

Technical University of Denmark



## **Fiskeriudsigt for tobis i Nordsøen på bankeniveau**

Endelig oversigtsrapport vedr. projektet Fiskeriudsigt for tobis i Nordsøen på bankeniveau

**Christensen, Asbjørn**

*Publication date:*  
2008

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Christensen, A. (2008). Fiskeriudsigt for tobis i Nordsøen på bankeniveau: Endelig oversigtsrapport vedr. projektet Fiskeriudsigt for tobis i Nordsøen på bankeniveau.

## **DTU Library** Technical Information Center of Denmark

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Fiskeriudsigt for tobis i Nordsøen på bankeniveau



Endelig oversigtsrapport vedr. projektet *Fiskeriudsigt for tobis i Nordsøen på bankeniveau* (2005-2007). Et forskningsprojekt finansieret af tilskudsbevillinger under §24.33.02, §24.38.60.30 og §24.38.40.10, Innovationsloven, forsøgsfiskeri (50 %), (J. nr. 3305-06-00011) FIUF, samt pilot- og demonstrationsprojekter (50 %), (J. nr. 3704-3-05-0145). Oversat til dansk af Mette Blæsbjerg, DTU-AQUA, Afdelingen for Havfiskeri.

**Asbjørn Christensen**

27. februar 2008

DTU-AQUA, Afdelingen for Havfiskeri  
Danmarks tekniske Universitet  
Charlottenlund Slot  
2920 Charlottenlund Slot

## **Forord**

Der er igennem de seneste 20 år sket en stor udvikling inden for computerbaseret oceanografisk modellering. I dag bliver oceanografisk modellering brugt rutinemæssigt ved flere forskningsinstitutter, hvor den udgør et omkostningseffektivt og pålideligt redskab i undersøgelsen af havets tilstand, som supplement til dyre surveys og forskningstogter. Oceanografisk modellering kan ikke stå alene, men bliver nærmere anset som en nyttigt supplement til traditionelle biologiske metoder indenfor dataindsamling og analyse. I dette projekt kombinerer vi state-of-art hydrodynamiske modellering af Nordsøen med eksisterende og nye fiskeridata og biologisk viden, for at demonstrere at fremstillingen af prognoser for tobisfiskeriet på bankeniveau er inden for rækkevidde.

De grundlæggende aktiviteter i dette projekt har været en udvikling af den nødvendige infrastruktur (computer programmer, opstart af samarbejde med institutter med nødvendig kompetence, indsamle og gennemgå felldata) til fremstillingen af prognoser. Dette har været vellykket, og første-generations demonstrations prognoser er udført som slutprodukter for nærværende projektet.

I fremtidsperspektiv kan værktøjerne udviklet i dette projekt være med til at øge DTU-AQUAs strategiske kompetencer og evne til hurtigt at besvare spørgsmål vedrørende den oceanografiske påvirkning af fiskebestande, samt forbedre DTU-AQUAs samarbejds potentiale i fremtidige nationale og internationale forskningsprojekter, der omhandler den videnskabelige baggrund for fiskeriforvaltning. Formålene og værktøjerne præsenteret i dette projekt er allerede ved at blive videreført i andre projekter, både igangværende og kommende, med den hensigt at forbedre DTU-AQUAs kompetance indenfor udvikling og fremstilling af fiskeri- og bestandsprognoser. Endvidere betragter vi tobisen, på grund af dens forholdsvis enkle biologi, som en spydspidsart med hensyn til metodeudvikling. Derfor kan de kompetencer og værktøjer opnået gennem dette projekt, videreføres til andre projekter, der involverer andre arter (f.eks. torsk, sild og brisling) og behandler en lang række andre problemstillinger vedrørende områdebaseret fiskeriforvaltning (bl.a. lukkede områder og klimaforandringer).

Projektet er blevet gennemført på baggrund af økonomisk støtte fra Ministeriet for Fødevarer, Lanbrug og Fiskeri, og fra EU under FIUF programmet.

## Indholdsfortegnelse

Forord.....	2
Indholdsfortegnelse.....	3
Projektets hovedformål.....	4
Projektets forløb.....	4
Resume.....	4
Diskussion af projektets forløb samt opnåede resultater.....	5
Vurdering af fremdrift i forhold til de oprindeligt opstillede milepæle og formål.....	5
Vurdering af resultaternes aktuelle anvendelighed og fremtidige perspektiver.....	7
Vurdering af resultaternes eventuelle markedsmæssige potentiale og bidrag til samfundsøkonomien.....	7
Vurdering af nye kompetencer, m.v. på institutionen.....	7
Vurdering af resultaternes anvendelse set i forhold til institutionens myndighedsberedskab.....	8
Lister over publikationer mm., der er et direkte resultat af projektet: .....	8
1. Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter.....	8
2. Opnåede patenter: .....	9
3. Indlæg ved kongresser, symposier o.l.....	9
4. Faglige artikler.....	10
5. Anden formidling. F.eks. mødeindlæg, åbent hus m.m.....	10
6. Planlagte publikationer og artikler. ....	10
Redegørelse for forskeruddannelse (ph.d. og post doc.), herunder tilknyttede gæsteforskere og udstationering. ....	11
Redegørelse for tilknyttede speciale- og bachelorstuderende.....	11
Redegørelse for nationale og internationale samarbejdsrelationer til offentlige og private forskningsmiljøer, erhverv m.m.....	11
Uddybende beskrivelse af projektets forløb og opnåede resultater.....	12
Generisk larve-transport simulationsværktøj.....	12
Tobis bestandssimulationsværktøj.....	14
Optimal habitataggregering.....	17

**A. Projektets hovedformål:**

Projektet har tre hovedformål: Det første indebærer at udfylde nogle af de eksisterende huller i den biologiske viden om tobis, samt vurdere bestanden og tilstanden af tobis i Nordsøen via monitoringsprogrammer finanseret gennem dette projekt. Det andet hovedformål er at vise, at man gennem en kombination af avanceret modellering og biologisk viden kan udvikle fiskeriudsigter for tobisfiskeriet på bankeniveau, som på sigt kan inkorporeres i fiskeriforvaltningen. Det tredje hovedformål er at udvide samarbejdet med Danmarks Fiskeriforening (DF) og opnå et bæredygtigt tobisfiskeri baseret på øget selvregulering indenfor fiskeriet.

