

Mjøsprsjektet

Hovedrapport for 1971 – 1976

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:

Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80

Gaustadalleen 46 69 60
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-69091
Undernummer: XXI
Løpenummer: 1117
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Mjøsprosjektet Hovedrapport for 1971-1976.	Dato: 22. februar 1979
	Prosjektnummer: 0-69091
Forfatter(e): Cand. real. Hans Holtan Fil. kand. Gøsta Kjellberg Cand. real. Pål Brettum Cand. real. Torulv Tjomsland Siv. ing. Truls Krogh.	Faggruppe:
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag):

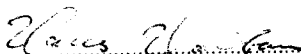
Oppdragsgiver: Det kongelige Miljøverndepartement Akershus fylke Hedmark fylke Oppland fylke	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------


Ekstrakt:

Rapporten omhandler undersøkelsesresultater og beregninger av forurensnings-tilførsler til Mjøsa samt beskrivelse av de fysiske, kjemiske såvel som biologisk/bakteriologisk forhold i innsjøen. Ved siden av at årsaken til eutrofiutviklingen av innsjøen er diskutert, er også behovet for og effekten av forurensningsbegrensende tiltak vurdert.

4 emneord, norske:
1. Forurensningstilførsler
2. Vannkvalitet
3. Eutrofiering
4. Avlastning Mjøsa

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


Prosjektleders sign.:


Seksjonsleders sign.:


Instituttssjefs sign.:

ISBN 82-577-0162-9

FORORD

Norsk institutt for vannforskning har i tidsperioden 1971-1976 foretatt en undersøkelse av forurensningssituasjonen i Mjøsa. Resultatene av denne undersøkelse er presentert i årsrapportene 1-7 samt i rapport om innvirkning av en eventuell utbygging i Jotunheimen.

I denne rapport er materialet bearbeidet og sammenstilt i sin helhet. Ved utarbeidelsen av rapporten har fil.kand. Gösta Kjellberg vært hovedansvarlig for den biologiske delen, og han har også ledet gjennomførelsen av feltarbeidet. Cand.real. Pål Brettum har skrevet kapitlet om planteplankton og cand.real. Torulv Tjomsland har utarbeidet kapitlet om temperatur- og strømforhold. Siv.ing. Truls Krogh har foretatt de eksperimentelle undersøkelser med algester og skrevet dette avsnitt. Cand.real. Hans Holtan har vært hovedansvarlig for utarbeidelsen av de innlendende kapitler og kapitlet om forurensningstilførsler og de fysisk-kjemiske forhold i innsjøen. Det øvrige av NIVAs personale som har deltatt i arbeidet er navngitt bakerst i rapporten.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	15-17
2. MJØSA OG DENS NEDBØRFELT	18-22
3. FORURENSNINGSKILDER OG FORURENSNINGSTILFØRSLER BASERT PÅ TEORETISKE BEREGNINGER OG OVERSLAG	23-29
3.1 Forurensninger fra bebyggelse	23-25
3.2 Forurensninger fra industri	25
3.3 Forurensninger fra landbruk	26-27
3.4 Skog og utmark	28
3.5 Teoretiske tilførsler av næringssalter og organisk stoff	28-29
4. KLIMA	30-35
4.1 Luft - temperatur	30-31
4.2 Skydekke	32-33
4.3 Vind	33
4.4 Nedbør	33-35
5. HYDROLOGI OG VANNBALANSE	36-40
5.1 Vannbalanse	36
5.2 Vannbalansens årstidsvariasjoner	36-38
5.3 Årlig vannbalanse 1973-1976	39-40
6. TEMPERATUR OG STRØM	41-51
6.1 Årssyklus	41-42
6.2 Temperaturforholdene under sommersesongene 1973-1976	43-44
6.3 Strømundersøkelser	44-46
6.4 Simulering av strøm og temperatur med en tredimensjonal matematisk modell	46-47
6.5 Isforhold	47-51
7. MATERIALTRANSPORT OG MATERIALBALANSE	52-84
7.1 Undersøkelsesopplegg	52-53
7.2 Fysisk-kjemiske forhold	53-57
7.3 Tilløpselvenes materialtransport i henhold til nedbørfeltens areal	57-72
7.4 Total materialtransport	73-80
7.5 Materialbalanse	80-84

8.	FYSISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER I MJØSA	85-103
9.	SEDIMENTENES INNHOLD AV TUNGMETALLER	104-106
10.	HYGIENISKE FORHOLD	107-111
11.	EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSER - ALGETESTER	112-118
12.	MJØSAS STRANDOMRÅDER - BEGROINGSORGANISMER	119-120
13.	SIKTEDYP	121-124
14.	ALGEPRODUKSJON, SAMMENSETNING OG MENGDE	125-136
	14.1 Primærproduksjon	125-130
	14.2 Plantep planktonforholdene i Mjøsa 1972-1976	130-135
	14.3 Total klorofyll <u>a</u>	135-136
15.	KREPSDYRPLANKTON	137-142
16.	HJULDYR	143-144
17.	BUNNFAUNA	145-149
18.	FISK	150-157
19.	SAMMENFATNING OG DISKUSJON	158-165
20.	KONKRETISERT MÅLSETTING FOR MJØSA	166-167

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
Tabell 1. Mjøsa, morfometriske og hydrologiske data	18
Tabell 2. Mjøsas nedbørfelt. Arealfordeling i km ²	20
Tabell 3. Beregnete (antatte) fosfortilførsler fra industribedrifter	25
Tabell 4. Teoretiske beregninger og anslag over forurensnings-tilførslene til Mjøsa i tonn pr. år	28
Tabell 5. Kise meteorologiske stasjon. Antall soltimer i sommermånedene for tidsperioden 1973-1976	33
Tabell 6. Tilløpselver til Mjøsa. Nedbørfelt og spesifikk vannføring	39
Tabell 7. Årsvannføring i mill. m ³	39
Tabell 8. Midlere årlig tilførsel av total nitrogen og total fosfor til Mjøsa i perioden 1973-1976	75
Tabell 9. Midlere årlig tilførsel av silisium til Mjøsa i perioden 1973-1976	77
Tabell 10. Midlere årlig tilførsel av uorganisk og organisk partikulært materiale til Mjøsa i perioden 1973-1976	78
Tabell 11. Midlere årlig tilførsel av mineralsalter til Mjøsa i perioden 1973-1976	78
Tabell 12. Midlere årlig tilførsel av jern, mangan, kobber og sink til Mjøsa i perioden 1973-1976	79
Tabell 13. Mjøsas nitrogen- og fosforbalanse	80
Tabell 14. Balanseregnskap for uorganisk og organisk seston i Mjøsa	83
Tabell 15. Mjøsas saltbalanse	84
Tabell 16. Prøvetakingstidspunkt på hovedstasjonene	87
Tabell 17. Middelerverdier for vannets innhold av mineralsalter i tidsrommet 1966-1976 på st. 4. Skreia	88
Tabell 18. Middelerverdier for noen kjemiske komponenter i innsjøer i Europa og Amerika	89
Tabell 19. Jern- og mangan-konsentrasjoner på hovedstasjonene i Mjøsa	89
Tabell 20. Tungmetallkonsentrasjoner i Mjøsa	90
Tabell 21. Middelerverdier av observasjonsresultatene fra alle dyp under vårsirkulasjonsperioden i tidsrommet 1972-1976	92
Tabell 22. Middelerverdier for tidsperioden 1972-1976 for overflatlagenes (0-2 m) innhold av næringssalter på forsommeren	92

	Side:
Tabell 23. Silisiumkonsentrasjoner i Mjøsa Benevning mg Si/l	96
Tabell 24. Middelerverdier i mg/l for vannets innhold av organisk og uorganisk seston på de 5 hovedstasjoner	100
Tabell 25. Tungmetaller i to sedimentkjerner fra Mjøsa	106
Tabell 26. Produksjonsdata for planteplankton fra Mjøsa 1973-1976 - basert på målinger i tidsperioden mai-oktober	128
Tabell 27. Primærproduksjonsdata fra noen norske innsjøforekomster	129
Tabell 28. Krepsdyrforekomst i noen norske innsjøer uttrykt som individantall/m ² fra sjiktet 0-20 og 0-50 meter	141-142
Tabell 29. Årlig fiskeutbytte for Mjøsa fra 1900 til 1916 og i perioden 1970-1976	152
Tabell 30. Forslag til normer for vannkvalitet i Mjøsas hovedvannmasser	167
Tabell 31. Artsliste over planteplanktonarter i Mjøsa 1972-1976	168-171
Tabell 32. Krepsdyr (Crustacea) funnet i Mjøsas frie vannmasser i perioden 1972-1976	172
Tabell 33. Hjuldyrplankton (Rotatoria) funnet i Mjøsas frie vannmasser i perioden 1972-1976	173
Tabell 34. Bunndyrgrupper og arter som er påtruffet i Mjøsas profundalsone 1972-1976	174-175

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Fig. 1. Mjøsa. Dybdekart.	19
Fig. 2. Mjøsas nedbørfelt. Geologisk oversiktskart.	21
Fig. 3. Mjøsas lokale nedbørfelt. Arealfordeling.	22
Fig. 4. Oversikt over de lokale nedbørfelt og nærområder til Mjøsa.	22
Fig. 5. Oversiktskart over befolkningsfordeling.	24
Fig. 6. Befolkningsøkning i Mjøsas nedbørfelt og kloakkvannets fosforinnhold i tidsrommet 1900-1976.	24
Fig. 7. Utvikling innen jordbruket i tidsrommet 1900-1976.	26
Fig. 8. Temperatur- og nedbør-normaler 1931-1960.	31
Fig. 9. Kise meteorologiske stasjon. Månedlige middeltemperaturer årene 1971-1976 med inntegnet månedsmiddel for normalperioden 1931-1960 (----).	31
Fig. 10. Kise meteorologiske stasjon: Midlere månedlig skydekke. Fylt sirkel = fullstendig skydekke (angis som 8). De fylte sektorer viser andel skydekke for månedene.	32
Fig. 11. Kise meteorologiske stasjon. Vindmengde = månedssummen av alle Beaufort-verdier innenfor hver sektor.	34
Fig. 12. Kise meteorologiske stasjon. Månedlig nedbør i årene 1972-1976. Månedlig nedbør for normalperioden 1931-1960.	35
Fig. 13. Kise meteorologiske stasjon. Nedbørkurver for perioden 1971-1976 i forhold til normalnedbøren 1931-1960.	35
Fig. 14. Vannbalanse 1974.	37
Fig. 15. Flomhydrogram for tilløp og avløp fra Mjøsa under storflommen i 1938 (etter Klæboe & Schou 1939).	38
Fig. 16. Vannstand i Mjøsa i observasjonsperioden og i 1908.	38
Fig. 17. Vannbalanse i Mjøsa 1973-1976. Sort: Sum vannføring i lokale elver + avrenning fra nærområdet - Gudbrandsdalslågen.	40
Fig. 18. Karakteristiske temperaturprofiler ved ulike årstider (st. Skreia).	42
Fig. 19. Temperaturkurver for Mjøsa gjennom en årssyklus. Strøms temperaturkurve for maks.tetthet er tegnet inn.	42
Fig. 20. Temperaturvariasjoner i Gudbrandsdalslågen (stiplet) og Vorma (helt opptrukket) i °C.	43
Fig. 21. Temperatursituasjonen ned til 50 m på hovedstasjonene i Mjøsa under sommerperioder.	44
Fig. 22. Strømforhold i nordre del av Mjøsa i tiden 29. juni til 16. juli 1973.	45

Fig. 23.	Situasjonsbilde av overflatetemperaturen i Mjøsa (Furnesfjorden-Minnesund) 9. aug. 1972. Ved vedvarende sydlig vind trenger kjøligere vann opp fra dypet og renner ut i Vorma.	46
Fig. 24.	Beregnete strømhastigheter etter ett døgn med konstant vind.	48
Fig. 25.	Vertikale hastigheter i 25 m's nivå.	49
Fig. 26.	Generelle isforhold i Mjøsa.	51
Fig. 27.	Tilløpselver til Mjøsa og Vorma 1976. Variasjoner i pH og konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$ 20°C).	54
Fig. 28.	Tilløpselver til Mjøsa og Vorma 1976. Farge og turbiditetsverdier. Stolper: turbiditet i JTU. Kurve: farge i mg Pt/l. Vertikal akse angir tiden (1/1-31/12 1976).	56
Fig. 29.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: total nitrogen.	58
Fig. 30.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: uorganisk nitrogen.	59
Fig. 31.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: organisk nitrogen.	60
Fig. 32.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: nitrogenets fraksjonssammensetning.	61
Fig. 33.	Tilløpselver til Mjøsa 1973-1976. Forholdet mellom nitrogen og andel skog og utmark.	62
Fig. 34.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: total fosfor.	63
Fig. 35.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: fosfatfosfor (ortofosfat).	64
Fig. 36.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: fosforets sammensetning.	65
Fig. 37.	Tilløpselver til Mjøsa 1973-1976. Forholdet mellom fosfor og antall personer pr. km^2 .	66
Fig. 38.	Tilløpselver til Mjøsa 1973-1976. Forholdet mellom fosfor og jordbruksareal.	66
Fig. 39.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: silisium.	67
Fig. 40.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: sum hovedkomponenter (kalsium + magnesium + natrium + kalium + hydrogenkarbonat + sulfat + klorid).	68
Fig. 41.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: uorganisk seston (partikulært materiale).	70
Fig. 42.	Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: organisk seston (partikulært materiale).	71

	Side:
Fig. 43. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: Seston (partikulære materialers) %-sammensetning.	72
Fig. 44. Årlig nitrogentilførsel til Mjøsa via tilløpselver, diffuse tilførsler fra nærområder og punktutslipp.	73
Fig. 45. Årlig fosfortilførsel til Mjøsa via tilløpselver, diffuse tilførsler fra nærområder og punktutslipp.	76
Fig. 46. Årlig silisiumtilførsel til Mjøsa via tilløpselver og diffuse tilførsler fra nærområder.	77
Fig. 47. Årsvariasjon i transport av nitrogen til og fra Mjøsa 1976.	81
Fig. 48. Årsvariasjon i transport av fosfor til og fra Mjøsa 1976.	82
Fig. 49. Årsvariasjon i transport av uorganisk (1) og organisk (2) seston til og fra Mjøsa i 1976.	83
Fig. 50. Prøvetakingsstasjoner i Mjøsa.	85
Fig. 51. Konduktivitet i 0,5 og største dyp på de fem hovedstasjoner 1971-1976.	86
Fig. 52. Utviklingstrend for kalsium (Ca) i tidsperioden 1966-1976.	88
Fig. 53. Utviklingstrend for kalium (K) i tidsperioden 1966-1976.	88
Fig. 54. Synoptiske undersøkelser 1973, pH i 0,5 m dyp.	90
Fig. 55. pH. Vertikalfordeling, st. Skreia. Sommeren 1973.	91
Fig. 56. Årsvariasjoner i overflatevannets (0-8 m) innhold av total nitrogen og nitrater på stasjonene Brøttum, Furnesfjorden og Skreia.	93
Fig. 57. Årsvariasjoner i overflatevannets (0-8 m, middel av 3 prøver) innhold av total fosfor og ortofosfater på stasjonene Brøttum, Furnesfjorden og Skreia fra februar 1973 til januar 1974.	94
Fig. 58. Middelerverdier for nitrater under vårsirkulasjonen ved st. 4, Skreia, i tidsrommet 1966-1976.	94
Fig. 59. Middelerverdier for total fosfor under vårsirkulasjonen ved st. 4, Skreia, i tidsrommet 1971-1976.	95
Fig. 60. Kiselalgebiomasse (mengde) og silisium-konsentrasjoner (st. Skreia) sommeren 1976.	96
Fig. 61. Tidstrend for SiO ₂ -konsentrasjoner i Mjøsa (st. 4, Skreia) om våren i tidsperioden 1966-1976.	97
Fig. 62. Fraksjonsdiagram for alle fargeverdier i tidsrommet 1972-1976. a: <10, b: 10-15, c: 15-20, d: 20-25, e: 25-30, f: 30-35, g: 35-40 og h: >40. Alt i mg Pt/l.	98
Fig. 63. Fraksjonsdiagram for alle turbiditetsverdier i tidsrommet 1972-1976.	99

Fig. 64.	Hovedstasjoner i Mjøsa. Organisk og uorganisk seston, middelverdier for 0-8 m dyp. 1973.	101
Fig. 65.	Mjøsa. Oksygenmetning i % på hovedstasjonene.	103
Fig. 66.	Adsorberte tungmetaller til overflatesedimentene i Mjøsa. (Angitt i ppm av sedimentfraksjoner <180 μ tørket ved 100°C. Største verdi angitt ved fylt sirkel. Fylte segmenter angir andel av største verdi.)	105
Fig. 67.	Adsorbent kvikksølv til sedimenter i Furnesfjorden - Akersvika-området.	106
Fig. 68.	Situasjonsbilde av koliforme bakterier ved 44°C (termostabile) i Mjøsa på 0,5, 15 og 30 m dyp, 22/8 1972.	109
Fig. 69.	Situasjonsbilde av koliforme bakterier ved 37°C i Mjøsa på 0,5, 15 og 30 m dyp, 22/8 1972.	110
Fig. 70.	Situasjonsbilde av totalantall bakterier/ml (kimtall) i Mjøsa på 0,5, 15 og 30 m dyp, 22/8 1972.	111
Fig. 71.	Vekstpotensial og organisk/uorganisk seston ved hovedstasjonene i Mjøsa 1975-1976.	114
Fig. 72.	Forekomst av påvekstalgen (fastsittende alge) <i>Ulothrix zonata</i> langs Mjøsas strender den 20. april 1973. Vekten representerer ferskvekten.	120
Fig. 73.	Situasjonsbilde over siktedyp i sommerperioden 1973.	122
Fig. 74.	Siktedyp ved fire stasjoner i Mjøsa gjennom sommerperioden 1972-1976.	123
Fig. 75.	Sammenheng mellom siktedyp og algemengde. Datamaterialet stammer fra de sentrale og sydlige partier av Mjøsa, der det i hovedsak er algemengden som er bestemmende for siktbarheten i vannet.	123
Fig. 76.	Planteplanktonproduksjon uttrykt som dagsproduksjon under vekstsesongen ved fire stasjoner i Mjøsa i perioden 1973-1976.	125
Fig. 77.	Planteplanktonets årsproduksjon beregnet for tidsperioden 15/4-15/11 ved fire stasjoner i Mjøsa i perioden 1973-1976.	126
Fig. 78.	Variasjoner i planteplanktonets totalvolum ved hovedstasjoner i Mjøsa i perioden 1972-1976. Verdier angitt i mill. μ^3 /l. 1000 mill. μ^3 /l = 1 mm ³ /l = 1 mg våtvekt planteplankton pr. liter.	130
Fig. 79.	Algemengde og de viktigste arter og grupperes % fordeling i blandprøver fra 0-10 meters sjiktet i Mjøsa under perioden 1972-1976.	131
Fig. 80.	Håvplanktonmengden under 1 m ² overflate fra overflaten til 30 meters dyp uttrykt som g tørrvekt, sommeren 1974. Flomsituasjonen i Gudbrandsdalslågen med flere større flomtopper i løpet av sommeren virker dempende på planktonutviklingen.	133

	Side:
Fig. 81. Total klorofyll <u>a</u> , blandprøve fra 0 til 10 m, 1976.	136
Fig. 82. Forekomst av krepsdyrplankton (ind./m ²) på fire lokaliteter i Mjøsa. Mai 1972 - november 1973.	138
Fig. 83. Fordelingen mellom hoppekreps og vannlopper uttrykt som prosent ved de prøvetakingstidspunkter vannloppene har forekommet i størst antall i forhold til hoppekrepsen. Fordelingen er basert på individantall/m ² .	139
Fig. 84. Forekomst av krepsdyrplankton under sommerperioden 1974 uttrykt som individantall/m ² basert på blandprøver fra 0-30 meter sjiktet.	140
Fig. 85. Hjuldyrenes forekomst i løpet av året. Materialet stammer fra tidsperioden 1972-1976.	144
Fig. 86. Bunnfaunaens individtetthet og sammensetning på 20 m, 50 m og dyp >50 m. Mjøsa august 1975.	146
Fig. 87. Bunnfaunaens biomasse angitt som våtvekt på 20 m, 50 m og dyp >50 m. Mjøsa august 1975.	147
Fig. 88. Sammenheng mellom en innsjøes middeldyp og fiskefangst uttrykt som årlig fangstutbytte (etter Rawson). Med økt middeldyp minsker som regel innsjøens produksjonsevne og dette medfører mindre fangstutbytte.	151

INNLEDNING

Mjøsa, Norges største innsjø, med sitt store dyp, bratte strender og store gjennomstrømming av smeltevann fra Jotunheimens store breområder, er fra naturens side forutbestemt et langt liv som næringsfattig og lavproduktiv innsjø.

Innsjøen er imidlertid omkranset av et fruktbart naturlandskap, og jordbruket har fra gammelt av dannet livsnerven for en stadig økende befolkningsutvikling. Allerede fra begynnelsen av forrige århundre begynte det å vokse frem industribedrifter og som følge derav grodde det snart opp tettsteder og byer som Hamar, Lillehammer og Gjøvik.

Selv om denne utvikling stundom førte til alvorlige forurensningsproblemer som f.eks. tyfusepedemier i Gjøvik i 1931 da 19 personer døde, var det først i 1950-årene at de negative effekter begynte å skape større regionale ulemper for vannverk og aktiviteter knyttet til innsjøen. I 1960-årene forårsaket algeveksten ubehagelig smak og lukt på drikkevannet.

Denne utvikling førte til at de lokale myndigheter representert ved de tilstøtende fylker (Akershus, Hedmark og Oppland) samt Kommunaldepartementet og Statens vann- og avløpskontor (SVA) ved NVE i 1970 besluttet å be Norsk institutt for vannforskning om å foreta en enkel forundersøkelse for å belyse forurensningssituasjonen. Resultatene skulle også danne grunnlag for utarbeidelse av et program for en mer vidtgående undersøkelse. Det ble samtidig nedsatt et samordnings- og kontaktutvalg representert ved de respektive fylkers fylkesingeniører samt de statlige myndigheter (Kommunaldepartementet og SVA).

Under forundersøkelsens gang ble det snart klart at forurensningssituasjonen i Mjøsa med tilløpselver var alvorlig. De statlige og fylkeskommunale myndigheter besluttet derfor (møte i Kommunaldep. 27. april 1972) å gi NIVA i oppdrag å gjennomføre en mer omfattende undersøkelse som skulle strekke seg frem til utgangen av 1976.

I henhold til NIVAs programforslag (datert 22. juni 1972), er målsettingen for undersøkelsen konkretisert på følgende måte:

- A. Beskrive Mjøsas nåværende biologiske, fysiske og kjemiske tilstand, sammenliknet med andre innsjøer.
- B. Klarlegge i hvilken grad Mjøsas nåværende tilstand er forårsaket av menneskelige aktiviteter. I den sammenheng vil det være viktig å belyse hvilke forurensningskomponenter som har størst betydning for tilstanden i Mjøsa, f.eks. plantenæringsstoffer, giftstoffer tilført organisk stoff, og betydningen av eventuelle reguleringstiltak i Jotunheimen.
- C. Klarlegge de ulike aktivitetens (f.eks. jordbruk, skogbruk og avløpsvann fra industri og husholdning) relative betydning som forurensningskilder.
- D. Undersøkelsesmaterialet vil danne grunnlag for å forutsi virkningen ved fortsatt og eventuelt utvidet bruk av Mjøsa som resipient for avløpsvann.
- E. Det forutsettes at planlegging og utbygging av hensiktsmessige forurensningsbegrensende tiltak skal gå parallelt med undersøkelsen. De til enhver tid foreliggende undersøkelsesresultater må brukes som veiledende vurderingsgrunnlag i denne sammenheng.
- F. Hovedundersøkelsen skal danne grunnlag for et nøkternt, langsiktig kontrollprogram for å følge utviklingen i Mjøsa og dens nedbørfelt. Dette er meget viktig for et effektivt tilsyn med utviklingen i Mjøsa og dens tilløp. Basisstasjoner for kontrollprogrammet ble opprettet allerede i 1972. Ved en oppfølging av de biologiske, fysiske og kjemiske (økologiske) tilstander vil en skaffe til veie informasjoner om effektiviteten av de tiltak som blir satt i verk.

Styringsgruppe og oppdragsgivere ga sin tilslutning til hovedlinjene i dette program. Senere er mer detaljerte programmer utarbeidet for de aktuelle undersøkelseår.

Allerede etter første års undersøkelse var det klart at Mjøsas forurensnings-situasjon var kommet meget langt, og det ble anbefalt at man umiddelbart og på bred front måtte arbeide aktivt for å redusere forurensningstilførslene til innsjøen (Fremdriftsrapport nr. 3A fra undersøkelsen 1972).

På bakgrunn av disse resultater bevilget Stortinget 60 mill. kroner i tilskott til kommunene rundt Mjøsa for bygging av kloakkledningsnett og renseanlegg (St.prop. nr. 2 (1973-1974)). Også innen landbruk og industri startet man med iverksettelse av forurensningsbegrensende tiltak.

Til tross for dette ble forurensningsulempene stadig større, særlig på grunn av økende innslag av blågrønnalger i algesamfunnet om sommeren. På sensommeren 1976 var oppblomstringen av blågrønnalger så kraftig at vannet var sterkt misfarget og illeluktende. Smaks- og luktulempene var så store at vannet knapt kunne brukes som drikkevann. Situasjonen som ble funnet meget alvorlig, ble rapportert til en rekke lokale og statlige myndigheter i brev av 12. oktober 1976.

Resultatene fra undersøkelsen er det forøvrig gjort rede for i fremdriftsrapporter (1-7) og en rekke spesialrapporter.

2. MJØSA OG DENS NEDBØRFELT

Med et overflateareal på 365 km^2 er Mjøsa Norges største innsjø. Innsjøen som er lang og smal, er en typisk norsk fjordsjø. Strandsonen er som regel steil og derfor er den høyereakvatiske vegetasjon lite utbredt. Innsjøen har sin største dybde, 449 m, ca. 8 km syd for Helgøya. Bunnen er overalt noenlunde jevn og regelmessig. Nordenfor Gjøvik smalner innsjøen av, samtidig blir den grunnere. Mjøsa ble i 1906 loddet opp av H. Huitfeldt-Kaas, og dybdekart foreligger (fig. 1). De viktigste morfometriske og hydrologiske data er satt opp i tabell 1.

Tabell 1. Mjøsa, morfometriske og hydrologiske data.

Høyde over havet	112 m
Største lengde	117 km
Største bredde	9 km
Største målte dyp	449 m
Overflateareal	365 km^2
Volum	56 240 mill. m^3
Middel dyp	153 m
Nedbørfelt	$16\,420 \text{ km}^2$
Midlere avrenning	$320 \text{ m}^3/\text{s}$
Teoretisk oppholdstid	ca. 6 år

Mjøsa har et totalt nedbørfelt på $16\,420 \text{ km}^2$ hvorav Gudbrandsdalslågens nedbørfelt ned til Fåberg utgjør $11\,459 \text{ km}^2$ dvs. ca. 70 % av hele nedbørfeltet.

Gudbrandsdalslågen har sitt utspring i nord ved fylkesgrensen til Sør-Trøndelag og mot vest ved grensen til Møre og Romsdal. Lengdeutstrekningen er ca. 25 mil i nord-syd retning.

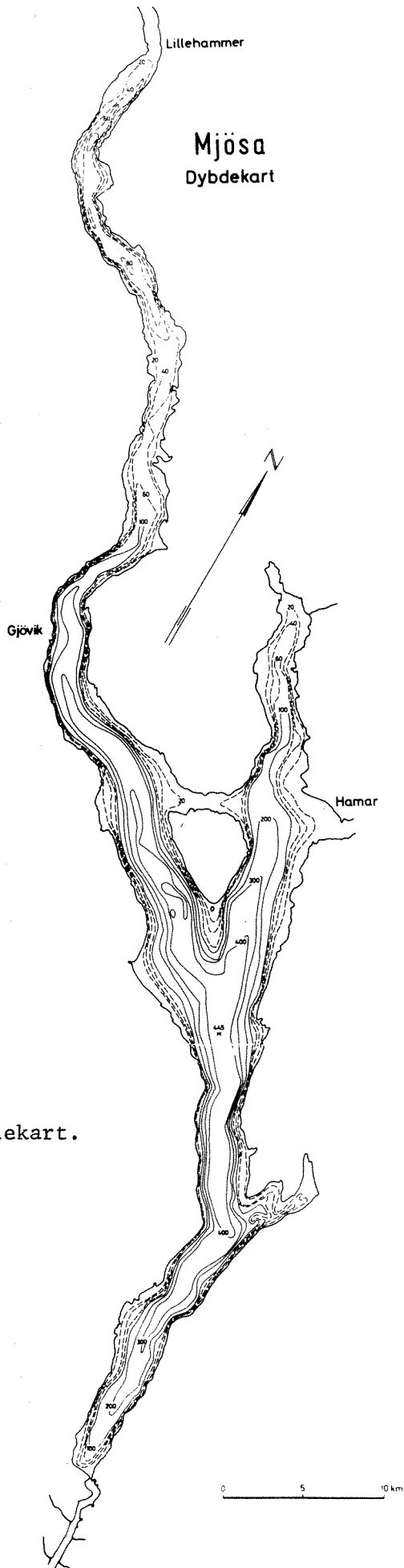


Fig. 1. Mjøsa. Dybdekart.

Den nordlige delen av nedbørfeltet består hovedsakelig av snaufjell og store fjellformasjoner. Deler av Rondane, Dovrefjell og Jotunheimen inngår i nedbørfeltet. Høyeste punkt er Galdhøpiggen, 2469 m over havet. Fjellmassivene består av harde bergarter (eruptiver og sterkt omdannede sedimentære bergarter) som er motstandsdyktige mot fysisk såvel som kjemisk forvitring (fig. 2). I dalførene finner man enkelte steder store mengder morenemateriale hvis opprinnelse stammer fra bredemte sjøer, sidemorener, glasifluvialt materiale o.l.

Jotunheimens breer har betydning for Mjøsas vannkvalitet ved at det stadig tilføres breslam. Materialtransporten til Mjøsa er størst under avsmeltningssperioden om sommeren, og til tider kan den nordlige delen av innsjøen være grønnfarget av breslam.

Over 60% av Gudbrandsdalslågens nedbørfelt er uproduktiv mark, mens henimot 30% er skog. Dyrket mark utgjør ca. 2% av totalarealet.

Rundt Mjøsa består berggrunnen i vesentlig grad av sparagmitter (sandsten) og kambrosiluriske bergartstyper som til dels inneholder kalk. Løsavsetningen består av moreneavsetninger som til dels er avsatt i havet.

Rundt Mjøsa og særlig rundt de sentrale deler er et av Norges viktigste jordbruksområder (fig. 3). Disse områder omfatter i særlig grad nedbørfeltene til Lenaelva, Hunnselva, Flagstadelva og Svartelva samt flere av de såkalte nærområdene som f.eks. Stange, Neshalvøya og Østre Toten (fig. 4). Av områdene rundt Mjøsa (totalt nedbørfelt utenom Gudbrandsdalslågens) består ca. 15% av myr, vann og lite produktive områder, 67% er skog og jordbruksarealene utgjør 18%.

Arealfordelingen går forøvrig frem av tabell 2.

Tabell 2. Mjøsas nedbørfelt. Arealfordeling i km² (^x se fig. 4).

Nedbørfelt	Totalt areal	Dyrket mark	Skog	Myr	Lite produk. areal	Vann	Tettbygd områder (>1000 innb.)
Større tilløp ^{x)}	15183	760	5689	612	7566	542	19
Nærområde ^{x)}	896	270	575	22		4	20
Mjøsas nedbørfelt	16079	1030	6264	634	7566	546	39

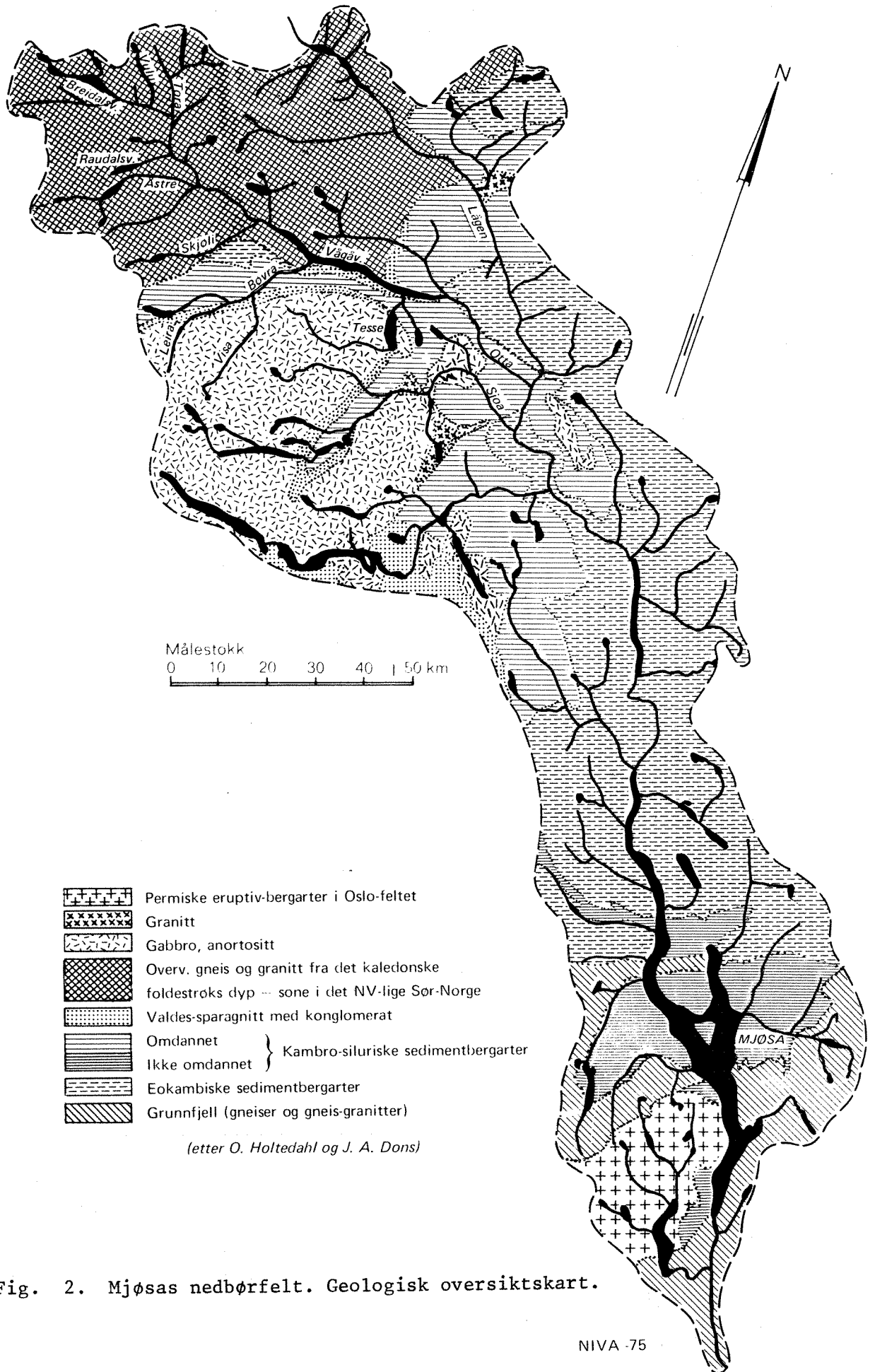


Fig. 2. Mjøsas nedbørfelt. Geologisk oversiktskart.

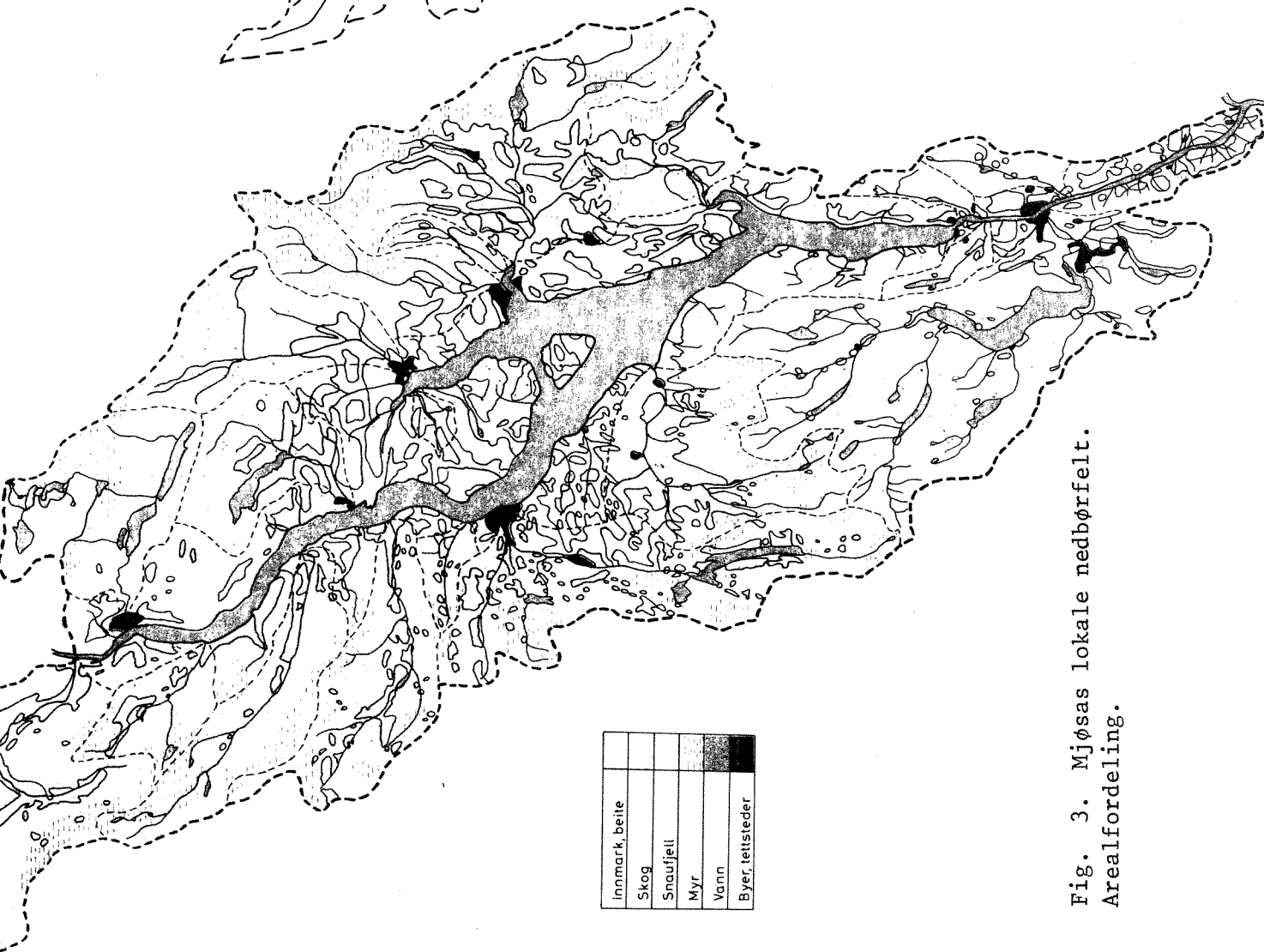


Fig. 3. Mjøsas lokale nedbørfelt. Arealfordeling.

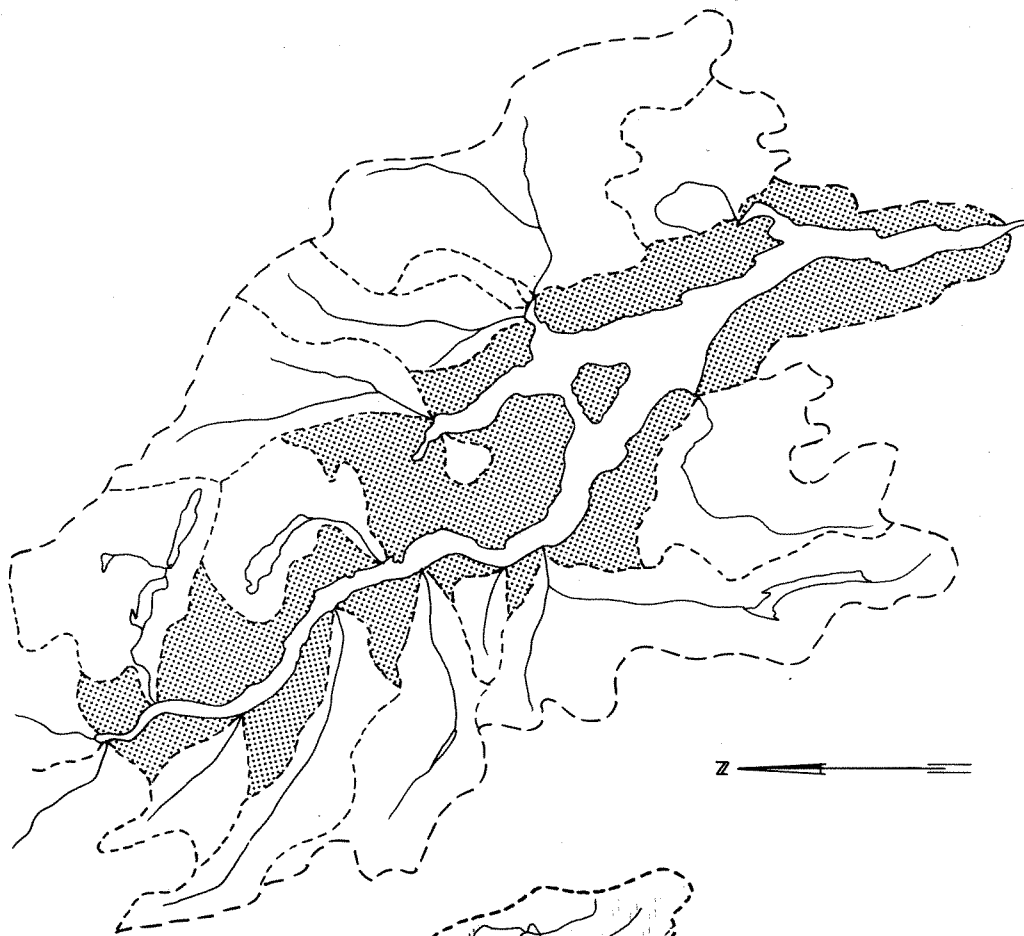


Fig. 4. Oversikt over de lokale nedbørfelt og nærområder til Mjøsa.

3. FORURENSNINGSKILDER OG FORURENSNINGSTILFØRSLER BASSERT PÅ TEORETISKE BEREGNINGER OG OVERSLAG

Mjøsas vannmasser påvirkes hovedsakelig ved

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Forurensninger fra byer og tettsteder | 4. Forurensninger fra landbruk |
| 2. Forurensninger fra spredt bebyggelse | - Jordbruk |
| 3. Forurensninger fra industri | - Skogbruk |

3.1 Forurensninger fra bebyggelse

Mjøsa og dens tilløp benyttes som resipient eller mottaker for avløpsvann fra byer og store såvel som små tettsteder innenfor området (fig. 5). Dessuten mottar innsjøen også i betydelig grad forurensninger (diffuse) fra den spredte bosetting. Siden 1900 og frem til 1976 har befolkningstallet i nedbørfeltet økt fra ca. 116.000 til 196.000 personer (fig. 6).

I dette tidsrom har det vært en betydelig tilstrømming av folk fra utkantstrøk til tettsteder og industriområder. På det sanitærtekniske området har det også vært en rivende utvikling, særlig i de siste 30-40 år, ved installasjoner av WC, vaskemaskiner osv. Dette har igjen medført et stadig økende forbruk av fosforholdige syntetiske vaskemidler (fig. 6). I dag bor omkring halvparten av befolkningen i byer og tettsteder, mens resten bor spredt. Ved årsskiftet 1976/1977 var bare 22 000 personer tilknyttet kloakkrensaneanlegg - som regel mekaniske og/eller biologiske anlegg med dårlig virkningsgrad. Dessuten er også ledningsnettene ofte i en dårlig forfatning.

På bakgrunn av visse undersøkelser og overslag er man kommet frem til at en person her i landet pr. dag representerer en forurensningsmengde på 2,5 g fosfor, 12 g nitrogen og 75 g BOF₇ (organisk stoff). Fra byer og tettsteder ble kloakkvannet ført mer eller mindre urensset til Mjøsa eller dens tilløp. Slike utslipp medførte en fosforbelastning på ca. 92 tonn pr. år. Fosfortilførselen fra den spredte bebyggelse antar man ble redusert med ca. 50%

på grunn av infiltrasjon, manglende vannklosetter o.l. (opplysninger fra SFT). Belastningen fra slik bebyggelse representerer således ca. 50 tonn fosfor pr. år.

3.2 Forurensninger fra industri

I Mjøsas nedbørfelt finnes totalt ca. 800 bedrifter hvorav 85 antas å ha betydning i forurensningssammenheng. Bransjene treforedling-, næringsmiddel-, og metallbearbeidende industri representerer de mest dominerende industrielle forurensningskilder. Selv om industrielt avløpsvann kan representere en rekke forurensende stoffer som f.eks. tungmetaller, giftstoffer, forsurende komponenter, er det utslipp av organisk stoff og næringssalter, særlig fosfor, som har størst interesse i eutrofieringssammenheng.

I løpet av undersøkelsesperioden ble det innenfor enkelte industribransjer foretatt tiltak for å redusere utslipp av fosforforbindelser, og ifølge opplysninger fra Statens forurensningstilsyn avtok fosfortilførselen fra slike kilder fra ca. 110 tonn i 1972 til ca. 53 tonn i desember 1976 (tabell 3).

Tabell 3. Beregnete (antatte) fosfortilførsler fra industribedrifter

Industribransje	Tonn total fosfor/år.	
	Antatt 1972	Antatt des. 1976
Potetbearbeidende industri	45,0	25,0
Meierier og slakterier	17,0	10,0
Nora-Sunnrose, Brumunddal	2,5	1,3
Bryggerier og mineralv.fabr.	1,2	1,2
Treforedling	10,0	10,0
Kjemisk overflatebehandl.	30,0	1,0
Vaskerier og tekstilfabr.	4,0	4,0
SUM	109,7	52,5

I tillegg ble det i 1972 i følge beregninger utført av NIVA (0-91/69 Teoretisk beregning av forurensningstilførsler til Mjøsa og Vormå, 13. juni 1977) tilført Mjøsa 230 tonn nitrogen og 13.100 tonn BOF₇ (organisk stoff) fra industribedrifter.

3.3 Forurensninger fra landbruk

Jordbruk.

Utviklingen med hensyn til jordbruksareal, forbruk av kunstgjødning og antall husdyr i Mjøsas nedbørfelt fra begynnelsen av dette århundrede og frem til i dag er fremstilt i figur 7a og b. (Verdiene er hentet fra henholdsvis Statistisk Sentralbyrå og Norsk Hydro.) Som fig. 7a viser, økte jordbruksarealene sterkt fra slutten av 20-årene og frem til 1940. Dette medførte igjen en økning i storfeholdet. Siden den tid er storfebestanden gått betydelig tilbake som følge av omlegging til korndyrking. Til gjengjeld har intensiveringen av driften innenfor jordbruket bl.a. med stort kraftforforbruk medført større husdyrbestander på de bruk som fortsatt driver husdyrhold. Samtidig har naturgjødningens konsistens endret seg (bløtgjødning). Dette skaper ofte problemer med hensyn til lagringskapasitet, og det er ikke uvanlig at gjødselen kjøres ut på jordene til uheldige tidspunkter, f.eks. på frossen mark. Resultatet av dette blir stor tilførsel av gjødselstoffer til vassdragene under is- og snøsmeltingen om våren. I tillegg kommer sig til bekker og vassdrag fra utette og overfylte gjødselkjellere. Urin og gjødselvann inneholder organiske forurensninger, næringssalter og bakterier. Mengden av organisk materiale er stor, og ved tilførsler til vassdrag kan vannets oksygeninnhold bli påvirket (gjæring). Næringssalttilførselen medfører økt algevekst og dessuten blir resipienter som utsettes for slike tilsig, uegnet som drikkevann i hygienisk (bakteriologisk) forstand.

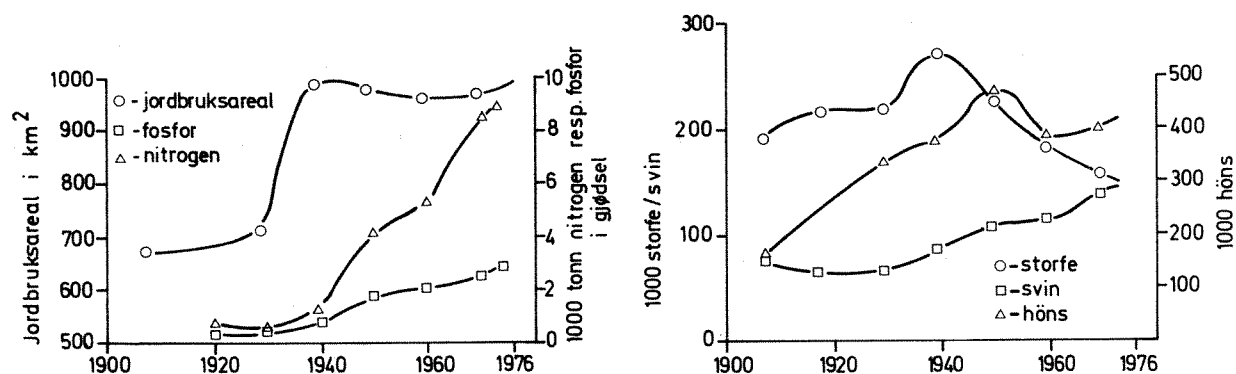


Fig. 7. Utvikling innen jordbruket i tidsrommet 1900-1976.

Husdyrhold er den dominerende driftsmåten i Gudbrandsdalen, og her er bare ca. 25% av jordbruksarealet åker. I den nordlige delen av Mjøsaområdet, omkring Lillehammer, er ca. 40% av det dyrkede arealet åker (1969). Lenger sør, omkring de sentrale deler av Mjøsa ved Gjøvik- og Hamartraktene, er korndyrking arealmessig den dominerende produksjonsformen. På vestsiden er ca. 60% av det dyrkede arealet åker, mens på østsiden er hele 70% åker (1969).

Omlegging fra husdyrhold til korndyrking som i så stor grad har funnet sted siden 1940, har resultert i at forbruket av handelsgjødsel har økt sterkt (fig. 7). Dette har ført til en økende tilførsel av nitrogenforbindelser. Fosfortilførsel fra jordområder skjer først og fremst i form av erosjonsprodukter.

På praktisk talt alle bruk som driver med husdyr, nedlegges silofôr. I 1972-1973 ble det totalt nedlagt vel 300.000 tonn silofôr pr. år.

Pressaftmengden som dannes ved nedlegging av fôr, er avhengig av flere faktorer bl.a. værforholdene under innhøstingen, presset i siloen og oppkuttingsgraden av graset. Under normale værforhold utgjør pressaftens 20-25% av nedlagt fôrmengde. 1 tonn pressaft inneholder ca. 0,4 kg fosfor, ca. 1,6 kg nitrogen, ca. 3,7 kg kalium og ca. 34 kg organisk materiale.

Tilførsel av pressaft til vassdragene har lenge vært et stort problem, særlig på grunn av saftens innhold av lett nedbrytbare organiske forbindelser som bl.a. medfører vekst av bakterier og sopp (heterotrof begroing) samt forbruk av oksygen. I henhold til "Forskrifter for avrenning fra silo for gress og andre grønnfôrvekster" av 2. august 1973, er det nå ikke tillatt å disponere silopressaftens på en slik måte at det medfører forurensning av vassdrag.

Blant andre aktiviteter innenfor jordbruksnæringen som kan ha betydning i forurensningssammenheng kan nevnes halmlutingsanlegg, melkeromsavløp, uheldig jordbruksvanning, uheldig plassering av gjødsellagre o.l. I den teoretiske beregningen er arealtapet fra jordbruket satt til 102 kg fosfor og 220 kg nitrogen pr. km² og år (NIVA rapport 1977/SFT).

3.4 Skog og utmark

Avrenningen fra denne type landarealer vil, som for dyrket mark, være avhengig av nedbør, frostfrie dager utenom vekstsesongen, jordsmonn, geologi, topografi osv. Det må derfor regnes med relativt store geografiske og årlige variasjoner i denne avrenningen, avhengig av forholdene i det enkelte nedbørfelt og år. Ved de teoretiske betraktninger er det her regnet med et arealtap fra slike områder på 6 kg fosfor og 120 kg nitrogen pr. km² pr. år.

3.5 Teoretiske tilførsler av næringsalter og organisk stoff

På bakgrunn av teoretiske beregninger og overslag er man kommet frem til følgende verdier (tabell 4) for fosfortilførselen til Mjøsa i tonn pr. år.

Tabell 4. Teoretiske beregninger og anslag over forurensningstilførslene til Mjøsa i tonn pr. år. (Kilder, NIVA-rapport om tilførsler 1977 og SFT).

Aktivitet	Totalt fosfor		Totalt nitrogen	Organisk stoff som BOF ₇
	1972	1976	1972	1972
Kommunale utslipp	92	92	700	4200
Industri	110	53	230	13100
Gjødselkjellere	36	36	2200	2200
Gjødselspredning	24	24		
Dyrket mark	34	34		
Surfórsiloer	11	5		
Spredt bebyggelse inkl. minitettsted	50	50		
Overflateavrenning fra tettsteder	7	7	31	130
Skog og naturområder	90	90	2400	
Tilsammen	454	391	5500	19600

Med hensyn til den beregnede forurensningstilførsel fra jordbruket er å bemerke at det her er brukt de samme arealkoeffisienter for fjern - så vel som nærområder. Det er videre ikke tatt hensyn til den fosforreduksjon innsjøer representerer. Som eksempel kan nevnes at ca. 70% av fosfortilførselen til Mjøsa blir holdt tilbake i innsjøen. Det er derfor sannsynlig at beregningsverdiene spesielt fra de mer fjerntliggende områder er noe for høye. Forurensningsbelastning, arealkoeffisienter for forurensningstilførsler o.l. vil bli nærmere diskutert i kapittel Materialbalanse (side 52).

4. KLIMA

Fra et hydrologisk synspunkt er lufttemperatur og nedbør de viktigste klimafaktorer, men med hensyn til produksjonsforholdene i Mjøsa spiller også vind og skydekke en betydelig rolle. Nedbørfeltets geografiske beliggenhet og topografi spiller en betydelig rolle for de regionale såvel som lokale klimaforhold.

4.1 Luft-temperatur

Mjøsas nedbørfelt har en utstrekning på ca. 250 km i nord-sydlig retning. Dette medfører temperatur(klima)-forskjeller mellom området nordre og søndre deler som også forsterkes av høydeforskjellene (fig. 8).

Lufttemperaturens variasjon under sommerhalvåret bestemmer lengden av vegetasjonsperioden, innvirker på de hydrologiske forhold (is og snøsmelting i høyfjellet) og er følgelig også av vesentlig betydning for vannkvaliteten.

Fig. 9 viser månedlig middel-temperaturer ved den meteorologiske stasjon på Kise i perioden 1971-1976. Middelttemperaturen i perioden 1931-1960 er også tegnet inn. Det er grunn til å merke seg at lufttemperaturen i juli og august 1975 og 1976 var noe høyere enn normalt, og at alle høstmånedene i 1975 var noe mildere enn vanlig. I mai-juni var middelttemperaturen omtrent som normalverdien alle år.

I 1973-1975 var vintrene til dels betydelig mildere enn normalt - noe som bl.a. resulterte i at Mjøsa ikke var helt isdekket disse årene. Hele Mjøsa islegges bare under vintre med strenge og langvarige kuldeperioder. I 1976 da vintertemperaturen varierte rundt det normale, var innsjøen i sin helhet islagt.

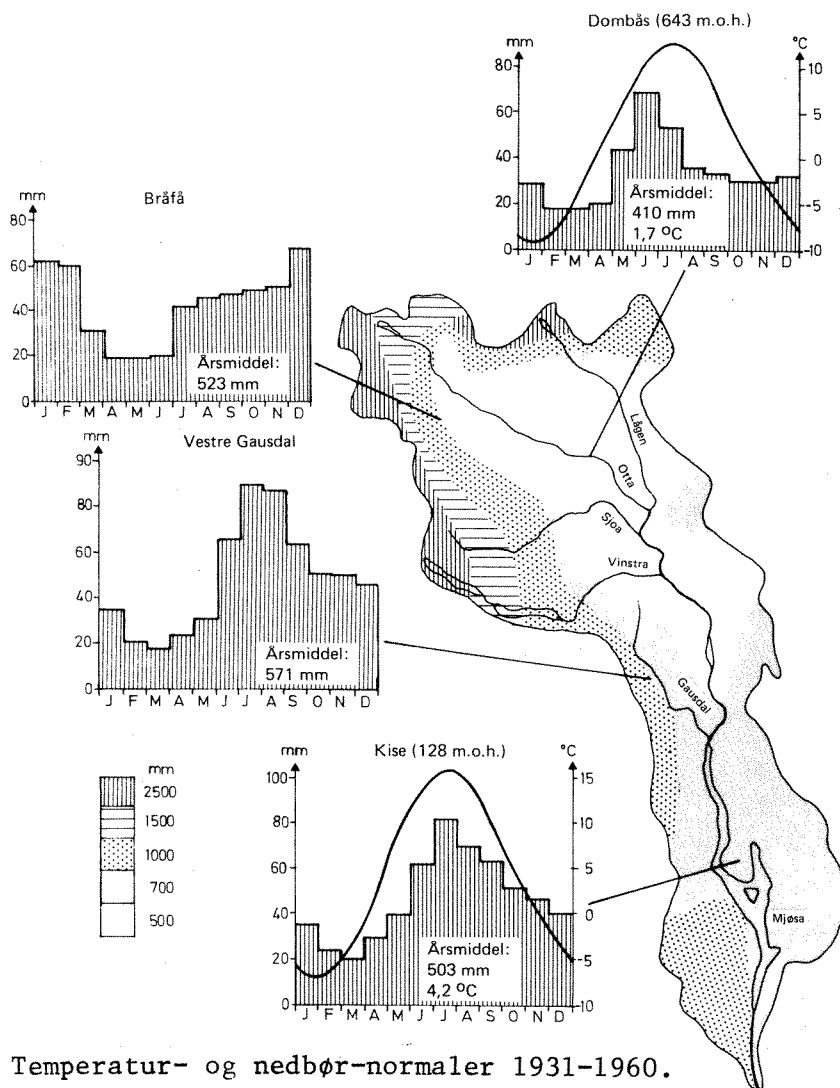


Fig. 8. Temperatur- og nedbør-normaler 1931-1960.

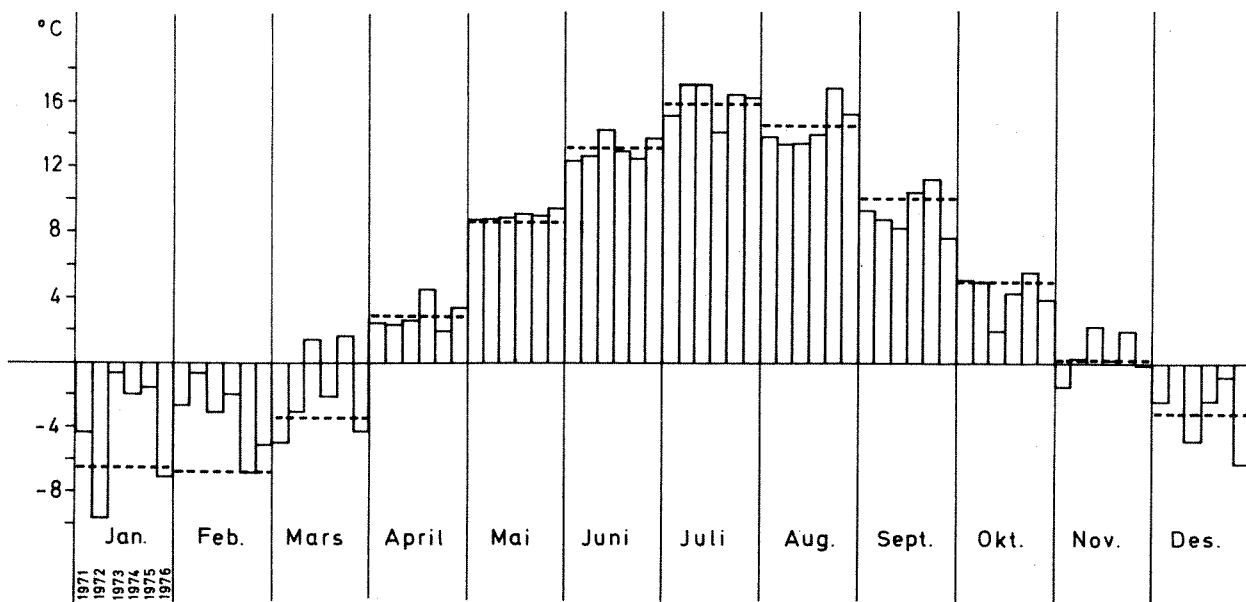


Fig. 9. Kise meteorologiske stasjon. Månedlige middeltemperaturer årene 1971-1976 med inntegnet månedsmiddel for normalperioden 1931-1960 (----).

