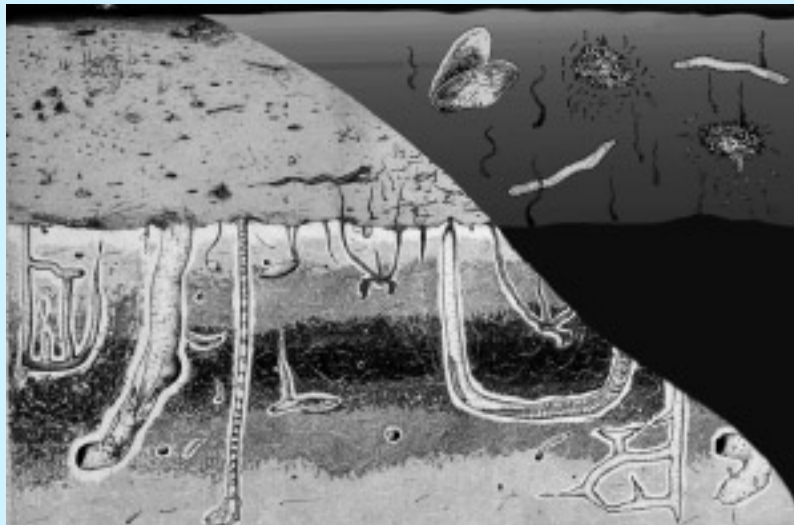




Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Opgørelse af skade- virkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande

Faglig rapport fra DMU, nr. 456



[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljø- og Energiministeriet

Opgørelse af skade- virkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande

Faglig rapport fra DMU, nr. 456
2003

Jørgen L.S. Hansen
Alf B. Josefson
Jacob Carstensen

Datablad

Titel:	Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande
Forfattere: Afdeling:	Jørgen L.S. Hansen, Alf B. Josefson & Jacob Carstensen Afdeling for Marin Økologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 456
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	September 2003
Faglig kommentering:	Bo Riemann, Ole Schou Hansen
Finansiel støtte:	Miljøministerens rådighedspulje
Bedes citeret:	Hansen, J.L.S., Josefson, A.B. & Carstensen, J. 2003: Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 456. http://faglige-rapporter.dmu.dk Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	I 2002 blev de indre danske farvande ramt af det mest omfattende og langvarige iltsvind i nyere tid. På ministerens foranledning blev der i efteråret 2002 iværksat en opgørelse over omfanget af skaderne på bundfaunaen. Resultaterne af DMU's undersøgelser i november 2002 og i marts 2003 viste, at der var store områder med tydelige og markante skader på bundfaunaen. Områderne i det nordlige og sydlige Lillebælt med tilstødende fjorde samt Århus Bugt, Flensborg Fjord, Århus Bugt, Karrebæksminde Bugt og Femer Bælt samt det Sydfynske Øhav blev meget hårdt ramt. Jo længere iltsvindet havde været i de enkelte områder, desto større var skaderne. I de strømfyldte områder i Storebælt, det nordlige Bælthav samt Kattegat og Øresund var der til gengæld ingen tydelige effekter på trods af langvarige iltsvind i 2002.
Emneord:	Iltsvind, bundfauna, indre danske farvande, skadesopgørelse
Layout & korrektur: Forsideillustration:	Anne van Acker Britta Munter
ISBN: ISSN (elektronisk):	87-7772-753-3 1600-0048
Sideantal:	34
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside: http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR456.pdf
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Strandgade 29 DK-1401 København K Tlf.: 3266 0200 Frontlinien@Frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

1	Baggrund	5
2	Indsamling og bearbejdning af prøver	6
2.1	Datagrundlag	7
3	Vurdering af skadevirkning	10
3.1	Kvalitativ vurdering af skadernes omfang	11
4	Skadesopgørelse	13
4.1	Sammenhængen mellem skadernes omfang og varigheden af iltsvind	15
5	Sammenfatning	23
	Bilag 1 Placering af stationer	25
	Bilag 2 Tætheder af bundfauna	28
	Bilag 3 Biomasse af bundfauna	30
	Danmarks Miljøundersøgelser	33
	Faglige rapporter fra DMU	34

[tom side]

1 Baggrund

I sensommeren 2002 blev de indre danske farvande ramt af det mest langvarige og udbredte iltsvind, som man har registreret i nyere tid. I mange områder var der uafbrudt iltsvind i mere end 2 måneder. Da iltsvindet var på sit højeste, var størstedelen af Bælthavet, den vestlige Østersø og dele af det sydlige Kattegat ramt af iltsvind på dybder under springlaget. Allerede i september blev der rapporteret om døde og døende bunddyr. Der blev fundet svovlbakterier, det såkaldte "ligklæde" på overfladen af havbunden flere steder, og der drev døde fisk i land langs Jyllands østkyst. Den meget varme og stille sensommer og efterår gjorde, at situationen blev forværret dag for dag i løbet af efteråret. På den baggrund iværksatte miljøministeren i efteråret 2002 en undersøgelse af skadernes omfang, og der blev derfor sejlet et ekstraordinært bundfaunatogt med Gunnar Thorson i november. Denne rapport beskriver resultaterne af denne undersøgelse samt de foreløbige resultater af en undersøgelse af genindvandringen af bunddyr til de berørte områder i marts 2003. Resultaterne vil endvidere indgå i en bog med temaet iltsvind, som udkommer i efteråret 2003, og skadernes totale omfang, inkl. genindvandring, vil blive beskrevet i en rapport i 2004.

2 Indsamling og bearbejdning af prøver

Indsamlinger foregik med miljøskibet Gunnar Thorson i perioden 25.-29. november 2002. I alt blev 63 stationer i de indre danske farvande besøgt, og det var muligt at tage kvantitative prøver på 57 af stationerne. Undersøgelserne blev koncentreret i det sydlige Kattegat, Bælthavet, Smålandsfarvandet, Femer Bælt, og Hjelm Bugt. Denne prioritering blev foretaget af ressourcemæssige årsager, da det ikke var muligt at dække de centrale og vestlige dele af Kattegat samtidigt med områderne i den vestlige Østersø og Bælthavet på samme togt. Områder langs Jyllands østkyst, hvor der også blev registreret iltsvind i efteråret 2002, er derfor ikke omfattet af denne undersøgelse. Skader efter iltsvindet i dette område er beskrevet i rapporten "Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 2002. Tilstand og udvikling" af Nordjyllands Amt & Århus Amt 2003.

Det endelige valg af stationer (*Figur 1*) tilgodeser følgende forhold i prioriteret rækkefølge:

- 1) størst mulig dækning af de indre danske farvande
- 2) områder med bundforhold, hvor det er muligt at indsamle prøver af bundfaunaen
- 3) lokaliteter der har været ramt af iltsvind samt referenceområder hvor der ikke har været kraftigt iltsvind
- 4) lokaliteter hvor der findes undersøgelser af faunaen fra før der indtraf iltsvind i 2002

Prøveindsamlingen blev, afhængigt af bundforholdene, foretaget med enten HAPS-bundhenter med et areal på 0,0143 m² eller med Van veen grab der dækker et areal på 0,1 m². I de tilfælde, hvor der blev anvendt haps, blev der taget 5 delprøver på hver station, mens der blev taget 3 delprøver med Van veen. Alle prøver blev sigtet igennem en 1 mm sigte, og al prøvetagning fulgte i øvrigt gældende anvisninger for det nationale overvågningsprogram for bundfauna (NOVA-2003).

Der blev foretaget en kvalitativ undersøgelse af prøverne på hver station ombord på skibet for at se, om der var tegn på iltsvind. Sådanne tegn på iltsvind omfattede:

- 1) forekomst af døde bunddyr på sedimentoverfladen
- 2) svovlbrintelugt og fravær af iltet zone på sedimentoverfladen
- 3) påfaldende mangel på levende dyr i prøven efter sigtning
- 4) påfaldende lugt af døde dyr og forekomst af søpindsvin med tabte pigge

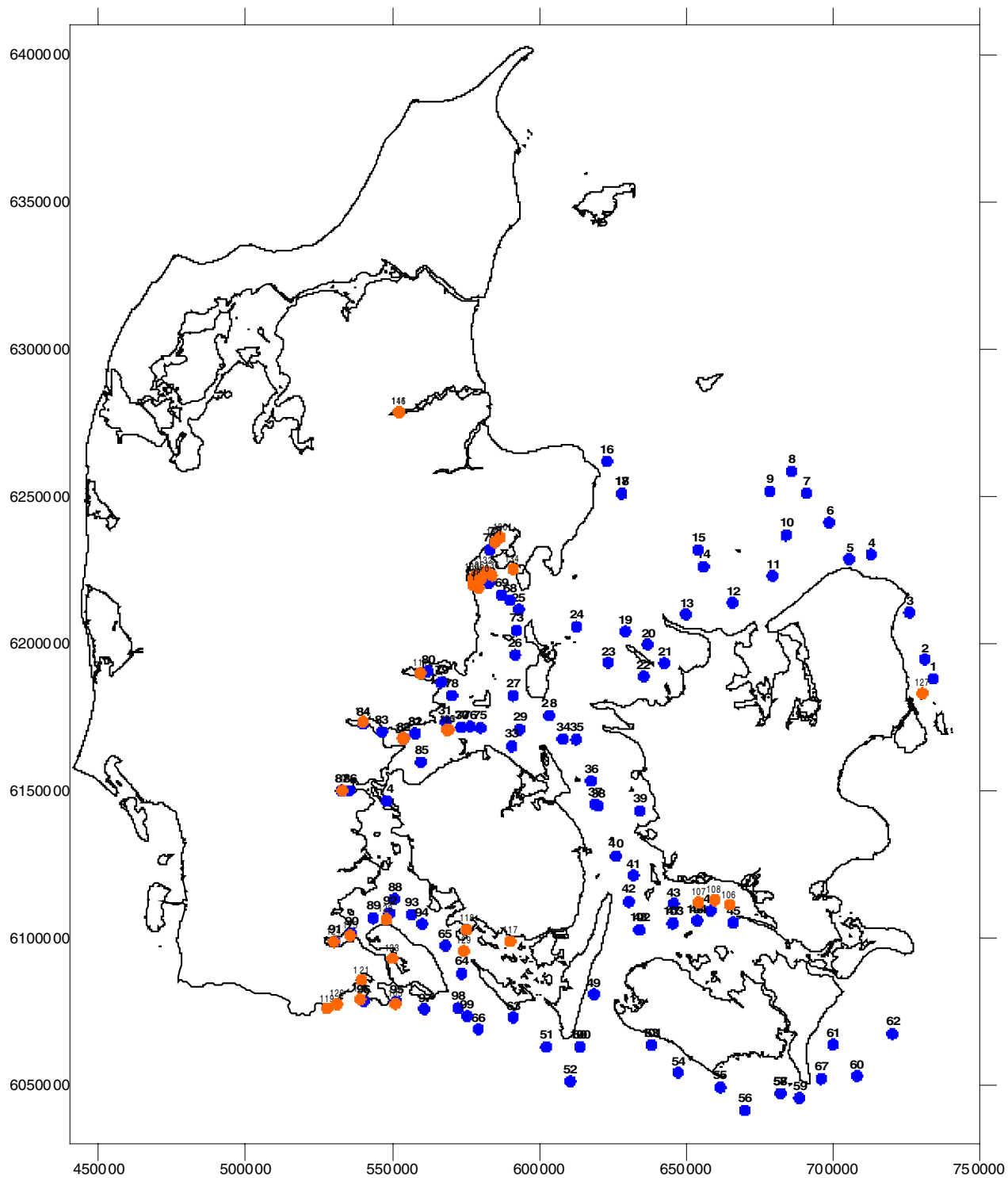
- 5) forekomst af store mængder muslingeskaller med intakte sener i skallukket som tegn på nylig død

For de fleste prøver blev der ligeledes foretaget en kvantitativ bestemmelse af faunaen. Dvs. det fikserede prøvemateriale blev undersøgt under mikroskop, og alle dyr blev indsamlet, talt og vejet som vådvægt. Disse data for biomasse og individtæthed blev opgjort gruppevis for de systematiske hovedgrupper: Bløddyr, børsteorme, pighuder og krebsdyr samt andet. Prøvematerialet er gemt for fremtiden ved fiksering af såvel sigterest som de indsamlede dyr.

