

Sedimenteringsmodellering Fornes

Akvaplan-niva AS Rapport: 2023 65375.02



Sedimenteringsmodellering Fornes

Forfatter(e) Michael Bedington, Magnus Drivdal

Dato

Rapport nr. 2023 65375.02

Antall sider 18

Distribusjon Gjennom kunden

Kunde Nordlaks Havbruk AS

Kontaktperson Remi Mathisen

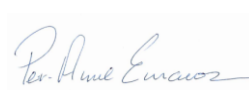
Sammendrag

Det er gjennomført sedimenteringsmodellering for lokaliteten 16939 Fornes. Det er simulert for to alternative plasseringer av anlegget: 1) Dagens plassering med 8 bur i en rekke og 2) En dreining av anlegget med ytterkant mer mot nord og 12 bur i 2 rekker. Ved dagens plassering er det simulert både med utfôring fra siste produksjonssyklus og med en 30% oppskalert produksjon. Ved alternativ plassering er det simulert med samme oppskalering. Resultatene viser at maksimal avsetningsrate er lavere ved alternativ plassering og oppskalert produksjon enn ved nåværende plassering. Dette gjelder når man sammenligner med nåværende plassering både med og uten oppskalering, og reduksjon i maksimal avsetningsrate er på hhv. ca. 33% og 10%.

Godkjenninger



Prosjektleder
Michael Bedington



Kvalitetskontroll rapport
Per-Arne Emaus

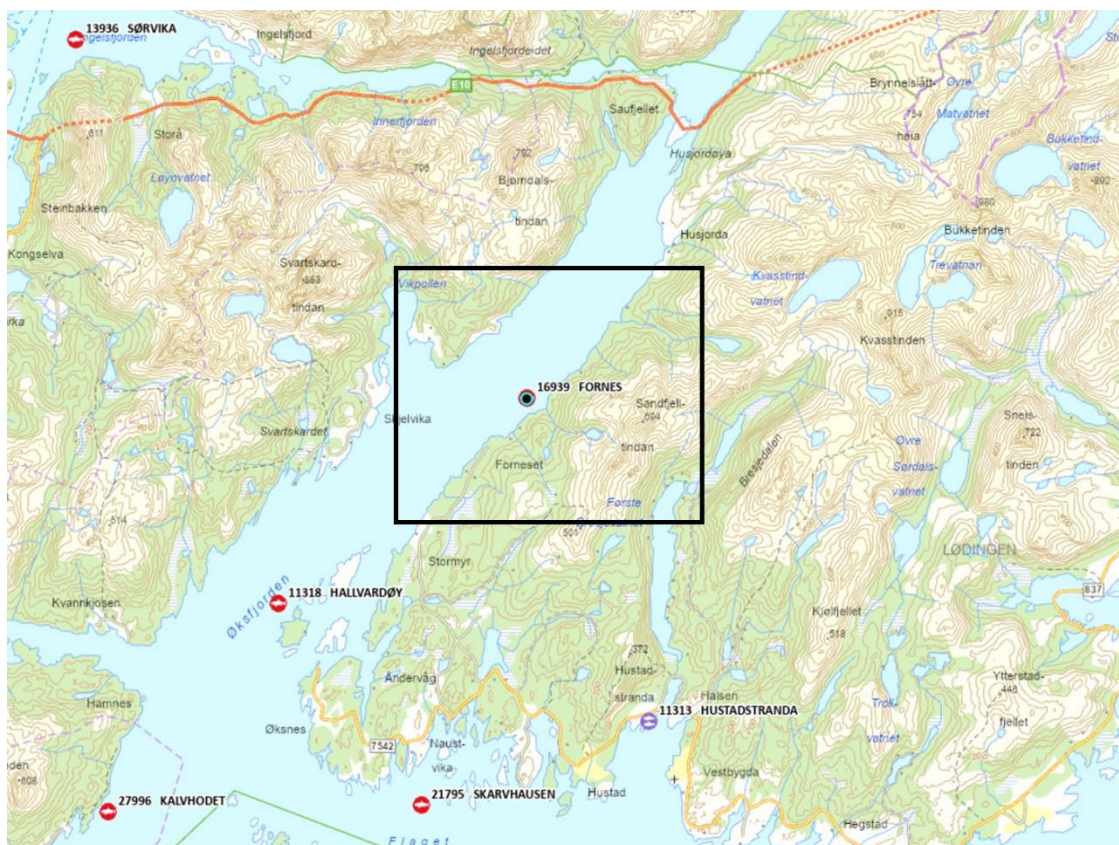
Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING.....	4
2	MODELLBESKRIVELSE.....	5
2.1	Strømmodell	5
2.2	Sedimenteringsmodellering	5
2.2.1	Inngangsdata for produksjon av laks.....	6
3	RESULTATER.....	8
3.1	Oversikt over plassering av anlegg og bunnhastighet.....	8
3.2	Sedimentering nåværende plassering og produksjon.....	9
3.3	Sedimentering nåværende plassering med oppskalert produksjon	11
3.4	Sedimentering alternativ plassering med oppskalert produksjon.....	13
4	OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	17
5	REFERANSELISTE	18

1 Innledning

Lokaliteten 16939 Fornes ligger i Øksfjorden i Lødingen kommune, Nordland (Figur 1). Ved denne lokaliteten er det relativt dypt, og den nåværende rekken med bur strekker seg over en renne med dyp på rundt 120m dyp fra midten av burrekken mens det er grunnere (ca. 76m) ved det innerste buret mot land. I dette prosjektet er det gjennomført modellering for sediment-avtrykket på bunnen under nåværende beliggenhet av anlegget samt en alternativ beliggenhet. For nåværende beliggenhet er det 8 bur i en rekke, mens for alternativ beliggenhet er det 12 bur i 2 rekker. Begge alternativene har en merde-omkrets på 160m.

