

Rapportnummer:	0-82069
Undernummer:	
Løpenummer:	1429
Begrenset distribusjon:	Ingen

Rapportens tittel: MARIN BEGROING Behovet for forskning og utvikling Forslag til forskningsprogram	Dato: 3.11.82
Forfatter(e): Jensen, Arne Kvande, Martinus Samdal, John Erik Skarholt, Agnes	Prosjektnummer: 0-82069 (NIVA)
	Faggruppe:
	Geografisk område: Norge
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: NTNFs komitéer for skipsforskning, prosessteknikk og forurensningsspørsmål	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.): -
---	---------------------------------------

Ekstrakt:
Et utvalg oppnevnt av NTNF har på grunnlag av en rekke innhentede opplysninger kommet frem til at det behov for en sterk forskningsinnsats på området marin begroing, og har foreslått at det etableres et forskningsprogram med tiltak mot begroing som overordnet mål. Videre foreslås kartlegging, registrering og overvåking av begroing på offshore konstruksjoner for å få kontroll med begroingens konsekvenser. Et forprosjekt bør startes allerede i 1983 for videre planlegging, etablering av "state-of -the-art" samt enkelte, avklarende studier. NTNF bør initiere interesse i norsk industri for å utvikle bedre metoder med sikte på tiltak mot begroing.

4 emneord, norske:
1. Marin
2. Begroing
3. Skip
4. Offshore
5. Fiske

4 emneord, engelske:
1. Marine
2. Fouling
3. Ships
4. Offshore
5. Fisheries

6. Forskning og utvikling
7. Forslag til forskningsprogram NTNFs UTVALG FOR MARIN BEGROING

M. Kvande

Formann

ISBN 82-577-0548-9

NTNFs UTVALG FOR MARIN BEGROING
Sekretariat NIVA, Postboks 333, Blindern
Oslo 3, tlf. 02/23 52 80

MARIN BEGROING

Behovet for forskning og utvikling
Forslag til forskningsprogram

Rapport fra
NTNFs begroingsutvalg av 7.6.1982

INNHALDSFORTEGNELSE	side:
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	3
ENGLISH SUMMARY	4
I. INNLEDNING	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Utvalgets mandat	5
1.3 Arbeidsopplegg	6
2. MARIN BEGROING - PROBLEMETS ØKONOMISKE BETYDNING	8
2.1 Marin begroing - opptreden og ulemper	8
2.2 Hva koster marin begroing?	9
2.3 Hva kan spares?	9
3. VANLIGE TILTAK FOR Å BEKJEMPE BEGROING	11
4. ETABLERING AV KUNNSKAPSBASIS	13
5. AKTUELLE INNSATSOMRADER	14
5.1 Primærfilmen	14
5.2 Bekjempelse av begroing ut fra biologibasert kunnskap	17
5.3 Kjemiske virkemidler	18
5.4 Andre tiltak for å bekjempe begroing	23
5.5 Fjerning av begroing på offshore konstruksjoner	24
5.6 Kartlegging, registrering og overvåking av begroing på marine konstruksjoner	27
6. BEHOVET FOR FORSKNING PÅ OMRÅDET MARIN BEGROING	29
6.1 Vurdering	29
6.2 Konklusjoner	34
6.3 Organisering av et forskningsprogram	35

VEDLEGG	side
1. Søknader til NTN	37
2. Utsendte spørreskjemaer - oversikt	39
3. Matrise over marin begroing/aktuelle forskningsmiljøer	42
4. Litteratur	49
5. Virkning av begroing	50
6. Organotin Compounds approved by the Japan Ship- building Industry Association	51

SAMMENDRAG MED KONKLUSJON

A. FORMELLE OPPLYSNINGER

NTNFs komitéer for skipsforskning, prosessteknikk og forurensningsspørsmål nedsatte 7. juni 1982 et utvalg for å:

- utrede behovet for et forskningsprogram på temaet begroing av skip og marine konstruksjoner
- eventuelt komme med forslag til organisering av et slikt program.

Sammensetning:

Direktør Martinus Kvande, (formann)	Wilh. Wilhelmsen
Utviklingssjef Agnes Skarholt,	A/S Jotungruppen
Professor Arne Jensen,	Institutt for marin biokjemi, NTH
Forskningssjef John Erik Samdal,	Norsk institutt for vannforskning
(sekretær)	(NIVA)

Utvalget har i sitt arbeidsopplegg hovedsakelig lagt til grunn nasjonale erfaringer. Som basis for Utvalgets innstilling ble brukt resultatene av et sp rreformular til en rekke brukere og forskningssteder, en utredning av NSFIs omkostnader med begroing, NTNF-søknader for 1983, diverse litteratur og Utvalgets egne vurderinger og kontakter.

B. KONKLUSJON

Basert på sine vurderinger er Utvalget kommet fram til at det er behov for en sterk forskningsinnsats på området marin begroing. Utvalget vil derfor foreslå:

- Et forprosjekt med mål å etablere kunnskapsbasis for hele begroingsfeltet igangsettes straks. Arbeidet bør være avsluttet i løpet av 1983. Forprosjektet bør også omfatte videre planlegging av et eventuelt nasjonalt program for begroing, og endelig organisering av et slikt program.
- Parallelt med forprosjektet settes i gang undersøkelser for å avklare betydningen av primærfilmen som begroingsfenomen, og innledende arbeid for å kaste lys over de såkalte sårbare stadier hos begroingsorganismene.
- At det parallelt med forprosjektet bevilges midler til kartlegging, registrering og overvåking av begroing på marine konstruksjoner med tilhørende metodeutvikling, samt studier av begroingseffektene. Dette arbeidet kan gjennomføres uavhengig av forprosjektet.
- At NTNF engasjerer seg for å initiere interesse i norsk industri for å utvikle bedre kjemiske og mekaniske metoder for å bekjempe begroing.
- At aktivitetene nevnt ovenfor koordineres med arbeidet i forprosjektet, og at det derfor allerede nå etableres et forskningsprogram med et eget programstyre.

ENGLISH SUMMARY

A. FORMAL INFORMATION

NTNF's committees for ship research, process technology and pollution established on June 7th 1982 a committee to:

- evaluate the need for a research programme on biological fouling on ships and marine constructions
- eventually, propose how a research programme should be organized.

Members of the Committee:

Director Martinus Kvande, (chairman)	Wilh. Wilhelmsen
Development manager Agnes Skarholt,	A/S Jotungruppen
Professor Arne Jensen,	Institute for Marine Biochemistry (NTH), University of Trondheim
John Erik Samdal, (secretary)	Norwegian Institute for Water Research (NIVA)

The Committee has mainly based its work on national experiences. Further, the Committee has used the results from a questionnaire to a selected number of users and research establishments, a report from The Ship Research Institute of Norway on the costs caused by fouling, the applications to NTNF for grants for research projects for 1983, some literature and the Committee's own appraisals and contacts.

B. CONCLUSIONS

Based on the assessments of the Committee a need for research on marine fouling has been identified. The Committee therefore suggests:

- A preliminary project to establish a basis of knowledge on marine fouling. This project should be finished during 1983 and further planning of a possible national research programme on marine fouling and a proposal for an organization set-up should be included.
- At the same time, work should begin with respect to identify the importance of the primary film and to what extent sensitive stages for different organisms could be used as a basis for further research.
- Funds are needed to register and monitor fouling on marine constructions, for methods of such activity, and also studies of the effects caused by marine fouling. This work should be started as soon as possible and could be independent of the preliminary project
- NTNF takes the initiative in creating interest in the Norwegian industry for the development of better methods - both chemical and mechanical - to prevent and remove marine fouling.
- All activities should preferably be coordinated with the preliminary project. The Committee therefore propose the establishment of a research programme with a steering Board.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Marin begroing - mikroorganismer, planter og dyr som lever fastvokst til et underlag - koster det norske samfunn godt over 1 milliard kroner pr. år. Overslaget er gjort for den norske handelsflåte, fiskeflåten og offshore industrien.

Dagens metoder for å beskytte konstruksjoner mot begroing er - i tillegg til at de kun har begrenset effekt - usikre for fremtiden. Stadig skjerpede miljøkrav har ført til forbud mot bruk av mange giftstoffer. Samtidig har den økende aktivitet på den norske kontinentalsokkel avdekket nye problemer forbundet med begroing.

Med bakgrunn i dette og i den interesse som i den senere tid er vist for temaet begroing av skip og marine konstruksjoner, nedsatte NTNFs komitéer for skipsforskning, prosessteknikk og forurensningsspørsmål i juni 1982 et utvalg for å utrede behovet for et forskningsprogram på dette området og eventuelt komme med forslag til organisering av et slikt program.

Utvalget fikk følgende sammensetning:

Direktør Martinus Kvande, (formann), Rederiet Wilh. Wilhelmsen
Utviklingssjef Agnes Skarholt, A/S Jotungruppen
Professor Arne Jensen, Institutt for marin biokjemi, NTH

Forskningssjef John Erik Samdal, NIVA, ble Utvalgets sekretær.

1.2 Utvalgets mandat

Utvalgets mandat kan sammenfattes slik:

- utrede behovet for et forskningsprogram på temaet begroing av skip og marine konstruksjoner

- eventuelt komme med forslag til organisering av et slikt program.

Marine konstruksjoner omfatter foruten skip, alle typer plattformer for oljeutvinning på kontinentalsokkelen, havne- og kaianlegg og andre konstruksjoner og anlegg for bruk av havet og våre kystfarvann, f.eks. anlegg for akvakultur.

For at NTNf skulle ta hensyn til det eventuelle forskningsbehov på dette feltet i forbindelse med budsjettbehandlingen for 1983, ble Utvalget anmodet om å arbeide så raskt som mulig og helst legge frem en rapport i løpet av september 1982.

Utvalget har lagt vekt på å etterkomme NTNfs ønske om en rask fremdrift. Utvalgets korte tidsfrist førte til klare begrensninger, og Utvalget måtte ta utgangspunkt i informasjonen som kunne skaffes hurtig på det nasjonale plan i løpet av noen sommeruker som her til lands er preget av ferie.

Arbeidsfeltet marin begroing med tilgrensende fagområder er meget omfattende og av flerfaglig karakter. Utvalget har ikke kunnet overblikke den internasjonale aktivitet på dette feltet, og mener at mangel på innblikk i det internasjonale kunnskapsnivå er en begrensning i vurderingene av forskningsbehovet på feltet.

