



O-92157

# Livatn og Høyeåna

Vannkvalitetsutvikling 1982 - 1993

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-92157	Undernr.:
Løpenr.: 2969	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

<b>Rapportens tittel:</b> Livatn og Høyeåna. Vannkvalitetsutvikling 1982-1993.	<b>Dato:</b> 18.11.93	<b>Trykket:</b> NIVA 1993
	<b>Faggruppe:</b> Eutrofi ferskvann	
<b>Forfatter(e):</b> Øyvind Kaste Pål Brettum Frode Kroglund	<b>Geografisk område:</b> Vest-Agder	
	<b>Antall sider:</b> 40	<b>Opplag:</b> 50

<b>Oppdragsgiver:</b> Fylkesmannen i Vest-Agder	<b>Oppdragsg. ref.:</b>
--	-------------------------

## Ekstrakt:

Konsentrasjonen av totalfosfor i Livatn var i 1992-93 omlag på nivå med resultatene fra 1982. Pga. noe høyere humusinnhold i 1992-93, kan en forvente en høyere naturlig bakgrunnsverdi for fosfor. Dette kan indikere en viss reduksjon av de menneskeskapte tilførslene siden 1982. Konsentrasjonen av totalnitrogen var noe lavere i 1992-93, sammenlignet med 1982 og 1985. Nitrogentilførslene vil variere naturlig fra år til år avhengig av klimaforhold, men noe av nedgangen kan skyldes avløpstiltak i området. Algemengdene var i 1992 lavere enn i 1982, men høyere enn i 1985. Store svingninger gjør det vanskelig å avgjøre om det er oppnådd en generell reduksjon av algekonsentrasjonen i løpet av de siste ti årene. Innholdet av termotabile koliforme bakterier var i 1992-93 lavere enn tilsvarende målinger i 1985.

Vassdraget er forsuret, men det er store pH-variasjoner gjennom året. Hele vassdraget inneholder forholdsvis mye aluminium pga. forsuringen. pH-verdien i vassdraget var noe høyere enn i 1982 og 1985. Høyeåna utgjør omlag 5% av vannføringen i Mandalselva nedstrøms samløpet mellom de to elvene. Det må derfor være ekstreme avvik i vannføring og surhet for at Høyeåna kan påvirke vannkvaliteten i Mandalselva i nevneverdig grad. Høyeåna har gjennomgående høyere pH-verdier enn Mandalselva.

4 emneord, norske

1. overvåking
2. landbruksforurensning
3. vannkjemi
4. eutrofiering

4 emneord, engelske

1. monitoring
2. agricultural runoff
3. water chemistry
4. eutrophication

Prosjektleder

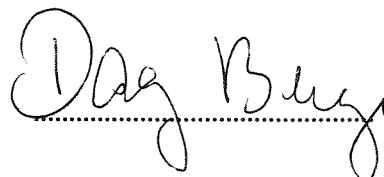
For administrasjonen

Frode Kroglund

Dag Berge



ISBN-82-577-2396-7



# **LIVATN OG HØYEÅNA**

**Vannkvalitetsutvikling 1982-1993.**

O-92157

ØYVIND KASTE  
PÅL BRETTUM  
FRODE KROGLUND

## FORORD

Som et ledd i den lokale overvåkingen av vann og vassdrag ble NIVA bedt av Fylkesmannen i Vest-Agder ved miljøvernavdelingen om å utarbeide et undersøkelsesprogram for Livatn-vassdraget i Songdalen kommune. Livatn-vassdraget er den øverste delen av Høyeåna som renner ut i Mandalselva ved Øyslebø. NIVAs forslag til program ble oversendt miljøvernavdelingen 14. september 1992.

Undersøkelsen er finansiert av Fylkesmannen i Vest-Agder og Songdalen kommune. Det er samlet inn prøver 9 ganger fra mai 1992 til mars 1993. Foruten Livatn ble det samlet inn prøver fra tre elvestasjoner. Feltarbeidet er utført av teknisk etat i Songdalen kommune etter opplæring av Agder Distriktshøgskole (ADH).

Vannanalysene er utført av ADH, mens Næringsmiddeltilsynet i Vest-Agder har utført bakterieanalysene. Algetellingene er utført og rapportert av Pål Brettum ved NIVA i Oslo. NIVA har utarbeidet program, bearbeidet og rapportert resultatene.

Kontaktperson hos miljøvernavdelingen i Vest-Agder har vært Jon Egil Vinje.

Grimstad, november 1993

Øyvind Kaste

## **INNHOLD**

1. SAMMENDRAG	
1.1. Vannkvalitetsstatus og sammenligning med tidligere undersøkelser	4
1.2. Høyeånas betydning for forurensingssituasjonen i Mandalselva	6
2. INNLEDNING	7
3. MATERIALE OG METODER	
3.1. Vassdragsbeskrivelse	8
3.2. Hydrologi	10
3.3. Forventet naturtilstand	11
3.4. Prøveinnsamling og analyser	12
4. RESULTATER	
4.1. Vannkvalitetstilstand i vassdraget i 1992-93	13
4.2. Forholdene i dypvannet i Livatn	14
4.3. Planteplankton i Livatn	15
5. DISKUSJON	
5.1. Vannkvalitetsstatus i 1992-93 og utvikling siden 1982	17
5.2. Høyeånas betydning for forurensing av Mandalselva	24
6. LITTERATUR	27
7. VEDLEGG	
7.1. Klassifisering av tilstand og forurensningsgrad i vannforekomster	28
7.2. Fysiske og kjemiske analyseresultater	30
7.3. Planteplankton	35
7.4. Vannkvalitetsutvikling 1982-93	36

# 1. SAMMENDRAG

---

## 1.1. Vannkvalitetsstatus

### Virkinger av næringsalter:

Livatn hadde i 1992-93 middelveier for nitrogen og fosfor som plasserte innsjøen innenfor tilstandsklasse III ("nokså dårlig") i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Holtan og Rosland 1992 - tab.1). Begrepet tilstandsklasse bygger på observert vannkvalitet, dvs. inkluderer naturlige bakgrunnsverdier pluss menneskeskapt forurensning. Livatn vil fra naturens side ha noe forhøyede næringsstoffkonsentrasjoner pga. relativt høyt humusinnhold (myrvannspåvirkning), men noe skyldes også menneskeskapte kilder. Mye av nitrogenet i vassdraget stammer fra langtransporterte luftforurensninger. Siktedypet i innsjøen var relativt dårlig i den undersøkte perioden (klasse III), noe som i stor grad er naturlig på grunn av myrvannspåvirkningen. Den midlere algekonsentrasjonen var moderat (klasse II) og var trolig hemmet av dårlige lysforhold, samtidig som mye av næringsstoffene kunne være bundet til humuspartikler.

I 1992 var det gullalger og cryptomonader som var mest fremtredende i planteplanktonet i Livatn, men alle gruppene var mer jevnt fordelt i deler av vekstsesongen enn hva som var tilfelle i 1982. Selv om det ser ut som det har skjedd en nedgang i algemengden fra 1982-1992 er det ennå relativt høye maksimumsverdier for plankton.

*Tabell 1. Tilstandsklasser for vannkvalitet i Høyeåna i perioden mai 92 - mars 93 basert på middelveier (SFTs klassifiseringssystem, se vedlegg 7.1).*

<b>Virkinger av:</b>	<b>Djupelandsvatn</b>	<b>Livatn, inn</b>	<b>Livatn, overflate</b>	<b>Innløp Mandalselva</b>
<b>Næringsalter</b>				
Totalfosfor (µg P/l)	IV	IV	III	II
Totalnitrogen (µg N/l)	III	III	III	III
Algeklorofyll (µg kl.a/l)			II	
Siktedyp (m)			III	
<b>Organiske stoffer</b>				
TOC (mg C/l)	III	III	III	II
Fargetall (µg Pt/l)	IV	IV	III	II
<b>Forsuring</b>				
Alkalitet (mmol/l)	III	III	II	III
pH	III	III	III	III
Total aluminium (µg Al/l)	V	V	V	V
<b>Partikler</b>				
Turbiditet (FTU)	III	III	II	II
<b>Tarmbakterier</b>				
Termotab. koli (ant/100 ml v.44 C)	II	III	II	II

Konsentrasjonen av totalfosfor i Livatn var i 1992-93 omlag på nivå med resultatene fra 1982 (tabell 2). Fosforinnholdet er imidlertid positivt korrelert med humusinnholdet i innsjøer (kfr. vannets farge), og fosformålingene for 1992-93 tyder derfor på en viss reduksjon av de menneskeskapte tilførslene siden 1982. Dette kan trolig tilbakeføres til gjennomførte tiltak på avløpssiden i området.

*Tabell 2. Vannkvalitetsutvikling i Livatn 1982-1993 (overflatevann).*

<b>Virksomheter av:</b>	<b>1982</b>	<b>1985</b>	<b>1992-93</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Næringssalter</b>				
Totalfosfor (µg P/l)	20	26	20	Se tekst
Totalnitrogen (µg N/l)	495	506	425	Bedring
Algeklorofyll (µg kl.a/l)	5,9	1,5	2,8	Se tekst
<b>Organiske stoffer</b>				
Fargetall (µg Pt/l)	38	54	45	
Siktedyp (m)	3,1	2,6	3,0	
<b>Forsuring</b>				
pH	5,4	5,3	5,6	Bedring
Kalsium (mg Ca/l)	1,4	1,2	1,5	Bedring

Konsentrasjonen av totalnitrogen lå gjennomgående 100 µg/l lavere i 1992-93, sammenlignet med 1982 og 1985. Nitrogenkonsentrasjonen vil variere naturlig fra år til år avhengig av klimaforhold, men noe av nedgangen kan skyldes avløpstiltak i området.

Klorofyllkonsentrasjonen var i 1992 lavere enn målingene fra 1982, men høyere enn i 1985. De store svingningene gjør det vanskelig å avgjøre om det er oppnådd reduksjoner av mengdene med de gjennomførte tiltakene ennå. Reduserte fosfortilførsler gir imidlertid generelt lavere algetetthet i innsjøer som Livatn.

I resten av Høyeåna var det en tendens til høye fosforkonsentrasjoner i de høystliggende områdene (klasse IV - "dårlig"), med en forbedring nedover mot innløpet i Mandalselva, hvor verdiene lå på grensen mellom god og mindre god vannkvalitet (klasse I / II). Nitrogenkonsentrasjonen varierte lite nedover i vassdraget, og lå gjennomgående i tilstandsklasse III.

#### Virksomheter av organisk stoff:

Det ble observert avtakende verdier av organisk stoff nedover i vassdraget. TOC-verdien ved den nederste stasjonen (innløp Mandalselva) lå i gjennomsnitt i den bedre halvdel av tilstandsklasse II. I Livatn lå den gjennomsnittlige TOC-verdien i tilstandsklasse III. Vassdraget er nokså humuspåvirket, spesielt i den øvre delen fra utløpet av Djupelandsvatn til innløpet i Livatn (klasse IV). På den nederste stasjonen var vannet relativt lite farget (klasse II)

#### Virkninger av forsurende stoffer:

Vassdraget er forsuret. Det finnes en liten rest av bufferkapasitet i vannet, men denne er for liten til å nøytralisere sure episoder av noe omfang (klasse II i Livatn, klasse III i vassdraget forøvrig). pH-verdiene lå i gjennomsnitt innenfor tilstandsklasse III i hele vassdraget, men spesielt i Livatn var det store variasjoner i løpet av året. Et hovedmønster i Livatn er at pH-verdiene i overflaten var høyere i produksjonssesongen i sommerhalvåret enn om vinteren. Dette kan sannsynligvis tilskrives primærproduksjonen i vannet, som presser pH opp ved forbruk av CO<sub>2</sub>. Hele vassdraget inneholder forholdsvis mye aluminium pga. forsureningen. I 1992-93 var samtlige pH-målinger i perioden mai-oktober høyere enn målinger fra 1982 og 1985.

#### Virkninger av partikler:

Vassdraget er moderat påvirket av partikler (klasse II og III), og er mest turbid i de øvre delene.

#### Virkninger av tarmbakterier:

Termostabile koliforme bakterier er indikator på fersk fekal forurensning. De høyeste konsentrasjonene av slike bakterier ble observert ved innløpet i Livatn (klasse III). Ved de øvrige stasjonene ble det observert lave konsentrasjoner av termostabile bakterier (klasse I og II), og vannet kan karakteriseres som godt egnet som badevann. Elva ved innløpet i Livatn kan karakteriseres som egnet, men ikke godt egnet som badevann ifølge SFTs system for egnethetsvurdering av vannforekomster (Holtan og Rosland 1992). Innholdet av termostabile koliforme bakterier var i 1992-93 lavere enn tilsvarende målinger i 1985.

### **1.2. Høyeånas betydning for forsurenings situasjonen i Mandalselva.**

For å vurdere Høyeånas innvirkning på forsurenings situasjonen i Mandalselva er det tatt utgangspunkt i pH-verdier. Beregningen er lagt opp som et rent titreringsforsøk hvor det er antatt null bufferkapasitet i elvene. Dette er en forenkling, men gir en god indikasjon på blandingsforholdene.

Ved normalvannføring utgjør Høyeåna omlag 5% av vannføringen i Mandalselva nedstrøms samløpet mellom de to elvene. Alle avvik i vannkvalitet bli derfor svekket med en faktor på 20 når vannet blandes i hovedelva. En pH-verdi på 5,5 i Høyeåna, vil påvirke Mandalselva minimalt i området omkring vassdragets årsmiddel-pH på 4,8 (SFT 1992). Det mindre sure vannet i Høyeåna vil kun øke pH-verdien i Mandalselva med 0,02 enheter.

Ved å tidoble den relative innvirkningen av Høyeånas vannmasser på hovedelva vil pH i Mandalselva kunne øke 0,1-0,2 pH-enheter ved ekstreme verdier for pH i Høyeåna. Dersom pH i Høyeåna var 4,5 vil pH i hovedvassdraget kunne senkes fra 4,84 til 4,70. Ved en pH på 6,0 i Høyeåna vil pH i hovedvassdraget kunne stige fra 4,84 til 4,99. Fiskebiologisk er det av interesse å øke pH i Mandalselva til 5,0. Kalking av Høyeåna bør derfor vurderes.