4.2 Skydekke

Ved siden av lufttemperaturen har også skydekket (fig. 10) og antall soltimer (tab. 5) betydning for innstråling av sollys og dermed for produksjonsbetingelsene for planteplankton i innsjøen.

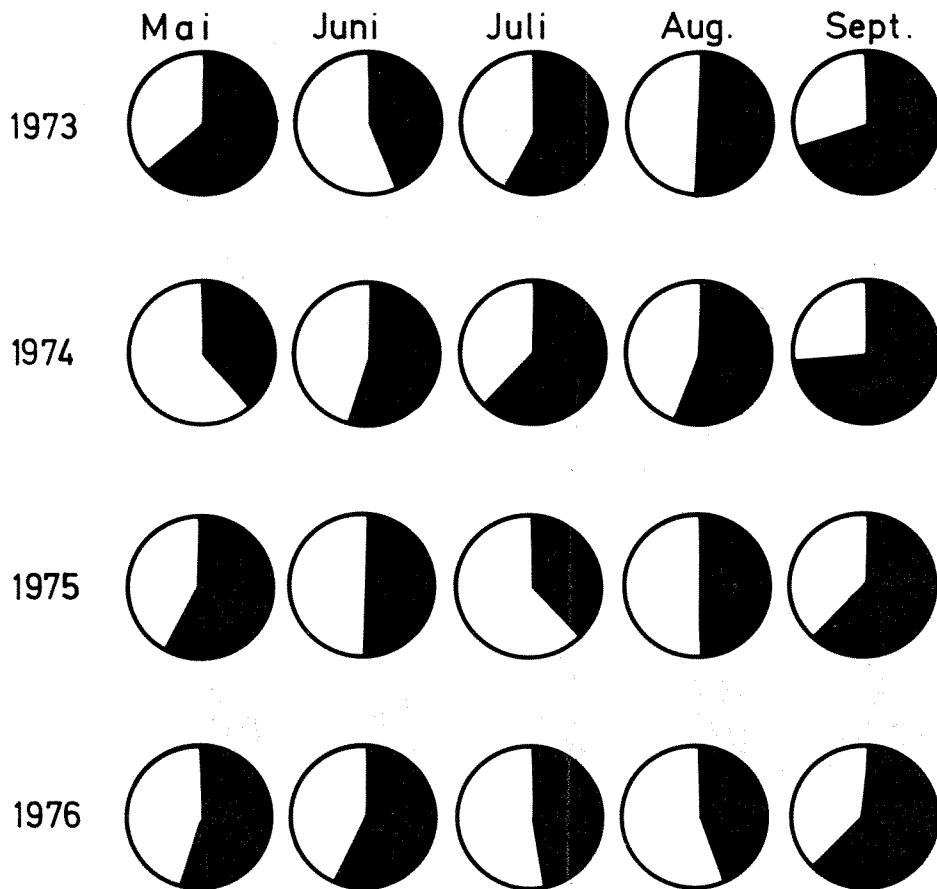


Fig. 10. Kise meteorologiske stasjon: Midlere månedlig skydekke. Fylt sirkel = fullstendig skydekke (angis som 8). De fylte sektorer viser andel skydekke for månedene.

Av fig.10 går det frem at i 1973 og 1974 var henholdsvis juni og mai de mest skyfrie sommermånedene, mens i 1975 og 1976 hadde juli og august relativt sett minst skydekke. Det samme fordelingsmønster gjorde seg også gjeldende med hensyn til månedenes soltimer (tabell 5). Ut fra skydekke og soltimefordelingen syntes produksjonsbetingelsene for planktonalger i innsjøen å være bedre i 1975 og 1976 enn i de 2 foregående år.

Tabell 5. Kise meteorologiske stasjon.

Antall soltimer i sommermånedene for tidsperioden 1973-1976.

År \ Mnd	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
1973	175	344	228	229	117
1974	339	276	232	213	104
1975	249	267	357	257	132
1976	210	247	278	237	133

4.3 Vind

Vindforholdene under sommermånedene i tidsperioden 1973 til 1976 er vist i fig. 11. Tendensen synes å være periodevis dominans av vind fra syd-øst på forsommeren og noe mer vekslende vindretning med mindre vindstyrke under høy- og sensommeren. Det er imidlertid visse unntak fra denne hovedregel. I 1975 var det f.eks. stor dominans av vind fra nord i mai, mens vind fra syd-øst var mest utpreget resten av sommeren, spesielt i juli. I 1976 dominerte de syd-østlige vindretninger hele sommeren helt frem til september måned da det sammenlignet med de øvrige år var relativt vindstille. Juli måned dette år var forøvrig preget av solgangsbris, dvs. vind fra nord først på dagen, som snudde til sønnavind på ettermiddagen.

Vindens retning og styrke har stor betydning for strømforholdene og spredning av forurensninger. Vind fra syd vil f.eks. medføre at overflatevannet blir ført nordover og derved vil relativt sett mindre forurenset dypvann renne ut via Vormå. Ved nordlig vind vil det motsatte være tilfelle. Det er således av stor interesse å merke seg at de syd-østlige vindretninger dominerte under sommersesongen både i 1975 og 1976.

4.4 Nedbør

Høydeforholdene innenfor Mjøsas nedbørfelt er av vesentlig betydning for nedbørens art og fordeling. Dessuten spiller feltets geografiske beliggenhet med hensyn til bl.a. de vestre fjellområdenes skjermende effekt en viss rolle for den regionale nedbørfordeling (fig. 8).

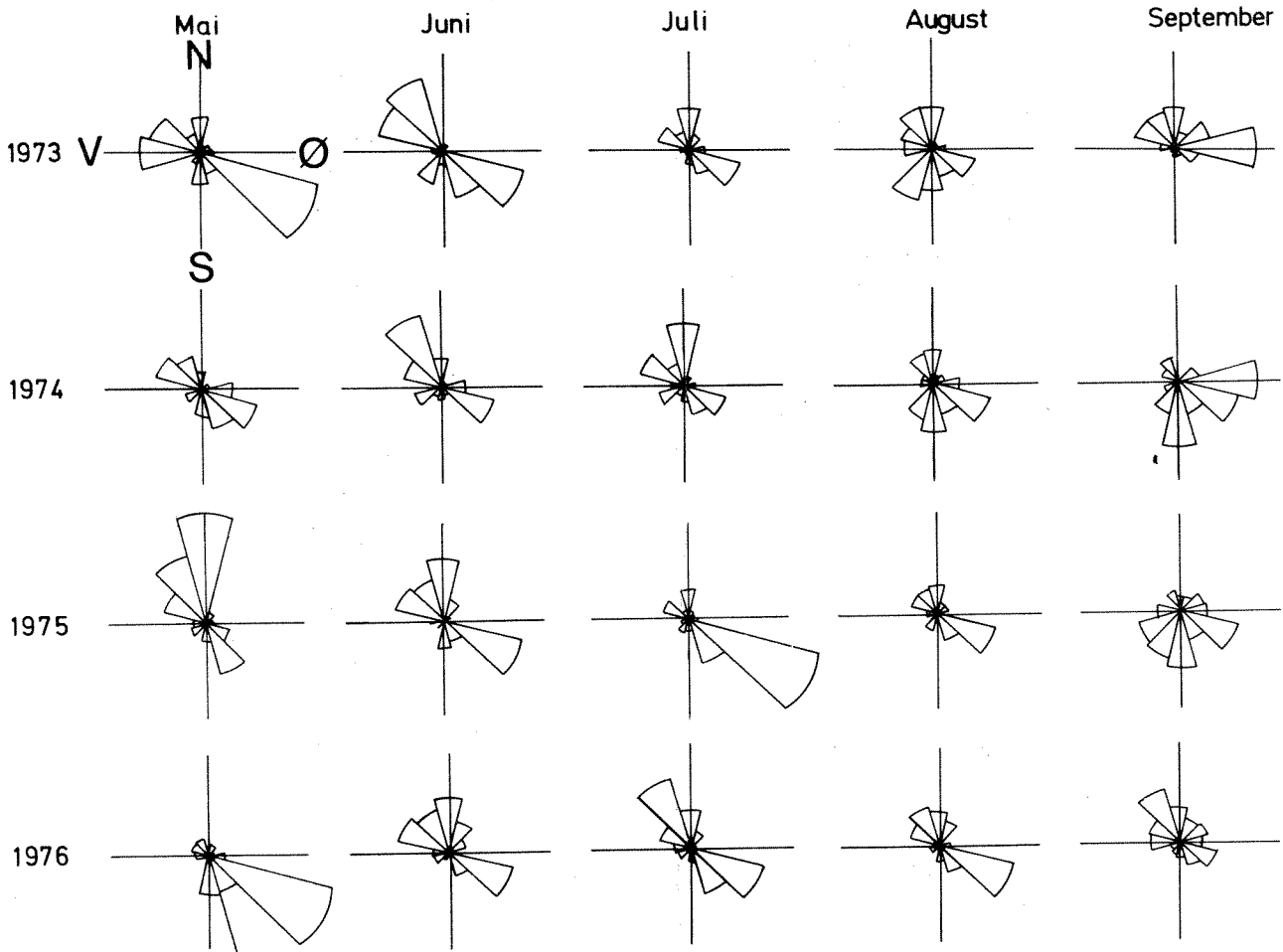


Fig. 11. Kise meteorologiske stasjon. Vindmengde = månedssummen av alle Beaufort-verdier innenfor hver sektor.

Nedbøren er størst i de vestre høyfjellsområder hvor den midlere nedbørhøyden over året er ca. 900-1000 mm. I omtrent 2/3 av året faller denne nedbør som snø. Avrenningen blir derfor konsentrert til en relativt kort periode om sommeren, mens den er liten resten av året. I områdene som ligger i ly av fjellene i vest (Skjåk, Lesja, Lom, osv.) er årsnedbøren liten (200-300 mm). Nedbørhøyden øker igjen nedover mot Mjøsa og mot fjellområdene i øst.

I undersøkelsesperioden 1971-1976 hadde den årlige nedbørhøyde på Kise meteorologiske stasjon, med unntak av 1974, en klar synkende tendens (fig. 12). Månedsnedbøren varierte sterkt både fra måned til måned ett og samme år og innenfor den samme måned under de forskjellige år. Fig. 13 viser kumulative nedbørkurver for de forskjellige år. Nedbørmengden over sommerhalvåret fra april til september var i 1975 og 1976 spesielt lav sammenlignet med normalen og forholdene de øvrige år. Over halvparten av årsnedbøren disse

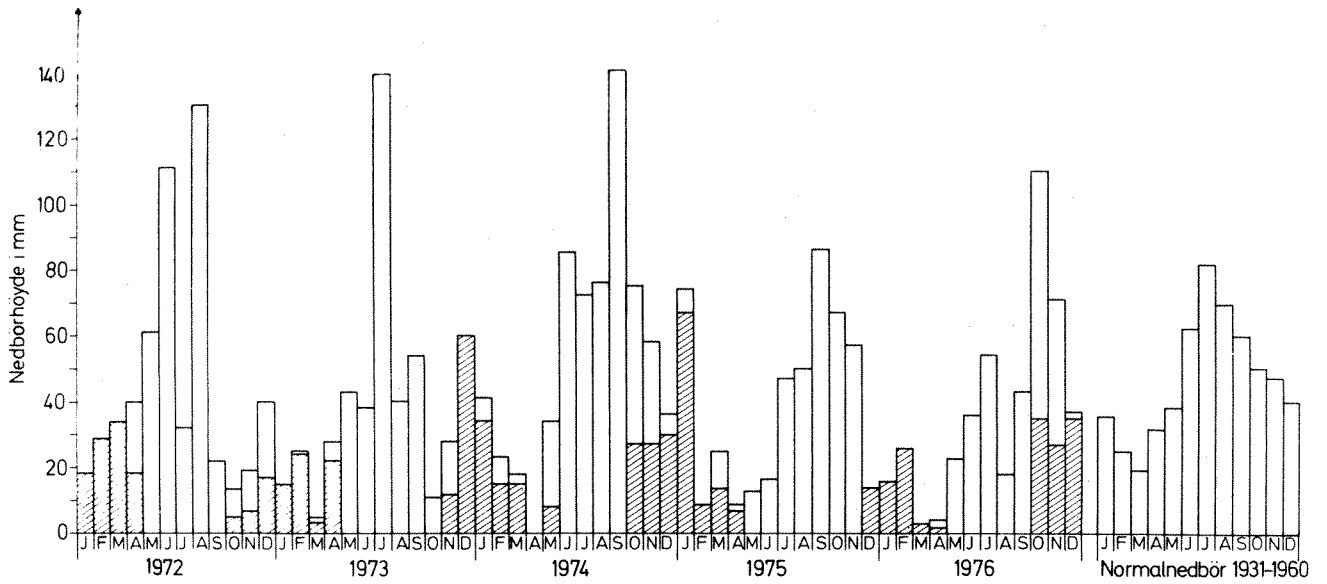


Fig. 12. Kise meteorologiske stasjon. Månedlig nedbør i årene 1972-1976. Skravert: nedbør som snø. Månedlig nedbør for normalperioden 1931-1960.

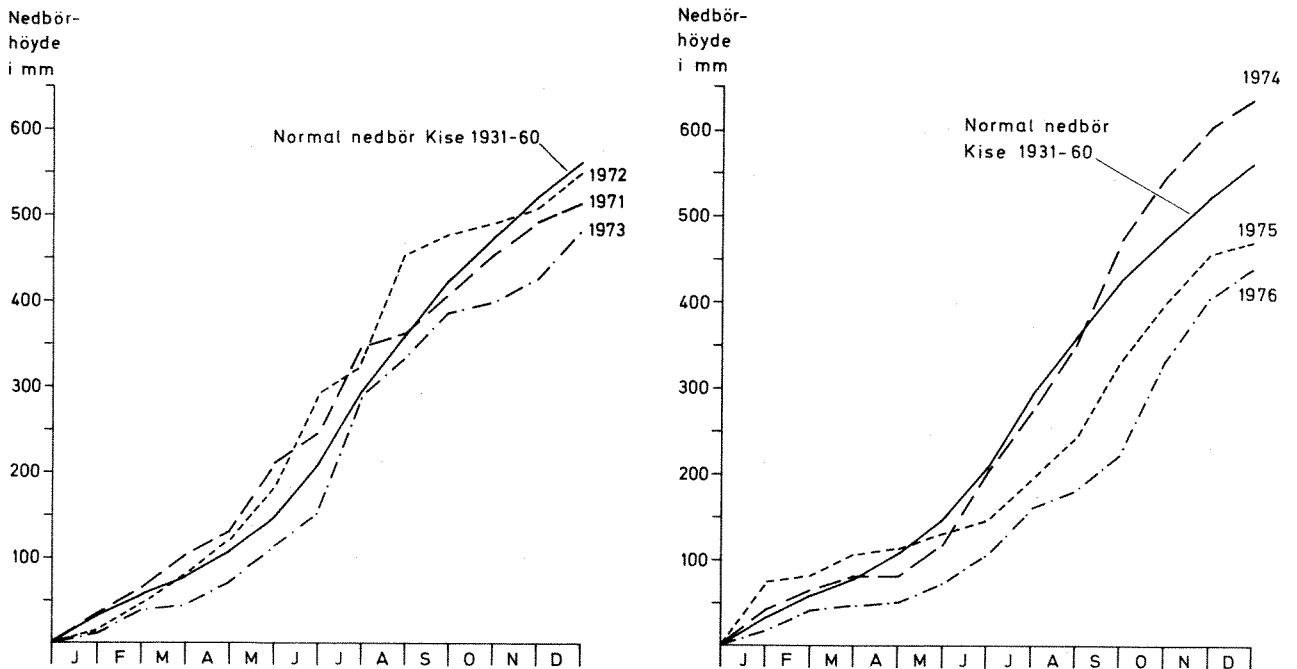


Fig. 13. Kise meteorologiske stasjon. Nedbørkurver for perioden 1971-1976 i forhold til normalnedbøren 1931-1960.

år falt i høstmånedene (sept.-okt.) og da som snø i den siste del av denne periode. Nedbøren i årene 1971, 1972, 1973 og 1974 fulgte stort sett normalkurver, men i 1973 var nedbørmengden noe lavere enn normalt gjennom hele året, og i 1974 var det relativt mye nedbør mot slutten av året.

5. HYDROLOGI OG VANNBALANSE

En innsjø er et naturlig reservoar som midlertidig magasinerer vannet på sin vei til havet. I løpet av sin oppholdstid i innsjøen inngår vannet i en rekke fysiske prosesser (strømninger, temperaturendringer, islegging m.m). Disse prosessene er en funksjon av diverse klimafaktorer, innsjøens form og eventuelle inngrep fra menneskenes side.

5.1 Vannbalanse

Innsjøer er følsomme overfor endringer i tilført og avgitt vannmengde. Deres reaksjon er magasinendring. Innsjøer tilføres vann via elver, grunnvann og nedbør på sjøens overflate, og tappes via avløp og fordunstning.

Nedbør på Mjøsas overflate og fordunstning er generelt neglisjerbar i forhold til de øvrige leddene som inngår i vannbalansen. Dette på grunn av stort dreneringsfelt i forhold til Mjøsas overflate. Det vil derfor ikke bli tatt hensyn til disse bidragene i den videre beskrivelse.

5.2 Vannbalansens årstidsvariasjoner

I fig. 14 er det gitt et eksempel på vannbalansen i Mjøsa i løpet av et år (1974). Gudbrandsdalslågens vannføring ble registrert ved Losna. Øvrige tilløp fra Mjøsas nærområde er summert.

Om vinteren (november-mars) var utløpsvannføringen gjennom Vormå større enn tilløpsvannføringene. Vannstanden i Mjøsa ble redusert med 3,25 m. Snøsmelte-flommen fra nærområdene startet i begynnelsen av april, kulminerte i månedskiftet april/mai og ble avsluttet i begynnelsen av mai. Etter hvert som stadig høyere liggende deler av nedbørfeltet bidro med smeltevann, økte vannføringene i Gudbrandsdalslågen og det oppsto flere

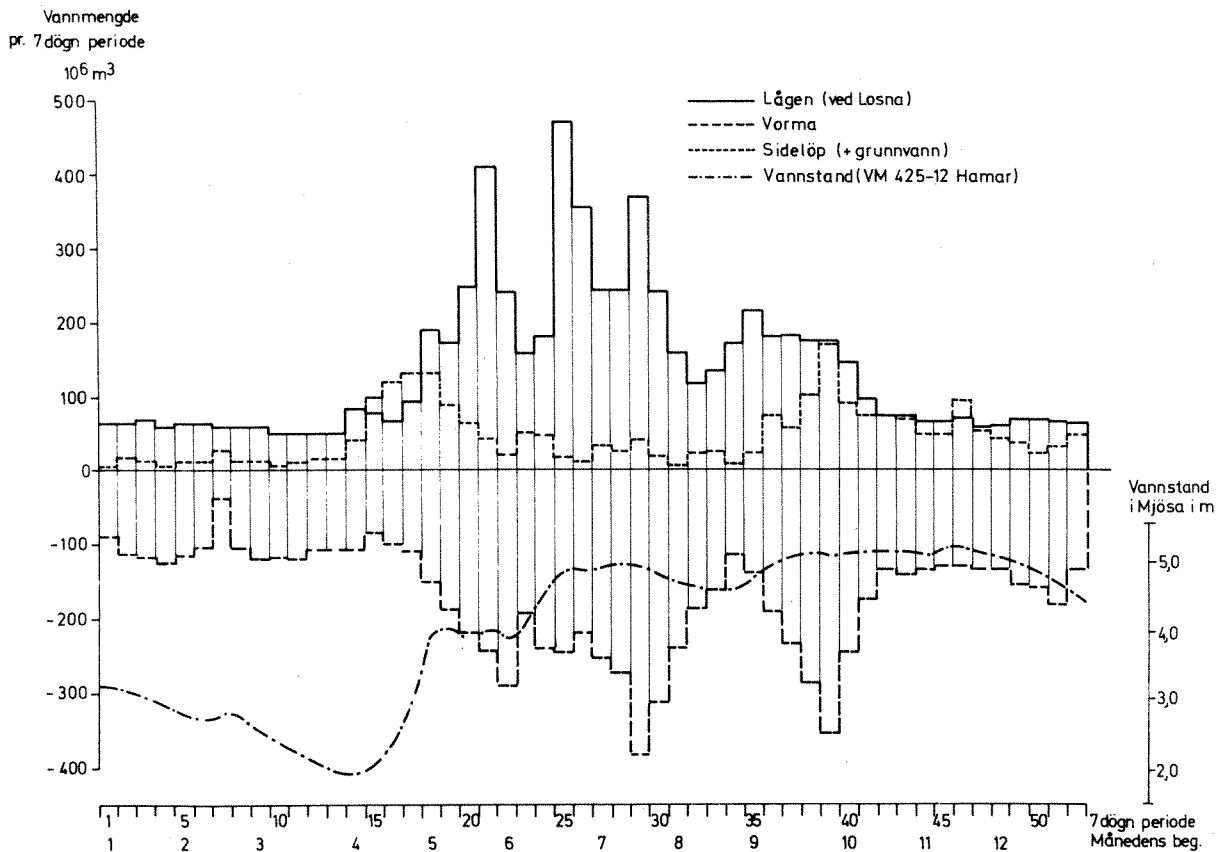


Fig. 14. Vannbalanse 1974.

flomsituasjoner i løpet av sommeren avhengig av avsmeltingsforholdene i fjellområdene. På grunn av regn var tilløpsvannføringen høy også om høsten.

Fra vårflommens begynnelse økte vannstanden til nær øvre reguleringsgrense på 5,25 m i midten av juni. Denne vannstanden ble overveiende opprettholdt frem til november.

Mjøsa hadde en tydelig regulerende effekt. Utløpsvannføringene ble redusert og forsinket i forhold til innløpsvannføringene. Denne regulerende effekt blir enda tydeligere om man benytter kortere tidsintervall mellom observasjonene (fig. 15).

Det skisserte årsforløp synes å være representativt, men verdienes størrelse og tidspunkt for de ulike hendelsene kan imidlertid avvike en del.

Gudbrandsdalsvassdraget er i dag betydelig regulert i forbindelse med kraftverksutbygging. Disse reguleringer resulterer bl.a. i at den midlere sommer-

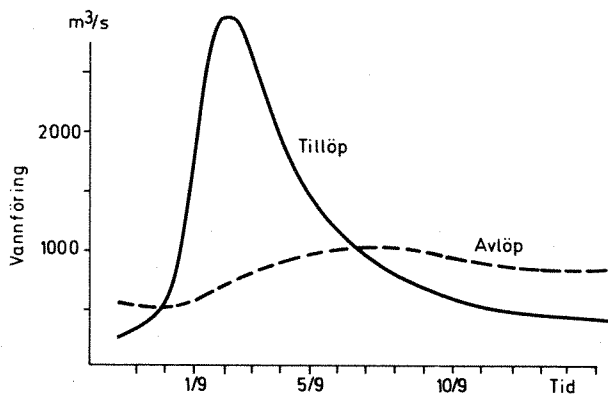


Fig. 15. Flomhydrogram for tilløp og avløp fra Mjøsa under storflommen i 1938 (etter Klæboe & Schou 1939).

vannføring har avtatt fra $509 \text{ m}^3/\text{s}$ til $451 \text{ m}^3/\text{s}$ (dvs. 11%) og midlere vintervannføring har økt fra $64 \text{ m}^3/\text{s}$ til $104 \text{ m}^3/\text{s}$ (dvs. 63%). Dette har bl.a. medført en reduksjon i utskifting av de øverste vannmasser (produksjonslagene) under sommerperioden. Hvis man antar at reduksjonen i sommervannføringen bare berører det øverste 10-12 meter laget vil de eksisterende reguleringer øke utskiftingstiden med ca. 13 %, dvs. fra 83 til 94 døgn.

Mjøsa er regulert for kraftverksutnyttelse. Reguleringshøyden er 3,61 m. Vannet blir holdt tilbake i flomperiodene om sommeren og sluppet om vinteren. Vannstandsvariasjonen i undersøkelsesperioden samt i 1908 (før reguleringen) er vist i fig. 16.

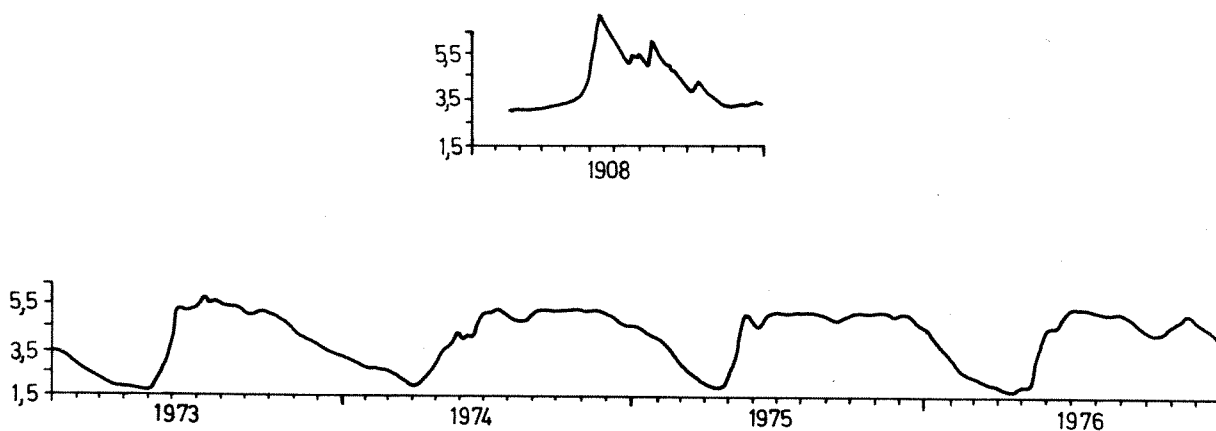


Fig. 16. Vannstand i Mjøsa i observasjonsperioden og i 1908. Vertikal skala: vannstand i m i henhold til Hamar V.M.

5.3 Årlig vannbalanse 1973-1976

Midlere sepsifikk vannføring i de forskjellige tilløpselver til Mjøsa i tidsrommet 1973-1976 er fremstilt i tabell 6.

Tabell 6. Tilløpselver til Mjøsa. Nedbørfelt og spesifikk vannføring.

Elv	Nedbørfelt km ²	l/s.km ²	Elv	Nedbørfelt km ²	l/s.km ²
Gudbrandsdalslågen	11459	20,7	Vikselva	156	7,5
Gausa	934	12,2	Svartelva	485	10,8
Rinda	93	17,5	Flagstadelva	177	16,8
Vismunda	192	16,2	Brumunda	220	11,4
Stokkelva	232	8,0	Moelva	192	10,2
Bråstadelva	42	14,5	Mesnaelva	250	17,2
Hunnselva	378	9,9	Nærområdet	896	7,5
Lenaelva	292	9,1			

Vannbalansen i de ulike år basert på månedsverdier er fremstilt i fig. 17, mens årsbudsjettet er angitt i tabell 7.

Tabell 7. Årsvannføring i mill. m³.

x) Avrenningen fra nærområdet er beregnet som differanser mellom vannføringen i Vorma og alle tilløpselver.

År	Gudbrands- dalslågen	Sideelver	Nærområdet ^{x)}	Vorma
1973	7809	1122	119	9050
1974	7112	1749	186	9047
1975	7677	1621	338	9636
1976	7359	970	173	8501

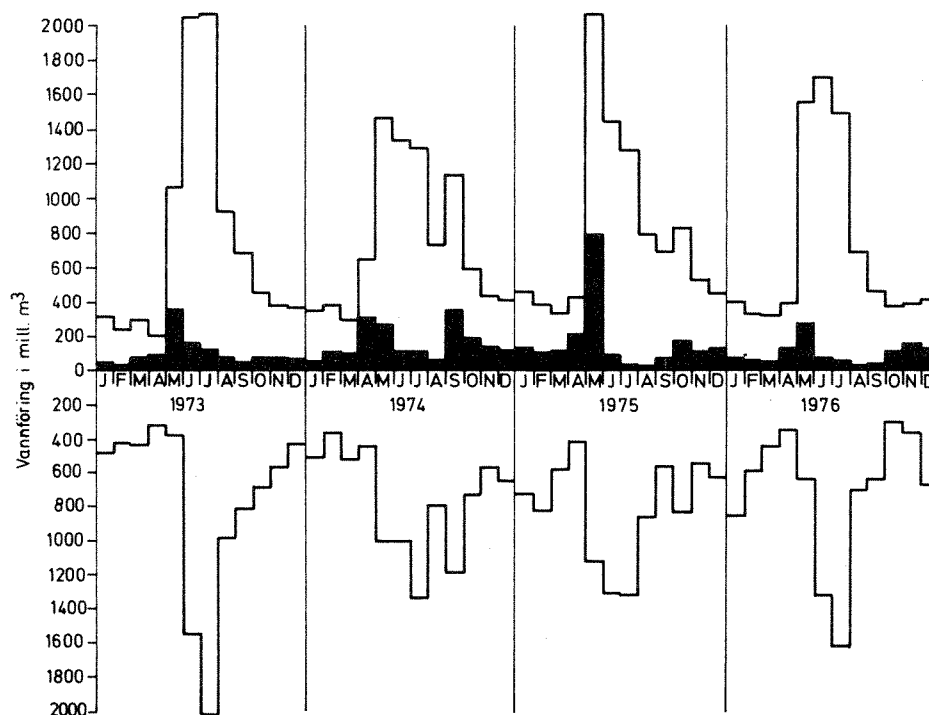


Fig. 17. Vannbalanse i Mjøsa 1973-1976. Sort: Sum vannføring i lokale elver + avrenning fra nærområdet - Gudbrandsdalslågen.

Middelvannføringer i Gudbrandsdalslågen målt ved Losna var i denne periode ca. $237 \text{ m}^3/\text{s}$ (varierende fra 226 i 1974 til 248 i 1973), mens middelavløpet er oppgitt (NVE) til $249 \text{ m}^3/\text{s}$. Vannføringen i denne elv var på årsbasis ca. 5 ganger større enn avrenningen fra det øvrige felt. Forskjellen mellom de enkelte år var mye større for sideløpene enn for Gudbrandsdalslågen.

Høye vannføringer i Gudbrandsdalslågen forekom vanligvis i perioden fra og med mai til begynnelsen av august. Maksimal nånedsvannføring varierte mellom ca. $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (april 1973) til $725 \text{ m}^3/\text{s}$ (juli 1973). Flomvannføringens lange varighet dette år skyldes de relativt lave lufttemperaturer.

Ca. 60% av årlig avløpsvolum drenerer i løpet av perioden juni-august. Den høyeste observerte døgnvannføring er $2625 \text{ m}^3/\text{s}$. Laveste vannføringer opptrer om vinteren (november-mars). Den laveste observerte døgnvannføring i Gudbrandsdalslågen er $12 \text{ m}^3/\text{s}$. På sensommeren august-september er det vanligvis også en sterk reduksjon av vannføringen i Gudbrandsdalslågen og samtidig er vannføringen i de øvrige tilløpselver meget lav. Spesielt var dette tilfelle på sensommeren og høsten 1975 og 1976.

6. TEMPERATUR OG STRØM

6.1 Årssyklus

Når lufttemperaturen avtar utover høsten, vil likevekten i vannlagene forstyrres. Det avkjølte vannet på overflaten blir tyngre og vil synke ned, mens varmere vann stiger opp til overflaten. De vertikale vannbevegelsene fortsetter inntil hele vannmassen har oppnådd maksimal tetthet (ca. 4°C) (fig. 18). Desto dypere innsjøen er, desto senere på høsten/vinteren vil dette inntreffe. Tidspunktet for denne "høstsirkulasjonen" er noe forskjellig i de ulike deler av Mjøsa på grunn av store dybdeforskjeller, strømforhold m.m. Temperaturdata kan tyde på at sirkulasjonen i de sentrale delene i enkelte år kan fortsette hele vinteren igjennom (fig. 19).

Ved fortsatt avkjøling (under 4°C) vil det kaldeste vannet på overflaten være lettest, sirkulasjonen opphører, og det dannes en stabil sjiktning. Sjøen blir dermed inndelt i et lettere overflatelag og et tyngre dyplag adskilt av en overgangssone med store tetthetsgradienter (sprangsjikt). Overflatevannet blir raskt avkjølt til frysepunktet og muliggjør isdannelse.

Etter isløsningen om våren varmes overflatelaget opp på grunn av solinnstråling. Vi får påny en periode med temperaturprofiler nær 4°C fra overflaten til bunnen. Resultatet blir en ny sirkulasjonsperiode (vårsirkulasjonen). Vannmassene er da både i temperatursammenheng og hva stoffinnhold angår tilnærmet homogene.

Varmetilførsel i løpet av sommeren gjør at vannet blir varmest og dermed lettest nær overflaten. Vi får påny en stabil sjiktning med relativt varmt overflatevann (epilimnion) oppå noe kaldere (hypolimnion).

De store tetthetsforskjellene i sprangsjiktet hindrer en effektiv blanding av disse to lagene. Kjemisk oppløste stoffer som tilføres epilimnion vil i stor utstrekning forbli i dette laget.

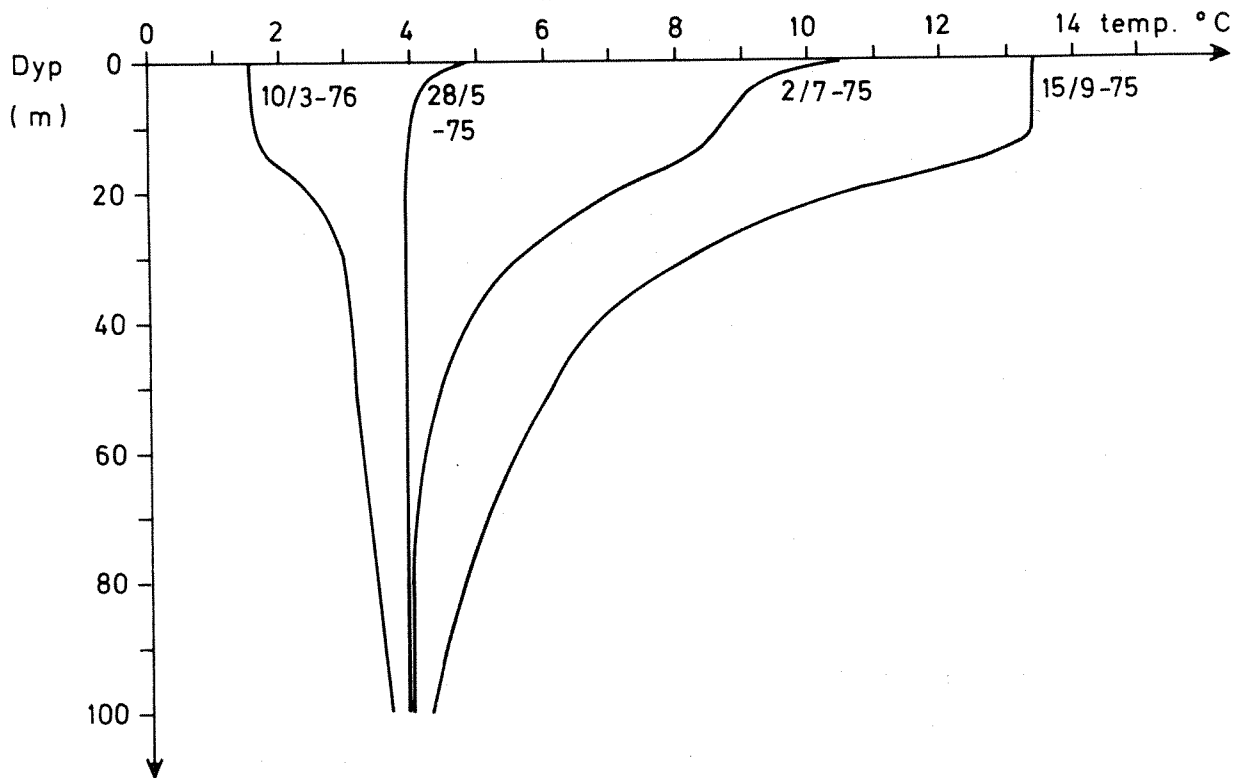


Fig. 18. Karakteristiske temperaturprofiler ved ulike årstider (st. Skreia).

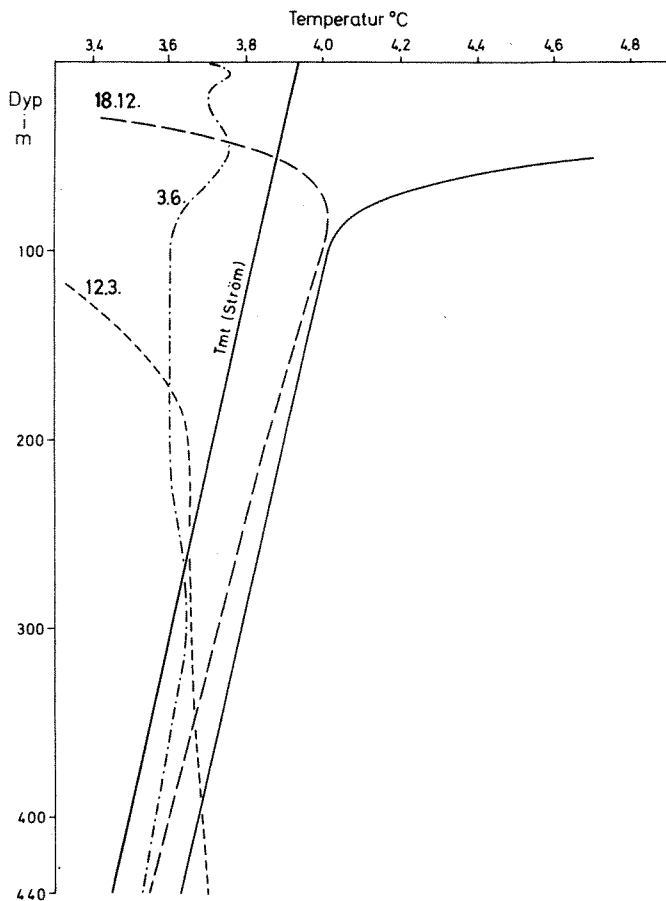


Fig. 19. Temperaturkurver for Mjøsa gjennom en årssyklus. Strøms temperaturkurve for maks.tetthet er tegnet inn.

6.2 Temperaturforholdene under sommersesongene 1973-1976.

Temperaturforholdene i henholdsvis Gudbrandsdalslågen og Vormå er vist i fig. 20. Figur 21 viser temperatursituasjonen ned til 50 meter på de 5 hovedstasjoner i Mjøsa under sommersesongen.

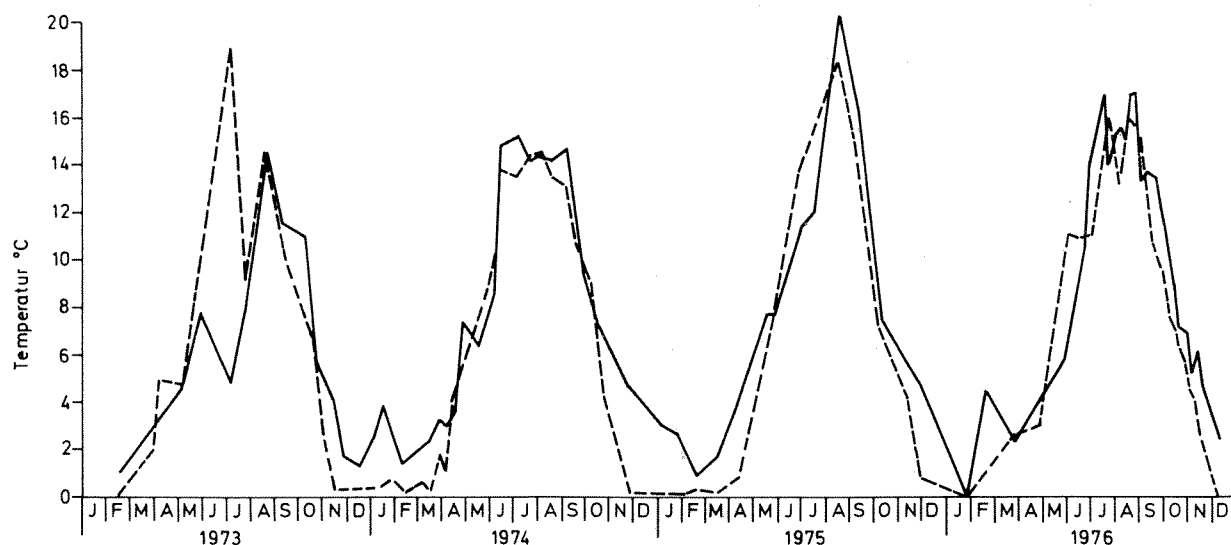


Fig. 20. Temperaturvariasjoner i Gudbrandsdalslågen (stiplet) og Vormå (helt opptrukket) i °C.

Om vinteren er vannmassene i Gudbrandsdalslågen avkjølt til ca. 0°C. Temperaturobservasjoner i Vormå gjenspeiler middeltemperaturer i overflatelagene i Mjøsa (se fig. 20). Forskjellen i temperaturen i de to elver er størst på senhøsten (oktober-januar). Dette skyldes Mjøsas varme-magasinerende evne som også er årsak til at Gudbrandsdalslågen har noe høyere temperatur om våren og forsommeren enn Vormå. Temperatur-observasjonene fra hovedstasjonene i Mjøsa gjenspeiler også Mjøsas evne til å magasinere varme. Således er temperaturen i overflatelagene høyere i de nordlige deler av Mjøsa på forsommeren, mens det motsatte er tilfelle på sensommeren og høsten. Temperaturkurvene synes forøvrig å tyde på at overflatelagene er sterkt påvirket av vind og vekslende strømforhold.

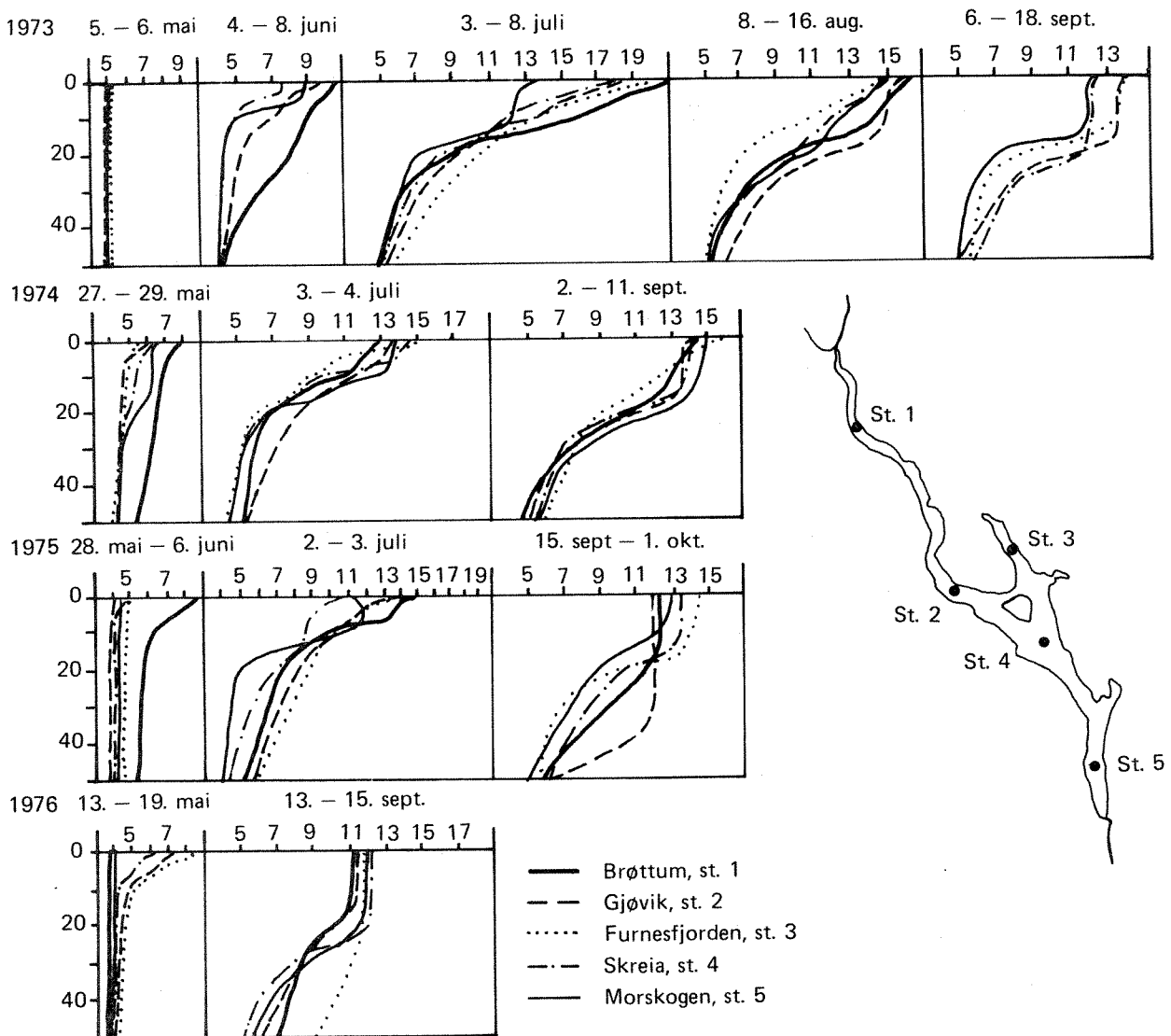


Fig. 21. Temperatursituasjonen ned til 50 m på hovedstasjonene i Mjøsa under sommerperioder.

6.3 Strømundersøkelser

Det er blitt foretatt spesielle undersøkelser i felt for å registrere innblanding av Gudbrandsdalslågens vannmasser i Mjøsa. Fig. 22 viser en skjematisk fremstilling av strømningsforholdene på grunnlag av observasjoner av strømkorsbevegelser, temperatur, ledningsevne og turbiditet.

Vannet fra Gudbrandsdalslågen vil hovedsakelig innlagres i det sjikt av Mjøsa som har samme temperatur. Ved en veletablert lagdeling (sommer og vinter) vil gjennomstrømningen foregå i de øverste vannmasser. I den ovennevnte observasjonsperiode strømmet vannet fra Gudbrandsdalslågen sydover i 8-15 meters dyp. Hovedstrømmen foregikk langs den vestlige delen

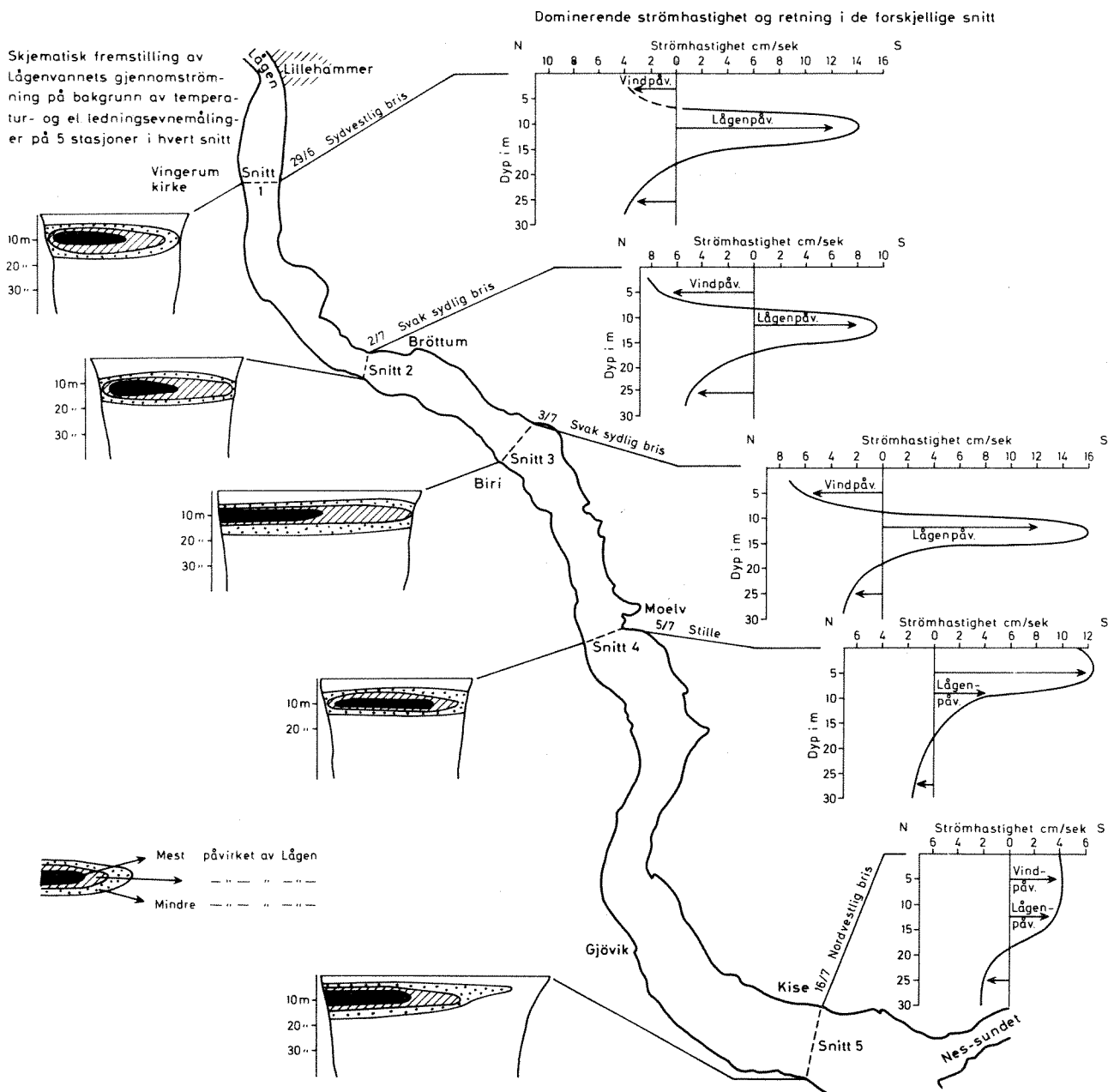


Fig. 22. Strømforhold i nordre del av Mjøsa i tiden 29. juni til 16. juli 1973.

på grunn av jordrotasjonen. I de dypere lag ble det observert en svak nordgående returstrøm. Strømmen i overflatelaget (0-5 m) endret retning og hastighet i samsvar med vinden.

Mellom Gudbrandsdalslågen og Mjøsvannet foregår en konstant blandingsprosess. Denne er hovedsakelig induisert av vind og innstrømningsvannføring. Under breflommen midtsommers kan man f.eks. ofte observere det grønne brevannet liggende i overflaten, men dette kan variere avhengig av temperaturforholdene.

Utløpsvannet fra Mjøsa gjennom Vorma kommer hovedsakelig fra de øverste vannmasser. Imidlertid kan vedvarende sydlig vind presse overflatelaget nordover slik at kjøligere vann fra dypere lag trenger opp nær utløpsområdet (fig. 23).

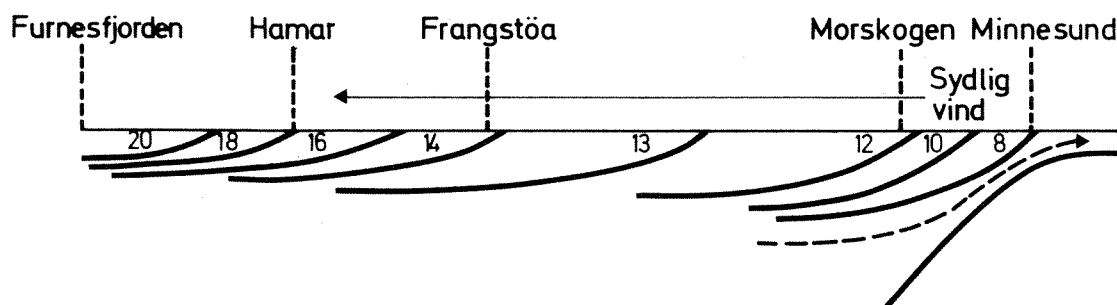


Fig. 23. Situasjonsbilde av overflatetemperaturen i Mjøsa (Furnesfjorden-Minnesund) 9. aug. 1972. Ved vedvarende sydlig vind trenger kjøligere vann opp fra dypet og renner ut i Vorma.

Dersom en jevn vind blåser over en lagdelt sjø, blir det øvre laget ført i vindens retning. Overflaten blir skråstilt med stigning i vindretningen. Dette forårsaker en returstrøm i de dypere lag, slik at sprangsjiktet får en stigning i motsatt retning av overflaten. Når vinden slutter å blåse, oppstår det stående bølgebevegelser i overflaten (ytre seiche) og i sprangsjiktet (indre seiche). De største strømhastigheter er forbundet med de indre seicher. På 40 meters dyp er hastigheter på opptil 40 cm/s blitt registrert. I perioder med velutviklet sprangsjikt er seichene spesielt effektive sprednings- og vannutskiftnings-mekanismer.

Som tidligere nevnt motvirker de store tetthetsgradientene i overgangssonen mellom overflate og dyplag utveksling mellom lagene. Imidlertid er denne utvekslingen likevel av betydning for tilførsler av næringsalter m.m. til overflatelaget.

6.4 Simulering av strøm og temperatur med en tredimensjonal matematisk modell.

Med en matematisk modell menes et system av ligninger og funksjonssammenhenger som beskriver et aktuelt problem. Et eksempel er lengde = hastighet · tid ($s = v \cdot t$).

Det system som beskriver strømforholdene i en innsjø er naturligvis betydelig mer komplisert og er ikke mulig å løse eksakt. Ved hjelp av elektronisk databehandling kan imidlertid tilnærmede løsninger, som er akseptable for praktisk bruk, bestemmes. Fordelene er at strømmingene kan beregnes for en vilkårlig valgt vind, inn- og utløpsvannføringer, temperatursjiktning samt for eventuelle endringer i sjøens form.

Krefter som innvirker på bevegelsen er vindens skyvekraft, friksjon mot bunnen og trykkrefter på grunn av temperaturforskjeller, vindoppstuvning, inn- og utløpsvannføringer. Når bevegelsen først er kommet igang, blir den avbøyd til høyre på grunn av jordrotasjonen. Forøvrig blir bevegelsen påvirket av sjøens form. Resultatet av en slik modellberegning går frem av figurene 24 og 25.

Denne metode er et redskap til å beskrive strømminger og temperaturfordeling kvantitativt. F.eks. kan betydningen av vindenes styrke og retning, eller eventuelle reguleringseffekter i Gudbrandsdalslågen være interessante.

Kjennskap til strømningsmønsteret gir grunnlag for å vurdere spredningen av ulike stoffer. Observasjoner i Mjøsa av f.eks. fosfor, nitrogen, organisk materiale, bakterier m.v. har vist store regionale variasjoner. Dersom tilførselene og diverse prosesser er kjente, kan disse sammen med resultatene fra strømningsmodellen, nyttes i en matematisk spredningsmodell til å beregne denne konsentrasjonsfordelingen.

Biologisk produksjon har en viss sammenheng med mengde og konsentrasjon av ulike stoffer som er tilgjengelige. Matematiske strøm- og spredningsmodeller kan derfor være til hjelp for å vurdere den biologiske respons fra naturens og menneskenes påvirkninger.

6.5 Isforhold

Når overflatevannet blir avkjølt til frysepunktet vil dannelsen av is begynne. Isleggingen skjer sjelden uforstyrret. På grunn av vind og bølger foregår det en omrøring av vannmassene. Temperaturen på overflaten blir følgelig høyere enn frysepunktet og hindrer isdannelse. En slik vindindusert omrøring kan også bryte opp et isdekke i oppbyggingsstadiet.

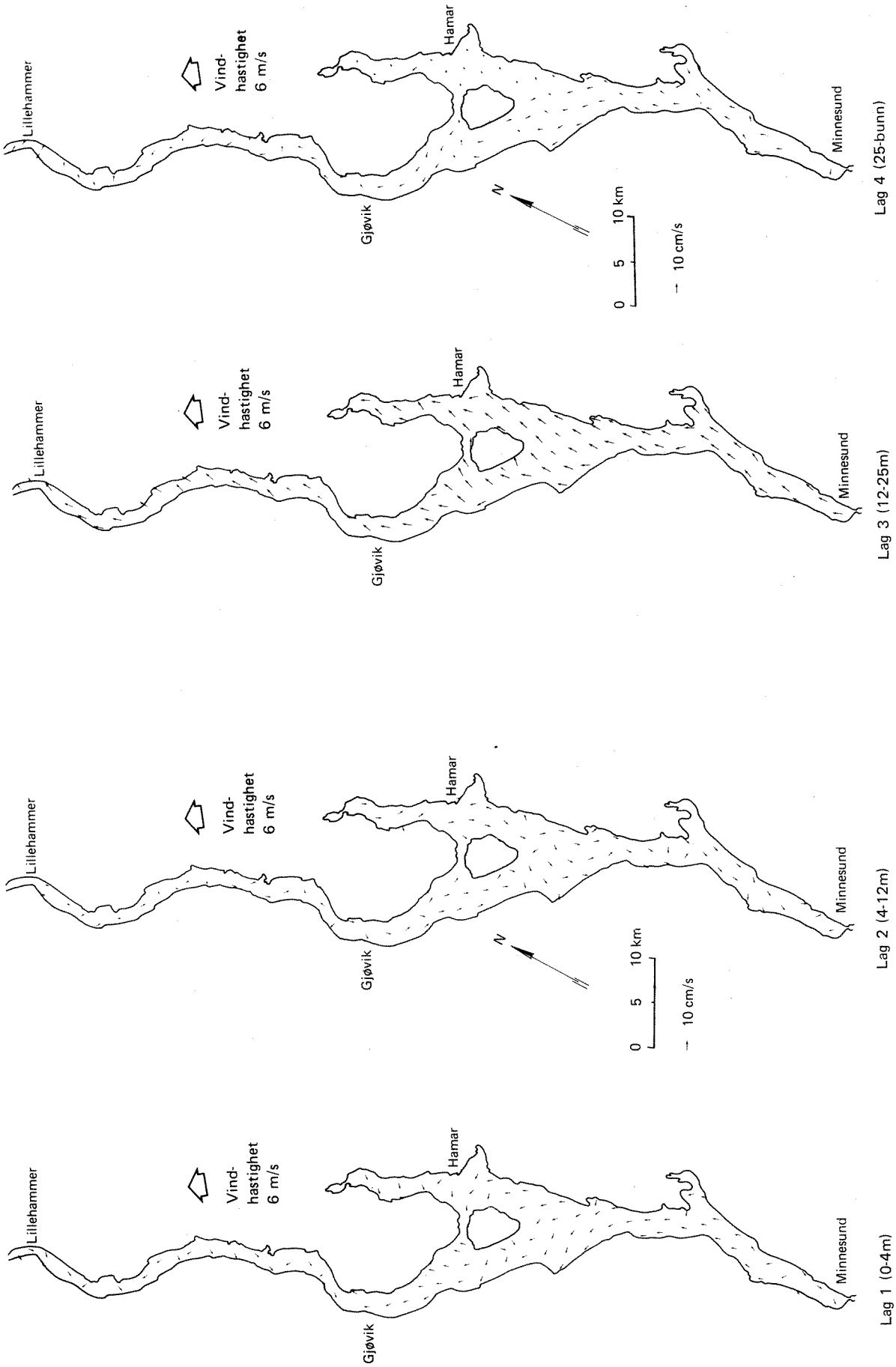


Fig. 24. Beregnede strømhastigheter etter ett døgn med konstant vind.

