



Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre
Oslofjord

Toktrappert kombitokt 21.02.2018

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/hydrokjemisk. Denne toktrappen presenterer data fra hovedtokt for undersøkelse av hydrografi, vannutskifting og hydrokjemisk. 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 hydrokjemisk er å følge fjordens hydrokjemiske utvikling i relasjon til rensetiltak og naturlige variasjoner.

Bakgrunn - Klima og vannutskifting

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 dypvannsutskifting 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

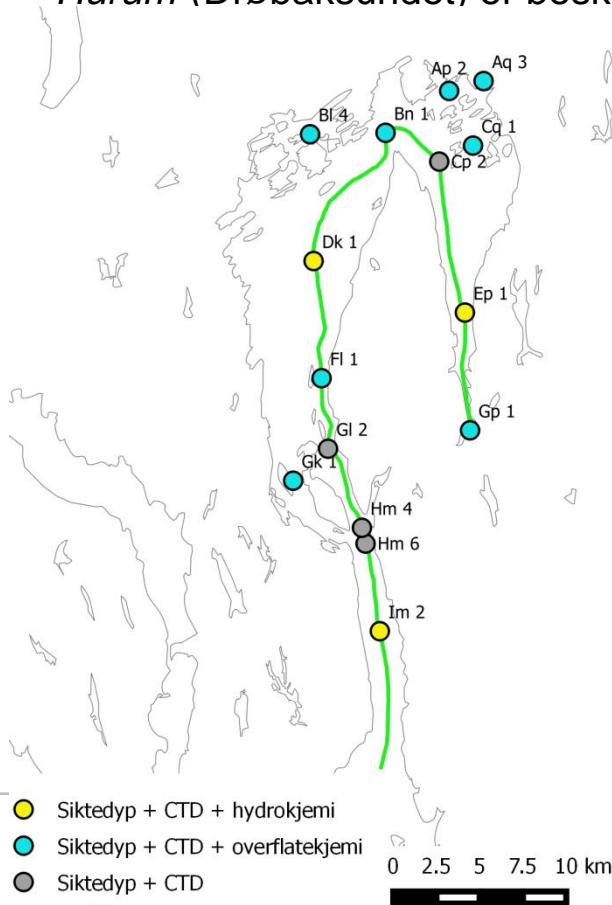
Indre Oslofjord dekker 7 vannforekomster:

"Bunnefjorden", "Bekkelagsbassenget" og "Oslo havn og by" er karakterisert som vanntypen beskyttet kyst/fjord

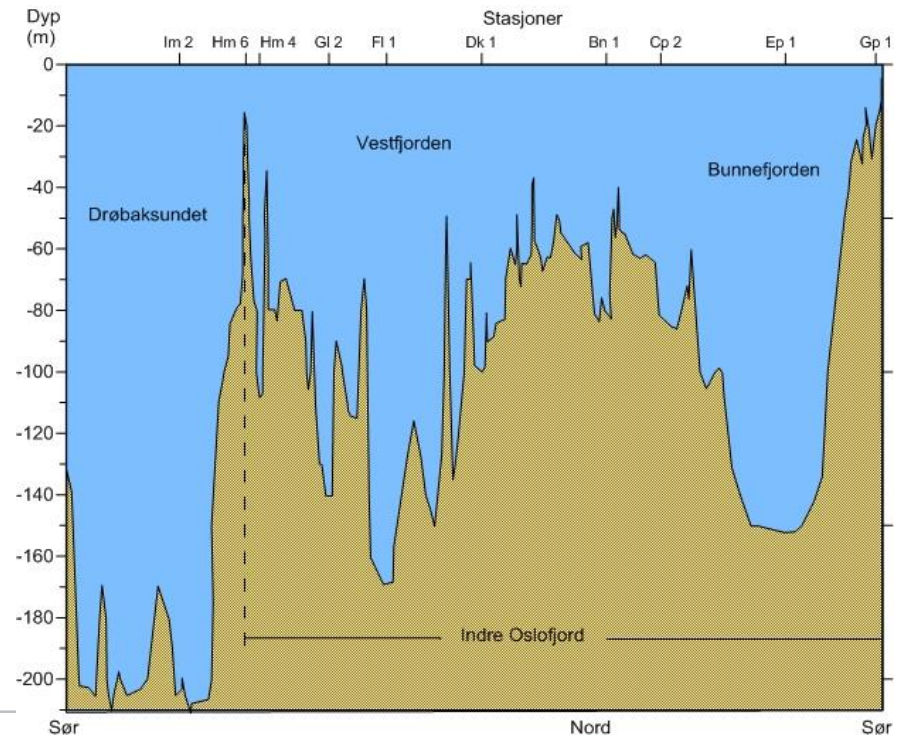
"Holmenfjorden", "Sandvika" (Bærumsbassenget) og "Bunnebotn" er ferskvannspåvirket beskyttet kyst/fjord.

"Oslofjorden" (Vestfjorden) er moderat eksponert.

