



Fagrådet for vann- og avløpsteknisk  
samarbeid i indre Oslofjord

Norconsult 

# Toktrappert 17.04.2018

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

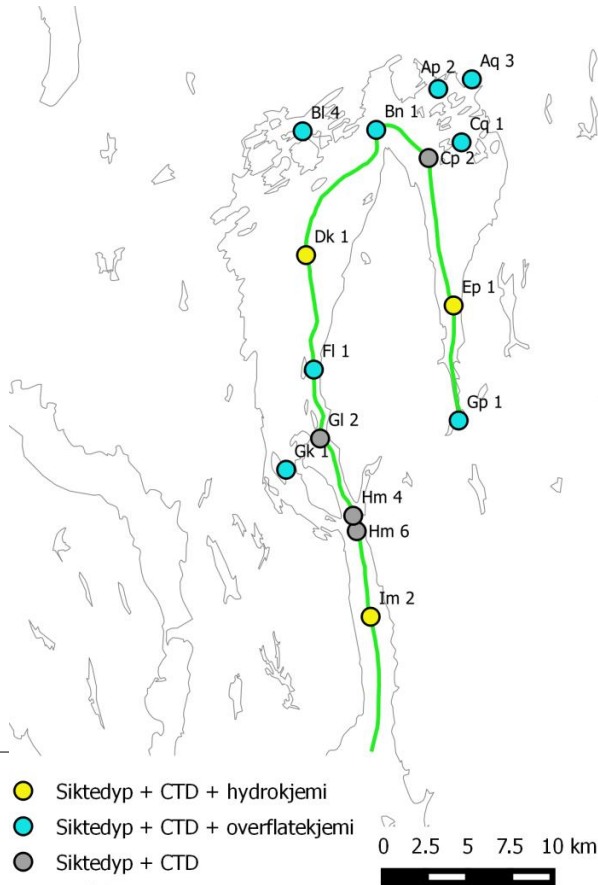
Indre Oslofjord dekker 7 vannforekomster:

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

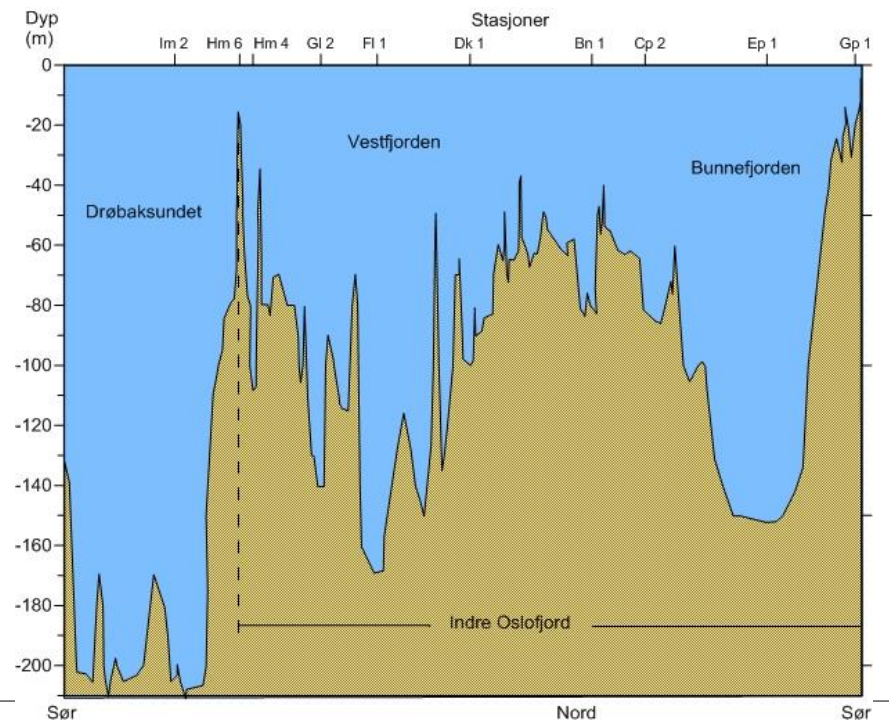
«Holmenfjorden», «Sandvika»(Bærumsbassenget) og «Bunnebotn» er *sterkt ferskvannspåvirket fjord*.

«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.

