Bilag O

DANGØDNING

MARINE OVERVÅGNINGSDATA, TIL MEDIO SEPTEMBER 2016.

TEKNISK NOTAT

ADRESSE COWI A/S
Jens Chr. Skous Vej 9
8000 Aarhus C

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Formål	2
2	Metode	2
3	Resultater	4
3.1	Saltholdighed	5
3.2	Temperatur	10
3.3	Total kvælstof	14
3.4	Uorganisk kvælstof	20
3.5	Klorofyl	25
3.6	Iltindhold	27
4	Diskussion	30
4.1	Sammenfatning af diskussionen	32
5	Konklusion	32

BILAG

Bilag A Stationskort

Bilag B Stationsudvælgelse

PROJEKTNR. A084133-001

DOKUMENTNR. 002

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
001	14. november 2016	Marine overvågningsdata	CRJ/TOLZ	ASVE	ASVE

http://projects.cowiportal.com/psc/A084133/Documents/03 Project documents/Marine data + marine rapporter/Dangødning_marine_overvaagningsdata til medio sept 2016.docx

1 Formål

Dette notat giver en beskrivelse af målinger gennemført indenfor rammerne af den danske havmiljøovervågning. Mens tidligere datasammenstillinger kun er gennemført på udvalgte stationer og parametre, der lå udenfor 10-90% fraktilerne, skal nærværende notat forsøge at afklare, om en systematisk gennemgang af alle tilgængelige og valide målinger indikerer en årsagssammenhæng mellem miljøtilstanden og udledningen fra spildet på Fredericia Havn 3. februar 2016.

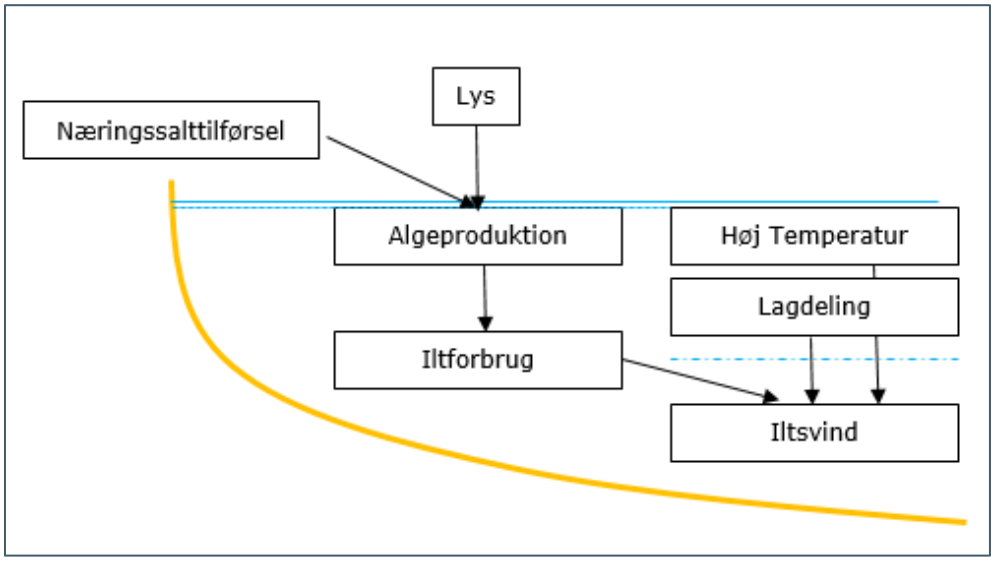
Beskrivelsen skal vise om der:

1 foreligger data der kan påvise en korrelation mellem udledning af kvælstof under uheldet på Fredericia Havn den 3. februar 2016 og miljøtilstanden i det nærliggende havområde i tiden efter udslippet.

2 kan etableres en databaseret årsagssammenhæng fra kvælstoftilførsel fra Fredericia uheldet til målte iltkoncentrationer i det undersøgte område

2 Metode

Den grundlæggende hypotese er sammenhængen mellem næringsstoffer (N), algeproduktion (klorofyl) og iltsvind (O_2) som en årsagskæde der ser således ud:



Figur 2-1 Årsagskæde mellem næringssalte og iltsvind

De udvalgte parametre skal give information om:

- vandskiftet (saltholdighed),
- det biologiske aktivitetsniveau (Temperatur),
- næringssaltniveauet (Uorganisk kvælstof),
- summen af uorganisk og organisk bundet kvælstof (total-kvælstof),
- koncentrationen af klorofyl-a i vandfasen, og
- iltkoncentrationen i bundvandet.

Listen omfatter både de fysiske parametre der er indikative for blandingsprocesserne i havet, samt de kemiske og fysiske parametre der styrer de biologiske processer, der har indflydelse på miljøtilstanden (udtrykt som iltkoncentration).

For at danne et billede af udviklingen af de forskellige tilstandsvariable og for at sammenholde dem med den tidligere registrerede tilstandsudvikling over året, sammenlignes målingerne i hver måned i 2016 op til og med medio september med tidligere månedsværdier for medianværdier (50% fraktil), 10% fraktil, 90 % fraktil, samt absolut maksimum og minimum.

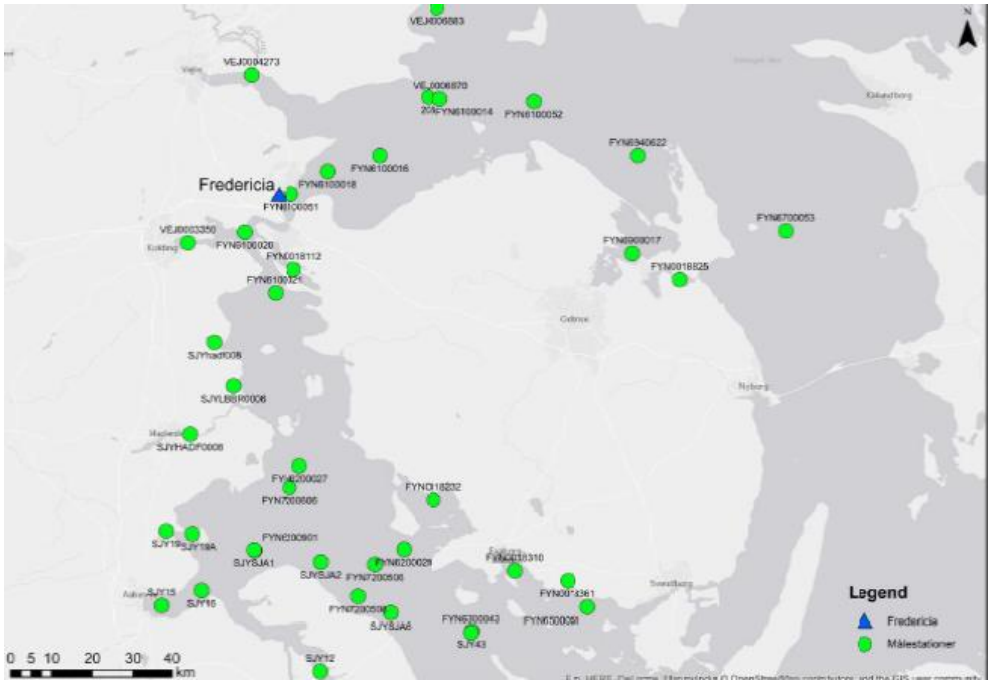
Analysen omfatter følgende skridt:

1 Indhentning af alle data fra DCE (tidligere DMU) fra 1/1 2006 til primo September 2016

2 Vurdering af validitet af både historiske baggrundsdata og 2016 målinger mht. tilstrækkelighed til statistisk analyse

3 Statistisk beskrivelse af årsvariation.

De stationer der er modtaget data fra er illustreret i Figur 2-2 nedenfor



Figur 2-2 Kort over stationer

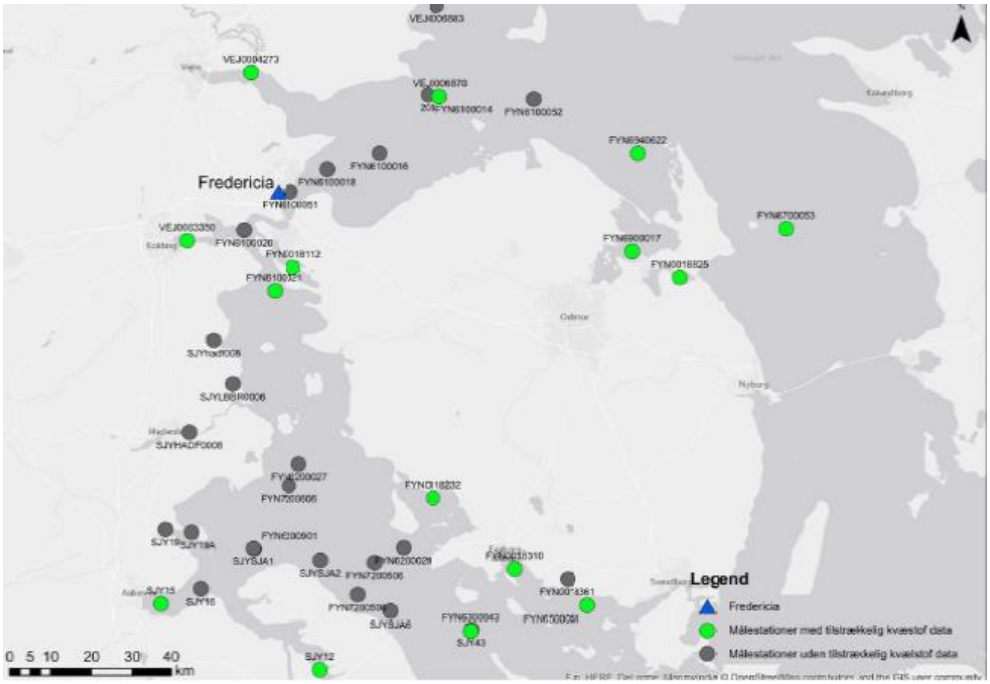
Udslippet i Fredericia bestod af kvælstof. Dette er derfor den centrale parameter til at kunne spore udslippets potentielle påvirkningsområde. Kvælstof er derfor valgt som den parameter, der anvendes til at vurdere validiteten af de modtagne data, for den enkelte station. Valide data er defineret nedenfor (se Bilag B for validering af data for de enkelte stationer):

1 Der skal foreligge målinger på en given station efter uheldet i 2016,

2 Der skal foreligger målinger af alle tre grupperinger af kvælstofforbindelser (NH_3+NH_4, NO_2+NO_3, total-N)

3 Parametrene skal være målt i en tilstrækkelig lang periode før 2016, for at kunne etablere et rimeligt billede af den normale variation på stationen og dermed gennemføre en meningsfuld sammenligning med situationen efter udslippet. Dette er defineret som mindst 4 års målinger i perioden 2006-2016.

Udvælgelsen af valide/ikke valide stationer er givet i Bilag B. Nedenstående kort viser målepunkter med og uden valide kvælstofdata, se Figur 2-3.



Figur 2-3 *Kort over undersøgte stationer, delt op i stationer MED valide kvælstofdata (grøn) og UDEN valide kvælstofdata (grå). Lokaliteten for udslippet ved Fredericia er markeret med blå trekant.*

For at fremme læsevenligheden er ovenstående kort i Figur 2-3 tilføjet som Bilag A således, at kortet kan foldes ud til højre som reference under læsning af de følgende analyser for hver enkelt station.

3 Resultater

I det følgende præsenteres resultaterne for de udvalgte tilstandsparametre

1 Saltholdighed i overfladen
2 Saltholdighed ved bunden
3 Temperatur i overfladen
4 Temperatur ved bunden
5 Total kvælstof i overfladen
6 Total kvælstof ved bunden
7 Uorganisk kvælstof i overfladen (Ammonium-ammoniak plus Nitrat-Nitrit)
8 Uorganisk kvælstof ved bunden

9 Klorofyl-a (middelværdi over øvre 15 m)

10 Iltkoncentration ved bunden

Ovenstående parametre er analyseret efter de angivne statistiske fraktiler samt minimum og maksimum for hver overvågningsstation med valide data.

I det følgende præsenteres de målte data for 2016 overfor den naturlige variation. Den naturlige variation er vist ved linjer der markerer median, 10% og 90% fraktiler og minimum og maksimum værdier. Målinger fra 2016 er vist som enkeltpunkter vist med krydser.

Kommentering og opsummering på de viste data ses i afsnit 4.

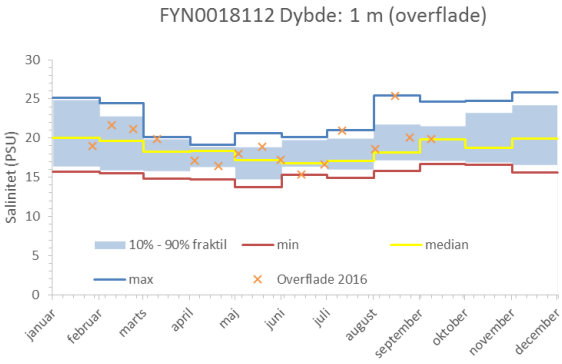
3.1 Saltholdighed

Saltholdigheden undersøges for at beskrive hydraulikken og vandskiftet i området. Varierende saltholdighed i de danske farvande indikerer strømningens retning og varighed. Faldende saltholdighed indikerer udstrømning af fersk overfladevand fra Østersøen, mens stigende saltholdigheder indikerer indstrømning med salt bundvand fra Kattegat til Østersøen.

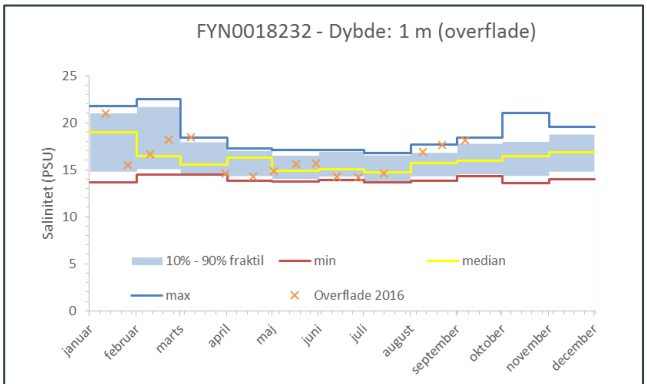
Analysen er opdelt i overflade og bundvand, idet de danske farvande er karakteriseret ved en næsten permanent densitetslagdeling af varierende styrke, som ligger mellem 13 og 18 m dybde. Da vand med høj saltindhold har en højere densitet end vand med et lavt saltindhold, vil vandmasser med forskellige saltindhold lægge sig i forskellige lag, adskilt af en relativt skarp skilleflade (front eller springlag). Der foregår kun yderst lille udveksling mellem vandmasserne over en sådan densitetsbetinget front. En vandmasse under en skilleflade er derfor udsat for iltforbrug, da denne vandmasse modtager organisk materiale, der sedimenterer fra de øvre vandmasser, men er afskåret fra at få tilført ilt til omsætningsprocesserne. Vandmasserne over og under skillefladen er derfor af forskellig oprindelse og udsat for forskellig påvirkning. Derfor er det relevant at beskrive tilstanden i øvre og nedre vandmasse hver for sig.

3.1.1 Saltholdighed, overflade

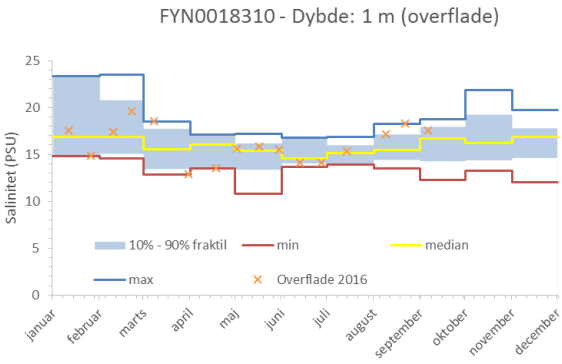
Variationer i overfladens saltholdighed tyder på strømme mellem Kattegat og Østersøen. Jo mere, jo hurtigere og jo længere saltholdigheden varierer, jo større er strømningen mellem Østersøen og Kattegat og jo større er vandskiftet. Et stort vandskifte vil således fortynde og sprede effekten af udledte næringssalte hurtigt over et stort område, mens et lille vandskifte vil give anledning til en mere lokal samt relativt set kraftigere og længevarende påvirkning.



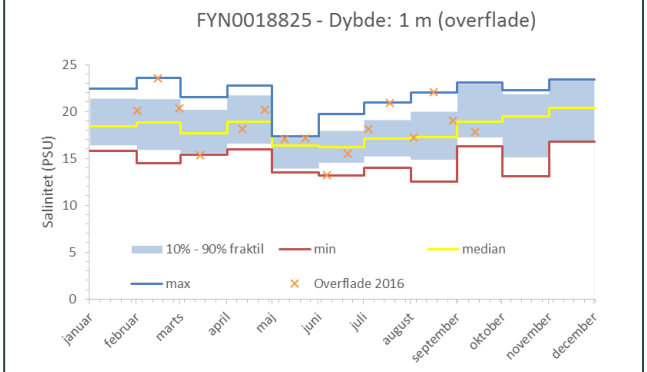
Gamborg Fjord



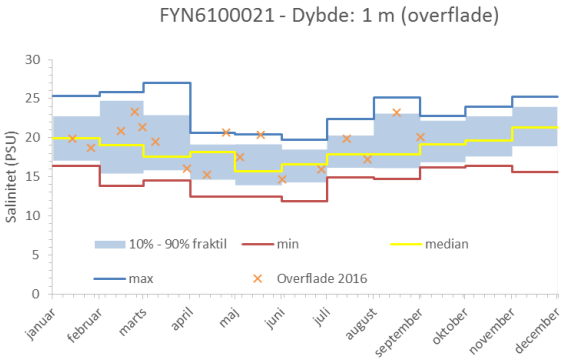
Helnæs Bugt



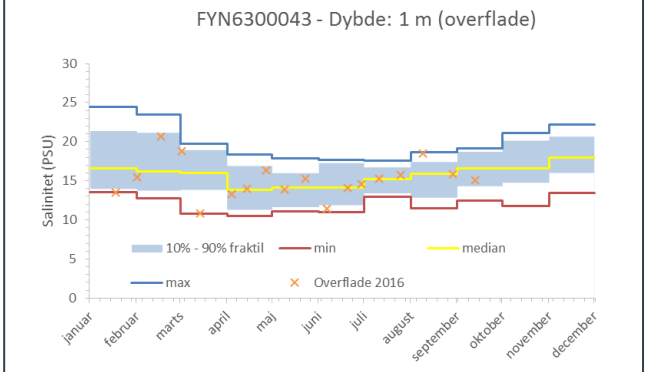
Fåborg Fjord



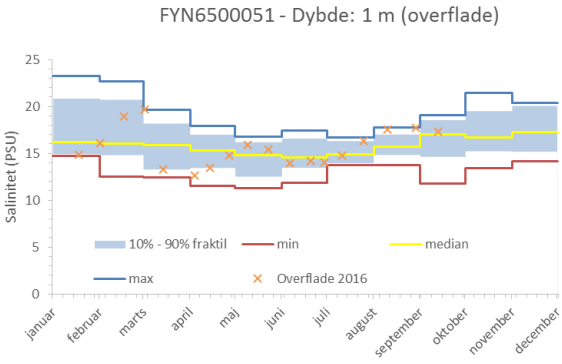
Kerteminde Fjord



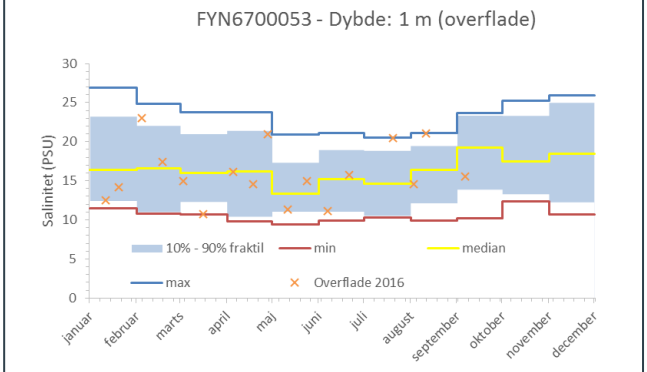
Lillebælt, Fønsskov



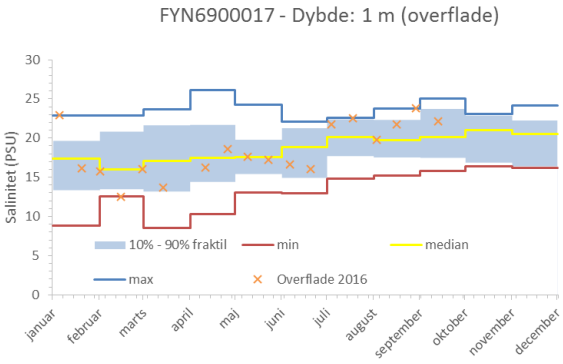
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