"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

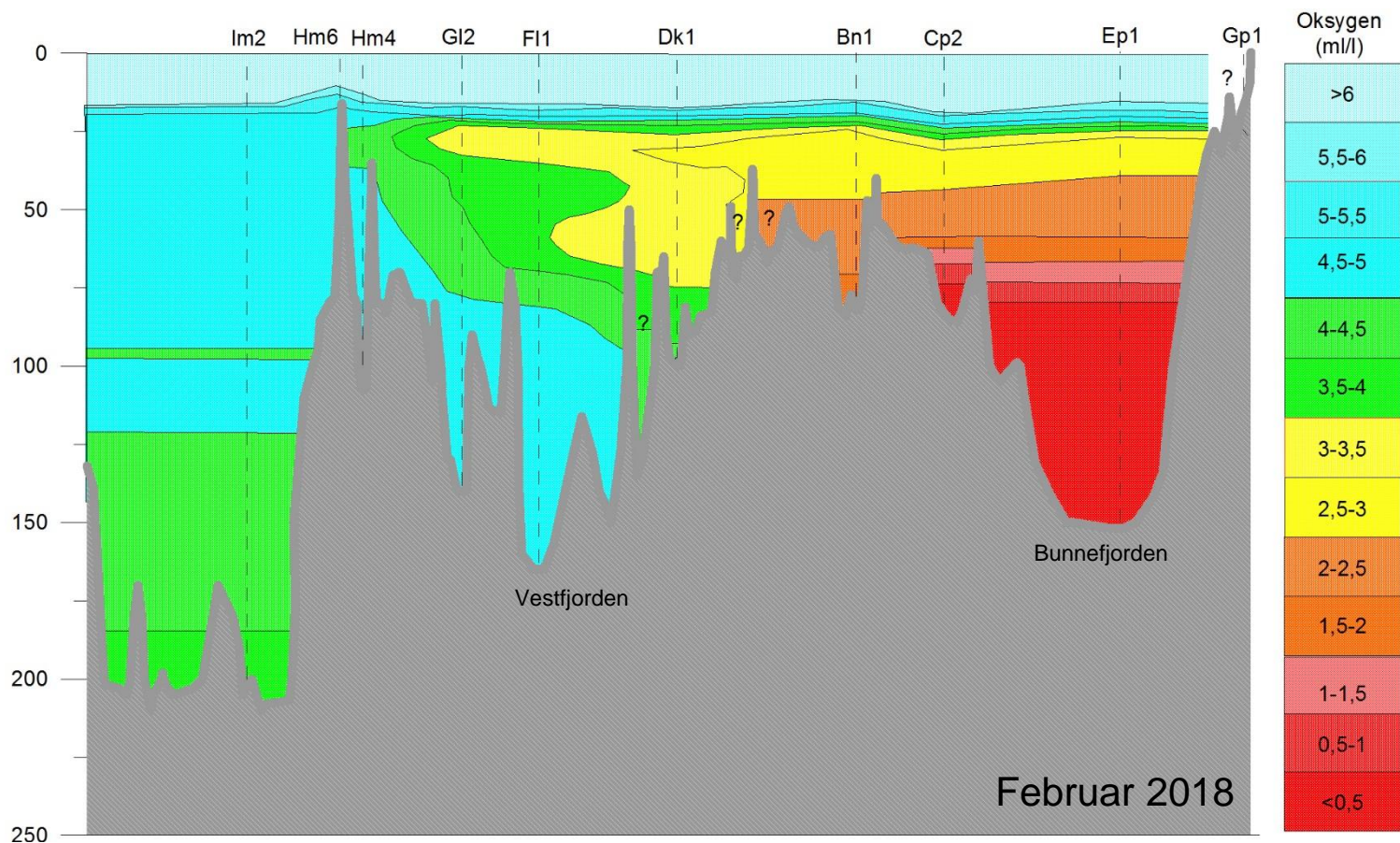
Toktene gjennomføres med forskningsskipet til Universitetet i Oslo F/F Trygve Braarud.



Følgende parametere undersøkes:

