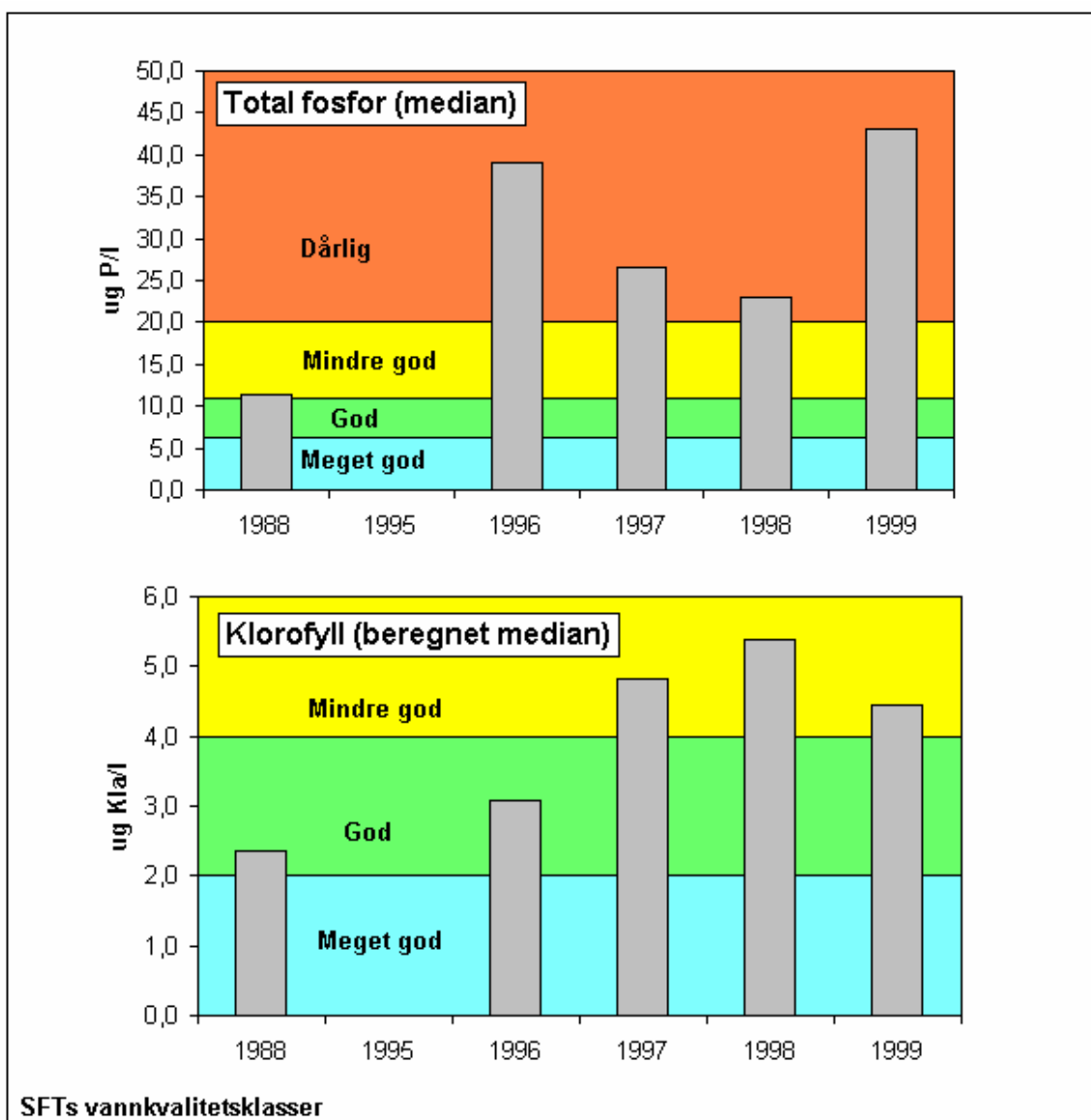


Vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet i Hyllestad kommune - Sogn og Fjordane



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 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

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet i Hyllestad kommune - Sogn og Fjordane	Løpenr. (for bestilling) 4181 - 2000	Dato 24/1-2000
	Prosjektnr. Undernr. 20034	Sider Pris 26
Forfatter(e) Dag Berge	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

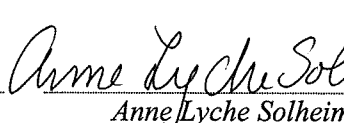

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse Gøsta Hagenlund
--	--------------------------------------

Sammendrag
Åfjorddal Smoltoppdrett AS har bidratt til betydelig økning av fosforkonsentrasjonen og algeveksten i Espelandsvatnet. Klassifisert etter SFTs system for miljøkvalitet i ferskvann, etter RBJ-modellen, og etter Vollenweiders klassifiseringsystem, har innsjøen de 4 siste årene hatt en vannkvalitet som vitner klart om overbelastning av fosfor. Vannkvaliteten må bedres hvis økologisk likevekt skal sikres i innsjøen. Det ble funnet en direkte samvariasjon mellom fiskeproduksjon i smoltanlegget og algemengde i innsjøen de ulike år. Det er gjort en foreløpig beregning av resipientkapasiteten til Espelandsvatn mht. smoltoppdrett på mellom 300000 og 450000 smolt, tilsvarende en produksjon på mellom 36 og 54 tonn per år. Datagrunnlaget for denne beregningen er usikker og det anbefales gjennomført en grundig resipientundersøkelse for å fastslå resipientkapasiteten på en sikker måte. De største manglene ved undersøkelsene som er foretatt i vannet hittil, er mangel på analyseparametrene siktedyp og klorofyll a, som er 2 av 3 nøkkelparametre i SFTs system for klassifisering av vannkvalitet.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fiskeoppdrett 2. Resipientkapasitet 3. Eutrofiering 4. Espelandsvatn 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fish Farming 2. Recipient capacity 3. Eutrophication 4. Lake Espelandsvatn
---	---


Dag Berge

Prosjektleder

 
Anne Lyche Solheim

Forskningsleder

Nils Roar Sælthun

Forskningssjef

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O - 20034

Vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet i
Hyllestad kommune - Sogn og Fjordane

Oslo 24.01.00
Prosjektleder:

Dag Berge

Forord

Den foreliggende rapport gir en vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet i Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane. Vurderingen er rent teoretisk og basert på data oversendt fra Fylkesmannens miljøvernavdeling. Det er gjort flere tidligere utredninger om miljøtilstanden i Espelandsvatnet, men det er oppstått dissens om vatnet er overbelastet eller ikke. NIVA har ikke gått inn i disse rapportene, eller på noen måte evaluert disse. Her er kun foretatt selvstendige vurderinger basert på tabellmateriale tilsendt fra Fylkesmannen.

Rapporten er skrevet av undertegnede, forskningsleder Dag Berge. Det må medgis at datagrunnlaget for å foreta de omfattende vurderingene fylkesmannen ber om, er mangelfullt. En del helt sentrale parametre mangler, og det har vært nødvendig å beregne disse med de usikkerheter det medfører. Noen av dataene kan se ut til å være feilbestemt. Imidlertid er det bare noen helt få opplagt feilbestemte data som er kuttet ut. Rapporten må leses med bevissthet om denne usikkerheten .

Rapporten er kvalitetsikret av forskningsleder Anne Lyche Solheim, forskningsleder Bjørn Olav Rosseland, forskningsjef Bjørn Braaten, og forsker- og informasjonssjef Bjørn Faafeng. De takkes alle for konstruktive bidrag.

Oslo 24.01.00

*Dag Berge
Prosjektleder*

Innholdsfortegnelse

1	Konkluderende sammendrag	6
2	Innledning	7
3	Utvikling fra 1980-åra og fram til i dag	9
3.1	Konklusjon utvikling	10
4	Miljøtilstanden i Espelandsvatnet.....	11
4.1	Klassifisert etter SFTs system for klassifikasjon av tilstand	11
4.2	Klassifikasjon etter RBJ-modellen (SFT Veiledning 95:01).....	12
4.3	Klassifisert etter Vollenweider 1976	13
4.4	Konklusjon tilstand.....	14
5	Modellberegnet fosforbelastning og behov for avlastning	15
5.1	Konklusjon modellberegnet P-tilførsel og avlastningsbehov	18
6	Mangler i parametrene som har inngått i overvåkingen fra 1988-99	19
7	Registrerte forurensningseffekter av fiskeoppdrettet.....	19
8	Hvor stort smoltoppdrettsanlegg kan Espelandsvatn tåle?	21
9	Råd for oppfølging av resipienten	23
9.1	Innledning	23
9.2	Omfang	23
9.3	Tidsplan	24
9.4	Budsjett.....	24
10	Litteratur.....	25

1 Konkluderende sammendrag

Basert på data fra 1988 - 1999, oversendt fra Fylkesmannens miljøvernavdeling, har NIVA gjort en vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet, utvikling av denne, samt vurdering av hvor stor smoltproduksjon innsjøen tåler.

