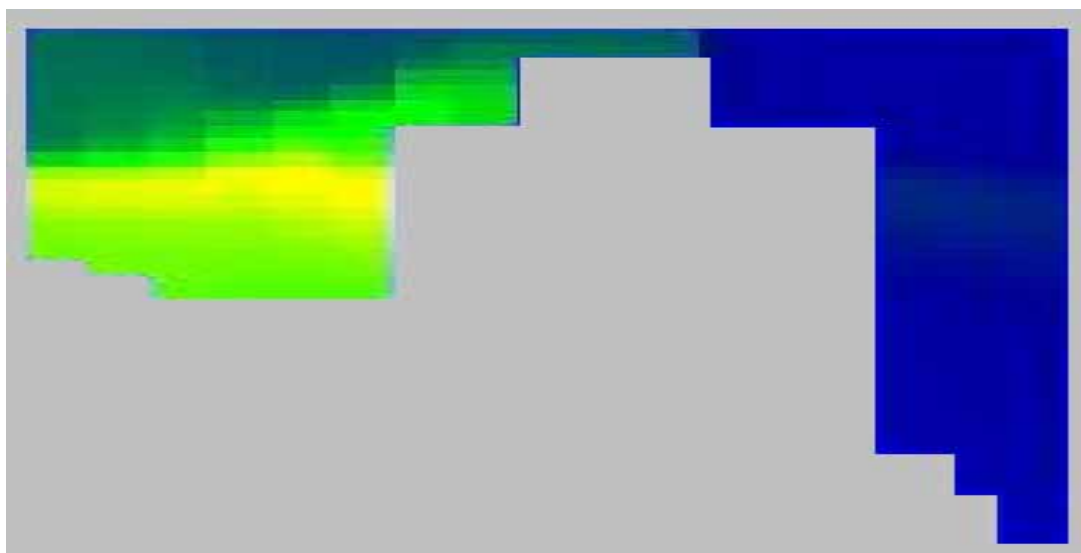




RAPPORT LNR 5198-2006

Gjenåpning av Kroksund

Effekter på vannkvaliteten i
Steinsfjorden og Tyrifjorden



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Gjenåpning av Kroksund. Effekter på vannkvaliteten i Steinsfjorden og Tyrifjorden	Løpenr. (for bestilling) 5198-2006	Dato 27. mars 2006
	Prosjektnr. Undernr. 24254	Sider Pris 49
Forfatter(e) Torulv Tjomsland, Dag Berge, Camilla Blikstad Halstvedt og Thomas Rohrlack	Fagområde Biologisk mangfold ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens vegvesen, Region Sør	Oppdragsreferanse Wenche Bjertnes
--	--------------------------------------

Sammendrag

Hensikten med prosjektet var å kvantifisere effekter av å fjerne veifyllingerne mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden med hensyn til vannkvalitet, dette som beslutningsgrunnlag for å eventuelt åpne sundet. Som metode ble det benyttet en matematisk vannkvalitetsmodell, CE-QUAL-W2. Modellen ble kalibrert/testet mot observasjoner. Deretter ble det kjørt scenarier for ulike åpninger av Kroksund. I følge scenariene gjelder:

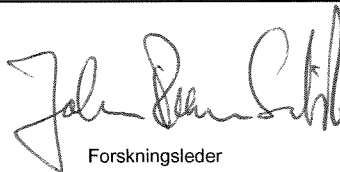
Åpning av Kroksund førte til redusert algevekst i overflatelagene i Steinsfjorden på opp til 1 µg klorofyll_a/l. Dette tilsvarer en reduksjon på 17 %. Problemalgen *Planktothrix* ble betydelig redusert, noe av volumet ble erstattet med andre alger. På dypt vann ble forskjellene mindre.

Åpning på 100 m (fjerne en fylling) reduserte omkring ¾ av *Planktothrix* konsentrasjonene i forhold til 200 meters åpning (fjerne to fyllinger). For totalt klorofyll ble resultatet omtrent det samme om man fjerner en eller to fyllinger. I Kroksund like utenfor/sør for åpningen ble vannkvaliteten i større grad enn nå påvirket av vann fra Steinsfjorden. De sentrale delene av Tyrifjorden ble ikke påvirket i påviselig grad. *Planktothrix* ser ikke ut til å ha tilstrekkelig gode livsbetingelser i Tyrifjorden pga. lave fosforkonsentrasjoner der. Resultater fra tokt støtter dette.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vannutskifting	1. Water renewal
2. Eutrofiering	2. Eutrophication
3. Vannkvalitets modell	3. Water quality model
4. Tyrifjorden og Steinsfjorden	4. Lake Tyrifjorden and lake Steinsfjorden



Prosjektleder
Torulv Tjomsland



Forskningsleder
John Rune Selvik



Ansvarlig
Øyvind Sørensen

Norsk institutt for vannforskning

Oslo

Gjenåpning av Kroksund
Effekter på vannkvaliteten
i Steinsfjorden og Tyrifjorden

Oslo 27. mars 2006

Saksbehandler: Torulv Tjomsland
Medarbeidere: Dag Berge
 Thomas Rohrlack
 Camilla Blikstad Halstvedt

Forord

Arbeidet er utført av Norsk institutt for vannforskning, NIVA etter oppdrag fra Statens vegvesen, Region sør.

Bakgrunnen for prosjektet er anstrengelser gjennom mange år for å bedre vannkvalitet i Steinsfjorden. Dette gjelder både planlegging og tiltak fra mange hold. Et av tiltakene for å bedre vannkvaliteten er å fjerne dagens vegfyllinger mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden i Kroksundet samt gjennomføre mudring i Kroksundet. Denne rapporten gir et bidrag for å bedre grunnlaget for å ta stilling til omfanget av nevnte tiltak

For Statens vegvesen har Wenche Bjertnes vært prosjektleder.

Oslo 27. mars 2006

Torulv Tjomsland

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	8
1.1 Mål	8
1.2 Metode	8
1.3 Områdebeskrivelse	8
1.4 Vannkvalitet	10
2. Tokt for studie av algespredning fra Steinsfjorden utover i Tyrifjorden	11
3. Kalibrering av modellen	13
3.1 Modell	13
3.2 Datagrunnlag	13
3.3 Resultater	15
4. Scenarier	17
4.1 Innledning	17
4.2 Resultater	17
5. Referanser	19
Vedlegg A. Figurer kalibrering	20
Vedlegg B. Figurer Scenarier	41

Sammendrag

Hensikten med prosjektet var å kvantifisere effekter av å fjerne veifyllingerne mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden med hensyn til vannkvalitet, dette som beslutningsgrunnlag for å eventuelt åpne sundet.

I Steinsfjorden var midlere fosforinnhold i overflatelaget om sommeren 2003 10.3 µg/l. Vannbruksplanutvalget satte som mål å komme ned til 9 µg/l. I Steinsfjorden er blågrønnalgen *Planktothrix* dominerende, og da særlig på dypt vann. Denne algetypen anses som en problemalge pga. mulig produksjon av giftstoffer. Målsetningen ble gitt ved total fosfor som et mål for algeinnholdet ut fra generelle eutrofieringsbetraktninger, og ikke med tanke på *Planktothrix* spesielt.

Som metode ble det benyttet en matematisk vannkvalitetsmodell, CE-QUAL-W2. Modellen ble kalibrert/testet mot observasjoner. Deretter ble det kjørt scenarier for ulike åpninger av Kroksund.

Kalibrering

Modellen simulerte temperaturforholdene meget bra. Dette tyder på at dynamiske forhold ble riktig gjengitt, f.eks. vertikal blanding. Videre var det bra overenstemmelse mellom simulerte og observerte verdier av oksygen, fosfat (PO₄) og nitrat (NO₃). Total fosfor verdiene ble lavere enn de observerte. I følge observasjonene kan algekonsentrasjonene endres raskere enn det simuleringene indikerer. I store trekk viste simuleringene riktig utvikling av algene, både total sum og fordelingen av de ulike artene som funksjon av både tid og dyp. Vi merker oss at modellen klarte å få frem forskjellene mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden både med hensyn til totalt algeinnhold og algetyper.

Resultatene fra to tokt, hvor det ble gjort gradientstudier av alger med vekt på *Planktothrix* fra Steinsfjorden og ut til sentrum av Tyrifjorden, passer i hovedtrekk bra med simuleringene. Vannet strømmet fra Steinsfjorden og ut gjennom Kroksund i overflaten og ble raskt fortynnet. Dette gjaldt også *Planktothrix* som i liten grad formerte seg i Tyrifjorden.

Vi mener modellen gjengir virkeligheten på en tilstrekkelig realistisk måte til at den er egnet til å lage scenarier som beskriver hvordan vannkvaliteten vil kunne endres ved å fjerne fyllingene i Kroksund.

Scenarier

Tyrifjorden er regulert mellom 62 moh. (LRV) og 63 moh. (HRV).

Mudring 3m betyr mudring til kote LRV – 3m = 59 moh.

Dagens åpning i Kroksund ved LRV = 62 moh: Bredde 30 m, kote 61 moh: bredde 15 m

Dersom man bygger bruer uten å mudre vil områdene under bruene, og store deler av sundet for øvrig, være tørrlagt ved laveste regulerte vannstand.

Følgende scenarier ble simulert:

- 1 Kalibrert- Dagens tilstand
- 2 Mudring 3 m, åpningens bredde = 100 m, Vind som på Blindern 2002-2004
- 3 Mudring 3 m, åpningens bredde = 200 m, Vind som på Blindern 2002-2004
- 4 Mudring 3 m, åpningens bredde = 100 m, Vindretning som observert i Kroksund 1997 og 1998
- 5 Mudring 3 m, åpningens bredde = 200 m, Vindretning som observert i Kroksund 1997 og 1998

I følge scenariene gjelder:

Åpning av Kroksund førte til redusert algevekst i overflatelagene i Steinsfjorden på opp til 1 µg klorofyll a/l. Dette tilsvarer en reduksjon på 17 %. På dypt vann ble forskjellene mindre. Problemalgen *Planktothrix* ble betydelig redusert, opp til 37 %, noe av volumet ble erstattet med andre alger. I sum

ble det reduksjon av totalt algeinnhold. Algesamfunnet ble mer harmonisk da det ble mindre av en dominerende type.

Tyrifjorden ble ikke påvirket av *Planktothrix* i påviselig grad. *Planktothrix* ser ikke ut til å ha tilstrekkelig gode livsbetingelser i Tyrifjorden pga. lave fosforkonsentrasjoner der. Dessuten vil algene bli sterkt redusert i sirkulasjonsperiodene ved at de blir transporteres til stort dyp med for lite lys til å vokse. Resultater fra toktene støtter dette.

Nitrogen verdiene i Steinsfjorden ble økt pga. høyere konsentrasjoner i Tyrifjorden. Fosfor ble eneste begrensende næringsstoff for algevekst. Konsentrasjonene av total fosfor kan bli redusert med opp til 1µg/l eller 8 %.

Åpning på 100 m (fjerning av en fylling) reduserte omkring $\frac{3}{4}$ av *Planktothrix* konsentrasjonene i forhold til 200 meters åpning (fjerning av to fyllinger). For totalt klorofyll ble resultatet omtrent det samme om man fjernet en eller to fyllinger.

I Kroksund like utenfor/sør for åpningen ble vannkvaliteten i større grad enn nå påvirket av vann fra Steinsfjorden.

Vannbruksplanutvalgets har benyttet total fosfor som et mål for algeinnholdet. Målsetningen var å redusere midlere konsentrasjon av total fosfor til 9µg/l fra dagens verdi på ca. 10 µg/l. Modellbetraktningene indikerer at fjerning av fyllingene vil kunne gi et positivt bidrag for å oppnå en bedre vannkvalitet i Steinsfjorden som kan oppfylle denne målsetningen både med hensyn til fosfor, totalt algeinnhold målt som klorofyll og *Planktothrix*. Det er ønskelig å redusere algeinnholdet generelt, og det anses som særlig gunstig å redusere problemalgen *Planktothrix*, hvilket finner sted ved åpning av Kroksund i følge scenariene.

Vi har simulert tre år. Det vil ta lenger tid enn dette før vi oppnår forhold som er i likevekt med større vannskiftning ved å åpne sundet. Langtidseffektene på algesamfunnet kan følgelig bli noe større enn det scenariene viser.

Simuleringsresultatene virker gjennomgående rimelige og kan forklares ved fysiske og biologiske prosesser.

1. Innledning

1.1 Mål

Målet med prosjektet var å kvantifisere effekter av å fjerne veifyllingerne mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden med hensyn til vannkvalitet. Dette skal brukes som beslutningsgrunnlag for å eventuelt åpne sundet.

Steinsfjorden har dårligere vannkvalitet enn Tyrifjorden. Forurensningsfaglig vil det derfor rimeligvis være en fordel for Steinsfjorden om vegfyllingene over Kroksund ble fjernet. Hvor stor vil denne effekten kunne bli? Vil det kunne oppstå merkbare negative effekter i Tyrifjorden? Kan forskjellene variere med årstidene? Hensikten med dette prosjektet var å kvantifisere slike effekter. Algekonsentrasjoner ble ansett som spesielt viktige.

1.2 Metode

Som metode ble det benyttet en matematisk vannkvalitetsmodell. Modellen ble kalibrert/testet mot observasjoner. Deretter ble det kjørt scenarier for ulike åpninger av Kroksund.

Modellen beregner fysiske-, kjemiske- og biologiske variable med intervall på noen minutter gjennom året for ulike deler av Tyrifjorden og Steinsfjorden. Selv om vi tar hensyn til en rekke prosesser vil det likevel være en forenkling av virkeligheten. Videre vil usikre inputverdier påvirke resultatene. Selv om vi ikke oppnår en fullkommen dag til dag resultater i forhold til observerte verdier, kan aggregerte verdier, trender og differensen mellom scenarier være pålitelige og gi det beste estimat på effekter av tiltak som vi har tilgjengelig i dag.

Det ble utført to tokt for å samle inn data for en gradient studie med vekt på ”problemalgen” blågrønnalgen *Planktothrix* fra sentrum av Steinsfjorden gjennom Kroksund til sentrale deler av Tyrifjorden. For øvrig ble det benyttet eksisterende data.

Det er tidligere gjort beregninger av effekter på total fosfor og totalt klorofyll innhold i Steinsfjorden ved fjerning av veifyllingene. Det ble da benyttet en enkel empirisk modell som beskrev disse effektene som funksjon av årlig tilførsel av totalfosfor, innsjøvolum og vannutskiftning. Vannutskiftningen ble beregnet ved matematiske modeller for karakteristiske situasjoner (Bratli mfl. 1999). Disse bergningene ble justert for endret vannkvalitet og mudringsprofil i Kroksund (Tjomsland og Berge 2005). Modellen CE-QUAL-W2, som nå er tilgjengelig, gir en langt mer detaljert beskrivelse både av dynamiske, kjemiske og biologiske prosesser og deres endringer i tid og utbredelse. For eksempel gjelder effektene ikke bare Steinsfjorden, men hele Tyrifjorden.

1.3 Områdebeskrivelse

Steinsfjorden har i dag forbindelse til Tyrifjordens hovedbasseng via åpninger i Steinbrua mellom Sundøya og Slettøya, **Figur 1**. Det er en åpning med bredde med 14 m og seks på 2.5 m, dvs til sammen 29 m. Tidligere, for vel 100 år siden, var det tre åpne sund mellom øyene med 80 meter mellom øyene og ca. 100 meter på hver side. Åpningene på hver side er nå tettet igjen av veifyllinger. Dagens åpning er om lag 10 % av den opprinnelige. Det er disse fyllingene det er aktuelt å fjerne for å øke den vindpåvirkede gjennomstrømmingen. Dersom fyllingene fjernes er det i tillegg behov for å mudre deler av Kroksund for å oppnå en effektiv vannutveksling. Store deler av Kroksund har dybder mellom 0-1 meter ved laveste regulerte vannstand på 62 moh.

Steinsfjorden har et overflateareal på 13.9 km² og et nedbørfelt på 63.7 km². Største og midlere dybde er henholdsvis 24 m og 10 m.



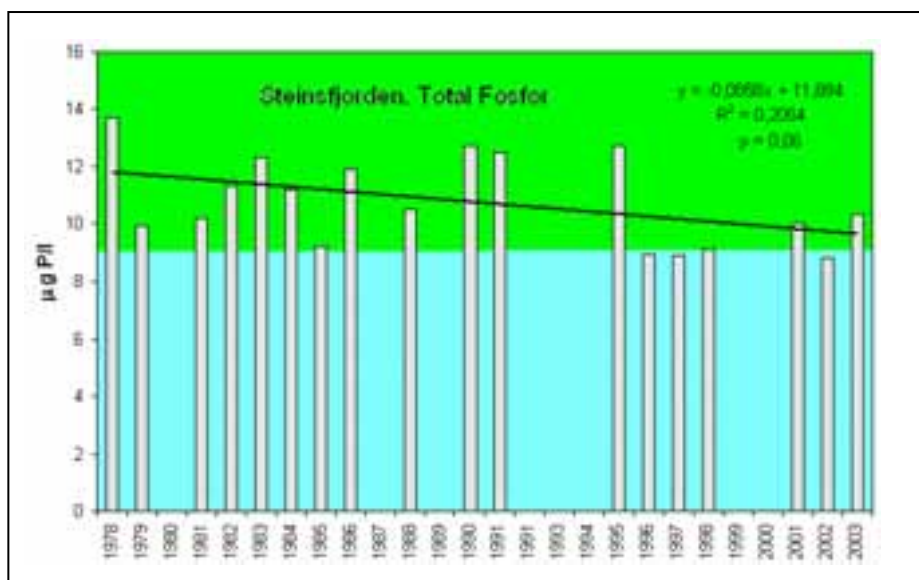
Figur 1. Oversikt over Kroksund

1.4 Vannkvalitet

Både i Tyrifjorden og Steinsfjordens nedbørfelt er det gjennomført tiltak mot sanitærutslipp, industrutslipp, med oppsamling i moderne ledningsnett og rensing i moderne renseanlegg. Det er dessuten gjennomført tiltak mot punktkilder i landbruket. I Steinsfjordens nedbørfelt er det i tillegg gjennomført tiltak mot diffus landbruksavrenning ved å bygge fangdammer i et par viktige innløpsbekker.

Tyrifjorden har vist klare tegn til forbedret vannkvalitet i de siste 20 årene. Midlere fosforverdier har blitt redusert fra 7 $\mu\text{g/l}$ til 4 $\mu\text{g/l}$. Tilsvarende tall for Steinsfjorden er 12 $\mu\text{g/l}$ til 10 $\mu\text{g/l}$, **Figur 2**. Vannbruksplanutvalget satte som målsetning å komme ned i 7 $\mu\text{g/l}$ til 9 $\mu\text{g/l}$ for henholdsvis Tyrifjorden og Steinsfjorden. Dvs. at for Tyrifjorden er målet nådd, men ikke for Steinsfjorden.

I Steinsfjorden er cyanobakterien *Planktothrix*, også betegnet som blågrønnalge, dominerende, og da særlig på dypt vann. Denne algetypen anses som en problemalge pga. at den produserer giftstoffet microcystin. Målsetningen ble gitt ved total fosfor som et mål for algeinnholdet ut fra generelle eutrofieringsbetrakninger, og ikke med tanke på *Planktothrix* spesielt. Det er ønskelig å redusere algeinnholdet generelt i Steinsfjorden, men det anses som særlig gunstig å redusere problemalgen *Planktothrix*.



Figur 2. Steinsfjordens plassering i forhold til "øvre grense" for akseptabel fosforkonsentrasjon etter SFT 1997 veiledning 95:01. Denne grensen på 9 $\mu\text{g totP/l}$ er også identisk med Vannbruksplanutvalgets målsetning.

