

En regionalundersøkelse av innsjøer i Østfold. Eutrofiering og problemalger

Av Knut Bjørndalen og Øivind Løvstad

Knut Bjørndalen er cand. real. 1982. Avdeling for Limnologi, UiO. Er nå avdelingsingeniør hos Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen.

Øivind Løvstad er cand. real. 1977. Avdeling for Limnologi, UiO. Er nå forsker (NLVF) ved Avdeling for Limnologi.

I perioden 30. august til 10. september 1982 ble det utført en regional undersøkelse av over 100 innsjøer i Østfold. Hensikten med undersøkelsen var primært å skaffe mer informasjon om og forståelse for vannkvaliteten i fylkets innsjøer. Østfold ligger i et område som er meget utsatt for forurensninger, og det er av stor interesse å få kunnskap om omfanget av disse miljøproblemene. Undersøkelsen har hittil omfattet tre hovedtemaer:

- eutrofiering/algeproblemer, som behandles i denne artikkelen.
- forsuring.
- miljøgifter (tungmetaller).

For ytterligere å forbedre og utfylle den faglige innsikt om disse miljøproblemene vil undersøkelsen bli fulgt opp i årene som kommer. Det innsamlede materiale vil i neste omgang danne grunnlag for videre arbeid med miljøproblemer i fylkets innsjøer.

Denne artikkelen, som ble til ved et samarbeide mellom Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Østfold, og Avdeling for Limnologi, Universitet i Oslo, er et første resultat av denne undersøkelsen.

Feltarbeidet ble utført av ansatte ved miljøvernavdelingen. pH-målingene ble utført av vitenskapelig assistent Ingard Blakar, Avdeling for Limnologi. De kjemiske analyser og analyser på klorofyll *a* ble utført ved miljøvernavdelingens laboratorium. Samtlige takkes for god innsats i det omfattende arbeidet som ligger bak denne undersøkelsen. En spesiell takk rettes til Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Østfold, for å ha tatt initiativet til denne undersøkelsen og for finansiering. Vi vil også takke NTNF for økonomisk støtte (NTNF's eutrofieringsprogram).

Problemstilling

Masseutvikling av problemalger (f.eks. blågrønnalger og *Gonyostomum semen*), på grunn av eutrofiering, medfører en markert forverring av vannkvaliteten. Misfarging av vannet, samt lukt- og smaksproblemer er de vanligste ulemper som oppstår i innsjøer med store mengder problemalger. Blant blågrønnalgene er det i tillegg flere giftproduserende arter. Det er rapportert flere tilfelle i Norge der dødsfall av fisk, fugl og pattedyr er satt i sammenheng med toksiske virkninger fra blågrønnalger (se Skulberg 1979).

Gonyostomum semen er en alge som kan volde store problemer i innsjøer som benyttes som badevann, ved at de badende blir påheftet et slimaktig belegg som forårsaker kløe (se bl.a. Bjørndalen 1982). I Sverige var oppblomstring av denne algearten årsaken til at flere badeplasser mistet sin attraktivitet (se Sørensen 1954). Slike problemer er også rapportert fra lokaliteter i Østfold, bl.a. Vansjø, Lundebyvannet i Eidsberg og Bøvikka i Rømskog. En regional-undersøkelse av 1000 innsjøer i Sverige sommeren 1972 viste at denne arten fantes i hele 27% av innsjøene (Rosén 1981).

Økende frekvens av problemalgeoppblomstringer i norske innsjøer har gjort det interessant, både i overvåkingssammenheng og forskningssammenheng, å studere utbredelsen av forskjellige algearter. For å øke forståelsen for hvorfor masseoppblomstring av problemalger oppstår, er det nødvendig å studere algesamfunnet i relasjon til viktige miljøparametre som f.eks. pH, næringsalter og humusinnhold.

Undersøkelsen har hittil hatt tre hovedmålsettinger:

- Lage regionale oversikter over innsjøenes surhet, humusinnhold og trofegrad.
- Lage regionale oversikter over hvilke innsjøer som har dominans av blågrønnalger, dvs. *Anabaena*, *Aphanizomenon* og *Oscillatoria*, og den spesielle algearten *Gonyostomum semen*.
- Foreta en kort vurdering av sammenhenger mellom innsjøenes kjemiske tilstand og innhold av uheldige algearter.

