

# MILJØTILSTANDEN I ODENSE FJORD

---

Beskrivelse af udviklingstendenser  
af centrale miljøparametre

Oktober 2020 UDKAST



## MILJØTILSTANDEN I ODENSE FJORD

Er udgivet af

Landbrug og Fødevarer F.m.b.A.

SEGES

Agro Food Park 15

8200 Aarhus N

+45 87 40 5000

seges.dk

UDARBEJDET AF

Plante- og Miljøinnovation, SEGES

REDAKTØR

Flemming Gertz, Chefkonsulent

FORFATTERE

Flemming Gertz, Chefkonsulent

Tobias Berthel Bendixen, Konsulent

Sebastian Piet Zacho, Konsulent

FORSIDEFOTO

Colourbox

FINANSIERET AF

Promilleafgiftsfonden



STØTTET AF

# Promilleafgiftsfonden for landbrug

# SAMMENFATNING

---

Odense Fjord er en brakvandsfjord, som er opdelt i en indre og ydre fjord ved Vigelsø. Inderfjorden ved Seden Strand er meget lavvandet med en vanddybde på 0,5-1 meter i størstedelen af området. Yderfjorden er 3-5 meter dyb i store dele af området, men har ligeledes et lavvandet område vest for udmundingen til Kattegat. Oplandet til Odense Fjord er relativt stort i forhold til fjordens størrelse med en ratio for opland til vandområdeareal på 17,2. Vandsøjlen er stort set fuldt opblandet i den indre del som følge af de lave vanddybder og saltholdigheden svinger fra 8 promille om vinteren til 16 promille sidst på sommeren. I den ydre del er saltholdigheden højere, og der er ofte en lidt højere saltholdighed ved bunden som følge af den permanente vandudveksling med Kattegat. Saltholdigheden svinger fra 16 til 20 promille henholdsvis om vinteren og sommeren i overfladen, og ved bunden er saltindholdet relativt konstant på lidt over 20 promille. Til trods for lagdeling er der kun registreret henholdsvis 2 og 8 iltsvindshændelser for den indre og ydre del af Odense Fjord i den analyserede periode (1980-2019). Dette skyldes den lave vanddybde i den indre del og den permanente tilførsel af ilttrigt vand fra Kattegat til bunden i yder-fjorden.

Generelt set er miljøtilstanden forbedret i både den indre og ydre del af Odense Fjord i forhold til 1980'erne, når man vurderer udviklingen i klorofylniveauet som mål for planktonalgemængden. Sommerklorofylkoncentrationen er faldet fra ca. 8 til 6 µg/L i inderfjorden og fra 6-7 til 4-5 µg/L i yderfjorden. Hertil er der hyppigt klorofylmålinger under miljømålsgrænsen for god økologisk tilstand på 3,6 µg/L, og især for yderfjorden, hvilket oftest observeres i slutningen af august-september. Dette skyldes i høj grad, at næringsstoffindholdet af kvælstof og fosfor er faldet markant i forhold til 1980'erne. I de seneste 10 målte år er indholdet af orthofosfat potentielt begrænsende for planktonalgevæksten fra marts til maj, hvorefter indholdet af uorganisk kvælstof ser ud til at være vækstbegrænsende faktor fra maj til september.

Sommersigtedybden målt i den østlige lavvandede del af inderfjorden er steget fra ca. 0,6 til 0,8 meter og i yderfjorden er den steget fra ca. 2,5 til 3,5 meter. I yderfjorden er sigtedybden i foråret tæt på 5 m i den fosforbegrænsede periode, men falder senere på sommeren til 3 til 3,5 m i perioden med kvælstofbegrænsning. I inderfjorden er sigtedybden sandsynligvis meget begræn-

set af vindbetinget resuspension af fjordbunden, samt afstrømning af suspenderet stof fra oplandet, da sigtedybden her er lavest i vintermånederne. En lav sigtedybde som følge af opblanding af sediment fra dyndbunden kan også være medvirkende årsag til stagnering i bundvegetationens udbredelse, som primært består af ålegræs, havgræs og børstebledet vandaks, samt at bunden er så blød, at der mangler for-ankring til rødderne. Sigtedybden om vinteren i yderfjorden er ca. den samme som om sommeren, hvilket indikerer, at også denne del af fjorden er påvirket af resuspension og suspenderet stof fra oplandet, og understøtter således ikke målet om ålegræsdybden på 4,2 m. I Inderfjorden er ho-vedudbredelsen af ålegræs observeret på 1,5-2,5 meters dybde, og i yderfjorden er der observationer på 2,5-3 meters dybde. Især i inderfjorden er der variation mellem bundvegetationens udbredelse fra år-til-år, hvilket antyder en vis sårbarhed i fjordsystemet. Miljømålet for ålegræssets hovedudbredelse er fastsat til 4,2 meter for både den indre og ydre del af Odense Fjord.

For den indre fjord er den væsentligste forbedring sket fra 80'erne til 90'erne og siden har fremgangen været relativt minimal. Dette er til trods for, at vinterkoncentrationerne af uorganisk kvælstof (DIN) er halveret gennem den målte periode. Dette slår tilsyneladende kun meget lidt i gennem på sommerniveauerne af kvælstof, hvilket indikerer at vinterafstrømningen af kvælstof til den indre del ikke væsentligt påvirker tilstanden om sommeren. Dette skyldes sandsynligvis, at opholdstiden er for kort til at vinterafstrømningen af kvælstof kommer til at spille en rolle for sommerens tilstand.

I den ydre del af fjorden er vinterens indhold af DIN ikke faldet i den målte periode for oktober til februar, hvilket indikerer, at der er en stor vandudveksling med Kattegat. Tilsyneladende er det ikke tilførslen fra fjordens opland, som er mest styrende for vinterkoncentrationen af DIN i yderfjorden. Sommerens indhold af DIN er faldet svagt de senere år, hvilket til dels kan forklare den løbende forbedring af sommerklorofylniveauet. Spørgsmålet er dog, om fjordens sommeromsætning af organisk materiale er faldet, og om et fald i "genbrug" af næringsalte også kan forklare noget af denne forbedring i klorofylkoncentrationen i den ydre fjord.

Overordnet vurderes det, at det primært er sommerhalvårets afstrømning af nitrat, som påvirker fjordens til-

---

stand og i mindre grad vinterens afstrømning. Fosfor begrænser væksten af alger i foråret, men hele årets afstrømning af fosfor til fjorden vil have betydning, fordi fosfor i udpræget grad er bundet til partikler, som sedimenterer i fjorden, og dermed kan vinterens fosfortilførsel også påvirke sommerens tilstand. Vandets sigtbarhed bliver påvirket af organisk materiale som resuspenderer, hvilket især gælder i den indre del af fjorden, men også i den ydre del, som samlet bevirker, at det bliver sværere at nå målene for sigtedybde og ålegræssets dybdeudbredelse.

## **Anbefalinger**

Reduktion i næringsstoffer fra oplandet vil forbedre tilstanden. Hvad angår fosfor så er det hele årets fosfortilførsel, som bør reduceres for at sikre en forbedring. Hvad angår kvælstof, så bør fokus lægges på at reducere sommerhalvårets tilførsel, fordi vinterens afstrømning i vid udstrækning vurderes at være ude af fjorden, når kvælstofbegrænsningen begynder at indtræde primært i juni.

Der bør samtidig være fokus på marine virkemidler for at mindske resuspension og sikre forankring af plantedække. Forsøg udført af Syddansk Universitet (SDU) med udlægning af nyt sandlag (sand-capping) og udplantning af ålegræs vil være egnede marine virkemidler, som vil være afgørende for at nå miljømålene.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

---

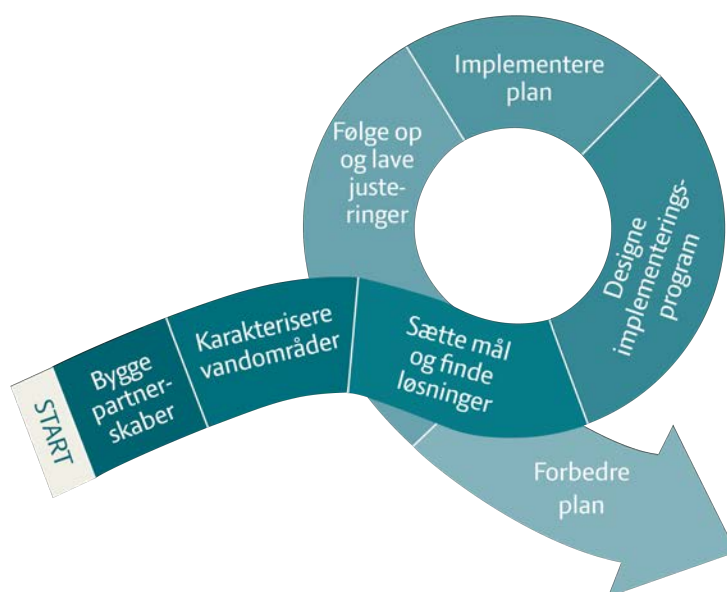
1	INDLEDNING	7
2	BESKRIVELSE AF DATA	9
2.1	Målestationer	9
2.2	Databehandling	9
2.3	Prøvetagningsfrekvens	9
3	TILSTANDBESKRIVELSE INDRE FJORD	13
3.1	Hydrografi	13
3.2	Iltkoncentration	13
3.3	Sigtdybde	13
3.4	Klorofyl	13
3.5	Kvælstof	14
3.6	Fosfor	15
3.7	Næringsstofbegrænsning	15
3.8	Vegetation	16
3.9	Blødbundsfauna	16
4	TILSTANDBESKRIVELSE YDRE FJORD	17
4.1	Hydrografi	17
4.2	Iltkoncentration	17
4.3	Sigtdybde	18
4.4	Klorofyl	18
4.5	Kvælstof	18
4.6	Fosfor	19
4.7	Næringsstofbegrænsning	20
4.8	Vegetation	20
4.9	Blødbundsfauna	21
5	DISKUSSION	23
6	REFERENCER	25



I denne rapport belyses udviklingen i koncentrationen af næringsstoffer, klorofyl og ilt samt parametre som sigtdybde, vegetation i Odense Fjord fra 1980'erne frem til nu. Rapportens formål er at demonstrere vigtigheden i at behandle og analysere data på kystvandsniveau, og dermed opnå en mere detaljeret systemforståelse af Odense Fjord samt udviklingen gennem årene. Rapporten skal danne grundlag for en mere dybdegående indsigt i fjordens miljøtilstand og give interessenter mulighed for at kunne medvirke i drøftelser om Odense Fjord. Den opnåede forståelse af fjordens økosystem bidrager desuden med vigtig information til udarbejdelse af miljømål for fjorden samt målrettede miljøtiltag i oplandet.

