

VANDMILJØ OG NATUR 2018

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 356

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



GEUS



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

[Tom side]

VANDMILJØ OG NATUR 2018

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 356

2019

Susanne Boutrup¹
Signe Jung-Madsen¹
Vibeke Vestergaard Nielsen¹
Lars M, Svendsen¹
Kirsten Bang¹
Gitte Blicher-Mathiesen²
Hans Thodsen²
Jens Würgler Hansen²
Liselotte Sander Johansson²
Thomas Ellermann³
Lærke Thorling⁴
Thomas Frank-Gopolos⁵

¹ Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

² Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

³ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

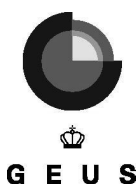
⁴ De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

⁵ Miljøstyrelsen



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



Miljø- og Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 356
Titel:	Vandmiljø og Natur 2018
Undertitel:	NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
Forfattere:	Susanne Boutrup ¹ , Signe Jung-Madsen ¹ , Vibeke Vestergaard Nielsen ¹ , Lars M. Svendsen ¹ , Kirsten Bang ¹ , Gitte Blicher-Mathiesen ² , Hans Thodsen ² , Jens Würgler Hansen ² , Signe Høgslund ² , Liselotte Sander Johansson ² , Thomas Ellermann ³ , Lærke Thorling ⁴ & Thomas Frank-Gopolos ⁵
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, ² Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, ³ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab, ⁴ De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland & ⁵ Miljøstyrelsen
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	December 2019
Redaktion afsluttet:	November 2019
Faglig kommentering:	Fagdatacentre for de enkelte emneområder
Kvalitetssikring, DCE:	Hanne Bach
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/SR356_komm.pdf
Finansiell støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Boutrup, S., Jung-Madsen, S., Nielsen, V.V., Svendsen, L.M., Bang, K., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Hansen, J.W., Høgslund, S., Johansson, L.S., Ellermann, T., Thorling, L. & Frank-Gopolos, T. 2019. Vandmiljø og Natur 2018. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 56 s. - Videnskabelig rapport nr. 356. http://dce2.au.dk/pub/SR356.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Denne rapport indeholder resultater fra 2018 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA) i Danmark. Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i luftkvalitet, grundvand, vandløb, søer, og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Miljøstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.
Emneord:	Vandmiljøplanen, vandrammedirektiv, habitatdirektiv, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, habitatområder, naturtyper, arter, fugle, atmosfærisk nedfald, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfarlige stoffer.
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Martin Søndergaard
ISBN:	978-87-7156-455-6
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	56
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR356.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både luften, vandig og terrestrisk natur og miljø. Programmet er tilrettelagt med henblik på at imødekomme Danmarks overvågningsforpligtelser i medfør af direktiver og konventioner samt nationale behov inden for programmets emneområder. Revideret februar 2020. I den reviderede version af rapporten er der foretaget ændringer i opgørelsen af transporten af kvælstof og fosfor til havet, jf. redegørelsen herfor i Thodsen og Thorbjerg (2020) . Ændringerne vedrører afsnit 1.1.4, 2.1 og sammenfatningen.

Indhold

Indhold	3
Indledning	5
Sammenfatning	7
Næringsstoffer	7
Metaller og organiske miljøfarlige stoffer	8
Luft	8
Grundvand	8
Vandløb	9
Søer	9
Marine områder	9
Summary	10
Nutrients	10
Metals and organic environmentally hazardous substances	11
Air	11
Groundwater	11
Streams	12
Lakes	12
Marine areas	12
1 Kvælstof	14
1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land	14
1.2 Resulterende effekter i vandområder	18
2 Fosfor	20
2.1 Tilførsel til overfladevand	20
2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand	23
3 Metaller og organiske miljøfarlige stoffer	25
3.1 Kilder til metaller i vandmiljøet	25
3.2 Metaller i marine områder	26
3.3 Kilder til organiske miljøfarlige stoffer i vandmiljøet	26
3.4 Organiske miljøfarlige stoffer i marine områder	27
4 Luft	28
4.1 Ingen NO ₂ - og partikeloverskridelser	28
4.2 Ozon	30
4.3 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening	31
5 Grundvand	32
5.1 Vandindvinding	32
5.2 Nitrat i grundvand	33
5.3 Pesticider i grundvand	35

6	Vandløb	39
6.1	Biologisk kvalitet	39
7	Søer	41
7.1	Udvikling i miljøkvalitet	41
7.2	Fosfor i søer – status og udvikling	41
7.3	Kvælstof i søer – status og udvikling	43
7.4	Klorofyl og sigtdybde	44
7.5	Undervandsplanter	45
7.6	Bunddyr	45
7.7	Fisk	46
8	Marine områder	47
8.1	Status og udvikling i kemiske parametre	47
8.2	Udviklingen i biologiske parametre	48
8.3	Større planter	49
8.4	Bundfauna	51
9	Vejr og afstrømning i 2018	52
10	Referencer	54

Indledning

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2018 af Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). Rapporten indeholder også resultater af overvågningen af luftkvaliteten.

Sammenfatningen er af hensyn til overskueligheden gjort meget kort. Det betyder, at datagrundlaget, forbehold i forhold til fx usikkerheder på resultater eller særlige forhold i enkeltår ikke er medtaget, men skal findes i de faglige baggrundsrapporter. Det er derfor nødvendigt at konsultere disse fagrapporter, såfremt resultaterne skal bruges i f.eks. en beslutningsproces. Sammenfatningen giver en status for tilstanden og udviklingen, men giver ikke generelt en oversigt over, i hvor høj grad evt. målsætninger er opfyldt (f.eks. målene ift. Vandrammedirektivet).

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere Folketingets Miljø- og Fødevarerudvalg om resultaterne af årets overvågning og om effekterne af de reguleringer og investeringer, der er foretaget for at beskytte natur og miljø. Sammenfatningen giver et nationalt overblik til de statslige og kommunale institutioner, der har bidraget til gennemførelse af overvågningsprogrammet eller arbejder med forvaltning af luftkvaliteten, vandmiljøet og naturen. Endelig kan offentligheden og interesseorganisationerne få centrale informationer om luftkvalitet og vandmiljøets og naturens tilstand og udvikling.

Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet i samarbejde med Miljøstyrelsen og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) og på baggrund af rapporter fra fagdatacentre. Miljøstyrelsen har bidraget med rapporten fra fagdatacenter for punktkilder og GEUS med rapporten fra fagdatacenter for grundvand.

Data stammer primært fra selve overvågningsprogrammet, men er suppleret med data fra kommunernes forsyningsenheder ift. spildevand og vandforsyning. Rapporten er som udgangspunkt en opdatering med data indsamlet i 2018 af foregående års rapporter, hvor den seneste er Vandmiljø og Natur 2017. Miljøstyrelsen har haft mulighed for at kommentere et udkast til rapporten.

Det nationale overvågningsprogram er vedtaget i forbindelse med den første vandmiljøplan i 1987. I den sammenhæng var formålet at følge udviklingen i tab af næringsstoffer (kvælstof (N) og fosfor (P)) til overfladevand, luft og grundvand samt de økologiske effekter i overfladevandet. Siden 1987 er programmet gentagne gange blevet ændret, herunder er områder som miljøfarlige stoffer og naturtyper på land integreret i programmet.

I overvågningsprogrammet NOVANA 2017-21 er fokus stadig delvist rettet mod nationale planer som Vandmiljøplanerne eller Grøn Vækst, men nu også i endnu højere grad mod statens overvågningsforpligtigelser i forhold til EU direktiver som Vandrammedirektivet, Habitatdirektivet, Drikkevandsdirektivet og Luftdirektiverne.

Overvågningen er overordnet delt i to kategorier:

- 1) Kontrolovervågningen, som skal give et nationalt overblik over tilstand og udvikling i vandområder, luft og natur

- 2) Den operationelle overvågning, som skal indgå som grundlag i planlægningen.

Kontrolovervågningen indeholder stadig en kerne af overvågningsstationer i vandområder, hvor der for langt de fleste stationer er en ubrudt tidsserie fra 1989. Det er primært denne kerne, der danner grundlaget for rapporteringen af vandmiljøet, der vedrører overfladevand.

Overvågningen i 2018 omfattede overvågning af tilstand af vandmiljøet, luften (inkl. luftkvalitet i byerne), den terrestrisk natur og en række arter. Data indsamles ofte over flere år, og rapporteres først når der er tilstrækkeligt datagrundlag for rapportering.

Danmark skal sammen med de øvrige EU-lande i 2019 rapportere status og udvikling for naturtyper og arter til EU i medfør af Habitatdirektivets artikel 17 og Fuglebeskyttelsesdirektivets artikel 12. Data fra overvågningen af naturtyper og arter indgår som grundlag for denne rapportering, og bliver rapporteret i selvstændige rapporter (Fredshavn et al. 2019 og 2020). Disse rapporter er ikke inddraget i nærværende sammenfatning.

De faglige baggrundsrapporter, som danner grundlag for nærværende sammenfatning, er følgende:

Atmosfærisk deposition 2018	Ellermann et al., 2019
Luftkvalitet 2018	Ellermann et al., 2019
Punktkilder 2018	Miljøstyrelsen, 2019
Landovervågningsoplande 2018	Blicher-Mathiesen et al., 2019
Grundvand 2018	Thorling et al., 2019
Vandløb 2018	Thodsen et al., 2019
Søer 2018	Johansson. et al., 2019
Marine områder 2018	Hansen og Høgslund (red.) 2019

Yderligere information om NOVANA kan findes på [Miljøstyrelsens hjemmeside](#).

Sammenfatning

Sammenfatningen er af hensyn til overskueligheden gjort meget kort. Det betyder, at datagrundlaget, forbehold i forhold til fx usikkerheder på resultater eller særlige forhold i enkeltår ikke er medtaget, men skal findes i de faglige baggrundsrapporter. Det er derfor nødvendigt at konsultere disse fagrapporter, såfremt resultaterne skal bruges i f.eks. en beslutningsproces.

Rapporteringen er påvirket af de fejlanalyser af total N og total P, som blev foretaget i overfladevand gennem hele 2016 og første kvartal i 2017 (Larsen et al, 2018). Det har været muligt at genoprette data for total N og total P i vandløb til anvendelse ved opgørelse af stoftransport og stoftilførsler til havet fra hele 2016 og den del af 2017, hvor der var analysefejl. For andre vandtyper som hav og sø har det ikke været muligt at rapportere total N og P. Derimod er der ikke fejl i analyserne af nitrat og fosfat, hvorfor disse indgår i årets rapport, hvor det er relevant.

Der er samme type fejl i nogle af analyserne af total N og P fra perioden 2007-14. Der er foretaget en foreløbig genopretning af data, hvor total N i vandløb korrigeres op med 1,3% og total P ikke korrigeres (fejl på kun 0,13 %) (Larsen 2018). Dette danner grundlag for beregning af stoftransporten af N og P i denne rapport. Det samlede resultat af genopretning er ikke afsluttet, så der kan ske en yderligere genopretning af data fra perioden 2007-14 i løbet af 2020.

Næringsstoffer

Der er siden 1990 generelt sket en reduktion på i størrelsesordenen 50 % i indhold af kvælstof i overfladevandsmiljøet. Dette hænger overordnet godt sammen med reduktion i kilderne, angivet som udviklingen i gødningsanvendelsen og i udledning fra rensningsanlæggene. Kvælstofoverskuddet (tilført minus høstet) var i 2018 det højeste siden starten af 2000'erne. Der blev i 2018 høstet de laveste udbytter siden 1990 grundet langvarig tørke, meget sol og høje temperaturer fra midt april og fire måneder frem. Eventuel effekt af ændringer i kvælstofoverskuddet på udvaskningen af kvælstof vil være afhængig af en række faktorer, heriblandt efterafgrøder.

Den samlede kvælstoftilførsel fra land til havet var i 2018 ca. 50.000 ton N – mod 61.000 ton N i 2017. Såfremt der tages højde for år-til-år variationer i afstrømningen (normaliseret) var tilførslen i 2018 på ca. 55.000 ton N, som overordnet set er det samme som i 2017, hvor den var 58.000 ton N. Kvælstoftilførslen fra land til havet har overordnet set været på samme niveau de seneste ca. 10 år.

Det er endnu for tidligt at vurdere den samlede effekt af det øgede forbrug af kvælstof og de kompenserende efterafgrøder, der blev muliggjort med Fødevare- og landbrugspakken i 2015.

For fosfor er sammenhængene noget anderledes. Der har siden 1990 været en markant reduktion i fosforindhold i fersk og kystnært overfladevand på 40-75 %, som hovedsageligt er båret af en forbedret spildevandsrensning – primært på de store rensningsanlæg og særskilte industrielle udledere – frem til ca. år 2000. Den samlede fosfortilførsel til havet var i 2018 ca. 1.600 ton, hvilket er ca. 21 % lavere end i 2017. Afstrømning fra land var 16 % lavere i 2018 end i 2017, men herudover er mængden af fosfor i spildevand fra en person faldet fra 1,0 til

0,72 kg P/år (Miljøstyrelsen, 2019), hvilket har reduceret udledninger fra regnbetingede udløb og spredt bebyggelse tilsvarende.

Metaller og organiske miljøfarlige stoffer

Overfladevand og jord tilføres væsentlig mere zink med nedbør end nogen af de andre metaller. Der var en betydelig nedgang i tilførslen fra 1989 til ca. årtusindeskiftet, om end der de seneste ca. 10 år har været en svag stigning.

Pesticider er blandt de organiske miljøfarlige stoffer i overvågningen. Ligesom de foregående år blev pesticidet prosulfocarb fundet i størst mængde blandt de stoffer, der er målt for i nedbør. Depositionen var størst om efteråret, dvs. lige efter sprøjtesæsonen. I 2017 og 2018 er der desuden foretaget måling af pesticider i luften, heriblandt prosulfocarb. Også i luften blev prosulfocarb fundet i højest koncentration og med de højeste koncentrationer om efteråret.

Luft

I 2018 viste målingerne af kvælstofdioxid og partikler ingen overskridelser af grænseværdierne. Tærsklen for information af befolkningen om høje ozonniveauer ($180 \mu\text{g} / \text{m}^3$ som timemiddelværdi) blev ikke overskredet i 2018.

For alle luftforureningskomponenter gælder det, at der er sket et markant fald i koncentrationerne i løbet af den periode, hvor målingerne har fundet sted. Årsmiddelværdierne for $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} og kvælstofdioxid er til eksempel faldet med omkring 25 % over de seneste 10 år, og elementært kulstof er faldet med omkring 60% inden for de seneste ni år. Fra 2017 til 2018 er der sket en markant stigning i de langtransporterede luftforureningskomponenter ($\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} og ozon). Dette er ikke et udtryk for stigende udledninger, men er en følge af de naturlige meteorologiske variationer fra år til år.

Beregningerne på helbredseffekter af den samlede luftforurening i Danmark viser omkring 4.200 for tidlige dødsfald i årligt gennemsnit for perioden 2016-2018. Stigningen fra sidste år skyldes ikke øget luftforurening men omfattende ændringer i modelberegningerne. De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 79 milliarder kr. som årligt gennemsnit for perioden 2016-2018.

Grundvand

Vandmiljøhandlingsplanerne har haft effekt på grundvandets nitratindhold. Det afspejles i en tydelig sammenhæng mellem nitratindholdet i det iltholdige grundvand og overskuddet af kvælstof ved landbrugsproduktionen et givent år. De seneste 11 prøvetagningsår har nitratindholdet i det iltholdige grundvand i gennemsnit varieret omkring kravværdien.

Der blev i 2018 fundet et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider i 62,8 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Kravværdien på $0,1 \mu\text{g} / \text{l}$ var overskredet i 26,4 % af indtagene. Andelen af undersøgte indtag, hvor der blev fundet pesticider, var i 2018 større end i de foregående år. Dette tilskrives, at der i 2018 fortrinsvis blev udtaget prøver fra indtag, hvor der tidligere er fundet pesticider, den såkaldte operationelle overvågning. Samtidig omfattede grundvandsovervågning i 2018 nogle nedbrydningsprodukter af pesticider, som der ikke hidtil havde været undersøgt

for eller kun undersøgt for i få indtag. Disse stoffer blev fundet med større hyppighed end stoffer, der hidtil er undersøgt for.

Vandindvindingen i Danmark omfatter indvinding til såvel drikkevand som erhvervsformål, herunder markvanding. Indvinding til erhvervsvanding er for 2018 opgjort til at være på det højeste niveau i perioden 1989-2018. Dette afspejler det store behov for markvanding, som det meget tørre år 2018 affødte.

Vandløb

Andelen af vandløb i mindst god tilstand (godt 60 %) målt på smådyrene har de seneste ca. 5-7 år ligget stabilt. Dette er en væsentlig forbedring i forhold til for 20 år siden, hvor det lå på ca. 20 %.

Søer

Siden 1989 er der sket betydelige forbedringer i en række af de centrale parametre, der viser noget om søernes tilstand. Næringsstofftilførslen og næringsstofkoncentrationen er reduceret markant, sigtddybden er steget og for knap halvdelen af søerne er klorofyl *a* koncentrationen (et mål for mængden af alger) reduceret.

Generelt gælder det, at de største forbedringer er set i starten af perioden, mens udviklingen de seneste 10-15 år synes stagneret. Desuden er de største forbedringer set i de søer, som var mest forurenede ved starten af overvågningsperioden. Der er en positiv udvikling i dækningsgraden og dybdeudbredelsen af undervandsplanter i godt halvdelen af de undersøgte søer, og en generel tendens til flere rovfisk og færre karpefisk i en del af søerne.

Marine områder

Udbredelsen af iltsvind var i september 2018 lidt større end i september 2017, markant mindre end i 2016 og på niveau med udbredelsen i 2014, hvor sommeren også var meget varm. Halvdelen af iltsvindsarealet var påvirket af kraftigt iltsvind. Udbredelsen af iltsvind i september har varieret noget de seneste ti år med den mindste udbredelse i 2010-2012 og den største udbredelse i 2002, 2008 (Hansen, 2018) og 2016. Vind og temperatur har væsentlig indflydelse på variationen i udbredelsen af iltsvind, men tilførslen af næringsstoffer er en grundliggende faktor for, at der kan opstå udbredt iltsvind.

Mængden af planktonalger i kystvandene målt som klorofyl *a* var på næsten samme niveau som i 2016 og 2017 (lidt højere end 2017, men lavere end 2016) og dermed højere end de forudgående år. Niveauet svarer til niveauet i 1990'erne og i 2000'erne. Udbredelsen af planter i havet (ålegræs og tang) er generelt forøget i årene 2009-2013, men den positive udvikling er i flere områder stagneret i de seneste år. Bundfaunaen i de åbne indre farvande har vist fremgang i antallet af arter siden et lavpunkt i 2008, mens der i 2018 fortsat var indikationer på dårlige forhold for bundfaunaen i Nordsøen og Skagerrak og en del kystnære områder. Der er således lidt forskelligartede signaler i forhold til udviklingen de seneste ca. 10 år i de marine parametre.

Summary

This report summarizes the results from the National Danish Monitoring program NOVANA for the year 2018 and the development in a number of parameters for the period 1990-2018. The basis for data, reservations, e.g. in relation to uncertainties on results, or specific conditions in a single year are not included in this report, but can be found in the scientific background reports. It is therefore necessary to consult these scientific reports if the results are to be used in, for example, a decision-making process.

The reporting of data is influenced by the error analyses of total N and total P that were made for surface water in 2016 and the first quarter of 2017 (see Larsen et al., 2018). It has been possible to restore data on total N and total P in streams for use in the calculation of nutrient transport and nutrient inputs to the sea from the whole of 2016 and the part of 2017 where analysis errors occurred. For other types of water (seas, lakes, etc.), it has not been possible to report total N and P. However, there is no error in the analyses of nitrate and phosphate, which is why these are included in this year's report, where relevant.

There are similar types of errors in some of the analyses of total N and P from the period 2007-2014. Preliminary restoration of data has been carried out where total N in streams is corrected by 1.3% and total P is not corrected (error of only 0.13%) (Larsen, 2018). This forms the basis for the calculation of the transport of N and P in this report. The overall result of the recovery is not yet available, so further recovery of data from the period 2007-14 may take place in the course of 2020.

Nutrients

Since 1990, there has been an overall reduction of around 50% in the content of nitrogen in the surface water environment. This generally correlates well with a reduction of sources, listed here as the development in fertiliser use and in emissions from wastewater treatment plants. The nitrogen surplus (added minus harvested) was the highest in 2018 since the early 2000s. In 2018, the lowest yields were harvested since 1990 due to prolonged drought, much sun and high temperatures from mid-April and four months ahead. A possible effect of changes in the nitrogen surplus on the leaching of nitrogen depends on a number of factors, including catch crops.

In 2018, the total nitrogen input from soil to sea was approximately 50,000 tonnes N – against 61,000 tonnes N in 2017. If year-to-year variations in runoff (normalised) are taken into account, the 2018 input was approximately 55,000 tonnes of N, which is generally the same as in 2017, where it was 58,000 tonnes N. The nitrogen input from soil to sea has generally been at the same level over the last 10 years.

It is still too early to assess the overall effect of the increased consumption of nitrogen and the compensatory catch crops, which were made possible by the Food and Agriculture Package in 2015.

For phosphorus, the relationship is somewhat different. Since 1990, there has been a marked reduction of 40-75% in the phosphorus content of freshwater and coastal surface water, which mainly is attributable to improved waste water treatment – primarily at the large wastewater treatment plants and industrial plants – until about year 2000. The total phosphorus input to the sea in 2018 was approximately 1,600 tonnes, which is about 21% lower than in 2017. Runoff from land was 16% lower in 2018 than in 2017, but, in addition, the amount of phosphorus in wastewater from a person has fallen from 1.0 to 0.72 kg P / year, which has reduced discharges following rain events and from scattered dwellings.

Metals and organic environmentally hazardous substances

Through precipitation, surface water and soil receive much more zinc than any of the other metals. There was a significant decrease in the input from 1989 to around the millennium, although there has been a slight increase over the last 10 years.

Pesticides are among the organic environmentally hazardous substances included in the monitoring. As in previous years, the pesticide prosulfocarb was found in the greatest amount among the 19 substances measured in precipitation. The deposition was highest in autumn, i.e. just after the spraying season. In addition, in 2017 and 2018, measurement was made of pesticides in the air, including prosulfocarb. Also in the air, prosulfocarb was found in the highest concentration and with the highest concentrations in autumn.

Air

In 2018, threshold values for nitrogen dioxide and particulate matter were not exceeded. The threshold requiring information to the public about high ozone levels (180 µg / m³ as the hourly average value) was not exceeded in 2018.

For all air pollutants, there has been a marked decrease in concentrations in the period during which the measurements have been made. The annual mean values of PM_{2.5}, PM₁₀ and nitrogen dioxide have declined by around 25% over the last 10 years, and elemental carbon has decreased by about 60% in the last nine years. From 2017 to 2018, there has been a marked increase in the long-range transport air pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀ and ozone). This is not an expression of increasing emissions but a consequence of the natural meteorological variations from one year to the next.

Calculations on the health effects of the total air pollution in Denmark show about 4,200 premature deaths as an annual average for the period 2016-2018. The increase relative to last year is not due to increased air pollution but to extensive changes in model calculations. The total external costs related to air pollution in Denmark are estimated to about DKK 79 billion as an annual average for the period 2016-2018.

Groundwater

The aquatic environment action plans have impacted the nitrate content in groundwater. This is reflected in a clear correlation between the nitrate content in the oxygen-containing groundwater and the surplus of nitrogen in agricultural production in a given year. During the past 11 sampling years, nitrate levels in the oxygen-containing groundwater have, on average, varied around the threshold value.

