

Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)

Foto: 28. juni 2018



Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)

Foto: 28. juni 2018

NIVA har av Fagrådet for vann- & avløpte teknisk samarbeid i indre Oslofjord blitt bedt om å modellere miljøtilstanden i fjorden innenfor Drøbak. Det var et ønske om å se hele fjorden i sammenheng i lys av de utslippstillatelsene som foreligger samt befolkningsutviklingen. Til dette arbeidet har hovedsakelig NIVA Fjordmodell blitt benyttet.

Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)



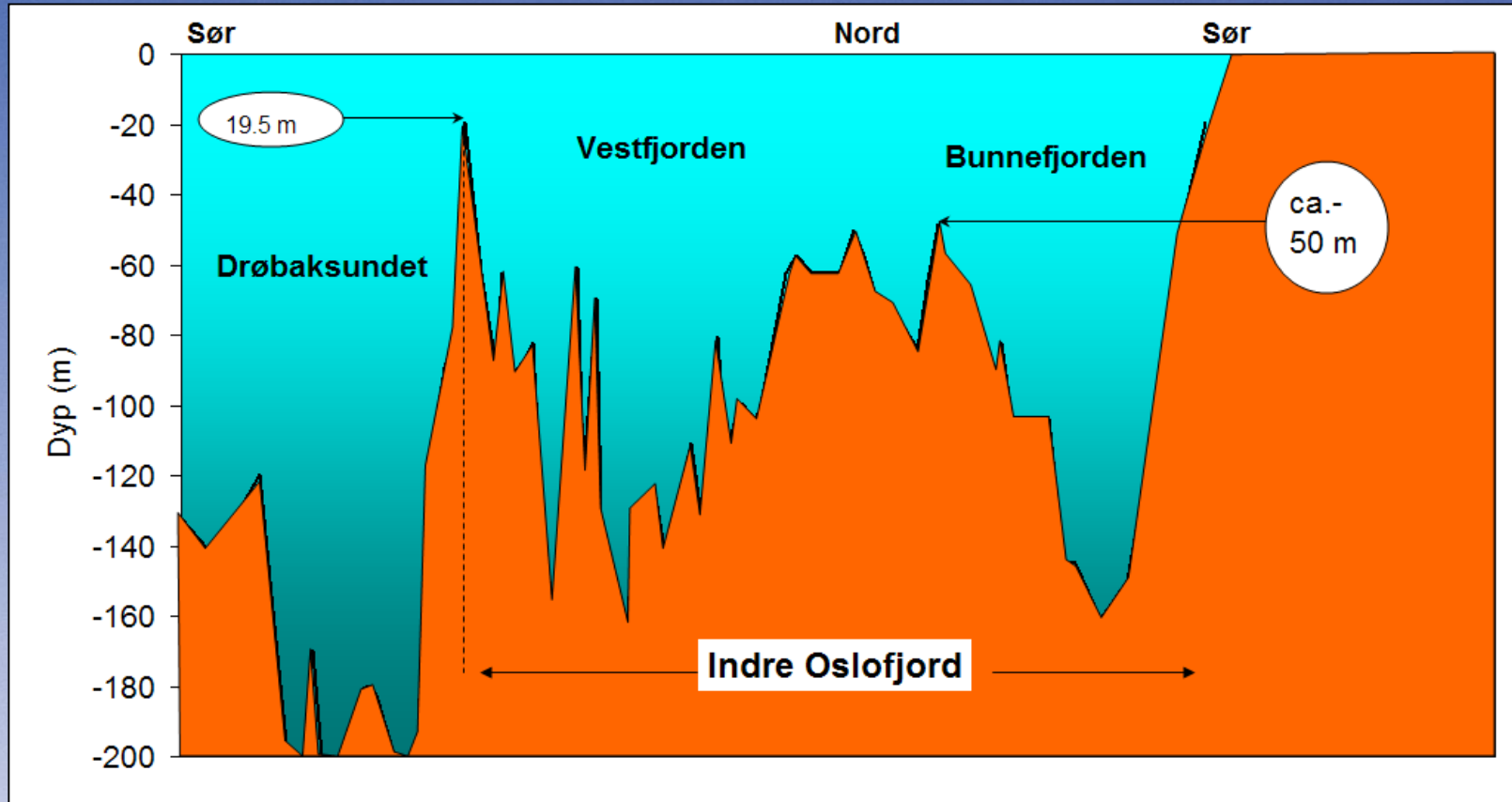
Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)



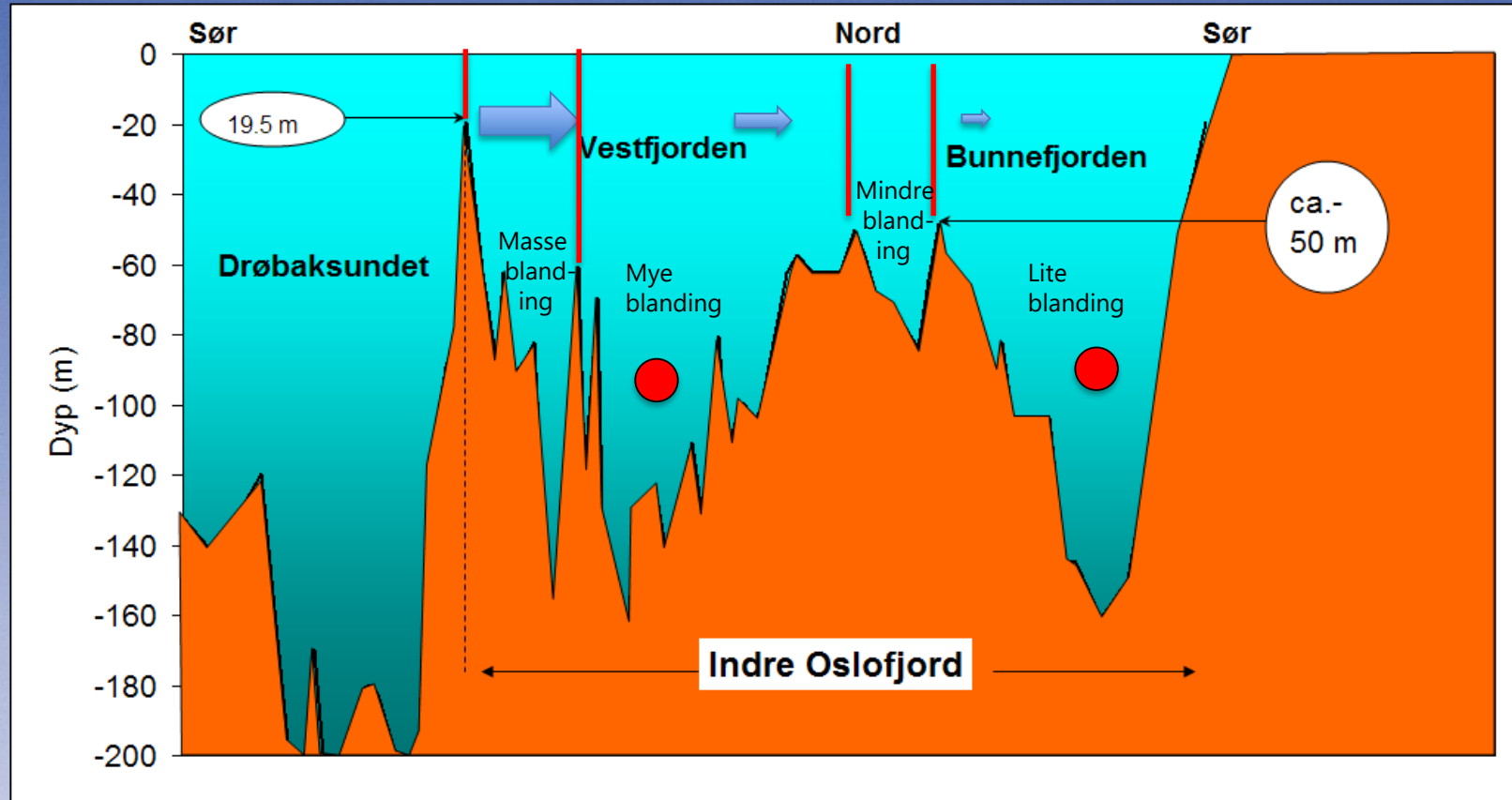
Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)



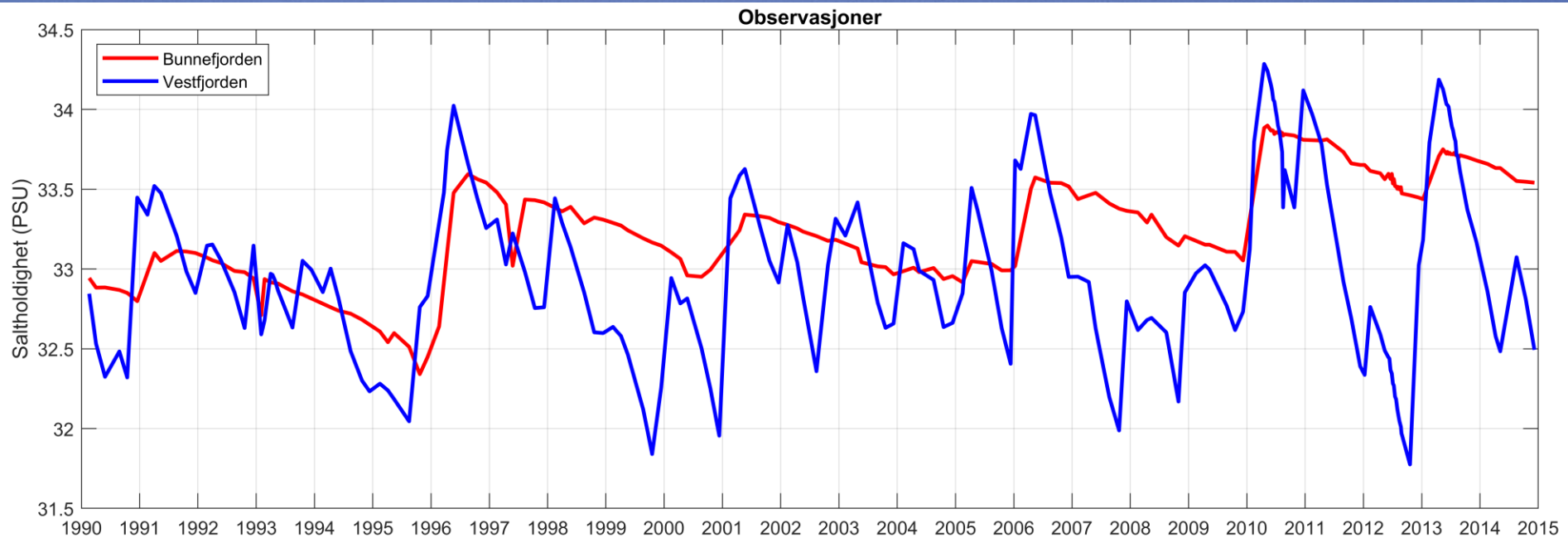
Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)



Hva er spesielt med indre Oslofjord?



Det er stor forskjell på de vertikale blandingsforholdene

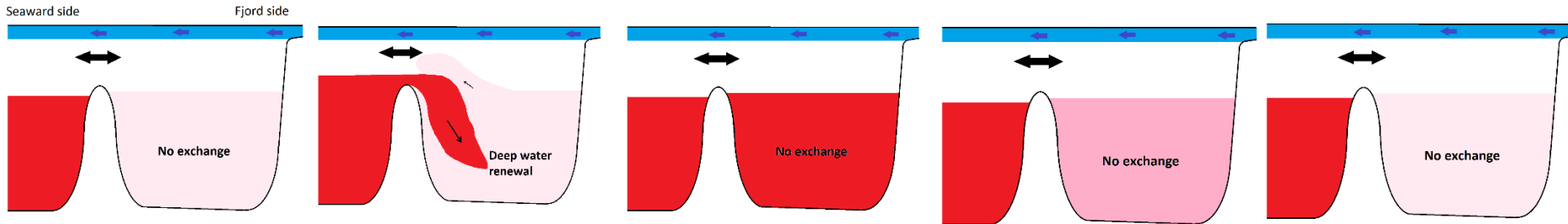


Kappløpet mellom vertikal blanding og oksygenforbruk

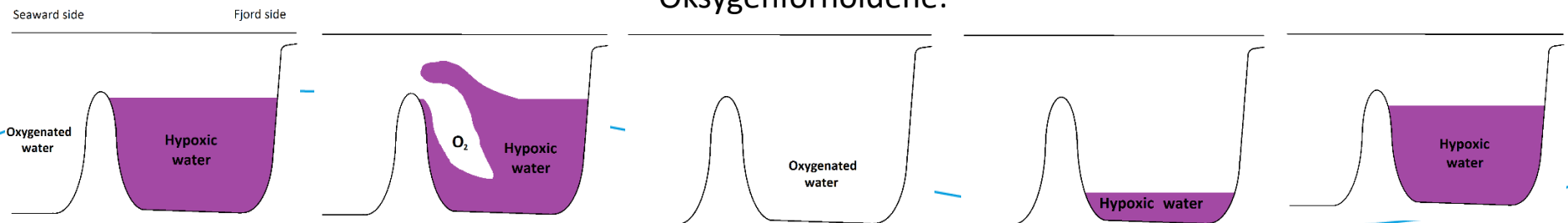
Men hvorfor skjer det dypvannfornyelser? Under er det vist fem stadier i utviklingen fra situasjonen rett før en dypvannsfornyelse, under dypvannsfornyelsen og etter dypvannsfornyelsen. Øverste rad viser egenvekten til vannmassene hvor rødt er det tyngste vannet og rosa er lettere vann. Nederste rad viser oksygenforholdene hvor lilla er oksygenfattig vann og hvitt er oksygenrikt vann.

Dypvannsfornyelse skjer når vann som er tyngre enn bunnvannet løftes opp over terskeldypet. Etter dypvannsfornyelsen vil det være et kappløp mellom den vertikale blandinga i fjorden som gjør dypvannet lettere, og oksygenforbruket som gjør at det etter hvert dannes oksygenfattige forhold.

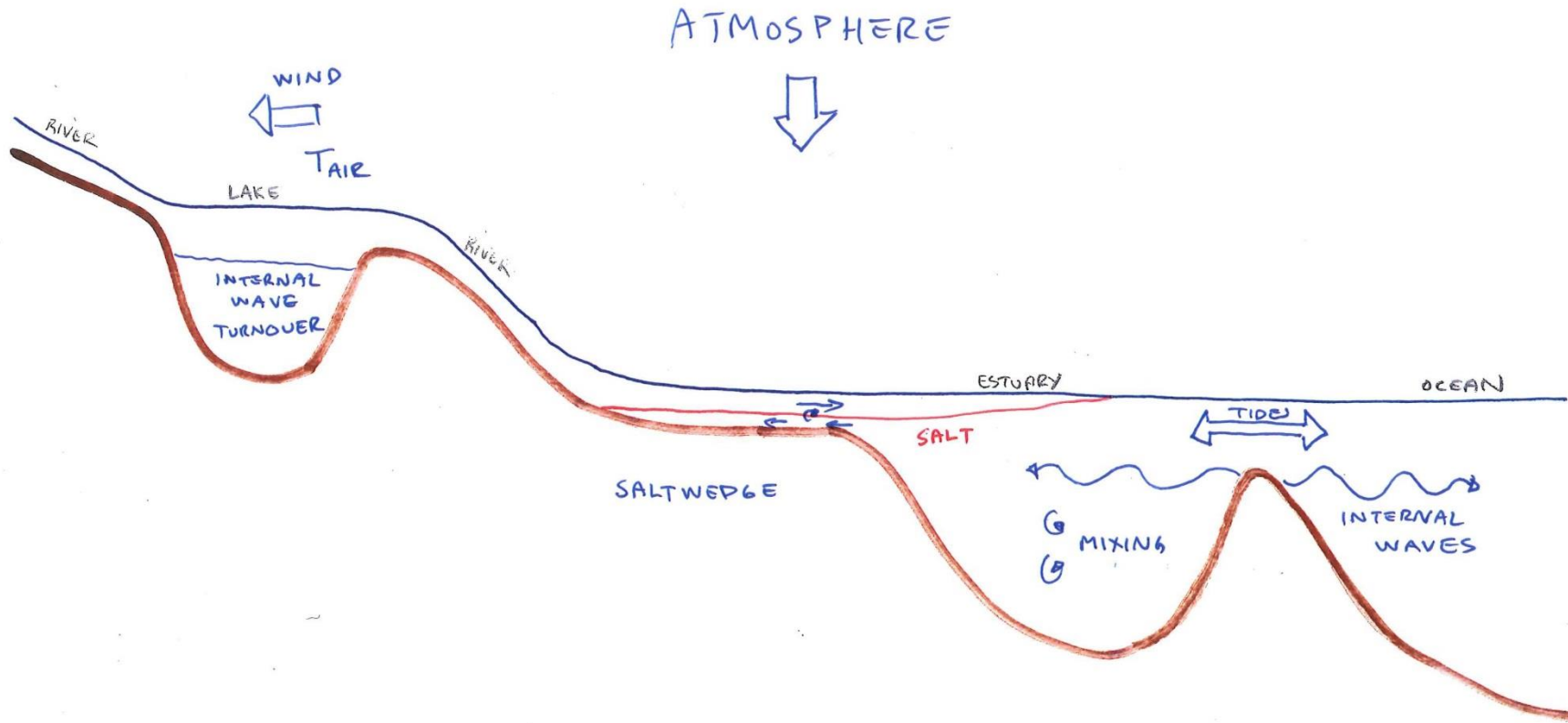
Blanding i vannmassene:



