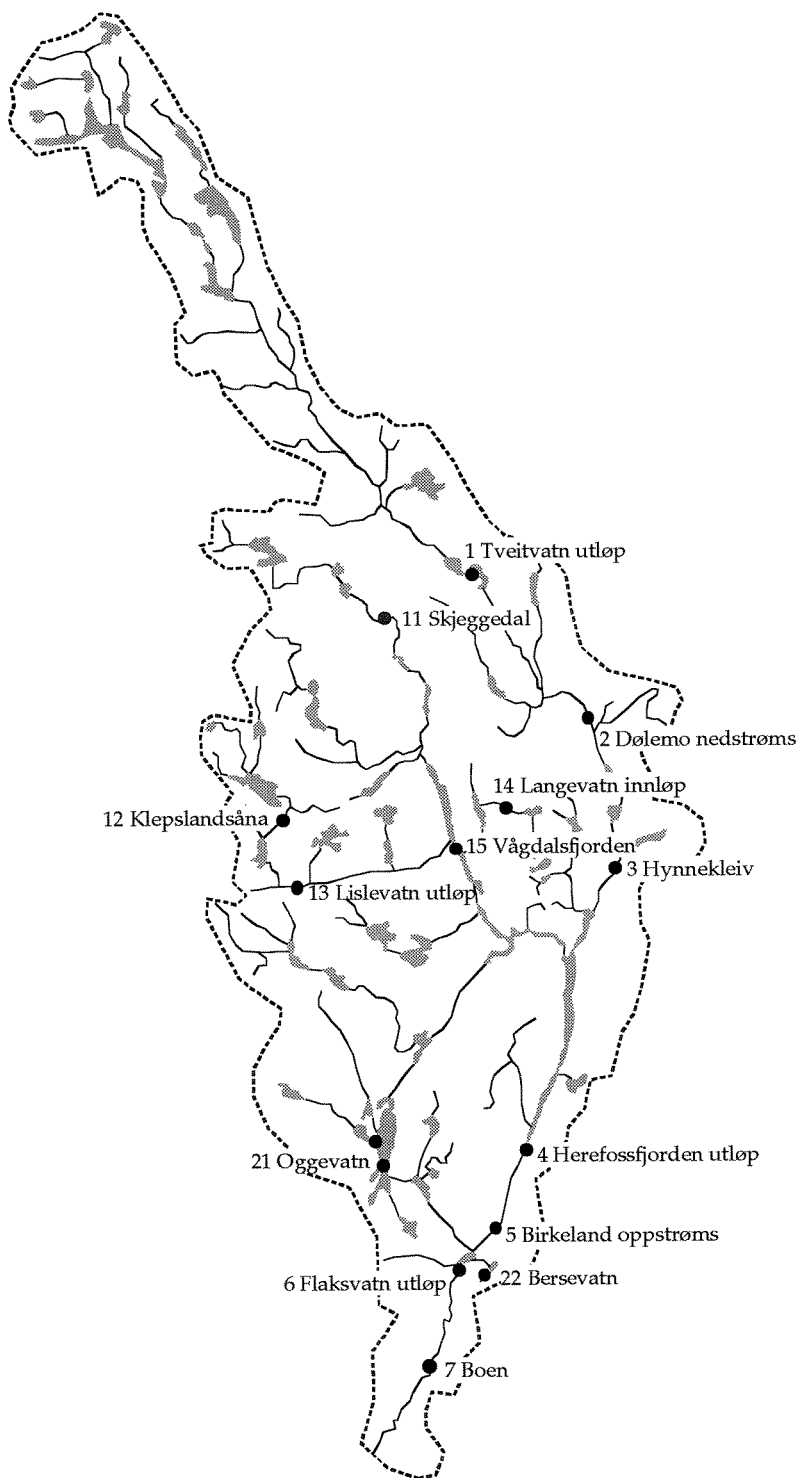


Vannkvalitetsundersøkelse i Tovdalsvassdraget 1996



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Vannkvalitetsundersøkelse i Tovdalsvassdraget 1996.	Løpenr. (for bestilling) 3678-97	Dato Mai 1997
	Prosjektnr. Undernr. O-96096	Sider Pris 27 kr 75,-
Forfatter(e) Kaste, Øyvind Håvardstun, Jarle	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Åmli, Froland, Evje og Hornnes, Iveland og Birkenes kommuner	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Som et ledd i en rullerende overvåking av vannforekomstene i Aust-Agder er det i 1996 foretatt vannkjemiske og bakteriologiske undersøkelser i Tovdalsvassdraget. Målet med undersøkelsene har vært å kartlegge miljøtilstanden i vannforekomstene og å dokumentere virkninger av kommunale utslipp.</p> <p>De undersøkte stasjonene var lite til moderat påvirket av næringssalter og bakterier (klasse 1-2 i SFTs klassifiseringssystem) og moderat til sterkt påvirket av forurensning (klasse 2-4). Konsentrasjonene av næringssalter og bakterier ser ut til å ha endret seg lite nedstrøms Herefosfjorden de siste 15 årene, men det er en tendens til redusert fosforkonsentrasjon nedstrøms Flaksvatn. pH-verdiene i elva har økt de siste årene.</p> <p>Det synes ikke nødvendig å gjenta de foretatte undersøkelsene de nærmeste 5 årene. Etter dette kan det imidlertid være aktuelt å foreta en ny statusundersøkelse for å dokumentere eventuelle endringer. Det er foreslått en undersøkelse av mindre sidebekker for å avdekke om lokale forurensningstilførsler påvirker gyteområder for fisk.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vassdrag Vannkvalitet Kommunalt avløpsvann Overvåking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Watercourse Water quality Municipal wastewater Monitoring
---	---

Øyvind Kaste

Øyvind Kaste

Prosjektleder

ISBN 82-577-3242-7

Dag Berge

Dag Berge

Forskningsjef

Vannkvalitetsundersøkelse i Tovdalsvassdraget 1996

Forord

Fylkesmannen i Aust-Agder har i forbindelse med at kommunene har fått nye utslippstillatelser, oppfordret dem til å etablere et overvåkingsprogram for sine vannforekomster. Kommunene har fulgt denne oppfordringen, og NIVA har i denne forbindelse foreslått et rullerende overvåkingsprogram for vannforekomstene i Aust-Agder. Forslaget ble godkjent av kommunene i 1995. Undersøkelsene skal i første omgang gå over tre år:

1996: Vegårvassdraget og Tovdalsvassdraget,

1997: Kystnære småvassdrag og Otra,

1998: Nidelva og Gjerstadvassdraget.

Overvåkingen av Tovdalsvassdraget i 1996 er gjennomført på oppdrag fra kommunene Åmli, Froland, Evje og Hornnes, Iveland og Birkenes. Agderforskning-Teknikk i Grimstad (KM-lab etter 1.9.96) har analysert vannprøvene. Næringsmiddeltilsynet i Aust-Agder (KM-lab etter 1.9.96) har analysert bakterieprøvene. Kommunene har selv stått for innsamlingen av prøvene.

Grimstad, 9. mai 1997

Øyvind Kaste

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og formål	8
1.2 Materiale og metoder	8
1.3 Områdebeskrivelse	9
1.4 Nedbør	11
2. Resultater og diskusjon	12
2.1 Klorofyll og oksygen i innsjøene	12
2.2 Næringssalter	12
2.3 Tarmbakterier	16
2.4 Organisk stoff og partikler	17
2.5 Surhet	17
3. Vurdering av resultatene	20
3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand	20
3.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser	21
3.3 Vurdering av behov for tiltak	22
4. Litteratur	23
Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem	24
Vedlegg B. Primærdata	25

Sammendrag

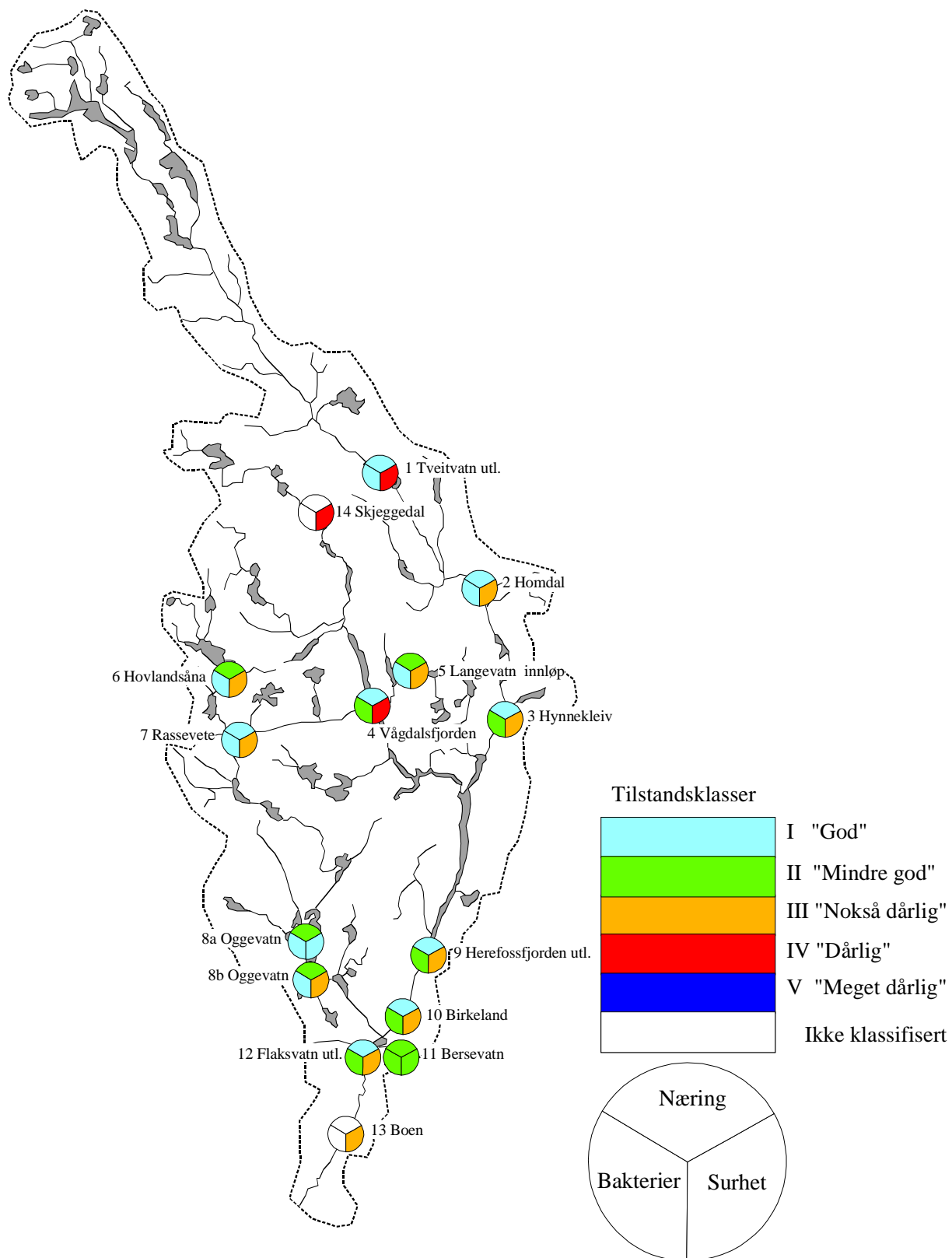
Som et ledd i en rullerende overvåking av vannforekomstene i Aust-Agder er det i 1996 foretatt vannkjemiske og bakteriologiske undersøkelser i Tovdalsvassdraget. Målet med undersøkelsene har vært å kartlegge miljøtilstanden i vannforekomstene, dokumentere miljøvirkninger av kommunale utslipp og evt. effekten av saneringstiltak som er foretatt for å redusere disse. Hovedvekt er lagt på tilførsler av næringssalter og bakterier, men det er også tatt med en vurdering av vassdragenes surhet (pH).

