



RAPPORT LNR 5331-2007

Utredninger Vansjø 2006

Kartlegging av vannkvalitet

Delrapport 1



**Biologisk
Institutt og
LFI**



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Midt-Norge

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

Tittel Utredninger Vansjø – Kartlegging av vannkvalitet i 2006	Løpenr. (for bestilling) 5331-2007	Dato 1.mars 2007
	Prosjektnr. Undernr. O-26280-1	Sider Pris 42
Forfatter(e) Knut Bjørndalen Tom Andersen Per- Johan Færøvig	Fagområde Eutrofi Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn og Vannområdeutvalget Morsa	Oppdragsreferanse Helga Gunnarsdottir
---	--

Sammen drag


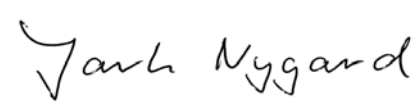
Vannområdeutvalget Morsa fikk i 2006 økonomisk støtte fra MD/SFT til å gjennomføre utredninger i Vansjø i 2006. Denne delrapporten omhandler kartleggingen av vannkvaliteten. Overvåkingen pågikk i perioden fra begynnelsen av mai til den 9.oktober 2006. Resultatene viser at mens vannkvaliteten i Storefjorden har blitt bedre de siste 5 årene, er en tilsvarende utvikling ikke synlig i Vanemfjorden. Det ble i Vanemfjorden påvist svært store mengder med blågrønnalger også i 2006. I Storefjorden ble det påvist små mengder med algegiften microcystin men det ble ikke påvist microcystin i rentvannet fra Vansjø vannverk. I Vanemfjorden ble det påvist en konsentrasjon av microcystin opp mot grensen for badevannskvalitet (på 10 ug/l). NIVA anbefalte i denne situasjonen de lokale helsemyndighetene å fraråde befolkningen å bade i denne delen av Vansjø.

Fire norske emneord 1. Overvåking 2. Overgjødsling 3. Algeoppblomstringer	Fire engelske emneord 1. Monitoring 2. Eutrophication 3. Alga blooms
--	---



Knut Bjørndalen

Prosjektleder

Merete Johannessen Ulstein
Forskningsleder

Jarle Nygard
Fag og markedsdirektør

Utredninger Vansjø 2006

Kartlegging av vannkvalitet

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra prosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Kartlegging av vannkvalitet*. Prosjektet er en videreføring av prosjektet *Utredninger Vansjø 2005*. Dette prosjektet ble igangsatt da Vannområdeutvalget Morsa i 2005 fikk økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet (MD)/ Statens forurensningstilsyn (SFT) til å gjennomføre utredninger med det hovedmål å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til næringsstoffer som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak.

Prosjektet ”Utredninger Vansjø 2006” ble etter en anbuds konkurranse gjennomført av et konsortium bestående av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Universitet i Oslo (v. Biologisk Institutt) og Bioforsk (v/ Jord og miljø). NIVA har hatt prosjektledelsen og har vært ansvarlig overfor oppdragsgiver. NIVA har også hatt det overordnede ansvaret for kvalitetssikringen av prosjektet og dets leveranser.

Utredninger Vansjø har i 2006 bestått av følgende delprosjekter med følgende hovedansvarlige:

1. Kartlegging av vannkvalitet. *Hovedansv. Knut Bjørndalen, NIVA*
2. Undersøke mulig intern gjødsling i vestre Vansjø. *Hovedansv. Tom Andersen, Univ. I Oslo*
3. Utrede naturtilstanden i Vansjø. *Hovedansv. Eva Skarbøvik, NIVA*
4. Forbedring av tilførselsberegninger, *Hovedansv. Eva Skarbøvik*

Prosjektet er samordnet med vannkvalitetsovervåkingen i regi av Fylkesmannen i Østfold. Prosjektet har også benyttet resultater fra Grimstadbukta som er finansiert av MOVAR IKS.

Prosjektleder for konsortiet har vært Knut Bjørndalen, NIVA, mens prosjektets kvalitetssikrer har vært Merete Johannessen Ulstein, NIVA. Oppdragsgivers kontaktperson har vært daglig leder Helga Gunnarsdottir, Vannområdeutvalget Morsa.

Konsortiet vil takke leder av Vannområdeutvalget Morsa Kjell Løkke og daglig leder Helga Gunnarsdottir som aktive og konstruktive medspillere og for nyttige diskusjoner gjennom hele prosjektperioden. Konsortiet vil til slutt takke MOVAR IKS for samarbeidet under feltarbeidet.

NIVA, den 16. februar 2007

Knut Bjørndalen
prosjektleder

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	9
2. Beskrivelse av undersøkelsesprogrammet	10
3. Vansjøs nedbørfelt	11
3.1 Innsjøen Vansjø	12
3.2 Brukerinteresser	13
4. Meteorologi, vannføring og vannstand	14
5. Resultater fysiske-kjemiske forhold	16
5.1 Temperatur og oksygen	16
5.2 Siktedyp	18
5.3 Suspendert stoff/Gløderest	19
5.4 pH	20
5.5 Fosfor	21
5.6 Nitrogen	23
5.7 Reaktivt silikat	25
5.8 Vannets farge	26
5.9 Totalt organisk karbon (TOC)	27
6. Resultater biologiske forhold	28
6.1 Planteplankton	28
6.2 Klorofyll-a	31
6.3 Microcystin	32
7. Undersøkelser i Grimstadviken og Nesparken	33
7.1 Nesparken	33
7.2 Grimstadviken	34
8. Situasjonen i 2006 sammenlignet med tidligere år	35
9. Regionalundersøkelse våren 2006	38
10. Klassifisering av Vansjø	39
Vedlegg A. Metodikk	41
Vedlegg B. Referanser	42

Sammendrag

Innledning

Denne rapporten presenterer resultatene fra prosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Kartlegging av vannkvaliteten*. Prosjektet er en videreføring av prosjektet *Utredninger Vansjø 2005*. Dette prosjektet ble igangsatt da Vannområdeutvalget Morsa i 2005 fikk økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet (MD)/ Statens forurensningstilsyn (SFT) til å gjennomføre utredninger med det hovedmål å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til næringsstoffer som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak.

Miljøtilstanden i Vansjø er fortsatt ikke tilfredsstillende til tross for gjennomføring av betydelige tiltak for å begrense fosfortilførsler fra nedbørfeltet. Særlig i Vanemfjorden har store oppblomstringer av toksiske blågrønnalger de senere år medført betydelige brukerkonflikter. Delprosjektet om kartlegging av vannkvaliteten er en videreføring og forbedring av vassdragsovervåkingen i Vansjø for å kunne fastslå vannkvalitetsutviklingen i Vansjø og for eventuelt å kunne se effekter av gjennomførte tiltak.

Nedbørfeltet og selve innsjøen

Vansjø-Hobølvassdraget er et næringsrikt lavlandsvassdrag og størstedelen av nedbørfeltet ligger under den marine grense. Nedbørfeltet er på 690 km² og jordbruk drives på ca. 15% av arealene. Resten av arealene i nedbørfeltet er hovedsakelig skog. Det bor ca. 40.000 mennesker i nedbørfeltet.

Selve innsjøen er 36 km² og består av flere bassenger som er skilt fra hverandre av trange sund og grunne terskler. Vansjø blir ofte delt inn i 2 hovedbassenger; en østre del (Storefjorden) som er på 24 km² og den vestre delen (Vanemfjorden) som er på 12 km². De største tilløpselvene munner ut i Storefjorden, mens utløpet er fra Vanemfjorden og ut via Mosseelva i Mossesundet (Oslofjorden).

Brukerinteresser

Det er knyttet betydelige friluftinteresser til Vansjø. Vansjø er råvannskilde for ca. 60.000 mennesker i Mosseregionen (Vansjø vannverk). Vansjø vannverk har inntak i Storefjorden og er et fullreanseanlegg med aktivt kull som etterbehandling. Vansjø brukes i tillegg i stor grad til båtliv, kanopadling, bading og fiske. Innsjøen benyttes også til jordbruksvanning og som resipient for avløpsvann og avrenning fra jordbruk. Det er betydelige brukerkonflikter mellom de interessene som er avhengig av tilfredsstillende vannkvalitet og de som benytter Vansjø som resipient.

Resultater tidsmessig variasjon

Overvåkingen pågikk i perioden fra og med isgang i månedsskiftet april/mai til den 9. oktober 2006. Det ble innhentet vannprøver 1 gang pr uke i denne perioden fra Storefjorden og Vanemfjorden. På sommeren (juni-august) ble det i tillegg foretatt en mindre undersøkelse i Nesparken.

Vansjø er om sommeren i varierende grad sjiktet avhengig av temperatur- og vindforhold. Som følge av et stabilt høytrykk fra og med midten av juni 2006 fikk vi i denne perioden utviklet en temperatursjiktning i Vansjø. Dette medførte en reduksjon i oksygenkonsentrasjon i bunnvannet, særlig på hovedstasjonen i Vanemfjorden der det ble påvist oksygenverdier ned mot 1,1 mg/l.

Tilført leirmateriale på våren påvirket de partikkel-relaterte parameterene som siktedyp, suspendert stoff og partikulært fosfor. Dette gjaldt spesielt i Storefjorden der alle de større tilløpselvene renner ut.

På sommeren var disse parametrene i større grad påvirket av algemengden og de høyeste verdiene ble derfor påvist i Vanemfjorden.

Totalt organisk karbon og vannets farge viser at Vansjø er humøs. Måling av pH *in-situ* (i felt) viste at det var relativt høy pH i Vanemfjorden i perioder med stor algeproduksjon. Dette gjaldt i enda større grad i Nesparken da denne lokaliteten ligger mer vindbeskyttet enn hovedstasjonen i Vanemfjorden.

Det ble i 2006 påvist til dels svært høye algemengder i Vanemfjorden med en gjennomsnittsverdi på 4,0 mg våtvekt/l og maksimalverdier på sommeren på opptil hele 8,6 mg våtvekt/l. I Vanemfjorden var algene fra og med juli fullstendig dominert av blågrønnalgene *Anabaena* og *Microcystis*. I Storefjorden var planktonsamfunnet mer moderat og algesamfunnet var her dominert av kiselalger og cryptomonader.

I Storefjorden ble algegiften microcystin påvist i konsentrasjoner opptil 2,3 µg/l og i Grimstadkilen, der Vansjø vannverk har sitt råvannsinntak, ble det påvist konsentrasjoner opptil 2,8 µg/l. Det ble imidlertid ikke påvist microcystin i rentvannet fra Vansjø vannverk da disse stoffene fjernes i renseprosessen.

I Vanemfjorden ble det påvist en microcystin-konsentrasjon opp mot 7,5 µg/l. NIVA anbefalte i denne situasjonen de lokale helsemyndigheter å fraråde befolkningen å bade i denne delen av Vansjø. Flere undersøkelser viser at algekonsentrasjonen varierer i horisontalt avhengig av vindforhold. Det registreres veldig ofte at blågrønnalgene flyter opp til overflaten og at algene fraktes i store massive "algeflak" inn mot land/badeplasser. Konsentrasjonen av alger/algetoksiner vil på disse områdene kunne være svært høye selv om det kun påvises moderate konsentrasjoner ute i vannmassene.

Resultater tidsserier

Ved å sammenligne konsentrasjonene av totalfosfor og klorofyll-a fra 2006 med resultatene fra tidligere år, viser fosfor en fallende trend i Storefjorden de siste 6 årene mens det har skjedd en utflating ev. en svak nedgang i Vanemfjorden.

NIVA har tidligere behandlet tidsserier i Vansjø for perioden 1999-2003. NIVA konkluderte den gang med at det var for tidlig å si om reduksjonen av totalfosfor i Storefjorden skyldes gjennomførte tiltak eller svingninger som skyldes andre forhold. Siden 2003 er imidlertid trenden blitt forsterket med enda lavere gjennomsnittsverdier. Da det i samme periode er gjennomført betydelige tiltak i nedbørfeltet, bør vi kunne se den positive trenden i denne sammenheng selv om tallmaterialet ikke er behandlet på en slik måte at vi kan angi graden av sannsynligheten for dette. En annen faktor som taler i den samme retningen er de stadig mer ustabile vintrene i denne perioden med flere fryse/tine-perioder i løpet av vinteren. Slike forhold fører til større grad av erosjon og utvasking av fosfor til vannmassene. Dette kan medføre en økning av fosforinnholdet i innsjøen også etter at undersøkelsesperioden starter i april/mai. At konsentrasjonen av totalfosfor går ned under slike forhold er med å sannsynliggjøre at den positive trenden skyldes gjennomførte tiltak i nedbørfeltet.

Når det gjelder biomasseparameteren klorofyll-a viser den en utflating eller svak hellende trend i Storefjorden. I Vanemfjorden ble det imidlertid påvist en meget høy økning i klorofyll-a i 2006, men det er også en negativ trend (økning av klorofyll-verdiene) over tid. Det ble ikke påvist en tilsvarende økning i totalfosfor i Vanemfjorden.

En så sterk økning av klorofyll-verdiene i Vanemfjorden i 2006 uten en tilsvarende økning av totalfosfor er overraskende. Forholdet mellom klorofyll-a og totalfosfor kan variere som følge av flere faktorer bl.a. forskjellig artssammensetning, fotoadaptasjon som følge av lysbegrensning m.v. Den registrerte økningen i klorofyll følges imidlertid opp med en tilsvarende økning av algevolumet fra de kvantitative planktontellingene. Dette gjør det derfor vanskelig å forklare at denne forskjellen med faktorer som er kjent for å kunne påvirke forholdet mellom klorofyll og totalfosfor.

Selv om det tidligere er registrert oppblomstringer av blågrønnalger i Vanemfjorden var det først i 2004 det ble påvist en massiv oppblomstring av *Microcystis*, men denne var av kortvaring karakter noe som medførte at det ikke ble registrert spesielt høye gjennomsnittverdier i vekstsesongen juni-september. I 2005 ble det også påvist en stor oppblomstring av *Microcystis* og *Anabaena* men det var ikke så store maksverdier som i 2004 men oppblomstringen strakte seg lengre i tid. Gjennomsnittverdiene dette året ble derfor ikke spesielt høy. Det var først i 2006 vi fikk en så stor oppblomstring av blågrønnalger at gjennomsnittverdien for vekstsesongen ble betydelig høyere enn det som er registrert tidligere.

Blågrønnalgeoppblomstringen ble i 2006 imidlertid dominert av *Anabaena* og ikke *Microcystis* som i 2004, noe som skyldes at nitraten var brukt opp i store deler av vekstsesongen. Da *Anabaena* klarer å nyttiggjøre seg oppløst nitrogengass var denne algen svært konkurransedyktig i denne perioden.

En mulig årsak til de svært høye mengder med *Anabaena* var at sommeren 2006 ble spesielt solrik og varm. Nitrogenfixeringen hos *Anabaena* er svært energikrevende og en omfattende niktrogenfixering er først mulig ved stor solinnstråling ned i vannet. Samtidig var høsten varm med relativt høye vanntemperaturer helt til undersøkelsesperioden var ferdig medio oktober. Disse faktorene kan være med å forklare de høye algemengdene i Vanemfjorden i 2006 selv om de ikke forklarer det overraskende forholdet mellom totalfosfor og klorofyll-a.

1. Innledning

Denne rapporten presenterer resultatene fra prosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Kartlegging av vannkvalitet*. Prosjektet er en videreføring av prosjektet *Utredninger Vansjø 2005*. Dette prosjektet ble igangsatt da Vannområdeutvalget Morsa i 2005 fikk økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet (MD)/ Statens forurensningstilsyn (SFT) til å gjennomføre utredninger med det hovedmål å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til næringsstoffer som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak.

Miljøtilstanden i Vansjø er fortsatt ikke tilfredsstillende til tross for gjennomføring av betydelige tiltak for å begrense fosfortilførsler fra nedbørfeltet. Særlig i Vanemfjorden har store oppblomstringer av toksiske blågrønnalger de senere år medført betydelige brukerkonflikter. Delprosjektet om kartlegging av vannkvaliteten er en videreføring og forbedring av vassdragsovervåkingen i Vansjø for å kunne fastslå vannkvalitetsutviklingen i Vansjø og for eventuelt å kunne se effekter av gjennomførte tiltak.

I 2006 er vassdragsovervåkingen videreført på hovedstasjonene i Storefjorden og Vanemfjorden. Det er i tillegg gjennomført en mindre undersøkelse i Nesparken. Det er også gjennomført overvåking av Grimstadkilen som der råvannsinntaket til Vansjø vannverk ligger. Denne overvåkingen er finansiert av MOVAR IKS.

2. Beskrivelse av undersøkelsesprogrammet

Tidsrom og prøvetakingsfrekvens

Overvåkingen pågikk i perioden fra den 2. mai til den 9. oktober 2006. Det ble innhentet vannprøver 1 gang pr uke i denne perioden fra Storefjorden og Vanemfjorden. I Nesparken ble det innhentet vannprøver 5 ganger fra den 10. juli til den 4. september 2006.

Rapportering av felt- og analyseresultatene

Felt- og analyseresultatene ble fortløpende lagt ut på internett via NIVAs miljøovervåkingssystem AquaMonitor (www.aquamonitor.no/ostfold)

Feltparametere (parametere som ble målt ukentlig er angitt med fete typer):

Siktedyp, temperaturprofil, pH og oksygenprofil

Klorofyllanalyser m/ Fluoroprobe (kvantifisering av algeklasser ut fra pigmenter, herunder andel blågrønnalger)

Kjemiske analyser:

Klorofyll-a

Total-P, PO₄, partikulært P og totalt løst P.

