

Vannkvalitet
i Jordalsvassdraget
i 2009



R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS

1279



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Vannkvalitet i Jordalsvassdraget i 2009

FORFATTERE:

Geir Helge Johnsen

OPPDRAKSGIVER:

Bergen kommune, Vann- og avløpsetaten, postboks 7700, 5020 Bergen

OPPDRAGET GITT:

11. mai 2009

ARBEIDET UTFØRT:

2009 - 2010

RAPPORT DATO:

11. februar 2010

RAPPORT NR:

1279

SIDETALL:

37

ISBN NR:

ISBN 978-82-7658-734-0

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-MVA

Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

Forsidefoto: Jordalsvatnet med Jordalen, fotografert fra helikopter 3.september 2009.

FORORD

Vannkvaliteten i Jordalsvassdraget er overvåket sommeren 2009 på oppdrag fra Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune. Kvaliteten på råvannet ved Jordalen vannverk i Bergen viser at tilførselene av humanpatogene mikroorganismer i dag er uakseptable. I henhold til forurensningsloven, drikkevannsforskriften og klausuleringsbestemmelsene har Bergen kommune et ansvar for å gjennomføre tiltak. Det er derfor igangsatt omfattende kloakksanering i hele området, og Byrådet vedtok i 2007 at det skulle utarbeides nye bestemmelser for bruken av Jordalsvatnets nedbørsfelt.

Disse tiltakene ventes å gi bedring i råvannskvaliteten, og undersøkelsene i 2009 utgjør "før-situasjonen" for kommende vurderinger av tiltakenes effekt. Det har også tidligere vært foretatt omfattende undersøkelser av vassdraget helt tilbake fra 1968. Grunnlaget for å følge en eventuell utvikling, og å måle en forbedring er derfor meget godt.

Undersøkelsene i 2009 følger veileder fra Klima- og Forurensningsdirektoratet KLIF (tidligere SFT) for slike vannkvalitetsundersøkelser, og samsvarer med tilsvarende undersøkelser fra 1995, 1998 og 2003. Analysene er utført ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services AS (nå Eurofins) og algeprøvene er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Rådgivende Biologer AS takker Kjell Rypdal ved Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune for oppdraget.

Bergen, 11.februar 2010.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	4
Innholdsfortegnelse.....	4
Sammendrag	5
Innledning	6
Jordalsvassdraget	9
Undersøkelsene i 2009	12
Resultater fra undersøkelsene i 2009	15
Vurdering av resultatene	26
Vedleggstabeller for resultat fra 2009.....	32
Litteratur referanser	36

SAMMENDRAG

JOHNSEN, G.H. 2010.

Vannkvalitet i Jordalsvassdraget i 2009

Rådgivende Biologer AS rapport 1279, 37 sider, ISBN 978-82-7658-734-0.

Rådgivende Biologer AS har i 2009 på oppdrag fra Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune gjennomført en standard vannkvalitetsundersøkelse av innsjøene i Jordalsvassdraget. Jordalsvatnet er råvannskilde for Jordalen vannverk i Bergen, og for å sikre en best mulig kvalitet på råvannet er det igangsatt omfattende kloakksanering i nedbørfeltet og nye klausuleringsbestemmelser for landbruket er under utforming. Undersøkelsene i 2009 utgjør da "før-situasjonen" for kommende vurderinger av disse tiltakenes effekt.

Sommeren 2009 var det periodevis høye konsentrasjoner av tarmbakterier i bekkene og særlig til Indrevatnet. Dette gav seg også utslag i høye konsentrasjoner ute på innsjøene. Prøvetakingen gir ikke noen klare mønstre med hensyn på tarmbakterietilførslenes opphav. Høyest målinger var i juli etter en periode med relativt sparsomt med nedbør, mens det etter mye nedbør i september synes å være lavere konsentrasjoner og relativt "utvasket", bortsett fra noen få steder. De laveste tallene fra juni i en periode med fint vær og svært liten vannføring i vassdragene, tyder på at det ihvertfall ikke er store direkte tilførsler av kloakk eller gjødsel til vassdragene annet enn fra Vindalen.

Indrevatnet var i 2009 en middels næringsrik innsjø med middels høyt innhold av organisk stoff, begge deler med SFTs tilstandsklasse III = "mindre god". Innholdet av tarmbakterier var meget høyt i august og september i perioder med betydelige nedbørmengder, slik at det på forhånd hadde vært stor utvasking fra feltet til innsjøene. Ved prøvetakingen i slutten av september var det også en del dyr på beite rundt innsjøen. Tilførsler av tarmbakterier til Indrevatnet er ikke redusert siden første måleserie i Indrevatnet i 1995. Næringsrikheten er imidlertid betydelig redusert i denne perioden, og særlig de fosforrike tilførselskildene som gjødsel og kloakk synes redusert. Innsjøen er imidlertid fremdeles utsatt for indre gjødsling med tilførsler av fosfat som gir grunnlag for høy algevekst.

Jordalsvatnet var i 2009 en næringsfattig innsjø med SFT tilstandsklasse II = "god" for både næringsinnhold og algemengder. Dette tilsvarer det som tidligere ble kalt oligomesotroft, -overgangen mellom helt næringsfattige (oligotrof) og middels næringsrike forhold (mesotrof). Også de ulike mål for innhold av organisk stoff tilsvarer SFTs tilstand II = "god". Innholdet av tarmbakterier var periodevis høyt også i Jordalsvatnet i 2009, og særlig i september. Dette skyldes høyst sannsynlig store tilførsler fra Indrevatnet etter mye nedbør. Vannkvaliteten i Jordalsvatnet er generelt mye bedre enn i Indrevatnet, men siden Indrevatnet sørger for omtrent 70 % av tilrenningen til Jordalsvatnet, er ikke vannkvaliteten i Jordalsvatnet helt uavhengig av naboen. Det aller meste av tilførslene skjer i dag til Indrevatnet, og Jordalsvatnet er på alle måter en klarere og næringsfattigere innsjø enn Indrevatnet. I Jordalsvatnet ser en også en jevn og tydelig utvikling mot lavere næringsrikhet fra de første målingene i 1969.

Utviklingen i Jordalsvassdraget har vært positiv med hensyn på redusert næringsbelastning, og særlig gjelder dette for Jordalsvatnet. Indrevatnet mottar fremdeles betydelige tilførsler av tarmbakterier, men det er sannsynligvis forholdene knyttet til indre gjødsling med tilførsler av næringsstoff utover sommeren fra innsjøens sediment og dypvann, som gjør at næringsrikheten i denne innsjøen ikke er så markert redusert som i Jordalsvatnet.

Indrevatnet har likevel i perioden fått redusert næringstilførslene slik at tilstanden er gått fra farenivå 2 = "fare på ferde" til farenivå 1 = "begynnende eutrofiering". Jordalsvatnet har de siste årene utviklet seg fra farenivå 1 = "begynnende eutrofiering" til "utenfor fare". Med de gjennomførte kloakksaneringstiltak og foreslåtte klausuleringsjusteringer for nedbørfeltet, burde vannkilden være godt sikret.

INNLEDNING

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, og 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 til stede 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 næringstoffene 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 fosfor-rike 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, humus-stoffer 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 toverdig og treverdig 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.

Mange forhold kan påvirke næringsrikheten i den aktuelle innsjøen, både direkte ved sin “bottom-up” virkemåte, ved at overbelastning av organisk materiale kan føre til oksygenfrie forhold i dypvannet og dermed frigivelse av fosfat fra sedimentet, og 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).

Samspeillet mellom alle typene påvirkning som utslipp 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 alge-oppblomstringer med giftige blågrønnalger kan dominere.

KORT OM "TARMBAKTERIENE" SOM ER UNDERSØKT

Avføring fra mennesker og dyr inneholder mange ulike bakterier, noen er patogene for mennesker, de fleste er det ikke. I Drikkevannsforskriften som trådte i kraft 1. januar 2002 er det spesifisert hvilke bakterietyper som skal brukes ved undersøkelser og vurdering av drikkevannskilder.

Escherichia coli har alltid vært den mest sentrale parameteren for å påvise avføring fra mennesker eller dyr. Bakterien overlever kun kort tid i vann og finnes ikke naturlig i jord og vann. Det har vært ulike identifikasjonsmetoder på denne, og tidligere metoder har påvist "Termotolerante koliforme bakterier" som i hovedsak tilsvarende *E. coli*. Den nye metoden som identifiserer *E. coli* er imidlertid enda mer spesifikk på tarmbakterier fra mennesker og varmblodige dyr.

Intestinale enterokokker og *Clostridium perfringens* finnes begge i avføring fra varmblodige dyr og mennesker, men de finnes også i naturen i jord og vann. Funn av disse bakteriene i vann viser derfor mulig, men ikke sikker, forurensning av tarmbakterier. *C. perfringens* kan danne sporer og derfor både overleve lenge i vann og være vanskelig å ta knekken på ved desinfisering. Enterokokkene danner ikke sporer men overlever noe lengre i vann enn *E. coli* gjør.

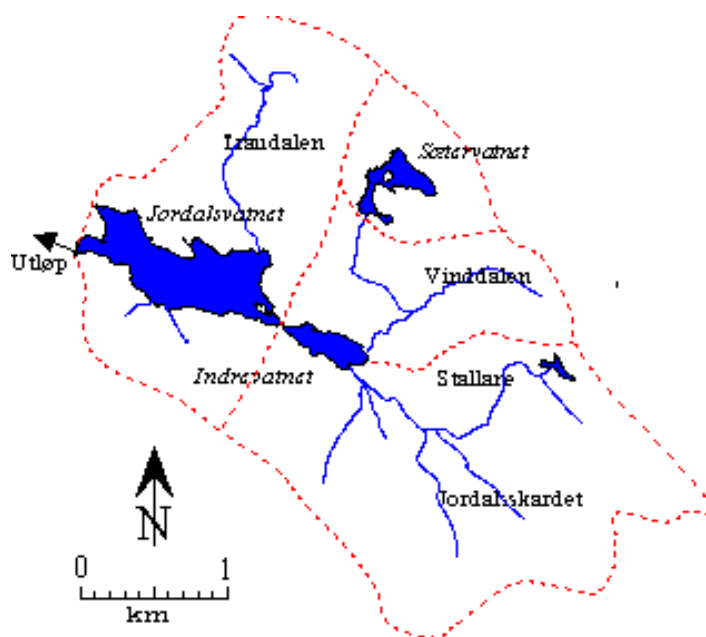
Koliforme bakterier har også vært brukt i lang tid for å påvise forurensning av gammel kloakk. Dette er imidlertid en samling av flere typer bakterier, der mange av dem hovedsakelig finnes i naturen. Gruppen står likevel i forskriften og er derfor med i denne undersøkelsen.

UNDERSØKELSENE I 2009

Undersøkelsene i 2009 skal danne grunnlag for vurdering av effekten av de nå utførte kloakksaneringstiltak og de skisserte kommende justeringer av klausuleringsvilkårene for landbruket i nedbørfeltet. Ingen av tiltakene var operative i 2009, og tilstanden i vassdraget i 2009 utgjør dermed en god "før-situasjon" for en slik vurdering av tiltakenes effekt.

JORDALSVASSDRAGET

Jordalsvassdraget drenerer de nordre deler av Byfjellene i Bergen og har utløp til Eidsvågen. Vassdraget består av Jordalsvatnet, de tilrennende innsjøene Indrevatnet og Sætervatnet, samt en rekke mindre tilløpselver (**figur 1**). Både Jordalsvatnet og Sætervatnet er regulerte, men all avrenning fra Sætervatnet går i dag til Jordalsvatnet via Indrevatnet. Jordalsvatnet er hoveddrikkevannskilde for Åsane og nordre deler av Bergen, mens Sætervatnet er reserve vannforsyningskilde. Vassdragets totale nedbørfelt er på 9,29 km², hvorav nedbørfeltet til Indrevatnet utgjør 6,47 km², som er 70 % av nedbørfeltet til Jordalsvatnet (**tabell 1**).



Figur 1. Oversiktskart over Jordalsvassdraget.

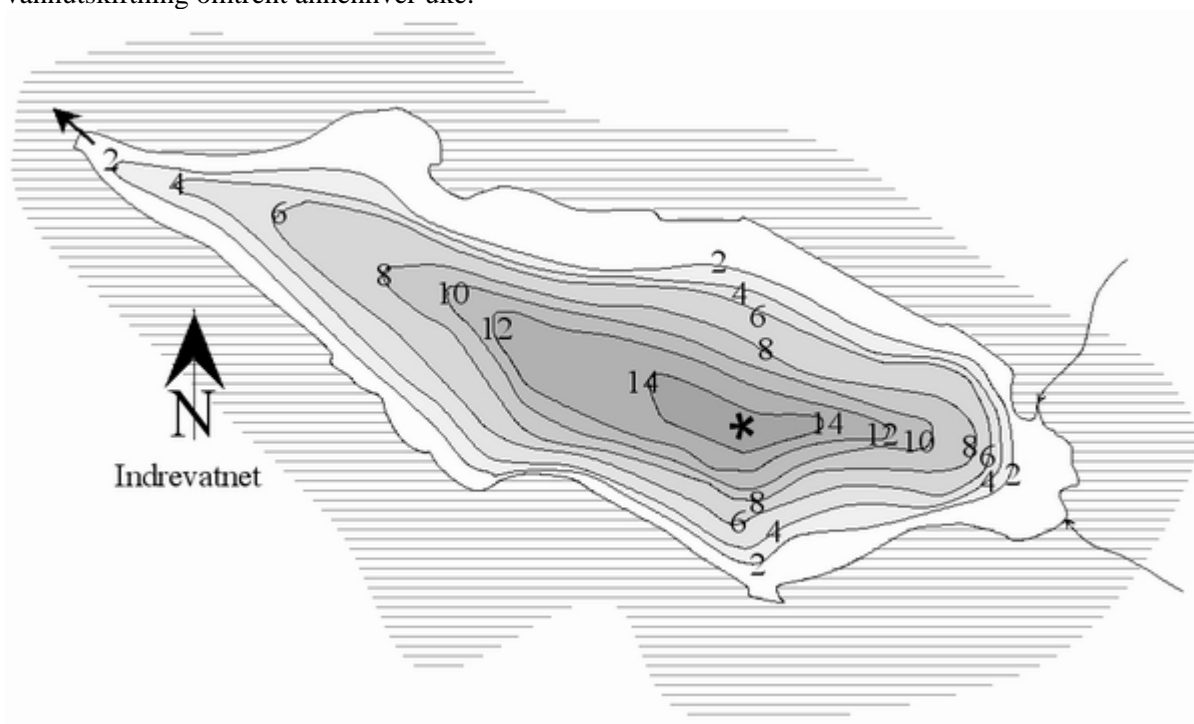
Tabell 1. Beskrivelse av nedbørfelt og avrenning til de viktigste tilførselselvene til Indrevatnet og Jordalsvatnet.

