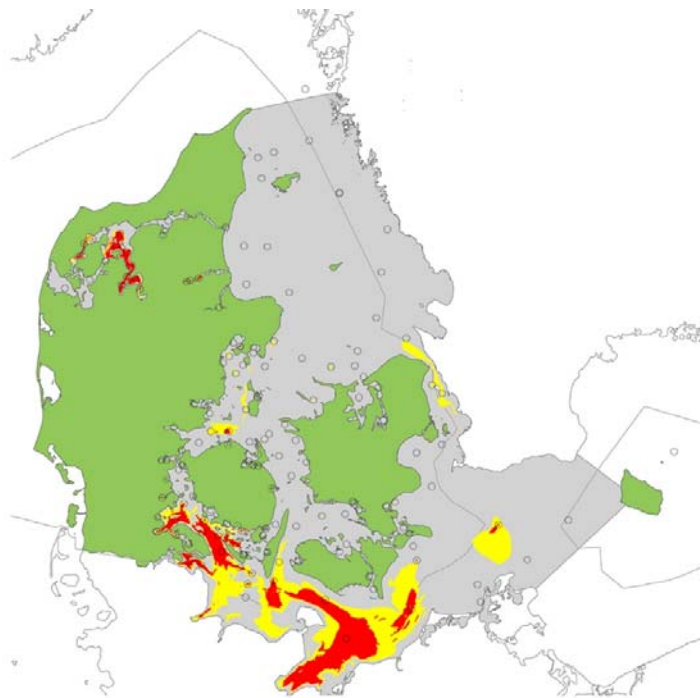


Iltsvind i danske farvande - juli-august 2020

Rådgivningsnotat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 28. august 2020 | 52

Revideret 1. oktober 2020



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Rådgivningsnotat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Iltsvind i danske farvande - juli-august 2020
Undertitel:

Forfattere: Jens Würgler Hansen & David Rytter
Institution: Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Faglig kommentering: Signe Høgslund, Institut for Bioscience
Kvalitetssikring, DCE: Anja Skjoldborg, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi
Sproglig kvalitetssikring: Charlotte Hviid, Institut for Bioscience

Ekstern kommentering: Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/N2020_52_komm.pdf

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Jens Würgler Hansen & David Rytter. 2020. Iltsvind i danske farvande – juli-august 2020. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 25 s.
Rådgivningsnotat nr. 2020|52
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_52rev.pdf

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Arealudbredelse af iltsvind 6.-19. august 2020

Sideantal: 25

Supplerende oplysninger: 1. oktober 2020 er rapporten revideret som følger: Der er indsat et billede på forsiden, undertitlen er ændret, og i selve rapporten er der foretaget mindre redaktionelle rettelser.

Indhold

1. Nationale iltsvindskort	5
2. Sammenfatning	7
Summary	9
3. Indledning	11
3.1 Hvad er iltsvind, og hvordan opstår det?	11
3.2 Hvordan påvirker iltsvind havbunden?	12
4. Vind, temperatur og nedbør	13
4.1 Vind	13
4.2 Temperatur	13
4.3 Nedbør	14
5. Oversigt over de enkelte farvande	15
5.1 Vadehavet, Vesterhavet, Nordsøen og Skagerrak	15
5.2 Limfjorden	15
5.3 Kattegat og omgivende farvande	16
5.4 Aarhus Bugt og omgivende farvande	17
5.5 Farvandene omkring Fyn inkl. bælteerne og de sydøstjyske fjorde	18
5.6 Farvandene omkring Sjælland, Lolland og Falster	22
5.7 Farvandene omkring Bornholm	23
Kort over danske farvande	24
6. Kontaktpersoner	25

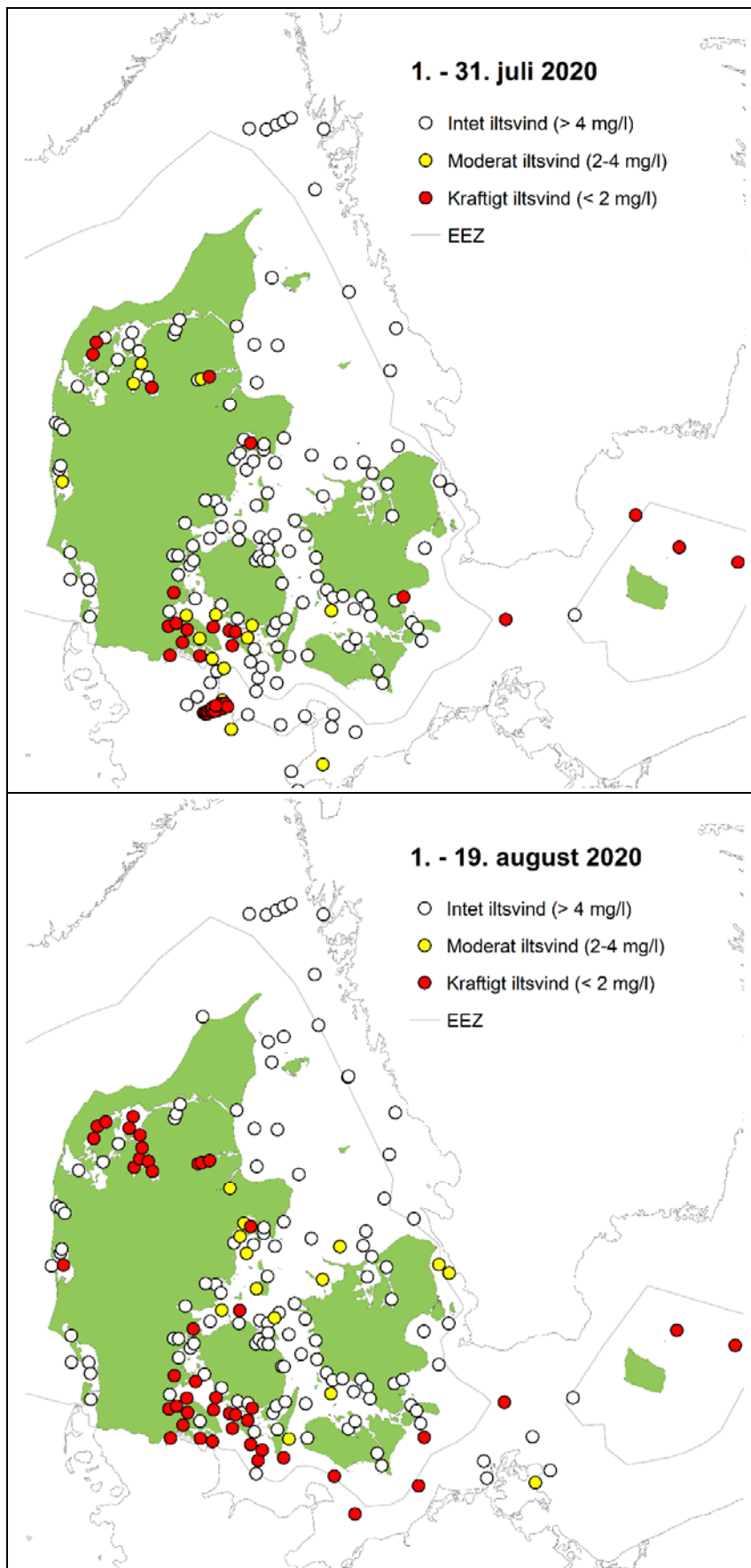
1. Nationale iltvindskort

Figur 1. Kortene viser de stationer, hvor iltforholdene er undersøgt 1.-31. juli (øverst) og 1.-19. august (nederst). For hver station er angivet niveauet for den lavest registrerede iltkoncentration.

Bemærk at *figur 1* viser de lavest registrerede iltkoncentrationer for hele perioden i hhv. juli og august og kan derfor ikke nødvendigvis sammenlignes med *figur 2*.

The maps show stations visited 1-31 July (top) and 1-19 August (bottom). Markers at each station present the lowest registered oxygen concentration.

Please notice, that *figure 1* shows the lowest observed concentrations for the entire period during July and August, respectively, and thus cannot necessarily be compared to *figure 2*.