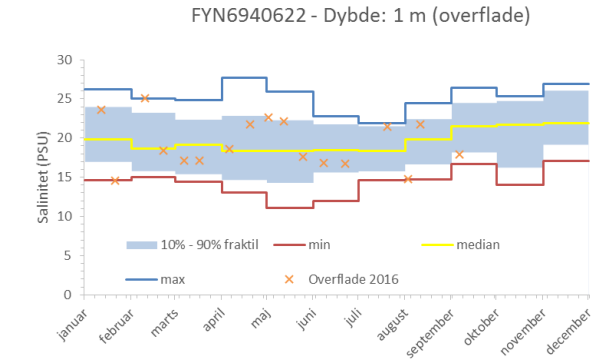
DSØ, Skarø



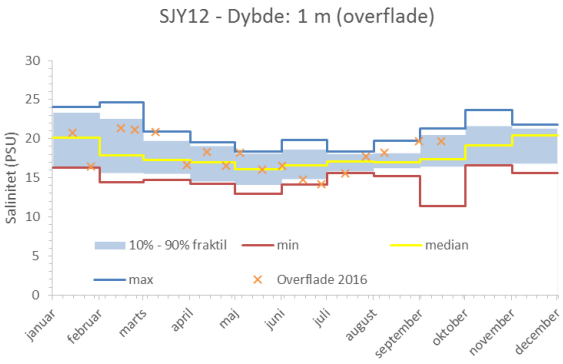
Storebælt, Romsø



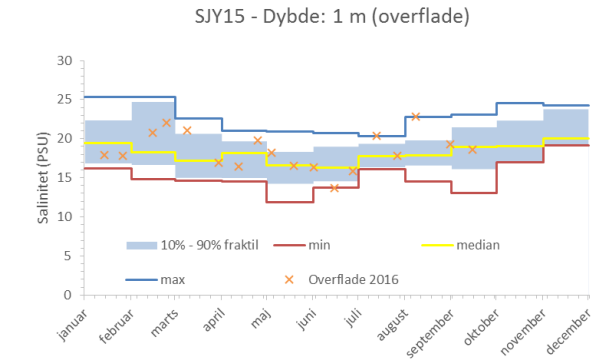
Odense Fjord



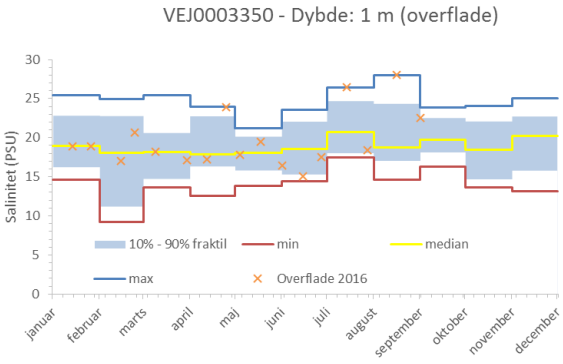
Fyns Hoved



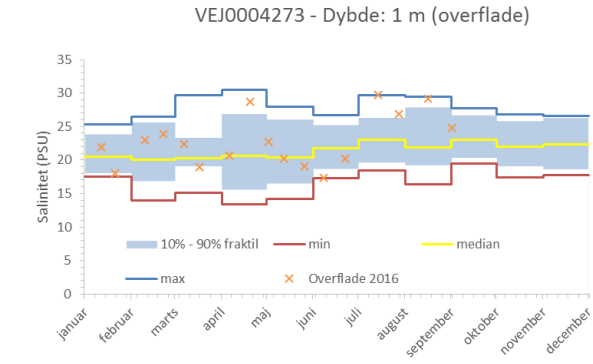
Augustenborg Fjord



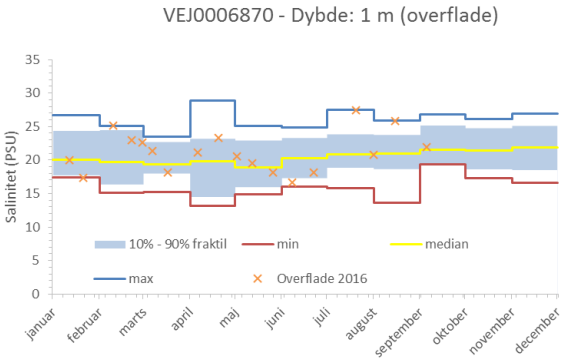
Aabenraa Havn



Kolding Havn



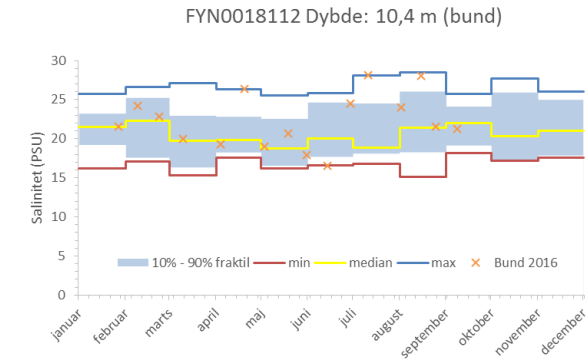
Vejle Havn



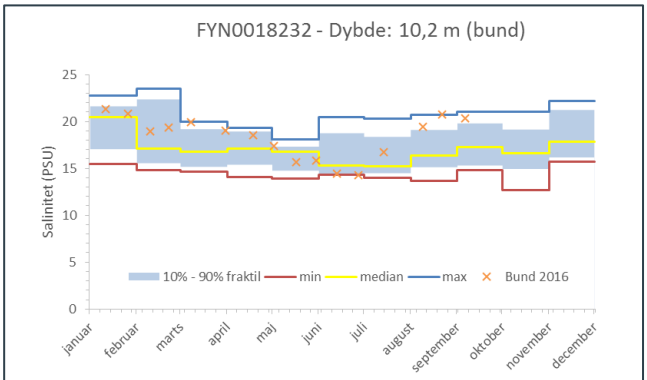
Juelsminde-Æbelø

3.1.2 Saltholdighed, Bund

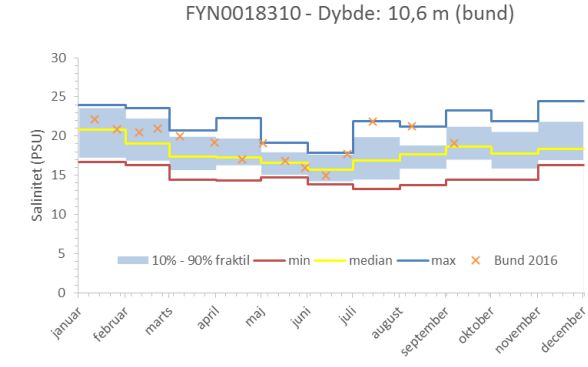
I dette afsnit præsenteres saltholdighedsmålinger i bundvandet. Saltholdighedsforholdene i bundvandet er af særlig betydning for iltkoncentrationen på grund af risikoen for lagdeling. Den primære lagdeling ligger mellem 13 og 18 m, dvs. er vanddybden ved målestationen mindre end dette, tilhører vandmassen overfladelaget. Dette gælder for 8 af de 15 stationer.



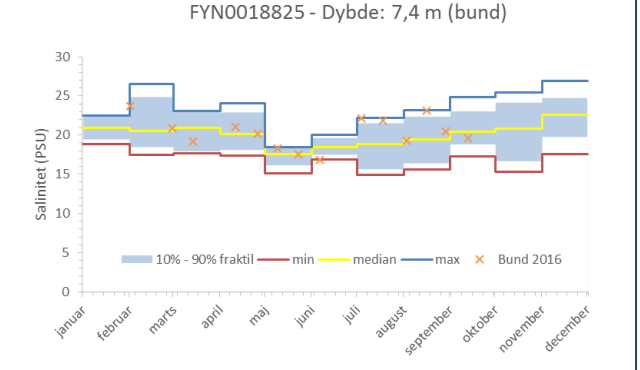
Gamborg Fjord



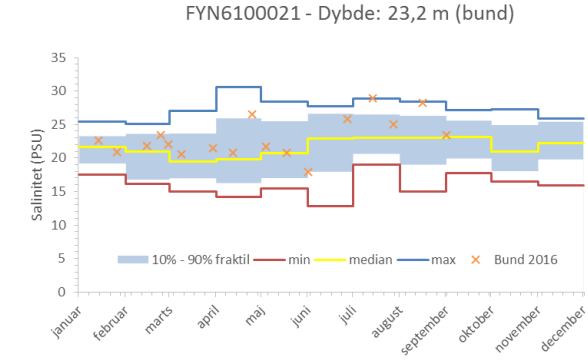
Helnæs Bugt



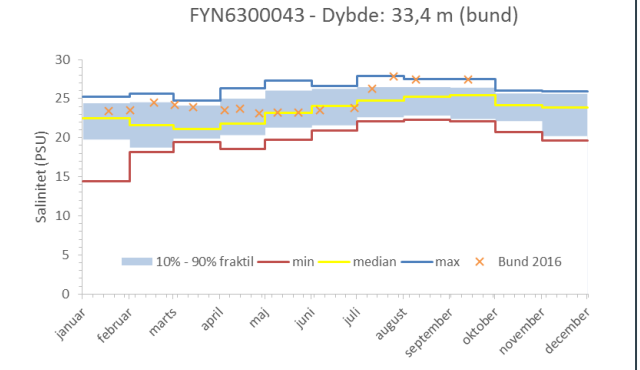
Fåborg Fjord



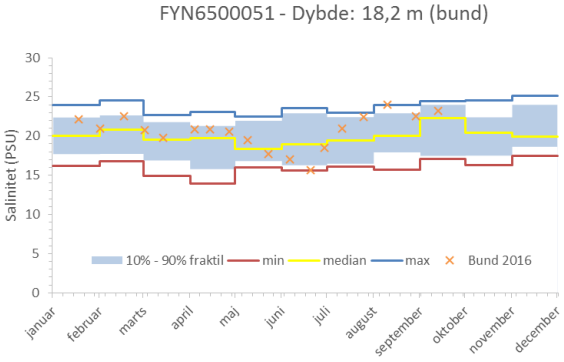
Kerteminde Fjord



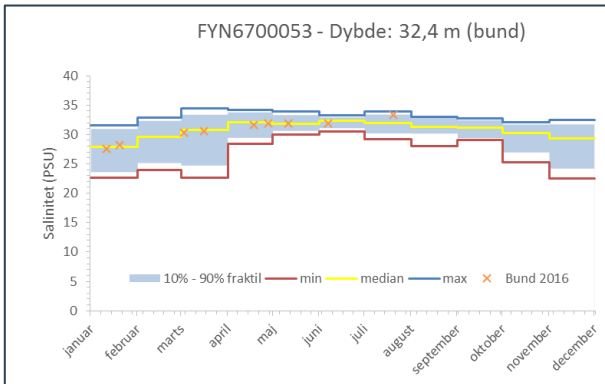
Lillebælt, Fønsskov



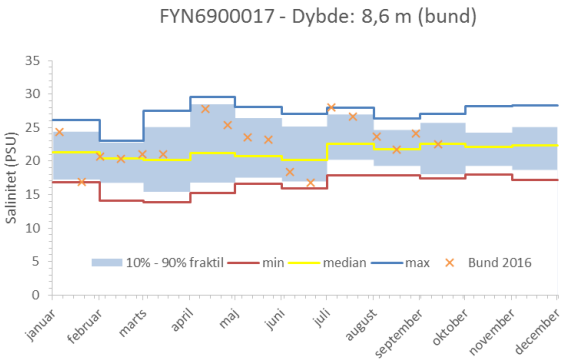
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



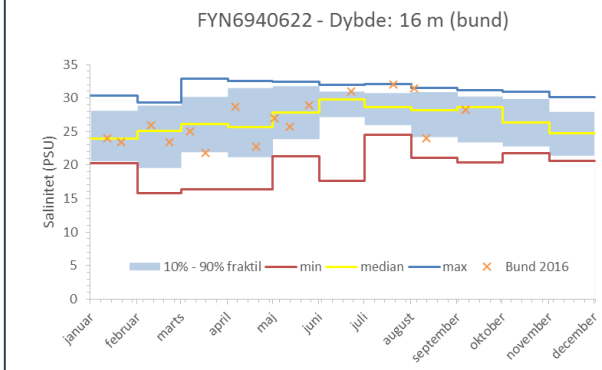
DSØ, Skarø



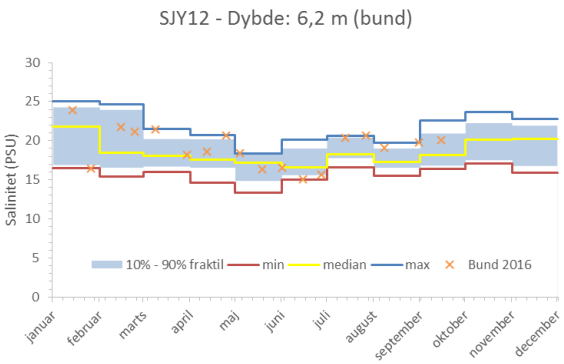
Storebælt, Romsø



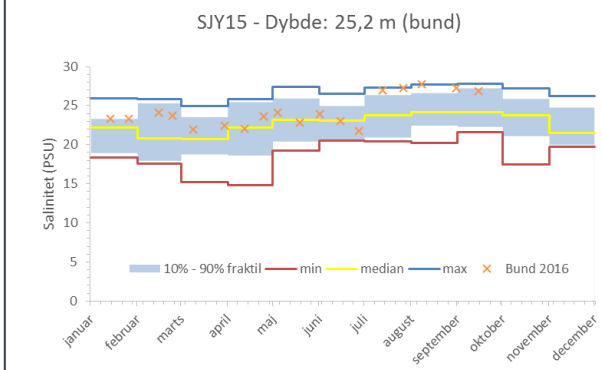
Odense Fjord



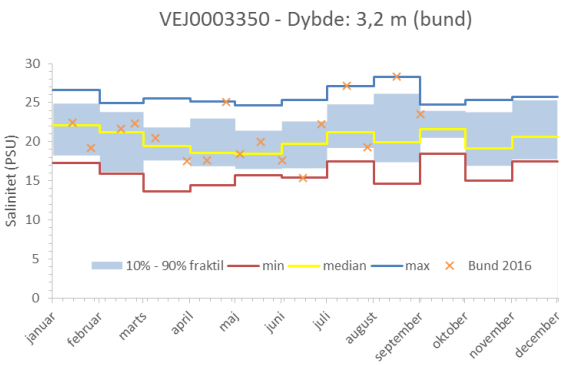
Fyns Hoved



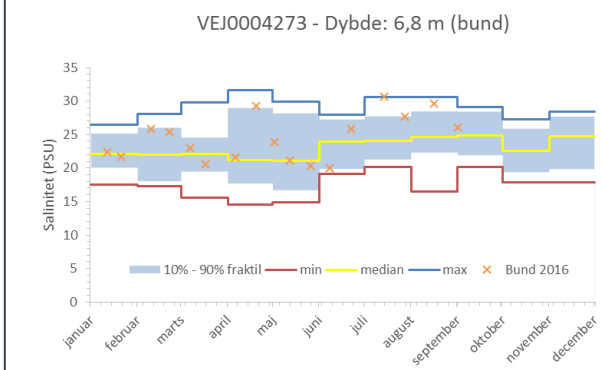
Augustenborg Fjord



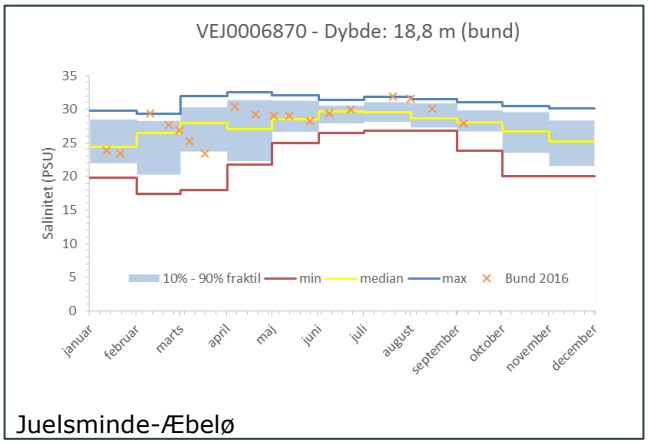
Aabenraa Havn



Kolding Havn



Vejle Havn



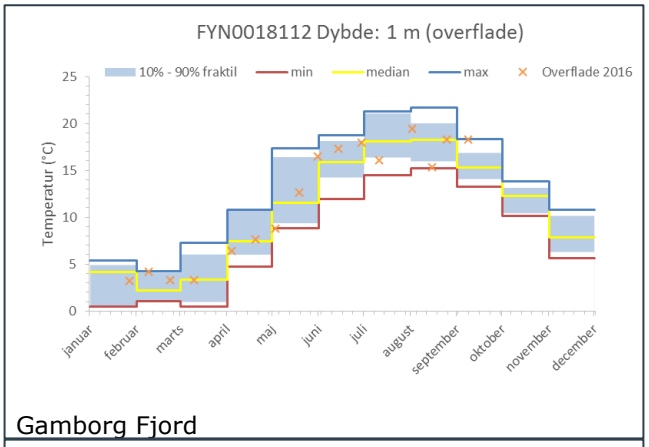
Juelsminde-Æbelø

3.2 Temperatur

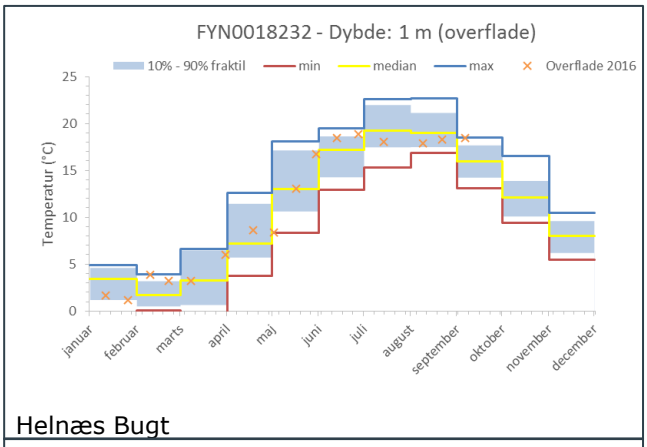
Den statistiske analyse af temperaturmålingerne er vist for overflade og bund.

3.2.1 Overfladetemperatur

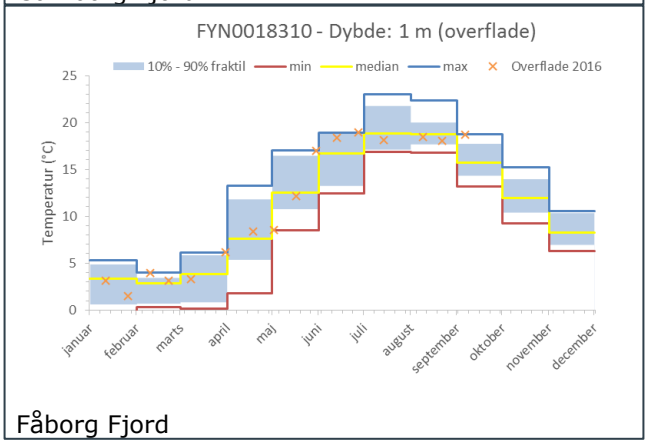
For overfladelaget er temperaturen primært af interesse for at vise, i hvilken grad året rent vandtemperaturmæssigt har adskilt sig fra tidligere år.