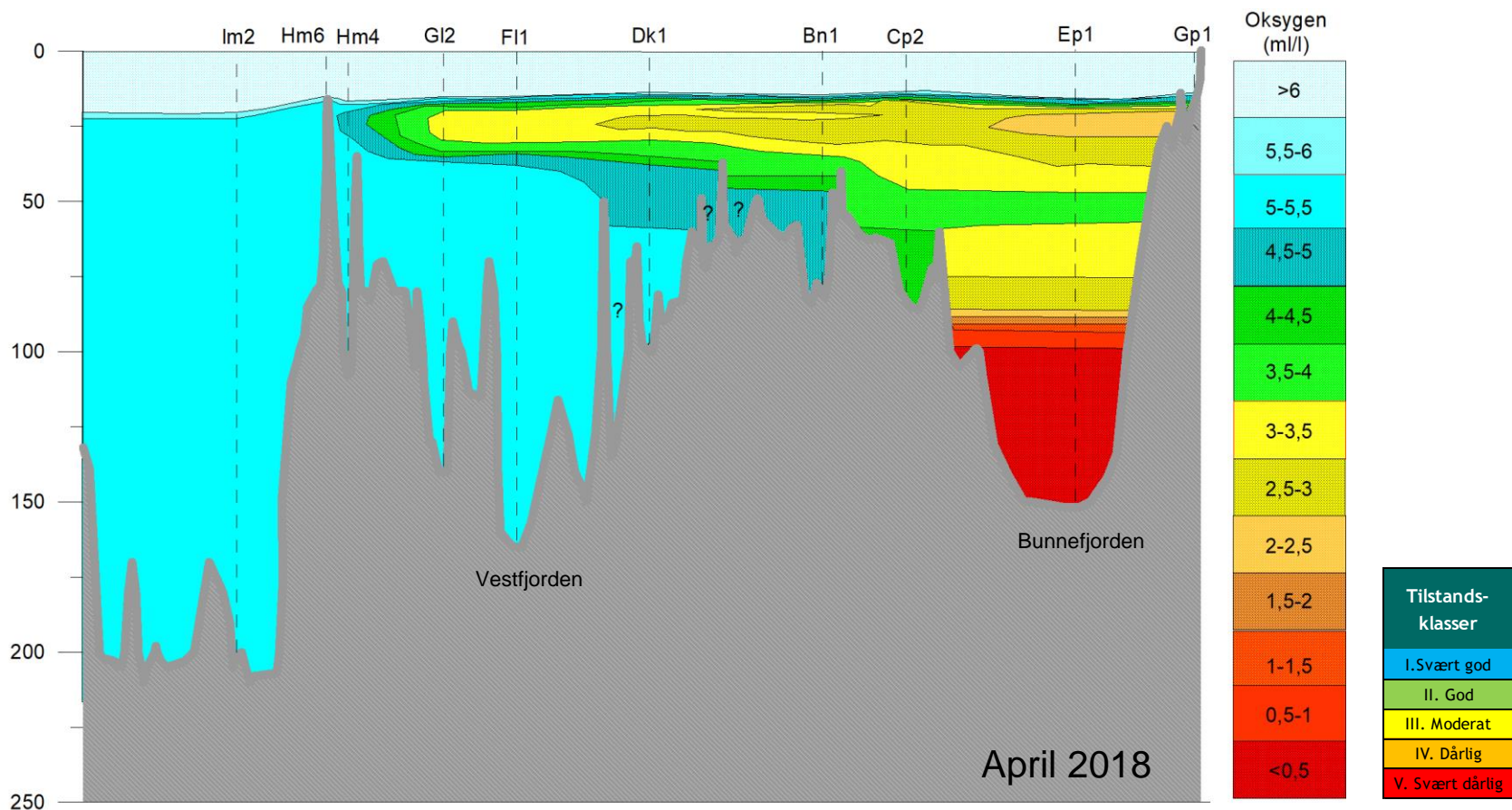


Følgende parametere undersøkes:

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



# Resultater – Oksygenforhold april 2018

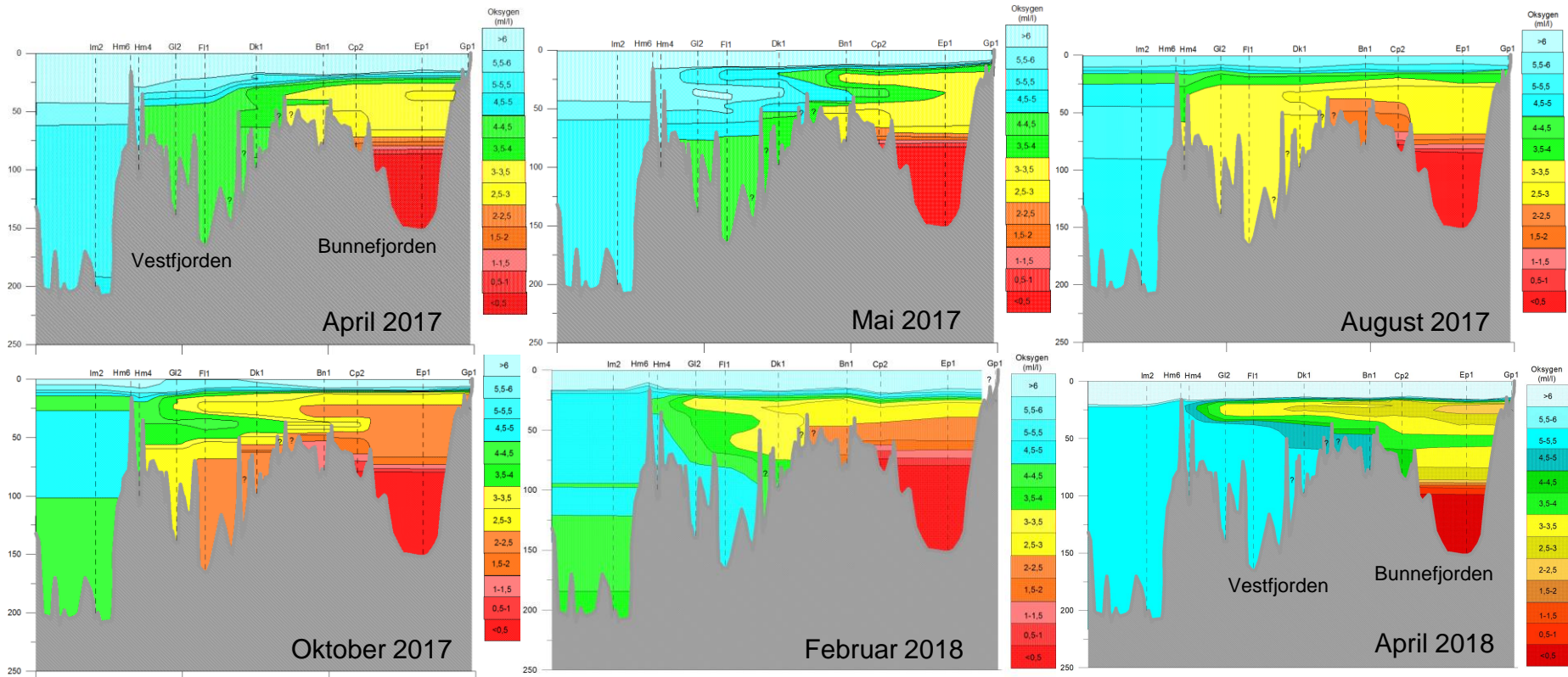


Oksygenforholdene målt i april 2018, vist som ml/l. Farger etter tilstandsklasser for oksygen i dypvannet (Veileder 02/2013).