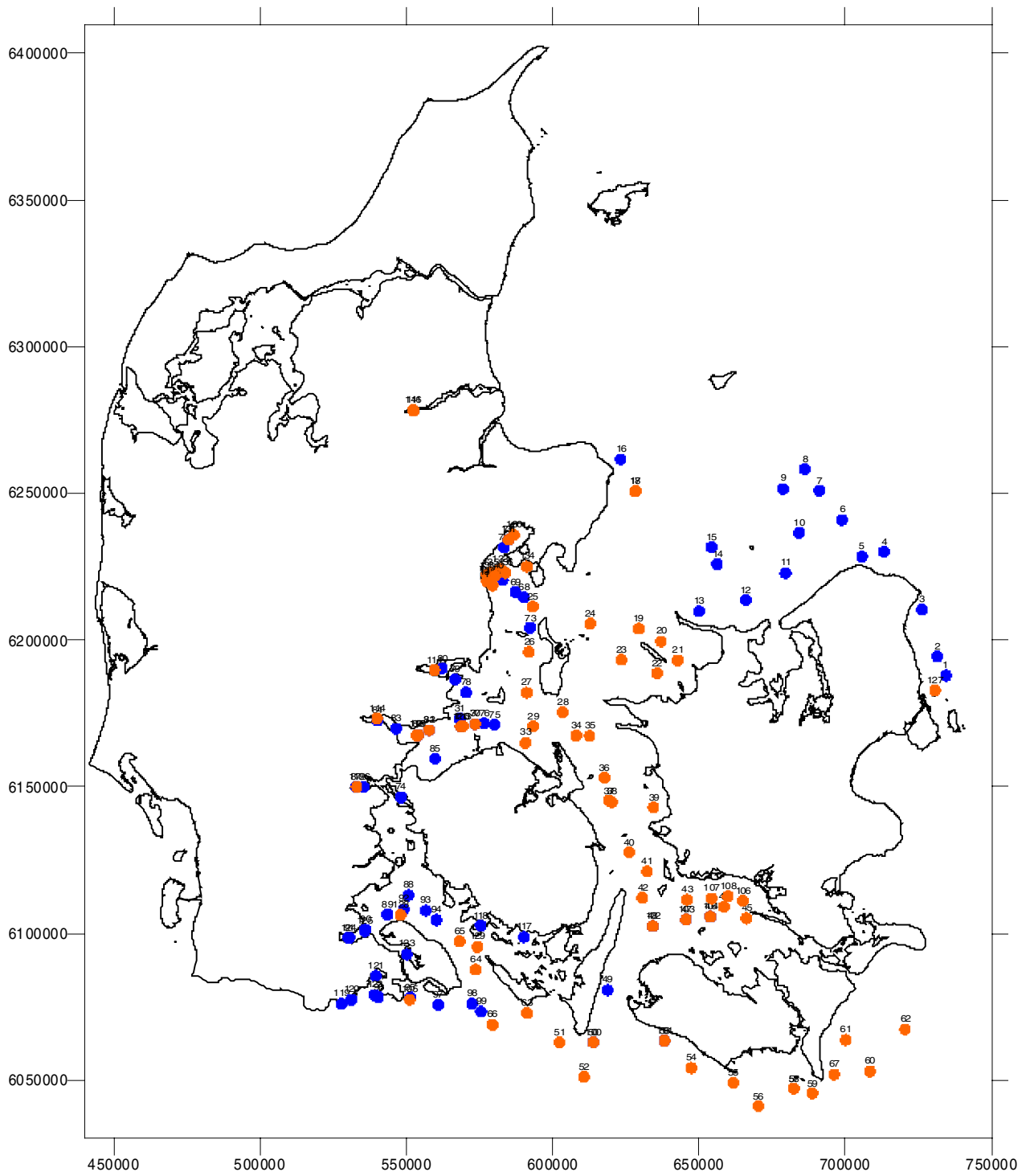
2.1 Datagrundlag

Det samlede datagrundlag fra november togtet med Gunnar Thorson omfatter kvalitative registreringer fra 63 stationer og oparbejdede kvantitative data fra 190 prøver fordelt på 40 stationer. Herudover blev der indsamlet kvalitative bundfaunadata på et togt med Gunnar Thorson i marts 2003, som havde til formål at følge genindvandringen til de områder, der var blevet ramt af iltsvind i 2002. Datamaterialet fra marts 2003 omfatter 67 stationer, hvoraf 31 var nye i forhold til november togtet.

Udover de data, der er indsamlet af DMU, blev der foretaget ekstraordinære regionale undersøgelser af bundfaunaen i en række amter i efteråret 2002. Ligeledes med henblik på at vurdere skadevirkningen. DMU har modtaget data fra Vejle Amt, Storstrøms Amt, Københavns Amt samt Sønderjyllands Amt. Som en del af den ordinære bundfaunaoprøvetagning indsamlede Århus Amt prøver i Århus Bugt om efteråret, som følgelig også kan belyse skadevirkningen. Endeligt findes der rapporter om effekterne i en række områder, som ligeledes er medtaget i denne opgørelse. Placeringen af samtlige stationer, som blev besøgt af henholdsvis DMU og amterne i 2002, fremgår af *Figur 1* og *Bilag 1*. Den samlede datamængde omfatter således 642 kvantitative prøver taget fra 74 lokaliteter samt 67 lokaliteter, hvor der er kvalitative data (*Figur 2*).



Figur 1 Placering af stationer, hvor der blev taget bundfaunaprøver af DMU i november 2002 og marts 2003 (blå) samt de stationer, hvor Århus Amt, Vejle Amt, Københavns Amt, Storstrøms Amt, Fyns Amt og Sønderjyllands Amt har taget prøver i efteråret 2002 (orange).



Figur 2 Placering af stationer, hvor der findes henholdsvis kvantitative data (orange) og kvalitative data (blå).

3 Vurdering af skadevirkning

Forventede effekter

Makrobundfauna på sedimentbund lever i et miljø, hvor iltkoncentrationen i vandet omkring dem ofte er under fuld mætning. Mange af disse bunddyr er derfor relativt modstandsdygtige over for lave iltniveauer, og dødelige effekter bliver først åbenbare, når koncentrationerne i nogen tid er under ca. 2 mg/l eller ved endnu lavere niveauer fx 0,1 - 0,2 mg/l. Om et givet iltniveau vil have en effekt på bunddyrenes overlevelse afhænger dog af flere faktorer. En faktor er *varigheden* af et iltsvind. Det er velkendt, at forskellige arter kan tåle lave iltkoncentrationer i forskellig tid. Effekten af et lavt iltniveau afhænger også af, hvor meget det iltfattige *vand bevæger sig*. For eksempel vil et bestemt lavt niveau gøre større skade i en stillestående vandmasse end i en vandmasse, der bevæger sig. Står det iltfattige bundvand stille, fjerner dyrenes iltforbrug den nærmeste ilt, og de skaber dermed meget dårlige iltforhold lige omkring sig selv. Bevæger bundvandet sig derimod, vil dyrene have en bedre overlevelseschance. Selvom der kun er lidt ilt i vandet vil vandbevægelsen tilføre ny ilt, som erstatter den ilt, dyrene har brugt. *Temperatur* har også en indvirkning på effekterne, da en højere temperatur giver et højere iltforbrug. Endvidere kan effekten af et lavt iltniveau forstærkes, når *svovlbrinte* frigives fra sedimentet. Flere studier har således vist, at dødeligheden øges, når dette sker i forbindelse med iltsvind. Det er således vanskeligt at forudsige effekter af et givet iltniveau, når der ikke samtidigt er kendskab til forekomst af svovlbrinte.

Hvilke dyr, der vil blive ramt, hænger i et vist omfang sammen med deres kropsstørrelse og aktivitetsniveau. Store mobile dyr bliver ramt ved et højere iltniveau end små fastsiddende eller dyr der lever nedgravede i sedimentet. Således ser man effekter på fisk og større krebsdyr (fx jomfruummer) allerede ved et iltindhold på ca. 4 mg/l, hvorimod man skal helt ned på 0,1-0,2 mg/l for at få dødelige effekter på mange børsteorme. Flere dyr der er mindre end 1 mm, er specielt modstandsdygtige. Selv om der kan være stor variation i følsomhed mellem arter i en og samme dyregruppe, er krebsdyr mere følsomme end fx muslinger og snegle. Mindst følsomme er annelideorme (oligochaeter og børsteorme), hvilket til dels kan forklares ved, at disse har en stor iltoptagende overflade i forhold til deres kropsvolumen.

Når iltsvind med dødelige effekter forekommer ofte, fx hvert eller hvert andet år, vil det resultere i bunddyrssamfund som har en lav biomasse, da der ikke er tid til at dyrene kan nå voksenstørrelse mellem iltsvindshændelserne. Samtidig kan et lavt iltniveau hæmme dyrenes vækst. Et sådant samfund vil være karakteriseret af arter med kort levetid, fx børsteorme med lille kropsstørrelse. Krebsdyr, muslinger, snegle og slangestjerner vil mangle.

Bundfaunasamfund er generelt meget heterogene selv indenfor afgrænsede områder. Samtidigt forekommer der store naturlige svingninger i bundfaunaens tæthed selv i områder, der ikke påvirkes af

iltsvind. Disse forhold gør det svært at skille effekter af iltsvind fra mere naturlige udsving i størrelsen af populationen. For at kunne påvise mindre reduktioner i bundfaunaens tæthed og biomasse med statistisk sikkerhed, skal der tages mange prøver i det samme område. I denne undersøgelse har dette kun været muligt i meget få områder af ressourcemæssige årsager. Det er derfor kun de tydelige effekter, der er registreret og resultaterne kan generelt betragtes som en konservativ opgørelse over skadernes omfang.

På de fleste af de lokaliteter, som DMU har undersøgt, findes der ikke data for bundfaunaens tæthed, sammensætning og biomasse fra tiden før iltsvindet i 2002 satte ind. På disse lokaliteter er de kvantitative undersøgelser derfor kun brugt til at registrere virkninger på bundfaunaen, hvis enten biomassen eller tætheden af bundfaunaen var påfaldende lav (*Bilag 2 og 3*). Det vil sige så lave tætheder og biomasser, som det ville være usandsynligt at finde, hvis de ikke havde været udsat for kraftige ydre påvirkninger som iltsvind. Da der ikke findes bundfaunadata fra før 2002, kan det til gengæld ikke udelukkes, at denne påvirkning af bundfaunaen kan skyldes iltsvind før 2002.

