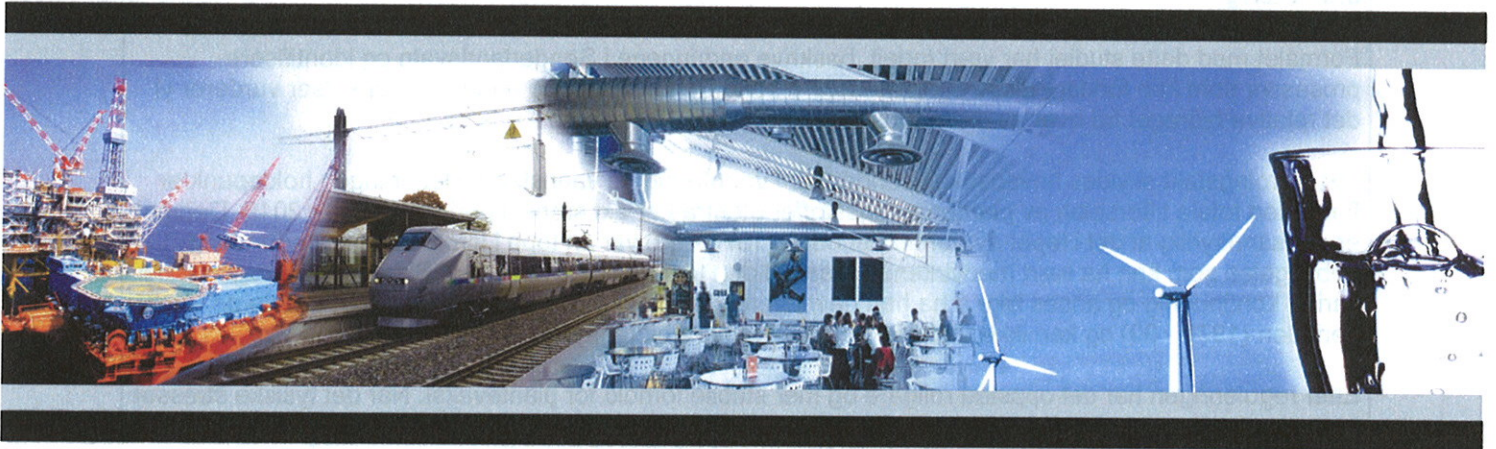


Skagerak Kraft as



Sønderlandsvatn

Miljøutredning (trinn 2)

RAPPORT

Rapport nr.: 2	Oppdrag nr.: 185275	Dato: 29.11.2010	
Kunde: Skagerak Kraft as			
Sønderlandsvatn- miljøutredning (trinn 2)			
<p>Sammendrag:</p> <p>Formålet med dette studiet har vært todelt, beskrive endringene i Sønderlandsvatn og identifisere prosesser som kan forklare disse endringene. På bakgrunn av kilder og egne undersøkelser vurderer vi det relative bidraget fra hver av disse prosessene.</p> <p>Økt tilgroingstakt skyldes hovedsakelig endringer i vannføring og vannstand. Det er ingen holdepunkter for at den totale tilførselen av plantenæringsstoffer utenfra har økt særlig i perioden 1958 - 2010. Derimot er det sannsynlig at det i løpet av denne perioden (1970 - 80) var en topp i tilførselen fra landbruk og bebyggelse som kan ha vært medvirkende årsak til den utviklingen vi ser i dag. Bidraget fra skogbruk har variert kontinuerlig og anses ikke å ha hatt nevneverdig betydning. Langtransportert NO_x hadde en topp i perioden (1970 - 90) og kan ikke utelukkes som en mindre bidragsyter.</p> <p>Etter reguleringen har det oppstått roligere og mer stabile forhold for plantevekst. Når det fysiske stresset reduseres ved regulering (mindre vanngjennomstrømning) og terskelbygging (mer stabil vannstand) får plantene helt nye vekstbetingelser. Plantene får større mulighet til å utnytte plantenæring fra sedimentene. Da starter et suksesjonsforløp (tilgroing) som trolig ikke har stabilisert seg enda. En slik prosess er også i noen grad selvforsterkende ved at etableringen av noen planter skaper vokseplasser eller bedre vokseforhold for andre planter. Tilgroingen av vannet vil fortsette, men hastigheten er ukjent. Det kan være aktuelt å følge med på denne utviklingen og å finne eventuelle avbøtende tiltak.</p> <p>I Sønderlandsvatn er gyteforholdene gode og vannet er lite. Naturtilstanden er mye fisk og underskudd på mat. Det gode fisket før reguleringen var sannsynligvis et resultat av stort uttak av fisk. På grunn av tilgroing og mindre interesse for fisk til matauk har vannet nå gått tilbake til en mer naturlig tilstand.</p> <p>Det må understrekes at tilstanden i Sønderlandsvatn før reguleringen er lite kjent og at det derfor ikke er mulig å si noe presist om hvor mye eutrofieringsgraden har endret seg siden reguleringen. Analyse av sedimentene kan gi informasjon om den historiske utviklingen i vannet.</p>			
Rev.	Dato	Revisjonen gjelder	Sign.
Utarbeidet av: Gunnar Sandvik og Mathias Kleppen		Sign.:	
Kontrollert av:		Sign.:	
Oppdragsansvarlig / avd.: Smári Thorvaldsson/ VA-Transport og miljø		Oppdragsleder / avd.: Gunnar Sandvik/ Miljø	

Innhold

1	Innledning	3
1.1	Oppdrag og problemstilling	3
2	Materiale og gjennomførte undersøkelser.....	3
2.1	Historiske kilder	3
2.2	Feltundersøkelser.....	4
3	Resultater	5
3.1	Endringer i nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn	5
3.1.1	Endringer i jordbruk og skogbruk.....	6
3.1.2	Endringer i avløp fra bebyggelse	6
3.1.3	Endringer i tilførselen av langtransporterte luftforurensinger.....	7
3.1.4	Endringer i vannkvalitet i hovedvassdraget fra Bjårvatn til utløpet av Skogsåa	8
3.2	Endringer i Sønderlandsvatn.....	11
3.2.1	Endringer i vannstand og vannføring.....	11
3.2.2	Endringer i sedimentasjonen	12
3.2.3	Endringer i fisket.....	13
3.2.4	Endringer i vegetasjonen.....	14
3.3	Resultat fra feltundersøkelsene i Sønderlandsvatn.....	16
3.3.1	Vannprøver.....	16
3.3.2	Vegetasjonsanalyse og beregning av Trofi - indeks.....	17
3.3.3	Inspeksjon av tilførselsbekker og elver.....	19
3.3.4	Møte med grunneiere rundt Sønderlandsvatn.....	19
4	Oppfølgende undersøkelser og mulige tiltak	20
5	Konklusjon	21
	Referanser	22

Vedleggsliste

- Vedlegg 1 Sedimentanalyse
- Vedlegg 2 Foreløpig tilbud på å utføre sedimentanalyser i Sønderlandsvatn (forsker Sofia Holmgren, Universitetet i Lund)
- Vedlegg 3 Kostnadsoverslag sedimentanalyse Sønderlandsvatn (alle priser ekskl.mva).
- Vedlegg 4 Universitetet i København, senter for Gamma datering, Institutt for geologi og geografi (prosedyrebeskrivelse).
- Vedlegg 5 Planteplankton som er indikatorer på eutrofiering i Bjårvatn i 1981 og 1995.
- Vedlegg 6 Dybdekart for Sønderlandsvatn, Skagerak Kraft AS (2010).

Figurliste

- Figur 1. Nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn (grønt areal)..... 5
- Figur 2. Årlig gjennomsnittlig tilførsel og utslipp fra Bjårvatn renseanlegg i perioden 1997 til 2009. 7
- Figur 3. Sønderlandsvatn og de to prøvestasjonene langs hovedvassdraget der det er brukt vannkjemiske analyser fra andre undersøkelser (Statens kartverk, 2010). 8
- Figur 4. Sammenstilling av årlige gjennomsnittsmålinger (1979 - 2005). Total fosfor og total nitrogen fra Bjårvatn. Fylkesmannens overvåkningsmålinger med blå firkant. Svart sirkel representerer NIVA (1981 og 1995). 9
- Figur 5. Sammenstilling av årlige gjennomsnittsmålinger (1984 - 2005) for totalt fosfor og totalt nitrogen fra to undersøkelser av vannkvaliteten i Skogsåa. Fylkesmannens overvåkningsmålinger med firkant. Sirkel representerer Bjørnson og Lind, Tveiten AS (1999). 10
- Figur 6. Fra Rettsbok for Tinn og Heddal herredsrett 1970. 11
- Figur 7. Fra dokumentet "Reguleringenes virkninger på fiskeriforholdene i Tuddalsvassdraget" av Kjell W. Jensen og Per Aas (1955). 14
- Figur 8. Sønderlandsvatn sett i retning fra utløpet mot Tuddal, et av de mest tilgrodde områdene..... 15
- Figur 9. Den rotløse planten storblærerot (*Utricularia vulgaris*) finner livsbetingelser på andre planter, her elvesnelle (*Equisetum fluviatile*). 16
- Tabell 8 Grenseverdier for eutrofiering **TIC** for vannplanter (Vanndirektivet, veileder 2009). 19
- Figur 10. Sønderlandsvatn før reguleringen sett i retning fra utløpet mot Tuddal. Den røde pila viser fra hvor og i hvilken retning fotoet i figur 8 er tatt. 20

Tabelliste:

- Tabell 1. Analyseresultater for fysiske og kjemiske parametre i Sønderlandsvatn (prøver tatt 19/8-2010). 16
- Tabell 2. Relativ forekomst av plantearter som er klassifisert som sensitive (S), tolerante (T) eller indifferente (I) i forhold til eutrofiering i innsjøer (Vanndirektivet, veileder 2009). Krav til livsmiljø (Ragnhild Heimstad). 18

1 Innledning

1.1 Oppdrag og problemstilling

Skagerak Kraft AS ønsker å dokumentere dagens tilstand i Sønderlandsvatn i Tuddal (Hjartdal kommune) og i hvilken grad forholdene har endret seg siden Hjartdøla kraftverk ble etablert for vel 50 år siden. Sweco er blitt bedt om å utrede følgende problemstillinger:

Trinn 1:

Gjennomgang av eksisterende KU-rapporter, flyfoto, skjønnsdokumenter m.m. for å vurdere hvorvidt eutrofiering (naturlig og antropogen) er en problemstilling i vatnet. Evt. vurdere hvilken informasjon som måtte mangle for å ta stilling til dette.

Trinn 2:

På bakgrunn av funnene i trinn 1 og gjennom nye undersøkelser, beskrive påvirkning, omfang og konsekvens av begroingsproblematikken i Sønderlandsvatn.

Eutrofiering

Eutrofiering eller gjengroing er en naturlig prosess. Den skjer i alle vatn og vassdrag. Hastigheten varierer enormt. Etter siste istid for ca 10000 år siden startet den naturlige eutrofieringen i alle vann. Mange dammer har alt grodd helt til og blitt til myrer. Mange dammer og vann på Hardangervidda derimot ser omtrent slik ut i dag som de gjorde etter istiden fordi årsmiddelfemperaturen er så lav at planteveksten er svært begrenset. Klima er den viktigste enkeltfaktoren som bestemmer hvor fort den naturlige eutrofieringen går.

Menneskeskapt eutrofiering

Menneskeskapt eutrofiering oppstår på kort sikt som følge av økende konsentrasjon av næringsstoffer i vannet utover naturlig tilførsel. Særlig fosfor er en minimumsfaktor for alge- og plantevekst i ferskvann, og dermed kan lokal tilførsel av fosfor gi store negative utslag på vannkvaliteten. For å kunne utnytte tilgjengelig fosfor trenger plantene andre næringsstoffer. Særlig nitrogen kan i tillegg til fosfor være en begrensende faktor.

