

Tilstandsrapport for  
Kvernavatnet  
i Austevoll 2009



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

**Rådgivende Biologer AS**

**1282**





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll 2009.

**FORFATTERE:**

Geir Helge Johnsen og Mette Eilertsen.

**OPPDRAKSGIVER:**

Lerøy Vest AS Kvernsmolt, v/ Tore Bjånesøy / Jesper Økland, 5392 Storebø.

**OPPDRAGET GITT:**

1995

**ARBEIDET UTFØRT:**

2009-2010

**RAPPORT DATO:**

25. februar 2010

**RAPPORT NR:**

1282

**ANTALL SIDER:**

25

**ISBN NR:**

ISBN 978-82-7658-739-5

**EMNEORD:**

-Innsjøovervåking  
-Smoltproduksjon i merder  
-Austevoll kommune

**SUBJECT ITEMS:**

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-MVA  
[www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)  
**Telefon:** 55 31 02 78    **Telefax:** 55 31 62 75    **E-post:** [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

*Forsidefoto: Flyfoto over Storebø med Kvernavatnet og Kvernsmolt, tatt ved innflyving til Flesland.*

## FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Kvernsmolt AS hatt ansvar for overvåking av Kvernavatnet i 2009. Overvåkingsprogrammet er gjennomført for femtende år på rad, og er begrunnet i et generelt behov for å overvåke og dokumentere tilstanden i innsjøen og miljøeffekten av merdanlegget. I forbindelse med det oppdaterte utslippsløyvet fra 2000 har Fylkesmannens miljøvernnavdeling pålagt denne årlige overvåkingen.

Denne rapporten presenterer resultatene fra overvåkingsprogrammet for 2009, og generelle utviklingstrekk for tilstanden i Kvernavatnet i forhold til foreliggende opplysninger fra tidligere undersøkelser i innsjøen. Effekten av de utførte tiltak er vurdert i forhold til tilstanden i innsjøen.

Arbeidet er utført ved stor grad av egeninnsats fra Kvernsmolt i forbindelse med innsamling av prøver og informasjon. De vannkjemiske prøvene er analysert av Chemlab Services AS, mens algeprøvene er analysert av Cand.real. Nils Bernt Andersen. Driftsresultatene for merdanlegget er hentet fra Kvernsmolt sine dagjournaler og selskapets oversikter for blant annet leveranser av fisk og inntak av før.

Rådgivende Biologer AS takker Lerøy Vest AS ved Tore Bjånesøy og Jesper Økland for oppdraget.

Bergen, 25.februar 2010.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord.....	4
Innholdsfortegnelse.....	4
Referanse .....	4
Sammendrag .....	5
Miljøvirkning av merdanlegg i innsjøer.....	6
Kvernsmolt AS.....	10
Driften ved merdanlegget i 2009 .....	11
Oversikt over tidligere drift i Kvernavatnet.....	13
Kvernavatnet .....	14
Tilstanden i Kvernavatnet i 2009.....	15
Utvikling av tilstanden i Kvernavatnet .....	18
Referanser .....	22
Vedleggstabeller over rådata.....	25

## REFERANSE

*JOHNSEN, G.H. & M. EILERTSEN 2010.*

*Tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll 2009.*

*Rådgivende Biologer AS, rapport 1282, 25 sider, ISBN 978-82-7658-739-5.*

## SAMMENDRAG

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Kvernsmolt AS gjennomført overvåking av Kvernavatnet og rapportering av driften ved merdanlegget i innsjøen i 2009. Dette er det sekstende året på rad innsjøen blir overvåket på denne måten, og overvåkingsresultatene er presentert for å beskrive både tilstand og utvikling i Kvernavatnet i forhold til produksjonen av smolt i merdanlegget. I løpet av 2009 var anlegget tomt for fisk fra begynnelsen av mai til ut i juli. Det ble benyttet 30 tonn fôr, og samlet biologisk produksjon var på 26,3 tonn fisk. Dette gir en samlet fôrfaktor på 1,14.

Kvernavatnet var også i 2009 en meget næringsrik innsjø, og samlet sett klassifisert til SFTs tilstandsklasse IV= ”dårlig” (**tabell 1**). Innholdet av næringsstoffet fosfor var noe høyere i 2009 enn de foregående år, med et gjennomsnitt på 85,8 µg fosfor/liter. Algemengdene er vanligvis mye lavere enn de næringsrike forholdene for øvrig skulle tilsi. Gjennomsnittlig algemengde og innhold av algepigmentet klorofyll a tilsvare det en finner i middels næringsrike til næringsfattige innsjøer, henholdsvis tilsvarende SFTs tilstandsklasse III = ”mindre god” og II = ”god”. Lystilgangen i Kvernavatnet er sannsynligvis begrensende for algeproduksjonen på grunn av det høye humusinnholdet i vannet. Siktedypet var noe mindre i 2009 enn foregående år, og varierte dessuten svært lite gjennom året.

Forholdet mellom næringsaltene nitrogen og fosfor viser at Kvernavatnet er påvirket av flere kilder, samtidig som innsjøen synes mest påvirket av oppdrettsanlegget de årene der innholdet av fosfor har vært høyest. Variasjonen i produksjon ved anlegget forklarer bare 10 % av variasjon i fosforinnhold i innsjøen og kun 1 % av variasjonen i blågrønnalger. Kvernavatnet har vært i eutrofieringsfasen ”fare på ferde” i hele overvåkingsperioden, men bare vært bort i ”kritisk fase” de årene det var mye blågrønnalger og høyest produksjon. Med dagens belastning synes ikke innsjøen å utvikle seg i negativ retning.

**Tabell 1.** Presentasjon av årlig tilstand i Kvernavatnet basert på SFTs tilstandsklassifisering (1997), som omfatter tilstandsklassene I= ”meget god” til V= ”meget dårlig”.

År	Antall prøver	Næringsalter				Organisk stoff		Samlet vurd.
		Fosfor	Nitrogen	Algevol	Klorofyll a	TOC	Siktedyp	
1993	4	V	IV	V	-	IV	III	IV
1994	5	V	V	III	-	IV	III	IV
1995	6	V	V	II	-	IV	III	IV
1996	6	V	V	III	-	IV	III	IV
1997	5	V	V	V	-	IV	III	V
1998	5	V	IV	III	-	IV	IV	IV
1999	7	V	V	IV	-	IV	IV	IV
2000	6	V	V	IV	III	IV	III	IV
2001	5	V	V	IV	IV	IV	III	IV
2002	3	V	V	II	II	IV	IV	III
2003	6	V	V	III	III	IV	IV	IV
2004	6	V	V	III	II	IV	IV	IV
2005	6	V	V	I	II	IV	IV	IV
2006	5	V	V	II	II	IV	IV	IV
2007	6	V	IV	II	III	III	IV	IV
2008	5	V	V	III	III	III	IV	IV
<b>2009</b>	<b>6</b>	<b>V</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>

## MILJØVIRKNING AV MERDANLEGG I INNSJØER

Alle innsjøer mottar tilførsler av næringsstoff ved naturlig avrenning fra nedbørfeltet, og de fleste innsjøer i Norge er naturlig næringsfattige. Mange innsjøer er imidlertid også påvirket av ytterlige tilførsler av næringsstoff fra kloakk og/eller avrenning fra landbruksvirksomhet og bebyggelse. Husdyrgjødsel har også en “gjødsle” effekt i vassdragene, men avrenning fra dyrket mark er generelt rikere på næringsstoff enn avrenning fra naturområder (Holtan & Åstebøl 1990). Virkningen av slike ekstra tilførsler av næringsstoff vil variere svært mye fra innsjø til innsjø, men mange innsjøer blir mer næringsrike. Det er utviklet gode modeller som beskriver sammenhengen mellom tilførsler og deres effekt i innsjøene (Vollenweider 1976; Rognerud m.fl. 1979; Berge 1987).

I næringsrike og “gjødslete” innsjøer er forutsetningene tilstede for økte algeomengder med innslag av andre og mer næringskrevende algetyper som blant annet en del blågrønne alger (Brettum 1989; Faafeng m.fl. 1990). I særlig næringsrike situasjoner, der det også er store tilførsler av næring utover hele sommeren, kan en få ekstreme oppblomstringer av blågrønnalger. I stille vær kan disse algene flyte opp slik at innsjøene farges kraftig grønne. Dette er kjent som “algeblomst” fra det engelske uttrykket “algal bloom”.

Virkningen av næringstilførsler avhenger av mange lokale forhold, der vannutskiftingshyppigheten i innsjøene er en avgjørende faktor (Vollenweider 1976). Store vanntilførsler og dermed hyppig utskifting av innsjøens vannmasser, virker fortynnende på tilførslene. En innsjø med hyppig vannutskifting kan således tåle større næringstilførsler enn en tilsvarende innsjø med sjeldnere vannutskifting (Vollenweider 1976; Rognerud m.fl. 1979; Berge 1987). Samtidig er næringsstoffenes tilgjengelighet for algene også med å avgjøre responsen i innsjøenes økosystem (Berge & Källqvist 1990; Braaten m.fl. 1992).

Av de ulike næringsstoffene er det fosfor som oftest er begrensende for algevekst i våre innsjøer. Ulike typer tilførsler har hver sin spesifikke sammensetning av næringsstoffer, blant annet uttrykt ved forholdstallet mellom nitrogen og fosfor. Vanligvis venter en å finne et forholdstall på rundt 15 i lite påvirkete innsjøer, altså at en har 15 ganger så høye konsentrasjoner av nitrogen som fosfor. Dersom en finner betydelige avvik fra dette, tyder det på at en har dominans av enkelte tilførselskilder til denne aktuelle innsjøen. For eksempel vil avrenning fra fjell, myr og skog på Vestlandet kunne ha et høyt N:P-forholdstall, gjerne opp mot 70, mens både kloakkavløp fra boliger og tilførsler av for eksempel gjødsel fra kyr begge har et forholdstall på rundt 7. Særlig fosfor-rike utslipp er silosaft, med et forholdstall nede på 1,5 mens tilførsler fra fiskeoppdrett og for eksempel gjødsel fra gris også er fosforrike med et forholdstall på rundt 5 (Holtan & Åstebøl 1990).

Der tilførslene av **fosfor** i tillegg domineres av oppløst **fosfat** vil dette ha en større effekt også fordi det kan bli nyttegjørt av algene direkte. Dette kalles **biotilgjengelighet** og varierer mellom de ulike tilførselskildene. Kommunalt avløpsvann har en biotilgjengelighet av fosforet på 65-70 %, mens avrenning fra landbruk har 30 % biotilgjengelighet. Tilsvarende tall for tilførsler fra fiskeoppdrett ligger på 30-40 % (Braaten mfl. 1992).

