

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0 - 20/74

OPPUMPING AV VANN FRA GLAMA TIL SAVALEN.

EN UNDERSØKELSE AV VIRKNINGENE.

Saksbehandler: Fil.kand. Torsten Källqvist

Medarbeidere : Ph.D. George R. Hendrey
Cand.mag. Eli-Anne Lindstrøm

2. desember 1974

INNHALDSFORTEGNELSE

	<u>Side:</u>
FORORD	5
1. INNLEDNING	6
2. BESKRIVELSE AV SAVALEN OG GLÅMA	2
3. UNDERSØKELSESPROGRAM	8
4. KORT BESKRIVELSE AV PARAMETRE	9
5. TOKTER	11
6. RESULTATER	11
6.1 Kjemi	11
6.2 Vannets partikkelinnhold	16
6.3 Planteplankton	17
6.4 Algetester	22
7. TOKTER TIL SAVALEN	25
8. DISKUSJON	28
9. FORELØPIGE KONKLUSJONER	35
LITTERATURLISTE	38

TABELLFORTEGNELSE

		<u>Side:</u>
Tabell 1	Markanvendelse i nedbørfeltet til Savalen og Glåma.	7
Tabell 2	Tilførsel av fosfor og nitrogen til Glåma ovenfor Auma. Tonn/år.	8
Tabell 3	Kjemiske analyseresultater. Savalen.	12
Tabell 4	Kjemiske analyseresultater. Einunna.	14
Tabell 5	Kjemiske analyseresultater. Glåma.	15
Tabell 6	Middelverdier for total nitrogen og total fosfor ($\mu\text{g}/\text{l}$).	16
Tabell 7	Volum av partikler og planteplankton i vannprøver fra Savalen og Glåma.	18
Tabell 8	Kvantitativ analyse av plankton i Savalen 1974.	19
Tabell 9	Kvantitativ analyse av planteplankton i Savalen 1974. Angitt som $10^4 \mu^3/\text{l}$.	20
Tabell 10	Vekstpotensial i Savalen, Glåma og Einunna. Mill. celler/l <i>Selenastrum capricornutum</i> .	23
Tabell 11	Planteplankton i håvtrekk. Savalen stasjon 1. 29. juni 1974.	25
Tabell 12	Kjemiske data for Stasjon 1. Savalen, 29. juni 1974.	27
Tabell 13	Kjemiske data for stasjon 2, Savalen 10. september 1974.	28
Tabell 14	Parametre ved bedømmelse av trofinivå i innsjøer.	32

FIGURFORTEGNELSE

		<u>Side:</u>
Figur 1	Prøvetakingsstasjoner i Savalen og Glåma.	39
Figur 2	Total - P i Glåma og Savalen, mai - juni 1974.	40
Figur 3	Seston i Glåma og Savalen, mai - juni 1974.	41
Figur 4	Temperatur og klorofyll a i Savalen 29. juni 1974.	42
Figur 5	Klorofyll a i Savalen 10. september 1974.	43
Figur 6	Vekstpotensial i Savalen, Glåma og Einunna.	44
Figur 7	Diagram som viser forholdet mellom fosforbelastning og middeldyp dividert med oppholdstid.	45

FORORD

Glommens og Laagens Brukseierforening søkte 16/1-1968 om tillatelse til utvidet regulering av Savalen (Savalen II) med 13,1 m reguleringshøyde og 139 mill. m³ brutto magasin. Pumping av vann fra Glåma (67 mill. m³/år) vil skje i flomperioden mai-juni. Søknaden om Savalen II ble avslått av Industridepartementet i juni 1973, hvorpå en midlertidig anke ble innsendt fra Brukseierforeningen 19/6-1973.

I et brev av 23. april 1974 blir NIVA bedt om å foreslå et program for undersøkelse av virkningene ved oppumping av vann fra Glåma til Savalen. Prøvetaking av vann fra Glåma og Savalen ble omgående startet for å få informasjon om forholdene under den tid av året da en oppumping av vann ville finne sted. Et program for videreføring av undersøkelsen ble oversendt til oppdragsgiveren 8. august 1974.

Blindern, 25. november 1974.

Sven Torsten Källqvist

1. INNLEDNING

Formålet med undersøkelsene i 1974 har vært å skaffe frem den nødvendige informasjon om kjemiske og biologiske forhold i Savalen og Glåma ovenfor kanalutløpet fra Savalen kraftstasjon. Sammen med opplysninger om de endringer i Savalens hydrologi som en oppumping vil medføre er dette tenkt å kunne ligge til grunn for en bedømmelse av hvordan forholdene i Savalen vil bli endret. Det er også gjort en del observasjoner av forholdene i Savalen som kan brukes som sammenlikningsgrunnlag ved en undersøkelse av utviklingen etter en eventuell overledning av vann fra Glåma.

2. BESKRIVELSE AV SAVALEN OG GLÅMA

Savalen.

Savalen ligger på grensen mellom Alvdal og Tynset kommuner i Hedmark fylke. Ved normalvannstand er sjøens overflate $15,4 \text{ km}^2$. Høyden over havet er 707,2 m.

Det naturlige nedbørfeltet til Savalen er kun 100 km^2 og den naturlige årlige vanntilførsel er 28 mill. m^3 . Sjøens volum ved normalvannstand er 265 mill. m^3 . Dette betyr at den naturlige teoretiske oppholdstiden for vann i Savalen er 9,46 år.

Etter at overføringen av vann fra Einunna-Fundinmagasinet begynte i september 1971 øket vanntilførselen til 310 mill. $\text{m}^3/\text{år}$. Dette endret vannets teoretiske oppholdstid til 0,854 år, dvs. mindre enn tiendedelen av den tidligere oppholdstid.

En gjennomføring av Savalen II vil medføre en oppumping av 67 mill. m^3 vann/år fra Glåma. Oppholdstiden vil da bli ytterligere noe redusert til 0,704 år.

Berggrunnen i nedbørfeltet til Savalen i dag domineres av basisk kambrosiluriske bergarter som er mer eller mindre omdannet. Løs-

avsetningene består hovedsakelig av moréne rundt Savalen og bresjø-avsetninger (grus, sand og finsand) i Einunnadalen. Rundt Fundin og langs øvre del av Einunna er det flere store myrområder.

Glåma.

Glåmas nedbørfelt ved Auma ovenfor kanalutløpet fra Savalen omfatter 3655 km². Berggrunnen i denne delen av nedbørfeltet består av mer eller mindre omdannede kambrosiluriske bergarter av samme type som i nedbørfeltet til Savalen.

En sammenlikning av markanvendelsen i nedbørfeltet til Savalen (med Einunna-Fundin) og Glåma ved Auma er gitt i tabell 1.

Tabell 1.

	Savalen med Einunna		Glåma ved Auma	
	km ²	%	km ²	%
Nedbørfelt	665	100	3655	100
Jordbruk	1,2	0,18	80,1	2,19
Skog	86	12,9	638,9	17,4

Største delen av begge nedbørfeltene består av uproduktive områder. (Snaufjell, myr og vann). Den prosentvise andelen av skog i nedbørfeltene er temmelig lik, mens forskjellene er store når det gjelder jordbruk. I Glåmas nedbørfelt utgjør jordbruksarealet 2,19 % mot 0,18 i Savalen - Einunnas nedbørfelt. Befolkningen i Glåmas nedbørfelt er i 1967 oppgitt til 11853 personer. Mesteparten av disse er knyttet til kommunale kloaknett uten renseanlegg.

En beregning av tilførsler av fosfor- og nitrogenforbindelser fra jordbruk, næringsmiddelindustri og kloakkutslipp viser at den totale tilførsel av fosfor og nitrogen er ca. 17 respektive 87 tonn/år. (Se tabell 2).

Tabell 2. Tilførsel av fosfor og nitrogen til Glåma ovenfor Auma. Tonn/år.

	Fosfor	Nitrogen
Kloakkvann direkte	7,0	33,7
" spredt bebyggelse	3,7	18,2
Jordbruk	2,2	34,7
Meierier og slakterier	3,8	-
Sum	16,7	86,6

3. UNDERSØKELSESPROGRAM

Vannprøver fra Glåma ovenfor utløpet fra Savalen kraftstasjon og fra Savalen ved kraftstasjonen ble samlet inn av personell ved kraftstasjonen. I perioder når kraftstasjoner ikke var i drift ble prøver i stedet tatt i søndre delen av sjøen hvor uttakstunnellen munner. (Se fig. 1). I perioden 6/5 - 22/7 ble det tatt daglige prøver av vann fra Glåma. I august og september ble det tatt prøver i Glåma hver uke. Prøver fra Savalen ble samlet inn hver uke i perioden mai-september. Prøver i utløpet av overføringstunnellen fra Einunna ble tatt 8/5, 30/6 og hver uke fra 24/7 - 28/8.

100 ml av vannprøvene ble filtrert gjennom membranfilter med pore-størrelse 0,45 μ . Filtrene ble brukt for måling av vannets partikkelinnhold (Seston).

En del av vannprøvene ble konserverert på stedet for analyse av total nitrogen (N), total fosfor (P) og mikroskopisk undersøkelse av planteplankton. 1 liter vann ble oppbevart frosset for andre kjemiske analyser og algetester. Disse prøvene ble senere blandet sammen til uke- eller månedsprøver for å redusere analysekostnadene.

4. KORT BESKRIVELSE AV PARAMETRE

- pH : pH-verdien er et mål på vannets surhetsgrad, hvor lav pH betyr surt vann og høy pH basiskt vann. pH 7 regnes som nøytralt. Vannets pH er påvirket av nedslagsfeltets berggrunn, men variasjoner kan forårsakes av biologisk aktivitet i vannet og forurensningstilførsler bl.a. via nedbøren.
- Elektrolytisk ledn. evne ($\mu\text{S}/\text{cm}$) : Vannets elektrolytiske ledningsevne er et mål på innholdet av salter. Disse tilføres vannet enten direkte gjennom nedbøren eller ved utvaskingsprosesser i nedbørfeltet. Forurensninger med f.eks. kommunalt kloakkvann gir også utslag i vannets elektrolytiske ledningsevne. Benevning: $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Farge : Vannets farge bestemmes bl.a. av innholdet av humusstoffer og partikler av ulike slag. Fargen måles fotometrisk med en standardoppløsning av platinaklorid som referanse. Benevning: mg Pt/l.
- Turbiditet : Turbiditeten eller grumsethet i vannet forårsakes av vannets partikkelinnhold. Benevning: SiO_2/l .
- Kjemisk oksygenforbruk (Dikromat) : Vannets kjemiske oksygeforbruk gir en oppfatning om innholdet av organisk stoff. Oksygenforbruket er derfor høyt i kloakkvann og vann med høyt humusinnhold og lavt i næringsfattige (oligotrofe) innsjøer. Benevning: mg O/l.
- Total nitrogen : Nitrogen forekommer i vann dels oppløst som nitrat, nitritt og ammonium og dels partikulært i organisk materiale hvor det inngår i bl.a. proteiner. Analysen gir summen av alle nitrogenkomponenter. Benevning: $\mu\text{g N}/\text{l}$.

