



# Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1972-2010

Med vekt på resultater fra 2010  
Datarapport



**Tittel:**

Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1972-2009 med vekt på viktige resultater fra 2009

Rapport lnr. 6192-2011  
ISBN-978-82-577-5927-8

Oppdraget er utført av Norsk institutt for vannforskning, NIVA

**Prosjektleder:**

Thomas Rohrlack

**Forfattere:**

Sigrud Haande  
Thomas Rohrlack  
Camilla Hedlund Corneliussen Hagman  
John Rune Selvik

**Medarbeidere:**

Ingar Becsan  
Jørn Henrik Sønstebo  
Hilde Birkeland  
Maia Røst Kile  
Åse Bakketun  
Arne Veidel  
Morten Willbergh

**Kvalitetssikring:**

Unn Hilde Refseth  
Bjørn Faafeng

**Fagområde:**

Eutrofi Ferskvann

**Oppdragsgiver:**

Oppegård kommune, Vann, avløp og renovasjon, virksomhet VAR

**Foto:**

Tone Jøran Oredalen  
Camilla B. Halstvedt  
Sigrud Haande

**Layout og trykk:**

CopyCat AS

Utgitt mai 2011

## Forord

Denne rapporten presenterer en kortfattet oversikt over miljøtilstanden i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker, for perioden 1972 til og med 2010. Undersøkelsene er utført på oppdrag fra Oppegård kommune.

Det finnes systematiserte data fra Gjersjøen og Kolbotnvannet helt tilbake til 1972. Observasjoner i sjøene er gjort så langt tilbake som i 1953. Regelmessig overvåking av vannkvaliteten gjennom lang tid gir et godt grunnlag for å se utviklingen av innsjøenes status gjennom hele perioden. Overvåkingen omfatter fysiske, kjemiske og biologiske forhold i innsjøene, samt kjemiske forhold, transport av næringsstoffer og bakteriologiske forhold i tilløpsbekkene.

Undersøkelsene av innsjøene og de viktigste tilførselsbekkene genererer mye data. I samråd med kommunen har vi de siste årene valgt en todeling av rapporteringen av overvåkingen:

- En forenklet og kortfattet rapport (denne) som omtaler de viktigste resultatene, trendene og konklusjonene fra undersøkelsene i vassdraget på en pedagogisk måte.
- Datarapport med beskrivelser av metoder og presentasjon av rådata, tabeller og figurer med noe utfyllende tekst.

Det foreligger nå et nytt klassifiseringssystem iht. Vanddirektivet som vi forsøksvis har brukt i tilstandsklassifiseringen av de aktuelle vannforekomstene. For å kunne sammenligne med tidligere års rapporter, har vi valgt å også vurdere Gjersjøenvassdraget og Kolbotnvannet både i forhold til SFTs tilstandsklasser og i forhold til Vanddirektivet.

Oslo, 24. mai 2011

Thomas Rohrlack  
Prosjektleder

Unn Hilde Refseth  
Forskningsleder

Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

## Innhold

### 3 Sammendrag og konklusjoner

3 Gjersjøen  
3 Kolbotnvannet

### 4 Innledning og historikk

### 5 Gjersjøbekkene

5 Tilførsler til Gjersjøen  
6 Miljøtilstand i bekkene

### 7 Utvikling og tilstand i Gjersjøen

7 Fysiske og kjemiske forhold  
8 Biologiske forhold

9 Tarmbakterier  
9 Miljøtilstand i Gjersjøen

### 10 Kolbotnbekkene

10 Tilførsler til Kolbotnvannet  
11 Miljøtilstand i bekkene

### 12 Utvikling og tilstand i Kolbotnvannet

12 Fysiske og kjemiske forhold  
14 Biologiske forhold  
15 Miljøtilstand i Kolbotnvannet

# Sammendrag og konklusjoner

Vannkvaliteten i Gjersjøen, Kolbotnvannet og deres tilløpsbekker i 2010 er beskrevet i hht. SFTs klassifiseringssystem: Dette systemet har følgende inndeling i vannkvalitetsklasser fra Klasse I-V: Meget god, God, Mindre god, Dårlig og Meget dårlig (**Tabell 1 a**).

Vannkvaliteten i Gjersjøen, Kolbotnvannet i 2010 er i tillegg beskrevet i hht. Miljømålene i Vanddirektivet (**Tabell 1 b**). Dette systemet baserer seg på biologiske kvalitetselementer, med kjemiske støtteparametere (Total fosfor, total nitrogen, siktedyp). Dette systemet har følgende inndeling i tilstandsklasser: Svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig. Miljømålet som gjelder i vanddirektivet er grensen mellom god og moderat status.

Konsentrasjonen av fosfor, nitrogen og tarmbakterier er viktige mål på miljøtilstand i ferskvann. I ferskvann er fosfor viktigste begrensende næringsstoff for planteplankton, mens høyt innhold av tarmbakterier forringer vannforekomstens egnethet for både drikkevann og bading. Næringsstoffet nitrogen har først og fremst betydning når vannet fra vassdraget renner ut i Indre Oslofjord, hvor høye konsentrasjoner av nitrogen kan bidra til økt algevekst.

**Tabell 1.** a) Fargeforklaring for SFTs tilstandsklasser for vannkvalitet (1997), b) Klassifiseringssystemet iht. Vanddirektivet (2009)

Tilstandsklasse	Tilstandsklasse	Miljømål
I Svært god	Svært god	God økologisk status
II God	God	
III Mindre god	Moderat	Dårlig økologisk status
IV Dårlig	Dårlig	
V Svært dårlig	Svært dårlig	Tiltak må gjennomføres

## Gjersjøens tilløpsbekker

Tilførselsbekkene til Gjersjøen viser fortsatt svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen og tarmbakterier, og det registreres ingen vesentlig forbedring i tilstanden i bekkene siden ca. 1990. Det er derfor fortsatt betydelig behov for å redusere forurensningen av disse bekkene. Gjersjøelva har et høyt innhold av nitrogen hvilket er ugunstig for Indre Oslofjord der nitrogen stimulerer til økt vekst av planteplankton. Innholdet av fosfor er relativt lavt og har endret seg lite de siste årene. Det går lite tarmbakterier ut fra Gjersjøen med Gjersjøelva på grunn av fortykning og selvrengingsprosesser i innsjøen.

## Gjersjøen

Total fosfor bestemmer mengden planteplankton i innsjøen, mens klorofyll-a er et mål på konsentrasjonen av planteplankton. Disse parametrene har bedret seg fra 1983. Total fosfor og Klorofyll-a klassifiseres i dag i tilstandsklasse «Svært god» iht. Vanddirektivet («God» iht. SFTs klassifiseringssystem) (**Tabell 2**). Sikten i Gjersjøen bedret seg noe på slutten av 1980-tallet og klassifiseres i dag innsjøen som «Moderat» iht. Vanddirektivet («Mindre god» iht. SFTs klassifiseringssystem). Nitrogeninnholdet har vært og er fremdeles veldig høyt, selv om det har vært en viss nedgang fra det høyest målte nivået i

1995 (1800 µg/L), så er fortsatt Gjersjøen «Svært dårlig» iht. Vanddirektivet («Meget dårlig» iht. SFTs klassifiseringssystem) i forhold til denne parameteren. Nitrogen vurderes som mindre vesentlig indikator for vannkvaliteten i Gjersjøen enn de tre over nevnte.

**Tabell 2.** Tilstandsklasser for Gjersjøen 2010 (Oppgitte verdier er middelverdier for sesongen).

År	2010 (SFT)	2010 (VD)
Total fosfor (µg/l)	14	14
Klorofyll (µg/l)	3,8	3,8
Sikt (m)	3,0	3,0
Total nitrogen (µg/l)	1560	1560

## Kolbotnvannets tilløpsbekker

Ser en på utviklingen fra 1994 og frem til 2010, har tilstanden til Kolbotnbekkene (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) med få unntak vært karakterisert som «Meget dårlig» for alle de tre miljøparametrene total fosfor, total nitrogen og tarmbakterier. Det synes ikke å være spesielt bedre forhold i Augestadbekken og Skredderstubekken de siste årene. I Midtoddveibekken, Myrvoll- og Nordengabekken, har det vært en forverring av vannkvaliteten de siste årene. Det er fortsatt et betydelig behov for å redusere forurensningen i alle bekkene som renner inn i Kolbotnvannet.

## Kolbotnvannet

Siden begynnelsen av 1990-tallet har det skjedd en bedring i vannkvaliteten i Kolbotnvannet, men i årene 2005-2007 var det igjen høyere konsentrasjoner av total fosfor og klorofyll-a og perioder med kraftig oppblomstring av toksinproduserende cyanobakterier. I årene etter 2007 har situasjonen i Kolbotnvannet vært bedre, med en reduksjon i innhold av fosfor og klorofyll-a og bedre sikt (**Tabell 3**). Det var i 2010 oppblomstring av ikke toksinproduserende (microcystin) cyanobakterier. I juni 2007 ble det installert en Limnox-lufter i Kolbotnvannet for å motvirke frigjøring av fosfat fra sedimentet. Limnoxen hadde en positiv effekt på oksygenkonsentrasjonen i vannet. I 2007-2010 ble det funnet en betydelig tilbakegang i total fosfor i bunnvannet i Kolbotnvannet og resultatene indikerer at luftningen av bunnvannet reduserte interngjødslingen med ca. 50-80 %. Bruken av Limnox-lufteren i Kolbotnvannet har utvilsomt hatt en positiv effekt på fosforinnholdet i innsjøen.

