



Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre  
Oslofjord

# Toktrappert kombitokt 14.08.2017

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

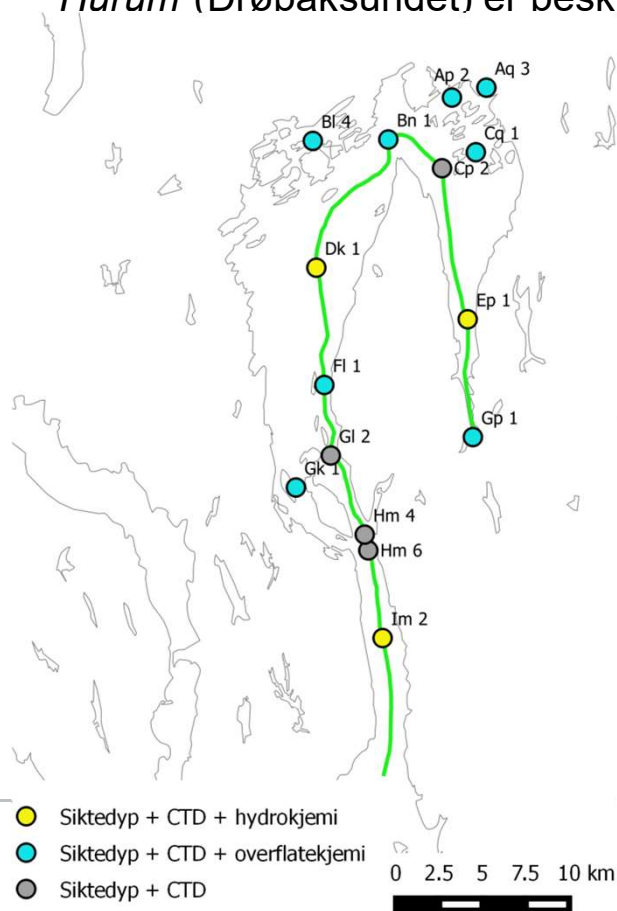
Indre Oslofjord dekker 7 vannforekomster:

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

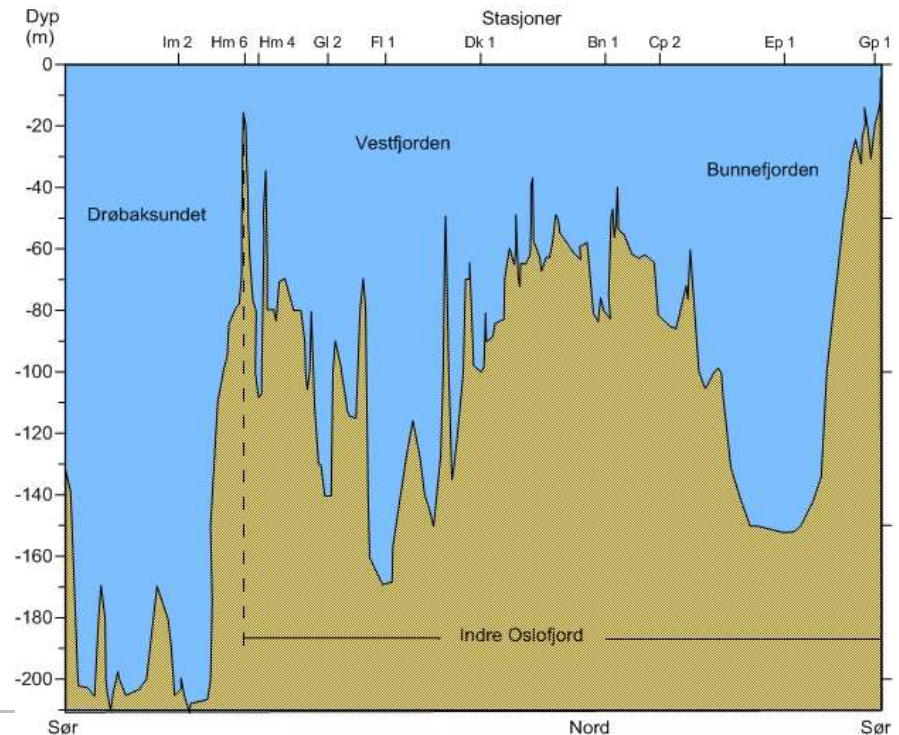
"Holmenfjorden", "Sandvika"(Bærumsbassenget) og "Bunnebotn" er ferskvannspåvirket beskyttet kyst/fjord.

