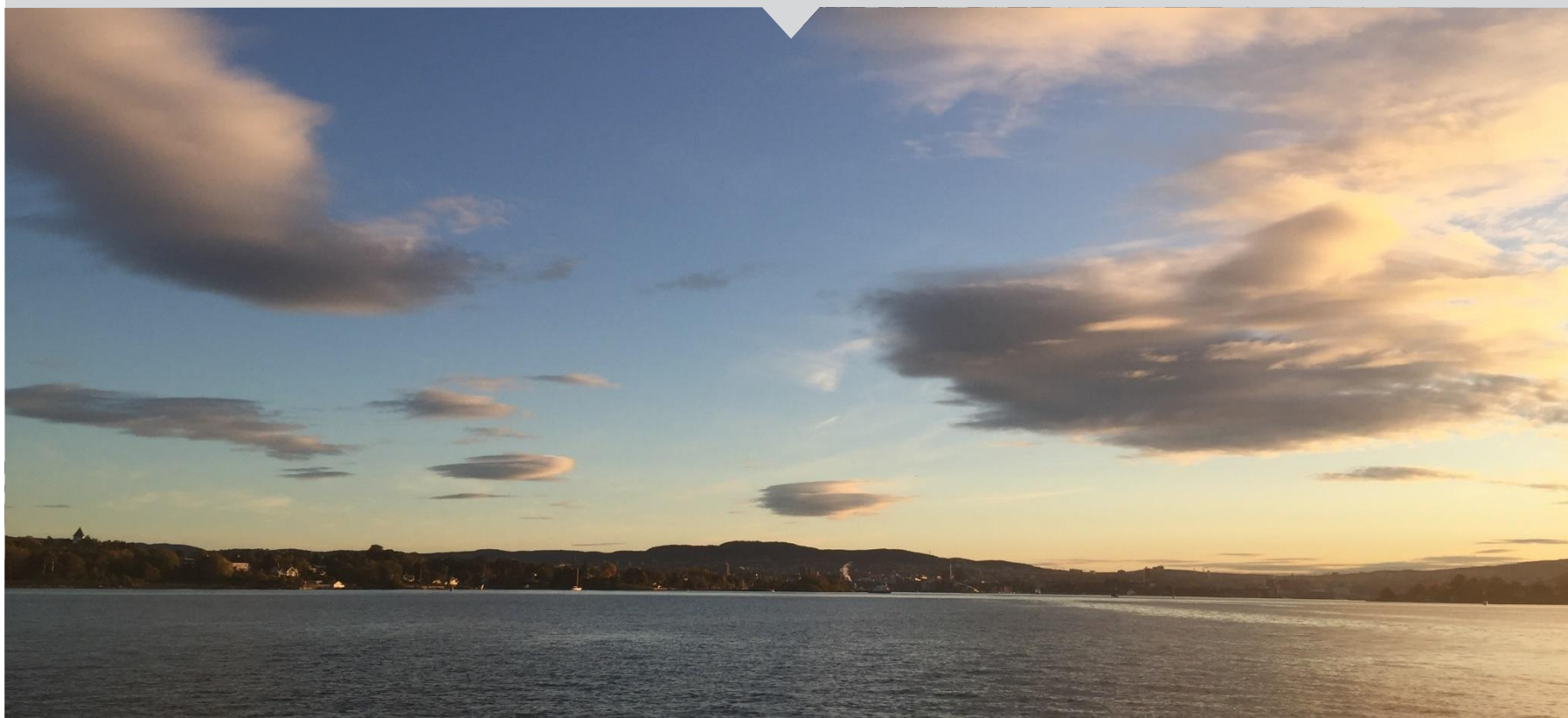




Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre
Oslofjord

Toktrappert kombitokt 14.12.2017

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

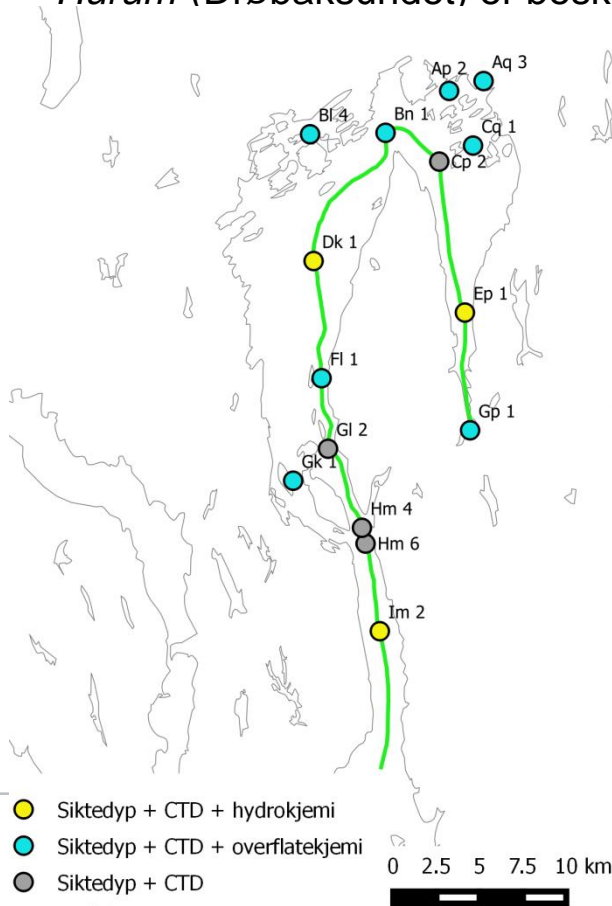
Indre Oslofjord dekker 7 vannforekomster:

