

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:  
Postboks 333, Blindern  
Oslo 3

Brekke 23 52 80

Rapportnummer: 0-83069
Undernummer:
Løpenummer: 1635
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn i Nord-Trøndelag	Dato: 10. april 1984
	Prosjektnummer: 0-83069
Forfatter(e):  Hans Holtan	Faggruppe: HYDROØKOLOGI
	Geografisk område: Nord-Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 90

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Nord-Trøndelag	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Alle innsjøer er i betydelig grad belastet med gjødselstoffer - fosfor og nitrogen. Østre Dyen og Granavatn er eutrofe (næringsrike), mens Lømsen og Nesvatn kan karakteriseres som mesotrofe innsjøer. Jordbruket er for alle innsjøer den viktigste forurensningskilde.

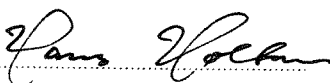
Med unntak av Østre Dyen, er vannets innhold av bakterier ikke spesielt høyt.

En bedring av forurensningstilstanden kan oppnås ved tiltak mot jordbruksforurensninger, men tiltak i selve vannforekomstene kan også være aktuelle.


4 emneord, norske:
1. Nord-Trøndelag
2. Innsjøer
3. Eutrofiering
4. Jordbruksforurensning

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.



Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:

ISBN 82-577-0801-1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-83069

Undersøkelse av

Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn i Nord-Trøndelag

10. april 1984

Saksbehandler: Hans Holtan

Medarbeidere: *Bjørn Korssjøen*  
*Stein-Arne Andreassen*  
Pål Brettum  
Jarl Eivind Løvik  
Brynjar Hals

For administrasjonen:

J.E. Sandal

Lars N. Overrein

## F o r o r d

I 1983 ble det gjennomført en undersøkelse av Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn i Nord-Trøndelag. Hensikten var å belyse forurensningssituasjonen.

Initiativtaker var Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen, som også har planlagt og gjennomført undersøkelsen. NIVA har som oppdrag av Fylkesmannen bearbeidet det biologiske materiale og utarbeidet rapporten. Kjøtt- og næringsmiddelkontrollen på Steinkjer har utført det kjemiske og bakteriologiske analysearbeidet.

Følgende personer har deltatt i arbeidet:

Avd.ing. Bjørn Korssjøen og avd.ing. Stein-Arne Andreassen, Miljøvern-avd. i Nord-Trøndelag:

Tilrettelegging og organisering av prøvetaking, innsamling av omkringinformasjon etc.

Cand.real. Pål Brettum (NIVA) har hatt ansvaret for planteplankton-analysene.

Forskningsassistent Jarl Eivind Løvik (NIVA) har bearbeidet og tolket dyreplanktonmaterialet.

Forskningsassistent Brynjar Hals (NIVA) har stilt sammen meteorologiske data og utført tegnearbeidet.

Cand.real. Hans Holtan er ansvarlig forfatter av rapporten.

Oslo, 10. april 1984

Hans Holtan

I N N H O L D

	Side
FORORD	
1. KONKLUSJON	4
2. SAMMENDRAG	6
3. INNLEDNING	14
4. UNDERSØKELSENS MÅL	14
5. GJENNOMFØRINGEN AV UNDERSØKELSEN	15
6. PARAMETRE OG METODIKK	15
7. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	18
8. BEREGNING AV FORURENSNINGSTILFØRSLER	20
9. DE ENKELTE INNSJØER	22
9.1 <u>Lømsen</u>	22
9.1.1 Nedbørfelt - forurensningskilder	22
9.1.2 Hydrologi og innsjødata	24
9.1.3 Fysisk-kjemiske forhold	26
9.1.4 Biologiske forhold	29
9.1.5 Bakteriologiske forhold	30
9.1.6 Konklusjon	31
9.2 <u>Østre Dyen</u>	32
9.2.1 Nedbørfelt - forurensningskilder	32
9.2.2 Hydrologi og innsjødata	34
9.2.3 Fysisk-kjemiske forhold	34
9.2.4 Biologiske forhold	41
9.2.5 Bakteriologiske forhold	42
9.2.6 Konklusjon	42
9.3 <u>Granavatnet</u>	43
9.3.1 Nedbørfelt - forurensningskilder	43
9.3.2 Hydrologi og innsjødata	44
9.3.3 Fysisk-kjemiske forhold	46
9.3.4 Biologiske forhold	48
9.3.5 Bakteriologiske forhold	50
9.3.6 Konklusjon	51
9.4 <u>Nesvatnet</u>	52
9.4.1 Nedbørfelt - forurensningskilder	52
9.4.2 Hydrologi og innsjødata	54
9.4.3 Fysisk-kjemiske forhold	56
9.4.4 Biologiske forhold	58
9.4.5 Bakteriologiske forhold	60
9.4.6 Konklusjon	60

F I G U R E R

	Side
1. De undersøkte innsjøers beliggenhet	3
2. Vinter- og sommertemperaturer i de undersøkte innsjøer	9
3. Oksygenkurver for vinter- og sommerstagnasjonsperioden	10
4. Variasjoner i klorofyll sommeren 1983	11
5. Bosetting og jordbruk i nedbørfeltet til Lømsen	23
6. Dybdekart over Lømsen	25
7. Bosetting og jordbruk i nedbørfeltet til Vestre og Østre Dyen	33
8. Dybdekart over Østre Dyen	35
9. Østre Dyen. Temperatur og oksygen på de ulike observasjonsdager	37
10. Granavatnet - nedbørfelt	43
11. Granavatnet - dybdekart	45
12. Nesvatnet - nedbørfelt	53
13. Nesvatnet - dybdekart	55

A P P E N D I X

1. Lømsen 1983.	Analyseresultater	62
2. Østre Dyen 1983.	- " -	66
3. Granavatn 1983.	- " -	69
4. Nesvatn 1983.	- " -	73
5. Hjuldyrplankton		76
6. Generelle kommentarer til de ulike parametre		77

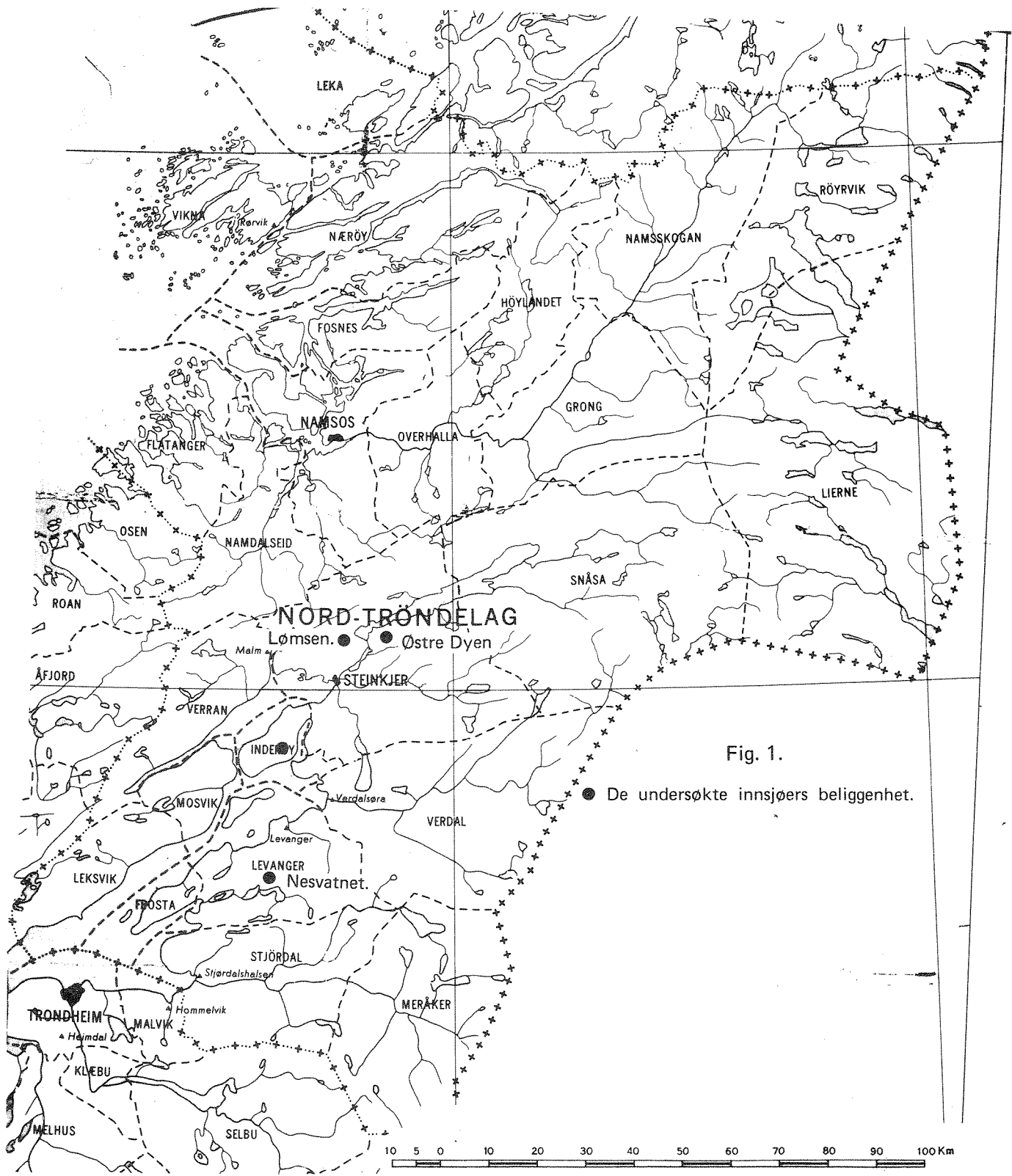


Fig. 1.

● De undersøkte innsjøers beliggenhet.

## KONKLUSJON

- Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn i Nord-Trøndelag ligger i typiske jordbruksdistrikter og er således utsatt for tilførsler av næringsalter fra jordbruket. Av den totale fosforbelastning varierer jordbruksavrenningens andel fra 62 % i Lømsen til 83 % i Granavatn. Østre Dyen synes å motta mer kloakkvann enn de øvrige innsjøer.
- Alle innsjøer har etter norske forhold et høyt innhold av mineral-salter og de synes i betydelig grad å tilføres organisk materiale (humus) fra nedbørfeltene. Dette nedsetter bl.a. gjennomsiktigheten (siktedypet).
- Østre Dyen og Granavatn er i forhold til innsjøenes størrelse sterkt belastet med næringsalter og algeproduksjonen er meget høy sommerstid. Nesvatn synes å være minst påvirket, men også her er oksygenmetningen i dyplagene, i likhet med i de andre lokaliteter, meget lav både sommer og vinter. I Lømsen, som er meget grunn, deltar sedimentene aktivt i stoffomsetningen sommerstid. Fosforet er begrensende faktor for algevekst i alle innsjøer - i Granavatn kan nitrogeninnholdet til tider være begrensende.
- I Lømsen, Granavatn og Nesvatn er vannets innhold av bakterier ofte lavt, men under regnvannsperioden øker konsentrasjonen antakelig som følge av utvasking fra nedbørfeltet. I Østre Dyen er bakterieinnholdet høyere, og dette tyder på større tilførsel av kloakkvann til denne innsjøen enn til de øvrige.
- I Østre Dyen og Granavatn synes analysene av dyreplanktonet å tyde på en kraftig nedbeiting av fisk. Dette virker inn på omsetningen av planteplankton. I Nesvatn, hvor en slik nedbeiting tydeligvis ikke finner sted i samme grad, er det bedre balanse mellom de ulike ledd i næringskjeden, og forekomsten av planteplankton er mindre.
- Eventuelle tiltak for å bedre forurensningssituasjonen i innsjøene må gå veien om reduksjon av fosfortilførselen. Før markerte forbedringer inntreer bør årlig fosfortilførsel til de ulike innsjøer reduseres med:

Lømsen : ca. 600 kg, dvs. fra ca. 1230 til ca. 630 kg/år  
Østre Dyen : ca. 150 kg, dvs. fra ca. 316 til ca. 166 kg/år  
Granavatn : ca. 75 kg, dvs. fra ca. 150 til ca. 75 kg/år  
Nesvatn : ca. 150 kg, dvs. fra ca. 340 til ca. 190 kg/år

Disse verdier er bare retningsgivende, men viser at betydelig innsats må settes inn før tilfredsstillende tilstander oppnås.

- Forurensningstilførsler fra bebyggelsen (boligkloakk) synes å være liten sammenlignet med tilførsler fra jordbruksvirksomheten. Likevel bør sanitæravløpene (septiktanker, ledningssystemer etc.) også være under en viss oppsikt.
- Tiltak som i dag diskuteres for å redusere forurensningstilførsler fra jordbruket er:
  - forbud mot gjødsling på frossen mark (fortrinnsvis gjødsling om våren)
  - forbud mot utslipp fra silo
  - tette gjødselkjellere med tilstrekkelig kapasitet
  - reduksjon av gjødselforbruket pr. arealenhet
  - konturpløying på tvers av terrenghelning
  - buffersoner (ikke dyrket) langs innsjøer og bekker
  - bruk av høstsed for å binde jordsmonn
- I Østre Dyen og Granavatn vil vi anbefale at fiskebestanden undersøkes (enkel undersøkelse) med tanke på eventuell rotenonbehandling. Dette for å oppnå bedre balanse i økosystemet og følgelig reduksjon av forekomsten av planteplankton. Eventuelle andre ukonvensjonelle tiltak kan også vurderes.
- Betydningen av eventuelle tiltak med hensyn til fosforreduksjon bør kalkuleres før de settes ut i livet.



## 2. SAMMENDRAG

Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen, har i 1983 sammen med NIVA gjennomført en enkel undersøkelse av fire små innsjøer i Nord-Trøndelag, nemlig Lømsen og Østre Dyen like nord for Steinkjer, Granavatn på Inderøya og Nesvatn ved Levanger. Miljøvernavdelingen har forestått prøvetaking, de kjemiske og bakteriologiske analyser og innsamling av omkring-informasjon, mens NIVA har besørget de biologiske analyser, tolkning av resultatene og utarbeidelse av rapport.

- Innsjødata:

	Lømsen	Østre Dyen	Granavatn	Nesvatn
Overflateareal, km <sup>2</sup>	2,20	0,27	0,13	0,76
Innsjøvolum, mill. m <sup>3</sup>	7,0	4,0	1,27	5,15
Største dyp, m	7	29	23	14
Middeldyp, m	3,2	14,7	9,8	6,8
Nedbørfelt, km <sup>2</sup>	33,9	4,9	3,6	9,0
Midlere tilrenning l/s	1400	180	125	271
Teoretisk oppholdstid, år	0,16	0,73	0,32	0,60

Alle fire innsjøer ligger under den marine grense, dvs. lavere enn 200 m. De har varierende størrelse og dybdeforhold. Lømsen, som har det største overflateareal, er grunnest, mens Granavatn, som er en meget liten innsjø (130 da.), er relativt dyp. Nedbørfeltenes størrelse varierer også. Vannets teoretiske oppholdstid angir forholdet mellom nedbørfeltets størrelse eller den midlere avrenning og innsjøenes størrelse.

- Nedbørfeltene:

	Lømsen	Østre Dyen	Granavatn	Nesvatn
Fulldyrka jord, da.(%)	6662 (20)	1914 (37)	700 (20)	1861 (21)
Overflatedyrka, da.			400 (10)	213 (2)
Produktiv skog, da.	13362 (39)	2800 (55)	2000 (56)	5555 (62)
Vann da.	2400 (7)	271 (5)	130 (4)	762 (8)
Annet da.	11476 (34)	180 (3)	350 (10)	637 (7)
Sum da.	33900	5165	3580	9028
Antall storfe	500	160	147	124
Antall personer	360	291	40	60

Innsjøene ligger i typiske jordbruksområder, og for Lømsen, Granavatn og Nesvatn er ca. 20 % av nedbørfeltet fylldyrka jord, mens tilsvarende tall for Østre Dyen er hele 37 %. Husdyrhold synes i stor grad å prege jordbruksvirksomheten. For Østre Dyen og Granavatn er en stor del av bosettingen tilknyttet avskjærende kloakkledninger som fører avløpsvannet ut av nedbørfeltet.

● Næringsbelastning (fosfor og nitrogen)

Fosfor	Lømsen		Østre Dyen		Granavatn		Nesvatn	
	kg P/år	%	kg P/år	%	kg P/år	%	kg P/år	%
Tettsteder/reanseanl.	60	5	0	0	0	0	0	0
Spredt bosetting	180	15	70	22	5	3	40	12
Jordbruk	770	62	220	70	125	83	240	71
Skog/utmark	220	18	26	8	20	14	60	17
<b>Totalt</b>	<b>1230</b>	<b>100</b>	<b>316</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>340</b>	<b>100</b>
=====								
Nitrogen	kg N/år		kg N/år		kg N/år		kg N/år	
	kg N/år	%	kg N/år	%	kg N/år	%	kg N/år	%
Tettsteder/reanseanl.	300	1	0	0	0	0	0	0
Spredt bosetting	860	4	340	7	20	1	180	3
Jordbruk	14000	67	4020	79	2300	80	4360	74
Skog/utmark	6000	28	720	14	550	19	1380	23
<b>Totalt</b>	<b>21160</b>	<b>100</b>	<b>5080</b>	<b>100</b>	<b>2870</b>	<b>100</b>	<b>5920</b>	<b>100</b>

Tilførslene av næringsalter er beregnet på bakgrunn av antatte avrenningskoeffisienter. Ved å studere sammenhengen mellom fosforkonsentrasjonen og klorofyllinnholdet i innsjøene (modellbetraktninger) synes de angitte belastningsverdiene å være i god overensstemmelse med de en kunne forvente. For alle innsjøer synes jordbruksvirksomheten å være den dominerende fosfor- og nitrogenkilde.

● Belastning i forhold til innsjøenes størrelse:

	Fosfor, g P/m <sup>2</sup>	Nitrogen, g N/m <sup>2</sup>
Lømsen	0,56	9,6
Østre Dyen	1,17	18,8
Granavatn	1,15	22,1
Nesvatn	0,45	7,8

Ved å betrakte den totale belastning i forhold til innsjøenes størrelse (overflate), skiller Østre Dyen og Granavatn seg ut og har en belastning over dobbelt så stor som for Lømsen og Nesvatn.

● Generell vannkjemi (middelverdier)

Komponent	Lømsen	Østre Dyen	Granavatn	Nesvatn
pH	7,0	7,2	7,1	6,9
Konduktivitet, $\mu\text{S/m}$	10,4	15,5	15,9	9,9
Kalsium, mg Ca/l	13,0	20,0	16,5	
Magnesium, mg Mg/l	2,0	2,5	1,8	
Klorid, mg Cl/l	14,9	12,1	13,8	
Sulfat, mg $\text{So}_4$ /l	6,0	10,0	7,0	
Alkalitet, mmol./l	0,81	1,15	1,03	
Aluminium, mg Al/l	0,046	0,031	0,029	
Organisk stoff, mg $\text{KMnO}_4$ /l	36	28	35	27
Siktedyp, m	2,2	1,8	1,4	2,3

I alle fire innsjøer har vannet vanligvis en nøytral reaksjon, men om sommeren kan pH i overflatelagene stige henimot pH 9 som følge av algeproduksjon (fotosyntese). I dyplagene ble det fra tid til annen målt pH på 6,5.

Innsjøenes beliggenhet under den marine grense kommer til uttrykk ved høy konduktivitet og høyt klorid- og sulfatinnhold. Høyt kalsiuminnhold kan dessuten også ha sammenheng med innsjøens beliggenhet i områder som geologisk er bygd opp av kambro-silur bergarter.

Vannet i alle innsjøer er i betydelig grad belastet av organisk materiale (humus og algemateriale). På grunn av høyt innhold av algemateriale, humusstoffer og erosjonsprodukter fra nedbørfeltet, er siktedypet lavt i alle innsjøer. I Nesvatn er det ved enkelte sommerobservasjoner målt siktedyp på 4 m.

