

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

B - 6/72  
B - 17/69  
O - 50/73

HYDROBOTANISKE FORHOLD I ØRA-OMRÅDET  
VED FREDRIKSTAD

ved Bjørn Rørslett

Saksbehandler: Olav Skulberg

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FIGURFORTEGNELSE	3
TABELLFORTEGNELSE	4
FORORD	5
1. INNLEDNING	6
2. HYDROBOTANISKE FORHOLD I ØRA-OMRÅDET	7
2.1 Undersøkellesområde og inventeringsopplegg	7
2.2 Tidligere kjennskap til områdets vegetasjonsforhold	7
2.3 Sammensetningen av Øra-feltets akvatiske makrovegetasjon	10
3. VEGETASJONENS REGIONALE FORDELING	14
3.1 Fjernregistrering av vannvegetasjon	14
3.2 Spesielle vegetasjonsforhold i Øra-området	23
3.3 Fordelingsmønstre i Øras <i>Potamogeton</i> -populasjon	28
4. EKSPERIMENTELLE BESTEMMELSER AV SALINITETSTOLERANSER	30
4.1 Metoder og innledende forsøk	32
4.2 Forsøk med planter fra Øra	34
5. OVERVINTRINGS- OG SPREDNINGSMÅTER FOR ARTENE I UNDERVANNSVEGETASJONEN	42
5.1 Vannplantenes spesielle overvintringsformer	42
5.2 Øra-vegetasjonens overvintringsmuligheter og spredningspotensial	42
6. VEGETASJONENS NÅVÆRENDE STATUS I ØRA-OMRÅDET	46
7. SAMMENFATNING OG KONKLUSJONER	47
8. LITTERATURLISTE	49

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Undersøkellesområdet	8
2. Dekning ved flyfotografering 1973	9
3. Representative spektralreponskurver for høyere planter	16
4. Prinsipp for fargedannelse på infrarødfølsom fargefilm	19
5. Multispektral opptak av et representativt vegetasjonsområdet	20
6. Utbredelse og utvikling av overvannsvegetasjon	24
7. Utbredelse og utvikling av undervannsvegetasjon	25
8. Fordeling av skadde og påvirkede kloroplaster (2.-4. stadium) hos <i>Potamogeton perfoliatus</i> etter 6 døgns eksponering for NaCl	40

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Artene i Øras makrovegetasjon	12
2. Høyere vegetasjon fra Glåmas estuar ved Isegran	13
3. <i>Potamogeton perfoliatus</i> . Saltpåvirkning etter 6 døgns eksponering	37
4. <i>Potamogeton panormitanus</i> var. <i>minor</i> . Saltpåvirkning etter 7 døgns eksponering	37
5. <i>Myriophyllum spicatum</i> . Saltpåvirkning etter 6 døgns eksponering	38
6. <i>Ruppia spiralis</i> . Saltpåvirkning etter 6 døgns eksponering	38
7. Sammenfatning av artenes toleransegrenser for salinitet, basert på NIVAs forsøk og litteratur	39
8. Sammenstilling av undervannsartenes overvintrings- og spredningsmåter	44
9. <i>Potamogeton perfoliatus</i> . Diaspormaterialets tilstand.	45

F O R O R D

Rapporten behandler resultatene som er fremkommet gjennom den botaniske del av instituttets undersøkelser i Øra-området, Fredrikstad.

Arbeidet med undersøkelsen er gjort av cand.mag. Bjørn Rørslett som også har sammenfattet resultatene.

Cand.real. Per Einar Granum har på vesentlig måte bidratt i opplegg og gjennomføring av det eksperimentelle arbeidet med undersøkelsen av salinitetstoleranser.

Blindern, 15. januar 1974

Olav Skulberg

## 1. INNLEDNING

Øra-området med Gansrødbukta og gruntvannsstrekningene utenfor representerer en sjelden norsk naturtype. Slamtransport fra Glåma har skapt vidstrakte våtmarker og grunne brakkvannsarealer. Estuarer er ofte produktive fra naturens side og kan gi rom for rike organismesamfunn. I estuarområder møtes fersk- og saltvannsformer; rene brakkvannsarter er sjeldne i Norges flora. For ferskvannsorganismene vil deres større eller mindre toleranse for salinitetspåvirkning avgjøre den utstrekning av estuarer som kan befolkes, omvendt setter tiltakende utsøtning av vannmassene en indre grense for rene saltvannsformer.

Ånge økologiske parametre av betydning for plantelivet endres fra fersk- til brakk- og saltvann, f.eks. surhetsgrad (pH), ionesammensetning og styrke, bunnsedimentenes redoksforhold og omsetning av næringssalter. Basalkunnskap om økologiske faktorer og deres innvirkning på organismelivet vil være nødvendig for å forstå betydningen av inngrep i brakkvannsøkosystemer, eller styre utvikling i en ønsket retning etter sivilisatoriske endringer av estuarsystemer.

Raske skiftninger i estuarsystemenes miljøforhold, forårsaket av sterke vekslinger i salinitet, legger et ytre "stress" på systemets biologiske komponenter. Under norske forhold, hvor tolerante ferskvannsorganismer gjerne utgjør hovedtyngden av brakkvannssystemets vegetasjonsdekke, vil ekstreme salinitetsverdier lett føre til en utarming av vegetasjonens mangfoldighet ved at de minst tolerante artene desimeres. Som en generell regel gjelder at økosystemer med høy diversitet har større motstandsevne mot ytre påvirkning enn f.eks. monotypiske systemer.

Som det vil bli vist senere, kan høy salinitet selv i meget korte perioder påføre vegetasjonen ubotelige skader. Tidligere rapporter fra Zoologisk museum (1972, 1973) og Norsk institutt for vannforsk-

ning (Knutzen et al. 1973) har dokumentert naturforhold som gjør seg gjeldende i Øra-området, og de endringer, særlig i salinitet, som har funnet sted etter anleggelse av fyllingsplass og bygging av molo på Øra i tiden etter 1970.

I disse rapporter påpekes de bekymringsfullt høye salinitetsverdier som nå kan forekomme, selv i de indre deler av området. Den foreliggende rapport tar for seg de nåværende vegetasjonsforhold i Øra-området, og kan tjene som et foreløpig utgangspunkt for en videre diskusjon om situasjonen for Øras naturverdier i tiden fremover.

## 2. HYDROBOTANISKE FORHOLD I ØRA-OMRÅDET

### 2.1 Undersøkellesområde og inventeringsopplegg

Det totale område (fig. 1) for denne undersøkelsen utgjør ca. 18 km<sup>2</sup> og består av gruntvannsområdene ved Øra og Gansrødbukta samt skjærgården utenfor.

En detaljinventering for et areal av denne størrelsesorden ble ikke mulig å gjennomføre fra Norsk institutt for vannforsknings side. Instituttets opplegg har vært konsentrert til studier av vegetasjonens sammensetning ved stikkprøver, og eksperimentelle toleranseundersøkelser for viktige vegetasjonskomponenter. Regionale vegetasjonsdata har tilkommet ved flyfotografering der ulike infrarødfølsomme filmtyper har kommet til anvendelse. Fig. 2 viser områdets bildedekning. Ved hjelp av flybildene og markverifisering synes områdets regionale vegetasjonsfordeling å være bedre dokumentert enn det ville være mulig ved ren feltinventering, og fremtidige endringer kan lettere oppfølges. Norsk institutt for vannforskning har hatt et godt samarbeid med Fjellanger Widerøe A/S i forbindelse med flybildedekningen av det aktuelle området.

### 2.2 Tidligere kjennskap til områdets vegetasjonsforhold

Kjennskapet til Øras vannvegetasjon tidligere må karakteriseres som mangelfullt. Det foreligger ikke botaniske spesialundersøkelser fra feltet tidligere så vidt NIVA bekjent. De botaniske museers

