

Sammenstilling av miljø- og algedata og modellering av brakkvannets tykkelse fra utvalgte lokaliteter i ulike fjordområder i Sogn og Fjordane



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

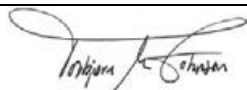
Tittel Sammenstilling av miljø- og algedata og modellering av brakkvannets tykkelse fra utvalgte lokaliteter i ulike fjordområder i Sogn og Fjordane	Løpenr. (for bestilling) 6885-2015	Dato 14.07.2016
	Prosjektnr. Undernr. 25352	Sider Pris 90
Forfatter(e) Torbjørn M. Johnsen, Kjersti Lundmark Daae og Evy Rigmor Lømsland	Fagområde Marint	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Sogn og Fjordane Fylkeskommune	Oppdragsreferanse Lena Söderholm
--	-------------------------------------

Sammendrag

Fra prosjektet «Samordning av skjelnæringa i Sogn og Fjordane» (SAMS) gjennomført i perioden 2001-2003 er data for potensielle giftproduserende alger, algetoksiner og miljødata fra 10 ulike lokaliteter fra indre fjordområder til ytre kyststrøk fra nord til sør i Sogn og Fjordane presentert i form av kurver og tekst som beskriver de ulike parameternes utvikling under prosjektperioden. Fra hver lokalitet er det framstilt isopletdiagram som viser utviklingen over tid for temperatur, salinitet, tetthet, oksygenkonsentrasjon, oksygenmetning og in-situ klorofyll a fluorescens. Brakkvannets tykkelse er framstilt både på grunnlag av reelle målinger og modellberegninger. For de lokalitetene hvor strøm er målt, er strømdata presentert. Fra alle stasjoner er det laget kurver over forekomsten av potensielt toksinproduserende alger og tilsvarende forekomst av algetoksiner i prosjektperioden. For Nordfjord viser resultatene at problemet med toksiner i algene var størst på innerste stasjon Frøholmen i Stryn hvor skjellene kun i korte perioder hadde toksinnivå under faregrensene. Om våren skapte den PSP-produserende dinoflagellaten *Alexandrium tamarense* problemer, mens om sommeren og høsten var DSP problemet med dinoflagellaten *Dinophysis acuta* som toksinprodusent. Videre utover i Nordfjorden avtok toksinproblemene jo lengere ut i fjorden en kom, og ved Nakkneset på Vågsøy var det de samme artene som forårsaket toksiner i skjellene, men toksiner over eller nær grensenivåene i skjell forekom kun i korte perioder. Også i Høydalsfjorden, Førdefjorden og Dalsfjorden ble de høyeste PSP-konsentrasjonene i skjell funnet om våren. DSP ble i disse fjordene registrert oftest om sommeren og høsten, men her var det i forbindelse med høye forekomster av *D. acuminata*. I Sognefjorden var bildet mye det samme som i Nordfjord, men både alge- og toksinkonsentrasjonene var lavere. YTX som produseres av dinoflagellaten *Prorocentrum reticulatum*, ble funnet i skjellene på alle lokaliteter, men i konsentrasjoner som ligger under dagens faregrensnivå. ASP ble registrert i lav konsentrasjon kun ved en måling.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Toksiske alger	1. Toxic algae
2. Algetoksiner	2. Algal toxins
3. Hydrografi	3. Hydrography
4. Modellering	4. Modelling



Torbjørn M. Johnsen
Prosjektleder



Kai Sørensen
Forskningsleder

**Sammenstilling av miljø- og algedata og
modellering av brakkvannets tykkelse
fra utvalgte lokaliteter i fjordområder
i Sogn og Fjordane**

Forord

Sogn og Fjordane Fylkeskommune har hatt et stort datamateriale som inkluderer hydrografiske data, strøm, data over forekomst av potensielle toksinproduserende alger, algetoksiner og miljødata etter prosjektet "Samordning av skjelnæringa i Sogn og Fjordane" (SAMS). NIVA har fått i oppdrag av Sogn og Fjordane Fylkeskommune å sette sammen alle disse dataene og presentere disse i en rapport. Den foreliggende datamengden var imidlertid svært stor og adskillig mer tidkrevende å sortere og sette sammen enn først tenkt. Hos Sogn og Fjordane Fylkeskommune har Lena Søderholm vært en raus og svært tålmodig kontaktperson. Hos NIVA har mange vært involvert i prosjektet i kortere perioder, men spesielt har Kjersti Lundmark Daae gjort et godt arbeid med å modellere brakkvannets tykkelse gjennom sesongene på de ulike lokalitetene. Evy Rigmor Lømsland har gjennomgått data for hydrografi, algeforekomster og toksindata fra flere av lokalitetene og rapportert disse. Torbjørn M. Johnsen har hatt ansvaret for resten av rapporten og har vært prosjektleder.

Kai Sørensen har hatt ansvaret for kvalitetssikring av rapporten.

Alle takkes for innsatsen!

Bergen, 14. juli 2016

Torbjørn M. Johnsen

Innhold

Sammendrag	7
1. Innledning	9
2. Data	10
2.1 Undersøkte områder	10
2.2 Hydrografi og oksygen	10
2.3 Strømmålinger	12
2.4 Algeforekomster/Algetoksiner	12
3. Brakkvann	14
3.1 Innledning	14
3.2 Framgangsmåte	14
4. Resultater	17
4.1 Generelt om modellering av brakkvannslag	17
4.2 Frøholmen, Stryn	18
4.2.1 Hydrografi	18
4.2.2 Brakkvannslag	19
4.2.3 Strøm	20
4.2.4 Oksygen	20
4.2.5 In-situ klorofyll a fluorescens	20
4.2.6 Toksinproduserende alger og algetoksiner	22
4.2.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	27
4.2.8 Andre alger	27
4.3 Verpingsneset, Gloppen	28
4.3.1 Hydrografi	28
4.3.2 Brakkvannslag	29
4.3.3 Strøm	30
4.3.4 Oksygen	30
4.3.5 In-situ klorofyll a fluorescens	30
4.3.6 Toksinproduserende alger	32
4.3.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	36
4.3.8 Andre alger	36
4.4 Hundeide, Eid	37
4.4.1 Hydrografi	37
4.4.2 Brakkvannslag	38
4.4.3 Oksygen	39
4.4.4 In-situ klorofyll a fluorescens	39
4.4.5 Toksinproduserende alger	40
4.4.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	45
4.4.7 Andre alger	45
4.5 Nakkneset, Vågsøy	47
4.5.1 Hydrografi	47
4.5.2 Brakkvannslag	48
4.5.3 Oksygen	48
4.5.4 In-situ klorofyll a fluorescens	50
4.5.5 Toksinproduserende alger	50
4.5.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	52
4.5.7 Andre alger	52

4.6 Langeneset, Flora	54
4.6.1 Hydrografi	54
4.6.2 Brakkvannslag	55
4.6.3 Strøm	56
4.6.4 Oksygen	56
4.6.5 In-situ klorofyll a fluorescens	56
4.6.6 Toksinproduserende alger	58
4.6.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	59
4.6.8 Andre alger	59
4.7 Naustdal, Førdefjorden	60
4.7.1 Hydrografi	60
4.7.2 Brakkvannslag	61
4.7.3 Oksygen	62
4.7.4 In-situ klorofyll a fluorescens	63
4.7.5 Toksinproduserende alger	63
4.7.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	64
4.7.7 Andre alger	65
4.8 Dalsfjorden, Kvamen, Fjaler	66
4.8.1 Hydrografi	66
4.8.2 Brakkvannslag	67
4.8.3 Oksygen	68
4.8.4 In-situ klorofyll a fluorescens	68
4.8.5 Toksinproduserende alger	69
4.8.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	70
4.8.7 Andre alger	70
4.9 Lifjorden, Hyllestad	71
4.9.1 Hydrografi	71
4.9.2 Brakkvannslag	72
4.9.3 Strøm	73
4.9.4 Oksygen	74
4.9.5 In-situ klorofyll a fluorescens	74
4.9.6 Toksinproduserende alger	75
4.9.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	76
4.9.8 Andre alger	77
4.10 Brekke, Gulen	78
4.10.1 Hydrografi	78
4.10.2 Brakkvannslag	78
4.10.3 Oksygen	79
4.10.4 In-situ klorofyll a fluorescens	80
4.10.5 Toksinproduserende alger	80
4.10.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	82
4.10.7 Andre alger	82
4.11 Mjølsvika, Høyanger	83
4.11.1 Hydrografi	83
4.11.2 Brakkvannslag	84
4.11.3 Strøm	85
4.11.4 Oksygen	86
4.11.5 In-situ klorofyll a fluorescens	86
4.11.6 Toksinproduserende alger	87
4.11.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner	89
4.11.8 Andre alger	89

5. Litteratur	90
Vedlegg A.	91

Sammendrag

Under prosjektet «Samordning av skjelnæringa i Sogn og Fjordane» (SAMS) er det gjennomført undersøkelser på 10 ulike lokaliteter for å kartlegge hvordan forholdene ligger til rette for dyrking av blåskjell. 7 av stasjonene er fjordstasjoner, mens de øvrige 3 er stasjoner som ligger mer eller mindre eksponert ute ved kysten. På disse 10 lokalitetene har det i perioden 2001-2003 vært gjennomført hydrografiske målinger, modelleringer for beregning av brakkvannets utvikling, måling av in-situ klorofyll a fluorescens, oksygenmålinger, identifisering og kvantifisering av potensielle giftproduserende alger og analyser av algetoksiner i blåskjell. Resultatene er presentert i form av kurver og tekst som beskriver de ulike parameterens utvikling i løpet av prosjektperioden.

I Nordfjord har det vært 3 stasjoner – Frøholmen (Stryn), Verpingsneset (Gloppen) og Hundeide (Eid). Alle disse har alle sterk sjiktning i vannmassene gjennom store deler av året med unntak av om vinteren. Brakkvannslaget er ofte 4-5 m tykt og tidvis ennå tykkere. For Frøholmen og Verpingsneset ga modellering av brakkvannslagets tykkelse best resultat sammenlignet med målt tykkelse når både elveavrenning til hele Nordfjord og vind ble benyttet, mens for Hundeide ga modell med kun elveavrenning det beste resultatet. Med hensyn til potensielt giftproduserende alger var det i undersøkelsesperioden hyppigst forekomst av *Alexandrium* i perioden mars-mai, men ved Frøholmen ble også forekomster over faregrensenivå registrert i august-september. PSP (paralytisk skalldyrforgiftning (Paralytic Shellfish Poisoning)) i skjell over faregrensenivå ble oftest registrert i mars-mai. Forekomsten av arter innen slekten *Dinophysis* var betydelig høyere ved Frøholmen enn lengre ute i fjorden. *D. acuta*, som er den mest potente arten mht. produksjon av DSP (diarettisk skalldyrforgiftning (Diarrhetic Shellfish Poisoning)), ble i 2003 registrert ved Frøholmen i konsentrasjoner nesten opp mot 10 000 celler/liter som er nesten 50 ganger høyere enn gjeldende grenseverdi for fare for opphoping av DSP i skjell. Høyeste konsentrasjon ved Verpingsneset var samme år kun 680 celler/liter. Også *D. acuminata* og *D. norvegica* forekom totalt sett i høyere konsentrasjoner på den innerste stasjonen. Blomstringsperioden for *D. acuminata* strakk seg gjennomsnittlig fra april til juni. For *D. norvegica* var blomstringsperioden på de to innerste stasjonene fra mai til september/oktober, mens på Hundeide var hovedforekomstene å finne fra juni til august. DSP over faregrensenivå ble målt i skjell på alle de tre stasjonene fra tidlig om sommeren og til langt ut på høsten og tidvis langt ut på vinteren. *Protoceratium reticulatum* ble ikke funnet på eller over faregrensenivå på noen av de tre stasjonene, men YTX (yessotoxin) ble målt over faregrensen i mai-juni på begge de ytterste stasjonene. *Pseudo-nitzschia* ble registrert i konsentrasjoner over 1 million celler/liter på alle stasjonene i Nordfjord, men ASP (amnestisk skalldyrforgiftning (Amnesic Shellfish Poisoning)) var et fraværende problem.

På stasjonen Nakkeneset som ligger på Vågsøy utenfor Nordfjord og er delvis eksponert mot åpne havområder, var det sjiktning i vannmassene kun i perioden mai-oktober, og modellene for beregning av brakkvannslag ga dårlige resultat. Lave konsentrasjoner av *Alexandrium* ble registrert, men i mars 2002 ble konsentrasjon over faregrensenivå registrert, og dette medførte PSP i skjell over faregrensenivå. Heller ikke *Dinophysis* eller DSP var et problem ved Nakkeneset. *P. reticulatum* forekom normalt i lave konsentrasjoner hovedsakelig i april-mai. Målingene av YTX viste normalt lave konsentrasjoner, men i mai 2003 ble det målt YTX-konsentrasjon like under faregrensenivå i forbindelse med en kortvarig blomstring av *P. reticulatum*. *Pseudo-nitzschia* hadde flere små blomstringer, men ASP ble ikke påvist.

Langeneset i Høydalsfjorden sør-øst for Florø ligger i det som må karakteriseres som ytre fjordstrøk. Her var det kortere perioder om vinteren og lengre perioder om sommeren og høsten med sjiktning i den øvre delen av vannmassene, men periodene varierte fra år til år. Samstemmigheten mellom målt og modellert tykkelse på brakkvannssjiktet var dårlige. *Alexandrium* ble registrert kun sporadisk, men PSP i skjell over faregrensenivå ble målt i mars-april. DSP ble normalt funnet i lave konsentrasjoner, men i september 2002 ble DSP målt helt opp mot faregrensenivå i etterkant av blomstringer av *Dinophysis acuminata*. *D. acuta* og *D. norvegica* ble funnet sporadisk i lave konsentrasjoner. *Protoceratium reticulatum* og *Pseudo-nitzschia* hadde begge blomstringer uten at det ga seg utslag i høye giftkonsentrasjoner.

Store ferskvannstilførsler til Førdefjorden fører til sterk sjiktning og lav salinitet i overflatelaget ved Naustdal med unntak av de 1-2 siste månedene i året. Likevel gir vind den beste modellen for beregning av brakkvannslaget tykkelse. *Alexandrium* ble registrert i lave forekomster i periodene mars-april og juli-august, men det var bare vårblomstringene som resulterte i PSP-konsentrasjoner over faregrensenivå. Både i 2002 og 2003 blomstret *D. acuminata* fra april til juni med høye konsentrasjoner (maks. 9 000 celler/l), men kun i 2003 ble DSP i skjell målt over faregrensenivå. *D. acuta* og *D. norvegica* forekom kun sporadisk. *P. reticulatum* og YTX i skjell ble funnet kun i lave konsentrasjoner. *Pseudo-nitzschia* hadde en kraftig våroppblomstring våren 2003 uten at dette forårsaket høy konsentrasjon av ASP i skjell.

De hydrografiske forholdene ved Kvamen i Dalsfjorden var svært like forholdene ved Naustdal i Førdefjorden med sterk sjiktning og lav salinitet i overflatelaget. Som for Naustdal var det ingen korrelasjon mellom elveavrenningen og brakkvannsdybden, mens vind ga det beste resultatet for modellering av brakkvannstykkelsen. I perioden mars-mai forekom *Alexandrium* i lave konsentrasjoner både i 2002 og 2003, men til tross for dette ble det målt PSP i konsentrasjoner over faregrensenivå. *D. acuminata* var den hyppigst forekommende potensielle DSP-produzenten med høyeste konsentrasjoner i mars-mai. *P. reticulatum* og *Pseudo-nitzschia* ble begge registrert uten at giftoppfropinger i skjell ble målt.

I Sognefjorden og i tilknytning til denne er det tre stasjoner – Mjølsvika ved Høyanger, Brekke i Risnefjorden (en liten bifjord til Sognefjorden) og Lifjorden som et innstengt område med grunn terskel med forbindelse ut mot den ytterste delen av Sognefjorden. Ved Mjølsvika er det sterk sjiktning om sommeren og høsten, mens om vinteren er sjiktningen svak. I periodene med sjiktning kan det dannes flere vannlag med ulik tetthet – noe som stabiliserer vannsøylen ytterligere. Ved Brekke i Risnefjorden er det hydrografiske målinger kun fra juli til november 2003. I denne perioden var det varierende tykkelse på brakkvannslaget og stor variasjon i saliniteten i overflatevannet. Den innstengte Lifjorden har et lite nedslagsfelt og dermed liten og varierende ferskvannstilførsel. Det fører til at sjiktningen i Lifjorden påvirkes sterkt av i hvilken grad det er nedbør og snøsmelting i nedslagsfeltet. Manglende vinddata fra sommeren 2002 og perioder uten tydelige brakkvannslag gjorde det vanskelig for alle de tre stasjonene å finne en enkel regresjonsmodell for beregning av brakkvannets tykkelse. I Mjølsvika og ved Brekke representerte ikke *Alexandrium* et problem, og PSP ble målt kun en gang over faregrensenivå. I den innstengte Lifjorden ble imidlertid PSP målt over faregrensenivå både våren 2002 og 2003 med de høyeste konsentrasjonene våren 2002, og da var også forekomsten av *Alexandrium* høyest. DSP var et problem i 2 av 3 år på stasjonen Mjølsvika i midtre del av Sognefjorden og var knyttet til blomstringer av *Dinophysis acuta*. DSP i skjell ble funnet både sommer, høst og vinter. Ved Brekke i Risnefjorden ble *D. acuta* påvist i lave konsentrasjoner, men forårsaket ikke DSP over grenseverdi i skjell. I Lifjorden ble det sommeren 2002 målt DSP over faregrensenivå etter relativt lave konsentrasjoner av *D. acuta* over lengre tid. Vinteren 2003 ble det også registrert DSP over faregrensenivå uten funn av *Dinophysis*. Hverken *D. acuminata* eller *D. norvegica* ble funnet i konsentrasjoner nær faregrensenivåene på noen av stasjonene knyttet til Sognefjorden. *Protoceratium reticulatum* ble registrert i Mjølsvika både sommeren 2002 og 2003, mens den kun ble registrert sporadisk ved Brekke og i Lifjorden. YTX ble registrert i lave konsentrasjoner på alle de tre stasjonene. *Pseudo-nitzschia* ble funnet i konsentrasjoner på 1,5-2,5 millioner celler/l i Mjølsvika og Brekke uten at dette ga ASP i skjellene. I Lifjorden var konsentrasjonen av *Pseudo-nitzschia* betydelig lavere, og heller ikke her ble det funnet ASP i skjellene.

1. Innledning

I perioden 2001-2003 gjennomførte Sogn og Fjordane Fylkeskommune prosjektet "Samordning av skjelnæringa i Sogn og Fjordane" (SAMS). Prosjektet besto av flere delprosjekt med ulike tema. Et av temaene var på arealbruk hvor en ønsket å skaffe kunnskap om hvilke lokaliteter i de ulike fjordområdene i Sogn og Fjordane som miljømessig var best egnet til dyrking av blåskjell og hvor mattilgangen, dvs. algeförekomstene var størst samtidig som forekomsten av giftige alger var minst. Med dette som bakgrunn ble det samlet inn ulike miljø- og algedata fra en rekke stasjoner fra Sognefjorden i sør til Nordfjorden i nord. Miljødataene omfattet hydrografiske målinger, strømmålinger og algebiomasse målt som *in situ* klorofyll a fluorescens. I tillegg ble det samlet inn vannprøver hvor spesielt giftproduserende alger ble identifisert og kvantifisert, og samtidig ble blåskjell samlet inn for analyse av algetoksiner i skjellene. Dette representerer en betydelig mengde data som tidligere ikke har vært gjennomgått, systematisert og analysert.

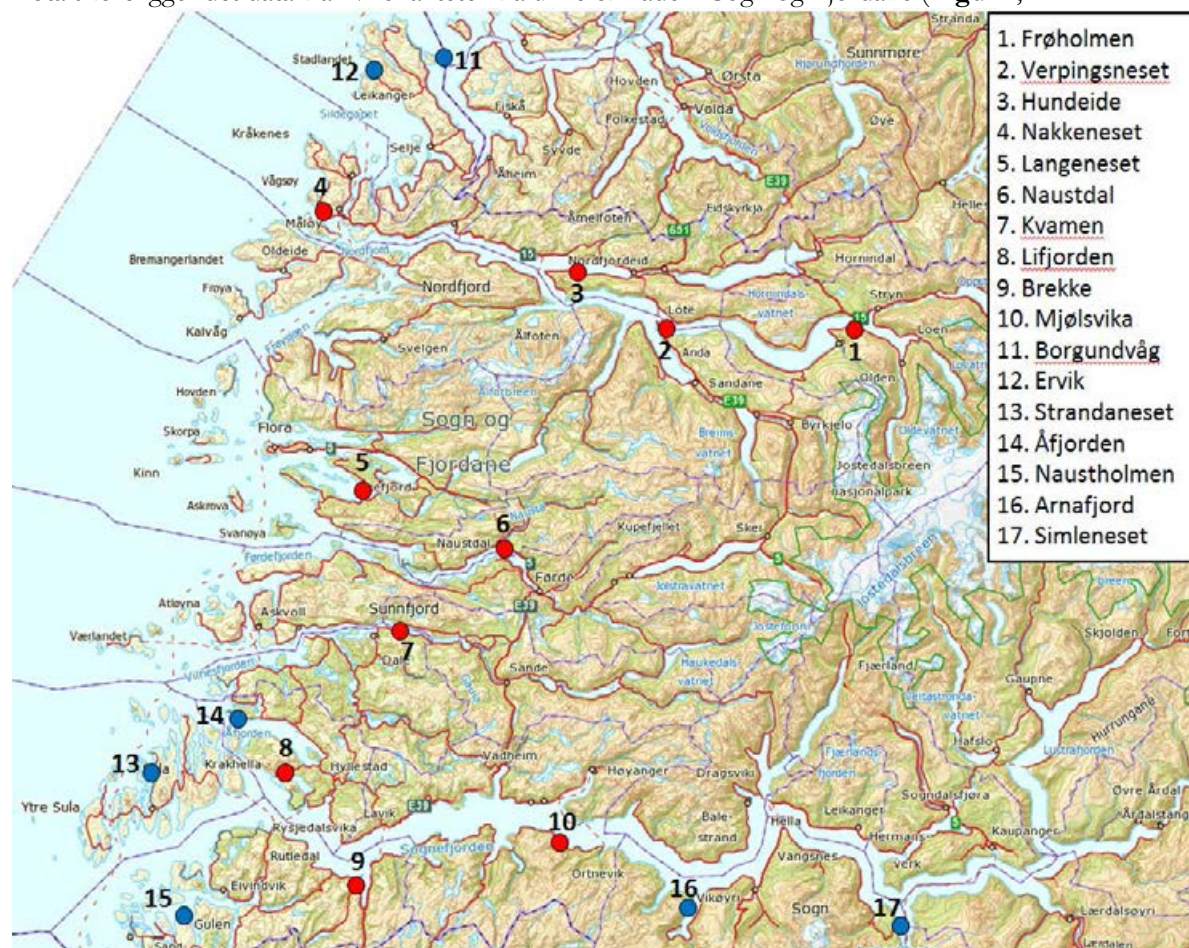
I fjordområdene er vannet ofte sterkt sjiktet, og de høyeste algekonsentrasjonene finnes ofte i brakkvannsdelen av vannsøylen. Blåskjell og andre skjell som skaffer seg mat ved å filtrere alger ut fra vannmassene, lever derfor i brakkvannslaget. Av den grunn har det vært viktig å få kunnskap om brakkvannslaget tykkelse gjennom vekstsesongen på de ulike lokalitetene. For å få fram denne kunnskapen er det blitt gjennomført modelleringer med de innsamlede hydrografiske dataene og data for ferskvannstilførsel til fjordområdene som basis.

Arbeidet med systematisering og analysering av data og modellering av brakkvannslagets tykkelse er nå utført av NIVA på oppdrag fra Sogn og Fjordane Fylkeskommune, og resultatet av dette arbeidet presenteres i denne rapporten.

2. Data

2.1 Undersøkte områder

Totalt foreligger det data fra 17 lokaliteter fra ulike områder i Sogn og Fjordane (Figur 1,



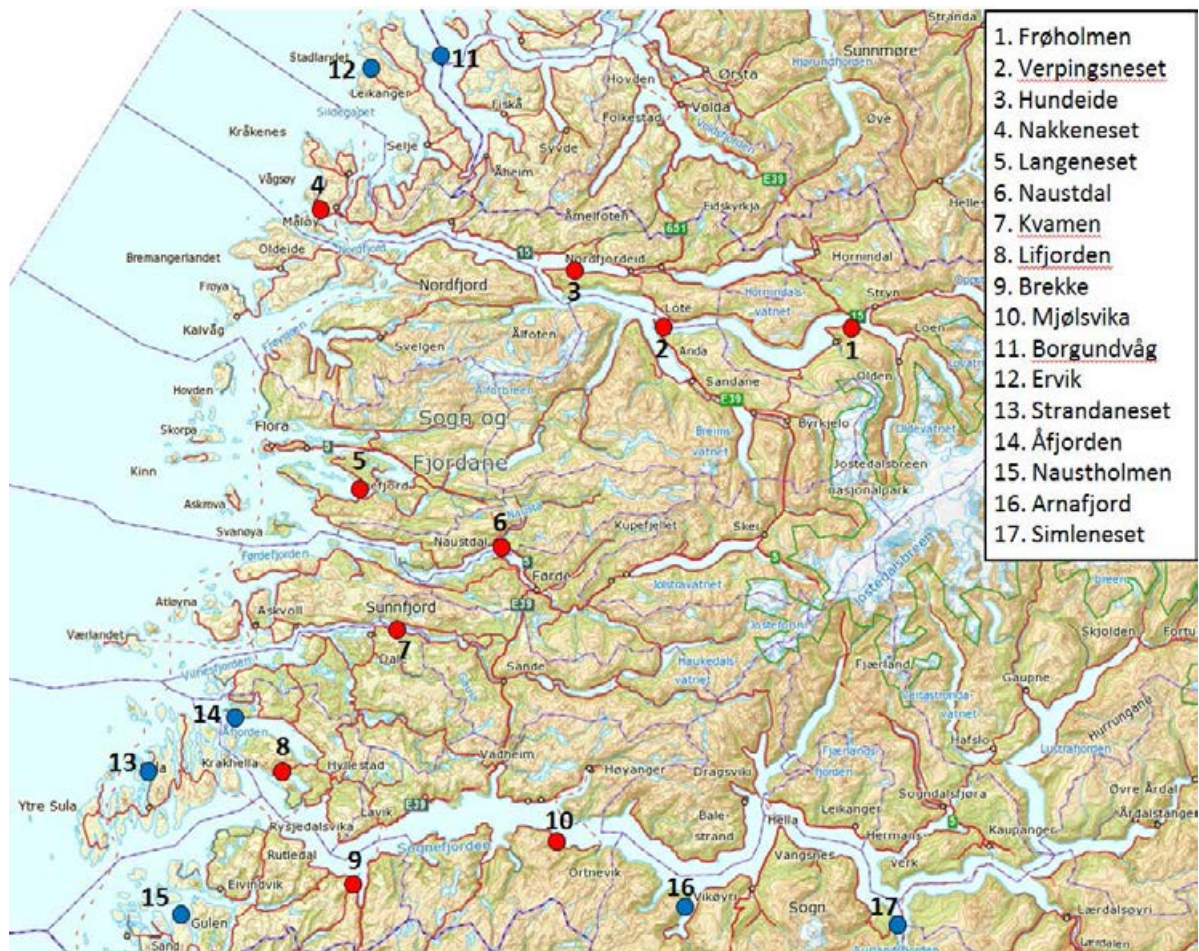
Figur 1. Kart med markering av testlokalitetene. De røde punktene angir lokalitetene som er omtalt i denne rapporten, mens de blå punktene angir lokaliteter hvor det ikke er gjennomført hydrografiske målinger og som ikke inngår i rapporten.

Tabell 1) og alle posisjoner er angitt i Vedlegg A. Fra 10 av disse foreligger det målinger av både hydrografi, algforekomster og alggifter, mens fra ytterligere 7 lokaliteter er det utført analyser av alger og alggifter. På lokalitetene er det foretatt målinger og innsamlinger av prøver for analyser av alger stort sett hver 14. dag i 2 år. På 6 av lokalitetene er det gjennomført strømmålinger.

2.2 Hydrografi og oksygen

På stasjonene er det utført hydrografiske målinger ved bruk av sonde som registrerer saltholdighet, temperatur, oksygen og dyp. Målingene er i de fleste tilfellene målt fra overflaten og ned til 20 m dyp, og dataene foreligger som Excel-filer.

Alle autotrofe alger produserer oksygen under fotosyntesen, og oksygenmengden i vannmassene kan derfor gi et mål på algproduksjonen. Ettersom løseligheten av oksygen er avhengig av temperatur og saltholdighet, er % oksygenmetning den beste parameteren å bruke i den forbindelse.



Figur 1. Kart med markering av testlokalitetene. De røde punktene angir lokalitetene som er omtalt i denne rapporten, mens de blå punktene angir lokaliteter hvor det ikke er gjennomført hydrografiske målinger og som ikke inngår i rapporten.

Tabell 1. Oversikt over lokaliteter med angivelse av målinger og analyser gjort på de ulike lokalitetene og hvilke år de ulike aktivitetene har vært gjennomført. Lokaliteter uten hydrografidata er ikke presentert i denne rapporten. Temp. = temperatur. Salin. = salinitet (saltholdighet). Oks% = prosent oksygenmetning. Oks.kons. = oksygenkonsentrasjon. Tetth. = tetthet. Fluor = in situ klorofyll a fluorescens. DSP = Diarrhetic Shellfish Poisoning. PSP = Paralytic Shellfish Poisoning. YTX = Yessotoxin. ASP = Amnesic

Shellfish Poisoning, AZA = Azaspiracid.

LOKALITET	ÅR	HYDROGRAFI						ALGER OG GIFT					
		Temp.	Salin.	Oks%	Oks.kons.	Tetth.	Siktedyp	Fluor.	DSP	PSP	YTX	ASP	AZA
Brekke	2001								X	X	X	X	
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dalsfjorden	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hundeide	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Langeneset	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lifjorden	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mjølsvika	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Naustdal	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stryn	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Verpeneset	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vågsøy	2001/02	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	2003	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Borgundvåg	2001								X	X	X	X	
Ervik	2001								X	X	X	X	
Strandaneset	2001								X	X	X	X	
Åfjord	2001								X	X	X	X	
Naustholmen (Vassvika)	2001								X	X	X	X	
Arnafjord	2001								X	X	X	X	
Simlenes	2001								X	X	X	X	

2.3 Strømmålinger

Strømmålinger er gjennomført på skjelldyringslokalitetene av firmaet Sub Aqua Tech. Målingene er utført ved bruk av strømmålere av typen SD-6000 fra Sensordata as festet på bunnforankret rigg. Målerne har vært plassert på 1, 5 og 10 meters dyp med måling hvert 30. minutt over en periode på ca. 1 måned. Strømmålingene er utført på ulike tidspunkt gjennom året. Alle resultater er opparbeidet og rapportert i enkel rapportform.

2.4 Algeforekomster/Algetoksiner

På hver lokalitet er det tatt blandprøver av vann fra 0 til 10 m for algeanalyser hvor analysene har hatt fokus på forekomst av toksinproduserende alger. Både toksinproduserende og potensielt toksinproduserende alger har vært identifisert og kvantifisert ved bruk av mikroskop. I tillegg har det vært tatt gjort målinger ved bruk av in-situ klorofyll a fluorescens for å forsøke å kvantifisere algemengden i vannmassene. Algenes klorofyll a fluorescens varierer imidlertid med miljøforholdene og algenes fysiologiske tilstand og kan ikke direkte brukes som et biomasse mål, det vil si at lav klorofyll a fluorescens nær overflaten om dagen ikke nødvendigvis er ensbetydende med lav algebiomasse (Falkowski & Kolber 1993). Klorofyll a fluorescensdataene indikerer likevel et mønster i algeutviklingen der våroppblomstringen omfatter hele øvre del av vannsøylen, mens utviklingen av alger videre utover sen vår og sommer i stor grad synes å foregå under brakkvannslaget.

For å undersøke mengden akkumulerte algetoksiner i blåskjell gjennom året, har prøver av blåskjell fra ett dyp eller som en blanding av skjell fra hele skjell samleren blitt samlet inn. Prøvene har så blitt opparbeidet og sendt til Norges veterinærhøgskole (nå Norges miljø- og biovitenskapelige universitet) for analyse av algetoksiner. Alle resultater foreligger som enkeltrapper for hver enkelt dato. Grenseverdier for algekonsentrasjoner som kan gi opphoping av algegifter i skjell og for algegifter i skjell i henholdsvis 2003 og 2016 er angitt i **Tabell 2**.

Tabell 2. Oversikt for grenseverdier for algekonsentrasjoner og algegifter i 2003 og 2016.

Art	Grenseverdi (celler/liter)	
	2003	2016
<i>Alexandrium minimum</i>	200	200
<i>A. ostenfeldii</i>	200	- ¹⁾
<i>A. tamarense</i>	200	200
<i>A. spp.</i>	300	Vurderes
<i>Azadinium spinosum</i>	2) ²⁾	- ¹⁾
<i>Dinophysis acuta</i>	200/100 ³⁾	200/100 ³⁾
<i>D. acuminata</i>	900	1.000
<i>D. norvegica</i>	2.000	4.000
<i>Protoceratium reticulatum</i>	1.000 ⁴⁾	1.000 ⁴⁾
<i>Protoperdinium crassipes</i>	- ¹⁾	⁵⁾
<i>Pseudo-nitzschia spp.</i>	1.000.000 ⁴⁾	1.000.000 ⁴⁾
Toxin	Grenseverdi (µg/kg)	
ASP (Amnesic shellfish poisoning)	20.000	20.000
AZA (Azaspiracid)	160	160
DSP (Diarrhetic shellfish poisoning)	100	160
PTX (Pertussis toxin)	150	160
PSP (Paralytic shellfish poison)	400 (2.000 ME/kg)	400 (2.000 ME/kg)
YTX (Yessotoxin)	1.000	3.750

¹⁾ Grenseverdi ikke angitt.

²⁾ *Azadinium spinosum* var ikke beskrevet i 2003 og dermed heller ikke kjent som azaspiracid-produzent.

³⁾ 100 eller mer celler per liter i 3 påfølgende uker.

⁴⁾ Grunnlag for hygienisk vurdering.

⁵⁾ *Protoperdinium crassipes* var lenge mistenkt for å være en produsent av azaspiracid, men er ikke det lenger.

3. Brakkvann

3.1 Innledning

Brakkvann (vann med salinitet under 30) er viktig for en rekke prosesser knyttet til skjellnæringen. Dette er ofte en vannmasse med høy algeproduksjon og dermed relativt høy algebiomasse. God mattilgang er en viktig faktor for at skjellene skal vokse, og derfor er det viktig å ha kunnskap om brakkvannslagets tykkelse og utbredelse når fjordens potensielle kapasitet for blåskjellproduksjon skal vurderes.

Tykkelsen på brakkvannslaget styres av flere faktorer. Tilgangen på ferskvann i form av nedbør og elveavrenning utgjør en stor del. I tillegg vil fysiske drivkrefter som vind og strøm påvirke transporten av ferskvannet og blandingen av ferskvannet med dypereliggende saltvann.

Salinitetsdata fra flere målestasjoner (se) har vært brukt for å studere tidsutviklingen av brakkvannslagets tykkelse på de ulike lokalitetene. Vi har forsøkt å lage enkle modeller for brakkvannsdybden basert på elveavrenning og vinddata.

3.2 Framgangsmåte

Salinitetsdata fra hver stasjon er benyttet til beregning av brakkvannets tykkelse ved hver stasjon for hvert måletidspunkt. Vi har så midlet dataene til månedsverdier, for å kunne sammenligne med tilgjengelige data for elveavrenning ($Q \sim \text{m}^3/\text{s}$). Den grove tidsoppløsningen i elveavrenning blir en begrensende faktor for brakkvannsmodellen.

Månedsverdier for elveavrenning fordelt på vassdragsområder er hentet fra NVE sin database. **Figur 2** viser inndelingen av vassdragsområder i Sogn og Fjordane. For lokaliteter i fjorder (Nordfjorden, Førdefjorden, Dalsfjorden og Sognefjorden) har vi summert avrenningen fra alle vassdragsområdene som grenser til de respektive fjordene. Å skille de ulike områdene innen et fjordsystem blir lite hensiktsmessig når tidsoppløsning er såpass grov. Vind og tidevann vil drive ferskvannet fram og tilbake i fjorden slik at det bør sees på som et samlet system. For stasjonene ved Langeneset og Vågsøy, er tilgrensende vassdragsområder benyttet. En oppsummering av målestasjoner med tilhørende vassdragsområder og meteorologiske stasjoner finnes i **Tabell 3**.

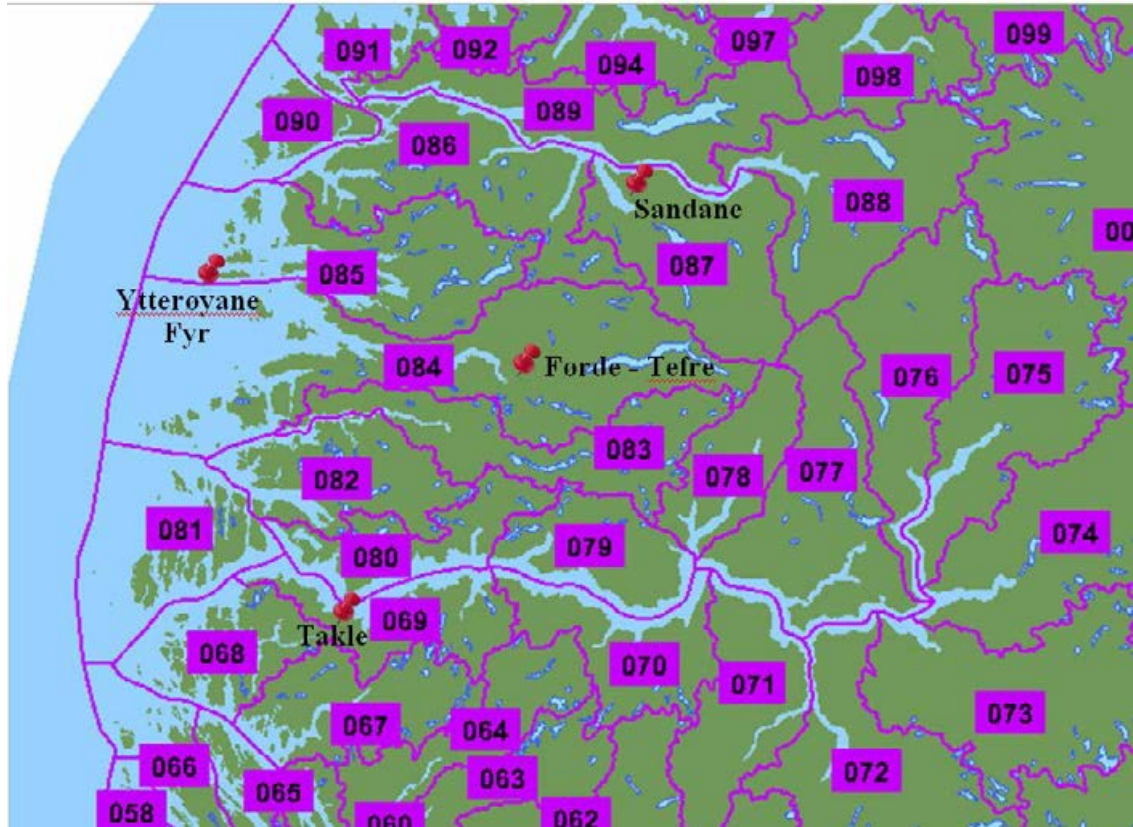
På **Figur 2** viser også meteorologiske stasjoner hvor det måles vindstyrke i Sogn og Fjordane (merket med røde stifter). Månedsmiddel av vindstyrke ble hentet ut fra Meteorologisk Institutt's database på www.eklima.no.

Brakkvannsmodellen er laget ved hjelp av lineær multivariat regresjon basert på elveavrenning og vind. Det er laget én modell basert på elveavrenning, én modell basert på vind, og én modell basert på både elveavrenning og vind. Korrelasjonskoeffisienten (R) mellom målt dataserie (x) og modellert dataserie (y) gir en indikasjon på hvor god modellen er:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y},$$

hvor x_i og y_i er henholdsvis observasjon og modell med tilhørende middelværdier \bar{x} og \bar{y} . Det summeres over hvert enkelt datapunkt, der n er antall datapunkt og S_x/S_y er standardavvik tilhørende observasjon og modell gitt ved formelen:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$



Figur 2: Kart over vassdragsområder (nummerert og inndelt med lilla linjer) og benyttede meteorologiske stasjoner (røde punkt) i Sogn og Fjordane.

Tabell 3. Over sikt over lokaliteter, måleperiode og tilhørende områder for elveavrenning og meteorologiske stasjoner.

Lokalitet	Tidsrom	Fjordsystem	Vassdrags-områder	Meteorologisk målestasjon
Frøholmen, Stryn	2003	Nordfjord	86-89	Sandane
Hundeide, Eid	2002-2003	Nordfjord	86-89	Sandane
Verpeneset, Gloppen	2003	Nordfjord	86-89	Sandane
Nakkeneset, Vågsøy	2001-2002	-	90-91	Ytterøyane Fyr
Langeneset, Flora	2002-2003	-	85	Ytterøyane Fyr
Naustdal, Førdefjorden	2003	Førdefjorden	84	Førde – Tefre
Dalsfjorden, Kvamen	2003	Dalsfjorden	82-83	Førde – Tefre
Lifjorden, Hyllestad	2001-2003	Sognefjorden	69-80	Takle
Brekke, Gulen	2003	Sognefjorden	69-80	Takle
Mjølsvika, Høyanger	2001-2003	Sognefjorden	69-80	Takle

Korrelasjonen er et tall mellom -1 og 1, der +/-1 gir perfekt korrelasjon, og 0 gir ingen korrelasjon. Fortegnet angir om korrelasjonen er positiv eller negativ. Ved positiv korrelasjon vil en økning i dataserie x skje samtidig som i dataserie y, mens en negativ korrelasjon betyr at en økning i dataserie x skjer samtidig som en nedgang i dataserie y. Det vil altså si at dersom korrelasjonskoeffisienten R er nær null, er det dårlig samsvar mellom den målte brakkvannstykkelsen og brakkvannstykkelsen framkommet ved bruk av modellen. R-verdier over 0,5 angir normalt god korrelasjon mellom målt og modellert tykkelse av brakkvannslaget.

RMS-feil (Root Mean Square error), også omtalt som effektivverdi, er et annet mål for hvor god en modell er. RMS-feilen beregnes som kvadratroten av summen av den kvadratiske feilen/forskjellen mellom modellen og observasjonen. Enheten til RMS-feilen blir den samme som den observerte enheten, dvs. brakkvannstykkelse.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

En høy RMS-feil (RMS (m)) betyr normalt at det er stor forskjell mellom målt og beregnet tykkelse på brakkvannslaget. Dersom det er relativt liten spredning i den målte tykkelsen på brakkvannslaget, kan det likevel gi en relativ lav RMS-feil uten at det er et godt samsvar mellom målt brakkvannstykkelse og brakkvannstykkelsen beregnet ut fra modellen.

4. Resultater

4.1 Generelt om modellering av brakkvannslag

Resultatene av modelleringen presenteres for hver enkelt lokalitet. Egenskaper for beste modell ved hver lokalitet er oppsummert i **Tabell 4**, mens en mer inngående beskrivelse finnes under hver lokalitet i rapporten.

Generelt sett har vi funnet at for de fleste stasjonene gir elveavrenning alene dårlige brakkvannsmodeller. Dette blir spesielt tydelig på lokaliteter hvor brakkvannslaget i perioder forsvinner helt. Disse modellene klarer ikke å gi et riktig bilde på lokale maksimum og minimum, og korrelasjonskoeffisientene i disse tilfellene er lave.

Siden de vindbaserte modellene ga relativt gode resultater, kunne det vært interessant å gå litt mer i dybden når det gjelder sammenhengen mellom vind og brakkvannslag. Man kunne studert dette med litt bedre oppløsning i tid og aller helst tatt høyde for dominerende vindretning i tillegg til vindstyrken. Dette ligger dessverre utenfor rammene til dette prosjektet.

