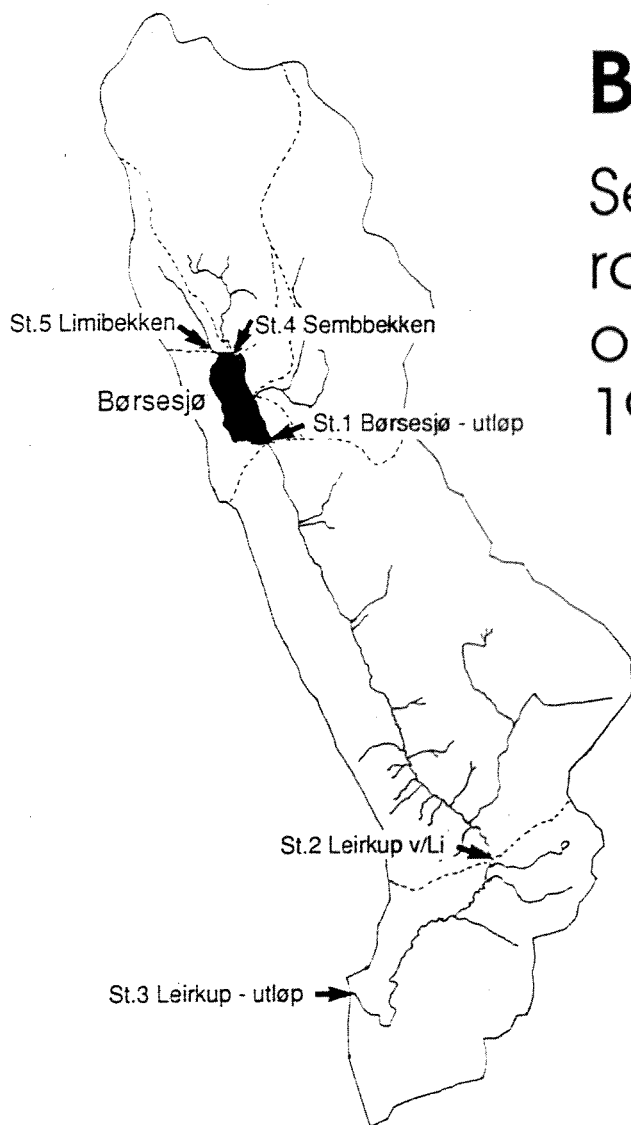


O-90233

# Børsesjø -

Sedimentanalyser og  
rapportering av  
overvåkingsresultater  
1990



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.: O-90233
Undernummer:
Løpenummer: 2617
Begrenset distribusjon: FRI

Rapportens tittel: Børsesjø - Sedimentanalyser og rapportering av overvåkingsresultater 1990	Dato: 20. august 1991
	Faggruppe: VASSDRAG
Forfatter (e): Bjørn Faafeng	Geografisk område: Telemark
	Antall sider:      Opplag: 28                      85

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Telemark, Miljøvernavdelingen	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Vannkvaliteten i Børsesjø er sterkt påvirket av partikler og plantenæringsstoffer fra landbruksaktiviteter i innsjøens nedbørfelt. Dette resulterer i grumsete vann i flomperioder og kraftig oppblomstring av alger i sommerhalvåret. Gjentatt utgraving av utløpsbekken har bidratt til å senke innsjøens overflatenivå. Dette fører til økt utbredelse av vegetasjonsbeltene - og redusert innsjøareal. For å bevare innsjøen og de nærmeste omgivelsene i hht. intensjonene for opprettelse av naturreservat anbefales følgende tiltak: bedre kontroll med erosjon fra landbruksarealene, og heving av vannstanden 0.5 - 0.8 meter, i hvert fall om forsommeren. En vegetasjonsfri stripe ut mot utløpet vil bidra til å redusere ulempe for landbruket av hevet vannstand.

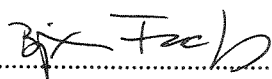
4 emneord, norske

1. Eutrofiering
2. Landbruksforurensing
3. Tilgroing
4. Sedimentanalyse

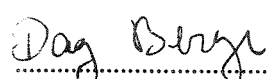
4 emneord, engelske

1. Eutrophication
2. Pollution from agriculture
3. Vegetation control
4. Analysis of sediments

Prosjektleder

  
.....

For administrasjonen

  
.....

ISBN 82-577-1950-1

Norsk Institutt for Vannforskning

0-90233

BØRSESJØ -  
SEDIMENTANALYSER OG RAPPORTERING AV OVERVÅKINGSRESULTATER 1990

dato: 28. juni 1991  
Prosjektleder: Bjørn Faafeng  
for administrasjonen: Dag Berge

## FORORD

I brev av 16. november 1990 ba Miljøvern avdelingen ved Fylkesmannen i Telemark om at NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning) vurderer kostnadene ved visse angitte sedimentanalyser i Børsesjø, samt rapportering av overvåkingsresultater fra innsjøen, fra to tilløpsbekker og fra utløpselva i 1990.

Prosjektets omfang og formål var gitt ved:

"1. Bestemme forholdet mellom materiale tilført innsjøen utenfra og autotont materiale. I tillegg gi en vurdering av sedimentenes forurensningspotensiale.

2. Rapportere overvåkingsdata fra 1990. Sammen med tidligere overvåkingsdata og resultatene fra sedimentanalysene gi en anbefaling av mulige tiltak for å redusere innsjøens gjengroings hastighet."

Innsjøens forurensningstilstand skulle også vurderes på bakgrunn av tidligere utførte undersøkelser. I den grad materialet ga mulighet for det, skulle tilførselsmengder beregnes og de viktigste kildene identifiseres. Det må understrekes at dette ikke kan gjøres i særlig detalj da bakgrunns materialet er sparsomt og de økonomiske rammene er stramme.

Det skulle også på bakgrunn av de foreliggende data og måleresultater fra sedimentene foretas en vurdering av tiltak for å bevare en akseptabel vannkvalitet i hht. verneinteressene for området.

En befaring ble gjennomført 7.mars 1991 av avd. ing. Ann Kristin L. Schartau fra Miljøvern avdelingen og forskningsleder Bjørn Faafeng ved NIVA. Sistnevnte har stått for gjennomføring av undersøkelsen og utarbeidelse av denne rapporten.