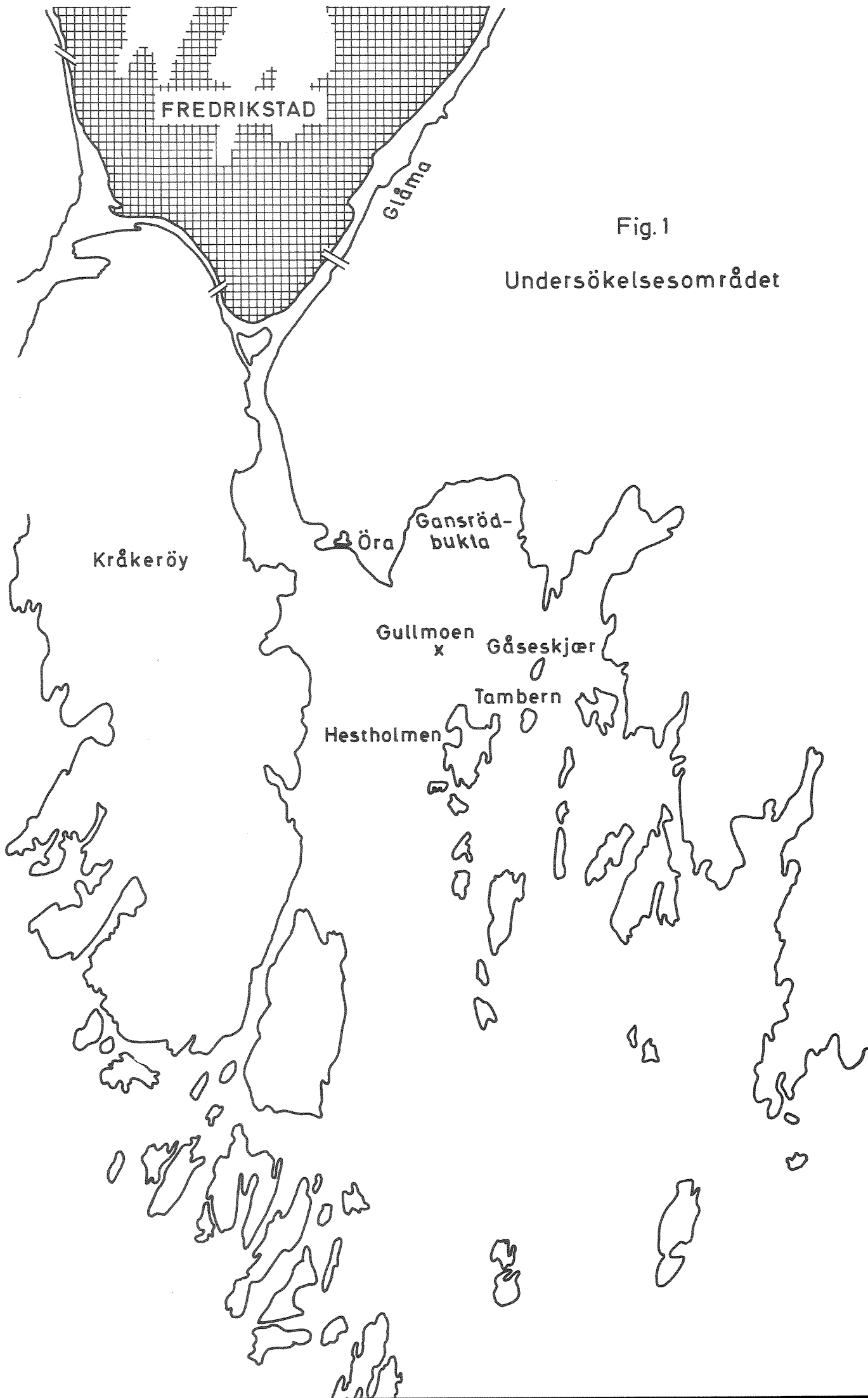


Fig.1

Undersökelsesområdet



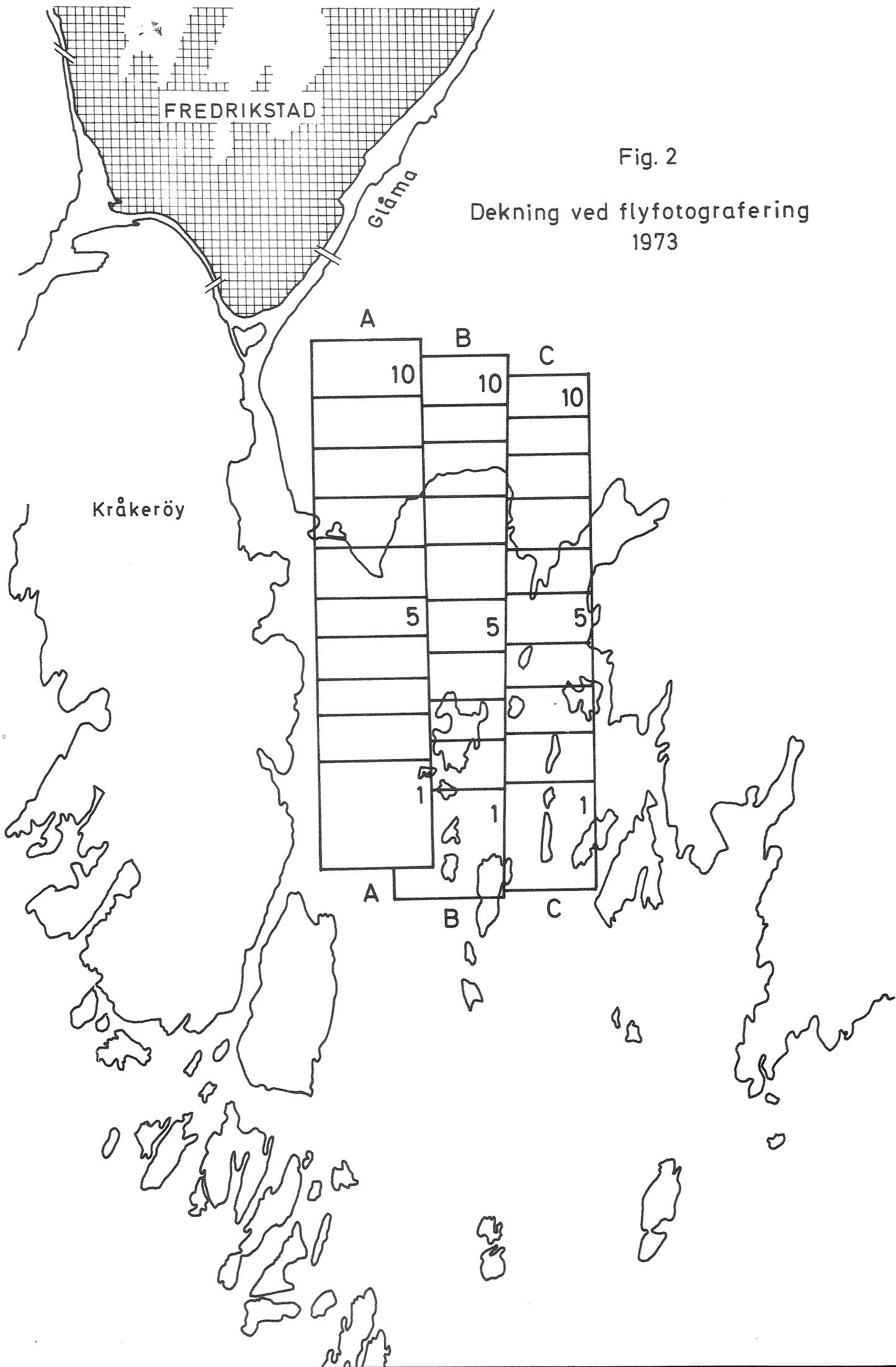


Fig. 2

Dekning ved flyfotografering  
1973

herbariemateriale er sjelden påført tilstrekkelig nøyaktige lokalitetsangivelser til å være verdifulle i denne sammenheng.

En vurdering av eventuelle endringer i artsforekomst og vegetasjonens sammensetning påfølgende de sivilisatoriske inngrep i området lar seg vanskelig gjennomføre. Mulige unntak kan være områdets lettest identifiserbare makrofytter (*Phragmites communis*, *Bolboschoenus maritimus* og *Schoenoplectus tabernaemontani*). For disse artenes vedkommende kan tidligere flyfotografier og opplysninger fra lokalkjente være av en viss verdi. De store, emerse makrofyttene omtales gjerne kollektivt som "siv", og dette forhold gjør det vanskelig å trekke for konkrete slutninger om vegetasjonsendringer ut ifra lokalkjentes observasjoner.

Områdets undervannsvegetasjon er sammensatt av flere kritiske og vanskelig identifiserbare arter, som krever botanisk kompetanse for sikker artsbestemmelse. Alle tidligere opplysninger om undervannsvegetasjonens tilstand må betraktes med skepsis; med unntak av observasjoner for hjertetjønna (*Potamogeton perfoliatus*) som burde være mer pålitelige. I de tidligere omtalte rapporter fra Zoologisk Museum ser det også ut som feilbestemmelser har gjort seg gjeldende. Diskusjoner som er ført i rapportene med hensyn til vegetasjonens avspeiling av de rådende salinitetsforhold blir derfor noe villedende.

### 2.3 Sammensetningen av Øra-feltets akvatiske makrovegetasjon

Det vil ofte være vanskelig å fastsette et skarpt skille mellom vann- og landvegetasjon i et område. Mange vanligvis akvatiske arter kan lett danne terrestriske former, omvendt kan våtmarksplanter vokse i grunt vann eller mer sjelden forekomme som sterile undervannsformer. Disse problemene gjør en angivelse av antall arter i Øras vannflora umulig. Strandengsplanter er oppført i listen over områdets vannvegetasjon, men de mest typiske strandplantene er søkt holdt utenfor diskusjonen av de hydrobotaniske forhold.

Makrovegetasjonen i vann inndeles ofte i såkalte livsformgrupper som gjenspeiler de ulike vokseplasser plantene inntar og skuddsystemenes utforming. Betegnelser og avgrensninger av disse gruppene

skifter i litteraturen: en vurdering finnes bl.a. hos Luther (1951a), Schulthorpe (1967) og den Hartog og Segal (1964). I denne rapporten er de vanlige betegnelser brukt:

helofytter (sump- og våtmarksarter),  
isoetider (kortskuddsarter, danner bladrosetter) og  
elodeider (langskuddsarter, alltid undervannsformer).

Se forøvrig Rørslett (1972). Skillet mellom land- og vannplanter er spesielt uklart innen helofyttgruppen, og enkelte vanligvis typiske strandengsplanter (*Carex paleacea*, *Juncus gerardi*) opptrer ofte helofyttisk i gruntvannsområder.

Øras vannflora er sammenstilt i tabell 1. Salt- og brakkvannsformer er merket av ut ifra opplysninger gitt av Luther (1951a, b) og Samuelsson (1934) for de utpreget akvatiske artenes vedkommende. Nomenklaturen følger Lid (1963) med få unntak. Tabell 2 viser den avvikende vegetasjonsutformingen lengre opp i Glåmas estuar, ved Isegran.

#### Taksonomiske kommentarer

Taksa innen slektene *Ruppia* og *Potamogeton* byr på mange vansker for en entydig systematisk oppklaring (Schulthorpe, 1967, Hagström 1916).

Som et gjennomgående trekk gjelder at de taksonomiske beskrivelser ofte er basert på fruktkarakterer, mens plantene ute i naturen har en egen evne til å forbli sterile og dermed gi en botaniker sdskillig hodebry.

Spesielt *Potamogeton*-artene er ofte meget varierende i bladform, bladnervatur og andre kriterier som kan brukes ved en bestemmelse av sterile planter. Habituelte skifter artene meget ved vekslende vekstvilkår.

I en slik situasjon kan biometriske metoder bidra til å gjøre artsbestemmelser sikrere, på bekostning av en øket arbeidsbyrde ved bestemmelsesarbeidet. Det ble funnet nødvendig å benytte biometriske metoder for å klarlegge Ørafeltets ulike *Potamogeton*-

Tabell 1. Artene i Øras makrovegetasjon.

\* = strandengsplanter, H = halofytter, B = hovedutbredelse i brakkvann [ ] = drivforekomst.

Iseotider: HB *Eleocharis parvula* (R. & S.) R. Br.  
(= *Scirpus parvulus* R. & S.)  
[*Eleocharis acicularis* (L.) R. Br.]

Elodeider: *Potamogeton perfoliatus* L.  
*Potamogeton x nitens* Web.  
(= *P. gramineus* L. x *perfoliatus* L.)  
B *Potamogeton panormitanus* Biv. var. *minor* Biv.  
B *Potamogeton pectinatus* L.  
B *Zannichellia palustris* L.  
HB *Ruppia spiralis* L.  
HB *Ruppia maritima* L. ex Dum.  
HB *Ruppia maritima* var. *brevirostris* Ag.  
*Myriophyllum spicatum* L.  
[H *Zostera marina* L.]

Helofytter: *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.  
*Phragmites communis* Trin.  
*Agrostis stolonifera* L.  
\* H *Puccinellia maritima* (Huds.) Parl.  
*Phalaris arundinacea* L.  
HB *Eleocharis uniglumis* (Link) Schult.  
HB *Schoenoplectus tabernaemontanii* (C.C.Gmel) Palla  
(= *Scirpus tabernaemontanii* C.C. Gmel.)  
HB *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla  
(= *Scirpus maritimus* L.)  
\* H *Carex paleacea* Wahlenb.  
\* H *Carex vacillans* Drej.  
(= *Carex recta* Boot.)  
\* H *Juncus gerardii* Lois.  
\* H *Triglochin maritimum* L.  
H *Salicornia europaea* L.  
\* H *Rumex crispus* L.H.  
\* H *Spergula salina* (J. et C. Presl) D. Dietr.

Tabell 1. Forts.

Helofytter: \*H *Ranunculus cymbalaria* Pursh  
\*H *Glaux maritima* L.  
\*H *Plantago maritima* L.  
\*H *Aster tripolium* L.

Tabell 2. Høyere vannvegetasjon fra Glåmas estuar ved Isegran  
(UTM-referanse PL 1164).

Betegnelser som for tabell 1.

Isoetider: |*Eleocharis acicularis* (L.) R.Br. |

Elodeider: *Potamogeton perfoliatus* L.  
*Potamogeton gramineus* L.  
HB *Potamogeton pectinatus* L.  
HB *Zannichellia palustris* L.  
*Ceratophyllum demersum* L.

Nymphaeider: *Sagittaria sagittifolia* L.  
*Sparganium* sp. (steril)

Lemnider: *Lemna minor* L.

Helofytter: *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.  
*Phragmites communis* Trin.  
*Carex* cf. *acuta* L.  
*Lythrum salicaria* L.  
*Lysimachia vulgaris* L.

populasjoner og deres taksonomiske status. Det ble anvendt ulike typer multivariate statistiske metoder, med gjennomgående gode resultater. Nødvendigheten av videre arbeid med de taksonomiske forhold i kritiske grupper innen f.eks. *Potamogeton* trer frem etter de foreløpig oppnådde resultater, som vil bli publisert i annen sammenheng.

### 3. VEGETASJONENS REGIONALE FORDELING

Detaljinventering av et områdes akvatiske makrovegetasjon vil alltid være en arbeidskrevende oppgave sammenliknet med tilsvarende datainnsamling på land. Vannplantene danner bare sjelden veldefinerte vegetasjonstyper eller "samfunn" (Rørslett 1972) og viser tendens til dannelse av monospesifikke vegetasjonsstrukturer blandet sammen i komplekse mønstre. Den vertikale sammenbinding av vegetasjonsenhetene er ofte tilfeldig, og ortodokse plante-sosiologiske metoder egner seg derfor dårlig til å beskrive vegetasjonsdekkets struktur og funksjon. Fordi artene i så stor grad danner renbestander, bærer enkeltartenes fordeling i seg selv en vesentlig del av totalinformasjonen om vegetasjonsdekket.

Alternativt vil kunnskap om fordeling av f.eks. overvanns (helo-fytt) vegetasjon og undervannsvegetasjon gi verdifull informasjon om plantedekket selv uten å gå ned på artsnivå. På denne bakgrunn, og med gode erfaringer fra fotografiske registreringsmetoder (Rørslett 1971) har Norsk institutt for vannforskning innledet et samarbeid med Fjellanger Widerøe A/S om utnyttelse av ulike former for såkalte "remote sensing"- teknikker ved regionale inventeringer. Kartlegging av vegetasjonen i Øra-området er en begynnelse i å nyttiggjøre avanserte fotografiske registreringsmetoder.

#### 3.1 Fjernregistrering av vannvegetasjon

##### Metodisk bakgrunn for bruk av fotografisk "remote sensing" (RS)

Fjernregistrering ("remote sensing" i vid forstand) av fenomener på bakken fra fly, satelitter o.l. er for tiden tekniske metoder i en rivende utvikling. Avanserte "remote sensing" metoder finner stadig nye anvendelser innen en forskjellig rekke disipliner som

f.eks. geologi, jordbruk og biologiske fag. En oversikt for noen metoder og deres anvendelse finnes hos Luney og Dill (1973) og Dyring (1973).

Fjernregistreringsmetodene faller i to hovedgrupper: fotografiske og ikke-fotografiske teknikker. Foreløpig synes rent fotografiske registreringsmetoder å være best egnet til f.eks. vegetasjonskartlegging på grunn av de fotografiske bilders høye oppløsning (Heller 1970).

Bare fotografiske metoder vil bli drøftet i den videre sammenheng.

