



Fagrådet for vann- og avløpsteknisk
samarbeid i indre Oslofjord

Norconsult 

Toktrappert 15.05.2018

Miljøovervåkning av Indre Oslofjord



Bakgrunn - Miljøovervåkning Indre Oslofjord

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord har ansvar for overvåking av fjorden. Dette er et samarbeid mellom Fagrådet, vannområdene PURA, Oslo og Indre Oslofjord Vest og politikere og kommunene.

Overvåkingsprogrammet for Indre Oslofjord har vært gjennomført siden 1970-årene og består i analyser av marinbiologi og hydrografi/hydrokjemii. Denne toktrappen presenterer data fra hovedtokt for undersøkelse av hydrografi, vannutskifting og hydrokjemii. Toktene gjennomføres 6 ganger årlig på 15 stasjoner.

- ▶ Formålet med undersøkelser av hydrografi/vannutskifting er å følge årlig dypvannsfornyelse og oksygenforhold i fjorden.
- ▶ Formålet med undersøkelser av hydrokjemii er å følge fjordens hydrokjemiske utvikling i relasjon til rensetiltak og naturlige variasjoner.

Bakgrunn - Klima og vannutskiftning

Fysiske og biologiske forhold i indre Oslofjord er hovedsakelig bestemt av klimaet, selv om forholdene den senere tid også er påvirket av menneskelig aktivitet. Viktige faktorer som inngår i klimasammenheng er temperatur (både i luft og vann), værsystemer (høytrykk/lavtrykk, vind og vindretning) og mengde nedbør og avrenning (ferskvannstilførsel) til fjorden.

Dypvannet fornyes vanligvis gjennom tilførsel av tyngre sjøvann fra ytre Oslofjord og Skagerrak om vinteren og tidlig vår. Denne dypvannsutskiftingen er i stor grad bestemt av vindretning og vindstyrke. Lange, kalde vintre med vind fra nord er gunstig for å få til en dypvannsutskiftning i fjorden, som igjen påvirker oksygenforholdene der. I Vestfjorden skjer dypvannsutskiftingen årlig, mens den i Bunnefjorden skjer i snitt kun hvert 3. – 4. år under 50 – 60 meter. Varmere vintre med redusert nordavind vil på den annen side ha negativ innvirkning på fjorden.

Fordi avrenningen til fjorden gjennom elver er lav, skjer det til tider en transport av overflatevann med lav salinitet fra ytre til indre Oslofjord om våren og sommeren.

Bakgrunn - Oksygenforhold

Undersøkelser av naturtilstand, ved hjelp av foraminiferundersøkelser bakover i tid, viser generelt gode oksygenforhold i fjordsystemet frem til slutten av 1800-tallet. Men menneskelig påvirkning har ført til redusert oksygen i bunnvannet (spesielt i Bunnefjorden), sannsynligvis som følge av økt tilførsel av næringssalter (eutrofi) og nedbrytning av organisk materiale. I de dypeste deler av Bunnefjorden startet den negative utviklingen allerede på slutten av 1800-tallet og tiltok utover 1900-tallet, med etablering av anoksiske bunnsedimenter på 1950-tallet (Dolven & Alve, 2010). Disse lavoksygenforholdene har vedvart frem til i dag, med svake tegn til bedringer de senere år.

Selv om forurensningsbelastningen har avtatt de siste tiårene, er det fremdeles mye "oksygengjeld" i sedimentene. Dette fører til en tidsforsinkelse med hensyn til restituering av bunnfaunaen.

Gode oksygenforhold er viktig for å opprettholde biodiversiteten i hele området og det er etablert tentative mål for oksygenkonsentrasjonen i de ulike bassengene. Det opereres med tre ambisjonsnivåer: lavt, middels og høyt ut ifra antatt mulighet om hvilke konsentrasjoner området naturlig kan oppnå av forbedret vannkvalitet ved reduksjon av forurensningstilførsler.

Topografi og stasjonsnett

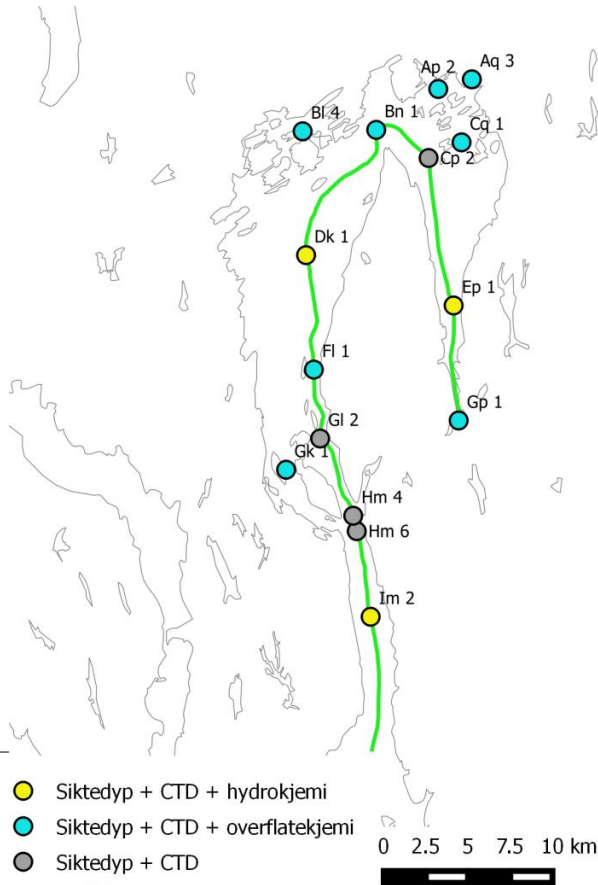
Indre Oslofjord dekker 7 vannforekomster:

«Bunnefjorden», «Bekkelagsbassenget» og «Oslo havn og by» er karakterisert som vanntypen *beskyttet kyst/fjord*