For begge plasseringene er det simulert for produksjonsmånedene med mest utføring ved V2022 utsett (juli). For den nåværende plasseringen er det brukt samme fôrmengde som i siste produksjonssyklus (1.013.519 kg), mens for alternativ plassering er utføringen i modellen økt med 30% (1.317.575 kg). Mens økning i utføring i seg selv øker avsetningsraten og punktbelastningen under burene, vil økning av antall bur fordele massen over et større areal og dermed kompensere/avbøte for denne økningen. Modellsimuleringene gir en prediksjon på nettoeffekten av begge endringene.



Figur 1: Oversikt over området.

2 Modellbeskrivelse

2.1 Strømmodell

Vi har benyttet The Finite Volume Community Ocean Model (FVCOM), utviklet ved Scripps Institution of Oceanography og University of Massachusetts-Dartmouth (Chen m. fl., 2003). 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. Muligheten til å variere gitterets oppløsning gjør at modellen kan settes opp slik at detaljgraden er høyest der det trengs, slik som nær en komplisert kystlinje, i trange fjorder og mellom holmer og skjær. Publiserte eksempler på bruk av FVCOM i Norge kan finnes i Nøst og Børve (2021) og Børve m. fl. (2021).

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. 50-200 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.

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 turbulens-styrken er avhengig av bunnstrømhastigheten.

I de senere år har det vært rettet et stort søkelys 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 & Bolding, 2014). Sedimenteringsmodellen tar utgangspunkt i et arbeid av Bannister m. fl. (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 m. fl. (2016).

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

Utslipet 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 seks andre representerer fekalier (avføring) (se Tabell 1). Synkehastighetene er hentet fra forsøkene beskrevet i (Bannister m. fl., 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 & Mahnken, 2003). Fôrspill er satt til 2% av utfôring. Andel karbon i fekalierne er beregnet til 2,67% av utfôring (Brooks K., 2000; Brooks & Mahnken, 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	12,0
fiskens vekt	1-600g	5%	3%	3%	4%	21%	64 %	100 %	0 %
	600-1500g	5%	3%	3%	2%	9 %	78 %	0 %	100 %
	>1500g	7%	2%	3%	2%	27 %	59 %	0 %	100 %

2.2.1 Inngangsdata for produksjon av laks

Produksjonsdata for en produksjonssyklus ble innhentet fra oppdragsgiver om utsett, utslaktning, fiskebeholdningens antall, snittvekst og utfôring. Det er primært mengden biologisk tilgjengelig organisk karbon fra oppdrett som fører til økologiske endringer i bunnssubstrat under og ved anleggene (Hargrave m. fl., 2008). En tidligere studie (Keeley m. fl., 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. Dette gir et anslag for lokalitetens belastning med organisk tilgjengelig karbon ved maks produksjon. Modellresultatene kan da vurderes opp mot resultater fra B-undersøkelser (NS9410:2016) som også utføres rundt maksimal biomasse.

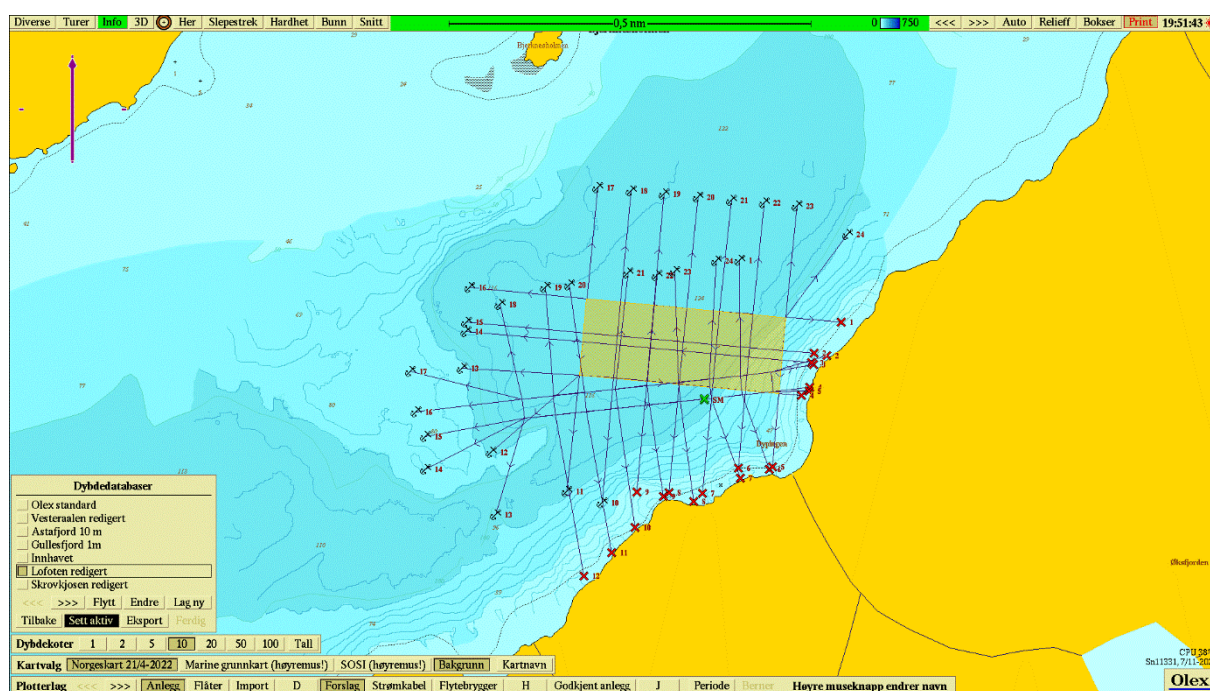
En matrise for karbonutslipp for hvert sporstoff for den måneden med størst utfôring blir regnet ut for lokaliteten. Akkumulert avsetning av alle sporstoffer i hver av bunncellene i modelldomenet for de aktuelle månedene med størst produksjon av laks blir modellert, og sedimentering av karbon blir beregnet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