## 2. INNLEDNING

---

Livatn og Høyeåna er tidligere undersøkt av NIVA i 1982 og 1985 (Brettum og Lindstrøm 1983, Brettum og Holtan 1986). I forbindelse med den lokale overvåkingen av vann og vassdrag ønsket miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder en ny status for vannkvaliteten i området og en sammenligning med de tidligere undersøkelsene.

Miljøvernavdelingen formulerte følgende målsetning for undersøkelsen:

1. Næringssalt-status i Livatn og Høyeåna 1992/93 sammenlignes med 1982 og 1985-målinger.
2. Resultatene for 1992/93 sammenholdes med avrenningsberegninger for vassdraget.
3. Høyeånas betydning for forurensningssituasjonen i Mandalselva vurderes.

For å belyse problemstillingene ovenfor ble det gjennomført et undersøkelsesprogram som omfattet prøvetaking i Livatn, samt på tre elvestasjoner. To av elvestasjonene lå oppstrøms Livatn, mens den tredje lå i Høyeåna like før innløpet i Mandalselva. Sistnevnte stasjon ble tatt med for å belyse problemstilling nr. 3 ovenfor. Det samlet inn prøver 9 ganger i perioden mai 1992 til mars 1993.

De tidligere undersøkelsene i Livatn og Høyeåna omfatter fysisk, kjemiske og biologiske analyser. Det er tidligere foretatt begroingsundersøkelser (1982) og laget et forurensningsbudsjett for Livatn (1985).

Det er i denne rapporten lagt vekt på å sammenligne dagens vannkvalitetstilstand med tidligere undersøkelser. Problemstillinger knyttet til beregning av forurensningstilførsler og vurdering av forurensningsbegrensende tiltak er ikke behandlet i rapporten.

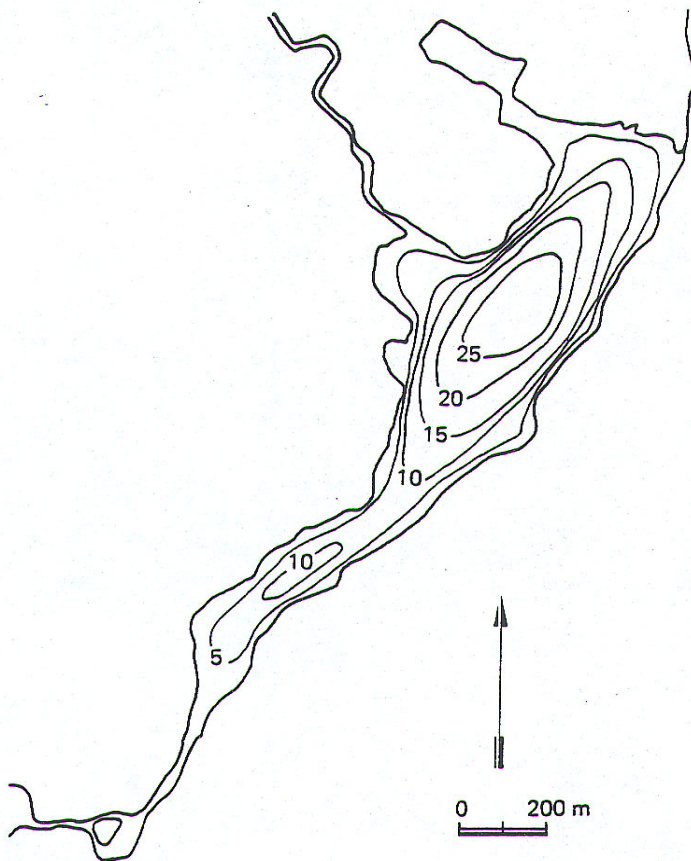
### 3. MATERIALE OG METODER

---

#### 3.1 Vassdragsbeskrivelse

Høyeåna er et sidevassdrag til Mandalselva og har et totalt nedbørfelt på 104 km<sup>2</sup>. Djupelandsvatn og Livatn er de to øverste innsjøene i vassdraget. Livatnet har et overflateareal på 0,45 km<sup>2</sup>, et nedbørfeltareal på 25,4 km<sup>2</sup> og et maksimumsdyp på 25,5 meter (fig. 1). De undersøkte stasjonene er vist i figur 2.

Brettum og Holtan (1986) har gitt en beskrivelse av de viktigste forurensningskildene i Livatnets nedbørfelt og satt opp et forurensningsbudsjett for innsjøen. Hovedpåvirkningskildene stammer fra bebyggelsen og fra jordbruksvirksomhet i området.



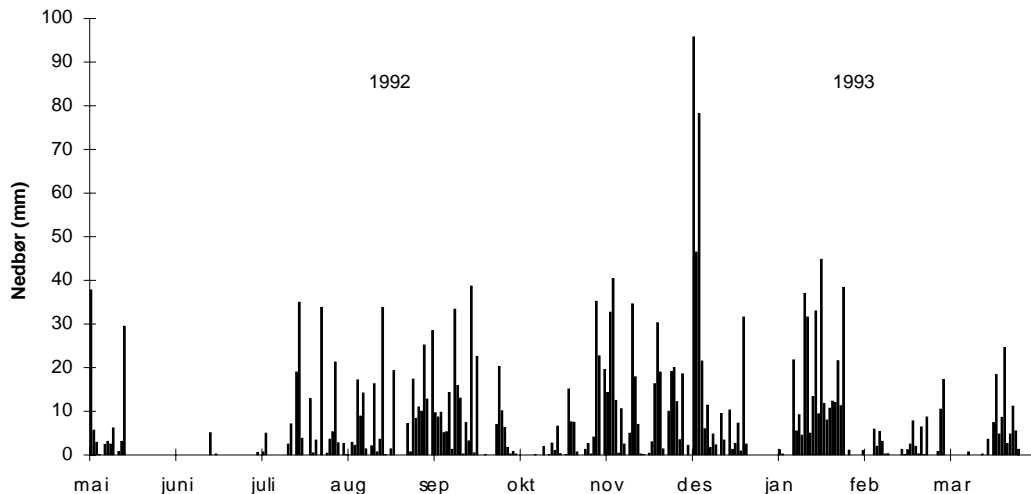
*Figur 1. Dybdekart for Livatn (fra studentoppgave, ADH 1985)*



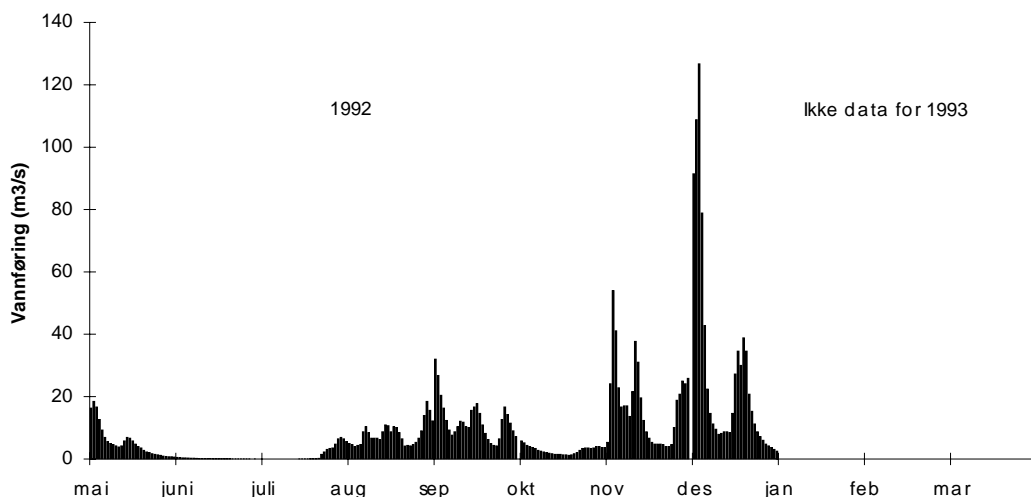
*Figur 2. Høyevassdraget med stasjonsplassering. (1. Utløp Djupelandsvatn, 2. innløp Livatn, 3. Livatn, 4. innløp Mandalselva).*

### 3.2. Hydrologi

Nedbør for den undersøkte perioden er vist i figur 3. Målestasjonen for nedbør ligger omlag 20 km sørvest for Livatn. Spesifikk avrenning i Livatnets nedbørfelt er omlag 36 l/s/km<sup>2</sup> (Brettum og Holtan 1986). Vannføringsdata er innhentet fra NVE-stasjon 1150 Myglevatn, som ligger omlag 20 km rett nord for Livatn (fig. 4). Middelvannføring i Høyeåna ved innløpet i Mandalselva er beregnet til 3,7 m<sup>3</sup>/s.



**Figur 3.** Nedbør målt ved Meteorologisk institutts stasjon 4164, Vigmostad i perioden mai 92 - mars 93. Stasjonen ligger ca. 20 km sørvest for Livatn.



**Figur 4.** Vannføring målt ved NVE-stasjon 1150, Myglevatn i perioden mai 92 - desember 92. Stasjonen ligger ca. 20 km rett nord for Livatn.

### 3.4. Forventet naturtilstand.

Med forventet naturtilstand menes den kvalitet vannet ville ha uten menneskelig aktivitet i nedslagsfeltet. Naturlige stofftilførsler (f.eks. humus fra myrområder) blir ikke her registrert som forurensning. Forventet naturtilstand bestemmes på bakgrunn av kvalifisert skjønn, med støtte i observasjoner fra lite påvirkete referansevassdrag og tidligere undersøkelser. Som et generelt hjelpemiddel ved karakterisering av naturlig vannkvalitet er landet delt inn i 7 regioner hvor avrenningsvannet fra naturens side burde ha noenlunde samme kvalitet (SFT 1989). Se også vedlegg 1 for mer informasjon om SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet.

Høyeåna vil ifølge denne grovinndelingen ligge innenfor et avrenningsområde som kan karakteriseres som "Sørlandsheier med snauffjell, lyng og krattskog" (tabell 3).

I tabell 4 er det gjengitt bakgrunnsverdier for noen sørlandsvassdrag. Ibrekke og medarb. (1991) anslo forventet naturtilstand i Mandalselva til å være 5 µg/l for totalfosfor, 260 µg/l for totalnitrogen. Høyeånavassdraget er imidlertid humuspåvirket (ca. 40 mg Pt/l i snitt), noe som kan øke bakgrunnsverdien for fosfor. Rognerud og medarb. (1981) fant fra humus-innsjøer i Telemark som ikke var utsatt for kulturell påvirkning mellom 4.5 og 10 µg P/L i innsjøer med fargetall på 20-60 mg Pt/L.

På bakgrunn av humusinnholdet i vassdraget anslås bakgrunnsverdiene til 5-8 µg/l total fosfor og 260 µg/l total nitrogen.

Tabell 3. Kort karakteristikk av vannkvaliteten i avrenningsvannet fra "Sørlandsheier med snauffjell, lyng og krattskog" (SFT 1989).

Saltholdighet	Næringssalter
Lav saltholdighet med konduktivitetsverdier mindre enn 2 mS/m. Relativt høyt sulfat- og kloridinnhold. Kalsiuminnholdet er lavt.	Total fosfor < 4 µg /L. Total nitrogen < 150 µg/L.

Tabell 4. Bakgrunnsverdier oppgitt for total fosfor (Tot-P), total nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO<sub>3</sub>) for ulike sørlandsvassdrag. Verdiene er ikke korrigert for bidrag fra langtransporterte luftforurensninger.

Vassdrag	Tot-P	Tot-N	NO <sub>3</sub>	Referanse
Kvina	5	250	100	Kroglund et al. 1993
Songdalselva	5	200	100	Kroglund og Hindar 1991
Otra	3			Hindar et al. 1991
Otra	4	270	-	Ibrekk et al. 1991
Mandalselva	5	260	-	Ibrekk et al. 1991
Audna	6	260	-	Ibrekk et al. 1991

### 3.4. Prøveinnsamling og analyser.

Det ble gjennomført 9 prøvetakingsrunder i perioden mai 1992 - mars 1993. Undersøkelsen omfatter 3 elvestasjoner og en innsjøstasjon i Livatn.

I innsjøen er det foretatt feltmålinger av temperatur, siktedyp og farge. Vannprøver for fysiske og kjemiske analyser ble hentet fra det øverste sirkulerende vannlaget (0,5+3m), samt i bunnvannet (25 m). Prøver for planteplankton ble innsamlet fra det øverste sirkulerende vannlaget. pH ble målt like etter at vannprøvene ankom laboratoriet. Vann for de øvrige vannkjemiske parametrene ble lagret og evt. konserveret for senere analyse.

Vannkjemi er analysert ved ADH. Bakterietellingene er utført av næringsmiddeltilsynet i Vest-Agder. Algetellingene er gjennomført og rapportert av Pål Brettum ved NIVA i Oslo.

## 4. RESULTATER

### 4.1. Vannkvalitetstilstand i vassdraget i 1992-93.

#### Virknings av næringssalter:

Livatn hadde i 1992-93 middelværdier for nitrogen og fosfor som plasserte innsjøen innenfor tilstandsklasse III ("nokså dårlig") i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Holtan og Rosland 1992 - tab.5). Begrepet tilstandsklasse bygger på observert vannkvalitet, dvs. inkluderer naturlige bakgrunnsverdier pluss menneskeskapt forurensning. Livatn vil fra naturens side ha noe forhøyede næringsstoffkonsentrasjoner pga. relativt høyt humusinnhold (myrvannspåvirkning). Siktedypet i innsjøen var relativt dårlig i den undersøkte perioden (klasse III), noe som i stor grad er naturlig på grunn av myrvannspåvirkningen. Den midlere algekonsentrasjonen var moderat (klasse II).