I **Vestfjorden** ble dypvannet sør for Lysakerfjorden (Bn1) «fornyet» i løpet av vinteren (2017-2018) og våren (2018). Oksygenrikt vann har også blitt tilført områdene lenger inn i Indre Oslofjord, henholdsvis i de mellomliggende vannmassene Lysakerfjorden og Bunnefjorden, noe som har resultert i økte oksygenkonsentrasjoner (og bedre tilstandsklasser). I overflaten (grunnere enn 20 m) er oksygenforholdene «gode» til «svært gode» i hele fjorden.

Det er fremdeles «svært dårlig» tilstand (tilstandsklasse V) i de dypeste deler av Bunnefjorden under 90 meter. H<sub>2</sub>S målinger på utvalgte vanddyb under 80 meter viser at vannmassene i april var anoksiske dypere enn 125 meter. I de mellomliggende vannmasser (ca. 20-90 m) varierte tilstandsklassen fra «god» til «dårlig», mens oksygenkonsentrasjonen i de øverste 20 meter av vannsøylen hadde «svært god» tilstand.

# Oksygenforholdene i april 2017 - april 2018



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

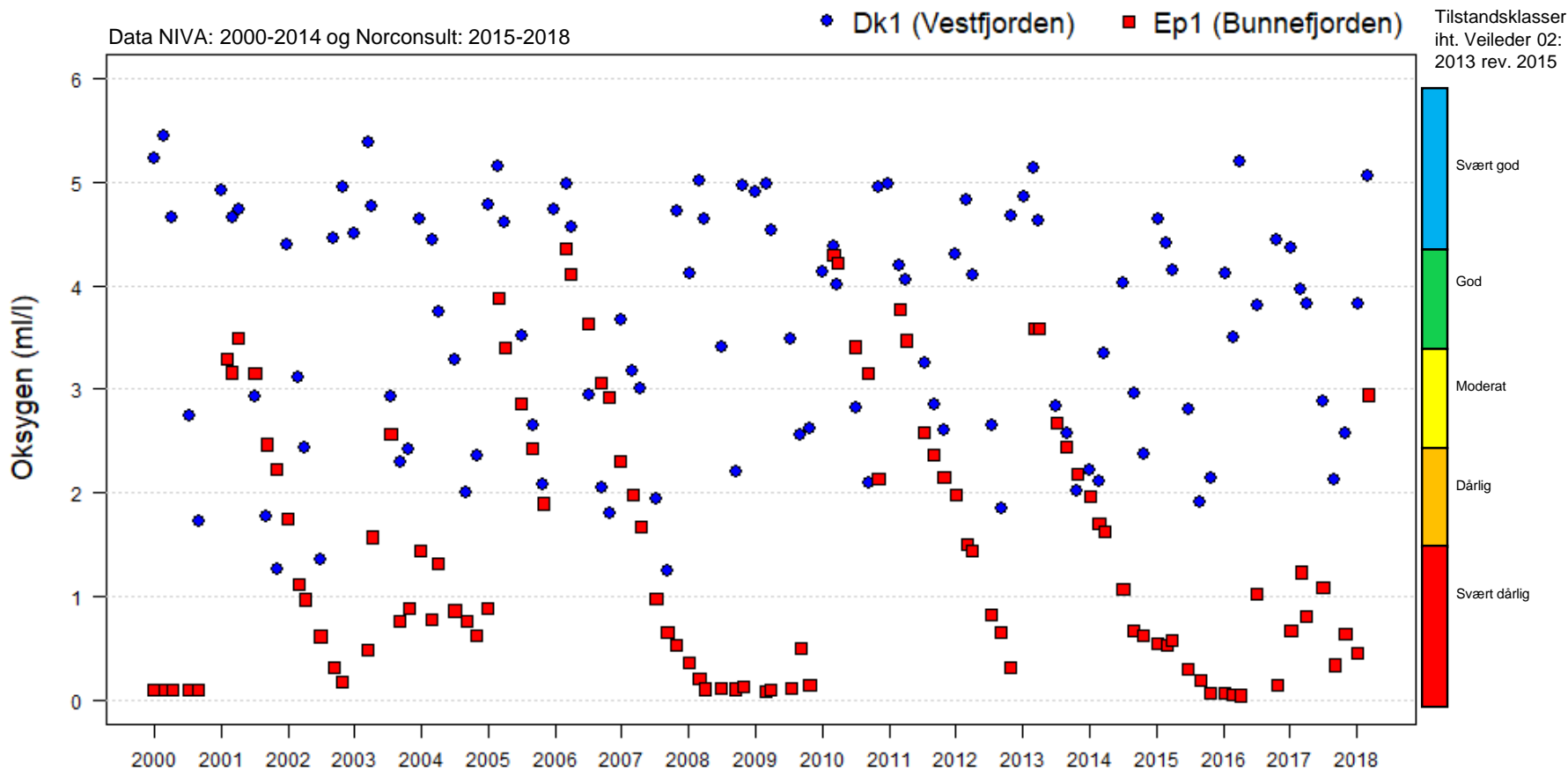
Endringer i oksygenforhold er nært knyttet til vannfornyelsen i Indre Oslofjord. Tilførsel av oksygenrikt vann fra Ytre Oslofjord finner sted over Drøbaksterskelen inn i Vestfjorden en til flere ganger i løpet av et år (eks. se mai 2017, februar 2018 og april 2018-profilene over). I 2017 avtar oksygenforholdene i bunnvannet i Vestfjorden gjennom sommeren og utover høsten. Men fra oktober og videre utover vinteren skjedde det en «dypvannsutsiftning» i Vestfjorden sør for Steilene (Dk1). Oksygenrikt vann tilføres også videre innover i fjorden i de øverste og mellomliggende vannmasser i Bunnefjorden (jf. april 2018-profil). I Bunnefjorden er tilstanden omtrent uendrede under 90 m vanddyb, men den videre overvåkingen i mai vil vise om også dypere vannmasser vil påvirkes.