**Tabell 3.** Tilstandsklasser for Kolbotnvannet i 2010 (Oppgitte verdier er middelverdier for sesongen).

År	2010 (SFT)	2010 (VD)
Total fosfor (µg/l)	29,7	29,7
Klorofyll (µg/l)	18,8	18,8
Sikt (m)	2,5	2,5
Total nitrogen (µg/l)	612	612

## Innledning og historikk

NIVA har siden 1960-tallet overvåket vannkvaliteten både i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker. De lange tidsseriene har gjort det mulig å følge utviklingen i vannforekomstene, foreslå tiltak og fange opp effektene av disse tiltakene.

Størstedelen av nedbørfeltet til Kolbotnvannet og Gjersjøen ligger i Oppegård kommune, mens mindre deler ligger innenfor kommunene Ski og Ås, samt en liten del innenfor Oslo. Gjersjøen er drikkevannskilde for Oppegård og Ås kommuner.

Store tilførsler av fosfor fra urensset husholdningskloakk i 1950-årene førte til massiv oppblomstring av blågrønnalger, til dels av giftproduserende stammer, i Gjersjøen. Nordre Follo Renseanlegg, som ble satt i drift i 1971, fjernet mye fosfor og organisk stoff som ble tilført med kloakkvannet. Overføring av utløpet fra renseanlegget direkte til Bunnefjorden har også bidratt til kraftig redusert fosforkonsentrasjon i Gjersjøen, samt reduserte algemengder.

Boligutbyggingen etter krigen og installering av vannklosetter forårsaket betydelig økning i tilførslene av næringssalter til Kolbotnvannet. Etter hvert ble det bygget ledningsnett for oppsamling av avløpsvannet til renseanlegg, men da dette var mangelfullt, fant mye av avløpsvannet fortsatt veien til grøfter og bekker før det rant ut i innsjøen. Feilkoblinger, lekkasjer og overløp fra kommunale kloakknnett er vanlig årsak til forurensning fra tettbygde strøk.

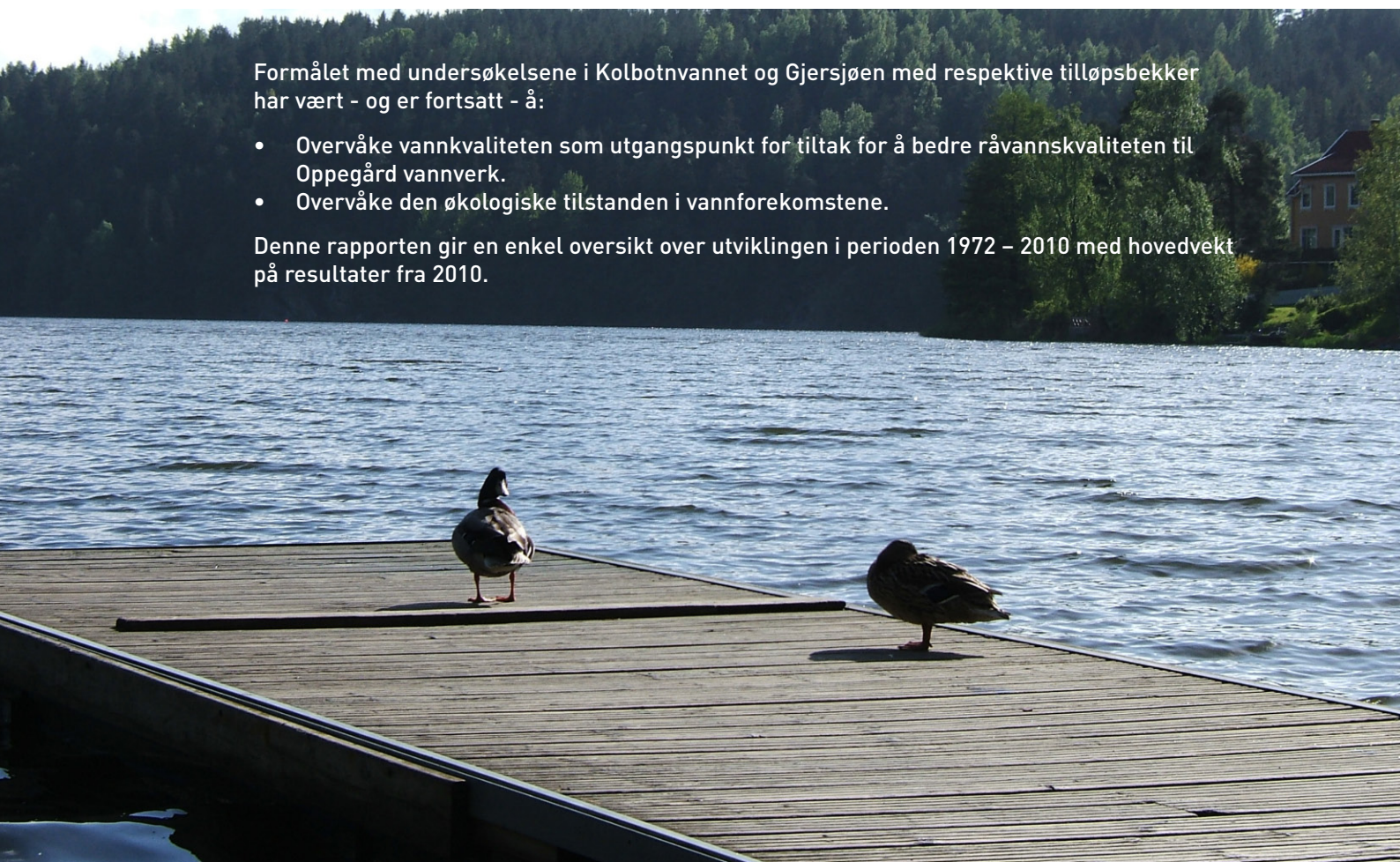
De siste årene har det vært en sterkt fokus på Kolbotnvannet, både fra kommunens, befolkningens og medias side. Årsaken til fokuset er vedvarende dårlig vannkvalitet og oppblomstring av giftproduserende cyanobakterier. Problemene har gjort vannet uegnet til bading, og reduserer rekreasjons- og bruksverdien for folk i nærområdet. Både 2005, 2006 og 2007 var Kolbotnvannet til tider stengt for bading om sommeren. Tiltak for å redusere tilførslene og derved bedre vannkvaliteten i Kolbotnvannet er prioriterte områder i Oppegård kommunens "Tiltaksplan for VA 2006 - 2009". Innenfor denne rammen har NIVA gjort en vurdering av hvilke tiltak som forventes å ha best effekt for vannkvaliteten i Kolbotnvannet ("Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet" – NIVA rapport 5147). Det ble i denne tiltaksvurderingen beskrevet to eksterne og to interne tiltak, hvorav tiltak 3) tilsetning av oksygen til bunnvannet ble iverksatt i juni 2007.

Prøvetaking i innsjøene ble foretatt på de tidligere etablerte stasjonene ved maksimalt innsjødyb, hhv. på 55 meters dyp i Gjersjøen og 18 meter i Kolbotnvannet. I hver av innsjøene ble det gjennomført i alt 7 prøvetakingstokt, fra mai til oktober. Tilløpsbekker både til Gjersjøen (5 bekker + utløpsbekken Gjersjøelva) og Kolbotnvannet (5 bekker) ble prøvetatt for analyser av kjemiske parametere og tarmbakterieinnhold en gang pr. måned, fra januar til desember.

Formålet med undersøkelsene i Kolbotnvannet og Gjersjøen med respektive tilløpsbekker har vært - og er fortsatt - å:

- Overvåke vannkvaliteten som utgangspunkt for tiltak for å bedre råvannskvaliteten til Oppegård vannverk.
- Overvåke den økologiske tilstanden i vannforekomstene.

Denne rapporten gir en enkel oversikt over utviklingen i perioden 1972 – 2010 med hovedvekt på resultater fra 2010.

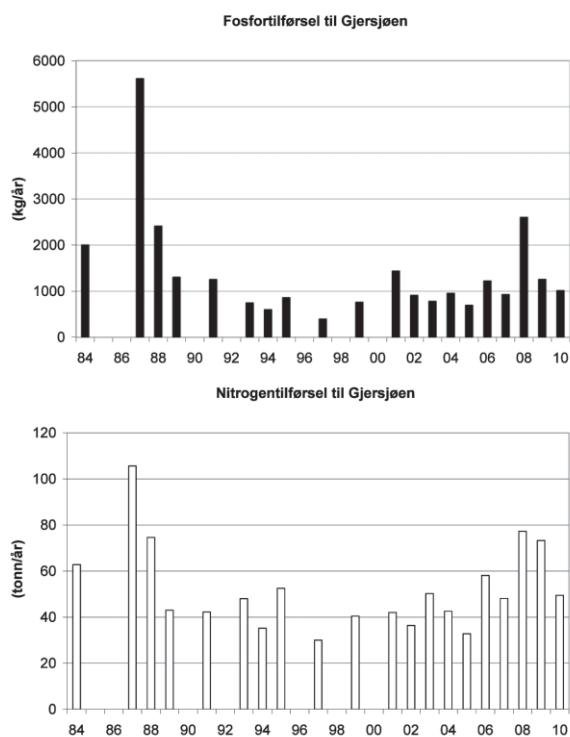


# Gjersjøbekkene

## Tilførsler til Gjersjøen

Variasjoner i tilførselen av næringsstoffer fra år til år henger sammen med nedbør, forskjeller i snøsmelting, utspyling fra ledningsnettet og utvasking fra landbruksområder. Langtidsendringer skjules derfor noe av de store år-til-år variasjonene. Mengden tilførsler i den enkelte bekken avhenger både av næringsstoffinnholdet og mengden vann som transporteres i bekken.

Tilførslene av både fosfor og nitrogen var til tider svært høye på 1980-tallet og deretter var det en klar reduksjon i årene fram mot slutten av 1990-tallet (**Fig. 1**). De siste tiårene har det vært mindre variasjoner i tilførslene av næringsstoffer, med unntak av en sterk økning i tilførsel av både fosfor og nitrogen til Gjersjøen i 2008. Vinteren 2008 var uvanlig mild og det kom mye nedbør i form av regn i januar-mars. I 2009 og 2010 var det en halvering i tilførsler av totalt fosfor, og tilførslene av totalt nitrogen gikk også tilbake de siste to årene, sammenlignet med 2008.



