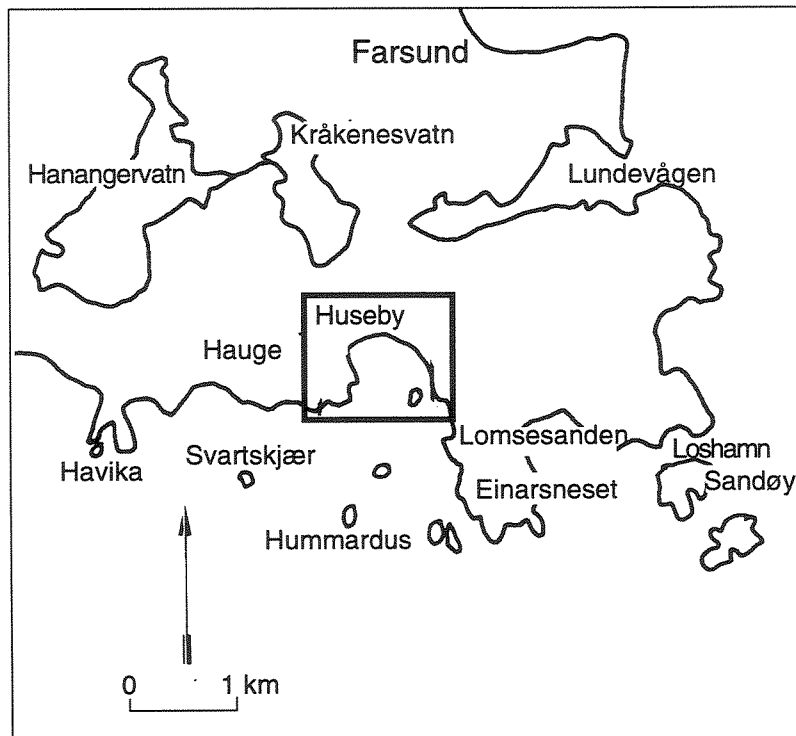


RAPPORT LNR 3474-96

Overvåking av
resipienten til
Elkem Aluminium Lista
ANS 1995.



O-95136

Overvåking av resipienten til

Elkem Aluminium Lista ANS

1995

Grimstad, 12. mai 1995

Prosjektleder: Tone Jacobsen

Medarbeidere: Lasse Berglind

Asbjørn Berntsen (Elkem LAum.)

Unni Efraimsen

Jarle Håvardstun

Jon Knutzen

Mette C. Lie

Kristoffer Næs

Knut Opdal (Teknometri as)

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

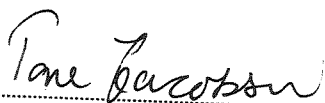
Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium Lista ANS. 1995.	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
Forfatter(e) Jacobsen, Tone Næs, Kristoffer Opdal, Knut (Teknometri as)	Fagområde	Distribusjon
	Geografisk område	Trykket
	Vest-Agder	NIVA
	O-95136	40

Oppdragsgiver(e) Elkem Aluminium ANS, Lista	Oppdragsreferanse 81282
--	----------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten omfatter undersøkelser av polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i strandsnegl (<i>Littorina littorea</i>), blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>) og sedimenter, samt undersøkelser av planter og dyr på grunt vann. Undersøkelsen er en oppfølging av tidligere undersøkelser i Husebybukta på Lista, og hadde som formål å gi en oppdatering av tilstanden. Strandsnegl og blåskjell fra Husebybukta hadde overkonsentrasjoner av PAH i størrelsesorden 100-300 ganger. Innholdet var redusert med ca. 45% siden 1990, men på grunn av store variasjoner i datamaterialet var ikke nedgangen signifikant (95% nivå). Ifølge opplysninger om utslippsmengder, er utslippene av PAH redusert med ca. 70% siden 1990. Gruntvannssamfunnet viste dårlig tilstand nær utslippet, og god tilstand på de ytre stasjonene. Dette er i likhet med tidligere år. Gruntvannssamfunnet har hatt en jevn økning i antall arter fra 1980, men er ikke vesentlig endret siden 1990.</p>

Fire norske emneord 1. Lista 2. PAH i organismer 3. Aluminiumsverk 4. Marin økologi	Fire engelske emneord 1. Lista 2. PAH in organisms 3. Aluminium smelter 4. Marine ecology
---	---



Tone Jacobsen

Prosjektleder

ISBN 82-577-XXXX-X



Bjørn Braaten

Forskningsjef

Forord

Den foreliggende rapporten er utført av NIVA på oppdrag fra Elkem Aluminium Lista ANS. Rapporten er en oppfølging av tidligere undersøkelser av forholdene i Husebybukta og på referansestasjoner.

Undersøkelsen omfatter målinger av PAH i strandsnegl, blåskjell og sedimenter, samt undersøkelse av fastsittende alger og dyr på grunt vann.

Feltinnsamlingene er foretatt av Kristoffer Næs, Asbjørn Berntsen (Elkem Aluminium Lista ANS) og Tone Jacobsen. Blåskjell og strandsnegl er opparbeidet av Jarle Håvardstun og Mette C. Lie, mens kornfordeling i sedimentene er gjennomført av Unni Efraimsen. PAH-analysene er foretatt av Lasse Berglind. Kristoffer Næs og Jon Knutzen har bidratt med vurderinger av resultater. Knut Opdal (Teknometri as) har gjort statistiske analyser. Tone Jacobsen har vært prosjektansvarlig.

Kontaktperson ved oppdragsgiver har vært Oddvar Røyseland.

*Tone Jacobsen
Prosjektleder*

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	5
1.1 BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN	5
1.2 FORURENSNINGSTILFØRSLER	5
1.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER	5
1.4 FORMÅL OG INNHOLD	6
2. PAH I STRANDSNEGL, BLÅSKJELL OG SEDIMENTER	7
2.1 METODER	7
2.2 RESULTATER.....	9
2.2.1 <i>Strandsnegl (Littorina littorea)</i>	9
2.2.2 <i>Blåskjell (Mytilus edulis)</i>	15
2.2.3 <i>Sedimenter</i>	16
3. UNDERSØKELSER I STRANDSONEN	17
3.1 METODER	17
3.1.1 <i>Feltinnsamling</i>	17
3.1.2 <i>Tallbehandling</i>	18
3.2 RESULTATER.....	19
3.2.1 <i>Dagens situasjon</i>	19
3.2.2 <i>Sammenligninger med tidligere undersøkelser</i>	23
3.3 SAMMENFATTENDE VURDERINGER AV GRUNTVANNSUNDERSØKELSEN	26
4. FORSLAG TIL OVERVÅKINGSSTRATEGI	27
5. REFERANSER	30
6. VEDLEGG	32

Konklusjoner

Undersøkelsen av resipienten til Elkem Aluminium Lista ANS har omfattet analyse av PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og sedimenter, samt undersøkelse av planter og dyr på grunt vann. Innsamlingen av materiale for PAH-analyser ble foretatt i juni, august og november. Gruntvannsundersøkelsen ble foretatt i august.

Analysene viste høye PAH-konsentrasjoner i strandsnegl og blåskjell fra Husebybukta. Konsentrasjonene i strandsnegl var 100-280 ganger bakgrunnsverdi, og i blåskjell 200-300 ganger bakgrunnsverdi. I sandige sedimenter var konsentrasjonen lav (fra bakgrunnsnivå til 3 ganger bakgrunnsverdi).

Ved Havik, 3 km fra utslippsstedet, var PAH-konsentrasjonen i strandsnegl 1,3 - 5 ganger bakgrunnsverdi, og ved Litlerauna var konsentrasjonene på bakgrunnsnivå. Regresjonsanalyse av foreliggende samt tidligere data viser at aluminiumverket ikke har påviselige effekter på steder som ligger i større avstand enn ca. 10 km fra utslippet.

Undersøkelsen har vist at PAH-innholdet i strandsnegl i 1995 var 45% lavere enn i perioden 1985-1989, men på grunn av store årlige variasjoner var ikke forskjellen signifikant (95% nivå).

Gruntvannsamfunnet viste dårlig tilstand på Storskjær i Husebybukta. Forholdene er trolig et resultat av både sandslitasje og effekter av utslippet. Indre Tjuvholmen viste også noe redusert tilstand i gruntvannssamfunnet, mens forholdene på Ytre Tjuvholmen var gode. Resultatene fra 1995 viser samme tendens som de tidligere undersøkelsene, dvs. økende antall arter med økende avstand til utslippet og økende bølgeeksponering. Indre Tjuvholmen har hatt signifikant økning i antall arter fra 1980 til 1995. Det har ikke vært større endringer i artssammensetning eller artsantall etter 1990.

Ved overvåking av PAH-innhold i indikatororganismer som følge av reduksjoner i utslippene, anbefales det å prøveta strandsnegler fra én stasjon 10 ganger i løpet av et år. Undersøkelsesopplegget vil med 95% sannsynlighet kunne oppdage en reduksjon på 25% i PAH-innholdet i strandsnegl.

En eventuell undersøkelse av effekter på gruntvannssamfunn bør foretas tidligst 3-5 år etter utslippsreduksjoner. Det vil gi organismesamfunnet tid til å reetablere seg. Undersøkelsen må foretas minst to år på rad.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Avløpsvann fra Elkem Aluminium Lista ANS blir ført til Husebybukta på Lista. Utslipppet går ut i strandsonen, og inneholder bl.a. fluorid og tjærestoffer (PAH).

Tidligere undersøkelser har vist høye konsentrasjoner av PAH i strandsnegl og blåskjell, og moderate økologiske skader på gruntvannssamfunn i Husebybukta.

Elkem Aluminium Lista ANS er pålagt av SFT (Statens forurensningstilsyn) å redusere sine utslipp av PAH, og å overvåke resipienten. Bedriften ba NIVA gjennomføre et undersøkelsesprogram som beskriver tilstanden i Husebybukta etter at utslippene er redusert de siste årene, men før utslippspunktet ble flyttet til utsiden av Storskjær i desember 1995. Undersøkelsen skulle også danne grunnlag for videre overvåking. Forslag til undersøkelsesprogram ble oversendt bedriften 22. mai 1995.

1.2 Forurensningstilførsler

Ifølge bedriften var utslippene av PAH til vann i størrelsesorden 9500 kg/år i perioden 1981-1989 (beregnet som 20% av toulenløslig materiale). Etter 1990 er imidlertid utslippene redusert med ca. 70% (til ca. 2600 kg/år), og bedriften påregner å redusere utslippene med hele 90% i perioden 1990 til 2000. Reduksjonen er et resultat av innstallering av nytt utstyr, ombygginger og prosessforbedringer.

I de tidligere undersøkelsene av resipienten er det brukt beregninger som viste utslipp i størrelsen 0,5 - 3 tonn PAH pr. år. Beregningene ble gjort fra døgnblandprøver av avløpsvann (Knutzen 1991).