For å kunne kartfremstille de forskjellige parametre i innsjøene regionalt, er de enkelte parametre inndelt i intervaller

slik at innsjøene vanligvis kan plasseres i 5 klasser for hver parameter. Inndelingsmåten av disse parametre, f.eks. pH, siktedyp, totalfosfor, totalnitrogen, algevolum og klorofyll *a* i klasser er basert på våre egne og andre forskeres undersøkelser (se f.eks. Wetzel 1975, Brettum 1979, Forsberg & Rydning 1980, Bjørndalen & Warendorph 1982, Rosén 1981, Løvstad 1983a, Løvstad 1984).

Materiale og metoder.

De undersøkte innsjøer er vist i figur 1.

Prøvene ble hentet fra de øverste vannmasser, dvs. 0—2 m dyp, en gang i hver innsjø.

Planteplanktonet ble bestemt kvantitativt (Utermöhl 1958) etter metode som beskrevet av Willen (1976).

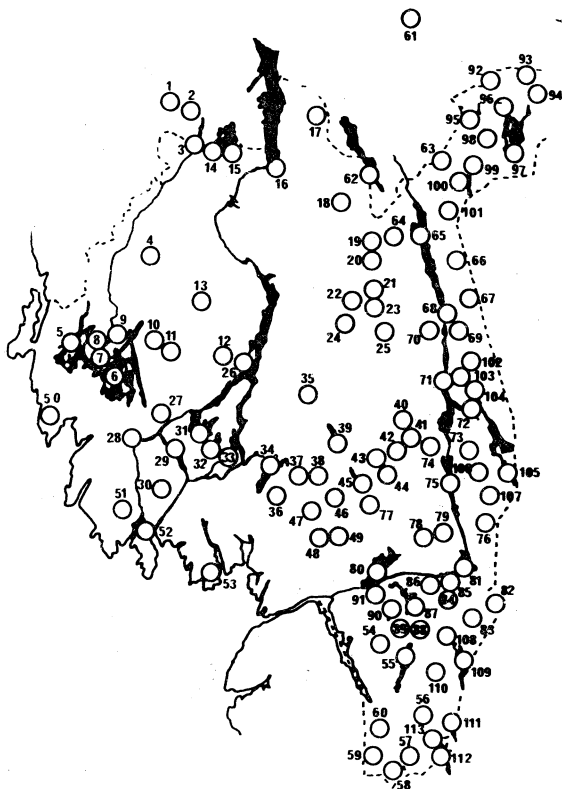
Siktedyp, pH, vannets farge, totalfosfor og totalnitrogen ble bestemt (se Norsk Standard 1980). I tillegg ble klorofyll *a* målt (se Golterman et al. 1978).

For enkelt å kunne klassifisere og kartfremstille de enkelte parametre ble disse inndelt i relativt vide intervaller. Dette ble gjort for å unngå for store feiltolkninger ved ikke å ta hensyn til bl.a. analysemetodenes nøyaktighet, prøvenes representativitet og naturlige, årlige variasjoner innenfor hver innsjø.

Resultater og diskusjon.

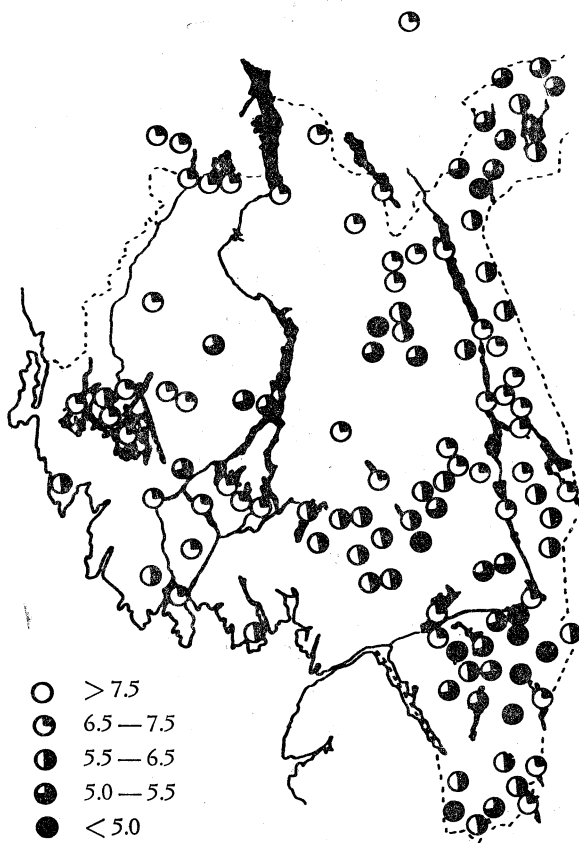
Prøvenes pH-verdier kan plasseres i 4 pH-klasser (se Løvstad 1983).