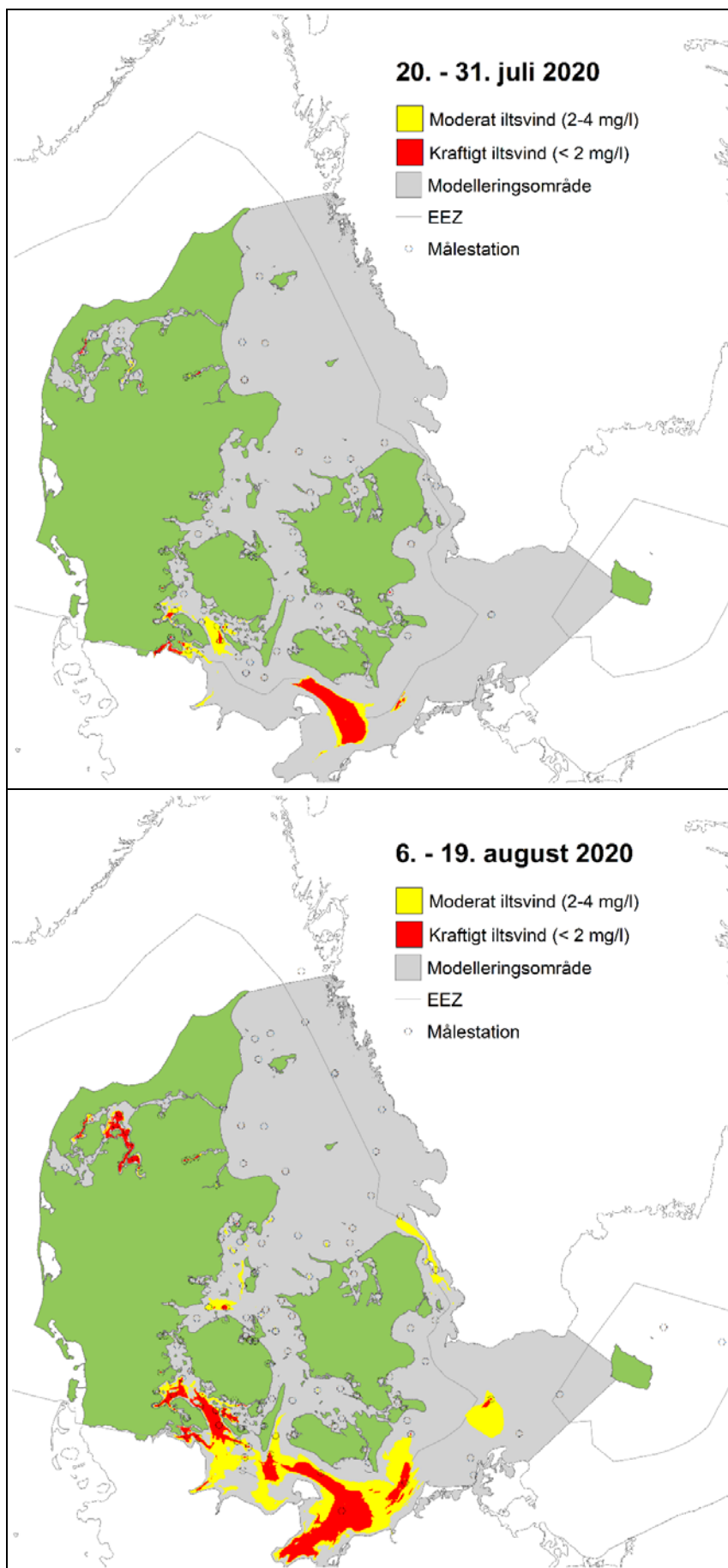


Figur 2. Arealudbredelse af iltsvind modelleret ud fra målinger foretaget 20.-31. juli (øverst) og 6.-19. august (nederst). Kortene er baseret på de observerede iltkoncentrationer i bundvandet for de angivne perioder. Hvis der er målt to gange i perioden på den samme station, anvendes den seneste måling.

Stationer, besøgt i modelleringsperioden, og afgrænsningen af de danske farvande (EEZ, Exclusive Economic Zone) er angivet.

Areal distribution of oxygen depletion modelled for 20-31 July (top) and 6-19 August (bottom). The maps are based on measured bottom water oxygen concentrations for the above-mentioned periods. If a station has been visited twice within the modelling period, the modelled area is based on the latest data.

Stations visited during the modelling period, and the delimitation of the Danish marine waters are shown.



2. Sammenfatning

Årets iltsvind startede allerede i maj i adskillige områder og måske endda tidligere i nogle af områderne. Høje temperaturer i bundvandet, en stor tilførsel af næringsstoffer og overvejende svage vinde har formodentlig været de væsentligste årsager til den tidlige start på iltsvindssæsonen. I løbet af juni intensiveredes iltsvindet, og i en del områder blev iltsvindet kraftigt. En kølig og blæsende juli betød, at iltsvindets videre udvikling blev bremsede, og forholdene blev endda forbedret i de fleste områder. Sidst i juli skiftede vejret tilbage til høje temperaturer og svage vinde, hvilket betød, at iltsvindet blev forstærket både i udbredelse og styrke. Der blev flere steder registreret iltfrie forhold i bundvandet og frigivelse af den giftige gas svovlbrinte enkelte steder. De hårdest ramte områder var Limfjorden, Mariager Fjord, Haderslev Fjord, det sydlige Lillebælt og tilhørende sydøstjyske fjorde samt Det Sydfynske Øhav. Det samlede iltsvindsareal i 2020 var en del mindre i juli og meget større i august sammenlignet med 2019. Iltsvindssituationen midt i august var meget alvorlig i ovennævnte farvande, hvor en stor del af arealet og en stor del af vandsøjlen var berørt af iltsvind.

Årets klima har været kendetegnet ved forhold, som fremmer iltsvind. Høj afstrømning i starten af året og dermed øget tilførsel af organisk stof og næringsstoffer, høje temperaturer i bundvandet og overvejende svage vinde siden midt på foråret. Juni var varm og med svage vinde, juli var relativt kølig og blæsende, mens august var endnu varmere og lige så vindsvag som juli. Svag vind fremmer lagdelingen af vandsøjlen og hæmmer tilførslen af iltet vand fra overfladen til bunden. I rapporteringsperioden (1. juli - 19. august) har det kun blæst kraftigt først i juli, hvor der var vindstød af stormstyrke ved vestkysten. I den generelt blæsende juli forsvandt iltsvindet i de mere lavvandede områder såsom Limfjorden, og iltforholdene blev lidt forbedret i de dybere områder såsom det sydlige Lillebælt.

De tidligste iltsvind, når der ses bort fra de mere eller mindre permanente iltsvindsområder, blev registreret midt i maj (Det Sydfynske Øhav, Flensborg Fjord) og sidst i maj (Aabenraa Fjord). Vandsøjlen iltindhold indikerer dog, at iltsvindet sandsynligvis startede tidligere (sidst i april eller først i maj) enkelte steder. Men Corona-nedlukningen af overvågningen betyder, at det ikke kan underbygges med overvågningsdata. Iltsvindet udviklede sig markant i løbet af maj og juni og igen fra sidst i juli. I disse perioder bredte iltsvindet sig hurtigt og blev stadig mere intenst med iltfrie eller tæt på iltfrie forhold ved bunden i mange områder. I flere områder blev der registreret frigivelse af giftig gas svovlbrinte fra bunden.

De områder, som blev hårdest ramt af iltsvind, var Limfjorden, Mariager Fjord, Haderslev Fjord, det sydlige Lillebælt og tilhørende sydøstjyske fjorde samt Det Sydfynske Øhav (figur 1 & 2). Desuden indikerer iltsvindmodellen udbredt iltsvind videre fra det sydlige Lillebælt helt ned i Kiel Bugt i august og i et sammenhængende område fra Femern Bælt til Lübeck Bugt i både juli og august. Især udbredelsen i juli er dog usikker pga. få data.

Det samlede areal berørt af iltsvind i de indre danske farvande (inden for EEZ-linjen) udgjorde knap 800 km² sidst i juli og godt 3.300 km² midt i august, heraf var godt en tredjedel af arealet påvirket af kraftigt iltsvind. Det samlede areal berørt af iltsvind i de indre danske farvande var i juli en del mindre end i juli 2019, mens arealet i august var dobbelt så stort som i 2019. I flere af de værst ramte områder, herunder især Mariager Fjord, Flensborg Fjord, Aabenraa Fjord og det sydlige Lillebælt, var en stor del af vandsøjlen påvirket af iltsvind.

Udbredt iltsvind forudsætter en forudgående stor tilførsel af næringsstoffer (eutrofiering), men iltsvindets udvikling i løbet af året reguleres væsentligst af bundvandstemperaturen og de aktuelle vejræssige forhold. I de nuværende hårdest ramte områder vil det kræve flere dage med blæst at forbedre iltforholdene i de mere lavvandede områder, og en længere periode med kraftig blæst eller en storm at forbedre iltforholdene i de dybere områder. Kraftig blæst og storm vil dog også kunne føre til, at iltfattigt bundvand flyttes rundt og påvirker nye områder eller forværrer forholdene i allerede påvirkede områder. Iltforholdene i rapporteringsperioden var kritisk for bundlevende dyr, planter og fisk i en del områder, og iltsvindssituationen kan forværres yderligere i den kommende tid.

Summary

This years oxygen depletion started already in May in several areas and perhaps earlier in some places. High temperatures in the bottom water, a large supply of nutrients and mainly weak winds were probably the most important causes of the early onset of the oxygen depletion season. During June and July, the oxygen depletion intensified and became severe in many areas. A cool and windy July meant that the further development of the oxygen depletion slowed down, and the conditions even improved in most areas. At the end of July, the weather changed back to high temperatures and weak winds, which meant that both the distribution and the strength of oxygen depletion increased. In several places, oxygen-free conditions were registered in the bottom water as well as release of the toxic gas hydrogen sulphide in a few locations. The most affected areas were the Limfjord, Mariager Fjord, Haderslev Fjord, the southern part of the Little Belt and adjacent fjords in south-east Jutland as well as the archipelago south of Funen. The total oxygen depletion area in 2020 was much smaller in July and much larger in August compared with 2019. The oxygen depletion situation in mid-August was very serious in the above-mentioned waters where a large part of the area and a large part of the water column were affected by oxygen depletion.

This year's climate has been characterised by conditions promoting oxygen depletion, including high runoff at the beginning of the year and thus increased input of organic matter and nutrients, high temperatures in the bottom water and mainly weak winds since the middle of spring. June was warm and winds were weak, July was relatively cold and windy, while August was even warmer and winds were just as weak as in July. Weak winds promote stratification of the water column and inhibit the input of oxygenated water from the surface to the bottom. During the reporting period (1 July-19 August), strong winds only occurred in early July, with storm force winds on the west coast. In the generally windy July, oxygen depletion disappeared in the more shallow areas such as the Limfjord, and the oxygen conditions improved slightly in the deeper areas, such as the southern Little Belt.