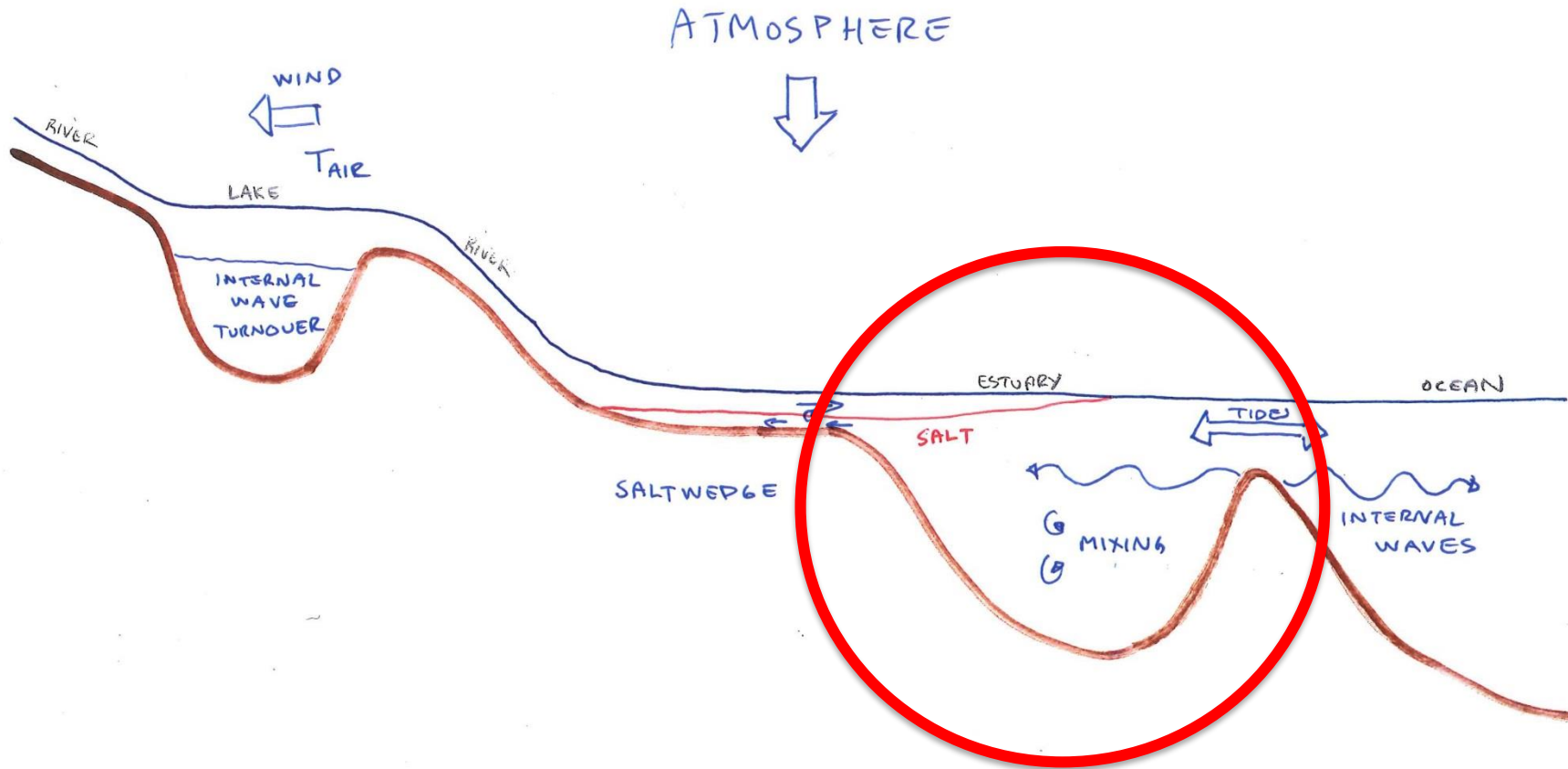
Oksygenforholdene:



Hvilken modell skal man velge?



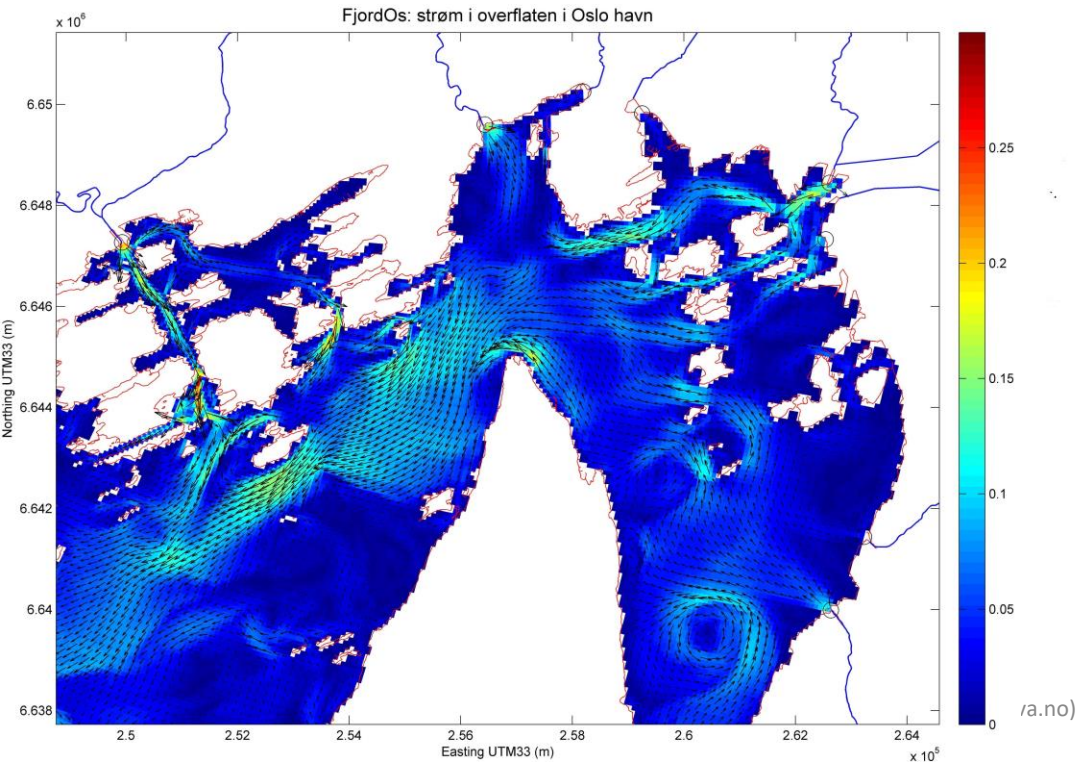
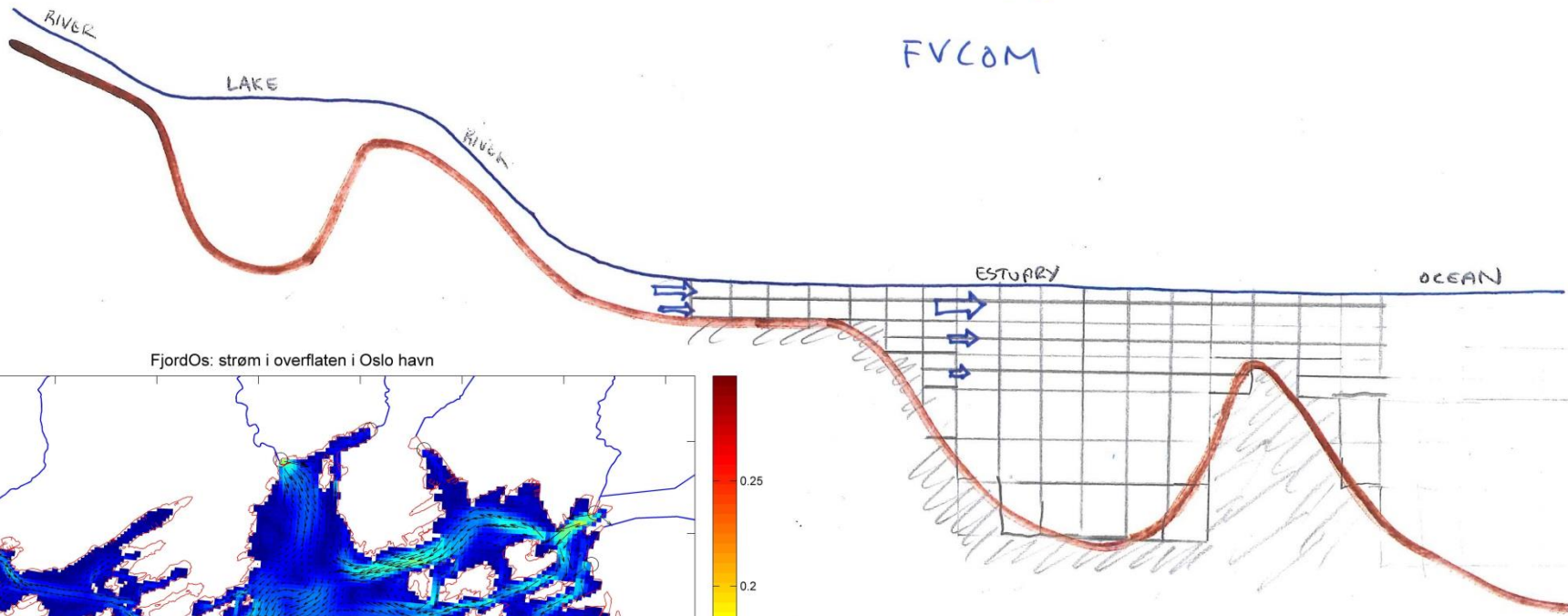
Hvilken modell skal man velge?



Og så har vi 3D havmodeller

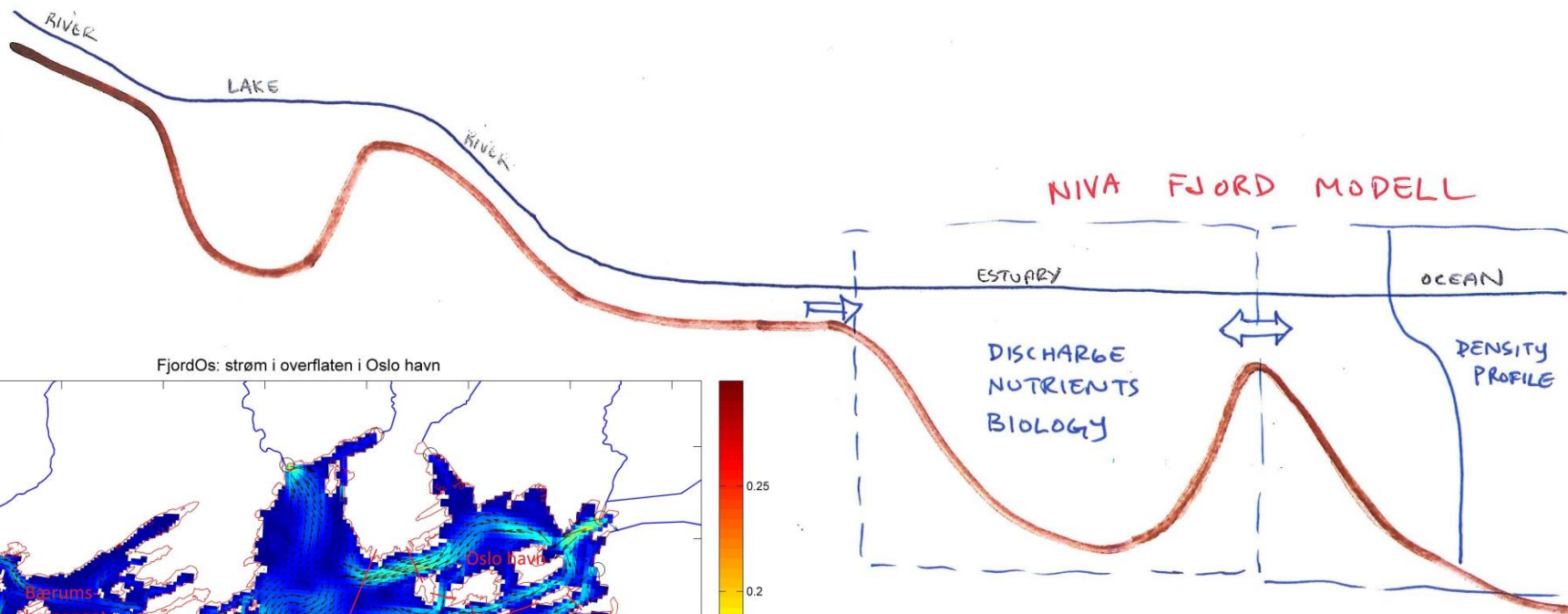
ROMS
GEMSS
FVCOM

+MIKE

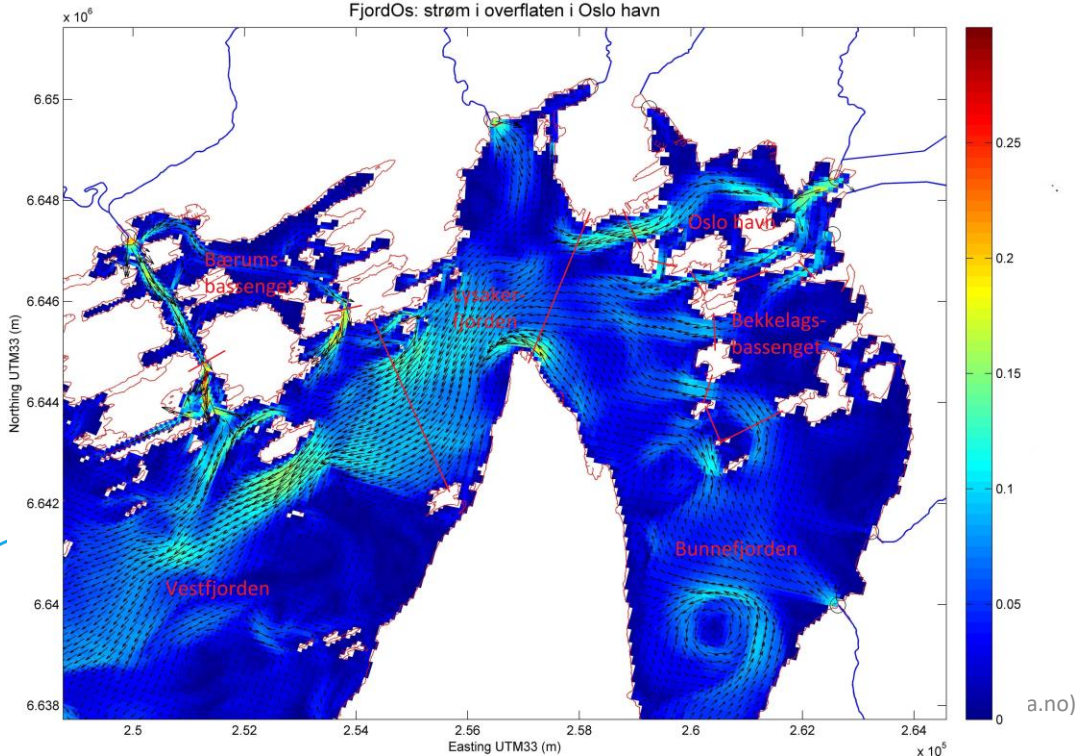


3. mars 2014

Hvorfor velge en boksmodell?



