

Vurdering av renseanlegg i Oslo- og Drammensfjorden

Delrapport 2: Modellering av Oslofjorden



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Vurdering av renseanlegg i Oslo- og Drammensfjorden Delrapport 1: Modellering av Oslofjorden	Løpenummer 7841-2023	Dato 10.03.2023
Forfatter(e) André Staalstrøm	Fagområde Hydrologi og oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 48 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Fagrådet for avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord	Kontaktperson hos oppdragsgiver Line Kristin Haug
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 220100

Sammendrag

Renseanleggene i Oslofjorden har i dag en betydelig positiv effekt på hele fjorden minst helt ut til Bastø. I Indre Oslofjord hadde det vært fra 2-4 ganger så høye konsentrasjoner av både nitrat og fosfat på sommeren uten renseanleggene. VEAS alene påvirker fjorden positivt, og det ville for eksempel vært 12 % eller mer planteplankton i Breiangen, hvis VEAS ikke hadde vært i drift. Ved overføring av avløpsvannet fra de fire største renseanleggene i Drammensfjorden til VEAS, så vil dette kunne gi en økning på rundt 10 % av nitrogen i overflatelaget på sommeren i Indre Oslofjord. Ut ifra en helhetlig vurdering av både forholdene i hele Oslofjorden, anbefales det å samle renseanleggene i Drammensfjorden til et sentralt renseanlegg med nitrogenfjerning og utslipp på 90 m dyp. Oksygenforholdene ville da bli svært mye bedre i Drammensfjorden, helt ned til det dypet hvor avløpsvannet slippes ut. Hvis det innføres nitrogenrensing så vil dette ha størst positiv effekt på vannkvaliteten områdene Drøbaksundet, Breiangen og Bastøbassenget, med reduksjon i mengden planteplankton i overflatelaget på minst 2-4 %.

Fire emneord	Four keywords
1. NIVA Fjordmodell	1. NIVA Fjord model
2. Estuarin sirkulasjon	2. Estuarine circulation
3. Oksygenforhold	3. Oxygen condition
4. Økologisk tilstand	4. Ecological condition

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

André Staalstrøm
Prosjektleder/Hovedforfatter

Louise Valestrand
Kvalitetssikrer

Ailbhe Lisette Macken
Forskningsleder

ISBN 978-82-577- 7577-3
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Vurdering av renseanlegg i
Oslo- og Drammensfjorden**
Delrapport 2: Modellering av Oslofjorden

Forord

I et samarbeid har Asker kommune og Fagrådet for avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord bedt NIVA modellere effekt av avløpsrensaneanlegg i Drammensfjorden og Indre Oslofjord. Bakgrunnen er at mulige omstilling av flere av rensaneanleggene vurderes.

I dette prosjektet har NIVA Fjordmodell blitt brukt og undertegnede har vært ansvarlig for modelleringen og vært prosjektleder. Dette arbeidet har bestått av å utvikle to forskjellige modellapplikasjoner, en for Drammensfjorden og en som dekker større deler av Oslofjorden. Denne delrapporten omhandler arbeidet med modellen som dekker hele Oslofjorden.

Bildet på forsiden er hentet fra norgebilder.no.

Sted, 10. mars 2023

André Staalstrøm

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
2	Oslofjorden	9
3	NIVA Fjordmodell	12
3.1	Generell beskrivelse av NIVA Fjordmodell.....	12
3.2	Topografi.....	13
3.3	Tilførsel	13
3.4	Værforhold.....	15
3.5	Forholdene utenfor modellområdet.....	15
3.6	Oversikt over modellkjøringer	15
4	Kalibrering av modellene	18
4.1	Kalibreringsparametere oksygen og planteplankton	18
4.2	Sammenligning av oksygen i dypvannet.....	19
4.3	Sammenligning av klorofyll a og næringssalter i overflatelaget.....	22
4.4	Variasjon næringssalter med dypet.....	31
5	Validering av modellene mot historiske data.....	35
5.1	Historiske tilførsler.....	35
5.2	Klorofyll i overflaten	36
5.3	Oksygenforhold i Drammensfjorden	37
6	Resultater fra modellscenarier	40
7	Diskusjon	44
7.1	Utfordringer ved å modellere planteplankton	44
7.2	Hva er den beste løsningen for fjorden?	46
	Referanser	47

Sammendrag

Oslofjorden i Sørøst-Norge har blitt modellert med NIVA Fjordmodell, som er en modell som beskriver de fysiske-kjemiske og økologiske forholdene i fjorden. Denne rapporten er den andre av to delrapporter, hvor den første rapporten hovedsakelig beskrev modellering av Drammensfjorden, mens denne rapporten tar for seg hele Oslofjorden under ett. Modellen har blitt validert mot historiske data av klorofyll a i overflatelaget og oksygen i dypvannet. Klorofyll a er et mål på mengden planteplankton, og dårlige oksygenforhold er tegn på høy organisk belastning som en følge av blant annet planktonvekst. I 1970-1980 var det mer planteplankton i overflatelaget og dårligere oksygenforhold i bunnvannet, spesielt i Indre Oslofjord. Modellen gjenspeiler de historiske forholdene tilfredsstillende når det legges inn historisk tilførsel til fjorden, men effekten av økt næringssalttilførsel underestimerer økning i mengden planteplankton.

For å vurdere effekten av de største renseanleggene i fjorden har rensegraden til disse blitt satt til null, og utslippene lagt til overflaten. Uten renseanleggene ville det vært signifikant økning i mengden planteplankton i hele fjorden minst ut til Bastøy. Modellen antyder at det kunne vært opp mot 40 % mer planteplankton på sommeren i Indre Oslofjord. VEAS står for mesteparten av den positive effekten på eutrofisituasjonen.

Ved å overføre alle de store renseanleggene i Drammensfjorden til VEAS, vil det bli 2-3 % mindre planteplankton og 25 % mindre nitrat på sommeren i Drammensfjorden. På den annen side vil det bli 1-2 % mer planteplankton og rundt 10 % mer nitrat på sommeren i Indre Oslofjord, samt dårligere oksygenforhold i Bunnefjorden.

I en simulering ble alle de store renseanleggene i Drammensfjorden samlet i et anlegg med nitrogenfjerning og felles utslipp i dypet. Dette vil gi nesten like stor eller større reduksjon i mengden planteplankton i Drammensfjorden som ved overføring til VEAS, og det vil i tillegg være en generell reduksjon av planteplankton i hele fjordsystemet. Legges dette utslippet på 90 m dyp blir det svært mye bedre oksygenforhold i Drammensfjorden, og det forventes at anoksiske forhold kan unngås i store deler av vannsøylen. Ut ifra en helhetlig vurdering av både forholdene i overflatelaget og bunnforhold, og ved å betrakte forholdene i hele Oslofjorden, peker løsningen med å samle renseanleggene i Drammensfjorden til et sentralt renseanlegg med nitrogenfjerning og utslipp på 90 m dyp som svært gunstig.

Hvis det i tillegg innføres nitrogenrensing på alle renseanlegg i hele Oslofjorden vil det bli mindre planteplankton i hele fjordsystemet, med størst reduksjon i områdene Drøbaksundet, Breiangen og Bastøbassenget, med reduksjon i mengden planteplankton i overflatelaget på minst 2-4 %. Det er også forventet at den største effekten på vannkvaliteten i et slikt scenario vil være en betydelig reduksjon i ettårige trådformede alger (lurv).

Summary

Title: Assessment of sewage treatment plants in the Oslofjord and the Drammensfjord
Subreport 2: Modeling of the Oslofjord
Year: 2023
Author(s): André Staalstrøm
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577- 7577-3

Oslofjorden in South-East Norway has been modeled with the NIVA Fjord Model, which is a model that describes the physical-chemical and ecological conditions in the fjord. This report is the second of two sub-reports, where the first report mainly described modeling of Drammensfjorden, while this report deals with the entire Oslofjorden as a whole. The model has been validated against historical data of chlorophyll a in the surface layer and oxygen in the deep water. Chlorophyll a is a measure of the amount of phytoplankton, and poor oxygen conditions are a sign of high organic load as a result of, among other things, plankton growth. In 1970-1980, there was more phytoplankton in the surface layer and poorer oxygen conditions in the bottom water, especially in the Inner Oslofjord. The model reproduces the historical conditions satisfactorily when a historical discharge to the fjord used as input, but the effect of increased input nutrients underestimates the increase in the amount of phytoplankton.

In order to assess the effect of the largest sewage treatment plants in the fjord, the degree of purification of these has been set to zero, and the discharge is added to the surface. Without the sewage treatment plants, there would have been a significant increase in the amount of phytoplankton in the entire fjord at least as far out as the area around the island Bastøy. The model suggests that there could have been up to 40% more phytoplankton in the inner Oslofjord in the summer. The sewage treatment plant VEAS accounts for most of the positive effect on the eutrophication situation.

By transferring all outlets from the largest sewage treatment plants in Drammensfjorden to VEAS, there will be 2-3% less phytoplankton and 25% less nitrate in the summer in Drammensfjorden. On the other hand, there will be 1-2% more phytoplankton and around 10% more nitrate in the summer in the Inner Oslofjord, as well as poorer oxygen conditions in Bunnefjorden.

In a simulation, all the large treatment plants in Drammensfjorden were combined in a plant with nitrogen removal and joint discharge into the depths. This will result in as large or greater reduction in the amount of phytoplankton in Drammensfjorden as in the case with transfer to VEAS, and there will also be a general reduction of phytoplankton in the entire fjord system. If this joint discharge is placed at a depth of 90 m, the oxygen conditions in Drammensfjorden will improve significantly, and it is expected that anoxic conditions can be avoided in large parts of the water column. Based on a holistic assessment of both the conditions in the surface layer and bottom conditions, and by considering the conditions in the entire Oslofjord, the solution of a central treatment plant in Drammensfjorden with nitrogen removal and discharge at a depth of 90 m points to be very favorable.

If, in addition, nitrogen removal is introduced at all treatment plants in Oslofjorden, there will be less phytoplankton in the entire fjord system, with the greatest reduction in the areas Drøbaksundet, Breiangen and the Bastøy basin, with a reduction in the amount of phytoplankton in the surface layer of at least 2-4%. Furthermore, it is expected that the greatest improvement on water quality in such a scenario will be a significant reduction in annual filamentous algae (turf algae).

1 Introduksjon

Tettstedene rundt Oslofjorden har en betydelig befolkning. Hvis en ser bort fra Indre Oslofjord, står befolkningen for omtrent en tredel av tilført nitrogen til Oslofjorden¹ (Staalstrøm et al., 2022). I Indre Oslofjord står befolkningen for omtrent to tredeler av de tilførte nærings saltene² (Guerrero & Sample, 2021). Regionen står nå overfor en situasjon hvor det er nødvendig å redusere tilførselene til fjorden, og dette kan innebære betydelige omstillinger i hvordan organiseringen av renseanleggene rundt Oslofjorden skal bli.

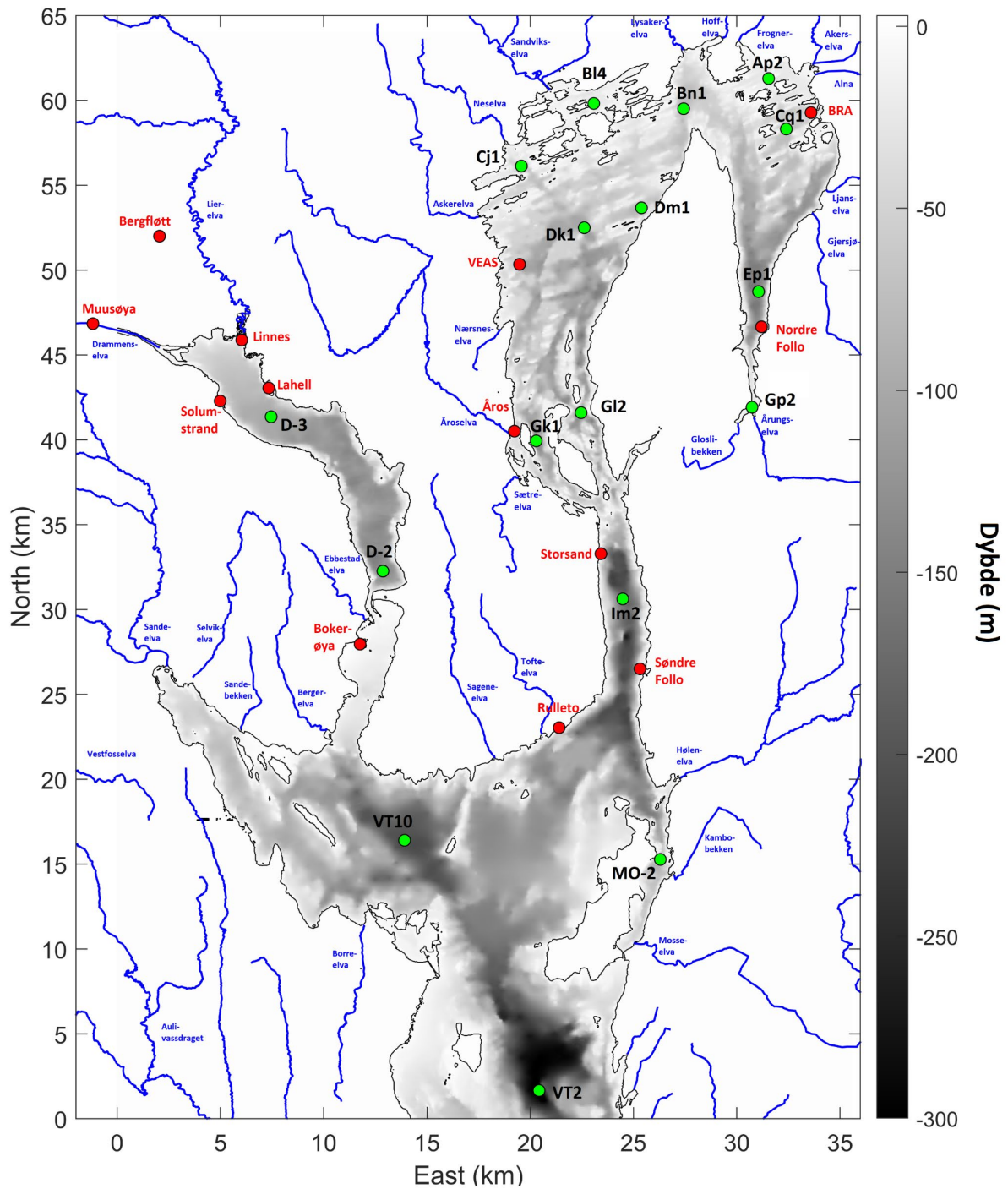
Det er en rekke renseanlegg som har utslipp til fjorden innenfor Horten-Moss (Figur 1). Nye løsninger for hvor disse anleggene skal lokaliseres og hvor de skal ha sitt utslipp er nå under utredning. Dette vil ha konsekvenser for hele dette området. I Figur 1 er de viktigste renseanleggene som har utløp til Drammensfjorden, Indre Oslofjord og Drøbaksundet tegnet inn. I dette prosjektet vil vi se på følgende problemstillinger:

1. Hvilken effekt har disse renseanleggene på fjorden i dag?
2. Hvilken effekt har det største renseanlegget VEAS på fjorden i dag?
3. Hva er effekten av å flytte alle renseanleggene i Drammensfjorden til VEAS?
4. Hva er effekten av å bygge et nytt sentralt renseanlegg i Drammensfjorden (SRAD)?
5. Hva er effekten av å la SRAD ha utslipp i dypet i Drammensfjorden?
6. Hva er effekten av å introdusere nitrogenrensing på alle renseanlegg?

For å svare på disse problemstillingene vil det være nødvendig å modellere den biologiske responsen på tilførselene både i Drammensfjorden, Indre Oslofjord og resten av Oslofjorden.

¹ Befolkningen står for 35 % av tilførselen av biotilgjengelig nitrogen.

² For perioden 2017-2019 sto befolkningen i Indre Oslofjord for 71,2% av tilført totalt fosfor (TP) og 68,8% av tilført totalt nitrogen (TN).



Figur 1. Kart over Oslofjorden. De grønne prikkene er utvalgte overvåkingsstasjoner i fjorden (se Vedlegg 3 for posisjoner). De røde prikkene viser utslipp fra utvalgte rensesanlegg. Mjøndalen rensesanlegg har utslipp til Drammenselva litt utenfor kartet. Fargeskalaen angir dybdeforholdene i fjorden.

2 Oslofjorden

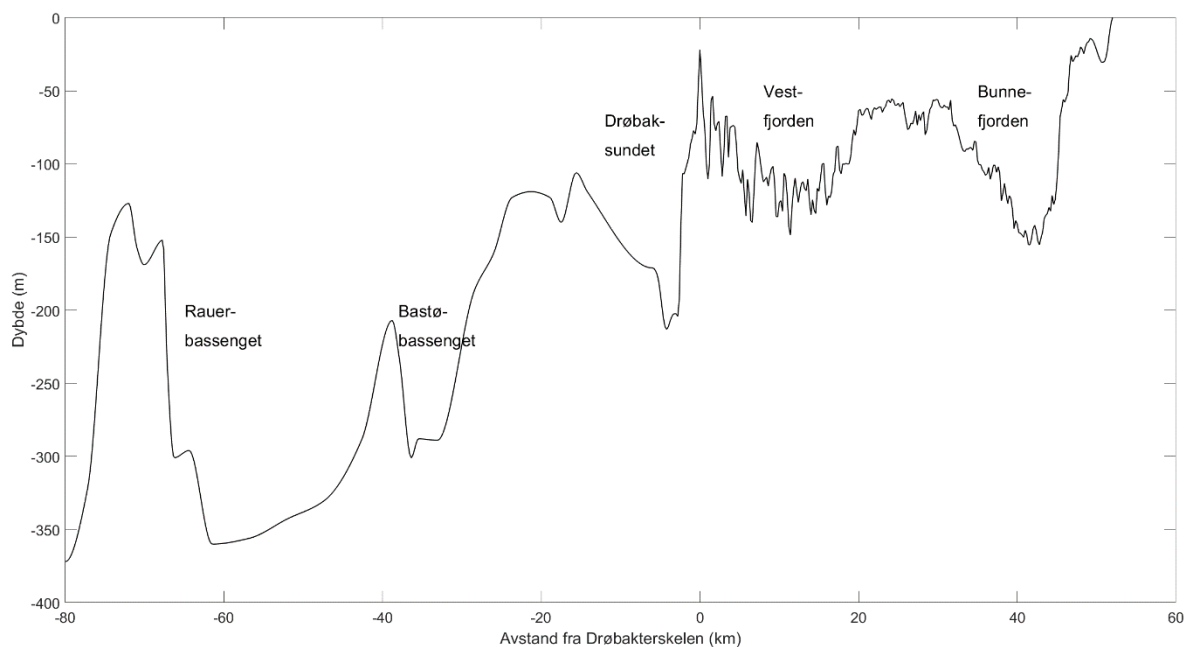
Oslofjorden strekker seg fra Færder i nordre del av Skagerrak og inn til Oslo og Drammen og består av en rekke bassenger adskilt av terskler. Terskelen mot Skagerrak ligger rett sør for Søstrene og er ca. 120 meter dyp (se Figur 2). Bassenget innenfor er Rauerbassenget, som er det største bassenget i Ytre Oslofjord med volum under terskeldyp på ca. 11350 mill. m³ og maksimaldyp på ca. 350m. Bastøbassenget har en terskel på ca. 200 m. Både Breiangen og Drøbakbassenget har et terskeldyp på ca. 110 m og største dyp på ca. 200 m. Volum under terskelnivå er også omtrent det samme for de to bassengene, henholdsvis ca. 1222 og 990 mill. m³ (Aure og Danielsen, 1996).

Innenfor Breiangen har fjordsystemet to hovedgrener: Drammensfjorden og Indre Oslofjord. I Figur 2 vises det hvordan Indre Oslofjord kan deles inn i flere bassenger, hvor de to største er Vestfjorden og Bunnefjorden. Topografien i Drammensfjorden er betydelig enklere, med et hovedbasseng innenfor Svelvikterskelen (ikke vist i Figur 2).

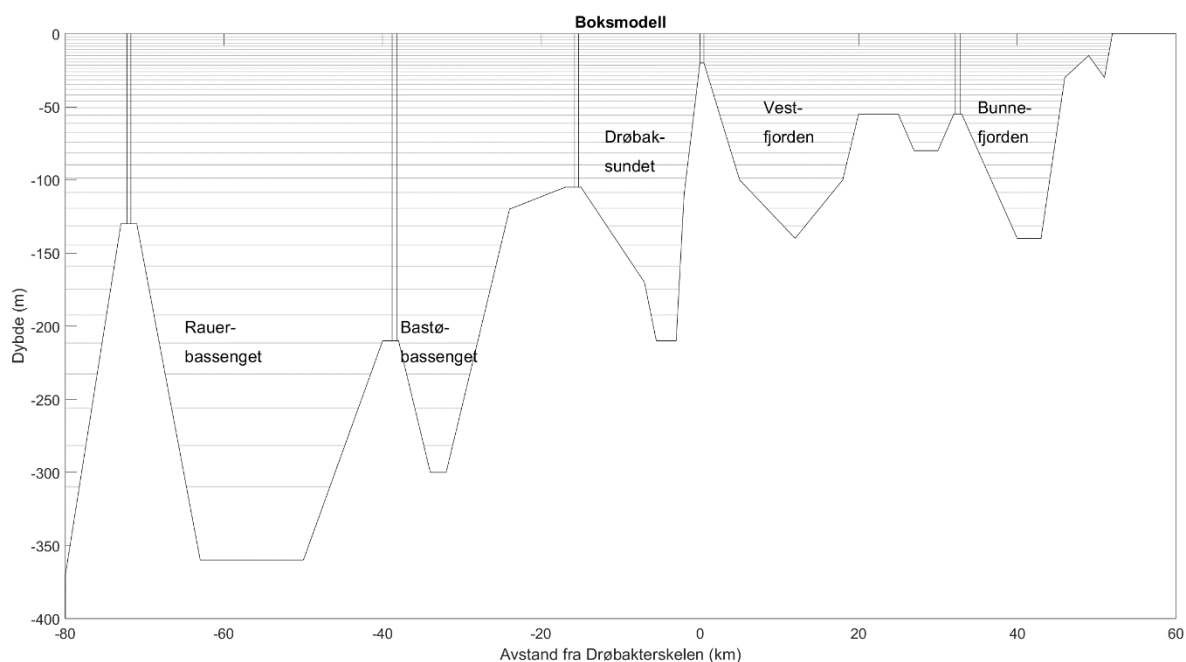
Tabell 1. Oversikt over bassenger i modelloppsettet, med de parametere som har blitt brukt i modellen. Overflatearealet er oppgitt med tre desimaler, kystlinjen med en desimal. Helt til høyre vises blandingskoeffisienten som er spesifisert i hvert basseng. Denne parameteren angir hvor mye vertikal blanding det er i hvert basseng, og modellresultatene er sensitiv for hvilke verdier som legges inn.