De kvalitative prøver er naturligvis mindre præcise end de kvantitative prøver. Det er derfor sjældent muligt at dokumentere moderate effekter på faunaen på baggrund af kvalitative prøver alene. I de tilfælde hvor effekterne er omfattende, vil de kvalitative prøver dog give et pålideligt vidnesbyrd om påvirkningen, og i kombination med kvantitative prøver kan effekterne fastslås med stor sikkerhed.

3.1 Kvalitativ vurdering af skadernes omfang

Da det samlede datamateriale omfatter flere forskellige typer data, er alle lokaliteter blevet underlagt en fælles vurdering, som omfatter følgende 3 kategorier:

- 1) upåvirkede områder og områder, hvor der ikke med sikkerhed kan dokumenteres effekter på faunaen
- 2) områder, hvor et eller flere forhold viser, at skader på faunaen med stor sandsynlighed skyldes iltsvind
- 3) områder, hvor faunaen er næsten eller helt forsvundet, og hvor flere forhold tyder på iltsvind som årsagen

For at gruppere alle data indenfor en af disse kategorier blev der opstillet følgende kriterier for både kvalitative og kvantitative ændringer:

1) områder, hvor der ikke kan påvises effekt:

- områder, hvor der ikke er registreret kvalitative forhold, der tyder på iltsvind, og hvor der er mere end 2 g vådvægt af dyr (undtaget molboesters, *Arctica islandica*) og en tæthed på mere end 500 individer pr m²
- områder, hvor tæthed, artsantal og den samlede biomasse (hvor der dog ses bort fra biomassen af molboesters) ikke er påfal-

dende forskellig fra undersøgelser i tidligere år, eller hvor ændringer er mindre end ca. 50%

- områder hvor der er noteret enkelte tegn på iltsvind, men hvor kvantitative prøver viser mere end 5 g vådvægt og en tæthed over 500 individer pr m²

2) områder, hvor der er sket en påvirkning

- registreringer af tydelige effekter i de kvalitative prøver
- mindre end 2 g vådvægt (molboøsters ikke medregnet) og mindre end 500 individer pr. m²
- mere end 50% reduktion i forhold til forårsprøver taget i 2002 i en af følgende parametre: tæthed, biomasse eller artsantal
- mere end 50% reduktion i forhold til prøver tidligere år i flere af følgende parametre: tæthed, biomasse eller artsantal

3) områder med markante effekter

- kvalitative prøver, hvor der ikke er makroskopisk fauna samt andre tydelige kvalitative tegn på iltsvind
- kvantitative prøver, hvor der er mindre end 1 g vådvægt pr. m² og en tæthed på færre end 100 individer pr. m²
- reduktion på mere end 90% i forhold til tidligere målinger eller flere af følgende parametre: tæthed, biomasse eller artsantal
- forekomst af mange døde molboøsters samt andre tegn på iltsvind (se side 6)

Molboøsters (*Arctica islandica*) er behandlet særskilt i mange af kriterierne. Dette skyldes, at molboøsters er særdeles tolerant overfor iltsvind, og voksne individer kan klare mange ugers iltsvind. Samtidigt dominerer denne art den samlede biomasse af bundfaunaen i mange områder i de indre danske farvande. Det ses ofte, at der er molboøsters tilbage, når al anden fauna er forsvundet.

4 Skadesopgørelse

Iltsvindets påvirkning af bundfaunaen er vist på *Figur 3*. Påvirkningen på de forskellige stationer er inddelt i de 3 kategorier, som er beskrevet i afsnit 3.1. og på figuren viser rød farve markante effekter, gul farve påvirkning og grøn farve viser stationer, hvor der ikke er sikre tegn på iltsvind. Resultatet var et overordnet mønster med den højeste grad af påvirkning i de østlige dele af de indre farvande – specielt i Århus Bugt, nordlige Lillebælt og de østjyske fjorde undtagen Kolding Fjord, og i områder syd for Fyn. Nogen påvirkning kunne også ses i Karrebæksminde Bugt og syd for Lolland i Femer Bælt. I de øvrige områder, som hovedsageligt er mere åbne, blev der ikke fundet sikre tegn på påvirkning.

I Øresund, det sydlige Kattegat, de centrale dele af bæltet og Sejerø Bugt blev der ikke fundet nogen sikre tegn på iltsvind.

I Århus Bugt var skaderne mest markante i den vestlige del, mens der ikke med sikkerhed kunne påvises effekter i den østlige del, om end Århus Amts undersøgelser viser forholdsvis lave biomasser i området (en mere gennemgående beskrivelse af forholdene i Århus Bugt findes i overvågningsrapporten fra Århus Amt 2003). I store dele af Kalø Vig var faunaen meget kraftigt påvirket, og kvalitative undersøgelser fra DMU i foråret 2003 viste, at faunaen stort set var forsvundet på dybder under 13 m. I den inderste del af Kalø Vig viste DMU's kvalitative undersøgelser markante effekter i marts 2003, mens Århus Amts undersøgelser i efteråret 2002 viste tydelige effekter.

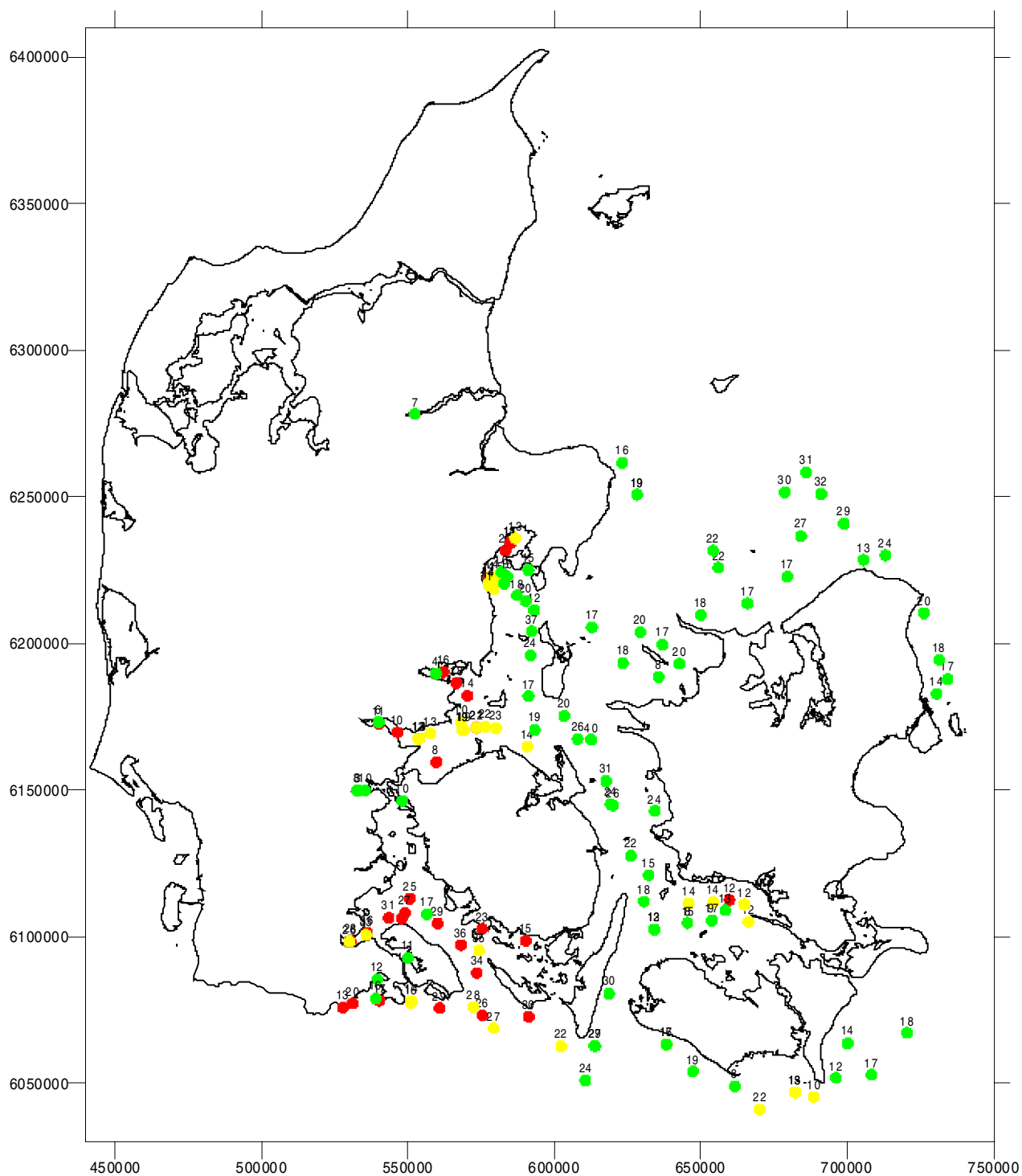
Kvalitative undersøgelser i de dybe render under 11 m i Horsens Fjord viste markante effekter på bundfaunaen i marts 2003. Kvantitative undersøgelser fra Vejle Amt på 4 m dybde i inderfjorden viste ingen tydelige effekter, og undersøgelser i begyndelsen af november 2002 på et stort antal stationer viste reduktioner i tætheden af specielt muslingerne men ellers ingen tydelige effekter.

I Vejle Fjord var de centrale ydre dele af fjorden kraftigt påvirket og DMU's kvalitative undersøgelser i marts 2003 viste markante effekter, hvor der ikke blev fundet nogen dyr på dybder under 11 m. Vejle Amts kvantitative undersøgelser i oktober og november (Vejle Amt 2003) viste tydelige men ikke markante effekter (ifølge definitioner i afsnit 3.1). På 6 m vand i inderfjorden var der ingen tydelige tegn på effekter af iltsvind.

I det nordlige Lillebælt blev der på begge DMU togter set tydelige effekter på samtlige stationer syd for Endelave mod øst indtil Fynshoved. Kvantitative undersøgelser fra november viste meget få dyr og i de kvalitative undersøgelser fra marts 2003 var faunaen fraværende på mange af stationerne.

I Kolding Fjord kunne der ikke ses tydelige effekter.

I det sydlige Lillebælt var der markante effekter på de fleste stationer. Kun en enkelt station, som ligger på forholdsvis lavt vand (17 m), viste ingen tegn på effekter.



Figur 3 Kvalitativ vurdering af skaderne på bundfaunaen. 1) grøn: ingen sikre tegn på skade, 2) gul: tydelige tegn på iltsvind, 3) rød: markante effekter af iltsvind. Bemærk at på nogle af stationerne er der observeret to forskellige værdier for skadevirkning. I figuren er grøn lagt i forgrunden, efterfulgt af gul og rød. Tal over stationerne angiver vanddybden.

På samme måde var der markante effekter i Åbenrå Fjord ifølge de kvalitative undersøgelser i marts og tydelige effekter i efteråret ifølge undersøgelser fra Sønderjyllands Amt (Sønderjyllands Amt 2003).

Også i Flensborg Fjord var der tydelige effekter på samtlige stationer. Den ellers artsrige fauna i Flensborg Fjord var stort set forsvundet ved den sidste undersøgelse i marts. Kun på vanddybder lavere end 13 m blev der ikke set tydelige effekter om efteråret.

I Storebælt viste undersøgelserne i de dybe render ingen tegn på iltsvind.

I den nordlige del af Smålandsfarvandet og Karrebæksminde Bugt, som eller sjældent rammes af alvorlige iltsvind, blev der fundet tydelige effekter i efteråret 2002.

I Femer Bælt blev der set tydelige effekter på flere stationer. Under november togtet blev der fundet masser af muslinger – heriblandt Molboesters – der var døde for nyligt, og de kvantitative undersøgelser viste påfaldende lave biomasser, der stemte overens med disse observationer.

