

O-85160 E-87671

# Kronos Titan a/s

Analyse og karakterisering av belegg  
på strender i Løperen~Hvaler~området

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 03 3

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 75 2

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: 0-85160 E-87671
Undernummer:
Løpenummer: 2107
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: KRONOS TITAN A/S Analyse og karakterisering av belegg på strender i Løperen - Hvaler-området	Dato: 15. april 1988
Forfatter (e): Jon Knutzen Jens Skei	Prosjektnummer: 0-85160 E-87671
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 31

Oppdragsgiver: Kronos Titan A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Strendene i nedre del av Glomma og i Løperen er belagt med et rødbrunt belegg. Dette skyldes i hovedsak utslipp av jern og andre metaller (titan, krom og vanadium) fra Kronos Titan som fester seg til eller akkumuleres i diatomèer og andre organismer som vokser på strendene. I hovedstrømmen til elvevannet er belegget markert i en avstand fra utslippet på ca 10-12 km. Til side for hovedstrømmen og lenger ut er belegget tynnere og mer flekkvis sporbart. Utluting av avskrapet belegg ga så høye metallkonsentrasjoner at det må anses sannsynlig at belegget har giftvirkning overfor ømfintlige organismer. Overveiende fravær av kimstadier av en del alger tyder også på dette. En del andre livsformer, bl.a. mange kiselalger og enkelte dyr, kan derimot leve i nær kontakt med avsetningene.

4 emneord, norske:

1. Glomma
2. Kronos Titan
3. Metaller
4. Belegg

4 emneord, engelske:

1. Glomma
2. Kronos Titan
3. Metals
4. Coating

Prosjektleder:

  
Jens Skei

For administrasjonen:

  
Tor Bokn

ISBN - 82-577-1386-4

0-85160

E-87671

**KRONOS TITAN A/S**  
**ANALYSE OG KARAKTERISERING AV BELEGG PÅ STRENDER I LØPEREN -**  
**HVALER-OMRÅDET**

Oslo, 15. april 1988

Prosjektleder: Jens Skei

Medarbeidere: Pål Brettum  
Unni Efraimsen  
Frank Kjellberg  
Jon Knutzen

## Forord

NIVA skisserte i programforslag datert mars 1985 (O-85200) et måleprogram på belegg avsatt i fjæresonen i nedre Glomma, Løperen og deler av Hvalerområdet. I brev av 19. mars 1986 fra Kronos Titan A/S ble NIVA bedt om å utføre en slik undersøkelse, med 50% NIVA-finansiering.

Takk rettes til fisker Kaare Christiansen i forbindelse med leie av båt og god hjelp ved feltarbeidet. Prøvene ble innsamlet av Unni Efraimsen, Frank Kjellberg og Jon Knutzen. Elektronmikroskopi ble foretatt ved Senter for industriforskning, mens øvrige analyser ble foretatt ved NIVA. Identifikasjon av begroingsdiatomèer er foretatt av Pål Brettum.

Oslo, 15. april 1988

Jens Skei

**INNHALDSFORTEGNELSE**

	Side
FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	6
3. FELTARBEID OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1. Visuell beskrivelse	9
4.2. Elektronmikroskopering (SEM/EDAX)	12
4.3. Kjemiske analyser	16
4.4. pH-målinger	21
4.5 Biologiske analyser av slamavsetninger i strandsonen	22
4.6 Øvrige biologiske observasjoner	22
4.6.1 Belegg (slam) på fiskeredskap	22
4.6.2 Makroskopiske alger og dyr	23
5. LITTERATUR	26
6. APPENDIKS	27

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. Rustbrunt belegg på steiner, fjell og fiskeredskaper har vært observert i nedre Glomma-Løperen i mange år. Dette prosjektet har hatt som målsetting å fastslå beleggets sammensetning og opprinnelse.
2. Prøver av belegget i området nedre Glomma, Løperen og Hvalerøyene ble samlet i september 1986 (11 lokaliteter) og august 1987 (7 lokaliteter). Prøvene er mikroskopert (elektronmikroskop, lysmikroskop) og analysert på innhold av metaller (jern, titan, sink, kopper, vanadium, krom og mangan).
3. Undersøkelsen gir grunnlag for følgende konklusjoner:
  - En hovedsubstans i det rustbrune, ofte lodne belegget er diatoméer (kiselalger) av både marin og ferskvannsupprinnelse.
  - Fargen på belegget skyldes i hovedsak jernutfellinger som fester seg til diatoméene og på fjellet.
  - Den kjemiske sammensetningen av belegget viser høye konsentrasjoner av jern, titan, vanadium og krom og indikerer klart at dette stammer fra utslipp fra Kronos Titan.
  - Samtlige lokaliteter hvor belegg ble innsamlet viste forhøyede konsentrasjoner av typiske forurensningsstoffer fra Kronos Titan, men påvirkningen var spesielt utpreget i området Kronos Titan - nordre del av Asmaløy (stasjonene 1-5).
  - Målinger av pH i vannet som omgis av belegget viste en forsureffekt. Laveste pH (5.29) ble målt like nedenfor Kronos Titan og høyeste pH (6.70) ovenfor Kronos Titans utslipp.
  - Høye konsentrasjoner av metaller i vann etter utluting av belegget sannsynliggjør at miljøet som omgir belegget kan være giftig for ømfintlige arter. Overveiende fravær av kimstadier til grønnalger og brunalger i belegget underbygger denne antagelse. Imidlertid finnes det også livsformer som tåler disse omgivelsene. Foruten en relativt rik flora av diatoméer er det observert diverse blågrønnalger, trådformede bakterier, encellede dyr, hjuldyr og rundmark.
  - Observasjonene av større alger og dyr i fjæra ga omtrent samme inntrykk av reduserte samfunn som tidligere.

- Sammensetningen av slamprøver fra fiskeredskap tydet ikke på at avløpet fra Kronos Titan er noen hovedårsak til disse problemer annet enn episodisk i utslippets nærrområde. Hovedbestanddelen i avsetningene var leirpartikler, delvis med tydelig innslag av fiber og begroingsorganismer.
4. Grundig ajourføring av kunnskapene om biologiske og kjemiske forhold i Hvalerområdet er påkrevet både for å kunne følge effekten av den planlagte reduksjon i belastningen fra Kronos Titan og for å kunne bedømme behovet for ytterligere tiltak.

## 1. INNLEDNING

Rustbrunt belegg på steiner, fjell og fiskeredskaper har vært velkjent i nedre Glomma - Løperen i mange år (Knutzen, 1970; Knutzen og medarb., 1974; Skei, 1984). Det er imidlertid ikke foretatt undersøkelser tidligere av beleggets sammensetning og opprinnelse.

Årsaken til oppmerksomheten omkring dette belegget har flere grunner:

- (i) Mistanke om at belegget skyldes utfellinger av komponenter i avløpsvannet til Kronos Titan.
- (ii) Mulige giftvirkninger overfor organismer som lever på grunt vann.
- (iii) Uestetiske og generende forhold (foruten belegg på strender, tilgroing av tauverk, fiskeredskaper og båter).

## 2. MÅLSETTING

Undersøkelsen har som målsetting å:

- (i) fastslå beleggets opprinnelse og sammensetning*
- (ii) kartlegge beleggets utbredelse i området*
- (iii) registrere begroingssamfunn knyttet til belegget*
- (iv) vurdere beleggets eventuelle giftighet og øvrige negative effekter på plante- og dyreliv.*

## 3. FELTARBEID OG METODER

Tre parallellprøver fra 11 lokaliteter (Fig. 1) ble innsamlet 10-12.9.86. Prøvetakingen foregikk ved at belegg på steiner ble skrapet av med en plastspatel eller børste. En parallell ble plassert i petriskåler, mens en annen parallell ble overført til plastflasker sammen med vann fra lokaliteten. En tredje parallell ble fiksert i 2% formalin med henblikk på biologisk analyse. I 1987 ble de biologiske analysene delvis foretatt på levende materiale. Prøvene ble tatt nær vannlinjen ( $\pm 0.5$  m). I tillegg er belegg på fiskeredskap samlet og mikroskopert.