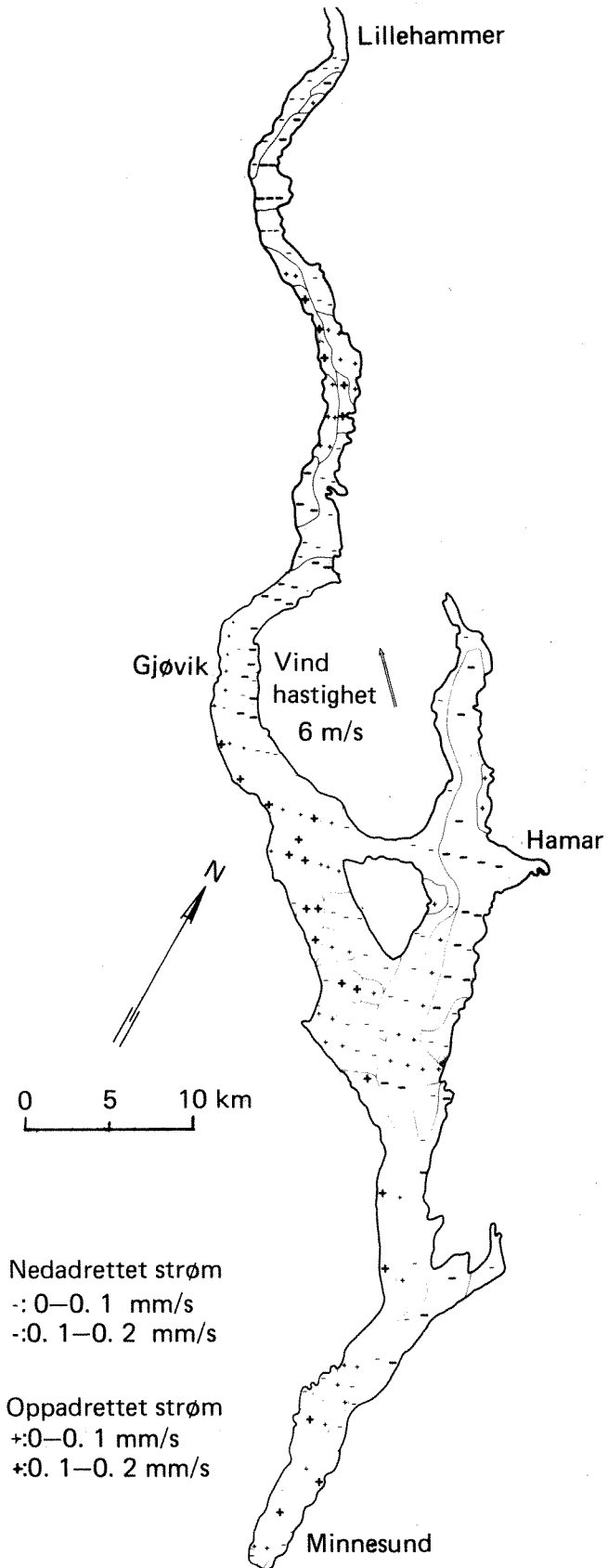


Fig. 25. Vertikale hastigheter i 25 m's nivå.

Mjøsa har uregelmessig form og har partier med forskjellige dybdeforhold. Isleggingen foregår følgelig til forskjellige tider i de ulike deler av innsjøen. Viken som ligger lunt og grunne partier, vil først bli islagt. De sentrale vindutsatte og dype områdene kan forbli åpne hele vinteren igjennom.

Fig. 26 viser karakteristiske isforhold i løpet av vinteren. Den innerste delen av Furnesfjorden blir først islagt, ofte i begynnelsen av desember. Gjennomsnittstiden for isleggingen i de nordligste deler inntreffer i slutten av desember. I begynnelsen av februar er gjerne områdene fra et stykke syd for Helgøya og nordover dekket med is. Hele Mjøsa islegges bare i kalde vintre.

Isløsningen begynner vanligvis ved Hamar - Nes - Gjøvik i siste halvdel av april. I Furnesfjorden og i de nordligste partiene blir isen ofte liggende til i begynnelsen av mai.

I undersøkelsesperioden 1971-1972 var hele Mjøsa islagt, i 1972 og 1976 varte isleggingsperioden fra ca. 1. februar til ca. 15. april. I de andre årene var områdene sør for Helgøya isfrie.

I hele perioden kom isløsningen relativt tidlig og førte til en relativt tidlig vårsirkulasjon. Dette sammen med vannets vintertemperatur, gjorde forholdene gunstige med hensyn til en tidlig "vår" i vannmassene.

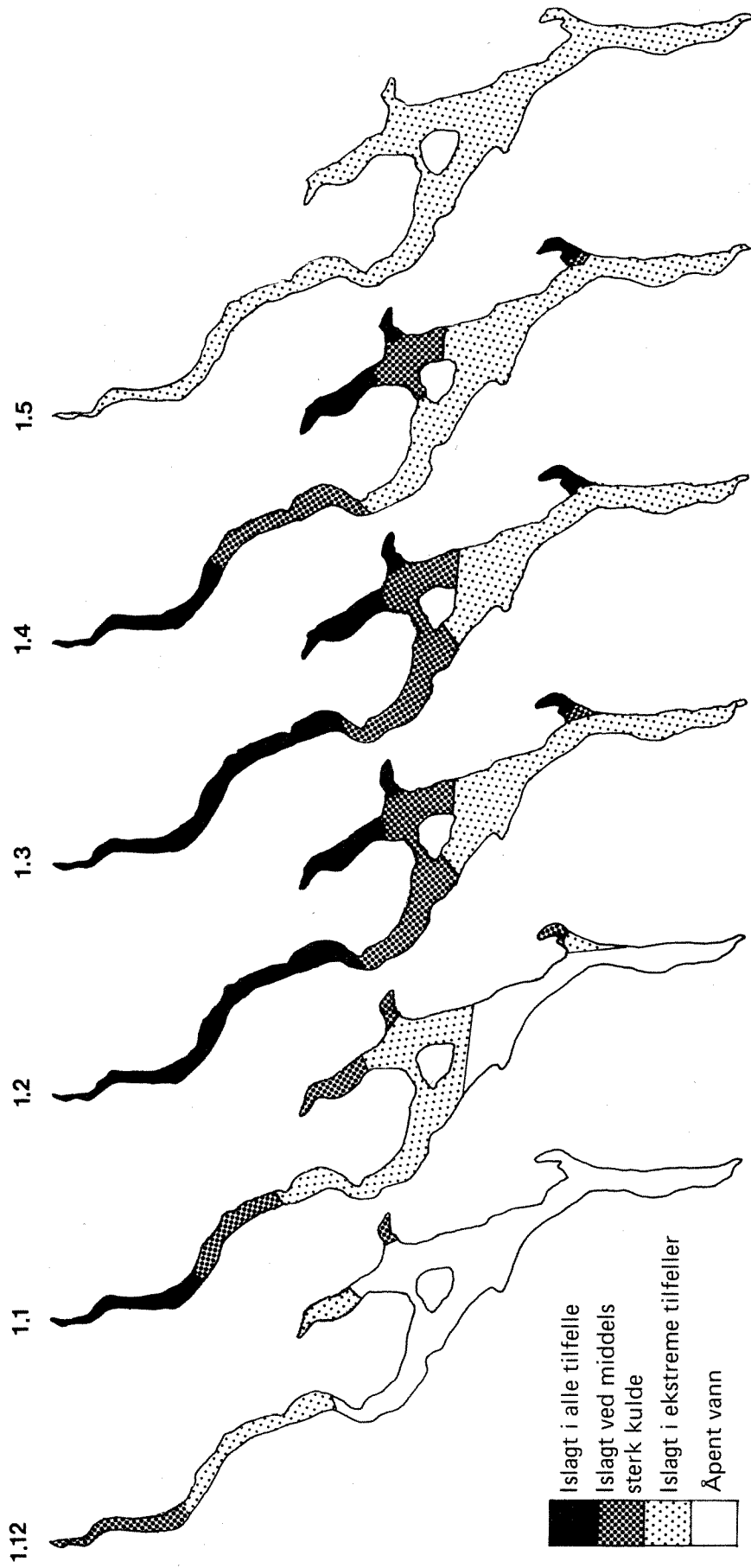


Fig. 26. Generelle isforhold i Mjøsa.

7. MATERIALTRANSPORT OG MATERIALBALANSE

7.1 Undersøkelsesopplegg

I 1972 ble det opprettet stasjoner for måling av vannføring og innsamling av fysisk-kjemiske prøver ved utløpet av 14 av de største tilløpselver til Mjøsa, nemlig

E1	Vikselva	156 km ²	E8	Gausa	934 km ²
E2	Svartelva	485 "	E9	Rinda	93 "
E3	Flagstadelva	177 "	E10	Vismunda	192 "
E4	Brumunda	220 "	E11	Stokkelva	232 "
E5	Moelva	192 "	E12	Braastadelva	42 "
E6	Mesnaelva	250 "	E13	Hunnselva	378 "
E7	Gudbrandsdalslågen	11500 "	E14	Lenaelva	292 "

Tilsammen omfatter disse nedbørfelt ca. 92% av Mjøsas totale nedbørfelt. Nærområdet som ikke fanges opp av de 14 tilløpselver og hvorfra stofftransporten må beregnes, omfatter 896 km². Undersøkelsen omfattet også Mjøsas utløp - Vormå v/Minnesund.

Hensikten med denne undersøkelse var å fremskaffe relevante data for tilførsel av i første rekke total nitrogen, total fosfor og partikulært organisk og uorganisk materiale (tørrstoff og gløderest) til Mjøsa. Prøvetakingsfrekvensen har variert fra annenhver uke i 1973 og 1974 og månedlige blandprøver av ukentlige prøver i 1975 og 1976. Våren 1973 (april - juni) ble det i perioder samlet inn daglige prøver fra Lenaelva og Hunnselva ved hjelp av automatiske prøvetakere. I alt er ca. 75 prøver analysert på stoffene nevnt ovenfor - dvs. ca. 19 prøver pr. år i middel. Noe sjeldnere, i middel ca. 12 ganger pr. år, ble følgende stoffer bestemt: silisium, nitrat, ortofosfat,

kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, klorid, hydrogenkarbonat (alkalitet), jern, mangan, farge og turbiditet. Vannets surhetsgrad, pH, og konduktivitet ble målt i alle prøver. Vannets innhold av kobber, sink, kadmium og bly er blitt bestemt i alt 10 ganger.

Tilførslene fra nærområdene må nødvendigvis baseres til dels på beregninger og til dels på utsagn fra kommunale etater i Mjøsområdet om direkteutslipp og kloakkeringsopplegg. Ved direkteutslipp i Mjøsa er det beregnet 0% renseeffekt, og ved mer diffus tilførsel fra spredt bebyggelse er det regnet med en renseseffekt for fosfor på 50% (på grunn av infiltrasjon o.l.). Dette er i overensstemmelse med opplysninger fra SFT. Fra jordbruksaktiviteter i Mjøsas nærområde er næringssaltbelastningen beregnet ut fra belastningskoeffisienter på 780 og 60 kg pr. km² og år for henholdsvis nitrogen og fosfor. Nedbørens næringssaltbidrag til Mjøsas overflate er på bakgrunn av finske og svenske undersøkelsesresultater beregnet ut fra koeffisienter på 500 kg nitrogen og 14 kg fosfor pr. km² og år.

Måling av vannføring har bydd på betydelige problemer. Dette har særlig vært tilfelle under flomperioder om våren og om vinteren på grunn av isoppstuing o.l. Vannføringsstasjonene er valgt etter samråd med Hydrologisk avdeling i NVE.

7.2 Fysisk-kjemiske forhold

Surhetsgrad - pH

Vannets surhetsgrad, pH, i et vassdragssystem er betinget av nedbørfeltets geologi, løsavsetninger o.l. samt av forurensningstilførsler og biologisk aktivitet i det aktuelle vassdrag. Om sommeren øker gjerne vannets pH som følge av algenes produksjon og stoffomsetning (innvirkning på hydrogenkarbonatsystemet).

Vannets pH i de forskjellige tilløpselver - utløp - til Mjøsa i 1976 er fremstilt i figur 27. pH varierte vanligvis i de fleste elver mellom pH 7 og 8 med de høyeste verdier om sommeren.

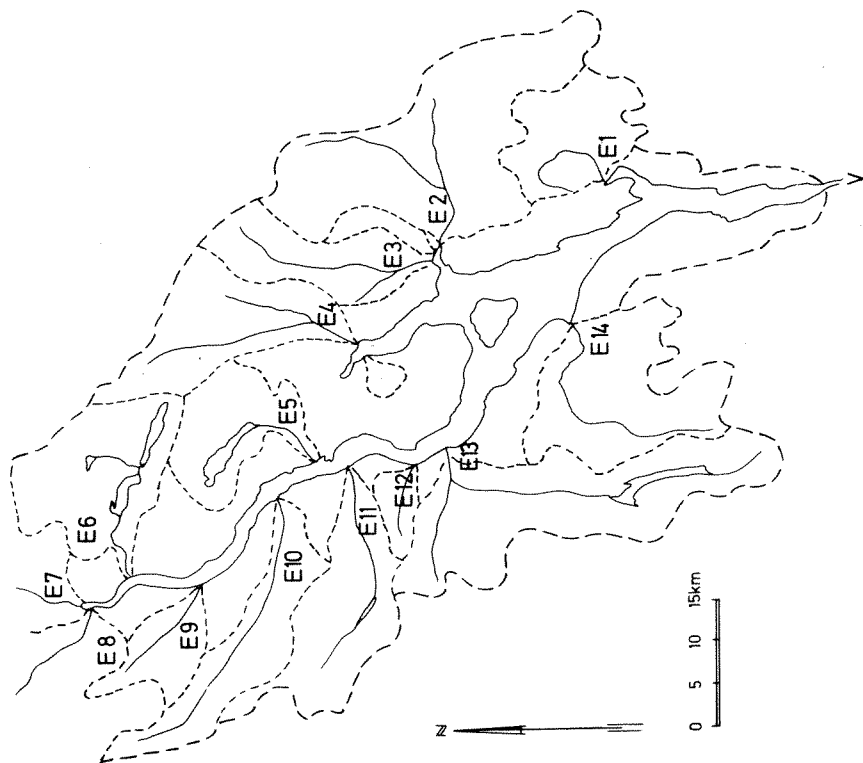
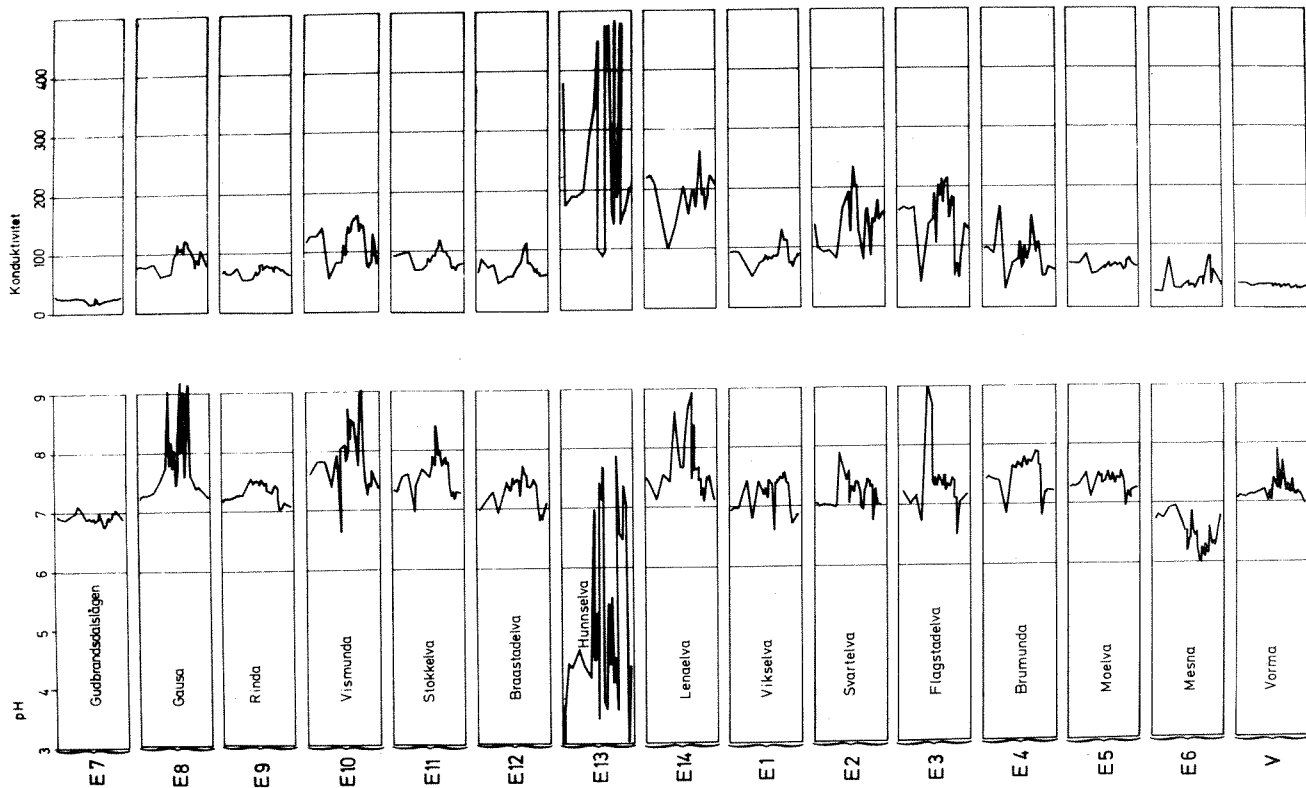


Fig. 27. Tilløpselver til Mjøsa og Vorma 1976. Variasjoner i pH og konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm } 20^\circ\text{C}$).

De relativt høye pH-verdier som ble målt i enkelte elver som Gausa, Vismunda, Lenaelva i sommermånedene, skyldes i første rekke høy biologisk aktivitet i disse elver. Imidlertid skal man heller ikke se bort fra industriutslipp, svartlut fra halmlutingsanlegg osv. - som vil ha en tilsvarende virkning.

Vannet i Hunnselva var i perioder meget surt, og det ble målt verdier helt ned til pH 3,0 (25/10-76). I henhold til en undersøkelse som ble gjennomført i 1960 er industrivirksomheten på Raufoss og Toten cellulose den vesentligste årsak til dette. Imidlertid er det sannsynlig at utslipp av industriavløpsvann lengre nedover i vassdraget også medvirker til disse forhold.

Konduktivitet

Vannets konduktivitet avspeiler vannets innhold av mineralsalter idet konduktivitetsverdiene øker når vannets innhold av salter øker.

De laveste verdier ble målt i Gudbrandsdalslågen hvor konduktiviteten var relativt stabil og varierte mellom 20 og 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$. I de øvrige elver var verdiene betydelig høyere og varierte vanligvis omvendt proporsjonalt med elvenes vannføring (fig. 27). Spesielt høye verdier på opptil 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ble til tider målt i Hunnselva. Dette skyldes i første rekke utslipp av industrielt avløpsvann fra industrivirksomheter på Raufoss samt fra Toten cellulose.

Farge

Vannets farge ble målt fotometrisk og gjenspeiler vannets innhold av oppløste fargestoffer og innhold av partikulært materiale.

Resultatene fra 1976 er gjengitt i fig. 28. De høyeste verdier ble målt i Hunnselva, Mesna og Lenaelva - noe som skyldtes høy partikkulær materialtransport (utslipp av industrielt avløpsvann). Ellers kan bemerkes at de høyeste verdier vanligvis ble målt under flomsituasjoner om våren og høsten. Dette er i første rekke et resultat av erosjon og utvasking av partikulært materiale fra elvenes nedbørfelter.

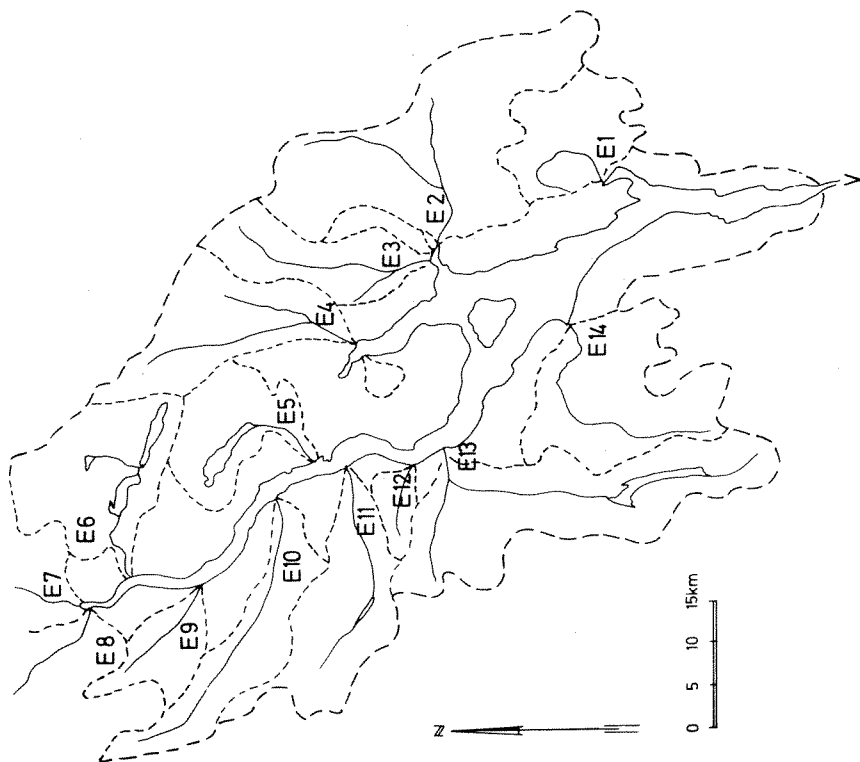
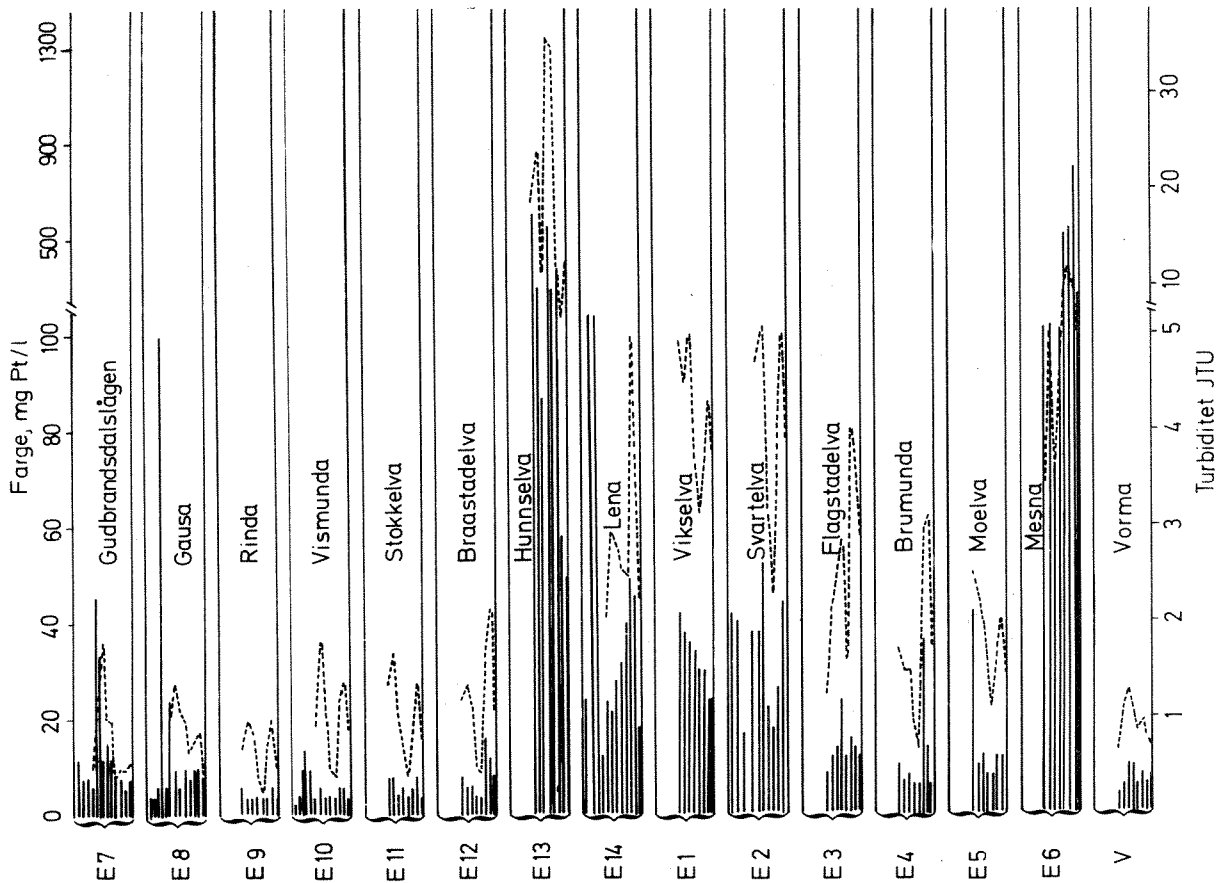


Fig. 28. Tilløpselver til Mjøsa og Vorma 1976. Farge og turbiditetsverdier. Stolper: turbiditet i JTU. Kurve: farge i mg Pt/l. Vertikal akse angir tiden (1/1-31/12 1976).

Turbiditet (partikulært materiale)

Turbiditetsverdiene ble målt fotometrisk og er et mål for vannets innhold av partikulært materiale.

Observasjonsresultatene fra tilløpselvene til Mjøsa i 1976 er gjengitt i fig. 28. I likhet med fargeverdiene ble de høyeste verdier målt i Hunnselva, Mesna og Lenaelva. Årsaken er utslipp av industrielt avløpsvann og erosjonsaktivitet.

7.3 Tilløpselvenes materialtransport i henhold til nedbørfeltenes areal

Materialtransporten ved tilløpselvenes munning, er en funksjon av nedbørfeltets geologi, jordbruksareal, skog, naturområde, forbruk av gjødsel, befolkningstetthet og industriaktiviteter. En vurdering av tilløpselvenes innbyrdes betydning kan først gjøres når transportmengdene fordeles på areal- og tidsenheter som f.eks. $\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{år}$. De fremkomne resultater - arealkoeffisientene (arealtap) - er jevnførbare med f.eks. befolkningstetthet (pers/km^2), avrenning ($1/\text{s} \cdot \text{km}^2$) og gjødselforbruk ($\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{år}$).

I figurene som anvendes for å illustrere arealkoeffisientene, betegner helt fylt sirkel den høyeste koeffisientverdi, (største arealtap). De øvrige verdier angis som prosent av høyeste verdi og illustreres med fylte sirkelsektorer. De angitte verdier for total fosfor, total nitrogen, silisium, hovedkomponenter (saltinnhold), uorganisk seston og organisk seston (partikulært materiale) er middelveier for tidsperioden 1973-1976. Verdiene for fosfatfosfor og uorganisk nitrogen gjelder årene 1973, 1974 og 1975 (middelveier).

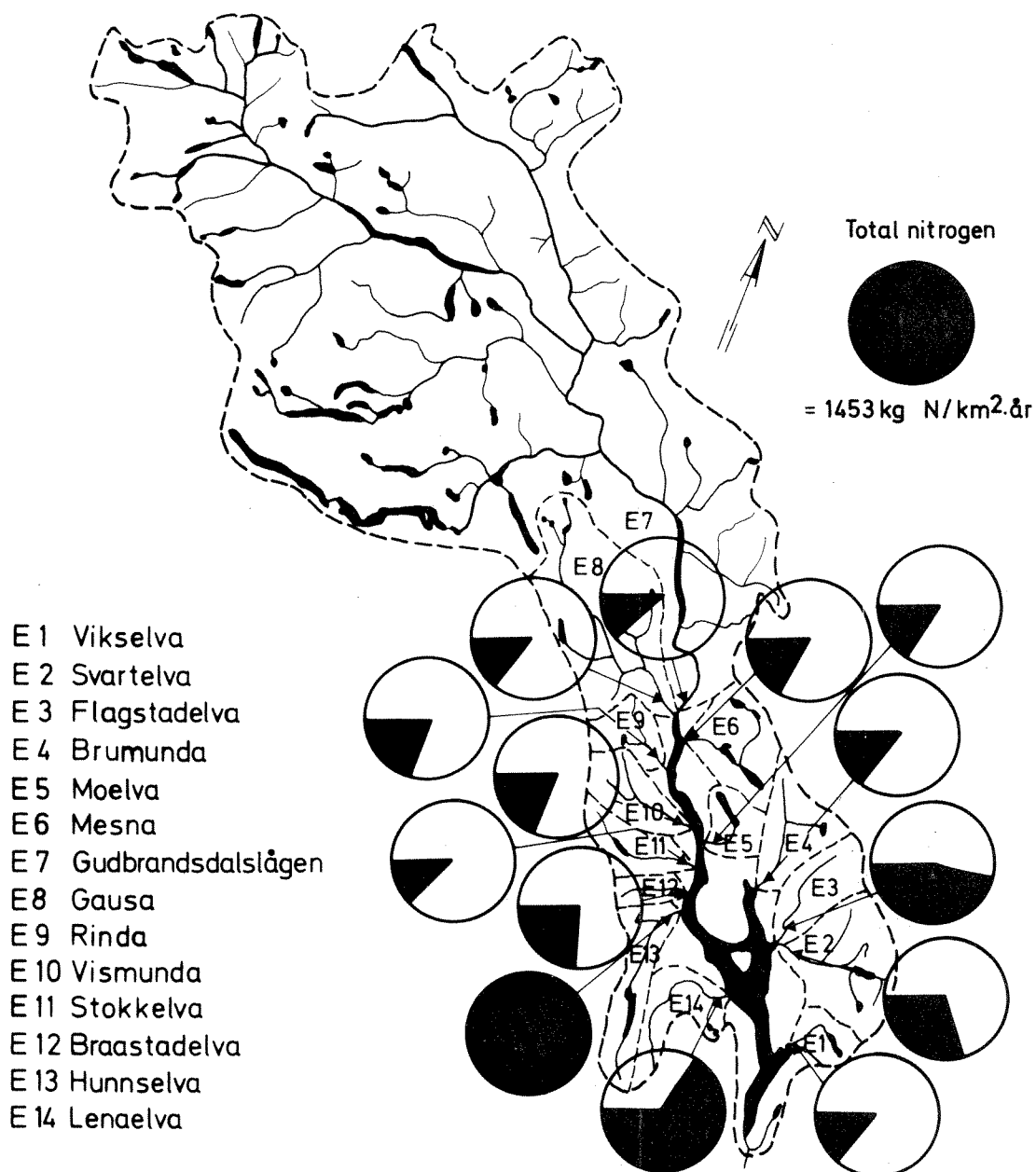


Fig. 29. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: total nitrogen.

Nitrogen

Fig. 29 viser variasjoner i arealkoeffisientene (arealtap) for total nitrogen. Hunnselva som er sterkt forurensset av industrielt avløpsvann og kloakkvann (ca. 85 pers/km²), har et arealtap på 1453 kg N/km² . år. Areal-tapet var også stort for Lenaelva, Flagstadelva og Svartelva med henholdsvis 949, 702 og 425 kg N/km² . år. Jordbruksarealene i disse elvers nedbørfelt utgjorde henholdsvis 43, 23 og 26 % av totalt areal. I Gudbrandsdalslågens nedbørfelt, hvor jordbruksarealet utgjør 1,9% av totalt areal, var arealtapet minst med ca. 170 kg N/km² . år.

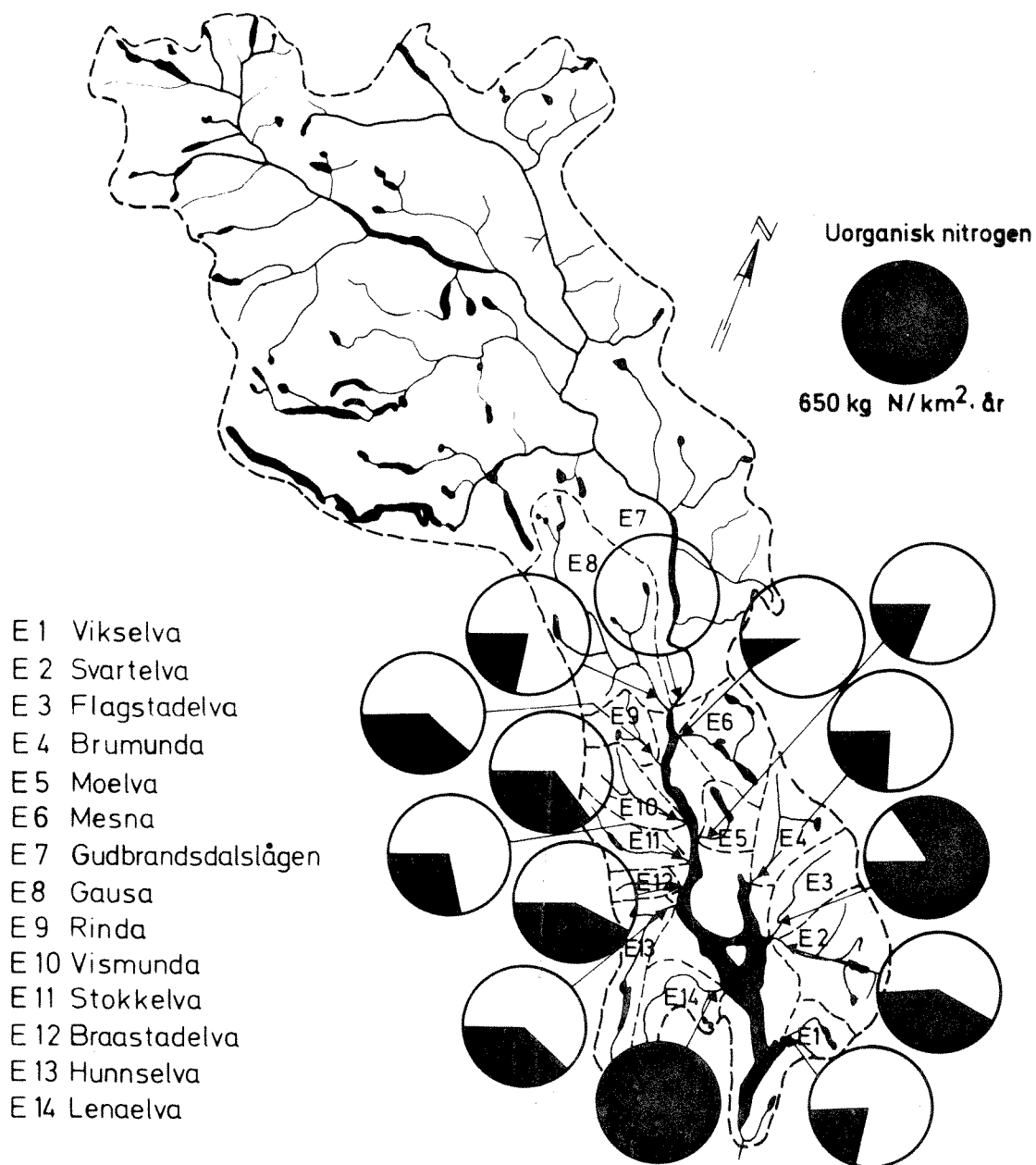


Fig. 30. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: uorganisk nitrogen.

Med hensyn til uorganisk nitrogen (nitrater) (fig. 30) var arealtapet størst for Lenaelva (650 kg N/km² . år), Flagstadelva (305 kg N/km² . år) og Svartelva (105 kg N/km² . år). Den laveste verdi - 47 kg N/km² . år - gjelder Gudbrandsdalslågen.

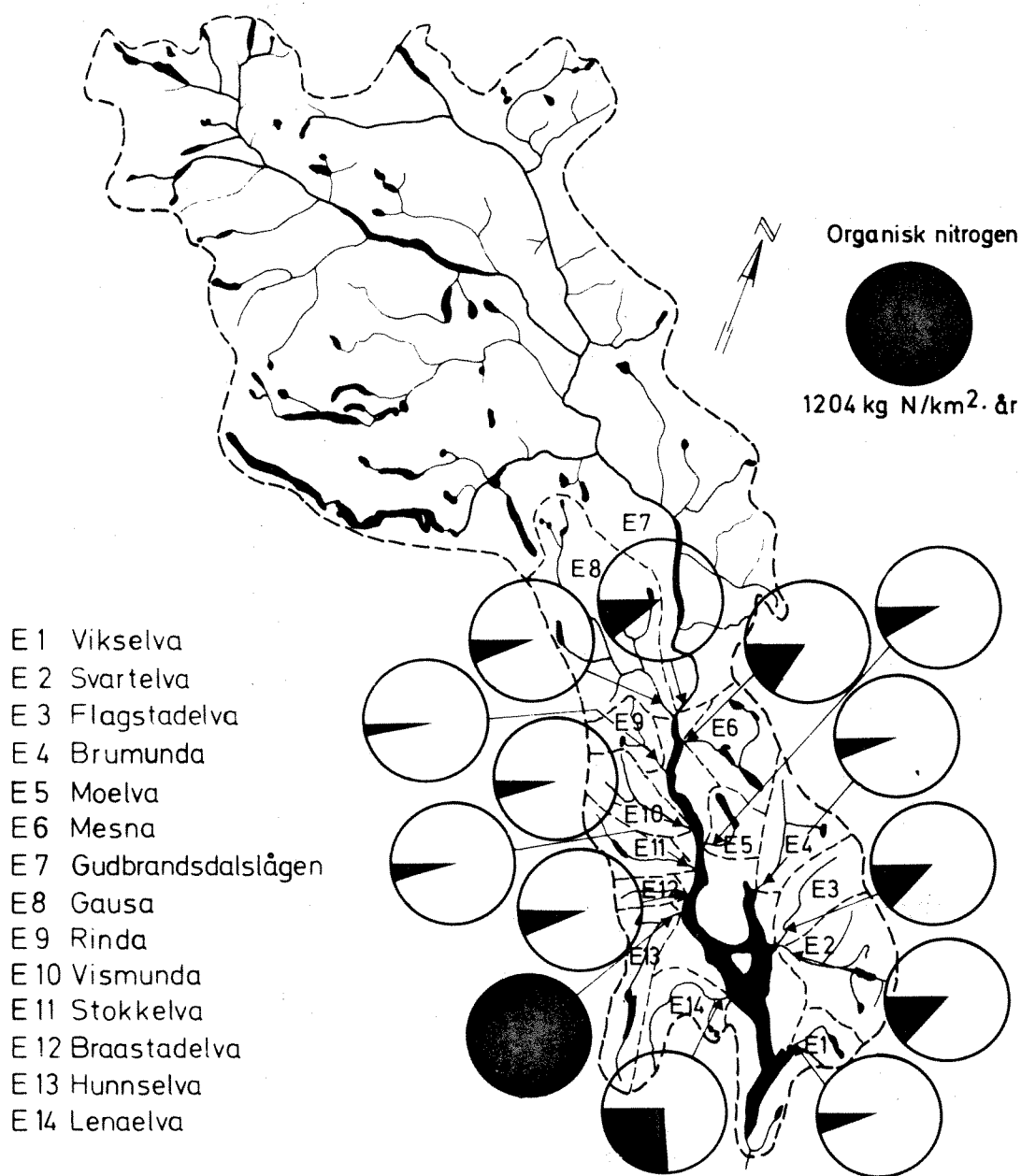


Fig. 31. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: organisk nitrogen.

Den organiske nitrogenfraksjons (differanse mellom total nitrogen og nitrat) arealtap var størst i Hunnselva med hele 1204 kg N/km². år, og minst i Rinda med 29 kg N/km². år (fig. 31). Den høye organiske nitrogenandel i Hunnselva må i første rekke ha sammenheng med tilførsler av industrielt avløpsvann, men kloakkvannstilførsel og stor jordbruksaktivitet spiller også en betydelig rolle.

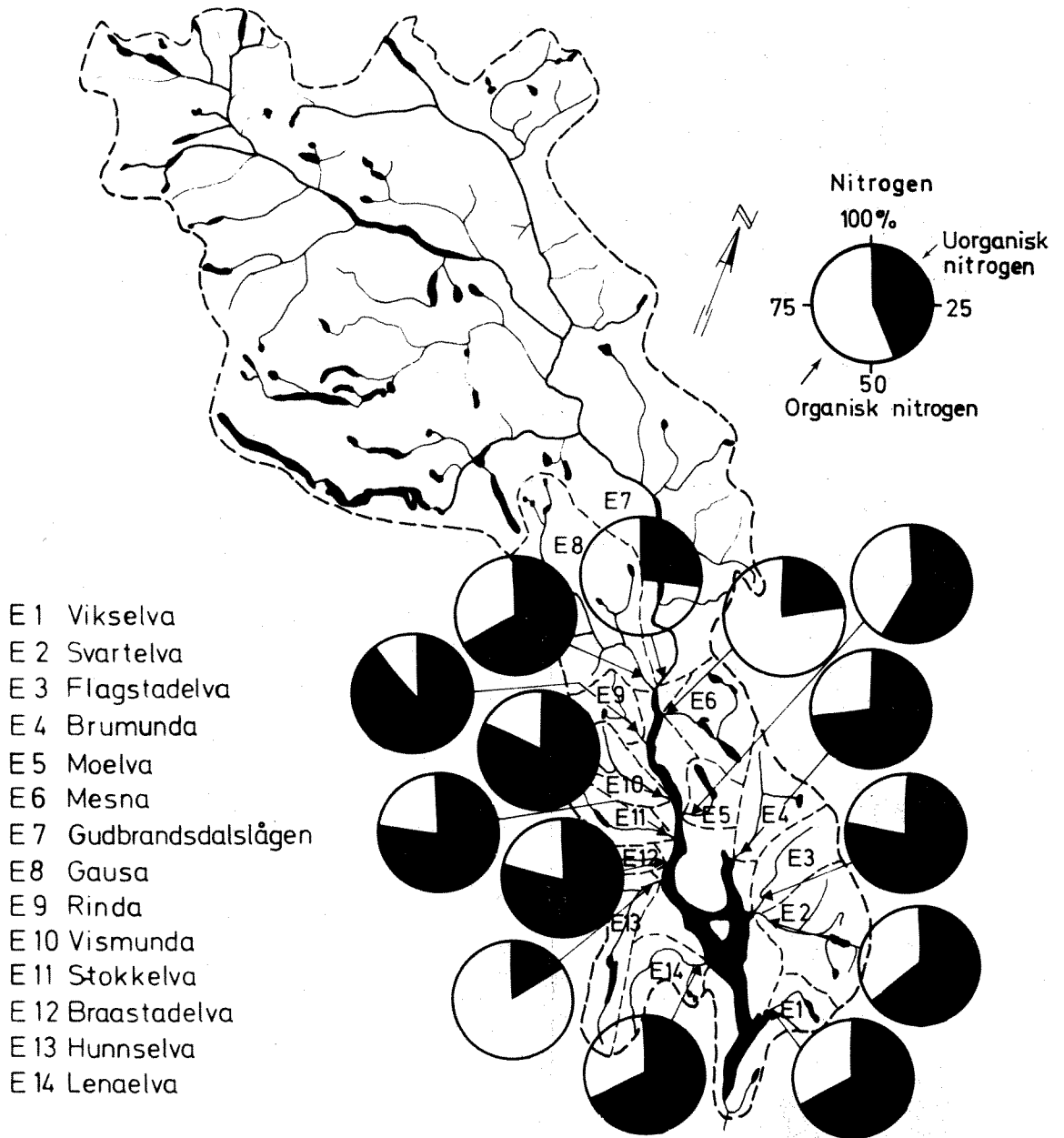


Fig. 32. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: nitrogenets fraksjonssammensetning.

Den uorganiske fraksjonen av det totale nitrogentap (fig. 32) varierer fra 17% i Hunnselva og ca. 25% i Gudbrandsdalslågen til 80-90% i Stokkelva, Vismunda og Rinda.

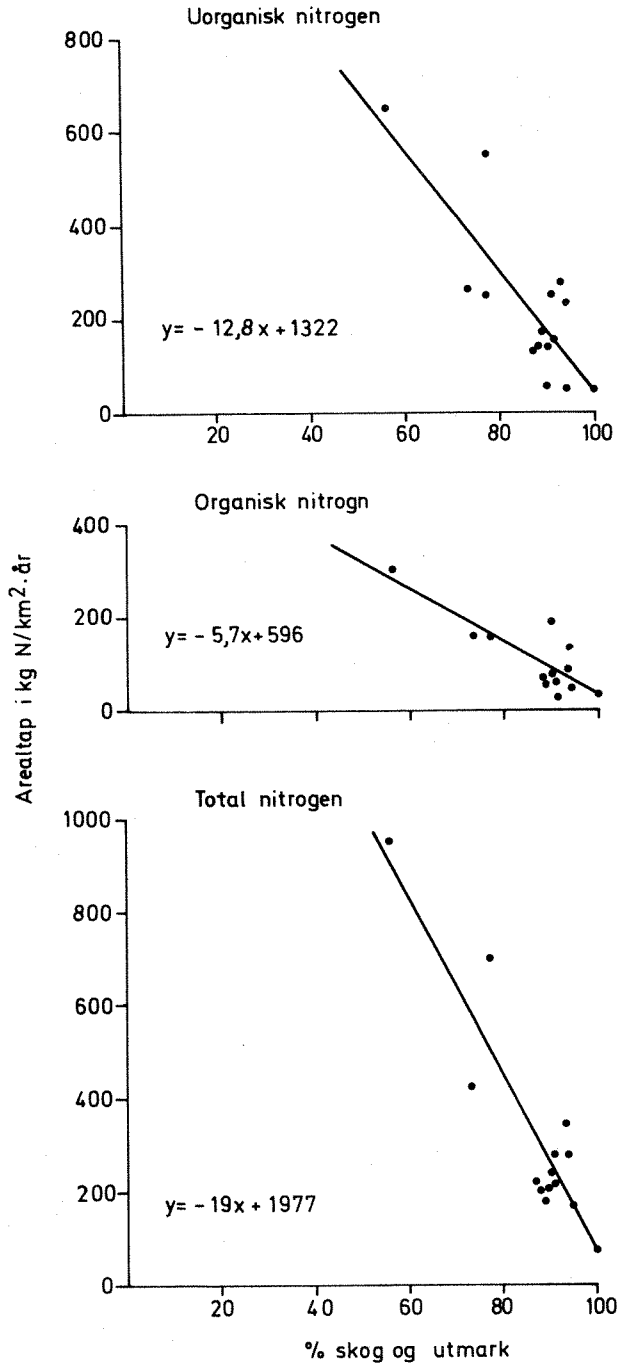


Fig. 33. Tilløpselver til Mjøsa 1973-1976.
Forholdet mellom nitrogen og andel skog og utmark.

Forholdet mellom de forskjellige nitrogenfraksjoners arealtap og prosent skog og utmark er fremstilt i fig. 33. Figuren viser at arealtapet øker når prosent skog og utmark avtar, dvs. jordbruksarealet øker. Korrelasjonen påvirkes imidlertid i betydelig grad av bl.a. variasjoner i befolkning, industri, innsjøareal, terrengformasjoner. Forholdstallene er blitt anvendt ved vurdering og beregning av arealtapet fra nærområdene.

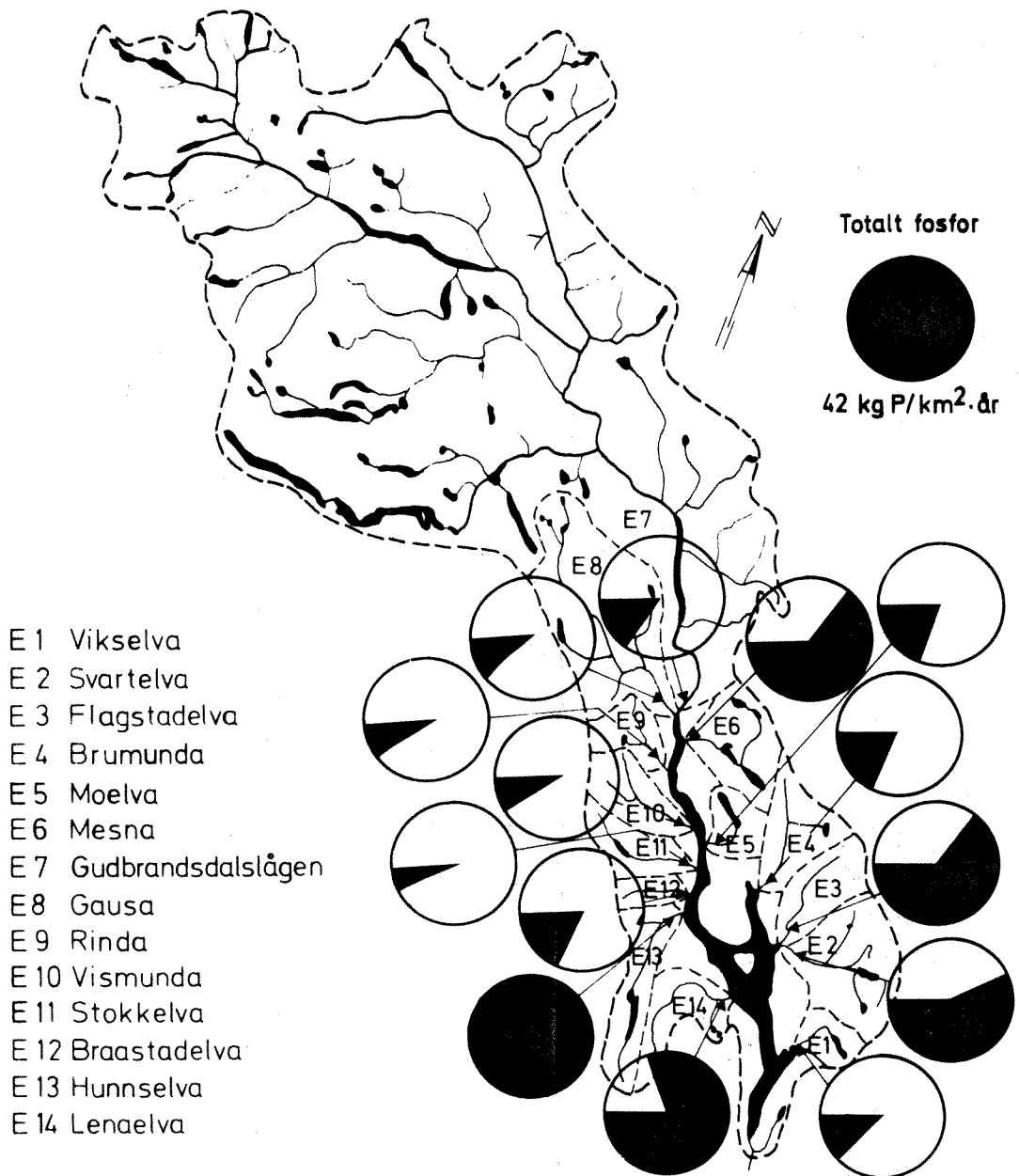


Fig. 34. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: total fosfor.

Fosfor

Arealkoeffisientene (arealtapet) for total fosfor varierte mellom 42 kg P/km²·år for Hunnselva og 2,3 kg P/km²·år for Stokkelva (fig. 34). Gudbrandsdalslågens nedbørfelt hadde et arealtap på 6 kg P/km²·år. Befolkningstettheten innenfor de samme områder varierte mellom 40 pers/km² (Hunnselva) og 3,4 pers/km² (Gudbrandsdalslågen). Som fig. 37 viser synes det å være en viss sammenheng mellom arealkoeffisientene for fosfor og befolkningstetthet. Jordbrukets innflytelse på arealkoeffisientene er forsøkt illustrert i fig. 38 (Hunnselva og Mesna som er sterkt forurenset av industrielt avløpsvann, er ikke tatt med). Nedbørfeltets struktur, innsjøprosent såvel som industrielle aktiviteter, varierende jordbrukspraksis osv. må taes i betraktning ved vurdering av resultatene.

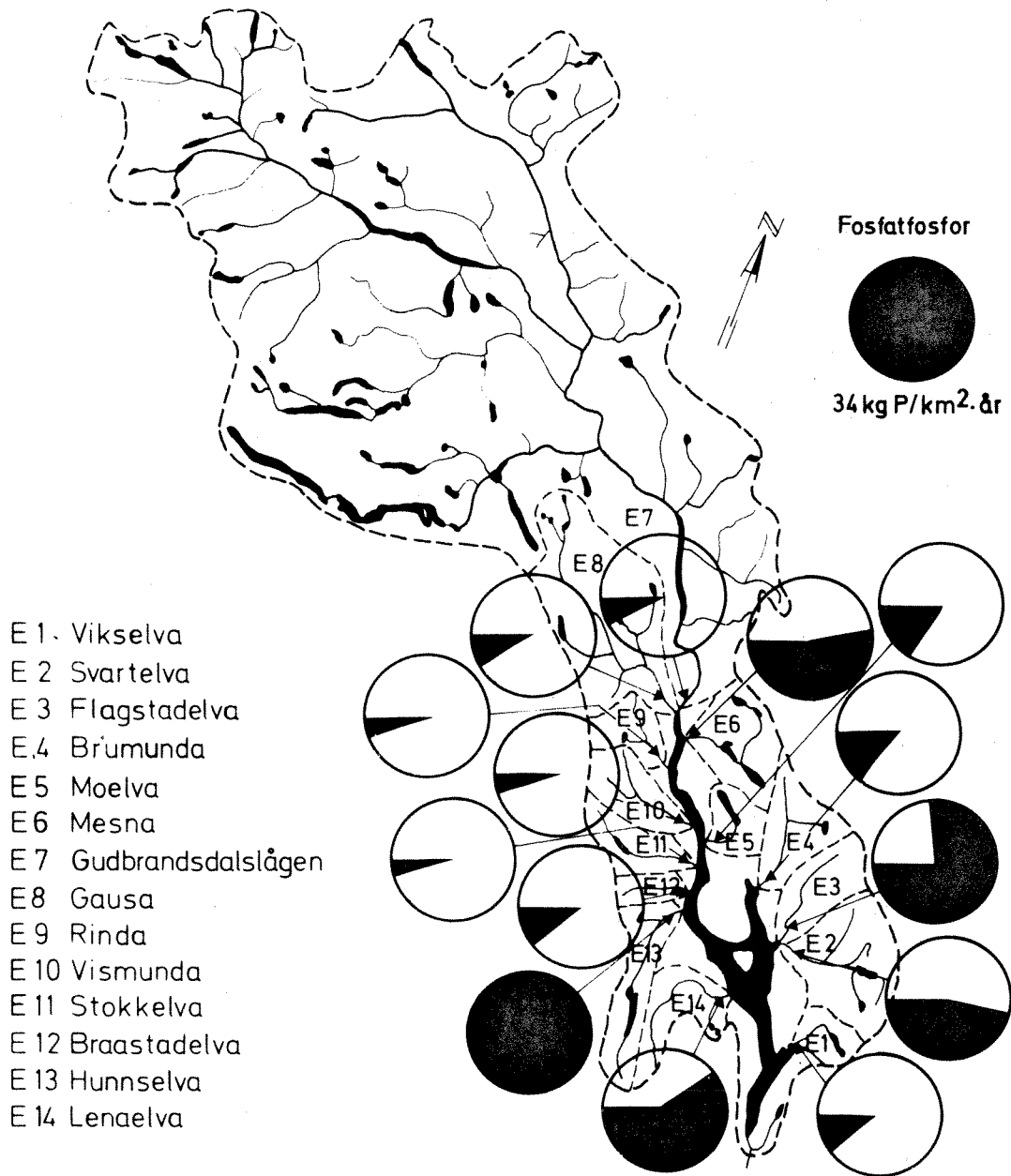


Fig. 35. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: fosfatfosfor (ortofosfat).

Fosfatfosforets (ortofosfat) arealkoeffisienter varierte fra 34 kg P/km². år i Hunnselva til 1,3 kg P/km². år i Stokkelva (fig. 35). I nedbørfeltet til Gudbrandsdalslågen var arealtapet 2,3 kg P/km². år. Det er god overensstemmelse mellom fordelingen av total fosforet og fosfatfosforet.

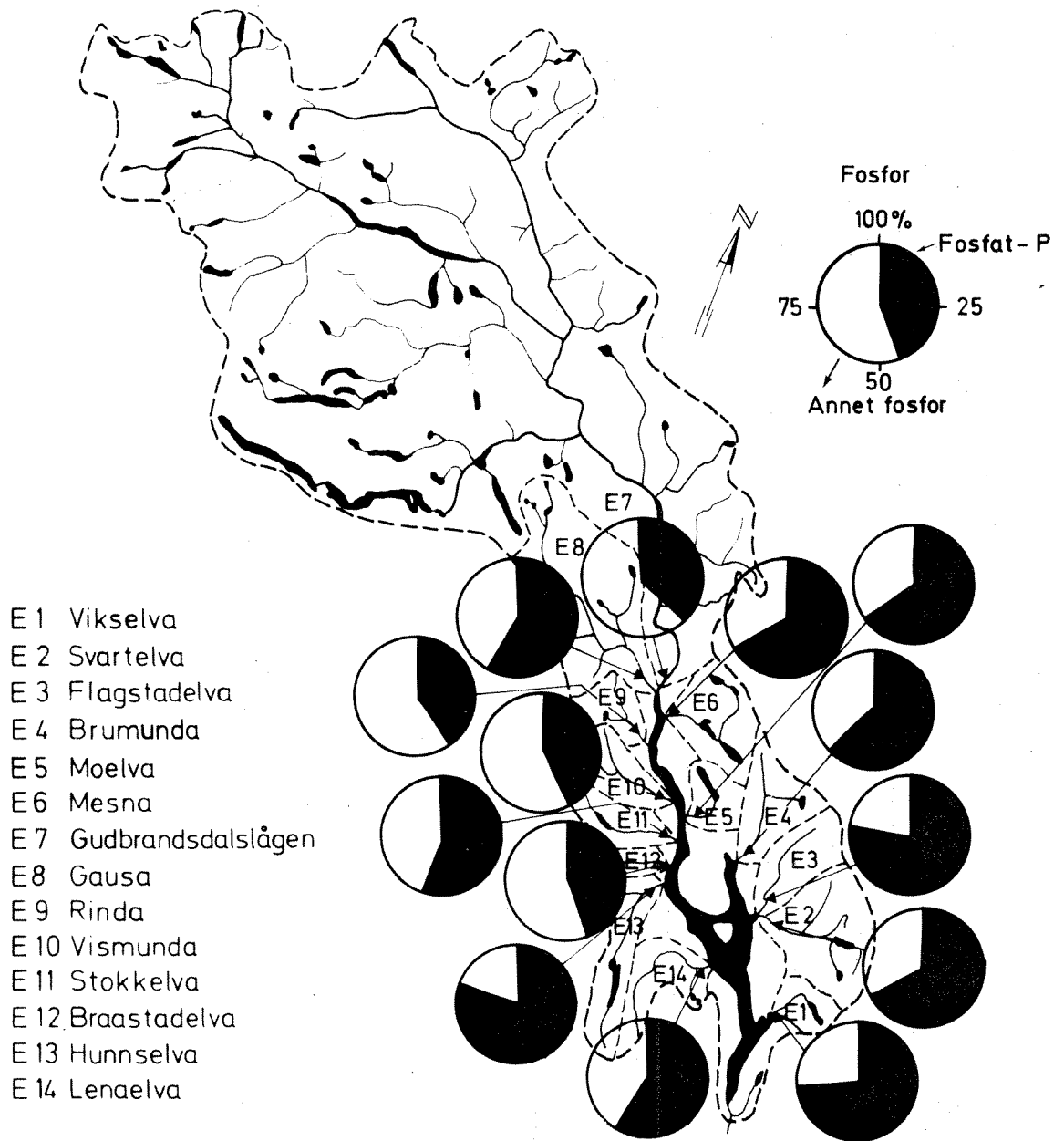


Fig. 36. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1975: fosforets sammensetning.

Totalfosforets sammensetning går frem av fig. 36. Figuren viser at fosfatfosforet dominerer sterkest i de mest forurensede elver. I Gudbrandsdalslågen utgjorde fosfatfosforet 38% av det totale arealtap.