Skal fjernregistrering (RS) ha noen hensikt må det være mulig å identifisere markobjekter i en ønsket sammenheng. Objektene logiske sammenheng vil variere, ofte kan en artsidentifisering være ønskelig (men kanskje ikke gjennomførbar). Vi må her skille nøye mellom identifisering og klassifisering av observerbare bakkefenomener. For praktiske formål kan fotografisk kartlegging av objektklasser skje uten å foreta en identifisering av organismene som utgjør enkeltobjektene. En klassifisering av billedinformasjon, dvs. inndeling i mest mulig diskrete og gjenkjennelige grupper (klasser) vil være et første stadium i utnyttelsen av billedinformasjonen. Hvorvidt identifisering av objektklassene er gjennomførbar må avgjøres ved markverifisering av kjente objektklasser (såkalt "ground truth").

Tolkning av fotografisk RS-informasjon er basert på kunnskap om markobjektene struktur, fordelingsmåte og spektralrespons. Disse egenskaper utgjør objektene signatur. Markobjekter må gi forskjellig signatur for å kunne skilles fra hverandre på fotografisk materiale.

Høyere vegetasjon har en karakteristisk spektralresponskurve (figur 3). Plantenes høye refleksjonsevne i nærinfrarødt (0.7-0.9  $\mu\text{m}$ ) skyldes overveiende intern refleksjon fra cellevevet og liten strålingsabsorpsjon (Gates 1970). Vann absorberer infrarødstråling,

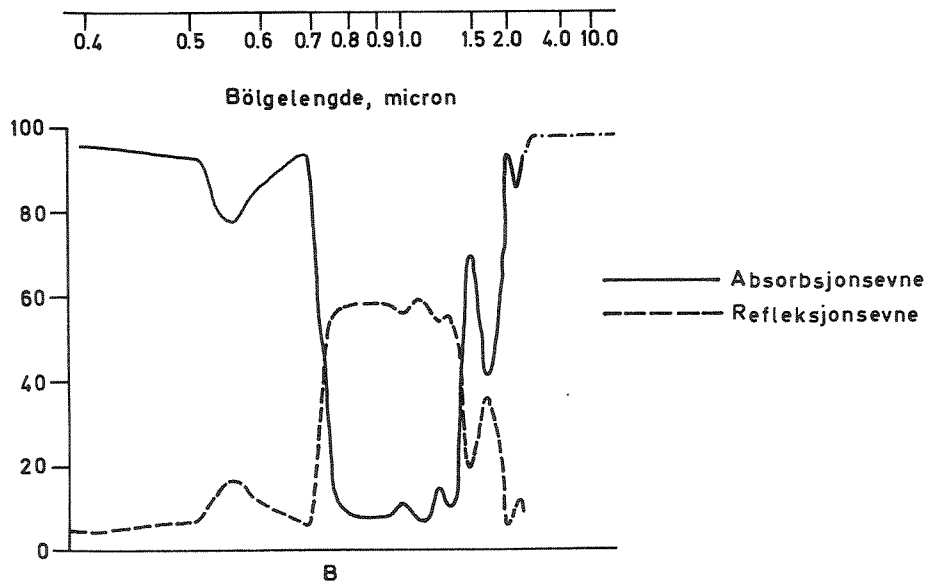
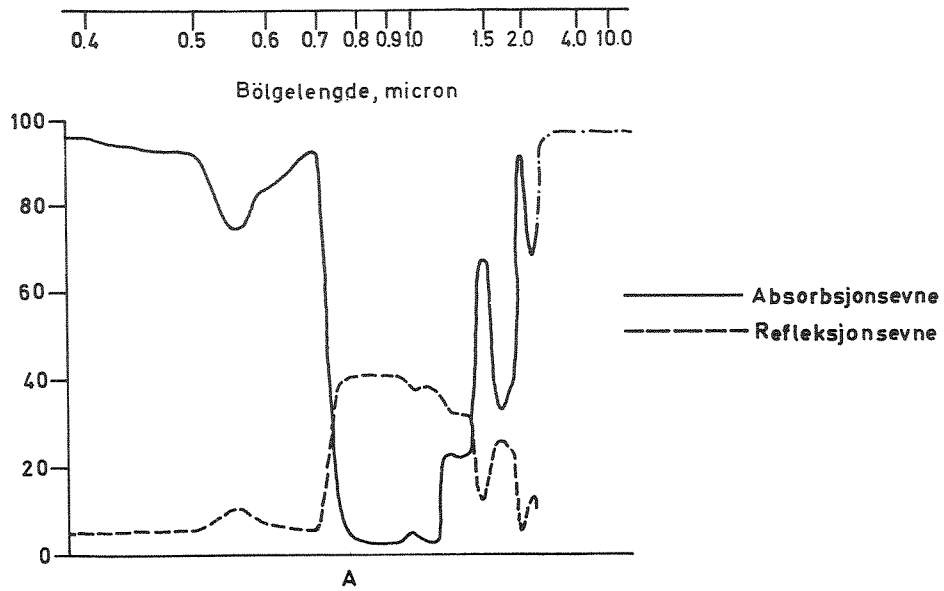


Fig.3 Representative spektralresponskurver for høyere planter (etter Gates, 1970)  
 A *Populus deltoides*  
 B *Nerium oleander*



derfor vil kontrasten mellom vegetasjon og vann være maksimal i nærinfrarødt. Plantenes skuddtetthet, bladform og bladfordeling vil direkte eller indirekte influere refleksjonsevnen i nærinfrarødt (Myers 1970). Mange typiske submerse arter har dårlig utviklet mesofyllvev (Sculthorpe, 1967) og vil ikke gi like kraftig infrarød-refleksjon som terrestriske planter. Næringsmangel, uttørking eller andre stressfaktorer påvirker også plantenes refleksjonsevne, spesielt i nærinfrarøddelen av spektret.

En maksimal informasjon om vegetasjonsdetaljer oppnås derfor ved å anvende filmtyper som er følsomme for stråling i nærinfrarød. Tilgjengelige filmtyper, både fargefilm og svart/hvit film dekker nærinfrarød opptil ca 0.9  $\mu\text{m}$ , og kan gjengi vegetasjonens respons i dette spektralområdet.

#### Anvendte infrarødfølsomme filmtyper

Ved kartleggingen av vegetasjonen i Øra-området har to forskjellige fotografiske metoder kommet til anvendelse:

1. "Falsk farge" infrarødfølsom film, type Kodak Ektachrome Infrared Aero 2443 (heretter omtalt som IR-fargefilm).
2. Multispektral (MS) fotograferingsteknikk.

IR-fargefilm er i prinsippet oppbygd som en vanlig positiv fargefilm og er følsom for grønn, rød og nærinfrarød stråling (0.5-0.9  $\mu\text{m}$ ). Fargedannelsen er subtraktiv: hovedtrekkene i fargegjengivelsen er illustrert i figur 4. Ytterligere informasjon om filmens fargegjengivelse finnes hos Rørslett (1971).

MS-bilder dannes på en vesentlig forskjellig måte. Ved denne metoden brukes en infrarødfølsom svart/hvit film og kraftige fotografiske filtere. Et spesialkamera gir mulighet for simultanopptak av et motiv i opptil fire spektralbånd (bestemt ved filterbruk). Følgende spektralbånd ble benyttet ved Øra-undersøkelsen:

- bånd 1 (0.4 - 0.5  $\mu\text{m}$ ) blått
- bånd 2 (0.5 - 0.6  $\mu\text{m}$ ) grønt
- bånd 3 (0.6 - 0.7  $\mu\text{m}$ ) rødt
- bånd 4 (0.7 - 0.9  $\mu\text{m}$ ) nærinfrarødt.

Ønskede bånd settes sammen i en såkalt "viewer" der en kan legge vilkårlige farger på hvert enkelt bilde. Fargedannelsen er altså additiv og kan neppe bli så differensiert som substraktive metoder gir mulighet for. Til gjengjeld kan fargesammensetning og innflytelse fra spektralbåndene varieres etter behov.

Figur 5 viser båndenes gjengivelse av et representativt vegetasjonsområde.

#### Billedanalyser

I slutten av juli 1973 ble ca 16 km<sup>2</sup> av undersøkelsesområdet fotografert fra fly (figur 2). IR-fargebildene er opptatt i målestokk ca 1:5000 og MS-bildene i 1:10.000. IR-fargebildene (diapositiver) er gransket med 6x lupe på lysbord. For MS-bildene ble en I<sup>2</sup>S MiniAddcol Viewer benyttet med en forstørrelsesfaktor på 3.6x; arbeidsmålestokk på de sammensatte fargebildene ble da ca 1:3000. Det viste seg raskt at en kombinasjon av bånd 3 (rødt) og bånd 4 (nærinfrarødt) ga de beste kontraster mellom vegetasjon og vann. Ved å gi bånd 3 blå farge og bånd 4 en rød farge kunne et simulert "IR-farge" bilde bygges opp. På de simulerte "IR-farge" bilder ble ikke fargegjengivelsen og differensieringen mellom fargetonene så god som på virkelig IR-fargefilm. Oppløsningsevnen for IR-fargefilm er i tillegg bedre enn for MS-opptak.

IR-fargefilm har høy kontrast (Heller 1970) og detaljer under vannoverflaten blir derfor delvis "skjult" av vannets mørke gjengivelse på denne filmtypen. Kraftige lyskilder er nødvendige for å studere undervannsdetaljer på IR-fargefilm. I dette tilfelle ga MS-bildene verdifull tilleggsinformasjon fordi undervannsdetaljene kom bedre frem, selv om detaljrikdommen var mindre enn det IR-fargefilm kunne gi.

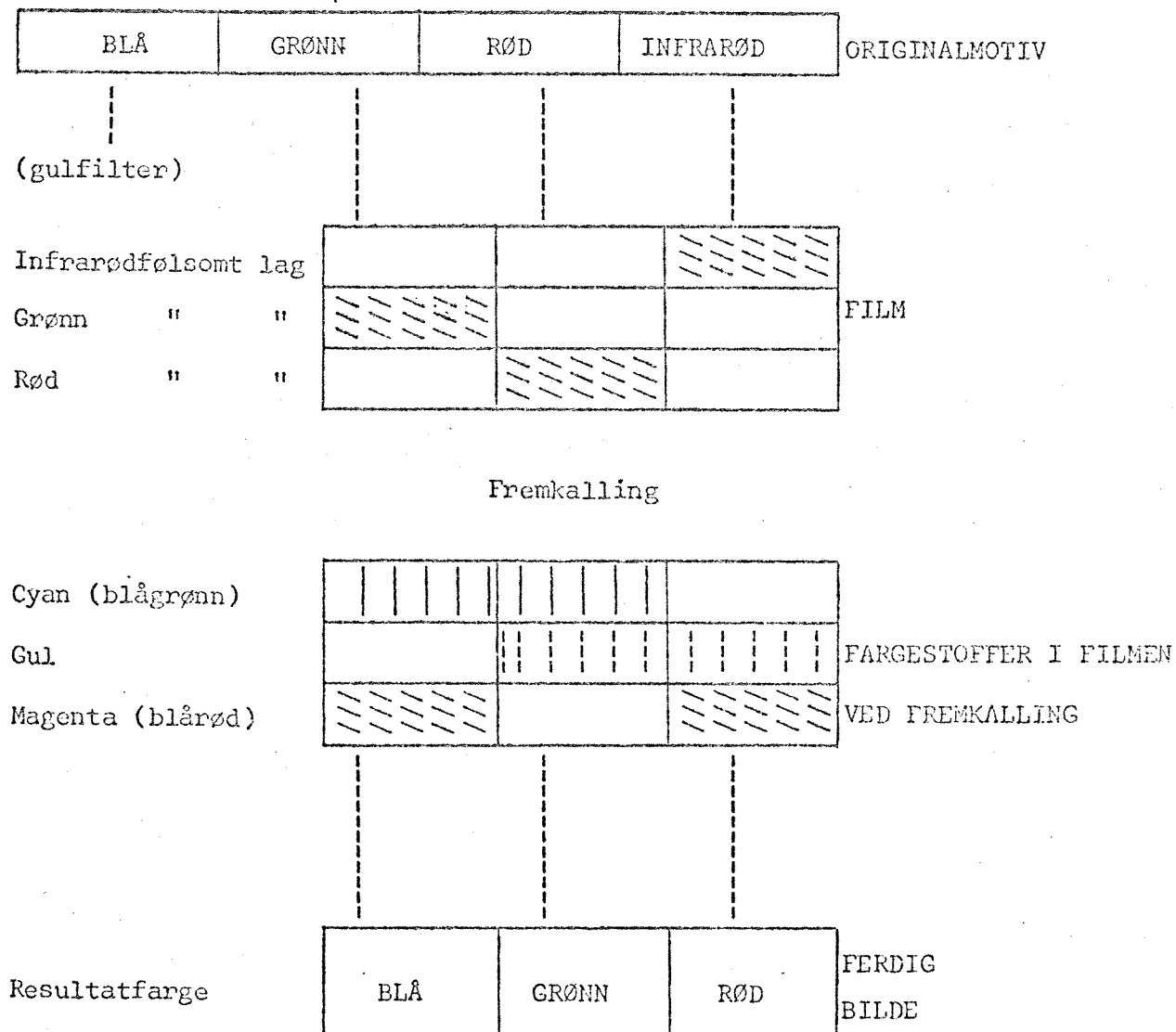
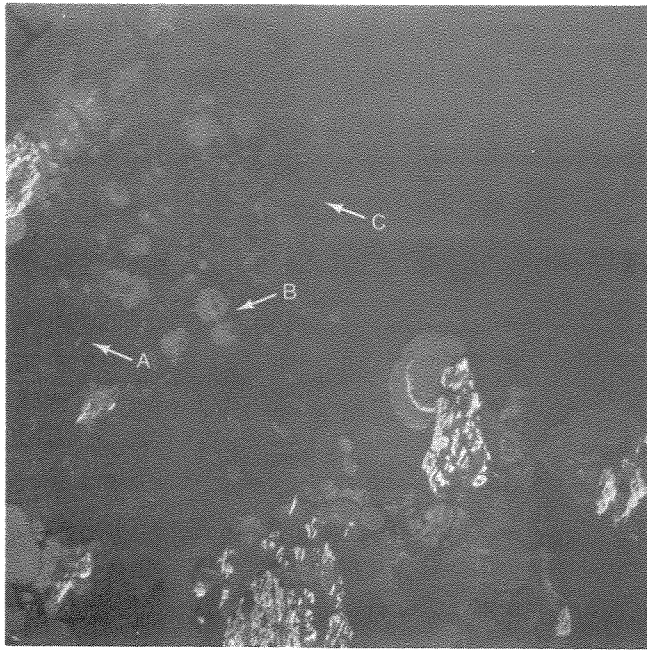
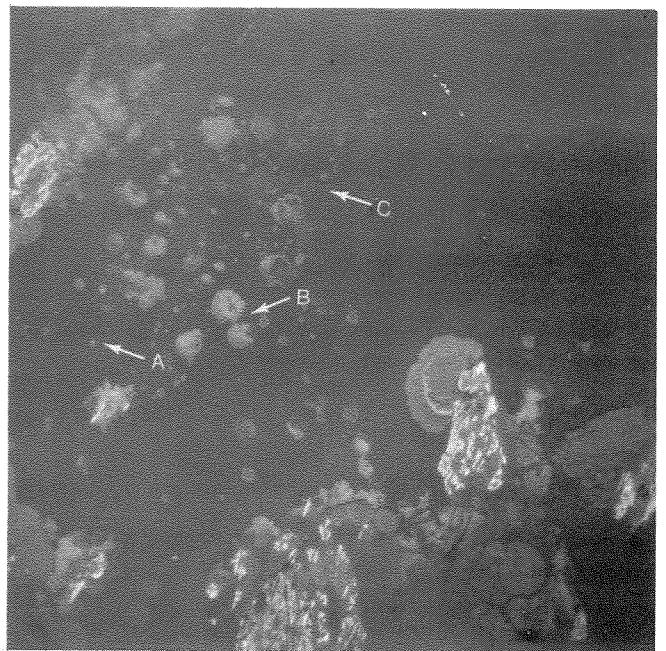