1.3 Tidligere undersøkelser

Det foreligger undersøkelser av Husebybukta fra begynnelsen av 1970-årene og frem til idag. En førundersøkelse av organismsamfunnet på grunt vann ble foretatt i 1970. Den ble fulgt opp med årlige undersøkelser i periodene 1970 - 1974 og 1979 - 1990. Undersøkelsene har vist moderate, men stabile økologiske skader på gruntvannssamfunnet.

Fra og med 1978 ble analyser av PAH og fluorid inkludert i kontrollundersøkelsene av resipienten. PAH ble målt i albuesnegl (*Patella vulgata*), mens fluorid primært ble målt i tang (*Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* og *Laminaria digitata*). Det foreligger også enkelte analyser av fluor i vorteflik (*Mastocarpus stellatus*), krasing (*Corallina officinalis*) og albusnegl (*Patella vulgata*). I 1985 ble albuesnegl erstattet av strandsnegl (*Littorina littorea*) som indikatororganisme for PAH, på grunn av stadig minkende forekomst av albusnegl på stasjonene. Albusnegl har i den senere tid vært fraværende langs hele Skagerakkysten, og kun forekommet i reduserte mengder i de vestlige deler av Skagerrak-kysten. Strandsnegl/albuesnegl ble samlet inn fra tre faste stasjoner med ulik avstand til utslippet (Tjuvholmen, Havik og Litlerauga).

Blåskjell fra Litlerauna og Tjuvholmen ble analysert for PAH i hhv. 1986 og 1989. Det foreligger også analyse av PAH i krabber fra 1988.

Undersøkelsene er rapportert i følgende rapporter: Knutzen 1973, 1979, 1981, 1983, 1985, 1987a, b, 1989, 1991, Knutzen og Arnesen 1975, Knutzen og Rueness 1972.

Oversikt over undersøkelsene er gitt i vedlegg A.

1.4 Formål og innhold

Den foreliggende undersøkelsen er en oppfølging av de tidligere undersøkelsene i resipientområdet for Elkem Aluminium Lista ANS, men er gjennomført med noe hyppigere målinger enn tidligere.

Undersøkelsen har hatt to hovedformål. Den skal:

- *gi en oppdatering av tilstanden i området*
- *danne grunnlag for å overvåke forandring i miljøtilstanden som følge av reduksjoner i utslippene*

Elementer som inngår i undersøkelsen er:

- *analyse av PAH i blåskjell, strandsnegl og sedimenter*
- *undersøkelse av planter og dyr på grunt vann*
- *anbefalinger ved videre prøvetaking*

2. PAH i strandsnegl, blåskjell og sedimenter

2.1 Metoder

Det ble foretatt analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i strandsnegl (*Littorina littorea*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og i bunnsedimenter fra Husebybukta og kontrollstasjoner. Oversikt over innsamlings- og analyseprogrammet er gitt i Tabell 1, og stasjonsplasseringen er gitt i Figur 1.

Strandsnegl ble samlet inn fra Ytre Tjuvholmen, Haugestranda, Havik og Litlerauna den 20. juni, 30. august og 7. november 1995. De fire stasjonene ligger i forskjellig avstand til aluminiumsverket. Ytre Tjuvholmen og Haugestranda ligger i Husebybukta der avløpsvannet har sitt utløp, mens Havik og Litlerauna ligger hhv. 3 km og 10 km fra utslippsstedet. Analysene er gjort på blandprøver av 100 snegl. Bortsett fra Haugestranda er alle stasjonene prøvetatt tidligere.

I statistiske analyser (programmet StatGrafics) av PAH i strandsnegl er det benyttet data fra tilsammen 27 prøver i tidsrommet 1985 - 1995. Prøvene fra perioden 1985-1990 ble samlet inn én gang pr. år i september måned fra 3 forskjellige stasjoner, mens i 1995 ble det samlet inn 3 målinger fra hver av de 4 stasjonene (se Vedlegg A).

Blåskjell med størrelse 4-6 cm ble samlet inn ved Arendal (58°25.5 N, 8°46.9 E) og fraktet til Lista for utsetting. Skjellene ble plassert i blåskjellstrømper á 50 skjell og festet til en blåse plassert på innsiden av indre Tjuvholmen. To innsamlinger ble foretatt hhv. 10 og 20 uker etter utsetting, i tillegg til en referanseprøve fra det innsamlede materialet fra Arendal. Analysene er gjort på blandprøver av 50 skjell.

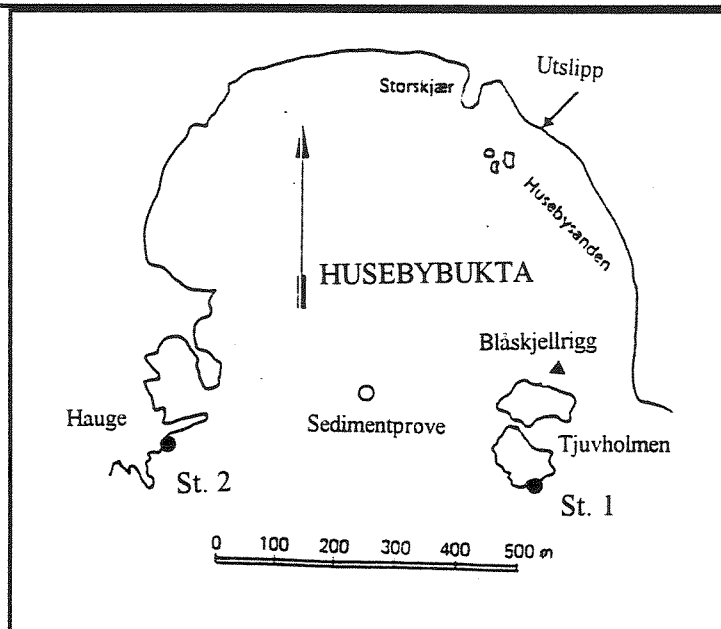
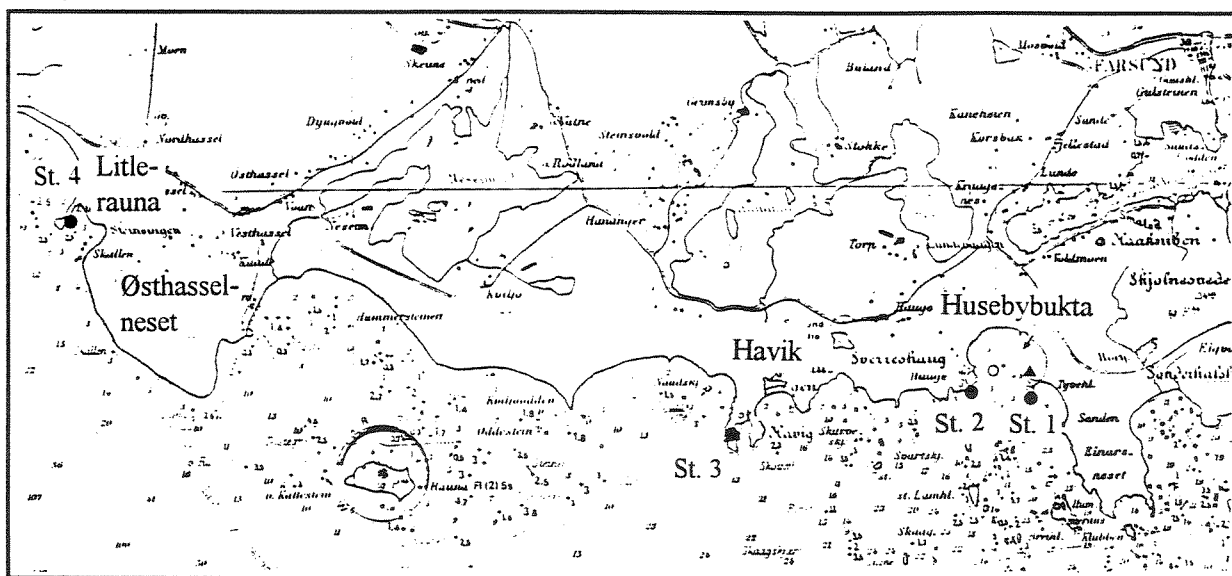
Sedimentprøver ble samlet med en liten manuell grabb fra lettboat. Prøvene ble innsamlet 20. juni, 30. august og 7. november 1995. Prøvene ble analysert for kornfordeling i tillegg til PAH.

Alt innsamlet materialet ble holdt kaldt og mørkt før nedfrysning. De biologiske prøvene ble rensert for alle bløtdeler, og bløtdelene ble sendt til NIVA's laboratorium i Oslo i frossen tilstand for videre behandling og analysing. Analysemetodene er kort beskrevet i Vedlegg B. For nærmere beskrivelse av analysemetodikk, bakgrunnsverdier og konsentrasjoner i norske smelteverksresipienter, vises det til Næs et al. (1995).

I resultatbehandlingen brukes betegnelsene sum PAH og KPAH. Førstnevnte refererer seg til summen av 22 forbindelser fra acenaftylen til benzo(ghi)perylene, se rådata Vedlegg C. KPAH betegner de potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelsene i henhold til IARC (1987)

Tabell 1. Oversikt over prøveinnsamling av biologisk materiale og sedimenter for analyse av PAH.

Stasjoner	Avstand til utslipp	20. juni 1995	30. august 1995	7. november 1995
Strandsnegl				
Ytre Tjuvholmen	0,5 km	X	X	X
Haugestranda	0,75 km	X	X	X
Havik (ref.)	3 km	X	X	X
Litlerauna (ref.)	10 km	X	X	X
Blåskjell				
Indre Tjuvholmen	0,25 km		X	X
Arendal (ref.)	135 km	X		
Sedimenter				
Tjuvhlm. - Haugestranda	0,4 km	X	X	X



Figur 1. Stasjoner for innsamling av strandsnegl (*Littorina littorea*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og bunnsedimenter for analyse av PAH. Symboler: ● = strandsnegl, ▲ = blåskjell, ○ = sediment.

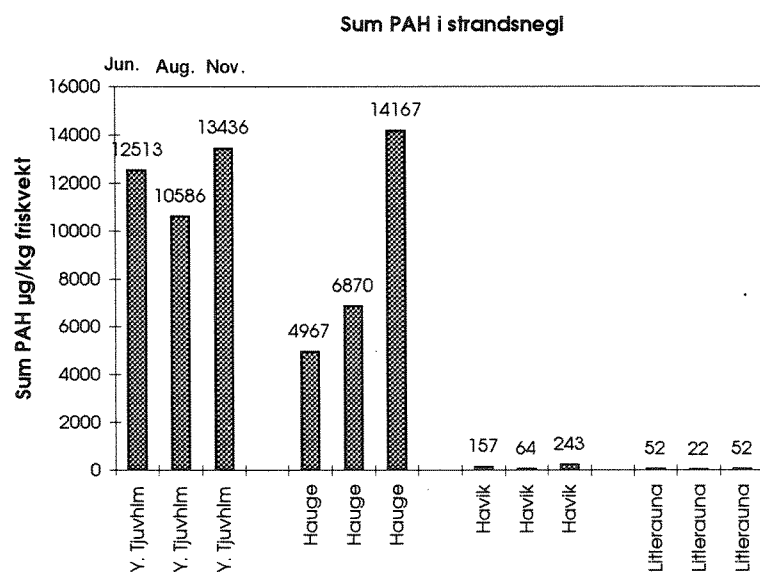
2.2 Resultater

2.2.1 Strandsnegl (*Littorina littorea*)

Dagens situasjon

Rådata er vist i vedleggstabell C1, mens hovedresultatene er gjengitt i Figur 2.