*Tabell 5. Vannkvalitetstilstand i Livatnvassdraget (Høyeåna) i perioden mai 92 - mars 93 basert på middelkonsentrasjoner.*

Virknings av:	Djupelandsvatn	Livatn, inn	Livatn, overflate	Innløp Mandalselva
<b>Næringssalter</b>				
Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )	28	21	20	8
Totalnitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )	409	439	425	433
Algeklorofyll ( $\mu\text{g kl.a/l}$ )			2,8	
Siktedyp (m)			3	
<b>Organiske stoffer</b>				
TOC (mg C/l)	4,5	5,1	4,6	2,8
Fargetall ( $\mu\text{g Pt/l}$ )	62	61	45	26
<b>Forsuring</b>				
Alkalitet (mmol/l)	0,043	0,047	0,053	0,043
pH	5,3	5,5	5,6	5,5
Total aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )	190	220	170	170
<b>Partikler</b>				
Turbiditet (FTU)	1,2	1,1	1,0	0,8
<b>Tarmbakterier</b>				
Termstab. koli (ant/100 ml v.44°C)	6	76	5	6

Tilstandsklasser:

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

I vassdraget forøvrig var det en tendens til høye fosforkonsentrasjoner i de høystliggende områdene (klasse IV - "dårlig"), med en forbedring nedover mot innløpet i Mandalselva hvor verdiene lå på grensen mellom "god" og "mindre god" vannkvalitet (klasse I / II). Nitrogenkonsentrasjonen varierte lite nedover i vassdraget, og lå gjennomgående i tilstandsklasse III.

#### Virknings av organisk stoff:

Konsentrasjonen av organisk stoff viste en avtakende tendens nedover i vassdraget. TOC-verdien ved den nederste stasjonen (innløp Mandalselva) lå i gjennomsnitt i den bedre halvdel av tilstandsklasse II. I Livatn lå den gjennomsnittlige TOC-verdien i tilstandsklasse III.

Vassdraget er nokså humuspåvirket, spesielt i den øvre delen fra utløpet av Djupelandsvatn til innløpet i Livatn (klasse IV). På den nederste stasjonen var vannet relativt lite farget av humus (klasse II).

#### Virknings av forsurende stoffer:

Vassdraget er forsuret. Det finnes en liten rest av bufferkapasitet i vannet, men denne er for liten til å nøytralisere sure episoder av noe omfang. pH-verdiene lå i gjennomsnitt innenfor tilstandsklasse III gjennom hele vassdraget, men spesielt i Livatn var det store variasjoner i løpet av året (fig.11). Et hovedmønster i Livatn er at pH-verdiene var høyere i produksjonssesongen i sommerhalvåret enn om vinteren. Vannet fra hele vassdraget inneholder mye aluminium.

#### Virknings av partikler:

Vassdraget er moderat påvirket av partikler (klasse II og III), og noe mer turbid i de øvre delene.

#### Virknings av tarmbakterier:

Termostabile koliforme bakterier er indikator på fersk fekal forurensning. De høyeste konsentrasjonene av slike bakterier ble observert ved innløpet i Livatn (klasse III). Ved de øvrige stasjonene ble det observert lave konsentrasjoner av termostabile bakterier (klasse I og II), og vannet kan karakteriseres som godt egnet som badevann. Elva ved innløpet i Livatn kan karakteriseres som egnet, men ikke godt egnet som badevann ifølge SFTs system for egnethetsvurdering av vannforekomster (Holtan og Rosland 1992).

## **4.2. Forholdene i dypvannet i Livatn.**

Livatn hadde en høyere middelkonsentrasjon av næringssaltene nitrogen og fosfor på 25 meters dyp enn i overflatevannet (vedlegg 7.2). Dette er vanlig forekommende i innsjøer som har temperatursjiktning i sommer- og vinterhalvåret. Innsjøene fungerer i stagnasjonsperioder som felle for bl.a. organisk materiale og næringssalter som synker ned fra de sirkulerende vannmassene.

Dypvannet i Livatn hadde også noe sterkere farge og var mer turbid enn overflatevannet. Bunnvannet skiller seg forøvrigt lite kjemisk fra overflatevannet, noe som de relativt stabile konduktivitetsverdiene også viser. Innholdet av termostabile tarmbakterier var lavt i den undersøkte perioden, men vannet vil kreve noe behandling før det kan benyttes som drikkevann. Helsemyndighetene krever at drikkevannet skal være fritt for termostabile koliforme bakterier.



#### 4.2. Planteplankton i Livatn.

Kvantitative planteplanktonprøver ble samlet inn fra Livatn fra mai - november 1992 og ved to tidspunkter i vinterperioden (februar og mars) i 1993. Prøvene var blandprøver fra 1 og 3 m dyp. Analyseresultatene er fremstilt i figur 5 sammen med tilsvarende resultater for undersøkelser i denne innsjøen i 1982 og 1985. I vedlegg 7.3 er analyseresultatene for 1992 og 1993 gitt .

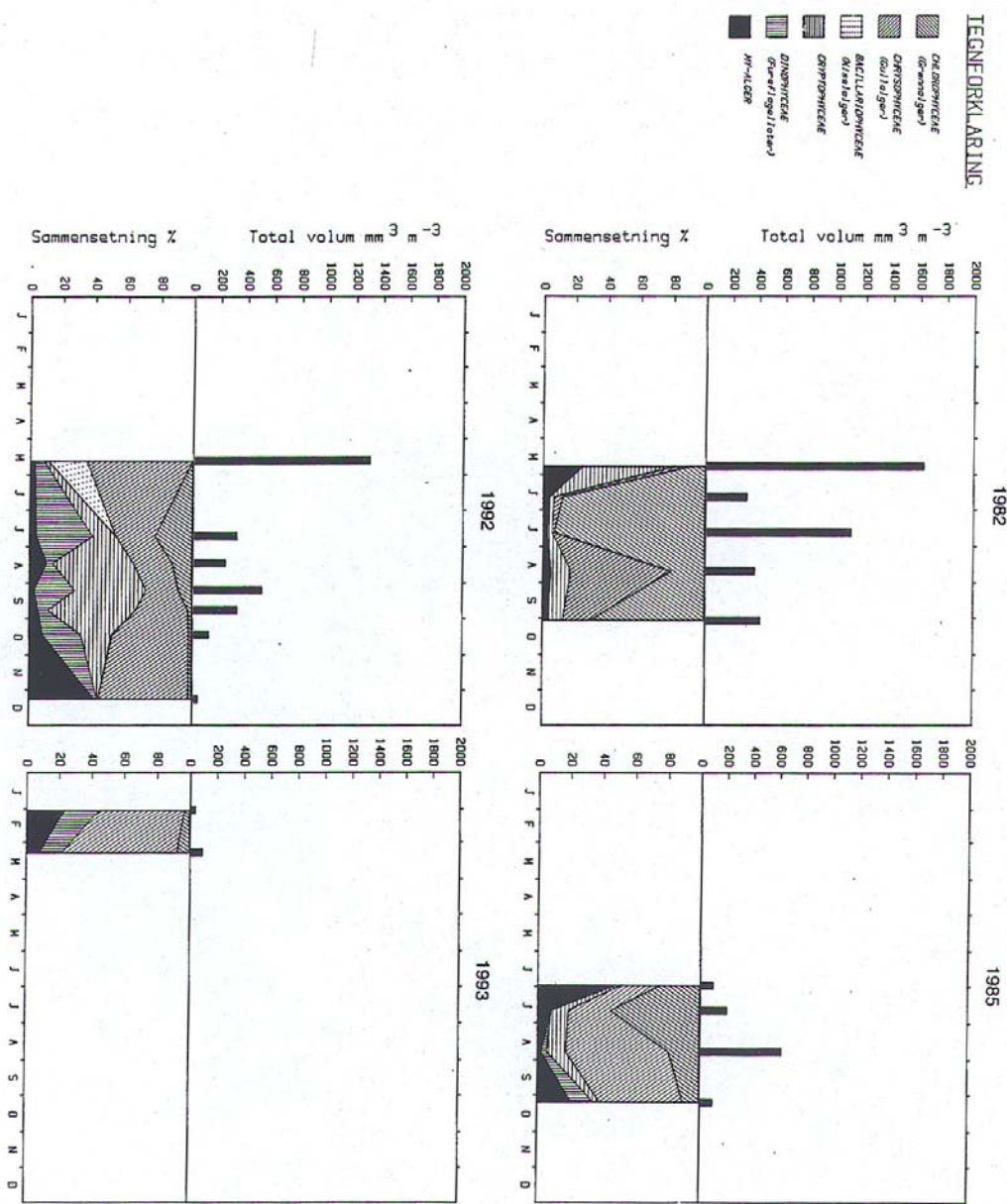
I 1992 ble det registrert et maksimum i mai med et totalt planteplanktonvolum på 1300 mm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Viktigste arter i vannmassene på dette tidspunktet var kiselalgen (Bacillariophyceae) Tabellaria flocculosa sammen med flere arter innen gruppen gullalger (Chrysophyceae) som Synura sp. (mest sannsynlig S. petersenii, men dette er vanskelig å avgjøre på konservert materiale) og Syncrypta sp. foruten flere arter av slekten Dinobryon. Også dinoflagellaten (Dinophyceae) Gymnodinium uberrimum, var av en viss betydning i det samlede planteplankton.

Det ut til at det har vært en viss nedgang i algevolumet i perioden 1982 og 1992. Her må en først og fremst sammenligne 1982 og 1992, da det disse to årene ble analysert prøver også på forsommeren. Analysene fra 1985 omfatter bare perioden juni/juli til oktober og er dermed bare sammenlignbare med 1982 og 1992 for denne perioden av året. Selv om prøver ikke er tatt til samme tid og forholdene kan variere en del fra år til år med hensyn til algesuksesjonen gjennom vekstsesongen, så gir gjennomsnittsverdien for algevolumet for vekstsesongen mai - oktober et bilde av nivået for algemengdene. Nedenfor er verdiene for maksimalt totalvolum og gjennomsnittsvolum fremstilt.

	1982	1992
Maksimum totalvolum mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	1625	1300
Gjennomsnittsvolum for vekstsesongen mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	762	470
Antall prøver	5	6

Verdiene tyder på at det har vært en viss nedgang i algevolumet i vannmassene i Livatn i denne tiårsperioden og at vannkvaliteten er bedret. Resultatene for den delen av vekstperioden som ble undersøkt i 1985 viste også lavere verdier enn i 1982, nærmere de algemengdene som ble registrert i 1992. Først og fremst er det i algesammensetningen de største endringene har skjedd fra 1982 til 1992. I 1982 var det en kraftig dominans av grønnalger (Chlorophyceae) i store deler av vekstsesongen. Dette var også delvis tilfellet i 1985, mens denne gruppen var svært beskjedent representert i planteplanktonet i 1992.

I 1992 var det gullalger (Chrysophyceae) og cryptomonader (Cryptophyceae) som var mest fremtredende i planteplanktonet, men alle gruppene var mer jevnt fordelt i deler av vekstsesongen enn hva som var tilfelle i 1982. Selv om det ut fra analyseresultatene av de kvantitative planteplanktonprøvene ser ut som det har skjedd en nedgang i algemengden fra 1982-1992, er det ennå relativt høye maksimumsverdier. Ut fra de registrerte analyseverdiene har Livatn gjennomgått en vannkvalitetsbedring fra mesotrof til oligomesotrof. Det vil si at innsjøen har beveget seg fra middels næringsrik i 1982 til en overgangstilstand mellom middels næringsrik og næringsfattig når det gjelder planteplankton.



*Figur 5. Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Livatn.*

## 5. DISKUSJON

---

### 5.1. Vannkvalitetsstatus i 1992-93 og utvikling siden 1982.

#### Virksomheter av næringssalter:

Ibrekk og medarb. (1991) anslo forventet naturtilstand i Mandalselva til å være 5 µg/l for totalfosfor og 260 µg/l for totalnitrogen. Pga. det relativt høye humusinnholdet i de øvre delene av Høyeåna, vil bakgrunnskonsentrasjonene for fosfor trolig være noe høyere enn anslått ovenfor. En middelkonsentrasjon på 5 µg/l P i Livatn vil gi en beregnet konsentrasjon av algeklorofyll på 2.9 µg/l i produksjonssesongen (se ligning 1).

ligning 1:  $[kla] = 0.6 [P]\lambda^{0.96}$  (Berge 1987)

der:

$[P]\lambda$  = midlere konsentrasjon av totalfosfor i innsjøen

$[kla]$  = midlere algemengde i sommerhalvåret i innsjøens produksjonssjikt

I Livatn ble det i 1992-93 målt en middelkonsentrasjon av totalfosfor på 20 µg/l. Dette er markert høyere enn den anslåtte forventede naturtilstanden i området (s. 11), som riktignok er usikker pga. det relativt høye humusinnholdet i vassdraget. Humusforbindelsene inneholder organisk bundet fosfor som vil øke konsentrasjonen av totalfosfor, men som vil være lite tilgjengelig for algevekst. Middelerdien for totalnitrogen i Livatn i 1992-93 var også noe høyere enn den forventede naturtilstanden i området. En god del av overskudds-nitrogenet i vassdraget vil stamme fra avsetninger av langtransporterte luftforurensninger.

En middelkonsentrasjon av totalfosfor på 20 µg/l vil gi en teoretisk konsentrasjon av algeklorofyll på 10,8 µg/l i produksjonssesongen (ligning 1). De observerte klorofyll-verdiene lå i gjennomsnitt på 2,8 µg/l. Undersøkelsen mangler imidlertid data fra mai og juni, og har derfor ikke fått med de høye verdiene som ble registrert på algetellingen i mai (fig.5). Med målinger i mai og juni ville derfor gjennomsnittsverdien for klorofyll ha vært høyere. Verdien ville likevel neppe ha blitt så høy som 10-11 µg/l. Dette kan skyldes at algene er begrenset av andre faktorer enn næringssalter (f.eks. lys). En annen forklaring kan være at en del av fosforet i innsjøen er organisk bundet og dermed ikke tilgjengelig for algevekst.