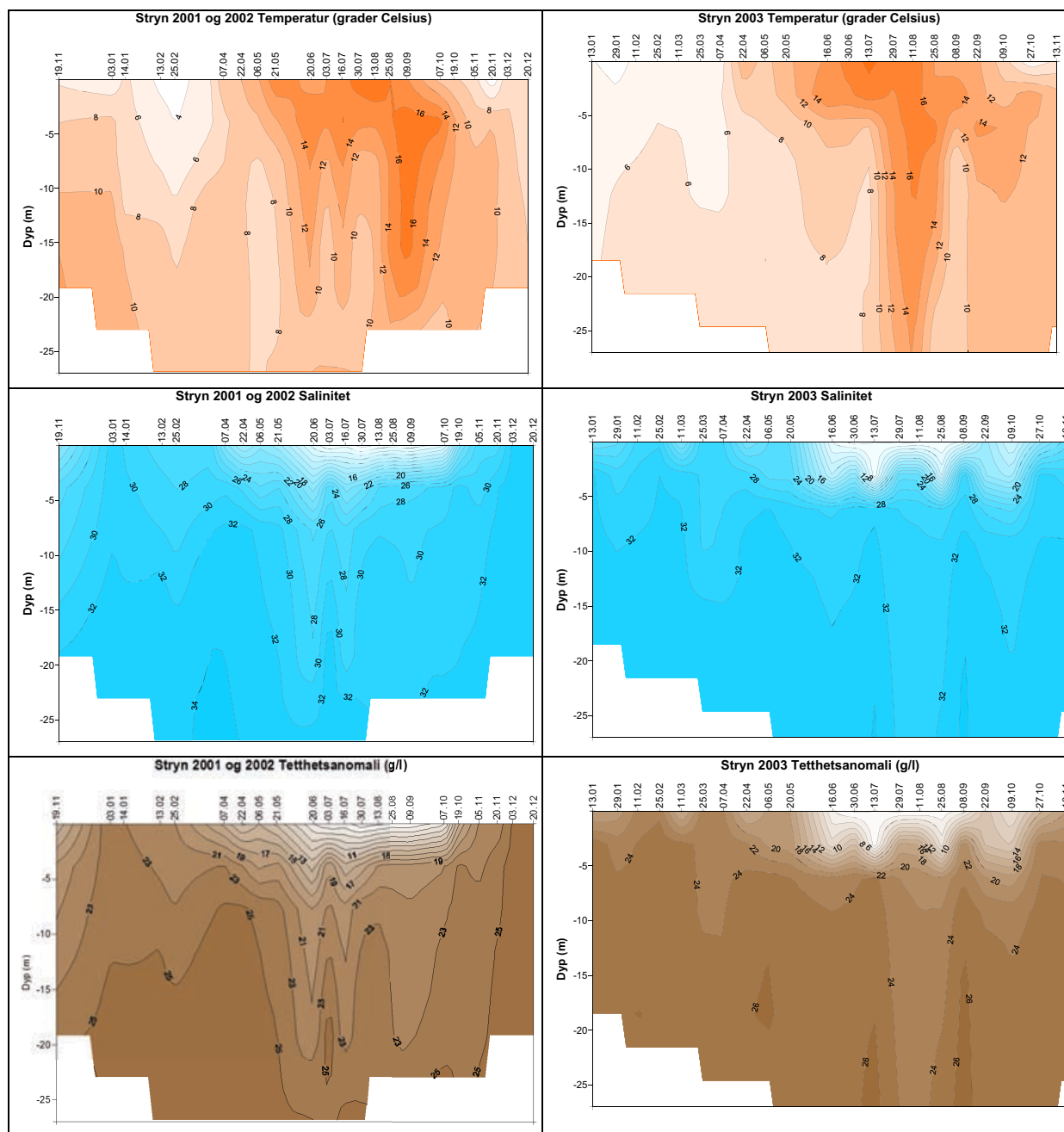
Tabell 4. Oppsummering av brakkvannsmoellene ved de ulike lokalitetene. Q = modell basert på elveavrenning. W = modell basert på vind. Q+ W = modell som kombinerer både elveavrenning og vind.

Stasjon	Beste modell	Korrelasjonskoeffisient R	RMS [m]	Brakkvann= konst + A*elv + B*vind			Vurdering
				Konst.	A	B	
Stryn	Q+W	0,44	1,53	3,733	-0,003	1,292	God
Verpingsneset	Q+W	0,51	1,74	5,476	-0,006	1,393	God
Eid (Hundeide)	Q	0,53	3,57	11,333	-0,021	-	God
Vågsøy	Q+W	0,25	4,37	9,177	0,101	-2,127	Dårlig
Langeneset	Q	0,08	5,23	5,873	-0,013	-	Dårlig
Naustdal	W	0,35	1,47	6,637	-	-0,711	Mindre god
Dalsfjorden	W	0,40	1,48	6,468	-	-0,840	Nokså god
Lifjorden	Q+W	0,56	6,04	27,048	-0,008	-2,018	Mindre god
Mjølsvika	Q	0,44	5,36	10,666	-0,0093	-	Mindre god

4.2 Frøholmen, Stryn

4.2.1 Hydrografi

På lokaliteten Frøholmen nesten innerst i Nordfjord viser tetthetsanomaliene sterkt sjiktning i vannmassene store deler av året (**Figur 3**). Det forekommer årstidsvariasjoner, men man kan forvente sterkest tetthetssjiktning i perioden mai-oktober da man på grunn av stor avrenning som følge av snøsmelting i fjellet får svært lave saltholdigheter i de øvre 1-2 meterne av vannsøylen med verdier som gjennomgående kan ligge mellom 1 og 5 promille. Vinterstid vil avkjøling av overflatelaget (**Figur 3**) og lav avrenning føre til gjennomblending av vannmassene i de øvre 20 m. Oppvarming av vannmassene startet begge årene i april og økte utover våren og sommeren. Oppvarmingsprosessen er avhengig av solinnstråling og lufttemperatur. Maksimumstemperaturer i overflatelaget ble gjennomgående registrert i perioden slutten av juni-august. Maksimumstemperaturen på 1 m dyp i undersøkelsesperioden var 17,4 °C 30.06.02.

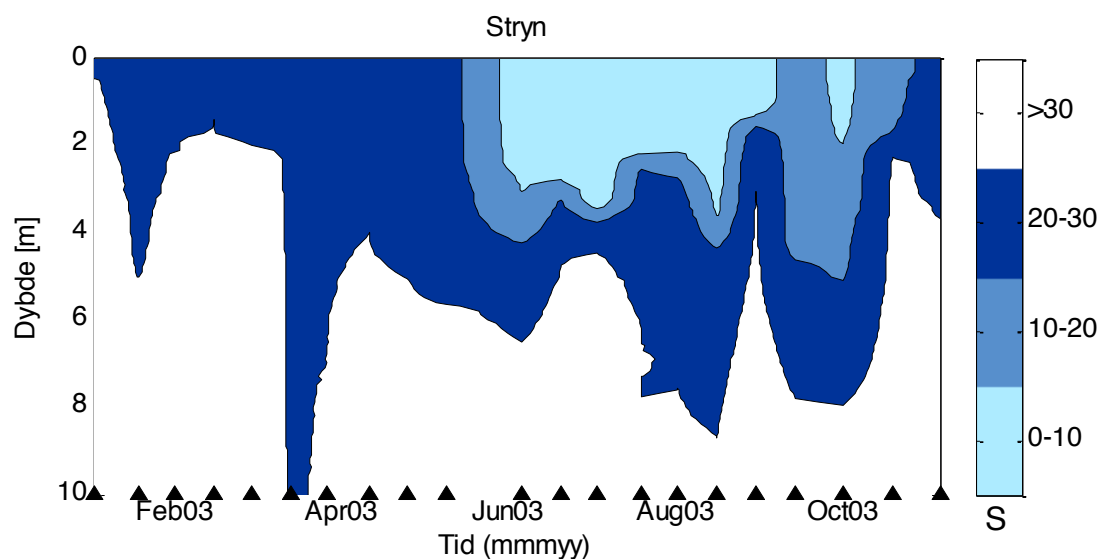


Figur 3. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Frøholmen i Stryn i perioden 2001-2003

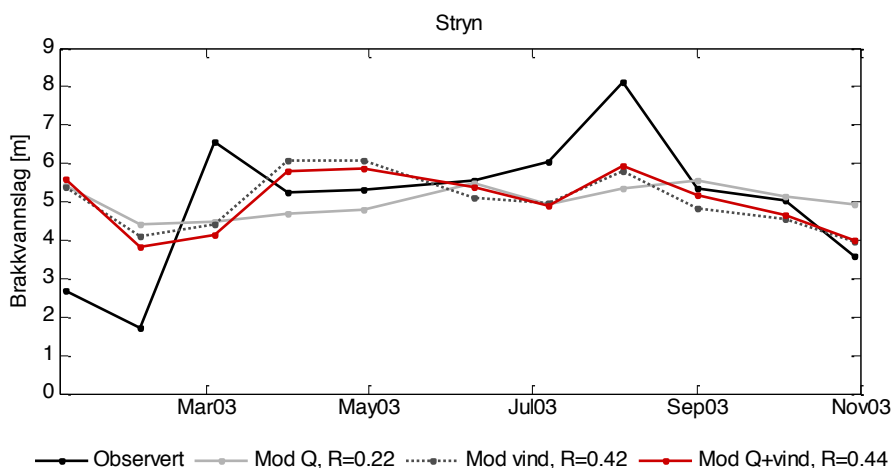
4.2.2 Brakkvannslag

Ved Stryn ser vi en klar sesongbasert variasjon i brakkvannslaget (**Figur 4**). Om vinteren er brakkvannslaget tynnere, og saliniteten er generelt sett ganske høy (S mellom 20 og 30). Om sommeren og høsten ser vi innslag av relativt fersk vann ($S < 20$) helt ned til 4-5 m dyp.

Brakkvannsmodellen hvor både vind og elveavrenning er tatt med, gir best resultat (**Figur 5**). De modellerte brakkvannsdypdene viser samme tendenser som de observerte brakkvannsdypdene. Det første minimumet er litt forskjøvet, her er det en veldig skarp gradient i de målte dataene. Maksimumsverdien i august stemmer bra overens med observasjonene i tid, men gir noe tynnere brakkvannslag. RMS-feilen i modellen er relativt liten (1,53m), og modellen vurderes som god. Også modellen som kun er basert på vind gir relativt gode resultater.



Figur 4. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Stryn. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått med inndeling etter salinitet.



Figur 5. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukket linje) og resultat fra brakkvannsmodellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

4.2.3 Strøm

Målinger av strøm var utført i perioden fra 1.10.2003 til 29.10.2003. På 1 m dyp var strømmen ensrettet med dominerende strømretninger som vekslet nokså likt mellom øst og vest med middels god gjennomsnittlig strømstyrke (3,6 cm/s) (**Tabell 5**). I 3-4 timers perioder var strømmen svært kraftig med opp til 34,6 cm/s på det meste.

På 5 m dyp var også strømmen ensrettet med dominerende strømretning mot sørvest, mens strømstyrken var relativt svak (snitt 2,3 cm/s). På 10 m dyp var bildet det samme som på 5 dyp, men med ennå svakere strømstyrke (snitt 1,6 cm/s).

Målingene på denne lokaliteten viser altså middels god til relativt svak strøm hvor strømretningen på 1 og 5 m dyp er dominert av tidevannsstrøm som i hovedsak veksler mellom øst og vest, men dypere går den dominerende strømretningen mer mot sørvest.

Tabell 5. Strømshastighet og strømretning ved lokaliteten Frøholmen i Stryn i oktober 2003.

Dyp	Strømshastighet, cm/s				Strømretning	
	Minimum	Middels	Maksimum	Total varians, (cm/s) ²	Hyppigst	Fluks
1 m	0,0	3,6	34,6	15,135	V/Ø	V/Ø
5 m	0,0	2,3	19,8	5,672	SV/NØ	V/SV
10 m	0,0	1,6	20,2	9,0	SV/NØ	SV

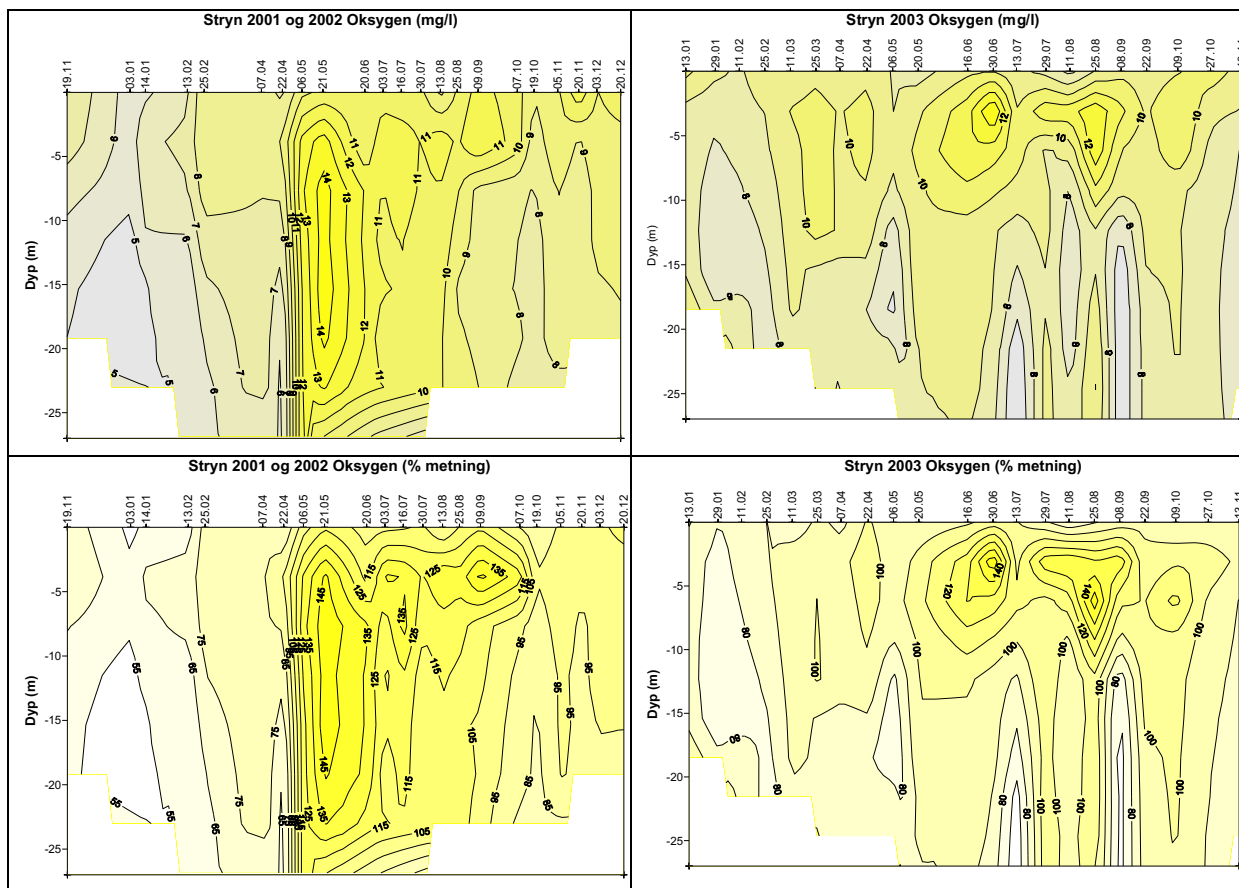
4.2.4 Oksygen

Registreringene av oksygen er utført med bruk av profilerende sonde på alle lokalitetene. Alle autotrofe alger produserer oksygen, og oksygenmengden kan derfor gi et inntrykk av algeproduksjonen. Ettersom løseligheten av oksygen er avhengig av temperatur og saltholdighet, er % oksygenmetning den beste parameteren å bruke i den forbindelse.

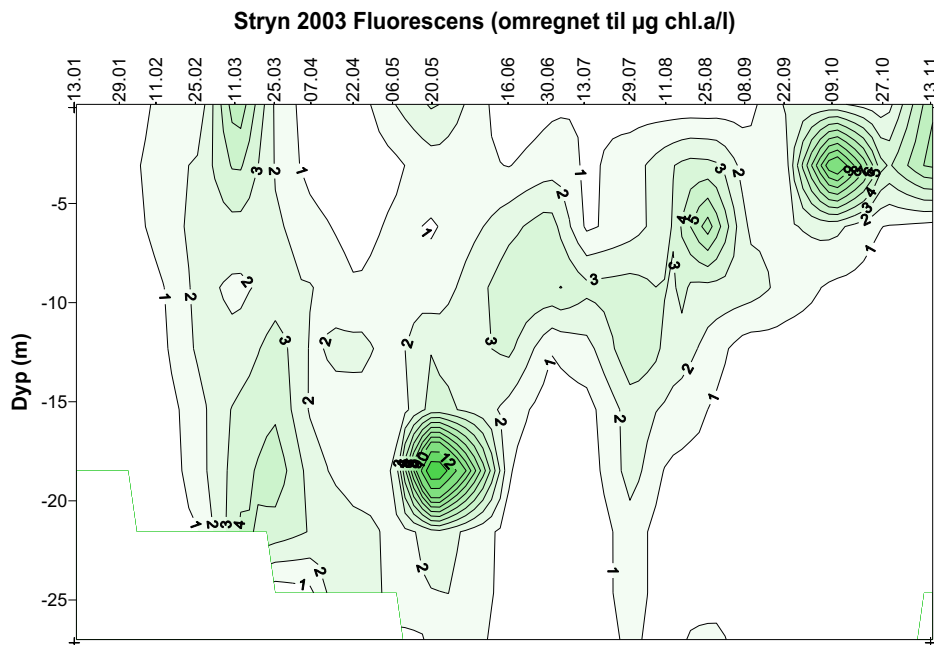
Registreringene av oksygen både i 2002 og 2003 viser at oksygenmetningen var høyest i perioden mai-september, men 2003 skilte seg ut med høyere metningsverdier i mars-april (**Figur 6**), sannsynligvis på grunn av en kraftigere våroppblomstring dette året. Oksygenmetningsverdiene er imidlertid betydelig høyere om sommeren og høsten, og med unntak av senhøsten er det relativt sett liten forskjell på de to årene i denne perioden, noe som tyder på en betydelig algeproduksjon i sommer-høstsesongen.

4.2.5 In-situ klorofyll a fluorescens

I 2003 ble det gjort sondemålinger av in-situ klorofyll a fluorescens på stasjonen Frøholmen i Stryn. Målingene indikerer at maksimal algebiomasse i 2003 hovedsakelig registreres i de øvre 10 m, men periodevis kan biomassemaksimum befinne seg dypere (**Figur 7**). Lav in-situ klorofyll a fluorescens i de øvre 4-5 meterne fra juni til og med august (jfr. **Figur 4**) kan ha sammenheng med lav salinitet og lite alger i dette vannlaget eller høy primærproduksjon som reduserer klorofyll a fluorescensen. Utover høsten synes igjen algeforekomstene å konsentrere seg mer i det øvre vannlaget. En slik utvikling er det nærliggende å kople til redusert lystilgang nedover i vannsøylen. I tillegg vil næringstilgangen kunne være styrende for hvor i vannsøylen det er optimalt for algene å befinne seg. Både dinoflagellater og flagellater er organismer med en viss grad av egenbevegelse og kan i større grad enn kiselalgene aktivt oppsøke dyp med de mest optimale betingelsene.



Figur 6. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Frøholmen i Stryn i perioden 2001-2003.



Figur 7. In-situ klorofyll a fluorescens målt på dagtid på lokaliteten Frøholmen i Stryn i 2003.

4.2.6 Toksinproduserende alger og algetoksiner

På lokaliteten Frøholmen ble det i perioden 20.04.03 -13.11.03 i tillegg til standard prøvetaking med integrert prøve fra 0-10 m tatt prøver på enkeltdypene 4,5 m og 8,5 m.

Alexandrium

I 2002 ble *Alexandrium* første gang registrert i vannprøven i slutten av februar og ble i begynnelsen av april registrert i et antall (280 celler/l) som oversteg faregrensen (faregrense = 200 celler/l) (**Figur 8a**). Etter dette var det bare sporadiske forekomster for *Alexandrium* cf. *minutum* økte i antall i slutten av august med forekomst (400 celler/l) over faregrensenivå (faregrense = 200 celler/l) i begynnelsen av september. Etter dette var registreringene lave resten av året. Også i 2003 ble *Alexandrium* registrert på faregrensenivå (200 celler/l) i april (**Figur 8b**). Etter dette ble *Alexandrium* ikke registrert før i september da forekomstene økte (120 celler/l), men nivået lå denne høsten under faregrensen.

De mest kritiske periodene for forekomster av *Alexandrium* på lokaliteten Frøholmen synes å være i april og august/september.

PSP

Både i 2002 og 2003 ble det om våren registrert PSP over faregrensen i skjell for *Alexandrium* ble registrert på faregrensenivå (jfr. **Figur 8a** og **b**). *Alexandrium* ble imidlertid registrert i vannmassene i disse periodene, noe som kan indikere at prøvetakingen av alger/skjell ikke har vært optimal. Det ble imidlertid gjennomgående registrert lite PSP om høsten til tross for forekomster av *Alexandrium*. Forekomster av *A. minutum* har i våre farvann vist seg å være forbundet med lav akkumulering av PSP i skjell. Dette kan muligens tyde på at *A. minutum* er lite potent på samme måte som *A. ostenfeldii*. Dette har ført til at Mattilsynet de senere årene ikke har satt egen faregrense for *A. ostenfeldii* eller andre *Alexandrium*-arter, men vurderer i hvert enkelt tilfelle om et område skal stenges eller ikke ved uvanlig høye konsentrasjoner av andre arter innen slekten enn *A. tamarense* og *A. minutum*.

Høye PSP-verdier om våren til tross for relativt moderate forekomster av *Alexandrium* tyder på at vårforekomstene domineres av *A. tamarense*.

PSP verdier over faregrensenivå kan særlig forventes i perioden mars-mai.

Dinophysis

Den mest DSP-potente *Dinophysis*-arten er *D. acuta* som har en faregrense på 200 celler/l eller 100 celler/l i tre uker eller mer på rad. Den minst potente er *D. norvegica* som nå (2016) har en faregrense på 4 000 celler/l, men som på det tidspunktet undersøkelsen ble gjort hadde en faregrense på 2 000 celler/l. *D. acuminata* har også hatt en varierende faregrense. I undersøkelsesperioden lå den på 900 celler/l, men ble så økt til 1 500 for så å bli redusert til 1 000 celler/l i 2007. Faregrensen for *D. acuminata* er nå (2016) den samme som i 2007.

D. acuminata

D. acuminata begynte i 2002 å gjøre seg gjeldende allerede i slutten av mars, men ble først i mai registrert på faregrensenivå og med maksimumskonsentrasjon på 4 000 celler/l i begynnelsen av juni (**Figur 8c**). Konsentrasjonen av *D. acuminata* avtok så raskt til nivåer godt under faregrensen og ble ikke registrert på høsten. Også i 2003 ble *D. acuminata* registrert over faregrensenivå først i mai med maksimumsforekomst på 2 480 celler/l (**Figur 8d**). Forekomstene svingte rundt faregrensen fram til og med juli. Etter dette var konsentrasjonene lave.

Forekomstene av *D. acuminata* varierte ikke så mye de to årene og kan ut fra dette forventes å kunne være et problem i perioden mai-juli.

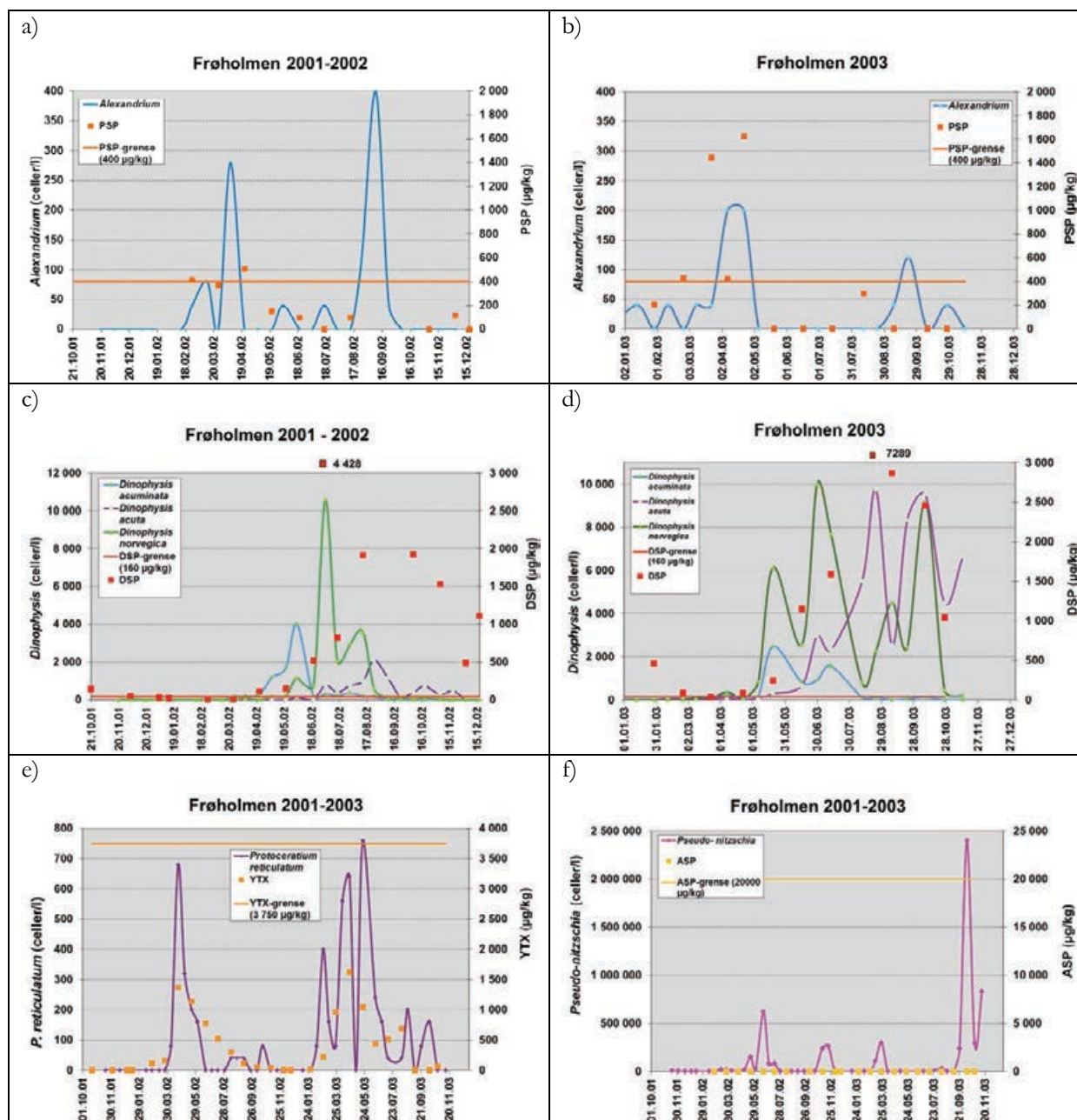


Figure 8. Forekomster av *Alexandrium tamarense* i a) 2001-2002 og b) 2003, *Dinophysis* i c) 2001-2002 og d) 2003, e) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og f) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Frøholmen i Stryn.

D. acuta

D. acuta ble i 2002 registrert over faregrensenivå fra juli til november, mens den i 2003 hadde en tilsvarende periode fra slutten av mai til og med november da overvåkingen ble avsluttet (Figure 8c og d). *D. acuta*-sesongen var betydelig lengre i 2003 enn året før, og celtallene var betydelig høyere. Maksimumskonsentrasjon i 2003 var 8 320 celler/l i september, mens maksimumsregistreringen for 2002 var 2 080 celler/l i slutten av august. Det var betydelige nivåforskjeller i november 2001, 2002 og 2003. I 2001 ble *D. acuta* ikke registrert i november, mens den i 2002 hadde forekomster på maksimum 480 celler/l for så i 2003 å bli registrert i et antall på 6 640 celler/l.

Forekomstene av *D. acuta* var sterkt varierende disse årene og må forventes å kunne være et problem fra tidlig på sommeren og til lagt ut på høsten, sannsynligvis også utover i desember.

D. norvegica

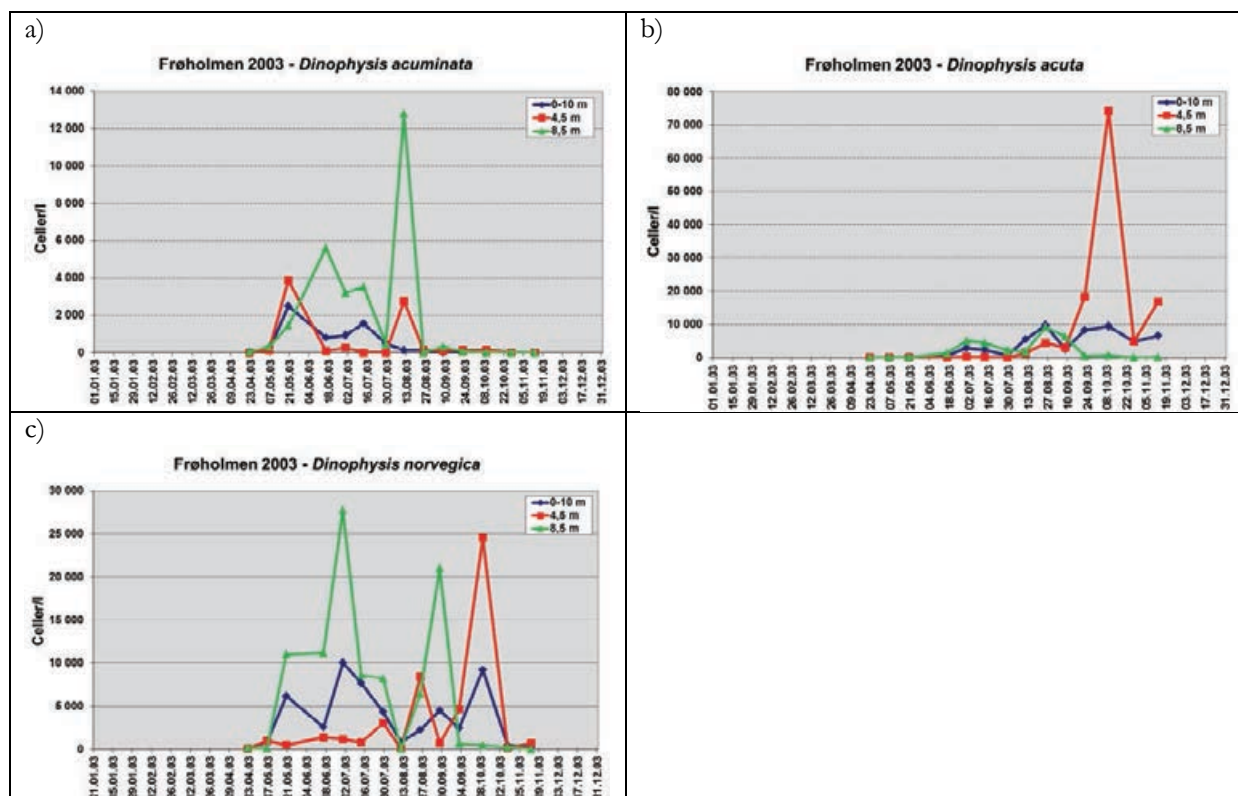
D. norvegica begynte i 2002 å gjøre seg gjeldende i mai og økte utover sommeren med maksimumskonsentrasjon i juli på 10 600 celler/l som var eneste registrering over dagens faregrensenivå på 4 000 celler/l, men nivået lå over 2 000 celler/l fram til midten av august (**Figur 8c**). Etter dette avtok forekomstene og var lave ut året. I 2003 hadde *D. norvegica* generelt forekomster mellom 2 300-10 000 celler/l fra slutten av mai til begynnelsen av oktober med maksimumsregistrering i slutten av juni (**Figur 8d**).

Også for *D. norvegica* var forekomstene ganske ulike de to årene, og i den grad *D. norvegica* kan være et problem ser dette ut til å kunne oppstå i perioden mai-oktober.

Vertikalfordeling av *Dinophysis*

Resultatene for 2003, da det også ble tatt prøver på 4,5 m og 8,5 m, viser at *Dinophysis*-forekomstene i perioden fra mai til første del av september er høyest på 8,5 m (**Figur 9**). I slutten av september skjer et skifte hvor forekomstene av *D. acuta* og *D. norvegica* er høyest på 4,5 m (**Figur 9b** og c). Dette skiftet er i overensstemmelse med klorofyll a fluorescensmålingene og kan ha sammenheng med lav salinitet i de øvre 4-5 meterne (jfr. **Figur 7**).

Den varierende sesongmessige vertikale fordelingen av *Dinophysis* er viktig å være klar over når prøvetakingsstrategi skal fastlegges. Et annet aspekt er at *Dinophysis* ofte forekommer i sterkt avgrensede sjikt. Algen kan bevege seg og døgnforsøk har vist at lokaliseringen i vannsøylen varierer gjennom døgnet (Olseng m.fl. 2002). I Sørfjorden i Hardangerfjordsystemet var *D. acuta* lokalisert på 10 m dyp om natten og tidlig på dagen, mens den senere på dagen var lokalisert på 4-6 m dyp. Om dette skyldes aktiv bevegelse eller har sin årsak i hydrografiske forhold, eventuelt er en blanding av begge, er usikkert.



Figur 9. Forekomst av a) *Dinophysis acuminata*, b) *D. acuta* og c) *D. norvegica* på stasjon Frøholmen i integrert prøve fra 0-10 m og på dypene 4,5 og 8,5 m.

Et annet aspekt er at konsentrasjonene av *Dinophysis* gjennomgående er høyere og til dels betydelig høyere på enkeltdypene enn det som framkommer i den integrerte prøven (**Figur 9**). Maksimumskonsentrasjonen til *D. acuta* var 74 320 celler/l på 4,5 m i oktober, mens den integrerte prøven viste 9 520 celler/l (**Figur 9b**), noe som gir en faktor på 7,8 i forskjell. Maksimumskonsentrasjonen for *D. norvegica* var 27 760 på 8,5 m dyp i juni, mens den integrerte prøve gav en forekomst på 10 000 celler/l. Dette gir en faktor på 2,7 i forskjell, mens datoen før var faktoren 4,4 da *D. norvegica* ble registrert med 2 560 celler/l i den integrerte prøven, mens forekomsten på 8,5 m var 11 160 celler/l. *D. acuminata* forekom med høyest konsentrasjon på 8,5 m i august med 12 800 eller /l, mens den integrerte prøven kun gav en konsentrasjon på 120 celler/l, noe som gir en faktor på 106. Dette indikerer at *Dinophysis*-forekomstene ligger i mer eller mindre tynne og avgrensede sjikt i vannsøylen. Ettersom disse sjiktene kan bevege seg opp og ned i vannsøylen, kan store deler av skjellopphenget i perioder bli utsatt for svært høye konsentrasjoner av alger og således inkorporere mer toksin enn den integrerte prøven skulle tilsi.

DSP

Fra oktober 2001 til juni 2002 var DSP-nivået under faregrensen, men fra juli 2002 til mars 2003 ble det registrert DSP-verdier over faregrensenivå i hele perioden (jfr. **Figur 8c** og d). Vår oppblomstringen i mars bidro sannsynligvis til at DSP-nivået kom under faregrensen. I juni ble det på nytt registrert DSP-verdier over faregrensenivå, noe som holdt seg ut året. Det korte vinduet i 2003 da skjellene var DSP-frie, førte imidlertid ikke til giftfrie skjell ettersom *Alexandrium* bidro til PSP over faregrensenivå i denne perioden (jfr. **Figur 8b**).

DSP viste best samvariasjon med forekomsten av *Dinophysis acuta*, men resultatene for de to årene viste ingen linearitet mellom algeforekomster og toksinnivå. Maksimumsverdien av DSP i 2003 ble registrert 24.08.03 og var sammenfallende med maksimumsverdien for *D. acuta* (9 760 celler/l). Etter dette avtok DSP-nivået utover høsten, til tross for at *D. acuta* bestanden holdt seg høy hele høsten, noe som heller skulle bidratt til en økning av DSP-nivået enn en nedgang. Mye kan imidlertid tyde på at mattilgangen av andre alger kan ha hatt en betydning her. I 2003 var det betydelig høyere forekomster av andre alger enn i 2002. Det var for eksempel høyere forekomster av kiselalger høsten 2003 da *Pseudo-nitzschia* hadde en blomstringsperiode fra slutten av september til ut i november. I tillegg var det stort sett hele høsten også høye forekomster av *D. norvegica* som er langt mindre potent enn *D. acuta*, og den prosentvise andelen av *D. norvegica* var i 2003 gjennomgående høyere enn året før. Så ved selektiv beiting på slekten *Dinophysis* var det i 2003 en større sjanse for inntak av *D. norvegica* enn *D. acuta*. Om skjellene også eventuelt kan ha en preferanse for den noe mindre *D. norvegica*, er et annet spørsmål.

Også i 2006 da indre del av Nordfjord ble overvåket i forbindelse med Nasjonalt Tilsynsprogram for Skjellproduksjon i regi av Mattilsynet, var DSP-nivået innerst i Nordfjord over faregrensen fra juli og ut sesongen med *D. acuta* som problemalge, selv om de registrerte algeforekomstene var bemerkelsesverdig lave. Prøvetakningen fanget altså ikke opp algeforekomstene tilstrekkelig.

Resultatene viser at DSP i stor grad er et problem i indre del av Nordfjord om sommeren og høsten, men problemet kan også strekke seg utover vinteren/våren.

Protoceratium reticulatum

Protoceratium reticulatum ble i 2002 registrert i begynnelsen av april med maksimumsregistrering i slutten av april (680 celler/l) (**Figur 8e**). Den avtok i antall utover i mai og juni, og på høsten ble det bare registrert svært lave konsentrasjoner. I 2003 ble *P. reticulatum* registrert i moderate mengder allerede i februar med maksimum (760 celler/l) i slutten av mai, men med forekomster helt fram til oktober. *P. reticulatum*-sesongen 2003 varte således fra februar til og med oktober, men forekomstene lå hele tiden under nivå på 1 000 celler/l som er satt for hygienisk vurdering.

Forekomst av *P. reticulatum* kan forventes størsteparten av året.

YTX

YTX ble registrert i perioden februar/mars til desember og hadde begge både i 2002 og 2003 maksimumsregistreringer i begynnelsen av mai med henholdsvis 1 375 og 1 621 µg/kg, som var over faregrensenivå den gang på 1 000 µg/kg, men betydelig lavere enn dagens faregrensenivå på 3 750 µg/kg (**Figur 8e**). I juni 2003 var YTX-konsentrasjonen over dagens faregrensenivå (2016). Generelt viser YTX-verdiene samvariasjon med forekomsten av *P. reticulatum*, men i 2002 ble toksinet registrert før algen. Toksinforekomstene i skjellene holdt seg i 2002 langt utover høsten til tross for lave forekomster av *P. reticulatum* denne høsten. Til tross for høyere forekomster av *P. reticulatum* utover høsten 2003, ble toksinnivået redusert - noe som også for YTX kan ha sammenheng med den relativt massive kiselalgeblomstringen høsten 2003.

Pseudo-nitzschia

I undersøkelsen er bare *Pseudo-nitzschia* som slekt registrert uten artsdifferensiering. Den begynte i 2002 å gjøre seg gjeldene i slutten av mai og økte fram til slutten av juni da maksimumskonsentrasjonen på 0,62 mill. celler/l ble registrert (**Figur 8f**). Etter dette avtok forekomstene av *Pseudo-nitzschia* raskt, og den ble ikke påvist igjen før i begynnelsen av november da en liten blomstringsepisode ble registrert (0,24 mill. celler/l).

I 2003 ble *Pseudo-nitzschia* påvist allerede i mars med maksimumskonsentrasjon på 0,3 mill. celler/l. *Pseudo-nitzschia* var etter dette fraværende fram til slutten av juli og begynnelsen av august da den forekom en kort periode i moderate mengder. Etter ny periode uten registrering startet en langvarig blomstring av *Pseudo-nitzschia* i slutten av september, og blomstringen pågikk fremdeles da undersøkelsen ble avsluttet i midten av november. Maksimumsregistrering var 2,4 mill. celler/l i begynnelsen av oktober.

Undersøkelsene av vertikalfordeling i 2003 viste at konsentrasjonene av *Pseudo-nitzschia* var lokalisert i det øvre vannsjiktet med betydelig høyere konsentrasjoner på 4,5 m enn på 8,5 m.

Forekomster av *Pseudo-nitzschia* i større mengder kan i hovedsak forventes i perioden mai/juni til november/desember. *Pseudo-nitzschia* er imidlertid også en vanlig slekt under våroppblomstringen av kiselalger og kan også gjøre seg gjeldende da.

Pseudo-nitzschia er en slekt med mange arter, og det hersker nå stor usikkerhet med hensyn på artsforekomstene i Norge. De store masseblomstringene de senere årene har vært i form av den smale ”*delicatissima*”/”*calliantha*”-typen som blant annet har vært vanlig i Nordfjord. I 2006 ble det bestemt å skille ut *Pseudo-nitzschia seriata*-gruppen i Mattilsynets overvåkning ettersom *Pseudo-nitzschia seriata* hadde blitt registrert som ASP-produserende i våre nærområder, dvs. Danmark. Denne gruppen kan med rimelig sikkerhet identifiseres ved bruk av lysmikroskop.

I 2004 ble ASP funnet i skjell i Skottland knyttet til forekomster av *Pseudo-nitzschia seriata* gjennom laboratoriestudier (Fehling et al. 2004).

ASP

Det ble ikke registrert ASP i undersøkelsesperioden for SAMS-prosjektet.

Protoperdinium crassipes/curtipes og AZA

Protoperdinium crassipes/curtipes ble tidligere vurdert som en mulig kilde til forekomsten av toksinet azaspirasid (AZA) (James et al. 2003), men i dag vet vi at dette toksinet produseres av arter innen dinoflagellatslekten *Azadinium* (Tillmann et al. 2009, Krock et al. 2014). Av denne grunn er ikke resultater for registreringer av *P. crassipes/curtipes* og AZA behandlet videre i denne rapporten.

4.2.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Undersøkelsen ved Frøholmen som varte fra oktober 2001 til november 2003, viste at skjellene aldri var helt giftfrie, og det var kun i perioden oktober 2001 til februar 2002 og en kort periode i april 2002 at skjellene hadde toksinnivå under de gitte faregrensene. Man kan med andre ord oppleve år hvor det ikke kan høstes skjell ved Frøholmen. Det er DSP som er hovedproblemet, og dersom DSP-nivået ikke kommer under faregrensen før vinteren setter inn, er det stor sannsynlighet for at skjellene ikke blir giftfrie før våroppblomstringen starter. Ettersom *Alexandrium* og *Protoceratium reticulatum* er de artene som i størst grad kan være et problem om våren i indre del av Nordfjord, vil det i slike tilfeller være forekomstene av disse artene som vil være avgjørende for høstemulighetene av skjell i første halvår, før *Dinophysis* og DSP igjen gjør seg gjeldende utover sommeren og høsten.

4.2.8 Andre alger

I tillegg til registrering av humantoksiske planktoniske alger ble det også gjort en del registreringer av andre alger. Det ble imidlertid ikke gjort en totalanalyse av algeforekomstene, slik at en del av tallene er vanskelige å forholde seg til ettersom antall og biomasse er to forskjellige ting. Biomassen er størrelsesavhengig og et høyt antall er derfor ikke alltid sammenfallende med høy algebiomasse. Vi har derfor kun valgt å kommentere forekomster av dinoflagellatslekten *Ceratium* og kiselalger.

Ceratium

Ceratium forekom i blomstringskonsentrasjon (>1.000 celler/l) begge år i perioden mai-november. Dette er store algearter som bidrar mye til algebiomassen selv når de forekommer i lavt antall.

Kiselalger

Kiselalgerregistreringene viste en del variasjon de to årene og er derfor tatt mer inngående med i vurderingene.

