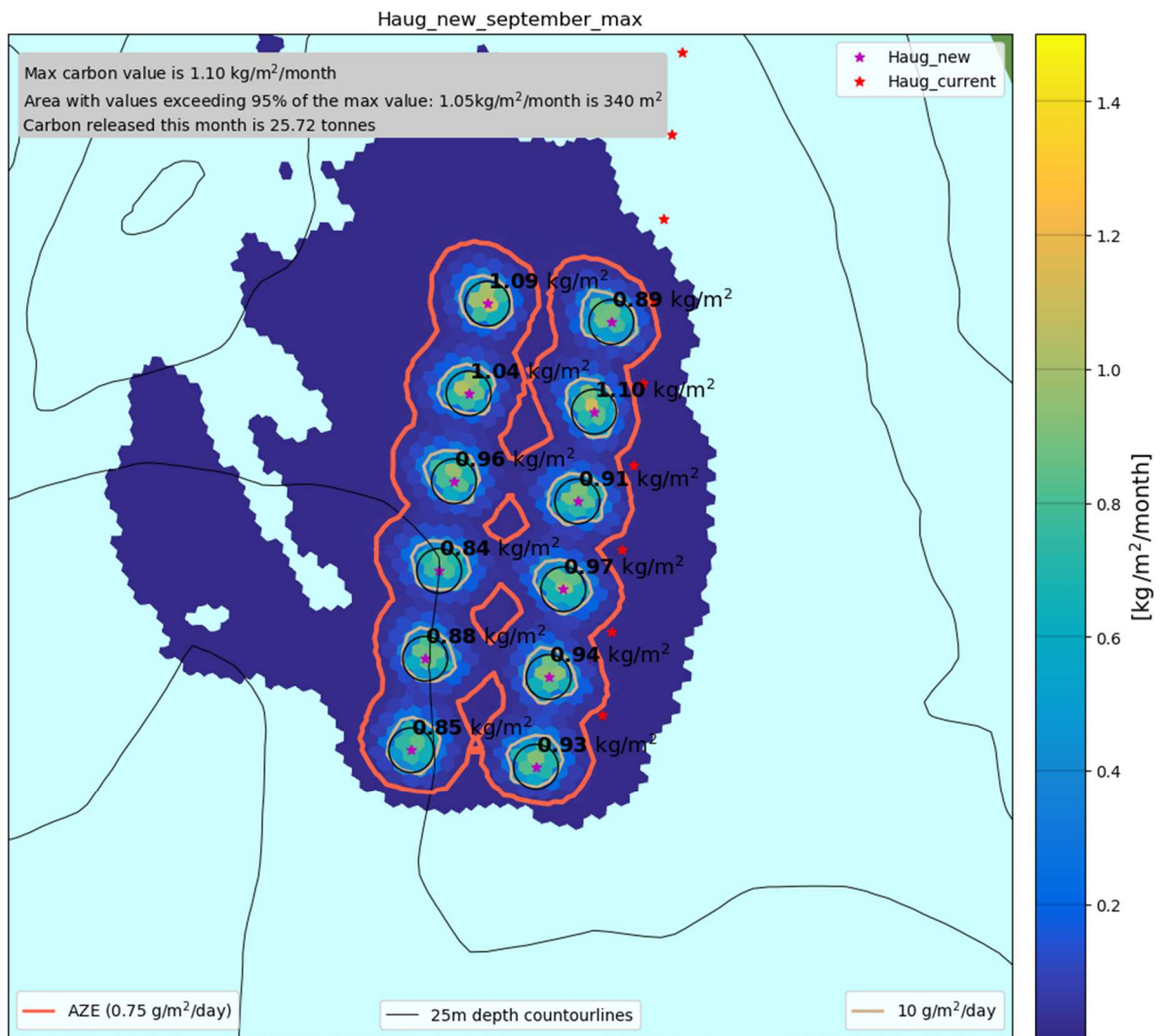
Figur 2: Karbontrykk ved Haug nåværende plassering