De to stasjonene i Husebybukta hadde konsentrasjoner av sum PAH i størrelsesorden 5.000 - 15.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt, mens referansestasjonene hadde mellom 22 og 243 $\mu\text{g}/\text{kg}$ f.v. Antatt bakgrunnsnivå for strandsnegl er 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ f.v. (Næs et al. 1995). PAH-konsentrasjonene i strandsnegl var dermed 100-280 ganger bakgrunnsnivå i Husebybukta, 2-5 ganger bakgrunnsnivå ved Havik og nær bakgrunnsnivå ved Litlerauna.



Figur 2. Sum PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Husebybukta (Tjuvholmen og Haugestranda) og referansestasjoner (Havik og Litlerauna) i 1995. Verdiene er oppgitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt.

Sammenstilling av resultater fra perioden 1985 - 1995

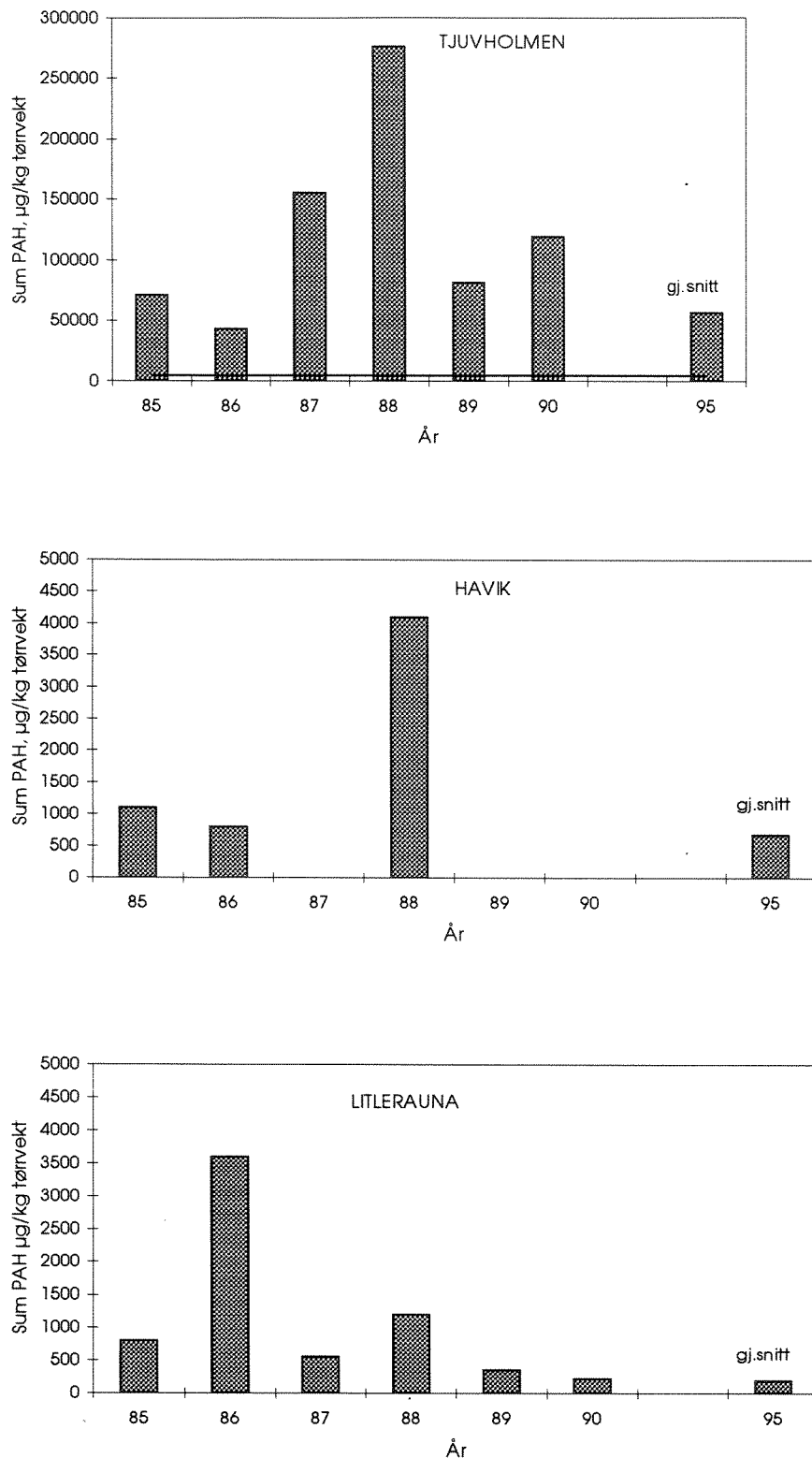
For å kunne sammenligne resultatene med tidligere år, er sum PAH-innholdet omregnet til tørrvekt ($\mu\text{g}/\text{kg}$). Det er i tillegg brukt gjennomsnittsverdi for de tre målingene i 1995, ettersom det kun er foretatt én måling pr. år de foregående årene. Tabell 2 og Figur 3 viser verdier målt i perioden 1985 til 1995. Analysen fra Litlerauna i 1986 må anses å være mistenkelig høy, uten at man kan bekrefte/avkrefte verdien eller årsaken til den. Resultatene viser videre at det var store variasjoner i PAH-innhold innenfor hver stasjon. Ved Tjuvholmen var PAH-konsentrasjonen høyest i 1987 og 1988, og varierte med en faktor på 7 i perioden 1985 - 1989. Variasjonen kan ikke forklares ut fra de opplysninger som foreligger om belastningen (Knutzen 1989). Resultater av reanalyser i 1987

og 1988 tyder ikke på at analysetekniske problemer er årsaken til de høye verdiene disse to årene (Figur 4).

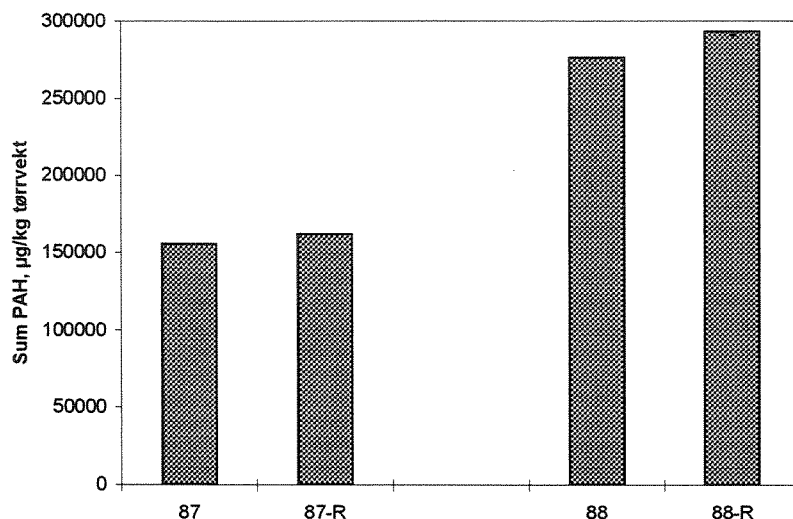
En mulig tidsutvikling i PAH-nivåene i strandsnegl fra Tjuvholmen er analysert ved å sammenligne konsentrasjonene i perioden 1985-1989 med de fra 1995 ved hjelp av statistiske tester (Tabell 3 og Tabell 4). Perioden fram til 1989 er valgt fordi bedriften oppgir PAH-utslippet i tidsrommet 1981-1989 til ca. 9500 kg /år (beregnet som 20% av toulenløslig tørrstoff). I 1995 var utslippene ca. 2600 kg, dvs. en reduksjon på 70%. Resultatene viser at gjennomsnittsverdien av PAH i strandsnegl fra 1985-1989 var betydelig høyere enn gjennomsnittet for 1995 (hhv. 125.530 µg/kg og 56.962 µg/kg). Det tilsvarer en reduksjon på 45%. Variansen i datasettet er imidlertid stor slik at denne forskjellen ikke er signifikant på 95% nivå (Tabell 4).

Tabell 2. Innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Tjuvholmen (0.5 km), Havik (3 km), Litlerauna (10 km) i 1985 - 1995. Km-tall angir ca. avstand til utslippet.

µg/kg tørrvekt							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995 (snitt, n=3)
Sum PAH							
Tjuvholmen (Husebybukta)	71.300	43.000	155.650	276.400	81.300	119.800	57.000
Haugestranda (Husebybukta)							37.800
Havik	1.100	800	-	4.100	-	-	677
Litlerauna	800	3.600	550	1.200	356	397	193
KPAH							
Tjuvholmen (Husebybukta)	8.700	5.900	22.800	13.400	7.600	11.900	8.505
Haugestranda (Husebybukta)							4.467
Havik	140	160	-	540	-	-	128
Litlerauna	50	330	70	70	80	50	29
B(a)P							
Tjuvholmen (Husebybukta)	770	2.200	1.700	560	1.150	680	1.093
Haugestranda (Husebybukta)							531
Havik	12	30	-	-	-	-	11
Litlerauna	-	25	-	9	5	5	4



Figur 3. Sum PAH ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Tjuvholmen (ca 0,5 km fra utslippet), Havik (3 km) og Litlerauna (10 km) i perioden 1985-1995. Verdiene for 1995 viser gjennomsnitt av tre målinger. Merk at skalaen for Tjuvholmen går opp til 300.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mens skalaen for de to andre stasjonene går kun til 5.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Horizontal strek i grafe for Tjuvholmen markerer grensen for 5.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$.



Figur 4. Reanalyser av PAH i strandsnegl fra Tjuvholmen i 1987 og 1988.

Tabell 3. Sum PAH (µg/kg tørrvekt) i strandsnegl fra Tjuvholmen. Sammenligninger mellom perioden 1985-1989 (n= 5) og 1995 (n= 3).

	1985-89	1995
Ant. prøver	5	3
Gjennomsnitt	125.530	56.962
Varians	8,844	1,74
Minimum	43.000	43.564
Maksimum	276.400	69.905

Tabell 4. Tester for sammenligning av gjennomsnitt (t-test) og median (Mann-Whitney) mellom prøver tatt i 1985-89 og 1995.

Hypotese	Test	P-verdi
$H_0: \mu_1 (85-89) = \mu_2 (1995)$	t-test	0,135 (forutsetter lik varians)
		0,089 (ulik varians)
$H_1: \mu_1 (85-89) > \mu_2 (1995)$	Mann-Witney	0,11

Ved P-verdier under 0,05 forkastes H_0 hypotesen på 95% signifikansnivå.