## INNHOOLD

	side
FORORD	1
1. KONKLUSJONER OG FORSLAG TIL TILTAK	3
2. INNLEDNING	4
3. RESULTATER	8
3.1 Tilløp og utløp	8
3.1 Innsjøen	12
3.3 Sedimenter i Børsesjø	14
3.3.1 Sedimentenes opprinnelse	14
3.3.2 Fosfor i sedimentet - indre gjødsling	16
4. FORSLAG TIL TILTAK	19
4.1 Forurensningsbegrensende tiltak	19
4.2 Tiltak mot tilgroing	20
LITTERATUR	22
VEDLEGG - Resultater fra overvåkingen 1990	23

## KONKLUSJONER OG FORSLAG TIL TILTAK

Børsesjø er en naturlig næringsrik innsjø med frodig kantvegetasjon og et rikt fugleliv. Næringsrik berggrunn og løsmasser i nedbørfeltet og innsjøens grunne basseng bidrar sammen med ekstra tilførsler av fosfor fra landbruksaktiviteter og fra boligavløp til at innsjøen har et klart eutroft (næringsrikt) preg.

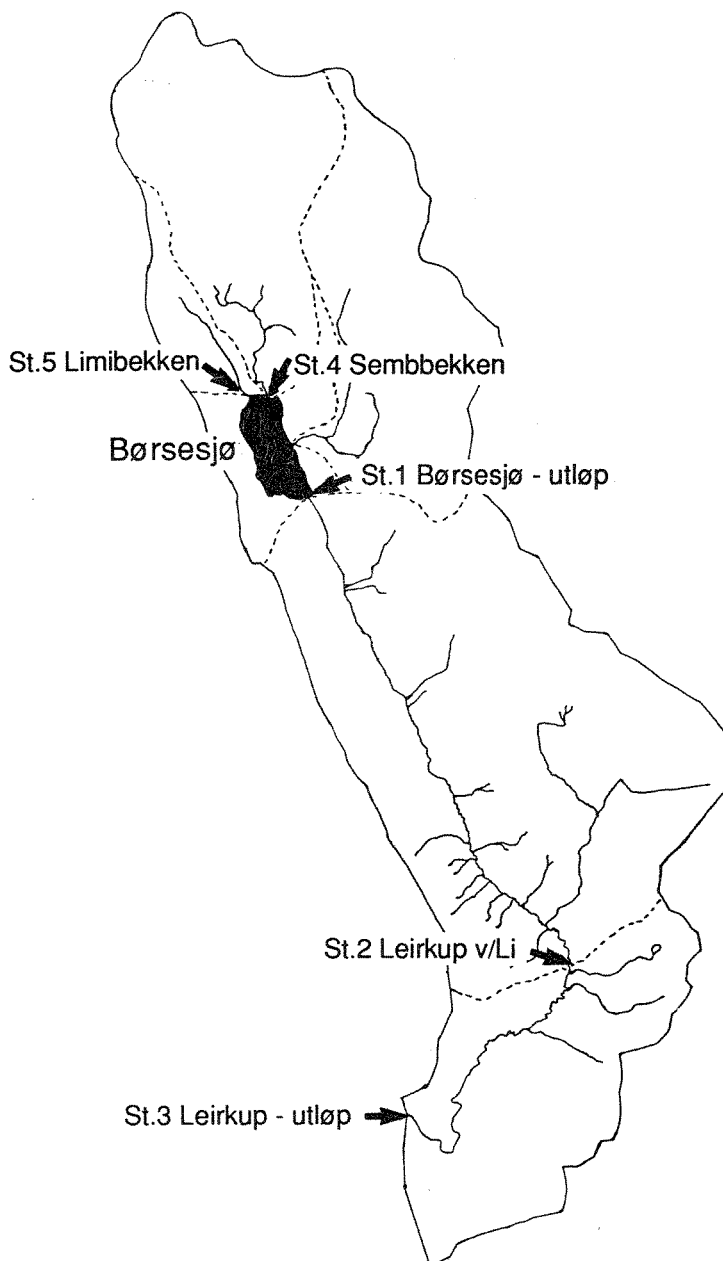
På grunn av stor tilførsel av partikler fra landbruksarealene blir innsjøen grunnere og vegetasjonen brer seg utover vannspeilet. Dette vil på sikt endre innsjøens karakter fra innsjø til sammenhengende våtmark. Denne prosessen er blitt kraftig aksellerert av gjentatte senkninger av innsjøens vannspeil.

På bakgrunn av denne enkle undersøkelsen og foreliggende data om innsjøen anbefales særlig to typer tiltak for å begrense den tiltakende tilgroing i Børsesjø: økt kontroll med erosjon fra jordbruksarealene og heving av vannstanden 0.5-0.8m, ihvertfall om forsommeren. I tillegg kan en 2-5m bred stripe holdes fri for vegetasjon ut mot utløpet vha. separasjonsduk (geotekstil) på bunnen dekket med grov grus.

En enkel erfaringsmodell for norske innsjøer (Berge 1987) tilsier at fosforkonsentrasjonen i innsjøen bør reduseres ned mot  $25 \text{ mgP/m}^3$ , dvs. nær en halvering i forhold til dagens nivå, for å hindre uønsket oppblomstring av blågrønnalger. Dette bør imidlertid undersøkes nærmere fordi en stor andel av fosforet er bundet til partikler.