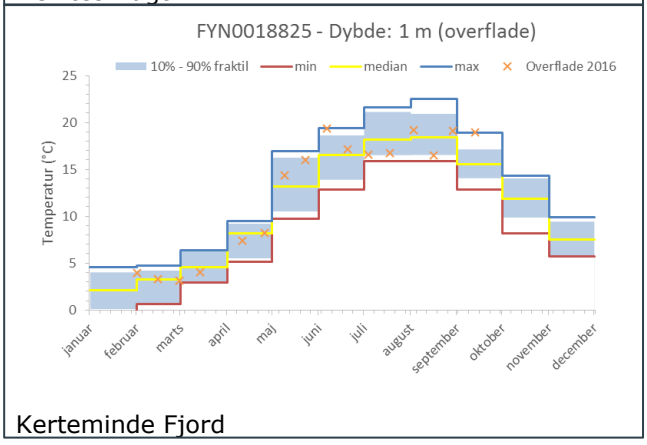
Gamborg Fjord



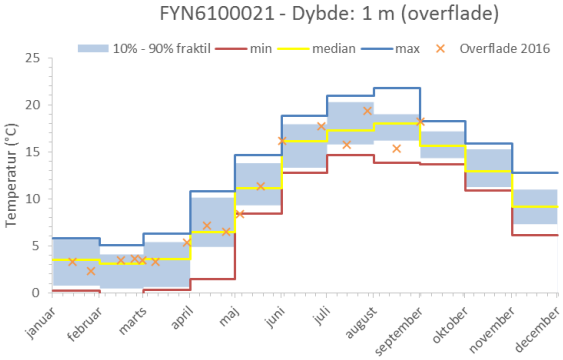
Helnæs Bugt



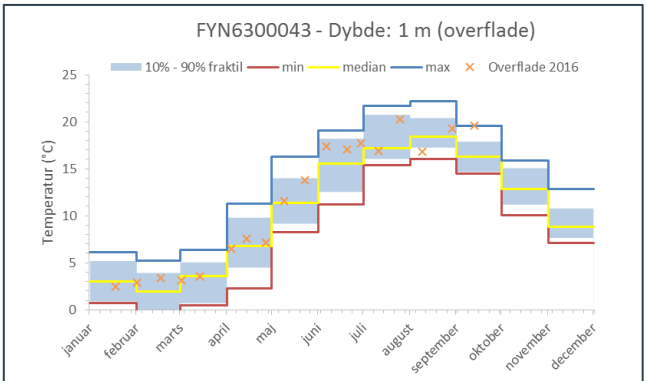
Fåborg Fjord



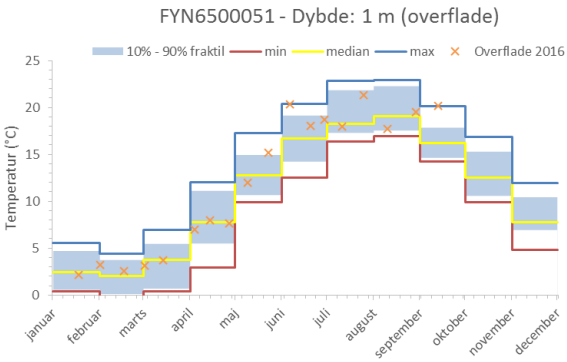
Kerteminde Fjord



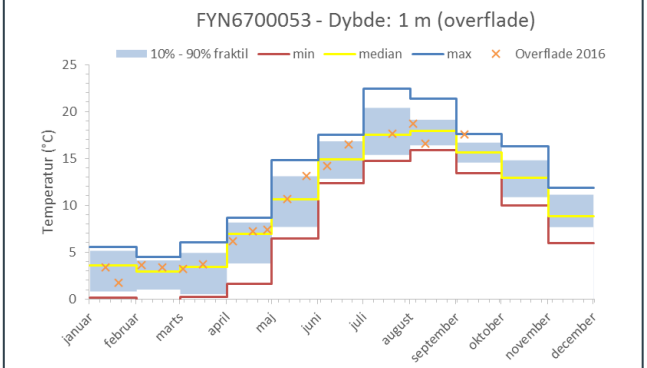
Lillebælt, Fønsskov



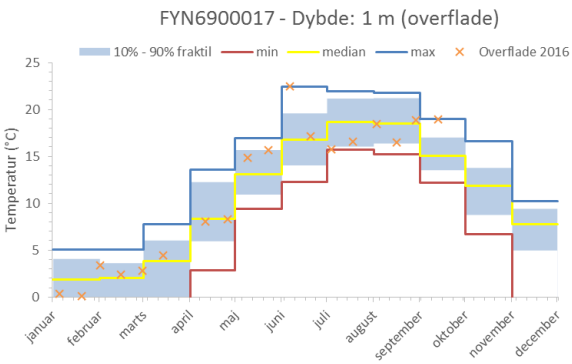
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



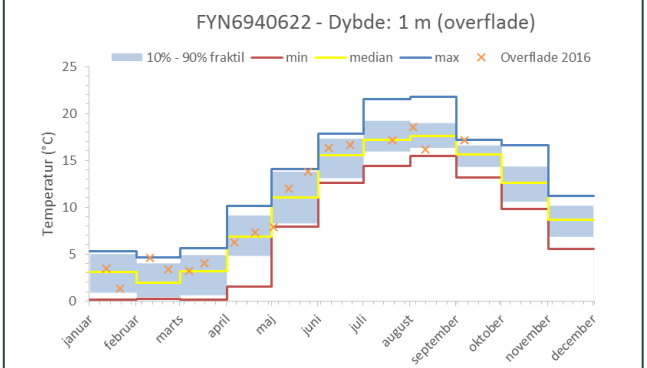
DSØ, Skarø



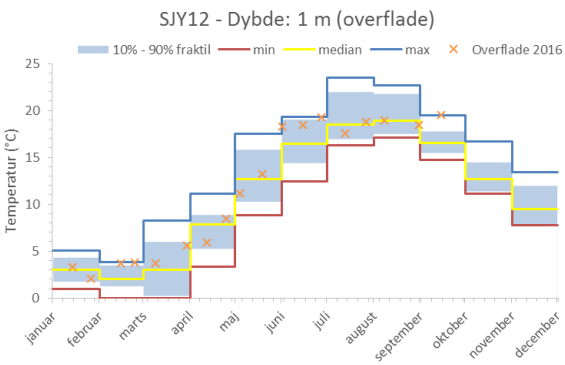
Storebælt, Romsø



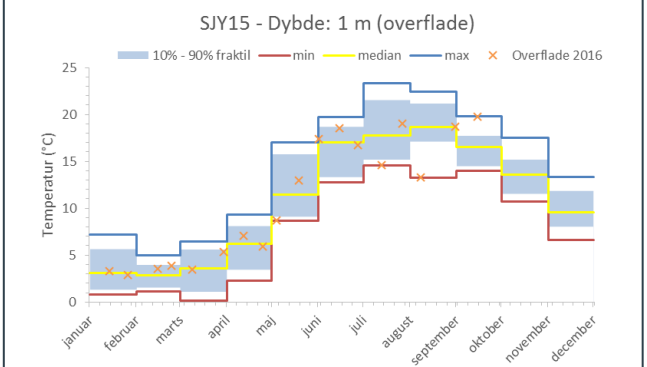
Odense Fjord



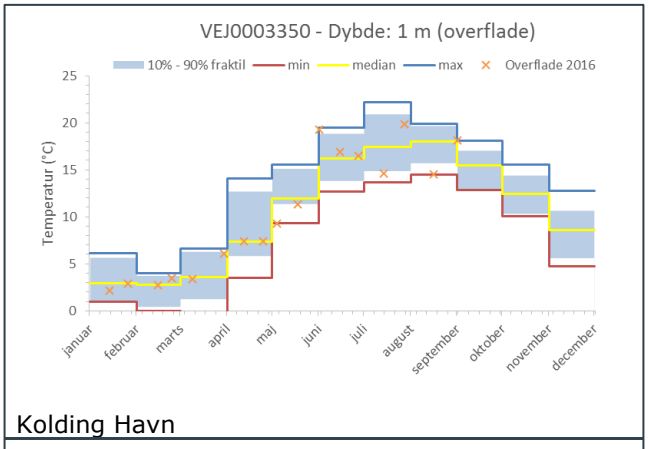
Fyns Hoved



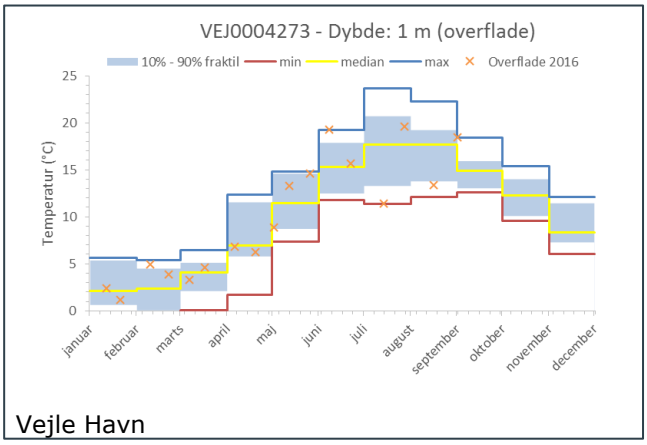
Augustenborg Fjord



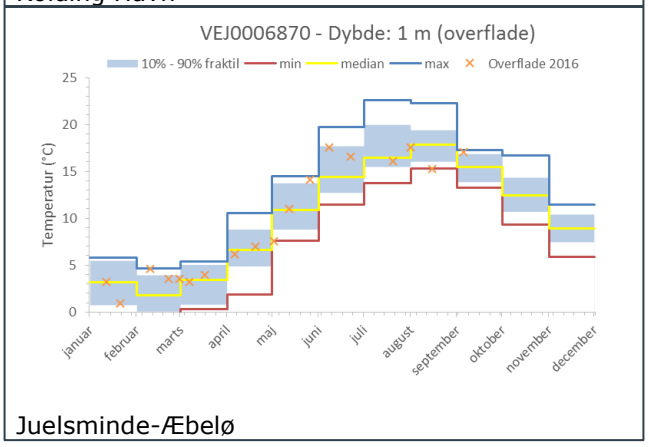
Aabenraa Havn



Kolding Havn



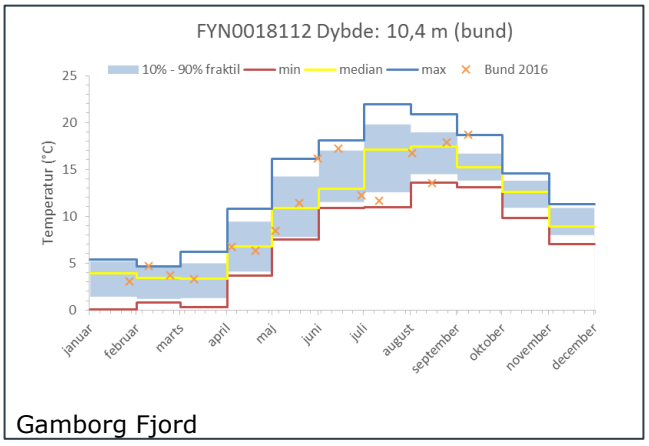
Vejle Havn



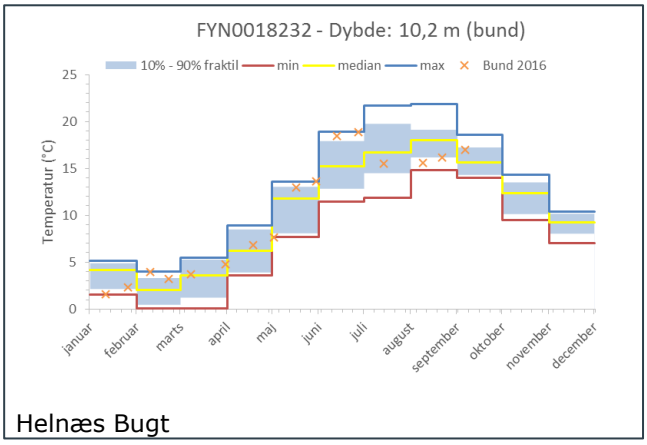
Juelsminde-Æbelø

3.2.2 Bundtemperatur

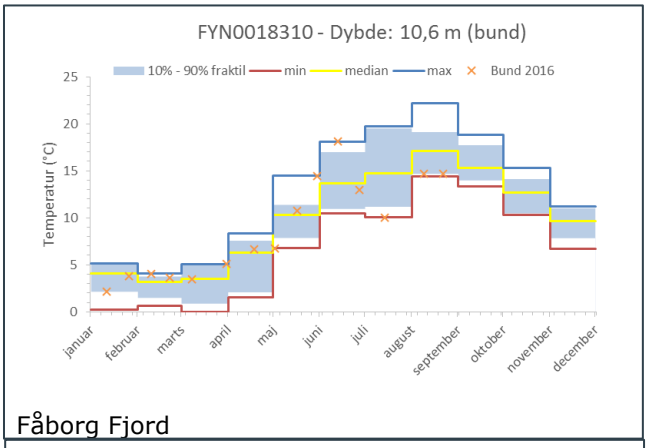
For bundlaget er temperaturen primært af interesse fordi højere temperaturer forventes at give anledning til øget omsætning af organisk stof (respiration) og dermed øget iltforbrug og øget risiko for iltsvind.



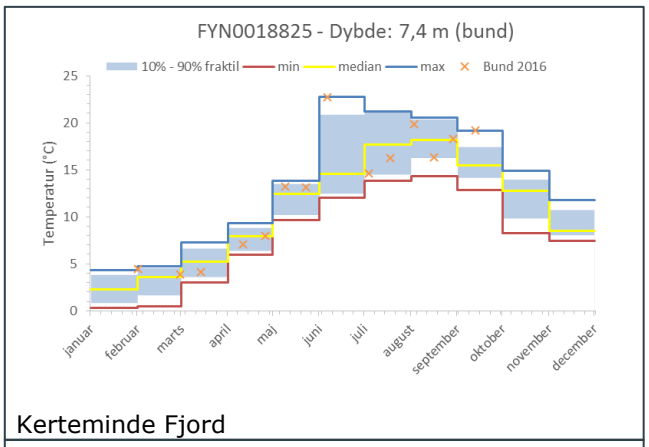
Gamborg Fjord



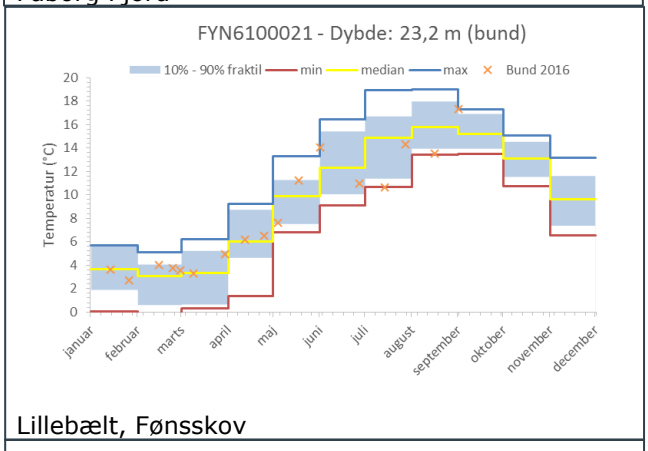
Helnæs Bugt



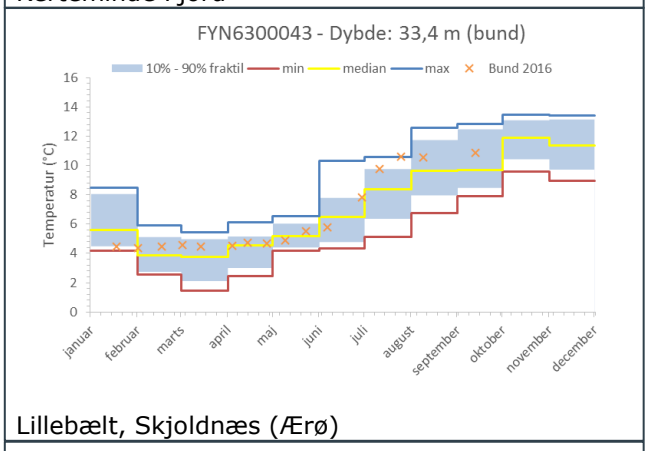
Fåborg Fjord



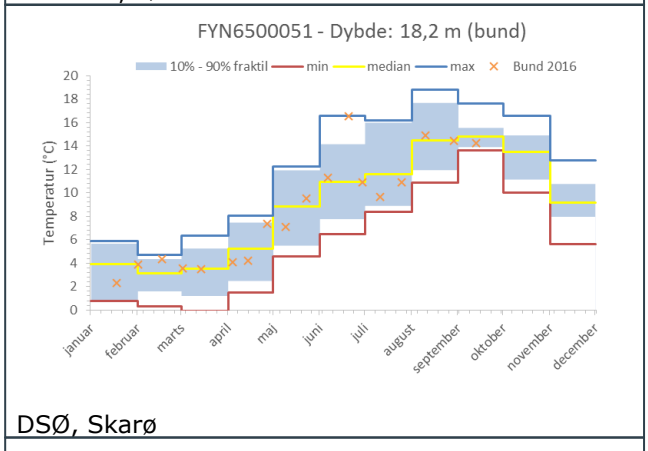
Kerteminde Fjord



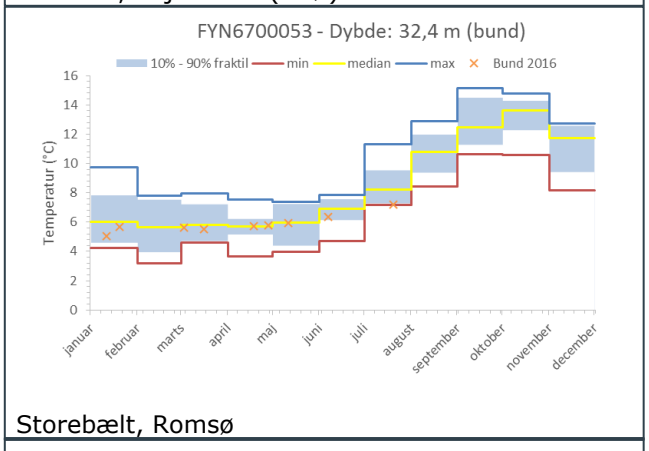
Lillebælt, Fønsskov



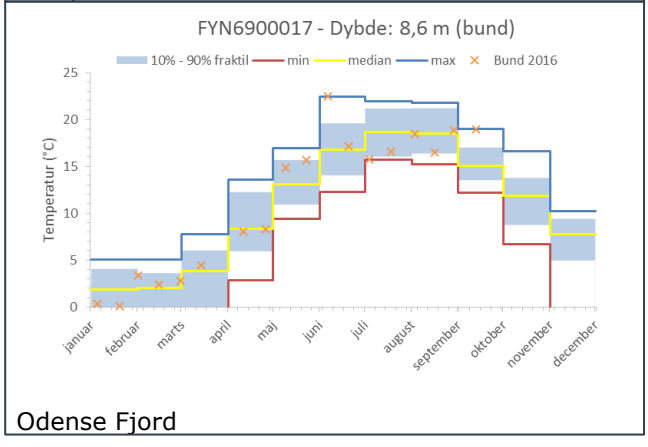
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