Utslippets influensområde

Statistiske analyser av observasjonene av PAH-innholdet i strandsnegl ble gjennomført for å undersøke hvor store områder som påvirkes av utslippene fra aluminiumsverket. Det viste seg at en såkalt multiplikativ regresjonsmodell passet svært godt. Denne modellen kan tilpasses dataene

ved å utføre en *lineær* regresjonsanalyse på $\text{Log}(\text{Avstand})$ med $\text{Log}(\text{KPAH})$ som respons. Med Log menes den naturlige logaritmen. En lineær regresjonsmodell kan formuleres slik:

$$\hat{y} = \hat{a} + \hat{b}x$$

I vårt tilfelle erstatter vi y med KPAH og x med avstand. Hvis vi i tillegg tar logaritmen av KPAH og Avstand står vi igjen med:

$$\text{Log}[\text{KPAH}] = \hat{a} + \hat{b}x\text{Log}[\text{Avstand}]$$

$$\Downarrow$$

$$\text{KPAH} = \text{Exp}[\hat{a}] \cdot \text{Exp}[\hat{b}\text{Log}[\text{Avstand}]]$$

$$\Downarrow$$

$$\text{KPAH} = \text{Exp}[\hat{a}] \cdot (\text{Avstand})^{\hat{b}}$$

Her ser vi årsaken til at modellem kalles multiplikativ. Parameteren b kan i dette tilfellet fortolkes som prosentvis endring i KPAH når Avstand øker med 1%. Utskriften under viser resultatet av den statistiske analysen:

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: $\text{Log}(\text{KPAH})$

Independent variable: $\text{log}(\text{avstand})$

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	7,76644	0,182859	42,4722	0,0000
Slope	-1,77431	0,123148	-14,408	0,0000

Analysis of Variance

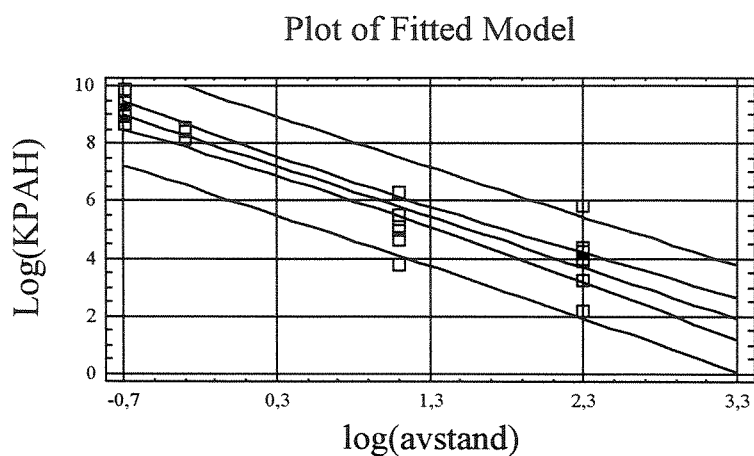
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	139,773	1	139,773	207,59	0,0000
Residual	16,8329	25	0,673317		
Total (Corr.)	156,606	26			

Correlation Coefficient = -0,94473

R-squared = 89,2514 percent

Standard Error of Est. = 0,820559

Analysen over viser at det er en meget sterk sammenheng mellom KPAH- innhold og avstand fra aluminiumverket. Avstanden beskriver hele 89 % av variasjonen i KPAH. Det faktum at forholdet mellom $\text{Log}(\text{KPAH})$ og $\text{Log}(\text{Avstand})$ er tilnærmet lineær på det observerte intervallet, betyr at i KPAH-innholdet synker eksponentielt med en faktor på 1,8 når avstanden fra verket øker. Sagt på en annen måte: Hvis man på en gitt avstand øker avstanden med 1%, så vil KPAH-konsentrasjonen synke med 1,8%. Regresjonslinja er vist i Figur 5.



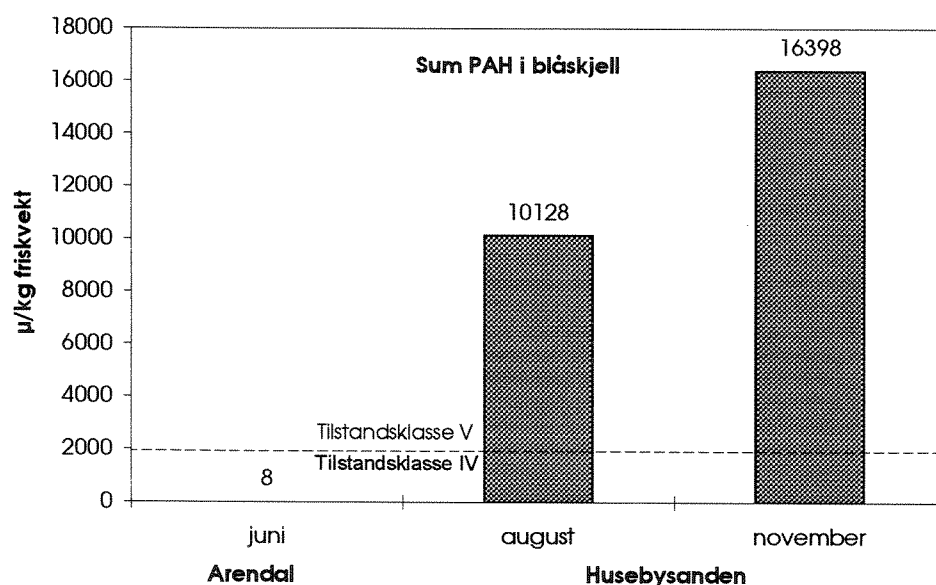
Figur 5. Regresjonsanalyse av *KPAH* i strandsnegl fra Lista og *avstand* til aluminiumsverket (modell-linje, 95% konfidens- og prediksjons-intervall)

KPAH-innholdet i strandsnegl fra Litlerauna er på bakgrunnsnivå. Dette kan illustreres ved å finne ut hvilken verdi av $\text{Log}(\text{Avstand})$ som tilsvarer $\text{Log}(\text{Bakgrunnsnivå})$. Bakgrunnsinnholdet av KPAH er ca. $100 \mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt. $\text{Log}(\text{bakgrunnsnivå}) = \text{Log}(100) = 4,6$. Ved å se på figuren over finner vi at verdien 4,6 på $\text{Log}(\text{KPAH})$ -aksen tilsvarer $\text{Log}(\text{Avstand}) = 2,1$. Dette tilsvarer en avstand på $\exp(2,1) = 8,2$ km. Regresjonsanalysen viser derfor at aluminiumsverket ikke har påviselige effekter på steder som ligger i en større avstand enn ca. 10 km gitt forutsetningene ovenfor.

2.2.2 Blåskjell (*Mytilus edulis*)

Blåskjellene hadde lave PAH-verdier før utsetting i Husebybukta, men etter 10 og 20 uker ved indre Tjuvholmen var konsentrasjonene ca. 200-300 ganger over det som regnes som bakgrunnsnivå (Næs et al. 1995). Ifølge veiledningshefte for klassifisering av miljøkvalitet tilsvarer PAH-innholdet i blåskjell tilstandsklasse V, *Meget dårlig* (Knutzen et al. 1993).

I Tabell 5 er PAH verdiene omregnet til tørrvekt og vist sammen med målinger fra 1989. Målingene fra 1989 viser omtrent dobbelt så høye verdier som i 1995, som tyder på en betydelig bedring i tilstanden. Prøvene fra 1989 ble imidlertid samlet fra naturlige forekomster på Ytre Tjuvholmen, mens prøvene fra 1995 er blåskjell innsamlet fra upåvirket lokalitet og satt ut ved Indre Tjuvholmen. Det er uvisst hvor stor innvirkning dette har på resultatet.



Figur 6. Sum PAH ($\mu\text{g}/\text{kg}$ friksvekt) i blåskjell før og etter utsetting til Husebybukta i 1995.

Tabell 5. PAH ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) målt i blåskjell fra Husebybukta i 1989 og 1995.

Tjuvholmen (Husebybukta)	Sept. 1989 (lokal bestand)	Aug. 1995 (10 uker eksponering)	Nov. 1995 (20 uker eksponering)
sum-PAH	296.000	107.745	94.248
KPAH	74.500	32.968	24.425
Benzo(a)pyren	11.500	6.691	5.701

2.2.3 Sedimenter

Analysene viste at PAH-innholdet i sedimentene var lavt (Tabell 6). I SFT's veiledningshefter for miljøkvalitet er høyeste bakgrunnsverdi satt til 300 µg/kg t.v. Sedimentene ligger derfor i tilstandsklasse I-II (*god - mindre god*) i klassifiseringen. Årsaken til de lave verdiene er at Husebybukta er svært eksponert og inneholder kun sandige sedimenter. På grunn av lav andel finfraksjon (Tabell 6) og lavt innhold av organisk stoff er disse sedimentene lite egnet i overvåkingssammenheng.

Tabell 6. Sum PAH i sedimenter fra Husebybukta (Lista) 1995.

	sum PAH	Benzo(a)pyren	KPAH	Sedimentandel
	µg/kg t.v.	µg/kg t.v.	µg/kg t.v.	< 63 µ (%)
20. juni	493	23	157	1,52
30. august	719	41	300	4,54
7. november	201	8	27	1,09

3. Undersøkelser i strandsonen

Undersøkelser i strandsonen omfatter registrering av fastsittende eller lite bevegelige organismer på grunt vann. Gruntvannssamfunnets artssammensetning er blant annet påvirket av naturlige faktorer som eksponeringsgrad, type underlag, ferskvannspåvirkning, geografisk beliggenhet og sesong. I tillegg har eventuelle forurensninger (næringssalter, partikler, miljøgifter etc) betydning for gruntvannssamfunnets sammensetning og tilstand. Ved å se på antall arter, diversitet (mangfold), forholdet mellom ulike organismegrupper etc., og sammenholde dette mot de fysiske forholdene på stedet, kan gruntvannsundersøkelser gi informasjon om miljøtilstanden i et område.

3.1 Metoder

3.1.1 Feltinnsamling

Organismesamfunnet i strandsonen (0 - 1 meter) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og de vanligste makroskopiske dyrene i et ca. 50 meter langt belte langs stranden ved fridykking. Registreringen var kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en subjektiv skala: 5 = dominerende, 4 = hyppig, 3 = vanlig, 2 = sparsom, 1 = sjelden, + = forekommer. Vanskelig identifiserbare arter ble innsamlet og undersøkt i stereolupe/mikroskop.

Blågrønnalger ble ikke identifisert til art, og bare de vanligste typene lav ble identifisert i felt.