**B. Projektets forløb:**

**Resumé**

Projektet har nået alle opstillede målsætninger, både indenfor dataindsamlingsdelen og modelleringsdelen.

På dataindsamlingsdelen er der som planlagt gennemført og oparbejdet bundskrabetogt i december 2005 og 2006, samt larveyngelindsamlingstogt i foråret 2006, i samarbejde med fiskerierhvervet. Resultaterne er fremlagt for erhvervet og i videnskabelige fora, bl. a. senest ICES Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK) i oktober 2007, der fandt de anvendte fremgangsmetoder til indsamling af biologisk materiale solide og lovende, mhp. at tilvejebringe surveybaserede rekrutteringsindeks for Nordsøtobisbestande. Imidlertid blev det også fremhævet, at en bedre rumlig dækning af dataindsamlingen er nødvendig for at producere mere præcise rekrutteringsindices og bestandsbilleder, og at effektiviteten af forskellige nationale tobissurveyprogrammer bør analyseres under et benchmark assessment, herunder det i nærværende rapport. Samtidig er der behov for at demonstrere, at fiskeribaseret indsamling giver et repræsentativt biologisk billede af tobisbestandene.

På modelleringsdelen består arbejdsindsatsen af to modeller. Den første er larvedelen, der fokuserer på hydrografisk transport, der er afgørende for rekrutteringen. Den anden er en populationsmodel, der syntetiserer de hydrografiske transportberegninger med tilgængelig

biologisk data og viden, og dermed giver en rumlig opløst beskrivelse af tobisbestandsudviklingen. Populationsmodellen danner udgangspunkt for projektets prognoseværktøj.

I larvedelen er der skabt en fleksibel modelpakke, der kombineret med en hydrografisk datapipeline til DMI, muliggør beskrivelse af vandmassernes transport af fiskeyngel og æg, med minimal tidsforsinkelse. Den væsentligste konklusion på denne del er, at den hydrografiske transport er meget forskellig og uregelmæssig, både hvad angår forskellige regioner og år, og derfor at rekrutteringsprognoser baseret på modeller kræver inddragelse af realistisk 3D hydrografi.

Populationsmodellen beskriver centrale elementer i resten af tobisens liv: vækst, fiskeri, mortalitet og reproduktion. En væsentlig konklusion i denne del er, at pålidelige bestandsrekrutteringskurver til prognoser, udover realistisk hydrografisk data, også kræver beskrivelse af tæthedseffekter (bl.a. fødekongurrence og kannibalisme) og hukommelseffekter i populationsdynamikken, dvs. bestandsudviklingen afhænger kritisk af bestandstilstandene de foregående år, både lokalt og i andre områder.

## **1. Diskussion af projektets forløb samt opnåede resultater**

### Vurdering af fremdrift i forhold til de oprindeligt opstillede formål og milepæle

Projektet har, set som en helhed, nået alle de milepæle opstillet i projektbeskrivelsen. Nogle af milepælene er dog stærkt afhængige af fiskerisæsonen, og idet projektansøgningen blev godkendt meget sent (februar 2006) i forhold til projektets tidsplan, blev nogle af de milepæle oprindeligt programlagt til Projektfase 1 (f.eks. milepæl 1b) udskudt med et år.

Efter denne omlægning blev alle milepælene opstillet i projektbeskrivelsen dog opnået. Herunder følger kommentarer til specifikke milepæle:

#### **Projektfase 1:**

- Milepæl 1a: Indsamling og analyse af 0-gruppen (vinter 2005/06):

Togtet, der brugte en modificeret muslingskraber, blev gennemført i december 2005, efterfulgt af en analyse af det biologiske materiale i foråret 2006.

- Milepæl 1b: Udvikling/demonstration af rekrutteringsmodel til fiskeriet:

På grund af forsinket godkendelse af projektet, blev demonstrationen overfor fiskeriet udsat til marts 2007 (idet det var forventet at der kun ville være lille interesse fra fiskeriet når fiskerisæsonen først var begyndt).

Projektet blev også præsenteret for fiskeriet i kort udgave i tidsskriftet FF-nyt (september 2006).

- Milepæl 1c: Fremstilling af et model-rekrutteringsindeks:  
Både fiskeri- og hydrografiske rekrutteringsindices er blevet udviklet i dette projekt. Disse rekrutteringsindices er blevet præsenteret ved flere videnskabelige- og forvaltningsworkshops og arbejdsgrupper, f.eks. WKIMS (feb 2006), WGNSSK 2006/2007, and AGSAN (nov 2007).