Total N, NO₃ og NH₄

Totalt reaktivt silikat (et stoff som kiselalgene er avhengig av)

Suspendert materiale og gløderest (mål på totalt partikulært materiale og den uorganiske delen av dette)

Vannets farge og TOC (mål på humus og totalt organisk materiale)

Planteplankton:

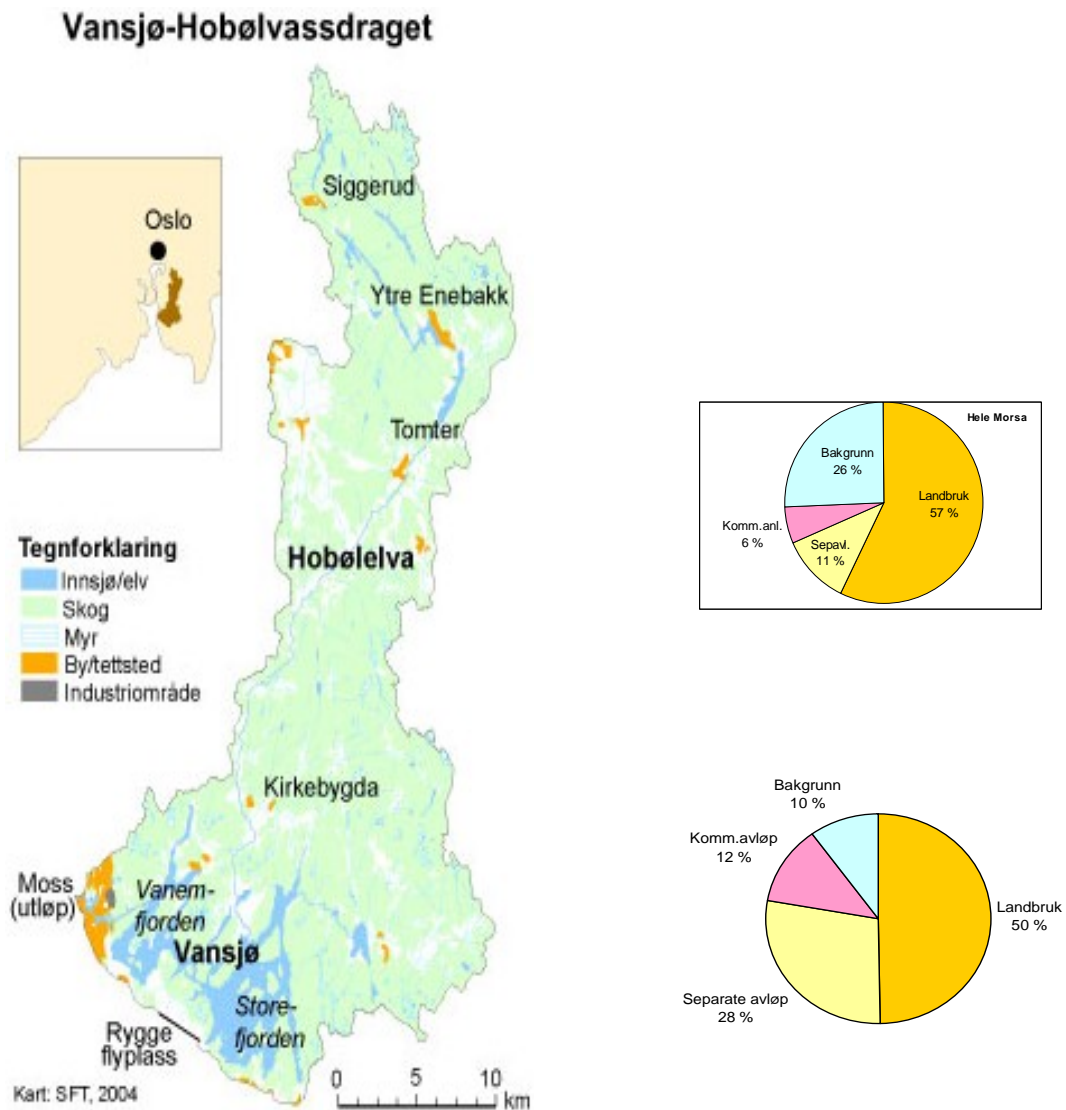
Biovolum og artssammensetning ble analysert hver annen uke.

Algetoksiner:

Microcystin ble analysert ukentlig fra og med begynnelsen av juni dvs. i perioden med blågrønnalgeoppblomstring.

3. Vansjøs nedbørfelt

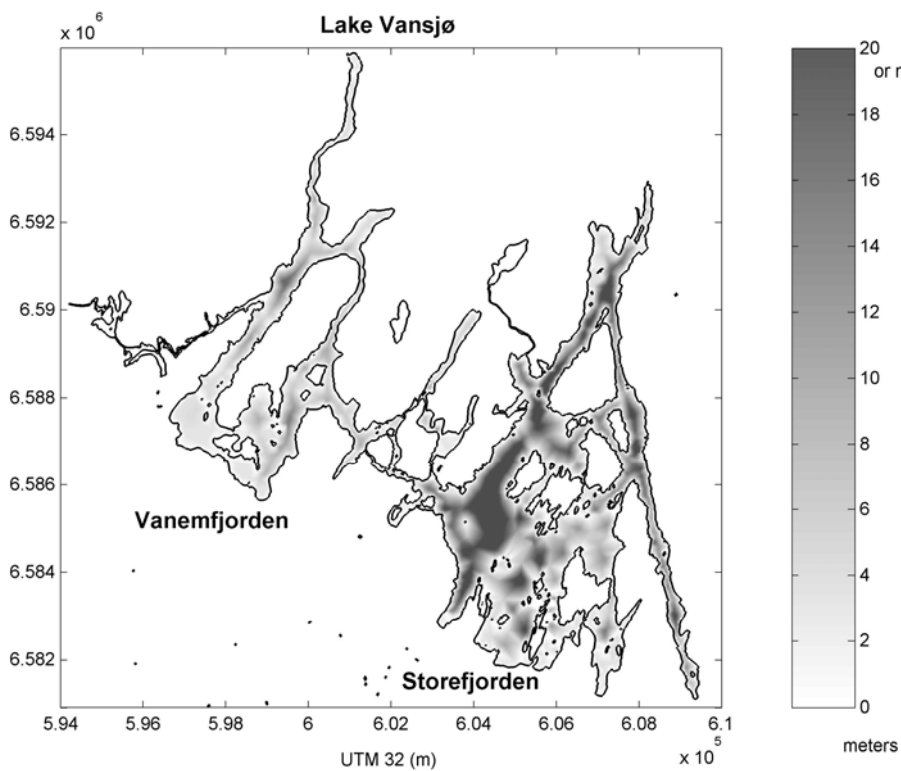
Vansjø-Hobølvassdraget er et næringsrikt lavlandsvassdrag og størstedelen av nedbørfeltet ligger under den marine grense. Nedbørfeltet er på 690km² og jordbruk drives på ca. 15 % av arealene. Resten av arealene i nedbørfeltet er hovedsakelig skog (se figur 1). Det bor ca. 40.000 mennesker i nedbørfeltet.



Figur 1. Vansjøs nedbørfelt og fordeling av fosfortilførsler fra nedbørfeltet (øverst) og fordeling av biotilgjengelig fosfor (nederst). Tallene er fra Tiltaksanalysen for Morsa og er således beregnet før tiltakene i Morsa kom i gang. (Lyche-Solheim 2001)

3.1 Innsjøen Vansjø

Selve innsjøen er 36 km² og består av flere bassenger som er skilt fra hverandre av trange sund og grunne terskler (se figur 2). Vi deler ofte Vansjø inn i 2 hovedbassenger; en østre del (Storefjorden) som er på 24 km² og den vestre delen (Vanemfjorden) som er på 12 km². Både den største tilløpselva Hobølelva og de øvrige tilløpselvene munner ut i Storefjorden, mens utløpet er fra Vanemfjorden via Mosseelva og ut i Mossesundet (Oslofjorden). Morfometriske data for innsjøen er vist i tabell 1.



Figur 2. Dybdekart over Vansjø

Tabell 1. Vansjø – Morfometriske data

Morfometri	Storefjorden	Vanemfjorden
Overflateareal (km ²)	23,8	12
Middeldyp (m)	9,2	3,7
Største dyp (m)	41	17
Vannets teoretiske oppholdstid (år)	0,85	0,21

3.2 Brukerinteresser

Det er knyttet betydelige brukerinteresser til Vansjø. Vansjø er råvannskilde for ca. 60.000 mennesker i Mosseregionen (Vansjø vannverk). Vansjø vannverk har inntak i Storefjorden og er et fullreanseanlegg med aktivt kull som etterbehandling.

Vansjø brukes i tillegg i stor grad til båtliv, kanopadling, bading og fiske. Innsjøen benyttes også til jordbruksvanning og som resipient for avløpsvann og mottar avrenning fra jordbruk. Det er betydelige brukerkonflikter mellom de interessene som er avhengig av tilfredsstillende vannkvalitet og de som benytter Vansjø som resipient.

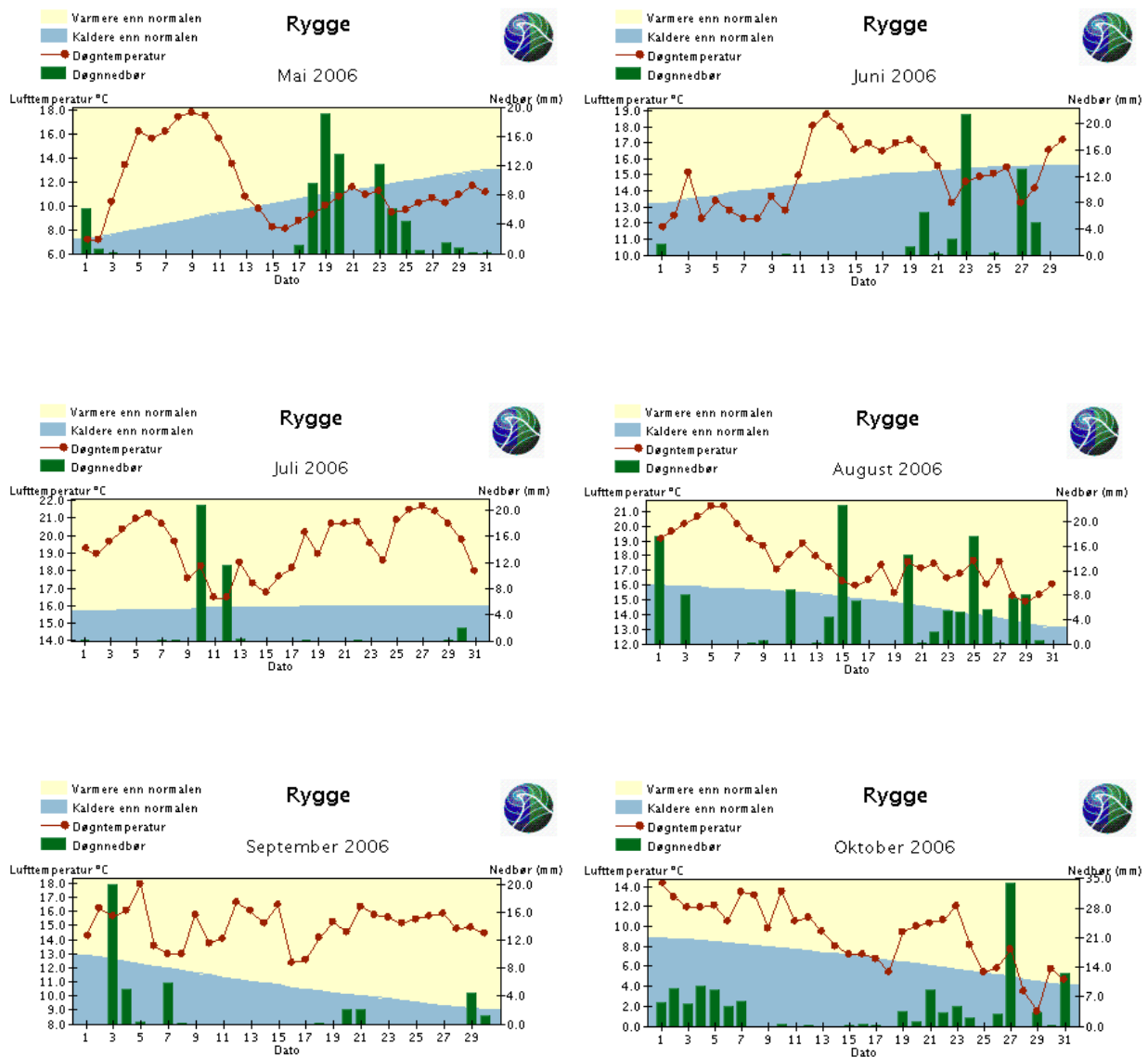


Figur 3. Kanopadling i Vansjø sommeren 2006

4. Meteorologi, vannføring og vannstand

Meteorologiske data for Rygge mai-oktober 2006 er vist i **Figur 4**.

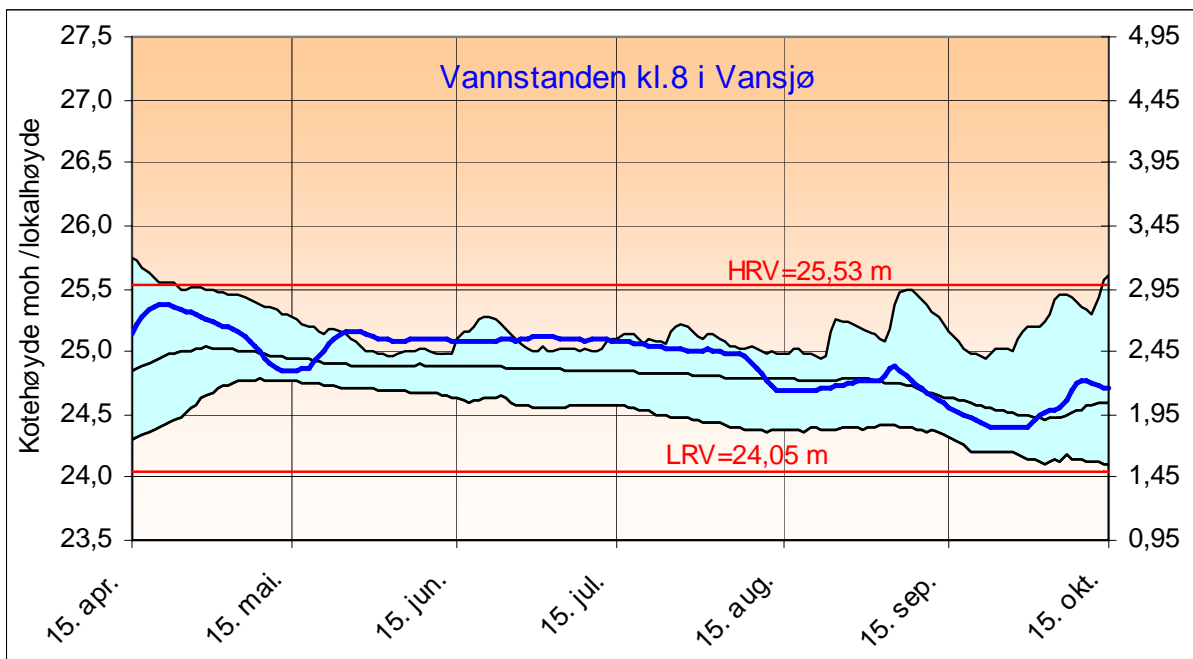
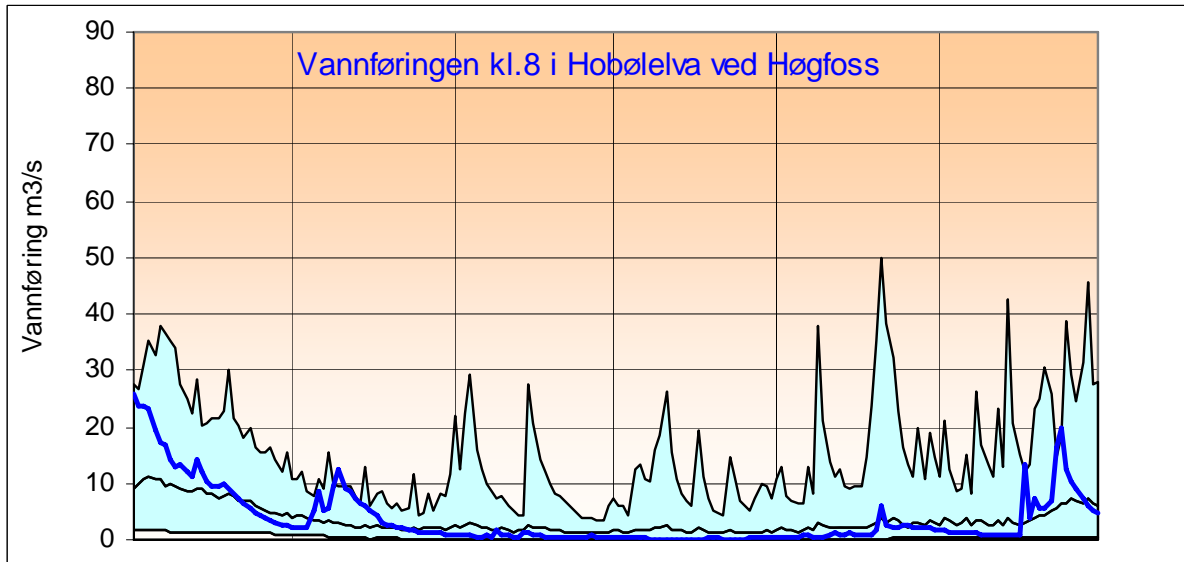
Sommeren 2006 var den varmeste sommeren på mange år og i tillegg hadde denne perioden gjennomgående lite nedbør. Mai måned hadde en månedstemperatur høyere enn normalt i første halvdel men lavere i andre halvdel. Juni var noe varmere enn normalt men resten av sommeren og til slutten av oktober var mye varmere enn normalt. Det ble også registrert svært lite nedbør i begynnelsen av juni og hele juli.



