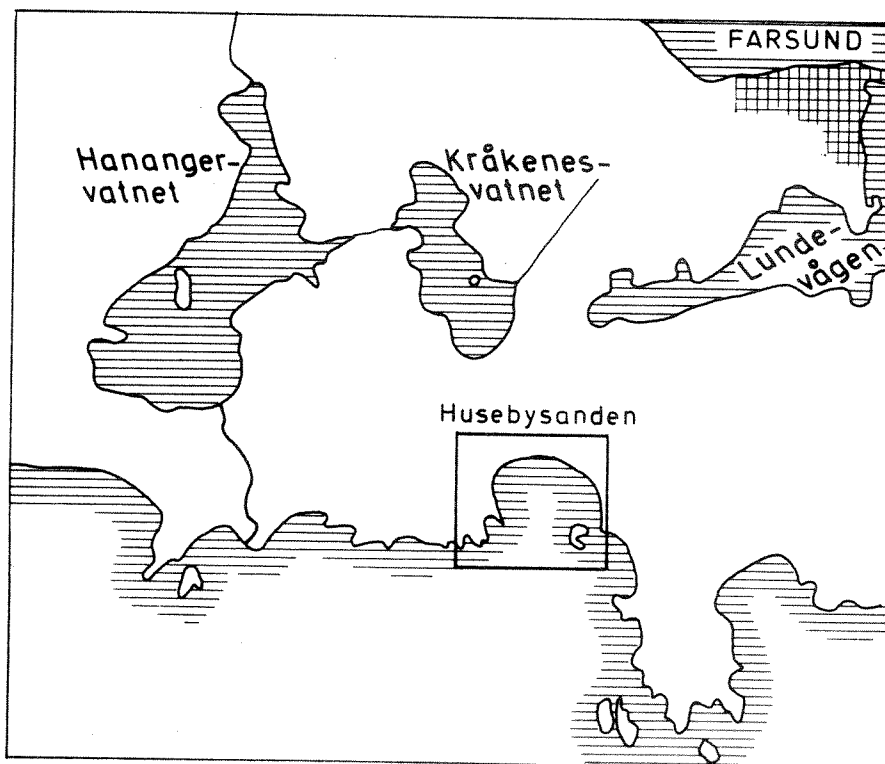


O – 68019

Utslipp av avløpsvann  
fra  
Lista Aluminiumverk

Kontrollundersøkelser  
1981 – 1982



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-68019
Undernummer: VI
Løpenummer: 1530
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk Kontrollundersøkelser 1981-1982	Dato: 25/8 1983
	Prosjektnummer: 0-68019
Forfatter(e): Jon Knutzen	Faggruppe: Hydroøkologisk Div.
	Geografisk område: Lista, Vest-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 23

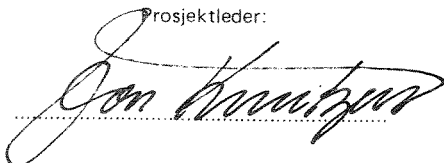
Oppdragsgiver: Lista Aluminiumverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:  
Effekter av utslipp fra Lista Aluminiumverk er belyst ved observasjoner av avløpsvann, resipientvann, strandsonens flora og fauna, samt registrering av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og fluor i tang og albuskjell. Tidligere observasjoner av negative effekter i form av redusert artssantall på utslippsnære stasjoner er bekreftet. Det er også konstatert tegn til lignende symptomer på en av stasjonene lenger fra utslippet (ca 500 m). I likhet med tidligere er det observert betydelige overkonsentrasjoner av fluor i tang (ca 10 x bakgrunnsnivå) og PAH i albuskjell (ca 100-200 x bakgrunnsnivå). Det forhøyede innhold av fluoreid i avløpsvann 1979-80 har vedvart i 1981-82.

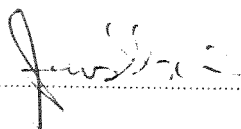
4 emneord, norske:
1. Aluminiumverk
2. Resipientundersøkelse
3. Fluoreid
4. PAH
5. Marinbiologi

Lista 1981 - 1982

Prosjektleder:

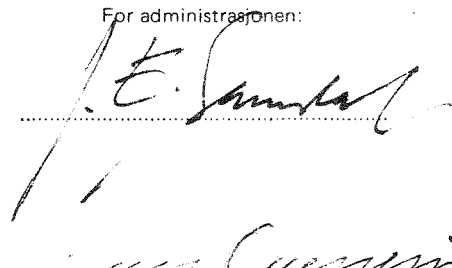



Ass. divisjonssjef:



4 emneord, engelske:
1. Aluminum smelter
2. Recipient investigation
3. Fluoride
4. PAH
5. Marine biology

For administrasjonen:

ISBN 82-577-0677-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-68019

UTSLIPP AV AVLØPSVANN FRA LISTA ALUMINIUMVERK

Rapport 6. Kontrollundersøkelser 1981-1982

Oslo, 25.8 1983

Prosjektleder : Jon Knutzen

For administrasjonen :

J. E. Sandal

L. Overrein

F O R O R D

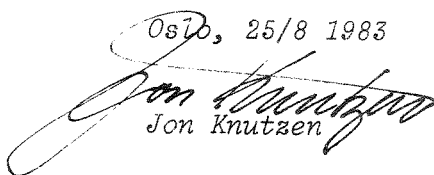
Med dette presenteres den 6te rapport i rekken av kontrollundersøkelser i resipientområdet utenfor Lista Aluminiumverks utslipp av gassvaskevann. Hovedtrekkene i observasjonene har vært de samme siden starten i 1970. Henvvisning til de øvrige rapportene er gitt i litteraturlisten bak. Fra 1979 har undersøkelsene vært utført hvert år, med rapportering hvert 2. år.

Utover observasjonene i strandsonen baserer rapporten seg i likhet med tidligere dels på avløps- og resipientobservasjoner foretatt av bedriften selv, dels på analyser av fluorinnholdet i organismer foretatt ved SINTEF (Avd. for teknisk kjemi, seksjon for kjemisk analyse). Analysene på polysykliske hydrokarboner i avløpsvannet er utført ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI).

Hovedkontakt med oppdragsgiver har vært laboratoriesjef Jan Rob, mens Kjell Tønnesen har ydet verdifull bistand ved feltarbeidet.

Ved instituttet har Lasse Berglind vært ansvarlig for analysene av polysykliske aromatiske hydrokarboner i organismer.

Oslo, 25/8 1983

  
Jon Knutzen

INNHOLDSFORTEGNELSE

Side:

FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. INNLEDNING	6
3. AVLØPSVANNETS OG RESIPIENTVANNETS KJEMISKE OG FYSISKE EGENSKAPER	8
3.1 Fluorid og pH	8
3.2 Tjærestoffer og partikulært materiale	9
3.3 Temperaturøkning	11
4. FLUOR I ORGANISMER	11
5. POLYSIKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH) I ORGANISMER	14
6. OBSERVASJONER I STRANDSONEN	16
6.1 Resultater og diskusjon	16
6.2 Vurdering av arbeidets videreføring	21
7. HENVISNINGER OG TIDLIGERE RAPPORTER	23

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I Kontrollanalyser av avløpsvann og overvåking av sjøvannsresipienter utenfor Lista Aluminiumverk 1981-82 har i likhet med tidligere bestått i årlige befaringsobservasjoner av fjærebeltets organismsamfunn (fig. 1), månedlige målinger av bl.a. pH og fluorid på to resipientstasjoner (fig. 1), dessuten månedlige målinger av pH, fluorid og suspendert tørrstoff i stikkprøver av avløpsvann. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i avløpsvann måles to ganger i året. Det er også gjort analyser på innhold av fluor i tang og albuskjell og av PAH i albuskjell. Bedriften har selv stått for vannanalysene, med unntak for PAH.