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

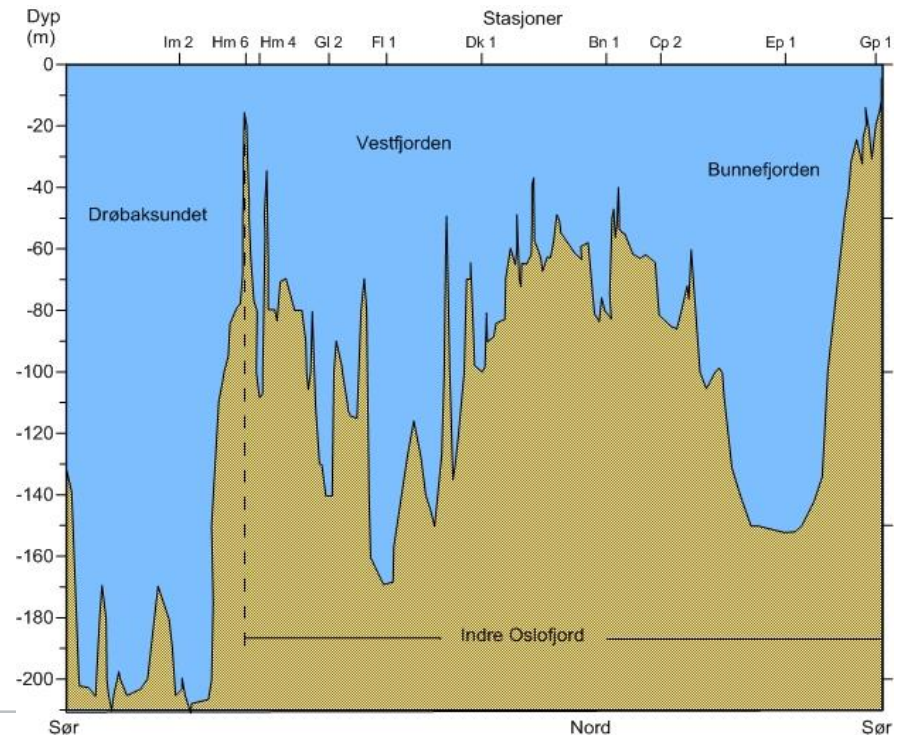
"Holmenfjorden", "Sandvika" (Bærumsbassenget) og "Bunnebotn" er ferskvannspåvirket beskyttet kyst/fjord.

"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

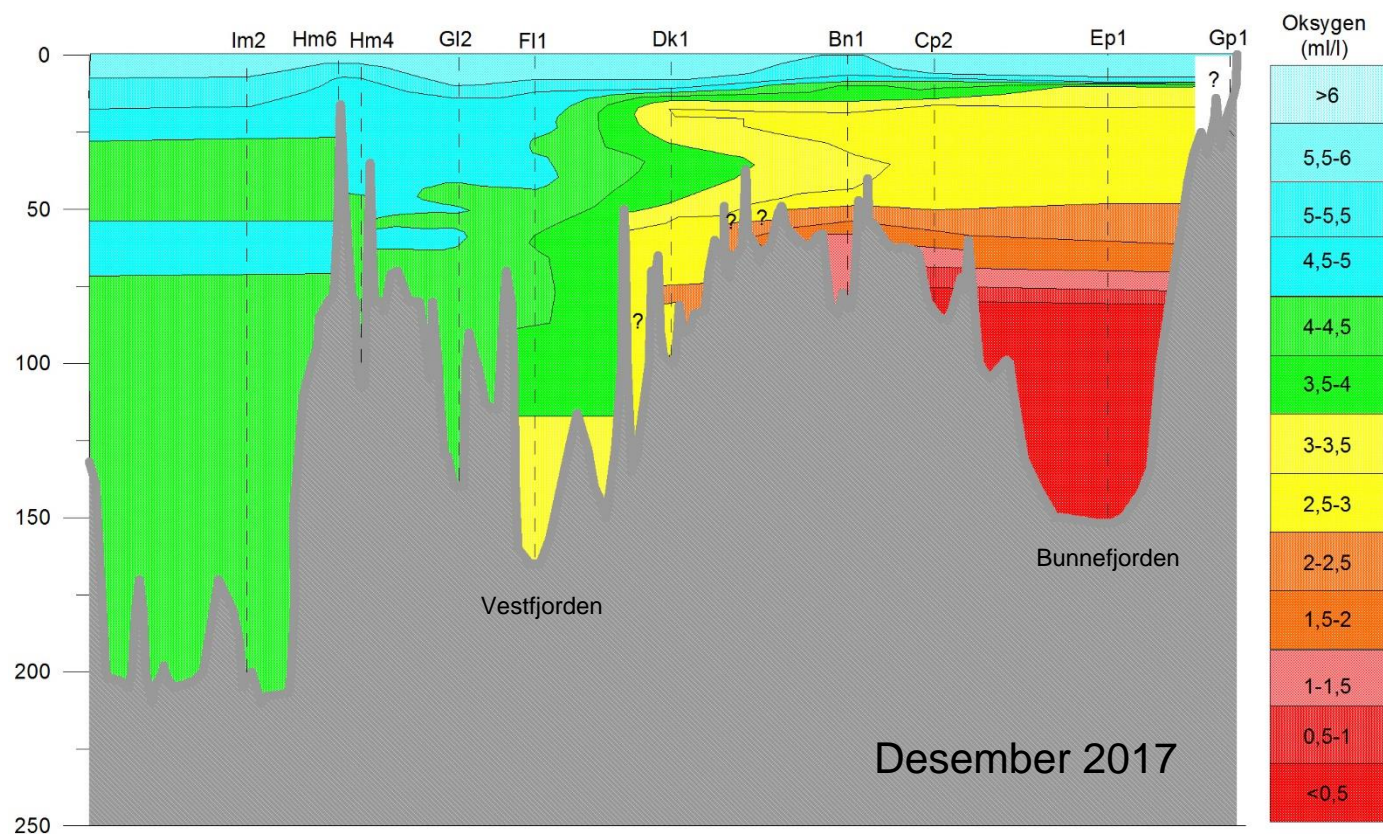
Toktene gjennomføres med forskningsskipet til Universitetet i Oslo F/F Trygve Braarud.