Grensen for akseptabelt trofinivå i grunne og middels grunne innsjøer ser ut til å være en funksjon av middeldypet (Berge 1987). For Livatn som har et middeldyp på 12,6 m, vil akseptabel fosforkonsentrasjon i innsjøen være 8 µg/l (ligning 2).

ligning 2:  $[P]\lambda = -8,68 \cdot \ln z(\text{mid}) + 30.13$  (Berge 1987)

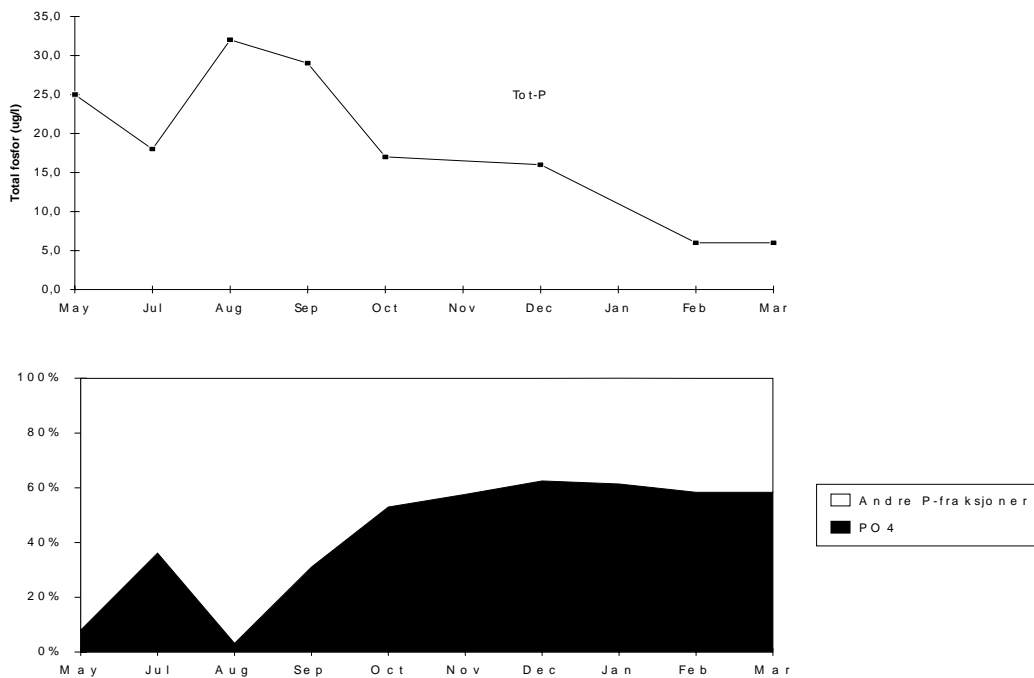
der:

$[P]\lambda$  = midlere konsentrasjon av totalfosfor i innsjøen

$z(\text{mid})$  = innsjøens middeldyp

Middelkonsentrasjonen av fosfor avtok fra omlag 28 µg/l ved utløpet av Djupelandsvatn til omlag 8 µg/l like før innløpet i Mandalselva. Dette innebærer at vassdraget kan karakteriseres som lite til moderat forurenset med hensyn til fosfor i den nederste delen. Dette skyldes hovedsaklig fortykning med næringsfattig vann fra sidebekker nedover i vassdraget. Avtaket i fosforkonsentrasjonen kan også i noen grad skyldes retensjon ved biologisk omsetning og sedimentasjon. Nitrogenkonsentrasjonen viser ikke samme avtak nedover i vassdraget. Dette skyldes trolig at det meste av nitrogenet stammer fra naturlig arealavrenning og langtransporterte luftforurensninger.

I Livatn var den relative andelen av fosfat lav i mai og august og høyest utover høsten og vinteren. Dette er et vanlig bilde i innsjøer som har en viss produksjon av alger. Fosfat er den fosforfraksjonen som er lettest tilgjengelig for algene og dermed den som tas først opp. Resultatene for mai og august tyder på at primærproduksjonen har fanget opp løst fosfat nesten like raskt som det er blitt regenerert. Den overveiende delen av fosforet vil på denne tiden være bundet organisk, eller til uorganiske partikler. Om vinteren vil primærproduksjonen og dermed forbruket av fosfat være lavt, noe som gjenspeiles i figur 6. I tillegg avtok det totale innholdet av fosfor utover høsten og vinteren, noe som for en stor grad skyldes at næringssaltene akkumulerte i bunnvannet i løpet av vinterstagnasjonen (vedlegg 7.2).

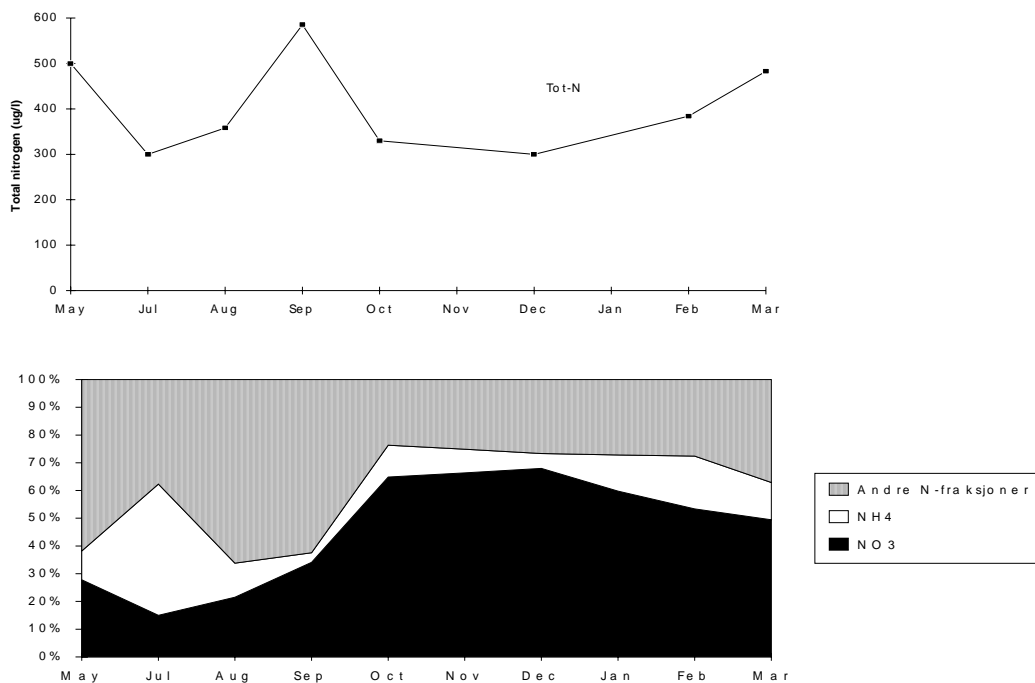


**Figur 6.** Totalfosfor i Livatnets overflatevann og relativ fordeling av løst fosfat.

Konsentrasjonen av totalnitrogen var lavest i juli og høyest i september (fig.7). Nitrogenkonsentrasjonen i vannet vil være avhengig av tilførsel via nedbør, opptak i jordsmonn og planter samt biologisk opptak, sedimentasjon og regenerering i innsjøen. De ulike faktorene vil ha ulik

betydning avhengig av årstid. Juli og september 1992 var preget av henholdsvis stor og liten avrenning (fig.4). I desember 1992 var avrenningen svært stor, men konsentrasjonen av totalnitrogen var nesten like lav som i juli.

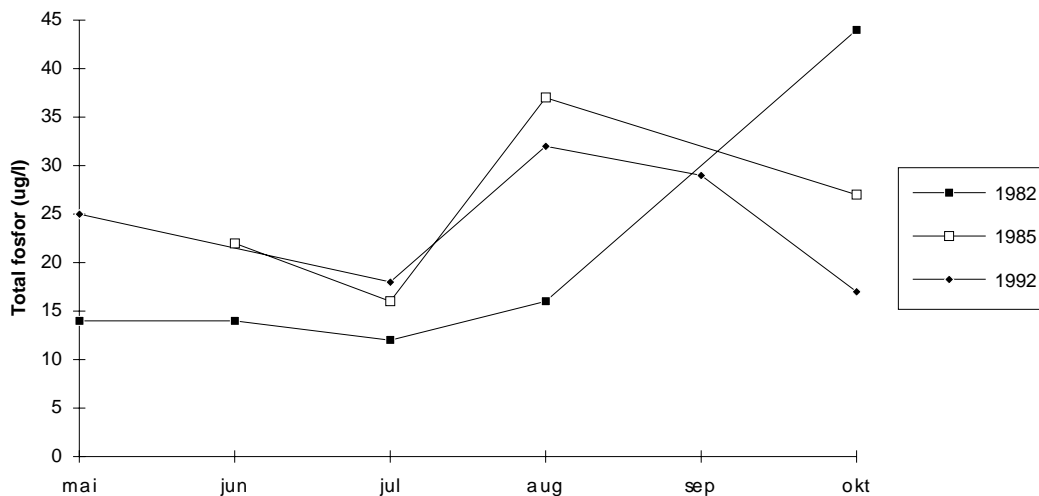
Den relative andelen av nitrat var lavest om sommeren og høyest om vinteren i Livatnets overflatevann. Nitrat er i likhet med fosfat uorganisk løst i vannet, og er lett tilgjengelig for primærprodusentene i innsjøen. Den lave nitrat-andelen i sommerhalvåret kan være en kombinasjon av liten tilførsel fra nedbørfeltet, opptak i organismer og sedimentasjon. Om vinteren er det biologiske forbruket av nitrat betydelig mindre, og andelen kan dermed øke. Den relative andelen av ammonium i Livatn var relativt stabil, med unntak av i juli da fraksjonen utgjorde over 40% av alt nitrogen. Dette skyldes dels lave verdier av de andre fraksjonene, men det var også en reell konsentrasjonsøkning som kan skyldes en episodisk tilførsel av ammonium fra f.eks. landbruket.



**Figur 7.** Totalnitrogen i Livatnets overflatevann og relativ fordeling nitrat og ammonium

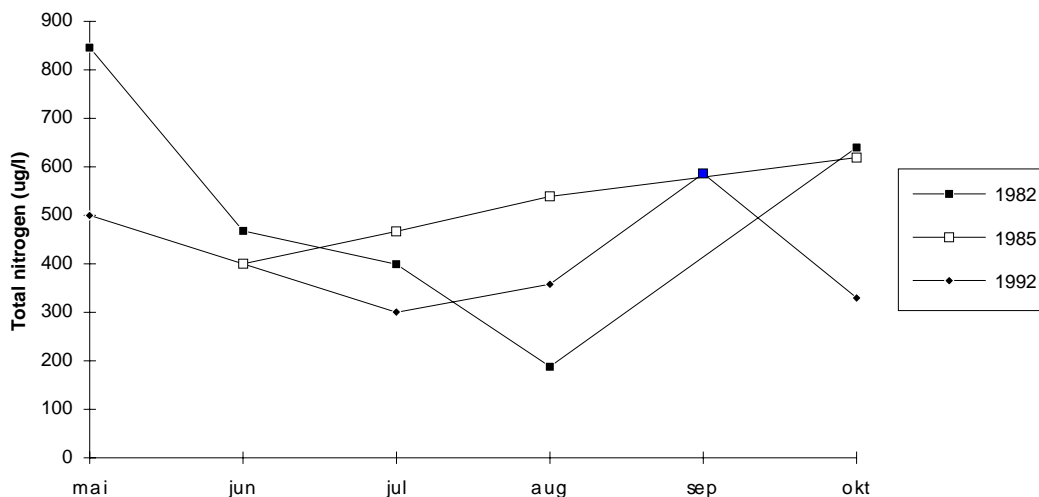
#### Sammenligning med undersøkelsene fra 1982 og 1985.

Konsentrasjonen av totalfosfor i 1992-93 var omlag på nivå med resultatene fra 1985 (fig. 8, vedlegg 7.4). I 1982 var konsentrasjonene lave fram til og med august, for så å stige omlag til det tredobbelte. Vannfargen, som er et mål på humusinnhold i vannet, var noe høyere i 1992-93 sammenlignet med 1982. Da fosforinnholdet i innsjøer er positivt korrelert med humusinnholdet, kan en derfor forvente en høyere naturlig fosforkonsentrasjon i 1992-93. Resultatene for 1992-93 kan derfor tyde på en viss reduksjon av de menneskeskapt tilførselene siden 1982. Dette kan trolig tilbakeføres til gjennomførte tiltak på avløpssiden i området.



**Figur 8.** Konsentrasjoner av totalfosfor i Livatn i perioden 1982-93 (vedlegg 7.4).

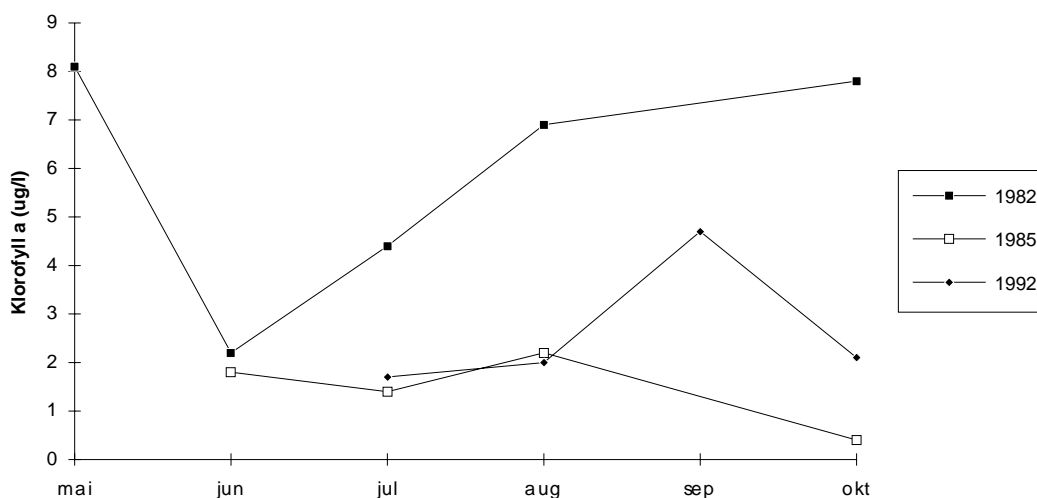
Konsentrasjonen av totalnitrogen lå mellom 300 og 600 µg/l i 1992-93 (fig. 9). I 1985 ble det målt en jevnt stigende serie fra 400 til 600 µg/l. Verdiene varierte mest i 1982, da konsentrasjonen i mai var nesten 5 ganger så høy som i august (850 mot 190 µg/l). Totalt sett lå gjennomsnittsverdien for perioden mai-okt omlag 100 µg/l lavere i 1992-93, sammenlignet med 1982 og 1985. Nitrogenkonsentrasjonen vil variere naturlig fra år til år avhengig av klimaforhold. Dersom en skal se på utviklingstendenser i nitrogenkonsentrasjonen må en ha et større tallmateriale og veie verdiene mot meteorologiske data.