FjordOs: strøm i overflaten i Oslo havn

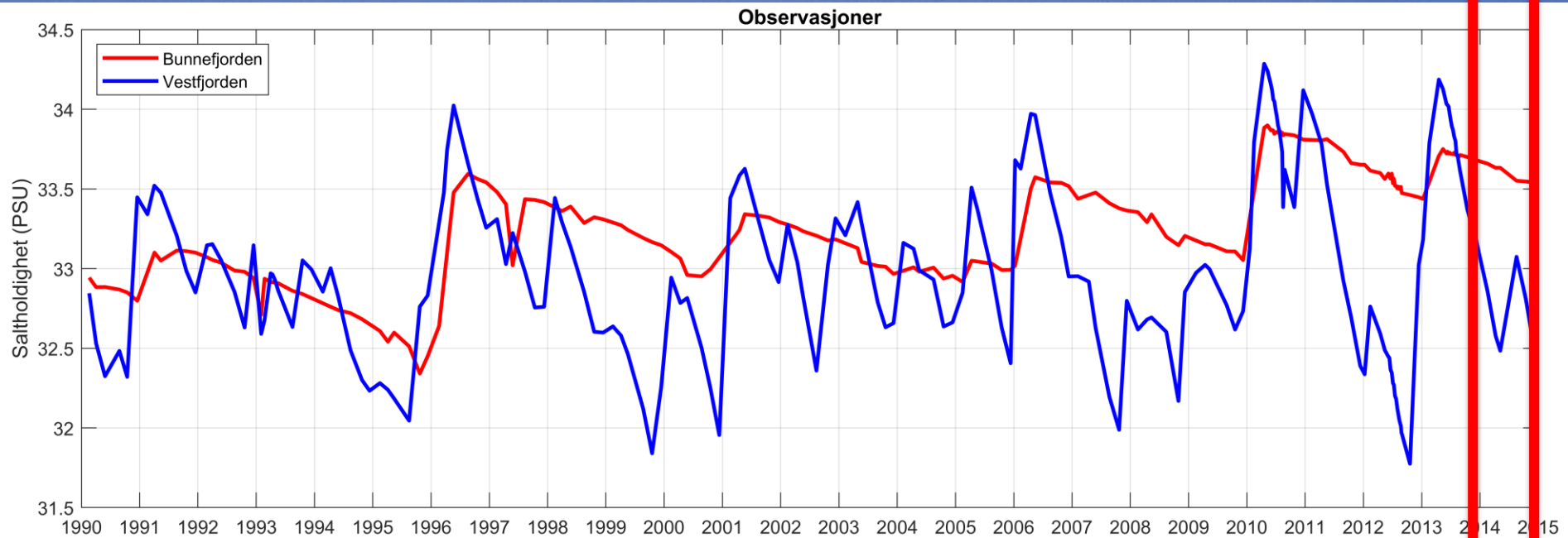


a.no

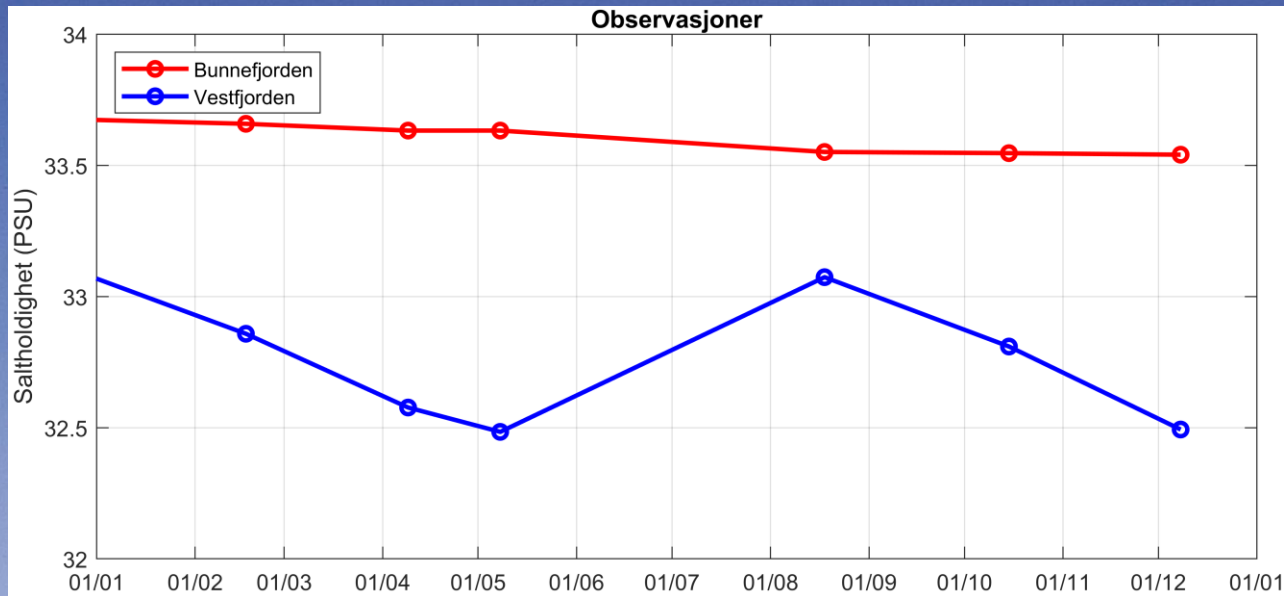
3. mars 2014

Tilbake til blandingsprosessene

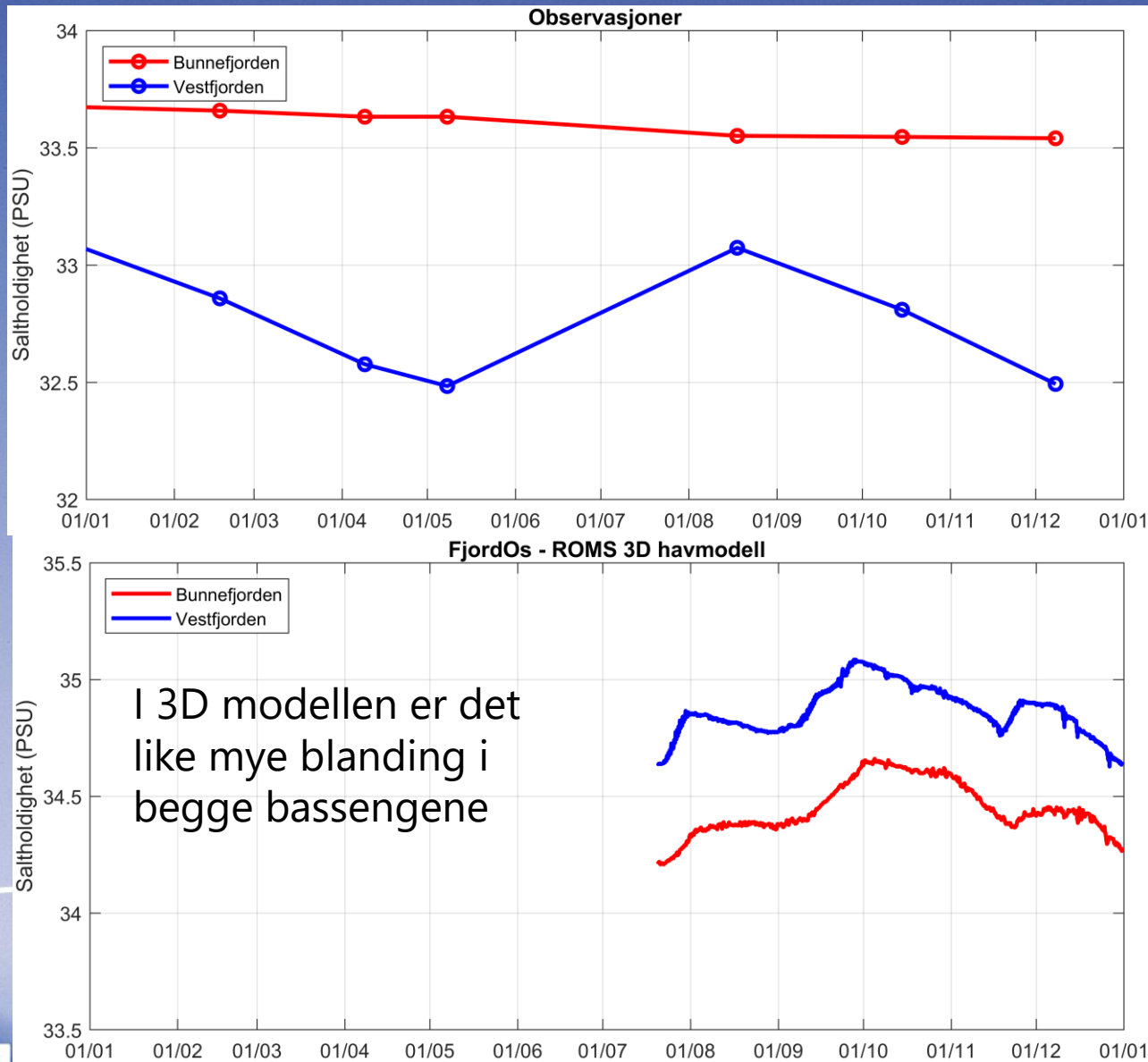
Vi ser på 2014



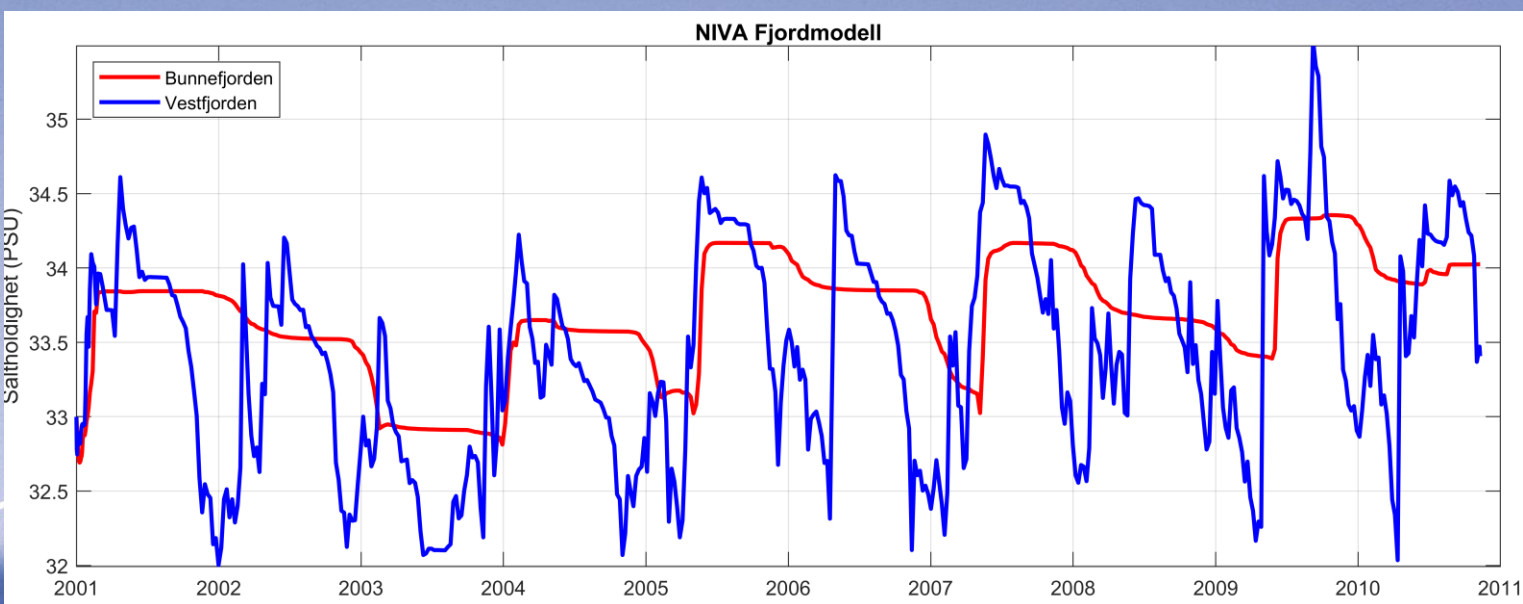
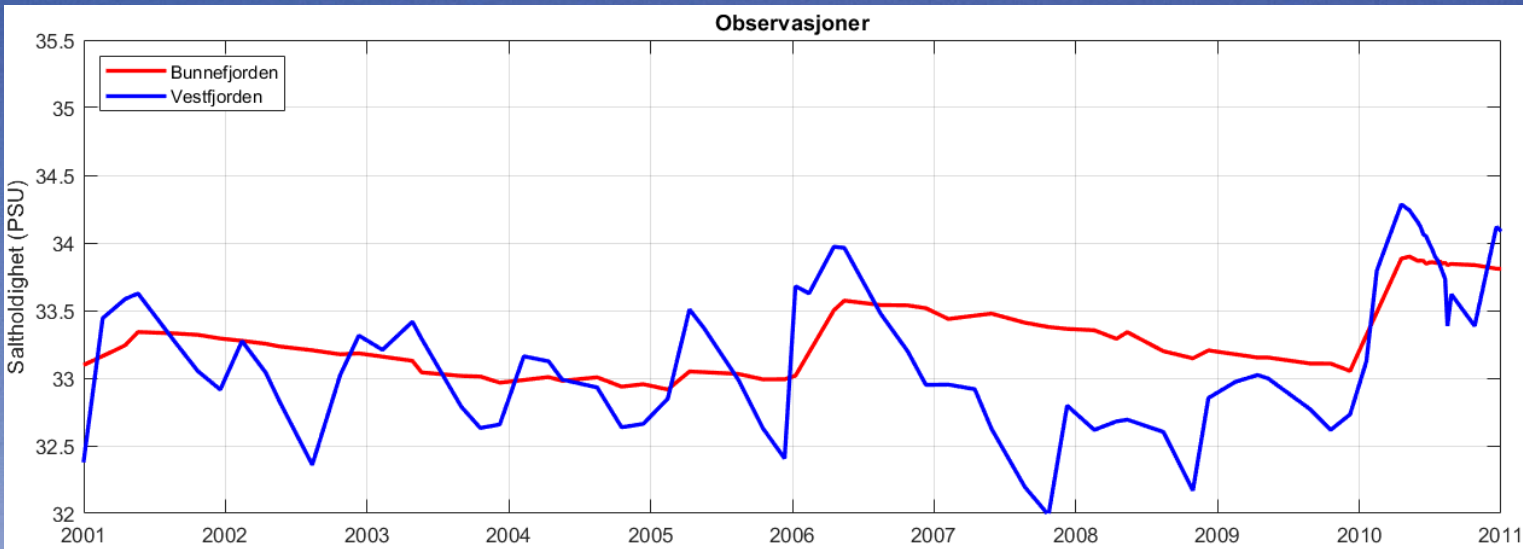
Ingenting skjedde i Bunnefjorden



FjordOs fungerer ikke i Bunnefjorden

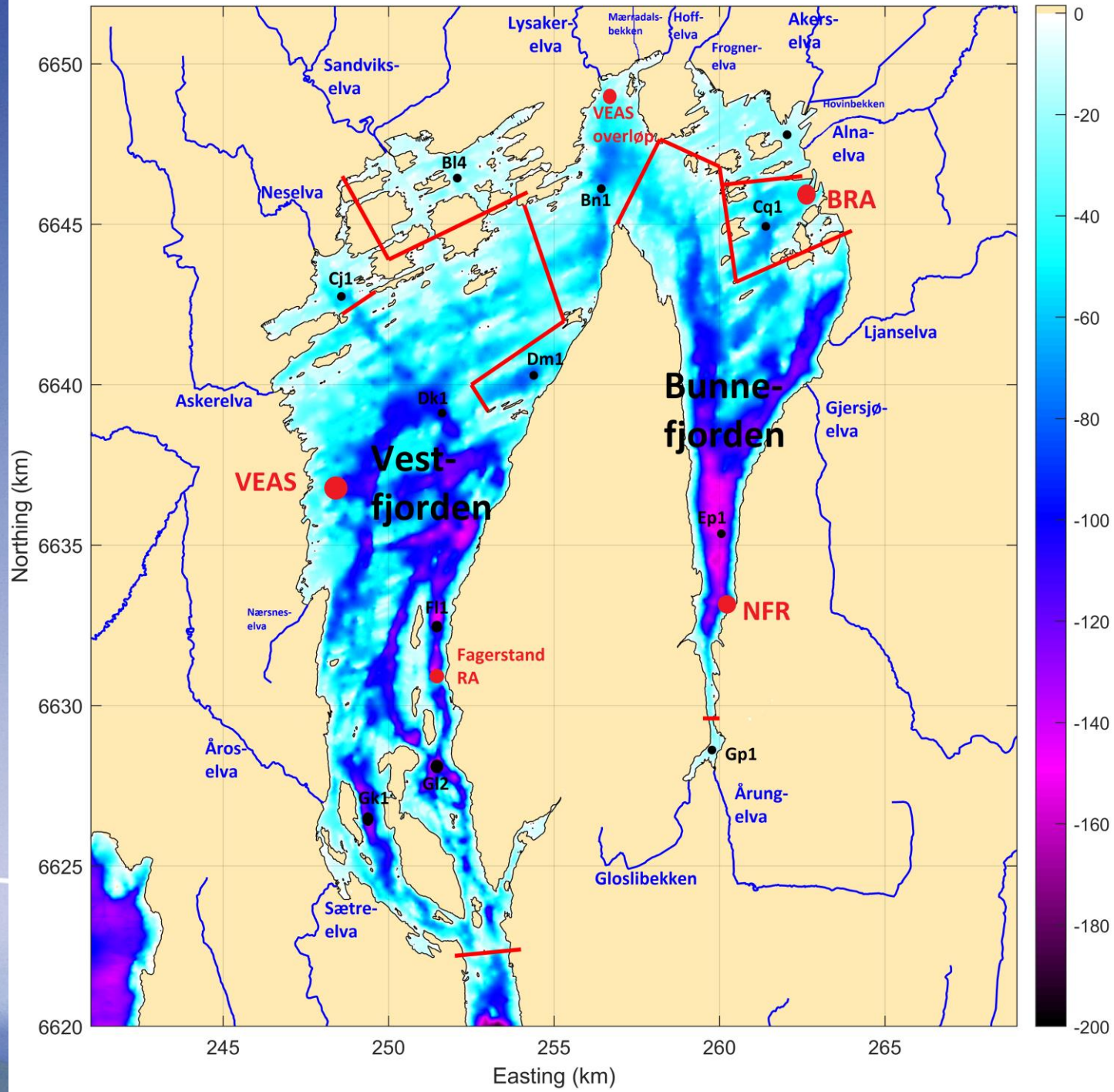


Hvordan klarer NIVA Fjordmodell seg?