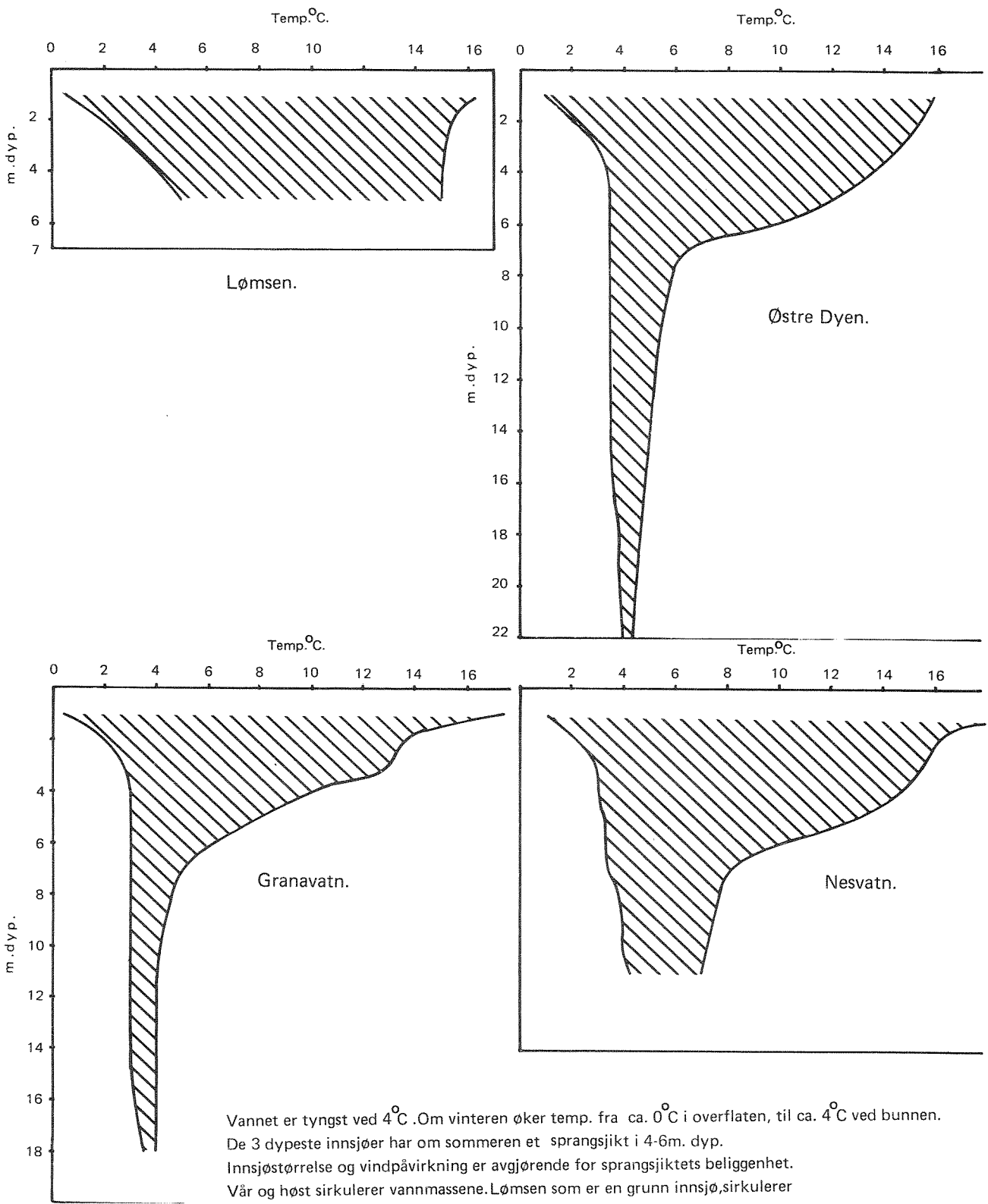


Fig. 2. Vinter- og sommertemperaturer i de undersøkte innsjøer

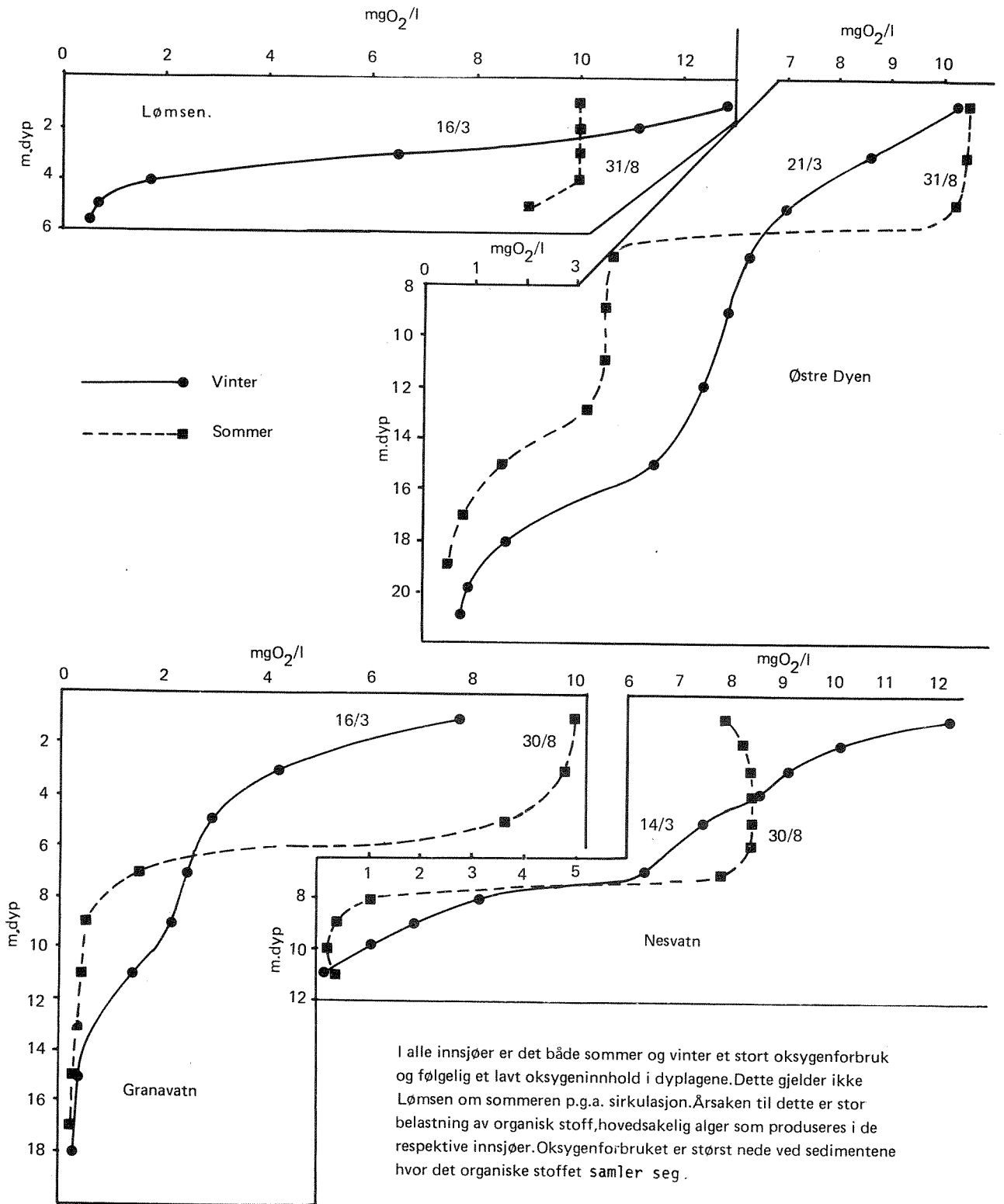
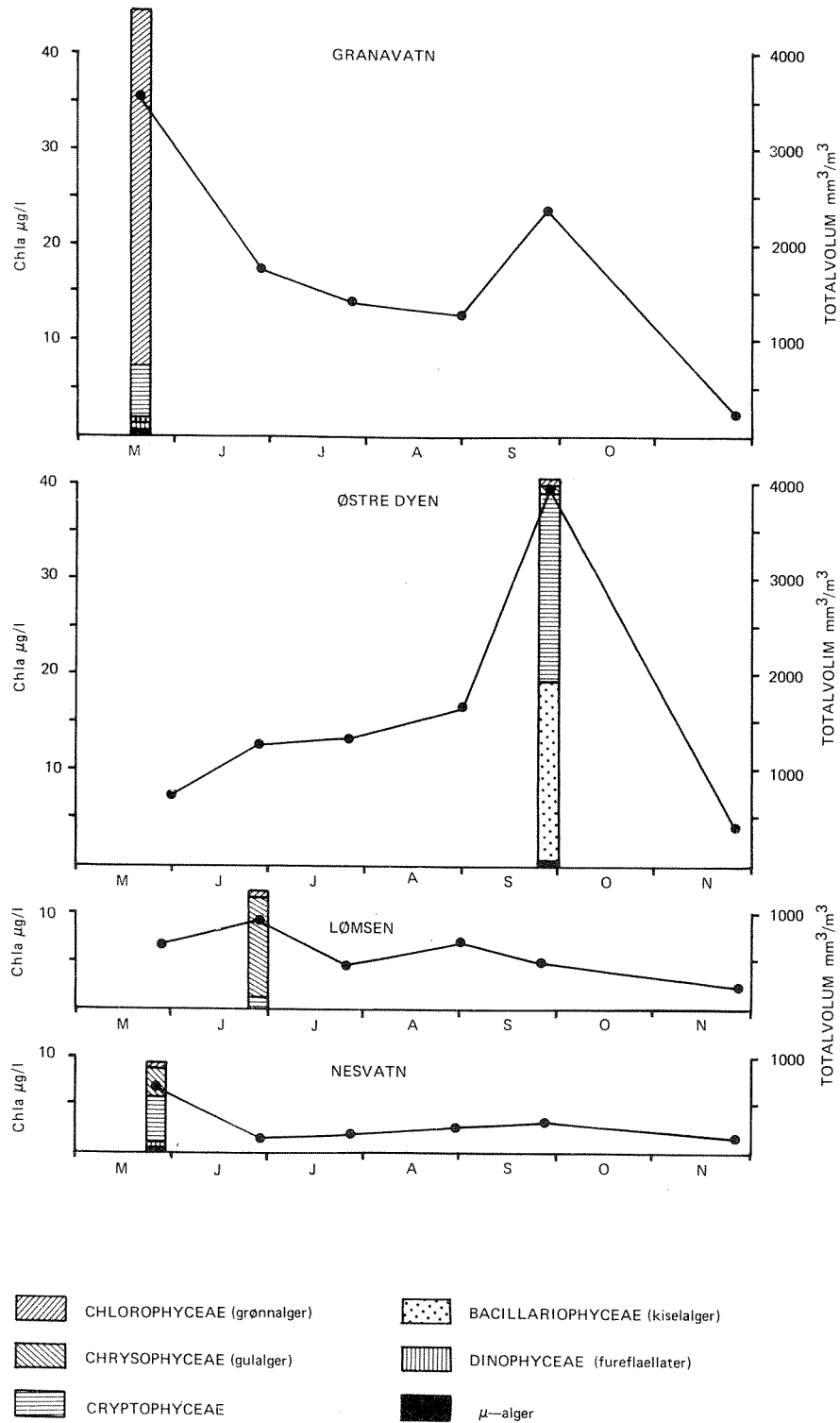


Fig. 3. Oksygenkurver for vinter og sommerstagnasjonsperioden.



TOTALVOLUM OG SAMMENSETNING AV PLANTEPLANKTON VED  
DET REGISTRERTE KLOROFYLLMAKSIMUM ER PLOTTET INN I FIGUREN

Fig. 4. VARIASJONER I KLOROFYLL I SESONGEN 1983.

● Næringssalter (middelverdier)

Komponent	Lømsen	Østre Dyen	Granavatn	Nesvatn
Totalfosfor, $\mu\text{g P/l}$	27	33	77	21
Totalnitrogen, $\mu\text{g N/l}$	472	691	950	630
Nitrat, $\mu\text{g N/l}$	165	390	180	315
Ammoniakk, $\mu\text{g N/l}$	13	73	316	48

På bakgrunn av analyseresultatene er Granavatn uten sammenligning den av de undersøkte innsjøer som er sterkest belastet med næringssalter, men næringssaltkonsentrasjonene er også meget høye i de andre innsjøer. Ved siden av den ytre belastning (fra nedbørfeltet) foregår i stagnasjonsperiodene en utløsning av salter fra sedimentene som også bidrar til å øke konsentrasjonene. I Lømsen sirkulerer vannmassene til bunns hele sommeren igjennom, og dette hindrer utløsning av sedimentfosfor på denne tid. I denne innsjøen deltar sedimentene aktivt i stoffomsættningen.

Plantep plankton

Plantep planktonets biomasse er målt som klorofyll a en gang hver måned i tiden mai-oktober 1983. Maksimumsverdi og middelverdi mai-september (produksjonsperioden) er angitt nedenfor:

Klorofyll a, $\mu\text{g/l}$	Lømsen	Østre Dyen	Granavatn	Nesvatn
Maks. verdi	9,2	39,7	35,1	6,4
Middelverdi (mai-sept.)	6,5	17,9	20,6	3,2

Klorofyllkonsentrasjonen var til dels meget høy i alle de undersøkte innsjøer. Dette gjelder spesielt Østre Dyen og Granavatn som er klart eutrofe innsjøer. Lømsen kan ut fra algebiomasse karakteriseres som mesotrof, mens Nesvatn var noe mer næringsfattig.

Algesamfunnet var til dels dominert av grønnalger (Granavatn), kiselalger og Cryptophyceae (Østre Dyen og Nesvatn) og gulalger (Lømsen). Blågrønnalger ble ikke observert i prøvene - slike alger var heller ikke til stede i de andre prøver som ikke ble ytterligere analysert.

### Dyreplankton

Analysene av dyreplanktonet i Lømsen viste at prøvene hadde et tydelig innslag av dyr fra strandsonen - noe som er vanlig i grunne og vindeksponerte lokaliteter. Forekomsten av strandformer i planktonet øker gjerne ved eutrofiering.

Sammensetningen av dyreplanktonet i Østre Dyen og Granavatn tyder på hardt predasjonspress fra planktonspisende fisk. Dette gjelder spesielt Granavatn, hvor 3-pigget stingsild forekom i prøvene.

I Nesvatn var det en relativ stor forekomst av Daphnia spp., som er en effektiv planteplanktonspiser. Dette virker gunstig inn på mengde planteplankton i innsjøen.

### Bakterier

Østre Dyen var til tider betydelig bakteriologisk forurenset, noe som tyder på tilførsler av kloakkvann. I de øvrige innsjøer var bakterieinnholdet relativt lavt.



### 3. INNLEDNING

I begynnelsen av 1983 fremla Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvern-avdelingen, forslag om undersøkelse av belastede innsjøer og vann i fylket (notat av 23/2 og brev til Miljøvernavdelingen av 25. februar 1983). Undersøkelsen som omfattet Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn ble satt i gang i mars 1983. På initiativ fra Miljøvernavdelingen, ble det 20. mai 1983 arrangert et møte på Steinkjer mellom fylkets folk (Mv.avd. og Fylkeskommunen) og NIVA hvor undersøkelsesopplegget ble diskutert. Samme dag ble det foretatt en befaringsreise til noen av de aktuelle lokaliteter.

I brev av 20/7 1983 fra Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, ble NIVA forespurt om en viss bistand med hensyn til biologiske analyser, tolkning av observasjonsmateriale og utarbeidelse av rapport. Oppdraget ble akseptert av NIVA (brev av 9/9 1983).

Avdelingsingeniør Bjørn Korssjøen, Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, har vært saksbehandler og den drivende kraft i gjennomføringen av undersøkelsen. Han har sammen med avd.ing. Stein-Arne Andreassen forestått alt feltarbeid.

På NIVA har cand. real. Hans Holtan vært saksbehandler. Cand. real. Pål Brettum har vært ansvarlig for algetellinger og cand. mag. Eivind Løvik for bearbeidelsen av dyreplanktonet. Ingeniør Brynjar Hals har bearbeidet de meteorologiske data, tegnet figurer etc.

### 4. UNDERSØKELSENS MÅL

Undersøkelsen omfatter fire forurensningsbelastede innsjøer og vann i Nord-Trøndelag, nemlig (figur 1):

Lømsen  
Østre Dyen  
Granavatnet  
Nesvatnet

Hensikten med undersøkelsen var å fremskaffe data om forurensningstilstanden i de angitte innsjøer ved hjelp av fysisk-kjemiske, biologiske og bakteriologiske parametre. Videre å etablere kunnskaper om innsjøenes tilstand for å kunne dokumentere behovet for eventuelle restriksjoner og tiltak. Dessuten er det ønskelig på sikt å kunne dokumentere utvik-

ling i belastningstilstanden som følge av forandring i forurensnings-tilførsler ut fra iverksatte tiltak.

#### 5. GJENNOMFØRINGEN AV UNDERSØKELSEN

Undersøkellesprogrammet er utarbeidet av Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvern-avdelingen. Programmet går ut på innsamling av prøver fra flere dyp i innsjøene i mars og en gang i måneden i tidsrommet mai-oktober 1983.

All prøveinnsamling og feltundersøkelser er blitt foretatt av Miljøvern-avdelingen. Innherred kjøtt- og næringsmiddelkontroll, Steinkjer, har forestått det kjemiske og bakteriologiske analysearbeidet. Klorofyll-analyser og bestemmelse av plante- og dyreplankton er utført ved NIVA.

Miljøvern-avdelingen har også loddet opp innsjøene og tegnet dybdekart. Dessuten har de samlet inn data angående arealfordeling og forurensnings-tilførsler.

#### 6. PARAMETRE OG METODIKK

Eutrofiering ansees å være den viktigste forurensningseffekt i de undersøkte innsjøer. Undersøkelsen er derfor lagt opp slik at det skal være mulig å få en forståelse av innsjøenes eutrofitilstand samt hvilke forurensningskilder som er av størst betydning. Ved valg av parametre er hovedvekten lagt på konsentrasjonsnivået av nærings-salter (fosfor og nitrogen) samt klorofyll og algeforekomst. Vannets innhold av koliforme bakterier er også av stor interesse i denne sammenheng, fordi slike bakterier utskilles fra tarmkanalene på mennesker og varmblodige dyr og derfor kan angi grad av kloakkvannspåvirkning.

Under feltarbeidet ble det brukt en Ruthner vannhenter for innsamling av kjemiske prøver. Temperatur og oksygen ble målt elektrometrisk - oksygenmeter GSI modell 54. De kjemiske analyser er utført av Innherred kjøtt- og næringsmiddelkontroll i henhold til Norsk Standard. Siktedypet ble målt med en hvit skive (diameter 2,5 cm) som senkes ned i vannet - siktedypet er avstanden fra overflaten til det dyp hvor skiven forsvinner av syne. Visuell farge anslåes subjektivt mot skiven i halvt siktedyp.

De bakteriologiske prøver ble samlet inn med en spesiell prøvetaker (konstruert ved NIVA).

Analyseparametre, fysisk-kjemiske, biologiske og bakteriologiske er som følger:

Målt i felt	{	Siktedyp (avstand fra overflate til sikteskiven forsvinner ut av syne.	
		Visuell farge (farge sett mot sikteskive i halvt siktedyp)	
		Temperatur,	$^{\circ}\text{C}$
		Konduktivitet,	mS/m
		Oksygen,	mg $\text{O}_2$ /l
		pH	
Kjemiske analyser utført på lab. i Steinkjer	{	Total nitrogen,	mg N/l
		Ammoniakk,	$\mu\text{g N/l}$
		Nitrat og nitritt,	$\mu\text{g P/l}$
		Total fosfor,	$\mu\text{g P/l}$
		LRMP,	$\mu\text{g P/l}$ (løst molybd. reakt. fosfor)
		Fosfat fosfor,	$\mu\text{g P/l}$ (anol. noen ganger)
		KOF (org. stoff),	mg O/l (målt som $\text{KMnO}_4$ -forbruk)
		Klorid,	mg Cl/l (bare i mars)
		Sulfat,	mg $\text{SO}_4$ /l ( " )
		Kalsium,	mg Ca/l ( " )
Magnesium,	mg Mn/l ( " )		
Alkalitet,	mmol/l ( " )		
Aluminium,	mg Al/l ( " )		
Biol.anal. utført på NIVA	{	Klorofyll,	mg kl.a/l (ikke målt i mars)
		Planteplankton Dyreplankton	Bare noen prøver analysert, resten lagret
Bakt.prøver utført i Steinkjer	{	Koliforme bakt.	$37^{\circ}\text{C}$ , antall/100 ml
		"	$44^{\circ}\text{C}$ , "

Klorofyllprøvene, ca. 2 l blandprøver, ble filtrert og derpå dypfrost straks prøvene var kommet til laboratoriet. Senere ble filtrene i dypfrost tilstand sendt til NIVA for analysering.

Plantep planktonprøvene ble samlet inn som kvalitative prøver, konservert med Lugols løsning og senere sendt til NIVA hvor de er lagret. Analyseringen (en prøve fra hver innsjø) ble utført med et omvendt mikroskop.

Dyreplanktonprøvene ble samlet inn ved hjelp av vertikale håvtrekk fra innsjøenes dypeste punkt månedlig fra mai til og med oktober/november. Håvens åpningsdiameter var 30 cm og maskevidden 95  $\mu\text{m}$ . Håvtrekk gir ikke sikre kvantitative mål og dataene presenteres derfor som antall individer pr. håvtrekk.

For både planteplanktonet og dyreplanktonet må det bemerkes at innsjøen gjennomgår betydelige naturlige svingninger både hva artssammensetning og mengde angår, både fra årstid til årstid, og fra år til år. Med så sjelden prøvetaking (og analysering), vil ikke dataene gi noen sikre holdepunkter hverken hva kvalitet eller kvantitet angår.

## 7. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

I nedenstående tabell er angitt lufttemperatur og nedbør på de to meteorologiske stasjoner Namdalseid og Verdal-Sul for 1983 og normalperioden 1931-1960. Dessuten er tilsvarende data for Steinkjer i periodene 1921-30 (temp.) og 1962-1966 (nedbør) oppgitt.

### Meteorologiske data (temp. og nedbør) fra Namdalseid, Verdal-Sul og Steinkjer

Lufttemperatur, °C														
Stasjon	Periode	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ar
Namdalseid, 85 m.o.h.	1931-60	-5,9	-4,9	-1,9	2,6	7,4	11,1	14,5	13,1	9,0	4,2	-0,4	-2,6	3,9
	1983	-1,8	-3,2	-1,0	3,3	8,9	9,7	12,9	10,8	9,5	4,2	-1,3	-3,2	4,1
	Diff.	+4,1	+1,7	+0,9	+0,7	+0,5	-1,4	-1,6	-2,3	-0,5	0	-0,9	-0,6	+0,2
Verdal-Sul, 251 m.o.h.	1931-60	-6,6	-5,8	-3,1	1,6	6,4	10,7	13,8	12,3	8,1	3,3	-0,9	-3,7	3,0
	1983	-2,7	-4,8	-2,4	2,6	8,5	10,0	13,4	10,7	8,7	3,8	-1,3	-2,9	3,6
	Diff.	+3,9	+1,0	+0,7	+1,0	+2,1	-0,7	-0,4	-1,6	+0,6	+0,5	-0,4	+0,8	+0,6
Steinkjer 5 m.o.h.	1921-30	-3,9	-3,4	-0,8	4,2	8,5	12,5	15,6	14,4	10,3	5,4	1,6	-1,6	5,2
Nedbør i mm:														
Stasjon	Periode	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ar
Namdalseid	1931-60	111	106	102	75	55	70	69	77	111	138	94	107	1115
	1983	294	100	84	48	57	36	128	166	147	320	316	202	1898
	Diff.	+183	-6	-18	-27	+2	-34	+59	+89	+36	+182	+222	+95	+783
Verdal-Sul	1931-60	65	64	63	64	56	88	92	91	106	111	67	71	938
	1983	154	31	48	33	35	57	120	139	200	214	201	108	1340
	Diff.	+89	-33	-15	-31	-21	-31	+28	+48	+94	+103	+134	+37	+402
Steinkjer	1962-66	74	71	70	62	50	74	75	80	93	99	68	74	890

Generelt kan sies at vinteren og våren 1983 var varmere enn normalt, mens resten av året var kaldere. Spesielt var sommermånedene juni, juli og august kalde. På årsbasis var lufttemperaturen (middel) like i overkant av normalt.

Månedene fra og med februar til og med juni var nedbørfattige sammenlignet med et normalår. Alle de andre måneder hadde større nedbørhøyder enn normalt. Spesielt er det grunn til å merke seg de høye nedbørmengder

ut over høsten (særlig oktober og november) som sannsynligvis hadde stor betydning for utgraving og tilførsel av store mengder erosjonsmateriale til vannforekomstene, særlig fra åpen og nypløyd åkermark hvor vegetasjonen ikke lenger hadde noen bindende virkning.

På årsbasis var nedbøren dobbelt så høy som i et normalår. Det finnes dessverre ingen vannføringsstasjoner i de undersøkte innsjøer (vasdrag) og derfor blir de teoretiske verdier som er oppgitt av NVE (Hydrologiske undersøkelser i Norge, 1958) brukt. Verdiene varierer fra 30 l/sek km<sup>2</sup> (Nesvatn) til 40 l/sek km<sup>2</sup> (Lømsen). Vi går ut fra at de nevnte verdier er normalverdier, men de blir likevel anvendt i denne rapport slik at de beregnede oppholdstider, tilførsler etc. må betraktes som "normalverdier" og ikke eksakte verdier for 1983.

## 8. BEREGNING AV FORURENSNINGSTILFØRSLER

Da det i de aktuelle områder ikke er foretatt noen målinger og undersøkelser av forurensningstilførsler, må beregningene utføres/bygge på erfaringer fra andre landsdeler, modellbetraktninger og kvalifisert skjønn.

Som grunnlag for beregning av tilførsel av næringsalter fra husholdninger har vi som vanlig regnet med at en person (personekvivalent) representerer 2,5 g fosfor og 12 g nitrogen pr. døgn. Aktive slamanlegg er antatt å redusere fosfortilførslene med 20 % og nitrogentilførslene med 15 %. Næringssalttilførsel fra spredt bosetting er anslått blir redusert med 30 % som følge av tilbakeholdelse i jordsmonnet, selvrensing etc.

Forurensningstilførsler fra jordbruksområder varierer sterkt med den anvendte gjødselens mengde og art, jordsmonn, jordarealenes beliggenhet i forhold til vannforekomst og ikke minst nedbørsmengde og variasjon. Dette betyr at tilførslene fra slike aktiviteter varierer sterkt fra sted til sted, fra årstid til årstid og fra år til år. Erfaringsmessig regner vi med at slike tilførsler fra år til år kan variere med minst en faktor på 2, kanskje mer.

Helge Lundekvam ved Norges landbrukshøgskole har funnet at jordbruket inklusive jordbruksbebyggelsen representerer 450 kg fosfor pr. km<sup>2</sup> og år på Namdalseid og 310 kg fosfor pr. km<sup>2</sup> og år i Verdal (Nordforsk: 13. nordiska symposium 1977; Diffuse forurensninger).

I forbindelse med Mjøsundersøkelsen ble det ved målinger fastslått at jordbruket representerte mellom 40 og 50 kg fosfor/km<sup>2</sup> og år. Her varierer avrenningen mellom 10 og 20 l/sek. pr. km<sup>2</sup>, mens tilsvarende tall i Steinkjertraktene er ca. 40 l/sek. pr. km<sup>2</sup>. Ved en undersøkelse i en rekke jordbruksfelter i Telemark i tidsrommet 1975-1979 (0-70112, 15/8 1979) kom vi frem til at den midlere tilførsel fra dyrket mark var ca. 74 kg fosfor/km<sup>2</sup> og år. Avrenningen her er 25-30 l/sek. pr. km<sup>2</sup> og år. På bakgrunn av dette samt modellbetraktning (forankret i fosforkonsentrasjonen i innsjøene) er vi kommet til at fosfortilførselen fra jordbruk i Steinkjerområdet varierer i området 100-150 kg fosfor/km<sup>2</sup> og år.