## INNLEDNING

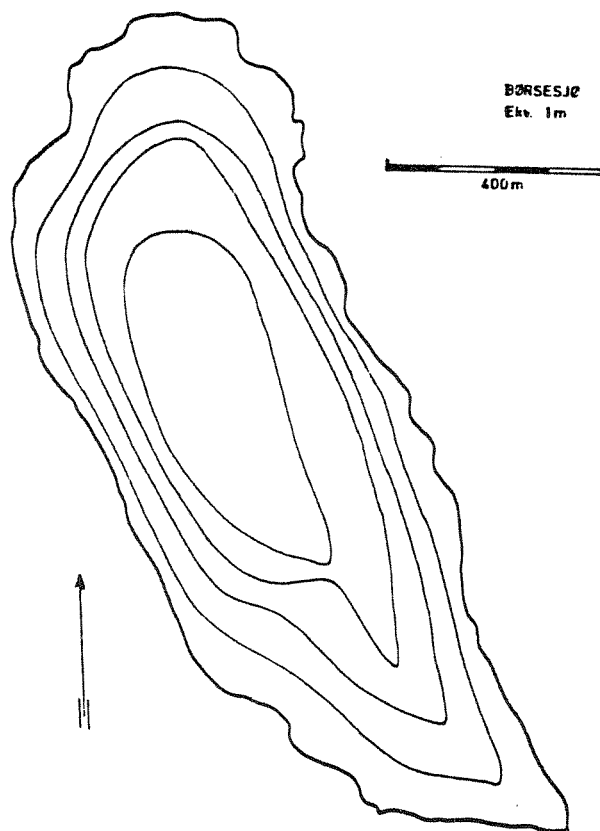
Børsesjø er en grunn, næringsrik innsjø som ligger ca. 2km nord for Skien sentrum (figur 2.1). Innsjøens overflate ligger 17 meter over havnivå, største dyp er oppgitt til 4.8m (figur 2.2) og innsjøens areal 0.7 km<sup>2</sup>. Innsjøens totale nedbørfelt er 25 km<sup>2</sup> hvorav 30% er landbruksareal (Børresen 1990). Lande (1979) oppgir teoretisk oppholdstid til 19 dager.



Figur 2.1. Innsjøens nedbørfelt (fra Akselberg 1990) med prøvetakingsstasjoner for 1990

Nedbørfeltet ligger i utkanten av Oslofeltet med kalkstein og skifer (ordovicium og silur) i de vestre deler og basalt og sandstein (perm) i de østre. Sentrale deler av dalføret er dekket av marine avsetninger som danner grunnlag for jordbruk.

Innsjøen er naturlig næringsrik, men mottar også næringsstoffer pga. arealavrenning fra landbruksarealer. Det oppgis at de fleste boliger på vestsida av Børsesjø er tilkoblet det kommunale avløpsnett, mens de på østsida ikke er det.

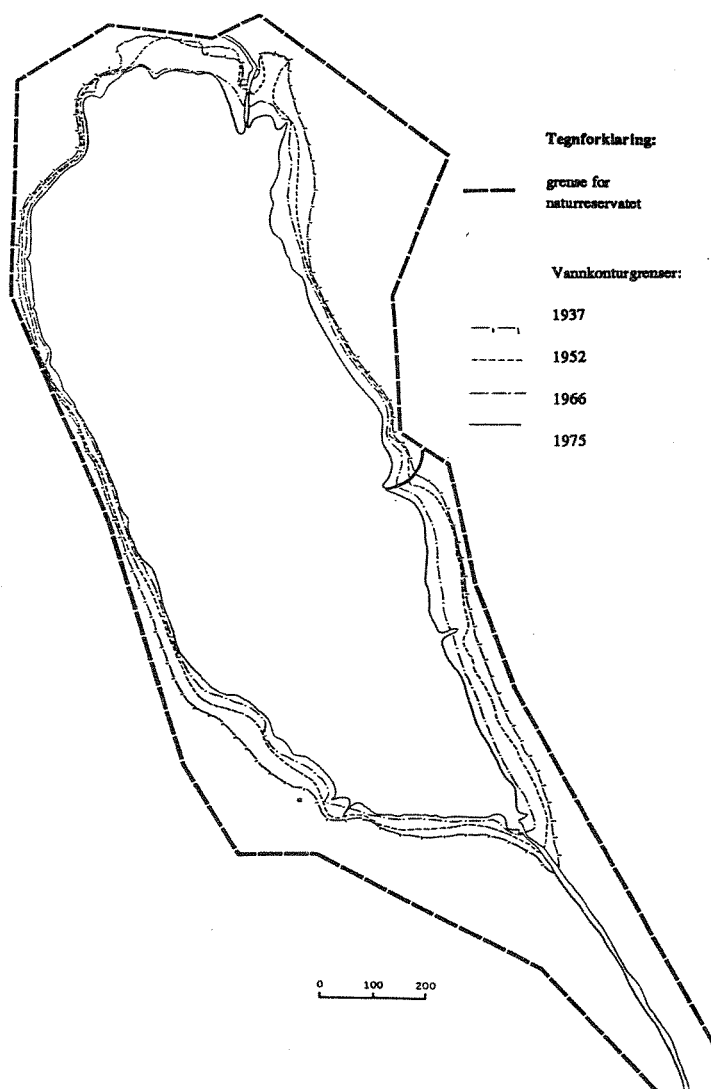


Figur 2.2. Dybdekart over Børsesjø (fra Lande 1979)



For hele nedbørfeltet ned til Porsgrunn, ialt 69 km<sup>2</sup> oppgir Børresen at: "et høyt antall bruk i området har dårlig eller ingen rensing av utslipp og drenerer enten direkte ut i vassdraget eller via slamavskiller". 40% av dette nedbørfeltet er landbruksarealer.

Børsesjø ble i 1976 fredet som naturreservat, "for å bevare et verdifullt våtmarksområde med rik vegetasjon, rikt dyre- og fugleliv". Reservatet utgjøres av innsjøen med de nærmeste omgivelser, ialt 1165 daa (se fig. 2.3).



Figur 2.3. Forandringer i innsjøens vannkontur (fra Lund og Skoglund 1990)

Det er registrert rask tilgroing av høyere vegetasjon i Børsesjø. Innsjøen har også vært utsatt for en serie senkninger ved at utløpselva er gravet ut. Lund og Skoglund (1990) har utarbeidet et kart med innsjøens konturer i perioden 1937 til 1975, men det er ikke angitt hvor stor nivåforskjell dette tilsvarer.

Sammenlikning av angitt høyde over havnivå på dybdekart fra 1971 med vannstandsmålinger fra 1983-86 antyder at gjennomsnittlig vannstand er redusert med 1.0-1.5 meter i denne perioden (pers. medd. Miljøvernadv., Fylkesmannen i Telemark). Tidlig på 80-tallet ble det foretatt "bekkeopprensning" i utløpselva som medførte senkning av vannstanden. Det er også kjent at det ble foretatt nivåsenkninger før denne tid.