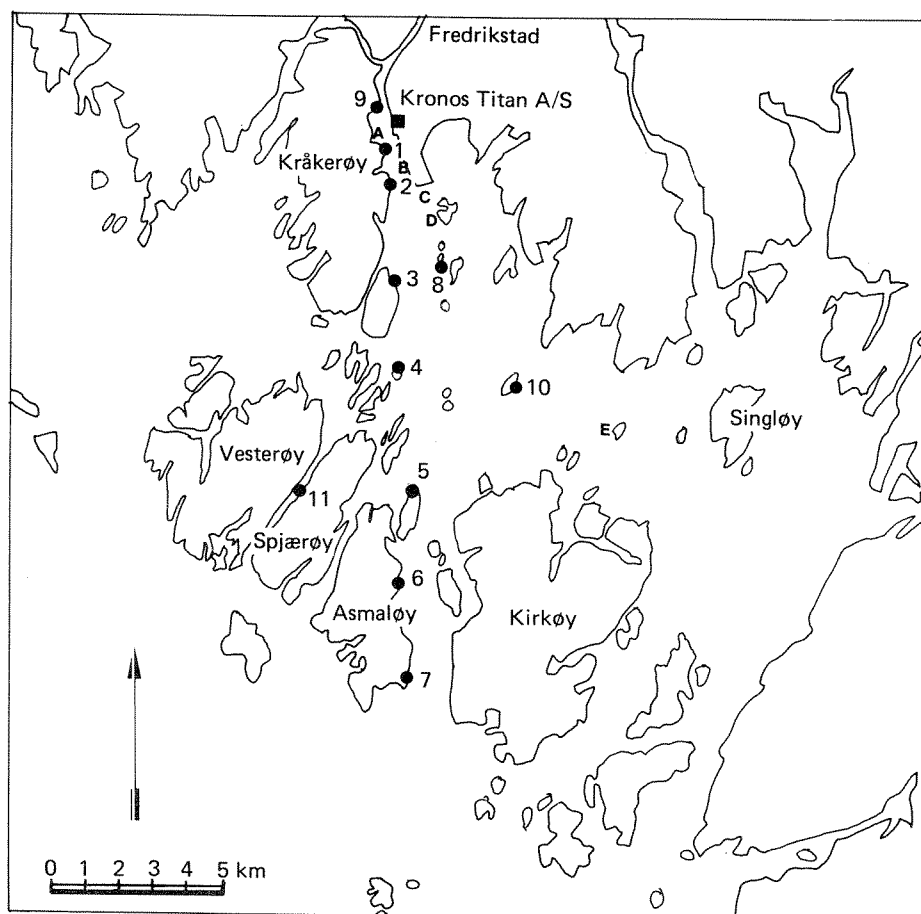


Fig. 1. Kart som viser lokaliteter for innsamling av belegg i strandsonen (1-11) og prøver av slamavsetning på fiskeredskap (A-E).

Begge år ble det gjort observasjoner av fastsittende makroskopiske alger og dyr i fjærebeltet.

Utbredelsen av rødbrunt belegg på fjell er delvis dokumentert med fotografier.

28.-29.8 1987 ble det samlet inn nye avskrapprøver fra st. 1-7 (fig. 1). Slamprøver til kjemisk analyse ble fraktet i vann fra lokaliteten til laboratoriet. Prøvene ble sentrifugert, dekantert og filtrert (Whatman GFC-filter). I tillegg til analyse av vannfasen ble slammet (ca 4 g) tilsatt 100 ml fortynnet sjøvann (S~10 o/oo), ristet i 8 timer og vannet dekantert/filtrert før analyse. Deretter ble slammet tørket og oppsluttet med salpetersyre og analysert for de samme metallene.

Prøvene i petriskåler ble frysetørket, homogenisert og analysert for jern, titan, sink, kopper, vanadium og krom etter salpetersyreoppslutning. Jern ble også analysert etter eddiksyreoppslutning. Bestemmelsene av metaller ble gjort med atomabsorpsjonsspektrometer.

Prøvene med vann og avskrap ble frosset, tint og ristet godt. Deretter ble pH målt i vannet. I tillegg ble vannet filtrert gjennom Nuclepore filtre for scanning elektron mikroskopering (SEM/EDAX). 10 ml suspensjon ble pipettert ut og fortynnet med 500 ml destillert vann før filtrering.

Både i 1986 og 1987 ble det under samme feltarbeidet innsamlet skjell og tang til metallanalyser. Resultatene fra disse undersøkelsene rapporteres i sluttrapporten.

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

Resultater fra elektronmikroskopi og analyser av enkeltpartikler er gjengitt som bilder og figurer (Fig. 2-4). Resultatene av de kjemiske analysene av belegg er vist i Tabell 1 og 2 og skjematisk fremstilt i Fig. 5-6 (1986-materialet).

### 4.1. Visuell beskrivelse

Det ble gitt en beskrivelse av forholdene på stedet hvor innsamling av prøver ble foretatt. Fargefotografier illustrerer det rødbrune belegget (kun i 10 eksemplarer av rapporten).

#### St. 1 KALDERA (umiddelbart nedstrøms fyr)

Ca. 0-0,5 m over vannlinjen et tydelig, men relativt tynt, malingslignende rødbrunt belegg, som var vanskelig å skrape av. I og under vannlinjen et noe varierende belegg mht. tykkelse og utseende: ofte brungrå ludd som lett løsner.

#### St. 2 ALSHUS (mot hovedløpet, østvendt)

Malingslignende rødbrunt belegg opp til 0,5-1 m over vannlinjen. Begroing av blågrønnalger og diatomeer delvis dekket av rødbrunt slam. Rødbrunt belegg på båter.

#### St. 3 KJØKØY, østsiden

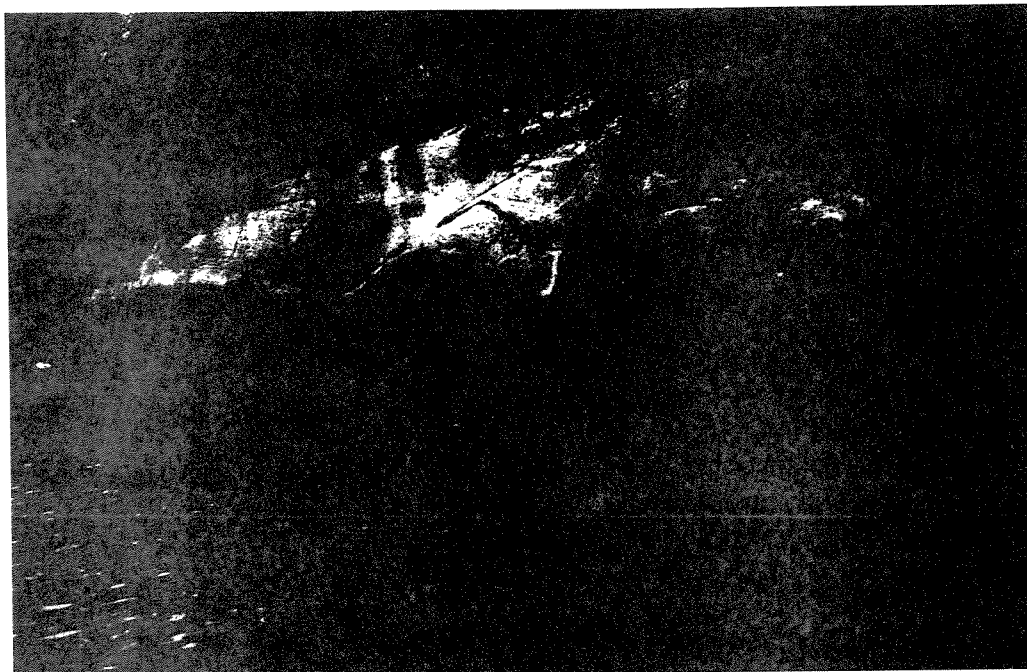
Tydelig, men ujevnt rødbrunt, malingslignende belegg på fjell, opp til mer enn 1 m over vannlinjen. I 0-0,5 m var det rødbrune av og til ispedd større svarte flekker eller soner. I vannlinjen og litt under avbørstbart brunrødt overtrekk (prøve). Under vannlinjen ned mot 0,5 m: Mosaikk av enten ruglet overtrekk av slam ispedd algebegroing eller mer loddent rødbrunt belegg. Rødbrun misfarging 10-20 cm over vannlinjen på flertallet av båter observert i Kjørkøysundet.