# Oksygenutviklingen i fjorden 2000-2018

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



Undersøkelser i Vestfjorden (Dk1 – 90m vanddyb; blå punkter) i perioden 2000-2018 viser hyppige endringer i målte oksygenkonsentrasjoner. 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 H<sub>2</sub>S-data i april er det er mye som tyder på at det foregår en delvis «dypvannsfornyelse» i Bunnefjorden våren 2018. Hvor omfattende (dyptgående) «dypvannsfornyelse» blir vil man få mer informasjon om ved neste tokt i mai.**



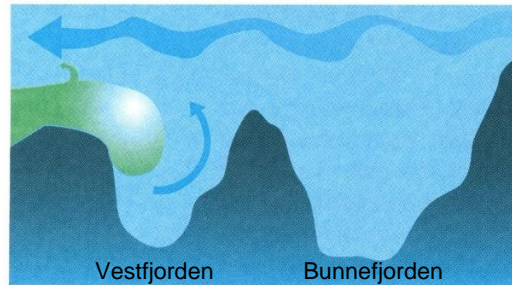
# Sjøvannets tetthet i april 2018

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.

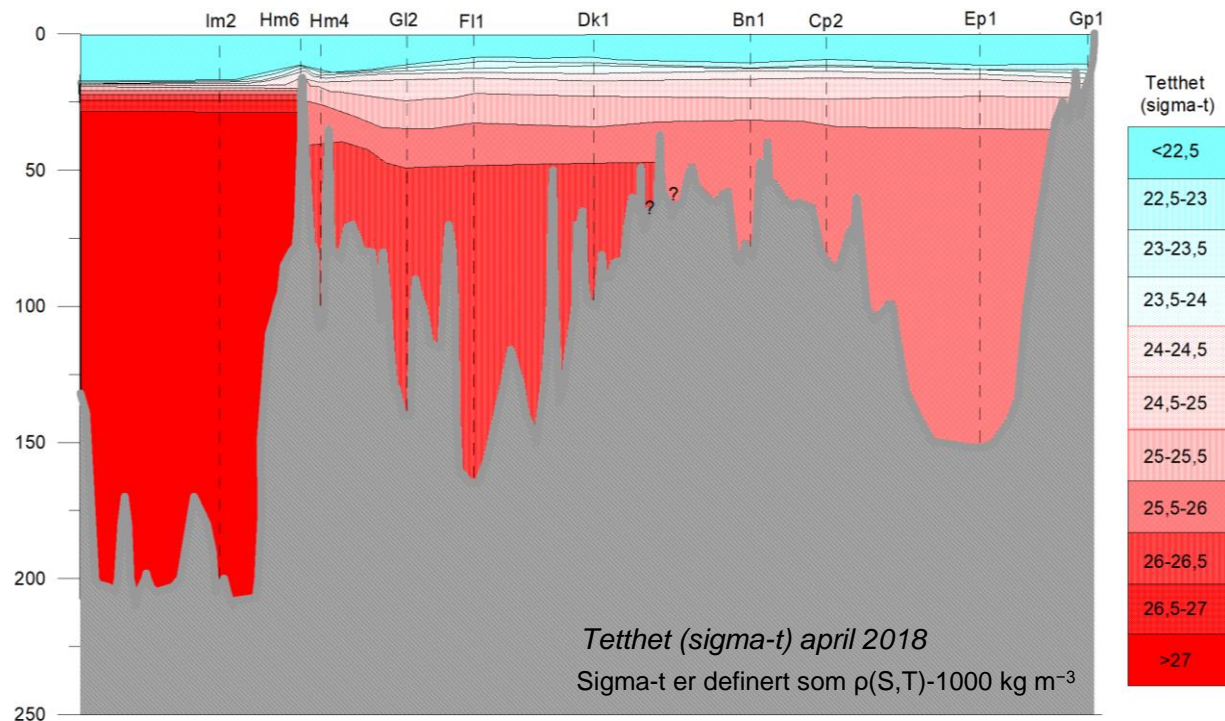
Metrologiske faktorer, slik som vindretning og vindstyrke er også av avgjørende betydning for dypvannsutskiftningen. Vedvarende vind fra nord/nord-østlig retning vil være viktig for at det lette overflatevannet, med lav saltholdighet, transporteres ut og tyngre vann stiger opp, høyere enn Drøbakerskelen 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).

Tetthetsprofilen i fjorden i april 2018 viser at:

- Vannet utenfor Drøbakerskelen har større tetthet enn bunnvannet i Vestfjorden og bunnvannet i Bunnefjorden.
- «Høy-tetthetsvannet» i Drøbaksundet ligger nært opptil terskelnivå og vil potensielt kunne strømme inn i Indre fjord.
- Tettheten i bunnvannet i Vestfjorden er høyere enn tettheten i bunnvannet i Bunnefjorden.
- I henhold til tetthetsforskjeller i Vestfjorden og Bunnefjorden ligger det nå til rette for en dypvannsfornyelse i Bunnefjorden.



