

SINTEF Oceaan

Postadresse: Postboks 4762 Torgard 7465 Trondheim

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister: 937357370

#### Trøndelag fylkeskommune

DERES REFERANSE	VÅR REFERANSE	PROSJEKT / REFERANSE	DATO
TFK v/Ellen Hoel	Ole Jacob Broch	302006027-4	21. oktober 2022

# Simulering av spredning av organisk material fra taredyrkingsanlegg i Froan

# 1 Bakgrunn

SINTEF og NTNU er i ferd med å etablere RI SEAWEED, den nasjonale forskningsinfrastrukturen for industriell taredyrking i Norge, som er finansiert av Norges forskningsråd. I denne infrastrukturen inngår et storskala offshore taredyrkingsanlegg som skal plasseres i Midt-Norge. Et område ved Storflua sør for Froan oppfyller mange av de viktigste miljøbetingelsene et slikt anlegg bør ha. Det vil derfor bli søkt om taredyrkingskonsesjon for et areal på 25 ha (i tillegg til bunnfortøyninger) der det skal kunne dyrkes opp mot 800 tonn våtvekt sukkertare (*Saccharina latissima*). Se figur 1 og konsesjonssøknaden.

For å vurdere potensialet for organiske utslipp fra taredykringsanlegget kan påvirke tilstøtende områder negativt er det gjennomført simuleringer med havmodellsystemet SINMOD [1, 2]. Modellsimuleringene kan brukes til å si noe om potensialet for spredning av organisk avfall, hvor det legger seg og i hvilke konsentrasjoner. Dette notatet oppsummerer resultatene fra simuleringene.

# 2 Metoder

#### 2.1 Utslipp av organisk material fra taredyrkingsanlegg

En nyere norsk studie har vist at utslippene av organisk material fra taredyrkinganlegg verierer mye med sesong og region [3]. Vi har brukt utslippsprofilen for et taredyrkingsanlegg ved Frøya som er beskrevet i [3] og gjengitt i figur 2 (til venstre). Det er antatt at tarekulturene ble satt ut i januar/februar. Ved utsett på dette tidspunktet er eventuelle utslipp av organisk material ubetydelige før mai fordi biomassen da er veldig liten. Fra profilen i figur 2 ser vi at det i mai slippes ut omtrent 8 % av høstet produksjon, mens høsting senere i juli fører til at organisk material tilsvarende nærmere 50 % av det høstede materialet slippes ut. I simuleringene har vi antatt at det daglige utslippet er konstant for hver måned. Vi har altså brukt utslippsprofilen representert ved den oransje kurven til høyre i figur 2 - til forskjell fra den blå kurven. Det totale utslippet i de to tilfellene (arealene under kurvene) er likt.

#### 2.2 Numerisk modellering

Den tredimensjonale numeriske havmodellen SINMOD [1] er brukt til å simulere spredning og deponering av partikulært material fra tareoppdrettsanlegget sør for Froan. Modellsystemet har en modul for spred-





Figur 1: Foreslått plassering av den søkte konsesjonen for taredyrking. De grønne linjene viser grensene til Froan dyrelivsfredning og Froan landskapsvernområde.



Figur 2: *Til venstre*: Den oransje kurven viser stående biomasse, normalisert til høstet biomasse i slutten av juli (denne er altså 1). Den blå kurven viser total tareproduksjon - summen av tapet og den stående biomassen. Differansen mellom den blå og oransje kurven utgjør tapet/utslippet. Basert på [3]. *Til høyre*: Faktisk eksempel på daglige utslipp av karbon fra et taredyrkingsanlegg utenfor Frøya. Basert på [3]. Den blå kurven viser daglige utslipp, mens den oransje kurven daglige snittverdier per måned som er brukt i simuleringene. De totale utslippene (arealene under kurvene) er like. Enheten er tonn karbon per dag per tonn høstet biomasse.



ning og sedimentering av organisk material som er beskrevet i detalj i [2]. Denne modulen tar hensyn til oppvirvling av material ved sterke (nok) bunnstrømmer, såkalt resuspensjon. Fysiske drivkrefter som atmosfæredata (vind, temperatur, luftrykk og lignende) og elveavrenning fra land er tatt med i tillegg til grensebetingelser. Vi har brukt et modelloppsett (som representerer et geografisk område) i 160 m horisontal rutestørrelse for Midt-Norge [2]. Modellen er kjørt for perioden mai-juli 2017.