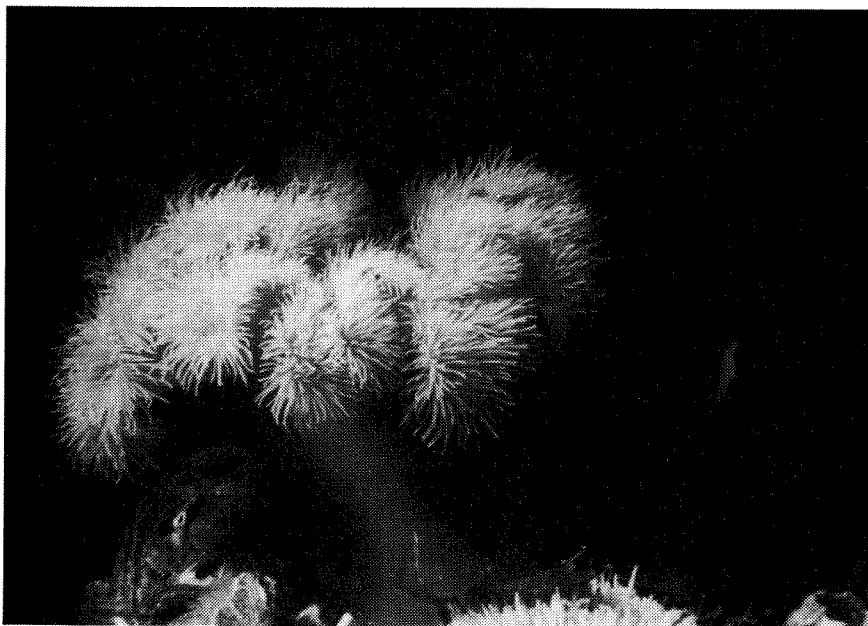
1.3 Arbeidsopplegg

Utvalget har i sitt arbeid lagt til grunn at tiltak for å forhindre og fjerne begroing er et overordnet mål. Etter Utvalgets oppfatning må også bred oppmerksomhet og innsats gå mot kartlegging, registrering og overvåking av begroingens utbredelse, karakter og ulemper.

Utvalget har tatt utgangspunkt i erfaringsmateriale som er samlet over år. En viktig del av dette erfaringsmaterialet er fra forskning om begroing m.v. på skip.

Konkret har Utvalget videre bygget på:

- Begroing av skip. Litteraturoversikt over begroingsorganismenes biologi og biokjemi. NTNf-prosjekt nr. 2105.7083 (1978).
- Søknader innen feltet marin begroing fra forskningsstedene og andre til NTNf for 1983 (Vedlegg 1).
- Et utsendt spørreskjema med svar fra en rekke firmaer, forskningsinstitutter og offentlige instanser som alle i store trekk representerer brukere av forskningsresultater om begroing m.v. (Vedlegg 2).
- En orientering og forespørsel til forskningsinstitutter som tidligere har vært aktive og/eller interesserte innen feltet marin begroing (Jfr. Vedlegg 3).
- Rapporter og publisert materiale (Vedlegg 4).



Figur 1. Sjønellik kan bl.a. bidra til å øke drakrefter på installasjoner. Bildet viser en utstrukket sjønnellik (Metridium senile).
(Foto. Are Pedersen)

2. MARIN BEGROING - PROBLEMETS ØKONOMISKE BETYDNING

2.1 Marin begroing - opptreden og ulemper

Marin begroing er mikroorganismer, planter og dyr som setter seg fast og lever på underlag nedsenket i eller oversvømmet av sjøvann. I festestadiet vokser organismene i de sakte strømmende grensesjikt og senere ut i de hurtigere strømmende, næringsrike områder.

Begroingen varierer sterkt og består av et meget stort antall arter. Forhold som har innflytelse på begroingen er bl.a. dybde, avstand fra kysten, årstid, lystilgang, sjøtemperatur, vannkvalitet, saltinnhold, næringsinnhold, strømningshastighet, underlagets art og form. Dessuten kan de tilstedeværende arter gjensidig innvirke på hverandre.

For kyst-Norge er begroing et dagligdags fenomen som vi kjenner fra alle flytende og faste installasjoner, skip innbefattet. Heller ikke i våre nordlige farvann, med tidvis lave sjøtemperaturer og lite lys, unngår vi begroingen.

Effekten av begroing gjør seg gjeldende på mange måter, avhengig av hvilken marin driftsenhet det gjelder, fra fiske til sjøfarts- og offshore-aktiviteter.

Ulempene og virkningene av begroing generelt sett er:

- økt friksjon på utvendige flater
- økt belastning på konstruksjonene i sjøen
- vansker med inspeksjon og vedlikehold
- økt vektbelastning
- økt friksjon i rørsystemer og tilbehør
- vektøkning og redusert maskeåpning i nett
- økt mulighet for korrosjon.

Vedlegg 2 med tekst illustrerer nærmere ulempene ved begroing basert på resultatene av en spørreunde og Utvalgets vurderinger.

Utvalget har dessuten i (Vedlegg 5) søkt å gå nærmere inn på virkningene av begroing og det utstyr som utsettes for begroing.

2.2 Hva koster marin begroing?

I samarbeid med NSFI, Norges rederforbund, Norsk offshoreforening og representanter for fiske, sjøfart og offshore virksomhet er vi kommet til at marin begroing koster våre sjøavhengige virksomheter årlig totalt godt over 1 milliard kroner, med skipsfartens andel som den mest dominerende.

I dette beløp er imidlertid ikke tatt med de meget store utgifter som kan påløpe om begroing er en medvirkende årsak til f.eks. en struktursvikt i et stag i en oljeplattform.

2.3 Hva kan spares?

Utvalget har også vurdert hvilke besparelser som kan oppnås hvis vi ved målrettet forskningsinnsats finner mer effektive metoder for å bekjempe begroing.

Besparelsene vil være:

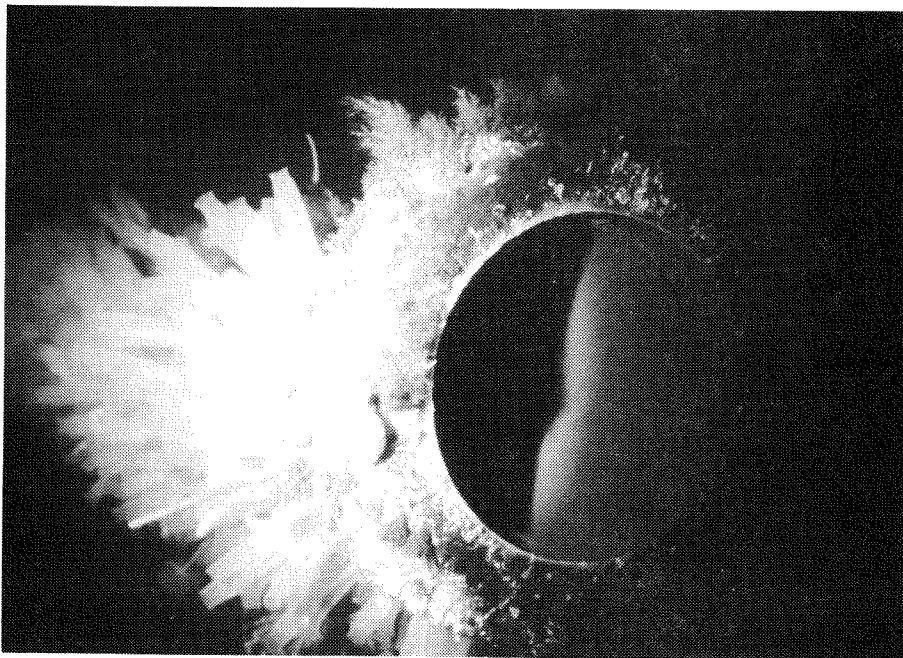
- for skipsfarten reduserte bunker kostnader og lengre tid mellom hver dokking
- for offshore virksomheten bl.a. mindre belastninger på konstruksjonene, materialbesparelse, mindre rengjøring, enklere inspeksjon og vedlikehold, og ikke minst større sikkerhet
- for fiske/akvakultur bl.a. større og sikrere produksjon og mindre ulemper (sparing av rengjøringskostnader og mer optimale produksjonsforhold)

Utvalget mener at en målrettet FoU-innsats kan gi en innsparing på minst 100 mill. kroner pr. år. Dersom vi kunne komme frem til et 100 prosent effektivt begroingshindrende system, antar Utvalget at mulige besparelser kan komme opp mot 400 mill. kroner pr. år.

Avhengig av forskningsresultatene mener vi derfor at det er realistisk å regne med en innsparing på 100 - 400 mill. kroner pr. år.

Resultatene av Utvalgets undersøkelser viser at det er skipsfarten som beløpsmessig kan oppnå de største besparelser. Relativt sett er det imidlertid store besparelsemuligheter også i offshore aktiviteter og fiske.

I tillegg kommer den økende sikkerhet som vi vil oppnå for en rekke offshore konstruksjoner om vi får begroingen under kontroll.



Figur 2. Vanlige begroingsorganismer i og på rørledninger er bl.a. sekkedyr (Ciona intestinalis).
(Foto. NIVA)

3. VANLIGE TILTAK FOR Å BEKJEMPE BEGROING

Beskyttelse mot begroing har vært et stort problem gjennom alle tider. I forrige århundre var det vanlig å belegge trebåtene med kobberhud. Dette ga effektiv langtidsbeskyttelse mot begroing. Endring av byggeskikk og nye materialer førte til at metallisk kobber ble uegnet og andre metoder og malingsystemer ble etter hvert utviklet.

Dagens mest vanlig metode er å belegge overflaten med en maling som inneholder giftstoffer. Giftstoffene lekker ut av malingsfilmen og forhindrer derved festing og oppvekst av begroingsorganismene. Metodens begrensning ligger i at det ytre malingslaget etter en tid er blitt tomt for gift, og begroing vil starte på det inaktive, ytre lag.

En videreutvikling innen malingsteknologien finner vi i de såkalte selvpolerende malinger. Dette er systemer som - når de er optimalt formulerte - slites jevnt ned parallelt med utløsningen av gift, slik at det hele tiden eksponeres frisk og aktiv maling mot sjøvannet.

Utviklingen innen malingsteknologien de senere år har gitt bedre systemer og har redusert de totale kostnadene forbundet med begroing. Til tross for denne utviklingen har dagens beskyttelsesmetoder begrenset effekt, noe kostnadene og ulempene som er nevnt tidligere bl.a. klart viser.

Et annet moment som gjør bruken av dagens metoder usikker for fremtiden, er miljøhensyn. Disse hensyn gir seg uttrykk i lovgivning som begrenser adgangen til å bruke toksiner i malingen, og antallet stoffer som er tillatt brukt går ned for hvert år. Som eksempel kan det nevnes at i Japan er det i øyeblikket kun tillatt å velge innenfor en liste på 15 giftstoffer (Vedlegg 6) - hvorav 9 er trifenyltinnderivater. Flere av disse stoffene er lite effektive mot begroingsorganismer.

Utviklingen av begroingshindrende systemer har i stor utstrekning vært basert på prøve- og feilemetodikk, og har bare i liten utstrekning bygget på kunnskaper om begroingsorganismenes fundamentale

biologiske/biokjemiske prosesser. Lite er kjent om festemekanismer, biologiske limsubstanser, faktorer som påvirker organismene i det "sårbare" stadium umiddelbart før, under og etter festing, og om hvordan organismene gjensidig påvirker hverandre osv.

For offshore konstruksjoner er det imidlertid ennå ikke funnet regningssvarende og sikre nok begroingshindrende midler. Dette skyldes bl.a. at begroingshindrende system basert på de fleste av dagens belegg/malinger er lite brukbare pga. den relativt korte aktive levetid slike systemer har. Mekanisk fjerning er således den mest brukte metode for å bekjempe begroinger på stillestående strukturer offshore.

Figur 3.

Blandt mindre, men betydningsfulle begroingsorganismer er sjøanemoner (Proanthea simplex), rørmark (Sabella pavonia) og sjøpunger (Ascidia mentula).