II Avløpsvannkonsentrasjonene av fluorid og partikler har i det store og hele vært de samme i 1981-82 som i foregående 2 års perioder (tabell 1), dvs. at fluortapet har vært større enn i de to første årene etter at nåværende produksjonskapasitet var nådd. Årlig utslipp av fluorid og suspendert stoff kan anslås til henholdsvis omkring 700 og ca 1000 tonn.

Målingene av PAH-konsentrasjonene har vist variasjon mellom ca 50 og ca 250 µg/l (tabell 2). Observasjonsfrekvensen på 2 ganger pr. år er utilstrekkelig både for å få pålitelige opplysninger om det reelle variasjonsområdet og eventuell utviklingstendens. På det usikre grunnlag som er, kan årlig belastning på resipienten anslås til 10-15 tonn, derav 2-3 tonn potensielt kreftfremkallende stoffer.

Avløpsvannets midlere surhetsgrad har i 1981-82 vært omtrent som foregående 2-års periode eller svakt høyere: pH ca 6,8 og varierende mellom 6,4 og 7,1.

Det anbefales å øke hyppigheten av PAH-målinger i avløpsvannet til 6-12 analyser av døgnblandprøver i året.

III Mens resipientvannets pH har vært omlag som i 1979-80, kan fluorkonsentrasjonen synes å ha gått ned (tabell 1). Imidlertid er ikke forandringen statistisk signifikant, og forholdet viser helst at observasjonsfrekvensen er for lav til å reflektere de varierende resipientforhold på en fullt påligelig måte.

Det anbefales både å øke observasjonsfrekvensen og å utvide stasjonsnettet til å omfatte et par stasjoner lenger fra utslippstedet, for slik å

få bedre informasjon både om avløpsvannets fortykning og om graden av belastning som fjærebeltets dyr og planter er utsatt for.

- IV Fluorkonsentrasjonen i albuskjell og tang fra Husebybukta har ikke vist forandring i noen bestemt retning (tabell 4). Det samme gjelder innholdet av PAH i albuskjell (tabell 5). De registrerte nivåer representerer overkonsentrasjoner jevnført med et antatt normalinnhold på ca 5-10 (20) ganger (fluor i tang) og 100-200 ganger (PAH).

1981-verdiene for PAH i albuskjell fra Havik (tabell 5) bekreftet at påvirkningen med tjærestoffer fra bedriftens utslipp sannsynligvis kan spores minst 3 km fra utslippet. For fluor i organismer er det derimot ikke nødvendig med noen annen referanselokalitet. Dette skyldes ulik spredningsmåte for de to bestanddelene av avløpsvann.

- V Organismesamfunnenes sammensetning har vært tilnærmet stabil de siste 4 år på alle lokaliteter. 1981-82-observasjonene har dermed bekreftet den negative utviklingen på stasjonene nærmest utslippet (fig. 1) som ble konstatert i forrige rapport. På de mest berørte strendene har strandsnegl og flere algearter forsvunnet eller fått sterkt redusert forekomst på et tidspunkt før 1978 (fig. 3). Også stasjonen ved Haugestranda viser tegn på forringelse av plante- og dyresamfunnet, men dette er foreløpig en noe usikker tendens.

Alle undersøkte lokaliteter hadde stor forekomst av blågrønnalger og grønnalger. På de mest belastede stedene var disse begroingselementer mengdemessig dominerende (tabell 6, fig. 2-3).

- VI For å sikre mot økt skade på strandsonens flora og fauna bør belastningen søkes redusert. Det er imidlertid ikke mulig på det nåværende kunnskapsgrunnlag å peke på særlig viktige avløpsvannkomponenter, muligens bortsett fra at den tydelig negative effekten på fjæresamfunnet synes å ha falt sammen i tid med avløpsvannets økte innhold av fluorid etter 1978.

Mulige skadelige virkninger av PAH i lave konsentrasjoner (giftighet) og fluorid (dels giftighet, men særlig akkumulering i organismer) er fremdeles dårlig undersøkt. I betraktning av risikoen for uønskede konsekvenser for både det marine miljøets sunnhetstilstand, og rekreasjons- og næringsinteresser (aquakultur) bør aluminiumsindustrien bidra til å få igangsatt et større forskningsprogram på dette felt.

## 2. INNLEDNING

Om bakgrunnen for og hensikten med resultatene fra overvåkingsundersøkelserne henvises til tidligere rapporter (NIVA, 1972, 1973, 1975, 1979 og 1981). Formålet er i korthet å karakterisere tilstanden, samt beskrive utviklingen mht. effekter av utslippet til Husebybukta (fig. 1). 1979-rapporten inneholder også en redegjørelse for hvilke undersøkelser som har vært gjort siden forundersøkelsen av forholdene utenfor Husebysanden ble foretatt i 1970. Når unntas et avbrekk i de marinbiologiske observasjonene i 1975-1977, har undersøkelsesopplegget stort sett vært det samme i hele 10-års perioden. Imidlertid ble detaljerte avløpsvannanalyser på innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) først gjort i 1978.

Foreliggende rapport omhandler observasjoner i strandsonen 1981-82 (en gang pr. år) og resultatene av analysen på innhold av fluor og PAH i organismer. Som bakgrunn for vurderingene er benyttet informasjoner fra bedriften om avløpsvannets sammensetning, driftsforhold og annet som kan spille en rolle for strandsamfunnets utforming.

Stasjonene for undersøkelse av strandens plante- og dyreliv fremgår av fig. 1. Fra 1980 ble det gått over til maskedykking ved innsamling av fastsittende alger ned til 1-2 meters dyp. Årsaken er at bølgeslag tidligere stadig har vært årsak til vanskeligheter ved observasjon og innsamling fra land.

Fra 1979 er analysene av fluor i tang og albuskjell innskrenket til en gang pr. år. Analysene er som tidligere utført ved Stiftelsen for industriell og teknisk forskning (SINTEF), avd. for teknisk kjemi, Trondheim. Analysene av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i avløpsvann er gjort ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) og PAH i organismer ved NIVA etter en gasskromatografisk metodikk beskrevet bl.a. hos Bjørseth et al. (1979).

Produksjons- og avløpsforhold har ikke endret seg siden forrige rapport.