Åfjorddal Smoltoppdrett AS har bidratt til betydelig økning av fosforkonsentrasjon og algevekst i Espelandsvatnet. Klassifisert etter SFTs system for "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (SFT Veiledning 97:04) er vannkvaliteten i nest dårligste klasse (Klasse IV "Dårlig") med hensyn til fosfor og i klasse III "Mindre god" med hensyn til klorofyll. Det bemerkes at klorofyll er beregnet ut fra algevolum da denne parameteren ikke er målt i det løpende overvåkingsprogrammet. Det har ikke vært mulig å klassifisere innsjøen etter siktedyp, en annen av SFTs nøkkelparametre, da heller ikke denne parameteren er målt. Vi har også en følelse av at det kan være feil i en del av fosforbestemmelsene da fosforverdiene er høyere enn forventet vurdert utfra andre parametre.

Klassifisert etter RBJ-modellen (SFT Veiledning 95:1) faller vannkvaliteten innenfor klasse "kritisk" både med hensyn til fosfor- og klorofyllkonsentrasjon. Klassifisert etter Vollenweider (1976) er også vannkvaliteten kritisk mht. fosforkonsentrasjon de siste årene.

Det var en direkte samvariasjon mellom produksjon i smoltanlegget og utviklet algemengde i innsjøen de ulike år. All annen forurensningsskapende virksomhet har vært mer eller mindre konstant, eller avtakende i perioden, i henhold til bestillingsbrevet fra Fylkesmannen.

De tre siste årene har innsjøen vært betydelig overbelastet. Konservative beregninger vha. fosforbelastningsmodeller antyder at P-belastningen må reduseres med minst 1700 kgP/år. Siden fosforet i tilførselen fra smoltanlegget synes klart mer algetilgjengelig enn gjennomsnittstilførslene til innsjøen, vil reduksjonsbehovet være mindre enn de 1700 kgP/år om P-reduksjonen tas fra oppdrettsanlegget alene. Det bemerkes at denne beregningen er teoretisk. For å lage et realistisk oppsett over avlastningsbehov må de ulike tilførselskategoriene multipliseres med biotilgjengelighetskoeffisienter, noe datagrunnlaget ikke tillater per i dag.

Da det har vært en svært god direkte samvariasjon mellom fiskeproduksjon i smoltanlegget og algemengde i innsjøen de ulike år, kan denne samvariasjonen utnyttes til å anslå innsjøens resipientkapasitet mht. smoltproduksjon, dvs. man slipper å gå via fosforbelastningsmodellberegninger. Denne analysen antyder at innsjøen maksimalt kan tåle et smoltanlegg på mellom 300000 og 450000 smolt, tilsvarende en produksjon på hhv 36 og 54 tonn per år ved gjennomsnittlig smoltstørrelse på 120 g. Datagrunnlaget for å foreta denne beregningen er imidlertid nokså usikkert, først og fremst fordi klorofyll er beregnet og ikke målt. Det er derfor anbefalt at det i år foretas en grundig resipientundersøkelse, samt gjøres en oppdatering av forurensningsbudsjettet for innsjøen, før endelig resipientkapasitet for smoltoppdrett beregnes.

2 Innledning

I brev av 20.12.99 får NIVA i oppdrag av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane å foreta en vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet i Hyllestad kommune, Sogn og Fjordane. Bakgrunnen er at det råder usikkerhet om hvorvidt innsjøen er overbelastet med næringssalter, og hvorvidt den tåler fosforbelastningen fra et smoltoppdrettsanlegg, Åfjorddal Smoltoppdrett AS.

I brevet formuleres følgende punkter, sitat:

1. *"Vi ber NIVA med dette om ei vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet, med grunnlag i vedlagte vassanalysar. Dersom parametrane etter dykkar syn er tilstrekkelege, ber vi om ei klassifisering av resipienten i høve til SFT-veileder 97:04, men vurdering i høve til Vollenweider-system og evt. andre anerkjente system vil også vere interessante.*
2. *Med tilvisning til eutrofigranskingane på 1980-talet, ber vi om ei vurdering av om det har skjedd ei endring av tilstanden i vatnet sidan 1988. Det rår stor usikkerheit om storleiken på ulike tilførsler til vatnet, og vi er kjend med at det fins fleire modellar for tilførsle-utrekningar.*
3. *Dersom det etter dykkar syn er tilstrekkeleg grunnlag i innsamla data til å foreta ei utrekning av hovedkjelder til fosfortilrenning til sjøen, ber vi om ei slik utrekning. Oppstillinga kan gjerast på grunnlag av ein eller fleire modellar som NIVA kan tilrå i dette høvet. Sidan siste jordbruksteljing, har landbruksaktiviteten i alle høve ikkje auka og folketalet er ikkje spesielt høgare. I følgje Hyllestad kommune ved Ivar Systad, er det noko færre husdyr i området i år enn i 1996. Tilsyn som fylkesmannen har fått utført på gardsbruka viser normalt, god tilstand på tekniske anlegg, og generelt ei betring av drifta (i høve avrenning) på 1990-talet.*
4. *Miljøvernavdelinga hos fylkesmannen har eit generelt ansvar for å føre tilsyn med miljøtilstanden i vassdrag og sjøområde i fylket. Vi har stort behov for data frå standardiserte nøkkelparametre for å kunne klassifisere tilstandar i høve til miljøvernforvaltninga sine klassifiseringssystem. Resultata vert brukt både internt i tilsynssamanheng, men også som del av nasjonale oversikter. Dersom NIVA finn manglar i det vedlagte talmaterialet frå målingar tekne i perioden 1988-1999, ber vi om ei melding om kva for analyser de saknar. Vi ber også om ei vurdering av om evt. mangler i talmateriale gjer det vanskeleg eller umogeleg å klassifisere tilstanden etter dykkar vurdering.*
5. *Mogeleg utkomme av forvaltningssaka kan vere at anlegget får drive vidare på noverande nivå, får auka drifta, eller må redusere inntil 150 000 smolt - som i vårt tidlegare løyve. Vi ber NIVA vurdere om noverande eller auka produksjon av fisk i vatnet kan føre til fare for at tilstanden forverrar seg. Vidare ber vi om ei vurdering av sannsynlege utslepp til vatnet ved mindre produksjon (t.d. 150000, 300000 og 500000 smolt) og/eller tekniske tiltak for kontinuerlig oppsamling av organisk materiale under drifteiningane. Ein bør fokusere på sentrale parameter som fosfor og oksygenforbruk og mogeleg algenivå. Evt. andre nøkkelparameter etter dykkar vurdering.*
6. *Med tilvisning til tilstanden i vatnet per i år, ber vi om råd for oppfølging av resipienten. Vi ber om råd for kva for parameter som er nødvendig og ønskeleg å analysere på, presisjonsnivå og frekvens. Omfanget av prøvetakinga bør liggje innanfor det som er*

vanleg for denne type resipientar og naudsynte tilleggsmålingar må grunngjevast." Sitat slutt.

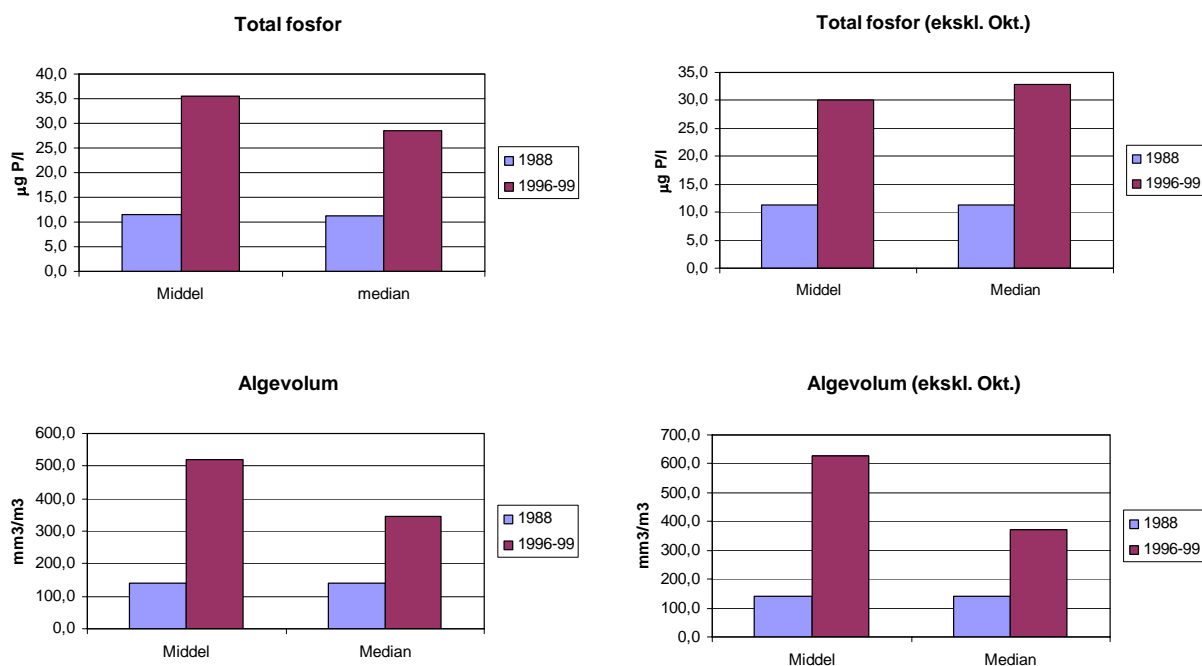
Det er tydeligvis oppstått en konflikt der ulike fagfolk er uenige om hvordan man skal tolke miljøsituasjonen i Espelandsvatnet. Vi har derfor valgt å ikke diskutere med forfattere av tidligere rapporter, ei heller å lese de tidligere rapporter, men med bakgrunn i dataene fra de tidligere undersøkelsene (i det alt vesentlige oversendt oss fra fylkesmannen i tabellform), foreta en selvstendig vurdering av de forhold som nevnes i fylkesmannens bestillingsbrev.