Innsjøene i Norge er økosystemer i kontinuerlig forandring fordi planteproduksjonen ofte er større enn nedbrytingen. De gror etter hvert igjen ved at de fylles med torv og mudder. I naturen finnes alle overganger mellom oligotrofe (næringsfattige) og eutrofe (næringsrike) innsjøer. Også Sønderlandsvatn er i en slik overgangsfase fra næringsfattig til et mer næringsrikt vann. Økt tilgang på plantenæringsstoffer eller bedre livsbetingelser for plantene kan føre til større planteproduksjon og dermed større biologisk aktivitet i vannet. Spørsmålet som tas opp i denne rapporten er om denne utviklingen er akselerert etter kraftutbyggingen.

2 Materiale og gjennomførte undersøkelser

2.1 Historiske kilder

Rettsdokumenter fra Tinn og Heddal herredsrett (overskjønn 1970) gir en kort beskrivelse av vegetasjonen i og rundt Sønderlandsvatn, "Stedvis er det kraftig utviklet overvannsvegetasjon

av sneller, til dels starr, som nesten avsnører en del av vannet, Burmannsvika, fra resten. Ut mot 5 m dyp er bunnen mange steder dekket av tette enger av brasmegras”.

I 1981 og 1995 gjennomførte NIVA resipientundersøkelser i Tuddalsvassdraget. Bjårvatn som ligger ca 5 km (langs hovedvassdraget) oppstrøms Sønderlandsvatn var omfattet av denne undersøkelsen. Det ble tatt vannprøver gjennom sommersesongen begge årene. Det ble også gjennomført standard kvantitativ analyse for planteplankton i begge disse årene.

I en undersøkelse av Oddane, (2008) blir vegetasjonen rundt Sønderlandsvatn beskrevet som dominert av surhetstolerante og lite næringskrevende plantesamfunn. Ut mot åpent vann dominerte varianter av elvesnelle - starr - sump, mens fattigmyr av varierende fuktighetsnivå dominerte overgangen mot tørt land og skog.

Fylkesmannen i Telemark har overvåket vannkvaliteten i Skogsåa nedstrøms Sønderlandsvatn nær elvemøtet med Hjartdøla (ca 13 km langs elva) i perioden fra 1984 til 2005 og Bjårvatn i perioden 1979 til 2005. I tillegg inneholder fagrapporten ”Vannkvalitet og forurensning” av Gunnar Bjørnson og Olav Lind (Tveiten AS, 1999) et gjennomsnitt av vannanalyser fra deler av året 1999 for utløpet av Skogsåa. Selv om målepunktet i Skogsåa er relativt langt borte fra Sønderlandsvatn må en forvente at en eventuell betydelig eutrofiering av Sønderlandsvatn også ville blitt fanget opp nedstrøms.

2.2 Feltundersøkelser

Oppdragets rammer tillater ikke større feltundersøkelser eller analyser, men det er gjennomført en hel dag i felt (2 personer) samt at det er gjennomført møte med grunneiere.

Referansevannprøver:- det er tatt vannprøver som senere kan brukes som sammenligningsgrunnlag i forhold til trofiutvikling. Et vertikalt profil på 3 prøver og en samleprøve fra utløpet ble analysert for relevante parametre hos Eurofins.

Vegetasjonsanalyse: - det er ikke gjennomført en fullstendig vegetasjonsanalyse, men med utgangspunkt i vandirektivets system for klassifikasjon av økologisk tilstand i vann er forekomsten av arter som er **sensitive, tolerante eller indifferente** i forhold til eutrofiering registrert.

Inspeksjon av tilførselsbekker og elver: - småbekker og sig er undersøkt for å se om det finnes diffuse eller ukjente tilførsler til Sønderlandsvatn av noen størrelse.

Feltbefaring med interesserte grunneiere: - den 19 august 2010 ble det gjennomført et møte i felt med interesserte grunneiere.

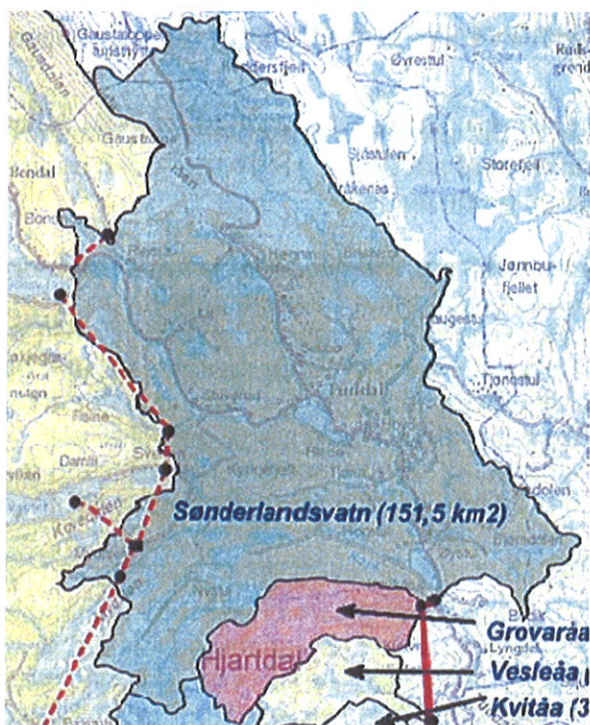
3 Resultater

3.1 Endringer i nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn

”Det kan være mange andre kilder til en eventuell svak eutrofiering av Sønderlandsvatnet enn selve utbyggingen av kraftverk. Hogst i umiddelbar nærhet til vannet vil frigjøre næringsstoffer og hyttebebyggelse samt campingplass beliggende rett ved vannet kan være med på å tilføre næringsstoffer. Ikke minst ligger vatnet i et kulturlandskap med potensielt tilsig fra jordbruksarealer”.

Plantøkolog Ragnhild Heimstad, pers. medd.

Hjartdal kommune og AT skog har bidratt med informasjon om endringer i landbruk, bosetning og skogsdrift.



Figur 1. Nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn (grønt areal).

Nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn er stort og strekker seg i nordlig retning opp mot Gaustatoppen. I øst strekker nedbørsfeltet seg inn mot Vindolen og Haugestul. I vest går nedbørsfeltet inn til Hågåvassfjellet og Bosnos.

Det er endringer i de nærmere delene av nedbørsfeltet som har størst betydning for utviklingen av Sønderlandsvatn. Det vil da særlig gjelde områdene innover dalen mot Tuddal sentrum og langs elva Kova.

3.1.1 Endringer i jordbruk og skogbruk

Rundt 1950 var over 60 % av befolkningen i Hjartdal sysselsatt i jordbruk og eller i skogbruk. Denne andelen gikk gradvis nedover til ca 20 % i 1990 (ssb.no). Og den har gått videre ned etter dette i følge landbrukskontoret til Hjartdal kommune. I 2010 var det bare 16 bruk som søkte om produksjonstilskudd innenfor nedslagsfeltet til Sønderlandsvatn. Dette er i følge landbruksavdelingen i Hjartdal kommune forholdsvis små bruk uten intensiv drift.

Generelt har jordbruket i hele landet gått gjennom store endringer i denne perioden. I 1958 var jordbruket i rask endring. Nye driftsformer og økt dyretall på mange bruk førte til lokalt stor forurensing av vassdrag mange steder utover på 1970 tallet. For eksempel gav økt bruk av importert kraftfor en større produksjon av husdyrgjødsel enn tradisjonelt jordbruk, som var basert på lokale ressurser. I tillegg ble det gitt tilskudd til økt gjødsling for å øke forproduksjonen. Nye driftsformer som ensilering og spredning av våtgjødsel økte også forurensingsfaren.

Utover på 1980 - 90 tallet kom det krav om tetting av gjødselkjellere samt utarbeidelse av gjødselplaner og lignende tiltak for å begrense overgjødslingen.

Per i dag tilsier den kombinerte effekten av omfattende bruksnedlegging og miljøtiltak i landbruket at belastningen fra landbruk på Sønderlandsvatn er liten. Det kan derimot ikke utelukkes at sedimentene i Sønderlandsvatn er påvirket av denne perioden og at den suksessjonen som nå skjer er forsterket på grunn av dette.

Når det gjelder skogbruket, har det siden 1958 vært hogster med jevne mellomrom på ulike steder langs vassdraget. Dette gjelder både oppstrøms Sønderlandsvatn og i nærliggende deler av nedbørsfeltet. Derfor er det sannsynlig at vassdraget sporadisk har blitt tilført forhøyede verdier av næringsstoffer. Trenden i skogbruket har de senere årene gått i retning av færre store flatehogster. Dette fører til mindre utvasking av næringsstoffer, fordi det står igjen mer trær på hogstflatene. Samtidig har bruk av stadig større maskiner økt terrengskadene. Hogst på det nivået vi har rundt Sønderlandsvatn vil bare føre til episoder med forhøyede verdier av næringsstoffer og ikke en jevn akkumulering av næringsstoffer.

3.1.2 Endringer i avløp fra bebyggelse

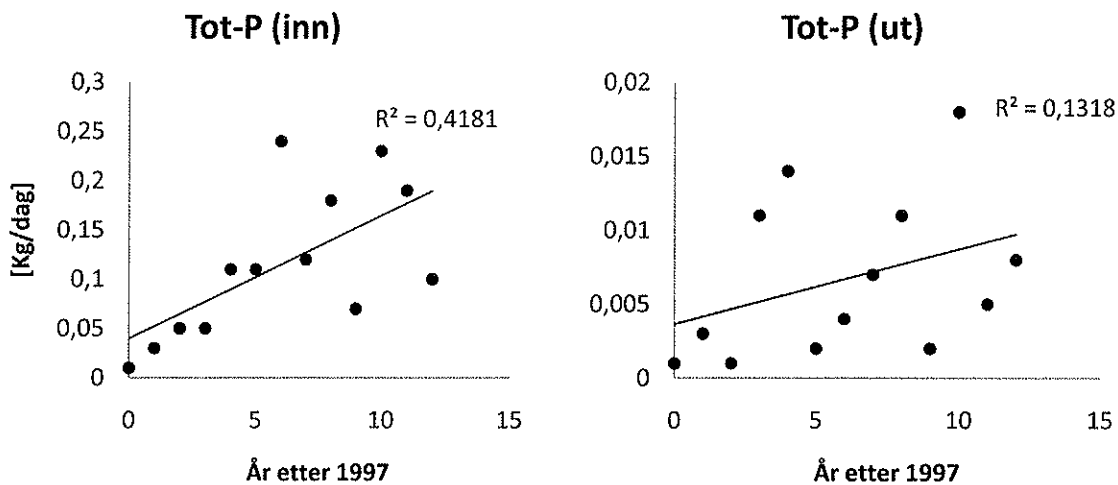
På samme måte som i landbruket gikk også bolighus gjennom en modernisering etter 1958. Mange fikk innlagt vannklosett med oppsamlingstanker av varierende kvalitet. Konsekvensen var at forekomsten av lokal vassdragsforurensing økte. Særlig i områder med store befolkningskonsentrasjoner ble dette et problem. Også i dalføret oppstrøms Sønderlandsvatn må en anta at belastningen på vassdraget økte i denne perioden.

Gradvis har bevisstheten rundt disse problemene økt og de tekniske løsningene har blitt bedre. Reduksjon i folketallet og strenge krav til infiltrasjon og tanker tilsier at belastningen på Sønderlandsvatn i dag er liten. Likevel er sedimentene i vannet trolig påvirket av denne perioden.