2002

Kiselalgene forekom i lav konsentrasjon fra november 2001 til slutten av februar 2002 da *Skeletonema* begynte å bygge seg opp. I midten av mars ble det registrert våroppblomstring av kiselalger (2,1 mill. celler/l) med *Skeletonema* (1,9 mill. celler/l) som dominerende art. *Skeletonema*-blomstringen holdt seg på samme nivå fram til siste del av april da den økte i omfang og ble registrert i et antall på 5,2 mill. celler/l. Utover i perioden mai-juli avtok konsentrasjonene, men *Skeletonema* forekom i blomstringskonsentrasjon helt fram til juni. Utover i juni ble andre kiselalger som *Pseudo-nitzschia* og *Leptocylindrus danicus*, *Dactyliosolen fragilissimus* framtrede. Tidlig på høsten ble moderate forekomster av *Chaetoceros* registrert. Videre utover høsten var kiselalgeforekomstene lave bortsett fra en blomstringsepisode med *Pseudo-nitzschia* i første halvdel av november.

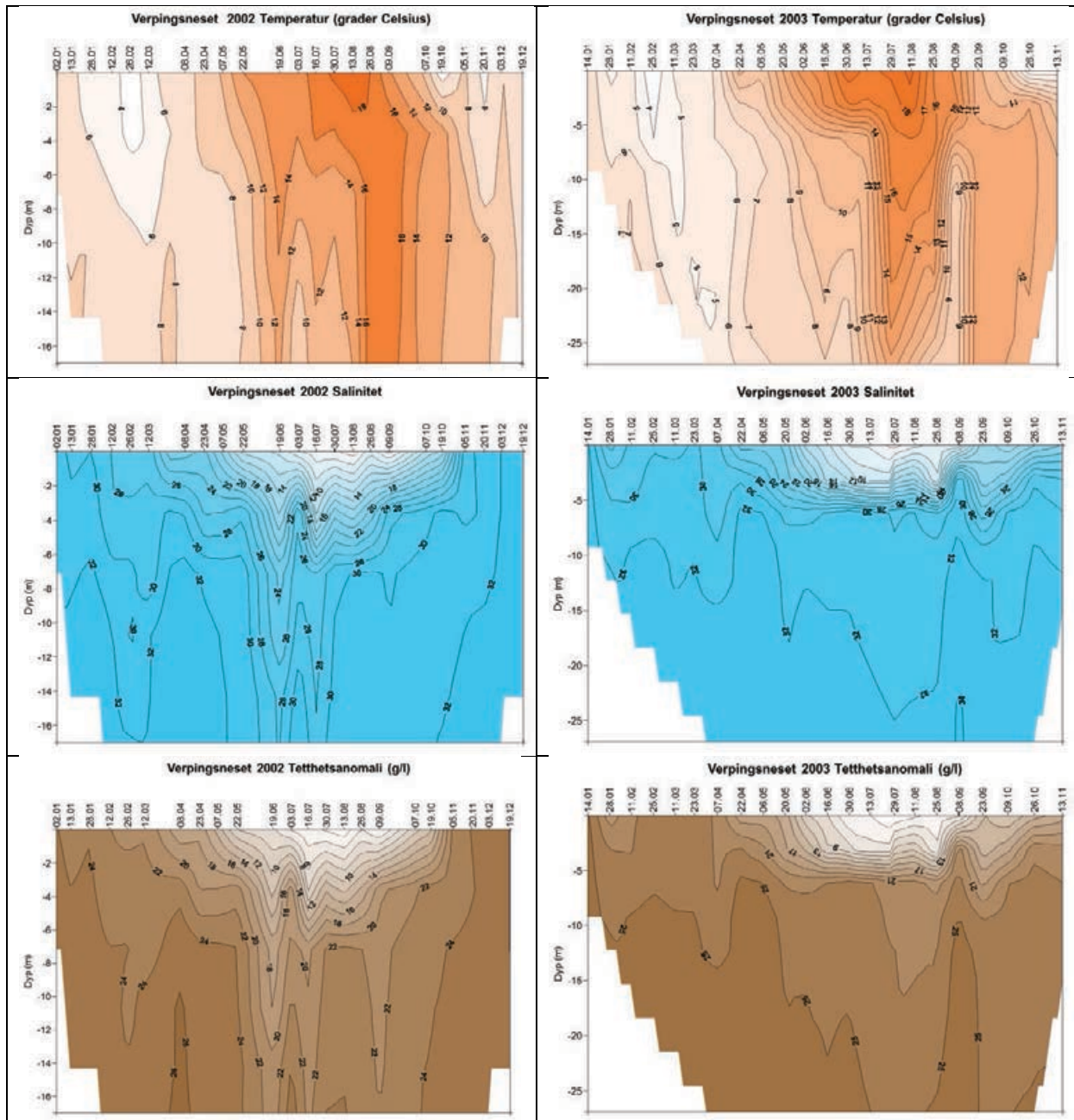
2003

I slutten av februar startet våroppblomstringen med *Thalassionema nitzschioides* som klart dominerende art og med maksimumsregistrering (1,4 mill. celler/l) i begynnelsen av mars. Videre utover i mars avtok forekomsten av *T. nitzschioides* mens andre kiselalger som *Pseudo-nitzschia* (0,3 mill. celler/l) og *Skeletonema* økte. *Skeletonema* (0,7 mill. celler/l) dominerte i begynnelsen av april, men avtok videre utover før den tok seg opp igjen (1,1 mill. celler/l) i slutten mai. I hele juni var kiselalger (1,3-1,5 mill. celler/l) framtrede (*Skeletonema*, *Chaetoceros*), men avtok igjen utover sommeren. I perioden september-november ble det registrert en ny blomstringsperiode med *Pseudo-nitzschia* som dominerende slekt med maksimum på 2,4 mill. celler/l i første halvdel av oktober.

4.3 Verpingsneset, Gloppen

4.3.1 Hydrografi

Tetthetsanomaliene ved Verpingsneset i Nordfjord like utenfor Gloppenfjorden viser sterk sjiktning av vannmassene store deler av året (**Figur 10**). Det forekommer årstidsvariasjoner, men man kan forvente sterkest tetthetssjiktning i perioden mai-oktober da man på grunn av stor avrenning som følge av snøsmelting i fjellet får svært lave saltholdigheter i de øvre 1-2 meterne med verdier ned mot 3 promille.

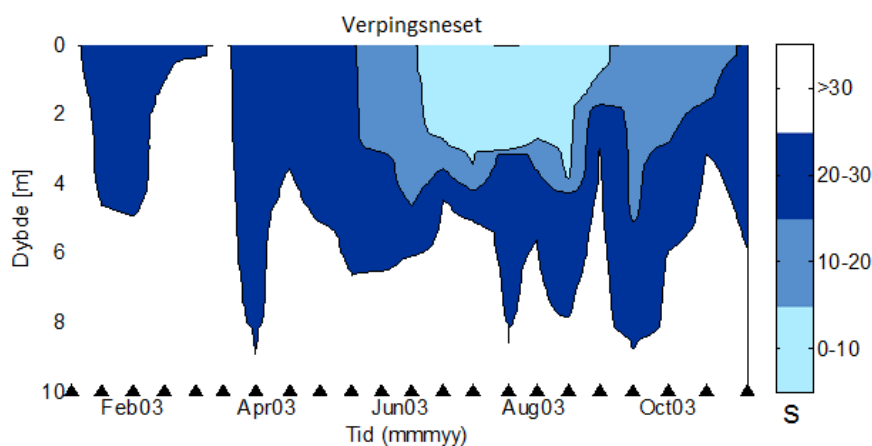


Figur 10. Temperatur, salinitet og tetthetsanomalier på lokaliteten Verpingsneset i Gloppen i perioden 2002-2003.

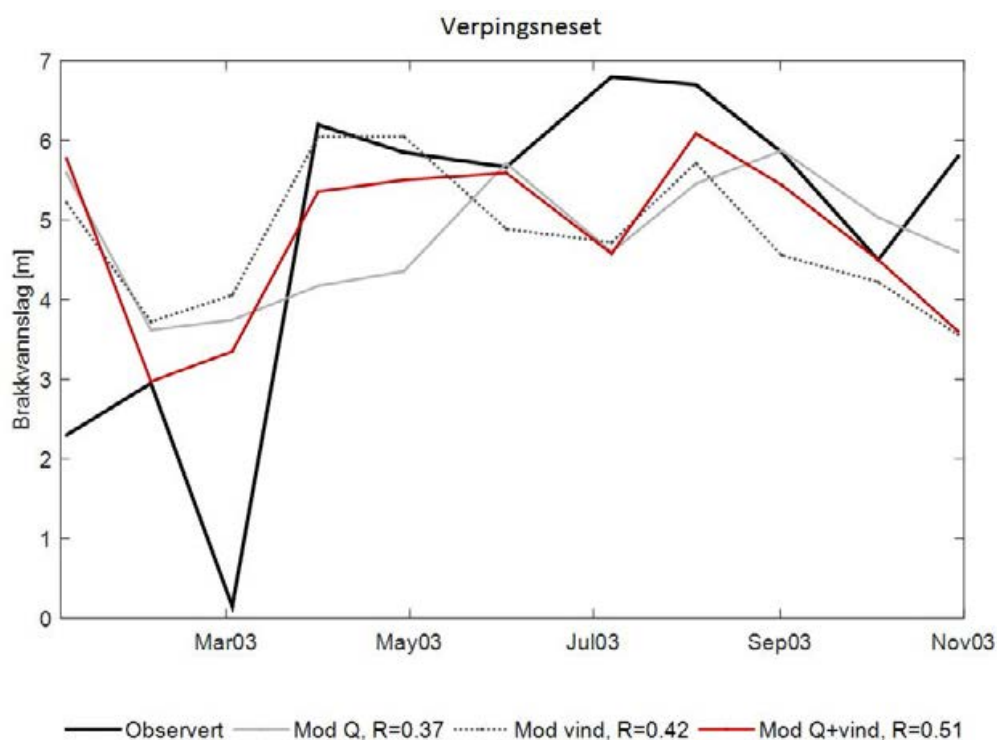
Vinterstid vil avkjøling av overflatelaget og lav avrenning føre til en gjennomblending vannmassene i de øvre 20 m. Oppvarming av vannmassene startet begge årene i april og økte utover våren og sommeren. Oppvarmingsprosessen er avhengig av solinnstråling og lufttemperatur. Maksimumstemperaturer i overflatelaget ble gjennomgående registrert i perioden slutten av juni-august. Maksimumstemperaturen på 1 m dyp i undersøkelsesperioden var 19,4 °C 11.06.02.

4.3.2 Brakkvannslag

Verpingsneset ligger i Gloppen i Nordfjorden og har et relativt dypt brakkvannslag (5-9 m) gjennom det meste av året, bortsett fra ved ett tilfelle i mars (**Figur 11**). Midt på sommeren er saliniteten lavere enn 10 helt ned til 3-4 m dyp.



Figur 11. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Verpingsneset. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått med inndeling etter salinitet.



Figur 12. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

Brakkvannsmoellene hvor vind inngår, ser ut til å fange tendensen til målingene, men maksimumsverdiene er noe forskjøvet (**Figur 12**). RMS-feilen her er relativt liten i forhold til de fleste andre lokalitetene (RMS=1,75).

4.3.3 Strøm

På lokaliteten Verpingsneset ble det gjennomført strømmålinger i perioden 23.7.- 28.8.2003. Her viste målingene på 1 m dyp en relativt ensrettet nettostrøm mot nordvest med relativt god gjennomsnittlig strømstyrke (4,9 cm/s) (**Tabell 6**).

På 5 m dyp var strømbildet noe mer uryddig, men nettostrømmen var likevel relativt ensrettet mot nordvest. På dette dypet må imidlertid strømstyrken karakteriseres som relativt svak (2,3 cm/s). Også på 10 m dyp var strømstyrken svak (1,9 cm/s), men nettostrømmen var ensrettet mot vest-nordvest.

Målingene viser tydelig at strømmen nær overflaten kommer ut Utfjorden, bøyer av ved Verpingsvika og fortsetter videre mot nordvest.

Tabell 6. Strømhastighet og strømretning ved lokaliteten Verpingsneset i Gloppen i august 2003.

Dyp	Strømhastighet, cm/s				Strømretning	
	Minimum	Middels	Maksimum	Total varians, (cm/s) ²	Hyppigst	Fluks
1 m	0,0	4,9	26,8	11,295	NV	NV
5 m	0,0	2,3	17,0	3,831	NV	NV
10 m	0,0	1,9	10,8	2,282	NV/SØ	V/NV

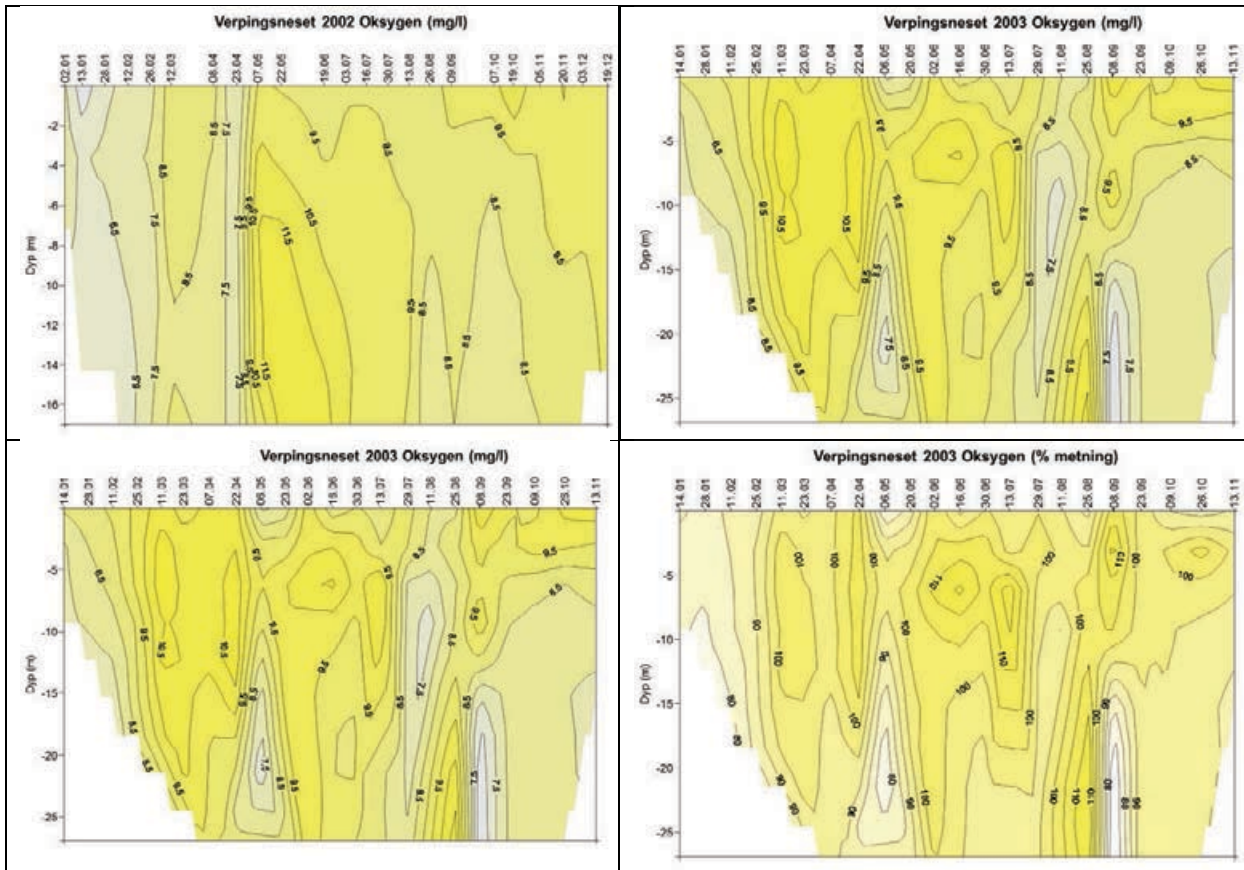
4.3.4 Oksygen

Oksygenmetningen varierte en del de to årene i undersøkelsesperioden (**Figur 13**). I mai 2002 økte oksygenmetningen i vannmassene og holdt seg stabilt på en oksygenmetning rundt 105 % i det øvre vannlaget fram til november. Isopletdiagrammet indikerer imidlertid en høyere oksygenproduksjon på 10-20 m dyp i mai-juni, noe som antyder at algmaksimumet ligger dypt i denne perioden. I 2003 ble det registrert en betydelig økning i oksygenmetningen allerede i mars. Høyest metningsverdi ble registrert i juni-juli under brakkvannslaget og i de øvre meterne i september.

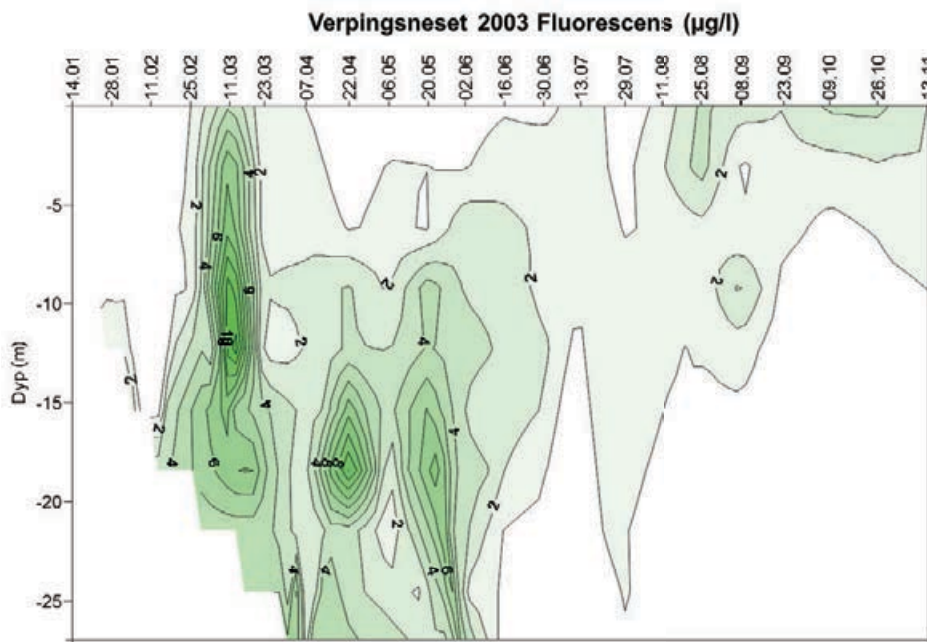
4.3.5 In-situ klorofyll a fluorescens

I 2003 ble det gjort sondemålinger av in-situ klorofyll a fluorescens, og målingene indikerer et mønster i algeutviklingen der våroppblomstringen omfatter hele øvre del av vannsøylen, mens utviklingen av alger videre utover våren i stor grad synes å foregå under brakkvannslaget. Ut fra klorofyll a fluorescensmålingene kan det se ut som at algebiomassen gjennomgående ligger mellom 10 og 20 m dyp i april og mai (**Figur 14**). I juli viste målingene relativt lave verdier i hele vannsøylen, men fra august og utover økte klorofyll a fluorescensen igjen og var i hovedsak lokalisert til i de øvre 3-5 meterne.

Både redusert lystilgang utover høsten og redusert brakkvannslag kan begge være viktige faktorer for at algeforekomstene utover høsten er konsentrert i det øvre vannlaget. I tillegg vil næringstilgangen kunne være styrende for hvilket dyp det vil være optimalt for algene å oppholde seg i. Både dinoflagellater og flagellater er bevegelige organismer og kan i større grad enn kiselalgene aktivt oppsøke dyp med de mest optimale vekstforholdene.



Figur 13. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Verpingsneset i Gloppen i perioden 2002-2003.



Figur 14. In-situ klorofyll a fluorescens målt på dagtid på lokaliteten Verpingsneset i Gloppen i 2003.

4.3.6 Toksinproduserende alger

I tillegg til integrerte vannprøver fra 0 til 10 m ble det på lokaliteten Verpingsneset i perioden 22.04.03 - 13.11.03 tatt prøver for algeanalyse på enkeltdypene 3,5 m og 7,5 m (6. mai og 2. juni ble prøvene tatt på 2,5 og 6,5 m dyp).

Alexandrium

I 2002 ble *Alexandrium* registrert i vannprøven i slutten av mars i et antall (520 celler/l) som oversteg faregrensen (**Figur 15a**). Også i begynnelsen av april ble det registrert forekomster på faregrensenivå (200 celler/l), men videre utover året ble det fram til september bare registrert enkelte episoder med forekomster under faregrensen. Etter dette ble *Alexandrium* ikke registrert før i slutten av februar i 2003 da en periode med forekomster under faregrensenivå startet og varte fram til begynnelsen av mai. Maksimumsforekomst på 160 celler/l ble registrert både i slutten av april og begynnelsen av mai. Med unntak av en lav registrering i slutten av juni ble *Alexandrium* ikke registrert resten av året.

De mest kritiske periodene for forekomster av *Alexandrium* synes å være i perioden mars-mai.

PSP

Det ble begge årene om våren registrert en periode med PSP over faregrensen i skjell (**Figur 15a**). I 2002 var denne PSP-perioden i april-mai, mens den i 2003 var i mars-juni og således av lengre varighet. *Alexandrium* ble registrert i vannmassene i begge disse periodene, og i 2002 var der en viss sammenheng mellom algeforekomster og PSP-nivå selv om det ble registrert PSP under faregrensenivå i skjellene før algen ble registrert. I 2003 ble imidlertid ikke *Alexandrium* registrert over faregrensen i det hele tatt, mens PSP-verdiene lå over faregrensenivå fra mars til juni, noe som indikerer at prøvetakningen av alger ikke har vært optimal. Det ble imidlertid begge år gjennomgående registrert lite PSP utover sommeren og høsten.

PSP verdier over faregrensenivå kan særlig forventes i perioden mars-juni.

Dinophysis acuminata

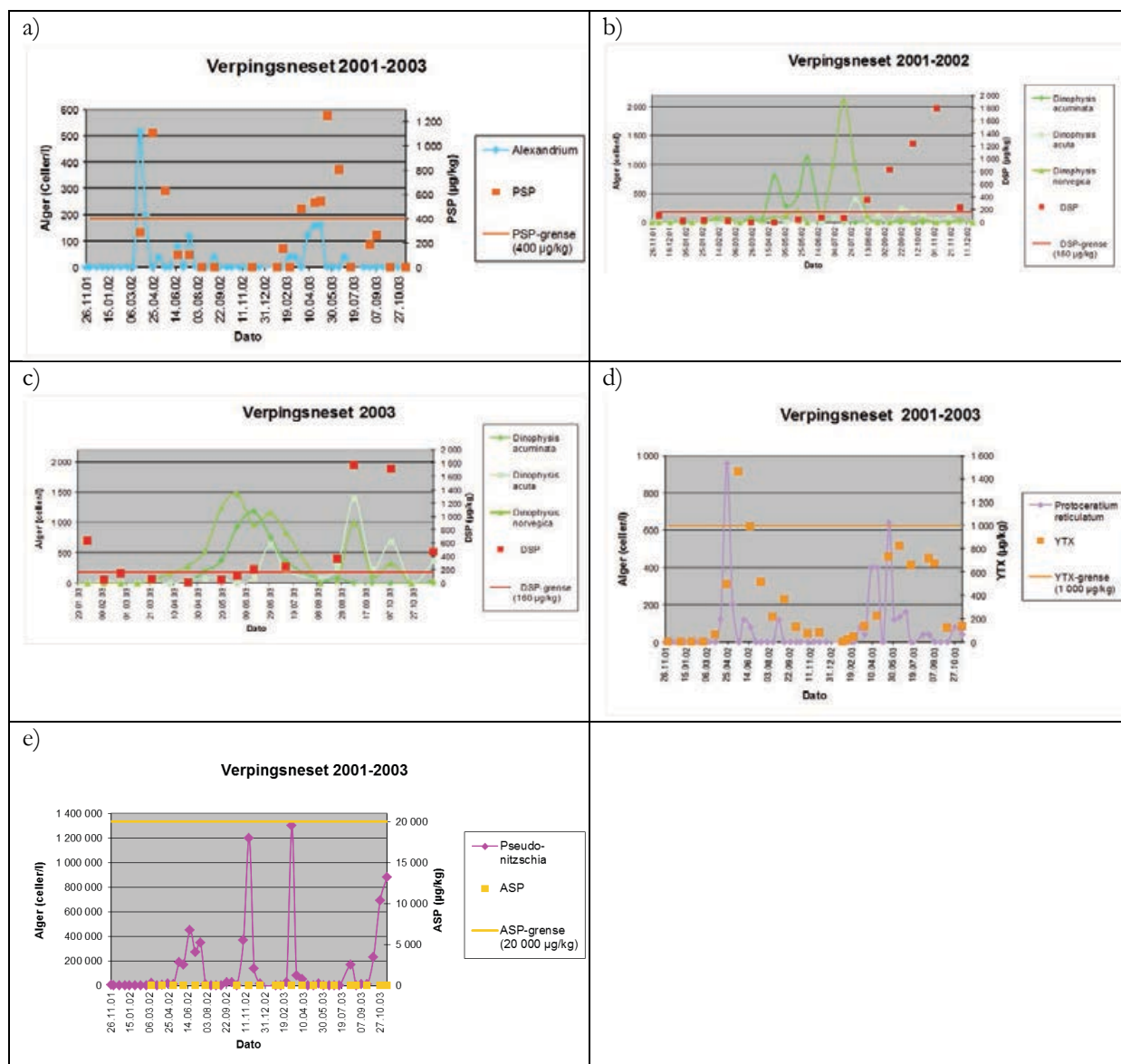
D. acuminata hadde i 2002 forekomster av betydning først i slutten av april med forekomster over faregrensenivå 1 120 celler/l i juni (**Figur 15b**). Etter dette var forekomstene lave fram til slutten av april 2003 da *D. acuminata* begynte å gjøre seg gjeldende med forekomster opp mot faregrensenivå (**Figur 15c**). Maksimumskonsentrasjon på 1 180 celler/l ble registrert i juni og oversteg da faregrensen. Konsentrasjonen av *D. acuminata* avtok utover i juni og juli, og etter dette var konsentrasjonene lave.

Forekomstene av *D. acuminata* varierte ikke så mye de to årene, og kan ut fra dette forventes å kunne være et problem i perioden april-juni.

D. acuta

D. acuta ble i 2002 registrert over faregrensenivå fra juli til oktober (**Figur 15b**), mens den i 2003 hadde en tilsvarende periode fra slutten av juni til og med november da overvåkingen ble avsluttet (**Figur 15**). *D. acuta*-sesongen var betydelig lengre i 2003 og celletallene var gjennomgående noe høyere. Maksimumsregistreringen for 2002 var 400 celler/l i slutten av juli, mens i 2003 var maksimumskonsentrasjon var 680 celler/l i oktober, men lå også på omtrent tilsvarende nivå i slutten av juni. Det ble tatt prøver i november i tre år, og det var ingen store forskjeller i 2001 og 2002 (20 og 80 celler/l), men i 2003 lå nivået over faregrensenivå med 360 celler/l.

Forekomstene av *D. acuta* varierte en del de årene undersøkelsen pågikk, og må forventes å kunne være et problem fra tidlig på sommeren og til lagt ut på høsten, sannsynligvis også utover i desember enkelte år.



Figur 15. Forekomster av a) *Alexandrium tamarense* i 2001-2003, b) *Dinophysis* i 2001-2002 og c) 2003, d) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og e) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Verpingsneset i Gløppen.

D. norvegica

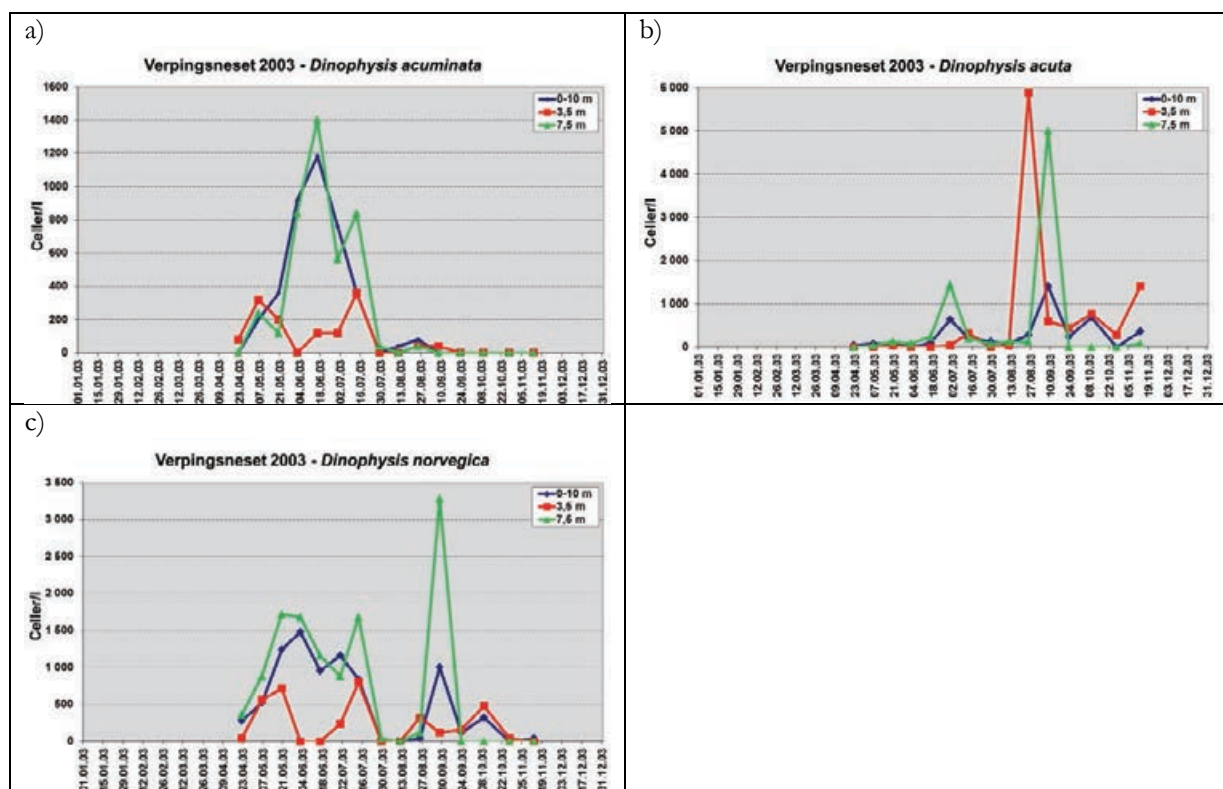
D. norvegica forekom ikke over dagens faregrensnivå (4 000 celler/l) noen av årene (**Figur 15b** og c). Hovedforekomstene i 2002 var i juli med maksimumskonsentrasjon på 2 120 celler/l som var eneste registrering i hele undersøkelsesperioden som lå over det som var faregrensnivået (2 000 celler/l) i 2002. I 2003 var de høyeste forekomstene i perioden mai-september da *D. norvegica* ble registrert i et antall mellom 1 000-1 480 celler/l.

Også for *D. norvegica* var forekomstene ganske ulike i 2002 og 2003, og i den grad *D. norvegica* kan være et problem, ser dette ut til å kunne oppstå i perioden mai-september.

Vertikalfordeling av *Dinophysis*

Resultatene for 2003 da det også ble tatt prøver på 3,5 m og på 7,5 m, viser at *Dinophysis*-forekomstene varierer på de to dybdeintervallene og var ofte høyere på ett av de to enkeltdypene enn i den integrerte prøven. *Dinophysis acuminata* hadde dette året sin blomstringsperiode fra mai til og med juli. Med unntak av mai, da forekomstene var relativt like på de to dypene, hadde *D. acuminata* utover sommeren betydelig høyere forekomster på 7,5 m enn på 3,5 m med maksimumsregistrering på 1.400 celler/l i midten av juni (**Figur 16a**). *D. norvegica* hadde to blomstringsperioder henholdsvis fra slutten av mars til midten av juli og fra slutten av august til midten av oktober. I hele perioden fram til september var forekomstene hovedsakelig høyest på 7,5 m dyp med maksimumsregistrering på 3 000 celler/l i første halvdel av september (**Figur 16c**). *D. acuta* viste imidlertid et litt varierende bilde der de to høyeste registreringene på enkeltdyp forekom om høsten (25/8) først på 3,5 m dyp med på 5.880 celler/l, mens et nytt maksimum ble registrert 14. dager senere (8/9) på 7,5 m med 5 000 celler/l (**Figur 16b**). På begge tidspunktene ble det registrert klorofyll a fluorescens-maksima rundt disse dypene (jfr. **Figur 14**). I slutten av september skjedde et skifte der forekomstene generelt var høyest på 3,5 m dyp.

Resultatene viser at det for *Dinophysis*-forekomstene ved Verpingsneset er best sammenheng mellom den integrerte prøven og maksimumsforekomstene på 7,5 m om våren og tidlig på sommeren. Utover sensommeren og høsten kan forskjellene mellom forekomsten av *Dinophysis* i den integrerte vannprøven og prøvene fra enkeltdyp være store med et betydelig lavere celletall i den integrerte prøven enn i de registrerte maksimumsforekomstene fra enkeltdypene.



Figur 16. Forekomst av a) *Dinophysis acuminata*, b) *D. acuta* og c) *D. norvegica* på stasjon Verpingsneset i integrert prøve fra 0-10 m og på dypene 3,5 og 7,5 m.

DSP

Fra november 2001 til juli 2002 var DSP-nivået under faregrensen, men fra juli til desember ble det registrert DSP-verdier over faregrensenivå i hele perioden (jfr. **Figur 15b** og c). Fra januar til mai 2003 var DSP-nivået under faregrensen, mens nivået lå over faregrensen fra juni til november. DSP viste best samvariasjon med forekomsten av *Dinophysis acuta*, men resultatene for de to årene viste ingen linearitet mellom algeforekomster i integrert prøve og toksinnivå. Maksimumsverdien av DSP i 2003 ble registrert 25.08 og var 1 772 µg/kg, mens *D. acuta* så vidt hadde forekomst over faregrensenivå i den integrerte prøven. Forekomstene på enkelttypene viste imidlertid celletall over 5.000 celler/l både i slutten av august og begynnelsen av september og er bedre i samsvar med de toksinnivåene som ble registrert i slutten av august og begynnelsen av september. Maksimumsverdien for undersøkelsen totalt var 1 791 µg/kg 19.10.02 med celletall av *D. acuta* som så vidt lå på faregrensenivå. Toksinnivået i skjellene i 2002 var betydelig høyere enn det de registrerte algeforekomstene skulle tilsi. Det ble imidlertid bare tatt integrerte prøver i 2002. Lave forekomster av DSP-producenter i denne perioden indikerer at bruk av integrerte prøver ikke klarer å detektere forekomsten av *Dinophysis* godt nok. Sjikt med høye forekomster av alger kan over døgnet over et lengre tidsperspektiv bevege seg opp og ned i vannsøylen og totalt utsette skjellene for betydelig høyere konsentrasjoner enn det gjennomsnittsverdien i den integrerte prøven tilsier.

Protoceeratum reticulatum

Protoceeratum reticulatum hadde begge år hovedforekomstene i perioden april-juni, men ble ingen av årene registrert med forekomster over faregrensenivå. Maksimumsregistrering var 960 celler/l i april 2002 (**Figur 15d**). Utover sensommeren og høsten var forekomstene lave.

Forekomst av *P. reticulatum* kan i hovedsak forventes i april-juni.

YTX-Yessotoxin

YTX ble gjennomgående registrert i hele perioden mars 2002 til november 2003. Det ble registrert mest toksin i skjellene i perioden april-august, men bare i 2002 ble faregrensenivået overskredet med en registrering på 1 464 µg/kg i mai (**Figur 15d**). Generelt viser YTX-verdiene samvariasjon med forekomsten av *P. reticulatum*, men det ble begge år registrert økning i toksinnivået i skjellene før algen ble registrert. YTX på faregrensenivå kan særlig forventes i perioden april-august.

Pseudo-nitzschia

Pseudo-nitzschia er som tidligere nevnt, kun registrert som slekt uten artsdifferensiering. Slekten forekommer i større eller mindre grad gjennom store deler av året. I 2002 ble de høyeste celletallene registrert i perioden mars da den med et celletall på 1,2 mill. celler/l hadde forekomster på vurderingsnivå (**Figur 15e**). En ny *Pseudo-nitzschia*-blomstring ble registrert i mai-juli med maksimumskonsentrasjonen på 0,45 mill. celler/l i juni. Også i november og desember ble det dette året registrert konsentrasjoner over 0,1 mill. celler/l. I 2003 var det i august og oktober/november at konsentrasjonene oversteg 0,1 mill. celler/l med høyest konsentrasjon (0,88 mill. celler/l) i november.

Undersøkelsene av vertikalfordeling i 2003 viste at konsentrasjonene av *Pseudo-nitzschia* var lokalisert i det øvre vannsjiktet med betydelig høyere konsentrasjoner på 3,5 m enn på 7,5 m. Konsentrasjonen på 3,5 m dyp lå over vurderingsnivå både i slutten av oktober (1,1 mill. celler/l) og i november (1,9 mill. celler/l), noe som viser at den integrerte prøven underestimerer gjennomgående forekomsten av *Pseudo-nitzschia*.

Forekomster av *Pseudo-nitzschia* i større mengder kan forventes i perioden mars til november/desember (jfr. **Figur 15e**)

ASP

Det ble ikke registrert ASP i undersøkelsesperioden.

4.3.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Ved Verpingsneset startet prøvetakingene i slutten av november 2001 og pågikk i 2 år, og analysene viste at i vårsesongen var PSP et problem med perioden mars-juni som den mest kritiske, mens DSP var et sommer- og høstproblem. Våren 2003 var skjellenes innhold av PSP over faregrensenivå i en lengre periode uten at *Alexandrium* forekom over den fastsatte grensen på 200 celler/l. For DSP og forekomster av *Dinophysis* er det særlig *D. acuta* som skapte skjell med DSP-gift fra juni til november/desember. Tallene viste ingen klar samstemmighet mellom algeforekomstene i de integrerte prøvene og DSP-nivået i skjellene. Vertikalfordelingen av *Dinophysis*-artene var noe varierende med maksimumskonsentrasjoner for *D. acuminata* og *D. norvegica* på 7,5 m dyp store deler av sommeren. For *D. acuta* var det mer variasjon i dybdefordelingen. For alle *Dinophysis*-artene skjedde det et skifte i slutten av september og videre utover høsten da prøvene fra 3,5 m dyp hadde de høyeste *Dinophysis*-konsentrasjonene. YTX ble registrert over faregrensenivå særlig i perioden april-august. YTX ble registrert i skjellene nesten gjennom hele året, men bare unntaksvis steg nivået over faregrensenivået. ASP ble ikke registrert.

4.3.8 Andre alger

Det ble i tillegg til humantoksiske arter også gjort en del registreringer av andre alger, men ingen totalanalyse ble foretatt og derfor kommenteres kun forekomstene av dinoflagellatslekten *Ceratium* og dominerende kiselalger.

Ceratium

Ceratium var i 2002 framtrødende fra mai til november og forekom i blomstringskonsentrasjon (1240-2 120 celler/l) i juni, juli og september. I 2003 gjorde *Ceratium* seg gjeldende i perioden mars-november med blomstringskonsentrasjoner i juni og september (1 080-2 480 celler/l). Også *Ceratium* hadde sjiktvis fordeling og forekom generelt i høyst konsentrasjon på 7,5 m/6,5 m om sommeren og tidlig på høsten. Høyst konsentrasjon på enkelt dyp var 9 280 celler/l på 7,5 m dyp i begynnelsen av september.

Kiselalger

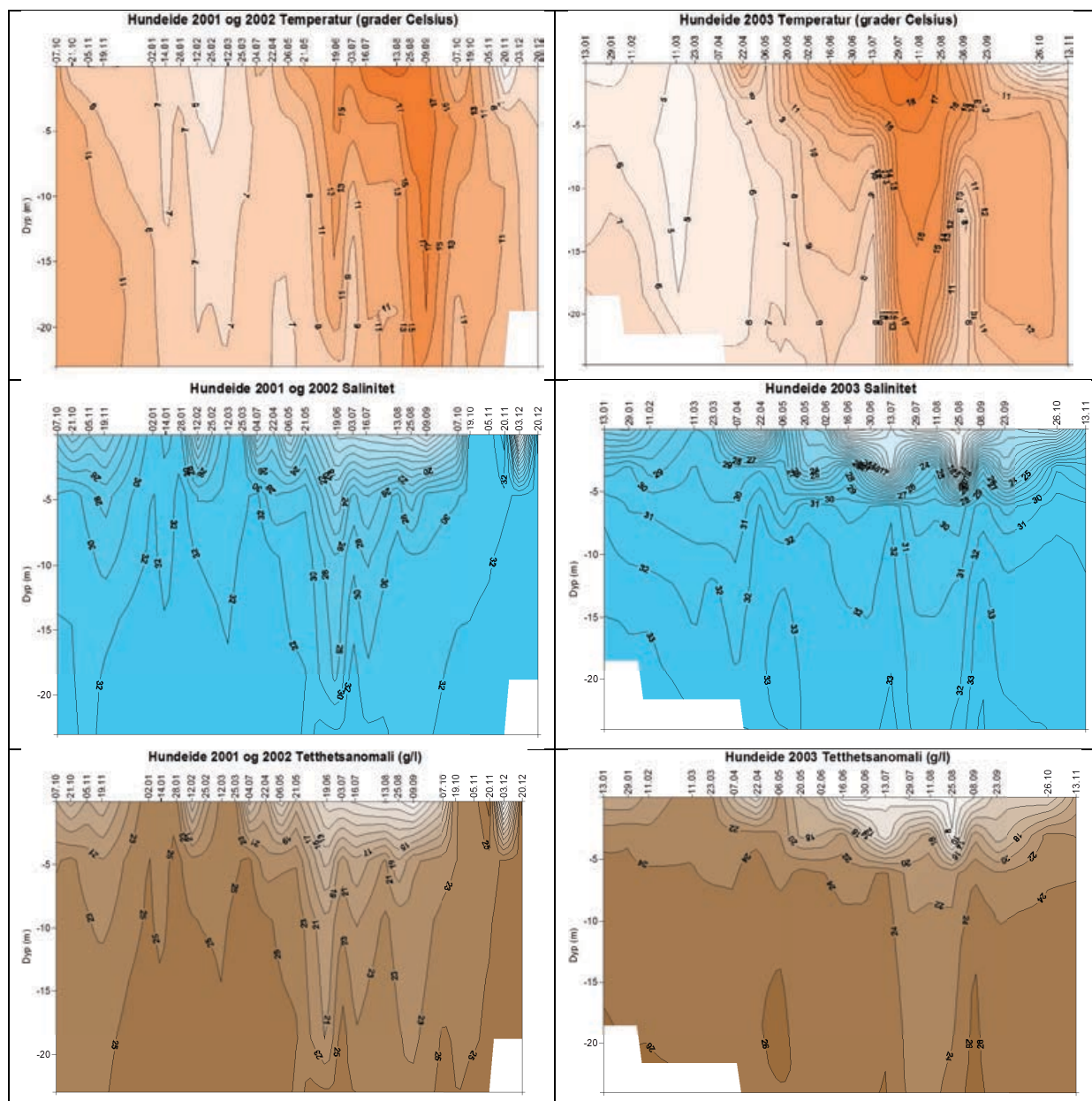
I 2002 var det to perioder med mye kiselalger – den første i mars-juli og i den andre i november. *Skeletonema* dominerte kiselalgeforekomstene i perioden mars-mai. I begynnelsen av juni var *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema*, *Chaetoceros* og *Pseudo-nitzschia* alle framtrødende med økende forekomster av *Pseudo-nitzschia* utover i juni og juli. Etter en periode med lite kiselalger blomstret *Pseudo-nitzschia* igjen i november.

I 2003 var det relativt mye kiselalger fra mars til august og i oktober-november. Våroppblomstringen startet i mars og besto av en blanding av *Pseudo-nitzschia*, *Skeletonema*, *Chaetoceros* og *Thalassionema nitzschioides*. I april overtok *Skeletonema* dominansen. Videre framover våren og sommeren var det *Skeletonema* og *Chaetoceros* som sammen var de mest framtrødende slektene med et innslag av *Pseudo-nitzschia* i juli/august. *Pseudo-nitzschia* dominerte kiselalgeblomstringen i oktober-november.