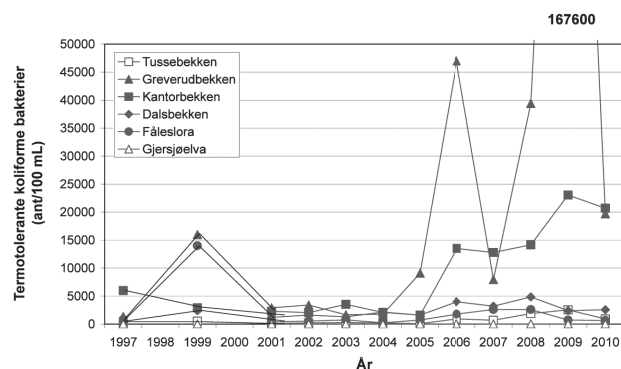
**Figur 1.** Årlige målte tilførsler av fosfor og nitrogen til Gjersjøen i perioden 1984-2010.

Fosfor tilføres bekkene fra kommunalt avløpsvann og fra landbruksarealer. Dalsbekken og Greverudbekken har gjennomgående bidratt med de største fosfortilførslene til Gjersjøen i måleperioden 1984-2010, mens Fåleslora har hatt lavest fosfortilførsel. Beregningene for 2010 viser at tilførslene av totalt fosfor til Gjersjøen var noe redusert i de fleste bekkene sammenlignet med 2009. De største reduksjonene i tilførsel av totalt fosfor var i Greverudbekken (fra 292 kgP/år i 2009 til 129 kgP/år i 2010) og i Fåleslora (fra 158 kgP/år i 2009 til 106 kgP/år i 2010). I Tussebekken var det en liten økning i tilførselen av totalt fosfor (fra 201 kgP/år til 235 kgP/år). Det var Dalsbekken og Tussebekken som fraktet mest fosfor til Gjersjøen i 2010, mens Greverudbekken og Fåleslora bidro minst. Ved å sammenligne vannføring og tilførsel av fosfor i bekkene, er det mulig å antyde om tilførselene skyldtes punktutslipp og overløp fra ledningsnettet eller erosjon fra

landbruksarealene. Høye konsentrasjoner ved lav vannføring tyder på punktutslipp, mens høye konsentrasjoner ved høy vannføring tyder på at erosjon og overløp er de viktigste kildene. Dataene fra 2010 tyder i hovedsak på det siste alternativet. Den største andelen av fosfortilførslene til Gjersjøen skjedde i april, og sammenfaller med vårmeltingen etter en vinter med mye snø i nedbørfeltet.

Nitrogen i bekkene stammer fra nedbør, landbruks- og skogarealer, tette flater (hovedsakelig i tettbygde strøk) og kommunalt avløpsvann. Det var en liten reduksjon i nitrogentilførslene i 2010 sammenlignet med 2008-2009 (**Fig. 1**). De største bidragene av totalt nitrogen kom fra hhv. Dalsbekken og Fåleslora, mens Kantorbekken hadde den laveste tilførselen. Det var en reduksjon i tilførslene av totalt nitrogen i alle bekkene, og i Fåleslora var det en halvering fra 34,7 tonnN/år i 2009 til 16,8 tonnN/år i 2010. Det var spesielt høye tilførsler i april, og sammenfaller med høy vannføring i vårmeltinga.

I 2010 ble det målt høye verdier av tarmbakterier i tilførselsbekkene til Gjersjøen. Ved å beregne 90-percentiler vil ekstremepisoder fjernes, og **Figur 2** viser innholdet av tarmbakterier til tilførselsbekkene til Gjersjøen samt i Gjersjøelva. De siste årene har innholdet av tarmbakterier vært spesielt høyt i Greverudbekken og Kantorbekken, og dette var tilfelle også i 2010. Det var imidlertid en reduksjon i innholdet av tarmbakterier i Greverudbekken sammenlignet med 2008 og 2009. I Gjersjøelva, utløpselva fra Gjersjøen, var innholdet av tarmbakterier likt foregående år.



**Figur 2.** 90-percentiler for innhold av tarmbakterier i Gjersjøbekkene i perioden 1997-2010.

Resultatene tyder på at det finnes betydelige, lokale utslippskilder i nedbørfeltet, lekkasjer/overløp på det eksisterende ledningsnettet eller en kombinasjon av disse faktorene. Det er i våre tidligere anbefalinger påpekt at en utbedring av ledningsnettet vil være det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten. Vi foreslår derfor en mer detaljert kartlegging i vassdraget for å lokalisere de viktigste kildene.

90-percentilen innebærer at 90 % av de målte verdiene gjennom sesongen ligger under denne verdien – eller at vi ser bort fra de 10 % høyeste verdiene. Der verdiene overstiger 1000 bakterier/100 mL blir vannkvaliteten karakterisert som "Meget dårlig" (tilstandsklasse V) i SFTs klassifiserings-system.

## Miljøtilstand i bekkene

En samlet vurdering av tilførselsbekkene til Gjersjøen viser høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen og tarmbakterier og at det fortsatt er behov for å redusere forurensningen av disse bekkene. Det registreres ingen vesentlig forbedring i tilstanden i bekkene siden ca. 1990. Selv med usikkerheten knyttet til vannførings- og stofftransportberegninger, er hovedlinjene her klare.

Da det pr. 2010 ikke har blitt gjennomført en typifisering (se faktaboks om Vanddirektivet) av alle bekkene som overvåkes, er det mest hensiktsmessig å klassifisere disse iht. SFTs klassifiseringssystem. Konsentrasjonen av fosfor, nitrogen og tarmbakterier er viktige mål på miljøtilstand i ferskvann etter SFTs klassifiseringssystem (**Tabell 1**). Både fosfor og nitrogen er viktige næringsstoffer for vekst av store konsentrasjoner av planteplankton, mens høyt innhold av tarmbakterier er uønsket da dette forringer vannforekomstens egnethet for både drikkevann og bading. I beskrivelsen av tilstanden i bekkene har vi lagt vekt på fosfor og tarmbakterier, da disse har størst betydning for vannkvaliteten.

I **Tussebekken** var det ingen betydelig endring i fosforinnholdet sammenlignet med 2009, og tilstandsklassen er fortsatt «Dårlig». Innholdet av tarmbakterier var halvert, og gir tilstandsklasse «Dårlig». Innholdet av nitrogen tilsvarer tilstandsklasse «Dårlig».

I **Greverudbekken** var det en forbedring for alle parametre sammenlignet med 2008-2009. Innholdet av total fosfor var redusert fra 188 µgP/L i 2009 til 34 µgP/L, noe som gir en bedring fra tilstandsklasse «Meget dårlig» til «Dårlig». Til tross for betydelige reduksjoner i innholdet av tarmbakterier og konsentrasjonen av nitrogen i 2010, tilsvarer det fortsatt tilstandsklasse «Meget dårlig».

**Kantorbekken** klassifiseres som «Meget dårlig» utfra innholdet av totalt fosfor, total nitrogen og tarmbakterier.

**Dalsbekken** klassifiseres også som «Meget dårlig» utfra innholdet av totalt fosfor, total nitrogen og tarmbakterier. Fåleslora klassifiseres som «Dårlig» utfra innholdet av totalt fosfor og tarmbakterier. Det har vært en reduksjon i innholdet av totalt nitrogen, men det tilsvarer fortsatt tilstandsklasse «Meget dårlig».

**Gjersjøelva** har et høyt innhold av nitrogen («Meget dårlig») hvilket er ugunstig for Indre Oslofjorden der nitrogen ofte stimulerer til økt vekst av planteplankton. Innholdet av fosfor gjenspeiler fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen (tilstandsklasse «God»). Det går lite tarmbakterier ut fra Gjersjøen med Gjersjøelva på grunn av fortykning og selvrengingsprosesser i innsjøen.

Tabell 4. Tilstandsklasser for Gjersjøbekkene i 1994-2010.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Tussebekken</b>																	
Tot-P	16	19	19	20		20		21	21	21	25	17	22	25	26	23	26
Tot-N	1000	1150	1285	1269		1264		973	1125	1183	1188	1128	1224	1316	1004	1075	1136
T.coli				68		510		100	209	262	186	82	937	688	1880	2550	920
<b>Greverudbekken</b>																	
Tot-P	27	26	86	26		64		63	36	71	43	32	60	32	144	188	34
Tot-N	1291	1183	1892	1331		1464		1409	1133	1209	1487	1312	1609	1265	2013	2542	1217
T.coli				1350		16000		2900	3400	1664	1770	9110	47000	7960	39400	167600	19700
<b>Kantorbekken</b>																	
Tot-P	49	37	50	45		38		38	42	47	59	86	61	57	48	52	67
Tot-N	1491	1250	1385	1248		1591		1145	925	925	947	1283	1250	1072	991	1117	1208
T.coli				5996		2900		2300	2050	3520	2090	1600	13510	12800	14150	23050	20700
<b>Dalsbekken</b>																	
Tot-P	38	54	43	42		40		61	50	39	56	45	48	45	65	51	51
Tot-N	2245	2592	2241	2508		1845		1773	1767	2409	2588	2056	2359	2059	2054	2025	2142
T.coli				1084		2400		1200	1610	1300	2140	1600	4000	3200	4867	2406	2570
<b>Fåleslora</b>																	
Tot-P	19	31	30	24		144		35	28	32	34	32	28	39	91	23	36
Tot-N	7882	5025	4458	3596		3736		2382	2548	3975	3505	3302	2913	4238	7107	7758	5758
T.coli				269		14000		373	530	746	228	725	1770	2600	2600	724	647
<b>Gjersjøelva</b>																	
Tot-P	13	11	9	11		15		18	13	12	10	11	12	13	14	14	14
Tot-N	1645	1725	1654	1492		1564		1291	1308	1467	1465	1365	1541	1643	1627	1592	1592
T.coli				13		36		24	16	39	8	22	31	22	41	31	46

Næringssaltene fosfor og nitrogen (P og N) er oppgitt med aritmetrisk middel for året (µg/L).