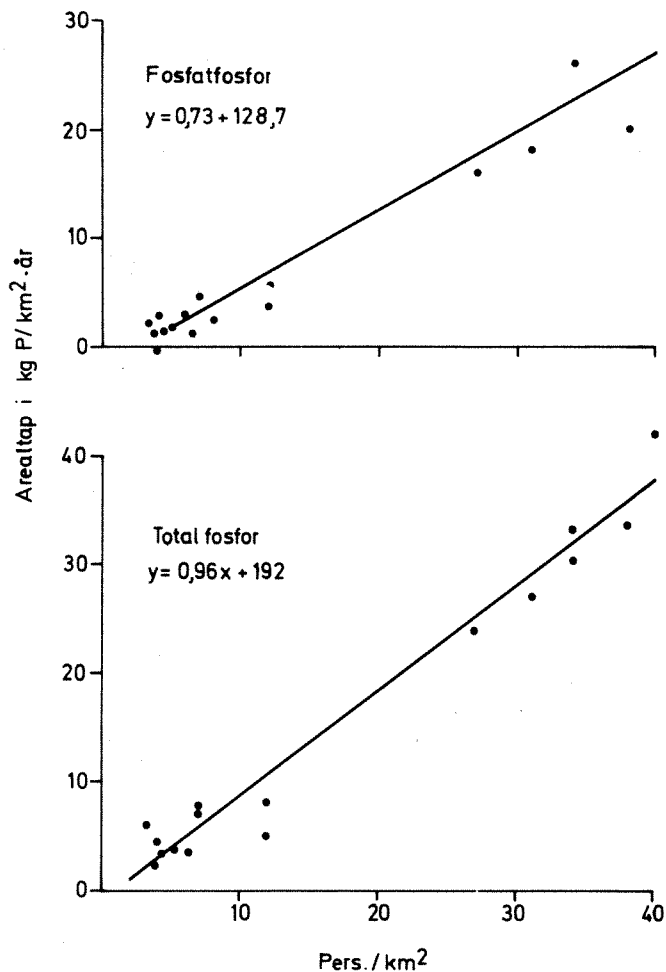


Fig. 37. Tilløpselver til Mjøsa 1973-1976, Forholdet mellom fosfor og antall personer pr. km².

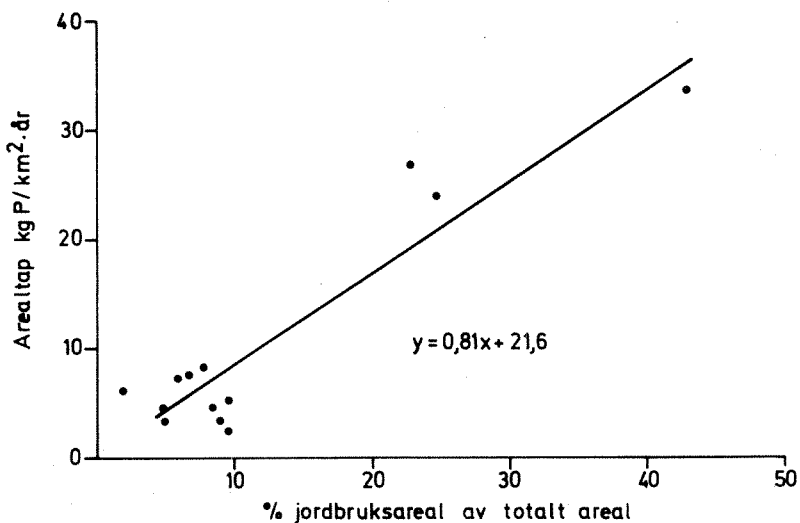


Fig. 38. Tilløpselver til Mjøsa 1973-1976. Forholdet mellom fosfor og jordbruksareal.

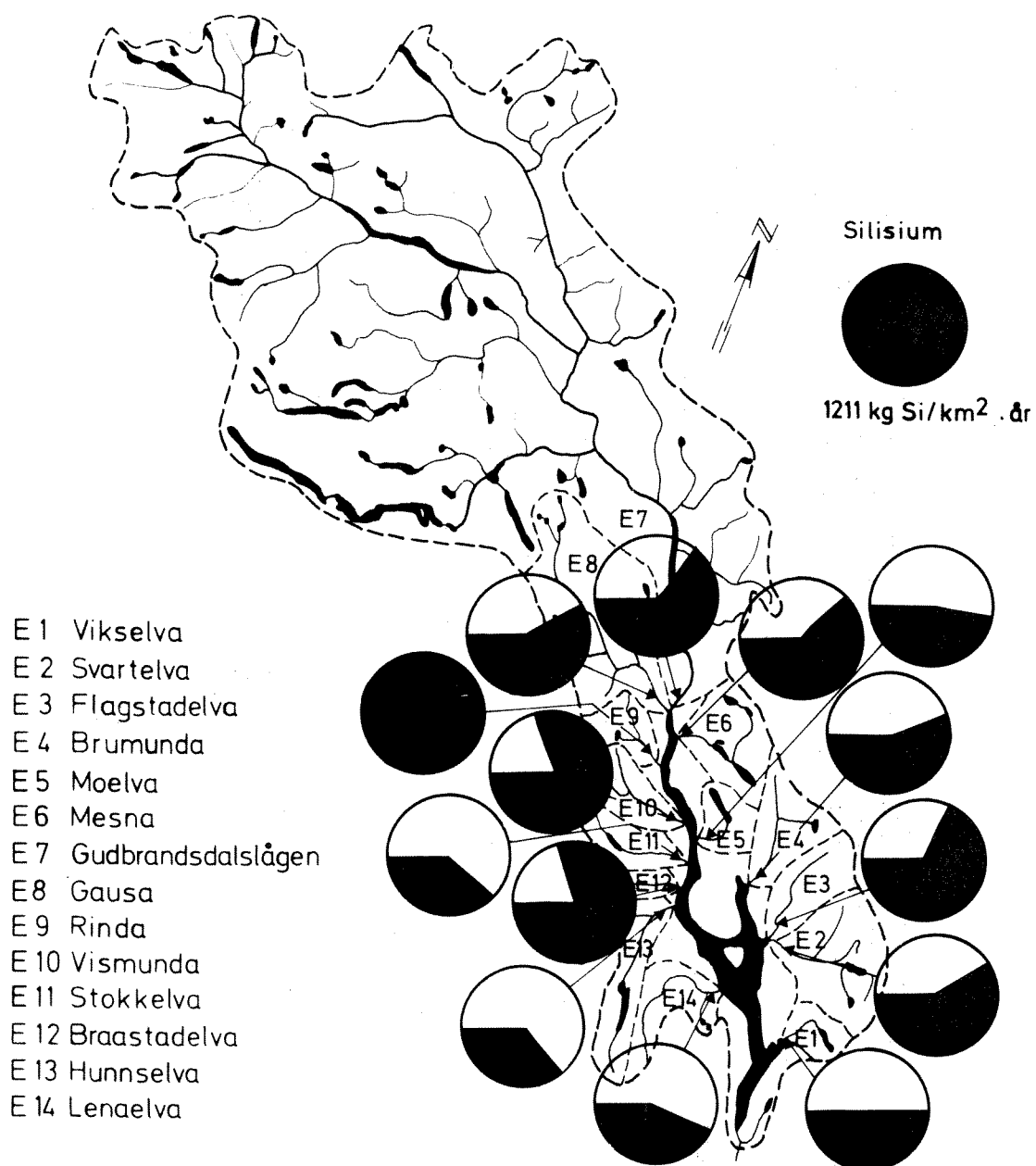


Fig. 39. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: silisium.

Silisium (Si)

Variasjonene i arealkoeffisientene for silisium er fremstilt i fig. 39. Koeffisienten er størst for Rindas nedbørfelt, 1211 kg Si/km² . år, og minst for nedbørfeltet til Hunnselva, 451 kg Si/km² . år. Koeffisienten for Gudbrandsdalslågens nedbørfelt var 782 kg Si/km² . år.

Hovedkomponenter

De løste kjemiske stoffer (ioner) som har størst betydning for vannets innhold av salter er kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), natrium (Na^+), kalium (K^+), hydrogenkarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{--}) og klorid (Cl^-). Variasjoner i vannets innhold av slike stoffer avspeiler i første rekke de geologiske og kvartærgeologiske (løsavsetninger) forhold i nedbørfeltene samt de nedbørkjemiske forhold. Imidlertid tilføres det også slike komponenter som

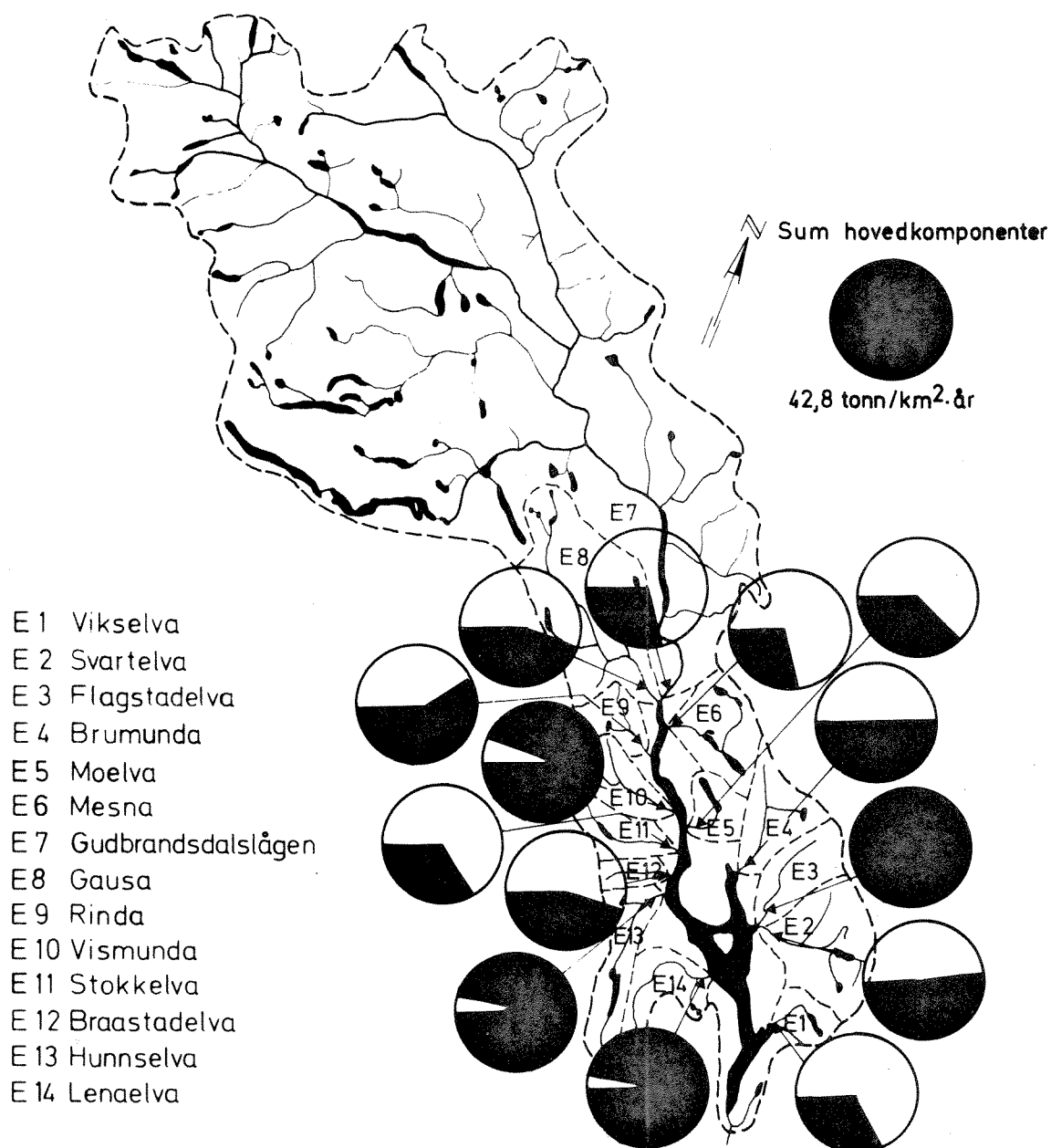


Fig. 40. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: sum hovedkomponenter (kalsium + magnesium + natrium + kalium + hydrogenkarbonat + sulfat + klorid).

følge av forskjelligartede aktiviteter i nedbørfeltet. Det foreligger imidlertid ikke tilstrekkelig data angående vannforbruk, avløpsvannets kjemiske sammensetning o.l. til at denne type belastning kan beregnes.

De høyeste og laveste arealkoeffisienter var 43 og 12 tonn/km². år for henholdsvis Flagstadelva og Mesna/Gudbrandsdalslågen (fig. 40). Forøvrig var arealtapet større enn 40 tonn/km². år for nedbørfeltene til Lenaelva, Hunnselva og Vismunda.

Partikulært materiale (uorganisk og organisk seston)

Den partikulære materialtransport i et vassdrag varierer med løsavsetningenes konsistens og mengde, jordsmonn og aktivitetspraksis i nedbørfeltet samt utslipp fra industrivirksomheter o.l. De verdiene som presenteres her gjelder suspendert partikulært materiale (vannets innhold av partikler). Dessuten er det ofte betydelig transport av slikt materiale langs bunnen særlig i hurtigflytende elver. Denne transport blir ikke fanget opp ved innsamling av prøver fra vannmassene.

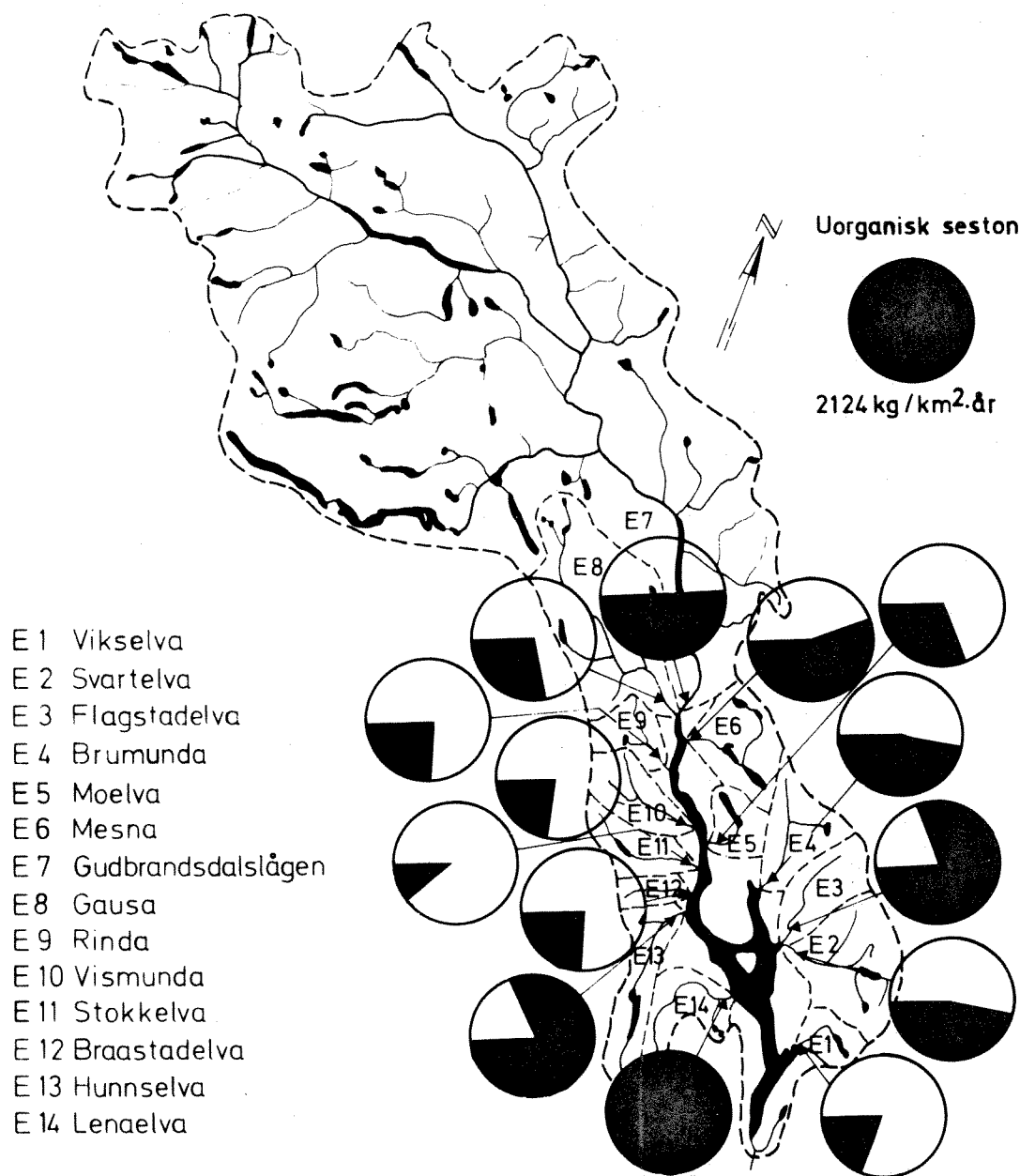


Fig. 41. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: uorganisk seston (partikulært materiale).

Arealtapet av uorganisk partikulært materiale varierte fra 2124 kg/km²·år fra Lenaelvas nedbørfelt til 217 kg/km²·år fra Stokkelvas (fig. 41).

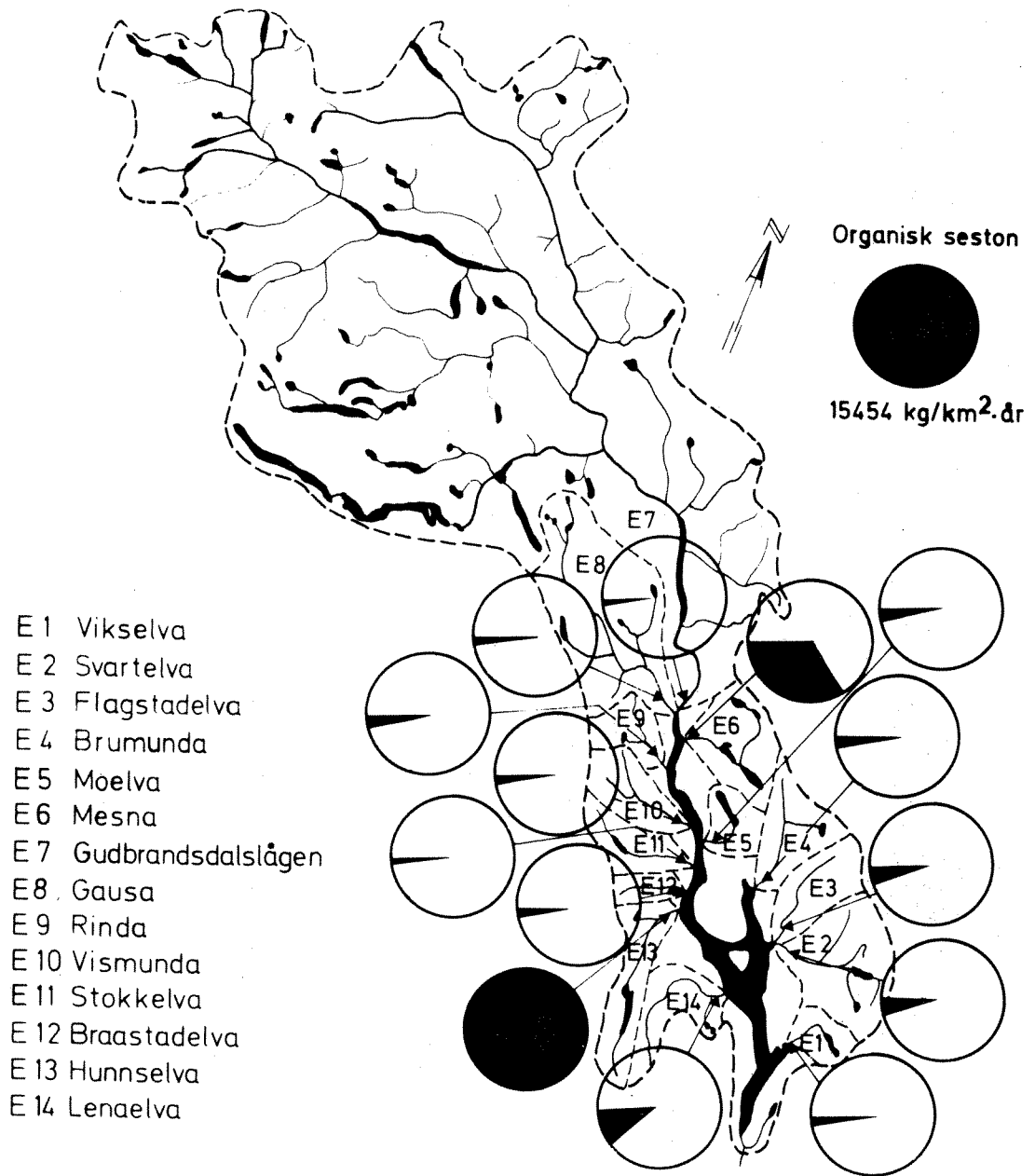


Fig. 42. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: organisk seston (partikulært materiale).

Den organiske materialtransport pr. arealenhet var størst i Hunnselva og minst i Stokkelva, tilsvarende henholdsvis 15454 og 130 kg/km². år (fig. 42).

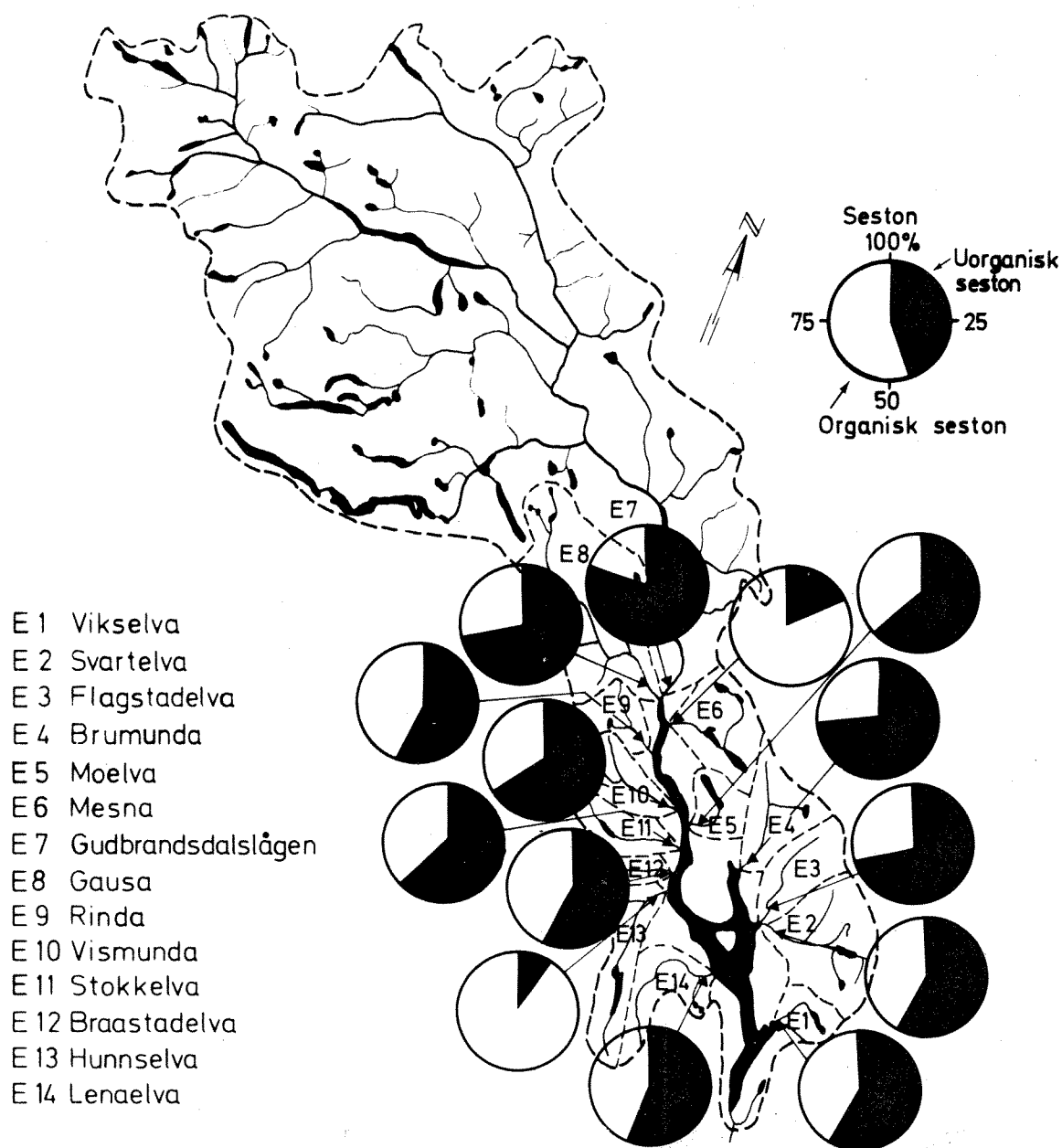


Fig. 43. Tilløpselver til Mjøsa - arealkoeffisienter 1973-1976: Seston (partikulære materialers) %-sammensetning.

Den uorganiske og organiske fraksjon av den partikulære materialtransport pr. arealenhet er fremstilt i fig. 43. I Hunnselva og Mesna som er sterkt belastet med industrielt avløpsvann, dominerer den organiske fraksjon. I de øvrige tilløpselver dominerer den uorganiske fraksjon (vanligvis 60-80% av total transport).

7.4 Total materialtransport

Den totale materialtransport er beregnet som middelværdier av årsverdiene for perioden 1973-1976. Datamaterialet som ligger til grunn for beregning av transporten av nitrat og ortofosfat gjelder bare årene 1973-1975.

Nitrogen

Midlere årstransport av nitrogen i de største tilløpselver samt fra Mjøsas nærområder (som ikke fanges opp av elvene) er angitt i tabell 8 og fig. 44. Elvenes transport varierer fra ca. 15 (Bråstadelva) til ca. 1970 (Gudbrandsdalslågen) tonn nitrogen pr. år. Vel 30% av nitrogenbelastningen stammer fra Mjøsas nærområder. Hunnselva er også en viktig bidragsyter hva nitrogen angår. I henhold til de beregnede resultater bidrar industrien med over 50% av nitrogentransporten i denne elv. I de øvrige elver er nitrogentilførsler fra industribedrifter av mindre betydning. Jordbruksaktiviteten er den mest betydningsfulle nitrogenkilde for flere elver, og f.eks. for Lenaelva, Svartelva og Flagstadelva er jordbrukets nitrogenbidrag av størrelsesorden 50-70% av den totale nitrogentransport.

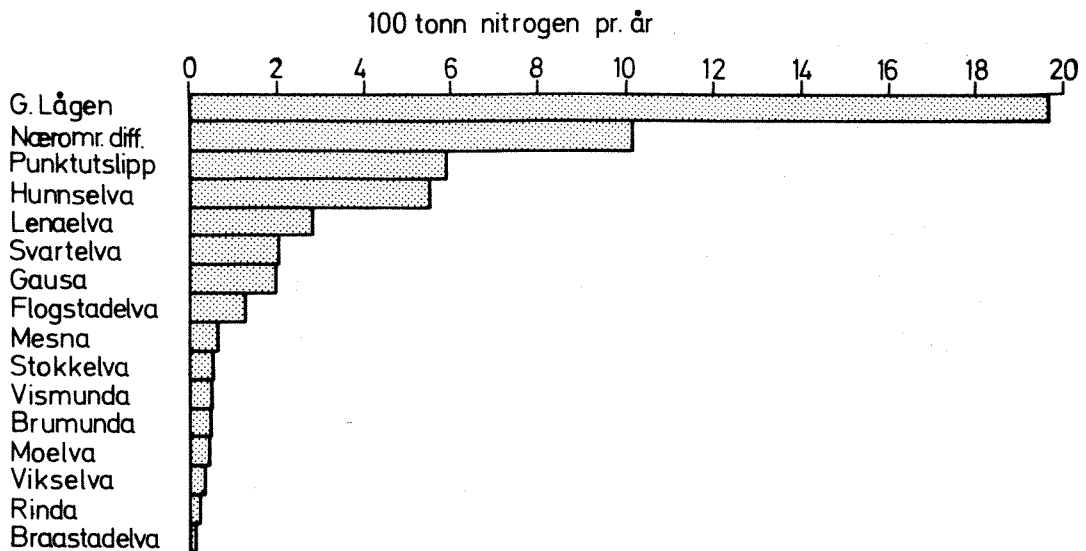


Fig. 44. Årlig nitrogentilførsel til Mjøsa via tilløpselver, diffuse tilførsler fra nærområder og punktutslipp.

Som oppstillingen nedenfor viser, varierer nitrogentilførselen til Mjøsa noe fra år til år:

	1973	1974	1975	1976
Total nitrogentilførsel i tonn N/år	4377	5082	6428	4882

Dette har i vesentlig grad sammenheng med variasjoner i nedbør- og avrenningsforhold, men man må regne med en viss usikkerhet i observasjonsmaterialet bl.a. på grunn av for få observasjoner.

Den midlere totale nitrogentilførsel til Mjøsa i tidsperioden 1973 til 1976 var ca. 5250 tonn pr. år hvorav ca. 2830 tonn (ca. 54%) var organisk og 2420 tonn (ca. 46%) var uorganisk nitrogen. Den organiske andel var størst i Hunnselva (ca. 80%) og i Gudbrandsdalslågen og Mesna (begge ca. 70%), mens for de typiske "jordbrukselver" som Lenaelva, Svartelva og Flagstadelva var den organiske nitrogenandel av størrelsesorden 20-30% og i andre elver som Rinda, Vismunda, Stokkelva og Bråstadelva var den organiske andelen enda lavere. Den varierende fraksjonsfordeling har sammenheng med de forskjellige kilders betydning for nitrogentransporten. I elver som er sterkt belastet med organisk materiale f.eks. i form av industriutslipp, dominerer den organiske fraksjon, mens i elver hvor jordbruksavrenning relativt sett gjør seg mer gjeldende, er den uorganiske fraksjon av størst betydning.

Fosfor

Tabell 8 viser midlere årstransport av fosfor via Mjøsas tilløpselver og fra Mjøsas nærområder (punktutslipp og diffuse tilførsler utenom elvene). Verdiene for tilløpselvene varierer fra ca. 0,3 (Bråstadelva) til ca. 70 (Gudbrandsdalslågen) tonn total fosfor pr. år. De forskjellige elvenes samt nærområdets betydning for transport av total fosfor går frem av fig. 45. Den midlere totale fosfortilførsel til Mjøsa i tidsperioden 1973 til 1976 var ca. 320 tonn. Av dette var omtrent halvparten fosfatfosfor (ortofosfat). Nærområdets (diffus + punktutslipp) andel utgjorde ca. 60% av den totale fosfortilførsel. Gudbrandsdalslågens totale fosfortransport utgjorde ca. 22% av den totale transport. Mens fosfatfraksjonen i denne elv

Tabell 8 Midlere årlig tilførsel (tonn/år) av total nitrogen og total fosfor til Mjøsa i perioden 1973-1976. Transporten av uorganisk nitrogen (nitrat) og fosfat (ortofosfat) er beregnet på bakgrunn av observasjonsmateriale i tidsrommet 1973, 1974 og 1975.

	Nitrogen som N			Fosfor som P		
	Uorganisk	Organisk	Total	Fosfat	Annet	Total
Gudbrandsdalslågen	535	1434	1969	26,19	43,47	69,66
Gausa	132	64	196	2,59	1,84	4,43
Rinda	23	3	26	0,13	0,19	0,32
Vismunda	44	9	53	0,29	0,37	0,66
Stokkelva	41	1	42	0,30	0,24	0,54
Bråstadelva	12	3	15	0,14	0,17	0,31
Hunnselva	94	455	549	12,85	3,03	15,88
Lenaelva	190	87	277	5,74	4,08	9,82
Vikselva	21	11	32	0,58	0,20	0,78
Svartelva	132	74	206	7,53	4,05	11,58
Flagstadelva	97	27	124	4,60	0,17	4,77
Brumunda	34	13	47	1,06	0,62	1,68
Moelva	25	18	43	1,04	0,54	1,58
Mesnaelva	14	46	60	4,53	2,23	6,76
Nærområde	1026	587	1613	91,00	97,00	188,00
Totalt	2420	2832	5252	158,57	158,20	316,77

var ca. 38% av de totale mengder, utgjorde fosfatfraksjonen i Hunnselva, Lenaelva, Svartelva, Flagstadelva og Mesnaelva ca. 72% av disse elvers totale fosfortransport.

Fosfortilførselen varierer fra år til år slik følgende oppstilling viser:

	1973	1974	1975	1976
Total fosfortilførsel i tonn P/år	370	297	293	308

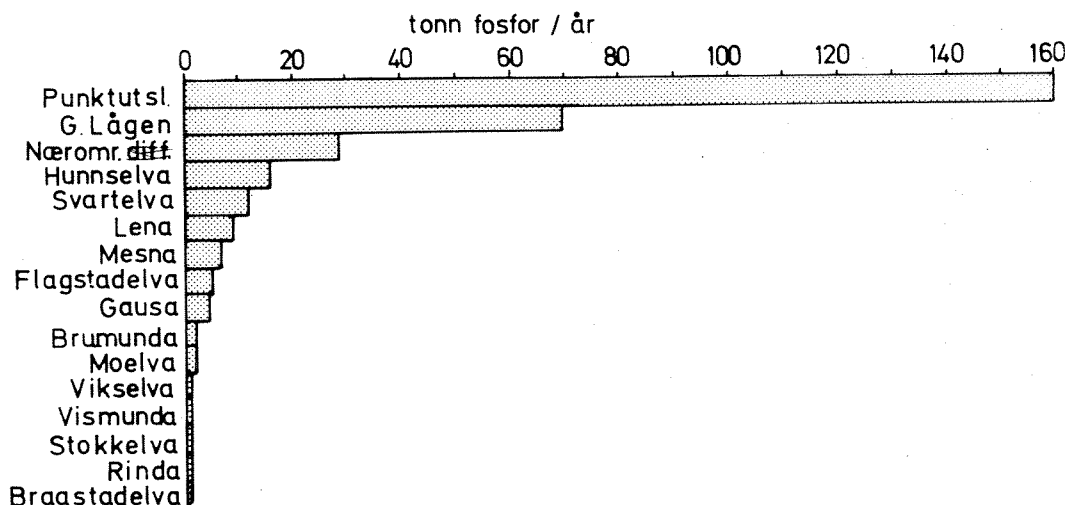


Fig. 45. Årlig fosfortilførsel til Mjøsa via tilløpselver, diffuse tilførsler fra nærområder og punktutslipp.

Som for nitrogen er det flere faktorer som er årsak til dette, bl.a. variasjoner i vannføring og erosjon, men usikkerhet i observasjonsmaterialet må også tillegges en viss betydning.

Silisium

Transportverdiene for silisium (tabell 9) henfører seg til såkalt molybdatreaktivt silisium. Årstransporten varierer fra ca.40 (Bråstadelva) til ca. 9000 (Gudbrandsdalslågen) tonn silisium (Si) pr. år (fig. 46). Totalt tilføres Mjøsa ca.12.100 tonn silisium (Si) pr. år, hvorav ca.650 tonn tilføres fra nærområdet (utenom de større tilløpselver). Silisiumtransporten i Gudbrandsdalslågen utgjør ca.74% av den totale tilførsel.

Partikulært materiale

Den partikulære materialtransport (tabell 10) refererer seg til tørrstoff- (på filter) og gløderestbestemmelser. Den organiske partikkelfraksjon er beregnet som differansen mellom tørrstoff (total transport) og gløderest (uorganisk fraksjon).

Den totale uorganiske partikulære materialtransport til Mjøsa var i alt ca. 16.600 tonn/år hvorav ca.74% ble tilført via Gudbrandsdalslågen. Av den totale partikulære materialtransport i denne elv utgjorde den uorganiske frak-

Tabell 9. Midlere årlig tilførsel av silisium (tonn Si/år) til Mjøsa i perioden 1973-1976. (x) antar et arealtap på ca. 730 kg Si/km²).

Vassdrag	Silisium	Vassdrag	Silisium
Gudbrandsdalslågen	8993	Vikselva	94
Gausa	658	Svartelva	343
Rinda	113	Flagstadelva	147
Vismunda	188	Brumunda	149
Stokkelva	109	Moelva	111
Bråstadelva	41	Mesnaelva	187
Hunnselva	171	Nærområdet x)	654
Lenaelva	160	Totalt	12.118

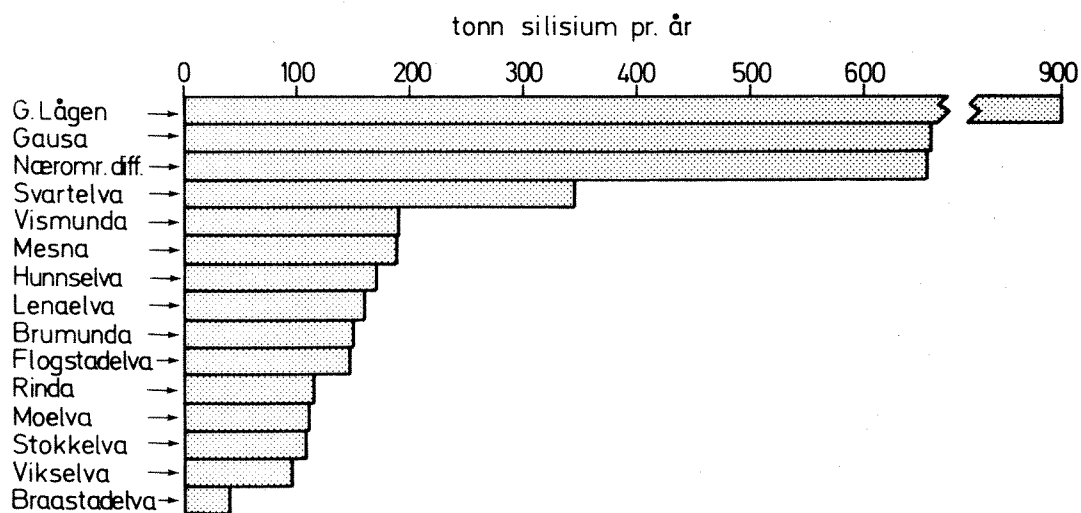


Fig. 46. Årlig silisiumtilførsel til Mjøsa via tilløpselver og diffuse tilførsler fra nærområder.

sjon ca. 30%. Den totale organiske partikulære materialtransport var ca. 13.400 tonn/år. Tilførslene via Hunnselva som er sterkt belastet med industriavløpsvann (treforedlingsindustri), utgjorde henimot 50% av den totale organiske partikulære materialtilførsel.

Tabell 10. Midlere årlig tilførsel av uorganisk og organisk partikulært materiale (tonn/år) til Mjøsa i perioden 1973-1976.

(^x) beregnet i relasjon til transport i elver)

Vassdrag	Partikulært materiale		Vassdrag	Partikulært materiale	
	uorganisk	organisk		uorganisk	organisk
Gudbrandsdalslågen	12254	2997	Vikselva	65	49
Gausa	556	213	Svartelva	481	336
Rinda	48	35	Flagstadelva	301	120
Vismunda	91	47	Brumunda	220	75
Stokkelva	50	30	Moelva	126	71
Bråstadelva	21	15	Mesnaelva	294	1294
Hunnselva	652	5842	Nærområder ^{x)}	834	1789
Lenaelva	620	460	Totalt	16613	13373

Tabell 11. Midlere årlig tilførsel av mineralsalter til Mjøsa i perioden 1973-1976. 1000 tonn pr. år.

(^x) beregnet i relasjon til transport i elver).

Vassdrag	Kalsium	Magnesium	Natrium	Kalium	Hydrogenkarbonat	Sulfat	Klorid
Gudbrandsdalslågen	22,67	3,90	6,30	4,50	75,08	24,92	5,25
Gausa	3,56	0,52	0,58	0,38	9,63	2,47	0,82
Rinda	0,47	0,07	0,08	0,04	1,06	0,50	0,13
Vismunda	1,76	0,14	0,16	0,06	4,55	0,92	0,16
Stokkelva	0,76	0,06	0,11	0,07	1,66	0,57	0,16
Bråstadelva	0,16	0,02	0,04	0,02	0,39	0,25	0,11
Hunnselva	3,44	0,23	1,14	0,28	1,83	5,52	3,16
Lenaelva	2,53	0,24	0,43	0,40	6,29	1,56	0,74
Vikselva	0,43	0,06	0,12	0,06	0,76	0,49	0,20
Svartelva	3,07	0,27	0,63	0,36	4,76	3,49	0,96
Flagstadelva	1,61	0,14	0,43	0,20	3,22	1,25	0,72
Brumunda	0,97	0,13	0,19	0,09	2,56	0,61	0,18
Moelva	0,64	0,08	0,14	0,07	1,36	0,56	0,20
Mesnaelva	0,49	0,07	0,24	0,07	1,12	0,86	0,17
Nærområdet ^{x)}	3,95	0,39	0,90	0,45	7,14	3,82	1,73
Totalt	46,51	6,32	11,49	7,05	121,41	47,79	14,69

Mineralsalter (hovedkomponenter)

Den årlige transport av løste mineralsalter (hovedkomponenter) til Mjøsa via dens ulike tilløp er fremstilt i tabell 11.

Av tabellen går det frem at Mjøsa årlig tilføres 46.500 tonn kalsium, 6.300 tonn magnesium, 11.500 tonn natrium, 7.000 tonn kalium, 121.400 tonn hydrogenkarbonat, 47.800 tonn sulfat og 14.700 tonn klorider. Tilsammen blir dette ca. 255.000 tonn løste mineralsalter, hvorav Gudbrandsdalslågens bidrag utgjør ca. 56%.

Jern, mangan, kobber og sink

Midlere årlige tilførselsverdier for jern (Fe), mangan (Mn), kobber (Cu) og sink (Zn), er fremstilt i tabell 12.

Tabell 12. Midlere årlig tilførsel (tonn/år) av jern (Fe), mangan (Mn), kobber (Cu) og sink (Zn) til Mjøsa i perioden 1973-1976.
(^x beregnet i relasjon til transport i elver).

Vassdrag	Fe	Mn	Cu	Zn
Gudbrandsdalslågen	575,48	80,30	53,96	56,30
Gausa	22,77	2,97	2,84	4,03
Rinda	2,87	0,31	0,32	0,51
Vismunda	7,35	1,31	0,73	0,98
Stokkelva	4,28	0,38	0,43	0,55
Bråstadelva	3,76	0,17	0,15	0,19
Hunnselva	172,35	26,67	11,29	16,22
Lenaelva	34,46	6,02	0,75	1,17
Vikselva	25,28	6,36	0,29	0,41
Svartelva	98,28	28,51	1,37	2,47
Flagstadelva	29,71	5,20	1,23	1,22
Brumunda	22,39	2,14	0,60	0,79
Moelva	9,58	3,19	0,43	0,68
Mesnaelva	16,14	3,48	1,79	1,35
Nærområdet ^{x)}	99,32	18,17	4,02	5,07
Totalt	1.124,02	185,18	80,20	91,94

Ifølge observasjonsresultatene tilføres Mjøsa årlig ca. 1120 tonn jern (Fe), ca. 185 tonn mangan (Mn), ca. 80 tonn kobber (Cu) og ca. 90 tonn sink (Zn). Av dette svarer Gudbrandsdalslågen for 51% Fe, 43% Mn, 67% Cu og 61% Zn, mens Hunnselva svarer for 15% Fe, 14% Mn, 14% Cu og 18% Zn.

7.5 Materialbalanse

Materialbalansen som er beregnet nedenfor (tabell 13), bygger på foreliggende observasjonsmateriale fra tidsperioden 1973-1976 (se ovenfor).

Tabell 13. Mjøsas nitrogen- og fosforbalanse.

(Punktutslipp fra befolkning og industri gjelder tidsrommet før tiltak ble satt ut i livet. Effekten av eventuelle slike tiltak i undersøkelsesperioden er ikke dokumentert.)

	Nitrogen, tonn N/år			Fosfor tonn P/år		
	Uorganisk	Organisk	Totalt	Fosfat	Annet fosfor	Totalt
A. Tilførsel fra:						
Tilløpselver	1394	2245	3639	68	61	129
Nærområdet:						
Bosetting	223	220	443	46	47	93
Overflateavr. fra tettsteder	8	8	16	1	2	3
Industri	25	120	145	33	34	67
Jordbruk	560	140	700	6	10	16
Skog og utmark	110	20	130	1	3	4
Nedbør	100	79	179	4	1	5
Totalt	2420	2832	5252	159	158	317
B. Bortførelse via Vormå	2271	1361	3632	36	52	88
C. Differanse: A-B	149	1471	1620	123	106	229

Nitrogen

Den midlere årlige tilførsel av nitrogen til Mjøsa i tidsperioden 1973-1976 var ca. 5250 tonn, hvorav ca. 70% ble tilført via tilløpselvene, ca. 11% som

direkte utslipp via kommunalt og industrielt avløpsvann, og resten, henimot 20% ble tilført som diffuse tilførsler fra Mjøsas nærområde samt via nedbøren direkte på innsjøen.

Anvender man 120 kg/km^2 og år (NIVA 1977) som en middelvei for den naturlige nitrogentilførsel, får man en bakgrunnsverdi på 2.000 tonn nitrogen/år. Dette tilsvarer ca. 38% av den totale nitrogenbelastning. De menneskelige aktiviteter i Mjøsas nedbørfelt resulterer altså i en nitrogentilførsel på ca. 3200 tonn nitrogen pr. år eller vel 60% av den totale nitrogentilførsel.

Av de vel 5200 tonn nitrogen pr. år som tilføres Mjøsa, bortføres vel 3600 tonn eller ca. 69% via Vorma. De resterende mengder sedimenteres, lagres i innsjøens vannmasser eller forsvinner ved denitrifikasjonsprosesser. I denne sammenheng kan nevnes at mens ca. 46% av den totale nitrogenmengde som tilføres, foreligger som uorganisk nitrogen (nitrater), bortføres vel 60% av nitrogenet i denne form. Fig. 47 viser hvordan tilførsler og bortførelse varierer over året i samsvar med variasjon i vannføring og aktiviteter i nedbørfeltet.

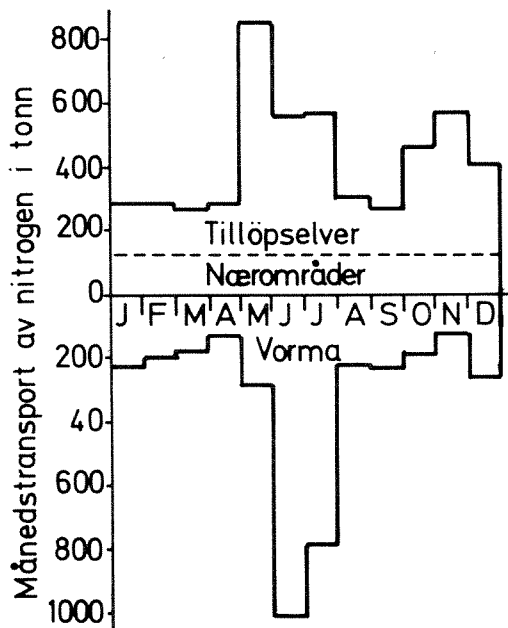


Fig. 47. Årsvariasjon i transport av nitrogen til og fra Mjøsa 1976.

Fosfor

Den midlere årlige fosfortilførsel til Mjøsa i tidsperioden 1973-1976 (tabell 13) var 317 tonn total fosfor hvorav ca. 40% ble tilført via tilløpselvene,

ca. 30% via punktutslipp av kloakkvann, ca. 20% via industrielt utslipp og resten ca. 10% som diffuse tilførsler fra nærområdet. Ca. 50% av den totale fosfortilførsel foreligger som fosfatfosfor (ortofosfat).

Hvis man antar at bakgrunnskoeffisienten for fosfortilførselen fra naturområder er 6 kg pr. km² og år, fåes en naturlig tilførsel på ca. 96 tonn pr. år, eller ca. 30% av den nåværende fosfortilførsel. Den menneskelige aktivitet i Mjøsas nedbørfelt er altså årsak til en fosfortilførsel på ca. 220 tonn pr. år eller ca. 70% av den totale tilførsel.

Hvert år ble det i middel bortført ca. 88 tonn fosfor via Vorma. Dvs. at noe over 70% av de tilførte fosformengder blir holdt tilbake i Mjøsa. Forholdet mellom nitrogen- og fosformengdene som bortføres er ca. 7. Dette forhold er i overensstemmelse med det midlere nitrogen/fosfor-forholdet i plan-teplankton.

Årsvariasjonene i fosfortransporten til og fra Mjøsa er gjengitt i fig. 48.

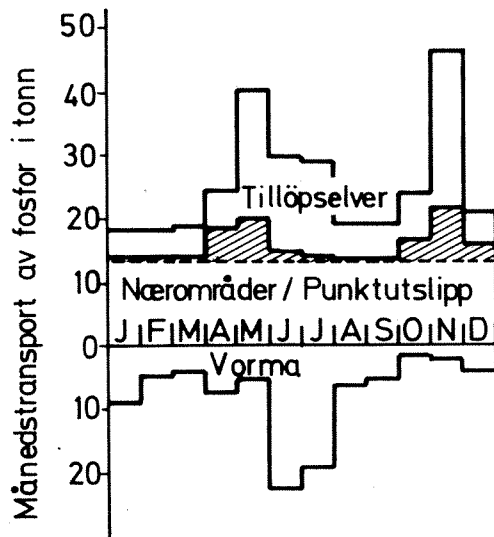


Fig. 48. Årsvariasjon i transport av fosfor til og fra Mjøsa 1976. Skravert: diffuse tilførsler fra nærområde.

Silisium

Den midlere årlige tilførsel av silisium (Si) til Mjøsa i tidsperioden 1973-1976 var vel 12.100 tonn. Samtidig bortførtes vel 5800 tonn silisium via Vorma, dvs. at ca. 6300 tonn eller vel 50% ble lagret i Mjøsa.

Partikulært materiale (seston)

Den midlere årlige transport av uorganisk og organisk partikulært materiale (seston) til Mjøsa (tabell 14) var henholdsvis 16.600 og 13.400 tonn pr. år.

Tabell 14. Balanseregnskap for uorganisk og organisk seston i Mjøsa.

	Uorg. seston tonn pr. år	Organisk seston tonn pr. år
Tilførsler fra Tilløpselver	15.800	11.600
Nærområde	800	1.800
Tilførsler totalt	16.600	13.400
Bortførelse via Vorma	8.900	5.700
Lagres/omsettes i Mjøsa	7.700	7.700

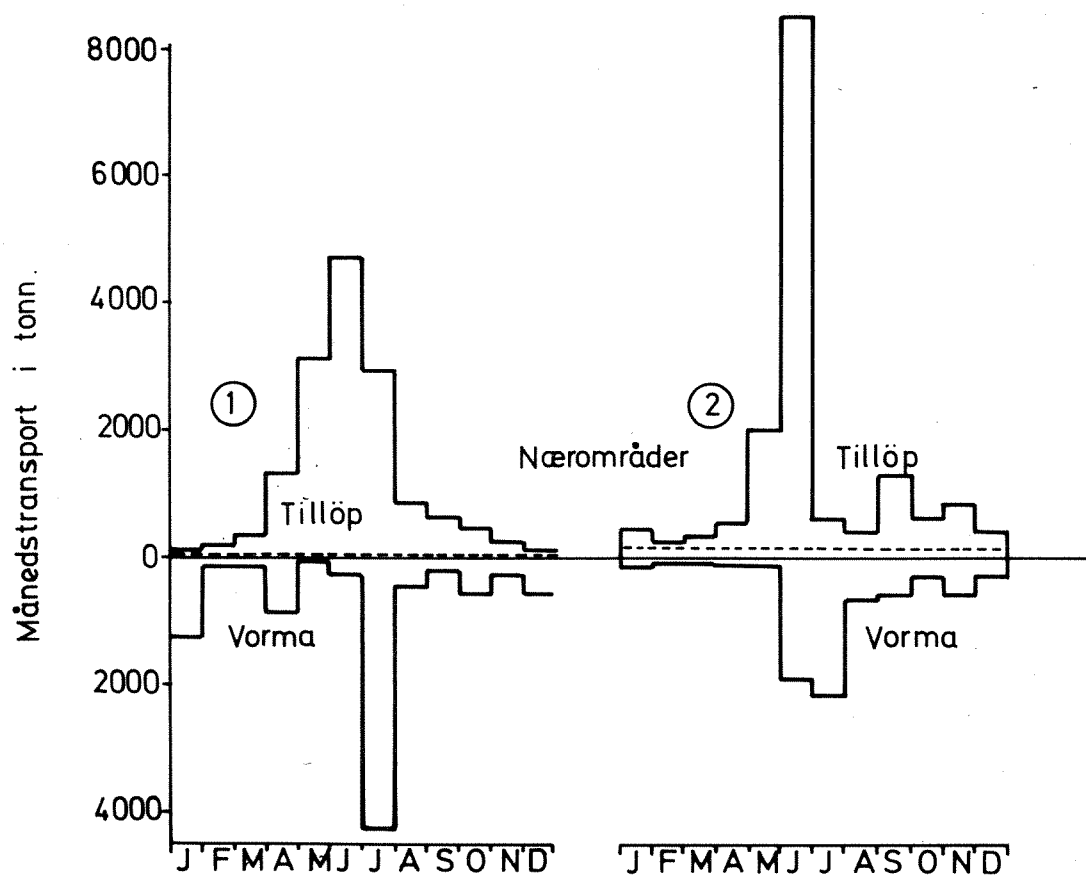


Fig. 49. Årsvariasjon i transport av uorganisk (1) og organisk (2) seston til og fra Mjøsa i 1976. Stiplet: Tilførsel fra nærområde.

Årsvariasjon i transport av uorganisk og organisk seston (partikulært materiale) til og fra Mjøsa i 1976 er fremstilt i fig. 49.

Mineralsalter

På bakgrunn av det innsamlede observasjonsmateriale og tilgjengelig nedbør-kjemiske data (Kise) er saltbalansen for Mjøsa beregnet. Resultatet er fremstilt i tabell 15.

Tabell 15. Mjøsas saltbalanse (tonn).

1. Middelerverdier 1973-1976
2. Beregnede resultater
3. Middeler 1957-1962 på Kise. Miljøstatistikk 1976.

Til Mjøsa					Fra	
Tonn/år	Tilløpselver ^{1.}	Nærområde ^{2.}	Nedbør ^{3.}	Totalt	Mjøsa	Differanse
Kalsium	42.600	4.000	180	46.780	45.100	1.680
Magnesium	6.000	400	20	6.420	6.300	120
Natrium	10.600	900	40	11.540	10.800	740
Kalium	6.600	500	20	7.120	6.200	920
Hydrogenkarbonat	114.300	7.100	-	121.400	119.600	1.800
Sulfat	44.000	3.800	480	48.280	46.700	1.580
Klorid	13.000	1.700	60	14.760	11.100	3.660
Totalt	237.100	18.400	800	256.300	245.800	10.500

Av oversikten går det frem at tilførslene via tilløpselvene dominerer balansen.

Totalt tilføres Mjøsa ca. 256.000 tonn mineralsalter pr. år. Samtidig bortføres ca. 246.000 tonn. Tilsammen deponeres ca. 10.500 tonn (ca. 4%) mineralsalter i Mjøsa.

8. FYSISK-KJEMISKE UNDERSØKELSER I MJØSA

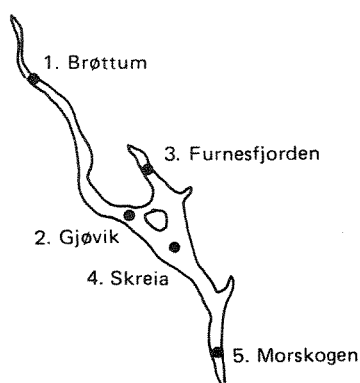


Fig. 50.
Prøvetakingsstasjoner
i Mjøsa.

Prøvetakingspunktene som er benyttet som hovedstasjoner ved de fysisk-kjemiske og biologiske prøveinnsamlinger er avmerket på fig. 50. I 1971 da undersøkelsen startet opp, ble det bare samlet inn prøver fra st. 4, Skreia. Denne stasjon er sammenfallende med den stasjonen som ble benyttet ved innsamling av prøver for IHD Internasjonale hydrologiske dekade -undersøkelsene. IHD-undersøkelsene startet i 1966 og varte frem til 1974, og det ble i dette tidsrom samlet inn fysisk-kjemiske prøver i en vertikalserie fire ganger pr. år fra nevnte stasjon. I 1972 ble samlet inn prøver fra alle stasjoner untatt fra st. 2, Gjøvik. Prøvetakingstidspunktene er forøvrig fremstilt i tabell 16. Det er i alt analysert på 25 forskjellige fysisk-kjemiske komponenter, nemlig: oksygen, pH, konduktivitet, farge, turbiditet, KMnO_4 -forbruk (organisk stoff), tørrstoff på filter, gløderest, jern, mangan, klorid, sulfat, alkalitet (hydrogenkarbonat), kalsium, magnesium, natrium, kalium, silisium, total nitrogen, nitrat, total fosfor, ortofosfat, kobber og sink. Dessuten er vannets temperatur og siktedyp blitt målt hver gang på alle stasjoner.

Mineralsalter

Mineralsaltene omfatter i første rekke de såkalte hovedkomponenter: Kationene (positivt ladet) kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), natrium (Na^+), og kalium (K^+) og anionene (negativt ladet) hydrogenkarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{--}) og klorid (Cl^-). Vannets evne til å lede elektrisk

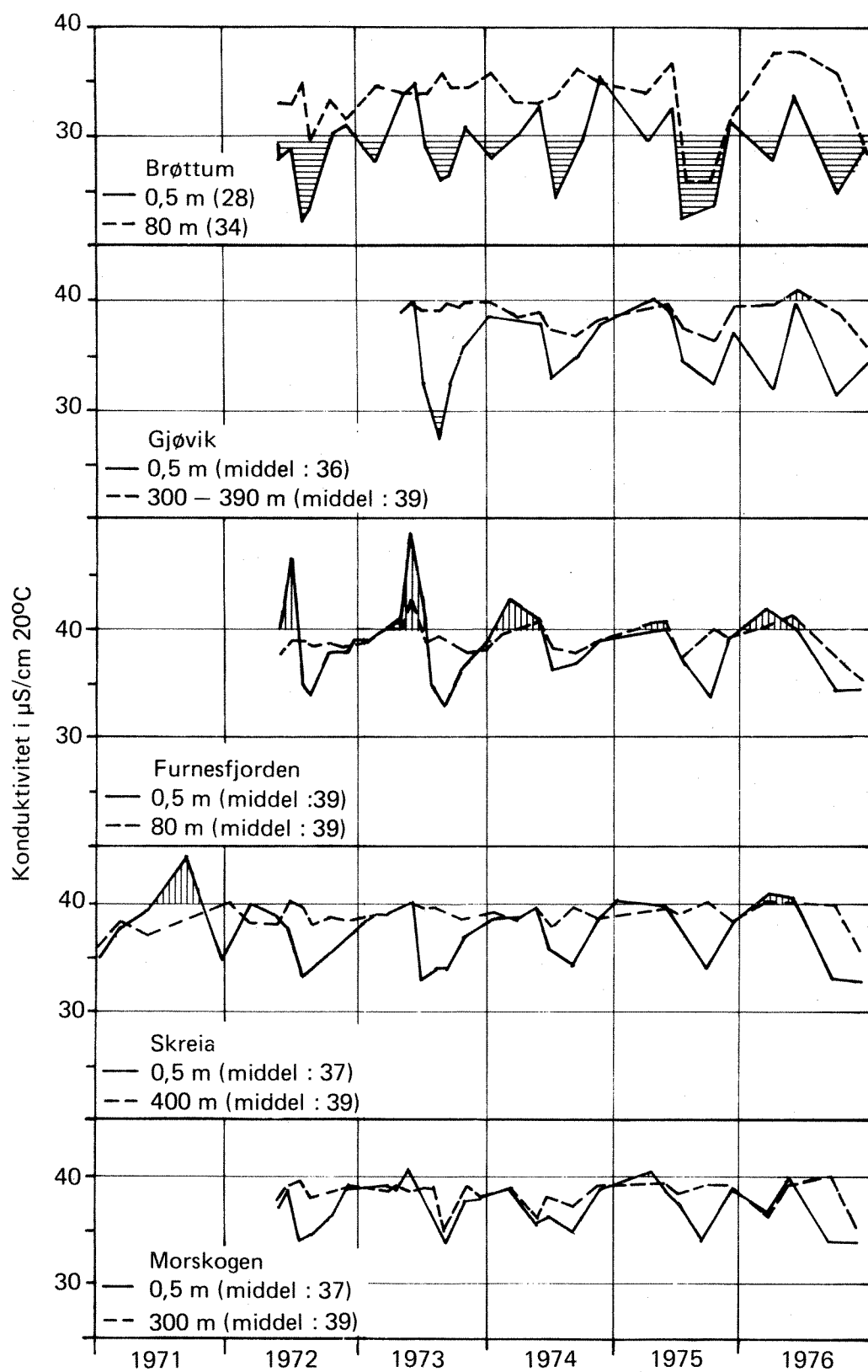


Fig. 51. Konduktivitet i 0,5 og største dyp på de fem hovedstasjoner 1971-1976.

strøm er i første rekke avhengig av konsentrasjonene av disse ioner. Konduktivitetsverdiene eller den elektrolytiske ledningsevne er derfor tilnærmet proporsjonal med vannets innhold av mineralsalter og derfor kan denne komponent anvendes som en summasjonsparameter. Vannets innhold av mineralsalter er den vesentligste bestandel av TDS (total dissolved solids) som er en betegnelse for den totale mengde oppløste stoffer - både organisk og uorganisk.