In 2018, one or more pesticides or degradation products from pesticides were found in 62.8% of the surveyed intake in groundwater monitoring. The threshold value of 0.1 µg/l was exceeded in 26.4% of intakes. The proportion of the intakes investigated where pesticides were found was greater in 2018 than in the previous year. This is attributed to the fact that the samples in 2018 were mainly gathered from intakes where pesticides have previously been found, the so-called operational monitoring. At the same time, groundwater monitoring in 2018 included some degradation products of pesticides that have not been investigated in the past or investigated only for a few intakes. These substances were found at a higher frequency than substances previously investigated.

Water abstraction in Denmark includes abstraction for both drinking water and industrial purposes, including field irrigation. In 2018, abstraction for industrial irrigation was the highest in the period 1989-2018. This reflects the great need for field irrigation due to the very dry year 2018.

Streams

The proportion of streams in at least good state (around 60%), based on measurement of macroinvertebrates, has remained stable during the last approximately 5-7 years. This is a significant improvement from the state 20 years ago where the proportion was around 20%.

Lakes

Since 1989, significant improvements have occurred in a number of key parameters indicating the state of lakes. Nutrient inputs and nutrient concentrations have decreased markedly, Secchi depth has increased, and for about half of the lakes the chlorophyll *a* concentration (a measure of the abundance of algae) has declined.

In general, the greatest improvements occurred in the beginning of the period, while the development seems to be stagnant for the last 10-15 years. In addition, the greatest improvements have occurred in the lakes that were most polluted at the start of the monitoring period. There is a positive development in the coverage and depth distribution of submerged macrophytes in about half of the lakes investigated and a general tendency towards more predatory fish and fewer cyprinids in some of the lakes.

Marine areas

The extent of oxygen depletion in September 2018 was slightly greater than in September 2017, markedly lower than in 2016 and equal to the extent in 2014 where the summer was also very hot. Half of the oxygen-depleted area showed marked oxygen depletion. The extent of oxygen depletion in the month of September has varied somewhat in the past ten years, with the lowest levels in 2010-2012 and the highest in 2002, 2008 (Hansen, 2018) and 2016. Wind and temperature significantly influence the variation in the extent of oxygen depletion, but the supply of nutrients is a fundamental factor for the occurrence of widespread oxygen depletion.

The amount of planktonic algae in coastal waters, measured as chlorophyll *a*, was nearly at the same level as in 2016 and 2017 (a little higher than in 2017, but lower than in 2016) and thus higher than in the previous years. The level

corresponds to the levels in the 1990s and 2000s. The abundance of marine flora (eelgrass and seaweed) has generally increased considerably over the years 2009-2013, but the positive development has stagnated in several areas in recent years. The bottom fauna of the open inland waters has shown progress in species number since a low point in 2008, but in 2018 there were still indications of poor conditions for the bottom fauna in the North Sea and the Skagerrak and some coastal areas. Thus, there are mixed signals in the marine parameters over the past 10 years.

1 Kvælstof

Indhold og tilførsel af kvælstof er vigtig for de fleste typer af vand eller natur – uanset om det er grund-/drikkevand, naturområder på land eller havet.

I grund-/drikkevand er det koncentrationen af kvælstof (som nitrat), som har betydning, og i både EU- og national sammenhæng er det nitratindeholdet, der er sat kriterier for. For f.eks. havet eller naturområder på land er det i højere grad mængden (f.eks. i kg N/ha eller ton N/år), der har betydning, idet en for stor tilførsel ændrer det biologiske system i en negativ retning.

Forekomst og udvikling i nitratindehold i grundvand er behandlet i kapitel 5.

Rapporteringen er påvirket af de fejlanalyser af total N og total P, som blev foretaget i overfladevand gennem hele 2016 og første kvartal i 2017, se Larsen et al, 2018. Det har været muligt at genoprette data for total N og total P i vandløb til anvendelse ved opgørelse af transport af næringsstoffer i vandløb (stoftransport) og stoftilførsler til havet fra hele 2016 og den del af 2017, hvor der var analysefejl (Thodsen et al, 2019). For andre vandtyper som hav og sø har det ikke været muligt at rapportere total N og P. Derimod er der ikke fejl i analyserne af nitrat og fosfat, hvorfor disse indgår i årets rapport, hvor det er relevant.

Der er samme type fejl i nogle af analyserne af total N og P fra perioden 2007-14. Der er foretaget en foreløbig genopretning af data, der er anvendt som grundlag for beregning af stoftransport i vandløb og stoftilførsel til havet af N og P i denne rapport. Total N korrigeres op med 1,3% og total P korrigeres ikke (fejlen er kun på 0,13 %) (Larsen 2018). Det samlede resultat af genopretning er ikke afsluttet, så der kan ske en yderligere genopretning af data fra perioden 2007-14 i løbet af 2020.

1.1 Kilder til kvælstof i vandmiljøet og på land

1.1.1 Deposition fra luften

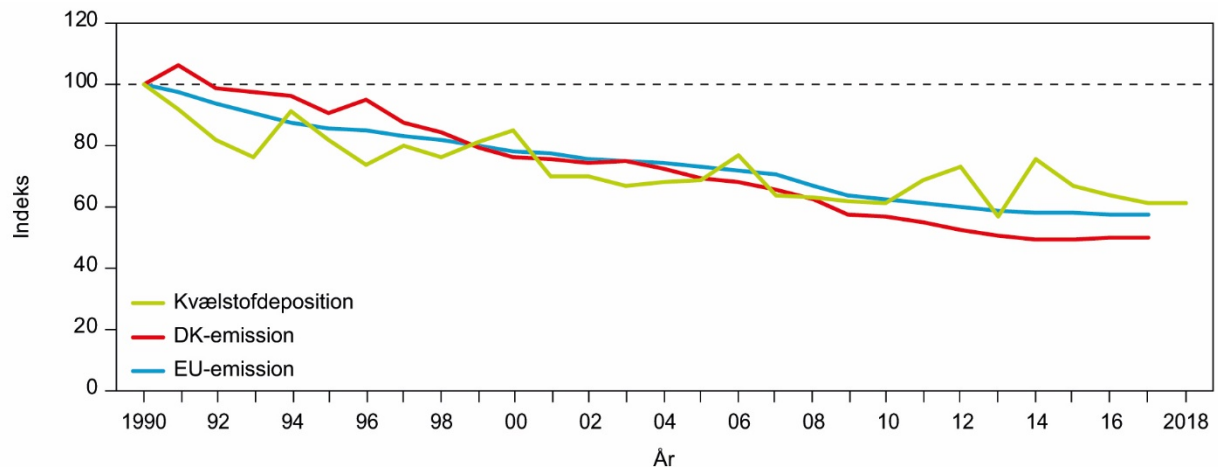
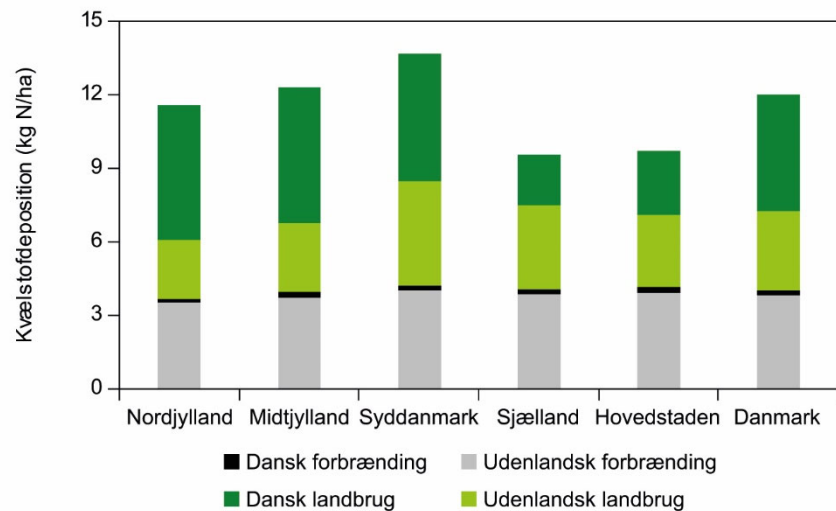
Kvælstofdeposition er det kvælstof, der tilføres landjorden fra luften og som i hovedsagen kommer fra to kilder – forbrænding (både energi og transport) og landbrug (helt overvejende ammoniak fra husdyrproduktion). For begge elementer er der såvel et dansk som et udenlandsk bidrag. Den samlede deposition betragtes som en kilde til kvælstoftilførsel til vandområder og land, herunder naturområder.

I figur 1.1 er vist kvælstofdepositionen opdelt på danske og udenlandske bidrag samt på geografiske områder af Danmark. Forskelle mellem regioner kan i hovedsagen tilskrives forskelle i dansk landbrugsstruktur, idet der i områder med stor husdyrproduktion (som f.eks. Nord- og Midtjylland) også ses den største deposition.

I figur 1.2 er vist udviklingen i kvælstofdepositionen på landarealerne – sammenlignet med udledningen (emissionen) i hhv. EU og i Danmark. Det ses, at udviklingen i kvælstofdeposition i Danmark overordnet følger udviklingen i udledningen i EU og DK, og at der samlet over perioden er sket et fald i kvælstofdepositionen på ca. 41 %. Stigningen i 2014 skyldes formentlig særlige

vejrforhold. Der har været en stagnation i udviklingen i kvælstofdeposition over de seneste knap 10 år.

Figur 1.1. Gennemsnitlig kvælstofdeposition på landarealer fordelt på kilder samt på landsdele (Ellermann et al. 2019).



Figur 1.2. Udvikling i kvælstofdeposition på landarealerne. Værdien er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al. 2019).

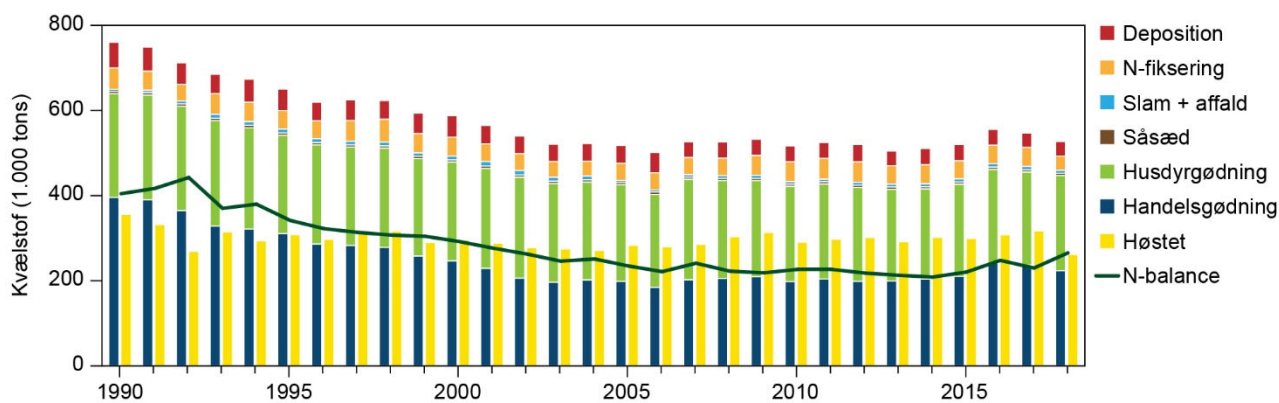
Kvælstofdeposition fra luften til åbne danske farvande skyldes primært tilførsel fra udenlandske kilder. 13 % stammer fra danske kilder. Samlet set blev der i 2018 tilført 67.000 ton N til åbne danske farvande, heraf knap 60 % til Nordsøen og Skagerrak. Siden 1990 er depositionen faldet med ca. 37 %.

1.1.2 Landbrug

Landbrugets tab af kvælstof sker ikke kun til luften, men også i høj grad til vand – både grundvand og overfladevand. Tabet af kvælstof er tæt knyttet til anvendelsen af gødning – både kunst- og husdyrgødning.

I figur 1.3 er vist udviklingen i landbrugets anvendelse af kvælstof fordelt på forskellige typer af gødning.

Samlet set er N-markbalancen (kvælstofoverskuddet) i det dyrkede areal faldet med godt 220.000 tons (ca. 45 %) i perioden 1990-2015 med langt det største fald frem til 2003. Der er flere årsager til dette fald – f.eks. bedre udnyttelse af husdyrgødning og reduceret kvælstoftilførsel til markerne.



Figur 1.3. Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1990 til 2018 (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

I 2016 steg overskuddet (N-balancen, se figur 1.3) som følge af, at de reducerede kvælstofnormer blev delvist ophævet fra 2016 som et led i Fødevarer- og landbrugspakken. I 2017 blev normreduktionen fuldt ophævet, så landmændene kunne gøde økonomisk optimalt. Til trods for dette blev der i 2017 anvendt mindre handels- og husdyrgødning end i 2016. Det skyldes, at landbruget i 2016 måtte gøde mere grundet en positiv N-prognose. Prognosen er høj i år med lavt indhold af uorganisk kvælstof i jorden om foråret og lav, når der allerede findes en del uorganisk kvælstof i jorden. Desuden var det i 2016 stadig tilladt at konvertere efterafgrøder til øget N-kvotet. Men i 2017 måtte landbruget gøde mindre grundet en negativ N-prognose og efterafgrøder kunne ikke give øgning i N-kvoten. Den mindre kvælstoftilførsel i 2017 kombineret med et større høstudbytte resulterede i et fald i kvælstofoverskuddet fra 2016 til 2017, men billedet vendte i 2018. Her blev der høstet de laveste udbytter siden registreringerne startede i 1990 grundet langvarig tørke fra medio april til medio august, og kvælstofoverskuddet blev det højeste siden starten af 2000'erne. Det samlede fald i markbalance fra 1990 til 2018 er 34 %.

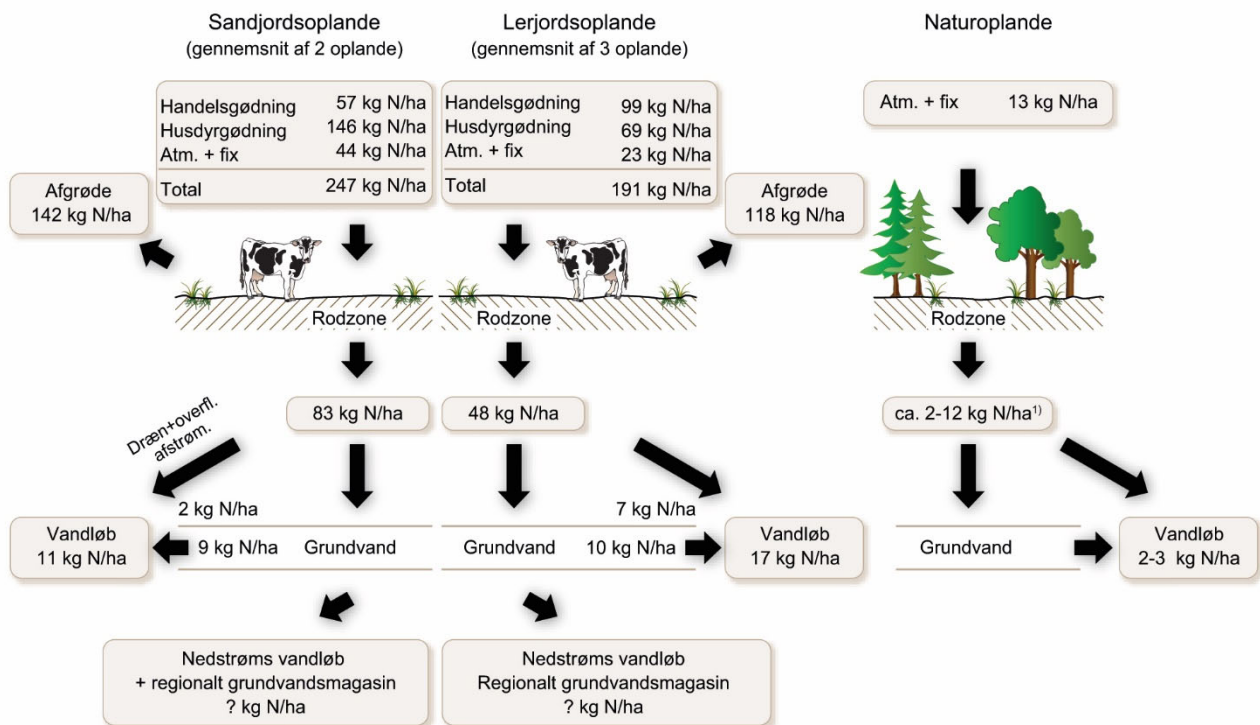
I landovervågningsoplandene (LOOP) følges kvælstofkredsløbet i fem små oplande, så der indhentes oplysninger om f.eks. afgrøder, gødningsforbrug m.m. Næringsstoffer måles i jordvandet, det øvre grundvand, dræn og i vandløb. I figur 1.4 er vist tabet af kvælstof i disse fem små oplande via forskellige tabsveje.

Det fremgår af figur 1.4, at der er store forskelle i kvælstofregnskabet på hhv. sand- og lerjorde. Tabet til rodzonen er næsten dobbelt så stort på sandjorde som på ler. Derimod er tabet til overfladevandet (vandløb) i disse oplande ca. 50 % større på lerjord end på sand, hvilket bl.a. skyldes, at en større mængde af vandet (og dermed kvælstoffet) fra lerjordene føres direkte ud i vandløbene via dræn (7 kg/ha på lerjord mod 2 kg/ha på sandjord jf. figur 1.4). På sandjorde siver det kvælstofholdige vand til grundvandet, hvor kvælstoffet i vid udstrækning bliver omsat til luftformigt kvælstof.

1.1.3 Punktkilder

Punktkilder dækker over en række forskellige udledninger af spildevand både fra husholdninger og industri (figur 1.5). På de egentlige rensesanlæg (både kommunale og private) samt en række ferskvandsdambrug laves opgørelserne på baggrund af målinger på de enkelte anlæg, mens bidragene fra spredt bebyggelse, regnbetingede udledninger samt nogle ferskvandsdambrug og havbrug er baseret på dels modeller, dels erfaringstal.

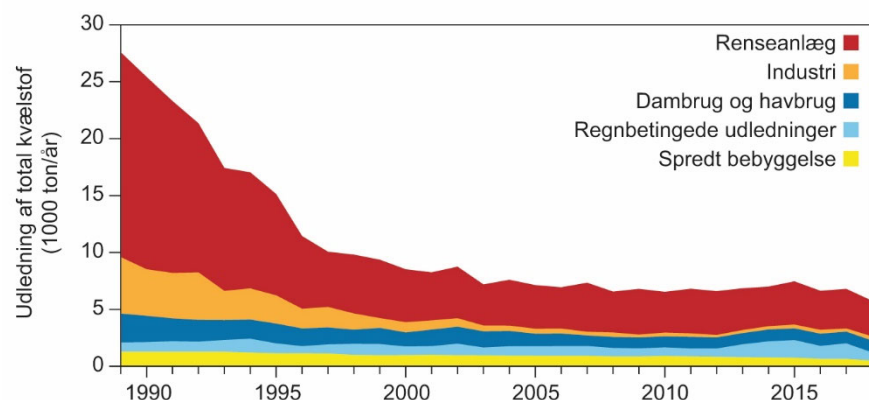
Det årlige kvælstofkredsløb (2013/14 – 2017/18)



Figur 1.4. Skematisering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande (Blicher-Mathiesen et al. 2019).¹⁾ Intervallet for naturarealer, henviser til udvaskningen fra henholdsvis gammel natur og landbrugsarealer omlagt til natur.

Udledningen af kvælstof fra punktkilderne under et er faldet med 79 % over perioden 1989/1990-2018. For renseanlæggene er faldet på omkring 80 %, mens faldet for industrier med særskilte udledninger er ca. 94 % og ferskvandsdambrug 71 %.

Figur 1.5. Udvikling i udledning af kvælstof fra forskellige typer punktkilder (Miljøstyrelsen 2019). Miljøstyrelsen finder ikke anledning til at udføre korrektioner på data grundet analysefejl (se indledning kap. 1).



1.1.4 Udledning til havet

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land i Danmark er for 2018 beregnet til ca. 50.000 ton N, hvilket er 17 % mindre end i 2017 (61.000 ton N), bl.a. fordi 2018 var et både meget tørt og varmt og dermed afstrømningsfattigt år (se kapitel 9).

I figur 1.6 er vist udviklingen i den samlede tilførsel af kvælstof til havet fra land. Figuren viser udviklingen fordelt på såkaldte agrohydrologiske år, som går fra 1. april til 31. marts. Opgørelsen er lavet, så forskelle imellem årene som følge af variation i vejrforholdene (f.eks. nedbør) søges udlignet så meget som muligt (normaliseret). Det er dog ikke muligt helt at udligne alle forskellene – f.eks. ses et dyk i 1995/96, hvor det var ekstremt tørt.

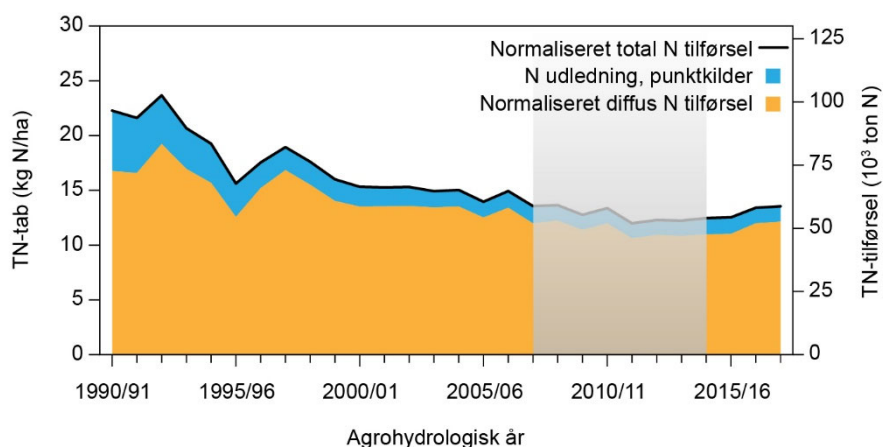
Figuren viser udviklingen i den samlede udledning af kvælstof opdelt i punktkilder og diffus udledning (primært landbrugstab, men også baggrundsbelastning samt spredt bebyggelse). Som det fremgår af figuren, udgør punktkilderne i dag kun ca. 10 % af den samlede udledning.

For senest opgjorte agrohydrologiske år 2017/2018 fås en årlig normaliseret total tilførsel på ca. 58.000 tons N / år ligesom i 2016/2017, hvor tilførslen også blev opgjort til 58.000 tons i

Såfremt man ser på normaliseret kvælstoftilførsel opgjort på kalenderår, var den i 2018 på ca. 55.000 ton N, som er næsten det samme som i 2017, hvor den var 58.000 ton N. For de fem år forud for 2018 (2013-2017) har den normaliserede kvælstoftilførsel været mellem 52.000-58.000 ton N / år med et gennemsnit for perioden på 54.000 ton N / år.

Der er siden 1990 sket en reduktion i kvælstoftilførslen på omkring 51 % (beregnet ud fra udviklingen i vandføringsvægtede koncentrationer). Kvælstoftilførslerne fra diffuse kilder er faldet med omkring 38 % siden 1990.

Figur 1.6. Udvikling i normaliseret kvælstoftab (kg N/ha på venstre y-akse) samt kvælstoftilførsel (ton N på højre y-akse) til havet fra land beregnet for agrohydrologisk år (1. april-31. marts) (Thodsen et al. 2019). Perioden 2007-2014 er skraveret grundet analyse problemer, som kan betyde underestimering af kvælstof jf. indledningen til kapitel 1.