I Bjårvatn og til en viss grad også i Kovstulvatn og Toskjervatn (oppstrøms Bjårvatn) fant NIVA en stor økning i total nitrogen i 1995 sammenlignet med 1981. I sine vurderinger skriver NIVA at årsaken til dette trolig er økt utvasking og diffuse tilsig fra hyttebebyggelsen i Kovstulvatn og

Toskjervatn sine nedbørsfelt. Videre sier NIVA at denne kraftige økningen i totalt nitrogen i Bjårvatn også må ha andre kilder og peker på landbruk som den mest sannsynlige kilden.

Det har vært en betydelig utbygging av hytter i deler av nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn. Dette er blant annet registrert som en økt belastning på renseanlegget som ligger i Bjårvatn.



Figur 2. Årlig gjennomsnittlig tilførsel og utslipp fra Bjårvatn renseanlegg i perioden 1997 til 2009.

Renseanlegget ved Bjårvatn ble bygget i 1980. Det var et enkelt anlegg med mekanisk rensing. Etter ombygging i 1997 er anlegget modernisert og har nå god rensekapasitet.

Hjartdal Kommune søkte i 2008 om samlet utslippsløyve (til infiltrasjonsanlegg) for ~ 1740 pe fra flere hytteområder der de største er Kovstulheia og Russmarken. Tilførslene til Bjårvatn renseanlegg har vært økende etter 1997, men er likevel lave (fig 2). Figuren viser at renseanlegget ved Bjårvatn har hatt en forholdsvis lav men økende tilførsel av fosfor inn til renseanlegget i perioden. Renseeffekten i anlegget ligger i dag rundt 90 %. Også utslippene fra renseanlegget er svakt økende, men nivåene er svært lave (2,9 kg tot-P/år i 1997).

Totalt sett er det sannsynlig at økte krav til rensing fra bebyggelse og hyttefelter har mer enn kompensert for den økte aktiviteten i nedbørsfeltet med tanke på den belastning Sønderlandsvatn utsettes for. Felles renseanlegg i noen av hyttefeltene, naturlige resipientforhold, lav mobilitet hos fosfor (PO_4^{3-} binder seg sterkt til partikler i sur jord) samt at tyngdepunktet i hyttebebyggelsen ligger langt fra Sønderlandsvatn, bidrar alt til dette.

3.1.3 Endringer i tilførselen av langtransporterte luftforurensinger

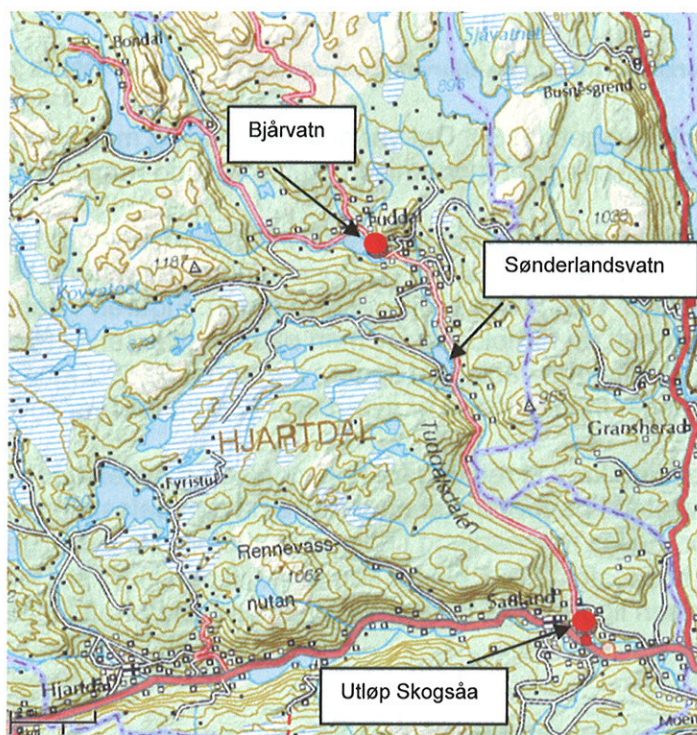
I løpet av de siste 30 år har kvaliteten på nedbøren til Norge vist en stor bedring. "Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 61-88 % fra 1980 til 2009. Nitrogenutslippene går også ned. I Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 25-45 % og 45-63 % i samme tidsperiode. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp ellers i Europa"

(KLIF 2010). Dette betyr at den langtransporterte nitrogengjødslingen av norske vassdrag som vi hadde på 1970-80 tallet er sterkt redusert. Det er sannsynlig at langtransportert luftforurensning har hatt en viss gjødslingseffekt i nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn. Dersom andre påvirkninger holdes utenfor er det derfor naturlig å vente at Sønderlandsvatn blir noe mer næringsfattig igjen, eller at en eventuell eutrofiering som følge av langtransporterte luftforurensninger bremser opp. Siden fosfor som regel er minimumsfaktoren for plantevekst er det også begrenset hvor mye tilført nitrogen plantene kan nyttiggjøre seg.

I senere år er det observert økende innhold av humus i norske vassdrag, trolig som følge av klimaendringer (Liane m.fl., 2010). Enkelte steder er det også påvist at tregrensen går høyere opp mot fjellet enn tidligere. Slike klima relaterte effekter kan potensielt påvirke innholdet av plantenæringsstoffer i vann - og vassdrag, men vi har i dag ikke kunnskapsgrunnlag til å forklare endringene i Sønderlandsvatn med klimaendringer.

3.1.4 Endringer i vannkvalitet i hovedvassdraget fra Bjårvatn til utløpet av Skogsåa

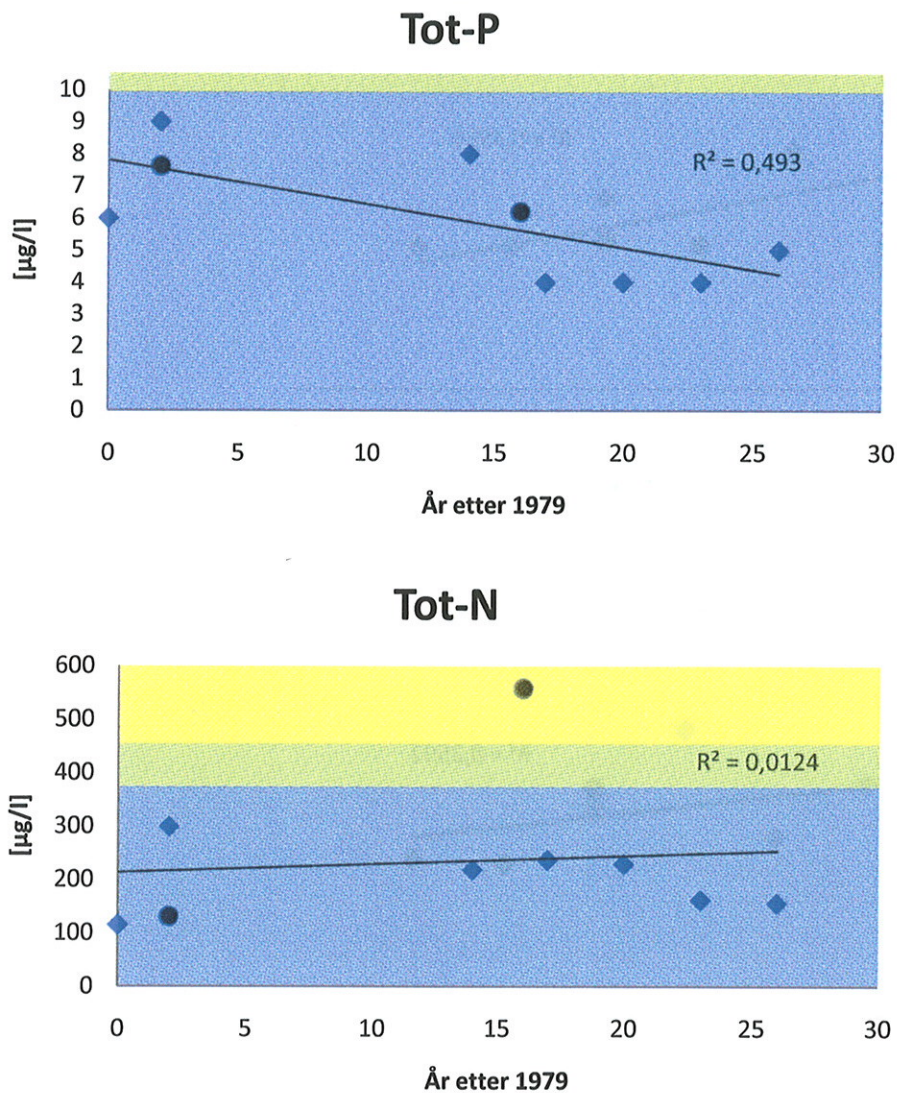
Sønderlandsvatn har to hovedtilførsler. Langs dalføret nordfra kommer Hovdeåa fra Bjårvatn i Tuddal. Fra vest renner elva Kova inn i Sønderlandsvatn. Vannets naturlige løp ut av Sønderlandsvatn er gjennom Tuddalsdalen i Skogsåa. Det har ikke vært mulig å finne relevante historiske vanddata fra elva Kova, så hvor stor belastningen er inn fra denne siden er ukjent.



Figur 3. Sønderlandsvatn og de to prøvestasjonene langs hovedvassdraget der det er brukt vannkjemiske analyser fra andre undersøkelser (Statens kartverk, 2010).

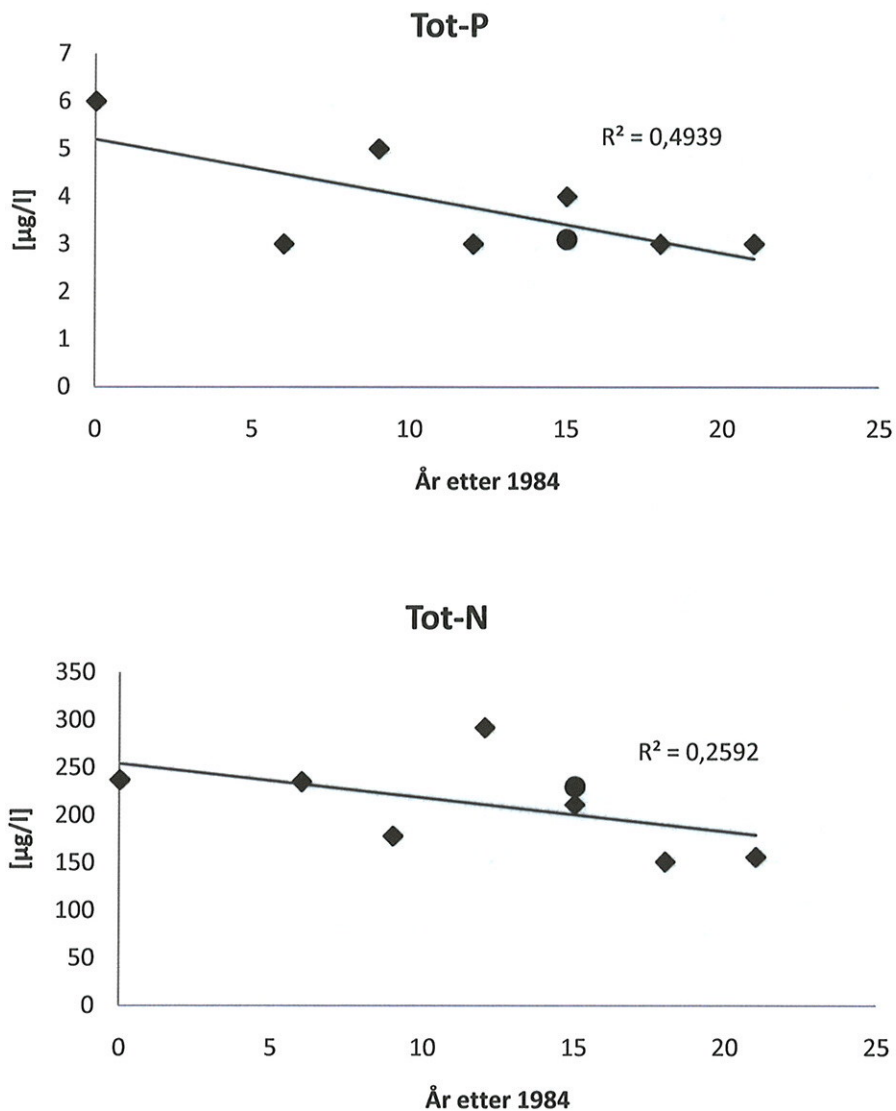
Siden Bjårvatn ligger midt i nedbørsfeltet til Sønderlandsvatn og er i hovedvassdraget, vil utviklingen her utvilsomt ha betydning også i Sønderlandsvatn. Nedstrøms Sønderlandsvatn er det brukt vannanalyser fra utløpet av Skogsåa. Dette målepunktet er lengre unna og dermed må det tillegges noe mindre vekt.