Rapporten giver en kort gennemgang af de centrale miljøparametre for udviklingen i Odense Fjord hvoraf et udvalg af de vigtigste figurer og tabeller fremgår i rapporten. Øvrige beskrivende figurer og tabeller for fjorden findes i det tilknyttede bilag. Rapporten bygger på data fra ODA-databasen (Overfladevandsdatabasen), som indeholder data indsamlet i NOVANA-programmet. Der er her indhentet data tilbage fra januar 1980 frem til april 2020. Der er dog perioder, hvor der mangler data, hvilket beskrives yderligere i kapitel 2.

I forbindelse med udarbejdelse af rapporten er der foretaget en inddragende proces af lokale aktører således, at rapporten i videst muligt omfang inkluderer fagligt relevante kommentarer og input fra forskellige interessenter og eksperter. Den involverende proces er sket i regi af Interreg-projektet Water Co-Governance (WaterCoG), hvor også idé og model for den involverende proces er udviklet. Den grundlæggende tænkning er, at der for hvert trin i en forvaltningscyklus (figur 1.1) sker et samarbejde mellem relevante aktører herunder også lokale aktører. I WaterCoG forsøges det hermed at give en bedre proces for interaktion mellem "top-down"- og "bottom-up"-processer, så konstruktivt samarbejde og dialog mellem "top" og "bottom" bidrager til, at de overordnede mål opnås via inddragelse af lokal viden og ejerskab. Arbejdet med Odense Fjord omhandler trin 2 - karakteriseringstrinnet.



Figur 1.1 Syv forvaltningstrin i en forvaltningscyklus.





## 2.1 Målestationer

Rapporten bygger på data fra ODA-databasen (Overfladevandsdatabasen), som indeholder data indsamlet i NOVANA-programmet. I Odense Fjord har der fra 1980 til nu været registreret 12 målestationer. I analysen af miljøtilstanden er der lagt vægt på at bruge målestationer med lange datatidsserier. Udviklingen af henholdsvis næringsstoffer, klorofyl og CTD (iltkoncentration, salinitet og sigtddybde) præsenteres derfor i rapporten for målestationerne 94230020 og 94230001, som er placeret i henholdsvis den indre og ydre del af Odense Fjord (se Figur 2.1). For bundvegetation tages der udgangspunkt i følgende fire transekter for den indre del af fjorden: 94230176, 94230179, 94230181 og 94230184. For den ydre fjord tages der udgangspunkt i følgende to transekter: 94230207, 94230212 og 94230214. Transekternes placering fremgår af Figur 2.1.

## 2.2 Databehandling

Den indre del af Odense Fjord (ved Seden Strand) er et lavvandet fjordsystem, og derfor anvendes der kun topmålinger af vandsøjlen fra station 94230020 som datagrundlag til diagrammerne vedrørende næringsstoffer og klorofyl i Inderfjorden. For den ydre del af Odense Fjord skelnes der mellem top- og bundmålinger ved at inddele prøvetagningerne af næringsstoffer og klorofyl i dybder på hhv.  $\leq 1$  meter og  $\geq 7$  meter i datagrundlaget fra station 94230001. Data for oxygen og salinitet deles også op i topprøver og bundprøver, hvor topprøver er den øverste måling i vandsøjlen og bundprøver er den nederste måling i vandsøjlen i målingen på dagen.

I den videre analyse inddeles data blandt andet i sommer- og vinterperioder, som henholdsvis indeholder månederne maj-september og november-januar. Derudover vises udviklingen også på månedsbasis ud fra 10-års gennemsnit. For enkelte parametre er der tilføjet miljømål og næringsstofgrænseværdier for algevækst. Miljømålet for koncentrationen af sommerklorofyl *a* er sat til  $3,6 \mu\text{g/L}$  jf. mål i vandområdeplanerne, hvilket angiver grænseværdien for en god/moderat økologisk tilstand (Miljø- og Fødevareministeriet,

2016). Væksten af alger, målt som klorofyl, begrænses blandt andet af koncentrationen af næringsstoffer. En grænseværdi for hvornår næringsstoffer er begrænsende for algevækst er fastsat af Aarhus Universitet, men skal udelukkende ses som en vejledende tommelfingerregel (Aarhus Universitet, 2018). Grænseværdien for hvornår det let plantetilgængelige uorganiske kvælstof, "Dissolved Inorganic Nitrogen" (DIN), som er de summerede værdier af nitrat/nitrit og ammonium/ammoniak, er begrænsende for algevækst er sat til  $28 \mu\text{g/L}$ . Den vejledende grænseværdi for, hvornår fosfor (orthofosfat-P) er begrænsende for planktonalgevæksten er sat til  $6,2 \mu\text{g/L}$ .

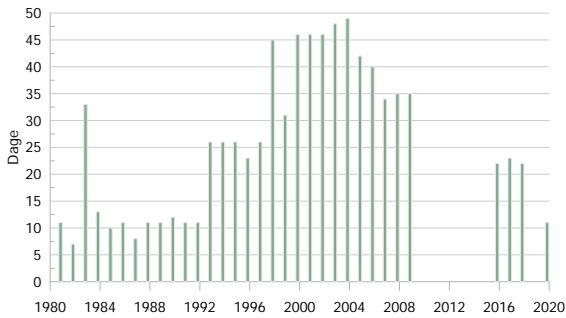
I diagrammerne for bundvegetation vises den maksimale dybde for bundvegetationens hovedudbredelse, hvilket svarer til en dækningsgrad på mindst 10%. Derudover vises også den maksimale dybdegrænse for bundvegetationen, hvilket svarer til en dækningsgrad på mindst 1%. Miljømålet for hovedudbredelsen af ålegræs er sat til en dybdegrænse på mindst 4,2 meter jf. mål i vandområdeplanerne, hvilket angiver grænseværdien for en god/moderat økologisk tilstand (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016).

## 2.3 Prøvetagningsfrekvens

Der er foretaget prøvetagninger i den indre del af Odense Fjord i perioden 1981-2020 med undtagelse af 2010-2015. Figur fig:indrestatistik beskriver antallet af udsejlinger, hvor der er målt for næringsstoffer fra 1981 og frem til starten af 2020. I Yderfjorden er der foretaget prøvetagning alle årene i perioden 1980-2020 i både den øvre og nedre del af vandsøjlen (se Figur fig:ydstatistik). I bilag fremgår prøvetagningshyppigheden også for måling af klorofyl- og iltindhold. Antallet af udsejlinger repræsenterer derfor antallet af dage med prøvetagning af de respektive parametre.

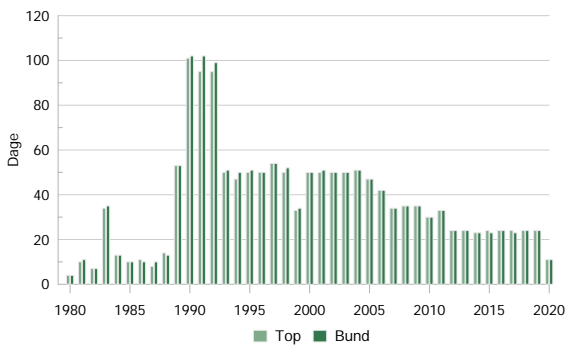
I Inderfjorden har antallet af udsejlinger med prøvetagning af klorofyl og næringsstoffer varieret gennem årene med det laveste antal frem til 1993 og højeste antal imellem 1998-2009 med ca. 45 udsejlinger pr. år. I Yderfjorden har prøvetagningsfrekvensen også varieret gennem årene med det laveste antal frem til 1993

og højeste antal imellem 1990-1993 med ca. 100 udsejlinger pr. år. Derefter er prøvetagningsfrekvensen reduceret til 50 pr. år frem til 2006, hvor det blev yderligere reduceret til 20-30 udsejlinger pr. år (se Figur 2.2 og bilag). Der findes ingen målinger af iltniveauet fra før 1990 i hverken inder- eller Yderfjorden, hvorefter prøvefrekvensen er på ca. samme niveau som målingen af klorofyl og næringsstoffer.