Følgende parametere undersøkes:

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

Resultater – Oksygenforhold desember 2017

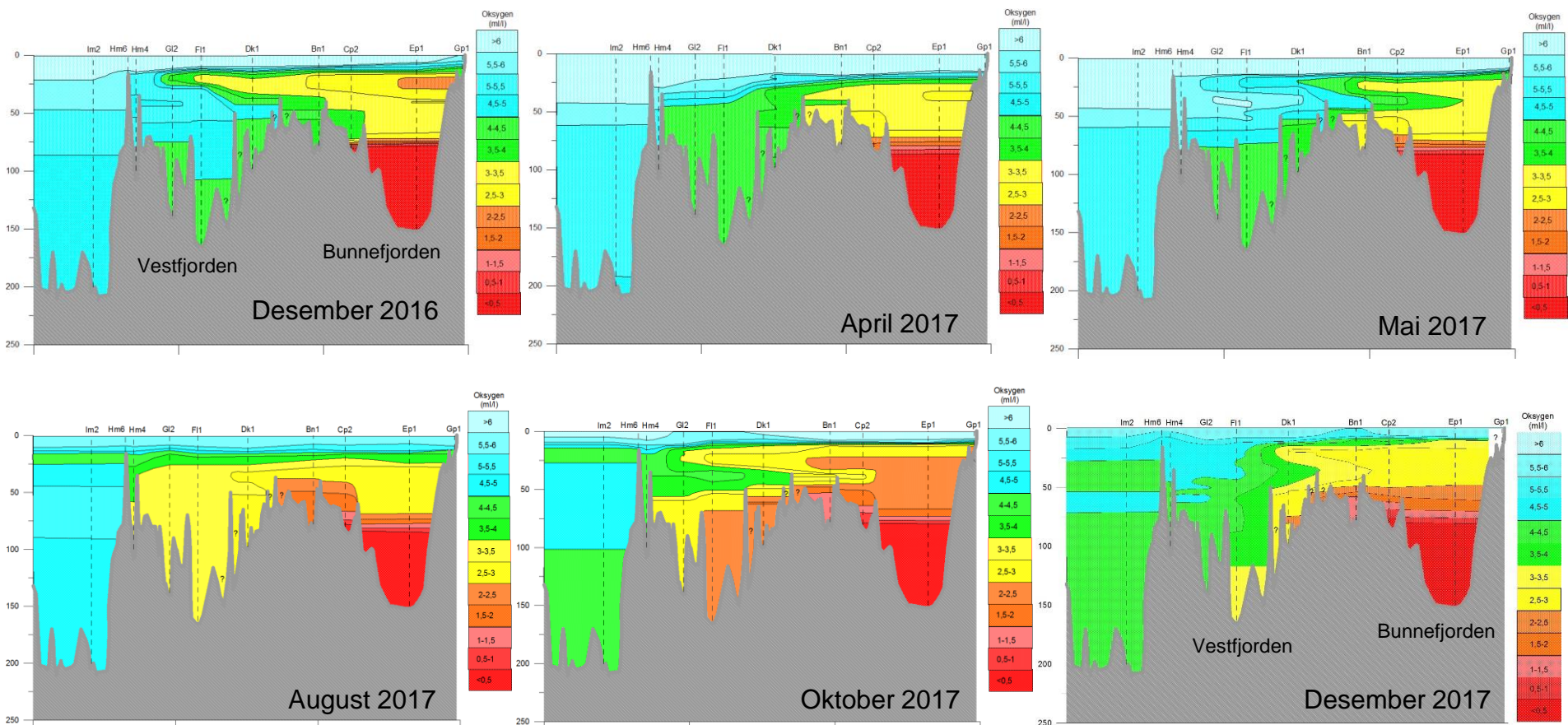


Oksygenforholdene målt i desember 2017, vist som ml/l. Farger etter tilstandsklasser for oksygen i dypvannet (Veileder 02/2013).

I desember 2017 er oksygenforholdene i **Vestfjorden**, sør for Steilene, i all hovedsak i tilstandsklasse «god», med unntak av dypvannet ved Spro (FI1) hvor tilstanden er «moderat». Nord for Steilene (Dk1) og inn i Lysakerbassenget (Bn1) har bunnvannet «moderat» til «dårlig» tilstandsklasse. I mellomliggende vannmasser er tilstanden «moderat» og i overflaten «god» til «svært god».

Bunnvannet i **Bunnefjorden** (under ca. 70 m) er tilnærmet uendret i tilstandsklasse «svært dårlig», og har vært dette i lang tid. I de mellomliggende vannmasser (~20-70 m) varierer tilstandsklassen fra «moderat» til «dårlig», mens de øverste 10-15 m av vannsøylen har tilstandsklasse «svært god» til «god».