Figur 4. Meteorologiske data fra Rygge kommune (kilde: Meteorologisk institutt, se <http://met.no>)

P.g.a. relativ lite nedbør i undersøkelsesperioden ble det gjennomgående målt relativ lav vannføring i Hobølelva. Spesielt gjaldt dette på sommeren og høsten fram til oktober (jmf fig. **Figur 5**)

Vansjø er en regulert innsjø og ved lavt tilsig er vannstanden hovedsakelig styrt av manøvreringen av vannføringen i Mosseelva. I undersøkelsesperioden var vannføringen relativt lavt og følgelig var vannstanden i Vansjø hovedsakelig styrt av manøvreringsreglementet



Figur 5. Vannføringen i Hobølelva v/Høgfoss og vannstanden i Vansjø v/ Vanemfjorden. Blå kurve viser årets data. "Bakgrunnsteppet" er maksimum, middel og minimum for årrekken 1983-2004 (Kilde: Glommen og Laagens Brukseierforening, <http://www.glb.no>, se forøvrig <http://82.147.36.230/default/Public/MB/Mossevassdraget.htm> der oppdatert informasjon foreligger)

5. Resultater fysiske-kjemiske forhold

5.1 Temperatur og oksygen

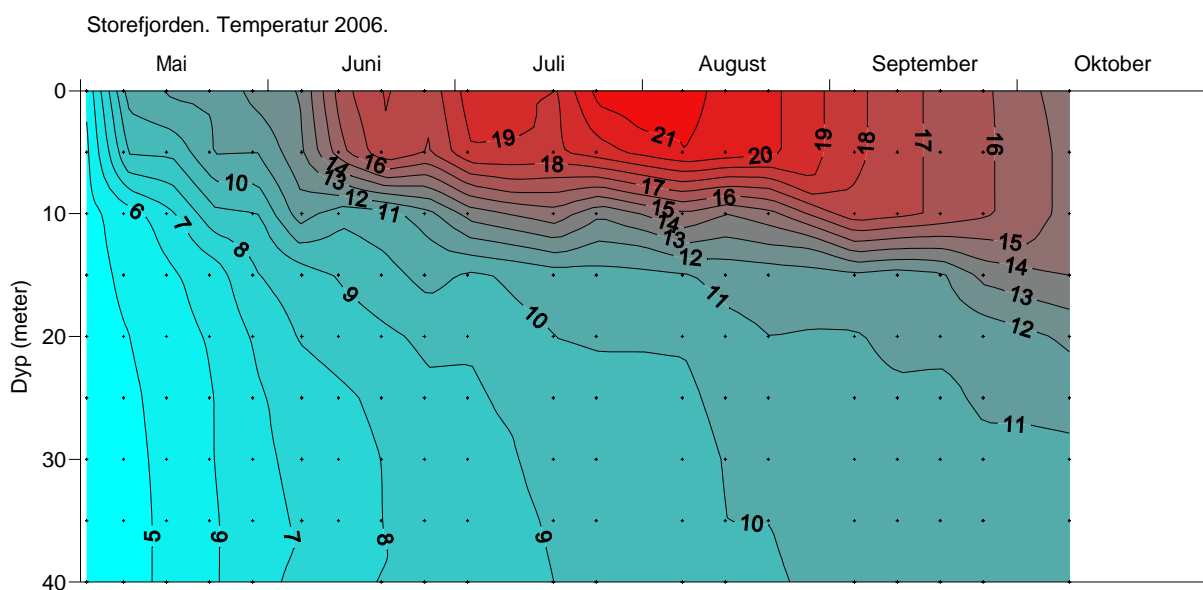
Temperaturforholdene er av overordnet betydning for mange av de fysiske-kjemiske prosesser som forekommer i vannmassene, og mellom vannmassene og sedimentene i en innsjø.

Den vertikale temperatursjiktningen vil i avgjørende grad være styrende for oksygenforholdene i Vansjø. Temperatursjiktningen har også stor betydning for de biologiske forhold bl.a. mengde og sammensetning av planteplanktonet.

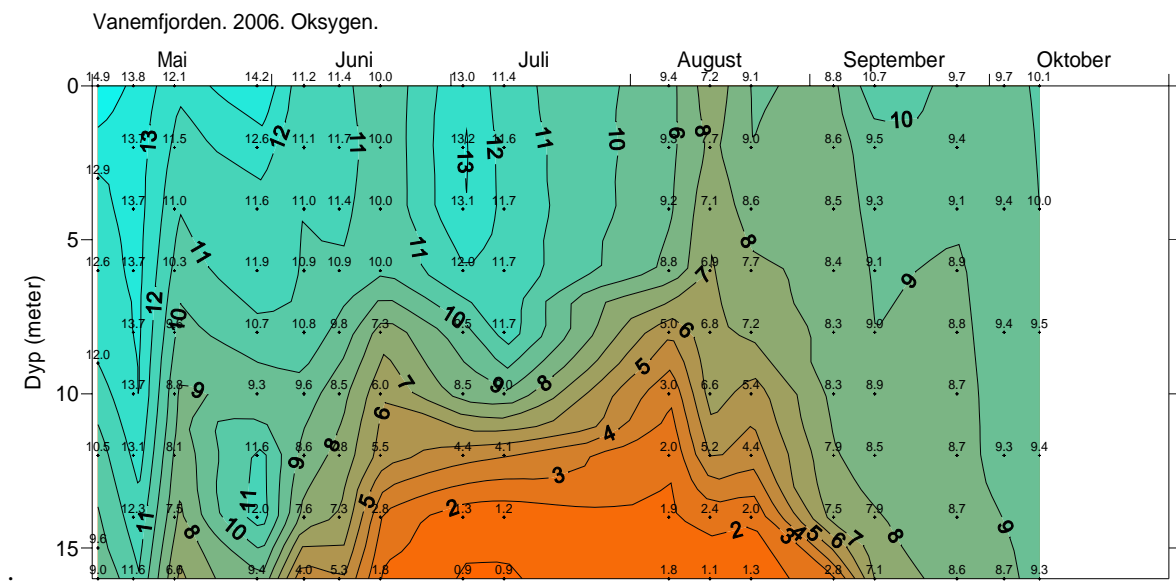
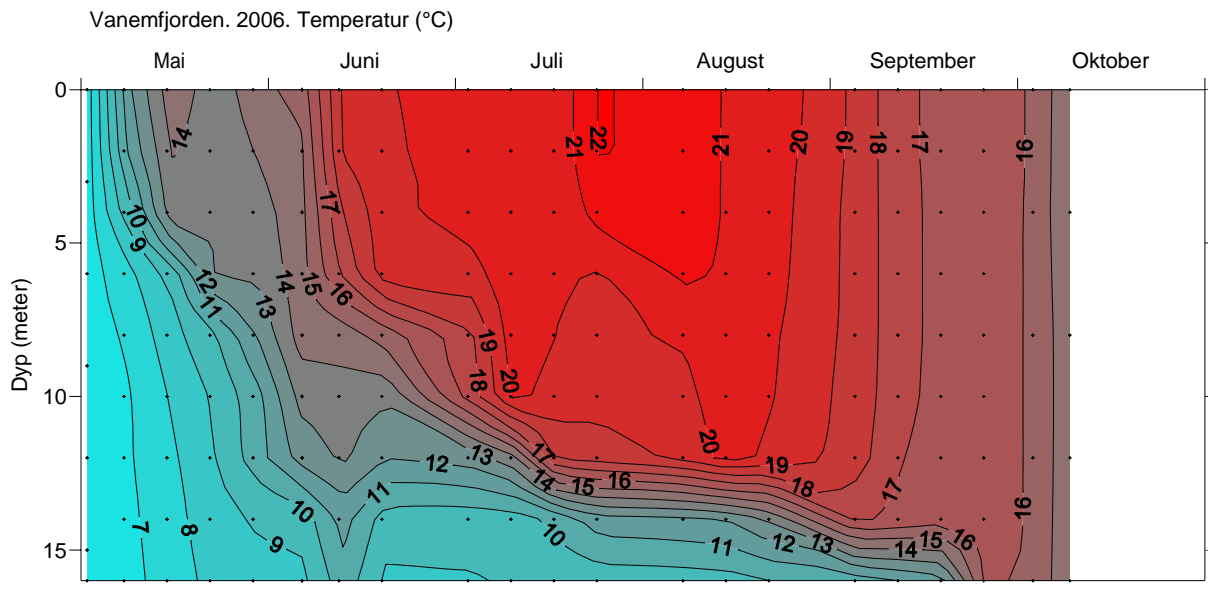
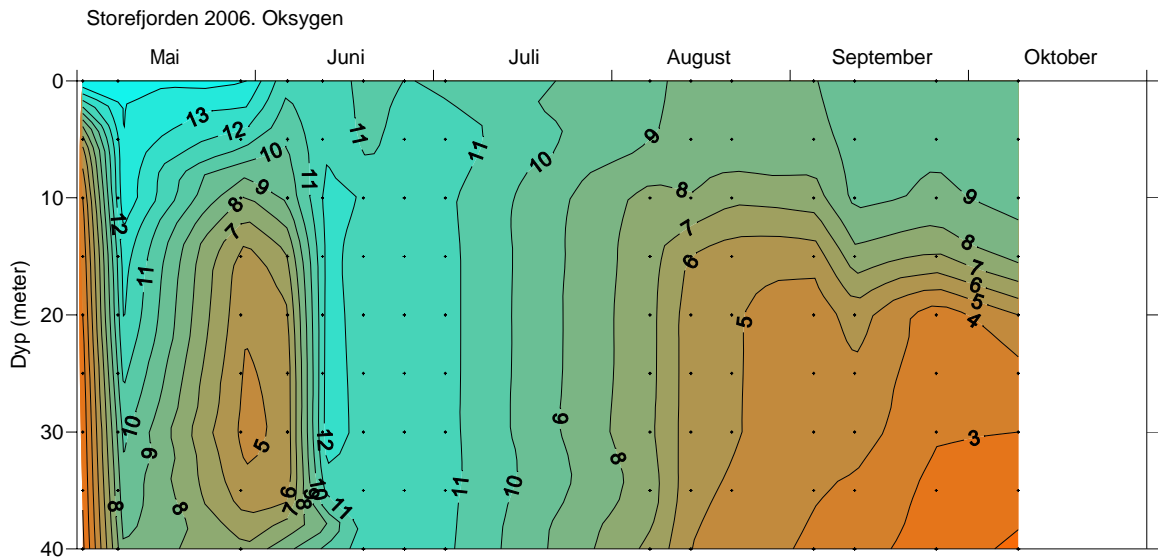
Vansjø er en vindpåvirket innsjø, og hvorvidt innsjøen danner en termisk sjiktning med varmt overflatevann og kaldere bunnvann om sommeren varierer fra år til år avhengig av vindforholdene. Spesielt gjelder dette Vanemfjorden som er relativt grunn.

Som følge av et relativt stabilt høytrykk fra midten av juni fikk vi utviklet en temperatursjiktning med varmt overflatevann og kaldere bunnvann i Vansjø. Dette medførte en reduksjon i oksygenkonsentrasjonen mot bunnen da oksygenrikt overflatevann ikke ble blandet med vannmassene under sprangsjiktet. Det ble påvist oksygenverdier ned mot 1,8 mg/l i Storefjordens bunnvann, mens det i Vanemfjordens bunnvann ble påvist oksygenverdier ned mot 1,1 mg/l. Når oksygenmengden reduseres til under 0,5 mg/l kan det igangsettes prosesser med for eksempel frigivelse av fosfat fra sedimentene som resultat. I Vansjø er det bare i svært små vannvolumer vi påviser et slikt oksygensvinn, og dette har derfor minimal betydning for frigivelse av fosfor til vannmassene.

Når prøvetakingen begynte like etter isgang i månedsskiftet mai/juni ble det i Storefjorden påvist en reduksjon av oksygenkonsentrasjonen mot bunnen som skyldtes at fullsirkulasjon ennå ikke var kommet i gang. Det ble derfor påvist en oksygenkonsentrasjon i bunnvannet like etter isgang på 1,8 mg/l dvs. samme lave verdi som det en påviste på høsten. I begynnelsen av mai ble det imidlertid påvist en fullsirkulasjon av vannmassene.



Figur 6. Temperaturforholdene i Storefjorden 2006



Figur 7. Temperatur og oksygenforhold i Vansjø 2006

5.2 Siktedyp

Siktedypet måles ved at en senker ned en hvit skive (Secchiskive) i vannet. Siktedyper er det dyp der en ikke lenger ser skiva eller der hvor skiva kommer til syne når den trekkes opp igjen. Siktedypet er avhengig av partikkelinnholdet i vannet (leirpartikler og alger) og humusinnhold (vannets farge).

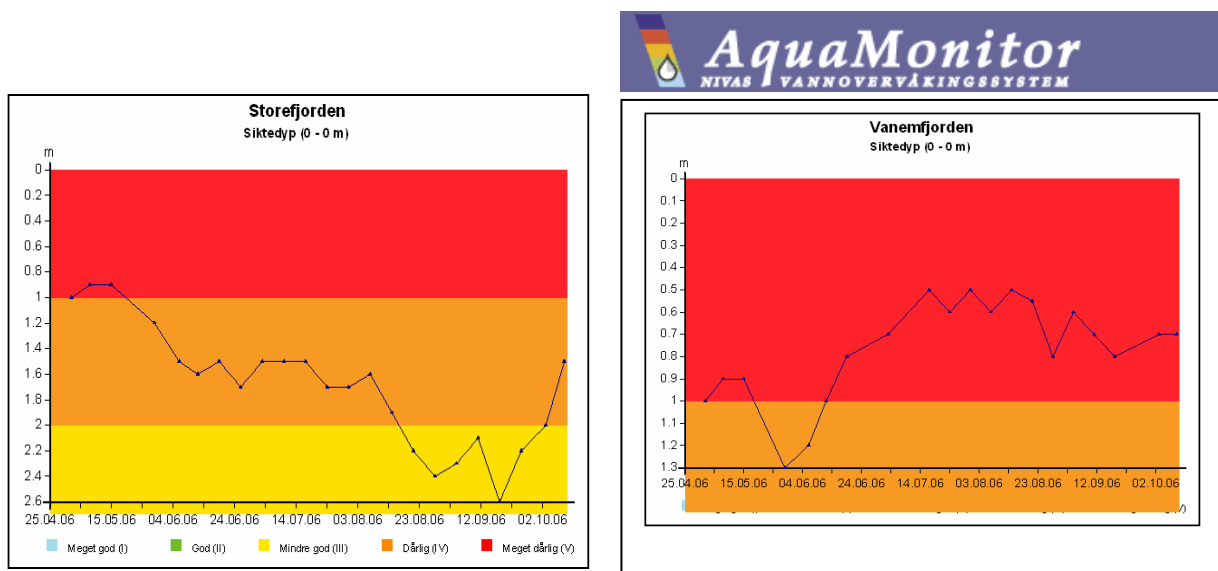
I Vansjø bestemmes siktedypet under flomperioden (vår og høst) stort sett av leirpartiklene i vannet, mens det på sommeren hovedsakelig bestemmes av algemengden.

Resultater:

Det gjennomsnittlige siktdypet i undersøkelsesperioden mai-oktober i Storefjorden var 1,7 m. Siktedypet i Storefjorden var på våren bestemt av leirmateriale som transporteres med tilløpselvene og i begynnelsen av mai ble det påvist et siktedyp på kun 0,9 m. Utover sommeren avtok vannets innhold av leirpartikler og siktedypet var i stor grad bestemt av algemengden. Da det i Storefjorden er kun moderate algemengder fikk vi på sensommeren et siktedyp på opptil 2,6 m.

I Vanemfjorden var det gjennomsnittlige siktedypet i undersøkelsesperioden 0,8 m dvs. under halvparten av siktedypet i Storefjorden. I Vanemfjorden er siktedypet om sommeren i stor grad bestemt av algemengden og det ble i denne perioden påvist et siktedyp ned mot 0,5 m.

Det gjennomgående lave siktedypet i Vanemfjorden sannsynliggjør at algene er lysbegrenset i deler av vekstsesongen. I Vansjø kan en anta at algeproduksjonen foregår ned til et dyp på ca. 1,5 – 2 ganger siktedypet. Hvis innsjøen er omblandet ned til temperatursprangsjiktet (termoklinen) på 10-14 m medfører det at algene kan være lysbegrenset i større deler av vekstsesongen.