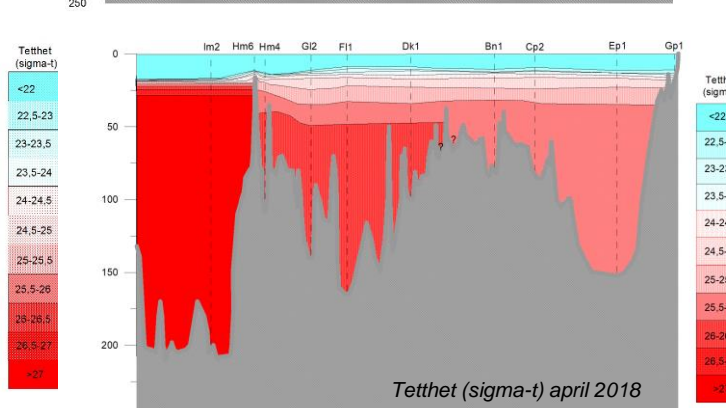
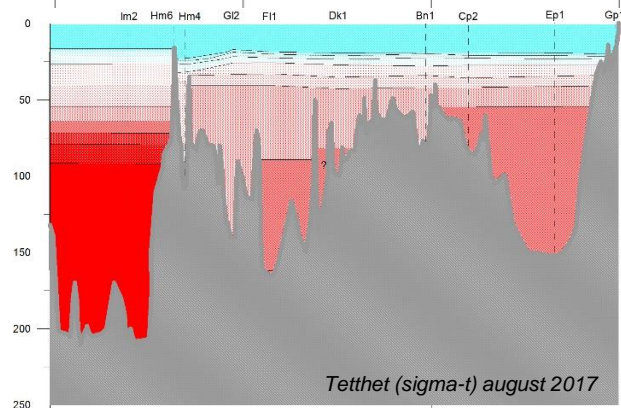
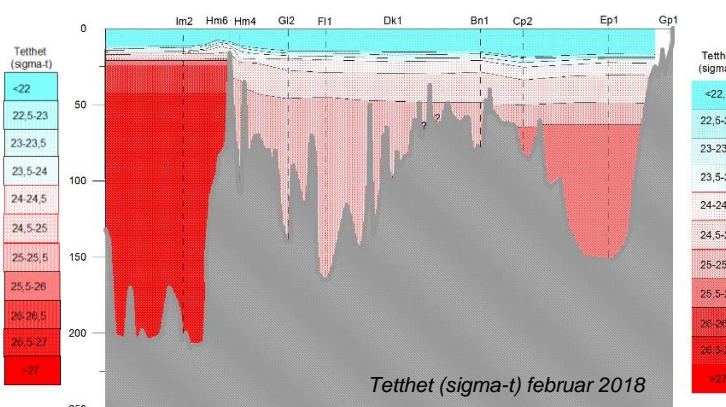
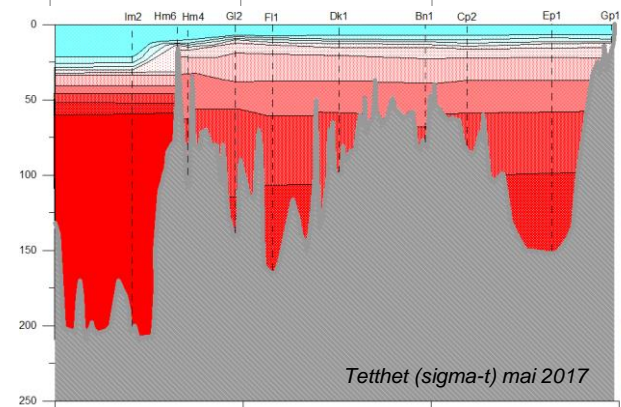
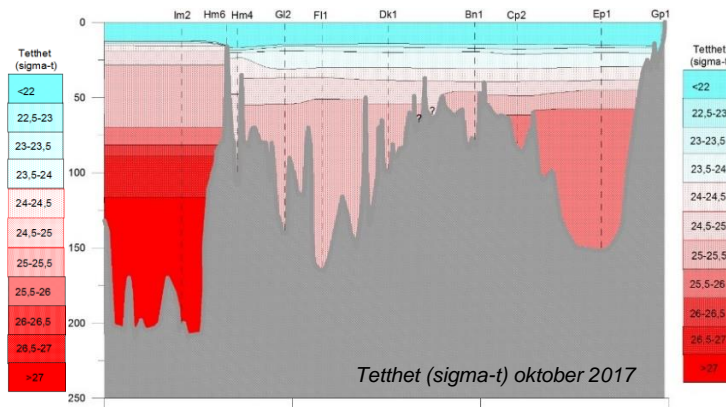
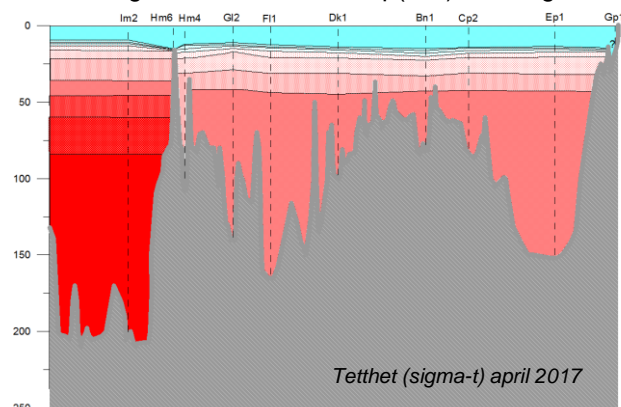
Figur fra: Baalsrud og Magnusson, 2002