Termotolerante koliforme bakterier (T.coli) er gitt som 90-percentil, dvs. at 90% av målingene ligger under denne verdien (ant/100 ml)

# Utvikling og tilstand i Gjersjøen

## Vanndirektivet

I forbindelse med implementeringen av EUs Vanndirektiv er det utarbeidet nye kriterier for å klassifisere miljøtilstand i elver og innsjøer. Hovedvekten i klassifiseringssystemet er lagt på biologiske parametre, og vannkjemiske parametre, samt siktedyp tjener som støtte for vurdering basert på biologiske kriterier. Flere av de biologiske kriteriene er fortsatt under utvikling, bl.a. kriterier for planteplankton. Klassifiseringssystemet er inndelt i tilstandsklassene Svært god, God, Moderat, Dårlig og Svært dårlig, og det er oppgitt en naturtilstand for hver parameter. Miljømålet er definert som grensen mellom moderat og god økologisk tilstand, og i vannforekomster som er i tilstandsklasser Moderat eller dårligere skal det iverksettes tiltak for å bringe vannkvaliteten til klasse God eller bedre. Et klassifiseringssystem er utarbeidet og beskrevet i en Klassifiseringsveileder (Klassifisering av miljøtilstand i vann, 01:2009, <http://www.vannportalen.no/>). Klassifiseringssystemet er fortsatt under utvikling.

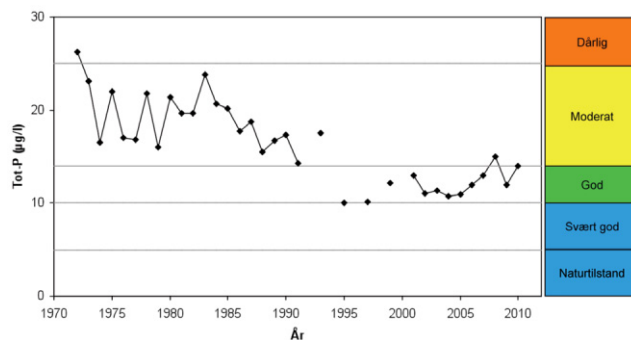
Det er utarbeidet en innsjøtypifisering basert på parametrene kalsium og humusinnhold, samt størrelse og høyderegion (høyde over havet). Grunnet til denne vanntypeinndelingen er at ulike vann typer har ulik naturtilstand, og at dagens tilstand uttrykkes som avvik fra denne. For hver innsjøtype er det utarbeidet en forventet referanseverdi for den aktuelle parameteren, og tilstandsklassene er basert på avvik fra referanseverdi. Sammenlignet med SFT's klassifiseringssystem, hvor det ikke ble modifisert avhengig av vann type, vil klassifiseringssystemet iht. Vanndirektivet ha strengere, eller mindre strenge grenser mellom de tilsvarende tilstandsklassene avhengig av vann typen.

Gjersjøen og Kolbotnvannet tilhører innsjøtype L-N1, kalkrik og klar.  
For bekkene foreligger det ikke relevante data på vannkjemi for å kunne sette vann type.

## Fysiske og kjemiske forhold

Oppegård Vannverk har inntaksdyp på 36 m i Gjersjøen og oksygenmetningen her er av betydning for kvaliteten på råvannet. Metningen på 30 m dyp har økt jevnt fra ca 20 % i 1972 til 60 % i 1990 og har ligget på rundt 70 % de siste 15 årene. Lave verdier på 1960- og 70-tallet førte til ugunstig høye konsentrasjoner av mangan og jern på dypt vann. Økte oksygenkonsentrasjoner er derfor også en klar indikasjon på at vannkvaliteten i Gjersjøen er blitt betydelig bedre i løpet av 1980- og 1990-årene.

Vannmassenes innhold av næringssalter har avgjørende betydning for utviklingen av planteplankton i en innsjø, både kvantitativt og kvalitativt. Middelkonsentrasjonen av fosfor gjennom sesongen var veldig høy i 1972 (26 µg/L) og plasserte Gjersjøen i tilstandsklasse «Dårlig» iht Vanndirektivet («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). Etter at Nordre Follo Renseanlegg ble satt i drift i 1971 sank fosforkonsentrasjonen frem til 1995 og har siden holdt seg på omtrent samme nivå på grensen mellom tilstandsklasse «God» og «Moderat» iht. Vanndirektivet («God» og «Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). I 2010 var middelkonsentrasjonen av fosfor i Gjersjøen 14 µg/L (På grensen mellom tilstandsklasse «God»/«Moderat» -VD, Tilstandsklasse «Mindre god»-SFT).



**Figur 3.** Fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen (0-10 m dyp) for perioden 1971-2010. Figuren viser middelverdien av total fosfor for hvert år, samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet.

Gjersjøen har i dag en nitrogenkonsentrasjon på 1560 µg/L, noe som tilsvarer tilstandsklasse «Svært dårlig» iht Vanndirektivet («Meget dårlig» iht SFT's klassifiseringssystem). Da Gjersjøelva renner ut i Bunnefjorden, kan den høye konsentrasjonen av nitrogen bidra til å forverre algesituasjonen i Indre Oslofjord. Tiltak for å begrense tilførslene kan derfor bli aktuelle i forbindelse med implementeringen av EUs vanndirektiv i årene som kommer.

I perioden juli - august ble det tatt prøver 3 ganger til analyse av plantevernmidler (pesticider). Prøvene ble tatt på 36 meters dyp, ved vanninntaket til vannverket og det ble det ikke påvist pesticider i analysene av disse vannprøvene.

## Fosfor

Fosfor er en kjemisk nøkkelparameter for klassifisering av miljøtilstand i en innsjø, siden den er en forutsetning og ofte den begrensende faktor for planteplanktonvekst. Fosfor i innsjøer finnes som oppløst organisk fosfor, fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) og partikkelbundet i uorganisk eller organisk materiale. Totalfosfor-analysene omfatter alle fraksjonene. Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) er den mest biotilgjengelige fraksjonen for planteplanktonet og blir tatt opp i algebiomassen gjennom fotosyntesen.

## Nitrogen

Nitrogen, som er et plantenæringsstoff på linje med fosfor, vil som regel ikke stimulere til algeoppblomstringer i havet. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) er de viktigste nitrogen-kildene for planteplanktonet i innsjøen. Nitrogen oppfattes ikke som avgjørende viktig for tilstanden i de undersøkte vassdragene, men tas likevel med i vurderingene fordi nitrogentilførsle fra vassdraget til Indre Oslofjord er viktige.

## Oksygen

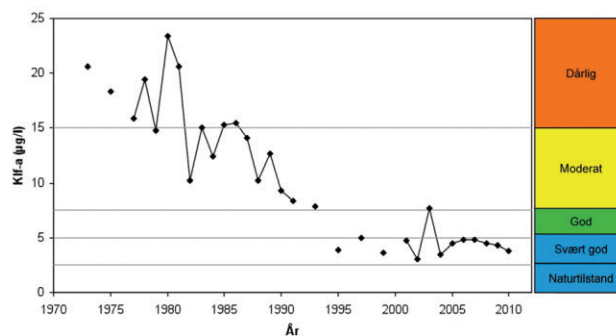
En innsjø tilføres oksygen fra overflatelaget ved innblanding av atmosfærisk oksygen, fra planter og algers fotosyntese, samt fra ellevann. Lang tids forurensning av dype innsjøer kan føre til lav oksygenkonsentrasjon i dypvannet. Partikler i tilført kloakkvann, erosjonsmateriale/landbrukssavrenning og produserte alger synker til bunns og fører til bakteriell nedbrytning av det organiske materialet. Dette forbruker oksygen i bunnslammet og i de dypeste vannmasser. Dette gjelder spesielt mot slutten av sommer- og vintersesongen når innsjøen har vært beskyttet mot sirkulasjon og utluftning pga. et lettere overflatelag og evt. isdekke. Oksygenmetning angir hvor mye oksygen som er løst i vannet i forhold til den mengden som maksimalt finnes i vannet ved en gitt temperatur. Det er 100 % oksygenmetning når oksygenkonsentrasjonen i vannet er i balanse med oksygenet i atmosfæren ved den aktuelle temperaturen.

Alle planter, alger og cyanobakterier inneholder pigmentet klorofyll-a som brukes for å høste solenergi til fotosyntesen. Konsentrasjonen av klorofyll-a i en innsjø brukes derfor som et mål for planteplankton-biomasse, selv om innholdet av klorofyll-a pr. celle varierer noe fra en organismegruppe til en annen, og med lysforholdene.

## Biologiske forhold

### Planteplankton og cyanobakterier

Redusert fosforkonsentrasjon i Gjersjøen har ført til gradvis avtakende konsentrasjon av planktonalger siden undersøkelsene startet i 1972. Det har vært en markert nedgang i klorofyll-a, fra ca. 20  $\mu\text{g/L}$  i 1972 til 4,8  $\mu\text{g/L}$  i 2010 (Fig. 4). På bakgrunn av klorofyll-a konsentrasjonen ligger Gjersjøen i tilstandsklasse «Svært god» iht. Vanndirektivet (grensen mellom «God» og «Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem).



Figur 4. Konsentrasjon av klorofyll-a i Gjersjøen for perioden 1972-2010 (middelverdier 0-10 meters dyp), samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet.