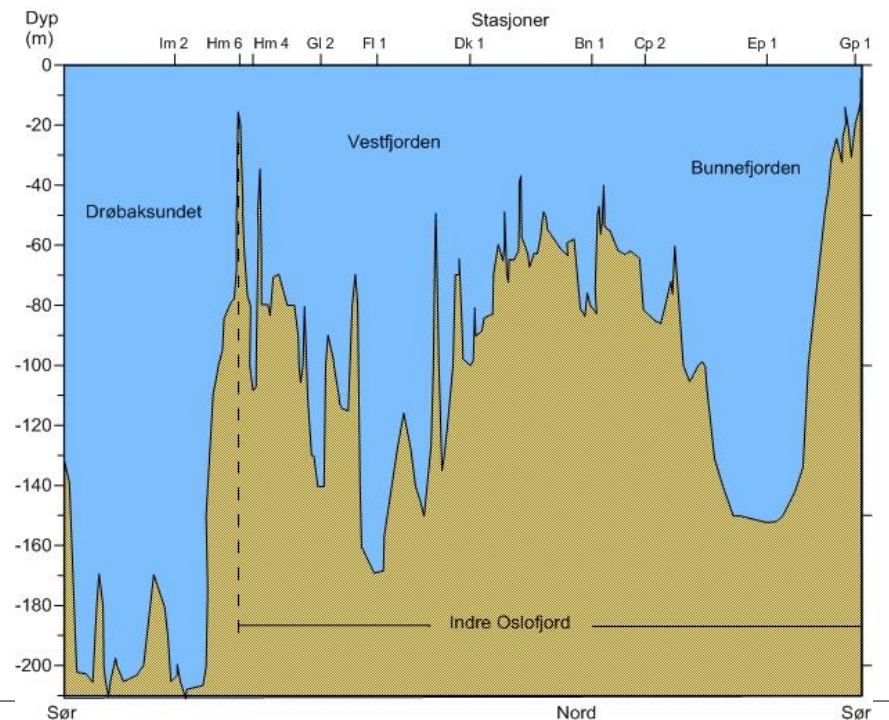
«Holmenfjorden», «Sandvika»(Bærumsbassenget) og «Bunnebotn» er *sterkt ferskvannspåvirket fjord*.

«Oslofjorden» (Vestfjorden) er *moderat eksponert kyst/fjord*.

«Hurum»(Drøbaksundet) er *beskyttet kyst/fjord*, men regnes ikke som del av indre Oslofjord.



Topografien langs grønn linje er plottet til høyre



Parametere som undersøkes på hovedtoktene

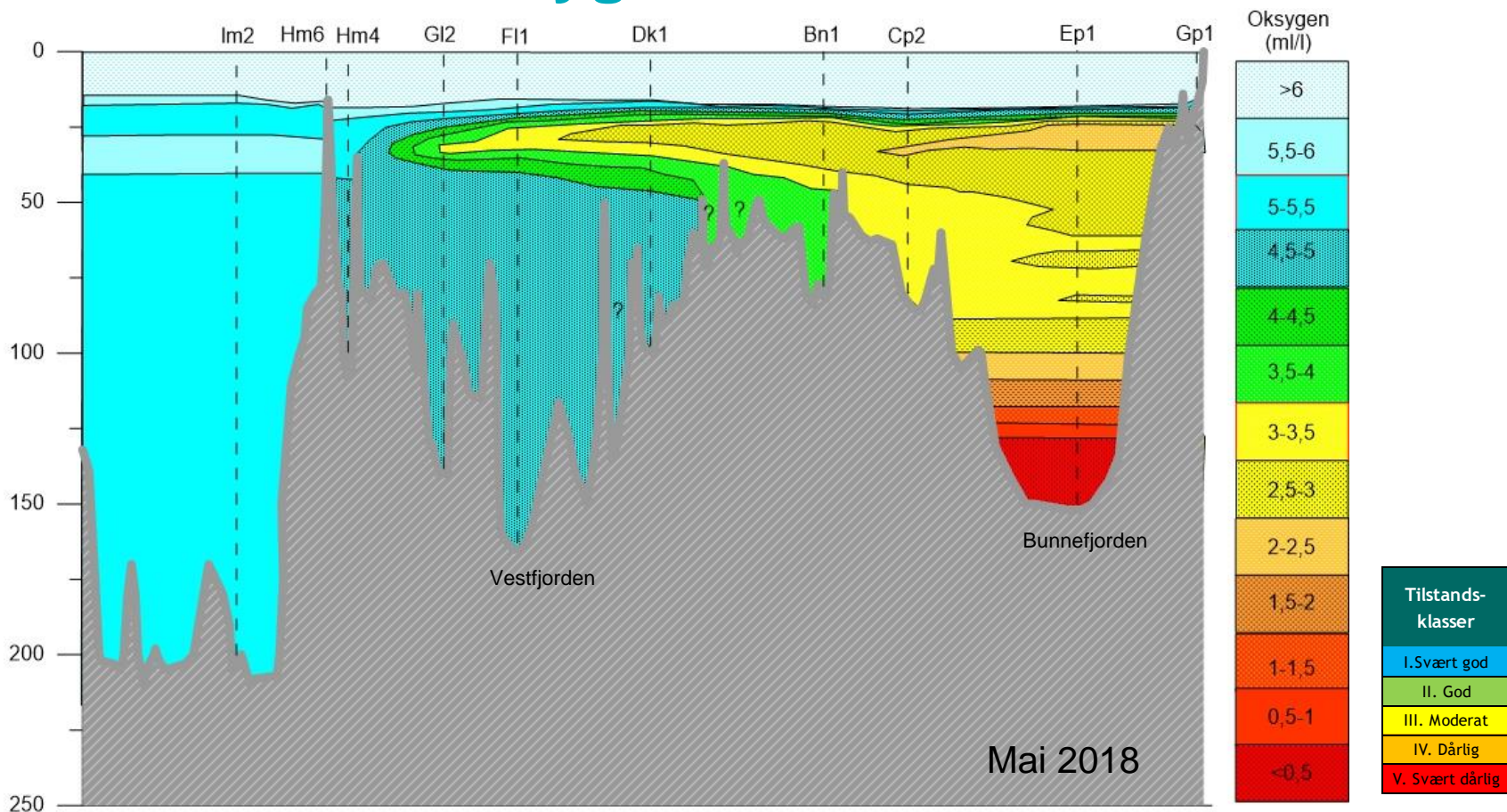
Toktene gjennomføres med forskningsskipet til Universitetet i Oslo F/F Trygve Braarud.



Følgende parametere undersøkes:

- ▶ Temperatur
- ▶ Oksygenforhold
- ▶ Saltholdighet
- ▶ Turbiditet
- ▶ Fluorescens
- ▶ Næringsalter (3 stasjoner vannsøylen og 8 stasjoner overflate)
- ▶ Klorofyll a
- ▶ Siktedyp