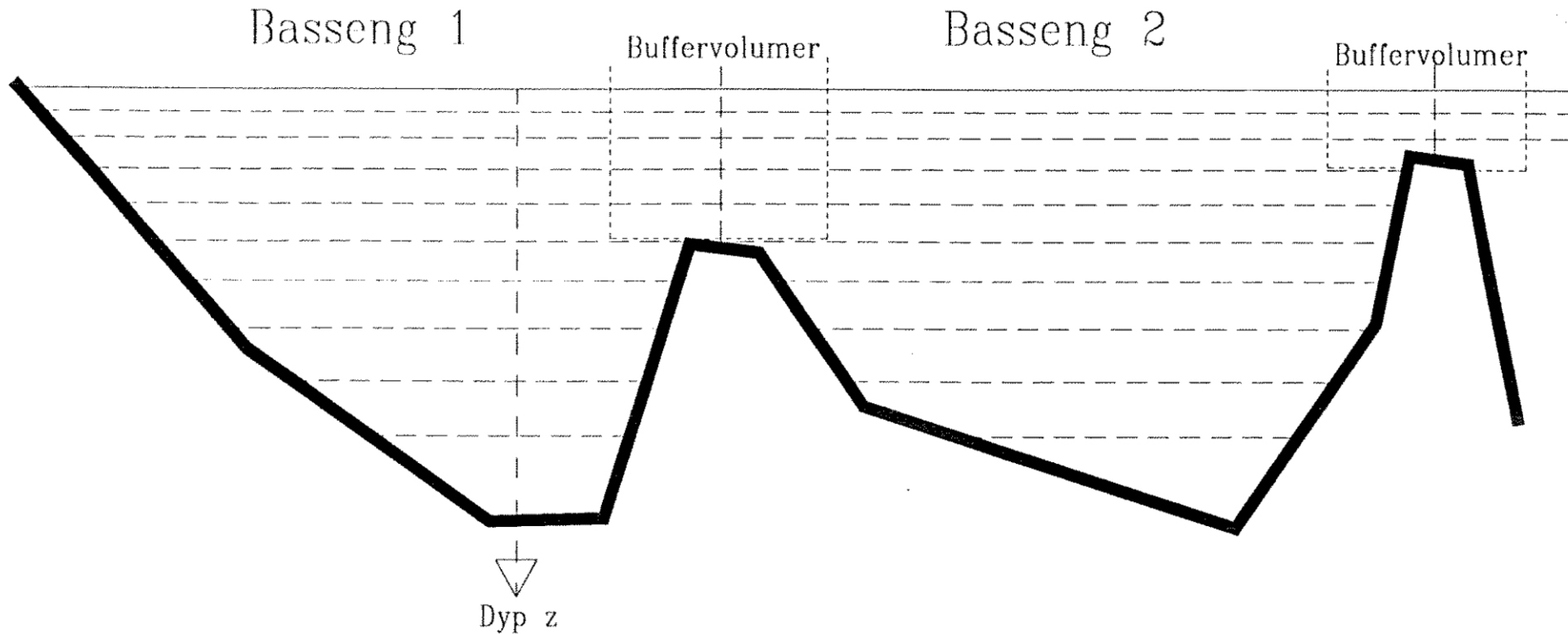
NFM klarer seg litt bedre!

NIVA Fjordmodell (NFM)



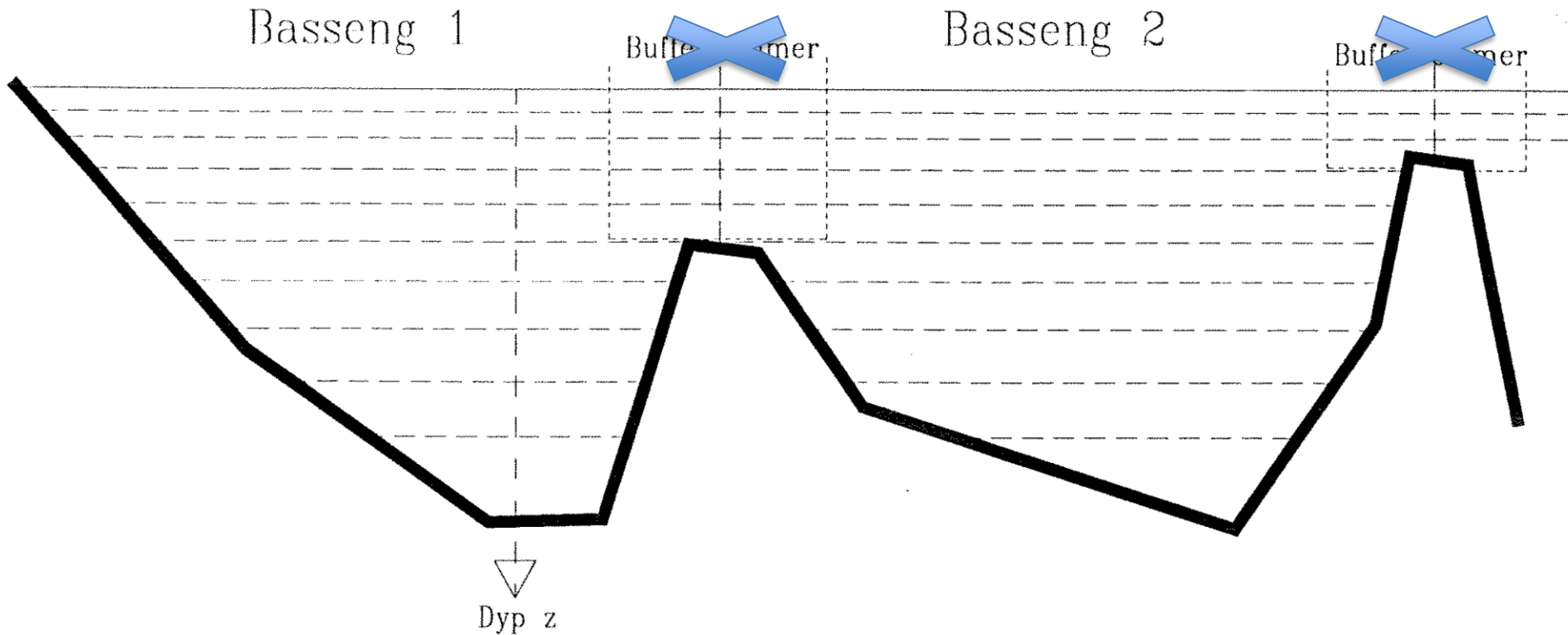
NIVA Fjordmodell (NFM)

NFM beskriver fjorden som bassenger som står i forbindelse med hverandre.



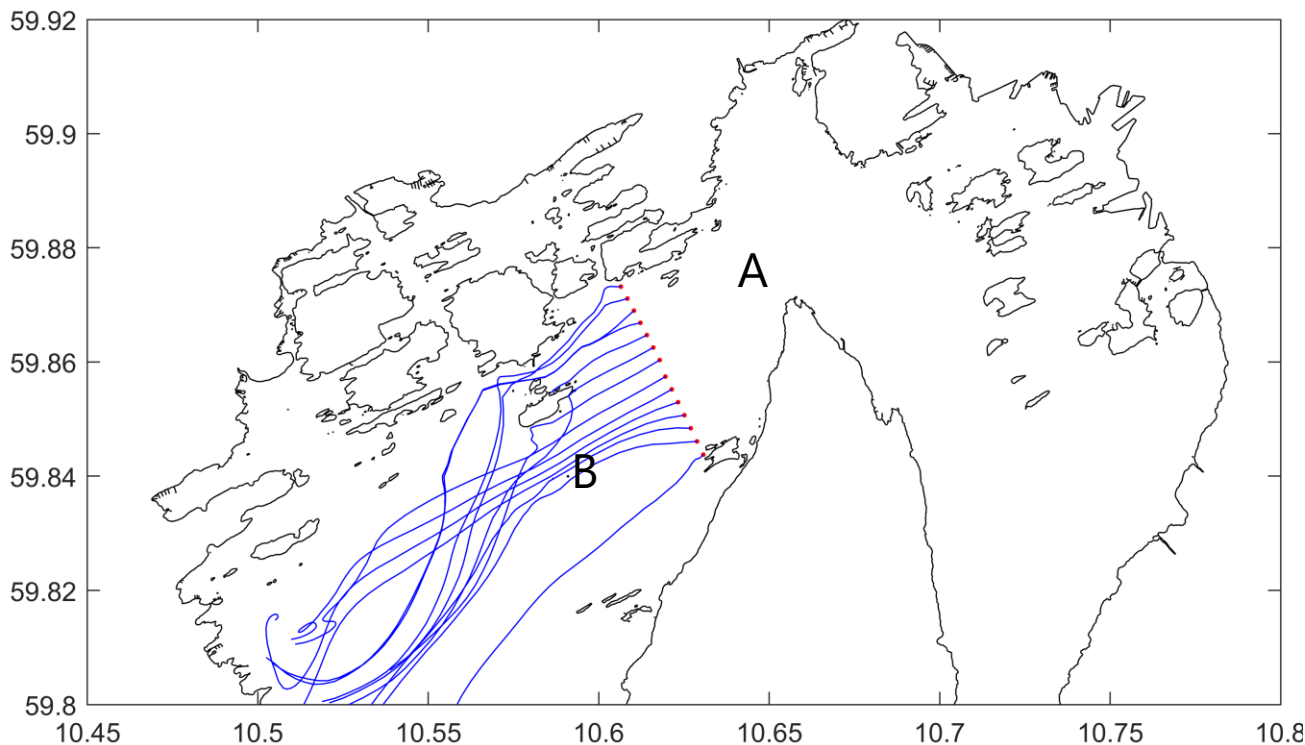
NIVA Fjordmodell (NFM)

NFM beskriver fjorden som bassenger som står i forbindelse med hverandre.



NIVA Fjordmodell (NFM)

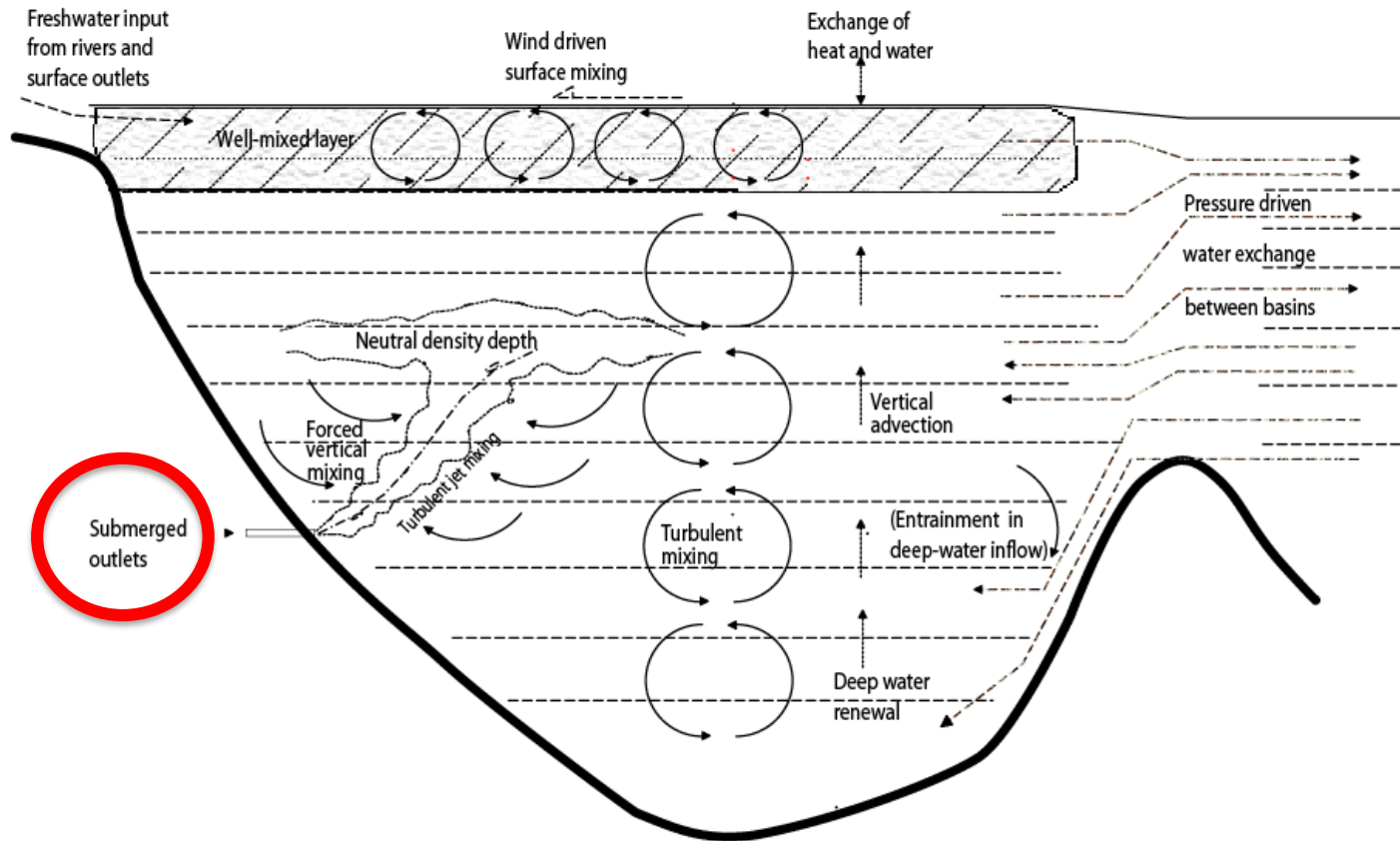
NFM beskriver fjorden som bassenger som står i forbindelse med hverandre.



Vannet fra basseng A kommer seg som regel langt inn i basseng B i løpet av 6 timer.

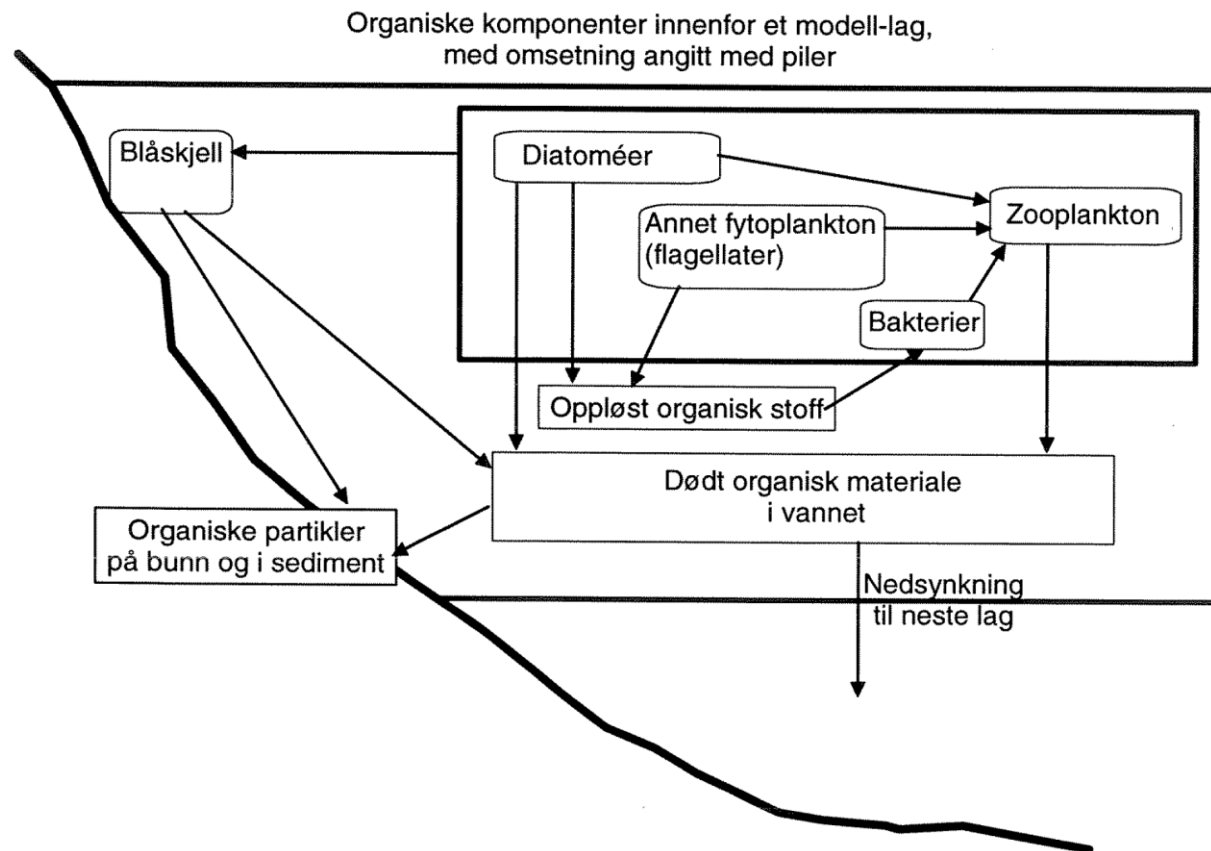
NIVA Fjordmodell (NFM)

I hvert basseng er fysikken beskrevet, inkludert induisert blanding forårsaket av dypvannsutslipp.