"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

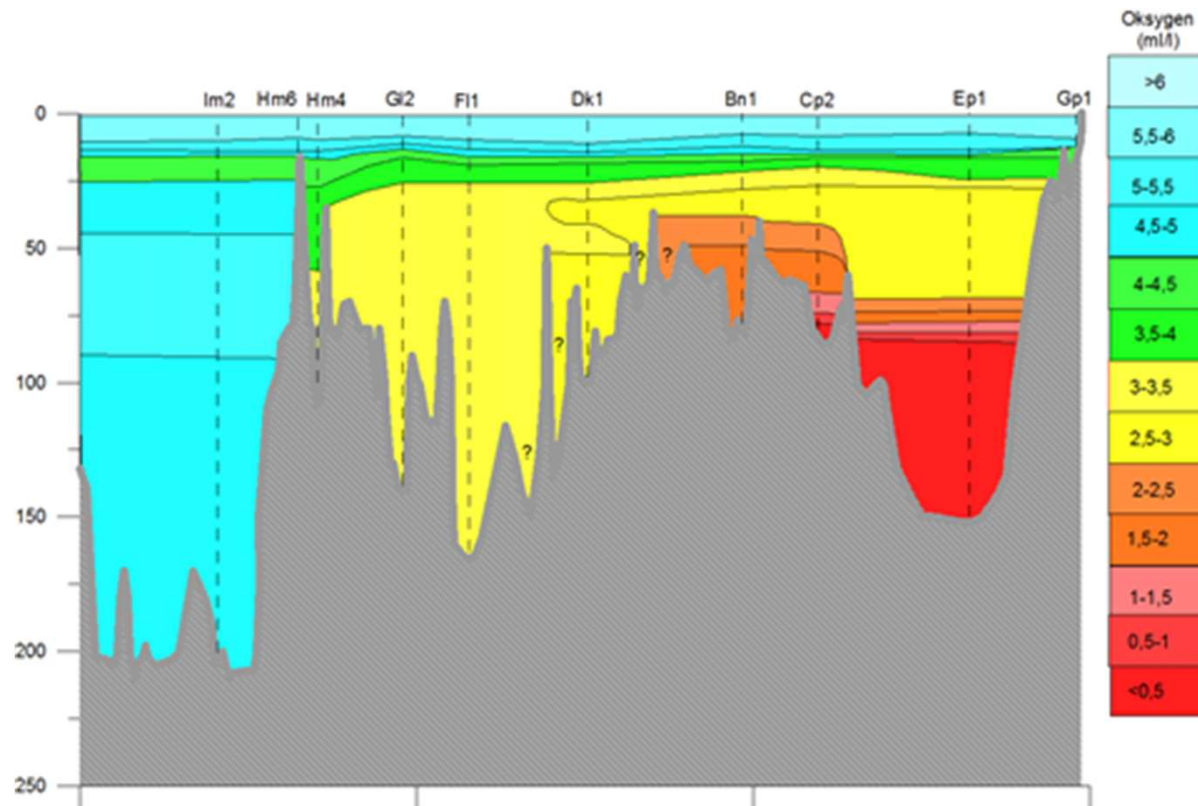
Toktene gjennomføres med forskningsskipet til Universitetet i Oslo F/F Trygve Braarud.



Følgende parametere undersøkes:

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

# Resultater – Oksygenforhold august 2017



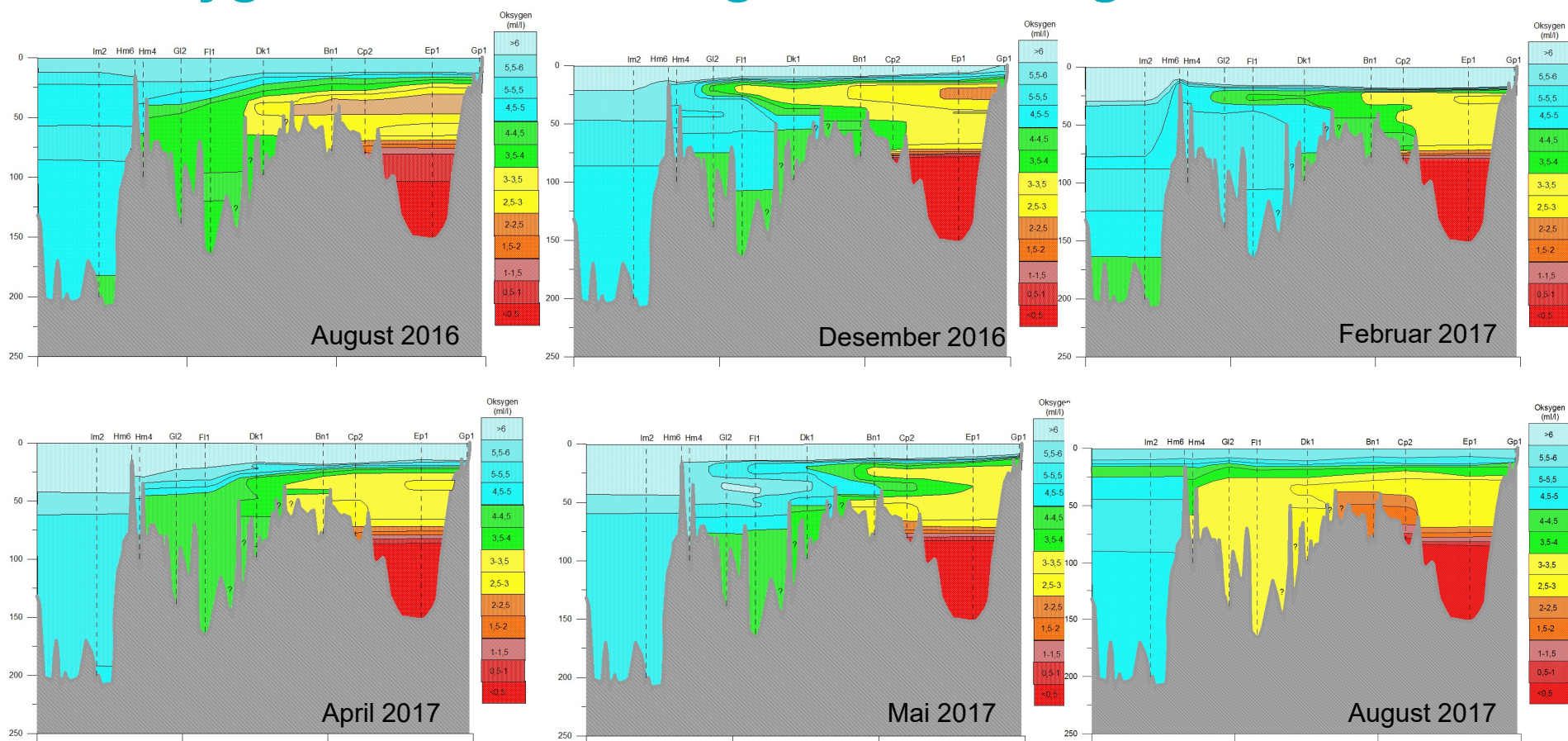
August 2017

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

Oksygenforholdene i **Vestfjorden** er i august i tilstandsklasse «moderat». Dette viser at det i sommerperioden har vært mindre tilstrømming av oksygenrikt vann fra ytre fjord, noe som er forventet i forhold til sesong.