Det har totalt sett skjedd en positiv endring i sammensetningen av algesamfunnet i Gjersjøen i løpet av perioden 1972 til slutten av 1990-tallet. Cyanobakteriene som dominerte fullstendig på 1960- og 70-tallet, ble redusert fra vel 90 % av det totale algevolum til mindre enn 10 % etter 1991. I stedet har andelen av grupper som grønnalger, kiselalger, svelgflagellater og gullalger økt. Dette er meget gunstig for vannkvaliteten fordi den algen som dominerte tidligere, en rød form av cyanobakterien *Planktothrix* (tidligere kalt *Oscillatoria*), kan produsere giftstoffer. Denne algen blir heller ikke omsatt effektivt gjennom biologiske næringskjeder i innsjøen da den er lite spisbar for dyreplanktonet. Økningen av svelgflagellater er gunstig da de er gode beiteorganismer for dyreplanktonet, og derfor bidrar til en større arts-mangfold i planktonsamfunnet og en mer normal næringskjede. Ser en utviklingen i Gjersjøen samlet for 15-års perioden 1995-2010, viser analyse-resultatene for planteplanktonsamfunnet at vannmassene har bedret seg betraktelig fra undersøkelsenes begynnelse selv om en registrerer tilbakeslag i enkelte år.

Planteplanktonsammensetningen i Gjersjøen i 2010 vises i Figur 5. I slutten av august var det en liten oppblomstring av cyanobakterier i slekten *Aphanocapsa*, og andelen av cyanobakterier var da 30 % av plankteplanktonet. I oktober var det en annen slekt av cyanobakterier, *Aphanizomenon*, som dominerte planteplanktonet med omtrent 40 %. For hele 2010 var andelen cyanobakterier på nærmere 11 %, og dette er en reduksjon sammenlignet med 2009 (20 %). Den totale biomassen av planteplankton var på samme nivå som de siste ti årene. Det ble ikke påvist algetoksiner av typen microcystiner i hele 2010.

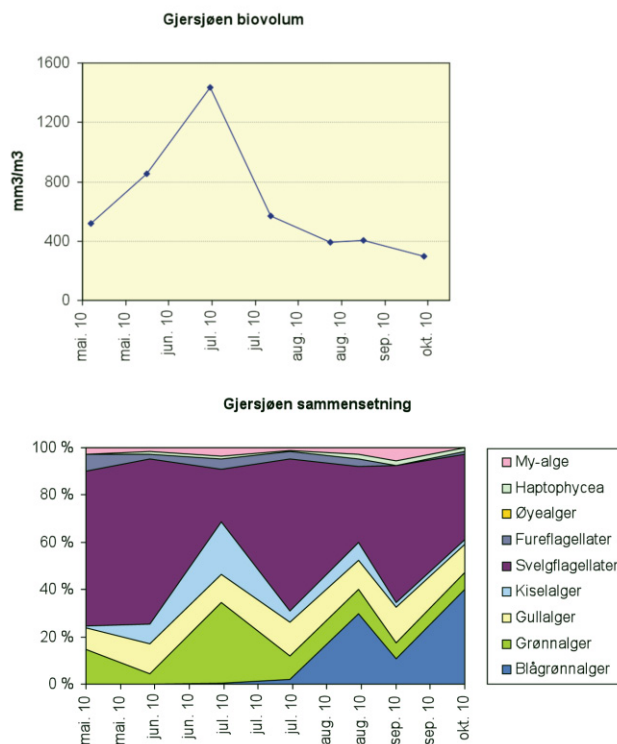


## Tarmbakterier

Analyser av tarmbakterier bekrefter at det i perioder kan være betydelige tilførsler av urensset avløpsvann til Gjersjøen (se **Tabell 4**). Bakterietallet i overflateprøvene lå lavt gjennom det meste av sommersesongen i 2010. Som påpekt i tidligere rapporter, vil en utbedring av ledningsnettene være det viktigste tiltaket for å redusere tarmbakterieinnhold, og forbedre vannkvaliteten både i Gjersjøen og i vassdraget ovenfor.

## Miljøtilstand i Gjersjøen

Årsgjennomsnittet av de ulike miljøparametrene fosfor, klorofyll, siktedyp og nitrogen i Gjersjøen plasserer innsjøen i ulike tilstandsklasser for vannkvalitet. Total fosfor bestemmer mengden planteplankton i innsjøen, som igjen klorofyll-a er et mål på. Disse parametrene har bedret seg fra 1983 til i dag. Total fosfor og Klorofyll-a klassifiseres i dag i hhv. tilstandsklasse «God»/«Moderat» iht. Vanddirektivet («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem) (**Tabell 5**). Sikten i Gjersjøen bedret seg noe på slutten av 1980-tallet og klassifiseres i dag innsjøen som «Moderat» iht. Vanddirektivet («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). Nitrogeninnholdet har vært og er fremdeles veldig høyt, selv om det har vært en viss nedgang fra det høyest målte nivået i 1995 (1800 µg/L), så er fortsatt Gjersjøen «Svært dårlig» iht. Vanddirektivet («Meget dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem) i forhold til denne parameteren.



**Figur 5.** Biovolum av planteplankton, og sammensetningen (algegrupper) i Gjersjøen i 2010.

**Tabell 5.** Tilstandsklasser for Gjersjøen 1983-2010. Øverst: SFT tilstandsklasser (1983-2010), nederst: Vanddirektivets tilstandsklasser (2009-2010).

År	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total fosfor (µg/l)	24	21	20	18	19	16	16	15	12	10	11	12	13	11	11	11	11	12	13	15	12	14
Klorofyll (µg/l)	15,0	12,0	15,0	15,0	14,0	8,8	11,8	7,4	6,8	3,9	4,6	3,9	4,8	3,0	7,7	3,5	4,5	4,8	4,8	4,5	4,3	3,8
Sikt (m)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,7	2,6	3,4	3,6	3,9	3,9	3,3	3,7	3,6	3,7	3,9	3,1	2,5	2,8	2,9	3,0
Total nitrogen (µg/l)	1671	1400	1500	1438	1630	1350	1630	1563	1771	1800	1529	1560	1300	1280	1520	1476	1374	1543	1744	1640	1520	1560

År
Total fosfor (µg/l)
Klorofyll (µg/l)
Sikt (m)
Total nitrogen (µg/l)

2009 (VD)	2010 (VD)
12	14
4,3	3,8
2,9	3,0
1520	1560

**Cyanobakterier** (også kalt blågrønnalger) er encellede eller kolonidannende bakterier som driver fotosyntese slik planter gjør. Cyanobakteriene er en naturlig del av planteplanktonet i ferskvann sammen med alger, de har ofte en blågrønn farge og har derfor fra gammelt av fått navnet blågrønnalger. De er konkurransedyktige ved rikelig tilgang på fosfor og fortrenger andre typer alger, særlig under betingelser hvor de kan utvikle masseforekomst (kalles "oppblomstring" eller "vannblomst"). Noen cyanobakterier kan produsere giftstoffer (toksiner) som kan være helsefarlige over gitte konsentrasjoner.

## Termostabile koliforme bakterier (tarmbakterier)

Mange forskjellige infeksjonssykdommer kan overføres med drikkevann. De aller fleste av de sykdomsfremkallende organismene skiller ut med avføringen fra smittede mennesker eller dyr. Et kjernepunkt i den hygieniske vurdering av drikkevann blir derfor om vannet inneholder vanlige tarmbakterier. Disse tarmbakteriene er oftest ikke sykdomsfremkallende selv, men dersom de er tilstede i vann, kan det tenkes at sykdomsfremkallende mikroorganismer også er tilstede. Koliforme bakterier finnes i all avføring og kan dermed brukes for å vise om vannet inneholder tarmbakterier. Enkelte arter koliforme bakterier kan imidlertid også forekomme i naturen. Forekomst av koliforme bakterier i drikkevann viser derfor bare en mulig, men ikke sikker forurensning med tarmbakterier.

# Kolbotnbekkenene

## Tilførsler til Kolbotnvannet

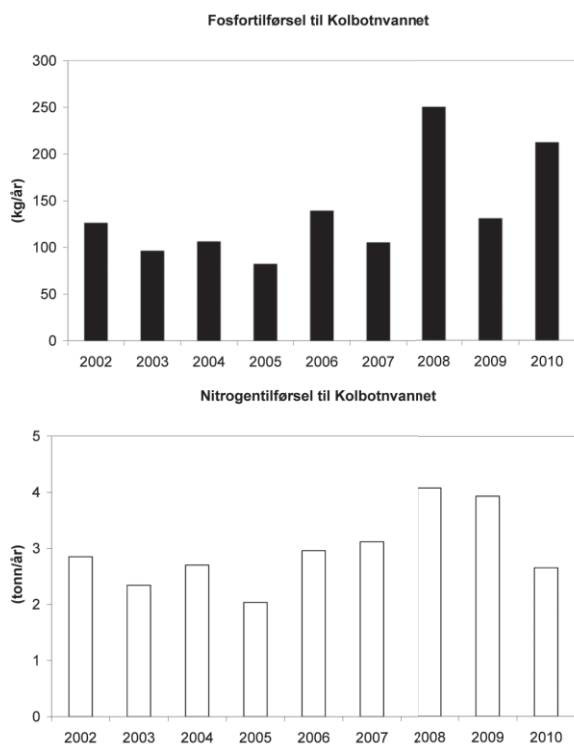
Siden 2001 er det innenfor dette programmet tatt kontinuerlige vannføringsmålinger i 3 tilløpsbekker (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) til Kolbotnvannet. Dette har gjort det mulig å beregne en grov stofftransport til innsjøen. I 2010 var det imidlertid ikke mulig å få gode vannføringsdata fra Midtoddveibekken, da overløpet til dels er ødelagt. Det blir derfor kun rapportert på tilførsler fra Augestadbekken og Skredderstubekken for 2010.