På samme måte som i Sønderlandsvatn reduserte reguleringen i 1958 nedbørsfeltet til Bjårvatn med ca 56 %. Dermed er påvirkningene fra selve reguleringen (endret fortynning) relativt lik i de to vannene.



Figur 4. Sammenstilling av årlige gjennomsnittsmålinger (1979 - 2005). Total fosfor og total nitrogen fra Bjårvatn. Fylkesmannens overvåkningsmålinger med blå firkant. Svart sirkel representerer NIVA (1981 og 1995).

Figur 4 viser at totalt fosfor har gått til dels betydelig ned i perioden mellom 1981 og 2005. Korrelasjonskoeffisienten ($r^2 = 0,49$) gir en klar tendens der total fosfor har gått ned med tiden i Bjårvatn. Når det gjelder total nitrogen derimot kan ikke en tilsvarende nedadgående trend observeres, her er belastningen tilnærmet konstant eller svakt økende i tidsrommet. På den nasjonale vandatabasen www.vannportalen.no er Bjårvatn definert som en liten til middels stor kalkrik og klar innsjø. Bakgrunnsfargen på figur 4 viser grensen mellom svært god (blå) god (grønn) og middels (gul) vannkvalitet for innsjøer av denne typen.



Figur 5. Sammenstilling av årlige gjennomsnittsmålinger (1984 - 2005) for totalt fosfor og totalt nitrogen fra to undersøkelser av vannkvaliteten i Skogsåa. Fylkesmannens overvåkningsmålinger med firkant. Sirkel representerer Bjørnson og Lind, Tveiten AS (1999).

Figur 5 viser resultatene fra tilsvarende vannanalyser fra utløpet av Skogså som ligger ca 13 km nedstrøms utløpet av Sønderlandsvatn. Også her er trenden den samme når det gjelder totalt fosfor. På samme måte som i Bjårvatn ser det ut til at nitrogen belastningen er mer konstant, med en svakt nedadgående trend for perioden mellom 1984 og 2005. Generelt har både fosfor- og nitrogenbelastningen gått noe ned i Skogså siden 1984.

Det er fosfor som er den viktigste faktoren i forbindelse med eutrofiering. Derfor er denne nedgangen i fosforbelastning oppstrøms Sønderlandsvatn en indikasjon på at en eventuell eutrofiering av Sønderlandsvatn er en lokal effekt. Dette kan være oppkonsentrering av næring på grunn av redusert vannføring og/eller økt sedimentasjon av finstoff.

Erfaringsmessig vet man at en endring i det fysiske/kjemiske miljøet lettest vil kunne spores gjennom studier av planteplanktonets mengde og sammensetning (Berge 1982). Planktonsamfunnet i Bjårvatn er sammenlignet i 1981 og 1995 for å se etter eutrofieringseffekter. Sammenligningen viser at forekomsten av arter som er indikatorer på næringsfattige forhold (Aagaard m.fl. 2002) forekommer med høyere frekvens i 1995 enn i 1981. Praktisk talt ingen av de artene som forbindes med en begynnende eutrofiering finnes i målbare mengder i Bjårvatn. Disse resultatene viser at det skjedde en bedring i sammensetningen av planteplanktonet i Bjårvatn i den aktuelle perioden (se detaljer i vedlegg 5).

3.2 Endringer i Sønderlandsvatn

3.2.1 Endringer i vannstand og vannføring

Dybdeforholdene i vannet er nylig kartlagt av regulanten og det nye dybdekartet er lagt ved denne rapporten som grunnlagsdokument (vedlegg 6).

Før reguleringen er det naturlig å anta at vannstanden varierte mye siden Sønderlandsvatn er relativt lite og samtidig har to forholdsvis store tilførselselver (Hovdeåi og Kova).

stillende. Sannsynligvis er vannstanden blitt holdt på et jevnt høyere nivå enn under naturlige forhold, da den svinget med vannføringen. Imidlertid har overflatevegetasjonen tiltatt noe på de grunnere områder, og det kan gi inntrykk av at vannstanden har sunket. Men den økte tilgroing er en følge av det reduserte vanngjennomløp. Det er min oppfatning at veksten ikke har tiltatt så raskt som man kunne ha fryktet, men i et så grunt vann vil enhver økning av vegetasjonen føre til ulemper for utøvelsen av fisket.

Figur 6. Fra Rettsbok for Tinn og Heddal herredsrett 1970.

Vannstanden ble mer stabil etter terskelbyggingen og man har dermed fått et endret fysisk miljø for fisk og vannlevende planter.

I følge regulanten kunne vannstanden i tørre perioder gå ned minst 50 cm i forhold til dagens terskelnivå før terskelen ble bygget. Dette påførte vannplantene et "tørkestress" som vi ikke har i dag. Slike tørre perioder vil virke begrensende på bestandsutviklingen av enkelte vannplanter som ikke tåler lengre perioder med tørrlegging (for eksempel tjønnaks og blærerot).

"Muligens er det like mye endring i vannhastighet som har påvirket art sammensetningen i dette vannet som eutrofiering i seg selv. Nedsatt hastighet på vannet, kan føre til at enkelte langskuddplanter som for eksempel elvesnelle, vil kunne øke i dekningsgrad. Elvesnelle tåler kun vannhastighet opp til ca 40 cm/s før den brytter (Sirjola 1969), og vil dermed kunne få en videre utbredelse etter vannstandsregulering. Terskelbassenger med redusert vannføring og liten minstevannføring gir dessuten ofte gode muligheter for vekst av flerårig vegetasjon, som for eksempel krypsiv". Ragnhild Heimstad, pers. medd.

Det må understrekes at "problempflanter" krypsiv (*Juncus bulbosus*) som i en del andre regulerte vassdrag nærmest "overtar vassdraget" (Otra, Mandalselva m.fl) ikke er observert i Sønderlandsvatn. Elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) derimot dominerer flere områder av Sønderlandsvatn i dag. Hvor mye denne planten eventuelt har økt i forekomst etter reguleringen er ikke kjent.

3.2.2 Endringer i sedimentasjonen

"Et sakteflytende terskelbasseng vil få økt sedimentasjon i forhold til før situasjonen. Avhengig av massetransporten, vil terskelbassenget etter hvert fylles opp. Bunnsubstratet vil derfor bli gradvis mer finkornig sammenlignet med før situasjonen. Den naturlige massetransporten i vassdraget nedstrøms terskelbassenget blir redusert som følge av dette. Terskler vil ha både positive og negative effekter på biologiske forhold. I terskelbassengene vil redusert strømhastighet, økt overflateareal og vannvolum føre til at organismesamfunnet over tid endrer karakter og blir mer likt det som finnes i stillestående vann"

(Hamarsland, A.2005).

I Sønderlandsvatn er vanngjennomstrømningen fremdeles stor i perioder og situasjonen er ikke som i et nærmest stillestående vann, men det fysiske miljøet er noe mer stabilt enn det var før reguleringen.

Når vannstanden blir stabilisert av en terskel vil livsvilkårene for planter bli bedre på de grunne områdene. Mindre fluktasjoner i vannstand og en redusert vanngjennomstrømning har trolig bidratt til at en større del av bunnen i vannet nå har planter som vokser opp over vannspeilet. I tillegg er det sannsynlig at de områdene som hadde slik plantevekst før reguleringen har fått en mer omfattende plantevekst av samme årsak. Etter hvert som plantedekket areal øker, øker også sedimenteringen litt fordi plantene bremser vannet og virker som sedimentfeller. Under feltarbeidet ble det observert at isoetidevegetasjonen (små bunnlevende planter) mange steder hadde et tynt lag med fint sediment på overflaten.

På grunn av den reduserte vanngjennomstrømningen forskyves deponert materiale mot finere kornstørrelser. Slikt fint materiale er lettere tilgjengelig for plantene som næring, (på grunn av større overflate der forvitring kan skje) enn større partikler. Dette betyr at frigivelse av plantenæringsstoffer skjer fortere fra disse sedimentene og en får en lokal eutrofieringseffekt.

I "Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge" (Arnekleiv m.fl., 2006), viser forfatterne til at anlegging av terskler starter en lang endringsprosess i et vassdrag. Det vises blant annet til problemer med økt gjengroing av planter og økt mengde småfisk.

Rapporten anbefaler "at studier av sedimenttransport, sedimentering og økologiske effekter blir prioritert i fremtiden", fordi disse effektene av terskelbygging kan være betydelige, men er lite kjent.

Det har ikke vært rammer for å måle endringer i sedimentasjonen, men det er noe som eventuelt vil kunne kvantifiseres ved hjelp av sedimentanalyse (se vedlegg 1).

3.2.3 Endringer i fisket

"Bestander som har små gyte- og oppvekstområder i forhold til innsjøens størrelse vil være rekrutteringsbegrensede. Slike bestander vil være naturlig tynne. Hvis oppvekstarealene er store i forhold til innsjøarealet har bestanden et stort rekrutteringspotensial, og bestandene i innsjøen blir tette. I slike bestander blir ofte veksten til den eldre fisken næringsbegrenset, slik at veksten stagnerer ved en liten kroppsstørrelse"

(Ugedal m.fl., 2007, NINA rapport 282).

Sønderlandsvatn har innløp fra to relativt store elver, mens innsjøarealet er lite. Ørret gyter i bekker og rennende elver og har derfor svært gode rekrutteringsmuligheter. Selv om innsjøen er produktiv, med mange grunne områder, må en likevel anta at naturtilstanden i vannet er at fisken er næringsbegrenset (mye liten fisk). Abboren gyter i selve vannet. I følge fiskerisakkyndige Per Aas, som gjennomførte grundige undersøkelser i Sønderlandsvatn før reguleringen ville både ørret og abbor få opprettholdt sine rekrutteringsvilkår. Han forventet heller ikke at balansen mellom disse to artene ville bli endret. Han beskrev også Sønderlandsvatn som et uvanlig godt fiskevann og grunneiere som drev et svært aktivt fiske med garn.

I dag er situasjonen i Sønderlandsvatn at både ørret og abbor har store bestander, men kroppsstørrelsen er liten. Spørsmålet blir da hvorfor kvaliteten på fisken har endret seg så mye.

Verken den totale næringsproduksjonen, eller gytemulighetene kan sies å være vesentlig forringet. De store grunne områdene med ulike vannplanter er godt egnet for høy produksjon av bunndyr og innsekter. En økende tilgroing på det nivået vi har sett til nå bør virke til å øke mattilgangen for fisken. Både Kova og Hovdeåi gir fremdeles gode gyteforhold og oppvekstmiljø for yngel. Vannkvaliteten er også god for fisk.