Her har vi valgt 115 kg fosfor pr. km<sup>2</sup> og år. Nitrogentilførselen fra jordbruket er satt til 2100 kg pr. km<sup>2</sup> år (Landsplan for bruken av vannressursene 1975).

Fra skog og utmarksområder er det regnet med en fosfor- og nitrogentilførsel på henholdsvis 8,0 kg fosfor/km<sup>2</sup> og år og 220 kg nitrogen pr. km<sup>2</sup> og år.



## 9. DE ENKELTE INNSJØER

### 9.1 Lømsen

#### 9.1.1 Nedbørfelt - forurensningskilder

Lømsen ligger i Steinkjer kommune tett ved riksvei E6 ca. 8 km rett nord for Steinkjer. Den har avløp til de vestlige deler av Snåsavatn-Langhammer. Lømsen er i dag et godt fiskevatn med ren ørretbestand (fig. 5).

#### Arealfordeling og husdyrhold

Lømsens nedbørfelt er på ca. 33,9 km<sup>2</sup>. Store deler av feltet er flatt og myrlendt. Landbrukskontoret i Steinkjer oppga følgende data angående arealfordeling:

Fulldyrka jord	6.662 da
Produktiv skog	13.362 "
Utmark ÷ vannareal	11.476 "
Vannareal	<u>2.4 "</u>
Totalt ca. 33.900 da eller 33,9 km <sup>2</sup>	

Ifølge samme kilde tilsvarer husdyrholdet 500 storfeenheter.

#### Bosetting

Fra byingeniøren i Steinkjer kommune er det innhentet følgende opplysninger angående bosettingen i Lømsens nedbørfelt:

44 gårder  
72 eneboliger  
2 bilforretninger/verksted  
2 dagligvareforretninger  
Grendehus.

Det oppgis videre at 17 boliger på Asphaugen, et grendehus, en bilforretning og en dagligvareforretning (ca. 120 p.e.) er tilknyttet offentlig kloakk - biologisk renseanlegg. Det er et eldre anlegg og har i perioder driftsproblemer og lav renseeffekt med hensyn til BOF<sub>7</sub> (30-40 %). Ved normal god drift kan en regne med en renseeffekt for BOF<sub>7</sub> på ca. 90 %. Videre blir det opplyst at det finnes 32 forskriftsmessige og 67 eldre anlegg. Hvis det antas at det bor 3 personer i hver bolig (Steinkjer kommune), bor det i nedbørfeltet ca. 360 personer totalt.

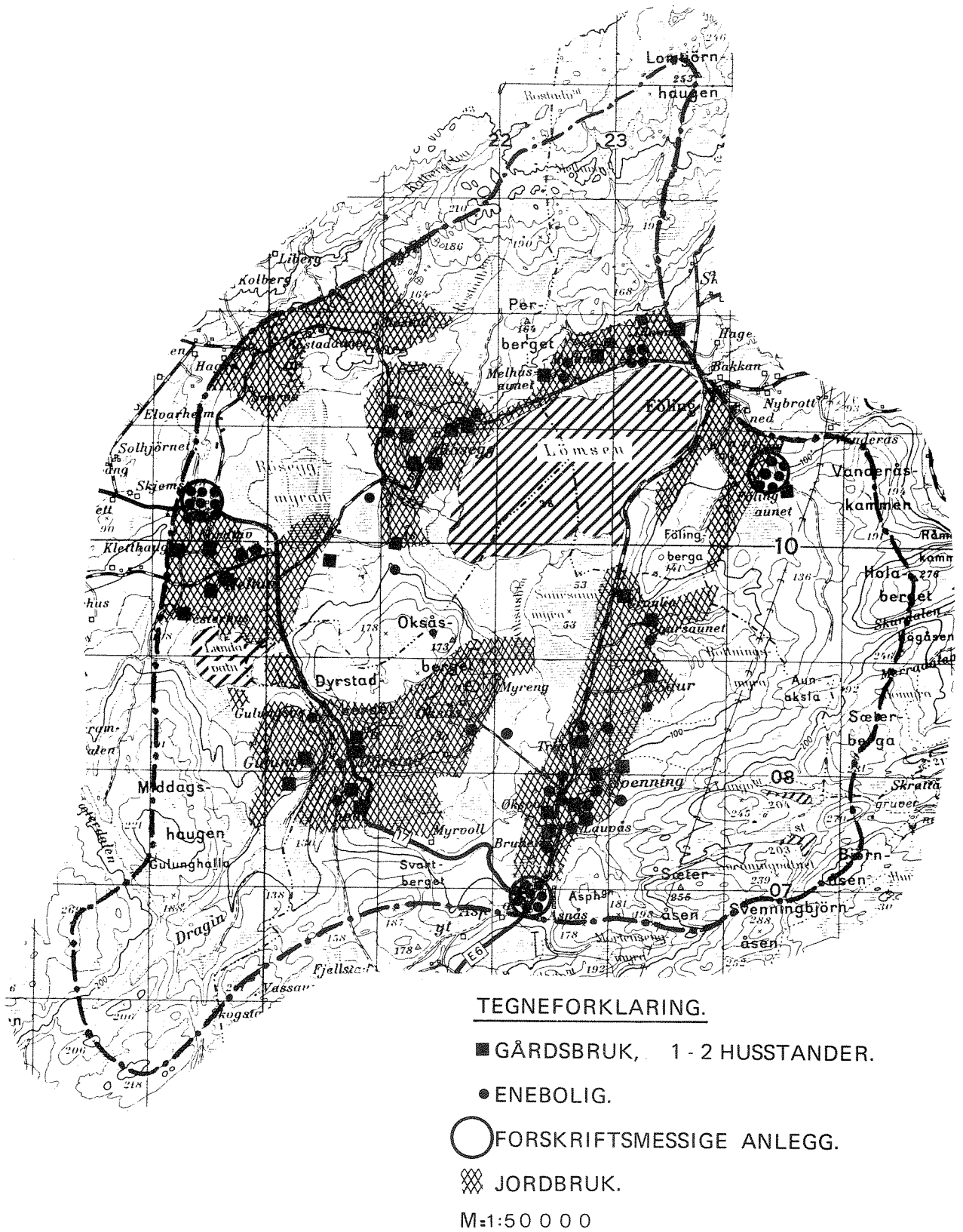


Fig. 5 Bosetting og jordbruk i nedbørfeltet til Lømsen

### Forurensningstilførsler

Ut fra betraktningene i kapittel 8, vil de midlere årstilførsler av næringsalter til Lømsen bli omtrent som følger:

	<u>Fosfor</u>	<u>Nitrogen</u>
Aktivt slamanlegg (80 pe.):	60 kg	300 kg
Spredt bebyggelse (280):	180 "	860 "
Jordbruk (6.662 km <sup>2</sup> ):	770 "	14000 "
Skog og utmark (27,2 km <sup>2</sup> ):	220 "	6000 "
<u>T i l s a m m e n</u>	<u>1230 kg</u>	<u>21160 kg</u>

På bakgrunn av modellbetraktninger vil ca. 30 % av det tilførte fosfor holdes tilbake i Lømsen slik at den årlige transport av fosfor ut av innsjøen blir ca. 810 kg svarende til en midlere konsentrasjon på ca. 20 µg P/l i utløpsbekken (i middel). (Til sammenligning kan nevnes at middelverdien for målte fosforverdier i Lømsen er 22,6 µg P/l).

#### 9.1.2 Hydrologi og innsjødata

Ifølge "Hydrologiske undersøkelser i Norge, NVE 1958", er arealavrenningen i Lømsenområdet 40 l/sek. pr. km<sup>2</sup>. Dette tilsvarer en midlere avrenning fra Lømsens nedbørfelt på ca. 1,4 m<sup>3</sup>/sek.

Lømsen er loddet opp av Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag som også har tegnet dybdekart (figur 6). På bakgrunn av dette kart er innsjøens volum beregnet.

Følgende tabell angir de viktigste data angående innsjøen og de hydrologiske forhold.

Overflateareal	2,2 km <sup>2</sup>
Innsjø-volum	7 mill. m <sup>3</sup>
Største dyp	7 m
Middeldyp (volum i overfl.)	3,2 m
Nedbørfelt	33,9 km <sup>2</sup>
Tilrenning	1,4 m <sup>3</sup> /sek.
Teoretisk oppholdstid	0,16 år

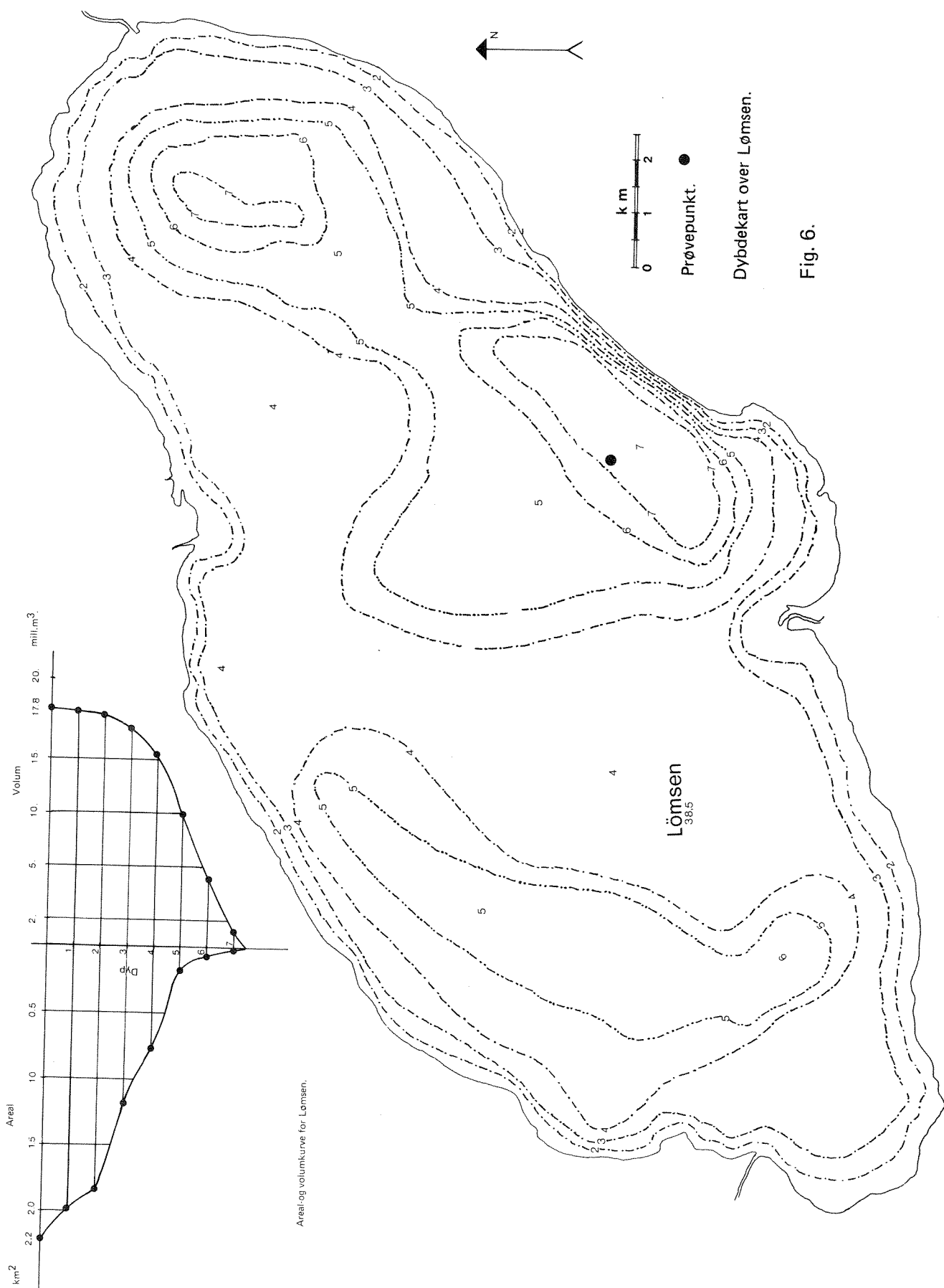


Fig. 6.

Størstedelen av innsjøbassenget utgjøres av en jevn slette under 4-5 m dyp. Store deler av strandområdene er bevakst med makrofytter, hovedsakelig takrør.

### 9.1.3 Fysisk-kjemiske forhold

De fysisk-kjemiske analyseresultater er gjengitt i apendixtabell 1.

#### Siktedyp og visuell farge

Begge disse parametre er til dels avhengig av algeproduksjon i innsjøen og til dels tilførsler av løste og partikulære stoffer fra nedbørfeltet.

De høyeste siktedypverdiene ble observert om sommeren med 3,7 m den 25/7 og de laveste utover høsten med 0,9 m den 25/10. Sommerverdiene var sannsynligvis i stor grad betinget av vannets innhold av alger - de relativt sett lave klorofyllverdier den 25/7 da siktedypet var størst, synes å tyde på dette. Det kraftige regnværet utover høsten medførte sannsynligvis store tilførsler av partikulært materiale fra nedbørfeltet - vannet ble grumsete og siktedypet avtok. Erosjonsprosessene ble sannsynligvis forsterket etter høstsonna når åkerarealene ble liggende åpne uten vegetasjonsdekke og tildels nypløyde.

Vannets visuelle farge var hele tiden gul-brun og dette antyder at tilførsler fra nedbørfeltet hadde en markert påvirkning. Den gule komponent som synes å ha vært sterkest om sommeren er i vesentlig grad forårsaket av alger.

#### Temperatur

I mars - under isdekket - økte temperaturen fra 0,5 °C på 1 m til 5 °C ved bunnen (5 m). De relativt sett høye bunnvannstemperaturer skyldes sannsynligvis til dels frigivelse av lagret "sommervarme" i sedimentene og til dels kjemiske reaksjoner.

Om sommeren er det naturlig at temperaturen i denne grunne innsjø var av samme størrelsesorden i alle dyp. Hele vannmassen sirkulerer fra topp til bunn. De høyeste temperaturer (ca. 16 °C) ble naturlig nok målt i juli og de laveste (ca. 4 °C) i slutten av oktober.

## Oksygen

Under vintersituasjonen i mars var det et kraftig avtak i oksygenet fra overflate (92,3% metn.) til bunn (4% metn.). Under denne stabile stagnasjonsperioden uten omrøring i vannmassene og uten oksygentilførsel fra atmosfæren på grunn av isdekket, dominerer de oksygenkrevende nedbrytningsprosesser av organisk stoff. At oksygenavtaket er størst ved bunnen, henger sammen med at bunnsedimentene har et sterkt innslag av organisk stoff (dødt planktonmateriale). Dessuten er temperaturen som også innvirker på nedbrytningsprosessene høyest i dypet.

Om sommeren er oksygeninnholdet jevnet ut, men også da er det en avtakende gradient mot dypet og det er til dels overmetning i overflatelagene. Denne situasjon er bestemt av kombinasjonen mellom algeproduksjon som er oksygenproduserende og foregår i overflatelagene, og nedbrytningen av organisk stoff som er oksygenkrevende. Utover høsten blir oksygeninnholdet utjevnet.

I en slik grunn innsjø som Lømsen deltar sedimentene aktivt i stoffomsetningen. Sedimentene tilføres oksygen, og organisk stoff som lagres der brytes etter hvert ned. Man vil derfor ikke i slike innsjøer få anaerobe (oksygenfrie) tilstander i bunnvannet sommerstid og derfor heller ikke utløsning av salter bl.a. næringssalter - noe som er meget vanlig i lagdelte innsjøer. Vind og bølgeaktivitet kan antagelig i noen grad bevirke opphvirvling av partikulært materiale (resuspensjon) ihvertfall fra de grunnere partier - noe som kan ha betydning for algeproduksjonen, dels ved tilførsel av næringssalter (stimulert algevekst) og dels ved tilgrumsing (reduert lystilgang og følgelig redusert algevekst).

## pH

Vannets pH varierte rundt pH 7,0 (nøytralt vann) med de høyeste verdier om sommeren og de laveste om vinteren. Dette variasjonsmønster er til dels en temperatureffekt og til dels et resultat av algeproduksjonen som bevirker økende pH.

Den lave pH-verdi (4,2) på 1 meters dyp den 16/3 kan være målefeil. Hvis ikke skyldes det tilførsel av smeltevann (snø) i forbindelse med prøvetakingen. Ved begynnende snøsmelting er pH i smeltevannet alltid lav.

### Konduktivitet og mineralsalter

Konduktivitetsverdiene som er et mål for vannets innhold av mineralsalter er høye sammenlignet med f.eks. Snåsavatn (4-5 mS/m). Dette skyldes antakelig at innsjøen og dens nedbørfelt ligger under den marine grense og følgelig får relativt stor tilførsel av kalsium og "havsalter". Marsobservasjonen viser at kloridinnholdet er 14-15 mg Cl/l (Snåsavatn 4 mg Cl/l) og kalsiuminnholdet 11-15 mg Ca/l (Snåsavatn 4-5 Ca/l). Sulfatinnholdet ca. 6 mg SO<sub>4</sub>/l) er også mye høyere enn i Snåsavatnet (ca. 2 mg SO<sub>4</sub>/l) og det samme er tilfelle med magnesium og alkalitet (hydrogenkarbonat).

Konduktivitetsverdiene i juli var noe lavere enn på de øvrige observasjonsdager. Det er mulig dette kan ha sammenheng med kraftig nedbør før prøvetakingen, men mest sannsynlig skyldes dette analysefeil og skal derfor ikke kommenteres nærmere.

Vannets innhold av aluminium var lavt.

### Organisk stoff

Vannets innhold av organisk stoff er her målt som forbruk av oksydasjonsmidlet kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>) under visse betingelser. Benevning her er mg KMnO<sub>4</sub>/l hvor 4 mg KMnO<sub>4</sub>/l = 1 mg O/l som ofte er brukt benevning (Norsk Standard).

Kaliumpermanganatverdiene er høye og varierer mellom 30 og 46 mg KMnO<sub>4</sub>/l som tilsvarer ca. 8-12 mg O/l. Til sammenligning kan nevnes at i Snåsavatn ligger verdiene i området 16-20 mg KMnO<sub>4</sub>/l.

Til tross for algeproduksjon (produksjon av organisk stoff i innsjøen), ble de høyeste verdier målt om høsten. Dette viser at tilførsel av stoffer fra nedbørfeltet (alloktont) har avgjørende betydning for vannets innhold av slike komponenter.

### Næringssalter

Vannets innhold av fosfor var høyt og varierte fra 14 til 58 µg P/l - totalt fosfor. Verdiene både for total fosfor, molybdenreaktivt fosfor

og ortofosfat var høyest om vinteren. Dette skyldes sannsynligvis at på denne årstid er algeproduksjonen liten.

De relativt sett lave verdier for molybden-reaktivt fosfor og ortofosfat (algetilgjengelig fosfor) skyldes algeproduksjonen.

Vannets innhold av nitrogen var også høyest om vinteren og høsten. Det kan bemerkes at den teoretiske verdi (479  $\mu\text{g N/l}$ ) er av samme størrelsesorden som den målte. I likhet med fosfor inngår også nitrogen i den biologiske omsetning og derfor er verdiene lavest i sommerhalvåret. Både nitrat- og ammoniakkverdiene var spesielt lave under produksjonsperioden. Likevel synes ikke forholdet mellom fosfor og nitrogen å tyde på at nitrogen er begrensende for algeveksten.

#### 9.1.4 Biologiske forhold

##### Plantep plankton

Algemengden på de forskjellige observasjonsdager er målt som klorofyll a, (appendix 1). Alle (fotosyntesiserende) planter - også alger - inneholder nemlig klorofyll og følgelig vil en kvantifisering av vannets (algenes) innhold av dette stoff være et uttrykk for algemengden.

Klorofyllinnholdet i Lømsen (blandprøver fra flere dyp) var høyt og varierte fra 9,2  $\mu\text{g kla/l}$  den 27/6 til 2,42  $\mu\text{g kla/l}$  den 25/10. Det antas at vekstsesongen i vesentlig grad var over ved utgangen av september. Middelverdiene over vekstsesongen mai-september var 6,5  $\mu\text{g kla/l}$ .

En i eutrofisammenheng stabil innsjø, bør i henhold til våre erfaringer ikke ha et klorofyllinnhold vesentlig høyere enn 2  $\mu\text{g kla/l}$  som middel over vekstsesongen (sommeren). En slik målsetting er neppe realistisk, idet den midlere fosforkonsentrasjonen i innsjøen i så fall må reduseres til ca. 7  $\mu\text{g P/l}$ . Derimot burde det vært mulig å redusere fosfortilførslene slik at klorofyllinnholdet stabiliserte seg på ca. 4  $\mu\text{g kla/l}$  i middel. Dette vil bety at fosfortilførslene halveres og reduseres til ca. 600 kg fosfor pr. år (total fosfor).

Plantep planktonets artssammensetning er analysert i en prøve samlet inn den 25/7. Resultatene viser at Lømsen er en næringsrik innsjø, noe som



massiv tilstedeværelse av arter innen Chrysophyceae (gullalger) som *Synura uvella* og *Uroglena f. americana* vitner om. Vanligvis er arter innen denne gruppen de mest fremtredende i oligotrofe (næringsfattige) vannmasser, men de nevnte arter opptrer oftest i større antall i de mesotrofe innsjøers planteplankton.

#### Dyreplankton

(Resultater, se Appendix)

Til sammen 10 arter/slekter av hjuldyr og 9 arter/slekter av krepsdyr (5 hoppekreps og 4 vannlopper) ble funnet. Forekomsten av hjuldyr syntes å være relativt stor i juni- og augustprøvene, men klart mindre i juli-prøven. De vanligste formene var *Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta* spp. og *Conochilus hippocrepsis/unicornis*.

Krepsdyrene var dominert av cyclopoide hoppekreps (*Cyclops scutifer* og *Mesocyclops leuckarti*) med hensyn til individantall, men vurdert ut fra biomasse og produksjon betydde trolig vannloppearten *Daphnia longispina* vel så mye. Forekomsten av relativt store arter som *D. longispina*, *Bythotrephes longimanus* og *Acanthodiptomus dentricornis* indikerte at beitepresset fra planktonspisende fisk var forholdsvis svakt sommeren 1983. Flere av de krepsdyreartene som ble funnet er å betrakte som strand- eller bunnformer (*Eucyclops* sp., *Harpacticoida* og *Alona* sp.). Det ble dessuten funnet fjærmygglarver og vannmidd i augustprøven. Til sammen viser dette at faunaen i de fri vannmasser hadde tydelige innslag av dyr fra strandsonen, noe som en ofte finner i grunne og vindeksponerte lokaliteter. Forekomsten av strandformer i planktonet øker imidlertid gjerne også ved eutrofiering i samband med at planteplanktonmengden øker.

#### 9.1.5 Bakteriologiske forhold

Appendix 1 viser at vannets innhold av bakterier er høyt, spesielt utover høsten. Dette skyldes antakelig mye nedbør og utvasking fra nedbørfeltet. I henhold til de krav Statens institutt for folkehelse (SIFF) anvender, er det ikke betenkelig å bade i Lømsen (bortsett fra ved eventuelle utslipp). Sannsynligvis medfører det heller ikke stor fare bakteriologisk sett, at husdyr beiter (drikker) langs vannet. Imidlertid skal man ikke se bort fra at bakterieinnholdet kan være noe høyere i de strandnære områdene og spesielt ansees tilløpsbekkene å være betenkelig hva drikkevann for dyr angår.

