

# Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)

Foto: 28. juni 2018



# Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)

Foto: 28. juni 2018

Bunne-  
fjorden

Bygdø

Lysaker

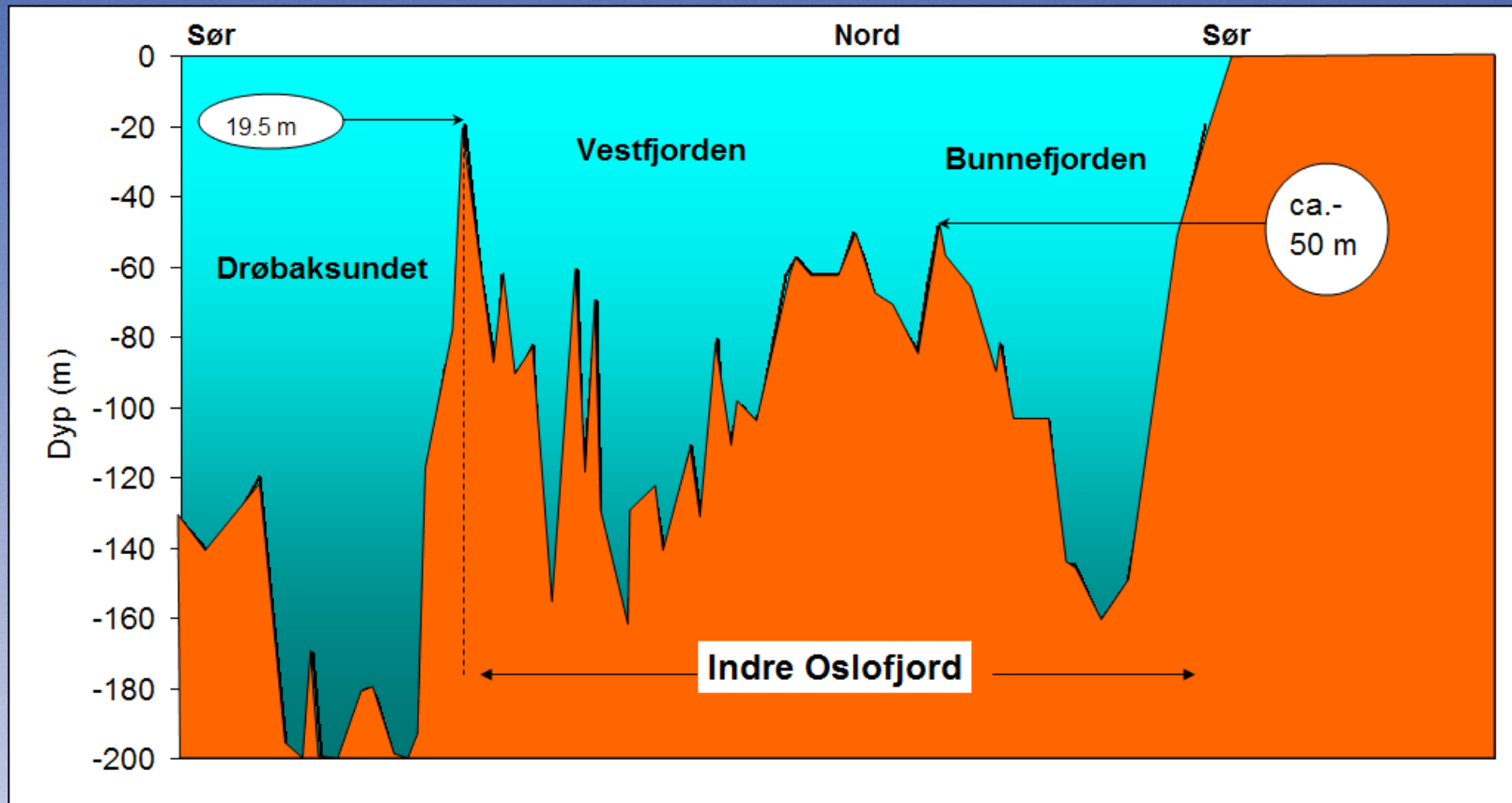
NIVA har av Fagrådet for vann- & avløpteknisk samarbeid i indre Oslofjord blitt bedt om å modellere miljøtilstanden i fjorden innenfor Drøbak. Det var et ønske om å se hele fjorden i sammenheng i lys av de utslippstillatelsene som foreligger samt befolkningsutviklingen. Til dette arbeidet har hovedsakelig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

# Modellering av indre Oslofjord med NIVA Fjordmodell (NFM)

Foto: 28. juni 2018

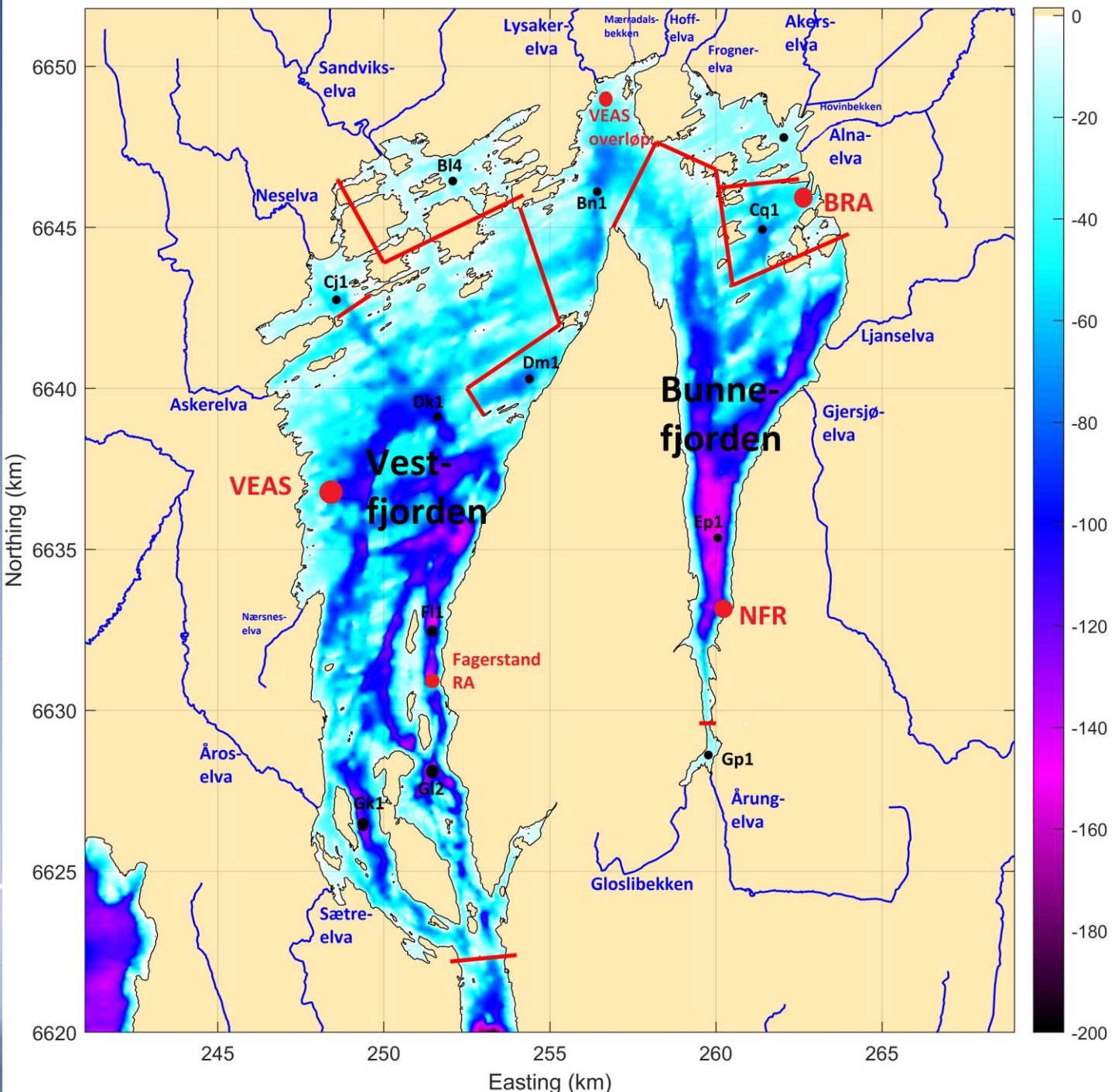


Indre Oslofjord har en rekke bassenger adskilt av terskler  
De fysiske forholdene er forskjellige i hvert basseng