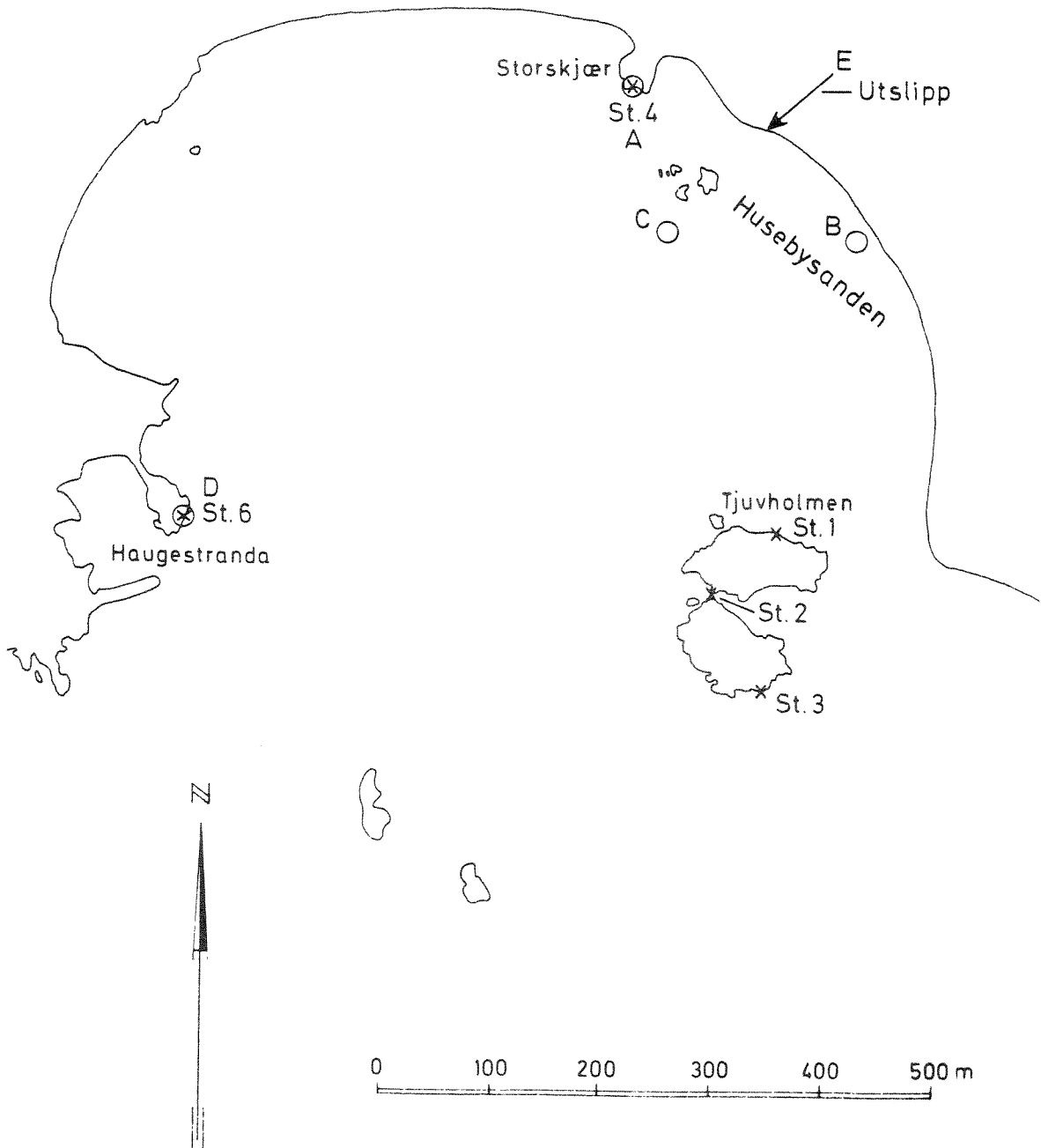
Undersøkelsesområdet med prøvetakingsstasjoner er vist på fig. 1. Fra bedriftens vannprøvestasjoner C og D er det ikke observasjoner etter 1974.



Fig.1

HUSEBYSANDEN

Stasjoner for observasjoner av biologiske forhold utenfor  
utslippet fra Lista Aluminiumsverk X  
(Bedriftens vannprövestasjoner A-E ○)



### 3. AVLØPSVANNETS OG RESIPIENTVANNETS KJEMISKE OG FYSISKE EGENSKAPER

#### 3.1 Fluorid og pH

Tabell 1 gir en oversikt over utviklingen mht. konsentrasjoner av fluorid og pH i avløpsvann og resipientvann (Rådata lagres ved bedriften og NIVA). Tallene baserer seg på månedlige stikkprøver (etter 1975). Sannsynligvis pga. blåskjellbegroing i inntaksledningene til vasketårn er avløpsvannmengden i følge nyere målinger redusert fra ca 8500 m<sup>3</sup>/time til ca 7500 m<sup>3</sup>/time som gjennomsnitt.

Tabell 1. Middelerverdier og variasjonsområde for fluoridkonsentrasjon og pH i avløpsvann og resipientvann i forskjellige perioder fra januar 1975 til desember 1982.

Tidsrom (antall obs. i avløpsvann) <sup>1)</sup>	Avløpsvann		St. A		St. B	
	pH	mg F/l	pH	mg F/l	pH	mg F/l
Jan.75-Nov. 76 <sup>2)</sup> (23 obs.)	7.0 (6.7-7.3)	4.9 (2.6-7.8)	7.8 (7.4-8.0)	2.7 (1.0-5.7)	7.95 (7.6-8.1)	1.85 (0.6-6.2)
Des.76-Nov.78 (26 obs.)	6.9 (6.3-7.2)	7.3 (3.3-12.1)	7.8 (7.5-8.1)	3.8 (1.2-9.2)	7.95 (7.5-8.2)	2.35 (1.0-6.0)
1979 (12 obs.)	6.8 (6.6-7.0)	9.4 (5.6-12.9)	7.7 (7.1-8.0)	4.8 (1.8-12.5)	7.9 (7.4-8.1)	2.8 (1.0-5.6)
1980 (12 obs.)	6.7 (6.3-7.0)	11.6 (8.2-17.3)	7.6 (6.9-8.0)	7.2 (1.4-11.9)	7.9 (7.4-8.2)	3.4 (1.3-8.9)
1981 (12 obs.)	6.8 (6.4-7.1)	11.0 (6.3-18.8)	7.7 (7.1-8.1)	4.7 (1.5-11.8)	7.95 (7.3-8.1)	2.65 (1.5-6.5)
1982 11-12 obs.) <sup>3)</sup>	6.8 <sup>3)</sup> (6.4-7.1)	10.4 (6.7-13.5)	7.7 <sup>3)</sup> (7.4-7.9)	5.3 (2.1-9.0)	7.85 <sup>3)</sup> (7.4-8.0)	2.55 (1.2-6.4)

1) Antall observasjoner i resipientvann kan være 1-2 lavere i hver periode, idet man har enkelte døgnvannprøver fra avløpsvannet.

2) Produksjonsutvidelsen i november 1976 medførte økning i avløpsvannmengden fra ca. 5600 til ca. 8500 m<sup>3</sup>/time.

3) Bare 11 observasjoner av pH på grunn av instrumentfeil i oktober.

Av tabellen ses at det siste 2-års periode har vært en svak tendens til høyere pH og lavere innhold av fluorid i avløpsvannet, jevnført med toppen i 1980. Forskjellen er imidlertid ikke statistisk signifikant. Midlere fluorkonsentrasjon i avløpsvannet var fremdeles ca. 50% høyere enn i 1977-78 og over dobbelt så høy som i 1975-76. En middelkonsentrasjon på 10-11 mg F/l i 7500 m<sup>3</sup>/s avløpsvann tilsvarer et fluortap til vannresipienten på omkring 700 tonn fluor pr. år.

Sammenlignet med 1980 var det i 1981-82 lavere gjennomsnittlig fluoridkonsentrasjon i resipientvannet. Ved t-test var imidlertid forskjellen bare signifikant lavere for st. A (nivå <0.025). Det delvis manglende samsvar mellom utviklingstendensen vurdert etter henholdsvis avløpsvannkonsentrasjoner og resipientkonsentrasjoner tyder på at observasjonsfrekvensen i resipienten er for lav under de gitte betingelser. Variasjonene i resipientens fortynnings- og spredningsforhold er så hyppige pga. vind og strøm at 12 observasjoner i året ikke gir et tilstrekkelig representativt gjennomsnitt. Konklusjonen må da bli at fluorkonsentrasjonene i resipientvannet neppe har endret seg vesentlig i 1981-82 jevnført med 1979-80. Imidlertid kan en svak nedgang ha sammenheng med noe redusert avløpsvannmengde.