Børsesjø er tidligere undersøkt i 1976-77 av Arne Lande ved Telemark Distriktshøgskole (Lande 1979):

*Lande, A. 1979. Limnologiske undersøkelser av Børsesjø naturreservat. Telemark Distriktshøgskole, skrifter nr. 34, 29s.*

I perioden 1984-85 og 1987-90 har bekkene i Børsesjøvassdraget vært gjenstand for lokal overvåking:

*Børresen, K.C. 1990. Vannkvalitetsdata fra nedre del av Skiensvassdraget 1984-89. Fylkesmannen i Telemark, Miljøvernadv. rapport nr. 9/90. 45s.*

Fra en undersøkelse av stoffavrenning i en flomperiode i 1990 ble det utarbeidet en rapport:

*Akselberg, Ø. 1990. Forurensningstransport i Børsesjøvassdraget flomperioden januar og februar 1990. Fylkesmannen i Telemark, Miljøvernadv. rapport nr. 13/90. 13s. + vedlegg*

En studentoppgave fra Telemark Distriktshøgskole behandler særlig vegetasjonen rundt Børsesjø og presenterer et forslag til en skjøtselsplan:

*Lund, M. og T. Skoglund 1990. Vegetasjon og skjøtselsplan i Børsesjø naturreservat, Skien i Telemark. Hovedoppgave TDH, Natur- og miljøvern. 108 s.*

## 3. RESULTATER

3.1 Tilløp og utløpTabell 3.1 Foreliggende måledata (vannkjemi) for bekkestasjonene  
1984 - 1990

	Limi- bekken	Sem- bekken	Leirkup v. Snelltvedt	Leirkup v. Lid	Leirkup v. Porsgrunn
840530			*	*	*
840710		*	*	*	*
840725		*	*	*	*
841107		*	*	*	*
850325			*	*	*
850409		*	*	*	*
850508		*	*	*	*
850613		*	*	*	*
850615		*	*	*	*
850723			*	*	*
870424		*	*	*	*
870615		*	*	*	*
870713		*	*	*	*
870831		*	*	*	*
870928		*	*	*	*
880602		*	*	*	*
880706		*	*	*	*
880803		*	*	*	*
880913		*	*	*	*
881027		*	*	*	*
881115		*	*	*	*
890522			*	*	*
890608			*	*	*
890620			*	*	*
890706			*	*	*
890810			*	*	*
890906			*	*	*
890926			*	*	*
891017			*	*	*
891113			*	*	*
900202		*	*	*	*
900301	*	*	*	*	*
900403	*	*	*	*	*
900430	*	*	*	*	*
900509	*	*	*	*	*
900529	*	*	*	*	*
900612	*	*	*	*	*
900625	*	*	*	*	*
900716	*	*	*	*	*
900813	*	*	*	*	*
900914	*	*	*	*	*
901016	*	*	*	*	*
901030	*	*	*	*	*
901116	*	*	*	*	*
901126	*	*	*	*	*

Sembekken nedbørfelt dekker 10.6 km<sup>2</sup>, som tilsvarer 41% av Børsesjø's totale nedbørfelt, mens Limibekken dekker 2km<sup>2</sup> tilsvarende 8%. Henholdsvis 22% og 60% av Sembekken og Limibekken nedbørfelter består av landbruksarealer (Akselberg 1990). En tredje tilløpsbekk som ligger på østsiden av Børsesjø, Kjærrabekken, har et nedbørfelt tilsvarende Sembekken (10.8km<sup>2</sup>).

Det ble i 1990 samlet inn vannprøver fra Sembekken, Limibekken og utløpet av Børsesjø ved Snelltvedt ialt 18 ganger. Det foreligger ingen målinger fra Kjærrabekken.

Det knytter seg store usikkerheter til beregning av årlig stofftransport for bekkene ut fra det foreliggende datamaterialet. I denne type vassdrag der erosjonen dominerer, vil stofftransporten variere sterkt med vannføringen. En vesentlig del av årstransporten vil forekomme i løpet av få døgn under ekstreme vannføringer. Vi har derfor valgt å presentere karakteristiske konsentrasjoner av de forskjellige målte komponentene i form av medianverdier. Medianen er den midterste av verdiene for en periode når disse er sortert etter stigende verdi. Medianverdien er mer stabil fra år til år, og mer uavhengig av ekstremverdier og antallet observasjoner pr. år enn f.eks. gjennomsnittsverdien.

Tabell 3.2 Medianverdier fra Sembekken 1984-89 (beregnet fra Børresen 1990) og fra 1990 (Fylkesmannens Miljøvernadv. upubl.)

	turb. (FTU)	total-P (mgP/m <sup>3</sup> )	total-N (mgN/m <sup>3</sup> )	susp. tørrst. (mg/l)	gløderest (mg/l)
1984	1.2	62	1062	-	-
1985	2.2	28	1008	-	-
1987	1.5	28	1188	1.6	0.7
1988	3.8	58	935	7.3	4.1
1990	1.6	28	1875	3.1	11.4

Vannkvaliteten i Sembekken er preget av høyt innhold av partikler og næringsstoffer. Det ville være av interesse å kjenne bedre til hvor stor andel av fosforet som er tilgjengelig for alger (bio-tilgjengelighet). Det kan ikke spores noen utvikling mot høyere eller lavere verdier i perioden.

Tabell 3.3 Sammenlikning av Sembekken og Limibekken 1990  
(medianverdier)

	turb. (FTU)	total-P (mgP/m <sup>3</sup> )	total-N (mgN/m <sup>3</sup> )	susp. tørrst. (mg/l)	gløderest (mg/l)
Semsbkn.	1.6	28	1875	3.1	11.4
Limibkn.	2.5	131	2428	-	-

Tabell 3.3 viser at konsentrasjonene er vesentlig høyere i Limibekken enn i Sembekken, slik en skulle vente ut fra større andel landbruksarealer. Dette gjør særlig store utslag for fosfor og partikler (turbiditet).

For en sammenlikning av stasjonene nedenfor Børsesjø for perioden 1984-90 er det gjort en beregning av årlige medianverdier i tabell 3.4.