I 2010 var de beregnede årlige tilførselene 212 kg fosfor og 2,7 tonn nitrogen til Kolbotnvannet fra de to aktuelle tilførselsbekkene. Det var en økning i tilførselen av totalt fosfor sammenlignet med 2009, mens det var en reduksjon i totalt nitrogen sammenlignet med 2009 (**Fig. 6**). Det var særlig en betydelig økning i tilførselen av totalt fosfor i Skredderstubekken i 2010 sammenlignet med 2009, men det var også en klar økning i Augestadbekken. Det er også tatt månedlige prøver av næringsstoff i Midtoddvei-, Nordenga- og Myrvollbekken (syd i sjøen) i 2010, men her er ikke vannføring målt.

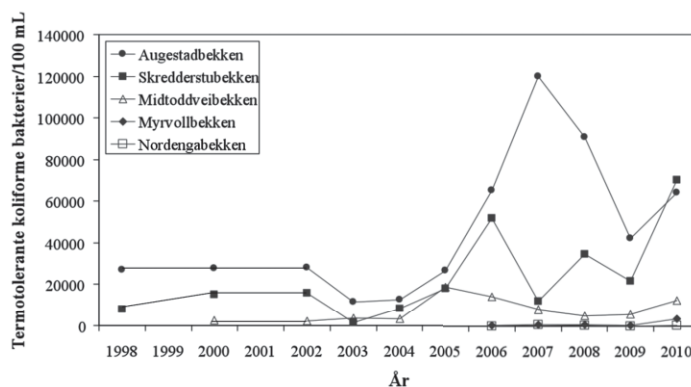
Augestadbekken har gjennomgående bidratt med den største fosfortilførselen til Kolbotnvannet, men det har også vært år hvor tilførselene fra Skredderstubekken har vært høye. Det ble også målt høye konsentrasjoner av totalt fosfor i Midtoddveibekken i 2010. Dataene for vannføring og fosfor i bekkene tyder på en kombinasjon av punktutslipp og overløp/feilkoblinger i ledningenettet i 2010. I april var det snøsmelting og høy vannføring i bekkene, og økte tilførsler av fosfor.

I Augestadbekken var det spesielt høye tilførsler i september-november (og gjennomgående høye konsentrasjoner av alle målte parametre), samtidig som det ble målt svært høye verdier av totalt fosfor i bekken. I Skredderstubekken ble det målt ekstreme mengder totalt fosfor i mai, og dette medførte høye tilførsler i denne perioden. Det ble også her målt gjennomgående høye konsentrasjoner av de andre parametrene. Disse episodene i Augestadbekken og Skredderstubekken er trolig et resultat av tilsig av kloakk.

Målte konsentrasjoner av tarmbakterier har vært svært høye i Kolbotnbekkenene de siste årene (**Fig. 7**). Dette viser tydelig at det er mulige lekkasjer av urensset avløpsvann fra kloakknettet. I 2005-2006 var det en betydelig økning av tarmbakterieinnholdet i Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken. I årene etterpå har det vært en nedgang i Midtoddveibekken, mens det fortsatt har vært svært høyt tarmbakterieinnhold i Skredderstubekken og særlig i Augestadbekken. I 2009 var det en reduksjon i tarmbakterieinnhold i alle bekkene, men i 2010 var det igjen en klar økning i de to nevnte bekkene. I Myrvollbekken og Nordengabekken er det forholdsvis lave verdier av tarmbakterier.



**Figur 6.** Målte tilførsler av fosfor og nitrogen til Kolbotnvannet i perioden 2002-2010 fra Augestad og Skredderstubekken.



**Figur 7.** 90-percentiler for innhold av tarmbakterier i Kolbotnbekkenene i perioden 1998-2010.

## Miljøtilstand i bekkene

Ser en på utviklingen fra 1994 og frem til 2010, har tilstanden til Kolbotnbekkene (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) med kun ett par unntak vært karakterisert som «Meget dårlig» for alle de tre miljøparametrene total fosfor, total nitrogen og tarmbakterier (**Tabell 6**).

I **Augestadbekken** var det en betydelig økning i konsentrasjonen av total fosfor sammenlignet med 2008-2009. Innholdet av totalt nitrogen er omtrent som de siste par årene, mens innholdet av tarmbakterier er jevnt høyt. Bekken klassifiseres som «Meget dårlig» basert på alle parametrene.

I **Skredderstubekken** var det en betydelig økning i innholdet av total fosfor og tarmbakterier sammenlignet med 2009. Også denne bekken klassifiseres som «Meget dårlig» basert på alle tre parametre.

I **Midtoddveibekken** var det en kraftig økning i innholdet av totalt fosfor sammenlignet med tidligere år. Bekken klassifiseres som «Meget dårlig» basert på alle tre parametre.

Det ble også tatt månedlige prøver i **Myrvollbekken** og **Nordengabekken**, hvor miljøtilstanden henholdsvis ligger mellom «Dårlig» og «Meget dårlig» og «Mindre god» og «Dårlig».



Tabell 6. Tilstandsklasser for Kolbotnbekkene i perioden 1994-2010.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Augestadbekken</b>																	
Tot-P	93		81		77		58		120	130	118	102	230	214	88	73	173
Tot-N	2864		2800		2564		1883		2800	2563	2563	2515	3467	3343	2079	2100	2258
T.coli					27000		27540		28000	11520	12500	26760	65000	120000	90700	42100	63900
<b>Skredderstubekken</b>																	
Tot-P	111		54		258		54		116	55	70	81	50	29	129	55	161
Tot-N	3050		2523		2691		1917		2583	1973	2241	2086	1893	1838	2278	2075	2008
T.coli					7800		15000		15900	1280	8200	17940	52000	12000	34600	21700	70050
<b>Midtoddveibekken</b>																	
Tot-P							61		47	56	74	54	54	32	39	41	107
Tot-N							2167		2077	2291	2413	2030	2362	1913	1813	1942	2517
T.coli							2580		2230	3670	3070	18800	13900	7860	4900	5630	12190
<b>Myrvollbekken</b>																	
Tot-P													31	21	51	55	58
Tot-N													1217	1128	1121	1142	1182
T.coli													255	767	572	254	3622
<b>Nordengabekken</b>																	
Tot-P													16	12	24	31	14
Tot-N													1199	1303	1159	1242	1217
T.coli													77	549	180	52	220

Næringssaltene fosfor og nitrogen (P og N) er oppgitt med aritmetrisk middel for året (µg/L).

Termotolerante koliforme bakterier (T.coli) er gitt som 90-percentil, dvs. 90% av målingene ligger under denne verdien (ant/100 ml)

# Utvikling og tilstand i Kolbotnvannet

## Fysiske og kjemiske forhold

I Kolbotnvannet ligger vanligvis sprangsjiktet på mellom 2 og 8 meters dyp gjennom hele sommersesongen. Sprangsjiktet fører til at bunnvannet ikke tilføres nytt oksygen om sommeren og under isen om vinteren. I tillegg er Kolbotnvannet lite vindeksponert og det har derfor vært et stort problem med oksygenvinn og dannelse av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) i bunnlaget.

### Temperatursjiktning

Vannmassenes lagdeling har avgjørende betydning for kjemiske og biologiske prosesser i en innsjø og derfor fordeling og vekst av alger og cyanobakterier. Normalt vil en innsjø ha samme temperatur gjennom hele vannmassen en kort periode om våren og en lengre periode om høsten, de såkalte sirkulasjons-periodene. Om vinteren og om sommeren vil lettere overflatevann ligge over tyngre bunnvann. Sprangsjiktet, som er området mellom disse to vannlagene der vanningstemperaturen endrer seg raskt, danner et lokk som sperrer for blanding av vannmassene.

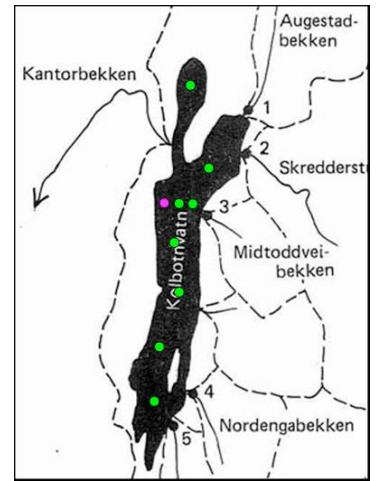
Fleire tiltak har tidligere blitt benyttet for å bidra til å bedre vannkvaliteten i Kolbotnvannet i tillegg til reduksjon av forurensningene: Bruk av "boblegardin", og tilsetning av kalksalpeter til bunnvannet. Boblegardinen gir innsjøen "kunstig åndedrett" ved å forlenge sirkulasjonsperiodene, og tilførselen av kalksalpeter bidrar til å redusere den indre gjødslingen fra sedimentene gjennom oksydasjon av sedimen-

toverflaten. I de siste tiårene har det ikke blitt tilsatt kalksalpeter til innsjøen fordi høy vannføring i tilsetningskummen gjorde dette arbeidet vanskelig. Boblegardinen har heller ikke vært i drift på grunn av tekniske problemer med utstyret.