På stationer i Hjelm Bugt blev der ikke set nogen tydelige effekter.

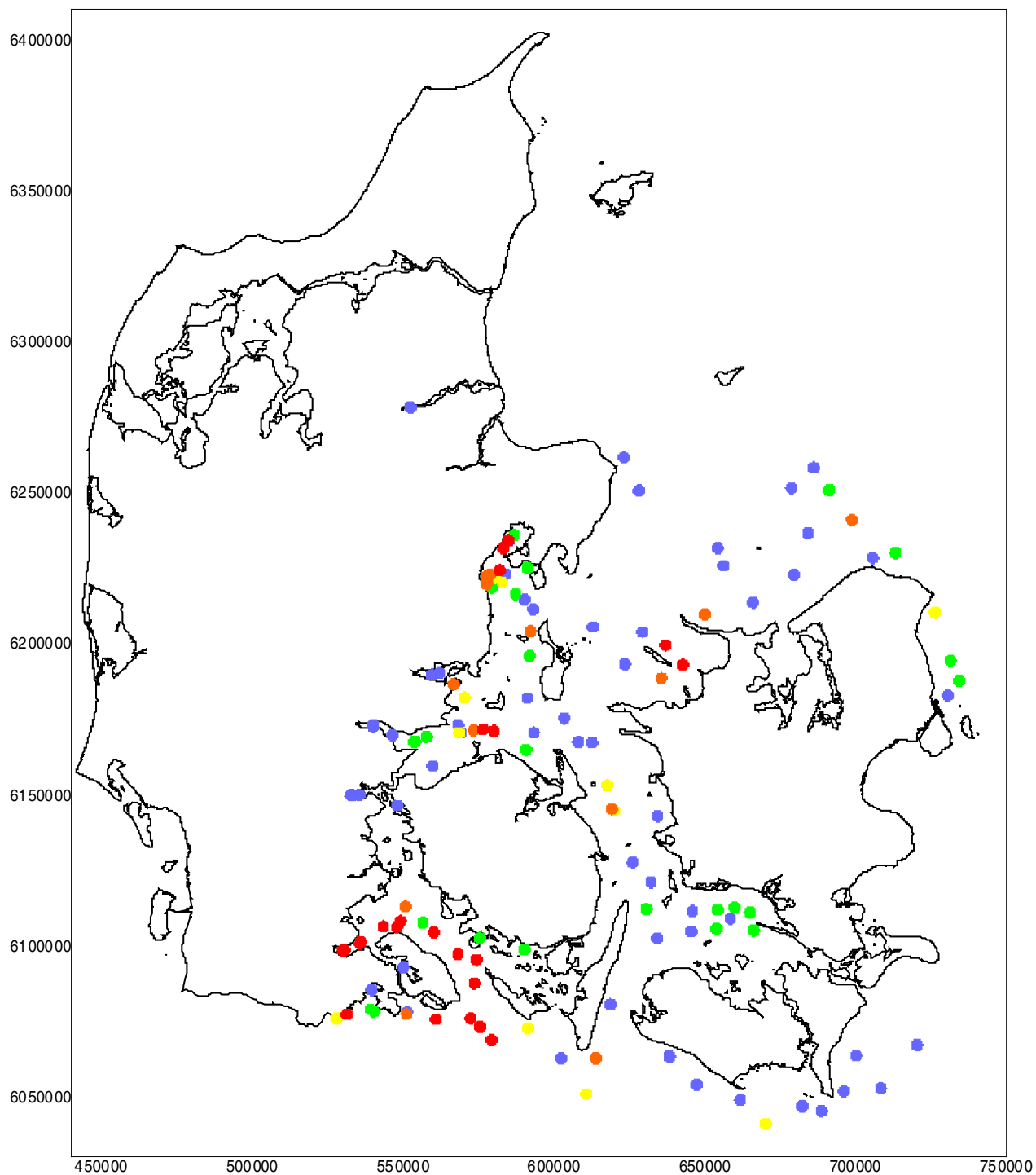
4.1 Sammenhængen mellem skadernes omfang og varigheden af iltsvind

Efter indsamlingerne af bundprøver blev varigheden af iltsvindet (antal uger med < 2 mg ilt/l) modelleret på de aktuelle stationer (*Figur 4*). Overordnet følger den kvalitative opgørelse af skaderne varigheden af iltsvindet. Som det fremgår af *Figur 5* er der dog undtagelser, hvor der er større eller mindre effekt end forventet. På 12 stationer, hvor iltsvindet ifølge modellen havde været langvarigt – mellem 3 og 12 uger – blev der ikke registret nogen effekt i de kvantitative undersøgelser. Det kan naturligvis skyldes, at effekterne har været der, men at denne opgørelses konservative kriterier ikke har gjort det muligt at dokumentere dem.

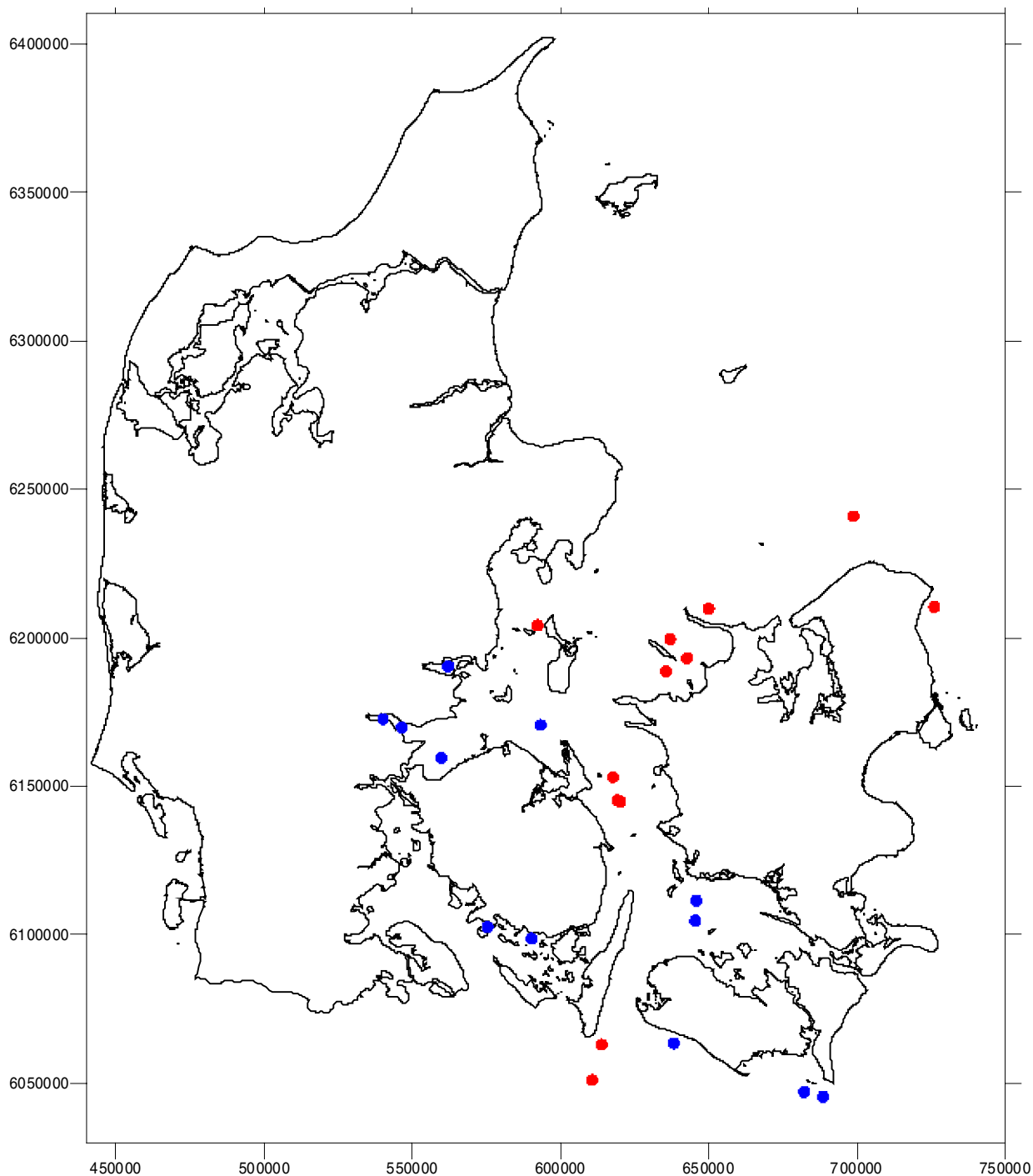
De områder, hvor effekterne er påfaldende lave i forhold til iltsvindets formodede varighed, er i den dybe rende i Storebælt, i de dybde render ved Samsø og rundt om Sejerø samt i Øresund og i det sydlige Kattegat. Fælles for disse områder er, at der generelt er kraftigere strøm og vandbevægelse, end det er tilfældet i mange af de lukkede områder. Vandbevægelser har som nævnt en positiv effekt på faunans overlevelse, selvom det strømmende vand har en koncentration, der er lavere end 2 mg/l. Det skyldes, at det grænselag over bunden, hvor iltkoncentrationen er endnu lavere pga. bundens iltforbrug, bliver nedbrudt, og dyrene får adgang til den sparsomme ilt. En anden positiv effekt er, at giftig svovlbrinte, der eventuelt frigives til bundvandet, bliver fjernet.

Der er en del områder, hvor der er set tydelige effekter eller markante effekter, men hvor iltsvind med koncentrationer under 2 mg/l kun var kortvarigt – under 2-3 uger. Disse områder er hovedsageligt placeret i mere lukkede områder. I Femer Bælt skyldes afvigelsen sand-

synligvis fejl i modelleringen, da der er få iltmålinger i dette område. Samtidig er der en skarp grænse mellem de dybder, hvor der er iltsvind, og de dybder, hvor der er velilte forhold og stationerne er placeret netop på denne dybdegrænse. Samme forhold kan delvis forklare afvigelsen på den ene station nord for Fyn.