Oksygenforholdene i desember 2016 - desember 2017

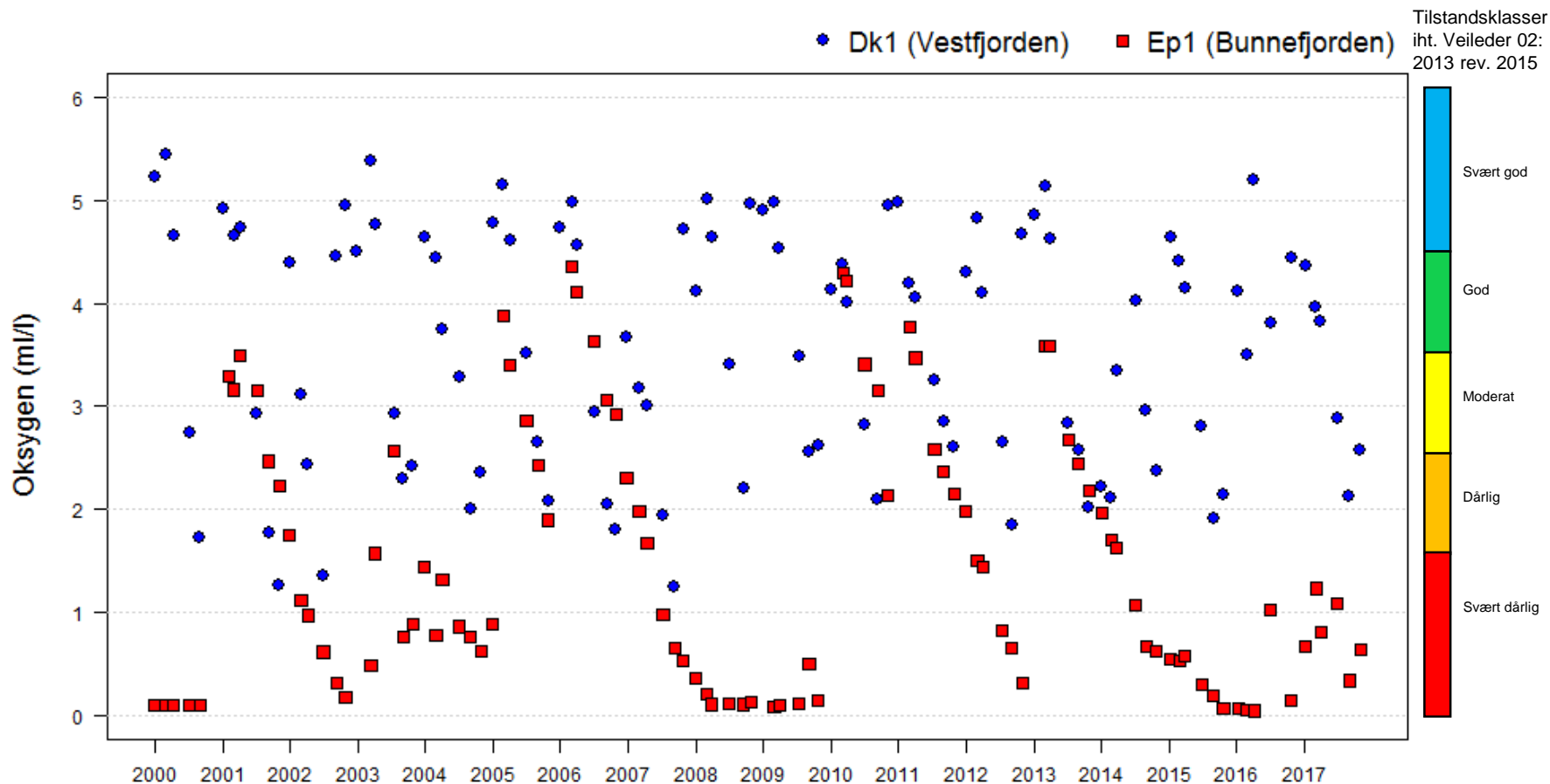


Hydrografiske profiler gjennom Indre Oslofjord som viser endringer i oksygenforhold i perioden desember 2016 til desember 2017.

Endringer i oksygenforhold er nært knyttet til vannutskiftningen i Indre Oslofjord. Vannutskifting og tilførsel av oksygenrikt vann fra Ytre Oslofjord finner sted over Drøbaksterskelen inn i Vestfjorden. En full eller delvis utskifting 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 mot desember skjer det en dypvannutskifting i Vestfjorden. Denne vannutskiftingen brer seg også innover i de øverste mellomliggende vannmasser (omtrent 20-55m) i Bunnefjorden og medfører økte oksygenkonsentrasjoner her. Under ca 80m har Bunnefjorden omtrent uendrede, «svært dårlige», oksygenforhold gjennom hele året (des. 2016- des. 2017).

Oksygenutviklingen i fjorden 2000 - 2017

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



Undersøkelser i Vestfjorden (Dk1 – 90m vandndyp; blå punkter) i perioden 2000-2017 viser hyppige endringer i målte oksygenkonsentrasjoner. Vannsirkulasjonen er generelt god og endringene er hovedsakelig relatert til varierende tilførsel av oksygenrikt vann over Drøbaksterskelen fra ytre Oslofjord.

Tilsvarende målinger i fra Bunnefjorden (Ep1 – 80m vandndyp; 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 oksygen-økning med påfølgende gradvis avtakende oksygenkonsentrasjoner igjen. Forbedrede oksygenforhold skjer normalt hvert 3-4. år i forbindelse med dypvannsfornyelser i Bunnefjorden. Siste dypvannsutskiftning var vinteren 2012/2013.

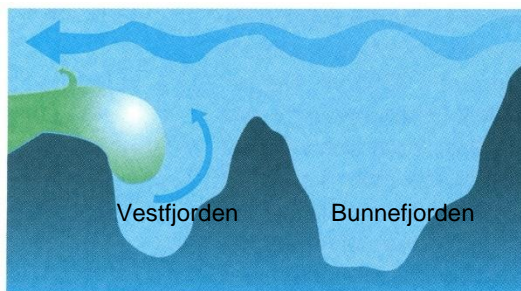
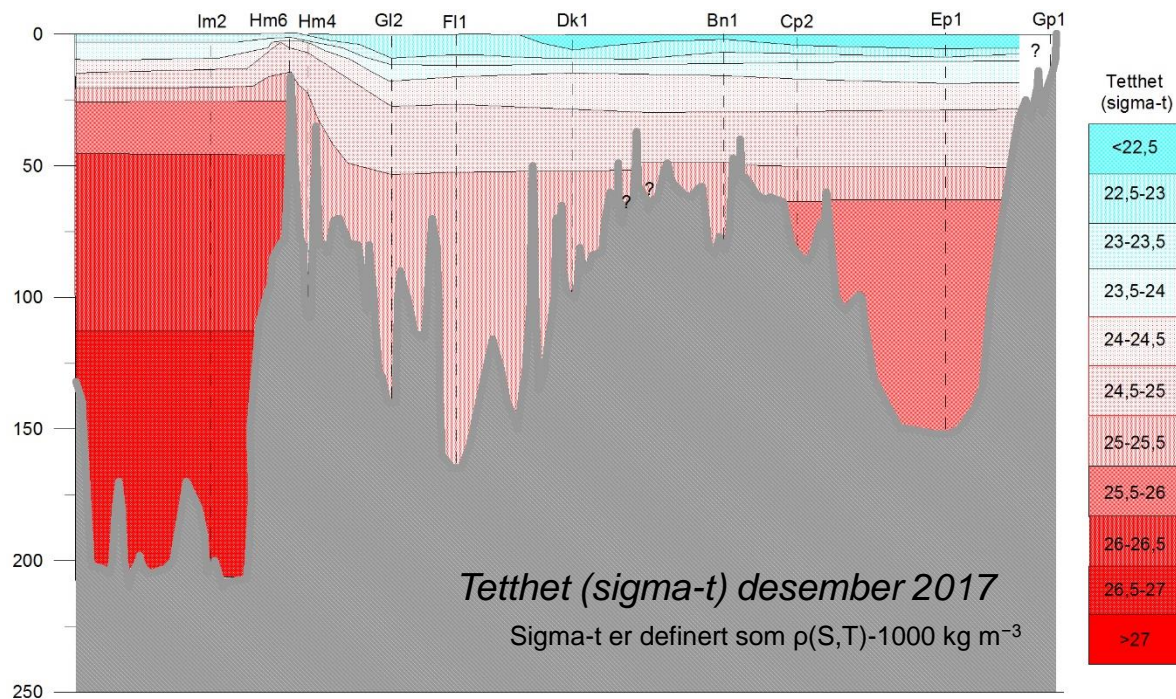
Sjøvannets tetthet i desember 2017

Tetthetsprofilen i fjorden i desember 2017 viser at:

- Tettheten i bunnvannet utenfor Drøbaksterskelen er tyngre enn tettheten i indre Oslofjord.
- Tettheten i bunnvannet i Vestfjorden er lavere enn tettheten i bunnvannet i Bunnefjorden.