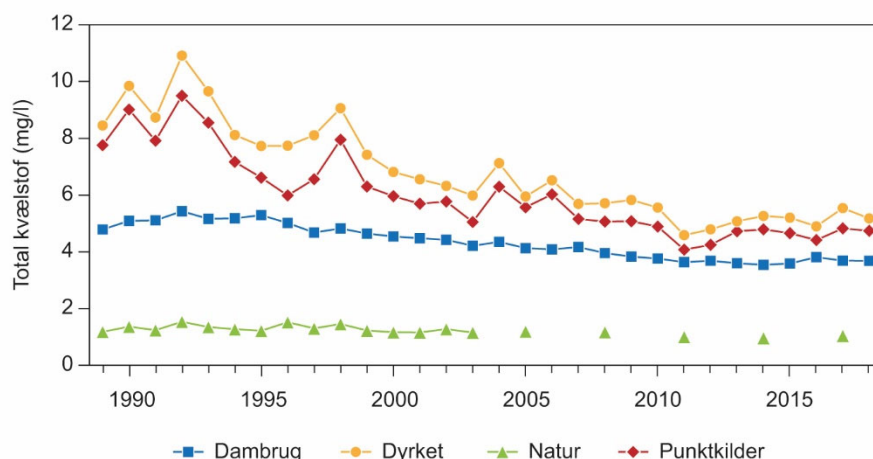
Det er endnu for tidligt at vurdere effekten af det øgede forbrug af kvælstofgødning og de kompenserende tiltag som f.eks. efterafgrøder, der blev muliggjort med Fødevarer- og landbrugspakken i 2015.

1.2 Resulterende effekter i vandområder

Effekten af de reduktioner, der er sket i kvælstofkilderne, kan også måles ude i overfladevandsområderne.

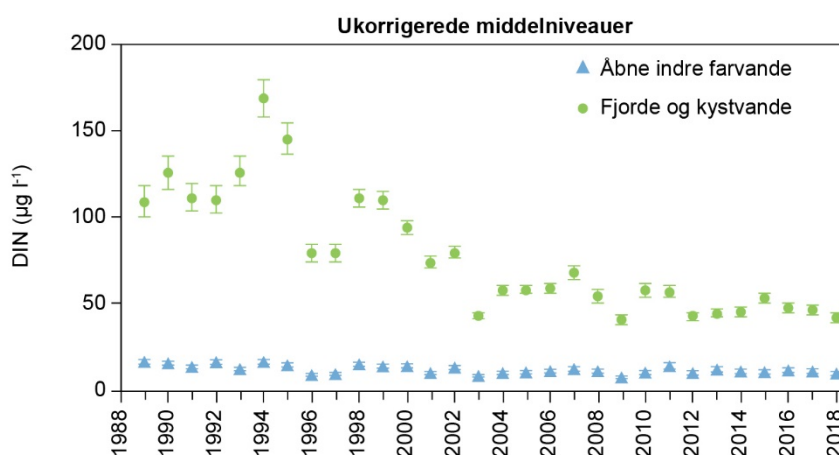
Der ses en markant reduktion i kvælstofindholdet i vandløb (figur 1.7). For vandløbene er kvælstofkoncentrationen under et faldet ca. 43 % siden 1989. De seneste 5-10 år har indholdet overordnet set været nogenlunde konstant for de fleste vandløb.

Figur 1.7. Udvikling i kvælstof-koncentration i vandløb siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger (Thodsen et al. 2019).



På grund af fejlanalyser er det ikke muligt at vise udviklingen i koncentrationen af total N i havet. I stedet er der vist udviklingen i den opløste uorganiske del af kvælstofindholdet (DIN, se figur 1.8), som imidlertid kun udgør en mindre andel af det totale kvælstofindhold. I 2018 var årsmiddel af DIN 42 $\mu\text{g/l}$ i fjorde og kystvande, hvilket er den næstlaveste siden 1989.

Figur 1.8. Udvikling i årsmiddel-koncentrationen af opløst kvælstof i fjorde og kystvande (●) og åbne indre farvande (▲) (Hansen og Høgslund (red.) 2019).



Udviklingen i denne andel af kvælstof er dog tydelig, især i perioden 1994 til 2003, som det fremgår af figur 1.8. Koncentrationen i fjorde og kystnære områder, hvor de danske tilførsler betyder mest, er faldet fra et niveau på ca. 125 $\mu\text{g/l}$ i de tidlige 1990'ere til et niveau på 40-60 $\mu\text{g/l}$ i de seneste år. Korrigeres der i forhold til variationen i ferskvandsafstrømningen til havet, er koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof i 2018 faldet med 67 % sammenlignet med middel for 1989-1994.

Årsmiddel af opløst uorganisk kvælstof i overfladevand i de åbne indre farvande var 9,5 $\mu\text{g/l}$ i 2018. Det er den laveste koncentration siden 2009 og den tredje laveste siden 1989. Koncentrationen er reduceret med 37 % ift. middel i perioden 1989-1994, hvilket er betydelig mindre markant end i fjorde og kystvande, hvor den er faldet med 67 % (begge reduktioner i ukorrigerede koncentrationer, jf. figur 1.8).

2 Fosfor

Tilførsel af fosfor til vandområder som følge af menneskelig aktivitet er en væsentlig årsag til forurening. Især søer og fjorde og i nogen grad mere åbne havområder er påvirkede som følge af fosfortilførsler, der har givet øget algevækst og heraf følgende miljøproblemer. I vandløb er fosforindholdet af relativt mindre betydning for de økologiske forhold, men især hvor der har været meget lave fosforindhold vil en forøgelse påvirke mængden af alger, der vokser på bunden af vandløb. Forhøjet fosforindhold synes desuden at indvirke på arts-sammensætningen af vandplanter. Der kan fra sted til sted være store geologisk (naturligt) betingede forskelle i fosforindholdet i det grundvand, der strømmer ud til vandområderne.

Rapporteringen er påvirket af de fejlanalyser af total N og total P, som blev foretaget i overfladevand gennem hele 2016 og første kvartal i 2017, se Larsen et al, 2018. Det har været muligt at genoprette data for total N og total P i vandløb til anvendelse ved opgørelse af transport af næringsstoffer i vandløb (stoftransport) og stoftilførsler til havet fra hele 2016 og den del af 2017, hvor der var analysefejl (Thodsen et al, 2019). For andre vandtyper som hav og sø har det ikke været muligt at rapportere total N og P. Derimod er der ikke fejl i analyserne af nitrat og fosfat, hvorfor disse indgår i årets rapport, hvor det er relevant.

Der er samme type fejl i nogle af analyserne af total N og P fra perioden 2007-14. Der er foretaget en foreløbig genopretning af data, der er anvendt som grundlag for beregning af stoftransport i vandløb og stoftilførsel til havet af N og P i denne rapport. Total N korrigeres op med 1,3% mens total P ikke korrigeres (fejlen er kun på 0,13 %) (Larsen 2018). Det samlede resultat af genopretning er ikke afsluttet, så der kan ske en yderligere genopretning af data fra perioden 2007-14 i løbet af 2020.

2.1 Tilførsel til overfladevand

Figur 2.1 (øverst) viser den samlede mængde fosfor, som løber til havet omkring Danmark. I 2018 var det i alt ca. 1.600 ton fosfor eller ca. 21 % mindre end i 2017. Det er hermed næstlaveste tilførsel siden overvågningsprogrammet startede (lavest i 2003). Afstrømningen var i 2018 også 17 % lavere end i 2017, som konsekvens af et meget nedbørsfattigt og samtidig meget varmt og solrigt år 2018.

Der har været en meget stor reduktion i fosfortilførslerne (godt 70 % baseret på vandføringsvægtede koncentrationer) sammenlignet med det første måleår 1990, hvor udledningen til havet var ca. 5.900 ton fosfor.

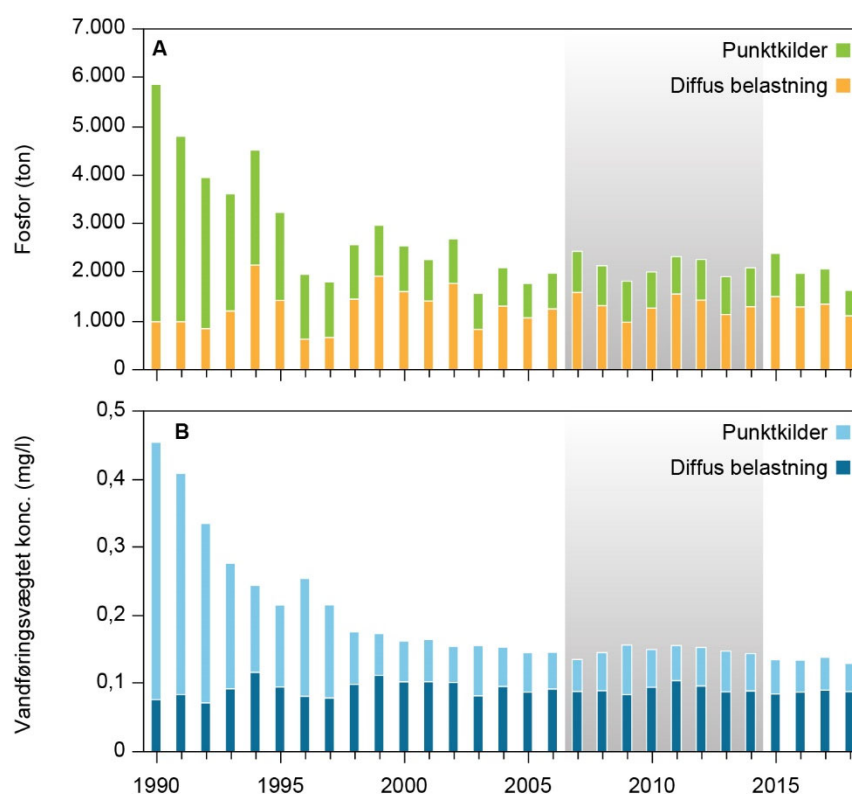
I figur 2.1 (nederst), er fosfortilførslen udjævnet i forhold til år til år forskelle i afstrømningen og omregnet til en koncentration. Dermed er det nemmere at se hvilken udvikling, der har været gennem perioden 1990-2018. Der har været et markant fald frem til ca. årtusindeskiftet, og derefter har der ikke været nogen særlig udvikling.

Denne udvikling med den store reduktion frem til ca. år 2000 er båret af en tilsvarende stor reduktion i punktkildebidraget (renseanlæg m.m.), idet punktkilderne omkring 1990 stod for omkring 80 % af den samlede udledning, men nu

er reduceret til ca. 30 %. I figur 2.2 er punktkildebidraget delt ud på de forskellige typer af punktkilder. Den store reduktion i den samlede punktkildeudledning er især sket på renseanlæg (95 %) og fra industri (99 %), mens fosforudledninger fra ferskvandsdambrug er reduceret med knap 80 %, og den samlede reduktion for alle punktkilder er på 86 % siden 1990 (Miljøstyrelsen 2019). Renseanlæg er fortsat den største fosfor punktkilde. Miljøstyrelsen har ændret opgørelsesmetode for regnbetingede udledninger og fra spredt bebyggelse. Fra 2018 er mængden af fosfor, som en person producerer pr år (1 PE), ændret fra 1,0 kg P / år til 0,72 kg P / år, hvilket direkte afspejler sig i udledningerne fra både regnbetingede udløb og fra den spredte bebyggelse (Arildsen og Vezzaro, 2019). Fosforindholdet pr. PE i spildevandet har været faldende over en år-række, men hele ændringen er introduceret fra 2018 (Miljøstyrelsen, 2019).

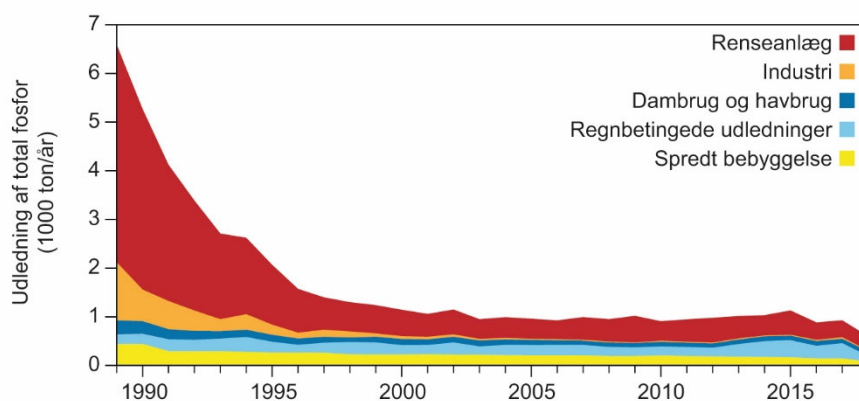
Fra 2004 til 2017 har reduktionen i udledningen af fosfor fra punktkilder samlet set været stagnerende. Men fra 2017 til 2018 er udledningerne faldet med en tredjedel grundet ovennævnte metode ændringer og lave udledninger fra regnbetingede udløb (beskedne nedbørsmængder i 2018).

Figur 2.1. Udvikling i samlet tilførsel af fosfor til havet og i den vandføringsvægtede fosfor koncentration. Perioden 2007-2014 er skraveret grundet analyse problemer, som kan betyde underestimering af fosfor jf. indledningen til kapitel 1 (Thodsen et al. 2019).



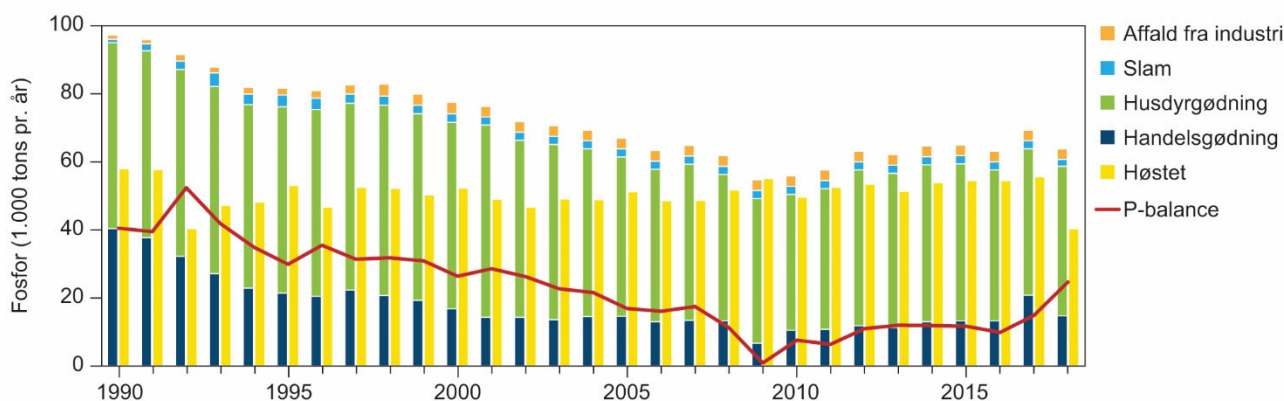
Som det fremgår af figur 2.1, er den diffuse fosfortilførsel i dag betydeligt større end udledningen fra punktkilderne. Den diffuse tilførsel består af flere kilder – et baggrundsbidrag, et bidrag fra spredt bebyggelse og så et bidrag fra dyrkningen af jorden. Der har ikke på landsplan været en sikker udvikling i det diffuse bidrag i perioden 1989-2018 (se figur 2.5), men findes dog et sikkert fald i ca. halvdelen af målte vandløb i dyrkede oplande uden spildevandsudledninger af betydning. Det er imidlertid vanskeligt og usikkert at dele det diffuse bidrag ud på disse tre kilder.

Figur 2.2. Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Miljøstyrelsen 2019). Miljøstyrelsen finder ikke anledning til at udføre korrektioner på data grundet analysefejl (se indledning kap. 1).



Det diffuse bidrag indeholder et bidrag, som stammer fra dyrkningen af jorden. Der er overordnet to veje, ad hvilke fosfor fra dyrkning kan komme til overfladevand – via dræn (udvaskning og små partikler) og overfladisk afstrømning, f.eks. når det regner kraftigt. Hertil kommer erosion af vandløbsbrinker.

Uanset transportvej er jordens indhold af fosfor væsentlig. I figur 2.3 ses udviklingen i fosforregnskabet for dansk landbrug. En vigtige information er P-balancen (eller P-overskuddet), som viser forskellen mellem udbragt fosfor (f.eks. med gødning) og det fjernede via høst m.m. Figuren viser, at overskuddet (P-balancen i figur 2.3) er faldet fra ca. 40.000 tons P i 1990 til ca. 0 i 2009, i perioden 2012-2017 været ca. 10.000 tons, mens den var knap 25.000 tons P i 2018 grundet mindre høstudbytte. Der er meget store forskelle i overskuddet mellem forskellige produktionstyper i landbruget.

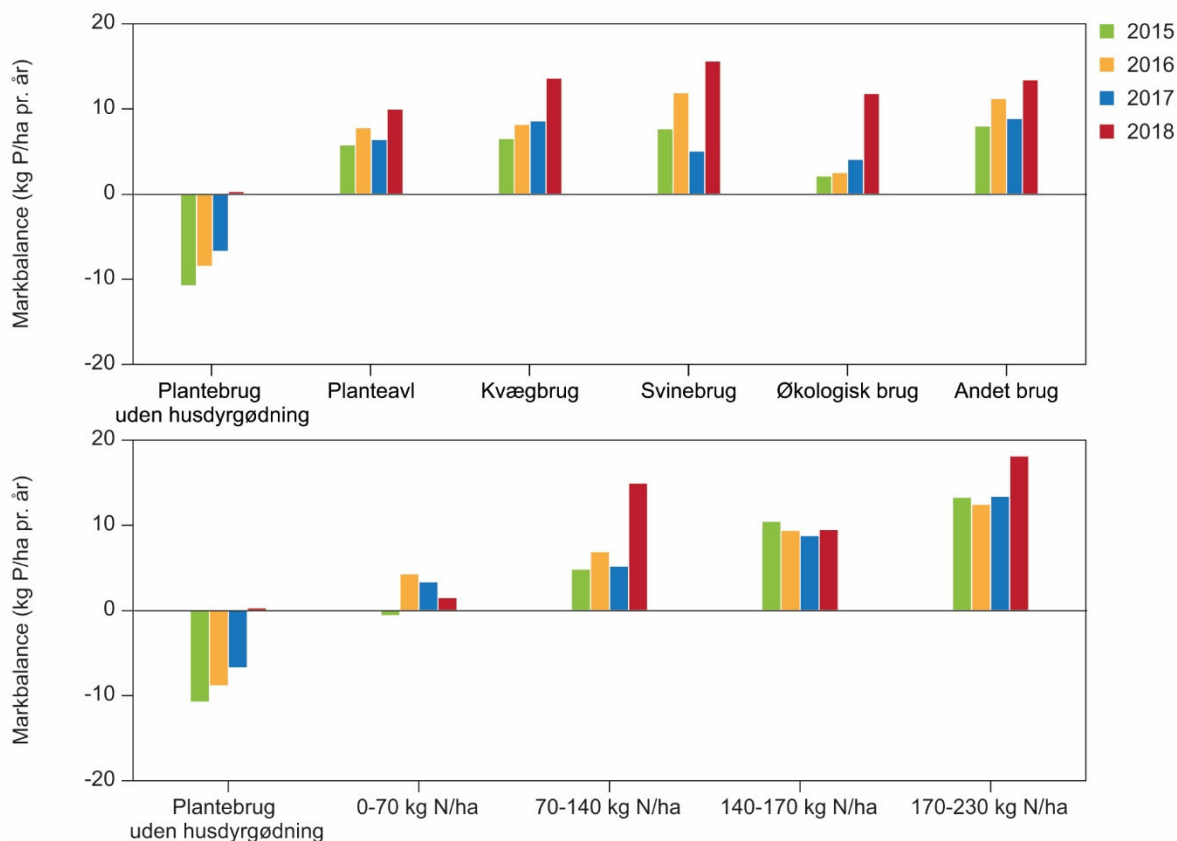


Figur 2.3. Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2018 (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

Det er også værd at bemærke, at fosforoverskuddet de seneste par år på landsplan har været af samme størrelse som og i 2018 større end tildelt handelsgødning, dvs. at det helt overordnet set ikke har været nødvendigt at anvende handelsgødning. Det vil dog kræve, at den samlede tilgængelige fosformængde kan fordeles mere ensartet i Danmark.

Figur 2.4 viser overskuddet på forskellige bedriftstyper. Det er her klart, at mens der er et decideret underskud (dvs. der bliver fjernet mere med høstede afgrøder end tilført med gødning) på "rene" planteavlsbrug, er der et overskud

på bedrifter med dyrehold (forbrug af husdyrgødning svarer overordnet til dyretæthed). Det betyder også, at der er regionale forskelle i fosforoverskuddet, idet husdyrproduktionen i høj grad er koncentreret vest for Storebælt.



Figur 2.4. Fosforoverskud 2015-2018 i marken i landovervågningsoplandene på ejendomme med forskellig brugstype og forbrug af husdyrgødning (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

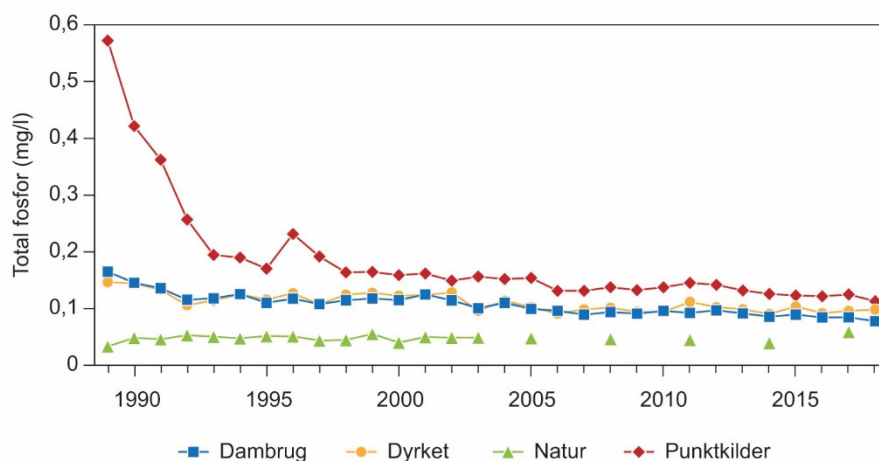
2.2 Udvikling i fosforindhold i overfladevand

Figur 2.5 viser udviklingen i koncentrationen af fosfor i vandløb med forskellige dominerende fosforkilder ("dambrug" angiver vandløb, hvor der er en væsentlig produktion af ørreder baseret på klassifikation i 1991). Ved at anvende vandføringsvægtede koncentrationer tages der højde for forskellige nedbørsforhold årene imellem. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i mange vandløb uden særlig punktkildebelastning har de seneste år ligget på ca. 0,1 mg P/l.

På grund af fejlanalyser er det ikke muligt at vise udviklingen i koncentrationen af total P i kystområder og indre danske farvande. I stedet er der vist udviklingen i den opløste uorganiske del af fosforindholdet (DIP, se figur 2.6), som imidlertid kun udgør en mindre andel af det totale fosforindhold.

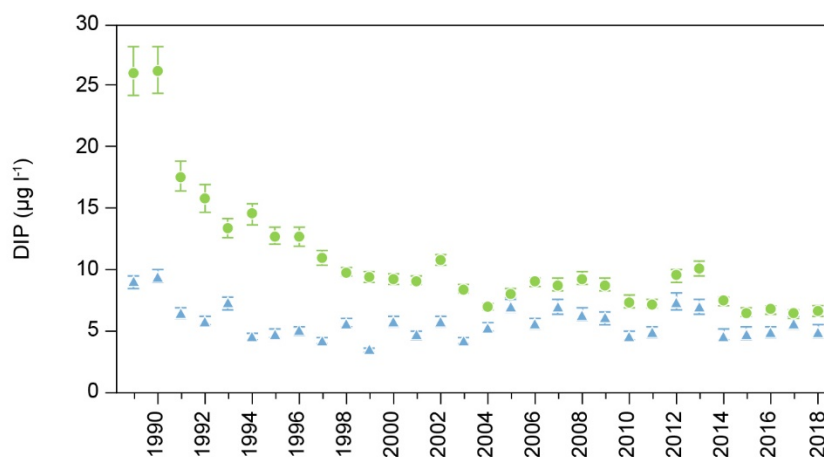
Koncentrationen af opløst uorganisk fosfor i fjorde og kystvande er faldet fra et niveau på 20-25 µg/l i de tidlige 1990'ere til 7-8 µg/l i de seneste år svarende til 75 % fra 1989 til 2018. Koncentration i 2018 er den tredje laveste. Der er også sket et mindre markant fald i koncentration i de åbne dele af de danske farvande, hvor koncentrationen har stabiliseret sig på et niveau på 4-6 µg/l.