### 9.1.6 Konklusjon

- Lømsen ligger under den marine grense i et frodig jordbruksområde. Vannkvaliteten både kjemisk og biologisk bærer preg av dette.
- I nedbørrike perioder synes innsjøen å tilføres betydelige mengder erosjonsprodukter fra nedbørfeltet, antakelig først og fremst fra dyrket mark.
- Vannets innhold av næringssalter er høyt og innsjøen er produktiv eller betydelig eutrofiert. Jordbruksaktiviteten og bosettingen er årsak til dette, slik følgende oppstilling viser:

Næringssalttilførsel fordelt på kilder		
Aktivitet	Fosfor %	Nitrogen %
Jordbruk	56	65
Bosetting (kloakk)	26	7
Naturlig	18	28
T o t a l t	100 %	100 %

- Fosfor er det begrensende stoff for algeveksten i Lømsen. Etter våre beregninger bør fosfortilførselen til innsjøen reduseres til bortimot halvparten av den nåværende belastning for at innsjøen skal komme ned på et akseptabelt produksjonsnivå.
- De ulike kilder bør kartlegges mer inngående og det bør gjennomføres en kost-nytteanalyse før tiltak settes i verk (bortsett fra åpenbare forbedrende tiltak). Tiltak i selve innsjøen og tiltak for å hindre erosjon fra jordbruksområder bør også vurderes.

## 9.2 Østre Dyen

### 9.2.1 Nedbørfelt - forurensningskilder

Østre Dyen ligger i Steinkjer kommune øst for utløpet av Snåsavatn. Innsjøen har avløp til Fossemvatnet (Snåsavassdraget) (Fig. 7).

#### Arealfordeling og husdyrhold

Østre Dyens nedbørfelt er på 4894 da eller 4,9 km<sup>2</sup>. Landbrukskontoret i Steinkjer oppgir følgende data angående arealfordeling.

Fulldyrka jord:	1914 da
Produktiv skog:	2800 "
Utmark:	180 "
Vannareal:	271 "
<u>T o t a l t</u>	<u>5165 da eller 5,2 km<sup>2</sup></u>

Ifølge samme kilde tilsvarer husdyrholdet 160 storfeenheter.

#### Bosetting

Fra byingeniøren i Steinkjer kommune er det innhentet følgende opplysninger angående bosettingen i nedbørfeltet til Østre Dyen:

Totalt folketall: 291 pe. (3 pe. pr. hus), her er innbefattet skole, samfunnshus, eldresenter, dagligvare- og manufakturforretning.

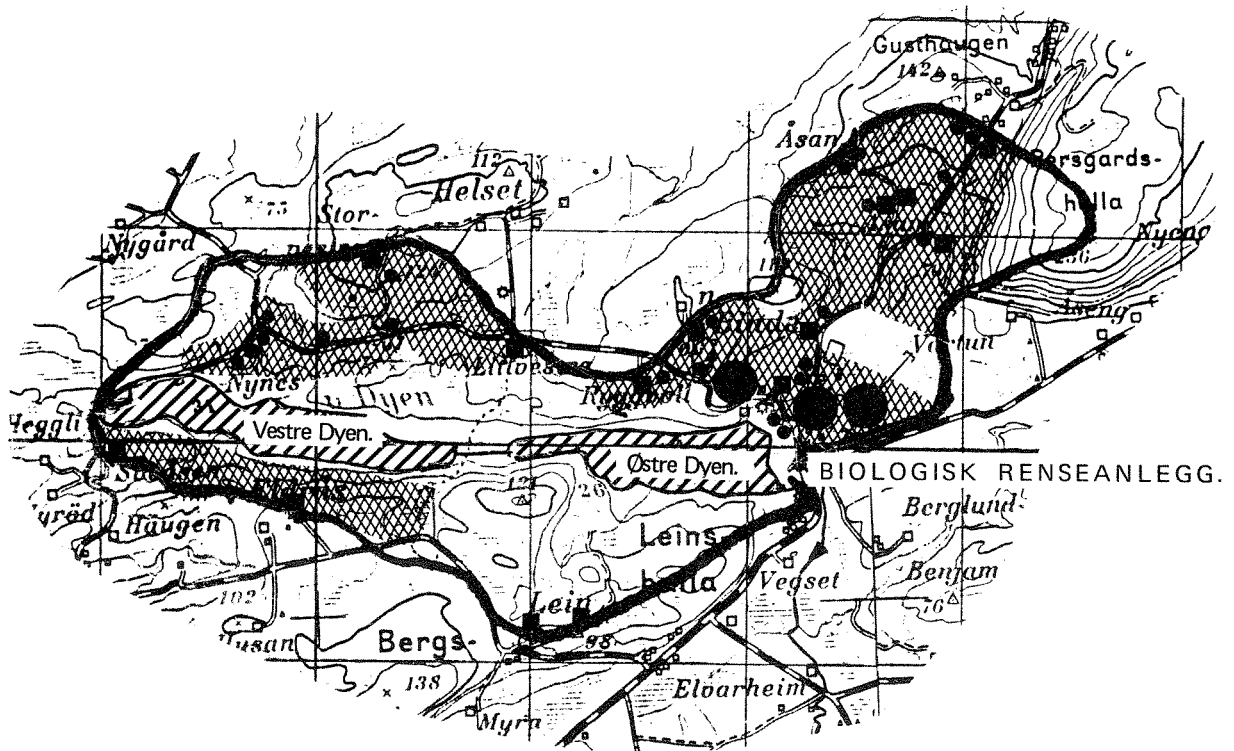
Personer tilknyttet offentlig kloakk med biologisk renseanlegg.

180 pe., ovenfornevnte bygninger er tatt med. Avløpet fra renseanlegget føres til utløpsbekken fra Østre Dyen.

Det oppgis videre at det finnes 13 forskriftsmessige enkeltanlegg og 24 eldre anlegg. I henhold til opplysningene representerer disse anlegg 111 pe.

#### Forurensningstilførsler:

Ut fra betraktningene i kapittel 8, vil de midlere årstilførsler av næringsalter til Østre Dyen bli omtrent som følger:



M 1:35000

TEGNEFORKLARING.

- GÅRDSBRUK
- ENEBOLIG
- KONSENTRERTE ENEBOLIGER
- ▨ JORDBRUK

Fig. 7 Bosetting og jordbruk i nedbørfeltet til Vestre og Østre Dyen

	<u>Fosfor</u>	<u>Nitrogen</u>
Biologisk renseanlegg:	0 kg	0 kg
Spredt bebyggelse (111 pe.):	70 "	340 "
Jordbruk (1914 da):	220 "	4020 "
Skog og utmark (3251):	26 "	720 "
T i l s a m m e n	310 kg	5080 kg

### 9.2.2 Hydrologi og innsjødata

Ifølge "Hydrologiske undersøkelser i Norge, NVE 1958", er arealavrenningen i Dyen-området oppgitt til 36 l/sek. pr. km<sup>2</sup>. Dette tilsvarer en midlere avrenning fra Østre Dyens nedbørfelt på 180 l/sek.

Østre Dyen er loddet opp av Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag som også har tegnet dybdekart. På bakgrunn av dette kart er innsjøens volum beregnet (fig. 8).

Følgende tabell angir de viktigste data angående innsjøen og de hydrologiske forhold:

Overflateareal:	0,271 km <sup>2</sup>
Innsjøvolum:	4 mill. m <sup>3</sup>
Største dyp:	29 m
Middeldyp (volum: overfl.):	14,7 m
Nedbørfelt:	4,9 km <sup>2</sup>
Tilrenning:	180 l/sek
Teoretisk oppholdstid:	0,73 år ) : 260 døgn.

Terrenget rundt bassenget heller sterkt ned mot vannet og strandområdene er sterkt skrånende. Det grunneste partiet finnes i den vestligste delen hvor innsjøen er meget smal.

### 9.2.3 Fysisk-kjemiske forhold

De fysisk-kjemiske analyseresultater er gjengitt i appendix 2.

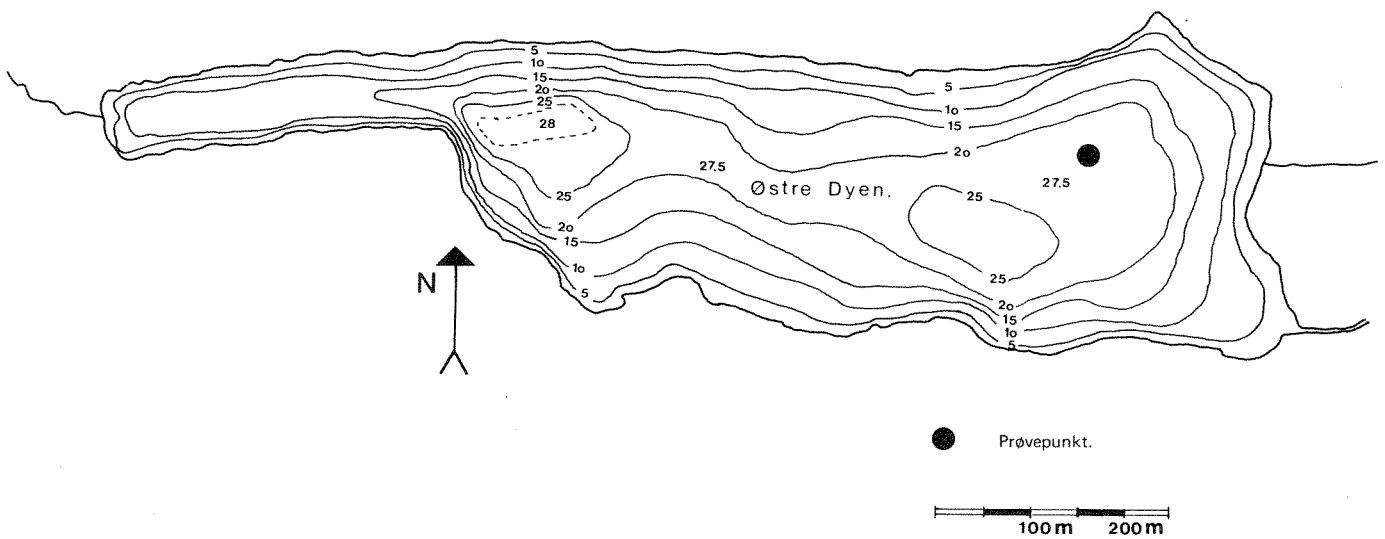
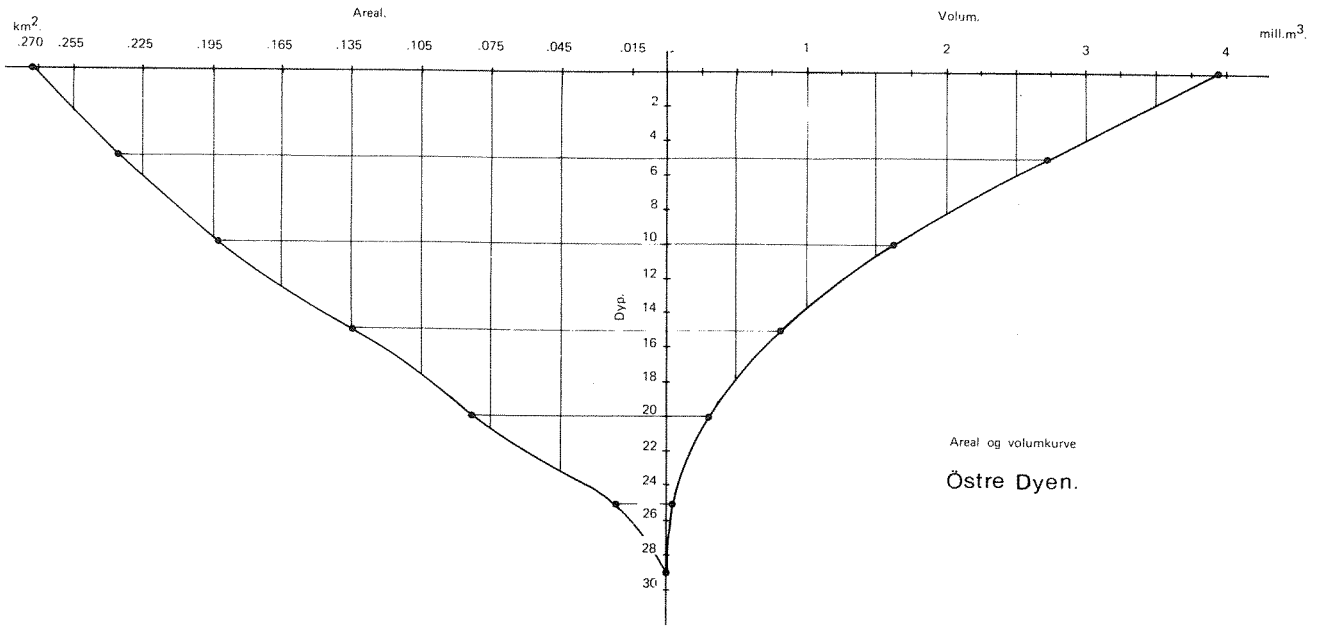


Fig. 8. Dybdekart over Østre Dyen.

### Siktedyp og visuell farge

Begge disse parametre er avhengig både av algeproduksjon i innsjøen og av tilførsler av løste og partikulære stoffer fra nedbørfeltet.

Den høyeste siktedypsverdi (2,4 m) ble observert 25. juli og de laveste verdier (1,4 m) ble målt den 27. september og 25. oktober. I henhold til de høye klorofyllverdier (blir diskutert senere) synes det som om siktedypet i Østre Dyen i stor grad blir bestemt av algemengden. Kraftig regnvær ut over høsten bidrog antakelig til erosjon og tilførsler av partikulært materiale i denne periode - vannet ble derved grumset og siktedypet avtok. Erosjonsprosessene ble sannsynligvis forsterket etter høstona når åkerarealene ble liggende åpne uten vegetasjonsdekke og til dels nypløyd.

Vannets visuelle farge var hele tiden gul/brun og dette er i samsvar med at innsjøen er påvirket med alger og tilført materiale fra nedbørfeltet.

### Temperatur

Den 21. mars var innsjøen isdekket og temperaturen økte fra 0 °C oppunder isen til 3,5 °C på 5 meters dyp. Herfra og til bunnen var temperaturen ensartet (ca. 3,5 °C) (fig. 9).

Isløsningsdatoen er ikke kjent, men den 30. mai var overflatevannet varmet opp til 12 °C i en meters dyp. Herfra avtok temperaturen til vel 6 °C i 7 meters dyp og ved 20 meters dyp var temperaturen 4,2 °C. Innsjøen hadde nå sirkulert og sprangsjiktet holdt på å bygge seg opp. Temperaturutviklingen videre utover sommeren viser hvordan sprangsjiktet på grunn av vind ble drevet fra ca. 4 m dyp den 27. juni til stadig større dyp, og den 31. august lå det på 6 m dyp. Nå var høstavkjølingen i full gang - nattavkjøling og konveksjonsstrømmer bevirket at overflatevannet ble avkjølt dels ved utstråling til atmosfæren og dels ved innblanding i dypereliggende og kjøligere vann. Den 25. oktober var temperaturen ensartet gjennom hele vannmassen (ca. 6 °C) - innsjøene sirkulerte. Under hele sommerperioden var temperaturen i dypet stabil - 4,5-5 °C.

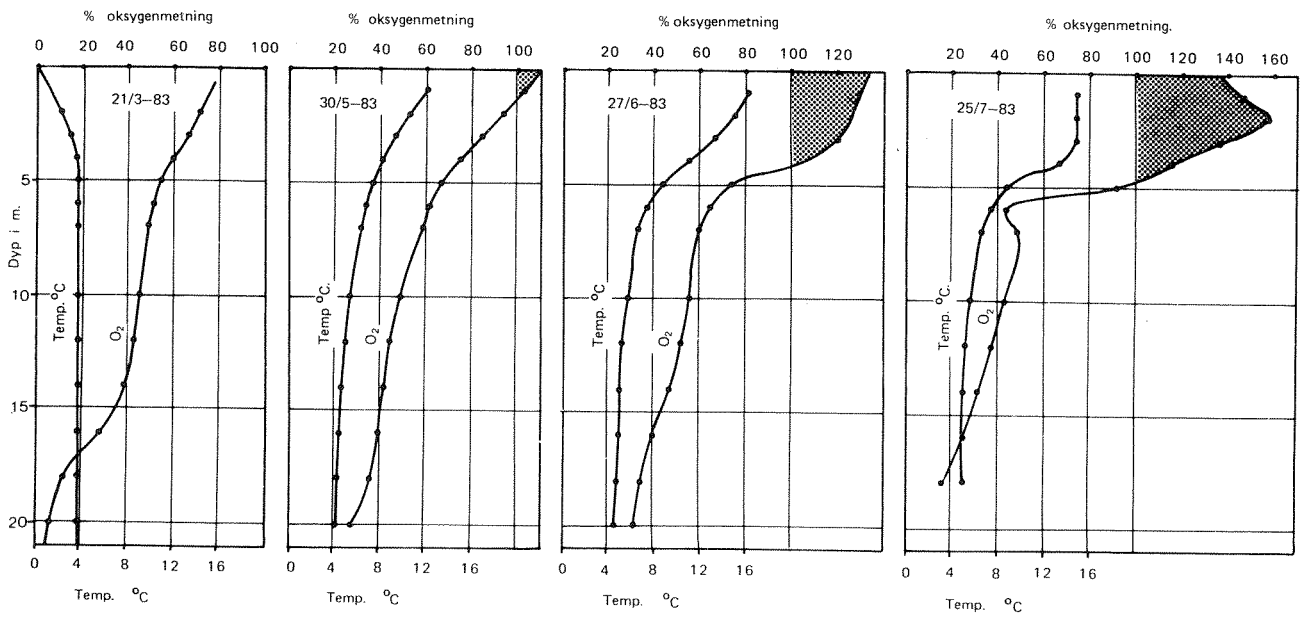
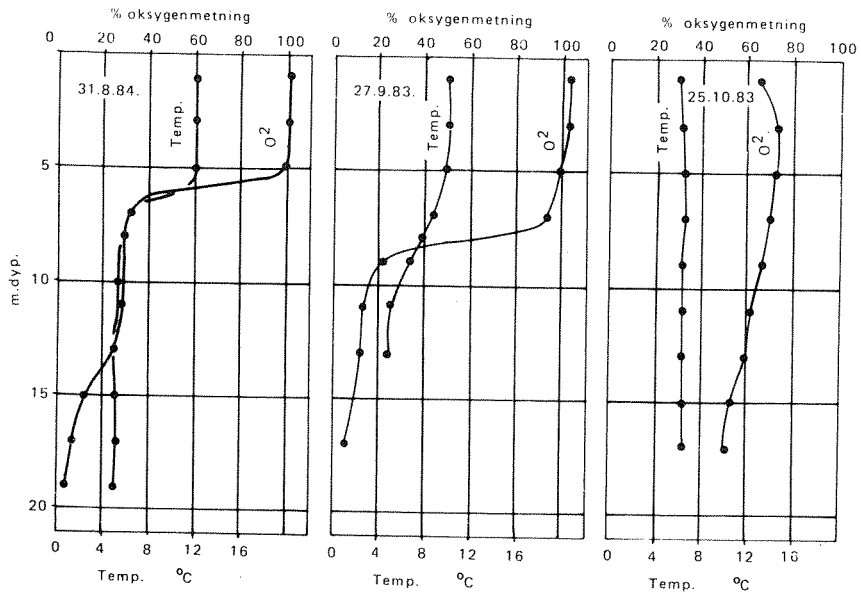


Fig. 9. Østre Dyen.  
Temperatur og oksygen (metning) på de ulike observasjonsdager.



## Oksygen

Når det gjelder oksygensituasjonen er det to forhold som merker seg ut, nemlig lavt oksygeninnhold i dyplagene og betydelig overmetning av oksygen i overflatelagene på de varmeste sommermånedene.

Det lave oksygeninnhold i dypet skyldes nedbrytning av organisk materiale, som er en oksygenkrevende prosess, og dårlig utlufting av de dypereliggende vannmasser. Selv under og like etter sirkulasjonsperiodene særlig om våren, var oksygeninnholdet lavt. Dette må skyldes at vårsirkulasjonsperioden er av meget kort varighet slik at de dypereliggende vannmasser ikke blir luftet tilstrekkelig. Dette er sikkert også forklaringen på de lave oksygenverdier den 25. oktober. Dessuten vil en hurtig avkjøling av vannmassene ha en virkning i samme retning. Kvantitativt sett avtok bunnvannets oksygeninnhold fra ca. 30 mg O<sub>2</sub>/l den 30. mai til henimot 0 i september dvs. ca. 0,3 mg O<sub>2</sub> pr. dag i middel. Den organiske belastningen skyldes både produksjon av alger i innsjøens overflatelag og tilførsel av organisk materiale fra nedbørfeltet.

De høye oksygenverdier (metning på opp mot 160 %) i overflatelagene skyldes algenes fotosyntese, og de høye metningsverdier viser at algeproduksjonen er betydelig i denne innsjø.

## pH

Det mest særpregede med surhetssituasjonen i Østre Dyen er de høye pH-verdier i innsjøens overflatelag i sommermånedene. Dette henger nøye sammen med planteplanktonets fotosyntese. Planteplanktonet forbruker nemlig karbondioksyd ved oppbygging av sine celler. Dette innvirker på hydrogenkarbonatbalansen (som er den viktigste pH-regulerende faktor) på en slik måte at surheten avtar. pH-verdier på opp mot 9 i dette relativt sett godt buffrede vannet, tyder på en betydelig algeproduksjon.

I de dypere lag hvor nedbrytning av organisk stoff er en dominerende prosess, frigjøres karbondioksyd, og pH avtar (surheten øker).

Vinter og høst foregår ingen algeproduksjon, nedbrytningen av organisk stoff gjør seg gjeldende ned gjennom hele vannmassen - om høsten sirku-

lerer dessuten vannmassene - dette fører til en utjevning av surhetsgraden - pH-verdiene er av samme størrelsesorden i alle dyp.

### Konduktivitet og mineralsalter

Konduktivitetsverdiene (11-17 mS/m) som er et mål for vannets innhold av mineralsalter, er høyt sammenlignet med f.eks. Snåsavatn (4-5 mS/m) og Lømsen (10-11 mS/m). Verdiene er meget høye i landsmålestokk. Dette må ha sammenheng med at innsjøen og dens nedbørfelt ligger under den marine grense og følgelig får stor tilførsel av kalsium og "havsalter". Marsobservasjonen viser et klorinnhold på 12-13 mg Cl/l (Snåsavatn, 4 mg Cl/l) og kalsiuminnhold på 19-20 mg Ca/l (Snåsavatn 4-5 mg Ca/l). Kalsiuminnholdet her er også betydelig høyere enn i Lømsen. Høyst sannsynlig har dette sammenheng med løsavsetningenes struktur og mineralsammensetning (kalkholdig marine sedimenter). Sulfatinnholdet (9-11 mg SO<sub>4</sub>/l) er også betydelig høyere enn i Lømsen (6 mg SO<sub>4</sub>/l) og i Snåsavatn (ca. 2 mg SO<sub>4</sub>/l). Det samme forhold gjør seg gjeldende både når det gjelder magnesium og alkalitet.

De lave konduktivitetsverdiene i juli må skyldes analysefeil og skal derfor ikke kommenteres nærmere.

Vannets innhold av aluminium er lavt.

### Organisk stoff

Vannets innhold av organisk stoff er her målt som forbruk av oksydasjonsmidlet kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>) under visse betingelser. Benevnningen er mg KMnO<sub>4</sub>/l hvor 4 mg KMnO<sub>4</sub>/l = 1 mg O/l som ofte er en brukt benevnning (Norsk Standard).

Kaliumpermanganatverdiene er høye og varierer mellom 20 og 45 mg KMnO<sub>4</sub>/l, men verdiene er normalt noe lavere enn i Lømsen. I Snåsavatn ligger verdiene i området 16-20 mg KMnO<sub>4</sub>/l.

De høye verdier skyldes i vesentlig grad tilførsel av organisk stoff fra nedbørfeltet - dette er spesielt tilfelle om høsten på grunn av kraftig nedbør. Om sommeren må man forvente at vannets innhold av alger også spiller en vesentlig rolle.