Det har også fremdeles vært flere enkeltobservasjoner av fluoridkonsentrasjoner på 5-10 mg F/l. Dette er konsentrasjoner som i en del tilfeller har gitt giftvirkninger på visse arter av alger, muslinger og fisk (kfr. referanser i NIVA, 1979). 5-6 mg F/l representerer 50% avløpsvann, som ga hemning av veksten ved tidligere forsøk med planktonalger (NIVA, 1975). Det opptrer m.a.o. stadig fluorkonsentrasjoner som er så høye at de kan ha negativ innflytelse på sammensetningen av samfunnene i strandsonen.

Avløpsvannets og resipientvannets midlere pH synes i 1981-82 å ha vært uforandret fra foregående 2-års periode. Det har heller ikke forekommet ekstremverdier vesensforskjellig fra tidligere.

### 3.2 Tjærestoffer og partikulært materiale

Etter utslippsvilkårene skal døgnblandprøver av avløpsvann analyseres 2 ganger pr. år på innhold av tjærestoffer. Tabell 2 inneholder resultater av analysene på polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) for perioden 1979-1982. Man ser at konsentrasjonen av PAH (inkludert en mindre andel beslektede heterosykliske forbindelser) har variert mellom ca. 50 og ca 250 µg/l. (Rådata for observasjonene foreligger som analyseutskrifter fra SI til

bedriften. I tabell 2 er bare tatt med et utvalg av forbindelser som til sammen utgjør 75-80% av totalen og som dessuten inkluderer stoffer som er potensielt kreftfremkallende i varierende grad).

Tabell 2. Totalkonsentrasjon og utvalgte komponenter av polysykliske aromatiske hydrokarboner <sup>1)</sup> i avløpsvann fra gassvaskeanlegg, Lista Aluminiumverk, µg/l.

Steder markert svakt (\*) til sterkt(\*\*\*) kreftfremkallende egenskaper etter NAS (1972). Analysene er foretatt ved SI.

	Mai 1979	Nov. 1979	Juni 1980	Nov. 1981	Mai 1982	Nov. 1982
Phenanthrene		0.9	<0.6	9.6	0.9	1.0
Fluoranthene		3.5	1.7	44.0	2.7	6.2
Pyrene		2.3	1.1	28.0	1.9	2.8
Benzo(a)fluorene		0.8	3.5	8.2	2.1	3.3
Benzo(b)fluorene		0.8	3.4	6.3	1.4	2.4
Benzo(a)anthracene*		3.1	5.6	18.0	2.9	3.8
Benzo(c)phenanthrene***		-	<0.2	1.4	-	0.5
Chrysene/Triphenylene*		7.7	12.0	38.0	9.9	11.4
Benzo(b)fluoranthene**		5.1	6.6	22.0	-	-
Benzo(j)fluoranthene**		} 1.0	2.2	7.3	8.9	} 13.4
Benzo(k)fluoranthene			2.5	8.3	-	
Benzo(e)pyrene*		5.6	3.8	13.0	5.8	5.9
Benzo(a)pyrene***		4.6	2.5	11.0	4.5	4.1
Dibenz(a, c, og/eller a, h) anthracene*** <sup>1)</sup>		0.7	<0.2	1.2	0.9	1.4
Andre		~12.0	~7.0	~54.0	~9.0	~17.0
SUM PAH <sup>2)</sup>	179.0	48.0	52.0	268.0	51.4	73.9
Derav KPAH <sup>3)</sup>		~11.0	~11.0	~42.0	~14.0	~14.0
Prosentandel KPAH		~23	~21	~16	~27	~19

- 1) Bare dibenz (a,H) anthracene er potensielt sterkt kreftfremkallende. Regnet med 50% av angitt konsentrasjon i sum KPAH.
- 2) Inkluderer en mindre andel (<10%) av heterosykliske forbindelser.
- 3) Sum af forbindelser med moderat (\*\*) til sterkt (\*\*\*) kreftfremkallende egenskaper. Ved flere isomere med ulik cancerogenitet, er det regnet med en forholdsmessig andel av den kreftfremkallende forbindelsen.

Det ses at summen av moderat til sterkt kreftfremkallende forbindelser (merket henholdsvis med to og tre stjerner i tabell 2) utgjør omkring 15-25% av totalen.

En gjennomsnittskonsentrasjon på 100-200 µg PAH/l betyr et årlig utslipp til vann i størrelsesordenen 8-15 tonn, derav 2-3 tonn av stoffer med kreftfremkallende egenskaper.

Som også bemerket i tidligere rapporter, gir den lave observasjonsfrekvensen ingen anledning til å bedømme eventuelle variasjoner i avløpsvannets innhold av PAH med tiden.

Avløpsvannets tørrestoffinnhold har vært omtrent som i foregående periode (1979-80), dvs. ca 15 mg/l, varierende i intervallet 10-30 mg/l. Dette svarer til et årlig utslipp av faststoff på vel 1100 tonn.

### 3.3 Temperaturøkning

Temperaturregistreringene i inntaks- og avløpsvann har også gitt omlag samme resultater som før: Økning på 4-6°C fra inntak til utslipp og med maksimaltemperatur på avløpsvannet litt over 20°C.

## 4. FLUOR I ORGANISMER

Det er tidligere vist at det var statistisk signifikant høyere fluorkonsentrasjon i flere algearter og i skallet av albuskjell fra resipientområdet jevnført med de samme arter fra referanseområdet ved Havik (Knutzen, 1980; NIVA, 1981). Derimot ble det ikke påvist noen forskjell mht. fluorinnholdet i bløtdelene av albuskjell. Det er også sannsynliggjort økning i fluorinnholdet med tiden når det gjelder tang samlet fra Husebybukta.

For å anskueliggjøre utviklingen gjengis i tabell 3 de data som var utgangspunkt for den statistiske bearbeidelsen (Knutzen, 1980, se også 1981/82 observasjonene sammen med middelverdiene for observasjoner i perioden etter siste produksjonsutvidelse, tabell 4). I begge tabellene angir tallene middelverdien av 3-4 parallellanalyser på samme prøvemateriale.

Tabell 3. Middelerverdier (M), variasjonsområde (V) og strandardavvik (S) for fluorinnhold (mg/kg tørrvekt) i alger og albuskjell fra Husebybukta og Havik. Antall observasjonar i parentes. Analyser fortatt ved SINTEF.

Organismer	Tid/Sted	20/11-70 -	21/4-71 -	7/6-73 -	12/5-77 -	
		23/2-71	11/7-72 Husebybukta	1/10-76 Havik	Husebybukta	Havik
<i>Corallina officinalis</i> (Krasing)	M	841(4)	1147(4)	1156(4)	1026(4)	-
	V	648-979	1069-1279	1025-1283	938-1122	-
	S	159	91	106	92.3	-
<i>Gigartina stellata</i> (Vorteflik)		17.5(4)	8.1(4)	25.7(6)	5.5(3)	117.7(4)
		6.4-25.6	6.3-10.8	5.2-45.1	3.3-6.1	48.1-217
		8.1	2.5	15.9	1.9	73.9
<i>Ascophyllum nodosum</i> (Gristetang)		5.9(4)	3.7(4)	14.0(6)	1.3(3)	62.9(5)
		0.3-20.8	3.1-4.8	5.7-45.7	0-2.2	26.8-108.0
		9.9	0.8	15.9	1.1	29.8
<i>Fucus serratus</i> (Sagtang)		13.7(4)	9.1(4)	19.8(6)	8.2(3)	99.4(5)
		0.1-45.3	5.3-14.6	6.3-38.0	5.0-12.8	25.9-282
		21.2	3.9	11.6	4.1	103.4
<i>Laminaria digitata</i> (Fingertare)		-	6.3(4)	19.9(6)	4.8(3)	44.7(5)
		-	5.0-8.6	3.3-37.0	3.7-6.6	28.0-90.0
		-	1.6	12.8	1.6	26.7
<i>Patella vulgata</i> (Albuskjell)		-	-	72(4)	60.1 (4)	120(2)
		-	-	18-174	7-93	84-156
		-	-	70.2	40.6	50.9
<i>Patella vulgata</i> . Skall 1)		-	-	148(4)	137 (4)	176 (2)
		-	-	134-160	107-171	161-190
		-	-	11.3	21.1	20.5

1) Korrigerert verdi for Havik 7/6-73 - 1/10-76, fra middel 126 til 137 og fra variasjonsområde 107-148 til 107-171, samt standard-avvik fra 16.9 til 21.1.