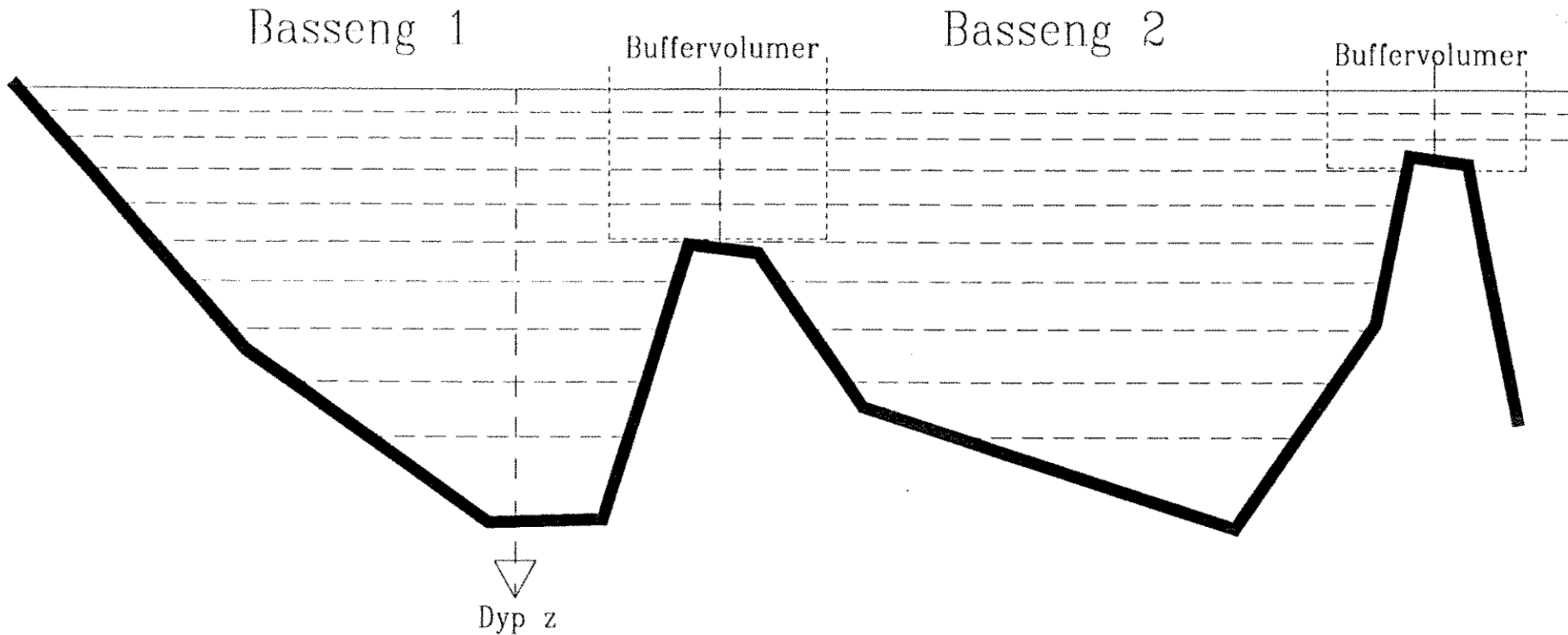
NIVA Fjordmodell er delt inn i 9 bassenger:

- 1. Bunnefjorden
- 2. Lysakerfjorden
- 3. Vestfjorden
- 4. Bunnebotten
- 5. Bekkelagsbassenget
- 6. Oslo havn
- 7. Bærumsbassenget
- 8. Holmenfjorden
- 9. Steinene Nord



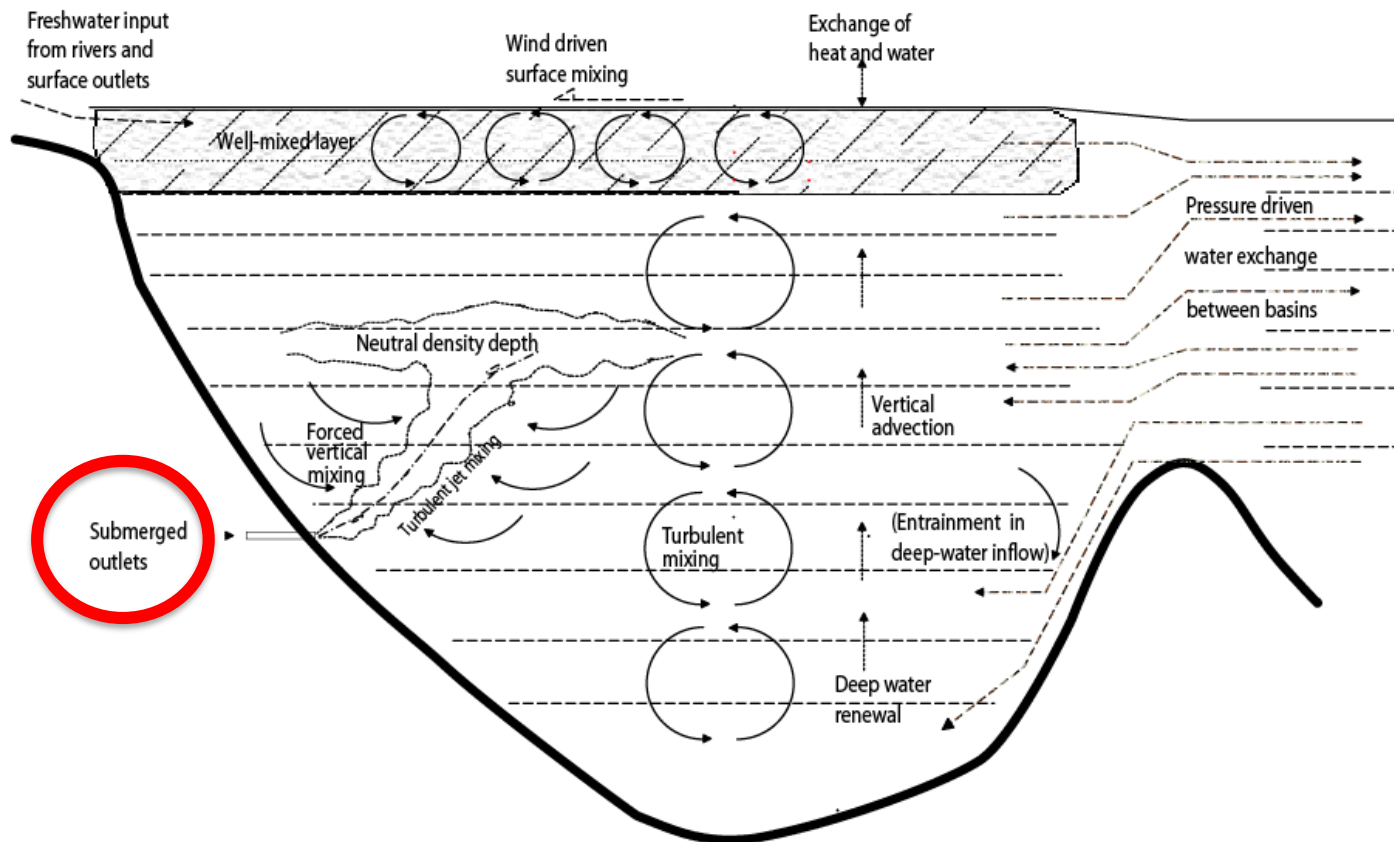
# NIVA Fjordmodell (NFM)

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



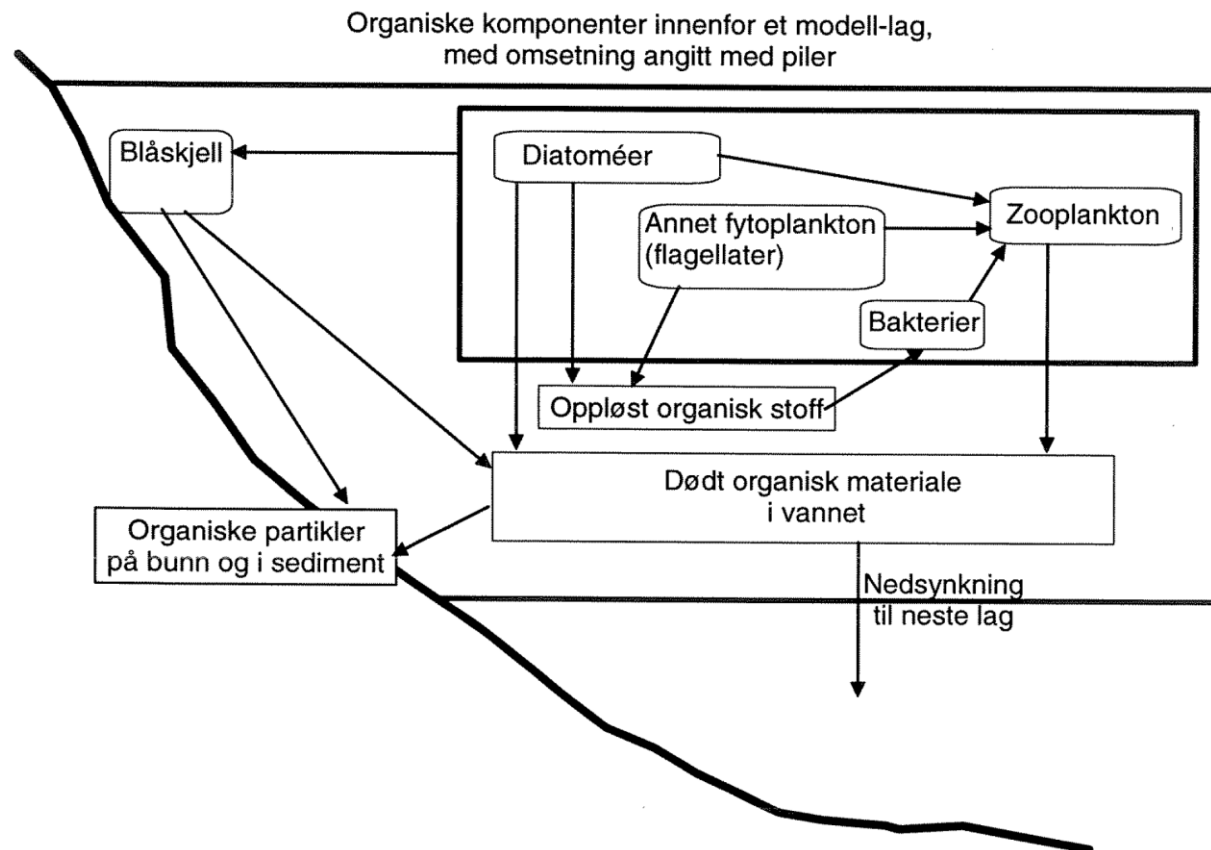
# NIVA Fjordmodell (NFM)