Nr.	Basseng	Maks. dyp (m)	Overflateareal (km ²)	Kystlinje (km)	Blandingskoeffisient (MIXCF) (cm ² /s)
1	Rauerbassenget	380	314,382	119,2	1,0
2	Bastøbassenget (inkl. sørvestlig del av Breiangen)	320	164,707	65,2	0,3
3	Breiangen Vest (inkl. ytre del av Drammensfjorden)	220	119,396	96,5	0,3
4	Drammensfjorden (innefor Svelvik)	124	49,03	52,0	0,6
5	Drøbaksundet (inkl. nordre del av Breiangen Øst)	270	47,454	47,2	0,8
6	Mossesundet	110	5,653	14,1	0,1
7	Vestfjorden (inkl. Holmenfjorden og Lysakerfjorden)	160	125,542	275,2	1,5
8	Bunnefjorden (inkl. Bunnebotten)	158	52,320	88,0	0,1
9	Bekkelagsbassenget (inkl. Oslos havnebasseng)	75	12,647	50,0	0,3
10	Bærumbassenget	30	8,581	40,0	0,06

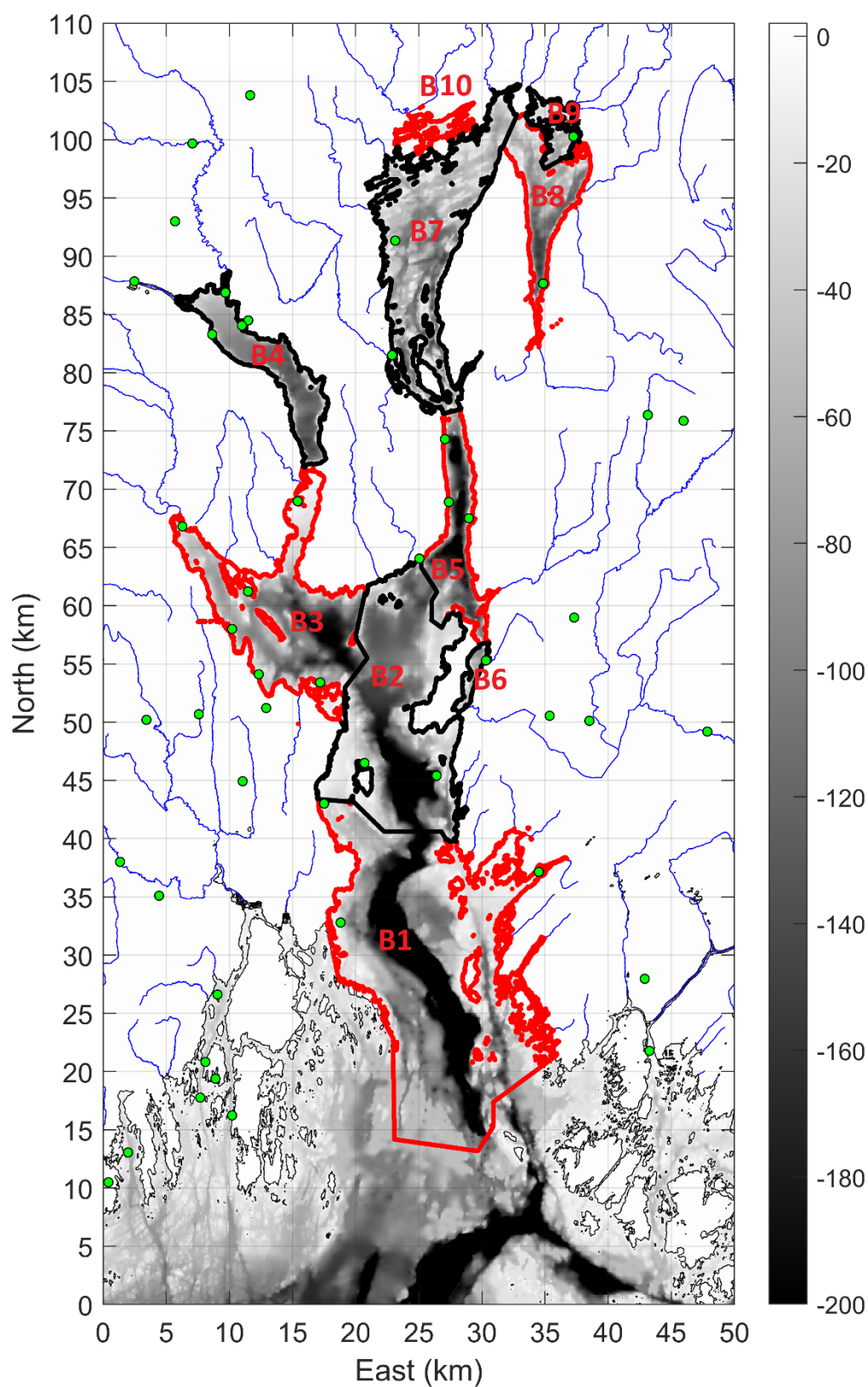
I modellarbeidet som er beskrevet her har Oslofjorden blitt delt inn i ti bassenger. I Figur 3 er det vist hvordan bunntopografien fra Figur 2 kan beskrives med en modell hvor fjorden dels inn i bassenger. I Figur 4 vises inndelingen av Oslofjorden i 10 bassenger. Oversikt over bassengene er listet i Tabell 1.



Figur 2. Bunntopografien på langs av sentrale deler av Oslofjorden fra Bunnefjorden i Indre Oslofjord og ut mot Torbjørnshjær.



Figur 3. Forenklet bunntopografien på langs av sentrale deler av Oslofjorden fra Bunnefjorden i Indre Oslofjord og ut mot Torbjørnshjær. Grensene mellom bassengene i NIVA Fjordmodell er vist med vertikale streker. De vertikale strekene indikerer den vertikale oppløsningen i modellen.



Figur 4. Kart over Drammensfjorden og vestre del av Breianger. Stasjonene D-3 og D-2 er en del av Ytre Oslofjordovervåkningen, mens VT10 er en del av ØKOKYST-programmet.

3 NIVA Fjordmodell

3.1 Generell beskrivelse av NIVA Fjordmodell

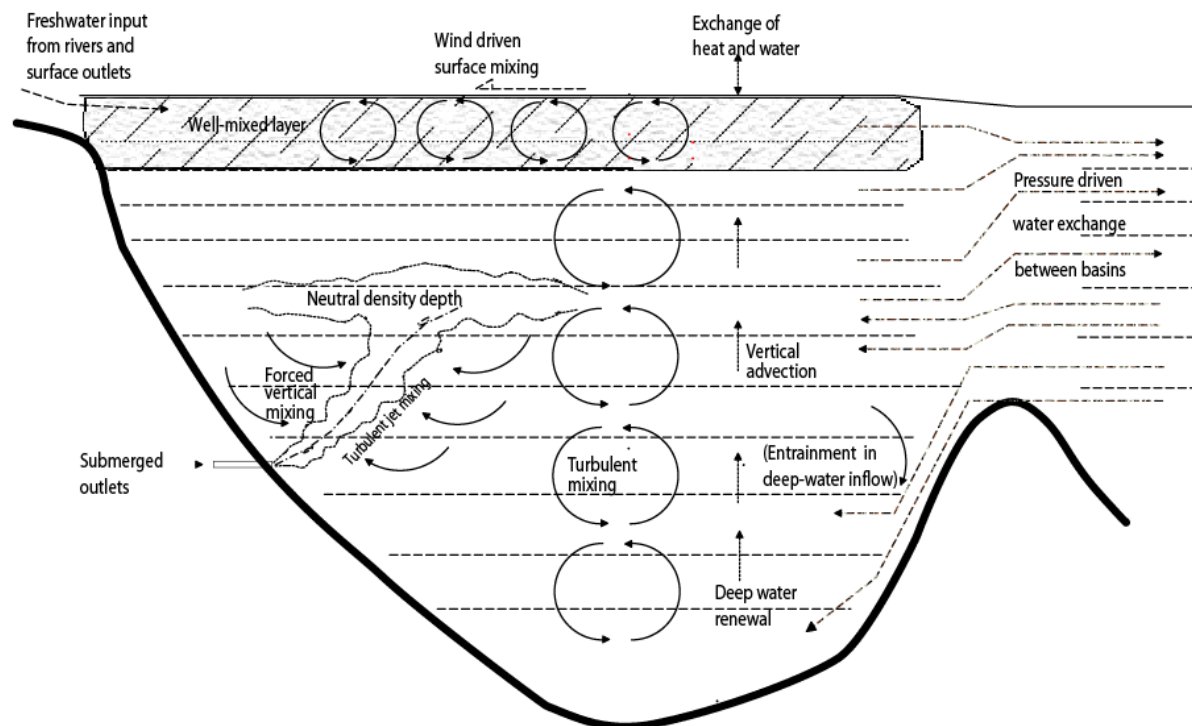
Ved NIVA har det blitt utviklet en omfattende fjordmodell, som er en boks-modell. Modellen ble opprinnelig kalt «Eutromod», men over flere år har navnet «fjordmodellen» blitt brukt. For å skille denne modellen fra for eksempel diverse 3D modeller som også er «fjordmodeller» er det bestemt at modellen skal kalles NIVA Fjordmodell, forkortet NFM.

Denne modellutviklingen ble gjort i forbindelse med at det skulle bygges nye renseanlegg i Indre Oslofjord. Den første modellkjøringen som ble gjort for Indre Oslofjord er beskrevet av Bjerkeng (1994a, 1994b). Modellen er designet for å vurdere hvordan forskjellige stoffer som organisk stoff, nitrogen, fosfor, silikat og oksygen spres gjennom det økologiske systemet i en terskelfjord. Slike vannforekomster er sårbare for tilførsel av stoff som leder til økt oksygenforbruk, på grunn av lang oppholdstid til dypvannet.

Modellen er bygd opp slik at den består av en eller flere bassenger som står i forbindelse med et ytre basseng. I forrige kapittel er det beskrevet hvordan fjorden er delt inn i ti bassenger i dette prosjektet (se Tabell 1). I hvert basseng beskrives variasjon med dypet med høy oppløsning, som illustrert i Figur 3. Det tas også høyde for at dypvannsutslipp øker den vertikale blandingen. Utvekslingen mellom hvert basseng er drevet av tidevann, vind og forskjeller i trykk mellom vannmassene i to bassenger som står i forbindelse med hverandre. De fysiske prosessene som styrer modellen, er detaljert beskrevet av Bjerkeng (1994b, 1994c, 1994d). Lengden, bredden og dybden på forbindelsene mellom bassengene i fjorden, spesifiseres i modelloppsettet. Tilførsler til de indre bassengene, og om disse går til overflaten eller slippes ut med rør i dypet, beskrives også i modelloppsettet.

I Figur 5 er de fysiske prosessene som modellen simulerer illustrert. Utvekslingen mellom bassengene beregnes ved å først beregne horisontale trykkgradienter som driver vannbevegelsene. Om et basseng har mye eller lite vertikal blanding må spesifiseres i modelloppsettet, så denne kunnskapen må være kjent på forhånd. Basert på hvordan temperaturen og saltholdigheten varierer over tid på målestasjoner i fjorden, kan det beregnes hvor mye blanding det er i hvert basseng. Når de vertikale blandingsforholdene er spesifisert, kan modellen beregne hvordan disse blir påvirket av dykkede utslipp.

Modellen beskriver separat budsjettet til de forskjellige næringssaltene samt karbon og oksygen, og har to forskjellige grupper fytoplankton; kiselalger og andre alger. De biologiske prosessene i modellen er detaljert beskrevet av Bjerkeng (1994b, 1994e, 1994f). For hver algetype regnes det ut innhold av karbon, nitrogen, fosfor og silikat (hvis det er kiselalger). Hvert stoff følges fra tilførsel, gjennom næringskjeden, i organisk stoff i vannmassene og i sedimentet. En sentral del av modellen består i å beregne oksygenforbruk når organisk stoff brytes ned. Modellen inneholder også en beskrivelse av forbruk og produksjon av karbon, nitrogen og fosfor som blåskjell står for (Bjerkeng, 1994f). Modellen ble sist brukt for å vurdere endringer i utslipp til Bunnefjorden og Bekkelagsbassenget i Indre Oslofjord (Staalstrøm, 2017, 2021) og for å vurdere mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn (Staalstrøm, 2019). Denne rapporten er del av en serie på to rapporter, hvor den første kun modellerte Drammensfjorden (Staalstrøm, 2022).



Figur 5. Illustrasjon av de forskjellige fysiske prosessene som er inkludert i NIVA Fjordmodell. Legg merke til at det i modellen blir simulert hvordan de vertikale blandingsforholdene endrer seg hvis man legger inn et dykket utslipp i bassenget.

3.2 Topografi

I modelloppsettet leses det horisontale arealet av fjorden inn som funksjon av dypet (hyposgrafisk kurve). En utskrift av datafila som inneholder opplysning om topografien er vist i Vedlegg A. Forbindelsen mellom bassengene legges inn som bredden av sundet som funksjon av dypet (se Vedlegg A).

3.3 Tilførsel

I modellen spesifiseres tilførselene til fjorden, ved at det legges inn vannmengde og hvor mye totalt fosfor, totalt nitrogen, silikat og organisk karbon som slippes ut. Det kan legges inn en årssyklus, men i dette modelloppsettet er det lagt inn tilførselen som er lik i alle årets måneder. Tilførselen er likevel ikke konstant, for oppå månedsmiddelværdien legges det på en tilfeldig variasjon. Hvordan denne tilfeldige variasjonen genereres er beskrevet av Bjerkeng (1994c). Hvis det gjøres flere modellkjøringer vil tilførselen ha et forskjellig variasjonsmønster, men samlet mengde for hver måned vil være lik.

Det er lagt inn en elv og et renseanlegg i hvert av de ti bassengene i modellen. Elvetilførsel er beskrevet i Tabell 2, hvor alle tilførselene går til overflatelaget. For Drammenfjorden (basseng 4) er det lagt inn samme elver som brukt i Staalstrøm (2022), og i Indre Oslofjord (basseng 7-10) er det lagt inn samme elvetilførsel som brukt i Staalstrøm (2020). For basseng 1, 2, 3 og 5 er det hentet vannføring fra Staalstrøm et al. (2022a) og målinger fra Vannmiljø³. Tilførsel til Rauerbassenget er beregnet fra målinger i Aulivassdraget. Tilførsel til Bastøbassenget er beregnet fra målinger Sageneelva. Tilførsel til

³ <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>

Breiangen er beregnet fra målinger i Sandevassdraget. Tilførsel til Drøbaksundet er beregnet fra målinger i Solbergbekken.

Tabell 2. Elvetilførsel som er lagt inn i modellen. Tilførsel fra elvene er årlig middel. TP = Totalt fosfor. TN = Totalt nitrogen. TOC = Totalt organisk karbon.

Utslipp nr.	Vassdrag med tilførsel til basseng:	Nedbørsfelt (km ²)	Vannføring (L/s)	TP (kg/mnd)	TN (ton/mnd)	TOC (ton/mnd)
1	Rauerbassenget	178	2244	564	15	42
2	Bastøbassenget	63	861	47	2	11
3	Breiangen	291	4395	838	14	60
4	Drammensfjorden	17422	319800	11008	274	2858
5	Drøbaksundet	155	1587	2917	7	58
6	Mossesundet	707	7217	514	18	166
7	Vestfjorden	405	8657	603	19	167
8	Bunnefjorden	182	2778	321	14	55
9	Bekkelagsbassenget	329	5390	686	11	73
10	Bærumsbassenget	226	4247	170	9	61

Tilførsel via renseanlegg er listet opp i Tabell 3. Data er hentet fra norskeutslipp.no og det er summert opp mengder fra alle renseanlegg som drenerer til hvert basseng. For Drammensfjorden (basseng 4) er det lagt inn samme mengder som brukt i Staalstrøm (2022), men utslippsdypet er satt til 20 m⁴. Mjøndalen og Muusøya RA har utslipp til overflaten i Drammenselva, mens Solumstrand, Lahell og Linnes egentlig har noe dypere utslippsdyp. For Indre Oslofjord (basseng 7-10) er det lagt inn samme mengde som brukt i Staalstrøm (2020). Vannmengdene for renseanlegg (RA) i basseng 1, 2, 3, 5 og 6 er estimert basert på mengde totalt fosfor (TP) i utslippet. Det er ingen renseanlegg med utslipp til Bærumsbassenget, men det er lagt inn et utslipp med tilførsel satt lik én, slik at dette utslippet eventuelt kan endres i scenariekjøring.

Tabell 3. Renseanlegg som er lagt inn i modellen. Tilførsel fra elvene er årlig middel. Data for renseanleggene er hentet fra norskeutslipp.no og er middel for perioden 2017-2020.

Utslipp nr.	Renseanlegg med tilførsel til basseng:	Vannføring (L/s)	Utslippsdyp (m)	TP (kg/mnd)	TN (ton/mnd)	TOC (ton/mnd)
11	Rauerbassenget	1909	30	611	27	11
12	Bastøbassenget	534	75	171	15	12
13	Breiangen	725	25	232	15	6
14	Drammensfjorden	703	20	225	22	11
15	Drøbaksundet	275	32	88	9	4
16	Mossesundet	153	50	49	7	3
17	Vestfjorden	3395	42	2942	119	153
18	Bunnefjorden	150	25	98	4	4
19	Bekkelagsbassenget	1529	50	1172	36	48
20	Bærumsbassenget ⁵	1	0	1	1	1

⁴ De forskjellige renseanleggene har utslippsdyp fra 30 m til utslipp i overflaten.

⁵ Utslipp fra renseanlegg til Bærumsbassenget multipliseres med null, siden det ikke er noe utslipp her.

3.4 Værforhold

Det har i modellen blitt benyttet værdata fra Blindern for perioden 1990-2004, som er å anse som representative for regionen. Disse 15 årene med værdata har blitt kjørt i loop, slik at de har blitt gjentatt når det har vært modellkjøringer som er lengre enn 15 år.

3.5 Forholdene utenfor modellområdet

Forholdene utenfor Rauerbassenget blir i modellen beskrevet ved at saltholdighet, temperatur, oksygen, totalt fosfor (TP) og totalt nitrogen (TN) spesifiseres. Dette gjøres ved at verdien i overflatelaget og i bunnlaget spesifiseres for hver måned. Verdiene fordeles nedover i vannsøylen ved hjelp av en sjiktningsmodell, hvor tykkelsen av et øvre velblandet lag og tykkelsen av sprangsjiktet spesifiseres. Sjiktningssmodellen er beskrevet i Bjerkeng (1994c, s. 94-95)⁶. For hver av parameterne i sjiktningssmodellen spesifiseres det også et standardavvik, og det legges på en tilfeldig variasjon som er innenfor dette standardavviket (se Bjerkeng, 1994c, s. 98-99). Tabell 4 viser de data som er lagt inn i modellen og er basert på data fra stasjon VT3 Torbjørnskjær.

3.6 Oversikt over modellkjøringer

I Tabell 5 vises en oversikt over de modellkjøringene som har blitt gjort. Den første modellkjøringen kalt SC00 er resultatet av kalibrering av modellen mot dagens situasjon i fjorden. Med «dagens» situasjon menes situasjonen slik den var i perioden 2017-2021. Modellkjøringen VAL01 er en kjøring hvor inngangsdata har blitt endret for å se om modellen kan beskrive datasett hvor forholdene i fjorden var annerledes. Den situasjonen som har blitt benyttet til validering av modellen er situasjonen på 1970-tallet hvor tilførselen var betydelig større enn den er i dag, spesielt i Indre Oslofjord. I de seks neste modellkjøringene er det tatt utgangspunkt i dagens situasjon (SC00) og så har tilførsel med renseanleggene blitt endret for å se på effektene av dette.

⁶ Lenke til rapport <http://hdl.handle.net/11250/207890>

Tabell 4. Parametere som brukes av sjiktmodellen for å spesifisere forholdene utenfor Drammensfjorden. Z_1 er tykkelsen av det øvre velblandede laget. Z_2 er dybden til undersiden av sprangsjiktet. T_i , S_i , OXY_i , TP_i , TN_i og TS_i er hhv. temperatur, saltholdighet, oksygen (ml/L), totalt fosfor ($\mu\text{g P/L}$), totalt nitrogen ($\mu\text{g N/L}$) og silikat ($\mu\text{g SiO}_2/\text{L}$) for to lag. Øvre lag har indeks 1 og nedre lag har indeks 2. Data er hentet fra stasjon VT3 Torbjørnskjær.

Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Z_1	38.9	43.1	15.2	22.7	23.4	32.5	29.4	48.4	29.9	42.1	59.3	26.9
$\log(Z_2-Z_1)$	1.7	1.3	0.7	0.9	1.4	1.3	1.0	1.3	1.8	1.8	1.0	0.8
T_1	9.3	5.6	2.5	1.9	3.7	11.4	16.4	15.5	18.2	16.2	14.1	10.0
T_2	8.3	7.9	7.0	7.2	7.2	6.6	6.7	6.6	6.8	7.2	8.0	8.0
SD (T_1)	0.6	1.5	0.1	3.0	0.8	4.4	1.3	5.4	0.2	0.3	0.1	0.1
SD (T_2)	0.9	0.4	0.8	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0.9	2.1	1.4
S_1	30.7	29.1	25.2	27.6	23.5	25.4	25.5	29.7	29.2	29.6	32.1	28.8
S_2	35.0	34.8	34.5	35.1	35.0	34.9	34.8	35.0	35.1	35.0	34.9	34.8
SD (S_1)	1.2	3.1	0.3	3.8	3.5	5.6	2.8	3.1	1.8	2.3	0.6	2.8
SD (S_2)	0.3	0.4	1.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.2	0.4	0.9
OXY_1	6.0	6.6	7.6	8.8	7.9	7.0	5.7	5.6	5.2	5.2	5.4	6.1
OXY_2	5.4	5.8	6.2	5.6	5.4	5.8	5.7	5.6	5.4	5.0	4.8	5.1
SD (OXY_1)	0.2	0.5	0.0	1.6	0.3	0.2	0.1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1
SD (OXY_2)	0.4	0.1	0.4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3
TP_1	29	30	27	25	14	11	10	9	13	16	25	26
TP_2	29	29	29	29	25	17	24	12	13	18	20	28
SD (TP_1)	12	10	10	12	8	3	2	4	7	15	3	8
SD (TP_2)	4	4	4	4	10	3	5	8	6	6	6	6
TN_1	228	248	186	178	205	187	157	178	179	153	194	231
TN_2	240	240	240	260	260	260	210	210	210	210	210	210
SD (TN_1)	80	80	80	80	80	80	50	50	100	100	100	100
SD (TN_2)	30	30	30	70	70	70	70	70	70	70	70	70
TS_1	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
TS_2	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
SD (TS_1)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
SD (TS_2)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Tabell 5. Oversikt over modellkjøringer. For hvert scenario har det blitt kjørt tre modellkjøringer, hvor de tilfeldige variasjonene har vært forskjellig, men inngangsdata ellers har vært like.

Kode	Beskrivelse	Antall kjøringer
SC00	Kalibrering av modellen mot dagens situasjon - basert på data før 2021 - utslippsdyp NFR 25 m og BRA 50 m	3
VAL01	Validering mot historisk data -tilførsler fra 1970-tallet	1
SC01	Effekt av renseanlegg -ingen rensegrad - utslipp til overflata	3
SC02	Effekt av VEAS -ingen rensegrad - utslipp til overflata	3
SC03	Overføring av RA i Drammensfjorden til VEAS -ingen utslipp på renseanlegg i Drammensfjorden -økning på VEAS	3
SC04	Nytt sentralrenseanlegg i Drammensfjorden (30 m) - alle RA i Drammen til nytt sentralt anlegg med nitrogenfjerning - utslipp 30 m	3
SC05	Nytt sentralrenseanlegg i Drammensfjorden (90 m) - alle RA i Drammen til nytt sentralt anlegg med nitrogenfjerning - utslipp 90 m	3
SC06	Nitrogenrensing - som SC05 - nitrogenfjerning på alle RA	3

4 Kalibrering av modellene

4.1 Kalibreringsparametere oksygen og planteplankton

Ved å skru på forskjellige parametere i en modell kan modellresultatene tilpasses et datasett som er samlet inn fra observasjoner. Denne prosessen kalles *kalibrering* av modellen. For å *validere* modellen må en bruke et annet datasett. Modellen skal klare å beskrive dette andre datasettet uten at parameterne i modellen skal justeres ytterligere.

Oksygenforholdene i dypvannet i et fjordbasseng er påvirket av to viktige prosesser:

1. Den vertikale blandingen som reduserer dypvannets tetthet, det vil si tyngden på dypvannet. Hvis det er høy vertikal blanding går denne prosessen fortere, og nytt oksygenrikt vann kommer inn i fjorden oftere.
2. Oksygenforbruket når organisk stoff brytes ned. Dypvannet tilføres organisk stoff når planteplankton gjør om uorganiske næringssalter til organisk stoff som synker ned når planktonet dør.

For å kalibrere modellen har temperatur, saltholdigheten og oksygenforholdene blitt tilpasset forholdene slik de er i dag. Modellen har svært mange parametere som kan endres (se Vedlegg B), men under kalibreringen har bare to av disse blitt endret på. Det er den vertikale blandingskoeffisienten, kalt MIXCF i modellkoden, og veksthastigheten til planteplanktonet, kalt GMX20 i modellen. Lite vertikal blanding og rask planktonvekst gir dårlige oksygenforhold, mens høy vertikal blanding og treg planktonvekst gir gode oksygenforhold.

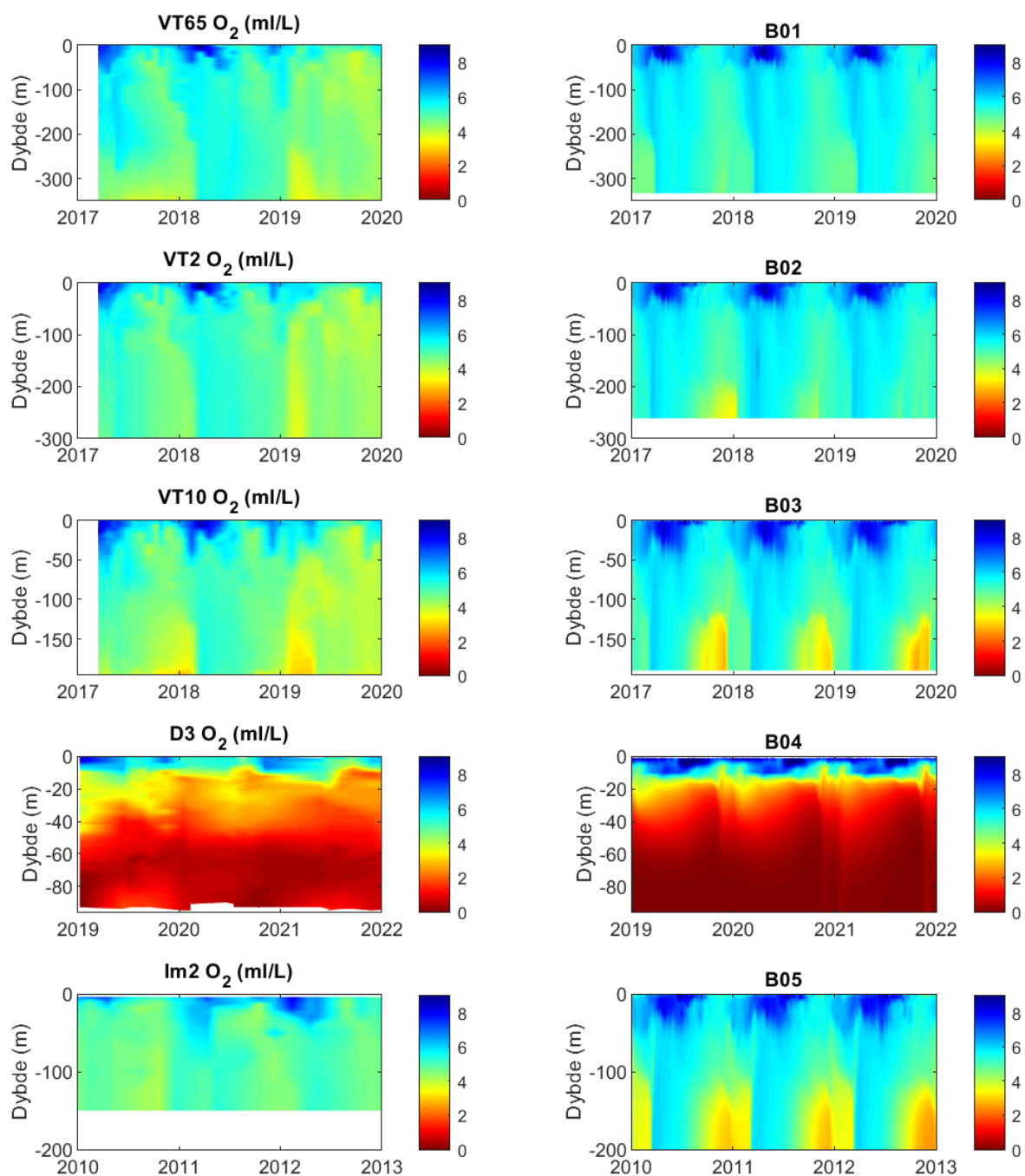
Utfordringen under kalibreringen er å både få oksygenforholdene og mengden planteplankton til å stemme bra med observasjonene samtidig. Etter flere modellkjøringer hvor disse parameterne har blitt endret på er resultatet at MIXCF har fått tallverdier mellom $6 \cdot 10^{-6}$ og $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (se Tabell 1), og GMX20 tallverdiene 1,5 og 0,4 for de to planteplanktontypene som er i modellen, hhv. kiselalger som tar opp silisium og andre planteplankton som ikke gjør det.