Særlig mengde alger, men også algetyper, er altså ofte begrenset av tilgang på tilgjengelig næring. Denne effekten kalles “**bottom-up**” og viser til virkningens retning i næringskjedene i innsjøen. Jo mer næringsstoff, desto mer algevekst og som igjen er grunnlag for biologisk produksjon av algespisende organismer som dyreplankton og etter hvert også fisk (Sommer mfl. 1986).

Dersom økosystemet i en innsjø er i noenlunde balanse, vil ikke algene kunne blomstre uhemmet, fordi det vil være effektive dyreplankton som kan kontrollere dem. Men dersom det også er store mengder planktonspisende fisk i en innsjø, vil disse effektivt fjerne dyreplanktonet, slik at algene ikke lenger kontrolleres (såkalt “**top-down**”-effekt). Det samme vil kunne skje dersom næringstilførslene og produksjonsgrunnlaget for algene er for stort. Da vil ikke dyreplanktonet greie å kontrollere algene, som i tillegg vil kunne domineres av "uspiselige" alger som blågrønnalger. Et balansert økosystem er således i stand til å takle en større næringsbelastning og likevel opprettholde en akseptabel vannkvalitet, i motsetning til et ubalansert system som fort vil kunne bli dominert av store algeoppblomstringer med økende innslag av blågrønnalger (Sommer m.fl. 1986).

Også tilførsler av organisk materiale kan ha stor betydning for miljøkvaliteten i innsjøer. Slike tilførsler kan komme fra både naturlige og menneskeskapt eksterne kilder i nedbørsfeltet, eller fra innsjøens egen biologiske produksjon av alger og dyr (Holtan & Åstebøl 1990). Slike tilførsler deles i to hovedgrupper, humusstoffer og andre. Humusstoffene er tungt nedbrytbare i vann og stammer hovedsakelig fra skog og myrområder. De andre er lettere nedbrytbare, og biologisk omsetting og nedbryting av slike stoff er oksygenkrevende. Omfang av tilførsler av organisk stoff til innsjøer vil kunne måles i vannprøver fra overflatevannet, men det vil i hovedsak påvirke forholdene i det stabile dypvannet ved at store tilførsler medfører et høyere forbruk av oksygen som kan resultere i helt oksygenfrie forhold i dypvannet (Johnsen mfl. 1985).

Det største problemet knyttet til oksygenfritt dypvann i innsjøer er fenomenet “indre gjødsling”. Når det har vært oksygenfritt vann over sedimentene en tid, vil forholdet mellom toverdigg og treverdigg jern endres slik at bindingen av fosfor i sedimentet opphører (Wetzel 1975). Da vil betydelige mengder av det tidligere sedimenterte fosforet bli frigitt til vannmassene som biotilgjengelig fosfat, og konsentrasjonene av fosfor i dypvannet kan være både 10 og 100 ganger høyere enn i overflatevannet (Johnsen mfl. 1985). I slike innsjøer vil denne “indre gjødslingen” kunne utgjøre en vesentlig del av de samlede tilførsler av næring (Bjørklund og Johnsen 1995), og en kan komme inn i en ond sirkel med stadig økende næringsinnhold og algemengder.

På 1970-tallet ble en del innsjøer tatt i bruk til smoltproduksjon for oppdrettsnæringen, med flytende merdanlegg liggende i innsjøene. Tre større forskningsprosjekt i perioden 1979 - 1989 hadde som sentral målsetting å avklare hvordan innsjøer påvirkes av nettopp slike merdbaserte fiskeoppdrettsanlegg, og hvordan en skal overvåke denne påvirkningen. Forskningsprosjektet “*Settefiskoppdrett i vassdrag*” ble utført i regi av Norges Fiskeriforskningsråd ved Havforskningsinstituttets Avdeling for Akvakultur i årene 1979 - 1981 (Hansen m.fl. 1982), og det ble fulgt opp i to store prosjekt som ble gjennomført ved Universitetet i Bergen; “*Økologiske forutsetninger for oppdrett av laksesmolt i innsjøer*” i årene 1983-1985 (Larsson 1986) og “*Biologisk optimalisering av oppdrett av laksefisk i ferskvann*” i årene 1986-1988 (Johnsen mfl. 1989). Begge prosjektene var et samarbeid mellom Havforskningsinstituttets Avdeling for Akvakultur (nå: Senter for Havbruk) og tre institutt ved Universitetet i Bergen (Fiskeribiologi, Mikrobiologi og Zoologisk Museum).

Det ble dokumentert at slike merdbaserte fiskeanlegg i innsjøer påvirker innsjøene ved tilførsler av:

- 1) næringsstoff fra spillfôr og fiskeavføring,
- 2) organisk stoff fra de samme kildene, og
- 3) rømt fisk, som reduserer innsjøens evne til algekontroll ved at dyreplanktonet beites ned.

Alle disse tre forhold kan derfor påvirke næringsrikheten i den aktuelle innsjøen. Punkt 1 direkte ved sin “bottom-up” virkemåte, punkt 2 ved at overbelastning av organisk materiale kan føre til oksygenfrie forhold i dypvannet og dermed frigivelse av fosfat fra sedimentet, og punkt 3 ved at en får redusert økosystemets evne til å håndtere den økte algeproduksjonen ved en “top-down” effekt når det skjer mye rømming av fisk (Holm m.fl. 1985; Larsson 1986). Effektene på næringsrikhet og algeoppblomstringer i innsjøer med slike oppdrettsanlegg kan derfor bli store, og dette kan påvirke bruksverdien av innsjøen i mange sammenhenger, som til fritidsfiske, friluftsliv/bading og som råvannskilde for drikkevannsanlegg. Det er også utviklet gode erfaringsmodeller for hvor store tilførsler fiskeanlegg tilfører sine omgivelser (Håkansson m.fl. 1988; Braaten m.fl. 1992).

I forbindelse med det konsesjonsbetingede utslippsløvet til slike merdbaserte smoltanlegg i innsjøer, er det derfor ofte knyttet betingelser om både krav til miljøkvalitet og også om årlig miljøovervåking for å kunne holde situasjonen under oppsyn. Dette er også begrunnet i en del tilfeller av overbelastning av slike innsjøer (Holm m.fl. 1985; Kambestad & Johnsen 1990). Samspillet mellom alle de tre typene påvirkning som slike fiskeanlegg har på innsjøsystemet, gjør det viktig ikke bare å fokusere på tilstand år for år eller utvikling i tilstand aleine, men samtidig vurdere risiko for videre utvikling i den prosess som kalles “eutrofiering”, eller økning i næringsrikhet og algemengde. Et slikt “eutrofieringsforløp” i innsjøer kan beskrives med tre faser ettersom økosystemet responderer på økende fosforbelastning:

**1) Begynnende eutrofiering**

Kjennetegnes ved middels næringsrike forhold (SFT=III), med økt produktivitet i alle ledd i innsjøens næringspyramide grunnet økte næringstilførsler (positiv “bottom up”-effekt). Den økende algemengden holdes noenlunde under kontroll av den samtidig økende dyreplanktonmengden (negativ “top down”-effekt), slik at algemengdene bare øker sakte under økologisk likevekt.

**2) Fare på ferde**

Kjennetegnes med næringsrike forhold (SFT=IV-V), der algetyper som ikke er spiselige av dyreplanktonet begynner å dominere, og algemengdene øker derfor raskere. Større mengder alger synker til bunns og råtner under forbruk av oksygen, og oksygenfrie forhold med indre gjødsling kan begynne.

**3) Kritisk fase**

Kjennetegnes av meget næringsrike forhold (SFT=V). Råttent bunnvann med omfattende indre gjødsling gir store algemengder, der algeoppblomstringer med giftige blågrønnalger kan dominere.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har utviklet enkle system for vurdering av miljøkvalitet i ferskvann, der en klassifiserer tilstanden i innsjøer med hensyn på en del standard parametre (SFT 1989, 1992, 1997). Dette er utarbeidet med en generell tilnærming, slik at en ved undersøkelser av innsjøer i utgangspunktet skal søke å fange opp de fleste sannsynlige miljøpåvirkninger. Det gir miljøforvaltningen mulighet for en standardisert tilnærming til den aktuelle problematikken i innsjøer, og dette system og klassifisering er også benyttet i foreliggende overvåkingsrapport (**tabell 2**).



**Tabell 2.** Sammenheng mellom de “klassiske” betegnelser for næringsstatus, innhold av fosfor, observerte algemengder og SFTs tilstandsklassifisering, basert på SFT (1997) og Brettum (1989).

Tilstand	Ultra-oligotrof	Oligotrof	Oligo-mesotrof	Mesotrof	Eutrof	Poly-eutrof
Fosfor (µg/l)	< 2	2-7	7-11	11-20	20-50	> 50
Algemaks (mg/l)	< 0,2	0,2-0,7	0,7-1,2	1,2-3	3-5	> 5
Algesnitt (mg/l)	< 0,1	0,1-0,4	0,4-0,6	0,6-1,5	1,5-2,5	> 2,5
klorofyll a (µg/l)	<2		2-4	4-8	8-20	> 20
Tilstandsklasse	<b>SFT = I</b>		<b>SFT = II</b>	<b>SFT = III</b>	<b>SFT = IV</b>	<b>SFT = V</b>
Tilstand	meget næringsfattig		næringsfattig	middels næringsrik	næringsrik	meget næringsrik

### Denne rapporten

Denne rapporten presenterer resultatene fra overvåking av Kvernavatnet i 2009. Resultatene er vurdert i forhold til den presenterte faglige rammen, samtidig som utviklingen i innsjøene de siste årene også er presentert.

## KVERNSMOLT AS

Settefiskanlegget i Kvernavatnet ble startet av Havforskningsinstituttet i 1979 som et ledd i forskningsarbeidet med å høste erfaringer med denne type anlegg. Arbeidet ble utført som et ledd i Norges Fiskeriforskningsråds (NFFR) prosjekt "Settefiskoppdrett i vassdrag" som ble utført i 1979 - 1981. Konesjjon for det merdbaserte settefiskanlegget i Kvernavatnet ble først gitt av Fiskeridepartementet til Havforskningsinstituttets avdeling for akvakultur i brev av 31.juli 1979. Det ble gitt tillatelse til produksjon av 50.000 stk sjødyktig settefisk av laks, ørret og regnbueørret.

Kvernsmolt AS ble etablert i 1980 av grunneierne rundt Kvernavatnet, og selskapet fikk overta konsesjonen jfr. brev av 21.november 1980 fra Fiskeridepartementet. Fiskeridepartementet gav videre Kvernsmolt AS i brev av 11.september 1981 lov til å utvide konsesjonsrammene til 300.000 sjødyktig settefisk årlig, samt å etablere et akklimatiserings-anlegg på 150 m<sup>3</sup> i Austre Storebøvågen.