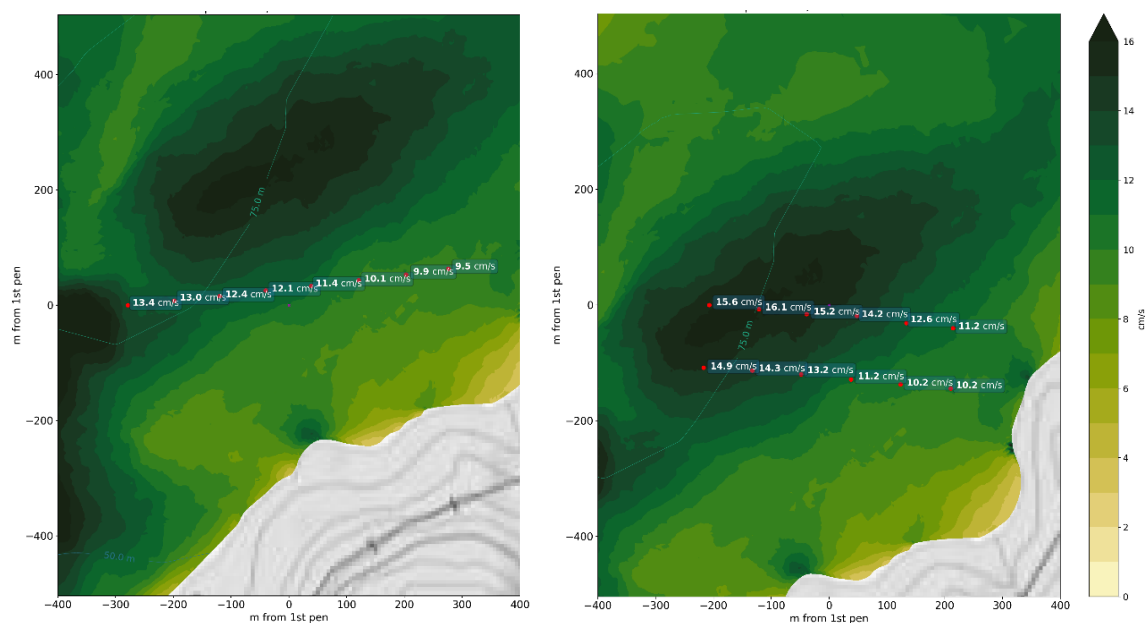
3 Resultater

3.1 Oversikt over plassering av anlegg og bunnhastighet

Det er gjort simuleringer for både nåværende konfigurasjon av bur og for en alternativ konfigurasjon (Figur 2). I dag består anlegget av én rekke med 8 bur, mens alternativ plassering består av 12 bur i to rekker som er dreid litt i nordlig retning. I begge tilfeller er det merde-omkrets på 160m. For sediment avtrykket er strømhastighet av betydning, og siden resuspensjon er en viktig prosess som bidrar til omfordeling av massen ved bunnen, er særlig bunnhastigheten av interesse. I Figur 3 er 95-percentilen av strømhastighet 1m over bunnen fra modellen i August illustrert.



Figur 2: Konfigurasjon for bur. Gammel plassering består av en rekke med 8 bur, mens alternativ plassering består av 12 bur i to rekker.