**Figur 9.** Konsentrasjoner av totalnitrogen i Livatn i perioden 1982-93 (vedlegg 7.4).

Klorofyllkonsentrasjonen (algemengden) varierte mye i de tre undersøkelsene (fig. 10). 1992-93 undersøkelsen mangler data fra mai og juni, og en har derfor gått glipp av oppblomstringen som ble registrert på algetellingen i mai (fig.5). Den høyeste målte klorofyllkonsentrasjonen for 1992-93 undersøkelsen ble målt i august.

I 1982 var samtlige målinger høyere enn de målte konsentrasjonene fra 1985 og 1992-93. I 1985 ble det bare målt lave konsentrasjoner av klorofyll. Klimatiske forhold vil ha stor innvirkning på algekonsentrasjonen fra år til år. I tillegg vil det kunne skje raske endringer i biomassen, noe som krever hyppig prøvetaking hvis en skal finne signifikante forskjeller. Resultatene for algetellingene og klorofyllmålingene tyder på at det har vært en viss nedgang siden 1982. De store svingningene gjør det imidlertid vanskelig å avgjøre om det er oppnådd reduksjoner av mengdene med de gjennomførte tiltakene ennå. Reduserte fosfortilførsler gir generelt lavere algetetthet i innsjøer som Livatn.



*Figur 10. Konsentrasjoner av klorofyll a i Livatn i perioden 1982-93 (vedlegg 7.4).*

### Virkinger av organisk stoff

Vannets farge er et mål på innholdet av løste, oftest organiske, forbindelser. Denne parameteren er derfor en indikator på vannets humusinnhold. Resultatene viser at vassdraget er nokså humuspåvirket (myrvannspåvirket) i de øvre delene. Dette gir seg utslag i at vannet har en svak brun / gul farge. I gjennomsnitt for året lå verdiene i utløpet av Djupelandsvatn og innløpet i Livatn i tilstandsklasse IV. Livatnets overflatevann og Høyeåna ved innløpet i Mandalselva lå i henholdsvis tilstandsklasse III og II.

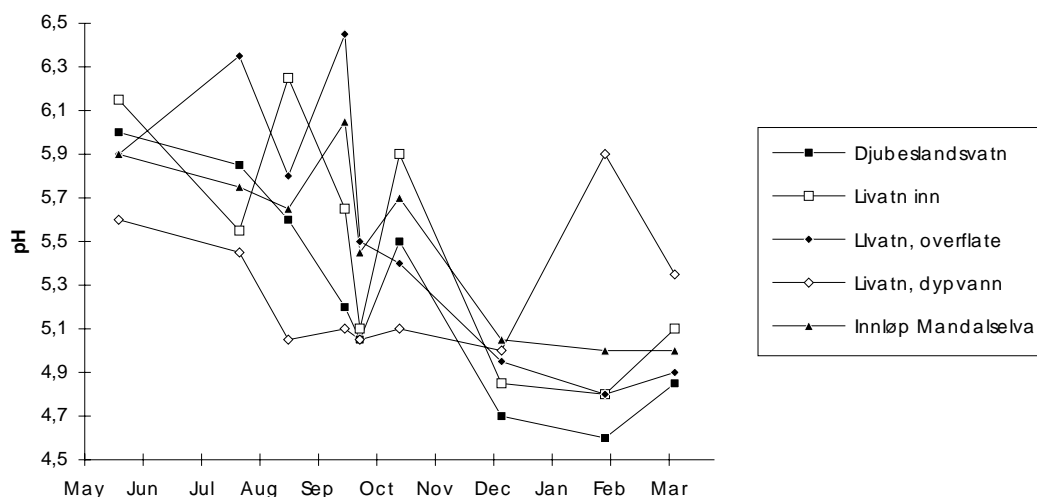
Brunfarget, humusholdig vann kjennetegnes av et høyt innhold av totalt organisk karbon (TOC). Nedstrøms Djupelandsvatn til og med Livatn lå TOC-verdiene gjennomsnittlig i tilstandsklasse III. Ved innløpet i Mandalselva lå vassdraget i tilstandsklasse II for TOC. Resultatene tyder på at en stor del av vannets innhold av organiske stoffer kan tilskrives naturlige tilførsler av humusstoffer.

Organisk materiale i vann vil etterhvert brytes ned under forbruk av oksygen. Humus omdannes relativt sakte, og på elvestrekningene oppstrøms Livatn vil oksygentilgangen være så god at de målte humuskonsentrasjonene neppe vil medføre nevneverdige avtak i oksygenmetningen. I Livatn derimot, vil nedbrytning av tilført og innsjøprodusert organisk materiale føre til oksygenavtak i dypvannet i stagnasjonsperiodene sommer og vinter.

Løste organiske forbindelser absorberer lys i en innsjø, slik at den vertikale utstrekningen av det fototrofe sjiktet minsker. Primærproduksjonen i Livatn kan således begrenses noe av lystilgangen.

### Virkninger av forsurende stoffer

Vassdraget bærer preg av forsurening, spesielt i perioder med stor avrenning vinterstid (fig. 11). I sommermånedene mai-august lå pH-verdiene i området 5,5-6,5. Overflatevannet i Livatn hadde de høyeste verdiene. Det kan sannsynligvis tilskrives primærproduksjonen i vannet, som presser pH opp ved forbruk av CO<sub>2</sub>. Bunnvannet i Livatn hadde gjennomgående lave pH-verdier i sommerhalvåret. Dette skyldes trolig den motsatte prosessen: Nedbrytning av organisk materiale med frigivelse av CO<sub>2</sub>. Buffersystemet som inkluderer CO<sub>2</sub> vil ikke kunne presse pH vesentlig under 5,5 i innsjøen, slik at dypvannet i Livatn også må være påvirket av andre og sterkere syrer.



*Figur 11. pH-utvikling ved forskjellige stasjoner i Høyåna i 1992-93.*

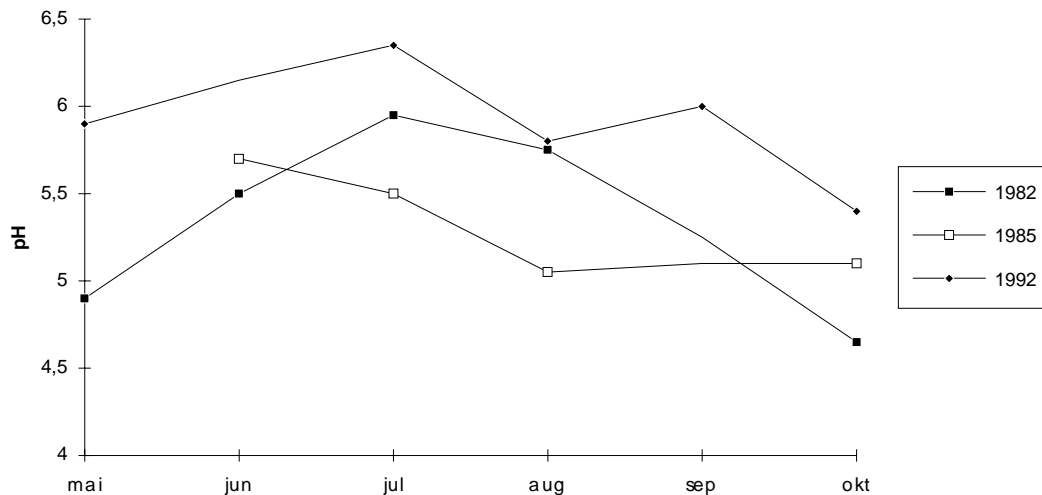
Vinterstid har overflatelaget gjennomgående lavere pH-verdier enn bunnvannet. Forutsatt islegging vil innsjøen ha invers temperaturstratifikasjon om vinteren med det kaldeste vannet øverst. Smeltevann som kommer med innløpsbekkene vil derfor renne gjennom innsjøen på overflaten, uten å komme i kontakt med bunnvannet. Dette er grunnen til at overflatevannet i Livatn vinterstid har omlag samme vannkvalitet som på elvestasjonene. Isolert sett vil fisk finne de gunstigste pH-forhold nær overflaten i sommerhalvåret og nær bunnen i vinterhalvåret. Andre faktorer som f.eks. oksygen og næringstilgang vil imidlertid også være bestemmende.

Vassdraget har en viss motstandsdyktighet mot forsurening, men alkalitetsverdiene er ikke høye nok til å nøytralisere episoder med ekstra surt vann. For å sikre vannkvaliteten for fisk bør det derfor vurderes å sette i gang kalking. Aluminiumkonsentrasjonen er relativt høy i vassdraget pga. forsureningen.

*Sammenligning med undersøkelsene fra 1982 og 1985.*



I 1992-93 var samtlige pH-målinger i perioden mai-oktober høyere enn målinger fra 1982 og 1985 (fig. 12). Den samme utviklingstendensen er registrert i andre sørlandsvassdrag (SFT 1993). De laveste pH-verdiene ble målt i mai og august 1982, med henholdsvis 4,9 og 4,7. I 1985 ble det observert lave pH-verdier i sommermånedene juli og august. Den lave algebiomassen dette året bidro trolig i liten grad til pH-heving ved at mindre CO<sub>2</sub> ble forbrukt.



*Figur 12. Målte pH-verdier i Livatn i perioden 1982-93 (vedlegg 7.4).*

### Virksomheter av tarmbakterier

Gjennomsnittsverdiene for termotabile koliforme bakterier (vedlegg 7.2) viser at elvestrekningen ved innløpet til Livatn er mest belastet (76 pr. 100 ml). Disse bakteriene er indikatorer på fersk fekal forurensning, og bør ikke forekomme i drikkevann. Vannet på denne stasjonen er egnet som badevann, men for å være godt egnet bør det inneholde mindre enn 50 bakterier pr. 100 ml (Holtan og Rosland 1992). De øvrige stasjonene var lite eller moderat forurenset med termotabile koliforme bakterier og var godt egnet som badevann (5-6 bakterier pr. 100 ml). Noen av disse tarmbakteriene vil kunne stamme fra husdyr, eller viltlevende pattedyr og fugler.

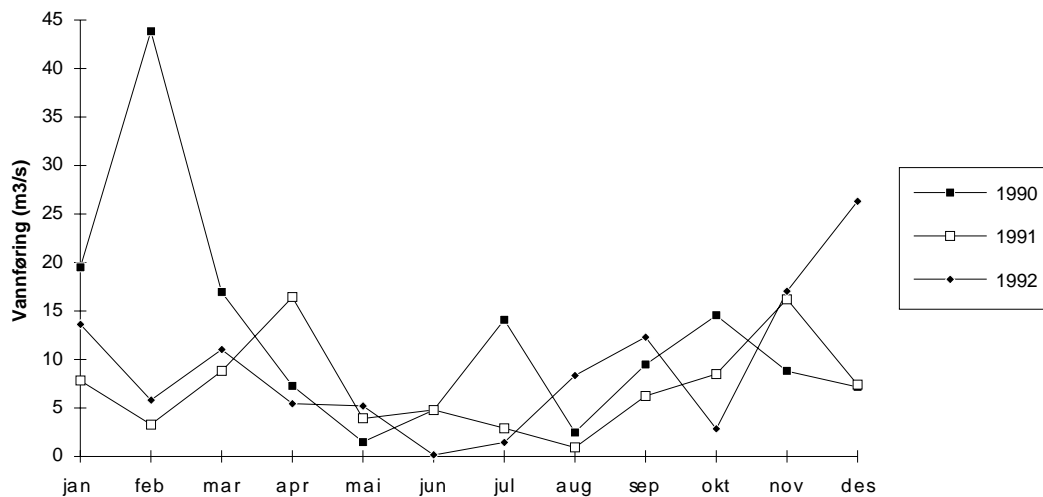
### *Sammenligning med undersøkelsene fra 1982 og 1985.*

I 1985 var middelkonsentrasjonen av termotabile koliforme bakterier ved utløpet av Djupelandsvatn og ved innløpet til Livatn henholdsvis 255 og 385 bakterier per 100 ml. Begge stasjonene måtte dengang karakteriseres som sterkt forurenset med hensyn til tarmbakterier og mindre egnet som badevann. I 1992-93 var det en betydelig forbedring av de hygieniske forholdene på de to stasjonene. Dette gjelder spesielt Djupelandsvatn hvor gjennomsnittsverdien av termotabile koliforme bakterier var helt nede i 6 per 100 ml. Ved innløpet i Livatn var det også en forbedring (76 per 100 ml), men her vil det være nødvendig med en ytterligere reduksjon før vannet kan karakteriseres som godt egnet som badevann.