4.2 Sammenligning av oksygen i dypvannet

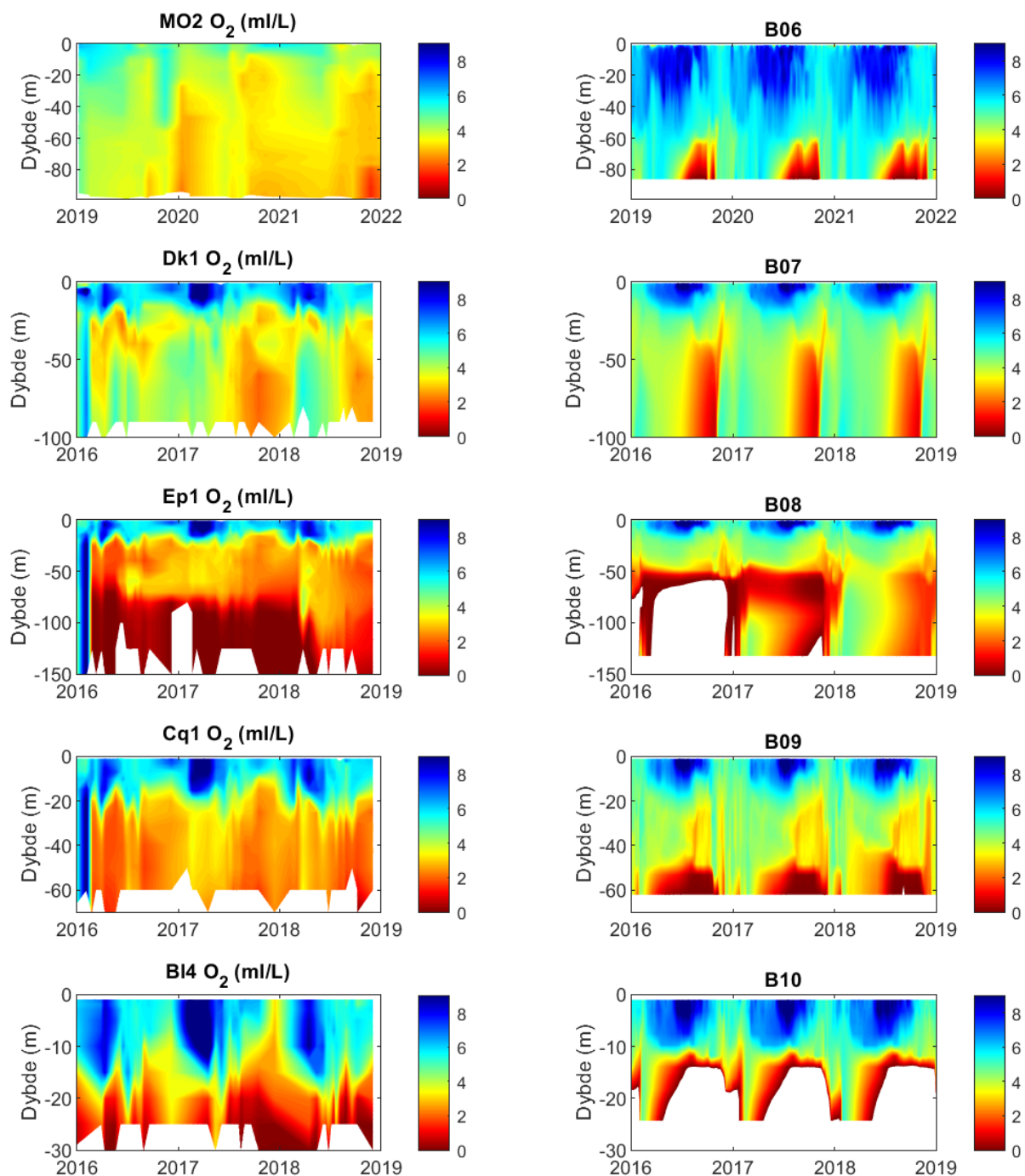
I Figur 6 og Figur 7 vises utviklingen av oksygenforholdene i alle de 10 bassengene i modellene sammenlignet med data fra målestasjoner i hvert basseng. Plassering av stasjonene som er benyttet er vist i Figur 1, og det er en liste navnene og posisjonene til stasjonene i Vedlegg 3.

Det generelle bildet er at det er relativt gode oksygenforhold i de ytre bassengene, betydelig dårligere forhold i Indre Oslofjord og svært dårlige forhold i Drammensfjorden. Modellen fanger opp dette generelle bildet. Dette er den største styrken til boksmodeller, sammenlignet med 3D-modeller som ofte overestimerer den vertikale blandingen.

NIVA Fjordmodell klarer også å modellere at det er dårligere oksygenforhold i Breiangen enn i Bastøbassenget og Rauerbassenget. Modellen gjenskaper også anoksiske forhold i Bunnefjorden og Bærumsbassenget.



Figur 6. Observasjoner (til venstre) og modellering (til høyre) av oksygenforholdene i de fem første bassengene (basseng 1 til 5). Skalaen går fra null og oppover, så negative verdier vises som hvite felt. Manglende data vises også som hvite felt.



Figur 7. Observasjoner (til venstre) og modellering (til høyre) av oksygenforholdene i de fem siste bassengene (basseng 6 til 10). Skalaen går fra null og oppover, så negative verdier vises som hvite felt. I Bunnefjorden (stasjon Ep1/basseng 8) og i Bærumsbassenget (stasjon Bl4/basseng 10) er det forekomst av hydrogen sulfid. Dette indikeres med hvite felt i figurene.

4.3 Sammenligning av klorofyll a og næringsalter i overflatelaget

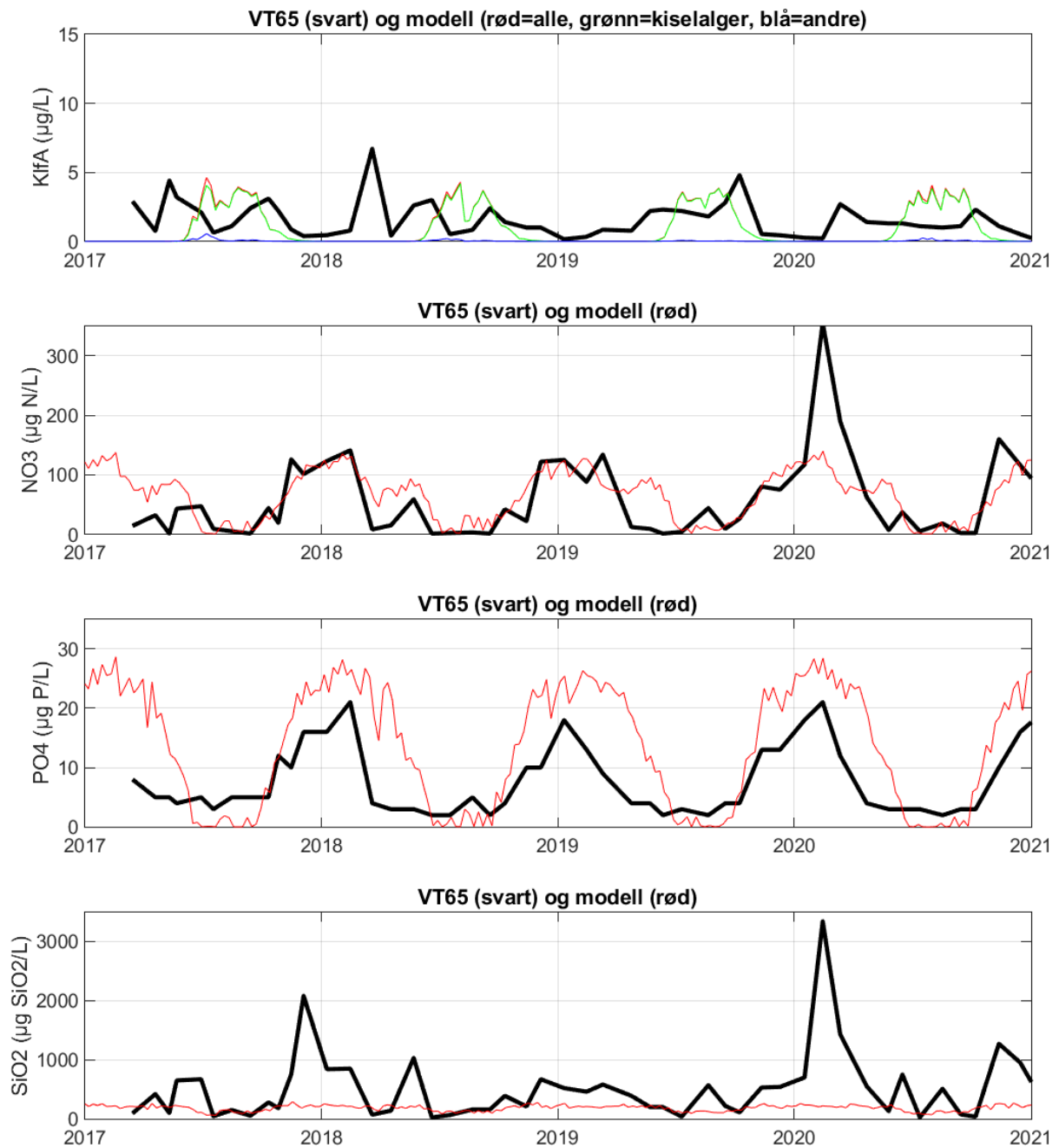
I Figur 8 til Figur 15 vises klorofyll a (proxy av planteplankton) og næringsalter i overflatelaget hhv. i de tre ytre bassengene (Rauerbassenget, Bastøbassenget, Breiangen) og de fem bassengene innenfor Filtvedt (Drøbaksundet, Vestfjorden, Bunnefjorden, Bekkelagsbassenget og Bærumsbassenget). I figurene er data fra rett under overflaten sammenlignet.

I Tabell 6 vises en sammenligning av middelverdien til fire parameter i overflaten i åtte av bassengene i modellen. Faktorene i tabellen er beregnet ved å dele modellert middelverdi på observert middelverdi. Er faktoren under tallverdien én så betyr det at modellen underestimerer verdien, og er tallet over én så overestimerer modellen verdien. Modellen underestimerer mengden klorofyll, spesielt i Drøbaksundet og Bastøbassenget. I mesteparten av modellområdet er mengden klorofyll ca. 80 % av observert verdi.

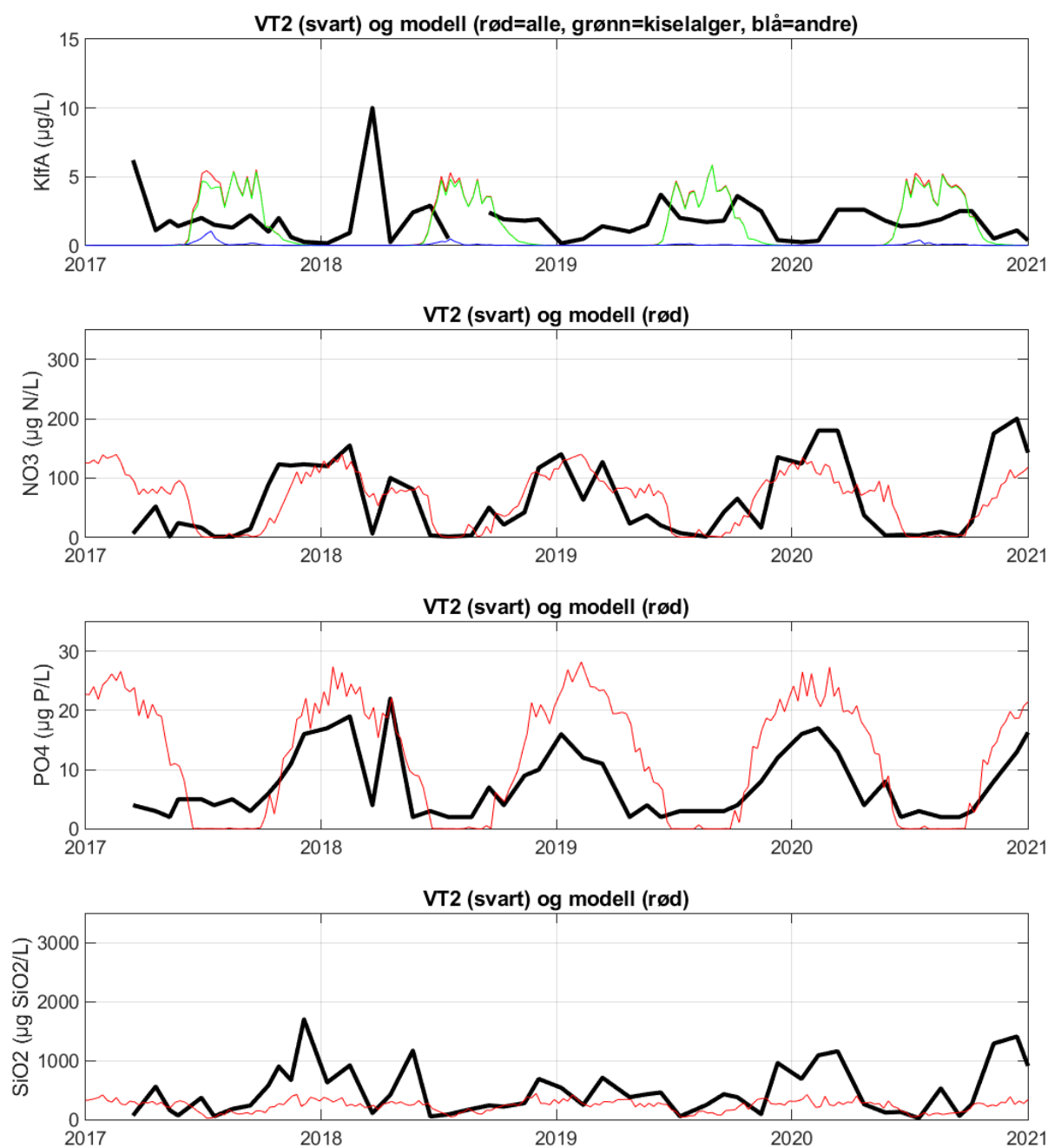
Modellert nitrat i overflaten stemmer meget godt med observerte verdier. Modellen har litt for mye fosfat i overflaten, spesielt i de to ytterste bassengene. Modellen har generelt for lite silikat i overflatelaget.

Tabell 6. Sammenligning av middelverdien til modellert og observert middelverdi i overflaten for fire parametere.

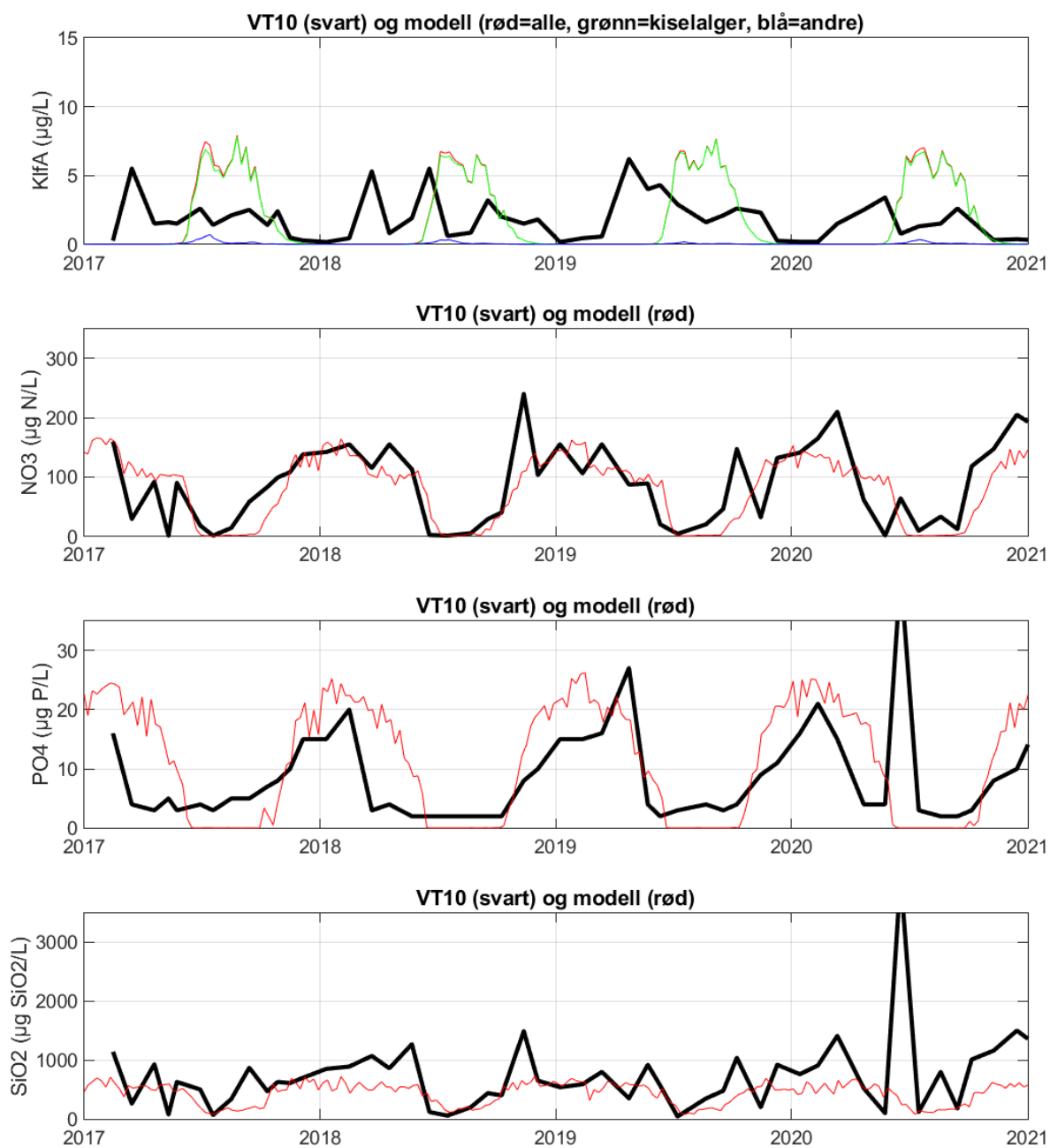
Nr.	Basseng	Måle- Stasjon	Planteplankton (klorofyll a)	Nitrat	Fosfat	Silikat
1	Rauerbassenget	VT65 Missingene	0,61	1,17	1,84	0,17
2	Bastøbassenget	VT2 Bastø	0,74	1,06	1,66	0,23
3	Breiangen Vest	VT10 Breiangen	0,99	0,96	1,34	0,29
5	Drøbaksundet	Im2 Elle	0,42	0,92	1,19	0,25
7	Vestfjorden	Dk1 Steilene	0,78	0,90	1,23	0,32
8	Bunnefjorden	Ep1 Bunnefjorden	0,81	0,92	1,13	0,30
9	Bekkelagsbassenget	Cq1 Bekkelagsbass.	0,92	1,05	1,20	0,22
10	Bærumsbassenget	Bl4 Bærumsbass.	0,79	1,11	1,24	0,40



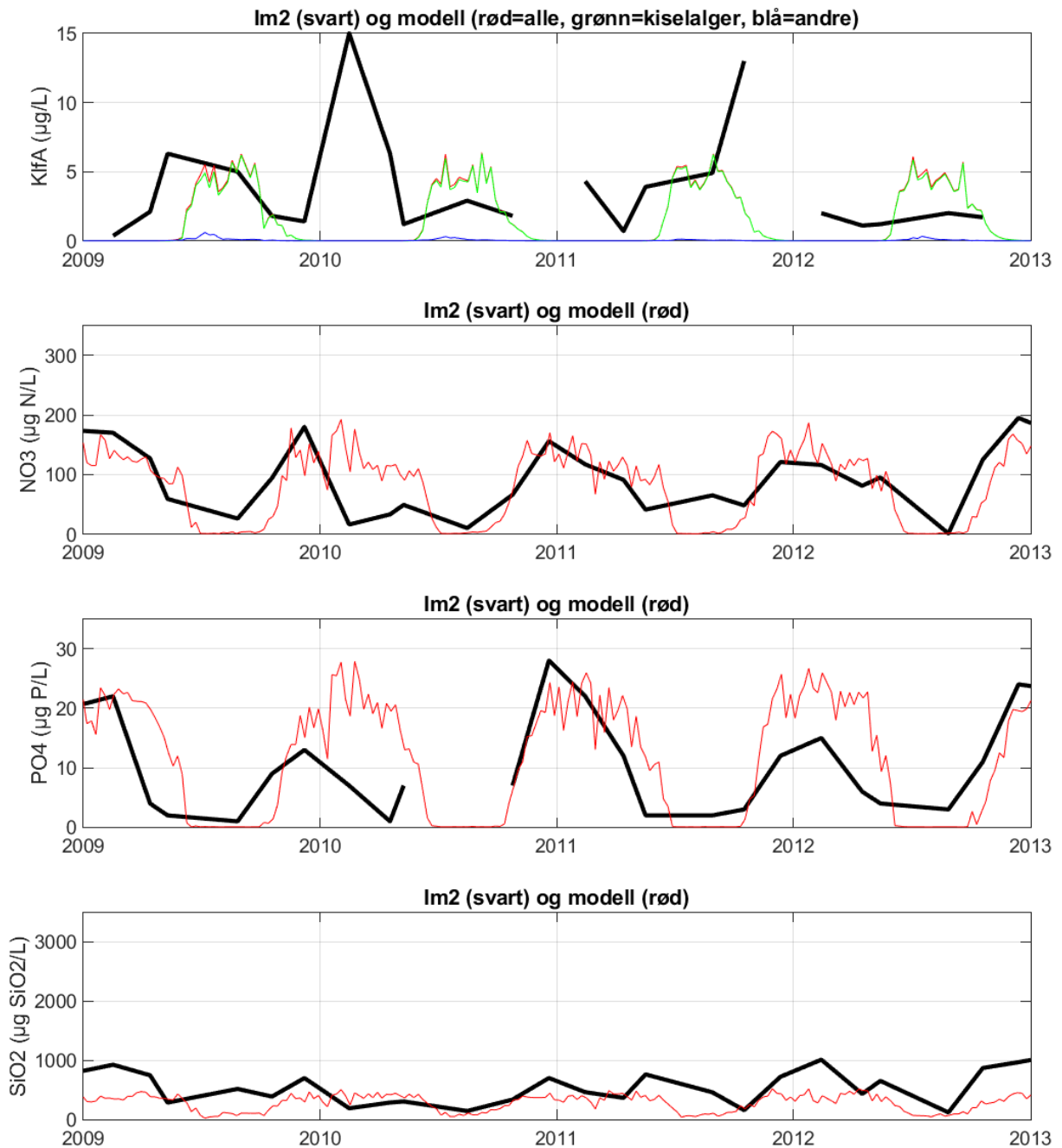
Figur 8. Planteplankton målt som klorofyll a og næringsalter i overflatelaget i det ytterste bassenget (Rauerbassenget) sammenlignet med data fra målestasjonen VT65 Missingene. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynne linjene viser modellresultatene.