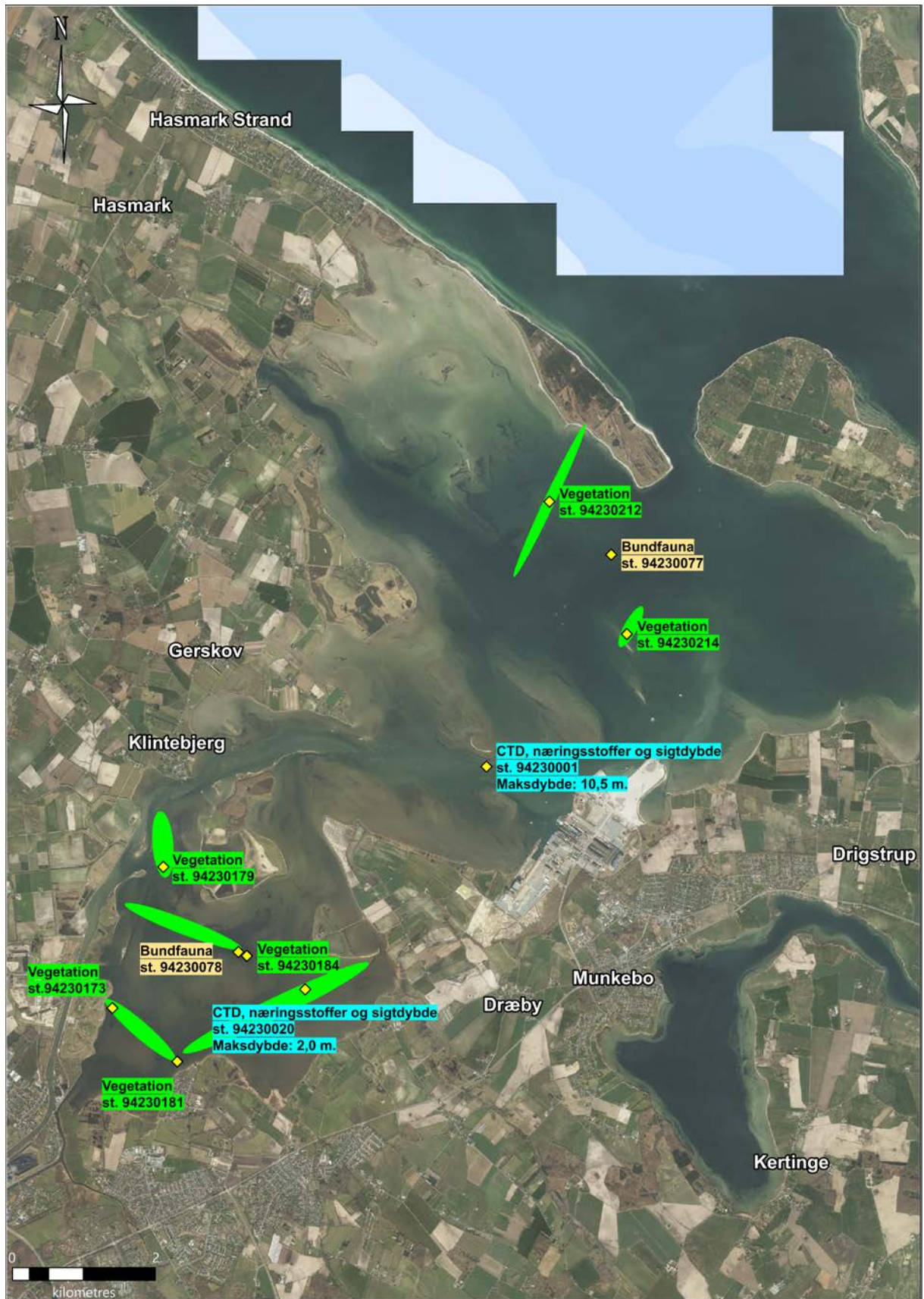
Figur 2.2 Antal dage med målinger pr. år af næringsstoffer i Inderfjorden.

I Yderfjorden er der foretaget ca. lige mange målinger af den øvre og nedre del af vandsøjlen, hvad angår næringsstoffer og ilt, men antallet af bundmålinger af klorofyl er først påbegyndt i 1998, hvorefter der er udtaget 10-15 prøver årligt (se Figur 2.3 og bilag).



Figur 2.3 Antal dage med målinger pr. år af næringsstoffer i Yderfjorden fordelt i topprøver og bundprøver.

## 2. BESKRIVELSE AF DATA

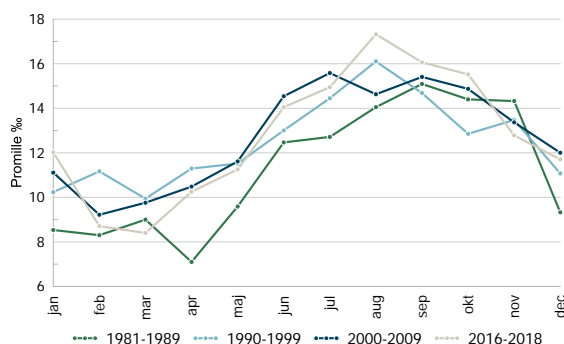


Figur 2.1 Lokationer for de anvendte målestationer og transekter i den indre og ydre del af Odense Fjord



## 3.1 Hydrografi

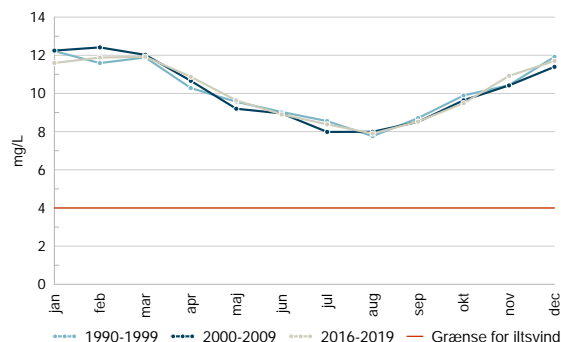
Oplandsarealet til Odense Fjord er 1.058 km<sup>2</sup>, hvilket svarer til en tredjedel af Fyn, og giver derfor en relativt høj ratio mellem fjordens samlede størrelse og oplandsarealet på 17,2. Inderfjorden er et type M4-vandområde med en størrelse på 15,4 km<sup>2</sup> og er forholdsvist aflukket af Vigelsø, som afgrænser op til Yderfjorden. Størstedelen af Inderfjorden er meget lavvandet med en vanddybde på ca. 0,5-1 meter. I den vestlige del af Inderfjorden er der dog områder, som er noget dybere (3-5 meter), hvor der tilmed også er en sejlrønde på 7-8 meters dybde, som fortsætter ud igennem Yderfjorden. Saliniteten i Inderfjorden er i høj grad styret af afstrømningen fra oplandet, hvor vinterafstrømningen medfører en markant reduktion af saltindholdet til omkring 8-12 promille, hvor sommersaliniteten er ca. 14-17 promille.



Figur 3.1 Gennemsnit af saltindholdet (promille) pr. måned i perioderne 1986-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2016-2018.

## 3.2 Iltkoncentration

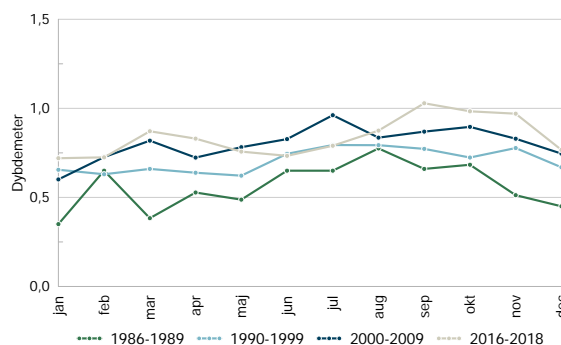
Udviklingen for iltindholdet i Inderfjorden har gennemsnitligt set ikke ændret sig siden 1990'erne og ligger pænt over grænsen for iltsvind (4 mg/L). De laveste iltkoncentrationer ses typisk i juli-august, hvor det gennemsnitligt ligger på ca. 8 mg/L, og de højeste iltkoncentrationer ligger på 11-12 mg/L i december-januar. Der er kun registreret iltsvind ved to udsejlinger i hele datagrundlaget i henholdsvis september 2005 og marts 2006.



Figur 3.2 Gennemsnit af iltkoncentrationen (mg/L) på månedsbasis for perioderne 1990-1990, 2000-2009 og 2016-2019.

## 3.3 Sigtdybde

Siden 1980'erne er der sket en forbedring af sigtdybden i Inderfjorden, hvor sommersigtdybden er steget fra ca. 0,6 til 0,8 meter. Det er interessant at bemærke, at sigtdybden er størst i sommermånedene, hvilket ellers typisk forholder sig modsat i andre danske fjorde som følge af sommeropblomstring af planktonalger. Tilsyneladende er årsagen til den lavere sigtdybde uden for sommermånedene at finde i afstrømning af suspenderet stof fra oplandet samt vindbetinget resuspension af den meget lavvandede fjordbund i vintersæsonen.

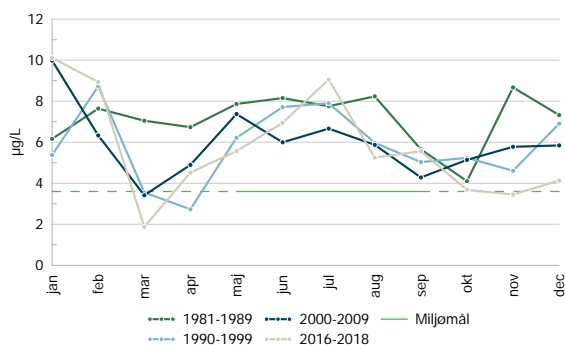


Figur 3.3 Gennemsnit af sigtdybden på månedsbasis for perioderne 1986-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2016-2018.