De undersøkte stasjonene i selve hovedelva (Tovdalselva) var generelt lite påvirket av næringssalter (klasse 1, "god vannkvalitet"). De to øverste stasjonene (Tveitvatn utløp og Dølemo) var også lite påvirket av tarmbakterier, men de øvrige stasjonene nedover i elva var moderat påvirket (klasse 2, "mindre god vannkvalitet"). Hovedelva var markert til sterkt påvirket av forsuring (klasse 3-4 "nokså dårlig til dårlig vannkvalitet"). På enkelte stasjoner er pH-resultatene fra siste del av undersøkelsen påvirket av kalking.

Stasjonene i Skjeggedalsgrenen var lite til moderat påvirket av næringssalter og bakterier (klasse 1-2, "god til mindre god vannkvalitet"). Hovlandsåna (utløp Lislevatn) og Langevatn innløp var mest påvirket av næringssalter, mens det var Skjeggedalsåna ved utløp Vågdalsfjorden som var mest påvirket av bakterier. Skjeggedalsgrenen var i likhet med Tovdalselva markert til sterkt påvirket av forsuring. Innsjøen Bersevatn, nær Birkeland sentrum var moderat påvirket av næringssalter, bakterier og forsuring (klasse 2, "mindre god vannkvalitet").

Vannkvaliteten nedstrøms Herefossfjorden ser ut til å ha endret seg lite de siste 15 årene, både mht. næringssaltkonsentrasjoner og forekomst av tarmbakterier. Det kan imidlertid synes å være en tendens til redusert fosforkonsentrasjon nedstrøms Flaksvatn, noe som kan ha sammenheng med bedre rensing av avløpsvannet fra Birkeland. Økte pH-verdier i elva skyldes en kombinasjon av kalking og reduserte tilførsler av svovel fra langtransportert forurenset luft og nedbør.

Det synes ikke nødvendig å gjenta de foretatte undersøkelsene de nærmeste 5 årene. Etter dette kan det imidlertid være aktuelt å foreta en ny statusundersøkelse for å dokumentere eventuelle endringer eller utviklingstendenser. Selv om vannkvaliteten i hovedelva er relativt god, kan det være aktuelt å foreta en undersøkelse av mindre sidebekker langs elva (gytebekker for aure) for å avdekke eventuelle lokale forurensningsproblemer.



Figur 1. Klassifisering av vannkvalitetstilstand. Se vedlegg A for ytterligere forklaring.

Figur 1.

Summary

Title: Water quality investigations in the Tovdal watercourse 1996.
Year: 1997
Author: Kaste, Ø. and J. Håvardstun
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x

An investigation of water quality and coliform bacteria was performed in the Tovdal watercourse, Aust-Agder county during 1996. The purpose of the investigation has been to characterise the water quality at different sites within the watercourse, and to evaluate the environmental effects of sewage effluents.

The investigated sites were little to moderately affected by nutrients and coliform bacteria and moderately to strongly affected by acidification. Concentrations of nutrients and coliform bacteria have not changed significantly over the last 15 years at most sites. At the outlet of Lake Flaksvatn, however, phosphorus concentrations seems to have decreased since 1980.

Due to a relatively stable nutrient status in the river system, it seems unnecessary to repeat the 1996-investigation within the next 5 years. Meanwhile, we recommend water quality investigations in tributaries to the main river which are important for fish spawning.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Fylkesmannen i Aust-Agder har i forbindelse med at kommunene har fått nye utslippstillatelser, oppfordret dem til å etablere et overvåkningsprogram for sine vannforekomster. Store deler av Aust-Agder ligger innenfor nedbørfeltene til ett av de fem store vassdragene; Otra, Tovdalsvassdraget, Nidelva, Vegårvassdraget eller Gjerstadvassdraget. Overvåkingen av ferskvannforekomstene er derfor knyttet til disse vassdragene, og kommunene har samarbeidet om vassdragsvise programmer. I tillegg til de nevnte vassdragene er det lagt opp til en overvåking av småvassdrag i de mest befolkningstette og jordbruksdominerte områdene langs kysten.

Målet med undersøkelsene har vært å kartlegge miljøtilstanden i vannforekomstene, dokumentere miljøvirkninger av kommunale utslipp og evt. effekten av saneringstiltak som er foretatt for å redusere disse. Hovedvekt er lagt på tilførsler av næringssalter og bakterier, men det er også tatt med en vurdering av vassdragenes surhet.

Prosjektet har følgende delmål:

- Fange opp utviklingstendenser mht. vannkvalitet i de største vassdragene, kystnære småvassdrag og i kommunenes hovedresipienter
- Danne basis for tiltaksrettet overvåking av resipienter
- Gi grunnlag for å fastsette miljømål for kommunenes resipienter

Det er lagt opp til en rullering av overvåkningsaktiviteten mellom de fem største vassdragene, samt kystnære småvassdrag. Rulleringsplanen er; 1996: Vegårvassdraget og Tovdalsvassdraget, 1997: Kystnære småvassdrag og Otra, 1998: Nidelva og Gjerstadvassdraget.

1.2 Materiale og metoder

Det er lagt vekt på å analysere parametere som kan dokumentere virkninger av næringssalter, tarmbakterier, organisk stoff og surhet i henhold til SFTs klassifiseringssystem for vannkvalitet (Holtan og Rosland 1992). Følgende parametre er analysert:

Elver: pH, farge, turbiditet, konduktivitet, tot-P, fosfat, tot-N, nitrat, ammonium, kalium, TOC.

Innsjøer: Overflatevann: pH, farge, turbiditet, konduktivitet, tot-P, fosfat, tot-N, nitrat, ammonium, kalium, TOC, klorofyll.

Bunnvann: oksygen

En oversikt over prøvetakingsstasjoner er gitt i **Tabell 1**.

Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner. Resultatene fra stasjonene 7 og 11 er hentet fra andre overvåkingsprogrammer, hhv. Skjelkvåle (1996) og Hindar et al. (1997).

Stasjoner	Kommune	UTM	Kartblad	Ant. prøver
Hovedelva:				
1. Tveitvatn, utløp	Åmli	4544-65172	1512 I	6
2. Dølemo, nedstrøms	Åmli	4624-65070	1512 II	6
3. Hynnekleiv	Froland	4653-64947	1512 II	6
4. Herefossfjorden, utløp	Birkenes	4602-64785	1511 I	6
5. Birkeland, oppstrøms	Birkenes	4548-64669	1511 I	6
6. Flaksvatn, utløp	Birkenes	4529-64650	1511 I	6
7. Boen	Kristiansand	4495-64564	1511 II	5
Skjeggedalsgrenen:				
11. Skjeggedalsåna v/ Skjeggedal	Åmli	4488-65137	1512 I	6
12. Klepslandsåna, v. Rassevete	Evje og Hornnes	4405-64989	1512 III	3
13. Hovlandsåna, utløp Lislevatn	Evje og Hornnes	4420-64938	1512 III	3
14. Langevatn, innløp	Froland	4593-64995	1512 II	3
15. Skjeggedalsåna v/ Vågalsfjorden	Froland	4533-64964	1512 II	6
Innsjøer:				
21. Oggevatn	Iveland	4463-64747	1511 IV	1
	Birkenes	4475-64717	1511 I	1
22. Bersevatn	Birkenes	4545-64653	1511 I	3