- Nitrat
(NO₃) : Nitrat er viktig som nitrogenkilde for planteplankton. Innholdet av nitrat kan iblant virke begrensende på produksjonen av planteplankton (primærproduksjonen).
Benevning: µg N/l.
- Total-
fosfor
(tot.P) : Total-fosfor gir summen av fosfatfosfor og organisk og uorganisk bundet fosfor. Fosfor er en livsnødvendig komponent i celler. Benevning: µg P/l.
- Fosfat
(PO₄) : Planteplankton tar opp fosfor i form av fosfat. Vannets innhold av fosfat er ofte begrensende for primærproduksjonen. Benevning: µg P/l.
- Sulfat
(SO₄) : Sulfatkonsentrasjonen reguleres hovedsakelig av nedbør-kjemiske variasjoner og kjemiske og biologiske prosesser i jorden. Sulfat brukes som svovelkilde av alger, men tilgangen i vann er stor i forhold til algenes behov. Benevning: mg SO₄/l.
- Klorid
(Cl) : Kloridkonsentrasjonen i vann er avhengig av nedbør og grunnforhold. I områder uten marine avsetninger kan kloridkonsentrasjonen brukes som indikasjon på kloakkvannsforurensning. Benevning: mg Cl/l.
- Algetester : Eksperimentelle undersøkelser med planktonalger blir utført for å undersøke næringsforhold i vann. Utslaget av slike tester beror på konsentrasjonen av og forholdet mellom forskjellige næringsstoffer, så vel som tilgjengeligheten av disse stoffene. Dette er et viktig komplement til de kjemiske analysene.

Prinsippet for algetester er at mengden alger som kan produseres i et bestemt volum vann er et mål på vannets næringsinnhold. Man kaller dette vannets vekstpotensial. Testene blir utført i glasskolber i laboratorium. Vannprøven blir først filtrert for å

fjerne organismer og partikler og deretter podet med testalger. Kulturen blir inkubert på gyngebord under kontinuerlig belysning. Veksten i kulturene blir fulgt ved telling av algecellene i en elektronisk partikkelteller. Etter en tid slutter algene å vokse og celleutbyttet noteres. Dette er et mål på vannets vekstpotensial. Ved å sette til forskjellige næringsstoffer til en serie av kulturer kan man finne ut hvilket eller hvilke stoffer som virker begrensende på veksten av alger. Kjennskap til begrensende næringsstoffer er viktig ved bedømmelser av hvilken effekt en forandring av vannkvaliteten vil få på produksjonsforholdene i et vann. De plantenæringsstoffer som er mest vanlig som begrensende faktorer er fosfor og nitrogen. Tilsetning av disse to stoffene som fosfat og nitrat er derfor gjort ved algetestene ved denne undersøkelsen.

5. TOKTER

Det ble i løpet av sommeren gjort tokt til Savalen for innsamling av materiale for kjemiske og biologiske analyser. Ved disse toktene (29/6 og 10/9) ble det tatt prøver på forskjellige dyp på to stasjoner i sjøen (se fig. 1). Foruten kjemiske analyser ble det tatt analyser av vannets klorofyllinnhold. Dette for å få et mål på vannets innhold av planteplankton.

6. RESULTATER

6.1 Kjemi

De kjemiske analyseresultatene er vist i tabell 3, 4, 5 og 6 hvor også en del middelerverdier for ulike perioder er angitt.

I Savalen (tabell 3) var variasjonene i de fleste parametre små i løpet av undersøkelsesperioden. Middelerverdiene gir derfor en god oversikt over vannkvaliteten i Savalen. Som følge av den kalkrike

Savalen

Tabell 3. Kjemiske analyseresultater

Uke	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Mv. t.o.m
Dato	22/4	3/5	6- 13/5-20/5	27/5 -4/6	10- 17/6	24/6-1/7	8/7-15/7	24/7	31/7	7/8	14/8	21/8	28/8												28/8
pH	7,23	7,41	7,46	7,20	7,30	7,45	7,52	7,52	7,56	7,62	7,56	7,57	7,50												7,45
Spes.el. ledn.e. µS/cm	41	58,5	58		49,0	50,0	50,0	47,0	47,5	48,0	49,0	48,5	47,5												48,0
Farve mg Pt/l	15,5	15	18		16	14	16	16	22,5	25	31,5	27													20
Turbiditet mg O/l	0,40	0,32	0,26		0,41	0,37	0,88	0,31	0,31	0,55	0,33	0,44													0,42
Dikromat µg N/l	11,0	5,06	32	11	5,8	4,2	2,2	6,9	4,0	5,0	3,9	4,2	5,0												7,7
Nitrat µg N/l	50	100	70	10	50	40	50	30	30	30	30	20	20												38
Fosfat µg P/l	<2	<2	<2	5	4	<2	<2	<2	<2	3	<2	<2	<2												<2,5
Sulfat mg/l	3,4	5,1	5,5	4	4,9	4,8	5,1	2,5	5	3,3	4,9	4,5	4,4												4,4
Klorid mg/l	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5												0,6

berggrunnen i området er pH i vannet over 7. Den elektrolytiske ledningsevnen er ca. 50 μ S/sek. Også når det gjelder ledningsevnen er innvirkningen av den kalkholdige berggrunnen tydelig. Fargeverdien (20 mg Pt/l) er normal for en næringsfattig sjø med liten påvirkning av humusholdig myrvann. Turbiditeten er også forholdsvis lav, hvilket tyder på lavt innhold av plankton og andre partikler. Det kjemiske oksygenforbruket er lavt som følge av lavt innhold av organisk stoff. Nitratkonsentrasjonen er også temmelig lav, særlig i juli-august (20-30 μ g N/l), men i mai ble det målt opp til 100 μ g N/l. Minkingen i nitrat henger sammen med et forbruk av nitrat ved produksjonen av planteplankton. Fosfatkonsentrasjonene ligger under deteksjonsgrensen som er 2 μ g P/l under nesten hele perioden. I begynnelsen av juni var det likevel opp til 4-5 μ g P/l som fosfat. Middelerdien for sulfatkonsentrasjon er 4,4 mg/l og kloridkonsentrasjonen 0,6 mg/l.

De analyseresultater som finnes fra Einunna er delt opp i to serier for beregning av middelerdier. (Tabell 4). Den første omfatter kun to prøver uke 19 og 26 i mai og juni, og den andre 6 prøver fra uke 30-35 (juli og august). Som man kan vente stemmer resultatene godt med verdiene for Savalen. Forskjellene finner man blant annet når det gjelder farge som i juli-august er høyere i Einunna. Årsaken er sannsynligvis et høyere humusinnhold. Turbiditeten er også noe høyere i Einunna i juli-august enn i Savalen. Det kjemiske oksygenforbruket synker fra mai til august og er da lavere enn i Savalen. Nitratkonsentrasjonen er i hele perioden lavere i Einunna enn i Savalen (< 10 μ g N/l). Fosfatkonsentrasjonen holder seg som i Savalen under 2 μ g P/l.

Resultatene fra de kjemiske analysene i Glåma er også delt opp i to perioder for beregning av middelerdier (Se tabell 5). Den første omfatter uke 17-26 (april-juni) hvilket er tiden da vårflommen normalt foregår, og den andre omfatter uke 27-35 (juli-august). I den første perioden avviker vannkjemien i Glåma fra den i Savalen fremfor alt når det gjelder farge, kjemisk oksygenforbruk, fosfat og klorid. For alle disse parametre gjelder at verdiene er høyere i Glåma.

Einunna

Tabell 4. Kjemiske analyseresultater

Uke	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	Mv.	
																								19+26	30-35
Dato			8/5							30/6				24/7	31/7	7/8	14/8	21/8	28/8						
pH			7,33							7,48				7,57	7,59	7,61	7,57	7,60	7,63					7,40	7,59
Spes.el. ledn.e. $\mu\text{S}/\text{cm}$			45							49				48	49	49	49	49	51	55				47	50
Farge mg Pt/l			32							12				38	34	38	40	40	32	36				22	36
Turbiditet			0,51							0,46				0,52	0,51	0,70	1,10	0,54	0,68					0,49	0,68
Dikromat mg O/l			9,1							8,4				4,0	4,8	3,3	4,4	3,4	4,7					8,8	4,1
Nitrat $\mu\text{g N/l}$			<10							<10				<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10			<10	<10	
Fosfat $\mu\text{g P/l}$			<<2							<2				<2	2	<2	<2	<2	<2	<2			<2	<2	
Sulfat mg/l			4,2							5,2				5	5,5	5,1	4,9	5,2	5,6					4,7	5,2
Klorid mg/l			0,6							0,4				0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5					0,5	0,5

Glåma

Tabell 5. Kjemiske analyseresultater

Uke	Dato																												Mv. uke	Mv.
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40						
	22/4	29/4 30/4	6/5	13/5	7,30	7,20	7,33	7,37	7,30	7,49	7,47	7,56	7,54	7,55												17-26	27-35			
		2/5	10/5	16/5	4/6	7/6	1/7	22/7	24/7-31/7	14/8	21/8	28/8																		
	3/5																													
pH	7,37	7,21	7,24	7,30	7,20	7,33	7,37	7,30	7,49	7,47	7,56	7,54	7,55													7,33	7,55			
Spes. el. ledn. e. µS/cm	53,9	48	50	38	29	36	37,2	41	37	40	45	43	48													41	45			
Farge mg Pt/l	31,5	43	76	71	92	81	31,5	40	34	43	48	38	43													54	43			
Turbiditet	0,6	0,7	1,1	1,4	1,7	1,2	0,4	0,3	1,1	1,4	1,4	0,8	0,7													1,0	0,96			
Dikromat mg O/L	21	14	49	32	11	9,3	7,1	9,2	5,0	4,3	6,1	6,8	6,5													16	6,5			
Nitrat µg N/l	139	58	30	10	10	20	30	10	10	10	10	<10	10													32	< 10			
Fosfat µg P/l	8	4	2	2	5	8	3	2	2	3	3	2	3													3,9	2,7			
Sulfat mg/l	5,6	5,4	3,1	4,7	4	4	4,1	4,8	4,3	4	4,4	5	5													4,4	4,8			
Klorid mg/l	1,6	1,2	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,99	1,0													0,9	0,9			

Den høyere verdien for farge kan henge sammen med den større partikkeltransporten i Glåma. Det kjemiske oksygenforbruket tyder på at også innholdet av organisk stoff er høyere i Glåma enn i Savalen. Fosfatinnholdet i Glåma er betydelig høyere enn i Savalen og Einunna. Grunnen til dette er sannsynligvis tilførsler fra kommunalt kloakkvann til Glåma ovenfor kanalutløpet. Forurensningspåvirkningen kan også spores i kloridkonsentrasjoner som også er høyere i Glåma.