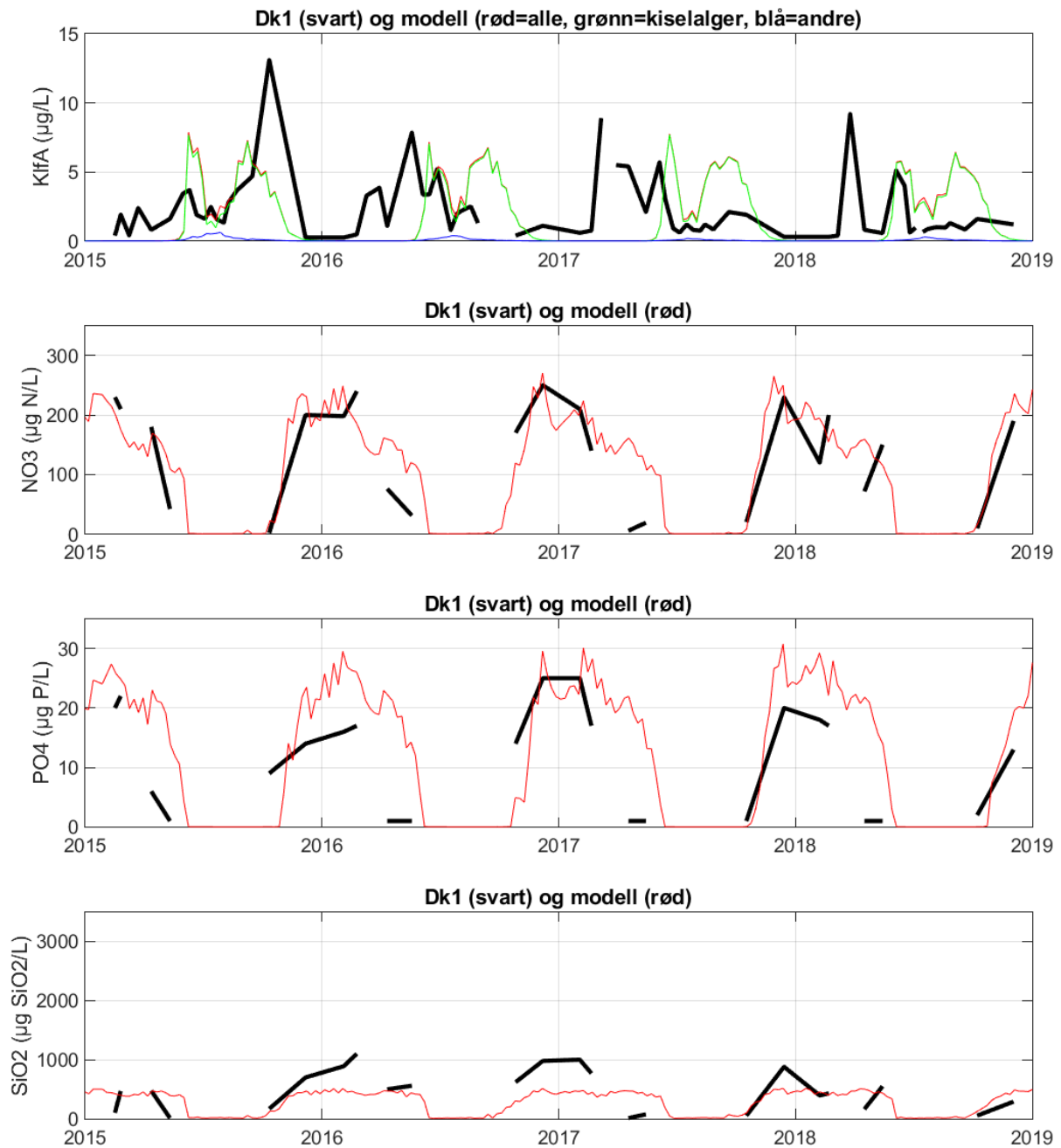
Figur 9. Plantep plankton målt som klorofyll a og næringssalter i overflatelaget i basseng nummer 2 (Bastøbassenget) sammenlignet med data fra målestasjonen VT2 Bastø. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynne linjene viser modellresultatene.



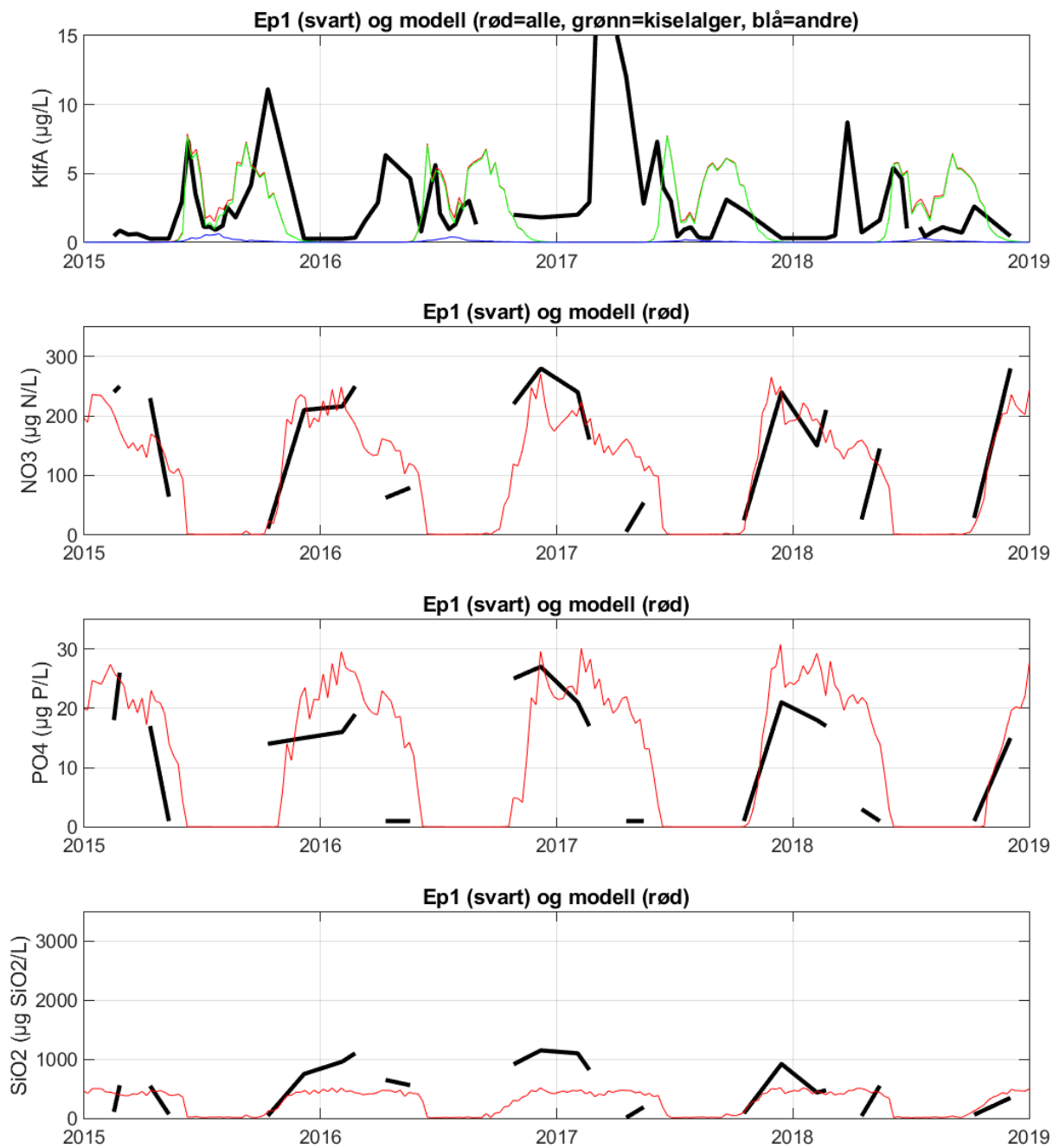
Figur 10. Planteplankton målt som klorofyll a og næringsalter i overflatelaget i basseng nummer 3 (Breiangen vest) sammenlignet med data fra målestasjonen VT10 Breiangen. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynne linjene viser modellresultatene.



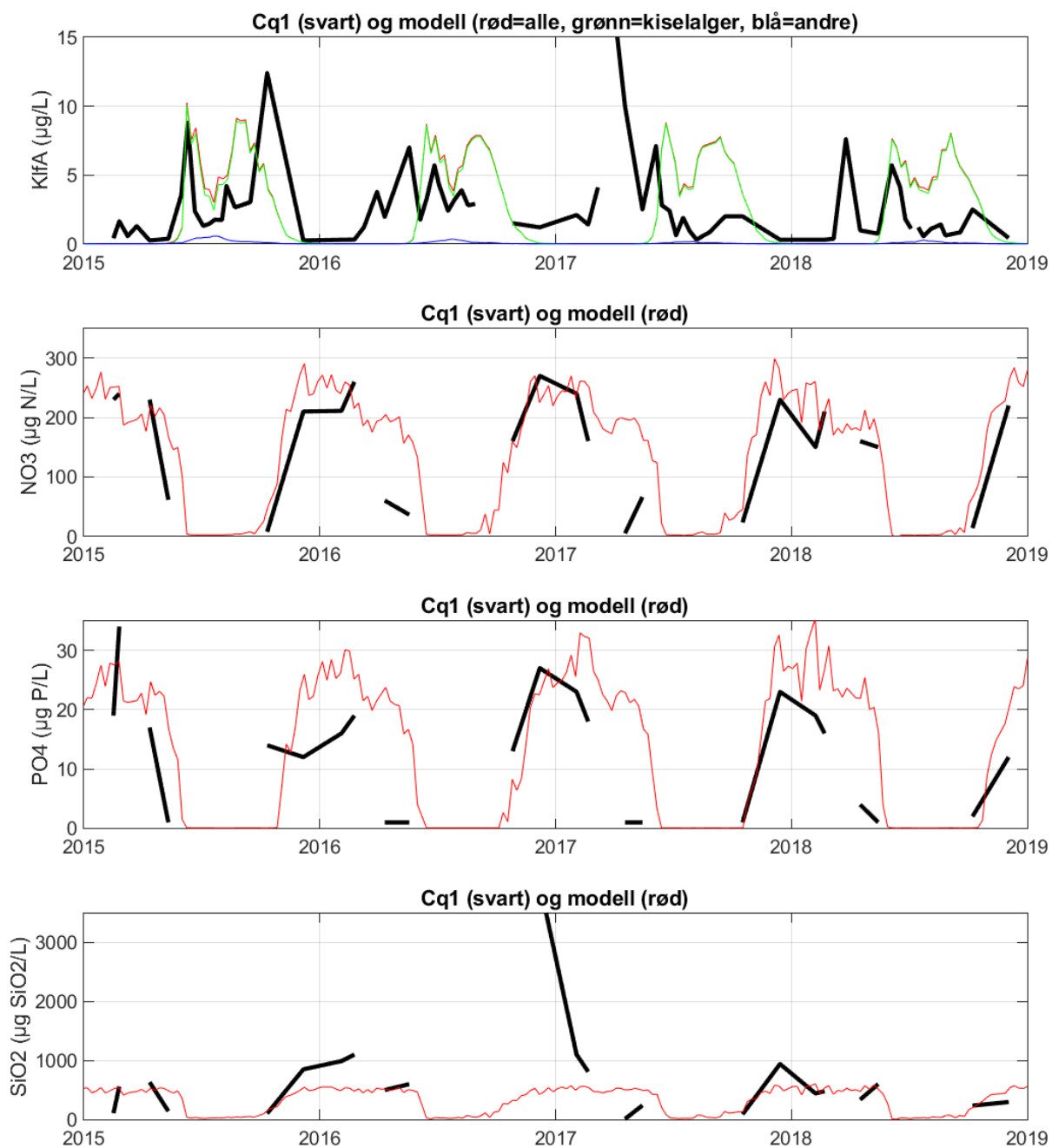
Figur 11. Plantep plankton målt som klorofyll a og næringssalter i overflatelaget i basseng nummer 5 (Drøbaksundet) sammenlignet med data fra målestasjonen Im2 Elle. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynne linjene viser modellresultatene.



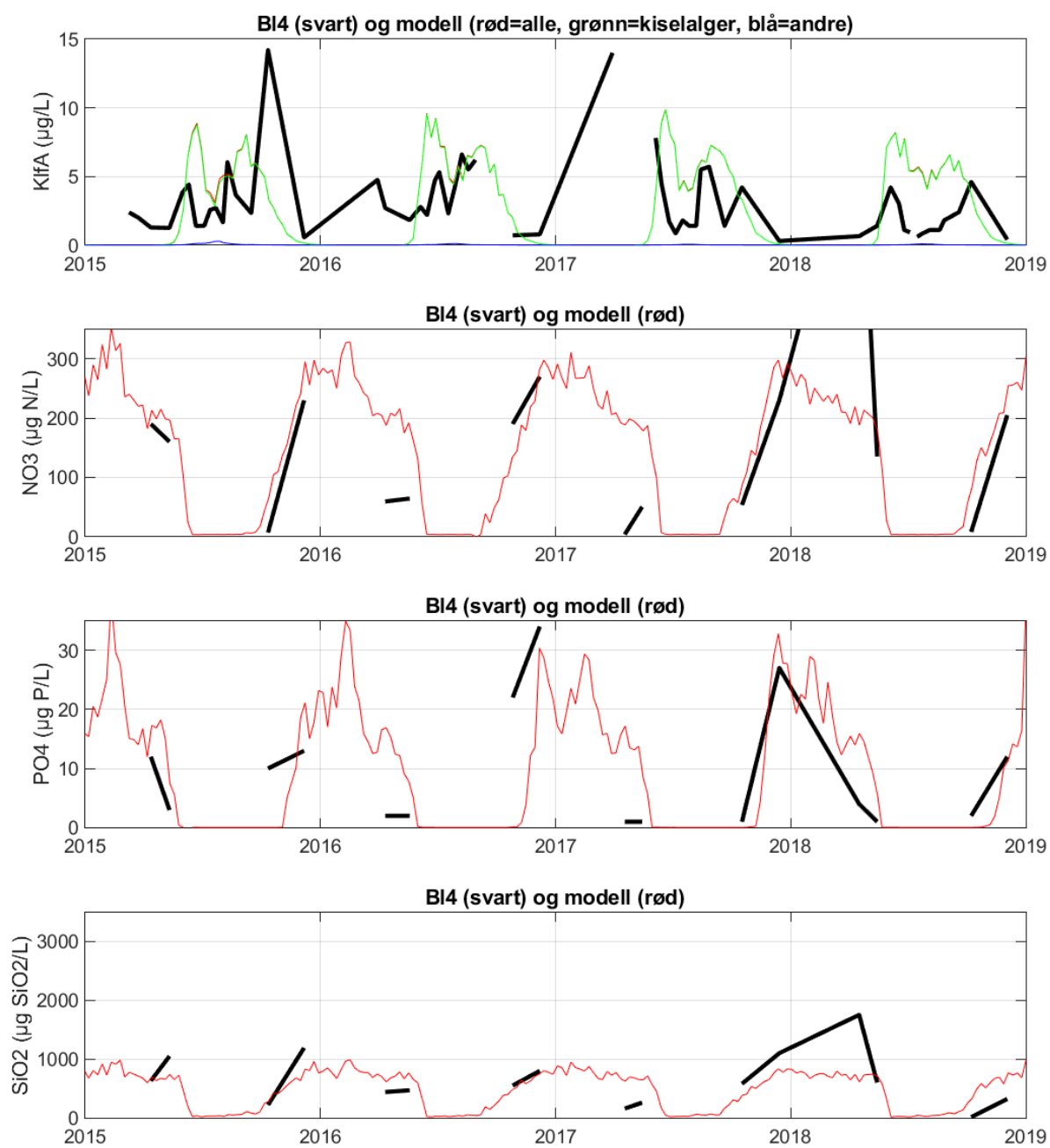
Figur 12. Plantep plankton målt som klorofyll a og næringssalter i overflatelaget i basseng nummer 7 (Vestfjorden) sammenlignet med data fra målestasjonen Dk1 Steilene. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynde linjene viser modellresultatene.



Figur 13. Planteplankton målt som klorofyll a og næringsalter i overflatelaget i basseng nummer 8 (Bunnefjorden) sammenlignet med data fra målestasjonen Ep1 Svartskog. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynde linjene viser modellresultatene.



Figur 14. Plantep plankton målt som klorofyll a og næringssalter i overflatelaget i basseng nummer 9 (Bekkelagsbassenget og Oslo havn) sammenlignet med data fra målestasjonen Cq1 Bekkelagsbassenget. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynne linjene viser modellresultatene.



Figur 15. Plantep plankton målt som klorofyll a og næringssalter i overflatelaget i basseng nummer 10 (Bærumssengenget) sammenlignet med data fra målestasjonen BI4 Bærumssengenget. Den svarte tykke linjen viser observasjonene. De tynde linjene viser modellresultatene.

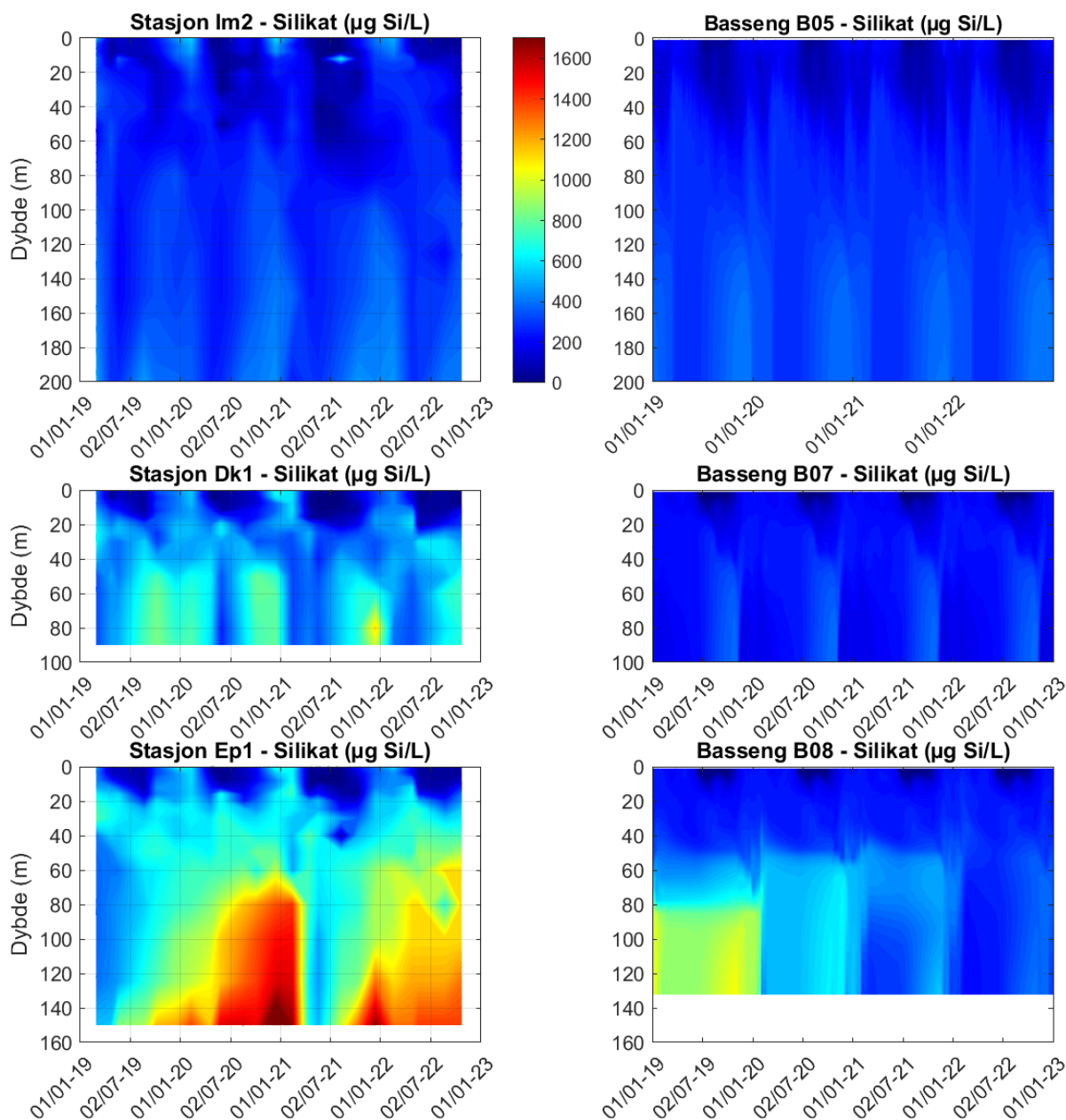
4.4 Variasjon næringsalter med dypet

Det tas kun målinger av næringsalter fra dypet i Drøbaksundet, Vestfjorden og Bunnefjorden. I Figur 16 vises det hvordan konsentrasjonen av silikat varierer i hele vannsøylen over en periode på fire år i disse tre bassengene. På venstre kolonne i figuren vises observerte verdier og i høyre kolonne vises de modellerte verdiene. I Drøbaksundet passer modellen meget godt med observasjonene på stasjon Im2 Elle, bortsett fra at modellen ikke fanger opp de høyeste verdiene i overflaten, som også går fram av Figur 11 og Tabell 6. På stasjon Dk1 Steilene og Ep1 Bunnefjorden er det observert mye silikat i dypvann med lite oksygen. Modellen klarer ikke å gjenskape dette mønsteret, og det er for lite silikat i dypvannet.

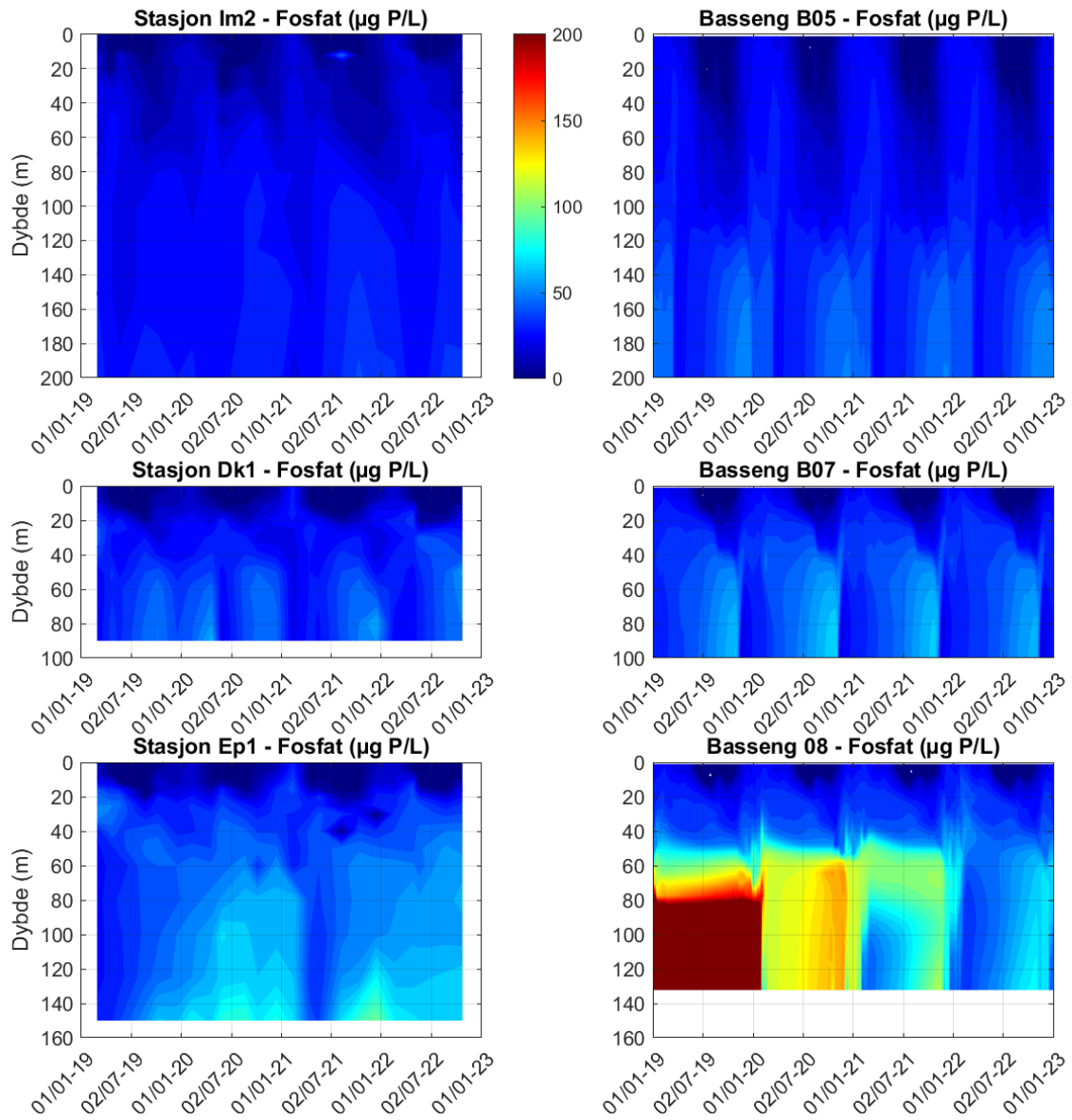
I Figur 17 vises det hvordan konsentrasjonen av fosfat varierer i hele vannsøylen over en periode på fire år i de samme tre bassengene. Modellen klarer å gjenskape variasjonen av fosfat i dypet bra både i Drøbaksundet og i Vestfjorden. Modellen har for mye fosfat i det oksygenfattige dypvannet i Bunnefjorden.

I Figur 18 vises det hvordan konsentrasjonen av nitrat varierer i hele vannsøylen over en periode på fire år i de samme tre bassengene. Nitrat er en vanskelig parameter å modellere for den er sensitiv for oksygenforholdene i vannmassene. Når det er lite oksygen så reduseres nitratet og det forsvinner helt hvis det er oksygenfri forhold. Hvis det er mye oksygen i hele vannsøylen så vil det generelt være mest nitrat i bunnvannet. Er det lite oksygen i bunnvannet, vil en typisk finne de høyeste verdiene av nitrat på mellomdyp. Dette generelle bildet gjenskapes av modellen, men verdiene er ikke korrekt. I Drøbaksundet og Vestfjorden har modellen for mye nitrat i bunnvannet og i Bunnefjorden er det for lite nitrat i bunnvannet.