Klasse 2A.	4.5—5.0	surt
Klasse 2B.	5.0—5.5	
Klasse 3	5.5—6.5	svakt surt
Klasse 4	6.5—7.5	nøytralt



Figur 1. *De undersøkte innsjøer.*

- | | |
|--|---------------------------|
| 1— 13. Innsjøer i Vansjø—Hobølvasdraget. | |
| 3. Mjær | 6. Vansjø (Storefj.). |
| 5. Vansjø (Vanemfj.). | 7. Vansjø (Grepperødfj.). |
| 14— 49. Innsjøer i Glåma-vassdraget. | |
| 14. Lyseren 1. | 29. Visterflo. |
| 15. Lyseren 2. | 32. Tunevannet. |
| 16. Øyeren. | 34. Isesjøen. |
| 20. Lundebyvannet. | 39. Ertevannet. |
| 28. Skinnerflo. | 45. Skjeklesjøen. |
| 50— 60. Innsjøer som drenerer til havet. | |
| 61— 91. Innsjøer i Haldensvassdraget. | |
| 61. Bjørkelangen. | 75. Aremarksjøen. |
| 62. Øgderen. | 80. Femsjøen. |
| 65. Rødnessjøen. | 81. Asperen. |
| 68. Helgetjern. | 87. Store Erte vann. |
| 69. Gjølsjøen. | |
| 92—113. Innsjøer som drenerer til Sverige. | |
| 96. Rømsjøen (Bøvilka). | |



Figur 2. pH i innsjøprøvene.

I figur 2 er innsjøenes pH fremstilt på denne klassifiseringen. Ingen innsjøer hadde pH lavere enn 4.5 eller høyere enn 7.5. 32 lokaliteter av i alt 113 hadde pH-verdier i intervallet 4.5—5.5 og 31 innsjøer var svakt sure, dvs. pH-verdiene lå i intervallet 5.5—6.5. Det er først og fremst de sør-østlige og nord-østlige områder som har sure innsjøer og dessuten et mindre område vest for Glomma.

Innsjøenes siktedyp, prøvenes innhold

av fosfor og nitrogen, algevolum og klorofyll *a* er inndelt i intervaller som vist i tabell 1. Alle disse parametrene er inndelt i 5 klasser slik at hver av dem skal kunne antyde innsjøenes trofigrad.

Klasse 1. Oligotrof (svært næringsfattig)

Klasse 2. Oligo-mesotrof (næringsfattig)

Klasse 3. Meso-eutrof ((middels næringsrik)

Klasse 4. Eutrof (næringsrik)

Klasse 5. Hypertrof (svært næringsrik)

Tabell 1. Inndeling av vannkvalitetsparametre i klasser.

	Siktedyb (m)	Tot-P ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Tot-N ($\mu\text{g N l}^{-1}$)	Algevolumm $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$	Klorofyll <i>a</i> $\mu\text{g l}^{-1}$
KLASSE 1.	> 8	< 6	< 250	< 0.5	< 1
KLASSE 2.	4—8	6—12	250— 500	0.5— 2	1— 4
KLASSE 3.	2—4	12—25	500— 1000	2 — 8	4—16
KLASSE 4.	1—2	25—50	1000— 2000	8 —32	16—64
KLASSE 5.	1	>50	>2000	> 32	> 64

Klasse 3 representerer det punkt i innsjøenes trofiutvikling hvor tiltak kan være nødvendig å sette ut i livet for å unngå en utvikling mot eutrofi/hypertrofi. Det er også verdt å merke seg at inndelingen i klasser av hvert parameter er slik at eutrofiutviklingen blir betraktet som en eksponensiell prosess.