2. Tokt for studie av algespredning fra Steinsfjorden utover i Tyrifjorden

Det ble 30. august og 16. november 2004 utført et tokt hvor det ble tatt prøver av vannkjemi og alger fra sentrum av Steinsfjorden og utover mot sentrum av Tyrifjorden.

Stort sett har man gode data fra Steinsfjorden de siste årene. Fra Hovedstasjonen midt ute i Tyrifjorden har vi en del overvåkingsdata fra 2003. Vi ønsket noe mer data fra selve Kroksund området, samt at vi trengte en gradient studie på noen utvalgte tidsrom fra sentrale deler av Steinsfjorden – gjennom Kroksundet – og ut mot de sentrale deler av Tyrifjorden. Dette for å se i hvilken grad *Planktothrix*-alger som kommer ut fra Steinsfjorden fordeler seg og eventuelt vokser i Tyrifjorden. Dette var også viktig for å teste modellen vedrørende dette.

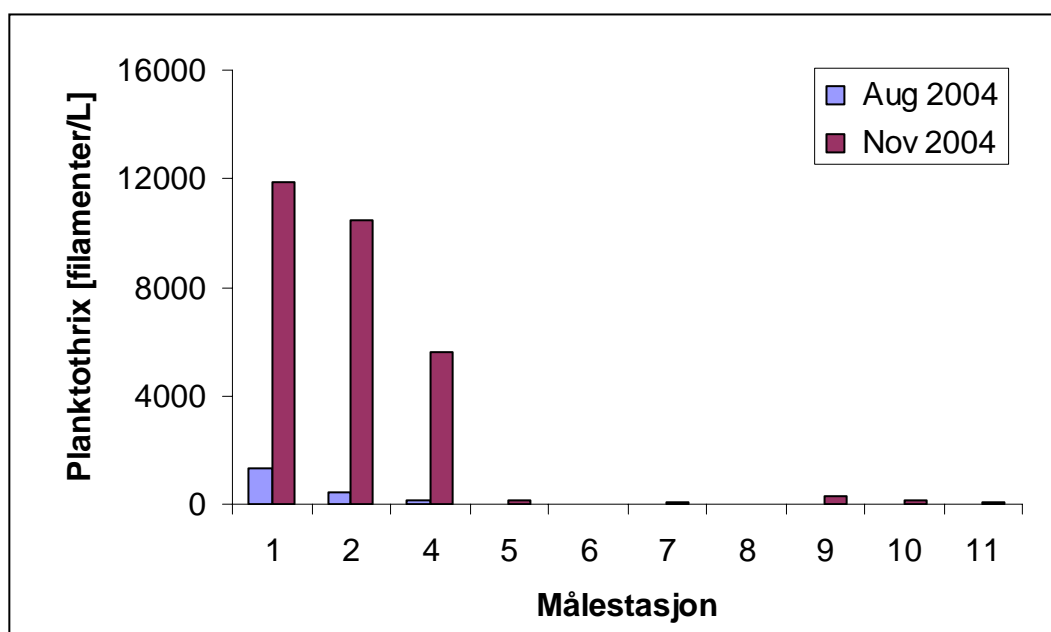


Figur 3. Kartet viser hvor det ble tatt prøver.

Resultatene fra toktet i august viste lave verdier av *Planktothrix* og alger for øvrig. I november var imidlertid innholdet av *Planktothrix* i Steinsfjorden høyt. I begge tilfellene var det drift gjennom Kroksundet i overflaten. Blågrønnalgen *Planktothrix* ble spredd utover og fortennet til meget lave konsentrasjoner allerede etter noen hundre meter og med verdier nær null ved Storøya,

Figur 3, stasjon 5.

Resultatene viser at *Planktothrix* blir transportert fra Steinsfjorden til Tyrifjorden. Videre at det finnes *Planktothrix* i Tyrifjorden i kun små mengder. Noe som indikerer at denne algen ikke har livsbetingelser for å oppnå høye konsentrasjoner der **Figur 4.**



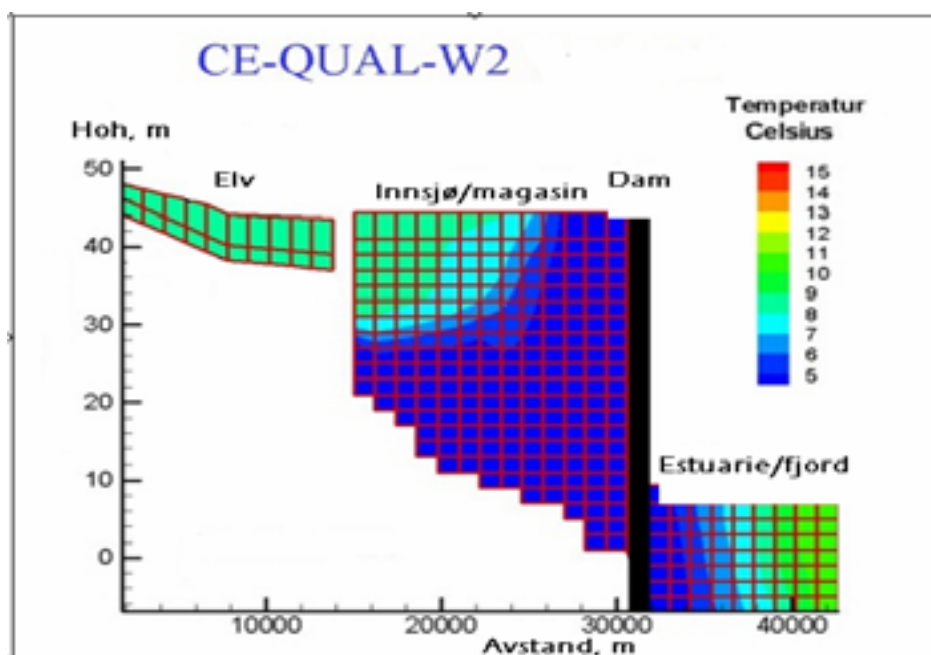
Figur 4. Konsentrasjon av *Planktothrix* på de ulike målestasjoner i august og november 2004

3. Kalibrering av modellen

3.1 Modell

Modellen CE-QUAL-W2 er blant de mest avanserte og mest benyttede modeller i verden for å beskrive vannkvalitet og hydrodynamikk. Den blir kontinuerlig utviklet av US Army Corps of Engineers og Portland Universitet, Cole, (Thomas M. Wells Scott A. 2002). Modellen beregner strøm, temperatur, is, oksygen, pH, partikler, vannkjemi, bakterier, organisk stoff, alger, utveksling med sedimenter mm., og er godt egnet til bla. eutrofieringsstudier. Modellen er 2-dimensjonal (lengde-dyp) og passer derfor bra for elver og langstrakte innsjøer og fjorder med like forhold på tvers av lengderetningen, **Figur 5**. Ulike modellerte enheter (del av elv, del av innsjø, del av fjord osv.) kan kobles sammen og simuleres samtidig slik at modellen langt på vei kan sies å være 3-dimensjonal. Modellen tar hensyn til dammer med ulike utløpsanordninger, tunneloverføringer, pumping, tidevann m.m. Nødvendig inputdata er klima (lufttemperatur, relativ fuktighet, vindstyrke, vindretning og skydekning/kortbølget stråling), vannføring og vannkjemi i tilløpene samt utløpsvannføringer.

NIVA har tidligere erfaring med bruk av modellen fra prosjekter i Follsjøen, Aurevann og Kolbotvatn, hvor det ble oppnådd godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier, (Tjomsland 2004, Tjomsland og Skulberg 2005 og Oredalen, Rohrlack og Tjomsland 2005).



Figur 5. Vannkvalitets modellen CE-QUAL-W2 beregner resultatene i lengde og dybderetning.

3.2 Datagrunnlag

Modellen simulerte ulike vannkvalitetsvariable kontinuerlig i årene 2002-2004. For denne perioden var nødvendig å lese inn daglige verdier av vannføring i utløp og tilløp, vannkjemi og vanntemperatur i tilløpene, samt helst timesverdier av klimadata.

Vi benyttet klimadata observert på Blindern. Dette var den nærmeste tilgjengelige klimastasjonen hvor data ble registrert gjennom døgnet. Klimavariabeler som ble benyttet: Lufttemperatur, relativ fuktighet, vindstyrke, vindretning og skydekke.

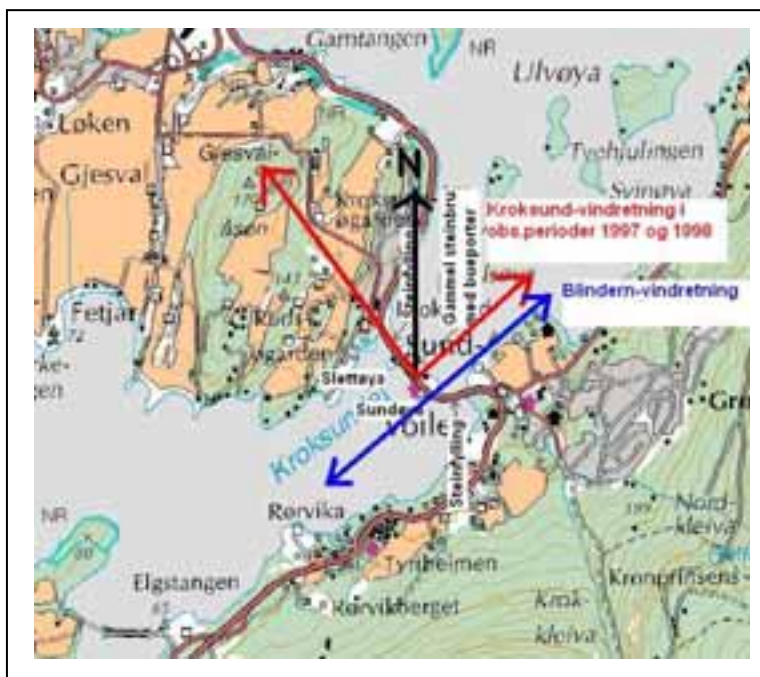
Daglige utløpssvannføringer fra Tyrifjorden ved Vikersund og vannstand i Tyrifjorden ble oppgitt av Buskerud kraft. Totalt tilløp ble beregnet ut fra dette avløpet og vannstandsending. Lokale tilløp, dvs. utenom Storelva og Sogna, til de ulike delene av Tyrifjorden og Steinsfjorden ble beregnet ut fra vannføringsregistreringer i Liervassdraget. Midlere vannføring 2002-2004 ut av Tyrifjorden var 144 m³/s. Av dette kom 138 m³/s via elvene Storelva og Sogna i nordvest, 5 m³/s i fra nærområdene til Tyrifjorden og 1 m³/s fra Steinsfjorden.

Daglige vanntemperaturer i tilløpene ble funnet ved innledende beregninger med modellen samt temperaturegistreringer i Ranselva.

Data om vannkvalitet i Storelva ble hentet fra det statlige overvåkingsprogrammet. De viktigste variabelene var fosfor og nitrogen forbindelser og organisk stoff. Tilførselene til Steinsfjorden var ikke kjent. I stor grad skyldes dette vanskelig målbare diffuse tilførsler fra landbruk og eventuelle lekkasjer fra kloakkledninger. Tilførselene måtte derfor stipuleres og kalibreres mot observasjoner i sentrum av Steinsfjorden. Konsentrasjonene ble antatt å være konstante slik at tilførselene var proporsjonale med vannføringen.

Det forelå spesielt gode data for vannkjemi og alger i sentrum av Steinsfjorden i 2002 og 2003. Dette var meget viktig for å kalibrere/teste modellens simuleringsresultater. I sentrum av Tyrifjorden, særlig i 2003, fantes det en del vannkvalitetsdata.

Det ble benyttet meteorologiske observasjoner fra Blindern. Dette var nærmeste klimastasjon. Sammenlikninger med vindobservasjoner i Kroksund 19. juni - 7. desember 1997 og 6. juni - 16. september 1998 viste spesielle særtrekk. Vindens midlere fart både på Blindern og i Kroksund i de samme periodene var ca. 2.5 m/s. Vindens hovedretning på Blindern blåste mot nordøst og mot sørvest. I Kroksund ble det observert vind mot nordvest omtrent som på Blindern. Men hovedretningen var rettet mot nordvest. Forholdet skyldes formodentlig fallvinder fra høydeområdene østenfor. Vindforholdene i Tyrifjorden er spesielt omtalt i en tidligere rapport (Bratli m.fl. 1999). Vi vil her kun vise en prinsippskisse av hvordan forholdene er i Kroksund, **Figur 6**.



Figur 6. Prinsippskisse av vindforhold i Kroksund

3.3 Resultater

Arbeidet har bestått i å gjøre gjentagende kjøring med modellen i den hensikt å oppnå tilfredsstillende samsvar med observerte data. Hver kjøring tok ca. fire timer på datamaskinen.

Vannbalansen ble kontrollert mot observert vannstand. Deretter ble simulerte verdier av temperatur og tilslutt vannkjemi og alger sammenliknet med observerte verdier. Det er en rekke prosesser som det tas hensyn til. Prosessenes hastighet blir gjerne beskrevet av koeffisienter. Mange av disse koeffisientene er kjente størrelser, mens andre er spesifikke for hver innsjø og må justeres inntil det oppnås tilfredsstillende samsvar med observerte verdier.

Det mest kompliserte er å beskrive algene på en tilfredsstillende måte. For eksempel gis hver algegruppe koeffisienter som beskriver deres egenskaper: Maksimal vekst per døgn, vekstendringer ved mangel på fosfor, nitrogen og lys, vanntemperatur, respirasjon, død, sedimentasjon m.m. Vi valgte å kun nytte to algegrupper: blågrønnalgen *Planktothrix* og ”andre alger”. *Planktothrix*, som er dominerende på dypt vann i Steinsfjorden er ofte ansett som en problemalge pga. at den kan være giftig. Denne algen er typisk ved at den vokser langsomt, men klarer seg ved lite lys. Dette gir den et fortrinn på relativt dypt vann hvor det er for lite lys for konkurrerende alger, men et handicap om forholdene er gode for andre alger.

Vi kunne ønsket oss bedre vannkemiske tilførselsdata til Steinsfjorden. Dette ble til dels kompensert med spesielt gode data fra selve innsjøen. Bruk av klimadata fra Blindern synes tilfredsstillende for å simulere vanntemperatur og også vannkvalitet.

Resultatene av simuleringene er vist i Vedlegg A, Figur 8 - Figur 38.

Vi skal her summere opp enkelte hovedtrekk. Innsjøen er regulert mellom 62 moh. og 63 moh. Den ble fylt særlig raskt opp av snøsmelteflommen om våren. I fyllingsperioden, som starter i mars – mai, strømmet vann fra Tyrifjorden inn i Steinsfjorden. Steinsfjorden ble vanligvis islagt i november-desember og ble isfri i mars. Liten algevekst under isen førte til høyt innhold av næringsalter om våren. Deretter fulgte en rask temperaturstigning og økt algevekst utover i mai. Fosfor- og nitrogekonsentrasjonene ble da redusert til nær null, dvs. at begge disse stoffene var begrensende for algeveksten. Innholdet av organisk stoff ble høyt, først og fremst pga. stor algemasse. Sedimentasjon og nedbrytning av dette organiske materialet førte til stort oksygenforbruk og oksygensvinn nær bunnen og da særlig i de dypeste partiene. Oksygensvinn førte til lekkasje av næringsstoffer fra sedimentene. Næringsstoffer ble derved på nytt tilgjengelig for algevekst. Avtagende temperatur og tilgjengelige næringsstoffer førte til lavere algekonsentrasjoner utover sommeren og høsten. Algen *Planktothrix* var spesielt dominerende på dypt vann.

I sentrale deler av Tyrifjorden var fosforinnholdet betydelig lavere enn i Steinsfjorden, mens nitrogenverdiene var høyere. Fosfor var begrensende næringsstoff. Algeinnholdet var lavt. Det var meget lave verdier av *Planktothrix*.

Modellen simulerte temperaturforholdene meget bra. Dette tyder på at dynamiske forhold ble riktig gjengitt, for eksempel vertikal blanding. Videre var det bra overenstemmelse mellom simulerte og observerte verdier av oksygen, fosfat (PO₄) og nitrat (NO₃). Total fosfor verdiene ble lavere enn de observerte. Dette skyldes at vi la vekt på å simulere de fosforforbindelsene som var viktigst for algevekst, dvs. fosfat og raskt nedbrytbare organiske forbindelser. Forskjellene mellom observerte og simulerte verdier av total fosfor (totP) skyldes rimeligvis fosfor i langsomt nedbrytbart organisk materiale. I følge observasjonene kan algekonsentrasjonene endres raskere enn det simuleringene indikerer. I noen grad kan dette skyldes mangelfulle tilførselsdata. I store trekk viste simuleringene riktig utvikling av algene, både total sum og fordelingen av de ulike artene som funksjon av både tid og dyp. Vi merker oss at modellen klarte å få frem forskjellene mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden både med hensyn til totalt algeinnhold og algetyper.

Resultatene fra de to toktene, hvor det ble tatt gradientstudier av alger med vekt på *Planktothrix* fra Steinsfjorden og ut til sentrum av Tyrifjorden, passer i hovedtrekk bra med simuleringene. Vannet strømmet fra Steinsfjorden og ut gjennom Kroksund i overflaten og ble raskt fortynnet. Dette gjaldt også *Planktothrix* som i liten grad formerte seg i Tyrifjorden.

Konklusjonen er at vi mener modellen gjengir virkeligheten på en tilstrekkelig realistisk måte til at den er egnet til å lage scenarier som beskriver hvordan vannkvaliteten vil kunne endres ved å fjerne fyllingene i Kroksund.

4. Scenarier

4.1 Innledning

Tyrifjorden er regulert mellom 62 moh. (LRV) og 63 moh. (HRV).

Middelvannstand i simuleringperioden 2001-2004 var 62.8 moh.

Mudring 3m betyr mudring til kote LRV – 3m = 59 moh.

Mudringen øker først og fremst dypet på sør-siden av brua

Vi har sammenliknet fem simuleringer for årene 2002 - 2004. Dvs. fire scenarier ble sammenliknet med kalibrerte verdier som representerer dagens situasjon.

1 Kalibrert- Dagens tilstand

Åpning i Kroksund ved LRV = 62 moh: Bredde 30 m, kote 61 moh: bredde 15 m

2 Mudring 3 m, åpningens bredde = 100 m, Vind som på Blindern 2002-2004

3 Mudring 3m, åpningens bredde = 200 m, Vind som på Blindern 2002-2004

4 Mudring 3m, åpningens bredde = 100 m, Vindretning som observert i Kroksund 1997 og 1998

5 Mudring 3m, åpningens bredde = 200 m, Vindretning som observert i Kroksund 1997 og 1998

I følge geotekniske forundersøkelser er dybdene nær 62 moh. i de områdene som ligger nærmest dagens fylling, og i størstedelen av områdene som er aktuelt å mudre i for øvrig. Dvs. at dersom man bygger bruer uten å mudre vil områdene under bruene være tørrlagt ved laveste regulerte vannstand. Vi har følgelig valgt å ikke lage scenarier for alternativer uten mudring da effekten av investeringene med å bygge bruer i så fall vil være sterkt begrenset med hensyn til å øke gjennomstrømmingen.

Vannet strømmer til høyre for vinden pga. jordrotasjonens avbøyende kraft. Det betyr at denne dominerende vindretningen mot nordvest er gunstig for å transportere vann fra Tyrifjorden og inn i Steinsfjorden i overflatelagene. Bruk av vindretninger på Blindern gir trolig for liten vannutskiftning. Vi laget derfor scenarier hvor vi tok hensyn til dette ved å erstatte vindretningene på Blindern 2002 – 2004 med vindretninger observert i Kroksund. Disse scenariene viser hvordan det kunne ha blitt om vinden hadde blåst med reel varighet i de retningene som ble observert i Kroksund.