(Foto. NIVA)



Figur 4.

Dødningehånd (Alcyonium digitatum) er en læraktig korall som finnes på de fleste installasjoner i Nordsjøen.

(Foto. Are Pedersen)



4. ETABLERING AV KUNNSKAPSBASIS

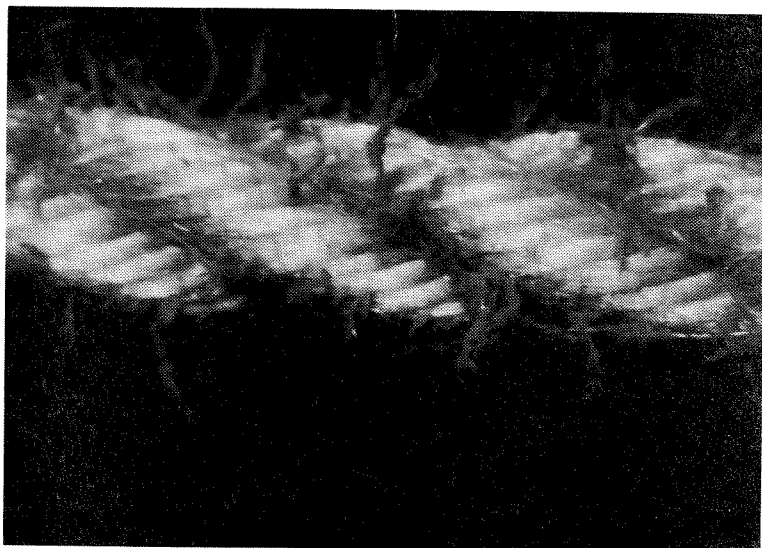
Det finnes ikke i dag noen dekkende oversikt over "the-state-of-the-art" for området begroing av skip og marine konstruksjoner. Området er bredt og dekker fagfelter som marin biologi og mikrobiologi, fysiologi, biokjemi, toksikologi, kjemi, malingsteknologi og mekanikk for å nevne noen. En fullstendig og omfattende oversikt over forskningens status på de mange underfelter som utgjør området, vil være et nyttig hjelpemiddel i vurderingen av om norsk forskningsinnsats bør opptrappes og eventuelt på hvilke felter den skal settes inn.

Utvalget mener derfor at et viktig skritt i arbeidet bør være å utarbeide en oversikt for status på området.

Figur 5.

Initierende begroing på tauverk. Bakterier og diatoméer (Fragilaria striatula) og Amphipleura rutilans).

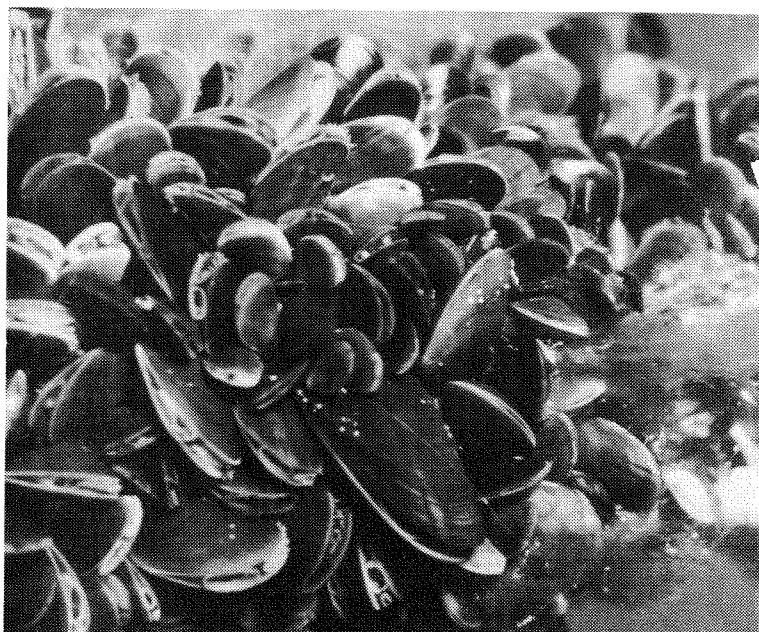
(Foto. NIVA)



Figur 6.

Etablering av blåskjell (Mytilus edulis) 8 mnd. etter at en installasjon er satt i sjøvann.

(Foto. NIVA)



5. AKTUELLE INNSATSOMRÅDER

I det følgende pekes det på innsatsområder der det etter Utvalgets mening bør settes inn forskningsmidler:

- primærfilmen (også kalt slimfilmen)
- bekjempelse av begroing ut fra biologibasert kunnskap
- kjemiske virkemidler
- andre tiltak for å bekjempe begroing
- kartlegging, registrering og overvåking av begroing på marine konstruksjoner.

5.1 Primærfilmen

Når en overflate nedsenkes i sjøvann, vil det i løpet av meget kort tid adsorberes et tynt lag av organisk materiale til overflaten. Etter noen tid vil overflaten koloniseres av mikroorganismer av forskjellig slag, hvorav enkelte kan være slimprodusenter. For enkelhets skyld inkluderes den organiske film i primærfilmen i den følgende omtale. Filmen vil variere i tykkelse fra meget tynn og ikke synbar, til en flere millimeter tykk og synbar film.

Primærfilmen er interessant i begroingssammenheng av flere årsaker. Den etableres i så og si all begroingssammenheng, og den forandrer overflaten og utgjør det underlag som makroorganismer fester seg på. Det er derfor mulig at hele begroingsforløpet kan påvirkes ved manipulering på dette trinn.

Kun få av primærfilmens organismer er isolert og karakterisert.

Studier har i hovedsak vært utført på filmer på non-toksiske underlag. Enkeltarbeider på underlag belagt med antifouling maling (dvs. begroingshindrende maling) indikerer at mikrobefloraen som etableres på toksiske underlag skiller seg klart ut fra filmen på non-toksiske underlag. I første tilfelle dominerer diatoméer, i andre tilfelle bakterier.

Festemekanismene er lite studert. Det skilles i litteraturen mellom reversibel adsorpsjon av bakterieceller, som antas å skyldes elektrostatisk interaksjon mellom overflate og celle, og irreversibel adsorpsjon som man mener skyldes ekstra-cellulær polymerproduksjon. Det er vist at ekstracellulært slim kan binde tungmetalljoner, noe som kan ha betydning for virkningen av antifouling-maling.

Utvalget finner det vanskelig å ta standpunkt til hvorvidt et omfattende studium av de mikroorganismer som koloniserer overflaten i primærfilmen, vil kunne gi resultater som bidrar til en problemløsning. Det vil være riktig å ta standpunkt til dette etter at en kunnskapsbasis er etablert.

Det er imidlertid to fundamentale spørsmål som bør studeres parallelt med oppbyggingen av kunnskapsbasis, og det er spørsmål som avklarer primærfilmens betydning som begroingsfenomen:

1. Det bør klarlegges i hvilken grad primærfilmen alene representerer et begroingsproblem, dvs om primærfilmen i seg selv øker friksjon og/eller påvirker korrosjon.
2. Det er videre viktig å klarlegge i hvilken grad primærfilmen påvirker (fremmer) det senere begroingsforløp, enten dette skjer ved at den reduserer ("avgifter") virkningen av antifoulingmalinger, eller ved at den gjør overflaten mer attraktiv for nedslag av organismer.

Dersom svaret på disse spørsmål blir at filmen i seg selv ikke utgjør noe begroingsproblem og heller ikke fremskynder makrobegroing, er det lite som taler for å investere forskningsmidler på dette området.

Det finnes i norske miljøer i dag kompetanse til å kunne svare på de grunnleggende spørsmål som er nevnt.

Ad 1:

NTNFs program "Energiøkonomisering på skip" har innenfor et av sine delprosjekter som mål å utvikle instrumenter for å kunne måle friksjonseffekten ved mikroruhet. Dette vil muliggjøre registrering av

friksjonsendringer som følge av primærfilmdannelse. Det anses som meget viktig at mikrobiologisk kompetanse blir trukket inn i dette arbeidet og at begroingsforsøk gjennomføres på ulike underlag under ulike begroingsforhold. Primærfilmens sammensetning vil variere med tid og sted. Gjennom NTNFinansiert prosjekt ved Institutt for marin biokjemi på NTH, studeres en marin slimproduserende bakterie som kan feste seg til overflaten i sjøvann. Arbeid med å karakterisere slimet pågår. Ved kopling av denne aktivitet med friksjonsstudier åpnes muligheten for å arbeide med et veldefinert slim under kontrollerte betingelser.

Ad 2:

Primærfilmens betydning for senere begroingsforløp, enten som avgiftende hinne eller som vekstfremmende substrat, bør studeres. Også her finnes kompetanse og interesse i norske miljøer. Studier av hvordan mikrobielle filmer påvirker diffusjonen av toksiske stoffer bør gjennomføres. Dette arbeidet bør også koples til den nevnte aktivitet ved Institutt for marin biokjemi på NTH, slik at forsøk kan utføres med definert materiale.

Studier av hvorvidt filmen fremskynder festing av planter og dyr, bør kunne gjennomføres som et tverrfaglig samarbeid mellom mikrobiologer og botanikere/zoologer. For begroingsalgen Enteromorpha og for ulike rur-arter er det utviklet teknikker som gjør det mulig å frembringe et stort antall individer i festestadiet, for å kunne studere feste-prosessen. For brunalgen Ectocarpus er det planlagt å utvikle dyrkningsmetodikk for å kunne gjøre det samme.

Etter Utvalgets mening er det som nevnt hensiktsmessig å arbeide med problem knyttet til spørsmål 1 og 2 parallelt med at det etableres en kunnskapsbasis. Dersom resultatet av arbeidet viser at primærfilmen er av stor betydning i begroingsproblematikken, vil det være riktig å investere i forskning for å beskrive filmen biologisk, biokjemisk og kjemisk. Her menes studier av filmens dominerende arter, isolering og karakterisering, karakterisering av ekstracellulære polymere og studier av festemekanismer. Kunnskaper av denne art vil sannsynligvis være nødvendig for å kunne bekjempe dannelsen av primærfilm.

5.2 Bekjempelse av begroing ut fra biologibasert kunnskap

Utvalget tenker her på forskjellige prinsipper for begroingsbekjempelse som kan føres tilbake til spesielle trekk ved begroingsorganismenes biologi. Det tenkes her på andre løsninger enn bruk av alment toksiske stoffer av typen kobber- og tinnforbindelser. Forskning for å skaffe viten om begroingsorganismenes biologi drives i mange land. Utvalget ser fire hovedproblemer ved en eventuell satsing av forskningsmidler på dette området:

1. Den kunnskapsmengde som trengs for å dekke de vanligste begroingsorganismene er meget omfattende.
2. De store forskjeller som eksisterer mellom og innen bakteriestammer, alger og andre planter og dyr gjør det usikkert om det er mulig å finne fellestrekk eller felles mekanismer som grunnlag for tiltak. Man kan derfor bli tvunget til å sikte mot arts- eller gruppespesifikke virkemekanismer, med alle de svakheter dette fører med seg (batterier med virkestoff, vikarierende arter kommer inn når en tom plass oppstår etc.).
3. De virkestoffer man finner i biologiske systemer er ofte vanskelige å opparbeide/syntetisere; de blir kostbare og har ofte relativt kort levetid.
4. Det fins i naturen stoffer som forhindrer påvekst av begroingsorganismer på marine planter og dyr. Søken etter slike stoffer som forklaring på manglende begroing i sjøen bør starte med å vise at dette virkelig skyldes gjensidig stoffvirkning mellom levende organismer (allelapati).