I den andre analyseperioden (uke 27-35) har det kjemiske oksygenforbruket minket samtidig som konsentrasjonene av fosfat og nitrat er gått ned. Reduksjonen i plantenæringsstoffene fosfat og nitrat skyldes sannsynligvis et økt opptak av disse stoffene til vegetasjon i vannet og på land. Total-nitrogen konsentrasjonene i Glåma viser også en nedgang fra ca. 400 i mai til ca. 120 i august. Middeler verdien i mai er 244 µg N/l. Dette er noe høyere enn i Savalen.

Verdiene for total-fosfor i Glåma er fremstilt i fig. 2 hvor de kan sammenliknes med konsentrasjonene i Savalen. Fosforinnholdet i Glåma ligger hele tiden klart over innholdet i Savalen. Middeler verdien for Glåma er 6,3 og for Savalen 2,6.

Tabell 6. Middeler verdier for total nitrogen og total fosfor (µg/l).

	Mai		Juni		Alle observasjoner	
	N	P	N	P	N	P
Savalen	238	3,0	173	3,7	175	2,6
Glåma	244	6,7	134	5,9	202	6,3
Einunna	-	-	-	-	125	4,0

6.2 Vannets partikkelinnhold

Det er gjort forskjellige typer av målinger av vannets partikkelinnhold. Ved en sammenlikning av sestonverdiene fra de reflektometriske filteravlesningene av filter fra Savalen og Glåma går det frem at partikkeltransporten i Glåma er størst i mai under flommen.

(Se fig. 3). I denne perioden er sestoninnholdet vesentlig høyere enn i Savalen. I juni er forskjellen i verdiene fra Glåma og Savalen mindre, delvis på grunn av at sestoninnholdet i Savalen da er noe høyere. Vannføringen i Glåma i 1974 var normal i mai, men minket raskt i slutten av mai, noe som avspeiles i partikkeltransporten. Vannføringen i juni var mindre enn normal.

6.3 Planteplankton

De kvantitative planteplanktonprøvene er undersøkt med en elektronisk partikkelteller for beregning av total partikkelvolum. En del av prøvene er deretter mikroskopert for artsbestemmelse av planteplankton og beregning av samlet planktonvolum.

Resultatene av volumsberegningene fremgår av tabell 7.

Partikkelyvolumet øker i Savalen fra mai til slutten av juli da den er ca. $0,5 \text{ mm}^3/\text{l}$. Av dette er ca. 70 % planteplankton. Vannet i Glåma har det høyeste partikkelinnholdet i midten av mai under flomperioden. Det høyeste oppmålte partikkelvolumet er $3,37 \text{ mm}^3/\text{l}$ den 13/5. I Glåma var kun en meget liten del av partiklene alger, mens mesteparten var mineralpartikler.

Artssammensetningen av planteplankton i Savalen er vist i tabell 8.

Planktonet preges i de fleste prøvene av *Chrysohyceer*, de fleste artene er vanlige planktonorganismer i oligotrofe vannforekomster. *Salpingoeca ruttneri* Bourr. er trolig ikke registrert i norske vann tidligere. Grønnalgene og diatomeene er representert ved arter som vanligvis opptrer i upåvirkede vann. Det er i det hele ikke observert forurensningsindikatorer.

En beregning av biomassen av planteplankton er gjort ut fra celleantall og spesifikk volum. En oversikt av resultatet er gitt i tabell 9, hvor det samlede volumet av de forskjellige algegruppene er gjen-gitt.

Tabell 7. Volum av partikler og planteplankton i vannprøver fra Savalen og Glåma.

Dato	Savalen		Glåma
	Part. vol. mm ³ /l	Planteplankton mm ³ /l	Part. vol. mm ³ /l
6/5	0,16		0,60
13/5	0,09		3,37
20/5	0,13		1,84
27/5	0,20		0,64
4/6	0,08	0,03	1,07
10/6	0,19		0,72
17/6	0,30		0,64
24/6	0,27	0,07	0,38
1/7	0,17		0,33
8/7	0,13		0,24
15/7	0,63		0,46
22/7	0,20		0,52
31/7	0,46	0,33	0,30
7/8	0,46		0,38
14/8	0,36	0,14	0,31
21/8	0,25		0,38
28/8	0,39		0,44
4/9	0,27		0,52
11/9	0,29	0,11	0,41
18/9	0,27		0,61
25/9	0,28		0,28

Tabell 8. Kvantitativ analyse av plankton i Savalen 1974. Angitt i 1000 celler/l.

Organisme	Dato Dyp/sted	4/6	24/6	31/7	14/8	11/9
		Inntak	Etter turbin	Inntak	1-m	1 m
CYANOPHYCEAE						
Chroococcus sp.			+			
Dactylococopsis sp.				5		
CHLOROPHYCEAE						
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs					+	+
" " var. acicularis (A. Braun) G.S. West					+	
Chlamydomonas sp.						5
Cosmarium pygmaeum Archer			+			
" reniforme (Ralfs) Archer						+
" sp.			+			
Crucigenia quadrata Morren			+			
Dictyosphaerium simplex Skuja (Kol.)					5	
Elakatothrix viridis (Snow) Printz.					5	+
Nephrocytium lunatum W. West					+	+
Oocystis cf. lacustris Chod.					+	
Tetraëdron minimum (A. Braun) Hansgr.			22	35	30	26
" protumidum (Reinsch) Hansgr.			+			
Chloromonade, tetrasporales		+	+	26	10	16
BACILLARIOPHYCEAE						
Achnanthes minutissima Kütz.			5			
Cyclotella cf. comta (Ehrenb.) Kütz.			11	32	8	14
Cyclotella sp. 5 µ		+	5	639	142	130
Cymbella sp.			+			
Diatoma elongatum (Lyngb.) Agardh						+
Melosira distans (Ehrenb.) Kütz.			14	14	26	26
Synedra acus Kütz. m/var.		+	18	10		
CHRYSOPHYCEAE						
Betrichia chodati (Chod.) Rev.				5	5	+
Chrysolynos planktonicus Mack			5	5	7	
Dinobryon borgei Lemm.			+	+	7	5
" cylindricum Imhof			+			
" elegantissimum Bourr.			20	18	5	+
" sp.				5		
Kephyrion spirale (Lackey) Conrad			56	+		
" rubri-claustri Conrad			+			
Pseudokephyrion entzii Conrad		+	18	10	5	11
" sp.		+	+	5		
Salpingoeca ruttneri Bourr.				+	15	
Chrysonader, ubestemte		123	127	175	221	104
DINOPHYCEAE						
Peridinium inconspicuum Lemm.				18	5	
VARIA						
µ-alger (ubestemte organismer maks.) 3 µ diameter (5 µ lengde)		510	362	923	687	824
Ciliater					5	+
Organismer, ubestemte			5	26	27	29
Cyster		5				

50 ml. sedimentert, deler av kammeret tatt

+ : Færre enn 5000 celler (kolonier) pr. liter.

Diatomeen *Cyclotella* (5 μ), chrysomonadene og samlegruppen μ -alger har alle ganske høy tallmessig forekomst, men på grunn av små spesifikke volumer utgjør de en ubetydelig biomasse. Det er forøvrig vanlig i en del oligotrofe vann at arter fra slekten *Cyclotella* har høy tallmessig forekomst.

Sesongvariasjon.

Planktonsamfunnet varierer både kvantitativt og kvalitativt i prøvetakingsperioden. Biomassen øker fra juni frem til slutten av juli og minker deretter igjen. Prøver fra 4. juni inneholdt mye uorganisk materiale og detritus sannsynligvis som følge av snøsmelting og flom.

Den lave planktonbestanden denne dagen har muligens sammenheng med dette. I de øvrige prøvene er det lite uorganisk materiale. Som i de fleste innsjøer har *Chrysophyceene* sin største forekomst på forsommeren (sommeren), mens diatomeene når maksimum i tiden juli-september.

Tabell 9. Kvantitativ analyse av planteplankton i Savalen 1974.
Angitt som $10^4 \mu^3/l$.

	4/6	24/6	31/8	14/8	11/9
Cyanophyceae (Blågrønnalger)			30		
Chlorophyceae (Grønnalger)	90	530	1308	1356	2219
Bacilliarophyceae (Kiselalger, Diatomeer)	120	3170	18680	5340	6140
Chrysophyceae	1877	2990	3357	4106	1728
Dinophyceae (Panserflagellater)			8100	2250	
μ -alger	765	543	1384	1030	1236
Totalvolum $10^6 \mu^3/l$	28.52	72.33	328.59	140.82	113.23

Analysen av prøver fra Glåma i mai og juni viste at innholdet av planteplankton var ubetydelig. De alger som fantes var hovedsakelig benthiske (fastsittende) kiselalger som var blitt løsrevet og ført med strømmen. De fleste er kun tomme skall. Av det samlede partikkelvolumet i Glåma utgjorde algene en meget liten del. Vanligst forekommende arter i prøver 13. mai var:

Achanthes minutissima Kütz.

Cymbella spp. Agardh.

Ceratoneis arcus Kütz.

Diatoma spp. De Candolle

Gomphonema spp. Agardh.

Synedra spp. Ehr.

Dessuten ble det funnet:

Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.

Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz

Synedra ulva (Nitzsch) Ehr.

Asterionella formosa Hass.

Cosmarium reniforme Archer

Melosina islandica O. Müll.

Cyclotella sp. (15 μ) Kütz.

Av disse artene er *Asterionella*, *Tabellaria* og *Melosina islandica* planktoniske alger som ikke er funnet i prøvene fra Savalen.

I prøver 18. juni ble følgende arter funnet:

Achanthes minutissima Kütz.

Asterionella formosa Hass.

Ceratoneis arcus Kütz.

Chrysococcus sp.

Cocconeis sp. Ehr.

Cymbella ventricosa Kütz.

Cymbella sp. Agardh.

Diatoma elongatum Agardh.
Diatoma hiemale var. mesodon (Ehr.) Grunow
Dinobryon borgei Lemm.
Dinobryon cylindricum Imhof.
Eucoconeis sp. Cleve
Fragilaria sp. Lyngb.
Kephyrion spirale (Lack) Conr.
Melosira distans. (Ehr.) Kütz.
Synedra cf. nana Meister
Synedra cf. vaucheriae Kütz.
Tabellaria flocculosa. (Roth) Kütz.

I juni minket mengden uorganiske partikler i Glåma som følge av den lavere vannføringen.