Delområde	AREAL km ²	Årlig avrenning mill m ³ /år
Elven fra Vindalen	1,77	4,05
Elven fra Jordalsskardet	3,20	7,32
Øvrige lokale felt til Indrevatnet	1,50	3,43
SAMLET TIL INDREVATNET	6,47 km²	14,80 millioner m³/år
Elv fra skog med beitedyr	0,56	1,28
Elv ved Øvre Eide	0,25	0,57
Elv fra Traudalen	1,12	2,56
Elv til Jordalsvatnet fra nordøst	0,22	0,50
Øvrige lokale felt til Jordalsvatnet	0,89	1,99
SAMLET TIL JORDALSVATNET	9,29 km²	21,2 millioner m³/år

Årlig middelavrenning i nedbørfeltet varierer fra 60 til 80 l/s pr. km². Ut fra arealfordeling i de forskjellige nedbørsonene er gjennomsnittlig vannføringen 72,5 l/s pr. km², og vassdragets gjennomsnittlige avrenning til sjø blir da 21,2 mill. m³ pr. år. Av tilrenningen til Indrevatnet kommer 27 % med elva fra Vindalen og 49 % med elva fra Jordalsskardet. Til Jordalsvatnet kommer 12 % av tilrenningen med elva fra Traudalen, 6 % med elva fra skogen med beitedyr, mens hele 70 % kommer via Indrevatnet (**tabell 1**).

INDREVATNET

Indrevatnet ligger innenfor og ”oppstrøms” Jordalsvatnet. De to innsjøene henger sammen, bare atskilt av en åpning under veien som krysser vassdraget. I perioder med mye nedbør fører dette til en flomsituasjon i Indrevatnet. Indrevatnet er en liten innsjø med et volum på bare 0,5 mill m³ og et maksimumsdyp på 16 meter (**tabell 2**). Gjennomsnittdypet er på 6,4 meter og innsjøen har vannutskifting omtrent annenhver uke.



Figur 2. Dybdekart over Indrevatnet, tegnet med 2-meters koter.

Tabell 2. Morfologiske og hydrologiske data for innsjøene i Jordalsvassdraget. Tallene for Indrevatnet baserer seg på dybdekart utarbeidet av Rådgivende Biologer i 1995. Tallene for Jordalsvatnet baserer seg på tall fra NIVA (Samdal mfl. 1969).

Innsjø	Tilrenning (mill. m ³ /år)	Volum (mill. m ³)	Maks dyp (meter)	Snittdyp (meter)	Innsjøareal (km ²)	Utskifting (ganger/år)
Indrevatnet	14,79	0,5	16	6,4	0,08	28,8
Jordalsvatnet	21,24	11,6	58	12,2	0,95	1,8

JORDALSVATNET

Jordalsvatnet er vassdragets største innsjø og har et volum på 11,6 mill m³ (tabell 2). Innsjøen har et maksimumsdyp på 58 meter, men det er store grunne områder i den indre delen så gjennomsnittsdypet er på bare 12,2 meter (figur 3). Jordalsvatnet har vannutskiftning nesten to ganger i året.



Figur 3. Dybdekart over Jordalsvatnet, tegnet med 5-meters koter.

JORDALEN VANNVERK

Jordalsvatnet er råvannskilde for Jordalen vannverk, og forsyner 43.200 personer med drikkevann. Det legges vekt på å beskytte Jordalsvassdraget mest mulig mot forurensninger fordi god vannkvalitet i råvannskilden gir et bedre sikkerhetsnivå enn man kan oppnå ved renseprosesser alene. Tidligere undersøkelser i Jordalsvassdraget har påvist betydelig bakteriell forurensning og tilførsler av næringsstoffer som er høyere enn akseptabelt med tanke på vassdragets bruk som drikkevannskilde. Landbruk og kloakk har vært de viktigste forurensningskildene.

I henhold til forurensningsloven, drikkevannsforskriften og klausuleringsbestemmelsene har Bergen kommune et ansvar for å gjennomføre tiltak, og det er derfor igangsatt omfattende kloakksanering i hele området, og Byrådet vedtok i 2007 at det skulle utarbeides nye bestemmelser for klausulering av Jordalsvatnets nedbørfelt. Grunnlaget var en gjennomgang av mulige tiltak i landbruket (Bjørklund & Johnsen 2007), og dette arbeidet er fulgt opp med en ny vurdering (Johnsen & Torsteinsen 2009) som danner grunnlag for revidering av landbruksklausuleringene i nedbørfeltet.

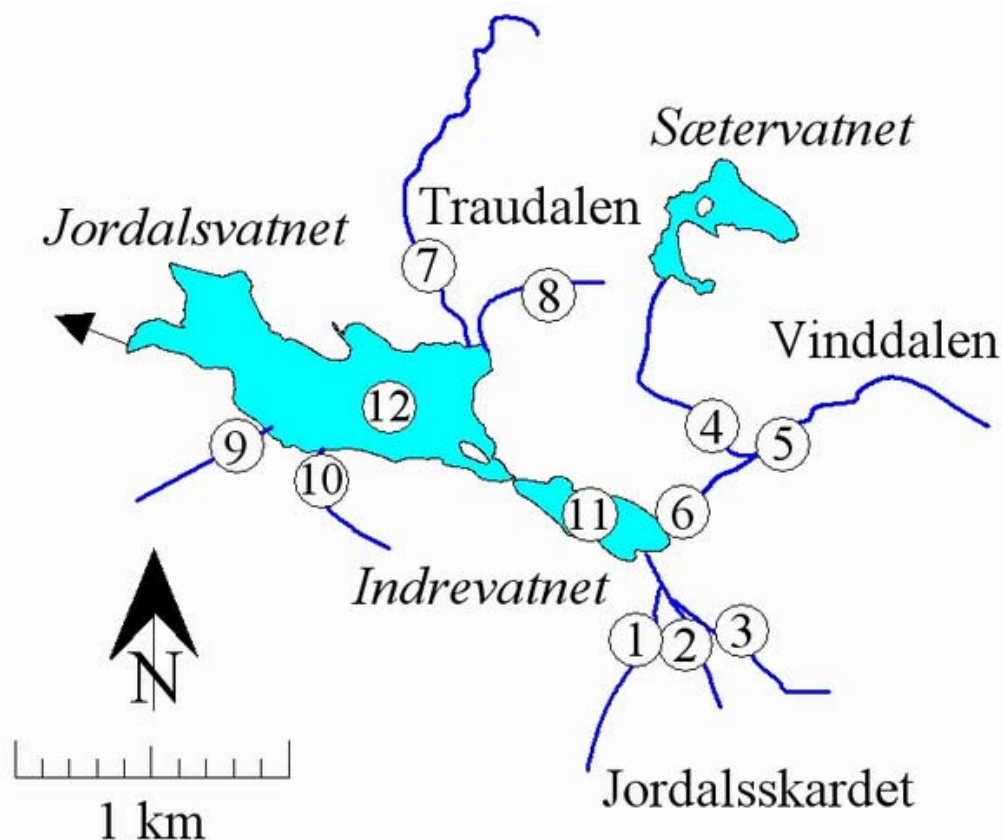
UNDERSØKELSENE I 2009

Undersøkelsene i 2009 er gjennomført etter samme opplegg som tidligere undersøkelser, og omfatter både beskrivelse av tilførsler og tilstanden i de to innsjøene. Undersøkelsen er todelt:

- Vurdering av tilstand og utvikling i forurensningstilførsler i vassdraget
- Vurdering av tilstand og utvikling i vannkvaliteten i Indre- og Jordalsvatnet

FORURENSNINGSTILFØRSLER - BAKTERIER

For nærmere vurdering av omfang av tilførsler til de største innløpselvene, ble det tatt prøver i fire innløpselver til Jordalsvatnet, samt i de ulike tilførselsbekkene til Indrevatnet (**figur 4, tabell 3**). Prøvetakingsstedene i elvene er beskrevet med tall på kartet og i tabellen. Hovedmønsteret samsvarer med det som ble undersøkt i 1995 (Bjørklund og Johnsen 1995), i 1998 (Bjørklund 1999) og i 2003 (Bjørklund mfl 2004). Prøvene ble undersøkt med hensyn på koliforme bakterier, *Escherichia coli*, Intestinale enterokokker og *Clostridium perfringens*.



Figur 4. Kart over Jordalsvassdraget med prøvetakingslokalitetene i delundersøkelsen inntegnet. For nærmere omtale av de enkelte prøvetakingsstedene henvises til **tabell 3** på neste side.

Tabell 3. Prøvetakingssteder i vassdraget for å lokalisere forurensningskilder til elvene. For plassering på kart i **figur 4** på forrige side. Prøvestedene 11 og 12 er overflatevannet ved det dypeste punkt i de to innsjøene.

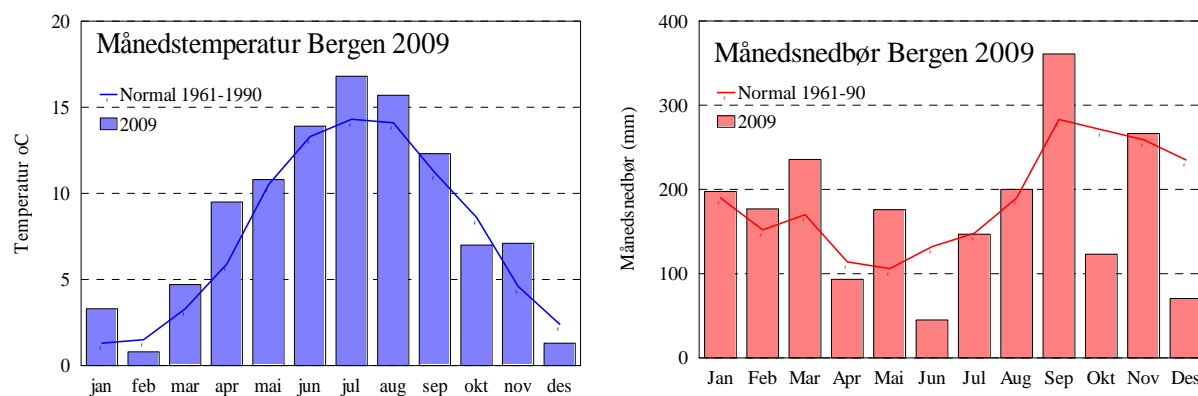
Nummer	Hovedelv	Prøvetakingssted
1		Sørligste elvegrein oppom veien
2	Elv fra Jordalsskardet	Midtre elvegrein oppom veien
3		Nordligste elvegrein oppom krysset
4		Utløp elv fra Sætervatnet
5	Elv fra Vindalen	Elve fra Vindalen oppom kryss til Stallane
6		Elv mot Indrevatnet ved vei
7	Vestre elv fra Traudalen	Oppom bebyggelsen
8	Østre elv ved Traudalen	Like ved parkeringsplass nedstrøms bebyggelsen
9	Elv ved Øvre Eide	Bekk fra sør før den renner under veien
10	Elv fra skog med beitedyr	Nedenfor beiteområde, like før utløp Jordalsvatnet

UNDERSØKELSE AV INNSJØENE

I perioden mai til oktober 2009 ble det tatt månedlige prøver fra Indrevatnet og Jordalsvatnet. Prøvene ble undersøkt med hensyn på bakteriologiske og vannkjemiske parametere samt algeplanktonforekomst. Temperatur- og oksygenprofiler ble målt på to tidspunkt. Prøvetakingsopplegget tilsvarer de tidligere resipientundersøkelsene i vassdraget, og er utført i henhold til retningslinjer gitt av SFT i ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann” (SFT 1997).

VÆRFORHOLD 2009

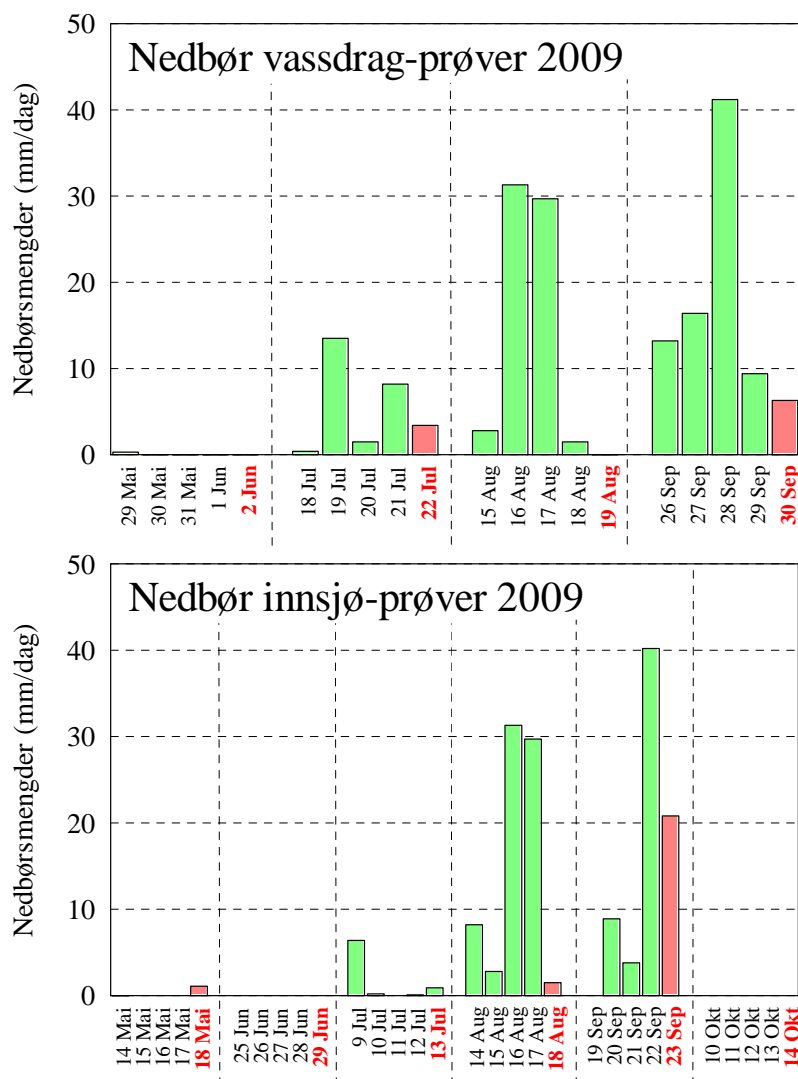
Nedbørmengdene i 2009 ved Bergen Florida var så vidt under normalen med 93 %, og det ble målt 2093 mm nedbør mot normalen (1961-1990) på 2250 mm (**figur 5**). I prøvetakingsperioden var det noe lavere nedbørmengder enn normalt i juni og oktober, mens det var høyere i mai og september. Månedsmiddeltemperaturen var høyere enn normalt fra juli og til og med september, mens oktober var kjøligere (**figur 5**).