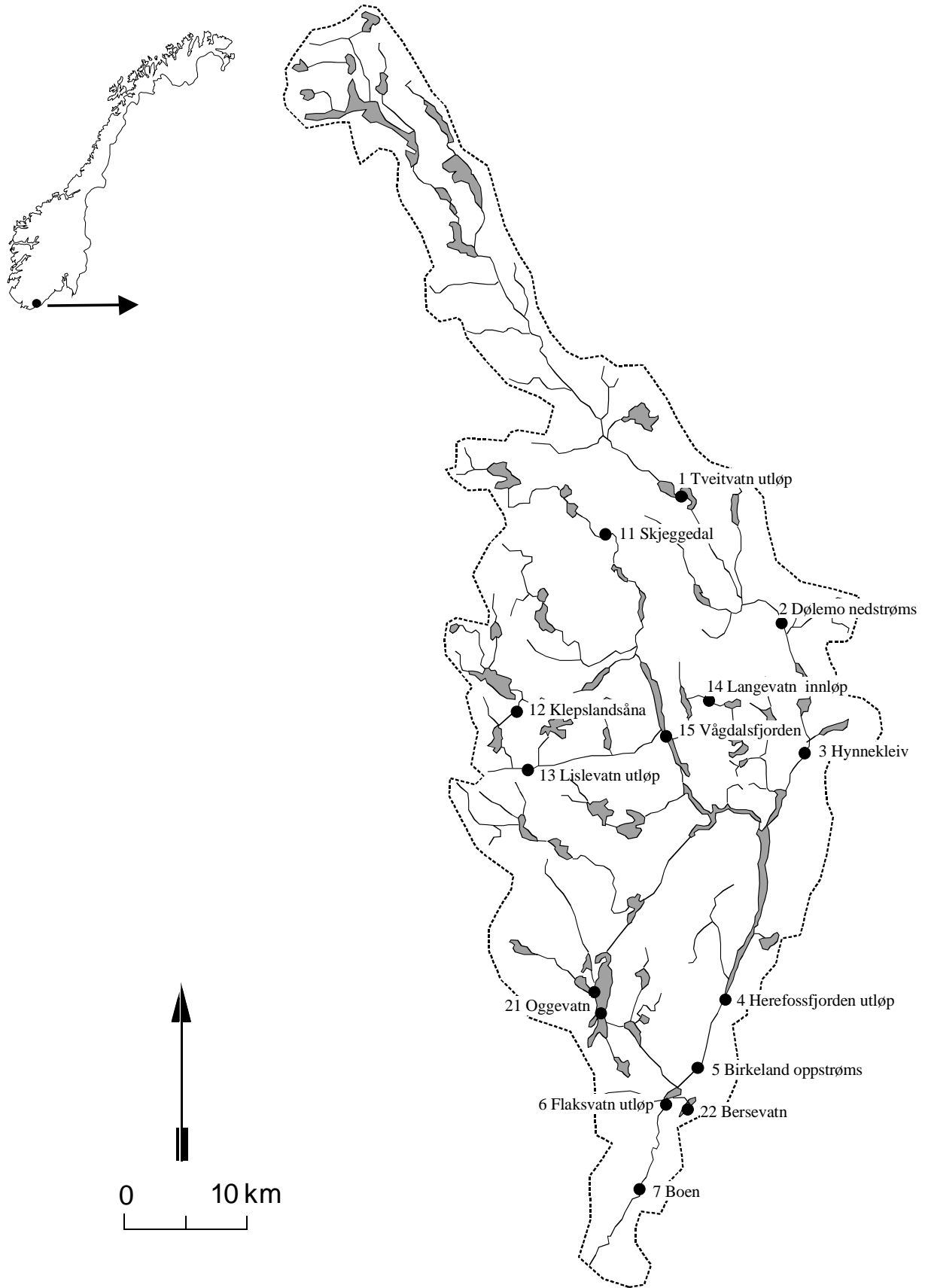
1.3 Områdebeskrivelse

Tovdalsvassdraget har et nedbørfelt på 1885 km² som strekker seg fra heiene øst for Byglandsfjorden (Otra) og til sjøen i Kristiansand. Vassdraget ligger hovedsakelig innenfor Aust-Agder fylke og kommunene Åmli, Froland, Evje- og Hornnes, Iveland og Birkenes (**Figur 2**). Vassdraget er relativt lite regulert til kraftformål. Middelvannføringen ved utløpet er 65 m³/s.

Barskog (alle boniteter) utgjør 60% av nedbørfeltets areal. Bare noe over 1% er dyrka mark og beite. Øvrig felt utgjøres av fjell, myr og vann (Hindar 1991). Det meste av bebyggelsen i vassdraget er spredt, vesentlig knyttet til jord- og skogbruksnæringen. Det bor (1980) omlag 6300 personer (3,3 pers./km²) innenfor vassdragets nedbørfelt, hvorav 1750 i Birkeland tettsted og 1400 i Tveit-området (Kristiansand kommune). Befolkningstettheten er 1,7 pers./km² dersom en ser bort fra disse tettstedene (Hindar 1991).

Vassdraget er sterk forurettet pga. langtransportert forurenset luft og nedbør (Hindar og Henriksen 1995, Skjelkvåle 1996), og det er registrert betydelige skader på fiskebestandene. Høsten 1996 ble det igangsatt kalking i stor skala for å få tilbake tapte fiskebestander. I alt 5 større kalkdoseringsanlegg fordelt rundt i vassdraget skal sørge for at vannkvaliteten blir tilstrekkelig god for fisken.

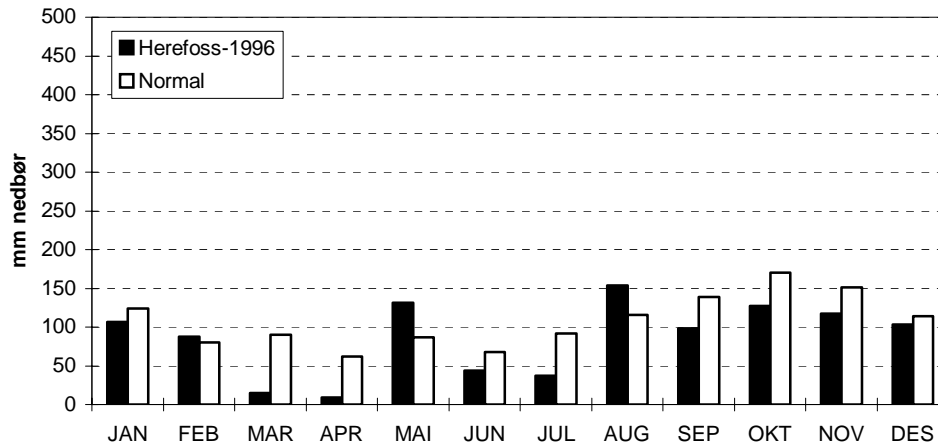
Det knytter seg betydelige interesser til bruken av vassdraget. Johannessen et al. (1981) gir oversikt over naturforhold og aktiviteter i Tovdalsvassdraget. Vassdraget har i dag betydning som rekreasjonsområde for lokalbefolkningen, samt Kristiansandsregionen, kystbefolkningen østover til Arendal- / Tvedestrandområdet og for Setesdal- / Åmli-området (Hindar 1991).



Figur 2. Vassdraget med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner.

1.4 Nedbør

Meteorologisk stasjon Herefoss: Årsnedbør 1996: 1030 mm
Normalt: 1293 mm
% av normalen: 80



Figur 3. Månedlig nedbør i 1996 ved meteorologisk stasjon Herefoss. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt (DNMI 1997).

2. Resultater og diskusjon

2.1 Klorofyll og oksygen i innsjøene

Klorofyll-konsentrasjonen i innsjøer er et mål på algemengden i vannet, en størrelse som vil variere i forhold til tilgangen på plantenæringsstoffer (fortrinnsvis fosfor). Dersom tilførselene av næringsstoffer blir for høye, vil det kunne oppstå algeoppblomstringer, sjenerende belegg på steiner etc. I slike tilfeller overstiger algeproduksjonen lett næringsbehovet til konsumentkjedene i innsjøen (dyreplankton, bunndyr og fisk). De algene som ikke blir spist, dør etterhvert og synker ned på innsjøbunnen. Der blir det døde organiske materialet brutt ned under forbruk av oksygen. Dersom det er en stor overproduksjon av alger i en innsjø, kan det oppstå oksygenproblemer i bunnvannet under stagnasjonsperiodene¹.

Både Ogge og Bersevatn hadde moderate klorofyllkonsentrasjoner i 1996 **Tabell 2**. De høyeste målte konsentrasjonene ligger innenfor tilstandsklasse 2 ("mindre god") i SFTs klassifiseringssystem (vedlegg A). Det så ikke ut til å være problematisk høyt oksygenforbruk i bunnvannet i de to innsjøene. Dette kan imidlertid ikke fastslås sikkert, i og med at det er analysert for få prøver utover høsten i 1996.

Tabell 2. Klorofyll ($\mu\text{g/l}$) og oksygen ($\text{mg O}_2/\text{l}$) i innsjøene.

Lokalitet	Dato	Kl.a.	O ₂
		1-4 m	bunn
Ogge (Iveland)	11/06/96	1,1	10,1
Ogge (Birkenes)	13/08/96	2,4	7,1
Bersevatn	21/05/96	2,9	9,9
Bersevatn	09/07/96	3,2	8,8
Bersevatn	10/09/96	1,4	7,6

2.2 Næringsalter

Fosfor

Naturlig bakgrunnsavrenning av fosfor fra utmarksområder på Sørlandet ligger på ca. 3-5 $\mu\text{g P/L}$ (Kaste et al. 1997ab), mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier, omkring 8-12 $\mu\text{g/L}$ omregnet fra Østlandsforhold (Bratli et al. 1997). Naturlig bakgrunnsavrenning under marin grense er imidlertid vanskelig å fastslå, i og med at det meste av disse arealene er dyrket opp.

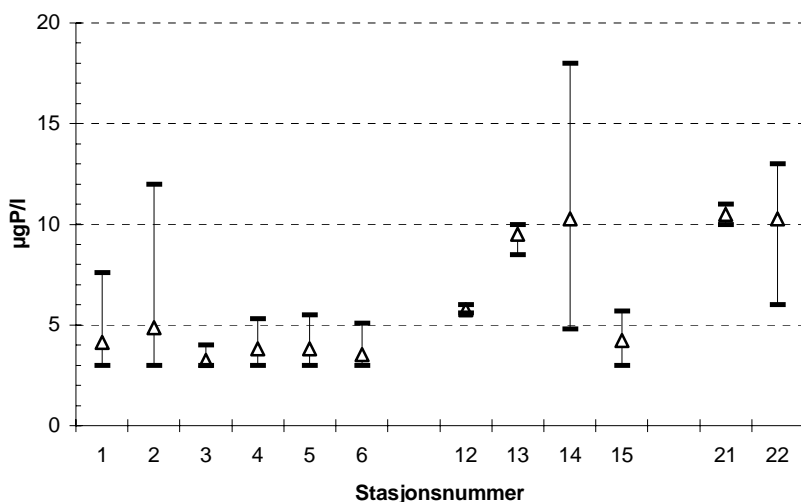
I hovedelva lå middelkonsentrasjonene av total fosfor mellom 3 og 5 $\mu\text{g/L}$ (**Figur 4** og **Figur 5**). De høyeste enkeltverdiene ble målt ved de to øverste stasjonene, utløp Tveitvatn og nedstrøms Dølemo. Så høyt oppe i vassdraget er vannføringen i elva forholdsvis liten, og lokale forurensningskilder kan dermed relativt lett påvirke vannkvaliteten i hovedelva. Lenger ned i vassdraget, f.eks. nedenfor Herefossfjorden, er vannføringen såpass stor at det skal relativt mye forurensning til før fosforkonsentrasjonen endres vesentlig.