- I **Bunnefjorden** er bunnvannet under ca. 70 m i tilstandsklasse «svært dårlig». I de intermedieære (mellomliggende) vannmasser (~20-70 m) varierer tilstandsklassen fra «god» til «dårlig», mens de øverste 20 m av vannsøylen har tilstandsklasse «svært god» til «god».

# Oksygenforholdene i august 2016 - august 2017



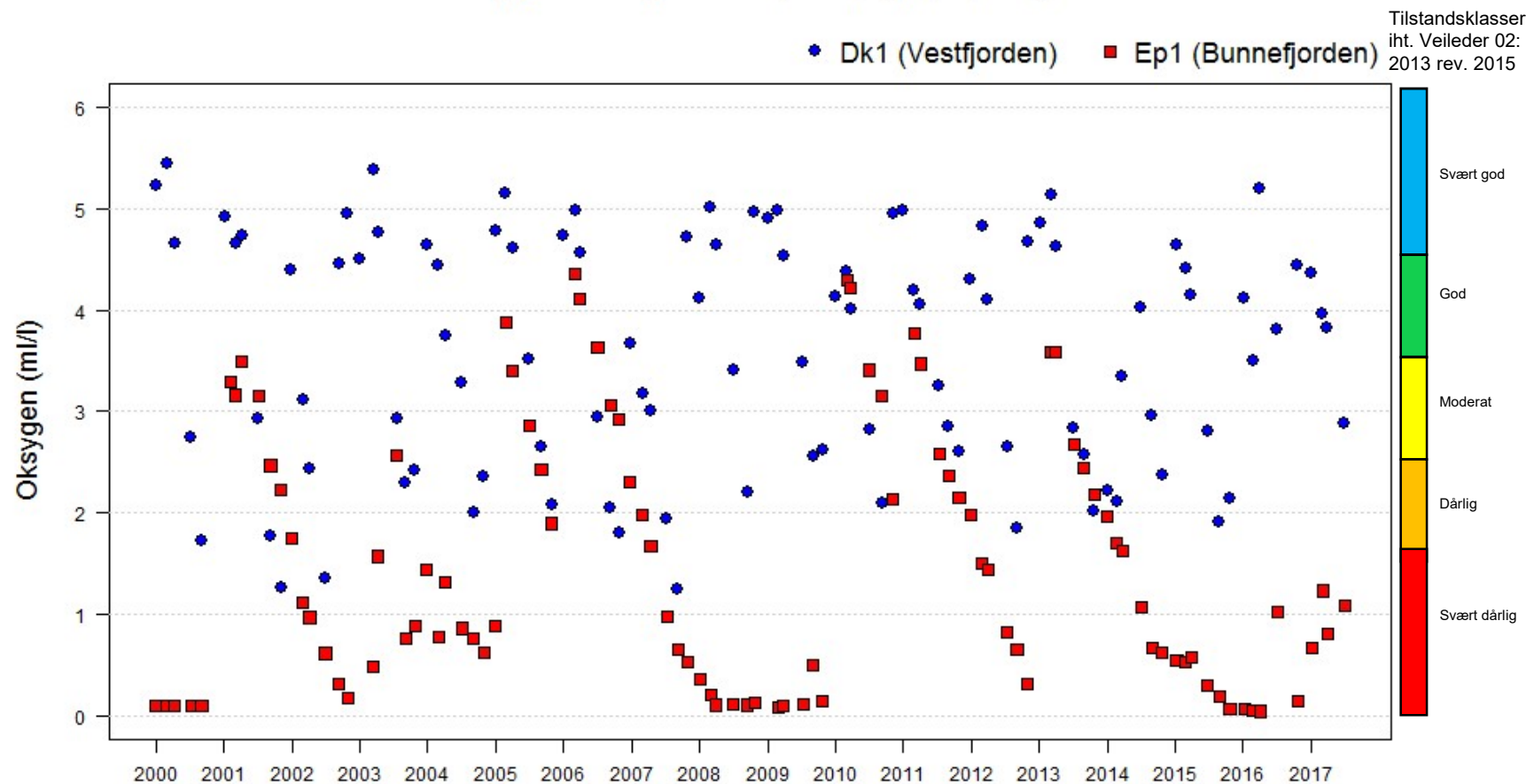
De hydrografiske profilene over viser endringer i oksygenforhold i Indre Oslofjord i perioden august 2016 til august 2017. Plottene viser at det i sommerperioden har vært mindre tilstrømming av oksygenrikt vann inn i Vestfjorden over Drøbaksterskelen fra ytre fjord.

Men det har ikke foregått en utskiftning av bunnvannet i Bunnefjorden gjennom vinteren 2016-2017.



# Oksygenutviklingen i fjorden 2000 - 2017

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



Undersøkelser i Vestfjorden (Dk1 – 90m vanddyb; 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.