Konduktivitetsverdiene i overflatelagene (0,5 m) og dyplagene som også avspeiler ytterverdiene eller variasjonsområdet på de forskjellige observasjonsdager er plottet inn på fig. 51. Av figuren går det frem at mens verdiene i dypvannsmassene er relativt konstante, er det betydelige variasjoner i overflatelagene. Variasjonene er systematiske med noe lavere verdier om sommeren enn om vinteren. Årsaken til dette er stor tilførsel av saltfattig smeltevann via Gudbrandsdalslågen i sommerperioden. Om høsten under den såkalte sirkulasjonsperioden blir overflate- og dypvannsmassene blandet og saltholdigheten blir følgelig jevnet ut. En stor tilførsel av høyfjellsvann i denne periode (ved regulering) kan derfor føre til at dypvannsmassenes saltholdighet avtar. Konduktivitetsverdiene er forøvrig betydelig lavere i nord enn i sør. Dette viser at vannet som tilføres via Gudbrandsdalslågen er fattigere på mineralsalter enn tilsigsvannet fra det resterende nedbørfelt.

Tabell 16. Prøvetakingstidspunkt på hovedstasjoner.

Stasjonsplassering: nr. 1: Brøttum, Nr. 2: Gjøvik

Nr. 3: Furnesfjorden, Nr. 4: Skreia, Nr. 5: Morskogen (se fig. 50).

St. nr. Mnd.	År					1971					1972					1973					1974					1975					1976					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Jan.				x					x												x	x	x	x												
Feb.											x	x	x																							
Mars				x					x						x	x	x	x	x	x	x		x			x	x	x	x	x						
Apr.														x	x	x																				
Mai				x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Juni						x	x	x	x		x	x		x	x											x										
Juli						x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
Aug.						x	x	x	x		x	x	x	x	x																					
Sept.				x							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x						
Okt.						x	x	x	x		x	x	x																							
Nov.				x										x	x	x	x	x	x	x	x		x											x	x	
Des.						x	x	x	x						x											x	x	x								

Middelverdiene for mineralsaltkonsentrasjonen under vårsirkulasjonsperioden (noen data fra høst og vinter) i tidsrommet 1966 til 1976 på stasjon 4, Skreia, er fremstilt i tabell 17.

Tabell 17. Middelverdier for vannets innhold av mineralsalter i tidsrommet 1966-1976 på St. 4, Skreia.

De fleste verdier gjelder vårsirkulasjonen, men år hvor slike mangler (siden 72) er høst- og vinterverdiene brukt.

År	Kond. µS/cm	mg Ca/l	mg Mg/l	mg Na/l	mg K/l	mg HCO ₃ /l	mg SO ₄ /l	mg Cl/l
1966	37,2	5,20	0,68	1,15	0,54		7,4	1,4
1967	38,0	4,68	0,70	0,88	0,56		4,8	1,1
1968	39,2	5,61	0,82	0,89	0,54	13,0	4,5	1,7
1969	40,6	5,15	0,83	1,05	0,66	14,3	7,0	1,4
1970	36,9	5,00	0,86	1,06	0,60	14,3	5,8	1,0
1971	38,2	5,27	0,70	1,04	0,67	15,6	6,3	1,2
1972	37,0	4,76	0,70	1,19	0,64	18,3	6,9	1,2
1973	39,1	5,07	0,70	1,24	0,65	16,3	5,3	1,2
1974	39,2	5,76	0,67	1,14	0,63	17,0	5,7	1,3
1975	39,8	5,15	0,65	1,17	0,72	16,4	4,7	1,3
1976	40,2	5,49	0,70	0,97	0,67	18,5	5,2	1,2

Konsentrasjonen av de forskjellige komponenter synes å ha forandret seg lite i nevnte periode. Små variasjoner fra år til år kan ha sammenheng med ulike hydrologiske forhold under prøvetakingen. Dette gjelder f.eks. kalsium, hvor også en meget svak konsentrasjonsøkning synes å ha funnet sted (fig. 52), for kalium synes økningen å være signifikant (fig. 53).

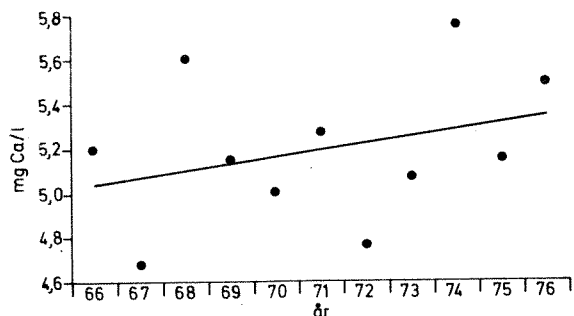


Fig. 52.
Utviklingstrend for kalsium (Ca) i tidsperioden 1966-1976.

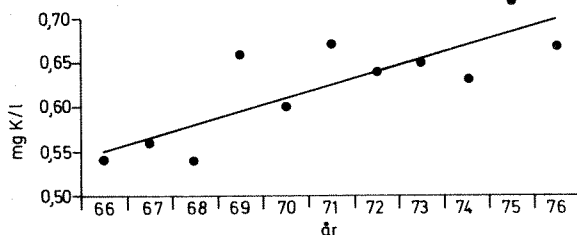


Fig. 53.
Utviklingstrend for kalium (K) i tidsperioden 1966-1976.

Hva denne økningen i kaliuminnholdet skyldes, er vanskelig å ha noen sikker formening om. Det er imidlertid grunn til å anta at jordbruksavrenning og visse aktiviteter i tilknytning til denne, f.eks. potetmelproduksjon, medfører betydelige tilførsler av kalium.

Vannets innhold av mineralsalter i Mjøsa er som vanlig i overflatevann i Norge, meget lavt (tabell 18). Vannet har således dårlig bufferkapasitet og vil lett kunne påvirkes ved endringer i stoffbelastningen.

Tabell 18. Middelverdier (mg/l) for noen kjemiske komponenter i innsjøer i Europa og Amerika.

Komponent	Mjøsa	Vättern	Zürichesee	Bodensee	Lake Ontario
Konduktivitet μS/cm	39	110	214	243	272
Kalsium	5,5	13	39	44	39
Magnesium	0,7	1,9	6	8	9
Sulfat	5,2	15	13	39	32
Klorid	1,4	6,9	3	3	24

Jern og Mangan

Tabell 19 viser middelverdier og variasjonsbredde for vannets innhold av jern og mangan på de forskjellige observasjonsstasjoner.

Tabell 19. Jern og mangan-konsentrasjoner på hovedstasjonene i Mjøsa
- middelverdier og variasjonsbredde - benevning: μg/l

Stasjoner	Jern (μg Fe/l)		Mangan (μg Mn/l)	
	Middel	Variasjon	Middel	Variasjon
Brøttum (st. 1)	41	20 - 90	10	4 - 30
Gjøvik (st. 2)	25	15 - 50	6	1 - 12
Furnesfj. (st. 3)	22	10 - 30	8	2 - 30
Skreia (st. 4)	19	10 - 30	6	1 - 10
Morskogen (st. 5)	20	10 - 30	5	2 - 10

Det var ingen systematiske variasjoner i jern- og manganinnholdet på noen av stasjonene. De høyeste verdier ble målt ved st. 1. Brøttum. Dette skyldes bl.a. tilførsler av slike komponenter fra Gudbrandsdalslågen bundet til breslam og humusstoffer (humuskompleks). De laveste verdier ble funnet i hovedbassenget (Skreia, Morskogen). Verdiene må betegnes som lave særlig i de sydlige områder.

Tungmetaller

I forbindelse med IHD-undersøkelsen ble det samlet inn prøver for å bestemme vannets innhold av kobber og sink. I 1973 ble bly og kadmiuminnholdet på de forskjellige stasjoner undersøkt. Undersøkelsen ga følgende resultat (tabell 20):

Tabell 20. Tungmetallkonsentrasjoner i Mjøsa.

	Brøttum	Furnesfjorden	Skreia	Morskogen
Kobber, $\mu\text{g Cu/l}$			ca 10	
Sink, $\mu\text{g Zn/l}$			ca 15	
Kadmium $\mu\text{g Cd/l}$	0,5	0,75	2,75	0,25
Bly, $\mu\text{g Pb/l}$	2	2	4,5	2

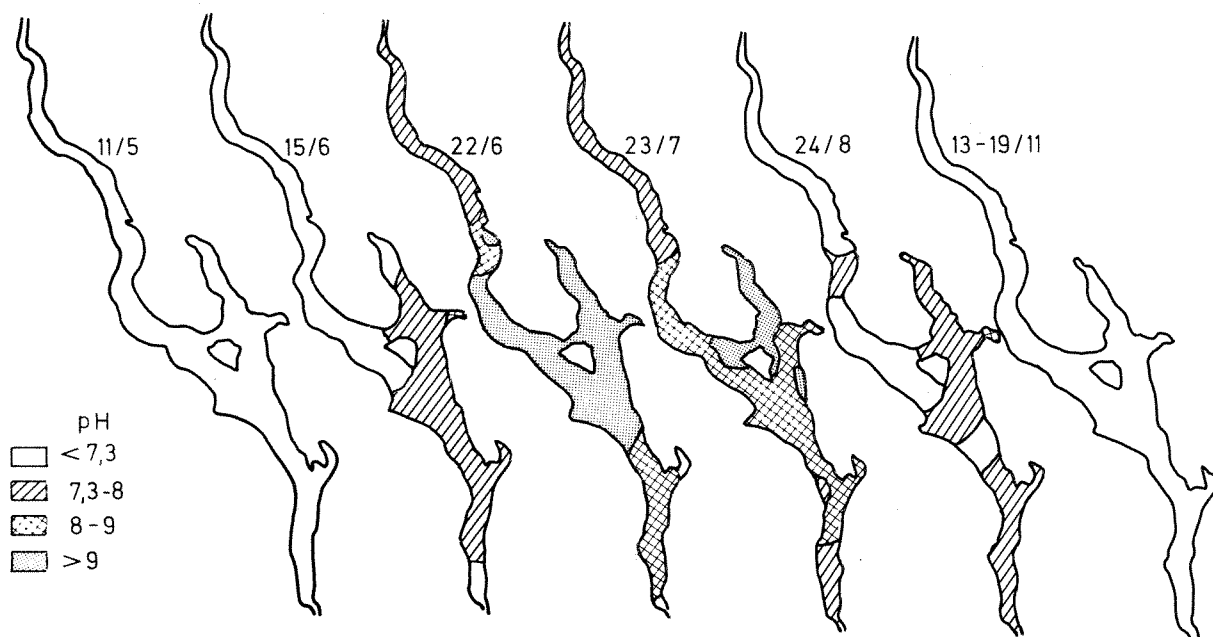


Fig. 54. Synoptiske undersøkelser 1973, pH i 0,5 m dyp.

pH (surhetsgrad)

Overflatevannets pH påvirkes (øker) i betydelig grad av algeproduksjonen (fotosynteseaktivitet) om sommeren. Spesielt er pH-verdier i Furnesfjorden berørt i denne sammenheng (fig. 54). Om vinteren og i de dypere lag varierer surhetsgraden rundt pH 7, dvs. vannet er praktisk talt nøytralt (fig. 55). Vanligvis ble de laveste pH-verdier målt ved Brøttum og de høyeste i Furnesfjorden.

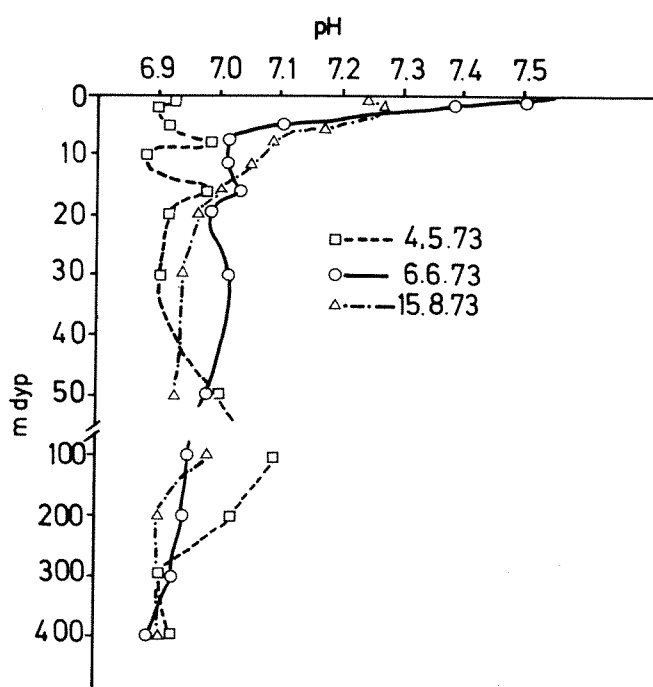


Fig. 55. pH. Vertikalfordeling, st. Skreia. Sommeren 1973.

Næringssalter

Middelverdier for vannets innhold av fosfor og nitrogenforbindelser under vårsirkulasjonsperiodene for alle observasjonsår (1972-1976), er angitt i tabell 21. Disse observasjoner er altså gjort om våren før algeveksten i Mjøsa er kommet igang og mens temperaturen i alle dyp var ca. 4°C, dvs. i en periode med relativt ensartede forhold ned gjennom hele vannmassen.

Tabell 21. Middelverdier av observasjonsresultatene fra alle dyp under v r-
sirkulasjonsperioden (mai-observasjoner) i tidsrommet 1972-1976.

Komponent	Brøttum	Gjøvik	Furnesfjorden	Skreia	Morskogen
Tot. fosfor (P)	8,3	8,4	10,2	9,8	8,4
Orto fosfat	3,1	3,9	4,8	5,5	4,6
Tot. nitrogen (N)	238	401	426	425	417
Nitrat	192	337	336	349	327
N/P	23	40	33	36	39

Snøsmeltingen i selve Mjøsområdet og i de lavereliggende områder i Gudbrandsdalen resulterer i en opprensning i de lokale tilløpselver og en utvasking av stoffer fra innsjøens nærområder (se kap. om tilførsler). Da dette kan ha betydning for næringssaltinnholdet i de øverste vannmasser hvor algeproduksjonen foregår om sommeren, er næringssaltkonsentrasjonen i de øverste to m som middelverdien av alle observasjonsresultater på forsommeren (april - juni) - middel for alle år -, angitt i tabell 22.

Tabell 22. Middelverdier for tidsperioden 1972-1976 for overflatelagens
(0-2 m) innhold av næringssalter på forsommeren.

Komponent	Brøttum	Gjøvik	Furnesfjorden	Skreia	Morskogen
Total fosfor	9,6	10,8	13,7	11,1	10,9
Orto fosfat	3,0	3,9	4,4	5,5	4,9
Total nitrogen	293	427	450	424	437
Nitrat	156	330	385	351	336

Bortsett fra visse variasjoner år om annet, kan verdiene angitt i tabellene 21 og 22 betraktes som tilnærmet "normalverdier" for næringssaltkonsentrasjonen om våren i den angjeldende periode.

Konsentrasjonene av både fosfor og nitrogen er noe lavere i de nordlige deler av Mjøsa enn i de sentrale og s rlige områder. De høyeste verdier ble normalt målt i Furnesfjorden og i Mjøsas midtparti (Skreia).

Variasjonene i vannets innhold av fosfor- og nitrogenforbindelser i overflatevannmassene (produksjonslagene) i løpet av året kan illustreres ved observasjonsresultatene på st. Brøttum, Furnesfjorden og Skreia i 1973 (fig. 56 og 57). Dette år er valgt fordi det da hyppist ble samlet inn prøver. Situasjonen var omtrent den samme også i de øvrige år og på alle stasjoner.

Variasjonene er en summasjonseffekt av variasjoner i stofftilførsler, vannføring og biologisk aktivitet. Om våren er tilførselen av næringsalter størst (utvasking fra elveleier, jordbruksområder o.l.), men etter hvert som høyfjellsflommen og den biologiske aktivitet i innsjøen begynner å gjøre seg gjeldende utover sommeren, avtar konsentrasjonene av først og fremst de løste fosfor- og nitrogenfraksjoner. Dette skyldes altså i noen grad fortykning med relativt "rent" vann fra Gudbrandsdalslågen og dels algenes forbruk av næringsalter under sin vekst (fotosyntese). De høye fosforverdier i overflatelagene i sommerhalvåret må ha sammenheng med relativt store tilførsler av denne komponent i denne tidsperiode, dvs. mens algeveksten pågår. Algevekstens betydning for næringssaltkonsentrasjonene kan illustreres ved variasjoner i forholdstallet mellom total nitrogen og nitrater og total fosfor og ortofosfat. Det er nemlig de løste nitrogen- og fosfor-forbindelser som er lettest tilgjengelig for algene. Dette forholdstall (tot N/NO₃) var f.eks. den 6. juli 1973 og 17. januar 1974 (på st. Skreia) henholdsvis 2,5 og 1,1, mens tilsvarende tall for fosfor (tot P/orto P) var henholdsvis 6,5 og 1,3. Det kan forøvrig bemerkes at sammenlignet med andre innsjøer er forholdstallet mellom total

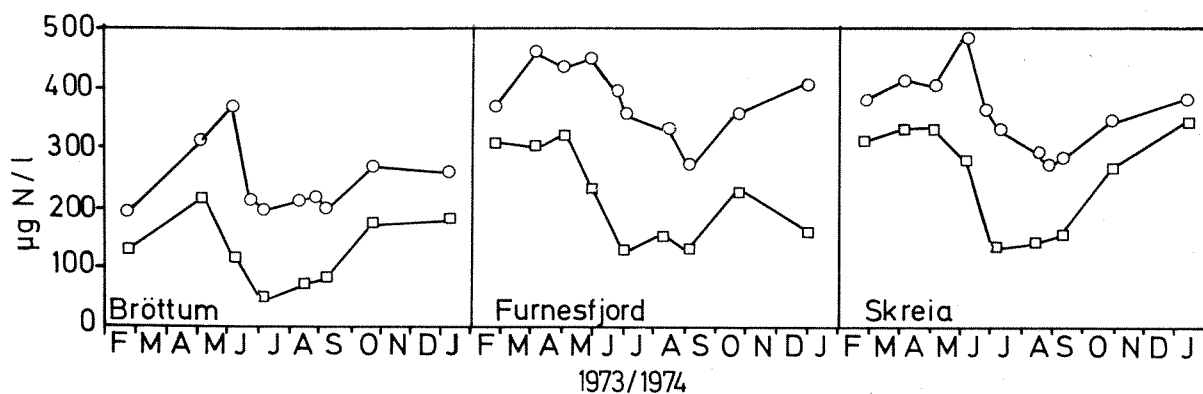


Fig. 56. Årsvariasjoner i overflatevannets (0-8 m) innhold av total nitrogen og nitrater på stasjonene Brøttum, Furnesfjorden og Skreia.

fosfor og ortofosfat meget lavt i vinterperioden. Dette viser at en relativt stor andel av fosforet som tilføres Mjøsa, er tilgjengelig for algevekst. Figurene 56 og 57 viser forøvrig at verdiene ved Brøttum var betydelig lavere enn i Furnesfjorden og Skreia hvor det var relativt ensartede forhold.

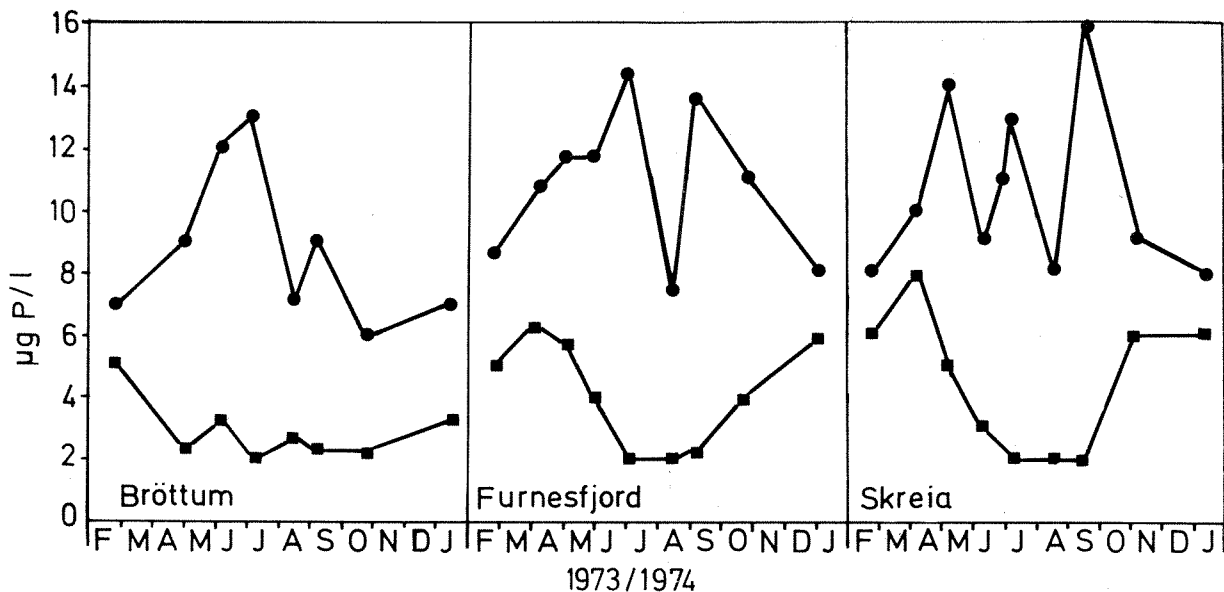


Fig. 57. Årsvariasjoner i overflatevannets (0-8 m, middel av 3 prøver) innhold av total fosfor og ortofosfater på stasjonene Brøttum, Furnesfjorden og Skreia fra februar 1973 til januar 1974.

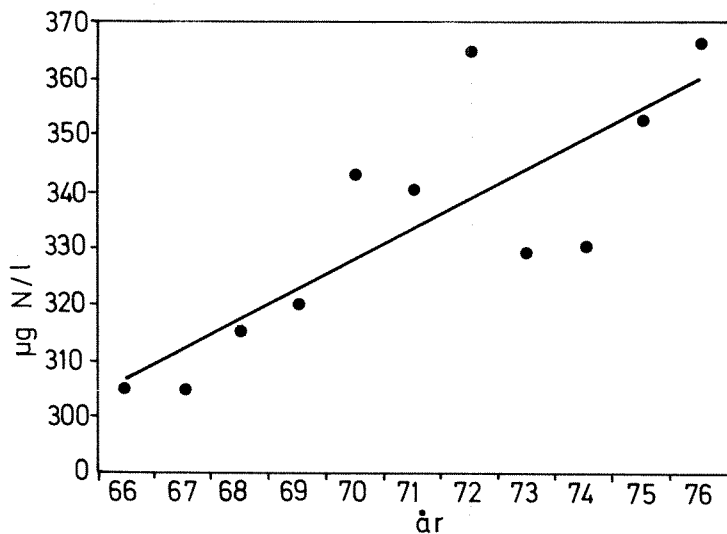


Fig. 58. Middelerdier for nitrater under vårsirkulasjonen ved st. 4, Skreia, i tidsrommet 1966-1976.

Det er på bakgrunn av det foreliggende observasjonsmateriale vanskelig å angi eksakte endringer, eventuelt økninger, av vannets innhold av nærings-salter i den periode Mjøsuundersøkelsen har pågått. Dette skyldes små endringer samt varierende klima og hydrologiske forhold. For nitrater (vårverdier) synes det å være en klar positiv trend i utviklingen fra 1966 til 1976 (fig. 58). Observasjonsresultatene fra 1966 til 1972 stammer fra IHDundersøkelsen. Det er mulig en slik positiv trend også foreligger for total fosfor (fig. 59). På grunn av endringer i analysemetodikken er det ikke mulig å anvende resultatene fra tidligere år ved en slik trendanalyse.

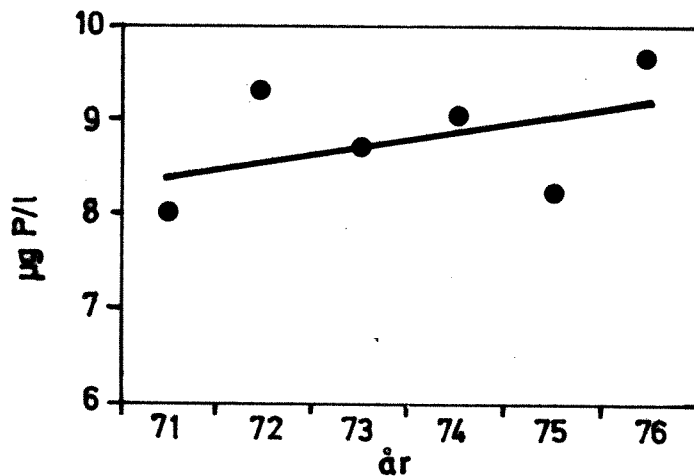


Fig. 59. Middelerdier for total fosfor under vårsirkulasjonen ved st. 4, Skreia, i tidsrommet 1971-1976.

Silisium

Silisium er et kjemisk stoff som finnes overalt i naturen, og alle vanntyper inneholder større eller mindre mengder av dette element. Kiselalger bruker silisium for å bygge opp et kisel skall som omgir denne organisme. I vannforekomster med kraftig vekst av kiselalger, avtar vannets innhold av silisium utover vekstsesongen. I ekstreme tilfeller kan hele silisiumbeholdningen bli brukt opp, og dermed vil dette stoff bli begrensende for vekst av kiselalger. Mjøsvannets innhold av silisium om våren før algeveksten begynner går frem av tabell 23.

Tabell 23. Silisiumkonsentrasjoner i Mjøsa. Benevning mg Si/l.

Stasjon	1972	1973	1974	1975	1976
St. 1. Brøttum	1,29	0,91	1,30	1,26	1,03
St. 2. Gjøvik		0,77	0,82	0,78	0,77
St. 3. Furnesfjorden	0,79	0,75	0,79	0,70	0,78
St. 4. Skreia	0,86	0,79	0,80	0,72	0,77
St. 5. Morskogen	0,80	0,71	0,79	0,70	0,75

Bortsett fra st. 1., Brøttum, som er under en kontinuerlig påvirkning av Gudbrandsdalslågens vannkvalitet, varierer silisiuminnholdet stort sett mellom 0,70 og 0,79 mg Si/l på alle stasjoner. Utover sommeren når algeveksten tar til, avtar overflatevannets silisiuminnhold og i august/september er verdiene her vanligvis mindre enn 0,09 - 0,14 mg Si/l. Dette er illustrert i fig. 60 hvor også mengden kiselalger utover sommeren 1976

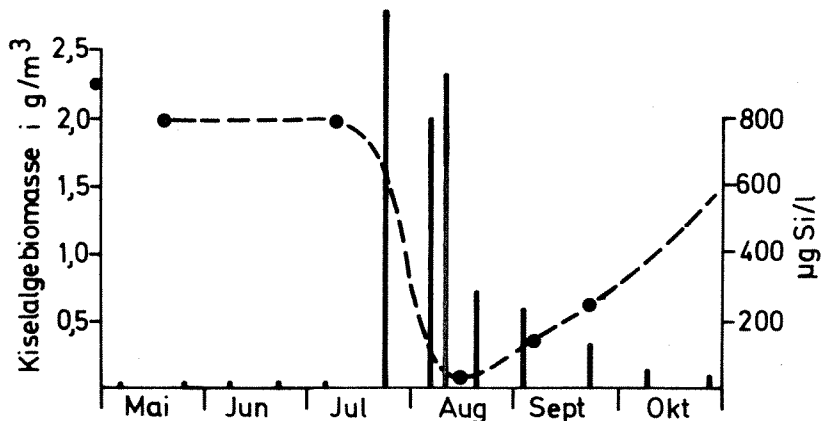


Fig. 60. Kiselalgebiomasse (mengde) og silisiumkonsentrasjoner (st. Skreia) sommeren 1976.

er tegnet inn. Dette at produksjonssonen praktisk talt tømmes for silisium, og at kiselalgene dermed blir satt ut av spill, kan være en medvirkende årsak til at blågrønnalgene som ikke er avhengig av silisium, har fått slik dominans i de senere år.

I tidsrommet 1966 til 1976 har vannets innhold av silisium avtatt på st. 4.

Skreia (fig. 61). Det er nærliggende å anta at dette skyldes en stadig økende produksjon av kiselalger og dermed et stadig større forbruk av silisium. En tilsvarende utvikling er beskrevet fra Lake Michigan (i vanninntaket for Chicago) hvor også kiselalgene har stor forekomst.

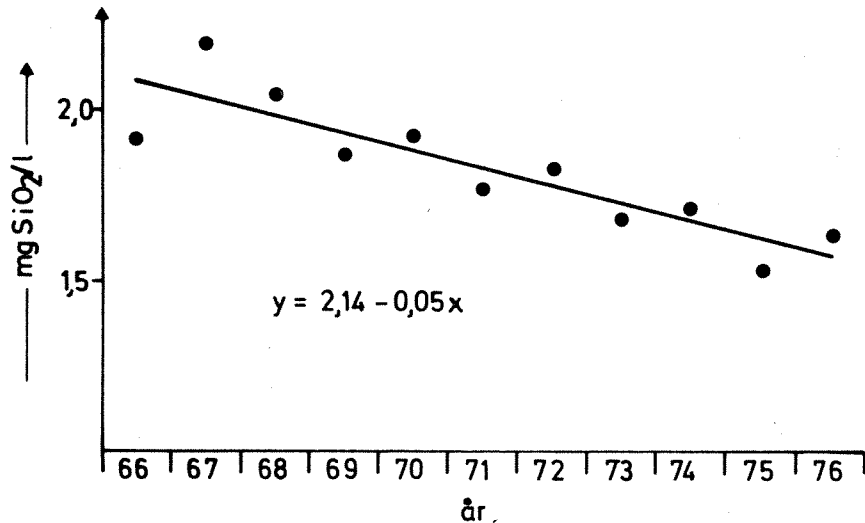


Fig. 61. Tidstrend for SiO₂-konsentrasjoner i Mjøsa (st. 4, Skreia) om våren i tidsperioden 1966-1976.

Ufiltrert farge

Fraksjonsdiagrammene i fig. 62 viser fordelingen av de ulike fargeverdier på de forskjellige observasjonsstasjoner. Figuren angir også den normale vertikalfordeling under de forskjellige årsperioder. Fargen er målt fotometrisk på ufiltrerte prøver og derfor innvirker vannets innhold av partikler (f.eks. alger) på verdienes størrelse.

På alle stasjoner lå de største antall verdier i området 10-15 mg Pt/l - dette gjelder vannmassene over sprangsjiktet så vel som under. Imidlertid var det et betydelig større antall verdier over dette nivå i de øvre vannmasser enn i de dypere liggende. Dette har i vesentlig grad sammenheng med algeoppblomstringen om sommeren samt tilførsel av partikulært materiale fra nedbørfeltet. Tilførselen av slikt materiale gjenspeiler seg spesielt i de øvre vannmasser om våren og da særlig nordover i innsjøen.

Vannet hadde i fargemessig sammenheng den beste kvalitet i dyplagene på st. 4 (Skreia) og st. 5 (Morskogen) - dvs. i de dypere lag (under sprangsjiktet) i innsjøens hovedbasseng.

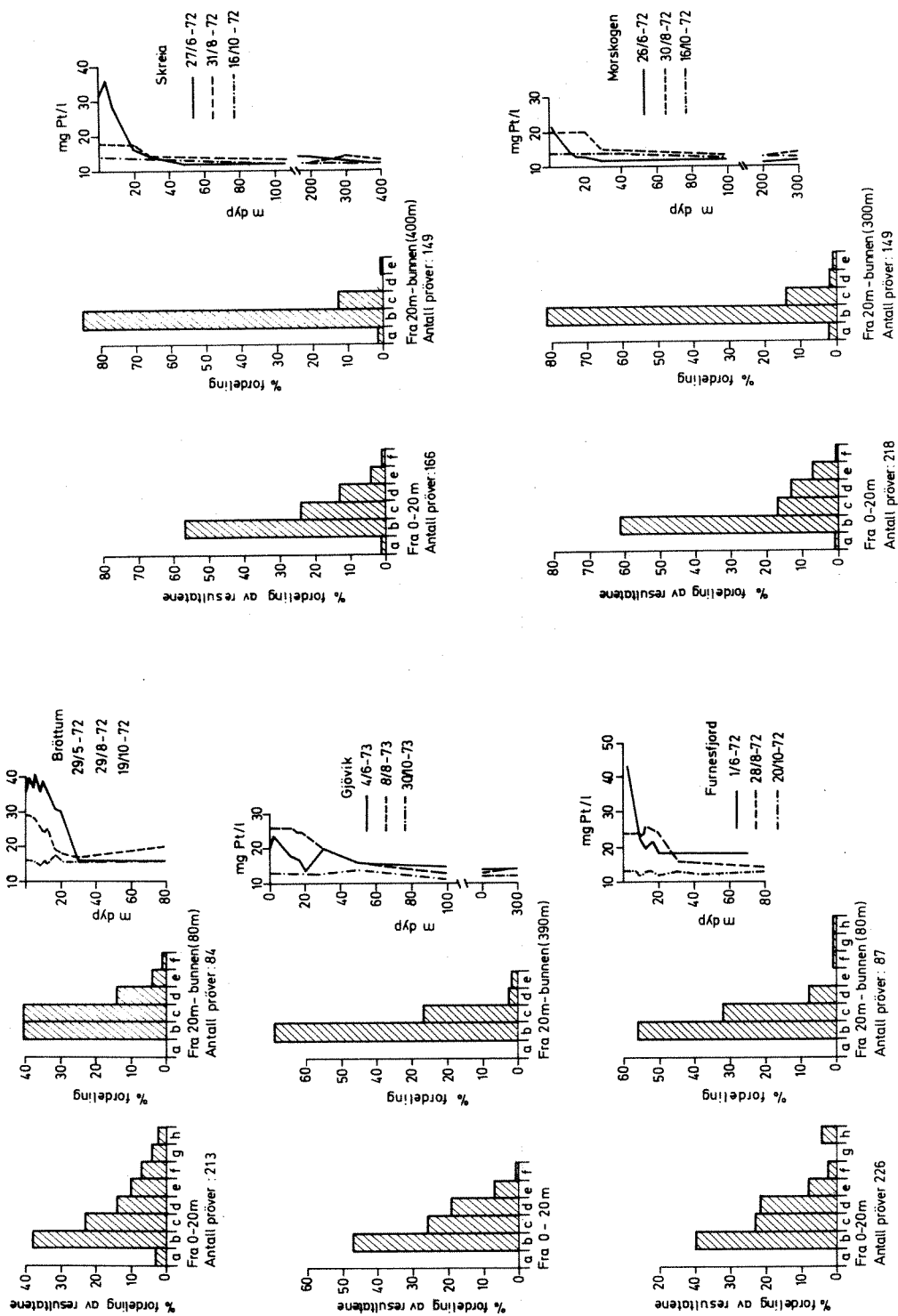


Fig. 62. Fraksjonsdiagram for alle fargeverdier i tidsrommet 1972-1976. a: <10, b: 10-15, c: 15-20, d: 20-25, e: 25-30, f: 30-35, g: 35-40 og h: >40. Alt i mg Pt/l. Situasjonsbilde for vår, sommer og høst er tegnet inn.

Turbiditet

Turbiditetsverdiene angir vannets innhold av partikulært materiale. Verdienees fordeling går frem av fraksjonsdiagrammene i fig. 63. Verdiene var normalt lave, særlig gjelder dette de sydligere områder av innsjøen. Som for vannets farge var turbiditetsverdiene høyest i overflatelagene om våren og om sommeren. Dette skyldes tilførsel av partikulært materiale fra nedbørfeltet og produksjon av planktonalger i overflatelagene om sommeren. Gudbrandsdalslågens transport av partikulært materiale gjenspeiles i relativt høye turbiditetsverdier på observasjonsstasjonen ved Brøttum.

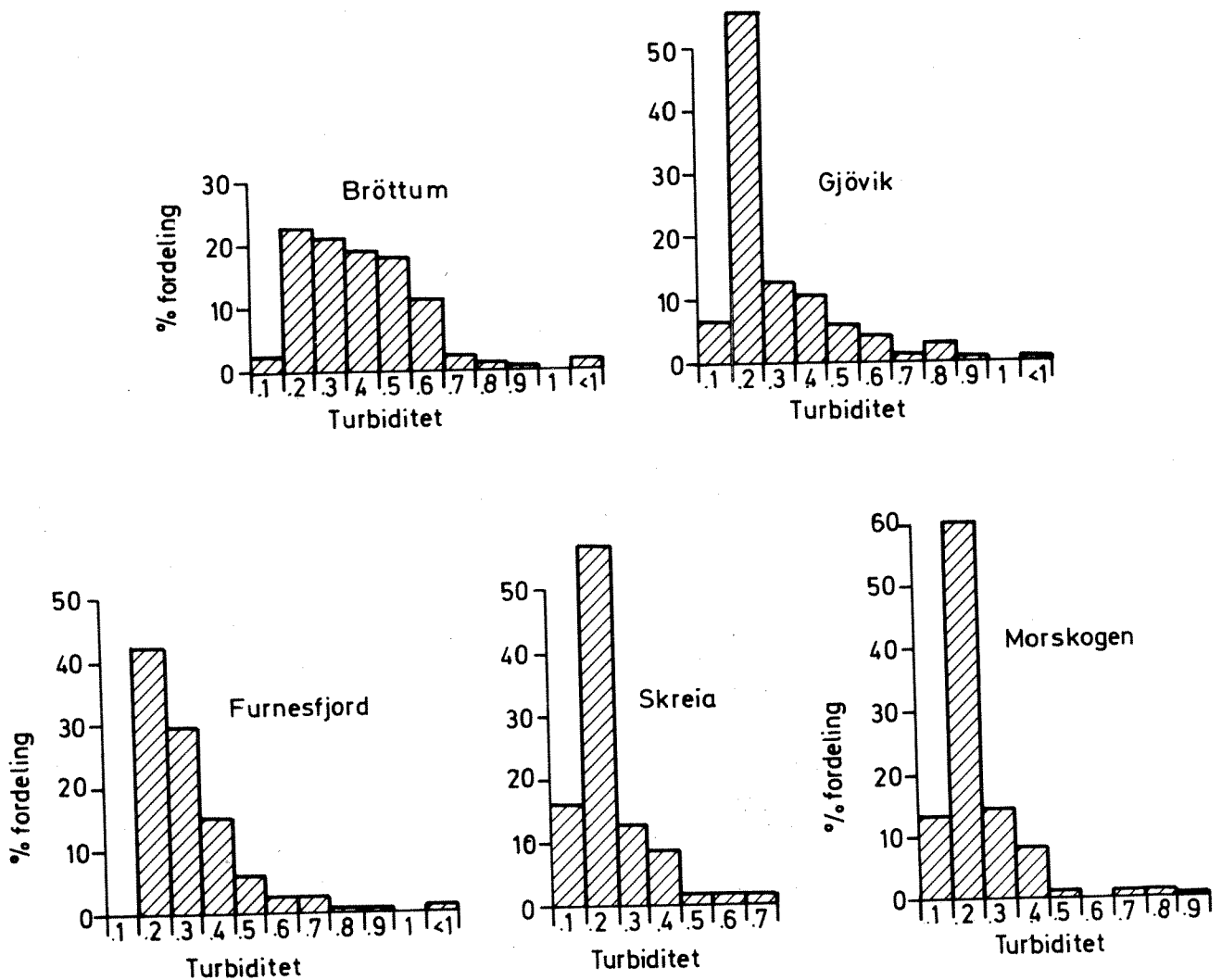


Fig. 63. Fraksjonsdiagram for alle turbiditetsverdier i tidsrommet 1972-1976.

Organisk og uorganisk seston (levende og dødt partikulært materiale)

Seston er en fagbetegnelse for vannets innhold av partikler som lar seg sile ut. Organisk seston er den delen av sestonet som består av organisk materiale. Dette måles som forskjell i tørrvekt og glødet vekt på frafiltrert materiale fra en vannprøve.

Vannets innhold av seston er målt ved at en vannprøve på ca. 5 l er filtrert gjennom et GF/C-5,5 cm Whatman glassfilter. Filteret med de frafiltrerte partikler er tørket ved 105°C i en time (tørrstoff) og deretter glødet ved 480°C i en time (gløderest). Tørrstoff-verdien angir mengden av vannets totale innhold av partikulært materiale (både levende og dødt), mens gløderesten angir vannets innhold av uorganisk partikulært materiale (uorganisk seston). Differansen mellom tørrstoff og gløderest angir det organiske seston.

Middelverdier for vannets innhold av organisk og uorganisk seston på de forskjellige observasjonsstasjoner - sommer (mai-okt) og vinter (okt-mai)-verdier - er angitt i tabell 24.

Tabell 24. Middelverdier i mg/l for vannets innhold av organisk og uorganisk seston på de 5 hovedstasjoner. Sommer: middel av alle års observasjoner i tidsrommet mai-oktober. Vinter: middel av alle års observasjoner i tidsrommet oktober-mai.

	Brøttum		Gjøvik		Furnesfj.		Skreia		Morskogen	
	org.	uorg.	org.	uorg.	org.	uorg.	org.	uorg.	org.	uorg.
Sommer	0,56	0,93	0,72	0,58	0,72	0,61	0,52	0,50	0,55	0,43
Vinter	0,23	0,26	0,19	0,12	0,22	0,19	0,14	0,11	0,17	0,12

Av tabellen går det frem at sommerverdiene er 3-4 ganger høyere enn vinterverdiene. Dette gjelder både organisk og uorganisk seston. De organiske sestonverdier er om sommeren høyest i Furnesfjorden og ved Gjøvik, mens de uorganiske sestonverdier er høyest i den nordlige del av Mjøsa - Brøttum.

Generelt er en større andel av det partikulære materiale i den nordlige del av Mjøsa betinget av tilførsler via Gudbrandsdalslågen, mens verdiene i de sydlige områder i større grad avspeiler algeproduksjonen. Dette er årsaken til at en større del av sestonmaterialet ved Brøttum består av uorganisk materiale enn ved stasjoner lengre sydover.

Variasjonene i organisk og uorganisk seston i de øverste vannmasser (0-8 m) i 1973 på de forskjellige stasjoner er gjengitt i fig. 64. Variasjonsmønsteret var omtrent det samme også i de øvrige år. De høyeste verdier både for organisk og uorganisk seston er observert om sommeren, spesielt på forsommeren. Dette skyldes i første rekke produksjon av planktonalger, men man må anta at tilførseler av partikulært materiale via elvene også er størst under flomsituasjonen om sommeren.

I forbindelse med IHD-undersøkelsen ble KMnO_4 -forbruket undersøkt. Denne parameter representerer partikulært så vel som løst organisk materiale. På alle observasjonsdager varierte verdiene i området 2,5 mg O/l - noe som viser at vannet var relativt lite belastet med organisk materiale.

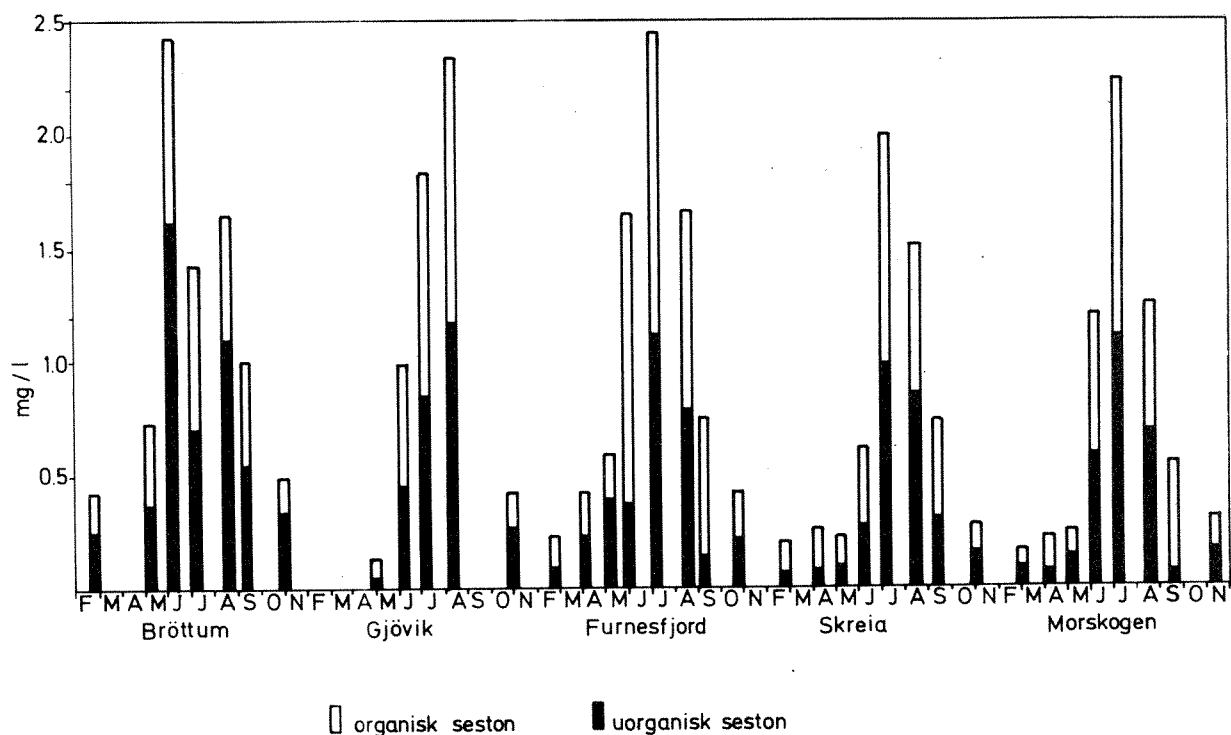


Fig. 64. Hovedstasjoner i Mjøsa. Organisk og uorganisk seston, middelveier for 0-8 m dyp. 1973.

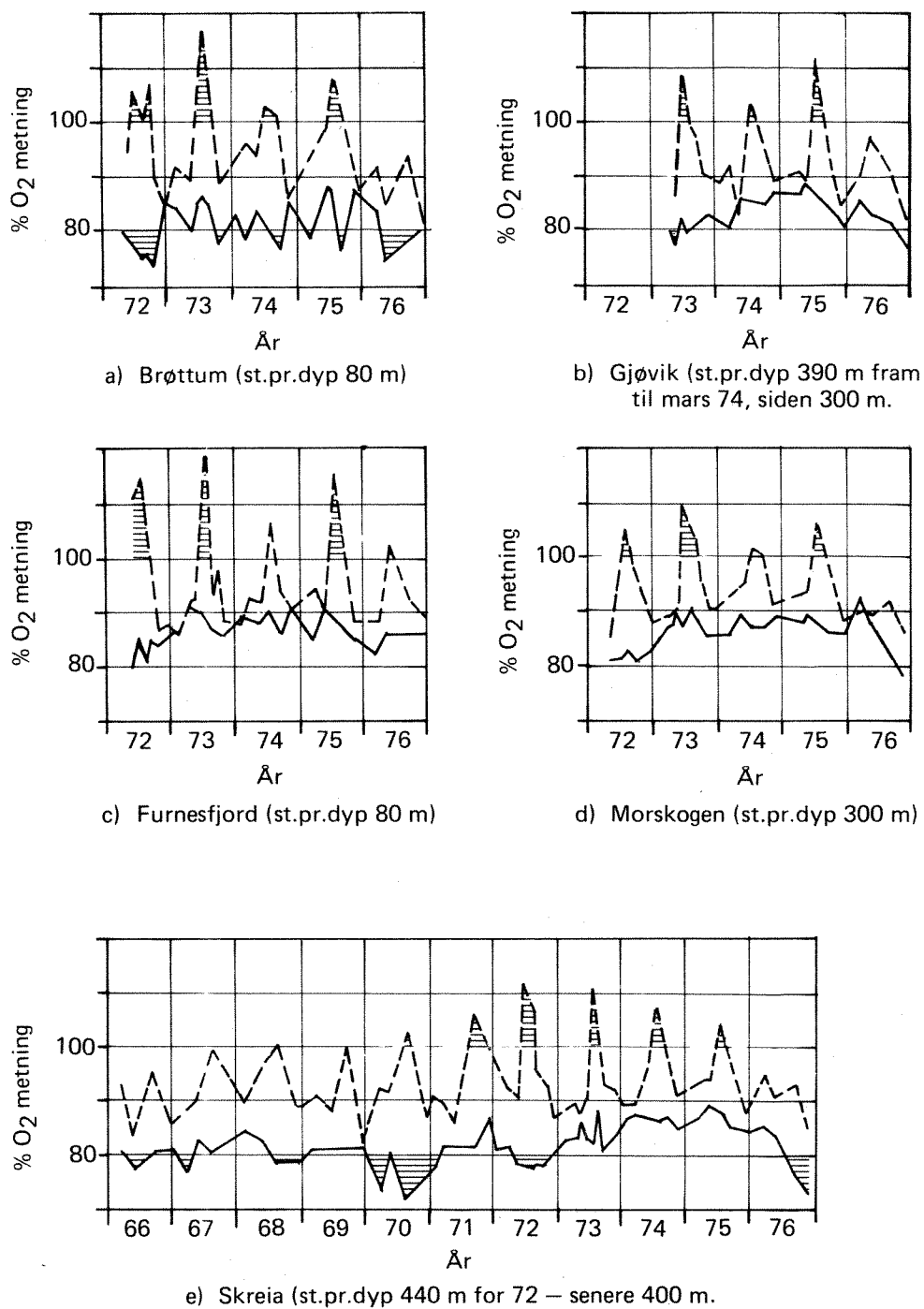
Oksygen

Oksygensituasjonen i Mjøsa er observert regelmessig i henhold til programmet på de 5 hovedstasjoner gjennom hele undersøkelsesperioden. Fra juni måned 1972 og ut 1973 ble det samlet inn månedlige prøver, mens det i periodens 3 siste år ble samlet inn prøver 5 ganger pr. år. Ved hver prøvetaking ble det tatt opptil 14 prøver i vertikalserien. Resultatene fra overflatelagene (0,5-1 m) og fra de dypestliggende prøvetakingsnivå, som også representerer datamaterialets yttergrenser (maks. og min.), er angitt i fig. 65 a, b, c, d og e. Fra st. Skreia er også resultatene fra IHD-undersøkelsen i tidsrommet 1966 til 1974 tatt med.

Variasjoner i vannets oksygeninnhold i en innsjø er et resultat av samspillet mellom gassers løselighetsforhold i henhold til vannets temperatur, vannmassenes dynamikk og biologiske prosesser. Nedbrytning eller omsetning av organisk materiale forbraker oksygen og derfor avtar i visse perioder (sommer og vinter) oksygenet i dypet av innsjøer som er belastet med slikt materiale. I produktive innsjøer øker overflatevannets innhold av oksygen om sommeren som følge av algeproduksjonen. Overmetning av oksygen i overflatelagene kan også inntreffe på forsommeren når vannmassene varmes hurtig opp slik at gassutvekslingen med atmosfæren "forsinkes" i forhold til temperaturen.

De laveste metningsverdier for dypvannsmassenes oksygeninnhold i Mjøsa forekommer i de nordlige og sentrale områder (Brøttum og Skreia). Dette må skyldes til dels bunnsedimentenes og bunnvannets innhold av organisk stoff (Brøttum) og til dels at utskiftingen av vannmassene på de store dyp (Skreia) er dårligere enn i de noe grunnere områder. Dypvannsmassenes variasjon i oksygeninnhold fra år til år har sammenheng med varigheten av de forskjellige termiske perioder og følgelig effektiviteten av vannmassenes omblending samt mengden organisk stoff som tilføres (nedbrytningsprosessenes omfang).

Som nevnt kan overmetning av oksygen i overflatelagene på forsommeren skyldes temperatur-effekter, men det er grunn til å tro at algeproduksjonen i Mjøsa i vesentlig grad bidrar til de relativt høye verdier. De høyeste metningsverdier ble observert i Furnesfjordområdet.



--- Overflate (0,5 og 1 m)
— Bunnvann (st. prøvedyp)

Fig. 65. Mjøsa. Oksygenmetning i % på hovedstasjonene.

9. SEDIMENTENES INNHOLD AV TUNGMETALLER

På bakgrunn av en sedimentologisk undersøkelse utført i tidsrommet 1972-74 av cand.real. P. Aagaard ved Geologisk institutt, Universitetet i Oslo, er det nedenfor gitt en enkel oversikt over adsorbent tungmetall til bunn-sedimentene i Mjøsa. Resultatene er gitt i fig. 66.

Sedimentenes innhold av kobber var størst i Gjøvikområdet og i den nordlige del av Mjøsa samt i Hamarområdet. Med hensyn til sink, var sedimentene i Furnesfjorden-Hamar-området samt i områdene rundt og nord for Gjøvik sterkest berørt. I de samme områder, særlig Gjøvik-området, var også sedimentene sterkest belastet med bly.

Som helhet har sedimentene i Mjøsa et lavt innhold av adsorbente tungmetaller. Spesielt gjelder dette hovedbassenget. Utenfor Hunnselvas utløp er det registrert relativt høye verdier for både sink, kobber og bly. Hva dette skyldes er ikke undersøkt, men det er nærliggende å koble det sammen med industrivirksomheten langs Hunnselva.

Adsorbent kvikksølv i overflatesedimenter fra Furnesfjorden - Akersvika er gitt i fig. 67. Enkelte verdier er unormalt høye - noe som kan skyldes feilanalyser e.l. Totalt sett synes sedimentene i dette område å være sterkest belastet med tungmetaller (både kvikksølv og øvrige tungmetaller).

Variasjonen i tungmetallkonsentrasjonen med sedimentenes dybde er undersøkt i to kjerner - en fra Furnesfjorden og en fra Mjøsas dypeste område (st. Skreia). Resultatene som er angitt i tabell 25, viser at i begge kjerner var det en klar stigning mot overflaten. Konsentrasjonene i kjernen fra st. Skreia var betydelig lavere enn i Furnesfjorden.

Bunnsedimentenes innhold av tungmetaller bør undersøkes nærmere både med hensyn til kvikksølv og tungmetaller forøvrig.

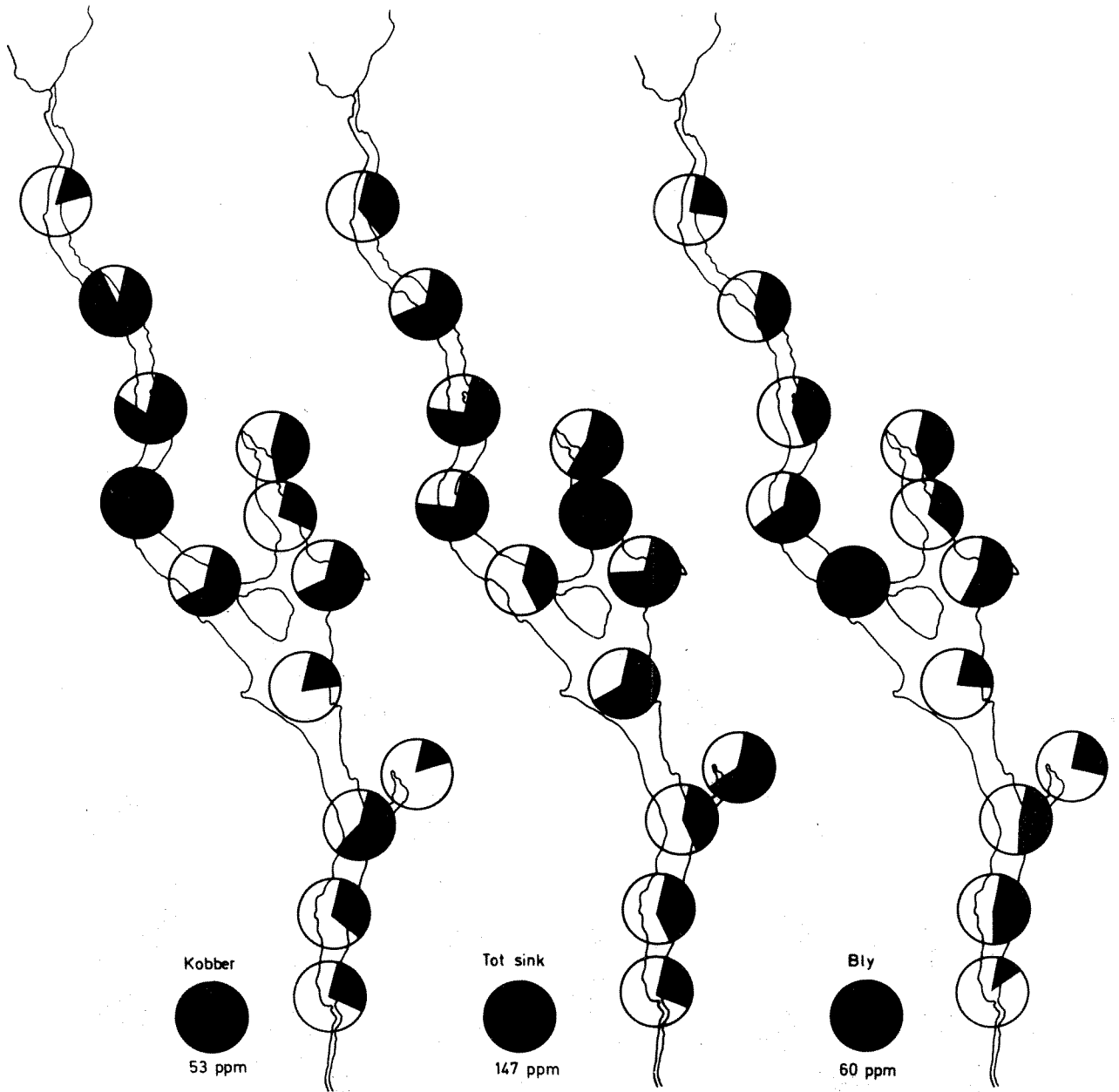


Fig. 66. Adsorberte tungmetaller til overflatesedimentene i Mjøsa. (Angitt i ppm av sedimentfraksjoner <180 μ tørket ved 100 °C. Største verdi angitt ved fylt sirkel. Fylte segmenter angir andel av største verdi.)

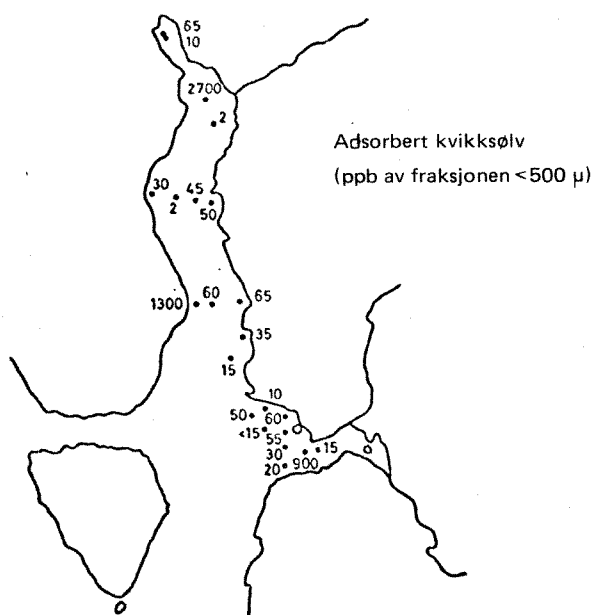


Fig. 67. Adsorbert kvikksølv til sedimenter i Furnesfjorden - Akersvika-området.

Tabell 25. Tungmetaller (Zn, Pb, Cu) i to sedimentkjerner fra Mjøsa.
(Verdiene er angitt i pp M av fraksjon $< 180 \mu\text{m}$).

Sted	Dyp i cm	Sink	Kobber	Bly
Furnesfjorden	0	147	20	15
	10	182	26	19
	20	91	35	37
	90-100	87	12	13
	100-140	100	8	13
	210-250	67	15	28
	250	67	4	7
Mjøsas dypeste område (St. Skreia)	1	92	14	10
	6	57	6	5
	14	25	8	11

10. HYGIENISKE FORHOLD

Mikrobiologiske undersøkelser av vann tar sikte på å påvise bakterier som indikerer en forurensning med menneskers eller varmblodige dyrs avføring (såkalte indikatorbakterier). Som slike anvendes koliforme bakterier, en samlebetegnelse på en rekke forskjellige bakterier som omfatter E.coli og nærbeslektede grupper. En undergruppe av disse er de såkalte termostabile koliforme bakterier, som i alt vesentlig er E.coli. Alle koliforme bakterier tilhører menneskers og varmblodige dyrs normale tarmflora, men med unntak av E.coli vil de også til en viss grad kunne ha et reservoar utenfor tarmen. E.coli derimot har angivelig bare tarmen som sitt reservoar. Påvisning av koliforme bakterier i vann bør tas som et tegn på at en fekal forurensning av vannet kan ha funnet sted, mens påvisning av E.coli bør tas som et sikkert tegn på at en slik forurensning har funnet sted. Selv om indikatorbakteriene i seg selv er apatogene (ikke sykdomsfremkallende), betyr deres nærvær at også patogene (sykdomsfremkallende) mikroorganismer (inkludert virus som skilles ut med avføring) kan være tilstede, og vannet skal følgelig prinsipielt ikke anvendes som drikkevann.