The earliest occurrence of oxygen depletion, excluding the more or less permanent areas with oxygen depletion, was registered in mid-May (the archipelago south of Funen, Flensburg Fjord) and in late May (Aabenraa Fjord). However, the oxygen content of the water column indicates that the oxygen depletion probably started earlier (at the end of April or in early May) in some places. However, the Corona shutdown of the monitoring means that this cannot be substantiated with monitoring data. The oxygen depletion developed significantly during May and June and again from the end of the July. During these periods, the oxygen depletion spread quickly and became even more intensive with oxygen-free or close to oxygen-free conditions at the bottom in many areas. In several areas, release of toxic hydrogen sulphide gas from the bottom was reported.

The areas most affected by oxygen depletion were the Limfjord, Mariager Fjord, Haderslev Fjord, the southern part of the Little Belt and adjacent fjords in south-east Jutland and the archipelago south of Funen (*figure 1 & 2*). In addition, the oxygen depletion model indicates widespread oxygen depletion from the southern Little Belt right down to Kiel Bay in August and in an inter-connected area from the Fehmarn Belt to the Bay of Lübeck in both July and August. In particular, the distribution in July is uncertain due to lack of data.

The total area affected by oxygen depletion in the inner Danish waters (within the EEZ line) was just below 800 km² at the end of July and about 3,300 km² in mid-August where approximately one third of the area was affected by severe

oxygen depletion. The total area impacted by oxygen depletion in the inner Danish waters in July was significantly smaller than in 2019, while the area in August was twice as high as in 2019. In several of the worst-affected areas, including particularly Mariager Fjord, Flensburg Fjord, Aabenraa Fjord and the southern Little Belt, a large part of the water column was affected by oxygen depletion.

Widespread oxygen depletion requires a preceding, large influx of nutrients (eutrophication), but the development of oxygen depletion during the year is mainly dependent on bottom water temperatures and the actual weather conditions. In the currently most affected areas, several days of wind are required to improve the oxygen conditions in the more shallow areas and a longer period of strong winds or a storm to improve the oxygen conditions in the deeper areas. However, strong winds and storms could also lead to movement of oxygen-depleted bottom water, which may affect new areas or worsen the conditions in the already affected areas. The oxygen depletion situation during the reporting period was serious for the bottom fauna, plants and fish in a number of areas and it might worsen in the period ahead.

3. Indledning

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, udsender hvert år fire iltsvindsrapporter. Rapporterne beskriver de aktuelle iltforhold i de danske farvande i perioderne juli-august, august-september, september-oktober og oktober-november. Perioderne dækker det tidsrum, hvor iltsvind typisk er mest udbredt. Denne rapport giver en status for den aktuelle udvikling og udbredelse af iltsvind i de indre farvande i perioden fra 1. juli til og med 19. august. Såfremt der er registreret iltsvind tidligere end 1. juli, er det nævnt i rapporten. I bestræbelserne på at bremse smitten med corona-virus blev den marine overvågning stoppet i to måneder fra 13. marts til 13. maj. Dette tiltag er i rapporten omtalt som 'corona-nedlukningen'. Formålet med rapporten er at give offentligheden et indblik i iltsvinds-situationen i perioden.

Oversigten er udarbejdet af DCE i samarbejde med Miljøstyrelsen (MST) samt svenske og tyske institutioner. Grundlaget for rapporten er MST's målinger af iltindholdet i danske farvande og svenske og tyske myndigheders målinger i tilgrænsende farvandsområder.

På baggrund af aktuelle målinger udarbejder DCE nationale stationskort og fladeudbredelseskort over iltforholdene i de indre farvande samt fladeudbredelseskort for udvalgte lokale områder. MST's enheder udarbejder stationskort for udvalgte lokale områder. Stationskort viser det laveste målte iltindhold på de enkelte stationer. Fladeudbredelseskort er baseret på ekstrapolationer af de faktiske målinger i forhold til variationen i dybdeforholdene og viser den mest sandsynlige udbredelse af iltsvind.

3.1 Hvad er iltsvind, og hvordan opstår det?

Iltsvind opstår, når iltforbruget i bundvandet er større end ilttilførslen. Iltforbruget skyldes bunddyrs samt bakteriers og andre mikroorganismers respiration ved nedbrydning af organisk stof. Forbrugets størrelse afhænger af mængden og nedbrydeligheden af det organiske stof og af temperaturen. I Danmark betegnes det som *iltsvind*, når iltkoncentrationen i vandet er 4 mg l⁻¹ eller lavere og som *kraftigt iltsvind*, når koncentrationen er under 2 mg l⁻¹. Niveaue mellem 2 og 4 mg l⁻¹ kaldes for *moderat iltsvind*. Iltsvind forekommer hovedsageligt fra juli til november, men i nogle kystvande opstår iltsvind ofte før juli.

Iltsvind er i løbet af de seneste ca. hundrede år forøget i hyppighed, udbredelse, varighed og intensitet som følge af eutrofiering (forøget tilførsel af næringsstoffer og organisk stof) og klimaforandringer. Eutrofiering fører til øget produktion af planteplankton, som synker til bunds og nedbrydes. Derved stiger iltforbruget, og der kan udvikles iltsvind ved bunden i områder, hvor vandsøjlen er lagdelt. Klimaforandringer i form af stigende temperatur, øget nedbør og ændrede vindforhold påvirker også iltforholdene. Øget nedbør kan medføre en større tilførsel af næringsstoffer og organisk stof samt medvirke til at stabilisere lagdelingen af vandsøjlen. Vindforholdene påvirker lagdelingen af vandsøjlen samt strømforholdene og dermed ilttilførslen til bundvandet. Stigende temperatur påvirker også lagdelingen og stimulerer yderligere udviklingen af iltsvind, eftersom ilt opløselighed i vand falder, og iltforbruget stiger med temperaturen.

De aktuelle vejrmæssige forhold bidrager til at fastholde, fremme eller mindske iltsvind. Ilttilførslen til bundvandet er først og fremmest styret af vind- og

strømforholdene, som er afgørende for opblandingen af vandsøjlen og vandudskiftningen nær bunden. Dårlig omrøring og svag strøm kan føre til lagdeling af vandsøjlen og utilstrækkelig ilttilførsel til bunden. Iltsvind opstår derfor typisk i forbindelse med saltlagdeling af vandsøjlen og forstærkes af stille, varme perioder med temperaturlagdeling. Ved saltlagdeling er overfladevandet mindre salt og dermed lettere end bundvandet. Ved temperaturlagdeling flyder varmere og dermed lettere overfladevand oven på koldere og dermed tungere bundvand. Længerevarende isdække kan også afkoble ilttilførslen til bundvandet og forårsage iltsvind.

Iltsvind forekommer også naturligt, dvs. uden eutrofiering eller klimaforandringer, men kun i meget begrænset omfang og typisk i dybere sedimentationshuller. Det er således eutrofiering, som skaber grundlaget for iltsvind i et omfang ud over det naturlige, mens det er de vejrmæssige forhold, som udløser iltsvind og er afgørende for år til år variationen i dets udbredelse, varighed og intensitet. Klimaforandringer vil i de fleste tilfælde forstærke effekten af eutrofiering.

3.2 Hvordan påvirker iltsvind havbunden?

Iltindholdet i bundvandet er af afgørende betydning for livsbetingelserne for bundplanter, bunddyr og bundlevende fisk. Larvestadiet af nogle bunddyr og fisk påvirkes af faldende iltindhold endnu inden, at der er tale om egentligt iltsvind. Ved moderat iltsvind ($2-4 \text{ mg l}^{-1}$) søger mange fisk og mere mobile bunddyr væk fra de ramte områder, og under længere perioder med kraftigt iltsvind ($< 2 \text{ mg l}^{-1}$) begynder bunddyrene at dø. Kraftigt iltsvind kan opstå pludseligt, hvis vind og strøm flytter iltfattigt vand fra et område til et andet, hvorved også fisk og mobile bunddyr kan blive fanget i det iltfattige vand.

Iltsvind påvirker desuden den kemiske og biologiske omsætning i havbunden, fx mindsker iltsvind havbundens evne til at tilbageholde næringsstoffer og svovlbrinte. I havbunden er en del af næringsstofferne bundet til iltede forbindelser. Ved længerevarende iltsvind opløses de iltede forbindelser, og de tilknyttede næringsstoffer frigives til vandfasen (intern belastning). Længerevarende iltsvind kan også føre til, at der dannes hvide belægninger af svovlbakterier på havbunden – det såkaldte liglagen. Svovlbakterierne i liglaget bruger det sidste ilt i bundvandet til at ilte svovlbrinte, der er trængt helt op i de øverste millimeter af havbunden, til gullighvid elementært svovl. Liglaget repræsenterer derfor den sidste barriere, inden svovlbrinte frigives fra havbunden til vandfasen. Den ændrede stofomsætning i forbindelse med iltsvind medfører også en større produktion af metan i havbunden. Metanbobler, som strømmer ud af havbunden, kan løfte den øverste del af havbunden op i vandet (bundvending), og herved frigives svovlbrinte til bundvandet. Svovlbrinte er så giftig, at den slår de fleste tilstedeværende bunddyr og fisk ihjel. Når bunddyrene dør, forsvinder fiskenes fødegrundlag, og bunddyrenes fysiske aktivitet i havbunden (bioturbation) ophører. Bunddyrenes bioturbation er vigtig for at holde havbunden veliltet og dermed reducere frigivelsen af næringsstoffer og svovlbrinte fra havbunden. Der kan gå mange år efter et kraftigt og langvarigt iltsvind, før der igen er etableret et samfund af bunddyr med normal aldersfordeling, artssammensætning og individualitet.