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.

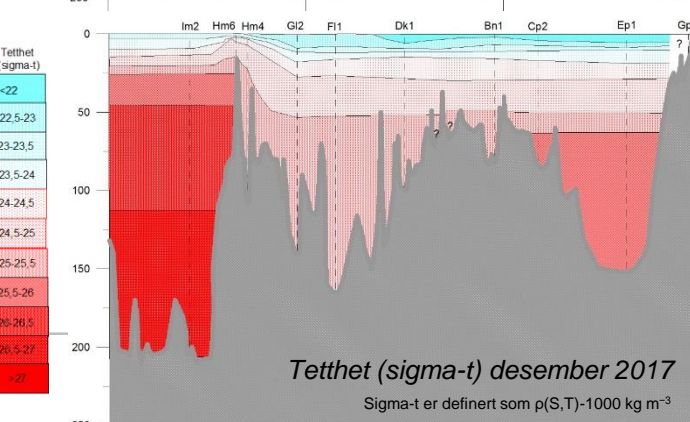
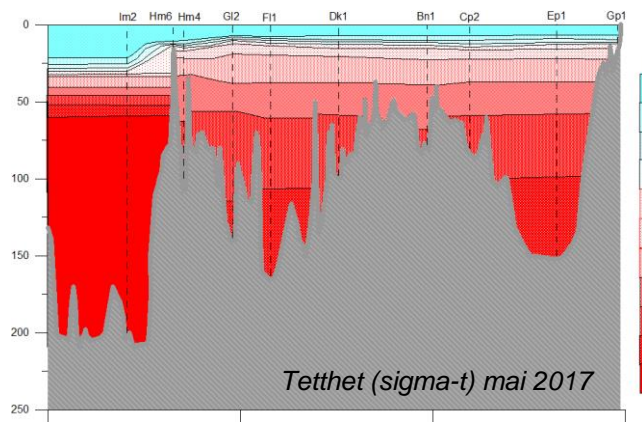
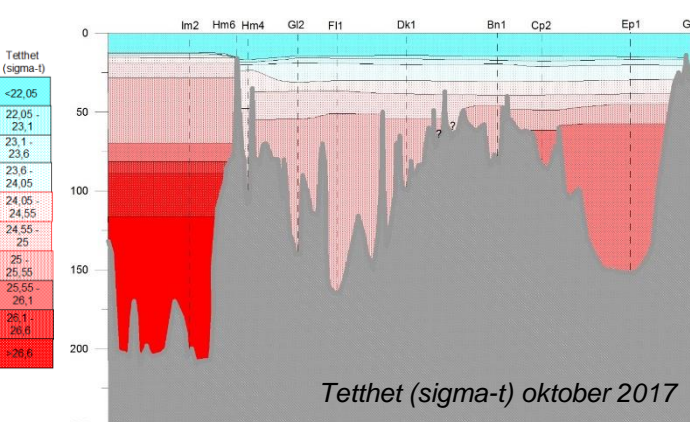
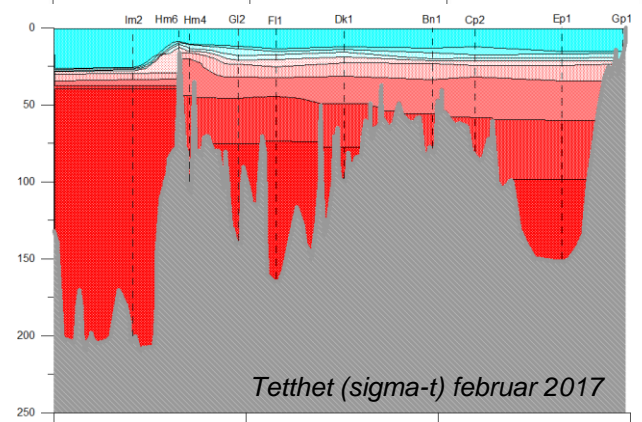
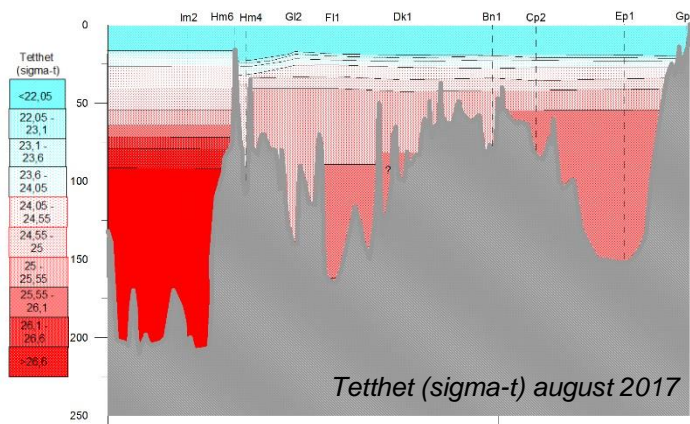
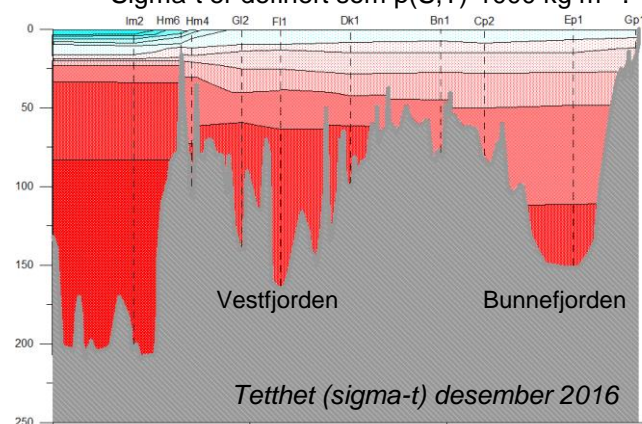
Metrologiske faktorer, slik som vindretning og vindstyrke er også av avgjørende betydning for dypvannsutskiftningen. Vedvarende vind fra nord/nord-østlig retning vil være viktig for at det lette overflatevannet, med lav saltholdighet, transporteres ut og tyngre vann stiger opp, høyere enn Drøbaksterskelen 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 des. 2016 til des. 2017