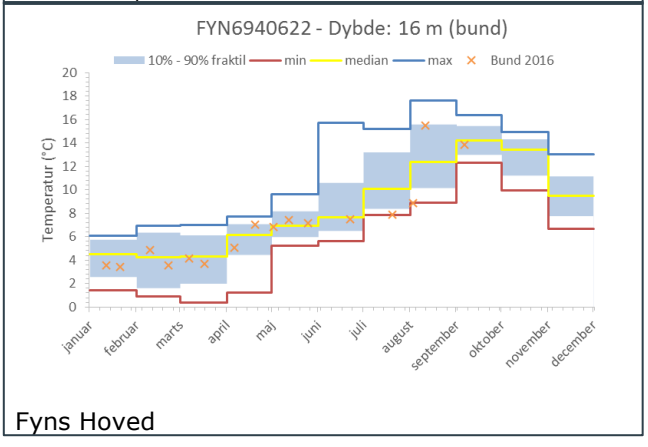
DSØ, Skarø



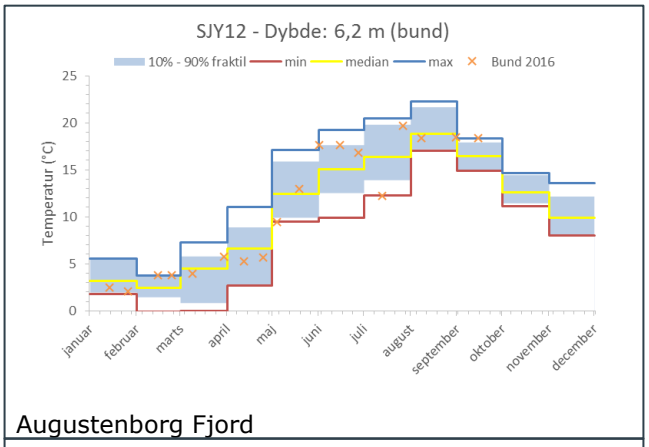
Storebælt, Romsø



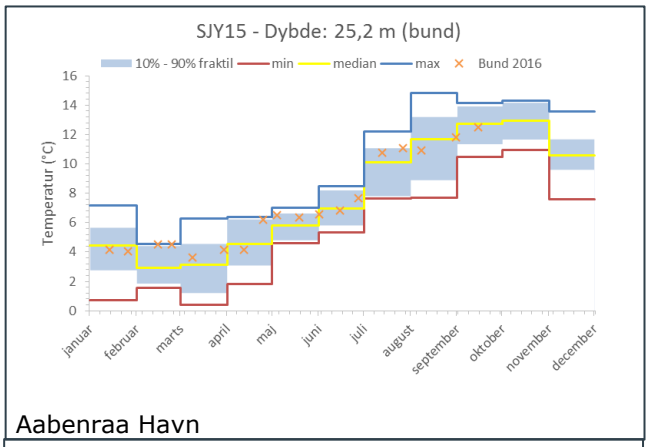
Odense Fjord



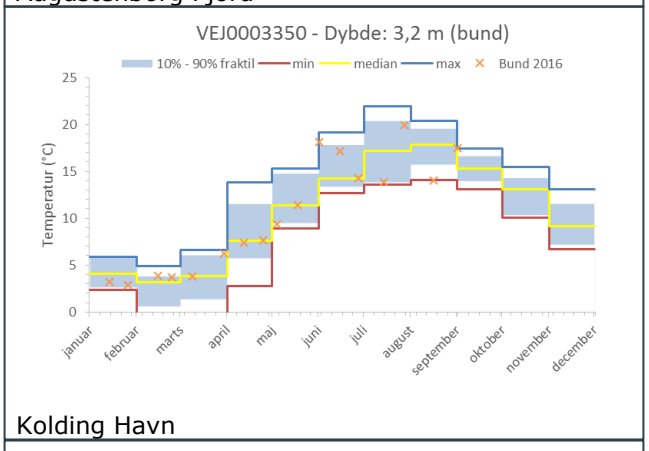
Fyns Hoved



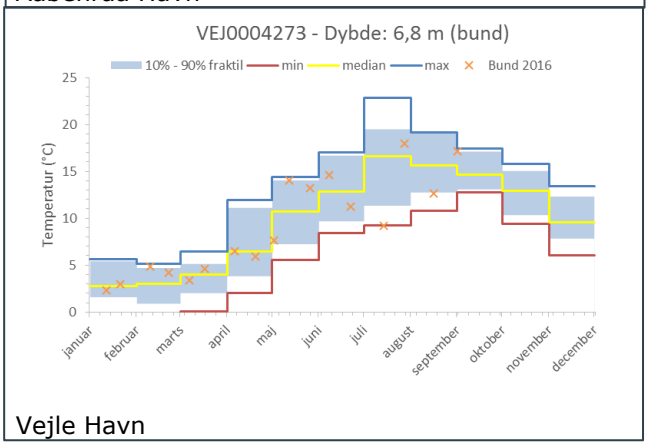
Augustenborg Fjord



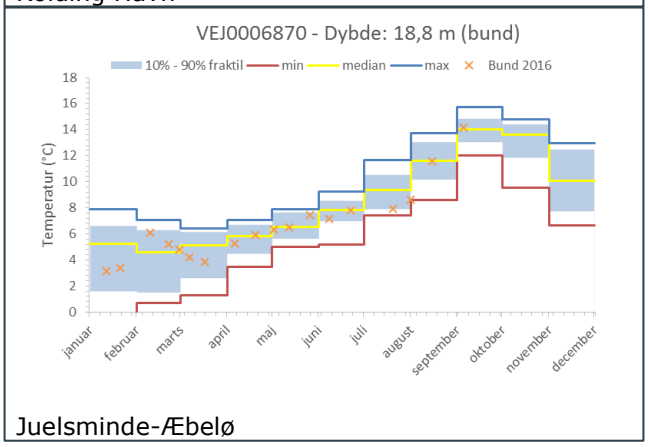
Aabenraa Havn



Kolding Havn



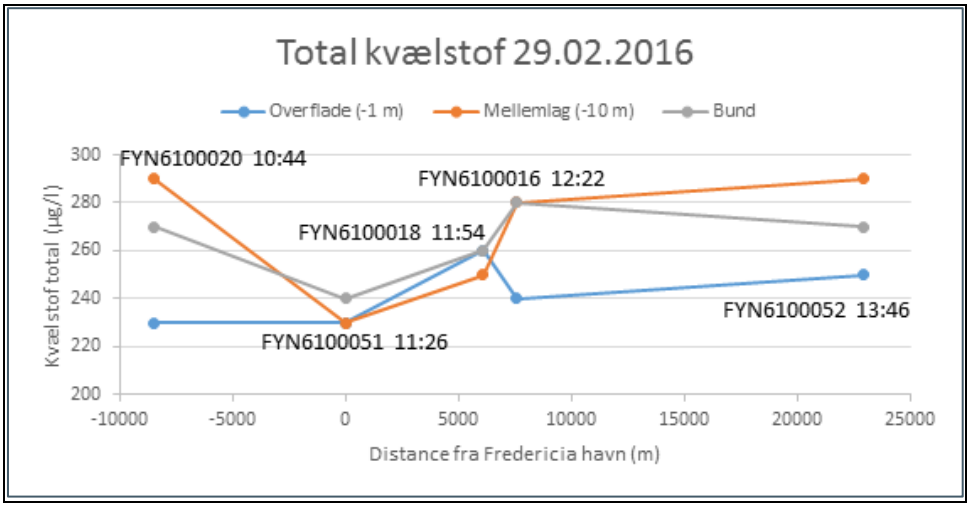
Vejle Havn



Juelsminde-Æbelø

3.3 Total kvælstof

En transekt gennem Lillebælt er vist i Figur 3-1:



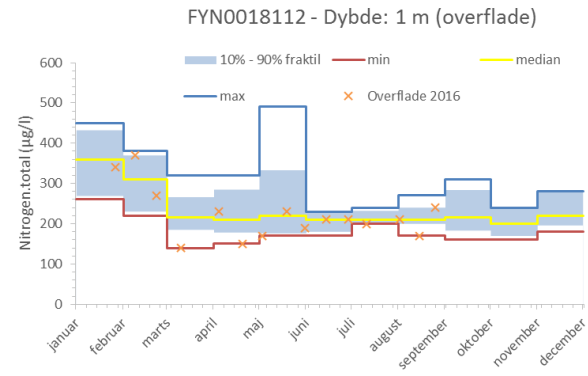
Figur 3-1 *Transekt udført 29 februar 2016 visende total kvælstof fra Kolding Fjord (venstre) forbi Fredericia (x=0) til Juelsminde/Æbelø (højre).*

Ovenstående transekt blev målt 26 dage efter uheldet. Det viser værdier (230-290 µg/l) i det normale forventningsområde, se nedenstående afsnit. Derudover viser transekten, at målingerne ved bunden har de højeste værdier, bortset fra området omkring Fredericia, hvor vandmasserne er velblandede.

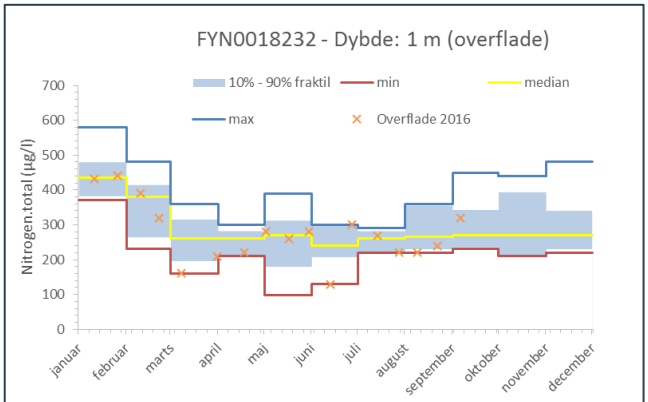
I de følgende to afsnit er målingerne for total kvælstof er vist for hhv. overflade og bund.

3.3.1 Total kvælstof, overflade

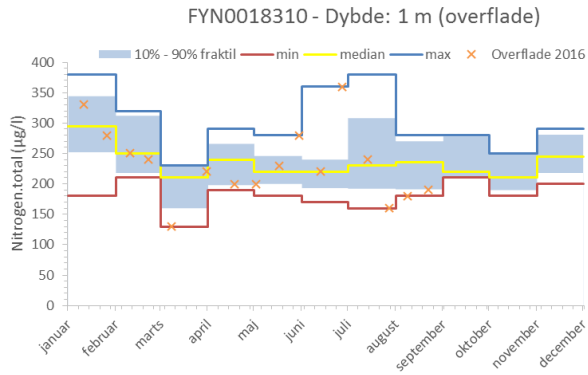
Total kvælstof i overfladen viser summen af tilgængeligt opløst kvælstof og bundet kvælstof. En relativ høj værdi tolkes som indikation for øget mulighed for algevækst og dermed øget potentiale for iltsvind.



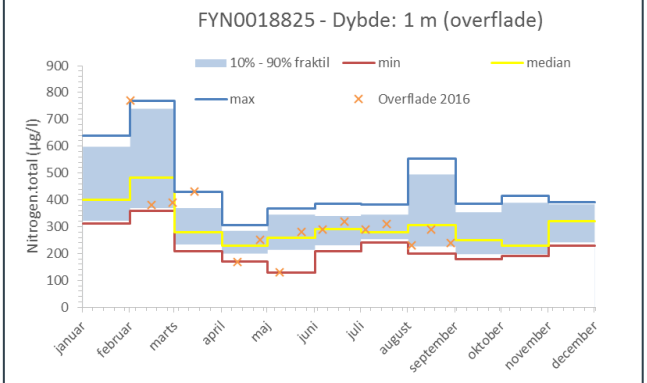
Gamborg Fjord



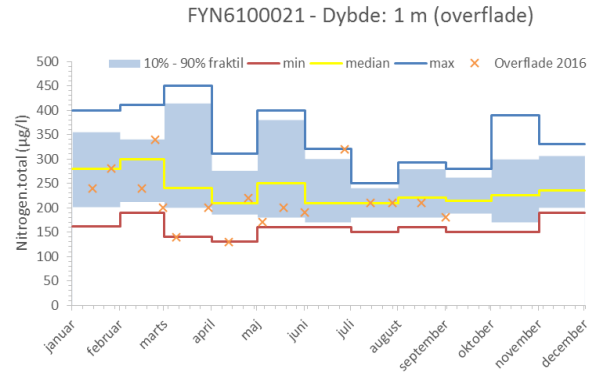
Helnæs Bugt



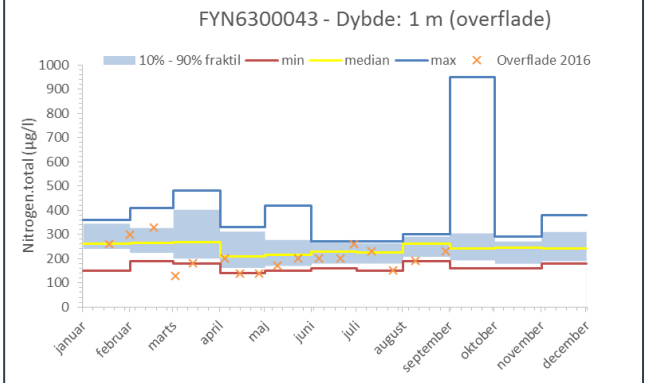
Fåborg Fjord



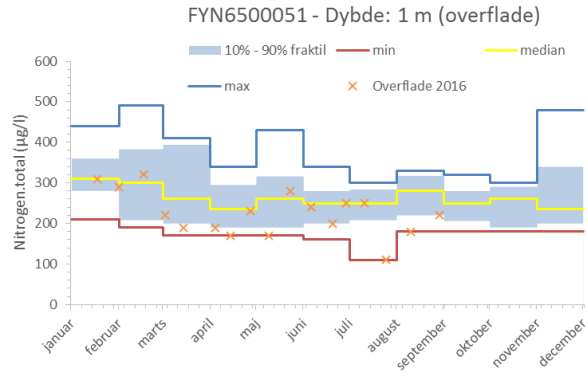
Kerteminde Fjord



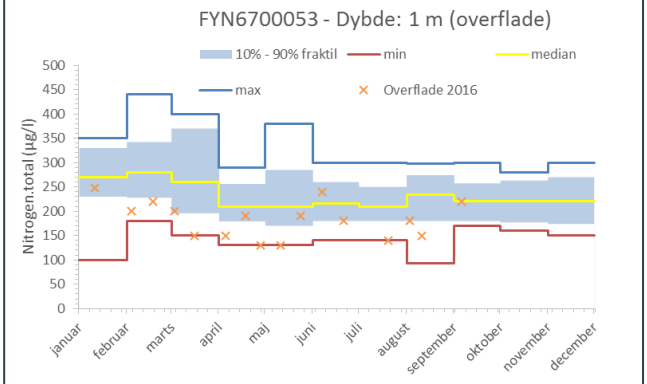
Lillebælt, Fønsskov



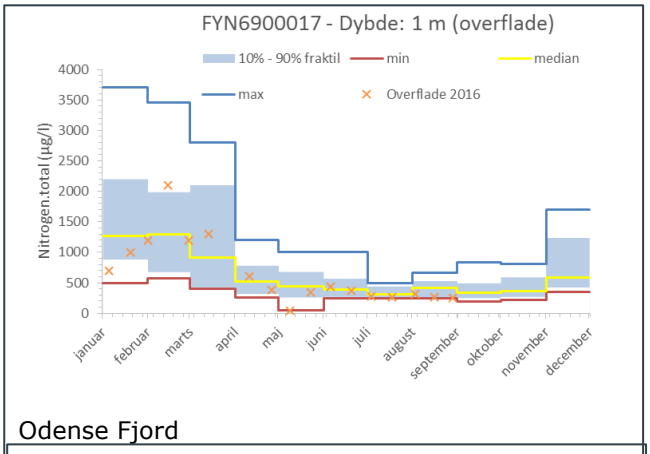
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



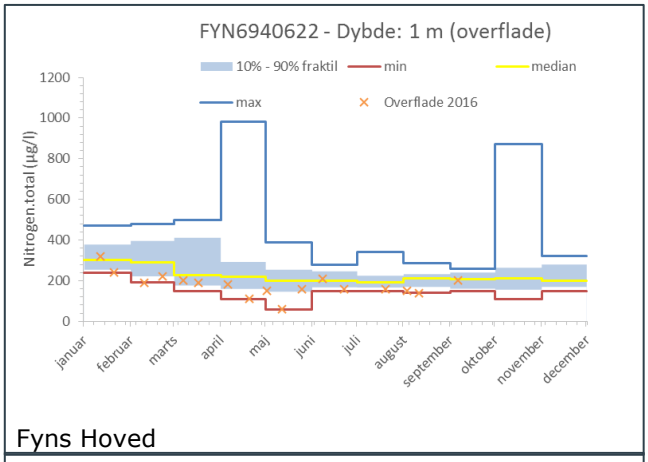
DSØ, Skarø



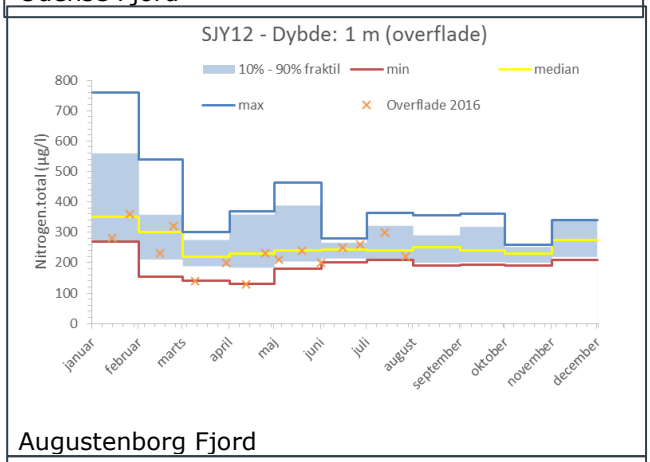
Storebælt, Romsø



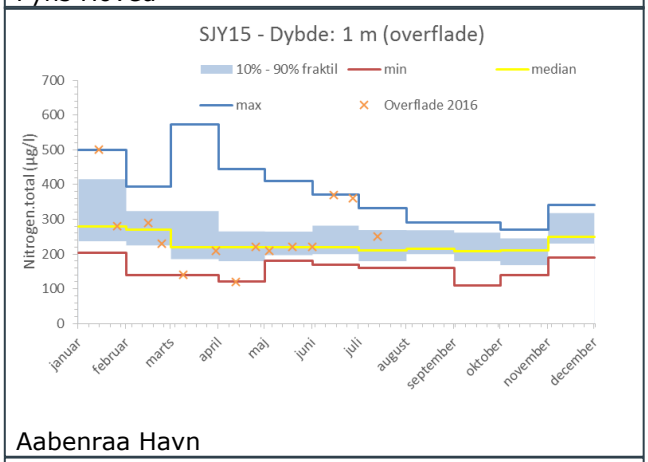
Odense Fjord



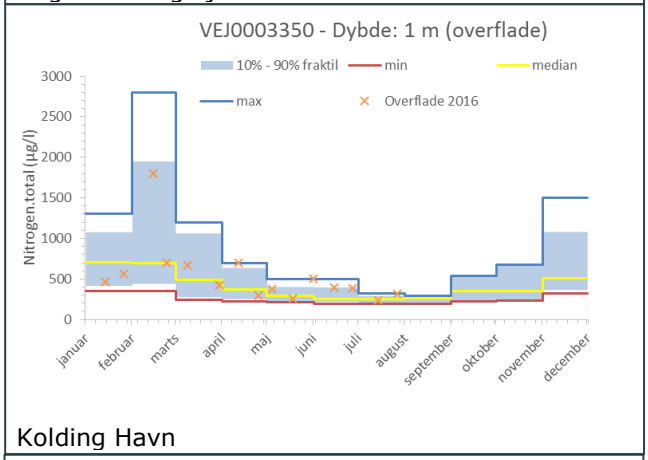
Fyns Hoved



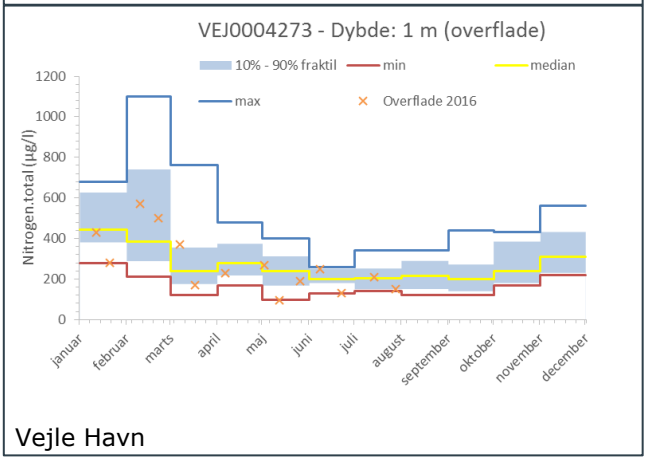
Augustenborg Fjord



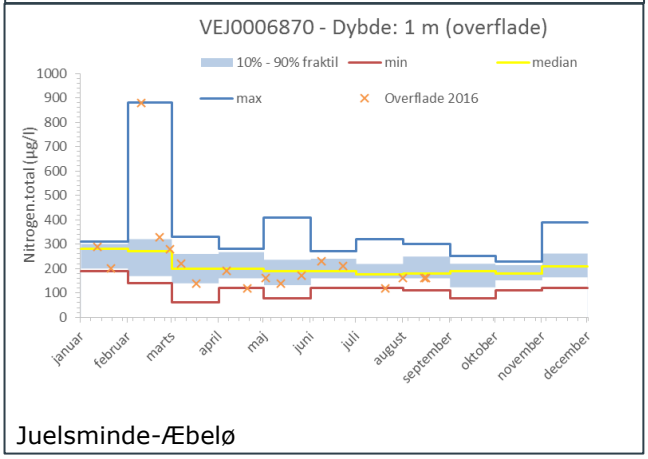
Aabenraa Havn



Kolding Havn



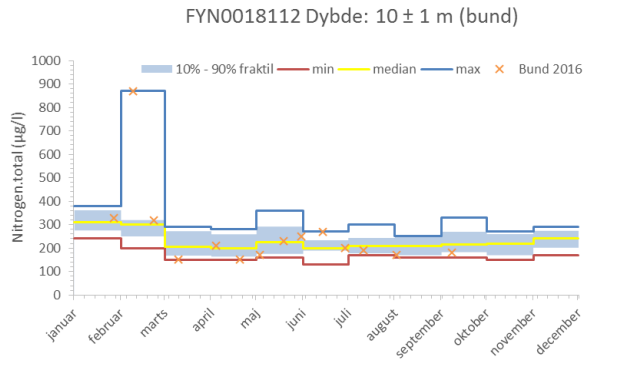
Vejle Havn



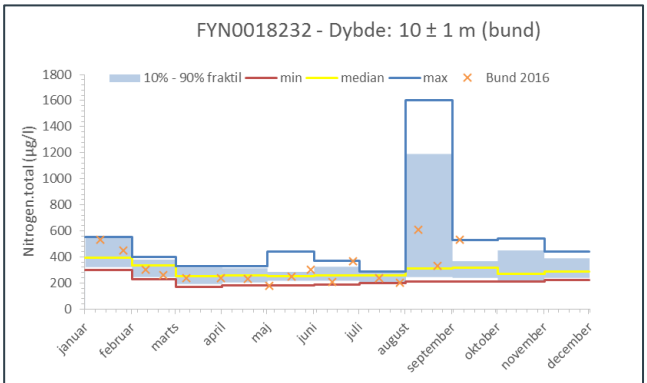
Juelsminde-Æbelø

3.3.2 Total kvælstof, bund

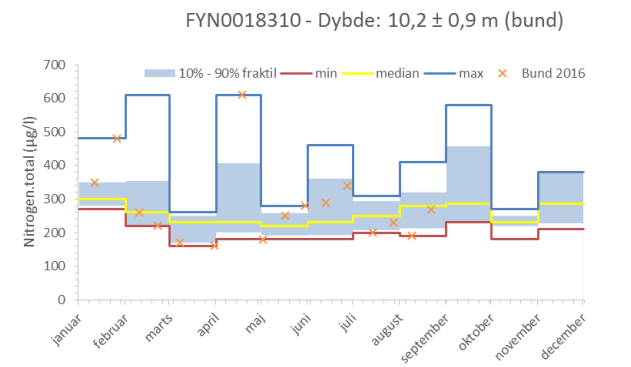
Høje værdier for total kvælstof ved bunden bruges som indikator for frigivelse af ammonium-ammoniak under iltfrie situationer, under et springlag på dybder større end 10-18m. På lavere vand viser høje værdier stor belastning fra land. Høje værdier ved bunden kan også være en indikator for, at bundslam er kommet i prøven.