## **5.2. Høyeånas betydning for forurensningssituasjonen i Mandalselva.**

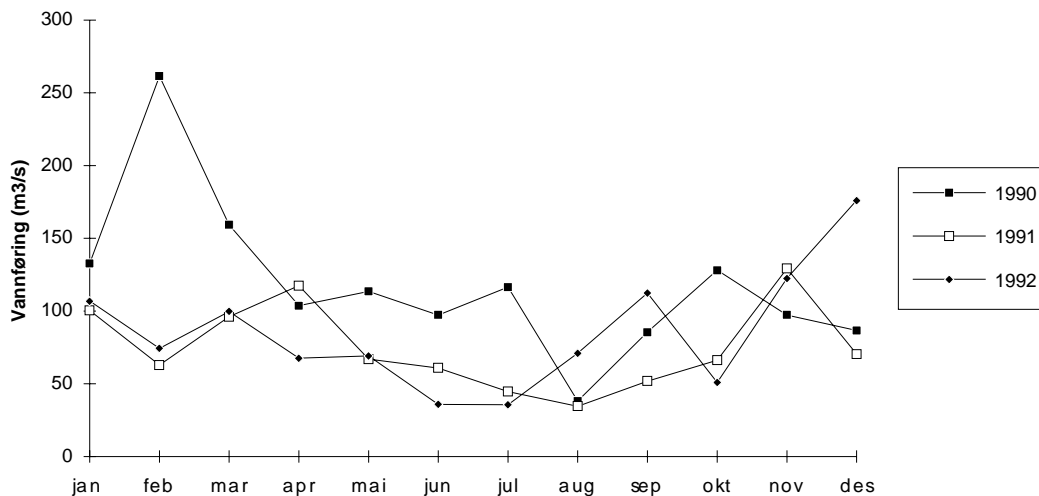
Høyeånas nedbørfelt er på 104 km<sup>2</sup> og drenerer mot Mandalselva like nedstrøms Øyslebø. Den øvre delen av Høyeåna er i denne rapporten kalt Livatn-vassdraget. Spesifikk avrenning i området rundt Høyeåna er av NVE oppgitt til 36 l/km<sup>2</sup>/sek (Brettum og Holtan 1986). Dette gir en beregnet middelavrenning på 3,7 m<sup>3</sup>/sek i Høyeåna ved innløpet i Mandalselva.

NVE har kontinuerlige vannføringsmålinger i utløpet av Myglevatn, som ligger ca. 20 km nord for Livatn. Dette er et uregulert nedbørfelt som er noe større enn Høyeånas (180 km<sup>2</sup>), men som skulle egne seg relativt godt som referanse når det gjelder avrenning. Figur 13 viser vannføringen ved Myglevatn i perioden 1990-92 som månedsmiddelverdier. Avrenningen i 1992 var i dette området omlag 17% høyere enn normalen for tidsrommet 1930-1960.



**Figur 13.** Vannføring ved NVEs målestasjon Myglevatn i perioden 1990-92. Nedbørfeltet er uregulert, 180 km<sup>2</sup> og befinner seg ca. 20 km nord for Livatn.

Vannføringen i Mandalselva måles kontinuerlig av NVE på Kjølemo, som ligger ca. 5 km nedstrøms samløpet mellom Høyeåna og Mandalselva. Normalvannføringen (1930-60) ved dette målepunktet er oppgitt til 82,8 m<sup>3</sup>/sek. I figur 14 er vannføringen ved Kjølemo framstilt som månedsverdier for perioden 1990-92. Denne delen av Mandalselva er påvirket av vassdragsreguleringer.



**Figur 14.** Vannføring ved NVEs målestasjon Kjølemo, Mandalselva i perioden 1990-92. Nedbørfeltet er regulert, 1740 km<sup>2</sup>. Målestasjonen befinner seg ca. 5 km nedstrøms samløpet mellom Høyeåna og Mandalselva.

Vannkvaliteten i Mandalselva blir målt i forbindelse med statlig program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. I 1990 og 1991 var middelverdien for pH i Mandalselva ved Marnardal henholdsvis 4,75 og 4,84, basert på 26 og 25 prøver gjennom året (SFT 1991, 1992). Den gjennomsnittlige pH-verdien i Høyeåna i 1992-93 var 5,5, basert på i alt 9 målinger (vedlegg 7.2). Verdiene var høyest i sommerhalvåret og beveget seg ned mot 5,0 i de undersøkte vintermånedene.

For å vurdere Høyeånas innvirkning på forsurenings-situasjonen i Mandalselva er det nedenfor tatt utgangspunkt i pH-verdier. I tillegg til pH er andre parametre som alkalitet, kalsium, sulfat, nitrat, aluminium og ANC (acid neutralizing capacity) også aktuelle for å vurdere forsurenings-situasjonen. Tabell 7 viser resultatet av en teoretisk beregning av pH-verdier i Mandalselva ved ulike pH-verdier og vannføringer i Høyeåna. Beregningen er lagt opp som et rent titreringsforsøk hvor det er antatt null bufferkapasitet i elvene.

Ved normalvannføring bidrar Høyeåna med omlag 5% av vannføringen i Mandalselva ved Kjølemo. Alle avvik i vannkvalitet bli derfor svekket med en faktor på 20 når vannet blandes i hovedelva. En pH-verdi på 5,5 i Høyeåna, vil påvirke Mandalselva minimalt i området omkring vassdragets årsmiddel-pH på 4,8 (SFT 1992). Det mindre sure vannet i Høyeåna vil kun øke pH-verdien i Mandalselva med 0,02 enheter (tab.7).

Ved kraftig nedbør vil små nedbørfelt kunne respondere raskere enn store og i en kort periode kan små sidebekker få relativt stor innvirkning på vannkvaliteten i et vassdrag. Innsjøer i vassdraget, samt vassdragsreguleringer vil forsterke denne effekten. Det er fordi økt tilsig vil magasineres i en periode og føre til en forsinkelse av flommer nedover i vassdraget. I Høyeåna finnes det en del mindre innsjøer som i noen grad kan bidra til å forsinke flommer i vassdraget. Mandalselva er regulert, og perioder kan dette medføre demping og forsinkelse av flommer.

Ved å tidoble den relative innvirkningen av Høyeånas vannmasser på hovedelva vil pH i Mandalselva kunne øke 0,1-0,2 pH-enheter ved ekstreme verdier for pH i Høyeåna (tab.7).

Dersom pH i Høyeåna var 4,5 vil pH i hovedvassdraget kunne senkes fra 4,84 til 4,70. Ved en pH på 6,0 i Høyeåna vil pH i hovedvassdraget kunne stige fra 4,84 til 4,99. Fiskebiologisk er det av interesse å øke pH i Mandalselva til 5,0. Kalking av Høyeåna bør derfor vurderes.

*Tabell 7. Enkel simulering av pH-verdier i Mandalselva ved ulike pH-verdier og vannføringer i Høyeåna.*

Høyeåna		Mandalselva oppstrøms samløp		Mandalselva nedstrøms samløp	
pH	Vannføring	pH	Vannføring	pH	Vannføring
4,0	3,7	4,84	79,1	4,74	82,8
4,5	3,7	4,84	79,1	4,82	82,8
5,0	3,7	4,84	79,1	4,85	82,8
5,5	3,7	4,84	79,1	4,86	82,8
6,0	3,7	4,84	79,1	4,86	82,8
4,0	37	4,84	79,1	4,38	116,1
4,5	37	4,84	79,1	4,70	116,1
5,0	37	4,84	79,1	4,88	116,1
5,5	37	4,84	79,1	4,96	116,1
6,0	37	4,84	79,1	4,99	116,1

## 6. LITTERATUR

---

- Berge, D. (1987). Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. NIVA-rapport 2001, 44 s.
- Brettum P. og G. Holtan. 1986. Vannkvalitetsvurderinger av Livatn 1985. NIVA-rapport 1834/86. 33 s.
- Brettum, P. og Lindstrøm, E.A. (1983). Vassdrag i Vest-Agder. NIVA-rapport 1493, 146 s.
- Hindar, A., K.J. Aanes og T. Bækken. 1991. Otra 1987-1990. Tiltaksorientert overvåking. NIVA-rapport 2657. 68s.
- Holtan, H. og D. Rosland. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr. 92:06, TA-905/1992, 32 s.
- Ibrekk, H.O., D. Berge, H. Holtan, R. Guldbrandsen og K. Øren. 1991. Nordsjøplanen. Vassdrags - Inndeling i resipientområder, tilførsler, retensjon, mål for vannkvalitet og behov for reduksjon i tilførsler. NIVA-rapport 2628. 92s.
- Kroglund, F. og A. Hindar. 1991. Resipientundersøkelse av Songdalselva. NIVA-rapport 2611/91. 44 s.
- Kroglund, F., Brettum, P. og Lie, M.C. (1993). Kvinavassdraget - resipientundersøkelser. NIVA-rapport 2853, 46 s.
- Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen. 1979. Telemarksvassdraget-Hovedrapport fra undersøkelser i perioden 1975-1979. NIVA-rapport O-70112.
- SFT 1989. Vannkvalitetskriterier for ferskvann. TA-630. 250s.
- SFT 1991. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1990. Rapport 466/91, TA 783/1991, 320 s.
- SFT 1992. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1991. Rapport 506/92, TA 903/1992, 360 s.
- SFT 1993. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1992. Rapport 532/93, TA 980/1993, 33 s.

## 7. VEDLEGG

### 7.1. Klassifisering av tilstand og forurensningsgrad i vannforekomster.

#### Klassifisering av tilstand.

På grunnlag av målte konsentrasjoner kan tilstandsklassen bestemmes ut fra tabell 8. Tilstandsklassen tar ikke hensyn til hvorvidt de målte konsentrasjonene er høyere eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen, og er et verktøy for å vurdere egnet av vannet. Egnethet vurderes separat for drikkevann, jordvanning, friluftsbad og rekreasjon, fiskeoppdrett og sportsfiske.

*Tabell 8. Klassifisering av vannkvalitetstilstand i ferskvann. Et utvalg av de viktigste parametrene. Fra SFT 1992 (Holtan og Rosland 1992).*

Virkninger av:	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
<b>Næringssalter</b>	Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )	<7	7-11	11-20	20-50	>50
	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
<b>Organiske stoffer</b>	TOC (mg C/l)	<2,5	2,5-3,5	3,5-6,5	6,5-15	>15
	KOF <sub>Mn</sub> (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
<b>Forsurende stoffer</b>	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
<b>Miljøgifter</b>	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
<b>Partikler</b>	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
<b>Tarmbakterier</b>	Termostabile koli. bakt. (antall/100 ml) v/44°C	<5	5-50	50-200	200-1000	>1000

#### Klassifisering av forurensningsgrad

Forurensningsgraden bestemmes som forholdet mellom vannets **tilstand** og **forventet naturtilstand**. Graden av påvirkning er med andre ord definert som avstanden (målt verdi) fra den forventede naturtilstand. I SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann finnes det egne tabeller som angir forurensningsgrad på bakgrunn av forholdet tilstand/forventet naturtilstand (Holtan og Rosland 1992). Forurensningsgrad framstilles på en femdelte skala hvor forurensningsgrad 1 betegnes som **lite** forurenset. Videre gradering er **moderat** forurenset (2), **markert** forurenset (3), **sterkt** forurenset (4) og **meget sterkt** forurenset (5).

#### Forventet naturtilstand

Med forventet naturtilstand menes den kvalitet vannet ville ha uten menneskelig aktivitet i nedslagsfeltet. Naturlige stofftilførsler (f.eks. humus fra myrområder) blir ikke her registrert som forurensning. Forventet naturtilstand bestemmes på bakgrunn av kvalifisert skjønn, med støtte i observasjoner fra lite påvirket referansevassdrag og tidligere undersøkelser. Som et generelt hjelpemiddel ved karakterisering av naturlig vannkvalitet er landet delt inn i 7 regioner hvor avrenningsvannet i fra naturens side burde ha noenlunde samme kvalitet (SFT 1989).

## 7.2. Fysiske og kjemiske analyseresultater.

a) Benevnelser benyttet i kjemi-vedlegg:

Temp	temperatur, °C
pH	
Ledn	ledningsevne, mS/cm
Turb	turbiditet, FTU
Farge	mg Pt/l
Alk	alkalitet, mmol/L
Kla	Klorofyll a, µg/L
NH4	ammonium, µg/L
NO3	nitrat, µg/L
Tot-N	total nitrogen, µg/L
PO4	total fosfor, µg/L
TOC	total organisk karbon, mg/L
Ca	kalsium, mg/L
RAL	reaktivt aluminium, µg/L
ILAL	ikke labilt aluminium, µg/L
LAL	labilt aluminium, µg/L
Koli	koliforme bakterier, antall/100 ml
Term	termostabile koliforme bakterier, antall/100 ml

b) Stasjonsplassering:

<b>STASJON</b>	<b>KARTBLAD</b>	<b>UTM</b>
Utløp Djupelandsvatn	1412- III	4198-64636
Innløp Livatn	1412 -III	4206-64599
Livatn	1312 -II	4211-64594
Innløp Mandalselva	1312 -II	4156-64484



### Temperatur, siktedyp, klorofyll og innsjøfarge i Livatn

Dyp / Dato	19/05/92	22/07/92	17/08/92	06/09/92	24/09/92	15/10/92	08/12/92	01/02/93	10/03/93
<b>0,5</b>	16,5	18,1	16,0	12,8	11,8	8,3	2,5	0,5	1,5
<b>3</b>	13,2	18,0	16,0	12,6	11,8	8,4	2,5	0,8	1,5
<b>10</b>		8,0	8,0	11,2	11,3	8,4	3,3	2,1	2,4
<b>20</b>	5,0	5,6	5,5	5,5	10,6	5,5	3,5	2,6	3,0
<b>25</b>	5,0	5,1	5,5	5,0	5,6	5,3	3,5	2,8	3,4
<b>Siktedyp</b>	3,0	3,5	3,5	2,5	2,0	2,1	2,2	4,0	4,0
<b>Klorofyll</b>		1,7	2,0	5,4	4,0	2,1	0,6	4,2	2,1
<b>Farge</b>	gul/brun	gul/brun	gul/brun	brun	gul/brun	gul/brun	gul/brun	gul	gul/brun

	Siktedyp	Klorofyll
<b>Snitt</b>	3,0	2,8
<b>Maks</b>	4,0	5,4
<b>Min</b>	2,0	0,6
<b>Ant.</b>	9	8
<b>Rel. SD</b>	27,1	57,8