4.2 Resultater

Resultatene av de enkelte simuleringene er vist i Vedlegg B, **Figur 39 - Figur 48**. De angitte prosentene representerer overflatelagene (0-7 m) i vekstsesongen om sommeren

(15. april – 31. oktober). Stasjonene for presentasjon av resultatene er vist i **Figur 7**. Resultatene for de ulike scenariene er sammenliknet med scenarium 1 "Kalibrert- Dagens tilstand".



Figur 7. Stasjoner for utskrift av scenariumresultater.

I følge scenariene gjelder følgende:

Åpning av Kroksund førte til redusert algevekst i overflatelagene i Steinsfjorden på opp til $1 \mu\text{g/l}$ sammenliknet med scenarium 1 "Kalibrert-Dagens tilstand". Dette tilsvarer en reduksjon på 17 %. Problemalgen *Planktothrix* ble redusert med opp til 37 %, andre alger økte noe. I på dypt vann ble forskjellene mindre. Problemalgen *Planktothrix* ble betydelig redusert, noe av volumet ble erstattet med andre alger. I sum ble det reduksjon i den totale algemengden. Algesamfunnet ble mer harmonisk/mindre av en dominerende type.

Tyrifjorden ble ikke påvirket av *Planktothrix* i påviselig grad. *Planktothrix* ser ikke ut til å ha tilstrekkelig gode livsbetingelser i Tyrifjorden pga. lave fosforkonsentrasjoner der. Dessuten vil algene bli sterkt redusert i sirkulasjonsperiodene ved at de blir transporteres til stort dyp med for lite lys til å vokse. Resultater fra toktene støtter dette.

Nitrogen verdiene i Steinsfjorden økte pga. høyere konsentrasjoner i Tyrifjorden. Fosfor ble eneste begrensende næringsstoff for algevekst. Konsentrasjonene av total fosfor kan bli redusert med opp til $1 \mu\text{g/l}$ eller 8 %.

Åpning på 100 m (fjerning av en fylling) reduserte omkring $\frac{3}{4}$ av *Planktothrix* konsentrasjonene i forhold til 200 meters åpning (fjerning av to fyllinger). For totalt klorofyll ble resultatet omtrent det samme om man fjernet en eller to fyllinger.

I Kroksund like utenfor/sør for åpningen, ble vannkvaliteten i større grad enn nå påvirket av vann fra Steinsfjorden.

I 2003 var midlere konsentrasjon av total fosfor, totP, $10.3 \mu\text{g/l}$. Vannbruksplanutvalget har satt som mål å komme ned i $9 \mu\text{g/l}$. I følge differensene mellom de ulike scenariene kan dette være mulig. Målsetningen er her gitt ved total fosfor som et mål for algeinnholdet. Det er ønskelig å redusere algeinnholdet generelt, men det anses som særlig gunstig å redusere problemalgen *Planktothrix*, hvilket finner sted ved åpning av Kroksund i følge scenariene.

Vi har simulert tre år. Det vil ta lenger tid enn dette før vi oppnår forhold som er i likevekt med større vannutskiftning ved å åpne sundet. Langtidseffektene på algesamfunnet kan følgelig bli noe større enn det scenariene viser.

Simuleringsresultatene virker gjennomgående rimelige og kan forklares ved fysiske og biologiske prosesser. Enkelte verdier nær sentrum av Tyrifjorden virker tvilsomme. Trolig skyldes dette at de tre

”modellgrenene”, som Tyrifjorden/Steinsfjorden deles inn i, møtes der. Muligens beregner modellen ikke denne sammenkoblingen perfekt. Imidlertid har disse avvikene ikke betydning for konklusjonene.

5. Referanser

Cole, Thomas M. Wells Scott A. 2002. CE-QUAL-W2 A two dimensional, Lateral Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.1. User manual. U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC. (<http://www.ce.pdx.edu/w2>).

Bratli, J.L., Tjomsland, T., Brørs, B, Kallquist, T og Skulberg, O. 1999. Vannutskiftning i Steinsfjorden. Mulige konsekvenser for vannutskiftning, vannkvalitet og blågrønnalger ved åpning av veifyllingene. Løpenr 3953-98, 70 s. Norsk Institutt for vannforskning, Oslo.

Oredalen T.J., Rohrlack T. og Tjomsland T. 2005. Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet, 5147-2006, 41 s, Norsk Institutt for vannforskning, Oslo.

SFT 1997. Veiledning 95:01. Miljømål for vannforekomstene. Sammenheng mellom utslipp og virkning. Statens forurensningstilsyn, TA-1138/1995, Oslo

Tjomsland T. 2004. Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor. Miljøbasert vannføring rapport nr. 5, 24 s, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.

Tjomsland T. og Berge D. 2004. Vannutskiftning, fosfor og algevekst i Steinsfjorden ved fjerning av veifyllinger i Kroksund. Oppdaterende beregninger basert på nye mudringsprofiler og vannkvalitetsdata. Løpenr 4823, 13 s. Norsk Institutt for vannforskning, Oslo.

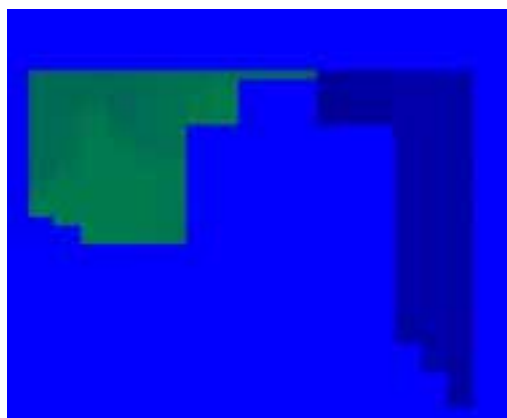
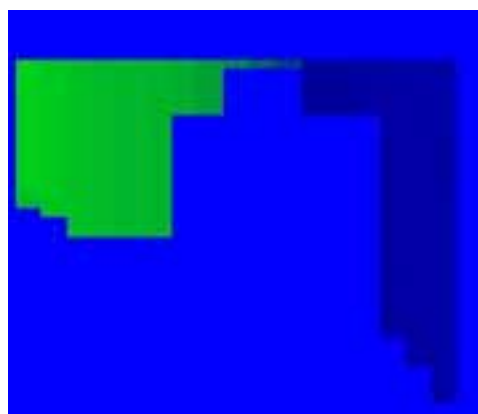
Tjomsland T. og Skulberg O. 2005. Sikring av råvannskvalitet i Aurevann. Hydrologiske tiltak mot uønsket algevekst. Løpenr 5005, 49 s. Norsk Institutt for vannforskning, Oslo.

Vedlegg A. Figurer kalibrering

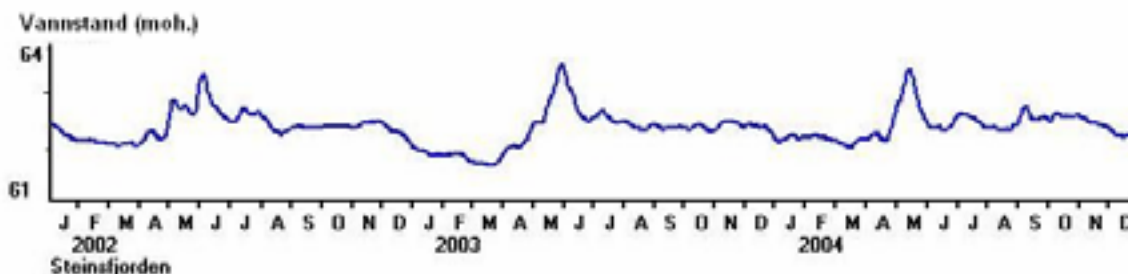
Steinsfjorden

Kroksund Tyrifjorden

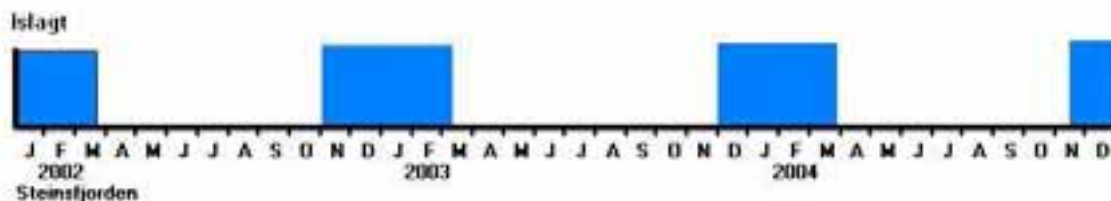
Steinsfjorden Kroksund Tyrifjorden

30. august 2004 Simulert *Planktothrix*16. november 2004 Simulert *Planktothrix*

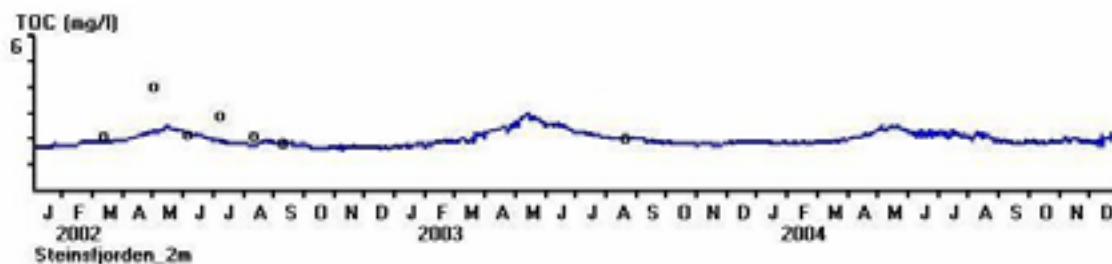
Figur 8. Resultatene viser at *Planktothrix* blir transportert fra Steinsfjorden til Tyrifjorden. Videre at det finnes *Planktothrix* i Tyrifjorden i kun små mengder. Noe som indikerer at denne algen ikke har livsbetingelser for å oppnå høye konsentrasjoner der. Dette passet bra med resultatene fra toktene.



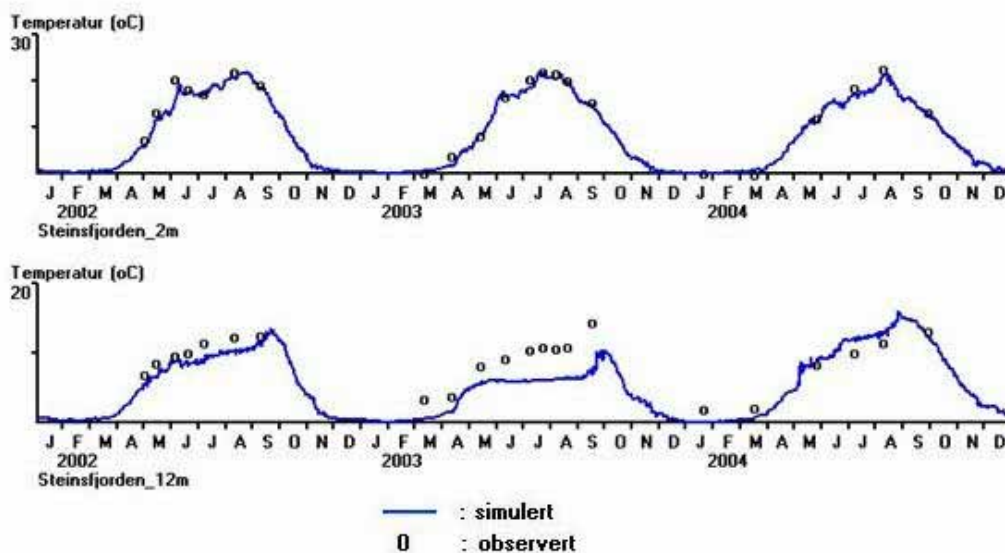
Figur 9. Innsjøen er regulert mellom 62 moh. og 63 moh. Den fylles særlig raskt opp av snøsmelteflommen om våren.



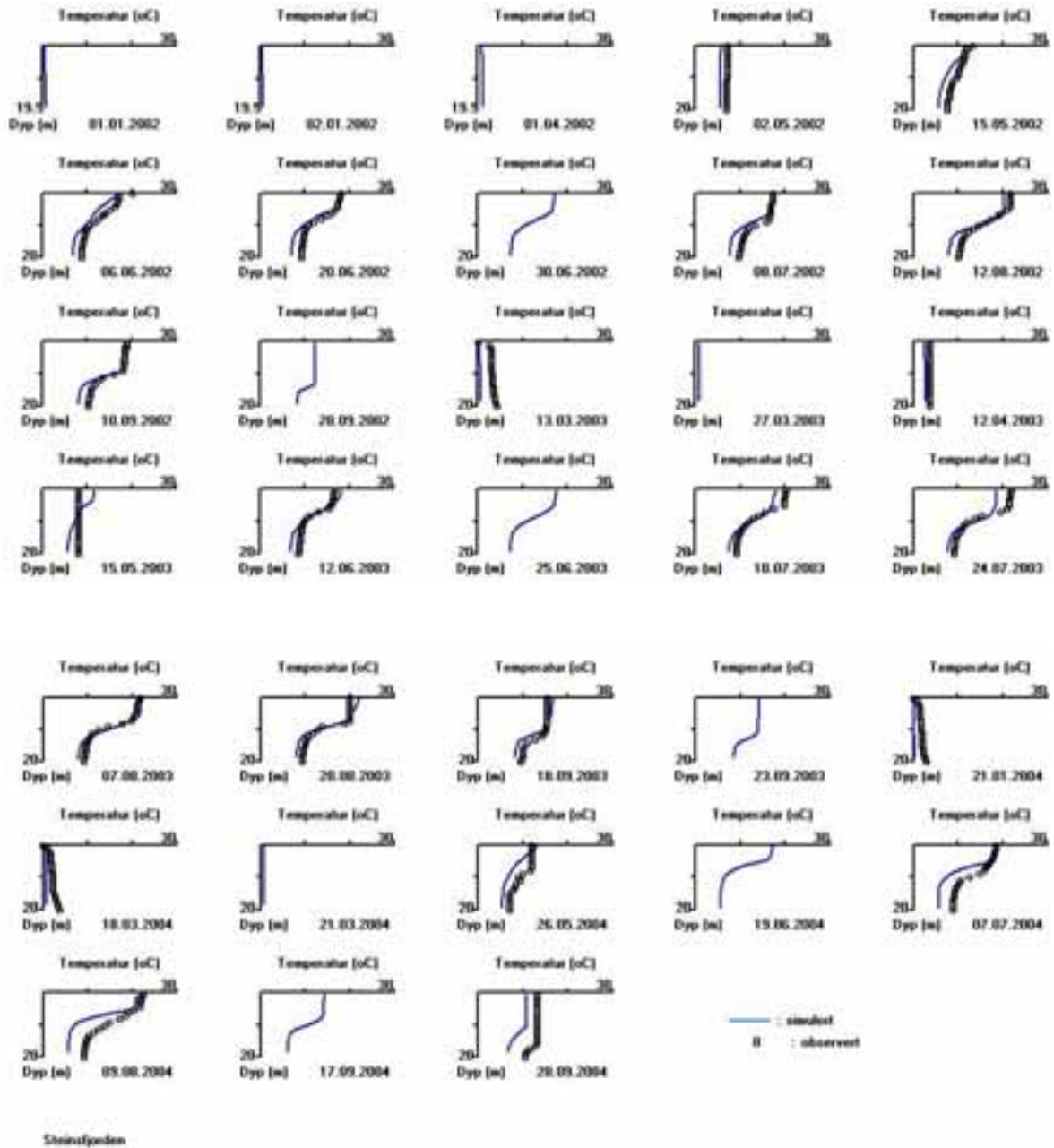
Figur 10. Steinsfjorden blir vanligvis islagt i november-desember og isfri i mars.



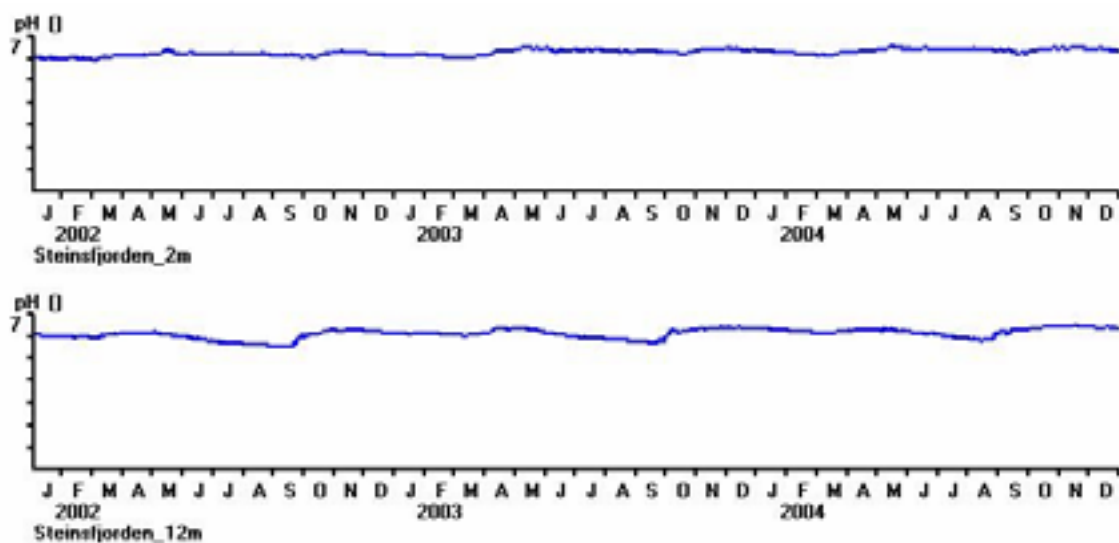
Figur 11. Total organisk karbon er et mål på organisk materiale. Ved nedbrytning av organisk materiale blir næringsalter utløst og tilgjengelig for algevekst. Nedbrytningsprosessen medfører oksygenforbruk.



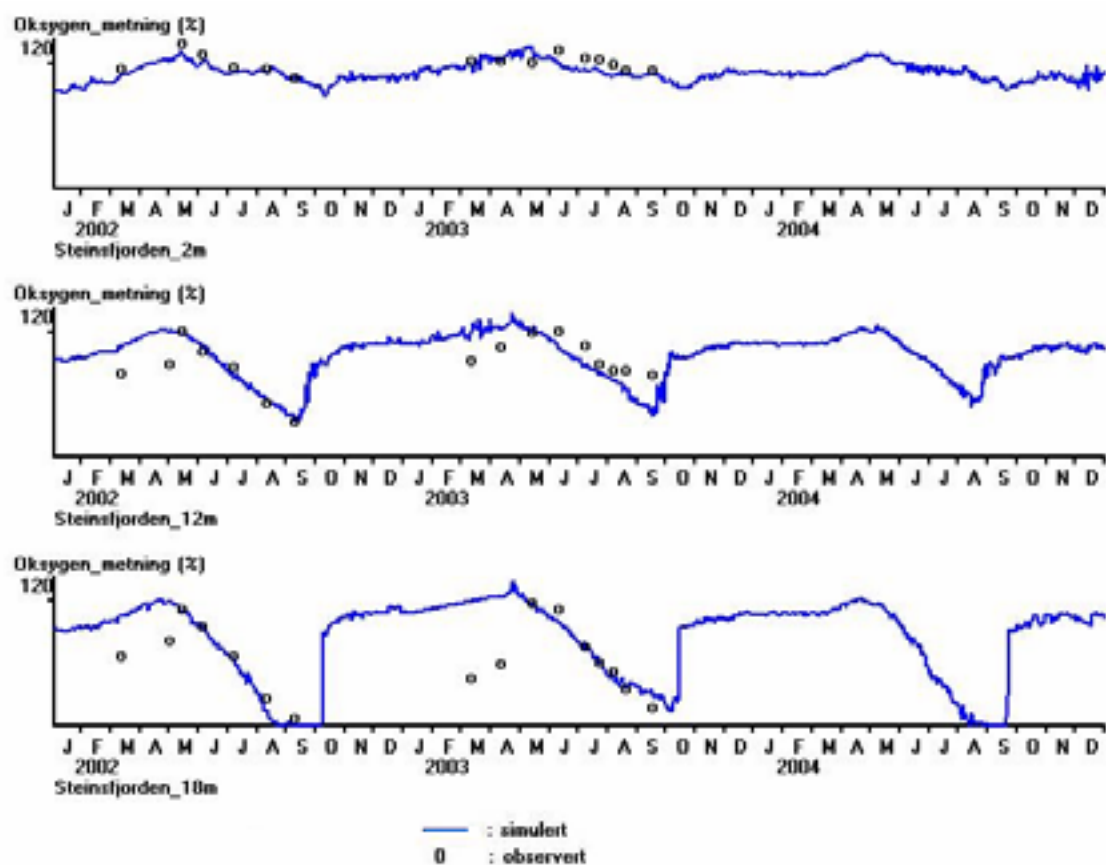
Figur 12. Det var godt samsvar med mellom observerte og simulerte vanntemperaturer. Simuleringene viste til dels noe for kaldt vann nær bunnen.