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



# NIVA Fjordmodell (NFM)

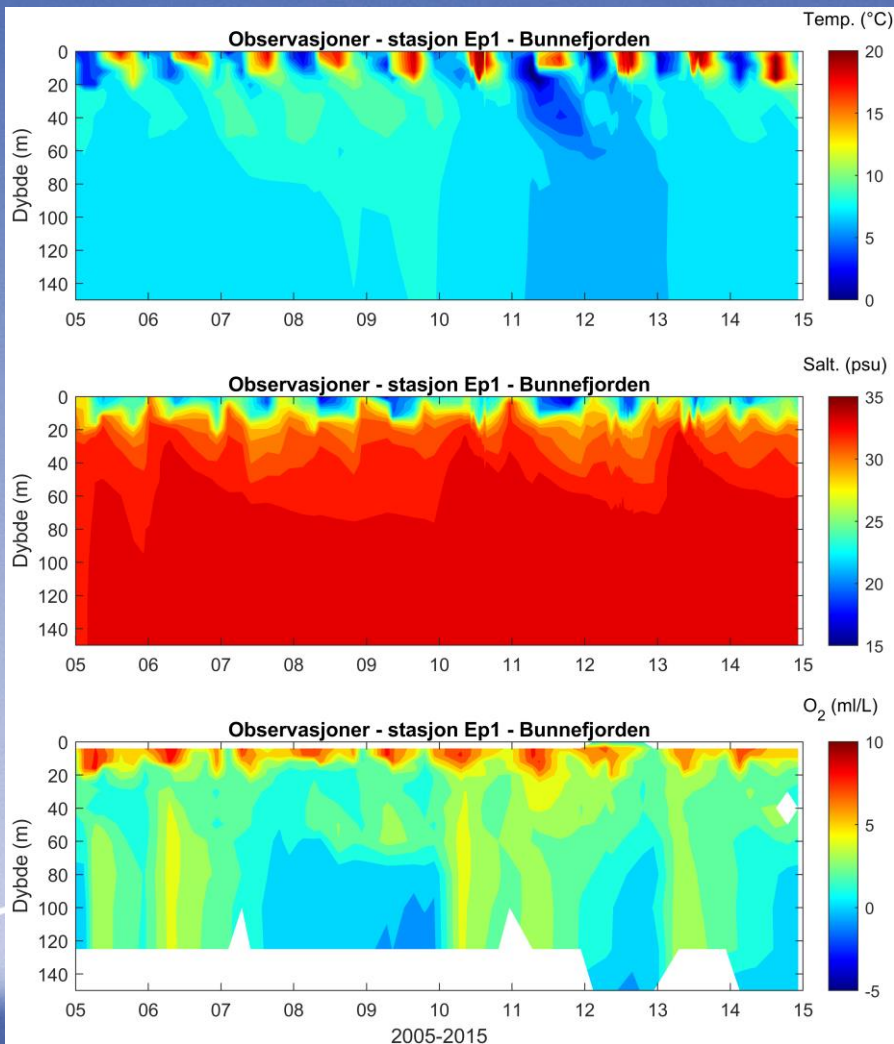
Biologien i fjorden blir beskrevet i hvert lag i modellen, hvor stoffene C, N, P og Si har hvert sitt budsjett.



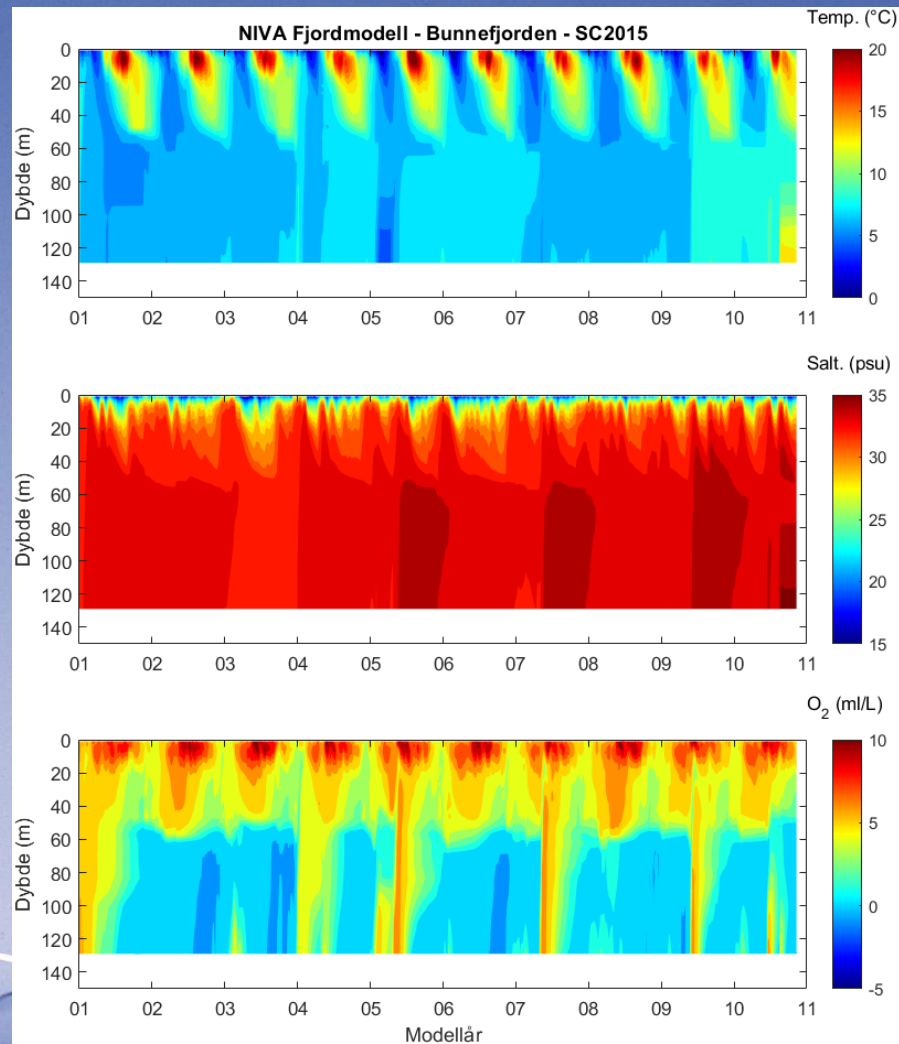


# Bunnefjorden

## Observasjoner

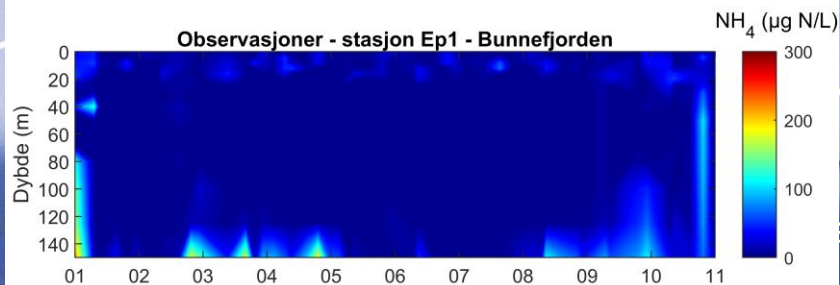
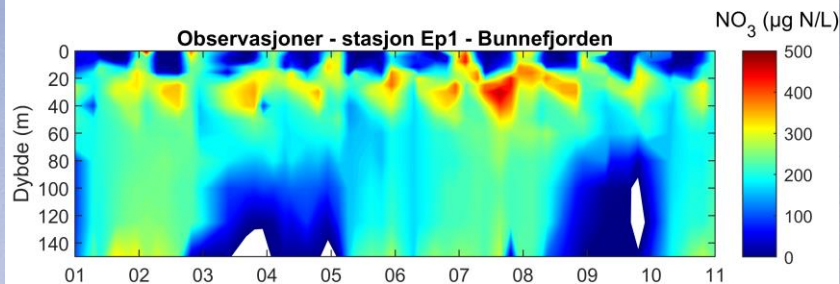
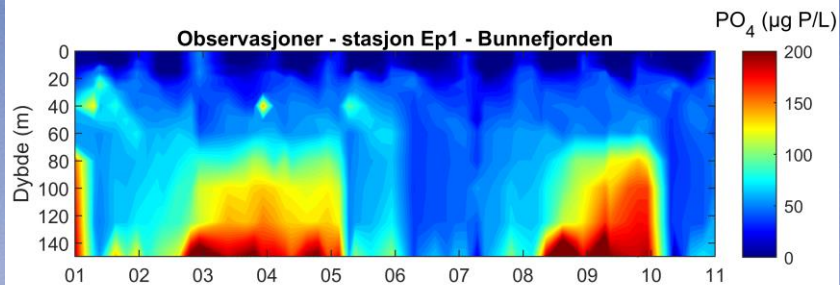
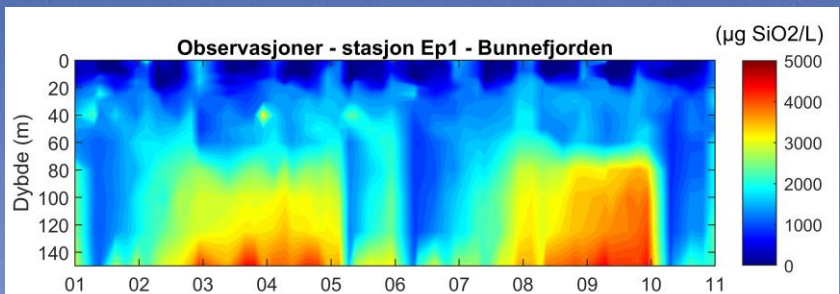