Tabell 3.4 Medianverdier fra de tre stasjonene i Leirkup 1984-90 (fra Børresen 1990) og fra 1990 (Fylkesmannens Miljøvernadv. upubl.). Snel: Leirkup ved Snelltvedt  
Lid: Leirkup ved Lid  
Pors: Leirkup ved Porsgrunn

	turb. (FTU)	total-P (mgP/m <sup>3</sup> )	total-N (mgN/m <sup>3</sup> )	susp. tørrst. (mg/l)	gløderest (mg/l)
<u>1984</u>					
Snel.	1.6	64	1422	-	-
Lid	3.7	190	1599	-	-
Pors.	9.1	175	1468	-	-
<u>1985</u>					
Snel.	3.3	64	884	-	-
Lid	13.1	167	1575	-	-
Pors.	8.0	105	1686	13.0	-
<u>1987</u>					
Snel.	1.6	40	290	-	-
Lid	7.5	126	1070	-	-
Pors.	7.4	122	1860	9.0	-
<u>1988</u>					
Snel.	3.2	56	632	3.4	1.3
Lid	10.6	198	1398	29.0	12.0
Pors.	10.2	45	1685	25.1	14.2
<u>1989</u>					
Snel.	4.0	105	470	-	-
Lid	5.9	68	882	-	-
Pors.	4.5	56	2280	7.1	4.6
<u>1990</u>					
Snel.	2.3	34	1050	3.8	2.6
Lid	6.9	57	1448	-	-
Pors.	5.6	57	1900	11.6	8.2

Verdiene viser en kraftig økning fra utløpet av Børsesjø (Leirkup ved Snelltvedt) ned til samløpet med Skienselva (Leirkup ved Porsgrunn). Hele elvestrekningen er preget av særlig høy partikkeltransport. Den største økningen finnes oftest for strekningen fra Snelltvedt til Lid. Til sammenlikning var likevel konsentrasjonene av fosfor og nitrogen lavere for de to nederste stasjonene enn det som ble funnet i Limibekken i 1990. Selv om konsentrasjonene av fosfor er svært høye på mange av bekkestasjonene må det tas hensyn til at en vesentlig del av dette er bundet til partikler, og er følgelig lite tilgjengelig for plantevekst.

### 3.2 Innsjøen

Vannkvaliteten i Børsesjø er ikke systematisk registrert siden 1976-77 (Lande 1979). I regi av Miljøvern avdelingen foreligger imidlertid enkelte stikkprøver fra 1984 og 1985. (tabell 3.5).

Tabell 3.5 Vannkjemiske analyser fra Børsesjø 1977 (fra Lande 1979) og 1984/85 (Fylkesmannens Miljøvern avd.)

dato	dyp (m)	kond. (mS/m)	turb. (FTU)	total-P -----	total-N (mg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N -----	Klfa -----
770616	1.0	-	-	60	-	34	26.2
770714		-	-	145	-	23	32.7
770818		-	-	94	-	<10	20.4
771005		-	-	62	-	38	14.3
840530	0.5	11.7	0.9	38	792	450	0.4
840530	3.5	9.5	4.2	66	792	440	-
840710	0-2	16.4	9.0	57	654	<10	33.7
840723	0-2	12.0	3.6	65	336	-	48.6
840725	0-2	14.9	3.5	61	414	<10	25.1

Det ble ikke gjennomført målinger i Børsesjø i 1990/91, bortsett fra under befaringen 7. mars 1991. Måleresultatene finnes i tabellen under (3.6).

Tabell 3.6 Vannkjemiske analyser fra Børsesjø ved befaringen 7. mars 1991

dyp	kond. (mS/m)	total-P (mgP/m <sup>3</sup> )	PO <sub>4</sub> -P (mgP/m <sup>3</sup> )	total-N (mgN/m <sup>3</sup> )	nitrat+nitritt (mgN/m <sup>3</sup> )
1m	14.4	51	19	1980	1195
3.5m	24.0	50	32	2270	1355

Under befaringen i mars 1991 ble siktedypet under isen målt til 1.35m. Ingen lukt av H<sub>2</sub>S ble registrert.

I tillegg er det tatt vannprøver i utløpselva (Leirkup ved Snelltvedt). Selv om disse kan være påvirket av nedbørfeltet nedenfor Børsesjø, særlig ved flom, kan de gi et visst inntrykk av forholdene i innsjøen. Resultatene er vist i tabell i vedlegg. Medianverdier er vist i tabellen under (3.7).

Tabell 3.7 Medianverdier fra utløpet av Børsesjø i 1984-1990 (Leirkup ved Snelltvedt). Verdiene beregnet fra Børresen 1990 og fra resultater fra Fylkesmannens Miljøvernadv. (upubl.). Medianverdien (0-2m) for 1976 er beregnet fra Lande 1979

	turb. (FTU)	total-P (mgP/m <sup>3</sup> )	total-N (mgN/m <sup>3</sup> )	susp. tørrst. (mg/l)	gløderest (mg/l)
1977	-	67	-	-	-
1984	1.6	64	1422	-	-
1985	3.3	64	884	-	-
1987	1.6	40	290	1.8	0.2
1988	3.2	56	632	3.4	1.3
1989	4.0	105	470	-	-
1990	2.3	34	1050	3.8	2.6

Verdiene vil variere mye fra år til år med få observasjoner pr. år, men med så mange års observasjoner er det likevel tilstrekkelig til å karakterisere Børsesjø som meget næringsrik (eutrof) både etter SFTs Vannkvalitetskriterier (SFT 1989) og etter andre kriterier (jfr. Faafeng og medarb. 1990). Dette gjelder både for fosfor og nitrogen. Klorofyllverdier er registrert i størrelsesorden 20-50 mg/m<sup>3</sup>, noe som også bekrefter at innsjøen kan opprettholde betydelige konsentrasjoner av planteplankton. De dominerende artene planteplankton i 1977 (Lande 1979) vitner også om eutrofe forhold.

Innsjøen er også tydelig belastet med partikler både vurdert ut fra turbiditeten og fra suspendert tørrstoff. Vanlige bakgrunnsverdier for turbiditet i upåvirkede innsjøer er mindre enn 1.0 FTU-enhet, tilsvarende mindre enn 1 mg suspendert tørrstoff pr. liter (SFT 1989). Det høye innholdet av uorganiske partikler kan faktisk bidra til å svekke lyset så mye at konsentrasjonen av planteplankton ikke blir så høy som fosfor-konsentrasjonen skulle tilsi.