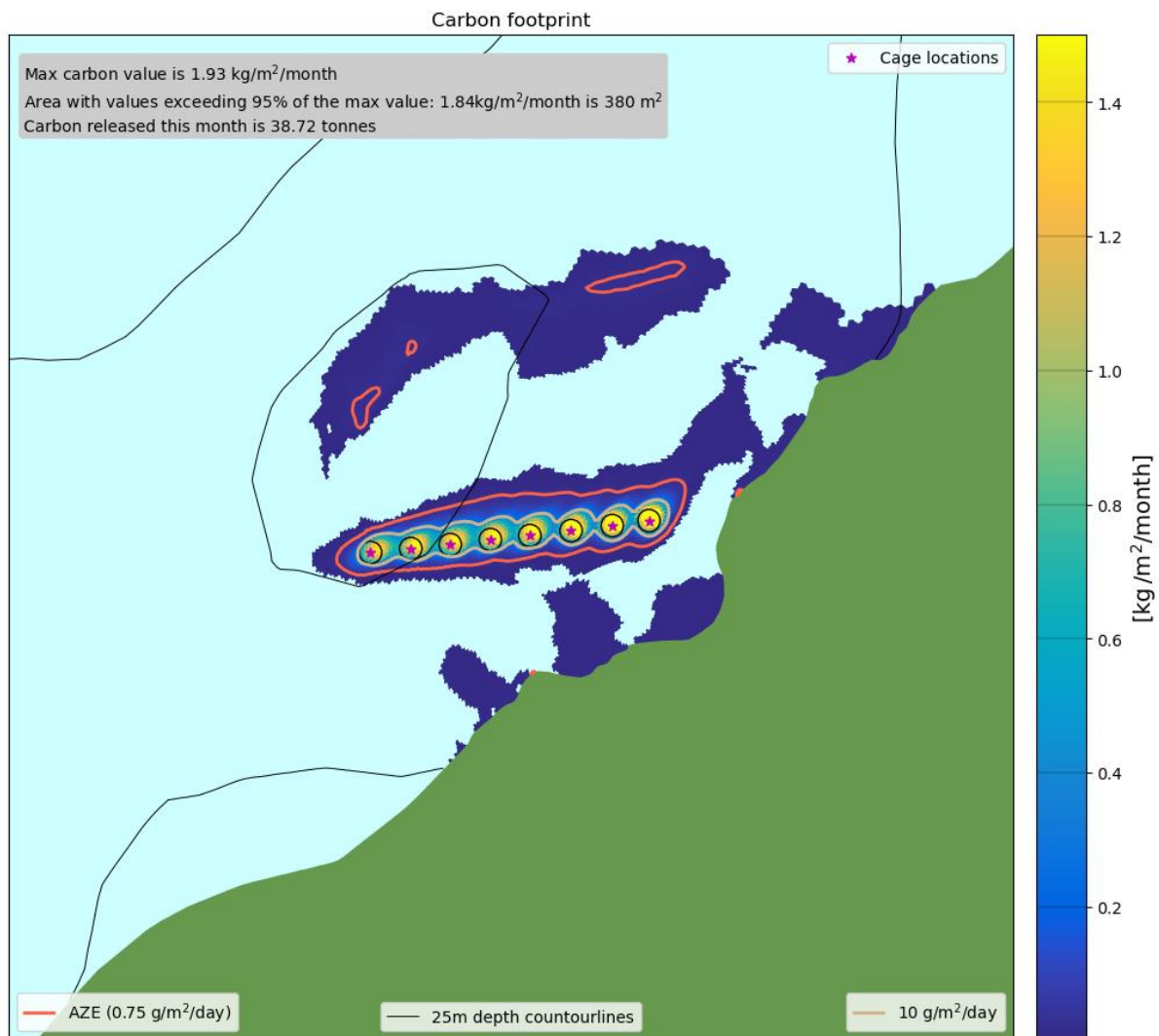


Figur 3: 95-percentil av modellert strømhastighet 1 m over bunnen. Hastigheter over ca. 10 cm/s vil føre til resuspensjon.

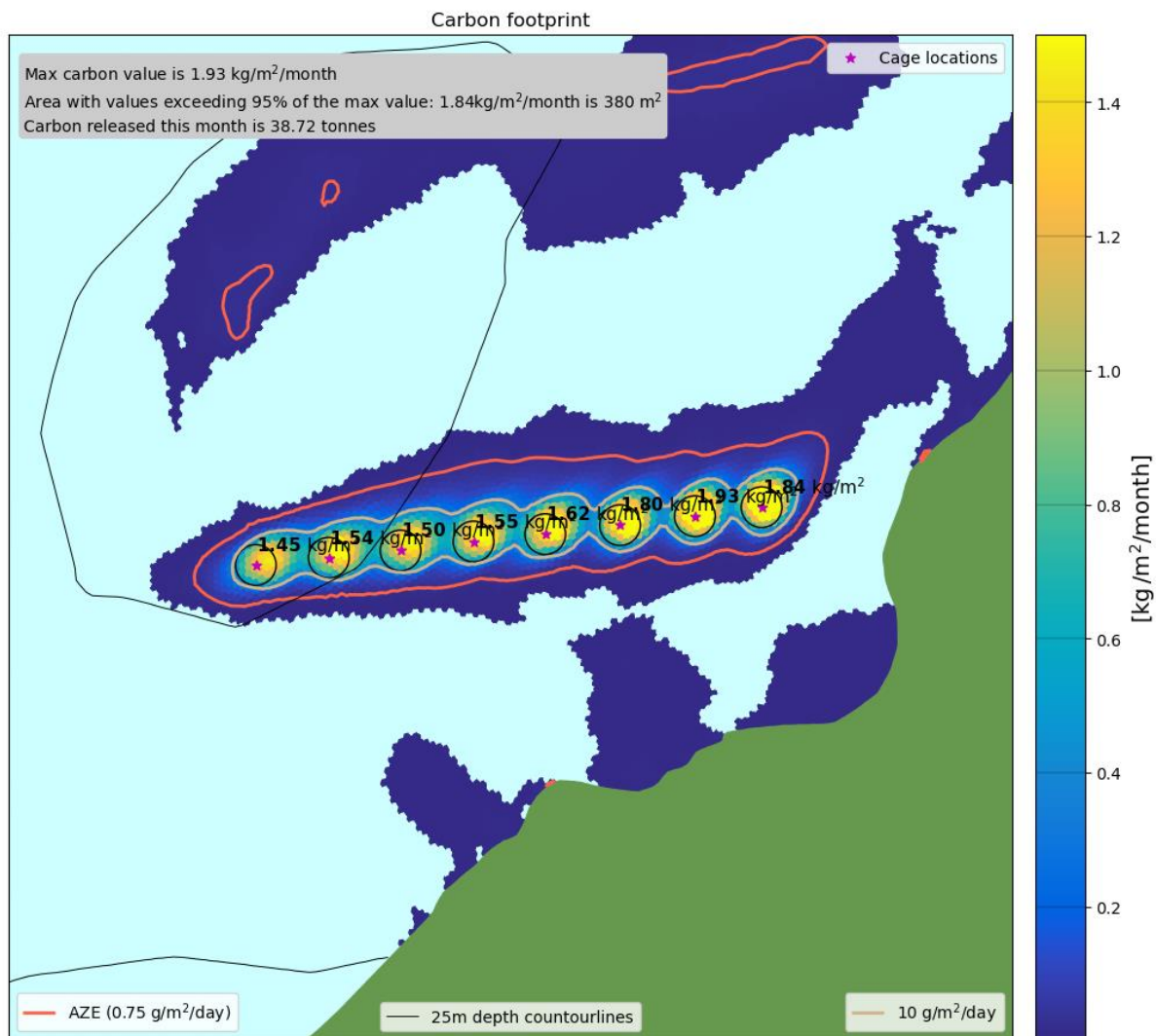
3.2 Sedimentering nåværende plassering og produksjon

I modellen er utslippet fordelt likt over burene og skjer kontinuerlig for juli, som er måneden med størst utfôring. For nåværende plassering er mengden utfôring fra siste produksjonssyklus brukt (1.013.519 kg, som med antagelsene i 2.2 betyr en karbonmengde på 38.72 tonn). Resultatet for simuleringen er vist i Figur 4 og Figur 5.