¹ I de fleste norske innsjøer med en viss dybde er det stagnasjonsperioder i sommerhalvåret og i vinterhalvåret. I disse periodene er bunnvannet isolert fra overflatevannet pga. temperatur / tetthets - forskjeller. Om våren og høsten, når det er tilnærmet lik temperatur i overflatevann og bunnvann, vil det vanligvis oppstå sirkulasjon dvs. blanding av overflatevann og bunnvann. På denne tiden blir bl.a. bunnvannet tilført nytt oksygen.

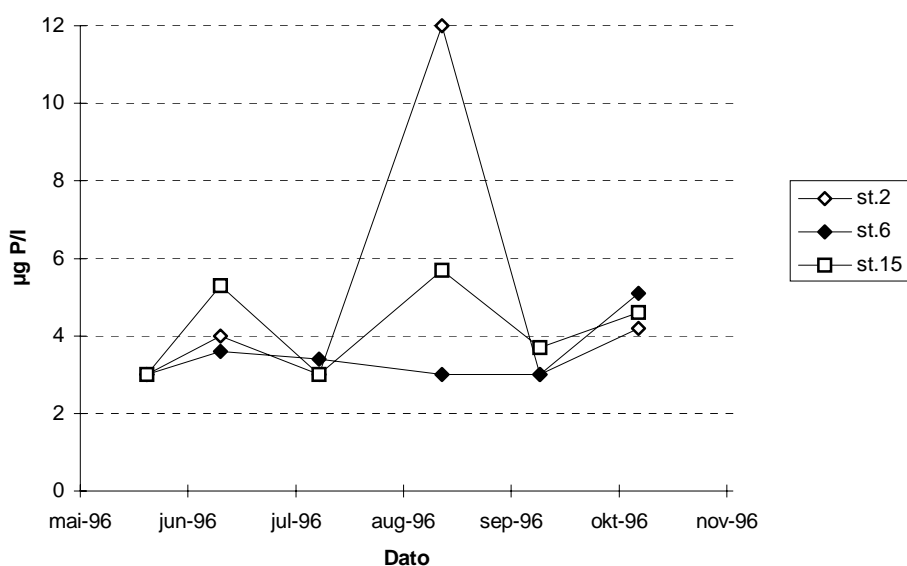
I Skjeggedalsåna var det større variasjoner i fosforkonsentrasjonene. I den vestre sidegrenen økte den midlere fosforkonsentrasjonen fra 6 μg i Klepsslandsåna til 10 $\mu\text{gP/L}$ i Hovlandsåna ved utløpet av Lislevatn. Dette kan ha sammenheng med hyttebebyggelsen og den faste bosettingen /gårdsdriften på den omlag 8 km lange strekningen. I innløpet til Langevatn, på østsiden av Skjeggedalsåna, ble det en funnet relativt høy fosforkonsentrasjon i juli-prøven. Dette indikerer at lokale kilder (bebyggelse / jordbruk) i Mykland-området periodevis kan påvirke vannkvaliteten vesentlig på denne lokaliteten. I selve Skjeggedalsåna, ved Vågdalsfjorden, var middelkonsentrasjonen av total fosfor 4 $\mu\text{g/L}$, og ble kun registrert små variasjoner i løpet av undersøkelsen (**Figur 5**). Både nivå og variasjonsmønster ved denne stasjonen var omlag som i selve Tovdalselva.

I innsjøene Ogge og Bersevatn lå middelkonsentrasjonene av total fosfor rundt 10 $\mu\text{g/L}$, noe som indikerer en viss påvirkning fra lokale kilder. Påvirkningen synes imidlertid ikke å gi problematisk vekst av planktonalger i innsjøene (se avsnitt 2.1).

Fosfor som uorganisk, løst fosfat i vann tas vanligvis svært raskt opp biologisk. Dette skyldes at det er underskudd på fosfor i de fleste innsjøer og elver i Norge. I uforurensede systemer er det derfor svært lave, eller ikke målbare konsentrasjoner av løst fosfat. Laveste målbare konsentrasjon (deteksjonsgrensen) av løst fosfat i standardanalyser er 2 $\mu\text{g P/L}$. Dersom det måles konsentrasjoner av løst fosfat som er vesentlig høyere enn dette, er det en indikasjon på at systemet tilføres mer fosfor enn det som kan omsettes biologisk. Det ble gjennomgående målt lave fosfatkonsentrasjoner i hovedelva (vedlegg B). I Hovlandsåna (utløp Lislevatn), Skjeggedalsåna (Vågdalsfjorden), Ogge og Bersevatn ble det målt forhøyede fosfatkonsentrasjoner i mai-prøvene. Dette var imidlertid tidlig i vekstsesongen, da en kan forvente at det biologiske fosforopptaket i vannet er lavt.



Figur 4. Konsentrasjon av total fosfor på ulike stasjoner i vassdraget. Middelverdier, samt høyeste og laveste verdi i løpet av undersøkelsen. Stasjonene 1-7 ligger langs hovedelva, stasjonene 11-15 ligger langs Skjeggedalsgrenen og stasjonene 21-22 er innsjøer. Se figur 2, side 10 for stasjonsnavn.



Figur 5. Sesongvariasjoner i konsentrasjon av total fosfor på stasjon 2. Dølemo, 6. Utløp Flaksvatn og stasjon 15. Skjeggedalsåna v/ Vågdalsfjorden.

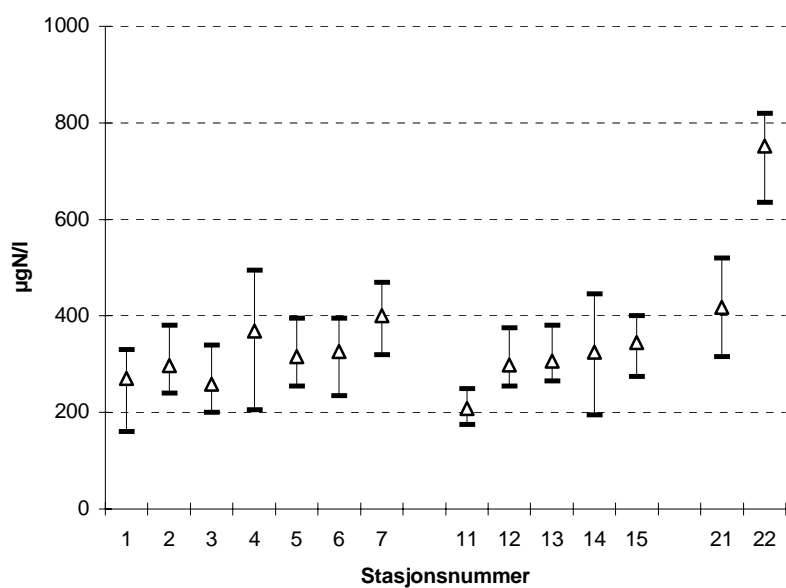
Nitrogen

Konsentrasjonene av total nitrogen i bekker kan ligge opp mot 300-500 µg/L i utmarksområder på Sørlandet (Kaste et al. 1997ab, Bratli et. al. 1997). En stor del av dette nitrogenet stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør (Skjelkvåle 1996). Nitrogenet faller er høyest i de sørlige og sørvestlige delene av landet, og det er også her en finner de høyeste bakgrunnskonsentrasjonene av nitrogen i bekker.

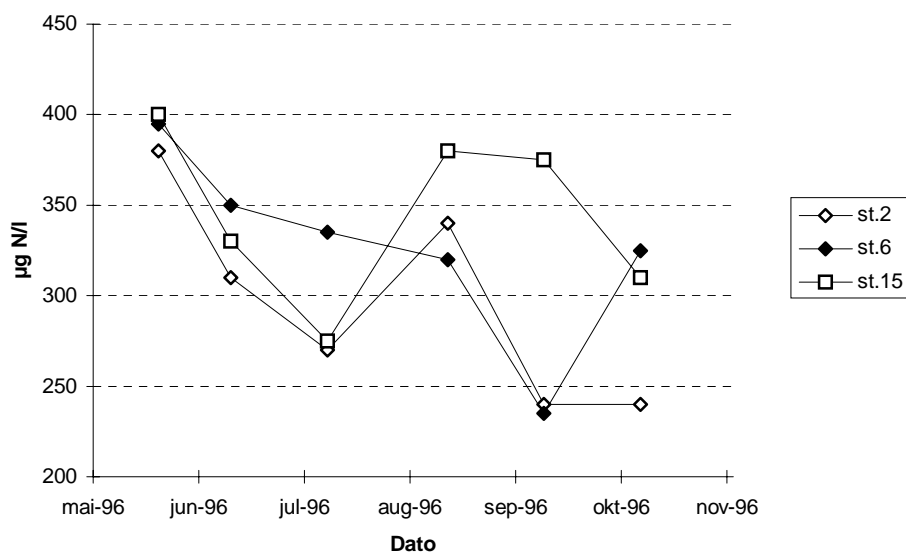
Nitrogenkonsentrasjonene i hovedelva lå på 250-350 µg N/L i gjennomsnitt helt ned til utløpet av Flaksvatn (**Figur 6** og **Figur 7**). Den høyeste middelkonsentrasjonen av total nitrogen i hovedelva (400 µg N/L) ble målt ved Boen. Hovedandelen av nitrogenet i hovedvassdraget stammer fra langtransportert forurenset luft og nedbør. Først nedenfor Birkeland ser lokale kilder ut til å bidra til en tydelig økning av nitrogenkonsentrasjonen i elva. I Skjeggedalsgrenen lå nitrogenkonsentrasjonene omlag på samme nivå som i hovedelva. De høyeste nitrogenverdiene ble funnet i Bersevatn nær Birkeland sentrum. Med en gjennomsnittskonsentrasjon på nær 800 µg N/L er det klart at lokaliteten påvirkes av lokale forureningskilder. Dette kan være bebyggelsen som er konsentrert i den østre enden nær utløpet, og / eller landbruket som er lokalisert spredt rundt innsjøens sør-, øst-, og nordside.

Høye konsentrasjoner av nitrogenfraksjonen ammonium i overflatevann er en indikator på forurensning fra lokale kilder. I uforurenset bekkevann er ammoniumkonsentrasjonene vanligvis lave, < 50 µg N/L.