Sönnlandsvann får igjen 41 % av det opprinnelige nedslagsfeltet. Vannet, som er svært grunt, er et meget godt fiskevann, og fisket drives intenst. Det henvises forøvrig til Per Aass' betenkning av 14. august 1957.

Etter vår oppfatning vil ikke reguleringen skade fisket i Sönnlandsvann, hvis en ved å bygge en terskel i avløpsoset kan opprettholde de nåværende vannstandsforhold. Vi vil derfor absolutt tilrå at eksproprianten pålegges å bygge og vedlikeholde en slik terskel.

Figur 7. Fra dokumentet "Reguleringenes virkninger på fiskeriforholdene i Tuddalsvassdraget" av Kjell W. Jensen og Per Aas (1955).

I et næringsbegrenset vann som Sønderlandsvatn der mottilgangen blir for liten i forhold til den naturlige populasjonsveksten til Ørret og Abbor er aktivt fiske en forutsetning for god kvalitet på fisken. Fisket både med garn og stang kan ha blitt vanskeligere å utføre på grunn av tilgroing av grunner og deler av strandlinjen. Redusert aktivitet i fisket kan også skyldes den generelle samfunnsutviklingen der fiske i små vann som Sønderlandsvatn ikke lengre har næringsmessig betydning, men heller har blitt rekreasjon og hobby. Da skal det mye til at uttaket av fisk når opp i 300 kg/år som nevnes av Per Aas.

En alternativ forklaring på redusert kvalitet på fisken kunne vært spredning av innvollsorm, men dette er en tetthetsavhengig faktor og det er dermed mer sannsynlig at eventuelle høye forekomster av innvollsorm er et resultat av stor populasjonsstørrelse snarere enn årsaken til den.

En annen alternativ forklaring på redusert kvalitet på fisken kunne være at vannkvaliteten har blitt dårligere, som følge av luftforurensninger, økt sedimentasjon eller som følge av andre tilførsler til vassdraget. Dette er det heller ingen holdepunkter for. Vannprøvene viser at de kjemiske livsvilkårene for fisk er gode og dette underbygges av at det heller er for mye fisk enn for lite.

Den mest nærliggende forklaringen på det dårlige fisket i dag er at grunneierne gradvis ble mindre aktive fiskere. Når fisket går ned går vannet tilbake til naturtilstanden med for god rekruttering i forhold til næringsmengden.

3.2.4 Endringer i vegetasjonen

"Sønderlandsvatnet virker ut fra floristisk artssammensetning å være svakt eutroft, kalkfattig humøst" (Planteøkolog Ragnhild Heimstad, pers. medd).

Den utførte planteanalysen viser at noen få arter dominerer vannet. Flaskestarr (*Carex rostrata*), stivt brasmegras (*Isoëtáceae lacustris*), flotgras (*Sparganium angustifolium*) og grastjønnaks (*Potamogeton panormitanus*). Disse er jevnt over lite næringskrevende og

typiske i forholdsvis næringsfattige innsjøer. Elvenesnelle (*Equisétum fluviátile*) som også er svært vanlig i Sønderlandsvatn finnes i alle typer innsjøer.



Figur 8. Sønderlandsvatn sett i retning fra utløpet mot Tuddal, et av de mest tilgrodde områdene.

Siden de dominerende planteartene er lite næringskrevende må en anta at den økte tilgroingen i særlig grad skyldes bedring i andre vekstfremmende faktorer enn tilgangen på plantenæring. Da er heller ikke gjengroingen først og fremst en klassisk eutrofieringseffekt, men heller en følge av bedrede fysiske livsbetingelser for plantene.

Vannstanden har blitt mer stabil (mindre fluktusjoner) og dette har skapt mer stabile vekstmiljøer for plantene. Når livsbetingelsene for planter blir bedre starter en suksesjonsprosess som løper helt fram til potensialet i de nye livsbetingelsene er fullt utnyttet. Et tilsvarende eksempel er utviklingen av planter på en hogstflate, som løper til vi har fått en ny skog.

Planter kan også fungere som sedimentfeller og dermed forsterke en gjengroing. I tillegg vil etableringen av noen plantearter skape vekstbetingelser for andre arter. Det ble observert at den rotløse planten blærerot (*Utriculária spp*) vokste på andre arter som elvenesnelle (*Equisétum fluviátile*) og tjønnaks (*Potamogéton spp*) i store områder. Dette er eksempler på at gjengroing kan være selvforsterkende.



Figur 9. Den rotløse planten storblærerot (*Utricularia vulgaris*) finner livsbetingelser på andre planter, her elvesnelle (*Equisetum fluviatile*).

3.3 Resultat fra feltundersøkelsene i Sønderlandsvatn

3.3.1 Vannprøver

Det ble tatt ut 4 vannprøver fra Sønderlandsvatn den 19/8-2010. I det dypeste området av vannet ble det tatt tre prøver i et vertikalprofil med en prøve fra overflaten, en fra midten av vannmassen (ca 7 meters dyp) og en prøve fra bunnvannet (ca 14 meters dyp). Den siste prøven ble tatt av utløpsvannet (blanding av vann fra alle dyp).

Tabell 1. Analyseresultater for fysiske og kjemiske parametre i Sønderlandsvatn (prøver tatt 19/8-2010).

Parameter	0 m dyp (overflate)	7 m dyp (midten)	14 m dyp (bunn)	Samleprøve (utløp)
pH	6.3	6.3	6.3	6.4
Turbiditet (ftu)	0.58	0.56	0.94	0.49
Alkalitet til pH 4,5 (mmol/l)	0.06	0.07	0.06	0.06
Suspendert stoff (mg/l)	2.0	<2	2.4	2.0
Ammonium (µg/l)	16	18	64	12
Nitrat + nitritt (µg/l)	21	22	58	18
BOF (5 dager) (mg/l)	<3	<3	<3	<3
Kalium (mg/l)	0.21	0.22	0.28	0.24
TotP (µg/l)	9.0	8.5	12.0	8.2
TotN (µg/l)	230	270	250	220

Klassifiseringsveilederen etter vanndirektivet gir grenseverdier for ulike parametre i forhold til eutrofiering (Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet, 2009). Innsjøene i skogsområder i Norge er gruppert som enten kalkfattige klare eller kalkfattige humøse. Sønderlandsvatn er kalkfattig humøst. Det er overflatevannet som er relevant i denne sammenheng.

Ser en på total fosfor konsentrasjon (TotP) i overflatevannet ligger verdiene mellom 8 og 9 µg/l, som gir **Middels** for denne eutrofieringsindikatoren. Det er vanlig å bruke 7 µg/l som øvre grense for å kunne kalle et vann næringsfattig.

For totalt nitrogen (TotN) ligger verdiene mellom 220 og 270 µg/l, som gir **Svært god**. For ammonium er verdiene mellom 12 og 16 µg/l i overflatevannet, som da havner i området mellom **Middels** og **Dårlig**.

Dette er bare fire vannprøver tatt ut på en enkelt dag. Gjennom vekstsesongen vil plankton og høyere planter bruke av fosfor og nitrogen som finnes i vannet, samtidig som de samme stoffene tilføres fra sedimenter og innløp. Dette betyr at verdiene varierer gjennom hele sommeren og ideelt skal man analysere en blandprøve fra hele vekstsesongen.

De vannkjemiske parametrene antyder likevel at vannet er svakt eutroft.

På grunn av lite volum og relativt stor vannføring er oppholdstiden til vannet i Sønderlandsvatn kort. Derfor vil også vannkvaliteten i Sønderlandsvatn være nokså lik den i vassdraget ellers.

3.3.2 Vegetasjonsanalyse og beregning av Trofi - indeks

Vegetasjonsanalysen ble gjennomført ved hjelp av båt og rive (til innsamling) samt observasjoner fra landsiden og besøk på ulike lokaliteter langs vannet for å få samlet inn et representativt utvalg av vannplanter. Planter ble ikke hentet dypere enn ca 2 meter og heller ikke inne på land.

Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet (veileder 2009) lister opp en del plantearter som er sensitive, tolerante eller indifferente mot eutrofiering i en innsjø. Det ble forsøkt å finne flest mulig av disse artene i Sønderlandsvatn.

Sensitive arter: "er arter som foretrekker eller bare forekommer i upåvirkede innsjøer (referanseinnsjøer), ofte med stor dekning. De får redusert forekomst og dekning (ofte bortfall) ved eutrofiering".

Tolerante arter: "er arter med økt forekomst og dekning ved økt eutrofiering. De er ofte sjeldne eller har lav dekning i upåvirkede innsjøer" og arter som er indifferente.

Indifferente arter: "er arter med vide preferanser, vanlig i upåvirkede sjøer, men finnes også i eutrofe innsjøer. De forsvinner som regel i hypereutrofe innsjøer".

På en kvalitativ skala ble det også vurdert hvor vanlige de ulike artene var i Sønderlandsvatn.

Tabell 2. Relativ forekomst av plantearter som er klassifisert som sensitive (S), tolerante (T) eller indifferente (I) i forhold til eutrofiering i innsjøer (Vanndirektivet, veileder 2009). Krav til livsmiljø (Ragnhild Heimstad).

Planteart	1 = sjelden, 2 = spredt, 3 = vanlig, 4 = lokalt dominerende, 5 = dominerer lokaliteten.
Botngras (S) – næringsfattige klare vann og rolige elver	2
Flotgras (S) – næringsfattig	4
Grastjønnaks (S) – grunne vann som ikke er sure	4
Gytjeblåererot (S) – grunne næringsrike til fattige vann	3
Småblåererot (S) – næringsrike/fattige, stille vann	2
Storblåererot (I) – næringsrike til fattige vann	3
Stivt brasmegras (S) – næringsfattig, finnes ikke i svært næringsrike innsjøer	4
Vanlig tjønnaks (I) – alle typer vann	3

Trofi indeksen er basert på tilstedeværelse og ikke på relativ frekvens i innsjøen.

$$TI_c = \frac{N_S - N_T}{N} \times 100$$

Der N_S = antallet sensitive arter funnet i innsjøen, N_T = antallet tolerante arter og N er totalt antall arter inkludert de indifferente artene.

Det ble funnet 6 sensitive og 2 indifferente arter i Sønderlandsvatn:

$$TI_c = \frac{6 - 0}{8} \times 100 = 75$$

For kalkfattige humøse innsjøer som Sønderlandsvatn er grensen mellom svært god og god i forhold til eutrofiering satt til $TI_c = 92$. Det betyr at denne indeksen plasserer Sønderlandsvatn i kategorien god. Dette igjen antyder en svak eutrofiering. Det må understrekes at vi har gjennomført en forenklet vegetasjonsanalyse i forhold til kravene i vanddirektivet. Selv om utregningen av indeksen nødvendigvis må gi et eksakt tall er det mer riktig å si at $TI_c < 92$.

Tabell. 8 Grenseverdier for eutrofiering TI_c for vannplanter (Vanndirektivet, veileder 2009).