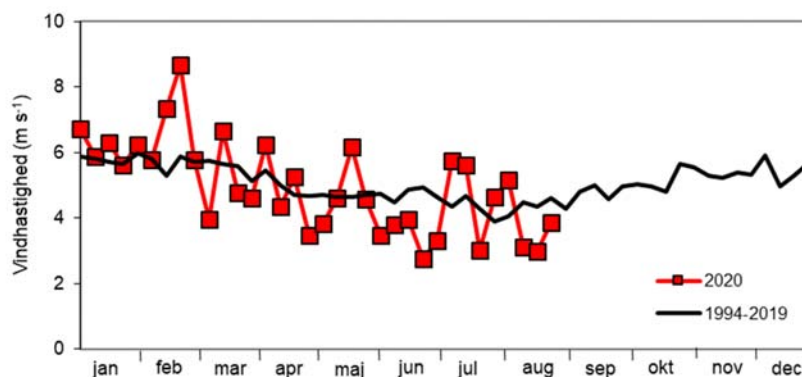
4. Vind, temperatur og nedbør

4.1 Vind

Perioder med svage vinde kan stabilisere vandmasserne og derved fremme lagdelingen. Det hæmmer udskiftningen af bundvandet og øger derfor risikoen for iltvindshændelser. Kraftige vindhændelser kan til gengæld nedbryde lagdelingen og tilføre ilt til bundvandet.

Figur 3. Landsgennemsnit for ugentlig middelvindhastighed i 2020 og langtidsmidlen for 1994-2019. Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of weekly mean wind speed for 2020 and long-term average for 1994-2019. Data from the Danish Meteorological Institute.



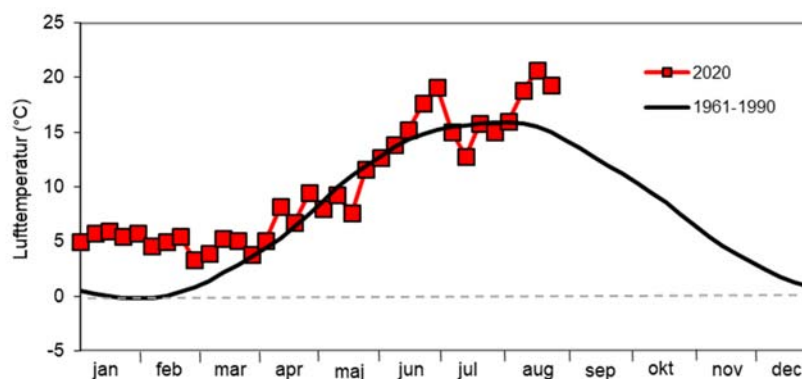
Vindhastigheden har siden midt i februar varieret omkring langtidsmidlen (1994-2019) (figur 3). Fra april har vindhastigheden overvejende været lavere end langtidsmidlen. Dog var der relativt meget vind midt i maj og det meste af juli.

4.2 Temperatur

Lufttemperaturen påvirker temperaturen i overfladevandet og med nogen tidsforsinkelse også temperaturen i bundvandet, efterhånden som vandsøjlen opblandes. Indstrømning af bundvand fra tilstødende områder kan også påvirke bundvandstemperaturen. Bundvandets temperatur har betydning for mængden af ilt i vandet samt for, hvor hurtigt iltten bliver forbrugt, idet højere temperaturer mindsker iltens opløselighed i vand og øger iltforbruget.

Figur 4. Landsgennemsnit for ugentlig lufttemperatur i 2020 og langtidsmidlen for 1961-1990 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

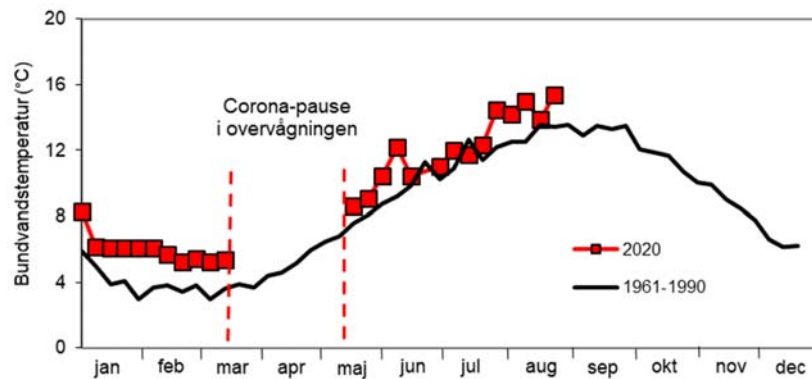
National average of weekly air temperature in 2020 and long-term average for 1961-1990 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



Lufttemperaturen var markant over langtidsmidlen (1961-1990) i årets første tre måneder (figur 4). Fra april til midt i juni har temperaturen varieret omkring langtidsmidlen. Temperaturen var relativt høj i sidste halvdel af juni og de første tre uger af august, mens temperaturen var på niveau med langtidsmidlen i juli.

Figur 5. Ugentlig bundvands-temperatur i de indre farvande i 2020 og langtidsmidlen for 1961-1990 (officiel referenceperiode). Data fra Miljøstyrelsen.

Weekly bottom water temperature from the inner waters in 2020 and long-term average for 1961-1990 (official reference period). Data from the Danish Environmental Protection Agency.



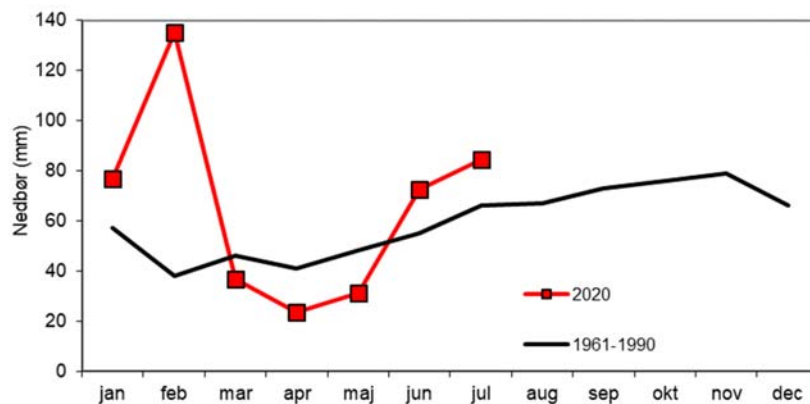
Bundvandstemperaturen har været op til lige over tre grader højere end langtidsmidlen (1961-1990) indtil midt i juni. Fra midt i juni til midt i juli var temperaturen på niveau med langtidsmidlen. Siden har temperaturen igen ligget over langtidsmidlen (figur 5).

4.3 Nedbør

Nedbøren er vigtig i relation til iltsvind, idet mængden af næringsstoffer, der transporteres fra land til hav, bl.a. er bestemt af ferskvandsafstrømningen. En forøget tilførsel af næringsstoffer stimulerer produktionen i havet og efterfølgende iltforbruget, når produktionen omsættes.

Figur 6. Landsgennemsnit for månedlig nedbør i 2020 og langtidsmidlen for 1961-1990 (officiel referenceperiode). Data fra Danmarks Meteorologiske Institut.

National average of monthly precipitation in 2020 and long-term average for 1961-1990 (official reference period). Data from the Danish Meteorological Institute.



Nedbørsmængden opgjort som månedsmiddel var markant over langtidsmidlen (1961-1990) i starten af året (figur 6). I marts og især i april og maj var det tørt, mens det regnede relativt meget i juni og juli.

5. Oversigt over de enkelte farvande

Stednavne angivet med fed skrift fremgår af figur 14.

5.1 Vadehavet, Vesterhavet, Nordsøen og Skagerrak

I **Vadehavet** samt på de kystnære målestationer i **Nordsøen/Vesterhavet** og **Nordsøen/Skagerrak** ud for Ringkøbing, Esbjerg og Hirtshals blev der ikke registreret iltsvind i denne rapporteringsperiode (1. juli - 19. august).