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

Resultater – Oksygenforhold februar 2018

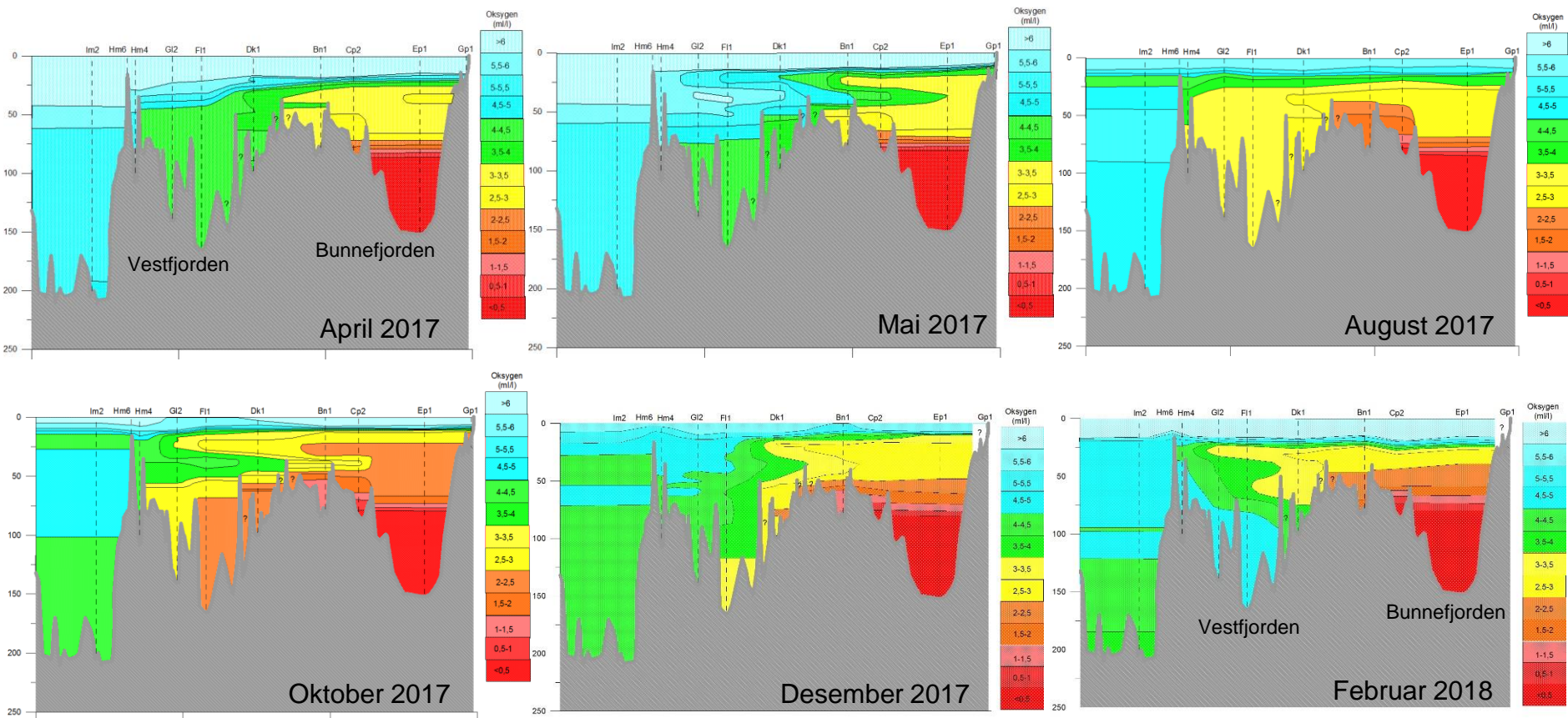


Oksygenforholdene målt i februar 2018, vist som ml/l. Farger etter tilstandsklasser for oksygen i dypvannet (Veileder 02/2013).

Det har ikke vært dypvannsutsjiftning i Bunnefjorden gjennom vinteren 2017-2018. Tilstanden i bunnvannet under ca. 70 m er fremdeles svært dårlig (tilstandsklasse V). H₂S målinger på utvalgte vanddyp under 70 meter i februar viste at vannmassene var anoksiske dypere enn 100 m. I de mellomliggende vannmasser (ca. 20-70 m) varierte tilstandsklassen fra «moderat» til «dårlig», mens oksygenkonsentrasjonen i de øverste 20 m av vannsøylen hadde tilstandsklasse «svært god» til «god».

I **Vestfjorden** ble dypvannet sør for Steilene (Dk1) fornyet i løpet av høsten og vinteren 2017-2018. Vannmassene nord for Steilene (Dk1) og inn i Lysakerbassenget (Bn1) er omtrent uendret fra målinger i desember 2017 og oksygenforholdene er fremdeles i «moderat» til «dårlig» tilstandsklasse i bunnvannet. Mellomliggende vannmasser i Vestfjorden har generelt gode forhold ytterst mot Drøbak, og går over i «moderat» tilstand lenger inn i fjorden. I overflaten (grunnere enn 20 m) er oksygenforholdene «gode» til «svært gode».

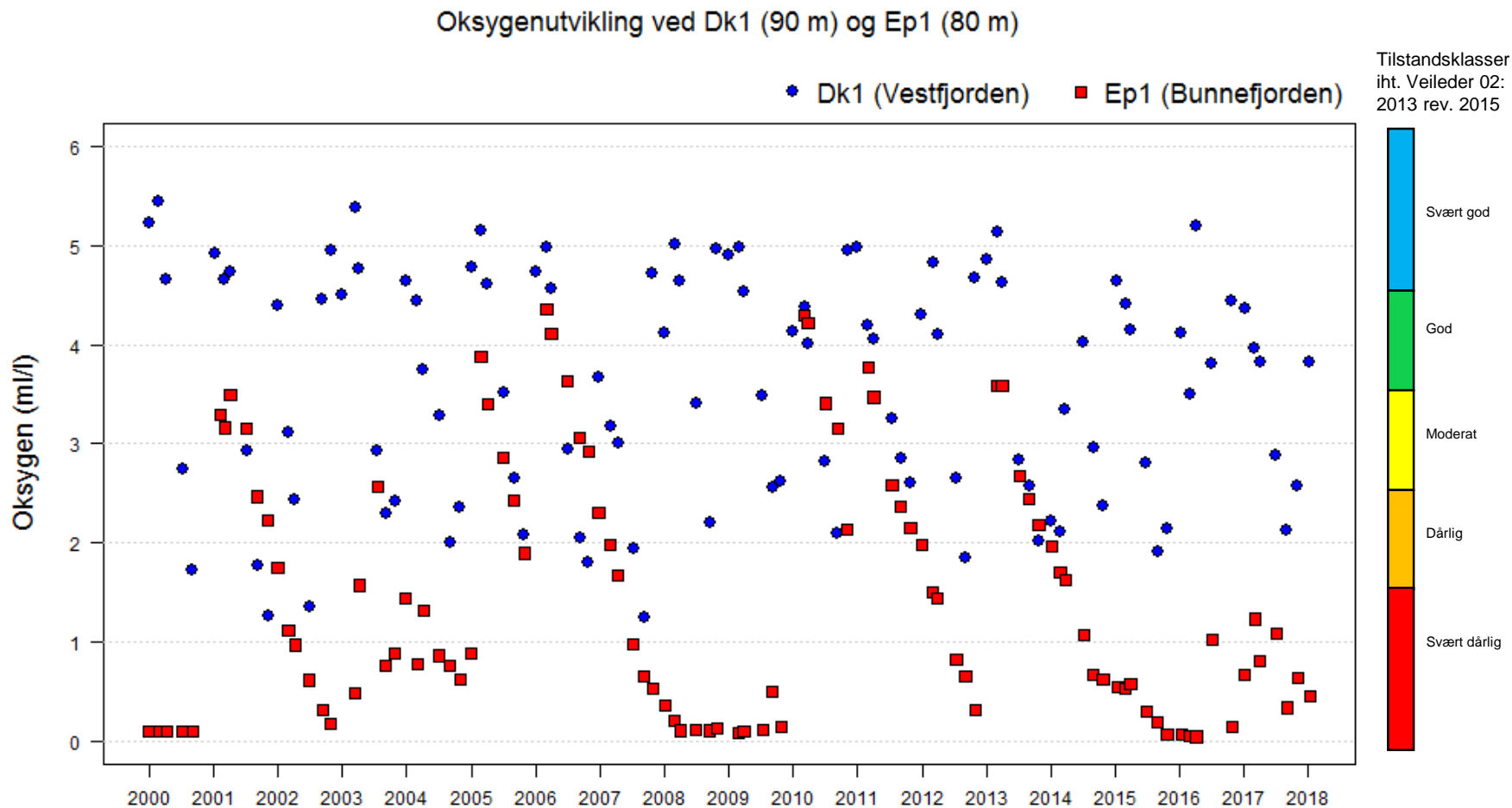
Oksygenforholdene i april 2017 - februar 2018