## 3.4 Klorofyl

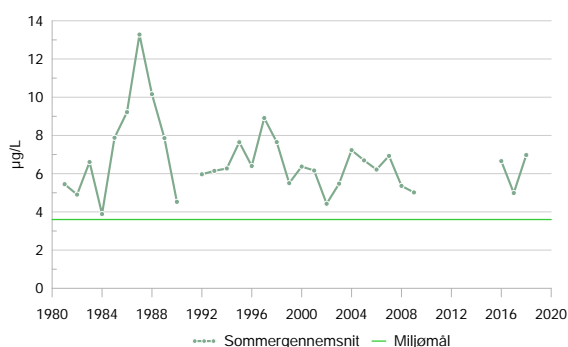
Væksten af planktonalger måles ved klorofylkoncentrationen, som generelt set har været faldende siden 1980'erne, men med en vis variation fra år-til-år. Den største ændring ses i forårsmånedene fra 1980'erne til 1990'erne, hvorefter udviklingen er stagneret lidt. Ved sammenligning af januar måned for de respektive

10-årsperioder, ses der en meget stor variation, hvilket skyldes enkelte meget høje målinger. Hertil dækker den seneste periode kun 2016-2018, hvor især juli 2018 er årsag til den store variation, da der her blev målt op til 20,1 µg/L.



Figur 3.4 Gennemsnit af klorofylkoncentrationen (µg/L) på månedsbasis for perioderne 1981-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2016-2018.

Jf. vandområdeplanerne er der fastsat et miljømål på 3,6 µg/L for sommerklorofylkoncentrationen for at opnå en god/moderat økologisk tilstand i Inderfjorden. Sommergennemsnittet for klorofylniveauet varierer årligt mellem 4 og 8 µg/L, og der synes ikke at være sket en overordnet udvikling siden 2000. I månederne maj-juli i 1989-1991 er der enkelte år, hvor klorofylkoncentrationen ligger under miljømålet. Der er også flere år i september måned, hvor klorofylkoncentrationen når under grænseværdien (se bilag). Det skal bemærkes, at analysemetoden for klorofyl blev ændret fra klorofyl a til klorofyl ukorrigeret i 2011. I dette datagrundlag er de to måleenheder slået sammen, da der ikke ses en signifikant ændring i klorofylniveauet før og efter 2011.

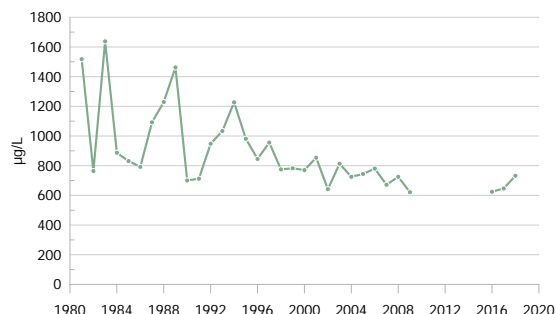


Figur 3.5 Sommergennemsnit (maj-sep) af klorofylkoncentrationen (µg/L) pr. år for 1981-2018.

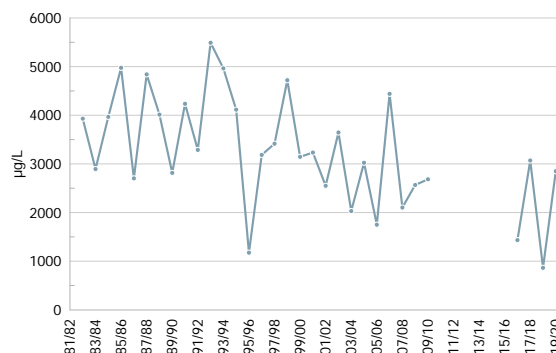
### 3.5 Kvælstof

Koncentrationen af totalt kvælstof (TN) er omtrent halveret, når man sammenligner det gennemsnitlige niveau i 1980'erne med 2000'erne. For sommersæsonen ses det, at koncentrationen følger en mere stabil trend

efter midten af 1990'erne, hvor der i 80'erne var markant udsving mellem årene. Dette er i modsætning til vintersæsonen, hvor der er markante udsving mellem de enkelte år.

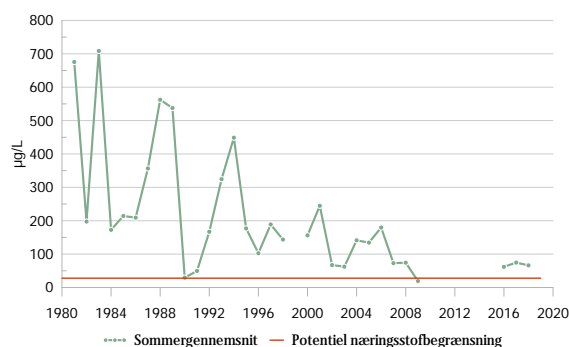


Figur 3.6 Sommergennemsnit (maj-sep) af den totale kvælstofkoncentration (µg/L) pr. år.



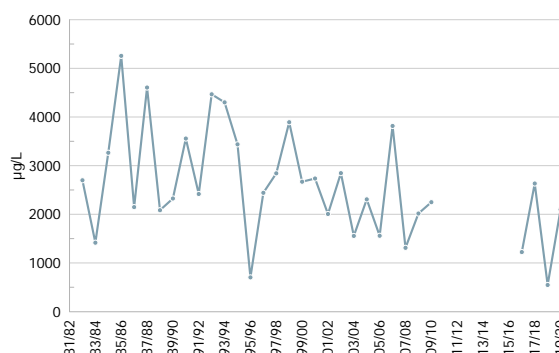
Figur 3.7 Vintergennemsnit (nov-jan) af den totale kvælstofkoncentration (µg/L) pr. hydrologisk år.

Koncentrationen af uorganisk kvælstof (DIN) følger samme faldende trend som TN, hvor der igen skal tages højde for store udsving. Faldet i DIN-niveauet er dog mere markant, hvilket især ses ved sommerkoncentrationerne i de målte år siden 2007, hvor niveauet har været under 100 µg/L. Denne overordnede udvikling ses i mere udpræget grad, når man vurderer DIN-niveauet som gennemsnit ud fra 10-årsperioder (se Figur 3.10). TN forklares i meget lav grad af DIN-indholdet i sommersæsonen, hvorimod TN-koncentration om vinteren i langt højere grad forklares af DIN.



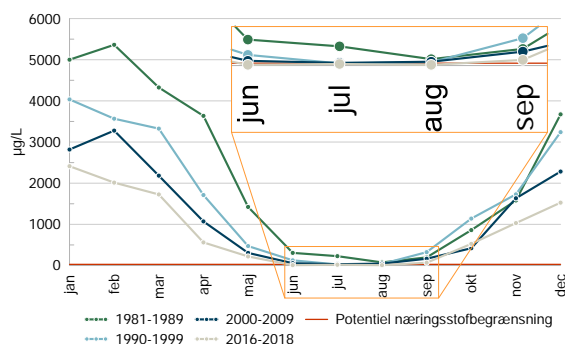
Figur 3.8 Sommergennemsnit (maj-sep) af DIN-koncentrationen (µg/L) pr. år.

### 3. TILSTANDSBESKRIVELSE INDRE FJORD



Figur 3.9 Vintergennemsnit (nov-jan) af DIN-koncentrationen (µg/L) pr. hydrologisk år.

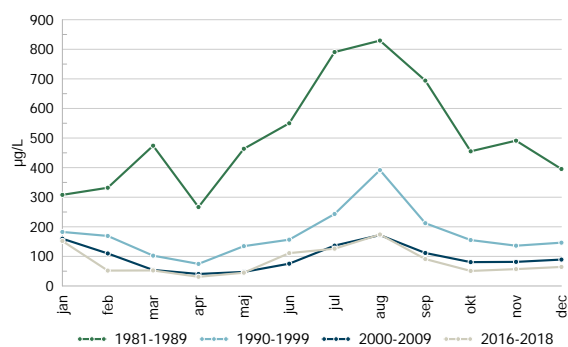
I 2009 var den gennemsnitlige sommerkoncentration af DIN under grænseværdien på 28 µg/L, hvilket indikerer en mulig kvælstofbegrænsning dette år. Ud fra Figur XX er det tydeligt, at DIN-niveauet generelt er lavest i juni-august. I de seneste års målinger er der flere gange målt en DIN-koncentration på under 28 µg/L, hvilket især gør sig gældende i juli og august (se bilag).



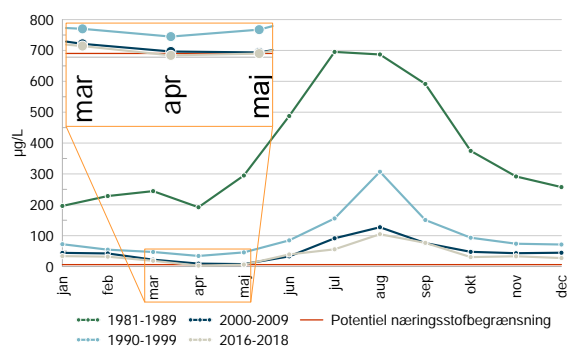
Figur 3.10 Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/L) på månedsbasis for perioderne 1981-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2016-2018.

#### 3.6 Fosfor

Fosforindholdet i Inderfjorden er faldet markant siden 80'erne, hvor reduktionen især ses i perioden fra 80'erne til 90'erne samt frem til 2000, hvorefter udviklingen er stagneret. Dette gælder både for den totale fosfor og orthofosfatkoncentration, hvor der dog skal tages forbehold for årlige udsving samt manglende data i perioden 2010-2015 (se Figur 3.11 og Figur 3.12). Det ses her også, at orthofosfat udgør størstedelen af den totale fosformængde.



Figur 3.11 Gennemsnit af den totale fosforkoncentration (µg/L) på månedsbasis for perioderne 1981-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2016-2018.