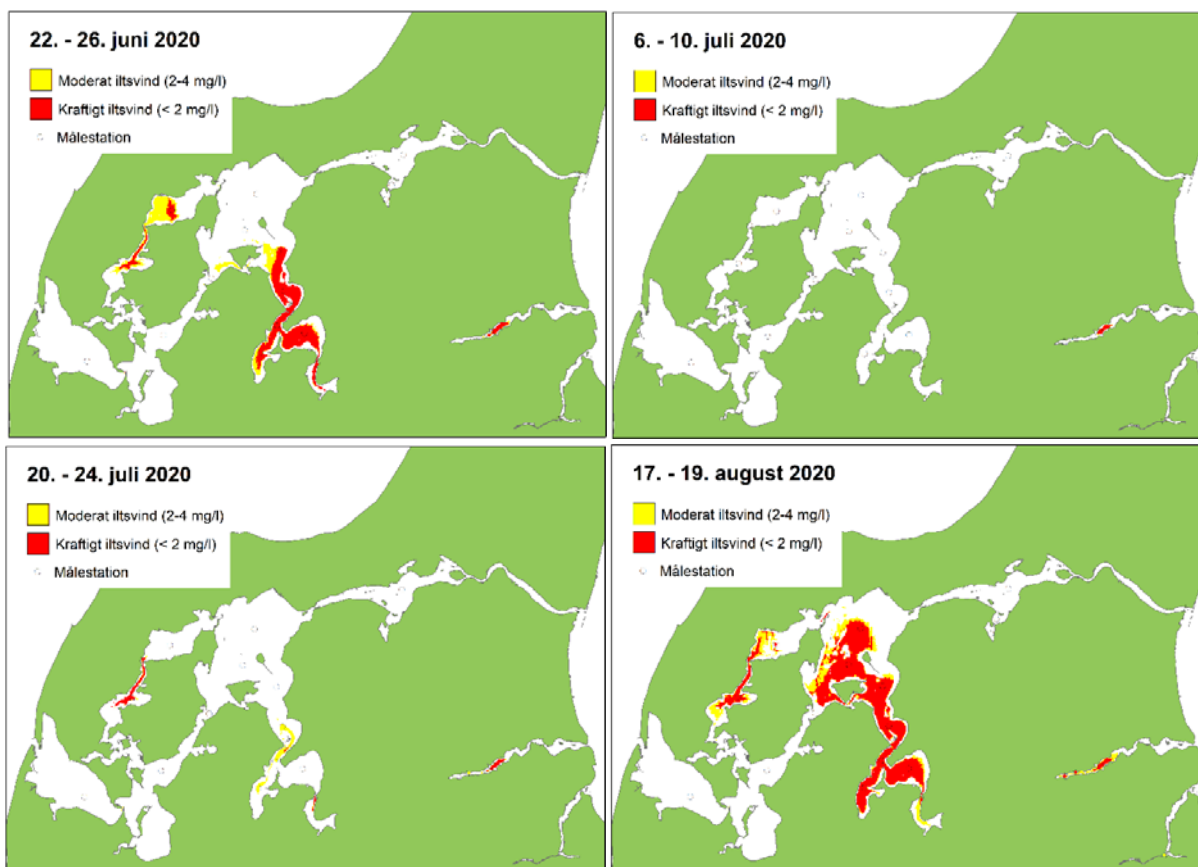
I de lavvandede vestjyske fjorde **Nisum Fjord** og **Ringkøbing Fjord** blev der i rapporteringsperioden kun registreret iltsvind i **Ringkøbing Fjord**, hvor der i den dybeste del af fjorden blev målt kraftigt iltsvind fra midten af juli og resten af perioden. Desuden blev der før rapporteringsperioden observeret iltsvind i både **Ringkøbing Fjord** (i starten og i slutningen af juni) og **Nisum Fjord** (sidst i juni). I alle tilfælde skyldtes udviklingen af iltsvind lagdeling af vandsøjlen grundet manglende opblanding af indsluset vand fra **Vesterhavet**.

5.2 Limfjorden

I **Limfjorden** resulterede det stille og varme vejr i juni i lagdeling af vandsøjlen og iltsvind flere steder. I starten af juni blev der målt kraftigt iltsvind fra **Risgårde Bredning** og sydpå til **Hvalpsund** og ind i **Lovns Bredning**. Desuden var der kraftigt iltsvind i den sydvestlige del af **Thisted Bredning**. I **Hal-kær Bredning** og **Hjarbæk Fjord** var iltsvindet moderat. Iltsvindet er formodentlig startet sidst i maj, men det kan ikke bekræftes af data, da overvågningen i **Limfjorden** først blev genoptaget i juni efter corona-nedlukningen. I slutningen af juni havde iltsvindet bredt sig yderligere, og i nogle områder var der helt iltfrit ved bunden (figur 7, venstre øverst). De iltfrie forhold bevirkede frigivelse af næringsstoffer fra bunden, hvilket førte til stærkt forhøjede værdier af næringsstoffer i bundvandet i fx **Skive Fjord**.

I starten af juli passerede et lavtryk med kraftig blæst og vindstød af stormstyrke. Blæsten medførte en opblanding af vandsøjlen, og i første halvdel af juli var der gode iltforhold i hele **Limfjorden** (figur 7, højre øverst). Fra midten af juli begyndte iltsvindet så småt at etablere sig igen, og i slutningen af juli blev der registreret moderat iltsvind i **Risgårde Bredning** og **Skive Fjord**, og kraftigt iltsvind i **Hjarbæk Fjord** samt fra den sydlige ende af **Thisted Bredning** og ned i **Dragstrup Vig** (figur 7, venstre nederst).

Det sommerlige vejr fra slutningen af juli betød, at der fra starten af august igen var en markant lagdeling af vandsøjlen og høje vandtemperaturer. Iltsvindet blev derfor forstærket, og midt i august var der igen udbredt kraftigt iltsvind i **Limfjorden** (figur 7, venstre højre). Knap en fjerdedel af **Limfjordens** areal var påvirket af iltsvind, og iltsvindet var centreret i områderne fra **Thisted Bredning** ned i **Dragstrup Vig** og fra **Løgstør Bredning** ned i **Skive Fjord**. I de fleste berørte områder var der i de dybeste dele ingen eller næsten ingen ilt ved bunden.



Figur 7. Modelleret arealudbredelse af iltsvind i Limfjorden, Mariager Fjord og Randers Fjord i uge 26 (venstre øverst), uge 28 (højre øverst), uge 30 (venstre, nederst) og uge 34 (højre nederst) dækkende perioden fra 22. juni (dvs. før rapporteringsperioden) til 19. august.

Modelled areal distribution of oxygen depletion in Limfjorden, Mariager Fjord, and Randers Fjord week 26 (left top) week 28 (right top), week 30 (left bottom) and week 34 (right bottom) covering the period from 22 June (i.e. before reporting period) to 19 August.

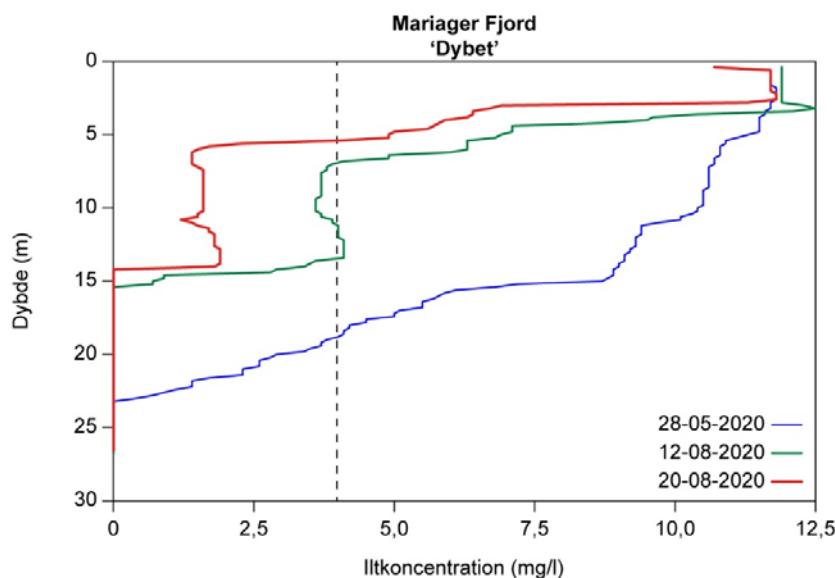
5.3 Kattegat og omgivende farvande

Der blev ikke registreret iltsvind på stationerne i **Aalborg Bugt**, **Læsø Rende** og **Kattegat** i rapporteringsperioden (figur 1). Iltkoncentrationen var dog markant reduceret på flere af stationerne midt i august. I juli indikerede iltsvindsmodellen udbredelse af moderat iltsvind i dele af Kattegat. Modellens angivelse er dog baseret på et utilstrækkeligt grundlag, da der ikke er overvågningsdata fra området i juli, og udbredelsen ikke underbygges af data fra området i august (figur 2). Derfor er der mest sandsynligt tale om et modelartefakt, hvorfor modellens angivelse af iltsvind i Kattegat ikke er medtaget i kortet for juli.

I **Mariager Fjord** var vandsøjlen i 'Dybet' (ca. 30 m dyb) ud for Mariager by lagdelt i hele rapporteringsperioden, og der var iltfrit i bundvandet (figur 8). Den del af vandsøjlen, som var påvirket af iltsvind, blev øget fra at starte i ca. 19 meters dybde i slutningen af maj, dvs. før rapporteringsperioden, til at omfatte det meste af vandsøjlen 20. august, hvor der var iltsvind fra ca. 5 meters dybde og til bunden. Midt i august var der også kraftigt iltsvind og næsten iltfrit ved bunden i den indre del af fjorden (figur 7). Den markante lagdeling betyder, at der skal meget vind til at opblende vandsøjlen. Der er derfor risiko for, at næsten hele vandsøjlen kan blive iltfri inden for relativ kort tid, og at der kan komme bundvendinger i dele af fjorden. En bundvending vil frigive store mængder af gassen metan og den giftige gas svovlbrinte. Skulle det ske, er der risiko for, at det meste liv i fjorden dør, som det sidst var tilfældet i 1997.

Figur 8. Iltprofiler i en lagdelt vandsøjle i 'Dybet' i Mariager Fjord sidst i maj, midt i august og sidst i august. Profilet 20. august er fra dagen efter rapporteringsperioden. Den stiplede linje angiver grænsen til moderat iltsvind. Data fra Miljøstyrelsen.

Oxygen profile from 'Dybet' in Mariager Fjord in late May, mid-August and late August in a water column with pycnoclines. The profile 20. August is from the day after the reporting period. The dotted line indicate the border to moderate oxygen depletion. Data from the Danish Environmental Protection Agency.



I **Randers Fjord** blev der målt moderat iltsvind midt i august, mens der ikke blev registreret iltsvind i **Hevring Bugt** i rapporteringsperioden.