Kvernsmolt AS fikk i brev av 9.april 1984 fra Fiskeridirektoratet lov til å etablere 8 stk 7-meters kar nedenfor demningen av Kvernavatnet. Men fordi det på denne tiden var stans i alle konsesjonsutvidelser, ble det understreket at utvidelsen var gitt under forutsetning av at den årlige produksjonen ikke ble utvidet. I samme brev ble søknad om etablering av klekkeri avslått. Avslaget om etablering av klekkeri ble anket, og fiskeridirektoratet gav i brev av 15.august 1984 selskapet likevel lov til å drive klekkeri nedstrøms Kvernavatnet. Kvernsmolt AS fikk høsten 2001 utvidet konsesjonen ved settefiskanlegget til 1 million sjødyktig settefisk, med krav til maksimal fôrbruk på 40 tonn årlig ved merdanlegget i Kvernavatnet.

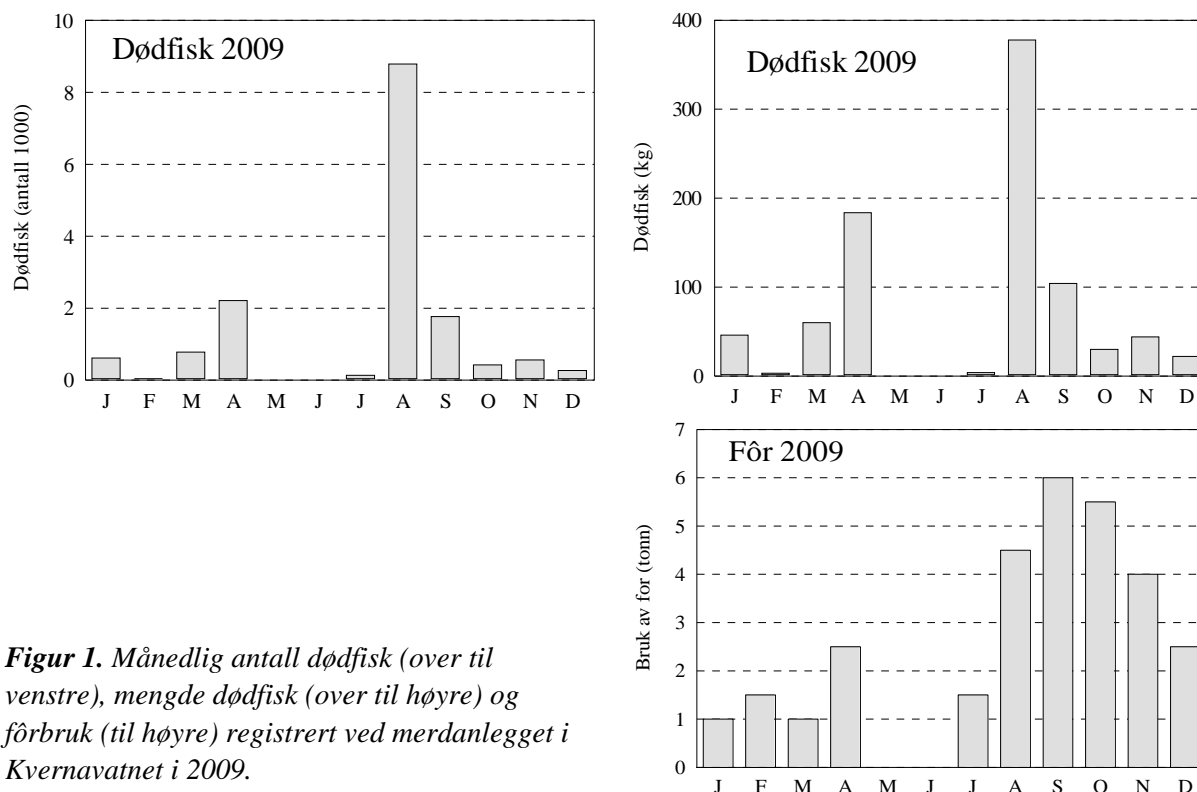
Karanlegget nede ved sjøen var ikke i bruk i 2009. Anlegget består av klekkeri med startfôringshall, et innendørs karanlegg med et to kar utendørs, et merdanlegg i innsjøen og et akklimatiseringsanlegg i sjøen. I Kvernavatnet er det et merdanlegg med åtte stk 12x12 meters bur i et Viking rammeanlegg. Nøtene er fem meter dype, og fôring skjer ved hjelp av et datastyrt ARE luftfôringsanlegg. Det er montert tre strømsettere under gangveien for å besørge god vannutskifting i hele anlegget. Den ene strømsetteren benyttes også til å piske inn oksygeninnblandet vann i anlegget, slik at det kan tilføres like mye oksygen som fisken teoretisk sett forbruker. Dette oksygeneringsanlegget har vært i drift siden sommeren 1997. Siden 1992 har det vært montert oppsamlingsutstyr for spillfôr under samtlige merder.

Det klekkes årlig omtrent 1,8 millioner egg, og all yngelen startfôres. Vanligvis overføres over halvparten av den startfôrete yngelen til Hegglandssmolt på Tysnes ved en vekt på 0,5 - 2,5 gram. I mai-juni flyttes resten av fisken ut av startfôringshallen til 7-meters karene. Da har fisken en vekt på 2-5 gram. I perioden 15.juni til 15.juli flyttes så den største fisken opp til merdanlegget i Kvernavatnet, den veier da 10-25 gram. Der fôres fisken utover sommeren og vaksineres før den i perioden 15.august til 15.september settes ned i karene igjen ved en størrelse på 50-100 gram. Vel halvparten av fisken selges som høstsmolt i perioden fra 15.september til 15.november og har da en vekt på mellom 80 og 125 gram. Den minste fisken har etter startfôring gått i karanlegget, og denne settes så opp i merdanlegget når dette er tømt tidlig på høsten. Fisken er da 20-60 gram og uvaksinert, og blir så fôret fram til ett-årssmolt i merdanlegget for utsetting som 70-100 grams fisk i perioden 15.april til 15.juni. Det betyr at karanlegget stort sett står tomt fra høstsmolten er solgt til den startfôrete yngelen settes ut neste vår, og at merdanlegget stort sett er i bruk hele året.

Fra 2009 blir det heller ikke klekket fisk ved anlegget ved Kvernavatnet, og produksjonen skal bare skje i merdanlegget i innsjøen ved at fisk settes ut tidlig på høsten og taes ut som stor vårsmolt.

## DRIFTEN VED MERDANLEGGET I 2009

Fisken som sto i anlegget ved inngangen til 2009, ble tatt ut som vårmolt i to puljer helt i slutten av april og i begynnelsen av mai. Ny fisk ble satt inn i anlegget i juli, august og i midten av oktober. Samlet for det hele året ble det satt inn 536 000 fisk med en gjennomsnittsvekt på rundt 30,8 gram tilsvarende omtrent 16,5 tonn fiskebiomasse. Ved utgangen av året var disse blitt vel 80 g i gjennomsnitt. I alt ble det plukket rundt 17 801 dødfisk ved anlegget i 2009, med en snittvekt på 39 g utgjør dette en samlet mengde på 688 kg. Det meste av dødeligheten forekom i august. I tillegg ble det tatt ut over 213 000 fisk for destruksjon.



**Figur 1.** Månedlig antall dødfisk (over til venstre), mengde dødfisk (over til høyre) og fôrbruk (til høyre) registrert ved merdanlegget i Kvernavatnet i 2009.

**Tabell 3.** Beregningsgrunnlag for produksjon og fôrfaktor ved anlegget i Kvernavatnet i 2009. Antall fisk ved inngangen på året er justert ned i forhold til fjorårets rapport.

Forhold	Antall fisk	Størrelse (g)	Samlet biomasse (kg)
- Belegg i anlegg pr 1.januar	575 244	72,0	41 418
- Inntak til anlegget i året	536 000	30,8	16 495
+ Dødfisk i 2009	17 801	38,6	688
+ Destruert i 2009	213 564	64,7	13 813
+ Uttak av fisk vår 2009	416 300	73,9	30 767
+ Belegg i anlegget 31.desember	480 405	81,0	38 913
= Samlet tilvekst i anlegget			26 268
Samlet fôrbruk i året			30 000
Samlet fôrfaktor			1,14

Iløpet av 2009 ble det benyttet 30 tonn fôr (**figur 1**) og med en samlet produksjon på 26,3 tonn i anlegget, gir det en fôrfaktor på 1,14 (**tabell 3**). Næringstilførsler til innsjøen fra et fiskeoppdrettsanlegg kan beregnes ut fra innhold av næring i fôret, fôrfaktoren og mengde produsert fisk (totalt inkludert dødfisk) i henhold til Håkanson mfl. (1988). I Kvernavatnet har vi beregnet fosfortilførslene i 2009 til 325 kg fosfor, ut fra et fosforinnhold i fôret på 1,5 % og beregnet fôrfaktor.

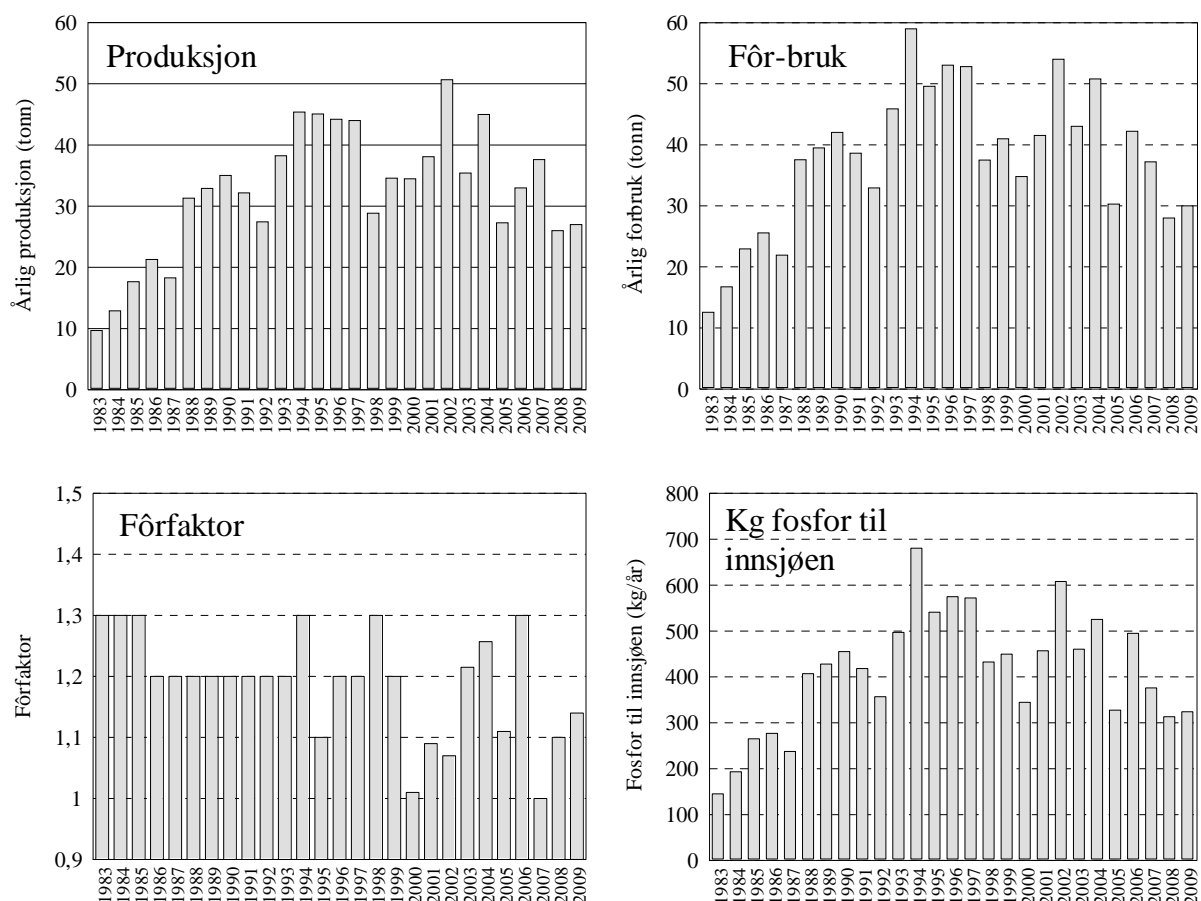
Dette er imidlertid tall for de samlede tilførsler fra anlegget, og tall fra andre tilsvarende anlegg viser at i størrelsesorden 70 % av fosforet som tilføres via spillfôr og fiskeavføring sedimenterer relativt raskt, mens de resterende 30 % er tilgjengelig for algeproduksjon i de åpne vannmassene (Braaten mfl. 1992). I 1992 ble det montert oppsamlingsutstyr under merdene i Kvernavatnet, og en kan anta at mesteparten av de 70 % som sedimenterer blir samlet opp og pumpet til renseanlegget.