6.4 Algetester

Samtlige algetester ble utført dels uten tilsetning og dels med tilsetning av P, N og P + N (P = 10 µg P som K_2HPO_4) og N = 250 µg N som $NaNO_3$). Resultatene av disse forsøkene uttrykket som produsert antall celler av testalgen (*Selenastrum capricornutum*) er vist i tabell 10.

Vekstpotensialet i Savalen var lavt i hele undersøkelsesperioden. De høyeste verdiene er fra uke 24 og 25. Dette faller sammen med et maksimum i fosfatkonsentrasjonen. Tilsetning av 250 µg N ga ikke noen signifikant økning i celleutbyttet i vann fra Savalen, hvilket betyr at nitrogen ikke var begrensende for veksten av testalger. Fosfortilsetninger øket imidlertid celleutbyttet ved samtlige forsøk med vann fra Savalen. Hvor stort utslaget ble varierte imidlertid sterkt. Generelt kan det sies at celleutbyttet ved tilsetning av 10 µg P var høyest i juni og juli. Tilsetning av både fosfor og nitrogen ga oftest ingen eller ubetydelig økning av celleutbyttet i forhold til bare fosfortilsetning. Disse forsøkene viser at i Savalen er fosfor det primært begrensende næringsstoffet for vekst av planteplankton. Forskjellene i celleutbyttet ved tilsetning av både P og N

Tabell 10. Vekstpotensial i Savalen, Glåma og Einunna. Mill. celler/l *Selenastrum capricornutum*.

Uke	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Mv. mai-juni	Mv. juli-sept.
Savalen	1,8	2,6	2,6	2,8	1,8	2,1	5,3	3,8	2,2	2,2	1,9	1,9	1,6	1,4	2,8	1,5	1,6	1,2	1,9	1,7	3,6	2,6	2,8	2,0
" + 10µg P	2,0	5,7	13	12	5,3	65	64	42	66	45	45	26	100	15	4,7	4,7	37	47	6,1	8,4	13	15	31	29
" + 250µg N	1,7	3,0	2,6	3,0	1,6	1,6	6,5	3,5	2,4	1,9	1,9	1,4	1,9	2,6	1,2	1,2	1,5	1,3	1,6	1,6	2,9	2,6	2,9	1,9
" + P + N	2,2	9,5	9,9	11	6,8	60	76	39	73	49	49	23	103	21	14	14	58	49	15	16	19	15	32	35
Glåma	2,5	2,3	4,0	4,3	2,4	1,9	2,0	3,7	5,3	17	17	4,9	4,7	2,7	1,8	1,8	2,8	2,1	2,1	3,5	2,1	2,9	2,9	3,0
" + 10µg P	38	5,3	8,8	4,3	4,2	5,7	15	11	4,7	4,7	4,9	1,6	1,6	2,8	2,8	1,6	12	6,6	6,6	2,8	3,5	11	11	6,9
" + 250µg N	3,8	2,4	4,2	4,5	2,2	2,0	1,9	3,4	6,7	28	28	6,7	6,7	2,7	1,6	1,6	1,2	1,4	1,6	2,8	2,8	3,1	21	2,7
" + P + N	44	8,0	15	9,4	5,7	6,6	33	29	28	28	28	28	6,7	2,7	1,6	1,2	1,4	1,4	1,6	6,6	6,6	21	21	13
Einunna	1,6	3,3	3,3	3,3	2,9	3,2	2,1	2,2	4,8	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	2,1	1,3	1,6	1,5	2,8	3,3	3,4	1,9	3,0	2,1
" + 10µg P	29	12	6,0	21	7,5	11	3,5	19	22	12	12	12	12	6,0	21	7,5	11	3,5	19	22	12	16	13	13
" + 250µg N	-	1,3	1,3	1,7	1,2	1,4	1,4	2,6	1,3	1,3	1,2	1,4	1,4	1,3	1,7	1,2	1,4	1,4	2,6	3,4	3,6	1,9	3,0	2,0
" + P + N	71	115	32	87	24	99	75	43	43	43	43	43	43	32	87	24	99	75	43	43	44	16	3,0	58
Savalen + Glåma 1:1	2,0	3,3	3,3	3,3	2,9	3,2	2,1	2,2	4,8	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	2,1	1,3	1,6	1,5	2,8	3,3	3,4	1,9	3,0	2,1

antyder at også andre stoffer innvirker på vannets vekstpotensial. Nitrogen foreligger i Savalen i overskudd i forhold til algenes behov.

Vekstpotensialet i Glåma lå på samme lave nivå som i Savalen. Den høyeste verdien er fra uke 27 - 29 i begynnelsen av juni. Tilsetning av nitrogen hadde ingen effekt på celleutbyttet ved algetestene, men fosfortilsetningen ga øket vekst. Celleutbyttet ved fosfortilsetning var imidlertid lavere i Glåma enn i Savalen. Tilsetning av både P og N ga alltid høyere celleutbytte enn tilsetning av P alene. Dette betyr at i Glåma likesom i Savalen er fosfor det primært vekstbegrensende næringsstoffet, men at nitrogen har større betydning som sekundært begrensende næringsstoff i Glåma enn i Savalen.

Vannet i Einunna hadde også lavt vekstpotensial. Nitrogentilsetning øket ikke celleutbyttet, men fosfortilsetning stimulerte veksten. Fosfor og nitrogen tilsammen ga meget høyere celleutbytte enn bare fosfor. I Einunna likesom i Glåma og Savalen, var altså fosfor primært vekstbegrensende. Nitrogen var sekundært begrensende.

Middelverdiene for vekstpotensial i de forskjellige vanntypene er fremstilt i fig. 6. Resultatene er delt opp i to perioder: mai - juni og juli - september. Figuren gir en forestilling om forskjeller i vannets næringsinnhold. Felles for alle vannene er at fosfor er den først begrensende faktor for vekst av testalgen. Etter tilsetning av fosfor øker celleutbyttet mest i Savalen og minst i Glåma. Dette viser at andre næringsstoffer tidligere blir begrensende i Glåma. Ved tilsetning av nitrogen og fosfor øker celleutbyttet i Glåma, hvilket tyder på at nitrogen er det andre begrensende næringsstoffet. Selv etter tilsetning av både fosfor og nitrogen er imidlertid celleutbyttet forholdsvis lavt i Glåma. Andre næringsstoffer virker tydeligvis også inn som begrensende faktorer. At tilsetningen av nitrogen og fosfor til Savalen bare har gitt en meget liten økning i celleutbyttet i forhold til fosfortilsetningen viser at overskuddet av nitrogen i Savalen tillater en ganske høy produksjonsøkning før nitrogen blir begrensende. Andre stoffer enn fosfor og nitrogen har

mindre betydning for vekstpotensialet i Savalen enn i Glåma.

Resultatene fra Einunna avviker fra både Savalen og Glåma. Forholdet mellom celleutbyttet ved de forskjellige tilsetningene viser at nitrogeninnholdet er lavere i Einunna enn i Savalen. Ved tilsetning av både fosfor og nitrogen blir celleutbyttet høyere i Einunna enn i Savalen og Glåma. Andre stoffer har tydeligvis liten innvirkning på vekstpotensialet i Einunna.

7. TOKTER TIL SAVALEN

Det første toktet til Savalen ble gjort 29-30 juni 1974. Overflatevannet var da oppvarmet til 12°C, mens vanntemperaturen under 25 m var 5,6°C. Den største temperaturgradienten var mellom 6 og 15 m (Se fig. 4). Klorofyllinnholdet viser at det var lite planteplankton i vannet (se fig. 4). Mengden klorofyll a var noe større på stasjon 2 enn på stasjon 1. Den maksimale verdien var 1,1 µg klorofyll a/l på 2 m dyp. Under 8 m avtar klorofyllmengden raskt.

Noen kjemiske data fra stasjon 1 i Savalen er ført inn i tabell 12. Det fremgår av disse at det var et forbruk av nitrat i de øvre vannmassene. Nitratkonsentrasjonen øket fra 30 µg N/l i overflaten til 60 µg N/l under 10 m. Fosfatkonsentrasjonen var <2 µg P/l helt ned til 40 m. Nær bunnen på 50 m dyp øket fosfatinholdet til 4 µg P/l. Dette viser at det er en tilførsel av fosfat fra bunnsedimentene.

Tabell 11. Planteplankton i håvtrekk. Savalen stasjon 1. 29.6.1974.

CYANOPHYCEAE

Anabaena flos aquae (Lyngb.) De Breb.

Gomphosphaeria lacustris Chodat

CHLOROPHYCEAE

Botryococcus braunii Kütz.

Cosmarium sp.

Crucigeria rectangularis (A.Braun) Gay.

Elakatotrix gelatinosa Wille.
Elakatotrix cf. *lacustris*.
Gloecocystis gigas (Kütz) Lagerh.
Nephrocytium lunatum W. West.
Oocystis lacustris Chod.
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.
Quadrigula lacustris (Chod.) G.M. Smith.
Sphaerocystis schroeteri Chod.

BACILLAROPHYCEAE

Cyclotella cf. *kützingiana* Thvai.
Melosina ambigua
Melosina distans Kütz.
Melosina italica subsp. *subarctica* (Grun.) Müll.
Synedra sp. Ehr.
Tabellaria flocculosa (Roth.) Kütz.

CHRYSOPHYCEAE

Dinobryon cylindricum Imhof.
Dinobryon sp.
Stichogloea doderleinii (Schmidle) Wille.

Ved det andre toktet, 10. september, var den maksimale klorofyll-konsentrasjonen 1,5 μg klorofyll a/l, dvs. noe høyere enn i juni. Utbredelsen av klorofyll a i dypet er også annerledes enn ved det første toktet, slik at totalmengden planteplankton er betydelig større (fig. 5).

Vannkjemien er lite forandret siden i juni (se tabell 13). Nitrat-konsentrasjonen i overflaten var fortsatt 30 μg N/l. Vannsjiktet med lavt nitratinnhold nådde nå ned til 15 m. Under dette økte nitratkonsentrasjonen til 80 μg N/l. Totalfosforverdiene var fortsatt lave (3-6 μg P/l), unntatt på 45 m dyp som var nær bunnen.

Tabell 12. Kjemiske data for Stasjon 1. Savalen 29/6-1974.

Dyp	pH	Tot. N g N/l	Nitrat g N/l	Tot. P g P/l	Fosfat g P/l	Temperatur t°C
1	7,3	190	30	4	<2	12,0
2	7,3	170	30	4	<2	12,0
4	7,3	165	30	3	<2	11,9
6	7,4	165	40	5	<2	11,4
8	7,4	190	50	6	<2	10,8
10	7,5	190	60	5	<2	9,8
15	7,4	205	60	3	<2	6,3
20	7,5	195	60	4	<2	5,9
25	7,5	190	60	4	<2	5,6
30	7,5	175	60	3	<2	5,6
40	7,5	195	60	5	2	5,6
50	7,4	135	60	8	4	5,6

Tabell 13. Kjemiske data for stasjon 2, Savalen 10/9-1974.