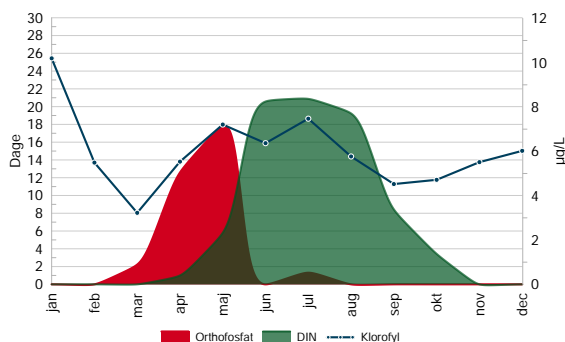
Figur 3.12 Gennemsnit af den orthofosfat-P-koncentrationen (µg/L) på månedsbasis for perioderne 1981-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2016-2018.

Siden 2002 har der været målt orthofosfat-P-koncentrationer under 6,2 µg/L i forårmånederne, hvilket indikerer at fosfor er potentielt begrænsende for planktonalgevæksten. I bilag ses det, at målingerne for de seneste år i april-maj antyder, at fosfor sandsynligvis er begrænsende for algevæksten i disse måneder, i og med at koncentrationen af orthofosfat-P når under 6,2 µg/L. I sommermånederne har koncentrationen af orthofosfat-P været højere end 6,2 µg/L i alle de målte år, hvilket indikerer at kvælstof sandsynligvis er den begrænsende faktor for sommervæksten af planktonalger. Dette er også illustreret i Figur 3.13.

#### 3.7 Næringsstofbegrænsning

For at illustrere hvornår væksten af klorofyl er potentielt begrænset af henholdsvis kvælstof (DIN) og fosfor (orthofosfat), er der udregnet et gennemsnit af antal dage per måned, hvor hvert næringsstof er begrænsende ud fra perioden 2003-2018. Det skal dog bemærkes, at der ikke findes målinger for 2010-2015, og derfor dækker perioden 2003-2018 10 års målinger. I denne periode har orthofosfat været potentielt begrænsende for planktonalgevæksten i marts-maj, hvor især maj haft en del prøvetagninger med en orthofosfat-P-

koncentration under 6,2 µg/L. DIN har været en begrænsende faktor i maj-oktober, og især i juni-august, hvor DIN-koncentrationen har været mindre end 28 µg/L ca. 20 dage i disse måneder i gennemsnit.



Figur 3.13 Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2003-2018 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af klorofyl (µg/L) på månedsbasis for perioden 2003-2018 (Z-akse).

### 3.8 Vegetation

Udbredelsen af bundvegetation i Odense Inderfjord vises for en række transekter (94230173, 94230176, 94230179, 94230181, 94230184) da disse har en længere årrække med målinger. Transekternes placering fremgår af Figur 2.1. I bilag ses både den maksimale dybdegrænse samt dybden for hovedudbredelsen af de enkelte arter, hvilket svarer til henholdsvis mindst 1% og mindst 10% dækningsgrad af havbunden. Jf. vandområdeplanerne er miljømålet fastsat til 4,2 meter for ålegræssets hovedudbredelse i Inderfjorden.

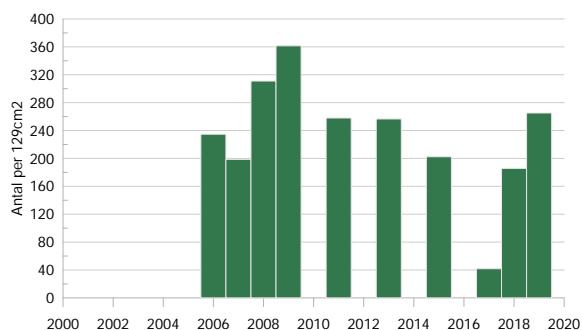
Målingerne af udbredelsen af Ålegræs (*Zostera marina*) viser en hovedudbredelse som går ned til ca. 1,5-2,5 meters dybde og en maksimal dybdegrænse på 1,5-3 meter (se bilag). Der er markante udsving i dækningsgraden mellem årene, hvilket angiver, at ålegræssets udbredelse er sårbart. Variationen gør det samtidig svært at spore en overordnet udvikling for de målte år, men de seneste fem års observationer viser en lille nedgang i udbredelsen. Sommersigdybden har kun været omkring 1 meter i måleperioden for bundvegetation. Det skal dog tolkes forsigtigt i forhold til ålegræssets udbredelse, i og med at målestationen for sigtddybde er placeret i den østlige del af Inderfjorden, og transekterne for bundvegetation spreder sig over de meste af Inderfjorden (se Figur 2.1).

Forekomsten af Havgræsser (*Ruppia sp.*) ligger på omkring 0,5-1,5 meter for både hovedudbredelsen og den maksimale dybdegrænse med en stabil udvikling omkring 1 meter. Dog er der enkelte år, hvor den maksi-

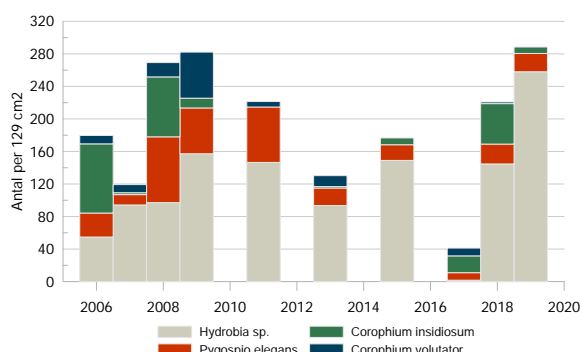
male dybdegrænse når ned til ca. 2-2,5 meter samt en hovedudbredelse i 2009 på ca. 2,5 meter ved transekt 94230179. Dette er dog meget store udsving i forhold til de øvrige år, og bør derfor tolkes med forsigtighed. Børsteblandet vandaks (*Potamogeton pectinatus*) er observeret enkelte år på ca. 1 meters dybde (se bilag).

### 3.9 Blødbundsfauna

Den benthiske invertebratfaunas (blødbundsfauna) sammensætning og tæthed er et tredje måleparameter for miljøtilstanden i kystvande, som måles ved scoring i det danske kvalitetsindeks (DKI). Miljømålet for en god/moderat økologisk tilstand i Yderfjorden er fastsat til 0,68. I denne rapport er der ikke foretaget en indeksering af blødbundsfaunaen, men den generelle udvikling for 2006-2019 er vist ud fra den gennemsnitlige tæthed samt udviklingen for de primære arter. Der ses et forholdsvist stabilt niveau i antallet af individer på 200-250 pr. 129 cm<sup>2</sup>, som er prøverammens størrelse. Det gennemsnitlige niveau bygger dog på et meget varierende datagrundlag, hvilket sandsynligvis også er årsag til den lavere måling i 2017. To arter af dyndsnegle (*Hydrobia ulvae* og *Hydrobia ventrosa*) dominerede i alle de målte år (se Figur 3.15).



Figur 3.14 Gennemsnitlig årlig tæthed af blødbundsfauna (antal pr. 129 cm<sup>2</sup>).

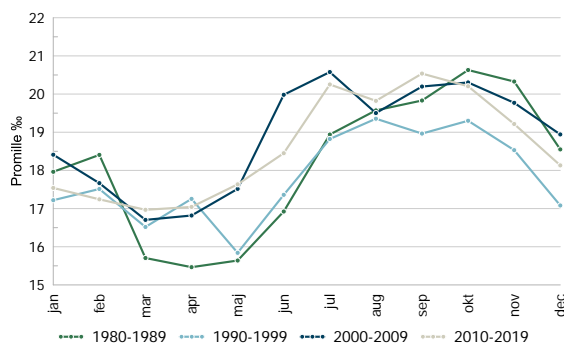


Figur 3.15 Gennemsnitlig årlig tæthed af hyppigst forekommende blødbundsfaunaarter (antal pr. 129 cm<sup>2</sup>).

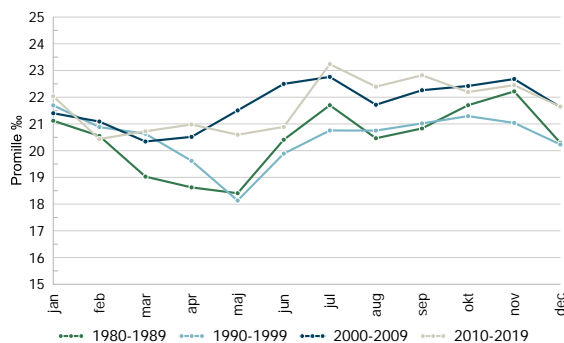


## 4.1 Hydrografi

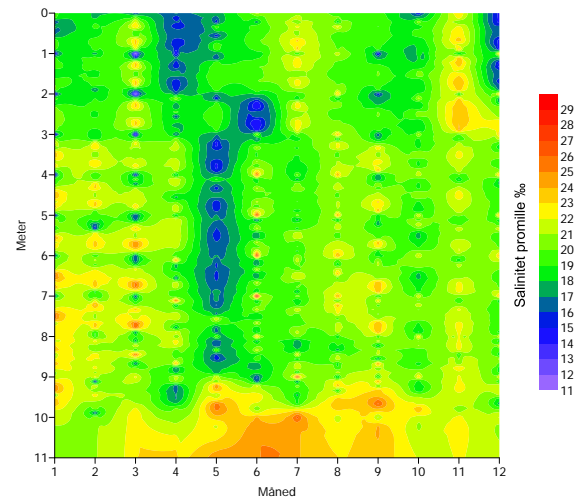
Yderfjorden er et type P3-vandområde med en størrelse på 46,1 km<sup>2</sup>. Størstedelen af Yderfjorden er noget dybere end Inderfjorden med en dybde på ca. 3-6 meters, men i den aflukkede nordvestlige del af fjorden er der også lavvandet (1-2 meter). Yderfjorden udmunder i Kattegat via Gabet, hvor der sker stor vandudveksling, hvilket sikrer en forholdsvis stabil saltholdighed. Yderfjordens saltindhold svinger mellem 15-21 promille over året i den øvre vandsøjle som følge af vinterafstrømning fra oplandet og Inderfjorden. Bundvandet i Yderfjorden udskiftes i høj grad med Kattegat, og bundvandet har derfor et højere saltindhold, som ligger på ca. 18-23 promille. Fjorden er lagdelt det meste af året, eftersom det mere salte vand fra Gabet løber ind i bunden af Yderfjorden, mens det ferske vand fra oplandet og Inderfjorden placerer sig i toppen af vandsøjlen. Springlaget ligger ved omkring 9 meters dybde (se Figur 4.3).