Figur 5. Månedstemperatur (til venstre) og månedlige nedbørmengder (til høyre) på Bergen Florida i 2009 (søyler) og normalen i perioden 1961-1990 (linje). Data er hentet fra det Norske meteorologiske institutt.

Prøvetakingsdatoene ble valgt for å fange opp både nedbørperioder og tørre perioder. Ved prøvetakingene i juni var det svært tørt og lite vann å finne. I slutten av juli var det noe nedbør på selve prøvetakingsdagen, og 27 mm i dagene forut. I august og september var det mye nedbør i dagene forut for prøvetakingen, med henholdsvis 95 og 87 mm. Kun i september falt det også 6,3 mm nedbør på selve prøvetakingsdagen (**figur 6**).

Ved prøvetakingene i mai, juni og oktober hadde det ikke vært nedbør de foregående dagene, mens det ved prøvetakingen både 18.august og 23.september hadde vært hele 74 mm nedbør dagene forut (**figur 6**).



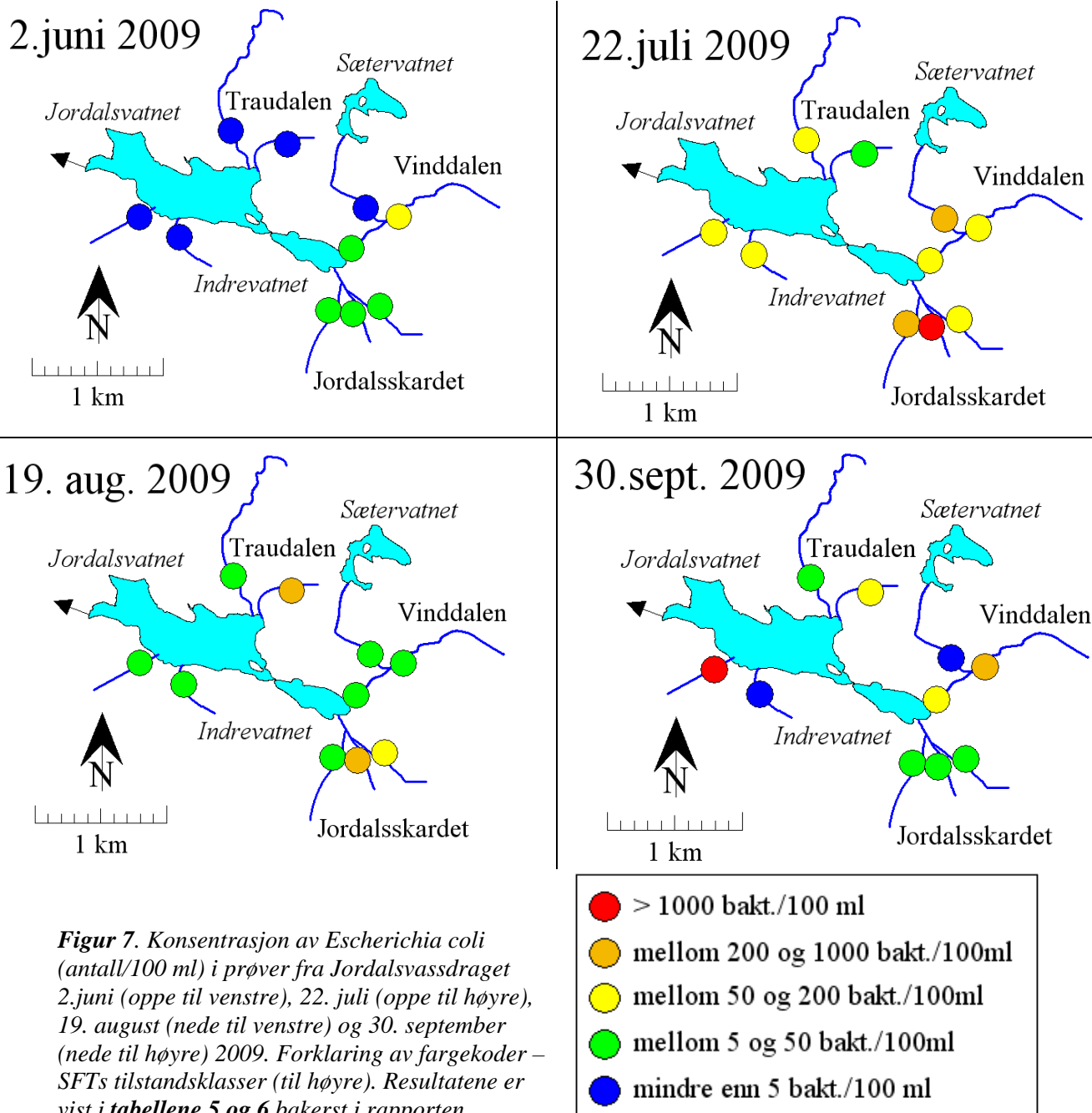
Figur 6. Døgnnedbør ved Bergen Florida de fem siste døgn før prøvetaking fant sted. Øverst: Vassdragsprøvene. Nederst: Innsjøprøvene

Nedbøren er målt på angitte datoer kl. 7 og er falt i løpet av de foregående 24 timene. Data er hentet fra det norske meteorologiske institutt. Prøvetakingsdatoene er vist med rødt.

RESULTATER FRA UNDERSØKELSENE I 2009

TILFØRSLER AV TARMBAKTERIER 2009

Innhold av tarmbakterier i tilløpselvene til Indrevatnet og Jordalsvatnet ble undersøkt fire ganger på ulike tidspunkt gjennom sommeren. I den tørreste perioden tidlig i juni var bakteriekonsentrasjonen på de fleste undersøkte stedene meget lav med konsentrasjoner innenfor det en forventer som naturtilstand; forårsaket av ville dyr og fugler (**figur 7**). I alle innløpselvene til Indrevatnet var det svakt forhøyete konsentrasjoner, og elven fra Vinddalen avvek noe mer fra naturtilstanden.



Ved prøvetakingen 22. juli var det generelt mye tarmbakterier på alle stedene, bortsett fra i østre elv i Traudalen. Denne dagen var det noe nedbør på selve prøvetakingsdagen, og 27 mm i dagene forut.

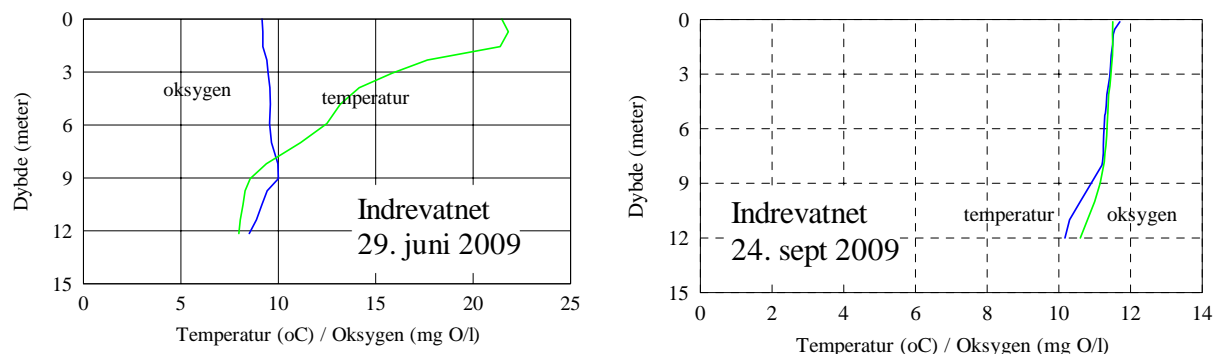
Ved begge prøvetakingene både i august og i september var det mye nedbør forut, mens resultatene fra 19. august ikke viste så høye målinger som i juli. Hele 7 av ti steder hadde tilstandsklasse II = "god", og denne gangen var det elven i Traudalen som hadde høye verdier sammen med de to nordlige i fra Jordalsskardet.

Ved prøvetakingen 30. september hadde det også regnet på selve dagen, foruten at det hadde regnet mye i dagene før. Likevel var det små tilførsler i elvene i Jordalsskardet, mens det var særlig høyt i elven som renner til Jordalsvatnet ved Øvre Eide. Denne dagen var det særlig lave målinger i elven fra sør mot Jordalsvannet og i elven fra Sætervannet (**figur 7**).

TILSTANDEN I INDREVATNET I 2009

TEMPERATURFORHOLD

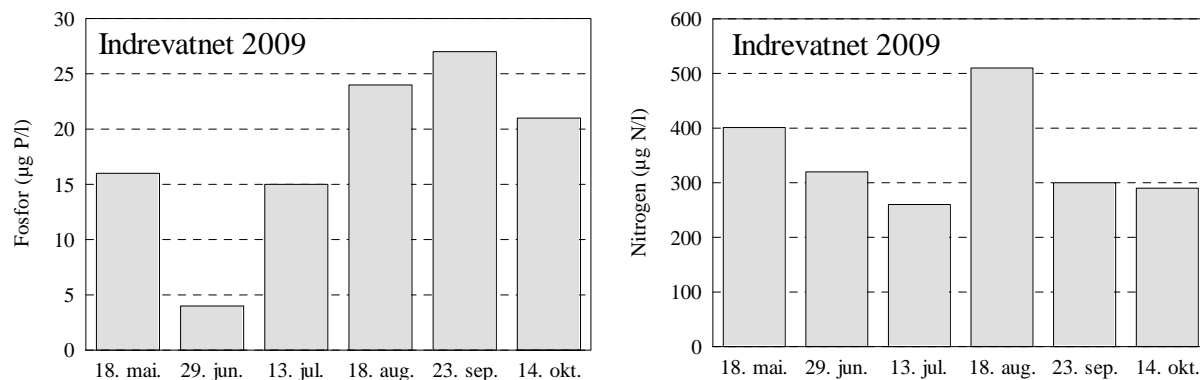
Det varme overflatelaget i Indrevatnet strakk seg i slutten av juni og september ned til 8-9 meters dyp, med over 22 °C i overflaten. Oksygeninnholdet viste en svak reduksjon under temperatursjiktningen, men det var ikke oksygenfrie forhold ned til 12 meters dyp. I slutten av september hadde vind sørget for tilnærmet omrøring av vannmassene, og verken temperatur eller oksygeninnhold viste særlig sjiktning (**figur 8**).



Figur 8. Temperatur- og oksygenprofiler fra Indrevatnet 29.juni (til venstre) og 24.september (til høyre). Målingene er gjort med et nedsenkbart CTD-instrument som logget hvert 2. sekund.

VIRKNING AV TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFF

Indrevatnet var i 2009 middels næringsrik, med gjennomsnittskonsentrasjon av fosfor på 18 µg P/l og av nitrogen på 347 µg N/l (**tabell 7 & figur 9**). Disse verdiene er klassifisert i tilstandsklasse III = "mindre god" for fosfor og II = "god" for nitrogen etter SFTs vurderingssystem for miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). De høyeste konsentrasjonene av fosfor ble observert utover ettersommeren og høsten, med 27 µg P/l i september (**figur 9**). Dette kan indikere indre gjødsling.

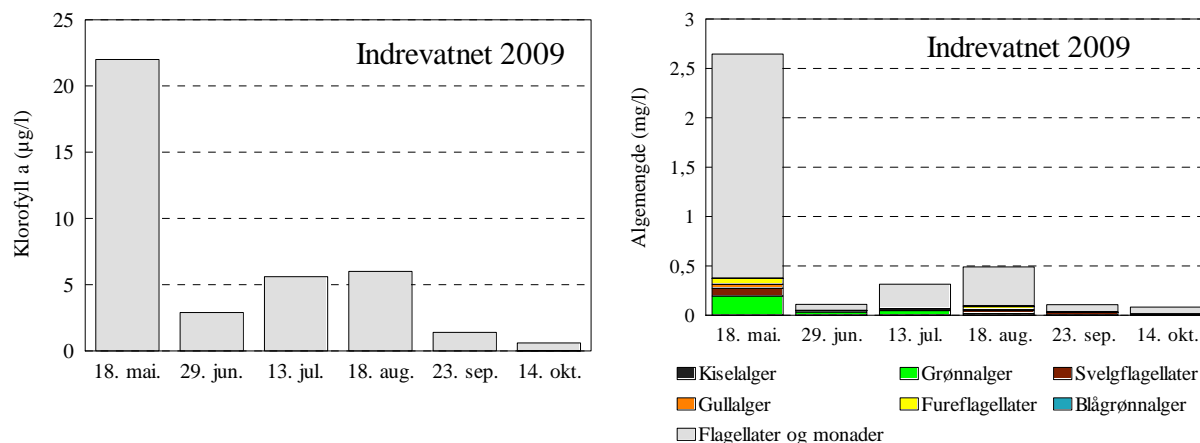


Figur 9. Innhold av næringsstoffene fosfor (til venstre) og nitrogen (til høyre) i månedlige vannprøver fra Indrevatnet i 2009. Prøvene er tatt som blandeprøve fra de øverste fire meterne, og de er analysert av Chemlab Services AS.

Næringsrikhet gir grunnlag for algevekst og gjenspeiler seg derfor vanligvis i både mengde og sammensetning av algeplankton. Algemengden i Indrevatnet gjenspeilte næringsinnholdet. Innholdet av klorofyll a, som utgjør mengden "grønnfarge" i algene, hadde et gjennomsnitt på 6,4 µg Chl a/l, hvilket er klassifisert til SFTs tilstandsklasse III = "mindre god" (**figur 10**). Analysert som algevolum var algemengdene lave. Med et gjennomsnittlig algevolum på 0,63 mg/l og et største algevolum på

2,65 mg/l i mai klassifiseres innsjøen som middels næringsrik, tilsvarende III = ”mindre god” både for gjennomsnittet og maksimumet på våren, - etter Brettum (1989).

Algesamfunnet var dominert av flagellater og monader gjennom hele sesongen, men også av grønnalger i første del av prøvetakingssesongen. Blågrønnalger ble i liten grad funnet i 2009 (**figur 10**), selv om blågrønnalger har vært observert i innsjøen ved tidligere undersøkelser.