Resultater – Oksygenforhold mai 2018

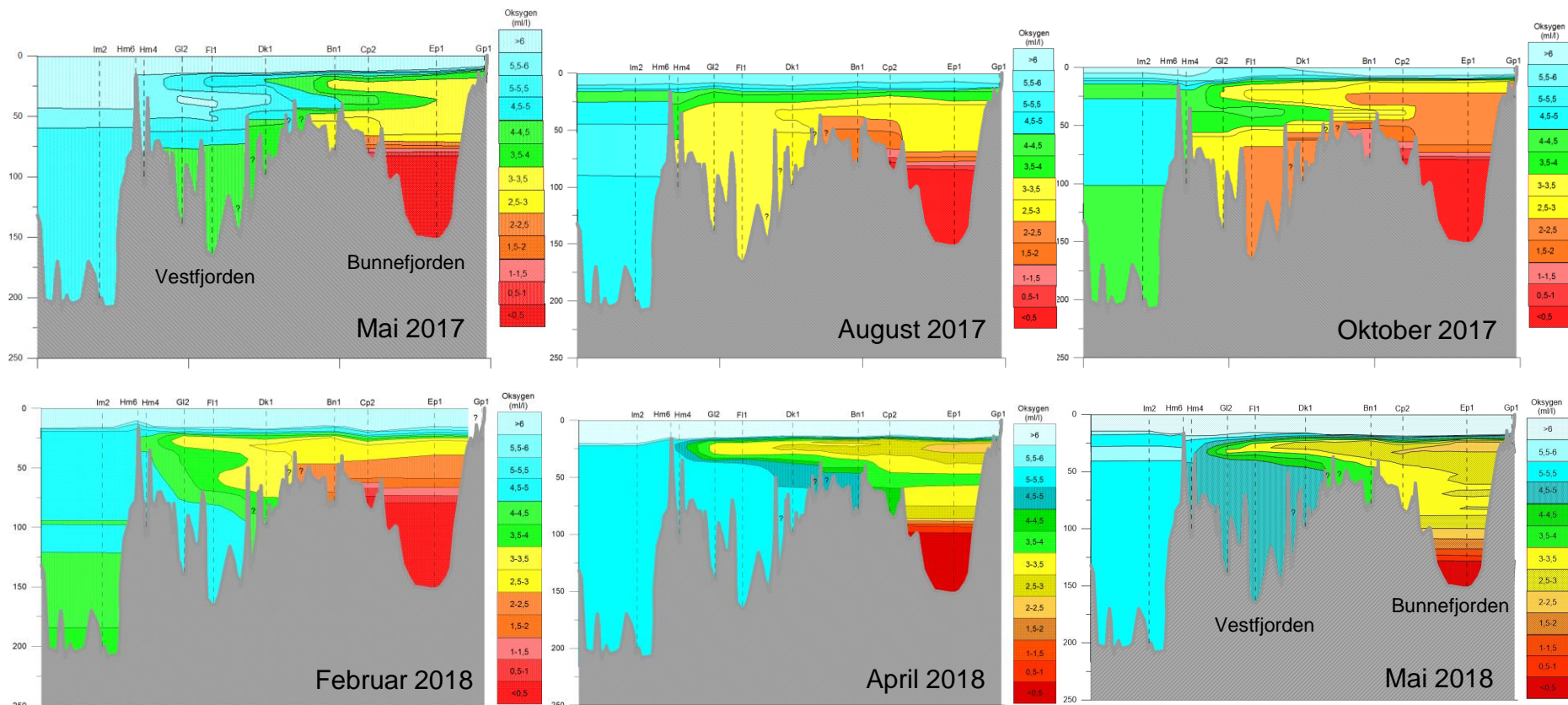


Oksygenforholdene målt i mai 2018, vist som ml/l. Farger etter tilstandsklasser for oksygen i dypvannet (Veileder 02/2013).

I **Vestfjorden** ble dypvannet sør for Lysakerfjorden (Bn1) «fornytt» i løpet av vinteren (2017-2018) og våren (2018). I overflaten (grunnere enn 20 meter og vannmasser dypere enn 40 meter er oksygenforholdene «gode» til «svært gode» i hele fjorden. I mellomliggende vannmasser (20-40 meter) er tilstanden «svært god» til «moderat».

Oksygenkonsentrasjonen i **Bunnefjorden** har gradvis økt gjennom våren 2018. Mens de dypeste vannmassene (under 70 meter) tidligere på året hadde «svært dårlig» tilstand (tilstandsklasse V) er denne grensen nå senket til 125 meter. H₂S målinger på utvalgte vanddyb under 80 meter viser at vannmassene i mai var anoksiske kun på 150m vanddyb. Samlet sett indikerer disse resultatene at det pågår en dypvannsfornyelse i Bunnefjorden. Det er for tidlig til å si noe om denne dypvannsfornyelsen vil bli fullstendig eller ikke, men i henhold til tetthetsmålinger i Bunnefjorden (se s.10) ligger forholdene fremdeles til rette for en videre tilførsel av oksygenrikt vann.

Oksygenforholdene i mai 2017 - mai 2018



Hydrografiske profiler gjennom Indre Oslofjord som viser endringer i oksygenforhold i perioden mai 2017 til mai 2018. Merk svakt endret farge-skala i april og mai 2018-plottene.