Generelle studier av biologi, biokjemi, fysiologi og økologi hos tilfeldig valgte organismer eller samfunn i det marine miljø blir etter Utvalgets syn for omfattende og risikopreget for en målrettet, tidsbegrenset forskningsinnsats med praktisk bekjempelse av marin begroing som siktemål.

Utvalget ser imidlertid positivt på en rimelig nasjonal forskningsinnsats for viktige begroingsorganismer og deres livssyklus. Først og fremst er det viktig å identifisere ømfindtlige (sårbare) stadier i livssyklusen, både med tanke på kjemisk og mekanisk behandling av begroingsproblemet. For en av de viktigste begroingsorganismene, algen Enteromorpha, er det vist at festingen til underlaget representerer et ekstra stress på zoidene (sporer). I denne stress-situasjon er de særlig følsomme for en rekke faktorer/påvirkninger. Det samme er påvist for en annen grønnalge, Ulva. Sårbare tilstander vil oppetre i forskjellige livsstadier for ulike begroingsorganismer.

Det er Utvalgets oppfatning at forskningsinnsats for å identifisere følsomme stadier for et begrenset antall viktige begroingsorganismer, kan gi informasjon om hvorvidt det vil være mulig å finne en fellesnevner for bekjempelse på biologisk grunnlag. Det er viktig at innsatsen begrenses til et lite og representativt utvalg av arter.

Det vil også være nødvendig å ta hensyn til ønskene om å finne nye bekjempelsesmidler som er mer miljøvennlige enn de anvendte tungmetallsystemer. Forskning som kan avgjøre med sikkerhet hvilke miljøproblemer anvendelsen av dagens anti-foulingbelegg medfører, kan bli en nødvendig investering for myndigheter og den industri som er involvert.

5.3 Kjemiske virkemidler

Bruk av malinger som inneholder toksiner nyttes vanligvis for å bekjempe begroing.

Metallisk kobber

Som nevnt ble det i treskutenes tidsalder anvendt kobberplater under vannlinjen. Dette virket meget effektivt. Virkningen skyldes utlekking av kobber-joner, som er et generelt virkende toksin med bred effekt på begroingsorganismer. Utløsning av kobberjoner fra metallisk kobber skjer trolig med en hastighet som er tilstrekkelig for å hindre begroing. Kobberplater har heller ikke den ulempe som vanlige anti-foulingmalinger har, nemlig at malingen blir ineffektiv når gifkonsen-

trasjonen i det ytre lag faller under et gitt nivå. Når en kobberplate gjøres negativt ladet ved påtrykt spenning, slik at utløsnings-hastigheten av kobber-joner reduseres til et minimum (≈ 0), gror det like fort på kobber-plater som på andre, ubehandlede overflater.

Bruk av metallisk kobber ble uaktuelt ved overgang til stål som konstruksjonsmateriale. Kombinasjonen av stål og kobber var ansett som lite hensiktsmessig p.g.a. de elektrokjemiske forhold. I den senere tid er det imidlertid rapportert om bruk av legeringer av kobber og nikkel som konstruksjonsmateriale. Materialet er anvendt i fiskebåter som uten antifoulingbehandling rapporteres begroingsfrie over flere år.

Det later i dag til å være en fornyet interesse for bruken av kobberhud. Et japansk firma har utviklet en teknikk for å lime en legert kobberhud til stålplater under vannlinjen. Limet virker trolig som en barriere som skal forhindre direkte kontakt mellom stål og kobber. Metoden hevdes å gi glattere overflater over lengre tid (10 år ?) enn noe annet begroingshindrende system. Metoden er på eksperimentstadiet og er foreløpig prøvet ut på en 40 tonns ferje.

Kobberforbindelser

De mest anvendte forbindelser er kobberoksydul og kobberthiocyanat. Vanlig praksis er å inkorporere stoffene i en malingsfilm, i tilstrekkelig mengde for begroingshindrende effekt. Avhengig av malingstypen (type og mengde toksin) kan malingene være effektive fra 6 mnd. og opp til 2 år. Svakheten ved slike malinger er at de ytre malinglag etter hvert tappes for gift, og begroingen vil derpå starte på det giftfattige underlag.

Reaktivering med mekanisk behandling

Reaktiverbare malinger er et forsøk på å løse det ovenfornevnte problem. Dette er et tradisjonelt malingsystem hvor kobberoksydet har funksjon både som antigroemiddel og som fargestoff. Når det ytre malinglag nærmer seg det inaktive stadium, har så mye farge forsvunnet at det er synbar fargeforandring på overflaten. Overflaten "reaktiveres" da ved at det inaktive lag skrubbes bort med spesialbygde roterende børster, inntil overflaten har fått tilbake den opprinnelig fargetone og effekt.

Ved å legge på forholdsvis tykke lag og ved å reaktivere når det er nødvendig (ca. 1 gang pr. år), kan metoden gi effektiv beskyttelse opp til 4 år.

Ulempene ved metoden er at selve reaktiveringen krever kvalifisert personell, og den bør derfor helst utføres ved spesielle reaktiveringsstasjoner. Disse har en begrenset geografisk utbredelse, og det gjør metoden lite fleksibel i bruk. Forsvaret, som har egne froskemenn og tilgang på arbeidskraft, anvender metoden i stor utstrekning.

For stillestående strukturer (off-shore) bør reaktiverbare anti-foulingmalinger være et meget aktuelt alternativ. Off-shore industrien har egne dykkere som driver regelmessig undervannsarbeid med rengjøring for inspeksjon. Dette kan kombineres med den nødvendige reaktivering av malinger.

Organotinnforbindelser

Blant tinngiftene er tributyltinnoksyd, tributyltinnfluorid og trifenyltinnfluorid de mest brukte. Alle disse er effektive mot marine dyr og noe mindre effektive mot enkelte algearter. De anvendes ofte i kombinasjon med kobberforbindelser.

Et første varsko om miljøulempen ved bruk av organotinn er kommet fra Frankrike, hvor det er påvist forgiftningstilfeller av musling i muslingoppdrett i nærheten av småbåthavner. Et utstrakt forbud mot denne type toksiner vil redusere effekten av mange av dagens malingstyper vesentlig.

Selvpolerende malinger

Et viktig teknologisk fremskritt representerer de såkalte selvpolerende malinger. Disse er bygget opp av bindemidler med kjemisk bundne giftstoffer, først og fremst organiske tinnforbindelser bundet til sure akrylpolymere. I sjøvannet hydrolyseres bindingen mellom den sure polymer og giftstoffet. Giftstoffet lekker ut og polymeren blir vannløselig. Når forholdet mellom bindemiddel, pigmenter og øvrige tilsatsstoffer er riktig (optimalt) balansert, slites overflaten jevnt

ned og holder seg glatt og begroingsfri i hele filmens levetid, opp til 4 år, avhengig av tykkelsen på malinglaget. Det er vanlig - også i denne type malinger - å tilsette kobberforbindelser for å forsterke antigroevirkningen.

Systemet representerer en elegant løsning på begroingsproblemet under gitte forhold. Ulempen med systemet er at virkningen er avhengig av en relativ bevegelse mellom overflate og sjøvann. Dersom den relative bevegelse er for stor, slites filmen for hurtig ned og virkningen blir for kortvarig. Dersom bevegelsen er for liten, slites filmen for langsomt ned og begroingen starter. Dette betyr at hurtiggående og langsomtgående skip bør bruke malinger med forskjellige nedslitningshastighet. Det betyr videre at systemet foreløpig egner seg dårlig for beskyttelse av stillestående strukturer eller skip i opplag.

Enkelte malingsprodusenter markedsfører i dag selvpolerende malinger med flere ulike "erosjonsgrader" for ulike hastighetsområder. Det er viktig å merke seg at denne teknologien fortsatt er på utviklingsstadiet.

Utvalget mener at prinsippet i de selvpolerende system, med overflater som "forny" seg ved nedsliting i sjøvann, er kanskje det mest lovende og utfordrende for fremtidig teknologiutvikling.

Utvikling av tykk-sjiktbelegg med redusert innhold av toksiner og med evne til å erodere slik at overflateruhet og begroing forsvinner, ses som en naturlig videreføring av det selvpolerende prinsipp. Det er Utvalgets mening at det kan være fruktbart å investere forskningsmidler på dette området; ikke minst for offshore aktiviteter.

Diverse biocider

I tillegg til de løsninger som er nevnt overfor, er en rekke biocider med ulike mer eller mindre spesifikke virkninger utprøvet i malinger. Artsspesifisitet har i mange tilfelle begrenset nytteverdien av slike stoffer, og de har liten betydning sammenlignet med kobber- og tinngifter.

En interessant angrepsvinkel, som ikke er artsspesifikk, finner man i utprøving av stoffer som kan påvirke cellemembraner, m.a.o. forstyrre cellemembranfunksjoner i begroingsorganismers sårbare stadier. Utprøving på (i første omgang) alger foregår i dag ved Universitetets Biologiske Stasjon i Drøbak.

Ny polymerteknologi

Interessen for non-toksiske belegg i begroingsbekjempelse har vært økende de siste år. Forsøk er utført med svært glatte belegg med lav overflatespenning (silikon, teflon) og med ladede overflater, uten at man har oppnådd noen langtidseffekt.

Joneaktive polymere har blitt omtalt med en viss interesse i den senere tid. Det er i litteraturen rapportert om korttidseffekt av polymere som absorberer alkalihalogenidjoner fra sjøvann. Derved skapes en økt saltkonsentrasjon i overflaten, noe som hevdes å hemme begroing.

Det er også rapportert om polymere som virker salt-frastøtende, og som i sjøvann sveller med et lavere opptak av salt enn det som tilsvarende sjøvannskonsentrasjonen. Det er videre rapportert om bruk av jonebytterpolymere med høyt innhold av sulfonsyregrupper, som har vist langtidsvirkning mot begroing.

Alle de nevnte polymere influerer på jonebalansen i grenseflatesjiktet mellom overflate og sjøvann. Begroingsorganismenes toleranse overfor krav til joner i det sårbare festestadiet er så vidt vites lite studert. Det er vist at Enteromorpha zoider har absolutte behov for kalsiumjoner. Det vil være viktig å fastslå hvorvidt tilsvarende forhold gjelder også for andre alger og for marine dyr. Hvis det er tilfelle, kan videre studier av "joneaktive" polymere vise seg å gi praktiske utnyttbare resultater.

5.4 Andre tiltak for å bekjempe begroing

På grunn av oppgavenes meget kompliserte natur, er utvikling av mer effektive begroingshindrende metoder naturlig nok et langsiktig arbeid.

Offshore er imidlertid begroingsproblemene etterhvert blitt påtrengende på områdene belastninger og tilkomst for inspeksjon og vedlikehold.