Simuleringen her er gjort for et anlegg som er antatt å dekke et overflateareal på 25 ha. Det er plassert innenfor rektangelet med følgende koordinater (desimalgrader, kartdatum WGS 84)

- 63,89003°N; 8,94988°E
- 63,88633°N; 8,95578°E
- 63,88323°N, 8,94563°E
- 63,88691°N; 8,93968°E.

Se figur 1. Det legges altså til organisk material i de modellrutene som tilsvarer plasseringen av anlegget. De daglige utslippene som er brukt i simuleringene er vist i figur 2. Det er videre gjort følgende antagelser:

- Høstet biomasse ligger på 800 t våtvekt sukkertare.
- Tørrstoffinnholdet i taren er på 10 %.
- Tørrstoffet inneholder 30 % karbon.

I modellen er det brukt fire kategorier for partikulært tarematerial med synkehastigheter på  $1 \times 10^{-4}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-2}$ , og  $2 \times 10^{-2}$ ms<sup>-1</sup> [2]. Hvor fort detritusmaterial fra sukkertare faktisk synker er uvisst. Det arbeides med å etablere dette. De hastighetene som er brukt her samsvarer med tilsvarende tall for stortare (*Laminaria hyperborea*) [4]. I analysen av resultatene har vi antatt at 90 % av materialet tilhører de to raskest synkende kategoriene, mens 10 % tilhører de saktest synkende kategoriene[2].

#### 2.3 Vurdering av økologisk tilstand/påvirkning

Modellsimuleringene gir et estimat for hvor mye karbon som legger seg på bunnen, hvor og når, men ikke noe eksplistt svar om den økologiske tilstanden på bunnen. Et mål for den økologiske tilstanden som brukes i norsk forvaltning av kystvann er Shannon-indeksen [5] - egentlig en indeks for biodiversitet. Det er etablert et empirisk forhold mellom sedimenteringsraten (hvor mye karbon som tilføres en kvadratmeter havbunn per dag - enhet: gCdag<sup>-1</sup>) og Shannon-indeksen [6]. Se tabell 1. Vi har brukt dette empiriske foholdet til å estimere tilstandsklassen fra Veilederen for vanndirektivet [5] som følger (se også [7]):

- Først estimeres total mengde karbon fra tareanlegget over hele simuleringsperioden (beskrevet i avsnitt 2.2).
- Deretter deles dette, i hver rute i modellområdet, på totalt antall dager i simuleringsperioden for å finne den gjennomsnittlige sedimenteringsraten i denne perioden.
- Til slutt brukes koblingen mellom sedimenteringsraten og H' i tabell 1 til å finne tilstandsklassen.



Tabell 1: Empirisk relasjon mellom tilstandklasse i følge vanndirektivet, Shannons diversitetsindeks og karbonsedimenteringsrate [6, 5, 7]. Tilstandsklasseinndelingen (i farger: "svært god", "god", "moderat", "dårlig" og "svært dårlig") er tatt fra veilederen for vanndirektivet [5]. Merk at klassegrensene uttrykt som sedimenteringsrater er lineært interpolert fra Hargrave [6].

Indeks	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Shannons H'	5,5-3,7	3,7-2,9	2,9-1,8	1,8-0,9	0,9-0	
Sedimenteringsrate (gC d $^{-1}$ )	0-0,1	0,1-2,75	2,75-6,2	6,2-10,75	10,75-	

Vi har brukt klassegrensene for bløtbunnsfauna for vanntypene H1-3 (Norskehavet sør, beskyttet kyst til åpen eksponert kyst). Disse er mest relevante for plasseringen av den søkte konsesjonen.

Det må understrekes at metoden for klassifisering av økologisk tilstand er mye mer omfattende enn bare å etablere en enkelt indeks. En slik indeks kan ikke brukes direkte uten informasjon om søttepararametre som saltholdighet, næringssalt- og oksygenkonsentrasjoner og lignende. Resultatene må sees i denne sammenhengen, og må brukes med forsiktighet. Instrumentering av og måleprogram for taredyrkingslokaliteten vil ha en bred tilnærming til miljø- og klimaeffekter.