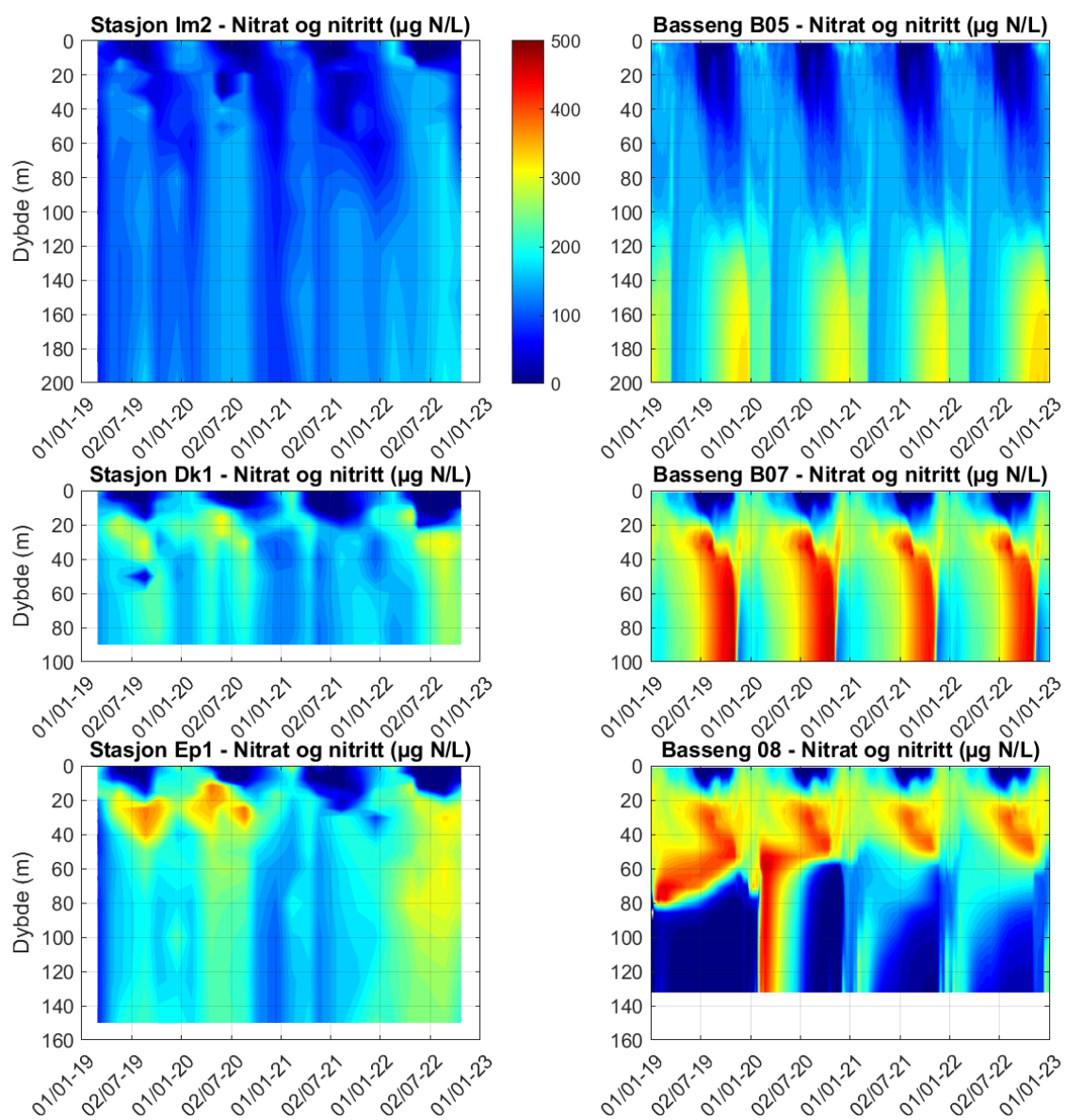
Som oppsummering konkluderes det med at NIVA Fjordmodell gir en rimelig god beskrivelse av den vertikale variasjonen til de løste næringsaltene, men beskrivelsen er ikke perfekt. Modellen gir en god beskrivelse av variasjonsmønsteret til silikat og fosfat i de oksygenrike delene av fjorden, men får ikke korrekte nivåer i dypvannet i bassengene hvor det er dårlige oksygenforhold. Modellen gir for store mengder nitrat i dypvannet der det er oksygenrikt, og for lite der det er oksygenfritt, men klarer å gjenskape maksimum av nitrat i mellomdypet over oksygenfrie vannmasser.



Figur 16. Til venstre vises målinger av silikat fra 2019-2022 på stasjon Im2 i Drøbaksundet, Dk1 i Vestfjorden og Ep1 i Bunnefjorden. Til høyre vises modellresultater av silikat fra de bassengene hvor det er målinger (basseng 5, 7 og 8).



Figur 17. Til venstre vises målinger av fosfat fra 2019-2022 på stasjon Im2 i Drøbaksundet, Dk1 i Vestfjorden og Ep1 i Bunnefjorden. Til høyre vises modellresultater av fosfat fra de bassengene hvor det er målinger (basseng 5, 7 og 8).



Figur 18. Til venstre vises målinger av nitrat fra 2019-2022 på stasjon Im2 i Drøbaksundet, Dk1 i Vestfjorden og Ep1 i Bunnefjorden. Til høyre vises modellresultater av nitrat og nitritt fra de samme bassengene.

5 Validering av modellene mot historiske data

For å validere kalibreringen blir modellen testet på datasett som er uavhengig av de dataene som har blitt brukt til kalibrering. Det er valgt å sammenligne modellen med målinger av klorofyll a fra sommeren og oksygen fra dypvannet i Drammensfjorden fra perioden 1973-1982. Det er utfordrende å finne data fra denne perioden og i denne rapporten er det sammenlignet klorofyll a fra kun fem av de ti bassengene i modellen, siden det ikke er funnet data fra de andre bassengene. Men dette er likevel svært viktig datasett, fordi det i denne perioden var betydelig mer planteplankton i store deler av fjorden.

Oksygenforholdene i Drammensfjorden er spesielt viktig i denne rapporten, siden det skal sees på endringer av utslippsdyp i Drammensfjorden, og dette påvirker oksygenforholdene i stor grad.

5.1 Historiske tilførsler

I 0 vises de endringene som er lagt inn i modellen for å endre tilførslene i modellkjøring som skal modellere en historisk situasjon. Når modellen kjøres så kan det legges in faktorer som endrer vannmengde (QFW), mengde fosfor (QFP), mengden nitrogen (QFN) og mengden organisk stoff (QFC) som er i tilførslene. I noen tilfeller har det vært mulig å anslå disse faktorene basert på historisk tilførsel sammenlignet med dagens tilførsel, som er gjort i Indre Oslofjord og Drammensfjorden.

For bassengene utenom Drammenfjorden (basseng 4) og Indre Oslofjord (basseng 7, 8, 9 og 10) er antatt avløpsvann fra renseanlegg har gått urensset ut i overflaten. Det antas at rensegraden i dag er 90 % for fosfor og 15 % for nitrogen og organisk stoff. For fosfor vil dette si at tilførselen var ti ganger så stor i det historiske scenariet, og QFP er satt til 10. For nitrogen og organisk stoff er det antatt at 15% fjernes i dag, og QFN og QFC er satt til 1.17^7 . Det antas at oksygenbehovet følger tilførselen av organisk stoff.

For Drammensfjorden brukes samme faktorer som i Staalstrøm (2022). Alle renseanleggene i Indre Oslofjord er skrudd av, og tilførselen har blitt overført til elvene. Avløpsvannet som i dag går til VEAS, ble lagt inn i Oslos havnebasseng, som vil si basseng 9 i modellen. For bassengene utenom Drammenfjorden (basseng 4) og Indre Oslofjord (basseng 7, 8, 9 og 10) er det antatt at tilførsel fra elvene ikke har endret seg.

⁷ $1 - (1/1.17) = 0.15$

Tabell 7. Endringer i tilførslene i det historiske scenariet.

Utslipp nr.	Type	Tilførsel til basseng:	Utslippsdyp (m)	QFW	QFP	QFN	QFC
1	Elv	Rauerbassenget	0	1.00	1.00	1.00	1.00
2	Elv	Bastøbassenget	0	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Elv	Breiangen	0	1.00	1.00	1.00	1.00
4	Elv	Drammensfjorden	0	1.00	1.70	1.00	1.40
5	Elv	Drøbaksundet	0	1.00	1.00	1.00	1.00
6	Elv	Mossesundet	0	1.00	1.00	1.00	1.00
7	Elv	Vestfjorden	0	1.00	10.10	1.84	1.84
8	Elv	Bunnefjorden	0	1.05	13.18	2.37	1.97
9	Elv	Bekkelagsbassenget	0	1.91	70.67	27.77	6.91
10	Elv	Bærumsbassenget	0	1.00	10.10	1.84	1.84
11	RA	Rauerbassenget	0	1.00	10.00	1.17	1.17
12	RA	Bastøbassenget	0	1.00	10.00	1.17	1.17
13	RA	Breiangen	0	1.00	10.00	1.17	1.17
14	RA	Drammensfjorden	0	1.00	0.00	0.00	0.00
15	RA	Drøbaksundet	0	1.00	10.00	1.17	1.17
16	RA	Mossesundet	0	1.00	10.00	1.17	1.17
17	RA	Vestfjorden	0	0.00	0.00	0.00	0.00
18	RA	Bunnefjorden	0	0.00	0.00	0.00	0.00
19	RA	Bekkelagsbassenget	0	0.00	0.00	0.00	0.00
20	RA	Bærumsbassenget	0	0.00	0.00	0.00	0.00

5.2 Klorofyll i overflaten

I Tabell 8 sammenlignes klorofyll a fra overflaten fra Drammensfjorden og Indre Oslofjord. I perioden 1973-1982 var det betydelig mer planteplankton i fjorden. I basseng 9, Bekkelagsbassenget og Oslos havnebassenget, var gjennomsnittverdien for sommermånedene (juni-august) på hele 15 µg/L. Med tanke på at dette er gjennomsnitt over en periode på hele 10 år, er dette en svært høy verdi. Tilførselen til fjorden var også svært stor den gangen, og det var svært lite rensing. Denne verdien er 6 ganger så høy som det en måler i dag. I resten av Indre Oslofjord var det 4 ganger så mye plankton som i dag. I Drammensfjorden var det omtrent dobbelt så mye plankton som i dag (Tabell 8).

NIVA Fjordmodell underestimerer responsen i planteplankton når tilførslene økes. I basseng 9 (Bekkelagsbassenget) for eksempel var det hele seks ganger så mye klorofyll på sommeren i perioden 1973-1982 sammenlignet med perioden 2019-2021. I modellen er det bare dobbelt så mye planteplankton i dette bassenget i det historiske scenariet (VAL01).

Tabell 6 viste at modellen underestimerer mengden planteplankton når en ser på gjennomsnitt for hele året i dagens situasjon, men modellen har for mye plankton når en ser på kun på sommer perioden (andre og femte kolonne i Tabell 8). Dette betyr at modellen ikke klarer å gjenskape den korrekte sesongvariasjonen til planteplanktonet, og det er for lite plankton på vinteren og for mye på

sommeren. Modellen klarer derimot å si hvor i fjorden effekten på planteplankton blir størst, og hvor det er mindre effekt. Med andre ord er det samvariasjon mellom forholdstallene basert på observasjoner og basert på modellerte verdier.

Når modellresultatene skal tolkes er det viktig å ta hensyn til at dette oppsettet av NIVA Fjordmodell som benyttes her, underestimerer responsen på planteplankton når tilførslene økes. En økning på 20 % i sommerklorofyll i modellen kan i realiteten bety en dobling i mengden planteplankton.

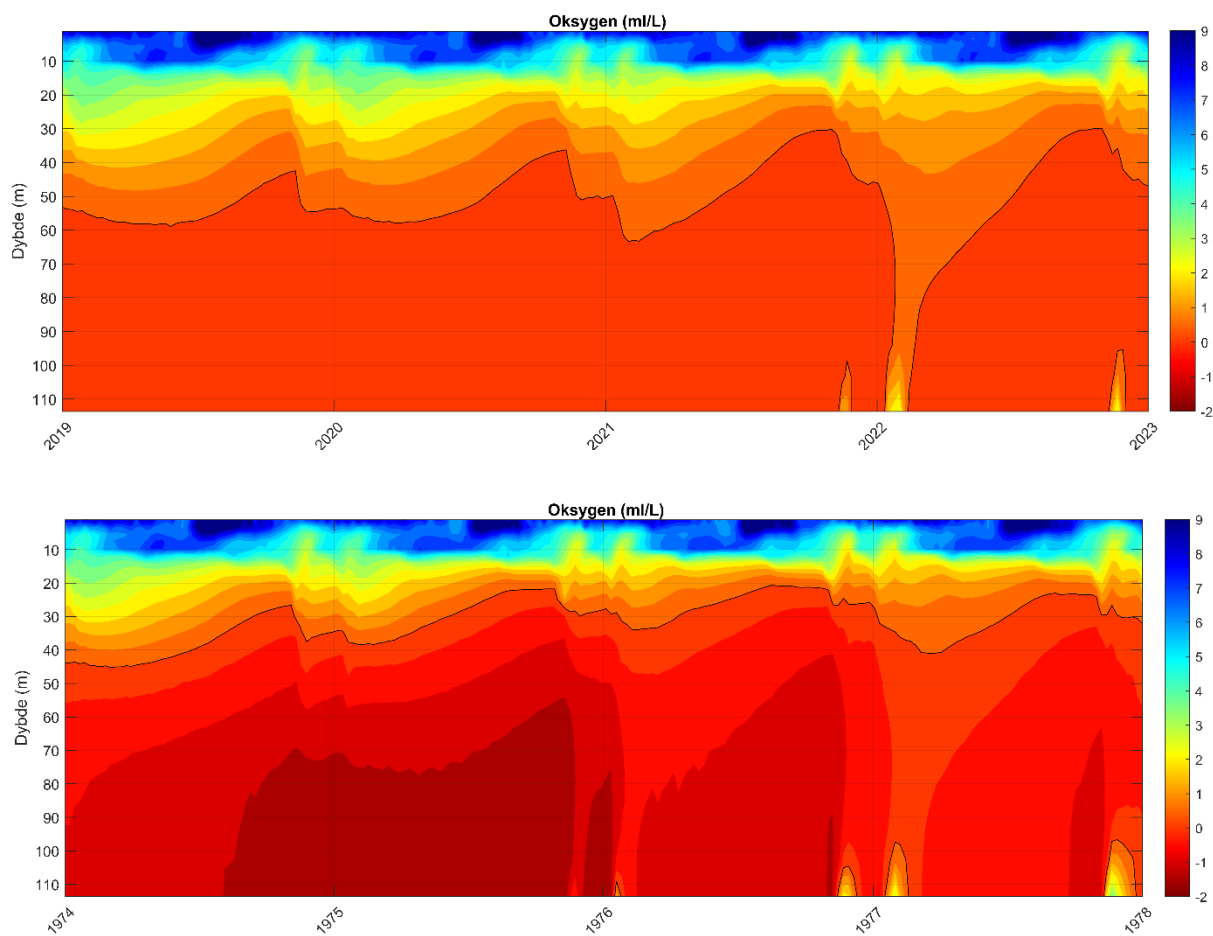
Tabell 8. Klorofyll a i overflaten i sommersesongen (juni-august). Modellsценariet SC00 representerer dagens situasjon. Modellsценariet VAL01 representerer de historiske forholdene. Enheten er µg/L. Forholdstallene er uten enhet.

Basseng	2019-2021	1973-1982	Forholdstall Historisk/Dagens	SC00	VAL01	Forholdstall Historisk/Dagens
4	2.8	5.2	1.9	8.5	10.4	1.2
7	2.0	7.7	3.8	4.1	5.7	1.4
8	2.1	8.5	4.0	4.8	7.9	1.7
9	2.5	15.0	6.0	6.0	11.9	2.0
10	2.8	11.9	4.3	6.1	9.0	1.5

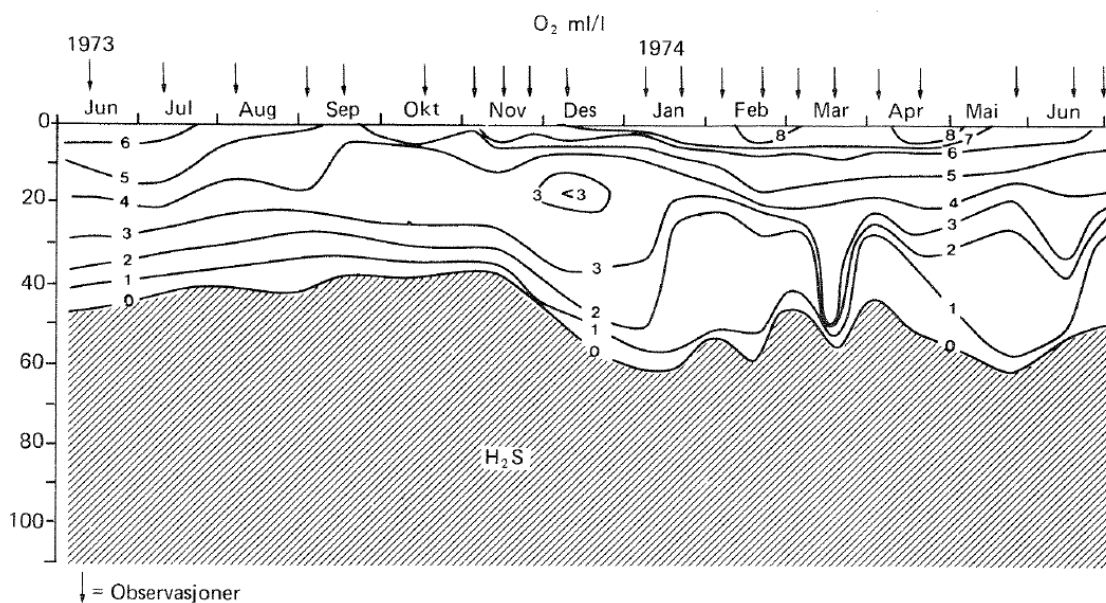
5.3 Oksygenforhold i Drammensfjorden

Det var betydelig dårligere oksygenforhold på 70-tallet enn det er i dag. Det var helt oksygenfrie forhold under 40-60 m dyp (Figur 20). I Figur 19 vises oksygenforholdene i de to modellsценariene SC00 som representerer dagens situasjon og VAL01, hvor det er lagt inn historiske tilførsel beskrevet i 0. Dette vil si at tilførselen av fosfor økes med 70 % og organisk stoff med 40 % i forhold til dagens situasjon, mens tilførsel av nitrogen ikke endres. I Figur 20 vises observerte oksygenforhold i Drammensfjorden fra juni 1973 til juni 1974 (Magnusson og Næs, 1986).

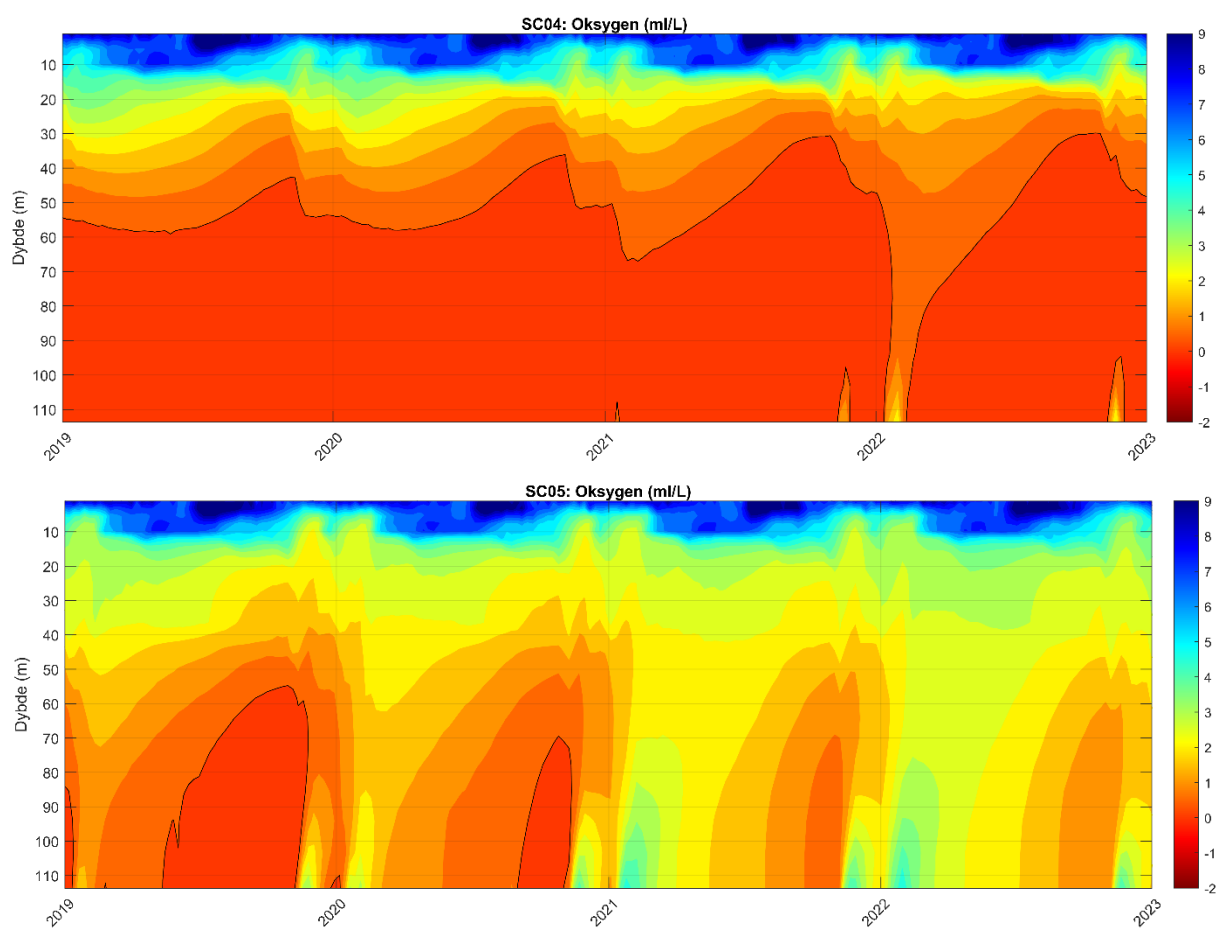
Denne økningen av tilførsler gjør at oksygenforholdene i Drammensfjorden blir betydelig dårligere. Modellen gjenspeiler de dårligere oksygenforholdene i dypvannet fra observasjonene fra 1973-1974, med kontinuerlig forekomst av hydrogensulfid i dypet. Modellresultatene viser at oksygen som kommer inn under dypvannsfornyelser brukes raskt opp.



Figur 19. Modellerte oksygenforholdene i Drammensfjorden. Øverst vises dagens situasjon og nederst vises forholdene når det legges inn historiske tilførsler til fjorden. Den svarte konturlinjen viser oksygenkonsentrasjon 0,5 ml/L.



Figur 20. Oksygenforholdene i Drammensfjorden fra 1973-1974. Figuren er hentet fra Magnusson og Næs (1986).



Figur 21. Modellerte oksygenforholdene i Drammensfjorden med sentralt rensanlegg (SC04 og SC05). Øverst vises situasjon med utslipp på 30 m og nederst vises utslipp på 90 m. Den svarte konturlinjen viser oksygenkonsentrasjon 0,5 ml/L.

6 Resultater fra modellscenarier

I introduksjonen stilte vi følgende spørsmål:

1. Hvilken effekt renseanleggene på fjorden i dag?
2. Hvilken effekt har det største renseanlegget VEAS på fjorden i dag?
3. Hva er effekten av å flytte alle renseanleggene i Drammensfjorden til VEAS?
4. Hva er effekten av å bygge et nytt sentralt renseanlegg i Drammensfjorden (SRAD)?
5. Hva er effekten av å la SRAD ha utslipp i dypet i Drammensfjorden?
6. Hva er effekten av å introdusere nitrogenrensing på alle renseanlegg?

For å svare på disse spørsmålene har NIVA Fjordmodell blitt kjørt med variasjon i tilførselen til fjorden. For å se på hvilken effekt renseanleggene har, har det blitt beregnet hvordan tilstanden i fjorden hadde vært om anleggene slapp ut alt avløpsvann i overflaten uten rensing. Det har blitt testet hva effekten er av å kun skru av det største renseanlegget, VEAS. For å se på hva som vil skje om avløpsvann overføres fra renseanleggene rundt Drammensfjorden blir overført til VEAS, har anleggene rundt Drammen blitt skrudd av mens utslippet fra VEAS har blitt økt. Det er da tatt hensyn til at VEAS har nitrogenrensing, mens anleggene rundt Drammen ikke har det i dag. For å se på effekten av å bygge et sentralt renseanlegg i Drammen, har kun tilførselen til Drammensfjorden blitt endret. For å se på effekten av å innføre nitrogenrensing i hele regionene har rensegraden på anleggene i Yter Oslofjord blitt økt.