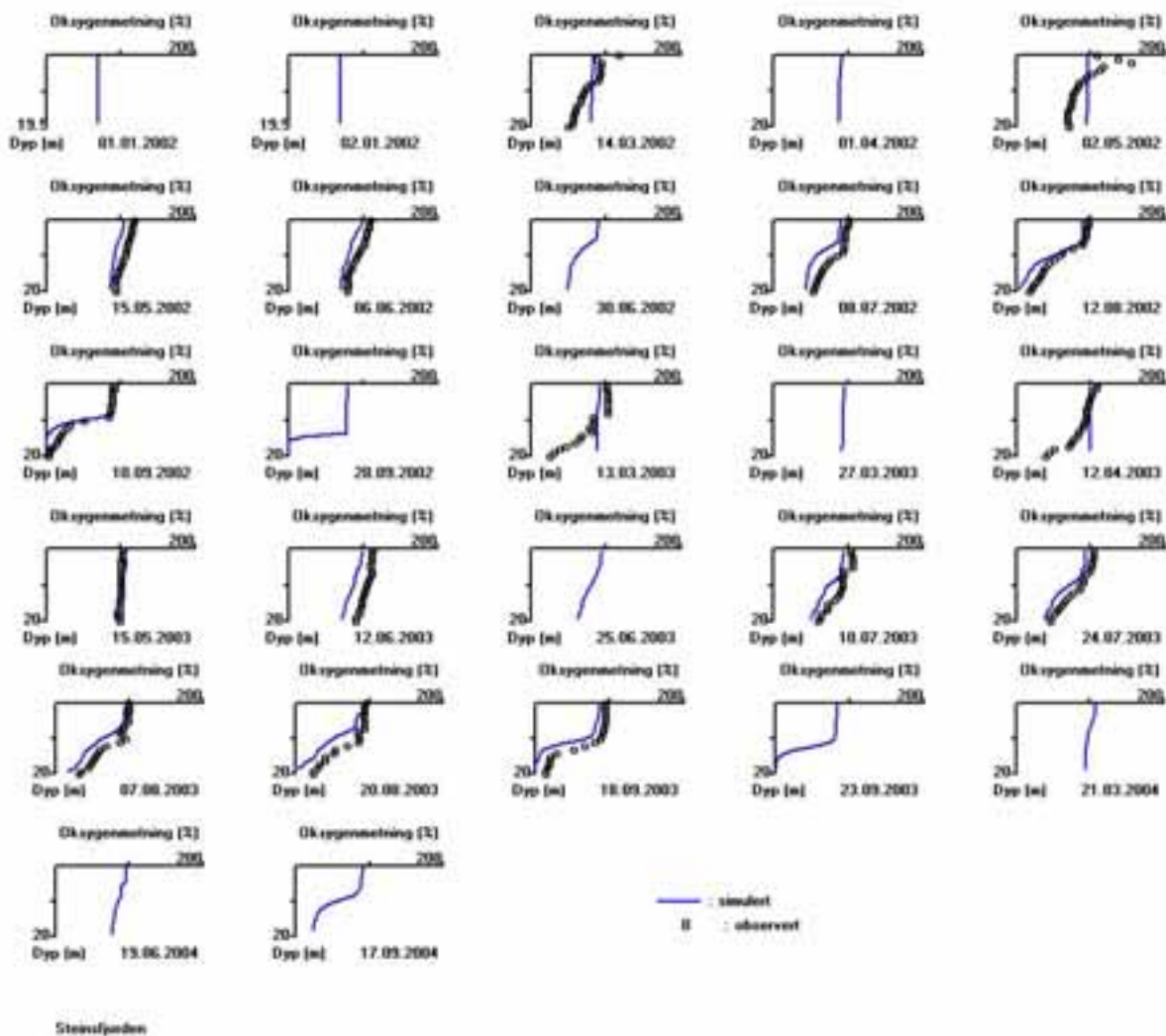
Figur 13. Det var godt samsvar med mellom observerte og simulerte vanntemperaturer. Simuleringene viste til dels noe for kaldt vann nær bunnen.



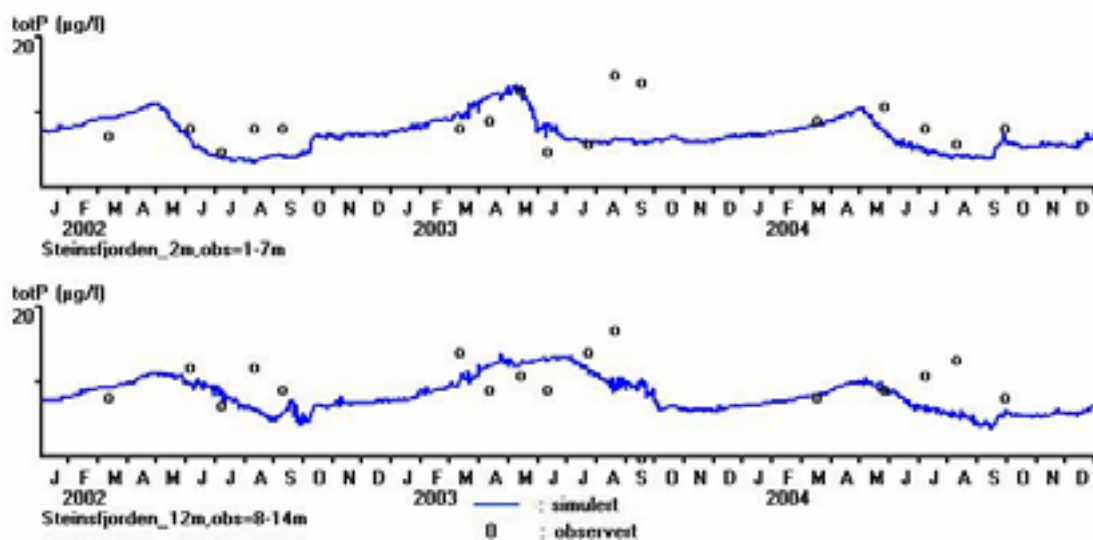
Figur 14. Simulerte pH verdier var stabile omkring 6, hvilket ikke skulle gi problemer for for eksempel fisk.



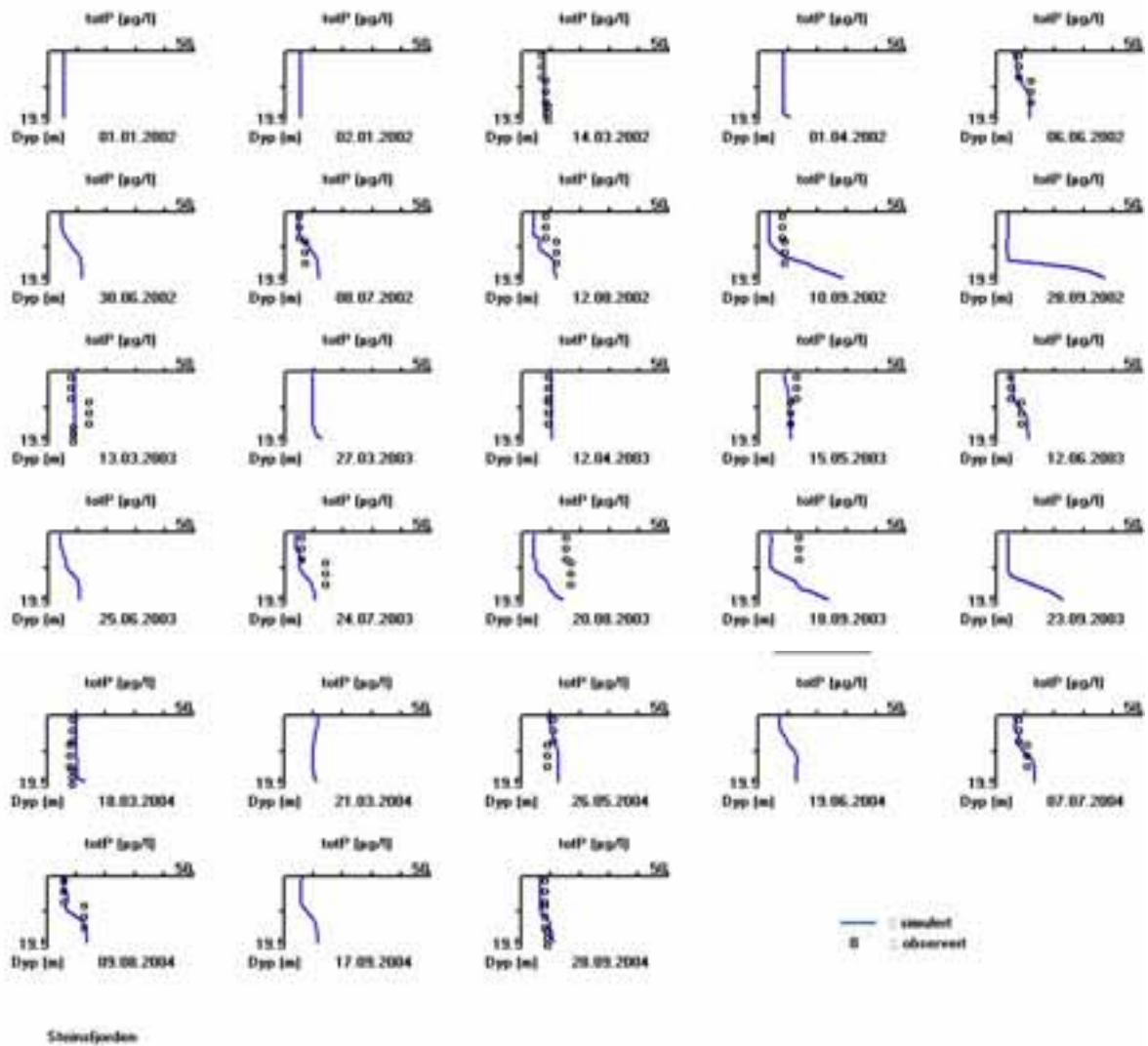
Figur 15. Det var godt samsvar mellom simulert og observert oksygenmetning. Ved oksygenvinn frigir sedimentene næringssalter til vannmassene. Dette var vanlig på sensommeren (august-oktober).



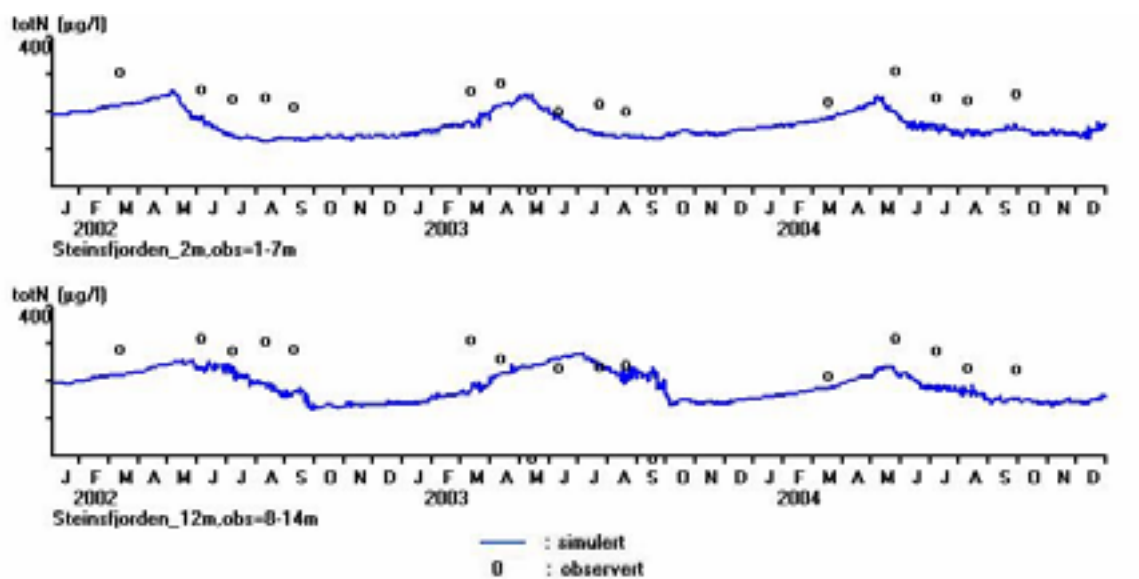
Figur 16. Det var godt samsvar mellom simulert og observert oksygenmetning. Ved oksygenvinn frigir sedimentene næringssalter til vannmassene. Dette var vanlig på sensommeren (august-oktober).



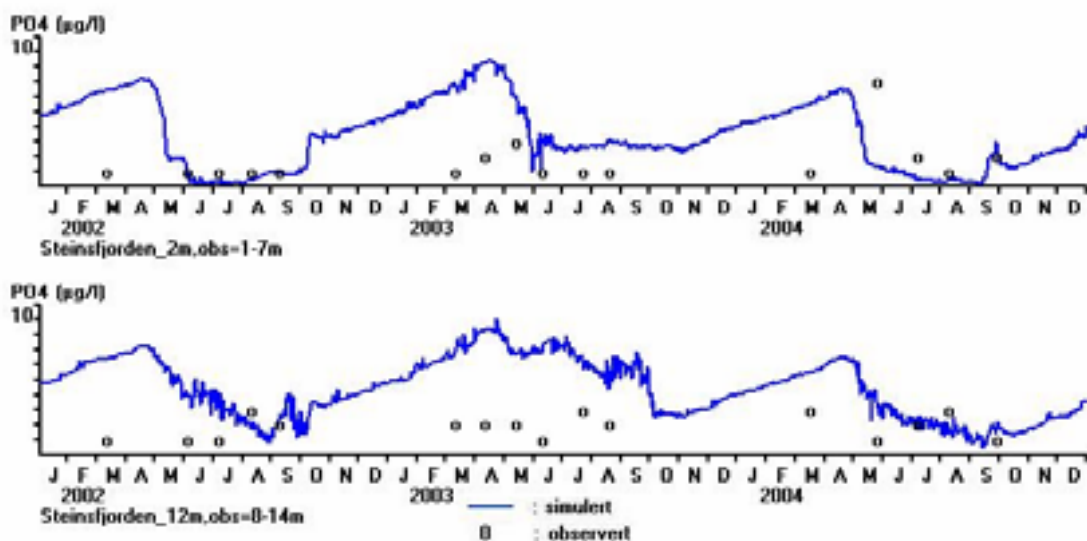
Figur 17. Det var overveiende godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av total fosfor. Verdier omkring 10 µg/l (vannkvalitetsklasse 2) vitner om moderat påvirkning.



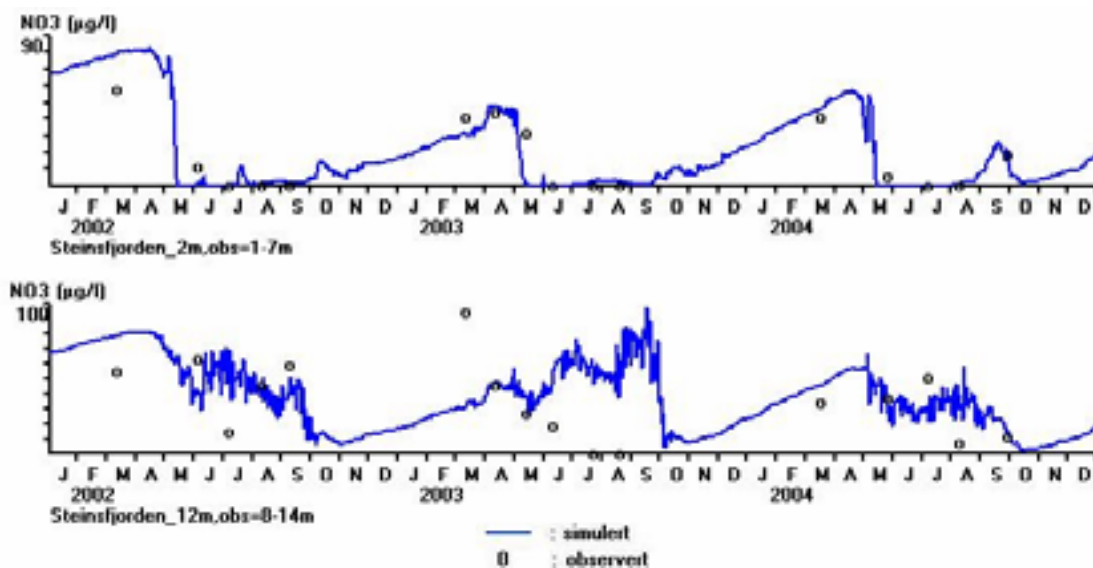
Figur 18. Det var overveiende godt samsvar mellom simulerte og observerte blandprøveverdier av total fosfor. Spesielt høye verdier nær bunnen kan skyldes utløsning av fosfor fra sedimentene pga. oksygenvinn.



Figur 19. Det var overveiende godt samsvar eller noe lavere simulerte verdier i forhold til observerte verdier av total nitrogen. Nitrogenkonsentrasjonene var vanligvis under 300 µg/l.

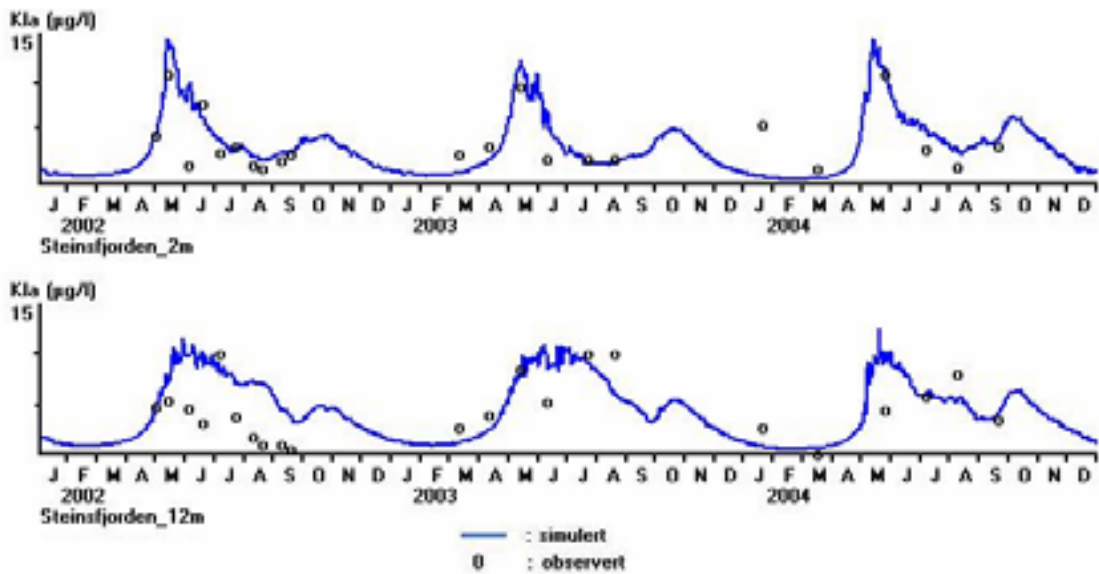


Figur 20. Det var overveiende godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av fosfat. Fosfat er direkte tilgjengelig for algevekst. Verdier nær null viser at fosfat i perioder er begrensende for algeveksten. Dvs. at økte fosfattilførsler gir økt algevekst.