Hydrografiske profiler gjennom Indre Oslofjord som viser endringer i oksygenforhold i perioden april 2017 til februar 2018.

Endringer i oksygenforhold er nært knyttet til vannutskiftningen i Indre Oslofjord. Vannutskiftning og tilførsel av oksygenrikt vann fra Ytre Oslofjord finner sted over Drøbaksterskelen inn i Vestfjorden. En full eller delvis utskiftning av vannet i Vestfjorden skjer en til flere ganger i løpet av et år (se mai og desember-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 dypvannutskiftning i Vestfjorden sær for Steilene (Dk1). Denne vannutskiftningen brer seg også innover i de øverste mellomliggende vannmasser (omtrent 20-55m) i Bunnefjorden og gir bedre oksygenkonsentrasjoner her i desember (2017). I Bunnefjorden er tilstanden omtrent uendrede under 50 m vanddyb, med «svært dårlige» oksygenforhold gjennom hele året.

Oksygenutviklingen i fjorden 2000-2018



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.

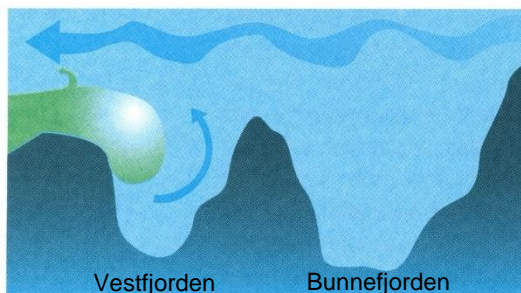
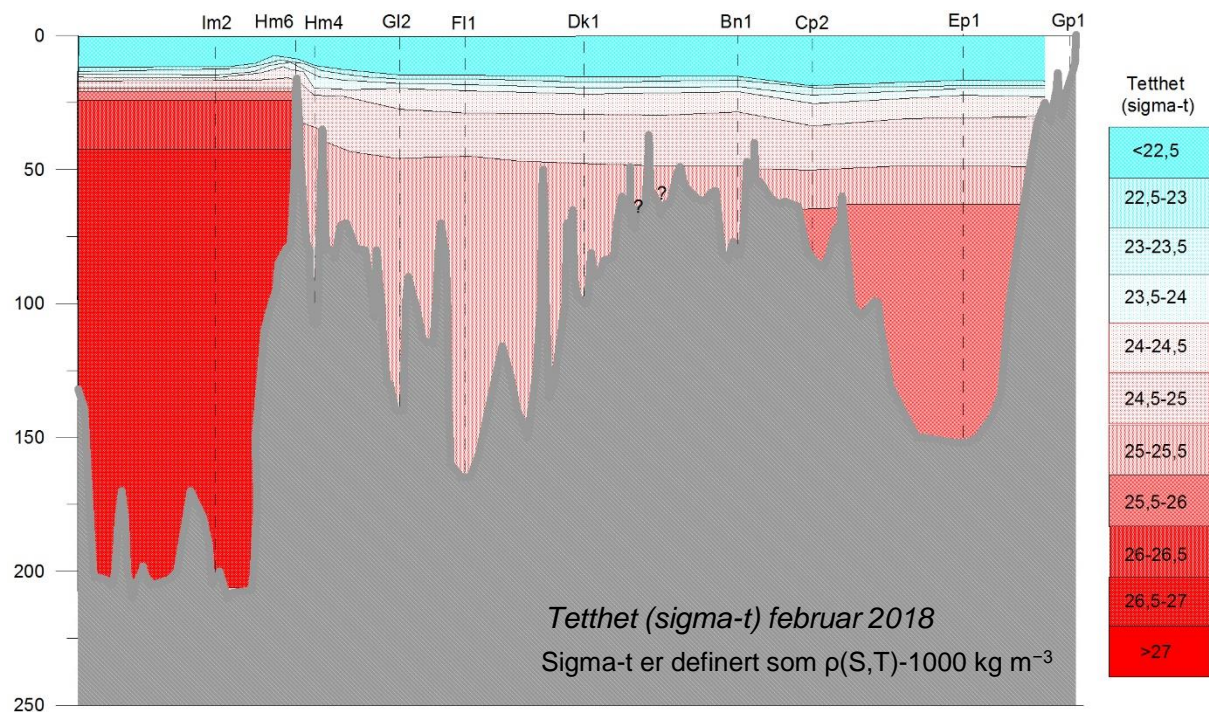
Tilsvarende målinger i Bunnefjorden (Ep1 – 80m vanddyb; røde punkter) viser lange perioder med lite oksygen tilstede (<1 ml/l), avbrutt av korte perioder med bedre oksygenforhold. Sistnevnte perioder starter normalt med en svært rask oksygenkonsentrasjonsøkning med påfølgende gradvis avtakende oksygenkonsentrasjoner igjen. Forbedrede oksygenforhold skjer normalt hvert 3-4. år i forbindelse med dypvannsfornyelser i Bunnefjorden. Det har ikke skjedd en dypvannsfornyelse i Bunnefjorden vinteren 2017-2018. Siste dypvannsutskiftning var vinteren 2012/2013. (Data fra 2000-2014 NIVA og 2015-2018 Norconsult).