Dataene som er oversendt fra fylkesmannen er hentet fra den regionale eutrofiundersøkelsen til SFT (Faafeng et al 1990), fra overvåkingen av Espelandsvatnet fra 1995-99 foretatt av Rådgivende Biologer AS (Johnsen 1996-99), og fra notater fra Rogalandsforskning (Asbjørn Bergheim). I og med at vi således har forholdt oss til primærtabeller, og ikke komplette rapporter, kan det ikke garanteres at litteraturreferanselista er helt komplett.

3 Utvikling fra 1980-åra og fram til i dag

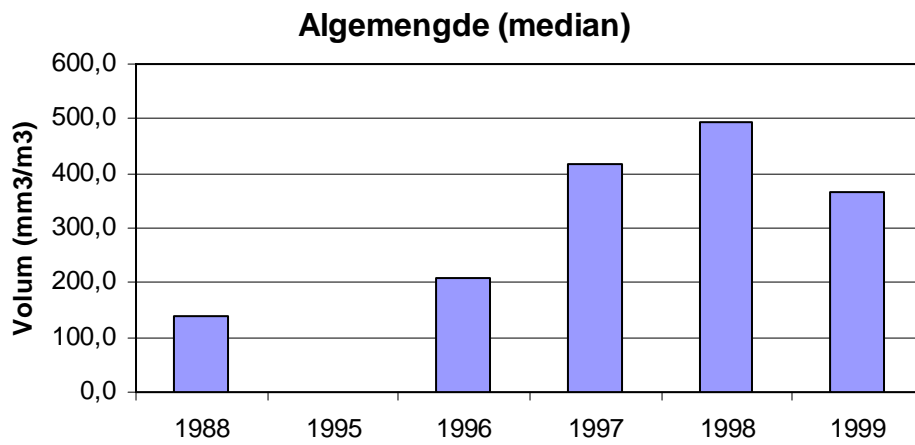
Innsjøen har vært undersøkt av NIVA i 1988 (Faafeng et al 1990), av Rådgivende Biologer AS fra 1995-99 (Johnsen 1996, Johnsen og Kålås 1997, Johnsen 1998a, 1998b, 1999). Resultatene fra disse undersøkelsene er sammenstilt i Figur 3.1 som midlere verdier over vekstsesongen (middel og median). I 1995 var det bare en observasjonsserie, så dette året er utelatt.

Basert på disse dataene er det liten tvil om at det har skjedd en eutrofiering av sjøen. Både fosforkonsentrasjonen og algemengden er mer enn doblet.



Figur 3.1 Midlere verdier for fosfor og algemengde gjennom vekstsesongen i 1988 sammenliknet med årene 1996-99.

I Figur 3.2 er det fremstilt midlere algemengde ved de ulike år. Median er valgt for å unngå innvirkning fra enkelte ekstremverdier. Det har vært en klar økning i algemengden etter 1995, og det er nærliggende å knytte denne økningen til utslipp fra fiskeoppdrett, i og med at dette var eneste signifikante endring i forurensende virksomhet i innsjøens influensområde. Åfjorddal Smoltoppdrett har hatt særlig høy produksjon fra 1995 og utover. I denne perioden har innsjøen i alle år ligget på et høyere eutrofinivå enn i 1988.



Figur 3.2 Midlere algemengde (median) i vekstsesongen i Espelandsvatnet i de årene det finnes data fra.

3.1 Konklusjon utvikling

Basert på de foreliggende data er det ingen tvil om at det har skjedd en kraftig eutrofiering i Espelandsvatnet fra 1988 og fram til i dag.

4 Miljøtilstanden i Espelandsvatnet

4.1 Klassifisert etter SFTs system for klassifisering av tilstand

I veilederen (SFT 97:04) til Statens forurensningstilsyn "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" er nøkkelparameterne

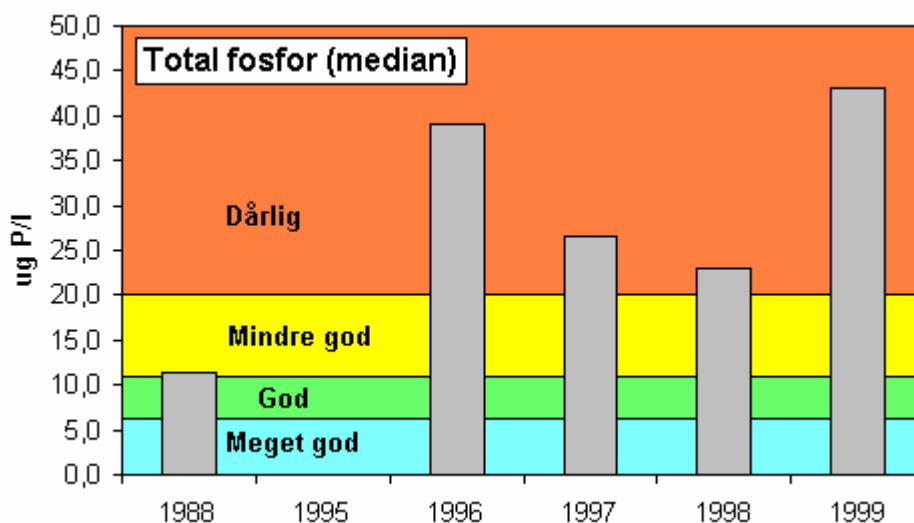
- Total fosfor
- Klorofyll a
- Siktedyp

I den pågående overvåkingen måles bare Tot-P av disse. Som mål på algemengden har Rådgivende Biologer AS bestemt algevolument. Beregning av algevolument skjer ved artsidentifikasjon gjennom mikroskop, telling av algene, og deretter beregning av volum etter kjente romfigurer av samme størrelse. Algevolumentbestemmelsen blir derfor svært personavhengig, og det er ofte store forskjeller mellom volumbestemmelser foretatt av 2 personer. NIVA's algeekspert, Pål Brettum, har løselig sett på telleresultatene og volumbestemmelsene som Rådgivende Biologer AS har foretatt i Espelandsvatn, og ikke funnet noe urimelige avvik ved disse. Vi antar derfor at de gir et riktig bilde av tilstand og eutrofiutvikling av innsjøen.

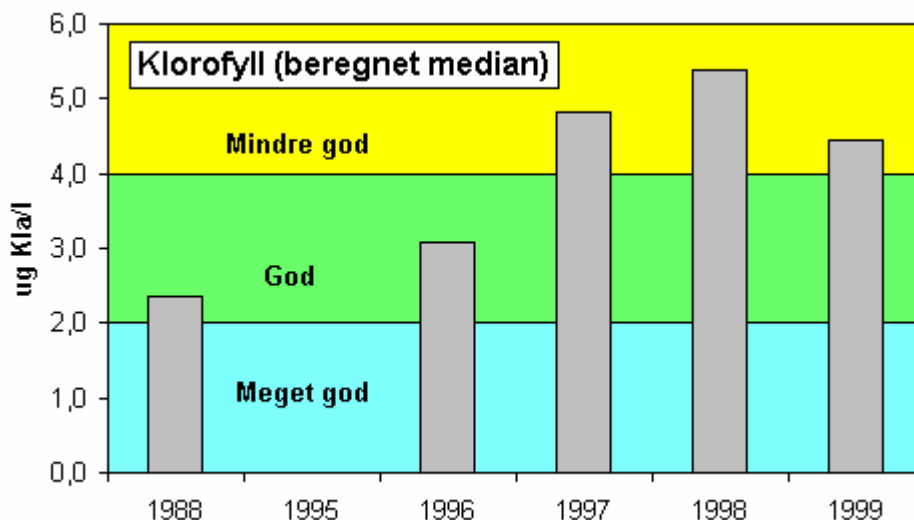
Ut fra algevolumentene kan man beregne klorofyll a konsentrasjonen. Det er her benyttet regresjon mellom klorofyll og algevolument funnet i SFT's regionale eutrofi-prosjekt (Faafeng et al 1990). Linjen beskrives av regresjonslikningen:

$$Kla = 0,0955 \cdot A^{0,65} \quad r = 0.88$$

Hvor Kla = konsentrasjonen av klorofyll a gitt i $\mu\text{g/l}$, og A = algevolument gitt i mm^3/m^3 . Man kunne også ha beregnet klorofyll ut fra fosforkonsentrasjonen ved en tilsvarende regresjon, men da hadde ikke algemengden og fosforet vært målt som uavhengige parametre. Figur 4.1 og Figur 4.2 viser hvordan vannkvaliteten i Espelandsvatn er i henhold til SFT's klassifiseringssystem mht. total fosfor og klorofyll-a.