Fig. 4. Prinsipp for fargedannelse på infrarødfølsom fargefilm (etter Rørslett, 1971).



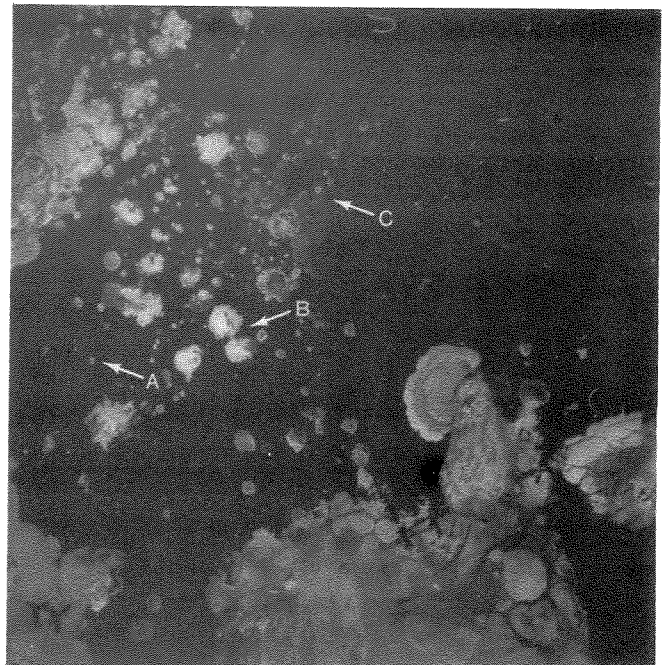
Bånd 1. 0.4–0.5  $\mu\text{m}$



Bånd 2. 0.5–0.6  $\mu\text{m}$



Bånd 3. 0.6–0.7  $\mu\text{m}$



Bånd 4. 0.7–0.9  $\mu\text{m}$

Figur 5. Helofyttbestander mellom Gullmoen og Hestholmen fotografert med Multispektral (MS) kamera. Lyse kolonier er *Bolboschoenus maritimus* og mørke *Schoenoplectus tabernaemontanii*. Undervannsvegetasjon (*Potamogeton* spp.) sees nederst til venstre (bånd 2-3).

- A Undervannsvegetasjon
- B *Bolboschoenus maritimus*
- C *Schoenoplectus tabernaemontanii*

For å lette en regional registrering ble det avfotograferte området oppdelt ved et rutenett, og billedinformasjon overført til dette. Den valgte rutestørrelse (125 x 125 m) som gir 64 ruter pr. km<sup>2</sup>, er et kompromiss mellom arbeidsmengde og ønsket om mest mulig detaljert kartlegging. Problemene m.h.t. utvurdering og med lokalisering øker hurtig når nettets rutestørrelse minskes.

Fordelingen av over- og undervannsvegetasjon er gitt i figur 6 og 7 med angivelse av den aktuelle vegetasjonstypes arealdekning i hver rute. For å kunne sammenlikne vegetasjonsutviklingen rutene imellom er arealdekningen angitt i forhold til det potensielle areal for vedkommende type i hver rute. Helofyttvegetasjonen antas å forekomme i våtmarksområder og i grunt vann (< 2m dyp). For undervannsvegetasjon er terrestriske områder tatt ut ved vurdering av dekningsgraden.

#### Objektklasser for IR-fargefilm

Ved billedanalysen ble det opprettet en rekke objektklasser for observerbare fenomener på IR-fargebilder. Alle objektklasser omfatter markobjekter i eller ved vann, og dekker således ikke rent terrestriske fenomener (skog etc.). MS-bilder generert som simulerte IR-fargebilder (se s. 18) gir ikke opphav til det samme antall objektklasser, vesentlig p.g.a. lavere oppløsning.

Objektklasser med klassifiseringsnøkkel og eventuell bakkeidentifikasjon er gjengitt nedenfor:

1. Røde eller rødlig flekker, ringer eller striper.
2. Tydelige ringer.
  - A. Farge (i det minste i ytterkant) lys rød - rosa.  
..... pionerkolonier av *Bolboschoenus maritimus*
  - B. Farge (ytterkant) rød - rødbrun.  
..... pionerkolonier av *Schoenoplectus tabernaemontani*
  - C. Farge i ytterkant mørk brunrød  
..... pionerkolonier av *Bolboschoenus/Schoenoplectus*

- D. Farge skittenrød med blåskjær.  
..... fertile kolonier av *Potamogeton perfoliatus*
2. Flekker eller striper, ikke ringformet.
- 3.E. Flekker små ( < 5m), sterkt blårøde.  
..... blågrønnalger på strandflater eller grunt vann
3. Farge rød, rødbrun, rosa eller svakt blårød.
- 4.F. Flekker meget små ( < 0.5m), samlet i grupper, farge meget lys rosa.  
..... kan være flytebladsvegetasjon (*Nuphar?*)
4. Flekker større (eller med tydelig rødfarge).
- G. Farge rødlig brun, flekker med ujevn overflate og diffust omriss, kaster skygge på vannoverflaten.  
..... *Schoenoplectus tabernaemontani*
- H. Som (G), men tydelig under vann, ingen skygge på vannoverflaten. Stereoskopisk betraktning nødvendig i tvilstilfelle.  
..... fertile kolonier av *Potamogeton perfoliatus*
- I Farge kraftig rosa, flekker med ± jevn, bølget overflate.  
..... *Bolboschoenus maritimus*
- J. Farge variabel etter lysets innfallsvinkel i forhold til bildet, fra rosa til rent, kraftig rødt. Overflate ujevn, fingropet, kanter løse og "frynsede", inne i koloniene ofte langsgående lyse striper.  
..... *Phragmites communis*
- K. Farge rød med blåskjær, uten "striper" men ellers som for (J).  
..... tynne *Phragmites*-kolonier eller beitet strandeng
1. Gulaktige markobjekter, ikke tydelige, større flekker.
- L. Meget små objekter ( < 0.5m) på åpen strand, fargeskjær mot orange.  
..... pionervegetasjon med *Spergula* og *Salicornia*
- M. Lysegule, ujevne småflekker ( > 0.5m) blant helofyttvegetasjon.  
..... kan være angrep av rustsoppen *Uromyces lineolatus*, som er vertsvexslende mellom *Glauz maritima* og *Bolboschoenus maritimus*

N. Gulaktige striper, ofte med svakt skjær i grønt, tydelig på stein eller berg i vannkanten.

..... algesamfunn av vekslende sammensetning

1. Objektfarge grønn.

O. Oftest irregulære, mindre flekker i eller nær vannkanten.

..... stagnerende vann med råtnende vegetasjon

(blågrønnalger?)

1. Objektfarge mørk, blåaktig-grønnaktig-svart.

P. Farge svart.

..... stagnerende vann med organogene bunnlag

Q. Mørke, ofte irregulære flekker, farge vekslende men aldri helt svart.

..... undervannsvegetasjon. Artsidentifisering vanskelig p.g.a. skiftende kolonistrukturer: lysere flekker overveiende *Ruppia*, mørke små flekker er *Potamogeton perfoliatus* (arten skifter meget i utforming av bestandene, også forekomst med enkeltindivider).

### 3.2 Spesielle vegetasjonsforhold i Øra-området

#### Overvannsvegetasjon

Områdets helofyttvegetasjon utgjøres vesentlig av artene *Bolboschoenus maritimus*, *Schoenoplectus tabernaemontanii* og *Phragmites communis*. Andre helofyttarter er enten bare av sporadisk forekomst eller bundet til strandengsvegetasjon høyere opp i strandsonen.

De største arealer dekket av overvannsvegetasjon finnes i områdene øst og sør for Gullmoen, mot Hestholmen. Vanddypet i dette området er beskjedent, ofte mindre enn 0.5 m. Plantedekket på grunnområdene er i hovedsak sammensatt av *Bolboschoenus* og *Schoenoplectus*. Begge arter danner renbestander uten innblanding av andre planter. Koloniene kan flytte over i hverandre og skape en mosaikkartet artsfordeling. *Bolboschoenus maritimus* er tyensynlig den vanligst forekommende art. Mosaikkfordelingen gjør det vanskelig eksakt å bestemme størrelsen av det areal som er bevokst med henholdsvis *Bolboschoenus* eller *Schoenoplectus tabernaemontanii*.