I tillegg til undersøkelser som utføres for å påvise indikatorbakterier, undersøkes vannet også med hensyn på det totale antall bakterier som klarer å vokse ved 20°C i løpet av 72 timer. I alt vesentlig vil det her dreie seg om frittlevende former uten noen patogen betydning, og antall bakterier kan aldri i seg selv tas som uttrykk for en forurensning. Resultatene av slike undersøkelser kan likevel ha praktisk betydning, idet de ofte gir informasjon om vannets innhold av organisk materiale. Oftest oppstår disse problemer i direkte tilknytning til utslipp av større mengder lett nedbrytbart organisk stoff fra treforedlingsindustri, næringsmiddelindustri, siloavrenning etc.

Norsk Standard 4751 angir følgende retningslinjer for den bakteriologiske bedømming av drikkevann:

Vannkilde	Koliforme bakterier pr. 100 ml vann	Termostabile koliforme bakterier pr. 100 ml vann	Kimtall 20°C i 72 h antall bakt. pr. ml
Overflatevann (innsjø, dam, elv, bekk e.l.) uten desinfeksjon	Godt < 1 Tvilksomt: 2 til 30 ikke brukbart: > 30	Må ikke påvises	Godt: <100 Tvilksomt: 100 til 500 Ikke brukbart uten nærmere undersøkelse > 500
Overflatevann, etter desinfeksjon, og grunnvann	Godt: < 1 Tvilksomt: 1 til 2 ikke brukbart: > 2	Må ikke påvises	Godt: <10 Tvilksomt: 10 til 100 ikke brukbart uten nærmere undersøkelse: > 100

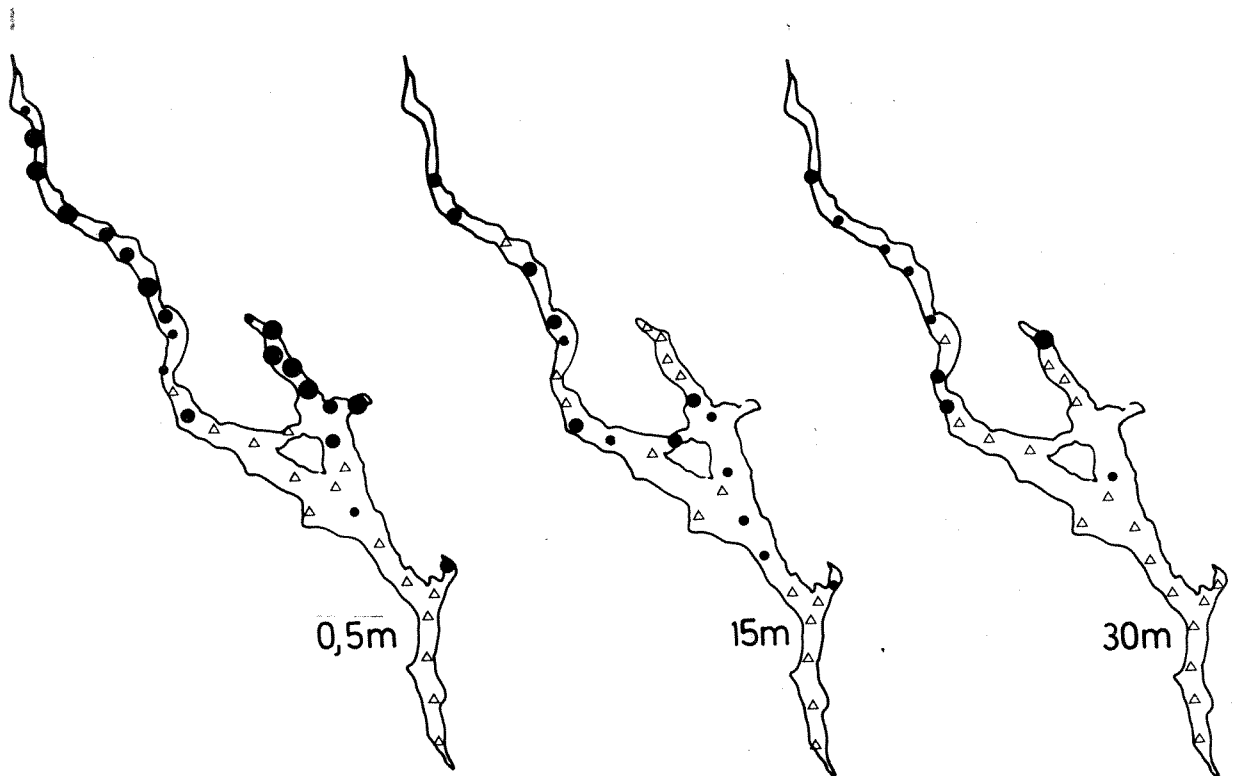
Ved vurdering av de bakteriologiske resultater må det imidlertid taes hensyn til de undersøkelsesmetoder som anvendes, prøvetakingsfrekvenser osv.

Bakteriologiske forhold i Mjøsa

I prøveperioden er det foretatt synoptiske undersøkelser av de bakteriologiske forhold i innsjøen, dvs. en undersøkelse av hele innsjøen innenfor et tidsrom av noen få timer (fig. 68, 69 og 70).

De hygieniske aspekter av forurensningssituasjonen i Mjøsa kan sammenfattes på følgende måte:

1. I størsteparten av Mjøsas overflatelag var det i prøveperioden et relativt høyt bakterieinnhold og en klar indikasjon på fekal forurensning. Enkelte områder med stor tilførsel av kommunalt avløpsvann



- △ Termotabile bakterier (E.coli) ikke påvist i 100 ml prøve
- Termotabile bakterier påvist i antall 0–2 pr. 100 ml
- Termotabile bakterier påvist i antall 2–30 pr. 100 ml
- Termotabile bakterier påvist i antall over 30 pr. 100 ml

Fig. 68. Situasjonssbilde av koliforme bakterier ved 44°C (termotabile) i Mjøsa på 0,5, 15 og 30 m dyp, 22/8 1972.

var sterkt forurenset og kan betraktes som hygienisk utilfredsstillende (stor risiko for forekomst av sykdomsfremkallende bakterier og virus, samt egg av innvollsparasitter). Dette gjelder spesielt:

- store områder fra Lillehammer og sydover
- lokaltbegrenset område utenfor Moelv
- betydelige områder omkring Gjøvik, særlig rundt de sørlige deler
- hele Furnesfjorden og betydelige områder utenfor og sør for Hamar
- innerste delen av Tangenvika.

2. De dypere vannlag samt Mjøsas sørlige deler var normalt lite påvirket.

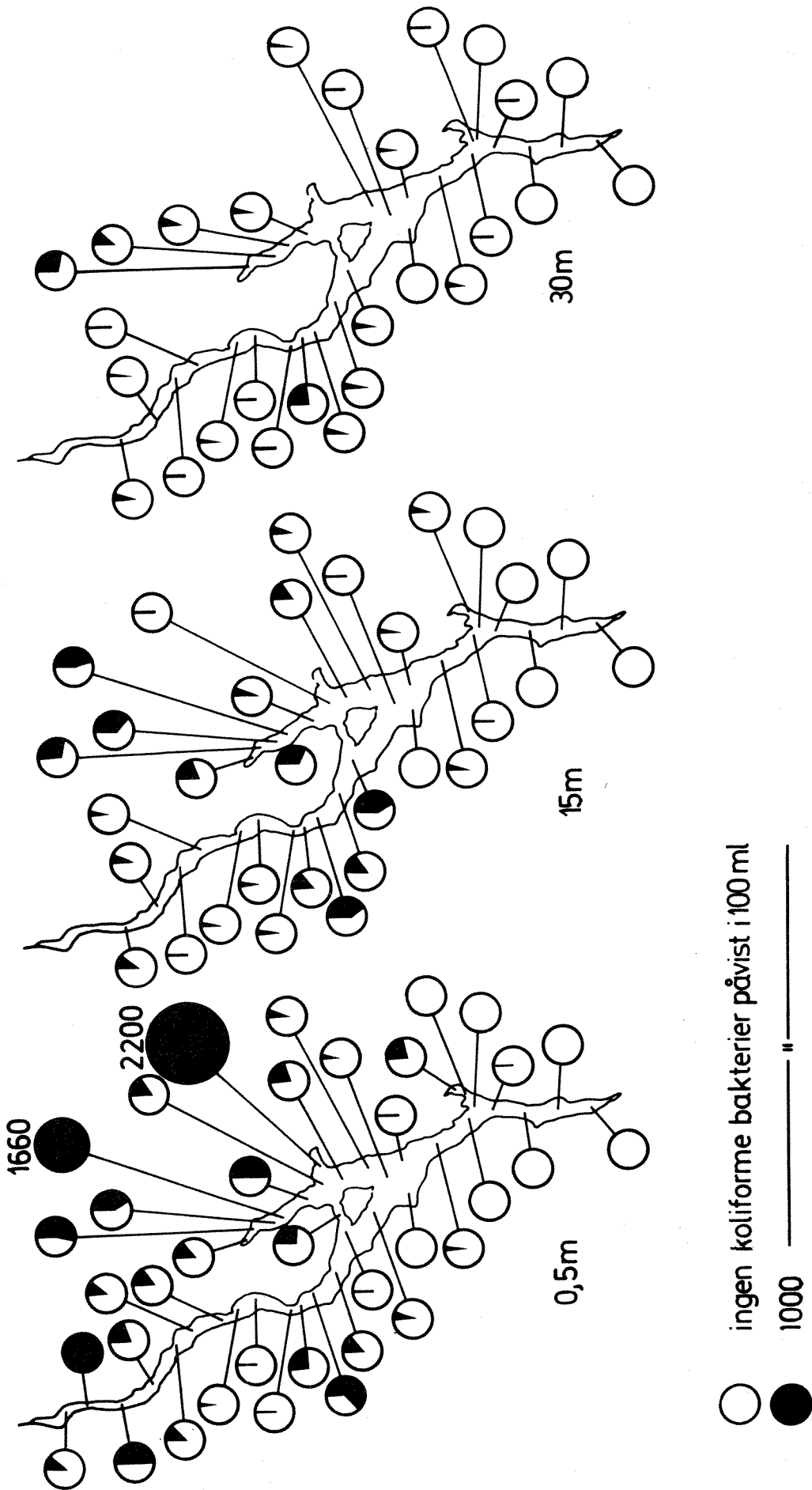


Fig. 69. Situasjonssbilde av koliforme bakterier ved 37°C i Mjøsa på 0,5, 15 og 30 m dyp, 22/8 1972.

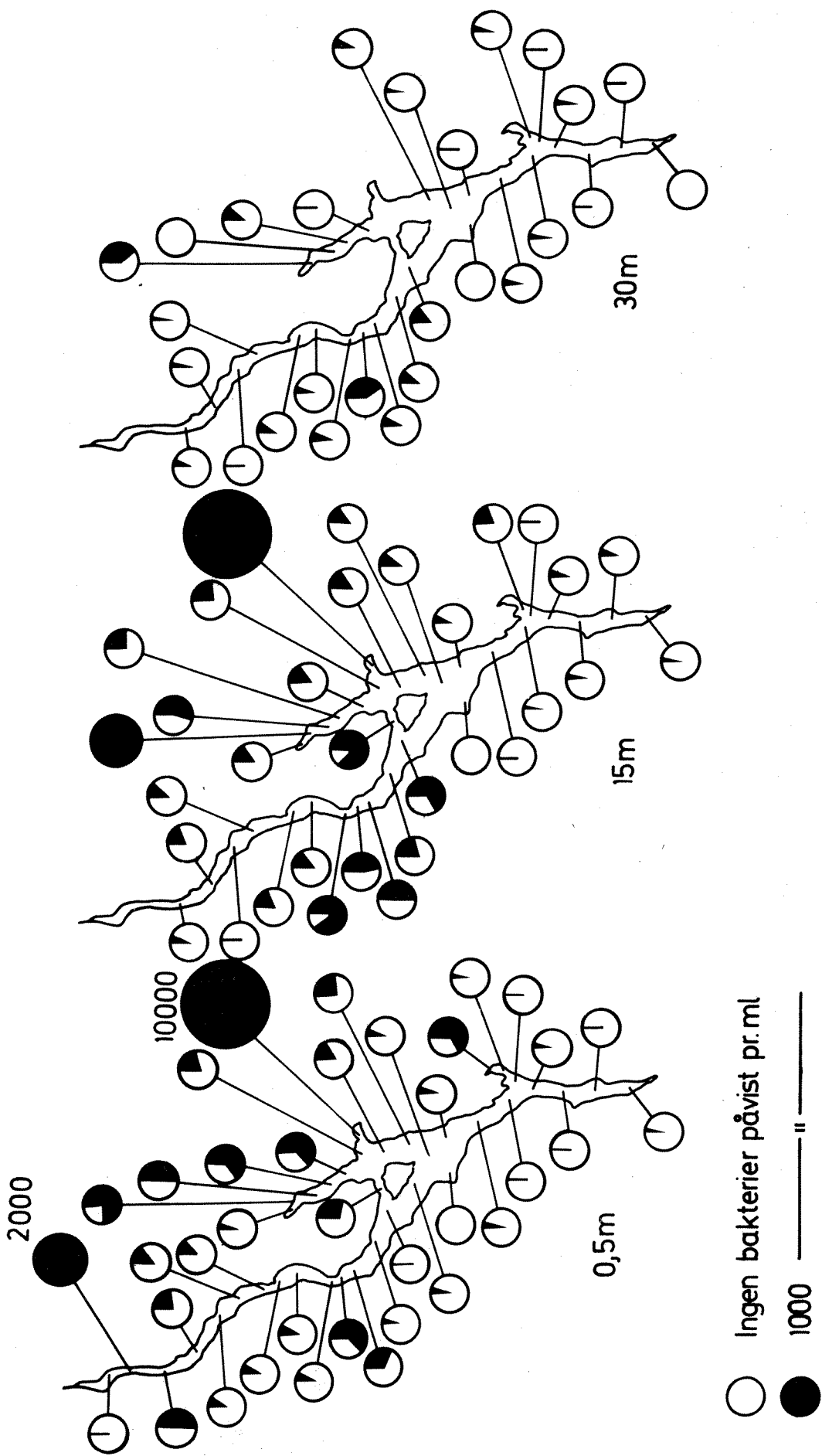


Fig. 70. Situasjonsbilde av totalantall bakterier/ml (kimtall) i Mjøsa på 0,5, 15 og 30 m dyp, 22/8 1972.

11. EKSPERIMENTELLE UNDERSØKELSER - ALGETESTER

Seks ganger i tidsrommet mars 1975 til mars 1976 er det blitt samlet inn vannprøver fra fem forskjellige innsjøstasjoner i Mjøsa for analyse av vekstpotensial for alger (samt fysisk/kjemiske analyser). Analysen innebærer en bestemmelse av hvor store algemengder som kan produseres i vannet under laboratoriebetingelser. Testalgen ved forsøkene var en encellet planktonisk grønnalge, *Selenastrum capricornutum* Printz. Den produserte algemengde registreres som økning i antall celler pr. liter og angies i millioner celler pr. liter (celleutbyttet). 1 mill.celler/liter tilsvarer ca. 0,025 mg tørrstoff/liter (organisk vekt). Celleutbyttet er et mål for vannets vekstpotensial .

Vekstpotensialet er avhengig av vannets innhold av plantenæringsstoffer som foreligger i en slik form at de er utnyttbare for algene. Algene tar opp og utnytter plantenæringsstoffene i et visst mengdeforhold til hverandre, og det næringsstoff som foreligger i forholdsvis lavest konsentrasjon, er begrensende for veksten. De viktigste komponentene i cellematerialet er grunnstoffene karbon (C), oksygen (O), hydrogen (H), nitrogen (N), fosfor (P), svovel (S), magnesium (Mg) og kalium (K). I ferskvann foreligger som oftest alle disse unntagen P i overskudd i forhold til algenes behov. Fosfor vil derfor være det stoff som oftest er begrensende næringsstoff for algevekst. Dette er tidligere vist å stemme også for Mjøsa (NIVA 0-91/69, Fremdriftsrapport nr. 3 A, 1973).

Algevekstpotensialmålingene gir et indirekte mål for de mengder nærings-salter som finnes løst i vannmassene. For å få et helhetlig bilde må resultatene fra disse testene sammenholdes med et eller annet mål for den biomasse (algemengde) som allerede er bygget opp i de samme vannmasser (dvs. for de nærings-salter som allerede er bygget inn i cellematerialet). Som mål for dette kan det være hensiktsmessig å benytte organisk seston.

Ideelt sett utgjør vekstpotensialet og innholdet av organisk seston en sum som uttrykker hvor stor bestanden av alger kan bli ut fra den totale mengde av næringsstoffer i vannet. I praksis kan disse verdiene vanskelig summeres da forholdene ute i naturen og i laboratoriet er for forskjellige. Spesielt gjelder dette i slike tilfeller som ved vannprøvene fra Mjøsa, der utslagene på algetestene er for små til å kunne gi et skikkelig kvantitativt mål for hvor meget alger som kan produseres. (Resultatene er likevel interessante da de gir et relativt mål for produserbar algemengde.)

Algevekstpotensialet i Mjøsa

Vekstpotensialet for vannprøvene fra Mjøsa var gjennomgående lave både i overflateprøvene og i prøvene fra 30 m dyp. Med bare to unntak var celleutbyttet over 7 mill. celler/liter. Unntakene var prøvene fra overflaten på stasjon Brøttum 2. juli 1975 (13,9 mill.c./l) og 30 m prøve fra Skreia 11. mars 1976 (16,2 mill.c./l). Resultatene viser at vekstpotensialet i undersøkelsesperioden var lavest i løpet av våren og forsommeren, ut over sommeren økte det for igjen å avta om høsten og vinteren. Dette gjaldt særlig for overflateprøvene, mens vannet på 30 m hadde en jevnere kvalitet gjennom året (bortsett fra Skreia 11. mars 1976).

Resultatene fra vekstforsøkene er satt opp i fig. 71 og er der sammenstilt med vannprøvenes innhold av organisk og uorganisk seston. Stasjonene er satt opp i rekkefølge: Brøttum, Gjøvik, Furnesfjorden, Skreia, Morskogen.

Prøveinnsamling mars/april 1975

Prøvene ble samlet inn på forskjellige tidspunkt: Brøttum 20. mars, mens Gjøvik, Skreia og Morskogen-prøvene først ble samlet inn 18. og 19. april. Det ble ikke samlet inn prøve fra Furnesfjorden.

Prøvene fra Brøttum ble samlet inn før vårsirkulasjonen startet. Prøvene fra de to dypene, 1 m og 30 m, viste derfor stor forskjell, mest i vekst-

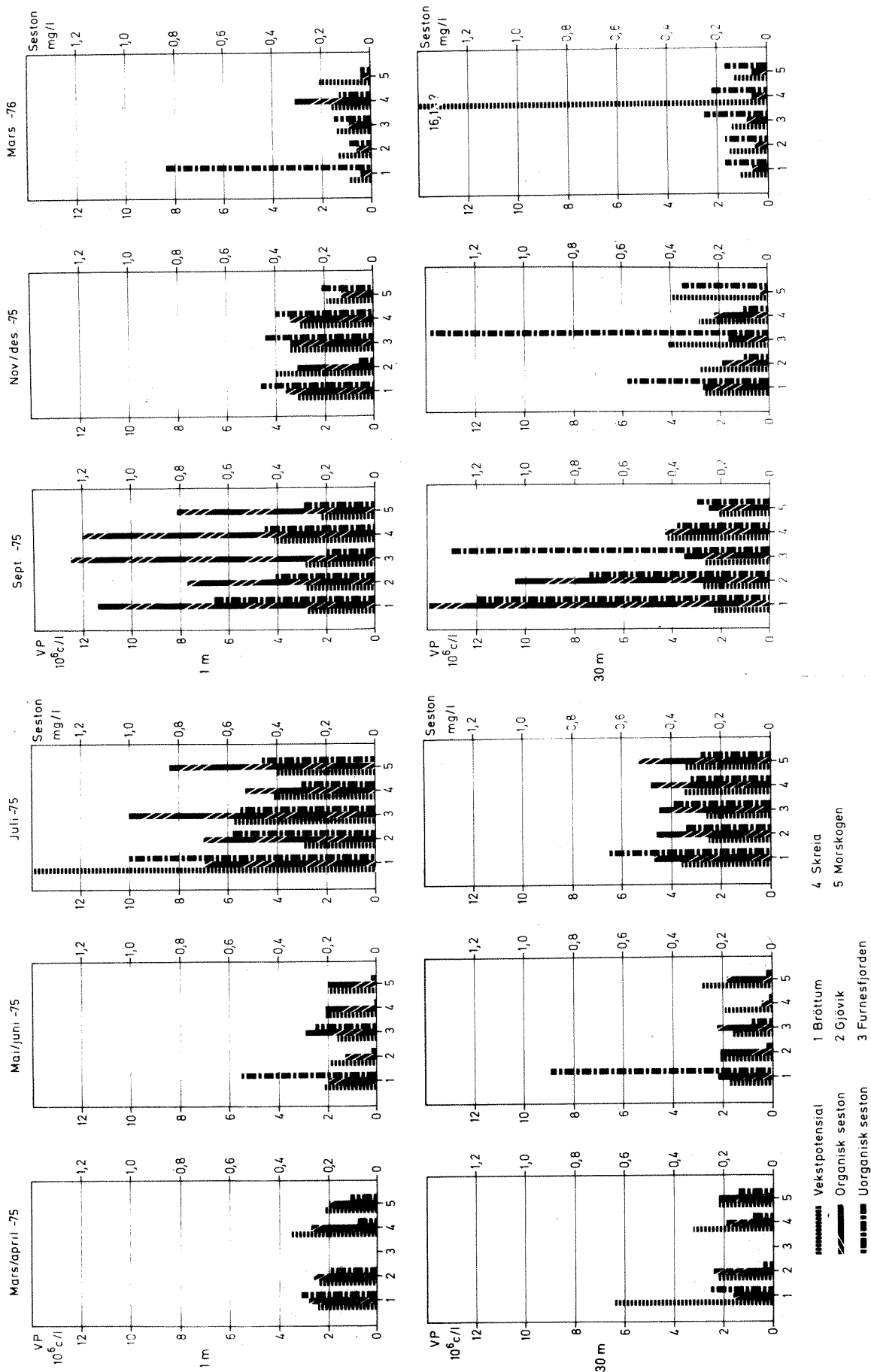


Fig. 71. Vekstpotensial og organisk/uorganisk seston ved hovedstasjonene i Mjøsa 1975-1976.

potensialet, som i dette tilfellet var over dobbelt så høyt i 30 m dyp som i overflaten. Vannføringen i Gudbrandsdalslågen var på denne tiden lav, og vannets innhold av uorganisk seston var derfor også lavt ved Brøttum.

Prøvene fra stasjonene Gjøvik, Skreia og Morskogen ble tatt under vårsirkulasjonen, og resultatene fra overflaten og 30 m dyp ble derfor meget like. Disse stasjonene var i meget mindre grad enn Brøttum påvirket av transporten av uorganiske partikler fra Gudbrandsdalslågen.

Middelverdiene for vekstpotensialet i prøvene fra alle stasjoner var på dette tidspunkt 2,6 mill.celler/liter i overflaten og 3,5 mill.celler/liter på 30 m dyp. Innholdet av organisk seston på samme tid var 0,25 mg/l i overflaten og 0,20 mg/l på 30 m dyp. Det var liten utvikling av alger i innsjøen på dette tidspunkt.

Prøveinnsamling mai/juni 1975

Ved denne prøvetakingen var vannet ved stasjon Brøttum tydelig påvirket av snøsmeltingen og vårflommen i Gudbrandsdalslågen. Innholdet av uorganiske partikler var høyt (0,55 mg/l ved 1 m og 0,90 mg/l ved 30 m) uten at innholdet av organisk seston hadde økt fra forrige prøvetaking. Dette tyder på at partiklene i hovedsak var resultat av erosjon i forbindelse med snøsmelting langs Gudbrandsdalslågen. I resten av Mjøsas hovedbasseng var innholdet av uorganisk seston lavt (her ikke medregnet Furnesfjorden) og påvirkningen av partikkeltransporten fra Gudbrandsdalslågen var altså uvesentlig. Vekstpotensialet var fortsatt lavt, henholdsvis 1,9 og 2,0 mill.celler/l for 1 m og 30 m dyp i gjennomsnitt. Innholdet av organisk seston hadde også sunket fra prøvetakingen i mars/april til henholdsvis 0,20 og 0,17 mg/l for de to dypene. Det var enda ikke noen betydelig oppblomstring av planktonalger.

Prøveinnsamling juli 1975

Fra forrige prøveinnsamling hadde det vært en betydelig oppblomstring av planktonalger. Samtidig var det en økning av vekstpotensialet, spesielt ved Brøttum. Vekstpotensialets gjennomsnitt for alle stasjonene var henholdsvis 6,1 og 3,1 mill.celler/l for 1 m og 30 m dyp. De tilsvarende tallene for organisk seston var 0,75 og 0,48 mg/l. På denne tiden hadde det dannet seg

et markert sprangsjikt, og utvekslingen av vann mellom de to lagene over og under sprangsjiktet var liten. Tilførslene av plantenæringsstoffer til sjøen skjer stort sett bare til det øverste laget. Vanntransporten via Gudbrandsdalslågen hadde avtatt. Utover sommeren får man derfor en total økning i næringsstoffkonsentrasjonen i Mjøsas øvre lag. Dette er forklaringen på at det bygget seg opp en stor biomasse (algemengde) uten at man hadde et høyt vekstpotensial tidligere på året.

Innholdet av uorganisk seston hadde økt over hele Mjøsa. Brøttum hadde fortsatt den høyeste verdien. Det høye innholdet i resten av innsjøen skyldes både påvirkningen av breslammet fra Gudbrandsdalslågen og at oppblomstringen på det tidspunkt ble dominert av kiselalger.

Prøveinnsamling september 1975

Algebestanden var fremdeles stor, og gjennomsnittsverdiene for organisk seston var 1,03 mg/l og 0,69 mg/l for henholdsvis 1 m og 30 m dyp. Vekstpotensialet hadde sunket til 2,98 mill.celler/l i overflaten og 2,78 mill.celler/l på 30 m dyp. Dette tyder på at planteplanktonet i innsjøen hadde tatt opp en større del av de løste næringssaltene enn ved forrige prøvetaking.

Sprangsjiktet var ved denne prøvetakingen dypere enn i juli, og det var altså større vannmasser som var påvirket av de tilførte næringssaltene.

Den uorganiske delen av sestonet hadde minnet i overflaten. Dette skyldes både at breslammet hadde sedimentert uten at det var kommet nye tilførsler og at man i planktonet hadde hatt en overgang til arter uten kisel skall.

Prøveinnsamling november/desember 1975

Prøveinnsamlingen foregikk etter høstsirkulasjonen, og de store algemengdene som ble observert tidligere på året, var til dels blitt tynnet ut med dypvann. Vekstpotensialet hadde steget en del (til 3,28 mill.celler/l og 3,22 mill.celler/l for 1 m og 30 m dyp), mens innholdet av organisk seston var sunket til 0,30 mg/l (1 m) og 0,17 mg/l (30 m). Verdiene for organisk seston tyder på at det fremdeles var en viss produksjon i overflaten til tross for dårlige lys- og temperaturforhold.

Prøveinnsamling mars 1976

På dette tidspunktet var verdiene for både vekstpotensial og organisk seston meget lave. Eneste unntak var stasjonen Skreia, der det i overflaten var et forholdsvis høyt innhold av organisk seston (0,31 mg/l) og et høyt vekstpotensial (16,1 mill.celler/l) på 30 m dyp. Årsaken til dette er uviss (men kan være prøvetaking-/analysefeil).

Konklusjon

Vannets vekstpotensial for alger var generelt sett lavt gjennom hele året, men til tross for dette ble det registrert en kraftig algeoppblomstring i løpet av sommeren og høsten. I juli var planktonbestanden dominert av kiselalger, noe som sammen med breslampåvirkning via Gudbrandsdalslågen forklarer de høye verdiene for uorganisk seston på den tid. I september var forholdet mellom uorganisk og organisk seston blitt mindre både grunnet mindre tilførsler av breslam og overgang til dominans av andre planktonalger. Etter høstsirkulasjonen ble bestanden i overflaten tynnet ut med dypvann, men det foregikk fremdeles en del produksjon i de øvre vannlag.

Den "normale" utvikling for en innsjø er at man utenom produksjonsesongen får en opphoping av næringssalter som er løst i vannet, og dermed et høyere vekstpotensial. I produksjonsesongen omsettes disse av planktonet, og man får da et lavt vekstpotensial.

I Mjøsa er et annet mønster fremherskende. På senhøsten og tidligvinteren foregår en omfattende omblending og næringssaltene blir jevnt fordelt ned gjennom vannmassene. Senere på vinteren etter at innsjøen er islagt, flyter Gudbrandsdalslågen gjennom innsjøen i de aller øverste lagene og er således et effektivt transportmedium for bl.a. forurensningen. Om sommeren er det utviklet et markert sprangsjikt i innsjøen. Utvekslingen av vann mellom de to vannlagene som er skilt av sprangsjiktet, er relativt liten. Tilførselene av næringsstoffer fra land skjer hovedsakelig til vannlaget over sprangsjiktet. Det næringsfattige vannet fra Gudbrandsdalslågen tilføres i vesentlig grad i dette vannlaget.

Om vinteren ligger sprangsjiktet forholdsvis høyt. Mjøsa kan derfor nå betraktes som en meget grunn innsjø. Selv med lav vannføring i Gudbrandsdalslågen vil man i dette vannlaget ha en forholdsvis kort teoretisk opp-

holdstid. Det vil med andre ord si at de næringsstoffer som tilføres Mjøsa om vinteren, i stor grad transporteres hurtig ut av innsjøen.

Om sommeren ligger sprangsjiktet dypere enn om vinteren. Dette fører til at man får en lengre teoretisk oppholdstid på vannet over sprangsjiktet (bortsett fra i flomperioden). De tilførte næringsstoffene vil derfor ikke i samme grad "spyles" ut av innsjøen, slik som om vinteren, men lagres opp og omsettes av planteplanktonet der. Næringsstoffer som tilføres tidlig i vekstsesongen vil dermed være med på å prege utviklingen også resten av sesongen. Ut på høsten vil sprangsjiktet synke enda dypere og oppfangingen av næringsstoff blir dermed enda mer effektiv, noe som gjenspeiler seg i at mengden av organisk seston er høyest i september.

Det ser derfor ut som om planteplanktonoppblomstringen i Mjøsa i vesentlig grad skyldes næringsstoffer som tilføres innsjøen hvert år, og ikke i så stor grad næringsstoffer som er akkumulert gjennom flere år.

12. MJØSAS STRANDOMRÅDER - BEGROINGSORGANISMER (PÅVEKSTALGER).

Påvekstalgenes (begroingsorganismer) utbredelse og betydning for Mjøsas strandområder er ikke utførlig undersøkt, men her skal det gjøres rede for noen mer generelle inntrykk.

Den påvekstalge som visuelt er mest fremtredende og som til sine tider kan foranledige praktiske problemer er grønnalgen *Ulothrix zonata*. Under lengre perioder med noenlunde konstant vannstand i Mjøsa, kan denne alge utvikle betydelige forekomster langs strendene. Slike forekomster er særlig markert høst og vår - særlig om våren etter isfrie vintre. I løpet av tidsperioden 1972-1976 har det vært betydelige variasjoner i utbredelsen. Det generelle inntrykket er at forekomsten av *U. zonata* avtok. Spesielt var forekomsten betydelig redusert i 1976, noe som kan ha sammenheng med at innsjøen dette år i motsetning til vintrene 1974 og 1975 var dekket med is. Den største forekomst ble notert i 1972-1973, da det ble dannet mørke mørke grønne soner av denne alge langs Mjøsas strender. Spesielt var forekomsten markert høsten 1972 og senvinteren - våren 1973 (fig. 72). Den største forekomst med mengder tilsvarende bortimot 4 kg/m^2 ferskvekt ble notert på vestsiden av Helgøya. Forekomsten var forøvrig størst i de sydlige deler av Mjøsa, mens algen relativt sett hadde mindre forekomst i Furnesfjorden og i de nordlige deler av innsjøen. I henhold til muntlige utsagn fra lokalbefolkningen, var forekomsten av *U. zonata* betydelig større i de nordlige områder/Furnesfjorden i 50 og begynnelsen av 60-årene. Årsaken til dette er ikke vurdert.

De praktiske problemer som denne algevekst skaper, er i første rekke at den danner generende begroing på strender, brygger, båter, tauverk og bøyer. Algene fester seg lett i fiskegarn og vil derfor i perioder skape problemer for garnfiske både i selve Mjøsa og i Vorma (ned-drift). Foruten *U. zonata* er det først og fremst kiselalger som utgjør begroingssamfunnet langs Mjøsas strender.

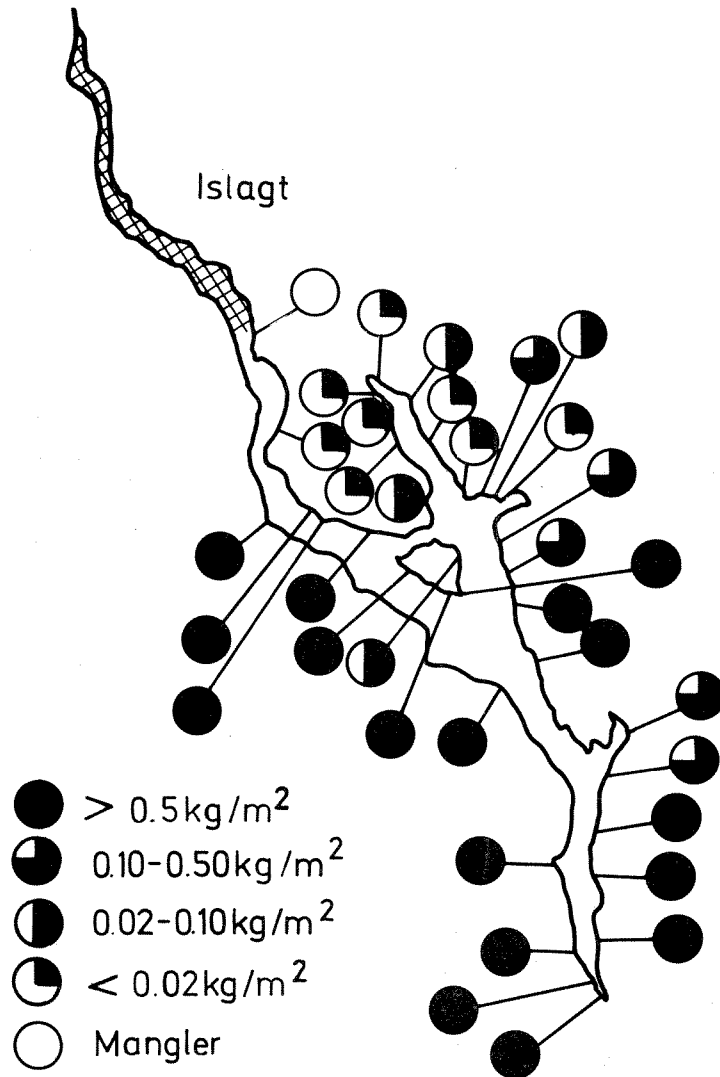


Fig. 72. Forekomst av påvekstalgen (fastsittende alge) *Ulothrix zonata* langs Mjøsas strender den 20. april 1973. Vekten representerer ferskvekten.

13. SIKTEDYP

I forbindelse med den rutinemessige datainnsamling på de fire hovedstasjonene (Brøttum, Furnesfjorden, Skreia og Morskogen) i tidsrommet mai-oktober, er siktedypet regelmessig blitt bestemt. Utover dette har siktedypbestemmelser også blitt utført på andre stasjoner; blant annet ble det sommeren 1973 utført en synoptisk undersøkelse som omfattet 38 stasjoner over hele Mjøsa (fig. 73). Resultatene fra hovedstasjonene for tidsperioden 1972-1976 er gjengitt i fig. 74. Som det fremgår av figuren, ble de høyeste verdier notert i mai i forbindelse med vårsirkulasjonen, før det var blitt noen algevekst av betydning. I mai 1976 var siktedypet 13 m ved Morskogen og Skreia.

Med tiltagende algevekst utover forsommeren, avtok siktedypet suksessivt. De laveste verdier ble som regel observert i perioden juni-juli i forbindelse med oppblomstringen av kiselalger. Dette var spesielt påfallende i Furnesfjorden der også de minste siktedyp (< 2 m) ble notert i forbindelse med oppblomstringen av kiselalgen *Asterionella* i de øvre vannlag på forsommeren. I 1972 var dette forhold særlig fremtredende.

Når algemengden reduseres i de øvre vannlag utover høsten, øker igjen siktedypet. Dette var hovedmønsteret i perioden 1972-1974, mens forholdene avvek noe i årene 1975-76, da siktedypforbedringen utover sensommeren og høsten ikke var så markert som tidligere år. Dette hadde sin årsak i den store forekomst av blågrønnalger utover sensommeren og høsten disse år.

Forholdene i Mjøsas nordlige deler (Brøttum) avviker noe fra forholdene i innsjøen for øvrig. Dette skyldes at siktbarheten reduseres merkbart på grunn av slamtransporten via Gudbrandsdalslågen, og spesielt er dette tilfelle under flomperioder på forsommeren.

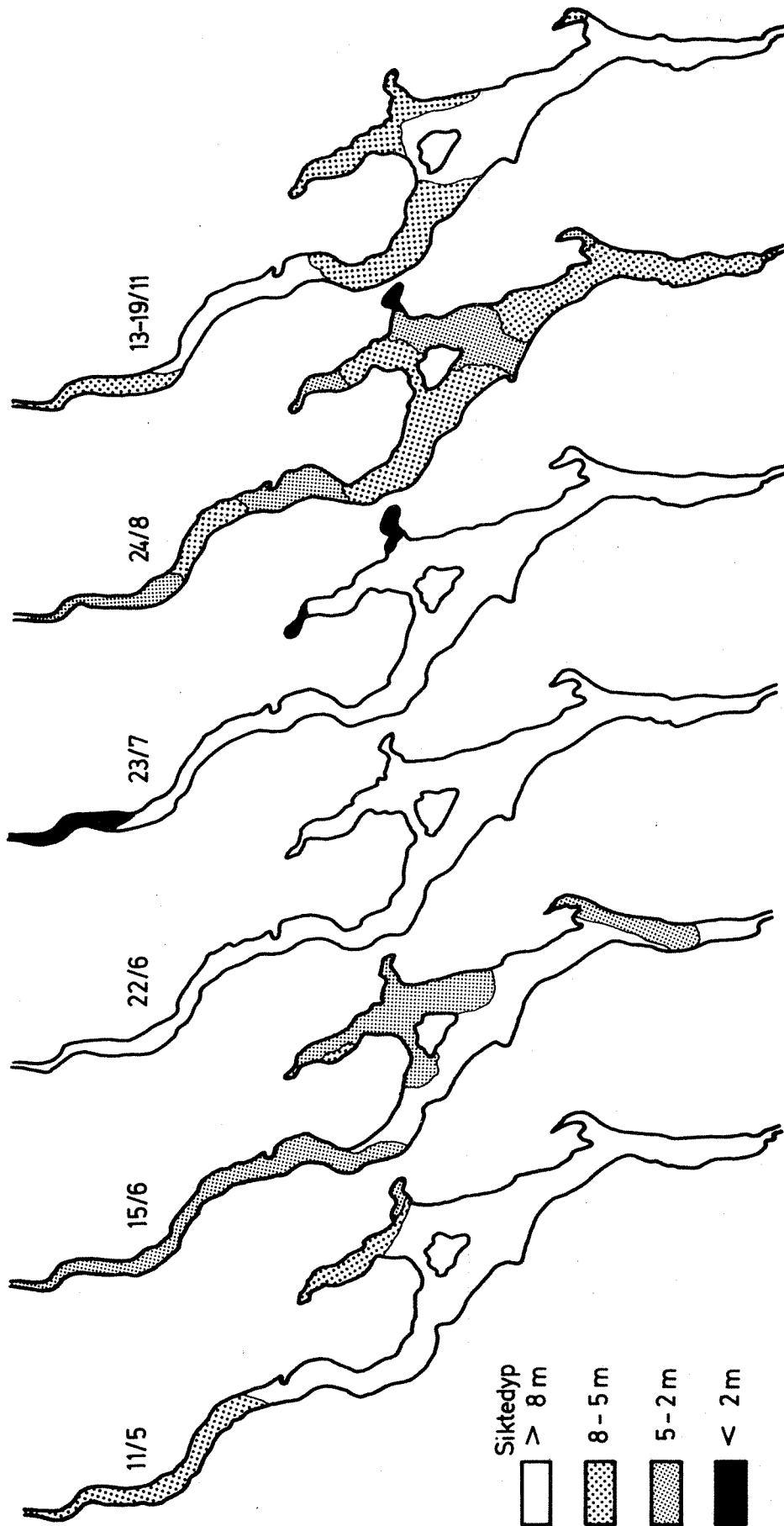


Fig. 73. Situasjonsbilde over siktedyp i sommerperioden 1973.

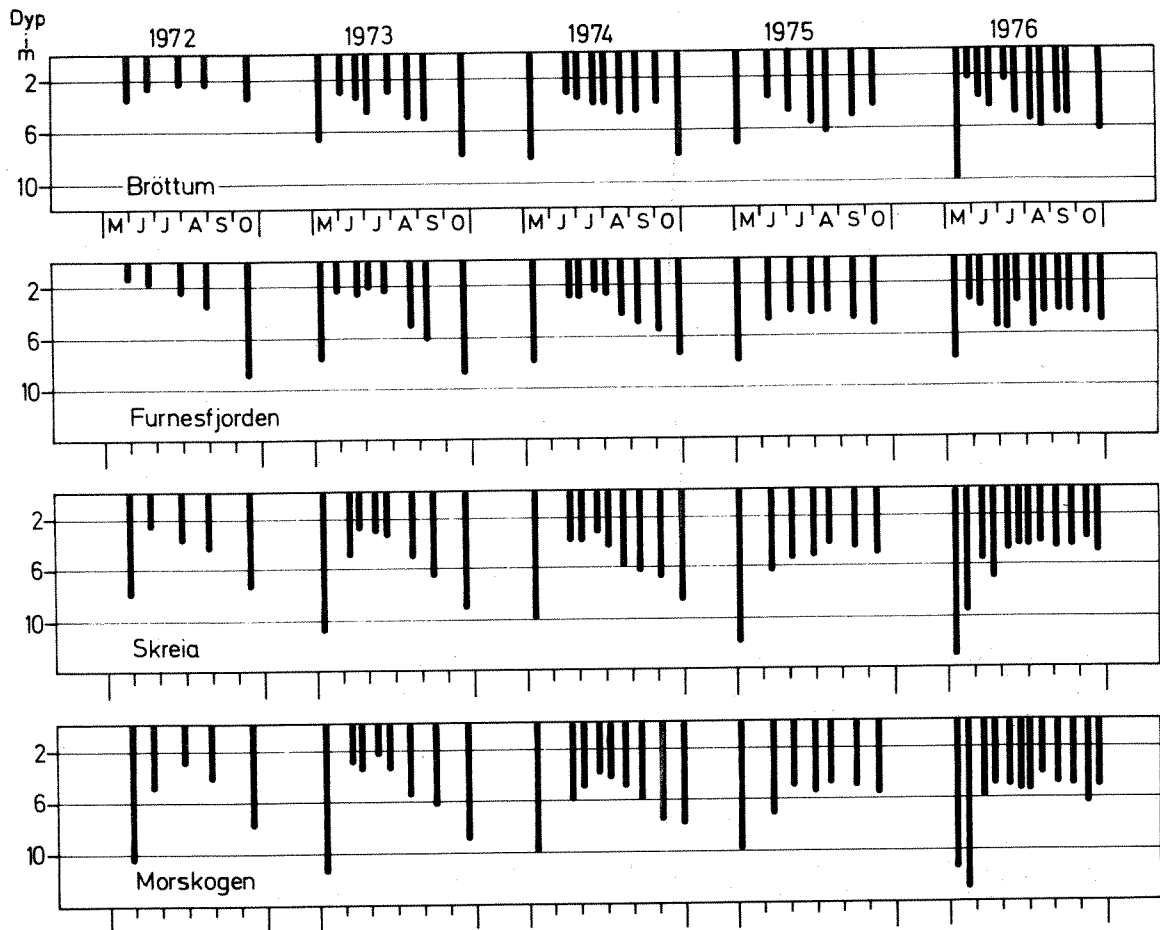


Fig. 74. Siktedyp ved fire stasjoner i Mjøsa gjennom sommerperioden 1972-1976.

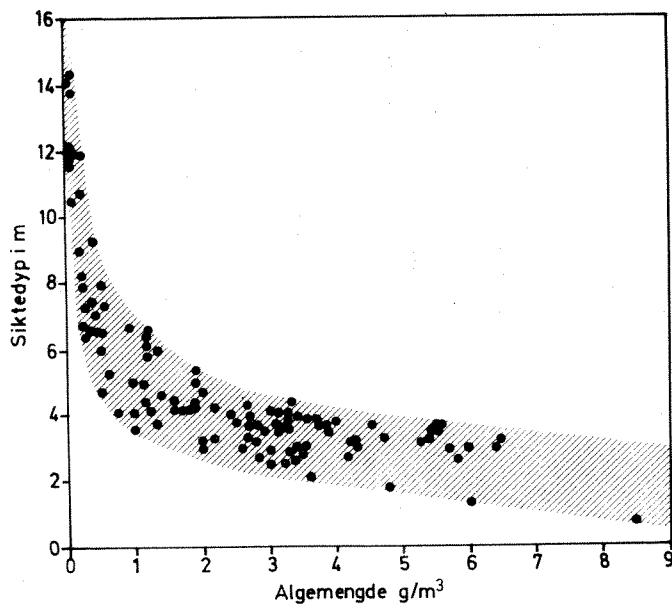


Fig. 75. Sammenheng mellom siktedyp og algemengde. Datamaterialet stammer fra de sentrale og sydlige partier av Mjøsa, der det i hovedsak er algemengden som er bestemmende for siktbarheten i vannet.

Regionalt sett var siktbarheten best i Mjøsas sentrale og sydlige deler. Her er det i hovedsak algeforekomsten som er bestemmende for siktedypet, men breslam og humustilførsel kan til sine tider ha en viss betydning. Som det fremgår av fig. 75, medfører allerede små forandringer i algemengden betydelige forandringer i siktedypet.

Mjøsaksjonen har som målsetting å redusere algemengden i den grad at siktedypet om sommeren ikke underskrider en verdi på 6 m i de sydlige og sentrale deler av Mjøsa, dvs. i de områder der det i hovedsak er algemengden som bestemmer siktbarheten.

14. ALGEPRODUKSJON, SAMMENSETNING OG MENGDE

14.1 Primærproduksjon

Undersøkelse av planteplanktonets primærproduksjon (produksjon av planktonalger pr. tidsenhet) på grunnlag av C_{14} -teknikk, ble utført i tidsrommet 1973-1976. De første årene ble det bare samlet inn et fåtall data, og produksjonsberegningene fra disse årene er derfor usikre - dette gjelder spesielt 1973. Dagsproduksjonen uttrykt som $\text{mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$ fremgår av fig. 76 og årsproduksjonen uttrykt som $\text{g C/m}^2 \cdot \text{år}$ av fig. 77.

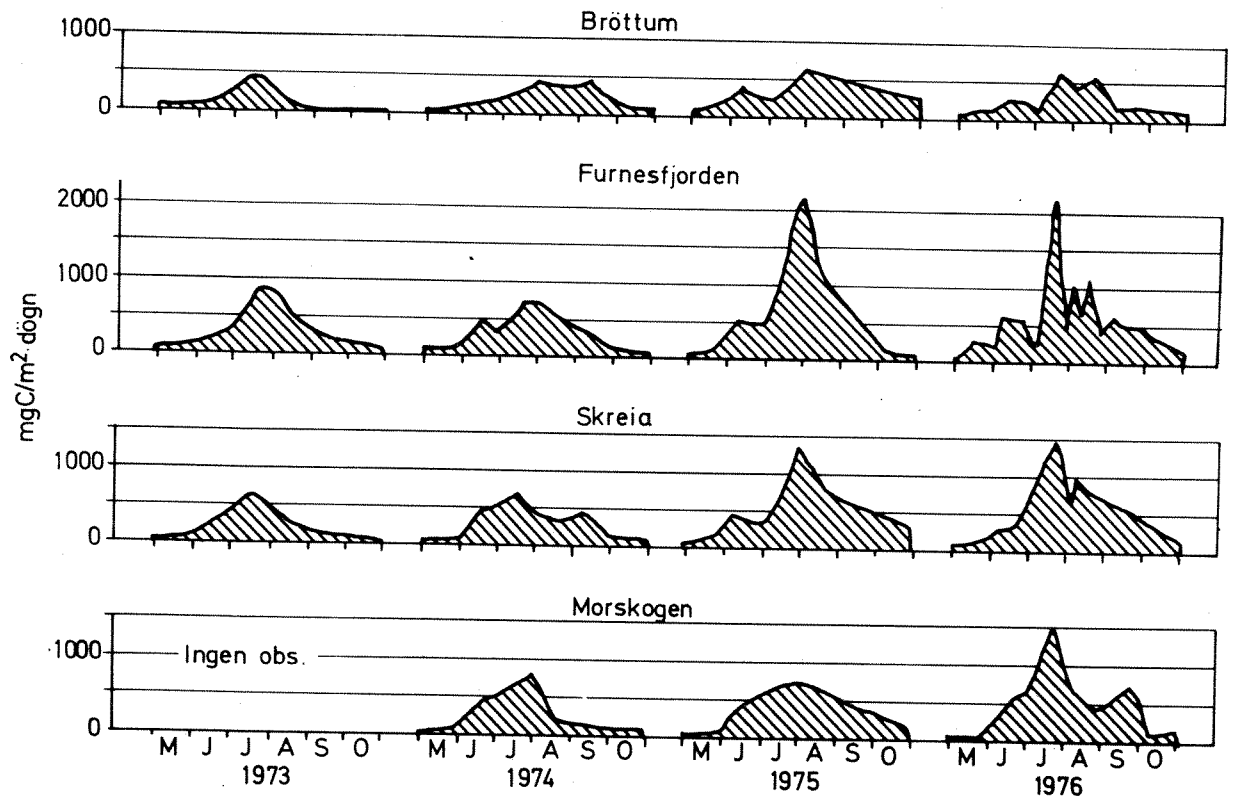


Fig. 76. Planteplanktonproduksjon uttrykt som dagsproduksjon under vekstsesongen ved fire stasjoner i Mjøsa i perioden 1973-1976.

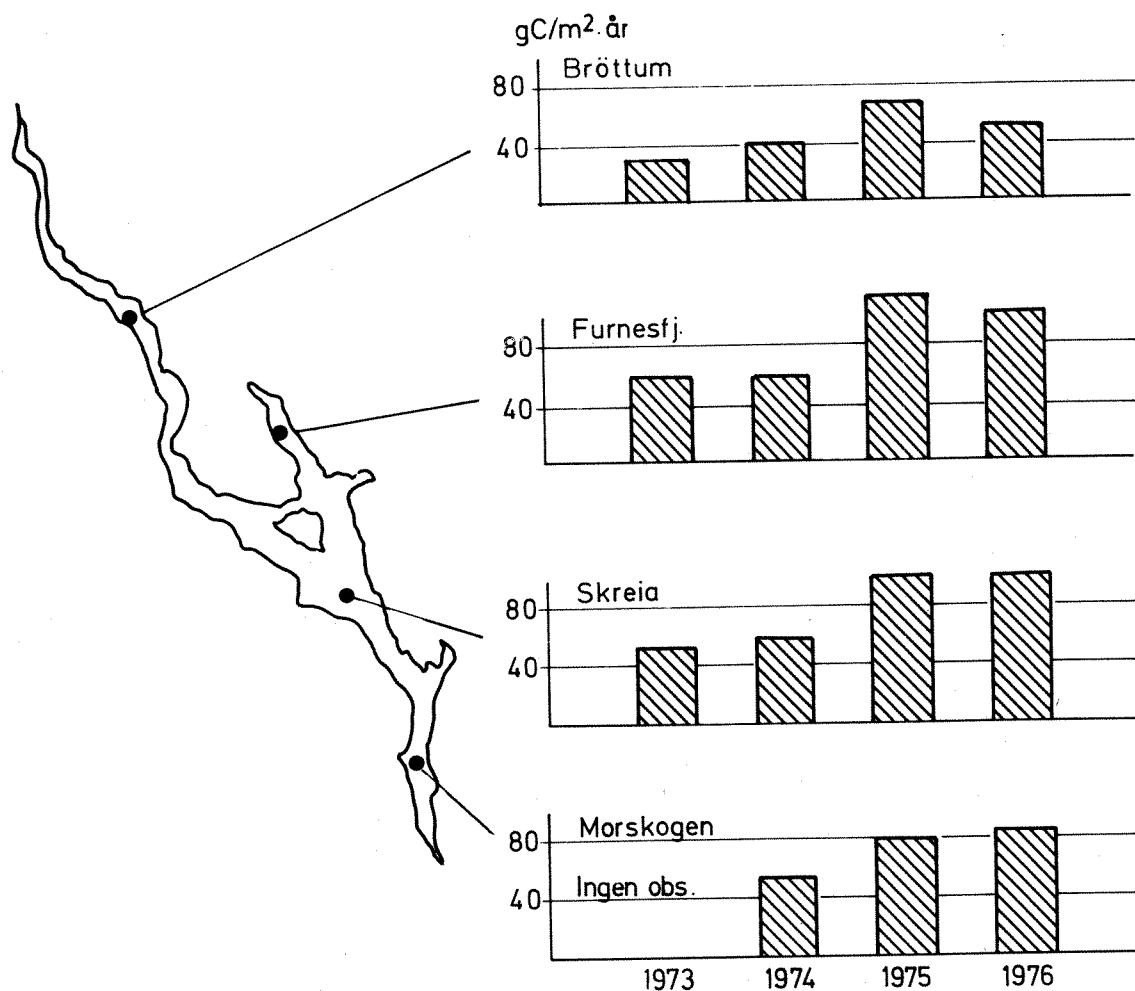


Fig. 77. Planteplanktonets årsproduksjon beregnet for tidsperioden 15/4-15/11 ved fire stasjoner i Mjøsa i perioden 1973-1976.

I løpet av mai og før det ble dannet noe stabilt sprangsjikt, var algeproduksjonen lav for så å øke videre utover sommeren. Maksimum ble som regel nådd i slutten av juli - begynnelsen av august i forbindelse med stor forekomst av alger, spesielt kiselalger, vel utviklet sprangsjikt og forholdsvis varmt vann. Videre utover sensommeren og høsten avtok produksjonen sukssessivt.

Avtakende temperatur og sprangsjiktreduksjon er noen av de faktorer som forårsaker denne nedgang. Dette var hovedmønsteret på samtlige stasjoner, men en viss tidsforskyvning mot sensommeren kunne imidlertid spores i de nordlige områder (Brøttum). Dette har sammenheng med flomvannføringen i Gudbrandsdalslågen, og dennes dempende effekt på forsommeren. Algepro-

duksjonen skjedde i det vesentligste i de aller øverste vannlag (0,5-1 m). Dette gjelder samtlige år unntatt 1976 og i noen grad på sensommeren 1975, da det var betydelig produksjon også i 4-6 meters dyp. Dette dypere-liggende maksima var forsårsaket av den store forekomsten av blågrønn-algen *Oscillatoria* på sensommeren og høsten disse år - et fenomen som var spesielt markert ved stasjonene Furnesfjorden og Skreia i 1976.

Samtlige år var produksjonstallene høyest ved stasjonen i Furnesfjorden. Som det fremgår av fig. 77 og tabell 26 var produksjonen betydelig høyere i 1975 og 1976 enn i 1973-1974. Dette var særlig tilfelle i Mjøsas sentrale deler (Furnesfjorden - Skreia). I Furnesfjorden ble det både i 1975 og 1976 målt produksjon på ca. 2 g C/m^2 og døgn - en dagsproduksjon som nærmer seg forholdene i mer eutrofe innsjøer. Ut fra primærproduksjonsdata kan Mjøsa nærmest henregnes til den meso-eutrofe delen av trofiskalaen.

Sammenlikner man algeproduksjonen i Mjøsa i dette tidsrom med forholdene i andre norske innsjøer, f.eks. den eutrofe Gjersjøen syd for Oslo (tabell 27) var årsproduksjonen relativt lav i forhold til høyeste målte dagsproduksjon. Dette gjelder spesielt for 1975 og 1976 og har sin årsak i at algeproduksjonen i løpet av den egentlige vekstsesongen (mai-oktober) ble dempet av naturgitte faktorer som f.eks. sen oppvarming av vannmassen i løpet av våren sammen med vind- og flompåvirkningen. En til sine tider høy dagsproduksjon indikerer allikevel at næringssalttilførselen var stor nok til å gi en betydelig algeproduksjon i store deler av Mjøsa på tidspunkter da andre faktorer ikke dempet algeproduksjonen merkbart.

Verdiene for planteplanktonets primærproduksjon var høy både sett i relasjon til de lave fosforkonsentrasjoner ved vekstsesongens begynnelse (bassiskonsentrasjon) og dypvannsmassenes høye oksygeninnhold. Dette er forhold som tyder på at næringssalttilførsel via punktutslipp fra bebyggelse og industri til overflatelagene (produksjonssonen) under vegetasjonsperioden samt innblanding av vann fra dypere lag, er av stor betydning for algeproduksjonen i Mjøsa. En reduksjon av fosfortilførselen spesielt fra punktkilder, skulle derfor i alle fall teoretisk sett umiddelbart kunne gi en reduksjon av algeproduksjonen og dermed bremse eutrofieringen.

Tabell 26. Produksjonsdata for planteplankton fra Mjøsa 1973-1976 basert på målinger i tidsperioden mai-oktober.

Brøttum	1973	1974	1975	1976
Høyeste målte dagsprod. mg C/m ² · dag	455	414	632	642
Middel dagsprod (mai-okt.) mg C/m ² · dag	≈140	≈230	≈380	≈280
Årsproduksjon gram C/m ² · år	ca.25	ca.40	60-70	ca.50

Furnesfjorden	1973	1974	1975	1976
Høyeste målte dagsprod. mg C/m ² · dag	914	728	2130	2140
Middel dagsprod.(mai-okt.) mg C/m ² · dag	≈350	≈330	≈600	≈580
Årsproduksjon gram C/m ² · år	ca.60	ca.60	ca.110	ca.100

Skreia	1973	1974	1975	1976
Høyeste målte dagsprod. mg C/m ² · dag	643	651	1355	1425
Middel dagsprod.(mai-okt.) mg C/m ² · dag	≈290	≈300	≈560	≈570
Årsproduksjon gram C/m ² · år	ca.50	50-60	ca.100	ca.100

Morskogen	1873	1974	1975	1976
Høyeste målte dagsprod. mg C/m ² · dag	Ingen	756	744	1515
Middel dagsprod.(mai-okt.) mg C/m ² · dag	observ.	≈270	≈400	≈480
Årsproduksjon gram C/m ² · år		ca.50	ca.80	80-90

Tabell 27. Primærproduksjonsdata (algeproduksjon i de frie vannmasser) fra noen norske innsjøforekomster.

Lokalitet	Karakteristika											
	Gjersjøen 1) 1972-73	Tyri fjorden 3) 1973	Einavatn 5) 1977	Heddalsvatn 2) 1975	Krøderen 3) 1973	Sperillen 3) 1973	Hurdalsjøen 5) 1977	Norsjø 2) 1975	Randsfjorden 3) 1973	Vagåvatn 1972	Losna 1974-75 4)	Bandak 2) 1975
MIDDELDYP I METER	23	114	ca.20	ca.25	33	39	24	87	44,4	-	-	121
HØYESTE MÅLTE DAGSPRODUKSJON	1900	350	349	325	300	300	209	150	150	194	151	150
MIDDEL DAGSPRODUKSJON	1130-1420	200	140	123	150	150	110	93	80	80	74	60
ÅRSPRODUKSJON GRAM C/m ²	200-275	30	26	22-25	25	25	20	17	15	10-15	14	10

1) Lillevold 1975 2) Berge, Rognerud 1975 3) Rognerud 1973 4) Berge, Rognerud 1976 5) Blakar 1977.