4.4 Hundeide, Eid

4.4.1 Hydrografi

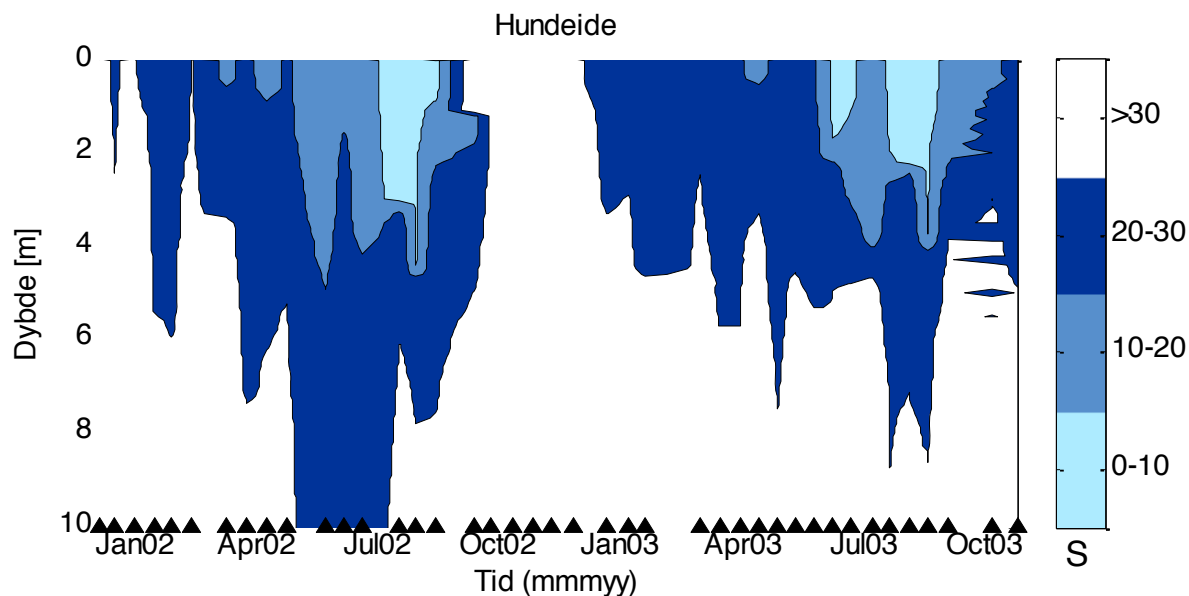
Tetthetsanomaliene ved Hundeide i Eidsfjorden utenfor Nordfjordeid i Nordfjord viser sjikting i de øvre 5 m størstedelen av året (**Figur 17**) der redusert saltholdighet er en viktig faktor. Laveste registrerte saltholdighet på 1 m dyp var 8,1. En sterk stabil sjikting forekom begge årene fra slutten av mai til september. Vinterstid vil avkjøling av overflatelaget og lav avrenning føre til at stabiliteten reduseres og en får en gjennomblending vannmassene med tilførsel av nærings salt fra dypere vannlag. Oppvarming av overflatelaget startet begge årene i april og økte utover våren og sommeren. Dette fører til en økende temperaturgradient nedover i vannsøylen, noe som også er med på å stabilisere vannmassene. Oppvarmingsprosessen er avhengig av solinnstråling og lufttemperatur. De høyeste temperaturene i overflatelaget ble gjennomgående registrert i perioden slutten av juni-august. Maksimumstemperaturen på 1 m dyp i undersøkelsesperioden var 20°C og ble registrert begge årene i første halvdel av august.



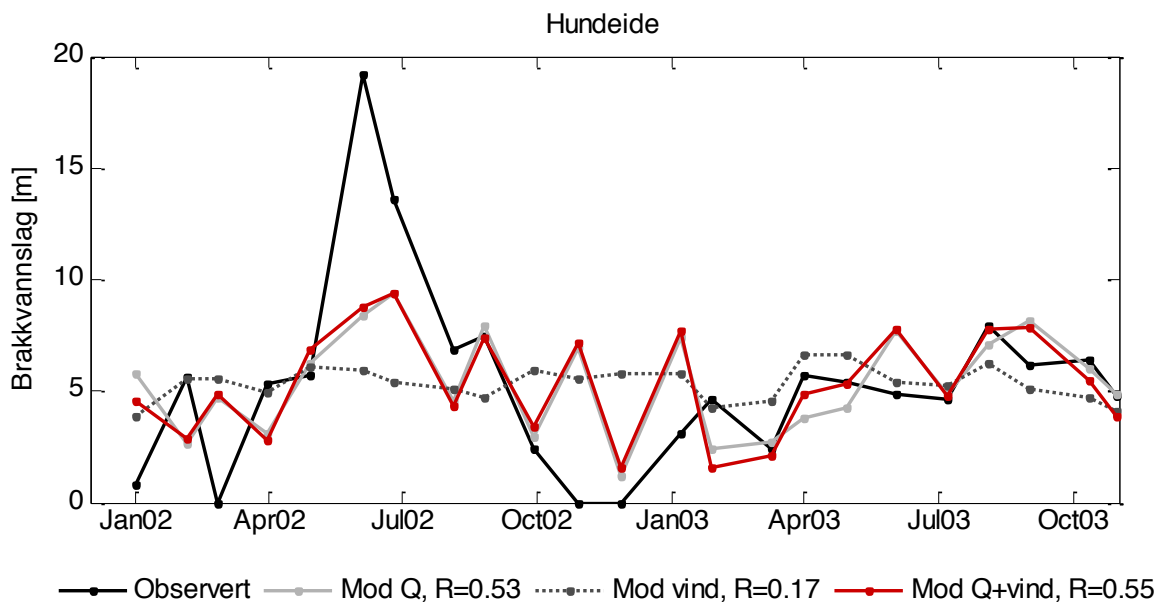
Figur 17. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Hundeide i Eid i perioden 2001-2003.

4.4.2 Brakkvannslag

Ved Hundeide er forholdene relativt like som i Mjølsvika i Sognefjorden (jfr. pkt. 4.10.2). Her er det noe ferskere vann i sommerhalvåret, og periodene uten brakkvann er kortere (**Figur 18**). Her gir elveavrenningene til Nordfjorden det best modellresultatet for brakkvannstykkelsen, men maksimumsverdiene har her litt større forskyvning (**Figur 19**). Den observerte ekstremverdien av brakkvannstykkelse i juni 2002 er en medvirkende årsak til en relativt høy RMS-feil på 3,57m.



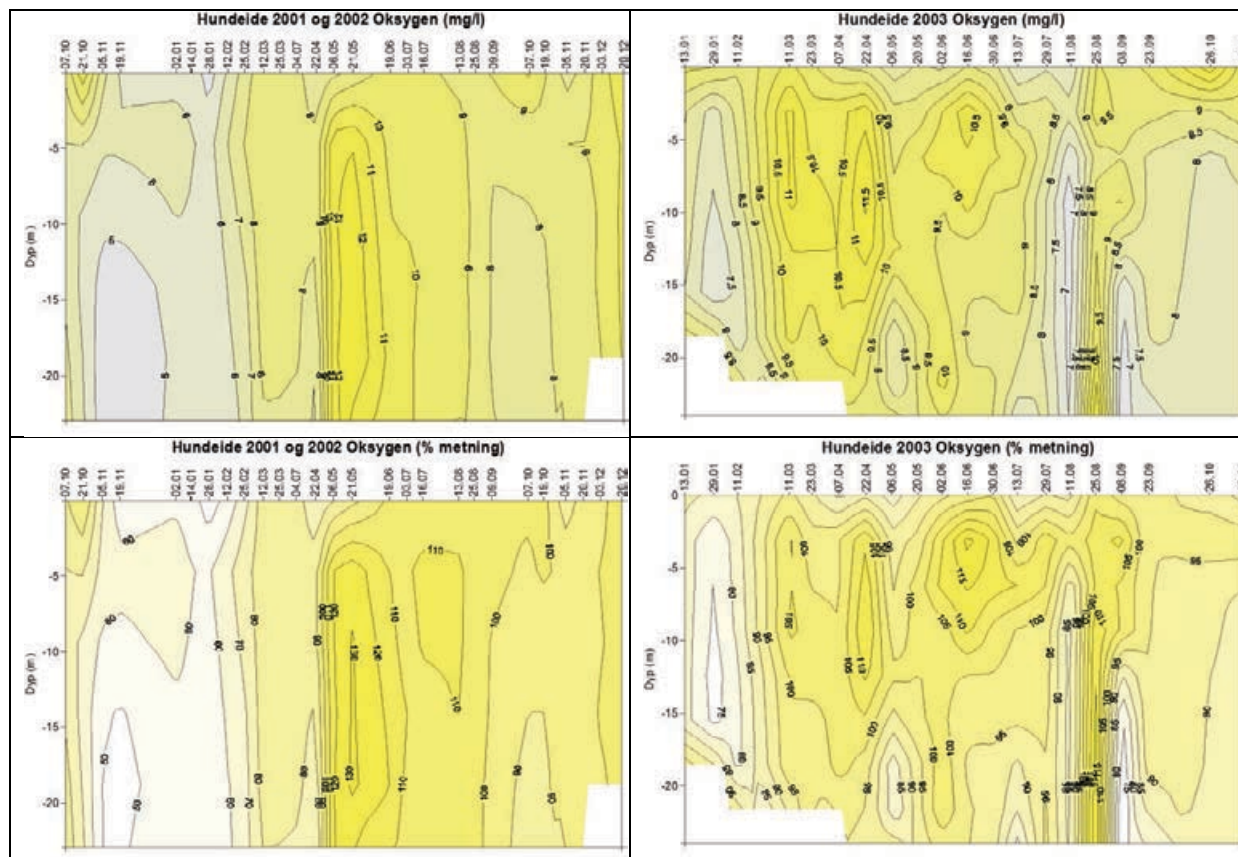
Figur 18. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Hundeide. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.



Figur 19. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukket linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

4.4.3 Oksygen

Oksygenmetningen ved Hundeyde var ganske forskjellige i 2002 og 2003 (**Figur 20**). I 2002 var oksygenmetningen høyest i perioden mai-september, mens i 2003 var metningsverdiene høye allerede i mars-april, sannsynligvis på grunn av en kraftigere våroppblomstring dette året, og metningsverdiene holdt seg høye helt til ut i september. Resultatene indikerer en stabil algeproduksjon fra mai og utover sommeren og høsten, mens produksjonen om våren kan være mer varierende.



Figur 20. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Hundeyde i Eid i perioden 2001-2003.

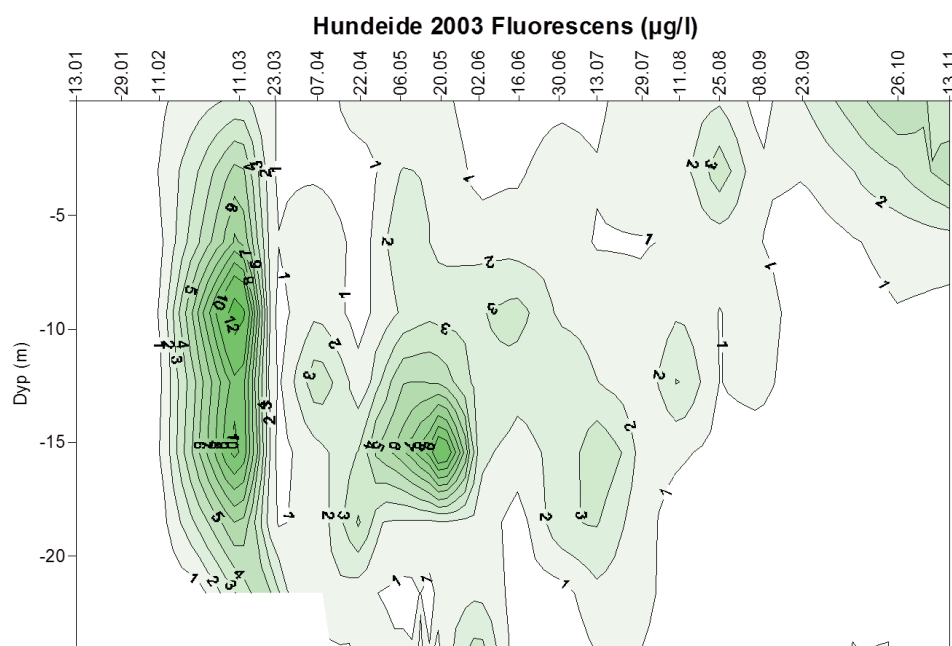
4.4.4 In-situ klorofyll a fluorescens

Målinger av in-situ klorofyll a fluorescens indikerer et mønster i algeutviklingen der våroppblomstringen omfatter hele øvre del av vannsøylen, mens de videre utover sein vår og sommer er de høyeste klorofyll a fluorescens verdiene å finne under brakkvannslaget og det indikerer at den høyeste algebiomassen på denne tiden er å finne mellom 10 og 20 m (**Figur 21**). Ut på seinsommeren og høsten synes igjen algeforekomstene å være konsentrert i det øvre vannlaget.

Dersom man ser på forholdet mellom oksygen/oksygenmetning og klorofyll a fluorescens i 2003, er det dårlig samsvar. Man skulle ut fra klorofyll a fluorescensmålingene ikke forvente de høye oksygenmetningsverdiene i det øvre vannlaget i sommermånedene dersom den lave fluorescensen indikerer lav biomasse. Den lave klorofyll a fluorescensen målt nær overflaten om sommeren kan ha sammenheng med høy primærproduksjon og dermed redusert in-situ klorofyll a fluorescens. At de algene som bidrar til klorofyll a fluorescensmaksimumet mellom 10 og 20 m ikke bidrar så mye til algeproduksjonen, kan være naturlig ettersom lyset på dette dypet kan være begrensende for algenes fotosynteseaktivitet og dermed også produksjon av oksygen.

Sammenligner man videre klorofyll a fluorescensmålingene i det øvre vannlaget med registreringene av alger på spesifikke dyp, er det periodevis dårlig samsvar. For eksempel ser man ikke spor av den kraftige blomstringen av *Pseudo-nitzschia* 29. juli 2003 (jfr. **Figur 21**) som var betydelig høyere enn blomstringen i oktober-november. Mye tyder på at algene som forekommer i perioden med lav saltholdighet, høy temperatur, høy lysinnstråling og muligens også lav næringstilgang, gir lav in-situ klorofyll a fluorescens om dagen – sannsynligvis som et resultat av høy fotosynteseaktivitet. Vi har ikke data på næringssalt-konsentrasjonen, men erfaringsmessig er ofte næringstilgangen lav i stratifiserte vannmasser om sommeren.

Ut fra in-situ klorofyll a fluorescensprofilene basert på målinger gjort på dagtid er det derfor vanskelig å si noe med sikkerhet om vertikalfordelingen av alger.



Figur 21. In-situ klorofyll a fluorescens målt på dagtid lokaliteten Hundedeide i Eid i 2003.

4.4.5 Toksinproduserende alger

Resultatene av algeforekomstene på lokaliteten Hundedeide er framkommet fra algeanalyser av integrerte vannprøver fra 0-10 m tatt i perioden fra 14.01.01 til 13.11.03. I perioden 29.07.03 -13.11.03 er det i tillegg analysert prøver tatt på dypene 1,5 m og 5,5 m.

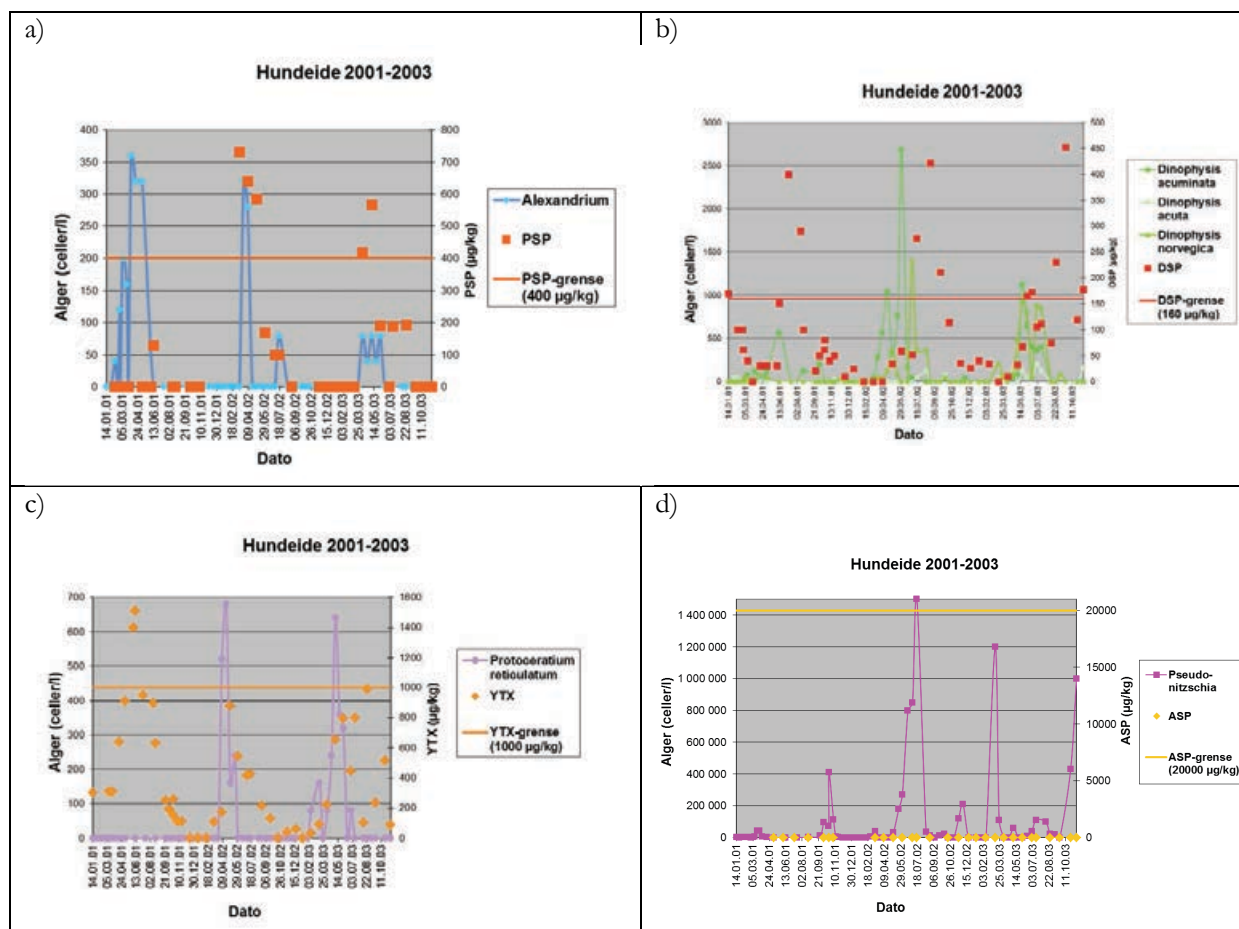
Alexandrium

I 2001 ble *Alexandrium* registrert i vannprøve tatt i slutten av februar, og allerede i begynnelsen av mars var det registreringer på faregrensenivå (200 celler/l) (**Figur 22a**). Forekomstene lå deretter stort sett over faregrensen fram til ut i mai med maksimumsregistrering på 360 celler/l i begynnelsen av april.

I 2002 ble *Alexandrium* registrert i begynnelsen i mars i et antall (320 celler/l) som oversteg faregrensen, og også i april var forekomsten over faregrensen. Etter dette ble det bare gjort en ny registrering dette året med en forekomst under faregrensen i juli.

I 2003 ble det gjort registreringer av *Alexandrium* fra april til juni, men ingen av forekomstene var på faregrensenivå.

Resultatene indikerer at de mest kritiske periodene for forekomster av *Alexandrium* synes å være om våren.



Figur 22. Forekomster i 2001-2003 av a) *Alexandrium tamarense*, b) *Dinophysis*, c) *Protoceratium reticulatum* og d) *Pseudo-nitzschia* på lokaliteten Hundehede i Eid.

PSP

Det ble ikke registrert PSP over faregrensen i skjell i 2001 (**Figur 22a**), mens det om våren både i 2002 og 2003 ble registrert PSP over faregrensenivå. I 2002 ble faregrensen for PSP passert for *Alexandrium* ble registrert, mens i 2003 ble ikke *Alexandrium* registrert på faregrensenivå i det hele tatt. Den ble imidlertid registrert i vannmassene. *Alexandrium*-forekomster over faregrensen og lite PSP i 2001 kan tyde på at det var *A. ostenfeldii* som dominerte. Ettersom *A. ostenfeldii* er lagt mindre potent toksinprodusent enn *A. tamarense* ble det i 2006 innført en differensiering av *Alexandrium* med ulike faregrenser for de ulike artene. Faregrensen for *A. tamarense* ble som før (200 celler/l), mens det for *A. ostenfeldii* ble innført et vurderingsnivå på 1 000 celler/l. Høye PSP verdier om våren i 2002 og 2003 til tross for stort sett lave registreringer av *Alexandrium* kan tyde på at forekomstene var dominert av *A. tamarense*, men resultatene indikerer også at prøvetakningen av alger ikke har vært optimal.

PSP verdier over faregrensenivå kan særlig forventes i perioden mars-mai.

Dinophysis acuminata

D. acuminata ble alle tre årene registrert allerede i mars, men ble først i perioden april-juni registrert på faregrensenivå med unntak av 2001 da den ikke ble registrert på faregrensenivå i det hele tatt (**Figur 22b**). 12. juni 2001 ble *D. acuminata* registrert i juni med 560 celler/l, og etter dette gikk det over en måned til

neste prøveinnsamling for analyse av alger. Ut fra DSP-verdiene tyder mye på at konsentrasjonene av *D. acuminata* har vært høye i perioden uten prøvetaking (jfr. **Figur 22b**). Den registrerte maksimumskonsentrasjonen av denne algen i undersøkelsesperioden var på 2 680 celler/l i begynnelsen av juni 2002. *D. acuminata* ble ikke noen av årene registrert på faregrensenivå etter midten av juni, men et visst forbehold må tas med hensyn på resultatene for 2001 der det med stor grad av sannsynlighet var forekomster på faregrensenivå i siste halvdel av juni og muligens også i begynnelsen av juli.

Til tross for at konsentrasjonene varierte, var tidsrommene for forekomster av *D. acuminata* til dels sammenfallende de tre årene, selv om den holdt stand i lav konsentrasjon lenger utover høsten i 2001. Man kan ut fra dette kunne forvente at *D. acuminata* vil kunne være et problem i perioden april-juni (juli).

D. acuta

D. acuta ble kun registrert sporadisk med lave konsentrasjoner i 2001 og 2002. I 2003 ble den registrert jevnlig i perioden april-juli, men med forekomst på faregrensenivå (200 celler/l) kun en gang i juni (**Figur 22b**). I løpet av perioden april-juli ble det imidlertid i tillegg gjort tre registreringer på 120 celler/l. Etter denne perioden var forekomstene lave og sporadiske med unntak av en forekomst (160 celler/l) i november.

Forekomstene av *D. acuta* var stort sett moderate alle tre årene, men tidspunktene for forekomster over 100 celler/l var ganske varierende og strakk seg fra april til november, så ut fra det kan man ikke se bort fra at *D. acuta* kan bli et problem innenfor denne tidsperioden.

D. norvegica

D. norvegica ble alle tre år kun registrert med forekomster under faregrensen (**Figur 22b**). I 2001 ble den knapt registrert. I 2002 ble den først registrert i april med maksimumskonsentrasjon i begynnelsen av juli (1 400 celler/l), mens den i 2003 ble registrert jevnlig i perioden mars-juli.

De to siste årene var forekomstene av *D. norvegica* relativt like, og i den grad *D. norvegica* kan bli et problem, ser dette ut til å kunne oppstå i perioden mars-august.

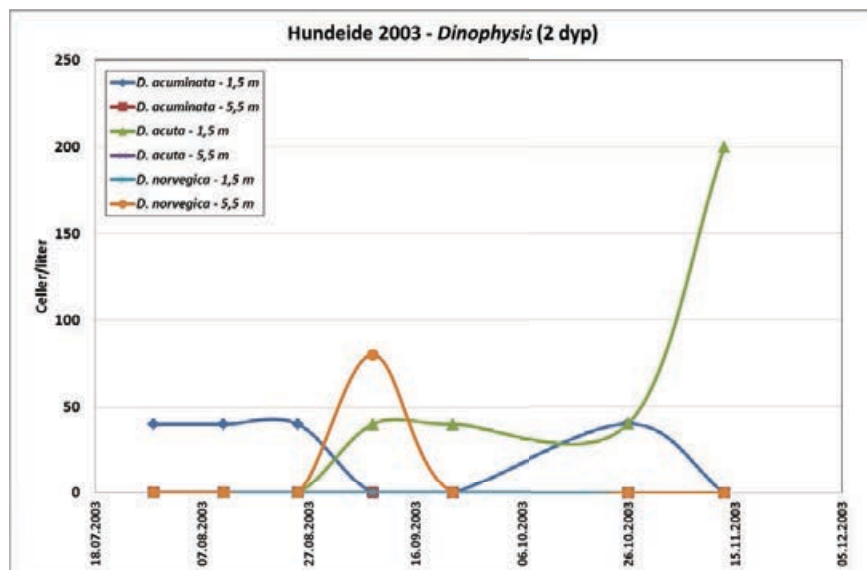
Vertikalfordeling av *Dinophysis*

Vertikalfordeling av *Dinophysis* ble undersøkt i en kort periode fra juli til november i 2003 med prøvetaking på dypene 1,5 og 5,5 m. Konsentrasjonene av *Dinophysis* var svært lave i den undersøkte perioden, og alle registreringer av *D. acuminata*, *D. acuta* og *D. rotundata* ble gjort på 1,5 m dyp. *D. acuta* ble registrert på faregrensenivå i november. *D. norvegica* ble kun registrert på 5,5 m dyp (**Figur 23**).

DSP

DSP var over faregrensen i juli og august 2001, i perioden juli-september 2002 og vekselvis i perioden juni-november i 2003 (**Figur 22b**).

I 2001 startet året med DSP på faregrensenivå i januar. DSP nivået avtok utover vinteren og i midten av mars ble det ikke registrert DSP i skjellene. I april 2001 begynte *D. acuminata* å forekomme i vannmassene og i juli og første halvdel av august var DSP-konsentrasjonen over faregrensenivå. På grunn av manglende algedata fra perioden hvor DSP var høyest sommeren 2001, er det vanskelig å knytte DSP-økningen til forekomstene av *Dinophysis*. Selv om *D. acuminata* var over faregrensen ved to anledninger i perioden april-juni 2002, ble det ikke registrert DSP over faregrensen før 31.07.02, nesten 2 måneder etter maksimumsregistreringen av *D. acuminata*. Dette kan tyde på lite optimal prøvetaking av skjell eller at *D. acuminata* ikke var særlig toksisk i denne blomstringsperioden. DSP-maksimum ble målt i en periode med moderate forekomster av *D. norvegica* og moderate forekomster av *D. acuta*. Mye kan tyde på at økningen i DSP spesielt har sammenheng med forekomsten av *D. acuta* som ble registrert i midten av juli.



Figur 23. Utviklingen av *Dinophysis* i perioden 29. juli-13. november 2003 på 1,5 og 5,5 m dyp på lokaliteten Hundeide i Eid. For de ulike *Dinophysis*-artene er faregrensene følgende: *D. acuminata* – 900 celler/liter (2016: 1 000 celler/liter), *D. acuta* – 200 celler/liter eller 100 celler /liter i tre eller mer påfølgende uker, *D. norvegica* – 2 000 celler/liter (2016: 4 000 celler/liter).

I 2003 var DSP på faregrensenivå i begynnelsen av juni. Dette stemmer godt overens med *Dinophysis* forekomstene. *D. acuminata* lå over faregrensenivå i slutten av mai og *D. acuta* var registrert med forekomster på 120 celler/l ved to anledninger i slutten av april og slutten av mai, slik at begge artene kan ha bidratt til akkumulering av DSP i skjellene. Nedgang i DSP i fra slutten av juni til midten av august er vanskelig å forklare ute fra forekomstene av *D. acuta* som lå på faregrensenivå i slutten av juni. DSP over faregrensen i midten av august og en ytterligere økning i midten av september er heller ikke sammenfallende med registrerte forekomster av *Dinophysis*. Også i 2006 da indre del av Nordfjord ble overvåket i forbindelse med Nasjonalt Tilsynsprogram for Skjellproduksjon i regi av Mattilsynet, var DSP-nivået innerst i Nordfjord over faregrensen fra juli og ut sesongen med *D. acuta* som problemalge, selv om de registrerte algeforekomstene var bemerkelsesverdig lave. Resultatene fra prøvetakingene fra enkeltdyp fra andre lokaliteter i Nordfjord har imidlertid vist at *Dinophysis* kan forekomme i relativt tynne sjikt og dermed vil ikke integrerte vannprøver gi et tilstrekkelig godt bilde av algeforekomstene og dermed kan det bli en tilsynelatende mismatch mellom algeforekomster og toksinnivået i skjellene. Økningen i DSP fra oktober til november i 2003 kan imidlertid relateres til forekomster av *D. acuta*.

Resultatene viser at DSP vil kunne være et problem i perioden juni-november.

Protoceratium reticulatum

Protoceratium reticulatum ble i 2001 registrert over faregrensenivå ved en anledning i begynnelsen av mai med 2 320 celler/l (**Figur 22c**). I 2002 og 2003 lå registreringene under faregrensenivå med de høyeste registreringene i perioden april-månedsskiftet mai/juni. Maksimumsregistrering i 2002 var i slutten av april (680 celler/l) og i 2003 i begynnelsen av mai (640 celler/l).

Problematisk forekomster av *P. reticulatum* er ut fra denne undersøkelsen mest sannsynlig i perioden april-mai.

YTX

YTX ble registrert generelt sett hele året, men uten at *Protoceratium* ble jevnlig registrert i vannprøven. Nivået var bare i 2001 over faregrensen som gjaldt da, men langt under dagens grense (jfr. **Tabell 2**). I 2001 ble det registrert YTX opp mot faregrensenivå i begynnelsen av mai og over faregrensen som gjaldt da hele juni (1 510 µg/kg). I juli og august var YTX konsentrasjonen fremdeles relativt høy med nivå like

under datidens gjeldende faregrense. Det høye YTX-nivået faller sammen med høy konsentrasjon av *Protoceratium reticulatum* (2 360 celler/l) i begynnelsen av mai. Ettersom det gikk 5 uker til neste algeprøvetakning, er det imidlertid vanskelig å angi hvor lenge konsentrasjonen av *P. reticulatum* lå over den dag gjeldende faregrensen. Det ble imidlertid registrert en del YTX allerede fra januar og videre utover vinteren/våren uten at algen ble påvist i vannprøven i det hele tatt, men den ble registrert i håvtrekk. Det må for øvrig poengteres at overvåkingen av *P. reticulatum* som problemalge ikke startet opp før i februar 2001.

I 2002 ble maksimumsnivået for YTX registrert i begynnelsen av mai, like i etterkant av maksimumsregistreringen av *P. reticulatum* 22. april. Maksimumsnivået (989 µg/kg) i 2003 ble målt i slutten av august, men også i mai var konsentrasjonen av YTX relativt høy (796 µg/kg) og falt sammen med maksimumsregistrering av *P. reticulatum*.

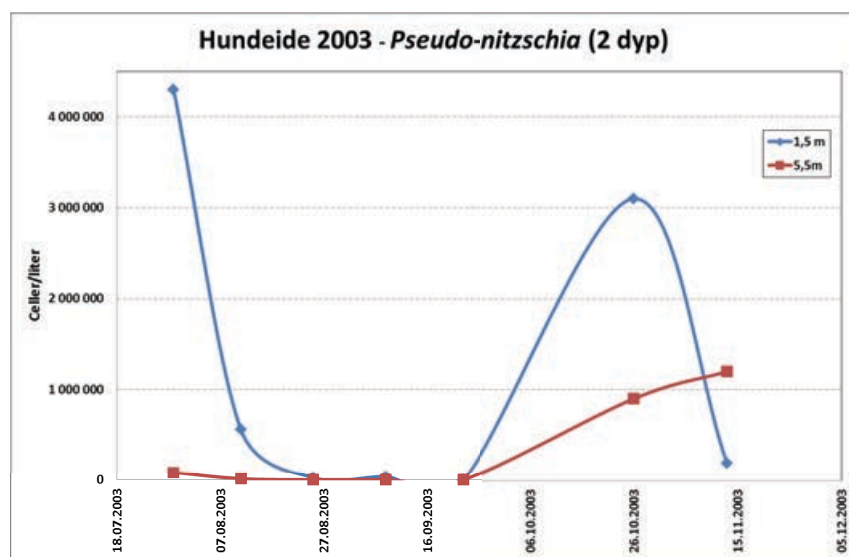
Selv om YTX forekommer stort sett hele året, synes den mest utsatte perioden å være mai-august.

Pseudo-nitzschia

I 2001 ble den høyeste forekomsten av *Pseudo-nitzschia* (0,41 mill celler/l) registrert i oktober, men den forekom jevnlig i lavt antall hele året (**Figur 22d**). Om våren var de høyeste forekomstene i mars i forbindelse med våroppblomstringen. I 2002 startet en *Pseudo-nitzschia* blomstring i mai med maksimum (1,5 mill. celler/l) i midten av juli. Etter dette var forekomstene relativt lave inntil en liten høstblomstring ble registrert i november-desember.

I 2003 blomstret *Pseudo-nitzschia* ved tre anledninger. Den kraftigste blomstringen var i mars (1,2 mill. celler/l) da *Pseudo-nitzschia* var en framtrødende art under våroppblomstringen. En kraftig sommerblomstring ble registrert i juli-august før en betydelig høstblomstring i oktober-november ble registrert med et maksimum på 1 mill. celler/l i november.

Undersøkelsene av vertikalfordelingen i siste halvdel av 2003 viste at størsteparten av *Pseudo-nitzschia* biomassen gjennomgående var lokalisert til det øvre vannsjiktet med betydelig høyere konsentrasjoner på 1,5 m enn på 5,5 m dyp (**Figur 24**). Det ble ikke tatt en integrert prøve i slutten av juli, men prøver fra enkeltdypene viser at sommerblomstringen var kraftig med celledtall på 4,3 mill celler/l på 1,5 m dyp, mens



Figur 24. Utviklingen av *Pseudo-nitzschia delicatissima*-typen i perioden 29. juli-13. november 2003 på 1,5 og 5,5 m dyp på lokaliteten Hundedeide i Eid.

konsentrasjonen på 5,5 m dyp bare var 80 000 celler/l. Høstblomstringen av *Pseudo-nitzschia* i oktober som ble registrert i den integrerte prøven med et antall på 0,43 mill. celler/l, var også lokalisert til det øverste dypet med 3,1 mill. celler/l, mens antall celler på 5,5 m dyp bare var 90 000 celler/l. I november var imidlertid dette snudd på hodet med høyest konsentrasjon på 5,5 m dyp med 1,2 mill. celler/l og bare 0,19 mill. celler/l på det øvre dypet. Grunnen til dette skiftet kan være at lysforholdene var begynt å bli dårlige og at næringen var forbrukt slik at cellene var i dårlig form og holdt på å synke ut av systemet, noe som er vanlig for kiselalger i dårlig form.

ASP

Det ble ikke registrert ASP i undersøkelsesperioden.

4.4.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Undersøkelsen, som for Hundeide varte fra februar 2001 til november 2003, viste at skjellene sjelden var helt giftfrie, men periodene der toksinnivået var under faregrensen, var gjennomgående lengre enn periodene med giftige skjell. Hovedproblemet var DSP som i de tre årene undersøkelsen pågikk, var et årlig problem om sommeren/høsten. DSP verdier over faregrensen senhøstes kan vedvare helt inn i kommende år. Forekomster av *Alexandrium* og PSP var et årlig vårfenomen, men er ikke nødvendigvis et årvissst problem. Heller ikke de årlige forekomstene av *Protoceratium reticulatum* og YTX bidro hvert år til toksinnivåer over faregrensen. På bakgrunn av denne undersøkelsen ser det dermed vanskelig ut å finne faste tidsbestemte høstingsvinduer på lokaliteten Hundeide.

4.4.7 Andre alger

Det ble i tillegg til humantoksiske arter også gjort en del registreringer av andre alger på lokaliteten Hundeide i 2002 og 2003, men totalanalyse av algeforekomstene ble ikke gjennomført. Som for de andre lokalitetene er det derfor valgt å se på forekomster av dinoflagellatslekten *Ceratium* og kiselalger.

Ceratium

Slekten *Ceratium* forekom i blomstringskonsentrasjon (>1.000 celler/l) i 2002 i perioden juni-august, men med høyest konsentrasjon (2 560 celler/l) i juni. Dette er store alger som bidrar mye til algebiomassen selv om celletallene er lave. I 2003 var de registrerte *Ceratium*-forekomstene lavere og blomstringskonsentrasjoner ble kun registrert i juni (maksimum 1 280 celler/l). Det forekommer også en del data fra 2001, men disse på langt nær fullstendige. Det kommer imidlertid fram at det dette året var en betydelig *Ceratium*-blomstring i perioden november-desember med maksimumsregistrering på 3 500 celler/l i desember.

En blomstring av dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* (maksimum 170 000 celler/l) ble registrert i august 2002. I 2003 blomstret *P. minimum* (maksimum 0,27 mill. celler/l) i perioden august-september med langt høyere forekomster på 1,5 m dyp enn på 5,5 m.

Kiselalger

Kiselalgerregistreringene viste en del variasjon de to årene og er derfor omtalt litt mer inngående.

2002

Kiselalgene forekom i lave konsentrasjoner fram til slutten av februar 2002 da *Skeletonema* begynte å bygge seg opp. I første halvdel av mars ble det registrert våroppblomstring av kiselalger (3,2 mill. celler/l) med *Skeletonema* (2,4 mill. celler/l) som dominerende art, men allerede i slutten av mars var blomstringen betydelig redusert. I slutten av april ble det registrert en ny kiselalgeblomstring som økte på utover i mai (2,5 mill. celler/l). Igjen var *Skeletonema* (2 mill. eller/l) mest framtrædende, men med *Leptocylindrus danicus* og *Pseudo-nitzschia* som viktige følgearter. Forekomstene av disse to artene økte utover i juni samtidig som forekomsten av *Skeletonema* ble redusert. I begynnelsen av juni var *L. danicus* mest framtrædende, men i slutten av juni og ut over i juli var det *Pseudo-nitzschia* som dominerte med innslag av *Dactyliosolen fragilissimus*, *Chaetoceros*, *Cerataulina pelagica* og *Skeletonema*. Videre utover i august avtok kiselalgeforekomstene og var lave resten av året fram til november-desember da *Pseudo-nitzschia* blomstret.

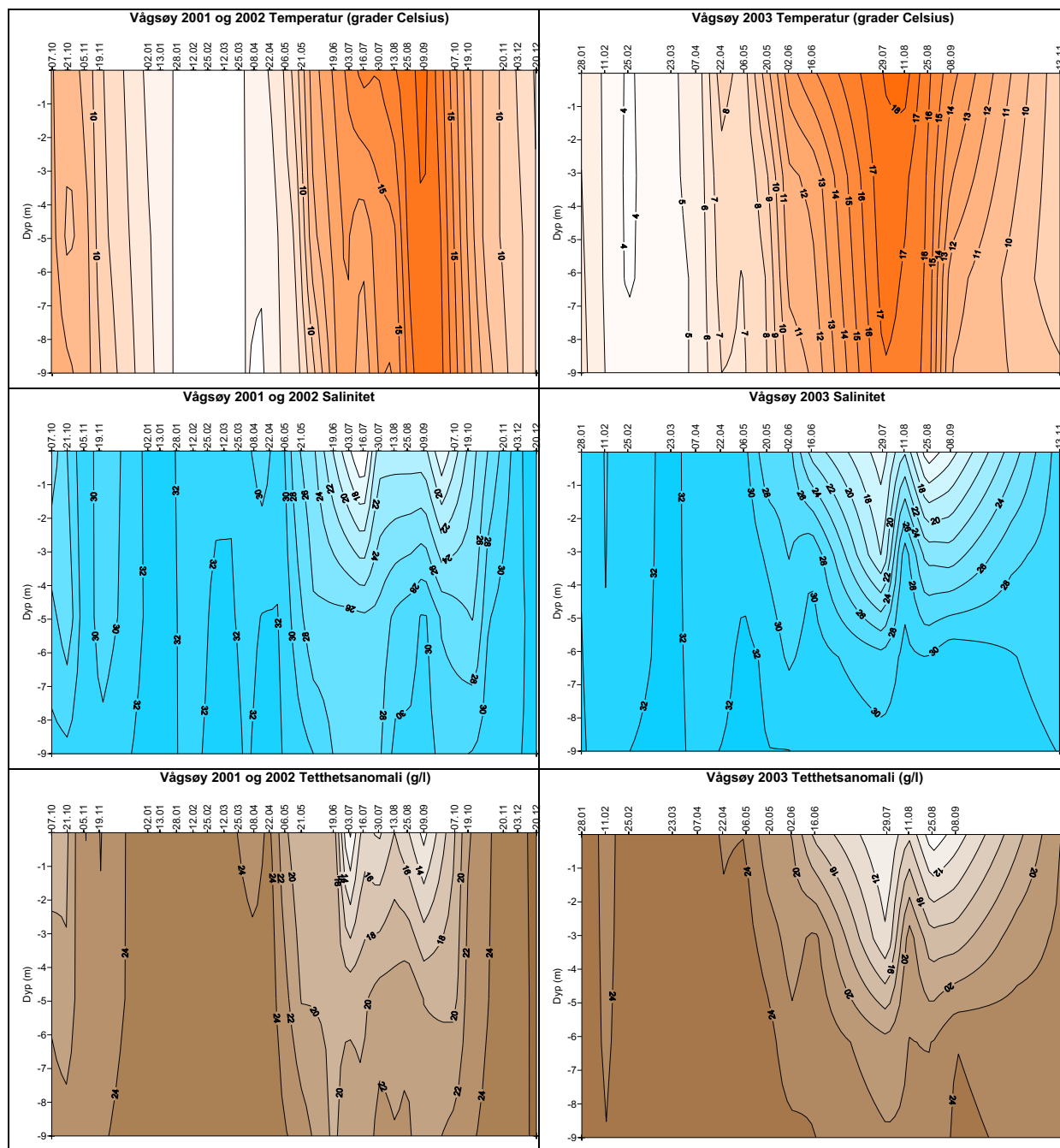
2003

I midten av mars 2003 ble det registrert full våroppblomstring med *Pseudo-nitzschia* (1,2 mill.celler/l) og *Skeletonema* (1,8 mill. celler/l) som de mest tallrike artene, men også *Thalassionema nitzschioides* og *Chaetoceros* var relativt tallrike. Våroppblomstringen var sterkt redusert allerede i slutten av mars, og i begynnelsen av april ble det registrert lite kiselalger. Forekomsten av *Skeletonema* økte igjen i slutten av april og var i full blomst (2,4 mill. celler/l) i begynnelsen av mai. Blomstringen fortsatte i redusert omfang utover i mai, juni og juli med innslag av *Chaetoceros* i første del av perioden. I juli begynte *Pseudo-nitzschia* igjen å gjøre seg gjeldende, og i slutten av juli ble det registrert en kraftig blomstring av denne arten med *Cerataulina pelagica* og *Dactylosolen fragilissimus* som følgearter. I august avtok forekomstene av *Pseudo-nitzschia* og *Ceratulina pelagica* (0,74 mill. celler/l) ble dominerende i første halvdel av måneden, mens *Chaetoceros* (maksimum 2,6 mill. celler/l) dominerte andre halvdel sammen med betydelige forekomster av *Ceratulina pelagica* og *Dactylosolen fragilissimus*. Også i begynnelsen av september var forekomstene av *Chaetoceros* høye, men avtok i siste halvdel av måneden. I oktober-november ble det på ny registrert en *Pseudo-nitzschia*-blomstring. Forekomstene av kiselalger var med unntak av november betydelig høyere på 1,5 m dyp enn på 5,5 m dyp. Generelt var det med få unntak i 2003 en sammenhengende kiselalgeblomstring fra våroppblomstringen startet i mars til siste innsamling i november.