#### St. 4 RISHOLMEN

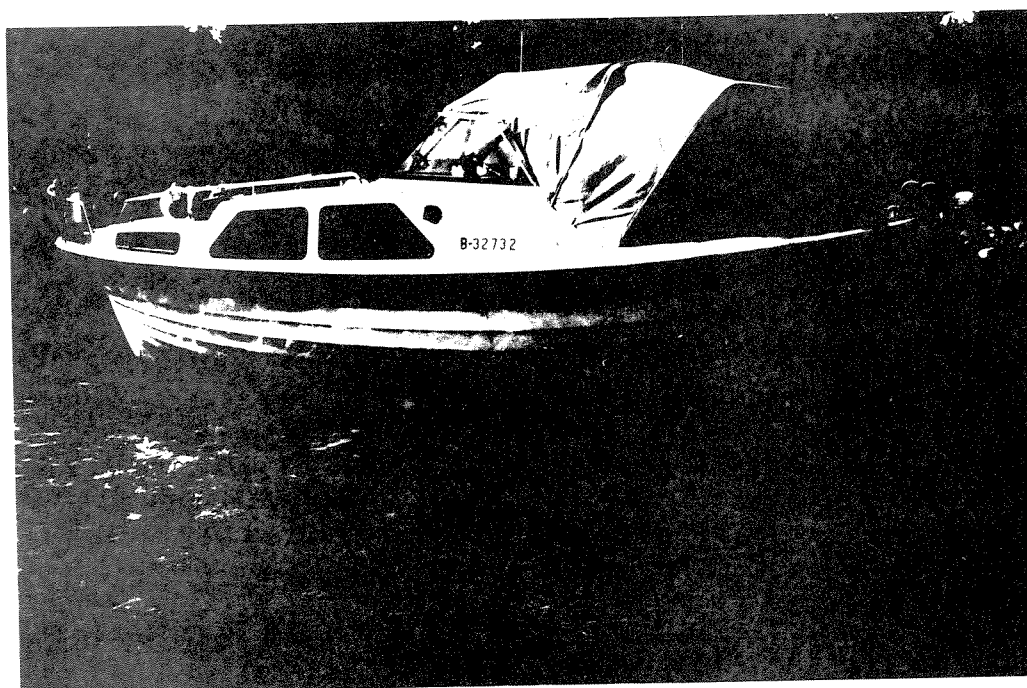
Sterkt "rødmalt" fjell 0,5-1 m over vannlinjen, deretter flekkvis gråsvart fjell og nederst mot vannlinjen rødbrunt belegg i 1-3 mm tykke og lett avskrapbare flak. Mye rur.

#### St. 5 MØREN (Nordsiden)

Øverst svart begroing av lav i 20-50 cm bredde, vekslende med rødbrunt, tynt belegg ca. 0,5 m over vannlinjen. Omkring vannlinjen og litt nedover: ruglet, rødbrunt, sleipt belegg, delvis som 0,5-1 cm lang ludd (under vann).



Fotografiet viser rødfarging av fjell i Kaldera-området (St. 1).



Fotografiet viser rødbrunt belegg på båt i vannlinjen.

#### St. 6 LIESTRANDA (Asmaløy)

---

Nedenfor rødbrunt overtrekk og belte av svart begroing med lav/blågrønnalger: gråbrun ludd fra litt under vannlinjen og 0,5-1 m nedover. Mye rur.

#### St. 7 FUGLETANGEN (Asmaløy)

---

Bare svake spor av rødt belegg, som det ikke var mulig å ta prøve av. Ca. 0,5 m (vannlinjen): svart belegg av lav og blågrønnalger. (Prøve av dette algedominerende belegget som var annerledes å se til enn de andre.)

#### St. 8 BRATTHOLMEN, vestsiden av sydenden

---

Flekkvis rødbrunt belegg noe over vannlinjen, men bare vanskelig avskrapbart. Beleggprøver av grålig eller brunlig blanding av slam og blågrønnalger/diatomeer i par mm tykt lag omkring og litt under vannlinjen.

#### St. 9 MØLLERODDEN (Vestsiden av Glomma, ca 500m oppstr. Kronos Titan)

---

Rødbrunt, ikke (eller vanskelig) avskrapbart belegg 0,3-1 m over vannlinjen. Nedenfor dette tilslammet, grågrønn begroing omkring og litt under vannlinjen. Under dette gråbrun ludd av trådformet vekst.

#### St. 10 RAMSØY, østsiden

---

Flekkvis rødbrunt farget berg 0-0,5 m over vannlinjen. Prøve av svakt rødlig, brungrått slambindende belegg av et par mm tykkelse.

#### St. 11 SKJELLSBUSUNDET, holme syd for bro

---

Rødbrunt fjell 0,2-0,8 m over svakt utviklet marbekbelte ned mot vannlinjen. Omkring og litt under vannlinjen 1-2 mm tykt grålig belegg iblandet mye rur.

Sammenfattende kan sies om den rødbrune misfargingen av fjellet over vannlinjen at den gjorde seg sterkest gjeldende i Glommas hovedløp ned til omkring Mören. Syd for ca midten av Skjellsbusundet og Asmalsundet var det ikke lenger noe utpreget belte. Flekkvis rødfarge (vanskelig avskrapbart) ble observert vest til Ramsøy, men kan vel her og andre steder mer enn 10-12 km fra utslippet av titandioksydavgift være vanskelig å skille fra beleggfri, oksydert granittoverflate. Området påvirket med rødbrune avsetninger antydnet ovenfor, er omtrent som

observert i 1980-82 (Bokn 1984), men noe mindre enn Notini et al (1987) skisserer.

#### 4.2. Elektronmikroskopering (SEM/EDAX)

Avskrappt belegg på steiner ble suspendert i vann og filtrert gjennom Nuclepore membranfiltre. Målsettingen med å se på disse filtrene i scanning mikroskop var å fastslå hvilke typer partikler som dominerer i belegget og hvilket opphav disse partiklene har. I tillegg får man informasjon om partiklenes størrelse, form og kjemisk sammensetning.