Typebeskrivelse	Vannplanter, TI (antall arter), Grenseverdier			
	Svært god/ God	God/ Moderat	Moderat/ Dårlig	Dårlig/Svært dårlig
	TI (ant arter)	TI (ant arter)	TI (ant arter)	TI (ant arter)
Svært kalkfattige, klare	94	30	5	-35
Svært kalkfattige, humøse	75	30	5	-35
Kalkfattige, klare	100*	30*	5	-35
Kalkfattige, humøse	92*	30*	5	-35
Kalkrike, klare	65*	30*	5	-35
Kalkrike, humøse	52*	30*	5	-35
Svært kalkrike, klare	73*	30*	5	-35
Svært kalkrike, humøse	43	30	5	-35

(* interkalibrerte klassegrenser)

3.3.3 Inspeksjon av tilførselsbekker og elver

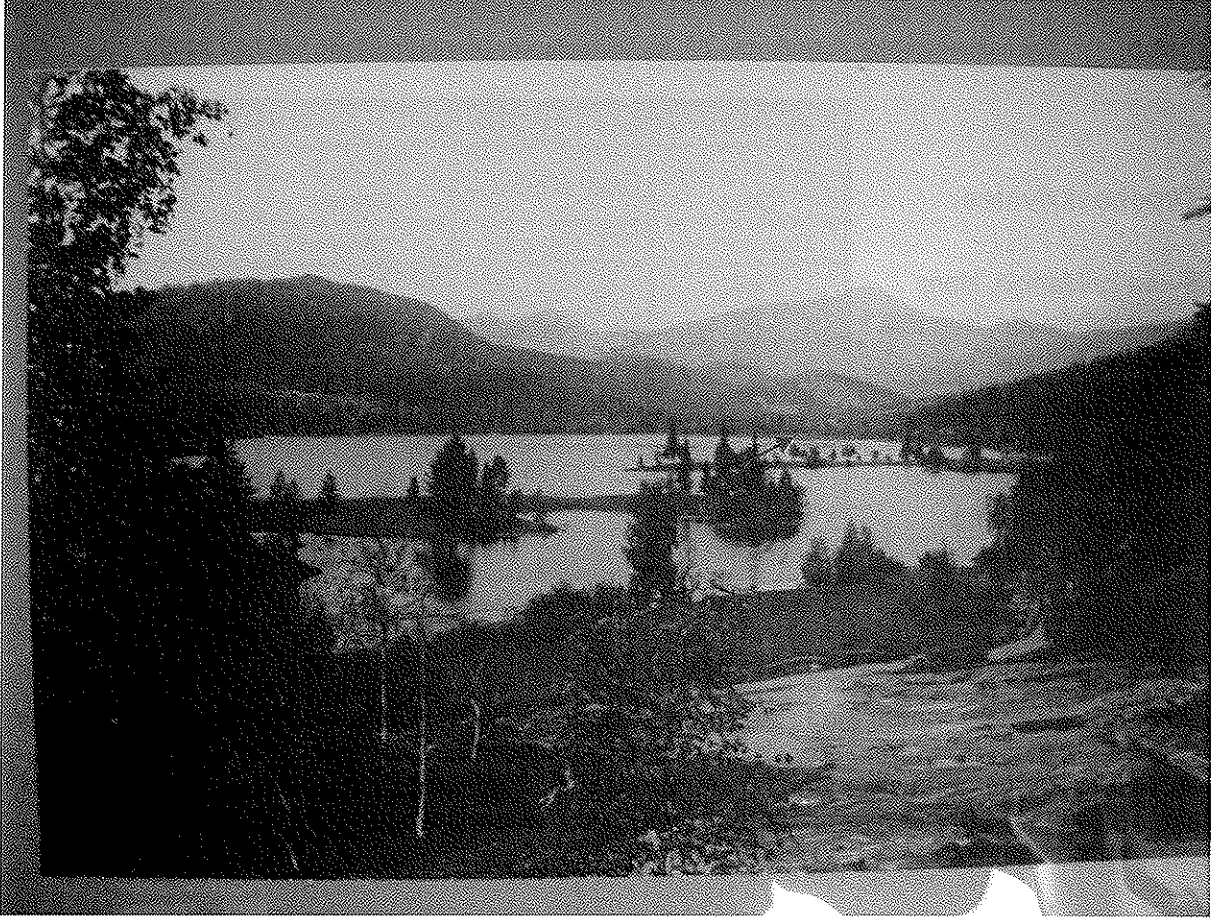
Bekker og elver som renner inn i Sønderlandsvatn ble inspisert for å se etter fastsittende alger "grønske" på steiner, grumsete vann eller andre tegn på at det var mye næring i dette vannet. Det ble ikke funnet noen slike tegn på stor næringstilførsel. Dette utelukker ikke et visst diffust tilsig av næringsstoffer utover bakgrunnsnivået, men undersøkelsen tyder på at denne næringstilførselen ikke er særlig stor.

3.3.4 Møte med grunneiere rundt Sønderlandsvatn

Grunneierne ble invitert til å beskrive konsekvensene av en eventuell eutrofiering og hjelpe med å fremskaffe dokumentasjon av den historiske utviklingen i Sønderlandsvatn. Det møtte 5 grunneiere ved Sønderlandsvatn den 19/8-2010. Disse var Håkon Tråer, Sissel Lisbeth Lona, Anne Lise Sætre Bakkane, Arnfinn Hafsteen og Gunnar Løndalen. Alle mente at det hadde skjedd en betydelig økt begroing etter reguleringen og at denne utviklingen så ut til å akselerere. Det ble blant annet sagt at båtstø som tidligere var lette å komme til nå var nærmest utilgjengelige på grunn av tilgroing. Grunneierne viste også til at fisket hadde blitt betydelig dårligere (gjennomsnittsrørreten veier nå ca 100 gram mot ca 250 gram før reguleringen).

Grunneierne viste til et gammelt foto fra før reguleringen (figur 7). På bildet framstår vannet som mindre dekket av planter og vannstanden virker høyere. Siden bildet kan være tatt om våren når plantelivet i vannet ikke er særlig utviklet, eller på en dag med høy vannstand gir dette bildet likevel få holdepunkter.

Det ble også hevdet fra grunneierne at det var unaturlig å snakke om Sønderlandsvatn isolert fra Lonin som ligger oppstrøms og som hevdes å ha hatt en tilsvarende eller verre utvikling. Oppdragets mandat har vært å se på Sønderlandsvatn.



Figur 10. Sønderlandsvatn før reguleringen sett i retning fra utløpet mot Tuddal. Den røde pila viser fra hvor og i hvilken retning fotoet i figur 8 er tatt.

4 Oppfølgende undersøkelser og mulige tiltak

I et planteøkologisk perspektiv er det sannsynlig at Sønderlandsvatn er inne i et akselerert suksesjonsforløp som særlig følger av terskelbyggingen. Hvor vannet er i dag i en slik utviklingsprosess er nærmest umulig å si, fordi det ikke finnes relevante tidligere registreringer å sammenligne med.

Siden en da også må anta at Sønderlandsvatn vil fortsette å forandre seg (gro mer til) vil det være interessant å følge med på utviklingen. Dekningsgraden til noen sentrale arter er en enkel variabel å måle og som vil kunne si noe om begroingshastighet og tilstandsutvikling i vannet generelt.

Dersom en sammenligner utviklingen i Sønderlandsvatn med utviklingen i Lonin (oppstrøms og uten terskel) vil man kunne få en indikasjon på terskelens relative bidrag til utviklingen i

Sønderlandsvatn. Forutsetningen er at vannkvaliteten ikke er nevneverdig forskjellig, noe som er usannsynlig og som lett kan kontrolleres med kjemiske analyser.

Sedimentene er det eneste naturlige "arkivet" over den historiske utviklingen i innsjøen. Ved hjelp av sedimentanalyse vil man for eksempel kunne beregne endringer i sedimentasjon eller næringsstatus etter regulering/terskelbygging.

Dersom en ønsker på bremse den observerte utviklingen i vannet må enten tilførselen av plantenæringsstoffer reduseres (enda bedre rensing oppstrøms), eller så må det fysiske stresset på plantene økes igjen (senket terskel).

5 Konklusjon

På bakgrunn av de undersøkelsene som nå er gjort i Sønderlandsvatn kan det slås fast at økt tilgroingstakt hovedsakelig skyldes endringer i vannføring og vannstand. Det er ingen holdepunkter for at den totale tilførselen av plantenæringsstoffer har økt særlig i perioden 1958-2010.

Derimot er det mye som tyder på at det etter reguleringen har oppstått roligere og mer stabile forhold for plantevekst og at det særlig er dette som har forårsaket den tiltakende gjengroingen. Før reguleringen var det store vannstandsfluktasjoner med tørkeperioder og store flommer i Sønderlandsvatn. I et så lite og grunt vann fører dette til at utbredelsen av vannplantene begrenses av fysisk stress mer enn av tilgangen på plantenæring. Når så det fysiske stresset reduseres gjennom regulering (mindre vanngjennomstrømning) og terskelbygging (mer stabil vannstand) får plantene helt nye vekstbetingelser. Plantene får nå mulighet til i større grad å utnytte den plantenæringen som ligger lagret i sedimentene. Da starter et suksesjonsforløp (tilgroing), som trolig ikke har stabilisert seg enda. En slik prosess er i noen grad selvforsterkende ved at etableringen av noen planter skaper vokseplasser eller bedre vokseforhold for andre planter.

I den grad det skjer en oppkonsentrering av næring i vannet (eutrofiering) skyldes det trolig at sedimenteringen av små partikler har hatt en relativ økning (på grunn av redusert vannhastighet) og at slike små partikler lettere gir fra seg plantenæring.

Et godt fiske i Sønderlandsvatn forutsetter aktiv forvaltning (intensiv fiske). Grunnen er at gyteforholdene er gode og vannet er lite. Selv om vannet er produktivt vil det uten menneskelig inngripen raskt bli for mye fisk i forhold til næringsgrunnlaget. Det gode fisket før reguleringen var sannsynligvis et resultat av stort uttak av fisk. På grunn av tilgroing og mindre interesse for fisk til matauk har vannet gått tilbake til en mer naturlig tilstand.

Tilgroingen av vannet vil fortsette selv om hastigheten er ukjent. Det kan være aktuelt å følge med på denne utviklingen og å finne eventuelle avbøtende tiltak.

Det må understrekes at tilstanden i Sønderlandsvatn før reguleringen er lite kjent og at det derfor ikke er mulig å si noe presist om hvor mye eutrofieringsgraden har endret seg siden reguleringen. Analyse av sedimentene kan gi informasjon om den historiske utviklingen i vannet.

Referanser

Aagaard, K., Bækken, T., Jonsson B. (red). (2002) Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter. – NINA Temahefte 21. 48 pp., NIVA Lnr 4590-2002.

s, P.(1955) Hjartdølaereguleringens virkninger på fiskeriforholdene i Tuddalsvassdraget.

Arnekleiv, J.V. m.fl. (2006) Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge. NVE rapport. Miljøbasert vannføring. 3/2006.

Berge, Dag.(1982) Resipientundersøkelse i Tuddalsvassdraget i forbindelse med planlagt turistsenter. NIVA, O-81026

Bjørnson G og Lind, O. (1999) Vannkvalitet og forurensning; Naturfaglige undersøkelser i forbindelse med planlagt bygging av Omnesfossen kraftverk i Hjartdal kommune. Tveiten AS.

Brettum, Pål.(1996) Oppdaterende undersøkelser av Kovstulvatn, Toskjervatn og Bjårvatn, Tuddal 1995. NIVA, Lnr 3401-96

Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet (2009) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Veileder 01:2009.

Hamarsland, A. (red.) (2005) Miljøtilsyn ved vassdragsanlegg. Veileder 2/2005.

http://vassdragsforbundet.no/mikpublish/media/Sediment_NIVA_2008.pdf

KLIF (2010) Overvåkning av langtransporterte forurensninger 2009. TA 2663/2010.

Liane, S. F., Østerhus, S. W., Eikebrokk, B. og Kleppen, M. H. 2010. Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status. Norsk Vann Rapport 177/2010.

Løset F., m.fl. (2010) Sønderlandsvatn – miljøutredning (trinn 1). Skagerak Energi as.

Oddane, B. (2008) Sauland Kraftverk – virkninger på flora, vegetasjon og naturtyper. Naturforvalteren.