## OVERSIKT OVER TIDLIGERE DRIFT I KVERNAVATNET

Ved Kvernsmolt AS sitt merdanlegg i Kvernavatnet økte produksjonen gradvis fra vel 10 tonn fisk i 1983 til omtrent 45 tonn i 1994. Produksjonsnivået lå på samme nivå de neste tre årene, men har i årene 1998-2007 ligget mellom 30 og 40 tonn, mens de siste to årene har produksjonen vært under 30 tonn (**figur 2**).

Den årlige fôrbruken gjenspeiler i all hovedsak dette produksjonsmønsteret, med en jevn økning fra omtrent 13 tonn utfôret i 1983 til rekordnivået på 59 tonn i 1994. I årene etter ble det benyttet vel 50 tonn fôr årlig, mens fôrbruken har ligget rundt 30 - 40 tonn årlig siden 1998, med noe høyere forbruk i 2002, 2004 og 2006 da produksjonen var høyere. De siste to årene har det vært benyttet oppunder 30 tonn fôr ved anlegget (**figur 2**).

Fôrfaktor, som viser forholdet mellom produksjon og mengde fôr, har variert nokså mye, mellom 1,3 i 1998 og 1,1 i 2007 (**figur 2**). For årene 1986-1992 foreligger ikke detaljerte opplysninger om produksjon, og fôrfaktor er derfor anslått til 1,2 i denne perioden. I 2008 var forfaktoren på 1,1, og den har variert mellom 1,0 og 1,3 de siste årene.



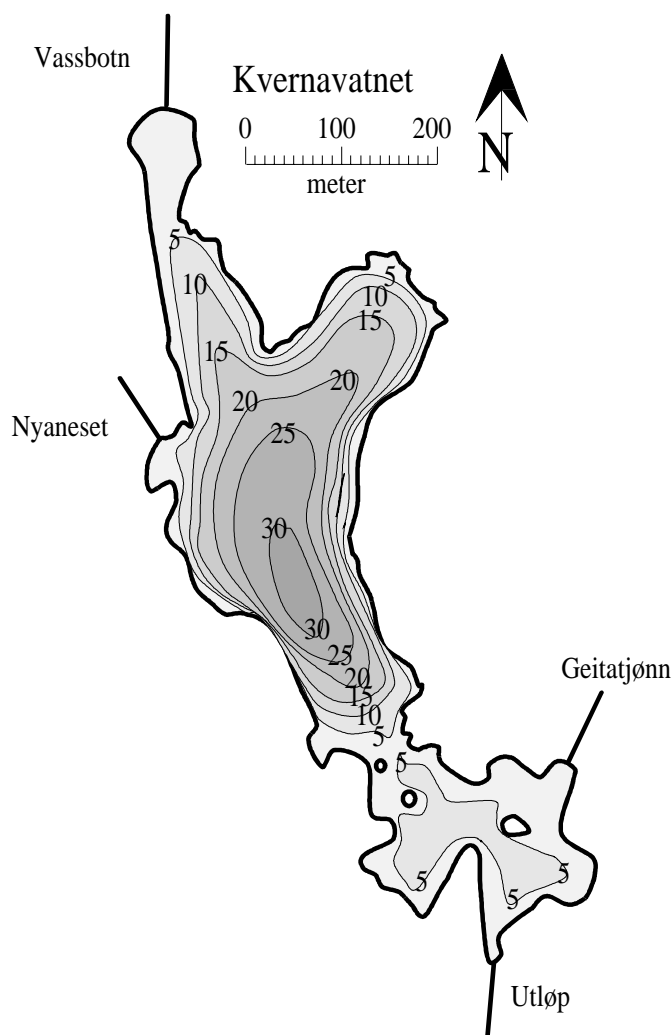
**Figur 2.** Oversikt over årlig produksjon (oppe til venstre) og årlig fôrforbruk (oppe til høyre) ved merdanlegget, samt oversikt over årlig forfaktor (nede til venstre) og mengde fosfor (nede til høyre) til innsjøen til Kvernsmolt i Kvernavatnet.

## KVERNAVATNET

Kvernavatnet ligger øst for Storebø i Austevoll, og har et nedbørfelt på omtrent 1,3 km<sup>2</sup>. Innsjøen er vannkilde for karanlegget og klekkeriet, og også lokalitet for merdanlegget til Kvernsmolt. Kvernavatnet har et areal på 0,125 km<sup>2</sup>, innsjøen er 30 meter dyp på det dypeste og har et opprinnelig volum på 1,56 millioner m<sup>3</sup> (**figur 3**). Innsjøen har en årlig gjennomsnittlig tilrenning på 1,64 millioner m<sup>3</sup>, eller omtrent 3,0 m<sup>3</sup>/min i gjennomsnitt.

Kvernavatnet ble tidligere benyttet som vannkilde for en kvern ved utløpet. Denne har ikke vært i drift siden krigen. I forbindelse med kvernen var det etablert en demning i utløpet av Kvernavatnet, og denne ble utbedret (tettet) i 1981-1982. Dette medførte at vannstanden i innsjøen ble hevet med omtrent en og en halv meter på det høyeste. I 1995 ble demningen bygget på en meter til, slik at vannstanden nå maksimalt er 2,5 meter over det den var da Kvernsmolt AS ble etablert.

Demningen gjør at en i dag kan magasinere nærmere 350.000 m<sup>3</sup> vann i innsjøen utover innsjøens opprinnelige volum på 1,56 millioner m<sup>3</sup>. I perioder med lite regn medfører vannbruket i karene at vannstanden senkes med omtrent 2 cm daglig.

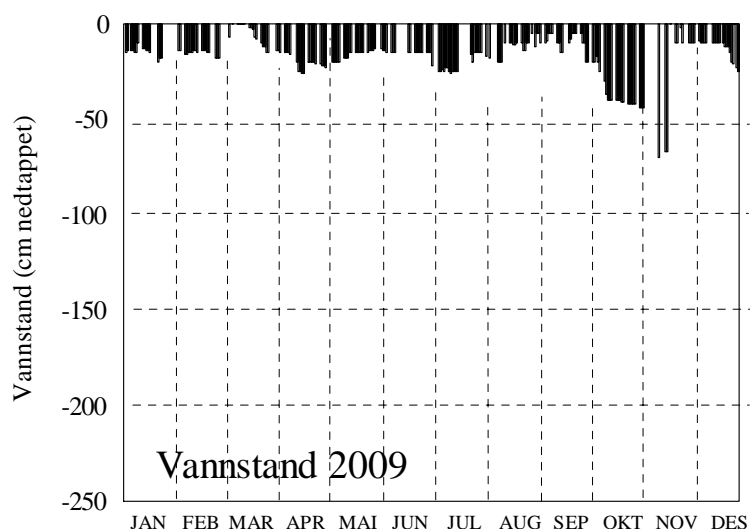


**Figur 3.** Dybdekart over Kvernavatnet, basert på opplodding i 1981. Siden den gang er Kvernavatnet demmet opp med 2,5 meter.

## TILSTANDEN I KVERNAVATNET I 2009

Kvernavatnet var lite nedtappet gjennom det aller meste av 2009. Laveste vannstand ble nådd i november med en nedtapping på 70 cm under demningens topp (**figur 4**). Tidligere ble det tappet vann til klekkeri og karanlegget nedstrøms innsjøen, men det har ikke vært fisk her i 2009. Vannstandsvariasjonen skyldes derfor slipp av vann forbi demningen.

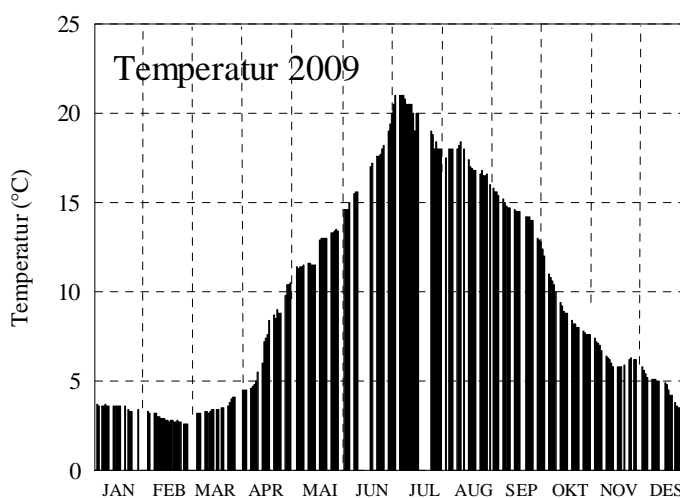
**Figur 4.** Daglig målt vannstand i Kvernavatnet gjennom 2009. Målingene er vist i forhold til høyeste regulerte vannstand (HRV), og vist som antall cm under dette.