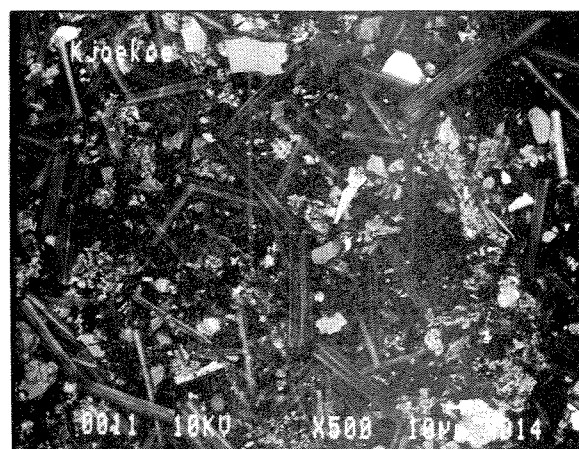
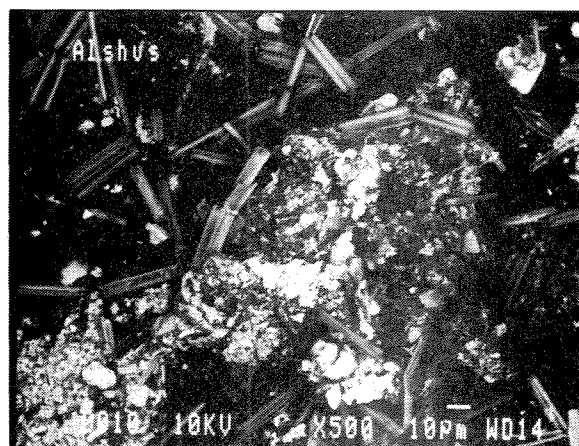


Fig. 2. Bildene viser 1986 beleggets utseende ved 500x forstørrelse ved Alshus (2), Kjøkøy (3) og Ramsøy (10). Legg merke til den gradvise økningen i den forholdsmessige andel av diatoméer nedover Løperen. De uorganiske partiklene inneholder mye jern, titan og krom (se fig. 3).

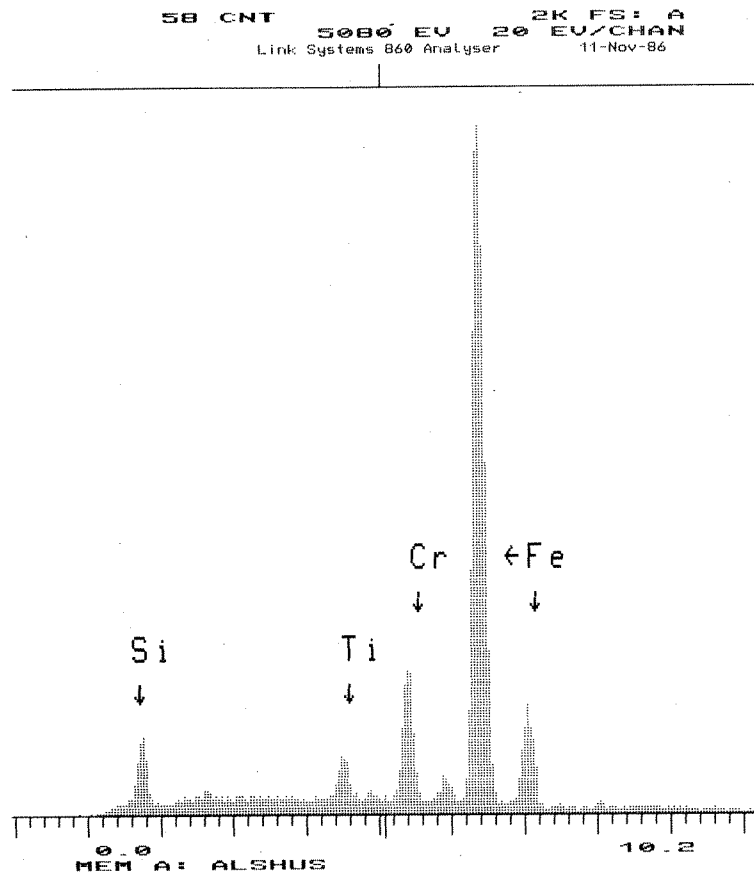
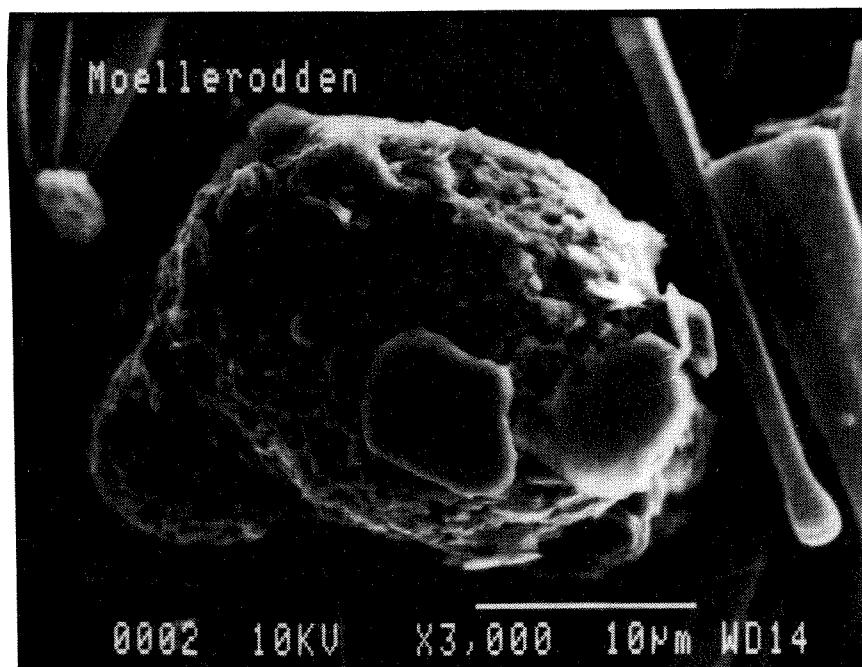


Fig. 3. Kjemisk analyse av enkeltpartikkel (punktanalyse) fra Alshus, 1986. (Se øverste bilde på Fig. 2).





23 CNT 5080 EV 20 EU/CHAN 2K FS: A  
Link Systems 860 Analyser 11-Nov-86

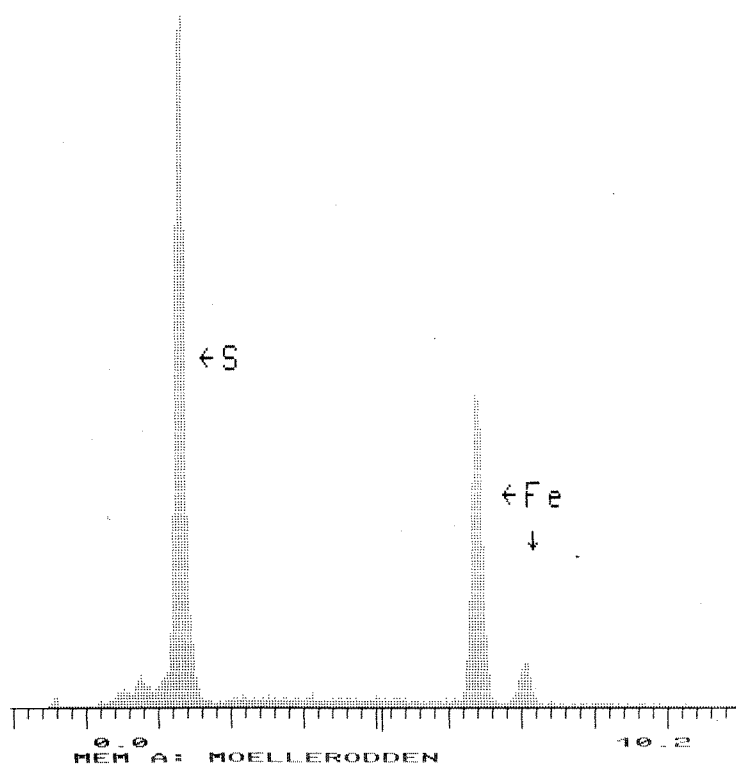


Fig. 4. Bildet øverst viser framboidal pyritt (jernsulfid) fra Møllerodden, 1986. Den kjemiske analysen av partikkelen er vist nedenfor.