Dyp m	Tot. N µg N/l	Nitrat µg N/l	Tot. P µg P/l
0	175	30	3
2	160	30	5
4	165	30	3
6	140	30	3
8	175	30	3
10	170	30	3
12	185	30	5
15	230	30	6
20	225	60	4
25	215	70	4
30	200	80	4
40	195	80	4
45	205	80	14

8. DISKUSJON

En oppumping av 67 mill. m³ vann/år fra Glåma til Savalen vil medføre at sjøens volum på kort tid øker med omlag 25 %. Forskjeller i vannkvalitet i Glåma og Savalen vil derfor kunne gi opphav til registrerbare forandringer i Savalen.

Flere mulige faktorer kan tenkes å medvirke til slike forandringer. Av fysiske faktorer kan nevnes temperatur og gjennomsiktelighet. Kjemiske forandringer kan bli en følge av oppumpingen hvis den kjemiske sammensetningen av vannet i Glåma skiller seg fra vannet i Savalen. Både fysiske og kjemiske faktorer virker inn på de biologiske forhold og forandringer av en eller flere av disse faktorer vil derfor få følger også for biologien i Savalen.

Temperaturen i Glåma øker fra begynnelsen av mai til slutten av juni fra ca. 2°C til ca. 13,5°C. ("Normaltemperatur" 1962-71). I slutten av mai skjer normalt isløøsningen i Savalen og etter den følger vår-sirkulasjonen da hele vannmassen har samme temperatur og derfor er ustabil. Vann fra Glåma som blir oppumpet før eller under denne sirkulasjonsperiode vil derfor bli innblandet i hele Savalens vannvolum. Etter sirkulasjonsperioden begynner det å danne seg et oppvarmet overflatelag. Dette er lettere enn det kaldere vannet og en stabil sjikting oppstår. I spranlaget mellom det øvre varmere og det nedre kaldere vannsjiktet virker den store temperaturgradienten som en sperre for vertikale vanntransporter. Etter at sprangsjiktet er dannet vil Glåmas innlagring i Savalen være avhengig av temperaturen. I begynnelsen av juni er temperaturen i Glåma normalt over 7°C og det er derfor sannsynlig at vannet vil lagres i Savalens overflatesjikt. Dette innebærer at vannet i Glåma blir blandet med en mindre del av Savalens totale vannvolum. Forskjeller i vannkvalitet vil dermed få større betydning for forholdene i det øvre produktive vannlaget i Savalen. I flomperioden er innholdet av partikler i Glåma høyt. Tilførsel av vann fra Glåma vil derfor føre til en minsket gjennomskinnelighet i Savalens overflatevann. Sedi-mentering av partikler fremfor ålt ved tunnelutløpet vil også kunne forandre bunnforholdene.

Den endrede reguleringsamplituden ved gjennomføringen av Savalen II (13,1 m) innebærer en stor fysisk forandring av forholdene i Savalen. Store områder av bunnen blir midlertidig tørrlagt. Bunnarealet mellom 0 og 13,1 m er beregnet til 7,3 km², hvilket er 47 % av det totale bunnarealet. Erosjonen i strandlinjen vil etter hvert vaske ut sedimentene fra den del av bunnen som blir midlertidig tørrlagt. Som følge av denne erosjon vil vannets turbiditet økes og siktedypet minke.

Bunnsedimentene tar imot organisk materiale ved sedimentering av døde organismer. Etter sedimenteringen blir en del av dette materialet brutt ned til uorganiske forbindelser. De organiske fosforforbindelsene blir fosfater. En stor del av fosfatene blir imidlertid holdt

igjen i sedimentene blant annet bundet til jern. På den måten lagres fosfater i de løse bunnsedimentene. Hvis sedimentene blir vasket ut og suspendert i vannet vil en del av fosfatene på ny bli tilgjengelig for alger i vannet. Produksjonen og mengder av alger vil da øke. Størrelsen av denne ekstra fosforbelastningen på Savalens vannmasser er vanskelig å beregne, men den kan vise seg å bli like viktig som fosfortilførselen fra Glåma.

Sedimenterosjonen vil være av overgående natur. Etter hvert vil sedimentene bli transportert til de dypere delene av Savalen. Sedimenterosjonens effekt på vannet vil da minke. Hvor lang tid denne prosess tar er vanskelig å forutsi da den er avhengig av mange faktorer; sedimentenes struktur, hvor lang tid de er tørrlagte, hvor raskt vannstandsendingene skjer m.v. Tørrlegging av de store grunnområdene rundt sjøen vil også føre til en kraftig minking av bunndyrproduksjonen, hvilket kan få betydning for avkastninger av ørretfisket i Savalen. Disse momentene er undersøkt og diskutert av Borgström (1971 og 1974).

Vannets kjemiske sammensetning er på mange måter lik i Glåma og i Savalen. Dette er naturlig da nedslagsfeltene til Savalen og Glåma ovenfor Alvdal har lik geologi. Glåmas nedslagsfelt er imidlertid i høyere grad preget av menneskelige aktiviteter enn nedslagsfeltet til Savalen. Jordbruksarealet utgjør en større prosent av totalarealet i Glåmas nedbørfelt og Glåmadalen er også tettere befolket. Innflytelsen av jordbruk, industri og kommunalt kloakkvann medfører en forandring i Glåmas "naturlige" sammensetning. Dette kan sees av resultatene av de kjemiske analysene ved denne undersøkelsen. Av de parametre som avviker er farge, klorid- og fosforinnhold. Særlig viktig i denne sammenheng er fosforinnholdet, da fosfor er et viktig plantenæringsstoff.

Ved karakterisering av en innsjø er sjøens nærings- og produksjonsforhold særlig viktige. Man skiller mellom oligotrofe (næringsfattige) og eutrofe (næringsrike) sjøer. En oligotrof innsjø kjenne- tegnes av klart vann med stort siktedyp, lav produksjon og biomasse

av plankton og lite begroing på bunnen og rundt strendene. I en eutrof innsjø er forekomsten av planteplankton stor og vannet derfor grumset. Høyere planter danner store bestander rundt sjøen. Det finnes alle overgangsformer mellom disse hovedtyper. Et mellomstadium mellom ologitrof og eutrof kaller man mesotrof. Avgjørende for trofinivået for et vann er bl.a. belastninger av plantenæringsstoffer, vannets oppholdstid, overflateareal og dybde. Forurensning av f.eks. kommunalt kloakkvann medfører tilførsel av næringsstoffer og forandrer ofte forholdene i en sjø i retning mot eutrofi. Denne prosessen blir kaldt eutrofiering.

For å klassifisere sjøer med hensyn til trofinivå blir forskjellige parametre brukt, men man må ikke legge alt for stor vekt på en parameter alene. Biomassen av planteplankton er en viktig parameter for forståelse av produksjonsforholdene og dermed også trofinivå. Klorofyll kan brukes som et mål på mengden planteplankton, da alle fotosyntetiserende alger inneholder klorofyll.

Konsentrasjonen av total fosfor og nitrogen kan brukes som mål på vannets næringsinnhold da disse to stoffene regnes som de viktigste begrensende faktorer for primærproduksjonen.

Algetester gir et bilde av vannets kvalitet som vekstmedium for alger og kan gi opplysninger om hvilke næringsstoffer som er begrensende for veksten. I tabell 14 er det gjengitt retningsverdier for en del av disse parametrene i de ulike sjøtyper. Verdier fra Savalen er tatt med for sammenlikning.

Tabell 14. Parametre ved bedømmelse av trofinivå i innsjøer.

	Plankton ⁽¹⁾ mm ³ /l	Klorofyll a ⁽²⁾ µg/l	Total P ⁽¹⁾ µg/l	Tot. N ⁽²⁾ µg/l
Sterkt Eutrof	>10		30-100	
Eutrof		5-140		500-1300
Mesotrof		1 -15	10- 30	100- 700
Oligotrof		0,3-2,5	5- 10	20- 200
Ultra Oligotrof	<1		<5	
Savalen	0,3	1,1	3	175

Ref.: (1) Vollenweider 1970. (2) Sakamoto 1966.

De fire parametrene som er satt opp i tabell 14 viser at Savalen hører hjemme i gruppen ultra-oligotrofe sjøer. Når det gjelder klorofyllinnholdet i Savalen må en imidlertid ta forbehold om at konsentrasjonen kan ha vært høyere enn hva som er målt ved de to toktene i juni og september 1974. Planteplanktonobservasjonene tyder på at planktonforekomsten var størst i juli.

Resultatene av de algetester som er gjort i 1974 viser at det er fosfor som er begrensende næringsstoff for utviklingen av alger i vann fra Savalen. Man kan derfor si at belastningen av fosfor til sjøen er den faktor som har størst betydning for trofinivået i Savalen.

Analysene av total fosfor og fosfat viser at fosforinnholdet i Glåma er høyere enn i Savalen og Einunna. Dette kan forklares med den større forurensningsbelastningen i Glåma. I mai-juni 1974 er inn-

holdet av total fosfor i Savalen ca. 3 og i Glåma ca. 6 $\mu\text{g P/l}$. En oppumping av vann fra Glåma til Savalen skulle da teoretisk øke konsentrasjonen av fosfor i Savalen fra 3 til 3,8 $\mu\text{g P/l}$. En slik øking av fosforkonsentrasjoner vil få en effekt på trofinivået i Savalen selv om sjøen fortsatt vil være en oligotrof innsjø. For å kvantifisere den forandring som en øking av fosfortilførselen i Savalen vil medføre er det brukt en matematisk "eutrofieringsmodell" utarbeidet av Vollenweider (upublisert). Modellen tar utgangspunkt i forholdet mellom fosforbelastning og middeldyp dividert med oppholdstid. Vollenweider har beregnet dette på data fra 31 innsjøer av forskjellige trofikatégorier. Metodikkens nøyaktighet er avhengig av kjennskap til de forskjellige faktorer som inngår i modellen. Av disse er en del vel kjent når det gjelder Savalen, mens andre er dårlig undersøkt og derfor har måttet anslås ved beregningene.