### Temperaturforholdene

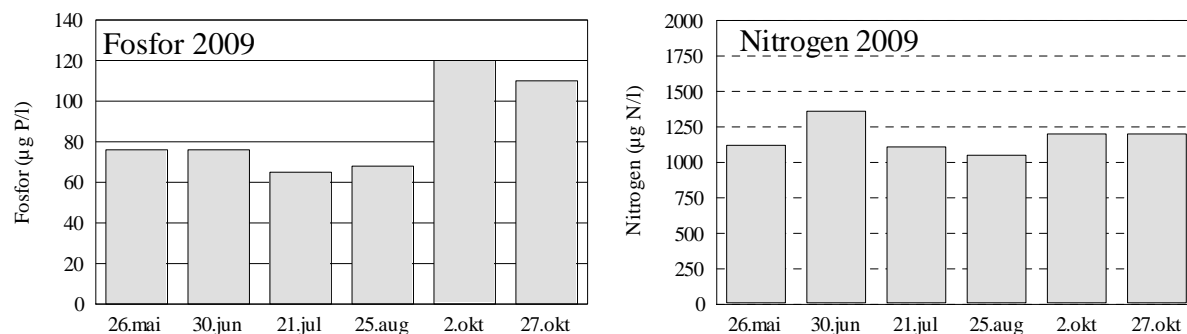
Overflatetemperaturen i Kvernavatnet var i januar opp mot 4 grader, og holdt seg rundt 3-4 grader i februar og mars. Fra begynnelsen av april begynte temperaturen å stige, og steg til 21 °C i begynnelsen av juli da overflatevannet var på sitt varmeste (**figur 5**). Uviklingen gjennom året forløp som normalt med jevn oppvarming på våren og sommeren og avkjøling fra midten av juli og ut året. Temperaturen i vannet var i underkant av fire til tre grader ved utgangen av desember 2009. Generelt sett var temperaturen i Kvernavatnet gjennom hele året svært lik målinger fra 2008.

**Figur 5.** Daglige temperaturmålinger i overflaten ved merdanlegget i Kvernavatnet i 2009.



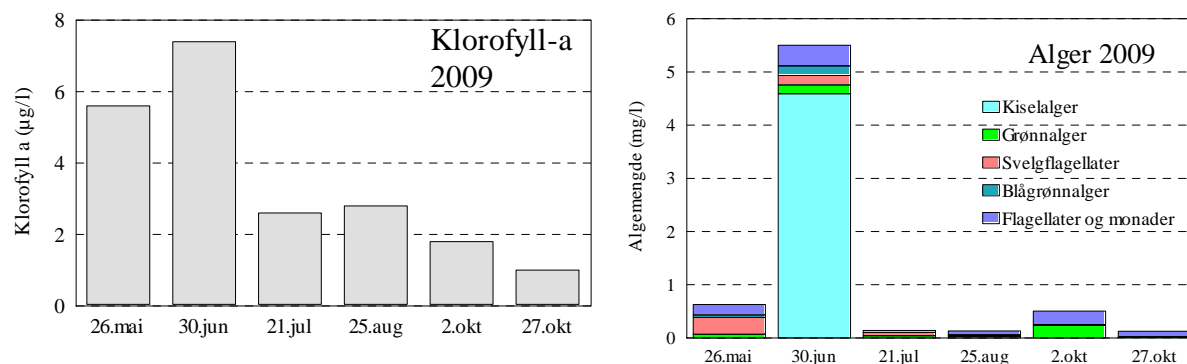
## Virkning av tilførsler av næringsstoff

Kvernavatnet var meget næringsrikt også i 2009. Konsentrasjonene av fosfor og nitrogen viste i gjennomsnitt høye verdier med henholdsvis 85,8  $\mu\text{g}$  fosfor pr. liter og 1,2 mg nitrogen pr. liter (**vedleggstabell 2**). Disse verdiene er begge klassifisert til henholdsvis tilstandsklasse V= ”meget dårlig” og IV = ”dårlig” i SFTs vurderingssystem for miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997) (**figur 6**).



**Figur 6.** Innhold av næringsstoffene fosfor (til venstre) og nitrogen (til høyre) i månedlige vannprøver fra Kvernavatnet i 2009. Prøvene er tatt som blandprøve fra de øverste fem meterne, og de er analysert fortløpende av Chemlab Services AS.

Næringsriktighet gir grunnlag for algevekst og gjenspeiler seg derfor vanligvis i både mengde og sammensetning av algeplankton. Algemengden i Kvernavatnet var stort sett lave i de seks algeprøvene som ble samlet inn sommerhalvåret 2009. Med et gjennomsnittlig algevolum på 1,1 mg/l og høyeste algemengde på 5,5 mg/l, tilsvarer algemengdene det en vanligvis finner i middels næringsrike innsjøer tilsvarende SFTs klasse III (Brettum 1989). Høyeste algemengde på 5,5 mg/l tilsvarer SFTs klasse V = ”meget næringsrik”. Innholdet av klorofyll a, som utgjør mengden ”grønnfarge” i algene, hadde et gjennomsnitt på 3,5  $\mu\text{g Chl a/l}$ , hvilket tilsvarer SFTs tilstandsklasse II = ”god” (**figur 7**). Innholdet av alger og klorofyll er atskillig lavere enn det en burde vente ut fra det meget høye innholdet av næringssalter. Dette misforholdet er imidlertid vanlig i Kvernavatnet, og skyldes at innsjøens algeproduksjon er lysbegrenset på grunn av det høye innholdet av humus.

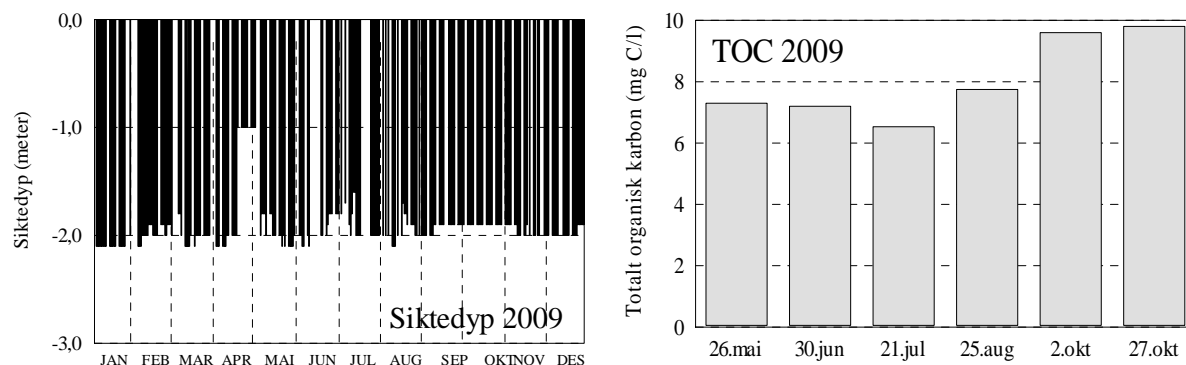


**Figur 7.** Innhold av klorofyll a (til venstre), og algemengder og algetyper (til høyre) i månedlige overflatevannprøver fra Kvernavatnet sommeren 2009. Prøvene er tatt som blandprøver de øverste fem meterne ved det dypeste punktet i innsjøen. For detaljer vedrørende algearter og grupper henvises til **vedleggstabell 3**.



## Virkning av tilførsler av organisk stoff

Siktedypet i en innsjø reflekterer vannfarge og mengden partikler i innsjøens øvre vannmasser. I Kvernavatnet er siktedypet vanligvis meget lavt og var i 2009 rundt 2 meter fordi vannet er meget rikt på humusstoffer og derfor brunt. Variasjonen i siktedyp gjennom sommeren reflekterer i hovedsak variasjonen i algemengden i vannmassene (**figur 8**).

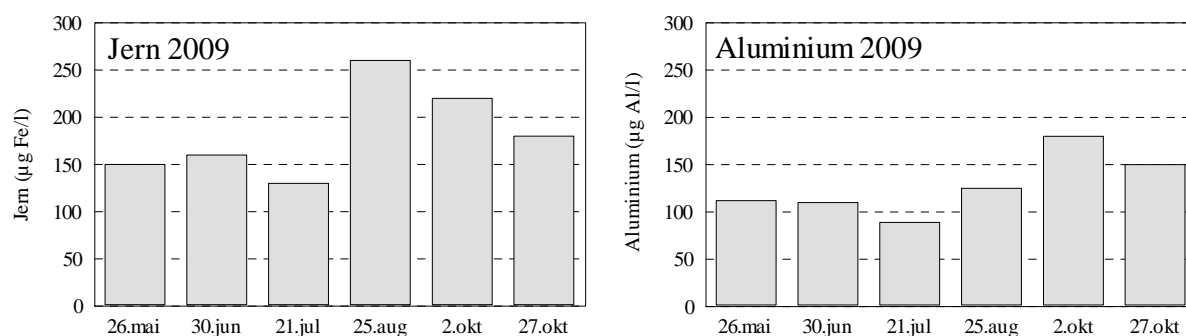


**Figur 8.** Daglige målinger av siktedyp (til venstre) og seks målinger av totalt organisk karbon TOC (til høyre) i Kvernavatnet i 2009. Siktedypmålingene er gjort med en standard Secchi-skive ved det dypeste punktet nord for merdanlegget, mens TOC er målt i de månedlige innsamlete vannprøvene.

Innholdet av organisk stoff i overflatevannmassene økte svakt utover i prøvetakingsperioden, og gjennomsnittet var på 8,0 mg C/l (**figur 8**). Dette er høyt, og tilsvarer tilstandsklasse IV = "dårlig" i SFTs vurderingssystem for miljøkvalitet i ferskvann. Det aller meste av dette skyldes det naturlige høye innholdet av humusstoff og reflekteres også i det lave og stabile siktedypet i innsjøen.

## Vannkvalitet generelt

Surheten varierte mellom 6,3 og 6,7. Det har ikke vært kalket i innsjøen siden 2000. Innholdet av jern i overflatevannet i Kvernavatnet var noe høyt i 2009 (**figur 9**). Gjennomsnittet var 183  $\mu\text{g Fe/l}$  tilsvarer klasse III = "mindre god" i SFTs vurderingssystem. Skadevirkninger av jern kan en imidlertid først vente når konsentrasjonene overstiger 500  $\mu\text{g Fe/l}$ , ved at jernet da kan felles på gjellene til fisk. Konsentrasjonen av totalaluminium i vannet var i gjennomsnitt på 127,6  $\mu\text{g Al/l}$  (**figur 9**). Ved forsurening er labilt aluminium giftig for fisk ved at det kan felles ut på gjellene og drepe fisken. Det høye humusinnholdet i Kvernavatnet reduserer imidlertid faren for skadevirkninger ved høye aluminiumskonsentrasjoner, og ved de pH-verdiene som er vanlige i Kvernavatnet i 2009, vil ikke disse konsentrasjonene være problematiske for fisken.