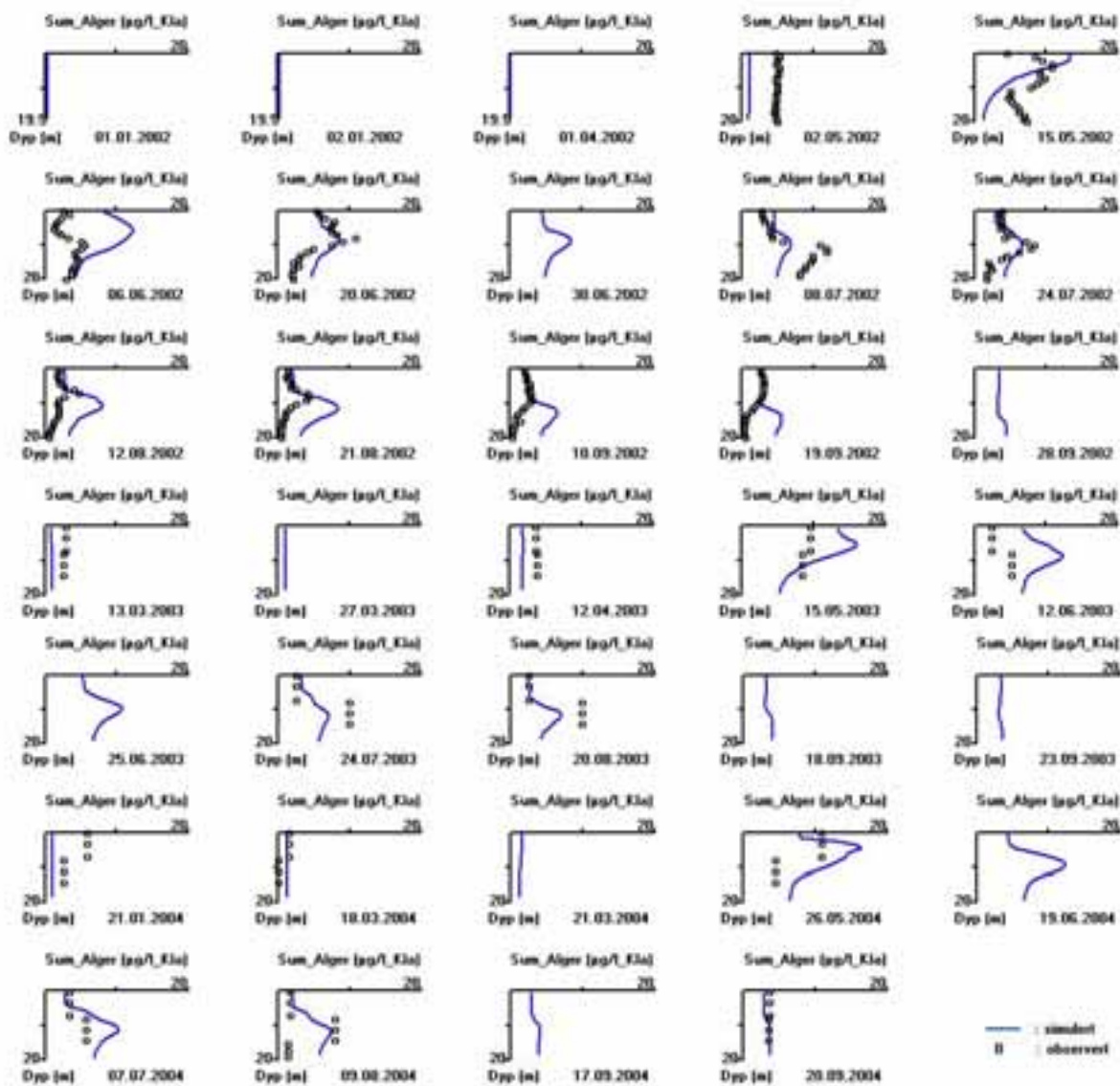


Figur 21. Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av nitrat. Nitrat er direkte tilgjengelig for algevekst. Verdier nær null viser at nitrat i perioder er begrensende for algeveksten. Dvs. at økte nitrattilførsler gir økt algevekst.

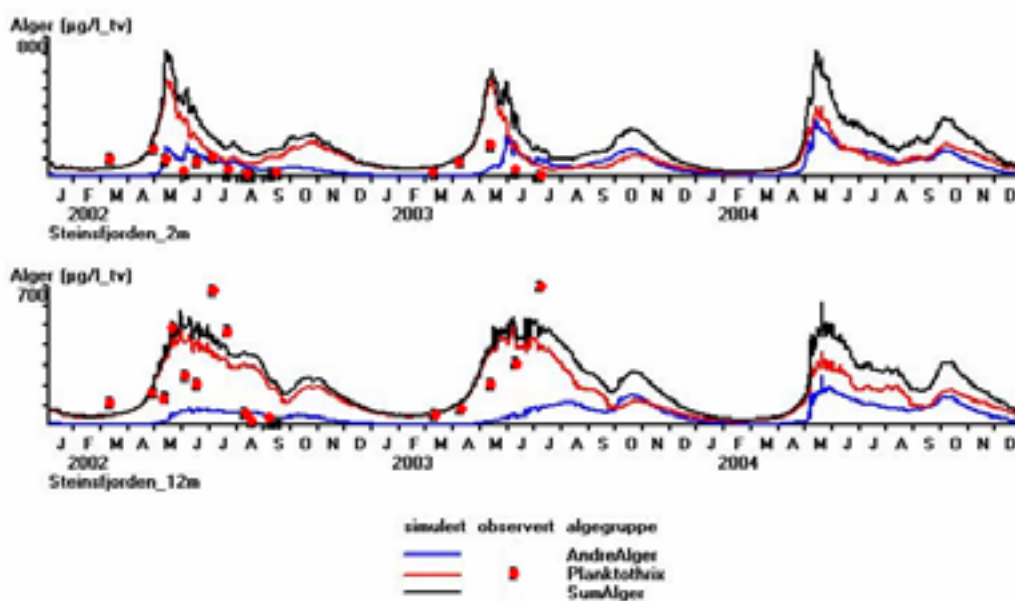
Både fosfor (fosfat) og nitrogen (nitrat) er i perioder begrensende for algeveksten. Det kan være vanskelig til en hver tid å vite hvilket av disse stoffene som er mest begrensende. Det skal små endringer til i tilførslene for å endre dette innbyrdes forholdet.



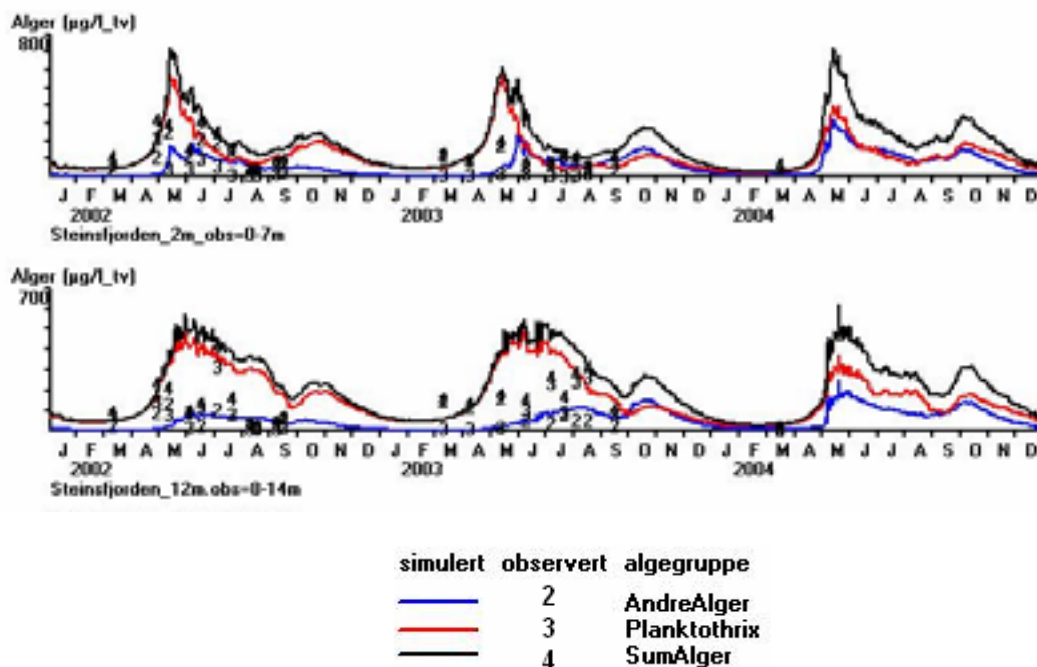
Figur 22. Det var overveiende godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av klorofyll. Klorofyll er et mål på totalt algeinnhold. Observerte verdier viste til dels raskere endringer enn simulerte verdier. Noe av dette kan skyldes manglende detaljerte tilførsler. For 12 metersnivået skal vi være opmerksom på at "riktig verdi" kan finnes noen meter høyere eller lavere. Det er betydelige endringer som funksjon av dyp. Simulert totalt algeinnholdet på dypt vann kan likevel være representativt. I 2002 var simulerte verdier gjennomgående for store på dypt vann.



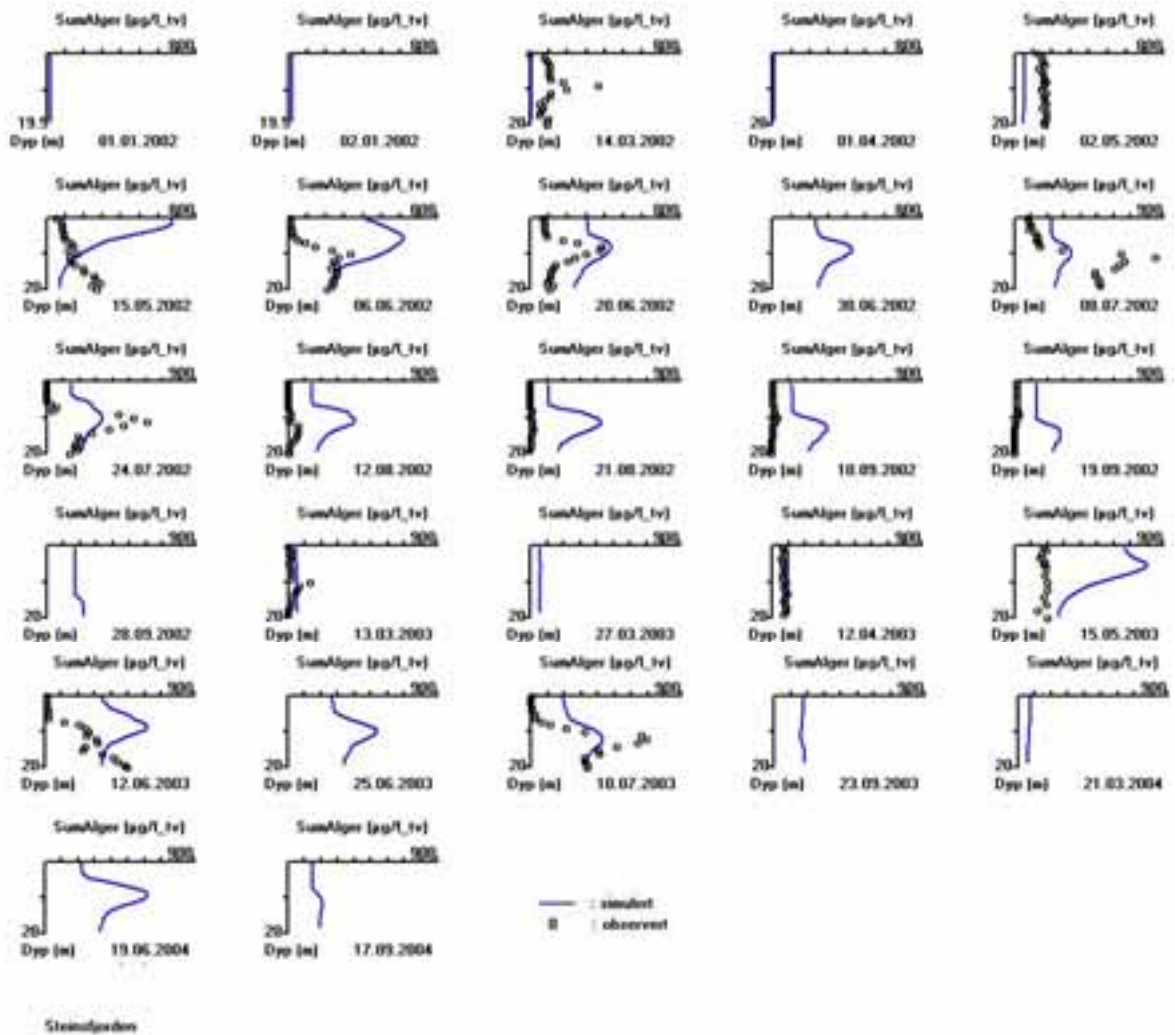
Figur 23. Det var overveiende godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av klorofyll i algene. Vi merker oss modellen også viste spesielt store verdier på dypt vann, nær 12 m. (verdiene i 2003 og 2004 representerer blandprøver mellom 0-7 m, 8-14 m og 15-20 m.)



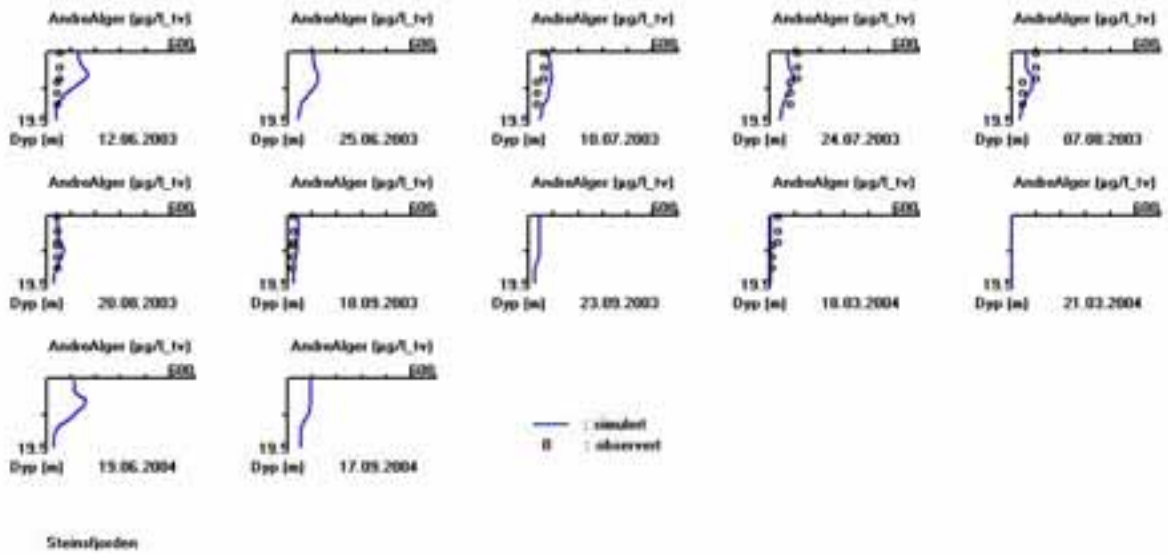
Figur 24. Simuleringene viste i store trekk samsvar med observerte verdier av blågrønnalgen *Planktothrix* i 2 m og 12 m nivået. I følge observasjonene burde verdiene steget raskere og til større verdier på sommeren, for dermed å falle raskt ned igjen, se 2002-12m. Modellen ga en mer utjevnet fordeling. Den totale algeveksten i løpet av sommeren synes å være omtrent lik. Tolv meter nivået er valgt for å representere maksimumsverdiene i dybdeprofilen. Selv om de simulerte verdiene i blant avviker en del, kan "riktige" verdier finnes ved å sammenlikne med observerte verdier i for eksempel 10 eller 14 meters nivået. Det viktigste er at det totale algeinnholdet i dybdeprofilen er tilfredsstillende for en lengre periode. I 2 meters nivået simulert *Planktothrix* oppløst om våren for høy.



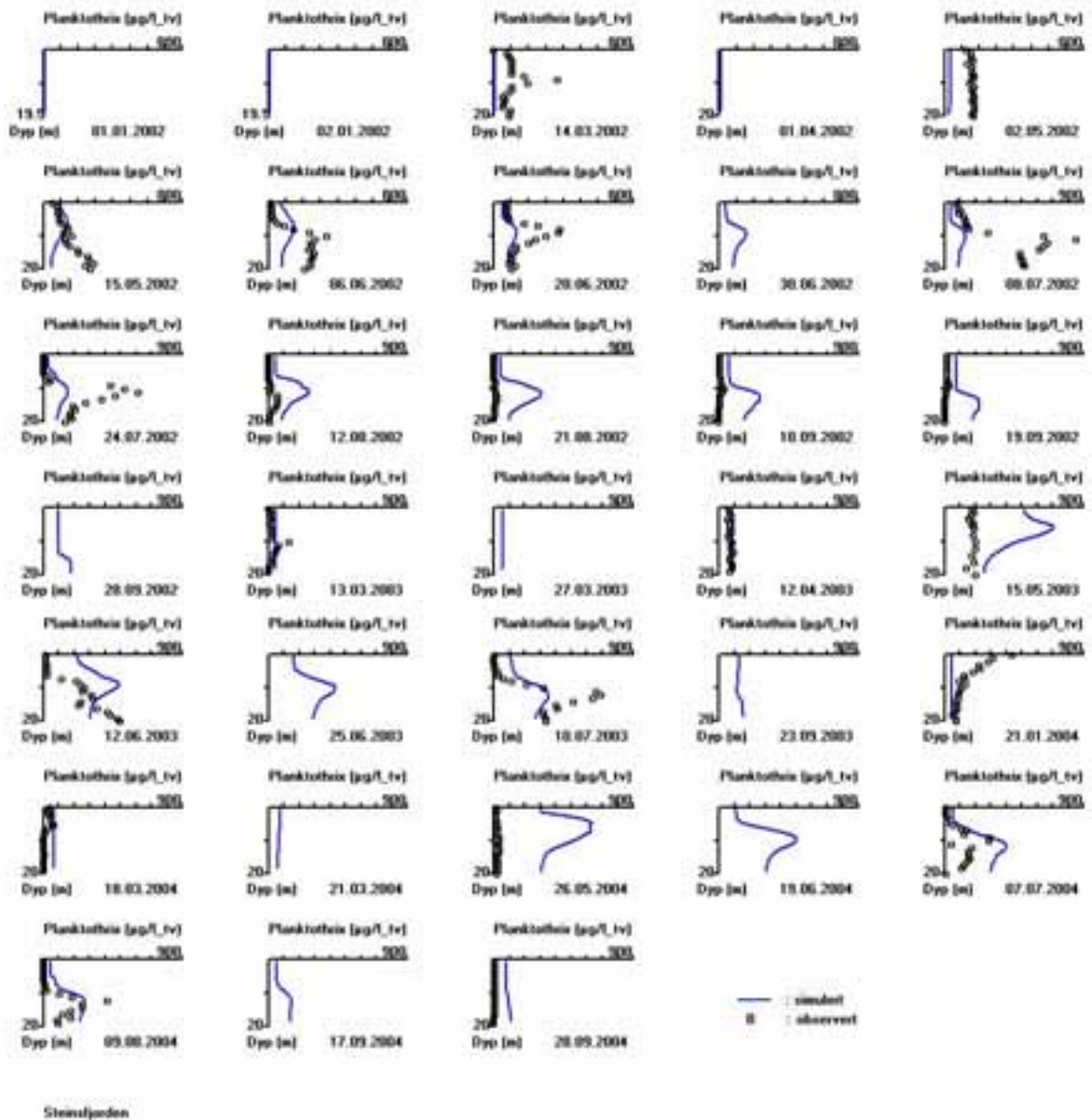
Figur 25. Samme simulerte kurver som i figuren ovenfor er sammenliknet med observerte blandprøveverdier. Vi merker oss at blågrønnalgen *Planktothrix* er spesielt dominerende på dypt vann. *Planktothrix* er betraktet som et problem da den kan utskille giftstoffer.