Sedimenteringsmodellen viser at det er god spredning ved dette anlegget og sterk strøm sammen med resuspensjon fører til at avsetning spres over et relativt stort område. Den største avsetningen skjer, ifølge modellen, under det nest innerste buret, som stemmer bra med miljøundersøkelser. Avsetningen her er 1.93 kg/m².



Figur 4: Modellert Karbonavtrykk for juli. Fargeskalaen viser avsetningsrate for karbon i kg/m² for hele måneden. AZE-sone og 10g isolinje for gjennomsnittlig avsetningsrate per dag (g/m²/dag) er vist som hhv. Rød og grå linje.

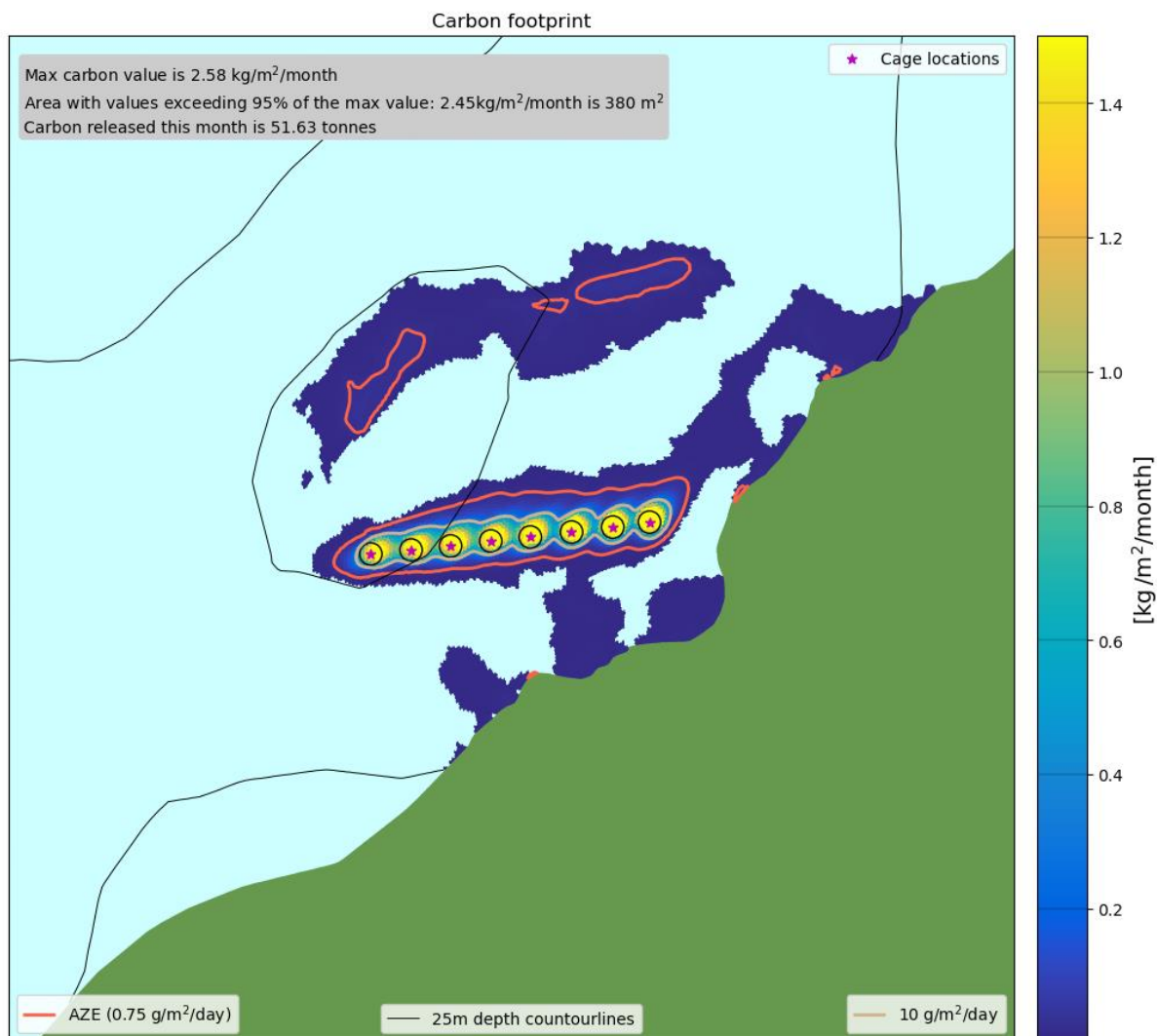


Figur 5: Samme som Figur 4, men i et mindre kartutsnitt som viser mer detaljer. Tallene i figuren viser maksimal avsetningsrate under hvert bur.