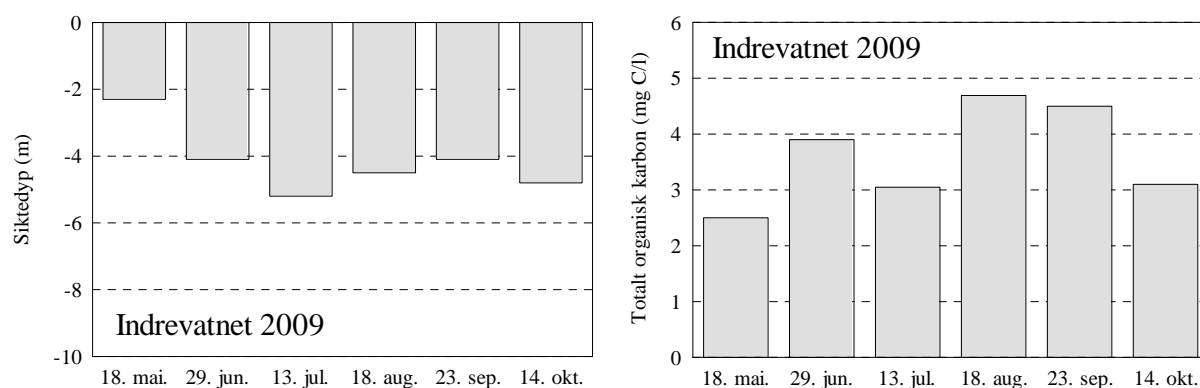


Figur 10. Innhold av klorofyll a (til venstre), og algemengder og algetyper (til høyre) i månedlige overflatevannprøver fra Indrevatnet sommeren 2009. Prøvene er tatt som blandeprøver de øverste fire meterne ved det dypeste punktet i innsjøen. For detaljer vedrørende algearter og typer henvises til **tabell 9**. Algebestemmelsene er utført av cand. real. Nils Bernt Andersen.

VIRKNING AV TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Siktedypet i en innsjø reflekterer vannfarge og mengden partikler i innsjøens øvre vannmasser. I Indrevatnet var siktedypet i 2009 på 4,2 m i gjennomsnitt, hvilket tilsier tilstandsklasse II = ”god” i henhold til SFT sitt klassifiseringssystem. Siktedypet var størst i juli da dyreplanktonet har spist mye av algene, og lavest i mai med 2.3 m da algemengdene var størst. Siktedypet påvirkes også av utvasking av humusstoffer i forbindelse med store nedbørmengder særlig på høsten (**figur 11**).

Innholdet av organisk stoff i overflatevannmassene lå i gjennomsnitt på 3,6 mg C/l gjennom sommeren, med høyeste måling i august på 4,7 mg C/l (**figur 11**). Dette er så vidt innenfor tilstandsklasse III = ”mindre god” i SFTs vurderingssystem for miljøkvalitet i ferskvann.



Figur 11. Månedlige målinger av siktedyp (til venstre) og av totalt organisk karbon TOC (til høyre) i Indrevatnet i 2009. Siktedypmålingene er gjort med en standard Secchi-skive ved det dypeste punktet, mens TOC er målt i de månedlige innsamlede blandprøvene fra overflatevannet.

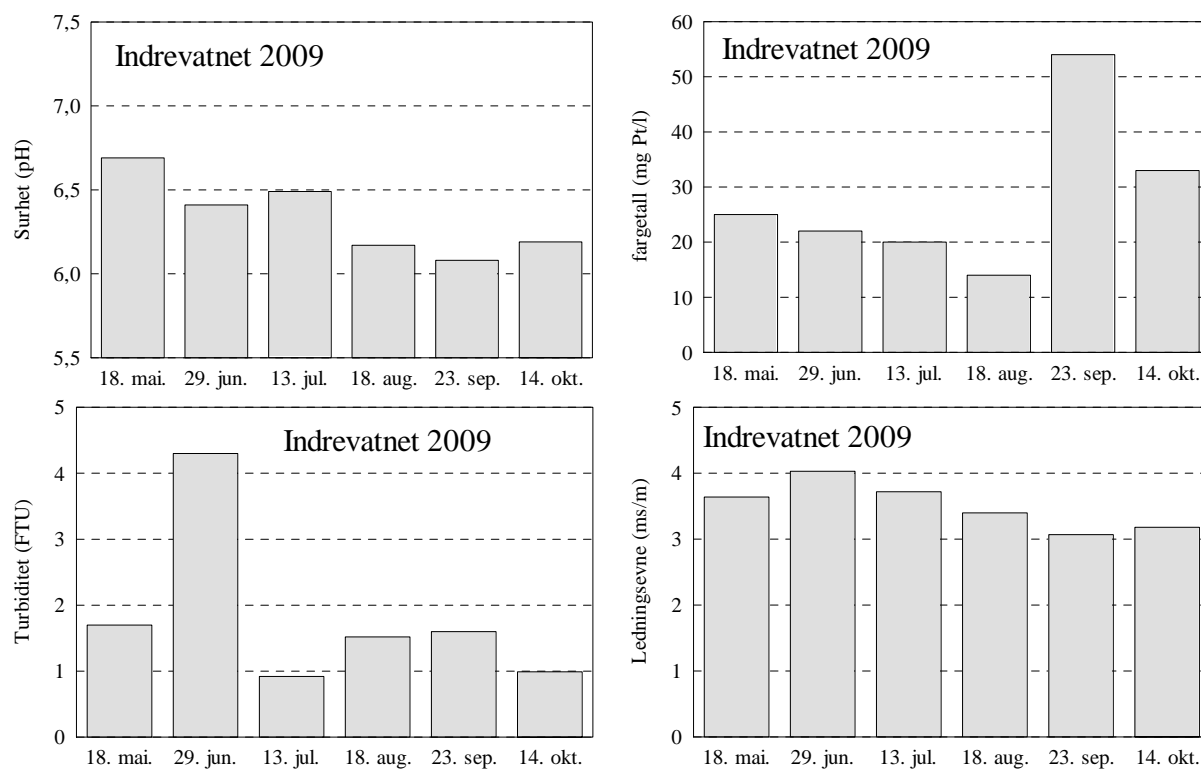
VANNKVALITET GENERELT

Surheten i vannet var lavest utover høsten, og laveste måling ble målt til pH=6,08 i september. Høyeste måling var 6,69 i mai, og denne variasjonen skyldes at pH påvirkes av algeproduksjon. Algene tar opp CO₂ og dermed skyves pH-verdiene oppover. Nedbryting og respirasjon puster ut CO₂, som dermed drar pH-verdiene nedover (**figur 12**).

Fargetallet skyldes i hovedsak tilførsler av humusstoffer fra nedbørfeltet, men også frigivesle av organiske stoffer ved nedbryting av innsjøens egenproduksjon på høsten. Et gjennomsnittlig fargetall på 28 mg Pt/l tilsvarer SFTs tilstandsklasse III = ”mindre god” (**figur 12**).

Turbiditeten er et mål på vannets innhold av partikler som reflekterer lys, og det var høyest i juni med over 4 FTU. Turbiditeten lå resten av tiden mellom 1 og 2 FTU, hvilket også er nokså høyt, med et gjennomsnitt tilsvarende SFTs tilstandsklasse III = ”mindre god” (**figur 12**).

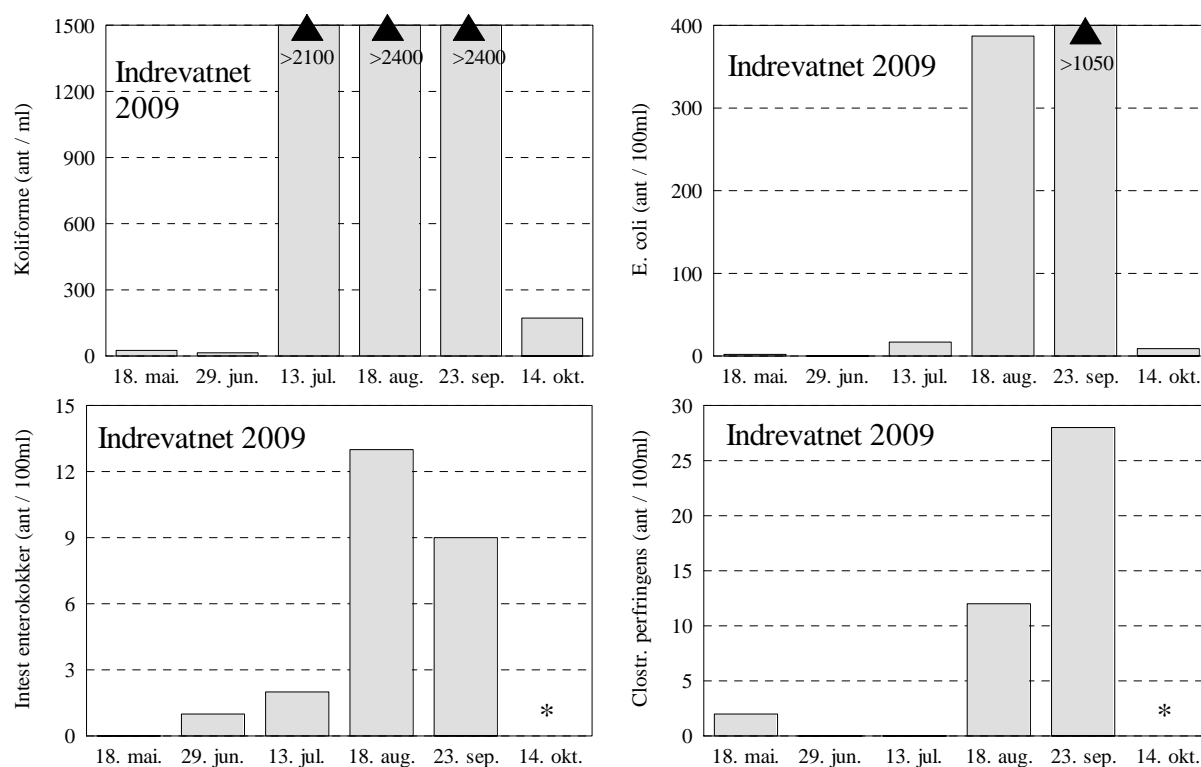
Ledningsevnen gjenspeiler innholdet av salter i vannet, og denne varierte mellom 3 og 4 mS/m gjennom sesongen (**figur 12**).



Figur 12. Surhet (øverst til venstre): fargetall (øverst til høyre), turbiditet (over til venstre) og ledningsevne (over til høyre) i månedlige prøver fra Indrevatnet mai til oktober 2009. Analysene er utført ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as.

INNHold AV TARBakterIER

Innholdet av tarmbakterier var meget høyt i Indrevatnet i forbindelse med nedbørperiodene i august og september, med "overvekst" av koliforme bakterier, og også svært høye verdier av *E.coli*. Høyeste verdi i september med 1046 / 100 ml tilsvarer SFTs klasse V= "meget dårlig". Intestinale enterokokker lever lenger enn *E.coli* i vann, *Clostridium perfringens* kan også overleve som sporer. Relativt høye forekomster av begge typene i august og september samtidig med høye *E.coli*-verdier, viser ikke annet enn at det var betydelige tilførsler i denne perioden. (figur 13).

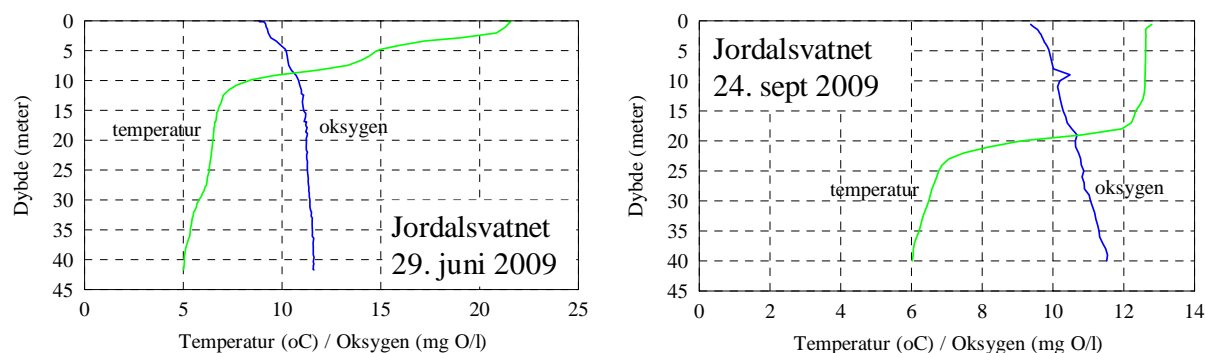


Figur 13. Innhold av tarmbakterier i Indrevatnet i månedlige prøver fra mai til oktober 2009. Øverst til venstre: koliforme bakterier, øverst til høyre *Escherichia coli*, over til venstre: Intestinale enterokokker og over til høyre: *Clostridium perfringens*. Analysene er utført ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as. *) viser manglende resultat pga feil ved analysene.

TILSTANDEN I JORDALSVATNET I 2009

TEMPERATURFORHOLD

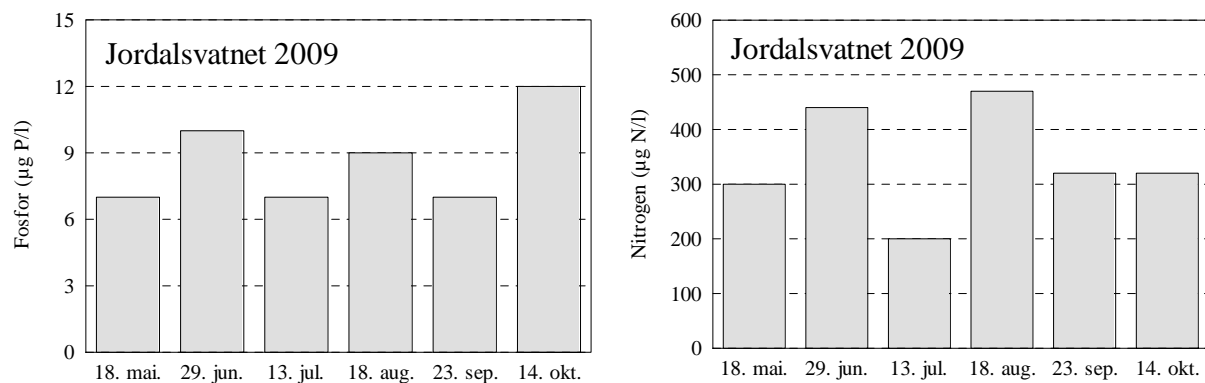
Det varme overflatelaget i Jordalsvatnet strakk seg i slutten av juni ned til 10 meters dyp, mens temperatursiktet i slutten av september lå på rundt 20 meters dyp. Oksygenverdiene viste ikke noe reduksjon mot dyppet ved noen av de to tidspunktene (**figur 14**), og dette er det vanlige i Jordalsvatnet.



Figur 14. Temperatur- og oksygenprofiler fra Jordalsvatnet 29.juni (til venstre) og 24.september (til høyre). Målingene er gjort med et nedsenkbart CTD-instrument som logget hvert 2. sekund.