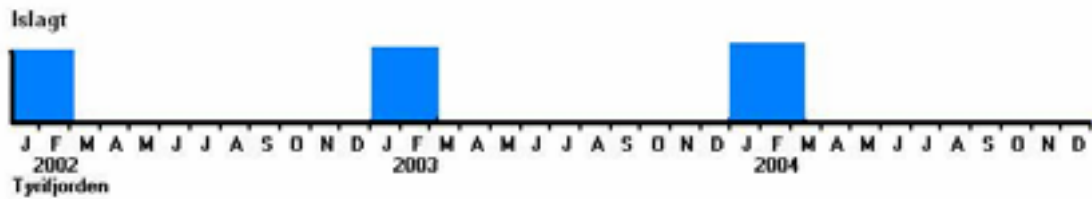
Figur 26. Dybdeprofiler av totalt algeinnhold oppgitt som tørrvekt.



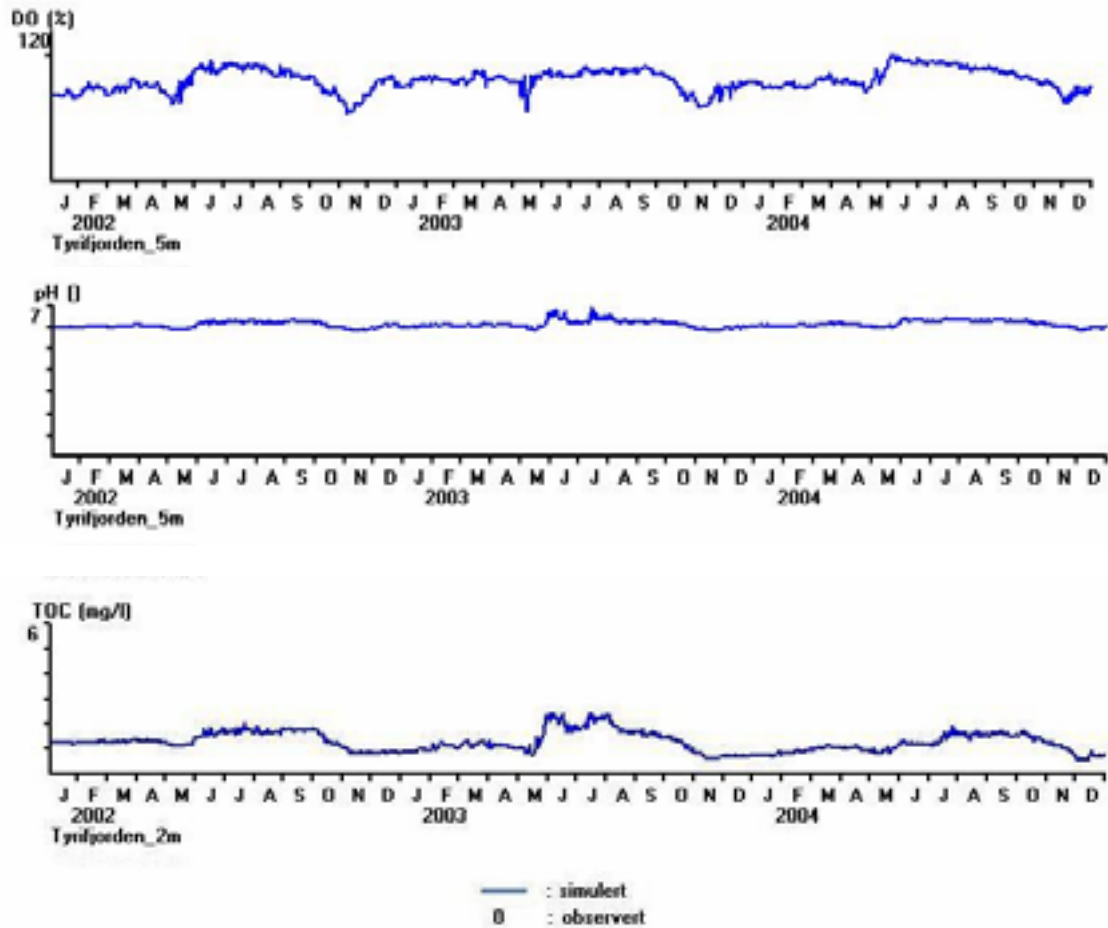
Figur 27. Dybdeprofiler av andre alger (ikke *Planktothrix*) sammenliknet med observerte blandprøveverdier.



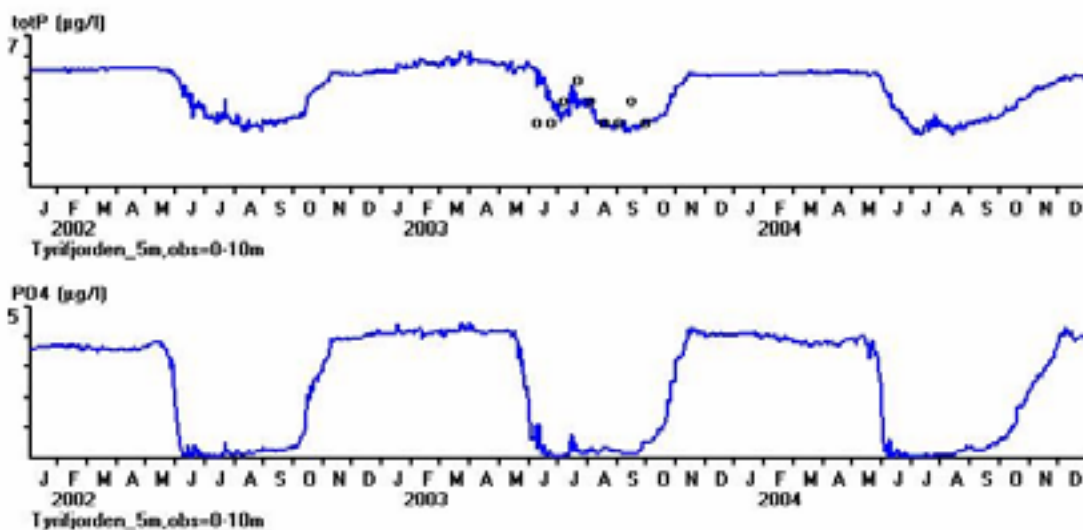
Figur 28. Dybdeprofiler av *Planktothrix*.



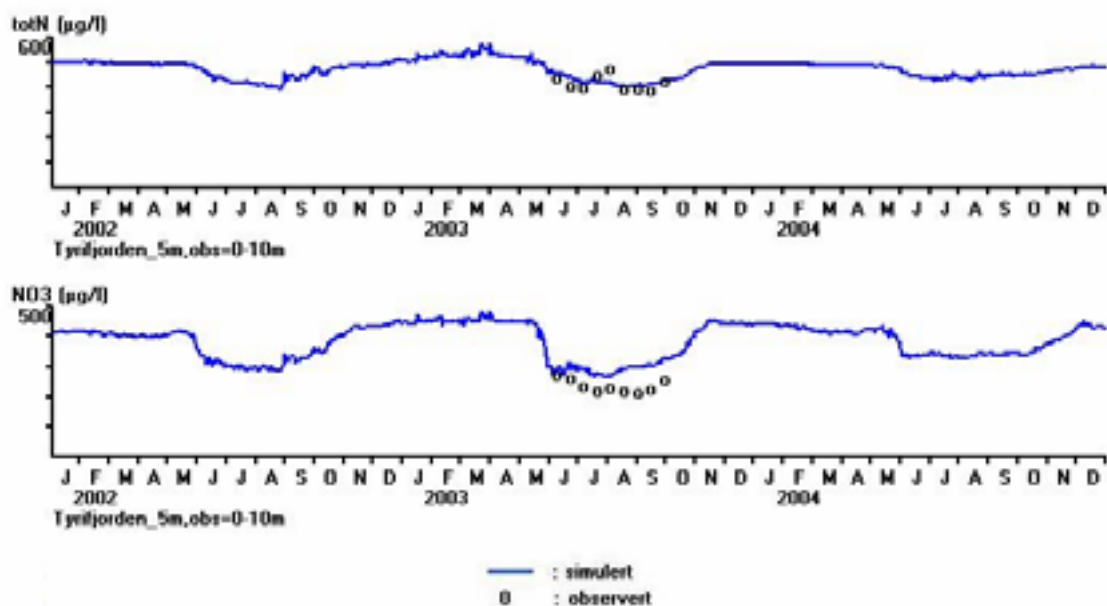
Figur 29. Tyrfjorden ble i følge simuleringene islagt i desember-januar og isfri mars.



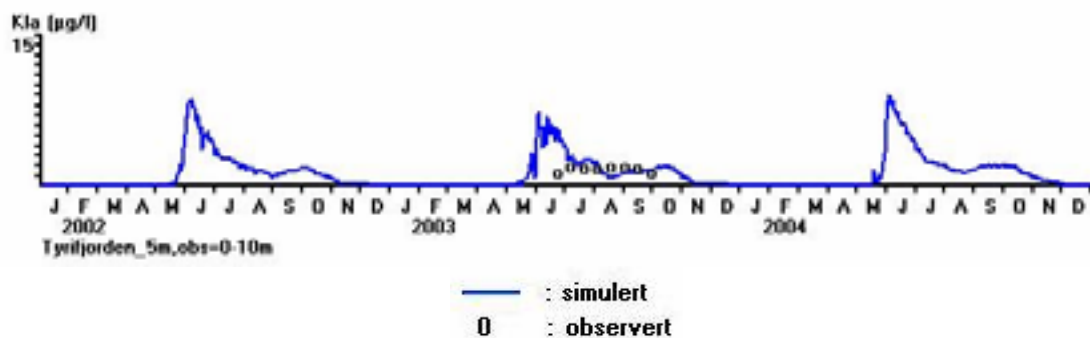
Figur 30. Tyrfjorden. Det var gode oksygenforhold i overflatvannet. PH verdier omkring 6 vitner om gode forhold for eksempel fisk. Totalt organisk karbon var mellom 2 og 4 mg/l.



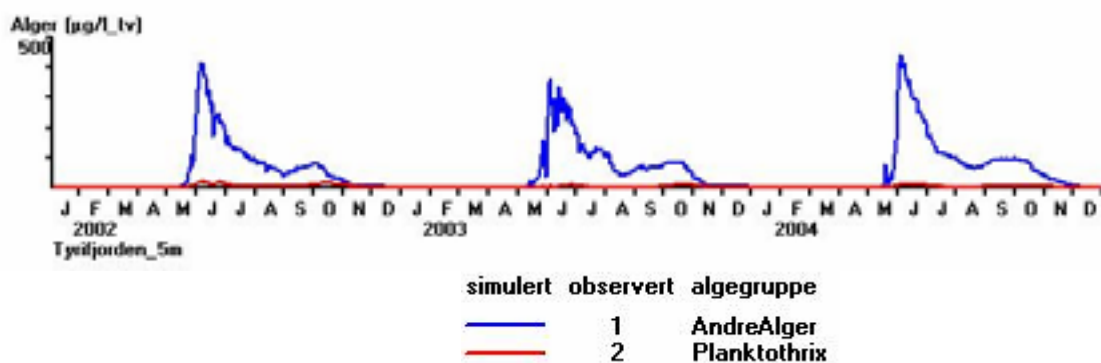
Figur 31. Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av totalfosfor i Tyrifjorden. Simulerte verdier av total fosfor var under $6 \mu\text{g/l}$ vitner om oligotrofe/næringsfattige forhold og tilhører vannkvalitetsklasse 1. Fosfat verdier nær null om sommeren viser at fosfor var begrensende næringsstoff for algevekst. Fosforverdiene var lavere enn i Steinsfjorden.



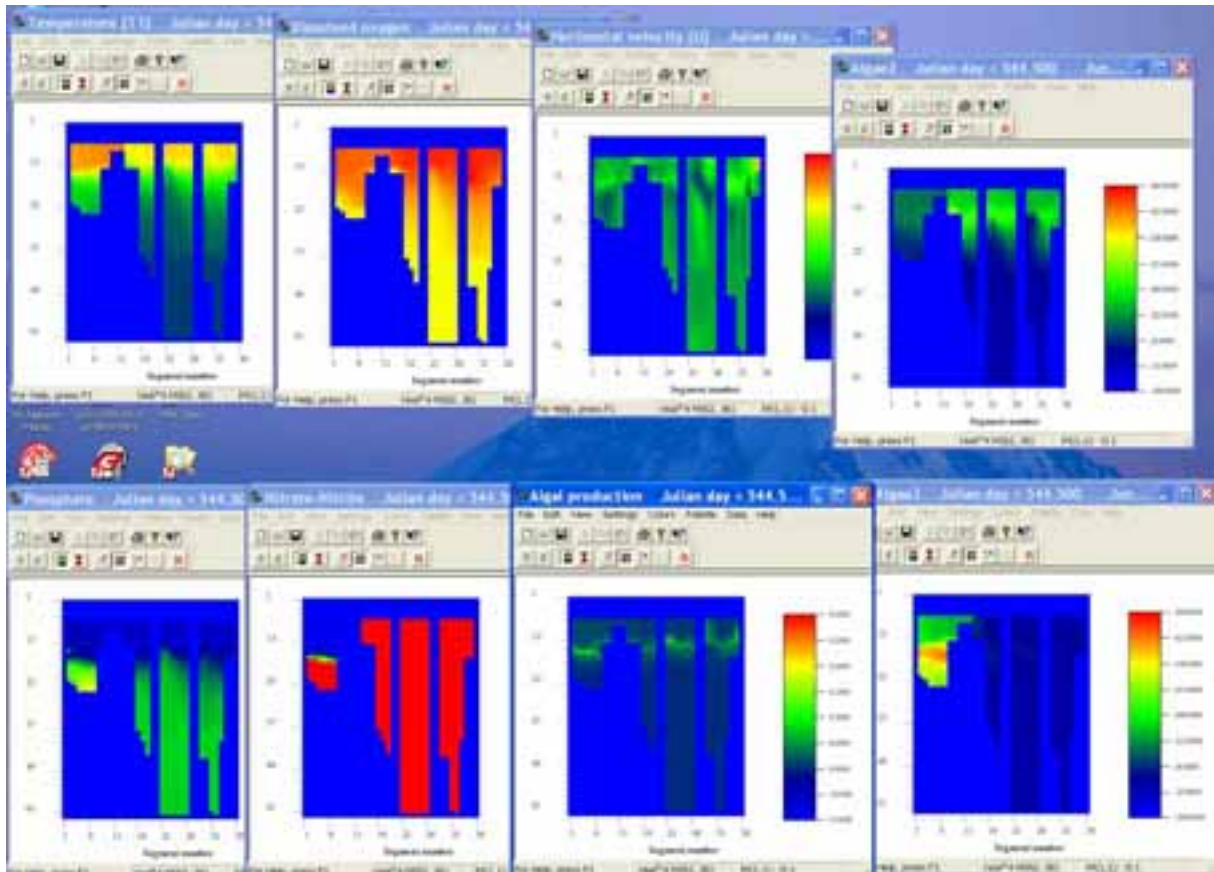
Figur 32. Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av totalfosfor, total nitrogen og nitrat i Tyrifjorden. Innholdet av total nitrogen var jevnlig nær $500 \mu\text{g/l}$ og nitratkonsentrasjonene mellom $200 \mu\text{g/l}$ og $400 \mu\text{g/l}$. Vi merker oss at nitrogenverdiene er klart høyere enn i Steinsfjorden og at nitrogen aldri er begrensende for algevekst.



Figur 33. Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier av klorofyll.



Figur 34. Simuleringene tyder på at innholdet av alger var lavt i Tyrifjorden. Det var meget lave konsentrasjoner av blågrønnalgen *Planktothrix*, noe som passet bra med resultatene fra toktet hvor det ble foretatt gradientstudier.

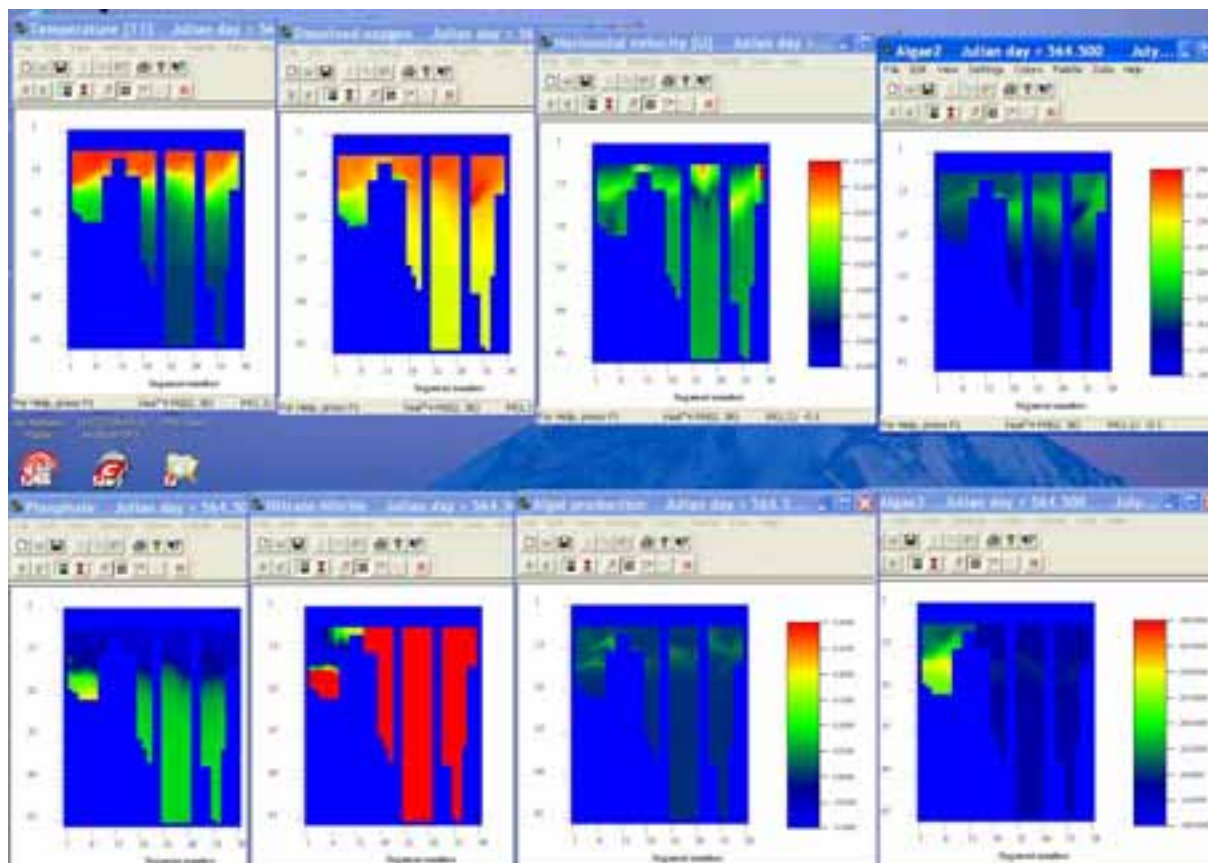


Figurforklaring

Tyrifjorden og Steinsfjorden ble i modellen delt inn i tre grener. Gren 1, venstre gren, strekker seg fra nordre del av Steinsfjorden gjennom Kroksund og til utenfor Storøya hvor den møter gren2. Gren 2, midtre gren, strekker seg fra sør enden av Holsfjorden til omkring Frognøya hvor den møter gren 3. Gren 3 strekker seg fra nordenden av Tyrifjorden, hvor Storelva renner ut, til utløpet ved Vikersund. Den vertikale aksene, y-aksene, gjelder dyp og den horisontale aksene, x-aksene, angir lengde. Lengdeskalaen angir beregningssegmenter som kan ha ulik lengde. Det samme gjelder også for dybdeaksene, imidlertid er de 30-øverste segmentene alle på 1 m.