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

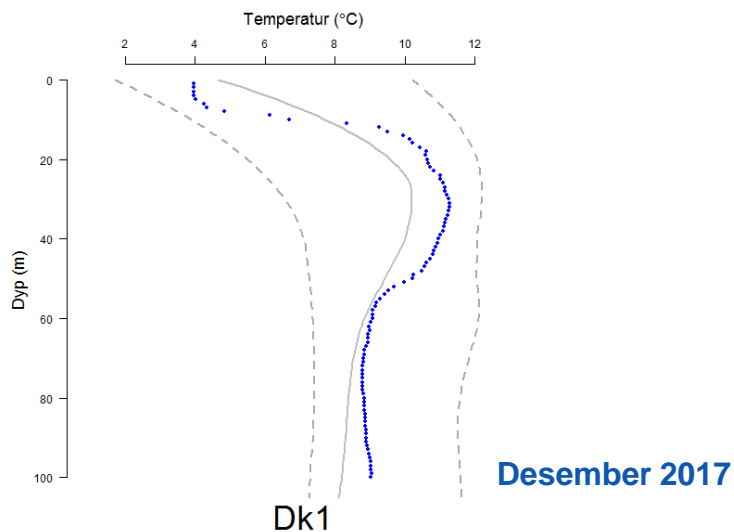
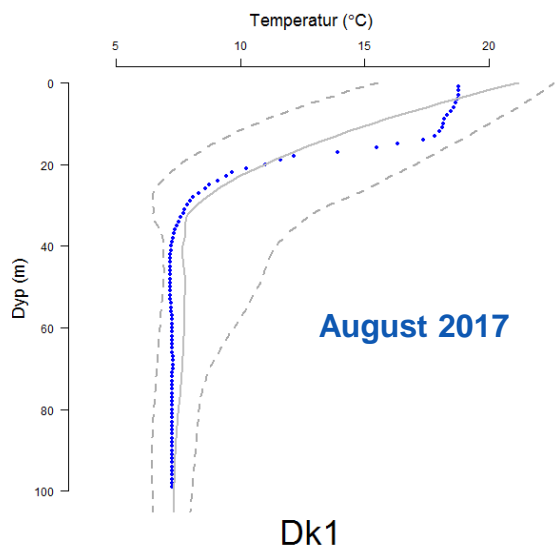
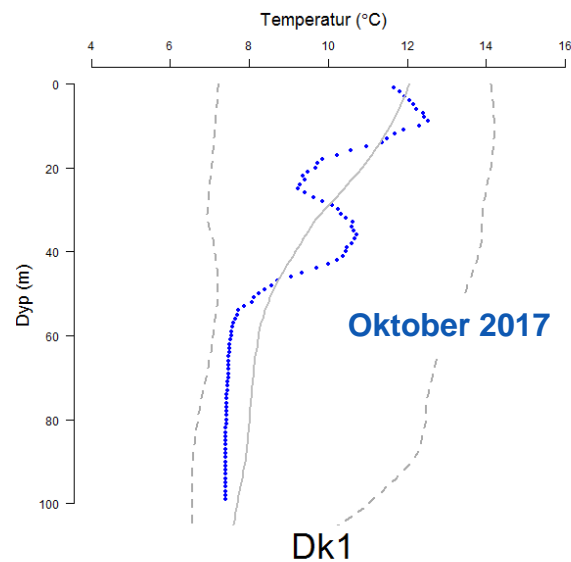
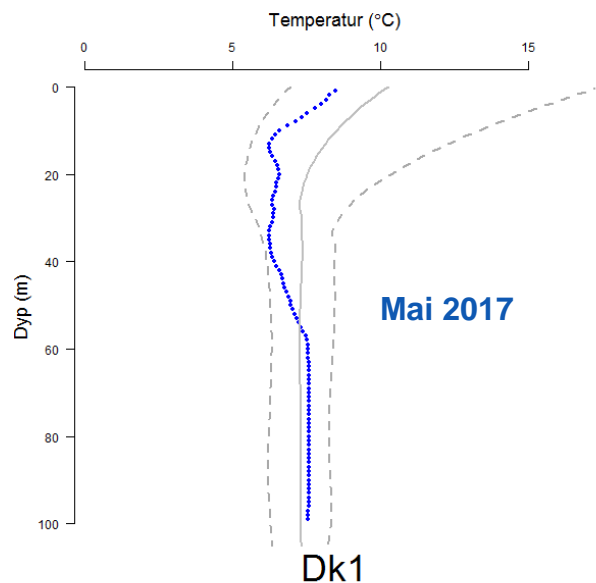


Tetthetsskalaen er marginalt endret og en ekstra kategori lagt til f.o.m. mai 2017.

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.