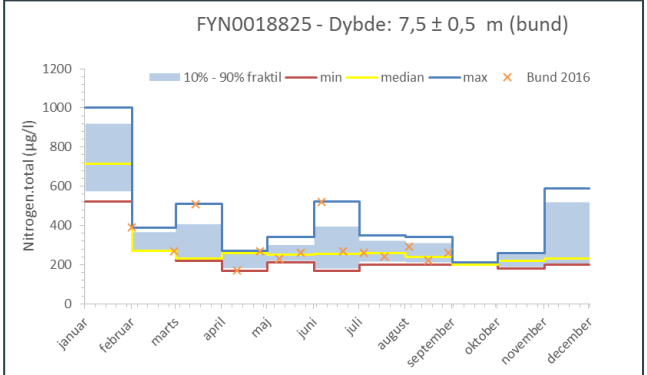
Gamborg Fjord



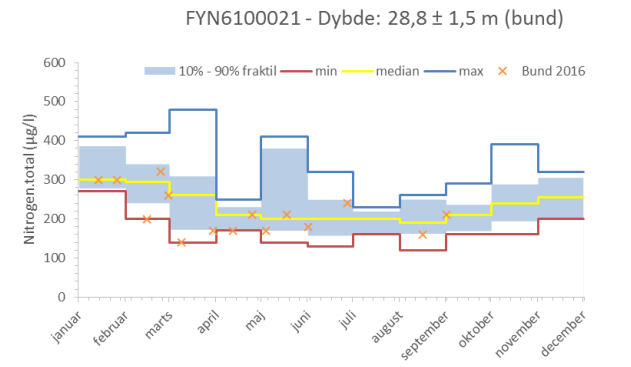
Helnæs Bugt



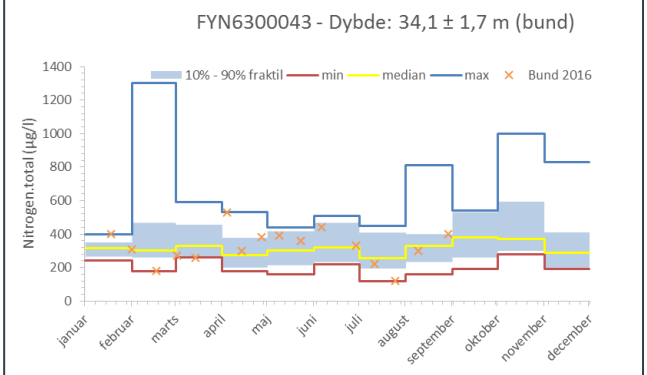
Fåborg Fjord



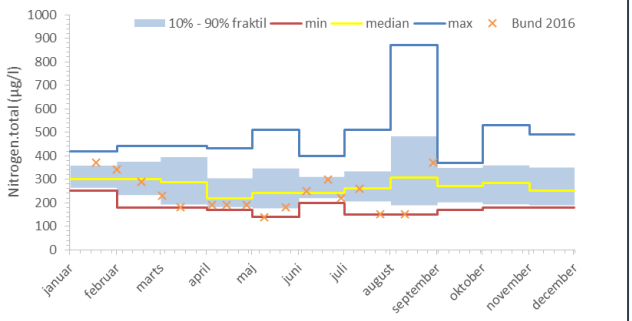
Kerteminde Fjord



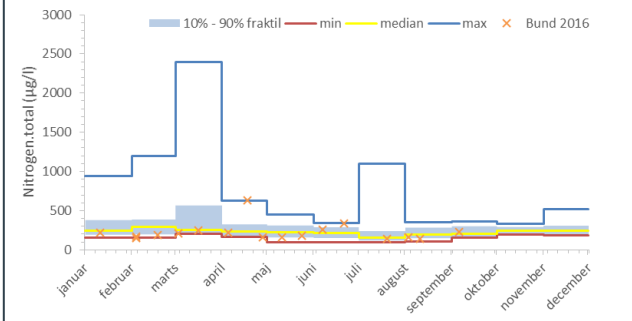
Lillebælt, Fønsskov



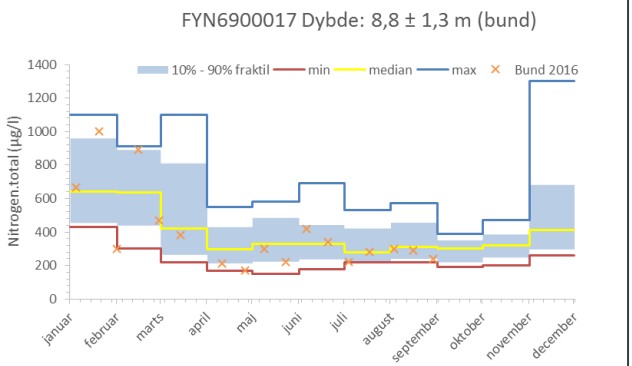
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



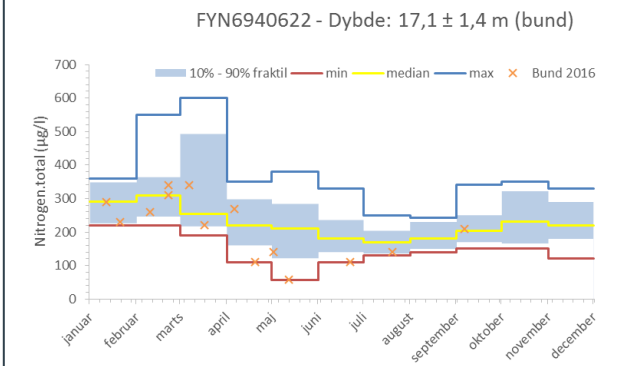
DSØ, Skarø



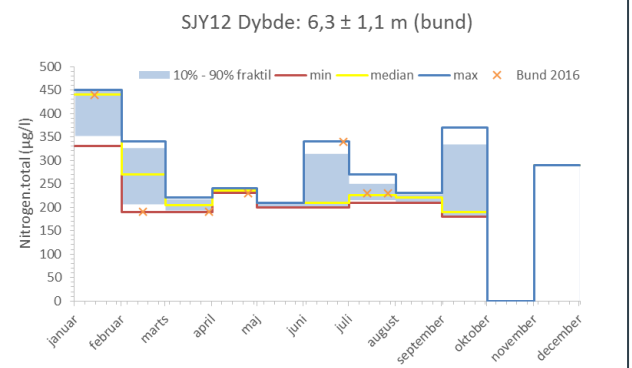
Storebælt, Romsø



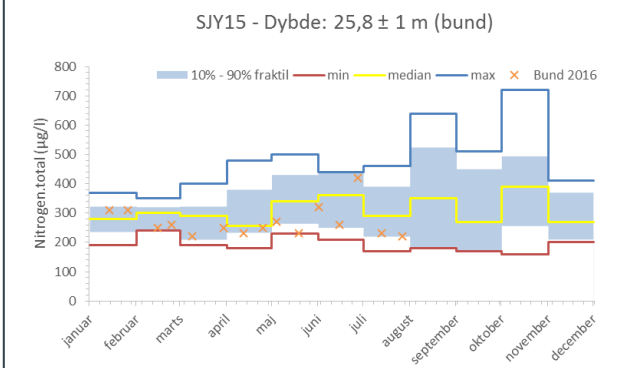
Odense Fjord



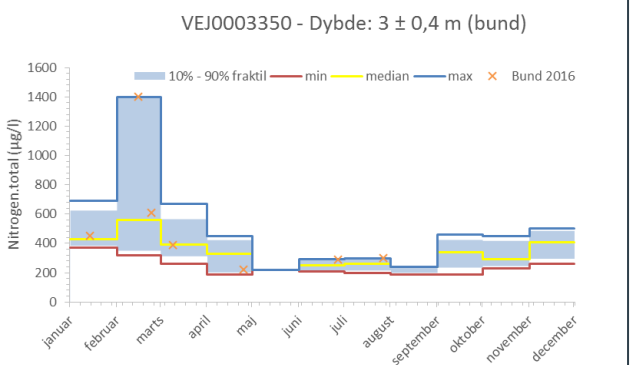
Fyns Hoved



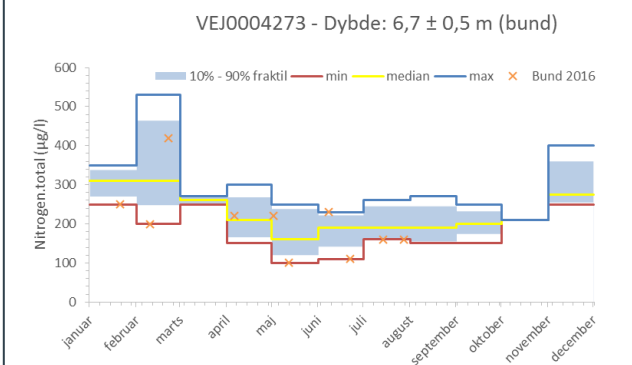
Augustenborg Fjord



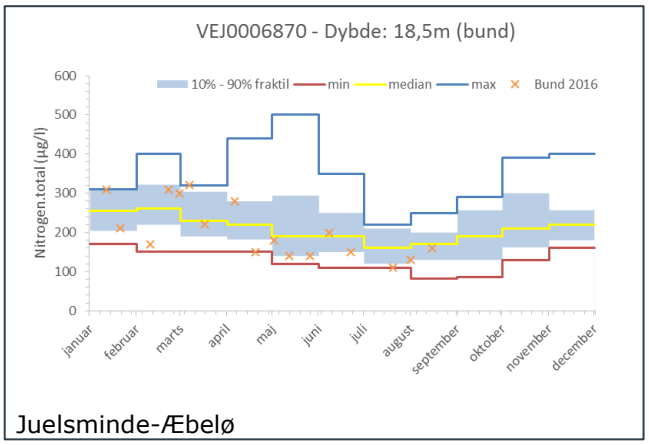
Aabenraa Havn



Kolding Havn



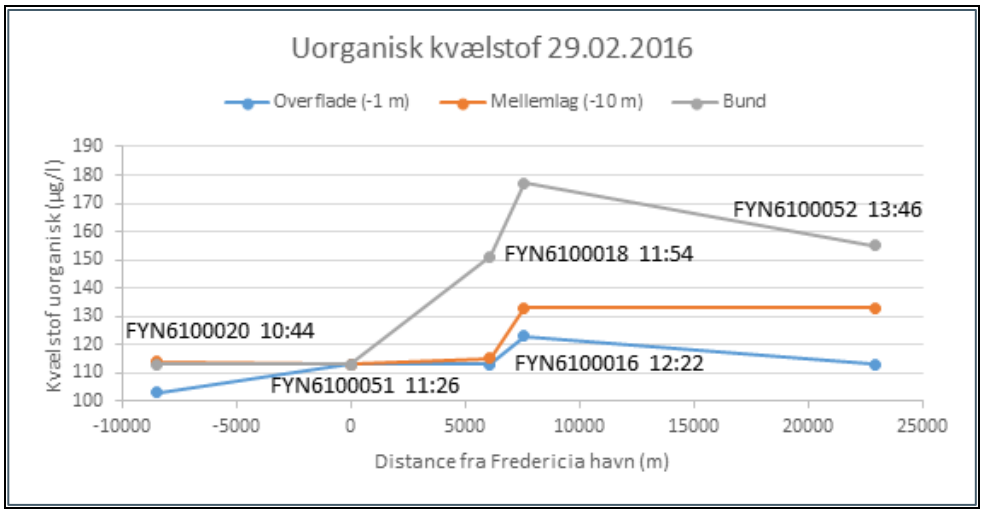
Vejle Havn



Juelsminde-Æbelø

3.4 Uorganisk kvælstof

Uorganisk kvælstof er summen af ammonium-ammoniak plus nitrat-nitrit. En transekt gennem Lillebælt den 29/2/2016 er vist i Figur 3-1:



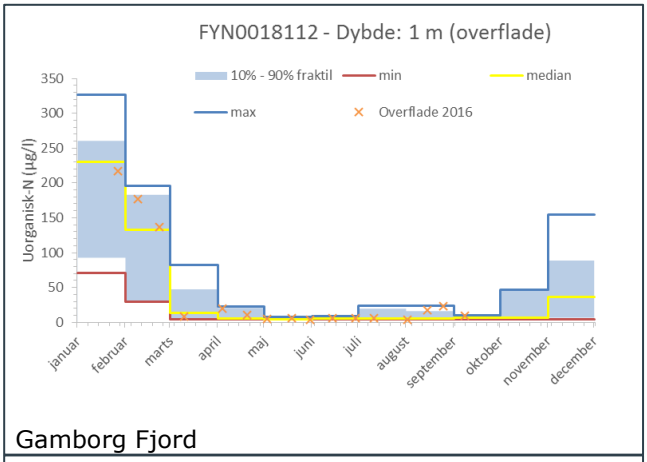
Figur 3-2 *Transekt udført 29 februar 2016 visende uorganisk kvælstof fra Kolding Fjord (venstre) forbi Fredericia (x=0) til Juelsminde/Æbelø (højre)*

Ovenstående transekt blev målt 26 dage efter udslippet. Målingerne viser forhøjede værdier i mellemlaget og i bundlaget i farvandet nord for Fredericia. Derudover ses, at kvælstofmålingerne ved bunden har de højeste værdier, bortset fra området omkring Fredericia, hvor vandmasserne er velblandede fra top til bund. Målingerne viser, at ved sydgående strøm opblandes hele vandmassen ved passage af Snævringen, hvilket ikke er tilfældet ved nordgående strøm. Et udslip fra Fredericia vil derfor primært være opblandet ved sydgående strøm men ikke ved nordgående strøm.

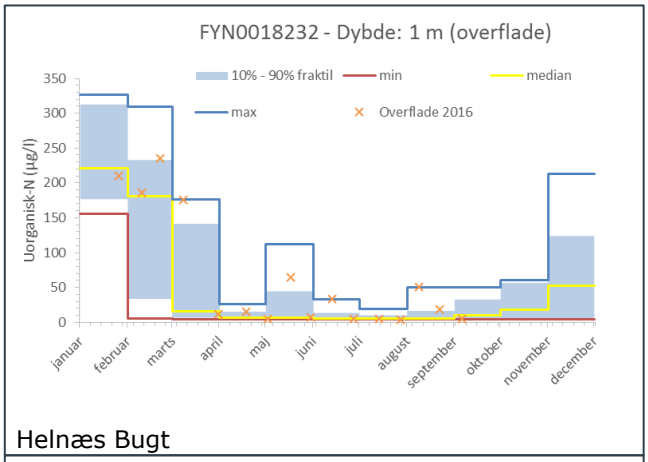
I de følgende to afsnit er målingerne for uorganisk kvælstof vist for hhv. overflade og bund.

3.4.1 Uorganisk kvælstof, overflade

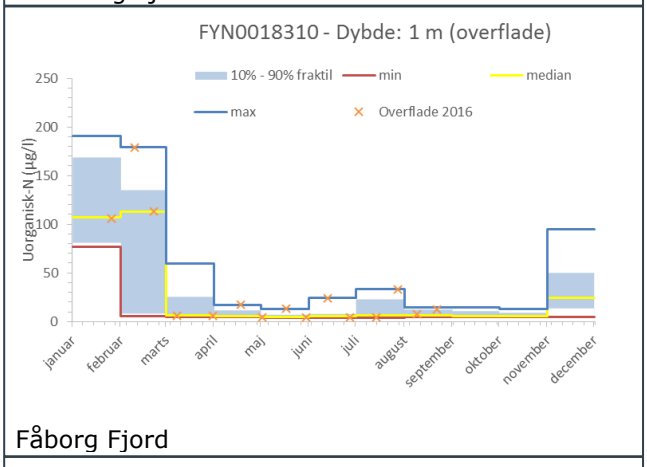
Uorganisk kvælstof viser potentialet for algevækst og indgår i bestemmelse af total N. Uorganisk kvælstof udviser typisk høje værdier om vinteren, hvor der ikke foregår høj fotosyntese (lysmangel, kulde) eller ved havbunden hvor fotosyntesen er lav eller fraværende på grund af mørke.



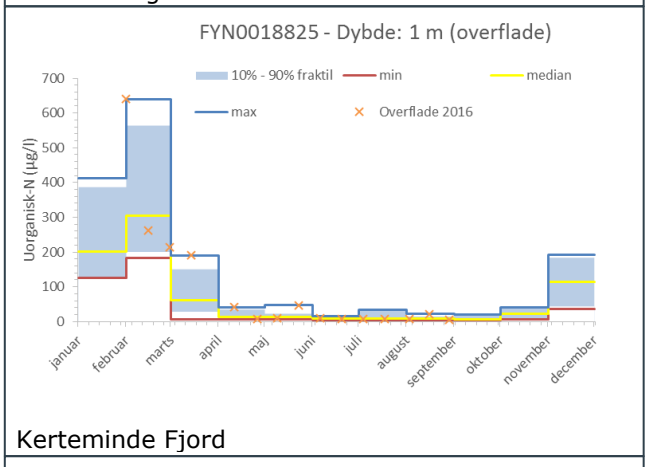
Gamborg Fjord



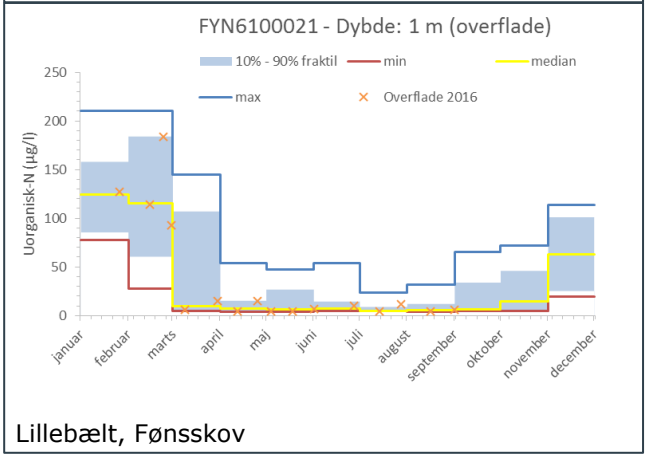
Helnæs Bugt



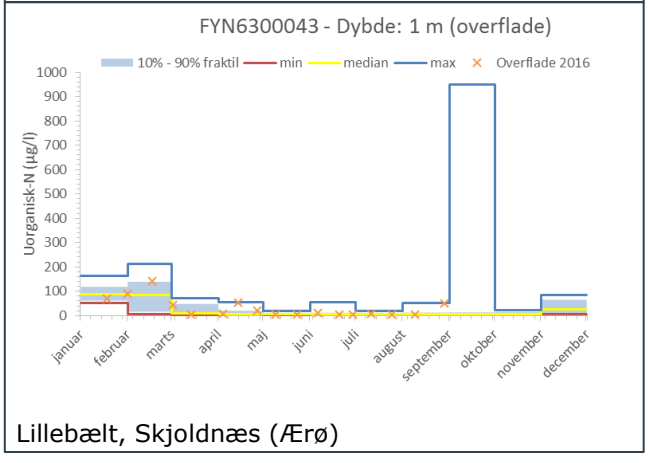
Fåborg Fjord



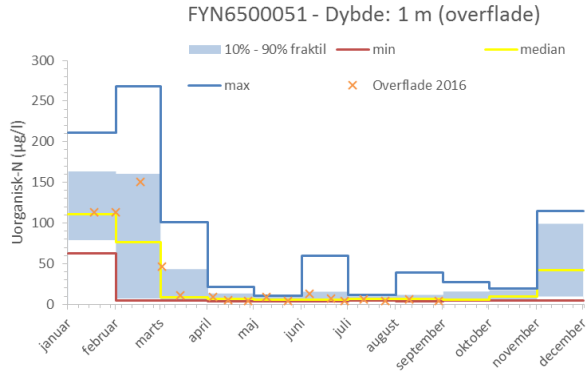
Kerteminde Fjord



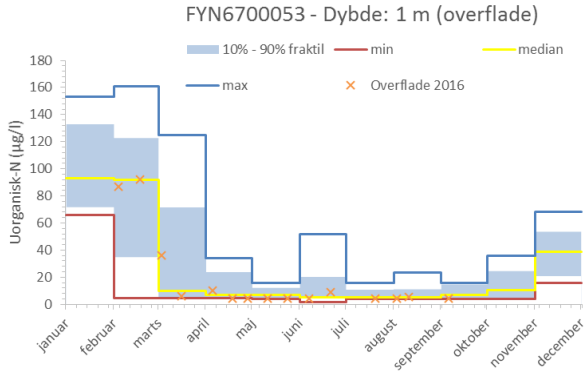
Lillebælt, Fønsskov



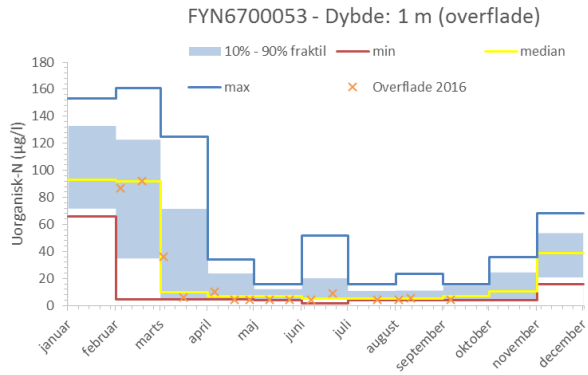
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