Fig. 2 viser et utvalg av bilder av prøver fra forskjellige lokaliteter. Den dominerende partikkeltypen er diatomeer, hovedsakelig ferskvannsararter på de øverste stasjonene og gradvis mere marine arter utover Løperen. Diatomeene er både frittlevende og fastsittende. Det er også en klar forskjell i prøvesammensetningen fra Alshus (st. 2) i Glomma til Fugletangen (st. 7) nederst i Løperen. Ved Alshus inneholdt prøvene store mengder uorganiske partikler med høyt innhold av jern og relativt sett mindre mengder med diatoméer. Lenger sør var innslaget av jernholdige partikler langt mindre hyppig. Dette er i samsvar med de kjemiske analysene (kap. 4.3). Fig. 3 viser den kjemiske sammensetningen av partikler fra Alshus, hvor jern, krom og titan inngår som viktige komponenter. Det ble også påvist jernsulfidpartikler (Fig. 4), med typisk framboidal struktur (framboidal pyritt). Dette er sannsynligvis jernsulfid som er utfelt pga. reduserende forhold lokalt i belegget.

På bakgrunn av elektronmikroskoperingen kan det slås fast at belegget på fjell og steiner i vannlinjen består i hovedsak av diatoméer, men at diatoméene i stor grad er festet til og selv binder et uorganisk materiale med høyt innhold av jern, krom og titan. Det er relativt større innslag av uorganiske partikler i Øra-Kirkøy-området enn lengre nede i Løperen eller utenfor Løperen-området.

#### 4.3. Kjemiske analyser

De kjemiske analysene av belegget omfattet parametrene jern (etter salpetersyre- og eddiksyreoppslutning) og titan, sink, kopper, vanadium og krom etter salpetersyreoppslutning (Tabell 1). Parametervalget ble gjort på grunnlag av Kronos Titans avløpsvannssammensetning.

Tabell 1. Konsentrasjoner av metaller i belegg fra 1986 på fjell og steiner.

Stasjon	% Fe(HNO <sub>3</sub> )	% Fe(HOAc)	% Ti	ppm Zn	ppm Cu	ppm V	ppm Cr
1	6,37	2,45	0,45	110	100	360	107
2	8,08	2,58	0,65	240	137	440	168
3	7,01	2,53	0,49	170	118	310	150
4	4,94	1,74	0,37	180	119	210	82
5	3,91	1,53	0,32	180	101	170	65
6	2,05	0,72	0,16	160	61	70	42
7	4,04	1,22	0,23	190	107	140	94
8	2,58	0,47	0,13	170	82	50	27
9	2,11	0,49	0,16	160	85	50	34
10	2,66	0,86	0,15	160	60	80	39
11	2,25	0,88	0,15	160	58	110	49

Fig. 5 og 6 viser klare avstandsgradienter i den kjemiske sammensetningen. På den øverste stasjonen (Møllerodden, st. 9) var konsentrasjonene av tungmetaller i det avskrapte belegget lave. Nedenfor Kronos Titan derimot økte metallkonsentrasjonene kraftig men avtok gradvis utover Løperen. Dette gjaldt spesielt jern, titan, vanadium og krom og i mindre grad sink og kopper.

Jern ble analysert etter oppslutning med salpetersyre og eddiksyre for å registrere hvor sterkt bundet jernet er i belegget. Jevnt over var 30-40% av jernet løselig i eddiksyre (svak syre). Dette innebærer at ca. 1/3 av jernet som avsetter seg i strandsonen trolig er lett tilgjengelig for organismer. Dette er helt i overensstemmelse med data fra bunn-sedimentanalysene i nedre Glomma-Løperen, hvor det ble vist at 20-40% av jernet lot seg løse i eddiksyre (Skei, 1987). Det er sannsynlig at noe av forklaringen på at såpass lite av jernet er lettløselig kan være at det oppstår reduserende miljø lokalt i det organisk-holdige belegget og at jern bindes som pyritt. Mikroskoperingen viste at framboidal pyritt kan opptre i belegget (Fig. 4).

Konsentrasjonene av titan i belegget varierte mellom 0,13 og 0,65% (Tabell 1). Til sammenligning var de tilsvarende variasjonene i bunn-sedimentene høsten 1986 0,10-0,6% (med unntak nær utslippet fra Kronos Titan). Sammenligning av forholdstallet mellom jern og titan i bunn-sedimenter og i belegg på steiner viser lavere forholdstall i bunn-sedimentene enn i belegget, spesielt i området sterkest influert av Kronos Titans utslipp. Dette tyder på at mye av titanmengden som slippes ut sedimenterer i nærområdet til utslippet, mens jernet transporteres lengre ut i området og påvirker strandområdene langt nedover Løperen.

Sinkkonsentrasjonene varierte mellom 110 og 240 ppm, sammenlignet med 50 og 205 i sedimentene (Skei, 1987). Disse verdiene er ikke spesielt høye og det er også forholdsvis liten gradient i området.

Kopper viser forhøyede verdier på samtlige lokaliteter, men konsentrasjonene er ikke særlig forskjellig fra bunn-sedimentene. Det er en klar kopperkontaminering i øvre del av undersøkelsesområdet.

Vanadium viser klare avstandsgradienter med konsentrasjoner mellom 310 og 440 ppm øverst i området og verdier ned mot 50 ppm i de perifere områdene (Tabell 1). Det er således en meget klar påvirkning fra Kronos Titan's utslipp (ca. 200 kg vanadium pr. dag).

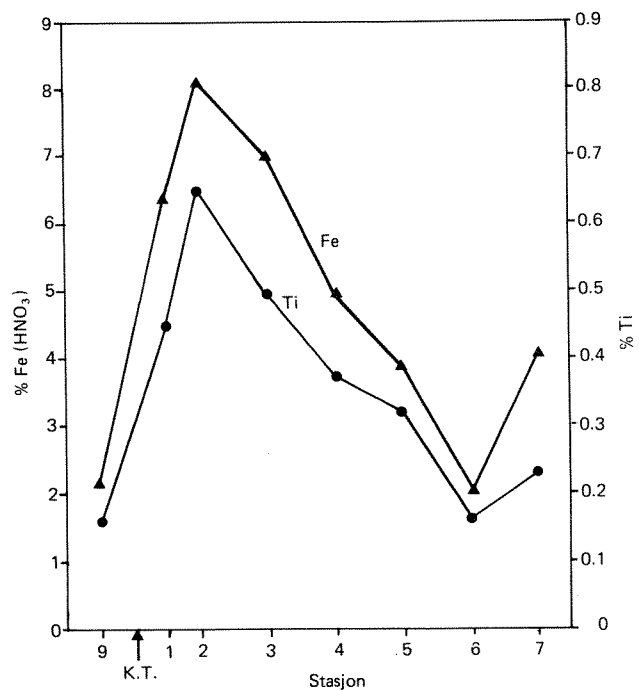


Fig. 5. Jern (Fe) og titan (Ti) i prøver av belegg fra lokaliteter i Løperen. (K.T. = Kronos Titan).