## NIVA Fjordmodell

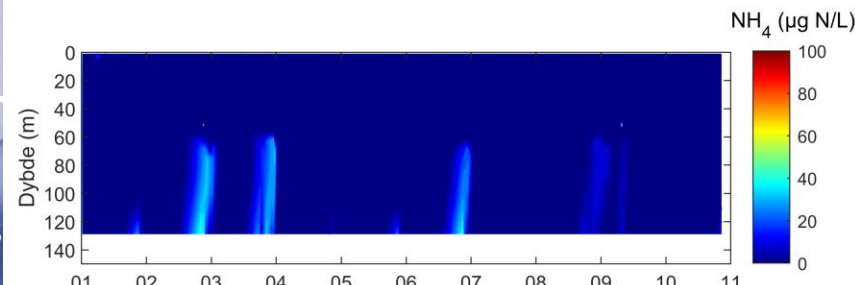
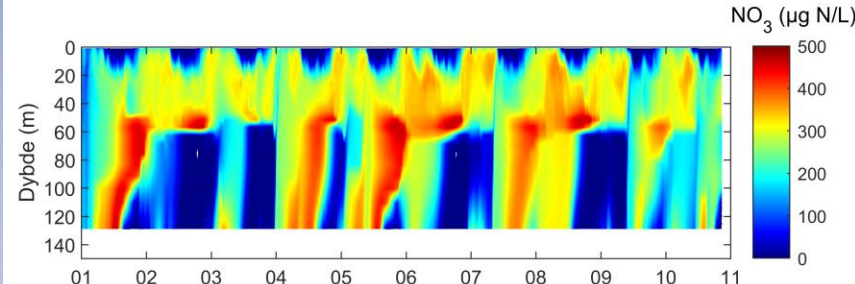
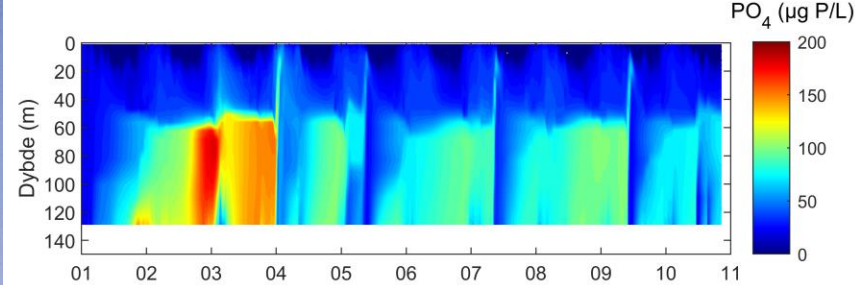
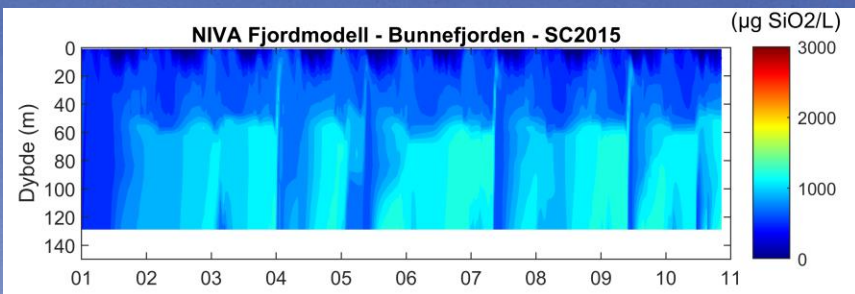


# Bunnefjorden

## Observasjoner



## NIVA Fjordmodell



# Klassifisering av vannkvaliteten

**Tabell 8.** Vannkvalitet basert på kvalitetselementet planteplankton for vanntype nr. 3 («beskyttet») i regionen Skagerrak. Grunnlaget er tabell 9.3 i veileder 02:2018. Verdien på 27 µg/L som er nødvendig for å beregne nEQR i klassen «svært dårlig» er ikke nevnt i veilederen, men er brukt i denne rapporten.

Klasse	90 prosentil av klorofyll a i overflatelaget i vekstsesongen (feb.-okt.)	nEQR-verdi (normalisert økologisk kvalitetsforhold)
Svært god	0,00 – 3,91 µg/L	0,81 – 1,00
God	3,92 – 6,89 µg/L	0,61 – 0,80
Moderat	6,90 – 8,99 µg/L	0,41 – 0,60
Dårlig	9,00 – 17,99 µg/L	0,21 – 0,40
Svært dårlig	18,00 – 27,00 µg/L	0,00 – 0,20

Det fins også klassegrenser for næringsalter i overflatelaget og oksygen i bunnvannet.

# Vestfjorden

Datagrunnlag	Dk1: 1995-1998		Dk1: 2015-2018		b3-VF: SC1995		b3-VF SC2015	
Parameter	Verdi	nEQR	Verdi	nEQR	Verdi	nEQR	Verdi	nEQR
Klorofyll a (µg/L)	7,1	0,58	5,4	0,69	6,5	0,62	5,6	0,68
Tot-N sommer (µg/L)	213	0,83	199	0,84	159	0,87	146	0,88
Tot-N vinter (µg/L)	398	0,58	316	0,74	237	0,84	212	0,85
NO3 sommer (µg/L)	3,8	0,94	1,0	0,98	2,5	0,96	1,2	0,98
NO3 vinter (µg/L)	233	0,39	202	0,45	228	0,40	203	0,44
NH4 sommer (µg/L)	7,0	0,93	3,0	0,97	0,6	0,99	0,5	0,99
NH4 vinter (µg/L)	31,6	0,81	7,7	0,95	0,2	1,00	0,1	1,00
Tot-P sommer (µg/L)	7,3	0,87	15,0	0,65	12,7	0,75	13,5	0,71
Tot-P vinter (µg/L)	22,4	0,70	33,7	0,50	24,4	0,62	24,9	0,61
PO4 sommer (µg/L)	1,0	0,94	2,0	0,89	0,0	1,00	0,1	1,00
PO4 vinter (µg/L)	17	0,71	19	0,67	22	0,59	22	0,58
Siktdyp (m)	4,7	0,43	5,8	0,57				
Oksygen minimum (ml/L)	0,27	0,04	1,82	0,26	0,30	0,04	0,17	0,02
Silikat sommer (µg SiO2/L)	70		71		32		48	
Silikat vinter (µg SiO2/L)	578		668		387		367	

# Bekkelagsbassenget

Datagrunnlag	Cq1: 1995-1998		Cq1: 2015-2018		b5-BL: SC1995		b5-BL: SC2015	
Parameter	Verdi	nEQR	Verdi	nEQR	Verdi	nEQR	Verdi	nEQR
Klorofyll a (µg/L)	6,1	0,65	6,7	0,61	7,5	0,55	6,2	0,64
Tot-N sommer (µg/L)	244	0,80	182	0,85	229	0,82	192	0,85
Tot-N vinter (µg/L)	539	0,42	333	0,71	313	0,75	249	0,83
NO3 sommer (µg/L)	4,6	0,92	2,6	0,96	6,5	0,89	1,6	0,97
NO3 vinter (µg/L)	265	0,34	219	0,41	297	0,29	237	0,38
NH4 sommer (µg/L)	9,1	0,90	13,3	0,86	1,0	0,99	0,8	0,99
NH4 vinter (µg/L)	117,1	0,49	7,8	0,95	0,7	1,00	0,1	1,00
Tot-P sommer (µg/L)	10,6	0,82	17,3	0,58	16,5	0,59	17,6	0,58
Tot-P vinter (µg/L)	23	0,68	32,9	0,51	23,7	0,65	23,7	0,65
PO4 sommer (µg/L)	1,3	0,93	2,3	0,87	0,1	1,00	0,1	1,00
PO4 vinter (µg/L)	17	0,72	20	0,64	20	0,62	21	0,60
Siktdyp (m)	3,9	0,34	4,8	0,45				
Oksygen minimum (ml/L)	-5,3	0,00	0,0	0,01	-10,0	0,00	-0,1	0,00
Silikat sommer (µg SiO2/L)	48		90		29		41	
Silikat vinter (µg SiO2/L)	262		973		547		509	

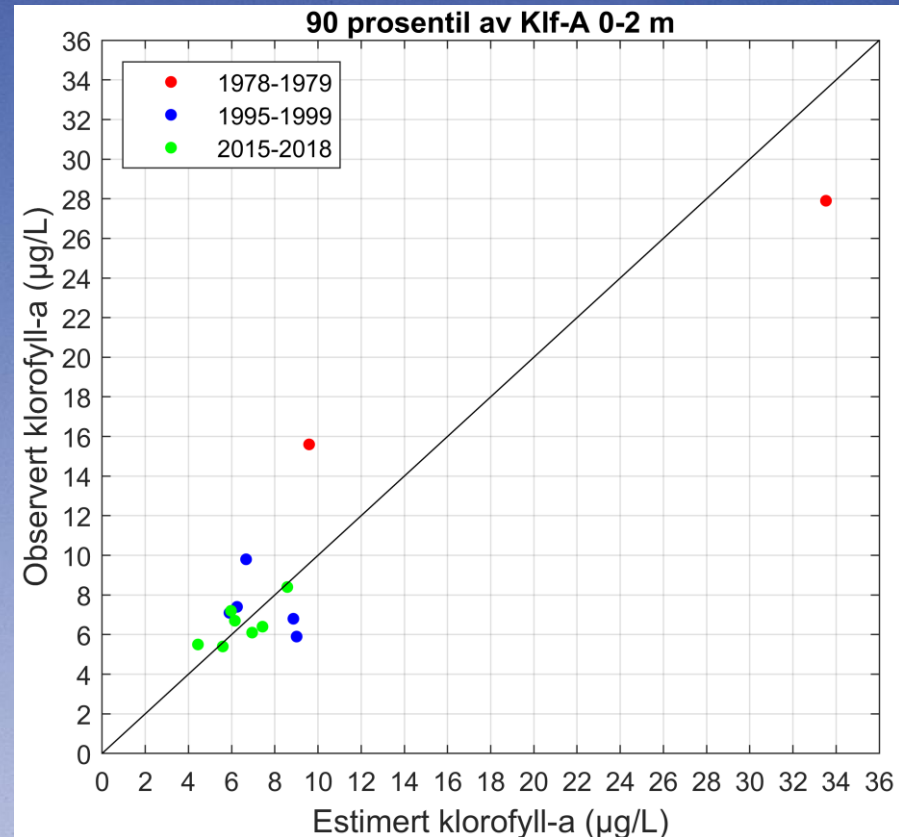
# 90 prosentil av klorofyll a i 0-2 m

Basert på data og modellscenarier fra 1995-1998 og 2015-2018 så blir nøyaktigheten til estimert klorofyll a i overflatelaget  $\pm 1,4 \mu\text{g/L}$ , hvis kalibrerte modellresultater brukes.