I Tabell 9 vises prosentvis endring av planteplankton (klorofyll a) i overflaten på sommeren. Det er kjørt tre modellkjøringer for hvert scenario. I de tre kjøringene har inngangsdata vært like, men tilfeldige variasjoner har vært forskjell. De tilfeldige variasjonene påvirker tilførselene og forholdene på utsiden av modellområdet (grenseflatebetingelsene). Den første tallverdien viser middelverdien av prosentvis endring i forhold til SC00, som beskriver dagens situasjon. Tallverdi nummer to som det står ± foran, viser den høyeste og laveste verdien. Tabell 10 og Tabell 11 viser det samme for hhv. nitrat og fosfat.

Tabell 9. Endring i planteplankton (klorofyll a) i overflaten ved de forskjellige scenariene. Andre kolonne viser den modellerte verdien i de ti bassengene. Signifikant økning er merket med ferskenfarge, og signifikant reduksjon med grønt. I de tilfellene hvor endringene ikke er signifikante er fargen hvit.

Basseng	Modellert Klf-A (µg/L) SC0	Prosentvis endring SC01	Prosentvis endring SC02	Prosentvis endring SC03	Prosentvis endring SC04	Prosentvis endring SC05	Prosentvis endring SC06
Rauer	2,8	-15 ± 1	-7 ± 3	-3 ± 4	1 ± 3	-1 ± 3	-0,4 ± 3
Bastø	4,1	7 ± 1	6 ± 2	-1 ± 2	0,1 ± 2	-1 ± 2	-2 ± 2
Breiangen	4,7	19 ± 2	13 ± 2	-2 ± 2	-2 ± 1	-2 ± 3	-2 ± 2
Drammen	8,5	9 ± 0,5	2 ± 0,7	-3 ± 0,8	-2 ± 0,5	-4 ± 0,7	-4 ± 0,7
Moss	4,6	30 ± 4	26 ± 2	1 ± 2	-1 ± 3	-1 ± 4	-2 ± 1
Drøbak	5,2	31 ± 5	28 ± 4	2 ± 0,8	-2 ± 1	-2 ± 2	-3 ± 2
Vestfjorden	5,3	40 ± 2	38 ± 1	2 ± 0,9	-0,7 ± 0,5	-0,3 ± 0,2	-1 ± 0,6
Bunnefj,	6,1	27 ± 1	19 ± 0,5	1 ± 0,6	-0,4 ± 0,3	0,0 ± 0,3	-0,8 ± 0,8
Bekkelaget	6,7	31 ± 1	18 ± 0,2	2 ± 1	0,1 ± 0,6	0,0 ± 0,9	-0,6 ± 0,6
Bærum	6,3	41 ± 1	34 ± 1	1 ± 0,8	-0,5 ± 0,9	-0,5 ± 0,5	-0,6 ± 0,9

Tabell 10. Endring i nitrat (NO_3) i overflaten ved de forskjellige scenariene. Andre kolonne viser den modellerte verdien i de ti bassengene. Signifikant økning er merket med ferskenfarge, og signifikant reduksjon med grønt. I de tilfellene hvor endringene ikke er signifikante er fargen hvit.

Basseng	Modellert NO_3 ($\mu\text{g N/L}$) SC0	Prosentvis endring SC01	Prosentvis endring SC02	Prosentvis endring SC03	Prosentvis endring SC04	Prosentvis endring SC05	Prosentvis endring SC06
Rauer	29,2	30 ± 2	16 ± 5	4 ± 4	-2 ± 3	2 ± 3	-0,2 ± 3
Bastø	21,6	39 ± 3	24 ± 3	0,7 ± 4	-3 ± 2	3 ± 1	-0,6 ± 5
Breiangen	23,4	54 ± 6	38 ± 6	0,8 ± 4	-3 ± 4	0,8 ± 6	-3 ± 5
Drammen	57,3	-8 ± 0,7	10 ± 0,8	-25 ± 1	-20 ± 0,4	-19 ± 0,8	-20 ± 0,9
Moss	20,1	165 ± 9	107 ± 4	3 ± 4	-1 ± 3	0,2 ± 5	-3 ± 0,8
Drøbak	21,5	15 ± 6	85 ± 5	0,3 ± 2	-3 ± 2	-3 ± 3	-3 ± 3
Vestfjorden	21,0	401 ± 14	241 ± 5	11 ± 3	-1 ± 1	1 ± 2	-2 ± 0,5
Bunnefj.	38,9	306 ± 8	86 ± 2	11 ± 2	-0,4 ± 2	0,1 ± 1	-1 ± 2
Bekkelaget	41,3	396 ± 10	65 ± 2	13 ± 3	-0,9 ± 3	0,7 ± 1	-2 ± 2
Bærum	43,9	175 ± 4	117 ± 1	5 ± 1	-1 ± 0,9	-0,2 ± 1	-2 ± 0,7

Tabell 11. Endring i fosfat (PO_4) i overflaten ved de forskjellige scenariene. Andre kolonne viser den modellerte verdien i de ti bassengene. Signifikant økning er merket med ferskenfarge, og signifikant reduksjon med grønt. I de tilfellene hvor endringene ikke er signifikante er fargen hvit.

Basseng	Modellert PO_4 ($\mu\text{g P/L}$) SC0	Prosentvis endring SC01	Prosentvis endring SC02	Prosentvis endring SC03	Prosentvis endring SC04	Prosentvis endring SC05	Prosentvis endring SC06
Rauer	2,8	29 ± 1	14 ± 6	4 ± 5	-3 ± 4	-0,5 ± 3	-3 ± 5
Bastø	1,6	37 ± 5	21 ± 5	2 ± 5	-2 ± 3	3 ± 4	-1 ± 6
Breiangen	1,5	46 ± 7	29 ± 7	3 ± 5	-1 ± 7	-0,4 ± 9	-0,2 ± 7
Drammen	1,8	32 ± 2	18 ± 0,9	-1 ± 0,7	16 ± 2	-16 ± 0,6	-16 ± 0,6
Moss	1,2	81 ± 0,7	52 ± 5	2 ± 4	1 ± 4	2 ± 5	0,9 ± 2
Drøbak	1,0	92 ± 2	44 ± 4	-0,1 ± 4	-4 ± 7	-7 ± 2	0,5 ± 7
Vestfjorden	0,9	242 ± 7	130 ± 8	3 ± 1	-0,5 ± 5	4 ± 2	3 ± 1
Bunnefj.	1,7	292 ± 18	108 ± 8	2 ± 5	0,3 ± 7	4 ± 3	3 ± 4
Bekkelaget	1,6	391 ± 17	103 ± 10	-2 ± 3	-0,1 ± 8	4 ± 4	2 ± 6
Bærum	2,3	200 ± 7	122 ± 4	2 ± 2	0,0 ± 2	2 ± 1	2 ± 2

For å vurdere effekten av de største renseanleggene i fjorden har rensegraden til disse blitt satt til null, og utslippene lagt til overflaten. Uten renseanleggene ville det vært signifikant økning i mengden planteplankton i hele fjorden minst helt ut til Bastøy. Modellen antyder at det kunne vært opp mot 40 % mer planteplankton på sommeren i Indre Oslofjord (SC01). VEAS står for mesteparten av den positive effekten på eutrofisituasjonen (SC02).

Ved å overføre alle de store renseanleggene i Drammensfjorden til VEAS (SC03), vil det bli 2-3 % mindre planteplankton og 25 % mindre nitrat på sommeren i Drammensfjorden. På den annen side vil det bli 1-2 % mer planteplankton og rundt 10 % mer nitrat på sommeren i Indre Oslofjord, samt dårligere oksygenforhold i Bunnefjorden.

I en simulering ble alle de store renseanleggene i Drammensfjorden samlet i et anlegg med nitrogenfjerning og felles utslipp i dypet (SC04). Dette vil gi nesten like stor eller større reduksjon i mengden planteplankton i Drammensfjorden som ved overføring til VEAS, og det vil i tillegg være en generell reduksjon av planteplankton i hele fjordsystemet. Legges dette utslippet på 90 m dyp (SC05) blir det svært mye bedre oksygenforhold i Drammensfjorden, og det forventes at anoksiske forhold kan unngås i store deler av vannsøylen. Oksygenforholdene i Drammensfjorden med utslipp på 30 og 90 m er vist i Figur 21.

Ut ifra en helhetlig vurdering av både forholdene i overflatelaget og bunnforhold, og ved å betrakte forholdene i hele Oslofjorden, peker løsningen med å samle renseanleggene i Drammensfjorden til et sentralt renseanlegg med nitrogenfjerning og utslipp på 90 m dyp som svært gunstig.

Hvis det i tillegg innføres nitrogenrensing på alle renseanlegg i hele Oslofjorden vil det bli mindre planteplankton i hele fjordsystemet, med størst reduksjon i områdene Drøbaksundet, Breiangen og Bastøbassenget, med reduksjon i mengden planteplankton i overflatelaget på minst 2-4 % (SC06). Det er i tillegg forventet at den største effekten på vannkvaliteten i et slikt scenario vil være en betydelig reduksjon i ettårige trådformede alger (lurv).

I Tabell 12 gis en kort oppsummering av de viktigste effektene i fjorden for hvert modellscenario.

Tabell 12. Oversikt over modellscenariene og kort oppsummering av effektene i fjorden.

Scenario	Beskrivelse	Kort oppsummering av effekt
SC01	Effekt av renseanlegg - ingen rensegrad - utslipp til overflata	Kraftig økning i planteplankton og næringssalter i hele fjordsystemet, med unntak av planteplankton i det ytterste bassenget.
SC02	Effekt av VEAS - ingen rensegrad - utslipp til overflata	Kraftig økning i planteplankton og næringssalter i hele fjordsystemet, men i mindre grad enn i SC01.
SC03	Overføring av RA i Drammensfjorden til VEAS - ingen utslipp på renseanlegg i Drammensfjorden - økning på VEAS	Noen prosent mindre planteplankton i Drammensfjorden og noen prosent mer i Indre Oslofjord. 25 % mindre nitrogen i Drammensfjorden, men 10 % økning i Indre Oslofjord og forverring av oksygenforholdene i Bunnefjorden.
SC04	Nytt sentralrenseanlegg i Drammensfjorden (30 m) - alle RA i Drammen til nytt sentralt anlegg med nitrogenfjerning - utslipp 30 m	Nesten like positive effekter som ved SC03, samt i tillegg en liten forbedring i Indre Oslofjord.
SC05	Nytt sentralrenseanlegg i Drammensfjorden (90 m) - alle RA i Drammen til nytt sentralt anlegg med nitrogenfjerning - utslipp 90 m	Tilsvarende effekter som ved scenario SC04, og i tillegg radikale forbedringer av oksygenforholdene i dypvannet i Drammensfjorden.
SC06	Nitrogenrensing - som SC05 - nitrogenfjerning på alle RA i modellområdet	Tilsvarende effekter som ved scenario SC05, samt reduksjon av planteplankton og nitrat i hele fjordsystemet.

7 Diskusjon

7.1 utfordringer ved å modellere planteplankton

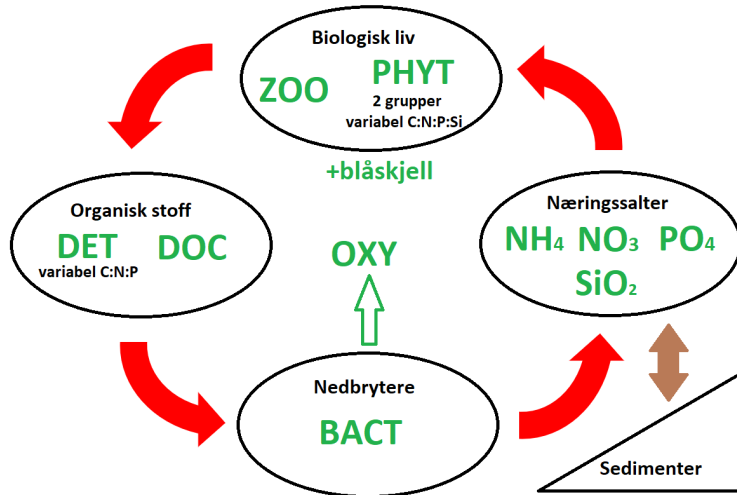
Planteplankton formerer seg ved celledeling. Dette gjør at de kan vokse eksponentielt om de rette betingelsene er til stede. De viktigste betingelsene er tilgang på næring og stabile vannmasser, som gjør at planktonet kan holde seg i det øvre laget hvor det er tilgang på lys. Planktoncellene kan dele seg en til to ganger i døgnet. Det vil si at en celle kan bli til 10000 i løpet av en til to uker. Når det er tomt for næring dør planteplanktonet og synker ned, og dette går også relativt raskt.

I tillegg er artsmangfoldet stort, og det er liten kunnskap om akkurat hvilke arter som er til stede i vannmassen når det er lite plankton, som for eksempel på vinteren. Derfor er det uforutsigbart hvilke arter som vil dominere når planteplanktonoppblomstringene setter i gang.

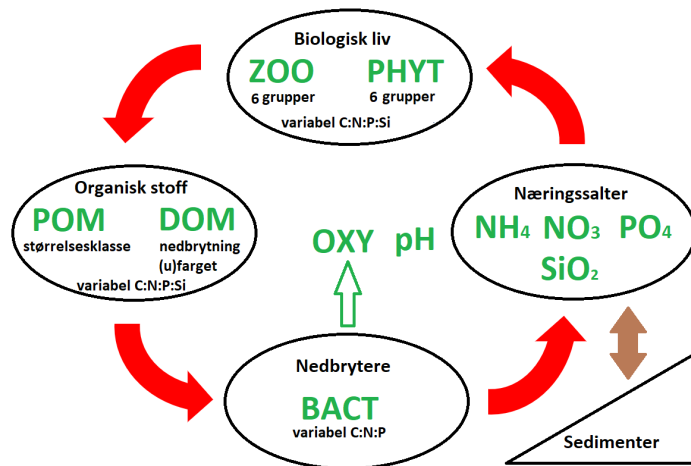
De forskjellige artene vil også ha forskjellig forholdstall mellom hvor mye klorofyll det er i cellene og den faktiske biomassen. Alle disse faktorene gjør at målinger av klorofyll går mye opp og ned gjennom sesongen. Ofte er det bare en måling eller mindre per måned. På stasjon Dk1 ved Steilene i Indre Oslofjord er det høy tidsoppløsning, og her ser en at klorofyll kan hoppe fra svært lave til svært høye verdier flere ganger i løpet av en måned.

I NIVA Fjordmodell er det to planteplanktongrupper. Den ene representerer kiselalger som tar opp silisium, mens den andre gruppen ikke tar opp silisium. Modellresultatene som er presentert her viser at denne beskrivelsen av planteplankton er for enkel til å modellere utvikling av planteplankton gjennom sesongen. Staalstrøm et al. (2022) sammenligner flere forskjellige biologiske modeller. Den mest komplekse modellen som blir presentert er ERSEM, og de biologiske elementene som inngår i den modellen er sammenlignet med det som er lagt inn i NIVA Fjordmodell i Figur 22. ERSEM har 6 grupper av planteplankton og 6 grupper av dyreplankton. Det er også en betydelig mer kompleks beskrivelse av organisk stoff og bakterier. ERSEM klarer å modellere tidsutviklingen av planteplankton gjennom året i Oslofjorden betydelig bedre enn NIVA Fjordmodell (se figur 22 i Staalstrøm et al., 2022). Det er derfor forventet at resultatene av planteplankton fra NIVA Fjordmodell vil forbedres betydelig om biologidelen av modellen oppdateres.

NIVA Fjordmodell:



ERSEM:



Figur 22. Sammenligning av de biologiske komponentene som inngår i NIVA Fjordmodell (øverst) og ERSEM (nederst).

7.2 Hva er den beste løsningen for fjorden?

Renseanleggene slik de er i dag har en betydelig positiv effekt på fjorden. Hvis det eneste fokuset var å redusere overflatekonsentrasjonene av næringsalter så ville det beste for Drammensfjorden vært å overføre avløpsvannet til Indre Oslofjord. Men det vil være en merkbar negativ effekt i Indre Oslofjord. Det vil bli mer nitrogen og organisk stoff i overflatelaget, og det vil bli noe mer planteplankton. Alle vannforekomstene i Indre Oslofjord har moderat tilstand (Staalstrøm et al., 2022), og å øke belastningen her vil gjøre det enda mer utfordrende å oppfylle Vannforskriften, hvor det er krav om minst «god» økologisk tilstand. Forholdene for ettårige trådformede alger (lurv) som er en stor utfordring i Indre Oslofjord, vil få bedre forhold, som vil gi ytterligere belastning på ålegras.

Modelleringen i denne rapporten viser at å samle alle de store renseanleggene og å ha nitrogenrensning vil ha betydelig positiv effekt på eutrofisituasjonen i Drammensfjordens overflatelag. Hvis man i tillegg legger dette utslippet ned på 90 m dyp, så er dette helt klart den løsningen som vil gi best uttelling når det gjelder vannkvalitet. Det vil som før være utfordrende med oksygenforholdene siden Drammensfjorden er en terskelfjord. Derimot vil oksygenforholdene i store deler av vannmassen bli betydelig bedre. Dette kan bety at bentiske biologiske kvalitetselement vil kunne bedres betydelig. Oksygenforholdene i bunnvannet vil også bli betydelig bedre hvis det er utslipp på 90 m, enn om alt vannet ble overført til VEAS.

Med tanke på vannkvaliteten i fjorden er det scenariet (SC06) med et sentralt renseanlegg i Drammen med utslipp i dypet, samt nitrogenrensning på alle renseanleggene den beste løsningen. Modellresultatene antyder at den ekstra positive effekten ved å innføre nitrogenrensning på alle anlegg er relativt beskjedent. Det må påpekes at dette modelloppsettet ikke inkluderer Hvaler, og det er ikke sett på hvilke effekter nitrogenrensning kan ha i dette området.

Referanser

- Bjerkeng, B. (1994a) Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 1: Praktisk utprøvnig på indre Oslofjord. NIVA rapport 3112-1994. 96 sider.
- Bjerkeng, B. (1994b) Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 2: Faglig beskrivelse av innholdet i modellen. NIVA rapport 3113-1994. 134 sider.
- Bjerkeng, B. (1994c) Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 3: EDB-teknisk beskrivelse og praktisk brukerveiledning. NIVA rapport 3114-1994. 107 sider.
- Bjerkeng, B. (1994d) Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 4: Fysiske prosesser. Litteraturstudium og dataanalyse. NIVA rapport 3115-1994. 107 sider.
- Bjerkeng, B. (1994e) Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 5: Fytoplankton-prosesser – et litteraturstudium. NIVA rapport 3116-1994. 165 sider.
- Bjerkeng, B. (1994f) Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport 6: Filtrering og vekst hos blåskjell som funksjon av miljøforhold. NIVA rapport 3117-1994. 78 sider.
- Guerrero, J.-L. & Sample, J. E. (2021) Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder I 2019 –tabeller, figurer og kart. NIVA-rapport 7599-2021. 99 sider.
- Helland, A. (2007) Dramstadbukta, Drammensfjorden. Etterkontroll av deponeringsområdet ved mudring av Svelvikstrømmen. NIVA rapport 5337-2007. 14 sider.
- Magnusson, J. & Næs, K. (1986) Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-84: Delrapport 6: Hydrografi, vannkvalitet og vannutskifting. NIVA rapport 243/86. 87 sider.
- Molvær, J., Bokn, T. & Knutzen, J. (1974) Resipientundersøkelser av Drammenselva og Drammensfjorden. Rapport nr. 1 Generelle forhold – Tidligere undersøkelser - Forurensningstilførsler. NIVA rapport 624-1972. 63 sider.
- Rinde, E., Bekkby, T., Kvile, K. Ø., Andersen, G. S., Brkljacic, M. S., Anglès d'Auriac, M., Christie, H. C., Fagerli, C. W., Fredriksen, S., Moy, S. R., Staalstrøm, A., Tveiten, L. A. (2021) Kartlegging av et utvalg marine naturtyper i Oslofjorden. NIVA-rapport 7605-2021. 61 sider.
- Staalstrøm, A. (2017) Vurdering av effekter på vannkvaliteten ved endret utslipp i Bunnefjorden og Bekkelagsbassenget. NIVA rapport 7192-2017. 36 sider.
- Staalstrøm, A. & Kempa, M. (2018) Spredning av kjemikalier i Drammensfjorden ved bekjempning av lakseparasitt. NIVA rapport 7282-2018. M-1087. 33 sider.
- Staalstrøm, A. (2018) Saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden. NIVA-rapport 7264-2018, 43 sider.
- Staalstrøm, A. & Yakushev, E. (2019) Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn. NIVA rapport 7451-2020. 85 sider.

Staalstrøm, A. (2020) Modellering av miljøtilstanden i indre Oslofjord sett i lys av utslippstillatelser og befolkningsutvikling. NIVA rapport 7493-2020. 118 sider.

Staalstrøm, A., Andersen, G. S., Walday, M., Engesmo, A., Gran, S. & Harvey, T. (2022). Undersøkelser av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord, Årsrapport 2021, NIVA-rapport 7771-2022. 98 sider.

Walday, M., Borgersen, G., Beylich, B., Eikrem, W., Gitmark, J., Naustvoll, L.J., Selvik, J.R., Staalstrøm, A. (2019) Overvåking av Ytre Oslofjord i 2014-2018. 5-årsrapport. NIVA-rapport 7423-2019. 99 sider.

Vedlegg A. Beskrivelse av topografi

Her følger utskrift av fila som beskriver fjordens topografi.

```
# Created 29.9.2022 by Andre Staalstrom (ans@niva.no)
# Edited 16.10.2022 - added 4 basins in the Inner Oslofjord
# This version is a mixture of old files and new calculations
# 1. Rauer basin (RAUER)
# 2. Bastø basin and Breianger east (BASTO)
# 3. Breianger West (BREIANGEN)
# 4. Drammensfjorden (DRAMMEN)
# 5. Drøbaksundet and north-west Breianger (DROBAK)
# 6. Mossesundet (MOSS)
# 7. Vestfjorden (VESTFJORD)
# 8. Bunnefjorden (BUNNEFJORD)
# 9. Bekkelagsbassenget og Oslo havn (BEKKELAGET)
#10. Bærumsbassenget (BAERUM)

# Description of basin topography:
# NAME
# Length of coastline
# Table:                Depth Area [*F]
#                        ...
# ends with             <Max depth> 0
#                        END
# The factor *F is multiplied with the area to get unit m2,
# the same factor is used for all lines in the table

#
=====
# ----- BASIN 1
RAUER
# beachline (m)
119.2E3
# DEPTH(m)  AREA(m2) (factor in first line is used for all levels)
    0    314.382  *1.0E6
    10    277.891
    20    249.603
    30    223.376
    40    211.308
    50    183.073
    60    159.283
    70    148.077
    80    139.085
    90    128.158
   100    108.370
   110     88.200
   120     77.563
   130     71.734
   140     67.616
   150     64.294
   160     61.254
```

```

170 58.318
180 55.244
190 52.241
200 48.369
210 44.056
220 41.459
230 39.284
240 37.316
250 35.380
260 33.474
270 31.454
280 29.567
290 27.601
300 24.933
310 20.383
320 16.261
330 11.918
340 6.917
350 3.027
360 0.727
370 0.106
380 0

```

END

#

=====

----- BASIN 2

BASTO

beachline (m)

65.2E3

#	DEPTH (m)	AREA (m2)
0	164.707	*1.0E6
10	149.274	
20	133.294	
30	119.176	
40	109.804	
50	102.146	
60	94.394	
70	89.304	
80	85.069	
90	80.788	
100	72.135	
110	60.884	
120	49.086	
130	38.121	
140	31.574	
150	27.488	
160	23.366	
170	21.311	
180	19.381	
190	17.226	
200	14.853	
210	12.733	

```

220 11.079
230 9.524
240 8.159
250 7.044
260 6.038
270 4.949
280 3.783
290 2.303
300 0.290
310 0.028
320 0

```

END

#

```
=====
# ----- BASIN 3
```

BREIANGEN

beachline (m)

96.5E3

```

# DEPTH(m) AREA(m2)
0 119.396 *1.0E6
10 101.114
20 90.468
30 81.366
40 74.845
50 67.608
60 59.106
70 52.611
80 46.187
90 41.256
100 34.318
110 26.728
120 22.288
130 19.029
140 16.444
150 14.366
160 12.088
170 9.849
180 7.766
190 5.315
200 2.126
210 0.054
220 0

```

END

#

```
=====
# ----- BASIN 4
```

DRAMMEN

beachline (m)

52.0E3

```

# DEPTH(m) AREA(m2)
0 49.03 *1.0E6

```

```

    10    44.20
    20    41.56
    50    33.88
   100    18.38
   115     7.63
   120     2.95
   124     0
END

```

#

=====

----- BASIN 5

DROBAK

beachline (m)

47.2E3

```

# DEPTH (m)    AREA (m2)
    0    47.454 *1.0E6
    10    44.351
    20    41.348
    30    38.870
    40    36.926
    50    34.555
    60    32.106
    70    30.331
    80    28.416
    90    26.815
   100    24.139
   110    20.951
   120    18.971
   130    17.007
   140    14.678
   150    12.755
   160    10.738
   170     8.794
   180     6.739
   190     5.274
   200     3.606
   210     1.036
   220     0.188
   230     0.101
   240     0.061
   250     0.040
   260     0.014
   270     0

```

END

#

=====

----- BASIN 6

MOSS

beachline (m)