Det er imidlertid en rekke innvendinger mot bruken av hver enkelt av disse parametrene, og får å få en mer pålitelig fremstilling av innsjøenes trofigrad kan de derfor slås sammen, slik at hvert parameter får lik vekt. Innsjøenes trofinivå basert på denne utregningsmåten er vist i figur 3. På dette grunnlag kan vi si at 66 lokaliteter var oligotrofe (klasse 1—2), 33 lokaliteter var mesotrofe/eutrofe (klasse 3) og 14 lokaliteter var eutrofe eller hypertrofe (svært næringsrike). Av de sure innsjøene (pH 4.5—5.5) var 29 lokaliteter ultraoligotrofe (se fig. 2 og 3).

Av de næringsrike innsjøene (klasse 3—5) hadde over 60% pH høyere enn 6.5.

Innsjøene er inndelt i tre klasser basert på humusinnholdet i prøvene — her uttrykt som vannets farge.

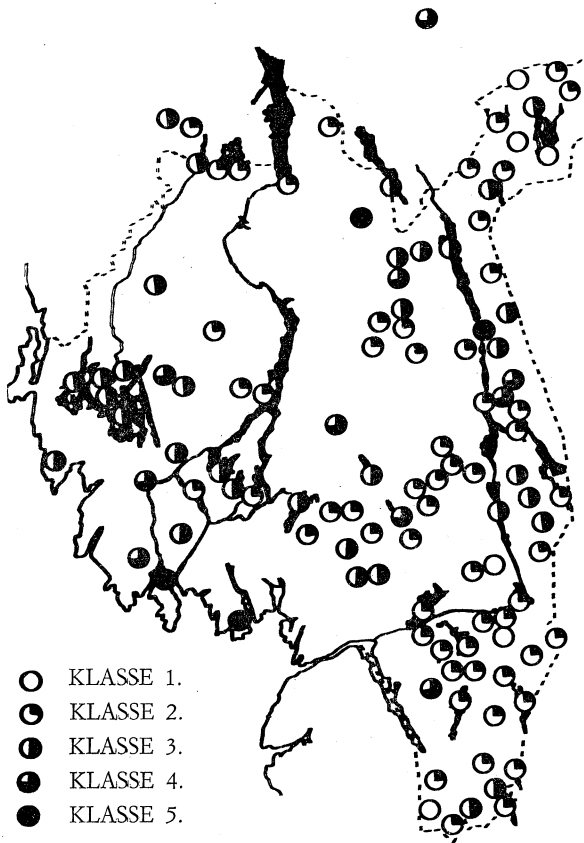
Klasse 1. <40 mg Pt/l

Klasse 2. 40—80 »

Klasse 3. 80—160 »

I figur 4 er innsjøenes fargetall fremstilt basert på denne klassifisering. Av de innsjøer som var svakt eutrofe til hypertrofe (trofiklasse 3—5), dvs. ca. 40% av det totale antall innsjøer, hadde ca. 75% høyt innhold av humus (> 40 mg Pt/l). Innsjøer som både er humøse og eutrofe kalles mixotrofe innsjøer.

Innsjøer med dominans av blågrønnalger er vist i figur 5 og av *Gonyostomum semen* i figur 6. Et interessant resultat