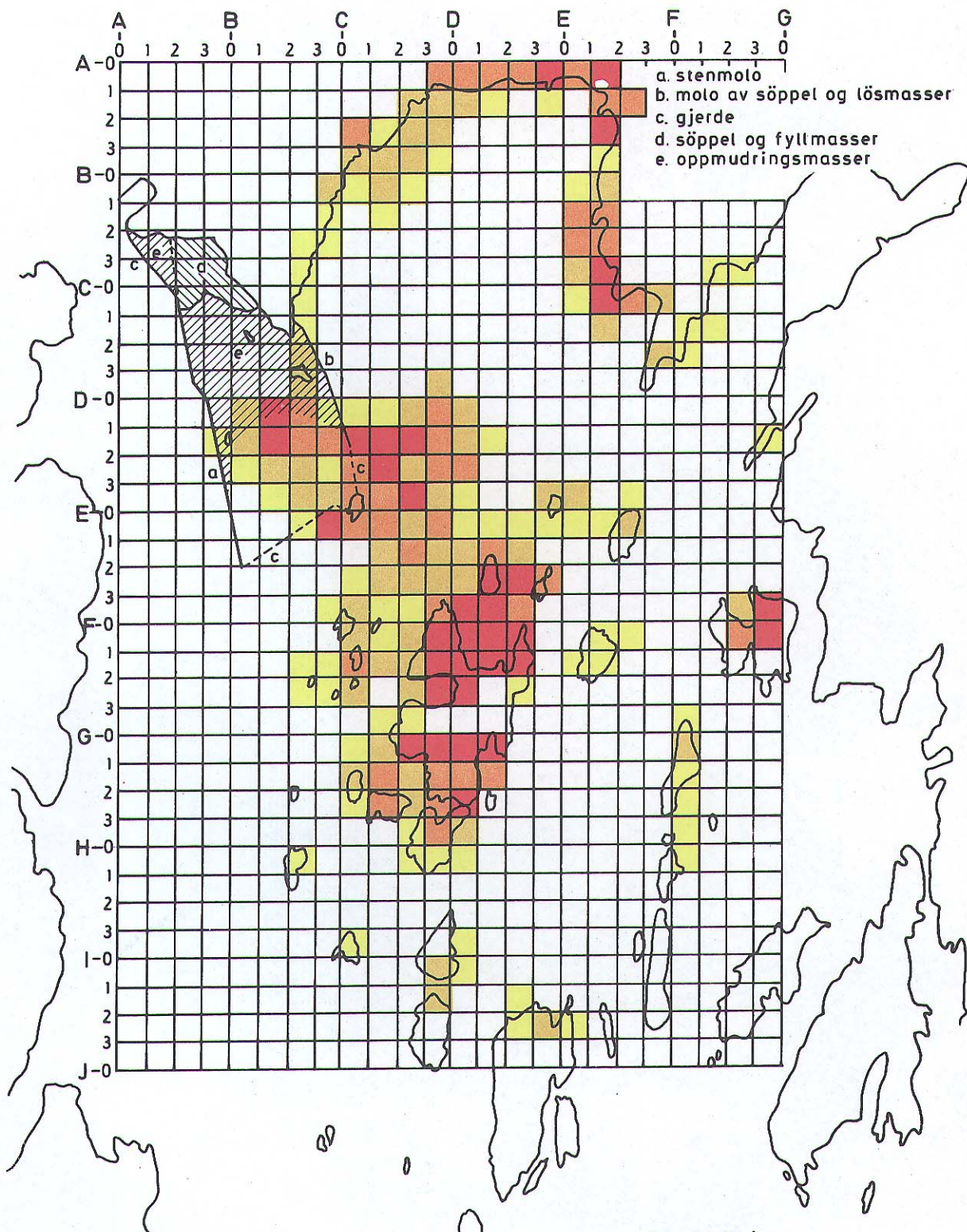
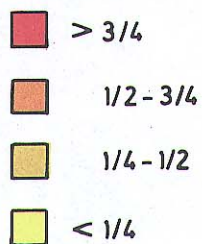


Fig.6

Utbredelse og utvikling  
av overvannsvegetasjon  
(*Phragmites communis*,  
*Bolboschoenus maritimus* og  
*Schoenoplectus tabernaemontanii*)

Arealdekning:





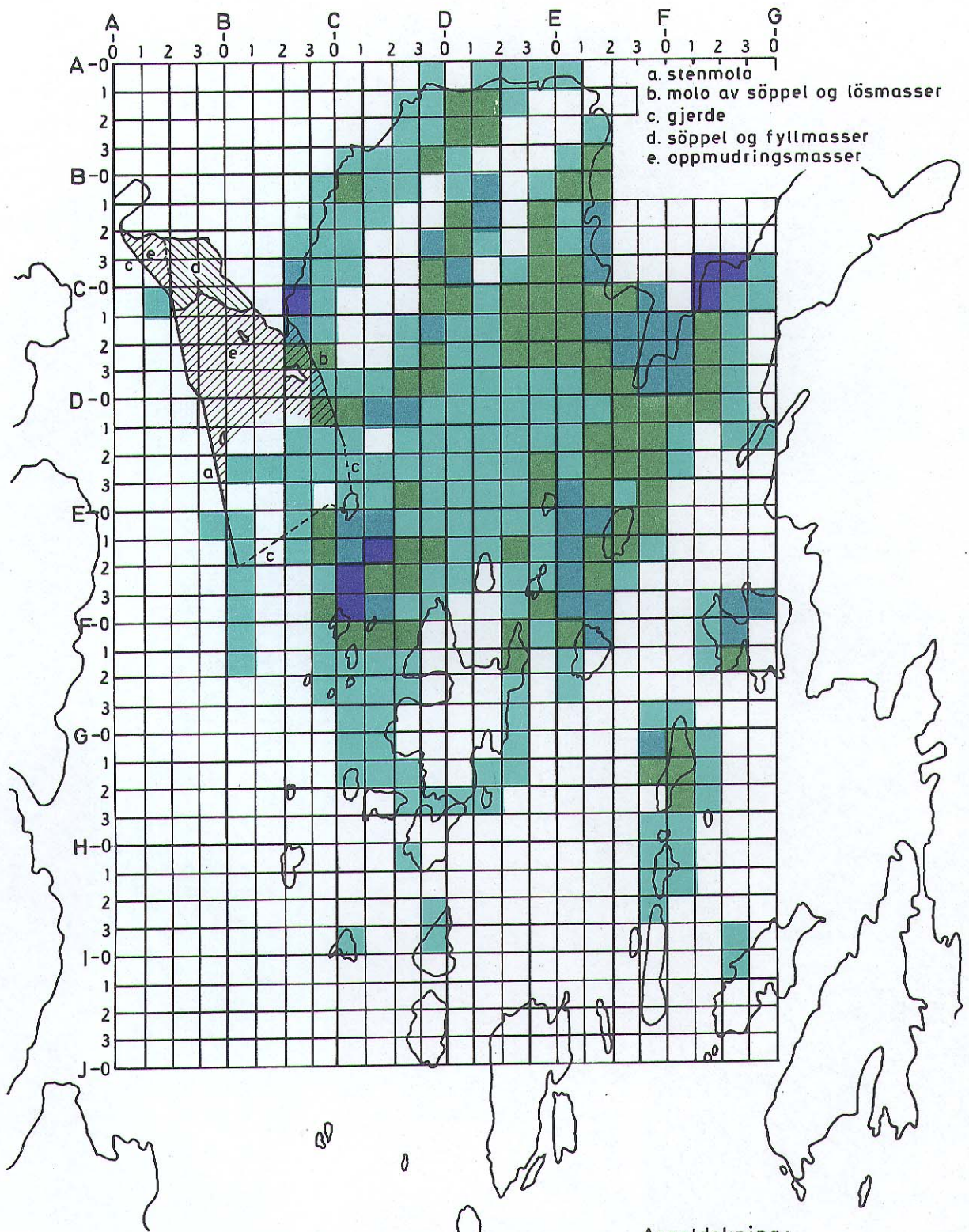
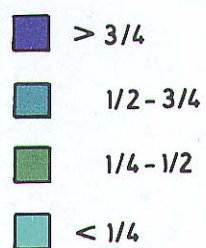


Fig.7

Utbredelse og utvikling  
av undervannsvegetasjon.  
(Sør for Tambern vesentlig  
*Fucus* el. *Ruppia*)

Arealdekning:



Både *Bolboschoenus* og *Schoenoplectus* opptrer i Øra-området som typisk radialkoloniserende arter etter definisjon av Rørslett (1972). Ofte er koloniene mer eller mindre runde i utforming og det viser at overveiende lokal vegetativ spredning forekommer på voksestedene.

Initialstadier for begge arter dannes av små "klumper ofte under 1 m i tverrsnitt. Større bestander kan måle over 50 m i diameter. De større koloniene synes å fremkomme ved en sammenvoksing av opprinnelig isolerte småkolonier. Ved en sammenflytning av mindre bevoksninger kan artene blandes i de største bestandene. Det er sjelden å finne rene *Schoenoplectus*-kolonier helt omsluttet av *Bolboschoenus maritimus*. Dette kan tolkes som indikasjon på en utkonkurrering av *Schoenoplectus* i forhold til *Bolboschoenus*. En kan finne eksempler på rene *Schoenoplectus*-bestander som tydelig invaderes av *Bolboschoenus* i marginalområder. *Schoenoplectus tabernaemontani* forekommer i større grad enn *Bolboschoenus* voksende i mindre, rene kolonier.

Eldre flybilder (fra 1963 og 1969) viser at de nåværende vegetasjonsforhold i området mellom Gullmoen og Hestholmen er av gammel opprinnelse. Kvaliteten av de tidligere opptatte bilder er dessverre ikke god nok til å bestemme med noen grad av sikkerhet eventuelle vegetasjonsendringer som kan ha forekommet siden 1963. Dette forhold gjelder alle vegetasjonstyper.

Opptakene har også skjedd på et ugunstig tidspunkt (omkring begynnelsen av juni måned). Flere nåværende bestander av *Bolboschoenus maritimus* og *Schoenoplectus tabernaemontani* kan likevel spores tilbake på de eldre fotografiene. Tilveksten på disse koloniene i perioden 1963-73 er ubetydelig og gir ikke grunnlag for å hevde at det aktuelle området undergår noen rask tilgroing av overvannsvegetasjon.

Plantebevoksningene på grunnområdene øst og sør for Gullmoen indikerer en allogen tilgroingstype (Rørslett 1972) der vegetasjonen

er et vesentlig bidrag i stabiliseringen av sedimentbanker. Den resente rikdom på *Bolboschoenus/Schoenoplectus* - initialkolonier kan tyde på en forskyving mot autogene tilgroingstyper etter Rørslett (1972). Denne tilgroingstype er i så fall rimelig å sette i forbindelse med de nåværende sedimentasjonsforhold, der den tidligere sedimenttransporten med Glåmavann har opphørt.

Den tredje av de viktige helofyttartene, *Phragmites communis* viser et fordelingsmønster som avviker fra de tidligere omtalte artene. *Phragmites* vokser mest langs øyene utenfor Gullmoen, men store kolonier finnes også lenger nord, bl.a. langs østsiden av Gansrødbukta. På åpne vannstrekninger er *Phragmites* bare sjelden til stede. Arten synes her å karakterisere autogene tilgroingsområder. *Bolboschoenus* og *Schoenoplectus* også deltar i vegetasjonsutformingen, men har mindre utbredelse enn *Phragmites*. *Bolboschoenus* og *Schoenoplectus* kan være innblandet i *Phragmites*-kolonier som "undervegetasjon", men oftest er *Phragmites*-bestandene rene uten andre forekommende arter.

Et generelt trekk felles for helofyttartene er at kolonienes tetthet avtar mot områdets sørlige deler, i følge billedanalysen på IR-fargefilm. Årsaksforholdene bak en slik opptreden kan være kompliserte, og salitetsfaktoren er kanskje underordnet i forhold til påvirkning av vind, bølgeslag og rent av mangel på gunstige biotoper.

#### Undervannsvegetasjon

Store forekomster av *Potamogeton perfoliatus* var tidligere en viktig del av vegetasjonsbildet i vannområdene ved Øra-tangen og Gansrødbukta (Zoologisk Museums rapporter 1972, 1973). Et felles inntrykk fra feltundersøkelser og billedanalyser på IR-fargefilm er den nåværende sparsomme forekomsten av undervannsvegetasjon (se fig. 7). Store deler av området avmerket med laveste dekningsgrad på fig. 7 bar ytterst sparsom vekst. Avstanden mellom observerbare planteforekomster kunne bli mer enn 10 m.

Bare på felter avmerket med høyeste dekningsgrad på fig. 7 er det på tale om forekomst av undervanns"enger". Innslaget av *Potamogeton perfoliatus* i slike "enger" varierer. Arten er stedvis vanlig mellom Gullmoen og Hestholmen, men inntrykk fra feltundersøkelser tilsier at den lavvokste arten *Potamogeton panormitanus* er enda hyppigere i forekomst. *Potamogeton panormitanus* kan kolonisere svært grunne vannområder og er nesten enerådende innenfor Gullmoen.

I Gansrødbukta forekommer *Ruppia*-arter, *Potamogeton panormitanus*, *P. pectinatus* og *Myriophyllum spicatum* stedvis i til dels betydelige mengder. Ofte utgjør *Ruppia spiralis* den viktigste komponenten i dette vegetasjonsdekket, mer lokalt kan *R. maritima* være av størst betydning. *Potamogeton perfoliatus* forekommer sporadisk innblandet i disse vegetasjonstyper, som strekker seg utover mot Tambern - Gåseskjær. Sør for Tambern synes undervannsvegetasjon å bli av sparsom forekomst. Store alger, bl.a. *Fucus vesiculosus*, blir vanlige. *Fucus* trenger forøvrig helt inn mot Gansrødbukta, i samsvar med dens evne til å gå inn i brakkvannsområder forøvrig (jfr. Luther 1951b).

### 3.3 Fordelingsmønstre i Øras *Potamogeton*-populasjon

Fordelingsmønster ("pattern") av individuelle planter i et område kan gi verdifull informasjon om artens tilstand.