Figur 8. Variasjoner i siktedypet i Vansjø 2006

5.3 Suspendert stoff/Gløderest

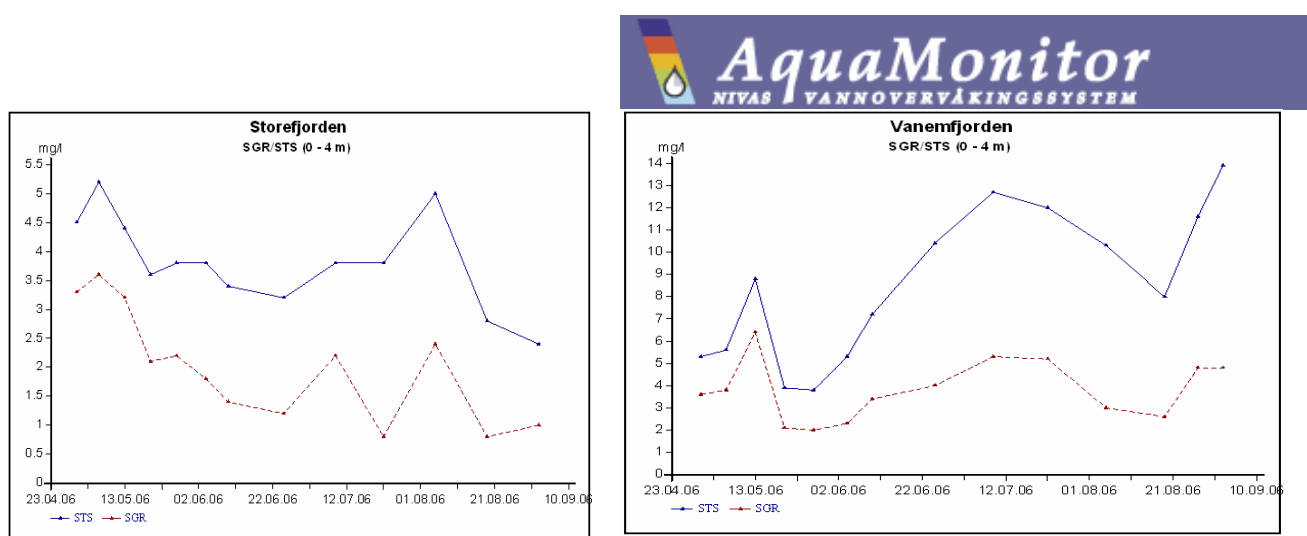
Suspendert stoff er et mål på partikulært materiale (uorganisk og organisk) i vannmassene. Suspendert materiale bestemmes ved at vannet filtreres gjennom et filter og veies. Ved bestemmelse av gløderest gløder man bort det organiske materialet. Gløderesten er et mål på det uorganiske materialet i vannmassene.

Vansjøs nedbørfelt ligger hovedsakelig under den marine grense og innsjøen er i perioder med stor vannføring i tilløpselvene i stor grad påvirket av suspendert leirmateriale.

Resultater

I begge bassengene var konsentrasjonene av suspendert stoff relativt høye i begynnelsen av undersøkelsesperioden. Utover sommeren ble det påvist høyere verdier i Vanemfjorden enn i Storefjorden. En del av dette skyldes en langt høyere mengde i dette bassenget.

Det ble imidlertid også registrert høyere verdier av uorganisk partikulært materiale i Vanemfjorden enn i Storefjorden. Mens det i Storefjorden ble registrert en gjennomsnittlig verdi på 1,9 mg/l, ble det i Vanemfjorden registrert en gjennomsnittlig verdi på det dobbelte dvs. 3,8 mg/l. At det påvises større grad av uorganisk partikulært materiale i Vanemfjorden skyldes større grad av vinddrevet resuspensjon som følge av at dette bassenget har en forskjellig bassengmorfometri enn bassenget i Storefjorden. I Vanemfjorden er det et større forhold mellom det epilimniske sedimentareal og epilimnions volum enn i Storefjorden. Dette er et forhold som sier noe om i hvor stor grad vannmassene over epilimnion er i kontakt med sedimentet.. Dette vil medføre både en høyere primærproduksjon og algemengde, men også en større resuspensjon av uorganisk materiale (jmf. diskusjon i Bjørndalen, K. & Warendorh, H. 1982).



Figur 9. Variasjoner i suspendert tørrstoff (STS) og gløderest (SGR) i Vansjø 2006

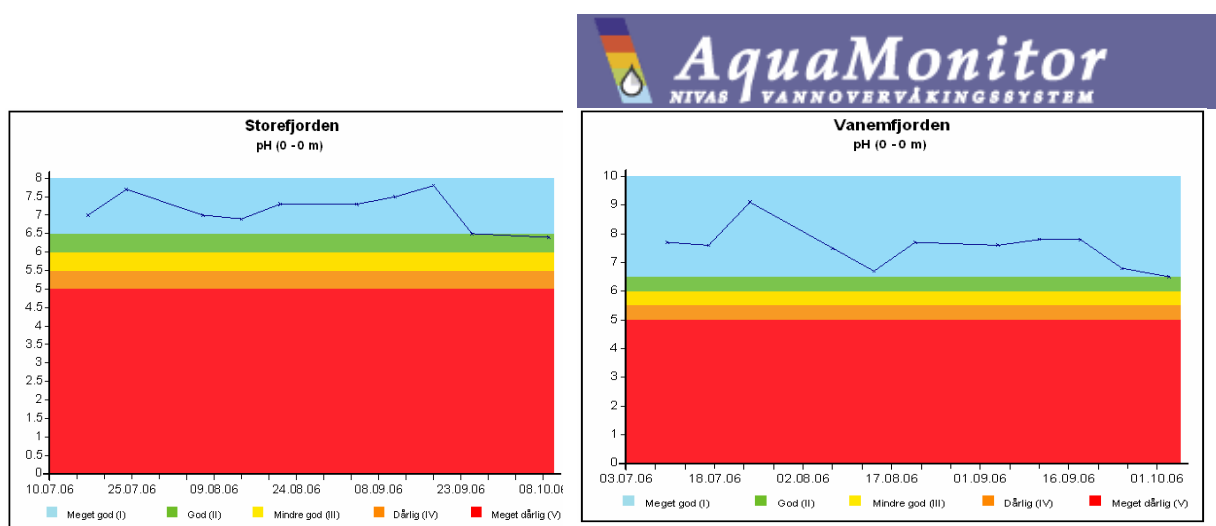
5.4 pH

pH er et mål på vannets surhetsgrad. Naturlig overflatevann kan ha en pH fra 2-12. Vanlige næringsfattige til middels næringsrike innsjøer har ofte pH rundt nøytralitetspunktet 7,0 eller en svak sur reaksjon. I næringsrike innsjøer med kraftig fotosyntese i de øvre vannlagene kan pH bli svært høy om sommeren - spesielt på vindstille dager. Under slike forhold kan fosfor bundet til leirpartiklene frigis til vannmassene slik at algene lettere kan nyttiggjøre seg dette. Under vindpåvirkning, spesielt i humøse sjøer, vil ofte nedbrytingsprosessene jevne ut pH-økningen som følge av fotosyntesen.

Resultater

I perioder med lav fotosyntese er pH i Vansjø er vanligvis i underkant av nøytralitetspunktet 7,0. I vekstperioden på sommeren stiger pH ofte til over 7,0. I perioder med oppblomstring av blågrønnalger i Vanemfjorden kan pH stige opp til 10.

I Storefjorden ble det i undersøkelsesperioden registrert en pH-verdi i området 6,5 til 8,0. I Vanemfjorden ble det påvist pH-verdier over 9 i perioder med høy fotosynteseaktivitet. Variasjoner i pH i Vanemfjorden skjer imidlertid raskt og er avhengig av vindpåvirkning og algeoppstuing som følge av for eksempel solgangsbrisen. Sporadiske regionale pH-målinger i felt viser at kan være langt høyere pH på vindskjermede lokaliteter enn på vindutsatte områder til samme tid (jmf. resultatene fra Nesparken).



Figur 10. Variasjoner i pH i Vansjø 2006

5.5 Fosfor

Totalfosfor (tot-P) omfatter alle fosforforbindelsene i vannmassene – både det som er bundet til partikler og det som finnes løst. Partikkelbundet fosfor er det fosforet som er bundet i biologisk materiale og til uorganiske partikler. Planteplanktonet har behov for en rekke næringsstoffer, men det er ofte fosfat det er minst av og som derfor bestemmer veksten og mengden av planteplanktonet.

Orto-fosfat (orto-P) er den fosfordelen som antas umiddelbart tilgjengelig for planteplanktonet.

Resultater

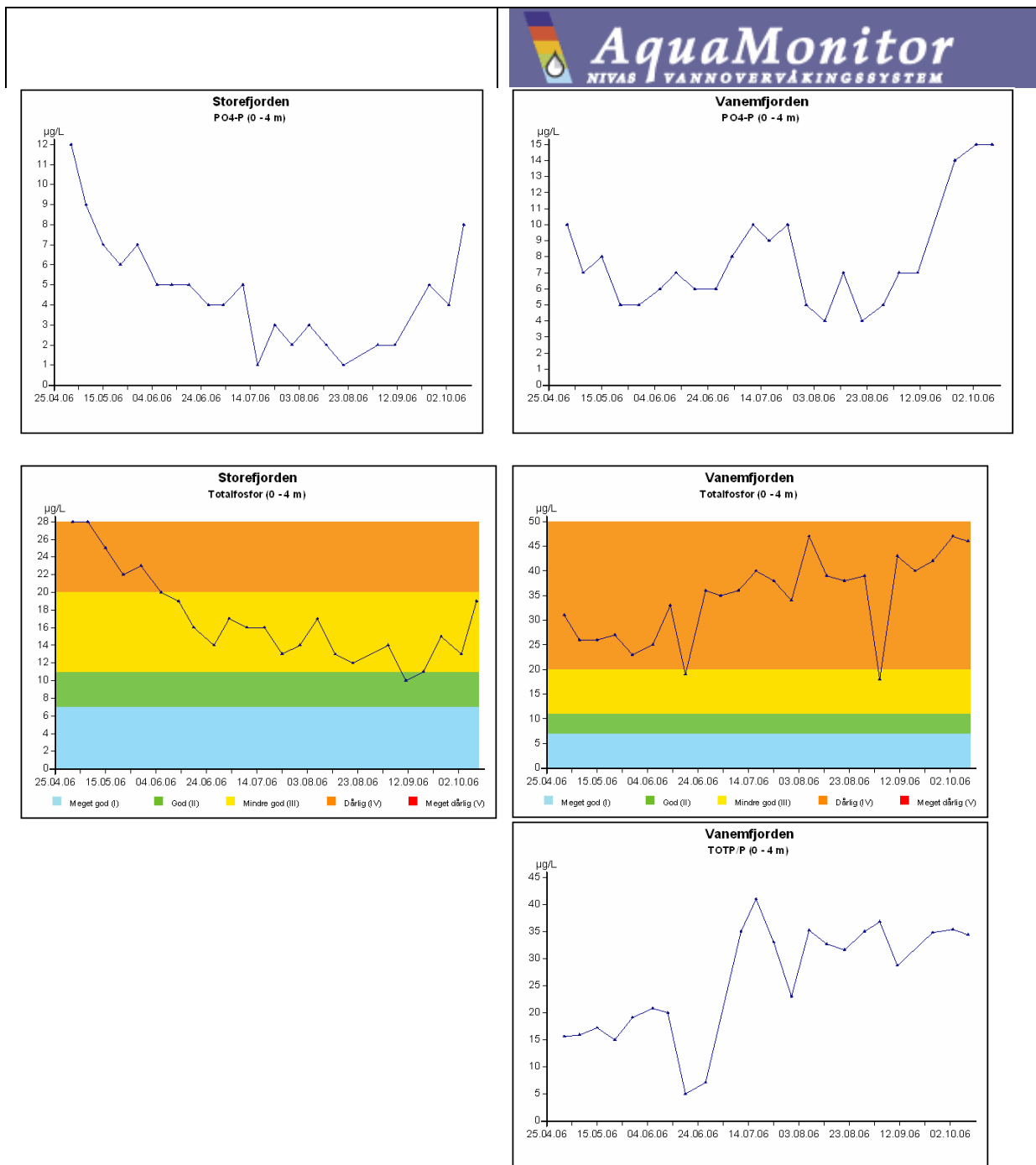
Fosforinnholdet i Vansjø er i stor grad bestemt av fosfor adsorbert til tilført leirmateriale og fosfor som er bundet til organisk materiale (hovedsakelig alger).

Vannmassenes innhold av ortofosfat var relativt høyt i vekstsesongen, spesielt i Vanemfjorden (**Figur 11**). Dette kan tolkes dit hen at planteplanktonet i dette bassengene tidvis er begrenset av andre faktorer enn fosfor (for eksempel lys og/eller nitrogen). Det er imidlertid mange faktorer som her spiller inn, og en må utføre tilleggsundersøkelser for å kunne fastslå hva som reelt begrenser algeveksten. I Storefjorden ble det imidlertid påvist lavere verdier av orto-P enn i Vanemfjorden, slik at det er mer sannsynlig at planteplanktonet i dette bassenger er fosforbegrenset. Men en kan heller ikke her utelukke at algeveksten begrenses av andre faktorer.

Utgangskonsentrasjonene av totalfosfor på våren var ganske like i de to bassengene (ca. 30 µg P/l) (**Figur 11**). I begge bassengene var fosforkonsentrasjonen på denne tiden påvirket av leirmateriale fra tilløpselvene. Utover sommeren sedimenterte en del av leirmaterialet og vannmassenes innhold av totalfosfor ble mer avhengig av det som er bundet i algene og annet organisk materiale. Pga relativt moderate mengder registrerte vi en reduksjon i fosforinnholdet i Storefjorden utover sommeren til verdier ned mot 10 µg P/l. Vanemfjorden skjer det imidlertid en økning i mengden totalfosfor. Hovedforklaringen på et høyere innhold av totalfosfor i Vanemfjorden er fosfor som er bundet i den relativt større algebiomassen i dette bassenget. At det i tillegg påvises en økning i innholdet av totalfosfor utover sommeren skyldes sannsynligvis lokale fosfortilførsler til Vanemfjorden som algene klarer å nyttiggjøre seg umiddelbart. Vi kan heller ikke se bort fra at algene i Vanemfjorden klarer å nyttiggjøre seg fosfor som følge av en eller annen form for intern fosforfrigivelse for eksempel ved tidvis høy pH.

Gjennomsnittelig konsentrasjon av totalfosfor i undersøkelsesperioden var 17 µg P/l i Storefjorden og 35 µg P/l i Vanemfjorden.

Det partikulære fosforet er bundet til partikulært materiale og variasjonene her vil i stor grad følge variasjonene i det partikulære uorganiske og organiske materiale (se **Figur 11**).



Figur 11. Variasjoner i ortofosfat , totalfosfor og partikulært fosfor (TotP/P) i Vansjø 2006

5.6 Nitrogen

Nitrat er et viktig næringsstoff for alger i ferskvann. Selv om det er fosfor som oftest er vekstbegrensende på årsbasis i de fleste innsjøer, er det ikke uvanlig at nitrat er vekstbegrensende i deler av vekstsesongen, spesielt i næringsrike systemer. Ammonium kan imidlertid i slike perioder være kilde til nitrogen hvis konsentrasjonene er høye nok.

Totalnitrogen omfatter alle nitrogenforbindelser i vannmassene – både det som er bundet i plankton og organisk materiale og det som finnes løst i vannmassene.

I de tilfeller hvor nitrogen er vekstbegrensende næringsstoff kan dette medføre framvekst av nitrogenfikserende blågrønnalger, dvs. alger som kan utnytte atmosfærisk nitrogen.

Resultater:

På våren ble det påvist høye nitratkonsentrasjoner i begge hovedbassengene. De høye nitratverdiene har sammenheng med høye tilførsler fra tilførselselvene.

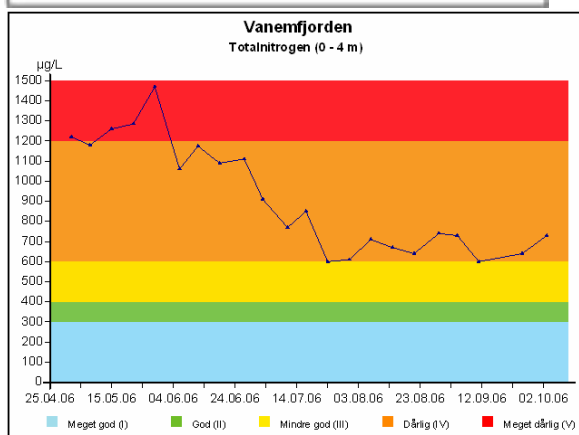
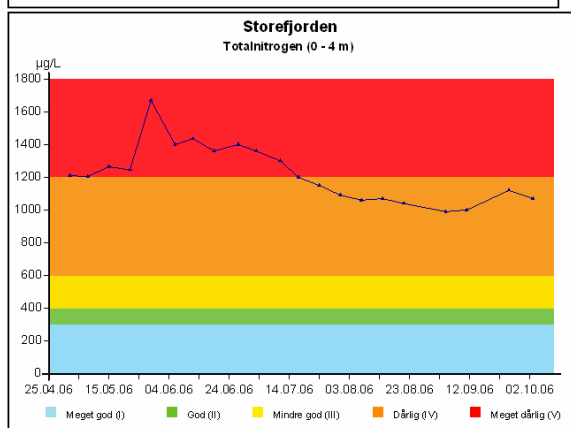
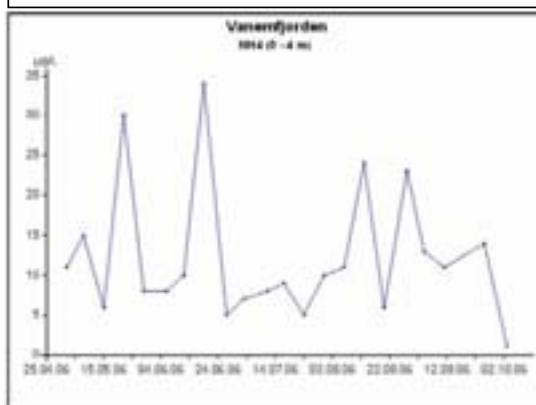
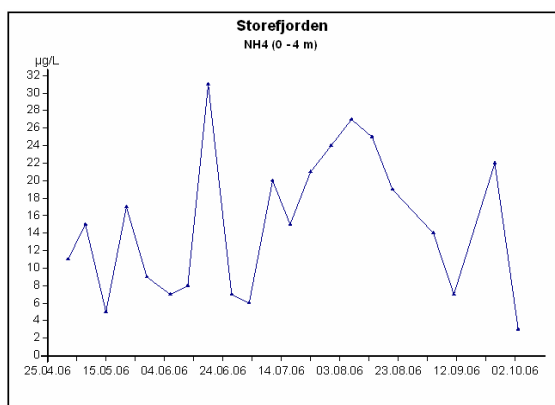
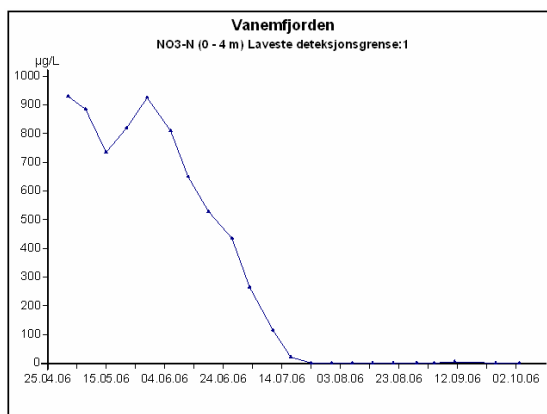
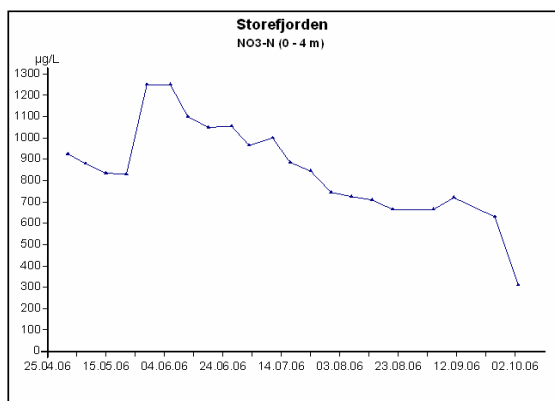
Utover sommeren ble det påvist en reduksjon i begge bassengene, men spesielt i Vanemfjorden der verdien av nitrat var under deteksjonsgrensen fra og med midten av juli og til midten av september.