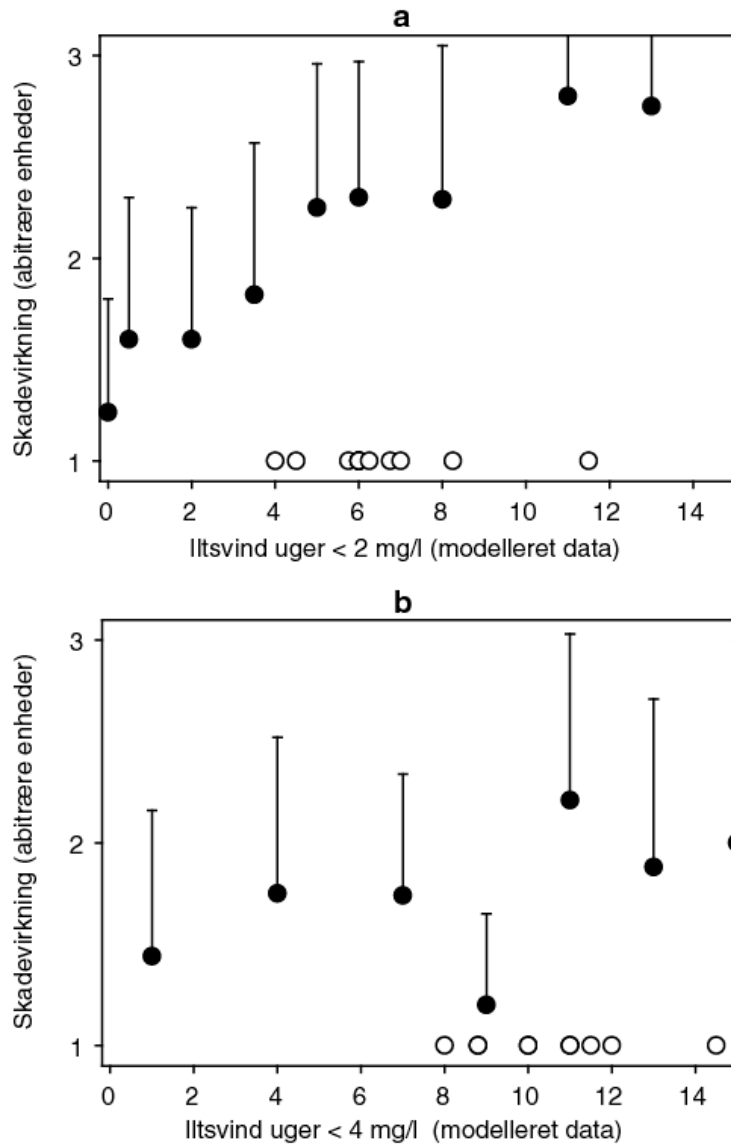


Figur 4 Varigheden i uger af iltsvind, hvor koncentrationen er under 2 mg/l. Blå 0-2 uger, grøn 2-4 uger, gul 4-6 uger, orange 6-8 uger, rød mere end 8 uger.



Figur 5 Afvigelser mellem iltsvindets varighed og effekterne på bundfaunaen. Rød angiver større effekt end forventet og blå mindre effekt end forventet.

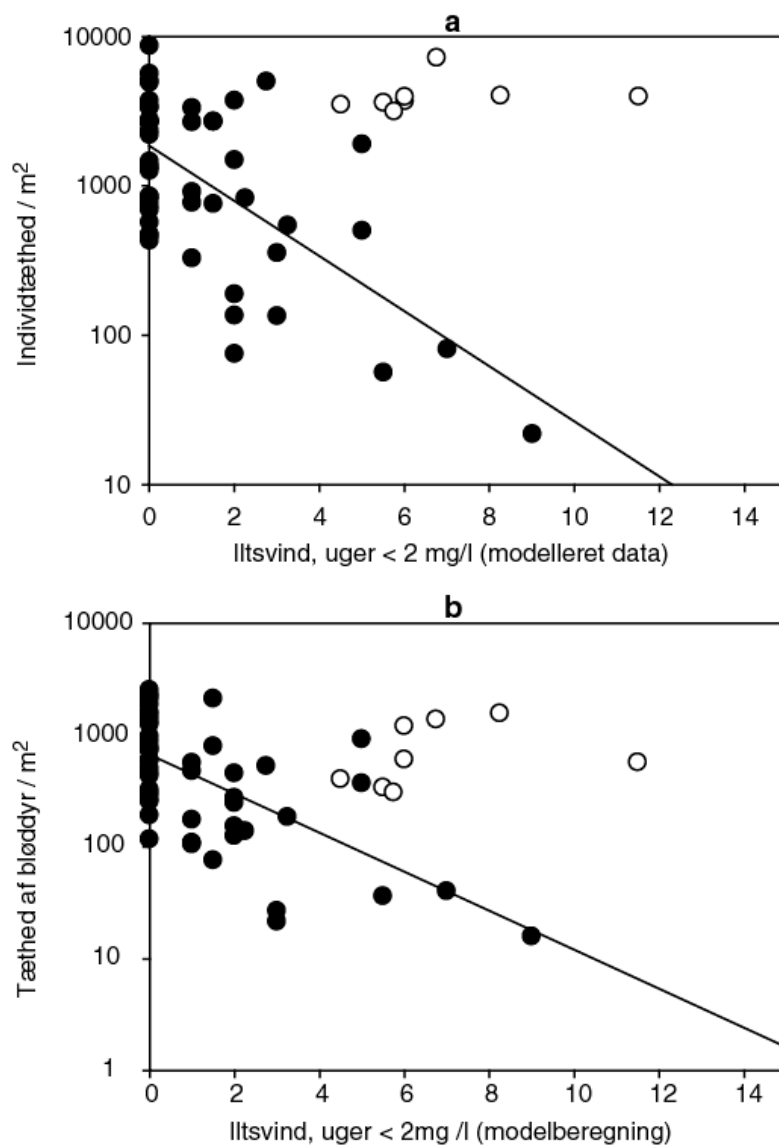
Hvis man ser bort fra stationerne i de mere strømfyldte dele af Bælt-havet, Kattegat og Øresund, så fulgte de kvalitative opgørelser af skaderne varigheden af iltsvind med koncentrationer $< 2 \text{ mg/l}$ (Figur 6a). Jo længere iltsvind varede, desto større en andel af stationerne var påvirkede, og ved særligt langvarige iltsvind var de fleste stationer påvirkede af markante effekter. Varigheden af iltsvind havde til gengæld ikke nogen tydelig sammenhæng med effekten på bundfaunaen, når iltkoncentrationen var i intervallet $2\text{-}4 \text{ mg/l}$ (Figur 6b). Det bekræfter, at iltkoncentrationer på dette niveau ikke er kritiske for bundfaunaen.



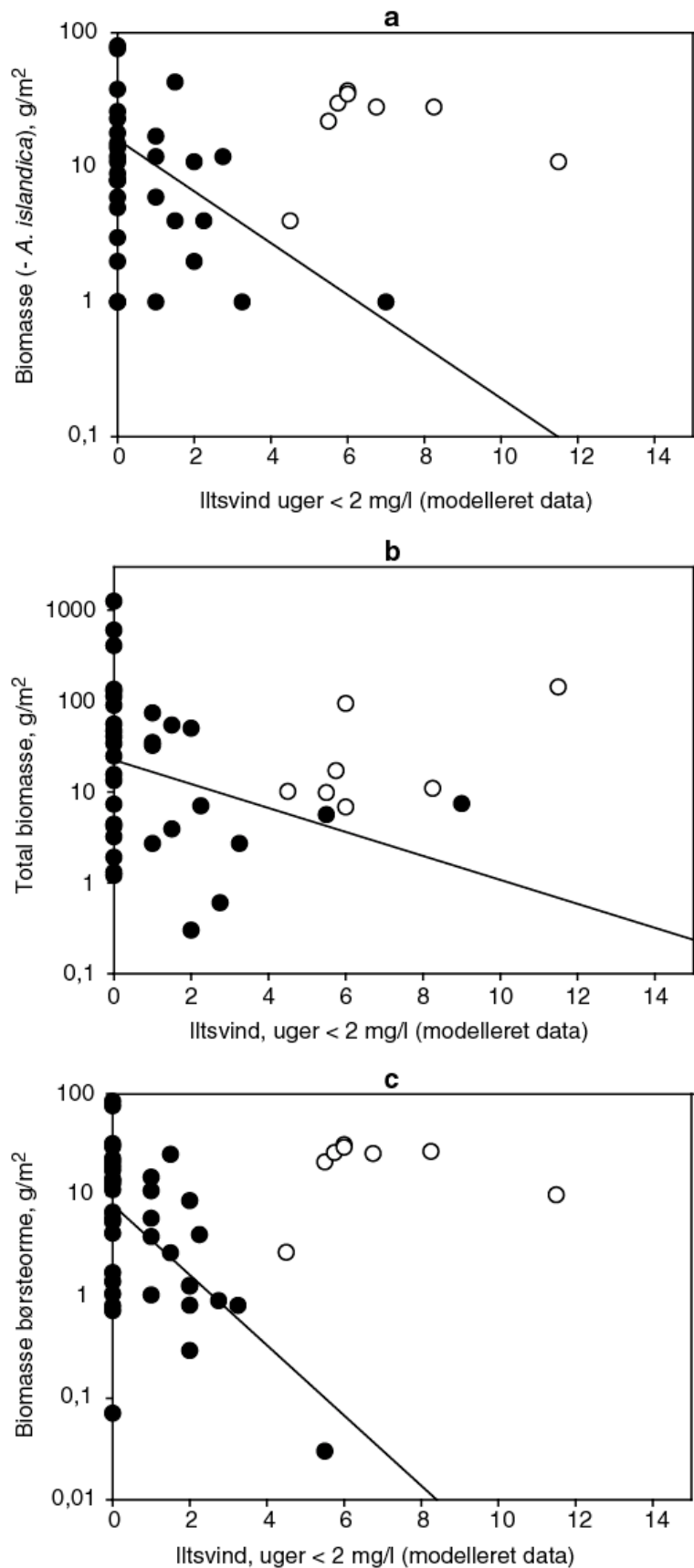
Figur 6 Fyldte cirkler: Gennemsnit af kvalitativ vurdering (1-3) mod varighed af iltsvind; standardafvigelse er angivet. Åbne cirkler: Outlier observationer fra Bælthavet, Kattegat og Øresund.

Ser man på de kvantitative målinger af faunaen så viste det sig også, at både tætheden af dyr (Figur 7a og 7b) og den samlede biomasse (Figur 8a, 8b og 8c) faldt med varigheden af iltsvindet, hvis der igen ses bort fra de nævnte stationer i Bælthavet, Kattegat og Øresund. Der var meget stor variation i den biomasse, der blev fundet ved en bestemt varighed af iltsvindet (bemærk den logaritmiske skala). Det er helt forventeligt, da både den biomasse og tæthed der eksisterede, før iltsvindet satte ind, helt naturligt varierer kraftigt fra område til område. Hertil kommer, at bunddyrsamfund er sammensat af mange forskellige arter med forskellig følsomhed overfor iltsvind, som derfor ikke rammer samfundene ens. Endelig er der effekten af den giftige svovlbrinte i vandfasen. Her er der ikke nogen tæt kobling mellem koncentrationen i vandfasen og iltsvindets varighed. Men meget lave iltkoncentrationer fortæller, at svovlbrinte kan forekomme i vandfasen.

Med disse forbehold giver *Figur 7* og *Figur 8* dog et fingerpeg om, at i områder hvor vandet formodentligt har stået stille, var faunaens tæthed og biomasse omkring 10% eller mindre i forhold til de områder, der ikke var påvirkede. I meget grove træk var der i størrelsesordenen ca. 10 g og 1000 individer færre pr. m² efter 4-6 ugers iltsvind. Værede iltsvindet længere begyndte de meget tolerante dyr at forsvinde, og bunden var, som det var tilfældet i store dele af det sydlige Lillebælt, stort set livløs. Det skal ses i forhold til at biomassen normalt er 50-500 g vådvægt pr. m².