### Næringssalter

Vannets innhold av fosfor var høyt og varierte mellom 14 og 71 mg P/l (total fosfor). Den høyeste verdien ble registrert på 18 meters dyp den 27/9. Dette skyldes sannsynligvis lavt oksygeninnhold i dette dyp - noe som skapte reduktive tilstander med bl.a. utløsning av fosfor fra sedimentene som følge. Verdiene for løst molybdenreaktivt fosfor var høyest i dyplagene og om høsten og vinteren. Denne fosforkomponent er lett tilgjengelig for alger og variasjonsmønsteret indikerer algeproduksjonens intensitet i tid. De høye fosforverdier (alle fraksjoner) i overflatelagene den 25/7 kan skyldes utvasking fra nedbørfeltet under et kraftig regnskyll.

Vannets innhold av nitrogen var høyt - til dels betydelig høyere enn i Lømsen. Den teoretiske verdi er 884  $\mu\text{g N/l}$  som normalt er noe høyere (ca. 50-100  $\mu\text{g/l}$ ) enn den målte. I likhet med fosfor inngår også nitrogen i den biologiske omsetning og derfor er verdiene lavest om sommeren i overflatelagene. Dette er spesielt tilfelle for ammoniakk og nitrater som er de algetilgjengelige nitrogenformer. Ut fra konsentrasjonene av de forskjellige næringssaltfraksjoner er fosfor klart den begrensende faktor for algevekst i Østre Dyen.

## 9.2.4 Biologiske forhold

### Plantep plankton

Algemengden på de forskjellige observasjonsdager er målt som klorofyll a (appendix 2). Alle fotosyntetiserende planter - også alger - inneholder nemlig klorofyll og følgelig vil en kvantifisering av vannets (algenes) innhold av dette stoff være et uttrykk for algemengden.

Klorofyllinnholdet i Østre Dyen (blandprøver fra flere dyp) var meget høyt og variert fra ca. 40 µg kla/l den 27/9 til 4,08 µg kla/l den 25/10. Middelerdien over hele vekstsesongen blir da 15,5 µg kla/l mot 6,5 µg kla/l i Lømsen.

En i eutrofieringssammenheng stabil innsjø bør i henhold til våre erfaringer ikke ha et klorofyllinnhold vesentlig høyere enn 2 µg kla/l som middel over vekstsesongen (sommeren). En slik målsetting er det sannsynligvis ikke mulig å tilfredsstille, idet den midlere fosforkonsentrasjonen i innsjøen i så fall må reduseres til ca. 7 µg P/l. Derimot burde det være mulig å redusere fosfortilførslene slik at klorofyllinnholdet stabiliserte seg på ca. 4 µg kla/l i middel. Dette vil bety at den årlige fosfortilførselen må reduseres med 150-200 kg (total fosfor).

Sammensetningen av algebiomassen var dominert av to arter, en kiselalge, Synedra nana og en art innen flagellatslekten, Cryptomonas, sannsynligvis Cr. parapyrenoidifera. Disse artene utgjorde ca. 95 % av den samlede plantep planktonbiomasse i slutten av september.

### Dyreplankton

(resultater, se Appendix)

Dyreplanktonet var her sterkt dominert av hjuldyr. Tettheten av hjuldyr var spesielt stor i august-prøven med dominans av A. priodonta og Synchaeta spp. Forøvrig var Keratella cochlearis, Kellicottia longispina, Filinia longiseta/terminalis og Conochilus hippocrepsis/unicornis vanlig forekommende. Til sammen 9 slekter av hjuldyr og 7 slekter av krepsdyr (4 hoppekreps og 3 vannlopper) ble registrert. Tettheten av krepsdyr var lav i begge de analyserte prøvene. Vanligst forekommende var cyclopoide hoppekreps (C. scutifer og M. Leuckarti), men den lille vannloppen

Daphnia longiremis var også vanlig og representerte trolig fra ca. 50 til 75 % av planktonkreps-biomassen. Også her ble det funnet representanter for strandsonefaunaen (harpacticoide hoppekreps og Alona sp.).

De store mengdene av hjuldyr, den relativt lave tettheten av krepsdyr, samt det forhold at D. longiremis var dominerende vannloppekreps, kunne tyde på en kombinasjon av næringsrike vannmasser og hardt predasjonspress fra planktonspisende fisk.

#### 9.2.5 Bakteriologiske forhold

Appendix 2 viser at vannets innhold av bakterier til dels er høyt, spesielt utover høsten. Dette skyldes antakelig mye nedbør og utvasking fra nedbørfeltet. Bakterieinnholdet er til tider høyere enn de normer Statens institutt for folkehelse (SIFF) anvender for badevann. I hvilken grad husdyr kan tillates å drikke av vannet bør vurderes av helse- eller veterinærmyndighetene. Sannsynligvis er bakterieinnholdet noe høyere i de strandnære områder enn i de sentrale partier av innsjøen hvor prøvene ble tatt.

#### 9.2.6 Konklusjon

- Østre Dyen ligger under den marine grense i et frodig jordbruksområde. Vannkvaliteten både kjemisk og biologisk bærer preg av dette.
- Jordbruket synes å være den største forurensningskilde med hensyn til næringssalttilførsler.
- Til tross for betydelig avlastning i forbindelse med den saneringsvirksomhet som har pågått - nedlagt meierivirksomhet og samling av kloakkvann til renseanlegg med avløp i utløpsbekken - er fosforbelastningen fortsatt fremtredende.
- Etter våre beregninger bør den årlige fosfortilførselen til Østre Dyen reduseres med 150-200 kg for at innsjøen skal komme ned på et akseptabelt produksjonsnivå.
- Eventuelle tiltak for å redusere avrenning fra jordbruksvirksomheten bør vurderes - endring i driftsmåte, avledende grøftesystemer etc. bør kunne komme på tale. Dessuten bør det vurderes om tiltak i selve innsjøen, f.eks. biologisk manipulasjon (alger, dyreplankton, fisk), kan være en farbar vei.

### 9.3 Granavatnet

#### 9.3.1 Nedbørfelt - forurensningskilder

Granavatnet som ligger i Inderøy kommune, har avløp mot utløpet av Borgenfjorden ca 4 km fra innsjøen. Nedbørfeltet er meget begrenset og utgjøres vesentlig av dyrkajord og beiteland (fig. 10).

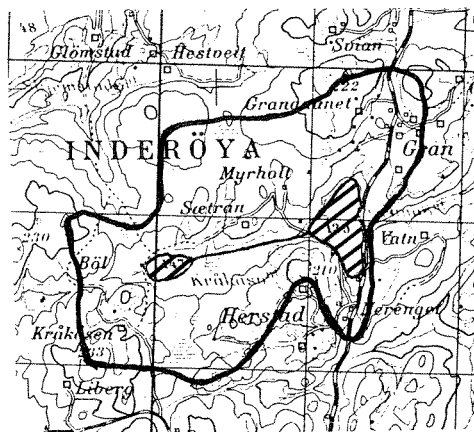


Fig. 10. GRANAVATNET – Nedbørfelt  
M = 1:50000

Vannet har hatt en sterk negativ utvikling de seinere år som følge av store forurensningstilførsler fra jordbruksaktivitet og boligbebyggelse. Det er ved enkeltmålinger konstatert betydelig brist i oksygeninnholdet vinterstid.

Granavatn tjener som reservevannkilde og bl.a. derfor er det gjennomført en restriktiv linje ved handheving av ulike forskrifter mot vannforurensning. Omfattende utbedringstiltak er gjennomført på siloanlegg og gjødselkjellere. Drensvann rundt driftsbygninger føres over jordrenseanlegg før utslipp til Granavatn. Samtidig er det anlagt felles sandfilteranlegg for rensing av boligkloakken i området.

#### Arealfordeling og husdyrhold

Granavatnet har innbefattet innsjøen, et nedbørfelt på 3580 da. Følgende data angående arealfordeling er oppgitt av Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag:

Fulldyrka jord	700 da
Overflatedyrka jord	400 "
Produktiv skog	2000 "
Vannflate	130 "
Annet	350 "
<hr/>	
Tilsammen	3580 da eller 3,6 km <sup>2</sup>

Ifølge samme kilde tilsvarende husdyrbestanden 147 storfe-enheter.

### Bosetting

I Granavatnets nedbørfelt bor det ca 40 personer. Avløpet fra de fleste av boligene (1 forretning + 2 bolighus + 6 gårdsbruk) er tilknyttet et felles sandfilteranlegg med utslipp nedenfor Granavatnet. Utover dette drenerer kloakkvann fra 2 gårdsbruk (ca 10 personer) til Granavatnet. Overvann fra bebyggelsen går også til Granavatn.

### Forurensningstilførsler

Ut fra betraktninger i kapittel 8, vil de midlere årstilførsler av nærings-salter til Granavatn bli omtrent som følger:

	Fosfor	Nitrogen
Bebyggelse (10 pers. med 50% rensing):	5 kg	20 kg
Jordbruk :	125 "	2300 "
Skog, utmark, vann	20 "	550 "
Arlig tilf. totalt	<u>150 kg</u>	<u>2870 kg</u>

### 9.3.2 Hydrologi og innsjødata (fig. 11)

I følge "Hydrologiske undersøkelser i Norge, NVE 1958", er arealavrenningen på Inderøya ca 35 l/sek pr. km<sup>2</sup>. Dette tilsvarende en midlere avrenning fra Granavatnets nedbørfelt på 125 l/s.

Granavatnet er loddet opp av Inderøy kommune som også har tegnet dybde-kart. På bakgrunn av dette kart er innsjøens volum beregnet.

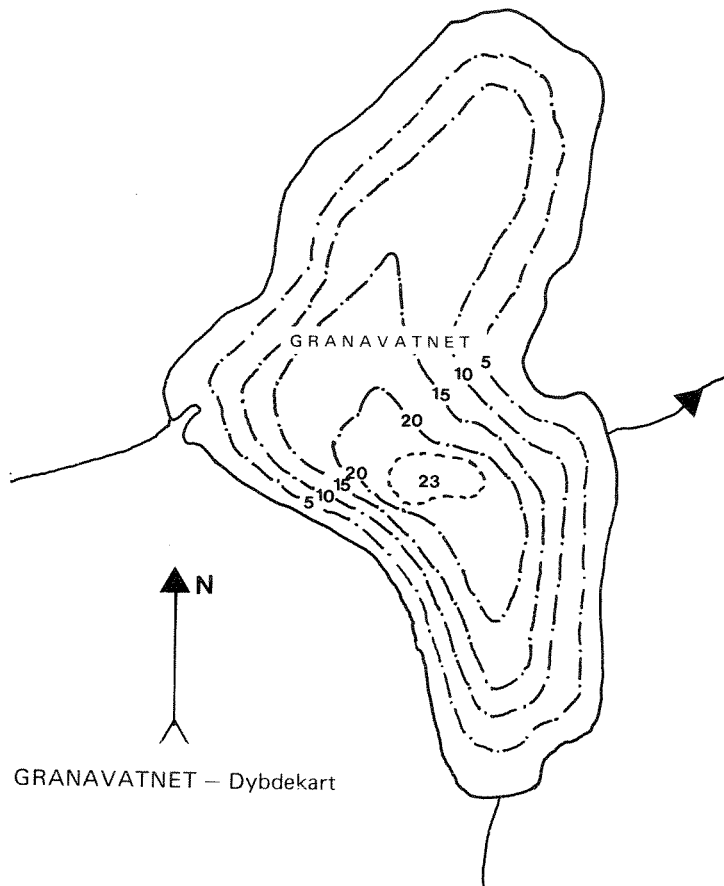
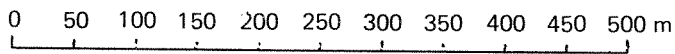
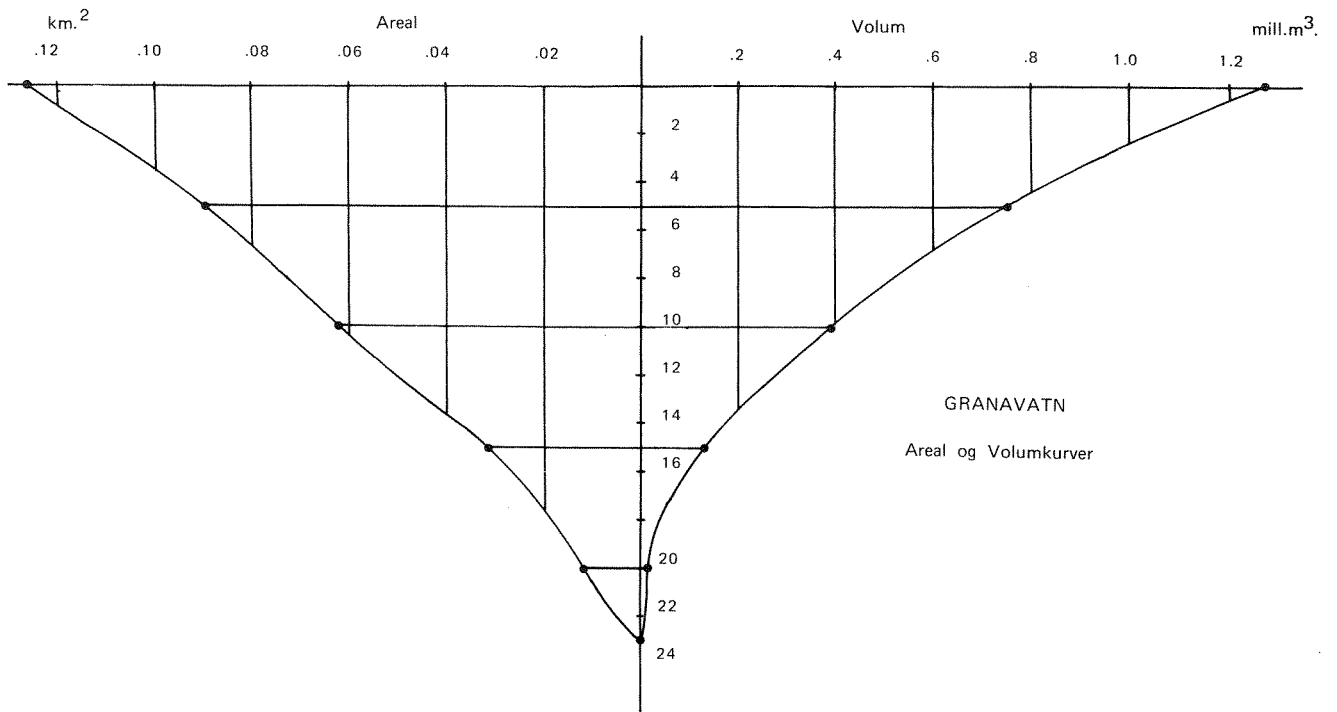


Fig 11. GRANAVATNET – Dybdekart



Følgende tabell angir de viktigste data angående innsjøen og de hydrologiske forhold:

Høyde over havet	141,5 m
Overflateareal	0,13 km <sup>2</sup>
Innsjøvolum	1,27 mill.m <sup>3</sup>
Største dyp	23 m
Middele dyp (volum/overfl.)	9,8 m
Nedbørfelt	3,6 km <sup>2</sup>
Midlere tilrenning	125 l/s
Teoretisk oppholdstid	0,32 år

### 9.3.3 Fysisk-kjemiske forhold

De fysisk-kjemiske analyseresultater er gjengitt i appendix 3.

#### Siktedyp og visuell farge

Disse parametre er avhengig både av algeproduksjon i innsjøen og tilførsler av løste og partikulære stoffer fra nedbørfeltet.

Siktedypet i Granavatn var lave på alle observasjonsdager med den høyeste verdi, 2 m, den 30. august. De lave verdier først på sommeren har antakelig i vesentlig grad sin årsak i høy algevekst, men den visuelle farge tyder på at tilførsel av erosjonsmateriale også spiller en viss rolle. Utover høsten hadde muligens tilførsel av erosjonsmateriale fra åpent åkerlandskap stor betydning for siktedypet.

Den visuelle farge synes å understreke det som ovenfor er sagt om innsjøens belastning med algemateriale og tilførte stoffer fra nedbørfeltet.

#### Temperatur

Som normalt i denne type innsjøer ble den laveste temperatur (0,5 °C) under vintersituasjonen (16/3) målt i overflatelagene og de høyeste (3,5 °C) i dyplagene.

Den 26/5 var sommerstagnasjonen allerede etablert med varmt vann i overflaten og kaldt i dypet. Det skal her bemerkes at temperaturen i dypvannet synes å være systematisk for lav hele sommeren. Vann er tyngst

ved 4°C og derfor vil vårsirkulasjonen være til hele vannmassen har nådd denne temperatur - først da kan sommerstagnasjonen etableres.

Den høyeste sommertemperatur ble observert i overflatelagene den 26/7 med 17,4 °C. Den 30/8 og 26/9 var vannmassene under avkjøling og i begynnelsen av november var temperaturen ensartet i alle dyp - innsjøen var klar til islegging.

### Oksygen

Både sommer og vinter er vannets oksygeninnhold i dyplagene meget lavt. Dette skyldes nedbrytning av organisk materiale i vannet og sedimentene - antakelig i vesentlig grad nedsynkende algemateriale. Det er grunn til å merke seg at dyplagenes oksygeninnhold var meget lavt også den 26/5 selv om vannmassene da nettopp hadde sirkulert.

Om vinteren var oksygeninnholdet lavt også i overflatelagene idet det på denne tid ikke skjer noen oksygenutveksling med atmosfæren pga. isdekket. Om sommeren derimot er det tildels overmetning i de øverste lagene - noe som skyldes produksjon av planktonalger (fotosyntese).

### pH

Vannets pH var lavest om vinteren og i de dypeste lag. De til dels høye pH-verdiene i overflatelagene om sommeren skyldes produksjon av planktonalger. pH = 8 i 18 m dyp den 26/7 antas å være målefeil.

### Konduktivitet og mineralsalter

Konduktivitetsverdiene er høye og bærer preg av at innsjøen ligger under den marine grense hvor avrenning fra marine avsetninger spiller en betydelig rolle. Vannets innhold av mineralsalter er høyest i dyplagene og bidrar i noen grad til en stabil sjiktning.

Mineralsammensetningen slik de kommer til uttrykk ved marsobservasjonen har stor likhet med situasjonen i Lømsen og Østre Dyen og avviker i betydelig grad fra vannets kjemiske sammensetning i Hoklingen hvor konduktiviteten er 5 mS/m. Vannets innhold av aluminium er lavt.

### Organisk stoff

Vannets innhold av organisk stoff er her målt som forbruk av oksydasjonsmidlet kaliumpermanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) under visse betingelser. Benevning er mg  $\text{KMnO}_4/\text{l}$  hvor  $4 \text{ mg KMnO}_4/\text{l} = 1 \text{ mg O}/\text{l}$  som ofte er en brukt benevning (Norsk Standard).

Kaliumpermanganatverdiene er høye og av samme størrelsesorden som i Lømsen. Verdiene varierer mellom 28 og 40 mg  $\text{KMnO}_4/\text{l}$  (7-10 mg O/l) med middelvei på 35 mg  $\text{KMnO}_4/\text{l}$ .

Produksjon av planktonalger er en viktig årsaksfaktor, men tilførselen av organisk materiale fra nedbørfeltet har også stor betydning. Dette sees best av de høye verdiene på senhøsten da algeproduksjonen var liten.

### Næringsalter

Vannets innhold av fosfor og nitrogen var meget høyt (22-198  $\mu\text{g P}/\text{l}$  og 439-1310  $\mu\text{g N}/\text{l}$ ) og betydelig høyere enn i de øvrige undersøkte innsjøer. Dette har uten tvil sammenheng med at jordbruksaktiviteten i nedbørfeltet er meget intensiv.

De algetilgjengelige fraksjoner av fosfor (løst molybdenreaktivt fosfor og ortofosfater og nitrogen, nitrat + nitritt og ammoniakk) var vanligvis også høye, spesielt om vinteren, vår og høst. De lave somrerverdiene tyder på at nitrogen i perioder kan være begrensende faktor for algevekst.

### 9.3.4 Biologiske forhold

#### Plantep plankton

Alge- eller plantep planktonmengden på de ulike observasjonsdager er målt som klorofyll a (appendix 3). Alle (fotosyntetiserende) planter - også alger - inneholder klorofyll og følgelig vil en kvantifisering av vannets (algenes) innhold av dette stoff være et uttrykk for algemengden. Det er også på alle observasjonsdager blitt samlet inn kvantitative plantep planktonprøver (blandprøver), men av økonomiske grunner er kun en av disse prøver blitt bearbeidet.

Klorofyllinnholdet i Granavatn var meget høyt og varierte mellom 2,2  $\mu\text{g kla/l}$  (7/11) til 35,14  $\mu\text{g kla/l}$  (26/5). Det antas at vekstsesongen i vesentlig grad var over ved utgangen av september. Aritmetrisk middel for alle verdier til og med september var 21  $\mu\text{g kla/l}$ .

Hvis en algemengde tilsvarende 4  $\mu\text{g kla/l}$  kan aksepteres som sommermiddel i denne innsjø må årlig fosfortilførsel reduseres til 75 kg, dvs. en halvering.

Maks. planteplankton-biomasse ble registrert i mai med et noe mindre maksimum i slutten av september. I mai var det grønnalger som i overveiende grad dominerte planktonfloraen, spesielt av ulike arter innen slekten Chlamydomonas. En stor del av individene var på dette tidspunkt ennå i et ubevegelig cystelignende stadium. Slike dominanser av en eller noen få arter i det samlede planteplankton er vanlig i eutrofe (næringsrike) innsjøer, særlig der eutrofieringen har skjedd relativt raskt.

### Dyreplankton

(Resultater, se Appendix)

I Granavatnet var krepsdyr helt dominerende i juni-prøven, mens hjuldyrene hadde store individtettheter i slutten av juli. 7 arter/slekter av hjuldyr ble funnet, størst forekomst hadde K. cochlearis i juli. Andre vanlige arter/slekter var Keratella quadrata, A. priodonta, Synchaeta spp. og Filinia longiseta/terminalis. I bestanden av K. cochlearis ble det funnet individer av en form som regnes som sikker indikator på eutrofe forhold, K. cochlearis f. tecta.

Krepsdyrplanktonet syntes å være svært artsfattig, da bare tre arter ble registrert. Både med hensyn til individtall og biomasse var hoppekrepsen C. scutifer fullstendig dominerende. Den eneste vannloppearten med en viss forekomst var den lille Bosmina longirostris. Denne så ut til å ha noe større tetthet i september (prøvens innhold ble grovt vurdert gjennom binokularlupe), men også da syntes det å være store mengder hjuldyr.

Dyreplanktonets sammensetning, særlig den store tettheten av hjuldyr og artsfordelingen av disse, bekrefter inntrykket av at Granavatnet er tydelig eutrofiert. Planktonsamfunnet syntes dessuten å være "nedbeitet" av planktonspisende fisk. To av håvtrekkprøvene inneholdt 3-pigget stingsild, noe som kan tas som en indikasjon på tett bestand av denne fisken som kan opptre pelagisk.

#### 9.3.5 Bakteriologiske forhold

Sammenlignet med de andre undersøkte innsjøer som er beskrevet i denne rapport, er vannets innhold av bakterier ikke spesielt høyt i Granavatn. De høyeste verdier ble observert vår og høst og da særlig i de øverste liggende vannmasser. Dette skyldes antakelig mye nedbør og utvasking fra nedbørfeltet.

Imidlertid var bakterieinnholdet fra tid til annen høyere enn SIFFs normer for bakterieinnhold i råvannskilder. Ved bruk av vannet som reservevannkilde må derfor vannet desinfiseres før distribusjon. Med bakgrunn i de bakteriologiske analyseresultater er vannkvaliteten bakteriologisk sett tilfredsstillende for friluftsbad. Sannsynligvis vil også husdyr på beite kunne drikke av vannet uten større fare. Imidlertid skal man være oppmerksom på at muligheten for giftproduserende blågrønnalger er til stede og i såfall må ikke vannet brukes som drikkevann hverken for mennesker eller dyr.

De relativt lave bakterietall tyder på at innsjøen i mindre grad tilføres kloakkvann fra bebyggelse og at det er jordbruket som er den viktigste forurensningskilde.