Den vanligst forekommende fordelingstype er klumpet ("contagious") fordeling. Som navnet antyder vil plantene i dette tilfelle ha en tendens til sammenklumping. Dette ytrer seg ved at individtettheten i noen områder er høy, i andre lav eller ned mot null.

En klumpet fordeling i liten målestokk oppstår f.eks. ved vegetativ formering, i større målestokk gjerne ved kolonidannelser som ofte forekommer blant vannplantene.

Andre fordelingstyper er eksempelvis den tilfeldige ("random") og den regelmessige ("regular") fordeling. Mens sannsynligheten

for å finne et individ av samme art i nærheten øker ved en klumpet fordeling, synker sannsynligheten i en regelmessig fordeling. I en tilfeldig fordeling influerer ikke forekomsten av ett individ på sannsynligheten for å finne et annet i nærheten.

Indikasjoner på tilfeldige fordelinger kan finnes i stabiliserte vegetasjonstyper og delvis i plantepopulasjoner med lav tetthet. (Greig-Smith 1964). Ved innvandring og etablering i nye områder vil en art sjelden møte et homogent miljø med sine diasporer (spredningsenheter). Selv om diasporene spres tilfeldig over et område oppstår derfor ikke nødvendigvis en tilfeldig fordeling av etablerte planteskudd. Miljøet i et sluttet vegetasjonsdekke kan også variere tilstrekkelig i liten målestokk så tilfeldige fordelinger ikke kommer fram.

Vegetasjon i vann har liten stabilitet og viser svak samfunnsstrukturering når en ser vann- og landplanter sammen under ett. Det er heller ikke vanlig å demonstrere tilfeldige fordelinger, mens klumpet fordeling som tidligere nevnt ofte forekommer. Graden av klumping som vises i en fordeling vil selvsagt variere med størrelsen av prøveflatene i et undersøkt område. Litt generelt uttrykt vil små flater avdekke mønster (fordeling) i liten målestokk, store flater tilsvarende i stor målestokk. En tilsynelatende tilfeldig fordeling i en målestokk kan skifte karakter og overgå til f.eks. klumpet fordeling ved en mindre analyseskala (d.v.s. mindre prøveflater).

Fra IR-fargebilder kan vi hente ut endel opplysninger om populasjonsstrukturering hos *Potamogeton perfoliatus*. Ved å velge områder der *P. perfoliatus* kan identifiseres med rimelig sikkerhet på bildene har vi fått koordinatsatte data om forekomst av enkeltindivider og kolonier, som kan analyseres med vanlige statistiske metoder (jfr. Greig-Smith 1964). Dette arbeidet er ikke avsluttet og vil bli fortsatt som et ledd i metodeundersøkelser for instituttets prosjekt B-6/72. Foreløpig kan resultatene summeres slik:

1. I Glåmas hovedløp (utsiden av Øra-moloen) opptrer *Potamogeton perfoliatus* - kolonier, med stort sett regelmessig omriss og diameter < 10 m.
2. I området mellom Gullmoen og Hestholmen, ut mot Glåma, viser *P. perfoliatus* klumping i mindre skala. Koloniene er "løse" og irregulære i omriss der de kan skjelnes. Tettheten er variabel men stedvis høy (arealdekning > 50%).
3. I Gansrødbuktas østlige og sørlige deler har *Potamogeton*-populasjonen lav tetthet og + tilfeldig fordelingsmønster for enkeltindivider. Kolonier kan ikke spores.

Den sterkt skiftende populasjonsstrukturen som *Potamogeton perfoliatus* viser i ulike deler av Øra-feltet, reiser flere spørsmål. Det er vanskelig å forstå med vårt nåværende kunnskap om Øra at artens vekstmiljø er så heterogent som slike skiftende mønstre i fordeling indikerer, med mindre salinitetsforholdene kan være en hovedårsak til den ujevne utbredelse og strukturforskjeller.

En tilfeldig fordeling kan lett tenkes å oppstå fra en klumpet fordeling med høy tetthet, dersom tilfeldige individer i populasjonen dør ut og tettheten synker. En slik prosess vil føre til nedbrytning av vel definerte kolonier, og gi et vegetasjonsbilde som passer med de observerte forhold. I denne sammenheng kan det også påpekes at *Ruppia* viser tydelig klumpet fordeling i Gansrødbukta, på de samme felter der *Potamogeton* forekommer som enkeltindivider. Dette indikerer at en stabilisering av vegetasjonen ikke har gjort seg gjeldende.

#### 4. EKSPERIMENTELLE BESTEMMELSER AV SALINITETSTOLERANSER

De forskjellige vannplanters evne til å utholde salinitetspåvirkning er lite kjent. Såkalte "toleransgrenser" som oppgis i tilgjengelig litteratur er oftest basert på fordelingsstudier

under naturlige miljøforhold, der en rekke mer eller mindre godt kjente miljøparametere i virkeligheten kan tildekke et eksisterende toleransenivå for salinitetspåvirkning. De undersøkte artene kan også mangle mulige biotoper i deler av salinitetsgradienten, og derved registreres som manglende ved en viss salinitetsverdi (jfr. Luther, 1951a).

Selve begrepet toleransegrense er litt upresist og villedende. Forskjellige individer av en art kan variere i sin evne til å motstå en ytre, ugunstig påvirkning. Populasjonens "toleranse" beskrives derfor best ved en sannsynlighetsfordeling og ikke ved bestemte grenseverdier eller toleransenivå.

Oppgitte toleransegrenser kan da tilsvare omtrent et påvirkningsnivå der sannsynligheten for ødeleggende effekt på plantepopulasjonen i et område blir stor. Videre omtale av toleransegrenser i denne rapporten må forstås i denne sammenheng, og ikke som definitive grenser.

En estimering av sannsynligheten for letal effekt ved ulike salinitetsnivåer for artene i Øras vannvegetasjon ville kreve et langt mer omfattende eksperimentelt opplegg enn det mulighetene lå til rette for. De salinitetstoleranser vi har kommet frem til i denne rapporten for noen utvalgte arter må utelukkende ansees som "veiledende" i den betydning som tidligere nevnt. Sannsynligheten for å overleve en ugunstig påvirkning vil dessuten variere med eksponeringstiden for denne påvirkning. Slike effekter fremtrer klart av de forsøksserier som er gjennomført for *Potamogeton perfoliatus*. Med tanke på de til dels store variasjoner i salinitet som Øra-området er utsatt for (jfr. salinitetsdata i Zoologisk Museums rapporter (1972, 1973)) vil en forståelse av artenes reaksjon på kortvarige eksponeringer mot høye salinitetsverdier være vesentlig informasjon i beskyttelsen av naturverdiene i området.

#### 4.1 Metoder og innledende forsøk

Til forsøkene ble springvann med ulike konsentrasjoner av NaCl benyttet. Plantematerialet ble etter innsamling lagt i springvann natten over før intakte, vegetative skudd ble fordelt til testkolber i termostatrom (15° C, belysning 6000 lux og 12 timers daglengde). De vegetative skuddene ble valgt ut for å sikre et mest mulig homogent utgangsmateriale, og hadde terminalskuddspisser samt aksillære skuddanlegg.

Ved ønskede tider ble plantene tatt opp, deres tilstand notert, og blader nær skuddspissen ble preparert og undersøkt mikroskopisk. Separate forsøksserier ble satt opp for å belyse korttidseffekter ( $\leq 2$  døgn) og påvirkning ved lengre perioder (5-7 døgn).

Innledende forsøk viste at kloroplastenes utseende og fordeling i cellene kunne gi gode indikasjoner på den effekt de ulike saltkonsentrasjoner hadde hatt på plantene. I denne undersøkelsen har vi karakterisert kloroplastene ved fire ulike stadier:

1. stadium: Kloroplastene har normalt utseende og er fordelt i utkant av cytoplasma, langs celleveggene.
2. stadium: Kloroplastene mer irregulært fordelt i cytoplasma, men fortsatt vesentlig i utkant av cytoplasma. De enkelte kloroplasters omriss begynner å bli uregelmessige. I dette stadiet kan cellene returnere til 1. stadium dersom plantene blir lagt i springvann.
3. stadium: Kloroplastene ligger spredt ut over hele cytoplasma. Enkelte kloroplaster kan være ødelagt. Tilstanden er ikke reversibel som for 2. stadium.



4. stadium: Alle kloroplaster er gått i oppløsning og cytoplasma observeres som en grønn, amorf masse. Cellene er fullstendig ødelagt.

Planter med celler som har nådd 2. stadium kan betegnes som saltpåvirket; når cellene viser 3. eller 4. stadium er plantene saltskadet med letal utgang.

Med unntak fra innledende forsøk er alle tester utført på plantemateriale innsamlet i Øra-feltet, og de resultater som fremkommer kan brukes direkte i diskusjonen om populasjonenes salinitetstoleranse i Øra.

Artene som ble testet var:

*Potamogeton perfoliatus*

*Potamogeton panormitanus* var. *minor*

*Myriophyllum spicatum*

*Ruppia spiralis*

Kort- og langtidseffekter ble bare undersøkt for *Potamogeton perfoliatus* i egne forsøk; vurderinger av slike virkninger på andre arter er basert på observasjoner under forsøks tiden.

#### Innledende undersøkelser med *Potamogeton perfoliatus*

Metoden ble utprøvet på plantemateriale hentet fra en ferskvannslokalitet (Smestaddammen i Oslo). Plantene ble eksponert for NaCl (0-36 o/oo) i tre døgn.

Resultatene er stilt sammen på neste side.

o/oo NaCl	Visuell observasjon
0	Planter normale. Terminal- og aksillærskudd hadde betydelig strekningsvekst.
3	Mindre strekningsvekst enn for 0 o/oo, dessuten tendens til klorofylltap i bladkant. Ellers normal tilstand.
6	Plantene av normal utseende. Svak strekningsvekst i skuddspisser. Bladkanter avfarget.
10	Plantene virket "slappe", skuddspisser døende. Avfarging av bladplater.
15	Ingen synlig vekst. Plantene virket døde.
15	Plantene i ferd med å gå i oppløsning.

Orienterende bestemmelser av plantenes klorofyllinnhold ga ikke helt tilfredsstillende resultater, mens en mikroskopisk undersøkelse av kloroplastenes utseende og fordeling som tidligere omtalt ga et bra samsvar med de visuelle observasjoner av plantenes tilstand.

#### 4.2 Forsøk med planter fra Øra

##### Korttidseffekter av NaCl på *Potamogeton perfoliatus*.

En utvurdering av saltkonsentrasjonens korttidsvirkning ble bare gjennomført for *Potamogeton perfoliatus*, da denne arten har stått mest sentralt i diskusjonen omkring Øra-vegetasjonens skjebne ved forekommende høy salinitet.

Plantematerialet ble undersøkt mikroskopisk etter 2, 24 og 48 timers eksponering for NaCl-konsentrasjoner opptil 36 o/oo.

Etter to timers behandling kunne ingen endringer i kloroplastenes utseende observeres før ved en saltkonsentrasjon på 30 o/oo, der kloroplastene hadde kommet i 2. stadium.

Saltpåvirkning i 24 timer fikk kloroplaster fra planter i 20 o/oo NaCl til å bli irregulære av utseende (2. stadium). Samtidig var kloroplaststadium 3-4 inntrådt i plantene ved konsentrasjoner fra 25 o/oo og høyere.

Plantene fra 20 o/oo NaCl gjenvant sine normale kloroplaster etter påfølgende 24 timers opphold i springvann. Ved høyere saltkonsentrasjon enn 20 o/oo var derimot plantene varig salt-skadde etter ett døgns påvirkning, og kunne ikke bringes tilbake i normaltilstand ved å legges i springvann.

Etter 48 timers eksponering for NaCl var plantenes kloroplaster helt normale av utseende til og med en konsentrasjon på 12 o/oo. Ved 15 o/oo NaCl var kloroplastene kommet i 2. stadium (saltpåvirket). Høyere saltkonsentrasjoner, 18 o/oo og mer, hadde irreversibelt skadet kloroplastene.

Ut ifra denne forsøksserien kan en slutte at vegetative skudd av *Potamogeton perfoliatus* blir merkbart påvirket av saltkonsentrasjoner stort over 12 o/oo NaCl, selv ved korte eksponeringstider av få døgns varighet.

#### Langtidseffekter ved høye saltkonsentrasjoner

Virkingen av salteksponering for en periode på ca 6 dogn ble undersøkt for fire av de vanligste artene i undervannsvegetasjonen, som nevnt tidligere.

Resultatene av undersøkelsen er fremstilt i tabell 3 - 7 og i figur 8 (*Potamogeton perfoliatus*).

Plantenes ytre reaksjoner på høye salkonsentrasjoner følger stort sett et felles mønster. Det er imidlertid betydelige forskjeller artene imellom på de saltkonsentrasjoner som gir varige skader på kloroplastene.