Forskjellen mellom scenariene mellom disse to periodene kan være mindre en dette feilestimatet.

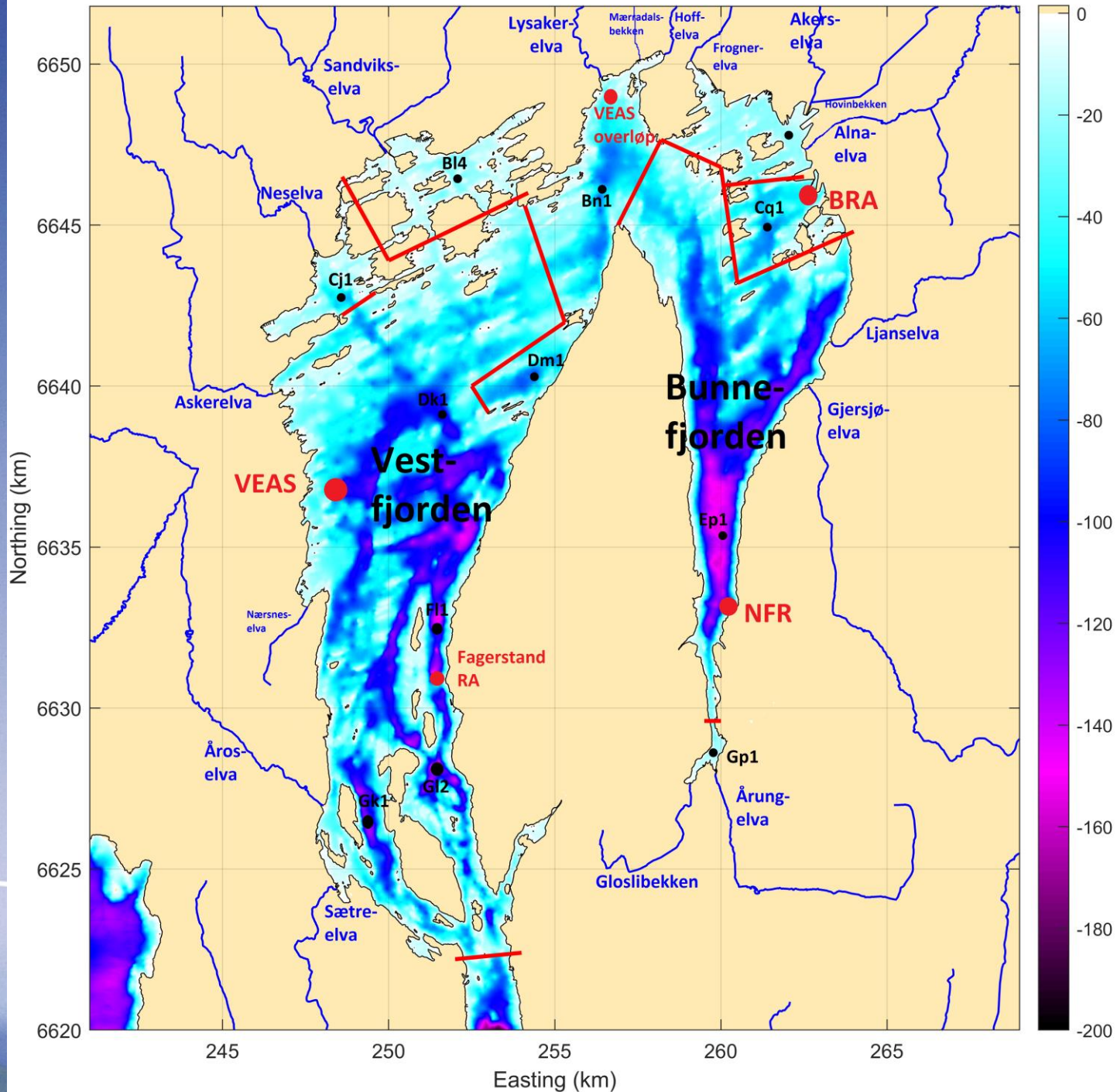
Data fra Vestfjorden og Oslo havn for 1977-1978 er blitt digitalisert, og en modellscenario basert utslippene fra den gang er kjørt.

Resultatet er vist som røde punkter og viser at NIVA Fjordmodell kan brukes til å se på trender i vannkvalitet i fjorden.