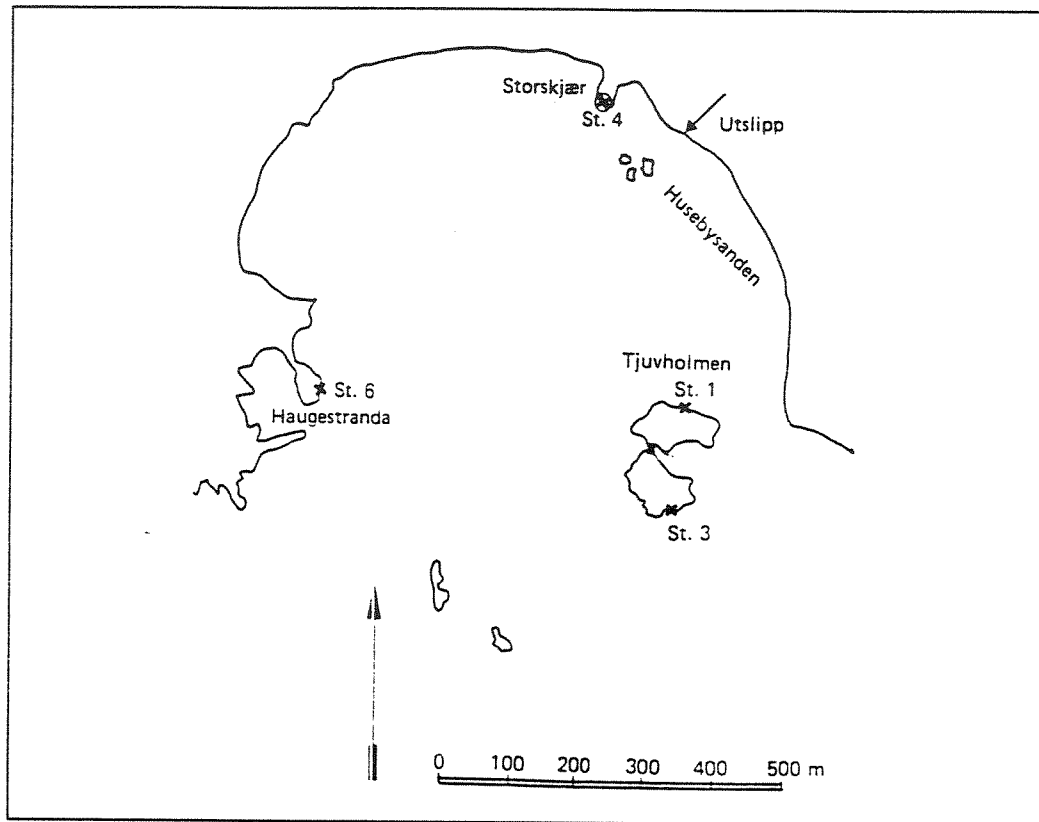
Registreringene er i hovedsak gjennomført med de samme metodene som undersøkelsene fra 1980-1990. I 1989 og 1990 ble imidlertid registreringen gjennomført med assistanse av dykker i tillegg til fridykking. Registreringene fra 1970-1979 ble foretatt med skrape fra land og er derfor lite sammenlignbare med den foreliggende undersøkelsen.

Undersøkelsene ble gjennomført på fire stasjoner med ulik avstand til utslippsstedet (Tabell 7). Alle stasjonene er undersøkt tidligere, og stasjonsplasseringen er vist i Figur 7.

Undersøkelsen ble gjennomført 30. og 31. august 1995.

Tabell 7. Undersøkte stasjoner i Husebybukta på Lista.

	Nordlig koordinat	Østlig koordinat	Avstand til utslippssted
St. 1 Indre Tjuvholmen	58°4.00	6°46.60	ca. 300 m
St. 3 Ytre Tjuvholmen	58°3.95	6°46.60	ca. 500 m
St. 4 Storskjær	58°4.20	6°46.50	ca. 100 m
St. 6 Haugestranda	58°4.05	6°46.05	ca. 650 m



Figur 7. Husebybukta. Stasjoner for undersøkelser av planter og dyr på grunt vann. Stasjonsplasseringen er lik de foregående år.

3.1.2 Tallbehandling

I alle tidligere undersøkelser fra Lista er det benyttet en 6-delt skala for subjektiv mengdeangivelse av artene. Dette avviker noe fra den 4-delt skalaen som benyttes i nyere hardbunnsundersøkelser. For å sørge for kontinuitet i registreringene ble det valgt å gjennomføre registreringen med den 6-delte skalaen, men ved beregninger av blant annet diversitet og mengdefordelinger ble den 4-delte skalaen benyttet. Resultatene er således sammenlignbare med andre undersøkelser.

Databehandling	Registreringer
Dominerende	Dominerende
	Hyppig
Vanlig	Vanlig
Spredt	Sparsom
	Sjelden
Enkeltfunn	Forekommer

Diversitet (H')

For å beregne diversiteten (= mangfold) ble en modifisert Shannon-Wiever indeks (H') brukt (Shannon & Wiever 1963). Indeksen øker med økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold mens høye verdier markerer normale til gode forhold. Shannon-Wiener indeks er basert på antall (n), men her er den brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

hvor n_i er mengdeverdien (forekomstangivelsen) av art i , N er summen av mengdeverdiene for alle artene og s er antall arter.

Dominansindeks (I).

Denne indeksen er foreslått av Shaw et al. (1983) for å gi et enkelt tall som reflekterer dominansforholdet i et samfunn. Deres definisjon er "I er dominansen av den vanligste arten i prosent av hele prøven." Høye indeksverdier indikerer et samfunn dominert av en art.

Forholdet mellom antall rød-, brun og grønnalger

På bakgrunn av flere undersøkelser fra norske fjorder og den svenske vestkyst, er det utarbeidet en fordelingsnøkkel for forholdet mellom antall rødalger (R), brunalger (B) og grønnalger (G) i uforurensede fjorder og kyststrøk. "Normalintervallene" er satt til R:B:G = 45%±10% : 35%±10% : 15%±5%. Forholdet mellom de tre algeklassene endres med miljøforholdene, både naturlige faktorer (f.eks. ferskvannspåvirkning) og ulike typer forurensninger (primært overgjødning) (Bokn 1978).

3.2 Resultater

3.2.1 Dagens situasjon

Stasjonsbeskrivelser

De vanligste artene som ble registrert i Husebybukta i 1995 er vist i Tabell 8. Fullstendig artsliste er gitt i Vedlegg E.

Storskjær (st. 4)

Stasjonen ligger ved utslippsstedet (nå flyttet) til Elkem Aluminium Lista ANS på Husebysanden. Stasjonen er plassert på en fjell/steinknaus som stikker ut fra stranden, og er omgitt av sandbunn på alle kanter. Vanndybden er ca. 1 meter ved stasjonen. Stasjonen var svært artsfattig og dominert av grønnalger (*Enteromorpha* spp.) og blågrønnalger. Enkelte arter som vorteflik (*Mastocarpus stellatus*), brunli (*Ectocarpus*), vanlig grønn dusk (*Cladophora rupestris*) og havsalat (*Ulva lactuca*) vokste spredt.

Indre Tjuvholmen (st. 1)

Stasjonen ligger på nordsiden av Indre Tjuvholmen, og vender mot Husebysanden og utslippet. Stasjonene hadde et bredere utvalg av arter i strandsonen enn Storskjær. Stasjonen var imidlertid dominert av små brunalger (*Ectocarpus* sp. og *Giffordia* sp.) og grønnalger (*Cladophora rupestris*, *Enteromorpha* spp. og *Ulva lactuca*), hvilket tyder på et noe forstyrret samfunn. Tang vokste spredt, og fingertare var vanlig på litt dypere vann.

Haugestranda (st. 6)

Stasjonen ligger på motsatt side av utslippet i Husebybukta, på utsiden av en steinmolo. Stasjonen var rikt begrodd av tare (*Laminaria digitata*) samt mange små arter som vokste innimellom og på taren. De mest vanlige av disse småvokste algene var sjøris (*Ahnfeltia plicata*) krusflik (*Chondrus crispus*), vorteflik (*Mastocarpus stallatus*), brunslie (*Ectocarpus* sp) og grønndusk (*Cladophora rupestris*).

Ytre Tjuvholmen (st. 3)

Stasjonen er plassert på sydsiden av Ytre Tjuvholmen og er eksponert for bølgeslag. Det ble registrert rike tang og tare-forekomster ved stasjonen. De mest dominerende artene var fingertare (*Laminaria digitata*), sagtang (*Fucus serratus*) og skorpeformede kalkalger (*Corallinaceae*). Stasjonen gav inntrykk av friske forhold.

Tabell 8. Forekomst av utvalgte arter registrert i Husebybukta 30. - 31. august 1995. Tegnforklaringer: 5 = dominerende, 4 = hyppig, 3 = vanlig, 2 = sparsom, 1 = sjelden, += forekommer. Arter merket med * er identifisert i mikroskop.

Stasjonsnavn:	Storskjær	I.Tjuvholm	Haugestr.	Y. Tjuvholm
Stasjonsnummer:	4	1	6	3
Cyanophyceae				
Diverse bl.gr. alger	5	4	4	4
Rødalger				
<i>Ahnfeltia plicata</i>		2	4	2
<i>Ceramium rubrum</i>	1	3-4	2	3-4
<i>Chondrus crispus</i>		3	4	
<i>Corallinaceae</i>			3-4	5
<i>Hildenbrandia rubra</i>	2		2	4
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : sporp.		3		
<i>Mastocarpus stellatus</i>	3	2	4	3-4
<i>Porpyra umbilicalis</i>		3	3	3
Brunalger				
<i>Ectocarpus</i> sp.	3	4	4	
<i>Fucus serratus</i>		2	2	4-5
<i>Fucus vesiculosus</i>		2		3
<i>Laminaria digitata</i>		3	5	5
<i>Giffordia</i> sp.		4-5		
Grønnalger				
<i>Cladophora rupestris</i>	2	4	4	3
<i>Enteromorpha</i> spp.	4	4	3	3
<i>Ulva lactuca</i>	3	4	3	2
Fjæredyr				
<i>Littorina</i> spp.	2	2		4
Hydroider på tang - <i>Dynamena</i>		2		3
<i>Membranipora membranacea</i>		2	2	3
<i>Patella vulgata</i>				3

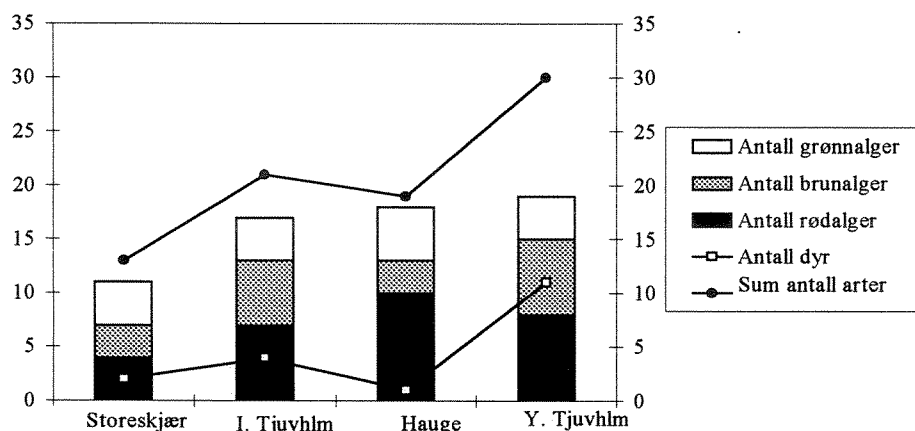
Artsantall, diversitet og dominans

Figurene nedenfor viser antall arter av de ulike organismegruppene, diversitet og dominans.