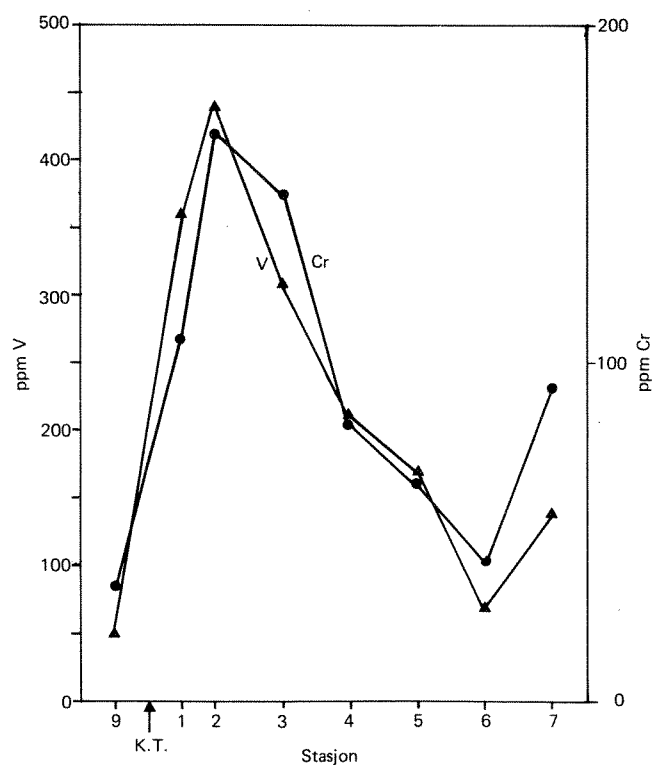


Fig. 6. Vanadium (V) og krom (Cr) i prøver av belegg fra lokaliteter i Løperen. (K.T. = Kronos Titan).

I likhet med vanadium er også påvirkningen fra utslipp av krom meget merkbar. Fordelingen nedover Løperen er nærmest identisk med vanadium (Fig. 6). Det slippes ut i underkant av halvparten så mye krom som vanadium fra Kronos Titan (Skei, 1987). Denne forskjellen gjenspeiler trolig konsentrasjonsforskjellene mellom vanadium og krom i belegget.

For samtlige metallresultater er det et par klare likhetspunkter. På lokaliteten ytterst i Løperen (st. 7, Fugletangen) øker metallkonsentrasjonen betydelig (se Fig. 5 og 6). Sedimentundersøkelser i 1980-81 (Næs, 1983) viste også en økning i metallinnholdet i bunnsedimenter helt nederst i Løperen. Dette kan trolig forklares med at Glommavann får en forholdsvis lang oppholdstid akkurat i dette området pga. en front mellom brakkvannet og det saltere kystvannet. Av den grunn vil det relativt sett skje en større sedimentering her enn noe lengre oppe i Løperen. En annen faktor kan være økt binding av metaller til trådformede blågrønnalger som utgjorde en betydelig del av belegget på st. 7 i 1986.

Det andre likhetspunktet i metalldata er den store forskjellen i konsentrasjoner i selve hovedstrømmen til Glomma og på lokaliteter perifert til denne. Det mest typiske eksemplet er stasjonene 3 (Kjøkøy) og 8 (Brattholmen) som i avstand ligger like langt fra Kronos Titan. Mens stasjon 3 ligger midt i brakkvannsstrømmen ligger stasjon 8 på siden av denne. På stasjon 3 ble det målt 7,01% jern og 310 ppm vanadium og på stasjon 8 2,58% jern og 50 ppm vanadium. Dette illustrerer hvor avgjørende det er for forurensningen på stedet om lokaliteten er stadig influert av Glommavann eller ikke.

Av tabell 2 ses at det avskrapte belegget også i 1987 viste avtagende konsentrasjon av vanadium, titan og jern med økende avstand fra utslippet, men først utenfor st. 4 (i 1986 allerede fra st. 3 og utover, kfr. tabell 1). Derimot vist ingen tydelig avtagende tendens for krom og kobber før ytterst ved Fugletangen.

Det er ingen åpenbare forklaringer på den delvise forskjellen i resultatene for 1986 og 1987. Den ulike behandling av slammet før oppslutning skulle ikke tilsa noe utslag i det forholdsmessige innhold av metaller mellom stasjonene. Derimot kan de jevnt over lavere konsentrasjonene av jern (og til dels vanadium og krom) skyldes den forutgående utlutning med vann av 1987-prøvene. At det ikke ble konstatert noen økning fra st. 6 til st. 7 i 1987 kan ha sammenheng med den høye vannføringen gjennom 1987, og dermed mindre grad av partikkelavsetning i det ytterste området enn det som er vanlig. Det kan også ha vært et relativt mindre innslag av metallbindende organisk materiale i form av alger i 1987-belegget fra st. 7. (Markert lavere tilvekst på utsatte plater i ytre område i 1987 enn i 1986, pers. medd. T. Bokn.)

Tabell 2 Innhold av metaller i belegg fra 1987 (fraktet i vann fra lokaliteten, deretter utlutet med rent sjøvann fortynnet til ca 10 o/oo S, tørket og oppsluttet i salpetersyre). Tørrvektsbasis.

Prøvested	Fe	Ti	Zn	Cu	V	Cr	Mn
St. 1 Alshus	3.81	0.47	114	73	247	80	302
St. 2 Kaldera	4.55	0.41	251	78	209	90	461
St. 3 Kjøkøy	3.74	0.42	148	98	200	86	459
St. 4 Rishlm.	4.84	0.50	249	101	229	106	693
St. 5 Møren	2.73	0.33	215	95	169	84	591
St. 6 Liestr.	3.25	0.32	237	86	140	80	693
St. 7 Fugletangen	0.81	0.12	101	35	54	57	203

Utlutning av tørket slam med rent sjøvann tilsatt destillert vann til saltholdighet ca 10 o/oo for å få et skjønn på mikroklimateets metallnivå, ble ikke vellykket. Etter filtrering av utlutingsvannet gjennom glassfiberfilter ble det utfelling av brune fnokker (trolig jern) og vanskelig å få homogenisert prøven før uttak av vann til analyse. Resultatene ga derfor ikke avstandsgradienter, men samtlige prøver (st. 1 - st. 7) viste høye totalkonsentrasjoner (f.eks. 2-23 mg

Fe/l, >75 µg Cu/l >15 µg Cr/l, >200 µg Zn/l). Selv om dette inkluderer utfelt metall gis det en indikasjon på at beleggets porevann kan ha betydelig forhøyet innhold av løste metaller og/eller at metaller adsorbent til partikler i stor grad er lett utløsbare.

#### 4.4 pH-målinger

Ved innsamling av belegg på steiner ble en del av belegget oppbevart i sjøvann fra lokaliteten. Prøvene ble frosset og etter tining på laboratoriet ble pH målt i vannfasen. Resultatene er vist nedenfor:

Stasjon	pH
1	5,29
2	6,53
3	6,60
4	6,68
5	6,68
6	6,43
7	6,30
8	6,64
9	6,70
10	6,50
11	6,02

Saltholdigheten i prøvene ble ikke målt, men vi må anta lav saltholdighet (5-10 o/oo). Det vi kan merke oss er at den høyeste pH-verdien ble målt på stasjonen ovenfor Kronos Titan (st. 9). Her må vi anta at saltholdigheten er lavest, noe som skulle gi en lavere pH. På stasjonen like nedenfor Kronos Titans utslipp (st. 1) ble det målt en pH på 5,29 med en gradvis økning utover Løperen. En reduksjon i pH ytterst i Løperen kan ha samme forklaring som ble gitt for metallene (se 4.3).

Det kan konkluderes med at det avfallet som avsetter seg på steiner i fjæresonen er surt og at det kan påvirke overflatevannets pH og dermed påvekstorganismenes (mikrofloraens og faunaens) vekstvilkår på en negativ måte.

#### 4.5 Biologiske analyser av slamavsetninger i strandsonen

Resultatene av de mikroskopiske analysene av prøvene med avskrapet belegg er samlet i appendikstabellene A1 (1986) og A2 (1987).