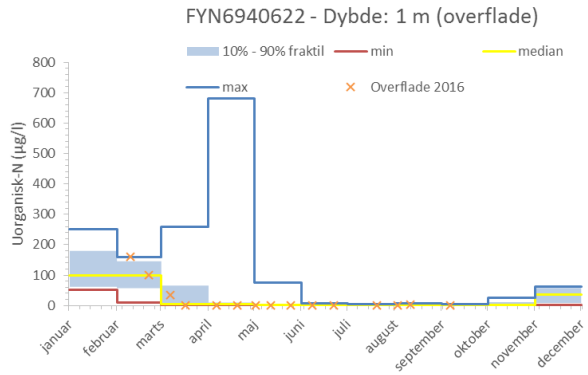
DSØ, Skarø



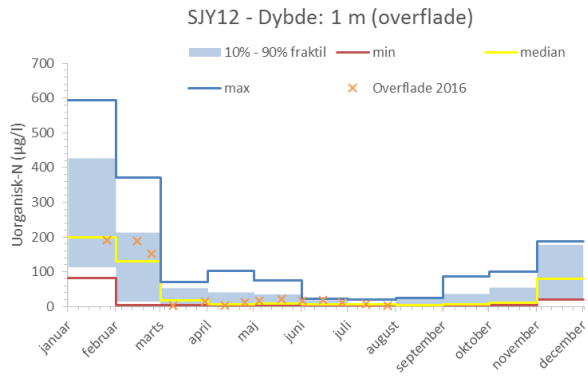
Storebælt, Romsø



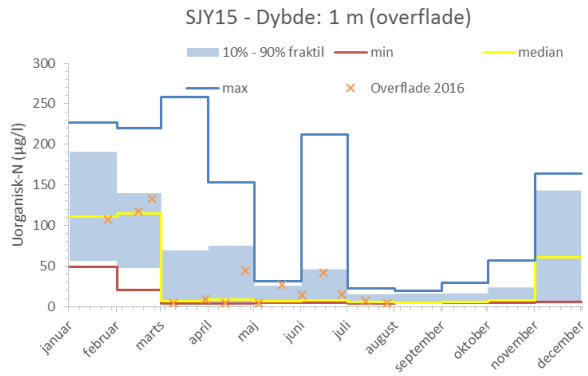
Odense Fjord



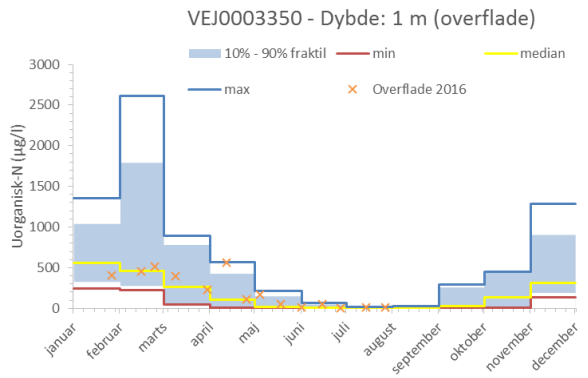
Fyns Hoved



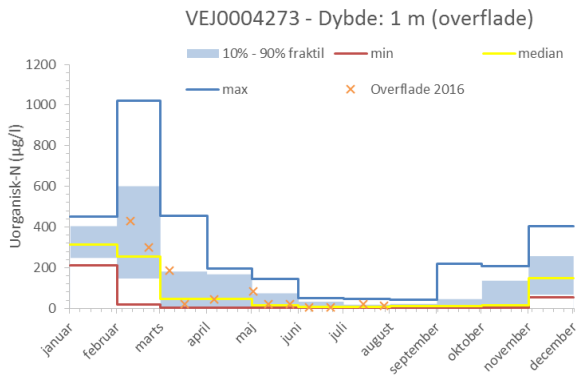
Augustenborg Fjord



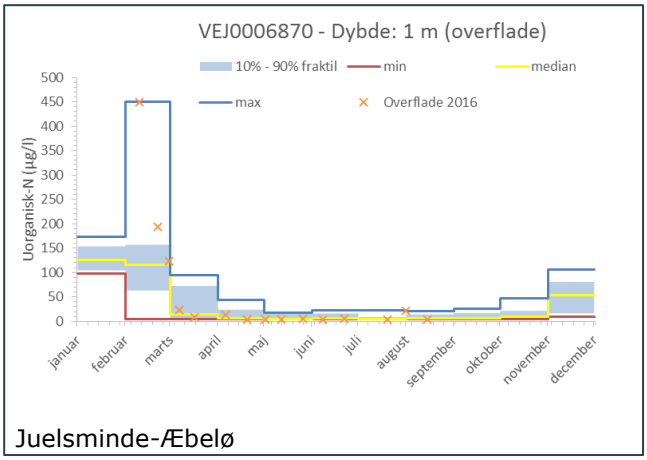
Aabenraa Havn



Kolding Havn



Vejle Havn

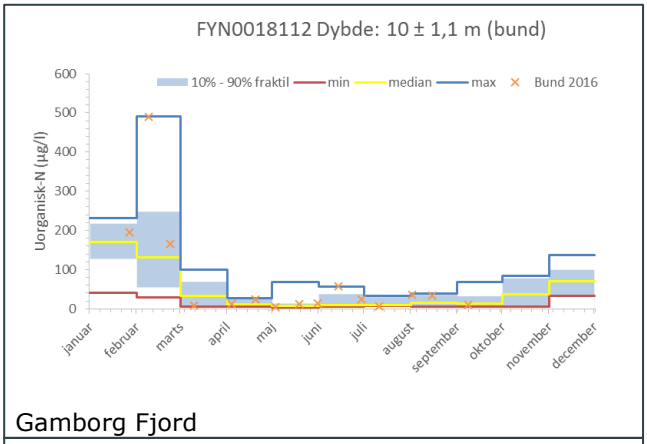


Juelsminde-Æbelø

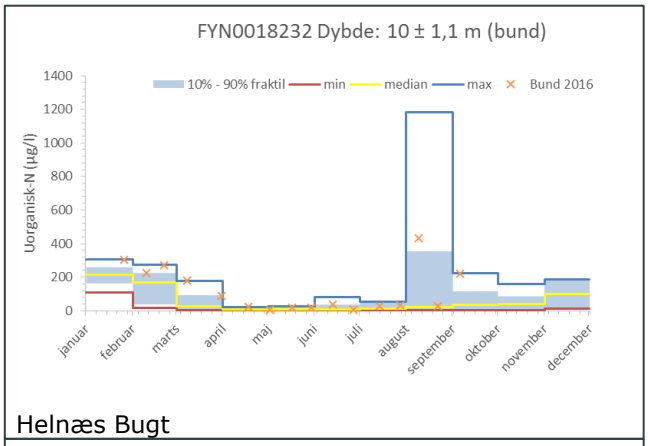
3.4.2 Uorganisk kvælstof, bund

Høje værdier for uorganisk kvælstof i bundlaget viser, for lave vanddybder (<10m), påvirkningen fra landbaseret afstrømning, mens de for store dybder og under springlaget (D>10m) indikerer iltfrie forhold, hvor store mængder af NH_{3+4} bliver frigivet.

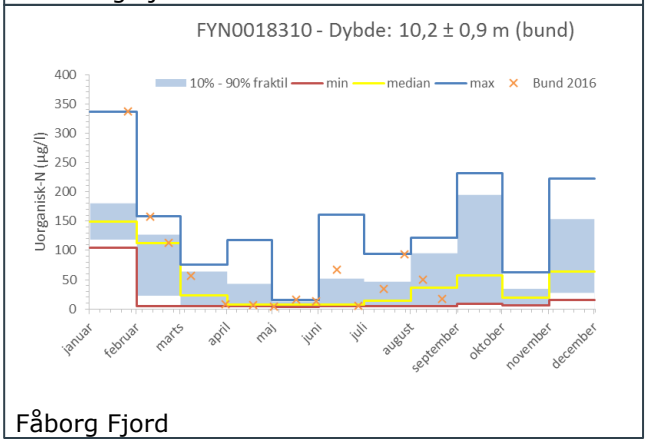
For Augustenborg, Kolding og Vejle Havn har enkelte måneder kun haft 1 eller ingen måling, hvorfor de statistiske værdier alle sammen er éns eller 0. Disse måneder kan derfor ikke indgå i en datasammenligning for de pågældende stationer.



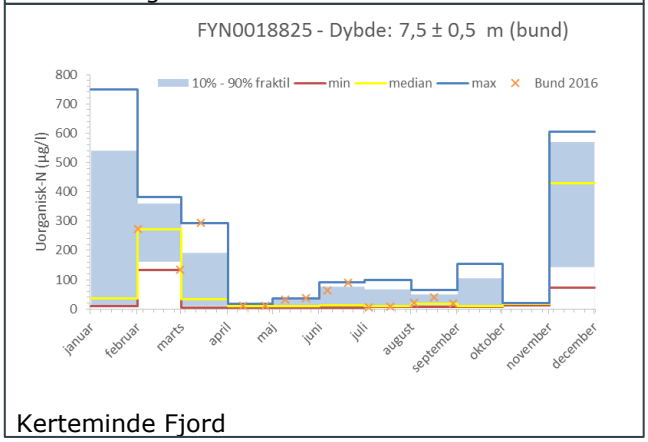
Gamborg Fjord



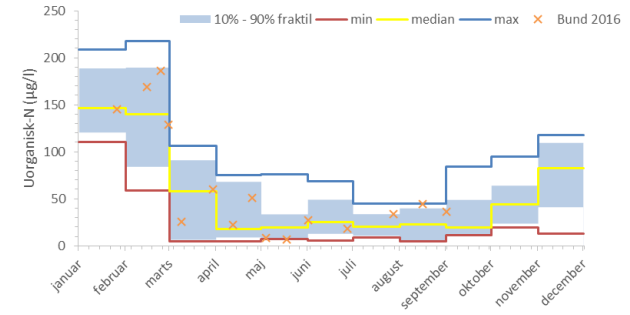
Helnæs Bugt



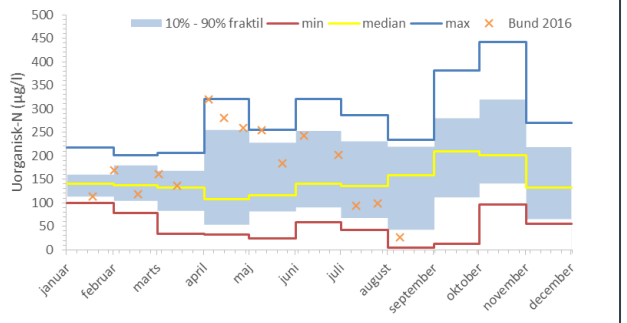
Fåborg Fjord



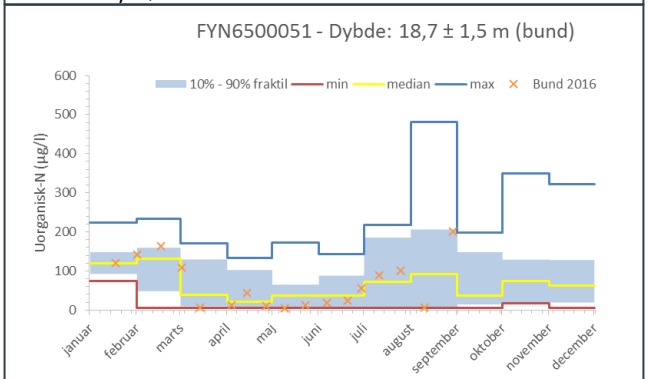
Kerteminde Fjord



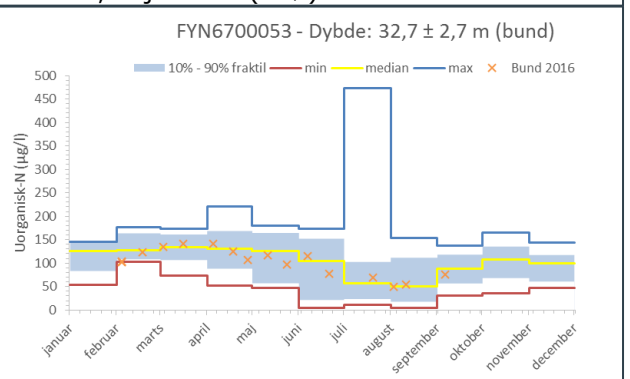
Lillebælt, Fønsskov



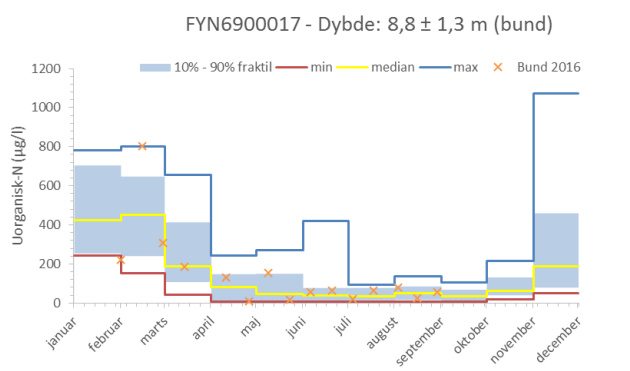
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



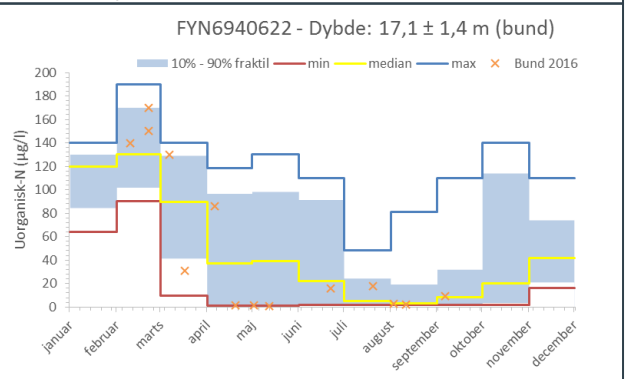
DSØ, Skarø



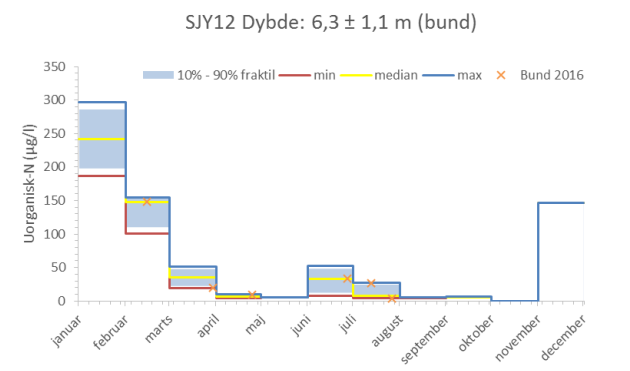
Storebælt, Romsø



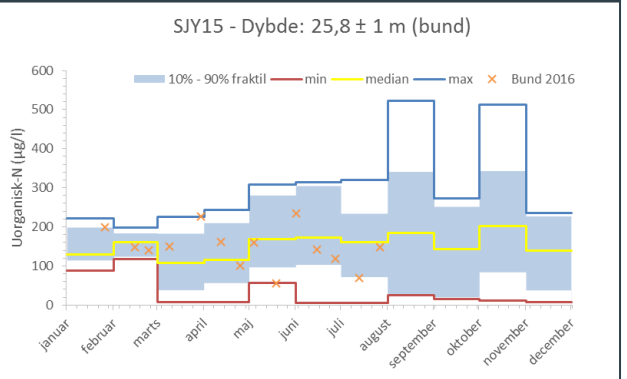
Odense Fjord



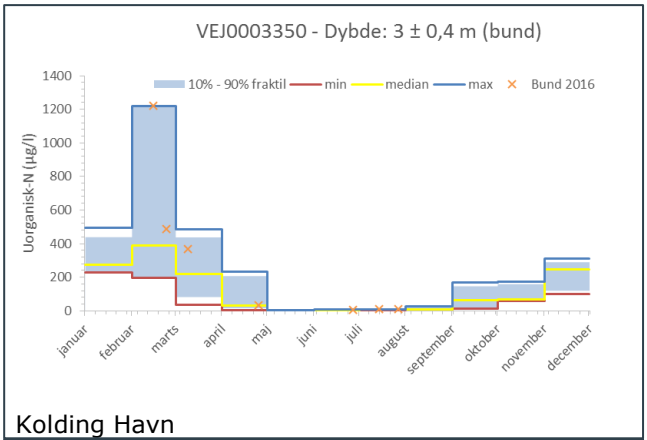
Fyns Hoved



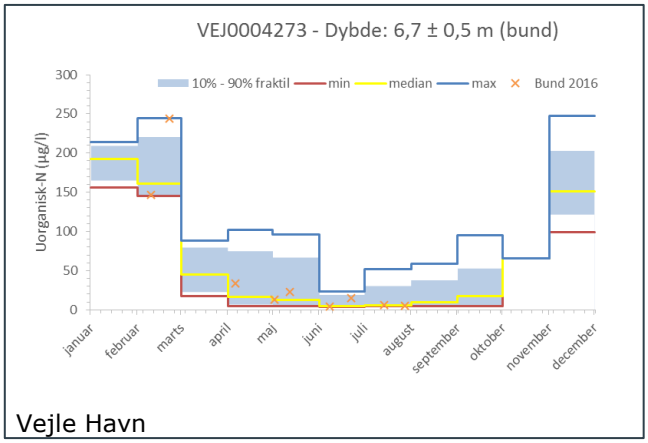
Augustenborg Fjord



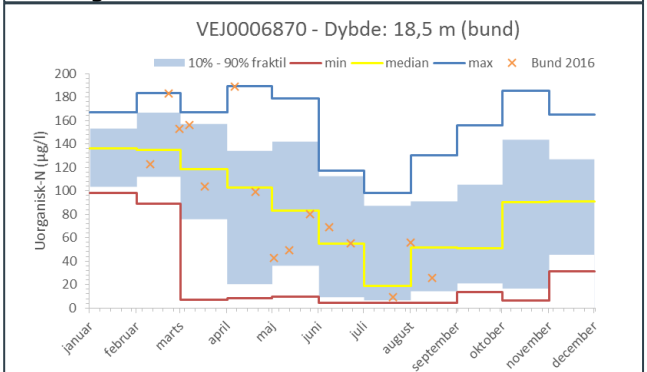
Aabenraa Havn



Kolding Havn



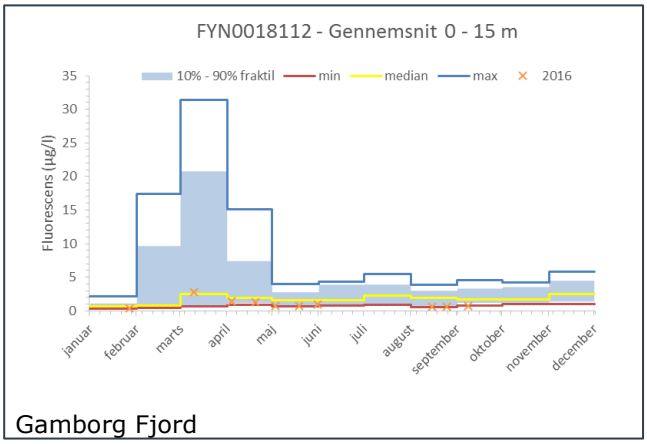
Vejle Havn



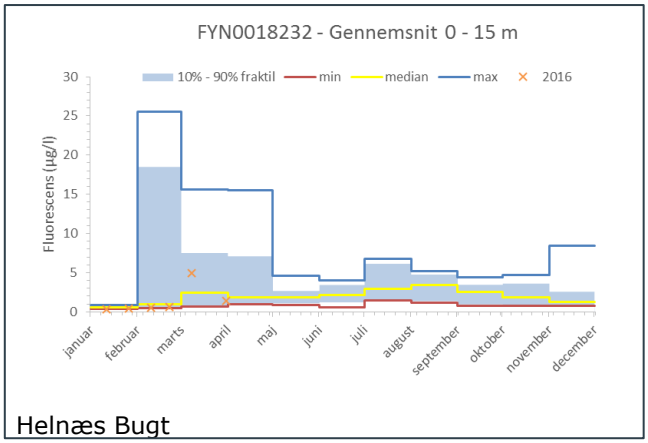
Juelsminde-Æbelø

3.5 Klorofyl

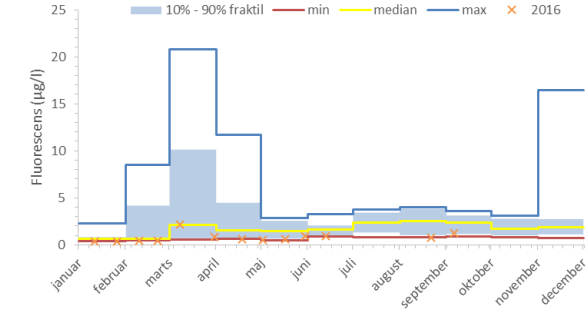
Klorofyl er angivet som middelværdien for den øvre vandmasse over 15 m vanddybde (D<15m). Dermed medtages hele den lyse (fotiske) zone og mulige algeopblomstringer i springlaget (13-18 m dybde) vil dermed til dels medtages. Klorofyl er en central parameter, fordi tilstedeværelse af høje algekoncentrationer kan give anledning til øget sedimentation af organisk materiale til havbunden. Forårsopblomstringen plejer at ske i marts måned.