Figur 4.1 Gennemsnit af saltindholdet (promille) på månedsbasis for perioderne 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2019, topprøver (dybde ≤ 1 meter).



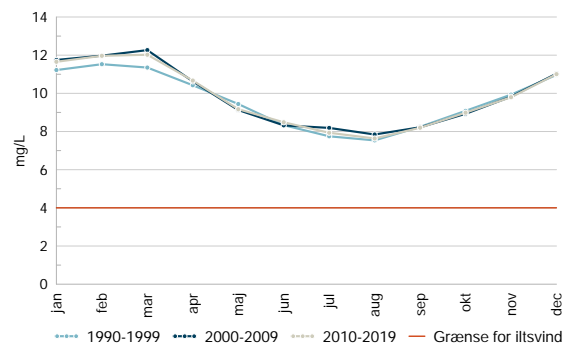
Figur 4.2 Gennemsnit af saltindholdet (promille) på månedsbasis for perioderne 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2019, bundprøver (dybde ≥ 7 meter).



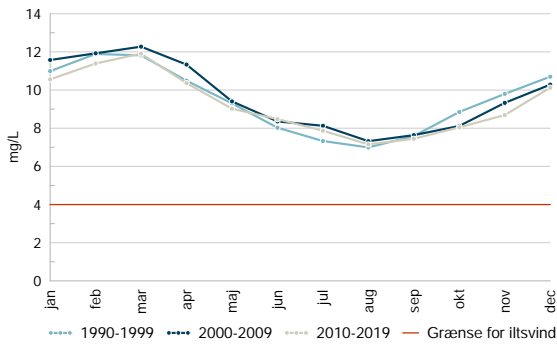
Figur 4.3 Gennemsnit af saltindholdet (promille) i perioden 1980-2019 pr. måned gennem hele vandsøjlen.

## 4.2 Iltkoncentration

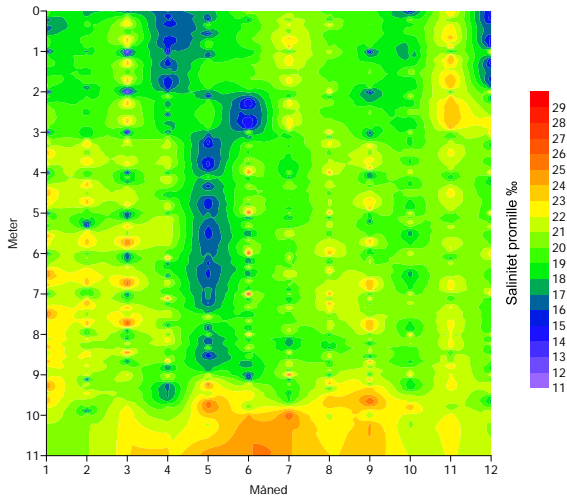
Udviklingen for iltindholdet i Yderfjorden har gennemsnitligt set ikke ændret sig siden 1990'erne og ligger pænt over grænsen for iltsvind (4 mg/L) for både top- og bundmålingerne. Der er desuden ikke nævneværdig forskel på iltniveauet mellem den øvre og nedre del af vandsøjlen på trods af lagdelingen ved ca. 9 meters dybde, se Figur 4.6. De laveste iltkoncentrationer ses typisk i juli-september, hvor det gennemsnitligt ligger på ca. 7-8 mg/L, og de højeste ilt niveauer ligger på 11-12 mg/L i februar-marts. Der er registreret henholdsvis 2 og 6 målinger med iltsvind i den øvre og nedre del af vandsøjlen siden 1980. Disse blev registreret i september 1991, juli 1995, september 2002, september 2005 og oktober 2014.



Figur 4.4 Gennemsnit af iltkoncentrationen (mg/L) i topprøverne på månedsbasis i perioderne 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2019.



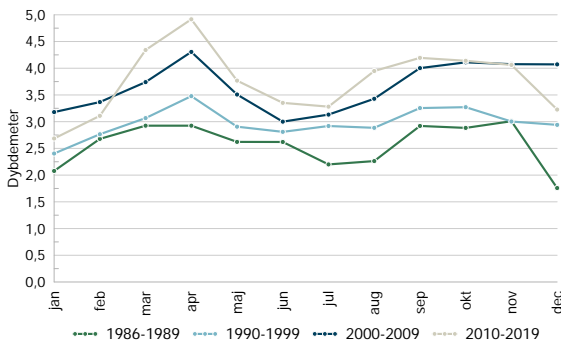
Figur 4.5 Gennemsnit af iltkoncentrationen (mg/L) i bundprøverne på månedsbasis i perioderne 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2019.



Figur 4.6 Gennemsnit af iltindholdet (mg/L) i perioden 2010-2019 pr. måned gennem hele vandsøjlen.

### 4.3 Sigtdybde

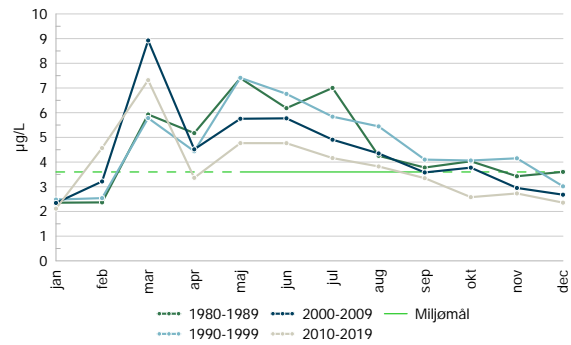
Siden midten af 1980'erne er der sket en markant forbedring af sigtdybden i Yderfjorden, hvor sommersigtdybden er steget fra ca. 2,5 til 3,5 meter. Den gennemsnitlige sigtdybde viser en betydelig variation fra år-til-år, som især er udpræget for vintersæsonen (se bilag), i og med at vindbetinget resuspension af fjordbunden samt afstrømning af suspenderet stof fra oplandet påvirker sigtdybden. Især de lavvandede dele af fjorden medvirker til opblanding af sediment fra fjordbunden.



Figur 4.7 Gennemsnit af sigtdybden på månedsbasis for perioderne 1986-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2019.

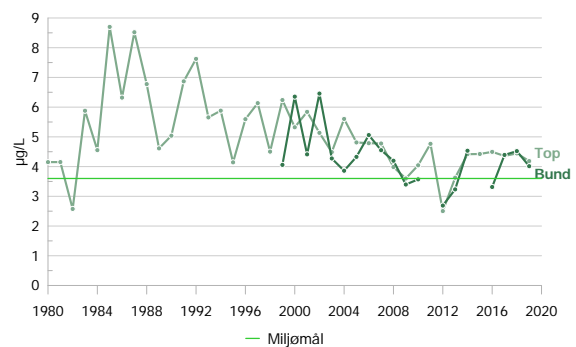
### 4.4 Klorofyl

Væksten af planktonalger måles ved klorofylkoncentrationen, som generelt set har været faldende siden 1980'erne, men med en vis variation fra år-til-år. Den største ændring ses i sommermånederne siden 1990'erne til nu.



Figur 4.8 Gennemsnit af klorofylkoncentrationen (µg/L) i topprøverne på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2019.

Jf. vandområdeplanerne er der fastsat et miljømål på 3,6 µg/L for sommerklorofylkoncentrationen for at opnå en god/moderat økologisk tilstand i Yderfjorden. Det årlige sommergennemsnit for topmålingerne viser, at klorofylkoncentrationen har nærmet sig miljømålet de seneste 10 år, og endda været lig eller under de 3,6 µg/L i 1982, 2009, 2012 og 2013. I bilag er de enkelte sommer måneder specificeret nærmere, hvor det ses, at klorofylkoncentrationen hyppigt ligger under miljømålsgrænsen i august-september. Det skal bemærkes, at analysemetoden for klorofyl blev ændret fra klorofyl a til klorofyl ukorrigeret i 2011. I dette datagrundlag er de to måleenheder slået sammen, da der ikke ses en signifikant ændring i klorofylniveauet før og efter 2011.



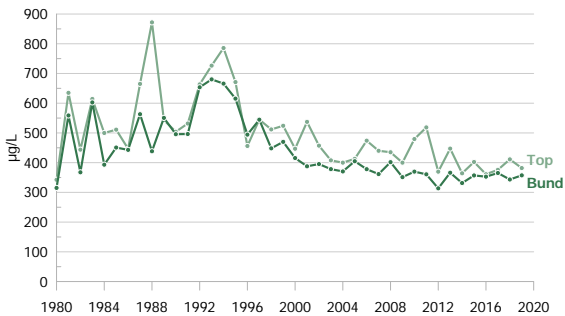
Figur 4.9 Sommergennemsnit (maj-sep) pr. år af Klorofylkoncentrationen (µg/L), top- og bundprøver.