Figur 2.5. Udvikling i fosforkoncentration i vandløb siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger klassificeret i 1991 (Thodsen et al. 2019).



Der var tidligere betydeligt større koncentrationer af opløst uorganisk fosfor i fjorde og kystnære områder i forhold til de åbne farvande, men forskellen er blevet markant mindre. Da påvirkning fra danske landområder er størst i fjordene og de kystnære områder, er det et tegn på, at den danske indsats for at nedbringe udledning af fosfor til havmiljøet med bl.a. spildevandsrensning har båret frugt.

Figur 2.6. Udvikling i årsmiddelkoncentrationen af opløst fosfor i fjorde og kystvande (●) og åbne indre danske farvande (▲). (Hansen og Høgslund (red.) 2019).



3 Metaller og organiske miljøfarlige stoffer

En række metaller og organiske miljøfarlige stoffer er på vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer. Det er særligt disse stoffer samt stoffer, der udledes i betydelig mængde, der er fokus på i overvågningen af overfladevand, mens der i overvågning af grundvand er særligt fokus på pesticider. Ved overvågning af luft er der især fokus på metaller og pesticider.

Metaller findes naturligt i jordskorpen og spredes herfra til det omgivende miljø, hvor flere af metallerne er essentielle for levende organismer. Hvis koncentrationen af metallerne er højere end den ”naturlige baggrund”, både de essentielle og de, som ikke er essentielle, kan de være et problem for levende organismer. Især tungmetallerne bly, cadmium og kviksølv kan være et problem. Metaller har udbredt anvendelse i dagens industrielle samfund, og det betyder, at der ud over den naturlige frigivelse fra jordskorpen også sker anden spredning til miljøet, hvor de kan udgøre et miljømæssigt problem.

Organiske miljøfarlige stoffer er menneskeskabte stoffer, som ikke findes naturligt i miljøet, og der er derfor ikke et naturligt baggrundsniveau af disse stoffer. Undtaget herfra er tjærestoffer (PAH), som dannes naturligt ved nedbrydning af organisk materiale, men brugen af fossil brændsel har øget mængden af PAH ud over det niveau, som alene skyldes naturlige processer.

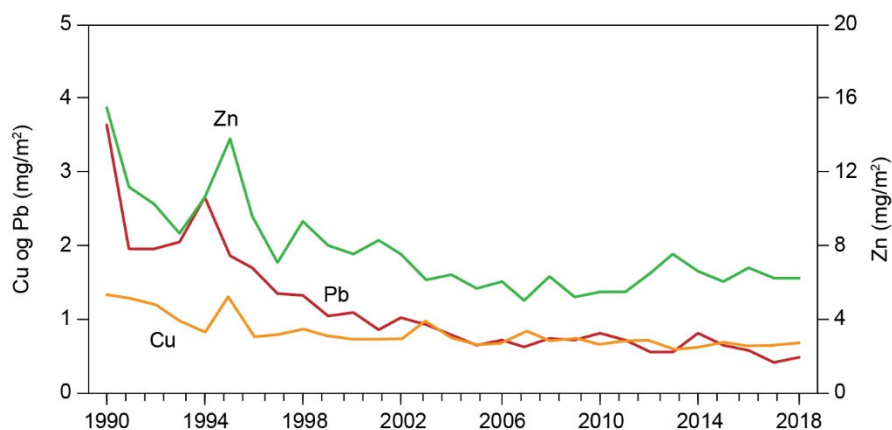
Forekomsten af metaller og organiske miljøfarlige stoffer overvåges i luft og spildevand, som er de væsentlige kilder til forekomsten af metaller og organiske miljøfarlige stoffer i overfladevand. Desuden overvåges forekomsten i ferskvand og marine områder samt grundvand. I dette års rapportering indgår data fra målinger i luft og marine områder samt grundvand (kapitel 5).

3.1 Kilder til metaller i vandmiljøet

Spildevand og atmosfærisk deposition er væsentlige kilder til metaller i overfladevand i koncentrationer, der er højere end baggrundskoncentrationen af metallerne. Årsagen til forhøjede koncentrationer af metaller og andre sporstoffer i grundvandet er normalt lokalt geologisk betinget eller skyldes frigivelse fra jordlagene som følge af grundvandssænkning.

Overfladevand og jord tilføres væsentlig mere zink med nedbør end med nogen af de andre metaller. Der er sket en betydelig nedgang i depositionen af metaller siden 1989 med den største nedgang frem til ca. årtusindeskiftet (figur 3.1). De seneste ca. 10 år er depositionen kun faldet svagt sammenlignet med tidligere, og for zink ses en svag stigning siden 2010.

Figur 3.1. Udvikling i depositionen af bly (Pb), kobber (Cu) og zink (Zn) i perioden 1990-2018 (Ellermann et al. 2019).



3.2 Metaller i marine områder

I havet måles tungmetaller i sediment, muslinger og fisk. Indholdet af kviksølv, cadmium og bly i muslinger var i perioden 2016-2018 højere end miljøkvalitetskravet i omkring halvdelen af de undersøgte prøver (tabel 3.1). I det omfang, der er datagrundlag for at beskrive en udvikling af metalindholdet i muslinger, er indholdet faldende.

Tabel 3.1 Andel af analyserede muslinger i perioden 2016-2018* med højere indhold end miljøkvalitetskravene (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017). n: er antal prøver.

	Bly	Cadmium	Kviksølv
Muslinger (n=96)	68 %	55 %	48 %

*data er fagligt vurderede, men dele af data fra 2016 og 2017 endnu ikke er endeligt kvalitetssikret

I fisk var indholdet af kviksølv højere end miljøkvalitetskravet i 67% af prøverne. Indholdet af kviksølv i fisk var op til 20 gange højere end miljøkvalitetskravet.

I sediment blev flere af de undersøgte metaller fundet i koncentrationer, der vurderes til at være højere end baggrundsniveauet, men dog generelt lavere end det niveau, der internationalt anvendes til at vurdere, om tilstanden er ”god” i det marine miljø.

3.3 Kilder til organiske miljøfarlige stoffer i vandmiljøet

Organiske miljøfarlige stoffer tilhører samlet set en række forskellige stofgrupper med vidt forskellig anvendelse, og det er derfor også forskelligt, hvad der er den væsentligste kilde til deres forekomst i vandmiljøet. For en række stoffer er spildevand den væsentligste kilde, mens det for andre stoffer er tilførsel med luften eller udvaskning fra overfladen, enten til overfladevand eller til grundvand, der er de væsentligste kilder.

I den atmosfæriske deposition måles en række pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider. De pesticider, der måles, har alle en vis evne til at fordampe. Depositionen af pesticider var størst i maj-juni og september-december, hvilket er sammenfaldende med landbrugets sprøjtetidspunkter. Prosulfocarb, terbuthylazin og dets nedbrydningsprodukt desethylterbuthylazin udgjorde i 2018 ligesom i de seneste foregående år de største bidrag til den samlede deposition af pesticider ved de to målestationer, hvor der opsamles nedbørprøver.

Prosulfocarb har bidraget mest til den samlede deposition med den største deposition om efteråret, dvs. lige efter sprøjtning i vintersæd.

I 2017 og 2018 er der gennemført kontinuerlig måling af pesticider i luften. Prosulfocarb blev ligesom i nedbøren fundet i højest koncentration i luften. Koncentrationen var højere i 2018 end i 2017, hvilket sandsynligvis skyldes den mindre nedbør i 2018 sammenlignet med 2017. Ligesom i nedbøren blev de højeste koncentrationer i luften fundet om efteråret.

3.4 Organiske miljøfarlige stoffer i marine områder

Organiske miljøfarlige stoffer måles ligesom metaller i marine områder i sediment, muslinger og fisk men ikke i vand, da koncentrationerne i havvand på grund af den store fortynding, der sker, typisk er så lave, at de ikke er målbare.

Bromerede flammehæmmere i form af bromerede diphenylethere (PBDE) er blandt de stoffer, der måles i fisk. Indholdet af PBDE blev i perioden 2016-2018 fundet i 93 % af de undersøgte prøver i koncentrationer, der var højere end miljøkvalitetskravet. PFOS, som hører til gruppen af fluorerede forbindelser, blev derimod ikke fundet i koncentrationer over miljøkvalitetskravet for PFOS. Dataene er fagligt vurderede, men der tages forbehold for at dele af data fra 2016 og 2017 endnu ikke er endeligt kvalitetssikrede.

Tributyltin (TBT) har blandt andet været anvendt til at forhindre begroning på bunden af skibe. Denne anvendelse har været reguleret eller forbudt i bundmaling til skibe i en årrække, men TBT findes stadig i det marine miljø. Indholdet i muslinger har dog vist en generelt faldende tendens gennem det seneste årti.

4 Luft

Formålet med Overvågningsprogrammet for luftkvalitet i danske byer er at overvåge luftforurening af betydning for sundhed. Denne del af NOVANA er sammen med overvågningen af grundvand de eneste dele af NOVANA, hvor overvågningen sker med henblik på at vurdere den direkte indvirkning på den menneskelige sundhed.

Der måles på koncentrationer af svovldioxid, kvælstofilter ($\text{NO}_x / \text{NO}_2$), partikelmasse (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$), partikelantal, benzen og toluen, kulilte, ozon (O_3), udvalgte tungmetaller som bly, arsen, cadmium, kviksølv og nikkel, samt tjærestoffer (PAH'er) og flygtige kulbrinter (VOC'er), der kan føre til dannelse af ozon.

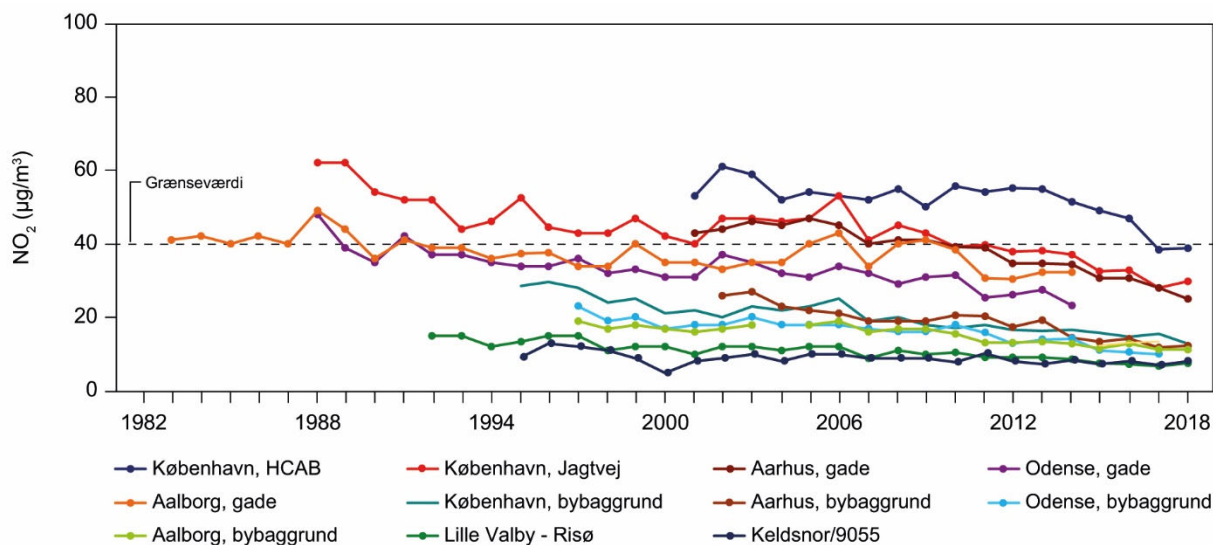
Der anvendes en kombination af målinger og modelberegninger til at vurdere, om EU's grænseværdier for luftkvalitet er overholdt, og udviklingen i koncentrationer over årene følges. Der er fastsat grænse- og målværdier for flere af de målte stoffer.

4.1 Ingen NO₂- og partikeloverskridelser

4.1.1 NO₂-målinger

Kvælstofdioxid (NO₂) irriterer luftvejene og har direkte effekt på helbredet. De, der er mest følsomme over for NO₂, er folk med luftvejslidelser, ældre mennesker og børn.

De højeste årsmiddelværdier for kvælstofdioxid ses i trafikere gader, hvilket skyldes, at en stor del af udledningerne af kvælstofoxider kommer fra vejtrafik. Som det ses af figur 4.1, er de højeste koncentrationer af kvælstofdioxid i 2018 målt til $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket er lige under grænseværdien for årsmiddeldkoncentrationen ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Koncentrationerne er væsentligt lavere ved bybaggrund-stationer og endnu lavere ved landbaggrund-stationer, hvilket afspejler, at hovedkilden er trafik, og at kun en lille del af kvælstofdioxid kommer som langtransporteret.



Figur 4.1. Graferne viser tidsserier for årlige gennemsnitsværdier af NO₂ for de forskellige målestationer. Grænseværdien er 40 µg/m³ og trådte i kraft i 2010 (Ellermann et al. 2019).

EU's luftkvalitetsdirektiv fastlægger ligeledes en grænseværdi for korttidseksponeringen for kvælstofdioxid. Denne grænseværdi angiver, at timemiddelværdien ikke må overskride $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mere end 18 gange i løbet af et kalenderår. I 2018 er der ingen timemiddelværdier, hvor de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er overskredet. Der er dermed ikke målt overskridelse af denne grænseværdi for kvælstofdioxid i 2018.

4.1.2 Partikelmålinger og måling af elementært kulstof

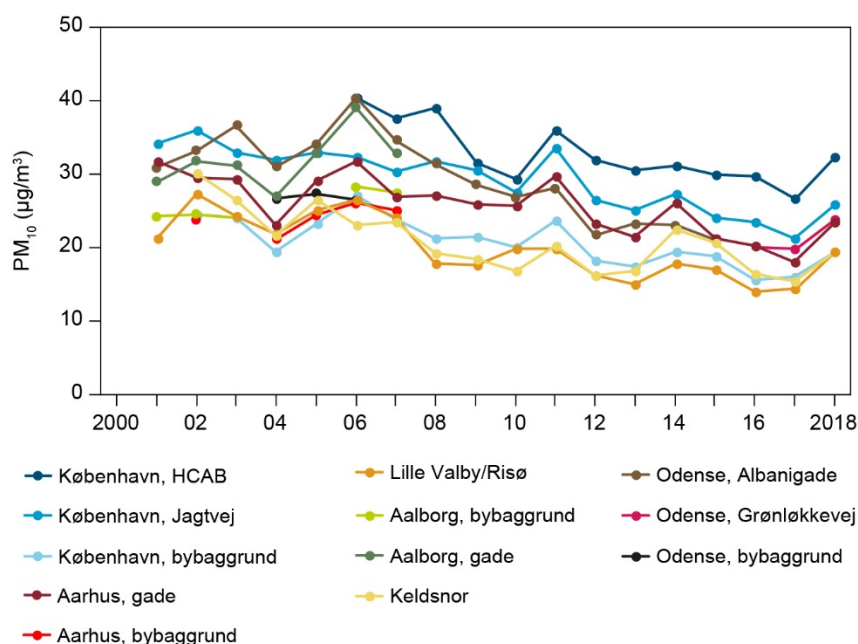
Partikelforurening består af en kompleks blanding af partikler i forskellige størrelser med forskellig fysiske og kemiske egenskaber, som varierer meget fra en lokalitet til en anden.

Luftens indhold af PM_{10} (partikler med en diameter op til 10 mikrometer) er faldet siden 2001 (figur 4.2). I 2018 var der ingen målestationer i måleprogrammet, hvor det tilladte antal af overskridelser af den daglige middelværdi for PM_{10} blev overskredet. Der var heller ingen overskridelser af grænseværdien for årsmiddelværdien af PM_{10} .

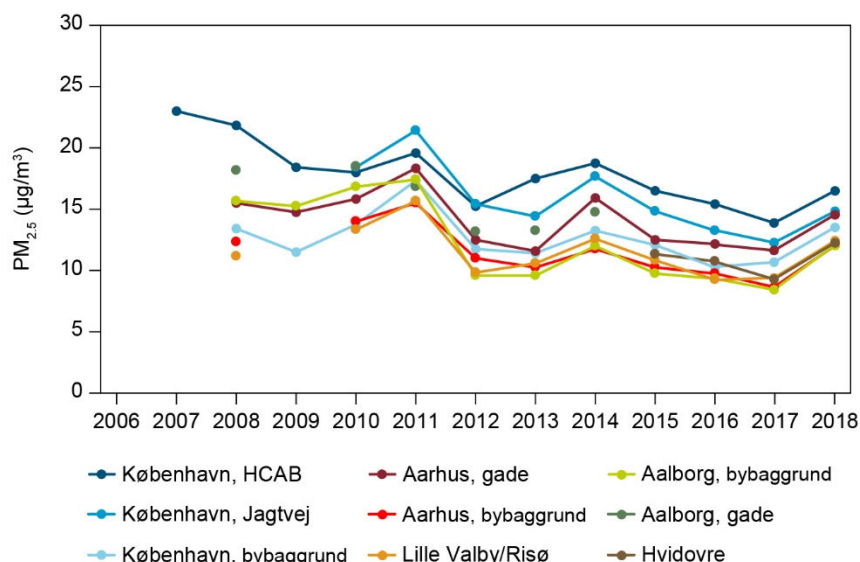
Indholdet i luften af partikler mindre end $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) overskred i 2018 ikke grænseværdien på $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddelværdi (Figur 4.3). Der ses en relativt ensartet udvikling i $\text{PM}_{2,5}$, hvilket hænger sammen med, at størstedelen af $\text{PM}_{2,5}$ stammer fra langtransport af luftforurening til Danmark fra det øvrige Europa. Dette giver et ensartet niveau af $\text{PM}_{2,5}$ i hele landet og også en ensartet udviklingstendens. I løbet af de seneste 10 år er $\text{PM}_{2,5}$ i gennemsnit faldet med omkring 25%.

Fra 2017 til 2018 ses imidlertid en relativt stor stigning i $\text{PM}_{2,5}$. Stigningen ligger på omkring $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for alle stationer. Den ensartede stigning på alle stationerne viser, at stigningen hovedsageligt er forårsaget af langtransport af luftforurening til Danmark, og det betyder, at stigningen ikke skyldes ændringer i danske udledninger. Stigningen skyldes således naturlige variationer i de meteorologiske forhold mellem de to år.

Figur 4.2. Udviklingstendens over perioden 2001 til 2018 for årsmiddelmiddelværdier af PM_{10} for de forskellige målestationer (Ellermann et al. 2018).

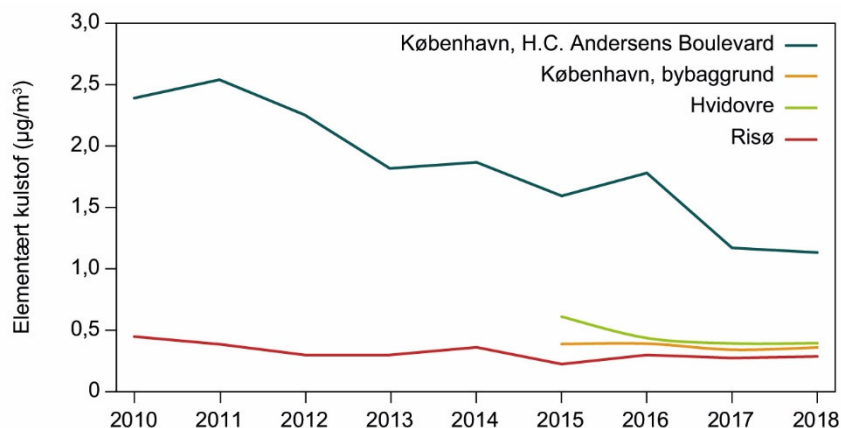


Figur 4.3. Udviklingstendens over perioden 2007 til 2018 for årsmiddelkoncentrationer af $PM_{2,5}$ for de forskellige målestationer (Ellermann et al. 2019).



Figur 4.4 viser udviklingstendens for de fire målestationer, hvor der måles elementært kulstof. Ved målestationen på H.C. Andersens Boulevard er der målt et fald på omkring 60 % i løbet af de sidste 9 år. Elementært kulstof stammer primært fra lokale kilder og faldet på H.C. Andersens Boulevard skyldes hovedsageligt regulering af køretøjerne, hvor blandt andet partikelfiltre har haft en stor betydning. Koncentrationerne af elementært kulstof er væsentligt lavere på landbaggrundsmålestationen ved Risø. Her ses et fald på omkring 40 %, hvilket blandt andet skyldes fald i udledninger fra transport og brændefyring. Ved målestationerne i bybaggrund og forstad ses ligeledes fald i koncentrationerne, men tidsserierne er korte og derfor usikre.

Figur 4.4. Graferne viser udviklingstendens over perioden 2010 til 2018 for årsmiddelkoncentrationer af elementært kulstof (Ellermann et al. 2019).



4.2 Ozon

I den lavere del af atmosfæren betragtes ozon (O_3) som en forurening med negativ effekt på helbredet og vegetationen.

I modsætning til de øvrige luftforureningskomponenter er årsmiddelkoncentrationerne for ozon højest på landet, lidt lavere i bybaggrund og lavest i de trafikkerede gader. Årsagen er, at udledningerne af kvælstofoxider fra trafikken nedbryder ozon, så høje koncentrationer af kvælstofoxider modsvares af lave koncentrationer af ozon. I dag anses de helbredsskadelige effekter af ozon primært at komme fra episoder med høje koncentrationer, hvilket er grunden til, at der ikke findes en målsætning for årsmiddelværdien af ozon,

men derimod en målværdi for antallet af episoder med forhøjede koncentrationer. Tærskelværdien for den daglige maksimale otte-timers-middelværdi på $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ må maksimalt overskrides 18 gange i kalenderåret. I 2018 blev tærskelværdien højest overskredet 16 gange på landbaggrundsmålestationen ved Risø, og der var således ingen overskridelse af målværdien i 2018.

4.3 Beregninger af helbredseffekter og eksterne omkostninger af luftforurening

Luftforurening udgør i dag den største miljømæssige sundhedsrisiko. Derfor er beregninger på helbredseffekter og tilknyttede eksterne omkostninger af luftforureningen inkluderet i NOVANA.

Modelberegninger af helbredseffekterne viser, at antallet af for tidlige dødsfald er omkring 1000 højere end rapporteret for 2017. Det skyldes ikke øget luftforurening men en gennemgribende opdatering af modelsystemerne, hvor bl.a. helbredseffekten af eksponering for kvælstofdioxid er blevet inkluderet i modelberegningerne. Beregningerne viser omkring 4.200 for tidlige dødsfald i årligt gennemsnit for perioden 2016-2018, som kan relateres til den samlede luftforurening i Danmark. Kilder i udlandet er ansvarlige for omkring 3.000 af de for tidlige dødsfald (71%), mens danske kilder er ansvarlige for omkring 1.200 for tidlige dødsfald (29%). Eksponering for $\text{PM}_{2,5}$ er ansvarlig for omkring 90% af antallet af for tidlig dødsfald, kvælstofdioxid for omkring 8,5%, ozon for omkring 1,5% og svovldioxid for omkring 0,1%, som årligt gennemsnit for perioden 2016-2018. Det samlede antal tilfælde af for tidlig død er faldet med omkring 38% siden 1990. Faldet skyldes reduktionen i luftforureningen. De samlede eksterne omkostninger relateret til luftforurening i Danmark er estimeret til omkring 79 milliarder kr. som årligt gennemsnit for perioden 2016-2018. Her ses tilsvarende et fald på omkring 38 % siden 1990.