# Sjøvannets tetthet i perioden april 2017 til april 2018

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

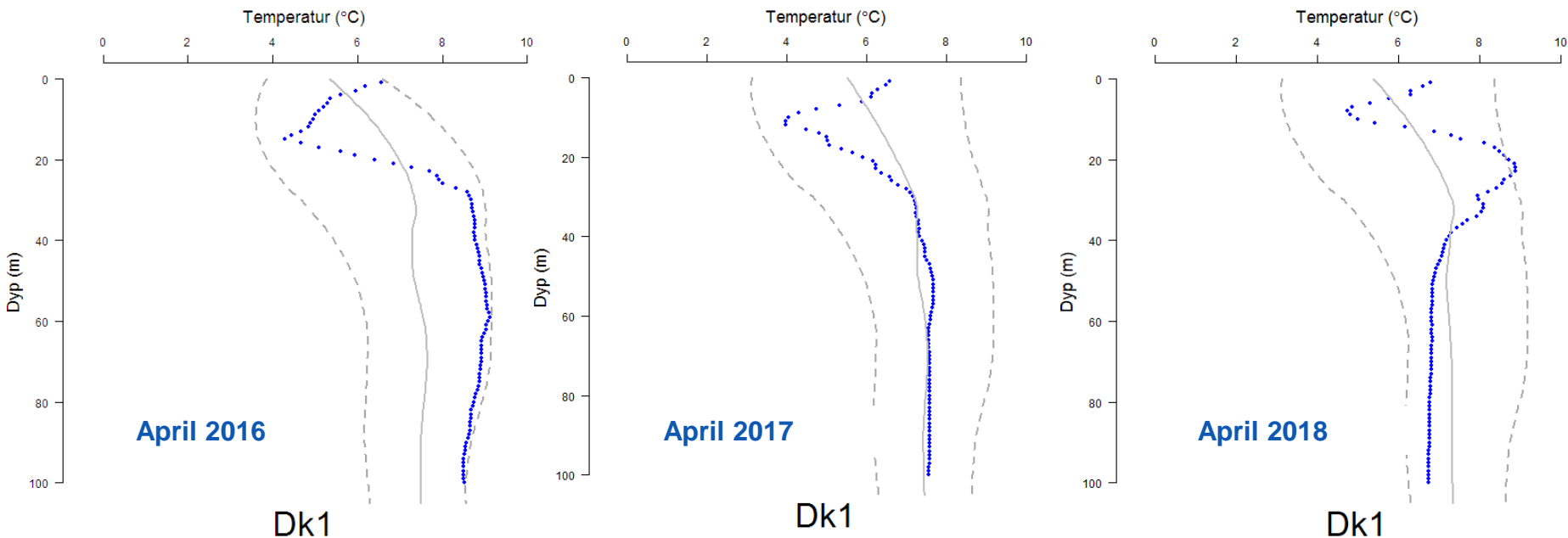


Tetthetsskalaen er marginalt endret og en ekstra kategori lagt til f.o.m. mai 2017.

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 april 2016, 2017 og 2018 ved Dk1 i Vestfjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden.

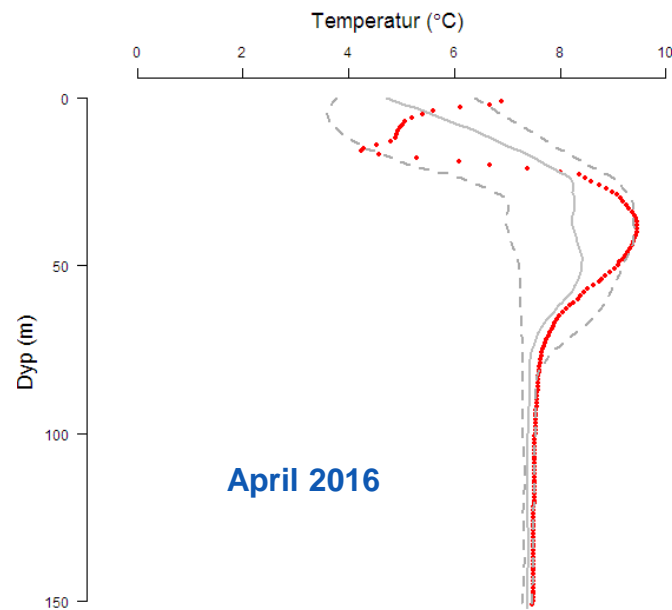
I Vestfjorden er det mellomårlige variasjoner for april måned gjennom hele vannsøylen. Vann under 40 meter av i 2018 noe kaldere enn foregående år, men likevel innen for «normal» variasjon.