Den markerte nedgangen av nitrat i Vanemfjorden skyldes høyt biologisk forbruk som følge av stor oppblomstring av blågrønnalger. Dette kan ha medført at algemengden i denne perioden ble nitratbegrenset. Det ble i hvert fall påvist en stor oppblomstring av blågrønnalgen *Anabaena* i samme periode som nitrat ble påvist under deteksjonsgrensen. *Anabaena* er en alge som blir favorisert under slike forhold da denne algen er i stand til å nyttiggjøre seg oppløst nitrogengass i vannet.

I midten av september ble det igjen påvist nitrat (43 ug N/l) i Vanemfjorden. I denne tiden ble det foretatt av større tapping av Vansjø i Mossefossen. noe som kan ha medført at nitratholdig vann ble tilført Vanemfjorden fra Storefjorden. Pga stor oppblomstring av blågrønnalger utover høsten ble det igjen påvist nitratverdier under deteksjonsgrensen.

Konsentrasjonene av ammonium varierte i området 1-34 µg/l. Det ble gjennomgående registrert noe høyere verdier i Storefjorden enn i Vanemfjorden. Med bakgrunn i det foreliggende materialet er det vanskelig å si om ammonium var en betydningsfull kilde til nitrogen i Vanemfjorden på sommeren og høsten, men den store forekomsten av *Anabaena* tyder ikke på dette.

Konsentrasjonen av totalnitrogen følger et mønster påvirket av den markerte reduksjonen av nitrat i Vanemfjorden. At det skjer en samtidig reduksjon i totalnitrogen skyldes hovedsakelig at det stadig sedimenteres biologisk bundet nitrogen uten nevneverdige eksterne tilførsler



Figur 12. Variasjoner i nitrat (øverst), ammonium (midten) og total nitrogen (nederst) i Vansjø 2006

5.7 Reaktivt silikat

Silikat er et næringsstoff som kun brukes av kiselalgene for å bygge opp et ytre skall av kisel (SiO_2). Hvis kiselalgene bruker opp næringsstoffet silikat vil disse algene ha redusert konkurransevne slik at andre problemalger som for eksempel blågrønnalger blir mer dominerende i vannmassene.

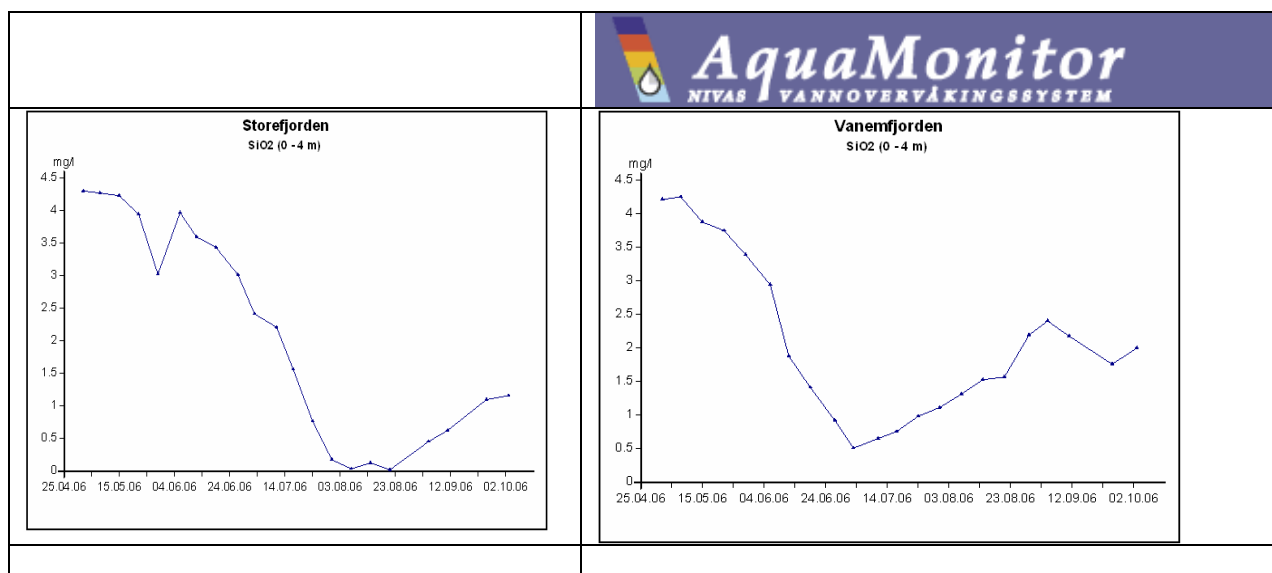
Silikat kan bli vekstbegrensende for kiselalgene ved konsentrasjoner under $0,1 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$.

Kilden til silikat er bergrunnen og uorganiske sedimenter som silt og leire. Dette næringsstoffet har bare naturlige kilder og skiller seg derfor fra fosfor og nitrogen som også har menneskeskapt kilder.

Resultater

På våren ble det påvist høye silikatverdier i begge bassenene (nesten $4,5 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$). Utover sommeren ble det registrert en reduksjon i silikat, særlig i Storefjorden. Den markerte nedgangen av silikat skyldes høyt forbruk av silikat som følge av relativt store mengder med kiselalger uten nevneverdige nye tilførsler. I august ble det påvist så lave silikatkonsentrasjoner i Storefjorden at kiselalgene sannsynligvis ble silikatbegrenset. Silikatbegrensningen i Storefjorden medførte en markert nedgang i kiselalgene i august og i begynnelsen av september kollapset de fullstendig.

I Vanemfjorden ble det i 2006 ikke påvist så lave silikatkonsentrasjoner at en kan fastslå at kiselalgene ble silikatbegrenset. Silikatkonsentrasjonen kan imidlertid ha vært så lav i perioden mellom prøvetakingen at kiselalgene allikevel ble vekstbegrenset. Kiselalgene kan også ha blitt nitrogenbegrenset da nitratet i Vanemfjorden ble oppbrukt i samme tidsrom som kiselalgene kollapset.



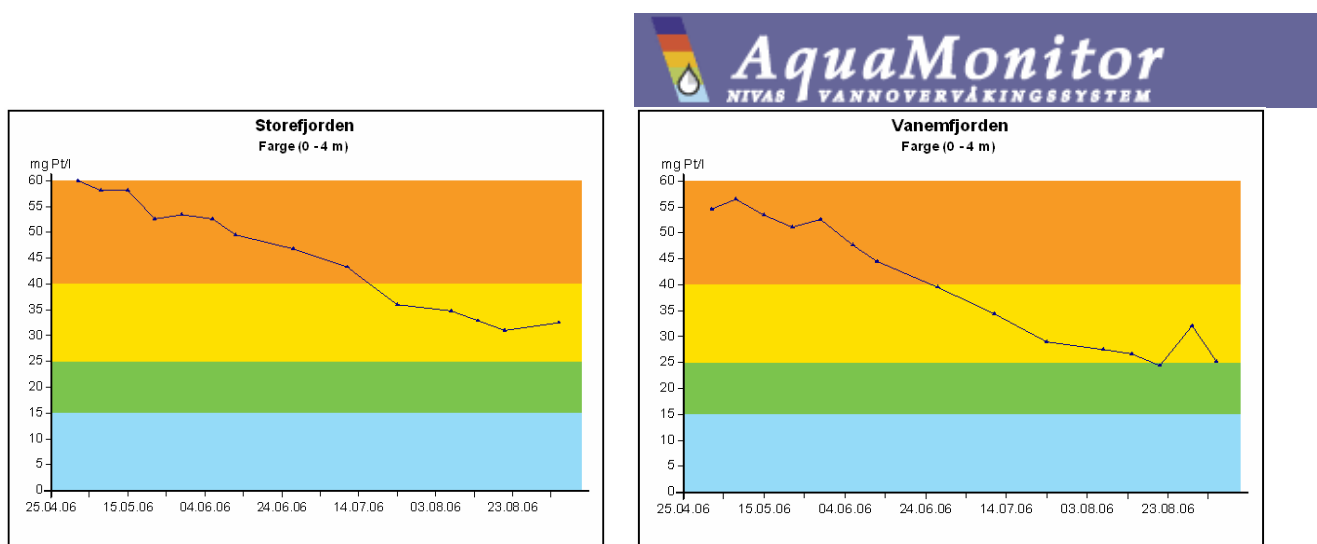
Figur 13. Variasjoner i totalt reaktivt silikat i Vansjø 2006

5.8 Vannets farge

Vannets farge er et uttrykk for vannets innhold av løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold som er avgjørende for vannets farge og parameteren benyttes i praksis til å si noe om innsjøens innhold av humusstoffer.

Resultater

På våren ble det målt høye fargeverdier (opptil 55-60 mg Pt/l) i både Storefjorden og Vanemfjorden. Dette skyldes hovedsakelig store tilførsler av humus med tilløpselvene. Utover sommeren ble det registrert en reduksjon i fargeverdiene i begge bassengene. Dette skyldes sannsynligvis fotokjemisk bleking av fargen (ev. flokkulering med påfølgende sedimentasjon og/eller bakteriell oksidasjon). Det er imidlertid mulig at leirpartiklene også kan interferere med målingene slik at de målte verdier er noe høyere enn en "ekte" fargeverdi basert på vannets innhold av løst organisk materiale. Gjennomsnittlig fargeverdi i undersøkelsesperioden var 45 mg Pt/l i Storefjorden og 40 mg Pt/l i Vanemfjorden.



Figur 14. Variasjoner i vannets farge i Vansjø 2006

5.9 Totalt organisk karbon (TOC)

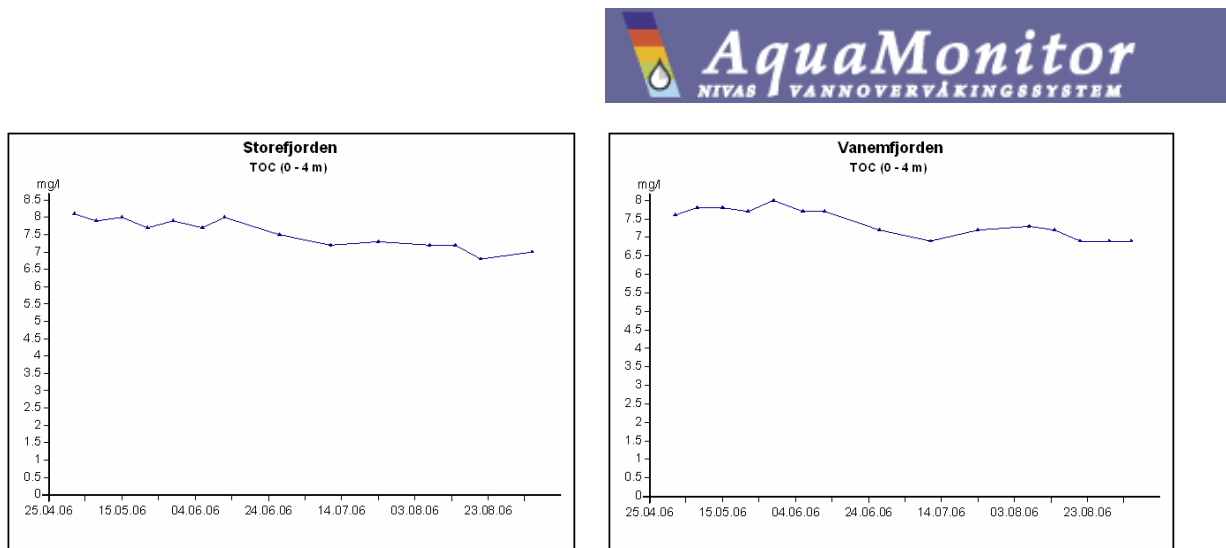
Parameteren totalt organisk karbon er et uttrykk for vannets totale innhold av partikulære og løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold og vannets innhold av alger og dødt organisk materiale som bestemmer konsentrasjonen av TOC.

Sammen med vannets farge vil TOC være nyttig for å vurdere den mengden av organisk materiale som skyldes humusstoffer og den mengden som skyldes annet organisk materiale (alger og lignende).

Resultater

På våren ble det målt relativt høye verdier av TOC i både Storefjorden og Vanemfjorden (8-9 mg/l). I motsetning til vannets farge holder vannets innhold av TOC seg mer stabilt noe som skyldes at den prosessen som virker inn på vannets farge ikke i samme grad berører de forbindelser som inngår i TOC. Det er en tydelig sammenheng mellom farge og organisk stoff når en ser på data fra mange innsjøer, men det vil også være store lokale variasjoner.

Den gjennomsnittlige verdien av TOC i undersøkelsesperioden var 7,5 mg/l i Storefjorden og 7,4 mg/l i Vanemfjorden.



Figur 15. Variasjoner i totalt organisk karbon i Vansjø i 2006

6. Resultater biologiske forhold

6.1 Planteplankton

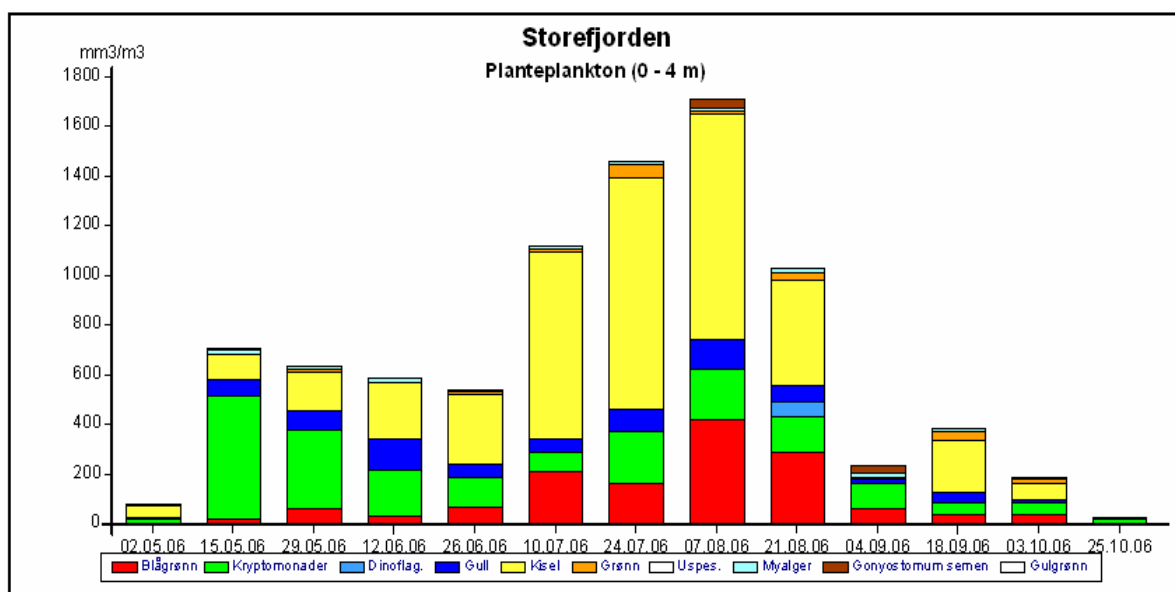
Det var den store algemengden i Vansjø som var den viktigste årsaken til at fokuset ble satt på Vansjø utover i 70-årene. I denne perioden ble det registrert en økende mengde med alger i Vansjø vestre deler. I 1979 ble det påvist en oppblomstring av blågrønnalger i Storefjorden, men dette er ikke påvist senere. På den annen side ble det utover i 80-årene stadig registrert større algemengder i de vestre deler og planteplanktonet ble i større grad dominert av blågrønnalger. De siste 10-12 år har det vært årvisse oppblomstringer av blågrønnalger i Vanemfjorden. I de siste 7-8 år er det påvist en betydelig økning av blågrønnalgen *Microcystis* som er vanlig i svært eutrofe innsjøer.

De store algemengdene skaper en rekke problemer for bruken av vannet. Vannet i Vansjø framstår til tider som lite tiltalende med brun-grønn farge og lavt siktedyp. I perioder flyter store algemengder opp til overflaten i de vestre deler av Vansjø. I perioder med stort innhold av blågrønnalger er det også påvist giftstoffer i vannet som blågrønnalgene produserer. Dette har medført at NIVA har frarådet at det bades i de vestre deler av Vansjø.