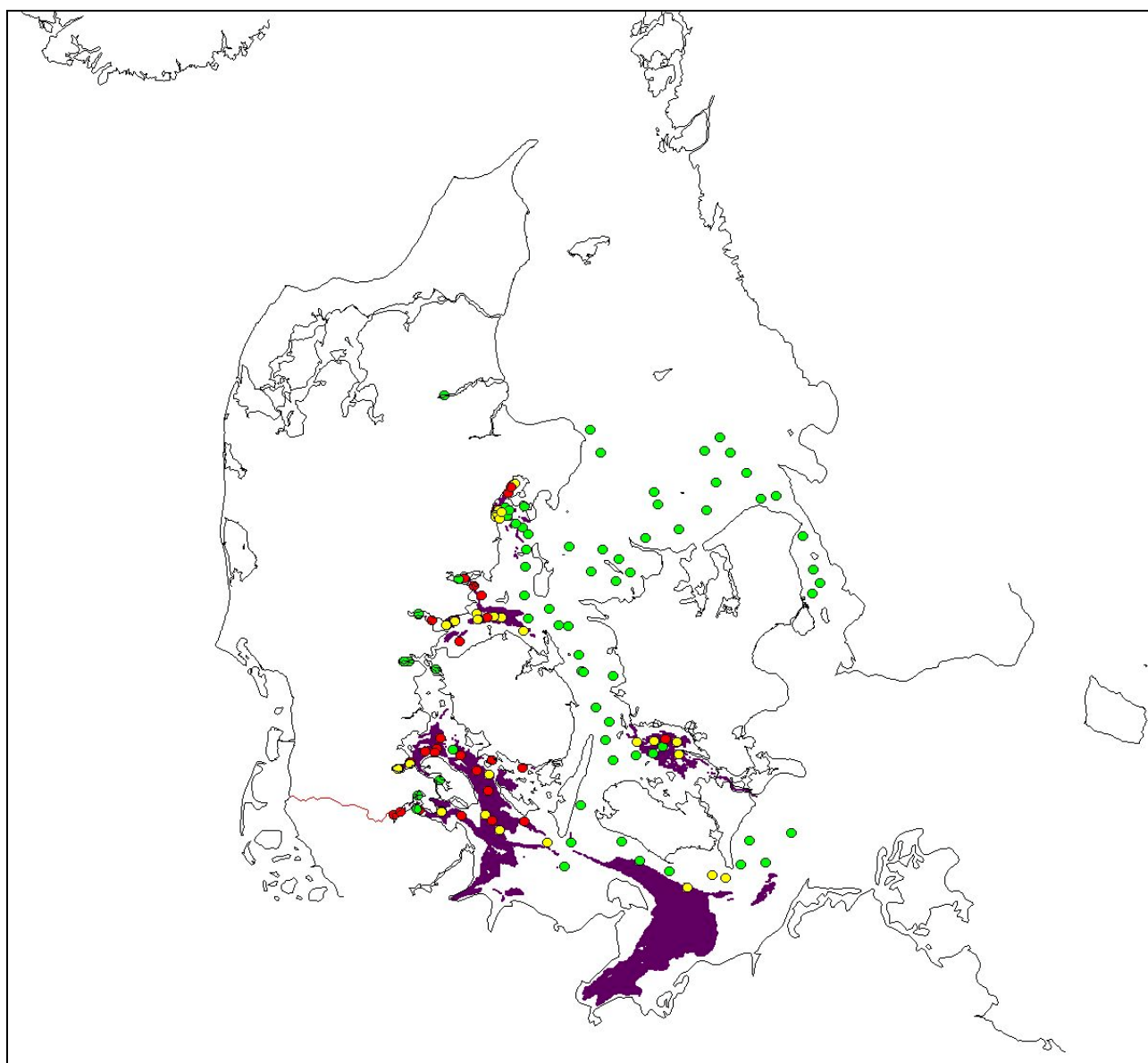
Figur 7 Fyldte cirkler: Samlet individtæthed mod varigheden af iltsvind. Åbne cirkler: Outlier observationer fra Bælthavet, Kattegat og Øresund.



Figur 8 a) Samlet biomasse undtaget molbøsters (*Arctica islandica*) mod varigheden af iltsvind. b) Samlet biomasse (inkl. *Arctica islandica*) mod varigheden af iltsvind. c) Biomasse af børsteorme mod varigheden af iltsvind. Åbne cirkler i a, b, c angiver outlier observationer fra Bælthavet, Kattegat og Øresund.

Effekter i de lukkede områder skal ses i kontrast til områderne i det centrale Bælthav, sydlige Kattegat og Øresund, hvor det ikke var muligt at se entydige effekter, som kunne relateres til iltsvind. Til trods for at nogle af disse områder havde iltsvind i op til 12 uger. Tilsyneladende har disse områder højere tålegrænser end de mere lukkede områder og viser, at skadevirkningen af iltsvind afhænger af flere faktorer end iltsvindet i sig selv.

De iltsvindsramte områder hvor faunaen er reduceret eller helt udsluttet dækker relativt store områder. Det er derfor sandsynligt, at genetableringen hovedsageligt vil ske via larver, der transporteres ind med havstrømme. Denne proces vil tage mere end et år og vil blive undersøgt nærmere i et efterfølgende projekt. Først når prøverne fra togtet i marts 2003 er analyseret, kan vi afgøre, hvis og hvordan en genindvandring er sket.



Figur 9 Udbredelsen af skader på bundfaunaen. Grønne, gule og røde punkter svarer til Figur 3. Skraveret område er områder, hvor der forudses skader på baggrund af empirisk model.

Et forsigtigt skøn over størrelsen af det areal syd for Djursland, hvor bundfaunaen blev påvirket af iltsvind, er ca. 3.400 km², inkl. den tyske del af den vestlige Østersø (*Figur 9*). Beregningen af dette areal er baseret på den empiriske sammenhæng mellem varigheden af iltsvindet og graden af skadevirkning. Herefter er størrelsen af de berørte arealer beregnet med en model (se HELCOM 2003, *The 2002 oxygen depletion event in the Kattegat, Belt Sea and Western Baltic. Balt. Sea Environ. Proc. No. 90*). For at beregne arealets størrelse er de lukkede områder og de områder der er mere strømfyldte behandlet hver for sig. Det er således antaget, at der ikke er effekter i de centrale dele af Storebælt, det nordlige Bælthav, Kattegat og Øresund. En tilsvarende beregning for 2001 viser, at det areal, der dengang var påvirket, kun var ca. 1/10 (ca. 340 km²). De områder, der er markeret i *Figur 9*, er områder, hvor det er meget sandsynligt, at der er sket skader på faunaen. Det må understreges, at resultaterne er forbundet med usikkerhed, både når det gælder arealets størrelse og placeringen af de berørte områder. Specielt i de meget lukkede områder inde i bunden af fjorde kan der forventes betydelige afvigelser fra kortet.

5 Sammenfatning

Iltsvindet i sensommeren og efteråret 2002 var et af de mest langvarige og udbredte i nyere tid. DMU's undersøgelser af effekterne på bundfaunaen i november 2002 og marts 2003 viste – sammen med ekstraordinære undersøgelser foretaget af en række amter – at der var store områder, hvor faunaen var tydeligt skadet af iltsvind. Når man sammenstillede data, hvor der kun var tydelige effekter på faunaen, var de værst ramte områder: det nordlige og sydlige Lillebælt med tilstødende østjyske fjorde og det Sydfynske Øhav. Disse områder danner et stort set sammenhængende område nord, vest og syd for Fyn, som kun er afbrudt af lavvandede områder og områder med meget strøm. I store dele af disse områder var faunaen næsten forsvundet. På samme måde var Århus Bugt kraftigt påvirket, og i den nordlige del af Smålandsfarvandet og Femer Bælt, hvor alvorlige iltsvind ellers sjældent forekommer, var der tydelige effekter. I modsætning hertil var ikke nogen tydelige effekter af det langvarige iltsvind i de dybe dele af Storebælt og det nordlige Bælthav samt i det sydlige Kattegat og Øresund. Omfanget af skaderne i det vestlige Kattegat, hvor der også blev observeret iltsvind, kendes ikke. Størrelsen af det påvirkede areal i de indre danske farvande syd for Djursland, inkl. den tyske del, er forsigtigt vurderet til at være 3.400 km².

De forskellige målinger i undersøgelserne stemmer generelt godt overens, men i Horsens og Vejle Fjorde samt den inderste del af Kalø Vig viser DMU's kvalitative målinger i foråret 2003 større effekter, end de der blev registreret i efteråret 2002. Konklusioner om skadernes omfang i disse områder vil fremgå senere, når der foreligger kvantitative undersøgelser fra foråret 2003.

Der er generelt overensstemmelse mellem varigheden af iltsvind og skadernes omfang, men der er dog undtagelser. En sandsynlig forklaring på hvorfor den samme grad (varighed) af iltsvind giver markante effekter i et område men ikke i et andet, er forskelle i vandbevægelse. Som angivet tidligere (*se afsnit 4.1*), har vandbevægelsen en positiv effekt på tilgængeligheden af ilt. Alle stationer, hvor der er en positiv (ingen effekt) afvigelse fra forventningerne, er placerede i åbne områder med en stor vandgennemstrømning (Storebælt, Øresund), hvorimod stationer med negative afvigelser (større effekt) alle ligger i lukkede eller halvt lukkede områder.

Taksigelser

DMU takker for data fra Vejle Amt, Sønderjyllands Amt, Storstrøms Amt, Københavns Amt og Lillebæltssamarbejdet.

Endvidere er der i denne rapport gjort brug af oplysninger fra følgende overvågningsrapporter fra amterne:

- Århus Amt 2003: Århus Bugt – Tilstand og udvikling 2002
- Vejle Amt 2003: Vandmiljø i Vejle Amt, Overvågning af kystvande 2002
- Sønderjyllands Amt 2003: Vandmiljøovervågning 2002 – Aabenraa Fjord, Augustenborg Fjord, Flensborg Fjord
- Lillebæltssamarbejdet: Fyns Amt, Sønderjyllands Amt & Vejle Amt 2003: Lillebælt 2002
- Fyns Amt 2003: Kystvande 2002
- Storstrøms Amt 2003: Tilstanden i kystvande 2002

Vi takker Bibbi Kristiansen, Hanne Ferdinand, Jan Damgaard, Lars Njerup og Anders Engell-Koefoed for teknisk assistance.

Bilag 1

Placering af stationer, angivet med løbenummer, som blev undersøgt på bundfaunatogt 213 og 215 med miljøskibet Gunnar Thorson samt data, der er indsamlet af amtslige myndigheder.