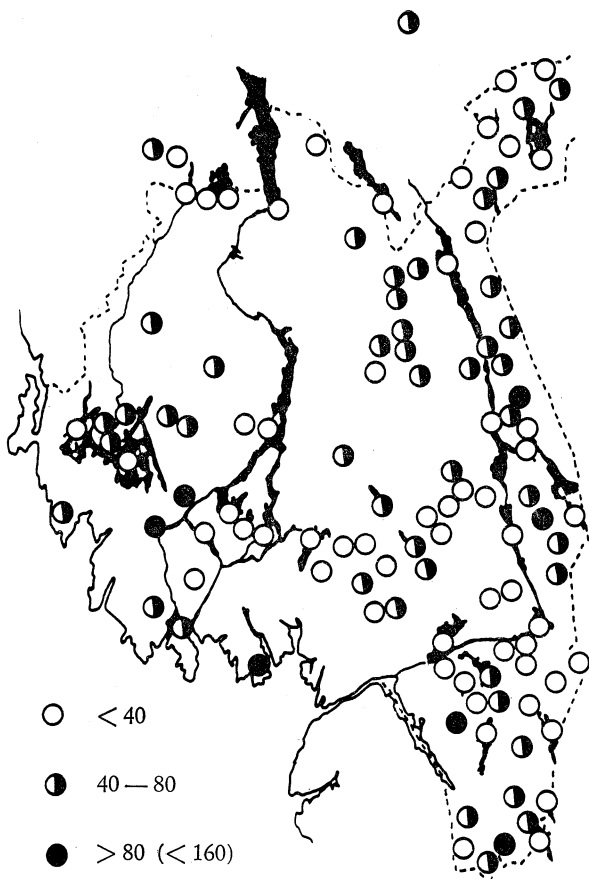


Figur 3. Trofigraden i de undersøkte innsjøer (se også tekst).

var at *Gonyostomum semen* dominerte i hele 23% av de undersøkte innsjøer. Det er også av stor interesse å se at alle de mest eutrofe innsjøene (trofikklasser 4 og 5), med unntak av 2 innsjøer, hadde dominans av enten blågrønnalger, *Gonyostomum* eller begge grupper. Det er også verdt å merke seg at blågrønnalgene ikke opptrådte i masseforekomst i de innsjøene som hadde pH lavere enn 6.5 (fig. 2 og 5). *Gonyostomum semen* var ofte

dominant i innsjøer med pH-verdier i intervallet 5.0—6.5, men i liten grad ved lavere pH (se også Rosén 1981). Det er kjent at blågrønnalger, f.eks. *Oscillatoria* kan vokse ved svært høy pH (større enn 10) og dermed kan utkonkurrere andre alger med hensyn til CO₂ (se f.eks. Løvstad 1983b).

Gonyostomum er ikke påvist ved høyere pH enn 8 (se Rosen 1981). Dette indike-



Figur 4. Humusinnholdet (mg Pt/l) i innsjøprøvene.

rer at blågrønnalger kan bli dominante i lokaliteter som har høy pH. I pH-intervallet 6.5—7.5 kan både blågrønnalger og *Gonyostomum* bli dominante, mens resultatene indikerer at *Gonyostomum* kan bli dominant i eutrofe lokaliteter med pH lavere enn 6.5. *Gonyostomum* syntes å ha spesielle fordeler når humusinnholdet er høyt, noe som også Rosen (1981) har observert.

I denne undersøkelsen hadde alle innsjøene med dominans av *Gonyostomum*, med unntak av en innsjø, farge høyere enn 40 mg Pt/l. Dette kan skyldes at denne algen er spesielt effektiv til å utnytte næringssalter som er bundet til humusstoffer, f.eks. fosfat, nitrogen og jern og andre mikronæringsstoffer.



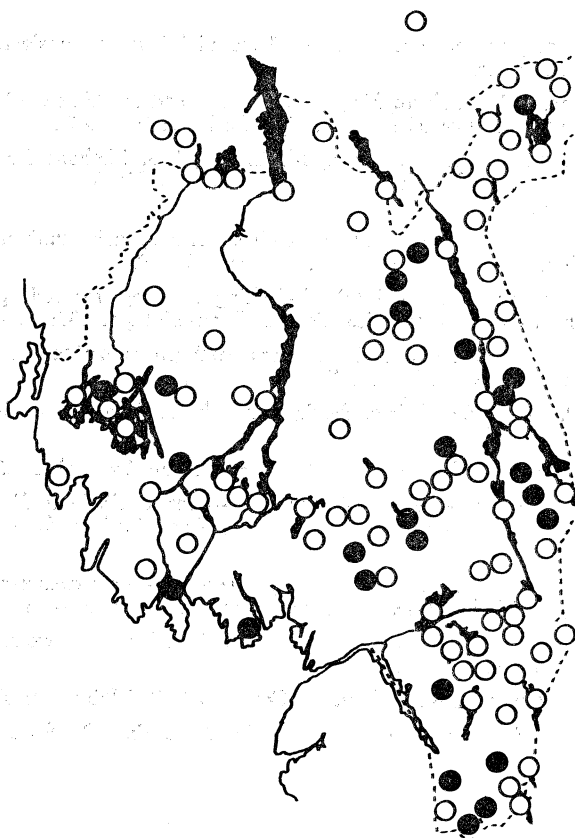
Figur 5. Lokalteter der volumet av blågrønnalger, dvs. *Anabaena*, *Aphanizomenon* og/eller *Oscillatoria*, utgjør mer enn 10% av det totale algevolum i prøvene (●).