Sjøvannets tetthet i februar 2018

Tetthetsprofilen i fjorden i februar 2018 viser at:

- Tettheten i bunnvannet i Vestfjorden er lavere enn tettheten i bunnvannet i Bunnefjorden.
- 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 Vestfjorden og fornye bunnvannet der dersom hydrografiske og metrologiske faktorer legger til rette for det.

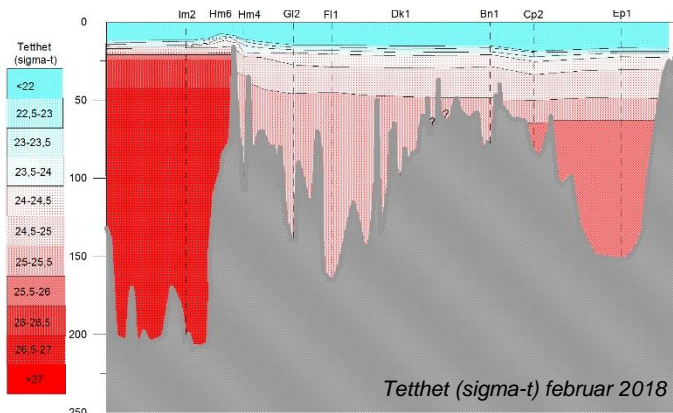
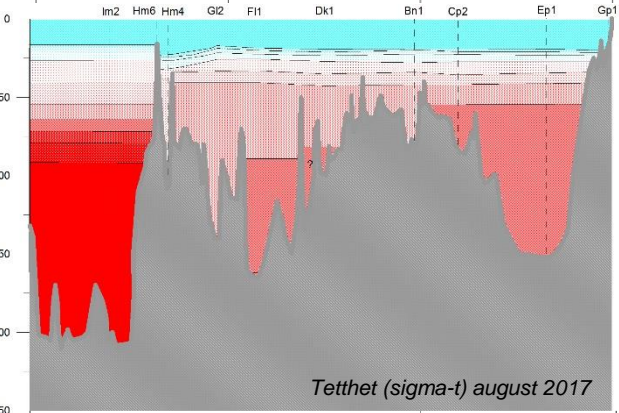
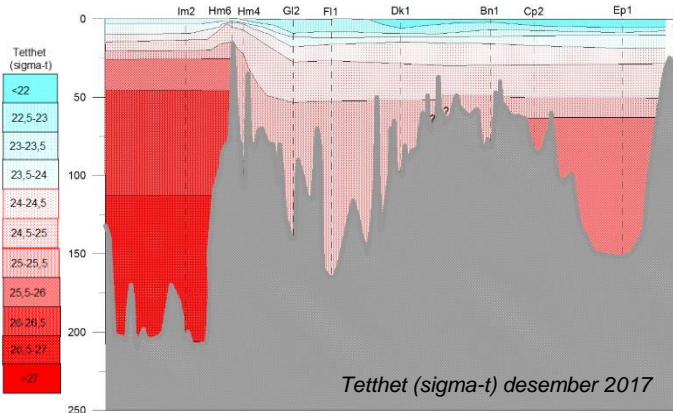
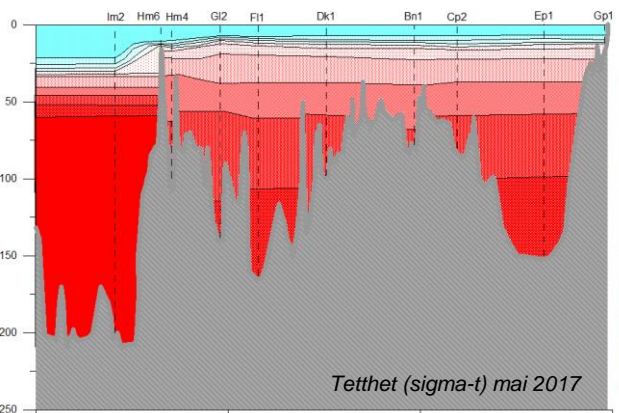
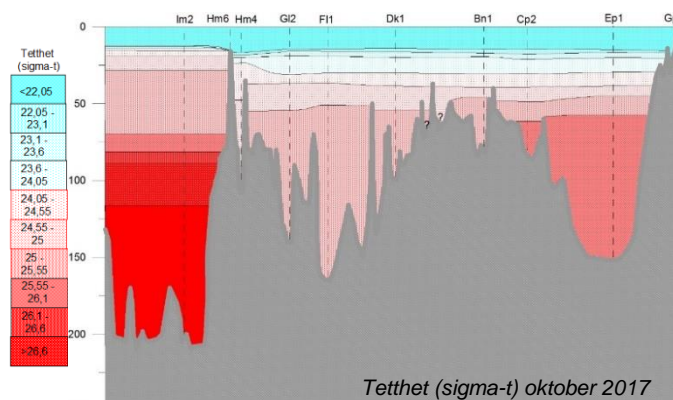
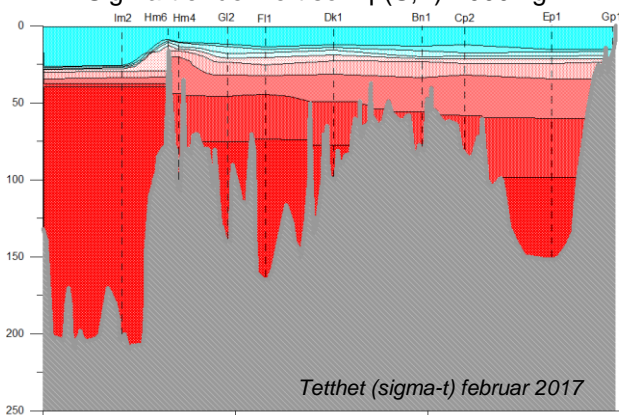
Dypvannet i Indre Oslofjord fornyes gjennom tilførsel av tyngre sjøvann fra ytre Oslofjord. Vannet som strømmer inn i Vestfjorden må ha en høyere tetthet (være tyngre) enn bunnvannet som allerede finnes der for å få til en utskifting av bunnvannet. Og tilsvarende videre innover i fjorden må vannet i 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