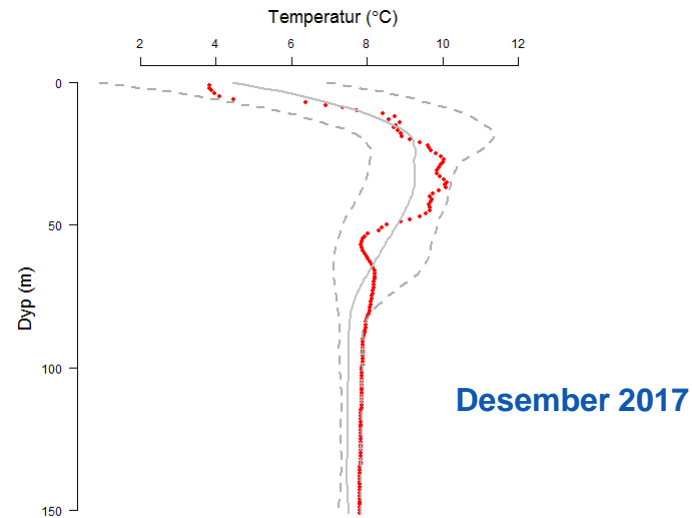
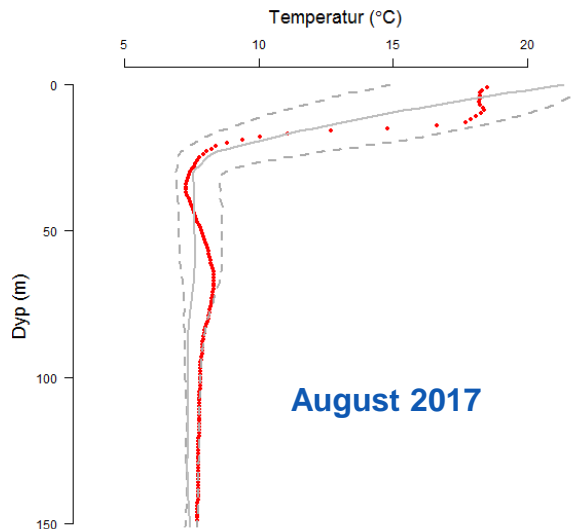
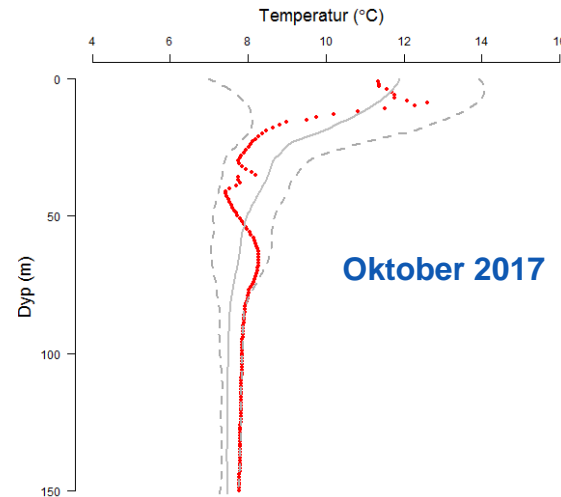
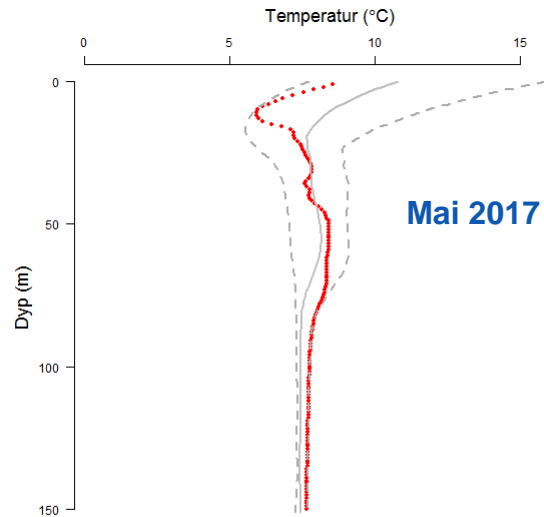
Resultater - Temperatur Dk1 (Vestfjorden)



Figurene over viser temperaturen (farget blå stiplet linje) gjennom vannsøylen i mai, august, oktober og desember (2017) ved Dk1 i Vestfjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden. Merk: forskjellig skala på x-aksene (temperatur), men like y-akser (dyp).

Overflatevannet i desember ved Dk1 holder temperaturer på 4 grader. Det har vært en tydelig avkjøling av overflatevannet mellom oktober og desember. Bunnvannet er relativt stabilt året gjennom med 7-9°C.

Resultater - Temperatur Ep1 (Bunnefjorden)



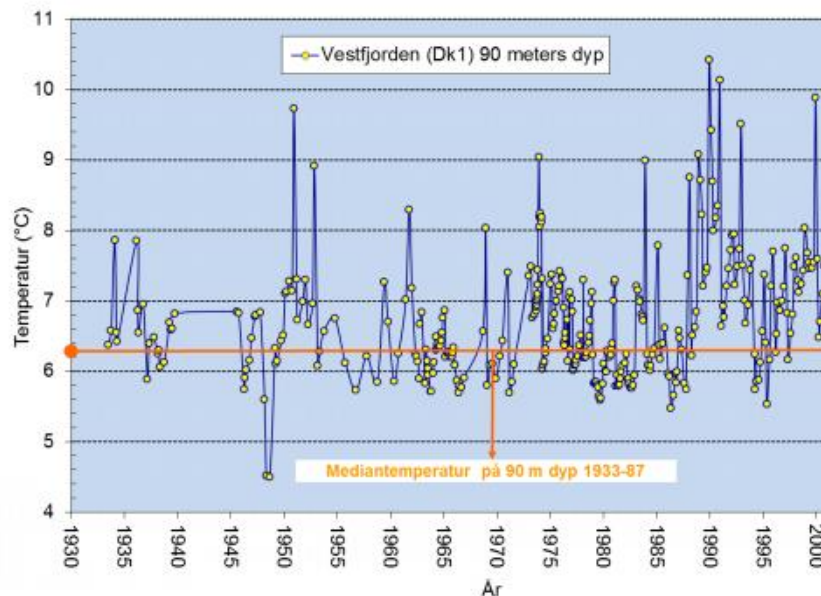
Ep1

Ep1

Temperaturen gjennom vannsøylen (farget rød stiplet linje) i mai, august, oktober og desember (2017) ved Ep1 i Bunnefjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden. Merk: forskjellig skala på x-aksene (temperatur), men like y-akser (dyp).