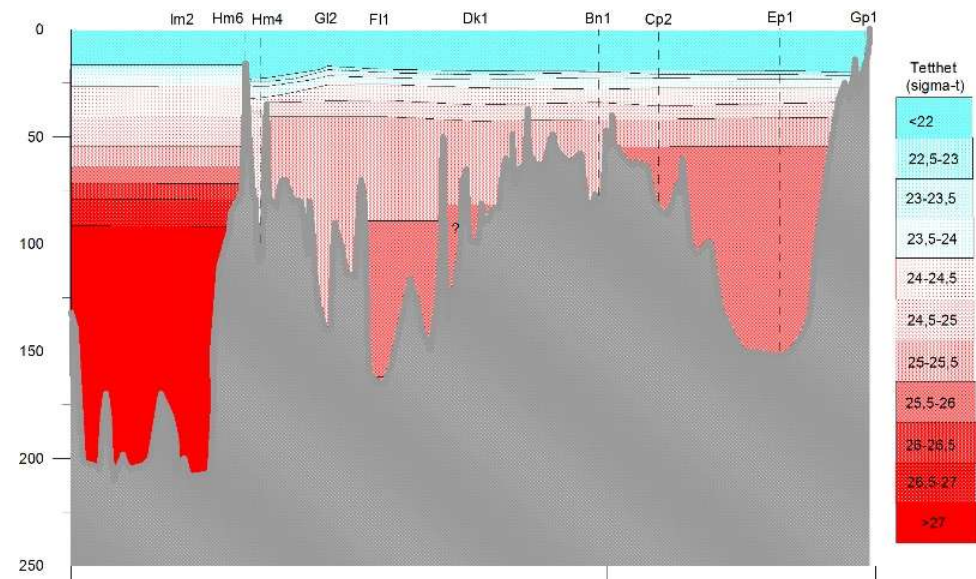
Tilsvarende målinger i fra Bunnefjorden (Ep1 – 80m vanddyb; røde punkter) viser lange perioder med lite oksygen tilstede (<1 ml/l), avbrutt av perioder med bedre oksygenforhold. Sistnevnte perioder starter normalt med en svært rask oksygen-økning med påfølgende gradvis avtakende oksygenkonsentrasjoner igjen. Forbedrede oksygenforhold skjer normalt hvert 3-4. år i forbindelse med dypvannsfornyelser i Bunnefjorden.

# Sjøvannets tetthet i august 2017

Tetthetsprofilen i fjorden i august 2017 viser at:

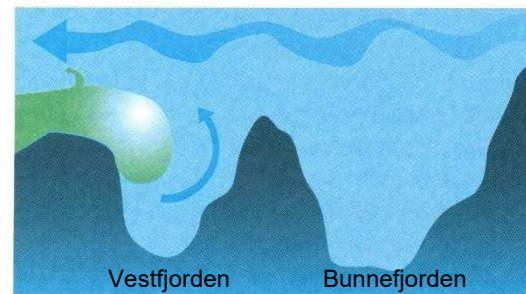
- Tettheten i bunnvannet utenfor Drøbaksterskelen er høyere enn tettheten i indre Oslofjord.
- Tettheten i bunnvannet i Vestfjorden er omtrent lik som tettheten i bunnvannet i Bunnefjorden.

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).