VIRKNING AV TILFØRSLER AV NÆRINGSSTOFF

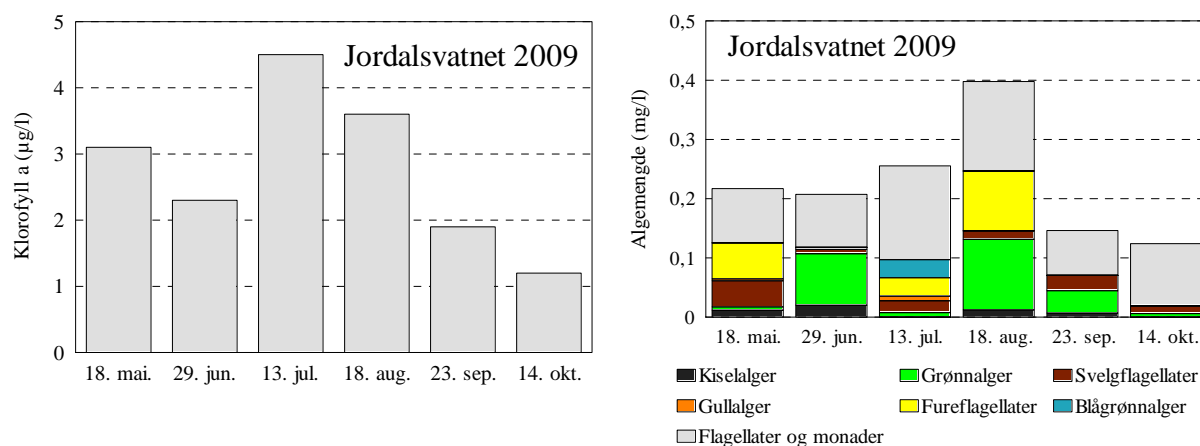
Jordalsvatnet var i 2009 næringsfattig, men i den øvre grense mot middels næringsrik. Gjennomsnittskonsentrasjonene av fosfor og nitrogen var henholdsvis 9 $\mu\text{g P/l}$ og 342 $\mu\text{g N/l}$ (**tabell 8 & figur 15**). Begge verdiene er klassifisert i tilstandsklasse II = "god" etter SFTs vurderingssystem for miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Næringsinnholdet varierte gjennom sesongen, uten noen klare tendenser.



Figur 15. Innhold av næringsstoffene fosfor (til venstre) og nitrogen (til høyre) i månedlige vannprøver fra Jordalsvatnet i 2009. Prøvene er tatt som blandeprøve fra de øverste seks meterne, og de er analysert av Chemlab Services AS.

Næringsrikhet gjenspeiler seg vanligvis både i mengde og sammensetning av algeplankton. Algemengden i Jordalsvatnet gjenspeilte næringsinnholdet. Innholdet av klorofyll a, som utgjør mengden "grønnfarge" i algene, hadde et gjennomsnitt på 2,8 $\mu\text{g Chl a/l}$, hvilket er klassifisert til SFTs tilstandsklasse II = "god" (**figur 16**). Analysert som algevolum var algemengdene lave, med et gjennomsnittlig algevolum på 0,22 mg/l og et største algevolum på 0,4 mg/l i august klassifiseres innsjøen som næringsfattig, tilsvarende I = "meget god" for gjennomsnittet og middels næringsrik, tilsvarende III = "mindre god" for maksimumet på våren, - etter Brettum (1989).

Kiselalger (Bacillariophyceae) er vanligst i første del av prøvetakingssesongen, og en finner ofte kiselalger i forbindelse med våroppblomstringen i innsjøer. Utover sommeren var det grønnalger som dominerte, mens flagellater og monader var vanlige hele sesongen. Blågrønnalger ble i liten grad funnet i 2009, med et moderat innslag i juli (**figur 16**). Blågrønnalger har vært observert i innsjøen ved tidligere undersøkelser.

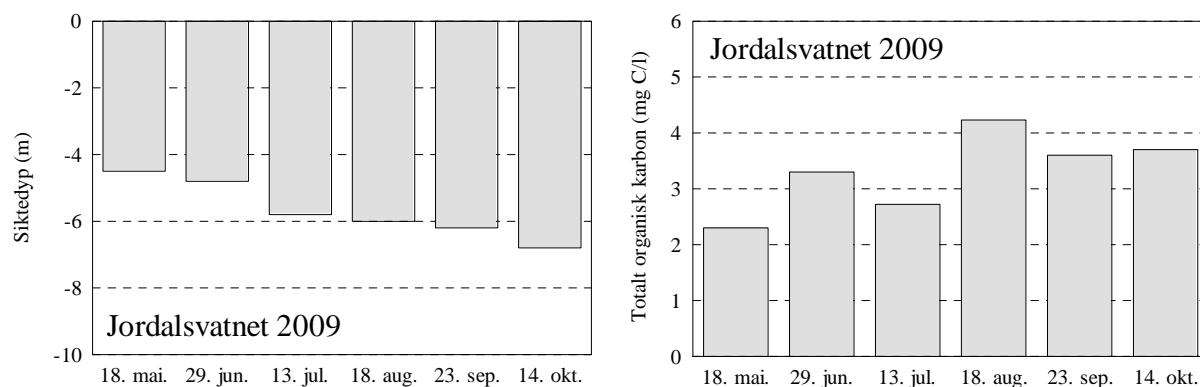


Figur 16. Innhold av klorofyll a (til venstre), og algemengder og algetyper (til høyre) i månedlige overflatevannprøver fra Jordalsvatnet sommeren 2009. Prøvene er tatt som blandeprøver de øverste seks meterne ved det dypeste punktet i innsjøen. For detaljer vedrørende algearter og typer henvises til **tabell 10**. Algebestemmelsene er utført av cand. real. Nils Bernt Andersen.

VIRKNING AV TILFØRSLER AV ORGANISK STOFF

Siktedypet i en innsjø reflekterer vannfarge og mengden partikler i innsjøens øvre vannmasser. I Jordalsvatnet var siktedypet på 5,7 m i gjennomsnitt, hvilket tilsier tilstandsklasse II = ”god” i henhold til SFT. Siktedypet var høyest utover mot slutten av sesongen, og lavest på våren i forbindelse med algeoppblomstringen (**figur 17**).

Innholdet av organisk stoff i overflatevannmassene lå i gjennomsnitt på 3,3 mg C/l gjennom sommeren, med høyeste måling i august på 24,2 mg C/l (**figur 17**). Dette er et lavt innhold av organisk materiale, og verdien ligger i klasse II = ”god”.



Figur 17. Månedlige målinger av siktedyp (til venstre) og av totalt organisk karbon TOC (til høyre) i Jordalsvatnet i 2009. Siktedypmålingene er gjort med en standard Secchi-skive ved det dypeste punktet, mens TOC er målt i de månedlige innsamlete blandprøvene fra overflatevannet.

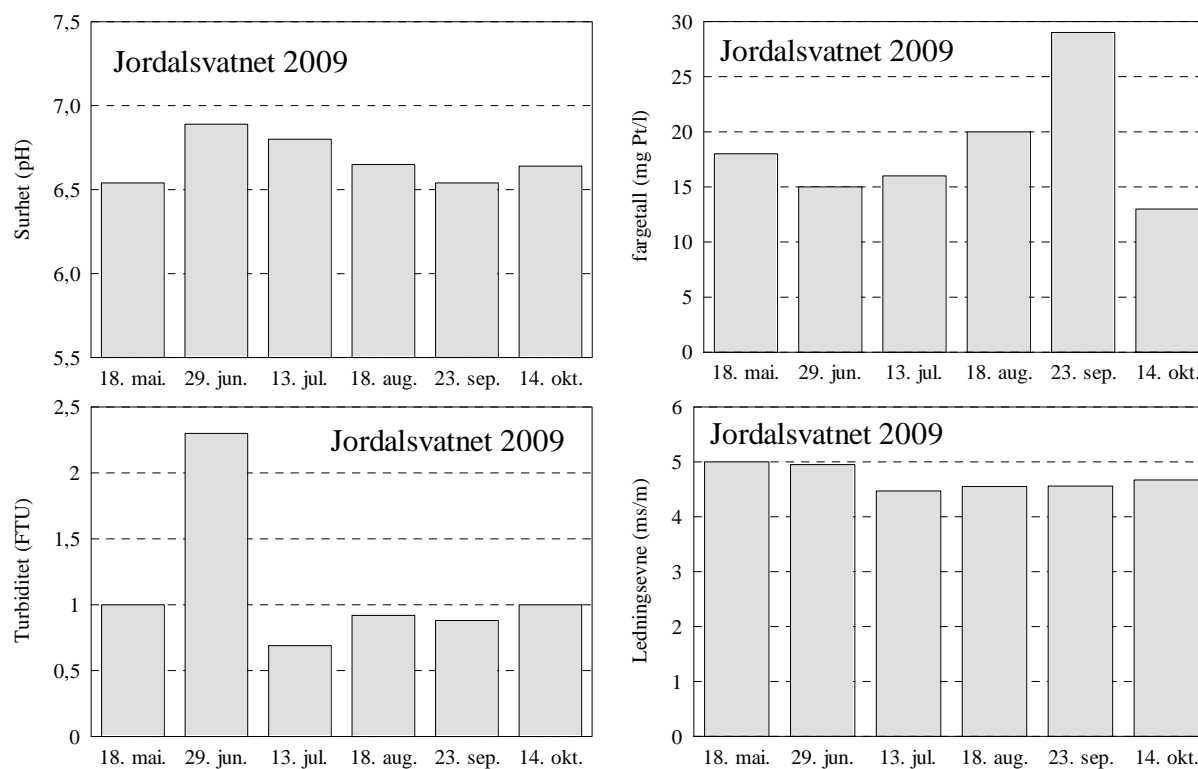
VANNKVALITET GENERELT

Surheten i vannet var lavest utover høsten, og laveste måling ble målt til pH=6,54 i september. Høyeste måling var 6,89 i juni, og denne variasjonen kan skyldes at pH påvirkes av forholdet mellom algeproduksjon og respirasjon. (**figur 18**).

Fargetallet skyldes i hovedsak tilførsler av humusstoffer fra nedbørfeltet, og var desidert høyest i september med 29 mg Pt/l. Et gjennomsnittlig fargetall på 19 mg Pt/l tilsvarer SFTs tilstandsklasse II = "god" (**figur 18**).

Turbiditeten er et mål på vannets innhold av partikler som reflekterer lys, og det var høyest i juni med over 2 FTU. Turbiditeten lå resten av tiden oppunder 1 FTU, hvilket også er nokså høyt, med et gjennomsnitt tilsvarende SFTs tilstandsklasse III = "mindre god" (**figur 18**).

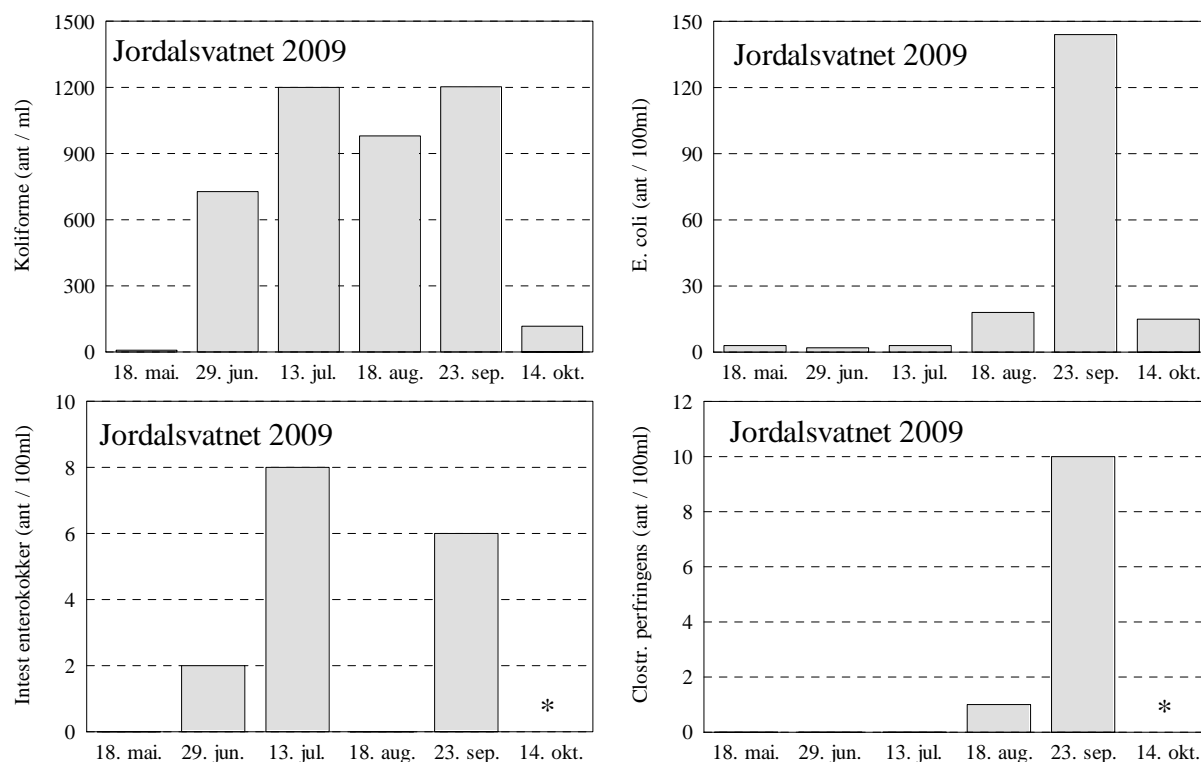
Ledningsevnen gjenspeiler innholdet av salter i vannet, og denne varierte lite mellom 4 og 5 mS/m gjennom sesongen (**figur 18**).



Figur 18. Surhet (øverst til venstre): fargetall (øverst til høyre), turbiditet (over til venstre) og ledningsevne (over til høyre) i månedlige prøver fra Jordalsvatnet mai til oktober 2009. Analysene er utført ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as.

INNHold AV TARBakterIER

Innholdet av tarmbakterier var meget høyt i Jordalsvatnet, særlig i forbindelse med nedbørperioden i september, med høye verdier av *E.coli*. Høyeste verdi i september med 144 / 100 ml tilsvarer SFTs klasse III= "mindre god". Intestinale enterokokker lever lenger enn *E.coli* i vann, og forekomsten i juli antyder noe "eldre" tilførsler av tarmbakterier siden det da var lave verdier av *E.coli*. *Clostridium perfringens* kan også overleve som sporer, men relativt høye forekomster av alle typene i september samtidig med høye *E.coli*-verdier, viser ikke annet enn at det var betydelige tilførsler i denne perioden. (figur 19).