Generell trofibetraktning.

Trofinivå	Oligo- trof.	Meso- trof.	Eutrof.	Høy eutrof.
Max. dagsproduksjon mg C/m ² · dag	<300	200-700	400-2000	1500-6000
Årsproduksjon gram C/m ² · år	< 30	25-60	40-200	130-600

Mjøsaksjonen tar sikte på å redusere algeproduksjonen til et nivå hvor den maksimale dagsproduksjon ikke i vesentlig grad overstiger $300\text{--}350\text{ mg C/m}^2$ og årsproduksjonen ikke nevneverdig overstiger 30 g C/m^2 pr. år. Dette er forhold slik de i dag foreligger f.eks. i Tyrifjorden og slik de formodentlig var i Mjøsa i begynnelsen av 50-årene.

14.2 Planteplanktonforholdene i Mjøsa 1972-1976

I fig. 78 er vist en oversikt over mengden (biomasse uttrykt som ferskvækt) planteplankton gitt som totalvolum ved de ulike tidspunkt da slike prøver ble samlet inn i Mjøsa i perioden 1972-1976. Algene ble telt i (omvendt) mikroskop, hvorpå volumet er beregnet ut fra algenes midlere spesifikke volum.

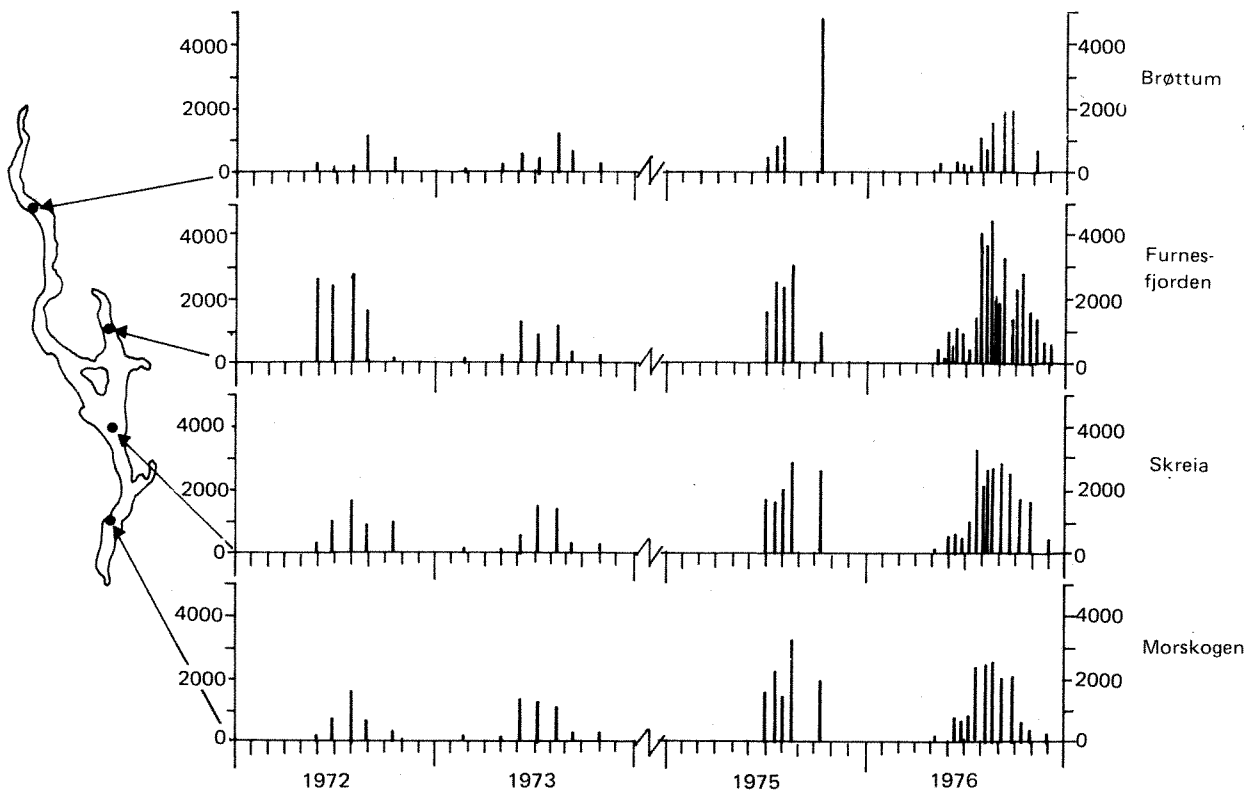


Fig. 78. Variasjoner i planteplanktonets totalvolum ved hovedstasjoner i Mjøsa i perioden 1972-1976. Verdier angitt i $\text{mill. } \mu^3/\text{l}$. $1000\text{ mill. } \mu^3/\text{l} = 1\text{ mm}^3/\text{l} = 1\text{ mg våtvekt planteplankton pr. liter}$.

De viste stolpene i figuren angir verdiene for blandprøver fra 0-10 m dyp.

Som det fremgår av figuren, var det en viss økning i algebiomassen i denne perioden generelt sett, og spesielt påtakelig er den økte algeforekomsten utover sensommeren og høsten årene 1975 og 1976. Denne økningen skyldes i første rekke et stadig større innslag av blågrønnalger (Cyanophyceae). Blågrønnalgene hadde sin største bestand høsten 1976. Dette fremkommer av fig. 79 som viser variasjonene i sammensetning av de viktigste planteplanktonartene på stasjon Skreia. I begynnelsen av perioden (1972-1973) var samfunnet det meste av vekstsesongen (mai-oktober) dominert av store kiselalgearter (Bacillariophyceae) som *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata* og til en viss grad *Fragilaria crotonensis*. *Fragilaria crotonensis* er en art som en vanligvis finner i eutrofe (næringsrike) innsjøer, eller innsjøer som er på overgangen mellom et moderat næringsrikt (mesotroft) til et mer næringsrikt (eutroft) stadium i utviklingen, på høysommeren eller tidlig høst. *Asterionella formosa* som er en vanlig art i våre store innsjøer, hadde sin største forekomst tidligere i sommerperioden. I 1975 og særlig 1976 da blågrønnalgene med *Oscillatoria bornetii* f. *tenuis* dominerte planktonet i vekstsesongen, var det forholdsvis små bestander av *Asterionella formosa*. *Tabellaria fenestrata* var til stede alle år, mest i siste halvdel av vekstsesongen, og vanligvis ikke i dominerende mengder.

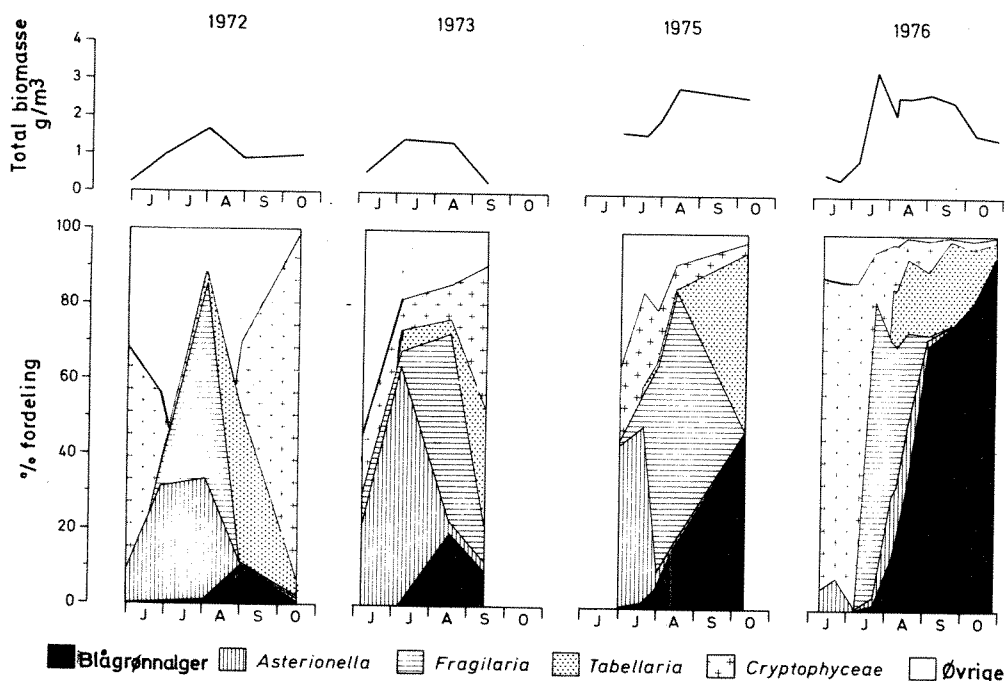


Fig. 79. Algemengde og de viktigste arter og gruppers % fordeling i blandprøver fra 0-10 meters sjiktet i Mjøsa under perioden 1972-1976.

Gruppen Cryptophyceae, som består av encellede flagellater forekommer i Mjøsa i svært varierende bestander, men har vanligvis sin største forekomst tidlig i sesongen. Dette er arter som antakelig har et lavt lysoptimum, og som derfor får konkurransemessige fordeler fremfor andre arter når lysmiljøet er lavt, som f.eks. under isen, ved sirkulasjonsperioder og i flomperiodene om våren/forsommeren når vannmassene inneholder mye uorganiske partikler som absorberer lyset. Disse artene, hvorav de viktigste i Mjøsa er *Rhodomonas lacustris* og *Cryptomonas* spp., har dessuten egenbevegelse ved hjelp av flagellene og kan derfor holde seg i det vannlag som har de gunstigste lysforhold til enhver tid.

Grønnalgene (Chlorophyceae) spiller i det samlede planteplankton i Mjøsa en forholdsvis beskjedne rolle, selv om enkelte arter, i første rekke *Paulschulzia pseudovolvox*, enkelte år kan opptre i noe større bestander i juli-august.

I hele perioden 1972-1976 forekom de største algemengdene i Furnesfjorden (fig. 78). Mengdene var vanligvis relativt sett små på stasjon Brøttum, med unntak av oktober 1975, da det ble registrert rekordstore mengder av planteplankton på denne stasjonen, antakelig som følge av en konsentrering i dette området på grunn av spesielle vind- og strømforhold og liten vannføring i Gudbrandsdalslågen. I 1974 ble det ikke analysert på planktonalger direkte, men i fig. 80 er gitt det organiske tørrstoffinnholdets variasjoner på de forskjellige stasjoner, og den viser også en økning på sensommeren og høsten. Det meste av tørrstoffet må en regne med stammer fra planteplanktonet.

I perioden 1972-1976 var det visse trekk i algeutviklingen gjennom vekstsesongen som gikk igjen.

På forsommeren var det en dominans i planktonet av kiselalger med *Asterionella formosa* som viktigste art og med *Stephanodiscus hantzschii* som særlig fremtredende i planteplanktonet i Furnesfjorden. På denne tiden hadde også cryptomonadene spesielt *Cryptomonas* spp. og *Rhodomonas lacustris* et betydelig innslag. Dette samfunnet, og da særlig kiselalgesamfunnet, får utover sommeren et større innslag av *Fragilaria crotonensis* sammen med grønnalgen *Paulschulzia pseudovolvox* og i enkelte år gulalgen (chrysophyceae) *Uroglena americana*.

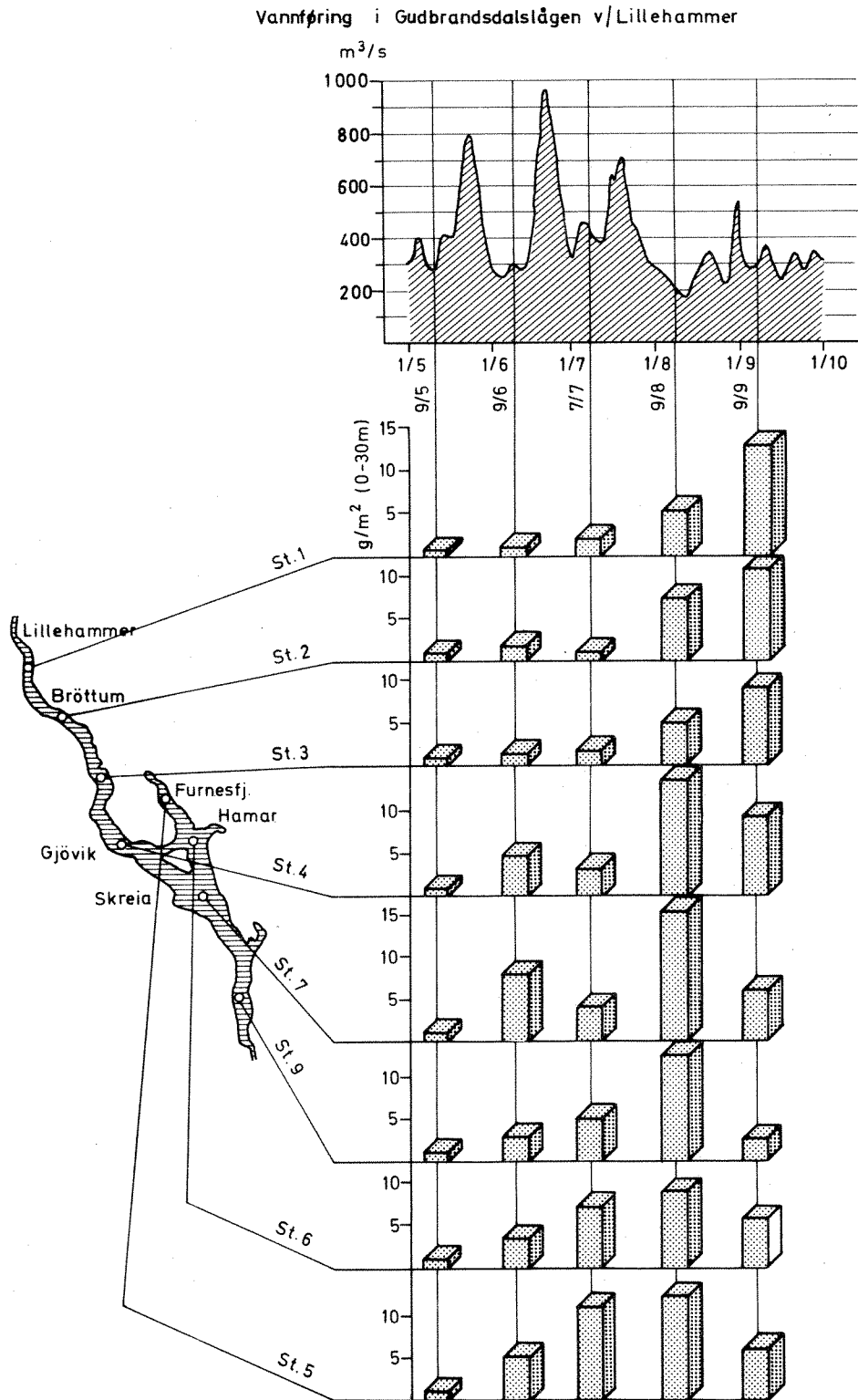


Fig. 80. Håvplanktonmengden under $1 m^2$ overflate fra overflaten til 30 meters dyp uttrykt som g tørrvekt, sommeren 1974. Flomsituasjonen i Gudbrandsdalslågen med flere større flomtopper i løpet av sommeren virker dempende på planktonutviklingen.

På ettersommeren forsvinner *Asterionella formosa* mer og mer og *Tabellaria fenestrata* kommer inn som nytt dominerende element blant kiselalgene.

De senere årene i perioden, begynte blågrønnalgen *Oscillatoria bornetii* f. *tenuis* på ettersommeren å utvikle seg til et volummaksimum i september-oktober. Tidligere år, før *Oscillatoria* fikk den store dominansen i planktonet, fikk en utover høsten gjerne et sekundært maksimum av cryptomonader.

Den endringen en har registrert fra tidligere år og inn i og gjennom perioden 1972-1976, er foruten en økning i den samlede algebiomasse også en endring i artssammensetning og dominans til tider av året med arter som er typiske for mer eutrofe lokaliteter.

Tidligere var algesamfunnet i vekstsesongen dominert av store kiselalger, med *Asterionella formosa* som den viktigste arten sammen med *Tabellaria fenestrata*. Dette er arter som en vanlig finner fremtredende i planteplankton i store, dype og relativt næringsfattige innsjøer. Disse artene var viktige elementer også i perioden 1972-1976, men i tillegg fikk kiselalgearter som *Stephanodiscus hantschii* (v. *pusillus*) på våren og forsommeren og *Fragilaria crotonensis* i sommerperioden, en mer og mer fremtredende plass i det samlede algesamfunn i denne perioden. Disse artene blir vanligvis regnet som indikatorer på mer eutrofe tilstander i en innsjø.

Det mest synbare bevis for den eutrofierende utvikling i Mjøsa ved siden av den økende algemengden frem til 1976 hadde en imidlertid i den økende forekomsten av trådformede blågrønnalger i algesamfunnet med arter som *Oscillatoria bornetii* f. *tenuis* og *Oscillatoria limnetica* som de viktigste og den tildels dramatiske økningen i mengdeandel av *Oscillatoria bornetii* f. *tenuis* i planktonet mot slutten av perioden.

Cryptomonadene med arter som *Rhodomonas lacustris*, *Katablepharis ovalis* og *Cryptomonas* spp. er vanlige i nær sagt alle vannkvalitetstyper og er i seg selv ingen indikatorarter, men den økende mengden og den økende andel av det samlede algevolum disse artene fikk i perioden 1972-1976 viser også den eutrofierende utvikling som Mjøsa var inne i.

Tidligere kunne en betegne Mjøsa som en kiselalge - monadeinnsjø. I perioden 1972-1976 gikk den over til å bli mer og mer en kiselalge - blå-

grønnalgeinnsjø, en utvikling en kjenner igjen fra andre sterkt belastede innsjøer som Bodensee, Zürichsee og Lake Washington.

14.3 Total klorofyll a

Total klorofyll a er et mål for den totale mengde planteplankton (algebiomasse) i vannet. Data for total klorofyll a ble samlet inn fra blandprøver fra 0-10 metersjiktet under sommerperioden 1976 (fig. 81). Klorofyllprøvene er tatt fra de samme blandprøver som ble anvendt for kvantitativ bestemmelse av planteplankton. Klorofyllinnholdet i de øvre vannlag viste stort sett det samme variasjonsmønster både i tid og rom som planteplanktonmengden. De høyeste verdier med et totalt klorofyll a-innhold på ca. 10 mg/m^3 ble notert i Mjøsas sentrale partier (Furnesfjorden, Skreia) i forbindelse med kiselalgeoppblomstringen i slutten av juli. I den nordre og søndre delen av Mjøsa var klorofyllverdiene på alle observasjonsdager mindre enn 5 mg/m^3 . De høyeste middelerverdier under den "egentlige vegetasjonsperioden" (mai-oktober) gjelder stasjonene i Mjøsas sentrale deler med $5,2 \text{ mg/m}^3$ (Furnesfjorden) og $4,5 \text{ mg/m}^3$ (Skreia). I den søndre delen (Morskogen) var middelerverdien $3,5 \text{ mg/m}^3$ og i den nordre delen (Brøttum) $2,7 \text{ mg/m}^3$.

Målsetting for Mjøsaksjonen er at innholdet av total klorofyll a ikke vesentlig overstiger 2 mg/m^3 .

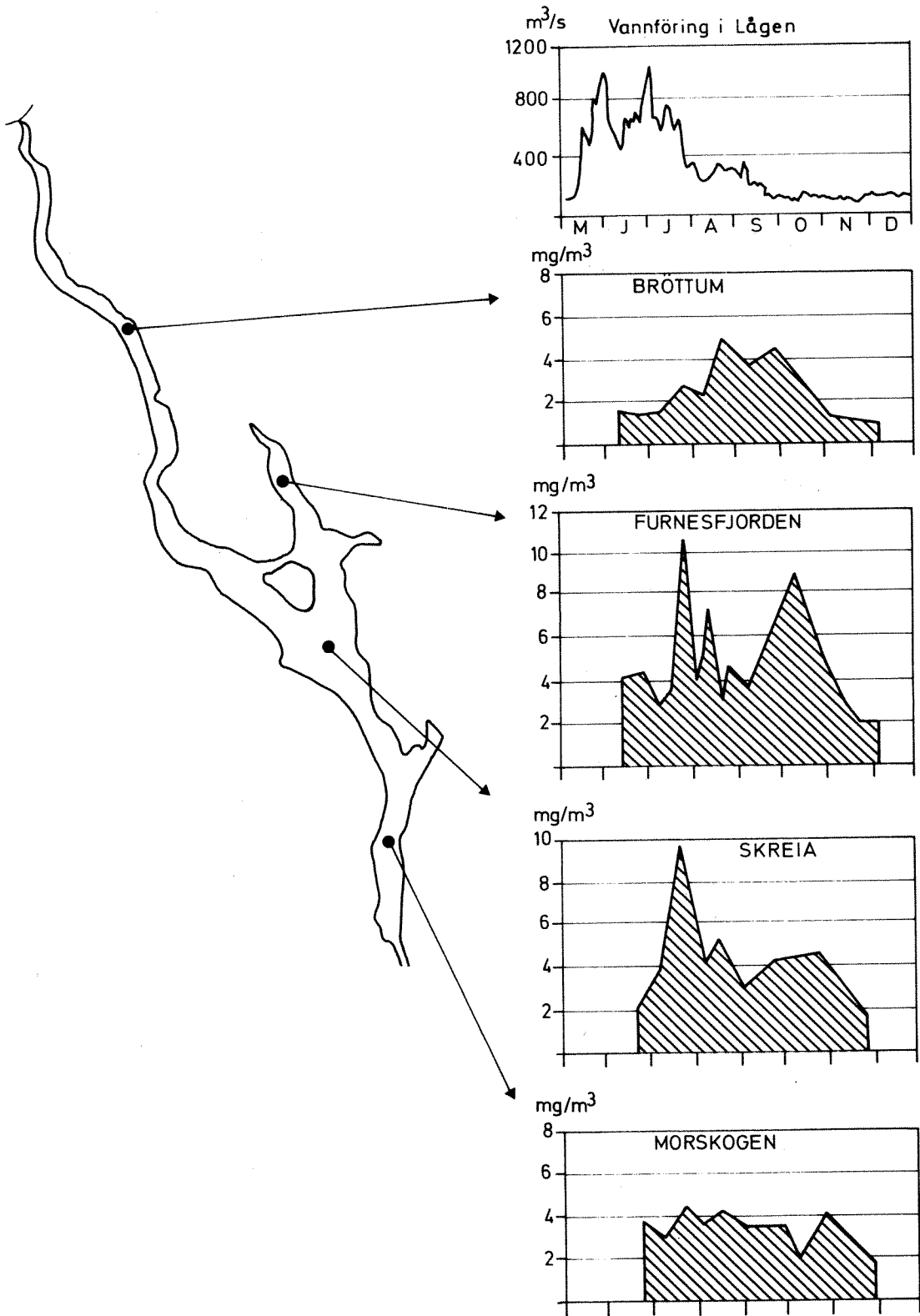


Fig. 81. Total klorofyll a, blandprøve fra 0 til 10 m, 1976.

15. KREPSDYRPLANKTON

Totalt er det hittil funnet 29 forskjellige arter krepsdyrplankton i Mjøsas frie vannmasser, hvorav 11 av disse nærmest er å regne som thycholimniske. Dette vil si at de hovedsaklig er strand- eller bunnformer, som bare rent tilfeldig oppholder seg i de frie vannmasser. Slike situasjoner oppstår ved store algeforekomster eller etter kraftige vindperioder da de lett føres ut fra strendene. Elleve av de påviste arter tilhører gruppen hoppekreps (Copepoda), og sytten tilhører gruppen vannlopper (Cladocera). De vanligst forekommende artene er de calanoide hoppekrepsene *Limnocalanus macrurus* (en glacialimmigrant) og *Eudiaptomus gracilis*, samt de cyclopoide hoppekrepsene *Cyclops lacustris* og *Thermocyclops oithonoides*, sammen med vannloppene *Daphnia galeata*, *Daphnia cristata* og *Bosmina longispina*. Glacialimmigranten *Mysis relicta*, en liten pungreke, opptrer i hovedsak som en planktonisk form i Mjøsa. Den marflolignende *Pallasea quadrispinosa* (glacialimmigrant) må også nevnes i denne sammenheng, da den til sine tider opptrer planktonisk. Dette gjelder spesielt yngre eksemplarer som ofte påtreffes sammen med *Mysis relicta* på dyp omkring 80-100 meter.

I perioder med maksimal individtetthet varierer antall krepsdyrplankton mellom 1 og 1,5 mill., individer/m² (fig. 82), mens biomassen når verdier opp til 8 g/m², uttrykt som tørrvekt. Den største forekomst er registrert i Mjøsas sentrale deler, såvel som i den sydlige del av innsjøen. Når det gjelder forholdet mellom gruppene hoppekreps og vannlopper, synes det å være en tendens til økt antall av vannlopper i Furnesfjorden og i de nordlige områder. I den sydlige del av innsjøen overskred ikke på noe tidspunkt antall vannlopper 50% av totalfaunaen, mens denne verdi var 80% i Furnesfjorden og den nordlige delen av Mjøsa på det tidspunkt denne gruppe har sin største forekomst (se fig. 83). Det er en tendens til at krepsdyr-

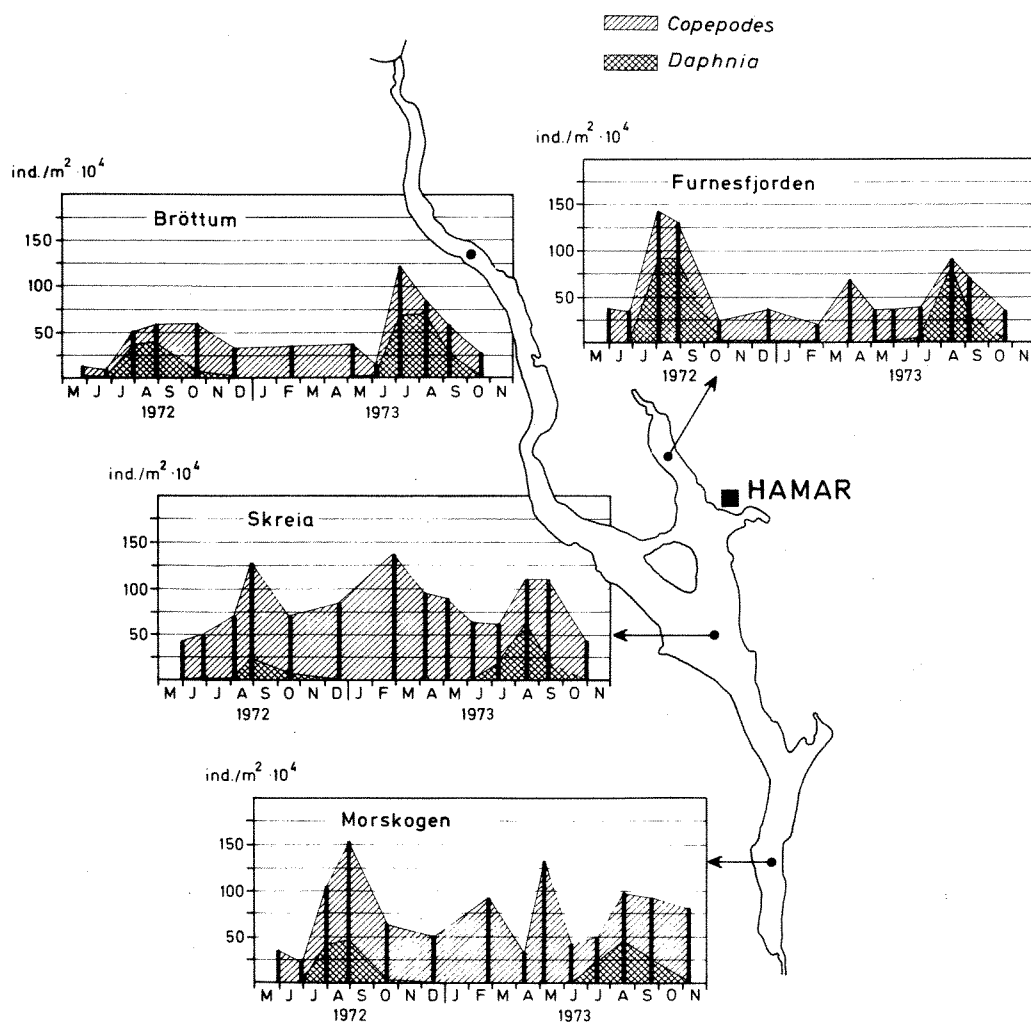


Fig. 82. Forekomst av krepssdyrplankton (ind./m²) på fire lokaliteter i Mjøsa. Mai 1972 - november 1973.

samfunnet utvikler seg senere om sommeren i de nordlige deler av innsjøen i forhold til Mjøsa forøvrig (fig. 84), dvs. vi finner her samme forhold som er påvist i algeutviklingen.

Undersøkelser av dyreplanktonfaunaen ved århundreskiftet (Huitfeldt-Kaas 1946), gjør det i en viss grad mulig å sammenligne nåværende situasjon med tidligere tilstander. Man bør imidlertid ta det forbehold at ulike innsamlingssteknikk er anvendt og at det foreliggende datamateriale derfor ikke er helt sammenlignbart. På tross av dette forbehold, viser imidlertid det tilgjengelige materiale at forekomsten av krepssdyr, uttrykt som antall individer, er betydelig større nå enn i begynnelsen av 1900-tallet. Forholdet mel-

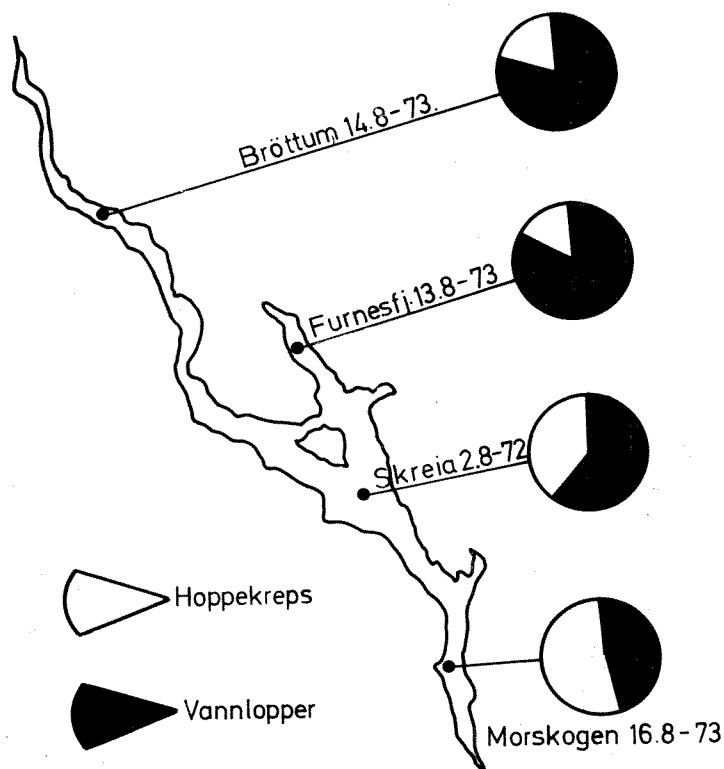


Fig. 83. Fordelingen mellom hoppekreps og vannlopper uttrykt som prosent ved de prøvetakingstidspunkter vannloppene har forekommet i størst antall i forhold til hoppøkrepsen. Fordelingen er basert på individantall/m².

lom hoppekrepsen og vannloppene har samtidig vist en tendens til økt antall vannlopper.

En forandring i artssammensetningen har også funnet sted. En art som helt synes å ha forsvunnet er gelekrepsen *Holopedium gibberum*, som er ansett for å være en god indikator på oligotrofe og/eller kalkfattige forhold. Den calanoide hoppekrepsen *Heterocope appendiculata* har sannsynligvis hatt en viss tilbakegang, mens arter som *C. lacustris*, *D. galeata* og *B. longispina* har økt. Dette gjelder i særlig grad *B. longispina* som har økt mest i antall individer av alle krepsdyrarter som ble registrert ved de tidligere undersøkelser. Blant "nykommerne" i de frie vannmasser kan vannloppen *D. cristata* spesielt nevnes, da den nå forekommer i et anselig antall. Andre "nykommere" inkluderer hoppekrepsene *Cyclops scutifer* og *Mesocyclops leuckartii* såvel som vannloppene *Diaphanozoma*, *Daphnia cucullata*, *Ceriodaphnia*, *Bosmina longirostris*, *Alonopsis*, *Alona*, *Alonella*, *Acroperus* og *Chydorus*.

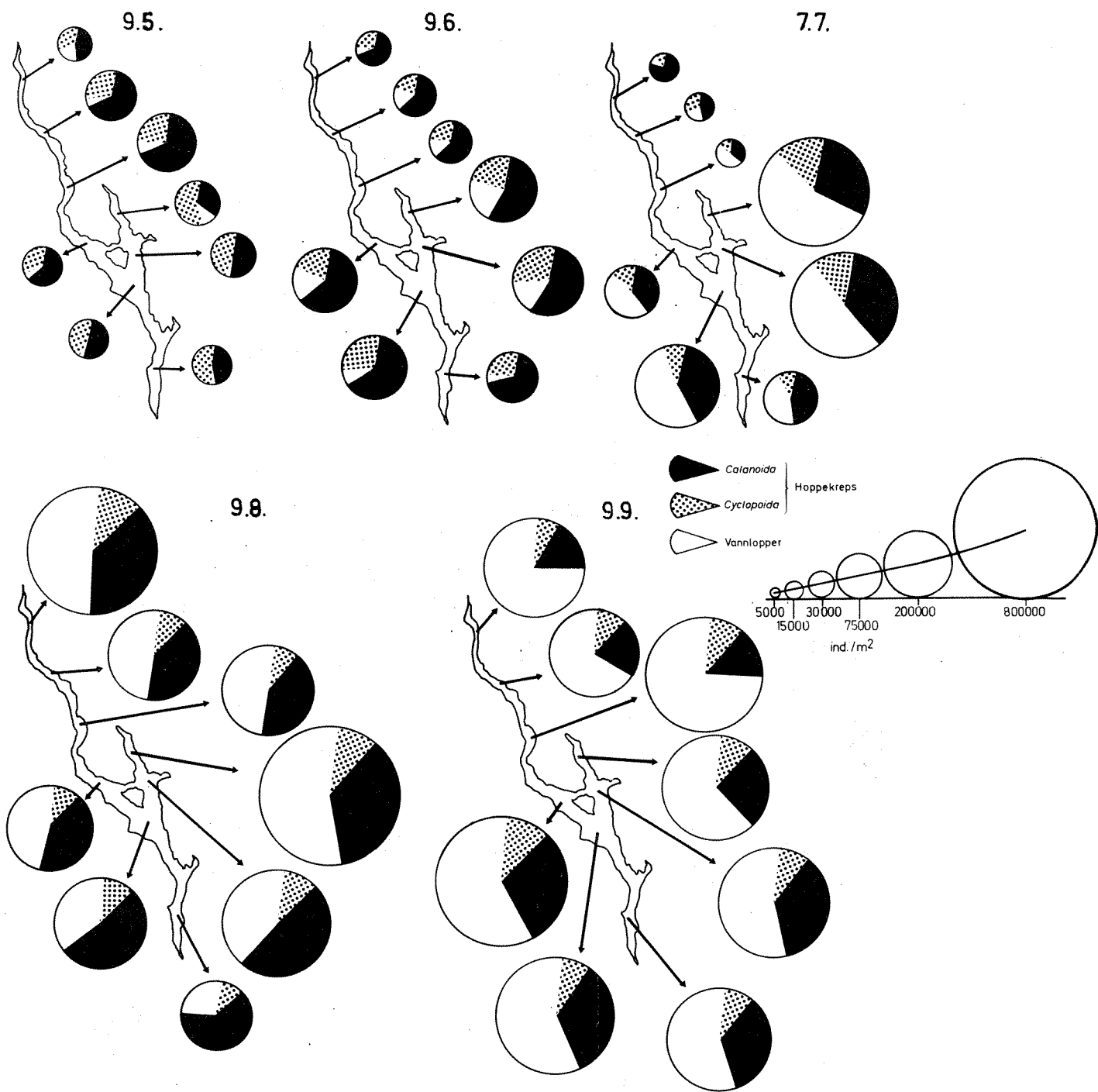


Fig. 84. Forekomst av krepssdyrplankton under sommerperioden 1974 uttrykt som individantall/m² basert på blandprøver fra 0-30 meter sjiktet.

Tabell 28 er utarbeidet for å kunne sammenligne krepssdyrmengden i Mjøsa med noen andre norske innsjøer. Da man vet lite om krepssdyrmengden i norske sjøer med henhold til mengde og vektforhold, er det vanskelig å dra mer konkrete konklusjoner i denne sammenheng. Forholdene i Mjøsa synes imidlertid nærmest å likne på situasjonen i Tyrifjorden.

16. HJULDYRPLANKTON (Rotatoria)

I årene 1972-1973 ble det samlet inn et betydelig materiale av hjuldyr i de frie vannmasser på de fire hovedstasjoner i Mjøsa. Bare en mindre del av dette materialet har kunnet bli bearbeidet hittil.

Totalt er 34 ulike hjuldyrarter hittil blitt påvist i Mjøsas frie vannmasser. En hel del av disse er nærmest å betrakte som thycholimniske, dvs. de er bunn- eller strandformer som mer tilfeldig oppholder seg i de frie vannmasser. De mest vanlig forekommende er likevel rent planktoniske former, og her kan bl.a. følgende slekter og arter nevnes:

Keratella cochlearis, *Kellicottia longispina*, *Notolca caudata* (glacialimmigrant). *Trichocerca porcellus*, *Synchaeta* spp. *Polyarthra vulgaris*, *Conochilus* spp., *Asplanchna priodonta* og *Ascomorpha ecaudis*. Disse dominerer som regel helt hjuldyrfaunaen i mengde.

Hjuldyrforekomsten når sitt maksimum under sommerperioden og hovedsaklig påtreffes hjuldyrene i de øverste vannlag av Mjøsa, dvs. ved og over sprangsjiktet (fig. 85). Størst forekomst synes å foreligge i Furnesfjorden som også kan oppvise den mest artsrike fauna av hjuldyr. Innslaget av mer "eutrofi-indikerende" arter er her også størst.

En sammenligning av nåværende verdier med de forhold som forelå i Mjøsa i begynnelsen av 1900-tallet (Huitfeldt-Kaas 1946), viser at forekomsten av hjuldyr har økt betydelig både når det gjelder mengde og artsrikdom. Videre viser dagens hjuldyrfauna en sammensetning som tyder på mer næringsrike forhold enn hva som var tilfellet ved den tidligere prøvetakingen ved århundreskiftet. Dette er forhold som kan settes i direkte samband med den eutrofiutvikling innsjøen nå er inne i.

Art./gruppe	Mnd.	Jan.	Feb.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
<i>Keratella cochlearis</i>													
<i>Kellicottia longispina</i>													
<i>Polyarthra spp.</i>													
<i>Conochilus spp.</i>													
<i>Synchaeta spp.</i>													
<i>Notolca caudata</i>													
<i>Asplanchna priodonta</i>													
<i>Gastropus stylifer</i>													
<i>Ascomorpha ecaudis</i>													
<i>Trichocerca porcellus</i>													
<i>Ploesoma hudsoni</i>													
<i>Filinia longiseta</i>													
<i>Collotheca sp.</i>													
<i>Keratella hiemalis</i>													
<i>Notolca squamula</i>													
<i>Euchlanis dilatata</i>													
<i>Brachionus urceolaris</i>													
<i>B. copsuliflorus</i>													
<i>Filinia brachiata</i>													
<i>Anuraeopsis fissa</i>													
<i>Keratella quadrata</i>													
<i>Cephalodella sp.</i>													

Fig. 85. Hjuldyrenes forekomst i løpet av året. Materialet stammer fra tidsperioden 1972-1976.

17. BUNNFAUNA

På sensommeren 1975 og i løpet av vinteren 1976 ble det fra Mjøsa samlet inn prøver av bunnfaunaen fra i alt 93 stasjoner, fordelt på tre dybdenivå; 20 m, 50 m og dyp større enn 50 m. Det er tidligere ikke blitt utført noen bunnfaunaundersøkelser i innsjøen, og det eksisterer derfor ikke noe materiale som nåværende data kan sammenlignes med.

Fig. 86 og 87 viser bunndyrfaunaens sammensetting, størrelse og biomasse i ovenfornevnte dybdeområder.

Innen de nevnte dypområder var faunaen dominert av gruppene fåbørstemark (*Oligochaeta*) og fjærmygglaver (*Chironomidae*) som ble funnet så langt ute som på maksimumsdypet (446 m). I 20- og 50-meters nivået dominerte som regel gruppen fåbørstemark i de nordre og sentrale deler av Mjøsa, mens gruppen fjærmygglarver dominerte ved de fleste stasjoner i den sydlige delen av innsjøen. På de dypere lokaliteter (≥ 50 m) var fåbørstemarken den dominerende gruppen på omtrent alle stasjoner, bortsett fra stasjonene i Furnesfjorden. Ved siden av de tre nevnte gruppene, ble gruppene rundorm (*Nematoda*), de relikte krepsdyrene (glacialimmigranter) *Pallasea quadrispinosa*, en art som er nær beslektet med marflo, og pungreken *Mysis relicta*, også funnet. Likeledes ble også ertemuslingen *Pisidium* påvist. Rundorm og pungreker ble funnet i alle dypere liggende bunnområder, mens ertemuslinger ble funnet i dypene ned til 220 m og den marflolignende *P. quadrispinosa* ned til dyp på 170 m. De to siste artene var mest vanlige i bunnområder grunnere enn 100 m.

Mjøsas bunnområder er generelt sett lite produktive med hensyn til antall individer og biomasse, og bunndyrforekomsten må nærmest betegnes som fattig til ekstremt fattig.

Vanligvis var antallet mindre enn 500 ind/m^2 og biomassen, uttrykt som våt-

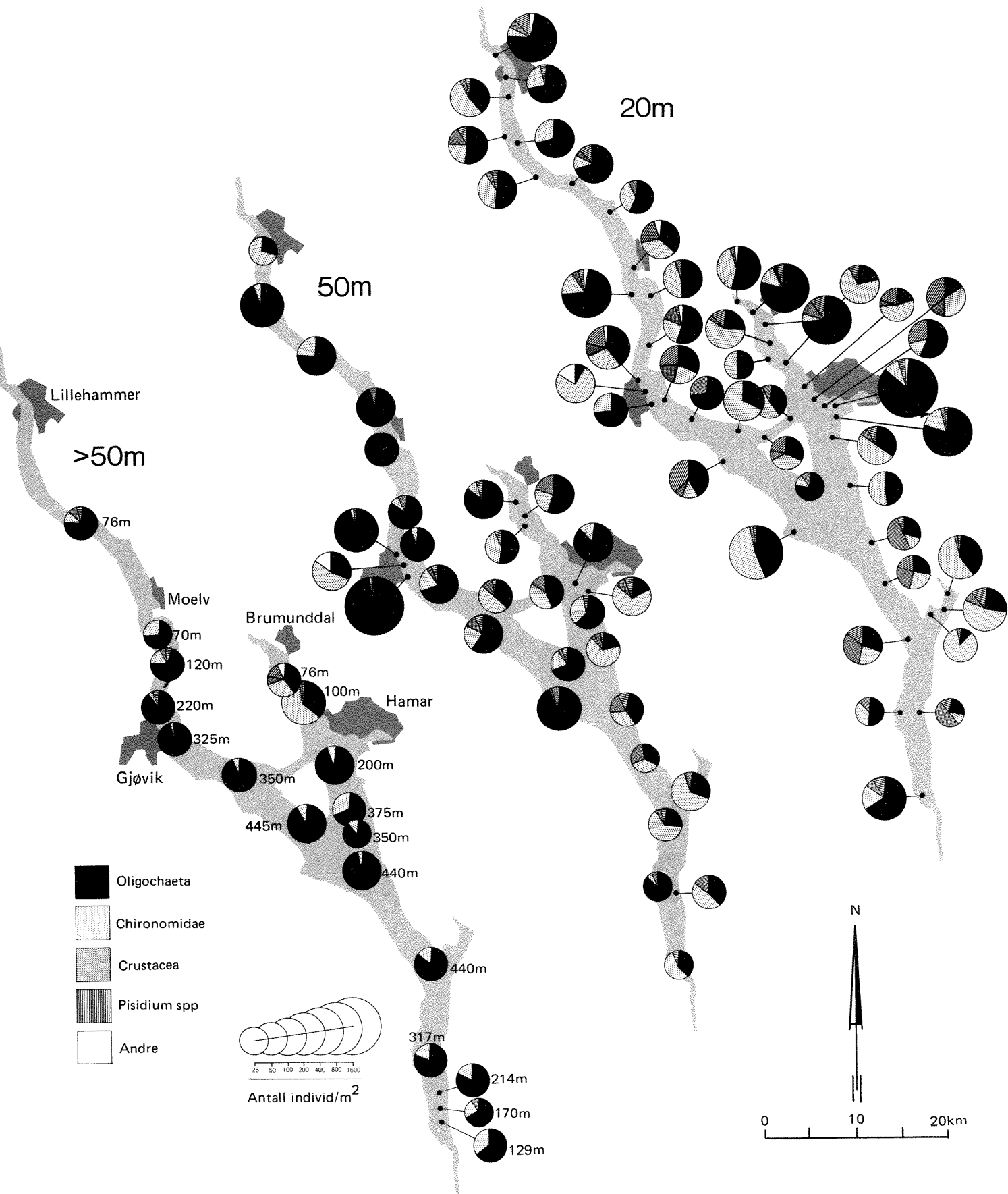


Fig. 86. Bunnfaunaens individtetthet og sammensetning på 20 m, 50 m og dyp >50 m. Mjøsa august 1975.

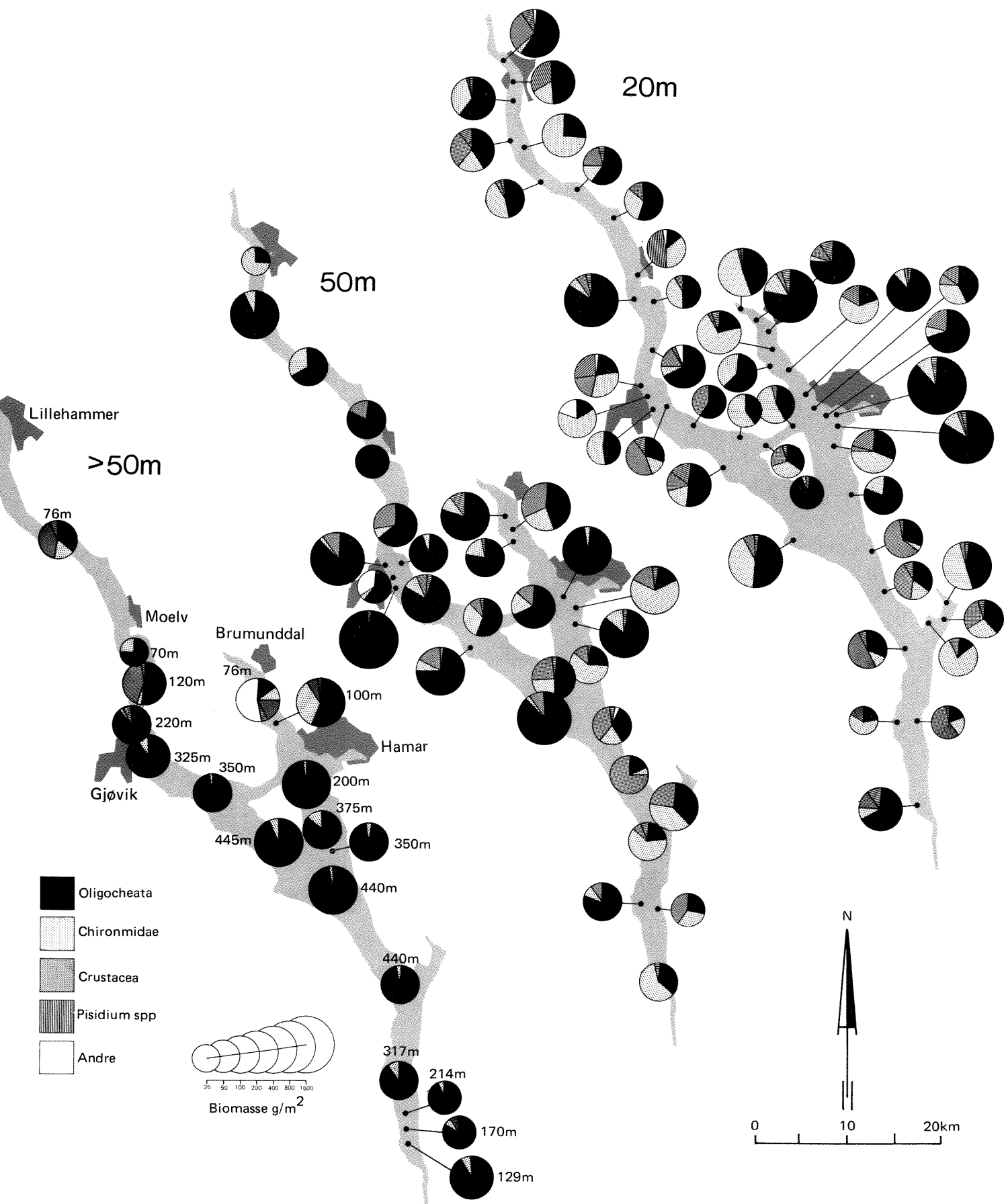


Fig. 87. Bunnfaunaens biomasse angitt som våtvekt på 20 m, 50 m og dyp >50 m. Mjøsa august 1975.

vekt, var henimot 1 g/m². Imidlertid ble det funnet store forekomster av fåbørstemark lokalt begrenset til fiberbankene utenfor utløpene fra celluloseindustrien. Her forekom mengder på oppimot 10.000 ind/m², tilsvarende en biomasse (uttrykt som våtvekt) på ca. 20 g/m². Innenfor slike områder er belastningen av organisk materiale så stor at høyere liv på lokalt begrensede områder er forsvunnet som følge av oksygenmangel og H₂S-utvikling (hydrogensulfid) i kontaktsonen vann - sediment. Bunnfaunaforekomsten utenfor Gjøvik var markert påvirket av fibermateriale helt ned til 300 m. Også på dette dyp fantes det områder der alt høyere organismeliv var helt forsvunnet. I tillegg til Gjøvik, foreligger det betydelige fiberavsetninger i områdene utenfor Brumunddal og i Mjøsas nordende. Rikere bunndyrforekomst forekommer foruten på fiberbankene, også i forbindelse med elveutløp og grunnområder utenfor byene. Hamarområdet og Furnesfjorden, spesielt de indre deler, synes å ha en noe rikere bunndyrforekomst enn de øvrige deler av innsjøen. Lavest forekomst synes å foreligge i Mjøsas sydlige deler.

Med unntagelse av lokalt begrensede områder med fiberavsetninger, eller områder som står under eller er direkte påvirket av store kloakkutslipp og /eller utslipp fra næringsmiddelindustri, var faunasammensetningen (både hva angår fåbørstemark og fjærmygg) dominert av oligotrofe arter/grupper, dvs. arter med et høyt oksygenkrav og som foretrekker bunnområder med et lavt innhold av organisk materiale. Fåbørstemarksamfunnet (*Oligochaeta*) var de fleste steder dominert av typisk "oligotrofe" arter, som *Stylodrilus heringianus* og *Pelosclex ferox*. I tillegg var *Tubifex tubifex* tilstede, en art som kan tolerere høy grad av forurensing. *T. tubifex*-forekomsten økte klart i områder hvor sedimentene hadde en økende organisk fraksjon, og denne organismegruppen dominerte fullstendig på de mest utsatte lokaliteter.

Fjærmyggene (*Chironomidae*) var dominert av den "ultraoligotrofe" arten *Heterotrissocladius subpilosus* de fleste steder i tillegg til andre "oligotrofe" arter/grupper som *Paracladopelma obscura* og *Miaropsectra* spp. Mer typisk "eutrofe" arter er ennå ikke observert i Mjøsas dypere områder. Derimot forekommer de i de mer belastede grunnområder og da spesielt i de kloakkpåvirkede områdene i tilslutning til de største tettstedene. Her kan f.eks. nevnes grunnområdene omkring Hamar der det blant annet er rik forekomst av fjærmygg tilhørende slekten *Chironomus*.

Bunnfaunaen i Mjøsas dypere områder har således et typisk "oligotroft" preg både med hensyn til artssammensetning og antall. Dette er i overensstemmelse med andre data og i særlig grad med oksygenforholdene, som viser at dypvannslagene i Mjøsa fremdeles har tilfredsstillende oksygentilstander. Det er heller ikke observert noen større oksygenreduksjon i kontaktsonen vann/sediment. Dette gjelder ikke lokale områder med høy organisk belastning, f.eks. på grunn av fiberutslipp fra celluloseindustrien. I en innsjø som Mjøsa, med et stort dyp i forhold til overflaten, kan man ikke vente store og dramatiske korttids-forandringer i de dypere bunnområder, selv om de øverste vannmasser gjennomgår en påtakelig eutrofiering.

En effekt av økt organisk belastning som skyldes økt produksjon i de øvre vannlag, synes muligens å manifestere seg i en økt relativ dominans av fåbørstemark (*Oligochaeta*) og en generell økning i antall individer. Dette kommer frem ved sammenligning av tilstandene i de sentrale soner av innsjøen, og da spesielt Furnesfjorden med de sydlige soner hvor virkningen er mindre.

Det er dog umulig å trekke noen mer konkrete slutninger da det som nevnt ikke foreligger data fra tidligere tider som de foreliggende resultater kan sammenlignes med. I store trekk kan dog sies at bunnfaunaen i Mjøsas dypere partier bare i liten grad synes å være påvirket av den tiltagende forurensningssituasjonen, bortsett fra i de mer lokalpregede områder. Dette gjelder spesielt der fiberbelastningen fra celluloseindustrien er stor. I de grunnere områder er påvirkningen mer merkbar, men heller ikke her er det foregått noen dramatiske forandringer og i likhet med de dypere lokaliteter er det først og fremst de mer lokalbetonte påvirkninger som gjør seg gjeldene i forbindelse med spesielt belastede områder. Her har vi ikke tatt hensyn til reguleringseffekten som har hatt drastisk effekt på den strandbundne fauna som nå nærmest er forsvunnet helt.

En målsetting for Mjøsaksjonen bør være å bevare bunnfaunaens "oligotrofi"-preg, samt å forsøke å redusere belastningen til de bunnområder som i dag er skadet, slik at de i fremtiden igjen kan koloniseres; dette gjelder spesielt de områder som i dag har betydelige fiberavsetninger.

18. FISK

Fiskebiologiske undersøkelser er ikke blitt utført av NIVA i forbindelse med Mjøsuundersøkelsen i perioden 1972-1976. Mjøsaurens og i noen grad harrens reproduksjonsmuligheter i de mindre vassdrag er derimot blitt undersøkt temmelig inngående. Dette arbeide er utført i samarbeide med Direktoratet for vilt og ferskvannsfiske og Fisketeknikeren for Mjøsa. I forbindelse med Hunderfossutbyggingen og Mjøsregulering III (Mjøsa har i dag en reguleringshøyde på 3,61 m), har Direktoratet gjennom flere år samlet inn data om aure, lagesild og sik. For i noen grad å komplettere de data som er samlet inn via Direktoratets fortløpende undersøkelser, er det samlet inn en del intervjuopplysninger bl.a. i håp om å få en oppfatning om det nåværende fangstutbytte. De til dels omfattende undersøkelser av fiskeribiologen Huitfeldt-Kaas i begynnelsen av 1900-tallet (1900-1916) gir en god bakgrunn for å kunne jevnføre dagens forhold med de tidligere. Nedenfor skal noen inntrykk som er kommet frem berøres.

Selv om Mjøsa generelt sett ut fra et fiskesynspunkt må betraktes som en lavproduktiv innsjø, er den allikevel temmelig produktiv og fiskerik (fiskens biomasse uttrykt som ferskvekt ligger antakelig i området 20-30 kg/ha og i de fiskerikeste delene rundt 50 kg/ha) sett i relasjon til topografi og fysisk-kjemiske forhold. Dette gjelder også om man tar utgangspunkt i forholdene i den tid da Mjøsa var mer upåvirket av menneskelige aktiviteter, dvs. da innsjøen var mer næringsfattig. Dette fremgår bl.a. av fig. 88, der avkastningen i noen andre innsjøer er tatt med til sammenligning.

Med økende eutrofiering øker som regel fiskeproduksjonen ved siden av at det skjer en forskyvelse i artssammensetningen, bl.a. øker forekomsten av karpefisk der slike finnes. Dette er forhold som medfører at fangstutbyttet blir større. Bodensjøen og Zürichsjøen er gode eksempler på dette. I disse inn-

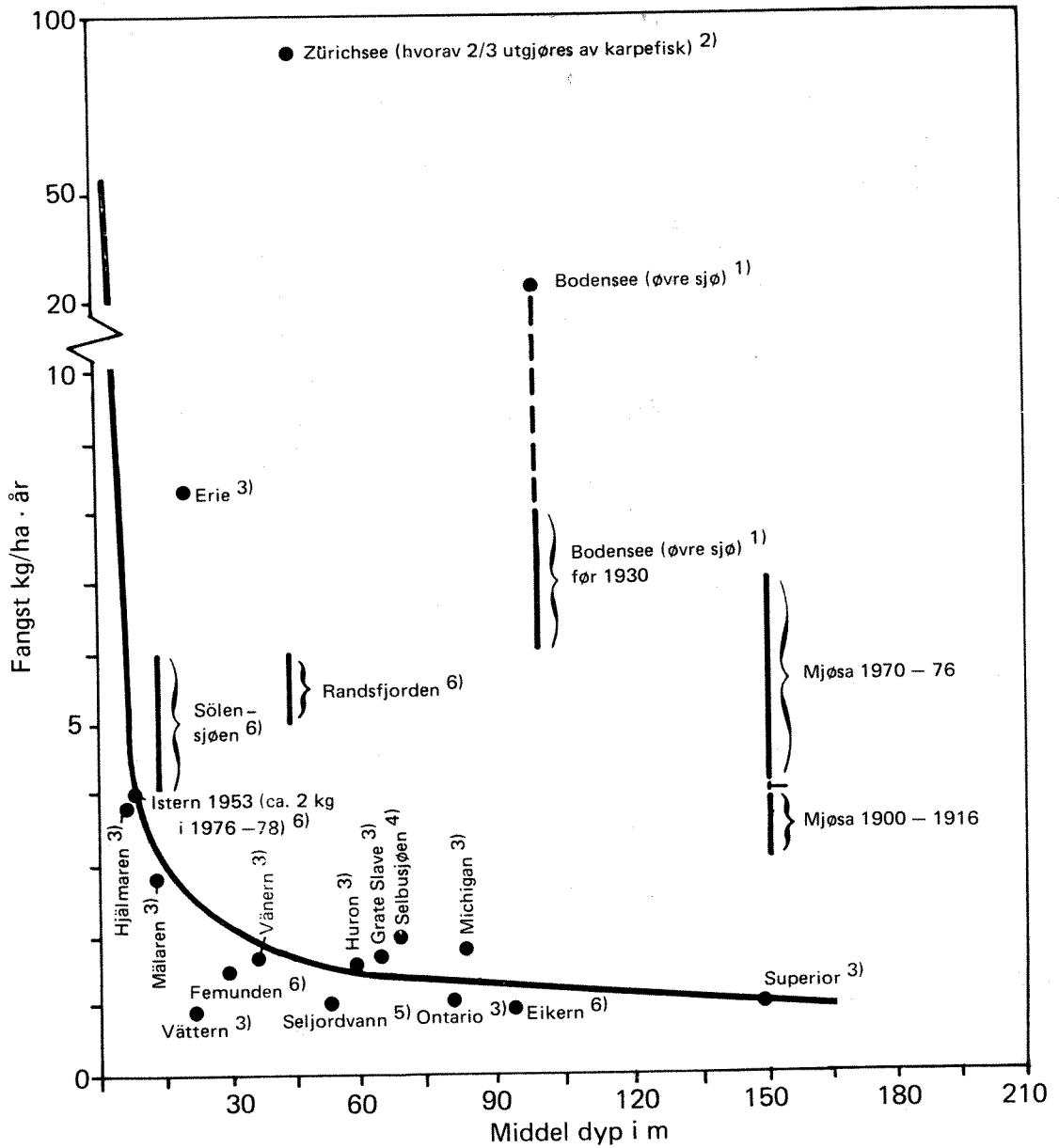


Fig. 88. Sammenheng mellom en innsjøes middeldyp og fiskefangst uttrykt som årlig fangstutbytte (etter Rawson). Med økt middeldyp minsker som regel innsjøens produksjonsevne og dette medfører mindre fangstutbytte.

sjøer er nemlig avkastningen i dag betydelig større enn tidligere, og dette som et resultat av en betydelig eutrofiutvikling. Fangsten består imidlertid i dag i stor utstrekning av mindre verdifulle fiskearter - karpefisker (særlig mort og brasme). For sveitsiske innsjøer oppgir Roth en avkastning på omkring 5 kg/ha for oligotrofe innsjøer og opp til 60 kg/ha for eutrofe.