Tabell 4. Fluorinnhold (mg/kg tørrvekt) i tang og albuskjell fra Hagestranda (Husebybukta) og Havik, 23/6 1981 og 9/9 1982 samt middelerverdier og variasjonsintervall for observasjonar i perioden 12/5-77 til 9/9-82. Analyser foretatt ved SINTEF.

Organismer	Hagestranda			Havik	
	1981	1982	1977-82	1981	1977-82
Vorteflik - 7(6) obs. ( <i>Gigartina stellata</i> )	105	152	182 (48-446 <sup>1</sup> )	5,7	28,6 (4,3-88,5 <sup>1</sup> )
Gristetang - 8(7) obs. ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	53,4	30,0	55,2 (27-108)	11,0	7,0 (2,6-12,2)
Sagtang - 8(7) obs. ( <i>Fucus serratus</i> )	61,3	72,0	88,8 (26-282 <sup>1</sup> )	8,8	12,3 (4,8-29,7)
Fingertare - 8(7) obs. ( <i>Laminaria digitata</i> )	25,9	22,1	48,2 (22-114)	9,7	8,1 (4,3-14,1)
Albuskjell, bløtdeler 5(4) obs. ( <i>Patella vulgata</i> )	61,8	68,6	91,4 (62-156)	42,2	81,1 (42-118)
Albuskjell, skall - 5(4) obs.	148	144	161,4 (144-190)	133	133,8 (129-136)

1) Usannsynlig verdi

Resultatene fra 1981-82 viser i likhet med tidligere ca 5-10 (2-20) ganger høyere fluorkonsentrasjoner i tang samlet ved Hagestranda i Husebybukta jevnført med konsentrasjonene i algematerialet fra Havik. For både bløtdeler og skall av albuskjell var forskjellene mindre og mer usikre i tabell 4.

Dataene fra de to siste år viser også den delvis betydelige variasjon som kan være fra én prøveinnsamling til den neste.

De store variasjonene tatt i betraktning, er det rimelig samsvar mellom resultatene fra 1981-82 og tidligere data.

Siden siste rapport (NIVA, 1981) er det, såvidt det har latt seg konstatere ved dekning av de fleste aktuelle tidsskrifter, ikke publisert vesentlige resultater fra undersøkelser over opptak og utskillelse av fluor i marine organismer. Dette er følgelig fremdeles et i stor grad udekket forskningsområde. Hocking et al. (1980) registrerte overkonsentrasjoner i vann og alger i et estuarområde belastet med fluorutslipp fra aluminiumsverk, dessuten høyt fluorinnhold i tanglopper. Høyeste og laveste konsentrasjonene i Fucus distichus (nær beslektet med blæretang) var 62 og 18 mg F/kg tørrvekt, henholdsvis 150 og 500 m fra utslippspunktet. Det nevnes imidlertid intet om normalkonsentrasjoner i tang, og det er heller ingen henvisninger til andre arbeider i denne forbindelse.

Istedenfor Havik ble det i 1982 benyttet Litlerauna som referansestasjon. Dette stedet ligger vel 10 km NV for Husebybukta, mens Havik bare ligger ca 3 km unna. Resultatene av fluoranalyser på materialet fra Litlerauna var (mg F/kg tørrvekt):

Vorteflik	: 15,5
Grisetang	: 4,8
Sagtang	: 9,7
Fingertare	: 9,5
Albuskjell, bløtdeler	: 71,3
Albuskjell, skall	: 132

Det ses at dette er temmelig likt middelkonsentrasjonene i de samme arter samlet ved Havik. Det er også usannsynlig at fluoridutslippet skal kunne påvirke vannets fluorkonsentrasjon så langt unna som Havik. (Derimot er det for PAH's vedkommende mer påkrevet å benytte en fjernere referansestasjon

fordi PAH, i motsetning til fluorid, mest vil være knyttet til svevende sotpartikler. Disse vil mer eller mindre befinne seg i de øverste cm av overflatevannet og belaste fjærebeltets organismer vesentlig lenger fra en kilde).

#### 5. POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH) I ORGANISMER

I tabell 5 er det gitt et utdrag og sammendrag av de PAH-analyser som foreligger fra kontrollundersøkelsen. Fullstendige data foreligger som analyseutskrifter på NIVA. Etter innledende orienterende analyser, ble det funnet tilstrekkelig for overvåkingsformål å følge PAH-konsentrasjonen i albuskjell.

Av tabell 5 ses at det har vært registrert noe varierende konsentrasjoner fra år til år, stort sett i området 100-150 mg PAH pr. kg tørt materiale. Med et antatt normalinnhold fra diffus belastning på 0,5-1,0 mg/kg, representerer nivået i Husebybuktas albuskjell overkonsentrasjoner på i hvert fall 100-200 ganger.

1981-verdien for PAH i albuskjell fra Havik bekrefter at dette området etter all sannsynlighet er belastet med PAH fra aluminiumsverket. Overkonsentrasjonene har vært ca 10-20 x "normalnivået".

I erkjennelse av at Havik ikke var egnet som referansestasjon, ble det i 1980 og 1981 også samlet inn skjell fra Snekkestø ytterst i Fedafjorden. Som man ser av tabell 5, lå imidlertid PAH-konsentrasjonen også her noe over det generelle bakgrunnsnivå. Det er tidligere fremsatt den antagelse at dette kan henge sammen med påvirkning fra Øye Smelteverk innerst i denne fjorden. Da kartlegging av PAH-forurensninger fra denne bedriften ikke er gjort, er det foreløpig ikke noe ytterligere belegg for påstanden utover erfaringer fra akkumulering i skjell i stor avstand fra tilsvarende utslipp.

Det er bemerkelsesverdig at de potensielt kreftfremkallende forbindelsene utgjør en betydelig mindre andel av total-PAH i albuskjell enn i avløpsvann - mindre enn 5% mot 15-25% målt i avløpsvannet.



Tabell 5. Ca konsentrasjon av total-PAH, sum av moderat til sterkt kreftfremkallende forbindelser (KPAH <sup>1)</sup>) og benzo(a)pyrene i organismer fra Husebybukta (v/ Tjuvholmen), Havik og Snekkestø 1978-1982. Konsentrasjoner i µg/kg tørrvekt.

Sted/art	Total-PAH			KPAH <sup>1)</sup>			B(a)P					
	1978	1980	1981	1982	1978	1980	1981	1982	1978	1980	1981	1982
HUSEBYBUKTA	141800-				1800-				300-			
Albuskje11	175500	51100	150800	103800	2900	2400	5200	4300	400	370	900	150
Grisetang	122800	48900			3400	1400			650	200		
Blåretang	138800				2700				700			
HAVIK	7800				45-							
Albuskje11	15500	5900	9200		220	220	150		30	55	-	
Grisetang	2200	3700			90	60			-	-		
Blåretang	280				75				-			
SNEKKESTØ												
Albuskje11		4600	2000			60	70			-	-	
Grisetang		400				-				-		

1) KPAH = sum konsentrasjonene av benzo(c)phenanthrene, benzo(b)fluoranthene, 50% av benzo(j,k)fluoranthene og benzo(a)pyrene. (En enkelt høy konsentrasjon av dibenz(a,h)anthracene (8% av total-PAH i albuskje11 fra Husebybukta i 1980) er ikke medregnet.