*Tetthet (sigma-t) august 2017*

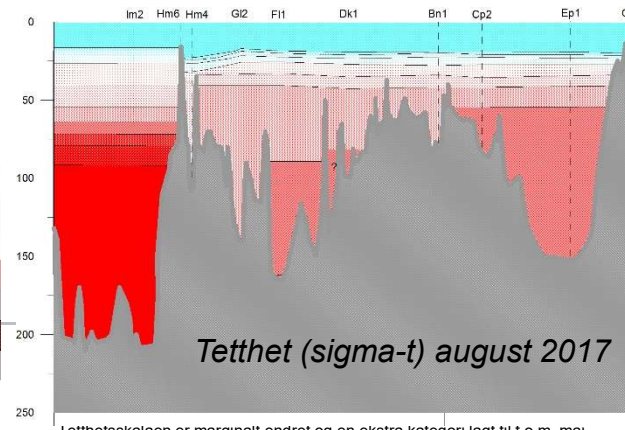
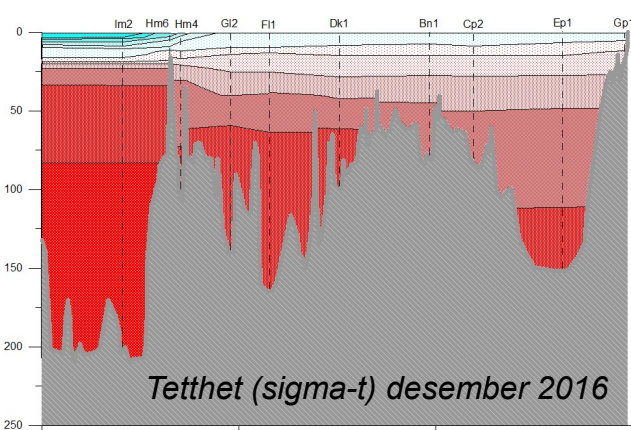
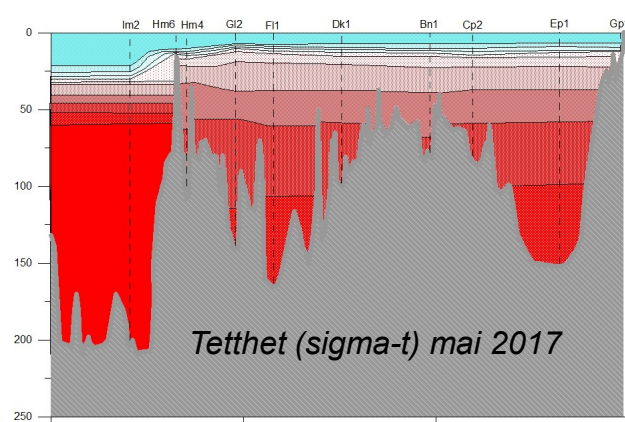
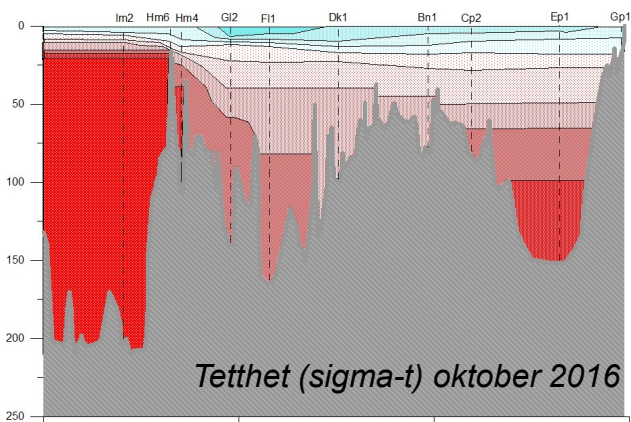
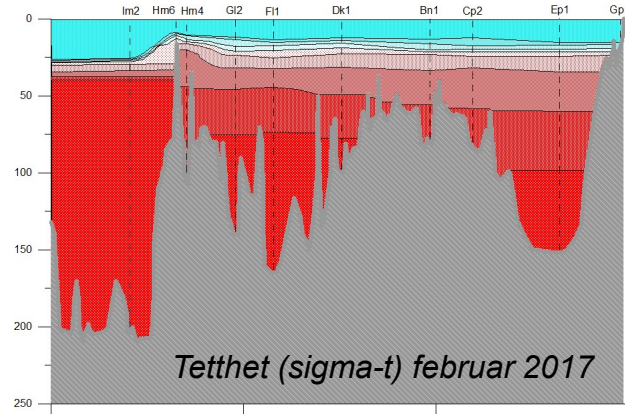
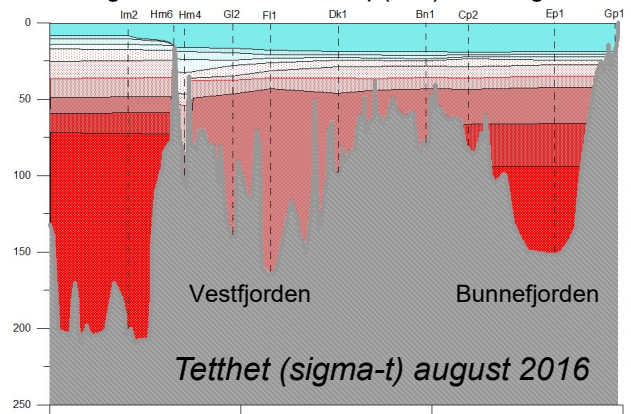
Sigma-t er definert som  $\rho(S,T)-1000 \text{ kg m}^{-3}$



Figur fra: **Baalsrud og Magnusson, 2002**

# Sjøvannets tetthet i perioden august 2016 til august 2017

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



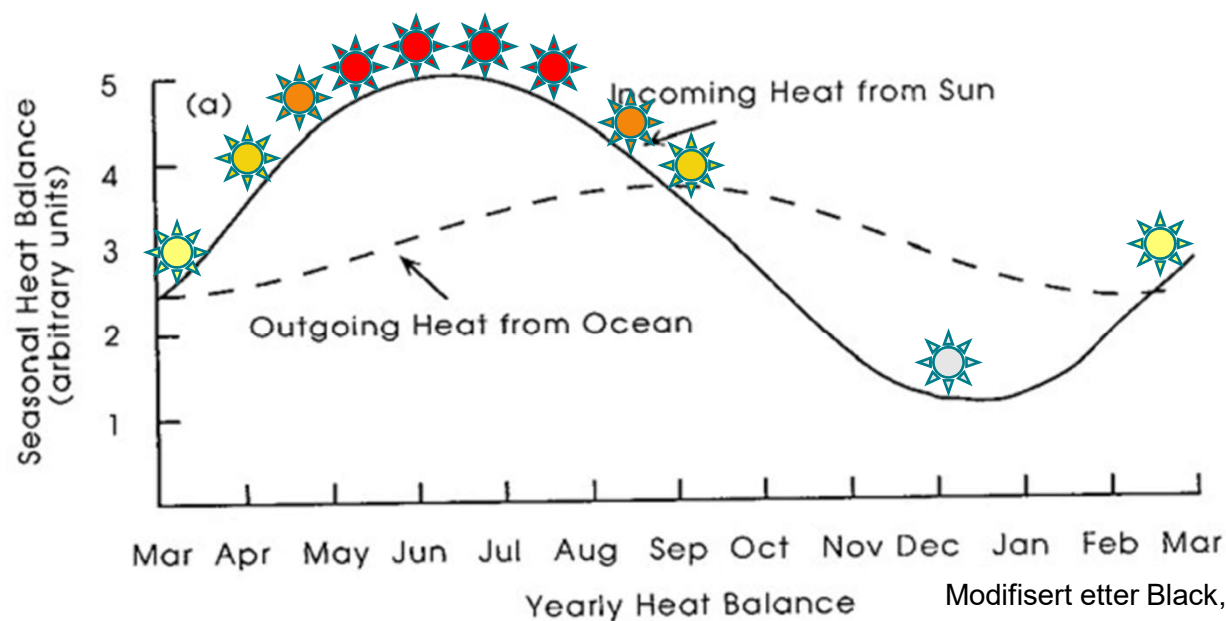
I tetthetsskalaen er marginalt endret og en ekstra kategori lagt til t.o.m. mai.