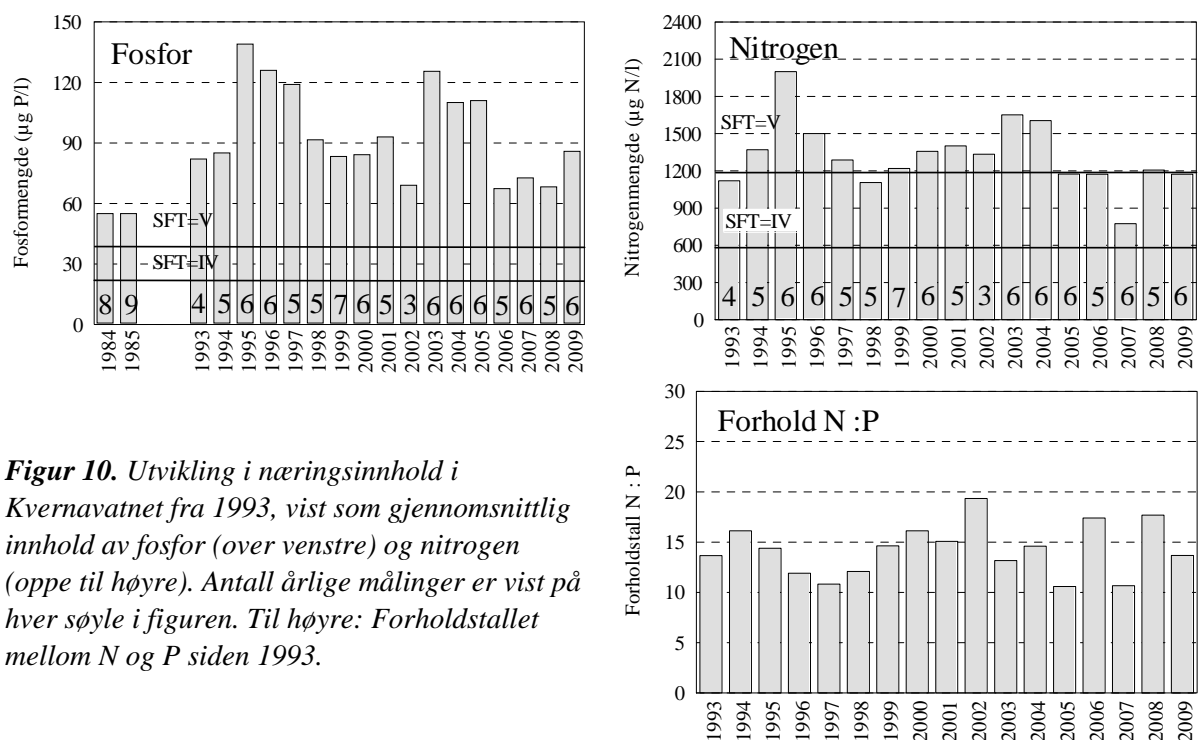
**Figur 9.** Månedlige målinger av jern (til venstre) og aluminium (til høyre) i overflatevannet i Kvernavatnet i mai til oktober 2009.

## UTVIKLING AV TILSTANDEN I KVERNAVATNET

Miljøforholdene i Kvernavatnet har vært fulgt gjennom en årrekke, først av Havforskningsinstituttet og Universitetet i Bergen fra 1980 til 1986, og årlig siden 1993 av Rådgivende Biologer AS. Alt dette er rapportert, og henvisning til årlige rapporter finnes bakerst i denne rapporten. Den følgende presentasjonen av resultatene er derfor relativt summarisk.

### Virkning av tilførsler av næringsstoff

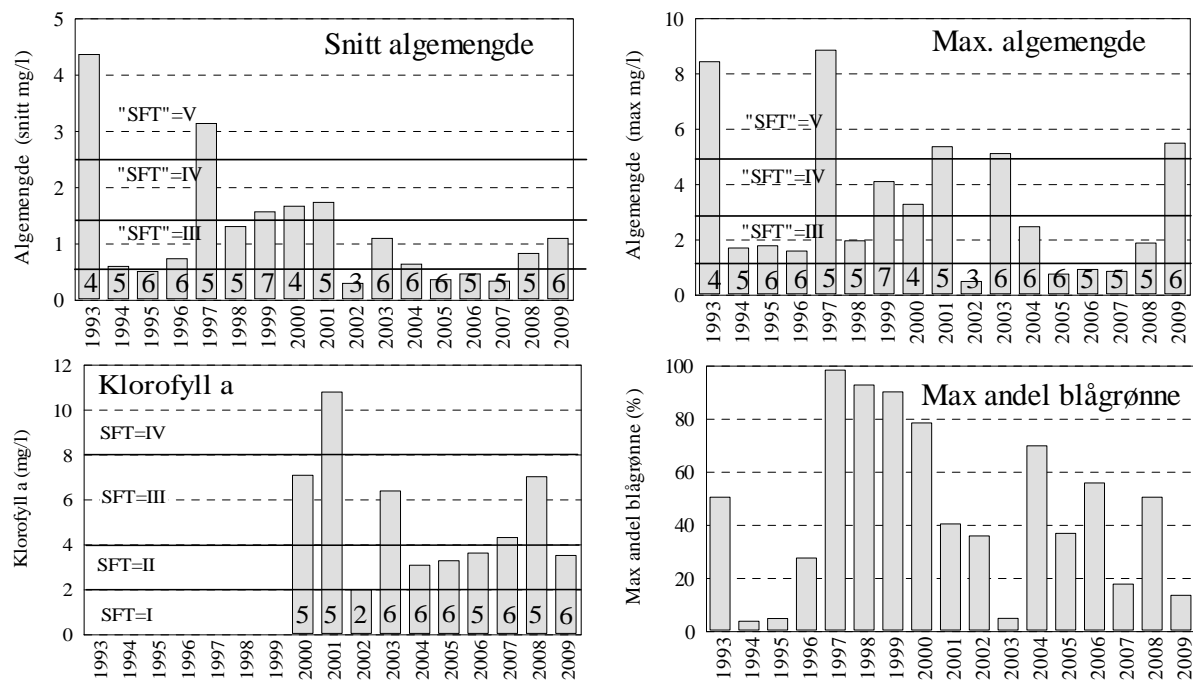
Kvernavatnet var også i 2009 en næringsrik innsjø, med fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner henholdsvis i SFTs tilstandsklasse V = ”meget dårlig” og IV = ”dårlig”. Etter noen år med svært høyt næringsinnhold på midten av 90-tallet, avtok næringsrikheten mye, og målingene i 2002 var de laveste på mange år når det gjelder innhold av fosfor. Det ble imidlertid bare tatt tre prøver i 2002, så nedgangen kan ikke tillegges særlig betydning. I perioden 2003 - 2005 var konsentrasjonene av fosfor igjen høye, mens den i 2006 – 2008 igjen var lavere. For 2009 var verdiene noe høyere enn i perioden 2006-2008. Nitrogeninnholdet i 2009 var noe lavere enn i 2008, men skiller seg lite fra verdiene som er målt i Kvernavatnet i tidligere undersøkelser (**figur 10**). Her er nitrogeninnholdet nede i 1173,3 µg N/l, og havner i øvre del av tilstandsklasse IV = ”dårlig”.



**Figur 10.** Utvikling i næringsinnhold i Kvernavatnet fra 1993, vist som gjennomsnittlig innhold av fosfor (over venstre) og nitrogen (oppe til høyre). Antall årlige målinger er vist på hver søyle i figuren. Til høyre: Forholdstallet mellom N og P siden 1993.

Forholdstallet mellom de to næringsstoffene nitrogen og fosfor har variert mellom 10 og 20 i denne perioden. Forholdstallet forteller noe om den dominerende kilden for næringstilførslene, der avrenning fra uberørte naturområder kan ha et N:P-forhold på 30 og opp til 70, mens gjødsel fra mennesker og dyr har en N:P-forhold under 10. Typisk verdi for tilførsler fra oppdrett ligger på 7. I de årene med lavest fosforkonsentrasjon i Kvernavatnet, var forholdstallet også høyest, altså minst påvirket av tilførslene fra anlegget (**figur 10**).

Algemengdene i Kvernavatnet var sommeren 2009 lavere enn næringsinnholdet skulle tilsi. Nivået av gjennomsnittlig algemengde og maksimal algemengde observert, tilsvarer henholdsvis SFTs tilstandsklasse III = "mindre god" og V = "svært dårlig". Andelen blågrønnalger var mye lavere enn seinsommeren 2008, med bare 13,6 % (**figur 11**). Prosentandelen har de foregående årene generelt vært noe høy unntatt i årene, 1994-95, 2003 og 2007, da det også var veldig lave andeler med blågrønnalger. Den begrensede algeproduksjonen i Kvernavatnet har sannsynligvis sammenheng med det høye humusinnholdet i vannet, noe som gir lysbegrensning av algeproduksjonen.



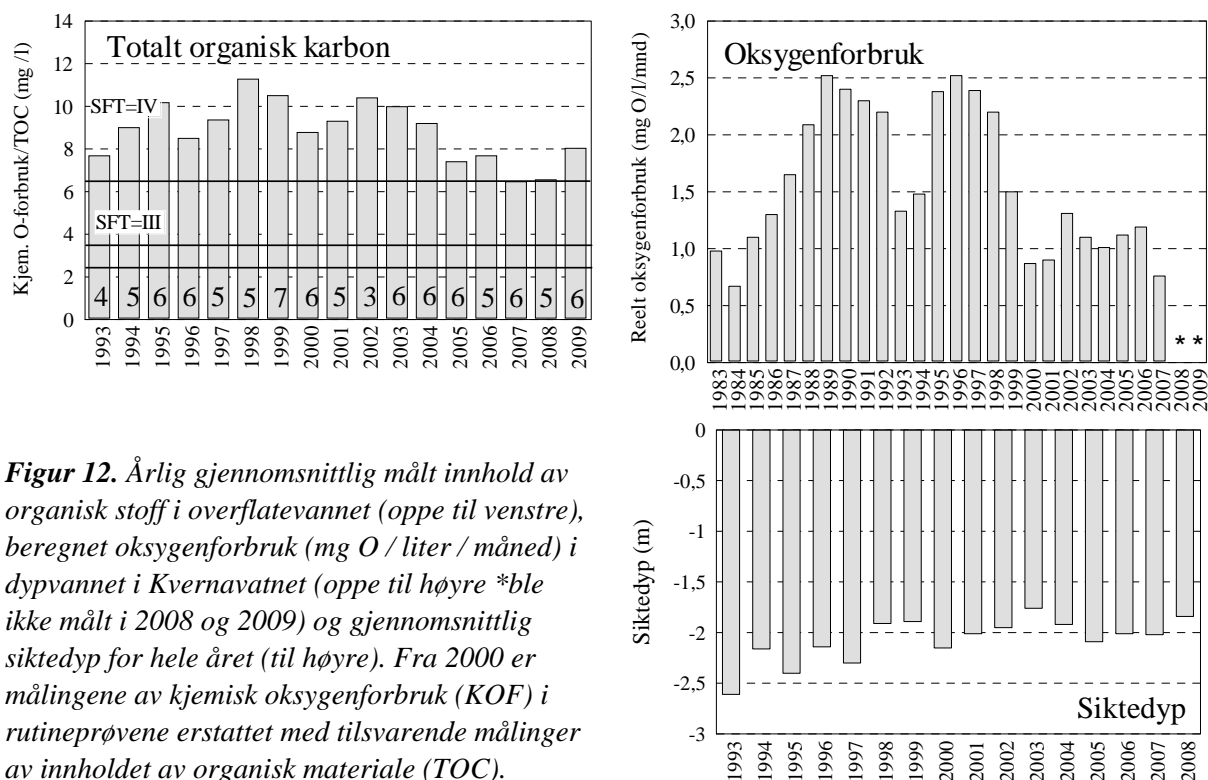
**Figur 11.** Årlig gjennomsnittlig algemengde (øverst til venstre) og maksimal observert algemengde (øverst til høyre), gjennomsnittlig klorofyll a innhold (nede til venstre) samt maksimalt observert innslag av blågrønnalger (nede til høyre) i Kvernavatnet de siste 16 årene. På tre av figurene er antydnet grenser for tilsvarende SFT-klasser