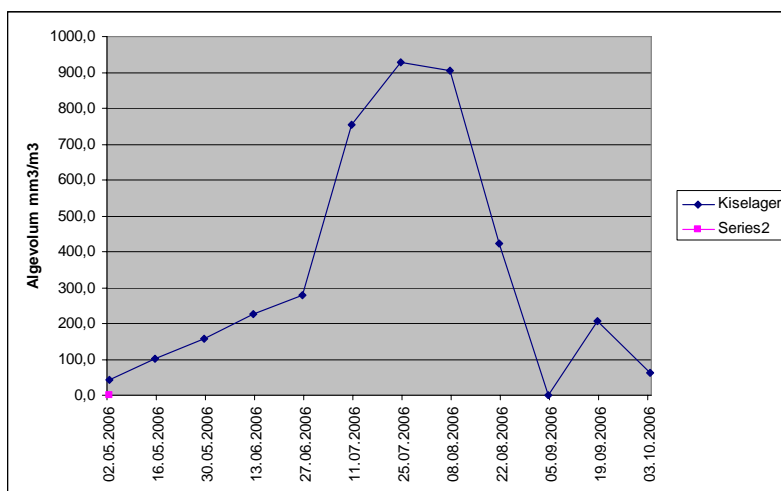
I Storefjorden er det registrert mer moderate algemengder og andel av blågrønnalger er relativt liten.

Planteplankton Storefjorden

Den gjennomsnittlige algemengden i Storefjorden i 2006 var 0,7 mg våtvekt/l. Planktonet var på våren og forsommeren dominert av cryptomonader og kiselalger. Utover sommeren ble kiselalgene mer og mer dominerende og det ble i slutten av juli begynnelsen av august registrert relativt høye algemengder i Storefjorden (1,7 mg/l den 7. august). På grunn av silikatbegrensning (jmf. kap 5.7) ble det imidlertid påvist en markert nedgang i løpet av august fram til at kiselalgene kollapset i begynnelsen av september (jmf. **Figur 17**). Det ble på sommeren også påvist relativt høye verdier av blågrønnalger til Storefjorden å være (opptil 0,4 mg/l, *Anabaena* og *Planktothrix*) noe som resulterte i at det ble påvist algetoksinkonsentrasjoner på opptil 2,3 ug/l.



Figur 16. Variasjon i planteplanktonets mengde- og sammensetning i Storefjorden 2006



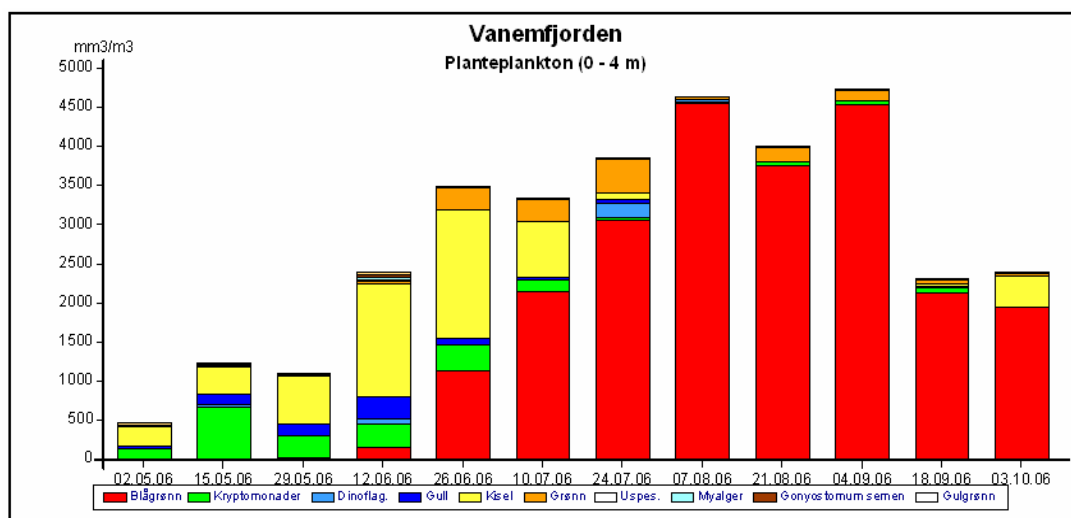
Figur 17. Variasjoner i mengden kiselalger i Storefjorden 2006

Planteplankton Vanemfjorden

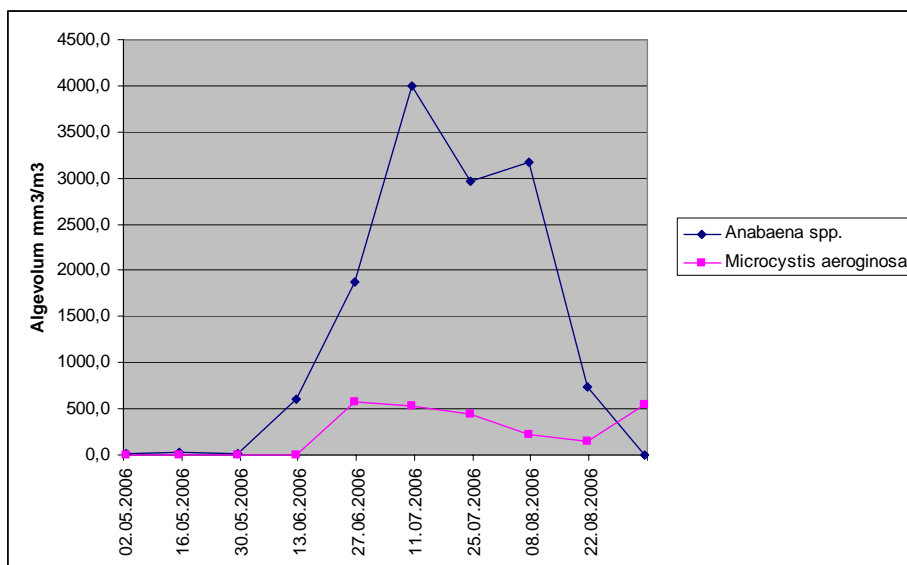
Resultater

Den gjennomsnittlige algemengden i Vanemfjorden var 2,8 mg/l. Den største algemengden ble påvist den 7. august (4,6 mg/l).

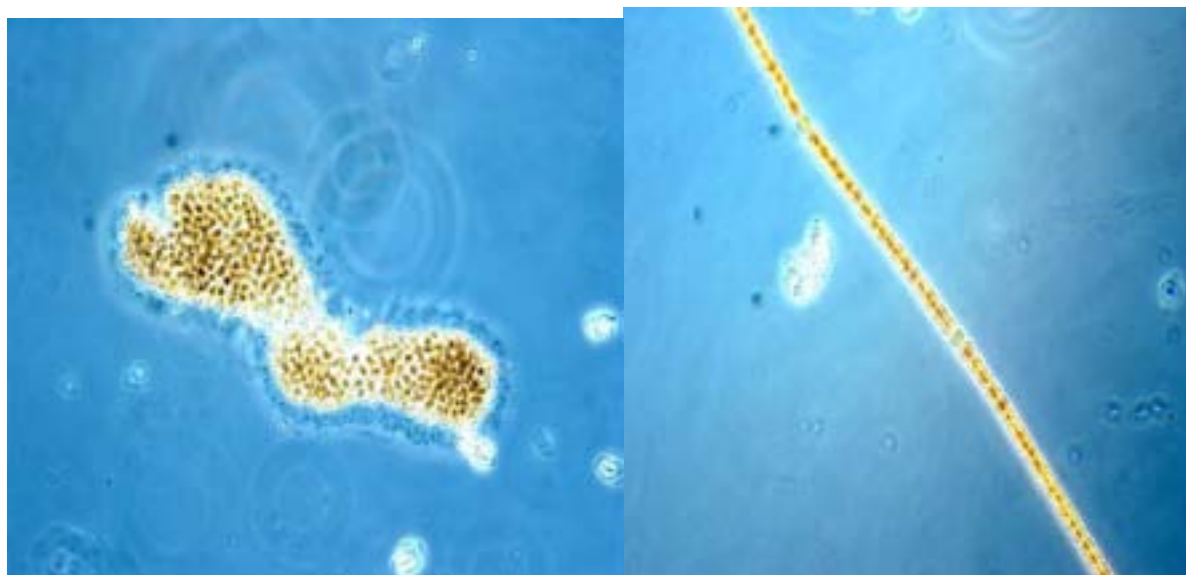
Planteplanktonet var på våren og forsommeren dominert av kiselalger og cryptomonader, men fra og med juli var algesamfunnet fullstendig dominert av blågrønnalger. I løpet av første halvdel i juli ble nitratet brukt opp det slik at det kun ble påvist nitratverdier under deteksjonsgrensen fram til midten av september. Dette medførte at det var *Anabaena* som dominerte algesamfunnet da denne slekten klarer å nyttiggjøre seg oppløst nitrogen i vannet. Som følge av dette var *Microcystis* mer underordnet i planktonsamfunnet i 2006 (jmf. **Figur 19**). I motsetning til de foregående år ble det påvist høye verdier av blågrønnalger helt fram til feltsesongen ble avsluttet i oktober. Dette skyldes at høsten i 2006 var svært mild og det ble påvist relativt høye vanntemperaturer noe som bidro til å forlenge oppblomstringen av blågrønnalger.



Figur 18. Variasjoner i planteplanktonets mengde- og sammensetning i Vanemfjorden 2006



Figur 19. Variasjoner i mengden *Anabaena* spp. og *Microcystis* i Vanemfjorden 2006



Figur 20. *Microcystis aeruginosa* (t.v) og *Anabaena planctonica* i Vanemfjorden juli 2005 (foto: Knut Bjørndalen)

6.2 Klorofyll-a

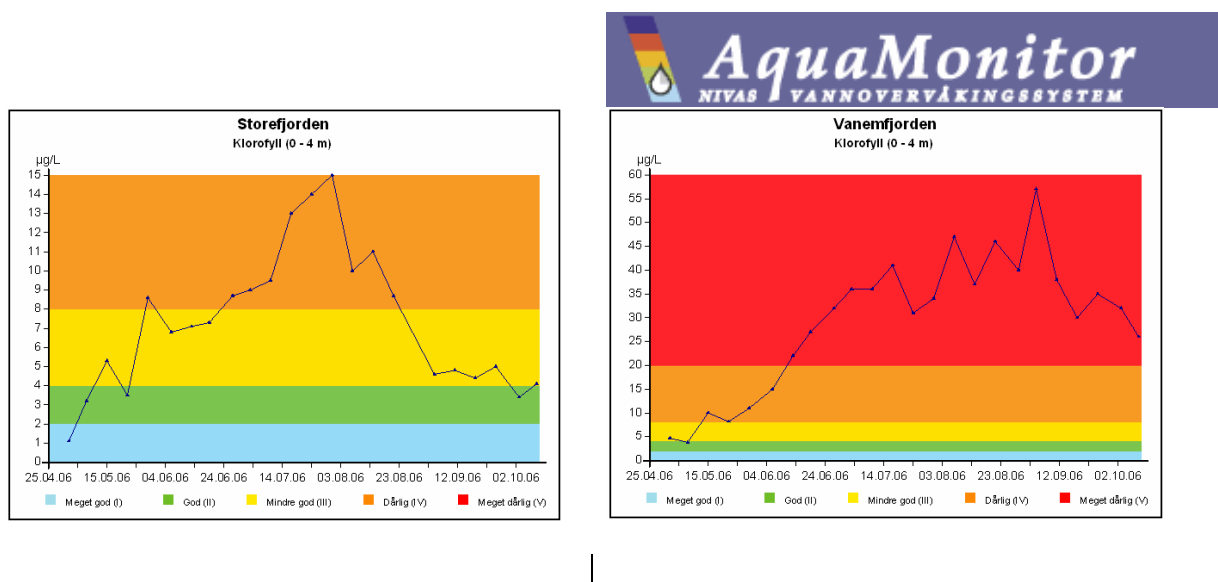
Klorofyll-a er et pigment som er spesifikt for fotosyntetiserende organismer og denne parameteren benyttes ofte som et mål på mengden alger i vannmassene.

Variasjonene i klorofyll-a følger i stor grad variasjonene i algevolumberegningene. Begge parametrene er mål for planteplanktonets mengde, men de nærmer seg dette målet på to svært ulike måter. Det vil derfor være en viss variasjon i forholdet mellom klorofyll og algevolum avhengig av hvilke arter som dominerer planktonsamfunnet og av andre ytre forhold som for eksempel lystilgang.

Den gjennomsnittlige klorofyll-a konsentrasjonen i Storefjorden var 7,3 µg/l. Den høyeste verdien ble målt den 31. juli og var på 15 µg/l.

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen i Vanemfjorden i undersøkelsesperioden var 29,2 µg/l. Den høyeste verdien ble målt under blågrønnalgeoppblomstringen den 4. september og var på 57 µg/l.

Konsentrasjonen av klorofyll-a følger i stor grad konsentrasjonen av algevolum selv om det er en viss spredning. Analyse av klorofyll-a og av algevolum er to forskjellige måter å beregne algebiomassen på. Algenes klorofyllinnhold vil variere pga en rekke faktorer slik at det alltid vil kunne forekomme avvik mellom disse to biomasseparametrene.



Figur 21. Variasjoner i klorofyll-a i Vansjø 2006

6.3 Microcystin

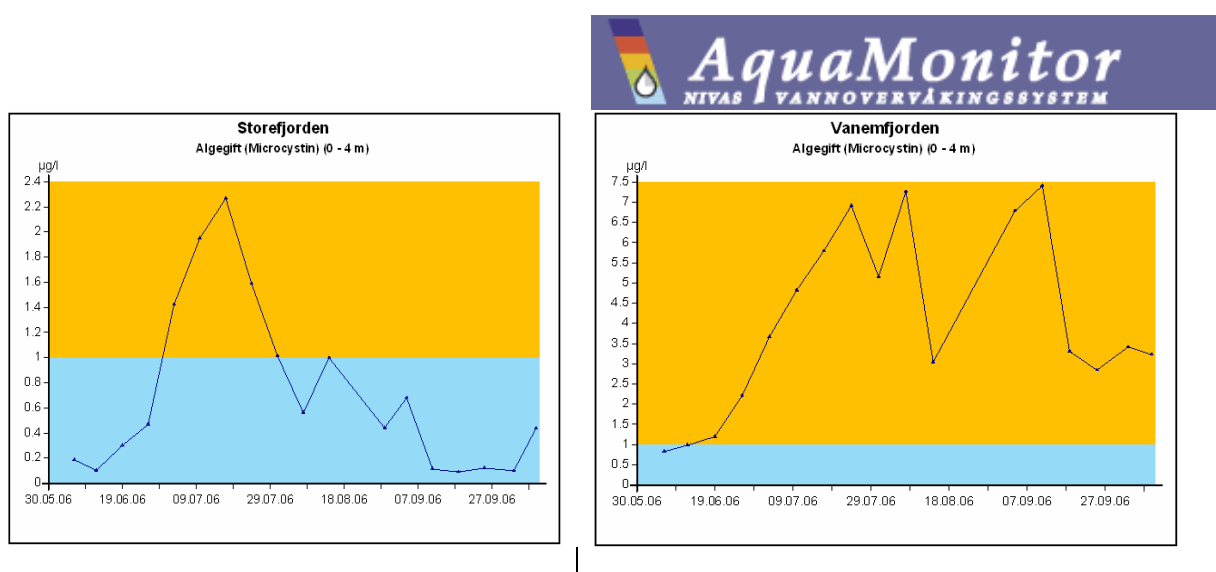
Levertoksinet microcystin har fått navn etter cyanobakterien *Microcystis* fordi det først ble isolert fra denne algen. Det er siden vist at microcystin produseres av flere vanlige blågrønnalger som *Anabaena* og *Planktothrix*.

Det finnes ikke nasjonale grenseverdier for microcystin i vann, men Verdens Helseorganisasjon fraråder å drikke vann som inneholder mer enn 1 µg microcystin/l. Organisasjonen fraråder også å bade i vann der konsentrasjonen overskrider 10 µg microcystin/l.

Resultater:

Analyser av microcystin startet i begynnelsen av juni. Det ble raskt registrert en økning i begge bassengene. I begynnelsen av juli ble det i Storefjorden påvist en microcystin-konsentrasjon på nesten 2,3 µg/l. Det ble imidlertid ikke påvist microcystin i rentvannet fra Vansjø vannverk (jmf kap. 6.2)

I Vanemfjorden ble det påvist en konsentrasjon opp mot 7,5 µg/l. NIVA anbefalte i denne situasjonen de lokale helsemyndigheter å fraråde befolkningen å bade i denne delen av Vansjø. Flere undersøkelser viser at algekonsentrasjonen varierer horisontalt avhengig av bl.a. vindforhold. Det registreres veldig ofte at blågrønnalgene flyter opp til overflaten og at algene fraktes i store massive "algeflak" inn mot land/badeplasser. Konsentrasjonen av alger/algetoksiner vil på disse områdene kunne være svært høye selv om det kun påvises moderate konsentrasjoner ute i vannmassene.