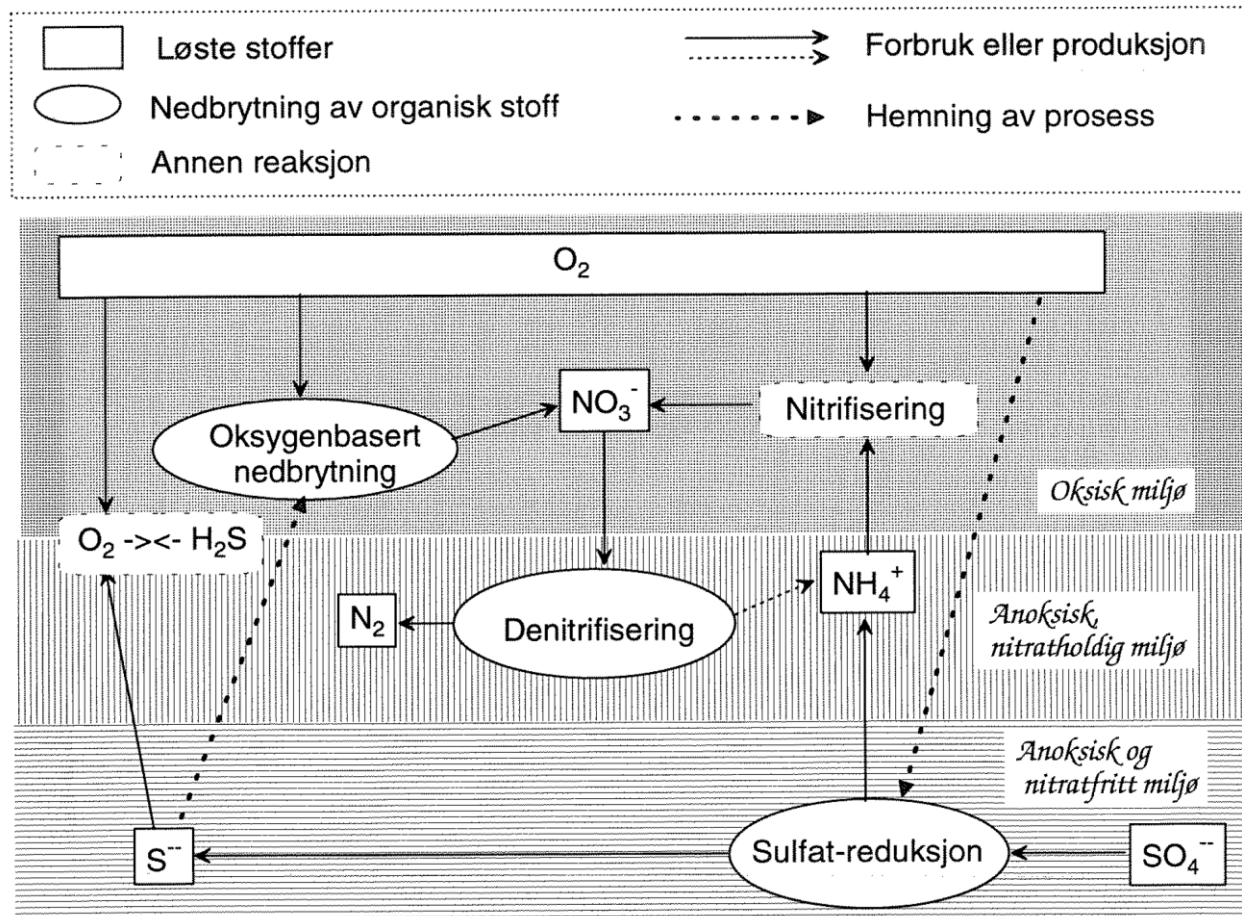
NIVA Fjordmodell (NFM)

Biologien i fjorden blir beskrevet i hvert lag i modellen, hvor stoffene C, N, P og Si har hvert sitt budsjett.



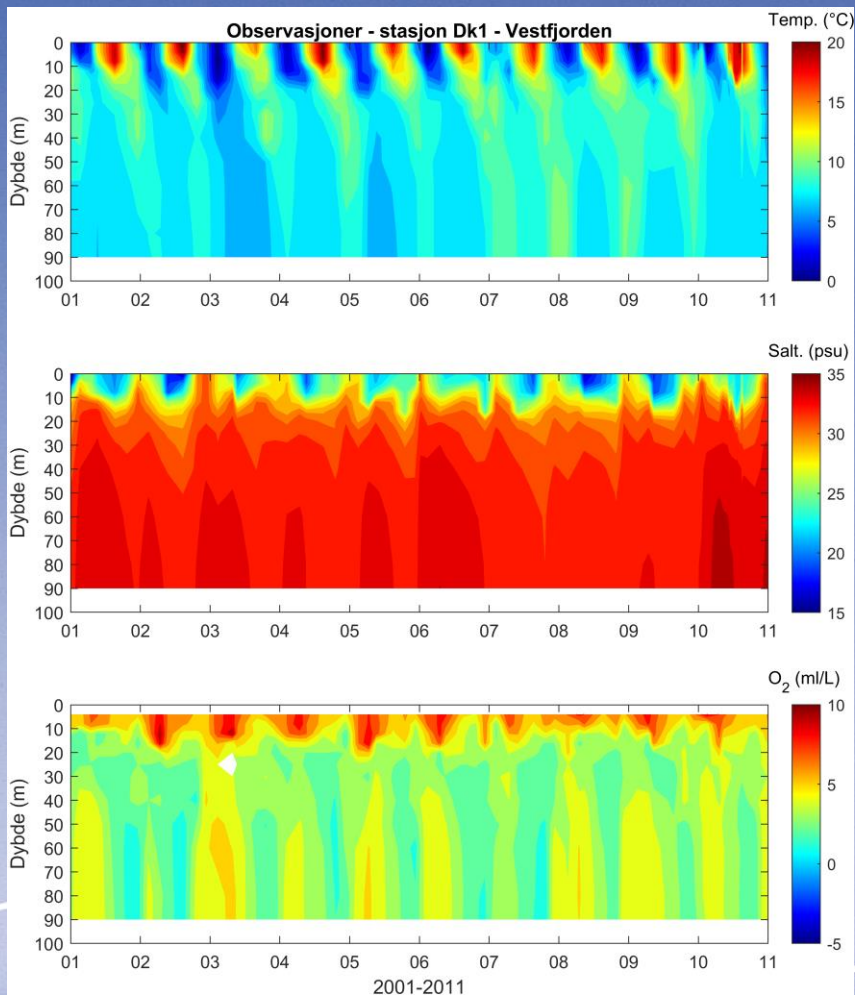
NIVA Fjordmodell (NFM)

Nedbrytning av organisk stoff er modellert.