### 4.5 Kvælstof

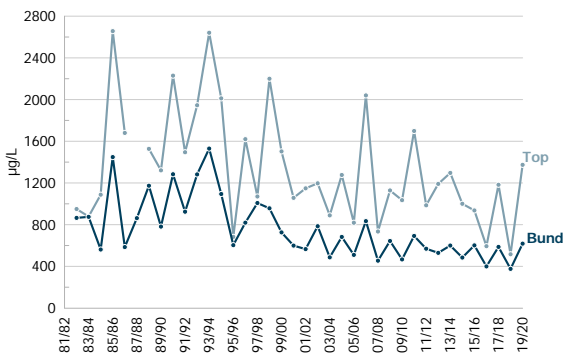
Koncentrationen af totalt kvælstof (TN) har været pænt faldende gennem de seneste årtier, hvor der især ses

#### 4. TILSTANDSBESKRIVELSE YDRE FJORD

en markant reduktion i vintersæsonen. For sommersæsonen ses det, at koncentrationen følger en mere stabil trend efter midten af 1990'erne. For vintersæsonen er det også væsentligt at notere sig den større variation mellem de enkelte år. TN forklares i meget lav grad af DIN-indholdet i sommersæsonen, hvorimod TN-koncentration om vinteren i langt højere grad hænger sammen DIN-niveauet. Dette kan sandsynligvis forklares af vinterafstrømningen af kvælstof fra oplandet.

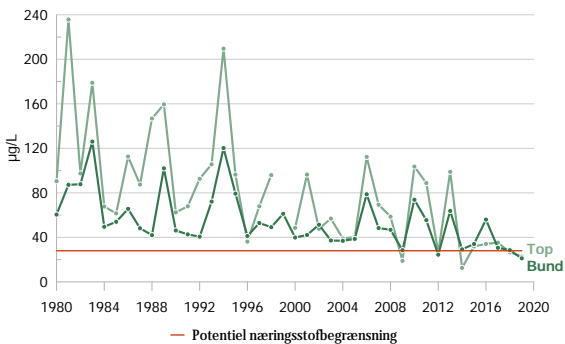


Figur 4.10 Sommergennemsnit (maj-sep) af den totale kvælstofkoncentration (µg/L) pr. år.

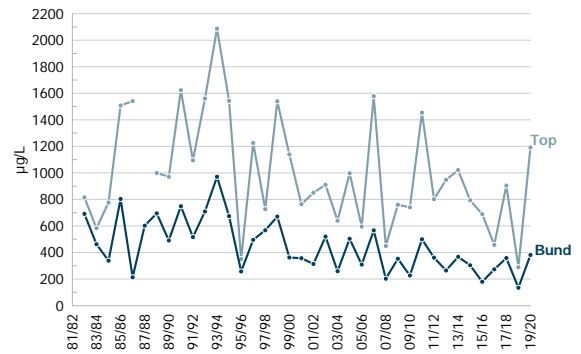


Figur 4.11 Vintergennemsnit (nov-jan) af den totale kvælstofkoncentration (µg/L) pr. hydrologisk år.

Koncentrationen af uorganisk kvælstof (DIN) følger samme faldende trend som for TN. Denne overordnede udvikling ses mere tydeligt, når man sammenligner næringsstofindholdene som gennemsnit ud fra 10-årsperioder (se bilag).

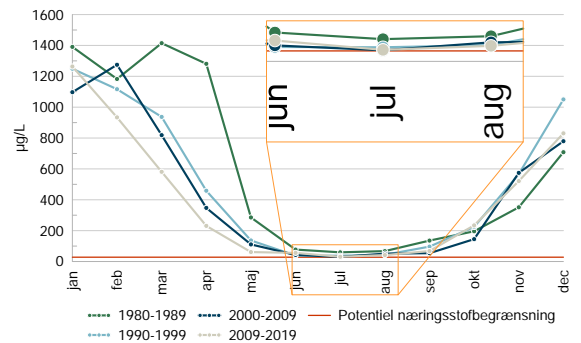


Figur 4.12 Sommergennemsnit (maj-sep) af DIN-koncentrationen (µg/L) pr. år.



Figur 4.13 Vintergennemsnit (nov-jan) af DIN-koncentrationen (µg/L) pr. hydrologisk år.

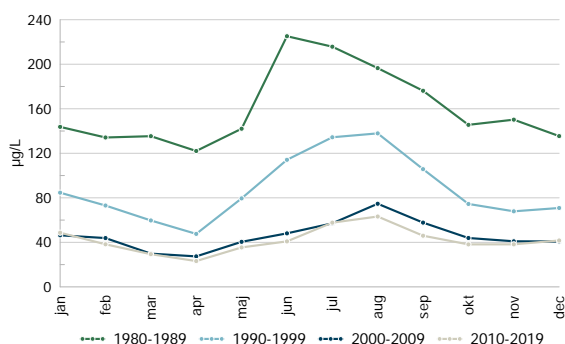
I 2009, 2014, 2018 og 2019 var den gennemsnitlige sommerkoncentration af DIN under grænseværdien på 28 µg/L, hvilket indikerer en potentiel kvælstofbegrænsning disse år. Ud fra Figur XX og XX er det tydeligt, at DIN-niveauet generelt er lavest i juni-august, hvor der hyppigt ses gennemsnitlige DIN-koncentrationer under 28 µg/L (se årlig månedsspecificering i bilag).



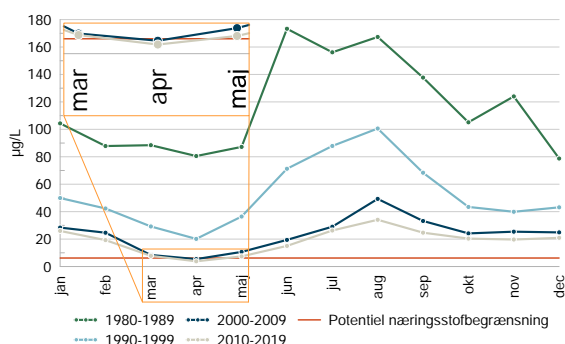
Figur 4.14 Gennemsnit af DIN-koncentrationen (µg/L) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 og 2010-2019.

#### 4.6 Fosfor

Fosforindholdet i Yderfjorden er faldet markant siden 80'erne, hvor reduktionen især ses i perioden fra 80'erne til 90'erne samt frem til 2000, hvorefter udviklingen er stagneret. Dette gælder både for den totale fosfor og orthofosfatkoncentration, hvor der dog ses årlige udsving (se Figur 4.15 og bilag).



Figur 4.15 Gennemsnit af den totale fosforkoncentration ( $\mu\text{g/L}$ ) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2019.



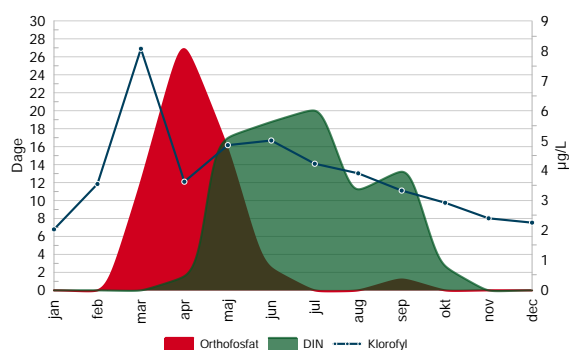
Figur 4.16 Gennemsnit af den orthofosfat-P-koncentrationen ( $\mu\text{g/L}$ ) på månedsbasis for perioderne 1980-1989, 1990-1990, 2000-2009 og 2010-2019.

Siden 2000 har der været målt orthofosfat-P-koncentrationer under  $6,2 \mu\text{g/L}$ , hvilket indikerer at fosfor er potentielt begrænsende for planktonalgevæksten. Målingerne for de seneste år i april-maj viser, at fosfor sandsynligvis er begrænsende for algevæksten i disse måneder, i og med at koncentrationen af orthofosfat-P ligger under  $6,2 \mu\text{g/L}$ . I sommermånederne har koncentrationen af orthofosfat-P dog været højere end  $6,2 \mu\text{g/L}$  for alle de målte år, hvilket indikerer at kvælstof sandsynligvis er begrænsende faktor for sommervæksten af planktonalger. Dette er også illustreret ud fra et gennemsnit af 2010-2019 i Figur 4.17.

#### 4.7 Næringsstofbegrænsning

For at illustrere hvornår væksten af klorofyl i den øvre del vandsøjlen er potentielt begrænset af henholdsvis kvælstof (DIN) og fosfor (orthofosfat), er der udregnet et gennemsnit af antal dage per måned, hvor hvert næringsstof er begrænsende ud fra perioden 2010-2019. I denne periode har orthofosfat været potentielt begrænsende for planktonalgevæksten i marts-juni, hvor især april skiller sig ud med en orthofosfat-P-koncentration under  $6,2 \mu\text{g/L}$  for størstedelen af måneden i de sene-

ste 10 år. DIN har været en begrænsende faktor i april-oktober, og især i maj-juli, hvor DIN-koncentrationen har været mindre end  $28 \mu\text{g/L}$  15-20 dage i disse månederne i gennemsnit.



Figur 4.17 Antallet af dage med fosfor- og kvælstofbegrænsning på månedsbasis som et gennemsnit af perioden 2010-2019 (Y-akse) og den gennemsnitlige koncentration af Klorofyl ( $\mu\text{g/L}$ ) på månedsbasis for perioden 2010-2019 (Z-akse).