# SCENARIER

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



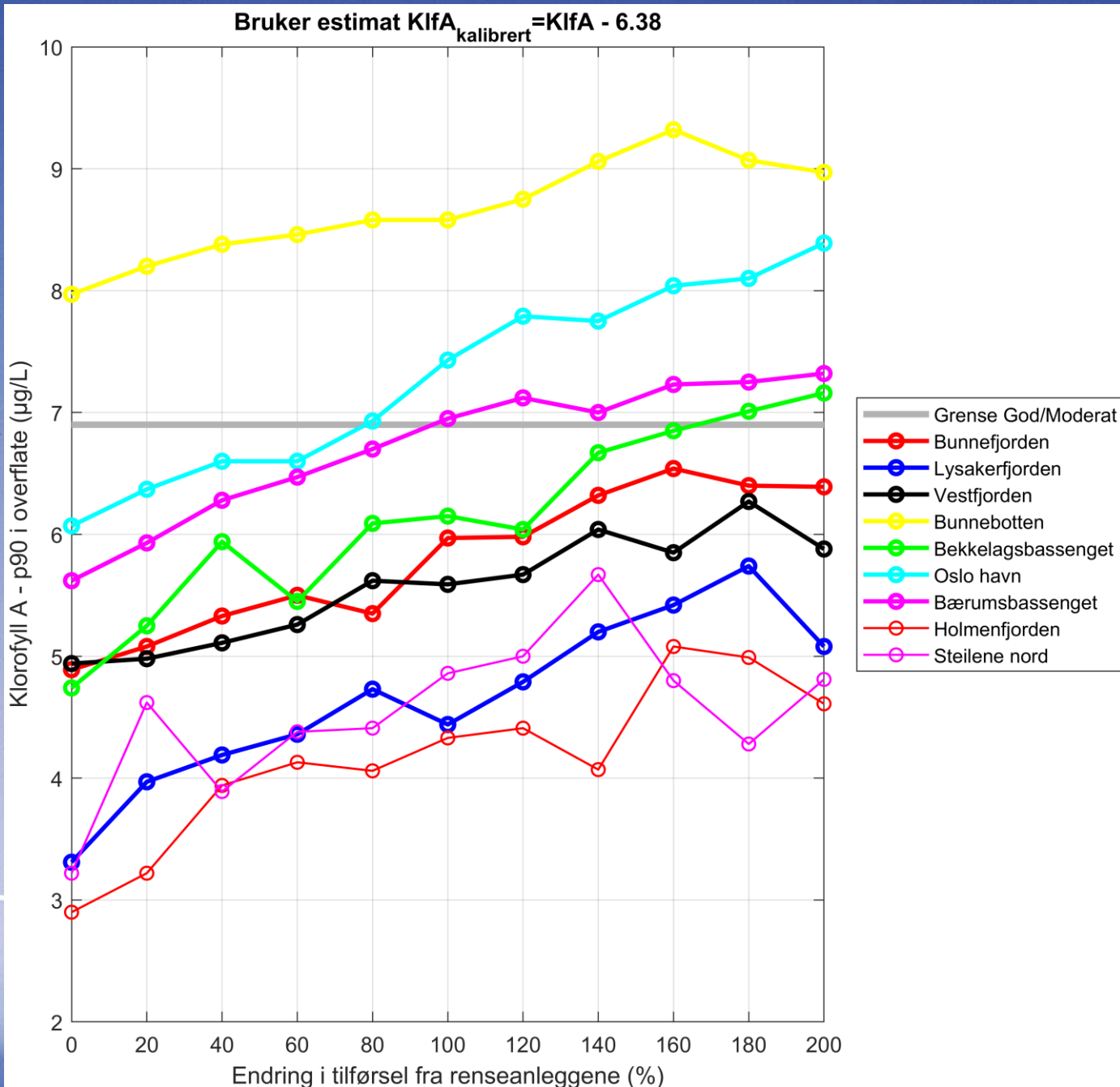
# SCENARIER

## 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.





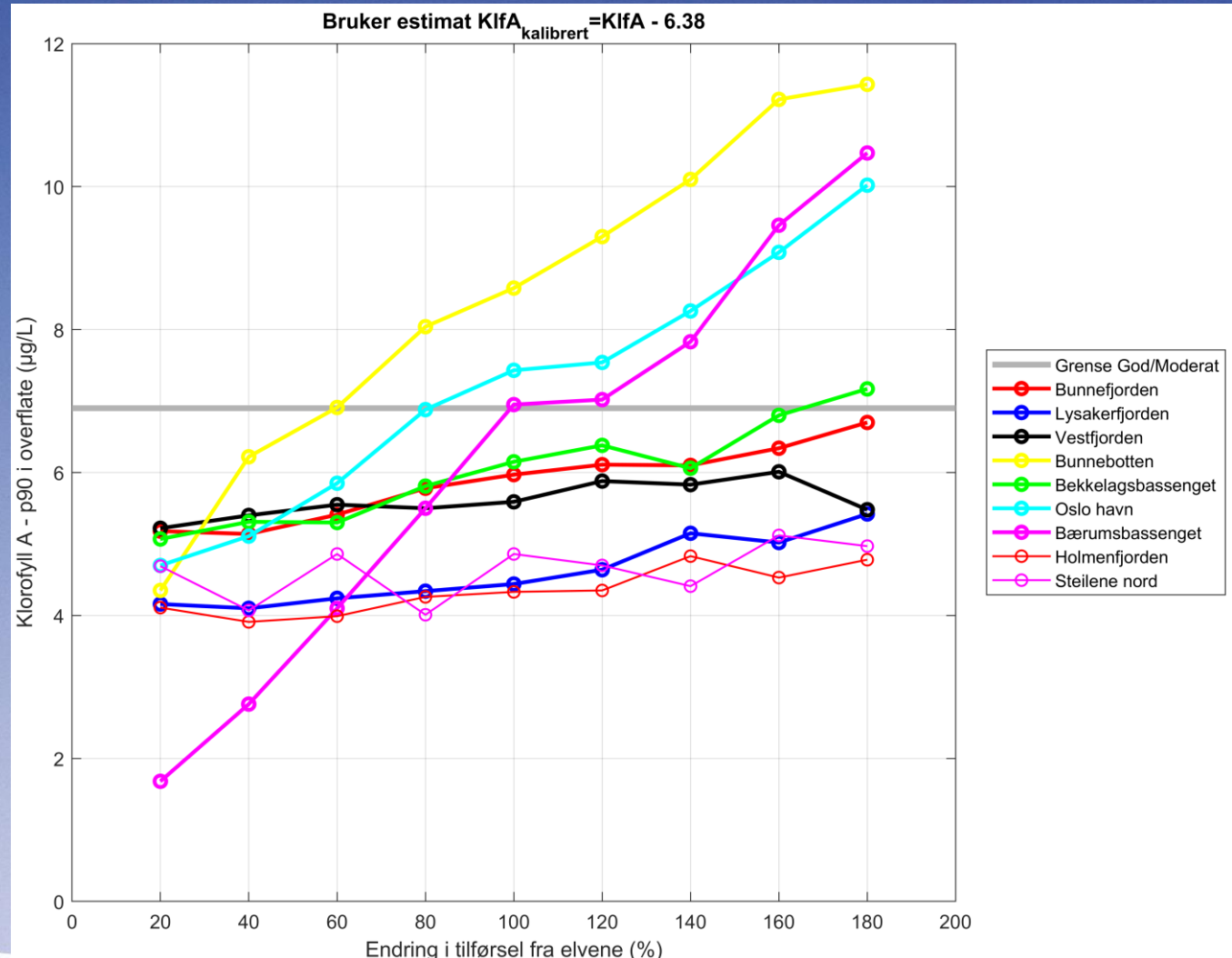
# SCENARIER

## Elvene (overflateutslipp)

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

Bassengene Bunneboten, 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

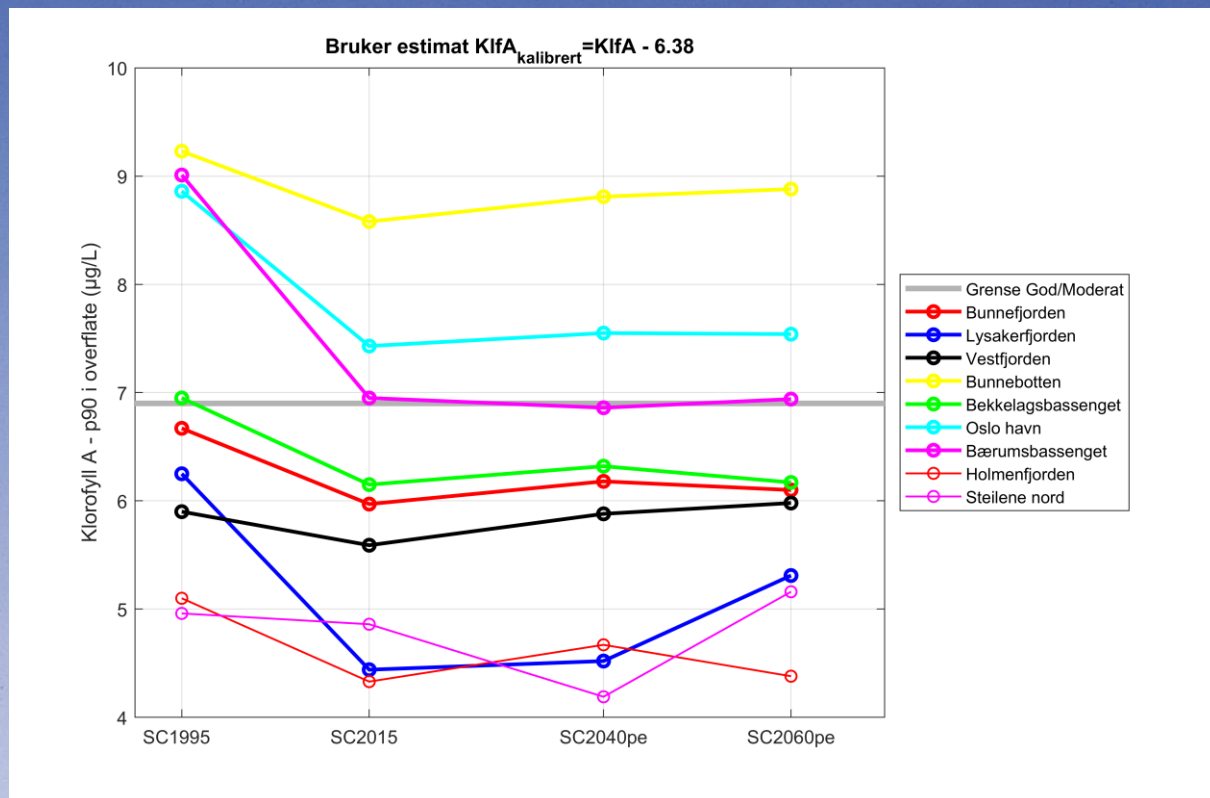
## Befolkningsøkning

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 algemengden 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