#### **Fase 2:**

- Milepæl 2a: Integrering af hydrografiske data i modeller:  
Denne opgave involverede at *opstille* SLAM modellen indenfor NSParticle rammen; begge disse komponenter er præsenteret i flere detaljer i Section G.
- Milepæl 2b: Indsamling og analyse af larver (forår 2006):  
Denne del blev gennemført i samarbejde med to kommercielle fartøjer.

#### **Fase 3:**

- Milepæl 3a: Indsamling og analyse af 0-gruppen (vinter 2006/07):  
Togtet, der brugte en modificeret muslingskraber, blev gennemført i december 2006, efterfulgt af en analyse af det biologiske materiale i foråret 2007.
- Milepæl 3b: Udvikling/demonstration af prognose rammeværktøj.  
SPAM modelrammen (jvf. section G) til fremstilling af prognoser for tobisbestanden er blevet præsenteret ved flere nationale og internationale fora, f.eks. DG-Fish seminar, jan 2007, og WGNSSK, feb 2007, Nordic Workshop on Marine Spatial Planning, juni 2007, og European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation, sep 2007. Ved sidstnævnte var Dansk fiskeriforening (DF) også repræsenteret. SPAM modellen blev også præsenteret for fiskeriet ved et møde i Esbjerg, marts 2007.
- Milepæl 3c: Slutrapport

### Vurdering af resultaternes aktuelle anvendelighed og fremtidige perspektiver.

Projektets resultater er på nuværende tidspunkt på demonstrations niveau, men over de næste år vil de gennemgå en modnings- og validerings fase, hvor de vil blive inkorporeret i forvaltningsprocesser.

I løbet af projektet er manglerne i den eksisterende viden om tobis også blevet identificeret. Størst er behovet for forbedrede zooplankton modeller med en høj rummelig og tidsmæssig opløsning. Dette vil blive adresseret i nye og ansøgte projekter.

Et andet vigtigt spørgsmål der opstod under projektet, er hvorvidt – og hvordan – individuelle sandbanker (som tobis lever ved) kan samles som repræsentative områder, da det ikke er realistisk ud fra et forvaltningsmæssigt synspunkt at bruge individuelle sandbanker. Dette vil blive forklaret yderligere i Sektion G.

### Vurdering af resultaternes eventuelle markedsmæssige potentiale og bidrag til samfundsøkonomien.

Værktøjerne udviklet i projektet kan i fremtiden give i) en bedre økonomisk planlægning i fiskeriet og forarbejdningsindustrien, og ii) evaluering af område- og sæsonspecifik effortallokering, baseret på scenariosimuleringer, der kan bruges i fiskeriforvaltningen til at optimere fangstudbytte og mindske risikoen for overfiskeri. Software programmer der er udviklet under projektet anses som forskningsværktøjer med kun et lille forretningspotentiale, så en kommerciel anvendelse kan ikke forventes at indbringe nogen stor indkomst.

### Vurdering af nye kompetencer, m.v. på institutionen

Projektet er en del af DTU-AQUAs strategiske initiativ, der fokuserer på at styrke instituttets modellerings kompetencer med henblik på at øge den viden opnået gennem indsamlet biologisk data, og for at koble de forskellige dicipliner.

De to modelrammer (SPAM og NSParticle) præsenteret i dette projekt, især softwarepakken der omhandler transport (NSParticle), indeholder en generisk opsætning, der tillader DTU-AQUA at adressere en bredere vifte af problemer, relateret til f.eks. klimaforandringer, design af marine lukkede områder, og forvaltningsmæssige spørgsmål i almindelighed.

Modelplatformene delvist finansieret gennem dette projekt har haft indflydelse på flere nye nationale projekter (ModRec, TORTN og SUNFISH) samt EU projekter (RECLAIM, MEECE



og MyOcean) som enten undergår godkendelse eller allerede er igang. Det forventes også at de modelplatforme, der delvist er finansieret gennem dette projekt, kan blive brugt ved undersøgelser af andre arter og områder af økonomisk interesse for Danmark.

Vurdering af resultaternes anvendelse set i forhold til institutionens myndighedsberedskab.

Foruden en forbedring af DTU-AQUAs muligheder for at tilbyde rådgivning indenfor forvaltningen af tobis, er de udviklede modellers infrastruktur så bred, at de i fremtiden kan øge DTU-AQUAs evne til hurtigt at adressere nye spørgsmål indenfor hydrografiens påvirkning af fiskebestande.

**C. Lister over publikationer mm., der er et direkte resultat af projektet:**

7. Artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter

- Computing larval transport indices and sandeel subpopulation structure:  
Asbjørn Christensen, Henrik Jensen, Henrik Mosegaard, Mike St. John<sup>2</sup>, og Corinna Schrum  
*Sandeel (Ammodytes marinus) larval transport patterns in North Sea from an individual-based hydrodynamic egg and larval model*  
Accepteret i Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2008
  
- Spatially explicit sandeel population model (in the paper used for marine protected area simulation):  
Asbjørn Christensen, Henrik Jensen, og Henrik Mosegaard  
*Spatially resolved fish population analysis for designing of MPAs: influence on neighboring habitats.*  
Submitted to ICES Journal of Marine Science, 2008
  
- Larval hydrodynamical backtracking and growth model parameterization and validation:  
Christensen, A., Ute Daewel, U., Jensen, H., Henrik Mosegaard, H., St. John, M., og Schrum, C. 2007.

*Hydrodynamic backtracking of fish larvae by individual-based modelling.*  
Mar. Ecol. Prog. Ser. **347** (2007): 221-232

8. Opnåede patenter:

Der er ikke ansøgt om nogen patenter.