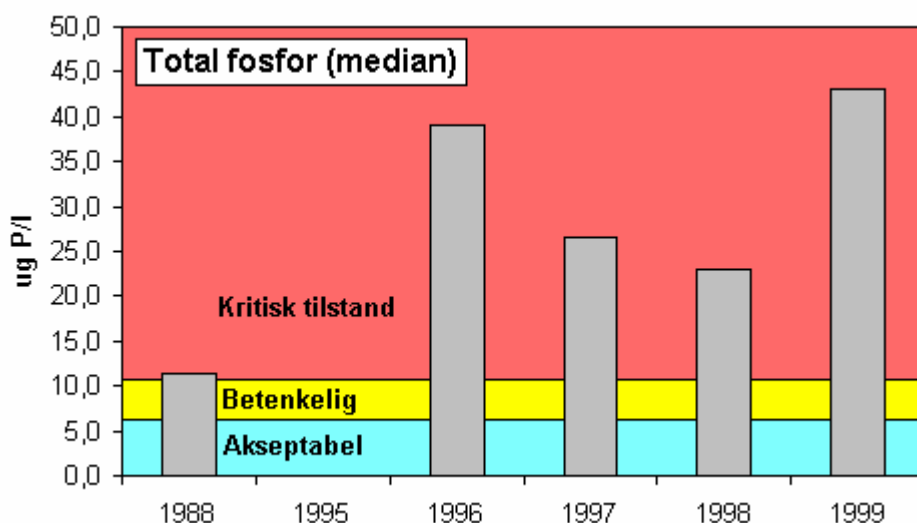
Figur 4.1 Vannkvalitet i Espelandsvatnet klassifisert etter SFT's fosforbaserte tilstandsklasser.



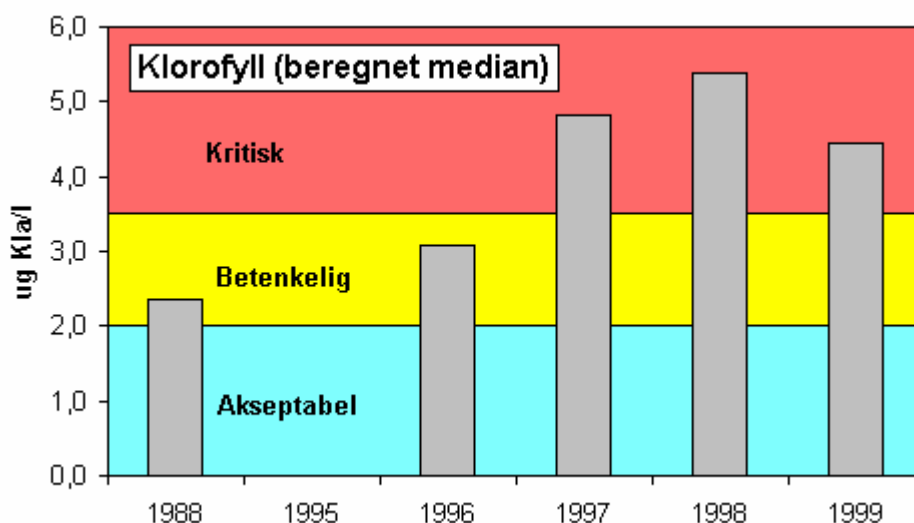
Figur 4.2 Vannkvalitet i Espelandsvatnet klassifisert etter SFT's klorofyll-a baserte tilstandsklasser. (NB: Klorofyll er ikke målt, men beregnet utfra gevolum).

4.2 Klassifikasjon etter RBJ-modellen (SFT Veiledning 95:01)

Espelandsvatn har middeldyp 17,4 m og klassifiseres som en dyp innsjø. Med hensyn til fosforbelastning og respons har det vist seg praktisk å sette grense mellom dype og grunne innsjøer ved middeldyp 15 m (Berge 1987, 1990), og tilstand og behov for fosforavlastning anbefales (SFT Veiledning 95:05) da beregnet etter RBJ-modellen. RBJ-modellen er utviklet av Rognerud et al (1979) ved at Vollenweiders likninger fra 1976 er kalibrert med data fra norske, dype innsjøer. Algemengden er midlet over vekstsesongen istedet for årsmiddel som hos Vollenweider (1976). RBJ-modellen setter grensen mellom akseptabel og betenkelig tilstand ved $7 \mu\text{gP/l}$ tilsvarende $2 \mu\text{g Kla/l}$, og grensen mellom betenkelig og kritisk tilstand ved $10.5 \mu\text{gP/l}$ tilsvarende $3.5 \mu\text{g Kla/l}$. I Figur 4.3 og Figur 4.4 er Espelandsvatnet klassifisert etter RBJ-modellens vannkvalitetsklasser basert på konsentrasjon av total fosfor og beregnet klorofyll-a.



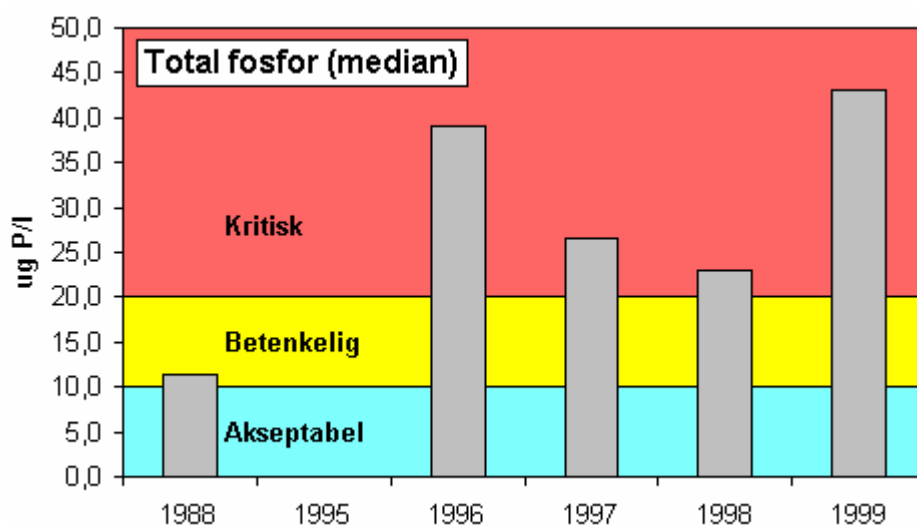
Figur 4.3 Vannkvaliteten i Espelandsvatn klassifisert etter RBJ-modellens fosfor konsentrasjonsklasser



Figur 4.4 Vannkvaliteten i Espelandsvatn klassifisert etter RBJ-modellens klorofyll konsentrasjonsklasser. (Kla er beregnet da aktuelle målinger mangler).

4.3 Klassifisert etter Vollenweider 1976

Vollenweider (1976) setter grensene for akseptabel fosforkonsentrasjon i innsjøer til 10 µgP/l. Konsentrasjoner større enn 20 µgP/l karakteriserer han som kritisk. Overgangsfasen har han egentlig ikke satt noe navn på, men situasjonen er her betegnet som labil. Klassifikasjon etter Vollenweider (1976) er vist i Figur 4.5.



Figur 4.5 Vannkvaliteten i Espelandsvatnet klassifisert etter Vollenweiders (1976) vannkvalitetsklasser.

Vollenweider (1976) har også en regresjon for konvertering til algemengde, men da denne er basert på midlere konsentrasjon over hele året, kan den ikke brukes i dette tilfellet hvor observasjonene er fra sommerhalvåret. Dessuten skjer det nærmest ingen algevekst i norske innsjøer om vinteren.

4.4 Konklusjon tilstand

Etter de tre benyttede klassifikasjonssystemene, som er de som benyttes av norsk forvaltning ved eutrofi problemer i dype innsjøer, har Espelandsvatnet høyere fosfor- og algekonsentrasjoner enn det som kan anbefales. Hvis innsjøen får lov til å ha det høye produktivitetsnivået som har vært rådende de siste 4 årene, vil tilstanden sakte, men sikkert bli dårligere, hyppigheten av blågrønnalgeoppblomstringer vil øke, oksygenforholdene i dypvannet vil bli dårligere, mm.. Det kan også komme episoder med giftige blågrønnalger. For å oppnå god og stabil økologisk tilstand, må fosfortilførslene reduseres.

5 Modellberegnet fosforbelastning og behov for avlastning

Fosforkonsentrasjonene i Espelandsvatn er høye til å være en dyp innsjø på Vestlandet. Ut fra algetellingene kan det imidlertid se ut som om det er noe mindre algeutbytte per fosforenhet enn man kunne forvente. Det kan tenkes flere årsaker til dette:

- Fosforanalysene kan være systematisk for høye. Dette kan forekomme hvis prøvene er tatt for nær oppdrettsanlegget. Det kan også være en systematisk analysefeil ved laboratoriet.
- Det kan være spesielle forhold ved Espelandsvatnet som gjør at fosforet er lite tilgjengelig. Det er en del humus i innsjøen (Farge 30-40 mgPt/l). Humusbundet fosfor er lite tilgjengelig, samt at den brune fargen demper lysgjennomgangen i vannet.
- Innsjøen er regulert, noe som kan føre til at det er en del uorganisk erosjonsmateriale som utgjør de høye totalfosforkonsentrasjonene. Fosfor i erosjonsmateriale er også lite tilgjengelig for algevekst.
- Høyt beitemetrykk fra dyreplankton på planteplanktonet

Når man skal beregne fosforbelastning og behov for avlastning kan man ta utgangspunkt i fosforkonsentrasjonen i sjøen, eller man kan ta utgangspunkt i algemengden gitt som klorofyll-a. I humus- og erosjonspåvirkede sjøer er det mest riktig å gå via klorofyll, for da korrigerer man for et eventuelt mindre algeutbytte per fosforenhet i disse sjøene. Man tillater mao. litt mer fosfor enn man ellers ville ha gjort. I Espelandsvannet er det ikke målt på Kla etter 1988. Kla er derfor beregnet utfra algevolum etter formel gitt på side 11 (Faafeng et al 1990), noe som bidrar til å gjør modellberegningen usikre.