Konsentrasjonene av ammonium var gjennomgående lave i vassdraget (vedlegg B). Høyeste enkeltverdi, 60 µg N/L, ble registrert i Oggevatn. Dette er imidlertid et konsentrasjonsnivå en tidvis kan finne i upåvirkede innsjøer.



Figur 6. Konsentrasjon av total nitrogen på ulike stasjoner i vassdraget. Middelverdier, samt høyeste og laveste verdi i løpet av undersøkelsen. Stasjonene 1-7 ligger langs hovedelva, stasjonene 11-15 ligger langs Skjeggedalsgrenen og stasjonene 21-22 er innsjøer. Se figur 2, side 10 for stasjonsnavn.



Figur 7. Sesongvariasjoner i konsentrasjon av total nitrogen på stasjon 2, Dølemo, 6. Utløp Flaksvatn og stasjon 15, Skjeggedalsåna v/ Vågdalsfjorden.

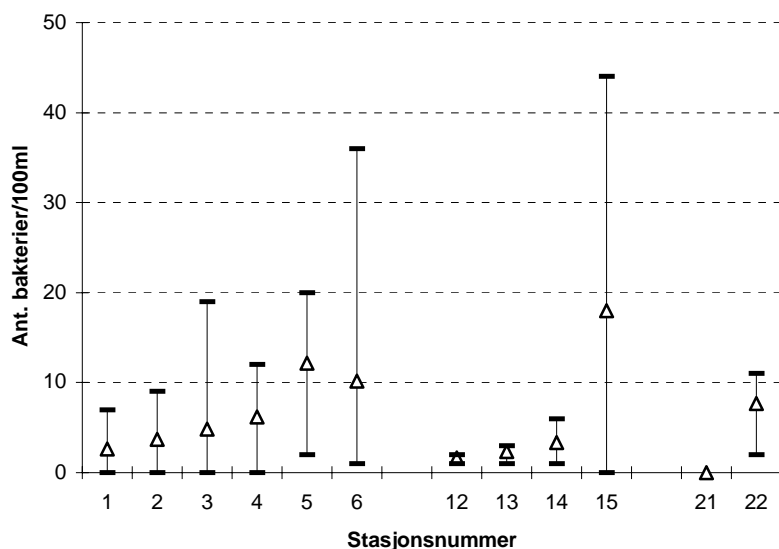
Kalium

Kalium kan være en indikator på landbruksforurensning ved at naturgjødning, og i de fleste tilfeller kunstgjødning, inneholder dette plantenæringsstoffet. Kaliumkonsentrasjonene i naturlig bekkevann på Sørlandet er oftest under 1 mg/L (Skjelkvåle 1996), men en må regne med noe forhøyede konsentrasjoner i områder som ligger under marin grense. Bersevatn var den eneste lokaliteten som hadde kaliumkonsentrasjoner over 0,5 mg/L (vedlegg B). Konsentrasjonene var imidlertid såvidt lave og stabile (1 mg/L i alle tre prøvene) at det ikke gir noen direkte indikasjon på landbruksforurensning.

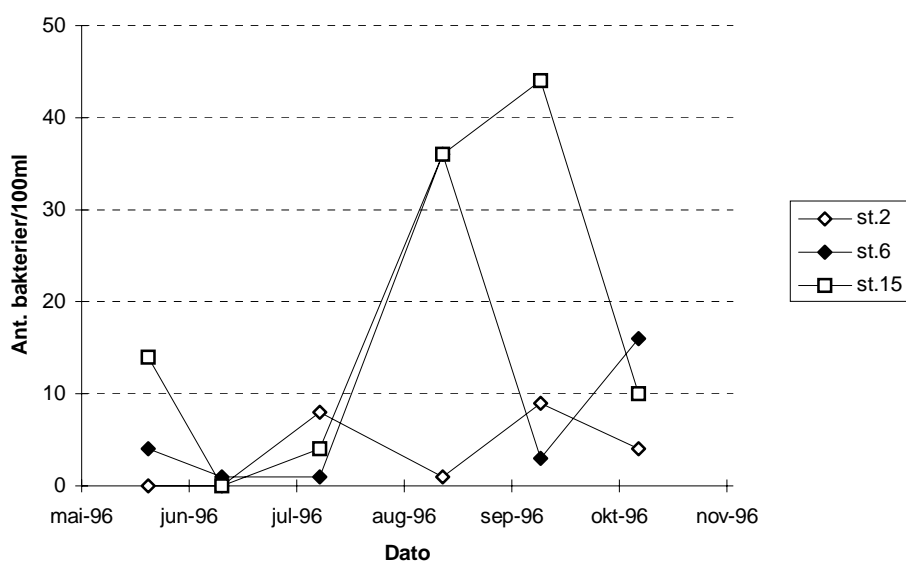
2.3 Tarmbakterier

Forekomst av termotabile koliforme bakterier (TKB) i vann er tegn på fersk fekal forurensning, enten fra mennesker eller dyr. I følge Folkehelsas krav må det ikke påvises TKB i noen prøver dersom vannet ska oppnå betegnelsen "god drikkevannskvalitet" (SIFF 1987). Folkehelsas kvalitetskrav til godt badevann er <100 TKB/100 ml som geometrisk middeltall for minst 5 prøver tatt i en 30 dagers periode (Statens helsetilsyn 1994, SIFF 1976). Grenseverdien kan bare overskrides med inntil 100% for høyst 10% av enkeltresultatene (SIFF 1976). Det må her tillegges at programmet for Tovdalsvassdraget ikke oppfyller Folkehelsas krav til prøvetakingshyppighet, i og med at det kun er tatt 6 prøver på bekkelokalitetene og 3 prøver på innsjølokalitetene gjennom sommersesongen.

Oggevatn var den eneste av stasjonene hvor det ikke ble påvist TKB (**Figur 8**). To prøver i løpet av sommersesongen er imidlertid alt for lite til å vurdere vannet i forhold til drikkevannsnormene. Ved de øvrige undersøkte stasjonene kan ikke vannet benyttes til drikkevann uten desinfisering. Det ble ikke registrert over 50 TKB/100 ml ved noen av stasjonene i løpet av undersøkelsen. Dette betyr at alle målingene lå innenfor Folkehelsas krav til betegnelsen "godt badevann". De høyeste bakteriekonsentrasjonene i undersøkelsen ble målt ved utløp Flaksvatn og i Skjeggedalsåna ved Vågdalsfjorden (**Figur 9**).



Figur 8. Forekomst av tarmbakterier på ulike stasjoner i vassdraget. Middelværdier, samt høyeste og laveste verdi i løpet av undersøkelsen. Stasjonene 1-7 ligger langs hovedelva, stasjonene 11-15 ligger langs Skjeggedalsgrenen og stasjonene 21-22 er innsjøer. Se figur 2, side 10 for stasjonsnavn.



Figur 9. Sesongvariasjoner i forekomst av tarmbakterier på stasjon 2. Dølemo, 6. Utløp Flaksvatn og stasjon 15. Skjeggedalsåna v/ Vågdalsfjorden.

2.4 Organisk stoff og partikler

Organisk stoff og partikler er i denne undersøkelsen målt som hhv. totalt organisk karbon (TOC) og turbiditet. TOC-konsentrasjoner i vann varierer vanligvis i området 1-15 mg/L, avhengig av humustilførsler (Berglind et al. 1984). Humus er tungt nedbrytbare organiske forbindelser som bl.a. gir den karakteristiske brune fargen på avrenningsvann fra myrområder. Humusmengde i vann kan forholdsvis enkelt anslås ved å måle vannfargen. Vannets innhold av partikler kan også variere svært mye i naturlige vannforekomster. De høyeste partikkelkonsentrasjonene kan en vanligvis måle nedstrøms breer og i områder under marin grense.

På grunn av de store variasjonene i både organisk stoff og partikler, er disse parametrene forholdsvis lite egnet som indikatorer på lokal forurensning - med mindre en kjenner de naturlige bakgrunns-konsentrasjonene i området svært godt. Opplysninger om vannets innhold av organisk stoff og partikler kan imidlertid ha stor innvirkning på andre vannkvalitetsparametre (bl.a. næringsstoffenes tilstandsform) og er derfor viktige ved tolkningen av disse.

Middelverdiene for TOC-konsentrasjon varierte mellom 1,5 og 7 mg/L på de ulike stasjonene. Dette, sammen med gjennomsnittlige fargetall på 10-45 mg Pt/L indikerer at samtlige stasjoner kan karakteriseres som lite til middels humøse (Økland 1983, Berglind *et al.* 1984). Lokalitetene var generelt sett lite påvirket av partikler (0,2-2,4 FTU).

2.5 Surhet

Svovel og nitrogen fra langtransportert forurenset luft og nedbør har ført til forsurening av mange vassdrag i Sør-Norge. Problemet er spesielt stort på Sørlandet og deler av Vestlandet hvor tilførslene av atmosfærisk svovel og nitrogen er store, samtidig som hard og kalkfattig berggrunn gir liten avsyringskapasitet (bufferevne). Surt vann (pH under 5,5) og høye aluminiumskonsentrasjoner har medført fisketomme vann mange steder de siste 20-30 årene. Som et resultat av internasjonale

forhandlinger er svovelinnholdet i nedbøren nå i ferd med å avta, og det er allerede registrert en svak pH-økning i vassdragene (Skjelkvåle 1996).