Sjøvannets tetthet i perioden feb. 2017 til feb. 2018

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



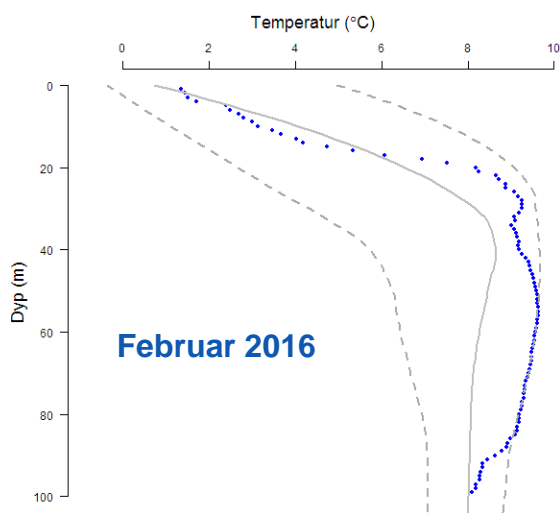
Tetthetsskalaen er marginalt endret og en ekstra kategori lagt til f.o.m. mai 2017.

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

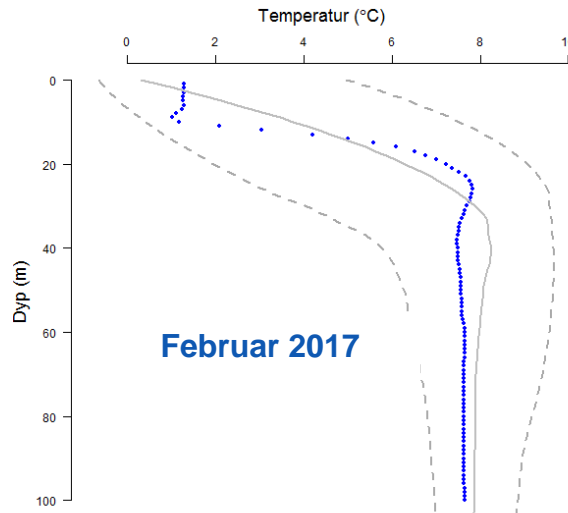
Tetthetsprofilen i fjorden gjennom året viser større variasjoner i Vestfjorden enn i Bunnefjorden. Dette skyldes flere naturlige årsaker:

- ❖ 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.

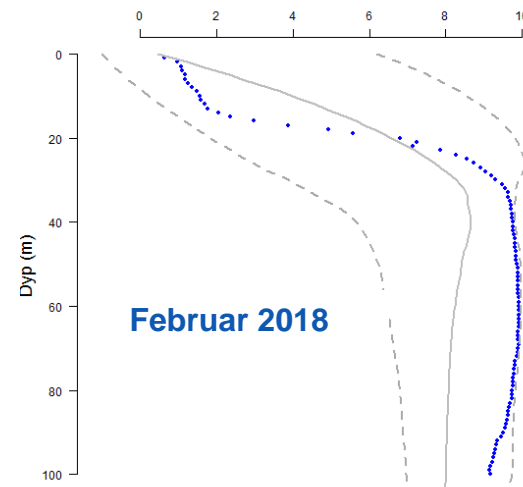
Resultater - Temperatur Dk1 (Vestfjorden)