## Virkning av tilførsel av organisk materiale

Siktedypet i Kvernavatnet har de siste årene vist en svak negativ utvikling ved at det årlige gjennomsnittet gradvis er blitt noe lavere de siste årene (**figur 12**). Dette mønsteret er også generelt i hele regionen, der en har observert økende innhold av humus i vassdragene. Det årlige mønsteret i siktedyp viser at det er to hovedperioder med dårlig sikt om sommeren, og en slik sesongutvikling med to eller flere algeoppblomstringer er forsåvidt typisk for næringsrike innsjøer. I 2009 var sikten forbausende jevn hele året.

Oksygenforbruket lå opprinnelig oppunder 1 mg O<sub>2</sub>/l/mnd. Etter oppskalering av fiskeanlegget utover mot slutten på 1980-tallet, økte oksygenforbruket jevnt til hele 2,5 mg O<sub>2</sub>/l/mnd, hvilket er høyt. Det ble etablert et oppsamlingssystem for spillfôr under anlegget i 1992, og etter dette ble det registrert en vesentlig reduksjon i oksygenforbruket i dypvannet i forhold til fôrbruken. Fra 1995 ble det igjen registrert høyt oksygenforbruk i dypvannet, noe som kan skyldes at den siste foretatte oppdemningen av Kvernavatnet gav en ytterligere tilførsel av utvasket stoff til innsjøen i de påfølgende årene. Denne effekten har avtatt, og synes ikke lenger å gjøre seg gjeldende. Det ble ikke målt oksygenforbruk i 2008 og 2009.

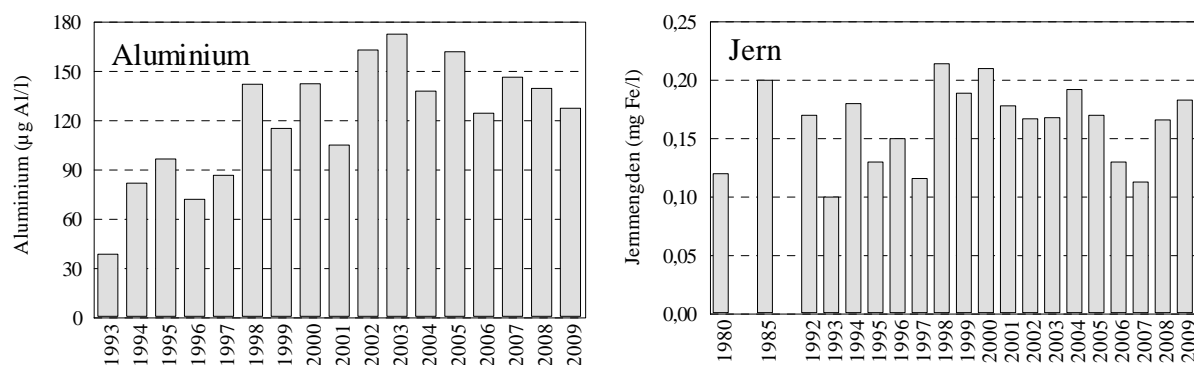
Kvernavatnet har alltid vært rikt på humusstoffer, noe som både gjenspeiles i det høye innholdet av totalt organisk karbon og det lave siktedypet i innsjøen. Dette organiske stoffet sedimenterer også til dypvannet, der det brytes ned under forbruk av oksygen, og innsjøen har derfor alltid hatt et relativt høyt oksygenforbruk i dypvannet (**figur 12**).



**Figur 12.** Årlig gjennomsnittlig målt innhold av organisk stoff i overflatevannet (oppe til venstre), beregnet oksygenforbruk (mg O / liter / måned) i dypvannet i Kvernavatnet (oppe til høyre \*ble ikke målt i 2008 og 2009) og gjennomsnittlig siktedyp for hele året (til høyre). Fra 2000 er målingene av kjemisk oksygenforbruk (KOF) i rutineprøvene erstattet med tilsvarende målinger av innholdet av organisk materiale (TOC).

## Annen vannkvalitet

Vannkvaliteten i Kvernavatnet er preget av myrpåvirkning. Dette medfører tilførsler av humus, jern og aluminium (**figur 13**) som utløses fra nedbørfeltet, og i størst mengde under påvirkning av sur nedbør. Det høye humusinnholdet, sammen med store algemengder, gir et høyt kjemisk oksygenforbruk som i perioder på sensommeren i seg selv kan gi en betydelig reduksjon i oksygenmengdene i innsjøen. Sammen med et stort oksygenforbruk fra fiskene i anlegget og fra algene nattetid, har dette tidligere ført til lave oksygenmengder i overflatevannet om sommeren. Det ble derfor sommeren 1998 etablert et oksygeneringsanlegg som sikrer oksygentilførsel til fiskene i anlegget.



**Figur 13.** Gjennomsnittlig innhold av aluminium (til venstre) og jern (til høyre) i Kvernavatnet de siste årene. For jern er det også tatt med målinger fra 1980 og 1985.

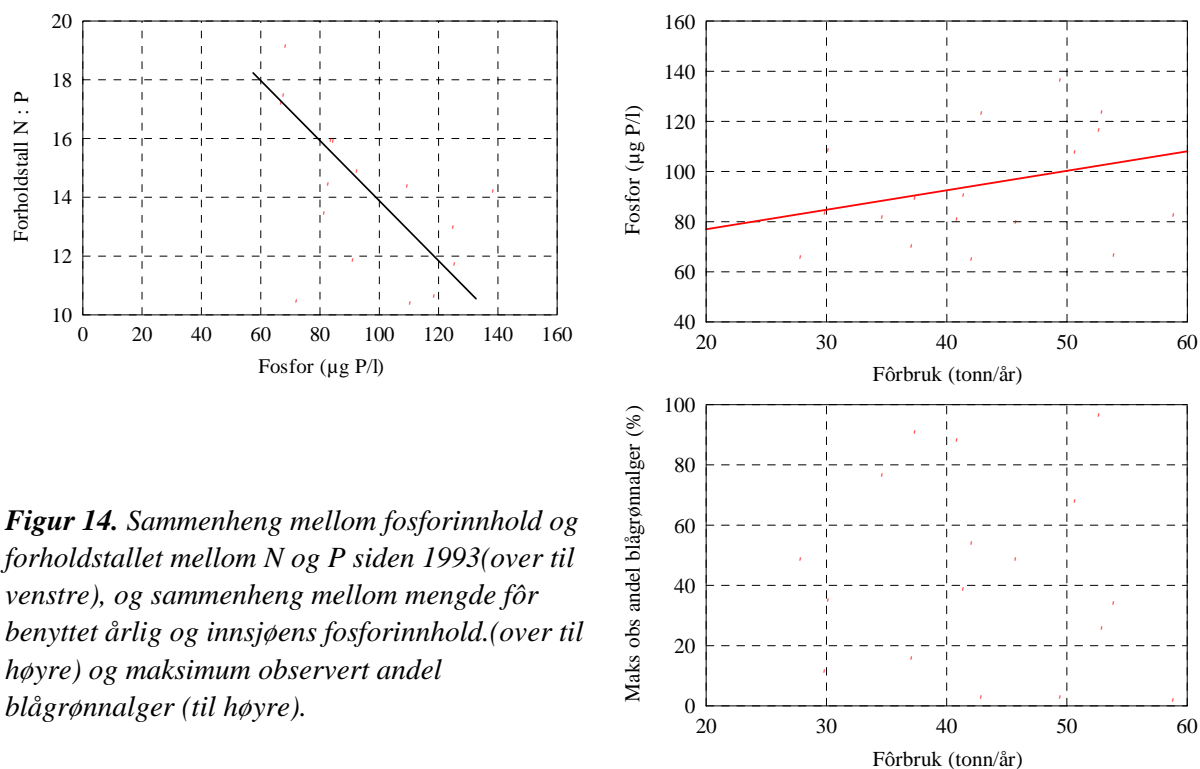
Innholdet av jern i Kvernavatnet i 2009 var i gjennomsnitt 0,18 mg Fe/l (**figur 13**). Kvernavatnet har alltid hatt et noe høyt innhold av jern på grunn av myrpåvirkning. Innholdet samvarierer sannsynligvis med nedbørmengdene, og det er påvist høyere konsentrasjoner om vinteren. Målingene fra 2007 var de laveste de siste ti årene og har siden økt noe, men er ikke på et nivå som kan medføre skader på fisken i anlegget.

Aluminiumsinnholdet i Kvernavatnet var i 2009 i gjennomsnitt på 127 µg Al/l, som er noe lavere enn i 2008. Det høye innholdet av humussyrer binder imidlertid de giftige delene av aluminiumen meget effektivt, slik at det ikke vil være fare for skade på fisken.

## Konklusjon

Forholdet mellom næringssaltene nitrogen og fosfor viser at Kvernavatnet er påvirket av flere tilførselskilder. Hadde vannkvaliteten bare vært avhengig av tilførselene fra fiskeanlegget, så hadde forholdstallet vært nede på under 10. Samtidig synes innsjøen klart mest påvirket av fosforrike tilførsler, som for eksempel fra oppdrettsanlegget, de årene der innholdet av fosfor har vært høyst (**figur 14**). Men sammenhengen mellom mengde fôr brukt og innholdet av fosfor i innsjøen er dårlig, og bare 10% av variasjonen i fosforinnholdet skyldes variasjon i fôrtilførselene ( $r^2 = 0,1$ ,  $n=17$ ) (**figur 14**).