Ved tolkning av resultatene fra denne undersøkelsen er det viktig å være klar over at alle prøvene er innsamlet i sommerhalvåret, på en tid da vassdragene vanligvis er mindre sure enn i vinterhalvåret. Dette har sammenheng med at den biologiske produksjonen i sommerhalvåret bidrar til å øke pH, samtidig som tilførselen av surt vann fra utmarksområdene er små på denne tiden av året. Det vanlige i sur nedbør-undersøkelser er derfor å foreta månedlig prøvetaking gjennom hele året.

pH-resultatene i denne undersøkelsen er påvirket av at det ble satt i gang kalking i vassdraget i løpet av ettersommeren og høsten 1996. Innsjøen Ogge ble kalket i juli, og det ble igangsatt tilsammen 5 doseringsanlegg rundt om i vassdraget:

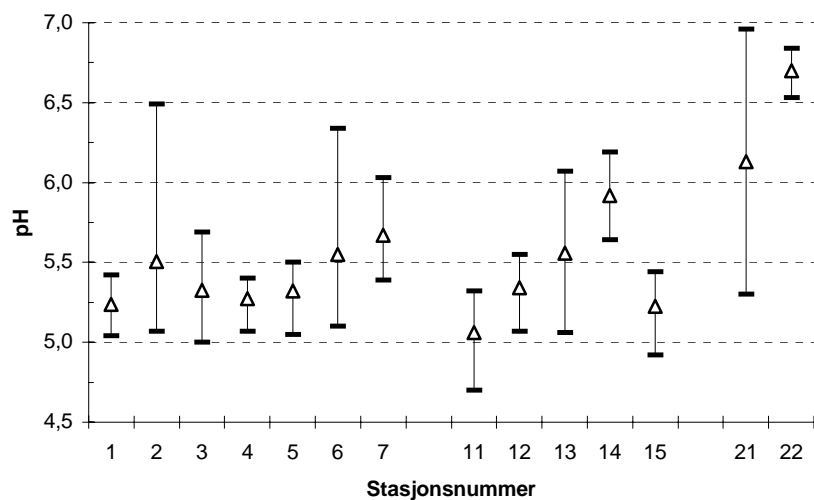
- Skjeggedal (rett nedstrøms stasjon 11, oppstart ca. 1. sept)
- Vatnedal (sidevassdrag til Skjeggedalsåna, oppstart ca. 1. aug)
- Klepslandsåna (rett nedstrøms stasjon 12, oppstart ca. 1. sept)
- Baas (rett oppstrøms stasjon 2, oppstart ca. 1. nov)
- Søre Herefoss (rett nedstrøms stasjon 4, oppstart ca. 1. sept.)

I hovedelva ned til utløp Flaksvatn (st. 6) ble det registrert pH-verdier ned mot 5,0 i løpet av undersøkelsen (**Figur 10, Figur 11**). Dette er pH-nivåer hvor en kan forvente skader på fisk. De tidvis høye pH-verdiene som ble registrert ved stasjon 2 og 3 (Dølemo og Hynnekleiv) er knyttet til perioder med lav vannføring og lite tilførsler av surt vann fra utmarksområdene. Nedstrøms Herefossfjorden ble elva utover høsten stadig mer påvirket av kalkingen i Skjeggedalsåna/Ogge og ved Søre Herefoss.

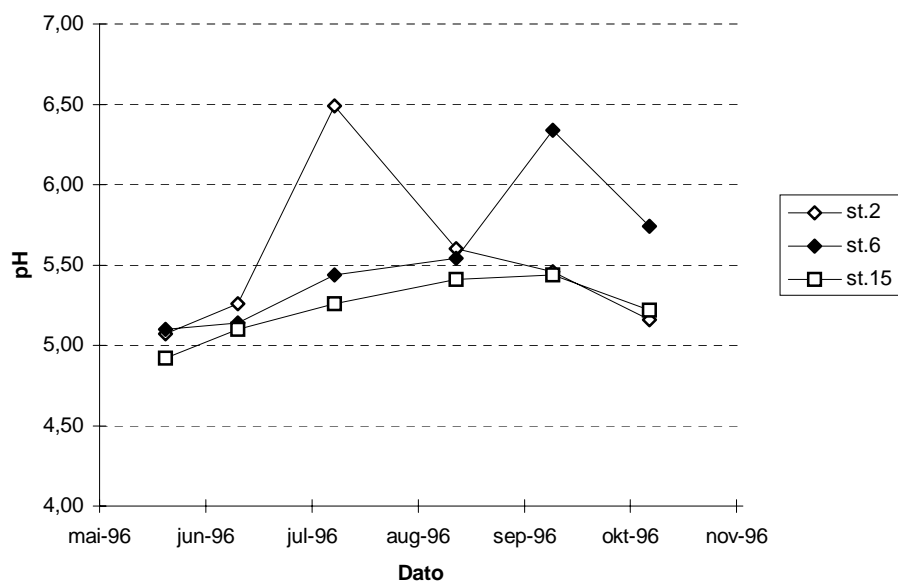
I Skjeggedalsgrenen ble det målt pH-verdier helt ned mot 4,7 i løpet av undersøkelsen. Hindar og Henriksen (1995) viste at Skjeggedalsområdet hadde lavest tålegrense for sur nedbør og dermed hadde det sureste vannet i Tovdalsvassdraget. Innløpet til Langevatn hadde generelt høyere pH-verdier enn de øvrige stasjonene i dette området. På tross av at det ble satt i gang tre kalkdoseringsanlegg oppstrøms Vågdalsfjorden i løpet av høsten 1996, ble det ikke registrert pH-verdier over 5,5 på denne lokaliteten. Dette kan tyde på at driften ved anleggene var uregelmessig eller ufullstendig den første tiden og/eller at lav vannføring medførte at det tok lang tid før det kalkede vannet fordelte seg nedover i vassdraget.

Kalkingen i Ogge i juli medførte at pH økte fra 5,3 i juni til nærmere 7 i august. I Bersevatn ble det målt stabile pH-verdier rundt 6,5-6,8 i løpet av undersøkelsen. Hovedårsaken til de relativt høye pH-verdiene på denne lokaliteten er store deler av nedbørfeltet ligger under marin grense² og dermed har gode bufferegenskaper.

² Høyeste havnivå rett etter siste istid.



Figur 10. pH på ulike stasjoner i vassdraget. Middelverdier, samt høyeste og laveste verdi i løpet av undersøkelsen. Stasjonene 1-7 ligger langs hovedelva, stasjonene 11-15 ligger langs Skjeggedalsgrenen og stasjonene 21-22 er innsjøer. Se figur 2, side 10 for stasjonsnavn.



Figur 11. Sesongvariasjoner i pH på stasjon 2. Dølemo, 6. Utløp Flaksvatn og stasjon 15. Skjeggedalsåna v/ Vågdalsfjorden.

3. Vurdering av resultatene

3.1 Klassifisering av vannkvalitetstilstand

De undersøkte lokalitetene er i klassifisert i henhold til SFTs vurderingssystem for vannkvalitet i ferskvann (**Tabell 3**). På grunn av at det er samlet inn relativt få prøver fra hver lokalitet er klassifiseringsgrunnlaget forholdsvis usikkert. Usikkerheten vil generelt øke med graden av forurensning (Faafeng og Fjeld 1996). Vannkvalitetsvariasjonene vil være minst i uforurensede innsjøer med lang oppholdstid og størst i små, forurensede bekker. Klassifiseringssystemet er nærmere forklart i vedl. A.

Hovedelva

De undersøkte stasjonene i selve hovedelva (Tovdalselva) var generelt lite påvirket av næringssalter (klasse 1, "god vannkvalitet"). De to øverste stasjonene (Tveitvatn utløp og Dølemo) var også lite påvirket av tarmbakterier, men de øvrige stasjonene nedover langs elva var moderat påvirket (klasse 2, "mindre god vannkvalitet"). Hovedelva var markert til sterkt påvirket av forsuring (klasse 3-4 "nokså dårlig til dårlig vannkvalitet"). På enkelte stasjoner er pH-resultatene fra siste del av undersøkelsen påvirket av kalking.

Skjeggedalsgrenen

Stasjonene i denne delen av vassdraget var lite til moderat påvirket av næringssalter og bakterier (klasse 1-2, "god til mindre god vannkvalitet"). Hovlandsåna (utløp Lislevatn) og Langevatn innløp var mest påvirket av næringssalter, mens det var Skjeggedalsåna ved utløp Vågdalsfjorden som var mest påvirket av bakterier. Skjeggedalsgrenen var i likhet med Tovdalselva markert til sterkt påvirket av forsuring.

Tabell 3. Samlet vurdering av vassdragets vannkvalitetstilstand. Klasse 1 er best, 5 er dårligst (se vedlegg A). *Oggevatn har for få prøver til at klassifisering kan foretas.

Lokalitet	Næringssalter	Tarmbakterier	Surhet
Hovedelva:			
1. Tveitvatn, utløp	1	1	4
2. Dølemo, nedstrøms	1	1	3
3. Hynnekleiv	1	2	3
4. Herefossfjorden, utløp	1	2	4
5. Birkeland, oppstrøms	1	2	3
6. Flaksvatn, utløp	1	2	3
7. Boen			3
Skjeggedalsåna:			
11. Skjeggedalsåna v/ Skjeggedal			4
12. Klepslandsåna, v. Rassevete	1	1	3
13. Hovlandsåna, utløp Lislevatn	2	1	3
14. Langevatn, innløp	2	1	3
15. Skjeggedalsåna v/ Vågdalsfjorden	1	2	4
Innsjøer:			
21. Oggevatn	(2)	(1)	(2)
22. Bersevatn	2	2	2

Innsjøer

Bersevatn var moderat påvirket av næringssalter, bakterier og forsuring (klasse 2, "mindre god vannkvalitet"). De to stikkprøvene som ble tatt i Oggevatn gir ikke grunnlag nok til å foreta klassifisering.

3.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Tovdalsvassdraget har vært gjenstand for omfattende undersøkelser mht. forsuring og kalking. I denne litteraturoversikten legges det kun vekt på undersøkelser som inkluderer vurderinger av næringssalt-påvirkning og hygienisk påvirkning.

Grande (1967)

Vannkvaliteten (pH, ledningsevne, vannfarge og organisk stoff) ble bl.a. undersøkt på stasjonene Dale (oppstrøms Tveitevatn), Herefoss, Skjeggedalsåna, Digeelva (mellom Oggevatn og Flaksvatn) og Bersevatn. Ved Teinefoss (innløp Flaksvatn) og Boen ble det også analysert fosfat og nitrat. Grande (1967) karakteriserte vannet i Tovdalselva som surt, elektrolyttfattig og svakt humuspreget. Konsentrasjonen av fosfat lå i området 7-9 µg P/l og nitratinnholdet lå rundt 270-290 µg N/l ved stasjonene Teinefoss og Boen.

Johannessen et al. (1981)

Undersøkelsen er basert på prøver fra utløpet av Herefossfjorden, samt elvestrekninger ved Årdalen (ovenfor Birkeland), Flaksvatn og Boen i perioden oktober 1979 - september 1980. Konsentrasjonene av total fosfor oversteg sjelden 7-9 µg P/l nedenfor Herefossfjorden, og konsentrasjonene av total nitrogen lå i størrelsesområdet 320-360 µg N/l på samme elvestrekning. Innholdet av tarmbakterier nedenfor Herefossfjorden var høyere enn helsemyndighetene tillater som drikkevann. Bakteriekonsentrasjonene var spesielt høye nedenfor Birkeland. Vannet holdt imidlertid helsemyndighetenes krav til badevann på hele strekningen nedenfor Herefossfjorden.