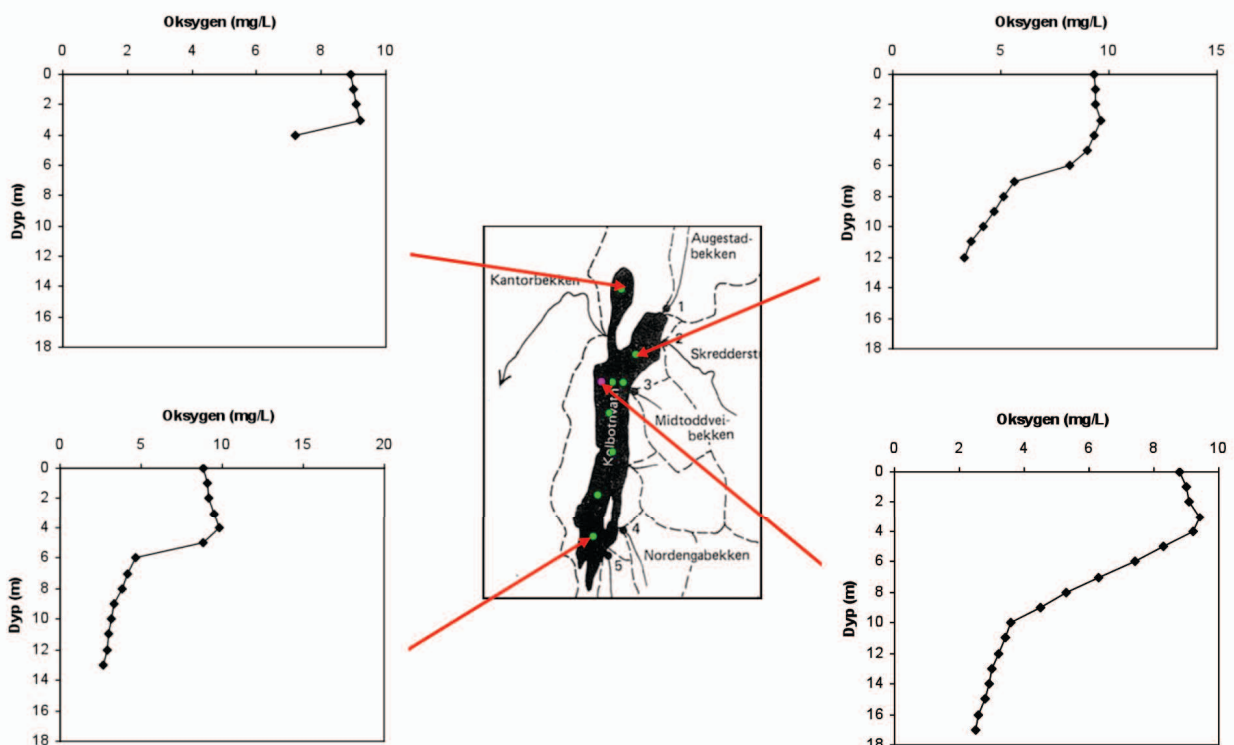
I juni 2007 ble det installert en Limnox-lufter i Kolbotnvannet for å motvirke fosfatutslipp fra sedimentet (Fig. 8). "Limnoxen" tilfører omtrent 200-300 kg oksygen pr døgn til vannet direkte over sedimentet. Med få unntak har Limnoxen vært kontinuerlig i drift siden sommeren 2007. Limnoxen har pga.

tekniske problemer ikke fungert optimalt fra november 2010. Den vil bli tatt på land for vedlikehold i mai 2011. For å dokumentere effekten, har det blitt gjennomført et utvidet måleprogram i Kolbotnvannet. I tillegg til hovedstasjonen ble det tatt oksygenprofil på 6 stasjoner fordelt over hele innsjøen. På hver stasjon ble det også tatt en prøve fra bunnvannet. Disse prøvene ble analysert for total fosfor for å dokumentere mulig utslipp av fosfatet fra sediment.

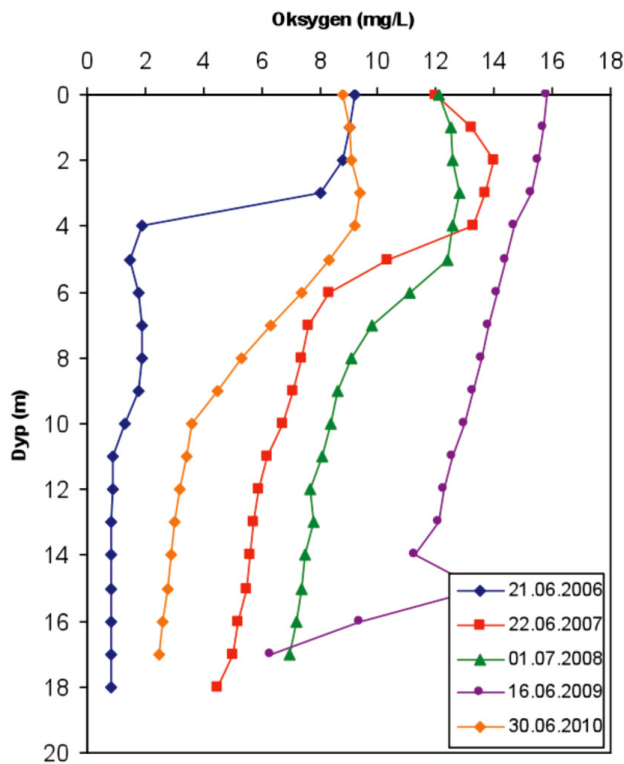
Limnoxen har hatt en positiv effekt på oksygenkonsentrasjonen i vannet. Vanligvis er bunnvannet i innsjøen fri for oksygen allerede i juni. I juli i 2010 derimot ble det funnet mer enn 3 mg/l oksygen i hele vannsøylen (Fig. 9). En sammenligning med data fra 2006 understreker denne positive effekten av Limnoxen (Fig. 10).



Figur 8. Plassering av Limnoxen (rød prikk) og målestasjoner for utvidet program (grønne prikker).

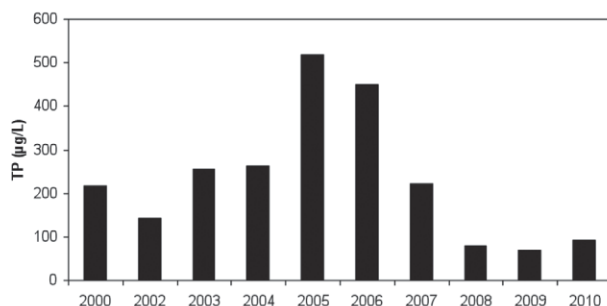


Figur 9. Oksygenprofiler på flere stasjoner i Kolbotnvannet den 30.06.2010



Figur 10. Oksygenprofil på hovedstasjonen uten (2006) og med Limnoxen (2007, 2008, 2009, 2010).

Figur 11 viser konsentrasjonen av fosfor i bunnvannet på slutten av sommeren i perioden 2000-2010. Verdier over 400  $\mu\text{g/l}$  i 2005/2006 er i tråd med kraftig utslipp av fosfat fra sedimentet. I 2007, samme året som Limnoxen ble tatt i bruk, ble det funnet en betydelig tilbakegang fra ca. 450  $\mu\text{g/l}$  (2006) til ca. 230  $\mu\text{g/l}$  (2007). I 2008 og 2009 og var det fortsatt en betydelig reduksjon i konsentrasjonen av fosfor, til henholdsvis 78  $\mu\text{g/L}$  og 70  $\mu\text{g/L}$ . I 2010 var gjennomsnittsverdien for totalt fosfor ca. 100  $\mu\text{g/L}$  i bunnvannet. Dette indikerer at luftningen av bunnvannet de siste fire årene har medført en reduksjon i intern gjødslingen med 50 - 80 %. I forbindelse med vurdering av tiltak for Kolbotnvannet ("Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet", Oredalen, Rohrlack og Tjomsland, 2006), ble det brukt en modell for å simulere effekten av lufting på utlekking av fosfor fra bunnsedimentene i Kolbotnvannet og de målte effektene i 2007-2010 stemmer godt overens med de simulerte effektene. Bruken av limnox-lufteren i Kolbotnvannet har utvilsomt hatt en positiv effekt på fosfor-innholdet i innsjøen. Det er imidlertid viktig å iverksette tiltak for å redusere tilførselen av fosfor til innsjøen.



Figur 11. Konsentrasjonen av fosfor i bunnvann (hovedstasjonen) på slutten av sommeren i årene 2000-2010.



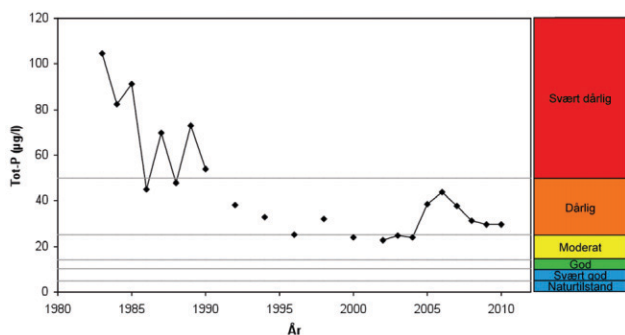
### Oksygenvinn og $\text{H}_2\text{S}$ -dannelse i bunnvannet

I en innsjø som er lite forurensnet vil oksygenmetningen være nær 100 % fra overflaten ned mot bunnen. Stor tilførsel av fosfor og nitrogen medfører økt algeproduksjon i innsjøen. Partikler i tilført kloakkvann, erosjonsmateriale /landbrukssavrenning og produserte alger synker til bunns og nedbrytes av bakterier. Nedbrytningen forbruker oksygenet i de dypeste vannmassene. Når alt oksygenet er oppbrukt går bakteriene over til svovel som energikilde og omdanner det til  $\text{H}_2\text{S}$  (hydrogensulfid) som er svært giftig for de fleste organismer. Prosessen gjelder spesielt mot slutten av sommer- og vintersesongen når innsjøen har vært beskyttet mot sirkulasjon og utluftning pga. et stabilt sprangsjikt eller isdekke.