Utvalget vil derfor - uten å gå i detalj og uten å ha vurdert gjennomførbarheten - nevne noen andre metoder der forskning bør settes inn.

Elektrisitet

Erfaringer fra Nordsjøen viser at påtrykt spenning som korrosjonshindrende middel i noen tilfeller virker inn på begroingen.

En manipulasjon med den elektriske ladning på overflaten i nedslagsøyeblikket for organismene - om dette er mulig i sjø - kan derfor ha en viss interesse.

Andre former for elektrisk påvirkning bør også studeres.

Ultralyd. Vibrasjoner

Erfaringer tilsier også at riktig bruk av disse fysiske impulser har en viss effekt på begroingen og på organismenes evne til å slå seg ned.

Akustiske generatorer er lite prøvet. Utvalget mener at det kunne være interessant å studere effekten også av slik bekjemping av begroing.

Termiske sjokk

De fleste begroingsorganismer dør når de utsettes for høye temperaturer. Spyling med damp eller varmt vann skulle derfor kunne vise seg effektiv i kampen mot begroing. Et videre studium av disse metoder kan være ønskelig.

5.5 Fjerning av begroing på offshore konstruksjoner

Til i dag har resultatet av arbeidet med å finne begroingshindrende midler først og fremst vært brukt for skip.

For offshore konstruksjoner er det ennå ikke funnet regningsssvarende og sikre nok begroingshindrende midler. Dette skyldes blant annet at de fleste av dagens begroingshindrende systemer basert på belegg/maling er lite brukbare på grunn av den relativt korte, aktive levetid slike systemer har.

I konstruksjonskriteriene for offshore industrier er det derfor helt nødvendig å ta hensyn til de ekstra belastninger og andre ulemper begroingen fører med seg, blant annet økt materialvekt.

Man må også legge opp sin operasjon med henblikk på en kontroll og fjerning av begroing når denne blir av en viss mengde.

Oljedirektoratet forlanger årlig rapportering av begroingens art og omfang på alle konstruksjoner og utstyr under deres myndighetsområde. Oljedirektoratet, Sjøfartsdirektoratet og Det norske Veritas forlanger begroing fjernet på de steder hvor inspeksjon eller vedlikehold skal foregå.

Fjerning av begroing er derfor blitt et viktig arbeide ved offshore konstruksjoner og medfører til dels store kostnader.

Dette skyldes at fjerning av begroing - enten den utføres for å avlaste konstruksjonselementer eller inspeksjon og vedlikehold - er et vanskelig, anstrengende og tidkrevende arbeide med tildels stor sikkerhetsrisiko for de dykkere som utfører dette arbeidet.

Utvalget mener derfor at det bør legges vekt på å finne frem til forbedrede metoder for å fjerne begroing, og til rengjøringsvennlige konstruksjoner.

Rengjøringsvennlige konstruksjoner

For at begroingsorganismene skal kunne slå seg ned, må strømningshastigheten i sjøen omkring konstruksjonen være relativt beskjedent.

Dette innebærer at vi må komme frem til konstruksjoner som er strømlinjeformede og har myke overganger, slik at sjøstrømmens hastighet blir holdt så høy som mulig. Utspring, kroker og andre hindringer må unngås.

Slike glatte konstruksjoner vil også gi bedre muligheter for en effektiv fjerning av begroing, både med manuelle og fjernstyrte verktøy.

Verktøy for fjerning av begroing

I dag nytter dykkerne et variert antall manuelle og mekanisk drevne verktøy som:

- skraper
- kniver
- børster
- nålehammere
- slagapparater, m.m.

De mekaniske er drevet av elektrisitet, hydraulikk eller trykkluft. Alle gir de en viss støy som påvirker kommunikasjonen med dykkerne. I tillegg gir de luftdrevne verktøy ytterligere forverring av sikten på grunn av utstrømmende luft.

Det benyttes også hydrodynamisk verktøy. Disse består av forskjellige typer av vannstråleverktøy med eller uten tilsetning av slipemiddel i vannstrålen. Vannstråleverktøy opereres av dykkere eller er fjernstyrte.

Selv om vannstråleverktøy har god rengjøringseffekt, er også ulempene mange og store. Nevnes bør den dårlige sikt som de gir og den ødeleggende virkning også disse har på dykkernes kommunikasjon. Dykkerne vil også ha vanskelig for å holde seg i riktig posisjon på grunn av reaksjonene fra vannstrålen.

Fjernstyrt utstyr

Forsøk med fjernstyrt undervannsfartøy har vist seg vanskelig å gjennomføre på dyp større enn 20 meter på grunn av strømforholdene.

Her vil det imidlertid være store utviklingsmuligheter for norsk industri med den robotteknologi vi besitter i dag. Dette gjelder ikke bare undervannsfartøy med verktøy for fjerning av begroing, det omfatter også fjernstyrte verktøyenheter, f.eks. børster som holder seg selv inntil konstruksjonene og som kan arbeide i alle retninger og på alle former av strukturer.

Målet må være å finne frem til bedre fjernstyrt verktøy, slik at maskiner arbeider med å fjerne begroing.

Forskningsinnsats for begroingsfjerning

Av grunner som er angitt foran, må vi gå ut fra at fjerning av begroing fra offshore konstruksjoner - og skip i spesielle tilfeller - vil være et meget aktuelt, nødvendig og omfattende arbeid i lang tid fremover. Dette burde kunne gi store muligheter for norsk industri og offshore virksomhet.

På denne bakgrunn mener Utvalget at norsk industri og norsk forskning bør engasjere seg sterkt i arbeidet med å finne frem til mer effektive, sikre og økonomiske metoder for å fjerne begroing og at forskningsmidler bør investeres her.

Samtidig må vi nøye studere rengjøringsmetodenes mulige akselererende innvirkning på senere begroing og andre ulemper, f.eks. korrosjon og muligheten av innvirkning på utmattingsprekker og andre skader.

5.6 Kartlegging, registrering og overvåking av begroing på marine konstruksjoner

På marine konstruksjoner kan begroing gi flere ulemper. Hovedulempene er overbelastning eller redusert kapasitet, samt at inspeksjon og vedlikehold forhindres eller vanskeliggjøres. Disse hovedulempene er årsaken til at forskjellige brukere vil gjennomføre kartlegging, registrering og overvåking av begroing. Hensikten med dette er å gi best mulig data for sikker konstruksjon og drift av marine konstruksjoner og utstyr (f.eks. hurtigere rengjøring og inspeksjon, kontroll av spesielle områder som må holdes fri for begroing m.m.).

Området trenger innsats uansett om det kommer i stand et større begroingsprogram eller ikke. Det er et klart behov for kvantitativ informasjon om typer og dimensjoner på begroingsnedslag på faste og mobile plattformer o.l. både konstruksjonsmessig, driftsmessig, sikkerhetsmessig og økonomisk. Utvalget tenker her på en regelmessig karakterisering av typer begroing, f.eks. hård og stiv, halvhard og fleksibel eller en annen karakterisering, og en mengderegistrering som omfatter tykkelse på begroing og veksthastighet.

Samtidig må det foretas en systematisk innsamling og bearbeiding av data om korrosjonsfenomener i tilknytning til begroing.

Arbeidet må innbefatte forbedret datainnsamling og sammenligning samt fortolkning av informasjon. De nåværende usikkerheter m.h.p. langtidsprognoser for begroing vil bli vesentlig redusert hvis den biologiske informasjon om begroing og tilhørende miljødata (f.eks. avstand fra kyst, temperatur, lys, vind, bølger, strøm, vannkvalitet, årstidenes betydning osv.) ble samlet, sikret og lettere tilgjengelig i en nasjonal database.

Dette vil sette oss i stand til å:

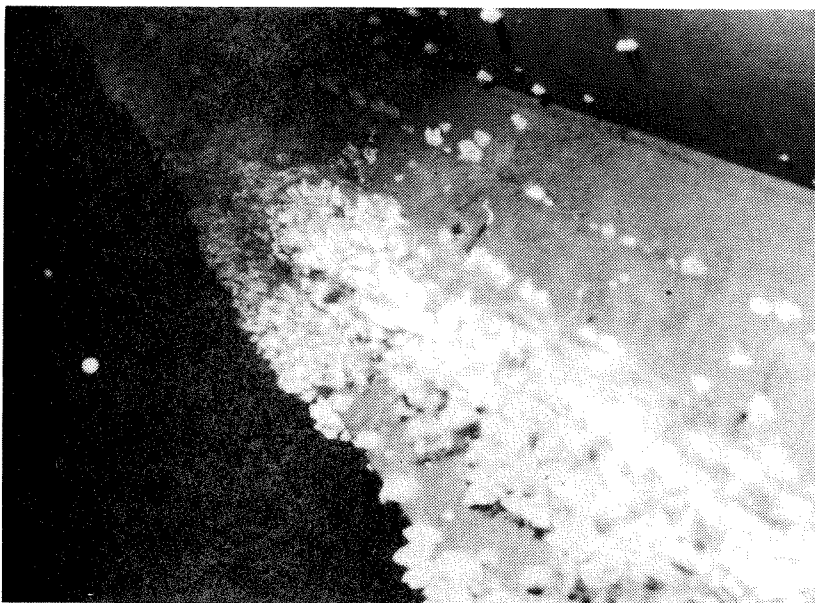
- forutsi begroing (sammensetning, veksthastighet, tykkelse m.v.)
- forutsi når og hvordan nødvendig rengjøring bør finne sted.

Utvalget har i sine vurderinger lagt vekt på at i den britiske sektoren av Nordsjøen har man allerede i noen år utført kartlegging og registrering av marin begroing og det er innvunnet kunnskap og erfaringer av stor betydning med hensyn på begroingens geografiske spredning, begroingstyper, kostnader og andre spørsmål.

Fra myndighetenes og klassifikasjonsselskapenes side fremheves også at den biologiske informasjon må gjøres bedre og mer tilgjengelig for å danne et tilstrekkelig grunnlag for beregninger av økte dragkrefter og belastninger etter hvert som begroingen gjør seg gjeldende.

Målene med kartlegging, registrering og overvåking kan kort oppsummeres slik:

- utprøve evt. utvikle metoder for måling av marin begroing (type, mengde, utstrekning m.v.) med rasjonelle, hensiktsmessige og billige metoder med tilstrekkelig presisjon og identifikasjonsevne (f.eks. TV, ultrasonic kamera m.v. samt standard rapporteringsrutiner)
- etablere og stille til disposisjon for brukere (myndigheter, klassifikasjonsselskaper, oljeselskaper og andre) en data-base for bruk i spørsmål som har sammenheng med begroing.