Den nåværende fosforbelastningen (P) i Savalen er beregnet ut fra middelverdien av to analyser fra Mogårdsbekken og Sandviksbekken i juni (2 $\mu\text{g P/l}$) 1974 og den kjente middelavrenningen fra Savalens naturlige nedbørfelt ($28 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$).

$$(28 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}) \times (2 \text{ mg P/m}^3) = 56 \times 10^6 \text{ mg P/år.}$$

I tillegg til dette kommer Einunna med $182 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$. Middelkonsentrasjonen av P (4 $\mu\text{g P/l}$) er beregnet fra analyser hver uke 31/7 - 26/9-1974. Dette gir:

$$(182 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}) \times (4 \text{ mg P/m}^3) = 1128 \times 10^6 \text{ mg P/år.}$$

Dette gir den totale tilførselen $1128 + 56 = 1184 \times 10^6 \text{ mg P/år}$. Belastningen pr. overflateenhet får man ved å dividere totalbelastning med overflatearealet ($15,4 \times 10^6 \text{ m}^2$). Dette gir $76,9 \text{ mg P/m}^2, \text{ år}$.

Middelkonsentrasjonen av fosfor i Glåma ovenfor kanalutløpet fra Savalen kraftstasjon er beregnet ut fra daglige analyser 6/5 - 26/9-1974. Verdiene varierte fra 5 til 9 $\mu\text{g P/l}$. Middelverdien var

6,3 µg/l. Ved en overledning av $67 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann/år fra Glåma vil fosforbelastningen i Savalen øke med $(67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}) \times (6,3 \times 10^6 \text{ mg/l}) = 422 \times 10^6 \text{ mg P/år}$.

Summen av nåværende belastning og belastning ved oppumping av vannet i Glåma gir en ventet belastning på 1606 mg P/år. Dividert med overflatearealet blir det $104 \text{ mg P/m}^2, \text{ år}$. (Nå $76,9 \text{ mg P/m}^2, \text{ år}$).

Det er mulig å bedømme effekten av en slik forandring av fosforbelastningen i Savalen ved å sammenlikne med andre innsjøer hvor det er gjort beregninger av belastningen og hvor trofinivået er kjent. Vollenweider har ført inn verdien for fosforbelastning pr. overflate og år ($g \times P/m^2, \text{ år}$) mot middeldyp dividert med middeloppholdstiden

$$\left(\frac{\bar{Z}}{\tau_w} \right)$$

\bar{Z} beregnes ved å dividere sjøens totale volum V med overflatearealet.

$$\text{For Savalen blir dette } \bar{Z} = \frac{265 \times 10^6}{15,4 \times 10^6} = 17,2 \text{ m}$$

Q er den årlige vanntilførselen. For Savalen i dag er $Q = 310 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$.

$$\text{Uten Glåma blir } \frac{\bar{Z}}{\tau_w} = 17,2 \times 310 \times 10^6 \times (265 \times 10^6)^{-1} = 20,2 \text{ m/år.}$$

Overledning av $67 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ fra Glåma øker vanntilførselen til $Q^1 = 377 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$.

$$\text{Med Glåma blir } \frac{\bar{Z}}{\tau_w} = 17,2 \times 377 \times 10^6 \times (265 \times 10^6)^{-1} = 24,2 \text{ m/år.}$$

Etter disse beregningene kan Savalen plasseres inn i Vollenweiders diagram (se fig. 7). Av de 31 andre innsjøer er det ingen av samme type som Savalen, hvilket gjør en sammenlikning vanskelig. De øvrige oligotrofe innsjøer som er representert har alle betydelig lengre oppholdstid enn Savalen I B og Savalen II. Blant disse er Lake Superior år 1930, Clear Lake og Lake Tahoe i USA og Vättern i Sverige.

Savalens eksakte plass i diagrammet er imidlertid noe usikker da grunnlagsmaterialet for beregningene er spinkelt. Den ventede forandringen i trofinivå etter oppumping av vannet i Glåma fremgår av punktene for Savalen I B og Savalen II i diagrammet. Forskjellen mellom disse punktene representerer en øking i trofinivå fra Savalen I B til Savalen II. Forandringen er imidlertid ikke større enn at Savalen fortsatt vil være en oligotrof innsjø. Dette er i overensstemmelse med hva som kom frem av sammenlikningen av beregnet fosforkonsentrasjon i Savalen med og uten oppumping fra Glåma. Ved begge disse beregningsmetodene er det imidlertid forutsatt at vannet i Glåma blir innblandet i hele Savalens vannvolum. Som tidligere påpekt er det sannsynlig at innblandingen vil bli ufullstendig og at Glåma på grunn av høyere temperatur vil bli innlagret i det øvre vannsjiktet. Meteorologiske forhold vil bli avgjørende for i hvilken utstrekning dette vil skje og forholdene vil derfor kunne variere fra år til år. En ufullstendig innblanding av vannet i Glåma vil gi en sterkere påvirkning av trofinivået i Savalen enn hva som er kommet frem av de teoretiske beregningene.

9. FORELØPIGE KONKLUSJONER

De observasjoner og beregninger som er gjort i løpet av sommeren og høsten 1974 har gitt grunnlag for følgende foreløpige konklusjoner:

1. Den foreslåtte gjennomføringen av Savalen II vil bety en omfattende fysisk forandring av forholdene i Savalen ved at ca. 50 % av bunnarealet blir periodevis tørrlagt.
2. Tørrlegging av de store bunnarealene vil medføre at sedimentene blir erodert fra disse områdene.
3. Sedimenterosjonen vil medføre en midlertidig øking av vannets partikkelinnhold, hvilket resulterer i redusert siktedyp.
4. Fra de utvaskede sedimentene kan næringsstoffer frigjøres som muliggjør økt algeproduksjon.

5. Vannkvaliteten i Glåma ovenfor Alvdal avviker fra vannkvaliteten i Savalen bl.a. på grunn av forurensningstilførsler. En oppumping av vannet i Glåma vil derfor innvirke på vannets kjemiske sammensetning i Savalen.
6. Fosfor er det primært begrensende næringsstoff for algevekst i Savalen.
7. En oppumping av vann fra Glåma vil øke fosforbelastningen i Savalen. Dette innebærer en øking av Savalens trofinivå og gir utslag i økt planteplanktonproduksjon. Forandringen vil imidlertid sannsynligvis ikke bli større enn at Savalen forblir en oligotrof (næringsfattig) innsjø.
8. Variasjoner i vind, temperatur og isforhold ved oppumpingen av vann fra Glåma vil påvirke innblandingen i Savalens vannmasser. En ufullstendig innblanding av vannet i Glåma vil bety at den produksjonsstimulerende virkningen blir større enn beregnet.
9. Oppumping av vann fra Glåma til Savalen vil øke vannets partikkelinnhold i oppumpingsperioden. Dette innebærer en reduksjon av siktedypet.
10. Med vannet fra Glåma kan nye organismer tilføres Savalen. Dette kan forandre artssammensetningen av både plankton og fisk.

TEGNFORKLARING TIL FIG. 7

Q = vanntilrenning

V = innsjøvolum

\bar{Z} = middeldyp

Betegnelser for innsjøer. (o = oligotrof, m = mesotrof, e = eutrof)

1. Europa: Ae = Aegerisee (o), Tü = Türlensee (m), Ha = Hallwilersee (e), Bo = Bodensee (m), Pf = Pfäffikersee (e), Zü = Zürichsee (m-e), Gr = Greifensee (e), Ba = Baldeggersee (e), Le = Lac Léman (m), Ze = Zellersee (e), Ln = Lough Neagh (e), F = Furesø (e), Vä = Vättern (o), Vn = Vänern (o-m), Hj = Hjälmarén (e), Mä = Mälaren (e), Wb = Wahnachtalsperre (e), Ri = Riverisperre (o).
2. Nord-Amerika. Me = Lake Mendota (e), Mn = Lake Menoa (e), Wa = Lake Washington (e), Sup = Lake Superior (o), Mich = Lake Michigan (m-o), Hur = Lake Huron (o), Erie = Lake Erie (e), Ont = Lake Onfario (m), Ta = Lake Tahoe (o), Cl = ClearLake (m), 227 = ELA-lake 227 (o, experimentally eutrophied), 239 = ELA Lake 239 (o), Ko = Lake Kootenay (hovedbasseng) (m-e).

LITTERATURLISTE

- Borgstrøm, R. Østerdalsskjennet - Savalen. En vurdering av regulerings virkninger på fisket ved regulerings- høyder på 3,0 og 4,7 m. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 19, 1974.
- Borgstrøm, R. Fiskeribiologiske undersøkelser i Savalen 1969 og 1970. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske ved Zoologisk museum, Universitetet i Oslo, Rapport nr. 5, april 1971
- Holtan, H. 1973 Glåma i Hedmark. Undersøkelser i tidsrommet 1966-1972. NIVA, 0-138/70. Nov. 1973.
- Kjellberg G. og Nashoug, O. Undersøkelse i Savalen, Alvdal. NIVA, 0-46/72, 25/4 1972.
- Sakamoto, M. The chlorophyll amount in the eutrophic zone in some Japanese lakes and its significance in the photosynthetic production of phytoplankton communities. The Bot. Magazine, Tokyo 79, 932-933 pp.77-88 1966.
- Vollenweider, R. Scientific fundamentals of eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication OECD Paris 30th September 1970.