9. Indlæg ved kongresser, symposier o.l.

- Workshop on Indices of Meso-scale Structures, IFREMER, Nantes, Frankrig, 22-24 februar 2006.  
Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Meso-scale larval transport indices in the North Sea*
- Workshop on advancements in modeling physical-biological interactions in fish early-life history: recommended practices and future directions, 3-5 April 2006, Nantes, Frankrig:  
Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Hydrographic simulation of Sandeel larvae dynamics in the North Sea*
- Kickoff meeting in EU project RECLAIM, Dec 18 2006, University of Wageningen, Holland:  
Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Sandeels: a sensitive ecosystem probe in the North Sea*
- Seminar on "Marine Protected Areas", Review of knowledge - evaluation of MPAs effects. 17 Januar 2007, DG FISH/A, EU, Bruxelles.  
Henrik Mosegaard (fremlæggelse): *Sand eels.*
- AGSAN (ICES Ad Hoc Group on Sandeel), 28 februar 2007, København, Danmark:  
Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Sandeel Population Analysis Model: Integrating from processes to populations*
- Nordic Workshop on Marine Spatial Planning, 6-8 juni 2007, København, Danmark:  
Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Toward area-based management of Sandeel in the North Sea*
- European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation, 25-28 sep 2007, Murcia, Spanien:

Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Spatially resolved fish population analysis for designing of MPAs*

#### 10. Faglige artikler

Jensen H. og Brogaard P. 2006. Indsamling af tobis yngel på kommercielle fiskefartjer. Direktoratet for Fødevare og Erhverv Projekt no. 04/54. Slutrapport. December 2006.

#### 11. Anden formidling. F.eks. mødeindlæg, åbent hus m.m.

Præsentation af projektets fremskridt indenfor udviklingen af værktøj til prognoser for tobisbestanden for Danmarks Fiskeriforening, 20 marts 2007, Hotel Britannia, Esbjerg, Danmark:

Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Nyt fra forskningsfronten om tobis.*

Foredraget blev godt modtaget og med mange spørgsmål fra publikum, hvilket gav inspiration til yderligere arbejde indenfor projektet.

#### ■ Marine Ecological Modelling Center seminar, 19 maj 2006:

Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Hydrographic simulation of Sandeel larvae dynamics in the North Sea*

Indledende møde for det nationale project Modelling Recruitment (Havforskningsprogrammet) 16 maj, 2007:

Asbjørn Christensen (fremlæggelse): *Proposal for a common particle tracking framework.*

#### 12. Planlagte publikationer og artikler. Indsendes løbende, når de er accepteret.

- Sensitivitet af larvetransport mht. tidevandsfase og andre parametre.
- Detaljeret præsentation af den generelle SPAM model.
- Generisk model af larvetransportstruktur i Nordsøen.
- Optimal definition af tobis habitater i Nordsøen.

**D. Redegørelse for forskeruddannelse (ph.d. og post doc.), herunder tilknyttede gæsteforskere og udstationering. NA**

**E. Redegørelse for tilknyttede speciale- og bachelorstuderende.**

Forskningsassistent: Mikael van Deurs: *A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic herring (*Clupea harengus L.*) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS- and TBM-data.*

DFU-rapport **165-06**, Danmarks fiskeriundersøgelser, HFI, 2006.

Master studerende: Elsi Kauppinen, University of Joensuu, Finland.

Supervisors: Henrik Mosegaard, DFU og Ismo Holopainen, University of Joensuu

Titel: "Comparison of coupled biological production and hydrographic drift models of sandeel larval dispersion/retention with observed patterns of size/age distribution and abundance".

Master studerende: Marco Gauger, IHB, University of Hamburg, Germany.

Supervisors: Henrik Mosegaard, DFU og Prof. Michael St. John

Titel: "Otoliths as indicators of good and poor conditions for sandeel 0-group recruitment in the North Sea".

**F. Redegørelse for nationale og internationale samarbejdsrelationer til offentlige og private forskningsmiljøer, erhverv m.m.**

Dette projekt anses som en forløber til Marine Ecological Modelling Center (MEMC), der er etableret mellem DTU-AQUA, DMI og DMU. Disse institutioner sammenbringer forskellige kompetencer indenfor økologisk modellering, hvilket kan gøre Danmark til en stærk medspiller indenfor oceanografisk modellering, med klare fordele for den fiskerirelaterede forskning og for fiskeriet selv.

Gennem nuværende og fremtidige EU finansierede projekter (PROTECT, RECLAIM, MEECE and MyOcean) har aktiviteterne i dette projekt også styrket kontakten til forskningsgrupper ved andre institutter i Nordsø regionen, f.eks. IHB (Tyskland), FRS and PML (England) og IMR (Norge).

## **G. Uddybende beskrivelse af projektets forløb og opnåede resultater**

---

I dette afsnit vil vi præsentere aspekter af projektets modelprodukter, som ikke er inkluderet i de videnskabelige tidsskrifter der afventer publicering, eller som relaterer til udviklingsprocessen af modelprodukterne. For en detaljeret præsentation og diskussion refereres til de artikler og rapporter, der er angiver overfor.

### **Generisk larve-transport simulationsværktøj**

Et af modelkomponenterne udviklet i dette projekt er en generisk model for larve transport simulering, NSParticle. Modellen kombinerer nye udvidede 3D hydrografiske databaser (70+ GB data) og biologiske moduler i et rammeværktøj, hvilket giver mulighed for testning af biologiske hypoteser. Det biologiske modul for tobis kaldes SLAM ("Sandeel Larval Advection Model") og den hydrografiske database er tilgængelig gennem samarbejde med DMI (timer, 5nm resolution, 2002-2006) og IHB, University of Hamburg (daglig, 5nm resolution, 1970-2004). Larvetransportprogrammet NSParticle er implementeret efter objekt-orienterede principper, så det nemt kan tilpasses og omdannes til nye projekter (ved at tilføje nye biologiske moduler).