### 9.3.6 Konklusjon

- Granavatn ligger under den marine grense i et frodig jordbruksområde. Vannkvaliteten både kjemisk og biologisk bærer preg av dette.
- I nedbørrike perioder synes innsjøen å tilføres betydelige mengder erosjonsprodukter fra nedbørfeltet, antakelig først og fremst fra dyrket mark.
- Vannets innhold av næringssalter er høyt og innsjøen er meget produktiv - eutrofiert. Det er i første rekke jordbruksvirksomheten som er årsak til dette, slik følgende oppstilling viser:

Næringssalttilførsler fordelt på kilder		
Aktivitet	Fosfor %	Nitrogen %
Jordbruk	83	80
Bosetting (kloakk)	3	1
Naturlig	13	19
Totalt	100	100

- Fosfor synes normalt å være begrensende for algeveksten i Granavatn, men vi ser ikke bort fra at nitrogen kan være begrensende i perioder. Etter våre beregninger bør den årlige fosfortilførselen reduseres til ca 75 kg.
- Forholdet mellom de ulike ledd i produksjonskjeden synes å være ute av balanse. Undersøkelseresultater synes å tyde på at fisken har en dominerende rolle slik at dyreplanktonet blir for sterkt nedbeitet og følgelig vil ikke planteplanktonet i tilstrekkelig grad gå inn i næringssyklusen. Dette forhold bør undersøkes nærmere med tanke på tiltak.
- Bakteriologisk sett er Granavatn påvirket, men ikke i en slik grad at det etter vår mening må avskrives som reservevannkilde forutsatt at vannet desinfiseres. Dette må forøvrig helsemyndighetene ta stilling til.

## 9.4 Nesvatnet

### 9.4.1 Nedbørfelt - forurensningskilder

Nesvatnet ligger i Levanger kommune øst for Hoplavassdraget og med avløp til Hammervatnet. Terrenget rundt bassenget heller svakt og arealene nyttes til jord- og skogbruk (fig. 12).

Forurensningstilstanden er lite kjent, men utbredelse av makrovegetasjon i strandsonen tyder på en viss påvirkning. Vannet har gjennom lang tid vært gjenstand for sivilisatorisk påvirkning. De lokale miljøvernmyndigheter har derfor behov for å frembringe data som viser vannets forurensningsstatus. Vannet har også vært nevnt brukt til resipient for nye boligområder i Levanger kommune.

### Arealfordeling og husdyrhold

Nesvatnet har et nedbørfelt på 9028 da. Landbrukskontoret i Levanger oppgir følgende data angående arealfordeling:

Fulldyrka jord	1861 da
Overflatedyrka jord	213 "
Produktiv skog	5555 "
Utmark	637 "
Vannareal	762 "
<hr/>	
Totalt	ca 9028 da eller 9,0 km <sup>2</sup>

I følge samme kilde er det totale husdyrantall i nedbørfeltet følgende: 124 storfe, 326 ungdyr, 105 avlsgris, 1758 slaktegris og 3960 høns.

### Bosetting

Fra Teknisk etat - plankontoret i Levanger kommune er det innhentet følgende opplysninger angående bosettingen i nedbørfeltet til Nesvatnet:

13 gårdsbruk hvorav 9 med generasjonsboliger og godkjent avløp  
2 bolighus hvorav 1 med godkjent avløp.

Totalt fastboende i nedbørfeltet oppgis til 50-60 personer.

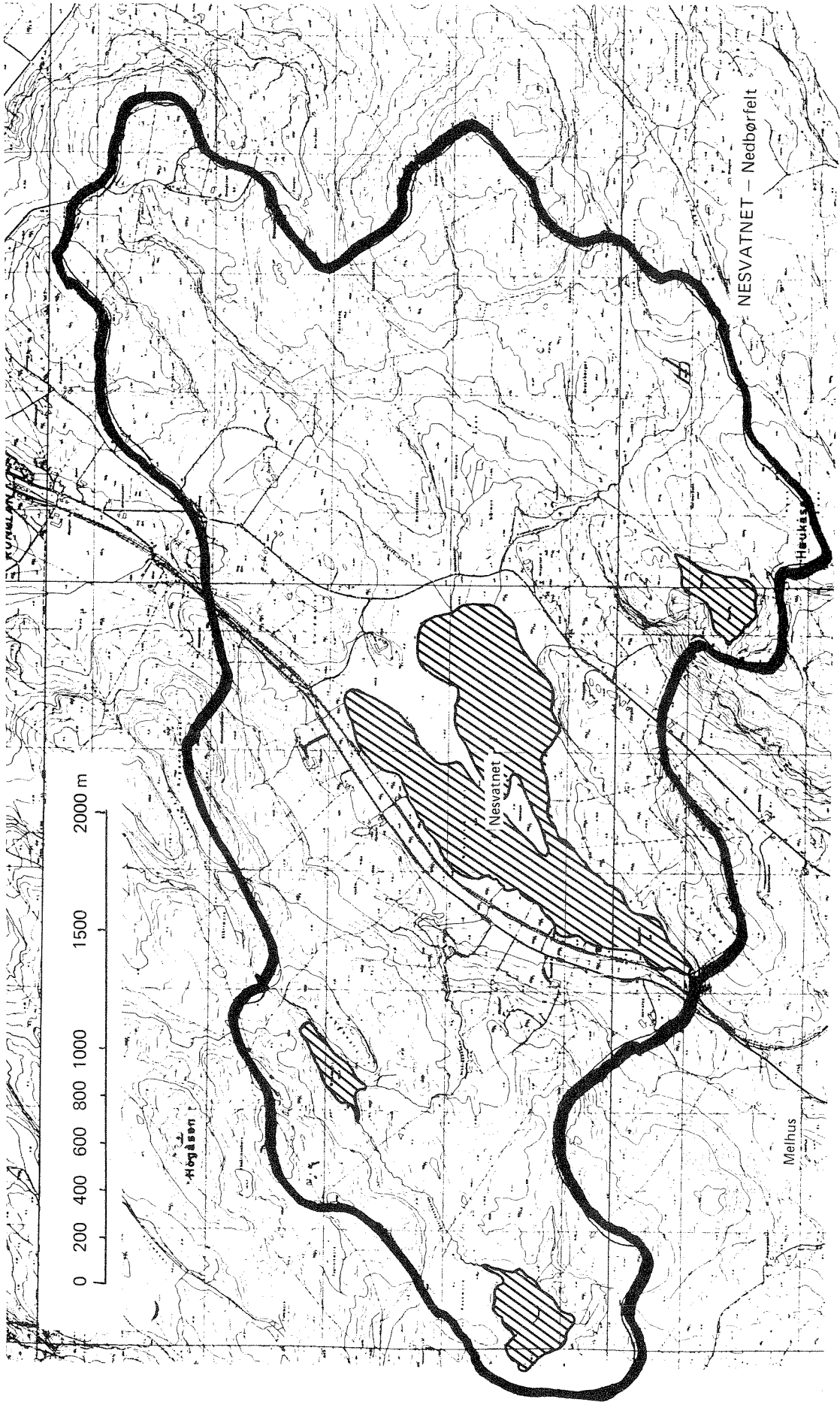


Fig. 12.



Forurensningstilførsler:

Ut fra betraktningen i kapittel 8, vil de midlere årstilførsler av nærings-salter til Nesvatn bli omtrent som følger:

	Fosfor	Nitrogen
Spredt bebyggelse (60 pe)	40 kg	180 kg
Jordbruk	240 "	4360 "
Skog, utmark og vann	60 "	1380 "
Arlig tilførsler totalt	340 kg	5920 kg

På bakgrunn av modellbetraktninger vil ca 44% av det tilførte fosfor holdes tilbake i Nesvatn slik at den årlige transport av fosfor ut av innsjøen blir ca 190 kg svarende til en midlere konsentrasjon på ca 22 µg P/l i utløpsbekken.

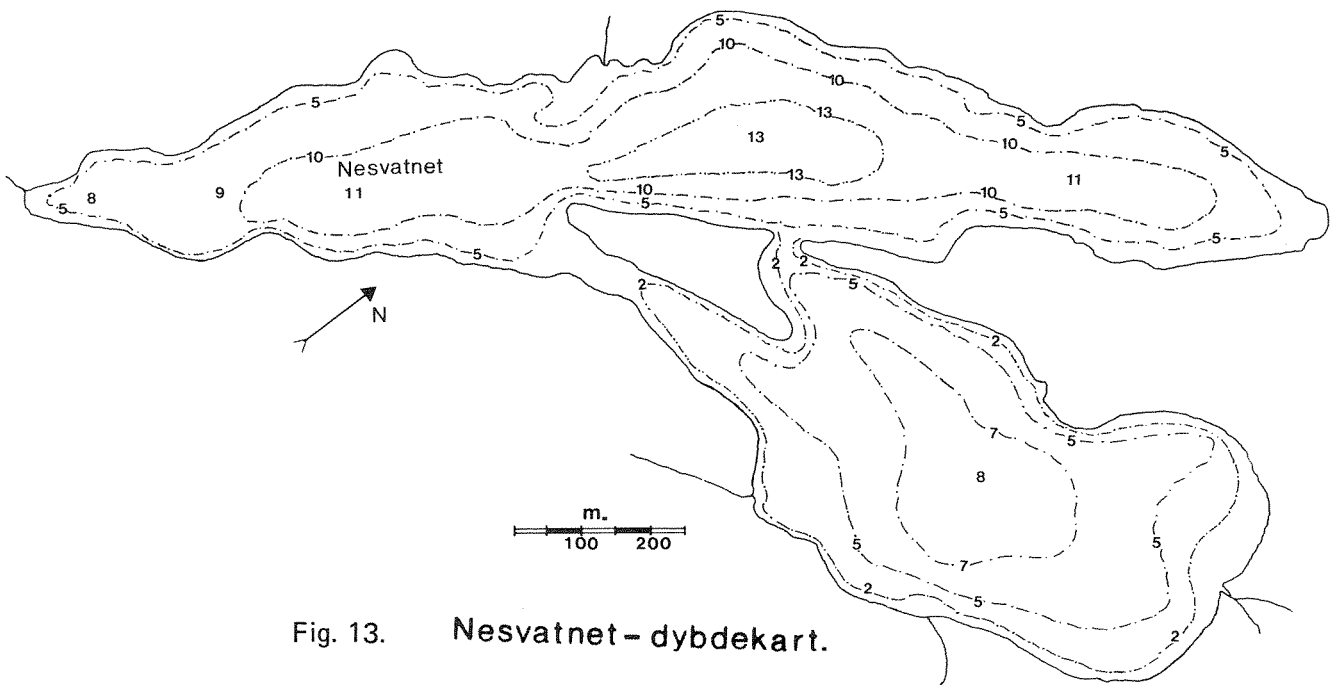
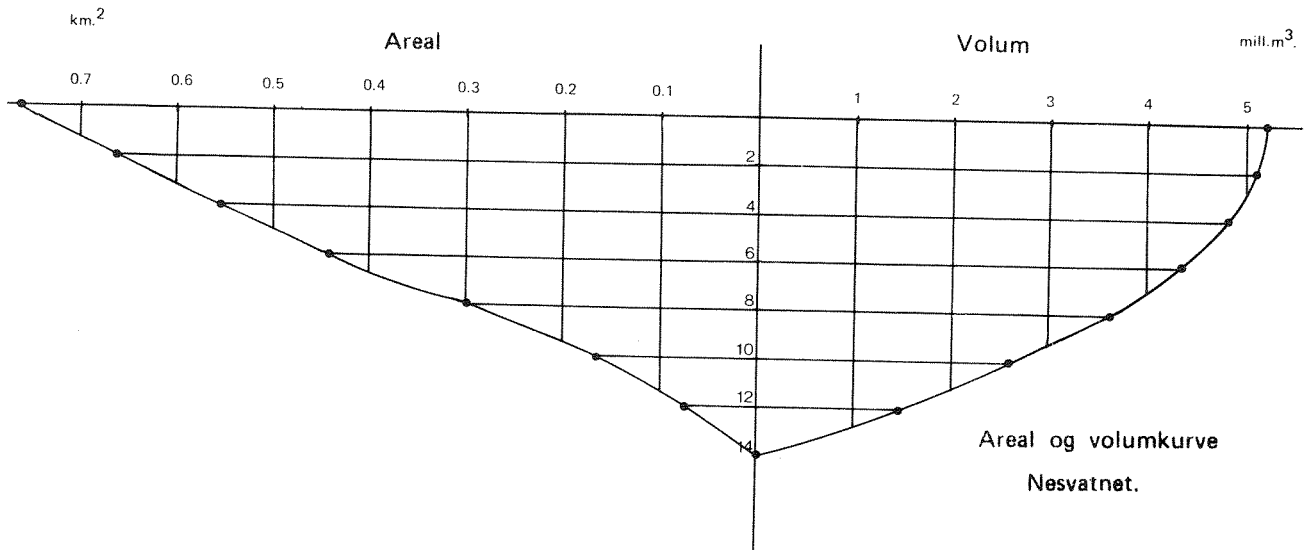
9.4.2 Hydrologi og innsjødata

I følge "Hydrologiske undersøkelser i Norge, NVE 1958" er arealavrenningen i Levangerområdet 30 l/sek pr. km<sup>2</sup>. Dette tilsvarer en midlere avrenning fra Nesvatnets nedbørfelt på ca 271 l/s.

Nesvatn er loddet opp av Miljøvernavdelingen i Nord-Trøndelag som også har tegnet dybdekart (fig.13). På bakgrunn av dette kart er innsjøens volum beregnet.

Følgende tabell angir de viktigste data angående innsjøen og de hydrologiske forhold:

Overflateareal	0,76 km <sup>2</sup>
Innsjøvolum	5,15 mill. m <sup>3</sup>
Største dyp	14 m
Middeldyp (volum/overfl.)	6,8 m
Nedbørfelt	9 km <sup>2</sup>
Tilrenning	271 l/s
Teoretisk oppholdstid	0,6 år



### 9.4.3 Fysisk-kjemiske forhold

De fysisk-kjemiske analyseresultater gjengitt i appendix 4.

#### Siktedyp og visuell farge

Begge disse parametre er til dels avhengig av algeproduksjon i innsjøen og til dels tilførsler av løste og partikulære stoffer fra nedbørfeltet.

De høyeste siktedypsverdiene ble observert om sommeren med 4,0 m den 28/6 og 30/8 og de laveste om våren 25/5 (1,3 m) og høsten 1/11 (0,7 m). Vårverdien er sannsynligvis i noen grad betinget av alger idet klorofyllverdien var relativt høy på denne tid - høstverdiene derimot antas å være betinget av utvasking av partikulært materiale fra nedbørfeltet under kraftig regnvær. Erosjonsprosessene ble sannsynligvis forsterket etter høstsonna når åkerarealene ble liggende åpne uten vegetasjonsdekke og til dels nypløyde. Forholdsvis stort siktedyp om sommeren tyder ikke på spesielt høy algeproduksjon - noe som er i overensstemmelse med klorofyllverdiene.

Vannets visuelle farge var hele tiden gul-brun eller brun-gul og dette tyder på tilførsler av humusstoffer fra nedbørfeltet. Den gule komponent var mest fremtredende først på sommeren, dvs. på den tiden algene gjorde seg mest gjeldende.

#### Temperatur

Under isdekket den 14. mars økte temperaturen som vanlig i denne type innsjøer fra 1<sup>0</sup>C i 1 m til 4,3<sup>0</sup>C i 11 m dyp.

Den 25. mai var tydeligvis sirkulasjonsperioden allerede over og sommersituasjonen var inntrådt - sprangsjiktet lå i 4-5 meters dyp. Videre utover sommeren økte overflatetemperaturen (18,7<sup>0</sup>C i 1 meters dyp den 26/7) og sprangsjiktet beveget seg mot større dyp. Fra slutten av august satte høstavkjølingen inn for alvor og den 26/9 var temperaturen omtrent ensartet fra bunn til topp (10,6<sup>0</sup>C), og i begynnelsen av november var hele vannmassen avkjølt til 4<sup>0</sup>C - innsjøen kunne nå ved kaldt vær hurtig fryse til.

### Oksygen

Observasjonsresultatene viser at det både sommer og vinter er et kraftig forbruk av oksygen i dyplagene og i de aller dypeste lag er det omtrent oksygenfrie tilstander. I 9 meters dyp avtok oksygeninnholdet fra 5,9 mg  $O_2/l$  den 25/5 til 0,4 mg  $O_2/l$  den 30/8, dvs. ca 0,06 mg pr. dag.

Vårsirkulasjonen - omblending av vannmassene - hadde tydeligvis vært kortfattet og lite effektiv med hensyn til luftning av de dypere liggende vannmasser og like etter sirkulasjonsperioden (25/5) var det fortsatt bare 2,5 mg  $O_2/l$  i 11 meters dyp. Overmetning av oksygen i overflate-lagene på samme tid skyldes antakelig stor algeproduksjon. Om høsten var sirkulasjonen effektiv og hele vannmassen ble godt mettet med oksygen.

### pH

Vannets surhetsgrad, pH, varierte mellom 6,2 og 8. De laveste verdier forekom vinter og vår og de høyeste om sommeren. Den høyeste verdi, pH = 8, ble målt i 3 m dyp den 26/7 og skyldes antakelig algeproduksjon (det tas forbehold om målefeil).

### Konduktivitet

Konduktivitetsverdiene som er direkte proporsjonal med vannets innhold av salter var høye og av samme størrelsesorden som i de undersøkte innsjøer i Steinkjerområdet og skyldes her som der innsjøens beliggenhet under den marine grense. I Høplavassdraget er konduktivitetsverdiene ca. 5  $\mu S/m$ .

### Organisk stoff

Vannets innhold av organisk stoff er her målt som forbruk av oksydasjonsmidlet kaliumpermanganat ( $KMnO_4$ ) under visse kjemiske betingelser. Benevning her er mg  $KMnO_4/l$  hvor 4 mg  $KMnO_4/l$  = 1 mg  $O/l$  som ofte er brukt benevning (Norsk Standard).

Kaliumpermanganatverdiene varierte mellom 22 og 33 mg  $\text{KMnO}_4$ /l som tilsvarende fra 5 til 8 mg O/l. Dette er betydelig lavere verdier enn hva som er målt i Lømsen og Østre Dyen. Undersøkelseresultatene synes å tyde på at en vesentlig del av det organiske materiale tilføres fra nedbørfeltet (humusstoffer).

#### Næringsalter

Vannets innhold av total fosfor varierte normalt mellom 10 og 20  $\mu\text{g P/l}$ , men om høsten, i november, var verdiene høyere antakelig pga. stor tilførsel av erosjonsmateriale fra nedbørfeltet (partikulært fosfor). Vannets innhold av molbydenreaktivt og/eller ortofosfat var høyest om vinteren og høsten, antakelig fordi de algetilgjengelige fraksjoner blir redusert ved algevekst om sommeren.

Nitrogenverdiene var høye, spesielt vinter, vår og høst. Dette tyder på at innsjøen tilføres gjødselstoffer fra jordbruksvirksomhet. På bakgrunn av forholdet mellom nitrogen og fosfor (31:1) er det ingen tvil om at fosfor er begrensende stoff for algevekst, dvs. at en reduksjon av fosfortilførsler vil begrense algeveksten.

#### 9.4.4 Biologiske forhold

##### Plantep plankton

Alge- eller plantep planktonmengden på de forskjellige observasjonsdager er målt som klorofyll a (appendix 4). Alle (fotosyntesiserende) planter - også alger - inneholder nemlig klorofyll og følgelig vil en kvantifisering av vannets (algenes) innhold av dette stoff være et uttrykk for algemengden. Det er også hver gang blitt samlet inn kvantitative plantep planktonprøver (blandprøver). Av økonomiske grunner er kun en av disse prøver blitt bearbeidet.

Klorofyllinnholdet i Nesvatn (blandprøve fra flere dyp) variert fra 6,4  $\mu\text{g kl.a/l}$  den 25/5 til 1,41  $\mu\text{g kl.a/l}$  den 7/11. Aritmetisk middel for alle verdier til og med september (produksjonsperioden) var 3,2  $\mu\text{g kl.a/l}$ .

En i eutrofisammenheng stabil innsjø, bør i henhold til våre erfaringer ikke ha et klorofyllinnhold vesentlig høyere enn 2 µg kl.a/l som middel over vekstsesongen (sommeren). En slik målsetting er neppe realistisk for en innsjø som er utsatt for diffuse forurensningstilførsler fra jordbruksaktiviteter, spredt bosetting o.l. Bortsett fra en høy vår-oppblomstring, tyder klorofyllverdiene på at algeveksten ikke er noe stort problem i Nesvatn, men innsjøen er tydeligvis likevel i en eutrofiutvikling selv om den foreløpig kan betraktes som oligotrof.

### Dyreplankton

(Resultater, se Appendix)

Det ble registrert 9 arter av planktonkrepser (4 hoppekrepser og 5 vannlopper) og 5 slekter av hjuldyr. Tettheten av hjuldyr var svært lav, og vanligste art var K. longispina,

Nesvatnet så ut til å ha størst tetthet av planktonkrepser av de 4 innsjøene. Krepserplanktonet var klart dominert av cyclopoide hoppekrepser (trolig hovedsakelig C. scutifer) med hensyn til individantall. Imidlertid representerte sannsynligvis vannloppene godt over 60 % av biomassen både i juni og august. Av disse hadde D. longispina størst individtetthet, men Daphnia galeata og Bosmina longispina ble også funnet i betydelige antall i juni.

Til tross for store mengder yngre utviklingsstadier av cyclopoide hoppekrepser (spesielt i juni) kan dyreplanktonsamfunnet totalt sett sies å være karakterisert ved en høy andel store former. Artssammensetningen tydet på at beitettrykket fra planktonspisende fisk ikke var spesielt hard sommeren 1983. Relativt store populasjoner av effektive planteplanktonspisende vannlopper, særlig Daphnia spp., kan ha vært en medvirkende årsak til mindre algemengder i Nesvatnet enn i de øvrige tre innsjøene (kfr. kapittel om planteplankton og klorofyll).

#### 9.4.5 Bakteriologiske forhold

Bortsett fra enkelte høye verdier utover høsten var vannets innhold av bakterier lavt i Nesvatn. Dette tyder på at Nesvatn i mindre grad mottar tilførsler av kloakkvann. Noe høyere bakterietall utover høsten må ha sammenheng med tilførsel av erosjonsmateriale og jordpartikler under kraftig regnvær. Vannets bakteriologiske tilstand burde normalt ikke være noe hinder for bruken av vannet som badevann og drikkevann for husdyr, men dette må avgjøres av veterinærmyndighetene.

#### 9.4.6 Konklusjon

- Nesvatn ligger under den marine grense i et område hvor over 20% av nedbørfeltet er dyrket mark.
- I nedbørrike perioder synes innsjøen å tilføres betydelige mengder erosjonsprodukter fra nedbørfeltet, antakelig først og fremst fra dyrket mark.
- Innsjøen er noe eutrofiert. Dette skyldes i vesentlig grad jordbruksaktiviteter i nedbørfeltet. De ulike kilders andel i nærings-saltbelastningen er følgende:

Næringssaltbelastning fordelt på kilder:		
Aktivitet	Fosfor %	Nitrogen %
Jordbruk	70	74
Bosetting (kloakk)	12	3
Naturlig	18	23
Totalt	100%	100%

- Fosfor er begrensende for algeveksten i Nesvatn. Det er ønskelig å redusere fosfortilførselen for å sikre en balansert utvikling. Tiltak innenfor jordbrukssektoren anbefales.
- Vannets innhold av bakterier er relativt lavt. Dette tyder på at Nesvatn i mindre grad mottar kloakkvann. Bakteriologisk sett synes det ikke å være noen betenkeligheter med å bruke Nesvatn til bading og drikkevann for dyr.