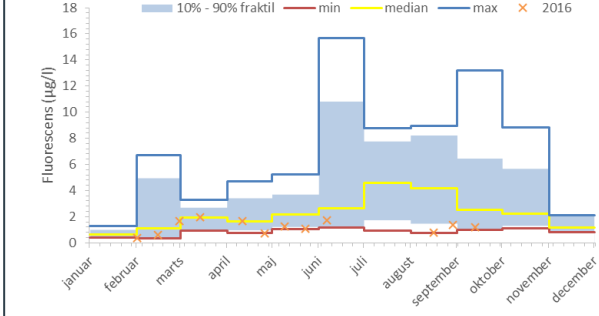
Gamborg Fjord



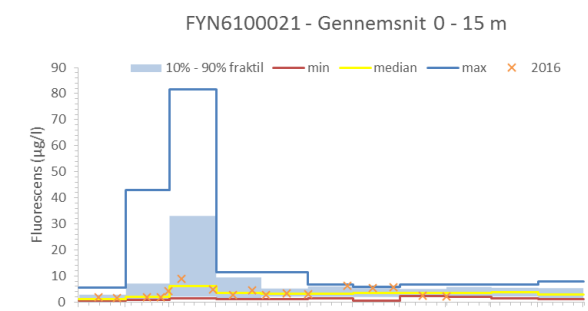
Helnæs Bugt



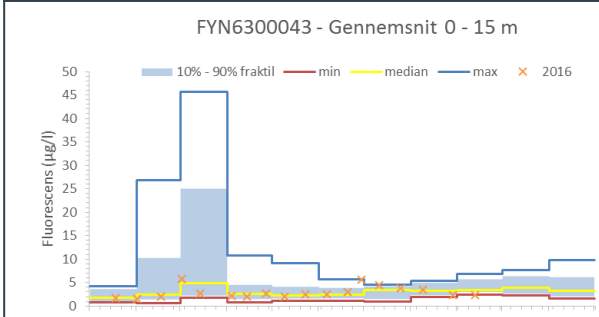
Fåborg Fjord



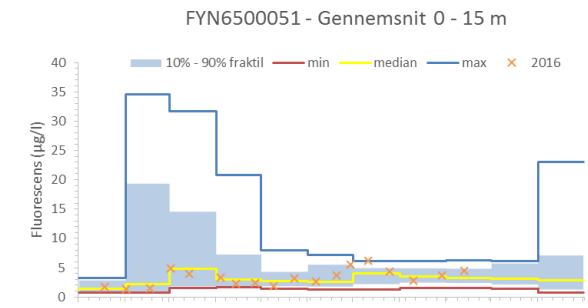
Kerteminde Fjord



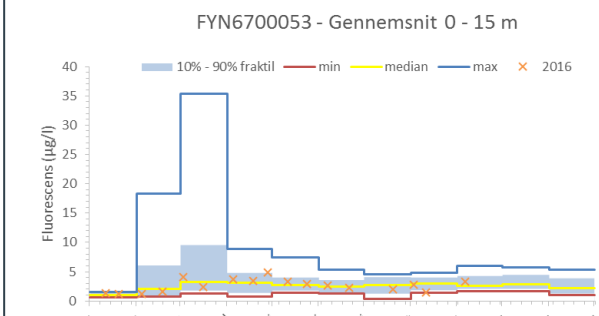
Lillebælt, Fønsskov



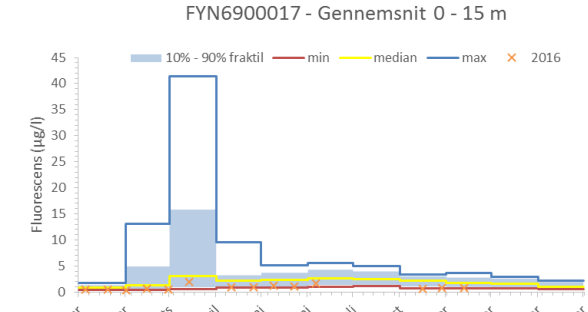
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



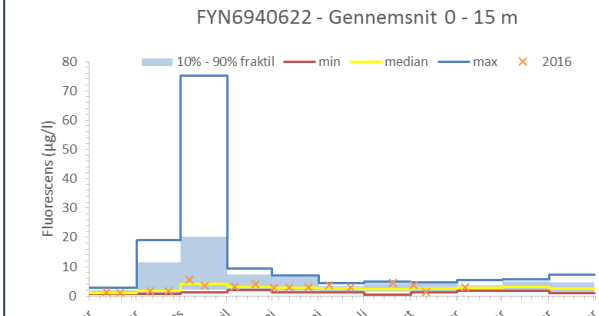
DSØ, Skarø



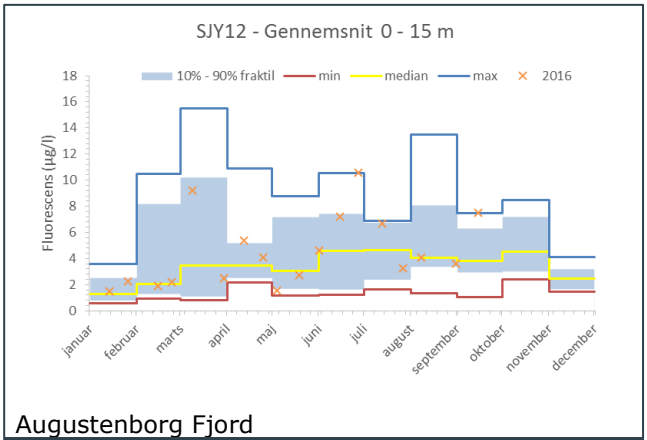
Storebælt, Romsø



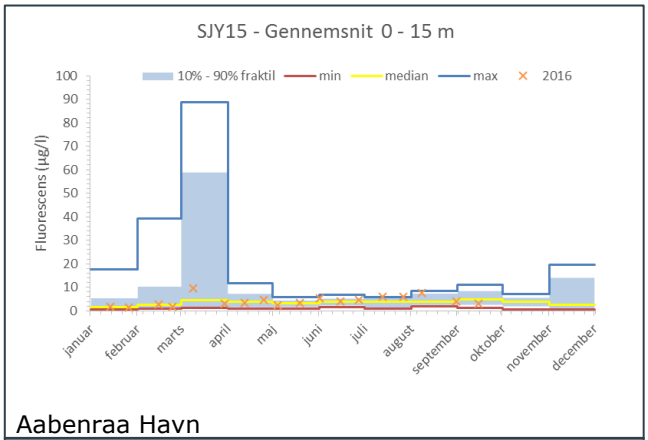
Odense Fjord



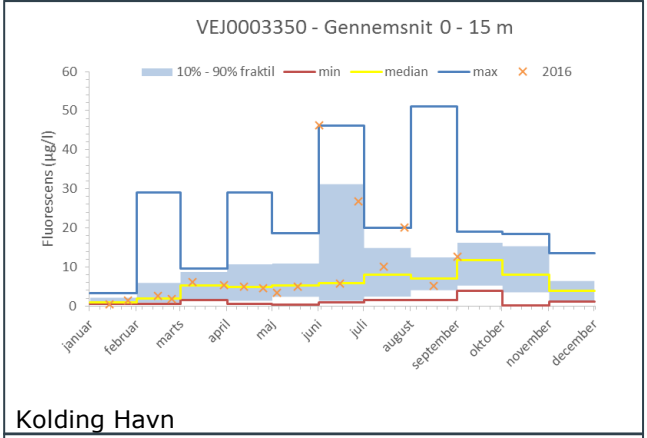
Fyns Hoved



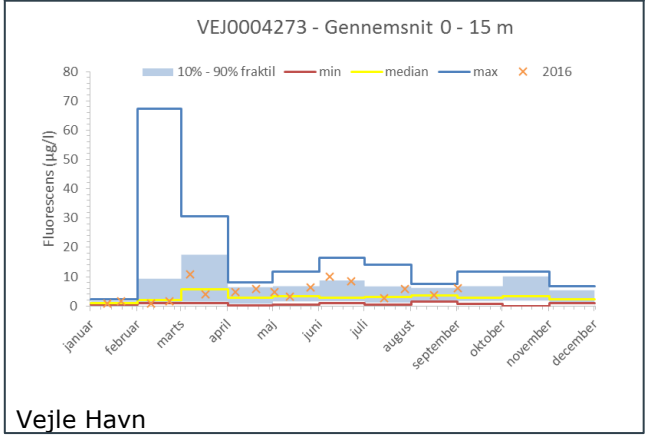
Augustenborg Fjord



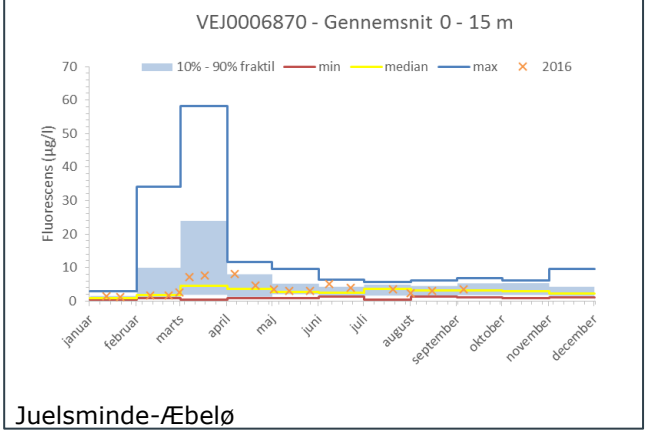
Aabenraa Havn



Kolding Havn



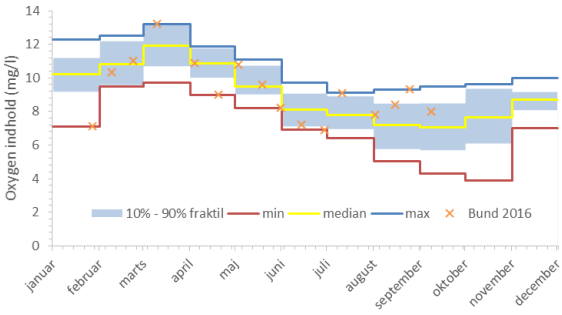
Vejle Havn



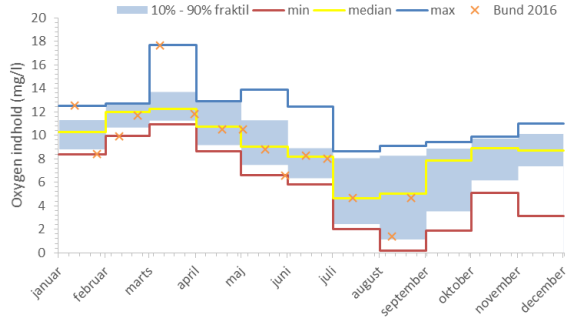
Juelsminde-Æbelø

3.6 Iltindhold

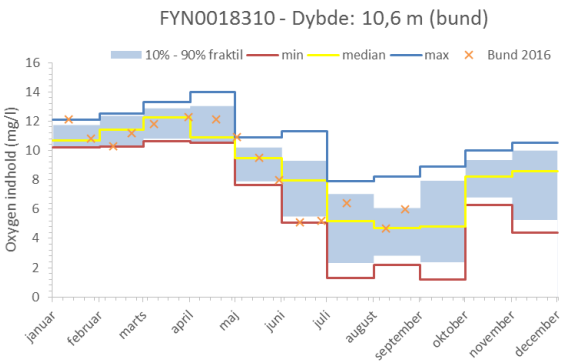
Iltindholdet i bundvandet er den centrale miljøindikator, og er et produkt af vandskifte, temperatur, kvælstofkoncentration og den resulterende algeproduktion, der efter bundfældning kan nedbrydes under iltforbrug ved bunden. Iltkoncentrationen på de stationer der har en vanddybde over 15 m, dvs. under springlaget (13-18 m) forventes at være den kritiske parameter, der viser om udslippet i Fredericia fik en målbar effekt eller ej.



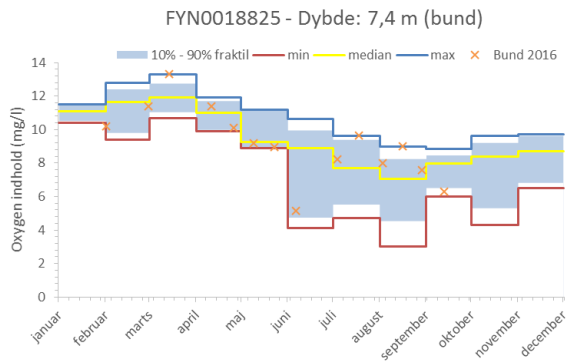
Gamborg Fjord



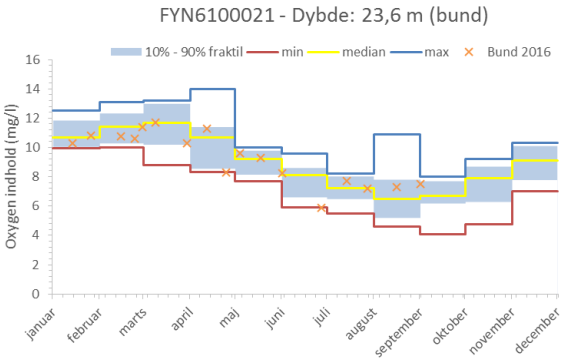
Helnæs Bugt



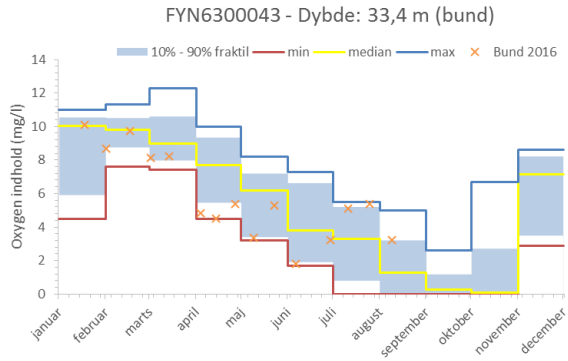
Fåborg Fjord



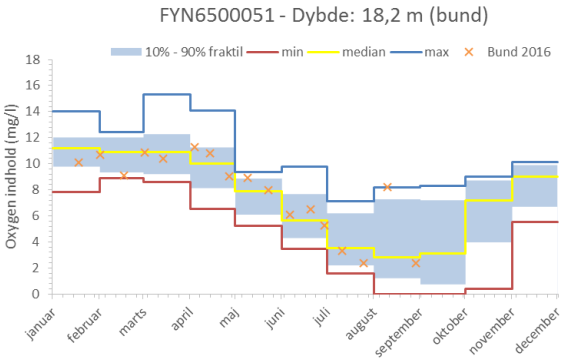
Kerteminde Fjord



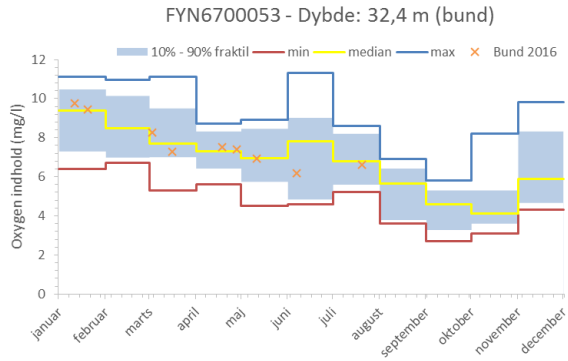
Lillebælt, Fønsskov



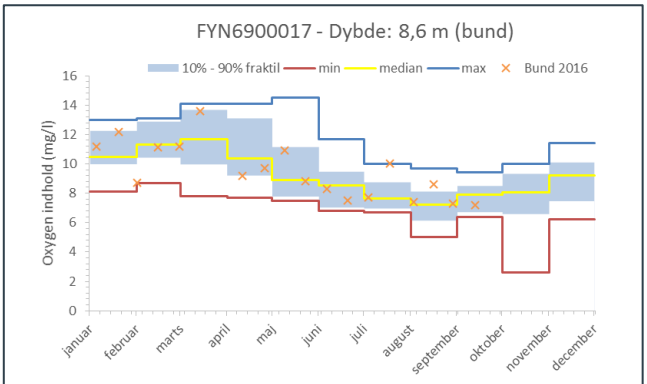
Lillebælt, Skjoldnæs (Ærø)



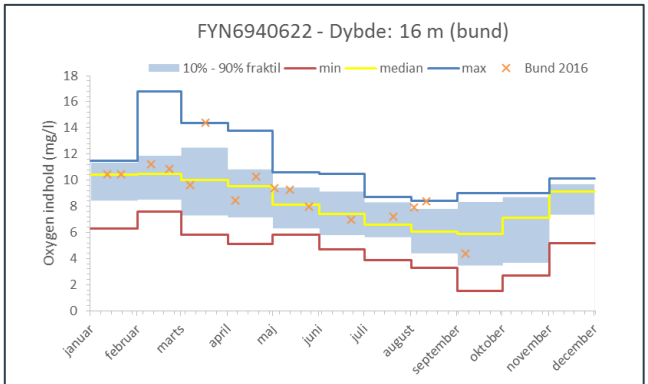
DSØ, Skarø



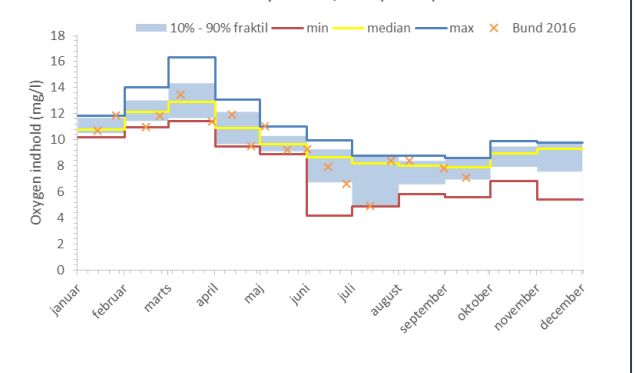
Storebælt, Romsø



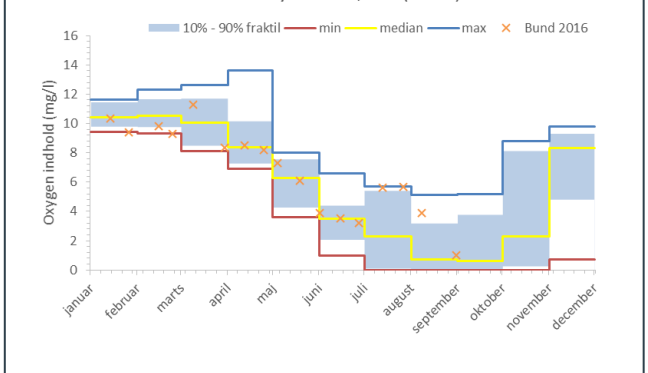
Odense Fjord



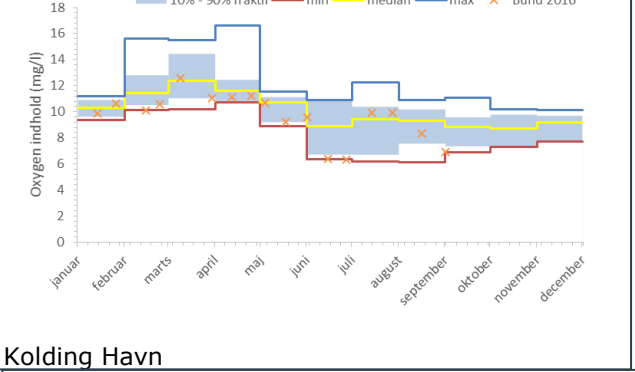
Fyns Hoved



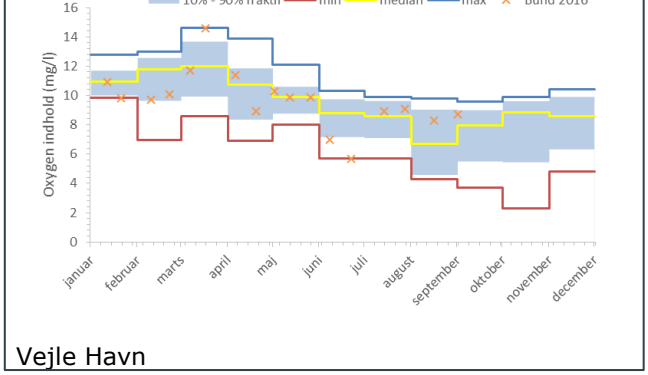
Augustenborg Fjord



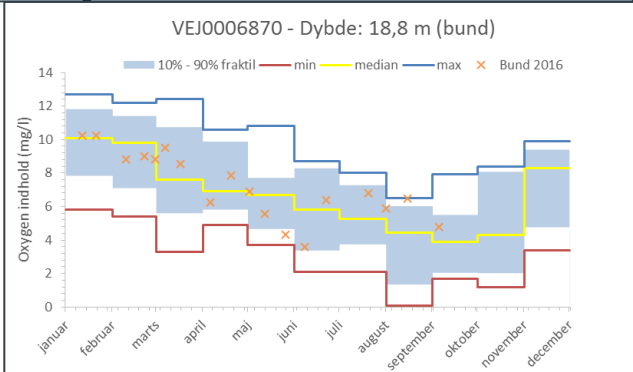
Aabenraa Havn



Kolding Havn



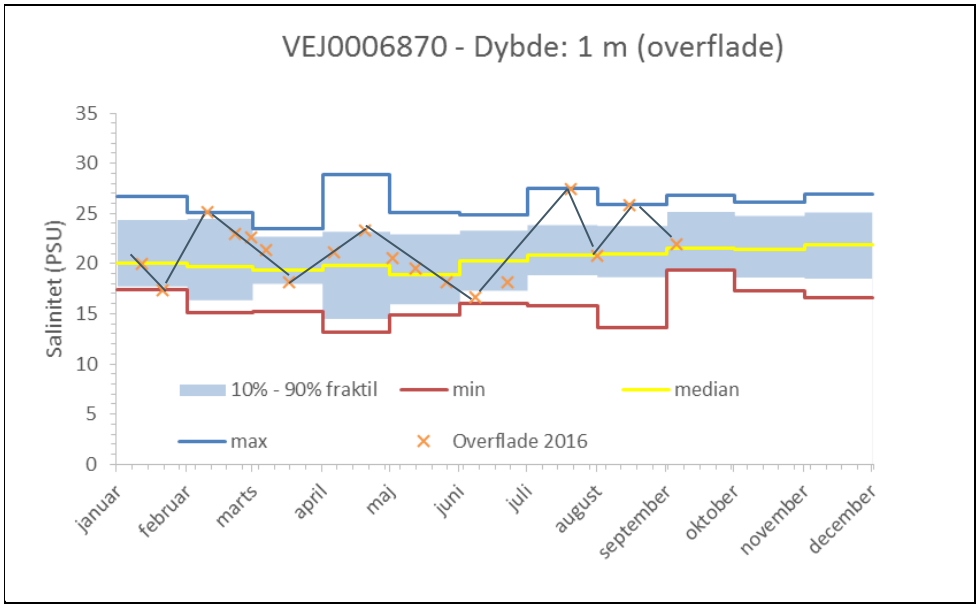
Vejle Havn



Juelsminde-Æbelø

4 Diskussion

Saltholdighed overflade:
Målingerne viser en ualmindelig høj variabilitet af målinger i 2016 set i forhold til tidligere år. På flere stationer repræsenterer hele 4 saltmålinger nye total ekstremer. Da dette omfatter både høje som lave ekstremer tyder dette på, at året 2016 må have været karakteriseret ved et ualmindeligt stort vandskifte i området. Dette tyder på, at udledt kvælstof i 2016 blev borttransporteret og/eller fortyndet i højere grad og dermed transporteret længere væk end normalt.