### 3.3 Sedimenter

#### 3.3.1 Sedimentenes opprinnelse

Innsjøens bunnslam (sedimenter) dannes ved at det stadig synker partikler til bunns i sjøen. Partiklene legger seg lagvis med de nyeste på toppen og danner på den måten "årringer" med en kjemisk sammensetning og med planktonrester som kan fortelle om innsjøens historiske utvikling.

Fylkesmannens Miljøvernnavdeling ønsket å få kartlagt tilførsler av partikler fra nedbørfeltet (allokton) og fra partikler produsert i selve innsjøen (autokton) ved en enkelt analyse av sedimentene fra innsjøens dypeste områder. Utspyling av leire- og jordpartikler fra nedbørfeltet kan periodevis være svært stor, som vist for en episode i januar 1990 (Akselberg 1990). Partikler produsert i selve innsjøen består av rester fra siv- og undervannsvegetasjonen samt fra planktonet (mikroskopiske planter og dyr som svever i vannet). I tillegg vil kjemiske og biologiske prosesser føre til dannelse av partikler i innsjøens vannmasser, som synker til bunns. Tilsammen fører disse partiklene til at innsjøen langsomt grunnes opp slik at vegetasjonen kan etableres på stadig større arealer. Prosessen akselleres av de gjentatte utgravninger av Børsesjøens utløp, med senking av vannstanden som følge. Tidligere bidro også høsting av takrør-beltene til å dempe tilgroingen noe. Over lang tid vil innsjøens åpne vannareal bli mindre og landskapet endre karakter fra innsjø til våtmark.

For å få et bilde av hvor stor andel av partiklene som tilføres utenfra og hvor mye som produseres i selve innsjøen ble innhold av fosfor, nitrogen, karbon og jern analysert i sedimenter (bunnslam) fra innsjøens dypeste punkt, fra sediment inne i takrørbeltet og fra sedimenter i Limibekken. Mengdeforholdet mellom karbon, fosfor og nitrogen er forskjellig i partikler fra forskjellige kilder og kan derfor gi en indikasjon om betydningen av ekstern belastning i forhold til innsjøens egen produksjon av partikler.

Tabell 3.8 Kjemisk sammensetning av sedimentene i Børsesjø 0-20 cm og tilsvarende for sedimenter fra Limibekken og fra vegetasjonsbeltet rundt Børsesjø

TOC: total organisk karbon

TGR: gløderest=uorganisk tørrstoff (% av tørrvekt)

TTS: tørrstoff (% av våtvekt)

Vanninnhold (%)=100-TTS

	total-P -----	total-N (mg/g tørrvekt)	TOC	Jern -----	TGR (%)	TTS (%)
Børsesjø 0-5 cm	2.1	6.8	64.3	45.9	84.4	17.8
Børsesjø 5-10 cm	2.0	6.7	63.4	46.1	85.1	20.0
Børsesjø 10-15 cm	1.7	5.7	59.2	44.7	86.6	21.8
Børsesjø 15-20 cm	1.4	5.6	65.9	45.7	86.1	20.8
fra vegetasjonsbeltet	1.2	11.6	130.0	27.9	73.5	11.1
røtter	1.3	17.1	279.0	-	-	-
Limibekken	0.9	2.8	31.0	10.9	93.0	48.2

Tabell 3.9 Forholdstall (vekt) for sediment i Børsesjø

	C/N	C/P	N/P	Fe/P
Børsesjø 0-5 cm	9.5	30.6	3.2	21.9
Børsesjø 5-10 cm	9.5	31.7	3.4	23.1
Børsesjø 10-15 cm	10.5	34.8	3.4	26.3
Børsesjø 15-20 cm	11.8	47.1	4.0	32.6
fra vegetasjonsbeltet	11.2	108.3	9.7	23.3
røtter	16.3	214.6	13.2	-
Limibekken	11.1	34.4	3.1	12.1

Den kjemiske sammensetningen av partikler i vannet gjennomgår forandringer innen de ligger varig lagret i sedimentene. Dette gjelder f.eks. planteplankton, som i utgangspunktet skal ha et vektforhold mellom C:N:P på 40:7:1 ved balansert vekst. Når planteplankton synker til bunns vil mye av nitrogenet lekke ut og forholdet N/P avtar (Skogheim og Hongve 1979). Forholdet mellom N/P og C/N er derfor ingen gode direkte indikatorer på den viktigste kilden til sedimenterende partikler. N/P-forholdet i Børsesjø ligger likevel nær det vi fant i

Limibekken, mens forholdet i vegetasjonsbeltet var 3-4 ganger høyere. For C/N-forholdet var det ingen vesentlige forskjeller fra bekken og vegetasjonsbeltet, bortsett fra røttene som skilte seg ut med høyere verdier.

Partikler i innsjøsedimenter vil også normalt anrikes for jern idet jern felles ut som jernhydroksider. Fe/P-forhold på 20-30 i Børsesjø og i vegetasjonssonen er derfor vesentlig høyere enn i Limibekken uten at vi kan legge stor vekt på det.

De element-forhold som er mest "konservativt" i denne forbindelse, og som derfor vil gi best informasjon om den aktuelle problemstillingen, vil derfor være C/P. Som det fremgår av tabell 3.9 skiller sedimentene fra vegetasjonsbeltet og fra røttene seg klart ut ved C/P-forhold som er 2-6 ganger høyere enn i Børsesjø og i Limibekken. Dette indikerer at tilførte uorganiske partikler fra nedbørfeltet er viktigste kilde til sedimentasjonen i Børsesjø. Dette inntrykket forsterkes av den relativt høye andelen av uorganiske partikler i sedimentene, ca. 85% (tabell 3.8), selv om mineraliseringen av organisk materiale i en så grunn innsjø som Børsesjø også vil bidra til å redusere andelen organisk materiale.