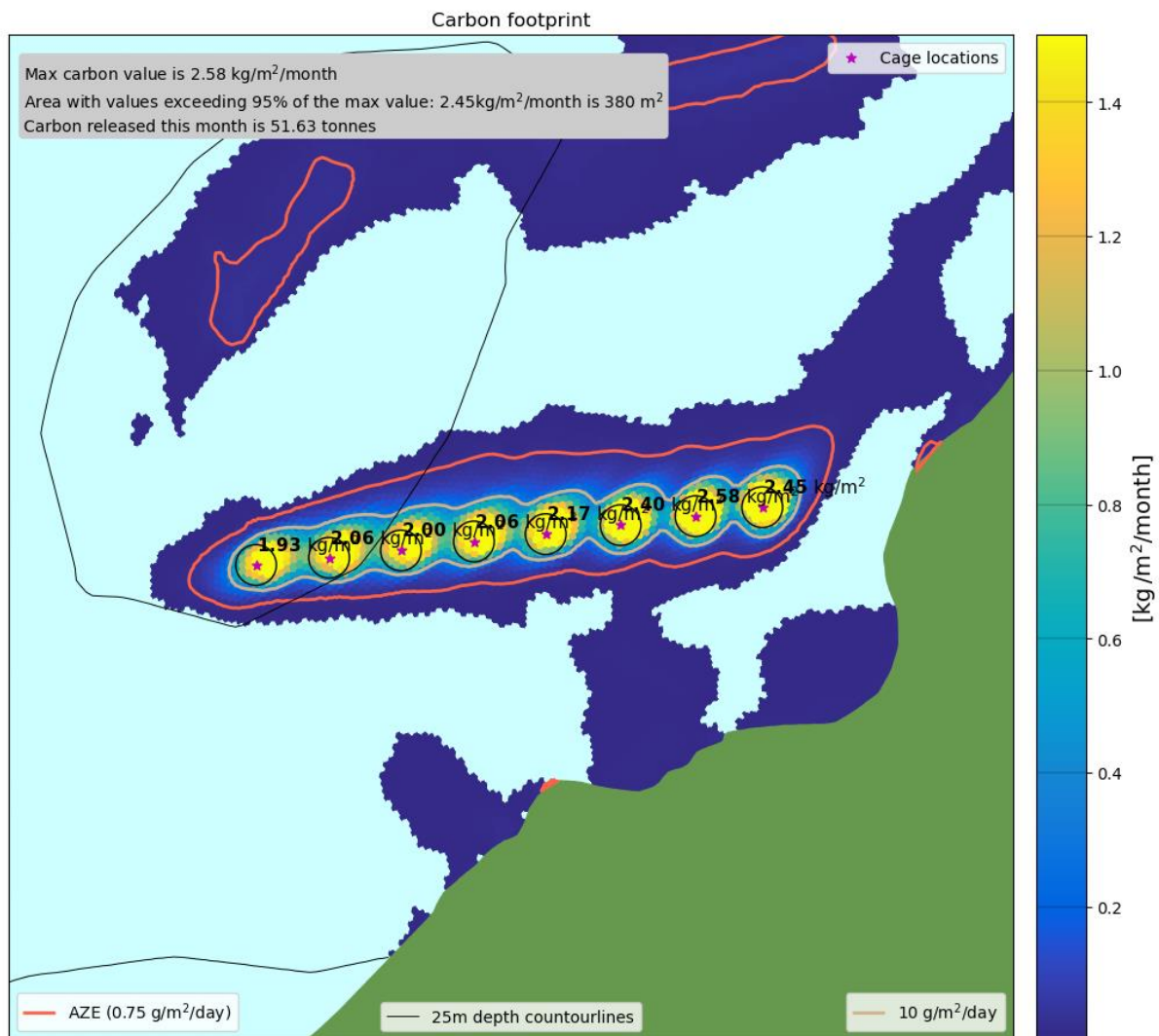
3.3 Sedimentering nåværende plassering med oppskalert produksjon

Sedimentering ved nåværende plassering, men med oppskalert produksjon der utfôring er økt med 30% (1.317.575 kg, som med antagelsene i 2.2 betyr en karbonmengde på 51.63

tonn) er vist i Figur 6 og Figur 7. I dette tilfellet økes den maksimale avsetningsraten til 2.58 kg/m², som er en økning på ca. 27%.



Figur 6: Modellert Karbonavtrykk for juli med oppskalert produksjon på 30%. Fargeskalaen viser avsetningsrate for karbon i kg/m² for hele måneden. AZE-sone og 10g isolinje for gjennomsnittlig avsetningsrate per dag (g/m²/dag) er vist som hhv. Rød og grå linje.