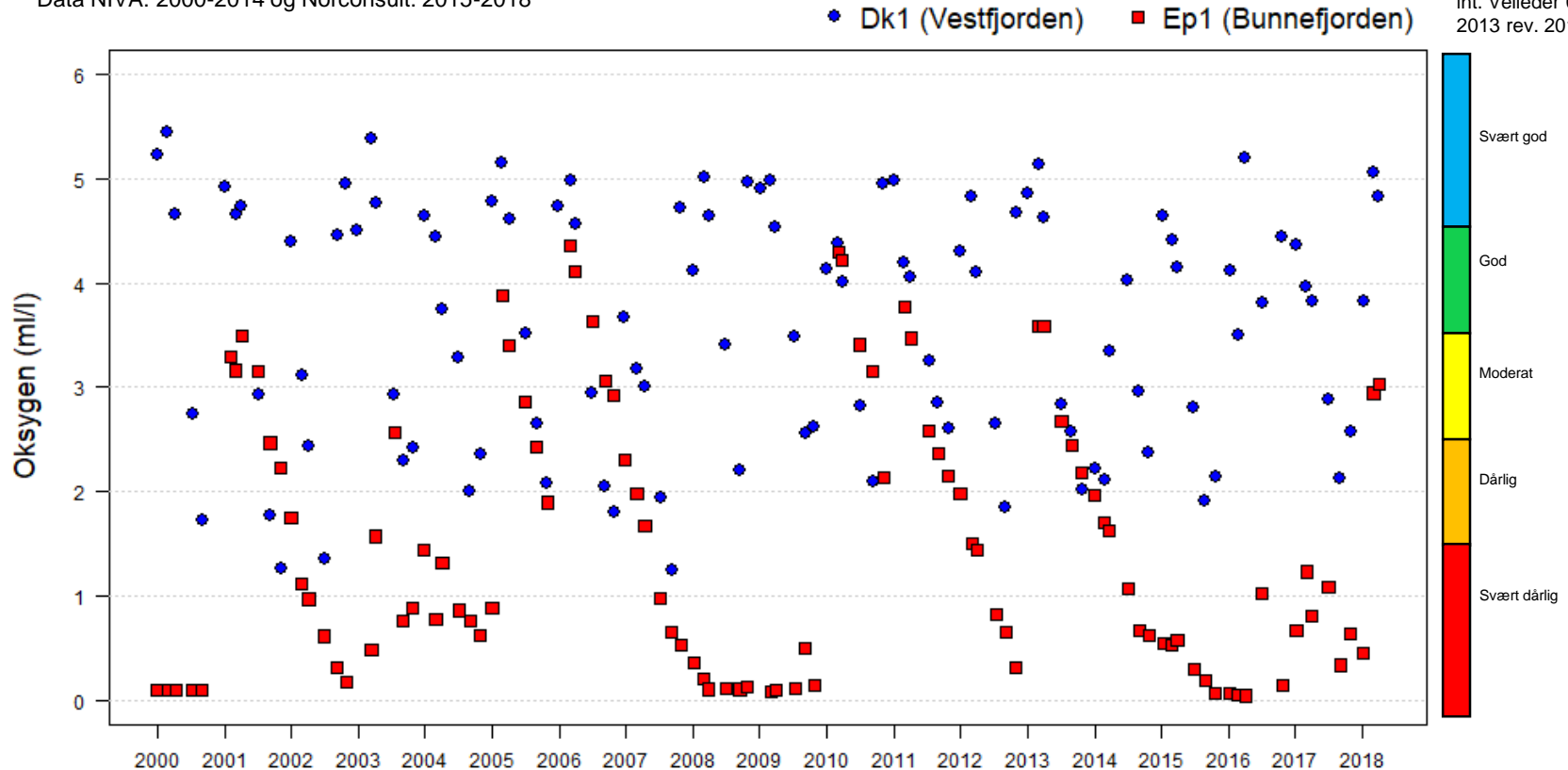
Endringer i oksygenforhold er nært knyttet til vannfornyelsen i Indre Oslofjord. Tilførsel av oksygenrikt vann fra Ytre Oslofjord over Drøbaksterskelen og inn i Vestfjorden skjer normalt en til flere ganger i løpet av et år. I 2017 avtok oksygenforholdene i bunnvannet i Vestfjorden gjennom sommeren og utover høsten. Men fra oktober og videre utover vinteren fant det sted en «dypvannsfornyelse» i Vestfjorden sør for Steilene (Dk1). Gjennom våren 2018 ble oksygenrikt vann også tilført videre innover i fjorden i de mellomliggende og dypere vannmasser i Bunnefjorden, noe som medførte økte oksygenkonsentrasjoner (dypvannsfornyelse). Dette vises tydelig i februar til mai-plottene over. I mai 2018 er det kun de dypeste vannmassene (under 125 m) i Bunnefjorden som fremdeles har oksygenkonsentrasjoner i tiltandsklasse V «svært dårlig».

Oksygenutviklingen i fjorden 2000-2018

Oksygenutvikling ved Dk1 (90 m) og Ep1 (80 m)

Data NIVA: 2000-2014 og Norconsult: 2015-2018

Tilstandsklasser
iht. Veileder O2:
2013 rev. 2015

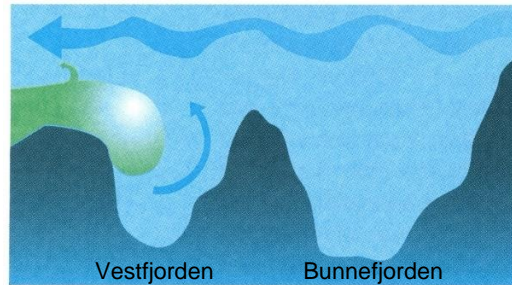


Undersøkelser i Vestfjorden (Dk1 – 90m vanddyb; blå punkter) i perioden 2000-2018 viser hyppige endringer i målte oksygen-konsentrasjoner. Vannsirkulasjonen er generelt god og endringene i oksygenkonsentrasjon er hovedsakelig relatert til varierende tilførsel av oksygenrikt vann over Drøbaksterskelen fra ytre Oslofjord. Tilsvarende målinger i Bunnefjorden (Ep1 – 80m vanddyb; røde punkter) viser lange perioder med lite oksygen tilstede (<1 ml/l), avbrutt av korte perioder med bedre oksygenforhold. Sistnevnte perioder starter normalt med en svært rask økning i oksygenkonsentrasjonen med påfølgende gradvis avtakende konsentrasjoner igjen. Forbedrede oksygenforhold skjer normalt hvert 3-4. år i forbindelse med dypvannsfornyelser i Bunnefjorden. **Iht. innsamlede oksygen- og H₂S-data i mai er det er mye som tyder på at det foregår en «dypvannsfornyelse» i Bunnefjorden på det nåværende tidspunkt, men det er fremdeles usikkert om vannmassefornyelsen blir fullstendig eller ikke.**

Sjøvannets tetthet i mai 2018

Dypvannet i Indre Oslofjord fornyes gjennom tilførsel av tyngre sjøvann fra ytre Oslofjord. Vannet som strømmer inn i Vestfjorden må ha en høyere tetthet (være tyngre) enn bunnvannet som allerede finnes der for å få til en utskiftning av bunnvannet. Og tilsvarende videre innover i fjorden må vannet i Vestfjorden, ha høyere tetthet enn dypvannet i Bunnefjorden for at det skal kunne skje en dypvannsfornyelse i Bunnefjorden.