Ofte, J. (2008) Utsleppssøknad for fritidsbustader Kovstulheia – Russmarken m.fl. Sweco Norge, rapport 183149.

Sirjola, E. 1969. Aquatic vegetation of the river Teuronjoki, South Finland, and its relation to water velocity. Annales Botanici Fennici 6: 68-75.

Tinn og Heddal Herredsrett (1970). Overskjønn. Sak nr. 8/1958 B

Ugedal, O., Dervo, B.K. & Museth, J. 2007. Erfaringer med tynningsfiske i innsjøbestander i Norge - NINA Rapport 282.

Vedlegg 1 Sedimentanalyse

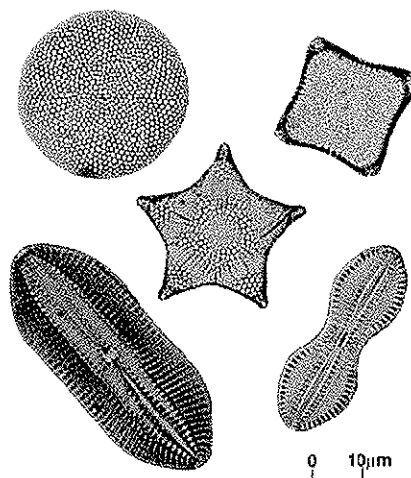
I denne utredningen har vi ikke hatt tid eller økonomiske rammer til å gjennomføre en sedimentanalyse, men vi har gjort grundige bakgrunnsundersøkelser og vurderer dette som den beste tilgjengelige metoden for å fastslå hvilke endringer som har skjedd i Sønderlandsvatn siden reguleringen. Vi beskriver derfor metoden i noe detalj og foreslår hvordan den kan brukes for å få en endelig avklaring på spørsmålet om hvilke eventuelle endringer som har skjedd i Sønderlandsvatn. Metoden er relativt dyr fordi den er arbeidskrevende og ikke kommersielt utviklet. På den annen side vil metoden være en ny og pålitelig kilde til kunnskap om historien til innsjøer og dermed et potensielt svært nyttig verktøy for Skagerrak energi og andre energiselskaper.

Det vil for eksempel være mulig å lese ut større begivenheter i innsjøens historie, slik som store flommer, større flatehogster eller eventuelt næringsakkumulasjon, som følge av redusert vanngjennomstrømning. Denne typen objektiv historisk kunnskap om utviklingen til en innsjø er det ikke mulig å skaffe på andre måter.

Prinsippene for sedimentanalyse

Sedimenttransporten til en innsjø varierer kontinuerlig og vi får lagdelte sedimenter der ulike "lag" kan knyttes til ulike begivenheter i innsjøens utvikling. I teorien kan vi snakke om en årlig sedimentasjonsrate, som er den gjennomsnittlige årlige tilførselen av sediment til innsjøen, men i praksis vil naturlig variasjon sørge for at dette ikke er en konstant verdi.

En vertikal (uforstyrret) sedimentkjerne vil være et "arkiv" over tilstanden i innsjøen i ulike tidsrom. Mengden næringsstoff som er i vannet på ulike tidspunkter konverteres til algebiomasse som i stor grad synker og blir en del av sedimentene. Kiselalger (diatomeer) er spesielle ved at de danner harde skjelllett som bevares i sedimentlagene. Siden ulike grupper og arter av kiselalger trives ved ulike næringsnivå vil dette "arkivet" reflektere næringsutviklingen i innsjøen. På grunn av kort reproduksjonstid (mange generasjoner på en sommer) reagerer planktonsamfunn spontant på endringer i for eksempel næringstilstand i en innsjø.



Figur 1 Skjellett fra kiselalger

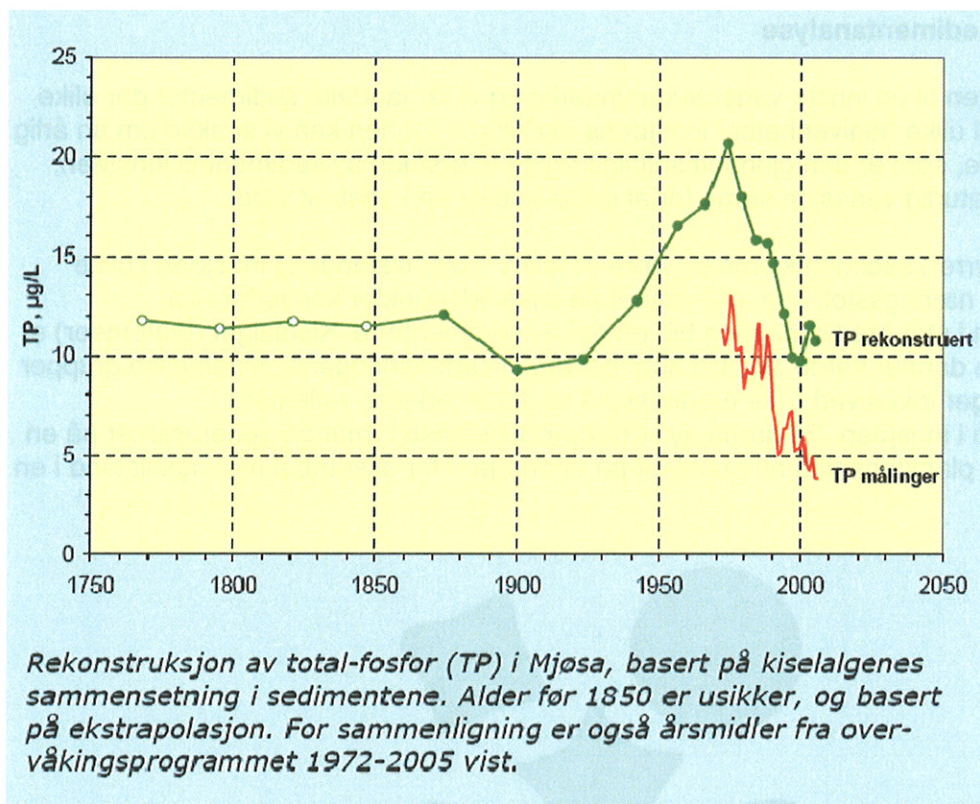
Forutsetningen for å bruke sedimentanalyse på denne måten er at en kan aldersbestemme sedimentene. Dette gjøres ved to prinsipielt forskjellige metoder som begge gjør seg nytte av radioaktive isotoper. For så korte tidsrom som det er snakk om i Sønderlandsvatn må en

bruke isotoper med kort halveringstid og det er da vanlig å bruke ^{210}Pb . Ved å ta prøver av ulike sjikt i sedimentet kan man lage et tidsprofil. For å kontrollere at dette tidsprofilet virkelig stemmer bruker man kjente store utslipp av ^{137}Cs for kalibrering (Tsjernobyl ulykken i 1986 og atomprøvesprengninger i 1963).

Eksempel fra Mjøsa

I Mjøsa har NIVA brukt metoden for å beskrive den historiske utviklingen i næringstilstand over en 1000 års periode eller mer (NIVA 2008). Globalt er dette en "standard metode" innen forskning for å studere endringer i klima og miljø over lange tidsspenner.

I Mjøsa tilsvarer de siste 50 år mellom 5 og 6 cm av de øvre sedimentene. I studien rekonstruerte NIVA total fosfor konsentrasjon indirekte ved hjelp av denne metoden. Dette er mulig fordi den mengden fosfor som er tilgjengelig for planktonalgene er minimumsfaktoren som i stor grad bestemmer hvilke arter og grupper av alger som dominerer i ulike perioder. Figuren under viser rekonstruert fosfor nivå over de siste 300 år og til sammenligning faktiske målinger av totalt fosforinnhold etter 1972.



Figur 2. Rekonstruert fosfor nivå i Mjøsa (sedimentanalyse av diatomeer) sammenlignet med målte verdier (NIVA 2008).

Vi ser av grafen at rekonstruert fosfor ligger rundt 5 µg/L for høyt i forhold til de målte verdiene, men at de to kurvene følger hverandre bra. For å konvertere kiselalgesammensetning til riktig total fosfor nivå i innsjøen trengs såkalte transferfunksjoner og disse er ikke kjente for norske forhold enda (Thomas Rohrlack, NIVA 2010, pers medd).

Eventuell sedimentanalyse i Sønderlandsvatn

Når det gjelder Sønderlandsvatn er ikke det totale fosfor nivået det viktigste, men hvorvidt det har økt eller ikke. Viser analysen en situasjon som den man finner i Mjøsa i perioden 1750-1870 kan vi fastslå at det ikke har skjedd en eutrofiering. I motsatt fall vil vi få en kurve som ligner mer på den fra Mjøsa i perioden 1900 til midt på 1970 tallet, da effektiv rensing ble satt i verk. I dette tidsrommet ser vi en tydelig og sterk eutrofieringseffekt.

Hovedutfordringen knyttet til bruk av denne metoden i Sønderlandsvatn vil være hvor godt en klarer å skille de endringene som skyldes en eutrofieringseffekt fra de naturlige svingningene i vannets historie. Større flatehogster, drastiske omlegginger i jordbruket eller flommer vil tilføre vannet næring/sedimenter og dermed endringer i sammensetningen av kiselalger.

Vi har fått hjelp av den svenske forskeren Sofia Holmgren ved Universitetet i Lund til å beskrive hva som kreves for å få gjennomført en sedimentanalyse i Sønderlandsvatn. Hun analyserer rutinemessig sedimentprøver av denne typen.

"Det skulle förmodligen gå utmärkt att ta reda på eventuell eutrofieringsgrad med hjälp av diatoméer i er sjö - diatoméer reagerar väldigt bra på näringsförändringar, pH, mm. Tidsperspektivet 1958-2010 behöver inte var ett problem. Jag har tex i min doktorsavhandling visat på enorma förändringar av diatoméflora och total algproduktion i sjöar på Spitsbergen de senaste ca 40 åren (beroende på övergödning och klimat). Det det hänger på är dateringen av sedimenten och sedimentationshastigheten" (Sofia Holmgren, Universitetet i Lund, pers medd. 2010).

Vi har også vært i kontakt med den norske forskeren Elisabeth Alve som også mener at denne metoden skal kunne brukes i Sønderlandsvatn *"hvis innsjøen har en sedimentakkumulasjonsrate på > ca 1mm/år og bunnen ikke har vært utsatt for fysisk forstyrrelse skal det være mulig å spore endringer over et så kort tidsrom"* (Elisabeth Alve, UiO, pers medd. 2010).

I vedlegg 1 beskriver Sofia Holmgren prosedyrer og estimerer kostnadene ved å gjennomføre prøvetaking, prøvebehandling, datering, analyse og rapportering for Sønderlandsvatn. Som det går frem av vedlegget er hun legge inn en betydelig egeninnsats.

Vedlegg 2 Foreløpig tilbud på å utføre sedimentanalyser i Sønderlandsvatn (forsker Sofia Holmgren, Universitetet i Lund)

Provtagning av sjön

Provtagning av sedimentet bör göras med någon typ av ytprovtagare; exempelvis en "modified Kajak-Brinkhurst gravity corer" eller motsvarande (Glew 1989) som bevarar överytan av sedimentet intakt. Denna behöver vi låna eller hyra. I detta skede skulle det fungera bäst om SWECO, gärna med mig, provtog sjön. Om det blir en fortsättning/utvidgning av projektet skulle jag säkerligen kunna sköta hela provtagningen om detta skulle vara önskvärt.

Delprovtagning i fält; jag skulle rekommendera att provta varje 0.25 m de översta 10-15 cm, resten 0.5 cm.