Dk1



Dk1



Dk1

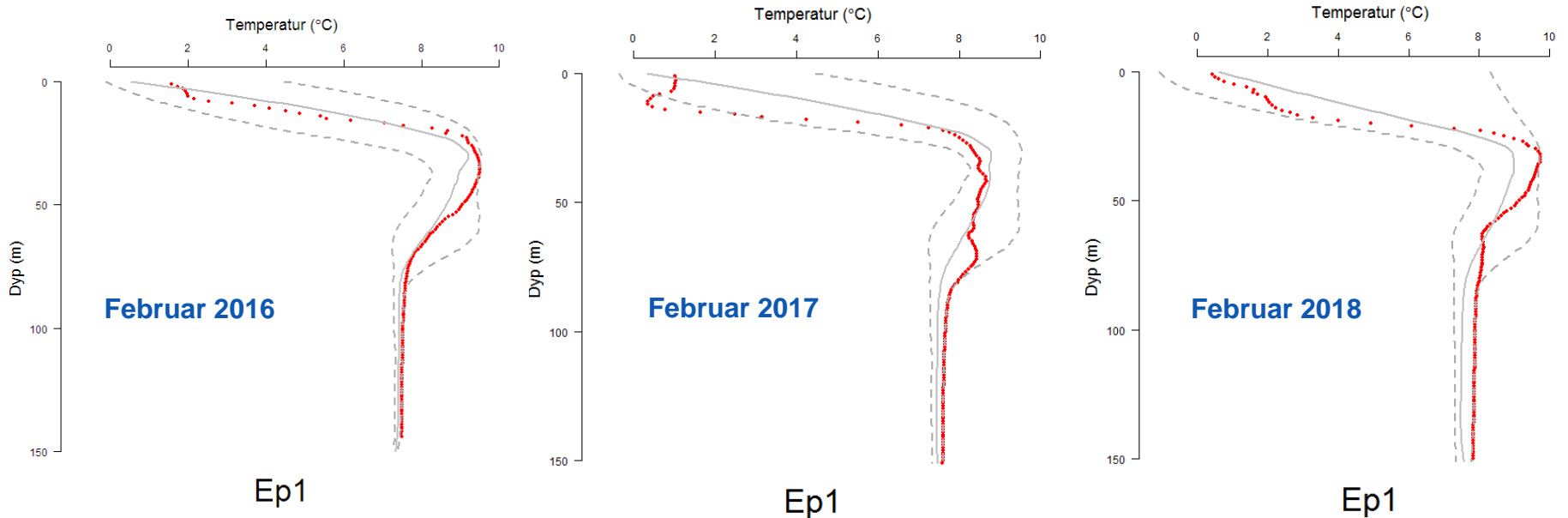
Figurene over viser temperaturen (farget blå stiplet linje) gjennom vannsøylen i februar 2016, 2017 og 2018 ved Dk1 i Vestfjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden.

Temperaturen i overflatevannet i februar 2018 var rundt $0,5^{\circ}\text{C}$, med «slush»-dannelse i overflaten (se bilde til høyre). Dette er litt kaldere enn samme måned foregående år (2016 og 2017). Temperaturen dypere ned i vannsøylen ($> 30\text{m}$) var relativt varmt med neste 10°C i 2018. I 2017 holdt tilsvarende vannmasser en temperatur på like under 8°C , mens det også i 2016 var noe varmere (like under 10°C).



Vestfjorden 7. februar 2018

Resultater - Temperatur Ep1 (Bunnefjorden)



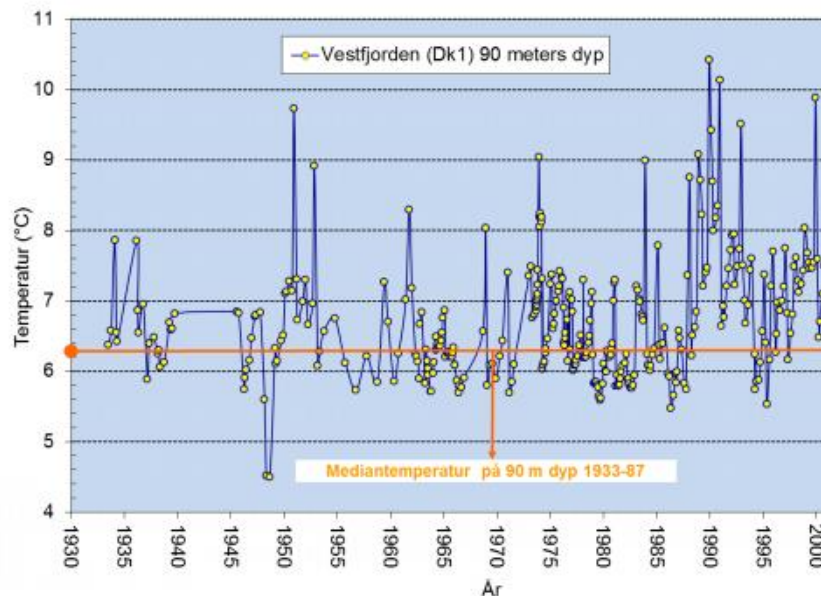
Temperaturen gjennom vannsøylen (farget rød stiplet linje) i februar 2016, 2017 og 2018 ved Ep1 i Bunnefjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden.

Også i Bunnefjorden (Ep1) var det isdannelse i overflatevannet i februar 2018, med en temperaturer rundt frysepunktet dvs. ca. 1°C kaldere enn de to foregående år. Dypere i vannsøylen, dvs. mellom ca. 25-50 m vanddyb, lå temperaturen på ca. 10°C, og under dette på rundt 8°C helt ned til bunnen av fjorden. Liknende profil ble også funnet i 2016 og 2017.



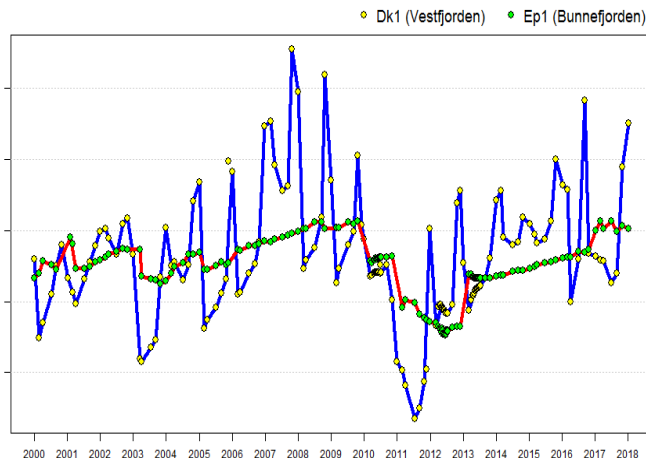
Bunnefjorden 21. februar 2018

Temperaturutvikling i fjorden i perioden 1933-2018



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

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



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 høy i februar 2018, men likevel ikke like høy som andre registrerte «bølgetopper» i måleperioden.