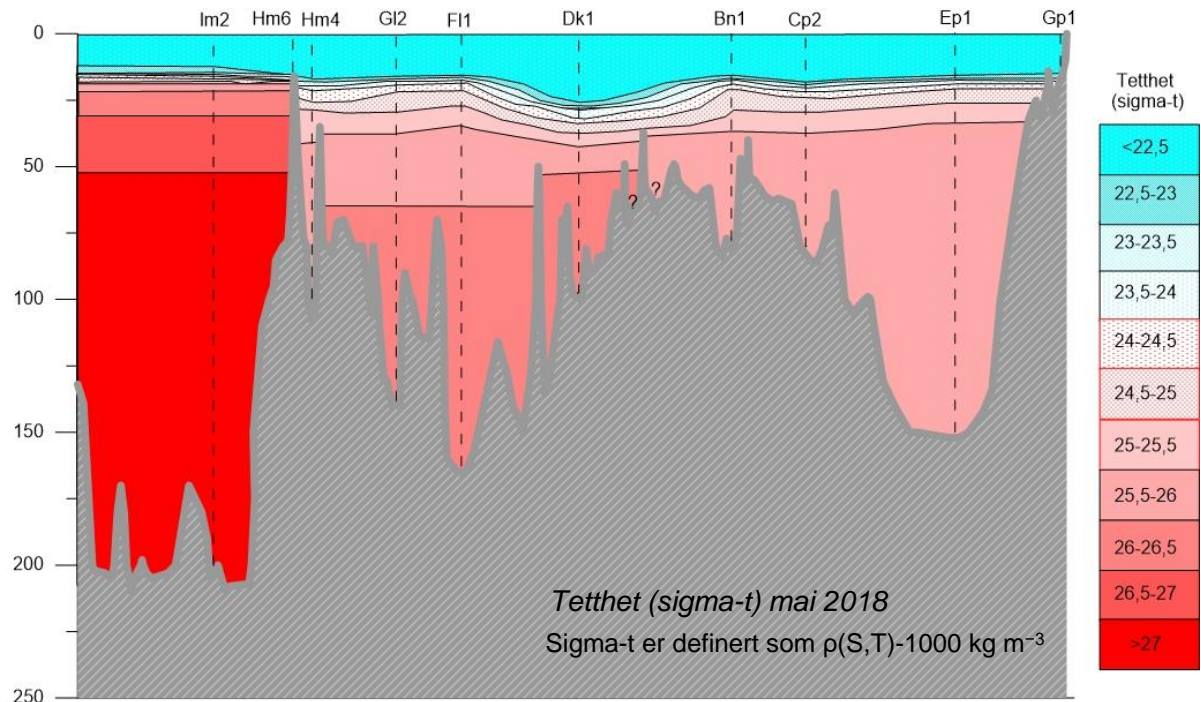
Metrologiske faktorer, slik som vindretning og vindstyrke er også av avgjørende betydning for dypvannsutskiftningen. Vedvarende vind fra nord/nord-østlig retning vil være viktig for at det lette overflatevannet, med lav saltholdighet, transporteres ut og tyngre vann stiger opp, høyere enn Drøbakerskelen i ytre fjord. Dette vil gi økt tilførsel av oksygenrikt vann fra ytre fjord til Vestfjorden og deretter Bunnefjorden hvis tetthetsforskjellene (beskrevet over) ligger til rette for det (se illustrasjon til høyre hentet fra Baalsrud og Magnusson, 2002).



Figur fra: Baalsrud og Magnusson, 2002

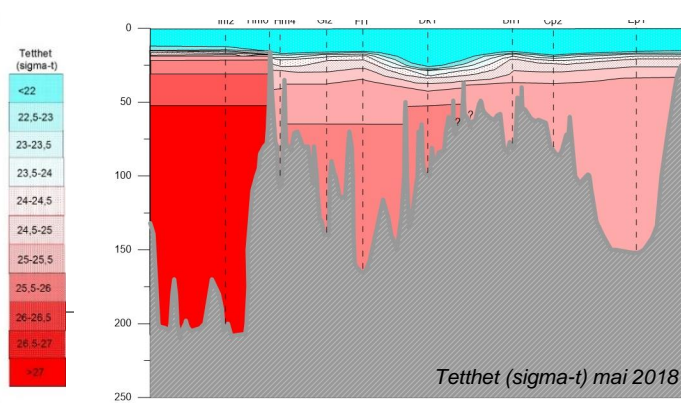
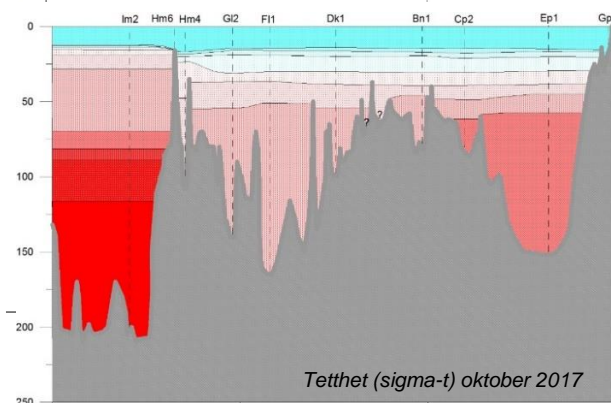
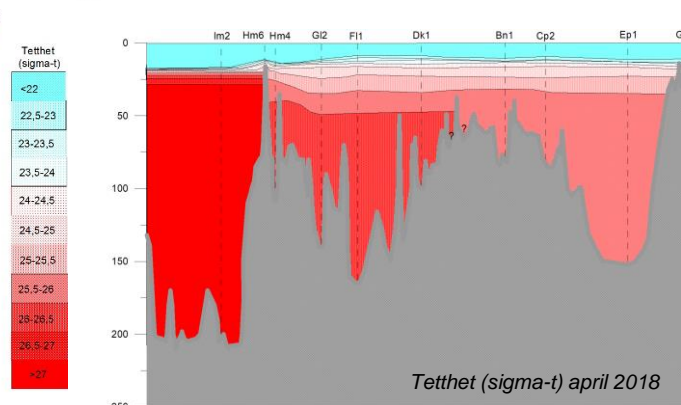
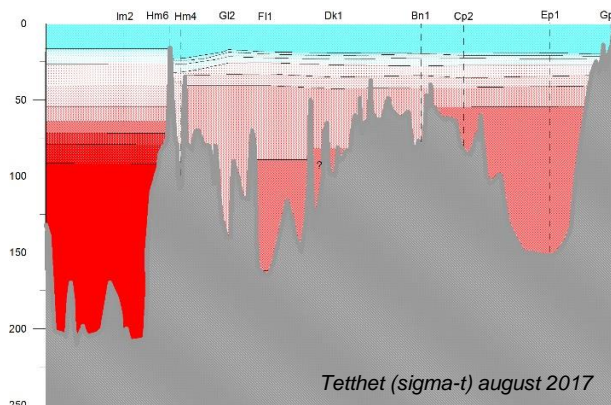
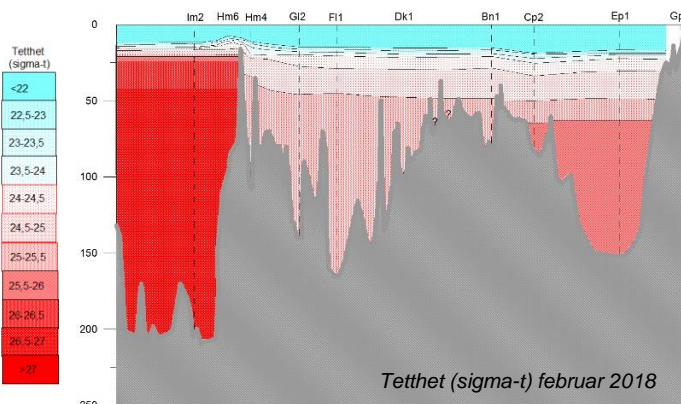
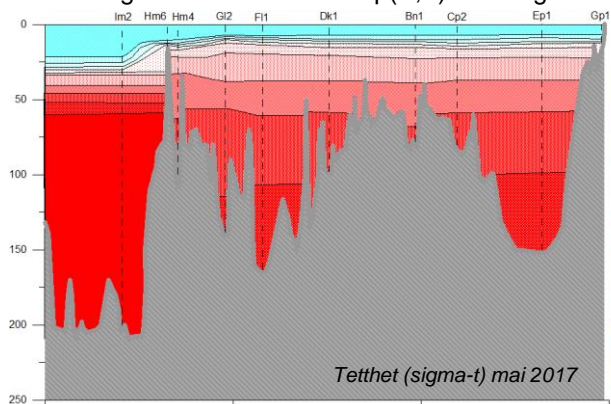
Tetthetsprofilen i fjorden i mai 2018 viser at:

- Vannet utenfor Drøbakerskelen har generelt større tetthet enn vannet i Vestfjorden.
- Bunnvannet i Vestfjorden har høyere tetthet enn bunnvannet i Bunnefjorden.
- Økt tilførsel av vann med høy tetthet over Drøbakerskelen og «oppfylling» av Vestfjorden vil kunne resultere i innstrømming av oksygenrikt vann til Bunnefjorden (spesielt i de dypere vannmasser).



Sjøvannets tetthet i perioden mai 2017 til mai 2018

Sigma-t er definert som $\rho(S,T)-1000 \text{ kg m}^{-3}$.



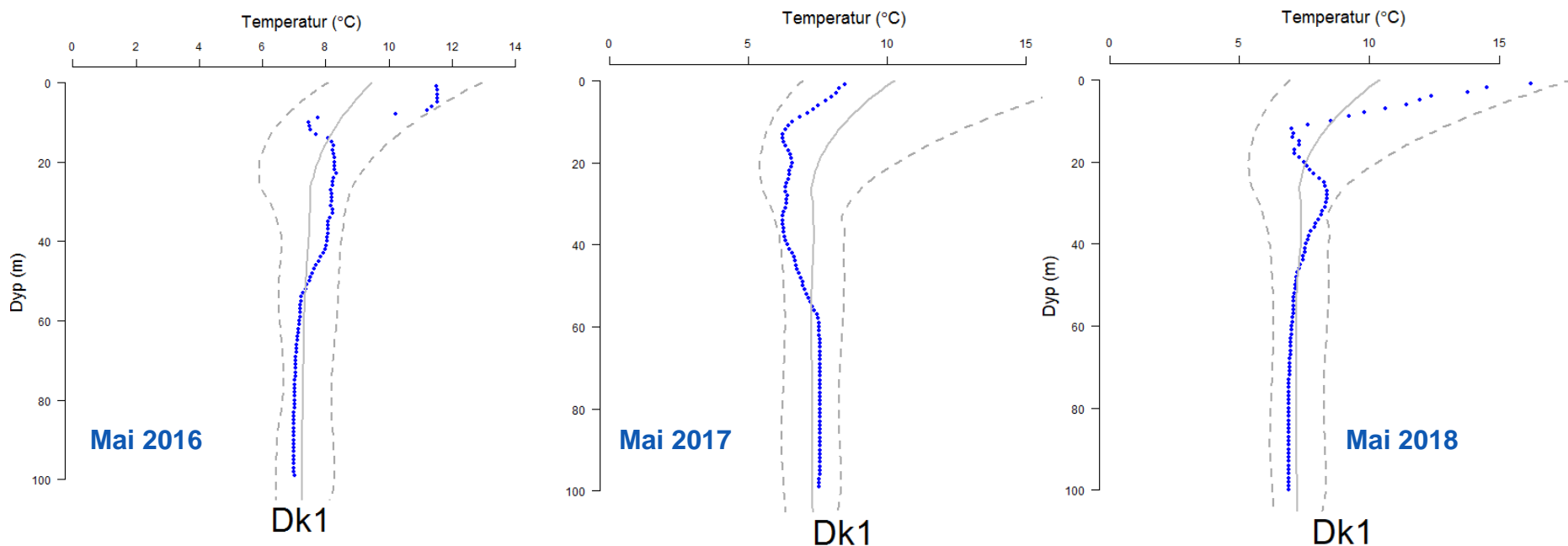
Tetthetsskalaen er marginalt endret og en ekstra kategori lagt til f.o.m. mai 2017.

Sigma-t er definert som $\rho(S,T)-1000 \text{ kg m}^{-3}$

Tetthetsprofilen i fjorden gjennom året viser større variasjoner i Vestfjorden enn i Bunnefjorden. Dette skyldes flere naturlige årsaker:

- ❖ Vestfjorden ligger nærmere ut-/innløpet av fjorden og påvirkes derfor lettere av tetthetsvariasjoner i vannet utenfor Drøbaksterskelen.
- ❖ Langsom blanding av ferskt overflatevann med saltere (tyngre) underliggende vann medfører at egenvekten i bunnvannet synker. Denne prosessen skjer 5 ganger raskere i Vestfjorden enn Bunnefjorden (Baalsrud og Magnusson, 2002) og tetthetsforskjellen gjør at bunnvannet lettere vil skiftes ut (i Vestfjorden).
- ❖ Raskere blanding i Vestfjorden kan ha flere årsaker: f.eks. rådende vindretninger, skipstrafikk, tidevannsstrømmer og tilførsel av rensset avløpsvann (ferskvann). I tillegg finnes det i Vestfjorden terskelinitierte tidevannsbølger («indre bølger» på terskeldyp) som skaper turbulens som medfører økt blanding. Sistnevnte finnes ikke i Bunnefjorden.

Resultater - Temperatur Dk1 (Vestfjorden)