### Interngjødsling

Innsjøer får tilført fosfat fra nedbørfeltet gjennom elver, bekker, eller med grunnvann. Når det er oksygen til stede, bindes en del av fosfatet umiddelbart til jern eller andre metaller. Under denne prosessen dannes små fnokker som synker til bunns og blir en del av sedimentet. Resten av fosfatet kan tas opp av alger og integreres i deres biomasse. Når algene dør frigjøres noe av fosfatet igjen. Resten transporteres med biomassen til sedimentet. I det fleste norske innsjøer fjernes på denne måten omtrent 50-70 % av fosfor fra vannet, men denne prosessen er reversibel. Hvis konsentrasjon av oksygen i bunnvannet underskrides 0,1 mg/l frigjøres det fosfat fra sedimentet. Dette skjer vanligvis om sommeren eller vinteren under stagnasjon. Fosfat akkumuleres da direkte over sedimentet og blandes inn i hele vannsøylen under den neste sirkulasjonsperioden. Denne prosessen kalles interngjødsling. Interngjødslingen medfører en resirkulering av fosfat i innsjøen og motvirker dermed tiltak i nedbørfeltet.

Fosforkonsentrasjonen i Kolbotnvannet er dels et resultat av for høy tilførsel av fosforholdig vann fra nedbørfeltet og dels «intern gjødsling». Konsentrasjonene i overflatesjiktet (0-4 m) har gradvis avtatt siden målingene startet i 1972. Spesielt fra 1990 og utover avtar konsentrasjonene betydelig (**Fig. 12**). I 2010 var gjennomsnittsverdien for total fosfor på 29.7 µg/L, og dette er på samme nivå som i 2009. Fosforkonsentrasjonen må reduseres til under 14 µg/L for å nå miljømålet (iht. Vanndirektivet), som tilsvarer tilstandsklasse «God». Dette er imidlertid et svært strengt krav for Kolbotnvannet, og det er derfor i PURAs tiltaksanalyse satt et mer realistisk miljømål for Kolbotnvannet på 20 µg/L.



**Figur 12.** Målte konsentrasjoner av total fosfor (µg/L) i Kolbotnvannet (0-4 meter) for perioden 1984-2010, samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet.

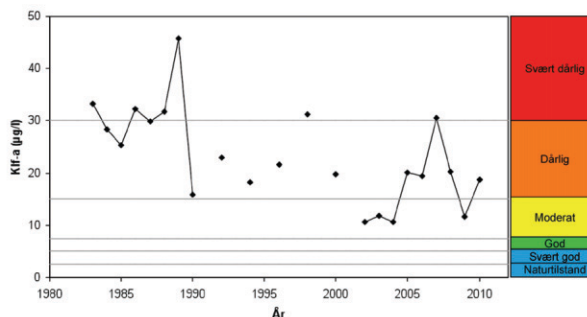
Utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i Kolbotnvannet viser en tydelig avtakende tendens siden midten av 1980-årene. I 2010 var innholdet av total nitrogen i Kolbotnvannet på 612 µg/L, noe som tilsvarer tilstandsklasse «Dårlig» iht. Vanndirektivet («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). Hovedkilden til nitrogen i Kolbotnvannet er urensset avløpsvann, men høyt nitrogeninnhold i nedbør og en viss avrenning fra forurensede gater ol. bidrar også noe. Det er verdt å merke seg at nitrogen-konsentrasjonen er betydelig lavere i Kolbotnvannet enn i Gjersjøen, fordi Gjersjøen tilføres mye nitrogen fra landbruksområder og dels fordi nitrogen fjernes effektivt ved naturlige prosesser i sedimentene i Kolbotnvannet.

### Microcystiner

Microcystin er en gruppe giftstoffer som produseres av visse stammer av cyanobakterier, og som bl.a. kan medføre leverskader hos mennesker. Verdens helseorganisasjon (WHO) har satt en øvre grense for microcystiner i badevann på 10 µg/L.

### Biologiske forhold

I en næringsrik innsjø som Kolbotnvannet, er det normalt med store variasjoner i mengde og sammensetning av planteplankton. Sammensetningen skifter raskt og det er liten grad av likevekt og stabilitet i planteplanktonsamfunnet. Fra 1990-tallet har konsentrasjonen av klorofyll-a (et mål på algemengden) variert mellom tilstandsklasse «Dårlig» og «Svært dårlig» iht. Vanndirektivet (**Fig. 13**).



**Figur 13.** Konsentrasjon av klorofyll-a i Kolbotnvannet for perioden 1972-2010 (middelverdier 0-4 meters dyp), samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet (referansetilstanden, svært god (SG), god (G), moderat (M), dårlig (D)).

I perioden 2002-2004 var klorofyllverdiene lavere, men i 2005 og 2006 var middelverdiene henholdsvis 20.1 µg/L og 19.5 µg/L, på grensen mellom tilstandsklasse «Dårlig» og «Svært dårlig» iht. Vanndirektivet («Dårlig» og «Meget dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). I 2007 var det en betydelig økning i klorofyll-a (30.6 µg/L), noe som i hovedsak skyldes en kraftig oppblomstring av cyanobakterier. I 2010 var den gjennomsnittlige klorofyllverdien 18,8 µg/L, i tilstandsklasse «Dårlig» iht. Vanndirektivet («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem).

Planteplanktonsammensetningen i Kolbotnvannet i 2010 vises i **Figur 14**. I 2005-2007 var det kraftige oppblomstringer av cyanobakterier, og da spesielt arter i familien *Planktothrix*. I 2008 var det en betydelig reduksjon av cyanobakterier, og de var ikke dominerende i planteplanktonsamfunnet. I 2009 ble det kun funnet cyanobakterier i svært lave mengder. I 2010 var det igjen en sterk dominans av cyanobakterier i Kolbotnvannet, i hovedsak arter i slekten *Anabaena sp.* I tillegg var det en stor oppblomstring av fureflagellaten *Ceratium hirundinella* i august og september. I mai-juli var det en dominans av kiselalger og svelgflagellater. Den totale biomassen var høyere enn i 2009.

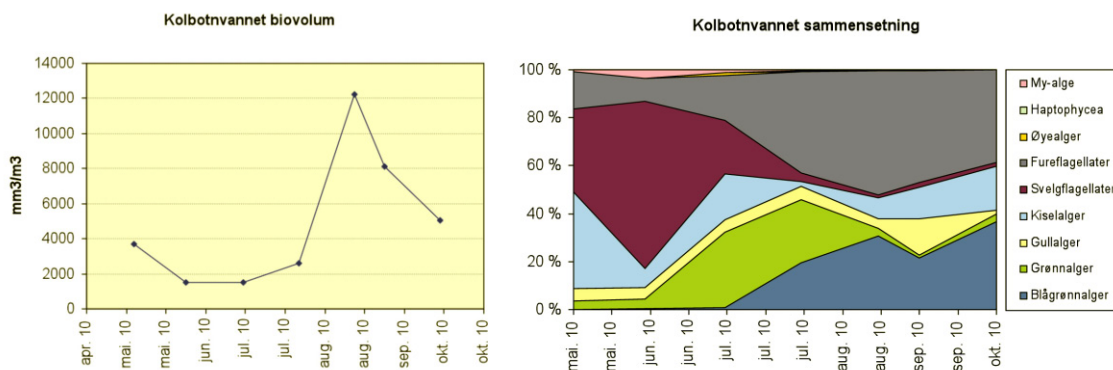
De store år til år variasjonene i planteplanktonsamfunnet viser at Kolbotnvannet er et ustabil system og at det til tross for bedre forhold (jf. lufting og redusert interngjødsling) kan oppstå oppblomstringssituasjoner i innsjøen.

Fra sommeren 2005 startet man å måle innholdet av microcystiner i Kolbotnvannet etter mistanke om oppblomstring av giftproduserende stammer. I 2005-2007 ble det målt svært høye konsentrasjoner av microcystin i Kolbotnvannet, og innsjøen var til tider stengt for bading. I 2010 ble det ikke målt microcystin i Kolbotnvannet, og det tyder på at det var dominans av ikke microcystin-produserende cyanobakterier.



### Miljøtilstand i Kolbotnvannet

Konsentrasjonen av total fosfor i Kolbotnvannet bedret seg fra begynnelsen av 1990-tallet, men klassifiserer fremdeles innsjøen som «Dårlig» iht. Vanndirektivet (og SFT's klassifiseringssystem) (Tabell 7). En høy konsentrasjon av fosfor stimulerer til mye algevekst, og dette gjenspeiles i mengden av klorofyll-a. I 2010 var verdien av Klorofyll-a 18,8 µg/L og tilsvarer tilstandsklasse «Dårlig» iht. Vanndirektivet («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). Gjennomsnittlig siktedyp i Kolbotnvannet var på 2,5 meter i 2010.



Figur 14. Biovolum av planteplankton, og sammensetning (algegrupper) i Kolbotnvannet i 2010.

Tabell 7. Tilstandsklasser for Kolbotnvannet i 1983-2010.

Ar	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total fosfor (µg/l)	104,5	82,3	91,4	50,7	69,7	47,9	72,9	54,1	38,1	32,8	25,0	32,0	24,0	22,8	24,6	24	38,4	43,6	37,6	31,2	29,7	29,7
Klorofyll (µg/l)	33,3	28,4	25,4	32,3	29,9	31,8	45,7	15,8	23,0	18,3	21,6	31,3	19,7	10,6	11,8	10,6	20,1	19,5	30,6	20,2	11,7	18,8
Sikt (m)	1,5	1,5	2,0	2,1	2,4	2,0	1,4	2,1	2,0	1,7	1,8	1,9	2,3	2,8	2,1	2,5	1,9	2,1	1,7	2,5	3,3	2,5
Total nitrogen (µg/l)	1233	1033	1321	1367	1390	1136	1010	1197	913	1000	817	920	617	660	520	723	622	618	753	620	774	612

Ar	2009 (VD)	2010 (VD)
Total fosfor (µg/l)	29,7	29,7
Klorofyll (µg/l)	11,7	18,8
Sikt (m)	3,3	2,5
Total nitrogen (µg/l)	774	612



Norsk institutt for vannforskning

NIVA Hovedkontor  
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo  
NIVA Østlandsavdelingen  
Sandvikaveien 41, 2312 Ottestad  
Telefon 22 18 51 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) [niva@niva.no](mailto:niva@niva.no)