14.1E3

```
# DEPTH(m)    AREA(m2)    (factor in first line is used for all
levels)
  0      5.653    *1.0E6
 10      4.408
 20      3.635
 30      3.006
 40      2.433
 50      1.802
 60      1.118
 70      0.557
 80      0.293
 90      0.077
100      0.018
110      0
```

END

#

=====

----- BASIN 7

VESTFJORD

incl. Holmenfjorden, Steilene Nord and Lysakerfjorden

excl. BAERUM, incl. GRAAOYA and HAAOYBUKT

275.2E3

```
  0      125.542    *1.0E+6
 10      110.996
 20      95.924
 30      79.814
 40      69.443
 50      54.746
 60      37.121
 70      27.608
 80      21.648
 90      17.35
100      11.6
110      5.09
120      2.2
130      0.76
140      0.24
150      0.02
160      0
```

END

#

=====

----- BASIN 8

BUNNEFJORD

excl. Bekkelagsbassenget and Oslo havn

beachline (m)

88.0E3

```
# DEPTH(m)    AREA(m2)    (factor in first line is used for all
levels)
```

```
  0      52.320    *1.0E6
 10      46.825
```

```

20 32.735
30 35.378
40 31.356
50 27.037
60 21.084
70 17.039
75 15.154
80 13.697
90 11.577
100 9.314
110 6.216
120 3.783
130 2.33
140 1.397
150 0.413
158 0

```

END

#

=====

----- BASIN 9

BEKKELAGET

incl. Oslo havn

beachline (m)

50.0E3

DEPTH(m) AREA(m2)

0 12.647 *1.0E6

10 9.143

20 6.637

30 3.994

39 3.423

40 3.340

50 2.267

60 1.089

70 0.305

75 0.000

END

#

=====

----- BASIN 10

BAERUM

beachline (m)

40.0E3

DEPTH(m) AREA(m2)

0 8.581 *1.0E6

10 3.470

20 0.906

30 0.002

END

#

=====

BOUNDARY

Name of the other basin - based on data from station VT3
SKAGRRAK

#

=====

CONNECTIONS

2 BASIN NAMES WITH LENGTH OF BUFFERZONE (M), TRANSITIONZONE (M) AND
TIMECONSTANT (DAYS) FOR MIXING
BETWEEN BUFFERVOLUME AND THE MAIN
BASINVOLUME:

----- Connection 1 -----
--

RAUER	0	0	10
SKAGRRAK	1000	500	0.5

Wind direction from inner to outer basin:
0.0

LISTE OVER DYP

#		+ TRANSPORTBREDDE		
#		+ BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)		
	0	32000	2000	2000
	50	15000	2000	2000
	100	2000	2000	2000
	140	500	2000	2000
	150	0	0	0

END

----- Connection 2 -----
--

BASTO	0	0	10
RAUER	1000	500	0.5

Wind direction from inner to outer basin:
0.0

LISTE OVER DYP

#		+ TRANSPORTBREDDE		
#		+ BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)		
# From kystinfo.no				
	0	11490	2000	2000
	50	3330	2000	2000
	100	2290	2000	2000
	200	100	2000	2000
	205	0	0	0

END

----- Connection 3 -----
--

BREIANGEN	0	0	10
BASTO	1000	500	0.5


```
# Wind direction from inner to outer basin:
300.0
# LISTE OVER DYP
#           + TRANSPORTBREDDE
#           + BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)
# From kystinfo.no
      0      6970    2000 2000
     50      2290    2000 2000
    100       500    2000 2000
    123        0         0    0
END

# ----- Connection 4 Svelvikstrommen -----
---
DRAMMEN           0    0 10
BREIANGEN        1000 500 0.5

# Wind direction from inner to outer basin (must check):
0.0
# Svelvik was dredged in 2006
# Old max depth 10.1 - new 11.5
# LISTE OVER DYP
#           + TRANSPORTBREDDE
#           + BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)
      0      250    2000 2000
      3      200    2000 2000
      5      170    2000 2000
     10      150    2000 2000
     11      120    2000 2000
    11.5       0         0    0
END

# ----- Connection 5 -----
--
DROBAK           0    0 10
BREIANGEN        1000 500 0.5

# Wind direction from inner to outer basin (must check):
15.0
# LISTE OVER DYP
#           + TRANSPORTBREDDE
#           + BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)
# From kystinfo.no
      0      5030    2000 2000
     50      2780    2000 2000
    100       685    2000 2000
    120        0         0    0
END

# ----- Connection 6 -----
--
DROBAK           0    0 10
MOSS             1000 500 0.5
```

```
# Wind direction from inner to outer basin:
350.0
# LISTE OVER DYP
#           + TRANSPORTBREDDE
#           + BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)
# From kystinfo.no
    0      568    2300  2500
   20     267    1800  2000
   30     153    1500  1800
   40     106    1200  1500
   50      85    1200  1500
   60      0      0      0
```

END

----- Connection 7 - Drøbaksterskelen

```
#HAAOYBUKT      5000  1000  2.0
#DROBAK        10000  2000  5.0
VESTFJORD      0 0 1
DROBAK         0 0 1
```

```
# Wind direction from inner to outer basin:
0.0
```

```
    0    1500    2300  2500
    2     700    1800  2000
   10     500    1500  1800
   19     200    1200  1500
   20      0      0      0
```

END

----- Connection 8: Terskel Bygdø - Nesoddtangen

```
BUNNEFJORD      0 0 1
VESTFJORD      0 0 1
```

```
# Wind direction from inner to outer basin:
110.0
```

LISTE OVER DYP

```
#           + TRANSPORTBREDDE
#           + BREDDER PÅ BUFFEROMRÅDER i basseng 1 og 2 (M)
    0    2500    2500  4000
   20     900     900  2000
   40     600     600  1200
   54      0      0      0
```

END

----- Connection 9 -----

```
--
BEKKELAGET      100  100  0.5
BUNNEFJORD      100  100  0.5
```

```
# Wind direction from inner to outer basin:
70.0
```

```
    0    3570    3570  3570
    5    3135    3135  3135
   10    2605    2605  2605
   15    2130    2130  2130
```

18	1805	1810	1810
20	1570	1570	1570
25	1190	1190	1190
30	1050	1050	1050
35	425	425	425
40	20	425	425
41	15	425	425
42	10	425	425
43	0	0	0

END

----- Connection 10 -----

 BAERUM 100 100 0.5
 VESTFJORD 100 100 0.5
 # Vindretning fra Bærumsbassenget til Vestfjorden:
 90.0

0	140	140	1000
10	80	80	800
12	0	0	0

END

Vedlegg B. Modellparametere

Disse modellparameterne ble brukt i kalibreringskjøringen.

```
##### Parameter Group TOPOGRAPHY
      # Topography setup parameters

DDPMIN = 1.00000          # Unit: (m)
      # Minimum depth of layers (at surface)

DPFACT = 1.10000         # Dimensionless.
      # Thickness increase factor for deeper layers

NLIMAX =          180    # Dimensionless.
      # Upper limit to number of layers NLI, can be set at run-
time
      # to vary vertical resolution without recompiling the
program

TOPO_NR =          1     # Dimensionless.
      # Option for alternative topographies

##### Parameter Group Boundary
      # Boundary conditions

FIXTMP =          T     # Dimensionless.
      # Controls how surface temperature at boundary is set
during
      # simulation: .true. : use specified boundary values only.
      # .false.: set equal to weighted average of inner basins

BOUND_INFL( 1: 1) =    1.00000
      # Dimensionless.
      # Adjusts relative weight of different basins (multiplied
      # by areas) for propagating the distribution of nutrients
      # from internal basins to outer basins

BndFac_N = 1.00000      # Dimensionless.
      # Factor on total nitrogen inputs (only affects excess of
      # 100 µg/l)

BndFac_P = 1.00000      # Dimensionless.
      # Factor on total phosphorus inputs

BndFac_Ox = 0.900000    # Dimensionless.
      # Factor on oxygen levels in inputs, (applies to deviation
      # from saturation

EXTBIO( 1: 2) =    0.900000    0.000000
      # Dimensionless.
      # Controls to what degree biological components are incl.
      # in inflow from boundary areas into the model basins.
```

```

# Specify in range 0...1 for continuous variation between:
# EXTBIO(1): = 0: nutrients are imported in inorganic form
# = 1: nutrients are distributed between inorg. & biomass
# forms as in the model basins EXTBIO(2): = 0: no DOC,
# =1: ratio DOC/Phytoplankton as inside the model basins

TIDFAC = 1.00000          # Dimensionless.
# Adjustment factor for normal tidal variation of boundary
# surface level (=0: no variations)

##### Parameter Group INITIATION
# Model State Initiation

# Initial contents of organic matter in sediments, one
# value per inner basin:

CSEDIN( 1: 1) = 0.000000
# Unit: mgC/m2
# Organic carbon

NSEDIN( 1: 1) = 0.000000
# Unit: mgN/m2
# Nitrogen

PSEDIN( 1: 1) = 0.000000
# Unit: mgP/m2
# Phosphorus

RSEDIN( 1: 1) = 0.000000
# Unit: mgC/m2/day
# Remineralisation capacity: Organic carbon*decomposition
# rate (state variable R in model description)

SSEDIN( 1: 1) = 0.000000
# Unit: mgSi/m2
# Silicon

ASEDIN( 1: 1) = 0.000000
# Unit: liter O2/m2
# Oxygen debt in sediments (mainly occurs as sulfides)

XSEDZ( 1: 1) = 1.00000
# Dimensionless.
# Controls degree of adjustment for sedimented matter
# assumed to be present at start of simulation, but not
# included in initial values ?SEDIN (Helps model to get
# realistic longterm conditions sooner after start of
# model run.) May be varied continuously between 1.0: Full
# adjustment, 0.0: no adjustment

CDRSED( 1: 1) = 0.000000
# Unit: mg/m2/day
# Background values for organic carbon decomposition in

```

```

# deep sediments in addition to rates based on
# accumulated organic matter from sinking organic matter
# to represent old organic load of sediments

CDRDEPTH( 1: 1) = 0.000000
# Unit: m
# Upward depth limit for bottom area where CDRSED applies
# Initial concentrations of nutrients; one value applied t
# to all basin layers:

PO4IN = 20.0000 # Unit: µg P/liter
# Initial concentration of orthophospate

NO3IN = 200.000 # Unit: µg N/liter
# Initial concentration of nitrate+nitrite

NH4IN = 100.000 # Unit: µg N/liter
# Initial concentration of ammonium

SIO2IN = 750.000 # Unit: µg Si/liter
# Initial concentration of silicate

# Initial amount and composition of phytoplankton; as
# concentration of unfiltered water, with separate value
# for diatoms and flagellates. The same concentration is a
# applied to all basin layers:

CFYTIN( 1: 2) = 42.0000 42.0000
# Unit: µg C/liter
# Carbon in (1): diatoms, (2): flagellates

NFYTIN( 1: 2) = 7.20000 7.20000
# Unit: µg N/liter
# Nitrogen in (1): diatoms, (2): flagellates

PFYTIN( 1: 2) = 1.00000 1.00000
# Unit: µg P/liter
# Phosphorus in (1): diatoms, (2): flagellates

SFYTIN = 13.5000 # Unit: µg Si/liter
# Silicon in diatoms

# Initial amount of other components in water, The same
# concentration is applied to all basin layers:

DOCIN = 2000.00 # Unit: µgC/liter
# Initial conc. of dissolved organic carbon

BACTIN = 10.0000 # Unit: µgC/liter
# Initial conc. of bacteria, must be >0.0 to activate
# bacteria compartment

CZOOIN = 1.00000 # Unit: µgC/liter

```

```

# Initial conc. of dissolved organic carbon must be >0.0
# to activate zooplankton compartment
# continuity and residence time: (More flexible setup in
# eutro.csl of POPAppl version Should be implemented.)

C1XTRN = 1.00000          # Dimensionless.
# Controls the use of state variable C1: = 0.0 : C1 will
# be the average time the water in each layer has stayed
# within specified basins in the model area (ref. C1ZERO).
# not = 0.0: Constant concentration in all water - used
# for continuity check)

C1ZERO( 1: 1) = 0.000000
# Dimensionless.
# Only active if C1XTRN = 0.0; in that case keeps C1 = 0
# in basins for which C1ZERO =0, so C1 will be residence
# time within other parts of the model

MCOVER( 1: 1) = 0.100000
# Dimensionless.
# Critical fraction of bottom area that can be covered by
# mussels, exceeding this limit causes increased mortality

MUSLDP = 6.00000        # Unit: m
# Maximum depth of mussel settling in benthic zone

CMUSIN = 0.120000E+13   # Unit: mg carbon
# Total initial biomass of mussels, as softbody carbon

##### Parameter Group PHYSICS
# Physical processes

vdindx = 1              # Dimensionless.
# Controls check on volume derivative balance =1: from
# surface iteration =2: from final transport calc.

DPEFF( 1: 1) = 0.500000
# Dimensionless.
# Energy efficiency in horizontal transports driven by
# horizontal pressure gradients; fraction of potential
# energy converted to effective kinetic energy

HTRMIX( 1: 1) = 0.500000
# Dimensionless.
# Degree of mixing between contiguous horizontal
transports
# in same direction 0 = no mixing, 1 = full mixing, other
# values: portion of transport being mixed
# Vertical mixing, driven by tidal energy:

N2SCAL = 0.630000E-04   # Unit: 1/s2
# Stability (BW-frequency squared) for which mixing is
# specified (default 0.000063 = 1/(10**4.2)

```

```
MIXCF( 1: 1) = 0.300000E-04
      # Unit: m2/s
      # Mixing coefficients at stability N2SCAL

MIXEXP = 1.60000          # Dimensionless.
      # Exponent alpha in equation for vertical mixing
      coefficient:
      #  $K=C*N^{(-\alpha)}$ 

N2LIM = 0.100000E-06     # Unit: 1/s2
      # Lower limit to effective stability in formula for K,
      # i.e.upper limit to mixing. set to avoid numerical
      # overflow in mixing coeff. without influencing normal
      # situations

      # Surface mixing; surface values and depth scales in
      # exponential dampening:

SFMIXC( 1: 1) = 0.000000
      # Unit: m2/s3
      # Mixing energy at the surface

      # Twodimensional array (          1          ,2):

SFMIXZ( 1: 1, 1) = 8.00000
SFMIXZ( 1: 1, 2) = 4.00000
      # Unit: m
      # (SFMIXZ(i,1): Thickness of layer with approx. constant
      # mixing (SFMIXZ(i,2): Depth constant in exponential
      # dampening

TROFF = F                # Dimensionless.
      # Turns off water transports (branch in TRANSP)

HTROFF = F              # Dimensionless.
      # Turns off only horisontal transport calculations

ITRZ = T                # Dimensionless.
      # Controls surface iteration in subroutine TRANSP

MIXFAC = 1.00000        # Dimensionless.
      # Multiplicator for specified vertical diffusion

GMIXFR( 1: 1) = 0.000000
      # Dimensionless.
      # Fraction of released gravitational potential energy in
      # sinking dense inflows giving vertical mixing as work
      # against gravitation; must be set empirically

GMIXDC = 1.25000        # Unit: (per meter)
      # Vertical specific reduction rate of gravitational energy
      # at stability BW_FREQ = 1.0
```

```

GMIXDX = 0.400000          # Dimensionless.
    # Stability dependence of vertical reduction, exponent for
    # BW_FREQ.

    # Coefficients for wind-driven transports across
    # connections between basins:

WVFAC( 1: 1) = 0.300000E-01
    # Dimensionless.
    # Ratio between wind speed and surface wind-driven current
    # across connections

WVHMIN( 1: 1) = 3.00000
    # Dimensionless.
    # Minimum depth range for winddriven surface current (in
    # triangular distribution)

OXBUBL = 1.00000          # Unit: (per day)
    # Specific reduction rate of oxygen super-saturation due
    # to primary production (assumed to be bubbled to
    # atmosphere

OXSFAC = 1.00000          # Dimensionless.
    # Factor to adjust oxygen surface exchange relative to
    # rates built into model

    # Air/water interface conditions:

DAYDIV = 4.00000          # Dimensionless.
    # Split daylight period in at least this many integration
    # time steps

CDFAC = 1.00000          # Dimensionless.
    # Factor for wind friction

CEFAC = 1.00000          # Dimensionless.
    # Factor for evaporation & heat exchange, if =0, it turns
    # off all heat transfer terms

IRFRAC = 0.400000        # Dimensionless.
    # Fraction of IR-radiation in light energy

ICEFAC = 1.00000          # Dimensionless.
    # Reduction factor for light at supposedly ice-cover
    # conditions. (i.e. surface temperature below freezing
    # point)

RADFAC( 1: 3) = 1.00000    1.00000    1.00000
    # Dimensionless.
    # Variation coefficients for heat/light effect of: (1):
    # visual direct solar radiation (2): visual diffuse
    # radiation (3): infra-red radiation

```

```

ATTNCF( 1: 2) = 0.250000 0.250000E-03
# Unit: 1/m and 1/(m*(µgC/l)
# Light attenuation coefficients:(1): Constant, default
# 0.25 [1/m] (2): Organic carbon dependence, unit
# [1/(m*(µgC/l))] (default value 0.00025 = 0.003/12.)

##### Parameter Group PLANKTON
# Plankton parameters

LFYT = 2 # Dimensionless.
# Number of fytoplankton groups used. Effective within
# dimension limit dimMFYTG

GMX20( 1: 2) = 1.10000 0.700000
# Unit: (1/day)
# Maximum obtainable specific growth rates (1/d) at 20
# degC with optimal nutrient ratios (< asymptotic rates).
# One rate for each phytoplankton group.

FTRESP( 1: 2) = 0.630000E-01 0.630000E-01
# Unit: 1/degC
# Temperature response coefficients for phytoplankton
# growth as coefficient in relation
# exp((Temp-20)**FTRESP). One rate
# for each phytoplankton group.

FDEATH( 1: 2) = 0.300000 0.500000
# Unit: 1/day
# Asymptotic maximum for inherent death rates of
# phytoplankton groups at 20 deg C at high population
# densities. One rate for each phytoplankton group.

FDCSAT( 1: 2) = 1000.00 1000.00
# Unit: micro-g C/l
# Half saturation fytoplankton concentrations as carbon
# for death rate saturation function. Assumed to describe
# stress, increase of heterotrophic components or switch o
# of metabolism for mixotrophic species. One rate for each
# phytoplankton group.

FDNUTR( 1: 2) = 0.200000 0.200000
# Dimensionless.
# Fraction of nutrients lost in death process, the rest
# recovered, connected to within-biomass heterotrophy. One
# rate for each phytoplankton group.

RESP20 = 0.400000E-01 # Unit: 1/day
# Dark respiration rate at 20 degC

EXCRF( 1: 2) = 0.200000 0.300000
# Dimensionless.
# Additional organic carbon excretion relative to light-

```

```

# and temperature-limited max. gross growth, increasing
# with nutrient limitation: = EXCRF(1) at nutrient
# sufficient growth, + EXCRF(2)*Nutrient limitation factor

GRZBAC = 1.00000          # Dimensionless.
# Grazing availability of bacteria

GRZFYT( 1: 2) = 0.100000      1.00000
# Dimensionless.
# Grazing availability of phytoplankton. One rate for each
# phytoplankton group.

DSRATE( 1: 2) = 0.400000E-01  0.600000
# Unit: 1/day
# Diatom sedimentation characteristics: Minimum and
# maximum sedimentation rate (increases with nutrient and
# light growth limitation)

DSNINV = 2.00000          # Unit: day
# Inverse of nutrient limitation at full sinking rate

DSNEXP = 2.50000          # Dimensionless.
# Exponent in sinking rate factor: (1-
NUTLIM*DSNINV)**DSNEXP

DSCLIM = 10.0000         # Unit: micro-g C/l
# Threshold diatom density for sinking rate, increase by
# Monod kinetics for higher concentrations

RESUSP = 0.100000        # Dimensionless.
# Fraction of sedimenting flux which is resuspended
# (reduces area-proportionate sedimentation within each
# depth interval, and causes sedimentation to be shifted
# towards greater depth

SEDVEL( 1: 2) = 4.00000      0.500000
# Unit: (m/day)
# Sinking velocity of detritus (1): velocity at surface,
# (2): increase pr. m depth

VMNH4( 1: 2) = 0.900000      0.600000
# Unit: gN/gC/day
# Maximum relative uptake of ammonium in fytoplankton. One
# rate for each phytoplankton group.

VMNO3( 1: 2) = 0.600000      0.400000
# Unit: gN/gC/day
# Maximum relative uptake of nitrate in fytoplankton. One
# rate for each phytoplankton group.

VMPO4( 1: 2) = 0.200000      0.130000
# Unit: gP/gC/day
# Maximum relative uptake of phosphate in fytoplankton.

```

```

# One rate for each phytoplankton group.

VMSiO2 = 0.500000          # Unit: gSi/gC/day
      # Maximum relative uptake of silicate in diatoms.

KSNO3( 1: 2) = 7.00000    7.00000
      # Unit: micro-g N/l. Half saturation
      # concentration in water for nitrate uptake

KSNH4( 1: 2) = 7.00000    7.00000
      # Unit: micro-g N/l. Half saturation
      # concentration in water for ammonium uptake

KSPO4( 1: 2) = 3.00000    3.00000
      # Unit: micro-g P/l. Half saturation
      # concentration in water for phosphate uptake

KSSiO2 = 90.0000          # Unit: micro-g Si/l. Half
      # saturation concentration in water for silicate uptake

NH4EXP( 1: 2) = 3.00000    3.00000
      # Dimensionless.
      # Exponential power in NO3 inhibition

PLUXURY = 2.00000          # Dimensionless.
      # P luxury uptake (factor on optimal P:C ratio)

NFIKRR = 1.00000          # Unit: (1/year)
      # Nitrogen fixation ability (to reduce algal N:P deficit)
      # relative rate of phytoplankton group 2 (flagellates)

F2SINK = 5.00000          # Unit: (m/day)
      # Flagellate max. downward velocity

F2RISE = 10.0000          # Unit: (m/day)
      # Flagellate max. upward migration velocity

ZFCOMP = 0.500000          # Dimensionless.
      # Zooplankton ability to compensate lack of nutrients in
      # food by increased filtering and/or selective ingestion
      # [0...1] = [no compensation...full compensation]

ZFMX20 = 1.50000          # Unit: (1/day)
      # Max. relative ration for zooplankton at T=20oC

ZTRESP = 0.500000E-01     # Dimensionless.
      # Temperature response coefficient for zooplankton
      # activity

ZOOEFF( 1: 3) = 0.600000    0.800000    0.870000
      # Unit: (0...1)
      # Max. fraction of grazed biomass assimilated (=growth
      # efficiency) for carbon, nitrogen and phosphorus

```

ZCFMIN = 10.0000 # Unit: (micro-g C/l)
 # Food conc. where grazing stops

ZCFSAT = 2000.00 # Unit: (micro-gC/l)
 # Food half saturation conc.