Figur 7. Rurbegroing av slingrekjøll
(Foto. NSFI)

6. BEHOVET FOR FORSKNING PÅ OMRÅDET MARIN BEGROING

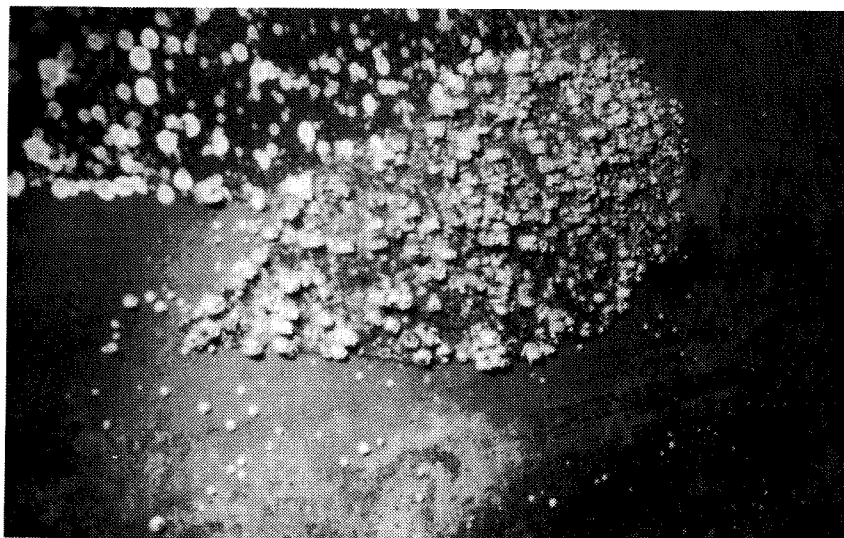
6.1 Vurdering

- Marin begroing koster det norske samfunn godt over 1 milliard kroner pr. år. Økt bunkersforbruk for å motvirke friksjonsøkning for skip utgjør den viktigste delen av dette beløp.
- Med målrettet forskningsinnsats vil det være realistisk å redusere kostnadene med minst 100 millioner kroner pr. år. Avhengig av forskningsresultatene kan mulige besparelser komme opp imot 400 mill. kr. pr. år.

Mål

Forskning på området marin begroing bør ha som overordnet mål å finne frem til nye og/eller forbedrede metoder for å bekjempe begroing, slik at den anførte økonomiske gevinst kan oppnås.

Utvalget ser det ikke som realistisk å finne en endelig løsning på begroingsproblemet. Særlig må man regne med at begroing fortsatt vil være et problem for stillestående offshore-strukturer; i alle fall i overskuelig fremtid. Det er derfor viktig at forskning - i tillegg til de overordnede mål om bekjempelse - også har som mål å registrere begroingsproblemet for slike strukturer, bidra med metodeutvikling for overvåking av problemet, samt beskrive effektene av begroingen på korrosjons- og belastningsfenomener.



Figur 8. Rurbegroing av skuteside.
(Foto. NSFI)

Kunnskapsbasis

For å få en samlet oversikt over kjent kunnskap på hele feltet marin begroing, foreslår Utvalget at det på dette området parallelt med visse basisaktiviteter - igangsettes et forprosjekt for å etablere "state-of-the-art".

Den internasjonale forskningsinnsatsen på hele feltet bør klarlegges. To fagfolk, med kompetanse på høyt nivå innenfor biologiske og mekaniske/kjemiske disipliner, bør engasjeres. Disse bør få i oppdrag å gi en vurdering av betydningen av å sette inn forskning på de forskjellige underområder og sannsynligheten for å finne en løsning gjennom realiserbar forskningsinnsats. Vurderingen bør også klarlegge om den forskning som er nødvendig kan utføres i norske miljøer, eller om den må kjøpes i utlandet.

Fundamentale biologiske spørsmål som bør avklares

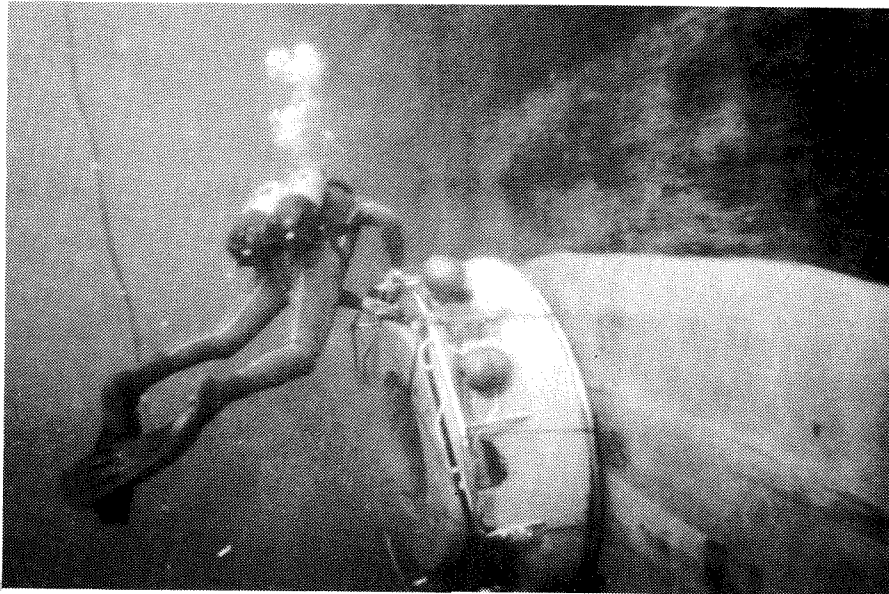
For å klargjøre en del fundamentale spørsmål i forbindelse med begroingsproblemet, vil det være riktig å igangsette (videreføre) enkelte aktiviteter parallelt med at kunnskapsbasen bygges opp. På den biologiske siden gjelder dette å klarlegge hva mikrobegroing betyr som begroingsfenomen (ruhetspåvirkning, avgiftning, betydning for makrobegroing), og det må undersøkes om tanken om "sårbare" stadier er videreførbar til flere viktige grupper av begroingsorganismer. Disse forhold bør være avklart før omfanget av denne forskning fastlegges.

Det finnes i norske forskningsmiljøer i dag kompetanse og interesse for å studere slike forhold. Utvalget vil peke på at dette området koordineres og målrettes.

Utvikling av nye, forbedrede kjemiske og mekaniske metoder

Bekjempelse av begroing skjer i dag med 2 prinsipielt forskjellige metoder: Kjemisk virkestoff (belegg) og mekanisk rengjøring. Disse er beskrevet i det foregående. Den første metoden anvendes først og fremst på skip - den andre på marine konstruksjoner.

Bruk av kjemiske virkestoffer er i høy grad bygget opp på prøve- og feilemetodikk, og har bare i liten utstrekning bygget på kunnskaper om begroingsorganismers fundamentale biologiske/biokjemiske prosesser. Lite er kjent om



Figur 9. Bruk av SCAMP^R ved rengjøring av begroing på skuteside.
(Foto. NSFI)

R - Reg. varemerke for Butterworth Systems Inc.

festemekanismer, biologiske limsubstanser, faktorer som påvirker begroingsorganismene i deres "sårbare" stadier, fortrinnsvis i stadier umiddelbart før, under og etter festing, eller om slike stadier i det hele tatt finnes. Hvordan organismene gjensidig påvirker hverandre er også lite studert. Det er Utvalgets oppfatning at kunnskaper av denne type kan være et verdifullt grunnlag for utvikling av nye metoder. Det er imidlertid viktig å peke på at spekteret av ulike arter i begroingsfloraen og faunaen er meget bredt, og at studier av enkeltorganismer lett kan lede til forslag om løsninger som ikke har virkninger på mangfoldet av organismer.

Utviklingen av nye prinsipper for kjemisk beskyttelse mot begroing skjer i dag først og fremst i malingsindustrien. De største nyvinninger er utviklet i utlandet og nye kombinasjoner av råvarer og toksiske substanser utprøves kontinuerlig. Det arbeides etter flere spor, hvor det såkalte selvpolerende prinsipp kanskje er det mest lovende for skip. Kombinasjonen av fagretninger som malingsteknologi, overflatekjemi og polymerkjemi bør kunne føre til en videreutvikling av dette prinsipp. Det samme gjelder utvikling av non-toksiske belegg med virkninger på jonebalansen i grunnflatesjiktet vann/overflate. Det er liten tvil om at et teknologisk gjennombrudd med nye og klart forbedrede løsninger ville styrke norsk malingsindustri konkurransevne i betydelig grad.

For stillestående, offshore strukturer har de fleste kjemiske belegg sine klare begrensninger. Et unntak her utgjøres av de reaktiverbare malinger, hvor gode resultater er oppnådd. Dersom oljeselskapene i fremtiden velger å beskytte sine undervannsstrukturer med belegg, ville disse systemer og eventuell videreutvikling av disse kunne representere gode løsninger. Offshore industrier vil imidlertid i lang tid fremover ha behov for effektivt utstyr for fjerning av begroing.

Lite er gjort på området fjernstyrt mekanisk utstyr. Den robot-teknologi som norsk industri har i dag, bør kunne videreutvikles for dette området. Utvalget mener at norsk industri bør engasjeres i arbeidet for å finne mer effektive, sikre og økonomiske metoder for å fjerne begroing. Dette kan gjøres ved at den mekanisk/elektroniske industri og offshore-industrien inviteres til kreativ tenkning omkring problemet, for på et senere stadium å bli involvert i arbeidet med å finne nye løsninger.

Kartlegging, registrering og overvåking av begroing

En av aktivitetene som bør igangsettes parallelt med at kunnskapsbasis bygges opp, er kartlegging, registrering og overvåking. Dette er et område som trenger innsats uansett om det kommer i gang et større forskningsprogram for marin begroing.

Det er et klart behov for kvantitativ informasjon om typer og dimensjoner av begroingsnedslag på faste og mobile plattformer o.l., både av konstruksjonsmessige, driftsmessige, sikkerhetsmessige og økonomiske hensyn. Utvalget mener at dette innsatsområdet kan startes opp straks.

Området er klart myndighetsorientert, idet informasjon av denne type vil være et viktig grunnlag for myndighetenes forskjellige vurderinger. Klassifikasjonsselskapenes og operatørenes behov kommer også inn her.

Utvalget mener at området både bør omfatte grove kvantitative studier, problemstudier og metodestudier. Metodestudier bør innbefatte utvikling og utprøving av metodiske finesser, databehandling av billedinformasjon og metodikk som kan anvendes av ikke-biologer, samtidig som resultatene kan fortolkes av biologer.

Det er i Norge i dag betydelig interesse for forskning på dette området, både hos normgivende myndigheter, klassifikasjonsselskaper og i forskningsmiljøene.

Det er Utvalgets oppfatning at forskning på området må koordineres, slik at arbeidet blir fordelt i og utføres av de miljøene som har størst kompetanse på de ulike delområder.

Innsatsområdenes innbyrdes viktighet

Det er Utvalgets oppfatning at NTNF - etter at kunnskapsbasis er etablert - bør vurdere nytteverdien av å investere forskningsmidler på de ulike områdene som er skissert i denne innstilling. Det er viktig at man evaluerer områdene i forhold til hverandre, slik at midlene investeres der hvor sjansen for å få problemløsende resultater er størst.