5.4 Aarhus Bugt og omgivende farvande

I **Aarhus Bugt**, **Knebel Vig**, **Ebeltoft Vig** og **Hjelm Dyb** var iltkoncentrationen markant højere først end sidst i rapporteringsperioden. I starten af juli var der således gode iltforsvar i **Aarhus Bugt**, **Ebeltoft Vig** og **Hjelm Dyb**. Midt i august var der moderat iltsvind i den centrale og sydlige del af **Aarhus Bugt**, og i den østlige dybe del af bugten, samt i **Ebeltoft Vig** og **Hjelm Dyb**, var iltkoncentrationerne tæt på grænsen til iltsvind (figur 9). Iltvindsimodellen indikerer tilstedeværelsen af et mindre område med moderat iltsvind i **Hjelm Dyb** (figur 2, nederst).

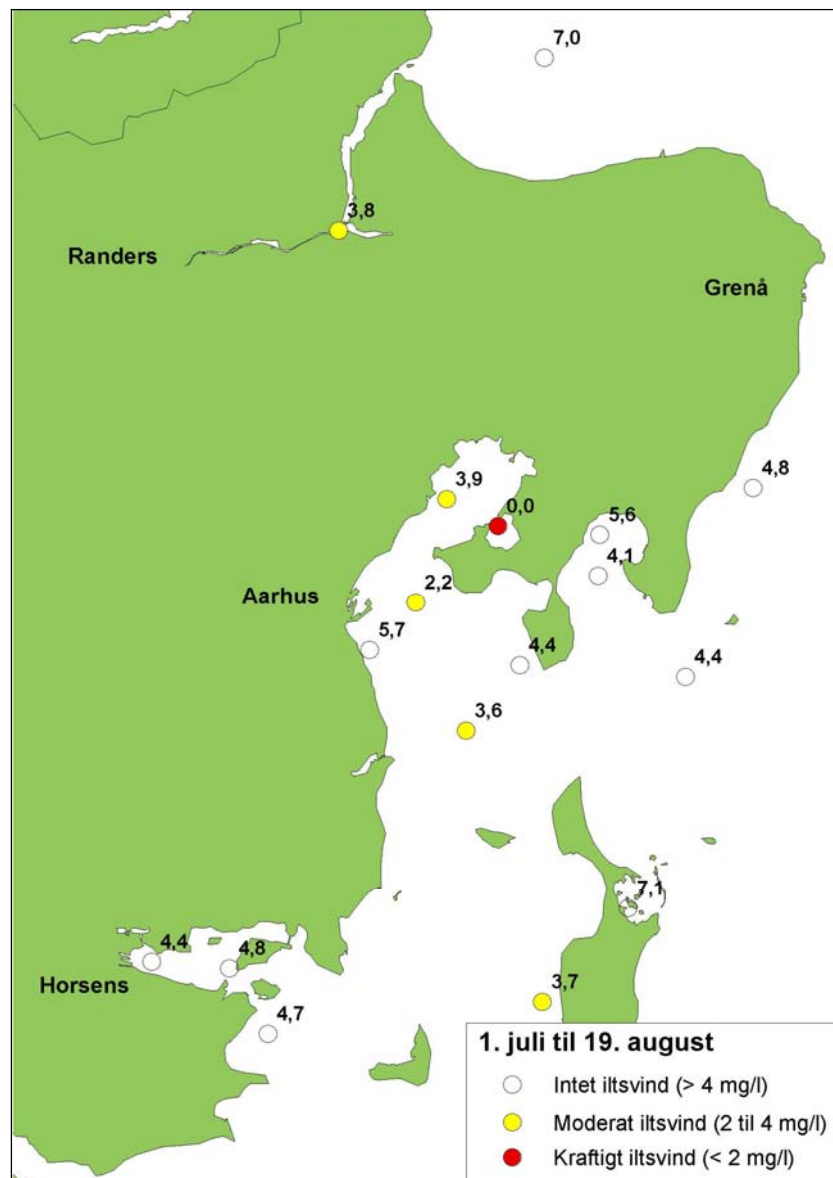
I det dybe hul i **Knebel Vig** var der kraftigt iltsvind ved årets første måling midt i juli. I starten af august var iltforsvarene forbedret til moderat iltsvind, men midt i august var der atter kraftigt iltsvind og iltfrit ved bunden. I **Kalø Vig** var iltforsvarene gode i starten af juli. Først i august opstod der moderat iltsvind, men midt i august var iltforsvarene atter gode. Stigningen i iltkoncentrationen faldt sammen med et markant fald i saltholdigheden i bundvandet. Det tyder på, at ændringen i iltforsvarene skyldtes en udskiftning af bundvandet som følge af den længere periode med østlige vinde, som har presset mindre saltholdigt vand ind i vigen.

Vest for **Samsø** var der en rende med moderat iltsvind midt i august, mens der ikke blev registreret iltsvind i **Stavns Fjord** (figur 2, nederst). Der blev ikke registreret iltsvind i **Horsens Fjord**, men i begyndelsen af juli var iltkoncentrationen tæt på grænsen til iltsvind. I **As Vig** uden for fjorden faldt iltindholdet i rapporteringsperioden, og ved den seneste måling midt i august var iltkoncentrationen tæt på iltsvindsgrensen.

I **Aarhus Bugt** har iltindholdet i bundvandet i rapporteringsperioden været på niveau med langtidsmidlen (1989-2019) til og med starten af august, hvorefter iltindholdet i løbet af kort tid reduceredes til et relativt lavt niveau midt i august.

Figur 9. Stationer i området fra Randers Fjord til Horsens Fjord, hvor iltforholdene er undersøgt i rapporteringsperioden. For hver station er angivet den lavest registrerede iltkoncentration (mg/l). Udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Stations in the area from Randers Fjord to Horsens Fjord visited during the reporting period. Markers at each station present the lowest registered oxygen concentration (mg/l). Produced by the Danish Environmental Protection Agency.

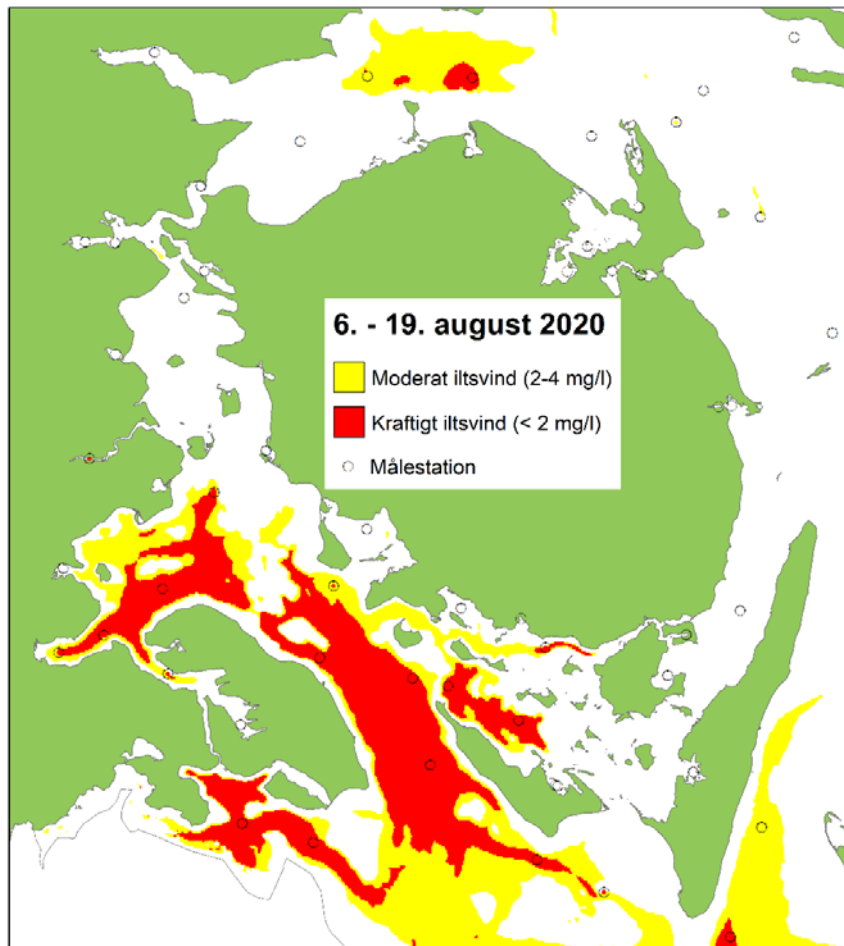


5.5 Farvandene omkring Fyn inkl. bælteerne og de sydøstjyske fjorde

Udviklingen i farvandene rundt om Fyn i rapporteringsperioden (1. juli – 19. august) var forskellig for det **nordlige Bælthav** og **Storebælt** sammenlignet med **Det Sydfynske Øhav**, det sydlige **Lillebælt** og de sydligste af de sydøstjyske fjorde. I det **nordlige Bælthav** og **Storebælt** var iltforholdene relativt gode ved periodens start, men iltkoncentrationen faldt forholdsvis jævnt gennem perioden. I **Det Sydfynske Øhav**, det sydlige **Lillebælt** og de sydligste af de sydøstjyske fjorde var iltforholdene dårlige allerede ved periodens start grundet den varme og vindsvage juni. I løbet af den kølige og vindrige juli forbedredes iltforholdene noget, men da varmen og de svage vinde vendte tilbage sidst i juli faldt iltkoncentrationen igen, så der midt i august atter var etableret udbredt og intenst iltsvind i området (*figur 10*).

Figur 10. Modelleret arealudbredelse af iltsvind i farvandene rundt om Fyn baseret på målinger fra 6.-19. august.

Modelled areal distribution of oxygen depletion in waters around Funen for 6-19. August.



I det **nordlige Bælthav** blev der først registreret iltsvind midt i august. I et sammenhængende område nord for **Æbelø** var der overvejende moderat iltsvind.