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 saltene (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.

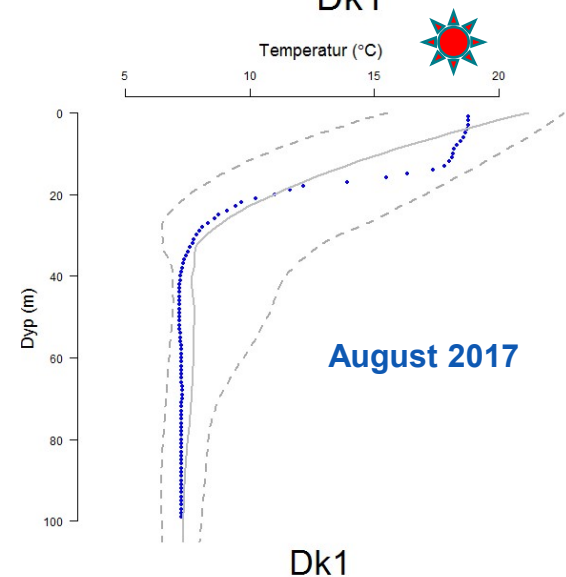
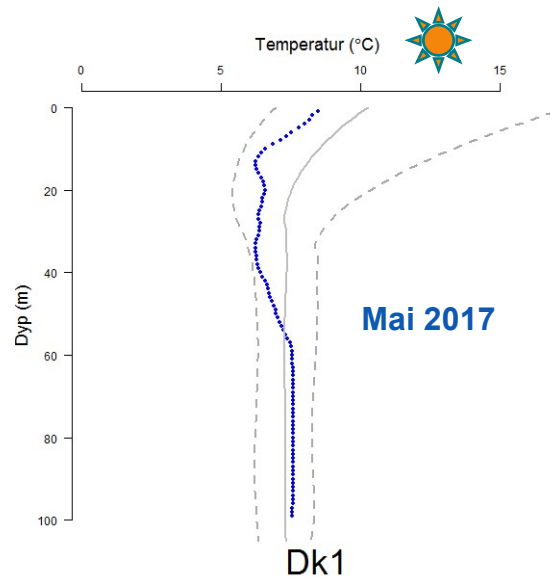
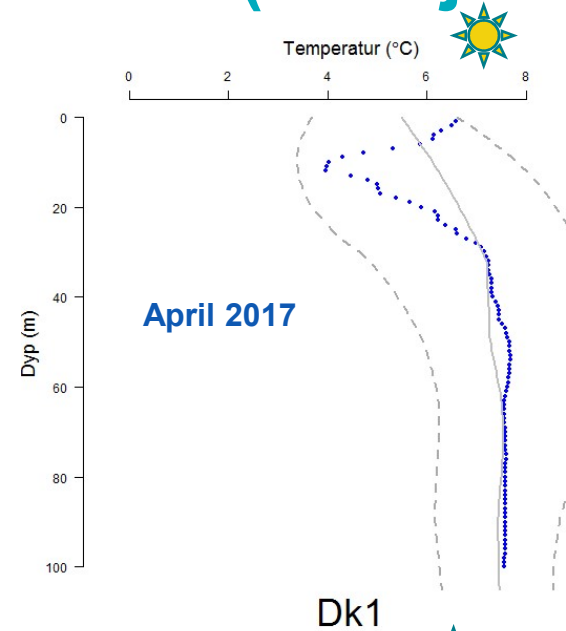
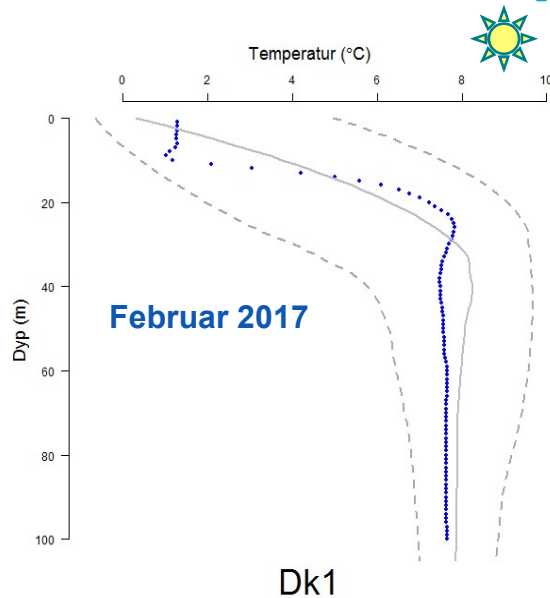
# Endringer i havtemperatur gjennom året

- Normalt er det i de øverste 25-30 meter vanddyb hvor temperaturen endrer seg gjennom året i Indre Oslofjord.
- Under dette er det vanligvis stabil temperatur gjennom året.
- Endringen i overflatetemperatur skjer som følge av endring i solinnstråling/lufttemperatur gjennom året.
- Om våren og sommeren varmes havet opp pga. økt solinnstråling/lufttemperaturer, noe som gir høyeste overflatetemperaturer om sensommeren/tidlig høst.
- Om høsten og vinteren avtar solinnstrålingen og havet kjøles ned (avgir varme til luften).