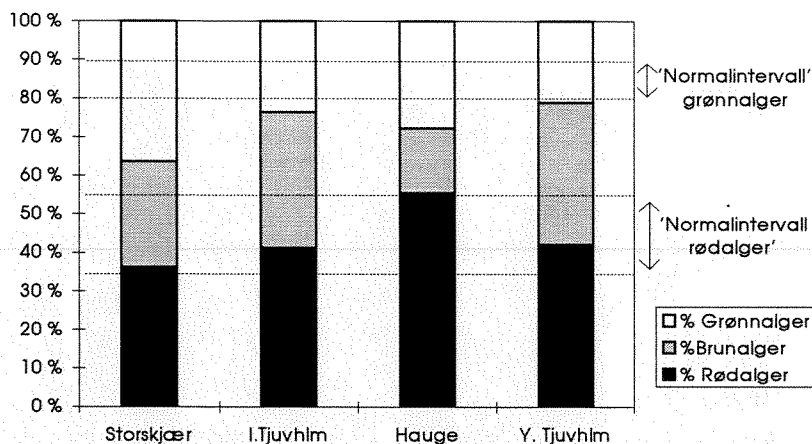
Storskjær hadde få arter (Figur 8), lav diversitet og høy dominans (Figur 10), som sammen med artsutvalget tyder på dårlig miljøtilstand. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger (36%:27%:36%), og viser at andelen grønnalger var svært høy (Figur 9). Årsaken til de tydelig reduserte forholdene er trolig både et resultat av stasjonens beliggenhet (isolert fjellknaus omgitt av grunn sandbunn), slitasje fra sandpartikler og effekter av utslippet.

Indre Tjuvholmen og Haugestranda hadde relativt likt antall alger, diversitet og dominans. Haugestranda hadde imidlertid mere tang og mindre epifytter enn Indre Tjuvholmen, hvilket tyder på en noe bedre tilstand ved Haugestranda. Begge stasjonene hadde bedre tilstand enn Storskjær. Fordelingen mellom rødalger, brunalger og grønnalger viser en noe høy andel grønnalger i forhold til "normalintervallene".

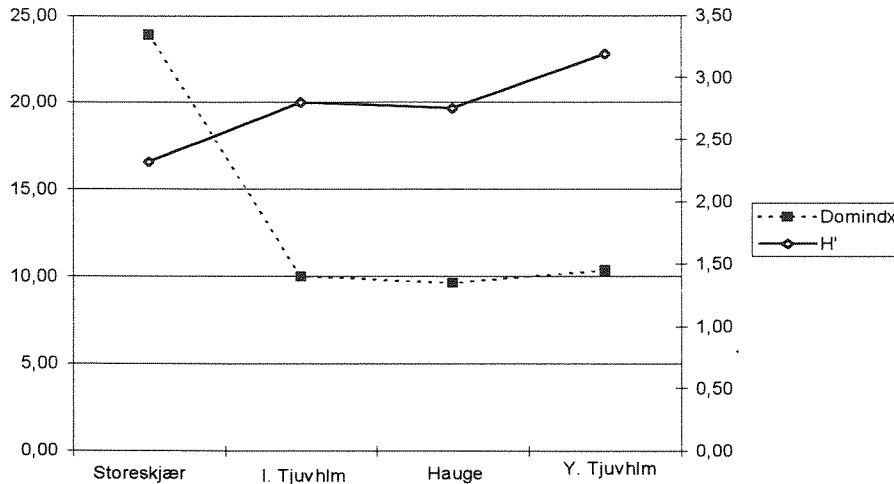
Ytre Tjuvholmen hadde flere arter og høyere diversitet enn de øvrige stasjonene, og fordelingen mellom algegruppene var innenfor 'normalintervallene'. Resultatene viser at Ytre Tjuvholmen har et rikt gruntvannssamfunn. Stasjonen var også den mest bølgeeksponerte stasjonen.



Figur 8. Antall alger og dyr på fire stasjoner i Husebybukta i august 1995.



Figur 9. Prosentfordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger.



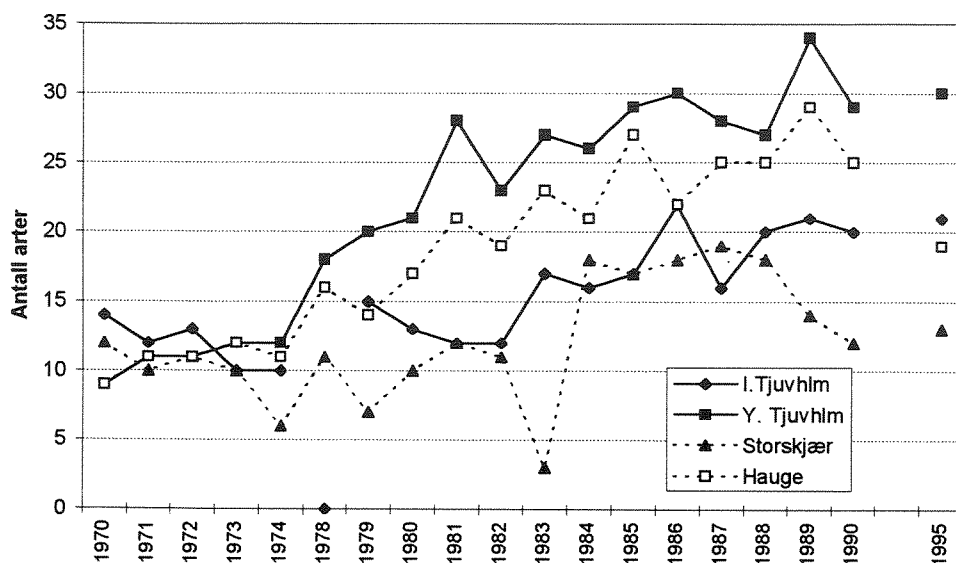
Figur 10. Diversitet og dominans på fire stasjoner i Husebybukta i august 1995.

3.2.2 Sammenligninger med tidligere undersøkelser

Endringer i perioden 1970-1995

Sammenligning mellom de ulike undersøkelsene er gjort på basis av data om fastsittende alger og fastsittende/lite mobile dyr. Blågrønnbakterier og lav er ikke tatt med i denne sammenheng. Fra 1980 til 1995 er samme registreringsmetode benyttet, og det er derfor lagt hovedvekt på denne perioden i sammenligningen. Forekomst av utvalgte arter i perioden 1970 - 1995 er vist i Vedlegg F.

Fra 1970 til 1974 var artsantallet lavt, og det var liten forskjell mellom stasjonene (Figur 11). I 1978 og 1979 ble det registrert en økning i antall arter på flere stasjoner, selv om de samme registreringsmetodene ble benyttet (innsamling med skrape fra land). Årsaken til økningen i artsantall er ikke kjent. Fra 1980 til 1995 ble det brukt samme registreringsmetode, men også i denne perioden viser resultatene en tilsynelatende økning i antall arter på enkelte stasjoner (Figur 11). Regresjonsanalyse av dataene viser at økningen var signifikant (95 % konfidensintervall) på Indre og Ytre Tjuvholmen, mens det ikke har vært en signifikant økning på Haugestranda og Storskjær. Ser man utelukkende på de fastsittende algene, har det kun vært signifikant økning på Indre Tjuvholmen (Tabell 9). Reduksjoner i utslipp av PAH startet først i 1990, og det er derfor uvisst hva som er årsaken til økningen i antall arter fra 1980 til 1989. Artsantallet har ikke endret seg vesentlig siden 1989/90, til tross for betydelige reduksjoner i utslippene.



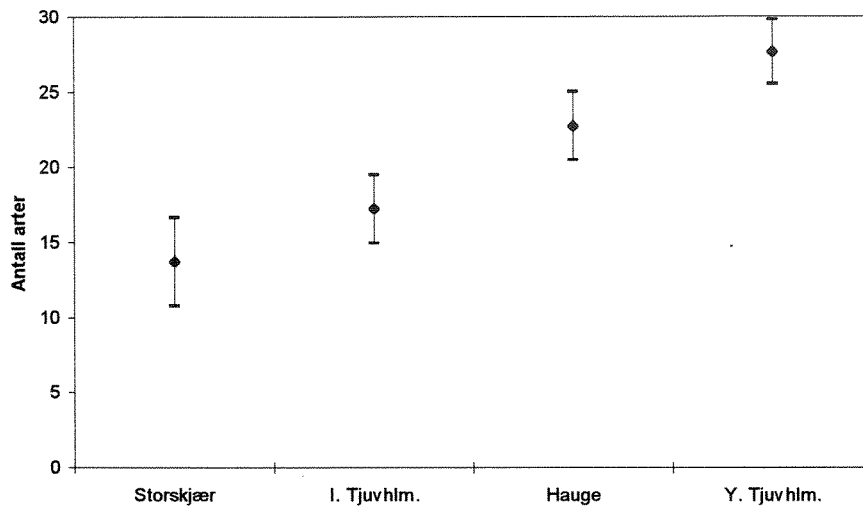
Figur 11. Antall fastsittende alger samt fjæredyr på Indre Tjuvholmen (st. 1), Ytre Tjuvholmen (st. 3), Storskjær (st. 4) og Haugestranda (st. 6) fra 1970 til 1995.

Tabell 9. Regresjonsanalyse av antall registrerte arter (alger og dyr) fra 1980 - 1995 på fire stasjoner i Husebybukta. Modell: $Y = a + bx$. Det er ikke utført korrelasjonsanalyse på hele datasettet fra 1970 - 1995 pga. ulike registreringsmetoder.

		Korrelasjons- koeff.	Andel varians som forklares av modellen: R^2 (%)	P-verdi (modell)
Storskjær (st. 4)	Alger og dyr	0,29	8,5	0,37 (ikke sign.)
	Kun alger	0,14	2,2	0,65 (ikke sign.)
Indre Tjuvholmen (st. 1)	Alger og dyr	0,81	65,0	0,002 (sign. økning)
	Alger	0,70	49,5	0,010 (sign. økning)
Haugestranda (st. 6)	Alger og dyr	0,34	11,7	0,30 (ikke sign.)
	Alger	0,49	24,4	0,103 (ikke sign.)
Ytre Tjuvholmen (st. 3)	Alger og dyr	0,66	44,1	0,02 (sign. økning)
	Alger	0,11	1,2	0,73 (ikke sign.)

Forskjeller mellom stasjonene

Figur 12 viser gjennomsnittlig artsantall på de fire stasjonene fra 1980 - 1995 antall samt 95 % konfidensintervall. Variansanalyse (ANOVA) av dataene viser signifikante forskjeller mellom stasjonene med unntak av det innbyrdes forholdet mellom Storskjær og Indre Tjuvholmen.



Figur 12. Gjennomsnittlig antall arter fra 1980-1995 på de fire stasjonene i Husebybukta. Øvre og nedre grense viser konfidensintervallet.