#### 4.8 Vegetation

Udbredelsen af bundvegetation i Yderfjorden vises for følgende tre transekter: 94230212, 94230214, 94230207. Transekternes placering fremgår af Figur 2.1. I bilag ses både den maksimale dybdegrænse samt dybden for hovedudbredelsen af de enkelte arter, hvilket svarer til henholdsvis mindst 1% og mindst 10% dækningsgrad af havbunden. Jf. vandområdeplanerne er miljømålet fastsat til 4,2 meter for ålegræssets hovedudbredelse Yderfjorden.

Målingerne af udbredelsen af Ålegræs (*Zostera marina*) viser en hovedudbredelse som går ned til ca. 2,5-3 meters dybde og ca. det samme for den maksimale dybdegrænse. Udviklingen for forekomsten af ålegræs har været stabil over de målte år (2001-2019). Sommersigt dybden har i samme periode været ca. 3-4 meter, og er derfor ikke umiddelbart begrænsende for ålegræssets videre ud-bredelse. Dette antyder, at ålegræsset er forholdsvist veletableret på de nuværende dybder, men samtidig ikke viser tegn på at nå miljømålet foreløbigt.

Forekomsten af Havgræsser (*Ruppia sp.*) er kun registreret på knap 1 meters dybde for både hovedudbredelsen og den maksimale dybdegrænse i transekt 94230207 og 2,3 meter for den maksimale dybdegrænse ved transekt 94230212. Disse observationer er dog kun fra 2008 og 2009, men disse er alligevel inkluderet i denne analyse som sammenligning med Inderfjorden, hvor udbredelsen af havgræs er langt mere udpræget. Derudover er der slet ikke observeret Børste-

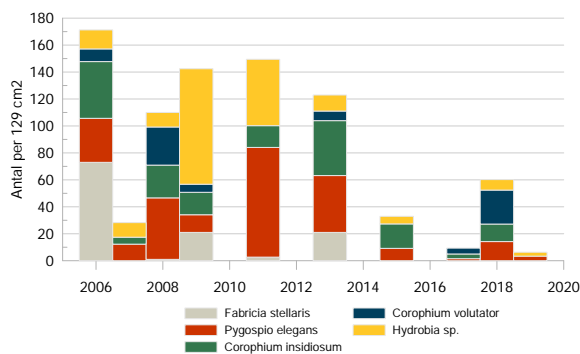
bladet vandaks (*Potamogeton pectinatus*) i Yderfjorden, hvilket ligeledes adskiller sig fra Inderfjorden.

#### 4.9 Blødbundsfauna

Den bentske invertebratfaunas (blødbundsfauna) sammensætning og tæthed er et tredje måleparameter for miljøtilstanden i kystvande, som måles ved scoring i det danske kvalitetsindeks (DKI). Miljømålet for en god/moderat økologisk tilstand i Yderfjorden er fastsat til 0,68. I denne rapport er der ikke foretaget en indeksering af blødbundsfaunaen, men den generelle udvikling for 2006-2019 er vist ud fra den gennemsnitlige tæthed samt udviklingen for de primære arter. Der ses her en tydelig nedgang i antallet af individer pr. 129 cm<sup>2</sup>, som er prøverammens størrelse. Det gennemsnitlige niveau bygger dog på et meget varierende datagrundlag, hvor der dels ses stor variation mellem prøverne i de enkelte år samt fra år-til-år. Variationen fremgår desuden også af opgørelsen for de primære arter (se Figur 4.19).



Figur 4.18 Gennemsnitlig årlig tæthed af blødbundsfauna (antal pr. 129 cm<sup>2</sup>).



Figur 4.19 Gennemsnitlig årlig tæthed af hyppigst forekommende blødbundsfaunaarter (antal pr. 129 cm<sup>2</sup>).



Den indre og ydre del af Odense Fjord er to relativt forskellige systemer, på trods af at de er forbundet. Dette afspejler sig i den årlige udvikling for salinitet, hvor vinterafstrømningen fra det forholdsvist store oplandsareal medfører et markant fald i saltindholdet i Inderfjorden. Saltniveauet falder i langt mindre grad i Yderfjordens øverste del af vandsøjlen og i den nedre del af vandsøjlen er saltindholdet forholdsvist stabilt over året, da der er en konstant vandudveksling med Kattegat via Gabet. Den lave vanddybde i Inderfjorden og den permanente tilførsel af iltrigt vand fra Kattegat til bunden i Yderfjorden reducerer risikoen for iltvindshændelser, som tilmed kun er observeret få gange siden 80'erne.

Målestationernes placering har sandsynligvis en væsentlig betydning for målingernes resultater. Det kan derfor diskuteres, hvorvidt data er repræsentativt for hele fjordens tilstand. Især placeringen af målestationen i Yderfjorden kan diskuteres, hvorvidt den er repræsentativ, da den ligger i overgangen mellem Inder- og Yderfjorden (se Figur 2.1).

Den nuværende miljøltilstand i Odense Fjord er forbedret i forhold til 1980'erne, når man vurderer mængden af planktonalger i form af klorofylkoncentrationen. I Inderfjorden ses der en mere varierende udvikling i forhold til Yderfjorden, hvor der har været en kontinuerlig faldende tendens de seneste årtier. Klorofylniveauet er overordnet set lavere i Yderfjorden, som ligeledes hyppigere har klorofylkoncentrationer under miljømålsgrænsen på 3,6 µg/L.

Det faldende klorofylniveau skyldes især det faldende næringsstofindhold af kvælstof og fosfor. Indholdet af uorganisk kvælstof (DIN) har været jævnt faldende de seneste årtier, hvor den største reduktion især ses i Inderfjorden. I Yderfjorden har DIN og TN dog kun været svagt faldende, hvor vinterniveauet her stort set er uændret. Dette indikerer, at kvælstofindholdet i Yderfjorden i højere grad er styret af vandudskiftningen med Kattegat. Indholdet af orthofosfat faldt markant fra 80'erne til 90'erne i både den indre og ydre del af Odense Fjord som følge af forbedret spildevandsrensning. Siden 2000 har udviklingen været svagt faldende.

Orthofosfat og DIN er potentielt begrænsende for planktonalgevæksten i henholdsvis foråret og sommeren. Her ses det, at klorofylkoncentrationen typisk toppe i januar-februar i Inderfjorden og i marts i Yderfjorden, hvor kvælstofindholdet ligeledes højest. Dog stiger klorofylniveauet igen markant i juni-juli, hvor højere temperatur og solindstråling forbedrer algevækstbetingelserne. Det forholdsmæssigt store opland medfører en relativt kort opholdstid i fjorden, hvilket også afspejler sig i den markante forskel mellem sommer- og vinterkoncentrationerne af kvælstof. Vinterafstrømningen af nitrat må derfor formodes at være ude af fjorden inden sommer. Derfor har sommerens afstrømning af kvælstof sandsynligvis en større betydning for sommeralgevæksten, da DIN netop er begrænsende i maj-september. Fosfor er i højere grad bundet til partikler, som sedimenteres og løbende frigives fra puljen i fjorden, og dermed er hele årets fosfortilførsel af betydning for sommeralgevæksten. For at reducere sommerens planktonalgevækst yderligere bør der derfor fokuseres på sommerhalvårets udledning af nitrat samt generelt at begrænse fosfortilførslen til Odense Fjord.

Sigtdybden er blevet forøget siden 80'erne, og især i den ydre fjord ses en kontinuerlig forbedring over de seneste årtier. Den indre fjord er tydeligt påvirket af vindbetinget resuspension af fjordbunden samt afstrømning af suspenderet stof fra oplandet, da den største sigt dybde typisk måles i sommermånederne, men sigtbarheden er dog forholdsvist stabil hele året på 0,8-1 meter. I Yderfjorden er der typisk bedst sigtbarhed i det tidlige forår på 4-5 meter, når vinterstormenes vindpåvirkning er aftaget, og algevæksten ikke er fuldt påbegyndt.

Den lave sigt dybde i Inderfjorden begrænser ålegræssets dybdeudbredelse, som tilmed er negativt påvirket af den bløde dyndbund, da der mangler forankring til rødderne. I den ydre fjord er udbredelsen af ålegræs tydeligvis mindre sårbar i Inderfjorden at dømme ud fra den årlige variation i målingerne. Overordnet ser udbredelsen af bundvegetation ikke ud til at være forbedret i Odense Fjord på trods af en øget sigt dybde, hvilket indikerer, at der muligvis bør foretages marine tiltag for

at opnå miljømålet på 4,2 dybdemeter for hovedudbredelsen af ålegræs. Forsøg udført af Syddansk Universitet (SDU) med udlægning af nyt sandlæg (sandcapping) og udplantning af ålegræs vil her være egnede virkemidler for at nå miljømålene.

Det kan diskuteres, hvorvidt Inder- og Yderfjorden bør være underlagt samme miljømålsgrænser, da der er tale om to relativt forskellige fjordsystemer. Inderfjorden er som aflukket og lavvandet system i høj grad påvirket af afstrømningen af næringsstoffer og suspenderet stof fra det relativt store opland. Yderfjorden modtager naturligvis også vand fra Inderfjorden, men her sker tilmed en vandudveksling med Kattegat, som sikrer et lavere næringsstof- og iltindhold i den ydre fjord.



# REFERENCER

---

# 6

Aarhus Universitet, 2018. Mundtlig kommentar fra Institut for Bioscience.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2016. Bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=181970>



# KONTAKT OS

## **Flemming Gertz**

Chefkonsulent  
+45 87 40 54 18  
flg@seges.dk



## **Tobias Berthel Bendixen**

Konsulent  
+45 87 40 53 05  
tobn@seges.dk



## **Sebastian Piet Zacho**

Konsulent  
+45 87 40 55 63  
seza@seges.dk



[www.SEGES.dk](http://www.SEGES.dk)