I tabell 29 er det gjort et forsøk på å jevnføre fangstutbyttet i Mjøsa i dag med forholdene i begynnelsen av dette århundre. Det bør dog bemerkes at det ennå ikke foreligger noen pålitelig fangststatistikk for Mjøsa, og de angitte verdier er derfor meget usikre. Videre må man ta i betraktning at fangstmåter og fiskeaktivitet er vesentlig forandret siden århundreskiftet. Tabellen antyder at fiskeproduksjonen stort sett har økt - noe som en kan forvente ut fra eutrofiutviklingen i Mjøsa. Med et mer intensivt fiske ville fangstutbyttet kunne økes ytterligere, men hvor mye, er det på nåværende tidspunkt ikke mulig å bedømme. Imidlertid er mjøsfisket ganske omfattende sett i relasjon til fiske i mange andre norske innsjøer.

Tabell 29. Årlig fiskeutbytte for Mjøsa fra 1900 til 1916 og i perioden 1970-1976. (Flere verdier er meget usikre.)

Art \ Tidspunkt	1900 - 1916	1970 - 1976
Lagesild	71 tonn \approx 2 kg/ha	105-190 tonn \approx 3 - 5 kg/ha
Sik	24 tonn \approx 0,7 kg/ha	2,5-9 tonn \approx 0,2 -0,3 kg/ha
Ørret	10 tonn \approx 0,3 kg/ha	8 -10 tonn \approx 0,2 -0,3 kg/ha
Harr	2,5 tonn \approx 0,07 kg/ha	0,5 tonn \approx 0,01 kg/ha
Gjedde } Abbor }	7 tonn \approx 0,2 kg/ha	40 tonn \approx 1 kg/ha
Lake } Vederbuk } Mort } Brasme }	14 tonn \approx 0,4 kg/ha	10 tonn ^{x)} \approx 0,3 kg/ha
Laue } Krøkle } m. fl. }		^{x)} Først og fremst lake
Total	130 tonn \approx 3-4 kg/ha	160-250 tonn \approx 4-7 kg/ha

Med hensyn til de ulike fiskeslag har fangstutbyttet av lagesild økt vesentlig og i dag fanges hva vekt angår omtrent det dobbelte av hva Huitfeldt-Kaas oppgir fra begynnelsen av dette århundre. Den økte avkastning pr. ha skyldes såvel et større individantall som at fiskens vekt og kondisjon har steget. Dette er forhold som antakelig direkte kan tilbakeføres til eutrofiutviklingen og da først og fremst til økt produksjon av krepsdyrplankton. Lagesilden livnærer seg gjennom hele livet sitt i hovedsak av disse. Dette er forhold som også kan dokumenteres for andre innsjøer med tilsvarende utvikling. Lagesildfisket foregår for det meste i forbindelse med sildens gytevandring til Gudbrandsdalslågen.

Sikfisket har derimot gått tilbake og i dag fanges betydelig mindre sik enn ved århundreskiftet. Årsakene til dette kan dels være mindre fiskeaktivitet og dels en tilbakegang av sikbestanden. Det er en almen oppfatning blant fiskerne at siken har minket i antall og hatt en betydelig tilbakegang innenfor visse områder. Det er grunn til å anta at denne tilbakegang er reell selv om mindre etterspørsel og fiskeaktivitet i noen grad spiller inn. Årsaken til denne tilbakegang kan først og fremst skyldes økt forekomst av lagesild og derved økt konkurransetrykk. Dette skulle tyde på at lagesilden drar større nytte av eutrofiutviklingen enn siken. At økt forekomst av lagesild har medført en tilbakegang for siken er også dokumentert for andre innsjøer. Man kan imidlertid ikke se bort fra at viktige gyteområder for siken eventuelt er blitt skadet på grunn av økt organisk belastning i bunnområdene. Foruten ved sikgytingen i Vorma og Gudbrandsdalslågen og et visst garnfiske om høsten i de sydlige deler av Mjøsa, forekommer det i dag ikke noe spesielt innrettet sikfiske. I forbindelse med annet fiske fanges det imidlertid i dag en del sik.

Aurefangstene, som spesielt på 60-tallet gikk sterkt tilbake, er antakelig i dag hva vekten angår, omtrent av samme størrelsesorden som ved århundreskiftet. Når det gjelder fangstens sammensetning har det skjedd en forandring og i dag fanges i gjennomsnitt betydelig yngre og vektmessig mindre fisk enn hva som var tilfelle tidligere. Mesteparten av fangsten i dag består av fisk på ca. ett kilo eller mindre. Antall stor fisk, dvs. fisk på 7-12 kg synes å ha gått tilbake. Fisket har også gått kraftig tilbake i flere av de mindre gyteelver og i noen av disse er fisken blitt helt utslått. Dette har sin årsak i en kombinasjon av økt forurensningsbe-

lastning, grøfting og i de senere år også økt vannuttak til jordbruksvanning. Den registrerte tilbakegang har først og fremst sin årsak i minsket reproduksjon på grunn av at viktige gyteområder i elvene er blitt ødelagt.

Nå fordeler fangsten i Mjøsa seg relativt jevnt mellom dreggfiske og garnfiske. Ca. 40% av fisken som fanges er merket. Dette viser at den stammer fra de kompensasjonsutsetninger som blir gjort i forbindelse med Hunderfossutbyggingen. Rekrutteringsmønsteret er således blitt forandret på en slik måte at rekrutteringen fra Gudbrandsdalslågen har økt i relasjon til de mindre tilløpselver.

Harrbestanden i Mjøsa er redusert betydelig. Den største tilbakegangen synes å ha foregått i Furnesfjorden og Hamarområdet, mens tilbakegangen er mindre i Mjøsas sydligste og nordligste områder hvor det fortsatt er et godt harrfiske. Hovedårsaken til dette er antakelig at et flertall av harrens reproduksjonsområder er ødelagt. Da harren i hovedsak er bundet til grunnområdene langs Mjøsas strender, kan tilbakegangen til dels også skyldes minsket næringstilgang idet strandfaunaen (bunndyr) er utarmet på grunn av reguleringen. Foruten at harren gyter i de nedre deler av flere av de større tilløpselver såvel som i utløpet (Vorma), har en rekke av de mindre tilløpsbakkene tidligere vært viktige reproduksjonsområder. Disse er svært følsomme i forurensningssammenheng så vel som for vannuttak og flere av disse er i dag totalt ødelagt i denne sammenheng.

Krøkle er uten tvil Mjøsas viktigste fiskeslag, og den utgjør et viktig næringsgrunnlag for et flertall andre fisker, ikke minst for Mjøsauren. Til tross for krøklens store betydning, er kunnskapen om bestanden i Mjøsa ytterst ufullstendig. Flere av de spurte fiskere synes imidlertid å være av den oppfatning at gytebestanden i Furnesfjorden har avtatt i de senere år. Foruten i Furnesfjorden hvor formodentlig et flertall av krøklen i Mjøsa gyter, foregår det en betydelig gyting også i Mjøsas nordligste deler og i de nederste deler av Gudbrandsdalslågen. I hvilken grad den antatte tilbakegang av gytefisk i Furnesfjorden gjenspeiler en reell tilbakegang av Mjøsas krøklebestand eller bare har med mer naturlige og tilbakevendende vekslinger i krøklebestanden å gjøre, er dog umulig å avgjøre på nåværende tidspunkt. Svenske fiskebiologer mener at krøklen kan gå tilbake når lagesildbestanden øker samt at lagesilden er den mest konkurransedyktige av de

to ved en økende eutrofiering. På den andre side er det kjent fra mange krøklesjøer at krøklebestanden kan gjennomgå store vekslinger, og man snakker om krøkleår, dvs. år da bestanden har vært spesielt rik. Noe direkte fiske etter krøkle forekommer ikke lengre.

Når det gjelder Mjøsas gjeddebestand er oppfatningene noe motstridende. Flere av de spurte fiskere mener at gjeddebestanden har økt og at man nå oftere får gjedde i Mjøsas frie vannmasser over de store dypene, enn hva som var tilfelle tidligere. Andre og da spesielt mange av dem som fisker omkring Hamar og i Akersvika, mener at gjeddeforekomsten muligens har minsket eller i liten grad blitt forandret. En forandring som derimot er påtakelig er at gjedden nå i større utstrekning går opp i tilløpselvene enn hva som tidligere var tilfelle. Dette er spesielt markert i mai-juni i forbindelse med gytingen. Mjøsreguleringen kan ha redusert reproduksjonsmulighetene for gjedde, mens på den andre side eutrofieringen av innsjøen har skapt bedre forutsetning når det gjelder yngelens oppvekstmuligheter spesielt på grunn av økt næringstilgang. Dette kan i noen grad kompensere for reguleringskadene. I forbindelse med dreggfiske etter aure taes en del større gjedde. Forøvrig fanges en del på garn samt taes under gytingen og her kan spesielt vårfisket i Akersvika og Svartelva nevnes.

Abboren som også tidligere har vært en vanlig forekommende fiskeart i Mjøsas grunnere områder, synes å ha økt i antall. Innenfor visse områder anser man økningen som betydelig og særlig gjelder dette forekomsten av småabbor. I de senere år har bl.a. isfisket etter abbor økt betraktelig. En hel del taes også om sommeren på sluk (bl.a er slukotring vanlig) og i garn.

Hvorvidt Mjøsas lakebestand har økt er vanskelig å bedømme ut fra foreliggende oppgaver, men den almene oppfatning er at dens middelstørrelse har økt betraktelig og at den i dag er av bedre kvalitet enn tidligere. Noen av de spurte fiskere mener dog at den også har økt i antall. Foruten at det ved visse gyteområder fiskes en hel del lake fra isen, fanges i dag lake i hovedsak i forbindelse med garnfiske etter andre fiskearter.

Når det gjelder vederbuk er forholdene usikre. De fleste av de spurte fiskere mener dog at den ikke er så vanlig som tidligere. Reduserte reproduksjonsmuligheter på grunn av forurensningsbelastning i gyteelvene kan være en av årsakene til en eventuell tilbakegang.

Forekomsten av karpefisker som mort og brasme har økt betraktelig. Dette gjelder spesielt brasmen som i begynnelsen av dette århundre nærmest var å betrakte som en sjeldenhet i Mjøsa. Morten derimot har også tidligere forekommet i betydelig antall langs Mjøsas grunnområder, og lokalt har det vært en rikelig bestand som f.eks. i Akersvika. En økning av mortbestanden er ikke like merkbar som den økte forekomsten av brasme. Dessuten går morten som regel igjennom maskene på garnene som anvendes, mens brasmen derimot blir sittende fast. På denne måten får man et noe skjevt bilde av de faktiske forhold.

Enkelte år er morten og brasmen så angrepet av bakterier (*Pseudomonas*, *Aeromonas*) at dette fører til betydelig dødelighet. Fiskedøden skjer som regel på forsommeren og da innenfor de områder hvor det er store ansamlinger av mort og brasme om vinteren, dvs. i de såkalte overvintringslokaliteter. I visse tilfeller angripes også annen fisk og da spesielt abbor og hork som også er funnet døde i betydelige mengder. Bakterieangrep og fiskedød blant karpefisk er et velkjent fenomen i forbindelse med store fiskeforekomster. Slike angrep er mer vanlig i forurensede innsjøer enn i rene. Bl.a. har man problemer med dette i flere av de eutrofe innsjøer i Alpene der den døde og råtnende fisken til sine tider kan skape estetiske problem. Hverken mort eller brasme, den sistnevnte er dessuten av dårlig kvalitet (mager), utnyttes i dag.

Ørekyt finnes i selve Mjøsa bare i tilslutning til bekke- og elveutløp. I henhold til foreliggende opplysninger skal den ha økt betydelig i visse elver og elveavsnitt, mens den i andre har forsvunnet helt på grunn av forurensningsbelastning.

Trepigget stingsild var i begynnelsen av dette århundre ifølge Huitfeldt-Kaas en vanlig forekommende fisk langs Mjøsas strender. Forekomsten synes å ha vært størst i Lillehammer-området. I dag er bestanden sterkt redusert og eventuelt helt utslått. Ved det mer tilfeldige prøvefiske NIVA har foretatt er den ikke blitt påtruffet. Den er heller ikke blitt observert i de fangstene mjøsfiskerne har gjort. Tilbakegangen av denne fisk som er bundet til strand- og i noen grad vegetasjonsområdene, kan skyldes mjøsreguleringen.

Laue forekommer først og fremst mer lokalt i visse større grunnområder. Den

almene oppfatning er at forekomsten av laue har økt og at den i dag også har et større utbredelsesområde enn tidligere.

Når det gjelder fiskeslag som hork (steinpurke), karuss, gullbust og steinsmett er opplysningene så ufullstendige at det er umulig å gjøre seg noen oppfatning om eventuelle bestandsforandringer hos disse. Foruten gullbust som tidligere bare er funnet utenfor Lillehammer, og karuss som er meget sjelden, er de øvrige vanlig forekommende arter i Mjøsa. Noen av de spurte fiskerne mener at de får mer hork i garnene nå enn tidligere. Dette skulle tyde på at horkbestanden har økt.

Betydelig gyting av elveniøye forekom tidligere om våren i et flertall av Mjøsas tilløpsbekker og elver. Flere av disse gytelokaliteter er i dag ødelagte, og det er således grunn til å anta at niøyebestanden i Mjøsa har gått kraftig tilbake. Dette er også oppfatningen hos fletallet av de spurte fiskere som nå mer sjelden finner niøyer fastsugde på sin fangst.

Foruten at noen enkelteksemplarer av kreps mer tilfeldig er fanget i Mjøsa, har det aldri vært noen krepsbestand i selve innsjøen. Derimot har det tidligere vært meget rike bestander i deler av Svartelva og i Vikselva. Selv om det her lokalt fortsatt finnes gode bestander, så har krepsbestanden stort sett blitt kraftig redusert. De viktigste årsaker til denne tilbakegang kan være forurensningsbelastning i kombinasjon med økt grøfting og vannuttak for bl.a. jordbruksvanning. Spesielt kan halmlutingsaktiviteten som startet på 1950-tallet ha forårsaket store skader.

Som det tydelig fremgår av beskrivelsen ovenfor er kunnskapene i dag når det gjelder fisken og fisket i Mjøsa ytterst mangelfulle i mange sammenheng. Det er derfor meget viktig at det snarest skaffes tilveie et bedre kunnskapsgrunnlag om disse forhold.

19. SAMMENFATNING OG DISKUSJON

Mjøsas størrelse, dybde og utforming sammen med nedbørfeltets geologi, naturlandskap og de hydrologiske forhold tilsier at den fra naturens side skulle være en utpreget næringsfattig og lite produktiv innsjø. Bare ca. 6,5% av nedbørfeltet er dyrket mark, ca. 40% er skog og resten, dvs. noe over halvparten av feltet består av høyfjell og lite produktive områder.

Innsjøen som har et vannvolum på vel 56 km^3 og en største dybde på 449 m, tilføres i middel ca. 10 km^3 vann årlig, dvs. at ca. 1/6 av vannmassene skiftes ut i løpet av en årssyklus. Den teoretiske oppholdstid er således ca. 6 år. Mellom 60 og 70 % av denne vannmengden tilføres om sommeren fra mai til september - noe som i vesentlig grad skyldes snø- og ismelting i høyfjellet. Vannføringen i hovedvassdraget - Gudbrandsdalslågen - varierer imidlertid sterkt i samsvar med lufttemperatur og avsmeltingsvilkår, og flomtopper på over $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ forekommer relativt ofte særlig på vår og forsommer. Den midlere sommervannføring i Gudbrandsdalslågen er som følge av reguleringsinngrep redusert fra 509 til $451 \text{ m}^3/\text{s}$ i dag og midlere vintervannføring har av samme grunn økt fra 64 til $104 \text{ m}^3/\text{s}$.

Om sommeren er Mjøsa termisk sjiktet med varmere vann ned til 10-15 meters dyp (epilimnion) og kaldere vann i dypet (hypolimnion). Overflatetemperaturen når om sommeren $17-20^\circ\text{C}$. På grunn av temperaturforholdene foregår gjennomstrømmingen om sommeren stort sett i overflatelagene, og det er derfor disse vannmasser som i det vesentligste blir skiftet ut med smeltevann fra høyfjellsområdene (Ottaflommen).

Teoretisk sett blir overflatevannmassene i Mjøsa skiftet ut omkring to ganger i løpet av en sommerperiode (mai-sept.). Om vinteren er også innsjøen lagdelt, nå med det kaldeste vannet øverst, og gjennomstrømmingen vil følgelig også på denne tid i hovedsak foregå i de øverste vannmasser.

Disse gjennomstrømnings- og utskiftningsfenomen modifiseres i betydelig grad av vind og de dynamiske forhold i selve innsjøen. Strømningsmønsteret i overflatelagene er nemlig i vesentlig grad betinget av vindforholdene - ved nordavind strømmer overflatevannet sydover og ved sønnavind nordover. Vinden inducerer dessuten såkalte stående indre bølger som også har stor betydning for vannutskiftingen. Dette gjør seg særlig gjeldende for de sydlige og sentrale deler av innsjøen, mens de nordlige deler i større utstrekning påvirkes av Gudbrandsdalslågens vannmasser, men selv her er vindpåvirkningen av stor betydning.

Ut fra tilgjengelige observasjonsdata samt muntlige utsagn fra fiskere og oppsittere rundt innsjøen hadde Mjøsa frem til ca. 1950 karakter av en lavproduktiv, næringsfattig innsjø med klart vann og rene strender. Fra dette tidspunkt begynte lokalbefolkningen å legge merke til en økende begroing langs strendene, på båter, tauverk, garn o.l. Det ble også rapportert stadig økende algevekst i innsjøen som bl.a. resulterte i mindre siktedyp. Spredte observasjoner fra slutten av femtiårene og begynnelsen av sekstiårene viste at en viss produksjonsutvikling var på gang. Ved siden av økt algevekst ble det nå registrert nye og mer næringssaltkrevende planktonarter. Utover i sekstiårene ble visse arter blågrønnalger mer og mer vanlig - noe som i perioder medførte ubehagelig lukt og smak på drikkevannet. I 1969 var forholdene spesielt ille i så måte. Denne utvikling fortsatte utover i syttiårene og kulminerte i 1976 da det på sensommeren/høsten var masseforekomst av den trådformete blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* f. *tenuis*. Tilstedeværelsen av denne alge i så store mengder dette år fikk bl.a. konsekvenser for vannets brukbarhet som drikkevann, idet algen er i stand til å produsere det organiske stoffet geosmin som har sterk ubehagelig lukt og smak. Smaks- og luktulempene ble ytterligere forsterket ved tilsetting av klor på vannverkene. Utover høsten 1976 var vannet i Mjøsa såvel som i vassdraget nedstrøms praktisk talt ikke brukbart som drikkevann. Næringsmiddelindustrier som brukte Mjøsa som råvannskilde, hadde også store problemer, bl.a. var dette tilfelle for bryggeriene i Hamar og Gjøvik, samt for tørrmelkfabrikken i Brumunddal.

Denne utvikling som kalles kulturpåtvinget eutrofiering (man made eutrophication), har sin årsak i en stadig økende tilførsel av forurensninger og vekststimulerende stoffer (spesielt nitrogen og fosfor) til Mjøsa. I henhold til eksperimentelle undersøkelser (algetester) er det den økte tilgang på

fosfor som er hovedårsaken til den økte algeveksten. I forhold til andre næringssalter finnes fosforet i små mengder, og det er tilgangen på dette stoff som er bestemmende for hvor store algemengder som skal bli produsert, dvs. fosfor kan betraktes som minimumsstoff i denne sammenheng. En lang rekke forskningsresultater fra inn- og utland understreker fosforets sentrale rolle for eutrofiutviklingen i vassdrag og da spesielt i vassdrag som fra naturens side er oligotrofe (næringsfattige). Nitrogen, som også er et hovedelement for algevekst, finnes i forhold til fosfor alltid i overskudd i Mjøsa. Følgelig har nitrogenforbindelser hittil aldri eller i liten grad vært begrensende for algeveksten.

Årsaken til belastningsøkningen er å søke i økt befolkningstetthet, endret bosettingsstruktur, økende innstallasjon av vannklosetter, økende forbruk av fosforholdige syntetiske vaskemidler, økt industriaktivitet med bl.a. økt forbruk av detergenter samt intensivering og endringer av jordbruksdriften med bl.a. økt forbruk av kunstgjødsel. Dette betyr at det i dag tilføres Mjøsas nedbørfelt betydelige fosformengder utenifra samtidig som fosforets muligheter for å nå vassdraget har økt.

Næringssaltbelastningen som varierer noe fra år til år avhengig av nedbørmengde og utvasking fra nedbørfeltet, utgjorde i undersøkelsesperioden 1973-1976 i middel henholdsvis ca. 320 tonn fosfor og ca. 5300 tonn nitrogen pr. år. Dette tilsvarer en årlig belastning av henholdsvis 0,9 g fosfor og 14,5 g nitrogen pr. m² innsjøoverflate. Den naturlige bakgrunnsverdi eller belastning kan settes til ca. 100 tonn fosfor (0,27 g/m²) og ca. 2000 tonn nitrogen (5,5 g/m²) pr. år. Dette betyr at fosforbidraget fra den menneskelige aktivitet i dag er mer enn dobbelt så stor som det naturlige, og nitrogentilførselen har økt tilsvarende ca. 1,5 ganger den naturlige belastning. Ca. 60% av fosforbelastningen stammer fra Mjøsas nærområder og blir tilført innsjøen direkte ved større eller mindre punktutslipp av kommunalt så vel som industrielt avløpsvann samt ved konsentrerte og diffuse tilførsler fra jordbruksvirksomheter. Her kan spesielt de store kloakkutslipp nevnes. Disse tilfører Mjøsa 0,1-0,2 tonn fosfor pr. dag, hvorav en stor del er direkte tilgjengelig for algene. Jordbruksarealene og jordbruksdriften som foregår i innsjøens umiddelbare nærhet, har relativt sett større betydning i forurensningssammenheng enn de mer fjerntliggende områder. Forurensningen fra nærområdene tilføres nemlig innsjøen via korte drengssystemer, mens tungtløselige stoffer bl.a. fosfor fra mer fjerntliggende områder, i

betydelig grad sedimenterer og blir holdt tilbake i stilleflytende elvepartier og innsjøer. Opphvirvling og videretransport av partikulært og bundet fosfor under flomperioder vil sedimentere lengere nede i vassdraget, eventuelt innsjøer. Mulighetene er imidlertid til stede for kjemisk frigjøring (reduksjonsprosesser) av løste fosforfraksjoner. Utløsning (reduksjon, desorpsjon) av fosfor fra elvesedimenter og grunne bukter og innsjøområder er sannsynligvis en medvirkende årsak til at ca. 50% av fosforet som tilføres Mjøsa foreligger som ortofosfat (løst fraksjon) - en form som er lett tilgjengelig for algene. Nitrogenforbindelser som er lett løselige i vann, vil ikke i samme grad sedimentere, men transporteres med vassdraget frem til innsjøen. Den gode overensstemmelse mellom målte (ca. 5300 tonn pr. år) og beregnede (5500 tonn pr. år) transportverdier er også en indikasjon på dette.

Næringssaltene tilføres innsjøens overflatelag via elver, som punktutslipp eller som diffuse tilførsler. Dette betyr at om sommeren er det i hovedsak vannmassene over sprangsjiktet som blir belastet med næringsalter. Mjøsa kan på denne tid sammenlignes med en grunn gjennomstrømmingssjø med et dyp på 10-15 meter og et volum på 3-4 km³, dvs. omkring 6-10% av innsjøens totale volum. Denne situasjon er av overordentlig stor betydning for planteplanktonets tilgang på næringsalter. Da algene på grunn av lys- og temperaturforhold befinner seg nettopp i disse overflatevannmasser, har de hele sommeren (vekstsesongen) igjennom mulighet for å nyttiggjøre seg de næringsalter som mer eller mindre kontinuerlig tilføres. Om våren og på forsommeren er det dessuten stor utvasking og tilførsel av slike stoffer fra de omkringliggende jordbruksområder og fra nedbørfeltet forøvrig. Ca. 40% (ca. 125 tonn) av årsbelastningen av fosfor tilføres i perioden mai-september. Dessuten tilføres overflatelagene fosfor fra dyplagene ved diffusjon og turbulens samt fra de grunnere områders sedimenter. Under produksjonstoppene har vannmassene i de øverste lagene - følgelig også i grunnområdene - høy pH, og dette har antakelig stor betydning for utløsning av fosfor fra sedimentene i disse områder. Det er nemlig kjent at utløsning av fosfor fra sedimentene vesentlig øker ved økende pH - dette gjelder selv i oksygenrikt miljø. Ved en vanntilførsel på 6 til 7 km³ i samme periode vil fosformengdene i overflatelagene teoretisk variere mellom 15-20 µg total fosfor (P) pr. l. Observasjonsresultatene fra innsjøen viser i overensstemmelse med dette, betydelig høyere fosforkonsentrasjoner i overflatelagene (10-20 µg P/l) enn i dyplagene (<10 µg P/l) under sommerperioden. Vind- og strømforhold ved siden av variasjoner i tilførte vannmengder vil imidlertid kunne modifisere

dette bilde. Både i 1975 og 1976 var vannføringen i tilløpene relativt lav på sensommeren (aug.-sept.), samtidig var sydlige vinder fremherskende hele sommeren igjennom. Disse forhold medvirket uten tvil til økte fosforkonsentrasjoner i overflatelagene. Begge disse år var forøvrig sensommeren relativt solrik med periodevis høy lufttemperatur. Klimatisk sett lå således forholdene godt tilrette for en høy produksjon av planktonalger.

Mjøsa er en dyp innsjø, og innsjøens volum er stort i forhold til overflatearealet. Av denne grunn oppvarmes vannmassene sent om våren og avkjøles sent om høsten, dvs. at det både vår og høst er lange sirkulasjonsperioder. Vekstsesongen i Mjøsa er derfor relativt kort og samtidig noe forskjøvet i tid. På grunn av lav overflatetemperatur og sent utviklet sprangsjikt kommer ikke algeveksten ordentlig i gang før i slutten av juni - begynnelsen av juli, og maksimum algeproduksjon inntreffer først rundt midten av juli, når sprangsjiktet er vel etablert og overflatevannet er oppvarmet. På denne tiden er det kiselalger som dominerer planteplanktonsamfunnet. Fra slutten av juli øker innslaget av blågrønnalger. Årsaken til dette er ennå ikke klarlagt. Imidlertid foreligger visse innenlandske så vel som utenlandske forskningsresultater som tyder på at vannets innhold av silisium kan være en styrende faktor i denne sammenheng. Kiselalger er nemlig avhengig av silisium for å bygge opp sitt kisel skall. Når disse alger begynner å vokse i begynnelsen av produksjonsperioden, avtar silisiuminnholdet raskt og i slutten av juli er vannet praktisk talt fritt for dette stoff. Silisium er da blitt en begrensende faktor for vekst av kiselalger. I denne situasjon vil andre algearter som ikke har behov for silisium, kunne utvikles såfremt deres miljøkrav forøvrig er tilfredsstillt. Det synes sannsynlig at dette er en medvirkende årsak til blågrønnalgens økende og ofte dominerende forekomst mot slutten av perioden (sensommer/ høst). Vannets innhold av silisium har gradvis avtatt fra 1966 til 1976 - noe som sannsynligvis har sammenheng med en stadig økende vekst av kiselalger. Når disse alger dør og synker, vil nødvendigvis vannets silisiuminnhold avta. Sedimentenes økende innhold av kiselalgeskall mot sedimentoverflaten tyder også på dette. En reduksjon av vannets innhold av fosfor så langt at forholdet mellom fosfor og silisium aldri overskrider en viss grenseverdi vil således kunne hindre blågrønnalgene i å utvikles. Imidlertid er det flere miljøfaktorer man må ta hensyn til i denne sammenheng, bl.a. vanntemperatur, lys, vannets jerninnhold osv.

I de senere år har forskere verden over forsøkt å finne enkle sammenhenger mellom nærings saltbelastning og biologisk produksjon i innsjøer. På bakgrunn av et stort datamateriale har man funnet at det i en rekke store og dype innsjøer med middeldyp større enn 15-20 m, er en god sammenheng mellom vannets fosforinnhold og produksjon av planktonalger. Dette forutsetter imidlertid at:

- innsjøens algeproduksjon er fosforbegrenset
- vannmassene i innsjøen blir fullstendig blandet
- fosfortilførselen er tilnærmet konstant på årsbasis
- sedimentasjon og uttransport av fosfor er direkte proporsjonal med fosforkonsentrasjonen i innsjøen.

Videre har det ut fra et stort erfaringsmateriale vist seg at en fosforkonsentrasjon på 10 µg total fosfor pr. l under vårsirkulasjonen kan være betenkelig hva algeproduksjon angår, mens en konsentrasjon på 20 µg total fosfor pr. l kan være kritisk idet det da foreligger åpenbare farer for større algeoppblomstring og forekomst av blågrønnalger.

Da bl.a. innsjøens dybde og utforming samt vannmassenes oppholdstid er avgjørende for hvor store algemengder som skal bli produsert på bakgrunn av en viss fosforbelastning, står disse faktorer sentralt i de erfaringsmodeller (eutrofimodeller) som er utarbeidet for store, dype innsjøer. For å kunne sammenligne de forskjellige innsjøer er fosforbelastningen uttrykt som gram fosfor pr. m² innsjøoverflate. Denne verdi er så relatert til innsjøens middeldyp og teoretiske oppholdstid.

Sammenhengen mellom belastningen og den såkalte "biologiske respons" i Mjøsa synes å være i god overensstemmelse med disse modeller. Såvel de biologiske forhold i Mjøsa, som er konkret dokumentert, som belastningens størrelse i perioden 1972-1976 i henhold til erfaringsmodellene, tyder på at Mjøsa er kommet til et punkt da eutrofieringen kan gripe om seg med akselererende tempo med bl.a. risiko for oppblomstring av blågrønnalger. Dette belastningsområde karakteriseres i modellene som kritisk belastning (dangerous loading).

På bakgrunn av slike modellbetraktninger vil den betenkelige belastning (dvs. den belastning innsjøer bør tåle uten at det skjer større forandringer)

for Mjøsas vedkommende være 0,36 g fosfor pr. m² innsjøoverflate og år. Dette svarer til en total fosforbelastning på ca. 130 tonn total fosfor. På grunn av at en del av fosforet som kommer fra naturen er lite tilgjengelig for algeproduksjon (gjelder spesielt fosfor via breslamtilførsel fra Jotunheimen som i stor grad er mineralisert (apatittfosfor)), samt at overflatevannmassene skiftes ut omkring to ganger i løpet av sommeren med relativt rent vann fra Jotunheimen, er det sannsynlig at den "tolerable" belastning ligger noe høyere. Det er derfor tidligere foreslått en "grenseverdi" på 175 tonn fosfor pr. år. Denne "grenseverdi" som relaterer seg til dagens vannføringsforhold, er imidlertid bare ment å være av orienterende karakter og må således ikke betraktes som absolutt.

Det er imidlertid mange forhold som kan ha betydning for algeproduksjonen og som ikke fanges opp av de sterkt forenklete eutrofimodellene. Bl.a. kan vannets saltholdighet og bufferevne samt de biologiske forhold i innsjøen være av stor betydning i denne sammenheng. Det har således vist seg at mer saltholdige og kalkrike vannforekomster som har god "bufferevne", tåler en belastning bedre enn salt- og kalkfattige vannforekomster med mindre "bufferevne". Mjøsas lave saltholdighet og "bufferevne" er momenter som kan tilsi at innsjøen er meget sårbar for forurensningstilførsler. F.eks. kan allerede en mindre produksjonsøkning medføre en vesentlig pH-økning og/eller reduksjon av vannets silisiuminnhold. Hva "biologisk status" angår står her forhold som resirkulering av næringssalter i de øvre vannlag og beiting av dyreplankton sentralt. Gjennomstrømming (tidspunkt, flomtopper), vekstsesongens lengde osv. er andre forhold som også spiller inn ved siden av når, hvor og i hvilken form belastningen av fosfor skjer.

Selv om de eksisterende eutrofimodeller i store trekk til dels fungerer bra, er det stort behov for å arbeide videre med dem, slik at de mer kan tilpasses norske innsjøtyper samt at man ved tolkning av dem kan få større muligheter til å ta hensyn til andre faktorer - ikke minst de biologiske - som har betydning for økosystemet. Videre er det stor grunn til å fremholde at hvorvidt en belastning skal ansees som tolerabel eller ikke, bare kan avgjøres ut fra den situasjonen den aktuelle resipienten befinner seg i, dvs. at det er forholdene i selve resipienten som er normgivende i dette tilfelle. Belastningsmodellene er således bare ment å gi en anvisning om hvor stor belastningen bør være for å oppnå de ønskede forhold. I hvilken grad disse forhold oppnås eller ikke, kan bare avgjøres ut fra konkrete

målinger i selve resipienten (vannforekomsten) av såvel fysisk-kjemiske som biologiske faktorer.

Bortsett fra at overflatelagene er sterkt preget av planteplankton under vekstperioden om sommeren, er Mjøsas vannmasser generelt sett ikke særlig belastet med organisk materiale. Bunnområdene utenfor byer og tettsteder og særlig utenfor utslipp av avløpsvann fra treforedlingsbedrifter og næringsmiddelindustri (f.eks. Gjøvik, Lillehammer, Moelv, Brumunddal) er imidlertid sterkt avvikende fra dette hovedmønster. På slike steder har det i tidens løp lagt seg opp store banker med fibermateriale og organisk stoff på bunnen. Dette har bl.a. medført at bunnfaunaen som i hovedbasenget er relativt uberørt, her er helt eller delvis utslått. På slike steder er også oksygeninnholdet i de bunnære vannmasser sterkt redusert. Forøvrig synes oksygensituasjonen i innsjøens dype vannmasser å være gode.

I hygienisk sammenheng var Mjøsas overflatevannmasser i undersøkelsesperioden til dels sterkt bakteriologisk forurenset. Forholdene var verst utenfor byene og tettstedene. Bakterietallet - også for ferske fekale colibakterier - var stundom langt høyere enn de krav helsemyndighetene stiller til drikkevann. Til tider ble også de bakteriologiske krav til helsemessig forsvarlig badevann overskredet. I dyplagene og da særlig i de sydlige områder, var innsjøen normalt lite bakteriologisk påvirket.

På bakgrunn av de bakteriologiske forurensninger, til tider sjenerende smak og lukt og faren for organiske mikroforurensninger og andre mer tilfeldige forurensninger, må eventuelle vanninntak plasseres i dypet. Samtidig må det på vannverkene sørges for en betryggende vannbehandling i hygienisk sammenheng. Dette er tiltak som må gjennomføres selv etter at forurensningsbegrensende tiltak er satt ut i livet.

20. KONKRETISERT MÅLSETTING FOR MJØSA

Statens forurensningstilsyn (SFT) har uttrykt ønske om at det mot slutten av undersøkelsesperioden ble utarbeidet en mer konkretisert målsetting for Mjøsa med bl.a. tallverdier som kunne være til praktisk nytte. Forslaget til målsetting som er angitt nedenfor, må ikke betraktes som et absolutt krav, men er bare ment som normgivende. Det er tatt utgangspunkt i SFT's mer generelle målsetting: "å bringe vannforekomsten i en tilstand som mest mulig tjener alle brukerinteresser". Det viktigste må uten tvil være å forsøke å få Mjøsa i en noenlunde økologisk balanse igjen, og normgivningen nedenfor tar derfor i hovedsak sikte på dette forhold (se tabell 30). Videre er det viktig å være klar over at Mjøsa også i fremtiden vil ha et høyere produksjonsnivå enn hva som var vanlig før menneskelig påvirkning gjorde seg gjeldende. På grunn av klaokkrenseanleggenes begrensende renseeffekt, industrivirksomhet, jordbruk og diffuse tilførsler vil innsjøen også i fremtiden få betydelige tilførsler av næringssalter. Det bør derfor være en ideell målsetting å utnytte denne produksjonsevne på en så riktig måte som mulig. Dette betyr at en må strebe etter å skape et velbalansert økosystem hvor de forskjellige ledd i produksjonskjeden er i harmoni med hverandre. Dette vil bl.a. bety at man søker å utnytte produksjonskapasiteten ved et optimalt og rasjonelt fiske.

Parameter	Dagens situasjon	Målsetting	Kommentarer
Beskrivelse:			
Utseende	Synlige forurensninger er i dag vanlige. Dette gjelder såvel vannmasser, vannoverflate som strand og bunn. Det største problemet er en mer almen forspoling og begroing av påvekst-alger.	Vannmasser, vannoverflate, strand og bunn skal være fri for synlige forurensninger og sjenerende begroing (masseutvikling av bentiske alger).	Betydelige søppelmengder tilføres innsjøen i dag under flomsituasjoner i de mindre tilløpselvene. Plastfragment trolig fra Mesna kartongfabrikk, forsøpler også i stor grad.
Flytestoffer, olje, lukt, smak:	Mindre oljeforurensning forekommer ofte i dag. Betydelig lukt- og smaksulemper ved masseoppløst av spesielt blågrønnalgen <i>Oscillatoria</i> (jevnfør situasjonen 1976).	Må ikke forekomme. Vannet skal være fritt for sjenerende lukt og smak.	Mest oljeforurensning har hittil kommet via Hunselva.
Hygieniske spektr:			
foreslås utarbeidet av SIFF. Gjelder også gifter.			
Fysisk-kjemiske:			
Siktedyb	ca. 4 m	> 6 m	Gjelder sommersituasjonen i Mjøsas sentrale og søndre deler.
pH	7 - 10	ca. 7	Algeproduksjonen medfører i dag betydelig pH-økning. Noen direkte forurensning av innsjøen har ikke kunnet dokumenteres.
O ₂ -metning (%)	70 - 120	80 - 105	Lokalt begrensede områder har i dag O ₂ i kontaktsonen sediment-vann. Gjelder bunnområder med stor fiberbelastning utenfor celluloseindustrier.
Tot-N µg/l (baskons)	400 - 500	≤ 400	
N-belastning g/m ² . år	11 - 15	≤ 7,5	Antakelig kan dette ikke oppfylles på grunn av den store jordbruksaktivitet i nedbørfeltet.
Tot-P µg/l (baskons)	ca. 10	≤ 5	
P-belastning g/m ² . år	ca. 1	≤ 0,5	Spesielt viktig å redusere de større, mer kontinuerlige utslippene som f.eks. boligloakk fra større tettsteder.
Konduktivitet	30 - 40	30 - 40	Forurensningsbelastning har hittil neppe påvirket saltholdigheten i nevneverdig grad.
Biologiske:			
Karakteristiske algearter:			
Større flagellater Kiselalger	Cryptomonas spp., Rhodomonas pusilla Asterionella formosa, Fragilaria crotonensis, Tabellaria fenestrata, Stephanodiscus hantschii	Cryptomonas spp., Rhodomonas pusilla Asterionella formosa	Mjøsa kan i dag betraktes som en kiselalge-blågrønnalge (<i>Oscillatoria</i>) -Cryptomonad-sjø.
Gulaiger	Monader	Monader, Mallomonas, Unglena americana, Dinobryon	Mjøsa bør bringes tilbake til å bli Cryptomonad-kiselalgesjø (Monad-Asterionella-Cryptomonas-Rhodomonas) Spesielt er stor forekomst av mindre monader ønskelig da disse utgjør et godt næringsgrunnlag for de fleste dyreplanktonarter.
Grønnalger	Sphaerocystis schroeferi.	Sphaerocystis schroeferi, Desmidier.	
Blågrønnalger	Oscillatoria spp. Anabaena flos-aque	Ingen	
Maksimal algevolum g/m ³	3 - 5	≤ 1	
Middels algevolum (mai-okt) g/m ³	1,4 - 1,8	< 0,7	Helst i området 0,4
Tot. klorofyll a max. mg/m ³	ca. 10	2 - 3	
Middels (mai-okt.) mg/m ³	ca. 4	< 2	
Primærproduksjon:			
Årsproduksjon g C/m ² . år	80 - 100	≤ 30	Det er ønskelig at så stor del som mulig av primærproduksjonen faller på mindre algeformer som f.eks. monader,
Maks. dagsproduksjon mg C/m ² . dag	600 - 2000	≤ 300 - 350	
Dyreplankton:			
Karakteristiske arter:			
Hoppekreps	Limnocalanus macrurus, Eudiaptomus gracilis, Cyclops lacustris, Mesocyclops oithonoides.	Limnocalanus macrurus, Eudiaptomus gracilis, Heterocope appendiculata, Cyclops lacustris, Mesocyclops oithonoides.	
Vannlopper	Bosmina longispina, Daphnia galeata, D. cristata, Leptodora kindhi, Polyphemus pediculus.	Bosmina longispina, Daphnia galeata, Holopedium gibberum, Leptocloria kindhi, Bythotrephes longimanus.	
Større krepsdyr	Mysis relicta	Mysis relicta	
Hjuldyr	Brachionus quadridentatus, Notholca caudata, Keratella cochlearis, Kelllicottia longispina, Castropus stylifer, Asplanchna priodonta, Synchaeta pectinata, Polyarthra vulgaris, Filinia longiseta, Conochilus unicornis.	Notholca caudata, Keratella cochlearis, Kelllicottia longispina, Asplanchna priodonta, Synchaeta pectinata, Ploesoma hudsoni, Polyarthra vulgaris, Conochilus unicornis.	
Bunnfauna (profundalen):			
Karakteristiske arter:			
Større krepsdyr	Pallasea quadrispinosa	Pallasea quadrispinosa	Foruten i lokalt begrensede områder er profundalfaunen i dag lite påvirket av forurensningsbelastning og eutrofiutvikling. En igjenkolonisasjon av mer oligotrofi-indikerende arter til de belastede områder er ønskelig. Dvs. slike områder må avlastes.
Fjærmygglarver	Heterotrissocladius subpilosus, Paracladopelma obscura, Micropspectra spp.	Heterotrissocladius subpilosus, Paracladopelma obscura, Micropspectra spp.	
Fåbørstemark	Stylodrilus heringianus, Pelecolex ferox.	Stylodrilus heringianus, Pelecolex ferox.	
Musslinger	Pisidium spp.	Pisidium spp.	
Fisk:			
Fangstmessig mest betydelige	Lagesild, aure, abbor	Lagesild, sik, abbor, aure, harr	Det er ønskelig at også andre arter beskattes.
Fanget kg/ha	ca. 6	ca. 5	Fangstverdiene høyst usikre og bare skjønsmessig valgt. Mer konkrete tall kan antakelig fremlegges når den fiskeribiologiske undersøkelsen er gjennomført.

Tabell 31. Artsliste over planteplanktonarter i Mjøsa. 1972-1976.

Listen omfatter de vanligste artene som ble funnet i de kvantitative prøvene under undersøkelsesperioden 1972-1976.

x - markerer at arten til tider har vært dominerende i planktonet volummessig.

CYANOPHYCEAE (blågrønnalger)

Anabaena flos-aquae Bréb.

Anabaena solitaria f. planctonica (Brunnth.) Kom.

Lyngbya limnetica Lemm.

Lyngbya sp.

Oscillatoria agardhii Gom.

x Oscillatoria bornetii f. tenuis Skuja

Oscillatoria limnetica Lemm.

Oscillatoria sp.

CHLOROPHYCEAE (grønnalger)

Carteria sp.

Chlamydomonas spp.

Chodatella citrififormis Snow.

Closterium pronum Bréb.

Dictyosphaerium pulchellum v. minutum Defl.

Elakatothrix spp.

Eudorina elegans Ehr.

Gyromitus cordiformis Skuja

Micractinium pusillum Fred.

Monoraphidium contortum (Thur.) Kom.-Legn.

Monoraphidium minutum (Näg.) Kom.-Legn.

Monoraphidium setiforme (Nyg.) Kom.-Legn.

Oocystis submarina v. variabilis (=O. parva ?) Skuja

Paramastix conifera Skuja

x Paulschulzia pseudovolvox (Schulz) Skuja

Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.

Polytoma granuliferum Lack.

Scenedesmus quadricauda Turp.

Scenedesmus spp.

Scourfieldia sp.

Spondylosium planum (Wolle) West & West
Tetraedron minimum (A.Br.) Hansg.
Tetraedron minimum v. tetralobulatum Reinsch.

BACILLARIOPHYCEAE (kiselalger, diatoméer)

- x Asterionella formosa Hass.
- Ceratoneis arcus Kütz.
- Cyclotella bodanica Eulenz.
- Cyclotella comta (Ehr.) Kütz.
- Cyclotella sp.
- x Diatoma elongatum Agardh
- x Fragilaria crotonensis Kitt.
- Melosira ambigua (Grun.) O.Müll.
- Melosira distans (Ehr.) Kütz.
- Melosira distans v. alpigena Grun.
- Melosira granulata v. augustissima Müll.
- Melosira islandica subsp. helvetica O.Müll.
- x Melosira italica O.Müll.
- Nitzschia sp.
- x Rhizosolenia eriensis H.L. Smith
- x Rhizosolenia longiseta Zach.
- x Stephanodiscus hantzschii (v. pusillus) Grun
- Synedra acus v. angustissima Grun.
- Synedra acus v. radians (Kütz.) Hust.
- Synedra spp.
- x Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.
- Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.
- Uspesifiserte pennate diatoméer

CHRYSOPHYCEAE (gulalger)

- x Chrysochromulina cf. parva Lack.
- Chrysoikos skujai (Nauw.) Willén
- Cyster av chrysophyceae
- Dinobryon bavaricum Imh.
- Dinobryon borgei Lemm.
- Dinobryon crenulatum West & West

- Dinobryon cylindricum Imh.
Dinobryon cylindricum v. palustre Lemm.
Dinobryon divergens Imh.
Dinobryon elegantissimum Bourr.
Dinobryon sertularia Ehr.
Dinobryon sociale Ehr.
Kephyrion spp.
Mallomonas akromonas Ruttn.
Mallomonas reginae Teil.
Mallomonas sp.
Spiniferomonas sp.
x Uroglena americana Calk.
x Små chrysomonader
Store chrysomonader

CRYPTOPHYCEAE

- Cryptaulax vulgaris Skuja
Cryptomonas cf. erosa Ehr.
Cryptomonas marssonii Skuja
Cryptomonas ovata Ehr.
Cryptomonas platyuris Skuja
x Cryptomonas spp. (>24 µm)
Katablepharis ovalis Skuja
x Rhodomonas lacustris (+v. nannoplanctica) Pasch.& Ruttn.

DINOPHYCEAE (fureflagellater)

- Amphidinium sp.
Gymnodinium helveticum Pen.
Gymnodinium cf. lacustre Schill.
Gymnodinium sp.
Peridinium inconspicuum Lemm.
Peridinium sp.

CRASPEDOPHYCEAE (kraveflagellater)

Biococca planctonica Kiss.

Stelexomonas dichotoma Lack.

Uspesifiserte craspedomonader

ANDRE GRUPPER

μ-alger

Tabell 32 . Krepsdyr (Crustacea) funnet i Mjøsas frie vannmasser
i perioden 1972-1976.

HOPPEKREPS (Copepoda) 11 st.				
CALANOIDA 3 st.				
Limnocalanus macrurus G.O. Sars 1863	2,5 mm	Glacialimmigrant	+++	
Heterocope appendiculata G.O. Sars 1863	2,2 mm		++	
Eudiaptomus gracilis (G.O. Sars, 1862)	1,5 mm		+++	
CYCLOPOIDA 7 st.				
Megacyclops viridis/gigas (Jurine 1820/Claus 1857)	1,9 mm	Thycholimmisk	++	
Acanthocyclops robustus/vernalis (G.O. Sars 1863/Fischer 1853)	1,5 mm	Thycholimmisk	+	
Acanthocyclops capillatus (G.O. Sars 1863)	1,8 mm	Thycholimmisk	+	
Mesocyclops leuckarti (Claus 1857)	1,3 mm		++	(N)
Thermocyclops oithonoides (G.O. Sars 1863)	0,9 mm		+++	
Cyclops lacustris G.O. Sars 1863	1,5 mm		+++	
Cyclops scutifer G.O. Sars 1863	1,3 mm		+	(N)
HARPACTICOIDA 1 st.				
Canthocamptus microstaphylinus Wolf 1905	0,7 mm	Thycholimmisk. Funnet bare i Furnesfjorden	+	(N)
VANNLOPPER (Cladocera) 17 st.				
Leptodora kindti (Focke 1844)	8,0 mm		++(+)	
Diaphanosoma brachyurum (Liévin 1848)	1,3 mm		+	(N)
Holopedium gibberum Zaddach 1855	2,5 mm			(O)
Daphnia galeata G.O. Sars 1864	2,5 mm		+++	
Daphnia cristata G.O. Sars 1862	1,6 mm		+++	(N)
Daphnia cucullata G.O. Sars 1862	2,5 mm		+	(N)
Ceriodaphnia quadrangula (O.F. Müller 1785)	0,9 mm		+	(N)
Bosmina longirostris (O.F. Müller 1785)	0,7 mm		++(+)	(N)
Bosmina longispina Leydig 1860	1,5 mm		+++	
Chydorus latus G.O. Sars 1862	0,6 mm	Thycholimmisk	+	(N)
Chydorus sphaericus (O.F. Müller 1785)	0,5 mm	Thycholimmisk	++(+)	(N)
Acroperus harpae (Baird 1835)	1,0 mm	Thycholimmisk	+	(N)
Acroperus elongatus (G.O. Sars 1862)	1,0 mm	Thycholimmisk	+	(N)
Alona affinis (Leydig 1860)	1,0 mm	Thycholimmisk	+	(N)
Alonella nana (Baird 1843)	0,26 mm	Thycholimmisk	++(+)	(N)
Polyphemus pediculus (Linné 1761)	1,8 mm	Thycholimmisk	++	
Bythotrephes longimanus Leydig 1860	3,0 mm		++(+)	
MYSIDACEA 1 st.				
Mysis relicta Lovén 1862	18,0 mm	Glacialimmigrant	++(+)	
AMPHIPODA 1 st.				
Pallasea quadrispinosa (G.O. Sars 1867)	20,0 mm	Glacialimmigrant	++(+)	(N)

+++ riklig forekommende
++ vanlig forekommende
+ sjelden

(N) Arter/grupper som ikke ble funnet ved planktonundersøkelsen 1900-1901
(O) Arter/grupper som ennå ikke er funnet, men som ble funnet i 1900-1901

Tabell 33 . Hjuldyrplankton (Rotatoria) funnet i Mjøsas frie vannmasser i perioden 1972-1976.

<i>Brachionus urceolaris</i> (Müller 1773)	200-300 µ	Varmtvannsform, først og fremst bentisk. Eutrofiindikator når den forekommer pelagisk	+ (N)
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann 1783	200-400 µ	Varmtvannsform, først og fremst bentisk. Eutrofiindikator når den forekommer pelagisk	+ (N)
<i>Notholca squamula</i> (Müller 1786)	130 µ	Kaltdvannsform	+ (N)
<i>Notholca caudata</i> Carlin 1943	390 µ	Kaltdvannsform	++(+) (N)
<i>Keratella quadrata</i> (Müller 1786)	200-400 µ	Varmtvannsform. Eutrofiindikator når den forekm. i større antall	+ (N)
<i>Keratella hiemalis</i> Carlin 1943	200 µ	Kaltdvannsform, vanlig i vinterplankton	+(+)
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse 1851)	100-300 µ	Meget vanlig art med stort utbredelsesomr. Øker ved eutrofiering	+++
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott 1879)	350-900 µ	Først og fremst i oligotroft miljø. Meget vanlig art med stort utbredelsesområde	+++
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse 1851)	100 µ	Varmtvannsform. Eutrofiindikator	+ (N)
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg 1832	200-300 µ	Eutrofiindikator når den forekommer pelagisk	+ (N)
<i>Euchlanis incisa</i> Carlin 1939			+ (N)
<i>Cephalodella hyalina</i> Myers 1924		Varmtvannsform	+ (N)
<i>Lecane</i> sp.			+
<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse 1886)	100-200 µ	Først og fremst bentisk. Eutrofiindikator når den i større antall forekommer pelagisk	++ (N)
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty 1850	100-200 µ	Varmtvannsform	++(+) (N)
<i>Gastropus stylifer</i> Imhof 1891	100-250 µ	Varmtvannsform	++ (N)
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse 1850	500-1500 µ		+++
<i>Asplanchna herrichii</i> de Guerne 1888			+
<i>Synchaeta longipes</i> Gosse 1887	200 µ	Varmtvannsform	+ (N)
<i>Synchaeta lakowitziana</i> Lucks 1930	200-300 µ	Kaltdvannsform, vanlig i vinterplankton	++(+) (N)
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg 1832	300-500 µ	Usikker artsbestemmelse	++(+) (N)
<i>Synchaeta grandis</i> Zacharias 1893	500-600 µ	Usikker artsbestemmelse. Først og fremst i oligotroft miljø	+ (N)
<i>Ploesoma hudsoni</i> (Imhof 1891)	300-600 µ	Først og fremst i oligotroft miljø	++ (N)
<i>Polyarthra major</i> Burckhardt 1900	150-170 µ		++
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson 1925	100 µ	Kaltdvannsform, tolererer lavt O ₂ -innhold. Først og fremst i oligotroft miljø	+
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin 1943	100-150 µ	Meget vanlig art med stort utbredelsesområde	+++
<i>Polyarthra remata</i> (Skorikov 1896)	80-120 µ	Varmtvannsform	++
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg 1834)	400 µ	Eutrofiindikator når den forekommer i større antall, kan dog også bero på lavt O ₂ -innhold	+(+) (N)
<i>Filinia brachiata</i> (Rousselet 1901)	100-200 µ	Varmtvannsform. Kan muligens være <i>F. cornuta</i> (Weisse 1847)	+ (N)
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schränk 1803)	500-800 µ	Kolonidannende. Meget vanlig art med stort utbredelsesområde	+++ (N)
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet 1892)	250-400 µ	Kolonidannende. Meget vanlig art med stort utbredelsesområde	+++
<i>Collotheca</i> spp.	120-800 µ	Varmtvannsformer (med unntak av <i>C. lie-petterseni</i>)	+(+) (N)

+++ rikelig forekommende

(N) Arter/grupper som ikke ble funnet ved planktonundersøkelsen 1900-1901.

++ vanlig forekommende

(O) Arter/grupper som ennå ikke er funnet, men som ble funnet i 1900-1901.

+ sjelden

Tabell 34. Bunndyrgrupper og arter som er påtruffet i Mjøsas profundalsone. 1972-1976

RUNDORM (Nematoda)	++
FLIMMERORM (Turbellaria) Først og fremst på dyp >50 m	+
FÅBØRSTEMARK (Oligochaeta)	
Eiseniella tetraedra (Savigny.)	+
Stylodrilus heringianus Claparède. Rentvannsform	+++
Naididae spp.	++
Slavina appendiculata (d'Udekem.)	+
Stylaria lacustris (Linn.)	+(+)
Tubifex tubifex (Müller.) Spesielt på mer belastet bunn	+++
T. tubifex var ignoutus	+(+)
T. ignoutus (Stolc.)	+(+)
Limnodrilus hoffmeisteri Claparède Vanlig i forurensede områder	+++
L. udekemianus Claparède	+
Peloscolex ferox (Eisen.) Rentvannsform	+++
Aulodrilus pluriseta (Piquet.)	+(+)
Aulodrilus limnobioides Bretscher.	+
Potamothenis hammoniensis (Michaelson.) Viss usikkerhet ved artsbestemmelsen	+
Psammoryctides barbatus (Grube.) Bare påtr. i Furnesfjorden. Rentvannsform	+
Enchytraeidae spp.	+(+)
KREPSDYR (Crustacea)	
Pungreke (Mysis relicta) Lovén. Glacialimmigrant	++
Pallasea quadrispinosa (G.O. Sars) Glacialimmigrant	++(+)
VÅRFLUELARVER (Trichoptera)	+
SVIKNOTTLARVER (Ceratopogonidae)	+
FJÆRMYGGLARVER (Chironomidae)	
<u>Tanypodinae</u>	
Ablabesmyia sp.	++
Pentaneurini sp.	+
Macropelopia sp.	+
Thienemannimyia gr.	+
Procladius spp.	+++
<u>Diamesinae</u>	
Diamesa sp.	+
Monodiamesa sp.	++
Potthastia longimanus Kieff.	+(+)
Potthastia sp.	+
<u>Orthocladiinae</u>	
Protanypus sp.	++
Eukiefferiella sp.	+
Heterotanytarsus apicalis (Kieff.) Rentvannsform	+(+)
Heterotrissocladius grimshawi Edw.	+(+)
H. maeaeri Brund. Rentvannsform	++
H. marcidus (Walk.) I hovedsak littoralform	++
H. subpilosus (Kieff.) Rentvannsform	+++
Mesocricotopus thienemanni (Goetgh.) Rentvannsform	+
Psectrocladius sp.	+(+)
Zalutschia zalutschicola Lip. Rentvannsform	++

<u>Chironomini</u>		
Chironomus anthracinus-type	Rikelig forekomst lokalt på mer belastet bunn	+
Ch. plumosus-type	Rikelig forekomst lokalt på mer belastet bunn	+
Chironomus sp.		+
Cladopelma sp.		+
Cryptochironomus sp.		+
Demicryptochironomus vulneratus (Zett.)		++
Dicrotendipes sp.	Først og fremst ved elveutløp	++
Harnischia sp.		+
Microtendipes sp.	Rikelig forekomst ved elveutløp	++
Pagastiella orophila (Edw.)		+
Paracladopelma nigrifulva (Goetgh.)	Rentvannsform. Synonym P. obscura Brundin	+++
Paracladopelma spp.	Rentvannsform	++
Paratendipes sp.		+
Phaenopsectra coracina (Zett.)	Rik forekomst på mer belastet bunn	++
Polypedilum sp.		++
Stictochironomus sp.	Først og fremst ved elveutløp	++
<u>Tanytarsini</u>		
Cladotanytarsus sp.		+
Micropsectra sp.	Rentvannsform	+
Stempellina bausei (Kieff.)	Rentvannsform, i hovedsak littoralform	+(+)
Stempellinella minor (Edw.)	I hovedsak littoralform	+
Tanytarsus holochlorus		++
Tanytarsus spp.	Rikelig forekomst ved elveutløp	++
<u>MUSLINGER (Lamellibranchiata)</u>		
Ertemusling (Pisidium spp.)		+++
<u>SNEGLER (Gastropoda)</u>		
Vanlig skivesnegl (Gyraulus acronicus) (Férussac)		+
Tårnformet gjellesnegl (Valvata piscinalis) (Müller)		+

+++ Rikelig forekomst

++ Vanlig forekomst

+ Sjelden

M J Ø S U N D E R S Ø K E L S E N

Bemanning/arbeidsutførelse

- cand.real. Hans Holtan : Prosjektleder - ansvarlig for fysisk-kjemiske forhold
- fil.kand. Gösta Kjellberg : Ansvarlig for feltarbeid, primærproduksjon, zooplankton, bunndyr og elveundersøkelser
- cand.real. Pål Brettum : Ansvarlig for planteplankton
- siv.ing. Truls Krogh : Ansvarlig for de eksperimentelle undersøkelser
- ingeniør Brynjar Hals : Ansvarlig for vannføringsdata - feltarbeide
- cand.mag. Else Ø. Sahlquist : Telling av planteplankton
- forskningsass. Gjertrud Holtan : Bearbeidelse av tallmateriale
- assistent Gerd Justås : Telling av zooplankton - bunndyr, feltarbeide
- ingeniør Mette Gunn Norheim : Telling av zooplankton - bunndyr, feltarbeide
- ingeniør Inger Marie Bjørke
Hamar kommune : Kjemiske analyser
- tekniker Ole Nashoug : Feltarbeide, forurensningstilførsler og strømningsundersøkelser
- cand.real. Torulv Tjomsland : Ansvarlig for strømningsmodellen

Kjemiske og biologiske prøver er ellers blitt analysert av NIVA's faste laboratoriepersonell, dataseksjonens personale har deltatt i databehandlingen, skrivemaskinarbeide er utført på skrivestuen og tegnekontoret er ansvarlig for tegnearbeide, layout og for trykking av rapport.