Vestfjorden april 2017

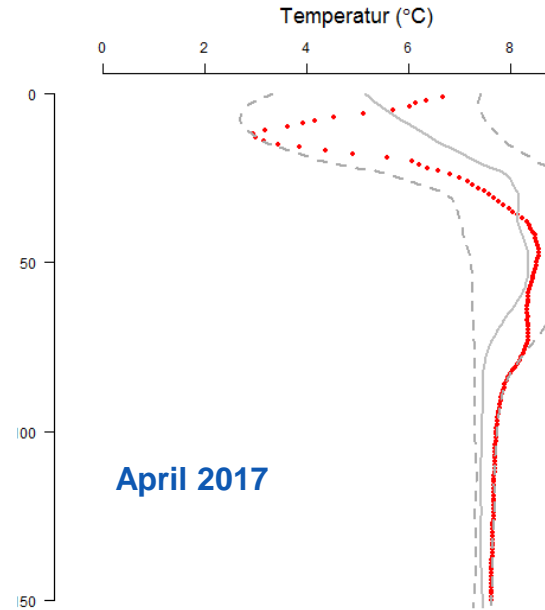


# Resultater - Temperatur Ep1 (Bunnefjorden)



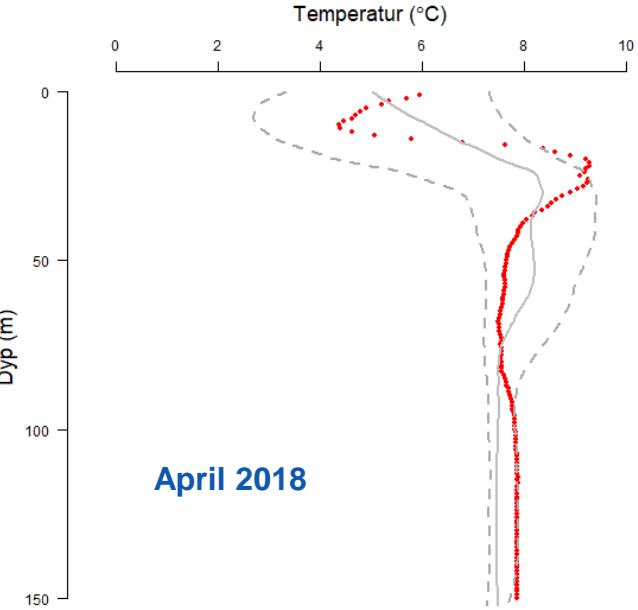
April 2016

Ep1



April 2017

Ep1



April 2018

Ep1

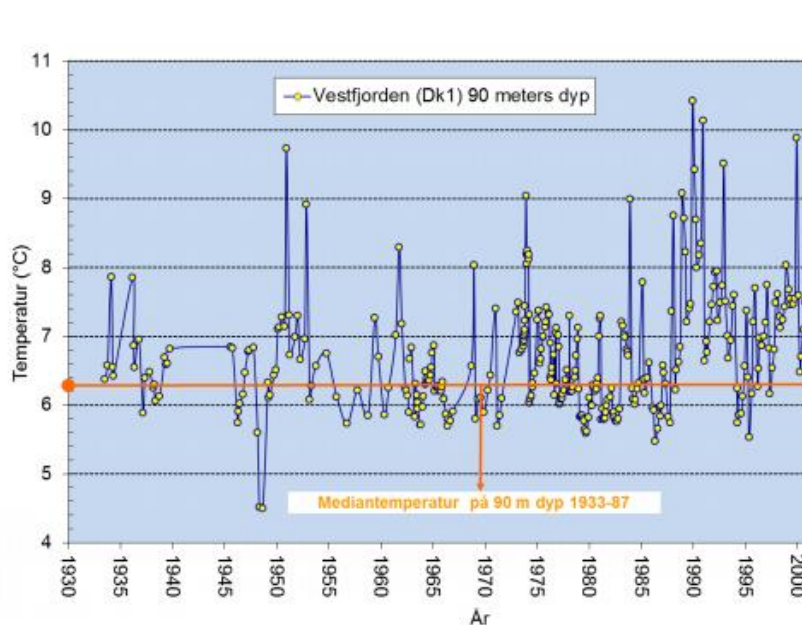
Temperaturen gjennom vannsøylen (farget rød stiplest linje) i april 2016, 2017 og 2018 ved Ep1 i Bunnefjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden.

Det er i vannet over ca. 80 meter at man ser de største mellomårlege variasjoner i Bunnefjorden. Under dette er det kun små variasjoner. Dette pga. at dypvannet i Bunnefjorden er mer statisk (fornyes sjeldnere) enn Vestfjorden.