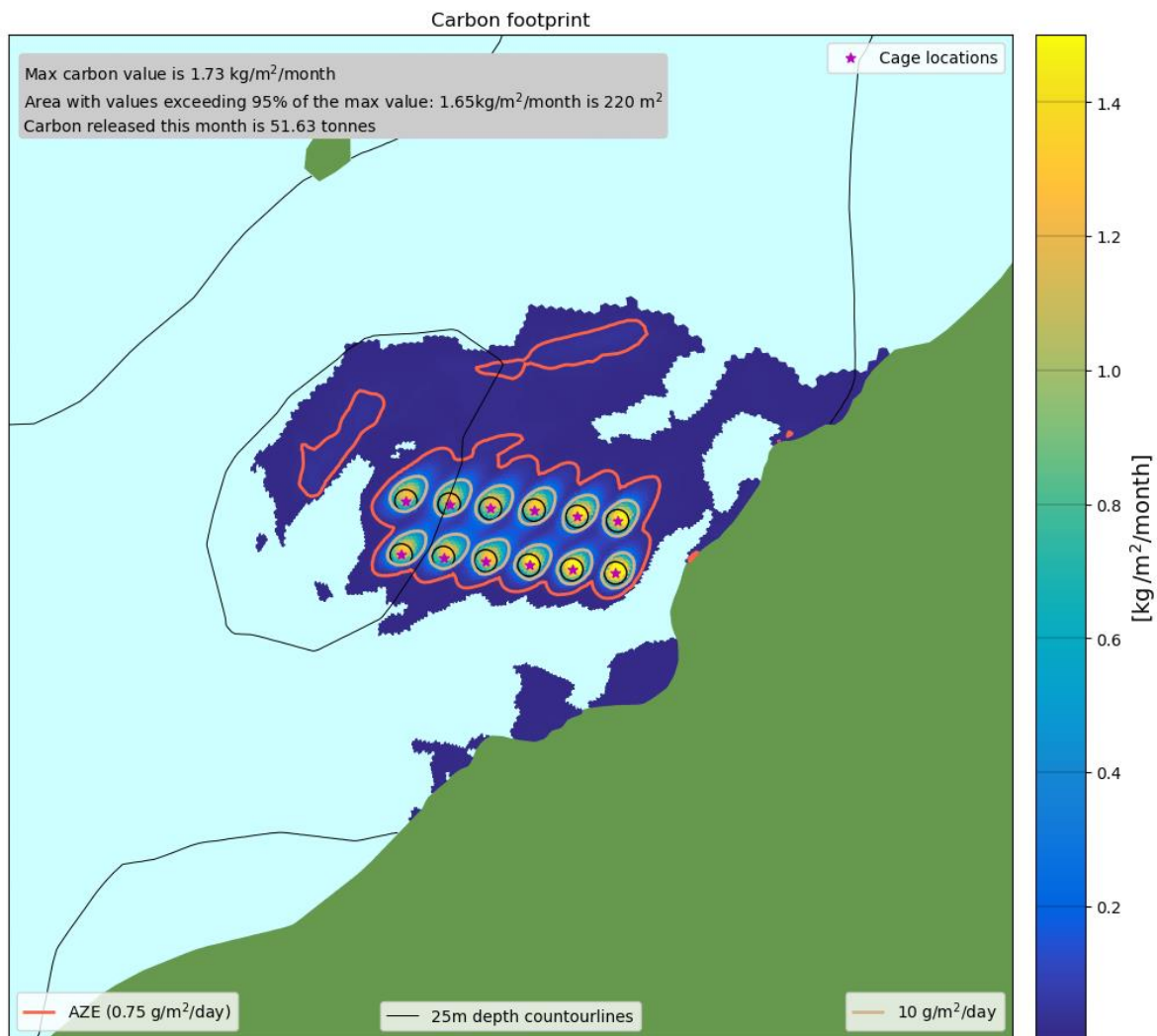


Figur 7: Samme som Figur 6, men i et mindre kartutsnitt som viser mer detaljer. Tallene i figuren viser maksimal avsetningsrate under hvert bur.

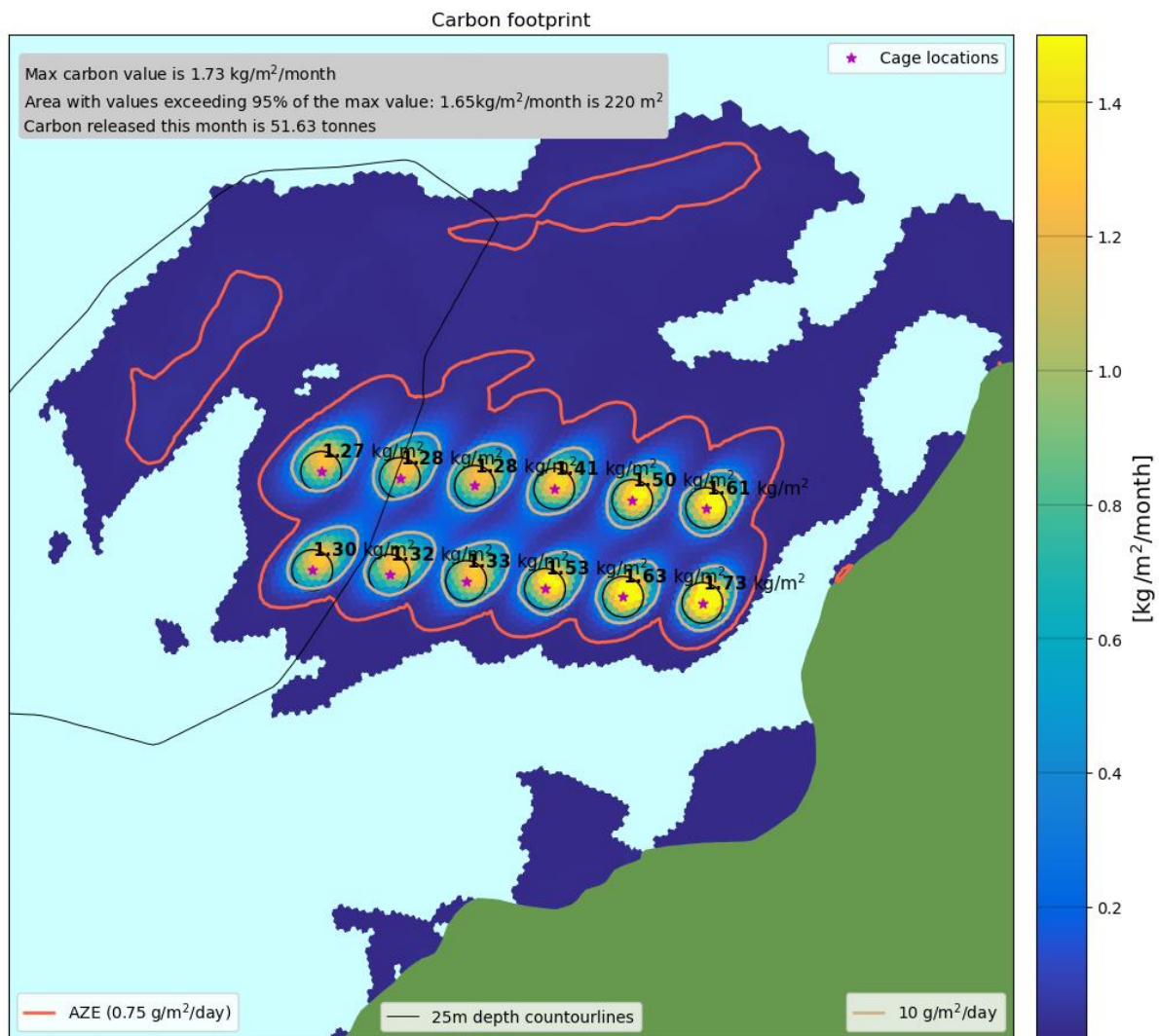
3.4 Sedimentering alternativ plassering med oppskalert produksjon