4.5 Nakkeneset, Vågsøy

4.5.1 Hydrografi

På lokaliteten Nakkeneset på øya Vågsøy ytterst i Nordfjord er hydrografiske data tilgjengelige kun ned til 9 m dyp. Tetthetsanomliene viser begge årene en gjennomgående stabil sjiktning i de øvre 9 m fra mai til oktober (**Figur 25**) der redusert saltholdighet er en viktig faktor. Laveste registrerte saltholdighet på 1 m dyp de to årene var 14,7 i juli 2002 og 13,1 i august 2003. Når det gjelder temperatur, var det gjennomgående liten forskjell i temperatur fra 0 til 9 m dyp, noe de loddrette isopletene indikerer. En svak temperatursjiktning kunne imidlertid spores i juli-august 2002 og i juli-september 2003.



Figur 25. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Nakkeneset i Vågsøy i perioden 2001-2003.

Temperaturen økte fra mai og utover sommeren med maksimumstemperatur i august-september 2002 og i juli-august 2003. Maksimumstemperaturen på 1 m dyp i undersøkelsesperioden ble begge årene registrert i august med henholdsvis 18,5°C i slutten av august i 2002 og 18°C i begynnelsen av august 2003.

Oppvarmingsprosessen er avhengig av solinnstråling og lufttemperatur.

Videre utover høsten avtok temperaturen i de øvre 9 m suksessivt, men avkjølingen gikk senere i 2002 på grunn av et senere temperaturmaksimum, og temperaturen i slutten av november var på samme nivå som i slutten av mai. Vinterstid vil avkjøling av overflatelaget (**Figur 25**) og lav avrenning føre til at stabiliteten reduseres og en får en gjennomblending vannmassene med tilførsel av næringssalt fra dypere vannlag.

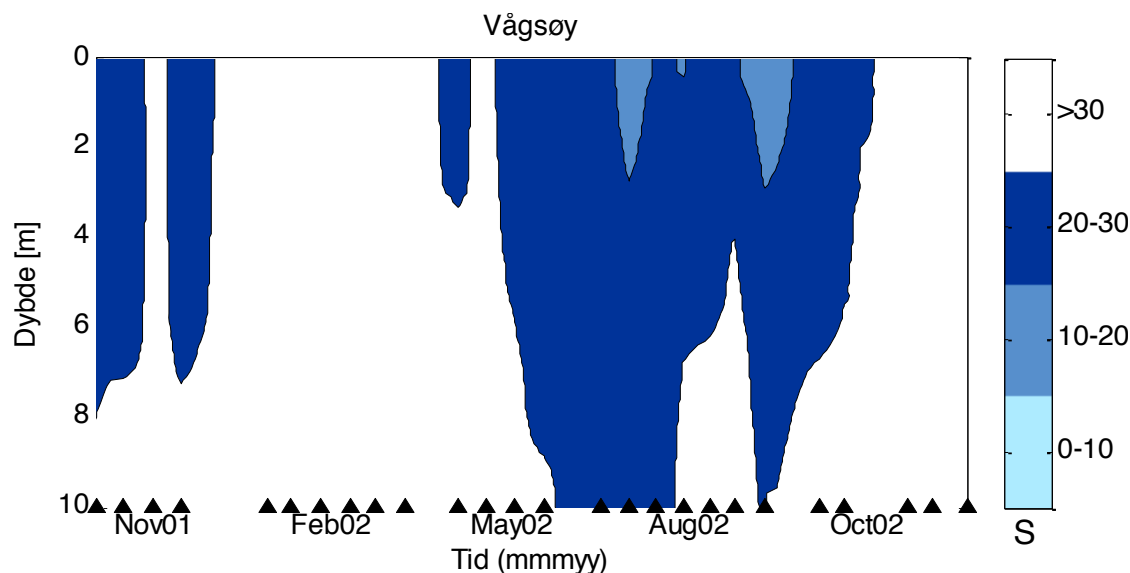
4.5.2 Brakkvannslag

Vågsøy har bortfall av brakkvann i vintermånedene (**Figur 26**), og her er det lite av det ferskeste brakkvannet. Det meste av brakkvannet har salinitet på 20-30. Dette skyldes nok at lokaliteten ligger lengre ytterskjærs og er mer utsatt for vær og vind. Elvepåvirkningen er heller ikke så stor utenfor de skjermede fjordområdene.

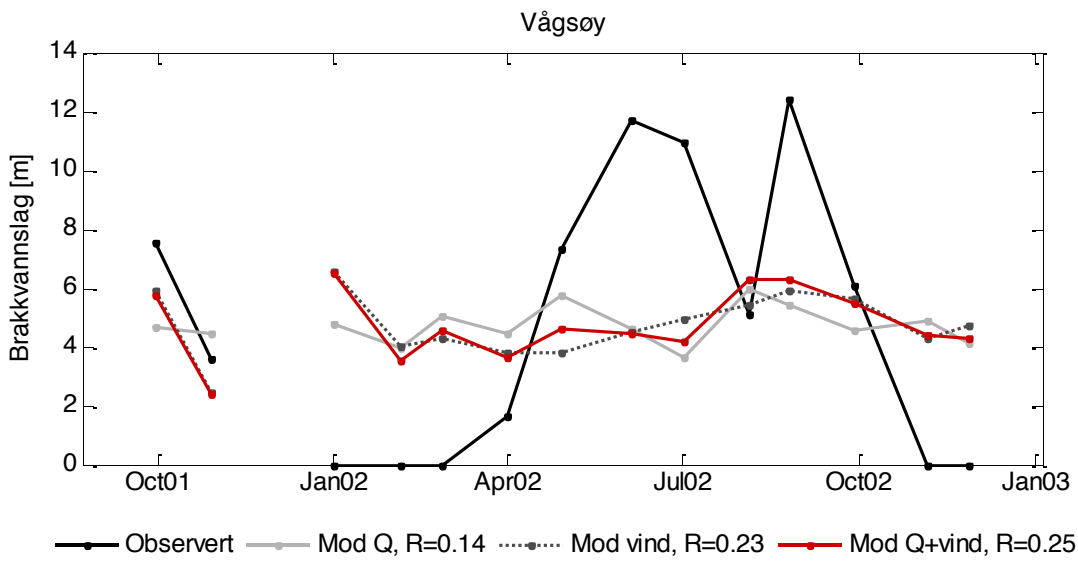
Modellresultatene for Vågsøy er ganske dårlige (**Figur 27**). Dette kan tyde på at det er andre faktorer slik som for eksempel havstrømmer som påvirker brakkvannet, eller at tidsoppløsningen er for grov til at de styrende mekanismene fanges opp.

4.5.3 Oksygen

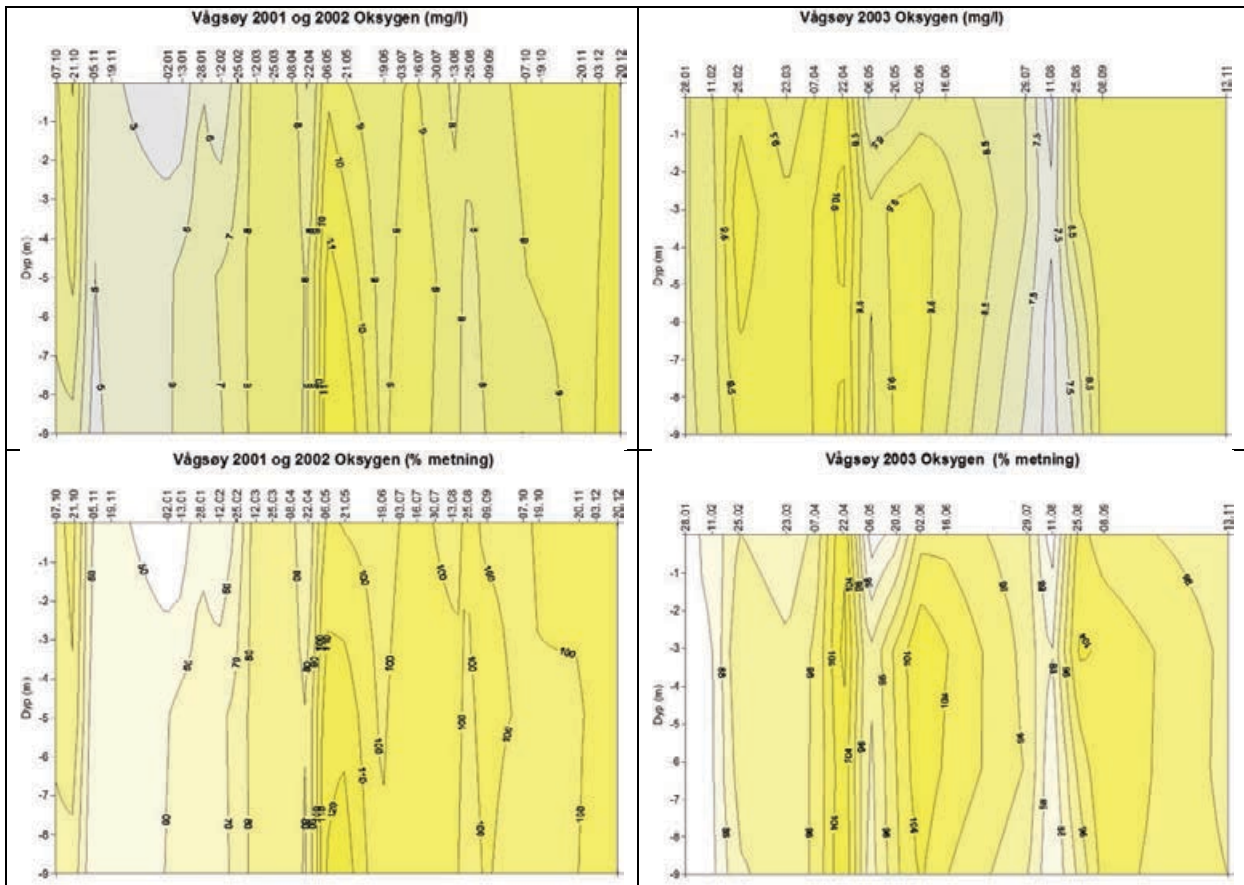
Også ved Nakkeneset viste oksygenmetningen en betydelig variasjon, og oksygenisopleter tyder på at våroppblomstringen i 2002 var fraværende med den kraftigste blomstringen i mai og jevnt med algeproduksjon utover sommeren og høsten (**Figur 28**). Dataene fra 2003 indikerer tre blomstringsperioder, første i april, neste i juni og siste i august-september og mindre algeproduksjon utover høsten enn året før.



Figur 26. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Vågsøy. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.



Figur 27. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).



Figur 28. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Nakkneset i Vågsøy i perioden 2001-2003.

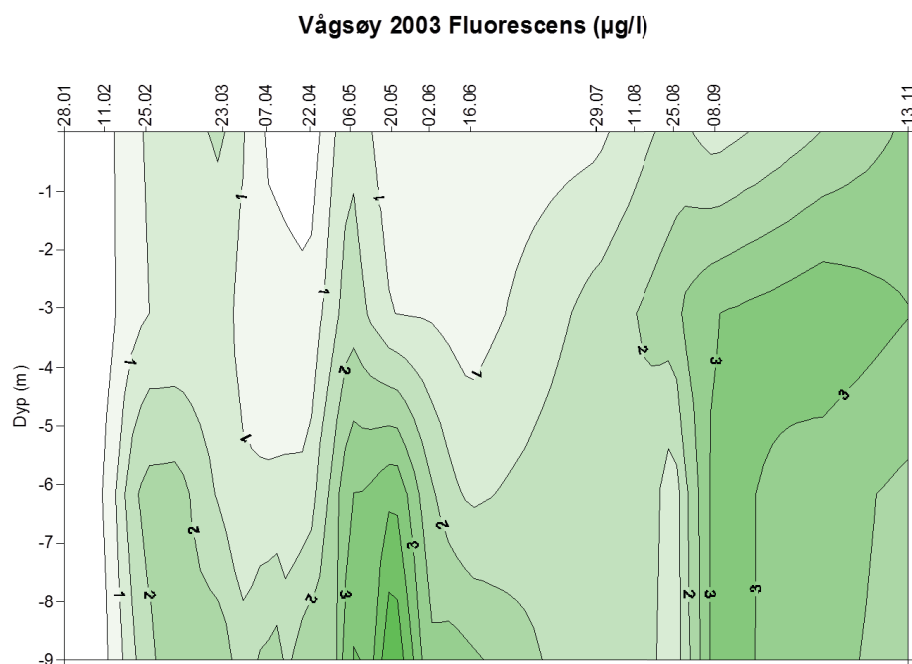
4.5.4 In-situ klorofyll a fluorescens

Figur 29 viser resultatene av sonde­målinger av in-situ klorofyll a fluorescens ved Nakkeneset.

Dersom man ser på forholdet mellom oksygen/oksygenmetning og in-situ klorofyll a fluorescens i 2003, ser det ut til å være en forskyvning på en måned mellom klorofyll a fluorescensstoppene og oksygenmetningstoppene. Klorofyll a fluorescensen var høyest under 5 m dyp med unntak av høstperioden.

På lokaliteten er det bare gjort en analyse av vertikal­fordeling av alger 11.08.03. Kiselalgeforekomstene var da betydelig høyere på 0,5 m dyp, og det var slekten *Pseudo-nitzschia* som dominerte. Klorofyll a fluorescensmålingene gir imidlertid høyere klorofyll a fluorescens dypere ned. Sammenligner man videre klorofyll a fluorescensmålingene med maksimumsforekomstene av alger som ble registrert 22.04.03 og 29.07.03, så gir ikke disse særlig høy klorofyll a fluorescens, mens blomstringen i mai gir høy klorofyll a fluorescens.

Som tidligere nevnt påvirkes in-situ klorofyll a fluorescensen spesielt nær overflaten av algenes fotosyntese. Profilene fra dagmålinger av in-situ klorofyll a fluorescens gir derfor liten sikker informasjon om vertikal­fordelingen av algebiomassen og om algebiomassens årsvariasjon.



Figur 29. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Nakkeneset i Vågsøy i 2003.

4.5.5 Toksinproduserende alger

For lokaliteten Vågsøy foreligger det resultater av algeanalyser og analyser av toksiner i blåskjell for perioden 2001-03.

Alexandrium

Prøvetakingen våren og sommeren 2001 var svært sporadisk (kun 3 innsamlinger i perioden februar-august) og ved disse innsamlingene ble ikke *Alexandrium* registrert. Eneste registrering av *Alexandrium* dette året ble gjort i slutten av september (200 celler/l).

I 2002 ble *Alexandrium* registrert i vannprøvene i begynnelsen av mars og ble registrert over faregrensenivå i slutten av mars (600 celler/l) (**Figur 30a**). Forekomsten avtok til under faregrensenivå i april. I juli ble *Alexandrium* registrert på nytt på et nivå (160 celler/l) like under faregrensen. Den forekom sporadisk også i september.

2003 ble det ikke gjort registreringer av *Alexandrium*.

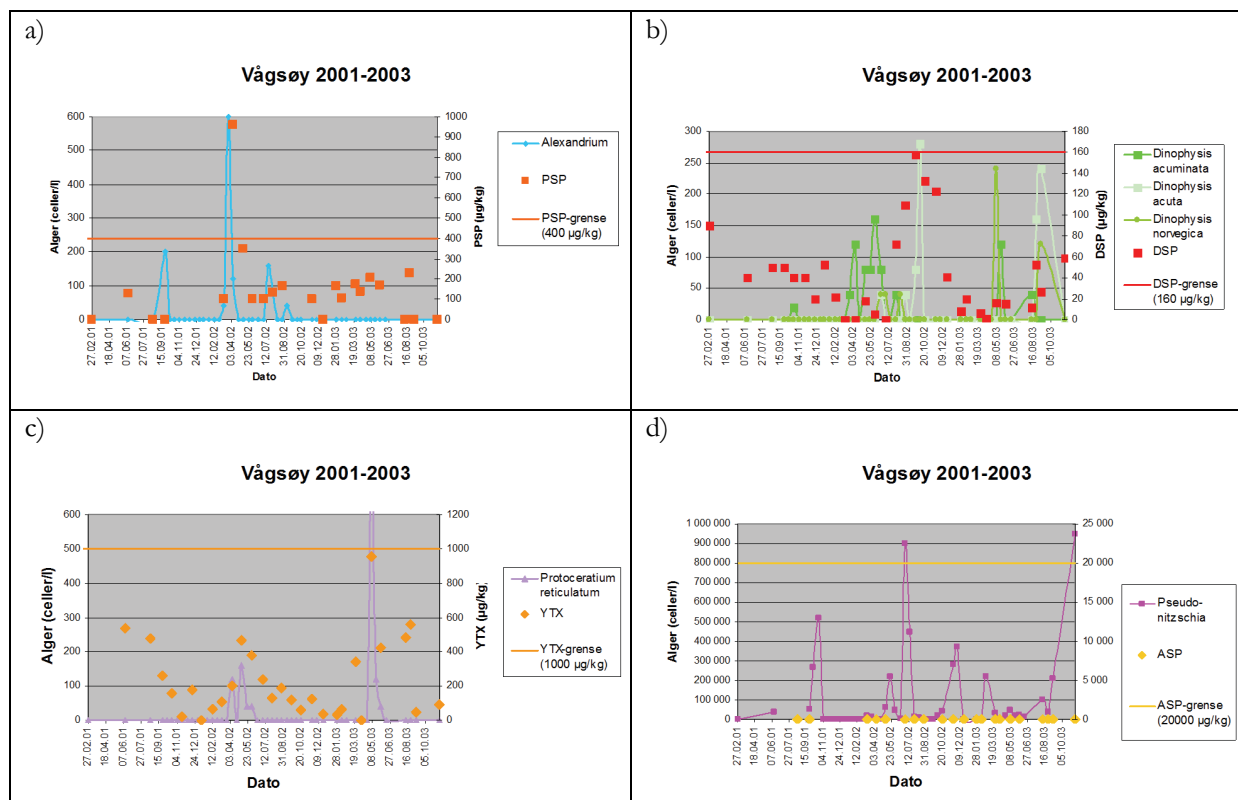
PSP

PSP ble registrert i skjell store deler av året, men stort sett under faregrensenivå (**Figur 30a**). Bare i ett tilfelle i begynnelsen av april 2002 lå PSP-nivået over faregrensen. Dette samsvarer godt med den relativt høye forekomsten av *Alexandrium* i slutten av mars dette året.

Dinophysis

Forekomstene av *Dinophysis* var i 2002 kun et problem ved ett tilfelle da *D. acuta* hadde forekomst over faregrensenivå i oktober etter å ha blitt registrert i lave konsentrasjoner i juni, august og september (**Figur 30b**). Ellers ble det registrert lave forekomster av *D. acuminata* i perioden mars-juli, mens *D. norvegica* ble sporadisk registrert i perioden juni-august.

I 2003 ble det registrert sporadiske forekomster av *D. norvegica* og *D. acuminata* og alle var under faregrensenivå (**Figur 30b**). I slutten av august ble *D. acuta* registrert opp mot faregrensen, og i begynnelsen av september passerte den faregrensen da den forekom i et antall på 240 celler/l. Neste prøvetaking var i midten av november, og det er derfor ukjent hvordan utviklingen av *Dinophysis*-artene var i perioden mellom starten av september og fram til midten av november.



Figur 30. Forekomster av følgende alger i perioden 2001-2003: a) *Alexandrium tamarense*, b) *Dinophysis*, c) *Protoceratium reticulatum* og d) *Pseudo-nitzschia* på lokaliteten Nakkeneset i Vågsøy.

DSP

DSP ble registrert i skjell nesten hele gjennom hele året, men konsentrasjonene lå under faregrensen (**Figur 30b**). I slutten av september 2002 ble imidlertid DSP registrert på et nivå helt opp under faregrensen og var da assosiert med forekomst av *Dinophysis acuta*.

Protoceratium reticulatum

Protoceratium reticulatum ble i 2002 registrert i lav konsentrasjon i perioden april-mai (**Figur 30c**). I 2003 ble den registrert i mai med maksimumskonsentrasjon på 720 celler/l, dvs. godt under faregrensen på 1.000 celler/l.

YTX

Også YTX ble registrert i skjell stort sett hele året, men konsentrasjonene lå under faregrensen. Kun i ett tilfelle, mai 2003, lå nivået like under faregrensen (**Figur 30c**). Dette samsvarer med de registrerte forekomstene av *Protoceratium reticulatum*.

Pseudo-nitzschia

Pseudo-nitzschia ble registrert gjennom mesteparten av året. Det finnes et begrenset tallmateriale fra 2001, men en blomstring (maksimum 0,52 mill. celler/l) ble registrert dette året i oktober (**Figur 30d**). I 2002 ble en liten blomstring (0,22 mill. celler/l) registrert i slutten av mai, mens en kraftigere blomstring (0,9 mill. celler/l) fant sted i første halvdel av juli. Kun lave konsentrasjoner ble registrert fram til oktober da en ny blomstringsperiode startet med høyeste konsentrasjon (0,37 mill. celler/l) i begynnelsen av desember. I 2003 ble det bare en liten blomstring (0,22 mill. celler/l) registrert i slutten av februar, mens den kraftigste blomstringen (0,95 mill. celler/l) i perioden 2001-2003 ble målt i midten av november.

ASP

ASP ble ikke påvist (**Figur 30d**).

4.5.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Prøvetakingen for analyser av toksinproduserende alger og algetoksiner startet i slutten av februar 2001 og varte til midten av november 2003. For *Alexandrium* viste analyseresultatene kun sporadisk forekomst i 2001, mens den forekom i vannmassene gjennom hele perioden fra 2002 til 2003 forekom. Den forekom imidlertid kun en gang i mars 2002 over faregrensenivå og like i etterkant av denne registreringen ble PSP målt til over faregrensenivå. I hele 2003 ble det målt PSP under faregrensenivå i skjellene uten at det ble registrert *Alexandrium* i vannprøvene. *Dinophysis acuminata* og *D. norvegica* forekommer periodevis både vår, sommer og høst, men det er under blomstringer av *D. acuta* at DSP-nivået i skjellene øker. I 2002-2003 økte konsentrasjonen av *D. acuta* opp mot faregrensenivå, og begge gangene førte dette til økende DSP-konsentrasjoner i skjell. YTX ble funnet under grenseverdi i skjellene alle tre år med de høyeste konsentrasjonene innen perioden mai-august. Høy YTX-konsentrasjon i mai 2003 samsvarte med høy konsentrasjon av *Protoceratium reticulatum*. *Pseudo-nitzschia* ble registrert i konsentrasjoner opp mot 1 million celler/liter uten at ASP ble registrert.

4.5.7 Andre alger

Andre alger er ikke talt systematisk i prøvene fra Nakkeneset, men dominerende arter og konsentrasjonene som disse forekommer i, er notert for perioden september 2001 til november 2003.

Kiselalger

For de to årene som det foreligger data fra våroppblomstringen fra, var *Skeletonema* dominerende kiselalge i 2002. I 2003 var bildet litt annerledes med større artsdiversitet hvor ulike *Thalassiosira*-, *Chaetoceros*- og *Pseudo-nitzschia*-arter og *Thalassionema nitzschioides* bidro mest til algebiomassen, men også da med *Skeletonema* som den dominerende arten. Om sommeren og høsten i 2002 og 2003 var kiselalgesamfunnet preget av ulike *Chaetoceros*- og *Pseudo-nitzschia*-arter, mens det i september 2001 var *Skeletonema* som dominerte.

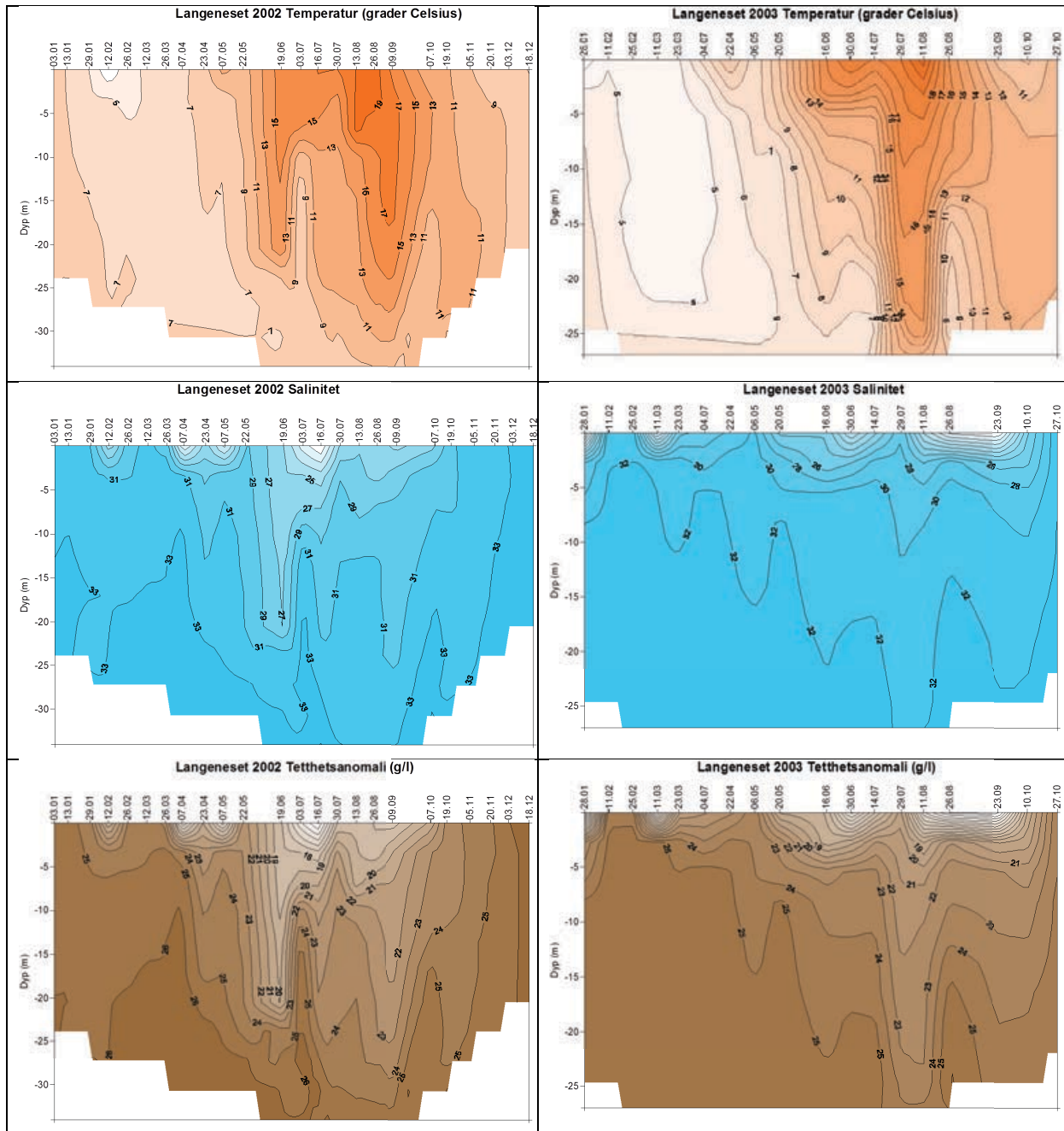
Andre

I 2002 forekom dinoflagellaten *Prorocentrum minimum* fra slutten av juli og fram til midten av oktober da den hadde sin høyeste konsentrasjon med 53.800 celler/l. Av andre arter kan det nevnes at det under våroppblomstringen i 2003 var betydelige forekomster av den kolonidannende haptophycean *Phaeocystis pouchetii*.

4.6 Langeneset, Flora

4.6.1 Hydrografi

Ved Langeneset inne i Høydalsfjorden sørøst for Flora viser tetthetsanomaliene både for 2002 og 2003 flere perioder med sjiktning i den øvre delen av vannsøylen (**Figur 31**). Det er sjiktninger over korte perioder vinterstid og lengre perioder gjennom sommeren og høsten med variasjoner fra det ene året til det andre. I 2003 forekom det en lengre periode fra august til begynnelsen av oktober hvor sjiktningen i overflatelaget var sterk med saltholdighet under 15 i den øvre meteren. Lav temperatur og liten

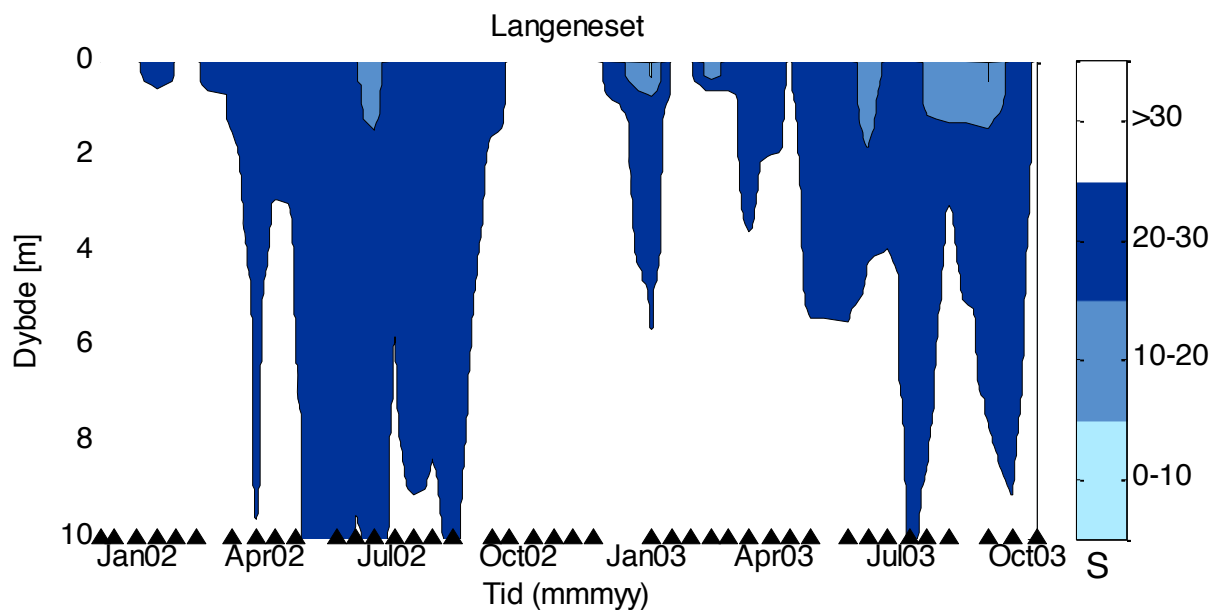


Figur 31. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Langeneset ved Flora i perioden 2001-2003.

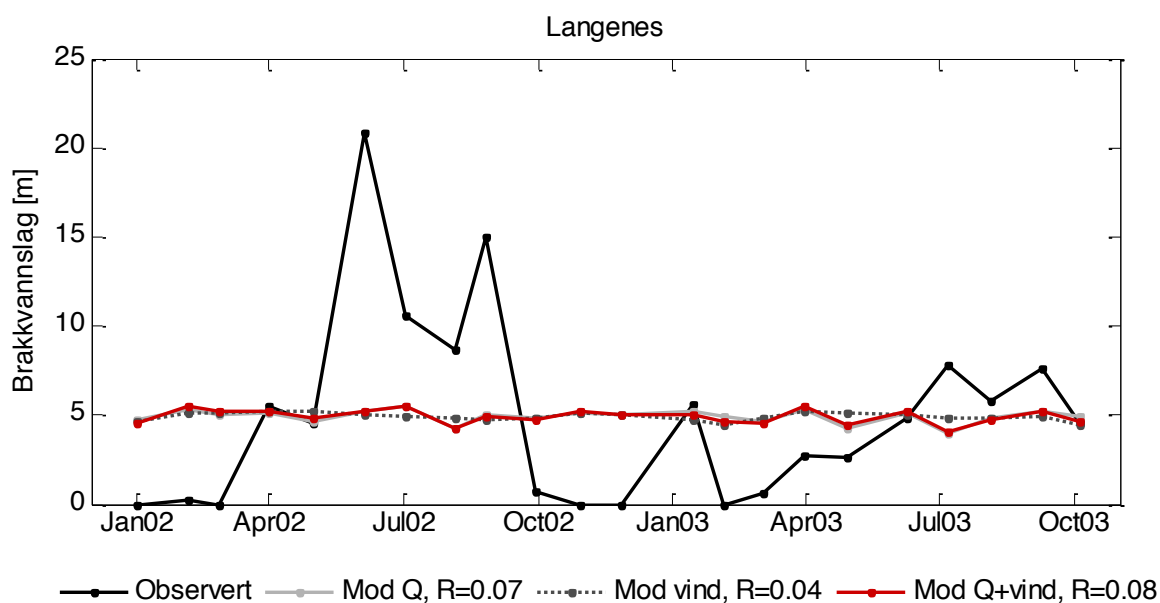
ferskvannstilførsel medfører at omrøringen ser ut til å skje i de øvre 20-30 meterne i februar-mars. Høyest temperatur ble begge årene registrert i august og da med temperaturer over 15 °C helt ned til 20 meters dyp.

4.6.2 Brakkvannslag

I likhet med Vågsøy ligger Langeneset yttskjærs. Også her er det lite brakkvann med lav saltholdighet (**Figur 32**), og modellene har liten eller ingen sammenheng med observasjonene ($R=0,08$ og $RMS=5,23m$) (**Figur 33**).



Figur 32. Utviklingen av brakkvannslagets dybde ved Langeneset. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.



Figur 33. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

4.6.3 Strøm

Strømmålinger ble utført på lokaliteten Langeneset i Flora kommune i perioden fra 8.8.2003 til 30.9.2003. Målingene på 1 m dyp viste ensrettede strømforhold med strøm mot sørøst og nordvest som de dominerende retningene. Den gjennomsnittlige strømstyrken var middels god (3,1 cm/s) (**Tabell 7**).

Målingene viste et mer rotet bilde på 5 m dyp, men de dominerende strømretninger var tydelige mot sørøst og nordvest. Den gjennomsnittlige strømstyrken var relativt lav (2,4 cm/s).

Også på 10 m dyp var den gjennomsnittlige strømstyrken relativt lav (2,3 cm/s), og den relativt ensrettede nettostrømmen gikk mot sørøst. Den kraftigste strømstyrken på 20,2 cm/s ble målt på dette dypet.

Generelt kan det sies at strømforholdene på denne lokaliteten var middels god til relativt svak, og strømretningen vekslet mellom nordvest og sørøst. Strømvekslingene kunne ikke knyttes direkte til variasjonene i tidevannet slik at strømretningen i dette området synes å være mer styrt av værforholdene i kombinasjon med vannføringen i Osvassdraget og de topografiske forholdene.

Tabell 7. Strømshastighet og strømretning ved lokaliteten Langeneset i Flora i august og september i 2003.

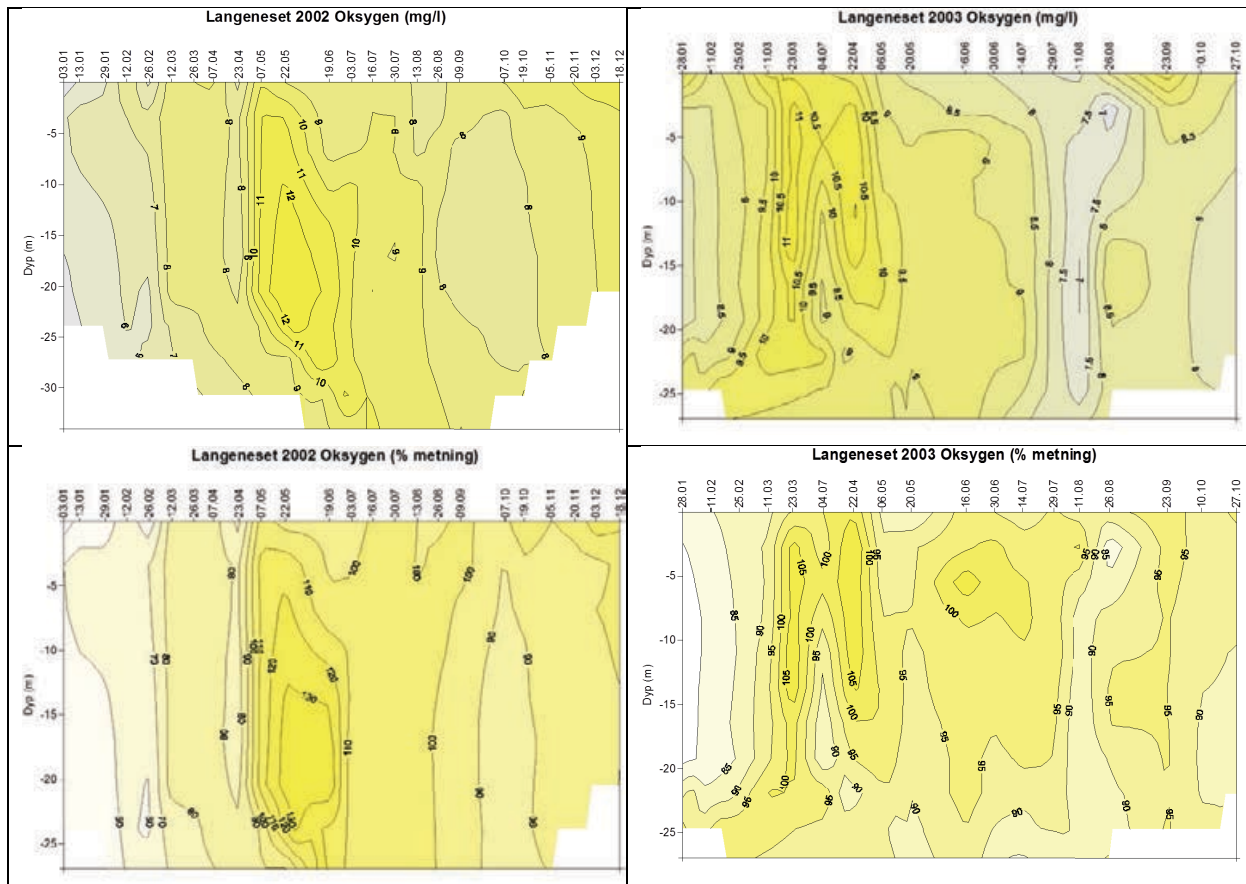
Dyp	Strømshastighet, cm/s				Strømretning	
	Minimum	Middels	Maksimum	Total varians, (cm/s) ²	Hyppigst	Fluks
1 m	0,0	3,1	17,8	6,684	NV/SØ	V
5 m	0,0	2,4	19,6	4,771	NV/SØ	V/NV
10 m	0,0	2,3	20,2	3,959	SØ	S/SØ

4.6.4 Oksygen

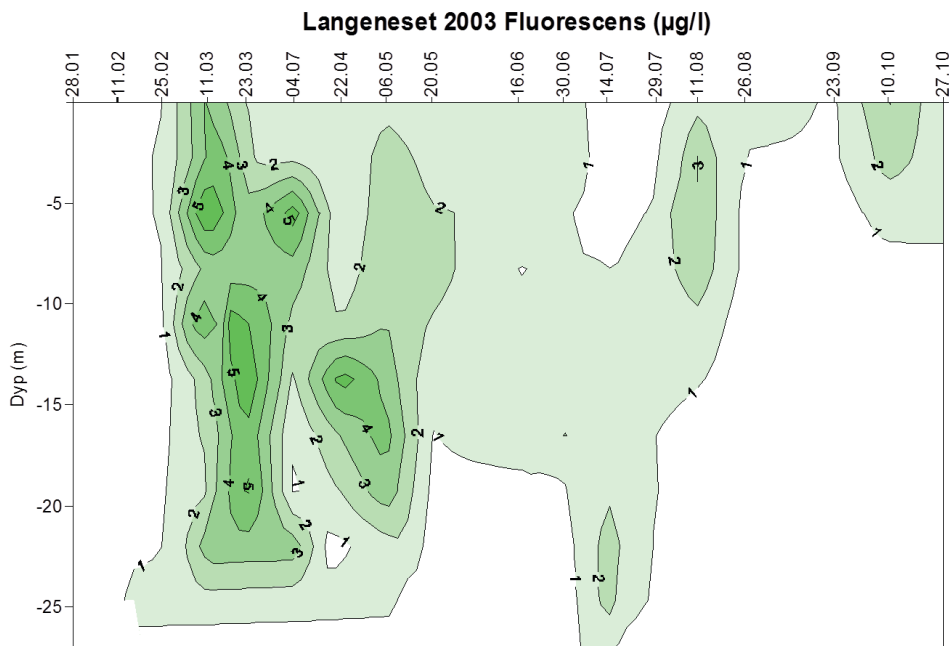
Stor variasjon i oksygenmetningen ble målt ved Langeneset (**Figur 34**). Oksygenisopletene viser at i 2002 ble det ikke registrert noen våroppblomstring, men i mai-juni var det høy produksjon spesielt nede på 15-20 meters dyp. Videre utover sommeren og høsten var algeproduksjonen god. Dataene fra 2003 indikerer tre blomstringsperioder henholdsvis i april, juni og august-september, og algeproduksjon utover høsten 2003 var lavere enn året før.

4.6.5 In-situ klorofyll a fluorescens

Resultatene av klorofyll a fluorescensmålingene i 2003 ved bruk av sonde er vist i **Figur 35**. Målingene viser relativt høye verdier i vannsjiktet fra 5-15 meter i perioden mars-april, og dette stemmer godt overens med høy prosentvis oksygenmetning i dette vannsjiktet i samme periode (jfr. **Figur 34**). Også i juni-juli var oksygenmetningen høy (over 100 %) i vannsjiktet mellom 4 og 9 meter – noe som tilsier høy primærproduksjonsaktivitet, men dette gjenspeiles ikke i klorofyll a fluorescensmålingene.



Figur 34. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Langeneset ved Flora i perioden 2002-2003.



Figur 35. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Langeneset ved Flora i 2003.

4.6.6 Toksinproduserende alger

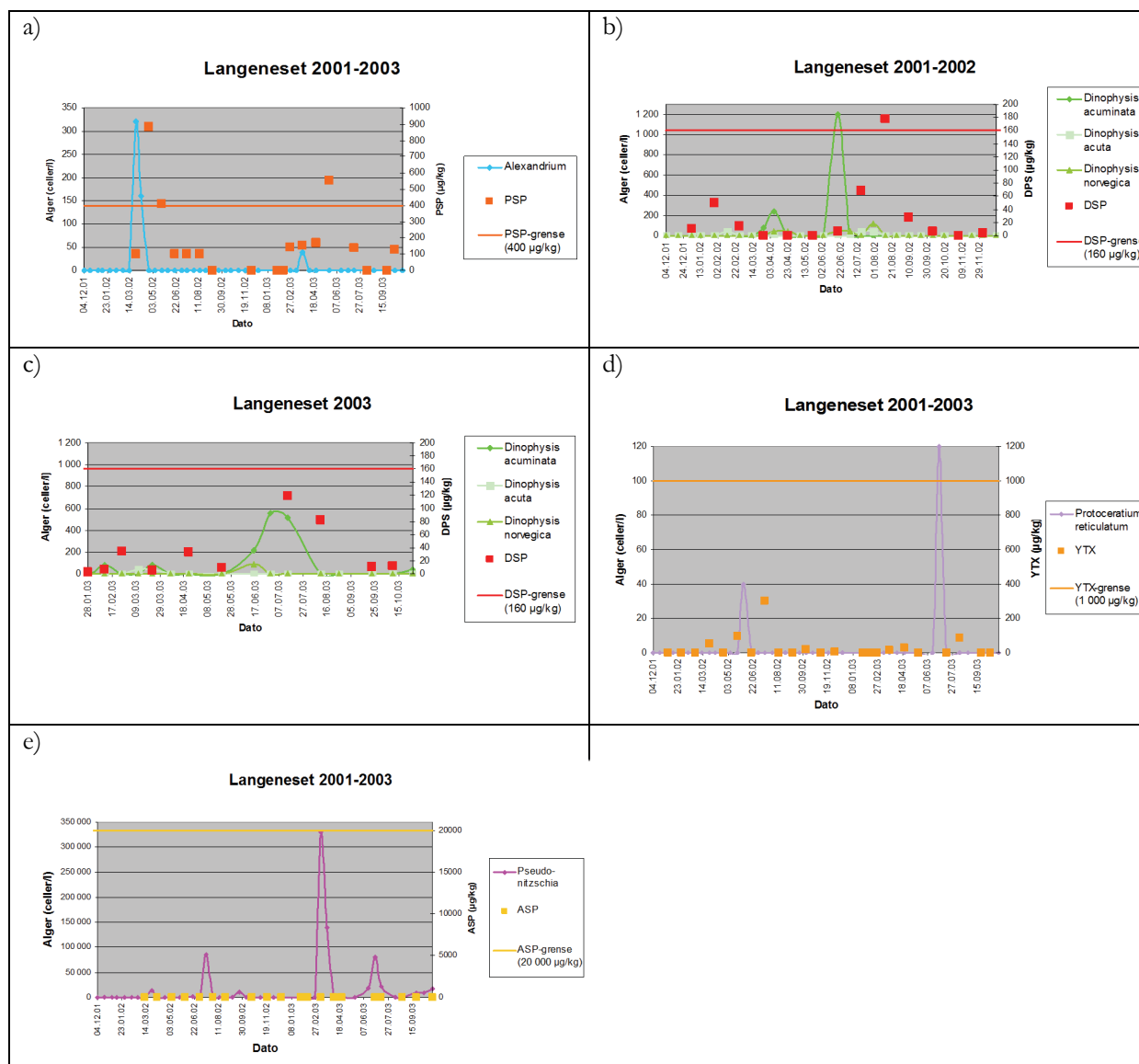
Resultatene av algetellinger fra Langeneset er basert på standard innsamlede prøver, dvs. integrerte vannprøver fra 0-10 m innsamlet i perioden fra desember 2001 til oktober 2003.