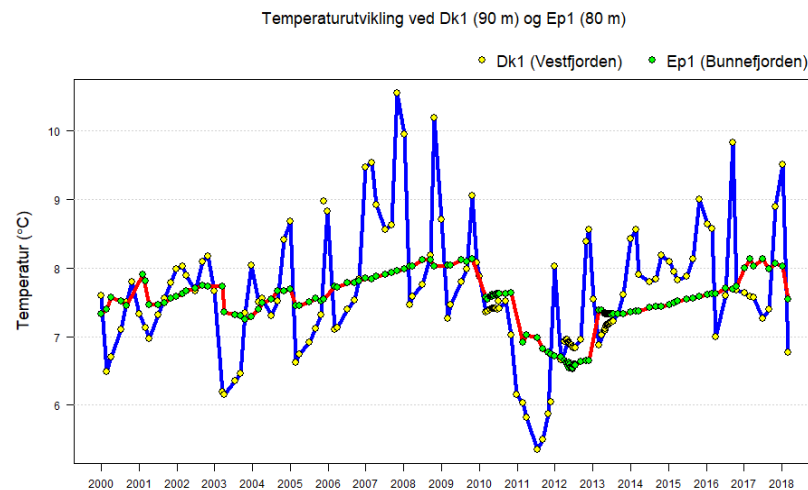


Bunnefjorden april 2018

# Temperaturutvikling i fjorden i perioden 1933-2018



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



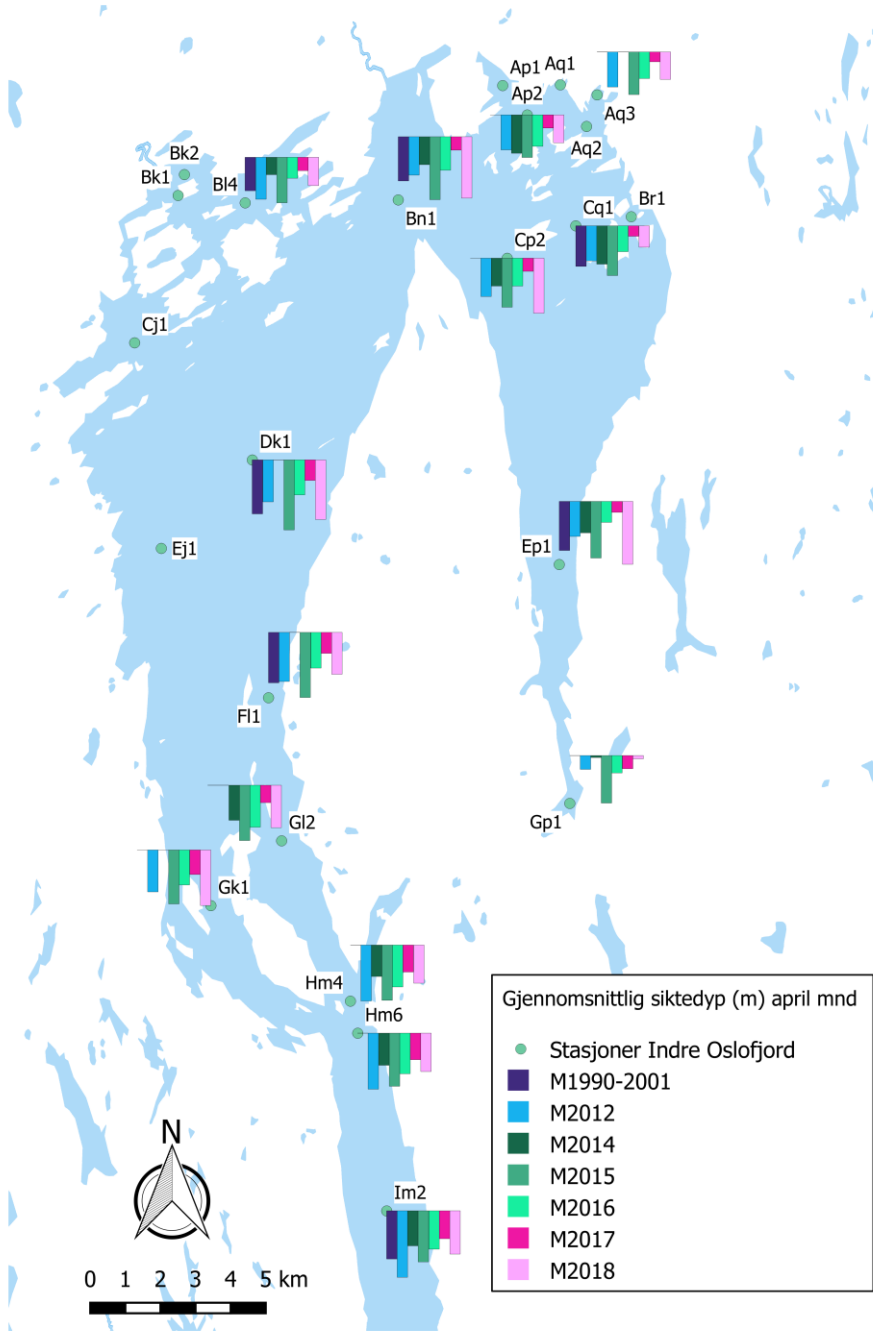
Temperaturutvikling (2000-2018) ved 90 meters vanddyb i stasjon Dk1 (Vestfjorden) og 80 meters vanddyb i stasjon Ep1 (Bunnefjorden). \* Data 2000-2014 Niva og 2015-2018 Norconsult

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 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, med temperaturplott for Dk1, er temperaturen i Vestfjorden på 90 m vanddyb relativt lav i april 2018, noe lavere enn samme måned i 2016 og 2017.

# Siktedypmålinger for april måned i 2018 og foregående år

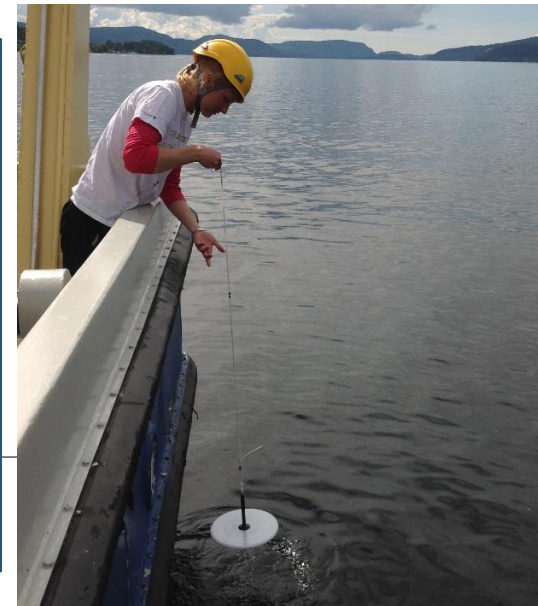
- Plottede data på kart viser gjennomsnittlige april-målinger ved utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord (for de siste fem år). Data fra 2012 og gjennomsnitt for perioden 1990-2001 er også vist.
- Siktedyppet i april 2018 var bra og i de fleste tilfeller bedre enn 2017. Unntaket var Bunnebotn hvor vannet var brunlig og hadde svært dårlig siktedyp (kun ca 0,5m).
- Mellom-årlige variasjoner i siktedypmålinger for april skyldes normalt varierende mengde plankton (algeoppblomstringer) i vannet eller varierende tilførsel av partikler og løst organisk materiale.
- Algeoppblomstringer kan skje på ulike tidspunkt fra år til år, da oppblomstringen er relatert til abiotiske faktorer (eks. havtemperatur, solinnstråling, næringstilgang) og årlige variasjoner i disse. I 2018 var det en kraftig algeoppblomstring i Indre Oslofjord i slutten av mars noe som ble bekreftet av både planktonanalyser, klorofyll a konsentrasjoner og siktedypdata. I april var den kraftige oppblomstringen over.



NIVA-data: 1990-2014 (hentet fra NIVAs tokrapporter).  
Norconsult-data: 2015-2018

► Siktedyppet 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.

► Siktedyppet 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 siktedypp.



Norconsult 