For den alternative plasseringen er det 12 bur i to rekker, og her er utfôringen økt med 30% (1.317.575 kg, som med antagelsene i 2.2 betyr en karbonmengde på 51.63 tonn). Den

samme måneden (Juli), ligger til grunn for simuleringen. Resultatet er vist i Figur 8 og Figur 9. Ved denne konfigurasjonen er det høyest avsetningsrate ved det innerste buret mot land, med en avsetningsrate på 1.73 kg/² for hele måneden. Selve spredningsbildet over et større område ser noenlunde likt ut for den alternative plasseringen som for den opprinnelige. Det er imidlertid en lavere maksimal avsetningsrate for den nye plasseringen. Sammenlignet med opprinnelig plassering med oppskalert produksjon (3.3) er den maksimale avsetningsraten ca. 33% lavere. Også når man sammenligner med opprinnelig plassering med nåværende produksjon (3.2) er maksimal avsetningsrate ca. 10% lavere ved dette alternativet, selv om utfôring økes med 30%. I stor grad kan dette forklares med at fordelingen over et større areal (flere bur) mer enn kompensere for økningen i fôrmengde, men også at strømhastighetene er også noe høyere under burene ved alternativ plassering (Figur 3)



Figur 8: Modellert Karbonavtrykk for juli. Fargeskalaen viser avsetningsrate for karbon i kg/m² for hele måneden. AZE-sone og 10g isolinje for gjennomsnittlig avsetningsrate per dag (g/m²/dag) er vist som hhv. Rød og grå linje.



Figur 9: Samme som Figur 8, men i et mindre kartutsnitt som viser mer detaljer. Tallene i figuren viser maksimal avsetningsrate under hvert bur.

4 Oppsummering og konklusjon

Det er gjennomført sedimenteringsmodellering for lokalitet 16939 Fornes der to ulike plasseringer er undersøkt: 1) Nåværende plassering med 8 bur i en rekke og 2) En alternativ plassering med 12 bur i to rekker. I begge simuleringer er det modellert for juli, som var måneden med størst utfôring ved siste utsett. For nåværende plassering er fôrmengden fra siste produksjonssyklus brukt, og i tillegg er det simulert med en økning i produksjon på 30%. For alternativ plassering er det tatt utgangspunkt i en økning i produksjon på 30%.

Modelleringen viser at det er lavere karbonavtrykk for den alternative plasseringen, med maksimal avsetningsrate på 1.73 kg/m²/måned, mens den maksimale avsetningsraten ved nåværende plassering er 1.93 kg/m²/måned ved nåværende produksjon og 2.58 kg/m²/måned ved 30% oppskalert produksjon. Maksimal avsetningsrate er altså ca. 33% lavere for den alternative plasseringen med oppskalert produksjon, og 10% lavere selv om man sammenligner alternativ plassering med oppskalert produksjon med nåværende plassering uten oppskalert produksjon. Dette kan forklares med at utslippet både fordeles over et større areal når man bruker 12 i stedet for 8 bur og at strømhastighetene er noe høyere ved alternativ plassering.

5 Referanseliste

- Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., and Asplin, L., (2016). Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsw027
- Brooks, K.M., (2000). Salmon farm benthic and shellfish effects study 1996-1997. Aquatic Environmental Sciences, Port Townsend, WA.
- Brooks, K.M. & Mahnken, C.V.W., (2003). Interactions of Atlantic salmon in the Pacific northwest environment. II Organic wastes. Fisheries Research 62:255-293
- Bruggeman, J. & Bolding, K., (2014). A general framework for aquatic biogeochemical models. Environmental Modelling & Software, 61, 249-265.
- Børve E., Isachsen P.E., Nøst O.A., (2021). Rectified tidal transport in Lofoten–Vesterålen, northern Norway", Ocean Sci., 17, 1753–1773.
- Chen C., Liu H., Beardsley R.C., (2003). An unstructured grid, finite-volume, three-dimensional, primitive equation ocean model: Application to coastal ocean and estuaries. J. Atm. Oce. Tech. 20: 159-186.
- Hargrave, B.T., Holmer, M. & Newcombe, C.P., (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Marine Pollution Bulletin 56:810-824.
- Keeley, N.B., Cromey, C.J., Goodwin, E.O., Gibbs, M.T., Macleod, C.M., (2013). Predictive depositional modelling (DEPOMOD) of the interactive effect of current flow and resuspension on ecological impacts beneath salmon farms. Aquaculture Environmental Interactions, Vol. 3:275-291.
- Law B.A., Hill P.S., Milligan T.G., Zions V., (2016). Erodibility of aquaculture waste from different bottom substrates. Aquacult Environ Interact 8:575-584.
<https://doi.org/10.3354/aei00199>
- Nøst O. A. and Børve, E., (2021). Flow separation, dipole formation, and water exchange through tidal straits, Ocean Sci., 17, 1403–1420.