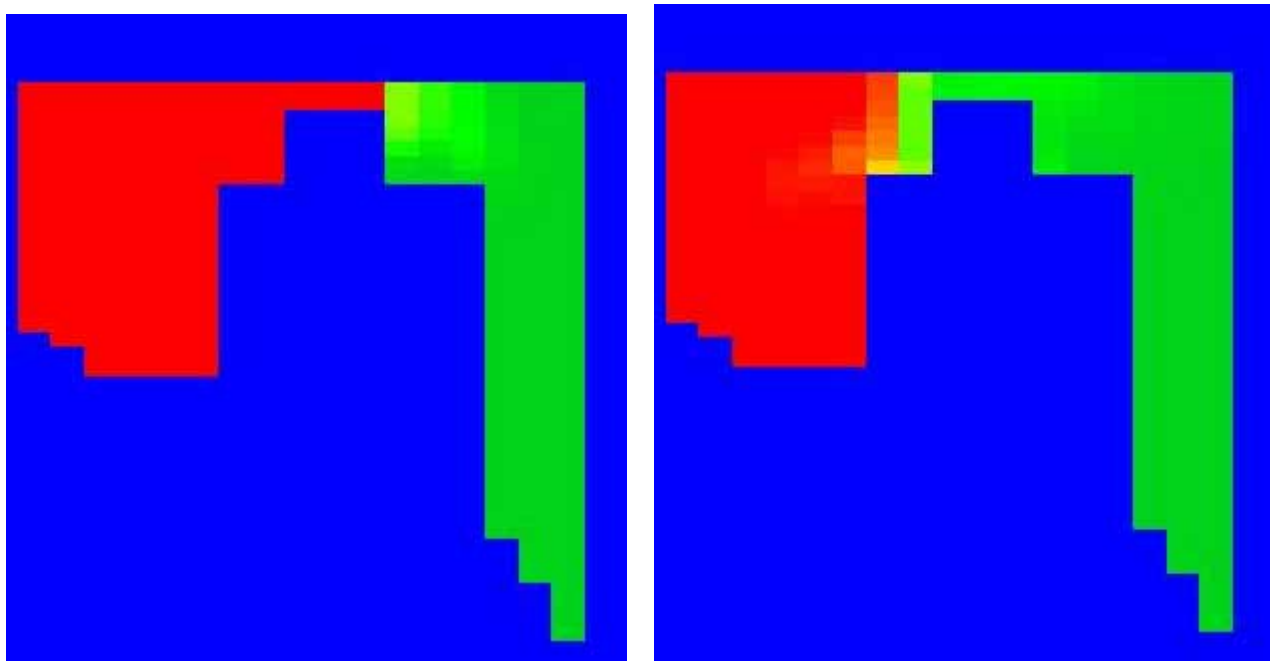
Figur 35. Situasjon juni 2002

Temperatursprangsjiktet lå omkring 13 m. Fosfat- og nitratkonsentrasjoner var nær null i Steinsfjorden over 15 m, dvs. begge kan være begrensende for algevekst. Det var godt med nitrat i Tyrifjorden. Algeproduksjonen var størst i øvre del av det næringsrike vannet i Steinsfjorden. Dypere ned ble lys begrensende. Blågrønnalgen *Planktothrix* (Algae3) har størst konsentrasjon i Steinsfjorden omkring 15 m. Andre alger trengte mer lys og vokste derfor nærmere overflaten, men det i meget i liten grad. I Tyrifjorden dominerte "andre alger" (Algae2). Lave fosfatkonsentrasjoner førte til små algekonsentrasjoner der. Gode lysbetingelser og rask vekst gjorde at de konkurrerte ut *Planktothrix*.



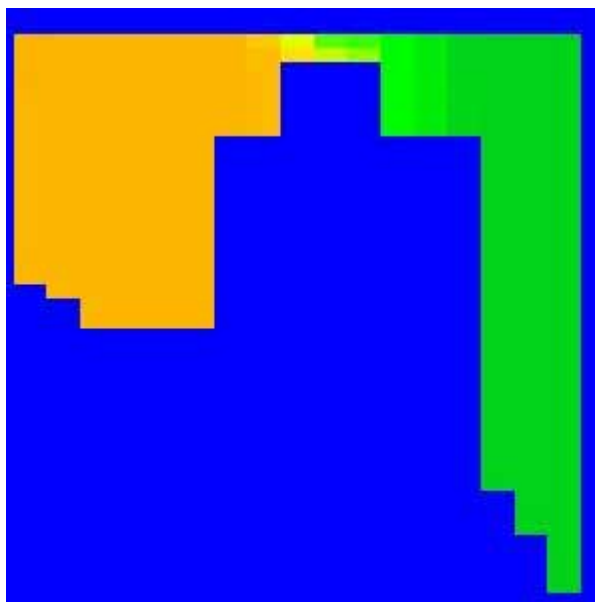
Figur 36. Situasjon i juli 2002, eksempel på indre bølge.

Sterk vedvarende vind i en retning gjør at vannets overflate blir skråstilt i mot vindens retning. For eksempel blir vannstanden høyere i nordre ender av innsjøen enn i sør enden. Når vinden opphører settes det i gang en bølgebevegelse som er spesielt stor dersom det er et velutviklet sprangsjikt. Denne bølgebevegelsen kan fortsette fram og tilbake i flere døgn før vannrett overflate igjen er opprettet. Simuleringene tyder på at indre bølger i Steinsfjorden stopper og returnerer ved terskelen ved Kroksund.



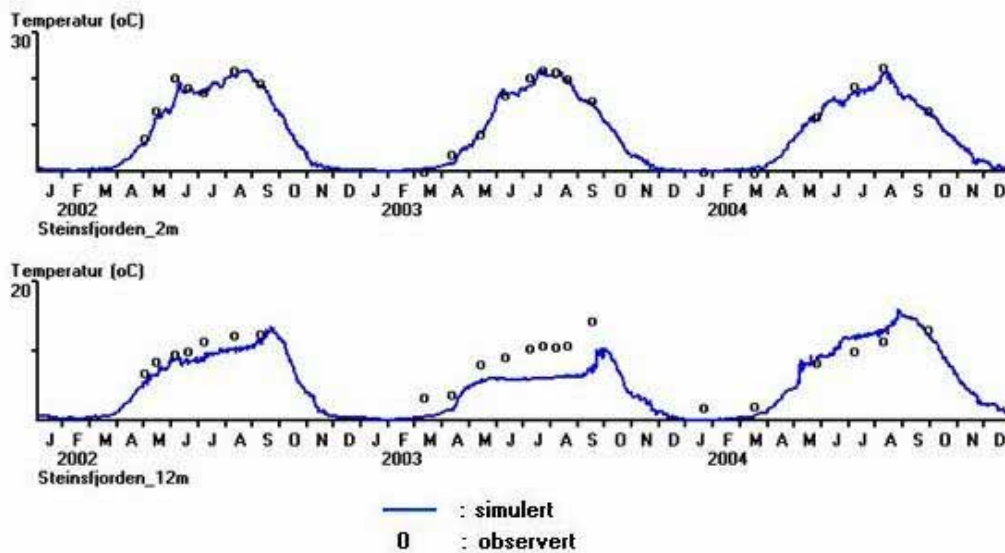
Vannet i Steinsfjorden og Tyrifjorden er merket med henholdsvis rød og grønn farge.

Figur 37. Vannet strømmer henholdsvis ut av Steinsfjorden (27. mai 2002) og inn av Steinsfjorden (1. juni 2002) av Steinsfjorden gjennom Kroksund i hele dybdeprofilet. Dette er typisk ved vannstandstansendringer, men kan også skje i kortvarige perioder som følge av vind.



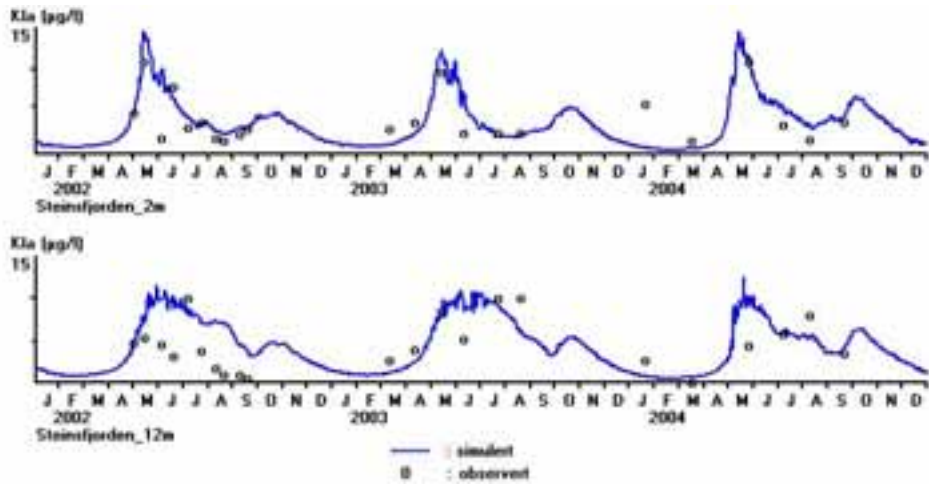
Figur 38. Vinden gjør at vann fra Tyrifjorden kan strømme inn gjennom Kroksund i overflaten og returnere langs bunnen. Dette er typisk ved stabil vind, dvs. at strømmingene er noenlunde i likevekt med vinden.

Vedlegg B. Figurer Scenarier

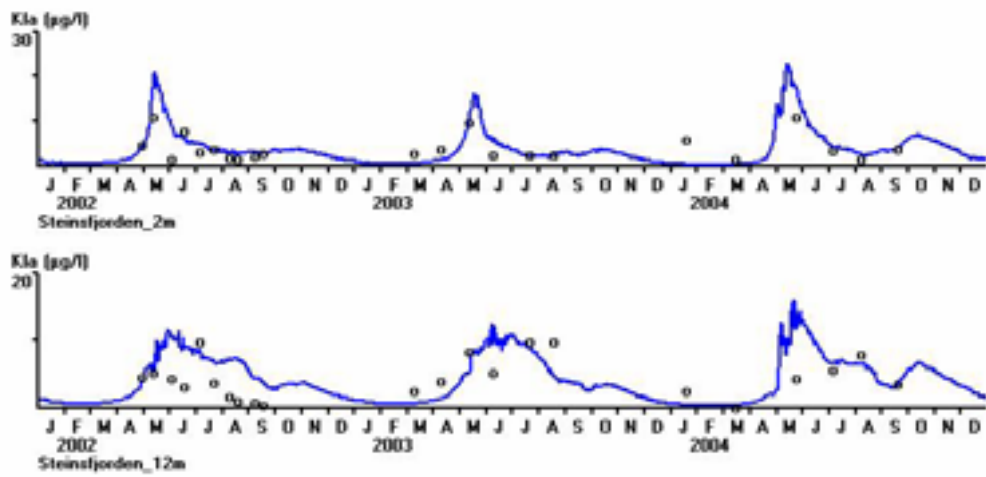


Figur 39. Scenarium: Mudring 3 m – Åpning Kroksund 200.

Åpning av Kroksund medførte ingen merkbar endring av vanntemperatur i sentrum av Steinsfjorden.

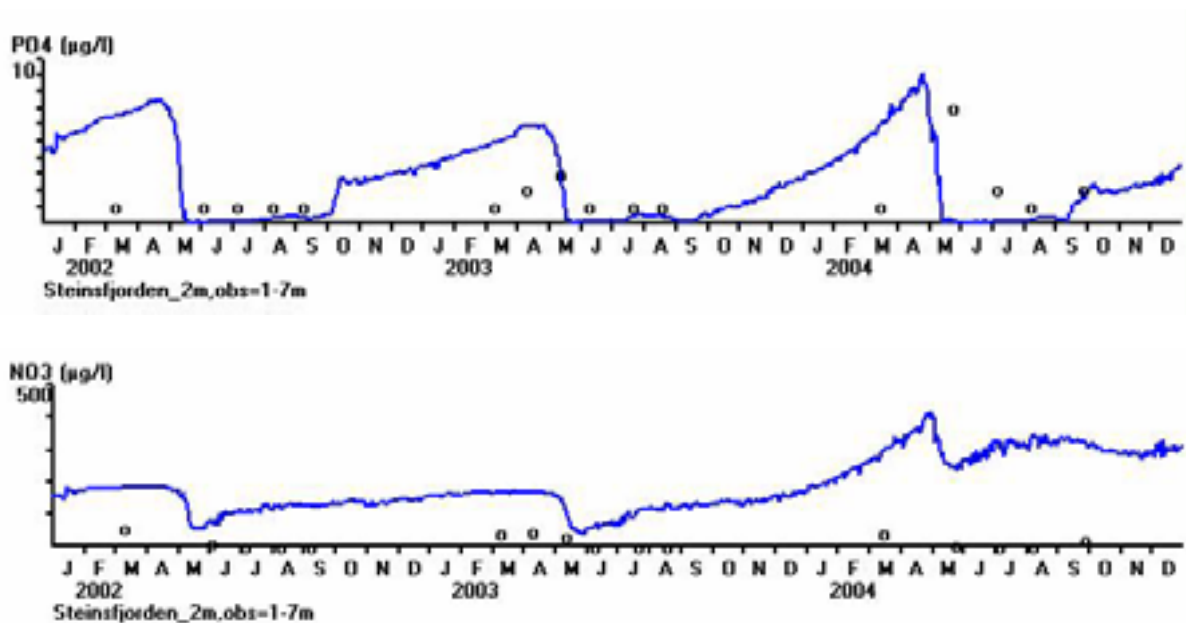


Kalibrerte klorofyll verdier



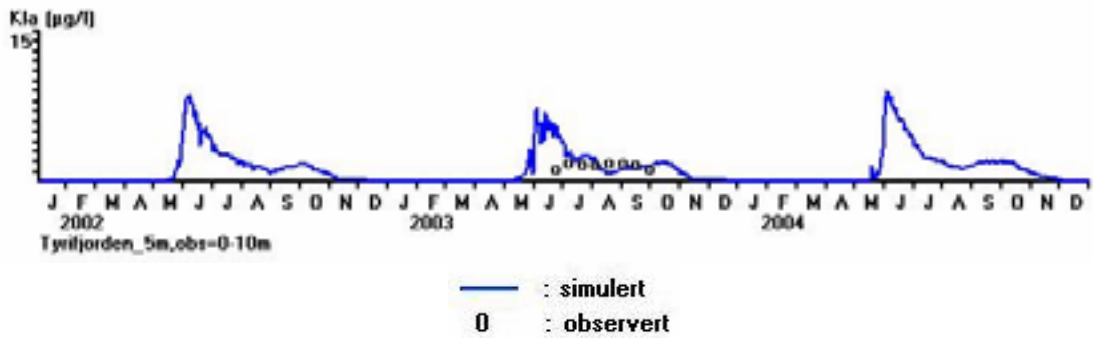
Scenarium: Mudring 3 m – Åpning Kroksund 200 m

Figur 40. Endringene pga. åpning av Kroksund førte til noe reduserte verdier i sentrum av Steinsfjorden.

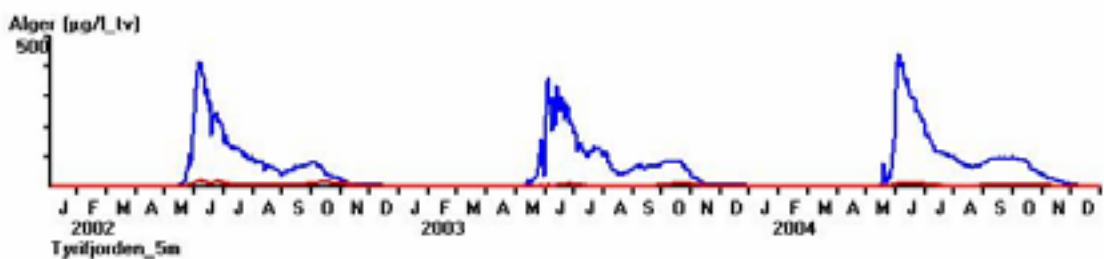


Figur 41. Sentrum av Steinsfjorden
Scenarium: Mudring 3 m – Åpning Kroksund 200 m

Åpning av Kroksund førte til økte nitrogenkonsentrasjoner. Fosfor ble begrensende næringsstoff alene. Det ble rikelig med nitrat som i dag er begrensende næringsstoff sammen med fosfat.

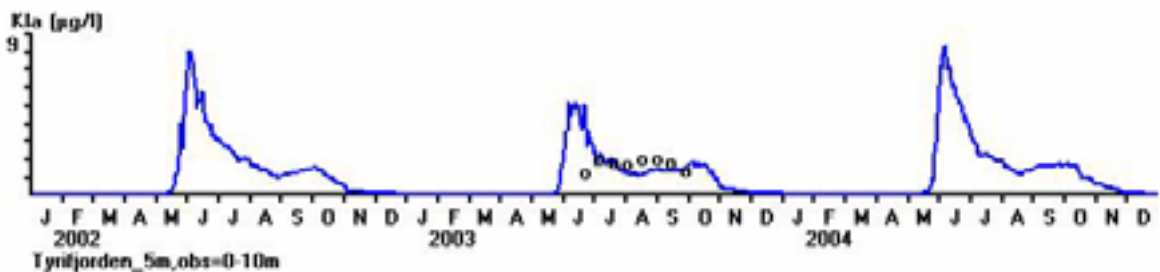
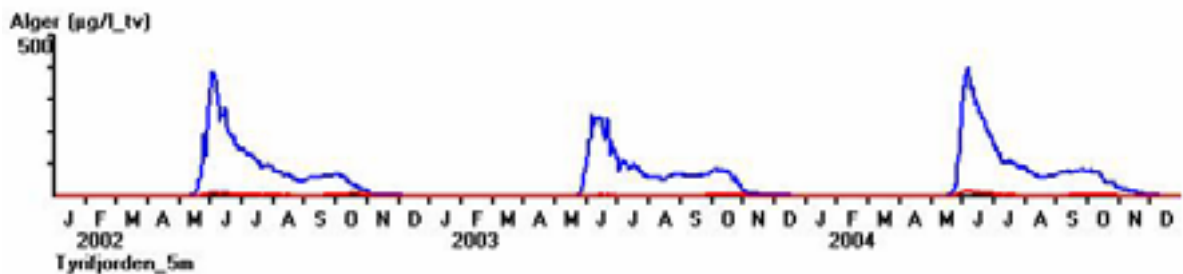


Sentrum av Tyrifjorden, kalibrerte verdier



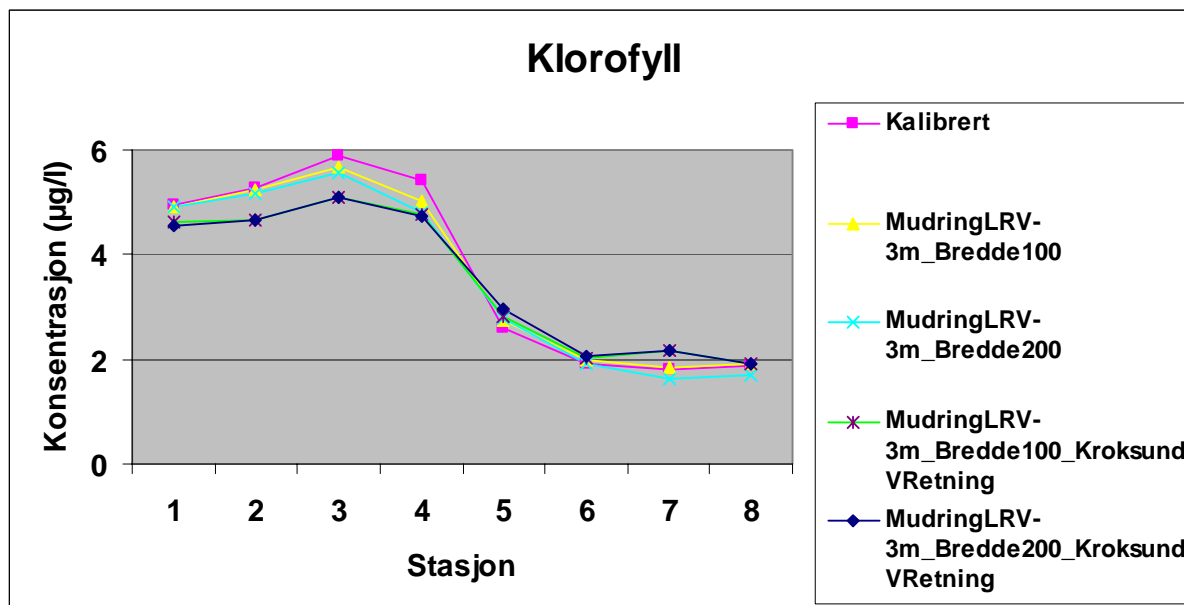
Sentrum av Tyrifjorden, kalibrerte verdier

simulert	observert	algegruppe
—	1	AndreAlger
—	2	Planktothrix



Scenarium: Mudring 3 m – Åpning Kroksund 200 m

Figur 42 Det ble ikke noen synlig endring ved åpning av Kroksund i sentrum av Tyrifjorden. Vi merker oss spesielt at problemalgen *Planktothrix* fortsatt fikk meget lave verdier.