I Tabell 5.1 er det sammenstilt en del midlere verdier for eutrofirelaterte parametre fra Espelandssvatnet.

Tabell 5.1 Espelandsvatn. Middelveidier og medianverdier over sommersesongen for total fosfor og algevolum, klorofyll er beregnet ut fra algevolum. 1988 verdier er fra NIVA (Faafeng et al 1990), de andre dataene er hentet fra overvåkingsrapportene til Rådgivende Biologer AS (Johnsen 1996-99).

	Tot-P ($\mu\text{g P/l}$)		Algevolum (mm^3/m^3)		Klorofyll ($\mu\text{g/l}$)	
	Middel	Median	Middel	Median	Middel	Median
1988	11,4	11,3	140,3	139,0	2,4	2,4
1995						
1996	42,2	39,0	199,0	210,0	3,0	3,1
1997	24,3	26,5	1124,0	416,0	9,2	4,8
1998	22,5	23,0	683,0	493,0	6,6	5,4
1999	31,3	43,0	510,0	367,0	5,5	4,4
1996-99	30,1	32,9	629,0	371,5	6,3	4,5

Ved beregninger av fosforbelastning (Tabell 5.2) benyttes middelveidier, ikke medianer. Medianverdiene er ofte noe lavere enn middelveidier da ekstremverdier holdes utenom. I beregningen i Tabell 5.1 er det imidlertid tatt bort et par ekstremt høye verdier som utvilsomt har vært feil, bl.a. en Tot-P verdi på 180 $\mu\text{gP/l}$. Dessuten var det verdier fra oktober ved kun 2 år, så okt-verdiene er også sløffet for å gjøre dataene fra de ulike år mer sammenliknbare. Beregningene baseres både på konsentrasjon av total fosfor og klorofyll a. Da beregningen skal brukes til bl.a. å fastsette øvre grense for akseptabel belastning (årsuavhengig resipientkapasitet) benyttes gjennomsnittlig avrenning fra nedbørfeltet, i stedet for beregnet

avrenning for de aktuelle år. Det benyttes mao. standard framgangsmåte ved fastsettelse av resipientkapasitet mht fosfor.

Tabell 5.2 Observert og beregnet fosforkonsentrasjon, samt teoretisk beregnet fosforbelastning i Espelandsvatnet (RBJ-modellen (Rognerud et al 1979) og Vollenweider-modellen (Vollenweider 1976)).

	Tot-P ($\mu\text{gP/l}$)	Tot-P beregnet ($\mu\text{gP/l}$)	P-tilførsel ($\text{kgP}/\text{år}$)	P-tilførsel ($\text{kgP}/\text{år}$)	P-tilførsel ($\text{KgP}/\text{år}$)
	Observert	Kla-basert	Tot-P basert (RBJ)	Kla-basert (RBJ)	Kla-basert Vollenweid er (1976)
1988	11	8	4106	2834	2330
1995					
1996	42	9	15199	3353	2757
1997	24	24	8752	8672	7131
1998	23	18	8103	6494	5340
1999	31	15	11273	5509	4530
1996-99	30	17	10832	6197	5096
Akseptabel Belastning				3403	2962
Kritisk belastning				4502	5923

Ved å se på 1988- verdiene, da det ble målt både Kla og Tot-P, fremgår det at beregnet Tot-P konsentrasjon basert på Kla etter RBJ-modellen, var 27% mindre enn observert. Dette indikerer det man antydte innledningsvis i kapittelet, at fosforet i Espelandsvatnet gir mindre alger enn forventet. Tar man forskjellen mellom observert og Kla-basert beregnet fosforkonsentrasjon som prosent av beregnet (dvs av den minste av disse), får man at man kan tillate 35% høyere TP-konsentrasjon enn RBJ modellen ellers foreskriver, dvs $9.45 \mu\text{gP/l}$ og allikevel opprettholde økologisk stabile forhold i innsjøen.

Setter vi denne verdien inn i RBJ-modellen, får vi at øvre grense for akseptabel P-belastning er $3403 \text{ kgP}/\text{år}$. Dette er basert på at man maksimalt kan tolerere $2 \mu\text{g Kla/l}$ som midlere algemengde over sommersesongen (standard RBJ-betingelse).

En ser da av kolonnene til høyre i Tabell 5.2 at innsjøen er blitt betydelig overbelastet de senere årene. I 1988, og såvidt også i 1996, var den innenfor akseptabel belastning i hht RBJ-modellen. Innsjøen har i tiden etter dette vist klare trekk på å være inne i en ustabil fase med bl.a. oppblomstring av blågrønnalger med algevolum helt oppe i $3400 \text{ mm}^3/\text{m}^3$, kfr. Johnsen (1998a).

RBJ-modellen er streng, i alle fall er det ikke noe problem å tillate $0,5 \mu\text{g Kla/l}$ mer som middel over sommeren, dvs $2,5 \mu\text{g Kla/l}$. Det vil være uklokt å tillate mer enn $3 \mu\text{g Kla/l}$ som algebiomasse. Da vil innsjøen overveiende sannsynlig kunne utvikle seg i negativ retning, og det vil være nødvendig å følge innsjøen nøye med årlig overvåking. $3 \mu\text{g Kla/l}$ tilsvarer $12.5 \mu\text{g Tot P}$ når man har "gitt" et tillegg på 35% for lite algeutbytte per fosforenhet i Espelandsvatnet.

I belastning tilsvarer dette 4500 kgP/år. Dette er absolutt maksimum av hva som kan tillates etter denne beregningsmåten.

Til tross for Kla ikke er målt, antar vi at den Kla-baserte gjennomsnittsbeklastningen fra 1996-99 på 6200 kgP/år er det nærmeste vi kan komme dagens belastning utfra teoretiske modellberegninger anvendt på foreliggende data. Innsjøens fosforbelastning må etter denne beregningsmåten reduseres med ca 1700 kgP/år, tilsvarende ca 30%.

I høyre kolonne har vi regnet ut fosforbelastningen etter Vollenweidermodellen og sammenliknet denne med Vollenweiders grenser for akseptabel og kritisk belastning. Grensen for kritisk belastning baseres på en innsjøkonsentrasjon på 20 µgP/l, noe som er klart for høyt i norske dype sjøer. Beregningene er basert på tilbakeberegnet fosforkonsentrasjon fra klorofyll. Man har altså vært "snill" og akseptert at fosforet i Espelandsvatnet ser ut til å gi noe mindre alger enn forventet. Også etter Vollenweiders modell er dagens belastning betydelig høyere enn akseptabelt.

I 1996 satte Rådgivende Biologer AS opp et forurensningsbudsjett basert på alle menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet (Johnsen 1996), samt avrenning fra naturlige og dyrkede arealer. Totaltilførselen av fosfor var 2700 kgP/år, altså ikke så langt fra hva man fant her basert på kla-basert beregning via RBJ-modellen (2800 kgP/år i 1988, det året da Kla ble målt). Etterhvert som fiskeoppdrettet antok større dimensjoner gav Kla-basert beregning av fosforbelastningen en klar overestimert av aktuell fosfortilførsel, dvs i forhold til det man faktisk tilsatte av fosfor i fiskeoppdrettet pluss tilførsler fra andre kilder. Dette kan bare komme av at fosforutslippet fra fiskeoppdrettet er langt mer biotilgjengelig (gir mer Kla) enn resten av tilførselene fra nedbørfeltet.

Hvis man trekker fra fosfor som akkumuleres i fisken, har fosfortilførselene fra Smoltoppdrettsanlegget vært oppe i ca 1200 kgP/år for de 2 årene med størst produksjon, 1997 og 1998 (Rådgivende Biologer 1999). En vesentlig andel av fiskeoppdrettsfosforet har vært igjennom fisken og sluppet ut som avføring. Fosfor i fiskeavføring har høy algetilgjengelighet (Brabrand et al 1990, Braaten et al 1992), likeledes som all annen avføring, f.eks, husdyrgjødsel (Berge og Källqvist 1998).

Braaten et al (1992) undersøkte algetilgjengeligheten av fosfor i innløpet og utløpet av 2 lukkede oppdrettsanlegg og fant at nærmest 100% av økningen i tot-P som vannet fikk gjennom anlegget (dvs Tot-P i utløpet - Tot-P i innløp = fiskeoppdrettets P-bidrag) var tilgjengelig for alger (97-100%). Dvs. dette fosforet gav like mye alger som den samme mengden 100% tilgjengelig ortofosfat. Fosforet i slammet som dannet seg på bunnen av anlegget var mindre tilgjengelig. Dette viste klart at fosforet som forblir i vannfasen ved et fiskeoppdrett er meget algetilgjengelig. Ved denne undersøkelsen ble det ikke kvantifisert hvor mye P som gikk til sediment i forhold til hvor mye som fulgte med avløpet ut av anlegget.