I hele den 17 år lange overvåkingsperioden fra 1993, har Kvernavatnet vært i eutrofieringsfasen "fare på ferde" med høye næringsmengder og også høy belastning på innsjøens dypvann. Men algemengdene har bare "tippet over" og inneholdt store mengder blågrønnalger i noen av årene, særlig fra den varme sommeren i 1997 og framover. Dette har avtatt jevnt de siste årene, og det synes derfor som om det ikke er noen umiddelbar fare for å komme over i "kritisk fase". Samtidig forklarer ikke variasjonen i produksjon mer enn 1% av variasjonen i mengde blågrønnalger (**figur 14**). Med dagens belastning synes ikke innsjøen å utvikle seg i negativ retning utover situasjonen de siste årene.



## REFERANSER

- Andersen, S., G.H. Johnsen & K.Y. Børsheim 1989.** Changes in seasonal succession of plankton in lake Kvernvatn, compared to the PEG-model. *Arch.Hydrobiol.* 115, sidene 401-415.
- Berge, D. 1987.** Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofnivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5 - 15 meter. *SFT rapport nr. 2001, 44 sider.*
- Berge, D. & T. Källqvist 1990.** Biotilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning. Sammenlignet med andre forurensningskilder. Sluttrapport. *NIVA rapport nr. 2367, 130 sider. ISBN 82-577-1653-7.*
- Bjørklund, A.E. & G.H. Johnsen 1995.** Undersøkelse av Indrevatnet og Jordalsvatnet sommeren 1995. *Rådgivende Biologer, rapport 208, 54 sider*
- Brettum, P. 1989.** Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. *NIVA-rapport nr. 2344, 111 sider, ISBN 82-577-1627-8.*
- Braaten, B., T. Johnsen, T. Källqvist & A. Pedersen 1992.** Biologisk tilgjengelighet av næringsstofftilførsler til det marine miljø fra fiskeoppdrett, landbruksavrenning og kommunalt avløpsvann. *NIVA-rapport nr. 2877, 160 sider, ISBN 82-577-2191-3.*
- Faafeng, B., P. Brettum & D.O. Hessen 1990.** Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge. *NIVA-rapport 2355, 57 sider, ISBN 82-577-1638-3.*
- Hansen, T., J.C. Holm, D. Møller & J. Thorsen 1982.** Sluttrapport NFFR I 701.42. Settefiskeoppdrett i vassdrag. Virksomheten i Kvernvatnet 1979-1981. *Fiskeridirektoratets Havforsknings-institutt, Avdeling for Akvakultur, nr 14/1982, 60 sider*
- Holtan, H. & S.O. Åstebøl 1990.** Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. Revidert utgave. *NIVA-JORDFORSK rapp nr 2510, 53 sider. ISBN 82-577-1818-1.*
- Holm, J.C., P.J. Jakobsen & G.H. Johnsen 1985.** Biologisk driftsforbedring av mæroppdrett *Norsk Fiskeoppdrett nr 4-1985, side 36-38.*
- Håkanson, L., A. Ervik, T. Mäkinen & B. Möller 1988.** Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms. *Nordisk råd rapport 1988:90, 103 sider.*
- Johnsen, G.H., S. Andersen & P.J. Jakobsen 1985.** Indre gjødsling i ferskvann, et problem for mæroppdrett. *Norsk Fiskeoppdrett nr 4-1985, side 26*
- Johnsen, G.H., P.J. Jakobsen, S. Andersen & O.T. Skilbrei 1989.** Biologisk optimalisering av oppdrett av laksefisk i ferskvann. Prosjektets sluttrapport. *Prosjektrapport 1/1989, Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen.*

- Kambestad, A. & G.H. Johnsen 1990.** Tilstandsrapport nr. 1 for Bergesvatn, Bømlo i Hordaland. *Rådgivende Biologer rapport nr 37, 32 sider.*
- Larsson, P. 1986.** Økologiske forutsetninger for oppdrett av laksesmolt i innsjøer. Prosjektets slutt-rapport. *Prosjektrapport 1/1986, Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen.*
- Rognerud, S. & E. Fjeld 1990.** Landsomfattende undersøkelse av tungmetaller i innsjøsedimenter og kvikksølv i fisk. *Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 426/90, 79 sider, ISBN 82-90031-60-2*
- Rognerud, S., Berge, D. & Johannessen, M. 1979.** Telemarkvassdraget, hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975 - 1979. *NIVA rapport nr. O-70112, 82 sider.*
- SFT 1989.** Vannkvalitetskriterier for ferskvann. *Statens forurensningstilsyn.*
- SFT 1992.** SFT-veiledning nr. 92 : 06. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. *Statens forurensningstilsyn, ISBN 82-7655-085-1, 32 sider.*
- SFT 1997.** SFT-veiledning nr. 97 : 04. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. *Statens forurensningstilsyn, ISBN 82-7655-368-0, 31 sider.*
- Sommer, U., Z.M. Gliwicz, W. Lampert & A. Duncan 1986.** The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water. *Archiv für Hydrobiologie nr. 106; sidene 433-471.*
- Vollenweider, R.A. 1976.** Advances in defining critical loading levels phosphorus in lake eutrofication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33, sidene 53-83.*
- Wetzel, R.G. 1975.** Limnology. *W.B.Saunders. Philadelphia, London, Toronto, ISBN 0-7216-9240-0, 743 sider*

## TIDLIGERE "KVERNAVATN-RAPPORTER"

- Johnsen, G.H. 1994.** Tiltaksorientert overvåking i 1993 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 103, 19 sider.*
- Johnsen, G.H. 1998.** Tiltaksorientert overvåking i 1997 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 331, 20 sider.*
- Johnsen, G.H. 1999.** Tiltaksorientert overvåking i 1998 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 402, 21 sider.*
- Johnsen, G.H. 2000.** Tiltaksorientert overvåking i 1999 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 418, 25 sider.*
- Johnsen, G.H. 2003.** Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2002. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 633, 24 sider.*
- Johnsen, G.H. 2004.** Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2003. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 677, 25 sider.*

- Johnsen, G.H. 2005.** Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2004. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 779, 25 sider.*
- Johnsen G.H. & A.E. Bjørklund, 2002.** Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2001. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 554, 27 sider.*
- Johnsen G.H. & A.E. Bjørklund, 2006.** Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2005. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 888, 25 sider.*
- Johnsen, G.H. & A.E. Bjørklund, 2007.**  
Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2006. *Rådgivende Biologer AS, rapport 972, 25 sider.*
- Johnsen, G.H. & E. Brekke 2001.**  
Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2000. *Rådgivende Biologer AS, rapport nr 484, 27 sider.*
- Johnsen, G.H. & M. Eilertsen 2008.**  
Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2007. *Rådgivende Biologer AS, rapport 1079, 26 sider.*
- Johnsen, G.H. & M. Eilertsen 2009**  
Driftsrapport for merdanlegget til Kvernsmolt AS og tilstandsrapport for Kvernavatnet i Austevoll for 2008. *Rådgivende Biologer AS, rapport 1198, 25 sider.*
- Johnsen, G.H. & B.A. Hellen 1998.** Tiltaksorientert overvåkning i 1996 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer rapport nr 328, 18 sider.*
- Kålås, S., 1995.** Tiltaksorientert overvåkning i 1994 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer rapport nr 147, 20 sider.*
- Kålås, S. & G.H. Johnsen 1996.** Tiltaksorientert overvåkning i 1995 av Kvernavatnet, Austevoll i Hordaland. *Rådgivende Biologer rapport nr 221, 22 sider.*



## VEDLEGGSTABELLER OVER RÅDATA

**Vedleggstabell 1.** Analyseresultat fra overflatevannprøver fra Kvernvatnet i 2009. Prøvene er tatt ved det dypeste punktet i innsjøen, og analysene er utført av Chemlab Services AS i Bergen.

Parameter	Enhet	Metode	26.mai	30.jun	21.jul	25.aug	2.okt	27.okt	Snitt
Surhet	pH	Chem-101	6,67	6,54	6,46	6,74	6,3	6,37	6,51
Jern	µg/l	Chem-133	150	160	130	260	220	180	183,3
Totalfosfor	µg/l	Chem-210	76	76	65	68	120	110	85,8
Totalnitrogen	µg/l	Chem-109	1120	1360	1110	1050	1200	1200	1173,3
TOC	mg/l	Chem-250	7,3	7,2	6,53	7,75	9,6	9,8	8,03
Aluminium	µg/l	Chem-132	112	110	89	125	180	150	127,6
Klorofyll-a	µg/l	NS 4767	5,6	7,4	2,6	2,8	1,8	1	3,53

**Vedleggstabell 2.** Analyseresultatene fra algeprøvene som ble analysert fra Kvernvatnet i 2009. Prøvene er tatt ved det dypeste punktet i innsjøen. Algeantallet er angitt i antall millioner celler per liter, og algemengdene (volumet) som mg per liter. Prøvene er analysert av cand.real. Nils Bernt Andersen. (k)= kolonier

Kvernvatnet 2009	26.mai		30.jun		21.jul		25.aug		2.okt		27.okt	
BACILLARIOPHYCEAE - Kiselalger												
<i>Asterionella formosa</i> Ubestemte pennate diatomeer			4590000	4,59							61000	0,01222
CHLOROPHYCEAE - Grønnalger												
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	459000	0,0459	31000	0,031								
<i>Ankyra judai</i>			214000	0,0214	275000	0,0275	122000	0,0122			31000	0,0031
<i>Closterium</i> sp.	4000	0,02										
<i>Monoraphidium</i> sp.					61000	0,0061						
<i>Planktosphaeria</i> sp.			4000	0,002			31000	0,0155				
<i>Sphaerocysis</i> sp.			28000	0,0032								
<i>Staurastrum</i> sp.									2000	0,0088		
<i>Volvox</i> sp. (k)			2000	0,1072								
<i>Chlorophyceae</i> spp.	31000	0,0062			31000	0,0062	2000	0,0004				
CRYPTOPHYCEAE - Svelgflagellater												
<i>Cryptomonas</i> sp.					31000	0,031	22000	0,022	2000	0,002		
<i>Rhodomonas</i> sp.	367000	0,0312	2091000	0,178	428000	0,0364	31000	0,0026	12200	0,0104	61000	0,0052
CYANOPHYCEAE - Blågrønnalger												
<i>Anabaena circinalis</i>	2000	0,0475	2000	0,0118								
<i>Anabaena planctonica</i>			6000	0,1695					2000	0,0014		
<i>Lyngbya limnetica</i> (k)											31000	0,0078
<i>Cyanophyceae</i> sp.							2000	0,002				
FLAGELLATER OG MONADER												
Ubestemte flagellater < 5 µm	4183000	0,0586	4286000	0,06	2058000	0,0288	2716000	0,038	3595000	0,1186	2186000	0,0306
Ubestemte flagellater > 5 µm	1224000	0,1383	2904000	0,3282	551000	0,0062	337000	0,0381	1228000	0,1388	612000	0,0692
SAMLET												
	6270000	0,3477	14158000	5,5023	3435000	0,1422	3263000	0,1308	4872200	0,2947	2982000	0,1281