Hindar (1990)

I perioden juni 1987 - august 1988 ble det samlet inn vannprøver for fysisk/kjemiske og bakteriologiske analyser i alt 14 ganger fra 6 stasjoner. Tre av stasjonene lå i Aust-Agder (oppstrøms Birkeland, gangbru ved Foss og Boen). Prøvene viste at vannet var svært surt, med pH-verdier helt ned mot 4,3. Det ble påvist termotolerante koliforme bakterier fra Birkeland og ned til utløpet i sjøen. Vannet ble derfor karakterisert som uegnet for drikkevann og tvilsomt som badevann. Den mikrobiologiske belastningen ble antatt å stamme fra direkte kloakktilførsler til elva. Det ble ikke funnet betenkelig høye konsentrasjoner av næringssalter eller organisk stoff i vassdraget.

Faafeng et al. (1990)

I forbindelse med en landsomfattende undersøkelse av eutrofiering (overgjødning) i innsjøer ble Herefossfjorden prøvetatt 4 ganger i sommerhalvåret 1988. Middelkonsentrasjonene av total fosfor og total nitrogen i innsjøen var hhv. 4,8 og 303 µg/L, mens middelkonsentrasjonen av klorofyll var 1,5 µg/L.

De omtalte vannkvalitetsundersøkelsene har stort sett konsentrert seg om Tovdalselva nedstrøms Herefossfjorden. På denne strekningen ser vannkvaliteten ut til å ha endret seg lite de siste 15 årene, både mht. næringssaltkonsentrasjoner og forekomst av tarmbakterier (**Tabell 4**). Det kan imidlertid synes å være en tendens til redusert fosforkonsentrasjon nedstrøms Flaksvatn, noe som kan ha sammenheng med bedre rensing av avløpsvannet fra Birkeland. Nitrogenkonsentrasjonene var noe høyere ved Boen i 1996, sammenlignet med de tidligere undersøkelsene. Dette skyldes sannsynligvis naturlige år-til-år variasjoner, f.eks. lav vannføring i elva når aktiviteten på de omkringliggende

landbruksarealene er høy. De økte pH-verdiene i elva skyldes en kombinasjon av reduserte svoveltilførsler (se avsnitt 2.5) og kalking.

Tabell 4. Vannkvalitetsutvikling 1979-1996 mhp. næringsalter, tarmbakterier og pH.

Stasjon	År	Ant. prøve r	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	TKB /100ml	pH	Referanse
Utl. Herefossfj.	1979-80	11	4,6	325	3	-	Johannessen et al. 1981
Herefossfjorden	1988	4	4,8	303	-	-	Faafeng et al. 1990
Utl. Herefossfj.	1996	6	3,8	369	6	5,3	Denne unders.
Opps. Birkeland	1979-80	9	4,3	321	2	-	Johannessen et al. 1981
Opps. Birkeland	1987-88	14	3,1	270	7	4,8	Hindar 1990
Opps. Birkeland	1996	6	3,8	315	12	5,3	Denne unders.
Utl. Flaksvatn	1979-80	11	5,9	362	22	-	Johannessen et al. 1981
Utl. Flaksvatn	1996	6	3,5	327	10	5,6	Denne unders.
Boen	1979-80	10	5,0	338	18	-	Johannessen et al. 1981
Boen	1987-88	14	3,4	283	17	4,8	Hindar 1990
Boen	1996	6	-	401	-	5,7	Denne unders.

3.3 Vurdering av behov for tiltak

De undersøkte stasjonene i Tovdalsvassdraget var generelt lite til moderat påvirket av næringsalter og bakterier. Dette skyldes dels at det er få og små kilder til næringsaltforurensning i området, men den relativt store vannføringen skaper i tillegg en forholdsvis stor resipientkapasitet i hovedelva. Det synes ikke nødvendig å gjenta de foretatte undersøkelsene de nærmeste 5 årene. Etter dette kan det imidlertid være aktuelt å foreta en ny statusundersøkelse for å dokumentere eventuelle endringer eller utviklingstendenser.

Selv om vannkvaliteten i hovedelva er relativt god mht. næringsalter og tarmbakterier, kan det være aktuelt å foreta en undersøkelse av mindre sidebekker for å avdekke eventuelle lokale forurensningsproblemer. Slike bekker er ofte gyte- og oppvekstområde for aure, og dersom de tilføres for mye næringsalter, vil gytesubstratet (grusen) kunne bli overdekket med algebegroing og vegetasjon. Utslipp av silosaft eller direkte tilførsler fra utette gjødsellagre vil dessuten lett kunne medføre oksygenvinn og fiskedød i små bekker.

Forsuring er det klart største miljøproblemet i vassdraget, og på bakgrunn av dette er det nå er satt i gang fullskala kalking ved hjelp av fem større doseringsanlegg plassert i hoved- og sidevassdrag. Effektene av kalkingen overvåkes i et eget program som drives i regi av Direktoratet for naturforvaltning.

4. Litteratur

- Berglind, L., I. Dahl, E.T. Gjessing, D. Klaveness og M. Læg Reid. 1984. Organisk materiale. I: Vennerød, K. (red.). Vassdragsundersøkelser. Norsk limnologiforening / Universitetsforlaget: 110-126.
- Bratli, J.L., H. Holtan og S.O. Åstebøl. 1997. Miljømål for vannforekomstene - tilførselsberegninger. SFT-veileder, under trykking.
- DNMI 1997. Nedbørhøyder for 1995 og 1996 fra meteorologisk stasjon 3845 Herefoss, samt normalperioden 1961-1990. Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Faafeng, B. og E. Fjeld. 1996. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. Statistisk analyse av usikkerhet i sesongmiddelverdier. NIVA-rapport 3427, 21 s.
- Faafeng, B., P. Brettum og D.O. Hessen. 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge, Statlig program for forurensningsovervåkning rapport nr. 389/90, løpenr. 2355, 57 s.
- Grande, M. (1967). Vannkvalitetens betydning for fiskebiologiske forhold i Tovdalselva. NIVA-rapport, løpenr. 182, 42 s.
- Hindar, A. (1990). Vannkvaliteten i Topdalselva (nedre del av Tovdalsvassdraget) i 1987 - 1988. NIVA-rapport, løpenr. 2369, 24 s.
- Hindar, A. 1991. Kalkingsplan for Tovdalsvassdraget. NIVA-rapport 2653, 31 s.
- Hindar, A. og A. Henriksen. 1995. Kalkingsstrategier for Tovdalsvassdraget basert på nåværende og framtidige overskridelser av naturens tålegrense for sterk syre. NIVA-rapport 3211, 42 s.
- Hindar, A. et al. 1997. Overvåking av kalkingprosjektet i Tovdalsvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN notat under trykking.
- Holtan, H. og D.S. Rosland. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr. 92:06, TA-905/1992, 32 s.
- Johannessen, M., T. Kristoffersen, J. Magnussen, R. Romstad og T. Tjomsland. 1981. Resipientundersøkelse i tilknytning til utbygging av Tovdalsvassdraget. NIVA-rapport 1276, 73 s.
- Kaste, Ø., E. Kleiven og J. Håvardstun 1997a. Overvåking av kalkingprosjektet i Vegårvassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN notat under trykking.
- Kaste, Ø., G. Halvorsen, J. Håvardstun, E. Kleiven, F. Kroglund og B. Walseng. 1997b. Overvåking av kalkingprosjektet i Rorevassdraget. I: Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1995. DN notat under trykking.
- Økland, J. 1983. Ferskvannets verden 1: Miljø og prosesser i innsjø og elv. Universitetsforlaget, 203 s.
- SIFF 1976. Kvalitetskrav til vann. Statens institutt for folkehelse. 52 s.
- SIFF 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. G2. Statens institutt for folkehelse. 72 s.
- Skjelkvåle, B.L. (red.) 1996. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - effekter 1995. Statens forurensningstilsyn (SFT), rapport 671/96, 193 s.
- Statens Helsetilsyn 1994. Nye kvalitetsnormer for friluftsbad. Rundskriv IK-21/94.

Vedlegg A. SFTs klassifiseringssystem

Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut fra **Tabell 5** nedenfor. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. SFTs veileder inneholder også et verktøy for å vurdere egnet av vannet for ulike brukerinteresser som drikkevann, jordvanning, friluftsbad og rekreasjon, fiskeoppdrett og sportsfiske.

Tabell 5. Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Utdrag fra SFTs veileder fra 1992 (Holtan og Rosland 1992).

Virksomheter av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Næringsalter	Totalfosfor ($\mu\text{g P/l}$)	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	Totalnitrogen ($\mu\text{g N/l}$)	<250	250-400	400-550	550-800	>800
	Klorofyll a ($\mu\text{g kl.a/l}$)	<2	2-3,7	3,7-7,5	7,5-20	>20
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Organiske stoffer	TOC (mg C/l)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	KOF _{Mn} (mg O/l)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	Fargetall (mg Pt/l)	<15	15-25	25-40	40-80	>80
	Oksygenmetning (%)	>80	50-80	30-50	15-30	<15
Forsurende stoffer	Alkalitet (mmol/l)	>0,2	0,05-0,2	0-0,05	0	0
	pH	>6,7	6,0-6,7	5,3-6,0	4,7-5,3	<4,7
Miljøgifter	Kobber ($\mu\text{g Cu/l}$)	<2	2-5	5-15	15-20	>50
	Sink ($\mu\text{g Zn/l}$)	<10	10-30	30-60	60-110	>110
	Kadmium ($\mu\text{g Cd/l}$)	<0,04	0,04-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
	Bly ($\mu\text{g Pb/l}$)	<1	1-3	3-5	5-10	>10
	Nikkel ($\mu\text{g Ni/l}$)	<3	3-10	10-30	30-100	>100
	Krom ($\mu\text{g Cr/l}$)	<1	1-3	3-10	10-50	>50
	Kvikksølv ($\mu\text{g Hg/l}$)	<0,01	0,01-0,04	0,04-0,1	0,1-0,3	>0,3
	Aluminium ($\mu\text{g Al/l}$)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Jern ($\mu\text{g Fe/l}$)	<50	50-100	100-300	300-600	>600
	Mangan ($\mu\text{g Mn/l}$)	<20	20-50	50-100	100-150	>150
Partikler	Turbiditet (FTU)	<0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
	Suspendert stoff (mg/l)	<1,5	1,5-3	3-5	5-10	>10
	Siktedyp (m)	>7	4-7	2-4	1-2	<1
Tarmbakterier	Termostabile koli. bakt. (antall/100 ml) v/44°C	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000