En nærmere sammenligning av PAH-sammensetningen i vann og skjell viser en betydelig relativ anrikning i skjell av forholdsmessig lettløselige forbindelser (phenanthrene, fluoranthene og pyrene). Mens mengdeforholdet mellom denne gruppen av stoffer og en gruppe av mer tungtløselige forbindelser (benzo(c)anthracene, benzofluoranthener og benzopyrener) i spillvannet i middel 1979-1982 var ca 1:3, var det tilsvarende forhold i skjell fra Husebybukta mer enn 6:1. En slik relativ anrikning på de mer løselige av PAH-forbindelser er ikke funnet i andre hvirvelløse dyr belastet med tilsvarende avløpsvann (Vefsnfjorden, kfr. NIVA, 1981b). Denne forskjell mellom ulike arter gjenspeiler formodentlig at deres akkumuleringsegenskaper bl.a. beror på forskjellig levevis.

## 6. OBSERVASJONER I STRANDSONEN

### 6.1 Resultater og diskusjon

Tidligere observasjoner har vist en negativ utvikling av livet i strandsonen på de utslippsnærmeste stasjonene, særlig st. 4 Storskjær (fig. 1), men også på st. 1, I Tjuvholmen og st. 2 Tjuvholmeidet (NIVA, 1972, 1973, 1975, 1979, 1981). Denne negative utvikling har tatt form av at enkelte arter har forsvunnet og andre har fått tydelig redusert forekomst. Effekten har ikke latt seg knytte til en bestemt faktor; snarere til den kombinasjon av fysiske og kjemiske påkjenninger som avløpsstrømmen representerer, herunder episodisk større belastning enn til vanlig.

Undersøkelsene er fra og med 1980 utført som en dykkerbefaring pga. dårlig erfaring med observasjon og innsamling fra land ved høye bølger og/eller regn. Forøvrig er det fulgt samme fremgangsmåte som tidligere, med en subjektiv skala for relativ mengdemessig forekomst:

- 5 : Dominerende
- 4 : Hyppig
- 3 : Vanlig
- 2 : Sparsom
- 1 : Sjelden
- + : Forekommer

De prinsipielle innvendingene man kan ha mot et så enkelt opplegg er redegjort for i forrige rapport (NIVA, 1981) og vil ikke bli nærmere berørt her.

Resultatene er dels gitt i tabell 6, som viser alle registrerte arter med anslått mengdemessig betydning, dels presentert i fig. 2 og fig. 3. Fig. 2 viser fordelingen med hensyn til antall arter av rødalger, brunalger og grønnalger, mens fig. 3 anskueliggjør utviklingen i samfunnenes sammensetning siden undersøkelsene startet i 1970. Fremstillingen omfatter bare de mest fremtredende artene, og en del forutsetninger for figuren er ellers gitt i NIVA (1981).

Situasjonen i 1981-82 har bragt lite nytt i forhold til den utvikling og tilstand som er beskrevet tidligere og skissert i innledningen til dette kapittel. Foringelsen av samfunnene er tydelig på st. 4 Storskjør og st. 1 I. Tjuvholmen, der det nå synes å være en stabil situasjon med dominans av blågrønnalger og grønnalger, og forøvrig særmerket ved fravær av strand-snegl (forbehold for st. 1), større brunalger (tang og tare) og skorpeformede rødalger. I denne forbindelse kan man merke seg at i 1981 og 1982 var også grisetang og fingertare forsvunnet fra st. 1 (kfr. Ascophyllum nodosum og Laminaria digitata i tabell 1).

Mer eller mindre det samme fattige samfunn som på stasjonene 1 og 4 gjenfinnes på st. 2 Tjuvholmeidet.

For de to fjerneste stasjonenes vedkommende er det visse tegn i negativ retning på stasjon 6. Slett rugl (Phymatolithon) har ikke vært observert på flere år og blæretang (Fucus vesiculosus) var ikke til stede annet enn innenfor moloen de to siste undersøkelsesårene.

Når det gjelder å forklare sammenhengen med de ulike belastningsformer som utslippet gir opphav til, er det beskjedent med nye resultater fra andre undersøkelser som kan bidra til å kaste lys over forholdet. Det er imidlertid kommet enda en bekreftelse på at PAH-komponenter kan ha subletale <sup>1)</sup> virkninger i aktuelle konsentrasjoner. Hose et al. (1983) har bl.a. påvist utviklingsforstyrrelser hos larver av sjøpinnsvin ved konsentrasjoner av benzo(a)pyrene ned til 1 µg/l og effekter på celledeling ned til 0,5 µg B(a)P pr. l. Av tabell 2 ses at det kreves en fortykning av avløpsvannet på ca 10 x for å komme under en slik konsentrasjon bare for B(a)P. Skal man

---

1) Virkninger som ikke leder til individets død, men f.eks. hemmer vekst, formering, o.a.

Tabell 6. Organismer i strandsonen ned til ca 1 m dyp, Husebysanden, Lista, 15.-16.09.81 og 06.-07.09.82.

STASJONER ORGANISMER	St. 1 1. Tjuvholmen		St. 2 Tjuvholmeidet 1)		St. 3 Y. Tjuvholmen		St. 4 Storskjør		St. 6 Haugestranda	
	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982	1981	1982
<b>LICHENES (LAV)</b>										
Anaptychia fusca	3	3			3	4		+	+	+
Caloplaca cf. marina	3	3		2/3	3	3	2/3	2/3	3	3
Lecanora atra	3/4	4			4	4		2	3	+
Ramalina siliquosa	3	3		2/3	4	4			3	2/3
Rhizocarpon geographicum	3	3				2/3			+	+
Verrucaria maura	3	2/3		2/3	4	3	3	2/3	4	3/4
Xanthoria parietina	4	4		2	4	4	3	3	4	4
<b>CYANOPHYCEAE (BLAGRØNNALGER)</b>										
Calothrix scopulorum	3	2			3/4	2	+		4	3
Cf. Chroococcus minutus	+									
Gloeocapsa crepidinum	1						+		2	2
Lyngbya confervoides	4	3	4		3		3/4	+	4	
L. lutea							4	3		
L. cf. semiplena							3			
Microcystis aeruginosa										
var. minutus										
Oscillatoria nigrovirdis	+					+				
Phormidium sp.						+				
P. fragile	3		3		3				3/4	
P. cf. minutum										
Plectonema battersii	2	2	3		1	2		2	3	3
P. norvegicum		1			2/3	1		2/3		2
Div. uident.				4						
<b>RHODOPHYCEAE (RØDALGER)</b>										
Acrochaetium sp.						2		2		
A. cf. daviesii	3				2/3		3		+	
A. cf. virgatulum			2							
Ahnfeltia plicata	2	2/3		2/3	2/3	2/3			3	2/3
Bonnemaisonia hamifera,										
tetrasprofytt	3/4	3			4	4	3		3	3
Callithamnion sp										+
Ceramium cf. fruticulosum						+				
C. rubrum						3			4	3
Chondrus crispus	1	2		+	2/3	3			3	3
Corallina officinalis					2	2				
Erythrotrichia carnea						+				
Furcellaria lumbricalis						?				
Gigartina stellata	2	+		+	3	+	3	1/2	3	+
Hildenbrandia prototypus					3	2			2/3	? 4)
Phycodrys rubens					1					
Phyllophora pseudoceranoides		+				+				
Phymatolithon lenormandii					2/3	2			+	2/3
" " døde?									3	
Plumaria elegans						+				
Polyides rotundus						?				
Porphyra umbilicalis					3	2	2		2	1
<b>PHAEOPHYCEAE (BRUNALGER)</b>										
Ascophyllum nodosum					2	2			2 <sup>3)</sup>	
Ectocarpus cf. fasciculatus	4		3/4		3		2		3	
E. cf. siliculosus	3				3			+		3
Fucus serratus			2	2	3	4			3	3 <sup>3)</sup>
F. vesiculosus					3	2/3			1/2 <sup>3)</sup>	+
Halidrys siliquosa										
Laminaria digitata					3	3/4			3/4	4
L. saccharina					3	2			+	
Laminaria kimplanter										
Pilayella littoralis										
Uident. trådf.						+				
<b>CHLOROPHYCEAE (GRØNNALGER)</b>										
Chaetomorpha melagonium								+		
Cladophora cf. rupestris	4	3	2/3	+	4	3	3	2	4	3
C. cf. sericea			+		+					
Enteromorpha spp				4/5						
E. intestinalis gr. 2)	4	4	4		4	4	3	4	4	4
Rhizoclonium implexum	3							+		
Ulothrix spp		4						+		
U. cf. pseudoflacca										2
U. cf. subflaccida							2/3		+	
Ulva lactuca	4	3	2 2	3	3	4	4	3	4	4
Urospora penicilliformis					4	4		+	+	2
U. wormskioldii								+		
<b>BACILLARIOPHYCEAE (DIATOMER)</b>										
Fragilaria sp	3		2		3			+	3	
Grammatophora sp	+									
Licmophora sp	3		3		3		3		2	
Cf. Tabellaria sp	+								3	
Schizonekastadium									2	
Div. uident.	+	3		3		4	+	3		3
<b>FAUNA (DIV. DYR)</b>										
Carcinus maenas								+	+	
Littorina sp				+						
L. littorea					2/3	3			+	2 <sup>3)</sup>
L. saxatilis	2/3	2			4	3			2/3	2
Patella vulgata					3	2			1	