# 3 Resultater

Modellberegningene antyder at det frem til begynnelsen av juli kan sedimentere tarematerial tilsvarende opp mot 9 g C m<sup>-2</sup> under eller i nærheten av det søkte tareanlegget (figur 3). Den foreslåtte plasseringen er tegnet inn som et grønt rektangel i figurene. De høyeste konsentrasjonene finnes under den sørlige delen av anlegget eller rett sørøst for anlegget (merket "C" i figur 3). Det sedimenteres også en del material på sørsiden av 50m-dybdekonturen. Det er de raskest synkende partiklene som havner der. Mer finfordelt material spres lengre, men sedimenteres ikke i så høye konsentrasjoner.

De høyeste konsentrasjonene av sedimenter fra utslippet ligger utenfor dyrelivsfredningen (figur 3). Det er imidlertid to områder rett vest (A) og nord (B) for anlegget med tendens til opphopning av material. Disse områdene kan det være aktuelt å følge opp spesielt nøye.

Tallene for sedimentert organisk material er omregnet til økologisk tilstandsklasse til høyre i figur 3. Et område i sørenden av anlegget og et lite område sørøst for anlegget kommer i tilstandsklasse "god", med Shannon-indeks H' på 3,58 eller høyere (jmfr tabell 1). Ellers er tilstanden "svært god". Tilstander bedre enn "god" er ikke tegnet inn i figur 3. Merk at simuleringene ikke sier noen ting om tilstanden før utslippene.





Figur 3: *Til venstre:* Simulert konsentrasjon av organisk material fra tareanlegget i første halvdel av juli, uttrykt i gCm<sup>-2</sup>. De grå kurvene antyder 50 og 100 m dybdekonturer. *Til høyre:* Fargene viser økologisk tilstandsklasse definert i [5]. Den foreslåtte plasseringen av taredyrkingsanlegget er tegnet inn som et grønt rektangel. Grensen for Froan dyrelivsfredning er tegnet inn med sorte linjer.

#### 4 Konklusjoner

Hovedkonklusjoner:

- Det er enkelte områder med tegn til opphopning av sedimenter som det vil være aktuelt å overvåke spesielt nøye.
- De høyeste konsentrasjonene av organisk material forekommer utenfor Froan dyrelivsfredning.
- De høyeste konsentrasjonene av organisk material samles i relativt dype områder ( > 50 m dyp).

Noen begrensninger knyttet til disse resultatene:

- Det er ikke tatt hensyn til nedbrytning av karbon fra taren. I denne forstand representerer modellberegningene et overestimat for konsentrasjonene av organisk material.
- Modellen er relativt grovmasket i denne sammenhengen. Resultatene er gjennomsnittsverdier over en modellrute som representerer et område på 160 ganger 160 m<sup>2</sup> eller 2,56 ha. Det er dermed sannsynlig at det vil forekomme både høyere og lavere konsentrasjoner innenfor hver modellrute enn det som er vist her.

# Referanser

[1] Slagstad, D. & McClimans, T. A. Modelling the ecosystem dynamics of the Barents sea including the marginal ice zone: I. Physical and chemical oceanography. *J. Mar. Sys.* **58**, 1–18 (2005).



- [2] Broch, O. J., Hancke, K. & Ellingsen, I. H. Dispersal and deposition of detritus from kelp cultivation. Frontiers in Marine Science 9 (2022). URL https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2022.840531.
- [3] Fieler, R. *et al.* Erosion dynamics of cultivated kelp, saccharina latissima, and implications for environmental management and carbon sequestration. *Frontiers in Marine Science* **8**, 1573 (2021). URL https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2021.632725.
- [4] Wernberg, T. & Filbee-Dexter, K. Grazers extend blue carbon transfer by slowing sinking speeds of kelp detritus. *Sci. Rep.* **8**, 17180 (2018).
- [5] Direktoratsgruppen-Vanndirektivet. Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. (2018).
- [6] Hargrave, B. T. Empirical relationships describing benthic impacts of salmon aquaculture. *Aquacult*. *Environ. Interact* **1**, 33–46 (2010).
- [7] Sandberg, M. C. & Hagen, L. Bunnpåvirkning fra marine matfiskannlegg: Modellberegninger av geografisk omfang og biologiske konsekvenser. Tech. Rep. Report no. 339-12-19, Aqua Kompetanse (2019). FHF project no 901322.