Fig.1 Prøvetakingsstasjoner i Savalen og Glåma

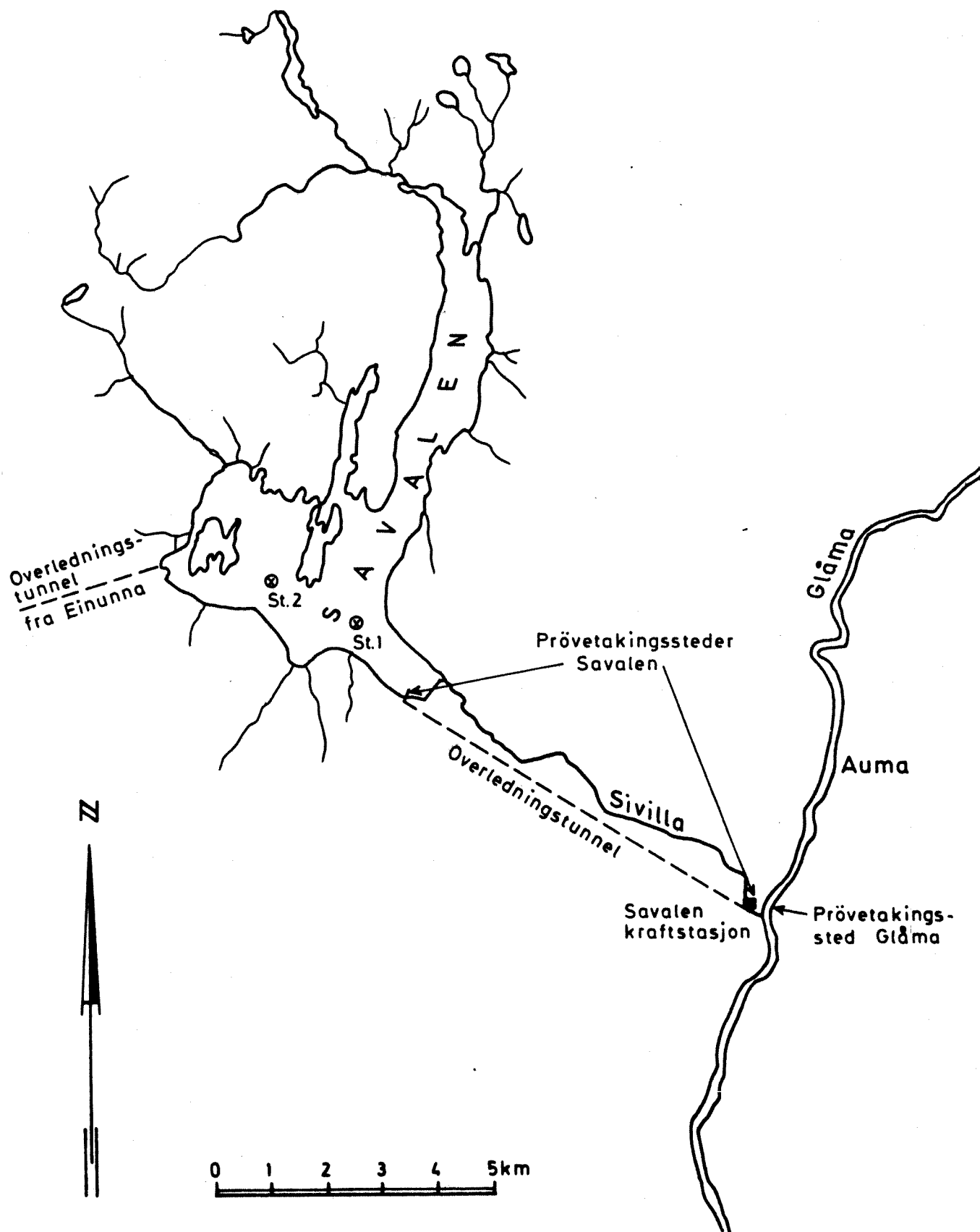


Fig.2 Total-P i Glåma og Savalen, mai - juni 1974

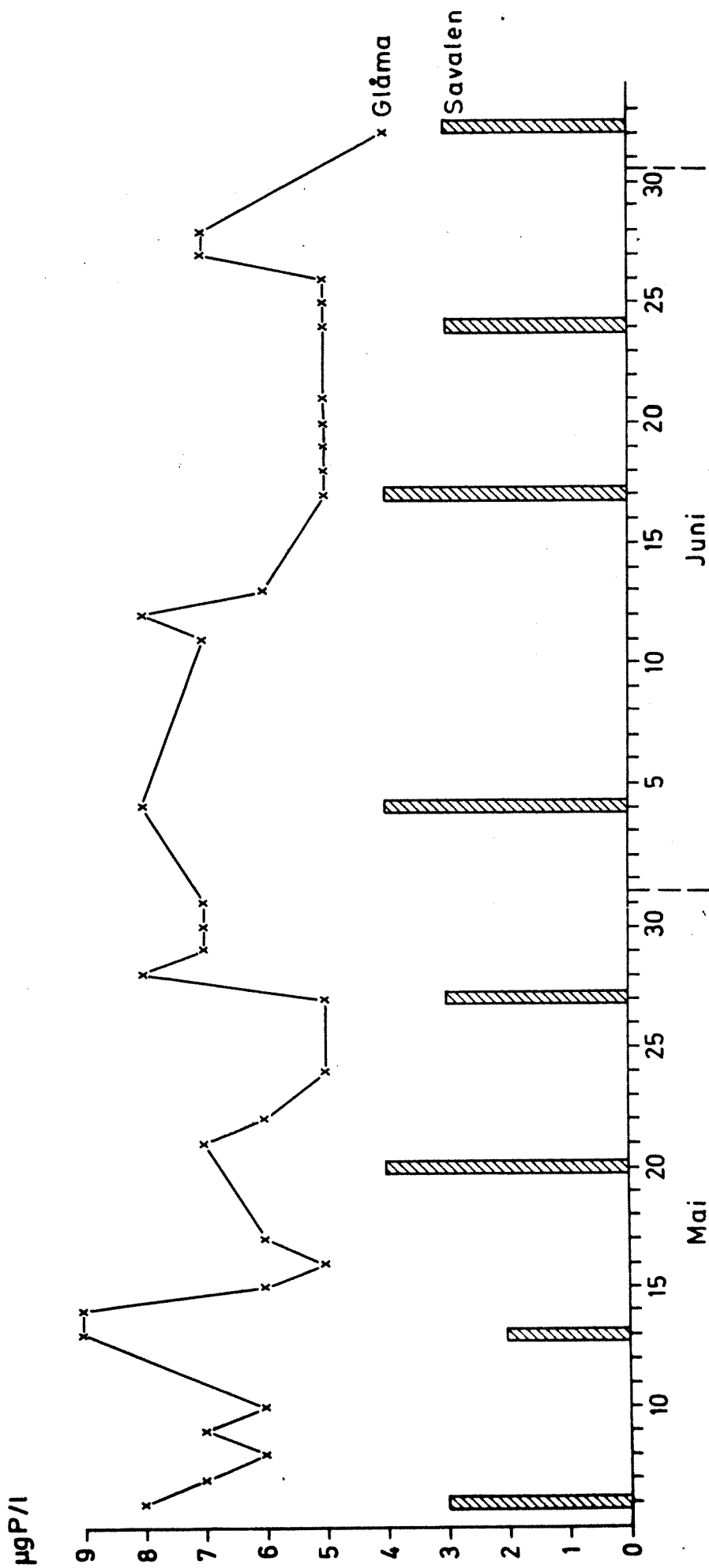


Fig.3 Seston i Glåma og Savalen, mai - juni 1974

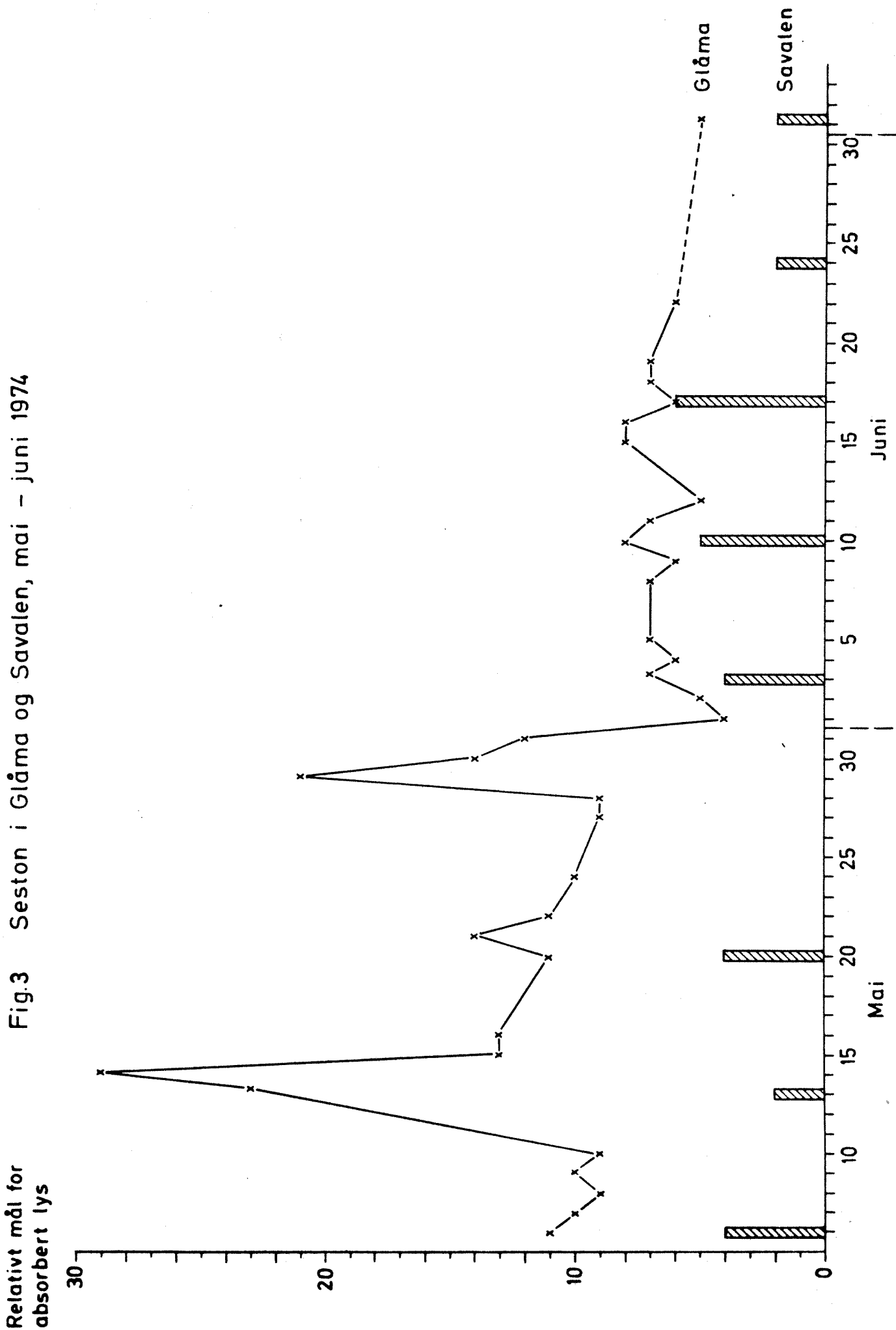


Fig.4

Temperatur og klorofyll a i Savalen 29/6 1974

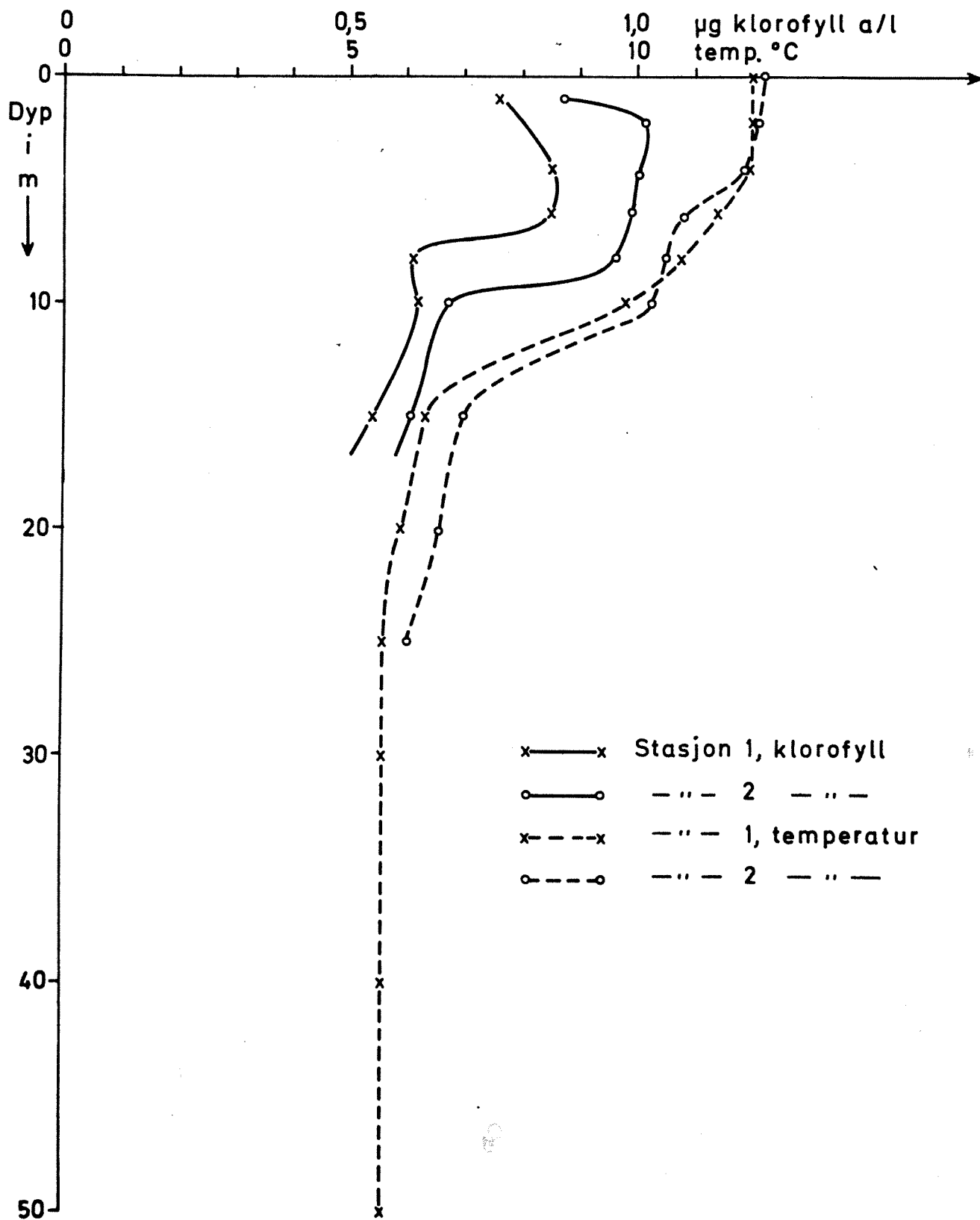


Fig.5