- 1) Bare notert viktigste algearter
- 2) Omfatter både E. cf. intestinalis og E. cf. compressa
- 3) Bare øst for molo (inne i havnen)
- 4) Sannsynligvis til stede, men oversett.

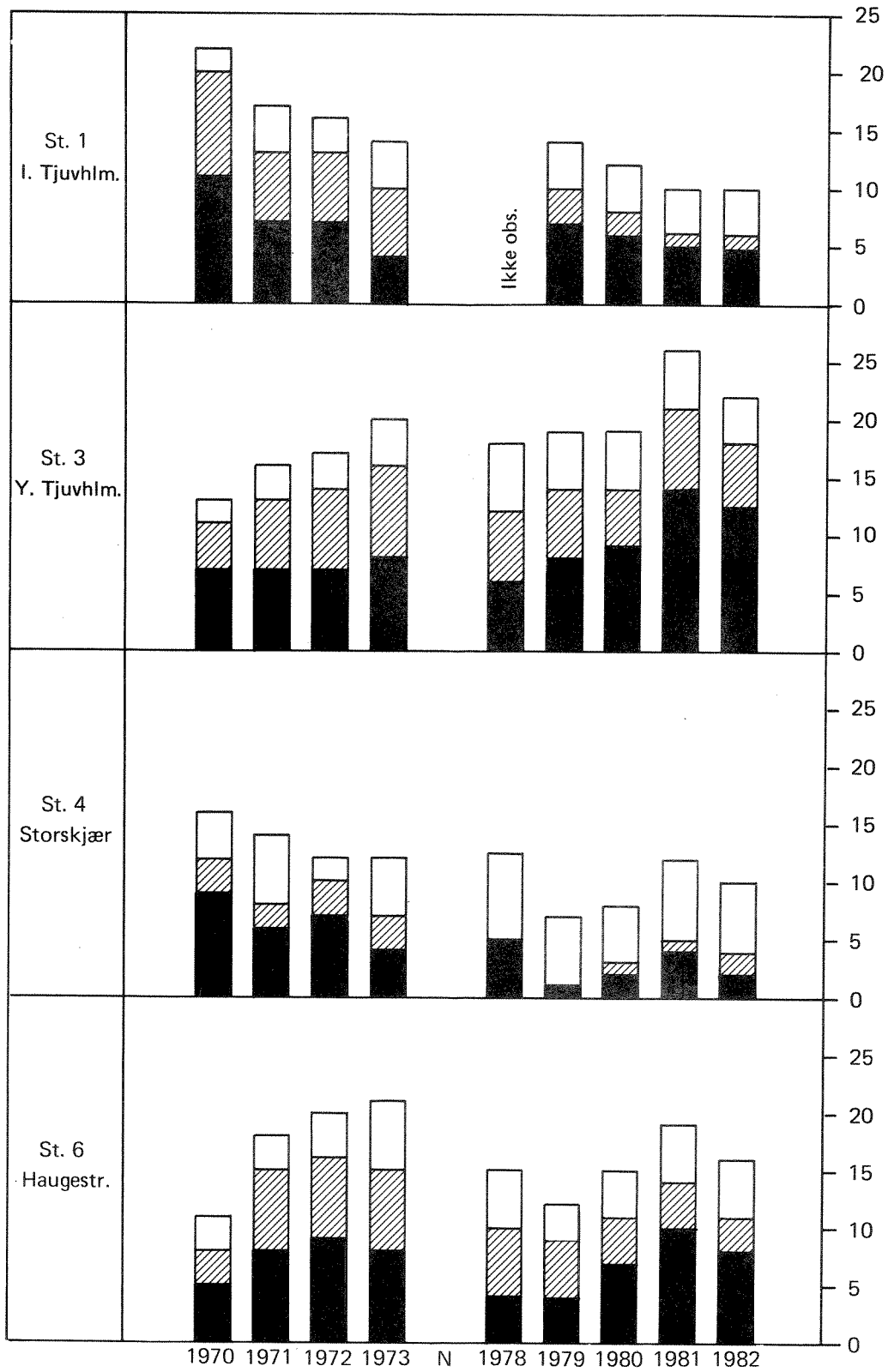



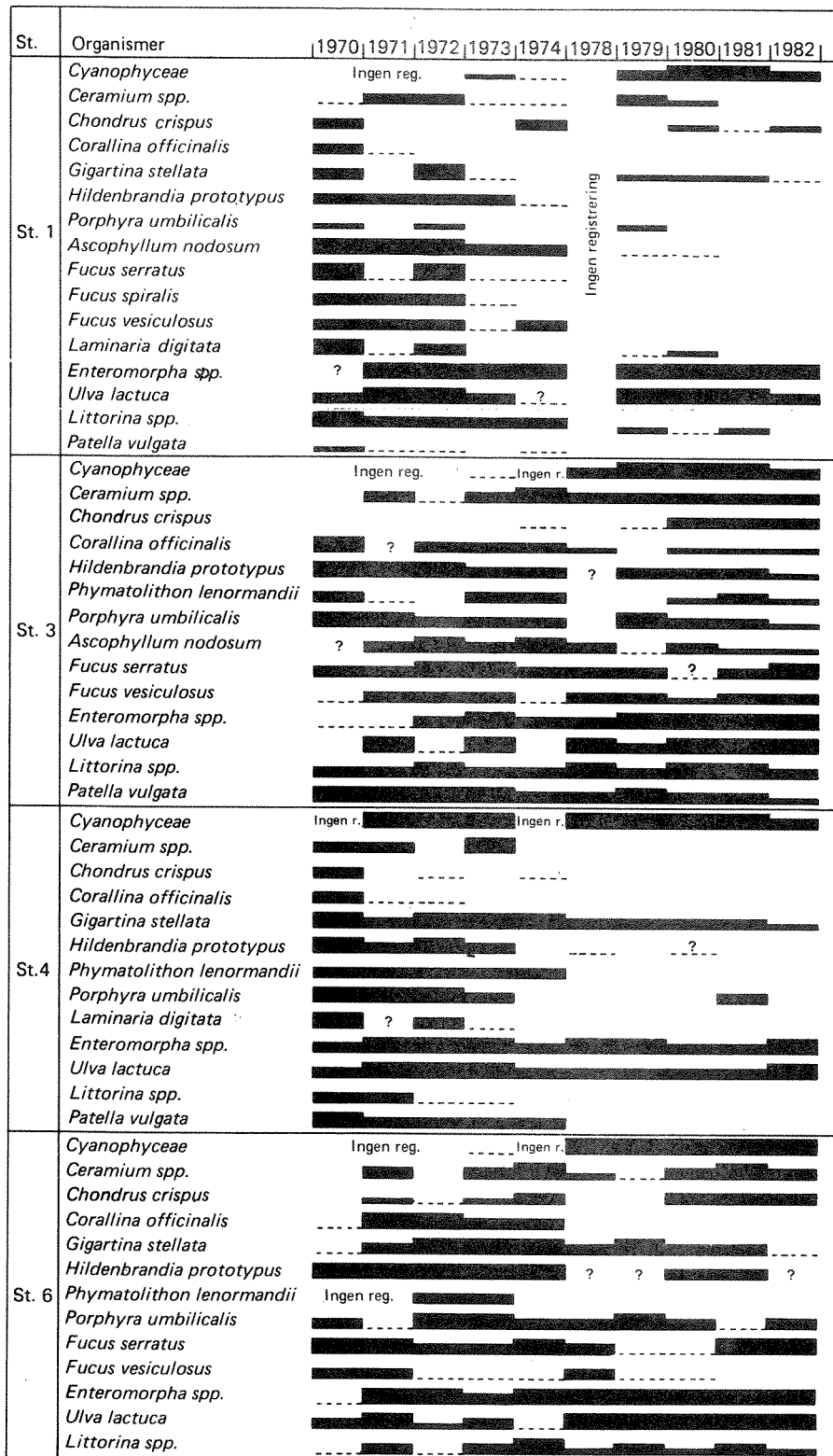


Fig. 2 Antall arter av grønnalger  , brunalger  og rødalger  på ulike stasjoner.



5/4: [Barer] 3: [Barer] 2: [Barer] 1/+ : [Barer] ? : Usikker observasjon

Fig. 3 Forekomst 1970–1982 av utvalgte arter og organismegrupper fra fra Husebysanden, Lista. Subjektiv mengde skala (kfr. tekst).

gardere seg mot sumeffekter av stoffer med tilsvarende egenskaper, kreves ytterligere 2-5 gangers fortynning. Dette er betydelig over det som er tilfellet, i hvert fall for de utslippsnærmeste stasjonene (kfr. resipientkonsentrasjonene av fluorid). Følgelig er det sannsynlig at strandens flora og fauna stadig utsettes for biologisk uheldige konsentrasjoner av B(a)P og andre PAH-forbindelser.

Som påpekt i foregående rapporter (NIVA, 1979, 1981) kan også de moderat forhøyede fluoridkonsentrasjonene bidra til den negative virkning på strand-samfunnene. I den senere tid har Pankhurst et al. (1980) og Connell og Airey (1982) påvist at grensen for negative effekter på krepsdyrene Artemia salina og Grandidierelle spp. ligger ned mot 4-5 mg F/l. Tester med natriumfluorid på muslinger, fisk og krepsdyr ga derimot ingen økt dødelighet ved konsentrasjoner opp til 100 mg F/l (Pankhurst et al. 1980).

Hocking et al. (1980) fant negative effekter på fastsittende dyr i fjærebeltet inntil 3-400 m fra et fluoridholdig avløpsvann på tross av så god fortynning i resipienten at overkonsentrasjoner av fluorid i vann ikke ble påvist lenger vekk enn 20 m fra utslippet.

## 6.2 Vurdering av arbeidets videreføring

Spørsmålet om formålstjenligheten av å videreføre undersøkelsene i sin nåværende form må vurderes under to synsvinkler:

- Sannsynligheten for en fortsatt utvikling i resipientområdets forurensningstilstand.
- Muligheten for å forklare årsakssammenhengen ved mer konkret å knytte en eller flere påkjenningsfaktorer til de observerte effekter.

De nevnte tegn på dårligere forhold på st. 6 Haugestranda kan sies å berettige til fortsatt overvåking. Om enn indikasjonene er svake, åpner observasjonene for muligheten av at uendret belastning med tiden vil gi tilsvarende utvikling som konstatert på Storskjær og Indre Tjuvholmen.