Regresjonsanalyse av dataene viser at antall arter på stasjonene øker med økende avstand til utslippet. Avstanden beskriver nær 50% av variasjonen. Andre faktorer som trolig påvirker artsantallet er grad av bølgeeksponering og grad av skuring fra sandpartikler.

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: algerdyr

Independent variable: log(avstand)

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-15,5458	5,5209	-2,8158	0,0071
Slope	6,24332	0,952753	6,55293	0,0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	962,216	1	962,216	42,94	0,0000
Residual	1030,76	46	22,4079		
Total (Corr.)	1992,98	47			

Correlation Coefficient = 0,69484

R-squared = 48,2803 percent

Standard Error of Est. = 4,7337

3.3 Sammenfattende vurderinger av gruntvannsundersøkelsen

1995

Stasjonen på Storskjær hadde få arter, lav diversitet, høy dominans og hadde en overvekt av grønnalger i forhold til rødalger og brunalger. Det var også rike forekomster av blågrønnalger. Resultatene peker mot et fattig, påvirket samfunn. Den reduserte tilstanden på Storskjær er trolig et resultat av både stasjonens beliggenhet (fjellknaus omgitt av grunn sandbunn), slitasje fra sandpartikler (sand og bølger) og effekter av utslippet.

Indre Tjuvholmen og Haugestranda hadde relativt likt antall alger, diversitet og dominans, men andelen rødalger var noe høyere ved Haugestranda. Mengden tang var også noe høyere ved Haugestranda, mens mengden epifytter var mindre. Arts sammensetningen tyder på at Haugestranda har noe bedre tilstand enn Indre Tjuvholmen. Begge stasjonene hadde et rikere gruntvannssamfunn enn Storskjær.

Ytre Tjuvholmen hadde relativt mange arter, høy diversitet og fordelingen mellom algegruppene var innenfor 'normalintervallene'. Gruntvannssamfunnet på Ytre Tjuvholmen kan karakteriseres som rikt.

Resultatene fra 1995 viste økende artsantall med økende avstand til utslippet/økende bølgeeksponering. Ytre Tjuvholmen og Haugestranda har relativ lik avstand til utslippsstedet (ca. 650 og 500 m), men Ytre Tjuvholmen ligger noe mer åpent som kan forklare den bedre tilstanden ved denne stasjonen.

1974 - 1995

Foreliggende samt tidligere undersøkelser viser at det er signifikante forskjeller mellom de fleste stasjonene. Unntaket var det innbyrdes forholdet mellom Storskjær og Indre Tjuvholmen, som begge ligger nær utslippet. Resultatene viste økende artsantall med økende avstand til utslippet.

På alle stasjonene har det vært relativt store variasjoner i artsantall fra 1974 til 1995. Noe av variasjonen kan forklares med endring i registreringsmetoder, ulike værforhold under registrering, og effekter av klimatiske forhold (streng/milde vintre). På Indre og Ytre Tjuvholmen var økningen signifikant (95% nivå). Økningen i antall arter skjedde før utslippene ble redusert, og det er derfor vanskelig å forklare konkret hva som er årsaken til denne økningen.

4. Forslag til overvåkingsstrategi

Det er her foreslått en strategi for overvåking som kan påvise *eventuelle endringer i PAH-innholdet i strandsnegl og endringer i gruntvannssamfunnet forårsaket av reduksjoner i utslipp fra aluminiumsverket.*

En statistisk forsøksplan kan utformes på mange måter. Hva som er optimalt, avhenger av hva slags informasjon vi ønsker å få ut av forsøket. Det er imidlertid valgt å foreslå strandsnegl som hovedindikatororganisme. Dette fordi det finnes data for denne organismen over en 10 årsperiode, og vi har et vist mål for variansen. Blåskjell kunne også ha vært brukt, men dette vil kreve ytterligere målinger med transplanterte skjell. Sedimentene egner seg ikke til overvåkingen.

Strandsnegl

Formålet er å oppdage endring av PAH-innhold i strandsnegl som følge av utslipp fra aluminiumsverket, samtidig som antall prøver holdes på et lavt nivå. I utgangspunktet foreslås det at 25% nedgang i belastning skal detekteres.

Aluminiumverket har satt igang tiltak for å redusere utslippene, og det forventes at PAH-innholdet i sneglene skal gå ned. I perioden 1990 til 1995 er utslippene redusert med 70%, og det ventes at utslippene skal reduseres med mer enn 90% i perioden 1990 til 2000. Etter denne foreliggende undersøkelsen er også utslippspunktet endret. Hvis vi kun vil se etter en *reduksjon* i KPAH-innholdet og ikke vil undersøke endringer i forholdet mellom avstanden fra verket og KPAH-innholdet, er det nok å ta prøver bare på én stasjon. Ved å velge den stasjonen som har lavest standardavvik av Log(KPAH) minimeres antall prøver som er nødvendig. For å avgjøre hvilken stasjon dette er, gir de statistiske analysene:

Table of Means for Log(KPAH) by Avstand
with 95,0 percent LSD intervals

Avstand	Count	Mean	Std. error (pooled s)	Lower limit	Upper limit
0,5	9	9,17417	0,24007	8,823	9,52533
0,75	3	8,39172	0,415814	7,78349	8,99996
3	6	5,02973	0,294025	4,59964	5,45982
10	9	3,98973	0,24007	3,63856	4,3409
Total	27	6,4381			

Estimert standard avvik for Log(KPAH) er 0,24 på stasjonen som er 0,5 km fra utslippet (Tjuvholmen). Bare én annen stasjon har så lav verdi (Litlerauna: std. = 0,24). Denne stasjonen er ikke aktuell hvis det bare skal tas prøver fra én stasjon, fordi den sannsynligvis ligger utenfor området som merkbart påvirkes av aluminiumverket.

En 25% reduksjon av KPAH på Tjuvholmen tilsvarer en reduksjon fra ca. 9.600 til 7.200 µg KPAH/kg tørrvekt. $\text{Log}(7.200) = 8,88$ og $\text{Log}(9.600) = 9,17$. Videre er $8,88/9,17 = 0,9684$. For å

kunne påvise en 25% reduksjon av KPAH, må vi derfor kunne påvise en reduksjon på 3,16 % på $\text{Log}(\text{KPAH})$.

For å finne ut hvor mange observasjoner som kreves for å oppdage en bestemt reduksjon, gir statistikkprogrammet:

Sample Size Determination

Parameter to be estimated: normal mean
Desired power: 95,0% for mean = 9,17417 versus mean = 9,46237
Type of alternative: less than
Alpha risk: 5,0%
Assumed sigma: 0,24

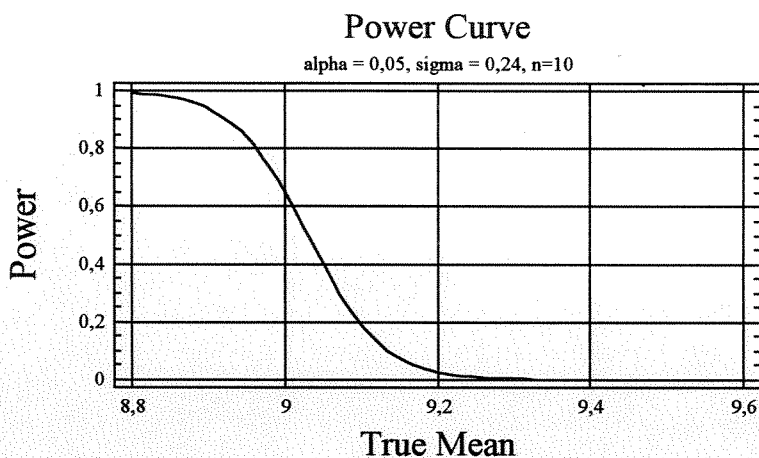
The required sample size is n=10 observations.

Analysen over viser at man ved å ta 10 prøver gjennom året kan oppdage en reduksjon på 25% i KPAH-innholdet med 95 % sannsynlighet.

For å få et visuelt inntrykk av av evnen en slik test har til å oppdage endringer, kan vi se på styrkefunksjonen til hypotesen:

$$H_0: \mu = 9,17 \quad \text{mot} \quad H_1: \mu < 9,17$$

Denne styrkefunksjonen er vist i figuren under. Det forutsettes at det tas 10 observasjoner, at standardavviket er lik 0,24 og at signifikansnivået er 0,05. Fordi det er en ensidig test forutsetter den også at det ikke er mulig med noen økning i $\text{Log}(\text{KPAH})$ innholdet.



Figur 13. Styrkefunksjon til hypotesen $H_0: \mu = 9,17$ mot $H_1: \mu < 9,17$

Som det fremgår av figuren, vil en reduksjon til $\text{Log}(\text{KPAH}) = 9$ gi en styrke på over 60%. Dette tilsvarer en reduksjon av KPAH i strandsnegl på ca. 16%. Endringer på over 20% i KPAH-innholdet i strandsnegl har derfor gode muligheter for å bli oppdaget, og en reduksjon på 30 % har ca. 99 % sannsynlighet for å oppdages.

Gruntvannssamfunn

Med utgangspunkt i data fra 1980 til 1995 er det beregnet hvor mange nye registreringer av strandsonesamfunnet som bør foretas for å avdekke effekter av utslippsreduksjonene.

Beregningene er gjort etter følgende formel:

$$n \geq \left[\frac{z_{\alpha/2} * \sigma}{d} \right]$$

der $z_{\alpha/2} = 1,96$ (ved signifikansnivå 5%), σ = standardavvik, d = ønsket radius på konfidensintervallet ($0,25 * \mu$).

Antall nye registreringer som behøves, øker med økende varians i datasettet og med krav til hvor små endringer man ønsker å påvise. Gjennomføres 2 registreringer etter utslippsreduksjonene, vil man kunne påvise 17 % endring i artsantallet på Ytre Tjuvholmen, 22 % endring på Haugestranda og 28 % endring ved Indre Tjuvholmen. På Storskjær vil to registreringer bare kunne påvise endringer som er større enn 47 % av tidligere målinger. Dette er en følge av store årlige variasjoner i gruntvannssamfunnet på denne stasjonen. Vi foreslår at det tas utgangspunkt i Indre Tjuvholmen når antall nye registreringer skal fastsettes. Stasjonen ligger nær utslippet og har samtidig et mer stabilt gruntvannssamfunn enn Storskjær. En etterundersøkelse av effektene av utslippsreduksjoner bør foretas tidligst 3-5 år etter reduksjonene, og vi anbefaler å følge opp alle fire stasjonene.