Nr.	Data	Inst.	Måned-år	Lokalitet	Dybde	X UTM	Y UTM	Redskab	Antal
1	Kval.	DMU	nov-02	Øresund	17	734334	6187883	van Veen	3
2	Kval.	DMU	nov-02	Øresund	18	731436	6194401	van Veen	3
3	Kval.	DMU	nov-02	Øresund	20	726221	6210334	van Veen	3
4	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	24	713183	6230033	van Veen	3
5	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	13	705650	6228440	van Veen	3
6	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	29	698842	6240896	van Veen	3
7	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	32	691164	6250891	van Veen	3
8	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	31	686094	6258278	van Veen	3
9	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	30	678705	6251470	van Veen	3
10	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	27	684210	6236551	van Veen	3
11	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	17	679575	6222791	van Veen	3
12	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	17	665957	6213665	van Veen	3
13	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	18	650022	6209755	van Veen	3
14	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	22	656106	6225832	van Veen	3
15	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	22	654223	6231626	van Veen	3
16	Kval.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	16	623222	6261609	van Veen	3
17	Kvan.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	19	628194	6250673	HAPS	5
18	Kvan.	DMU	nov-02	Kattegat Syd	19	628194	6250673	van Veen	2
19	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	20	629367	6203882	van Veen	3
20	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	17	636997	6199506	van Veen	3
21	Kvan.	DMU	nov-02	Sejerø Bugt	20	642708	6193062	van Veen	3
22	Kvan.	DMU	nov-02	Sejerø Bugt	8	635649	6188622	van Veen	1
23	Kvan.	DMU	nov-02	Sejerø Bugt	18	623484	6193272	van Veen	2
24	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	17	612806	6205543	van Veen	3
25	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	42	593125	6211340	van Veen	3
26	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	24	591864	6195898	van Veen	3
27	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	17	591129	6182031	van Veen	3
28	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	20	603420	6175308	van Veen	3
29	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	19	593335	6170581	van Veen	3
30	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt N	21	573443	6171349	van Veen	3
31	Kval.	DMU	nov-02	Lillebælt N	10	568167	6173150	van Veen	0
32	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt N	13	557748	6169259	van Veen	3
33	Kvan.	DMU	nov-02	Bælthavet	14	590709	6164908	van Veen	3
34	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	26	608012	6167429	van Veen	3
35	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	40	612621	6167219	van Veen	3
36	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	31	617682	6153076	van Veen	3
37	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	24	619157	6145247	van Veen	3
38	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	26	620142	6144736	van Veen	3
39	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	24	634403	6142921	van Veen	3
40	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	22	626111	6127616	van Veen	3
41	Kval.	DMU	nov-02	Storebælt	15	632197	6121060	van Veen	
42	Kval.	DMU	nov-02	Storebælt	18	630604	6112080	van Veen	
43	Kvan.	DMU	nov-02	Smålandsfarvandet	14	645860	6111438	van Veen	3
44	Kvan.	DMU	nov-02	Smålandsfarvandet	13	658466	6109022	van Veen	3
45	Kvan.	DMU	nov-02	Smålandsfarvandet	12	666204	6105070	van Veen	3
46	Kvan.	DMU	nov-02	Smålandsfarvandet	17	653878	6105649	van Veen	3
47	Kvan.	DMU	nov-02	Smålandsfarvandet	15	645547	6104720	van Veen	3
48	Kvan.	DMU	nov-02	Smålandsfarvandet	12	634163	6102507	van Veen	3
49	Kval.	DMU	nov-02	Storebælt	30	618725	6080649		
50	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	27	613852	6062900	van Veen	3
51	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt S	22	602358	6062744	van Veen	3
52	Kvan.	DMU	nov-02	Storebælt	24	610646	6051048	van Veen	3
53	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	16	638267	6063362	van Veen	1

Nr.	Data	Inst.	Måned-år	Lokalitet	Dybde	X UTM	Y UTM	Redskab	Antal
54	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	19	647324	6054089	van Veen	2
55	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	8	661729	6049033	Haps	3
56	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	22	670191	6041174	van Veen	3
57	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	13	682311	6047026	van Veen	3
58	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	13	682311	6047026	van Veen	3
59	Kvan.	DMU	nov-02	Femer Bælt	10	688676	6045429	van Veen	3
60	Kvan.	DMU	nov-02	Hjelm Bugt	17	708364	6052926	HAPS	1
61	Kvan.	DMU	nov-02	Hjelm Bugt	14	700170	6063641	HAPS	3
62	Kvan.	DMU	nov-02	Hjelm Bugt	18	720445	6067212	HAPS	3
63	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt S	30	591242	6072792	van Veen	3
64	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt S	34	573638	6087632	van Veen	5
65	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt S	36	568094	6097233	van Veen	5
66	Kvan.	DMU	nov-02	Lillebælt S	27	579333	6068823	van Veen	5
67	Kvan.	DMU	nov-02	Hjelm Bugt	12	696155	6051897	HAPS	5
68	Kval.	DMU	mar-03	Århus Bugt	20	590206	6214515		
69	Kval.	DMU	mar-03	Århus Bugt	18	587261	6216330		
70	Kval.	DMU	mar-03	Århus Bugt	15	582900	6220377		
71	Kval.	DMU	mar-03	Kalø Vig	21	583305	6231518		
72	Kval.	DMU	mar-03	Kalø Vig	13	584907	6234148		
73	Kval.	DMU	mar-03	Bælthavet	37	592277	6204171		
74	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt N	10	548123	6146383		
75	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt N	23	580081	6171153		
76	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt N	22	576514	6171614		
77	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt N	22	573443	6171349		
78	Kval.	DMU	mar-03	Horsens Fjord	14	570357	6182117		
79	Kval.	DMU	mar-03	Horsens Fjord	18	566623	6186549		
80	Kval.	DMU	mar-03	Horsens Fjord	16	562084	6190341		
81	Kval.	DMU	mar-03	Vejle Fjord	-	557748	6169259		
82	Kval.	DMU	mar-03	Vejle Fjord	14	553912	6167598		
83	Kval.	DMU	mar-03	Vejle Fjord	10	546442	6169738		
84	Kval.	DMU	mar-03	Vejle Fjord	11	540101	6172587		
85	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt N	8	559744	6159514		
86	Kval.	DMU	mar-03	Kolding Fjord	10	535421	6149832		
87	Kval.	DMU	mar-03	Kolding Fjord	8	532664	6149914		
88	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	25	550721	6113028		
89	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	31	543475	6106453		
90	Kval.	DMU	mar-03	Åbenrå Fjord	36	535939	6101357		
91	Kval.	DMU	mar-03	Åbenrå Fjord	28	530436	6098513		
92	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	27	549015	6108110		
93	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	17	556577	6107732		
94	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	29	560160	6104528		
95	Kval.	DMU	mar-03	Flensborg Fjord	14	551273	6078147		
96	Kval.	DMU	mar-03	Flensborg Fjord	17	540328	6078275		
97	Kval.	DMU	mar-03	Flensborg Fjord	29	560866	6075668		
98	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	28	572372	6076013		
99	Kval.	DMU	mar-03	Lillebælt S	26	575479	6073252		
100	Kval.	DMU	mar-03	Langeland S	29	613852	6062900		
101	Kval.	DMU	mar-03	Femer Bælt (st. 31)	17	638267	6063362		
102	Kval.	DMU	mar-03	Smålandsfarvandet	13	634163	6102507		
103	Kval.	DMU	mar-03	Smålandsfarvandet	8	645547	6104720		
104	Kval.	DMU	mar-03	Smålandsfarvandet	9	653878	6105649		
105	Kvan.	AMT	nov-02	Flensborg Fjord	16	551075	6077412	Haps	2
106	Kvan.	AMT	nov-02	Smålandsfarvandet	12	664970	6111059	Haps	10
107	Kvan.	AMT	nov-02	Smålandsfarvandet	14	654301	6111883	Haps	10
108	Kvan.	AMT	nov-02	Smålandsfarvandet	12	659856	6112631	Haps	22
109	Kvan.	AMT	okt-02	Vejle Fjord	13	553912	6167598	Haps	3
110	Kvan.	AMT	nov-02	Vejle Fjord	19	568579	6170518	Haps	10
111	Kvan.	AMT	nov-02	Horsens Fjord	4	559570	6189750	Haps	23
112	Kvan.	AMT	nov-02	Kolding Fjord	3	532966	6149877	Haps	23
113	Kvan.	AMT	nov-02	Lillebælt Nord	19	569224	6170527	Haps	43
114	Kvan.	AMT	nov-02	Vejle Fjord	6	539977	6173238	Haps	41

Nr.	Data	Inst.	Måned-år	Lokalitet	Dybde	X UTM	Y UTM	Redskab	Antal
115	Kvan.	AMT	nov-02	Vejle Fjord	13	553581	6167573	Haps	15
116	Kvan.	AMT	nov-02	Mariager Fjord	7	552433	6278252	Haps	18
117	Kval.	AMT	nov-02	Sydfynske Øhav	15	590222	6098682,00	Haps	
118	Kval.	AMT	nov-02	Sydfynske Øhav	23	575374	6102629	Haps	
119	Kval.	AMT	nov-02	Flensborg Fjord	13	527843	6075909,76	Haps	
120	Kval.	AMT	nov-02	Flensborg Fjord	20	531179	6077307,84	Haps	
121	Kval.	AMT	nov-02	Nybøl Nor	12	539534	6085456,68	Haps	
122	Kval.	AMT	nov-02	Bockholmvig	16	539056	6078960,71	Haps	
123	Kval.	AMT	nov-02	Arnkilsøre	11	550060	6092838,45	Haps	
124	Kval.	AMT	dec-02	Åbenrå Fjord	26	530082	6098502,25	Haps	
125	Kval.	AMT	dec-02	Åbenrå Fjord	33	535671	6100676,43	Haps	
126	Kval.	AMT	nov-02	Lillebælt N	19	568579	6170518,1	Haps	
127	Kvan.	AMT	nov-02	Øresund	14	730637	6182852,1	Haps	
128	Kvan.	AMT		Lillebælt S		547958	6106250	Haps	
129	Kvan.	AMT		Lillebælt S	35	574315	6095358,78	Haps	
130	Kvan.	AMT	nov-02	Kalø Vig	13	586733	6235854,81	Haps	
131	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	14	584908	6234148,03	Haps	
132	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	16	581996	6224293,63	Haps	
133	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	14	577499	6222150,30	Haps	
134	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	15	591125	6225034,78	Haps	
135	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	14	578707	6222951,63	Haps	
136	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	16	583898	6222920,19	Haps	
137	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	14	577632	6220556,95	Haps	
138	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	14	577573	6219776,58	Haps	
139	Kvan.	AMT	nov-02	Århus Bugt	14	579409	6218622,62	Haps	
140	Kvan.	AMT	okt-02	Århus Bugt	15	580380	6221892	Haps	32

Bilag 2

Resultater af de kvantitative prøver: Anden kolonne angiver den samlede kvalitative bedømmelse af skadernes omfang (1 = ingen effekt, 2 = påvirkning, 3 = markant påvirkning). Varigheden af iltsvind er angivet som antal uger med under 4 mg/l og antal uger under 2 mg/l. Tætheder af bundfauna pr. m² som totaler og fordelt på de taksonomiske hovedgrupper: Børsteorme, bløddyr, pighuder, krebsdyr samt molboøsters (*A. islandica*). Løbenr. som i Bilag 1.