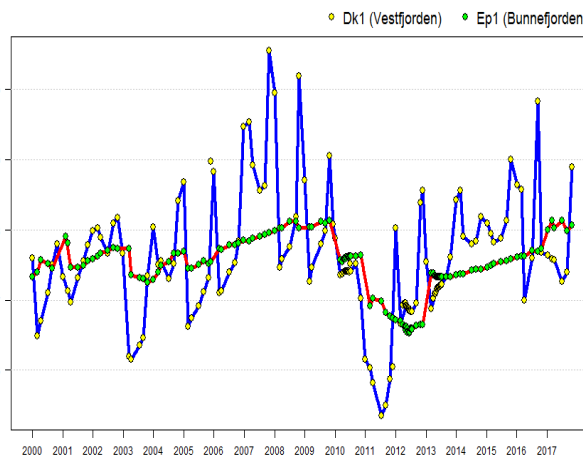
Også i Bunnefjorden (Ep1) ser man en tydelig avkjøling av overflatevannet mellom august og oktober, mens bunnvannet ligger stabilt rundt 7-8° C.

Temperaturutvikling i fjorden



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

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



Temperaturutvikling (2000-2017) ved 90 meters vanddyb i stasjon Dk1 (Vestfjorden) og 80 meters vanddyb i stasjon Ep1 (Bunnefjorden). * Data 2000-2014 Niva og 2015-2017 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 2000-2017 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.

Siktedypmålinger for desember måned i perioden 2005-2017

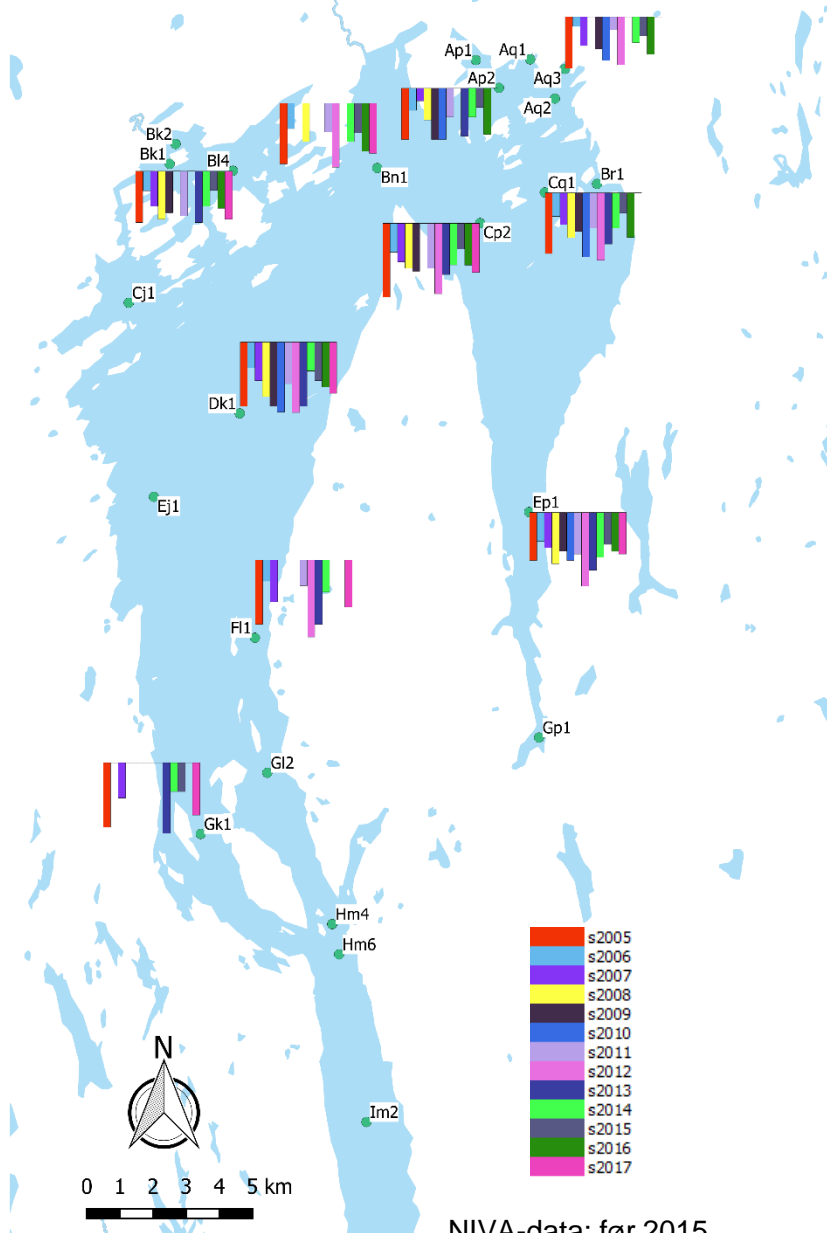
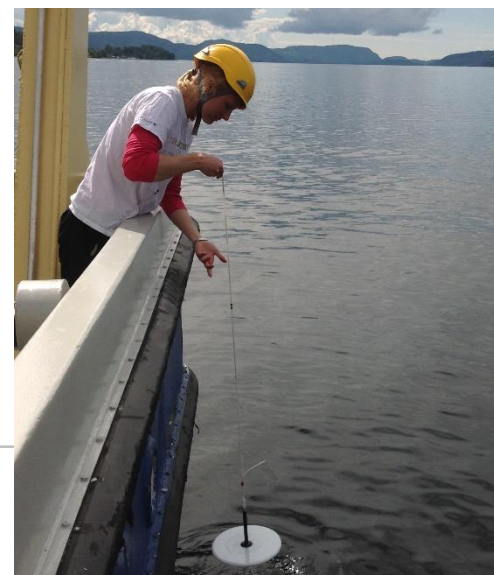
- Siktedypmålingene fra desember er noe usikre grunnet redusert dagslys om vinteren. Noen stasjoner mangler data helt da det var for mørkt til å utføre siktedypmålinger.

- Plottede data viser årlige desember-målinger i perioden 2005-2017 ved utvalgte stasjoner i Indre Oslofjord.

- Som grafene viser er det tidvis store mellom-årlige variasjoner: I desember kan dette skyldes utfordringer med å måle siktedyp pga. redusert lys eller varierende nedbør og avrenning fra land (tilførsel av partikler og løst organisk materiale). Det er normalt lite plankton i fjorden i desember, selv om det er tilstrekkelig næring tilstede. Dette skyldes lave temperaturer i overflatevannet og redusert solinnstråling/lys.

- 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.



NIVA-data: før 2015
Norconsult-data: 2015-2017