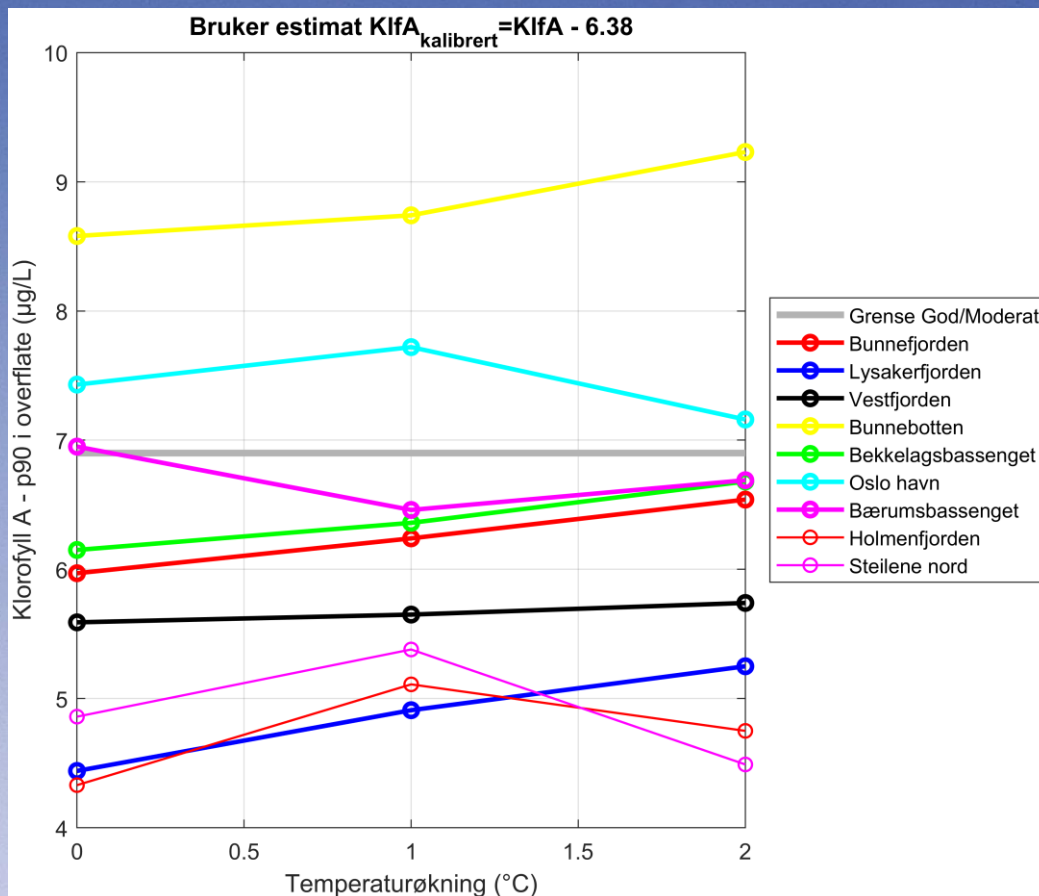
## En varmere fjord

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

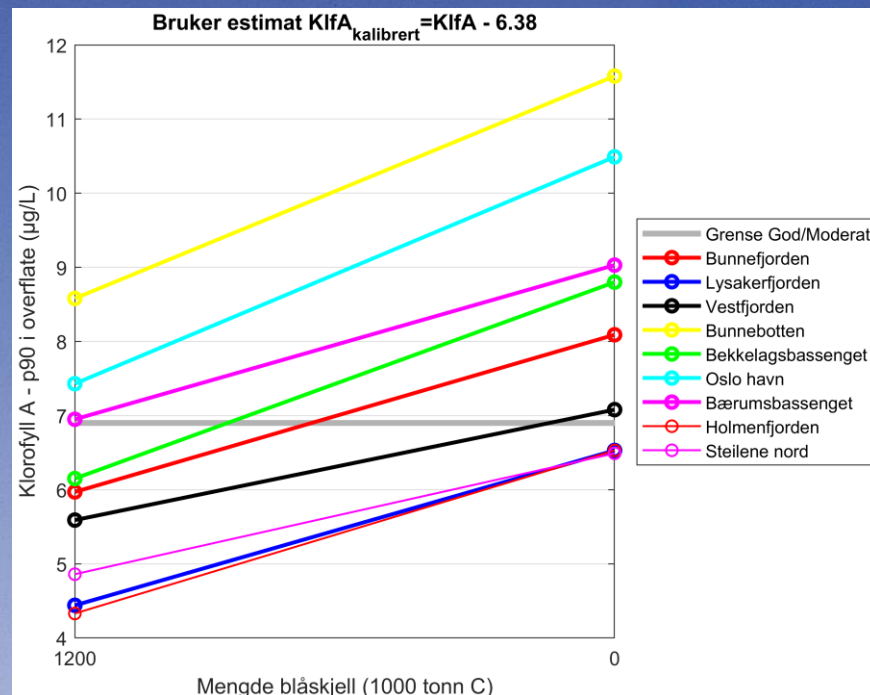
## Hva skjer om blåskjellene forsvinner?

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).



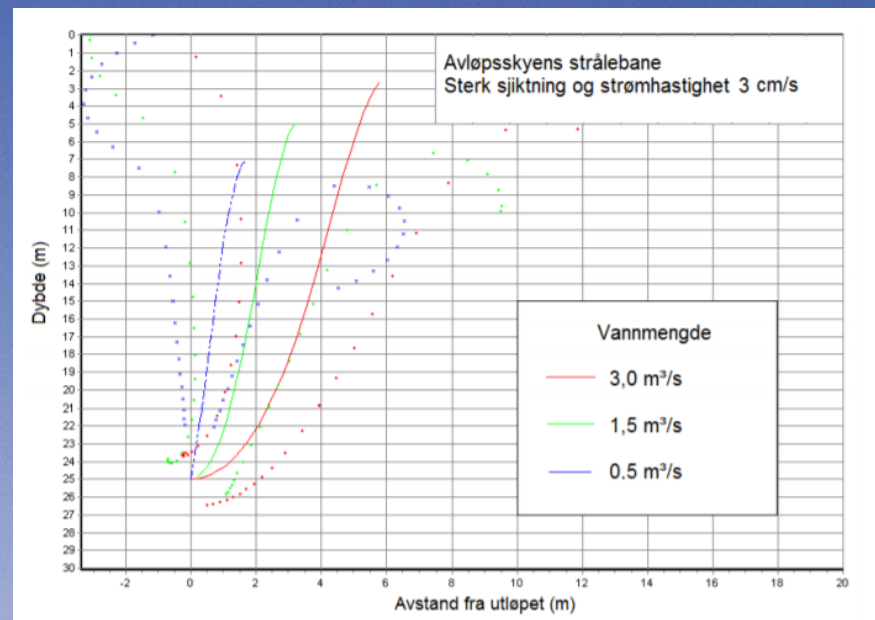
# Tilførsel til overflatelaget bør reduseres mest mulig

Bassengene Bunnebotten, Oslo havn og Bærumsbassenget er 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.

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.

Overløpet på 25 m dyp i Lysakerfjorden går opp til overflaten, og en få så lite vann som mulig ut av dette utslippet. Slik det er i dag, bør overløp om mulig dirigeres mot Midgardsormen og overløpet til Bekkelaget renseanlegg som er på 50 m dyp.

**Det anbefales på det sterkeste å legge overløpet som går til 25 m i Lysakerfjorden ned på dypet.**



Fra NIVA rapport 6729-2014



# Mulige tiltak

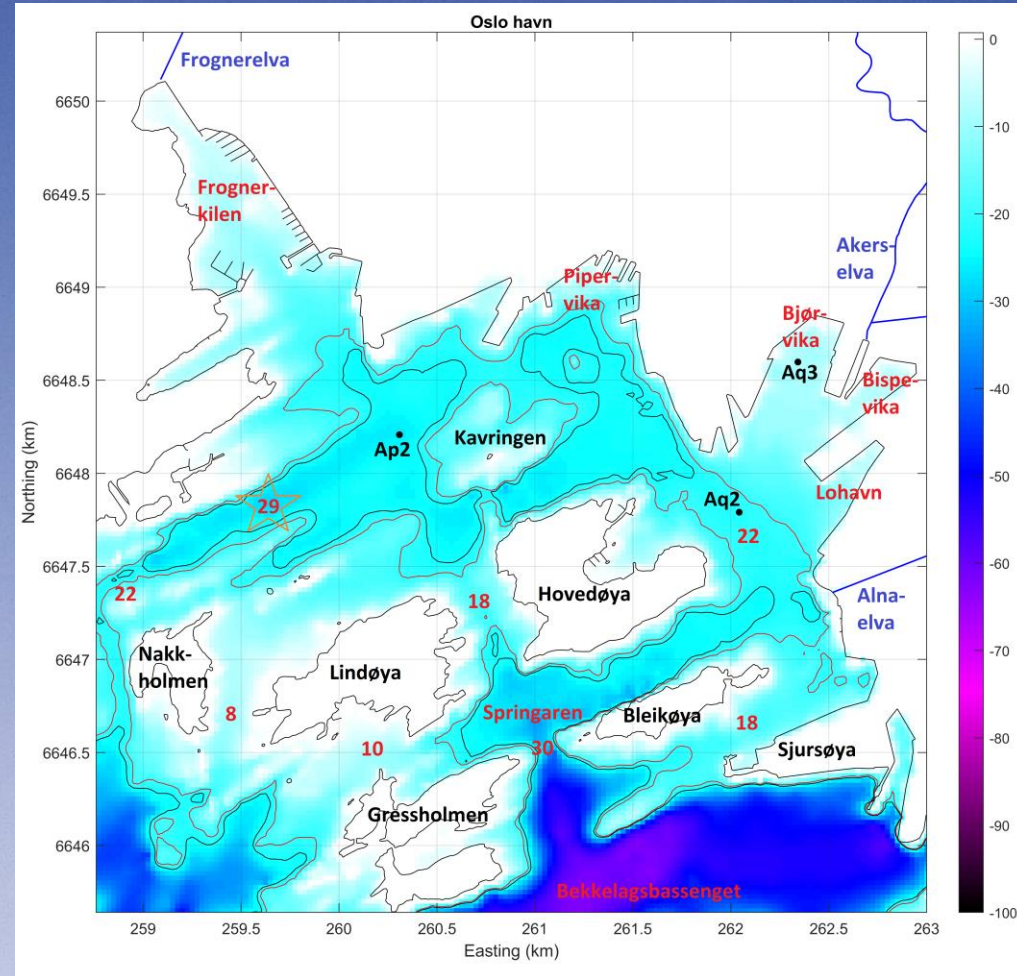
## Kunstig blanding i Oslo havn?

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. m<sup>2</sup>, 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?