Nr.	Kvalitativ bedømmelse	Uger < 4 mg/l	Uger < 2 mg/l	Total tæthed	Børsteorm tæthed	Bløddyr tæthed	Pighuder tæthed	Krebsdyr tæthed	<i>A. islandica</i> tæthed
17	1	10	0	2695,0	1872	496	213	85	0
18	1	10	0	4940,0	2540	1415	810	105	5
19	1	8	0	10693,3	1370	8933	227	17	47
20	1	11	8	4046,7	1433	2390	53	20	133
21	1	12	12	3986,7	543	3353	23	20	23
22	1	8	7	7250,0	1190	5490	120	140	170
23	1	8	0	5665,0	2310	3055	125	105	0
24	1	6	0	1270,0	447	627	87	97	7
25	1	1	0	2786,7	977	1700	50	27	0
26	1	10	2	3746,7	310	3127	113	53	140
27	1	9	1	2690,0	403	1860	253	80	67
28	1	9	0	3380,0	1277	1640	170	87	27
29	1	9	1	3350,0	537	2740	20	0	23
30	2	15	7	136,7	60	73	0	3	0
32	2	7	3	546,7	177	240	0	117	0
33	2	6	3	5023,3	520	833	0	3660	3
34	1	9	0	2360,0	280	1930	130	3	3
35	1	18	2	763,3	67	683	10	3	0
36	1	15	6	3630,0	333	3273	17	0	0
37	1	10	6	3713,3	550	2717	190	20	50
38	1	10	6	3176,7	293	2747	73	0	7
39	1	6	0	2680,0	1233	1417	13	3	13
40	1	8	2	2723,3	757	1640	193	57	37
43	2	3	1	776,7	93	670	0	10	3
44	1	1	0	3396,7	1460	1850	0	13	67
45	2	5	2	1500,0	110	1383	0	0	7
46	1	7	2	833,3	120	703	0	0	10
47	2	6	1	330,0	103	223	0	0	3
48	1	0	0	1356,7	590	583	7	177	0
50	1	15	6	3973,3	1177	2553	70	147	27
51	2	6	0	803,3	290	127	0	70	303
52	1	11	5	3523,3	330	3053	10	63	67
53	2	0	0	157	93	63	0	0	0
54	1	7	0	890	413	400	0	7	67
55	1	0	0	4397	284	2553	0	1560	0
56	2	10	6	57	3	7	0	20	23
57	2	0	0	737	427	303	0	7	0
59	2	0	0	573	183	373	0	7	0
60	1	7	0	2014	1064	851	0	99	0
61	1	3	0	1745	255	1489	0	0	0
62	1	4	0	2241	1277	780	28	156	0
63	3	12	6	0,0	0	0	0	0	0
64	3	19	14	0,0	0	0	0	0	0
65	3	20	16	0,0	0	0	0	0	0
66	2	13	9	22,0	0	16	0	0	16
67	1	0	0	5063,8	752	4312	0	0	0
105	2	9	7	81,3	0	41	0	0	-
106	2	5	2	298	44	250	0	0	-
107	2	5	2	205	51	154	0	0	-

Nr.	Kvalitativ bedømmelse	Uger < 4 mg/l	Uger < 2 mg/l	Total tæthed	Børsteorm tæthed	Bløddyr tæthed	Pighuder tæthed	Krebsdyr tæthed	<i>A. islandica</i> tæthed
108	3	5	2	199	6	193	0	0	-
109	2	6	3	135,5	0	27	0	108	-
110	2	8	5	504,1	89	374	0	24	-
111	1	1	0	855,4	290	509	7	46	-
112	1	2	2	2704,1	414	2135	0	124	-
113	2	0	0	433,0	51	329	0	8	-
114	1	2	0	2714,7	575	2110	0	0	-
115	2	5	3	357,7	298	22	0	22	-
116	1	0	0	1351	237	540	0	2	-
127	1	7	1	918,0	543	177	0	84	-
140	2	7	5	1910,6	511	927	0	23	-

Bilag 3

Resultater af de kvantitative prøver: Anden kolonne angiver den samlede kvalitative bedømmelse af skadernes omfang (1 = ingen effekt, 2 = påvirkning, 3 = markant påvirkning). Varigheden af iltsvind er angivet som antal uger med under 4 mg/l og antal uger under 2 mg/l. Biomasse af bundfauna pr. m² som totaler ("Total biomasse" inkluderer andre taksonomiske grupper; "Total biomasse ekskl. *Arctica islandica*" er eksklusiv biomassen af *A. islandica*) og fordelt på de taksonomiske hovedgrupper: Børsteorme, bløddyr, pighuder, krebsdyr samt molboøsters (*A. islandica*). Løbenr. som i Bilag 1. * angiver tørvægt ellers vådvægt.

Nr.	Kvalitativ bedømmelse	Uger < 4 mg/l	Uger < 2 mg/l	Total biomasse ekskl. <i>Arctica islandica</i>	Total biomasse	Børsteorme	Bløddyr	Pighuder	Krebsdyr	<i>A. islandica</i>
17	1	10	0	255	255	76	27	148	0	0
18	1	10	0	535	540	84	101	347	1	5
19	1	8	0	216	316	14	136	66	0	100
20	1	11	8	156	173	27	127	1	0	17
21	1	12	12	147	458	10	134	0	0	311
22	1	8	7	84	119	26	55	1	0	35
23	1	8	0	314	314	23	283	2	0	0
24	1	6	0	19	93	5	10	3	1	74
25	1	1	0	71	71	19	38	2	1	0
26	1	10	2	62	157	9	51	1	1	95
27	1	9	1	37	103	15	20	1	1	66
28	1	9	0	439	443	21	29	388	0	3
29	1	9	1	69	74	11	57	0	0	5
30	2	15	7	1	1	0	1	0	0	0
32	2	7	3	15	15	1	14	0	0	0
33	2	6	3	14	14	1	2	0	10	0
34	1	9	0	183	184	30	104	46	0	1
35	1	18	2	54	54	3	51	1	0	0
36	1	15	6	266	266	21	245	0	0	0
37	1	10	6	122	122	31	80	5	0	1
38	1	10	6	158	158	26	124	3	0	0
39	1	6	0	117	117	18	99	0	0	0
40	1	8	2	368	477	25	322	17	1	109
43	2	3	1	32	32	4	26	0	2	0
44	1	1	0	51	53	11	39	0	0	2
45	2	5	2	9	9	1	8	0	0	0
46	1	7	2	48	48	4	44	0	0	0
47	2	6	1	3	3	1	2	0	0	0
48	1	0	0	1185	1185	13	1169	0	2	0
50	1	15	6	97	502	30	62	4	1	405
51	2	6	0	5	2070	4	1	0	0	2065
52	1	11	5	73	523	3	69	1	1	450
53	2	0	0	3	3	1	3	0	0	0
54	1	7	0	96	119	4	92	0	0	23
55	1	0	0	1694	1694	0	1661	0	33	0
56	2	10	6	0	35	0	0	0	0	35
57	2	0	0	18	18	1	17	0	0	0
59	2	0	0	6	6	1	3	0	0	0
60	1	7	0	65	65	6	57	0	1	0
61	1	3	0	54	54	0	54	0	0	0
62	1	4	0	219	219	19	198	0	2	0
63	3	12	6	0	0	0	0	0	0	0
64	3	19	14	0	0	0	0	0	0	0
65	3	20	16	0	0	0	0	0	0	0

Nr.	Kvalitativ bedømmelse	Uger < 4 mg/l	Uger < 2 mg/l	Total biomasse ekskl. <i>Arctica islandica</i>	Total biomasse	Børsteorme	Bløddyr	Pighuder	Krebsdyr	<i>A. islandica</i>
66	2	13	9	0	124	0	0	0	0	124
67	1	0	0	810	810	795	00	0	0	0
*105	2	9	7	-	27	-	-	-	-	-
106	2	5	2	-	5	1	3	0	0	-
107	2	5	2	-	11	1	3	0	0	7
108	3	5	2	-	4	0	4	0	0	-
*109	2	6	3	-	52	0	52	0	0	-
*110	2	8	5	-	514	0	513	0	0	-
*111	1	1	0	-	545	1	543	1	1	-
*112	1	2	2	-	436	1	434	0	0	-
*113	2	0	0	-	612	0	612	0	0	-
*114	1	2	0	-	244	8	236	0	0	-
*115	2	5	3	-	319	0	319	0	0	-
116	1	0	0	-	592	1	590	0	0	-
127	1	7	1	-	205	6	195	0	1	-
*140	2	7	5	-	271	1	266	0	0	-

[tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Projektchef for det akvatiske område*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger og en årlig årsrapport. Endvidere udgiver DMU i samarbejde med Gads Forlag en populærfaglig serie af bøger: MiljøBiblioteket. En oversigt over DMU's publikationer og et katalog over aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter kan findes på DMU's hjemmeside.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2002

- Nr. 413: Vegetation i farvandet omkring Fyn 2001. Af Rasmussen, M.B. 138 s. (elektronisk)
- Nr. 414: Projection Models 2010. Danish Emissions of SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃. By Illerup, J.B. et al. 194 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 415: Potential Environmental Impacts of Soil Spills in Greenland. An Assessment of Information Status and Research Needs. By Mosbech, A. (ed.) 116 pp. (electronic)
- Nr. 416: Ilt- og næringsstoffluxmodel for Århus Bugt og Mariager Fjord. Modelopsætning. Af Fossing, H. et al. 72 s., 100,00 kr.
- Nr. 417: Ilt- og næringsstoffluxmodel for Århus Bugt og Mariager Fjord. Modelopsætning og scenarier. Af Fossing, H. et al. 178 s. (elektronisk)
- Nr. 418: Atmosfærisk deposition 2001. NOVA 2003. Af Ellermann, T. (elektronisk)
- Nr. 419: Marine områder 2001 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Ærtebjerg, G. (red.) (elektronisk)
- Nr. 420: Landovervågningsoplande 2001. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (elektronisk)
- Nr. 421: Søer 2001. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. (elektronisk)
- Nr. 422: Vandløb og kilder 2001. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (elektronisk)
- Nr. 423: Vandmiljø 2002. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 56 s., 100,00 kr.
- Nr. 424: Burden Sharing in the Context of Global Climate Change. A North-South Perspective. By Ringius, L., Frederiksen, P. & Birr-Pedersen, K. 90 pp. (electronic)
- Nr. 425: Interkalibrering af marine målemetoder 2002. Af Stæhr, P.A. et al. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 426: Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. Af Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. 195 s. (elektronisk)
- Nr. 427: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2001. By Kemp, K. & Palmgren, F. 32 pp. (electronic)

2003

- Nr. 428: Vildtbestande, jagt og jagttider i Danmark 2002. En biologisk vurdering af jagtens bæredygtighed som grundlag for jagttidsrevisionen 2003. Af Bregnballe, T. et al. 227 s. (elektronisk)
- Nr. 429: Movements of Seals from Rødsand Seal Sanctuary Monitored by Satellite Telemetry. Relative Importance of the Nysted Offshore Wind Farm Area to the Seals. By Dietz, R. et al. 44 pp. (electronic)
- Nr. 430: Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Af Schwærter, R.C. & Grant, R. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 432: Metoder til miljøkonsekvensvurdering af økonomisk politik. Møller, F. 65 s. (elektronisk)
- Nr. 433: Luftforurening med partikler i København. En oversigt. Af Palmgren, F., Wåhlin, P. & Loft, S. 77 s. (elektronisk)
- Nr. 435: Preliminary Assessment based on AQ Modelling. Ploiesti Agglomeration in Romania. Assistance to Romania on Transposition and Implementation of the EU Ambient Air Quality Directives. By Jensen, S.S. et al. 53 pp. (electronic)
- Nr. 436: Naturplanlægning - et system til tilstandsvurdering i naturområder. Af Skov, F., Buttenschøn, R. & Clemmensen, K.B. 101 s. (elektronisk)
- Nr. 437: Naturen i hverdagslivsperspektiv. En kvalitativ interviewundersøgelse af forskellige danskeres forhold til naturen. Af Læssøe, J. & Iversen, T.L. 106 s. (elektronisk)
- Nr. 438: Havternen i Grønland. Status og undersøgelser. Af Egevang, C. & Boertmann, D. 69 s. (elektronisk)
- Nr. 439: Anvendelse af genmodificerede planter. Velfærdsøkonomisk vurdering og etiske aspekter. Af Møller, F. 57 s. (elektronisk)
- Nr. 440: Thermal Animal Detection System (TADS). Development of a Method for Estimating Collision Frequency of Migrating Birds at Offshore Wind Turbines. By Desholm, M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 441: Næringsstofbalancer på udvalgte bedrifter i Landovervågningen. Af Hansen, T.V. & Grant, R. 26s. (elektronisk)
- Nr. 442: Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6. Af Nielsen, M. & Illerup, J.B. 113 s. (elektronisk)
- Nr. 443: Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Af Schou, J.S. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 444: Tungmetaller i tang og musling ved Ivittuut 2001. Af Johansen, P. & Asmund, G. 32 s. (elektronisk)

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-753-3
ISSN 0905-815X