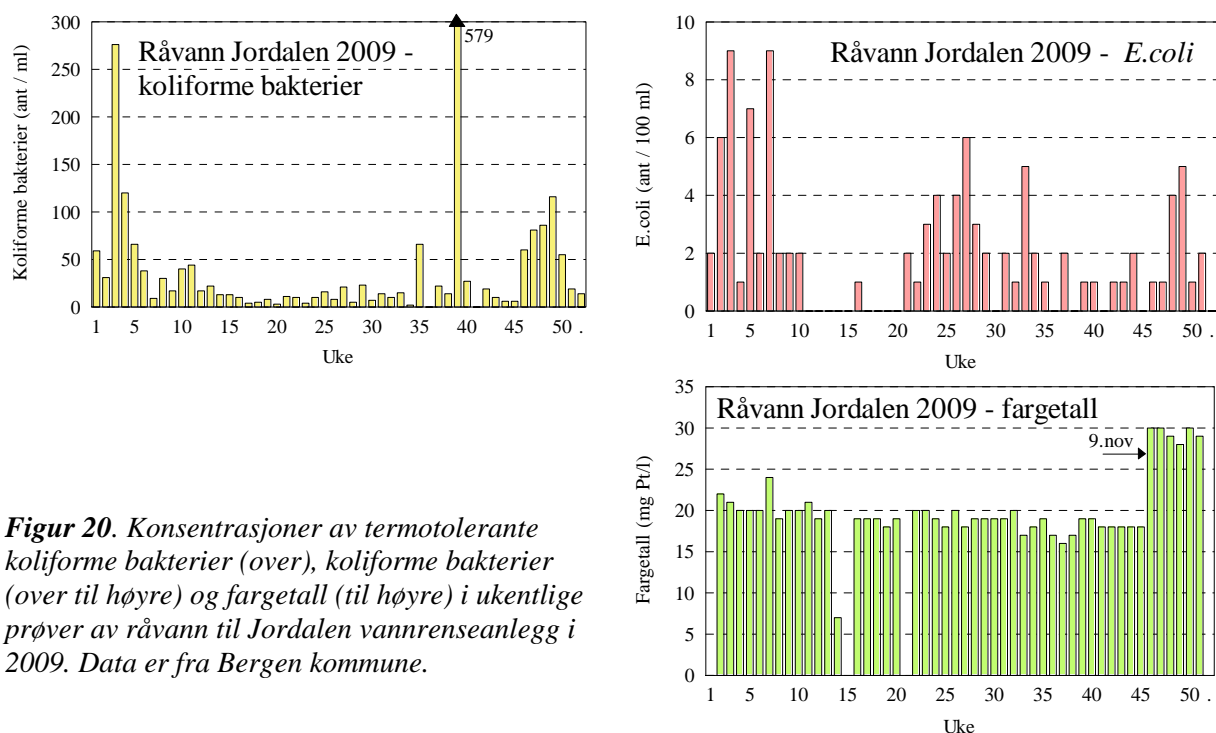


Figur 19. Innhold av tarmbakterier i Jordalsvatnet i månedlige prøver fra mai til oktober 2009. Øverst til venstre: koliforme bakterier, øverst til høyre *Escherichia coli*, over til venstre: Intestinale enterokokker og over til høyre: *Clostridium perfringens*. Analysene er utført ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as. *) viser manglende resultat pga feil ved analysene.

RESULTAT FRA UNDERSØKELSER VED VANNVERKET

Bergen kommune tar egne målinger av råvann fra Jordalsvatnet (**figur 20**). Råvannet er hentet fra omtrent 40 meters dyp. Forekomsten av både de koliforme bakteriene og *E.coli* i 2009 var høyest i ”vinterperioden” fra november til og med februar. Dette tilsvarer perioden med omrøring i vannmassene i innsjøen. I sjiktningssperioden på sommeren er det imidlertid også noe forekomst av særlig *E.coli* bakterier.

Fargetallet i innsjøen viste ikke samme mønster i 2009 som tidligere. Når omrøringen finner sted i november øker vanligvis fargetallet i vannet umiddelbart (**figur 20**), men det pleier å holde seg gjennom vinteren fram til våromrøringen i april. Vinteren 2009 var fargetallet det samme som gjennom sommeren. Lavest fargetall er det i sjiktningssperioden fra mai til oktober, men i 2009 var dette litt mindre markert enn vanlig.



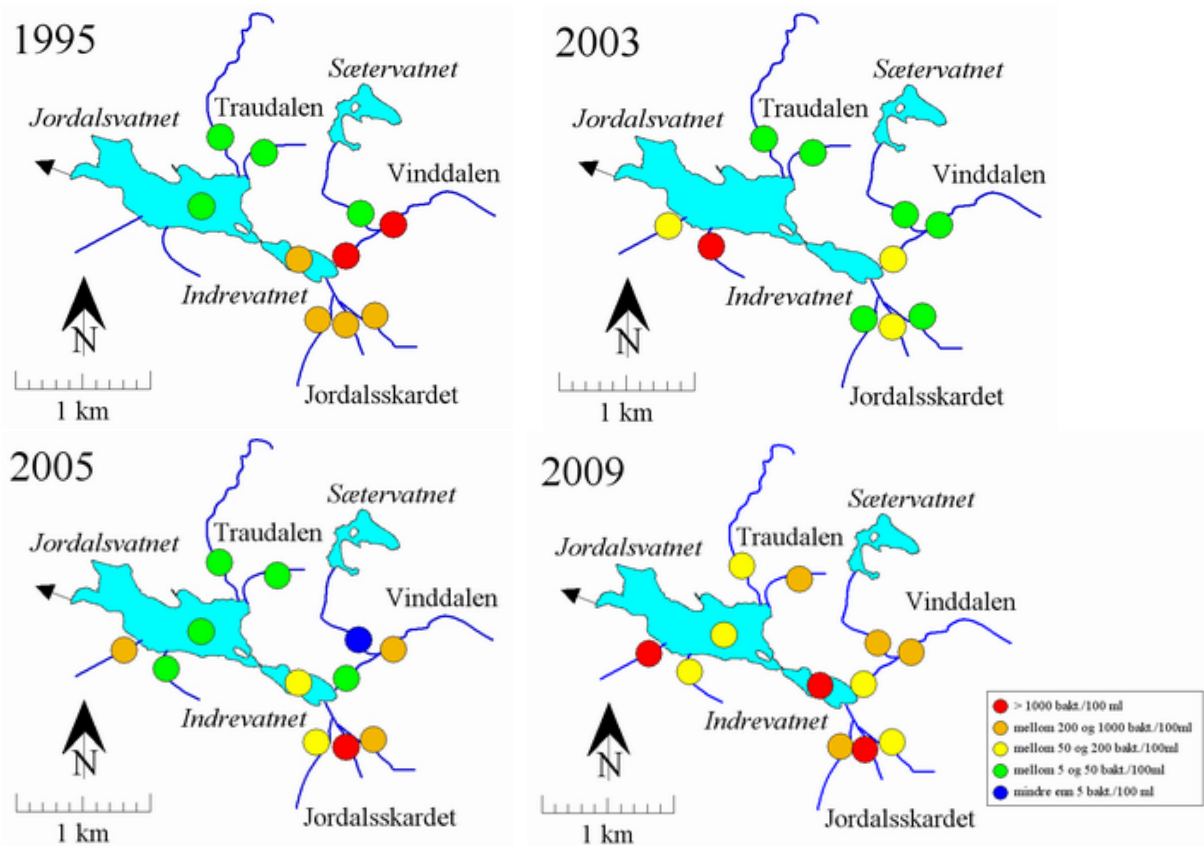
Figur 20. Konsentrasjoner av termotolerante koliforme bakterier (over), koliforme bakterier (over til høyre) og fargetall (til høyre) i ukentlige prøver av råvann til Jordalen vannrenseanlegg i 2009. Data er fra Bergen kommune.

VURDERING AV RESULTATENE

Jordalsvassdraget er tidligere undersøkt ved en rekke anledninger, tilbake til 1968 (Samdal mfl. 1969), 1970-72 (Samdal og Nygård 1972) og 1972-73 (Samdal og Nygård 1974) før etablering av Jordalen vannverk. I tillegg tok Næringsmiddeltilsynet for Bergen og omland jevnlig målinger i forbindelse med drikkevannsforsyningen tidligere. I 1994 gjorde ASPLAN VIAK en undersøkelse av kloakkeringsforholdene i nedbørfeltet til Jordalsvatnet og Indrevatnet (Skaar 1995), og det har videre vært foretatt undersøkelser jevnlig de siste årene for å avklare omfang og eventuell utvikling i vannkvalitet; i 1995 (Bjørklund & Johnsen 1995), i 1998/99 (Bjørklund 1999), i 2003/2004 (Bjørklund mfl. 2004) og i 2005 (Bjørklund 2006).

FORURENSNINGSTILFØRSLER BAKTERIER

Sommeren 2009 var det periodevis generelt høye konsentrasjoner av tarmbakterier av alle slag i tilførselsbekkene til Jordalsvassdraget, og særlig til Indrevatnet. Dette gav seg også utslag i høye konsentrasjoner ute på innsjøene. Prøvetakingen i 2009 gir ikke noen klare mønstre med hensyn på tarmbakterietilførslenes opphav. Høyest målinger var i juli etter en periode med relativt sparsomt med nedbør, mens det etter mye nedbør i september synes å være lavere konsentrasjoner og relativt "utvasket", bortsett fra noen få steder. De laveste tallene fra juni i en periode med fint vær og svært liten vannføring i vassdragene, tyder på at det ihvertfall ikke er store direkte tilførsler av kloakk eller gjødsel til vassdragene annet enn fra Vinddalen. Basert på høyeste målte verdi, var det mer *E.coli* i vassdragene i 2009 enn ved tidligere undersøkelser (**figur 21**).



Figur 21. Høyeste registrerte konsentrasjon av *E. coli* på de samme undersøkte stedene i Jordalsvassdraget i 1995, 2003, 2005 og i 2009.

Tidligere undersøkelser har vist at kloakk og landbruk er de største kildene for forurensningstilførsler til vassdraget (Bjørklund og Johnsen 1995, Bjørklund 1999, Bjørklund mfl 2006). Ved forrige prøvetaking i 2005 ble det ikke funnet særlige forskjeller mellom de øverste og nederste prøvepunktene i de ulike bekkene, så denne gangen ble det i hovedsak bare samlet inn ett punkt for hver bekk. Resultatene fra 2009 viste at det også i de tidligere relativt lite påvirkete bekkene var høyere verdier i 2009. Dette gjelder både bekkene i Traudalen og bekken fra Sætervannet. Bekken fra Vindalen var mest forurenset i 1995 mens det var storfe på beite der inne. Nivået i bekkene i fra Jordalsskardet er i prinsippet uforandret i perioden fra 1995 til 2009, med noe lavere målinger i 2003. Dette kan skyldes tilfeldigheter. Ellers er også tilstanden i innsjøene dårligere enn tidligere målt.

TILSTAND I INDREVATNET 2009

Sommeren 2009 var det periodevis meget varmt i overflaten i Indrevatnet, med 22 °C ved målingene i slutten av juni. Det ble ikke observert oksygenfrie forhold i Indrevatnet ved de to målingene av temperatur- og oksygenprofiler i 2009, men Indrevatnet er grunn og ligger meget vindeksponert til innerst i Jordalen, slik at det er vanlig å observere tilnærmet full omrøring i vannmassene her gjennom hele sommeren etter perioder med sterk vind. Det har ved samtlige tidligere undersøkelser vært observert kortvarige oksygenfrie forhold i dypvannet, og dette har høyst sannsynlig også vært tilfellet på høsten 2009.

Indrevatnet var i 2009 en middels næringsrik innsjø med SFT tilstandsklasse III = "mindre god" for innhold av fosfor og klasse II = "god" for nitrogen. Innholdet av fosfor i overflatevannprøvene økte utover ettersommeren og høsten, til høyeste måling på 27 µg P/l i september. Da var det imidlertid ikke noen topp i nitrogeninnholdet, noe som viser at det må ha vært nesten eksklusive tilførsler av fosfor til innsjøen. Dette kan skyldes eventuelle oksygenfrie forhold i dypvannet med tilhørende indre gjødsling med rene tilførsler av oppløst fosfor (fosfat). Ved målingene i august var det imidlertid forhøyete mengder av både fosfor og nitrogen til innsjøen, noe som tilsier eksterne tilførsler fra nedbørfeltet. Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor var da vel 20, noe som indikerer en svak dominans av fosforrike tilførsler.

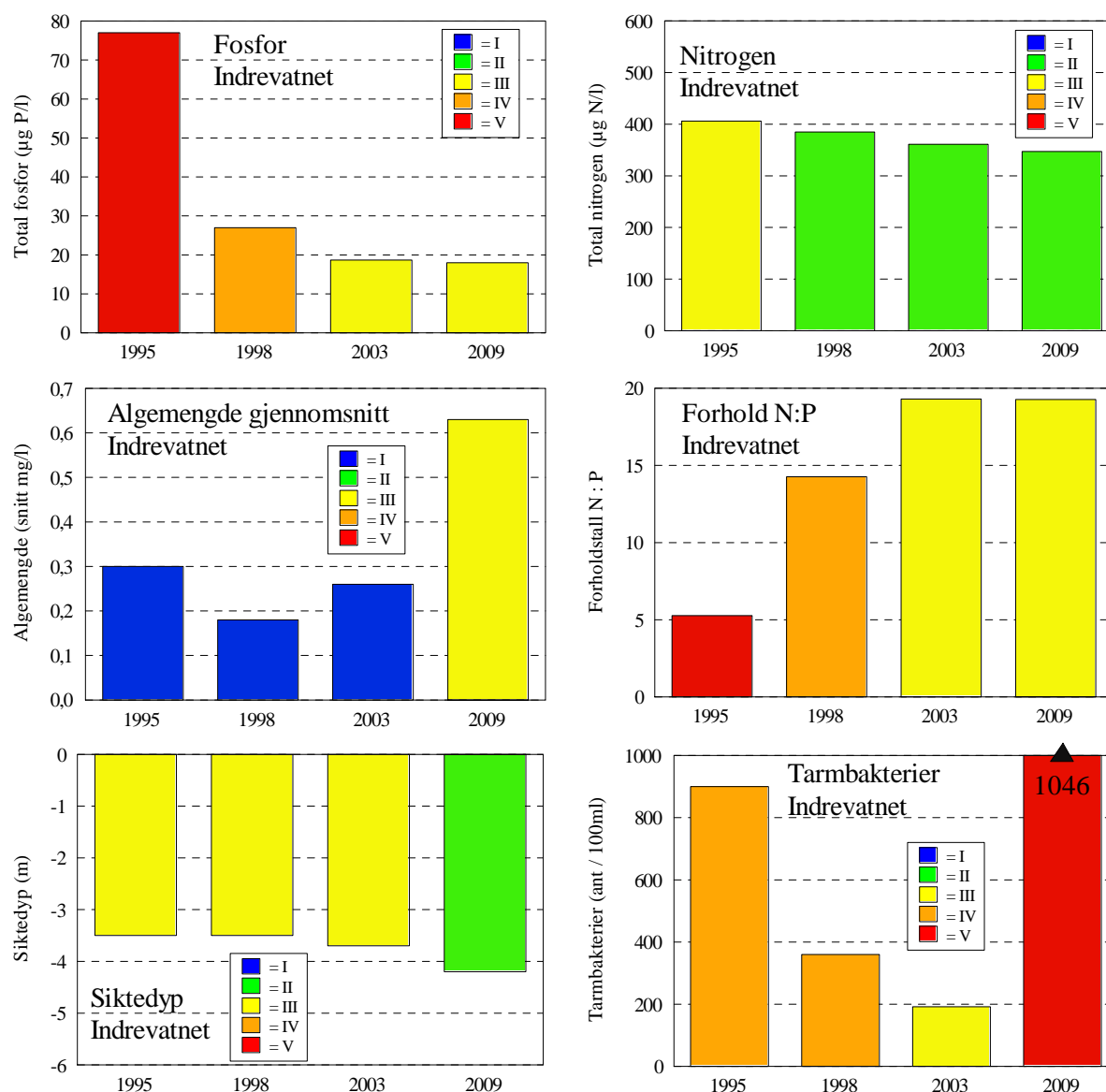
Algemengdene i Indrevatnet tilsvarer også middels næringsrike forhold (SFT = III), både med hensyn på høyeste mengde alger observert, for gjennomsnittlig mengde alger og for innholdet av algefargestoffet klorofyll a. Høyeste algemengde ble observert i mai, hvilket er naturlig tidspunkt for våroppblomstringen i innsjøer. Det var også en liten økning i algemengdene i august, hvilket er et normalt forløp i middels til næringsrike innsjøer, som mottar næringsmengder også utover sommeren. De høye mengdene fosfor i september gav ikke tilsvarende respons i algemengdene, siden dette er for seint på året.