I **Vejle og Kolding Fjord** samt i **Hejls Nor** er der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden.

I **Haderslev Fjord** varierer iltforholdene typisk meget. Først i juli var der ikke iltsvind i fjorden, men sidst i juli blev årets første iltsvind registreret. Iltsvindet var kraftigt, og der var et meget lavt iltindhold i bundvandet og frigivelse af den giftige gas svovlbrinte fra bunden. I starten af august var iltforholdene forbedret til moderat iltsvind, men midt i august var der atter kraftigt iltsvind.

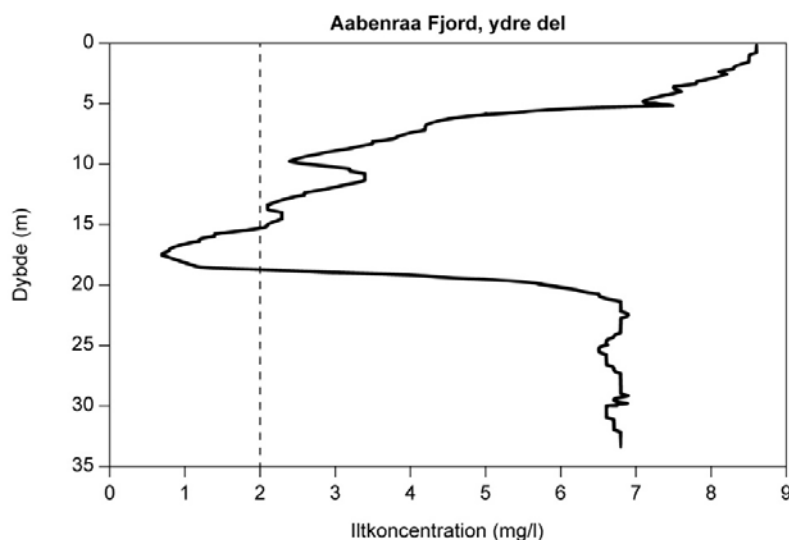
I **Genner Bugt** blev der ikke målt iltsvind i rapporteringsperioden, men iltkoncentrationen har været tæt på grænsen til iltsvind.

I den indre del af **Aabenraa Fjord** blev det første iltsvind (moderat) registreret i slutningen af maj, hvilket er meget tidligt selv for dette sårbare område. I slutningen af juni var forholdene forværret til kraftigt iltsvind, som blev fastholdt ind i juli. Det køligere og mere blæsende vejr i juli bevirkede, at iltkoncentrationen sidst i juli var øget til lige over iltsvindsgrænsen, men midt i august var der atter kraftigt iltsvind. I den ydre del af fjorden var der kraftigt iltsvind ved årets første måling d. 10. juli. Iltsvindet var lidt overraskende placeret højt i vandsøjlen og ikke som normalt ved bunden (*figur 11*). Det skyldes, at den kraftige blæst fra vest i starten af juli har presset overfladevand ud af fjorden, og denne udstrømning er blevet kompenseret ved en indstrømning

af mere ilt- og saltholdigt bundvand fra det sydlige Lillebælt. Sidst i juli havde forholdene i vandsøjlen placeringsmæssigt normaliseret sig med den laveste iltkoncentration (moderat iltsvind) i bundvandet. Midt i august var der kraftigt iltsvind og næsten iltfrit ved bunden, og hele den nederste halvdel af vandsøjlen var påvirket af iltsvind.

Figur 11. Iltprofil 10. juli i en lagdelt vandsøjle i den ydre del af Aabenraa Fjord. Den stiplede linje angiver grænsen til kraftigt iltsvind. Data fra Miljøstyrelsen.

Oxygen profile 10 July in a water column with pycnoclines. The dotted line indicate the border to severe oxygen depletion. Data from the Danish Environmental Protection Agency.



I **Als Fjord** var der moderat iltsvind midt i maj ved årets første måling efter corona-nedlukningen. Iltkoncentrationen varierede efterfølgende en del omkring grænsen til iltsvind, men midt i august var iltsvindet blevet kraftigt. I den mere lavvandede **Augustenborg Fjord**, der ligger i forlængelse af **Als Fjord**, blev der i rapporteringsperioden kun målt et kortvarigt moderat iltsvind i starten af juli.

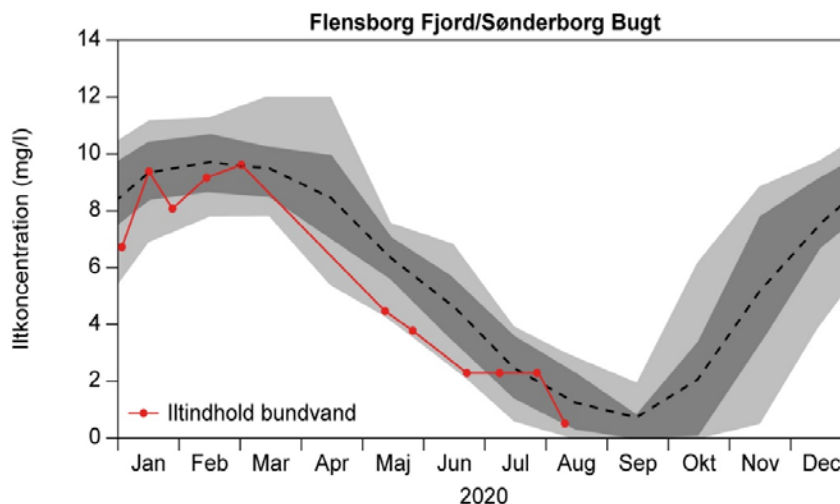
I **Lillebælt** nordvest for **Als** blev der registreret moderat iltsvind sidst i juli og kraftigt iltsvind midt i august. Ved målingen midt i august var der næsten helt iltfrit ved bunden.

I det sydlige **Lillebælt** blev der registreret moderat iltsvind midt i maj nordvest for **Ærø** på det første overvågningstogt efter corona-nedlukningen. Der var iltsvind i den nederste tredjedel af vandsøjlen, hvilket indikerer, at iltsvindet formodentlig er opstået sidst i april eller først i maj, hvilket er meget tidligt for området. I løbet af juni bredte iltsvindet sig, og nogle steder var iltsvindet kraftigt. I starten af juli var iltsvindet udbredt fra syd for **Årø** til ned syd for **Als**. I løbet af juli forbedredes iltforholdene fra kraftigt til moderat iltsvind i en stor del af området. Midt i august var der igen udbredt kraftigt iltsvind, og iltsvindet berørte området fra syd for **Årø** helt ned til **Marstal Bugt** og syd for **Langeland**. I de dybeste bassiner var der næsten helt iltfrit ved bunden. Iltsvindsmodellen indikerer, at iltsvindet strakte sig videre sydpå helt ned til den tyske kyst og ind i Kiel Bugt.

I den indre del af **Flensborg Fjord** var der kraftigt iltsvind og frigivelse af svovlbrinte ved årets første måling efter corona-nedlukningen midt i maj, hvilket er usædvanlig tidligt. Det kraftige iltsvind blev fastholdt til midt i august, hvor iltsvindet berørte godt og vel halvdelen af vandsøjlen. I den ydre del af fjorden (**Sønderborg Bugt**) var iltkoncentrationen tæt på grænsen til moderat iltsvind ved årets første måling efter corona-nedlukningen midt i maj (*figur 12*). Efterfølgende faldt iltkoncentrationen til et niveau tæt på grænsen til kraftigt iltsvind, og midt i august var der kraftigt iltsvind og næsten ingen ilt i bundvandet. Godt 40 % af **Flensborg Fjords** areal var påvirket af iltsvind midt i august. I **Nybøl Nor**, som er forbundet med **Flensborg Fjord**, var der gode iltforhold indtil starten af juni, hvor der var kraftigt iltsvind. Det kraftige iltsvind fortsatte ind i august.

Figur 12. Iltkoncentration i bundvandet i den ydre del af Flensborg Fjord i 2020 (rød kurve) i forhold til langtidsmidlen for 1986-2019 (stiplet linje). Mørkegrå og mørkegrå + lysegrå angiver henholdsvis intervallet for 50 % og 80 % af målingerne. Udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Bottom water oxygen concentration in the outer part of Flensborg Fjord during 2020 (red line) compared to the long-term mean for 1986-2019 (dotted line). Dark grey = 50 % fractile, and dark grey + light grey = 80 % fractile. Produced by the Danish Environmental Protection Agency.



I **Det Sydfynske Øhav** blev det første iltsvind (moderat) registreret midt i maj i det dybe område i den vestlige del af **Ærøbassinet**. På det tidspunkt var de nederste ca. 10 m af vandsøjlen påvirket af iltsvind, så det er sandsynligt, at iltsvindet er startet noget tidligere, måske i sidste halvdel af april, hvor der ikke var nogen overvågning grundet corona-nedlukning. Iltsvindet udviklede sig hurtigt, og hen i juni var der kraftigt iltsvind og helt iltfrit i bundvandet samt frigivelse af svovlbrinte fra bunden. Sidst i juni havde der også etableret sig moderat iltsvind i den centrale del af **Ærøbassinet**. I løbet af juli forbedredes iltforholdene lidt, men kun for en kort periode. Midt i august var der atter kraftigt og udbredt iltsvind i bassinet samt frigivelse af svovlbrinte i det dybeste område, hvor over halvdelen af vandsøjlen var påvirket af iltsvind. I **Ringsgaardbassinet** blev der første gang registreret iltsvind (moderat) i slutningen af juli. Midt i juli var iltsvindet forværret til kraftigt iltsvind, og der var næsten helt iltfrit ved bunden.