Hvis det er utsikter til minsket belastning ved prosess- eller rensetekniske tiltak, kan også dette begrunne fortsatte undersøkelser. Hensikten vil da være å se om og hvor hurtig man kan oppnå en restaurering av samfunnene på de utsatte strandlokaliteter.

Mulighetene for nærmere belysning av årsakssammenhenger kan man derimot se bort fra ved det eksisterende, enkle undersøkelsesopplegg. Dette innebærer også at mulighetene for å forutsi virkninger av økt eller minsket belastning er begrenset av manglende kunnskaper. Heller ikke i utlandet er det de to siste år publisert undersøkelser som bidrar noe vesentlig til bedre å forstå konsekvensene av gassvaskeutslipp fra smelteverk. I prinsippet er det samme behov for omfattende studier av den art som det tidligere er anbefalt, og at aluminiumsindustrien tar initiativ til å få det gjennomført (NIVA, 1981). En skisse til et slikt program er også fremlagt for NTNØ Utvalg for miljøgifter.



## 7. HENVISNINGER OG TIDLIGERE RAPPORTER

- Connell, A.D. og Airey, D.D., 1982. The chronic effects of fluoride on the estuarine amphipods Grandidierella lutosa and G. lignorum. Water Res. 16: 1313-1317.
- Hocking, M.B., Hocking, D. og Smyth, T.A., 1980. Fluoride distribution and dispersion processes about an industrial point source in a forested coastal zone. Water, Air and Soil Pollut. 14: 133-157.
- Hose, J.E., Puffer, H.W., Oshida, P.S. og Bay, S.M. 1983. Developmental and cytogenetic abnormalities induced in the purple sea urchin by environmental levels of benzo(a)pyrene. Arch. Environm. Contam. Toxicol. 12: 319-325.
- Knutzen, J., 1980. Effekter av fluorid og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra et aluminiumsverk med sjøvannsvasking av røykgasser S. 69-76 i K. Pedersen (red.) Norsk institutt for vannforskning. Årbok 1979. Oslo, 109 s.
- Pankhurst, N.W., Boyden, C.R. og Wilson, J.B., 1980. The effect of a fluoride effluent on marine organisms. Environ. Pollut. (Series A) 23:299-312.
- NAS (National Academy of Sciences 1972. Particulate Polycyclic Organic Matter. Washington DC, 361 s.
- Norsk institutt for vannforskning: 0-18/68. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk.
- Undersøkelse av biologiske forhold ved Husebysanden 1970-71. April 1972, 25 s.
  - Kontrollundersøkelser 1972-73. Juli 1973, 13 s.
  - Kontrollundersøkelser 1973-74. 28. mai 1975, 48 s.
  - Kontrollundersøkelser 1975-78. 15. mai 1979, 28 s.
  - Kontrollundersøkelser 1979-80. 20. mai 1981, 21 s.
- NIVA, 1981. 0-76149. Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen Aluminiumsverk. Rapport 1. Undersøkelser 1978-1980. 2. juli 1981. 175 s. (Prosjektleder L. Kirkerud).