5 Grundvand

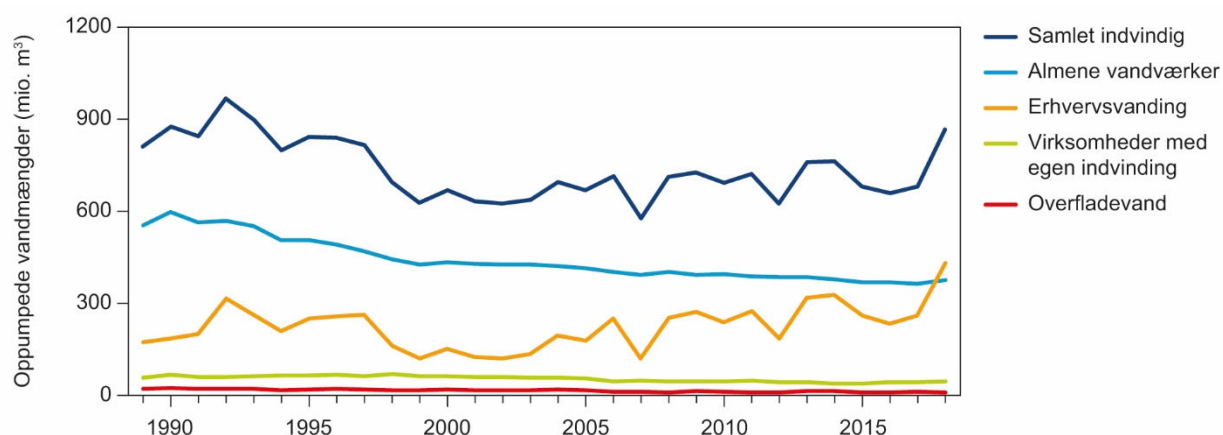
Grundvand er grundlaget for Danmarks drikkevandsforsyning. Det er derfor vigtigt, at grundvandet har en kvalitet, der gør det egnet til drikkevand. Grundvand indgår som en vigtig del i vandets kredsløb. Grundvandets mængde og kvalitet har derfor også betydning for naturen, dvs. i kilder, vandløb, søer og fjorde.

Grundvandsovervågningen er siden starten i 1989 blevet revideret i flere omgange for at imødekomme udviklingen i de forvaltningsmæssige behov. Programmet for GRUMO er siden 2007 tilpasset – og tilpasses fortsat løbende både på grundlag af større viden og som følge af de varierende forvaltningsmæssige behov, herunder opfyldelse af forpligtelserne til at afrapportere efter EU-direktiver. Der er i Thorling et al. (2019) redegjort for, hvad de gennemførte revisioner af grundvandsovervågningen har betydet for datagrundlaget til vurdering af udviklingen og status for grundvandets kemiske kvalitet.

5.1 Vandindvinding

Vandindvindingen i Danmark omfatter indvinding til såvel drikkevand som erhvervsformål, herunder markvanding. Markvandingen er stærkt varierende fra år til år og påvirket af såvel variationer i nedbør som udviklingen i klimaet, og det er af stor betydning for den samlede vandindvinding, om vandingsbehovet det enkelte år er stort eller lille. Indvinding af grundvand kan påvirke fx vandløb og grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær negativt.

Den samlede vandindvinding samt fordelingen af indvindingen på forskellige kategorier i perioden 1989 – 2018 er vist i figur 5.1. I løbet af 1990'erne er indvindingen ved almene vandværker faldet fra omkring 600 mio. m³ til omkring 400 mio. m³. Derefter har faldet i forbruget været langsommere og det lå i 2018 på ca. 377 mio. m³. Den samlede indvinding afspejler ud over nedgangen i indvindingen ved almene vandværker også de markante variationer, der er i indvinding til erhvervsvanding, særligt markvanding, der er afhængig af nedbørmængden. Indvinding til erhvervsvanding i 2018 er opgjort til at være 433 mio. m³, hvilket er det højeste niveau i perioden 1989-2018. Det afspejler det store behov for markvanding, som det meget tørre år 2018 affødte.



Figur 5.1. Den samlede vandindvinding, samt indvinding ved almene vandværker, erhvervsvanding inkl. markvanding, virksomheder med egen indvinding og overfladevand i Danmark i 1989-2018 (Thorling et al. 2019).

5.2 Nitrat i grundvand

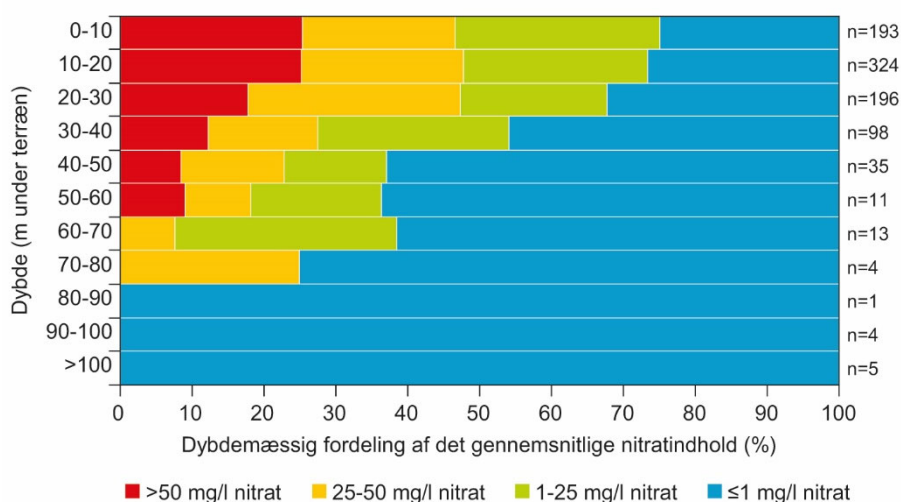
Nitrat i grundvand i høje koncentrationer er uønsket, når vandet anvendes til drikkevand, da høje nitratkoncentrationer kan være sundhedsskadelige.

Nitrat, som via grundvand kommer ud i vandløb og søer, kan i sidste ende resultere i problemer med at opfylde målsætningerne i ferskvand eller marine områder. Ligeledes kan høje koncentrationer i grundvand, som er grundlag for grundvandsafhængige naturtyper som kildevæld eller rigkær, betyde, at tilstanden i sådanne naturområder påvirkes negativt.

I forbindelse med NOVANA måles grundvandets indhold af nitrat i grundvandsovervågningsprogrammet (GRUMO) og i landovervågningsprogrammet (LOOP). Nitratindholdet var i 2018 højere end kravværdien på 50 mg/l i 20,6% af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Andelen af indtag med nitratindhold over kravværdien var i 2018 højere end i 2017, hvilket kan forklares ved, at der i 2018 i højere grad er udtaget prøver fra indtag, hvor der tidligere er påvist risiko for nitratpåvirkning, den såkaldte operationelle overvågning, der gennemføres årligt, så udviklingen i nitratindholdet kan følges. Det betyder også, at alle indtag ikke er prøvetaget i 2018, som det var tilfældet i 2017.

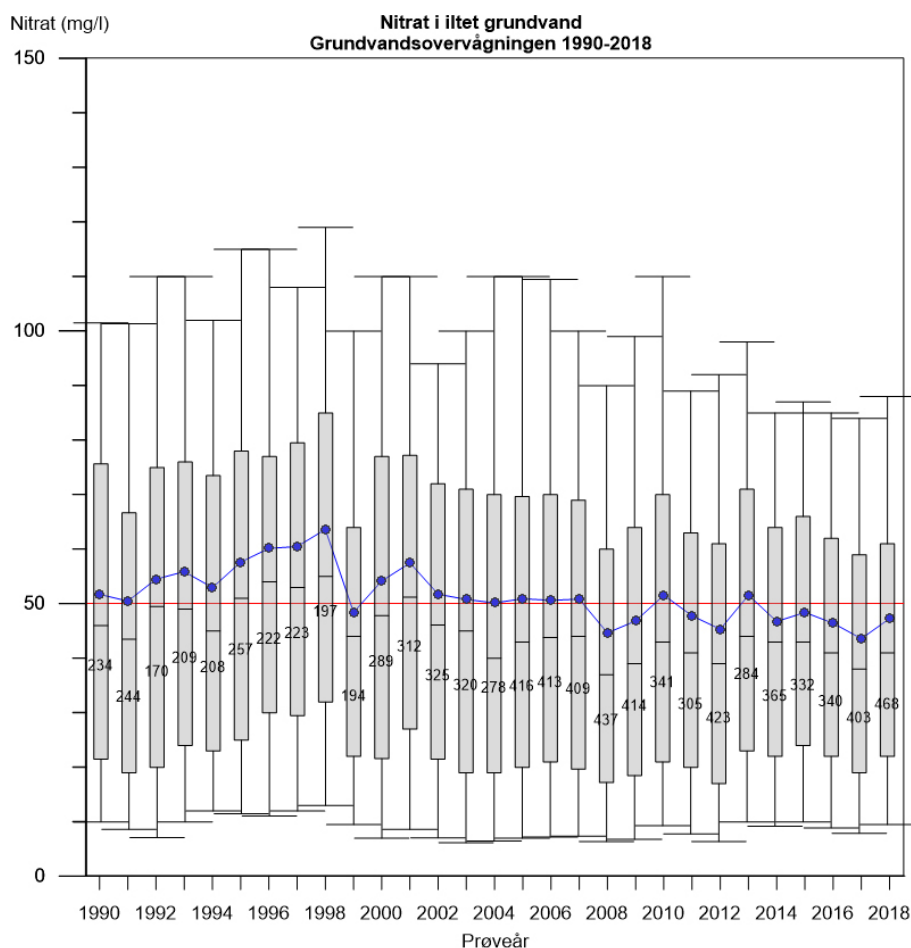
Figur 5.2 viser, at nitratkoncentrationer over kravværdien hovedsageligt optræder i de øverste 60 m. Generelt er der lavere koncentrationer af nitrat i vandværksboringerne end i grundvandsovervågningen. Dette kan forklares ved, at vandværkerne forsøger at undgå indvinding fra en del af grundvandet, hvor nitratindholdet overskrider kravværdien på 50 mg/l.

Figur 5.2. Dybdemæssig fordeling af det gennemsnitlige nitratindhold i 2018 i forhold til top af indtag i m u.t. i 884 indtag i grundvandsovervågningen. Nitratindholdet er opdelt i fire koncentrationsklasser. Antal indtag i hvert dybdeinterval er anført til højre for figuren (Thorling et al. 2019).



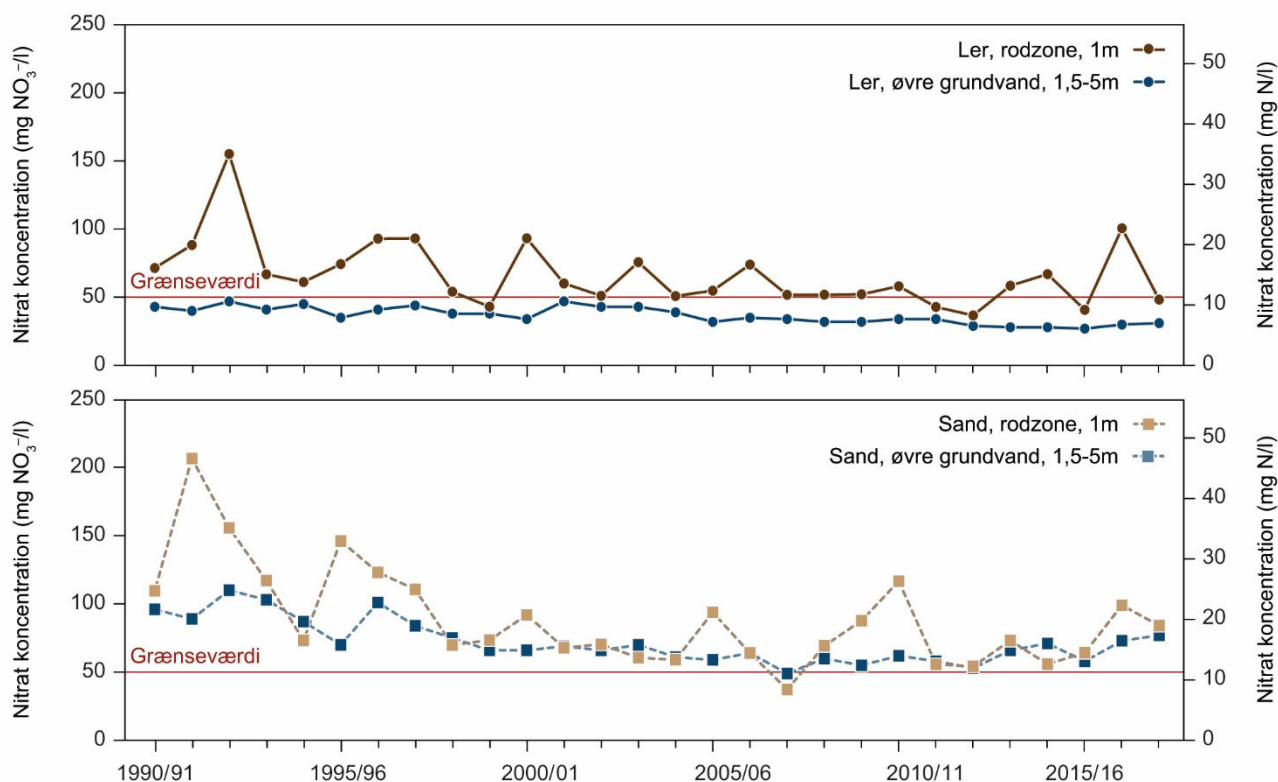
Effekten på grundvandets nitratindhold af de kvælstofreguleringer, som er sket gennem nationale handlingsplaner siden 1985, afspejler sig i det iltholdige grundvand. De seneste ca. 11 prøvetagningsår har nitratindholdet i iltholdigt grundvand i gennemsnit varieret omkring kravværdien på 50 mg/l, dog med flest årlige middelværdier under kravværdien og med en tendens til færre indtag med meget høje koncentrationer (figur 5.3). I 2018 var den målte gennemsnitsværdi i det iltholdige grundvand på 47 mg/l.

Figur 5.3. Udviklingen i det iltholdige grundvands nitratindhold i grundvandsovervågningen vist for hvert prøvetagningsår i perioden 1990-2018. Beregnet på baggrund af det gennemsnitlige nitratindhold per indtag per år. Antal af indtag er angivet for hvert år (Thorling et al. 2019).



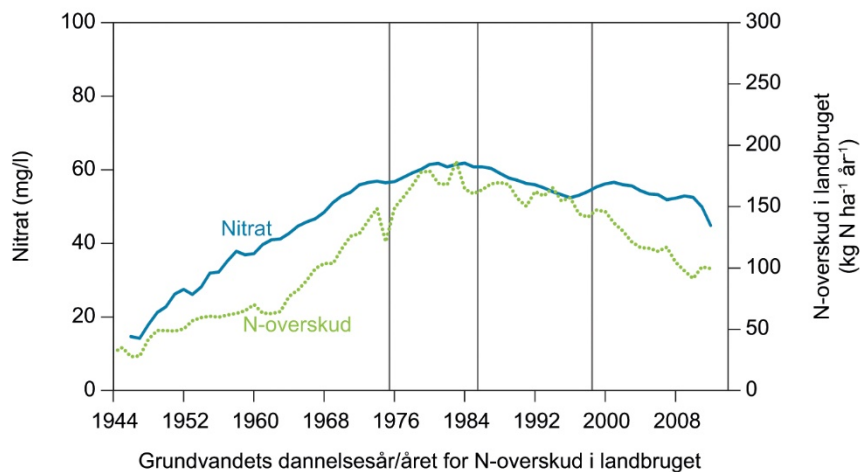
Udviklingen i nitratkoncentrationen i rodzonen og det højtliggende iltede grundvand på ler- og sandjord undersøges i de fem små oplande i LOOP. Her er der fundet faldende nitratkoncentrationer med de største fald i koncentrationen i den første del af overvågningsperioden fra 1990 til omkring år 2000 på sandjorde og omkring år 2006 på lerjorde (figur 5.4). I 2018 var nitratindholdet højere end kravværdien i det iltholdige øvre grundvand i LOOP på sand- og lerjorde i henholdsvis ca. 65 % og ca. 17 % af indtagene.

Figurerne og vurderingerne oven for er baseret på måling af nitratindholdet i grundvandet i de år, hvor prøverne er udtaget. Det er muligt at bestemme grundvandets alder, det vil sige bestemme, hvornår grundvandet er dannet. Kendskab til grundvandets alder gør det muligt at bestemme, hvad nitratindholdet var i grundvandet på det tidspunkt, hvor det blev dannet. En potentiel kilde til grundvandets nitratindhold er overskud af kvælstof fra landbrugsproduktion. Der er fundet statistisk signifikant sammenhæng mellem nitratindholdet i iltet grundvand i et dannelsesår og kvælstofoverskuddet (N-overskud) i dansk landbrug samme år i perioden fra 1960 til 2012 (figur 5.5).



Figur 5.4. Udviklingen i målte nitratkoncentrationer i perioden 1990/91 til 2017/18 i rodzonevand og det øvre grundvand i tre lerjords- og to sandjordsoplande (LOOP). Grænseværdien angiver EU's krav til maksimal nitratkoncentration i grundvand (Blicher-Mathiesen et al. 2019).

Figur 5.5. Gennemsnitligt nitratindhold som 5-års glidende gennemsnit af i iltet grundvand i forhold til året for grundvandets dannelse og overskud af kvælstof fra landbrugsproduktionen, dvs. den faktuelle nationale kvælstofbalance beregnet for hvert år (Hansen et al. 2017).



5.3 Pesticider i grundvand

Pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider, der findes i grundvand, kan stamme fra brug af pesticider ved jordbrug og skovbrug, i haver og anlæg, samt på befæstede arealer og ved infrastrukturanlæg. Nogle pesticider anvendes også, eller har været anvendt som biocider i f.eks. maling og træbeskyttelsesmidler.

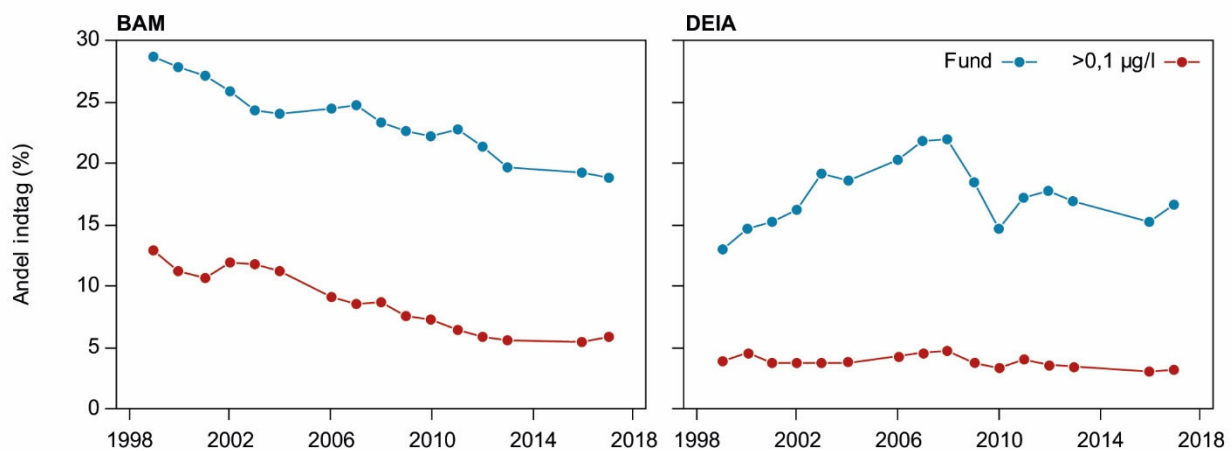
Et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter fra pesticider blev i 2018 fundet i 62,8 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Kravværdien på 0,1 µg/l var overskredet i 26,4 % af indtagene. Andelen af indtag

med fund af pesticider eller nedbrydningsprodukter var højere i 2018 end i de foregående år.

Grundvandsovervågningen omfattede i 2018 i alt 38 pesticider eller nedbrydningsprodukter af pesticider. Heriblandt var der nogle stoffer, som der i 2016 og 2017 ikke var undersøgt for eller kun undersøgt for i få indtag. Disse stoffer blev i 2018 fundet med stor hyppighed, og bidrog dermed til den øgede fundhyppighed. Samtidig er der i 2018 fortrinsvis udtaget prøver fra indtag, hvor der tidligere er fundet pesticider, den såkaldte operationelle overvågning. Det betyder, at fundhyppigheden ikke nødvendigvis er repræsentativ for grundvandet generelt. De nye stoffer er nedbrydningsprodukterne desphenylchloridazon (DPC), methyldesphenylchloridazon (MDPC), 1,2,4-triazol og N,N-dimethylsulfamid (DMS).

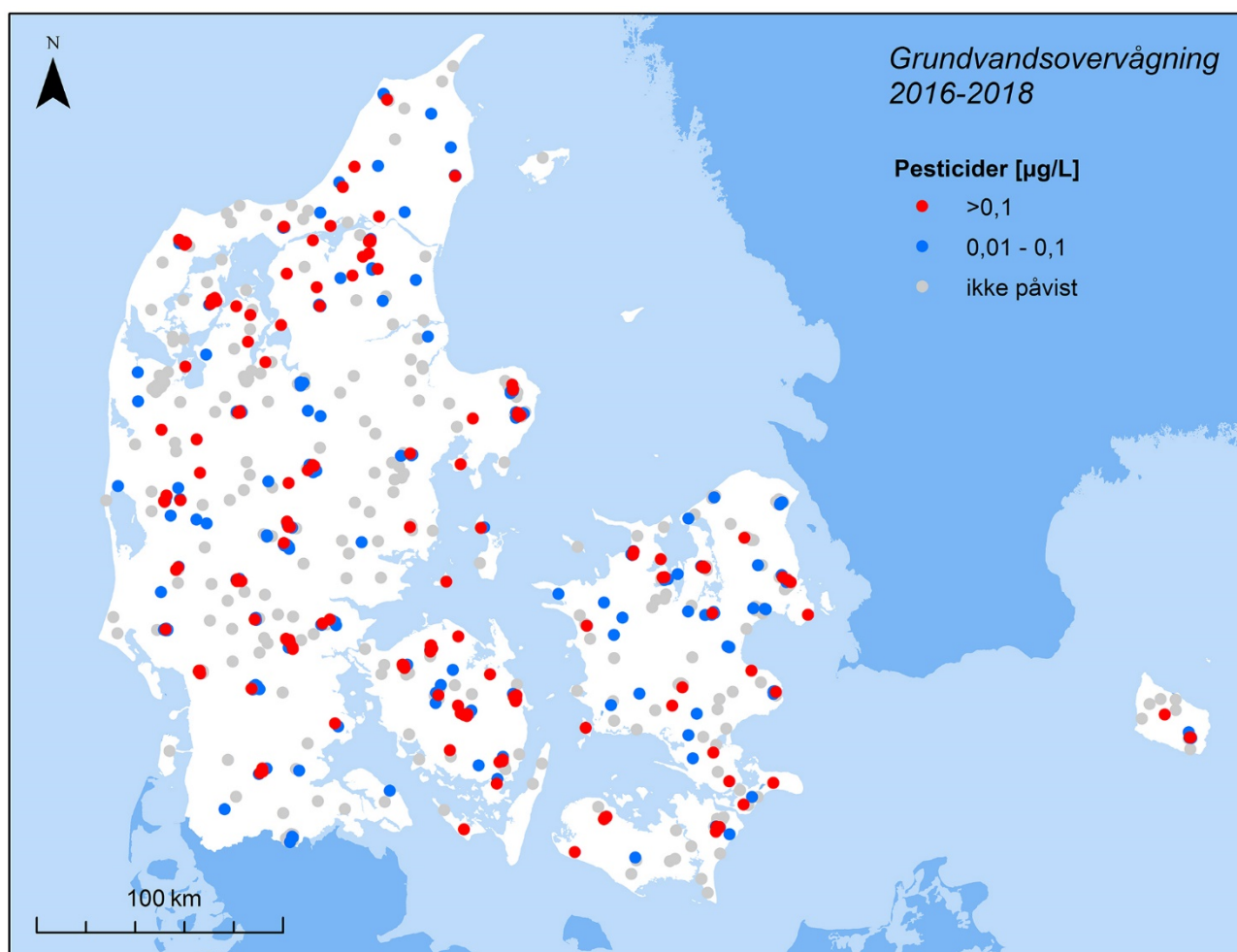
Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider samt selve stationsnettets udformning er blevet revideret flere gange siden starten af pesticidovervågningen i slutningen af 1990'erne. Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter i de forskellige perioder af overvågningen er uddybet i Thorling et al. (2019).