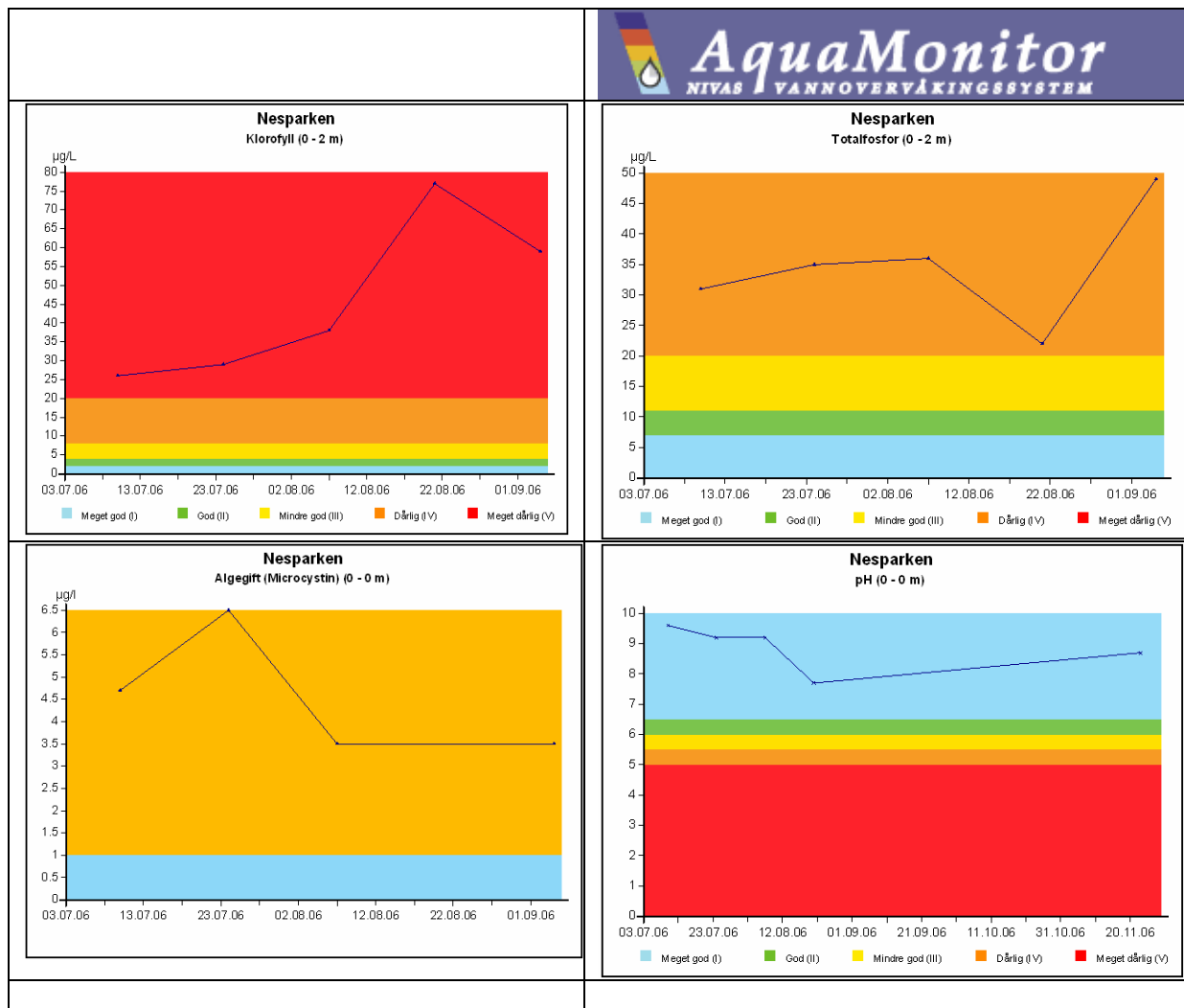


Figur 22. Variasjoner i microcystin i Vansjø 2006

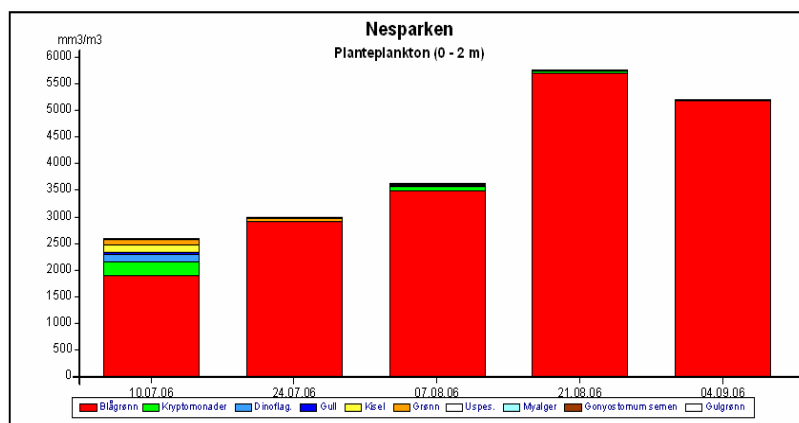
7. Undersøkelser i Grimstadkilen og Nesparken

7.1 Nesparken

Det ble i 2006 gjennomført en mindre undersøkelse i nedre Vansjø v Nesparken. Nesparken er et svært viktig bade- og friluftsområde i Moss by. Hovedmålsettingen med denne undersøkelsen var å se nærmere på vannkvaliteten i dette området og å se på eventuelle forskjeller mellom vannkvaliteten på denne lokaliteten og vestre del av Vansjø.



Vannkvaliteten i Nesparken gjenspeiler i stor grad vannkvaliteten i Vanemfjorden. Det ble imidlertid påvist noe høyere verdier av microcystin i Vanemfjorden enn i Nesparken (jmf **Tabell 2**). Det ble også målt gjennomgående høyere pH i Nesparken der 3 av 5 pH-verdier ble påvist over 9 og med et gjennomsnitt på 8,9. I Vanemfjorden ble det på tilsvarende datoer registrert at 1 av 5 verdier var over 9 og med et gjennomsnitt på 7,9. Denne forskjellen i registrert pH skyldes sannsynligvis at Nesparken ligger mer vindbeskyttet noe som igjen fører til at pH øker under aktiv fotosynteseaktivitet.



Tabell 2. Sammenligning av gjennomsnittelige verdier fra Vanemfjorden og Nesparken på de aktuelle datoene i perioden 10. juli til 4. september 2006

Lokalitet	Klorofyll-a	Microcystin	Totalfosfor	pH
Vanemfjorden	43	6,5	35	7,9
Nesparken	46	4,6	35	8,8

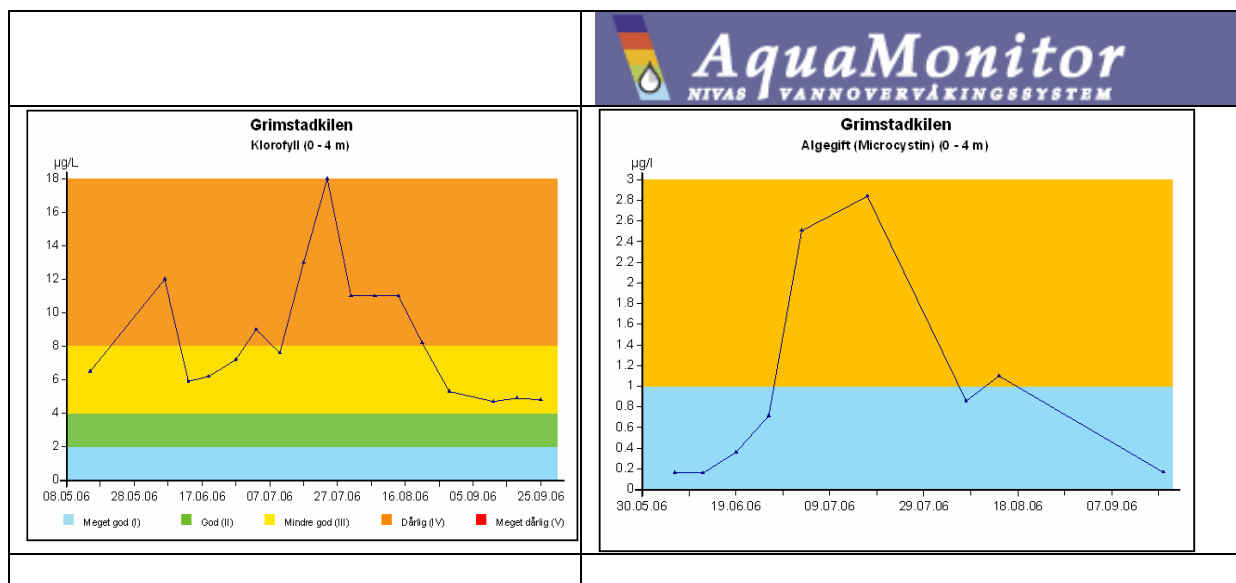
7.2 Grimstadkilen

Grimstadkilen hadde en gjennomsnittelig klorofyll-a konsentrasjon på 8,6 ug/l med maksimal konsentrasjon den 24.juli med 18 ug/l.. I juli ble det også påvist microcystinverdier på opptil 2,8 ug/l den 17.juli. På denne tiden ble det påvist moderate mengder med *Planktothrix* i vannmassene med et maksimum den 17. juli på 0,15 mg/l. Det ble imidlertid ikke påvist konsentrasjoner av microcystin i rentvannet da disse stoffene fjernes i renseprosessen.

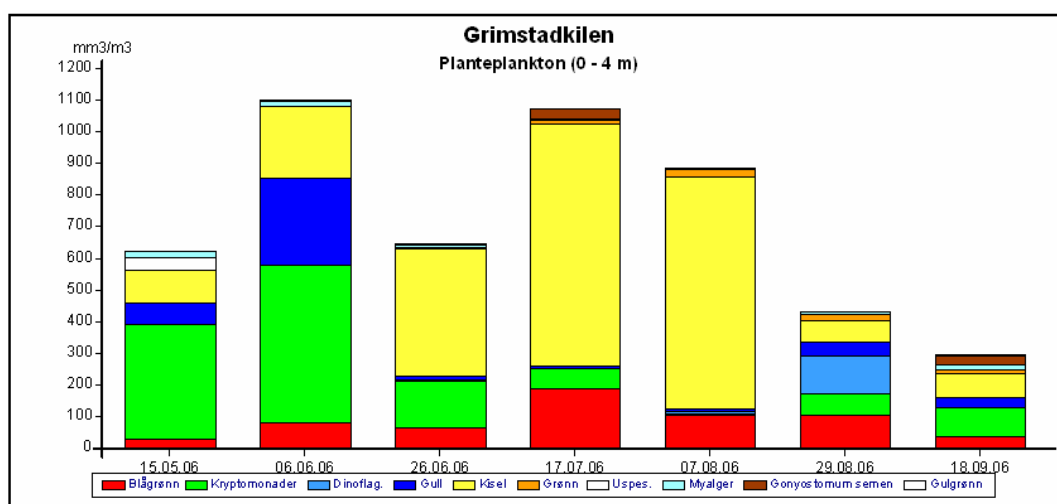
Hvis en sammenligner verdiene for klorofyll-a og microcystin mellom Storefjorden (VAN!) og Grimstadkilen finner vi de samme gjennomsnittelige klorofyll-a verdier men det ble påvist noe høyere verdier av microcystin i Grimstadkilen enn i Storefjorden.

Tabell 3. Sammenligning av gjennomsnittelige verdier fra Storefjorden og Grimstadkilen

Lokalitet	Klorofyll-a	Microcystin
Storefjorden	8,6	0,7
Grimstadkilen	8,6	1,0



Figur 23. Variasjoner i klorofyll-a og microcystin i Grimstadkilen 2006



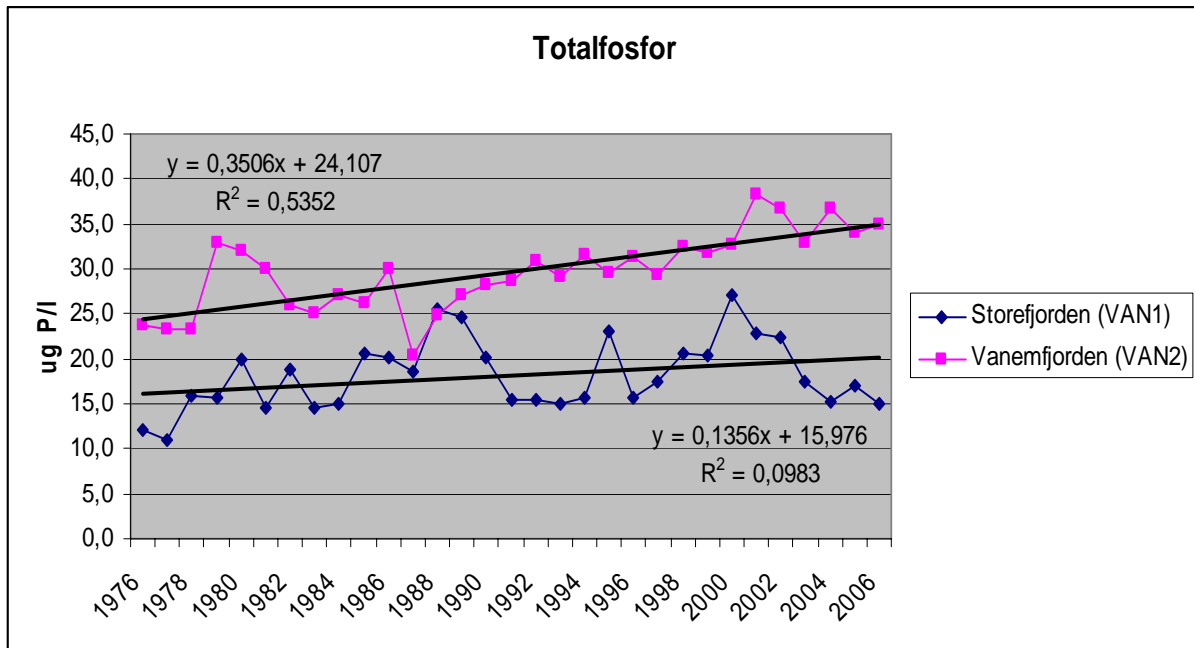
Figur 24. Variasjon i planteplanktonets mengde og sammensetning i Grimstadkilen 2006

8. Situasjonen i 2006 sammenlignet med tidligere år

Nedenfor er dataene for 2006 satt sammen med historiske data for klorofyll-a og totalfosfor. For å si noe mer eksakt om trendutviklingen og hva ev. trendene skyldes må dataene behandles ved hjelp av statistiske metoder i tillegg til en nærmere vurdering av andre faktorer som berører ulike problemstillinger knyttet til dette, noe som ikke er gjort i denne rapporten. Med bakgrunn i figurene kan en allikevel se en fallende trend for totalfosfor i Storefjorden de siste 6 årene mens det har skjedd en utflating ev. en svak nedgang i Vanemfjorden.

NIVA har tidligere behandlet tidsserier i Vansjø for perioden 1999-2003 (Stålnacke et. al 2003). NIVA konkluderte den gang med at det var for tidlig å si om reduksjonen av totalfosfor i Storefjorden skyldes gjennomførte tiltak eller svingninger som skyldes andre forhold. Siden 2003 er imidlertid trenden blitt forsterket med enda lavere gjennomsnittsverdier. Da det i samme periode er gjennomført

betydelige tiltak i nedbørfeltet, bør vi kunne se den positive trenden i denne sammenheng, selv om tallmaterialet ikke er behandlet på en slik måte at vi kan angi graden av sannsynligheten for dette. En annen faktor som taler i den samme retningen er de stadig mer ustabile vintrene i denne perioden med flere fryse/tine-perioder i løpet av vinteren. Slike forhold fører til større grad av erosjon og utvasking av fosfor til vannmassene. Dette kan medføre en økning av fosforinnholdet i innsjøen også etter at undersøkelsesperioden starter i april/mai. At konsentrasjonen av totalfosfor går ned under slike forhold er med å sannsynliggjøre at den positive trenden skyldes gjennomførte tiltak i nedbørfeltet.



Figur 25. Historiske data for totalfosfor 1976-2006. (Dataene representerer gjennomsnittelige verdier i perioden juni-september, kilde: Fylkesmannen i Østfold)

Når det gjelder biomasseparameteren klorofyll-a viser den en utflating eller svak hellende trend i Storefjorden. I Vanemfjorden ble det imidlertid påvist en meget høy økning i klorofyll-a i 2006, men det er også en negativ trend (økning av klorofyll-verdiene) over tid. Det ble ikke påvist en tilsvarende økning i totalfosfor i Vanemfjorden.

En så sterk økning av klorofyll-verdiene i Vanemfjorden i 2006 uten en tilsvarende økning av totalfosfor er overraskende. Forholdet mellom klorofyll-a og totalfosfor kan variere som følge av flere faktorer bl.a. forskjellig artssammensetning, fotoadaptasjon som følge av lysbegrensning m.v. Den registrerte økningen i klorofyll følges imidlertid opp med en tilsvarende økning av algevolumet fra de kvantitative planktontellningene. Dette gjør det derfor vanskelig å forklare at denne forskjellen med faktorer som er kjent for å kunne påvirke forholdet mellom klorofyll og totalfosfor.