Lab-arbete

Färskvikt och torrsvikt av sedimenten vägs för att få reda på dry density. Proverna bör frystorkas. Delprover tags ut och vägs in för vidare analys av tex diatoméer. Prover skickas för analys av ^{210}Pb , org C, N (?)

Preparering av proverna för diatoméanalys: 200 mg frystorkat sediment provtags ur varje prov och prepareras med H_2O_2 i minst 48 timmar. Sedan upphettas proverna till 90°C tills det organiska material försvunnit, oftast i flera timmar, ibland i flera dagar. Proverna sköljs sen med vatten upprepade ggr. En känd mängd "spikes" (plast-mikrosfärer) tillsätts en känd provvolym (Battarbee and Keen, 1982; Wolfe, 1997) eftersom detta gör att man kan räkna ut diatomékonzentrationen. Sedan späds proverna och monteras på objektsglas.

Minst 300-500 diatoméer per prov artidentifieras och räknas. Diatomédata presenteras i form av ett procentdiagram, som visar artsammansättning över tid. Diagram över diatomékonzentrationer och/eller influx görs också; dessa kan visa på förändringar i total produktion av kiselalger, eller variationer av produktion av vissa utvalda arter eller grupper.

Flera typer av numeriska beräkningar kan göras för att se eventuella statistiskt signifikanta relationer i data set, bla PCA, DCA, diversitet, rate of change osv. Dessa beräkningar kan göras i tex programmen CANOCO, C2 och R.

Datering

För sediment geokronologi räknas ^{210}Pb ($t_{1/2} = 22.3$ år) -aktivitet ut genom att mäta t ex "dotterdotter"-nukliden ^{210}Po med alfaspektroskopi eller gammaspektroskopi. Ålder bestäms sedan genom CIS - (Constant Initial Concentration) eller CRS (Constant Rate of Supply) modellen beroende på avsättningsmiljö (Appleby och Oldfield 1978). Vid Lunds universitet brukar forskarna använda tex Gamma Dating Centre vid universitetet i Köpenhamn för ^{210}Pb -analys :

<http://geo.ku.dk/english/gdc/>

Detta lab rekommenderar att man skickar åtminstone 10-15 prover för analys, för en god ^{210}Pb -åldersmodell (se bifogad pdf). Jag har ingen exakt kostnad för detta, men enligt en forskarkollega kostar det ca 500DKK per prov plus en ev startkostnad på 1000DKK.

^{137}Cs -aktivitet kan också mätas vid detta lab. ^{137}Cs visar distinkta toppar i samband med Chernobyl fall-out i AD 1986, samt vid nuclear bomb testing i AD 1963. Jag har ingen prisuppgift för analys av ^{137}Cs . ^{137}Cs kan användas som en slags check-up för att se att

210Pb-åldersmodellen ser fin ut, men, kanske mest av kostnadsskäl, använder jag inte denna metod som rutin.

Tidsplan och kostnad

Process/steg	Utförs av	Tidsåtgång	Insats / Kostnad
Provtagning av sjö	SWECO och Sofia H	1 heldag	8 h
Lab-arbete: Invägning av prover, frystorkning av sediment och delprovtagning	Sofia H	7 dagar	3 dagar =24h
preparering av prover och montering diatomé- prover	Sofia H	7 dagar	4 dagar = 32h
analys av diatoméer	Sofia H	1-2 prover per dag beroende på artsammansättning/ bevaringsgrad etc	8h per 1-2 prover
presentation av diatomédata + statistik	Sofia H	5-7 dagar	ca 40h
Datering av sediment med 210Pb/åldersmodell	Gamma Dating Centre(?)	?	15 prover à 500DKK + start up kostnad 1000DKK = 8500 DKK (endast ca pris)

Referenser:

Appleby PG, Oldfield F (1978) The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported 210Pb to the sediment. *Catena* 5:1–8.

Battarbee RW, Kneen MJ (1982) The use of electronically counted microspheres in absolute diatom analysis. *Limnol Oceanogr* 27:184–188

Glew JR (1989) A new trigger mechanism for sediment samplers. *J Paleolimnol* 2:241–243.

Wolfe AP (1997) On diatom concentrations in lake sediments: Results of an inter-laboratory comparison and other experiments performed on a uniform sample. *J Paleolimnol* 18:261–268.

Vedlegg 3 Kostnadsoverslag sedimentanalyse Sønderslandsvatn (alle priser ekskl.mva).

Arbeidskostnader NOK Vekslingskurser
per 08.09.2010

	PRØVER		
	Minst antall 15	Middels antall 20	Største antall 25
Laveste timepris	41353	48790	56228
Middels timepris	56121	66215	76309
Høyeste timepris	70890	83640	96390

Datering NOK	Startpris	1000
	Per Prøve	500
	Antall prøver	
	10	6360
	15	9010
	20	11660

Dette kostnadsoverslaget er laget av Sweco. Det er basert på de opplysningene som er gitt i Sofia Holmgrens tilbud og det er forutsatt at det tar 5 timer å analysere hver prøve.

Vedlegg 4 Universitetet i København, senter for Gamma datering, Institutt for geologi og geografi (prosedyrebeskrivelse).

Dating procedure

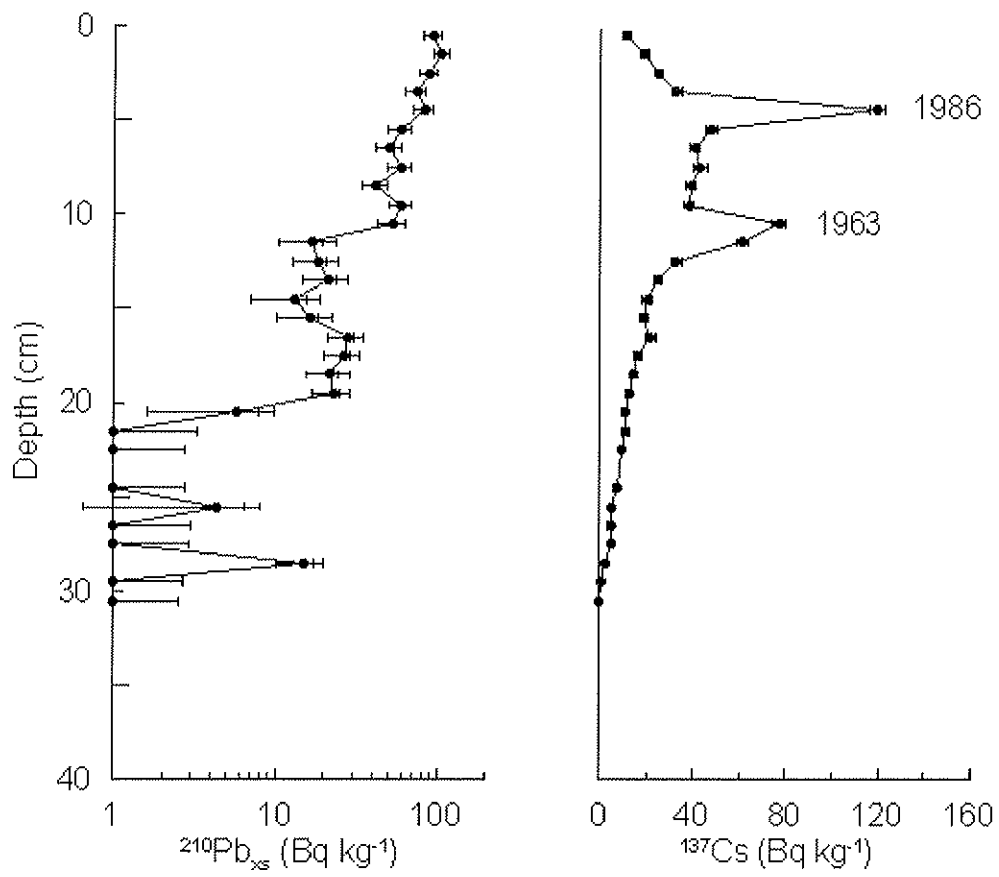
GDC is equipped with 3 ultra-low background high-energy resolution gamma spectrometers. Basically, both unsupported lead-210 and anthropogenic cesium-137 are measured non-destructively in sediments and other geological samples. Using gamma-ray spectroscopy the amount of supported lead-210 is estimated at the same measurement (contrary to the alpha-spectroscopy method used by some laboratories) by the radium-226 (or other radioisotopes) activity. The supported lead-210 activity is then the unsupported subtracted from the total lead-210 activity. Cesium-137 is mainly used for verification purposes in that certain marker horizons such as the nuclear bomb testing in the sixties, the high discharges from the Sellafield plant and the Chernobyl accident are sometimes well-displayed in the sediments. The dating-calculations are carried out by use of the CIC (constant Initial Concentration) and/or CRS (Constant Rate of Supply)-models depending on the depositional environment.

We generally recommend at least 10 - 15 samples for a regular Pb-210 dating. Only fine-grained sediments are suitable for Pb-210-dating whereas it may be possible to use Cs-137 even for sandy material. The samples have to be dried and disaggregated - freeze drying is perfect. Our standard sample size is 10g and we prefer to get this amount of material. However, using our well-detector we will be able to go down to about 1g or perhaps even lower, depending on the content of Pb-210.

Data on the vertical variation of dry bulk density (i.e. weight of dry matter per wet volume) is needed and should be reported when submitting the samples. It is possible to perform analysis without this information but then it is not possible to take compaction into account. Thin slices (0.5 or 1 cm) are generally preferred in order to increase the resolution of the dating. High vertical resolution is especially important if dating by means of Cs-137 peaks is anticipated.

Please note that any mixing/bioturbation will decrease the accuracy of the results. Severe mixing will make establishment of an accurate chronology impossible. Information about the vertical variation of other parameters measured in the core is valuable if some degree of bioturbation or mixing is expected.

S1 Skallingen, salt marsh



Vedlegg 5 Planteplankton som er indikatorer på eutrofiering i Bjårvatn i 1981 og 1995.

Tabell 1. Relativ forekomst av planteplankton i Bjårvatn i 1981 og 1995. Disse artene er gode indikatorer på næringsfattige innsjøer. (NIVA O-81026, Lnr 3401-96 og 4590-2002)

Indikatorart (Ultraoligotroft/oligotroft)	1981 (%)	1995 (%)
Merismopedia tenuissima	0,00	0,50
Monoraphidium griffithii	0,03	1,28
Oocysis submarina	0,09	0,56
Bitrichia chodatii	0,03	0,81
Chrysolykos skujai	0,00	0,21
Dinobryon crenulatum	0,00	1,30
Dinobryon sociale	0,00	0,04
Frustulia rhomboides	0,00	0,00
Tabellaria flocculosa	0,00	0,62
Isthmochloron trispinatum	0,00	0,00

Tabell 2. Relativ forekomst av planteplankton i Bjårvatn i 1981 og 1995. Disse artene er gode indikatorer på begynnende eutrofiering i innsjøer. (NIVA O-81026, Lnr 3401-96 og 4590-2002)

Indikatorart (begynnende eutroft)	1981 (%)	1995 (%)
Anabaena lemmermannii	0,00	0,00
Snowella lacustris	0,00	0,00
Woronichinia naegeliana	0,00	0,00
Crucigenia aquadrata	0,00	0,00
Paulschultzia pseudovolvox	0,00	0,00
Quadrigula pfitzeri	0,00	0,00
Dinobryon bavaricum	0,00	0,00
Dinobryon divergens	0,00	0,00
Mallomonas punctifera	0,00	0,00
Asterionella formosa	0,00	0,00
Tabellaria fenestrata	0,35	0,00
Cryptomonas erosa	0,00	0,00
Peridinium umbonatum	0,00	0,00
Gonyosomum semen	0,00	0,00

Vedlegg 6 Dybdekart for Sønderlandsvatn, Skagerak Kraft AS (2010).