Nogle pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider har været undersøgt i den samme faste gruppe af indtag siden 1998 (i alt 329 indtag). For nogle af disse stoffer ses der en faldende tendens i andelen af indtag med fund inden for den faste gruppe af indtag, heriblandt BAM, som er nedbrydningsprodukt af bl.a. det nu forbudte dichlobenil (figur 5.6). For andre stoffer ses der ikke samme tydelige tendens. Heriblandt er DEIA, som er nedbrydningsprodukt af atrazin.



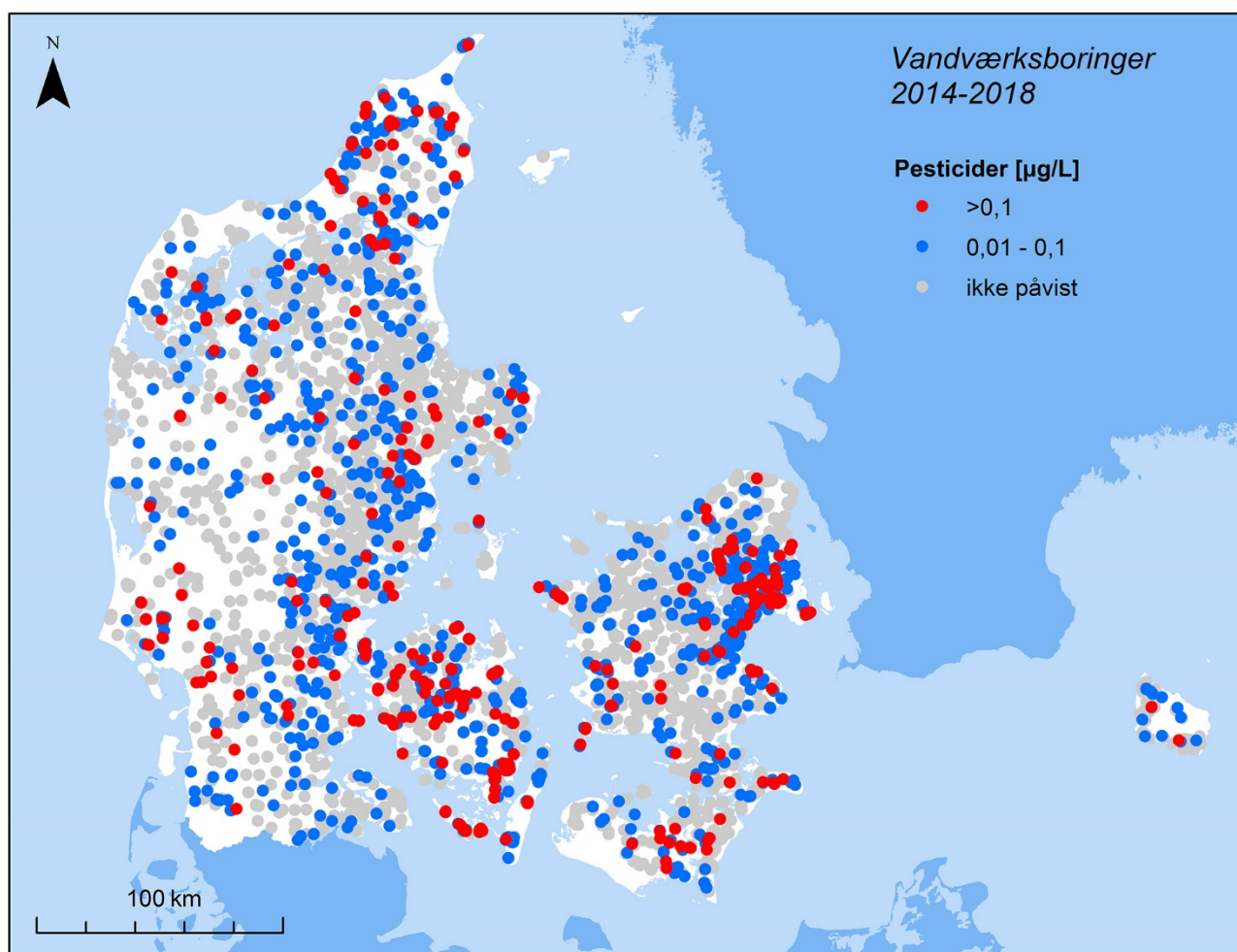
Figur 5.6 Tidslig udvikling i fund af BAM og DEIA i "den faste kerne" af indtag i grundvandsovervågningen. Hvert år repræsenterer opgørelser af andelen af indtag, hvor pesticidet er påvist mindst én gang inden for en treårs periode (forudgående, aktuelle og efterfølgende år) (Thorling et al, 2019).

I vandværkernes indvindingsboringer blev der i 2018 fundet pesticider i 40,8 % af de undersøgte borer (11,1 % af borerne over kravværdien). Begge andele er højere end de foregående år. Det skyldes, at der i 2018 blev fundet nedbrydningsprodukter af chloridazon (DPC og MDPC) og tolylfluanid / dichlofluanid (DMS) i en stor del af de undersøgte borer. Andelen af vandværkernes indvindingsboringer, hvor der er fundet pesticider, var i perioden 2014-2017 mellem 25 og 29 %.



Figur 5.7. Pesticider og nedbrydningsprodukter i GRUMO-indtag prøvetaget i perioden 2015-2018 (1084 indtag) inklusiv screeningstoffer. Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst et pesticid er påvist mindst én gang over kravværdien ($>0,1 \mu\text{g/l}$), mindst ét pesticid er påvist mindst én gang under kravværdien ($0,01-0,1 \mu\text{g/l}$), eller pesticider ikke er påvist (Thorling et al. 2019).

Den geografiske fordeling af forekomsten af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsovervågningen i perioden 2016-2018 viser, at stofferne forekommer over og under kravværdien i hele landet (figur 5.7). En tilsvarende fordeling af forekomsten i vandværkernes indvindingsboringer har i perioden 2014-2018 været med hyppigere forekomst i det nordligste Jylland, i et bælte tværs over det sydvestlige Danmark, samt i hovedstadsområdet end i den øvrige del af landet (figur 5.8).



Figur 5.8. Pesticider og nedbrydningsprodukter i vandværkernes indvindingsboringer i perioden 2014-2018 (6.342 aktive boringer). Resultaterne er opdelt i tre koncentrationsintervaller, hvor mindst et pesticid er påvist mindst én gang over kravværdien ($>0,1 \mu\text{g/l}$), mindst ét pesticid er påvist mindst én gang under kravværdien ($0,01-0,1 \mu\text{g/l}$), eller pesticider ikke er påvist.

6 Vandløb

De vigtigste natur- og miljøproblemer i danske vandløb er, at kvaliteten af levestederne for planter og dyr er forringet som en følge af vandløbsreguleringer, spærringer og intensiv vandløbsvedligeholdelse, og at vandløb forurenes af kemiske stoffer fra både urbane og landbrugsrelaterede kilder. Herudover mindsker vandindvinding i oplandet vandføringen til kritiske niveauer i nogle vandløb, især omkring de store byer, og i områder med jernholdige lavbundsarealer fører dræning til forurening med okker. For planterne (de højere planter og bundlevende alger) kan indhold af næringsstoffer, især fosfor også spille en rolle for forekomsten.

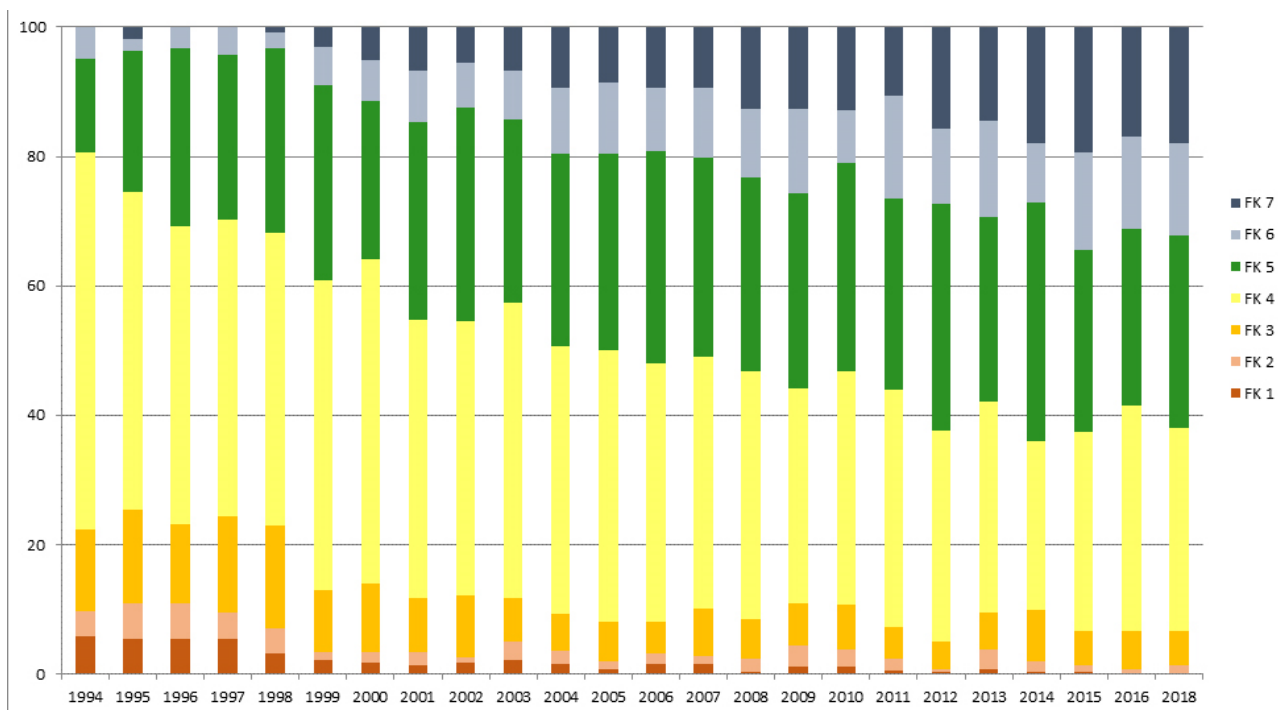
Forurening med urensset spildevand er i vidt omfang afhjulpnet ved biologisk spildevandsrensning, og virkningen af denne indsats har vist sig relativt hurtigt i vandløbene. Dog opstår der stadig kritiske niveauer af forurening med organisk stof i danske vandløb. De resterende stresspåvirkninger (fysisk forringelse af vandløbsmiljøet og de vandløbsnære arealer samt kemisk forurening) må forventes at have en længere tidshorisont mhp. forbedringer af vandløbenes økologiske tilstand.

6.1 Biologisk kvalitet

Den biologiske kvalitet af vandløb måles på en række forskellige organismer – smådyrene (som har været målt i mange år), planterne (pt kun de højere planter som fx vandranunkel eller vandaksarter) og fisk.

Det er kun forekomsten af smådyr, der har været målt årligt over en længere årrække i NOVANA. Vandløbene opdeles i faunaklasser i forhold til hvilke smådyr (fauna), der findes i vandløbene, idet sammensætningen af smådyrsarterne bruges som indikator for kvaliteten. Denne indikator bruges til at beskrive udviklingen (figur 6.1). Overordnet er målet opfyldt for faunaen hvis faunaklassen ≥ 5 .

Der er en meget klar positiv udvikling i tilstanden i de vandløb, som indgår i denne del af NOVANA programmet. Andelen af stationer med faunaklasse ≥ 5 er steget fra ca. 20 % i 1994 til godt 60 % i 2018. Specielt er andelen af stationer med den højeste faunaklasse (6-7) øget markant i perioden. Udviklingen synes dog at være stagneret de sidste 5-7 år. Den positive udvikling i smådyrsamfundet skyldes primært en forbedret spildevandsrensning.



Figur 6.1 Udvikling i faunaklassen (Dansk Vandløbs Fauna Indeks) ved 91-247 stationer undersøgt på standardiseret vis igennem perioden 1994-2018 (Thodsen et al. 2019).

7 Søer

Det væsentligste miljøproblem i danske søer er, at algemængden i vandet, bestemt ved bl.a. klorofyl *a*-koncentrationen, er meget stor, især som følge af tilførsel af fosfor (og kvælstof i nogle søer) fra spildevand og landbrug. Store algemængder gør vandet uklart, mindsker forekomst af bundplanter, giver iltp problemer ved bunden og ændrer derved hele søens plante- og dyreliv.

Fosforfjernelse på renseanlæg og afskæring af byernes spildevand fra søernes opland har afgørende mindsket tilførslen af fosfor fra spildevand. Det har mindsket forureningen i mange søer, men forbedringerne i søerne er begrænsede af, at der stadig sker en betydelig tilførsel af fosfor fra dyrkede arealer, med spildevand fra spredt bebyggelse og regnbetingede udløb fra byer. Desuden sker forbedringer i tidligere belastede søer generelt meget langsomt, fordi der fra søbunden sker en frigivelse af ophobet fosfor, der stammer fra tidligere tiders tilførsel, herunder spildevandsudledninger.

7.1 Udvikling i miljøkvalitet

Resultaterne af kontrolovervågningen af udviklingen i søerne (såkaldte KU-søer), der har været overvåget siden 1989 viser, at der siden 1989 er sket en forbedring i miljøtilstanden, primært som følge af en reduktion i næringsstofftilførslen, hvor især fosfortilførslen har betydning for tilstanden i søerne. Omfanget af reduktionen er meget forskellig fra sø til sø afhængig af hvilke kilder, det har været muligt at mindske. Også kvælstoftilførsel og kvælstofindhold i søerne er mindsket som følge af mindsket nitratudvaskning. Generelt er der sket et fald i næringsstof- og klorofyl *a* koncentrationerne i søerne, og sigtddybden er steget (tabel 7.1 og figur 7.1). De største forbedringer er sket i begyndelsen af overvågningsperioden, hvorefter udviklingen over de seneste 10 år i langt de fleste søer er stagneret.

Tabel 7.1. Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre (sommergenomsnit) i miljøtilstanden i 15 af de søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling (KU-søer), der er undersøgt siden 1989 for hele overvågningsperioden (1989-2013) og de seneste 10 år (2008-2018) (Johansson et al. 2019).

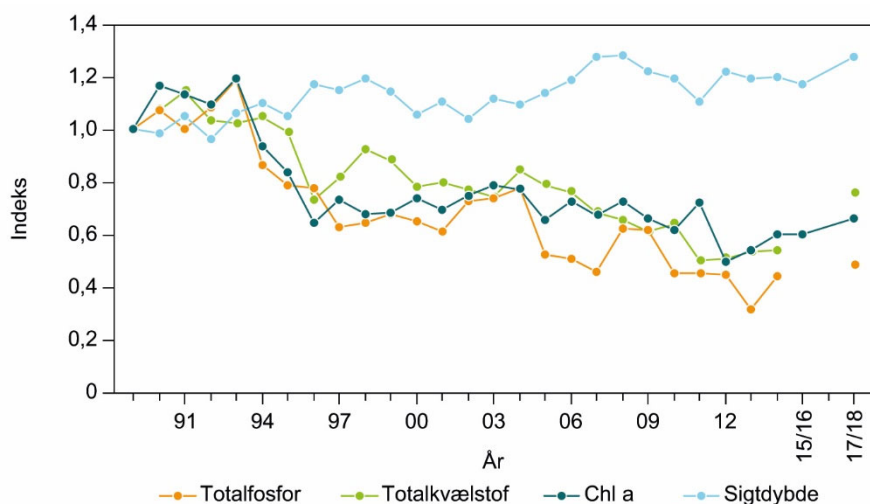
Parameter	1989-2018			2008-2018		
	Forbedret	Forværret	Uændret	Forbedret	Forværret	Uændret
Totalfosfor koncentration	12	0	3	2	0	13
Totalkvælstof koncentration	13	0	2	0	3	12
Klorofyl <i>a</i> -koncentration	6	2	7	2	1	12
Sigtddybde	8	1	6	1	0	14

7.2 Fosfor i søer – status og udvikling

7.2.1 Fosfortilførsel til søer

Fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, er reduceret betragteligt i løbet af overvågningsperioden, idet den vandføringsvægtede koncentration i gennemsnit var omkring 0,17 mg P/l i perioden 1990-1994, mens den i 2018 var 0,084 mg P/l. Den gennemsnitlige koncentration har ikke ændret sig markant de seneste godt og vel 10 år, men er dog fortsat faldet svagt. Tilførsel af fosfor fra atmosfæren spiller ikke nogen nævneværdig rolle.

Figur 7.1. Udviklingen i koncentrationen (gennemsnit for søerne, baseret på sommergennemsnit i den enkelte sø) af totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtdybde i de 15 søer, der indgår i kontrolovervågning af udvikling, og som har været fulgt siden 1989. Udviklingen er vist som et indeks, hvor koncentrationen i 1989 for alle fire parametre er sat til 1 (Johansson et al. 2019).



7.2.2 Fosforindhold i søvandet

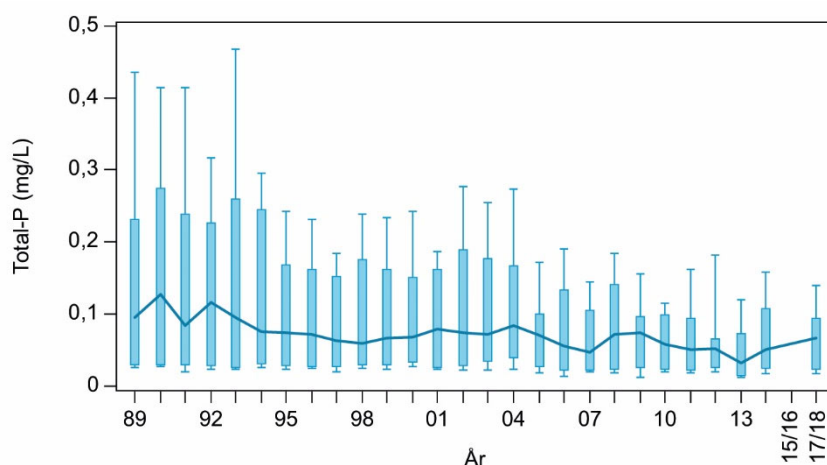
Der er generelt højt fosforindhold i søerne overalt i Danmark. I de mindst forurenede søer vil fosforindholdet normalt være lavere end 0,025 mg/l, og kun nogle få søer i Jylland har et fosforniveau under dette.

Fosfortilførslerne er især mindsket i 1980'erne og 1990'erne som følge af spildevandsrensning, afskæring af spildevand og væsentlig reduktion i landbrugets udledninger.

Fosforindholdet i KU-søer er mindsket, fortrinsvis i de søer, der tidligere modtog store spildevandsbidrag (figur 7.2). I 12 af de 15 KU-søer har der været et signifikant fald i fosforkoncentrationen i sommerperioden (tabel 7.1), mest markant for de søer, der i starten af perioden var mest belastede.

Sommermedianen af totalfosforkoncentrationen lå i perioden 1989-1993 på ca. 0,1 mg/l og er således reduceret med ca. 40 % i forhold til 2017/18, hvor den var ca. 0,07 mg/l (fig. 7.2).

Figur 7.2. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af totalfosfor (total-P) (mg P/l) i 15 af de søer i kontrolovervågningen af udvikling, der har været undersøgt siden 1989. Søjerne viser 10,25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra 2017 og 2018 er slået sammen. Resultater fra 2015-2016 er ikke afbildet, da analyserne fra 2016 var fejlbehæftede (Johansson et al. 2019).



7.3 Kvælstof i søer – status og udvikling

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof, der har betydning for algemængden i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest er den begrænsende faktor. I søerne foregår der en denitrifikation, som mindsker den mængde kvælstof, der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstofkoncentrationerne bidrager med viden om denitrifikationskapaciteten og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

7.3.1 Kvælstoftilførsel til søer

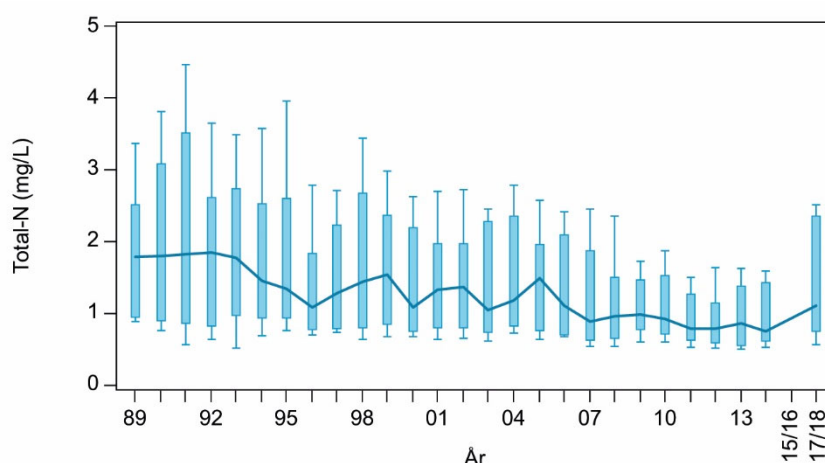
Kvælstoftilførslen til de fleste søer domineres af dyrkningsbidraget fra søoplandet. Enkelte søer tilføres også betydende mængder fra luften. Det stammer hovedsageligt fra forbrændingsprocesser og fra ammoniakfordampning fra landbrug (se kapitel 1). Kvælstofkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, er reduceret fra 6,6 mg/l i 1990-94 til ca. 4,0 mg/l i 2018. Kvælstoftilførslen var i 2018 en smule højere end i perioden 2015-2017.

For kvælstof vil der sammenlignet med fosfor ske hurtigere ændringer i indholdet i søvandet, når tilførslerne ændres, fordi mudderbunden ikke i samme omfang som for fosfor har et stort indhold af kvælstof, som kan udveksles med vandfasen.

7.3.2 Kvælstofindhold i søvandet

Siden 1989 er der sket en halvering i indholdet af totalkvælstof i KU-søerne, såvel på års- som på sommerniveau. Sommermedianen af totalkvælstof lå i perioden 1989-1993 på omkring 1,8 mg/l. Frem til 1996 skete der et konstant fald i koncentrationen til 1,1 mg/l. I de følgende 10 år varierede totalkvælstofkoncentrationerne mellem 1 og 1,5 mg/l, mens de fra 2007-2014 konstant har ligget under 1 mg/l (figur 7.3). I perioden 2017-2018 er medianen af totalkvælstofkoncentrationen steget til 1,1 mg/l, hvilket svarer til en stigning på 0,36 mg/l siden 2014.

Figur 7.3. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af totalkvælstof (total-N) (mg N/l) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra 2017 og 2018 er slået sammen. Resultater fra 2015-2016 er ikke afbildet, da analyserne fra 2016 var fejlbehæftede. (Johansson et al. 2019).