Hovedresultatene kan oppsummeres slik:

- Rik flora av diatomèer (kiselalger) på alle lokaliteter, også på stasjonene 1 og 2 nærmest utslippet fra Kronos Titan A/S. Også trådformede blågrønnalger og bakterier var representert ved flere arter.
- I belegget befant seg et innslag av levende dyr (flagellater, ciliater, hjuldyr, rundmark).
- På det nærmeste fullstendig fravær av kimstadier av grønnalger; heller ingen observasjoner av kimstadier av brunalger.

Ut fra dette synes særlig enkelte grønnalger og muligens brunalger å være ømfintlige for de kjemiske og/eller fysiske forhold i det rødbrune belegget.

Selv om de registrerte metallkonsentrasjonene i vann etter utluting av slamavsetningene på strender ikke sier noe direkte om metallinnholdet i beleggets porevann, lå verdiene så høyt at en giftvirkning overfor ømfintlige arter fremtrer som sannsynlig.

Om diatomèsamfunnets sammensetning i forhold til avstand fra titandioksydutslipp er det lite å si fordi den eneste tydelige variasjon er et økende innslag av mer saltkrevende arter (Cocconeis pediculus og C. scutellum, Licmophora spp., Navicula mutica, Rhicosphaera curvata, Stauroneis salina ?).

Grunnen til at mange diatomèer og blågrønnalger kan leve i nær kontakt med belegget kan ha sammenheng med at slimlaget som omgir slike organismer virker som en delvis beskyttelse mot tungmetaller (avgiftning ved binding til organisk materiale).

#### 4.6 Øvrige biologiske observasjoner

##### 4.6.1 Belegg (slam) på fiskeredskap

Det ble undersøkt i alt 5 slike prøver, innsamlet i 1986 og 1987 av Kåre Christiansen. Omtrentlig beliggenhet av prøvestedene er avmerket



på fig. 1 (A-E).

A Slam fra ruser ved øvre grønne stake øst og syd for Kronos Titan  
30.8. 1986

Dominerende innslag var leirpartikler og trådformede sopp og bakterier. Forøvrig fantes en del fiber og planterester samt flere arter av diatomèer og trådformede blågrønnalger, men bare i moderate mengder. Avfall fra titandioksydproduksjonen lot seg bare identifisere ved rødbrun utfelling øverst i prøveglasset, mao. ikke som bestanddel av det leirdominerte slammet.

B Slam fra ruser ved Ørakanal Vest, 30.8. 1986

Hovedbestanddelen av belegget var leirpartikler, men med et betydelig innslag av fiber (celluloseproduksjon) og trådformede sopp/bakterier. Små blåskjell (6-7 mm) og rester av høyere planter var også vanlig, mens det var bare litt diatomèer og ingen trådformede alger. Det var ingen tegn på at det rødbrune titandioksydavfallet utgjorde noen betydelig andel.

C Belegg på garn, Store Tippa 11.9. 1986

Slimete trådformede og leirbindende blågrønnalger (og bakterier?), for det meste < 2µm brede, utgjorde den dominerende andel. Sammen med disse vokste flere arter av diatomèer. Indikasjoner på titandioksydavfall ble ikke påvist.

D Slam fra ruser vest for Rognholmen, 8.9. 1986

Mest av gråsvarte mineralkorn (silt, leire), men også her rødbrun utfelling i prøveglasset (titandioksydavfall). Utenom de dominerende leirpartiklene fantes en del fiber, trådformede sopp/bakterier, rester av høyere planter og diatomèer (få arter, moderate mengder). Enkelte fragmenter av marine alger spilte underordnet mengdemessig rolle.

E Belegg på ruser, Kjeppingane 24.8. 1987

Hovedbestanddelen av slammet var leirpartikler, dernest rester av høyere planter. Et forholdsvis artsrikt innslag av diatomèer og trådformede marine alger (*Ceramium rubrum*, *Polysiphonia* cf. *urceolata*, *Pilayella littoralis*, *Acrochaetium* sp. o.a.) kan muligens ha bidratt til å binde slammet. Det ble ikke registrert spor av titandioksydavfall.

Resultatene av ovenstående stikkprøver tyder ikke på at jernavfallet fra Kronos Titan A/S utgjør den viktigste årsak ved nedslamming av fiskeredskap, men at dette vanligvis heller er leirpartikler og i noen grad fiber.

Trådformet vekst av sopp og bakterier kan bidra ved å binde slammet. Denne veksten kommer sannsynligvis mest drivende ovenfra elven, men vil også ha et godt livsgrunnlag i munningsområdet overflatelag pga. den betydelige belastningen med lett nedbrytbart organisk stoff og næringsalter (kloakkvann, sulfittavlut). Nedslamming ved utfelt jernhydroksyd vil sannsynligvis vesentlig skje i utslippets umiddelbare nærrområde og variere med vannføring (avfallsvannets mer eller mindre effektive fortykning og spredning oppover eller nedover).

For å rette på de periodiske problemene med nedslamming av fiskegarn må både leirtransporten i elven (erosjon) og utslipp av kloakkvann og organisk stoff i industriavløp minskes.

#### 4.6.2 Makroskopiske alger og dyr

Samtidig med innsamling av beleggprøver ble det gjort notater vedrørende forekomst av større alger og dyr i fjæra og ned til 1-2 m. Notatene er oppsummert i form av en artsliste for de utvalgte stasjonene i appendikstabell A3.

Et fremtredende trekk var fravær eller bare sparsomt innslag av grønnalger utenom en representant for slekten Cladophora (grønndusk) som - så langt disse observasjonene rekker - hadde en utbredelse omtrent som tidligere registrert av Bokn (1984). (Noen avblekede eksemplarer ble observert på st. 3.) Derimot ble representanter for Enteromorpha (tarmgrønnske) påvist flere steder der slekten var savnet i 1980-82, kfr. fig. 9 i Bokn (1984). På to av disse stedene (st. 6 og 8) kunne forekomsten betegnes som "vanlig". Det overveiende inntrykket var likevel sparsom opptreden. Sjøsalat (Ulva lactuca) ble bare funnet i små mengder på en av stasjonene, såvidt innenfor "fravørsområdet" angitt av Bokn (1984).

Sagtang (Fucus serratus) ble også observert litt lenger inn enn Bokn (en enkelt stasjon). Blæretang (Fucus vesiculosus) ble i 1986 påvist ved st. 3 (få og forsøplete eksemplarer, borte neste år) og ved st. 8 (reduuerte, men flere år gamle eksemplarer med forholdsvis friskt utseende skuddspisser). Notini et al. (1987) angir blæretang inntil 1.5 km fra munningen av Østerelva. Selv om blæretangen kan se

forholdsvis normal ut fra st. 4 og utover, er det av Notini et al (1987) konstatert redusert tilvekst fra 1-2 km nord for st. 5 og i stigende grad videre innover.

I likhet med Notini et al (1987) er det ikke observert strandsnegl nord for st. 6 og bare spredt forekomst av blåskjell nord for st. 5 (ikke påvist st. 4 eller lenger inn). Skipsrur var hyppig forekommende nord til st. 4, men ikke notert fra st. 3.

Med forbehold om disse observasjonenes befaringspregede karakter, syntes tilstanden 1986-87 å være omtrent som 5-6 år tidligere. Dette bekreftes også av de mer grundige studiene til Notini et al (1987). Eneste tegn til mulig bedring var noe økt opptreden av tarmgrønske, men forskjellen var marginal. Den dårlige tilstanden er som nevnt delvis dokumentert på nytt gjennom arbeidet til Notini et al (1987), som fremhever som særlig foruroligende det lave antallet småfisk og fiskerogn, samt frittstrømmende krepsdyr.