Vedlegg B. Primærdata

St. nr.	Dato	Dyp <i>m</i>	pH	Farge <i>mg Pt/l</i>	Turb. <i>FTU</i>	K25 <i>mS/m</i>	Tot-P <i>µgP/l</i>	PO4-P <i>µgP/l</i>	Tot-N <i>µgN/l</i>	NO3-N <i>µgN/l</i>	NH4-N <i>µgN/l</i>	K <i>mg/l</i>	TOC <i>mg/l</i>	O ₂ <i>mg/l</i>	Bakt. <i>/100ml</i>
1	21/05/96		5,04	14	0,3	1,50	<3,0	<2,0	305	160	25	0,2	2,4		0
1	11/06/96		5,29	9	0,5	1,44	5	<2,0	300	135	10	0,2	2,0		0
1	09/07/96		5,42	10	0,2	1,46	<3,0	<2,0	230	105	10	0,2	2,4		5
1	13/08/96		5,36	6	0,3	1,36	<3,0	<2,0	160	70	<5	0,1	1,7		1
1	10/09/96		5,26	15	0,4	1,50	4	<2,0	295	90	15	0,2	3,2		3
1	08/10/96		5,06	18	0,4	1,68	8	<2,0	330	105	30	0,2	3,3		7
2	21/05/96		5,07	16	0,3	1,96	<3,0	<2,0	380	210	20	0,3	3,1		0
2	11/06/96		5,26	17	0,4	1,53	4		310	135	10	0,2	2,3		0
2	09/07/96		6,49	11	0,3	2,25	<3,0	<2,0	270	105	10	0,2	3,0		8
2	13/08/96		5,60	26	1,2	1,82	12	<2,0	340	<10	<5	0,1	6,9		1
2	10/09/96		5,46	8	0,4	1,55	<3,0	<2,0	240	100	<5	0,2	2,5		9
2	08/10/96		5,16	18	0,4	1,87	4	<2,0	240	105	10	0,2	3,1		4
3	21/05/96		5,00	23	0,3	1,74	<3,0	3,1	335	160	20	0,2	3,4		19
3	11/06/96		5,19	11	0,3	1,58	4	<2,0	340	155	10	0,2	2,0		0
3	09/07/96		5,55	9	0,6	1,49	<3,0	<2,0	240	105	5	0,2	2,3		2
3	13/08/96		5,69	8	0,3	1,47	<3,0	<2,0	200	80	<5	0,2	2,0		0
3	10/09/96		5,41	12	0,4	1,61	<3,0	<2,0	200	90	5	0,2	2,7		2
3	08/10/96		5,11	17	0,4	1,89	4	<2,0	240	110	20	0,2	3,5		6
4	21/05/96		5,09	21	0,5	2,05	4	<2,0	450	205	35	0,3	3,4		1
4	11/06/96		5,07	12	0,5	2,01	5	<2,0	495	180	20	0,3	3,2		0
4	09/07/96		5,34	16	0,4	1,97	<3,0	<2,0	290	160	10	0,2	3,0		7
4	26/08/96		5,37	8	0,2	1,84	3	<2,0	445	155	10	0,2	2,4		10
4	10/09/96		5,40	10	0,3	1,91	<3,0	<2,0	205	120	10	0,2	3,1		12
4	08/10/96		5,36	20	0,5	2,12	5	<2,0	330	145	35	0,2	3,9		7
5	21/05/96		5,05	23	0,4	2,14	<3,0	<2,0	395	215	30	0,3	3,6		13
5	11/06/96		5,12	17	0,3	1,99	4	<2,0	320	210	10	0,3	2,7		2
5	09/07/96		5,36	15	0,5	2,02	<3,0	<2,0	335	160	10	0,3	3,1		16
5	26/08/96		5,41	9	0,3	1,85	4		255	165	15	0,2	2,3		20
5	10/09/96		5,50	10	0,3	1,94	4	<2,0	255	120	5	0,2	2,7		7
5	08/10/96		5,49	20	0,5	2,11	6	<2,0	330	135	35	0,2	3,5		15
6	21/05/96		5,10	21	0,4	2,21	<3,0	<2,0	395	215	35	0,3	3,3		4
6	11/06/96		5,14	16	0,3	2,07	4	2,7	350	210	10	0,3	3,5		1
6	09/07/96		5,44	14	0,5	2,08	3	<2,0	335	165	5	0,3	2,9		1
6	26/08/96		5,54	9	0,3	1,88	3	2,0	320	165	15	0,2	2,3		36
6	10/09/96		6,34	11	0,4	2,31	<3,0	<2,0	235	130	5	0,3	3,0		3
6	08/10/96		5,74	21	0,5	2,26	5	<2,0	325	145	40	0,2	3,8		16
7	15/05/96		5,39			2,16			470	235		0,3	3,3		
7	18/06/96		5,46			2,02			400	180		0,3	3,2		
7	15/08/96		6,03			2,16			375	160		0,3	3,0		
7	17/09/96		5,71			2,04			320	132		0,3	3,1		
7	15/10/96		5,76			2,16			440	160		0,3	4,1		

St. nr.	Dato	Dyp m	pH	Farge mg Pt/l	Turb. FTU	K25 mS/m	Tot-P µgP/l	PO4-P µgP/l	Tot-N µgN/l	NO3-N µgN/l	NH4-N µgN/l	K mg/l	TOC mg/l	O ₂ mg/l	Bakt. /100ml
11	21/05/96		4,70			1,91			250	119		0,2	3,6		
11	17/06/96		5,07			1,74			195	120		0,2	1,5		
11	21/07/96		5,32			1,73			175	103		0,1	1,5		
11	20/08/96		5,03			1,65			220	117		0,1	1,6		
11	24/09/96		5,31			1,69			200	117		0,1	1,5		
11	16/10/96		4,91			1,96			205	67		0,1	3,6		
12	21/05/96		5,07	26	0,6	1,87	6	<2,0	375	120	30	0,2	5,1		1
12	09/07/96		5,55	25	0,7	1,78	6	<2,0	265	25	5	0,2	4,5		2
12	09/09/96		5,41	37	0,8	2,20	6	<2,0	255	40	10	0,2	5,4		2
13	21/05/96		5,06	23	2,4	2,10	10	5,8	380	165	45	0,2	3,9		1
13	09/07/96		5,54	24	1,4	2,07	10	<2,0	275	80	10	0,3	4,0		3
13	09/09/96		6,07	46	0,8	2,10	9	<2,0	265	10	10	0,2	6,7		3
14	21/05/96		5,64	33	0,5	2,53	5	<2,0	445	195	40	0,4	4,4		6
14	09/07/96		6,19	28	1,0	2,30	18	<2,0	335	10	10	0,3	5,3		3
14	10/09/96		5,93	31	0,4	2,40	8	<2,0	195	<10	5	0,3	5,7		1
15	21/05/96		4,92	26	0,5	2,02	<3,0	4,9	400	200	35	0,2	3,8		14
15	11/06/96		5,10	17	0,7	1,90	5	<2,0	330	160	10	0,2	3,4		0
15	09/07/96		5,26	15	0,7	1,83	<3,0	<2,0	275	100	10	0,2	3,5		4
15	13/08/96		5,41	17	0,5	1,86	6	<2,0	380	145	15	0,2	3,2		36
15	10/09/96		5,44	26	0,5	1,79	4	<2,0	375	120	25	0,2	4,4		44
15	08/10/96		5,22	23	0,6	1,95	5	<2,0	310	115	30	0,2	3,7		10
21	11/06/96	1-4	5,30	18	0,4	2,95	11	6,6	520	250	60	0,3	3,8		0
21	13/08/96	1-4	6,96	26	0,5	3,44	10	<2,0	315	80	20	0,4	4,4		0
21	11/06/96	17												10,1	
21	13/08/96	18												7,1	
22	21/05/96	1-4	6,53	13	0,5	5,47	12	6,7	820	575	10	1,0	2,3		11
22	09/07/96	1-4	6,84	12	0,4	5,52	6	<2,0	800	475	10	1,0	2,7		2
22	10/09/96	1-4	6,73	12	0,7	5,60	13	2,8	635	420	30	1,0	3,6		10
22	21/05/96	10												9,9	
22	09/07/96	20												8,8	
22	10/09/96	20												7,6	

Middelverdier for hver stasjon (alle kjemiske parametre)

St. nr.	Dyp <i>m</i>	pH	Farge <i>mg Pt/l</i>	Turb. <i>FTU</i>	K25 <i>mS/m</i>	Tot-P <i>µgP/l</i>	PO4-P <i>µgP/l</i>	Tot-N <i>µgN/l</i>	NO3-N <i>µgN/l</i>	NH4-N <i>µgN/l</i>	K <i>mg/l</i>	TOC <i>mg/l</i>	Bakt. <i>/100ml</i>
1		5,24	12	0,3	1,5	4	2,0	270	111	16	0,2	2,5	3
2		5,51	16	0,5	1,8	5	2,0	297	111	10	0,2	3,5	4
3		5,33	13	0,4	1,6	3	2,2	259	117	11	0,2	2,7	5
4		5,27	15	0,4	2,0	4	2,0	369	161	20	0,2	3,2	6
5		5,32	16	0,4	2,0	4	2,0	315	168	18	0,2	3,0	12
6		5,55	15	0,4	2,1	4	2,1	327	172	18	0,3	3,1	10
7		5,67			2,1			401	173		0,3	3,3	
11		5,06			1,8			208	107		0,1	2,2	
12		5,34	29	0,7	2,0	6	2,0	298	62	15	0,2	5,0	2
13		5,56	31	1,5	2,1	10	3,3	307	85	22	0,2	4,9	2
14		5,92	31	0,6	2,4	10	2,0	325	72	18	0,3	5,1	3
15		5,23	21	0,6	1,9	4	2,5	345	140	21	0,2	3,7	18
21	1-4	6,13	22	0,5	3,2	11	4,3	418	165	40	0,4	4,1	0
22	1-4	6,70	12	0,5	5,5	10	3,8	752	490	17	1,0	2,9	8