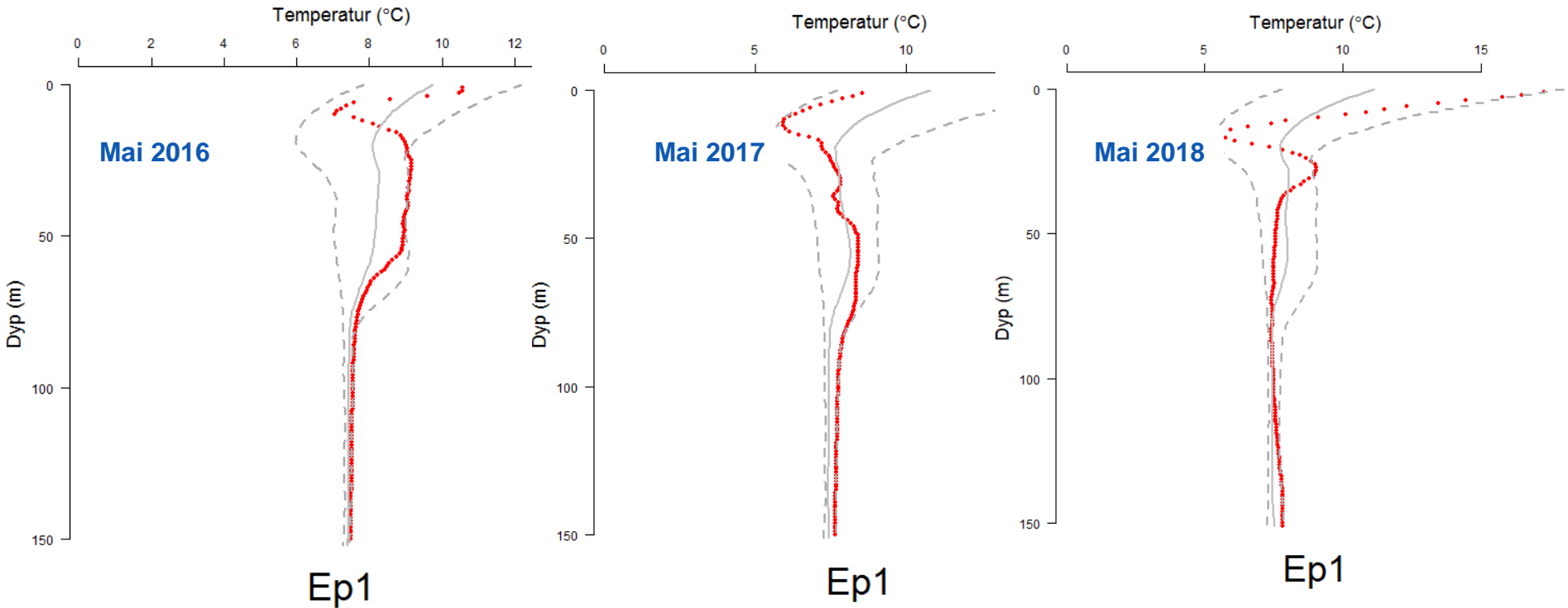


Figurene over viser temperaturen (farget blå stiplet linje) gjennom vannsøylen i mai 2016, 2017 og 2018 ved Dk1 i Vestfjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden. (Merk: forskjellig x-skala i de tre plottene).

I Vestfjorden (mai måned) er det hovedsakelig mellomårlige variasjoner i vannmassene over 50 meter. I 2018 var temperaturen i overflatevannet litt høyere enn foregående år, men likevel innen for «normal» variasjon.



Resultater - Temperatur Ep1 (Bunnefjorden)

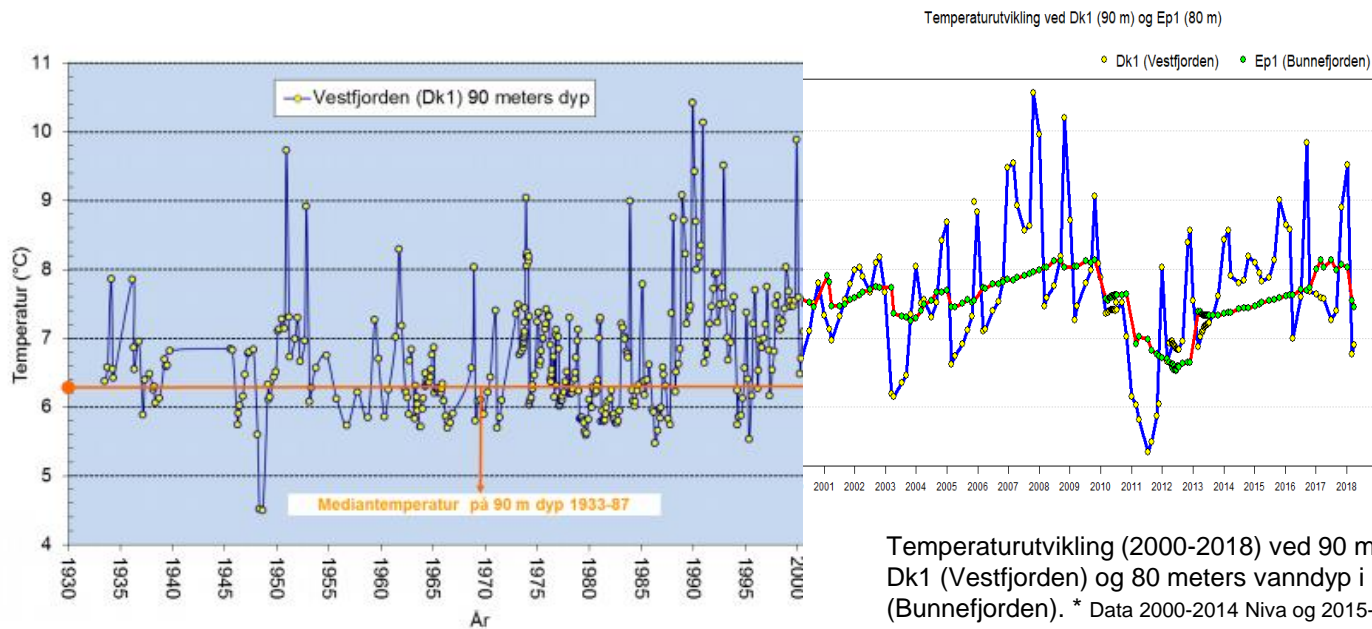


Temperaturen gjennom vannsøylen (farget rød stiplet linje) i mai 2016, 2017 og 2018 ved Ep1 i Bunnefjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden. (Merk: forskjellig x-skala i de tre plottene).

Mellomårlige variasjoner (mai måned) i Bunnefjorden er størst i de øverste 70 meter. Under dette er det kun små variasjoner. Temperaturkurven over viser at temperaturen i overflatevannet var høyere i 2018 enn foregående år.



Temperaturutvikling i fjorden i perioden 1933-2018



Temperaturutvikling fra 1933 – 2000 ved 90 meters vanddyb i stasjon Dk1 (Vestfjorden). (Niva 2014).