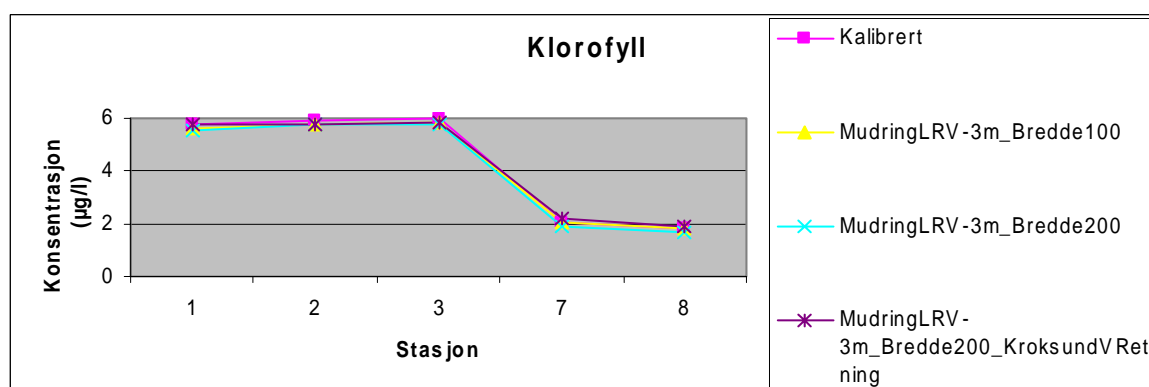


Figur 43. Dybde 0-7 m. Midlere klorofyllkonsentrasjoner fra Steinsfjorden (1-3) til sentrum av Tyrifjorden (8)

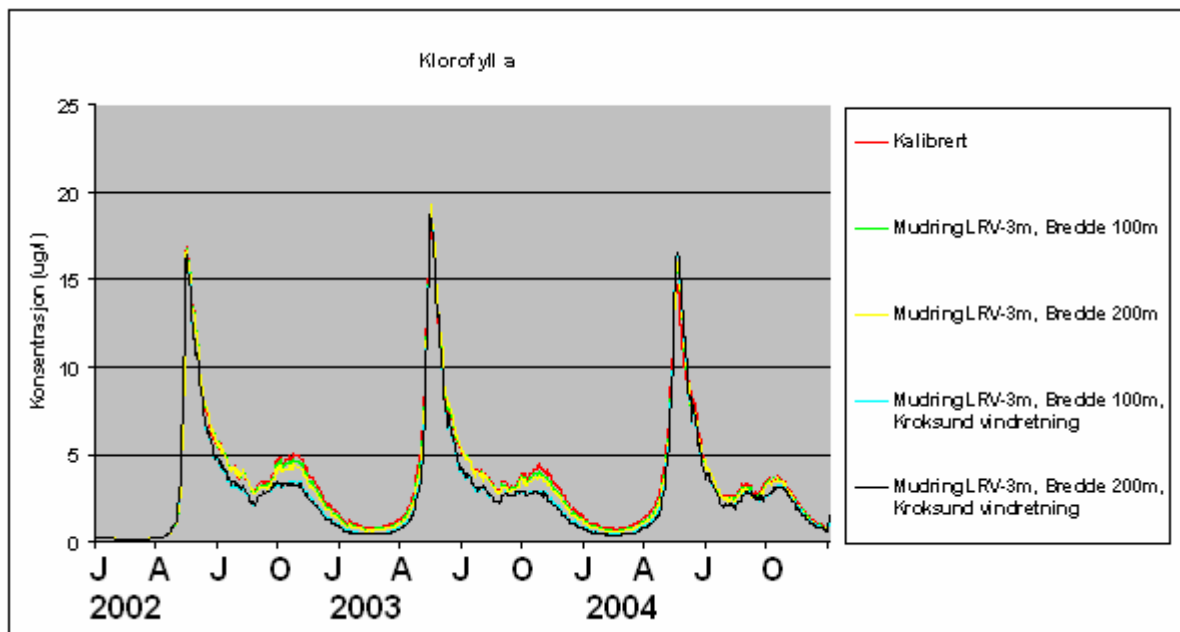
Reduksjon i Steinsfjorden i overflatelagene (0-7 m) stasjon 3:

Mudring3m_Bredde100m: 4%, Mudring3m_Bredde200m: 6%,

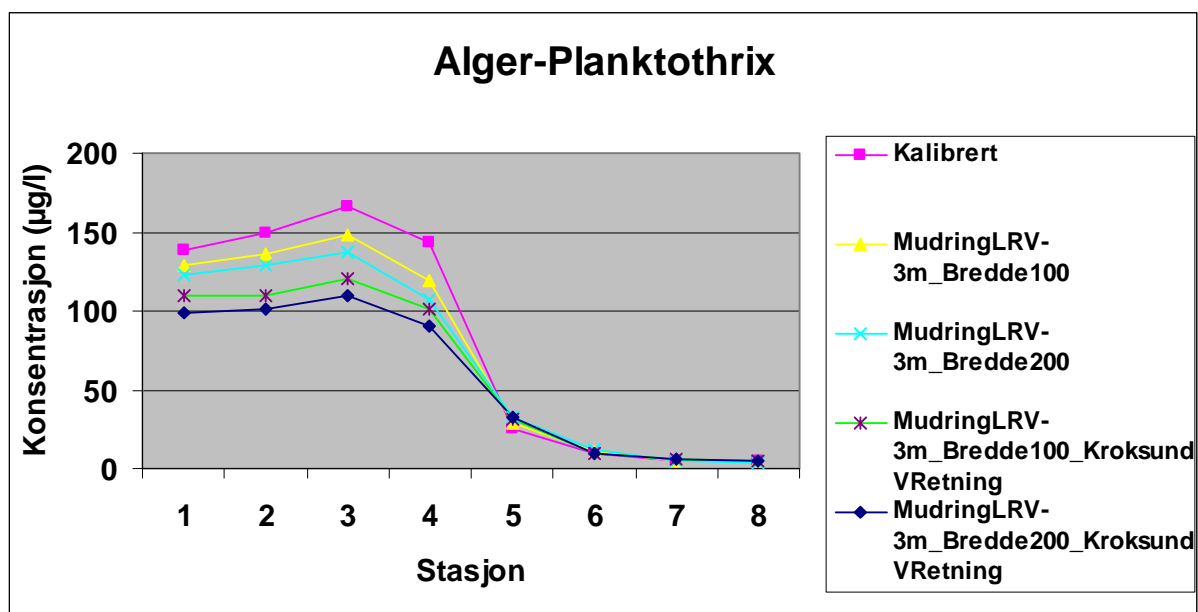
Mudring3m_Bredde200m_KroksundVind: 16%



Figur 44. Dybde 12 m. Midlere klorofyllkonsentrasjoner fra Steinsfjorden (1-3) til sentrum av Tyrifjorden (8). Det var liten endring i 12 meters nivået.



Figur 45. Sentrum av Steinsfjorden, 0 – 7 m, stasjon 2, Totalt algeinnhold målt som klorofyll. Fjerning av veifyllingene førte til reduserte klorofyllinnhold i omtrent hele året. Reduksjonen ble større ved bruk av vindretninger observert i Krokssund i forhold til på Blindern.

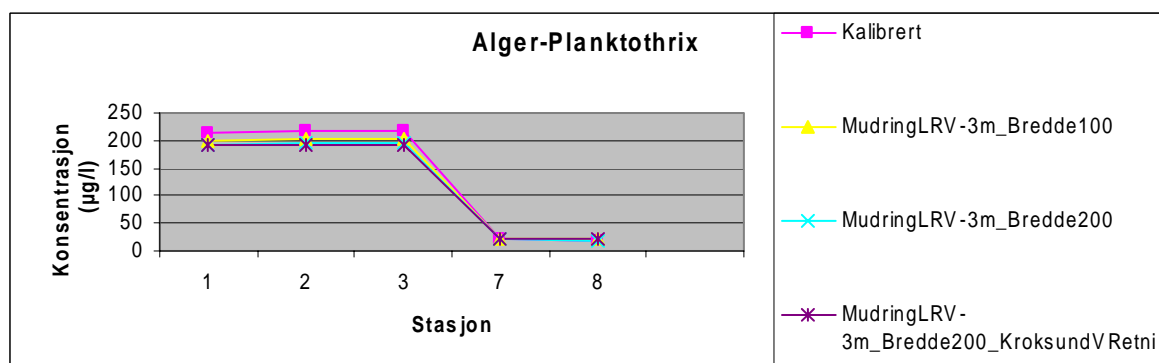


Dybde 0-7 m

Mudring3m_Bredde100m: 16%, Mudring3m_Bredde200m: 25%,

Mudring3m_Bredde200m_KroksundVind: 37%

Inger endringer i Tyrifjorden, stasjon 8.

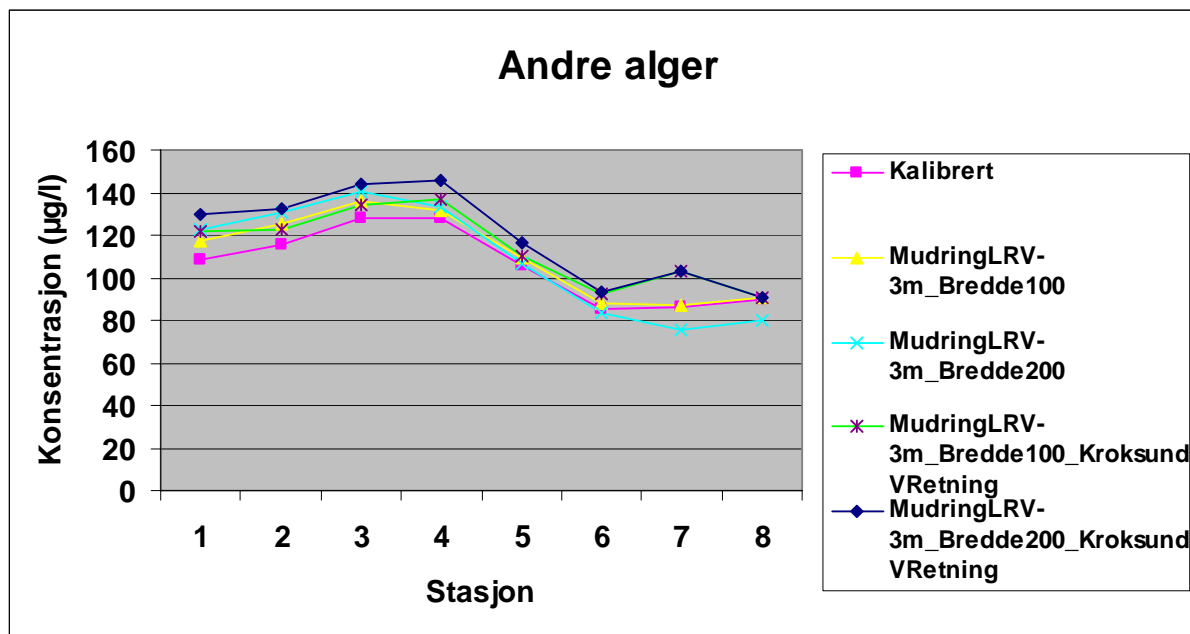


Dybde: 12m

Mudring3m_Bredde100m: 7%, Mudring3m_Bredde200m: 9%,

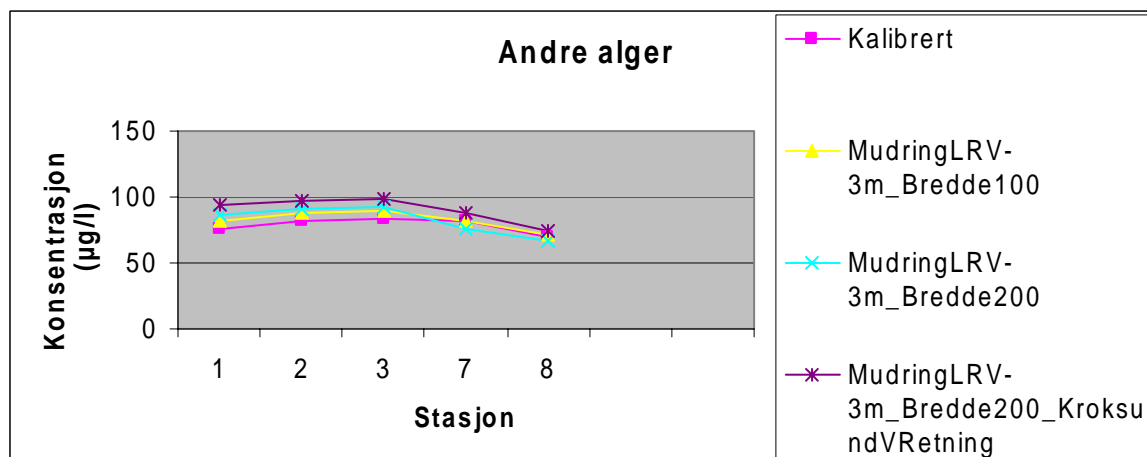
Mudring3m_Bredde200m_KroksundVind: 11%

Figur 46. Midlere *Planktothrix* konsentrasjoner (tørrvekt) fra Steinsfjorden (1-3) til sentrum av Tyrifjorden (8)



Dybde: 0-7 m

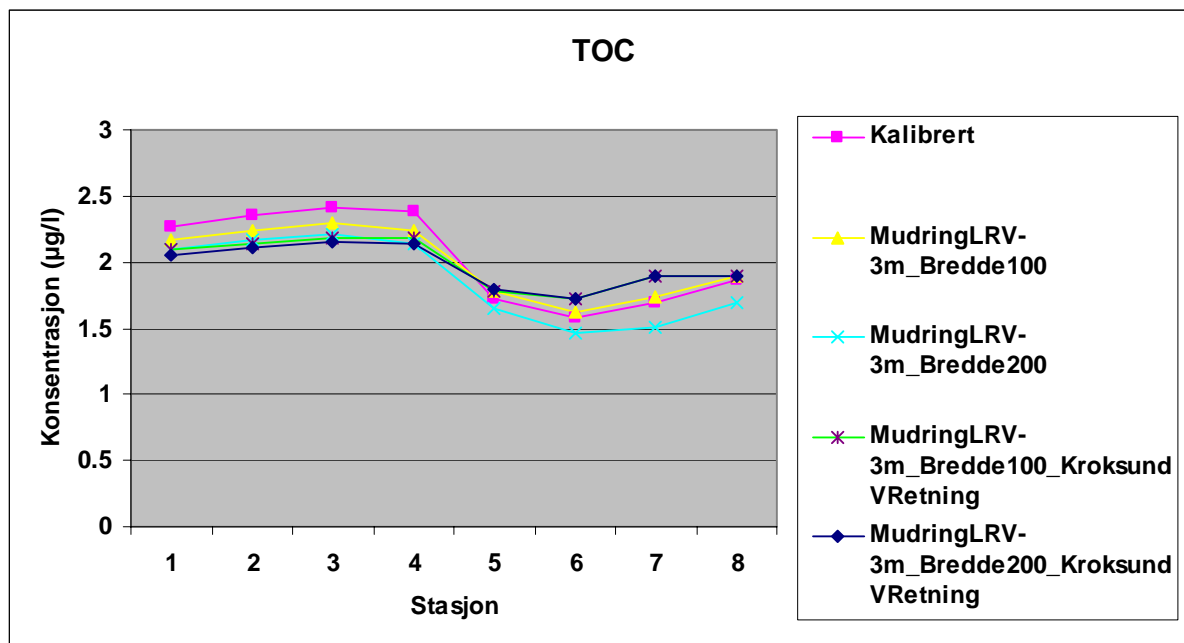
Økt konsentrasjon av andre alger



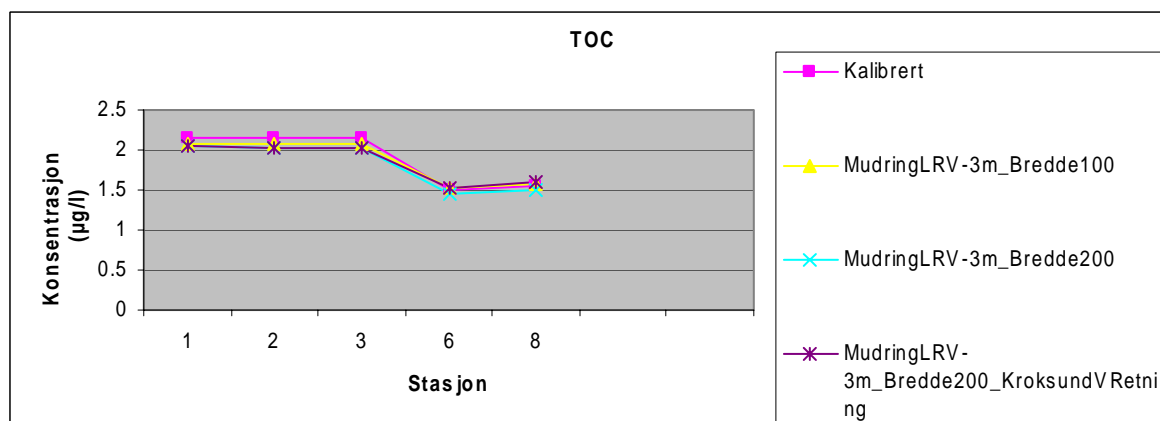
Dybde: 12m

Økt konsentrasjon av andre alger

Figur 47. Midlere konsentrasjoner (tørrvekt) av andre alger enn *Planktothrix* fra Steinsfjorden (1-3) til sentrum av Tyrifjorden (8). Problemalgen *Planktothrix* ble betydelig redusert, noe av volumet ble erstattet med andre alger. I sum blir det reduksjon.”.



Dybde: 0-7 m



Figur 48. Midlere total organisk karbon (TOC) konsentrasjoner fra Steinsfjorden (1-3) til sentrum av Tyrifjorden (8).