### 3.3.2 Fosfor i sedimentet - indre gjødsling

Forskjellige fosforfraksjoner ble også analysert i innsjøsedimentene for å kartlegge hvor stort potensiale disse har for lekkasje tilbake til vannet ("indre gjødsling"). Siden fosfor er det element som normalt stimulerer plantenes vekst i innsjøer er fosforet i sedimentet en viktig parameter for å studere innsjøens utvikling og nåværende tilstand. Fosfor i innsjøsediment kan ha opprinnelse i forskjellige kilder (Bostrøm og medarb. 1988):

- mineraler fra nedbørfeltet (f.eks. leire- og jordpartikler)
- organisk stoff fra nedbørfeltet (humus, planterester ol.)
- utfelling med jern og karbonater, eller adsorpsjon til leirepartikler
- organisk stoff produsert i innsjøen (høyere vegetasjon og planteplankton)
- opptak av fosfor fra vannet til fastsittende alger på bunnen
- direkte adsorpsjon av løst fosfor til sedimentet

Disse forskjellige kildene kan ikke direkte skilles ved enkle analysemetoder, men ved å koble forskjellige analyseresulater kan en resonnerer seg fram til endel konklusjoner. Særlig blir sedimentenes

totale innhold av fosfor, jern og organisk stoff, samt forskjellige fosfor-fraksjoner mye brukt i slike vurderinger (se f.eks. Bostrøm og medarb. 1988, Jensen og Andersen 1990). Av flere alternative metoder for å fraksjonere sedimentene har vi valgt den mye brukte metoden til Hieltjes og Lijklema (1980), der fosforet ekstraheres suksessivt vha. forskjellige ekstraksjonsmidler og fosfor-konsentrasjonen analyseres i ekstraktene. Tabellen under viser hvilke ekstraksjonsmidler som brukes og hvilke fraksjoner dette skal representere i sedimentet.

Tabell 3.10 Fosforfraksjoner i sediment etter Hieltjes og Lijklema (1980) isolert vha forskjellige ekstraksjonsmidler

ekstraksjonsmiddel	dominerende fosforfraksjon
NH <sub>4</sub> Cl	Adsorbent-P
NaOH	jern- + aluminiumbundet-P
HCl	kalsiumbundet-P
(resten)	organisk bundet P

Differensen mellom målt total-fosfor og summen av de tre målte fraksjonene øverst i tabell 3.10 antas å være dominert av organiske stoffer. Denne fraksjonen kalles også residual-P.

Hvordan fosforet foreligger bundet i sedimentet er avgjørende for om det lett kan frigjøres til det overliggende vannet igjen og føre til "indre gjødsling". Særlig gjelder det fraksjonene adsorbent-P (som lett frigjøres ved resuspensjon pga. kraftig vind) eller jern- og aluminium-P (som kan frigjøres ved anaerobe forhold eller høy pH).

Tabell 3.11 Fosforfraksjoner i sedimenter fra Børsesjø (4 meters dyp)

	Adsorbent-P (NH <sub>4</sub> Cl-P)	Fe- + Al-P (NaOH-P)	Ca-P (HCl-P)	Organisk-P (Residual-P)
mgP/gTV	0.003	0.960	0.342	0.795
% av tot-P	0.14	45.7	16.28	37.86

Totalinnholdet av fosfor i overflate-sedimentet (0-5cm) var 2.1 mgP/gTV (tabell 3.8). Dette er ganske høyt, men sterkt eutrofierte innsjøer kan ha konsentrasjoner 2-4 ganger høyere. Nå kan fosfor-

konsentrasjonen i dette sedimentet være "tynnet ut" av store mengder leirpartikler fra landbruksområdene rundt, men også andre karakteristika i dette sedimentet tyder på moderat påvirkning av næringsstoffer. Bl.a. var fraksjonen som inneholder lett bundet fosfor (adsorbent-P) beskjedent.

Nesten halvparten av fosforet i sedimentet er bundet i jern- og aluminium-fraksjoner. Det relativt høye jerninnholdet og det høye forholdet mellom jern og fosfor (Fe/P) indikerer at sedimentet fortsatt har godt potensiale til å binde fosfor under oksygenrike forhold. Under oksygenvinn kan derimot denne fosfor-fraksjonen gå i oppløsning og føre til at en stor fosformengde lekker ut i vannet og fører til kraftig indre gjødsling. Observasjonene fra vannet like over bunnen (3.5m) den 7. mars 1991 viste imidlertid ingen tegn på slik lekkasje. Landes målinger fra 1977 viser tegn til svak anrikning i bunnvannet under isen (se hans tabell 14).

Analysene viser også at en ganske stor del av fosforet er knyttet til organisk materiale, men metoden gir ingen direkte informasjon om opprinnelsen av dette, eller om dette er lett eller kraftigere bundet. Innsjøens omgivelser peker dog sterkt i retning av at dette for en stor del har sin opprinnelse i vegetasjonsbeltet (takkør) rundt innsjøen og derved er fast bundet. Det er grunn til å anta at organisk stoff fra planteplankton også sedimenterer i store mengder i Børsesjø, men at dette for en stor del blir brutt ned i vannmassene og på sedimentoverflaten før det blir varig lagret i sedimentene. Dette fordi at innsjøen er så grunn og sirkulerer en stor del av året.

Andelen fosfor bundet til kalsium (Ca-P) var ganske lav, ca. 16%, til tross for at en stor del av nedbørfeltet består av kalkrike bergarter fra kambro-silur. Dersom sedimentprøven fra Limibekken er representativ for løsmassene i øvre del av nedbørfeltet (tabell 3.8) er innholdet av fosfor i utvaskede partikler fra nedbørfeltet ikke særlig høyt.

#### 4. FORSLAG TIL TILTAK

Selv om denne undersøkelsen ikke har gitt mulighet til å diskutere tiltak mot forurensing av Børsesjø og tilgroing i særlig detalj, vil vi punktvis, og ganske generelt, diskutere endel forhold av særlig betydning.