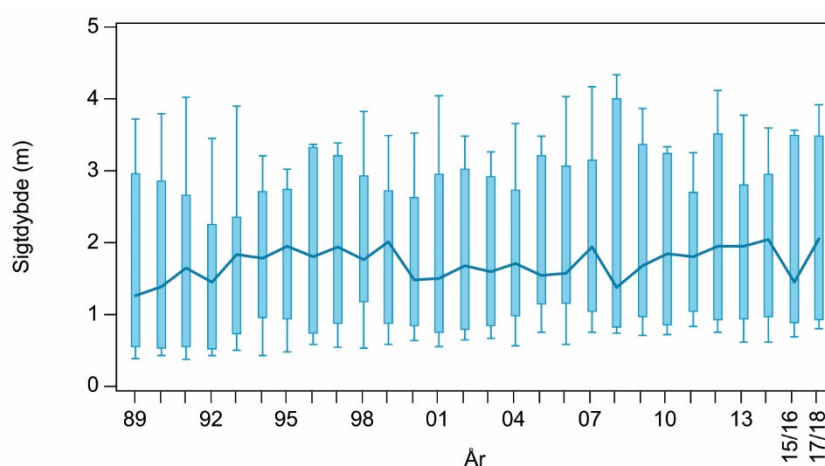
7.4 Klorofyl og sigtddybde

Øgede mængder af alger i vandet i søerne er den primære konsekvens af øgede næringssalttilførsler. Som et mål for mængden af alger bestemmes indholdet af klorofyl *a* (det grønne farvestof, der muliggør fotosyntese i planter). Sigtddybden, er et udtryk for vandets klarhed, og er ofte et godt mål for algemængden og dermed for vandkvaliteten, idet en høj sigtddybe indikerer få alger og vice versa. Desuden er sigtddybden - og dermed lysets evne til at trænge ned på søbunden - afgørende for, hvor dybt undervandsplanter er i stand til at vokse.

7.4.1 Udvikling i søernes sigtddybde

Medianen for sigtddybden var sommeren 2018 ca. 2,1 m i KU-søerne. Sigtddybden i de 15 KU-søer har overordnet vist en stigende tendens siden 1989 (figur 7.4). De største ændringer skete indtil midten af 1990'erne, hvor medianværdien blev øget fra omkring 1,3 m til 1,9 m (sommerværdier). Siden da har medianværdien varieret en del fra år til år, uden at der har været nogen klar udviklingstendens. I den sidste 10 års periode har medianværdien svinget mellem 1,4 og 2,1 m.

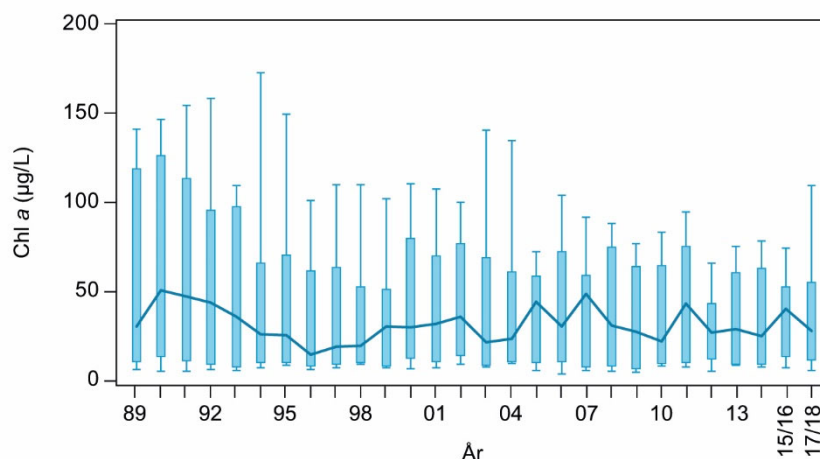
Figur 7.4. Udviklingen i sigtddybde i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 %-fraktiler. Linjen viser medianværdien. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra perioderne 2015-2016 og 2017-2018 er slået sammen (Johansson et al. 2019).



7.4.2 Udvikling i søernes algemængde

Siden 1989 er indholdet af klorofyl *a* mindsket i de mest forurenede søer, mens medianværdien af målingerne i de 15 søer, der har været undersøgt siden 1989, udviser store år-til-år variationer og ikke nogen generel tendens (figur 7.5). Dog sås der et konstant fald fra 1990 til 1996 fra 51 til 15 µg/l, hvorefter der var en stigende tendens. I 2017-2018 var den sommergennemsnitlige medianværdi på 28 µg/l. I 6 ud af de 15 søer har der været en signifikant reduktion i sommermiddelkoncentrationerne, mens den er uændret for 6 søer, og øget for 3 søer (tabel 7.1). Indholdet af klorofyl *a* (som mål for planteplankton) er styret af flere forskellige parametre, herunder primært næringsstofniveauet og dyreplanktonets græsningskapacitet, der igen er påvirket af fiskesammen-sætningen og tætheden.

Figur 7.5. Udviklingen i sommergennemsnit for sø-koncentrationen af klorofyl *a* ($\mu\text{g/l}$) i de 15 søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25,75 og 90 %-fraktiler. Linjen forbinder medianværdierne. Fra og med 2015 er hver sø undersøgt hvert andet år, hvorfor resultaterne fra perioderne 2015-2016 og 2017-2018 er slået sammen (Johansson et al. 2019).



7.5 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiskesammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af f.eks. øget algemængde / klorofylindhold og dermed reduceret sigtddybde. Derfor er undervandsvegetationen en god indikator for vandkvaliteten. Undervandsvegetationen vurderes bl.a. ud fra hvor dybt nede i søen, planterne kan vokse (dybdegrænsen) og hvor stort et areal de dækker (dækningsgraden). I 10 af de nuværende 18 KU-søer er undervandsvegetationen undersøgt siden 1993/94. Der er betydelige variationer fra år til år i planternes dækningsgrad og planternes dybdegrænse (figur 7.6). I 16 af de 18 KU-søer, er der tilstrækkeligt med data til at teste udviklingen i hver enkelt sø (mindst syv års data). Udviklingen i disse søer viser, at der i perioden 1993-2018 er sket en signifikant fremgang i det plantedækkede areal i 9 søer og en tilbagegang i 2 søer. Hvis der alene ses på udviklingen siden 2003, er der færre søer, hvor der har været signifikante ændringer, men i de tilfælde, hvor der er, har dette været i retning af større udbredelse.

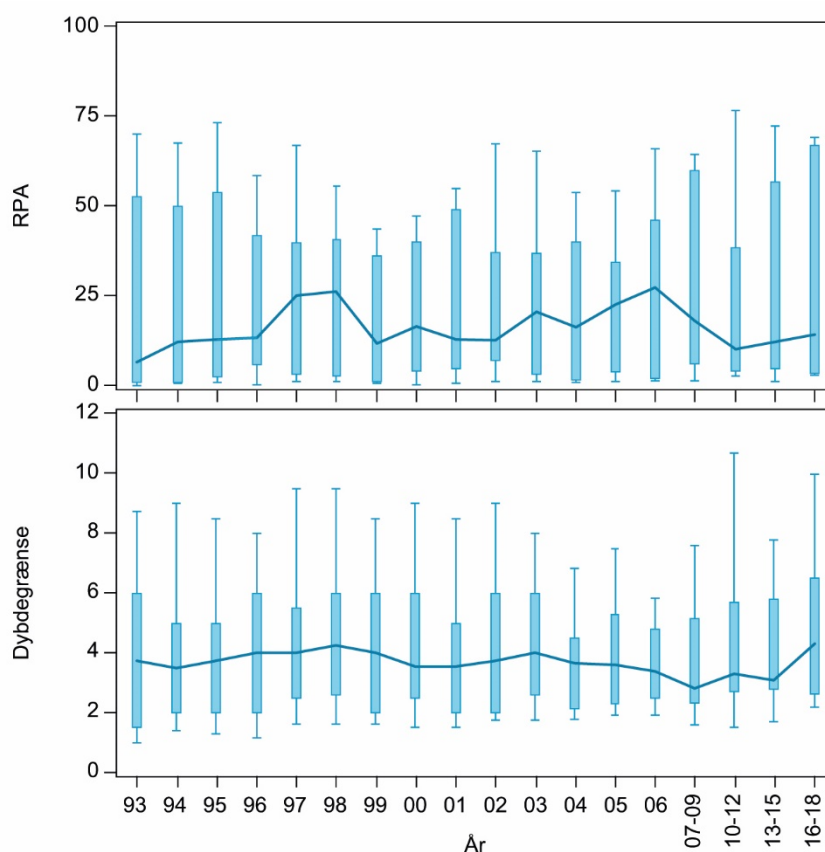
7.6 Bunddyr

Bunddyr er en naturlig del af søers økosystem. De omsætter organisk stof, der produceres af søens alger og vandplanter, eller som tilføres fra søens omgivelser (som fx blade fra træer). Derudover er de et vigtigt fødeemner for fisk som fx aborre brasen og rudskalle. Bunddyrene er påvirket af en række miljøfaktorer herunder eutrofiering, der bl.a. påvirker mængden af føde, som er til rådighed, substratforholdene ved bunden samt iltforholdene ved bunden (Søndergaard et al. 2013). Søer der er påvirket af eutrofiering, vil således have en anden artsammensætning og forekomst af arter end de mindre påvirkede søer.

Littoralzonens bunddyr og deres biodiversitet er for første gang undersøgt i 16 KU-søer i 2017-2018. De 16 søer omfatter fire forskellige sø-typer, hvoraf bunddyrenes sammensætning især i de to brakvandssøer skilte sig ud fra de 14 ferskvandssøer. Blandt ferskvandssøerne var forskellen relativ lille. En art fimreorm (*Girardia tigrina*) blev for første gang officielt fundet i Danmark.

Figur. 7.6. Udviklingen i under- vandsplanternes dækningsgrad (RPA) og dybdegrænse i de ti søer, hvor der i perioden 1993-2006 er foretaget årlige planteundersøgelser.

I perioden 2007-2018 er søerne ikke undersøgt årligt, og derfor er perioderne 2007-2009, 2010-2012, 2013-2015 og 2016-2018 præsenteret ved ét punkt på grafen. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Johansson et al. 2019).



7.7 Fisk

Fiskeundersøgelserne i KU-søerne har været gennemført siden 1989. Analyserne peger på at, fiskebestanden er under ændring som følge af den generelt aftagende næringsstofftilførsel. Der er således en tendens til aftagende andel af karpefisk og en øget andel af rovfisk i en del af søerne, med de største ændringer i biomanipulerede søer samt de søer, som var mest næringsrige i starten af måleperioden.

Modsat forventningen fra de generelle relationer for danske søer, og det fiskeindeks, der bruges til at fastsætte den økologiske kvalitet på baggrund af fisk, er gennemsnitsvægten af fisk reduceret markant i mange af søerne. Dette kan muligvis tilskrives klimatiske ændringer, hvor bl.a. vinterdødeligheden af fiskeyngel kan reduceres og forholdet mellem fredfisk og rovfisk ændres i retning mod flere og mindre fredfisk (primært skalle og brasen). En øget mængde af små fisk vil kunne øge prædationen på dyreplankton, hvorved græsningstrykket på alger falder. Dermed vil sigtddybden i vandet reduceres, hvilket generelt medfører forringelse af forholdene for de øvrige organismer i søen. Klimatiske ændringer i form af temperaturstigninger kan derfor til dels modvirke effekterne af tiltagene over for næringsstofftilførslen.

8 Marine områder

Marine områder er i denne sammenhæng opdelt i hhv. kystvande (inkl. fjorde) og havområder (åbne indre farvande), da de to typer af farvande adskiller sig fra hinanden. I de kystnære områder er påvirkningen fra danske landområder den væsentligste, mens der er i de åbne farvande som Kattegat også er en påvirkning fra f.eks. andre havområder som Østersøen. Denne opdeling er vigtig, idet man må forvente, at en dansk indsats for at nedbringe udledninger fra f.eks. punktkilder eller landbrug vil slå tydeligst igennem i de vandområder (fjorde m.m.), som ligger tættest på de danske landområder.

Der er en række faktorer, som har indflydelse på tilstanden i de marine områder. Fysiske påvirkninger som fx fiskeri med bundtrawl eller oprensning af sejlrender kan påvirke de områder, hvor disse aktiviteter foregår. En anden faktor er miljøfarlige stoffer, som lokalt kan påvirke miljøtilstanden betydeligt.

Det er dog udledningen af næringsstoffer, som har størst betydning for tilstanden i de marine områder. Tilførslen af kvælstof har størst betydning, men tilførslen af fosfor (særlig om foråret) har også betydning for tilstanden især i de kystnære områder. Næringsstofferne er afgørende for produktionen af planteplankton, som videre påvirker en række parametre som f.eks. vandets klarhed, iltforbruget, udbredelse af fx ålegræs og makroalger m.v.

8.1 Status og udvikling i kemiske parametre

Der måles forskellige fysiske og kemiske parametre i overvågnings-programmet for de marine områder (Hansen og Høgslund, 2019).

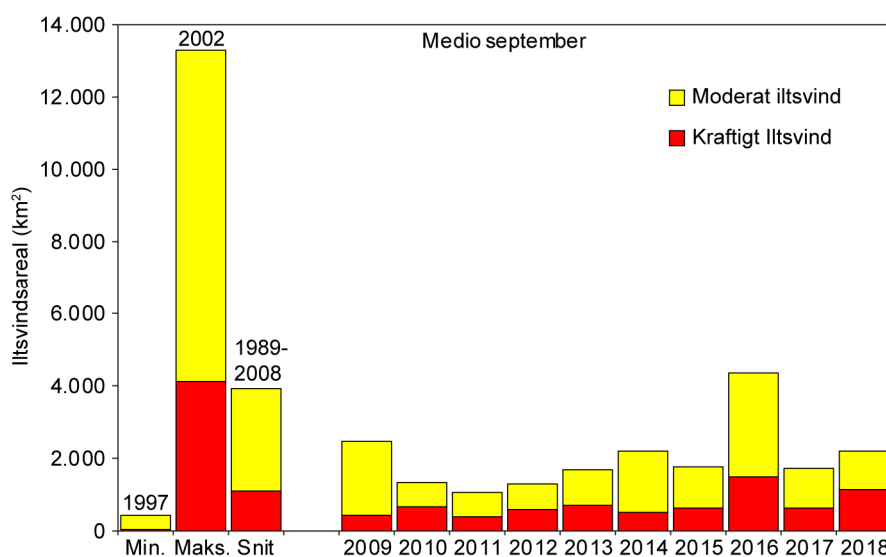
Udviklingen i næringsstofindholdet i marine områder er præsenteret i kapitel 1 og 2 (på grund af analysefejl vedr. totalkvælstof og totalfosfor for perioden 2010-2017 vises kun indholdet af opløste uorganiske næringsstoffer). Det fremgår tydeligt, at det er i fjorde og kystvande, at næringsstofindholdet målt som opløste uorganiske stoffer er faldet mest.

Iltforhold og herunder iltsvind er en anden meget væsentlig parameter for tilstand og udvikling i marine områder. Iltforhold måles i de fleste danske marine områder hele året men særligt intensivt sommer og efterår, og på den baggrund kan der gives et billede af sæson- og årsudviklingen i iltindholdet.

Iltsvindet var i 2018 kendetegnet ved at udvikle sig markant i en række områder i lighed med 2014-17. Den varme og solrige periode fra midt i april til midt august med rekord varm maj og sommer resulterede i høje vandtemperaturer (næsthøjeste for overfladen og tredje højeste for bundvandet for perioden 1965-2018). Det tidligste iltsvind opstod i slutningen af maj (indre Mariager Fjord) og starten af juni (Limfjorden). Iltsvindet var meget intenst i slutningen af juli og i starten af august, men en storm i august forbedrede forholdene markant i en del lavvande områder. I Limfjorden var der på et tidspunkt iltfrit flere steder og frigivelse af giftigt svovlbrinte fra bunden. Fra sidst i august til sidst i september blev der registreret iltfrie forhold ved bunden og der var frigivelse af svovlbrinte i yderligere en del områder. Langvarig kraftig vind sidst i september forbedrede iltforholdene markant og i midt oktober var der få områder med moderat iltsvind tilbage og midt i november var iltsvind ophørt.

I figur 6.1 er vist udviklingen i iltsvind i de indre danske farvande i perioden 2009-18 sammen med gennemsnittet for 1989-2008 samt det mindste (1997) og største iltsvind (2002), der er registreret i perioden.

Figur 8.1. Udviklingen i arealet af moderat iltsvind (2-4 mg/l) og kraftigt iltsvind (< 2 mg/l) i september i de indre danske farvande for perioden 2009-2018, gennemsnittet for perioden 1989-2008 samt den største og mindste registrerede arealudbredelse i overvågningsperioden 1989-2017 (Hansen og Høgslund (red) 2019).



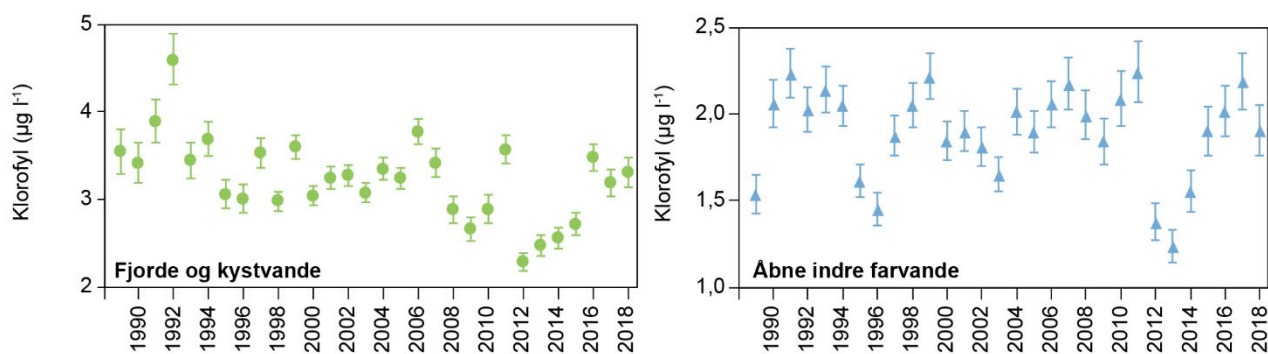
Udbredelsen af iltsvind i september har varieret noget de seneste ca. 10 år (figur 8.1) med forholdsvis udbredt iltsvind i 2009, lille udbredelse i årene 2010-12 og mellem udbredelse i årene 2013-2017 afbrudt af et forholdsvis udbredt iltsvind i 2016. Udbredelsen i 2018 var i september lidt større end i 2017 men på niveau med 2014, og ca. halvdelen af iltsvindsarealet var påvirket af kraftigt iltsvind. En meget væsentlig del af variationen i udbredelsen af iltsvind skyldes vejrsmæssige forhold (primært vind og temperatur). Tilførslen af næringsstoffer er dog en grundlæggende faktor for, at der kan udvikles udbredt iltsvind.

I fjorde og kystvande har iltindholdet i bundvandet varieret inden for et forholdsvis snævert interval siden 1980'erne. I 2018 var iltindholdet lidt højere end de forrige 4 år, og på niveau eller lidt højere end gennemsnittet for perioden siden starten af 1980'erne. I de mere åbne dele af de danske farvande har iltindholdet varieret en del og overordnet været faldende siden 1960'erne. I 2018 var iltkoncentrationen betydeligt højere end i 2017 og på det højeste niveau siden 1997 og næsthøjeste niveau siden starten af 1980'erne.

8.2 Udviklingen i biologiske parametre

8.2.1 Planteplankton

Mængden af planteplankton (encellede alger) er i sig selv en indikator for miljøtilstanden, men også vigtig for en række andre parametre. Mængden af planteplankton måles på flere måder i overvågningsprogrammet. En af de metoder, der har været anvendt igennem rigtig mange år, er måling af mængden af klorofyl *a* – det grønne fotopigment i algerne, som producerer organisk stof ved fotosyntese. Målinger af klorofyl *a* (vist i figur 8.2) siger noget om mængden af alger, men ikke noget om artssammensætningen af algerne.



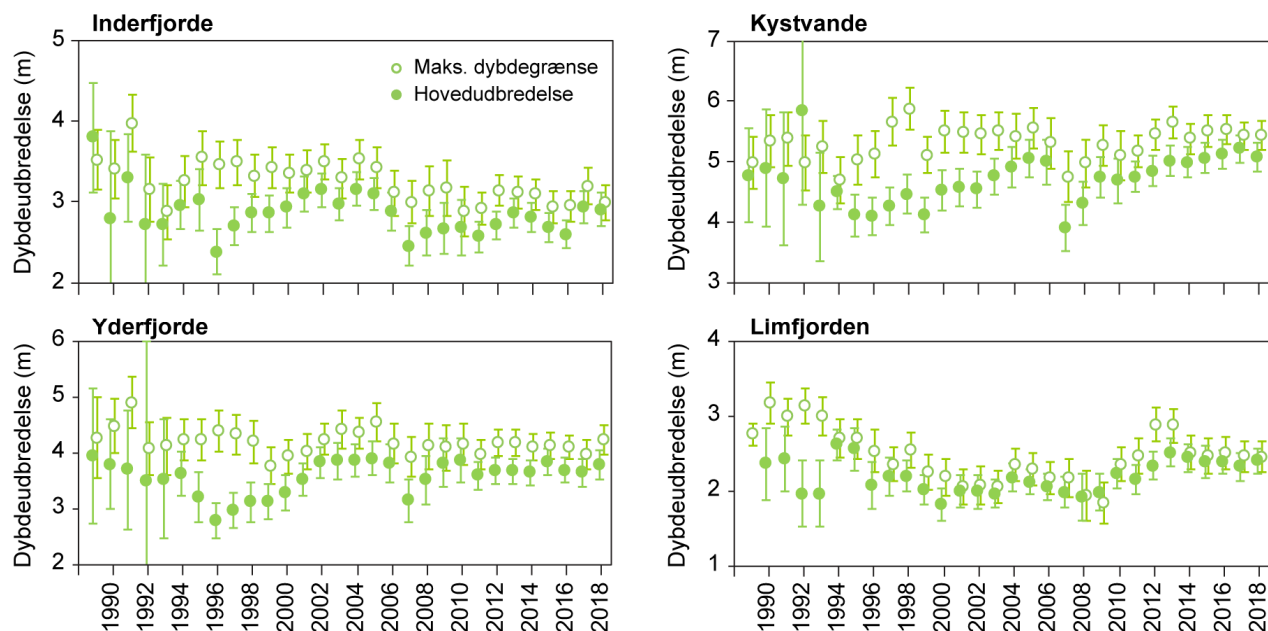
Figur 8.2. Koncentration af alger/planteplankton målt som klorofyl *a* i perioden 1989-2018 (Hansen & Høgslund (red.), 2019).

Årsmidlen for koncentrationen af klorofyl *a* i 2018 i fjorde og kystvande var lidt højere end i 2017, men lavere end i 2016. Samlet er klorofylkoncentrationen dog steget med 45 % siden 2012 og er nu på samme niveau som i 1990'erne og i 2000'erne. I de åbne indre farvande var klorofylkoncentrationen i 2018 noget lavere end i 2017 (1,90 mod 2,28 µg/l). Dermed er den konstant stigende tendens siden 2013 afbrudt.

8.3 Større planter

Med større planter menes både blomsterplanter (ålegræs) og store alger (makroalger/”tang”). Begge plantetyper udbredelsen er et godt udtryk for vandets klarhed – som igen er afhængig af bl.a. mængden af planteplankton og dermed af næringsstofmængden.

I figur 8.3 er vist udviklingen i ålegræssets dybdeudbredelse fordelt på forskellige farvandstyper.