Pakken kan tilføje op til 7000+ linier programmeringskode. Softwaredesignet er vist i Figur 1.

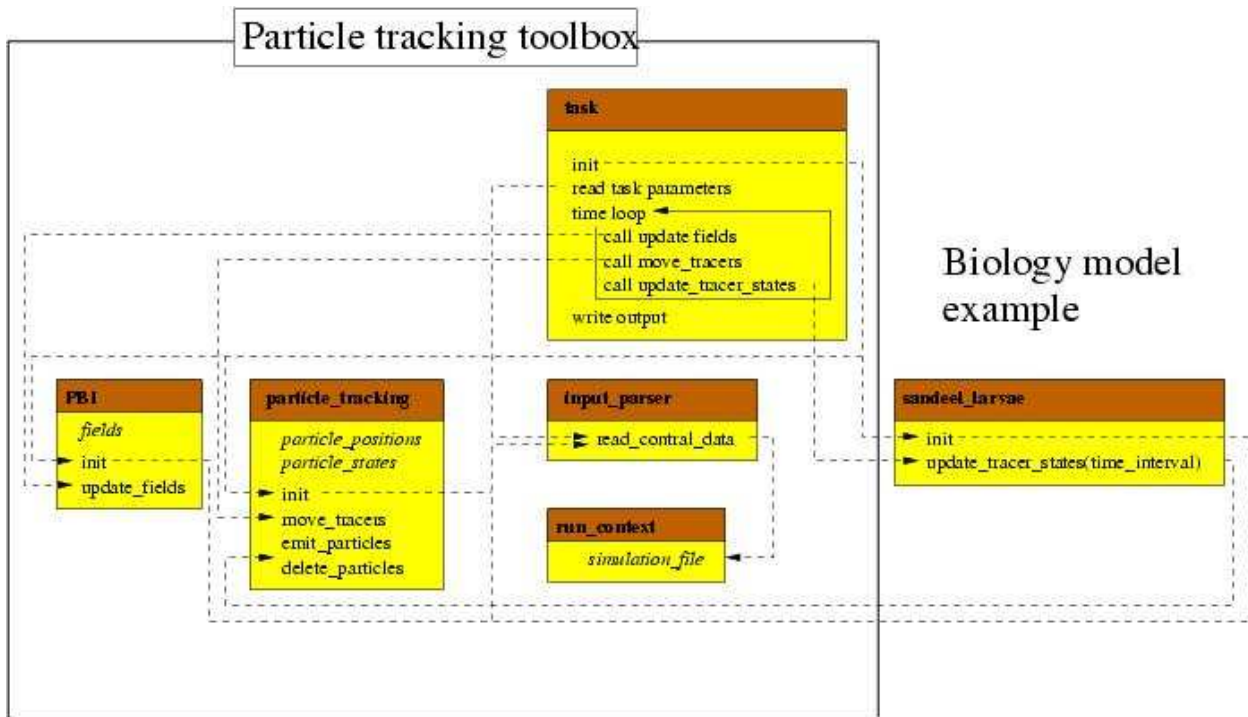


Figure 1. Software design diagram af NSParticle simuleringsrammeverktøjet

Ved at bruge NSParticle sammen med SLAM's biologiske modul for tobis larver, kan en lang række fiskerirelevante data blive genereret. I Figur 2 (til venstre) er der som eksempel vist larvers overlevelseschance *under transport*, afhængig af klækingssted, og i Figur 2 (til højre) er vist fiskerifølsomheden. Følsomme banker er karakteriseret ved at være fortrinsvis selvrekruiterende, hvorimod ikke-følsomme banker er karakteriseret, ved at rekruttering sker fra andre områder (dvs. banken bliver genopfyldt, selv hvis den bliver overfisket).