##### 4.1 Forurensningsbegrensende tiltak

Data om vannkvaliteten i tilløpsbekkene og i Børsesjø tyder på at partikkeltransporten er den største trusselen mot formålet om å "bevare et verdifullt våtmarksområde med rik vegetasjon, rikt dyre- og fugleliv". Særlig gjelder dette i perioder der arealene ikke er beskyttet mot erosjon av et plantedekke (se Akselberg 1990). En grundig gjennomgang av nedbørfeltet for å kunne identifisere de mest erosjonsutsatte områder er allerede satt i gang som grunnlag for å finne fram til de mest kosteffektive tiltak. Erfaringer viser at det særlig er to forhold som er effektive mot denne type erosjon:

- å beholde vegetasjonsdekket mark gjennom vinteren, dvs. å unngå all høstpløying
- å opprettholde, evt. reetablere soner langs alle erosjonsutsatte vassdragsansnitt med vegetasjon (kantvegetasjon).

Overflatevann på dyrka mark bør ledes til et tilfredsstillende dreneringssystem for å hindre at vannet kan spyle ut partikler. I forbindelse med SFTs Handlingsplan mot landbruksforurensninger utarbeidet GEFO (nå JORDFORSK) ut omfattende veiledningsmateriale om dette emnet. Dette anbefales som grunnlag for planlegging av evt. hydrotekniske tiltak i nedbørfeltet (plassering av kummer, risttyper, sikring av grøfteutløp, avskjærende grøfter, grasdekte vannveier ol.). Også andre mer driftstekniske tiltak kan komme på tale for å få god erosjonskontroll, som f.eks. redusert jordbearbeiding, konturpløying og dyrking av andre vekster.

Ved siden av å være et betydelig forurensningsproblem representerer også denne erosjonen et alvorlig jordtap.

I tillegg bør alle boliger som drenerer til Børsesjø tilkobles kommunale avløpsnett, eller utstyres med tilfredsstillende lokale løsninger som hindrer næringsstoffene i å nå fram til innsjøen. Dette bl.a. fordi slike utslipp er mye mer tilgjengelig for algevekst i innsjøen enn erosjonsfosfor fra landbruksarealene.

## 4.2 Tiltak mot tilgroing

Tilgroing er en naturlig prosess, men hastigheten på denne prosessen er nå betydelig økt i Børsesjø pga. menneskelige aktiviteter. Partikkeltransporten danner en vesentlig del av grunnlaget for at vegetasjonen skal kunne etablere seg på stadig større deler av Børsesjø, men også andre tiltak kan være aktuelle, eller kanskje nødvendige, for å redusere tilgroingshastigheten.

Det skal også nevnes at vegetasjonsbeltet rundt innsjøen er selve grunnlaget for at innsjøen er verneverdig, og at det må være et mål å bevare dette preget for framtida. Vegetasjonsbeltet er også i seg selv et vern mot ytterligere forurensning av innsjøen, både ved å tjene som erosjonssikring og ved å holde tilbake næringsstoffer. Derimot er det nødvendig å begrense utbredelsen av dette beltet utover mot nye og dypere områder.

Den aktuelle type vegetasjon ut mot innsjøens vannspeil rykker fram hver gang muligheten byr seg: ved lav vannstand i vekstsesongen. Når nye skudd først er etablert kan disse ligge inaktive over lang tid til neste gunstige periode. Vi ser derfor to tiltak som begge kan bidra til å stoppe, evt. reversere denne utviklingen:

- permanent heving av vannstanden, tilbake til situasjonen før en av de mange senkningene (se figur 2.3)
- kunstig regulering av vannstanden slik at denne står høyere om sommeren (minst ut juni) og senkes om vinteren. Nivåforskjellen bør være 0.5-0.8 meter for å få den ønskede virkning.

Ved disse tiltakene vil vegetasjonsbeltet tvinges til å rykke tilbake mot land. Derved settes dagens raske utvikling mot stadig raskere tilgroing så mye tilbake at en vil vinne rikelig med tid før evt. nye tiltak blir nødvendige. Det bør også vurderes om oppdemming kan kombineres med å holde en åpen stripe uten vegetasjon fra innsjøen ned til utløpet, f.eks. ved hjelp av separasjonsduk overdekket med grov grus. Dette for å øke slukeevnen i utløpselva og få bedre kontroll med nivået i innsjøen og dermed hindre unødvendig oppstuvning i flomperiodene.

Andre tiltak som fjerning av bunnslam fra innsjøen eller mekanisk ødeleggelse av ytre deler av vegetasjonsbeltet synes lite egnet. Det første tiltaket anbefales ikke fordi det vil være svært kostbart og

kreve store arealer for avvanning av slam. Begge tiltak vil forstyrre dyre- og fuglelivet pga. stor maskinell aktivitet. I tillegg må det gjentas relativt hyppig for å ha den ønskede effekt.

Høsting av vegetasjon på isdekke om vinteren kan være aktuelt for å øke mangfoldet av planter, men vil neppe ha særlig effekt for å hindre tilgroingsprosessen.

Det understrekes at de forslåtte tiltak vil komme i konflikt med andre interesser, særlig jordbruket, og at dette må bli en politisk avveining.



## LITTERATUR

- Akselberg, Ø. 1990. Forurensningstransport i Børsesjøvassdraget flomperioden januar og februar 1990. Fylkesmannen i Telemark, Miljøvernadv. rapport nr. 13/90. 13s. + vedlegg
- Boström, B., J.M.Andersen, S.Fleischer og M.Jansson 1988. Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. *Hydrobiologia* 170: 229-244
- Børresen, K.C. 1990. Vannkvalitetsdata fra nedre del av Skiensvassdraget 1984-89. Fylkesmannen i Telemark, Miljøvernadv. rapport nr. 9/90. 45s.
- Faafeng, B., P.Brettum og D.O.Hessen 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofilitilstanden i 355 innsjøer i Norge. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapport nr. 389/90, NIVA l.nr. 2355, 57s
- Hieltjes, A.H.M. og L.Lijklema 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. *J. envir. Qual.* 9;405-407
- Jensen, H.S. og F.Ø.Andersen 1990. Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, rapport C4, København, 94s.
- Lande, A. 1979. Limnologiske undersøkelser av Børsesjø naturreservat. Telemark Distriktshøgskole, skrifter nr. 34, 29s.
- Skogheim, O.K. og D.Hongve 1979. Seston og sedimentasjon i Tyrifjorden i 1979. Tyrifjordutvalgets rapport nr. 4. 39s.
- Statens Forurensningstilsyn 1989. Vannkvalitetskriterier for ferskvann

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-1950-1