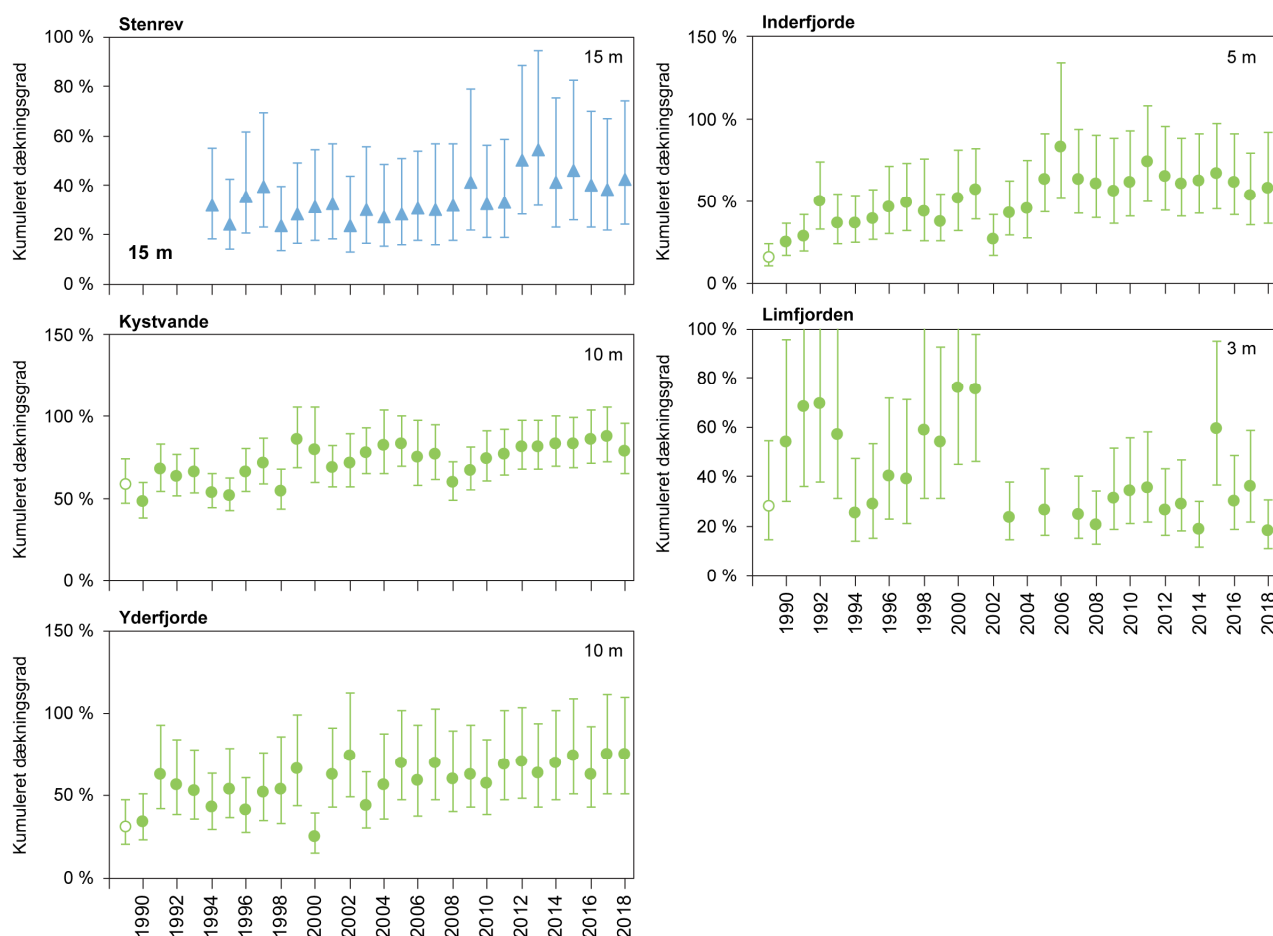
Figur 8.3. Dybdegrænsen for ålegræssets maksimale udbredelse (○) og hovedudbredelse (●) i perioden 1989-2018 for kystvande, yder- og inderfjorde samt Limfjorden (middel ± 95 % konfidensgrænser) (Hansen & Høgslund (red.) 2019).

Over de seneste 10 år (2009-2018) viser ålegræssets maksimale dybdegrænse ingen signifikant udvikling i nogen af farvandstyperne. Udviklingen var

generelt positiv i kystvande og Limfjorden frem til 2013, men er siden afløst af en stagnation/reduktion. Specielt i Limfjorden var den maksimale dybdegrænse markant lavere i 2014-2018 sammenlignet med 2012-2013. Ålegræssets hovedudbredelse er blevet signifikant dybere gennem de seneste 10 år i kystvande (11 %) og i Limfjorden (15 %), selvom niveauet i Limfjorden er reduceret siden 2013, mens der ikke har været nogen signifikant udvikling i inder- og yderfjorde. Lokalt kan der dog være store forskelle i udviklingen fra stagnation / tilbagegang til fremgang.

Udover ålegræs indgår også målinger af makroalger ("tang") i overvågningsprogrammet. I figur 8.4 er vist udviklingen i dækningsgrad for alger fordelt på: stennrev, kystvande, yderfjorde, inderfjorde samt Limfjorden.

Gennem overvågningsperioden (1990-2018) er der sket en signifikant positiv udvikling i algerne kumulerede dækning i inderfjorde, yderfjorde, kystvande og på stennrev, mens udviklingstendensen er signifikant negativ i Limfjorden. Årsagen til tilbagegangen i Limfjorden kendes ikke. De overordnede udviklingstendenser 1990-2018 viser, at det kumulerede makroalgedække er øget med 43 % i kystvande, 58 % i yderfjorde, 96 % i inderfjorde og 64 % på stennrev, mens det er reduceret med 54 % i Limfjorden. Gennem de seneste 10 år (2009-2018) har der været en svag, men signifikant, fremgang i den kumulerede dækning i kystvande (19 %) og yderfjorde (20 %), mens udviklingen i inderfjorde, Limfjorden og på stennrev er stagneret.

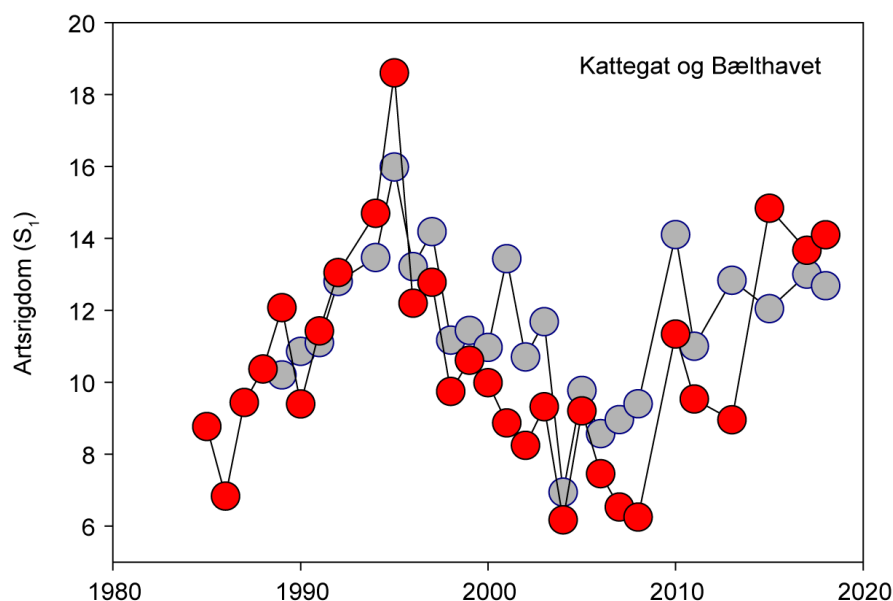


Figur 8.4. Makroalgerne kumulerede dækningsgrad i perioden 1989-2018 for stennrev i åbne farvande og på sten i kystvande, yder- og inderfjorde samt i Limfjorden. Data fra 1989 og for stennrev også fra 1990-1993 er udeladt af trendanalyse (åbne symboler) (Hansen & Høgslund (red.) 2019).

8.4 Bundfauna

De forskellige dyr (snegle, orme, muslinger m.m.) på havbunden er et meget vigtigt element i det marine økosystem. Bundfaunaens biomasse afhænger af fødegrundlaget, som væsentligst udgøres af det plantemateriale, som produceres i havet, og som er reguleret af mængden af næringsstoffer i det omgivende havmiljø. Mængden og sammensætningen af bunddyr er også afhængig af f.eks. bundforhold, tilførsel af larver og fysiske påvirkninger som bundtrawling, men især forekomst af iltsvind påvirker mængden og sammensætningen af bundfaunaen. Bundfaunaen har en positiv indvirkning på havmiljøet, bl.a. fordi den medvirker til at ilte sedimentet. Generelt vil ændringer i sammensætningen af bundfaunaen afspejle ændringer i miljøforholdene over en længere periode.

Figur 8.5. Udviklingen i artsrigdom på 18 stationer i Kattegat, Bælthavet (inkl. Øresund) i perioden 1989-2018. Røde symboler angiver stationer, der ligger på dyb mudderbund, mens grå symboler angiver den gennemsnitlige artsrigdom på de stationer, der ligger på lavere vand med mere sandet bund (Hansen & Høgs-lund (red.) 2019).



I de åbne indre farvande var bundfaunaen i 2018 generelt i god tilstand med artsrigdomme på samme høje niveau som ved prøvetagningen i 2015 og 2017, og den var næsten på højde med artsrigdommen i midten af 1990'erne, hvor den toppede (figur 8.5). Som det er beskrevet i tidligere havrapporter, har udviklingen i artsrigdommen i hele perioden været ens på tværs af stationer. I gruppen af dybe stationer med mudderbund var der dog, i lighed med de tidligere år, enkelte stationer, hvor artsrigdommen stadig er påfaldende lav med kun ca. halv så mange arter som i resten af området.

I fjorde og kystvande var forholdene i 2018 varierende for bundfaunaen. I kun to ud af tredivende besøgte områder var forholdene gode, mens forholdene var ringe i seks af områderne. I flere tilfælde hang de ringe forhold sammen med dårlige iltforhold.

Bundfaunaens tilstand i Nordsøen og Skagerrak i 2018 var stort set uændret i forhold til 2016, dog var der i 2018 en lavere biomasse og individtæthed end ved prøvetagningen i 2016. Artsrigdommen i Nordsøen var markant lavere end i Kattegat, og specielt i Skagerrak var der indikationer på dårlige miljøforhold. Artssammensætningen antydede, at bundtrawling er den dominerende presfaktor.

9 Vejr og afstrømning i 2018

Nedbørsmængden og fordelingen heraf har sammen med andre klimatiske faktorer væsentlig indflydelse på, hvor store mængder vand og næringsstoffer, der tilføres vandmiljøet fra det omliggende opland og via atmosfærisk nedfald. Megen regn især i efteråret og om vinteren vil f.eks. hurtigt tilføre store kvælstof- og fosformængder på opløst og partikulær form til vandløb og søer. Større delmængder heraf når ud i havet, så de er tilgængelige for algeopblomstringer det følgende forår, og medfører større risiko for iltsvind end ved gennemsnitlige eller lave nedbørsmængder. Vandføringer over det normale især i sommerhalvåret vil til gengæld typisk forbedre tilstanden i vandløb, idet udtørring undgås, og der bliver større fortynding af spildevand. Endvidere vil der ved længere frostperioder kombineret med sne blive deponeret større eller mindre mængder nedbør på landjorden, som først smelter og afstrømmer, når det igen bliver tøvejr.

Temperaturen og antallet af solskinstimer er vigtige f.eks. for vækstsæsonens længde, fordampning m.v., mens vindstyrke og -retning f.eks. påvirker omrøring i søer, vandudveksling i fjorde, indstrømning af saltvand mod Østersøen m.v. Den samlede kombination af vejrforholdene vil derfor påvirke vand- og stoftilførsler fra land og luft til vand, grundvandsdannelsen samt tilstanden i vandmiljøet. Endvidere påvirker det levevilkårene for en række arter.

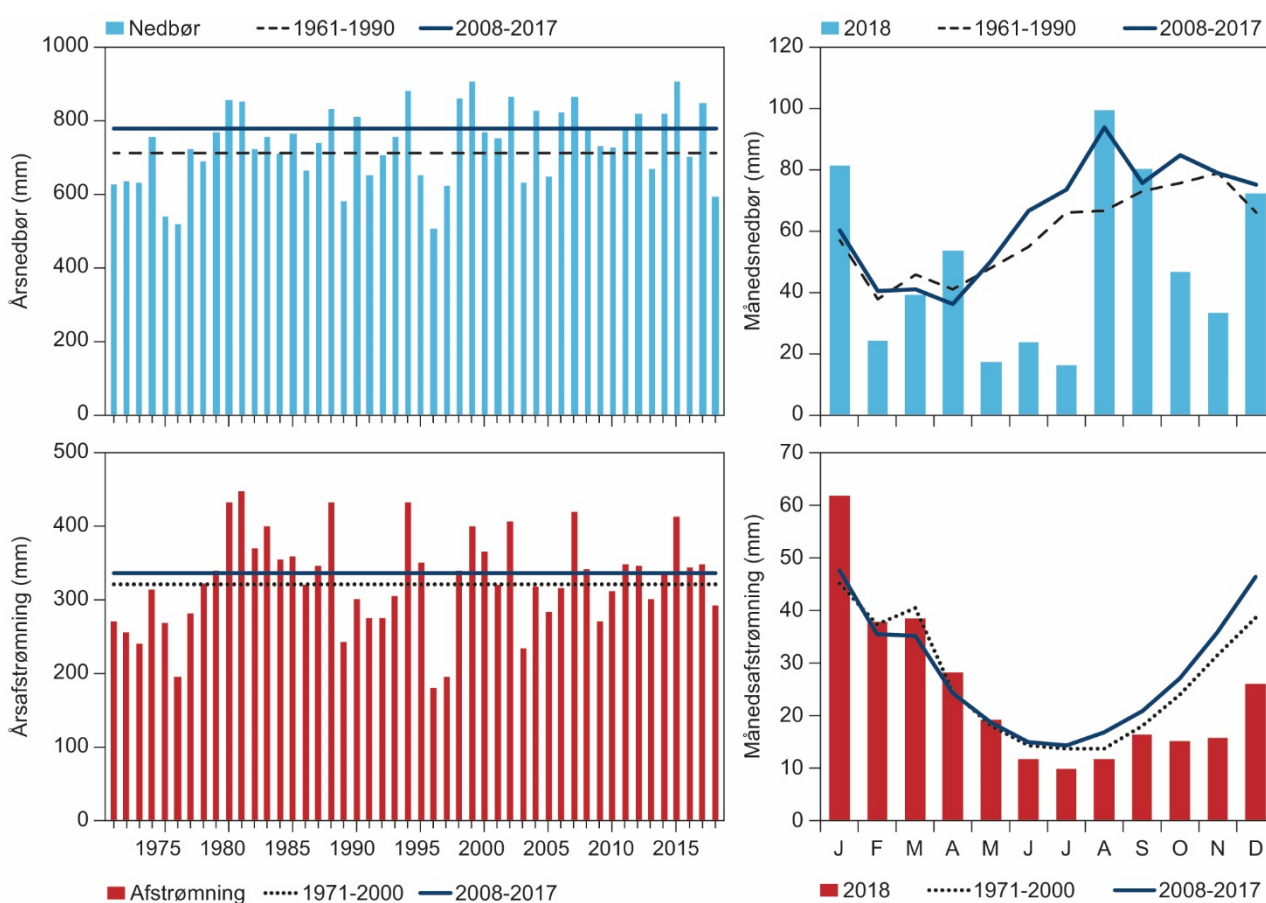
Årsmiddeltemperaturen var i 2018 på 9,5 °C og dermed 1,8 °C varmere end normalgennemsnittet (1961-1990) (kaldet normalen herefter). Det var det næst varmeste år siden 1873 sammen med 2007. Sammenlignet med de seneste 10 år (2008-17) var det dog kun 0,7 °C varmere. Alle måneder på nær februar og marts var varmere end normalt. Maj var rekord varm, mens følgende måneder var blandt de top ti varmeste siden 1873 for de respektive måneder; juli (4.), april (5.) og juni (6.). December var også betydeligt varmere end normalen (1961-90). Sommeren var med et gennemsnit på 17,7 °C rekord varm (sammen med 1997) og hele 2,5 °C over normalen. Med 30,4 dage blev der målt det næsthøjeste antal sommerdage siden 1874 (normalt 7,2 dage), hvor der i 2017 var rekord få (1,0 dage).

Der faldt 595 mm nedbør i 2018 og dermed væsentligt mindre end i 2017 (849 mm). Det var 117 mm (16 %) under normalen (712 mm) og blev dermed det tørreste år siden 1996. Sammenlignet med seneste 10 år var det 183 mm (24 %) tørrere. Især juli (74 %), maj (63 %) samt november og juni (begge 57 %) var betydeligt tørrere end normalen (figur 8.1). Juli og maj var henholdsvis 4. og 5. tørreste siden 1974 for disse måneder. Fem måneder var temmeligt mere nedbørsrige end normalen, især august (51 %), januar (44 %) og april (32 %).

Antal soltimer satte med 1905 timer ny årsrekord siden målingerne startede i 1920. Det svarer til 410 timer (27 %) over normalen (1495). Sammenlignet med seneste 10 år var det 247 timer (15 %) højere. Maj satte ny rekord for både maj måned men også enhver måned med 363 timer (normal 209). Juli satte ny rekord med 339 timer (normal 196), mens juni var tredje solrigeste. Sommeren var også rekord solrig med 802 timer (normalen 591).

Der var tre blæsevejr heraf to på den danske stormlisten i 2018, henholdsvis 10. august og 21. september. Middelvinden for året var 4,5 m/s som er 29 % under normalen (5,8 m/s). Middelvinden var i samtlige måneder under normalen. Alle data (temperatur, nedbør, solskin og vindoplysninger) er fra Cappelen (ed) 2019).

Ferskvandsafstrømningen var i 2018 ca. 12.700 mio. m³ svarende til 294 mm vand fra hele landets areal. Det er knap 8 % under gennemsnittet på 321 mm for referenceperioden 1971-2000 (figur 9.1). Sammenlignet med de seneste 10 år (340 mm) var afstrømning i 2018 14 % lavere. Da efteråret 2017 var nedbørsrigt har det påvirket afstrømningen i begyndelsen af 2018. Den lange nedbørsfattige, meget varme periode fra maj og det meste af resten af 2018 vil påvirke afstrømningen langt ind i 2019.



Figur 9.1. Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark (mm/år) for perioden 1971-2018 og pr. måned for 2018. Gennemsnit for 10 årsperioden 2008-2017 er indsat. For nedbør er indsat normalen 1961-1990 og for afstrømning 1971-2000 (efter Cappelen (ed), 2019 (nedbør) og Thodsen et al. 2019 (afstrømning)).

10 Referencer

Arildsen, A.L. & Vazzaro, L., 2019. Revurdering af person ækvivalent for fosfor – Opgørelse af fosforindholdet i dansk husholdningsspildevand i årene fra 1990 til 2017. Kgs. Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet (DTU), 64 sider.

Blicher-Mathiesen, G., Holm, H., Houlborg, T., Rolighed, J., Andersen, H.E., Carstensen, M.V., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. 2019. Landovervågningsoplande 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 243 s. - Videnskabelig rapport nr. 352. <http://dce2.au.dk/pub/SR352.pdf>

Cappelen, J (ed), Scharling, M. og Rubæk, F., 2019. Danmarks klima 2018 – with English Summary. DMI rapport 19-01, 91 s.

Ellermann, T., Bossi, R., Nygaard, J., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Geels, C., Nilesen, I. E., & Poulsen, M. B., 2019: Atmosfærisk deposition 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 84s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 351. <http://dce2.au.dk/pub/SR351.pdf>

Ellermann, T., Brandt, J., Rasmussen, L.M.F., Geels, C., Christensen, J.H., Ketzel, M., Jensen, S.S., Nordstrøm, C., Nøjgaard, J.K., Nygaard, J., Monies, C. & Nielsen, I.E., 2019. Luftkvalitet og helbredseffekter i Danmark, status 2018. 28s. Notat fra DCE. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2019/Notat_luftkvalite_helbredseffekter_2018_210819.pdf

Fredshavn, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Damgaard, C., Therkildsen, O.R., Elmeros, M., Wind, P., Johansson, L.S., Alnøe, A.B., Dahl, K., Nielsen, E.H., Pedersen, H.B., Sveegaard, S., Galatius, A. & Teilmann, J. 2019. Bevaringsstatus for naturtyper og arter – 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. Videnskabelig rapport nr. 340. <http://dce2.au.dk/pub/SR340.pdf>

Fredshavn, J.R. et al., 2020. Størrelse og udvikling af fuglebestande i Danmark – 2019. Artikel 12-rapportering til Fuglebeskyttelsesdirektivet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi – In prep.

Hansen, B., Thorling, L., Schullehner, J., Termansen, M. & Dalgaard, T., 2017. Groundwater nitrate response to sustainable nitrogen management. Scientific Reports, 7, 8566. DOI: 10.1038/s41598-017-07147-2. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-07147-2.pdf>

Hansen, J.W. (red.), 2018: Marine områder 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 128 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 308. <https://dce2.au.dk/pub/SR308.pdf>

Hansen J.W. & Høgslund S. (red.) 2019. Marine områder 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 156 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 355. <http://dce2.au.dk/pub/SR355.pdf>

Jensen, P.N., Boutrup, S., Jung-Madsen, S. Hansen, A.S., Fredshavn, J.R., Nielsen, V.V., Svendsen, L.M., Blicher-Mathiesen, G., Thodsen, H., Hansen, J.W., Ellermann, T., Thorling, L. & Skovmark, B., 2019. Vandmiljø og Natur 2017. NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 309.

<https://dce2.au.dk/pub/SR309.pdf>

Johansson, L.S., Søndergaard, M., Sørensen, P.B., Nielsen, A., Jeppesen, E., Wiberg-Larsen, P. & Landkildehus, F. 2019. Søer 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 98 s. - Videnskabelig rapport nr. 354. <http://dce2.au.dk/pub/SR354.pdf>

Larsen, S.E., 2018. Dokumentation for genopretning af TN og TP data fra perioden 2007-14. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi 8 sider. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2018/Dokumentation_genopretning_TN_TP.pdf

Larsen, S.E., Windolf, J., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Blicher-Mathiesen, G., 2018. Genopretning af fejlbehæftede kvælstof- og fosforanalyser. Ferskvand. 2018. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 72 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 110.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2017. Bekendtgørelse nr. 1625 af 19. december 2017 om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand.

Miljøstyrelsen, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet samt GEUS – De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland 2017. NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen 2017-2021.

Miljøstyrelsen (Frank-Gopolos, F., Nielsen, L., Skovmark, B., (red)), 2019. Punktkilder 2018. Miljøstyrelsen

Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Kristensen, E.A, Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R. & Friberg, N. 2013. Biologiske indikatorer til vurdering af økologisk kvalitet i danske søer og vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 59. <http://www.dmu.dk/Pub/SR59.pdf>

Thodsen, H., Tornbjerg, H., Rasmussen, J.J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B., Blicher-Mathiesen, G., Kjeldgaard, A. & Windolf, J. 2019. Vandløb 2018. NOVANA. Undertitel. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 72 s. - Videnskabelig rapport nr. 353. <http://dce2.au.dk/pub/SR353.pdf>

Thorling, L., Albers, C.N., Ditlefsen, C., Ernstsens, V., Hansen, B., Johnsen, A.R., & Trolborg, L., 2019: Grundvand. Status og udvikling 1989 – 2018. Teknisk rapport, GEUS 2019.

VANDMILJØ OG NATUR 2018

NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2018 af det nationale program for overvågning af vandmiljø og natur (NOVANA) i Danmark. Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i luftkvalitet, grundvand, vandløb, søer, og havet. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Miljøstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.

ISBN: 978-87-7156-455-6
ISSN: 2244-9981