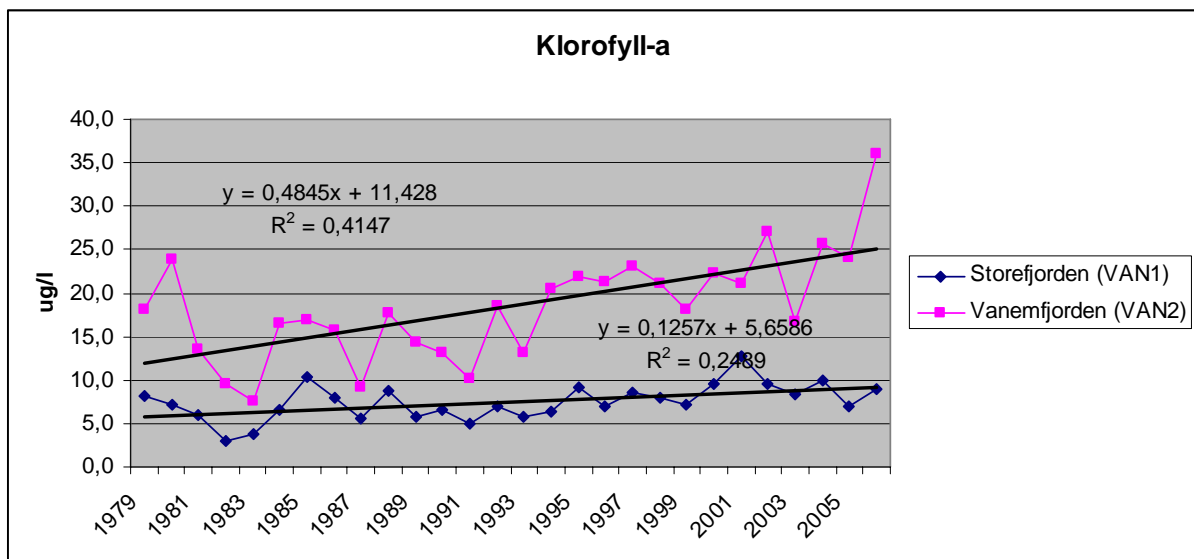
Når en skal vurdere det foreliggende tallmaterialet må en ta i betraktning flomårene 1999 og 2000. Spesielt når det gjelder flommen senhøsten 2000 da store jordbruksområder sto under vann og store mengder kloakk rant ut i vestre Vansjø. Det foreliggende tallmaterialet er ikke entydig, men i år 2001 og 2002 ble det påvist relativt høye konsentrasjoner av totalfosfor i Vanemfjorden. Mht kl-a ble det ikke registrert spesielt store algemengder i 2001 men relativt høye verdier i 2002.

Det var først imidlertid først i 2004 det ble påvist en massiv oppblomstring av *Microcystis*, men denne var av kortvaring karakter noe som medførte at det ikke ble registrert spesielt høye gjennomsnittverdier i vekstsesongen juni-september. I 2005 ble det også påvist en stor oppblomstring av *Microcystis* og *Anabaena* men det var ikke så store maksimalverdier som i 2004 men oppblomstringen strakte seg lengre i tid. Gjennomsnittverdiene dette året ble derfor heller ikke dette

året spesielt høy. Det var først i 2006 vi fikk en så stor oppblomstring av blågrønnalger at gjennomsnittverdien for vekstsesongen ble betydelig høyere enn det som er påvist tidligere.

Blågrønnalgeoppblomstringen ble i 2006 imidlertid dominert av Anabaena og ikke Microcystis som i 2004, noe som skyldes at nitraten var brukt opp i store deler av vekstsesongen. Da Anabaena klarer å nyttiggjøre seg oppløst nitrogengass i vannet var denne algen svært konkurransedyktig i denne perioden.

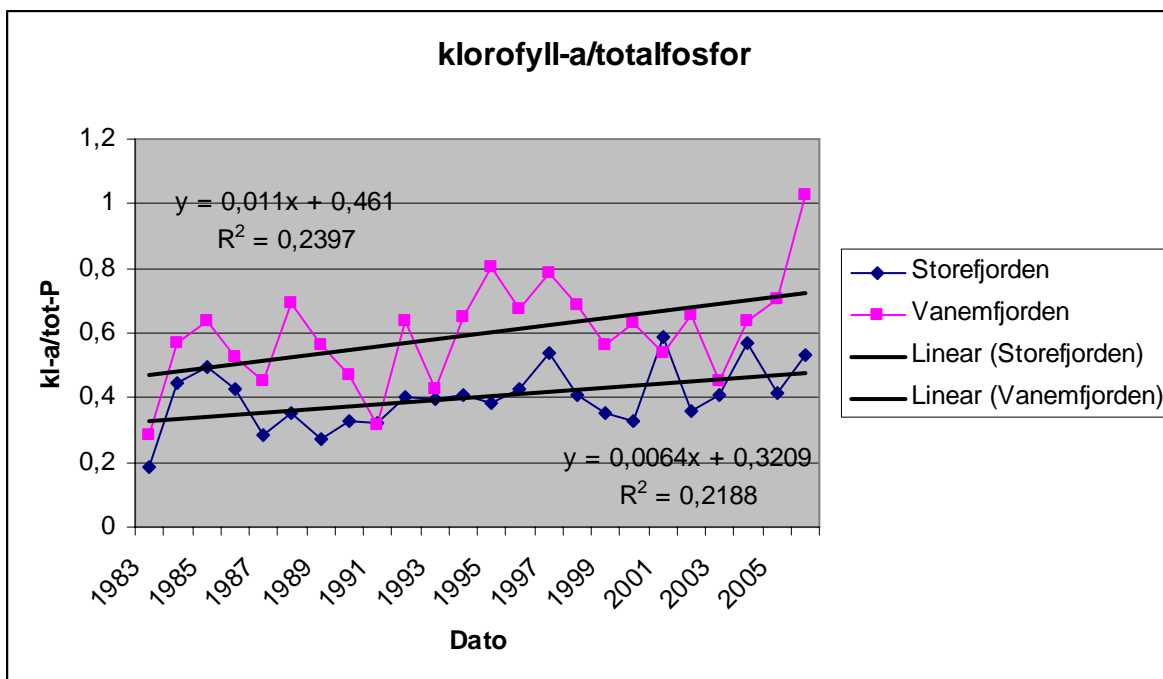
En medvirkende mulig årsak til de svært høye mengder med Anabaena var at sommeren 2006 var spesiell solrik og varm. Nitrogenfixeringen hos Anabaena er svært energikrevende og en omfattende nitrogenfixering er først mulig ved stor solinnstråling ned i vannet. Samtidig var høsten varm med relativt høye temperaturer i vannet helt til undersøkelsesperioden var ferdig medio oktober. Disse faktorene kan være med å forklare de høye algemengdene i Vanemfjorden i 2006 selv om de ikke forklarer misforholdet mellom totalfosfor og klorofyll-a.



Figur 26.. Historiske data for klorofyll-a 1979-2006 (Dataene representerer gjennomsnittlige verdier i perioden juni-september, kilde: Fylkesmannen i Østfold)

Forholdet mellom klorofyll-a og totalfosfor

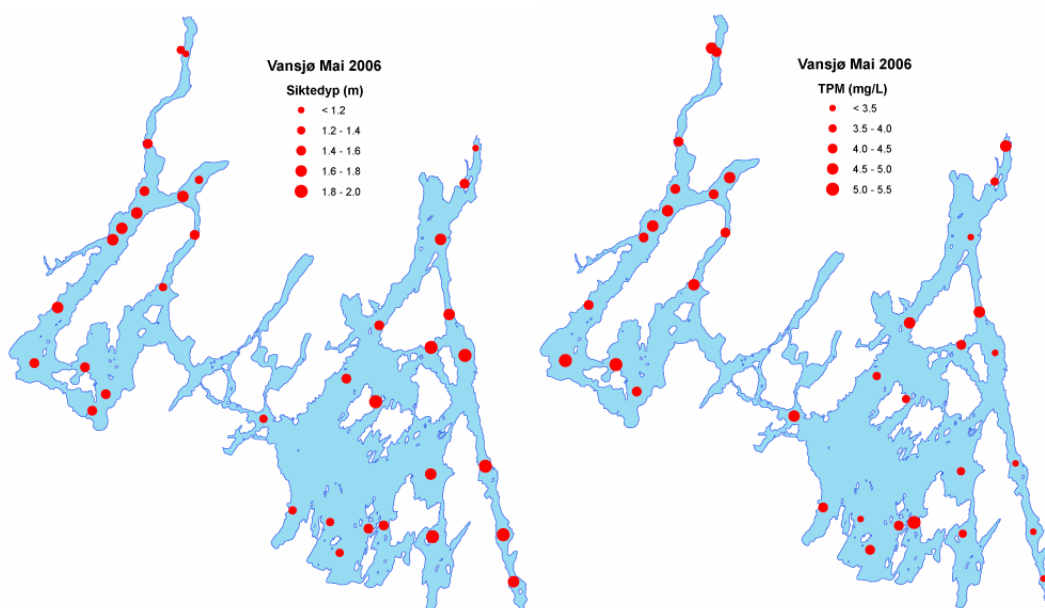
Hvis en ser nærmere på forholdet mellom klorofyll-a og totalfosfor i perioden 1983 til 2006 (jmf **Figur 27**) ser vi en svakt økende trend i begge bassenger i hele denne perioden. Dette kan være en naturlig konsekvens av en økende lysbegrensning (økt algemengde og humusinnhold) og en påfølgende fotoadaptasjon hos algene for å tilpasse seg dette. Et høyere klorofyll-a/totalfosfor-forhold i Vanemfjorden enn i Storefjorden kan forklares med generelt dårligere lysforhold i Vanemfjorden. Vi ser også at forholdet mellom klorofyll-a og totalfosfor i Vanemfjorden i 2006 er markert høyere (ca 1,0) enn det en har registrert tidligere (stort sett under 0,8).



Figur 27. Forholdet mellom klorofyll-a og totalfosfor for perioden 1983-2006.

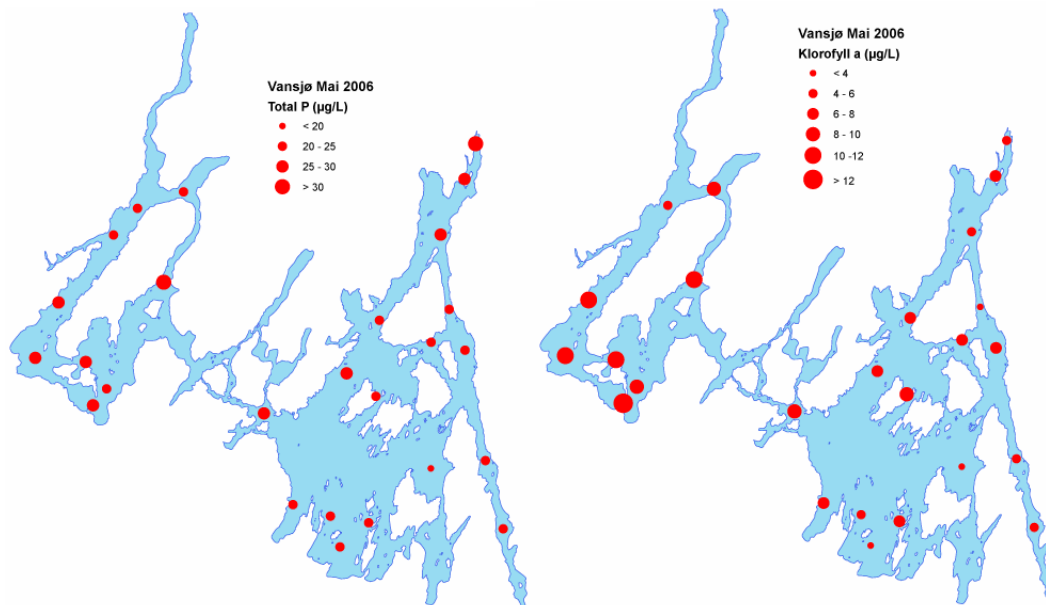
9. Regionalundersøkelse våren 2006

Det ble gjort en regional undersøkelse av Vansjø i perioden 16-18 mai 2006. På hver av i alt 36 stasjoner ble det tatt en vannprøve på ca. ½ meters dyp, samtidig som det ble målt siktedyp. Stasjonenes posisjon og dyp ble registrert med GPS og håndholdt ekkolodd. Prøvene ble analysert for partikulært materiale (totalt, organisk og uorganisk), total fosfor og klorofyll a etter standard metoder.



Figur 28. Regionale forskjeller i siktedyp (venstre) og totalt partikulært materiale (TPM; høyre) i Vansjø, mai 2006.

Siktedypet varierte mellom 1,1 og 2 meter, med en middelvei på 1,6 meter og med de største verdiene i den østlige delen av Storefjorden og den nordlige delen av Vanemfjorden (figur 1, venstre). Totalt partikulært materiale (TPM) varierte mellom 2,7 og 5,5 mg/L med en middelvei på 4,2 mg/L (figur 1, høyre). Det var kun en svak korrelasjon mellom siktedyp og totalt partikulært materiale ($r^2 = 0,17$, $n = 36$), men en antydning til høyere innhold av partikulært materiale i den nordlige delen av Storefjorden og den sørlige delen av vestre Vansjø. Mønsteret kan antyde at hovedtransportruten av partikulært materiale fra elveinløpene nord i Storefjorden går langs vestsiden mot Sundene, og videre langs sørsida av Dillingøya ut i Mosseelva. Det regionale mønsteret er imidlertid relativt svakt, noe som antyder at horisontal omblending og lokale forhold har stor betydning.



Figur 29. Regionale forskjeller i total fosfor (venstre) og klorofyll a (høyre) i Vansjø, mai 2006

Resultatene er uansett noe overraskende da tidligere undersøkelser har vist at hovedvannstrømmen går gjennom sundene og nord for Dillingøya. Undersøkelsene våren 2006 tyder imidlertid på at vannstrømmen også kan gå syd for Dillingøya når forholdene ligger til rette for det bl.a ved bestemte vindforhold. På våren er desuten sivvegetasjonen lite utviklet og dette kan bidra til at vannstrømmen velger denne veien..

Total fosfor varierte mellom 18 og 34 $\mu\text{g/L}$ med en middelvei på 25 $\mu\text{g/L}$ (figur 2, venstre). Total P varierer samme tendens som siktedyp og TPM, med de høyeste verdiene langs nordvestsida av Storefjorden og sørsida av Dillingøya, Klorofyll a viste mye større regional variasjon, fra 1,2 til 16,2 $\mu\text{g/L}$ med en middelvei på 7,3 $\mu\text{g/L}$, og med de høyeste verdiene i Vanemfjorden, særlig sør for Dillingøya. Fordelingsmønsteret tilsier at våroppblomstringen var godt i gang i vestre Vansjø, men at den antagelig ennå var begrenset av lys- og sjiktningsforhold i det dypere østre bassenget.

10. Klassifisering av Vansjø

Med bakgrunn i overvåkingsresultatene for 2006 er Vansjø også klassifisert iht SFT tilstandskriterier. De oppgitte tall er gjennomsnittsverdier for perioden april-oktober, tallene er derfor ikke direkte sammenlignbare med tidligere overvåkingsresultater som gjelder perioden juni til september. Vansjø er også klassifisert etter andel blågrønnalger som vil være en "ny" parameter i forbindelse til nytt biologisk klassifiseringssystem i forbindelse med implementering av vanddirektivet. Som det framgår av figuren er Storefjorden klassifisert i området "mindre god" og "dårlig," mens Vanemfjorden er klassifisert som "dårlig,."

Tabell 4. Klassifisering av Vansjø iht SFTs klassifisering av tilstand. Fargen gul tilsvarer tilstandsklasse III ”mindre god”, fargen oransje tilsvarer tilstandsklasse IV ”dårlig”, og fargen rød tilsvarer tilstandsklasse 5 ”meget dårlig” Andel blågrønnalger og andel blågrønnalger er grensen mellom god og moderat økologisk status i forslag til klassifisering av innsjøer basert på biologiske parametere.

	Storefjorden	Vanemfjorden
Totalfosfor (ug/l)	17,0	34,5
Klorofyll-a (ug/l)	7,3	29,2
Siktedyp (m)	1,7	0,8
TOC (mg C/l)	7,5	7,4
Farge (mg Pt/l)	45	40
Suspendert stoff (mg/l)	3,8	8,5
Andel blågrønnalger (%)	17	69

Vedlegg A. Metodikk

Feltmetodikk

Vannprøvene til kjemisk analyse og planteplankton ble hentet med en Ramberg-henter fra 0-4m dyp.

Siktedyp ble målt med secchi-skive som ble senket ned i vannet.

pH og oksygen ble målt in-situ med YSI elektrode.

Klorofyll-a ved fluorescense ble målt med en FluoroProbe2 fra bbe Moldaenke GmbH og måler klorofyll-a fluorescensen (Eim: 685 nm) etter en eksitasjon av 5 pigmentgrupper (Ex: 450, 525, 570, 590 og 610 nm) i algene. Fluorescence-signalene tolkes av et software-program som regner om til mengde klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$) fordelt på de vanligste algegrupper i en innsjø.

Temperatur ble målt med fluoroproben og YSI-elektrode

Analysemetodikk kjemiske analyser

Parameter	Metodikk
Suspendert stoff - gløderest	NS 4733
Vannets farge	Intern NIVA-metode
TOC	NS-ISO-8245
Orto-P	4724
Totalfosfor	4725
Totalnitrogen	NS 4743
Nitrat	NS 4745
Klorofyll-a	NS 4767
Klorofyll-a (regional undersøkelse)	Fluorometri
Silikat	Intern NIVA-metode
Microcystin	Elisa test (Biosense)

Analysemetodikk biologiske analyser

Planteplankton

Planteplanktonet ble analysert i omvendt mikroskop etter metode av Willén (1976).

Vedlegg B. Referanser

Bjørndalen, K. & H. Warendorph. 1982. Vansjø. Hydrografi og plankton i en innsjø med kompleks bassengform. Hovedoppgave i limnologi. Inst. For marinbiologi og limnologi, UiO.

Fylkesmannen i Østfold. Overvåkingsrapporter i perioden 1980-2004-??.

Lyche-Solheim, Vagstad, N., Kraft, P., Løvstad, Ø., Skoglund, S., Turtumøygard, S. & Selvik, J.R. 2001. Tiltaksanalyse for Morsa (Vansjø-Hobøl-vassdraget). Sluttrapport. NIVA-rapport 4377: 104s.

Miljøstatus for Østfold, se <http://www.miljostatus.no/ostfold/>

Stålnacke, P.G., Solheim, A., Bechmann, M. 2003 Utviklingen av vannkvaliteten i Vansjø og Hobølelva. En foreløpig analyse av tidsserier. NIVA-rapport 4937-2005. 30s.

Willén, E. 1976. Metodikk vid växtplanktonundersökningar. Naturvårdsverkets limnologiska undersökning. 45s.