A P P E N D I X



Appendix 1

Lømsen 1983. Analyseresultater

		Dato		16/3	26/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
		Dyp m								
Siktedyp i m					2,2	3,2	3,7	1,6	1,8	0,9
Visuell farge					gul-brun	gul-brun	gul-brun	gul-brun	gul-brun	brun
Temperatur, °C	1	0,5	11,4	15,3	16,3	15,0	9,2	3,9		
	2	2,0		15,3		15,0	9,2	3,9		
	3	3,1	11,2	15,2	14,8	15,0	9,2	3,7		
	4	4,2		15,1		15,0	9,2	3,7		
	5	5,0	11,0	14,4	14,3	15,0	9,2			
Oksygen, mg O/l	1	12,9	11,2	11,3	9,7	10,0	11,4	12,8		
	2	11,1	11,2	11,3	9,9	10,0	10,8	12,8		
	3	6,5	9,4	10,6	9,2	10,0	10,8	12,8		
	4	1,7	8,3	9,5	8,6	10,0	10,8	12,2		
	5	0,6	8,0	7,5	8,3	9,0	10,4			
	5,5	0,5								
Oksygen, % metning	1	92,3	106,0	116,5	102,1	102,5	102,3	100,4		
	2	82,8	105,7	116,5	102,5	102,5	96,9	100,4		
	3	50,0	88,5	109,1	93,8	102,5	96,9	99,9		
	4	13,4	77,9	97,5	87,1	102,5	96,9	95,2		
	5	4,9	75,0	75,8	83,8	92,2	93,4			
	5,5	4,0								
	6		61,5							

Lønsen 1983

Parameter: pH

Dato Dyp m	16/3	26/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
1	4,2 (på 0 m)				7,4		7,2
2							
3	6,6	7,0	7,0	6,7		7,1	
4					7,4		7,2
5	6,6		6,9	6,9		7,2	
6		7,0					

Parameter: Konduktivitet, mS/m

1					11,2		10,3
2							
3		10,5	10,0	8,1		11,5	
4					11,5		10,5
5			10,5	8,1		11,6	
6		10,5					

Parameter: Organisk stoff, mg KMnO<sub>4</sub>/l

1					36		46
2	35						
3		32	30	31		42	
4					36		45
5	35		31	33		41	
6		31					

Lønsen 1983

Parameter: Total fosfor, µg P/l

Dato Dyp m	16/3	26/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
1					16		32
2	58						
3		19	27	14		18	
4					29		31
5	50		19	27		19	
6		20					

Parameter: Løst molybdenreaktivt fosfor, µg P/l

1					5		9,4
2	37	1,1					
3			<1	2		1,2	
4					16		9,0
5	48		1,1	2		1,8	
6		1,4					

Parameter: Ortofosfat, µg P/l

1							
2	44						
3				3			
4							
5	50			7			
6							

Lømsen 1983

Parameter: Total nitrogen,  $\mu\text{g N/l}$

Dato Dyp m	16/3	26/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
1	684	550	378	291	309	435	680
2							
3					347		631
4				472		474	
5			419				
6		466					

Parameter: Nitrat + nitritt,  $\mu\text{g N/l}$

1					78		329
2							
3		337	80	33		105	
4					87		316
5			80	84		112	
6		335					

Parameter: Ammoniakk,  $\mu\text{g N/l}$

1					11,8		27,5
2	4						
3		6,6	<1,0	14		16,9	
4					15,6		27,9
5			<1,0	22		17,5	
6		4,0					

Lømsen 16/3 1983

Parameter		2 m	5 m
Kalsium,	mg Ca/l	11	15
Magnesium,	mg Mg/l	1,6	2,3
Klorid,	mg Cl/l	14,2	15,5
Sulfat,	mg $\text{SO}_4$ /l	5,7	6,3
Alkalitet (pH 4,5),	mmol/l	0,58	1,04
Aluminium,	mg Al/l	0,034	0,058

Klorofyll a/l - blandprøve. Lømsen 1983  $\mu\text{g kl.a/l}$

26/5 : 6,86  
 27/6 : 9,17  
 25/7 : 4,62  
 31/8 : 6,92  
 27/9 : 4,76  
 25/10 : 2,42

Bakteriologiske analyseresultater. Lømsen 1983

Parameter: Kintall pr. ml

Dato Dyp m	16/3	26/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
1					680		1920
2							
3			124	390 (5 døgn)		660	
4					240		2000
5			92	1100 (5 døgn)		640	

Parameter: Koliforme bakterier (37 °C) pr. 100 ml

1					34		50
2							
3	2		20	9		36	
4					41		93
5		20	13	53		42	
6							

Parameter: Koliforme bakterier (44 °C) pr. 100 ml

1					1		29
2							
3	<1		0	1		20	
4					1		49
5		1	1	3		14	
6							

## Appendix 2

Østre Dyen 1983. Analyseresultater

Parameter: Temperatur °C

Dato Dyp m	21/3	30/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
1	1,0	12,0	16,0	14,7	12,2	10,0	6,0
3	3,0	9,7	13,2	14,6	12,0	10,0	6,1
5	3,5	7,6	8,5	8,7	12,0	9,8	6,5
7	3,5	6,2	6,4	6,4	6,2	8,8	6,6
8						7,8	
9	3,5	5,7	6,0	6,0	5,5	6,8	6,4
11					5,2	5,2	6,4
12	3,5	5,0	5,1	5,1			
13					5,0	5,0	6,4
15	3,5	4,6	5,0	5,0	4,9		6,4
17					4,7		6,4
18	3,8	4,3	4,6	4,9			
19					4,5		
20	3,8	4,2	4,5				
21	3,9						

Parameter: Oksygen, mg O<sub>2</sub>/l

1	10,4	10,8	12,4	14,2	10,5	11,2	7,8
2				15,5			
3	8,6	9,4	12,2	13,4	10,5	11,2	8,8
4				11,8			
5	7,0	7,6	8,1	10,3	10,3	10,7	8,5
6				5,0			
7	6,3	7,0	7,1	5,8	3,6	10,5	8,3
9	5,9	6,2	6,7	5,4	3,5	2,4	7,9
11					3,5	1,7	7,3
12	5,5	5,5	6,3	4,7			
13					3,1	1,5	7,1
15	4,5	5,1	5,4	3,4	1,5		6,3
17					0,8	0,7	6,0
18	1,6	4,5	4,3	2,1			
19					0,5		5,8
20	0,9	3,5	3,9				
21	0,7						

Østre Dyen 1983

Parameter: Prosent oksygen

Dato Dyp m	21/3	30/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
1	75,5	103,5	129,7	144,5	101,2	102,6	64,7
2				157,7			
3	65,9	85,5	120,2	136,0	100,7	102,6	73,2
4				114,5			
5	54,4	65,6	71,5	91,4	98,8	97,4	71,4
6				42,7			
7	49,0	58,3	59,5	48,6	30,0	93,3	69,9
9	45,8	51,0	55,6	44,8	28,6	20,3	66,2
11					28,4	13,8	61,1
12	42,7	44,5	51,1	38,1			
13					25,1	12,1	59,5
15	35,0	40,8	43,7	27,5	12,1		52,8
17					6,4	5,6	50,3
18	12,5	35,7	34,4	16,9			
19					4,0		
20	7,0	27,7	31,1				
21	5,5						

Østre Dyen 1983

	Dato		21/3	30/5	27/6	25/7	31/8	27/9	25/10
	Dyp m								
Siktedyp i m				1,7	1,9	2,4	1,8	1,4	1,4
Visuell farge				gul-brun	gul-brun	gul-brun	gul-brun	gul-brun	gul-brun
Surhetsgrad, pH	3		7,1	7,3	7,7	8,9	8,0	7,4	7,2
	18		7,0	6,7	6,3	6,6	6,6	6,9	7,2
Konduktivitet, mS/m	3		16,0	15,0	11,7	16,2	16,4	16,6	
	18		16,0	15,5	11,5	17,1	17,2	16,6	
Organisk stoff, mg KMnO <sub>4</sub> /l	3		25	22	23	24	28	38	44
	18		24	25	24	25	23	26	43
Total fosfor, µg P/l	3		17	14	31	59	33	41	23
	18		38	21	15	32	40	71	22
Løst molybdenreaktivt fosfor, µg P/l	3		13	1,1	<1	10	1,7	1,2	5,9
	18		18	9,1	<1	3	13,1	11,1	3,9
Ortofosfat, µg P/l	3		14			32			
	18		25			5			
Total nitrogen, µg N/l	3		744	744	608	686	469	738	747
	18		651	759	801	533	664	808	724
Nitrat og nitritt, µg N/l	3			641	425	491	89	174	400
	18			654	677	120	343	268	398
Ammoniakk, µg N/l	3		18	7,5	<1	85	23,4	14,1	101
	18		156	17,9	<1	25	268	212	92,6

NB: 21/3 ble prøvene tatt i 3 og 20 meters dyp

Østre Dyen 21/3 1983

Parameter		3 m	18 m
Kalsium,	mg Ca/l	19	21
Magnesium,	mg Mg/l	2,4	2,6
Klorid,	mg Cl/l	11,7	12,5
Sulfat,	mg SO <sub>4</sub> /l	11	9
Alkalitet (pH 4,5)	mmol/l	1,05	1,24
Aluminium,	mg Al/l	0,029	0,033

Klorofyllresultater, µg k1a/l

Dato	k1a/l
30/5	7,39
27/6	12,49
25/7	13,27
31/8	16,49
27/9	39,71
25/10	4,08

Bakteriologiske analyseresultater. Østre Dyen 1983

Dato	Dyp m	Bakterier	Koliforme bakterier	
		kim/ml	37 °C, pr. 100 ml	44 °C, pr. 100 ml
26/6	3	236	> 300	2
	18	66	39	3
25/7	3	2700	< 1	< 1
	18	1100	6	1
31/8	3	1600	24	4
	18	220	2	1
27/9	3	1100	53	39
	18	290	25	2
25/10	3	360	66	25
	18	200	77	49

Appendix 3

Granavatn 1983. Analyseresultater

Parameter	Dato	16/3	26/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
	m dyp							
Siktedyp i m			0,8	0,9	1,75	2,0	1,1	1,9
Visuell farge			grå/ grønn	brun	grønn/ brun	-	-	brun/ gul
Temperatur °C	1	0,5	10,6	15,2	17,4	12,0	9,0	3,6
	2				13,5			
	3	2,8	9,8	10,9	13,0	12,0	9,0	3,6
	4				10,0			
	5	3,0	5,2	8,4	8,0	11,6	8,9	3,6
	7	3,0	4,9	5,0	5,0	6,0	8,8	3,6
	9	3,0	4,0	4,5	4,1	4,2	4,8	3,6
	11	3,0	3,9		3,9	4,0	4,0	
	13	3,0	3,8		3,8	3,9	4,0	
	15	3,1	3,6		3,5	3,9	4,0	3,5
	17		3,5		3,5	3,9	3,9	
	18	3,5	3,5	3,9				3,7
	19				3,5	3,9	3,9	
	20							
22								
Oksygen mg O <sub>2</sub> /l	1	7,7	>11,3	11,2	8,6	10,0	9,2	12,4
	2			11,2	7,6			
	3	4,2	>11,3	13,2	7,0	9,8	9,3	10,4
	4			6,6	5,5			
	5	2,9	7,6	5,9	5,0	8,7	9,0	8,8
	7	2,5	6,3	5,2	3,5	1,5	8,9	7,7
	9	2,2	5,2	2,4	2,0	0,5	2,0	6,9
	11	1,4	4,2		1,5	0,4	1,3	
	13		2,3		1,4	0,3	1,2	
	15	0,4	1,2	0,7	1,3	0,3	1,2	5,7
	17		0,7		1,3	0,2	1,2	
	18	0,3	0,7	0,5				5,0
	19				1,3	0,2	1,0	
	20			0,5				
22			0,4					
Oksygen % metning	1	55,1	>104,9	115,2	92,5	95,9	82,2	94,0
	2			109,8	75,3			
	3	32,0	>102,9	123,4	68,6	94,0	83,1	78,8
	4			60,2	50,4			
	5	22,2	61,7	51,9	43,6	82,6	80,2	66,7
	7	19,2	50,8	42,0	28,3	12,6	79,1	58,4
	9	16,9	40,9	19,1	15,8	4,0	16,1	52,3
	11	10,7	33,0		11,8	3,1	10,2	
	13		18,0		11,0	2,4	9,4	
	15	3,1	9,3	5,5	10,1	2,4	9,4	43,1
	17		5,4		10,1	1,6	9,4	
	18	2,3	5,4	3,9				38,0
	19				10,1	1,6	7,8	
	20			3,9				
22			3,1					



Granavatn 1983

Parameter: pH

Dato Dyp m	16/3	26/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3	6,7	7,7	7,3	8,6	7,0	6,9	6,9
18	6,9	7,1	6,9	8,0	6,5	6,6	6,9

Parameter: Konduktivitet mS/m

3		14,9	14,8	14,1	13,6	12,4	14,8
18		18,3	22,0	17,7	17,2	15,7	15,4

Parameter: Organisk stoff, mg  $\text{KMnO}_4$ /l

3	31	34	40	28	33	37	39
18	34	34	34	33	34	37	38

Granavatn 1983

Parameter: Total fosfor,  $\mu\text{g P/l}$

Dato Dyp m	16/3	26/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3	65	59	51	28	22	35	73
18	68	93	68	89	145	198	79

Parameter: Løst molybdenreaktivt fosfor,  $\mu\text{g P/l}$

3	42	0,9	2,6	2,0	1,1	<1,0	45
18	28	22	23	24	114	173	39

Parameter: Orto-fosfat,  $\mu\text{g P/l}$

3	60	9,7	11,4	8,0	4,0	7,0	53
18	40	54	44,3	63	125	181	55

Granavatn 1983

Parameter: Totalnitrogen, µg N/l

Dato Dyp m	16/3	26/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3	938	914	882	439	678	556	900
18	1165	1137	1155	1136	1310	1180	900

Parameter: Nitrat + nitritt, µg N/l

3		548	302	5	30	178	420
18		116	59	67	24	23	380

Parameter: Ammoniakk, µg N/l

3	7	33	8	10	6	11	24
18	543	923	917	148	635	903	261

Granavatn 16/3 1983

Parameter	3 m	18 m
Kalsium, mg Ca/l	15	18
Magnesium, mg Mn/l	1,7	1,8
Klorid, mg Cl/l	13,9	13,7
Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l	7,5	6,5
Alkalitet, (pH 4,5) mmol/l	0,82	1,24
Aluminium, mg Al/l	0,012	0,045

Granavatn 1983

Klorofyll a/l - blandprøve

26/5: 35,14  
 28/6: 17,53  
 26/7: 13,99  
 30/8: 12,65  
 26/9: 23,69  
 7/11: 2,18

Bakteriologiske analyseresultater. Granavatn 1983

Parameter: Kimtall pr. ml

Dato Dyp m	26/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3		4	1200 5 døgn	890	1120	210
18		5	720 5 døgn	93	69	150
Parameter: Koliforme bakterier (37 °C) pr. 100 ml						
3	23	0	1	47	5	21
18	7	0	1	6	7	18
Parameter: Koliforme bakterier (44 °C) pr. 100 ml						
3	< 1	0	0	3	8	2
18	< 1	0	0	0	0	0



Nesvatn 1983

Parameter: pH

Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	1/11
3	6,5	6,5	7,1	8,0	7,0	6,9	7,0
9				7,6	6,5	6,8	
11	6,7	6,2	6,7				6,9

Parameter: Konduktivitet, mS/m

3			10,5	9,7	9,2	9,2	9,5
9				10,7	10,3	9,0	
11			11,5				9,7

Parameter: Organisk stoff, mg KMnO<sub>4</sub>/l

3	28	27	26	22	25	28	33
9				24	23	27	
11	26	28	28				33

Nesvatn 1983

Parameter: Totalfosfor, µg P/l

Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	1/11
3	17	20	14	13	12	11	37
9				22	22	11	
11	18	15	26				49

Parameter: Løst molybdenreaktivt fosfor, µg P/l

3	11	1,7	2,3	5,0	1,4	< 1	
9				8,0	3,4	1,5	
11	9	1,7	5,7				

Parameter: Orto-fosfat, µg P/l

3	13,0	5,1	3,1	7,0	2,9	1,2	23
9				10,0	9,1	2,1	
11	9,0	4,3	11,7				29

Nesvatn 1983

Parameter: Totalnitrogen, µg N/l							
Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	1/11
3	630	901	530	512	503	576	770
9				600	444	653	
11	470	804	686				750

Parameter: Nitrat + nitritt, µg N/l							
Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	1/11
3		463	224	225	232	250	450
9				257	82	239	
11		506	429				420

Parameter: Ammoniakk, µg N/l							
Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	1/11
3	17	8	30	46	23	47	15
9				45	154	50	
11	150	38	32				13

Nesvatn 1983

Klorofyll a/l - blandprøve

25/5: 6,40  
 28/6: 1,55  
 27/7: 2,01  
 30/8: 2,80  
 26/9: 3,15  
 7/11: 1,41

Bakteriologiske analyseresultater. Nesvatn 1983.

Parameter: Kimtall pr. ml							
dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3			6	220 (5 døgn)	62	650	1200
9				200 (5 døgn)	30	170	
11			17				850

Parameter: Koliforme bakterier (37 °C) pr. 100 ml							
Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3			3	5	7	39	47
9				4	1	4	
11			5				56

Parameter: Koliforme bakterier (44 °C) pr. 100 ml							
Dato m dyp	14/3	25/5	28/6	26/7	30/8	26/9	7/11
3			0	0	3	2	17
9				0	2	1	
11			0				11

Appendix 5

Hjuldyrplankton (Rotatoria) funnet i Nesvatn, Granavatn, Lømsen og Østre Dyen sommeren 1983.

Art	Innsjø Dato	Nesvatn		Granavatn		Lømsen		Østre Dyen	
		28.6	30.8	28.6	26.7	27.6	25.7	27.6	31.8
<i>Brachionus urceolaris</i> (Müller)				+					
<i>Keratella quadrata</i> (Müller)				+	++	+			
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)			+	+	+++	+	+	+	++
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)		++	+	+	+	+	+	++	
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg						+			+
<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg)						+			
<i>Gastropus stylifer</i> Imhof							+		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse				++	+	++		++	+++
<i>Synchaeta</i> spp.			+	++	+	+	+	++	+++
<i>Polyarthra</i> spp.								+	+
<i>Filinia longiseta/terminalis</i> (Ehrenberg/Plate)		+		++	++	+	+	++	++
<i>Conochilus hippocrepis/unicornis</i> (Schrank/Rousselet)			+			++	++	++	
<i>Collotheca</i> sp.						+		+	

+++ rikelig forekommende    ++ vanlig forekommende    + sjelden

## Generelle kommentarer til de ulike parametre

### Temperatur

Temperaturforholdene (varmeforholdene) påvirker vannets plante- og dyreliv både direkte (stoffomsetning, tilvekst, forplantning osv.) og indirekte (virkninger av f.eks. temperatursjiktning, stagnert vann med oksygenmangel osv.) Temperaturen er derfor en nøkkelparameter når det gjelder innsjøenes og vassdragenes stoffhusholdning. Videre påvirker temperaturen de fysiske-kjemiske prosessene som f.eks. reaksjonshastigheter og metningsverdier for oppløste gasser i vannet - spesielt oksygen.

Ved temperaturmålinger i innsjøer er man spesielt interessert i å få et bilde av de rådende sjiktforhold. På grunn av at vannets tetthet praktisk talt i sin helhet avhenger av temperaturen slik at tetthetsdifferansen pr. grad øker med stigende temperatur over 4 °C eller synkende temperatur under 4 °C, oppstår en mer stabil termisk sjiktning jo lengre en viss temperaturgradient ligger fra 4 °C.

Våre tempererte innsjøer gjennomgår oftest fire forskjellige termiske perioder pr. år, nemlig to sirkulasjonsperioder (vår og høst), da temperaturen ligger nær 4 °C, og hele vannmassen ved vindpåvirkning lett kan blandes; og to stagnasjonsperioder da vannmassen på grunn av den termiske sjiktning inndeles i to hoveddeler (sommer og vinter). I innsjøer som ikke er så utsatt for vindpåvirkning, uteblir ofte vårsirkulasjonen - slike innsjøer sier vi er vårmeromiktiske. Om sommeren har man en stabil lagdeling med relativt varmt vann ovenpå noe kaldere - sommerstagnasjonsperioden. Om vinteren er vannmassene i overflatelaget avkjølt, og vindfaktoren uteblir på grunn av isdekket - da har man altså en stabil lagdeling med kaldt vann ovenpå noe varmere i dypet - vinterstagnasjonsperioden.

Spesielt er stagnasjonsperiodene av limnologisk interesse på grunn av at vannmassene derved deles i to hovedsjikt, et øvre (epilimnion) hvor temperaturforholdene på det nærmeste er ensartet (homoterme), og totalsirkulasjon lett oppstår under vindpåvirkning, og et nedre sjikt (hypolimnion) hvor temperaturforholdene er relativt ensartet (en svakt avtagende gradient mot bunnen om vinteren). Dette sjiktet ligger derfor mer eller mindre "låst" under det øvre sjiktet og vil bare kunne påvirkes ved ekstra sterk



vindpåvirkning. Normalt er det ikke noen større sirkulasjon og omblanding av vannet i dette sjikt. Videre er vannutskiftningen med de ovenforliggende vannmassene meget liten, men på grunn av forandringer i de ytre påvirkningskrefter (vind, lufttrykk, tilløpsvann osv.) er det som regel alltid en viss bevegelse også i de dypere liggende vannmasser.

Mellom de to vannsjiktene finnes et overgangssjikt (metalimnion, termoklin, sprangsjikt) hvor temperaturkurven har et "infleksjonspunkt", dvs. sterkt heteroterme temperaturforhold. Den resulterende tetthetsgradient er iblant så kraftig at betydelige mengder organisk materiale som synker, kan danne en "falsk bunn" i dette nivå. Ved vindpåvirkning oppstår kompliserte turbulensfenomener i dette sjiktet, som delvis kan forårsake en vannutskiftning mellom de to hovedsjiktene.

Temperaturstudier gir verdifulle opplysninger særlig om innsjøenes dynamikk og for beregning av "varmebudsjett", og er av vesentlig verdi når det gjelder tolkningen av øvrige parametre av fysisk-kjemisk og biologisk natur. Videre er temperaturen en brukbar parameter når det gjelder å studere strømforholdene og ved kartlegging av diverse utslipp.

### Oksygen

Oksygenet er et uunnværlig element for vannets plante- og dyreliv. Oksygeninnholdet er derfor en avgjørende faktor for vannets organismsamfunn. Videre har oksygenet stor betydning for viktige kjemiske oksydasjons- og reduksjonsprosesser i vannmassene og i bunnsedimentene. Innenfor limnologien spiller oksygenet dessuten en betydelig rolle som indikator for innsjøenes og vassdragenes stoffomsetning.

Ved ren diffusjon skjer oksygenets opptak og transport i stillestående vann ytterst langsomt. (For bare ved diffusjon å mette en 250 m dyp og opprinnelig oksygenfri innsjø med oksygen ville en trenge ca. 1 million år.) Vannets evne til å ta opp og løse oksygen avtar med stigende temperatur. Oksygenets løselighet i vann ved 30 °C er bare vel halvparten av løseligheten ved 0 °C. Ved 0 °C finner man i mettet vann ca. 14 mg O<sub>2</sub>/l og ved 20 °C knapt 9 mg O<sub>2</sub>/l.

Oksygeninnholdet i innsjøer og vassdrag bestemmes av flere faktorer. En økning av oksygenkonsentrasjonen beror for det meste på tilførsler

fra luften under vindpåvirkning eller turbulens, f.eks. i en foss, og på planteplanktonets (innsjø) samt bunn- og strandvegetasjonens karbon-dioksyd-assimilasjon (innsjø, vassdrag) (fotosyntese). Dyr og planter respirasjon og nedbrytning av organisk materiale gir derimot en reduksjon i oksygeninnholdet. Det vil også alltid være et oksygentap til luften. Da disse og flere andre faktorer (bl.a. lufttrykket) avvekslende innvirker på oksygenkonsentrasjonen i vannet, finner man i virkeligheten sjelden den teoretiske metningsverdi (dvs. 100 % metning) ved en bestemt temperatur og i en bestemt høyde over havet.