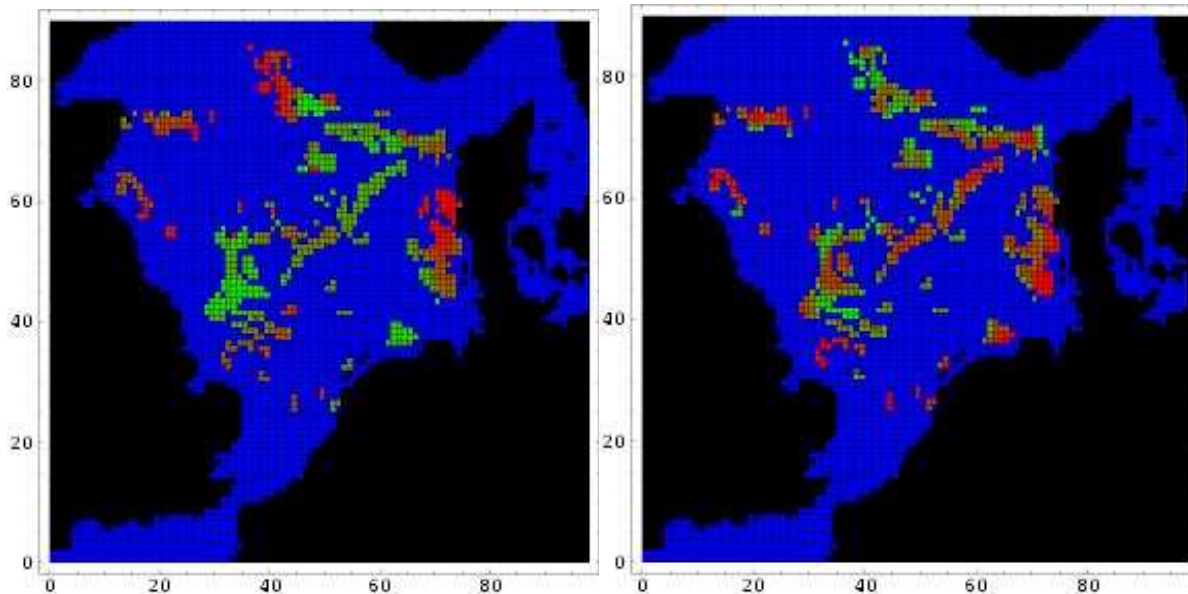


Figure 2 (venstre). Larve transport overlevelse in 2006, indfarvet efter klækkebanke. Rød: larver, der kommer fra disse banker har lav transportoverlevelse, modsat grøn: larver, der kommer fra disse banker har høj transportoverlevelse Højre: banke specifik fiskerisensitivitet i 2006. Rød: sensitive banker (domineret af høj selvrekuttering). Grøn: mindre sensitive banker (rekuttering kommer hovedsagligt fra andre områder).

## Tobis bestandssimulationsværktøj

Populationsdelen udviklet i dette projekt kaldes SPAM (“Sandeel Population Analysis Model”) og er en ramme der integrerer transportberegningerne fra NSParticle med surveydata, fiskeridata og anden biologisk viden. Det er en proces-orienteret tilgang, der bestræber sig på at have et minimalt antal parametre, baseret på en objekt-orienteret implementering i programmeringssproget Python. Dette tillader en langsigtet udvikling og modning af softwarepakken.

Fra modellen kan følgende nyskabelser fremhæves:

- Direkte kobling til hydrodynamik (baseret på state-of-art 3D modeller), og andre relevante fysiske og biologiske felter, der kontrollerer livsbetingelserne for tidlige livsstadier.
- Rumlig eksplicit populationsdynamik, med mulighed for vilkårlig rumlig opløsning og aggregering af habitater (dvs. modellering af områder sammensat af enkelte sandbanker).

- Fokus på de demografiske effekter der påvirker tobisbestandenes størrelse og vækst (hvilket har en vigtig rolle for tobis). Demografiske effekter fører til selvregulering hos bestandene; hos tobis er mekanismerne kannibalisme og fødekongurrence.

Output fra modellerne består af tidsserier af biomasse, vækst, fangst og rekruttering, på banke- og aldersgruppeniveau.

Modellernes opbygning er angivet i Figur 3.