Modifisert etter Black, F., 2015

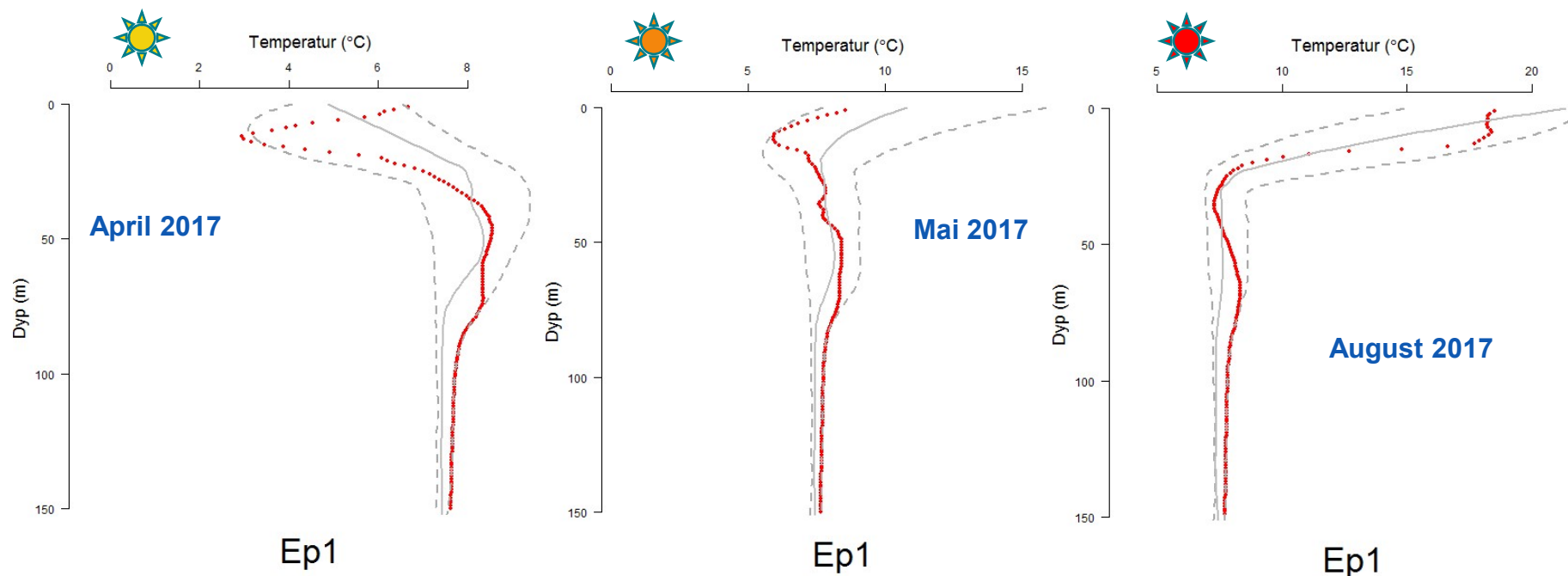
# Resultater - Temperatur Dk1 (Vestfjorden)



Figurene over viser temperaturen (farget blå stiptet linje) gjennom vannsøylen i februar, april, mai og august (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).

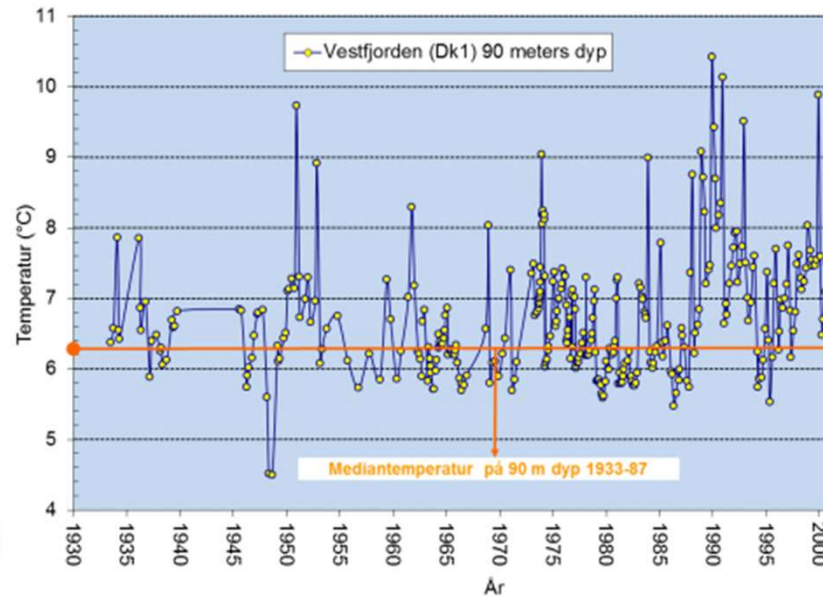
Overflatevannet i august holder temperaturer på 18-19 grader. Sensommer/tidlig høst viser ofte de varmeste overflatetemperaturene. Bunnvannet er relativt stabilt året gjennom med 7-8°C.