Figur 4-1 *Illustration af den usædvanlige variabilitet af overfladesaltholdigheden i 2016 ud for Juelsminde. Målingerne omfatter tidsseriens nye månedsminimum for januar og ny månedsmaksimum i februar, juli og august 2016. I marts er værdien på 10% fraktilen og i april på 90% fraktilen.*

Saltholdighed, bund

Samme overordnede observation som for overflade. Bekræfter det overordnede strømmønster for 2016 som værende usædvanligt aktivt. Dog bemærkes det, at saltholdigheden i bundvandet i sydlige Lillebælt (ud for Skjoldnæs og Aabenraa havn) i hele perioden juli til september 2016 udviser usædvanlig høje og konstante saltholdigheder. Dette betyder at bundvandet har været stillestående og at lagdelingen har været stærk. Disse to forhold tilsammen fremmer stærkt iltsvind.

Temperatur, overflade

Intet særligt i forhold til tidligere år.

Temperatur, bund

Som for overflade. Intet særligt i forhold til tidligere år.

Total kvælstof, overflade

Målinger i 2016 adskiller sig ikke signifikant fra tidligere år. Dog er niveauet usædvanligt lavt i marts, april og i aug. Høje værdier i februar er fundet ud for Kolding Havn, Vejle Havn, Juelsminde og i Fåborg Fjord, men også i Odense Fjord. Odense Fjord er meget lukket og kvælstofkoncentrationen er derfor domineret af afstrømningen fra Odense Å. Usædvanlig høje koncentrationer tyder derfor på usædvanlig stor afstrømning. Under forudsætning af, at nedbøren i oplandene til Vejle Å og Kolding Å ligeledes har været høj i 2016, har disse åer også påvirket målingerne i de 2 respektive havne/fjorde.

Total kvælstof, bund	Intet særligt i forhold til tidligere år. Der er kun fundet et februar maksimum i Gamborg Fjord.
Uorganisk kvælstof, overflade	Af de målte stationer er Kerteminde Fjord et meget lukket farvand, der derfor primært er påvirket af lokale forhold i fjordens opland. De andre stationer er mere åbne og kan lettere tænkes at være påvirket af udslippet. Der er fundet et februar maksimum i Gamborg Fjord, Fåborg Fjord, Kerteminde Fjord, Lillebælt ved Fønskov, Fynshoved og Juelsminde. Resten af tiden i 2016 er de målte værdier væsentligt lavere end i februar og, omend de dog indeholder både månedsmaksima og –minima, er variationen imellem disse lille. Koncentrationerne af maksima og minima ligger så lavt og tæt, at de kan skifte fra den ene til den anden og tilbage igen med 14 dages mellemrum. Der ses derfor, med undtagelse af februar målingen, ikke klare tegn på en kvælstof puls på de målte stationer.
Uorganisk kvælstof, bund	Af de målte stationer er Kerteminde Fjord og Odense Fjord samt Kolding Havn og Vejle Havn meget til relativt lukkede farvande, der derfor sandsynligvis primært er påvirkede af lokale forhold i fjordens opland. Der er fundet et februar maksimum i Gamborg Fjord, Fåborg Fjord, Lillebælt ved Fønskov, Fynshoved, Odense Fjord, Kolding Havn, Vejle Havn og Juelsminde. Af disse værdier er Fåborg og Odense Fjorde sandsynligvis påvirket af lokale forhold, da disse områder er relativt lukkede i forhold til de øvrige områder, mens de andre stationer, Gamborg Fjord, Lillebælt ved Fønsskov, Fynshoved og Juelsminde, er mere ufølsomme for lokale påvirkninger og kan tænkes at være påvirket af udslippet.
Klorofyl (15m)	Klorofylmålingerne viser ikke værdier uden for forventningsintervallerne på 10% og 90 % fraktilerne og dermed ikke en klar respons på fytoplankton biomassen. Dette kan være begrundet i, at strømning og vandskifte har borttransporteret/fortyndet kvælstofudslippet inden begyndelsen af marts, hvor forårsopblomstringen ifølge målingerne af klorofyl startede i 2016. Der ses ikke på nogen af stationerne tegn på usædvanligt høj primærproduktion i 2016 og dermed ikke noget respons på udslippet fra Fredericia.
Iltindhold, bund	Farvandet nord for Fyn viser overordnet normale iltforhold, dog med ekstraordinært lave værdier i maj og juni. Dette falder sammen med en periode med forholdsvis rolige strømningsforhold og stille vejr og kan derfor, i kombination med det manglende respons i fytoplankton, tolkes som en konsekvens af stillestående bundvand. I Lillebælt, ved Gamborg Fjord og ud for Fønsskov følger iltkoncentrationen det normale forventningsinterval. I slutningen af april måles dog meget lavt iltindhold, som falder sammen med meget høj saltholdighed. Saltholdigheden, kombineret med fraværet af et respons i klorofylkoncentrationen, indikerer at iltindholdet hænger sammen med tilstrømning af meget iltfattigt vand fra de nedre vandmasser i det sydlige Lillebælt og ikke skyldes øget algevækst på stationerne. I det sydlige Lillebælt ved Ærø er iltindholdet usædvanlig lavt gennem hele foråret. I juni-august måles der på stationen usædvanligt høje iltindhold. Denne station står i hydraulisk forbindelse med bundvandet i Kiel Bugt, og er i høj grad styret af tilstanden i Storebælt, Femern Belt og afstrømning fra Slesvig-Holsten. Som for den nordlige del af Lillebælt indikerer kombinationen af saltholdighed og fraværet af et respons i klorofylkoncentrationen, at iltindholdet hænger sammen

med tilstrømning af meget iltfattigt vand fra Kiel Bugt og ikke skyldes øget algevækst.

4.1 Sammenfatning af diskussionen

Saltholdighedsmålingerne tyder på, at strømninger og vandskifte i foråret i 2016 har været usædvanlig stærke, med hurtige skift fra maksima til minima. Dette vil alt andet lige betyde, at kvælstof der er udledt fra Fredericia uheldet i begyndelsen af foråret (3. februar), vil være transporteret længere bort og/eller fortyndet i højere grad end i normale år.

Der er fundet høje koncentrationer af kvælstof i februar i de vandløbspåvirkede havne (Kolding, Vejle, Odense), samt i en del af de mere åbne stationer. Bortset fra målinger på stationer, gennemført indenfor 3-4 uger efter uheldet i nærheden af udledningen, er der ikke målt forhøjede værdier af uorganisk eller total kvælstof hverken i overfladen eller bundvandet. Der kan altså spores en relativt kortvarig puls i de første 3-4 uger efter udslippet og ikke i perioden derefter.

Der er ikke målt forhøjede værdier af klorofyl, der indikerer usædvanlige algeopblomstringer. Dette viser intet om artssammensætningen af algerne, men kun at den samlede algekoncentration/primærproduktion har ligget indenfor det normale for området. Der er således ikke i de målte data tegn på, at udslippet af kvælstof har ført til målbart øget algeproduktion i måleområdet.

Der er målt ekstraordinært lave iltkoncentrationer i bundvandet i det sydlige Lillebælt (ud for Ærøs nordspids). Bundvandet i dette område er en del af bundvandmassen i Kiel Bugt, som er et stort vandområde påvirket af Storebælt (Langelandsbælt), Femern Belt og afstrømningen fra Slesvig-Holsten og i mindre grad af Lillebælt. Kombinationen af den manglende forøgelse i kvælstof, algevækst med konstant høje saltholdighedsmålingerne (der viser stillestående iltfattigt bundvand) gør, at de målte data ikke påviser en kobling mellem iltindholdet og kvælstofkoncentrationerne. Lave iltforhold i maj og juni i farvandet nord for Fyn kan relateres til relativ ringe saltholdighedsvariation i bundlaget, som indikerer ringe vandskifte af bundvandet i netop denne periode. Som for farvandet i sydlig Lillebælt gør kombinationen mellem en manglende forøgelse i kvælstofkoncentration, algevækst og høje saltholdighedsmålinger, at de målte data ikke indikerer en kobling mellem tilførslen af en kvælstofpuls om foråret og iltindholdet om sommeren og sensommeren.

5 Konklusion

Undersøgelserne giver følgende konklusioner:

- Der har været et ekstraordinært stort vandskifte for området i året 2016,
- Høje næringssaltkoncentrationer lige omkring Fredericia kunne kun påvises umiddelbart efter udslippet og kun 3-4 uger efter udslippet på stationer længere væk. Der er derudover ikke tegn på forhøjede kvælstofkoncentrationer i det undersøgte område henover foråret/sommeren indtil september 2016

- Der er ingen målinger af forhøjet klorofyl i forhold til tidligere år – og dermed ingen tegn på, at udslippet har forårsaget usædvanlig algevækst i området. Årsagskæden (se fig. 2-1) fra kvælstofudslip til iltsvind vurderes dermed brudt

- Der er ingen målinger af ekstraordinært lave iltforhold i nærheden af Fredericia

- Der er målt ekstraordinært lave iltindhold i bundvandet i sydlige Lillebælt ved Ærø, i en periode med usædvanligt stillestående bundvand med usædvanlig høj saltholdighed

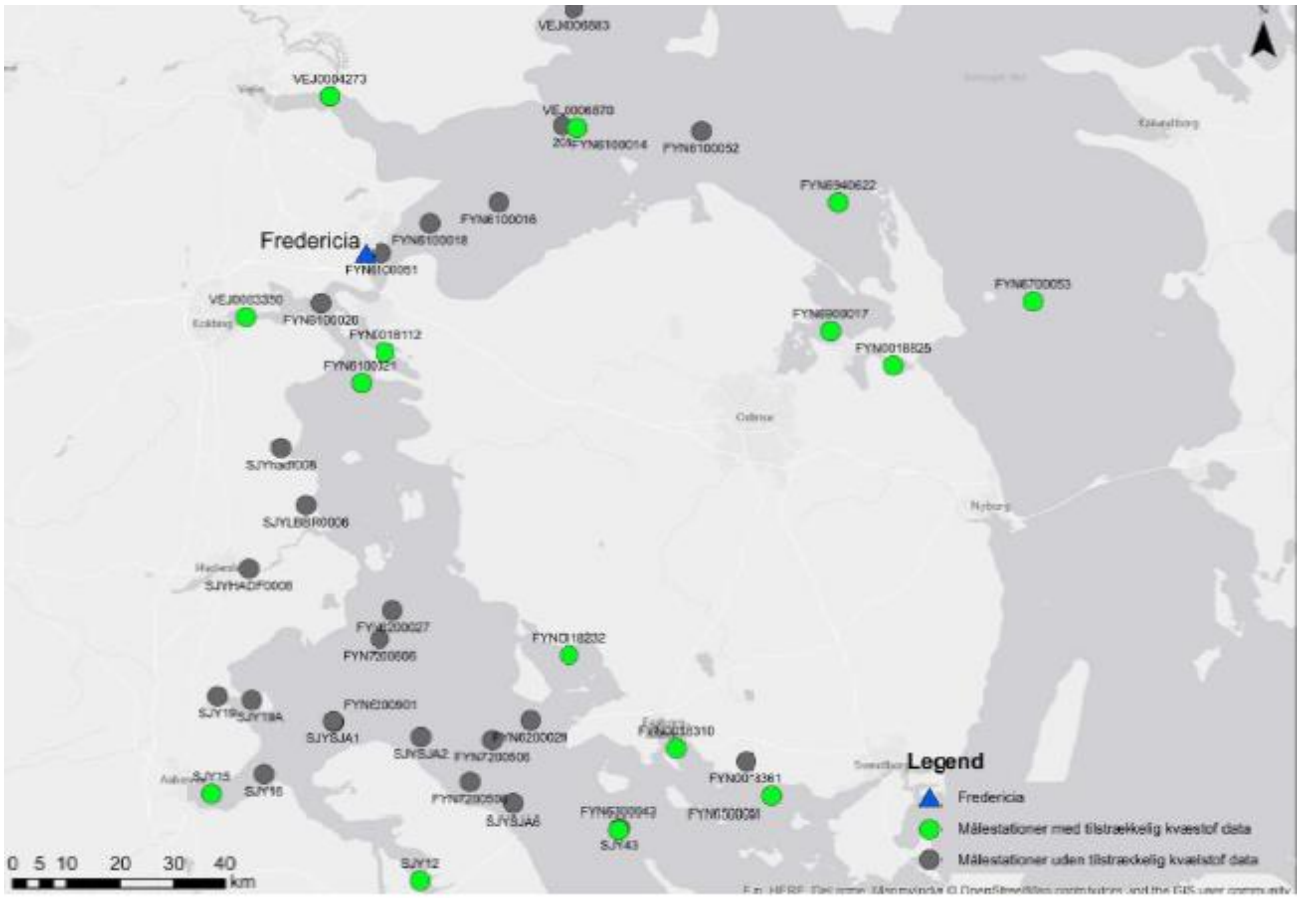
- Der er målt lavt iltindhold i farvandet nord for Fyn, i en periode med ekstraordinært lille vandskifte i bundlaget.

Den statistiske analyse viser, at der foreligger normale niveauer af kvælstof, klorofyl og – med undtagelse af stationen ved Ærø og nord for Fyn - iltindhold. I fraværet af øget kvælstof koncentration og algeproduktion vurderes det, at iltindholdet ved både Ærø og nord for Fyn sandsynligvis skyldes meteorologiske og hydrografiske faktorer, ikke øget kvælstoftilførsel. Det skal i øvrigt bemærkes, at der samtidigt blev målt lave iltkoncentrationer mange steder i de øvrige danske farvande, der ikke kan sættes i forbindelse med uheldet i Fredericia. Det generelle iltsvind i de indre danske farvande må vurderes at være hydraulisk og/eller meteorologisk betinget.

De målte data indikerer ikke en korrelation mellem udledning af kvælstof under uheldet på Fredericia Havn den 3. februar 2016 og miljøtilstanden i det nærliggende havområde, i tiden efter udslippet frem til medio september 2016.

Der kan ikke, ud fra de målte data, påvises en årsagssammenhæng mellem udslippet ved Fredericia og de målte værdier for algeproduktion og iltindhold i bundvandet i Lillebælt samt områderne Nord og syd for Lillebælt.

Bilag A Stationskort



Bilag B Stationsudvælgelse

Station	Min (m)	Max (m)	Median (m)	Standard deviation (m)	Brugt (m)	År	Dybde-Interval (m)	Tilstrækkelig kvælstof data	Grund
208						2006		Nej	Data kun fra 14.02.2006
FYN0018112	10.0	11.2	10.6	0.216	10.4	2007-2016	10 ± 1	Ja	
FYN0018232	9.8	11.0	10.4	0.194	10.2	2006-2016	10 ± 1	Ja	
FYN0018310	7.8	12.0	11.0	0.467	10.6	2007-2016	10, ± 0,9	Ja	
FYN0018361	0.4	2.1	1.1	0.211	0.8	2006 & 2011-2016		Nej	Kvælstof bund data (18,5 m) kun fra 09.02.2006
FYN0018825	4.4	8.6	7.8	0.442	7.4	2006-2014 & 2016	7,5 ± 0,5	Ja	
FYN6100014	18.4	20.0	19.2	0.394	18.8	2006-2007		Nej	Ingen Kvælstof data
FYN6100016	16.6	18.4	17.6	0.362	17.2	2006-2016		Nej	Kvælstof data kun fra 29.02.2016
FYN6100018	16.0	20.2	18.4	0.882	17.6	2006-2014 & 2016		Nej	Kvælstof data kun fra 29.02.2016
FYN6100020	31.6	45.0	41.1	2.515	38.6	2006-2014 & 2016		Nej	Kvælstof data kun fra 29.02.2016
FYN6100021	20.4	30.0	26.2	2.552	23.6	2006-2008 & 2010-2016	28,8 ± 1,5	Ja	
FYN6100051	36.2	45.0	41.5	2.223	39.2	2006-2014 & 2016		Nej	Kvælstof data kun for 2006 og 2016
FYN6100052	18.2	22.8	22.0	0.609	21.4	2006-2016		Nej	Kvælstof data kun fra 29.02.2016
FYN6200027	21.6	25.8	24.8	0.522	24.2	2006-2016		Nej	Kvælstof data kun fra 29.02.2016
FYN6200029	26.0	27.8	26.6	0.353	26.2	2006-2016		Nej	Ingen Kvælstof data
FYN6200901	28.0	30.2	29.4	0.421	29	2006		Nej	Kvælstof data kun for 2006
FYN6300043	32.0	36.0	34.2	0.724	33.4	2006-2016	34,1 ± 1,7	Ja	
FYN6500051	16.6	20.4	19.1	0.869	18.2	2006-2016	18,7 ± 1,5	Ja	
FYN6700053	30.4	37.2	33.8	1.437	32.4	2006-2016	32,7 ± 2,7	Ja	
FYN6900017	8.2	10.0	9.0	0.396	8.6	2006-2016	8,8 ± 1,3	Ja	
FYN6940622	14.4	17.6	16.4	0.403	16	2006-2016	17,1 ± 1,4	Ja	
FYN7200506						2006-2007		Nej	Kun oxygen data fra 19.09.2006 og 03.07.2007
FYN7200508								Nej	Kun oxygen data fra 19.09.2006
FYN7200606	24.0	26.0	25.4	0.343	25	2007-2014		Nej	Ingen Kvælstof data
SJY12	5.2	8.0	6.8	0.654	6.2	2006 & 2011-2016	6,3 ± 1,1	Ja	
SJY15	23.4	27.2	25.8	0.632	25.2	2006-2009 & 2011-2016	25,8 ± 1	Ja	
SJY16	32.8	34.4	33.4	0.430	33	2006-2016		Nej	Kvælstof data kun fra 16.01.2007
SJY19						2016		Nej	Kun data fra 2016
SJY19A						2006, 2008 & 2010-2014		Nej	Ingen Kvælstof data
SJY43						2007		Nej	Data kun fra 16.01.2007
SJYHADF0008	1.0	6.6	5.6	0.861	4.8	2007 & 2011-2016		Nej	Kvælstof bund data (4-4,8 m) kun 9 værdier (12.10.2011, 28.11.2011, 10.07.2012, 12.04.2016, 27.04.2016, 25.05.2016, 09.06.2016, 23.06.2016, 05.07.2016)
SJYhadf008	1.0	2.2	1.8	0.255	1.6	2009 & 2011-2016		Nej	Ingen Kvælstof bund data
SJYLBBR0006	0.9	1.5	1.1	0.146	1	2012 & 2016		Nej	Ingen Kvælstof bund data
SJYSJA1	28.4	30.6	29.6	0.392	29.2	2007-2016		Nej	Kvælstof data kun fra 29.02.2016
SJYSJA2						2007-2009		Nej	Ingen Kvælstof data
SJYSJA6						2007-2008 & 2010-2016		Nej	Ingen Kvælstof data
VEJ0003350	2.8	6.2	3.5	0.361	3.2	2007 & 2010-2016	3 ± 0,4	Ja	
VEJ0004273	6.4	8.4	7.2	0.302	6.8	2006-2016	6,7 ± 0,5	Ja	
VEJ0006870	18.4	20.2	19.2	0.355	18.8	2006-2016	18,5 ± 0	Ja	
VEJ0006883	14.2	17.8	16.7	0.702	16	2006 & 2008-2016		Nej	Ingen Ammoniak data