Mest følsomme for saltpåvirkning synes de to undersøkte *Potamogeton*-artene *perfoliatus* og *panormitanus* v. *minor* å være med et toleransenivå i underkant av 9 o/oo NaCl.

De to andre undersøkte artene ser ut til å tolerere noe høyere saltkonsentrasjoner; *Myriophyllum spicatum* omkring 12 o/oo og *Ruppia spiralis* minst 15 o/oo NaCl.

Resultatene stemmer godt overens med tidligere publiserte data for artene (tabell 7) og kunnskap om deres generelle økologiske oppførsel. En hadde muligens forventet en noe høyere toleranse for *Ruppia spiralis* en det som fremkom ved forsøkene, men for denne arten kan forskjellen i fysiologiske betingelser mellom naturmiljø og laboratoriet ha vært av betydning. *Ruppia*-artenes systematikk er dessuten vanskelig og mange litteraturangivelser for *R. spiralis* kan muligens referere den ekstremt tolerante arten *R. maritima* istedenfor.

Ved høye konsentrasjoner av NaCl i det ytre medium mister cellevevet turgor (cellenes innvendige safttrykk) og kloroplastene blir til slutt sprenget. Turgortapet vises ved at plantene blir slappe og sammenfallende. Nedbrytningen av kloroplastene synes å starte tidligere enn tap i turgor. Dette fremgår ved å sammenlikne figur 8, som viser andel saltpåvirkede og skadde kloroplaster hos *Potamogeton perfoliatus* med tabell 3 for samme art. Saltets virkning på kloroplastenes utseende og fordeling gjør seg merkbart gjeldende allerede ved en konsentrasjon på 6 o/oo, der turgor foreløpig er intakt.

TABELL 3 Potamogeton perfoliatus. Saltpåvirkning etter 6 døgns eksponering.

o/oo NaCl	Kloroplast-stadium	Strekningsvekst	Plantenes tilstand
0	1	Ja, sterk	Normal, svak avfarging av bladkant.
3	1	Ja, sterk	Normal, svak avfarging av bladkant.
6	1 - 2	Ja, svak	Klorofylltap i bladranden, plantene ellers normale.
9	2 - 3	Ja, svak	Plantene slappe, klorofylltap i bladrand.
12	3 - 4	Nei	Planter slappe eller døde
15	4	Nei	Planter døde
>15	4	Nei	Planter døde

TABELL 4 Potamogeton panormitanus var. *minor*. Saltpåvirkning etter 7 døgns eksponering.

o/oo NaCl	Kloroplast-stadium	Strekningsvekst	Plantenes tilstand
0	2(?)	-	Normalt utseende (Kloroplaster irregulære i form).
3	1	Ja	Normal (kloroplaster ovale)
6	1	Ja	Plantene var noe slappe.
9	2	Ja	Plantene slappe, ellers normale
12	3 - 4	Nei	Plantene gikk i oppløsning når de ble tatt opp.
>12	4	Nei	Plantene døde.

TABELL 5 Myriophyllum spicatum. Saltpåvirkning etter 6 døgns eksponering.

o/∞ NaCl	Kloroplast-stadium	Strekning-vekst	Plantenes tilstand
0	1	Ja, sterk	Normal
3	1	Ja, sterk	Normal
6	1	Ja, svak	Normal
9	1 - (2)	Ja, svak	Normal
12	2 - (3)	Ja, svak	Normal
15	3 - (4)	Nei	Planter slappe eller døde
>15	4	Nei	Planter døde

TABELL 6 Ruppia spiralis. Saltpåvirkning etter 6 døgns eksponering.

o/∞ NaCl	Kloroplast-stadium	Strekning-vekst	Plantenes tilstand
0	1	Ja	Normal
3	1	Ja	Normal
6	1	Ja	Normal
9	1	Ja	Normal
12	1	Ja	Normal
15	1 - (2)	Ja	Normal
18	3 - (4)	Nei	Plantene noe slappe
21	4	Nei	Plantene slappe eller døde
>21	4	Nei	Plantene døde

TABELL 7 Sammenfatning av artenes toleransegrenser for salinitet, basert på NIVAs forsøk og litteratur x)

ART	Salinitet, 0/00 S		
	Øvre grense kort eksponering 1-2 døgn.	Øvre grense lang eksp. 6 døgn	Øvre grense fra litt.
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	ca. 12	ca. 9	ca. 7 <sup>1)</sup>
<i>Potamogeton panormitanus</i>	ca. 9 <sup>5)</sup>	< 9	ca. 7 <sup>2)</sup>
<i>Myriophyllum spicatum</i>	ca. 12 <sup>5)</sup>	<12	ca. 16 <sup>3)</sup>
<i>Ruppia spiralis</i>	> 18 <sup>5)</sup>	<18	hypersalin > 25 <sup>4)</sup>

1) Luther (1951 a, b)

2) l.c.

3) Anderson et al. (1967)

4) Sculthorpe (1967)

5) Observasjoner ved dyrkningsforsøk

x) De anførte grenseverdier kan ikke uten videre overføres til forhold ute i naturen. jfr. avsn. 4.

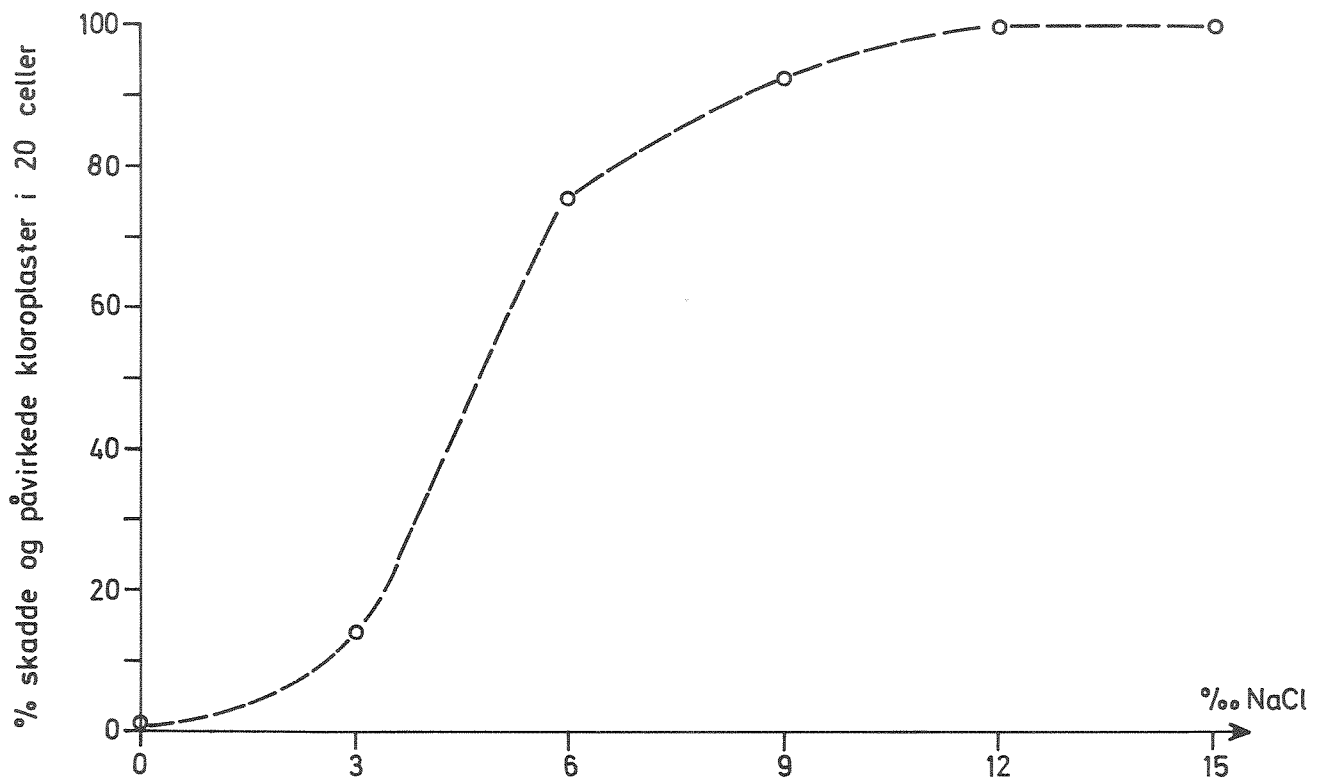


Fig.8 Fordeling av skadde og påvirkede kloroplaster (2.-4.stadium) hos *Potamogeton perfoliatus* etter 6døgn eksponering for NaCl



Vi mangler eksperimentelle data for å vurdere virkningen av en endret kloroplaststruktur og fordeling (2. stadium) for plantenes fotosynteseaktivitet. Som tidligere påpekt er kloroplaster i 3. og 4. stadium irreversibelt saltskadet; i dette tilfelle må fotosynteseaktiviteten bli minimal.

De forandringer som kan observeres med plantenes kloroplaster synes å indikere at den ugunstige saltpåvirkningen har forstyrret biokjemiske forhold i cellene, muligens også påvirket cellenes membransystemer. Slike saltvirkninger er diskutert i litteraturen, f.eks. av Bernstein og Hayward (1958) og Salsbury og Ross (1969). Det nevnes også at ugunstig saltpåvirkning kan medføre nedsatt fertilitet. Forholdet er ikke eksperimentelt påvist for Øra-plantene, men feltobservasjoner kan indikere at slike forhold gjør seg gjeldende. *Potamogeton perfoliatus* opptrer rikelig fertil litt høyere opp i Glåma (allerede ved Isegran) men er overveiende steril i Øra-området. Nedsatt fertilitet kan være en betydningsfull faktor i desimering av Øras *Potamogeton*-populasjoner.

Til slutt må det påpekes at de fysiologiske betingelser for våre eksperimenter avviker fra naturgitte forhold, men likevel synes representative for frittflytende plantemateriale, som er viktige spredningsenheter (diasporer) i Øras vegetasjon.

#### Konklusjoner av de utførte salttoleranseforsøk

Høye saltkonsentrasjoner i et ytre medium kan være skadelige på to måter (Salsbury og Ross, 1969):

1. Cellenes vannpotensial reduseres så plantene ikke kan opprettholde turgor.
2. Ioner kan ha spesielt skadelig virkning på plantenes biokjemi.

Våre resultater tilsier forekomst av begge skademåter.

Liten salttoleranse ( $\leq 9$  ‰) ble funnet for : *Potamogeton perfoliatus* og *P. panormitanus* v. *minor*. Mer tolerante arter (12 - ca 18 ‰) var: *Myriophyllum spicatum* og *Ruppia spiralis*.

## 5. OVERVINTRINGS- OG SPREDNINGSMÅTER FOR ARTENE I UNDERVANNSSVEGETASJONEN

### 5.1 Vannplantenes spesielle overvintringsformer

Vannplantene bærer ofte vegetative skudd som tjener overvintrings- og spredningsformål. Sterkt omdannede skudd, kjennetegnet ved morfologisk avvikende skudd- og bladutvikling kalles turioner ("vinterknopper"). Turiondannelse forekommer blant norske vannplanter i slektene *Utricularia*, *Hydrocharis*, *Myriophyllum* (*M. verticillatum*) og *Potamogeton* (*P. friesii*, *P. crispus* og *P. panormitanus*).

Mindre omdannede skudd, ofte med (sterkt) forkortet skuddakse bør kalles hvileskudd (Sculthorpe 1967: "dormant apices"). Typiske hvileskudd finnes bl.a. hos *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis* og mange *Potamogeton*-arter. Den villedende betegnelsen "vinterskudd" vil i mange tilfelle referere slike "dormant apices".

Rhizomatiske tubere, som ofte feilaktig kalles "turioner", finnes hos *Sagittaria sagittifolia*, *Eleocharis* og *Potamogeton* subg. *Coleogeton*. Rhizomsystemer, ofte med tendens til tuberdannelse, tjener overvintringsformål blant mange av våre typiske helofytter (*Phragmites*, *Schoenoplectus*, *Bolboschoenus*, *Carex*).

### 5.2. Øra-vegetasjonens overvintringsmuligheter og sprednings- potensial

Det er gjennom rapporter fra Zoologisk Museum (1972, 1973) dokumentert forekomst av høye salinitetsverdier i vinterhalvåret. Saliniteter over 20 ‰ er periodevis registrert selv inne i Gansrødbukta.

Gjennom våre forsøksserier (avsn. 4) er det påvist lave salt-toleranser for flere arter i undervannsvegetasjonen. De submerse artene er utsatt for et salinitetsstress i flere faser av sitt livsløp. Artenes spredningsmuligheter i Øra-området vil variere med diasporenes <sup>(x)</sup> natur og eventuelle salinitetsfølsomhet.

Overvintringsmåten kan indikere hvor følsomme de enkelte arter vil være i sin ikke-vegetative periode.