# Resultater - Temperatur Ep1 (Bunnefjorden)



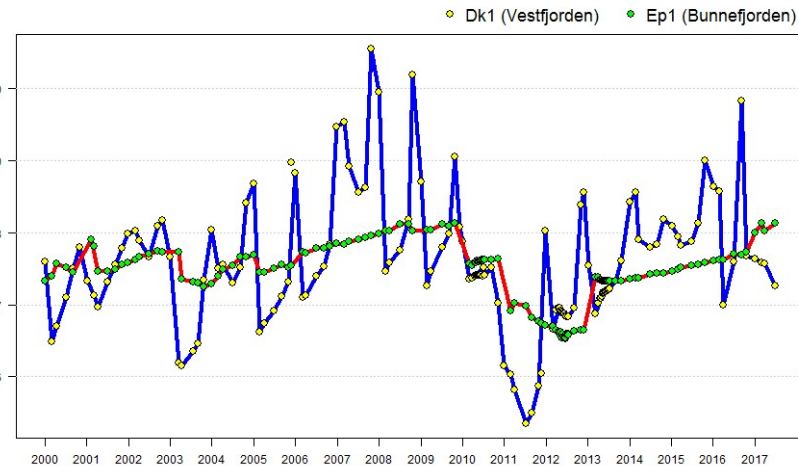
Temperaturen gjennom vannsøylen (farget rød stiplet linje) i april, mai og august (2017) ved Ep1 i Bunnefjorden. Stiplede grå linjer viser maks og min verdier innen fjorden. Merk: forskjellig skala på x-aksene (temperatur), men like y-akser (dyp).

# Temperaturutvikling i fjorden



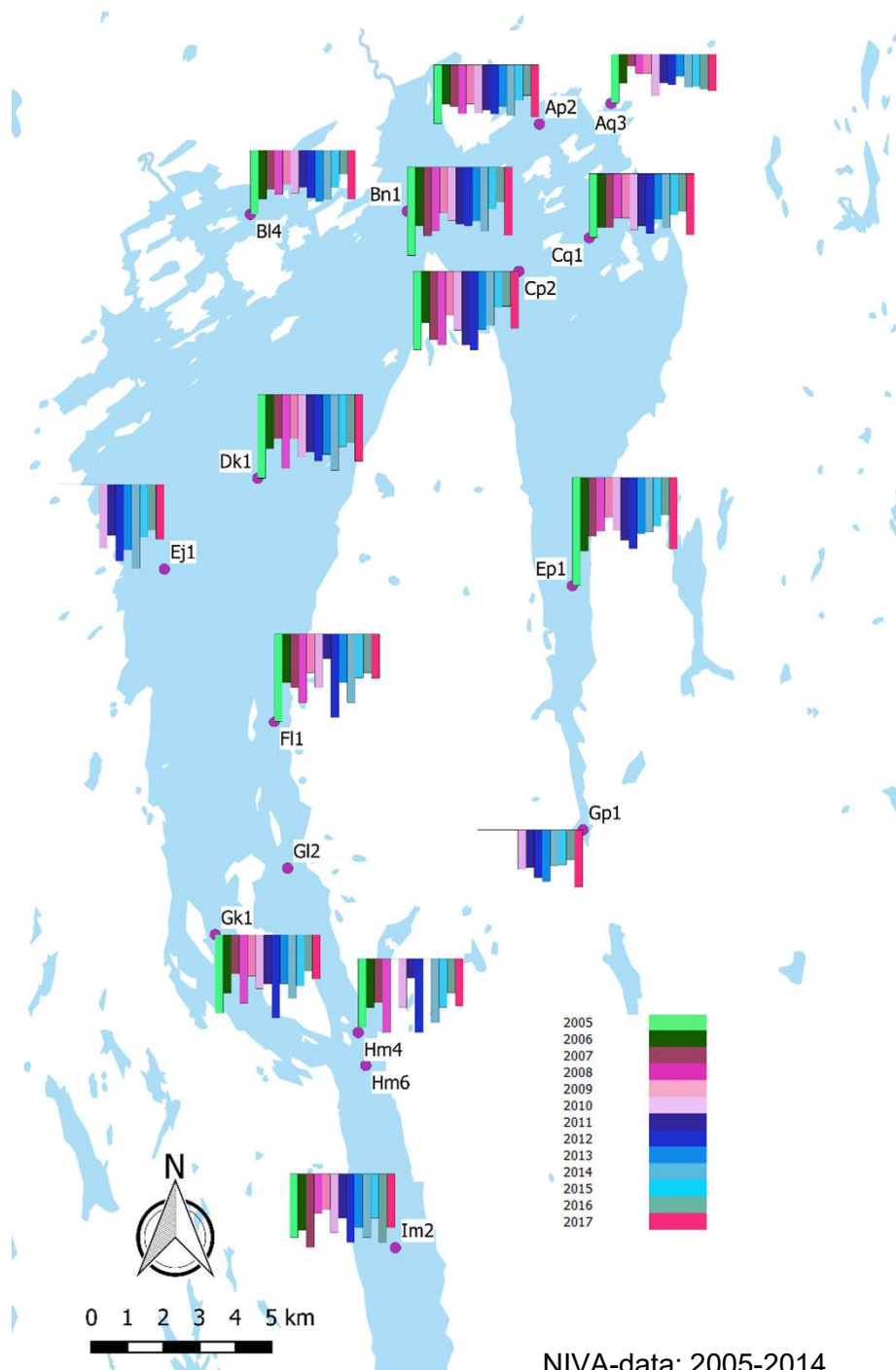
Temperaturutvikling fra 1933 – 2000 ved 90 meters vanddyb i stasjon Dk1 (Vestfjorden). (Niva 2014).

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.



NIVA-data: 2005-2014  
 Norconsult-data: 2015-2017

## Middelverdien for «august-siktedyp» i perioden 2005-2017

- Siktedypet måles ved at en hvit skive 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 gir dårlig siktedyp.
- Figuren til venstre viser august-målinger i perioden 2005-2017.
- I august 2017 er siktedypet generelt bedre enn august i 2016.