6.2 Konklusjoner

Utvalget er kommet frem til at det er behov for en sterk forskningsinnsats på området marin begroing. Utvalget vil derfor foreslå:

- Et forprosjekt med mål å etablere kunnskapsbasis for hele begroingsfeltet igangsettes straks. Arbeidet bør være avsluttet i løpet av 1983. Forprosjektet bør også omfatte videre planlegging av et eventuelt nasjonalt program for begroing og endelig organisering av et slikt program.
- Parallelt med forprosjektet settes igang undersøkelser for å avklare betydningen av primærfilmen som begroingsfenomen, og innledende arbeid for å kaste lys over de såkalte sårbare stadier hos begroingsorganismene.
- At det parallelt med forprosjektet bevilges midler til kartlegging, registrering og overvåking av begroing på marine konstruksjoner med tilhørende metodeutvikling, samt studier av begroingseffektene. Dette arbeidet kan gjennomføres uavhengig av forprosjektet.
- At NTNF engasjerer seg for å initiere interesse i norsk industri for å utvikle bedre kjemiske og mekaniske metoder for å bekjempe begroing.
- At aktivitetene nevnt ovenfor koordineres med arbeidet i forprosjektet, og at det derfor allerede nå etableres et forskningsprogram med et eget programstyre.

6.3 Organisering av et forskningsprogram

For å samordne de anbefalte forskningsaktivitetene på området marin begroing foreslår Utvalget et forskningsprogram med flere definerte mål.

Det foreslåtte program vil trenge kompetanse fra en hel rekke og til dels meget ulike fagområder, som f.eks. cellebiologi, marin biologi, biokjemi, generell kjemi, fysikalsk kjemi, mekanikk, fysikk m.fl. I tillegg kommer brukernes mange erfaringsområder. Denne tverrfaglighet vil kreve en stor grad av målretting, koordinering og dessuten mulighet for god kommunikasjon.

Utvalget vil derfor foreslå at forskningsprogrammet organiseres med en programkomité, en programkoordinator, styringskomitéer for eventuelle delprosjekter og et faglig råd.

Programkomité

Denne bør bestå av maksimalt 5-7 personer og vil ha som hovedoppgave å godkjenne og følge opp programmets mål, fremdriftsplaner og budsjetter og som siste instans være med på å forme det faglige innhold og vurdere resultatene.

Idet de overordnede mål for programmet refererer seg til behovene for skipsfart, offshore-virksomhet og fiske bør representanter for disse danne kjernen i programkomitéen. I tillegg bør det være med representanter fra NTNF, forskningsinstitusjoner og/eller andre som har interesse for resultatene av denne forskning.

Programkoordinator

Utvalget finner det naturlig at denne blir valgt fra en av brukerne av resultater fra forskningsprogrammet. Utvalget vil imidlertid påpeke nødvendigheten av at programkomité og koordinator har et enhetlig syn på det definerte mål for programmet og gjennomføringen. Programkoordinator bør derfor også inngå i programkomitéen som dennes sekretær.

Programkoordinator bør ha en bred tverrfaglig kompetanse og dokumentert dyktighet i prosjektledelse. Med NSFI som bransjeinstitutt for skipsfart,

offshore og med bl.a. malingprodusentene som medlemmer, mener Utvalget at programkoordineringen bør legges til dette instituttet.

Programkomitéen skal godkjenne den som oppnevnes som programkoordinator.

Delprosjekter

Styringskomitéene for disse oppnevnes avhengig av de eventuelle delprosjekter, og bør bestå av maks. 5 representanter, fordelt på fagfolk og brukere på prosjektområdet.

Prosjektledere velges fortrinnsvis innen fagfeltet.

Oppnevning av styringskomitéer og prosjektledere skal godkjennes av programkomité.

Faglig råd

For på faglig plan å kunne diskutere og vurdere fremdrift og resultater, dannes et faglig råd som består av formennene i styringskomitéene for delprosjektene og tilhørende prosjektledere samt programkoordinator.

Etter ønske fra delprosjektene eller programkomité bør dette råd tidvis kunne utvides med fagfolk på forskningsområdene, brukere og andre for en tverrfaglig diskusjon av problemer og annet innen programmet. Et utvidet faglig råd vil dermed kunne tjene også som et forum for rask overføring av forskningsresultater til brukerne.

Administrative instruksjoner

Nødvendige instruksjoner må utarbeides for de forskjellige arbeidere som skal utføres innen programmet.

SØKNADER TIL NTNIF

Tallene - i 1000 kroner - angir NTNIF-midler

Andre midler i ()

Ref. nr.	Søknad fra/ tittel/ faglig ansvarlig	1979/ 1981	1982	1983	Delsum 1983	1984	1985	1986	1987	SUM
1	DET NORSKE VERITAS - "OFFSHORE MARIN BEGROING" Gustafson	100 (150)	100 (150)	800 (800)		900 (900)	650 (650)	350 (350)		2.900 (3.000)
	<u>Delprosjekter:</u>									
1.1	Overvåking av marin begroing				300					
1.2	Undersøkelser av samvirket mellom marin begroing og korrosjon				600					
1.3	Undersøkelser av effektene fra marin begroing på miljøkrefter				600					
1.4	Koordinering og rapportering				100					
2	NIVA - "MARIN BEGROING PA OFFSHORE INSTALLASJONER" Haugen		(165)	1177		1882	1882	3674		8.615 (165)
	<u>Delprosjekter:</u>									
2.1	Database - oppdatering				1177					
2.2	Praktisk del									
2.3	Resultatdel									
3	UIO, ZOOLOGISK INSTITUTT - "BEGROINGS-ORGANISMER OG DERES BEKJEMPELSE" Løvlie			2432		2932	2432			7.796
	<u>Delprosjekter:</u>									
3.1	Kontroll av "Settling" og spiring hos Enteromorpha				420					
3.2	Tarens forplantningsbiologi og biol. kontroll av algebegroing				322					
3.3	Påvekst av diatomeer - vegetasjonsanalyse - festemekanismer				350					
3.4	Isolering av naturlige substanser som hindrer begroing				560					
3.5	Utvikling av metoder til bedømmelse av begroing på oljerigger og plattformer				780					
4	NSFI - "MARIN BEGROING PA FASTE/FLYTENDE PLATTFORMER" Næss			100 (100)		200 (200)	150 (250)			450 (550)
	<u>Delprosjekter:</u>									
4.1	Kartlegging av begroing				80					
4.2	Konsekvens av begroing				80					
4.3	Begroingshindrende systemer				40					
5	SI - "MIKROBIELL KORROSJON" Stranger-Johannessen	500	400	450		450				1.800
	<u>Delprosjekter:</u>									
5.1	Kontakt og informasjonsvirksomhet				100					
5.2	Måling av SRB-aktivitet og karkaterisering av bakteriene				120					
5.3	SRB og katodisk beskyttelse				120					
5.4	Praktiske korrosjonsforsøk				110					
6	ENERGIØKONOMISERING I SKIPSFARTEN "SKROGRUHET" 1100			1100						1.100
	<u>Delprosjekter:</u>									
6.1	Oppfølgings- og sammenlikningsresultater fra igangsatt prøveprogram				200					
6.2	Fullskalamålinger for å utvikle prosedyrer til måling av fartstap pga begroing og uheldig trim				300					
6.3	Lab.forsøk med ruhetsavstøp i "testloop" for å komme frem til strukturfall				500					
6.4	Utforming av konsept for nye ruhetsmalere				100					

SØKNADER TIL NTNF

Tallene - i 1000 kroner - angir NTNF-midler

Andre midler ()

Ref. nr.	Søknad fra/ tittel / faglig ansvarlig	1979/ 1981	1982	1983	Delsum 1983	1984	1985	1986	1987	SUM
7	A/S JOTUNGRUPPEN - "BEGROING AV SKIP" Delprosjekter:	640 (640)	140 (140)	175 (175)		x Ny behandling	x			955 (955)
7.1	Algebegroing Fjeld				310					
7.2	Praktisk utprøving av nye prinsipper, flåteforsøk Olavesen				40					
8	NSFI - PROSJEKTSKISSE "UTVIKLING AV NYE BEGROININGSHINDRENDE SYSTEMER FOR SKIPS-FART, OFFSHORE INDUSTRI, AQUAKULTUR M.M.		x)	Langsiktig karakter. Frem til 1990. Årlig budsjett (1982-kroner) 2 - 3 mill. Høyest innsats 1.halvdel av prosjektet						?
9	NSFI - "BEGROININGSUNDERSØKELSER I TROPEFARVANN Imm. Vigeland		15 (35)	30						45 (35)
10	UiB, INST FOR MIKROBIOLOGI OG PLANTEFYSIOLOGI "MIKROORGANISMER I BEGROING" Heltdal			459		500				959
10.1	Kvantifisering av mikroorg. på behandlede flater. Analyser av sammensetning.				204					
10.2	Metodestudier									
10.3	Undersøkelser av mikroorganismer på forsøks-paneler				255					
11	NTH - INST FOR MARIN BIOKJEMI - "BEGROING AV SKIP. DANNELSE AV PRIMÆRFILM Smidsrød	80	160	182		91				513
12	SI - "BEGROINGSMODELLE / FORPROSJEKT Delprosjekter:			200						200
12.1	Litteratursøking om begroings-modeller K.L. Seip				30					
12.2	Vurdering av muligheter og begrensninger for en matematisk modell av begroing K.L. Seip				125					
12.3	Utvikling av en enkel test-modell for begroing K.L. Seip				45					
	SUM	1.320 (790)	815 (490)	7.105 (1.075)	-	6.955 (1.100)	5.114 (900)	4.024 (350)		25.331 (4.765)

x) ikke medtatt i summen
SAM:ARI
29.9.1982

Utsendte spørreskjemaer - oversikt

Spørreformularene ble sendt til i alt 15 forskjellige firmaer og institusjoner (brukere), 25 forskningssteder/forskere og til 6 nordiske kontaktpersoner. Tabell A og B gir nærmere detaljer.

	Antall sendt	Antall retur	Svar prosent
Til brukere	15	10	67
Til forskningssteder/ forskere	25	9	36
Til nordiske kontakt- personer	6	3	50

A. Oppsummering av svar på spørreskjemaer for brukere

<u>Aktivitetsområde</u>		<u>Konstruksjoner med begroing</u>		<u>Problemer</u>		<u>Type marin vekst</u>	
Perm.plattformer	8	Perm.plattformer	8	Vedlikehold	8	Harde dyr	12
Flyttbare rigger	1	Flyttbare rigger	1	Korrosjon	4	Bløte dyr	10
Skip	3	Skip	2	Bæreevne	3	Halvhard vekst	8
Rørledning	4	Varmevekslere	2	Sikkerhet	3	Alger	10
Havneanlegg	2	Rørledninger	6	Belastninger	6	Bakterier	2
Kontrollfunksjon	1	Kaier/havneanlegg	2	Red. kapasitet	3	Annet	2
Akvakultur	2	Kjettinger/fortøyn.	2	Annet	5		
Annet	2	Annet	3				

<u>Tiltak/forholdsregler</u>		<u>Totale kostnader</u>	<u>Kostnader med tiltak</u>	
Kjemisk	5	10 - 11. mill.kroner	Kjemisk	3
Mekanisk	6		Mekanisk	4
Rengjøring	8		Rengjøring	4
Ingen				
Annet	2			

B. Oppsummering av svar fra spørreskjema for forskningssteder

<u>Aktivitetsområder</u>		<u>Konstruksjoner med begroing</u>		<u>Problemer</u>		<u>Type marin vekst</u>	
Perm.plattformer	2	Perm.plattformer	3	Vedlikehold	4	Harde dyr	5
Flyttbare rigger		Flyttbare rigger	1	Korrosjon	3	Bløte dyr	4
Skip	3	Skip	3	Bæreevne	5	Halvhard vekst	2
Rørledninger	4	Varmevekslere	2	Sikkerhet	2	Alger	4
Havneanlegg		Rørledninger	6	Belastninger	2	Bakterier	6
Kontrollfunksjon	1	Kaier/havnanlegg	2	Red. kapasitet	2	Annet	3
Akvakultur	4	Kjettinger/fortøyn.	2	Annet	3		
Annet	3	Annet	2				

<u>Tiltak/forholdsregler</u>		<u>Totale kostnader</u>	<u>Kostnader med tiltak</u>	
Kjemisk	4	Milliardbeløp ?	Kjemisk	1
Mekanisk	3	- 0.01 ?	Mekanisk	1
Rengjøring	3		Rengjøring	
Ingen	1		Annet	
Annet	1			

Vedlegg 2 forts.