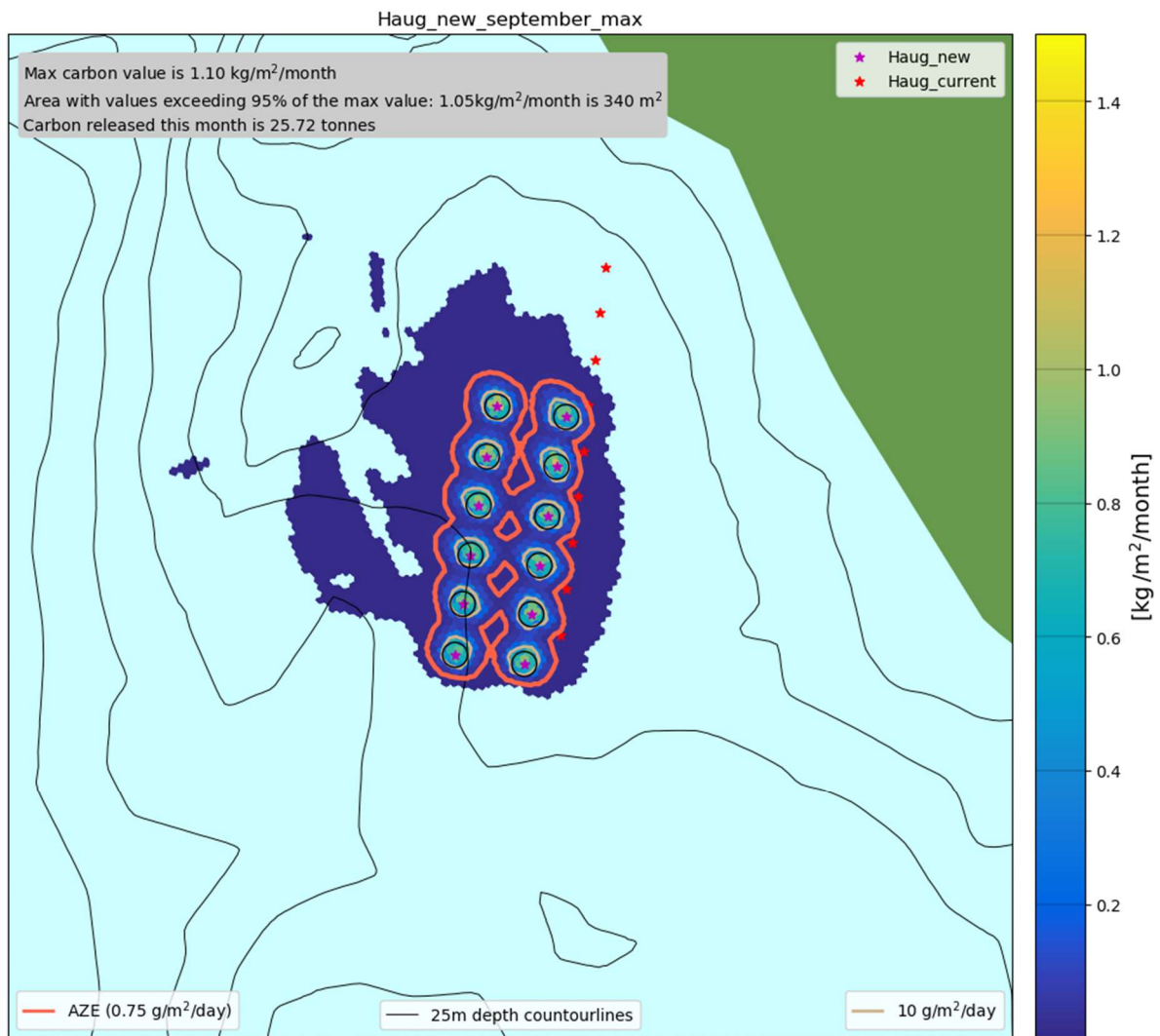
Figur 3: Karbontrykk ved Haug nåværende plassering. Oversiktsbilde

3.3 Sedimentering Haug ny plassering

Nordlaks ønsket å se hvordan karbontrykket endres om de tester ut en annen konfigurasjon, og resultatet fra denne er vist under i Figur 4. Her markere røde stjerner hvor nåværende plassering av anlegget er. Max karbontrykk går ned fra 1.46 kg karbon/m²/måned til 1.1 kg karbon/m²/måned, som er en reduksjon på ca 33%. Antall bur på ny plassering er 12 bur, mot 9 bur på gammel plassering. Det vil si en økning av antall bur på ca 33%. Basert på dette ser ikke plasseringsendringen ut til å ha stor innvirkning på differansen av spredning mellom alternativene, da reduksjonen i maks karbontrykk ser ut til å kun skyldes økning av bur.



Figur 4: Karbontrykk ved Haug ny plassering



Figur 5: Karbontrykk ved Haug ny plassering. Oversiktsbilde

4 Sammendrag

Det har blitt modellert karbonutslipp for to forskjellige anleggskonfigurasjoner for lokaliteten Haug, for september måned, som er måneden med mest utforing i løpet av produksjonssyklusen.

Dagens plassering, med 9 bur, resulterer i en maks karbonverdi på 1.46 kg karbon/m²/måned.

Tenkt ny plassering, med 12 bur, resulterer i en maks karbonverdi på 1.1 kg karbon/m²/måned.

Med en økning av antall bur på ca 33%, og en reduksjon av karbon fra dagens til ny plassering på 25%. En nedgang på karbontrykk på 25% er en vesentlig forbedring, og fra Figur 1 ser man at ny plassering er både litt dypere enn gammen plassering, og at det er litt bedre bunnstrøm, som begge deler er positivt for å redusere høye konsentrasjoner av karbon på havbunnen.

Ser vi på snittet av maksverdiene funnet under hver merd, er den 1.2833 kg karbon/m²/måned for dagens plassering, og 0.95 kg karbon/m²/måned for ny plassering, som er en reduksjon på 35%. En annen positiv faktor med ny plassering er størrelsen på arealet som er innenfor 95% percentilen av karbonmengden. Dette arealet er ca tre ganger mindre ved ny plassering enn ved gammel plassering, som grå tekstboks i hjørnet i Figur 2 og Figur 4 også viser til.

5 Referanser

- Bannister, R. J. (2016). Near-and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. *ICES Journal of marine Science*, 2408-2419.
- Brooks, K. (2000). Salmon farm benthic and shellfish effects study 1996-1997. *Aquatic Environmental Sciences*.
- Brooks, K. M. (2003). Interactions of Atlantic salmon in the Pacific northwest environment: II. Organic wastes. *Fisheries Research* 62, 255-293.
- Bruggeman J, B. K. (2014). A general framework for aquatic biogeochemical models. *Environmental modelling and software vol 61*, 249-265.
- Chen, C. H. (2013). 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 Pollution 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., Hill, P., Milligan, T., & Zions, V. (2016). Erodibility of aquaculture waste from different bottom substrates. *Aquacult. Environ. Interact.*, 575–584.