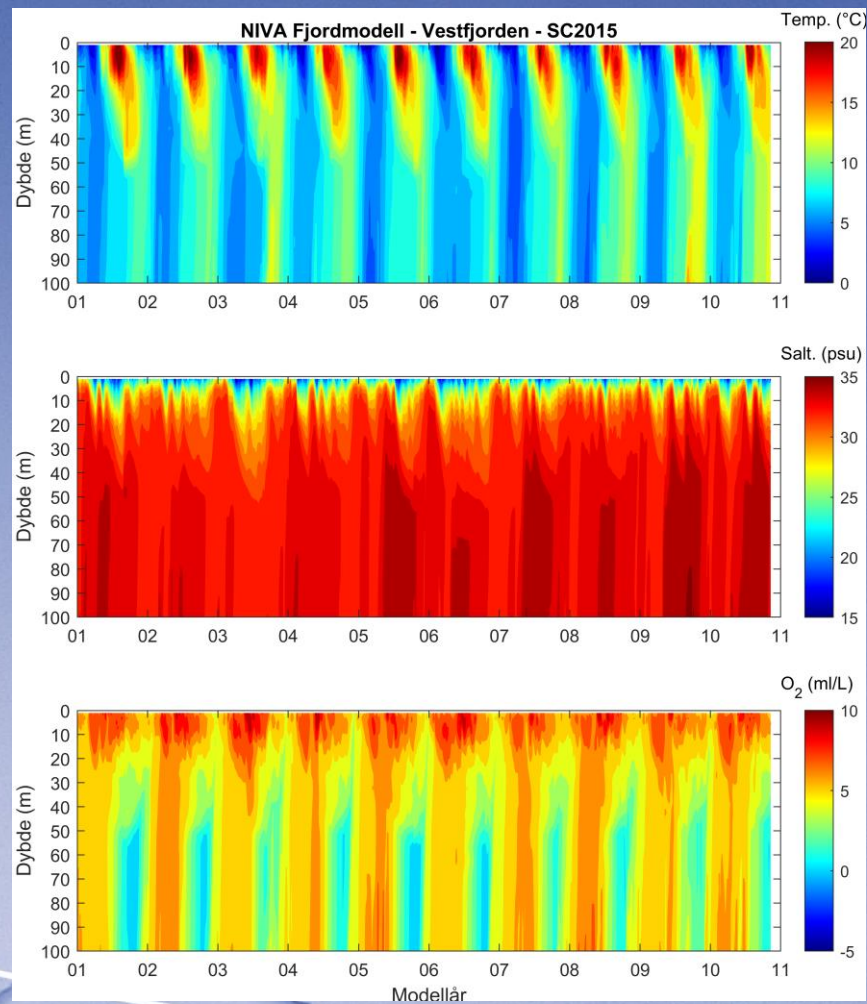


Vestfjorden

Observasjoner

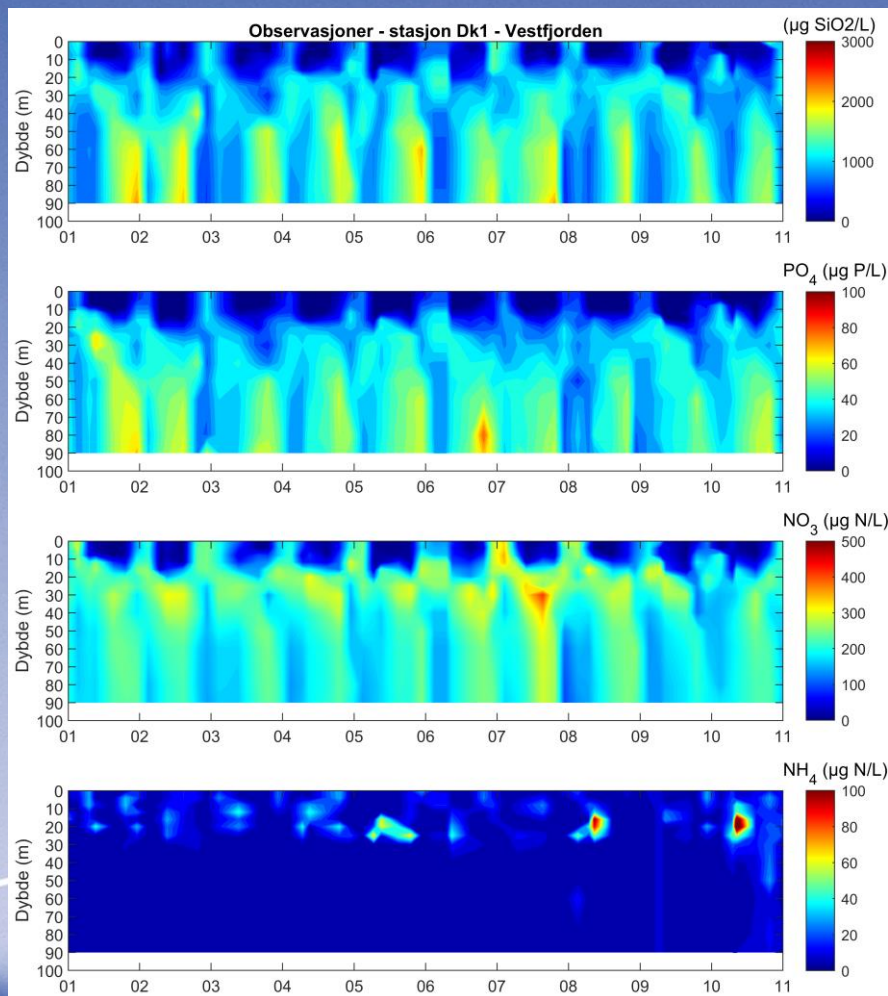


NIVA Fjordmodell

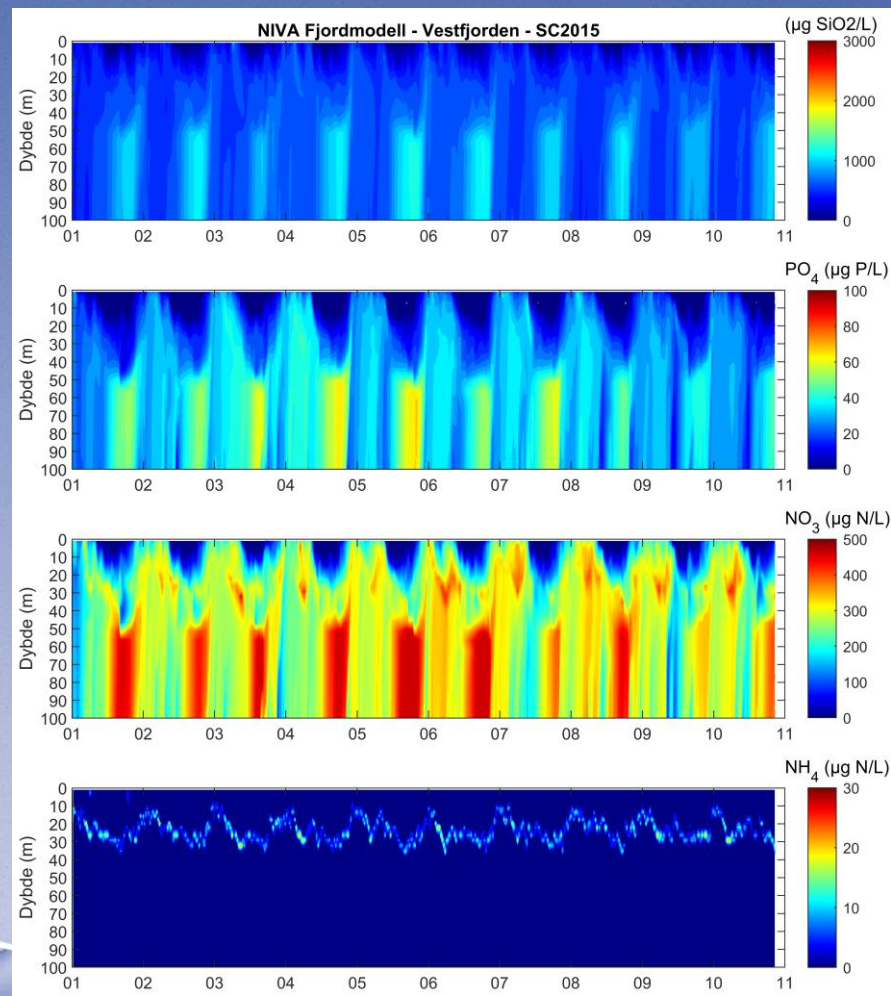


Vestfjorden

Observasjoner

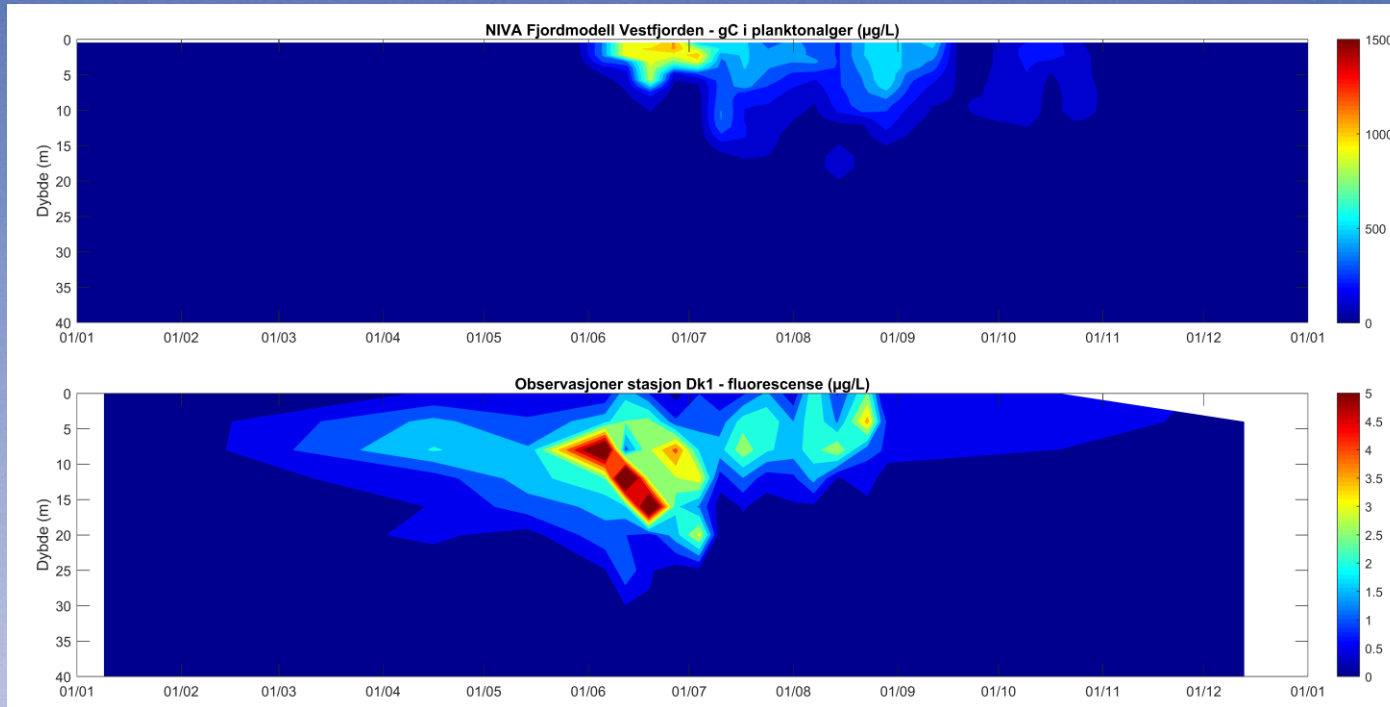


NIVA Fjordmodell



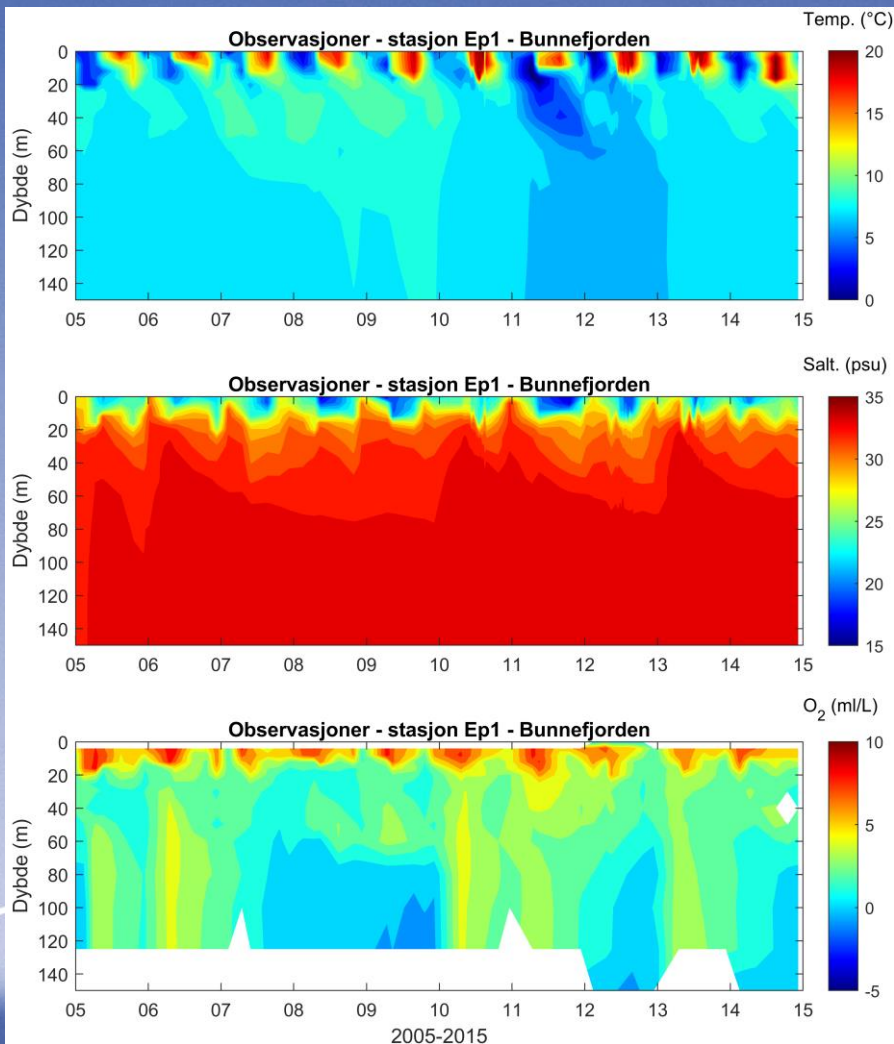
Planteplankton i Vestfjorden

Modellen har algevekst i riktig dybdeintervall.
Modellen fanger ikke opp tidlige våroppblomstringer.

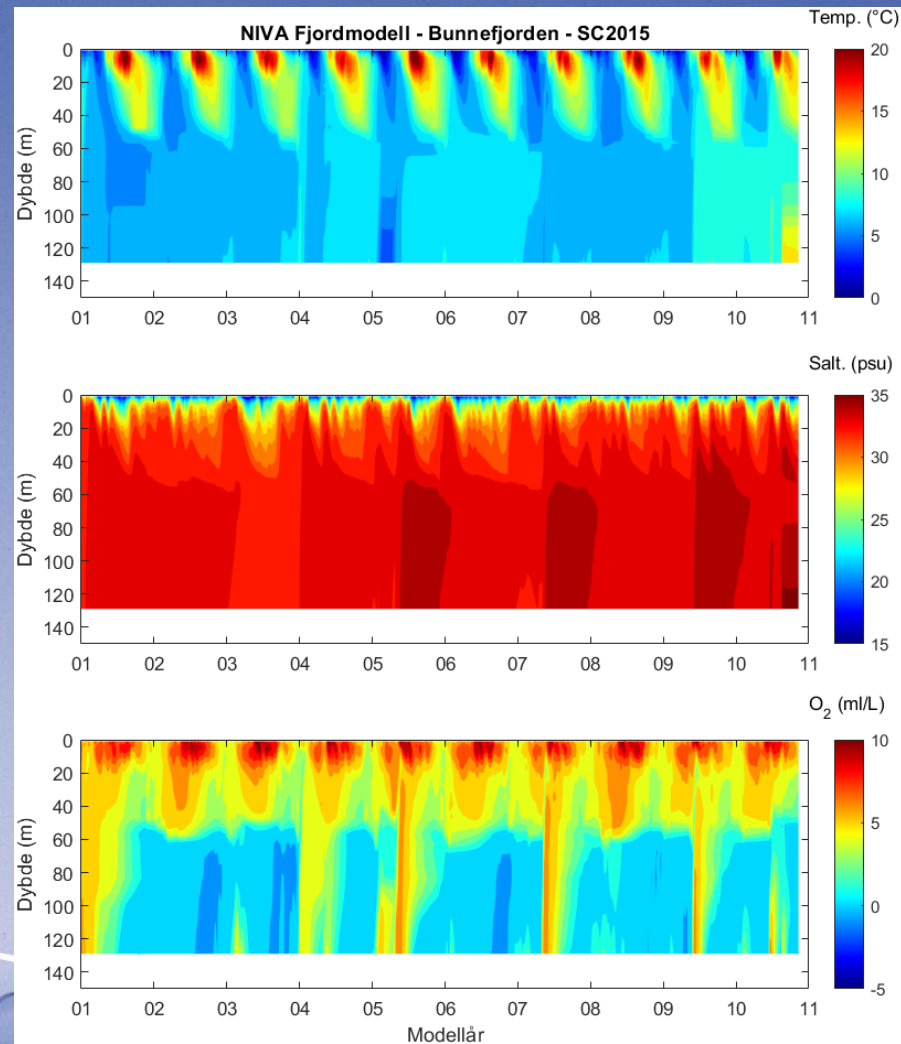


Bunnefjorden

Observasjoner

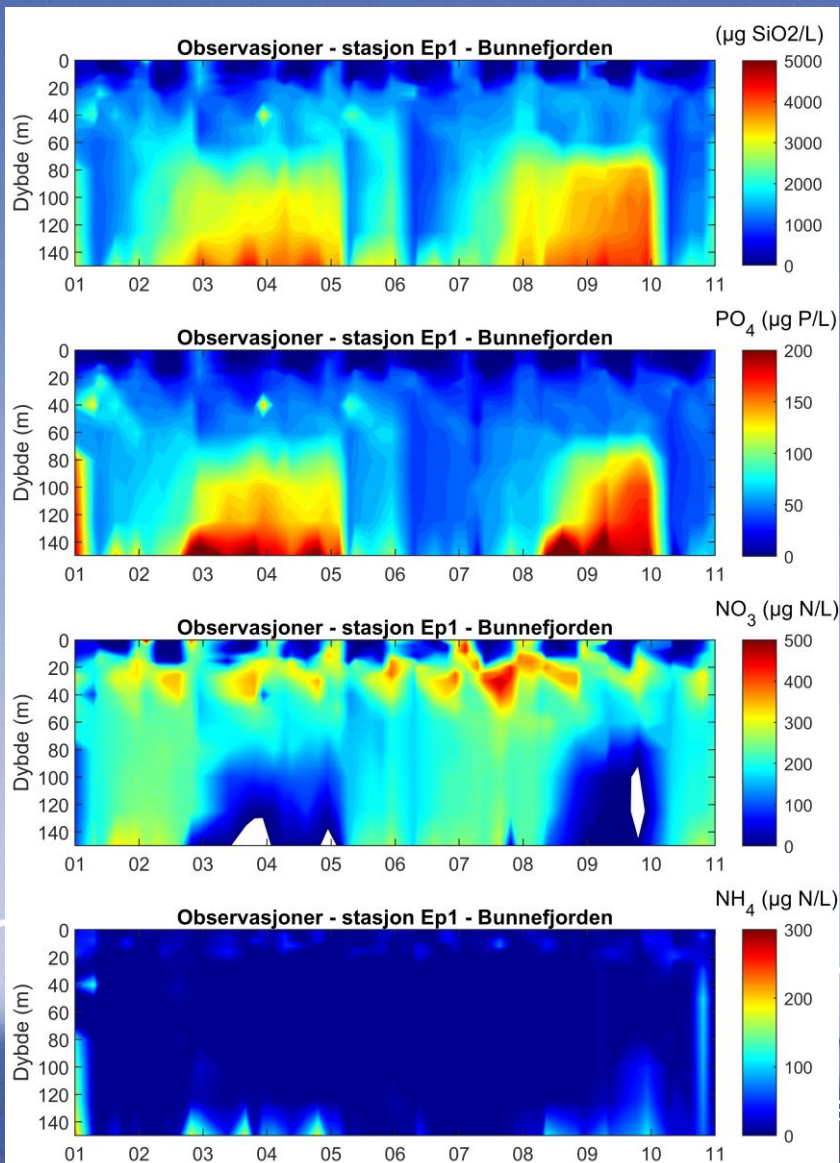


NIVA Fjordmodell

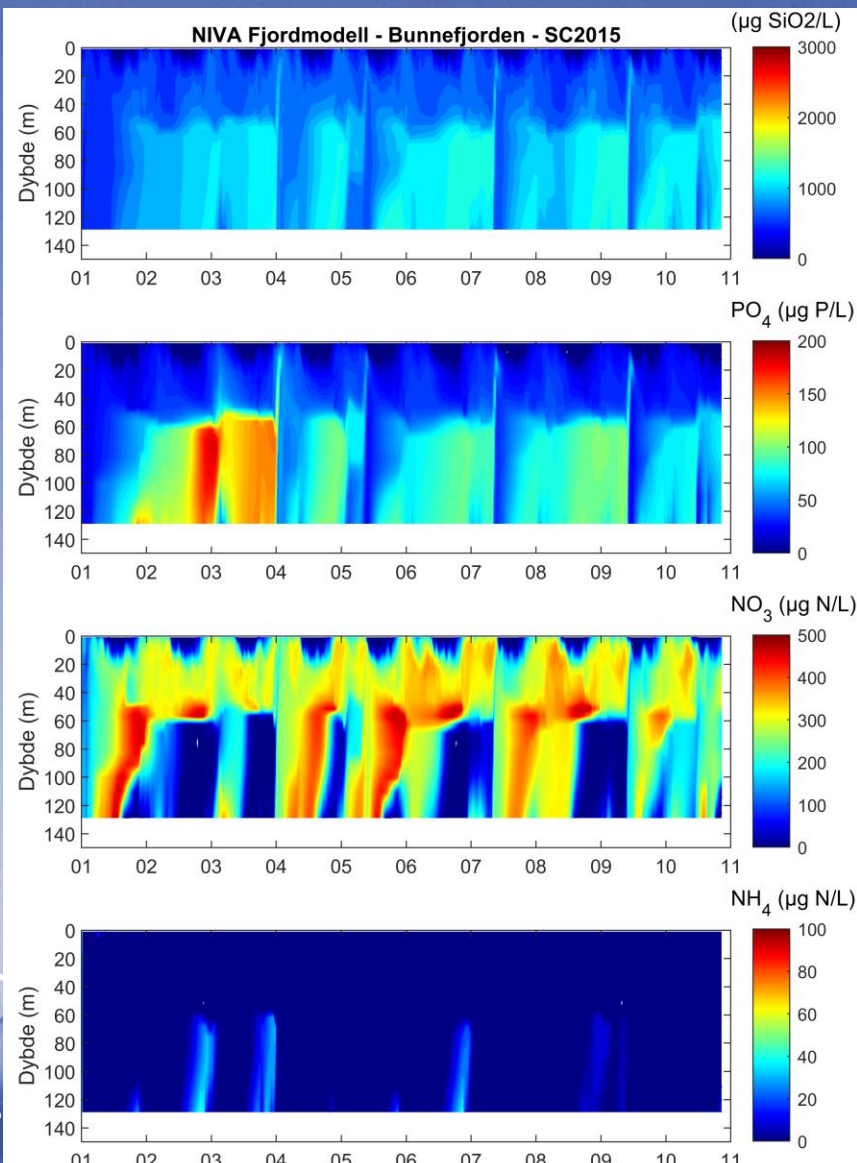


Bunnefjorden

Observasjoner



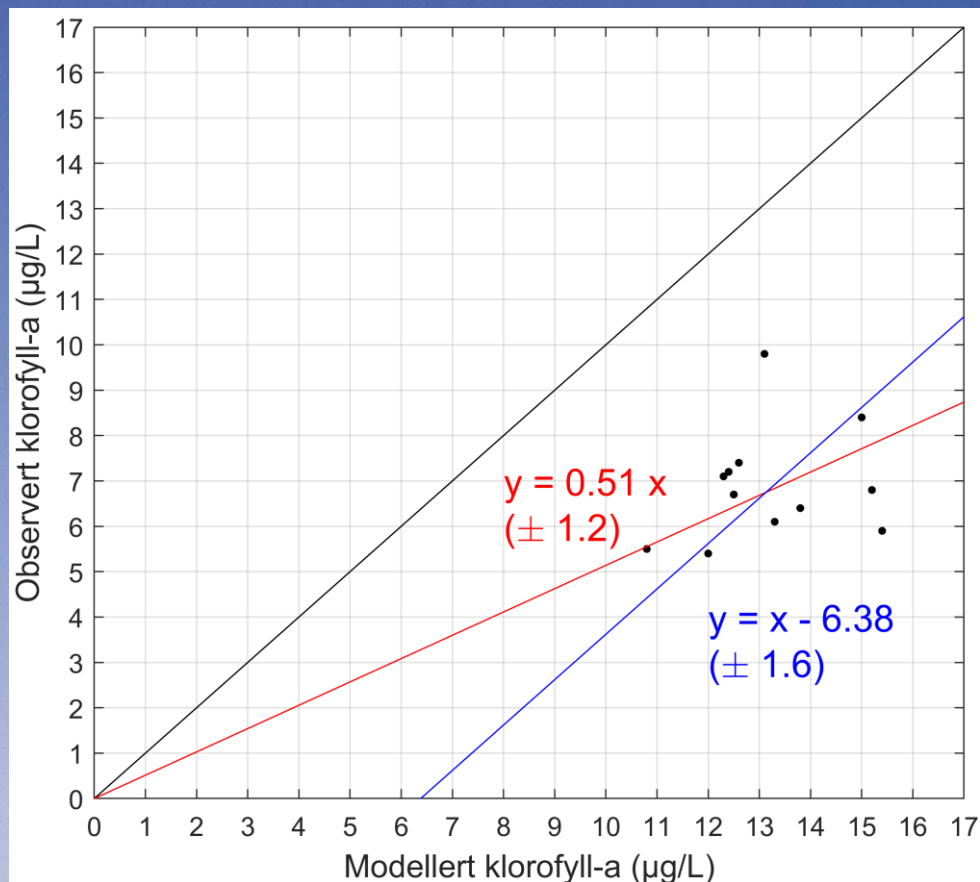
NIVA Fjordmodell



Kalibrering av 90 prosentil klorofyll a

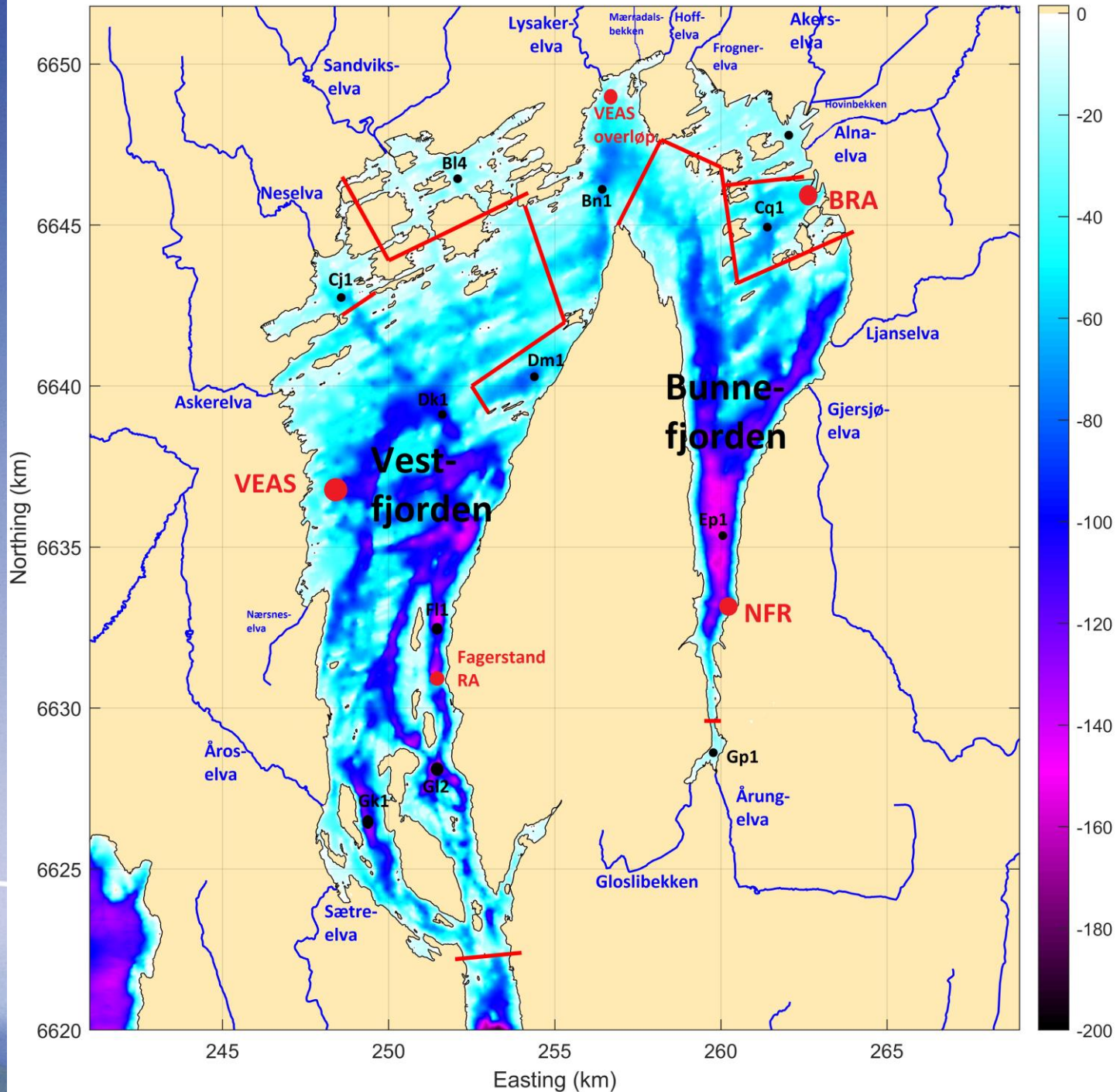
Modellen er validert mot observasjoner fra to perioder, 1995-1998 og 2015-2018. På slutten av 90-tallet var det gjennomført en rekke tiltak som hadde redusert tilførselene av spesielt fosfor, mens det fortsatt var mye tilførsel av blant annet nitrogen. I løpet av de 20 årene imellom de to periodene har befolkningen i Oslo økt med ca. 200000, som igjen har gitt en økning av tilførselene av fosfor. I samme perioden har det blitt gjennomført omfattende tiltak for å redusere tilførselen av nitrogen. Så tilførselen av fosfor har altså økt noe de siste 20 årene, mens tilførselen av nitrogen har blitt redusert.