SAMMENDRAG

En regional undersøkelse av over 100 innsjøer i Østfold ble utført i perioden 30. august til 10. september 1982 for å kartlegge forurensningssituasjonen i fylkets innsjøer. Det var bl.a. spesiell interesse for å kartlegge innsjøer som inneholdt store mengder med problemalger, som blågrønnalger og *Gonyostomum semen*. I denne artikkelen er innsjøenes trofegrad,

pH og humusinnhold vurdert i sammenheng med planteplanktonets mengde og sammensetning.

I ca. 30% av innsjøene var pH lavere enn 5.5 og ca. 40% av innsjøene var svakt til sterkt eutrofe. De sure innsjøene var ofte svært oligotrofe. De mest eutrofe innsjøene hadde som regel dominans av blågrønnalger eller *Gonyostomum semen*. Dersom pH lå i intervallet 5.0–6.5 var



Figur 6. Lokalteter der volumet av *Gonyostomum semen* utgjør mer enn 10% av det totale algevolum i prøvene (●).

Gonyostomum dominerende, mens blågrønnalgene ofte dominerte ved høyere pH. Større mengder med *Gonyostomum semen* ble funnet i 23% av innsjøene,

mens større mengder blågrønnalger forekom i 18% av lokalitetene. *Gonyostomum* syntes å bli sterkt begunnet ved høyt humusinnhold i vannet.

REFERANSER

- Bjørndalen, K. 1982. *Gonyostomum semen* — En ny problemalge? *Limnos* 2: 12—15.
 Bjørndalen, K. & Warendorph, H. 1982. Vansjø. Hydrografi og plankton i en innsjø med kompleks bassengform. — Hovedfagsoppgave i limnologi. Univ. i Oslo. 269 sider.

- Brettum, P. 1979. Planteplankton som indikator på trofinivå i norske innsjøer. NIVA-rapport B-07. 102 sider.
- Forsberg, C. & Rydning, S. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 Swedish waste-receiving lakes. Arch. Hydrobiol. 89: 189—207.
- Golterman, H. L., Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M., 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook No 8. Blackwell Publ. Oxford. 213 sider.
- Løvstad, Ø. 1983a. Vekstbegrensende stoffer for alger II. Regionalt studium av innsjøer i Oslo Kommune — Indikatoralger. Limnos 1: 9—19.
- Løvstad, Ø. 1983b. Determination and growth-limiting nutrients for red species of *Oscillatoria* and two «obligotrophic» diatoms. Hydrobiologia. 107: 221—230.
- Løvstad, Ø. 1984. Competitive ability and laboratory batch phytoplankton populations at limiting nutrient levels. Oikos 42: 176—184.
- Norsk Standard 1980. Vannundersøkelser. Utvalg av Norsk Standard. Norges Standardiseringsforbund. 272 sider.
- Rosén, G. 1981. Tusen sjöar. Växtp planktons miljökrav. Naturvårdsverket. 120 sider.
- Skulberg, O. M. 1979. Giftvirkninger av blågrønnalger — første tilfelle av *Microcystis*-forgiftning registrert i Norge — Temarapport 4. Norsk institutt for vannforskning, Oslo, 42 s.
- Sørensen, I. 1954. *Gonyostomum semen* (Ehrenb.) Diesing — en vattenorganism av teoretisk og praktisk interesse. — Svensk Faunistisk Revy 2: 1—6.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Ver. Limnol. 9: 1—38.
- Wetzel, R. G. 1975. Limnology. W. B. Saunders Company Philadelphia. 743 sider.
- Willén, E. 1976. A simplified method of phytoplankton counting. Br. Phycol. J. 11: 265—278.