Brukernes og forskernes vurdering

Resultatene av spørreundersøkingen og en utredning fra NSF basert på opplysninger fra og i samarbeid med Norges Rederforbund og Norges offshore-forening om kostnader med marin begroing - kan kort oppsummeres slik:

- Konstruksjoner som er utsatt for begroing er først og fremst skip og dessuten permanente og flytende plattformer, rørledninger og varmevekslere
- Problemene som forårsakes av begroing henger sammen med økt friksjon og derved økt bunkersforbruk for skip, vedlikehold, større belastninger, korrosjon og problemer knyttet til bæreevne og redusert kapasitet
- Typer marin vekst er harde og bløte dyr, alger og halvhard vekst
- De viktigste tiltak for å forhindre og bekjempe begroing er av kjemisk og mekanisk art.

MARIN BEGRØING	PROSJEKT-FORSLAG									
EFFEKTER AV BEGRØING	VERITAS	NIVA	DI O	INST. FOR MARINBIOLOGI/IMNOLOG	NSFI	SI	ZOOLOGISK INST., UIO	HAVFORSKNINGSINSTITUTTET	ABERDEEN UNIV. OFFSHORE	MARINE STUDIES, DEPT. ZOOLOGY
OFFSHORE (FASTE STRUKTURER)										
Effekter på inspeksjon/overvåking	X	X	X	X	X	X	X		X	
Korrosjonseffekter	X			X	X					
Belastningseffekter	X			X						
Tilstopping/blokering										
SKIP										
Frikksjonsøkning						X				
Belastningseffekter					X					
Tilstopping /blokering	X									
AKVAKULTUR										
Vektøkning								X		
Tilstopping								X		

MARIN BEGROING PRIMÆRFILMEN (DEN MIKROBIELLE FILM) AKTUELLE FORSKNINGS MILJØER	PROSJEKT- FORSLAG	INST. TEKNISK BIOKJEMI, NTH	INST. MARIN BIOKJEMI/BIOLOGISK ST.	INST. MIKROBIOLOGI & PLANTEFYS. UI B	INST. FOR BIOLOGI & GEOLOGI, UI 1	BOTANISK LAB., UI 0	INST. MARINBIOLOGI & LIMNOLOGI, UI 0	ZOOLOGISK INSTITUTT, UI 0	ODONTOLOGISK INSTITUTT, UI 0	NSFI	SI
BAKTERIER											
Biologi:											
Isolering fra ulike substrat		X		X	X	X					
Karakterisering		X		X	X	X					
Slimsubstanser:											
Isolering			X								
Kjemi			X								
Fysikalse egenskaper			X								
Adhesjonsmekanismer		X	X								
Friksjonseffekter										X	
Korrosjonseffekter				X		X					X
Avgiftingsmekanismer			X	X							
Betydning for senere begroing			X	X			X	X	X		
MIKROALGER											
Isolering			X	X	X						X
Karakterisering			X	X	X						X

MARIN BEGRØING BEGRØINGS- SUKSESJONER, MAKROORGANISMER AKTUELLE FORSKNINGS- MILJØER	VERITAS NSFI NIVA SI MARINBIOLOGISK STASJON, UT TR. INST. MARINBIOLOGI & LIMNOLOGI, INST. BIOLOGI & GEOLOGI, UT TR. HAVFORSKNINGSINSTITUTTET JOTUN	ABERDEEN UNIV., OFFSHORE MARINE STUDIES, DEPT. ZOOLOGY UNIV. OF WALES, MENAI BRIDGE	PROSJEKT- FORSLAG
Naturlige substrater	X	X	
Offshore, faste strukturer	X	X	
Skip			X
Akvakultur	X		
Studier av			
Årsvariasjoner		X	
Konkurransforhold		X	
Utvikling av			
Data-reg-system for overvåking	X		
Begrøingsmodell			X

MARIN BEGROING BEGROINGS- ALGER AKTUELLE FORSKNINGS- MILJØER	ZOOLOGISK INSTITUTT, UI O	UNIV. BIOLOGISKE STASJON, DRØBAK	INST. FOR MARIN BIOKJEMI, NTH	ELEKTRONMIKROSKOPISK LAB, UI O	INST. FOR MARINBIOLOGI/LIMNOLOGI	KJEMISK INSTITUTT, UI O	MOTUN	PORTSMOUTH POLYTECHNIC, MARINE	BIOLOGY STATION	PROSJEKT- FORSLAG
FORPLANTINGSBIOLOGI	X	X	X	X	X	X				
STUDIER AV FESTE- STADIET										
Festemekanismer					X	X		X		
Isolering av festesubstanser	X	X								
Karakterisering av festesubst.				X	X					
STUDIER AV SPIRE- STADIET										
Spiringsfaktorer	X	X	X	X	X	X				
Celleveggdannelse	X	X		X	X					
VEKSIHORMONER			X							
GENRELL DYRKNINGS METODIKK	X	X	X	X				X		
ALGICID SYNTSE						X				
ALGICID UTPRØVING			X				X			

MARIN BEGRØING	PROSJEKT-FORSLAG										
	INST. BIOLOGI & GEOLOGI, UT TR.	INST. MARINE BIOLOGI, UT TR.	INST. MARIN BIOLOGI/LIMNOLOGI	ZOOLOGISK INSTITUTT, UT O	HAVFORSKNINGSINSTITUTTET	NIVA	SAROYAN ET AL	ABERDEEN UNIV. OFFSHORE	MARINE STUDIES, DEPT. ZOOLOGY	UNIV. OF WALES, MENAI BRIDGE	DEPT. OF MARINE BIOLOGY
BESKRIVENDE BIOLOGI	X	X	X	X	X	X		X		X	
RUR											
Dyrkningsmetodikk											
Testsystem for biocid utprøving				X							
Studier av limsubstanser				X			X				
Effekt av hormonanaloger				X							
BLASKJELL									X		
NATURLIG FOREKOMMENDE ANTIGROE-											
STOFFER											
Ekstraksjon, anrikning											
Utprøving											

MARINE DYR
 AKTUELLE
 FORSKNINGS-
 MILJØER

LITTERATUR

- Freeman, J.H. (1977): "The Marine Fouling of Fixed Offshore Installations". London CIRIA 1977. Department of Energy, Offshore Technology Paper OTP 1
- Gustafson, T. (1982): "Evaluation of Marine Growth", Det norske Veritas, rapport nr. 82-0176
- Johannessen, K.I. (1982): "Travelling report: Conference on Fouling and Corrosion of Metals in Sea Water". Det norske Veritas, rapport nr. 82-0394
- Kjosbakken, J., Stenberg, E. og Skarholt, A. (1978): "Begroing av skip", Litteraturoversikt over begroingsorganismers biologi og biokjemi. NTNf-prosjekt nr. 2105.7083
- Kleppe, T. (1982): "Catalogue of Marine Growth - causing dragforces on submarine structures in the North Sea". Det norske Veritas, rapport nr. 82-5017
- Kleppe, T. (1982): "Marine Growth on Statfjord". Rapport for Det norske Veritas, project no. o5308021
- Kleppe, T. (1982): "Reiserapport frå møtet "Fouling and Corrosion of Metals in Sea Water"", Oban, Skottland, 6.-7.april 1982 (NIVA)
- Næss, E. (1982): "Kostnader forbundet med marin begroing", NSFI, rapport nr. OR 33 1096.01.01.82
- Oldfield, D.G. (1980): "Appraisal of Marine Fouling on Offshore Structures" London, CIRIA 1980. Department of Energy, Offshore Technology Paper OTP 6
- Report of The Marine Fouling Working Party for the Director of Petroleum Engineering Division. London CIRIA 1980. Department of Energy, Offshore Technology Paper OTP 4
- Solberg, M. og Gustafson, T. (1982): "Simulation of Marine Growth on Wave Forces on four Steel Jackets in the North Sea". Det norske Veritas, rapport nr. 82-0498. NTNf-project 1830.09434
- University of Aberdeen, Department of Zoology: "Aberdeen University Marine Studies Ltd."

VIRKNING AV BEGROING

		BELASTNING	STRØMNING		KORROSJON		KONTROLL
		VEKT VOLUM MOTSTANDSKOEF. RUHET - BELASTNING	OVERFLATERUHEH UTV. OVERFLATERUHEH INN. - TILSTOPP RØR ETC. TILSTOPPING - AQUAKULTUR EROSJON - KAVITASJON		VARMEOVERGANG- RED. VED BELEGG BESKYTTENDE BELEGG ØDELEGGES KATODISK BESKYTTELSE NEDESATTES KORROSJONSMEKANISME - ENDRET KORROSJONSHASTIGHET ENDRET KORROSJONSMATTING - ENDRING I TID - MULIGHET	LAGER - PAVIRKNING - TRIBOLOGI BEVEGELIGE DELER - UTSTYR	VANSKER INSPEKSJON VANSKER VEDLIKEHOLD ØKOLOGI - FORURENSNING
	SKIP - BATER LEKTERE - FLATER						
OFFSHORE	BORERIGGER JACKUPS PLATTFORMER: STAL BET. SUBSEAEQUP. RISERE - LASTEBØYER mm. SJØINJISERING FORTØYNINGER OFFSHORE IND.						
	DYKKING - SIKKERHET						
	RØRLEDNINGER						
	KABLER - EI - TELE						
ENERGI	BØLGEKRAFTVERK VARMEPUMPER SØRSYSTEMER KRAFTVERK v/SJØ						
	INDUSTRI v/SJØ FISKEFOREDLING						
	FISKE AQUAKULTUR						
HAVNER	KYSTVERNET HAVNER KAIER - SPUNTVEGG FORTØYNINGER MARINAER						
RØRSYSTEMER	PROPELLERE PUMPER SJØINNTAK RØRSYSTEMER VARMEVEKSLERE						

Organotin Compounds approved by Japan Shipbuilding Industry Association

Triphenyltin hydroxide

Triphenyltin chloride

Triphenyltin acetate

Tributyltin fluoride

Tributyltin dibromosuccinate

Tributyltin methacrylate copolymer

Triphenyltin fluoride

Triphenyltin dimethyldithiocarbamate

Triphenyltin tertiary carboxylate

Bis(triphenyltin) 2,2' -dibromosuccinate

Triphenyltin monochloacetate

Triphenyltin nicotinate

Tetrametyl thiuramdisulfide

Zinc dimethyldithiocarbamate

Kobberoksydul