Observasjoner av klorofyll a i overflaten tyder på at det har blitt mindre planktonalger i sju av de ni bassengene i samme periode, mens det i Bekkelags- og Bærumsbassenget muligens har blitt noe mer alger. Det er en del usikkerhet knyttet til disse vurderingene, siden det før 2015 ikke ble gjort observasjoner i perioden når det typisk var våroppblomstring. NFM klarer å simulere den biologiske dynamikken i overflatelaget på en realistisk måte, men modellen klarer ikke å forklare hvorfor det skulle være en viss økning av algene i overflaten i Bekkelags- og Bærumsbassenget. NFM gir systematisk for høye verdier av planktonalger og klorofyll a i overflatelaget. Det er valgt å kalibrere 90 prosentil-verdien til klorofyll a i overflaten basert på modellresultatene, som er den parameteren som benyttes for å klassifisere vannmassene opp mot vannforskriften. Det er brukt en metode som bevarer forskjellen i tallverdi mellom bassengene og modellscenariene. Nøyaktigheten til denne metoden for å beregne klorofyll a er anslått til $\pm 1,6 \mu\text{g/L}$.



SCENARIER

1. Renseanleggene
2. Elvene
3. Befolkning-søkning
4. Varmere klima
5. Blåskjell



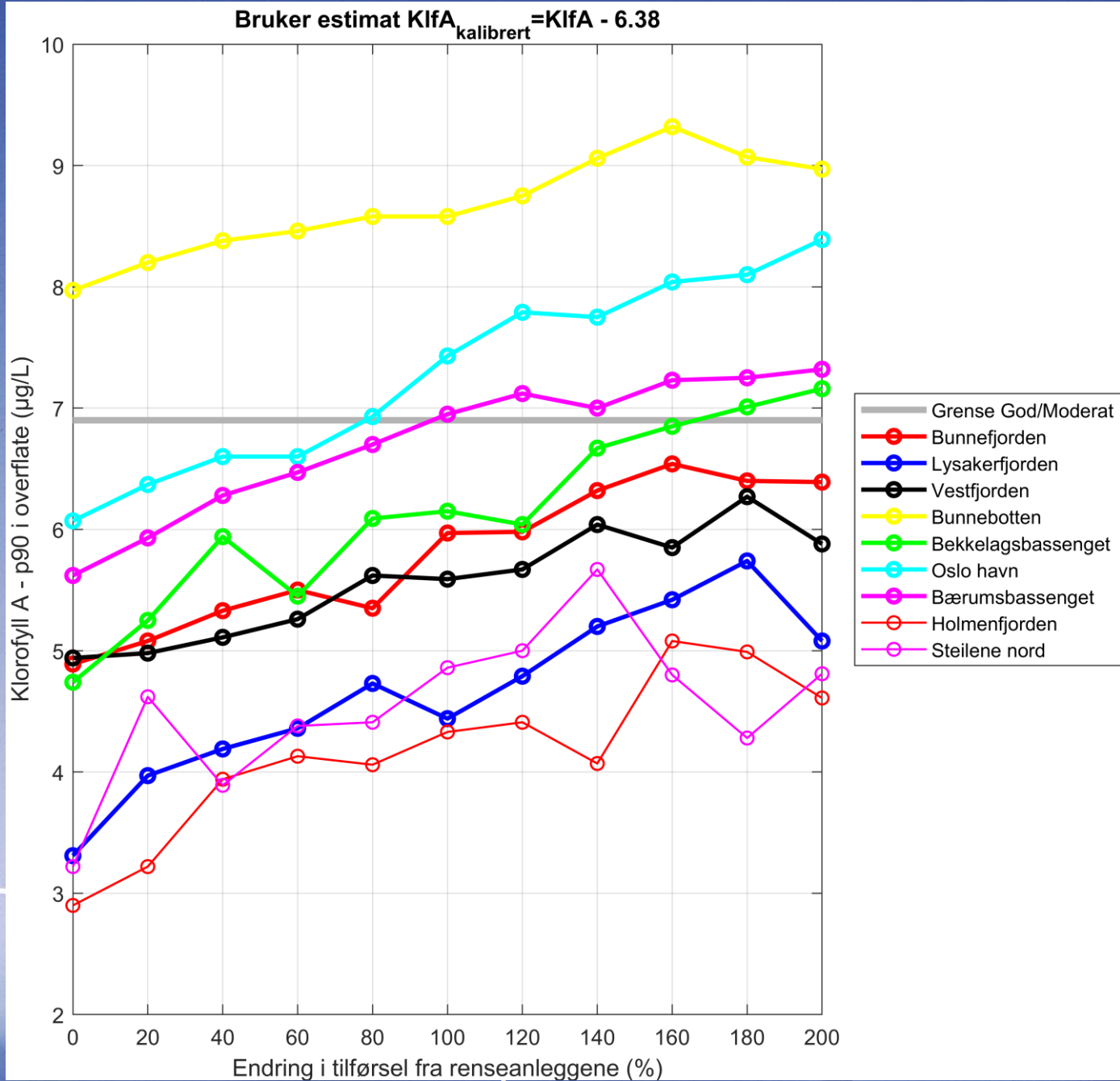
SCENARIER

Renseanleggene

Endrer tilførsel av C, N, P og Si med $\pm 100\%$

For å vurdere effekten av tilførsel til fjorden har tilførsel av C, N, P og Si fra renseanleggene blitt variert mellom $\pm 100\%$ av det de er i dag, mens vannmengdene har blitt holdt konstant.

Hvis alle renseanleggene hadde sluppet ut dobbelt så mye C, N, P og Si som i dag antyder modellen at de høyeste klorofyll a verdiene i overflaten kunne økt med **0,5-1,0 $\mu\text{g/L}$** , og det kunne potensielt vært en tilsvarende reduksjon om alt C, N, P og Si ble fjernet.



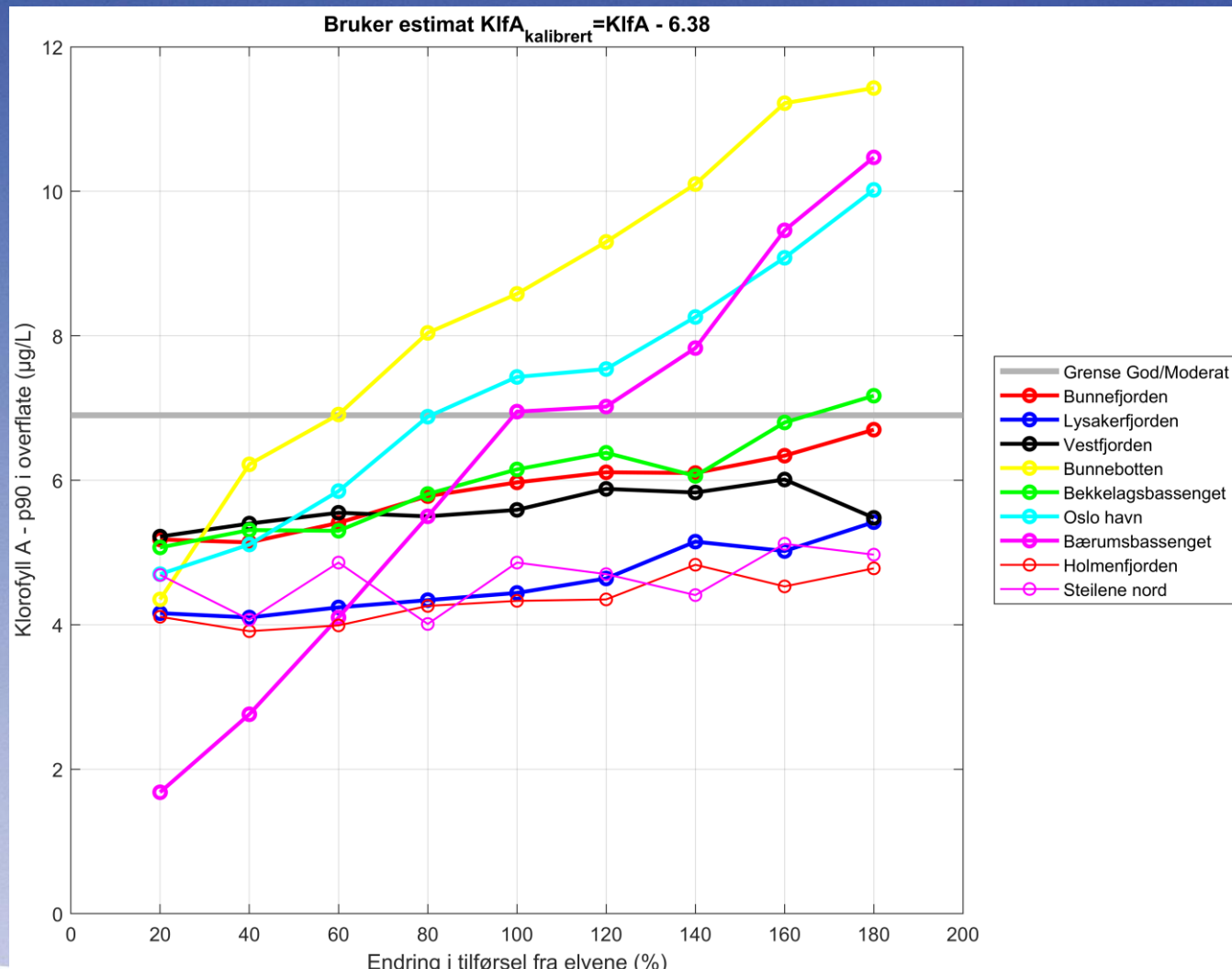
SCENARIER

Elvene (overflateutslipp)

Endrer tilførsel av C, N, P og Si med $\pm 80\%$ (samme vannmengde)

Bassengene Bunnebotten, Oslo havn og Bærumsbassenget er spesielt følsomme for endringer i tilførsel fra elvene. Hvis tilførselen av C, N, P og Si fra alle elvene hadde økt med 80 %, kunne klorofyll a verdiene i overflatelaget økt med opp mot **3 $\mu\text{g/L}$** i disse bassengene, mens det ville vært mindre endringer i de andre bassengene.

Å redusere tilførselene til overflatelaget innenfor øyene i Oslofjorden peker seg ut som et av de mest effektive tiltakene for å bedre vannkvaliteten i fjorden.



SCENARIER

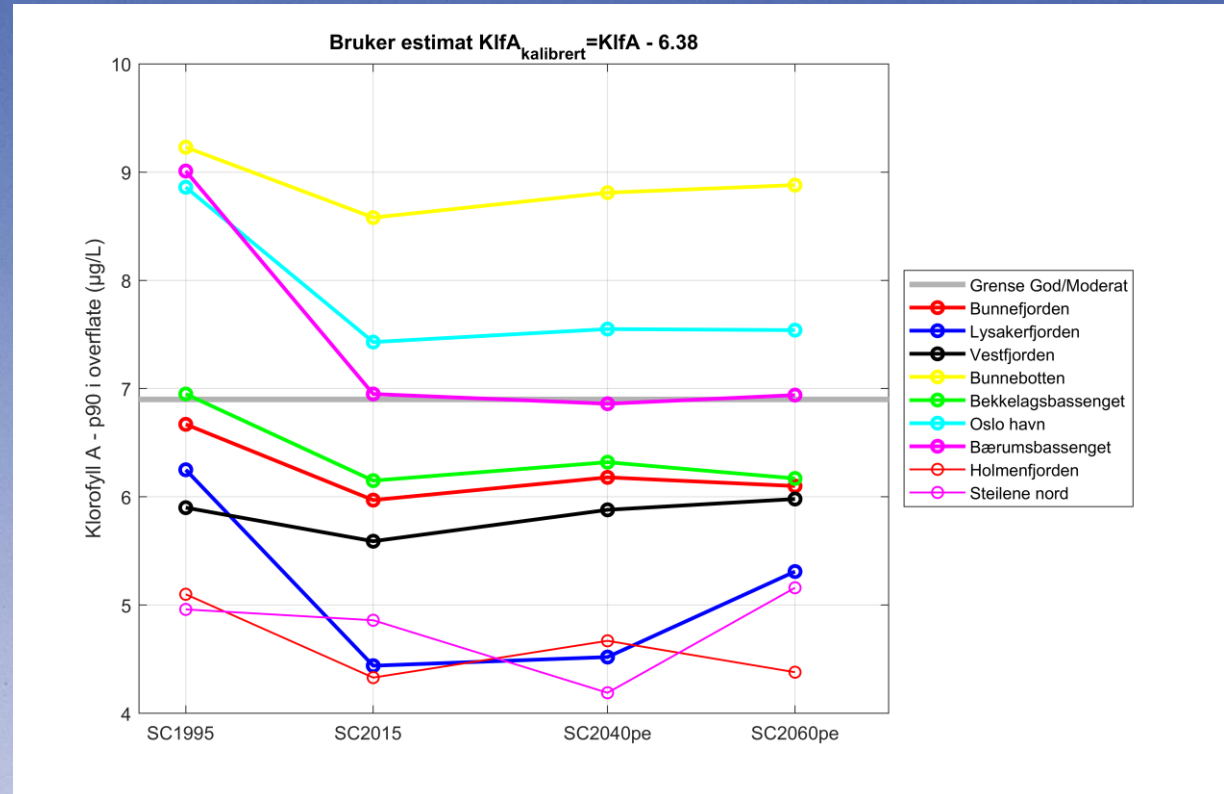
Befolkningsøkning

Det er beregnet at Oslobefolkning vil øke med rundt 158000 innbyggere de neste 20 årene. I denne rapporten er det videre antatt at denne økningen vil fortsett i ytterligere 20 år. Ut ifra dette er økt tilførsel beregnet basert på personekvivalenter.

Denne befolkningsøkningen gir ifølge modellen en relativt liten økning i mengden i overflatelaget, gitt at dagens rensegrad opprettholdes, og at det ikke er noen økning av tilførsel til overflatelaget.

Lysakerfjorden peker seg ut som det bassenget hvor vannkvaliteten kan bli betydelig dårligere i et slikt scenario, men dette skyldes i hovedsak VEAS sitt overløp som kommer ut på omtrent 20 m, og gir tilførsel til overflatelaget. Reduksjon av dette overløpet peker seg også ut som et effektivt tiltak for å bedre vannkvaliteten.

Det vil ikke være mulig å bedre vannkvaliteten i overflatelaget kun ved å opprettholde dagens rensegrad med en slik befolkningsøkning som er skissert her.