Bergheim (1998) anslår at kun 9 % av tot-P tilført Espelandsvatnet ved Åfjorddal Smoltoppdrett blir tilgjengeliggjort til algevekst, dvs ca 100 kgP. Dette kan ikke være riktig. Det helt umulig at et så lite P-tilskudd kan ha gitt den observerte økningen i algevekst i Espelandsvatnet, hvis det stemmer at de andre forurensningskildene har vært noenlunde konstante, slik det er anført i Fylkesmannens bestillingsbrev.

Fosforbelastningsmodeller synes å overestimere både total fosforbelastning og avlastningsbehov i denne innsjøen, og kan derfor ikke benyttes direkte til å fastsette resipientkapasiteten til Espelandsvatnet mht smoltoppdrett. For å vurdere betydningen av ulike P-kilder må det lages et grundig oppdatert fosforbudsjett hvor bidraget fra de ulike kilder multipliseres med realistiske biotilgjengelighetskoeffisienter (SFT Veiledning 95:02).

5.1 Konklusjon modellberegnet P-tilførsel og avlastningsbehov

P-belastning er teoretisk beregnet ved hjelp av RBJ modellen til ca 6200 kgP/år. Akseptabel belastning er beregnet etter oppskrift gitt i SFT's vegleder til 3400 kgP/år. Skal man være sikret økologisk stabile og gode forhold i Espelandsvatnet må fosfortilførslen etter dette reduseres med 2800 kgP/år, tilsvarende 45% reduksjon.

Innsjøen har imidlertid stor grad av vannfornyelse (vannets teoretiske oppholdstid er 0.1 år), noe som innebærer at faren for å bygge opp irreversible, dårlige tilstander ikke er overhengende, dvs. slike tilstander bygges opp mye saktere enn om oppholdstiden hadde vært lang. Derfor, hvis man kan leve med en labil situasjon med periodevise algeoppblomstringer, dvs på grensen av hva man kaller kritisk belastning (4500 kgP/år), holder det at belastningen reduseres med 1700 kgP/år. Å tillate høyere eutrofinivå enn dette vil garantert gi innsjøen alvorlige problemer i fremtiden.

NB! Selv om modellberegnet P-belastning og avlastningsbehov er gjort etter foreskrevet metodikk, gir det en overestimert av både total belastning og avlastningsbehov i perioden med fiskeoppdrett. Dette kommer høyst trolig av at fiskeoppdrettsfosforet har høyere biotilgjengelighet enn det fosforet som gjennomsnittlig kommer fra nedbørfeltet (kfr. Braaten et al 1992). Fosforbelastningsmodellene er basert på gjennomsnittlig tilgjengelighet av fosfor fra kilder i nedbørfeltet. Det er klart, utfra det datagrunnlaget som foreligger per i dag, at fosforbelastning og avlastningsbehov for Espelandsvatnet ikke lar seg beregne særlig godt ved hjelp av fosforbelastningsmodeller. Hvor stort fiskeoppdrett innsjøen kan tåle, blir derfor nærmere behandlet i kapittel 8.

6 Mangler i parametrene som har inngått i overvåkingen fra 1988-99

Ved overvåking av eutrofiering i innsjøer gis det i SFT's veiledere forslag til parametre. Man kan legge seg på ulike nivåer i en overvåking. SFT's nøkkelparametre (SFT-Veiledning 97:04), dvs. mer eller mindre obligatoriske parametre for å klassifisere tilstand er

- Total fosfor
- Klorofyll a
- Siktedyp

I den pågående overvåking (fra 1996-99) er ikke klorofyll eller siktedyp målt. Dette gjør det svært vanskelig å klassifisere tilstanden i innsjøen riktig, da klassifiseringen må basere seg på Tot-P. Er innsjøen signifikant påvirket av erosjonsmateriale og humus, vil en klassifisering bare etter Tot-P bli gal. Det er imidlertid bestemt totalt algevolum som et mål på algemengden i den pågående overvåkingen. SFT har imidlertid ikke noe klassifikasjonssystem basert på algevolum. Vi har derfor i det foranstående regnet om fra algevolum til klorofyll (basert på resultatene fra 355 innsjøer) for å kunne klassifisere innsjøen etter algemengde. Bestemmelse av algevolum er mer personavhengig enn analyse av klorofyll-a og er langt mer usikker. Tilbakeberegning fra algevolum gir en mye mer usikker klorofyll-verdi enn om denne hadde vært målt direkte.

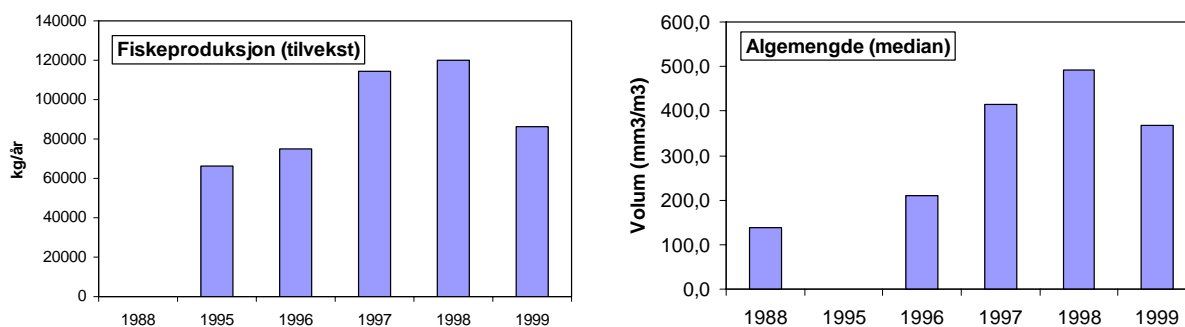
Mangelen på klorofyll måling er en alvorlig mangel ved den pågående overvåkingen, særlig tatt i betraktning av at dette er en grei, sikker og lite personavhengig analyseparameter. Mangel på siktedypsbestemmelser er selvfølgelig også en betydelig mangel siden det er en av nøkkelparametrene i SFT's klassifikasjonssystem. Denne parameteren er imidlertid også noe personavhengig, dvs 2 personer får oftest litt forskjellig siktedyp når de måler. Dessuten er siktedypet påvirket av andre faktorer som farge og partikler.

Bortsett fra mangelen på disse to nøkkelparametrene synes overvåkingsprogrammet være relevant mht. parametre.

7 Registrerte forurensningseffekter av fiskeoppdrettet

I brevet fra fylkesmannen bes NIVA om å foreta en utregning av hovedkilder av fosfortilførsler til innsjøen, "om vi finner det mulig ut fra det tilsendte materialet". Det er ikke grunnlag i det tilsendte materialet til å lage et fullstendig oppdatert fosforbudsjett for innsjøen. Det er vel strengt tatt ikke nødvendig heller i og med at det i nedbørfeltet ikke har skjedd noen endring i forurensningsskapende virksomhet hverken når det gjelder jordbruk, kloakkering, eller befolkning, i hht. brevet fra Fylkesmannen. Det mest vesentlige som har skjedd av forurensende virksomhet i perioden er smoltoppdrettsanlegget som fra 1995 har hatt en stor økning i produksjonen. I 1988 foregikk det, såvidt vi er gjort kjent med, ikke oppdrett i innsjøen. Alt dette i følge opplysninger fra fylkesmannens miljøvernavdeling.

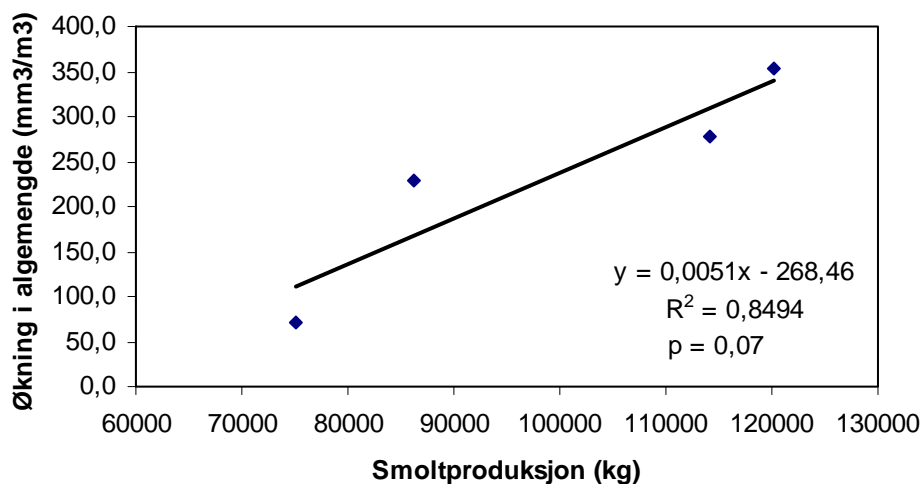
Hvis forurensning fra fiskeoppdrettet skulle ha noen betydning for eutrofieringen skulle man få en sammenheng mellom fiskeproduksjon og utviklet algemengde. I Figur 7.1 er det fremstilt produksjon i smoltanlegget og algemengde i innsjøen i ulike år. Likheten i kurveforløpet er slående. Det er meget nærliggende å tro at den økte algeproduksjonen er en direkte følge av fosfortilførsler fra smoltoppdrettet.