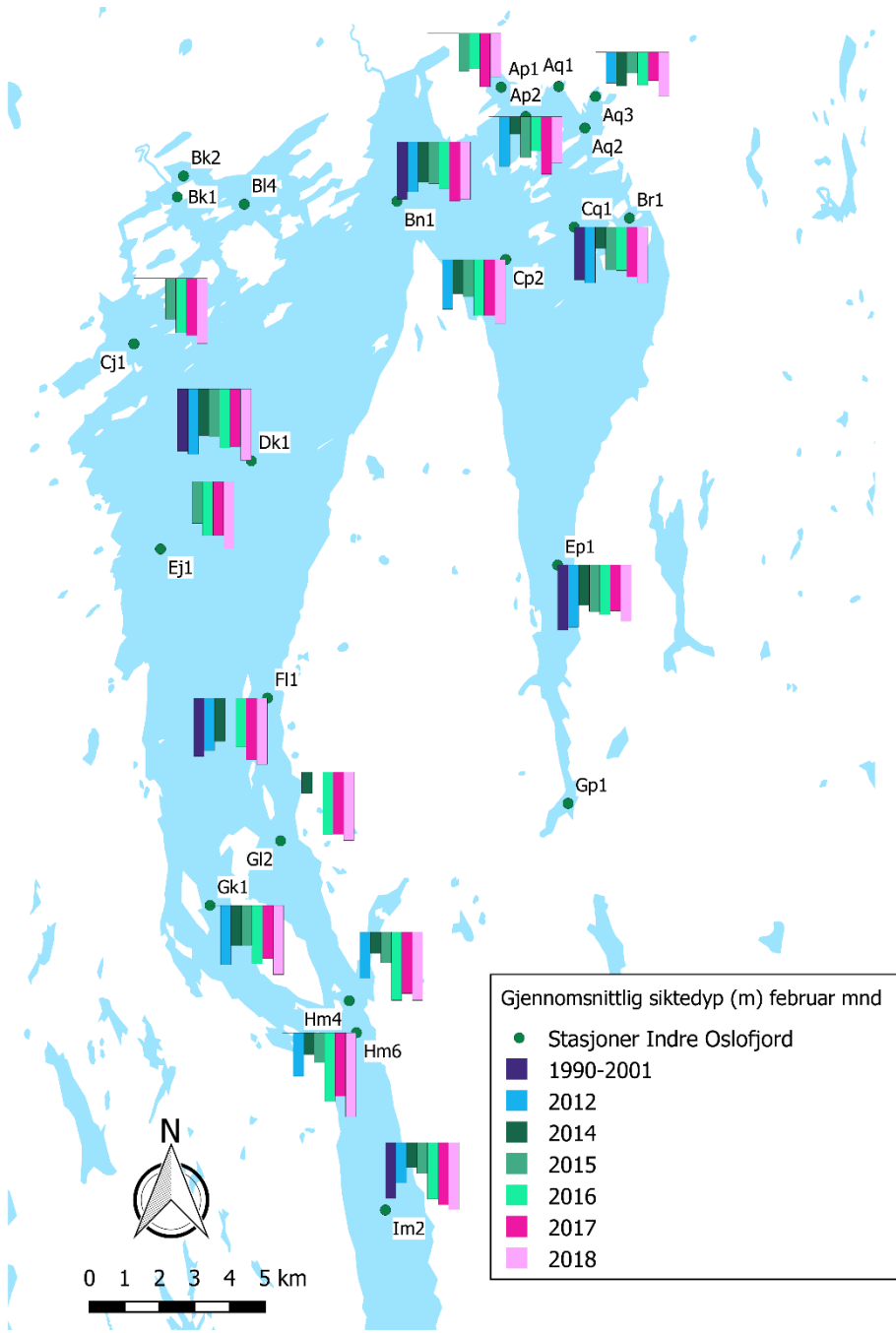
Siktedypmålinger for februar måned i 2018 og foregående år

- Siktedypmålingene fra februar er noe usikre grunnet redusert dagslys om vinteren. Noen stasjoner mangler data helt da det var for mørkt til å utføre siktedypmålinger eller at det ikke var mulig å komme frem til stasjonen pga. for tykk is.

- Plottede data på kart viser gjennomsnittlige februar-målinger ved utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord (for de siste fem år). Data fra 2012 og gjennomsnitt for perioden 1990-2001 er også vist.

- Siktedypet i februar 2018 var svært godt og i de fleste tilfeller bedre enn foregående år.

- Mellom-årlige variasjoner i siktedypmålinger for februar kan skyldes utfordringer med å måle siktedyp (pga. redusert lys og tilstedeværelse av is i overflatevannet) eller varierende tilførsel av partikler og løst organisk materiale. Det er ofte lite plankton i fjorden i februar selv om det er tilstrekkelig med næring tilstede. Dette er fordi våroppblomstringen ikke er kommet helt i gang enda pga. lave temperaturer i overflatevannet og redusert solinnstråling/lys.



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

- 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.