SCENARIER

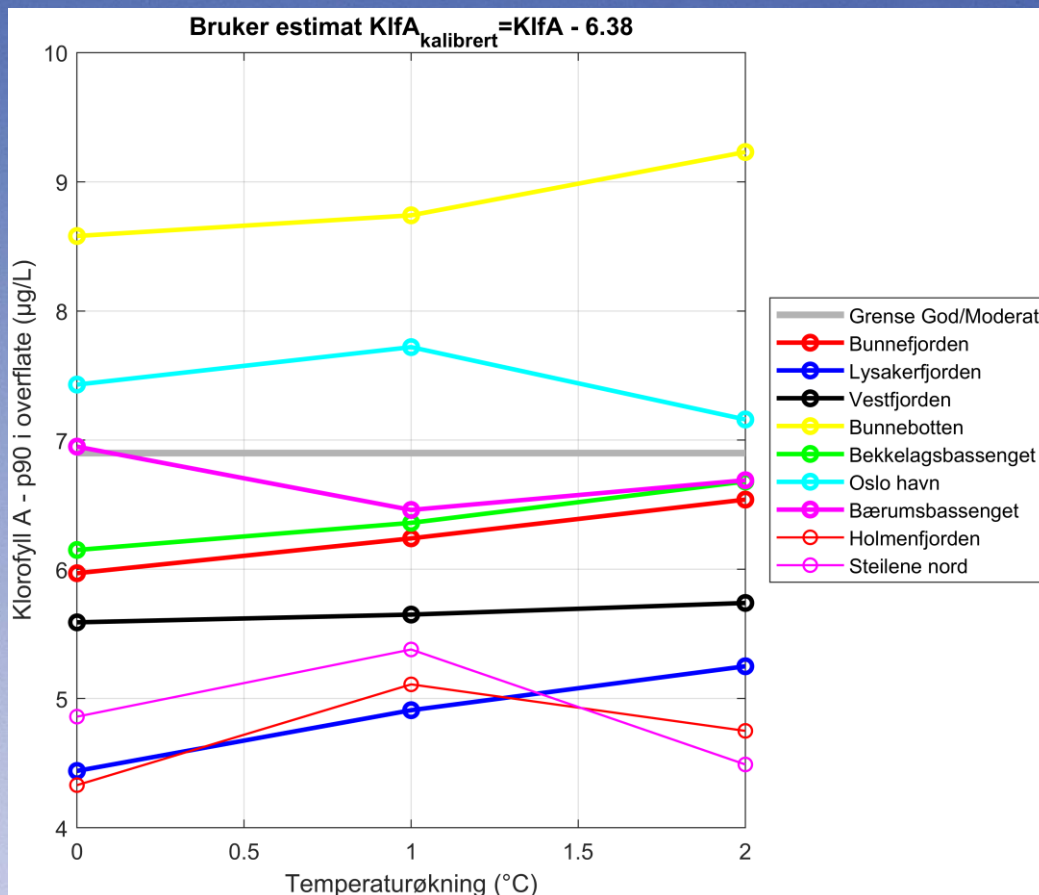
En varmere fjord

Fjorden blir varmere, og i modellen påvirker temperaturen det biologiske livet på flere måter. Planktonalgenes vekst, respirasjon og dødelighet går raskere når temperaturen øker. Samtidig så går nedbrytning av organisk stoff raskere.

Hvis lufttemperaturen øker med 2 grader, så øker vanntemperaturen i fjorden overflatelag med omtrent 0,7 grader, og på 60-65 m med omtrent 0,3 grader.

Ifølge modellen så fører dette til økt konsentrasjon av hydrogensulfid hvis vannmassen er anoksisk, men liten endring hvis vannmassen er hypoksisk.

Modellen gir ikke noe entydig svar på om det blir mer eller mindre alger i overflatelaget i et varmere klima.



SCENARIER

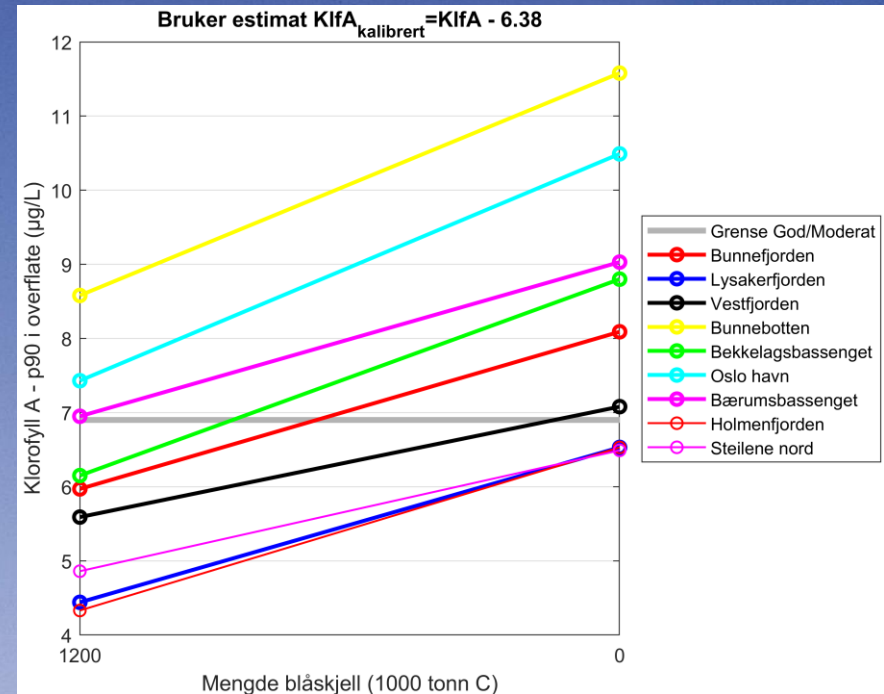
Hva skjer om blåskjellene forsvinner?

I modellen er det budsjett for organisk karbon, nitrogen, fosfor og silikat. Disse stoffene kan i modellen oppholde seg i vannmassene, enten oppløst eller som partikler, i sedimentene, i dyre- eller planteplankton, i marine bakterier eller i blåskjell. Dette gjør at modellen kan svare på en del av spørsmålet om hva som skjer om blåskjellene forsvinner.

Modellen kan si noe om hvor det blir av den stoffmengden som ikke lenger er i blåskjellene. Blåskjell i modellen har en viktig funksjon, nemlig å være med å regulere mengden plankton, ved at skjellene beiter på disse. Det vil være en rekke andre deler av dette spørsmålet som modellen ikke vil kunne svare på, blant annet hvordan dette vil påvirke fiske- og fuglelivet og bentisk fauna, eller om funksjonen til blåskjell vil erstattes av andre levende organismer.

I NFM er det antatt at fjordens blåskjell har en biomasse på 1,2 millioner tonn karbon når modellsimuleringene starter. Denne biomassen blir fordelt på de ni bassengene ut ifra lengden på strandlinjen i hvert basseng. Når disse blåskjellene fjernes fullstendig fra modellen gir dette store negative endringer i vannkvaliteten. Klorofyll a verdiene kan potensielt øke med **2-3 µg/L** om alle blåskjell forsvinner.

Dette modellresultatet må anees for å være et grovt anslag, siden det ikke er kjent hvor mye biomasse blåskjellene har i fjorden på det nåværende tidspunktet. Men dette modellresultatet viser hvor viktig blåskjell kan være for fjordens vannkvalitet. Det fins ikke nok data til å fastslå om blåskjell faktisk forsvinner fra Norge i dag, men det har de siste årene kommet mange meldinger om at det blir mindre skjell mange steder (Mortensen & Strohmeier, 2018).



Mulige tiltak: Reduksjon av tilførsel til overflatelaget

Oslo havn er et av de områdene som peker seg ut som følsom for tilførsel til overflatelaget. Alle overløpene til overflatelaget er ikke inkludert i dette modellarbeidet, og en burde se nærmere på disse. Reduksjon av tilførsel til overflatelaget er en av de mest effektive tiltakene for å bedre vannkvaliteten. Bunnebotten og Bærumsbassenget er også sårbare områder.

Antageligvis hadde også bassenget vest for Håøya pekt seg ut som et sårbart område, men det er ikke modellert som eget basseng i disse modellkjøringene.



Mulige tiltak

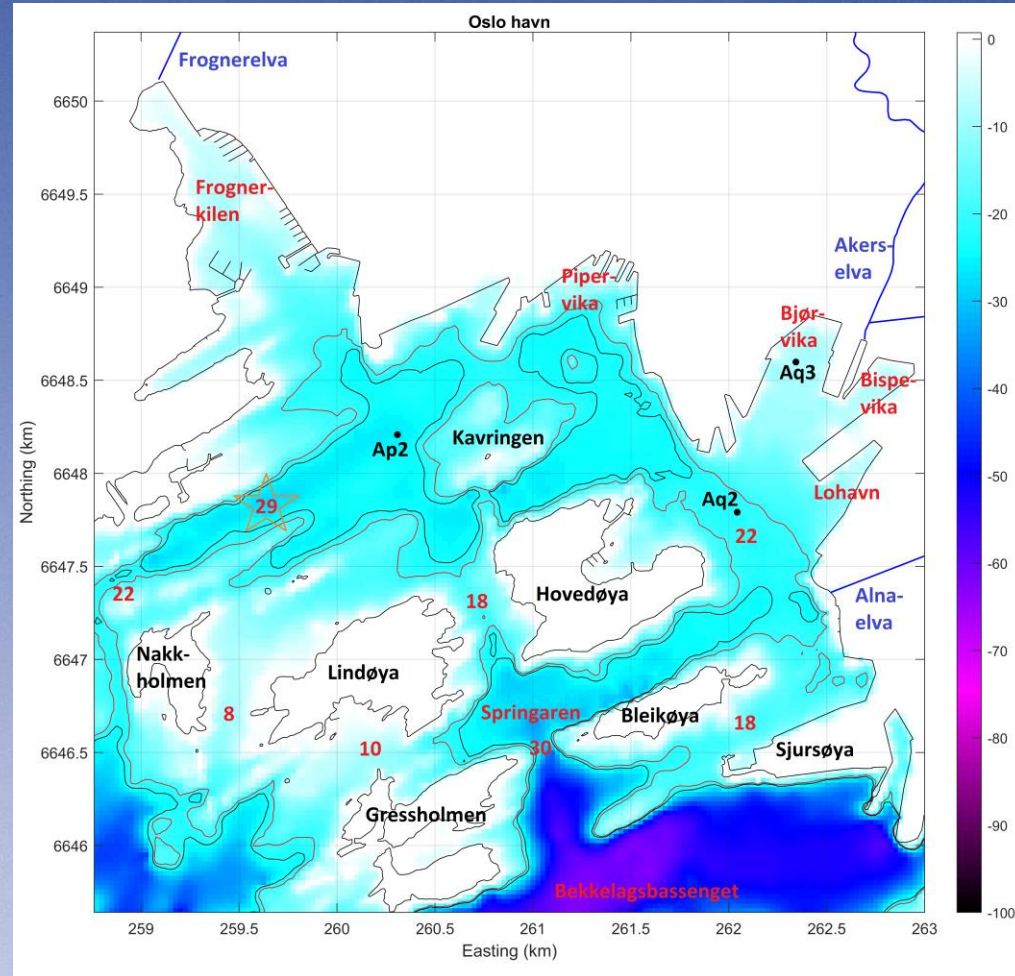
Kunstig blanding i Oslo havn?

I løpet av perioden 2015-2018 ble det avdekket at det kan være svært lave oksygenforhold under 23 m i Oslo havn. Målinger fra stasjon Ap2 viser dette. Området med oksygen under 1 ml/L kan utgjøre 1,2 mill. m², eller 1/5 av bunnarealet innenfor Nakkholmen, Lindøya og Hovedøya (se NIVA-rapport 7426). Det kan antas at dette kunne ha vært et attraktivt leveområde for fisk.

I forbindelse med kalibreringen av NFM ble det avdekket at oksygenforholdene er svært sensitive for mengden planteplankton, som igjen peker på hvor viktig det er å redusere overflatetilførslene.

Et mulig tiltak kunne være å legge et rør som slipper ut ferskvann på 29 m utenfor Sjøfartsmuseet. Dette vannet kunne for eksempel hentes fra Frognerelva.

Det er foreløpig ikke kjørt et scenario hvor dette er testet ut.



Mulige tiltak

Kunstig blanding i Bærumsbassenget?

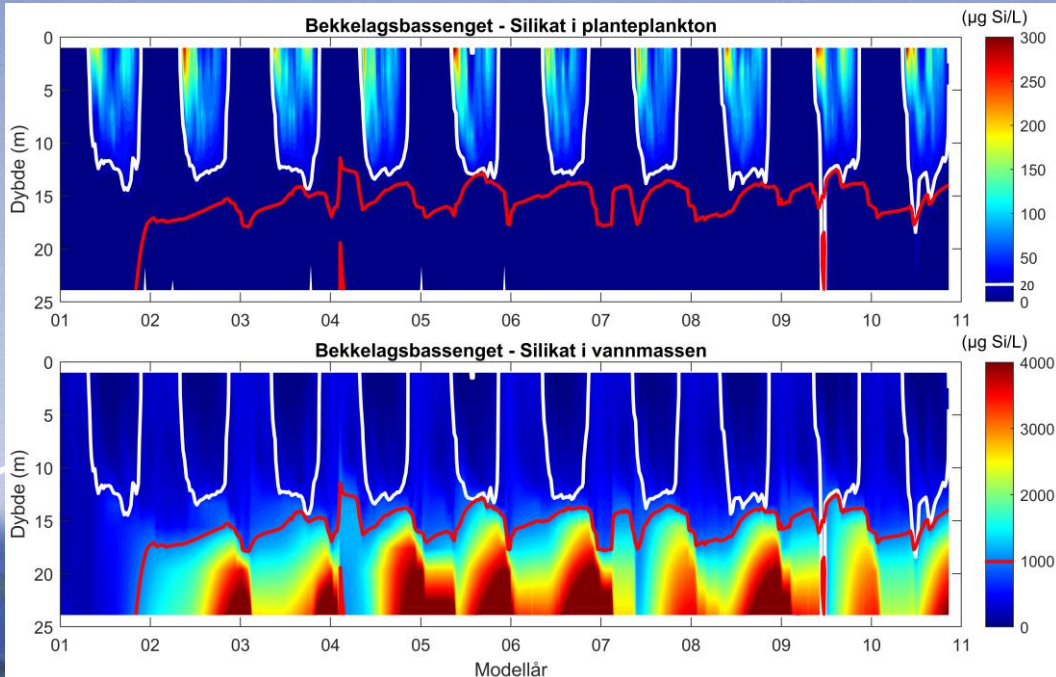
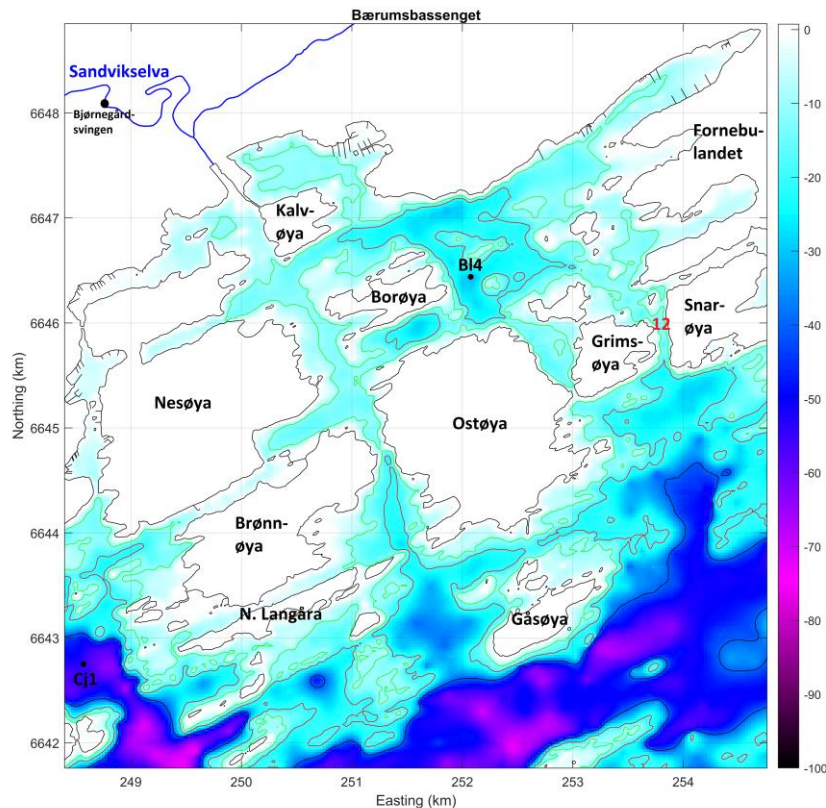
Det har i lang tid vært kjent at bunnvannet i Bærumsbassenget er anoksisk (fra målinger på stasjon BI4). Men det er mindre kjent hvor høye konsentrasjonene av næringsalter og organisk stoff kan bli.

Dette bassenget er et av de som er følsomme for endrede tilførsler til overflatelaget.

Modellresultatene tyder på at det er kort avstand mellom høye konsentrasjoner av f.eks. silikat i bunnvannet og plankton algene. Dette kan føre til problemer i fremtiden, på samme måte som i Hunnebu (se siste nummer av Naturen).

Et mulig tiltak kunne være å legge et rør som slipper ut ferskvann på dypet i Bærumsbassenget. Dette vannet kunne for eksempel hentes fra Sandvikselva.

Det er foreløpig ikke kjørt et scenario hvor dette er testet ut.



21. november 2019

Mulige tiltak

Flytting av målestasjon i Bunneboten

Bunneboten er et av de som er følsomme for endrede tilførsler til overflatelaget. Modellresultatene tyder på at det er svært lave oksygenforhold nær bunn. Dette fanges ikke opp ved målinger på stasjon Gp1 som bare er litt over 15 m dyp. Det foreslås at CTD målingene tas på en ny stasjon «Gp2» som ligger litt lengre ut.

Et mulig tiltak kunne være å legge et rør som slipper ut ferskvann på dypet nær Gp2. Dette vannet kunne hentes fra avrenninga fra Pollevannet.

Det er foreløpig ikke kjørt et scenario hvor dette er testet ut.