Alexandrium

I 2002 ble *Alexandrium* registrert i slutten av mars (320 celler/l) og i begynnelsen av april (160 celler/l) (**Figur 36a**) og i mars var registreringen over faregrensenivå. Året etter ble *Alexandrium* kun registrert ved en innsamling i slutten av mars med 40 celler/liter. Dermed var registreringene om våren 2002 den eneste episoden i undersøkelsesperioden ved Langeneset hvor *Alexandrium* ble registrert over faregrensenivå (200 celler/liter).

PSP

Blomstringen av *Alexandrium* i månedsskiftet mars-april 2002 førte til PSP over faregrensenivået i skjellene fra slutten av april til slutten av mai, mens for resten av året var det lave PSP-konsentrasjoner (**Figur 36a**).



Figur 36. Forekomster av a) *Alexandrium tamarense* i 2001-2003, b) *Dinophysis* i 2001-2002 og c) 2003, d) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og d) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Langeneset i Førde.

Også i 2003 ble det PSP målt over faregrensenivå i slutten av mai, mens de resterende målingene dette året var under faregrensen.

Dinophysis

Av *Dinophysis*-artene var det kun *D. acuminata* som hadde blomstringer ved Langeneset i perioden 2002-2003 (**Figur 36b** og c). I månedsskiftet mars-april 2002 var det lave forekomster av algen, mens i midten av juni 2002 var det en kraftigere, men kortvarig blomstring med 1.200 celler per liter. I 2003 var det sporadiske, lave forekomster om våren, mens det var en liten blomstring (200-560 celler/l) fra midten av juli til midten av august.

D. acuta og *D. norvegica* ble funnet sporadisk, men kun i lave konsentrasjoner gjennom hele perioden.

DSP

DSP i lave konsentrasjoner ble registrert i skjellene både våren 2002 og 2003 (**Figur 36b** og c). Uten at noen *Dinophysis*-blomstringer ble registrert sommeren 2002 ble DSP funnet i skjell over faregrensenivå i midten av august ca. 2 måneder etter blomstring av *D. acuminata* og uten blomstring av *D. acuta* som på andre lokaliteter har vært ansett som den potensielle DSP-produsenten. Også i 2003 ble de høyeste DSP-konsentrasjonene i skjell funnet i etterkant av en mindre blomstring av *D. acuminata*.

***Protoceratium reticulatum* og YTX**

Ved Langeneset ble *Protoceratium reticulatum* registrert kun ved to anledninger – den ene 3. juni 2012 og den andre 30. juni 2013 – og begge gangene i lave konsentrasjoner (**Figur 36d**). I forbindelse med begge forekomstene av *P. reticulatum* ble det registrert et økt YTX-nivå i skjellene, men konsentrasjonene var langt under faregrensenivå.

***Pseudo-nitzschia* og PSP**

De høyeste konsentrasjonene av *Pseudo-nitzschia* ble registrert i mars 2013 (maks. 330.000 celler/l), men hadde ellers en liten blomstring i midten av juli 2012 og en i månedsskiftet juni-juli 2013 (**Figur 36e**). Ingen av disse blomstringene ga ASP i skjellene.

4.6.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Mengdene av toksinproduserende alger og algetoksiner ble fulgt fra desember 2001 til og med oktober 2003. Resultatene viste en blomstring av *Alexandrium* i månedsskiftet mars-april 2002 med etterfølgende PSP i skjellene hvor PSP-nivået var over grenseverdien. Også i 2003 ble det over en periode fra slutten av februar til midten av juli målt PSP i skjellene hvor en av målingene var over grenseverdi, men for hele denne perioden ble *Alexandrium* kun funnet en gang i lav konsentrasjon (40 celler/l). DSP ble sommeren 2002 funnet en gang over faregrensenivå og sommeren 2003 økte også DSP-nivået i skjellene. Ved begge anledningene ble økningen av DSP i skjellene målt i etterkant av blomstringer av *D. acuminata*. *Protoceratium reticulatum* ble registrert ved to anledninger i innsamlingsperioden og kun lave konsentrasjoner av YTX ble målt. *Pseudo-nitzschia* hadde tre moderate blomstringsperioder uten at ASP ble målt i skjell.

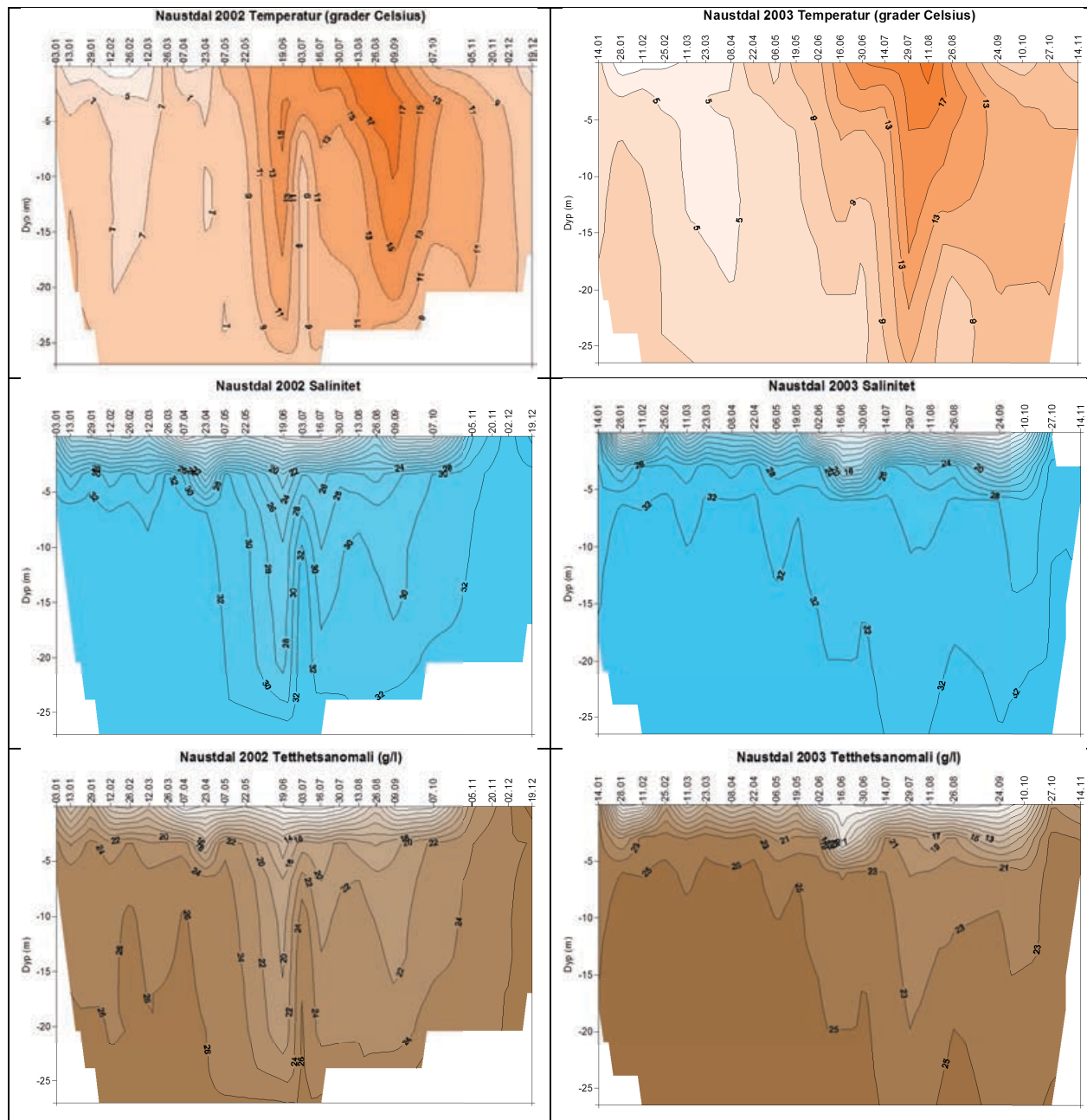
4.6.8 Andre alger

Det foreligger for få resultater av telling av andre alger fra Langeneset til at disse kan gjennomgås systematisk.

4.7 Naustdal, Førdefjorden

4.7.1 Hydrografi

Fra Naustdal i Førdefjorden eksisterer det hydrografidata fra 2002 og 2003 og tetthetsanomaliene viser at i store deler av året er vannet sterkt sjiktet. Sjiktingen er et resultat av store ferskvannstilførsler til fjordområdet, og dette fører til et 3-4 (5) meter tykt overflatelag med betydelig lavere tetthet med unntak av de 1-2 siste månedene i året hvor overflatevannet har betydelig høyere salinitet (**Figur 37**). Den sterke sjiktingen kan hindre omrøring som inkluderer det øvre overflatelaget. Tidlig i desember 2002 viser tetthetsanomaliene at det sannsynligvis har skjedd en omrøring som har inkludert hele vannsøylen.

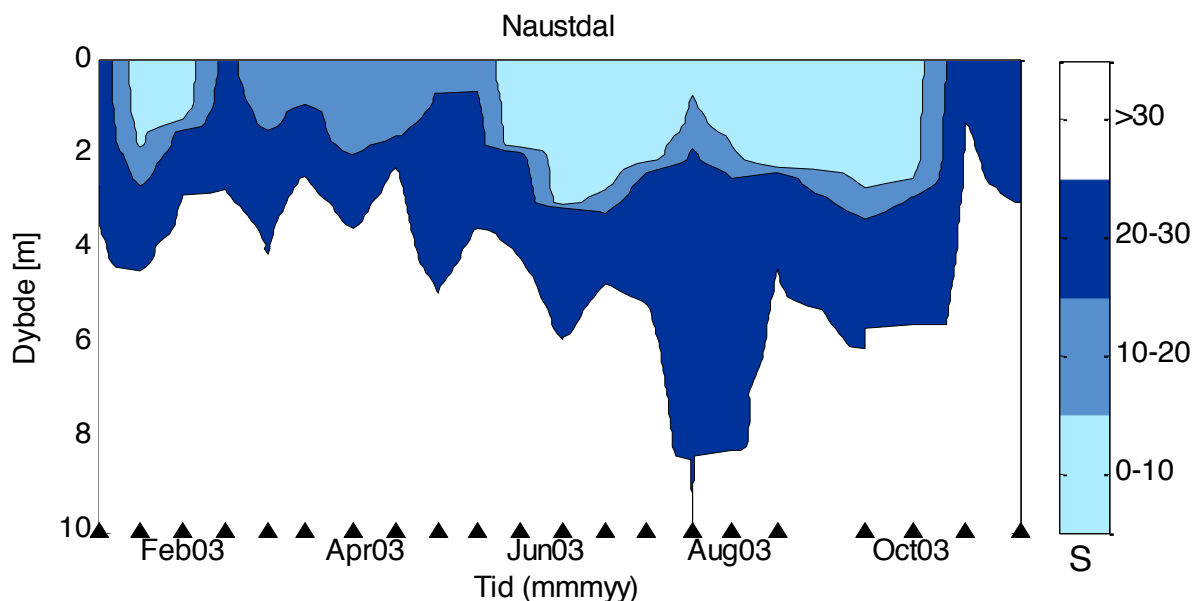


Figur 37. Temperatur, salinitet og tetthetsanomalier på lokaliteten Naustdal i Førdefjorden i perioden 2002-2003.

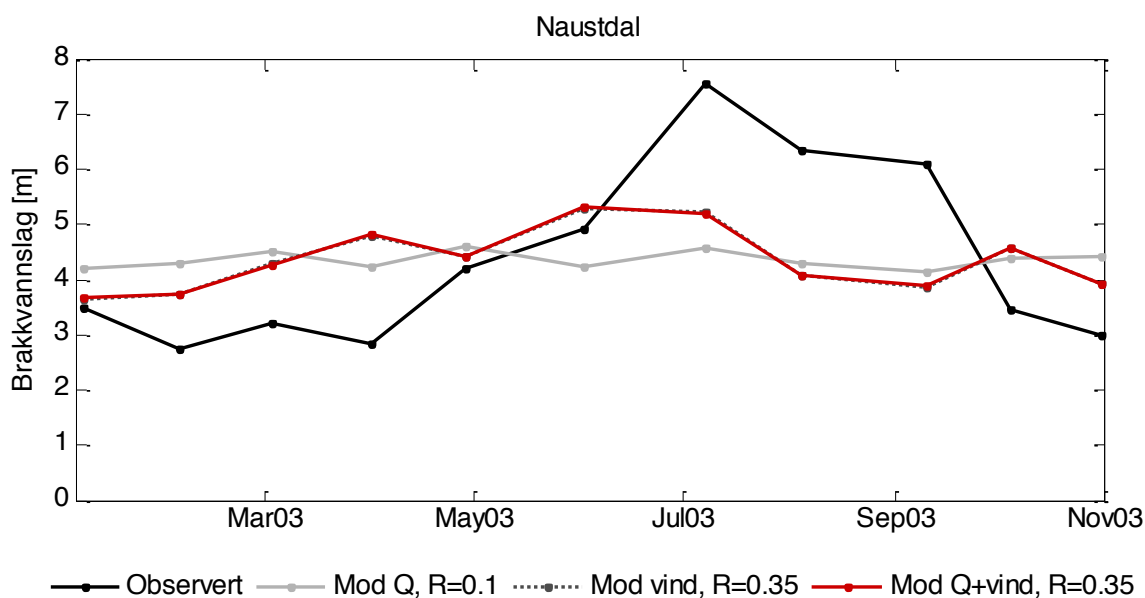
4.7.2 Brakkvannslag

Naustdal ligger innerst i Førdefjorden. Her er det brakkvannslag hele året (**Figur 38**), og i perioder er vannet rimelig ferskt ($S < 10$). Det er kun én måledato hvor brakkvannsdybden er registrert til mindre enn 2 m.

Figur 39 viser at elveavrenning har lite å si for brakkvannsdybden, mens vinden har litt større betydning. Modellen er likevel ikke spesielt god, og korrelasjonen er under 0,4. RMS-feilen her er relativt liten i forhold til flere av de andre lokalitetene ($RMS = 1,47\text{m}$), men dette skyldes nok at brakkvannsdybden varierer mindre ved Naustdal.



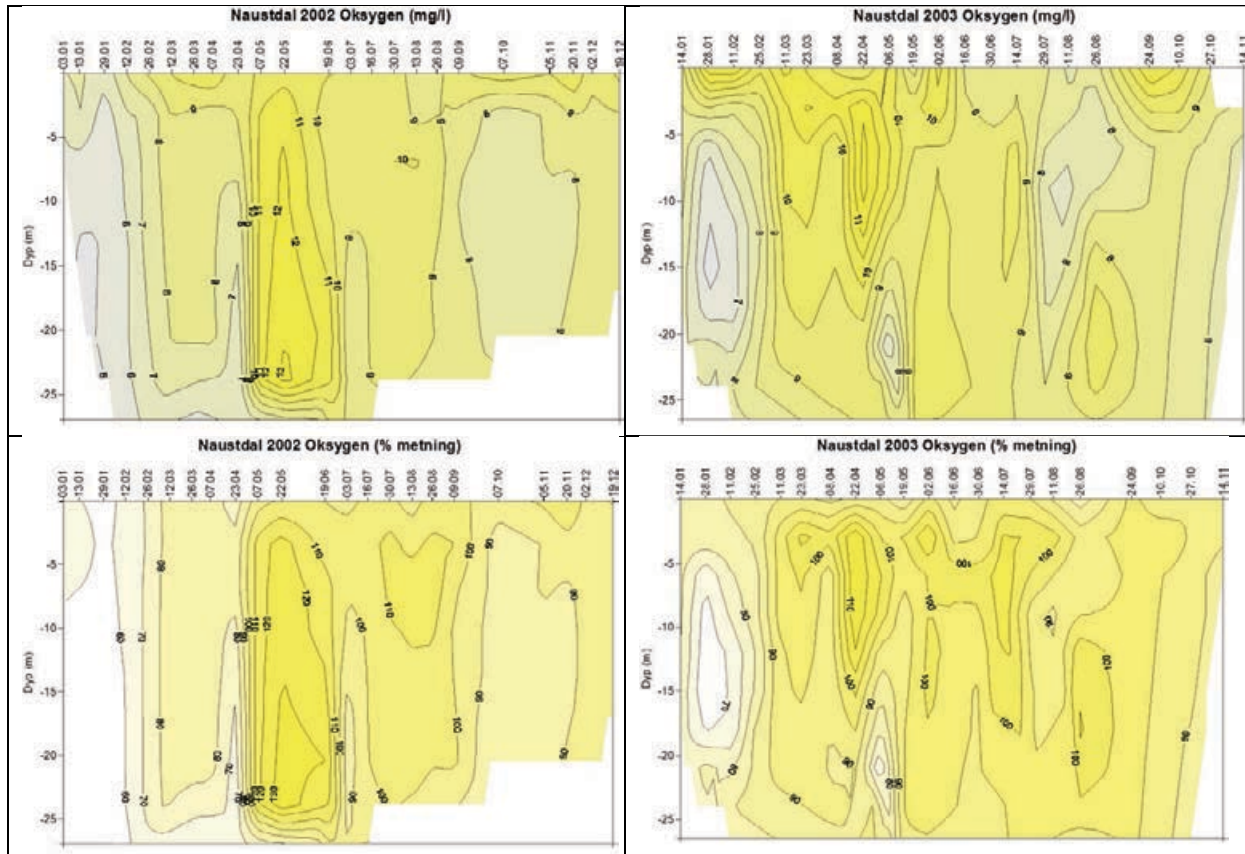
Figur 38. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Naustdal. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.



Figur 39. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

4.7.3 Oksygen

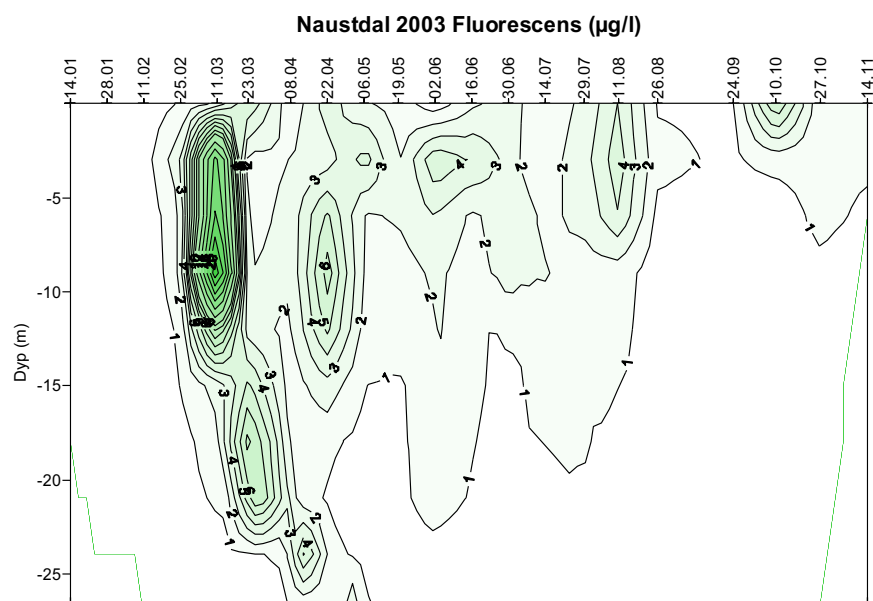
Oksygenmålingene ved Naustdal viser store variasjoner gjennom året både når det gjelder konsentrasjoner og metning (**Figur 40**). I 2002 ble høyeste oksygenmetning målt på ca. 20 m dyp i siste halvdel av mai med over 130% metning som indikerer et kraftig blomstringsperiode, mens det i månedsskiftet januar-februar var under 60% metning. Lav oksygenmetning (<70%) ble målt på samme tid i 2003 som i 2002. Oksygenmålingene fra 2003 indikerer flere algeblomstringsperioder med spesielt høy produksjon i siste halvdel av april og i perioden fra månedsskiftet mai-juni og fram til midten av juli.



Figur 40. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Naustdal i Førdefjorden i perioden 2002-2003.

4.7.4 In-situ klorofyll a fluorescens

Resultatet av klorofyll a fluorescens-målinger i 2003 ved bruk av sonde på lokaliteten Naustdal i Førdefjorden er vist i **Figur 41**. Svært høy klorofyll a fluorescens 11. mars faller sammen med full våroppblomstring av kiselalger, og blomstringen strekker seg vertikalt nesten fra overflaten og ned til 13-14 meter med maksimum klorofyll a fluorescens mellom 7 og 9 meter. Blomstringen har tydeligvis ikke pågått lenge fordi algene synes å ha et høyt innhold av klorofyll a, men oksygenkonsentrasjonene i vannsøylen er kun i en oppbyggingsfase på dette tidspunktet (jfr. **Figur 40**). 14 dager senere sees maksimal klorofyll a fluorescens nede på rundt 20 meters dyp, og det tyder på at våroppblomstringen er i ferd med å synke ut av den eufotiske delen av vannsøylen. I slutten av april sees en ny klorofyll a fluorescensstopp på 5-15 m dyp, og denne sees igjen på oksygenmetningen som er over 110% i samme dybdeområde på dette tidspunktet. Videre utover året er det ytterligere 3 klorofyll a fluorescensstopper – den første i begynnelsen av juni og den siste i første halvdel av oktober.



Figur 41. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Naustdal i Førdefjorden 2003.

4.7.5 Toksinproduserende alger

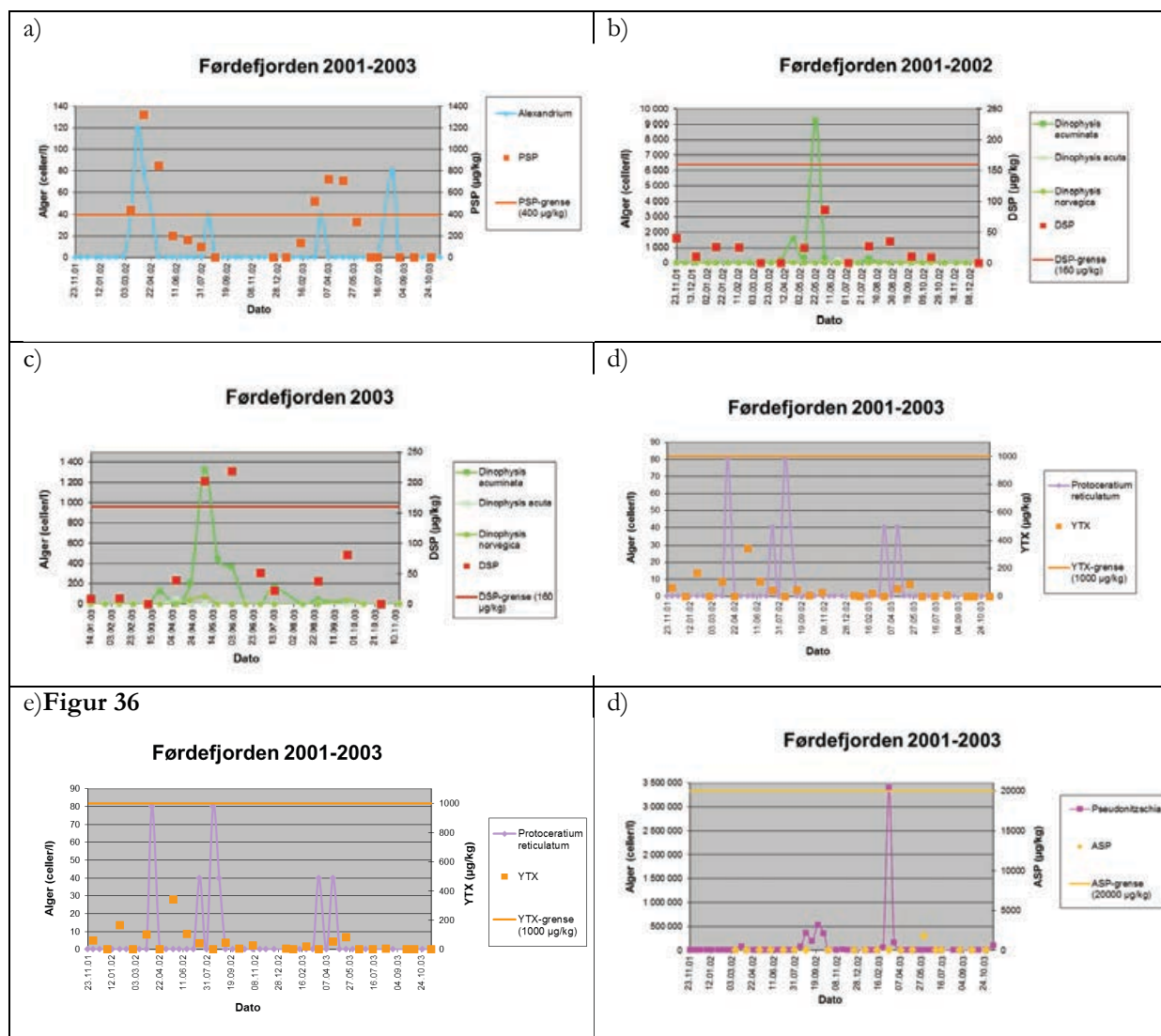
Ved Naustdal i Førdefjorden er det kun analysert alger fra standard innsamlede, dvs. blandprøver fra 0-10 m med dekning fra november 2001 til november 2003.

Alexandrium og PSP

Analysene av *Alexandrium* ved Naustdal viser et klart mønster med lave forekomster begge årene i mars-april (maks. 120 celler/l) og sporadiske forekomster i juli-august. Forekomstene i mars-april gir PSP-konsentrasjoner godt over faregrensenivå, mens juli-august-forekomstene ikke gir opphoping av PSP i skjellene (**Figur 42a**).

Dinophysis og DSP

Blant *Dinophysis*-artene var det kun *D. acuminata* som hadde blomstringer i perioden 2002-2003 (**Figur 42b** og c). I 2002 blomstret den fra april til begynnelsen av juni med en registrert maksimumskonsentrasjon 22. mai på 9 240 celler/l. Til tross for de høye konsentrasjonene av *D. acuminata* var DSP-mengden i skjellene moderate og oversteg ikke grenseverdien. Også i 2003 blomstret *D. acuminata* i samme tidsperiode som året før, men den registrerte maksimumskonsentrasjonen var betydelig lavere (1 320 celler/l). Både *D. acuta* og *D. norvegica* forekom kun sporadisk, men dette året oversteg DSP-konsentrasjonen i skjellene grenseverdien både i mai og juni.



Figur 42. Forekomster av a) *Alexandrium tamarense* i 2001-2003, b) *Dinophysis* i 2001-2002 og c) 2003, d) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og d) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Naustdal i Fårdefjorden.

***Protoceratium reticulatum* og YTX**

Protoceratium reticulatum ble funnet i lave konsentrasjoner våren og sommeren 2002 og våren 2003 (maks. 80 celler/l). YTX ble registrert i skjellene begge årene, men flest registreringer fant sted i 2003 (Figur 42d).

***Pseudo-nitzschia* og ASP**

Våren 2002 var forekomsten av *Pseudo-nitzschia* sparsom med en moderat forekomst i slutten av mars (74 000 celler/l), men fra august til begynnelsen av oktober var det blomstring med maksimal konsentrasjon på 530 000 celler/l. En kort periode fra slutten av februar til midten av mars 2003 var det imidlertid en kraftig blomstring med maksimalt 3,4 mill. celler/l, men dette året var det ingen sommer- og høstblomstring slik som i 2002. ASP ble imidlertid registrert ved kun ett tilfelle registrert i skjellene, og konsentrasjonen var langt under grenseverdien (Figur 42e).

4.7.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Forekomsten av toksinproduserende alger og toksinforekomst i skjell ble analysert i perioden november 2001 til november 2003. Analysene viste lave forekomster av *Alexandrium* i periodene mars-april og juli-

august begge sesongene med PSP over faregrensenivå under vårføremkomstene, mens sommerføremkomstene ikke medførte opphoping av PSP i skjellene. *Dinophysis acuminata* blomstret fra april til starten på juni begge årene med maksimumsføremkomst i 2002 med over 9 000 celler/l, men det var kun i 2003 at DSP-nivået oversteg grenseverdi. *D. acuta* og *D. norvegica* forekom kun sporadisk. *Protoceratium reticulatum* og YTX ble registrert i lave konsentrasjoner begge årene. *Pseudo-nitzschia* hadde føremkomster både vår og høst i 2002 og en kraftig våroppblomstring (3,4 mill. celler/l) i 2003, men ASP ble ikke registrert i forbindelse med disse blomstringene.

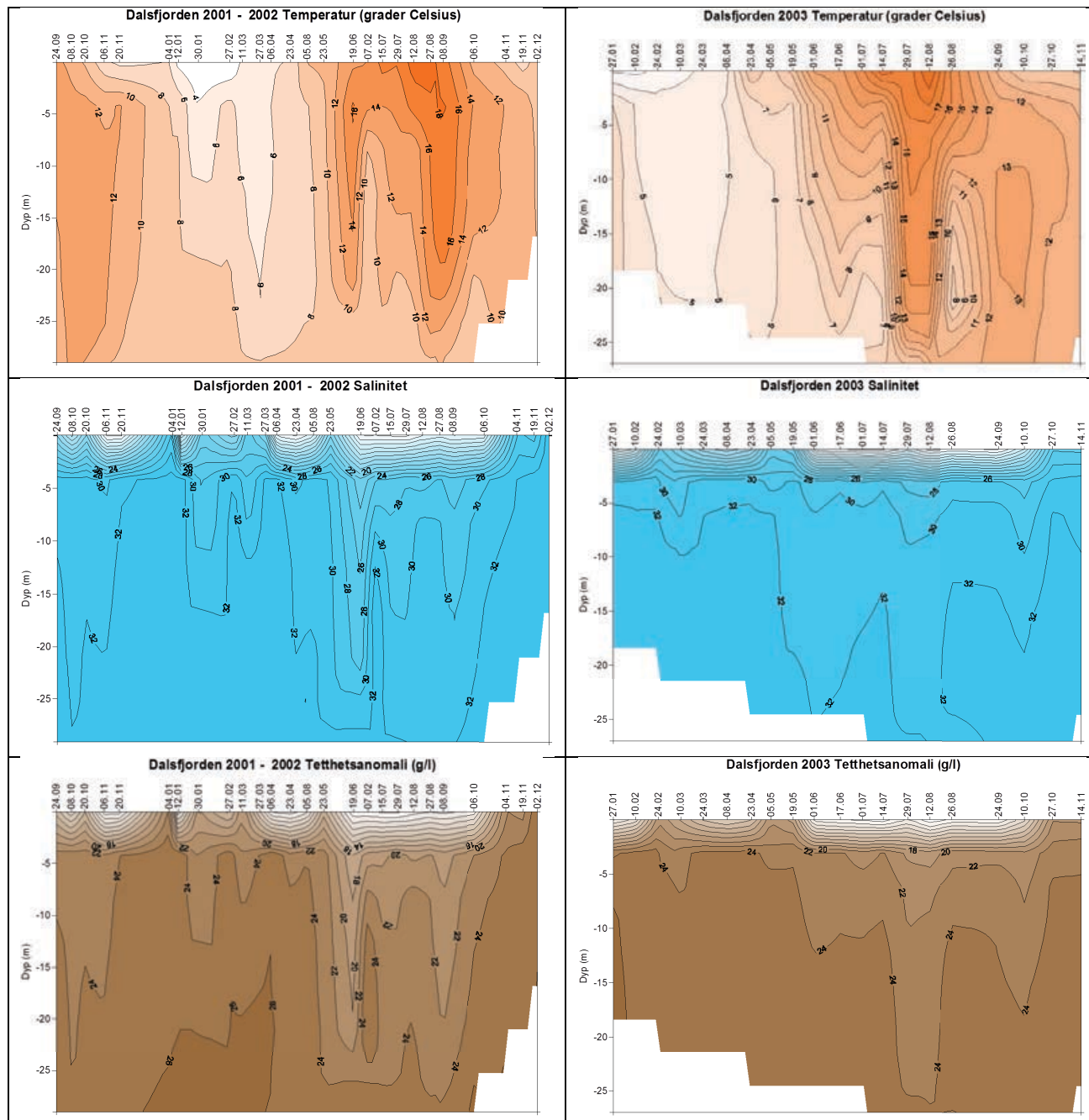
4.7.7 Andre alger

Andre alger er ikke gjennomgått for lokaliteten Naustdal.

4.8 Dalsfjorden, Kvamen, Fjaler

4.8.1 Hydrografi

Fra Kvamen i Dalsfjorden i Fjaler foreligger det data for både temperatur og salinitet fra slutten av september 2001 til midten av november 2003. Tetthetsanomaliene viser at vannet er sterkt sjiktet med lav tetthet i de øvre 3-5 meterne nesten gjennom hele året med unntak av kortere perioder helt på slutten av året (**Figur 43**). Den sterke sjiktningen på denne lokaliteten har sammenheng med stabil ferskvannstilførsel gjennom store deler av året. Dette ser ut for å hindre en omrøring som går helt til overflaten slik at omrøringen kun skjer i vannmasser dypere enn ca. 5 m. Høyest temperatur er å finne i august.

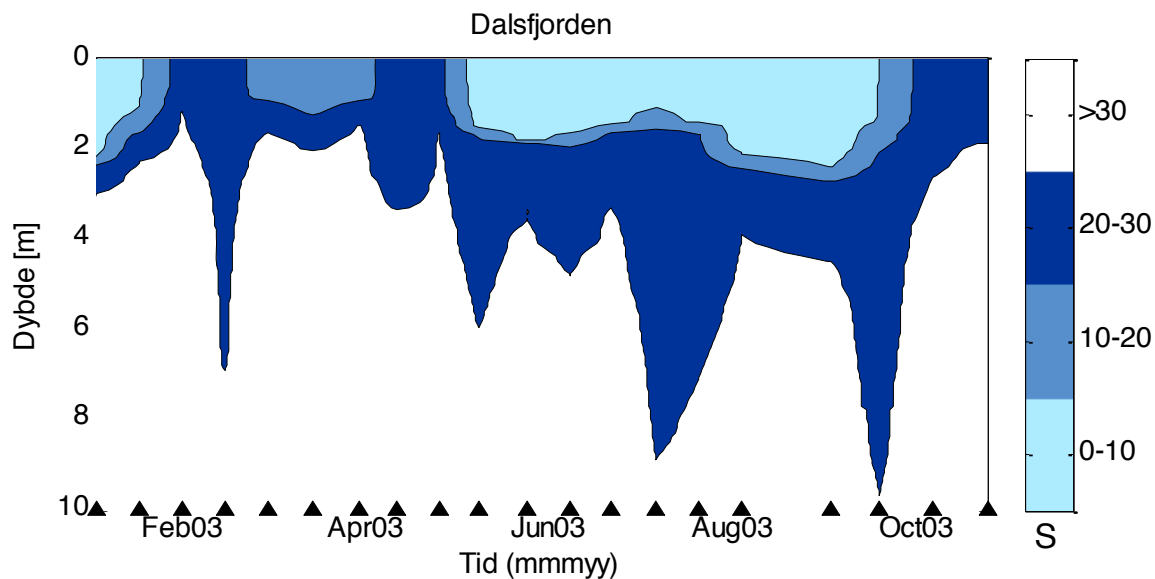


Figur 43. Temperatur, salinitet og tetthetsanomalier på lokaliteten Naustdal i Førdefjorden i perioden 2002-2003.

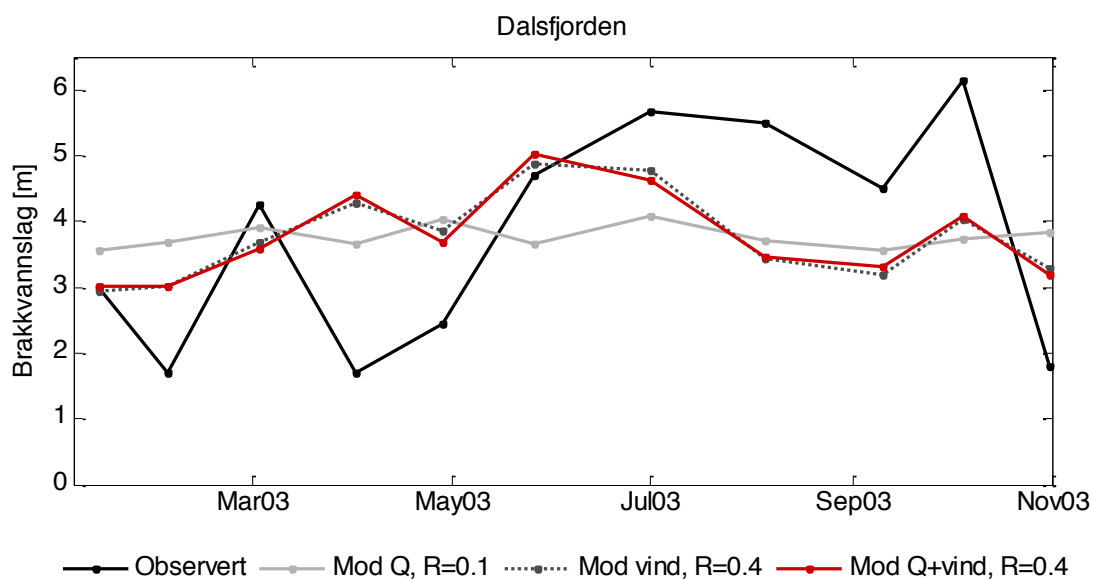
4.8.2 Brakkvannslag

Figur 44 viser at Dalsfjorden har omtrent samme brakkvannsutvikling som ved Naustdal i Førdefjorden. Om sommeren er det relativt ferskt vann i de to øverste dybdemetrene, og brakkvannet er til stede gjennom hele året.

Som i Naustdal ser vi at elveavrenningen er totalt ukorreletert med brakkvannsdybden (**Figur 45**). Vinden klarer å gi en brukbar modell med best resultater i siste halvdel av perioden. Men selv om tendensene i modellen (minimum og maksimum) er relativt gode, avviker brakkvannsdybden med 1-2 m ved de fleste tidspunktene, og RMS-feilen er på 1,48m.



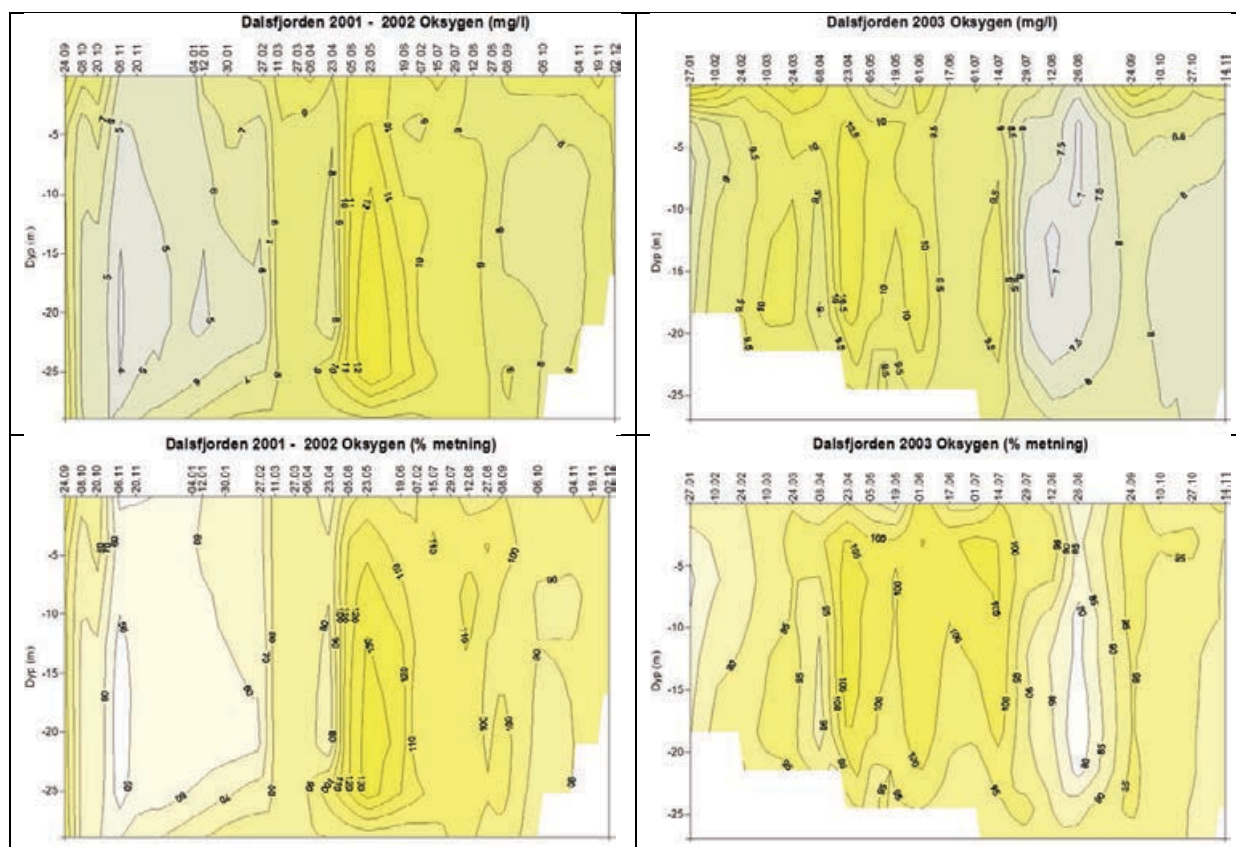
Figur 44. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Dalsfjorden. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.



Figur 45. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

4.8.3 Oksygen

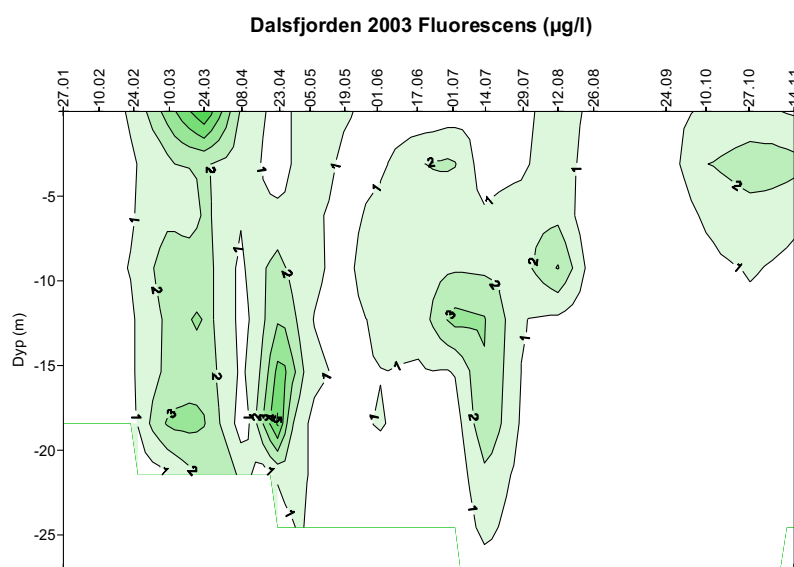
Oksygenmålingene fra overflaten og ned til 25 m dyp i perioden fra november 2001 til midten av januar 2002 viste lave oksygenkonsentrasjoner og lav oksygenmetning (<60 %) (**Figur 46**). Dette gjentok seg ikke senhøsten/vinteren 2002, men i slutten av august 2003 var oksygenmetningen i ca.10-20 m sjiktet noe lav igjen (<80 %). I slutten av mai 2002 var oksygenmetningen over 130% i 10-25 m sjiktet, og dette er en indikasjon på algeblomstring og høy primærproduksjon. I slutten av april 2003 var oksygenmetningen over 105% fra ca.3-18 m dyp og i første halvdel av juli på ca.3-8 m dyp. Dette stemmer over ens med klorofyll a fluorescensmålingene som viser maksima i slutten av mars og tidlig i juli (jfr. **Figur 47**).