Studiet av vannets oksygeninnhold og metningsverdi i vertikal (innsjøer) og horisontal (innsjøer, elver) retning gir meget verdifulle opplysninger om vannets biologiske stoffomsetning, næringstilgang og organiske belastning.

I den næringsrike (eutrofe) innsjøen er det alltid oksygenmangel i hypolimnion under stagnasjonsperiodene (sommer, vinter), og ofte oksygenoverskudd (metningsverdi over 100 %) i overflatesjiktet (epilimnion) i produksjonsperioden om sommeren. Den næringsfattige (oligotrofe) innsjøen viser i sommerstagnasjonsperioden en temmelig jevn oksygenfordeling nær metningsverdien (80-100 %) i hele vannmassen, absoluttverdiene (mg/l) øker gjerne nedover mot dypet etter som temperaturen avtar.

I løpet av produksjonsperioden om sommeren utsettes et næringsrikt vassdrag for svingninger når det gjelder oksygeninnholdet. Verdiene er høye, omkring - eller endog over - metningsverdien om dagen når plantenes assimilasjon er høy, og verdiene er lave om natten når respirasjonen overtar.

Om vinteren viser disse vassdragene ofte lave verdier, og i enkelte tilfeller er det fritt for oksygen. Næringsfattige vassdrag har høyt oksygeninnhold som ligger nær eller ved metningsverdien, og det foreligger ingen døgnvariasjon.

Ved at så pass ulike oksygenforhold kan oppstå i våre innsjøer og vassdrag, kan faunaen og floraen i de forskjellige vanntypene komme til å bli forskjellige både med hensyn til artsforekomster, utbredelse og størrelse. Da organismesamfunnet i høy grad påvirker sine omgivelser, kommer derfor

de forskjellige innsjøene til å forandres ytterligere med hensyn til næringsinnhold.

Det er spesielt det organiske materiale som tilføres våre innsjøer og vassdrag fra industri (særlig celluloseindustri og visse typer næringsmiddelindustri), jordbruk og kommunalt avløpsvann, som ved mer eller mindre sterk nedbrytning er blitt et alvorlig problem for oksygenbalansen i våre vannforekomster. Observasjoner av oksygeninnholdet i vannet er derfor av sentral betydning når det gjelder studier av disse forhold. For at en vannforekomst skal fungere normalt, regner man med at oksygeninnholdet i innsjøens epilimnion og i et vassdrag ikke bør ligge under 5 mg O<sub>2</sub>/l.

### Vannets surhetsgrad, pH

pH er et mål for vannets konsentrasjon (eller rettere for aktiviteten) av hydrogenioner. pH reguleres i de fleste tilfeller av buffersystemet: CO<sub>2</sub>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (karbondioksyd-bikarbonat-karbonat-systemet). Vannet betegnes som surt når pH-verdien ligger under 7, og som basisk når verdien overstiger 7. Når karbondioksydverdien (CO<sub>2</sub>) øker, avtar pH-verdien, og vannet blir surere. Ved at karbondioksyd (CO<sub>2</sub>) forbrukes ved algenes og vannplantenes assimilasjon (solenergi + CO<sub>2</sub> → O<sub>2</sub> + C (organisk)) skjer en relativ økning av bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) og karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)-verdiene; pH øker samtidig som oksygen (O<sub>2</sub>) frigjøres. Ved organismenes respirasjon og i en viss utstrekning ved nedbrytning av organisk materiale forbrukes oksygen, og karbondioksyd frigjøres; pH avtar. Særlig i næringsrike (eutrofe) innsjøer med rikelige alge- og vegetasjonsforekomster der ikke bare den frie karbondioksyden, men også den halvbundne karbonsyren (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) forbrukes ved assimilasjonen, finner man derfor en utpreget døgnvariasjon for pH. Høyeste verdi for pH vil da forekomme om dagen - ofte kan man da måle pH-verdier på 9-10 (assimilasjonsperioden). Laveste pH-verdi forekommer om natten, og da spesielt den siste delen av natten.

I kalk- og bikarbonatfattig vann, mer eller mindre påvirket av organisk materiale (humus), spiller humus-syrene dessuten en viktig rolle for pH, og i ekstra sure myrvann (tjern) med høyt humusinnhold synes karbondioksydinnholdet å være av underordnet betydning for pH sammenliknet med humussyrer og andre organiske syrer. pH henger videre sammen med vannets saltinnhold (ioner, elektrolytter). Jo høyere saltinnholdet er (særlig kalsium), jo mer buffret er vannet. Dette medfører høyere og stabilere pH-verdier.

Ved å måle pH kan man få informasjoner om hvilke biologiske forandringer som foregår i vannet. Videre er pH en viktig økologisk faktor idet de forskjellige organismer og organismesamfunn har bestemte toleransegrenser. Stort sett kan man si at pH-verdier under 5 og over 8 virker skadelig og i mange tilfeller til og med dødelig for flere av organismene som lever i vann (akvatiske). pH-verdien har videre betydning når det gjelder å utnytte vannet som drikke- og industrivann, etter som surt vann, i høyere grad enn basisk, virker korroderende på metaller og da spesielt på kobber, som bl.a. gir vannet dårlig smak.

## Alkalitet

Ved å titrere med sterk syre kan vannets innhold av sterke anionbaser bestemmes. Alkaliteten i upåvirket ferskvann er identisk med karbonat-alkalitet og bestemmes vanligvis helt av karbonsyresystemet. Alkalitetstitreringer ved siden av pH-målinger er de analytiske utgangspunkter ved bestemmelse av karbonat- bikarbonat- karbonsyre- buffersystemet ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  og  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) og gir derfor informasjon om vannets bufferevne.

Ute i naturen finner man ofte høy alkalitet i hardt vann med høyt kalkinnhold. Slikt vann er ofte høyproduktivt med rik vekst og rikt dyreliv. Vann med høye alkalitetsverdier har høye pH-verdier og påvirkes i mindre grad av syreutslipp og sur nedbør enn vann med lav alkalitet.

Alkalitetsstudier er spesielt viktige når man har å gjøre med utslipp av sterke syrer eller baser. Ved forurensningssituasjoner der vannets innhold av ammonium er høyt, kan endog  $\text{NH}_3$  -  $\text{NH}_4^+$ -systemet påvirke alkaliteten. Planter utnytter som kjent  $\text{CO}_2$  ved sin assimilasjon og påvirker på denne måten karbonsyre-systemet. Alkalitetsstudier er derfor viktige ved produksjonsmålinger av alger og høyere vekster. Lav alkalitet finner man under naturlige betingelser i sure og saltfattige vann, og høy alkalitet i saltrike vann med høy pH, og da spesielt som nevnt i kalkrike vann.

## Visuell farge

Vannets farge forårsakes av flere faktorer, så som egenfarge, oppløste stoffer i vannet, suspenderte partikler, fluorescenseffekter og refleks fra bunnen hvis dypet ikke er for stort. Av disse faktorene er det de oppløste stoffene og suspenderte partiklene som ansees å ha størst betydning. Overflatevann inneholder alltid større eller mindre mengder fargede substanser. Disse tilføres til dels fra nedbørområdet, dels er de et resultat av nedbrytning av planter og dyr som produseres i vannforekomstene. Spesielt humusstoffene som i form av sure kolloider av organisk natur blir tilført innsjøene og vassdragene fra skogs- og myrmarker i omgivelsene, brunfarger vannet i høy grad og må derfor kanskje ansees som de viktigste faktorer når det gjelder vannets farge. De fargestoffer som oppstår i innsjøen, går noe mer i gulgrønt og setter sjelden sitt preg på vannet i samme grad som humusstoffene gjør det. Unntak fra denne regel er de innsjøer og

vassdrag som har en stor forekomst av planteplankton som i høy grad påvirker fargen på vannet. Erosjonsmateriale fra leiområder gir vannet et grumset og gråakteig utseende. I humusfargede vann spiller også pH-forholdene en viss rolle da lave pH-verdier gir en svakere brunfarge enn høye pH-verdier gjør.

### Siktedyp

Med en innsjøes gjennomskinnelighet eller siktedyp menes det dyp hvor en nedsenket, horisontal, hvit skive (Secchi-skive) blir usynlig fra vannoverflaten. Til tross for at metoden er beheftet med atskillige feilkilder, gir den et verdifullt mål på vannets optiske egenskaper. Siktedypet er avhengig av graden av leire-, slam- eller planktontilgrusningen, og også av vannets farge. Variasjonen i løpet av året kan derved være meget stor, men det forekommer også en variasjon i løpet av døgnet på grunn av vekslende lysklima.

Gjennom siktedypsbestemmelsen får man kjennskap til hvor langt lyset trenger ned i vannmassen, da man regner med at siktedypet tilsvarer det nivå hvor bare ca. 5% av det innfalle sollyset når. Ved at plantene er avhengig av sollyset for sin assimilasjon, kan man ved måling av siktedyp få kunnskap om en innsjøes algeproduserende egenskaper. Videre er siktedypet i høy grad en funksjon av innsjøens omgivelser og produksjonskapasitet og kan derved gi viktig informasjon om disse forholdene (tilførsel av salter, leirepartikler, humusstoffer, plantenæringsstoffer m.m.). Ved kartlegging av forurensningsutslipp kan også siktedypmålinger være et bra hjelpemiddel.

De høyeste verdier for siktedyp (10-40 m) finner en i lavtproduserende innsjøer i sterile fjell- og bergområder. Normalt finner en et siktedyp på 5-10 m i våre upåvirkede vannforekomster i lavlandet. Spesielt humusrike og høyproduktive (planteplanktonrike) og ofte leingrumsede innsjøer pleier å ha siktedyp på mellom 1 og 3 meter.

### Kaliumpermanganatforbruk, $\text{KMnO}_4$

Kaliumpermanganatforbruket i en vannforekomst gir et relativt bilde av innholdet av organisk substans. Normalt regner en med at ca. 40% av det totale organiske stoffinnhold oksygdres ved denne metodikk. En hel del

organiske stoffer brytes ned både kjemisk og biologisk, men enkelte substanser oksyderes bare kjemisk og andre bare biologisk. Som eksempel på substanser som hovedsakelig bare nedbrytes kjemisk, kan nevnes humusstoffer i innsjøer og vassdrag som ligger i myr- og skogområder.

En vannforekomst tilføres organisk substans på to måter, dels ved planktonets og andre levende vannorganismers omsetning av plantenæringsstoffer samt ved nedbrytning av levende organismer, og dels fra nedbørfeltet ved tilførsel av diverse organisk materiale så som humus, løv m.m.

I naturvann foreligger den frie organiske substans først og fremst i løst og kolloidal form. En kjenner lite til det organiske materialets betydning for organismelivet, organismenes stoffomsetning og produksjonskapasitet. Normalt finner en permanganatverdier fra 0 - 10 mg O/l i våre upåvirkede naturvann, med de høyeste verdiene i humusrike vannforekomster. Høye verdier tyder oftest på stor organisk belastning (forurensning) med medfølgende oksygenforbruk. Permanganatverdien har derfor betydning ved studier og kartlegging av forurensningsutslipp av organisk stoff fra industri, jordbruk og kommunalt avløpsvann.

#### Spesifikk elektrolytisk ledningsevne

Vannets elektrolytiske ledningsevne gir et mål for elektrolyttinnholdet, eller enklere, vannets totale saltinnhold, De ioner som fremfor alt er betydningsfulle for vannets saltinnhold, pleier å bli benevnt som hovedkomponenter og omfatter  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  og  $\text{K}^+$  på kationsiden og  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  og  $\text{SO}_4^{--}$  på anionsiden. I enkelte tilfeller påvirkes også ledningsevnen av organiske syrer og hydrogenioner (spesielt i sure myrvann). Ionene (elektrolyttene) tilføres vannet med nedbøren (dette gjelder særlig  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  og  $\text{Cl}^-$ ) og ved utlakingsprosesser i nedbørområdet. Vannets ionesammensetning og saltinnhold er således avhengig av faktorer som nedbørens kjemiske sammensetning, de løse jordlagenes og berggrunnens beskaffenhet i nedbørområdet, forholdet mellom nedbør og avdunsting og bidrag fra menneskelig aktivitet (forurensninger m.m.). Hertil kommer også biologiske og, spesielt for innsjøene, morfologiske forhold inn.

I de fleste av våre innsjøer utgjør  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{HCO}_3^-$  det dominerende ioneparet, og bare de innsjøer som ligger i områder med særpreget klimatisk eller geologisk karakter, har en naturlig avvikende ionesammensetning. I kystnære vannforekomster eller i vannforekomster som hovedsakelig påvirkes av nedbør, finner en ofte  $\text{Na}^+$  på kationsiden og  $\text{Cl}^-$  på anionsiden som dominanter. I humusrike skogsvann pleier  $\text{SO}_4^{--}$  å dominere på anionsiden.

Når det gjelder å gi en generell karakteristikk av et naturvann, er saltinnholdet av betydning etter som dette gir informasjon om i hvilken grad en vannforekomst påvirkes av nedbørområdet (fjell, skog, dyrket jord osv.) nedbør og eventuelle forurensninger. Videre kan en ved å studere årsvariasjoner i vannets saltinnhold få et visst kjennskap til f.eks. en innsjø biologiske og kjemiske stoffomsetning. Der det er om å gjøre å kartlegge f.eks. en forurensnings spredning i vannmassene, kan ledningsevnen være en brukbar parameter. Målinger av vannets saltinnhold er spesielt viktig ved vurdering av ionebytteprosesser og tap av salter fra nedbørfeltet.

Av de ovenfor nevnte ionene er  $\text{Ca}^{++}$ -ionene mest variable med verdier fra ca. 1 mg/l i sure vann til 100 mg/l i særlig kalkrike vann. Kalsium er av spesiell biologisk interesse etter som flere dyregrupper synes å være direkte avhengig av vannets Ca-innhold for å kunne eksistere. Det har videre vist seg at organismenes (f.eks. fisk) motstandskraft mot unormale forhold (f.eks. giftvirkning av tungmetaller) øker når kalkinnholdet øker. Kalkinnholdet eller vannets hardhet  $\text{CaO} + \text{MgO}/\text{l}$  eller også uttrykt som  $\text{dH}^0$ . dvs. 10 mg  $\text{CaO}/\text{l}$  er av spesiell interesse når det gjelder å vurdere vannets kvalitet som drikke- og industrivann (særlig for vaskerier). Kalksaltene bindes til fett-syrene i såpe og reduserer derved skumdannelsen hvis kalkinnholdet er høyt. Saltinnholdet og særlig kalkinnholdet er dessuten ytterst viktig for vannets bufferevne. Elektrolyttfattig vann finner man i områder hvor nedbørfeltet er bygd opp av harde bergarter og ofte i innsjøer med svært lite nedbørområde. I vannforekomster i skogs- og lavlandsområder ligger verdien for ledningsevnen oftest mellom 20 og 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Avrenningsvann fra kalkrike jordbruksområder eller vann som påvirkes av forurensning, har ofte et elektrolyttinnhold som tilsvarer en elektrolytisk ledningsevne på 100 - 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



### Næringssalter, nitrogen og fosfor

Næringssaltene eller minimumsstoffene som de også kalles, spiller en avgjørende rolle for en innsjøs eller et vassdrags biologiske balanse og stoffomsetning. Økning av næringssalttilførselen (ved forurensning) har derfor i mange av våre naturvann gitt betydelige gjødelseffekter (eutrofiering), først og fremst med planktonalgeoppblomstring (innsjøer) og igjengroing (grunne innsjøer, vassdrag) som resultat. Dette er effekter som fra menneskelig synspunkt blir sett på som lite ønskelig, da verdien av et vann som kilde for drikkevann, industrivann og rekreasjonsformål (bading, fiske) reduseres sterkt når slike tilstander opptrer. Derfor blir det nå satset på reduksjon av næringssalter ved kloakkrensaneanlegg. Fosfortilførselen blir ansett som den alvorligste gjødselsfaktoren.

Nitrogen og fosfor i naturvann er nært knyttet til de biologiske og kjemiske prosesser i vannet og slammet og opptrer derved i et flertall fraksjoner (løst, bundet osv.) i sitt limnologiske kretsløp. Av særskilt interesse er de fraksjoner som er direkte assimilerbare for plantene, nemlig nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og fosfat-fosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ). Innholdet av disse er lavt i produksjonsperioden fordi de opptas av plantene, og høyt i nedbrydningsperioden, samt i de vannsjikt der konstant nedbrytning og mineralisering foregår, f.eks. i hypolimnion i de lagdelte innsjøer.

Ved å få kjennskap til innholdet av nitrat og fosfat-fosfor og til totalinnholdet av nitrogen og fosfor, får man derfor både teoretisk og praktisk verdifull informasjon om en innsjøs eller et vassdrags produksjonstilstand, produksjonskapasitet, påvirkning av forurensningsbelastning og dens følger.

Ved naturlige forhold regner en med at hoveddelen av det nitrogeninnhold som finnes i vannet, blir tilført og frigjort i vannmassen og bunnslammet ved nedbrytning av organisk substans som blir tilført fra nedbørområdet. Videre tilføres en betydelig mengde ved nedbøren og ved at enkelte alger (blågrønnalger) og bakterier direkte kan utnytte (forbruke) molekylært nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Fosforet kommer fra fosforholdige mineraler (f.eks. apatitt) og er således under naturlige betingelser direkte avhengig av nedbørområdets geologi. I naturvann finner en ofte et forhold på ca. 1 : 25 mellom fosfor- og nitrogenmengden.

### Biologiske undersøkelser

Biologiske undersøkelser inngår normalt i resipientundersøkelser, og som regel dominerer de kvalitative og mer beskrivende undersøkelser. Disse undersøkelser har sin verdi ved at de gir et integrert bilde av forurensningens effekt, noe som er vanskelig å oppnå ved fysisk-kjemiske undersøkelser. Ulempen med disse undersøkelser har vært at man ikke på liknende måte som ved de fysisk-kjemiske undersøkelser, har kunnet kvantifisere og anvende de kvalitative resultatene til stringente prognoseberegninger.

I den senere tid har de biologiske undersøkelserne fått en mye større betydning ved innføringen av kvantitativ metodikk. Spesielt når det gjelder å bedømme og kartlegge integrerende langtidseffekter, sekundære forurensningseffekter og gifteffekter, er de biologiske parametre av sentral betydning. Bl.a. er det utviklet modeller som har vist seg å fungere bra for visse innsjøtyper.

### Planteplankton

Planteplanktonet som består av mikroskopiske planter (alger) fritt svevende i vannmassen, står ofte i vesentlig grad for innholdet av organisk stoff i våre innsjøer. De er derfor av fundamental betydning både når det gjelder nærings- og oksygenforholdene i vannforekomster. Mange planteplanktonorganismer er også viktige indikatorer på et vanns næringsinnhold, saltinnhold, pH osv. Ved kvalitative og kvantitative undersøkelser av planteplanktonfloraen kan man derfor få verdifulle opplysninger om innsjøens tilstand, produksjonsstatus og innhold av næringsalter. Særlig ved sekundære forurensningsproblemer er planteplanktonundersøkelsene nødvendige.

I en naturlig lavlandsinnsjø finner man en meget lav planteplanktonforekomst om vinteren når lysforholdene er dårlige. Om våren skjer en oppblomstring, først og fremst av små kiselalger (diatoméer), som om sommeren etterfølges av gualger (chrysophycéer) og senere grønnalger (chlorophycéer). Om høsten (i sirkulasjonsperioden) kommer kiselalgene tilbake igjen og nå med større individer.

Når en innsjø belastes med næringssaltrikt utslipp (kommunalt avløpsvann), forskyves planktonfloraen mot grønn- og blågrønnalger (cyanophycēer) samtidig som algemengden øker kraftig. Ved ekstrem belastning domineres innsjøen av blågrønnalger. Ved å måle vannets innhold av klorofyll får man et kvantitativt mål for planteplanktonet. Dette fordi alle planter inneholder klorofyll.

### Dyreplankton (zooplankton)

Dyreplanktonet består av to hovedgrupper organismer, - hjuldyr (rotatorier) og krepsdyr (crustacēer), som hovedsakelig oppholder seg i de frie vannmasser. Spesielt har krepsdyrene betydning for fiskens yngel- og ungdomsstadier og for flere fiskearter også for hele livet. Fiskefaunaen har derfor stor innvirkning på dyreplanktonets størrelse og forekomst. Det er således først og fremst ved fiskeribiologiske undersøkelser, når det gjelder å bedømme næringsgrunnlaget for fisk, at studiet av dyreplanktonfaunaen er viktig.

Her i landet er dyreplanktonfaunaen relativt ensartet, og noen utpregede indikatorarter i likhet med planteplanktonalgene finnes ikke. Ved kvantitative studier og studier av den kvalitative fordelingen av dyreplanktonet kan man allikevel få god informasjon om en innsjøes næringsforhold og tilstand. Studier av forholdet mellom plante- og dyreplankton gir videre god informasjon om en innsjøes næringsbalanse.

Dyreplanktonet i de fleste innsjøer gjennomgår betydelige naturlige svingninger i artssammensetning og individantall i løpet av et år og fra ett år til et annet. 2-3 prøver fra en sesong behøver således ikke være representative og må først og fremst betraktes som stikkprøver.

### Bakteriologi

Bakteriologiske vannanalyser utføres først og fremst når det gjelder å bedømme og kontrollere råvann som anvendes til drikkevann og industri vann (innen næringsmiddelindustrien).

Det er vanligvis tre prøver som utføres ved en hygienisk bedømmelse av et vann, nemlig:

1. Kimtall (ved 20°C), som gir et mål på antall levende heterotrofe bakterier. Disse bakterier som naturlig finnes i vann, deltar i nedbrytningsprosessene og inngår derfor som en meget viktig komponent i innsjøens eller vassdragets stoffomsetning.

Da disse bakterier er avhengig av innholdet av nedbrytbart organisk stoff og på den måten øker når det organiske stoffinnhold øker, gir de et visst mål på et vanns organiske belastning og biologiske oksygenforbruk. Høye kimtall kan man derfor vente hvor det er spesielle forurensningssituasjoner av organisk natur, likeledes under naturlige forutsetninger etter produksjonsperioder og snøsmeltingsperioder (selv etter kraftig nedbør), da store mengder organisk stoff tilføres og anrikes i vannet.

Siden bakteriene er intimt forbundet med innsjøens eller vassdragets stoffomsetning, er bakteriologiske undersøkelser av stor verdi når det gjelder å bedømme stoffomsetningskapasitet eller selvrensningsevne ved tilførsler av forurensninger til en vannforekomst. Videre kan nevnes at bakteriene er en viktig næringskilde for et flertall vannorganismer.

2. Koliforme bakterier (37 °C) (Escherichia coli og liknende bakterier) påviser forekomst av tarmbakterier fra mennesker og varmblodige dyr, og gir på den måten et mål på fekal forurensning, f.eks. kloakkvann. Testen er imidlertid ikke helt spesifikk, da selv naturlig forekommende bakterier, spesielt jordbakterier fra dyrket mark, kan gi liknende resultat. Dette gjelder særlig ved kraftig nedbør eller ved snøsmelting da store mengder jordbakterier tilføres vannet.
3. Termostabile, koliforme bakterier (44 °C, hovedsakelig Escherichia coli) som man her i Norden anser for å gi en temmelig spesifikk indikasjon på fersk fekal forurensning, gir derimot en direkte indikasjon på kloakkvannsutslipp. Ved bedømmelse av drikkevannet er det videre vanlig å

bestemme kimtall ved 37 °C, som i vårt klima gir en oppfatning av innholdet av fremmede bakterier av ikke-fækal natur i vannet, f.eks. diverse forråtnelsesbakterier som følger med utslipp fra næringsmiddelindustrier, slakterier osv.

For nærmere å belyse de normer som råder, vises til nedenstående tabell, som viser normer utarbeidet av Statens institutt for folkehelse (SIFF).

Bakterieart	Drikkevann		
	Krav til kranvann	Krav til vann fra vannforekomst	Badevann Friluftsbad
Koliforme bakt., 44 °C	0	0	< 50/100 ml
Koliforme bakt., 37 °C	0	< 20/ml	
Bakterier, 22 °C		< 50/ml	