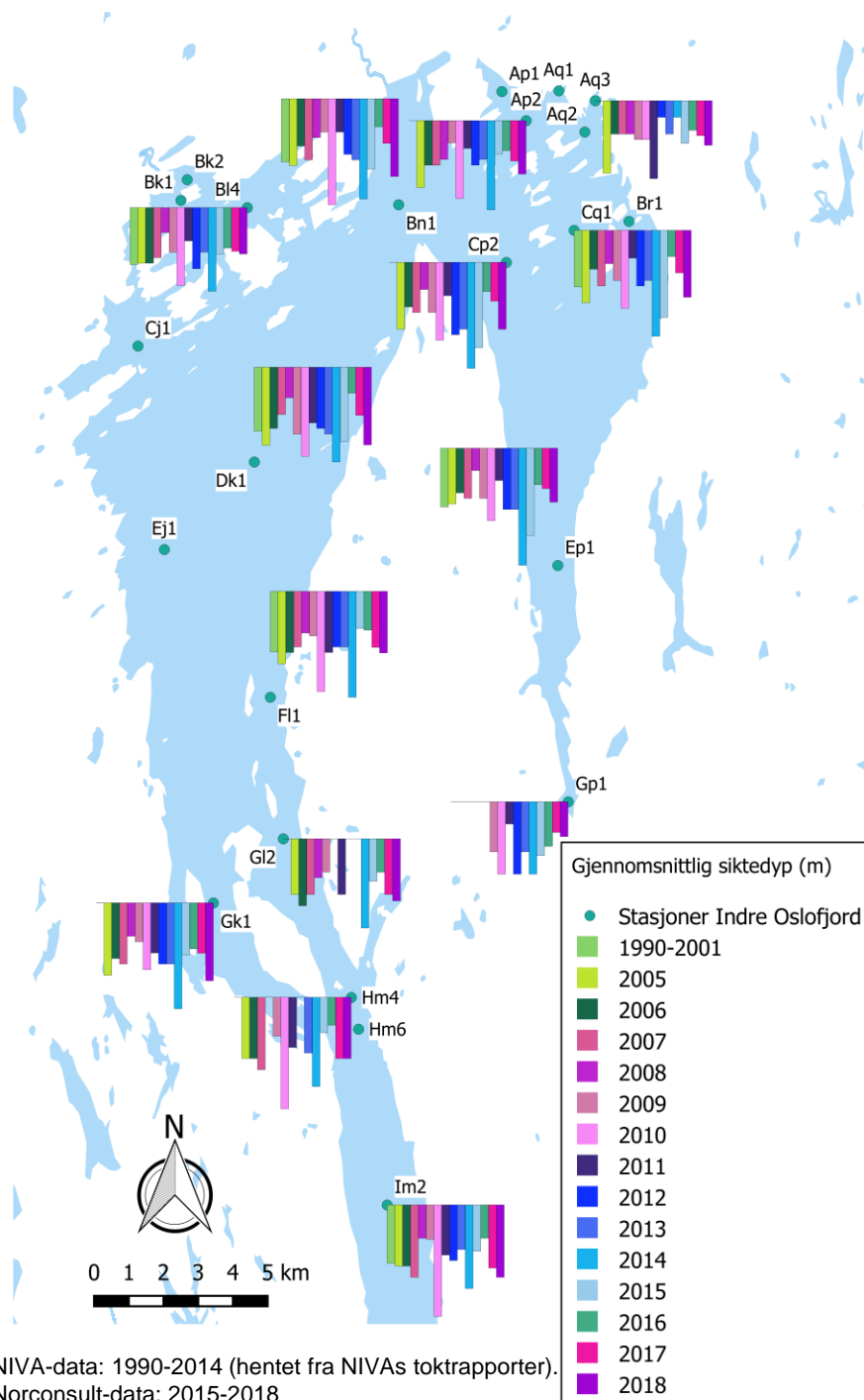
Temperaturutvikling (2000-2018) ved 90 meters vanddyb i stasjon Dk1 (Vestfjorden) og 80 meters vanddyb i stasjon Ep1 (Bunnefjorden). * Data 2000-2014 Niva og 2015-2018 Norconsult

I Vestfjorden (Dk1) har man tidsserier for temperatur helt tilbake til tidlig 1930-tallet. Målefrekvensen øker betraktelig fra tidlig 1970-tallet og frem til i dag. Sistnevnte måleperiode viser en viss syklisitet i temperaturdataene. Dette er enklere å se i datasettet fra 2000-2018 hvor dataene er mindre komprimert (figur til høyre). Temperaturvariasjonen gjennom vannsøylen gjennom året er mye større i Vestfjorden på 90 m vanddyb enn Bunnefjorden på omtrent samme vanddyb (80 m). Dette skyldes bedre vertikal vannsirkulasjon i Vestfjorden enn Bunnefjorden og at Vestfjorden er mer påvirket av vanntilførselen fra ytre Oslofjord enn Bunnefjorden.

Som også vist i foregående slide (s.12), med temperaturplott for Dk1, er temperaturen i Vestfjorden på 90 m vanddyb relativt lav i mai 2018, noe lavere enn samme måned i 2016 og 2017, men ikke like lav som i 2011.

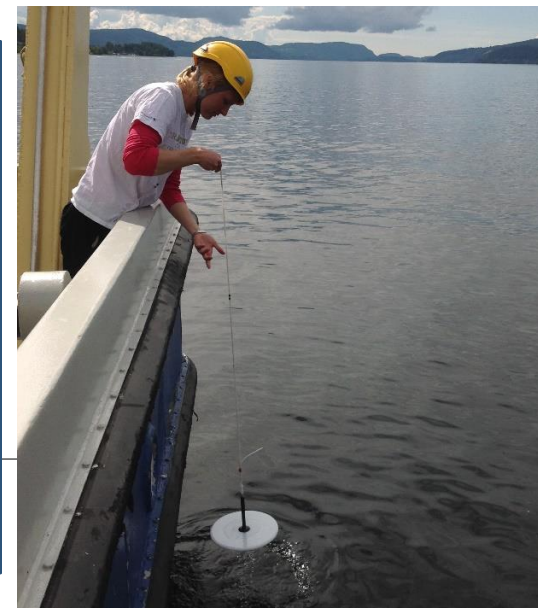
Siktedypmålinger for mai måned i 2018 og foregående år

- Plottede data på kartet til venstre viser gjennomsnittlige mai-målinger ved utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord (i perioden 2005-2018). Gjennomsnitt for perioden 1990-2001 er også vist.
- Siktedypet i mai 2018 var bra og i de fleste tilfeller bedre enn i 2017.
- Mellom-årlige variasjoner i siktedypmålinger for mai skyldes normalt varierende mengde plankton (algeoppblomstringer) i vannet eller varierende tilførsel av partikler og løst organisk materiale.
- Algeoppblomstringer kan skje på ulike tidspunkt gjennom året da oppblomstringen er relatert til abiotiske faktorer som havtemperatur, solinnstråling, næringstilgang.



► Siktedypet måles med en hvit skive som senkes ned i vannet til den ikke lenger er synlig. Skiven trekkes deretter sakte opp igjen og når den blir synlig registreres dypet fra skiven til vannoverflaten.

► Siktedypet i fjorden varierer gjennom året med hvor mye planteplankton, partikler og løst organisk materiale som finnes i vannmassene. Mye planteplankton/ partikler / løst organisk materiale gir dårlig siktedyp.



Norconsult 