Figur 46. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Fjaler i Dalsfjorden i perioden 2001-2003.

4.8.4 In-situ klorofyll a fluorescens

Sondemålinger i 2003 viser tre klare perioder hvor det ut fra klorofyll a fluorescensmålingene kan tolkes at det er algeblomstringsperioder (**Figur 47**). Den første perioden er i slutten av mars, og dette er en blomstring som strekker seg fra overflaten og ned til ca.20 m. Neste periode er i slutten av april hvor maksimum klorofyll a fluorescens ble målt i 15-20 m sjiktet, men oksygenmålingene fra samme tidsperiode viser høy oksygenmetning i hele vannsøylen ned til 25 m (jfr. **Figur 46**). Det indikerer høy algeproduksjon i hele vannsøylen og at den lave klorofyll a fluorescensen i overflaten med økende klorofyll a fluorescens ned mot 20 m er et resultat av at klorofyll a fluorescensen svekkes betydelig under høy primærproduksjon. I første halvdel av juli syner også klorofyll a fluorescensmålingene et maksimum i 10-20 m sjiktet, mens oksygenmålingene viser høy oksygenmetning i hele den produktive delen av vannsøylen. Dette har nok også sammenheng med svekket klorofyll a fluorescenssignal under høy primærproduksjon. I oktober er det igjen en oppbygging av alger med høyt klorofyll a-innhold som gir økt klorofyll a fluorescens, og dette gir til en viss grad økning i oksygenmetningen, men så sent på året fører begrenset lystilgang til en redusert primærproduksjon og dermed redusert frigivelse av oksygen.



Figur 47. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Fjaler i Dalsfjorden 2003.

4.8.5 Toksinproduserende alger

Fra stasjonen Kvamen i Dalsfjorden er det analysert alger fra integrert vannprøve fra 0-10 m med dekning fra slutten av september 2001 til desember 2003.

Alexandrium og PSP

I Kvamen i Dalsfjorden ble *Alexandrium* registrert fra slutten av mars til slutten av april i 2002 og i begynnelsen av april 2003 med konsentrasjoner på maksimalt 80 celler/l, og på samme tid ble PSP målt i konsentrasjoner lagt over grenseverdien (**Figur 48a**). Våren 2002 var høyeste målte PSP-konsentrasjon hele 3 522 $\mu\text{g/kg}$, og dette er en konsentrasjon som er betydelig høyere enn det en kunne forvente på bakgrunn av de konsentrasjonene av *Alexandrium* som ble registrert. I 2003 var PSP-konsentrasjonen over grenseverdien både i mars og i mai, mens *Alexandrium* kun ble registrert tidlig i april. Ut fra disse resultatene kan det se ut som om mengden *Alexandrium* tidvis har forekommet i høyere konsentrasjoner enn det som har blitt registrert på prøvetakingstidspunktene.

Dinophysis og DSP

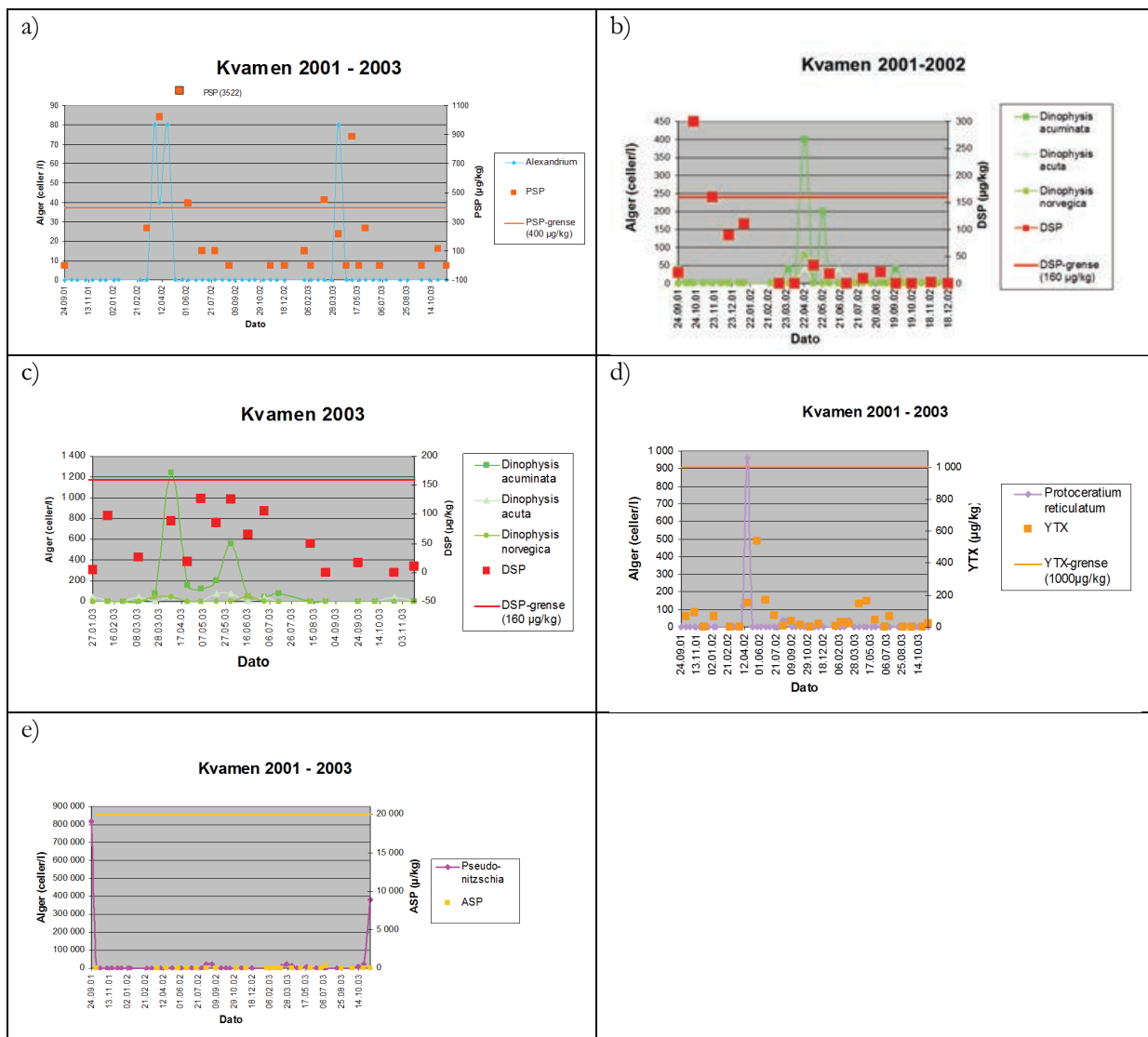
Dinophysis acuminata var den eneste *Dinophysis*-arten som hadde blomstring på stasjon Kvamen i Dalsfjorden i innsamlingsperioden. DSP forekom over faregrensenivå kun i oktober-november 2001 og da i en periode hvor ingen *Dinophysis*-arter ble registrert (**Figur 42b** og **c**). Generelt var ikke *Dinophysis* og DSP et stort problem på denne stasjonen i overvåkingsperioden.

Protoceratium reticulatum og YTX

Generelt ble *Protoceratium reticulatum* funnet i lave konsentrasjoner med unntak av april 2002 da forekomsten økte fra 120 celler/lite i begynnelsen av måneden til 960 celler/l i slutten av måneden (**Figur 42d**). Dette resulterte i en økning i konsentrasjonen av YTX i skjellene, men nådde likevel ikke opp til grenseverdien som da var 1.000 $\mu\text{g/l}$ (jfr. **Tabell 2**).

Pseudo-nitzschia og ASP

Forekomsten av *Pseudo-nitzschia* i Dalsfjorden var lav gjennom hele perioden med unntak av ved starten og slutten av prosjektperioden hvor forekomsten var henholdsvis 0,8 mill. celler/l i slutten av september 2001 og 0,4 mill. celler/liter i midten av november 2003. I perioden mellom disse to målingene oversteg ikke registreringene 25 000 celler/l (**Figur 42e**). ASP ble registrert kun ved en måling i midten av juli 2003, men konsentrasjonen var kun 333 $\mu\text{g/l}$.



Figur 48. Forekomster av a) *Alexandrium tamarense* i 2001-2003, b) *Dinophysis* i 2001-2002 og c) 2003, d) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og e) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Kvamen i Dalsfjorden.

4.8.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

I perioden september 2001 til desember 2003 var de registrerte forekomstene *Alexandrium* ved Kvamen i Dalsfjorden lave, men våren 2002 ble det likevel målt høy konsentrasjon av PSP i skjell. Også våren 2003 ble det målt PSP over grenseverdi. På bakgrunn av målingene fra høsten 2001 og fram til slutten av 2003 ser det ut for at i perioden mars-mai er det fare for opphoping av PSP i skjell. For *Dinophysis* viste analysene fra 2001-2003 at *D. acuminata* var den hyppigst forekommende DSP-produzenten med høyeste konsentrasjoner i perioden mars-mai, men overvåkingsperioden var for kort til å si at dette er den eneste *Dinophysis*-arten som kan forårsake DSP i skjell fra dette området. DSP-konsentrasjonene i 2002 og 2003 var under fare grensenivå, mens det i 2001 ble målt DSP over faregrensenivå på senhøsten i oktober og november. *Protoceratium reticulatum* hadde kortvarig blomstring på våren 2002, men YTX-konsentrasjonene lå godt under faregrensenivå. *Pseudo-nitzschia* forekom sporadisk om høsten uten at det ga opphoping av ASP i skjellene.

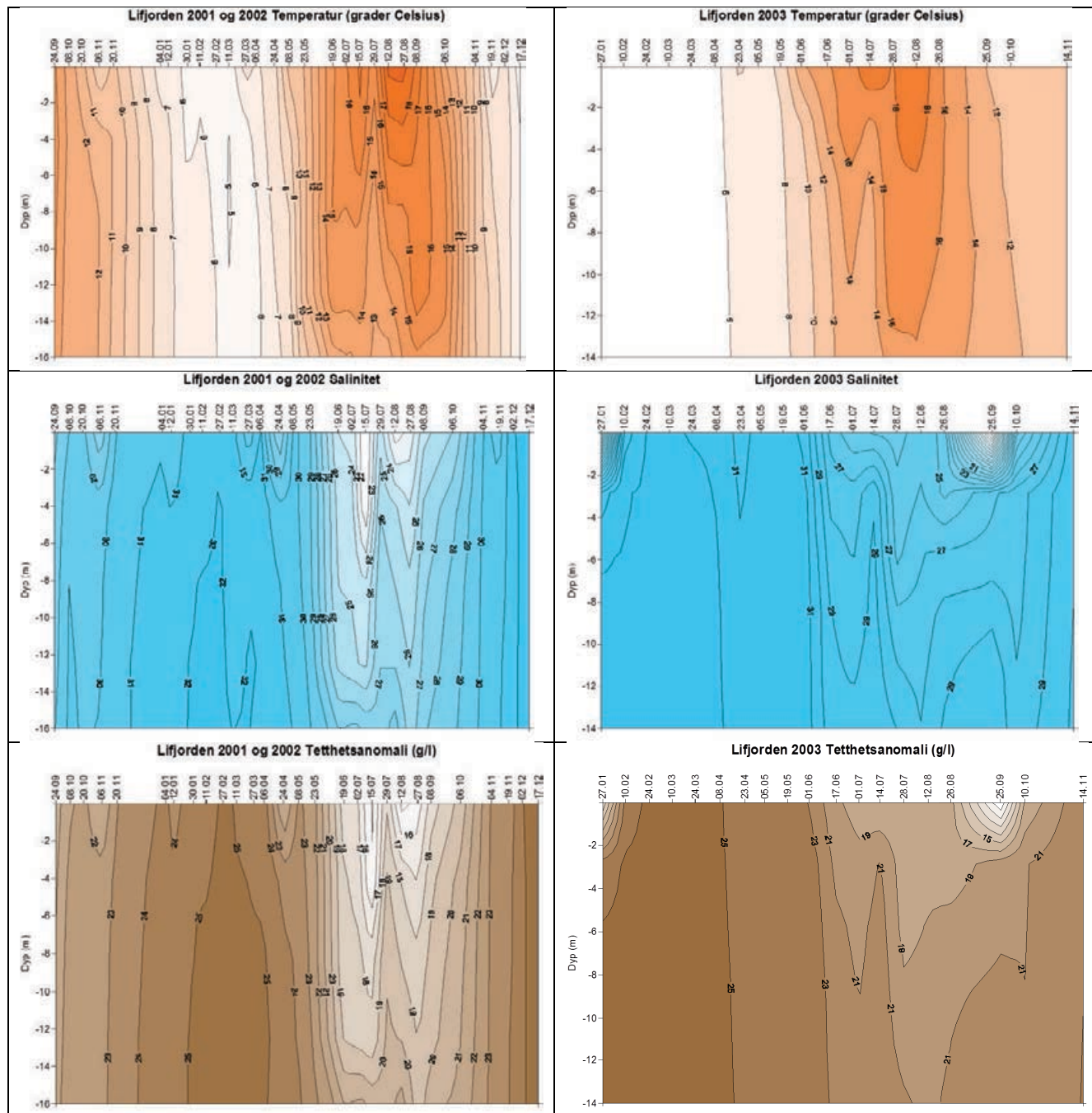
4.8.7 Andre alger

Andre alger er ikke gjennomgått for lokaliteten Kvamen i Dalsfjorden.

4.9 Lifjorden, Hyllestad

4.9.1 Hydrografi

Lifjorden i Hyllestad er et innstengt område med grunn terskel (4,5 m) gjennom Lистраumen og ut til Sognefjorden. Lifjorden har et relativt begrenset nedslagsfelt og dermed relativt liten ferskvannstilførsel. Hydrografimålingene strekker seg fra slutten av september 2001 til midten av november 2003 med målinger fra overflaten ned til 14-16 m dyp. Tetthetsanomaliene viser økende tetthet fra slutten av september 2001 og fram til starten av mars 2002 da tettheten avtar helt fram mot sommeren som følge av redusert salinitet (Figur 49). I midten av juli 2002 var saliniteten lavere enn 22 helt ned til ca. 5 m dyp og



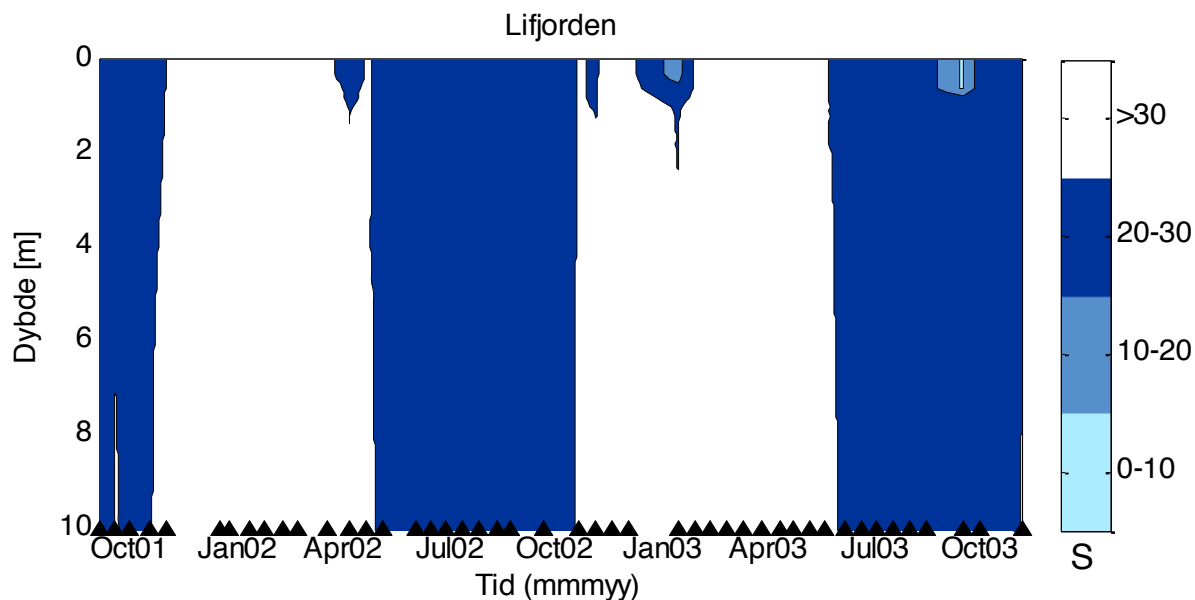
Figur 49. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Hyllestad i Lifjorden i perioden 2001-2003.

kilen med brakkevann strakk seg helt ned til 12 m. I midten av august var det en ny periode med brakt vann som påvirket vannets tetthet helt ned til måledypet på 16 m. Fra august og fram til november økte vannets tetthet. Med unntak av en liten periode i slutten av juli 2003 holdt vannets tetthet seg høy helt fram til juni da tettheten avtok noe igjen, men ikke slik som i 2002. I slutten av september ble sank tettheten betydelig som følge av stor tilførsel av ferskvann som påvirket de øvre 2-3 meterne.

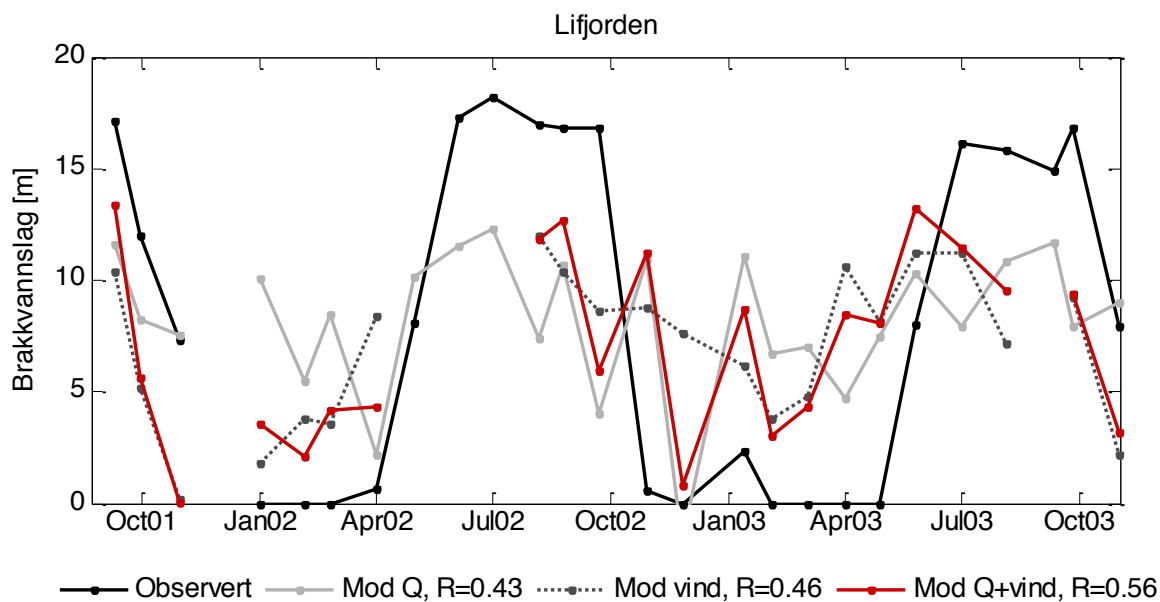
4.9.2 Brakkevannslag

I likhet med Vågsøy og Langeneset har Lifjorden karakter av å ligge mer yttaskjærs. Brakkevannet er dypt, men salt om sommeren og fraværende om vinteren (**Figur 50**).

Brakkevannsmodellen hvor både elveavrenning og vind inngår (**Figur 51**) gir en relativt god korrelasjonskoeffisient ($R = 0,56$). Men figuren viser at modellen likevel ser ganske dårlig ut, og dette støttes av en veldig høy RMS-feil på 6,04m. I periodene hvor det ikke er registrert brakkevann gir modellen dårlige resultater, mens det er noe bedre i perioder med brakkevann. Manglende vinddata fra mai-august 2002 og september 2003 har nok noe av skylden for at modellen ser dårlig ut.



Figur 50. Utvikling av brakkevannslagets dybde ved Lifjorden. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkevannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.



Figur 51. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stippet = kun vind, rød = elv+vind).

4.9.3 Strøm

I perioden fra 7.11.2003 til 11.12.2003 ble det gjennomført strømmålinger på lokaliteten Hyllestad i Lifjorden. På 1 m dyp viste strømmålingene svak gjennomsnittsstrøm (1,6 cm/s) uten at det var mulig å fastsette noen klar dominerende strømretning.

På 5 m dyp var den gjennomsnittlige strømmen ennå svakere (1,3 cm/s) (Tabell 8). Strømmen var lite ensrettet og derfor var det vanskelig å peke ut noen dominerende strømretning i måleperioden.

På 10 m dyp var gjennomsnittlig strømhastighet den samme som på 5 m dyp (1,3 cm/s), men her var det periodevis mer noe mer ensrettet strøm enn nærmere overflaten.

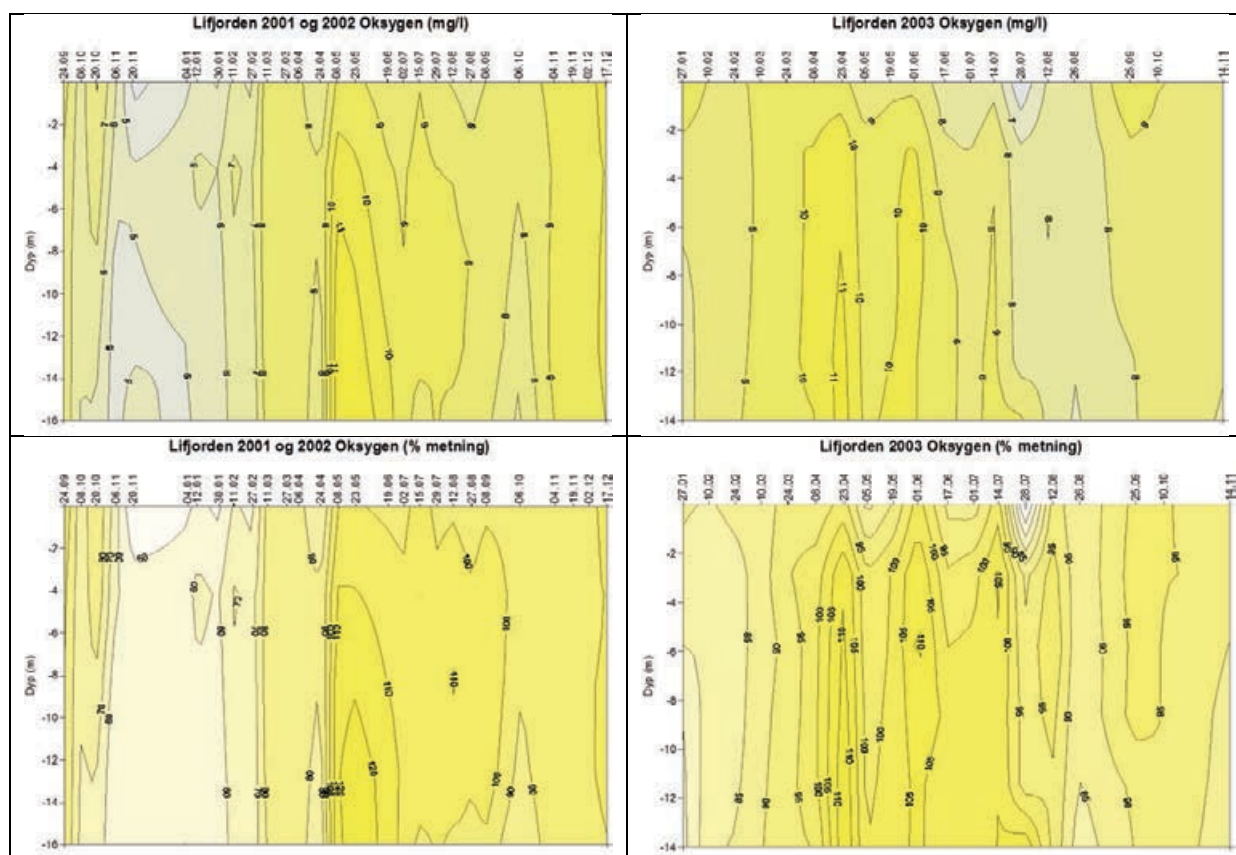
Strømmålingene på denne lokaliteten viste generelt svake strømmer og varierende strømretninger.

Tabell 8. Strømhastighet og strømretning ved lokaliteten Lifjorden i Hyllestad i november og desember 2003.

Dyp	Strømhastighet, cm/s				Strømretning	
	Minimum	Middels	Maksimum	Total varians, (cm/s) ²	Hyppigst	Fluks
1 m	0,0	1,6	10,8	1,674	N/V	V
5 m	0,0	1,3	10,6	0,644	N/S	SØ
10 m	0,0	1,3	7,6	0,520	N/Ø	Ø

4.9.4 Oksygen

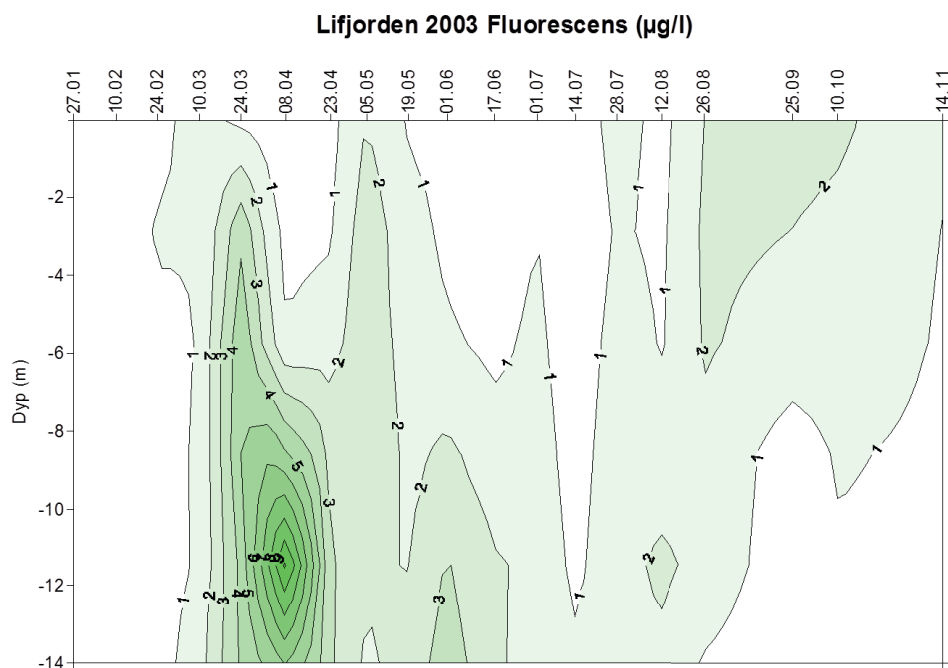
Vintermålingene ved bruk av sonde viste lav oksygenmetning (<60%) i hele vannsøylen fra 0-16 m fra november 2001 til februar 2002, men dette gjentok seg ikke vinteren 2003 (**Figur 52**). I perioden fra mai til midten av juni 2002 var oksygenmetningen i de øvre 15 meterne av vannsøylen over 110% som indikerer gode primærproduksjonsforhold i denne perioden. I slutten av april 2003 var oksygenmetningen over 110%, og dette kommer etter at det tidligere i måneden ble målt økende klorofyll a fluorescens fra overflaten og ned til 12 m dyp i begynnelsen av måneden (jfr. **Figur 53**). Fra midten av mai til midten av juni 2003 var oksygenkonsentrasjonen over 105% som viser at vekstforholdene for algene var tilfredsstillende også i denne perioden. I forbindelse med redusert salinitet i overflatevannet i slutten av juli ble det også målt redusert oksygenmetning i de øvre 3-4 meterne.



Figur 52. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Hyllestad i Lidfjorden i perioden 2001-2003.

4.9.5 In-situ klorofyll a fluorescens

Klorofyll a fluorescensmålingene i 2003 viste at våroppblomstringen startet i første halvdel av mars og spredte seg etter hvert nedover i vannsøylen (**Figur 53**). Høyeste klorofyll a fluorescens ble målt på 12 m dyp i starten av april, men økende oksygenmetning i hele vannsøylen utover i april (jfr. **Figur 52**) indikerer høy primærproduksjon i denne perioden fra overflaten og ned til nederste måledyp på 14 meter. Manglende samstemmighet mellom klorofyll a fluorescensmålingene og målingene av oksygen både i april og juni har sannsynligvis sammenheng med at klorofyll a fluorescens målt om dagen svekkes av algenes primærproduksjon slik at jo nærmere overflaten målingen utføres, dess mer blir klorofyll a fluorescenssignalet svekket (forutsatt at ikke lysinnstrålingen er så stor at primærproduksjonen blir lyshemmet nær overflaten).



Figur 53. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Hyllestad i Lifjorden i 2003.

4.9.6 Toksinproduserende alger

I Lifjorden er det kun gjort algeanalyser fra standardprøver tatt fra 0-10 m. Innsamlingsperioden er fra september 2001 til november 2003.

***Alexandrium* og PSP**

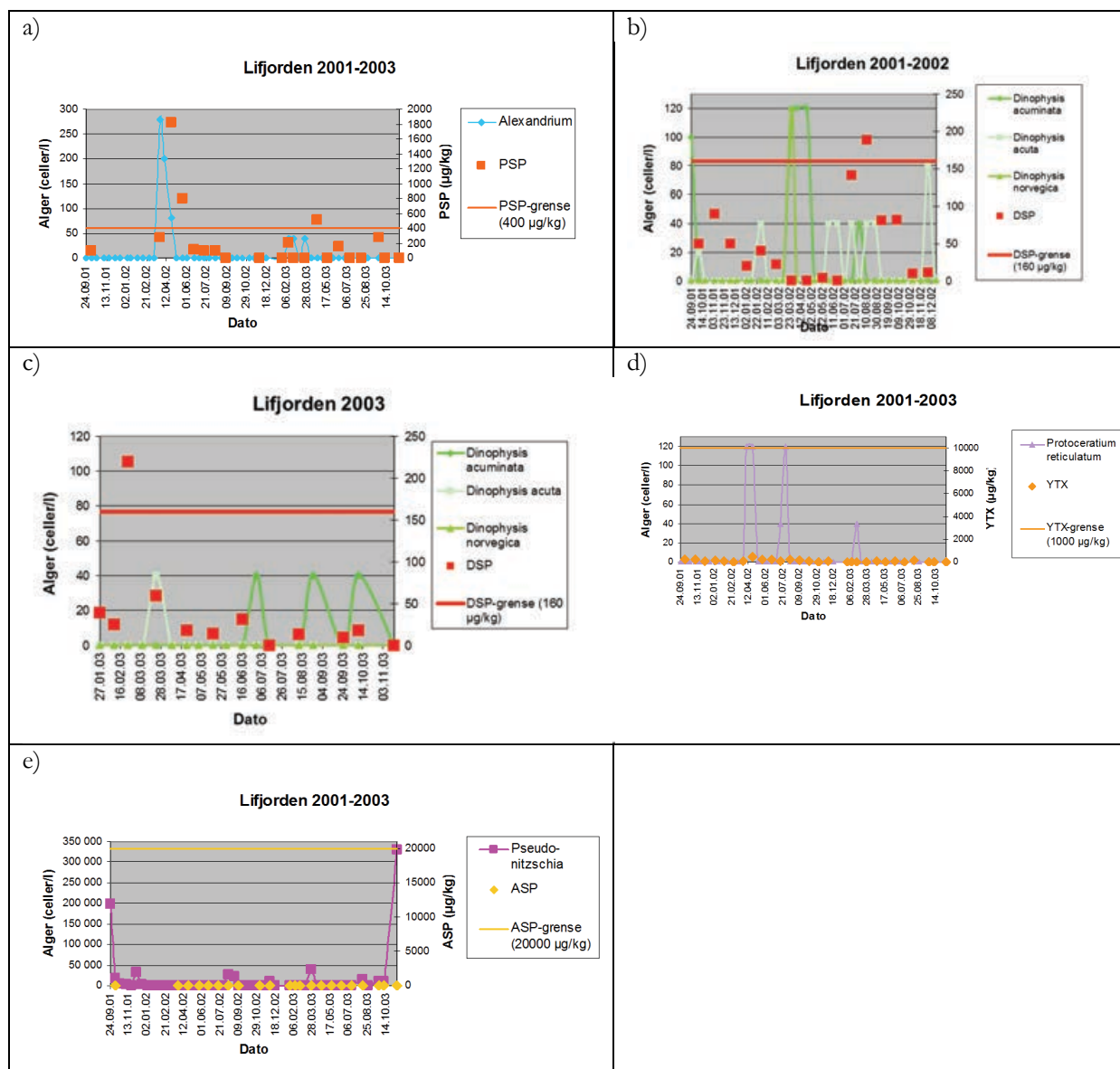
I perioden fra slutten av mars til utgangen av april 2002 ble *Alexandrium* påvist i avtagende konsentrasjoner fra 280 celler/l i slutten av mars (**Figur 54a**). Dette resulterte i PSP over faregrensenivå til månedsskiftet mai/juni 2002. I 2003 ble *Alexandrium* funnet fra første halvdel av februar til slutten av mars, men til tross for at konsentrasjonene ikke oversteg 40 celler/l, ble PSP funnet over faregrensenivå i siste halvdel av april. PSP ble påvist i skjellprøver ved flere anledninger både i 2002 og 2003 uten at *Alexandrium* ble funnet i vannprøvene.

***Dinophysis* og DSP**

Hele høsten og vinteren 2001/2002 ble det registrert DSP i lave konsentrasjoner i skjell. *Dinophysis acuminata* og *D. norvegica* ble funnet i lave konsentrasjoner våren 2002 uten at det ble registrert DSP i skjellene (**Figur 54b** og c). I juni-august dukket imidlertid *D. acuta* opp i lave konsentrasjoner (40 celler/l), og det førte til økende innhold av DSP i skjellene, og i midten av august var konsentrasjonen over faregrensenivå. *D. acuta* ble funnet i starten av desember med 80 celler/l uten at det ga umiddelbar reaksjon på DSP-nivået i skjellene, men i slutten av februar i 2003 var plutselig DSP-nivået over faregrensenivået igjen. Videre utover i 2003 ble DSP funnet i lave konsentrasjoner uten at det ble funnet forekomster av *Dinophysis* i konsentrasjoner som kan forklare funnene.

***Protoceratium reticulatum* og YTX**

I Lifjorden ble *Protoceratium reticulatum* registrert i lave konsentrasjoner både våren 2002 og 2003 og sommeren 2002 (maks. 120 celler/l) (**Figur 54d**). YTX ble imidlertid registrert i lave konsentrasjoner i skjellene ved svært mange av målingene i hele overvåkingsperioden.



Figur 54. Forekomster av a) *Alexandrium tamarense* i 2001-2003, b) *Dinophysis* i 2001-2002 og c) 2003, d) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og e) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Hyllestad i Lifjorden.

Pseudo-nitzschia og ASP

Pseudo-nitzschia ble funnet i de høyeste konsentrasjonene helt i begynnelsen av overvåkingsperioden i september 2001 og ved siste innsamling i november 2003 (Figur 54e). Ingen av toksinanalysene gjennom hele perioden ga funn av ASP.

4.9.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Konsentrasjonene av potensielle toksinproduserende alger og algetoksiner i skjell ble målt fra september 2001 til november 2003. Konsentrasjoner av *Alexandrium* over faregrensenivå ble registrert våren 2002, og dette ga PSP over faregrensenivå. I 2003 ble det også funnet PSP over faregrensenivå i forbindelse med registreringer av *Alexandrium* under faregrensenivå. DSP over faregrensenivå ble funnet sommeren 2002 i forbindelse med forekomster av *D. acuta* over lengre tid, men forekomstene var under faregrensenivå. Vinteren 2003 ble DSP igjen registrert over faregrensenivå uten funn av *Dinophysis* som kan forklare det høye DSP-nivået. YTX ble målt i lave konsentrasjoner i skjell gjennom store deler av overvåkings-

perioden, men *Protoceratium reticulatum* ble kun registrert til enkelte tider i lave konsentrasjoner. ASP ble ikke registrert selv om *Pseudo-nitzschia* ofte ble funnet i vannprøvene.

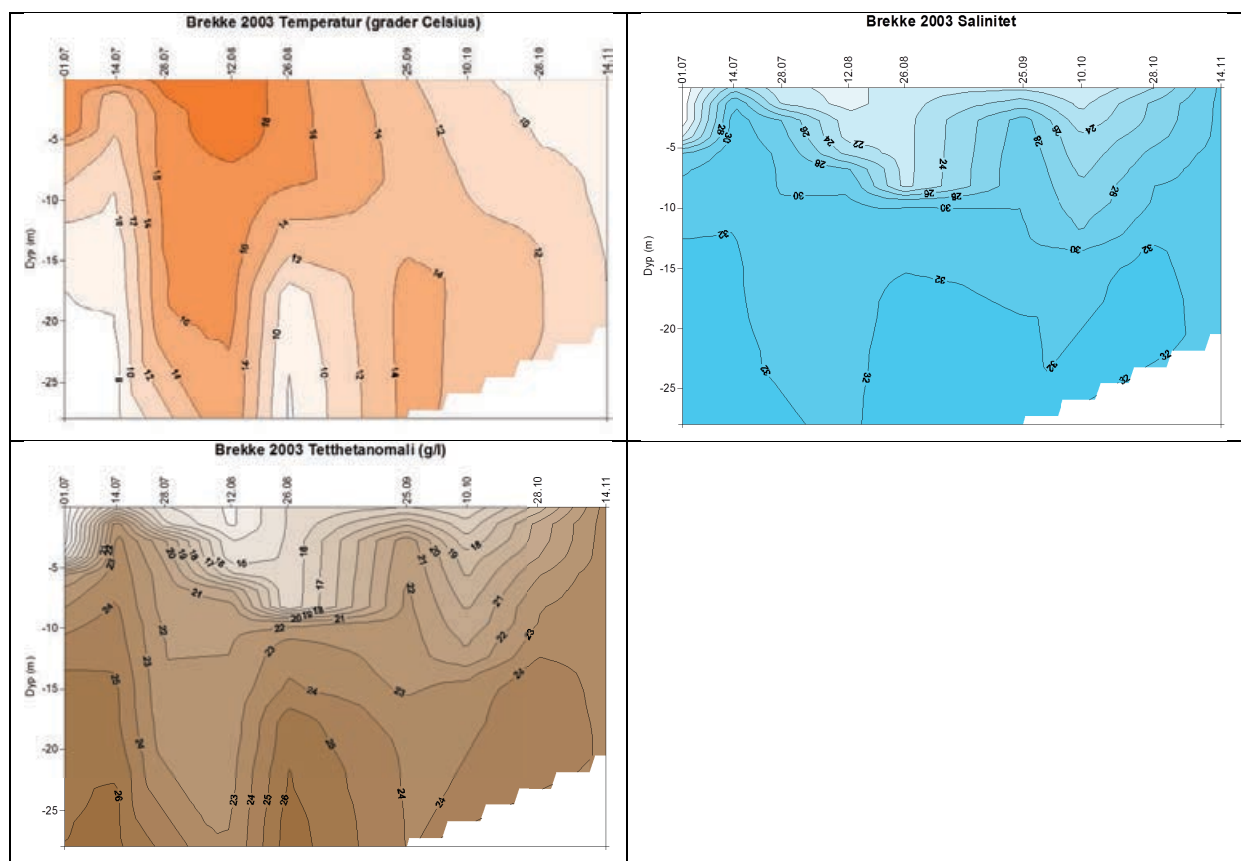
4.9.8 Andre alger

Andre alger er ikke gjennomgått fra Lifjorden.

4.10 Brekke, Gulen

4.10.1 Hydrografi

Fra Brekke i Risnefjorden i ytre del av Sognefjorden foreligger det hydrografimålinger fra 1. juli til 14. november 2003. Ved målestart var det et 4 m tykt overflatelag med salinitet under 17 som ga sterk sjiktning (**Figur 55**). 14 dager senere var sjiktningen redusert og overflatelaget var redusert til et ca. 1 m tykt lag med salinitet mellom 25 og 26. Fra midten av juli økte ferskvannstilførselen igjen, og i slutten av august var vannmassene homogene ned til 8 m med salinitet like over 21. Brakkvannslagets tykkelse varierte betydelig gjennom måleperioden, og i midten av november var det tilnærmet homogene vannmasser fra overflaten og ned til 12 m dyp med en økning i saliniteten fra 30,4 til 30,6. Høyeste temperatur ble målt i midten av august med over 20 °C i de øvre 3,5 meterne.

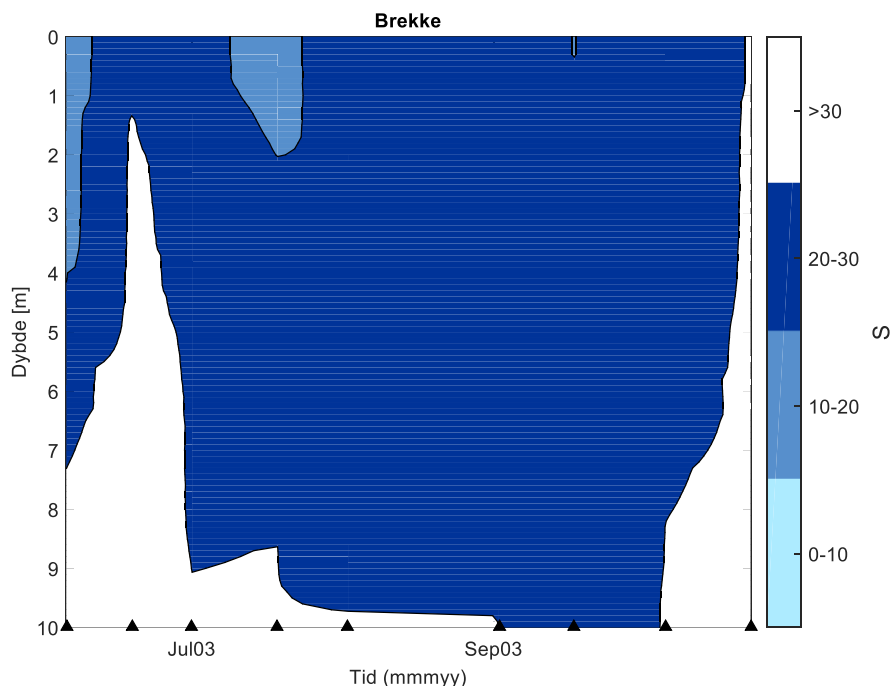


Figur 55. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Brekke i Sognefjorden i 2003.

4.10.2 Brakkvannslag

Figur 56 viser brakkvannets utstrekning i perioden 01.07-14.11.2013 på stasjonen Brekke. I store deler av denne perioden er brakkvannets tykkelse på 9-10 meter, men brakkvannets salinitet er mesteparten av tiden høyere enn 20.

For få datapunkt for vind fra meteorologisk stasjon på Takle gjør at bruk av regresjonsmodell for modellering av brakkvannslag på grunnlag av vind og avrenning ikke gir troverdige resultater.