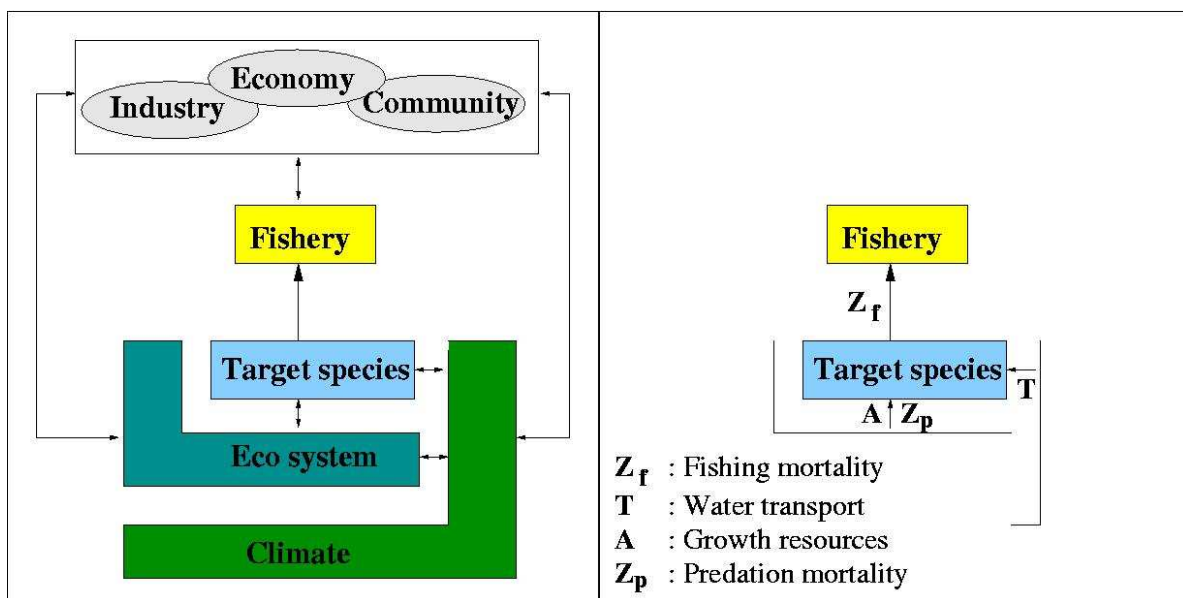
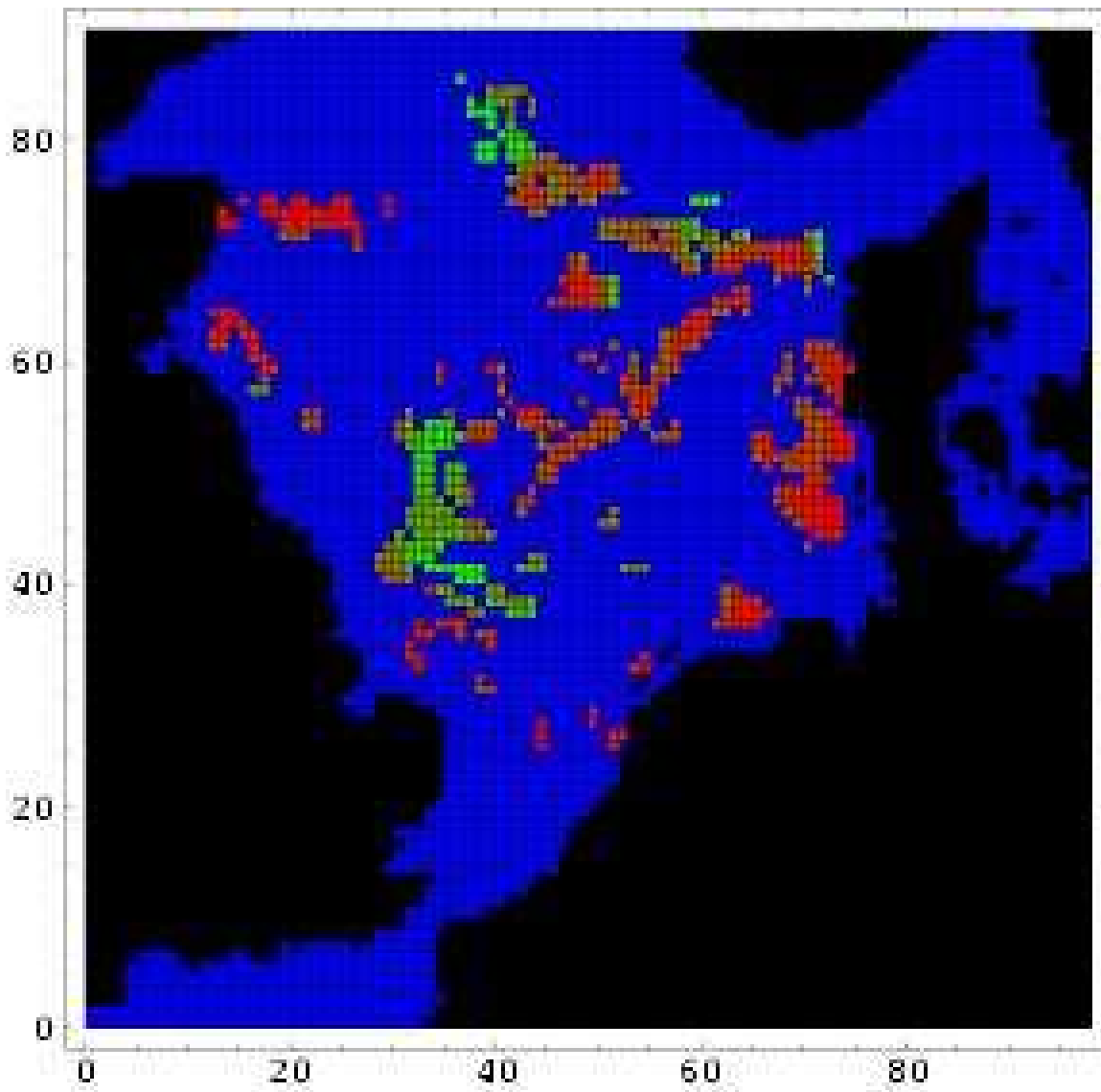


Figure 3 Venstre skitsediagram af tobisbestanden (target species) med dens relation til hav, økosystem og fiskeri. Højre: indflydelse af hav, økosystem og fiskeri aggregeret i fire, veldefinerede "drivers": Fiskeri mortalitet ( $Z_f$ ), hydrodynamisk transport ( $T$ ), vækst potentiale ( $A$ ) og predation mortalitet ( $Z_p$ )

SPAM modellen kan køres med forskellige niveauer af data assimilering – fra "stærkt forceret" (omfattende dataassimilation) med survey- og fiskeridata og enkle biologiske modeller, til livscyklus modellering med avancerede biologiske modeller, med mindre grad af forcering med observationer. Målet er dataafhængige livscyklus simuleringer, efterhånden som hullerne i den biologiske viden bliver fyldt ud. Dog er fokus i dette projekt bibeholdt på "stærkt forceret" simulering med survey- og fiskeridata til fremstillingen af prognoser, da der har været store mangler inden for den biologiske viden. Et eksempel på en bestandsprognose er givet i Figur 4.





**Figure 4: Prognose for relative abundans af fiskbare 1+ grupper af tobiser for 2007 sæsonen. Grøn angiver høj lokal bestandstæthed, rød angiver lavere lokal bestandstæthed.**

Figur 4 viser en SPAM prognose for fiskerisæsonen 2007. Spin-up perioden var 2003-2006, baseret på operationelle hydrodynamiske hindcasts og SSB estimater for perioden, assimileret under spin-up perioden. SSB estimater stammede fra logbogsdatabasen, hvor den rummelige opløsning er ICES rektangler.

Et af de største punkter hvor man stadig mangler viden indenfor dette projekt, er zooplankton distributioner med tilstrækkelig rummelig og tidsmæssig dækning. På nuværende tidspunkt er den mest lovende tilgang brugen af zooplankton modeller baseret på primitive beregninger, de såkaldte NPZD modeller. DTU-AQUA er indgået i det ovennævnte MEMC samarbejde, med henblik på at opnå nye NPZD model output til biologiske simuleringer.