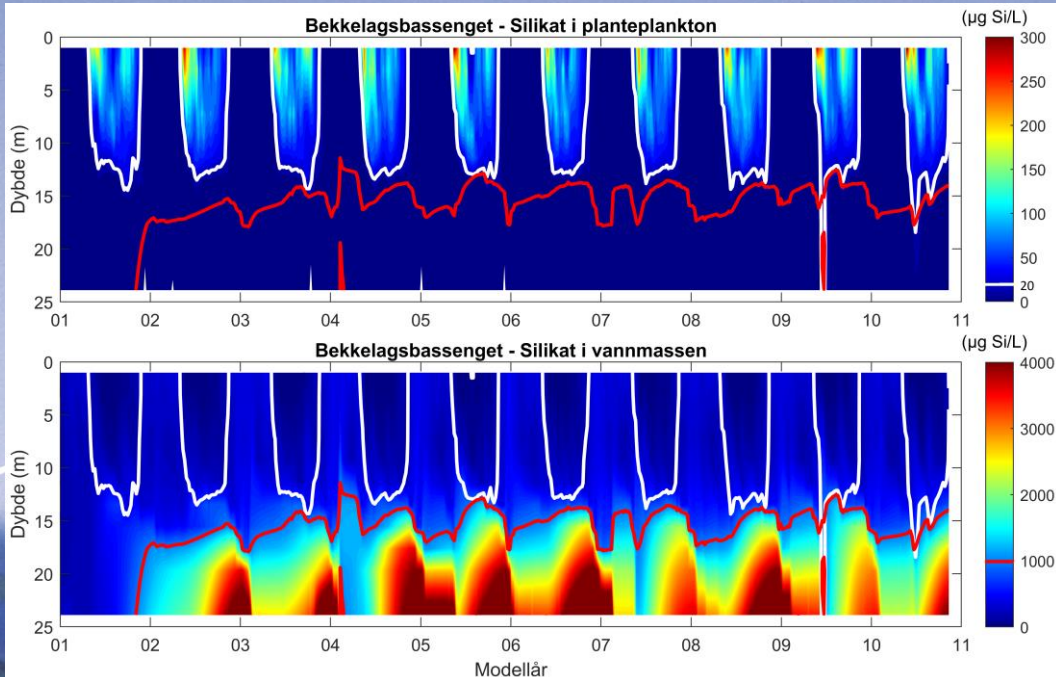
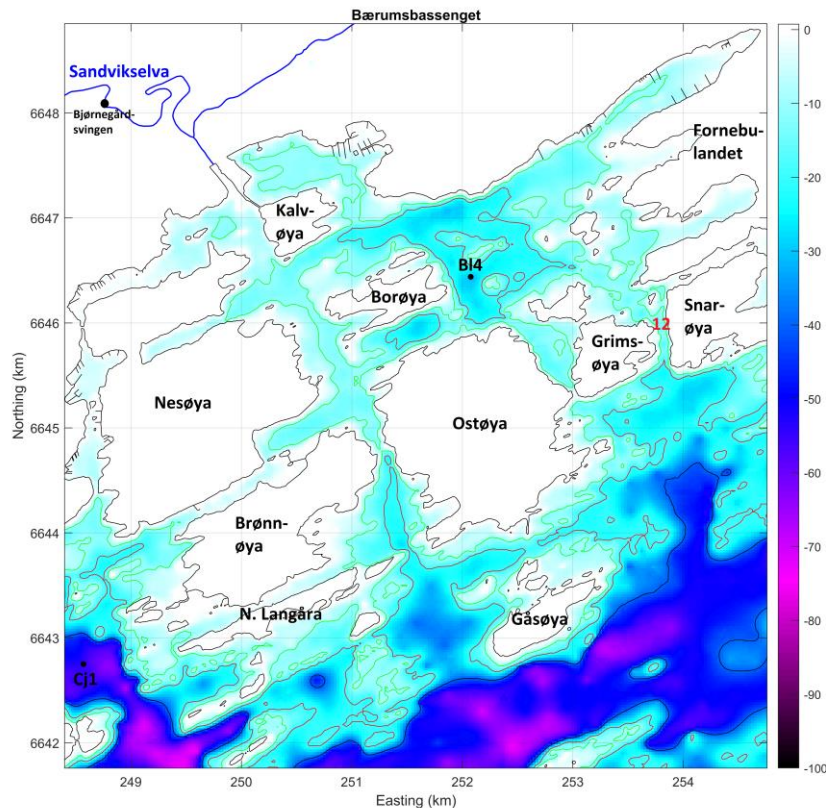
Det har i lang tid vært kjent at bunnvannet i Bærumsbassenget er anoksisk (fra målinger på stasjon B14). Men det er mindre kjent hvor høye konsentrasjonene av næringsalter og organisk stoff kan bli.

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.



2. desember 2019

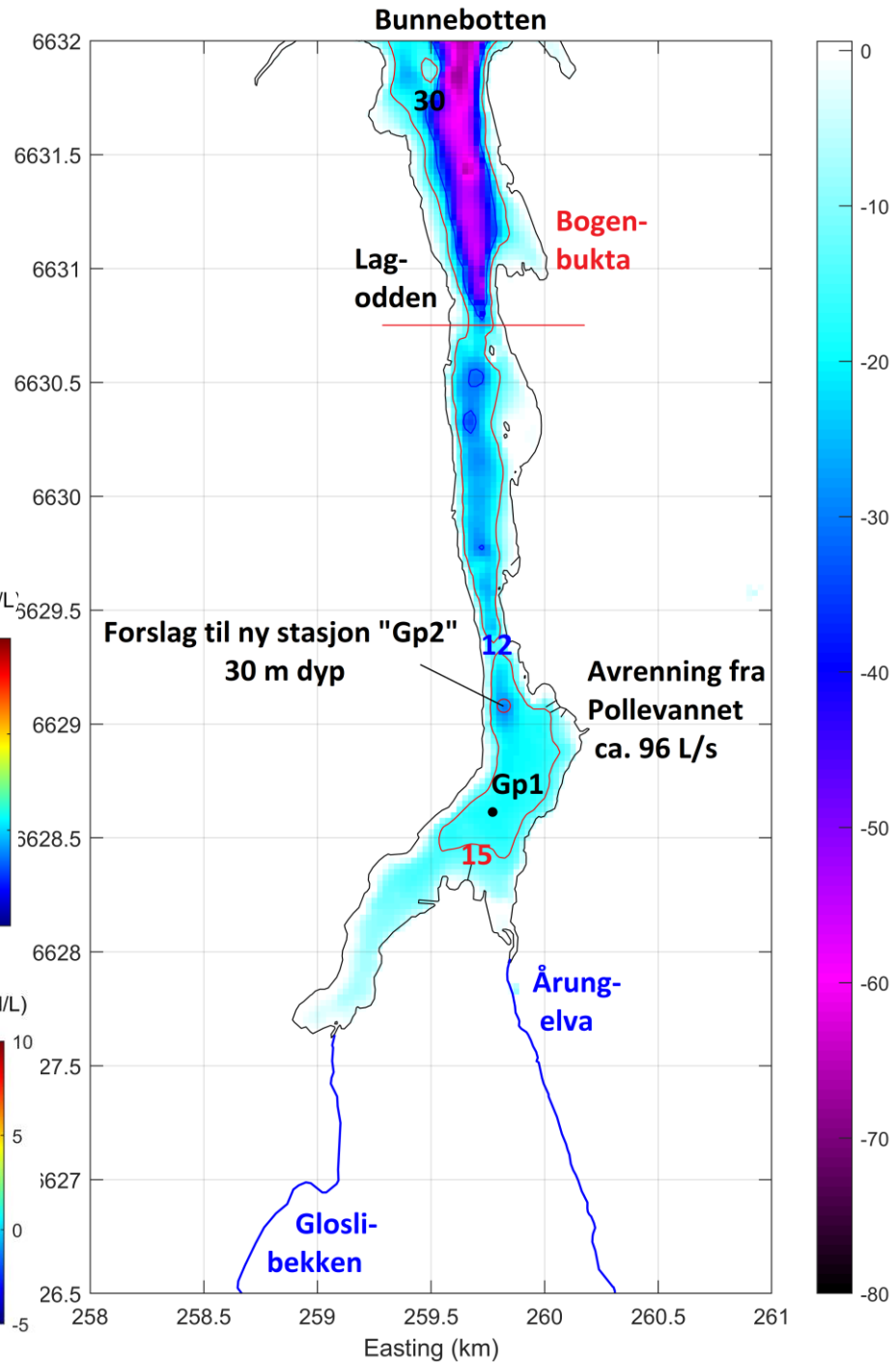
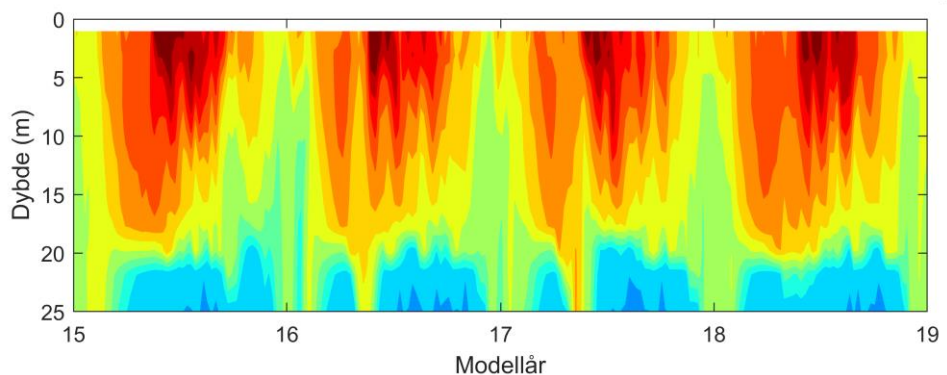
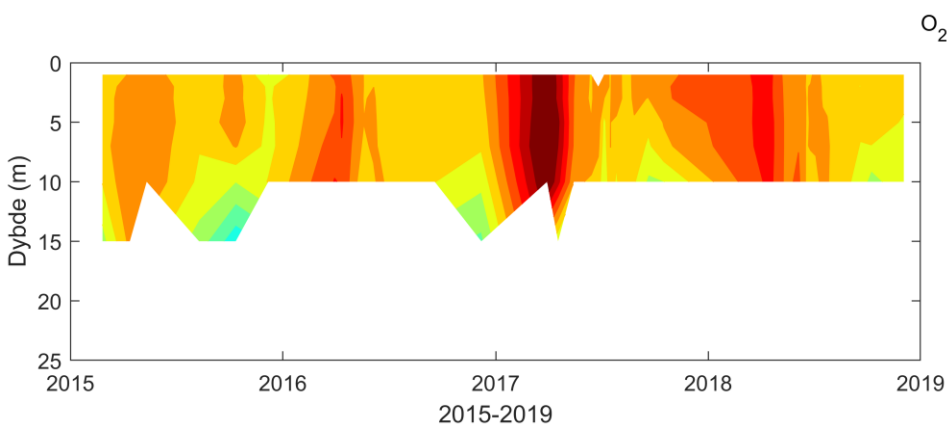
# Mulige tiltak

## 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.





## Andre anbefalinger:

### Dyputslipp til Bunnefjorden

I modellarbeidet fra 2017 ble forholdene i Bunnefjorden og Bekkelagsbassenget studert nøye.

Det anbefales å legge et utslipp av rensset avløpsvann på dypet i Bunnefjorden.

### Dyputslipp til Bekkelagsbassenget

Det anbefales å opprettholde vannmengden som slippes ut på 50 i Bekkelagsbassenget, siden dette har en dokumentert positiv effekt i dette bassenget.