Opplysninger om de aktuelle artenes forhold ved overvintring og spredning er sammenstilt i tabell 8. Artenes lokale sprednings-evne er beskjeden og helst begrenset til opprettholdelse av etablerte bestander. På regional basis er vegetativ spredning viktig for de fleste arter i undervannsvegetasjonen. Diasporene er overveiende større eller mindre plantefragmenter. Vann som spredningsagens (hydrochori) er av betydning for alle arter. Bare en art har spesialiserte diasporer for hydrochori (turioner, *Potamogeton panormitanus*).

høye salinitetsverdier må artenes spredningspotensial bli sterkt redusert.

Tabell 9 gir noen karakteristiske observasjoner på vegetative diasporer av *Potamogeton perfoliatus*. Diasporene ble innsamlet i slutten av juli, på en strekning av ca 200 m ved Gullholmen, og representerer et statistisk utsnitt fra diasportransporten. Observasjonene på dette materialet indikerer at salinitetsskader virkelig er vanlig forekommende på artens diasporer. Omlag 20% av diaspormengden ble bedømt som ikke levedyktig. Sprengte kloroplaster og turgortap var viktige årsaker til dette. Blant spredningsdyktige diasporer forekom bladavfarging (20%) og saltskadede kloroplaster (40%) hyppig.

(x) diaspor = fellesbetegnelse på frukter, utløpere, stengeldeler eller andre plantedeler som tjener til spredning.

TABELL 8 Sammenstilling av undervannsartenes overvintrings- og spredningsmåter.

ART	Livslengde	rhizomsystem/ tuberdannelse	Hvile-skudd "dormant apices"	Turi- oner	Viktige diasporer ( )=uvisst forekomst Øra	In situ sprednings- måte	Regional spredning Ø=ornithochori H=hydrochori
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Flerårig	Ja	Nei	Nei	Stengel- fragm. (frukter)	rhizom	Ø/H
<i>Potamogeton pinnatifidus</i> v. <i>minor</i>	Flerårig	Nei	Ja <sup>1</sup>	Ja	Turioner (frukter)	Nedliggende skuddsystem	Ø/H
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Flerårig	Ja/tuber	Nei	(nei) <sup>2</sup>	(Frukt- ter)	rhizom, stoloner	H
<i>Zannichellia palustris</i>	Ett- flerårig	-	Nei	Nei	Frukt- ter, løs- revne skudd	Nedliggende skuddsystem	Ø/H
<i>Ruppia spiralis</i>	Flerårig	Ja	Nei	Nei	Frukt- ter, løs- revne skudd <sup>3</sup>	rhizom	H
<i>Ruppia maritima</i>	Flerårig	Ja	Nei	Nei	Frukt- ter, løs- revne skudd <sup>3</sup>	rhizom	H
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Flerårig	Ja	Ja	Nei	Stengel- fragm. (frukter)	rhizom	H
<i>Eleocharis parvula</i>	Ett- flerårig	Ja/tuber	Nei	Nei	Tubere, løs- revne planter	Stoloner	Ø/H

1 Rørslett (feltobservasjoner).

2 Rhizomatisk tubere feilaktig kalt turioner av Hågström (1916)

3 Luther (1956b)

TABELL 9 Potamogeton perfoliatus. Diaspor materialets tilstand.  
Øra 30. juli 1973.

Variabel	Variabeltilstand	Driwmaterialets tilstand		Total vertikal			
		Død eller usikker	Levende planter/plantedeler				
		Antall	%	Antall	%	Antall	%
1. Drivtype	Stengelfragment	2	12.5	15	25.4	17	22.7
	Skuddspisser o.l.	9	56.2	11	18.6	20	26.7
	Hele skudd	5	31.2	33	55.9	38	50.7
2. Bladplatenes farge	Grønn	9	56.2	53	89.8	62	82.7
	Brunanløpet	4	25.0	6	10.2	10	13.3
	Rødanløpet	3	18.7	0	0.0	3	4.0
3. Bladrandens farge	Grønn	2	12.5	35	59.3	37	49.3
	Brunanløpet	8	50.0	12	20.3	20	26.7
	Rødanløpet	6	37.5	12	20.3	18	24.0
4. Kloroplastenes utseende	+ normal (1.-2. stadium)	3	18.7	47	79.7	50	66.7
	+ sprengt (3.-4. " )	13	81.3	12	20.3	25	33.3
5. Fertilitetsgrad	Sterile skudd	16	100.0	45	76.3	61	81.3
	Fertil (blomstr.)	0	0.0	12	20.3	12	16.0
	Fertil (frukt)	0	0.0	2	3.4	2	2.6
Antall og % av total		16	21.3	59	78.7	75	100.00

Disse resultatene gir liten grunn til optimisme for den videre utvikling av Øras *Potamogeton*-populasjoner.

De fleste plantene som inngår i undervannsvegetasjonen er flerårige og overvintrer ved hjelp av perennerende rhizomsystemer i eller like under sedimentoverflaten på voksestedet. Salinitetspåvirkning, eventuelt kombinert med ugunstige redoksforhold i større vanddyb kan være en belastning for artene i vintersituasjonen. Disse faktorer trenger derfor til en ytterligere avklaring.

#### 6. VEGETASJONENS NÅVÆRENDE STATUS I ØRA-OMRÅDET

De betraktninger som fremkommer i dette avsnittet utgjør en helhetsvurdering av alle tilgjengelige data om vegetasjonsforhold i Øra-området. Ytterligere økologisk betonte data er i høyeste grad tiltrengt.

Salinitetsforholdene i Øra-området kan etter de observasjoner som er fremlagt fra Zoologisk Museums side kort oppsummeres som følger:

1. Etter de sivilisatoriske inngrep (bygging av molo og anleggelse av fylling på Øra-tangen) er ferskt - svakt brakt Glåmavann (0 - 5 o/oo S) forhindret i å strømme inn i Gansrødbukta og tilstøtende områder. Dette har medført en heving av salinitetsnivået i disse områdene.
2. Svært høye salinitetsverdier ( > 20 o/oo S) kan forekomme helt inne Gansrødbukta ved ugunstige kombinasjoner av vind og vannføring i Glåma. Spesielt i vintertiden er høye salinitetsverdier ikke sjeldent forekommende. Til dels hurtige vekslinger i salinitet gjør seg alment gjeldende.
3. Haloklinen (overgangen mellom ferskere overflatevann og salt-ere bunnvann) kan forekomme allerede i 1 m dyp. Dette vil begrense vegetasjonens utbredelse nedad.

4. Kritisk høye salinitetsverdier ( > 10 o/oo S) forekommer i plantenes vekstperiode.

De endrede salinitetsforhold ser ut til å ha berørt undervannsvegetasjonen alene. Helofyttvegetasjonen har ikke oppvist indiksjoner på forstyrrelser etter endring i miljøforhold. Sammensetning og fordelingen av undervannsvegetasjon er berørt ved miljøinngrepene. Den tidligere populasjonen av *Potamogeton perfoliatus* er redusert. Artens spredningspotensial er beskjedent under de rådende miljøforhold og bedrar til artens desimering i Øra-området.

## 7. SAMMENFATNING OG KONKLUSJONER

1. Øra-områdets makrovegetasjon gjenspeiler de relativt høye salinitetsverdier. Plantedekket er sammensatt av halofile eller salinitetstolerante arter. Rene ferskvannsorganismer møter et uvennlig livsmiljø.
2. Fotografiske registreringsmetoder har muliggjort detaljerte studier av ulike arters regionale fordeling, og gitt verdifulle opplysninger om nåværende vegetasjonsforhold. Denne informasjon vil være av betydning ved en oppfølging av vegetasjonsendringer i fremtiden.
3. Hjertetjønnaks (*Potamogeton perfoliatus*) er blant de planter som i dag forsvinner fra Øras gruntvannsområder. Tidligere rike *Potamogeton*-felter synes å bli erstattet av salinitetstolerant *Ruppia*-vegetasjon i områdets nordøstre deler; i gruntvannsområdene innenfor Hestholmen er *Potamogeton panormitanus* vanligere enn *P. perfoliatus* og utenfor Tambern og Hestholmen utgjør store alger (*Fucus*) vesentlige innslag i undervannsvegetasjonen.
4. Endringer i undervannsvegetasjonens fordeling og sammensetning kan ha medført produktivitetsforskjeller, omlegging av

næringskjeder og gi konsekvenser for området fugleliv. Løsningen av disse problemstillinger vil utgjøre viktige forskningsoppgaver.

5. En tilbakegang for *Potamogeton perfoliatus* i Øra-området etter de sivilisatoriske miljøinngrep og påfølgende økologiske forstyrrelser ser ut til å kunne tilbakeføres direkte på salinitetsfaktoren. Artens lave salinitetstoleranse er underbygget ved laboratorieundersøkelser (avsnitt 4). De hyppig forekommende salinitetsskader på drivmateriale, som er artens viktigste spredningsenheter, understøtter en slik forklaring. Kolonistrukturane (avsnitt 3.3) indikerer at arten møter et vanskelig miljø i Øra-området.
6. Den foreslåtte løsning, med å lede ferskere Glåma-vann inn i Gansrødbukta gjennom en kanal i Øra-fyllingen, betyr ikke at *Potamogeton*-populasjonen regenereres automatisk. Artens spredningspotensial i området synes å være liten, og hjertetjønnaks vil møte alvorlig biotisk konkurranse fra nå etablert undervannsvegetasjon. Det er også uvisst hvor effektivt denne arten er i stand til å rekolonisere salint pregede sedimentlag.
7. I siste instans må aktive tiltak vurderes for å restaurere plantedekket, dersom ikke de opprinnelige vegetasjonstyper regenereres ved å lede ferskvann inn i Gansrødbukta. Et forstyrret økosystem kan ikke uten videre påregnes å vende tilbake til utgangssituasjonen ved å fjerne en miljøforstyrrelse som har fått lov til å virke over lang nok tid.



8. LITTERATURLISTE

Anderson, R.R., Russel, R.G. og Rappleye, R.D. 1967:

The mineral content of *Myriophyllum spicatum* L. in relation to its aquatic environment.

Ecology 47: 844-846.

Bernstein, L. og Hayward, H.E. 1958:

Physiology of salt tolerance.

Ann. rev. pl. physiol. 9: 25-45.

Dyring, E. 1973:

The principles of remote sensing.

Ambio 2: 57-69.

Gates, D.M. 1970:

Physical and physiological properties of plants.

Pp. 224-252 in "Remote Sensing", National Academy of Sciences, Washington DC, 1970.

Greig-Smith, P. 1964:

Quantitative plant ecology.

London.

Hagström, J.O. 1916:

Critical researches on the Potamogetons.

Kungl. Sv. Vet. Ak. Handl. NF 55: 1-281.

Hartog, C. den og Segal, S. 1964:

A new classification of the water-plant communities.

Acta Bot. Neerland. 13: 367-393.

Heller, R.C. 1970:

Imaging with photographic sensors.

Pp. 35-72 in "Remote Sensing", National Academy of Sciences, Washington DC, 1970.

Knutzen, J., Molvær, J. og Skulberg, O.M. 1973:

Salinitetsvariasjoner og hydrobiologiske forhold i Øra-området før og etter bygging av molo.

Norsk institutt for vannforskning, Oslo, mai 1973.

Lid, J. 1963:

Norsk og Svensk Flora.

Oslo.

Luney, P.R. og Dill, H.W. 1970:

Uses, potentialities and needs (of remote sensing) in agriculture and forestry.

Pp. 1-34 in "Remote Sensing", National Academy of Sciences, Washington DC, 1970.

Luther, H. 1951:

a) Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. I  
Acta Bot. Fenn 49: 1-232.

b) Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. II.  
Acta Bot. Fenn 50: 1-370.

Myers, V.L. 1970:

Soil, water and plant relationships.

Pp. 253-297 in "Remote Sensing", National Academy of Sciences, Washington DC 1970.

Rørslett, B. 1971:

Bruk av infrarød fargefilm ved regionale vassdragsundersøkelser.  
Norsk institutt for vannforskning, febr. 1971 (0-55/68).

Rørslett, B. 1972:

Resipientforholdene i Romerikevassdragene Nitelva, Leira og Rømua. II. Botaniske undersøkelser.

Norsk institutt for vannforskning, sept. 1972 (0-55/68).

Salsbury, F.B. og Ross, C. 1969:

Plant physiology. New York.

Samuelsson, G. 1934:

Die Verbreitung der höheren Wasspflanzen in Nordeuropa.

Acta phytogeogr. suec. 6: 1-212.

Sculthorpe, C.D. 1967:

The biology of aquatic vascular plants.

London.

Zoologisk Museum. 1972:

Øraprosjektet.

Preliminærrapport avgitt av Zoologisk Museum. Oslo, 6. nov. 1972.

Zoologisk Museum. 1973:

Rapport fra Øra-undersøkelsene 1972.

Zoologisk Museum, jan. 1973.