For eventuelt å kunne dokumentere effekten av den besluttede redusasjon i belastningen med titandioksydavgift, må kunnskapene om tilstanden i området ajourføres på en grundig måte, bl.a. belysning av nedslammings effekter ved dykkerundersøkelser. Slike data vil også ha betydning for bedømmelsen av et eventuelt behov for ytterligere forurensningsbegrensende tiltak.

## 5. LITTERATUR

- Bokn, T., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Gruntvannsorganismer 1980-1982. Rapport 135/84 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000303, 49 s. ISBN 82-577-0776-7.
- Knutzen, J. 1970. Vurdering av sjøområdet innenfor Hvalerøyene som resipient for avløpsvann fra Titan Co A/S. Undersøkelse av biologiske forhold 19-20/8 1969. NIVA-rapport 0-229. Des. 1970. 27 s.
- Knutzen, J., T. Bokn og B. Rygg, 1974. Undersøkelse av bløtbunnfauna og fastsittende alger i Hvalerområdet 18-20/9 1973. NIVA-rapport 0-229/60, 7/5 1974. 38 s.
- Notini, M., C. Monfeldt og L. Landner, 1987. Inventering av blåstang, Fucus vesiculosus, och andra dominerande organismer på grundtbottnarna utanför Glommas utlopp, juni 1987. Prosjekt nr. 1154 F7/046, Svenska Miljöforskargruppen AB. 10 s + tabeller. Karslkrona-Kil-Stockholm 1987-07-28.
- Næs, K., 1983. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller og suspendert partikulært materiale i overflatevann og kjemisk sammensetning av bunnsedimentene, 1980-81. Rapp. nr. 70/83 innen Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). NIVA-rapport 0-8000303, 100 s. ISBN 82-577-0701-5.
- Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden 1980-83. Konklusjonsrapport. Rapp. nr. 171/84 innen Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). NIVA-rapport 0-8000303, 43 s. ISBN 82-577-9867-4.
- Skei, J., 1987. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet og bunnsedimenter i nedre Glomma (Greåker-Løperen), april-september 1986. NIVA-rapport 0-86063, 153 s. ISBN 82-577-1222-1.

APPENDIKS



Organismer	Stasjon	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>CYANOPHYCEAE (Blågrønnalger)</b>											
Calothrix scopulorum						1	1-2		1	2	1
Calothrix sp.		1	1	1				1			
Lyngbya spp		1	1	1		1	1-2		1	1	1
cf. Merismopedia sp.				1							
Oscillatoria spp.		1	1					1	1-2		1
Rivularia cf. atra						1		1			
Spirulina cf. subsalsa								1			1
Div. trådformede		2	1	1	1	1	1-2	1-2	1-2	1-2	1
Uident. coccale											+
<b>DIV. ALGER</b>											
Cladophora sp.						+					1
Ceramium rubrum (små)						+					
Ulothrix sp.		1									
<b>BAKTERIER</b>											
Div. trådformede		2	1-2					1			
<b>DYR</b>											
Flagellater											1
Frittsvømmende ciliater				+	+			+			
Kolonidannende ciliater						+					
Hjuldyr		+									
Rundmark			+			+		+	+		+

Tabell A2 Organismer i prøver av belegg fra Hvalerområdet 27-28/8 1987  
 3: hyppig 2: vanlig 1: sparsom +: forekommer  
 \* Registrert i ufikserte prøver (levende)

Organismer	Stasjon	1	2	3	4	5	6	7
<b>BACILLARIOPHYCEAE (Diatomèer)</b>								
Achnanthes lanceolata		1						
Amphileura rubilans					1			3
Amphiprora cf. coffeaeformis				1				
Asterionella formosa (delvis tomme)		1		1				
Bacillaria paradoxa				1	1			
Brebissonia boeckii		1						
Cocconeis pediculus					1	1		
Cocconeis scutellum							1	
Cymbella sp.					1	1		
Diatoma vulgare		3*	3*	3	2	2	2	
Fragilaria crotonensis (delvis tomme)				1			1	
Gyrosigma sp.		1*		1				
Licomophora sp.								1
Navicula cryptocephala		1*		2	1			
N. mutica					3	3	2-3	
N. peregrina		2*		2	2	1		
Navicula sp.			1*					
Nitzschia cf. acuminata		1						
N. closterium					1	1	1	1
N. cf. filiformis		1	1	1	1			1
Nitzschia sp.				1				
Rhoicosphenia curvata					1		1	1
Schizonemastadium		1	1					
Surirella ovata		1			1	1		
Surirella sp.			1*	1				
Synedra amphicephala					1	1		1
Synedra pulchella		2*		1	1-2	2	1	
Synedra rumpens		1					1	
Synedra sp.			1*					
<b>CYANOPHYCEAE (Blågrønnalger)</b>								
Calothrix scopulorum		3*	3*	2	1	1	3	2
Lyngbya spp.						1		1
Oscillatoria spp.		1*	1*	1	2		3	
Div. trådformede		2*	2*	1	2	2-3	2	2
<b>DIV. ALGER</b>								
Rhizoclonium sp.								1
Ulothrix sp. (fragm.)							1	1
Grønnalgesporer (?)			1*					
<b>BAKTERIER</b>								
Div. trådformede		1-2*	1-2*					
<b>DIV. DYR</b>								
Flagellater		**	**					
Hjuldyr		**						
Rundmark		**	**		+	+	+	



Tabell A3 Større alger og dyr observert ved innsamling av prøver med belegg på strendene i Hvalerområdet 10-12/9 1986 og 27-28/8 1987.

3: hyppig 2: vanlig 1: sparsomt +: enkeltteksemplarer  
(Bare antydende mengdeangivelser)

Organismer	Stasjon	4	5	6	7	8	10	11
<b>GRØNNALGER</b>								
<i>Cladophora rupestris</i> (grønndusk)				1				1
<i>Cladophora</i> sp.		1-2	2	2		2		
<i>Enteromorpha</i> sp. (tarmgrønske)		1	1	2	1	2	1	1
<i>Ulva lactuca</i> (sjøsalat)								1
<b>BRUNALGER</b>								
<i>Ascophyllum nodosum</i> (grisetang)					1-2			
<i>Chorda filum</i> (martaum)				1-2				
<i>Ectocarpus</i> sp (brunsl) )				1				
<i>Elachista fucicola</i>		1		1				
<i>Fucus vesiculosus</i> (blæretang)		1-2	2	2	2	1-2	2	1-2
<i>F. serratus</i> (sagtang)			1-2	1	2		1-2	1-2
<i>Sphacelaria plumigera</i>			1					
<i>Spongonema tomentosum</i>				1				
<b>RØDALGER</b>								
<i>Ahnfeltia plicata</i> (sjøris)			2)	1				
<i>Ceramium rubrum</i> (rekeklo)			1	1	1		1	1
<i>C. strictum</i>			1	1				1
<i>Furcellaria lumbricalis</i> (svartkluft)			1-2		1-2		1	1-2
<i>Phyllophora pseudocerancoides</i>			1					
<i>Polysiphonia urceoloata</i>			1-2					
<i>P. violacea</i>				1				1
<i>Polysiphonia</i> sp.				1-2	2		1	
<b>DIV. DYR</b>								
<i>Balanus improvisus</i> (skipsrur)		2-3	2-3				2-3	
<i>Carcinus maenas</i> (strandkrabbe)				+				
<i>Gammarus</i> sp. (tangloppe)							3	
<i>Mytilus edulis</i> (blåskjell)			1)	1-2	2		1-2	1-2
Uident. mosdyr							2	

<sup>1</sup> Bare på nordsiden, 1-2 m sammen med sagtang, svartkluft o.a.

<sup>2</sup> Skrøpelig