Indrevatnet hadde i 2009 en "mindre god" (SFT=III) vannkvalitet med hensyn på innhold av organisk stoff. Dette omfatter et middels høyt fargetall, middels høyt innhold av organisk stoff (TOC) og et "godt" (SFT=II) siktedyp. Disse forholdene gjenspeiler både tilførsler av organisk stoff og innhold av alger i vannet. Fargetallet viser ofte til innhold av humusstoffer i vannet, som vaskes ut fra nedbørfeltet og særlig ved store nedbørmengder utover høsten.

Innholdet av tarmbakterier var periodevis høyt i Indrevatnet i 2009. Det var et svært høyt innhold av koliforme bakterier i prøvene fra juli til og med september, mens det var i august og september at de øvrige undersøkte bakteriene forekom i høye konsentrasjoner. Dette var i perioder med betydelige nedbørmengder, slik at det på forhånd hadde vært stor utvasking fra feltet til innsjøene. Ved prøvetakingen i slutten av september var det også en del dyr på beite rundt innsjøen.

UTVIKLING I INDREVATNET

Siden første måleserie i Indrevatnet i 1995, er næringsrikheten redusert fra tilstand V til III for fosfor og fra III til II for nitrogen. Forholdstallet mellom de to har endret seg fra vel 5 til nærmere 20. Dette forholdet antydnet i 1995 at innsjøen var utsatt for store fosforrike tilførsler av gjødsel eller kloakk, mens nivået i 2009 fremdeles antyder slikt, men i mye mindre omfang. Algemengdene har tidligere vært relativt lave, tilsvarende tilstandsklasse I, men i 2009 var de høyere og gjenspeiler sannsynlig indre gjødsling med tilførsler av fosfat som gir umiddelbar respons for algene. Gjennomsnittlig siktedyp er noe bedre enn tidligere, mens høyeste innhold av tarmbakterier altså er høyere enn noensinne (**figur 22**).



Figur 22. Utvikling i Indrevatnet siden første undersøkelsen i 1995 med hensyn på gjennomsnittlig innhold av næringssaltene fosfor (oppe til venstre) og nitrogen (oppe til høyre), gjennomsnittlig algemengde (midten til venstre), forhold N:P (midten til høyre), gjennomsnittlig siktedyp (nede til venstre) og høyeste innhold av tarmbakterien *E.coli* (nede til høyre).

TILSTAND I JORDALSVATNET 2009

Vannkvaliteten i Jordalsvatnet er generelt mye bedre enn i Indrevatnet, men siden Indrevatnet sørger for omtrent 70 % av tilrenningen til Jordalsvatnet, vil ikke vannkvaliteten i Jordalsvatnet være helt uavhengig av naboen. Men fremdeles synes de største tilførslene å komme til Indrevatnet.

Også i Jordalsvatnet var det periodevis meget varmt i overflaten, med 22 °C ved målingene i slutten av juni. Det varme overflatesjiktet var da omtrent 10 meter dypt, mens det ved målingene i september var hele 20 meter tykt. Det var aldri antydning til oksygenvinn nedover i dypvannet i Jordalsvatnet ved de to måletidspunktene i 2009.

Jordalsvatnet var i 2009 en næringsfattig innsjø med SFT tilstandsklasse II = "god" for innhold av fosfor og nitrogen. Innholdet av fosfor i overflatevannprøvene varierte utover sesongen mellom 7 µg/l og helt opp i 12 µg/l i oktober. Denne høyeste målingen kan skyldes tilførsler fra Indrevatnet i ukene forut, da konsentrasjonene der var høyest i september og oktober. Det var imidlertid ikke noen topp i nitrogeninnholdet i denne perioden. Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor var i oktober på 25, mens gjennomsnittet for hele sesongen var på 38. Dette viser at det på slutten av sesongen var tilførsler av noe mer fosforrikt slag også til Jordalsvatnet.

Algemengdene i Jordalsvatnet samsvarer med innholdet av næringssalter, og tilsvarer også næringsfattige forhold (SFT = II), - det som tidligere ble kalt oligomesotroft, - overgangen mellom helt næringsfattige (oligotrof) og middels næringsrikt (mesotroft). Høyeste mengde alger observert tilsvarte grensen mellom SFT = II og III, mens gjennomsnittlig mengde alger tilsvarte SFT = I. Innholdet av alge-fargestoffet klorofyll a tilsvarte SFT = II. Høyeste algemengde ble observert i august og ikke i mai, hvilket ikke er naturlig tidspunkt for algeoppblomstringen i næringsfattige innsjøer. Mengden var imidlertid lavere enn det som på samme tid ble observert i Indrevatnet, samtidig som det var god tilrenning i perioden forut for prøvetakingen. Algeoppblomstringen i august i Jordalsvatnet skyldes dermed høyst sannsynlig utvasking av alger fra Indrevatnet.

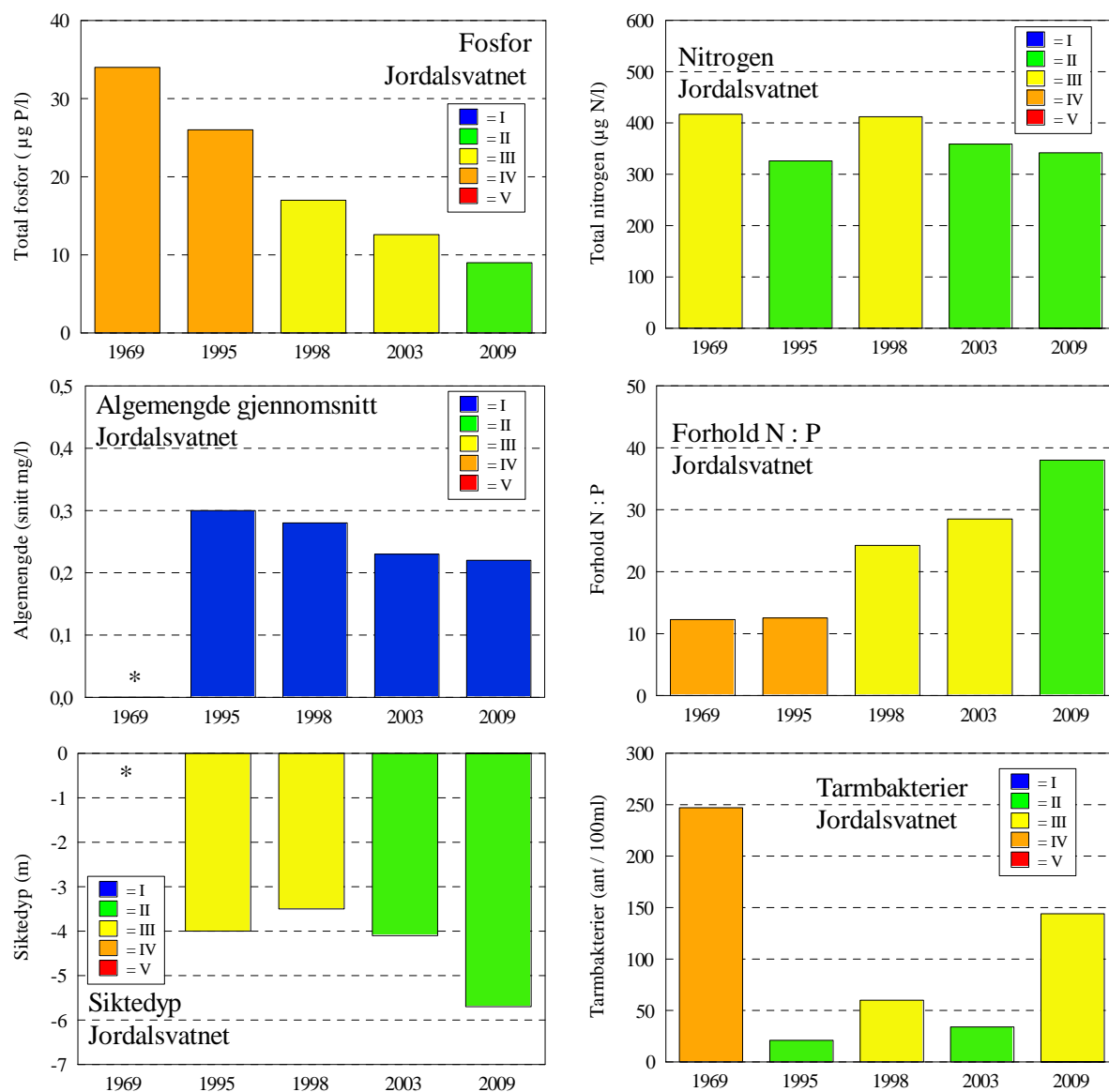
Jordalsvatnet hadde i 2009 en "god" (SFT = II) vannkvalitet med hensyn på innhold av organisk stoff. Dette omfatter et nokså lavt fargetall og innhold av organisk stoff (TOC) samt et "godt" (SFT = II) siktedyp. Disse forholdene gjenspeiler både tilførsler av organisk stoff og innhold av alger i vannet, og Jordalsvatnet er på alle måter en mer klar og næringsfattigere innsjø enn Indrevatnet.

Innholdet av tarmbakterier var periodevis høyt også i Jordalsvatnet i 2009. Det var et svært høyt innhold av koliforme bakterier i prøvene fra juni til og med september, mens det var særlig i september at de øvrige undersøkte bakteriene forekom i høye konsentrasjoner. Dette var i perioder med betydelige nedbørmengder, slik at det på forhånd hadde vært stor utvasking fra feltet til innsjøene, samtidig som det er store tilførsler fra Indrevatnet. Det var uansett lavere konsentrasjoner enn i Indrevatnet, noe en skal vente for disse relativt kortlivete bakteriene dersom hovedtilførslene skjer til Indrevatnet. De koliforme bakteriene lever lenger, og reflekterer derfor noe eldre tilførsler til innsjøen.

UTVIKLING I JORDALSVATNET

Vannkvaliteten i Jordalsvatnet har i alle år vært bedre enn i Indrevatnet, både fordi innsjøen er større og ikke minst dypere uten indre gjødsling. Dessuten skjer de største tilførslene fremdeles til Indrevatnet, som så fører dem videre til Jordalsvatnet.

I Jordalsvatnet ser en imidlertid også en jevn utvikling mot lavere næringsrikhet, som er jevnt redusert fra tilstand IV til II for fosfor og fra III til II for nitrogen. Forholdstallet mellom de to har endret seg fra vel 12 til nærmere 40, hvilket antyder at innsjøen i dag er lite preget av fosforrike tilførsler som kloakk og gjødsel, noe den imidlertid har vært tidligere. Algemengdene er lavere enn noensinne, men har i perioden siden 1995 ligget i tilstandsklasse I. Gjennomsnittlig siktedyp er også blitt jevnt bedre, mens også i Jordalsvatnet var høyeste innhold av tarmbakterier siden 1969 (**figur 23**).



Figur 23. Utvikling i Jordalsvatnet siden første undersøkelsen i 1969 med hensyn på gjennomsnittlig innhold av næringssaltene fosfor (oppe til venstre) og nitrogen (oppe til høyre), gjennomsnittlig algemengde (midten til venstre), forhold N:P (midten til høyre), gjennomsnittlig siktedyp (nede til venstre) og høyeste innhold av tarmbakterien *E.coli* (nede til høyre).

KONKLUSJON

Utviklingen i Jordalsvassdraget har vært positiv med hensyn på redusert næringsbelastning, og særlig gjelder dette for Jordalsvatnet. Indrevatnet mottar fremdeles betydelige tilførsler av tarmbakterier, men det er sannsynligvis forholdene knyttet til indre gjødsling med tilførsler av næringsstoff utover sommeren fra innsjøens sediment og dypvann, som gjør at næringsrikheten i denne innsjøen ikke er så markert redusert som i Jordalsvatnet (**tabell 4**).

Indrevatnet har likevel i perioden fått redusert næringstilførslene slik at tilstanden er gått fra farenivå 2 = "fare på ferde" til farenivå 1 = "begynnende eutrofiering". Jordalsvatnet har de siste årene utviklet seg fra farenivå 1 = "begynnende eutrofiering" til "utenfor fare". Med de gjennomførte kloakksaneringstiltak og foreslåtte klausuleringsjusteringer for nedbørfeltet, burde vannkilden være godt sikret.

Tabell 4. Utvikling i vannkvalitet i henhold til SFT (1997) for Indrevatnet og Jordalsvatnet..