Figur 7.1 Fiskeproduksjon i smoltanlegget og algemengde (responsparameter) i Espelandsvatnet. Det var ikke smoltproduksjon i innsjøen i 1988.

I Figur 7.2 er økningen i algevolum fremstilt som funksjon av smoltproduksjonen i innsjøen. Det er en god, lineær (direkte) sammenheng med forklaringsgrad 85%. Det vil si at 85% av økningen i algemengde kan forklares utfra smoltproduksjonen, eller mer rett av næringstilførselene som smoltproduksjonen forårsaker. Regresjonen er signifikant på 93% nivå ($p = 0,07$).

Selv om vi ikke er istand til å sette opp noe detaljert næringssaltbudsjett på bakgrunn av det tilsendte materiale, mener vi at det er sannsynliggjort at fiskeoppdrettet er en vesentlig del av årsaken til den senere tids eutrofiering av Espelandsvannet. Særlig sett i lys av at annen forurensning i nedbørfeltet heller har avtatt, i alle fall ikke øket, i henhold til fylkesmannens brev.



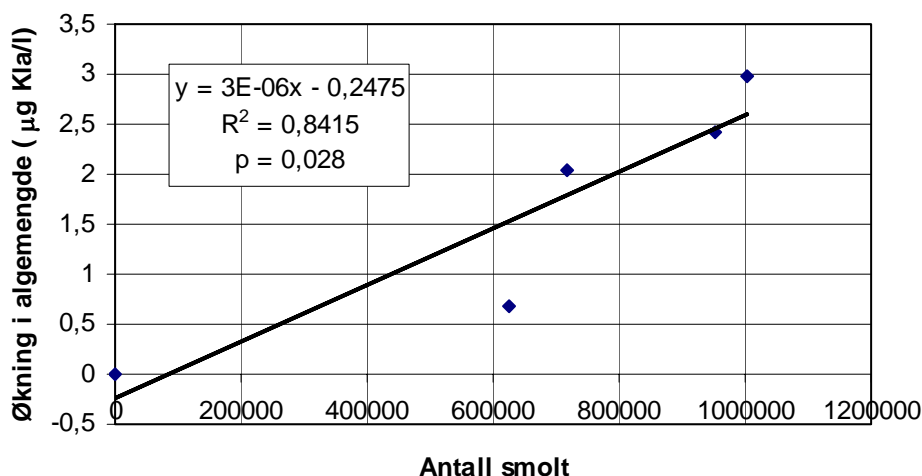
Figur 7.2 Økning av algemengde fremstilt som funksjon av smoltproduksjon i Espelandsvatnet.

8 Hvor stort smoltoppdrettsanlegg kan Espelandsvatn tåle?

I motsetning til andre konsesjonssaker har man her den fordel at det har foregått varierende produksjon ved smoltanlegget i innsjøen i flere år. Man har mao. erfaringsmateriale (en Pilot Test) på hvordan innsjøen reagerer på ulike mengder smolt, og sammenhengen mellom smoltproduksjonen og økning i algemengde var god, se Figur 7.1 og Figur 7.2.

Det er nærliggende å utnytte denne sammenhengen direkte for å fastsette hvor stort smoltoppdrett innsjøen tåler.

I Figur 8.1 er den empiriske sammenhengen mellom smoltproduksjon og den resulterende økning i algevekst vist omregnet til klorofyll. Dette for å kunne gjøre vurderinger i hht SFT klassifiseringssystem. Til forskjell fra Figur 7.2 er også data fra 1988, da det ikke ble drevet fiskeoppdrett, tatt med (null smolt = null økning i algemengde).

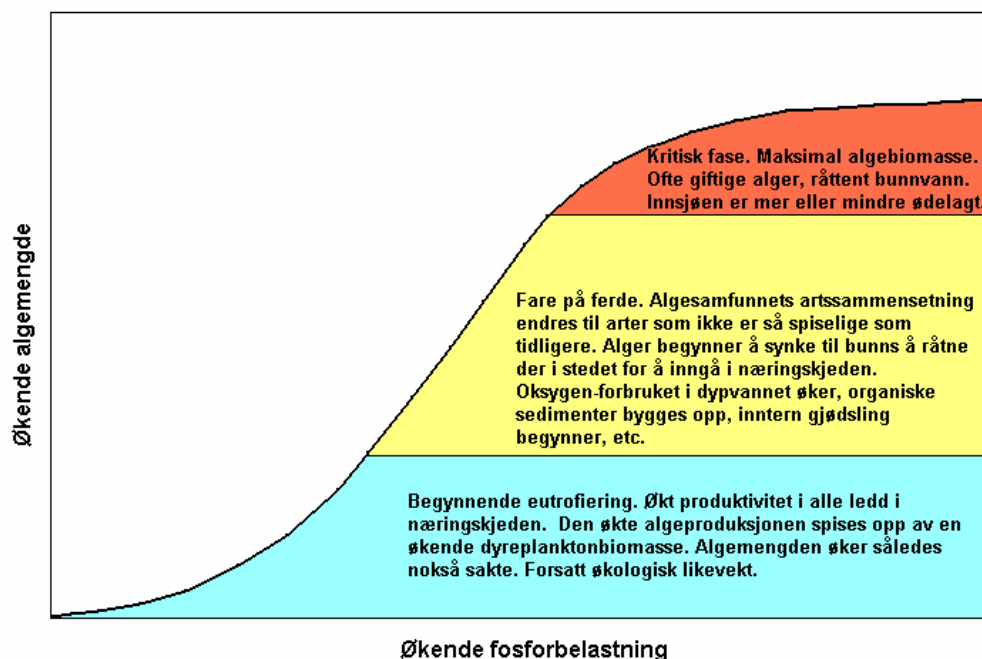


Figur 8.1 Økning av algemengden i Espelandsvatn som funksjon av antall smolt i produksjonsanlegget. Lineær regresjon (årsproduksjon : 120g per smolt).

Det forutsettes at alle andre forurensningskilder har vært noenlunde konstante i den aktuelle tidsperioden, og vil bli så også i fremtiden. Det forutsettes dessuten at klorofyllverdiene fra 1988 (middel = median = 2,4 µg kla/l) var representativt for tilstanden i Espelandsvatnet uten smoltoppdrett. Det ble i kapittel 5 beregnet at 3 µg Kla/l var det maksimale man kunne tillate i denne innsjøen. Det er da rom for en økning på 0,6 µgKla/l. Ut fra formelen i Figur 8.1 beregnes at en slik økning forårsakes av et smoltoppdrettsanlegg på ca 300000 smolt tilsvarende en produksjon på 36 tonn per år.

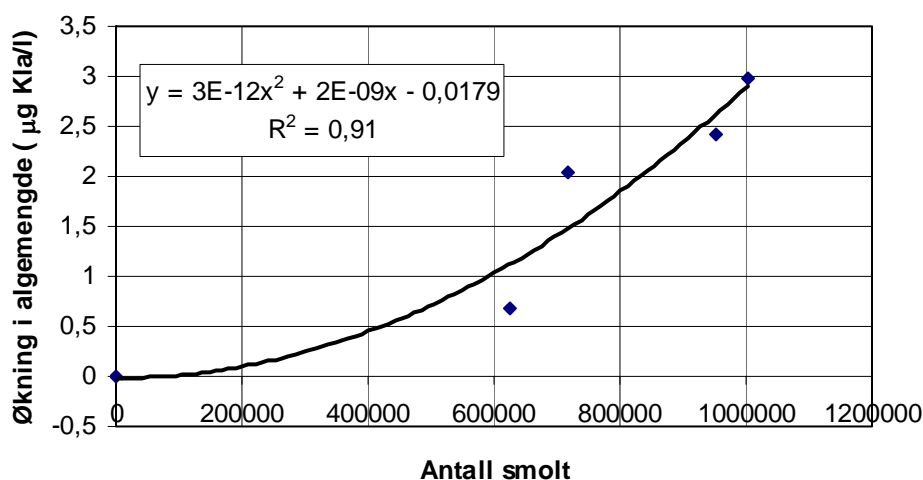
Imidlertid skjer normalt ikke eutrofiering av innsjøer som en lineær funksjon av belastningen. I en begynnende, moderat eutrofiutvikling skjer det produktivitetsøkning i alle ledd i næringskjeden. Algemengden øker i denne fasen bare svakt, og overskuddsproduksjonen beites unna av en økende dyreplanktonbiomasse. Etter hvert som belastningen med fosfor øker, endres algesamfunnets sammensetning ofte i retning av arter som er mindre egnet som mat for neste ledd i næringskjeden. Økningen i algemengde akselereres. Til slutt blir det ikke mer alger selv om belastningen øker. Siktedypet er da ca 20 cm. Algene skygger for

hverandre, og fotosyntesen hemmes pga mangel på lys. Nedbrytningen av algebiomassen skjer mikrobielt ved råtning i dypvannet i stedet for å inngå i næringskjeden. Innsjøen er i praktisk sammenheng ødelagt. Restaurering blir en lang og kostbar prosess. I Figur 8.2 er det gitt en skjematisk skisse over et vanlig eutrofieringsforløp i innsjøer.