Klorofyll a i Savalen 10/9 1974

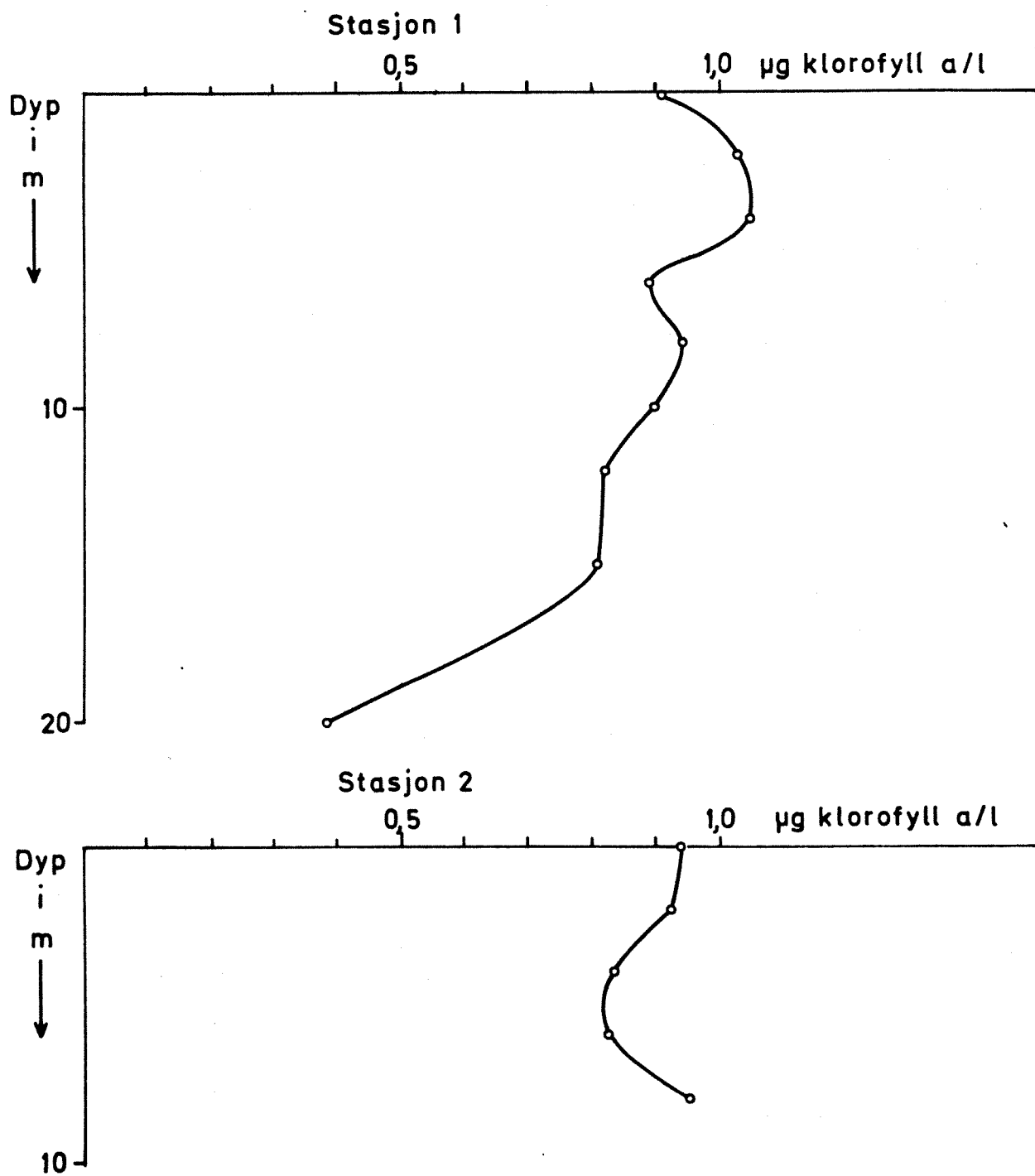
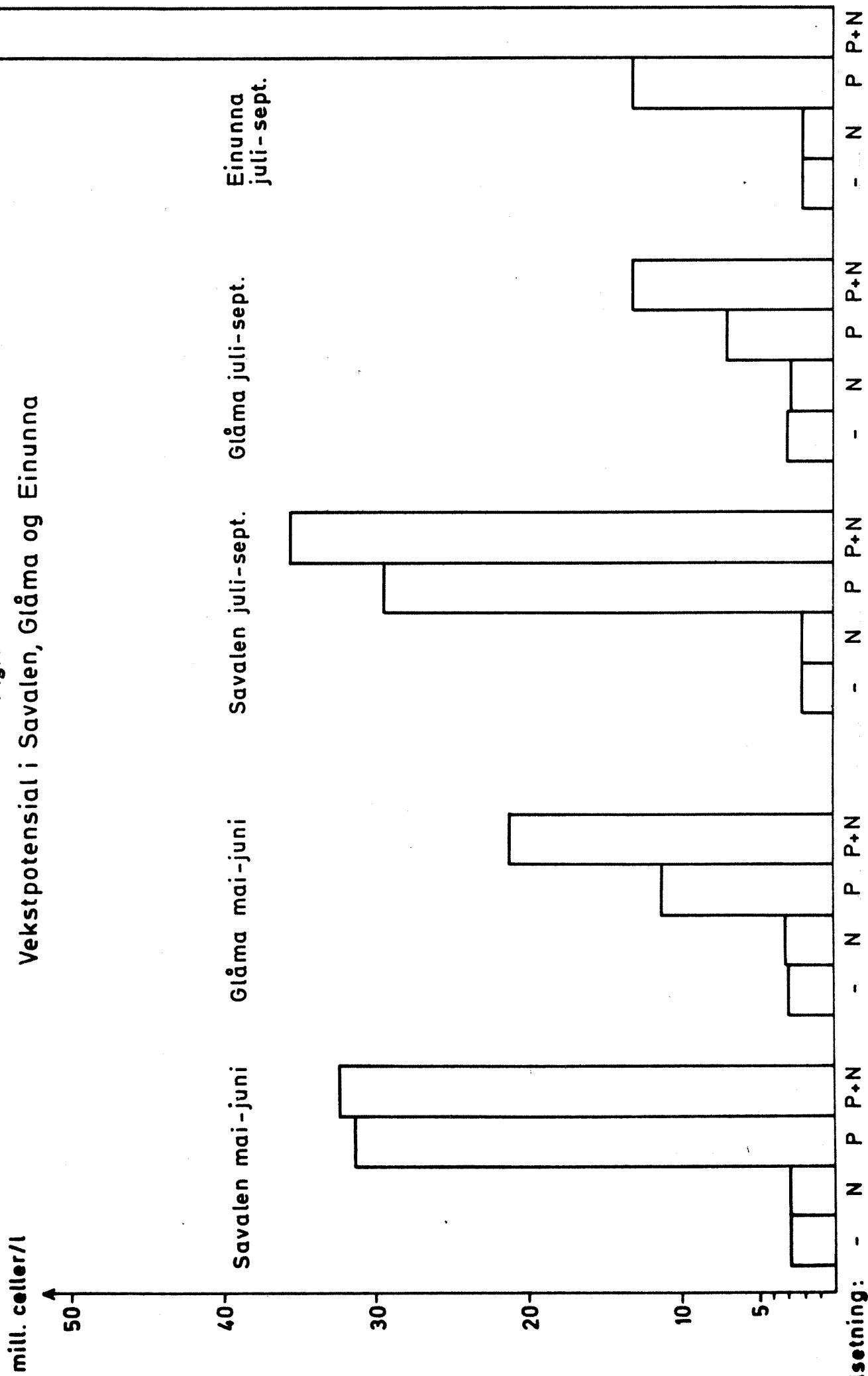


Fig.6
Vekstpotensial i Savalen, Glåma og Einunna



Tilsetning: - N P P+N

Fig.7 Diagram som viser forholdet mellom fosforbelastning og middeldyp dividert med oppholdstid Savalen, med og uten oppumping av Glåmavann, er sammenliknet med 31 innsjøer (etter Vollenweider)