I de lavvandede kystnære områder syd for **Fyn** blev der ikke registreret iltsvind i denne rapporteringsperiode. Midt i august var iltkoncentrationen dog tæt på grænsen til iltsvind flere steder.

I **Storebælt** faldt iltkoncentrationen gennem rapporteringsperioden og var meget tæt på grænsen til iltsvind midt i august.

I **Langelands Sund** (vest for **Langeland**) har iltkoncentrationen også været faldende i perioden og nærmede sig iltsvindgrænsen midt i august. I **Langelandsbælt** (øst for **Langeland**) blev der registreret moderat iltsvind i den dybe rende, og modelberegningerne angiver tilstedeværelsen af en lang smal stribe med overvejende moderat iltsvind (*figur 10*).

5.6 Farvandene omkring Sjælland, Lolland og Falster

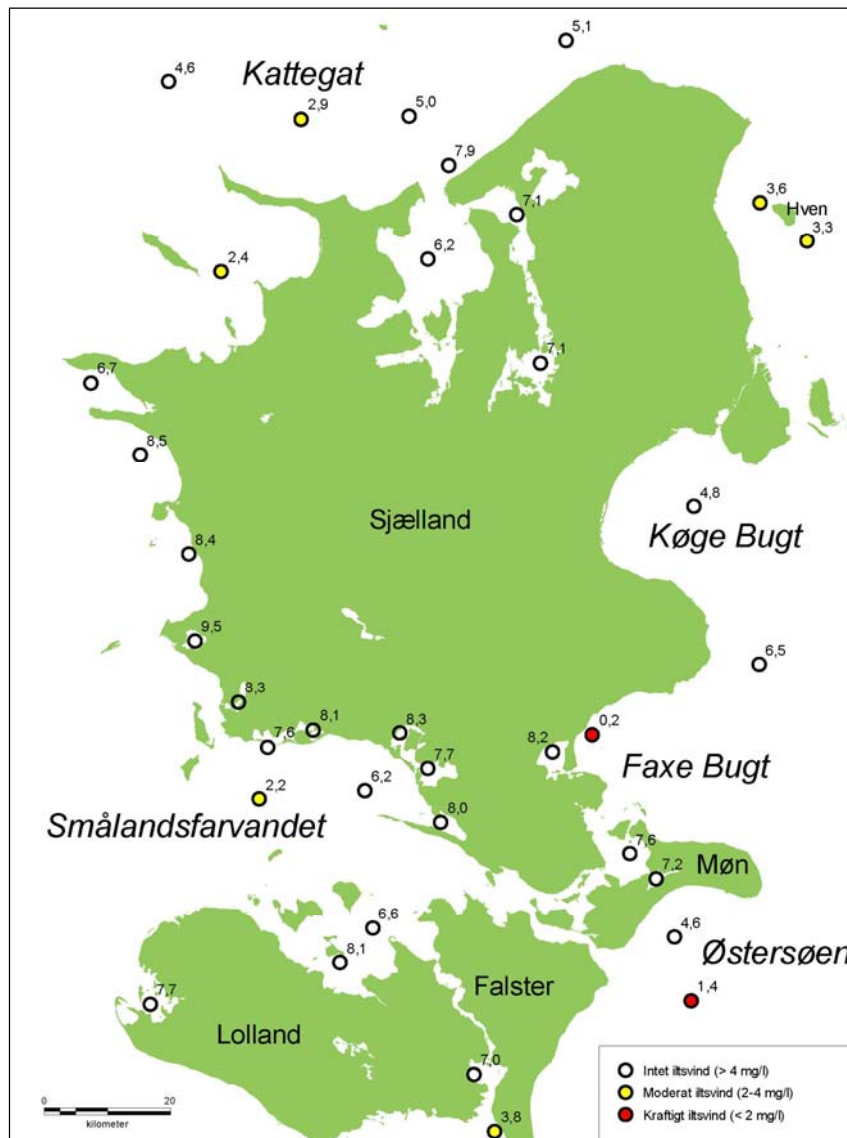
I farvandene rundt om **Sjælland**, **Møn**, **Lolland** og **Falster** blev der i rapporteringsperioden registreret iltsvind i **Sejerø Bugt**, **Hesselø Bugt**, **Øresund**, **Faxe Bugt**, **Hjelm Bugt**, **Rødsand Lagune** og **Smålandsfarvandet** (figur 13).

I det sydlige Kattegat i **Sejerø Bugt** og **Hesselø Bugt** var iltkoncentrationen reduceret midt i juli, men det var først omkring midt i august, at der opstod moderat iltsvind. I **Øresund** ved **Hven** var iltkoncentrationen tæt på grænsen til iltsvind fra midt i juli, og der blev registreret moderat iltsvind midt i august. Iltsvindsmodellen indikerer, at iltsvindet i **Øresund** midt i august strakte sig helt op til udmundingen i det sydlige **Kattegat** og helt ned til lige nord for **Saltholm** (figur 2, nederst). I **Faxe Bugt** etablerede der sig moderat iltsvind omkring midten af juli, som udviklede sig til kraftigt iltsvind med næsten iltfrie forhold ved bunden sidst i juli. Midt i august var der ikke længere iltsvind i bugten. I **Køge Bugt** blev der ikke registreret iltsvind i rapporteringsperioden, men midt i august var iltkoncentrationen tæt på grænsen til iltsvind. I **Hjelm Bugt** blev der registreret kraftigt iltsvind ved årets første måling midt i august på den sydligste af de to overvågningsstationer i bugten, mens der i rapporteringsperioden ikke blev registreret iltsind på den nordlige station. I den østlige del af **Rødsand Lagune** blev der målt moderat iltsvind midt i august. I den vestlige del af **Smålandsfarvandet** var der moderat iltsvind ved overvågningens start midt juli. Iltsvindet var væk sidst i juli, men etableret igen midt i august.

Der blev ikke registreret iltsvind i **Roskilde Fjord** og **Isefjord** i rapporteringsperioden.

Figur 13. Stationer i farvandet omkring Sjælland, Lolland og Falster, hvor iltforholdene er undersøgt i rapporteringsperioden. For hver station vises den lavest registrerede iltkoncentration (mg/l). Udarbejdet af Miljøstyrelsen.

Stations in the sea around Zealand, Lolland and Falster visited during the reporting period. Markers at each station present the lowest registered oxygen concentration (mg/l). Produced by the Danish Environmental Protection Agency.



Iltvindmodellen indikerer tilstedeværelsen af et udbredt og for store områders vedkommende kraftigt iltvind i **Femern Bælt** og i den nordlige del af **Lübeck/Mecklenburg Bugt** sidst i juli (figur 2, øverst). Modellens angivelser er baseret på et meget spinkelt datagrundlag og skal derfor fortolkes med stor forsigtighed. Den modellerede udbredelse af iltvind i området midt i august (figur 2, nederst) er baseret på et bedre datagrundlag og underbygger iltvindmodellens angivelser for sidst i juli. Ifølge modellens beregninger havde iltvind midt i august bredt sig helt ned i bunden af **Lübeck Bugt** og nordøst på til **Hjelm Bugt**.

5.7 Farvandene omkring Bornholm

Der var kraftigt iltvind øst for **Bornholm**, som er et naturligt iltvindsområde med næsten permanent iltvind typisk fra omkring 70 meters dybde (figur 1). Målinger og iltvindmodellen indikerer, at der var et udbredt og overvejende moderat iltvind vest for **Bornholm** (Arkonabassinet) midt i august.

Kort over danske farvande



Figur 14. Oversigt over danske farvande med fokus på potentielle iltvindsovråder.

Map with an overview of Danish marine waters with focus on potential areas with oxygen depletion.

6. Kontaktpersoner

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet
Jens Würgler Hansen, tlf. 87 15 88 05, e-mail jwh@bios.au.dk

Miljøstyrelsen (MST) Nordjylland
Svend Aage Bendtsen, tlf. 72 54 37 23, e-mail saabe@mst.dk

Miljøstyrelsen (MST) Østjylland
Helene Munk Sørensen, tlf. 72 54 38 90, e-mail hemso@mst.dk

Miljøstyrelsen (MST) Midtjylland
Bent Jensen, tlf. 72 54 37 85, e-mail benje@mst.dk
Jette Poulsen Engholm, tlf. 72 54 37 96, e-mail jepni@mst.dk

Miljøstyrelsen (MST) Storstrøm
Benny Bruhn, tlf. 72 54 33 57, e-mail bebru@mst.dk

Miljøstyrelsen (MST) Fyn
Inga Holm, tlf. 72 54 34 98, e-mail inhol@mst.dk
Mikael Hjorth Jensen, tlf. 72 54 35 01, e-mail mihje@mst.dk

Miljøstyrelsen (MST) Sydjylland
Lasse Ørsted Jensen, tlf. 93 59 70 40, e-mail lasoj@mst.dk

**Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institut (SMHI)/
Bohusläns Vattenvårdsförbund (BVVF)**
Lotta Fyrberg, tlf. +46 31 751 8978, e-mail lotta.fyrberg@smhi.se

Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde (IOW)
Michael Naumann, tlf. +49 381 5197 267,
e-mail michael.naumann@io-Warnemuende.de

**Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Meck-
lenburg-Vorpommern**
Marina Carstens, tlf. +49 385 588 6414,
e-mail m.carstens@lu.mv-regierung.de

**Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-
Holstein (LLUR SH)**
Hannah Lutterbeck, tlf. +49 4347 704 274,
e-mail hannah.lutterbeck@llur.landsh.de