Stasjon	Dato	pH	Alk	Ledn	Turb	Farge	TOC	NO3	NH4	T-N	PO4	T-P	Ca	RAL	ILAL	LAL	Koill	Termo
Utlep Djubelandsv.	19/05/92	6,00	90	3,30	1,3	46	4,5	2	58	388	2,0	24	1,4	111				
Utlep Djubelandsv.	22/07/92	5,85	62	3,35	0,9	90	5,5	47	46	370	22	46	1,3	140				
Utlep Djubelandsv.	17/08/92	5,60	52	3,40	1,4	82	5,5	83	35	375	8,0	45	1,7	200	120	80	20	8
Utlep Djubelandsv.	06/09/92	5,20	40	3,55	0,9	78	6,3	142	16	583	20,0	46	1,5	130	90	40	17	7
Utlep Djubelandsv.	24/09/92	5,05	48	3,75	1,3	76	5,1	188	35	544	24,0	32	1,1	180	110	70	18	18
Utlep Djubelandsv.	15/10/92	5,50	48	3,80	1,9	78	4,2	186	70	390	19,0	29	1,3	130	90	40	1	0
Utlep Djubelandsv.	08/12/92	4,70	12	3,35	1,0	46	4,3	154	62	245	8,0	16	0,7	180	90	90	12	8
Utlep Djubelandsv.	01/02/93	4,60	12	7,50	0,6	26	2,7	155	85	317	3,5	5	1,3	360	100	260	0	0
Utlep Djubelandsv.	10/03/93	4,85	22	6,15	1,3	32	2,2	192	64	473	3,5	8	1,4	230	60	170	0	0
	Snitt	5,3	42,9	4,2	1,2	61,6	4,5	127,7	52,3	409,4	12,2	27,9	1,3	184,6	94,3	107,1	9,7	5,9
	Maks	6,0	90,0	7,5	1,9	90,0	6,3	192,0	85,0	593,0	24,0	46,0	1,7	360,0	120,0	260,0	20,0	18,0
	Min	4,6	12,0	3,3	0,6	26,0	2,2	2,0	16,0	245,0	2,0	5,0	0,7	111,0	60,0	40,0	0,0	0,0
	Ant.	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	7,0
	Rel. SD	9,6	58,7	35,7	32,0	38,9	29,8	53,4	40,5	26,1	72,8	57,3	21,4	41,3	20,2	75,0	93,7	112,6
Innløp Livatn	19/05/92	6,15	66	3,50	1,5	56	6,2	9	69	500	1,5	32	1,7	90				
Innløp Livatn	22/07/92	5,55	48	3,85	1,1	76	8,1	144	44	495	12,5	33	1,3	130				
Innløp Livatn	17/08/92	6,25	76	3,95	1,1	78	7,0	80	29	358	3,0	28	1,4	300	120	180	110	15
Innløp Livatn	06/09/92	5,65	56	3,75	0,6	76	6,4	154	28	480	13,0	25	1,7	190	90	100	110	60
Innløp Livatn	24/09/92	5,10	40	3,85	1,4	90	6,6	200	35	593	22,0	30	1,2	300	110	190	860	350
Innløp Livatn	15/10/92	5,90	58	4,15	1,4	74	4,2	219	47	423	14,0	22	1,5	130	100	30	120	53
Innløp Livatn	08/12/92	4,85	26	3,45	0,7	46	4,4	226	60	261	7,0	10	0,9	200	130	70	360	37
Innløp Livatn	01/02/93	4,80	24	7,05	0,6	24	1,4	195	69	352	3,0	5	1,5	400	90	310	47	0
Innløp Livatn	10/03/93	5,10	30	6,20	1,1	28	1,3	286	35	491	5,0	6	1,7	260	90	170	65	19
	Snitt	5,5	47,1	4,4	1,1	60,9	5,1	168,1	46,2	439,2	9,0	21,2	1,4	222,2	104,3	150,0	238,9	76,3
	Maks	6,3	76,0	7,1	1,5	90,0	8,1	286,0	69,0	593,0	22,0	33,0	1,7	400,0	130,0	310,0	860,0	350,0
	Min	4,8	24,0	3,5	0,6	24,0	1,3	9,0	28,0	261,0	1,5	5,0	0,9	90,0	30,0	47,0	0,0	0,0
	Ant.	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	7,0
	Rel. SD	10,0	39,1	29,2	33,2	38,8	47,9	49,5	35,2	22,9	75,6	53,0	18,8	45,3	15,5	61,9	122,6	160,7

Stasjon	Dato	pH	Alk	Ledn	Turb	Farge	TOC	NO3	NH4	T-N	PO4	T-p	Ca	RAL	ILAL	LAL	Koll	Termo
Livavn 0,5+3m dyp	19/05/92	5,90	74	3,75	2,1	41	4,4	139	52	500	2,0	25	1,7	130				
Livavn 0,5+3m dyp	22/07/92	6,35	64	3,75	0,7	28	7,8	45	142	300	6,5	18	1,6	30				
Livavn 0,5+3m dyp	17/08/92	5,80	56	3,80	1,1	39	4,2	77	44	358	1,0	32	1,9	100	80	20	65	12
Livavn 0,5+3m dyp	06/09/92	6,45	110	3,85	0,9	58	6,8	196	16	617	9,0	33	1,7	160	90	70	24	3
Livavn 0,5+3m dyp	24/09/92	5,50	46	3,85	0,8	65	4,8	203	25	554	9,0	25	1,3	190	100	90	26	12
Livavn 0,5+3m dyp	15/10/92	5,40	42	4,00	0,8	60	4,5	214	38	330	9,0	17	1,4	170	130	40	2	0
Livavn 0,5+3m dyp	08/12/92	4,95	30	3,40	1,2	51	4,7	204	16	300	10,0	16	1,0	160	130	30	42	6
Livavn 0,5+3m dyp	01/02/93	4,80	20	7,10	0,8	28	3,0	205	73	384	3,5	6	1,5	380	120	260	10	2
Livavn 0,5+3m dyp	10/03/93	4,90	32	5,75	1,0	34	1,6	239	65	483	3,5	6	1,4	230	90	140	0	0
	Snitt	5,6	52,7	4,4	1,0	44,9	4,6	169,1	52,3	425,1	5,9	19,8	1,5	172,2	105,7	92,9	24,1	5,0
	Maks	6,5	110,0	7,1	2,1	65,0	7,8	239,0	142,0	617,0	10,0	33,0	1,9	380,0	130,0	260,0	65,0	12,0
	Min	4,8	20,0	3,4	0,7	28,0	1,6	45,0	16,0	300,0	1,0	6,0	1,0	30,0	80,0	20,0	0,0	0,0
	Ant.	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	7,0
	Rel. SD	11,0	52,2	28,2	40,9	31,3	39,5	39,7	74,9	27,5	56,5	50,9	17,6	56,0	19,6	90,9	96,6	103,9
Livavn 25m dyp	19/05/92	5,60	48	3,60	1,4	37	3,5	248	192	587	2,0	16	1,4	310				
Livavn 25m dyp	22/07/92	5,45	62	4,15	1,8	98	2,4	345	40	666	31	44	1,1	220				
Livavn 25m dyp	17/08/92	5,05	42	4,25	3,0	98	3,0	340	194	708	13,0	55	1,5	400	200	200	8	1
Livavn 25m dyp	06/09/92	5,10	40	4,30	2,4	115	4,5	439	126	988	25,0	42	1,5	210	180	30	3	2
Livavn 25m dyp	24/09/92	5,05	40	4,65	3,5	108	4,0	478	127	818	28,5	38	1,2	400	160	240	4	0
Livavn 25m dyp	15/10/92	5,10	38	4,65	3,4	108	3,2	625	115	830	22,5	31	1,4	200	170	30	0	0
Livavn 25m dyp	08/12/92	5,00	32	3,45	1,2	51	6,2	209	36	398	13,5	18	1,0	210	170	40	44	10
Livavn 25m dyp	01/02/93	5,90	58	3,55	1,3	68	4,6	245	173	613	19,0	23	1,2	250	200	50	1	0
Livavn 25m dyp	10/03/93	5,35	42	4,35	1,2	74	3,8	367	239	701	24,5	30	1,4	230	150	80	16	2
	Snitt	5,3	44,7	4,1	2,1	84,1	3,9	366,2	138,0	701,0	19,9	33,0	1,3	270,0	175,7	95,7	10,9	2,1
	Maks	5,9	62,0	4,7	3,5	115,0	6,2	625,0	239,0	988,0	31,0	55,0	1,5	400,0	200,0	240,0	44,0	10,0
	Min	5,0	32,0	3,5	1,2	37,0	2,4	209,0	36,0	398,0	2,0	16,0	1,0	200,0	150,0	30,0	0,0	0,0
	Ant.	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	7,0
	Rel. SD	5,9	21,7	11,3	45,0	33,0	28,4	36,0	50,1	24,0	45,7	39,2	13,9	29,9	10,8	91,3	143,5	167,0

Stasjon	Dato	pH	Alk	Ledn	Turb	Farge	TOC	NO3	NH4	T-N	PO4	T-p	Ca	RAL	ILAL	LAL	Koll	Termo
Innløp Mandalselva	19/05/92	5,90	50	4,05	1,7	20	2,9	307	25	601	1,0	9	1,6	140				
Innløp Mandalselva	22/07/92	5,75	44	3,85	0,4	19	2,7	191	19	304	4	13	1,5	60				
Innløp Mandalselva	17/08/92	5,65	44	3,95	0,6	19	2,2	153	8	371	0,5	14	1,7	140	100	40	70	10
Innløp Mandalselva	06/09/92	6,05	64	3,75	0,6	28	2,9	178	14	390	1,5	8	1,8	100	90	10	45	20
Innløp Mandalselva	24/09/92	5,45	44	3,95	1,2	30	3,0	188	12	582	3,0	11	1,2	180	50	130	19	10
Innløp Mandalselva	15/10/92	5,70	52	4,15	0,6	26	3,4	226	10	366	2,0	7	1,6	140	20	120	1	0
Innløp Mandalselva	08/12/92	5,05	32	3,80	0,9	37	3,2	220	44	395	2,0	5	1,1	230	140	90	23	2
Innløp Mandalselva	01/02/93	5,00	32	5,30	0,6	30	3,0	259	37	400	2,0	4	1,4	250	150	100	15	0
Innløp Mandalselva	10/03/93	5,00	26	5,80	0,9	26	1,5	300	29	491	2,5	4	1,6	260	110	150	5	1
	<b>Snitt</b>	<b>5,5</b>	<b>43,1</b>	<b>4,3</b>	<b>0,8</b>	<b>26,1</b>	<b>2,8</b>	<b>224,7</b>	<b>22,0</b>	<b>433,3</b>	<b>2,1</b>	<b>8,3</b>	<b>1,5</b>	<b>166,7</b>	<b>94,3</b>	<b>91,4</b>	<b>25,4</b>	<b>6,1</b>
	<b>Maks</b>	<b>6,1</b>	<b>64,0</b>	<b>5,8</b>	<b>1,7</b>	<b>37,0</b>	<b>3,4</b>	<b>307,0</b>	<b>44,0</b>	<b>601,0</b>	<b>4,0</b>	<b>14,0</b>	<b>1,8</b>	<b>260,0</b>	<b>150,0</b>	<b>150,0</b>	<b>70,0</b>	<b>20,0</b>
	<b>Min</b>	<b>5,0</b>	<b>26,0</b>	<b>3,8</b>	<b>0,4</b>	<b>19,0</b>	<b>1,5</b>	<b>153,0</b>	<b>8,0</b>	<b>304,0</b>	<b>0,5</b>	<b>4,0</b>	<b>1,1</b>	<b>60,0</b>	<b>20,0</b>	<b>10,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,0</b>
	<b>Ant.</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>9,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>
	<b>Rel. SD</b>	<b>7,3</b>	<b>27,3</b>	<b>17,2</b>	<b>48,4</b>	<b>23,1</b>	<b>20,9</b>	<b>24,1</b>	<b>57,5</b>	<b>23,5</b>	<b>50,8</b>	<b>44,9</b>	<b>15,3</b>	<b>41,2</b>	<b>49,3</b>	<b>54,8</b>	<b>95,5</b>	<b>122,7</b>