ZGCYCL = 0.300000 # Unit: [0...1]
 # Fraction of uningested material that is recycled. The
 # rest will sediment as particulate matter

ZOODR(1: 2) = 0.300000E-01 1.00000
 # Unit: (1/day)
 # Relative death rates for zooplankton 1: max. rate due to
 # 'auto-predation' at 20 deg.C and good oxygen conditions

ZCCRIT(1: 2) = 10.0000 1000.00
 # Unit: (micro-g C/l)
 # Critical zooplankton concentrations controlling
 # predator-related Zooplankton death (ZOODR(2): 1: lower
 # limit for predator activity within zooplankton 2: 50%
 # saturation level

ZDCYCL = 0.300000 # Dimensionless.
 # Fraction of dead zooplankton recycled without
 # sedimentation

ZOXMIN = 1.00000 # Unit: (ml/l)
 # Oxygen limit for zooplankton

ZOXOPT = 2.00000 # Unit: (ml/l)
 # Oxygen half saturation value for zooplankton activity

ZRESP = 0.500000E-01 # Unit: (1/day)
 # Relative respiration at T=20oC

ZMIGRV = 10.0000 # Unit: (m/day)
 # Maximum migration velocity

ZMIGRH = 5.00000 # Unit: (m)
 # Controlling vertical dimension

NCMIN(1: 2) = 0.600000E-01 0.600000E-01
 # Unit: w:w
 # Minimum Nitrogen:Carbon ratio in phytoplankton
 # (weight:weight)

NCOPT(1: 2) = 0.180000 0.180000
 # Unit: w:w
 # Optimal Nitrogen:Carbon ratio in phytoplankton
 # (weight:weight)

PCMIN(1: 2) = 0.270000E-02 0.270000E-02

```

# Unit: w:w
# Minimum Phosphorus:Carbon ratio in phytoplankton
# (weight:weight)

PCOPT( 1: 2) = 0.270000E-01 0.270000E-01
# Unit: w:w
# Optimal Nitrogen:Carbon ratio in phytoplankton
# (weight:weight)

SCMIN = 0.900000E-01 # Unit: (weight:weight)
# Minimum silisium:Carbon ratio in group 1 of
# phytoplankton

SCOPT = 0.160000 # Unit: (weight:weight)
# Optimum silisium:Carbon ratio in group 1 of
# phytoplankton

NCZOO = 0.180000 # Unit: (weight:weight)
# Fixed Nitrogen:Carbon ratio for zooplankton

PCZOO = 0.270000E-01 # Unit: (weight:weight)
# Fixed Phosphorus:Carbon ratio for zooplankton

NCBACT = 0.180000 # Unit: (weight:weight)
# Fixed Nitrogen:Carbon ratio for bacteria

PCBACT = 0.270000E-01 # Unit: (weight:weight)
# Fixed Phosphorus:Carbon ratio for bacteria

##### Parameter Group MUSSELS
# Mussel parameters

PCMUSL = 0.270000E-01 # Unit: weight:weight
# Fixed P:C ratio in mussels

NCMUSL = 0.180000 # Unit: weight:weight
# Fixed N:C ratio in mussels

TMSPWN = 15.0000 # Unit: days
# Time constants for spawning

TMSETL = 2000.00 # Dimensionless.
# Time constants for larvae spawning

# Coefficients for efficiency of mussel grazing:
# Multiplication factors [0...1] for different food types

GRMFYT( 1: 2) = 1.00000 1.00000
# Dimensionless.
# Mussel grazing coefficients for phytoplankton

GRMBCT = 0.100000 # Dimensionless.
# Mussel grazing coefficients for bacteria

```

GRMZOO = 0.200000 # Dimensionless.
Mussel grazing coefficients for zooplankton

MCFMIN = 20.0000 # Unit: mg C/liter
Threshold food concentration; only particulate food
counts

MUSLDR(1: 4) = 1.00 1.00 0.50 1.00
Unit: fraction per year
Mussel mortality:(1): proportional to excess population
(= rate at 100% excess over area capacity) (2):
intrinsic rate for age class zero (3): intrinsic rate
for all ages >0 (4): rate increasing with high age
(inversely proportional to years left to MSAGMX) Total
rate is sum of terms 1 + (2 or 3) + 4,
but also with a lower limit based on shell size
growth in each class

MSAGMX = 10.0000 # Unit: years
Age where rate (4) applies

MFWFAC = 1.00000 # Dimensionless.
Factor for friction velocity of wind as measure of
circulation velocity in basin when calculating food
availability for mussels. Parameterisation of exchange
between main water body and water along shoreline

MFILTM(1: 1) = 2.00000
Dimensionless.
At least this fraction of filtered volume is considered
new, i.e. from main water body and not recycled from
previously filtered water

MXDETR = 1.00000 # Dimensionless.
Fraction of excreted materials entered into detritus
fraction

Critical mussel weights for size dependence of filtering
and respiration in mussels:

MSINDW(1: 2) = 0.700000E-02 0.350000
Unit: gram dry weight
(1): limit Wc between lower and upper range of weight
dependence of filtering and respiration; (2): weight Wm
when reaching maximum filtering level

MSVC = 0.200000 # Unit: litres/hour
Max. filtering capacity Vc for individual of soft tissue
dry weight MSINDW(1)

MSWR = 3.00000 # Unit: gram dry weight
Individual weight Wr when reaching maximum reproduction

```

MSQW( 1: 2) = 1.00000 0.667000
# Dimensionless.
# Exponents of weight relation on filtering

MSBW( 1: 2) = 1.33300 0.667000
# Dimensionless.
# Exponents of weight relation on respiration

MSERMX = 0.900000 # Dimensionless.
# Upper limit to fraction of net growth used for
# filtering reproduction

MSREXP = 0.330000 # Dimensionless.
# Exponent of weight dependence for reproductive effort

MSEASS( 1: 3) = 0.600000 0.800000 0.800000
# Dimensionless.
# Maximum ingestion efficiency for carbon

# Food concentration where unrestricted Effective
# filtering equals physiological needs for ingested
# filtering material

MSCREQ = 300.000 # Unit: mgC/m3
# For 1 individual with 1 gram dry weight of soft body

MSCWXP = 0.150000 # Dimensionless.
# Exponent in weight dependence

MRSP15 = 0.860000E-05 # Unit: liter O2/h
# Starving respiration for individual of dry soft tissue
# weight MSINDW(1) at 15 deg.C

MTRESP = 0.650000E-01 # Dimensionless.
# Temperature coefficient for exponential variation of
# respiration with temperature

MRASSF = 0.150000 # Dimensionless.
# Additional respiration as fraction of tissue buildup

##### Parameter Group DECOMPOSITION
# Decomposition of organic matter

OXCFAC = 1.20000 # Dimensionless.
# Adjusting factor for ratio oxygen:carbon ratio in
# primary production and decomposition relative to default
# values in model description. Used only when starting
# model run to modify stoichiometric factors OX_C, and
# NITR_C, see model code for further details.

ODMRAT = 0.000000 # Unit: per day
# Realization rate of oxygen demand ODM

```


DGDETZ = 0.100000 # Unit: (m)
 # Half saturation depth for degradation of detritus from
 # water surface

DGRATE(1: 3) = 0.300000 0.500000E-01 0.100000E-01
 # Unit: (1/day)
 # max. specific rates pr. day for oxic degradation of
 # organic material at 20 degC (1): pelagic components
 # (plankton) (2): dead mussels (3): terrestrial organic
 # carbon input

ACCLRC = 2.00000 # Dimensionless.
 # Factor aR (>, 0) in function for progressive decrease of
 # degradability of residual organic matter

ACCLXP = 0.000000 # Dimensionless.
 # Exponent betaR (>, 0) in function for progressive
 # decrease degradability of residual organic matter

DGWSF = 0.500000 # Dimensionless.
 # Reduction factor of oxygen and nitrate concentration for
 # bottom degradation kinetics relative to pelagic detritus

DGNFAC = 1.00000 # Dimensionless.
 # Ratio between specific remineralisation rates for N and C

DGPFAC = 1.00000 # Dimensionless.
 # Ratio between specific remineralisation rates for P and C

DGSFAC = 2.00000 # Dimensionless.
 # Ratio between specific remineralisation rates for Si and C

DGCMAX(1: 2) = 1000.00 10000.0
 # Dimensionless.
 # Maximum limits on absolute rates of degradation of
 # carbon (1): for detritus in water (mg/m3/day) (2):
 # Sediment matter mg/m2/day

DOXBRR = 0.300000 # Dimensionless.
 # max. relative bacterial degradation rate independent of
 # fauna

DOXKB = 0.200000 # Unit: ml/l
 # Half-saturation concentration for oxic degr. (ml/l);
 # bacterial contribution

DOXKM = 0.500000 # Unit: ml/l
 # Half-saturation concentration for oxic degr. (ml/l);
 # macro-fauna contribution

DOXKS = 0.500000E-01 # Unit: (m2/liter O2)
 # inverse of oxygen debt in sediment giving 50% reduced

```

# fauna-related degradation

DOXLIM = 0.100000          # Unit: ml/l
# Lower oxygen limit for bottom fauna

# ----- Denitrification

DNITRR = 1.00000          # Dimensionless.
# Maximum fraction of anoxic decomposition by
# denitrification

DNITKS = 80.0000          # Unit: µgN/l
# Half-saturation NO3N concentration for denitrification
# by external NO3 when there is no oxidic degradation

KOXN = 300.000            # Unit: µgN/l
# Maximum increase of half-saturation NO3N concentration
# for denitrification due to oxidic zone as transport buffer

DNITF = 0.100000          # Dimensionless.
# Half saturation constant for response of
# denitrification to degree of oxidic bacterial
# decomposition. Low value means that even small oxidic
# activity (low oxygen) will nitrify released ammonium
# efficiently.

DNOXFR = 1.00000          # Dimensionless.
# Max. degree of denitrification of ammonium released by
# oxidic degradation

DNITXP = 0.333000          # Dimensionless.
# Exponent for monod function using DNITF, (refer model
# description)

FDNH3 = 1.00000           # Dimensionless.
# Degree of direct removal of remineralized nitrogen as
# part of denitrification:

# ----- Sulphide reduction:

SULFRR = 1.00000          # Dimensionless.
# Relative rate compared to bacterial oxidic decomposition

SULFOX( 1: 2) = 0.500000E-01 0.200000
# Unit: ml O2-equiv./l
# (1): Upper limit and (2): half saturation for oxygen
# equivalent concentration in water in transition to
# maximal rate SULFRR

SULFXP = 2.00000          # Dimensionless.
# Exponent for response of sulphate reduction rate to
# oxygen concentrations

```

```

# Nitrification of ammonium discharged in runoff or
# mineralized from sinking matter:

RAMMOX = 1.00000          # Unit: per day
# Maximum NH4 specific rate 1/day

KAMMOX = 0.200000        # Unit: ml/l
# Oxygen half saturation concentration

# ----- Sulphide buffering in sediments

ASEDMX = 300.000         # Unit: liter O2 /m2
# Critical value of amount of sulphide in sediments.

ASEDLR( 1: 2) = 0.500000E-01 0.500000
# Unit: per year
# Sulphide leakage rates (1): within critical level and
# (2): for excess above critical level.

ASEDOX = 0.100000       # Unit: m
# Ratio between oxygen contents (litre/m2) in sediments
# and oxygen levels (ml/l) in water. (Represents a sort of
# depth scale for active sulphide buffer in sediment)

ASOXTL = 300.000        # Unit: day/m
# Factor for converting ASED leakage (literO2/m2/day) into
# contribution to reduced effective oxygen concentration in
# sediment (literO2/m3) (represents thickness of sediment
# layer over diff. coeff.)

BURIAL( 1: 1) = 0.800000E-01
# Unit: per year
# General burial or disappearance rate of sediment
# (specific rate 1/year for active sediment layer      =
# inverse residence time in active layer).

GMX20B = 0.500000       # Unit: per day
# Max. spec. growth rate of bacteria at temp. 20C

BTRESP = 0.600000E-01   # Unit: per deg.C)
# coeff. in temperature dependence: function
# exp(BTRESP*(T-20))

TTURNB = 0.250000       # Unit: days
# minimum turnover time for DOC, N and P pools by bacteria

BACDET = 0.500000E-01   # Unit: per day
# Transit rate from free bacteria to detritus

# ----- Sedimentation and release of dissolved
# inorganic phosphorus:(crude parameterisation of
# processes related to particle sinking

```

```

PPAMAX = 0.800000          # Unit: mg/m2/day
      # Max. absolute precipitation rate of P for OXYG >= limit
      # PPOXMX (below)

PPRMAX = 0.500000          # Unit: m/day
      # Max. effective precipitation speed of dissolved P
      # through adsorption to sinking particles

PPOXEX = 0.500000          # Dimensionless.
      # Exponent for dependence of P precipitation on oxygen
      # concentrations below critical value PPOXMX

PPOXMX = 5.00000          # Unit: ml/l
      # Critical value of oxygen conc. for P precipitation;below
      # this value precipitation are reduced

PADRET = 0.200000          # Dimensionless.
      # Fraction of remineralized P retained under oxic
      # conditions

PADMAX = 5000.00           # Unit: mg/m2
      # Maximum amount of phosphorus retained in active part of
      # sediment

PADRLS = 0.100000E-01     # Unit: per day
      # Relative release rate of excess P retained in sediments

PADASD = 10.0000          # Unit: mg/m2 as oxygen debt
      # Sulphide content giving maximum release rate for P
      # buffered in sediments.

PSBURF = 1.00000          # Dimensionless.
      # Ratio between sediment burial rate for phosphorus bound
      # in sediments and burial rate for organic matter and
      # sulphide (oxygen debt)

##### Parameter Group INPUTS
      # Inputs to model by runoff from land

      # Adjustment factors for runoff:

QFW( 1: 8) =      1.00  1.00  1.00  1.00
                  1.00  1.00  1.00  0.00
      # Dimensionless.
      # Scale factor for water

QFP( 1: 8) =      1.00  1.00  1.00  1.00
                  1.00  1.00  1.00  0.00
      # Dimensionless.
      # Scale factor of P discharge

QFN( 1: 8) =      1.00  1.00  1.00  1.00
                  1.00  1.00  1.00  0.00

```

```

# Dimensionless.
# Scale factor of N discharge

QFC( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
              1.00 1.00 1.00 0.00
# Dimensionless.
# Scale factor of C discharge

QFODM( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
                1.00 1.00 1.00 0.00
# Dimensionless.
# Scale factor of oxygen demand (OD) discharge

QFS( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
              1.00 1.00 1.00 0.00
# Dimensionless.
# Scale factor of Silicate discharge

# QFODM and QFS combined with QFW

QFNH4( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
                1.00 1.00 1.00 0.00
# Dimensionless.
# Limit on fraction of N as ammonium relative to spec. in
# code in Runoff.FOR

QTRF( 1: 8, 1) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 2) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 3) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 4) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 5) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 6) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 7) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
QTRF( 1: 8, 8) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
# Dimensionless.
# Fractions [0..1] to transfer from sources to other
# outlets (after source adjustments, applies to both
# water and nutrients)

QTRNDX( 1: 8, 1) = 0 0 0 0 0 0 0 0
QTRNDX( 1: 8, 2) = 0 0 0 0 0 0 0 0
QTRNDX( 1: 8, 3) = 0 0 0 0 0 0 0 0
QTRNDX( 1: 8, 4) = 0 0 0 0 0 0 0 0
QTRNDX( 1: 8, 5) = 0 0 0 0 0 0 0 0
QTRNDX( 1: 8, 6) = 0 0 0 0 0 0 0 0

```

```

QTRNDX( 1: 8, 7) = 0 0 0 0 0 0 0 0
QTRNDX( 1: 8, 8) = 0 0 0 0 0 0 0 0
# Dimensionless.
# Which Outlets to transfer to: Usage: fill from left in
# first index for each primary outlet (second index)
# terminate by 0.

QTR_Times( 1: 8, 1) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                    0.00 0.00 0.00 0.00
QTR_Times( 1: 8, 2) = 365.0 365.0 365.0 365.0
                    365.0 365.0 365.0 365.0
# Dimensionless.
# Time in year (day nr.) for turning transfer on (k,1) or
# off (k,2)

# Variation factors for outlet arrangements:

BASINQ( 1: 8) = 1 1 1 1 1 1 1 1
# Dimensionless. Number of the receiving
# basin for each outlet Initially all outlets
# to basin 1: should be reset by command-file input

QDIAM( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
              1.00 1.00 1.00 1.00
# Dimensionless.
# Diameter of discharge for dived pipeline outlet or
# vertical extension if surface outlet

NHOLES( 1: 8) = 1 1 1 1 1 1 1 1
# Dimensionless.
# Number of holes in each dived outlet

DEPTHQ( 1: 8, 1) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                  23.00 20.00 37.00 90.00
DEPTHQ( 1: 8, 2) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                  0.00 0.00 0.00 0.00
# Dimensionless.
# (k,1): Outlet depths (k,2): Intake depths for recipient
# water taken into the outlet

QMIXIN( 1: 8) = 0.00 0.00 0.00 0.00
              0.00 0.00 0.00 0.00
# Dimensionless.
# Recipient water to mix into outlet (m3/s)

MIXQTM( 1: 8, 1) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                  0.00 0.00 0.00 0.00
MIXQTM( 1: 8, 2) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                  0.00 0.00 0.00 0.00
# Dimensionless.
# Time in year (day number [0...365] for turning mixing on
# (k,1) or off (k,2)

```

```

# Option for controlling source transfers and recipient
# water mix-in to outlet by bottom oxygen concentration in
# receiving basin:

QTR_OXCOND( 1: 8, 1) = 20.00 20.00 20.00 20.00
                        20.00 20.00 20.00 20.00
QTR_OXCOND( 1: 8, 2) = 20.00 20.00 20.00 20.00
                        20.00 20.00 20.00 20.00

# Dimensionless.
# If oxygen conc. in bottom water of receiving basin
# drops below QTR_OXCOND(dimMS,1), the transfer is
# activated for one month, or until the oxygen
# concentration reaches QTR_OXCOND(dimMS,2) within oxygen
# seasonal constraints above

QTR_CheckInterval = 7.00000 # Dimensionless.
# Time interval for checking oxygen conditions

QTR_MinActiveInterval = 30.0000 # Dimensionless.
# Minimum active period (days)when Transfers and mixing is
# turned on.

RANDFACTOR( 1: 8) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                   0.00 0.00 0.00 0.00

# Dimensionless.
# Strength of random variations in input <=0: no
# variations >0 : EXP(x) = factor of relative variation
# Frequency defined in RUNOFF.FOR

AIRTOF( 1: 8) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00

# Dimensionless.
# Degree of influence from air temperature on water

QCDEF( 1: 8) = 0.10E-01 0.10E-01 0.10E-01 0.10E-01
               0.10E-01 0.10E-01 0.10E-01 0.10E-01

# Dimensionless.
# Fraction of carbon entering detritus and sinking

QNDEF( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
               1.00 1.00 1.00 1.00

# Dimensionless.
# Upper limits to fraction of N entering detritus (the
# rest to NO3, NH4)

QPDEF( 1: 8) = 1.00 1.00 1.00 1.00
               1.00 1.00 1.00 1.00

# Dimensionless.
# Upper limits to fraction of P entering detritus (the
# rest to PO4)

QNCDET = 0.100000 # Dimensionless.
# Upper limit to C:N ratio in particulate matter from

```

```

# inputs

QPCDET = 0.100000E-01          # Dimensionless.
# Upper limit to C:P ratio in particulate matter from
# inputs

DTJETM = 0.500000             # Dimensionless.
# Time interval for recalculating transports due to dived
# jets in TRANSP. Saves time

RNF = 1.00000                 # Dimensionless.
# Common factor for all land runoffs, controls input of
# substances and heat content in QCALC, does not affect
# water volumes

QFSPP( 1: 8) = 0.00 0.00 0.00 0.00
                0.00 0.00 0.00 0.00
# Unit: (g/s)
# Particle influx rates, combines with volume flux m3/s to
# concentration g/m3 or mg/l

TIME_SPP( 1: 2) = 0.000000      0.000000
# Dimensionless.
# time on/off in days

# Net effect of particles on density:

dDens_dSPP = 0.333333          # Dimensionless.
# Assuming wet sediment has density = 1.5*density of water
# and water content 50% by weight.

SPP_SINK_VELOCITY = 0.000000    # Dimensionless.
# sinking velocity of particles, in unit m/day

REPORT = F                     # Dimensionless.
# Controls report of mass budget in output

INITC = T                       # Dimensionless.
# Controls initiation of hydrographical profiles; is done
# in subroutine ZHYDR if .True.

TRACE = F                       # Dimensionless.
# Turns on/off execution tracing by calls to subroutine
# HELLO

MBPRT( 1: 6) = 0 0 0 0 0 0
# Unit: days
# Controls debug dump of mass balance calculation for 6
# state variables; (1):salt, (2):heat, (3):oxygen, (4):N,
# (5):P, (6):Si for each variable: if value <0: No warning
# of deviation. =0: warns about deviation, stops after 200
# occurrences >0: also gives detailed report for each
# layer

```



```

MBINTV = 0.000000          # Unit: days
    # Approximate time interval between mass balance
    # calculations

MBRSET =      F           # Dimensionless.
    # Triggers reset of mass balance control

ACCUR = 0.200000E-04      # Dimensionless.
    # Required mass mass/heat balance relative accuracy
    # (exceedance triggers warning if spec. with MBPRT

VPRT =      F           # Dimensionless.
    # Activates test print of volume balance

EXTEST =      F           # Dimensionless.
    # Activates test print of calculation of external
    # concentrations ...EX

DGTEST =      F           # Dimensionless.
    # Activates test print of degradation processes

MSTEST =      F           # Dimensionless.
    # Turns on/off debug printing of mussel calculations if
    # mussel code is compiled for debug printing

TTRIG = 0.100000E+31      # Dimensionless.
    # General switch for debugging output: other switches are
    # active only for T>=TTRIG

ACTION =      0           # Dimensionless.
    # Switch to perform miscellaneous actions. 0: no actions;
    # =1: reduce salinity in basin 1

BIOOFF =      F           # Dimensionless.
    # Can be used to turn off biological part of model, but
    # only after the first step has been initiated

DBGDEV =      999         # Dimensionless.
    # Debug device number

DEBUG_STEPS =      0       # Dimensionless.
    # number of steps remaining to give active debug prints
    # for. can be reset by user before starting/resuming a
    # model run

LOG_ALL_STEPS =      F     # Dimensionless.
    # Controls calls to subroutine LOGD during simulation

STPLIM = 1.00000         # Dimensionless.
    # Maximum limit to integrating time step

NPRINT =      10         # Dimensionless.

```

```

# Number of time steps between each progress monitoring
# message to the screen

TSTART = 0.000000          # Dimensionless.
# Start time for the simulation (Days) from beginning of
# year; can be reset to start simulation at different
# points in time in relation to seasons and beginning of
# input time series

DTTERM = 1.00000         # Dimensionless.
# Simulation interval (from TSTART)

# Controls communication interval: (for model state output
# time series):

CIMIN = 1.00000          # Dimensionless.
# Lower limit for communication interval

CIMAX = 7.00000          # Dimensionless.
# Upper limit for communication interval

CITFAC = 0.100000        # Dimensionless.
# Minimum as fraction of simulation time span so far if
# between lower and upper limits

CIBASE = 0.500000        # Dimensionless.
# Phase of communication time, as fraction of day: 0.5 will
# give results at 12:00 noon

TRTEST =          F      # Dimensionless.
# .TRUE. triggers debug printouts from water transport
# calculations in subroutines TRANSP, TRNADJ and MTRANS if
# Modules TRANSP_x.FOR have been compiled with TEST_MODE
# on

MDEBUG( 1: 7) =  F F F F F F F
# Dimensionless.
# Controls debug print of mass transport calculations
# 1. unity/residence time variable C1, 2. Sal, Temp,
# 3. Oxygen, 4. Nutrients, 5. Biological
# variables, except (6) and (7) 6. Zooplankton
# 7. Inorganic particles

DBGRNF =          F      # Dimensionless.
# Controls debug print of land runoff and discharges

PPTEST =          0      # Dimensionless.
# Debug printout for primary production and sinking of
# organic matter restricted; only down to layer PPTEST
# (from surface)

MXTEST =          F      # Dimensionless.
# CONTROLS DEBUG OUTPUT FROM SURFBF AND SURFMX

```

```
# Storage of model snapshots to binary file calling
# subroutines in Module Bin_Res.for

BinReset =      T           # Dimensionless.
# Set it to .true. to (re)start storage of binary snapshot
# data

BinFile =      888           # Dimensionless.
# Unit number for binary output of results

NSEED =        0           # Dimensionless.
# Specification of random seed:>0: use specified value;=0:
# create seed from start date and time;<0: read from file
# (5555555 if not found)

REINTG =       F           # Dimensionless.
# Set .true. before resuming a model run to trigger
# reinitialization of integrals from the current point in
# time. (will then be reset to .false.)
```

Vedlegg C. Modellsценарier

Her følger utskrift av filene som leses inn når modellen kjøres. I denne fila kan det legges inn andre tallverdier på parameterne som er listet opp i Vedlegg B.

Modellkjøring KAL02:

<pre> Dtterm=36000 NPRINT=100 CIMIN=1 CIMAX=7 BASINQ=1,1,1,1,1,1,1,1 DEPTHQ(1,1)=0 DEPTHQ(2,1)=0 DEPTHQ(3,1)=0 DEPTHQ(4,1)=0 DEPTHQ(5,1)=23 DEPTHQ(6,1)=20 DEPTHQ(7,1)=37 DEPTHQ(8,1)=90 QFW(8)=0.0 QFP(8)=0.0 QFN(8)=0.0 QFC(8)=0.0 QFS(8)=0.0 GMX20 = 1.1,0.7 MIXCF(1)=3e-5 NLIMAX=35 Start Exit </pre>	<pre> Antall dager modellen kjøres. Ett år = 360 Angir hvilket basseng tilførsel legges til Utslippsdyp for de 8 tilførslene Utslipp nr. 8 nulles ut Vekstfaktor for to klasser plankton Koeffisient for vertikal blanding Faktor som bestemmer antall lag og tykkelse </pre>
---	--

Vedlegg D. Målestasjoner

I tabellen vises en tabell med målestasjoner som befinner seg innenfor måleområdet, eller som er brukt for å lage inngangsdata til modellen. Dette er tilfelle med stasjon VT3 Torbjørnskjær som er brukt til å spesifisere forholdene på utsiden av modellområdet. De stasjonene som er brukt for å sammenligne med modelldata er merket med fet skrift. De andre stasjonene er tatt med fordi de er tegnet inn i Figur 1.

Kode	Navn	Breddegrad	Lengdegrad	Basseng i modellen
VT3	Torbjørnskjær	59.04070	10.76080	Områdene på utsiden
VT65	Missingene	59.18670	10.69170	Rauerbassenget
VT2	Bastø	59.35870	10.59060	Bastøbassenget
VT10	Breiangen Vest	59.48670	10.45870	Breiangen
D-2	Indre Drammensfjord	59.62800	10.42100	Drammensfjorden
D-3	Solumstrand	59.70600	10.31400	Drammensfjorden
Im2	Elle	59.62037	10.62820	Drøbaksundet
MO-2	Mossesundet	59.48400	10.67800	Mossesundet
Gk1	Gråøyrenna	59.70122	10.54310	Vestfjorden
Gl2	Håøya	59.71738	10.57960	Vestfjorden
Dk1	Steilene	59.81500	10.56938	Vestfjorden
Cj1	Leangbukta	59.84570	10.51090	Vestfjorden
Dm1	Steilene Nord	59.82716	10.61726	Vestfjorden
Bn1	Lysakerfjorden	59.88063	10.64673	Vestfjorden
Ep1	Bunnefjorden	59.78630	10.72378	Bunnefjorden
Gp2	Bunnebotten	59.72511	10.72596	Bunnefjorden
Cq1	Bekkelagsbassenget	59.87285	10.73667	Bekkelagsbassenget
Ap2	Kavringen	59.89900	10.71800	Bekkelagsbassenget
Bl4	Bærumsbassenget	59.88083	10.56885	Bærumsbassenget

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no