År	ant	Næringsrikhet						Organisk stoff				Bakterier			
		Fosfor		Nitrogen		Klorofyll a		TOC		Siktedyp		O ₂ dypvann		Indre	Jordal
		Indre	Jordal	Indre	Jordal	Indre	Jordal	Indre	Jordal	Indre	Jordal	Indre	Jordal		
1969			IV		III									IV	
1995	6	V	IV	III	II			III	III	V	I	IV	II		
1998	6	IV	III	II	III	III	II	III	III	V	I	IV	III		
2003	6	III	III	II	II	III	II	III	II	V	I	III	II		
2009	6	III	II	II	II	III	II	III	II	V	I	V	III		

VEDLEGGSTABELLER FOR RESULTAT FRA 2009

Tabell 5. Bakteriologiske analyseresultater fra de største innløpselvene til Indrevatnet og Jordalsvatnet. Analysene er utført av Chemlab Services as. For nærmere lokalitetsbeskrivelse se kartet i **figur 4** på side 12.

	Kart referanse	Koliforme bakterier				<i>Escherichia coli</i>			
		2.juni	22.juli	19.aug	30.sep	2.juni	22.juli	19.aug	30.sep
Elv fra Jordalsskardet	1	79	1120	517	649	7	435	12	45
	2	101	2420	1120	1300	44	1203	649	37
	3	68	1120	1733	687	10	194	66	10
Elv fra Vindalen	4	69	2420	387	204	1	249	30	0
	5	411	>2420	517	1733	56	192	12	387
	6	121	2420	649	579	6	72	24	130
Elv fra Traudalen	7	28	579	248	387	0	65	5	10
Østre elv ved Traudalen	8	38	517	1733	461	0	12	201	88
Elv ved Øvre Eide	9	115	649	>2400	>2400	0	133	10	>2400
Bekk fra skog	10	308	421	488	517	2	50	32	1

Tabell 6. Bakteriologiske analyseresultater fra de tre største innløpselvene til Indrevatnet og Jordalsvatnet. Analysene er utført av Chemlab Services AS. For nærmere lokalitetsbeskrivelse se kartet i **figur 4** på side 12.

	Kart referanse	Intestinale enterokokker				<i>Clostridium perfringens</i>			
		2.juni	22.juli	19.aug	30.sep	2.juni	22.juli	19.aug	30.sep
Elv fra Jordalsskardet	1	5	82	20	1	0	2	1	4
	2	3	65	36	9	1	25	6	7
	3	2	50	25	2	0	0	11	0
Elv fra Vindalen	4	0	130	5	2	0	7	0	0
	5	25	28	36	1	7	2	4	9
	6	1	113	18	1	0	4	1	2
Elv fra Traudalen	7	3	109	15	0	0	2	0	1
Østre elv ved Traudalen	8	3	>1000	30	13	0	9	21	4
Elv ved Øvre Eide	9	0	99	17	5	0	4	2	75
Bekk fra skog	10	1	87	12	0	0	0	1	0

Tabell 7. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater, samt siktedyp, fra overflatevannet i **Indrevatnet** ved seks tidspunkt i 2009. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. De vannkjemiske prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-4 meters dyp, den bakteriologiske prøven er tatt på 0,1 meters dyp. Samtlige analyser er utført av Chemlab Services AS,

PARAMETER	ENHET	18. mai	29. juni	13. juli	19. aug	24. sep	14.okt
Surhet	pH	6,69	6,41	6,49	6,17	6,08	6,19
Farge	mg Pt/l	25	22	20	14	54	33
Turbiditet	F.T.U.	1,7	4,3	0,92	1,52	1,6	0,99
Ledningsevne	mS/m	3,64	4,03	3,72	3,40	3,07	3,18
Total-fosfor	µg P/l	16	4	15	24	27	21
Total-nitrogen	µg N/l	401	320	260	510	300	290
TOC	mg C/l	2,5	3,9	3,05	4,69	4,5	3,1
Klorofyll a	µg/l	22	2,9	5,6	6,0	1,4	0,6
Siktedyp	M	2,3	4,1	5,2	4,5	4,1	4,8
Koliforme bakt.	ant/100ml	25	14	>2100	>2400	>2400	172
<i>E.coli</i>	ant/100ml	2	0	17	387	1046	9
Intestinale enterokokker	ant/100ml	0	1	2	13	9	-
<i>Clostridium perfringens</i>	ant/100ml	2	0	0	12	28	-

Tabell 8. Bakteriologiske og vannkjemiske analyseresultater, samt siktedyp, fra overflatevannet i **Jordalsvatnet** ved seks tidspunkt i 2009. Prøvene er tatt ved innsjøens dypeste punkt. De vannkjemiske prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp, den bakteriologiske prøven er tatt på 0,1 meters dyp.

PARAMETER	ENHET	18. mai	29. juni	13. juli	19. aug	24. sep	14.okt
Surhet	pH	6,54	6,89	6,80	6,65	6,54	6,64
Farge	mg Pt/l	18	15	16	20	29	13
Turbiditet	F.T.U.	1,0	2,3	0,69	0,92	0,88	1,0
Ledningsevne	mS/m	5,00	4,95	4,47	4,55	4,56	4,67
Total-fosfor	µg P/l	7	10	7	9	7	12
Total-nitrogen	µg N/l	300	440	200	470	320	320
TOC	mg C/l	2,3	3,3	2,72	4,23	3,6	3,7
Klorofyll a	µg/l	3,1	2,3	4,5	3,6	1,9	1,2
Siktedyp	M	4,5	4,8	5,8	6,0	6,2	6,8
Koliforme bakt.	ant/100ml	8	727	1200	980	1203	117
<i>E.coli</i>	ant/100ml	3	2	3	18	144	15
Intestinale enterokokker	ant/100ml	0	2	8	0	6	
<i>Clostridium perfringens</i>	ant/100ml	0	0	0	1	10	

Tabell 9. Algeresultater fra **Indrevatnet** i 2009. Algeantall er oppgitt som millioner celler pr. liter og algevolum som mg pr. liter. Prøvene er tatt som blandeprøve fra de øverste fire meterne ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Indrevatnet 2009	18. mai. 2009		29. jun. 2009		13. jul. 2009		18. aug. 2009		23. sep. 2009		14. okt. 2009	
BACILLARIOPHYCEAE												
Ubestemte pennate diatomeer	2.000	0,0005										
CHLOROPHYCEAE												
Ankyra judai											31.000	0,003
Crucigenia sp.							184.000	0,0092				
Dictyosphaerium sp.			28.000	0,0018								
Elakatothrix sp.					31.000	0,0031						
Monoraphidium sp.					153.000	0,0153						
Planktosphaeria sp.			31.000	0,0155								
Spirogyra sp. (kolonier)							8.000	0,008				
Sphaerocysis sp.	92.000	0,0104	86.000	0,0155	116.000	0,0131						
Staurodesmus sp.	92.000	0,184										
Chlorophyceae spp.			2.000	0,0005	61.000	0,0153						
CRYPTOPHYCEAE												
Cryptomonas sp.	31.000	0,031					31.000	0,031				
Rhodomonas sp.	551.000	0,0468	184.000	0,0156	92.000	0,0078			367.000	0,0312	92.000	0,0078
CHRYSOPHYCEAE												
Dinobryon bavaricum							61.000	0,0092				
Dinobryon borgei					31.000	0,0031						
Dinobryon divergens	61.000	0,0092										
Dinobryon spp.					6.1000	0,0092						
Mallomonas sp.	31.000	0,031										
Synura sp.			2.000	0,001								
DINOPHYCEAE												
Gymnodinium sp.	92.000	0,046										
Peridinium sp.					2.000	0,002	31.000	0,031				
Dinoflagellat sp.	31.000	0,0155										
EUGLENOPHYCEA												
Euglena sp.					31.000	0,031						
CYANOPHYCEAE												
Aphanocapsa sp. (kol)							31.000	0,0078				
Planktothrix sp. (kol)							4.000	0,002				
FLAGELLATER OG MONADER												
Ubest flagellater < 5 µm	6.337.000	0,2091	2.332.000	0,0236	3.042.000	0,0426	5.432.000	0,076	1.943.000	0,0272	1.943.000	0,0272
Ubest flagellater > 5 µm	18.252.000	2,0625	337.000	0,0381	1521.000	0,1719	2.789.000	0,3152	428.000	0,0484	398.000	0,045
SAMLET												
Sum	25.572.000	2,646	3.002.000	0,1116	5.141.000	0,3144	8.571.000	0,4894	2.738.000	0,1068	2.464.000	0,083

Tabell 10. Algeresultater fra **Jordalsvatnet** i 2009. Algeantall er oppgitt som millioner celler pr. liter og algevolum som mg pr. liter. Prøvene er tatt som blandeprøve fra de øverste seks meterne ved innsjøens dypeste punkt. Prøvene er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Jordalsvatnet 2009	18. mai. 2009		29. jun. 2009		13. jul. 2009		18. aug. 2009		23. sep. 2009		14. okt. 2009	
BACILLARIOPHYCEAE												
Melosira sp.	15.000	0,0038										
Ubestemte pennate diatomeer			61.000	0,0122			61.000	0,0122	2.000	0,0005		
Ubestemte sentriske diatomeer	31.000	0,0078	31.000	0,0078					31.000	0,0062		
CHLOROPHYCEAE												
Ankistrodesmus sp.	1.500	0,0008										
Ankyra judai									61.000	0,0061	61.000	0,0061
Closterium sp.					2.000	0,0004						
Cosmaraium sp.									31.000	0,031		
Crucigenia sp.							8.507.000	0,1191				
Crucigeniella sp.			40.000	0,004								
Elakatothrix sp.					31.000	0,0031			8.000	0,0008		
Monoraphidium sp.					31.000	0,0016						
Planktosphaeria sp.	2.000	0,001										
Spirogyra sp. (kolonier)			2.000	0,004								
Sphaerocystis sp.			70.000	0,0791	22.000	0,0025						
Staurodesmus sp.	2.000	0,004										
CRYPTOPHYCEAE												
Cryptomonas sp.	31.000	0,031	2.000	0,002	6000	0,006	4000	0,004				
Rhodomonas sp.	153.000	0,013	61.000	0,0052	122.000	0,014	122.000	0,0104	306.000	0,026	153.000	0,013
CHRYSOPHYCEAE												
Dinobryon borgei	31.000	0,0031										
Dinobryon crenulatum			31.000	0,0031	31.000	0,0031						
Dinobryon divergens					31.000	0,0047						
DINOPHYCEAE												
Gymnodinium sp.	6.1000	0,061					61.000	0,061				
Peridinium sp.							2.000	0,04				
Dinoflagellat sp.					31.000	0,031						
CYANOPHYCEAE												
Aphanocapsa sp. (kolonier)					122.000	0,0305						
FLAGELLATER OG MONADER												
Ubest flagellater < 5 µm	1.836.000	0,0257	1.389.000	0,0194	1.579.000	0,0221	4.867.000	0,0681	2.662.000	0,0373	3.042.000	0,0426
Ubest flagellater > 5 µm	1.010.000	0,0657	620.000	0,0701	1.206.000	0,1363	734.000	0,0829	337.000	0,0381	551.000	0,0623
SAMLET												
Sum	3.173.500	0,2169	2.309.000	0,2072	3.214.000	0,2553	14.358.000	0,3977	3.438.000	0,146	3.807.000	0,124

LITTERATUR REFERANSER

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.
NIVA rapport nr. 2367, 130 sider. ISBN 82-577-1653-7.

BJØRKLUND A.E. 1995

Vurdering av Jordalsvatnets indre- og ytre basseng i forbindelse med konsesjonssøknad om
drikkevannskilde.
Rådgivende Biologer, rapport 154, 21 sider. ISBN 82-7658-049-1.

BJØRKLUND A.E. 1999

Undersøkelse av Jordalsvassdraget i 1998/99.
Rådgivende Biologer, rapport 384, 54 sider. ISBN 82-7658-244-3.

BJØRKLUND A.E. & G.H. JOHNSEN 1995

Undersøkelse av Indrevatnet og Jordalsvatnet sommeren 1995.
Rådgivende Biologer, rapport 208, 54 sider. Ikke ISBN nummerert.

BJØRKLUND, A.E. & G.H. JOHNSEN 2007.

Vurdering av tiltak i landbruket for å redusere forurensninger til Jordalsvassdraget.
Rådgivende Biologer AS, rapport 960, 19 sider, ISBN 978-82-7658-512-4.

BJØRKLUND, A.E., G.H. JOHNSEN OG E. BREKKE 2004.

Undersøkelser i Jordalsvassdraget i 2003-04.
Rådgivende Biologer as. Rapport nr 698, 46 sider.

BRETTUM, P. 1989.

Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton.
NIVA-rapport nr. 2344, 11 sider. ISBN 82-577-1627-8.

BRAATEN, B., T. JOHNSEN, T. KÄLLQVIST & A. PEDERSEN 1992.

Biologisk tilgjengelighet av næringssalttilførsler 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 trofistilstanden i 355 innsjøer i Norge.
NIVA-rapport 2355, 57 sider, ISBN 82-577-1638-3.

HOLTAN, H. & S.O. ÅSTEBØL 1990.

Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. Revidert.
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. & T. TORSTEINSEN 2009.
Forslag til og evaluering av konkrete tiltak innen landbruket ved eventuell ny klausulering av nedbørfeltet til Jordalsvatnet
Rådgivende Biologer AS, rapport 1192, 26 sider+kartvedlegg. ISBN 978-82-7658-665-7
- LARSSON, P. 1986.
Økologiske forutsetninger for oppdrett av laksesmolt i innsjøer. Prosjektets sluttrapport.
Prosjektrapport 1/1986, Zoologisk Museum, Universitetet i Bergen.
- NVE 2002
Avrenningskart over Norge. Referanseperiode 1961 -1990.
NVE. Hydrologisk avdeling, Kartblad nr. 1.
- ROGNERUD, S., BERGE, D. & JOHANNESSEN, M. 1979.
Telemarkvassdraget, hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975 - 1979.
NIVA rapport nr. O-70112, 82 sider.
- SAMDAL, J.E., O. SKULBERG & J.J. NYGAARD 1969
Vurdering av vannkilder i Åsane kommune.
NIVA rapport nr. O-79/68, 52 sider.
- SAMDAL, J.E. & J.J. NYGAARD 1972
Undersøkelser i Jordalsvatnet 1970 - 1972. NIVA rapport nr. O-79/68, 25 sider.
- SAMDAL, J.E. & J.J. NYGAARD 1974
Undersøkelser i Jordalsvatnet 1972 - 1973. NIVA rapport nr. O-79/68, 14 sider.
- SKAAR, T. 1995
Jordalsvatnet. Tilstandsundersøkelse for eiendommer med privat kloakkløsning i Jordalsvatnets nedbørfelt. Asplan Viak Bergen, hefte-nr. 7410, 27 sider.
- SFT 1997
Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - veiledning nr. 97:04.
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