### 7.3. Planteplankton.

Tabell ..... Kvantitative planteplanktonprøver fra: Livatn  
Volum 20/20

GRUPPE/ARTER	Date:	920520	920723	920815	920907	920924	921015	921209	930202	930311
<b>Cyanophyceae (Blågrønnalger)</b>										
Merismopedia tenuissima	-	7.4	.4	-	-	-	-	-	-	-
Sua .....	-	7.4	.4	-	-	-	-	-	-	-
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>										
Chlamydomonas sp. (1-8)	-	5.0	2.5	4.8	-	-	-	-	-	-
Chlorogonium sp.	4.8	1.3	.3	-	-	-	.5	-	1.0	2.8
Crucigenia fenestrata	-	-	-	-	.4	1.2	.3	-	.1	-
Crucigenia tetrapedia	-	1.3	1.7	-	1.3	.3	-	-	-	-
Dictyosphaerium pulchellum	-	.4	2.1	31.0	4.1	.3	-	-	-	-
Dictyosphaerium pulchellum v. sinuatum	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-
Koliella sp.	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monoraphidium dybowskii	-	3.1	12.6	1.0	-	.1	-	-	.0	-
Mougeotia sp. (8-10-12)	-	-	-	-	-	1.8	-	-	-	-
Oocystis subaerina v. variabilis	-	-	3.7	3.3	1.3	.6	-	-	-	-
Parasastix conferta	-	-	-	-	-	-	-	-	.1	4.5
Wardrigula pitzeri	-	-	-	-	-	-	-	-	.2	-
Scenedesmus acornis	-	45.7	2.4	-	-	-	-	-	-	-
Sphaerocystis schroeteri	-	-	1.2	2.5	-	-	-	-	-	-
Ubest. ellipsoidisk gr. alge	-	16.0	2.4	.7	-	-	-	-	-	-
Sua .....	6.1	72.8	29.7	43.2	9.0	2.5	.9	-	1.4	7.4
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>										
Bicosoeca sp.	-	-	-	-	.4	.3	.1	-	-	-
Bitrichia choctawii	.3	2.4	1.3	.5	.3	-	-	-	-	-
Chroomilina sp.	1.1	6.3	-	-	-	.2	-	-	-	-
Chroomilina sp. (Chr. pseudonebulosa ?)	.3	-	7.9	7.6	3.2	2.4	-	-	-	-
Chrysochromulina parva	-	-	-	-	-	-	.1	-	-	-
Chrysoococcus sinuatus	-	.3	-	-	.3	-	-	-	.2	.2
Chrysolyxus skujai	.3	-	-	-	-	-	.1	-	1.0	3.1
Erasmodonader	-	1.0	-	-	4.5	1.9	1.2	-	.0	-
Cyster av Dinobryon spp.	46.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dinobryon bavaricum	.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dinobryon bavaricum v. vanhoeffenii	52.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dinobryon crenulatum	3.6	-	-	-	-	-	-	-	.3	-
Dinobryon cylindricum	-	-	.1	.1	-	-	-	-	-	-
Dinobryon korschikovii	.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dinobryon sertularia	22.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dinobryon sociale	34.6	-	-	-	-	-	-	-	.2	-
Dinobryon suecicum	-	-	-	-	-	.1	-	-	-	-
Kephyrion boreale	-	-	-	-	-	-	-	-	.3	-
Leise celler Dinobryon spp.	94.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mallomonas akrotaenos (v. parvula)	-	-	6.0	5.1	.5	.5	-	-	.2	-
Mallomonas caudata	-	-	4.8	31.1	42.0	26.7	-	-	-	-
Mallomonas cf. allorgei	11.1	-	-	4.4	12.0	4.6	-	.5	1.3	.4
Mallomonas reitnæe	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-
Mallomonas sp.	-	-	5.3	2.0	9.9	.9	-	-	1.0	1.2
Mallomonas sp. (d-1,5-4)	21.5	10.7	7.9	10.6	9.8	5.3	6.5	-	3.2	5.7
Pseudokephyrion entzii	-	-	.3	-	-	-	-	-	-	-
Rhizochrysis sp.	.7	-	-	-	-	-	-	-	.6	-
Saa chrysoomader (17)	42.0	10.7	10.0	8.3	6.5	5.3	5.6	-	3.6	7.6
Spiniferomonas sp.	-	.3	-	-	-	-	-	-	-	-
Stora chrysoomader (7)	51.7	43.1	11.2	7.8	8.6	6.9	5.2	-	5.3	18.6
Syncrypta sp.	189.5	.7	-	-	-	-	-	-	-	-
Synura sp. (11-9-11, 3-0-9) S. peterseii ?	201.4	-	2.0	2.0	5.3	-	.3	-	-	-
Ubest. chrysoomade (Chroomonas sp.?)	-	-	-	-	.5	.1	.9	-	.2	-
Ubest. chrysophyceae	-	-	-	.3	-	-	-	-	-	-
Uroglena americana	45.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cf. Monochrysis aglissina	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	25.2
Sua .....	840.8	75.5	56.8	99.7	183.9	55.1	20.6	-	19.9	64.9
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>										
Eunotia lunaris	-	-	-	-	.2	-	-	-	-	-
Synedra sp. (1-40-70)	.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tabellaria flocculosa	307.4	-	-	.5	.4	.8	-	-	-	-
Sua .....	308.2	-	-	.5	.6	.8	-	-	-	-
<b>Cryptophyceae</b>										
Cryptomonas cf. parapyrenoidifera	2.9	.6	-	-	-	-	-	-	-	-
Cryptomonas erosa	-	-	9.5	25.4	3.7	-	-	-	-	-
Cryptomonas erosa v. reflexa (Cr. refl.?)	-	.4	14.3	40.3	19.1	-	-	-	-	-
Cryptomonas narsonii	5.8	-	15.9	30.6	29.7	4.2	-	-	-	-
Cryptomonas sp. (11-20-22)	9.3	12.7	44.5	70.0	85.9	8.6	-	-	-	-
Cryptomonas spp. (11-24-28)	8.0	.4	5.6	13.6	7.6	5.2	-	-	-	-
Cyathomonas truncata	-	-	-	-	-	-	.2	-	-	-
Katablepharis ovalis	-	1.7	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhodomonas lacustris (v. nannoplactica)	-	1.7	8.5	2.3	3.7	1.4	-	-	-	-
Ubest. cryptomonade (Chroomonas sp.?)	9.0	27.4	21.2	39.8	27.7	3.3	-	-	-	-
Sua .....	35.3	44.9	119.6	222.0	177.3	22.1	.2	-	-	-
<b>Dinophyceae (furellagellater)</b>										
Gyrodinium cf. lacustre	.9	-	-	-	-	1.1	.5	-	7.8	3.4
Gyrodinium cf. uberrius	42.0	99.0	-	2.0	2.0	-	-	-	-	-
Perrindius cinctus	7.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Perrindius incomptus	9.6	-	-	-	-	-	.3	-	-	-
Perrindius palustris	-	-	-	-	-	9.0	-	-	-	-
Perrindius subobtus	15.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perrindius wilesii	-	-	9.0	126.0	18.0	18.0	-	-	-	-
Ubest. dinoflagellat (9-9-10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.5
Ubest. dinoflagellat	-	5.3	-	-	-	-	-	-	.5	-
Sua .....	75.1	110.3	9.0	126.0	20.0	28.1	.7	-	8.3	12.9
<b>My-siger</b>										
Sua .....	35.1	12.9	25.3	14.5	17.4	9.6	15.1	-	8.8	6.8
<b>Total .....</b>										
		1300.5	323.8	246.8	507.9	328.2	118.2	37.4	38.5	92.0

#### 7.4. Vannkvalitetsutvikling 1982-93.

### Utløp Djupelandsvatn

Virknings av:	1982	1985	1992-93
<b>Næringssalter</b>			
Totalfosfor (µg P/l)		37	28
Løst fosfat (µg PO <sub>4</sub> -P/l)		16	12
Totalnitrogen (µg N/l)		459	409
Ammonium (µg NH <sub>4</sub> -N/l)			52
Algeklorofyll (µg kl.a/l)			
Siktedyp (m)			
Konduktivitet (mS/cm)		4,2	4,2
<b>Organiske stoffer</b>			
TOC (mg C/l)			4,5
KOF (mg O/l)			
Fargetall (µg Pt/l)		80	62
Oksygen-innh. (mg O <sub>2</sub> /l)			
Oksygen-metn. (% O <sub>2</sub> )			
<b>Forsuring</b>			
Alkalitet (mmol/l)			0,043
Kalsium (mg Ca/l)		1,1	1,3
pH		5,1	5,3
Nitrat (µg NH <sub>3</sub> -N/l)		89	128
Sulfat ( µg SO <sub>4</sub> -S/l)			
Klorid (mg Cl/l)			
Total aluminium (µg Al/l)			190
Uorganisk aluminium (µg Al/l)			110
Organisk bundet Al (µg Al/l)			90
<b>Miljøgifter</b>			
Bly (µg Pb/l)			
Kadmium (µg Cd/l)			
Kobber (µg Cu/l)			
Kvikksølv (µg Hg/l)			
Sink (µg Zn/l)			
<b>Partikler</b>			
Turbiditet (FTU)		1,0	1,2
Susp. stoff (mg/l)			
<b>Tarmbakterier</b>			
Termstab. koli (ant/100 ml v.44 C)		255	6

## Livatn inn

<b>Virkninger av:</b>	<b>1982</b>	<b>1985</b>	<b>1992-93</b>
<b>Næringsalter</b>			
Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )		45	21
Løst fosfat ( $\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$ )		23	9
Totalnitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )		444	439
Ammonium ( $\mu\text{g NH}_4\text{-N/l}$ )			46
Algeklorofyll ( $\mu\text{g kl.a/l}$ )			
Siktedyp (m)			
Konduktivitet (mS/cm)		4,0	4,4
<b>Organiske stoffer</b>			
TOC (mg C/l)			5,1
KOF (mg O/l)			
Fargetall ( $\mu\text{g Pt/l}$ )		88	61
Oksygen-innh. (mg O <sub>2</sub> /l)			
Oksygen-metn. (% O <sub>2</sub> )			
<b>Forsuring</b>			
Alkalitet (mmol/l)			0,047
Kalsium (mg Ca/l)		1,1	1,4
pH		5,3	5,5
Nitrat ( $\mu\text{g NH}_3\text{-N/l}$ )		102	168
Sulfat ( $\mu\text{g SO}_4\text{-S/l}$ )			
Klorid (mg Cl/l)			
Total aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			220
Uorganisk aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			150
Organisk bundet Al ( $\mu\text{g Al/l}$ )			100
<b>Miljøgifter</b>			
Bly ( $\mu\text{g Pb/l}$ )			
Kadmium ( $\mu\text{g Cd/l}$ )			
Kobber ( $\mu\text{g Cu/l}$ )			
Kvikksølv ( $\mu\text{g Hg/l}$ )			
Sink ( $\mu\text{g Zn/l}$ )			
<b>Partikler</b>			
Turbiditet (FTU)		1,0	1,1
Susp. stoff (mg/l)			
<b>Tarmbakterier</b>			
Termstab. koli (ant/100 ml v.44 C)		385	76

## Livatn overflate (0,5+3 m)

Virkninger av:	1982	1985	1992-93
<b>Næringsalter</b>			
Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )	20	26	20
Løst fosfat ( $\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$ )	4	10	6
Totalnitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )	495	506	425
Ammonium ( $\mu\text{g NH}_4\text{-N/l}$ )			52
Algeklorofyll ( $\mu\text{g kl.a/l}$ )	5,9	1,5	2,8
Siktedyp (m)	3,1	2,6	3,0
Konduktivitet (mS/cm)	3,7	3,8	4,4
<b>Organiske stoffer</b>			
TOC (mg C/l)			4,6
KOF (mg O/l)			
Fargetall ( $\mu\text{g Pt/l}$ )	38	54	45
Oksygen-innh. (mg O <sub>2</sub> /l)			
Oksygen-metn. (% O <sub>2</sub> )			
<b>Forsuring</b>			
Alkalitet (mmol/l)			0,053
Kalsium (mg Ca/l)	1,4	1,2	1,5
pH	5,4	5,3	5,6
Nitrat ( $\mu\text{g NH}_3\text{-N/l}$ )	58	147	169
Sulfat ( $\mu\text{g SO}_4\text{-S/l}$ )			
Klorid (mg Cl/l)			
Total aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			170
Uorganisk aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			90
Organisk bundet Al ( $\mu\text{g Al/l}$ )			110
<b>Miljøgifter</b>			
Bly ( $\mu\text{g Pb/l}$ )			
Kadmium ( $\mu\text{g Cd/l}$ )			
Kobber ( $\mu\text{g Cu/l}$ )			
Kvikksølv ( $\mu\text{g Hg/l}$ )			
Sink ( $\mu\text{g Zn/l}$ )			
<b>Partikler</b>			
Turbiditet (FTU)	0,8	0,8	1,0
Susp. stoff (mg/l)			
<b>Tarmbakterier</b>			
Termstab. koli (ant/100 ml v.44 C)			5



## Livatn (25 meters dyp)

Virkninger av:	1982	1985	1992-93
<b>Næringsalter</b>			
Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )	47	66	33
Løst fosfat ( $\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$ )	28	35	20
Totalnitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )	658	770	701
Ammonium ( $\mu\text{g NH}_4\text{-N/l}$ )			138
Algeklorofyll ( $\mu\text{g kl.a/l}$ )			
Siktedyp (m)			
Konduktivitet (mS/cm)	3,6	4,4	4,1
<b>Organiske stoffer</b>			
TOC (mg C/l)			3,9
KOF (mg O/l)			
Fargetall ( $\mu\text{g Pt/l}$ )	100	145	84
Oksygen-innh. (mg O <sub>2</sub> /l)			
Oksygen-metn. (% O <sub>2</sub> )			
<b>Forsuring</b>			
Alkalitet (mmol/l)			0,045
Kalsium (mg Ca/l)	1,1	1,0	1,3
pH	4,9	5,0	5,3
Nitrat ( $\mu\text{g NH}_3\text{-N/l}$ )	334	355	366
Sulfat ( $\mu\text{g SO}_4\text{-S/l}$ )			
Klorid (mg Cl/l)			
Total aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			270
Uorganisk aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			100
Organisk bundet Al ( $\mu\text{g Al/l}$ )			180
<b>Miljøgifter</b>			
Bly ( $\mu\text{g Pb/l}$ )			
Kadmium ( $\mu\text{g Cd/l}$ )			
Kobber ( $\mu\text{g Cu/l}$ )			
Kvikksølv ( $\mu\text{g Hg/l}$ )			
Sink ( $\mu\text{g Zn/l}$ )			
<b>Partikler</b>			
Turbiditet (FTU)	2,5	3,7	2,1
Susp. stoff (mg/l)			
<b>Tarmbakterier</b>			
Termstab. koli (ant/100 ml v.44 C)			2

## Innløp Mandalselva

Virkninger av:	1982	1985	1992-93
<b>Næringsalter</b>			
Totalfosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )	6		8
Løst fosfat ( $\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$ )	2		2
Totalnitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )	181		433
Ammonium ( $\mu\text{g NH}_4\text{-N/l}$ )			22
Algeklorofyll ( $\mu\text{g kl.a/l}$ )			
Siktedyp (m)			
Konduktivitet (mS/cm)	5,4		4,3
<b>Organiske stoffer</b>			
TOC (mg C/l)			2,8
KOF (mg O/l)			
Fargetall ( $\mu\text{g Pt/l}$ )	20		26
Oksygen-innh. (mg O <sub>2</sub> /l)			
Oksygen-metn. (% O <sub>2</sub> )			
<b>Forsuring</b>			
Alkalitet (mmol/l)			0,043
Kalsium (mg Ca/l)	1,5		1,5
pH	5,4		5,5
Nitrat ( $\mu\text{g NH}_3\text{-N/l}$ )	145		225
Sulfat ( $\mu\text{g SO}_4\text{-S/l}$ )			
Klorid (mg Cl/l)			
Total aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			170
Uorganisk aluminium ( $\mu\text{g Al/l}$ )			90
Organisk bundet Al ( $\mu\text{g Al/l}$ )			90
<b>Miljøgifter</b>			
Bly ( $\mu\text{g Pb/l}$ )			
Kadmium ( $\mu\text{g Cd/l}$ )			
Kobber ( $\mu\text{g Cu/l}$ )			
Kvikksølv ( $\mu\text{g Hg/l}$ )			
Sink ( $\mu\text{g Zn/l}$ )			
<b>Partikler</b>			
Turbiditet (FTU)	0,4		0,8
Susp. stoff (mg/l)			
<b>Tarmbakterier</b>			
Termstab. koli (ant/100 ml v.44 C)			6

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2396-7