I den oprindelige projektbeskrivelse blev det foreslået at bruge tidsserier fra CPR (continuous plankton recorder) data til dette formål, men ved nærmere undersøgelser viste det sig at disse tidsserier ikke kunne give den tilstrækkelige tidsmæssige og rumlige dækning.

På nuværende tidspunkt bruger modellen en zooplankton proxy variabel, mere specifikt en lokal (og rumligt varierende) bestandsbæreevne. I praksis er den lokale bestandsbæreevne inkluderet i parameterestimationsprocessen, men i fremtiden er det meningen at NPZD model output skal integreres på lige fod med det hydrografiske data og anvendes til at beregne den lokale bestandsbæreevne.

Et andet punkt der kræver yderligere opmærksomhed er den selvregulering af bestanden der finder sted hos Nordsø tobis, dvs. en kvantificering af den påvirkning konkurrence om føde og habitat indenfor bestanden, har på bestandens fluktuationer. Derudover skal effekten af kannibalisme også undersøges. I dette projekt er forholdsvis brede sammenhænge, parametriseret fra den observerede variabilitet i bestande, blevet anvendt.

### **Optimal habitataggregering**

Tobisens habitater i Nordsøen består af adskillige aflange, tilstødende sandbanker, der er skabt af havstrømme. Ud fra et forvaltningssynspunkt er disse habitater dog langt fra optimale, af primært tre grunde: De egner sig ikke som forvaltningsenheder (for mange og for små); det er urealistisk, og især dyrt, at estimere biologisk heterogenitet på så fin skala; og tobis migrationer indenfor et lille område kan blive en vigtig faktor der skal tages i betragtning.

Derfor er der i forvaltningen brug for en sammenlægning af habitat områder. Den største horizontale opløsning i vores setup er 5 nm, dikteret af den hydrodynamiske opsætning (denne opløsning svarer til Figur 2). De første analyser af larve transport mønstre var udført på det overordnede s5 regionale niveau, med fem store, overordnede sandbanke systemer (W,D,C,SE og NE), som vist i Figur 5.

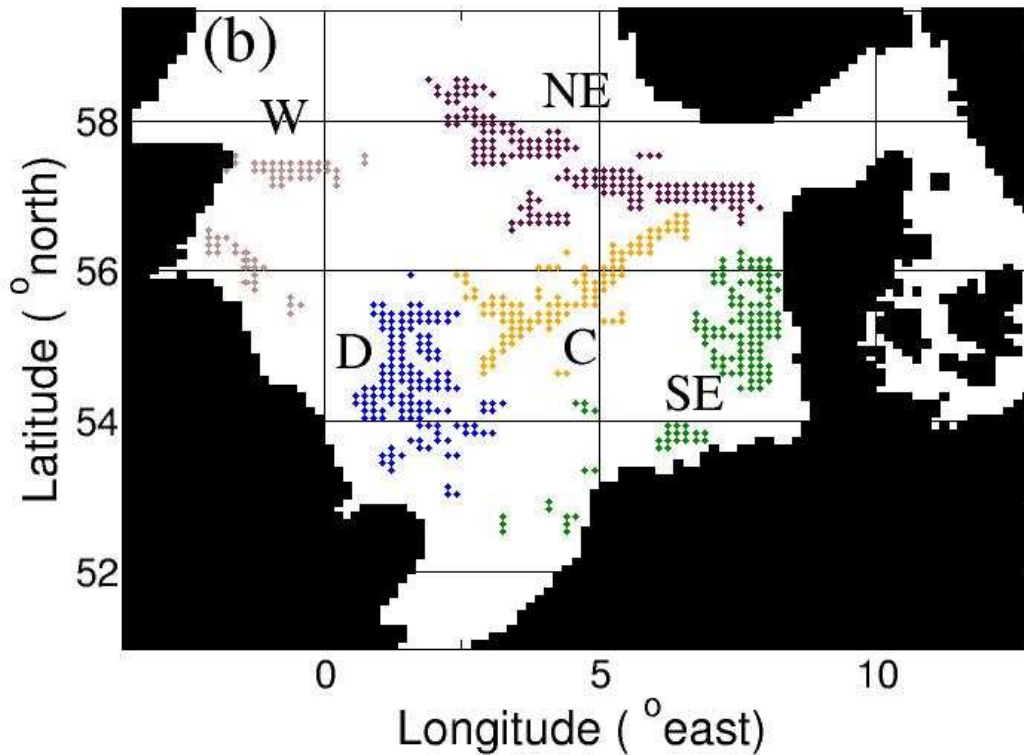


Figure 5 Den brede prelimære s5 hovedområde opdeling af tobishabitater.

Vi har også kørt opsætningen på en opløsning med ICES firkanter, hvilket er en fordel når man bruger fiskeri- og ICES data, der er registreret på denne opløsning.

Skalaanalyse af larvetransport indikerer at den optimale habitat definition/sammenlægning for Nordsø tobis formentlig er omkring 10 sandbankesystemer, hvilket også ville være til at håndtere rent forvaltningsmæssigt.

Ved en opdeling i 10 habitat regioner vil det også være muligt at vurdere biologiske forskelle mellem områder. Et estimat på ca. 10 tobis habitat regioner i Nordsøen svarer også til observationer og survey informationer, der indikerer at opdelingen i de fem store hovedområder (s5) er en for grov opdeling i forvaltningsøjemed. Observationer viser nemlig at der kan være store forskelle i bestandsniveauer indenfor nogle af s5 regionerne vist i Figur 5.