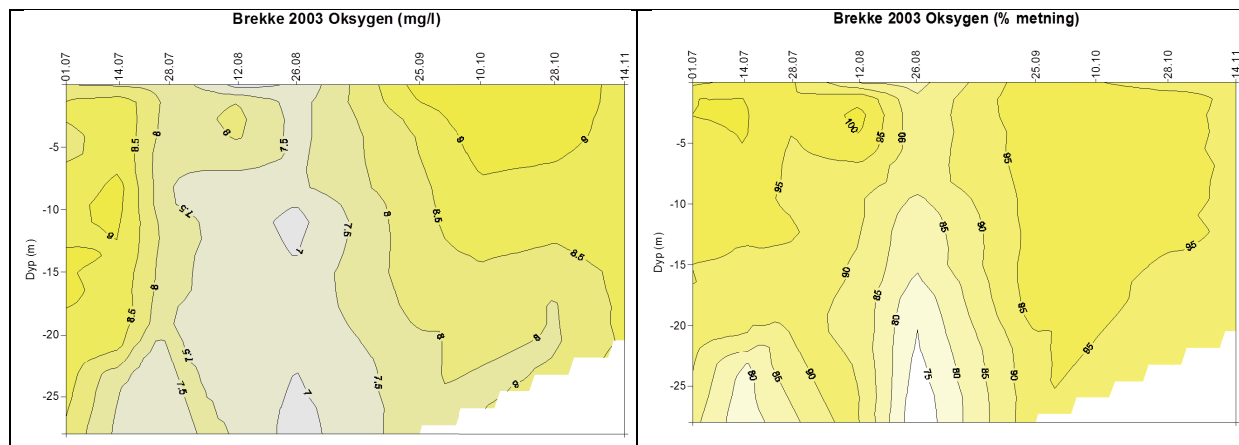


Figur 56. Utvikling av brakkvannslagetets dybde ved Brekke. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.

4.10.3 Oksygen

Oksygenmålingene strekker seg kun over en periode på 4,5 måneder, men i løpet av denne tiden er det ingen perioder som skiller seg ut med høye oksygenmetninger (**Figur 57**). Det tyder på at det i måleperioden ikke har vært perioder med høy primærproduksjon. Klorofyll a fluorescensmålingene viser en periode i slutten av oktober med økte klorofyll a fluorescensverdier (jfr. **Figur 58**), men det gjenspeiles ikke i oksygenmålingene. Dette har sannsynligvis sammenheng med at selv om det har vært en økning i klorofyll a mengden, gir ikke dette automatisk høy primærproduksjon blant annet på grunn av lav lysttilgang så sent på året.

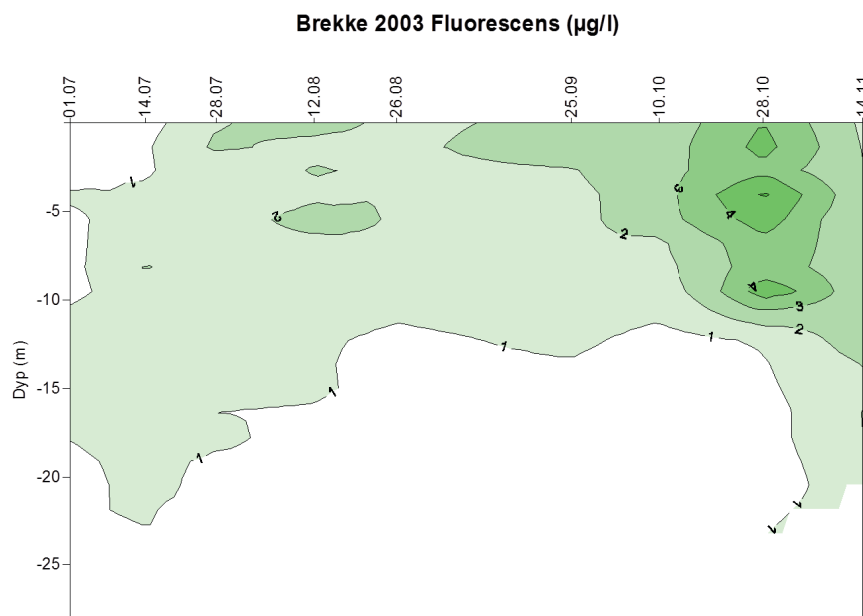
I forbindelse med perioden med homogene vannmasser i de øvre 12 meterne i slutten av august ble det målt lave oksygenkonsentrasjoner i hele vannsøylen ned til 30 m, og på 25 m dyp var oksygenmetningen under 75%.



Figur 57. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Brekke i Sognefjorden i 2003.

4.10.4 In-situ klorofyll a fluorescens

Klorofyll a fluorescensmålingene fra Brekke viser kun en måling i slutten av oktober som sannsynligvis viser en algeblomstring (**Figur 58**). Effekt i form av økt oksygenproduksjon som følge av økt primærproduksjon, spores imidlertid ikke i oksygenmålingene (jfr. **Figur 57**).



Figur 58. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Brekke i Sognefjorden 2003.

4.10.5 Toksinproduserende alger

Resultater fra overvåking av toksinproduserende alger foreligger fra både 2001 og 2003. I 2001 er det gjennomført månedlige innsamlinger fra mars til november, mens det i 2003 er foretatt innsamlinger hver andre til tredje uke fra juli til november. Det foreligger data kun fra integrerte prøver fra 0-10 m.

Alexandrium og PSP

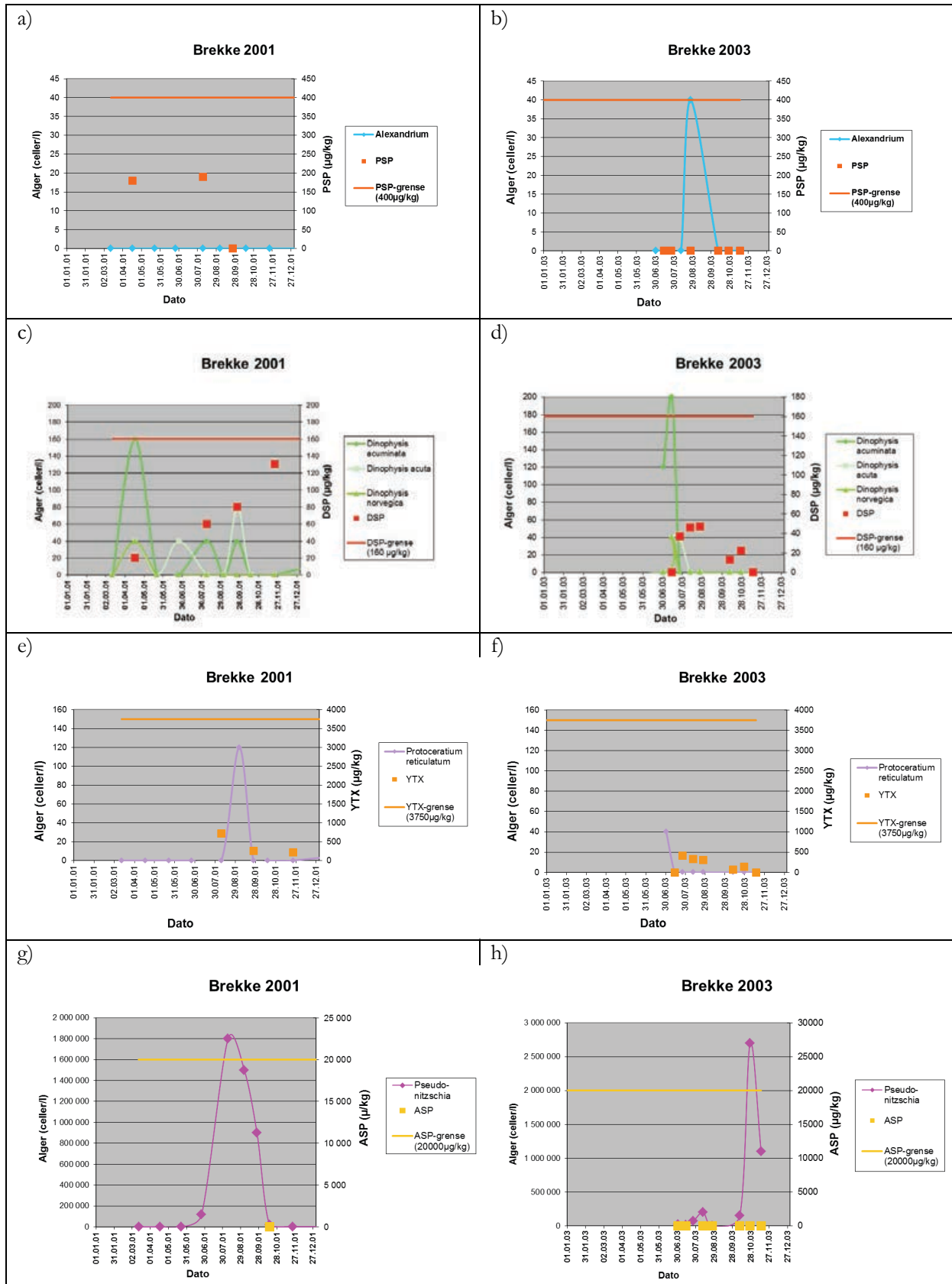
I løpet av de to periodene *Alexandrium* ble overvåket ved Brekke, ble den påvist kun en gang i 2003 i lav konsentrasjon (40 celler/l) (**Figur 59a** og b). I 2001 ble *Alexandrium* ikke påvist i vannprøvene i det hele tatt, men likevel ble PSP påvist i lave konsentrasjoner i skjellene, mens i 2003 da den ble påvist, inneholdt ikke skjellene PSP. Innsamlingsfrekvensen i 2001 var i lav, og det kan være årsaken til at *Alexandrium* ikke ble påvist til tross for at det ble funnet PSP i skjellene.

Dinophysis og DSP

I 2001 ble lave konsentrasjoner av *Dinophysis acuta* registrert både vår, sommer og høst, men disse forekomstene synes å ha vært tilstrekkelig til at DSP-nivået i skjell begynte å stige uten at faregrensenivået ble nådd (**Figur 59c**). I 2003 ble det registrert lave forekomster av *D. acuta* som resulterte i DSP under faregrensenivå i skjellene (**Figur 59d**). *D. acuminata* ble registrert i lave konsentrasjoner både i 2001 og 2003, mens *D. norvegica* kun ble observert sporadisk.

Protoceratium reticulatum og YTX

Protoceratium reticulatum ble registrert en gang hvert av årene 2001 og 2003, mens YTX ble målt i lave konsentrasjoner i skjell over lengre tid begge årene (**Figur 59e** og f).



Figur 59. Forekomster av *Alexandrium tamarense* i a) 2001 og b) 2003, *Dinophysis* i c) 2001 og d) 2003, *Protoceratium reticulatum* i e) 2001 og f) 2003 og *Pseudo-nitzschia* i g) 2001 og h) 2003 på lokaliteten Brekke i Sognefjorden.

Pseudo-nitzschia og ASP

Pseudo-nitzschia hadde en blomstringsperiode fra juli til september 2001 med maksimumskonsentrasjon på 1,8 mill. celler/l, men dette resulterte ikke i ASP i skjellene (**Figur 59g**). I oktober-november 2003 var det også en blomstring av *Pseudo-nitzschia* med 2,7 mill. celler/l som høyeste registrerte konsentrasjon, men heller ikke det førte til ASP i skjell (**Figur 59h**).

4.10.6 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Analyser av potensielt toksinproduserende alger og algetoksiner i skjell ved Brekke i ytre Sognefjorden ble gjennomført i hele vekstsesongen i 2001 og fra juli til november i 2003. Analyseresultatene viste forekomst av PSP under faregrensenivå i skjell i 2001 uten at *Alexandrium* ble påvist, mens i 2003 ble *Alexandrium* påvist i lav konsentrasjon en gang uten at PSP ble registrert. *Dinophysis acuta* ble påvist i lave konsentrasjoner både i 2001 og 2003, og begge årene ble det påvist DSP under faregrensenivå i skjellene. YTX ble påvist i lave konsentrasjoner begge årene, mens *Protoceratium reticulatum* kun ble registrert i lav konsentrasjon en gang hvert år. ASP ble ikke påvist noen av årene, mens *Pseudo-nitzschia* forekom i konsentrasjon på maks. 2,7 mill. celler/l.

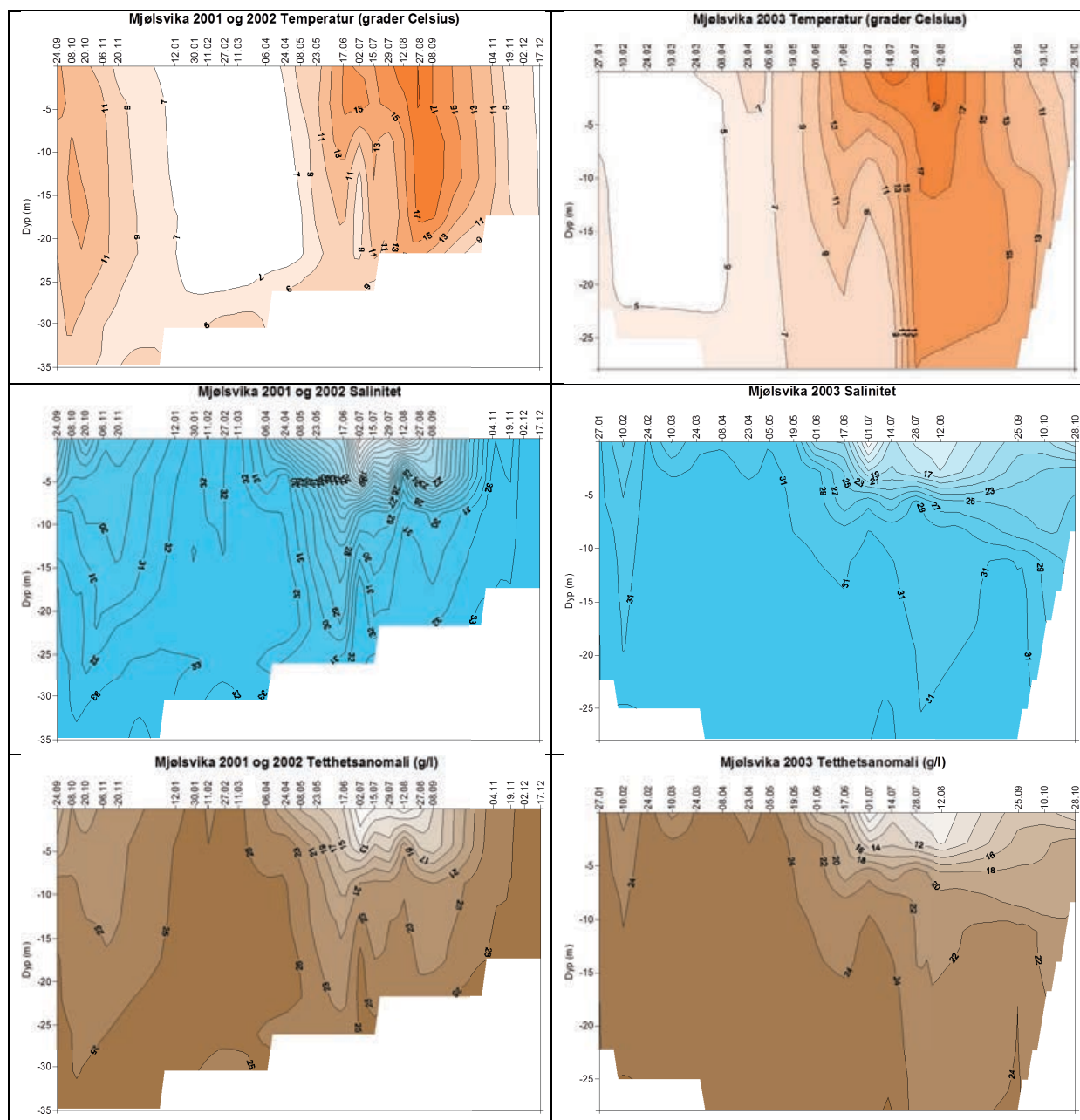
4.10.7 Andre alger

Data for andre alger er ikke gjennomgått for lokaliteten Brekke.

4.11 Mjølsvika, Høyanger

4.11.1 Hydrografi

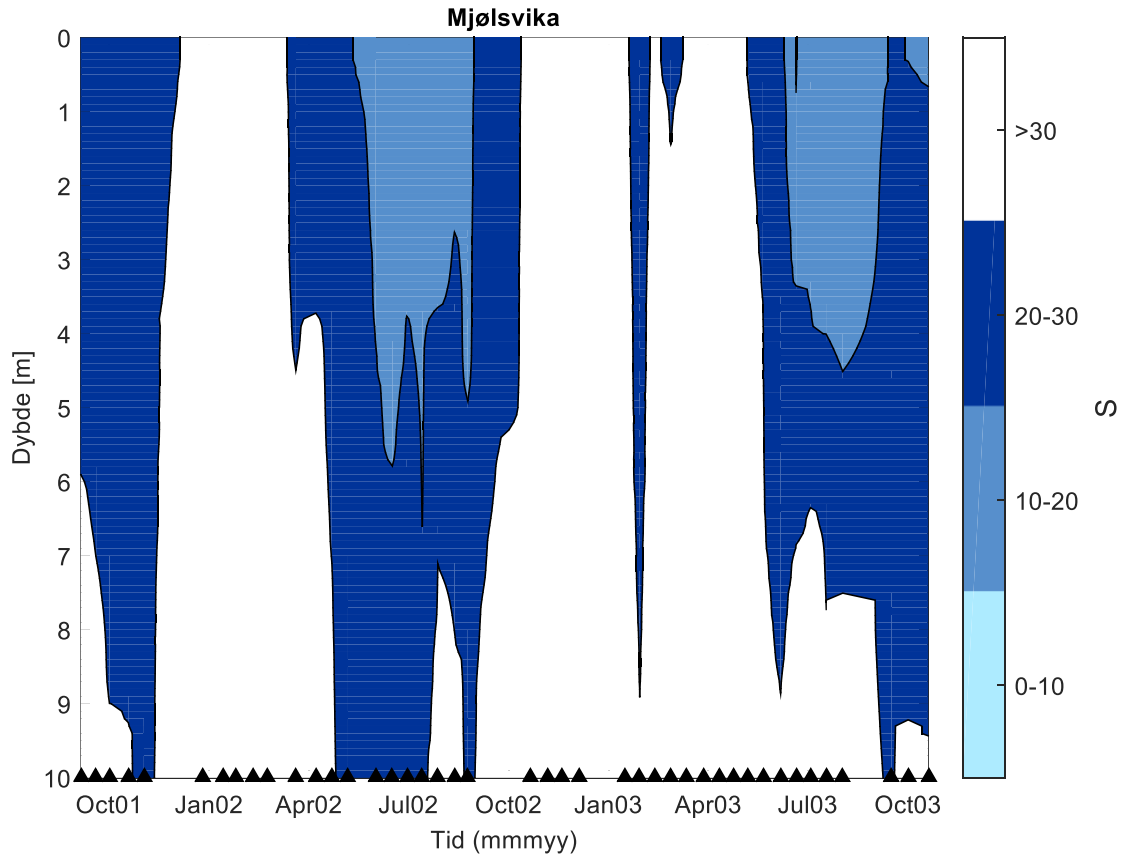
Hydrografimålinger er gjennomført i Mjølsvika på sørsiden av Sognefjorden i Høyanger kommune fra slutten av september 2001 til slutten av oktober 2003. Tetthetsanomaliene viser at det er liten/svak sjiktning i denne delen av Sognefjorden om vinteren, mens det spesielt om sommeren og høsten er sterk sjiktning i forbindelse med stor tilførsel av ferskvann til fjorden (**Figur 60**). I periodene med sjiktning kan det dannes flere vannlag med ulik tetthet, og dette stabiliserer vannsøylen ytterligere. I disse periodene har ofte de øvre 3-4 meterne salinitet mellom 12-16, og den sterke tetthetssjiktningen gjør at de ulike vannlagene i liten grad blander seg med hverandre. De høyeste temperaturene i overflatelaget forekommer i juli-august.



Figur 60. Temperatur, salinitet og tetthetsanomali på lokaliteten Mjølsvika i Gloppen i perioden 2001-2003.

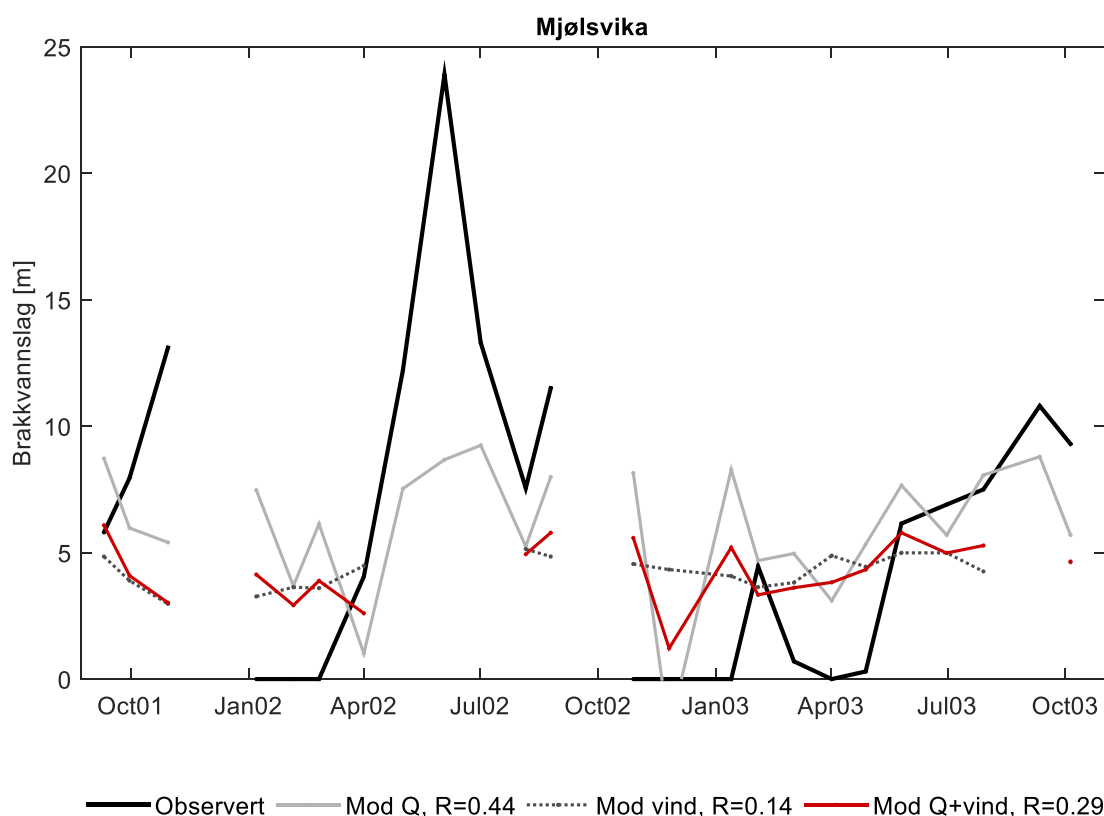
4.11.2 Brakkvannslag

I Mjølsvika forsvinner brakkvannslaget helt i vintermånedene (**Figur 61**). Om sommeren og høsten er brakkvannslaget derimot ganske dypt (opp mot 10 m). Brakkvannet her er betydelig saltere enn ved Stryn i Nordfjord, og salinitet under $S = 10$ forekommer ikke.



Figur 61. Utvikling av brakkvannslagets dybde ved Mjølsvika. De svarte trekantene angir måletidspunkt. Brakkvannet er farget blått, med inndeling etter salinitet.

Periodene uten brakkvann gjør det vanskelig å tilpasse en enkel regresjonsmodell. I tillegg mangler vinddata fra Takle i store deler av sommermånedene i 2002. Det er dermed kun modellen for elveavrenning som klarer å fange opp variasjonene i brakkvannslaget (**Figur 62**). I juni 2002 er det observert særdeles tykt brakkvannslag (>20 m). Her klarer ikke modellen å gi like tykt brakkvannslag, men det er en betydelig topp rundt dette tidspunktet. Denne ekstremverdien er nok årsaken til den store RMS-feilen på 5,36 m. Generelt er de modellerte maks-verdiene noe forskjøvet i tid i forhold til observasjonene. Modellen gir også dårligst resultater der hvor det er målt fravær av brakkvann.



Figur 62. Observerte månedsmiddel av brakkvannslagets tykkelse (svart heltrukken linje) og resultat fra brakkvannsmoellene (lys grå = kun elv, grå stiplet = kun vind, rød = elv+vind).

4.11.3 Strøm

Ved Mjølsvik ble det utført strømmålinger i perioden fra 1.12.2003 til 7.1.2004. Målingene viste på 1 m dyp relativt ensrettet strøm med dominerende strømretninger som vekslet mellom sørvest og nordøst. Den gjennomsnittlige strømstyrken var god (5,0 cm/s) (**Tabell 9**).

Den gjennomsnittlige strømstyrken på 5 m dyp var middels god (3,9 cm/s), og strømretningen var ensrettet med dominerende strømretning mot sørvest og nordøst. Også på 10 m dyp var strømretningen ensrettet med samme dominerende strømretning som på 5 m, men her var strømstyrken svakere (3,6 cm/s).

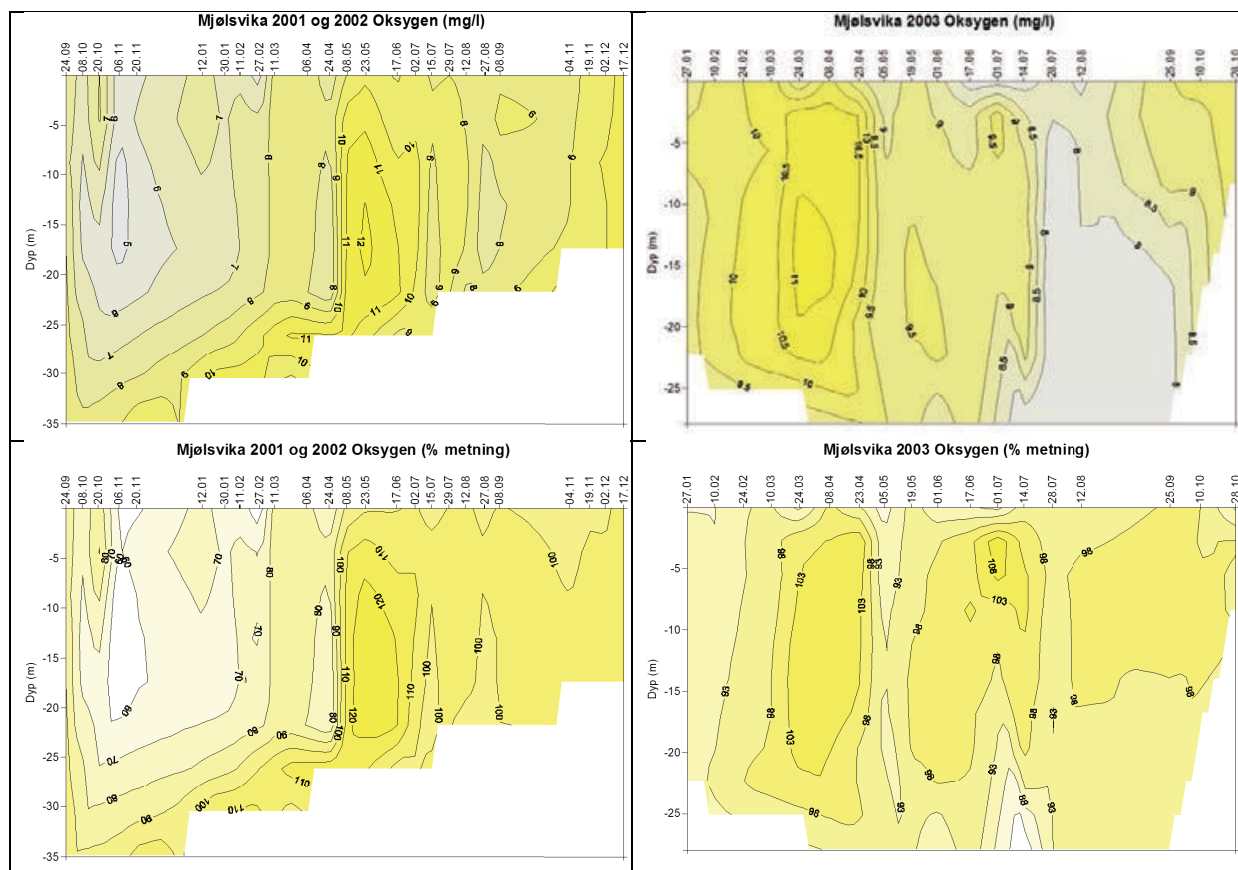
Ved lokaliteten Mjølsvik viser strømmålingene gjennomsnittlige gode strømforhold hvor strømmen for det meste veksler mellom nordøst og sørvest.

Tabell 9. Strømhastighet og strømretning ved lokaliteten Mjølsvika i Gloppen i desember 2003.

Dyp	Strømhastighet, cm/s				Strømretning	
	Minimum	Middels	Maksimum	Total varians, (cm/s) ²	Hyppigst	Fluks
1 m	0,2	5,0	23,0	8,813	NØ	NØ/SV
5 m	0,0	3,9	20,6	8,164	SV	SV/NØ
10 m	0,0	3,6	19,2	10,127	SV	SV/NØ

4.11.4 Oksygen

Oksygenkonsentrasjonene og oksygenmetningen varierte betydelig gjennom sesongen og fra år til år (**Figur 63**). Senhøsten 2001 ble det målt relativt lave oksygenkonsentrasjoner i de øvre 20 meterne med oksygenmetning delvis lavere enn 60%. Tilsvarende situasjon ble ikke registrert verken i 2002 eller 2003. I slutten av mai 2002 ble det målt høy oksygenmetning spesielt i sjiktet mellom ca. 7 og 23 m, og dette indikerer en kraftig algeblomstring på dette tidspunktet. I 2003 ble det ikke registrert like høye oksygenmetninger, men to perioder hvor den ene strekker seg fra siste halvdel av mars og en måned framover og den andre rundt månedsskiftet juni/juli, skiller seg ut som perioder med oksygenmetninger over 100% i deler av vannsøylen. Høy oksygentilførsel i mars-april stemmer godt overens med høy klorofyll a fluorescens målt på ca. 20 m dyp 8. april 2003 (jfr. **Figur 64**). Dette er en periode med ganske homogene vannmasser fra 1 til over 20 m dyp, og det er derfor sannsynlig at primærproduksjonen har vært godt fordelt i hele denne delen av vannsøylen. Relativt høy oksygenkonsentrasjon på 2-8 m dyp i månedsskiftet juni/juli gjenspeiles imidlertid ikke i høy klorofyll a fluorescens på dette dypet. Det kan være et resultat av høy primærproduksjon som svekker klorofyll a fluorescensen fra algene.

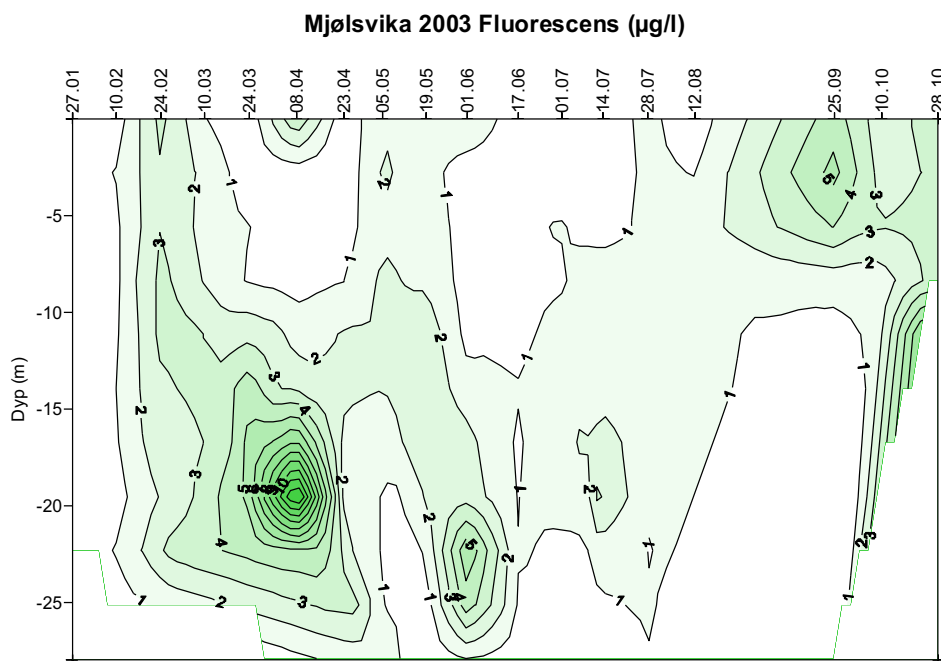


Figur 63. Oksygenkonsentrasjoner og oksygenmetning på lokaliteten Mjølsvika i Gloppen i perioden 2001-2003.

4.11.5 In-situ klorofyll a fluorescens

Målinger av in-situ klorofyll a fluorescens i Mjølsvika i 2003 viser økende signalstyrke allerede i slutten av februar, og det kan tyde på en begynnende blomstringsperiode (**Figur 64**). I første halvdel av april viser målingene noe forhøyet signalstyrke i de øvre 2-3 meterne for så å avta videre nedover i vannsøylen, men øker så fra ca. 9 meter til et sterkt maksimum på ca. 20 m. Vannmassene var på dette tidspunktet ganske homogene nesten fra overflaten og ned til 20 m, og relativt god oksygenmetning ned til over 20 m dyp tyder på høy primærproduksjonsaktivitet. Økende in-situ klorofyll a fluorescens nedover mot dypet kan

være et resultat av høy primærproduksjon som svekker klorofyll a fluorescensen og kan i tillegg være forårsaket av at algene på 20 m dyp er skyggeadapterte og dermed inneholder mer klorofyll a per alge enn algene nærmere overflaten.



Figur 64. In-situ klorofyll a fluorescens målt på lokaliteten Mjølsvika i Gloppen i 2003.

4.11.6 Toksinproduserende alger

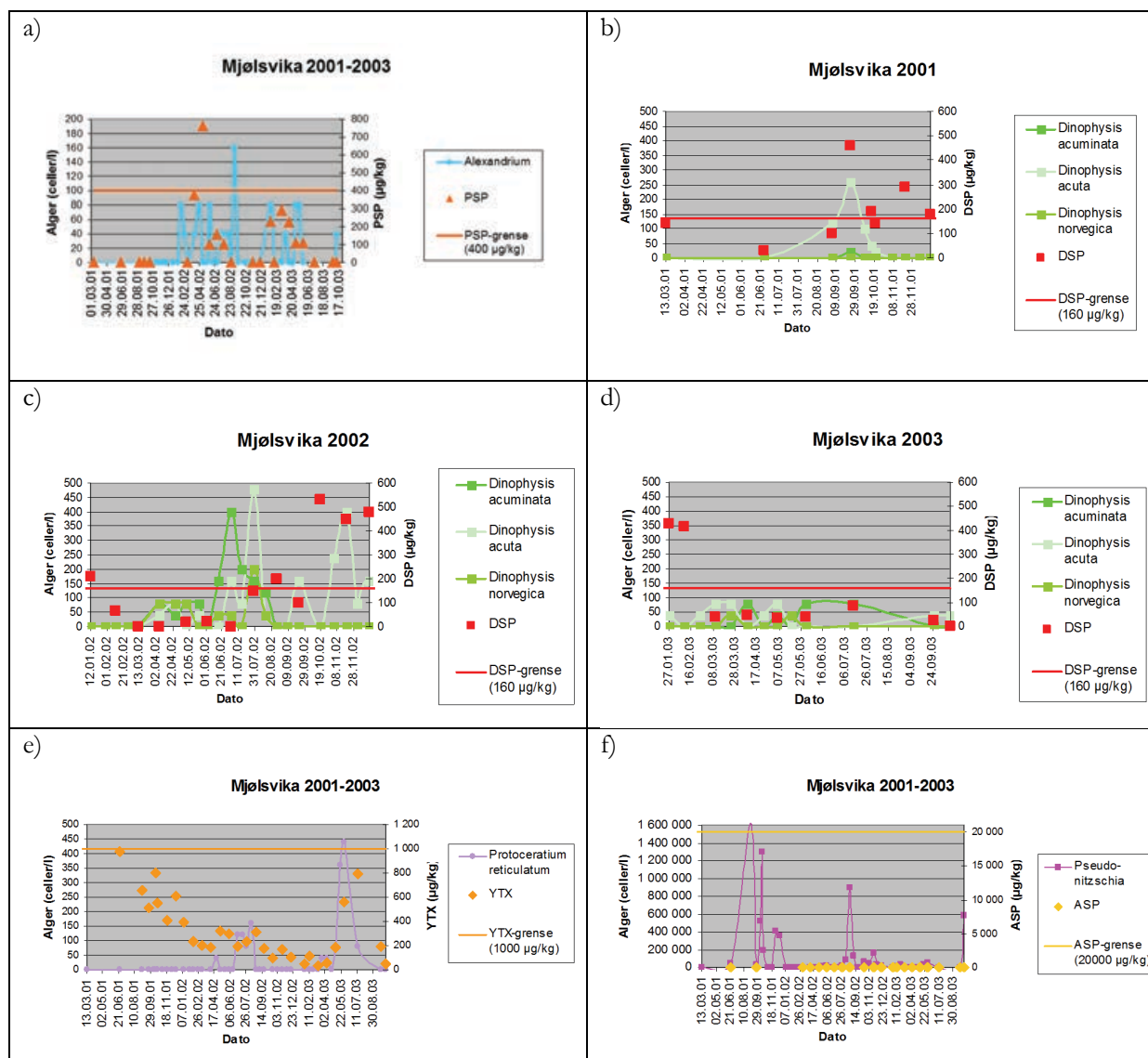
Fra Mjølsvika foreligger det bestemmelse og kvantifisering av potensielle toksinproduserende alger fra første halvdel av mars 2001 til første halvdel av oktober 2003 med innsamling ca. hver 14. dag i 2002, men noe mer spredt innsamlingsfrekvens de to andre årene. Prøvene har vært tatt som integrerte prøver fra 0 til 10 m.

***Alexandrium* og PSP**

I 2001 ble ikke *Alexandrium* registrert. I 2002 ble den registrert jevnlig med maksimumskonsentrasjon 160 celler/l 8. september, mens i 2003 ble den registrert både vår og høst med 80 celler/l som høyeste konsentrasjon (**Figur 65a**). PSP ble ikke påvist i 2001, men fantes i skjell både vår og sommer i 2002 og 2003 med en påvisning over faregrensenivå i mai 2002.

***Dinophysis* og DSP**

I Mjølsvika forekom *Dinophysis acuta* høsten 2001 med 260 celler/l, sommeren og høsten 2002 med maksimalt 480 celler/l og vår og sommer 2003, men da med kun 80 celler/l som maksimum (**Figur 65b, c og d**). DSP over faregrensenivå ble påvist både høsten 2001 og vinteren 2001/2002, sommeren og høsten 2002 og vinteren 2002/2003, men ikke over faregrensenivå resten av året i 2003. Sommeren 2002 var det en svak blomstring av *D. acuminata* fra midten av juni til midten av august (maks. 400 celler/l), mens den de andre årene var mer sporadisk i lave konsentrasjoner. *D. norvegica* ble i 2002 jevnlig funnet i perioden fra april til august og kun sporadisk i 2003, mens den ikke ble registrert i 2001.



Figur 65. Forekomster av *Alexandrium tamarense* i a) 2001-2003, *Dinophysis* i b) 2001, c) 2002 og d) 2003, e) *Protoceratium reticulatum* i 2001-2003 og f) *Pseudo-nitzschia* i 2001-2003 på lokaliteten Mjølsvika i Gloppen.

Protoceratium reticulatum og YTX

YTX ble påvist i samtlige analyserte prøver i overvåkingsperioden med høyest konsentrasjon like under faregrensenivå i juni 2001 (**Figur 65e**). Fra juni 2001 og ut året ble YTX påvist uten at en eneste *Protoceratium reticulatum* ble registrert. Sommeren 2002 ble *P. reticulatum* funnet i lave konsentrasjoner uten at det ga noen vesentlige økninger i YTX-nivået. I mai og juni 2003 var det imidlertid en blomstring av *P. reticulatum* med maksimalt 440 celler/l, og dette medførte en betydelig økning i YTX-nivået i skjell, men konsentrasjonen oversteg ikke faregrensenivået.

Pseudo-nitzschia og ASP

ASP ble ikke påvist i skjell i overvåkingsperioden selv om det i 2001 var flere blomstringsperioder med *Pseudo-nitzschia* med maksimumskonsentrasjon på 1,6 mill. celler/l og en blomstring i 2002 med 0,9 mill. celler/l (**Figur 65f**).

4.11.7 Konklusjon toksinproduserende alger og algetoksiner

Analyser for kvantifisering av potensielle toksinproduserende alger og deres algetoksiner i skjell ble gjennomført fra mars 2001 til oktober 2003. Overvåkingen i denne perioden viste for lokaliteten Mjølsvika i midtre del av Sognefjorden at *Alexandrium* og PSP var et relativt lite problem da PSP over faregrensenivå kun ble påvist en gang. Forekomst av *Dinophysis acuta* og DSP var et problem i 2 av 3 år, og DSP i skjell kunne forekomme både sommer, høst og vinter. YTX ble målt i skjell gjennom hele overvåkingsperioden uten å overstige faregrensenivået, og i mai/juni 2003 ble det funnet samstemmighet mellom YTX og forekomst av *Protoceratium reticulatum*. ASP ble ikke påvist i skjell selv om det var flere betydelige blomstringer av *Pseudo-nitzschia*.

4.11.8 Andre alger

Andre alger er ikke gjennomgått for lokaliteten Mjølsvika.

5. Litteratur

Falkowski, P.G., & Kolber, Z. 1993. Estimation of phytoplankton photosynthesis by active fluorescence. ICES mar. Sci. Symp. 197:92-103.

Fehling, J., Green, D.H., Davidson, K., Bolch, C.J. & Bates, S.S. 2004. Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia seriata* (Bacillariophyceae) in Scottish waters. J. Phycol. 40:622-630.

James, K.J., Moroney, C., Roden, C., Satake, M., Yasumoto, T., Lehane, M. & Furey, A. 2003. Ubiquitous "benign" alga emerges as the cause of shellfish contamination responsible for the human toxic syndrome, azaspiracid poisoning. Toxicon 41(2):145-151.

Krock, B., Tillmann, U., Witt, M. & Gu, H. 2014. Azaspiracid variability of *Azadinium poporum* (Dinophyceae) from China Sea. Harmful Algae, 36:22-28.

Olseng C.D., Johnsen T.M. & Lømsland E.R. 2002. *Dinophysis acuta* i Sør fjorden. Poster ved årsmøte i Norske Havforskeres Forening. Bergen 31. oktober-1.november 2002.

Tillmann, U., Elbrächter, M., Krock, B., Uwe, J. & Allan, C. 2009. *Azadinium spinosum* gen. et sp. nov. (Dinophyceae) identified as a primary producer of azaspiracid toxins. European Journal of Phycology 44:63-79.

Vedlegg A.

Posisjoner for alle stasjoner. Kun de 10 første stasjonene inngår i denne undersøkelsen

Stasjon	Kommune	Posisjon (WGS84)	
		N	E
1. Frøholmen	Stryn	61.87086642	6.61363259
2. Verpeneset	Gloppen	61.84305924	6.09327364
3. Hundeide	Eid	61.90028447	5.88392153
4. Nakkneset	Vågsøy	61.92714600	5.06522778
5. Langeneset	Flora	61.55226086	5.29546481
6. Naustdal	Naustdal	61.50558973	5.71165214
7. Kvamen	Fjaler	61.37283839	5.44221786
8. Lifjorden	Hyllestad	61.15187905	5.19802502
9. Brekke	Gulen	61.02208520	5.46120520
10. Mjølsvika	Høyanger	61.10704062	6.04774595
11. Borgundvåg	Selje	61.16484377	5.33355991
12. Ervik	Selje	61.45410009	5.63385319
13. Strandaneset	Solund	61.14033975	4.82323594
14. Åfjord	Hyllestad	61.18889878	5.22093661
15 Naustholmen (Vassvika)	Gulen	60.93914814	4.97716246
16. Arnafjord	Vik	61.02957722	6.38642391
17. Simlenset	Vik	61.05818169	7.01041534

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

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no