Figur 8.2 Skjematisert eutrofieringsforløp i innsjøer. Se tekst for mer forklaring. I årene med størst smoltproduksjon har Espelandsvatnet befunnet seg i overgangen mellom blått og gult felt.

Første del av utviklingsfasen har altså en krumning som kan beskrives av en annengradslikning. I praksis betyr dette at Espelandsvatn trolig kan tåle noe mer smolt enn det som ble beskrevet av den lineære regresjonen i Figur 8.1. I Figur 8.3 er det gjort en polynomisk tilnærming til sammenhengen. Regresjonen får da en enda bedre forklaringsgrad: 91 % av variasjonene i algemengde kan forklares av variasjonene i smoltproduksjon.



Figur 8.3 Økning av algemengden i Espelandsvatn som funksjon av antall smolt i produksjonsanlegget. Polynomisk regresjon (årsproduksjon/120g per smolt).

Brukes denne polynomiske regresjonen, hvilket vi mener er mest riktig, og tillater maksimalt en økning av K_{la} i innsjøen på $0.6 \mu\text{g } K_{la}/l$, fås at man kan tillate 450000 smolt.

Etter disse beregningsmåter, basert på foreliggende smoltproduksjonsdata og algeresponsdata, ser Espelandsvatnet ut til å tåle et smoltoppdrettsanlegg på mellom 300000 og 450000 smolt, tilsvarende en produksjon på hhv 36 og 54 tonn per år.

Det er her forutsatt at fiskeoppdrettet drives etter samme metodikk som i dag. Videre påpekes at det er usikre, beregnete klorofyll data som ligger til grunn. Regresjonene har få punkter og er usikre også av denne grunn. Ett år til med grundig overvåking som omfatter alle nøkkelparametre vil gi et bedre beregningsgrunnlag.

År til år variasjon i meteorologiske forhold kan også ha hatt innvirkning på det foreliggende observasjonsmaterialet fra innsjøen, men vi har ikke funnet noen klare indikasjoner på at endrede værforhold kan ha forklart de ulike algemengdene fra år til år.

9 Råd for oppfølging av resipienten

9.1 Innledning

Smoltoppdrettet har en klar påvirkning av vannkvaliteten i Espelandsvatn i form av økt algevekst, dvs eutrofierende effekt. Det synes klart at smoltproduksjonen de tre siste årene, og spesielt i 1997 og 98, har vært større enn det som er innsjøens resipientkapasitet. Dataene som har ligget til grunn for å fastsette innsjøens resipientkapasitet mht. fiskeoppdrett mangler sentrale parametre, først og fremst klorofyll. Dessuten synes fosforkonsentrasjonene å være mystisk høye, noe som gjør at vi ikke ser bort fra at de kan være feil.

9.2 Omfang

For å fjerne all usikkerhet mht. hvor stort fiskeoppdrett innsjøen tåler, foreslår vi at det i år 2000 kjøres følgende program hvor en nøytral institusjon står ansvarlig for gjennomføring og rapportering.

Det foretas 10 undersøkelsestokt i sommerhalvåret, med start 20. mai, 2 tokt i månedene juni, juli, august og september, og siste tokt 10 oktober. Ved disse toktene tas det blandprøver i epilimnion (produksjonssjiktet) som analyseres på Tot-P, Tot-N, NO_3 , K_{la} , Kvantitativt planteplankton, pH, kond, turb, farge, TOC, samt at siktedyp og temp måles i felt. Ved annenvert tokt tas i tillegg kvantitativt dyreplankton, samt at vannprøvene analyseres i tillegg for Totalt løst P, Løst Reaktivt P og NH_4 . Disse prøvene tas i god avstand fra fiskeoppdrettsanlegget, dog ikke for nær større innløpselver.

Ved toktet først i september tas det i også en vertikal prøveserie over innsjøens dypeste punkt. Oksygen måles med 5 m intervall fra topp til bunn, gjerne med sonde (NB: Rett kalibrert). Vannprøver tas ved 1, 10, 20, 30, 40, og 45 m. Disse analyseres på Tot-P, LRP, Tot-Løst P, Tot-N, NO_3 , NH_4 , pH, kond, turb, farge, TOC, Fe og Mn.

I mars foretas det tokt med en vertikal prøveserie som i første av september.

De vertikale prøveseriene bør tas av fagpersonell, de andre toktene kan tas av lokal prøvetaker etter inngående instruksjon fra fagpersonell. Den lokale prøvetakeren blir utstyrt med nødvendig utstyr. Forsendelse, konservering og oppbevaring av prøver må gjøres forsvarlig.

Det bør også gjøres en oppdatering av forurensningsbudsjettet, samt at man må multiplisere de ulike tilførslene med biotilgjengelighetskoeffisienter (SFT Veiledning 95:02).

På denne bakgrunn vil det bli mulig å klassifisere innsjøens tilstand på en sikker måte, samt å gjøre en sikker beregning av innsjøens resipientkapasitet mht. smoltoppdrett.

9.3 Tidsplan

Undersøkelsen starter i mars 2000 og rapporteres i desember 2000.

9.4 Budsjett

Vi er også bedt av fylkesmannen å sette opp et budsjett for en slik undersøkelse, men av hensyn til mulig anbudskonkurranse finner vi ikke dette riktig å gjøre i denne rapporten.

10 Litteratur

- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå og akseptabel fosforbelastning i innsjøer med middeldyp 1.5-15 m. NIVA Rapport Lnr 2001, 44 sider.
- Berge, D. 1990. FOSRES - A phosphorus loading model for shallow lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24., pp.218-223.
- Berge, D., and T. Källqvist 1998: Biological availability of various P-sources studied in different test systems. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26: 2401-2404.
- Bergheim, A. 1998. Vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatnet ved produksjon av 1 mill smolt i Åfjorddal Smoltoppdrett AS. Rogalandforskning. Rapport 311., 6 sider.
- Brabrand, A., B. Faafeng og J.P. Nilsen 1990. Relative importance of phosphorus supply to phytoplankton production: fish excretion versus external loading. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 364-372.
- Braaten, B., T. Johnsen, T. Källqvist og A. Pedersen 1992. Biologisk tilgjengelighet av næringssalttilførsler til det marine miljø fra fiskeoppdrett, landbruksavrenning og kummunalt avløpsvann. NIVA-rapport O-89156/Lnr.2877. 160 sider.
- Faafeng, B., P. Brettum og D. Hessen 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitylstanden i 355 innsjøer i Norge. Stalig program for forurensningsovervåking, Overvåkningsrapport nr 389/90., NIVA-rapport Lnr 2355., 57 sider.
- Johnsen, G.H. 1996. Enkel Beskrivelse av Espelandsvatnet, resipient til Åfjorddal smoltoppdrett a.s., Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane., Rådgivende Biologer AS: Rapport 212, 16 sider.
- Johnsen, G.H. 1998a. Overvåking av Espelandsvatnet, Hyllestad kommune i 1997. Rådgivende Biologer AS: Rapport 316, 14 sider.
- Johnsen, G.H. 1998b. Overvåking av Espelandsvatnet, Hyllestad kommune i 1998. Rådgivende Biologer AS: Rapport 373, 14 sider.
- Johnsen, G.H. 1999. Tilstanden i Espelandsvatnet i 1999 og miljøvirkningene fra fiskeanlegget i årene 1996-1999. Rådgivende Biologer AS: Rapport 471, 33 sider.
- Johnsen, G.H.. og S. Kålås 1997. Overvåking av Espelandsvatnet, Hyllestad kommune i 1996. Rådgivende Biologer AS: Rapport 261, 20 sider.
- Oredalen, T.J. 1999. Planktondata fra Espelandsvatnet. Brev frå NIVA til Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, 6 sider.
- Rognerud, S., D. Berge, og M. Johannessen 1979. Telemarksvassdraget - Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-79. NIVA-rapport Lnr 1147., 82 sider

- SESAM 1999. Vannkjemiske data etter NIVA målinger i Espelandsvatnet i 1988. Data fra databasen SESAM.
- SFT-Veiledning 95:01. Andersen, J.R., J.L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krogh, V. Lund, D. Rosland, B. O. Rosseland og K.J. Aanes 1997. Miljøsmål for vannforekomstene. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.
- SFT-Veiledning 95:01. Bratli, J.L., H. Holtan, J. Molvær, E. Lømsland, K. Baalsrud, og A. Juliussen 1997. Miljøsmål for vannforekomstene. Sammenheng mellom utslipp og virkning., TA-1138/1995, 55 sider.
- SFT-Veiledning 95:02. Bratli, J.L., H. Holtan, og S. O. Åstebøl 1995. Miljøsmål for vannforekomstene. Tilførselsberegninger., TA-1139/1995, 70 sider.
- SFT-Veiledning 95:05. Bratli, J.L., E. Hauand, Dag S. Rosland, A.S. Sandnes, og L. Størset 1998. Miljøsmål for vannforekomstene. Hovedveiledning., TA-1142/1995, 55 sider.
- Vollenweider, R. A 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33: 53-83.