5. Referanser

- Bokn, T. 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine og marine vannmasser. NIVA Årbok 1978: 53-59.
- IARC 1987. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monograph Volumes 1-42. Supp. 7. International Agency for Research on Cancer, Lyon, Frankrike.
- Knutzen, J. 1973. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1971/73. NIVA-rapport O-19/68 (II).
- Knutzen, J. 1979. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1975 - 1978. NIVA-rapport O-68019 (IV). L.nr. 1134, 28s.
- Knutzen, J. 1981. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1979 - 1980. NIVA-rapport O-68019 (V). L.nr. 1219, 21s.
- Knutzen, J. 1983. Utslipp fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1981 - 1982. NIVA-rapport O-68019 (VI). L.nr. 1530, 23s.
- Knutzen, J. 1985. Utslipp fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1983 - 1984. NIVA-rapport O-68019 (VII). L.nr. 1750, 25s.
- Knutzen, J. 1987a. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1985 - 1986. NIVA-rapport O-68019 (VIII). L.nr. 1998, 27s.
- Knutzen, J. 1987b. Orienterende undersøkelser 1986 av PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre og taskekrabbe fra resipientområdet til Lista Aluminiumsverk og referansestasjoner. NIVA-rapport O-68019. L.nr. 2007, 21s.
- Knutzen, J. 1989. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1987 - 1988 med tillegg av analyse av PAH i krabber. NIVA-rapport O-68019. L.nr. 2270, 32s.
- Knutzen, J. og R.T. Arnesen, 1975. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1973/74. NIVA-rapport O-19/68 (III). 48s.
- Knutzen, J. og J. Rueness, 1972. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Undersøkelser av biologiske forhold ved Husebysanden 1970-71. NIVA-rapport O-19/68 (I). 25s.
- Knutzen 1991. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1989 - 1990. NIVA-rapport l.nr. 2615.
- Næs, K., J. Knutzen, L. Berglund 1995. Occurrence of PAH in marine organisms and sediments from smelter discharge in Norway. *The Science of the Total Environment* 163, 93-106.
- Knutzen, J., B. Rygg og I. Thélin 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av miljøgifter. SFT-veiledning nr. 93:03. 20s.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. 1963. *The mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Shaw, K.M., Lambshead, P.J.D., Platt, H.M., 1983. Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special reference to nematodes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 11, 195-202.

Shaw, K.M., Lamshead, P.J.D., Platt, H.M., 1983. Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special reference to nematodes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 11, 195-202.

Vedlegg A.

OVERSIKT OVER UNDERSØKELSER I HUSEBYBUKTA, LISTA, FRA 1970 til 1995.

Årstall	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	95		
Strandsoneundersøkelse																								
Indre Tjuvholmen	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Ytre Tjuvholmen	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Storskjær	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Haugestranda	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
PAH i albusnegl																								
Y.Tjuvholmen									x		x	x	x	x	x	x	x							
Havik									x		x	x			x	x	x							
Litlærauna														x		x								
PAH i strandsnegl																								
Y.Tjuvholmen																x	x	x	x	x	x		x	
Haugestranda																								x
Havik																x	x		x					x
Litlærauna																x	x	x	x	x	x			x
PAH i blåskjell																								
Y.Tjuvholmen																						x		
Indre Tjuvholmen																								x
Litlærauna																						x		
PAH i krabber																								
Hummarus																								x
Svartskjær																								x
Sandøybukt																								x
Fluorid i tang																								
Haugestranda									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Havik									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Litlærauna									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre																								
																								x
PAH i avløpsvann																								
											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fluorid i avløpsvann																								
									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Vedlegg B.

ANVENDELSE OG PRINSIPP FOR KJEMISKE ANALYSEMETODER SOM BENYTTES VED NIVA

H 2-2. PAH I SEDIMENTER

Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i sedimenter. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden og er i praksis 0.2 µg/kg tørket materiale.

Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med syklohexan. Ekstraktet gjengår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/FID eller GC/MSD. PAH identifiseres med FID ut fra retensjonstider og med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.

H 2-3. PAH I BIOLOGISK MATERIALE

Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i biologisk materiale fra det vandige miljø som fisk, muslinger og krabbe. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengde og prøvens konsistens. Med 20 g prøve er deteksjonsgrensen 0.2 µg/kg våtvekt.

Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med syklohexan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.

Vedlegg C.

ANALYSERESULTATER 1995. PAH I STRANDSNEGL, BLÅSKJELL OG
SEDIMENTER

Tabell 1. PAH i strandsnegl. Lista 1995

Stasjonsnavn	Ytre Tjuvholmen			Hauge			Havik (ref.)			Litterauna (ref.)		
	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Stasjonsnr.												
Dato	20/6	30/8	7/11	20/6	30/8	7/11	20/6	30/8	7/11	20/6	30/8	7/11
Prøve	NMO	NMO	NET	NMO	NMO	NET	NMO	NMO	NET	NMO	NMO	NET
Måleenhet	µg/kg v.v	µg/kg v.v	g/kg v.v.	µg/kg v.	g/kg v.v	g/kg v.v.	µg/kg v.	g/kg v.	g/kg v.v.	µg/kg v.	g/kg v.	/kg v.
Naftalen	11	17	19	x)	9	26	6	11	7	9	4	7
C1-Naftalener	24	25	28	x)	10	49	5	16	5	17	3	5
Bifenyl	2	<1	2	x)	<1	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1
C2-Naftalener	3	3	66	8	1	33	2	4	<1	5	1	<1
C3-Naftalener	20	14	39	11	5	29	2	2	2	2	1	2
Acenaftylen	3		7	<1	6			<1	1	<1	<1	<1
Acenaften	239	183	213		89	236	25	<1	13	<1	4	2
Fluoren	340	72	170	138	43	379	5	<1	5	<1	<1	2
Fenantren	1763	671	1108	853	396	2194	31	17	29	5		10
Antracen	245	97	229	88	47	582	4	<1	5	<1	<1	1
C1-Dibenzotiofener	77	39		37	16		1	1		3	1	
C1-Fenantrener	518	499	202	296	312	554	8	4	11	4	2	4
C2-Dibenzotieten	111	102	63	33	43	68	1	2	2	7	1	2
C2-Fenantrener	529	347	300	88	225	543	2	2	4	<1	1	1
Fluoranten	3188	3024	4488	1626	1935	3829	23	13	55	9	4	12
Pyren	2330	1621	2523	605	981	2879	20	4	27	3	1	6
C3-Dibenzotiofener	<5	<5	61	<5	5	40	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Benz(a)antrazen*	265	221	207	64	132	200	4	3	4	3	1	1
Chryzen	886	996	941	275	905	1050	5	4	17	2	1	3
Benzo(b)fluoranten*	794	1183	1145	356	779	578	8	4	28	5	1	3
Benzo(j,k)fluoranten*	xx)	xx)	348	xx)	xx)	278	xx)	xx)	8			1
Benzo(e)pyren	649	735	727	226	512	403	6	4	12	2	<1	2
Benzo(a)pyren*	174	221	272	79	126	161	3	2	5	<1	<1	1
Perylen	13	17	38	<1	10	23	1	<1	1	<1	<1	<1
Ind.(1,2,3cd)pyren*	174	273	184	102	147	74	5	3	7	4	<1	<1
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*1	53	74	33	30	46	18	2	<1	2	<1	<1	<1
Benzo(ghi)perylene	162	211	169	81	121	73	3	1	6	<1	<1	<1
Sum disykl	59	59	154	19	25	140	15	33	14	33	9	14
Sum NPD	3075	1717	1894	1316	1021	3595	58	59	61	57	10	32
Sum PAH	12513	10586	13436	4967	6870	14167	157	64	243	52	22	52
SUM KPAH	1440	1972	2189	631	1230	1249	22	12	54	12	2	6
% KPAH	11,5	18,6	16,3	12,7	17,9	8,8	14		22,2	23,1	9,1	11,5
Tot sum	12572	10645	13590	1986	6895	14307	172	97	257	85	31	66
% Tørrstoff	17,9	24,3	23,4	17,6	27,2	23,6	21,9	27,5	22,5	22,7	24,4	23,2

* Markerer potensielt kreftfremkallende egenskapet overfor mennesker eller IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige + trolige carcinogene). Sum av * utgjør KPAH.

x) gått tapt under ekstraktinndamping

xx) Inkludert i benzo(b) fluoranten

1) Bare (a,h) - isomeren

Tabell C2. PAH i blåskjell og sedimenter. Lista 1995

Stasjon	Blåskjell			Sediment		
	5	5	5	6	6	6
	Tjuvholm	Tjuvholm	Tjuvholm			
Dato	18.6.95	30.8.95	7.11.95	20.6.95	30.8.95	7.11.95
Prøve	NGU-1	NGT1	NES1	36-1	36-1	36-1
	ug/kg v.v	ug/kg v.v	g/kg v.v.	ug/kg t.	g/kg t.v	g/kg t.v.
Naftalen	<0,5	1	1	<1	<1	<1
C1-Naftalener	4	<1	5	<1	<1	<1
Bifenyl	<0,5	<1	<1	8	8	16
C2-Naftalener	0,5	1	2	66	59	115
C3-Naftalener	<0,5	1	4	39	38	51
Acenaftalen	<0,5	<1	2	18	18	39
Acenaften	<0,5	<1	6	<1	<1	<1
Fluoren	<0,5	16	90	13	9	<1
Fenantren	0,8	388	1095	2	12	
Antracen	<0,5	38	220	<1	<1	<1
C1-Dibenzotiofener		16	41	8	8	10
C1-Fenantrener	1,2	393	703	34	35	28
C2-Dibenzotioten	<0,5	35	79	23	36	27
C2-Fenantrener	<0,5	319	552	19	25	12
Fluoranten	1	2260	3795	49	41	22
Pyren	0,5	1507	2656	31	24	13
C3-Dibenzotiofener	<0,5	11	32	<5	12	<5
Benz(a)antrazen*	1,1	568	918	10	22	<1
Chryzen	<0,5	849	1197	22	77	3
Benzo(b)fluoranten*	0,8	1427	1699	69	137	7
Benzo(j,k)fluoranten*	xx)	xx)	xx)	26	48	7
Benzo(e)pyren	0,5	762	992	40	78	10
Benzo(a)pyren*	0,9	629	992	23	41	8
Perylen	<0,5	98	191	15	9	<1
Ind.(1,2,3cd)pyren*	1,1	387	511	29	41	5
Dibenz.(a,c/a,h)ant.*	<0,5	88	130	<1	11	<1
Benzo(ghi)perylene	0,4	357	497	34	45	6
Sum disykl	4,5	3	12	113	105	182
Sum NPD	6,5	1165	2514	219	215	255
Sum PAH	8,3	10128	16398	493	715	209
SUM KPAH	3,9	3099	4250	157	300	27
% KPAH	47	30,6	25,9	31,8	41,7	12,9
Tot sum	12,8	10131	16410	606	424	391
% Tørrstoff	6,9	9,4	17,4			

* Markerer potensielt kreftfremkallende egenskapet overfor mennesker eller IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige + trolige carcinogene). Sum av * utgjør KPAH.

x) gått tapt under ekstraktinndamping

xx) Inkludert i benzo(b) fluoranten

1) Bare (a,h) - isomeren

Vedlegg D.

ANALYSER AV PAH I STRANDSNEGL 1985 - 1995.

År	Mnd	Stasjon	Materiale	Friskvekt						Tørrvekt			
				sum PAH µg/kg	KPAH µg/kg	KPAH %	B(a)P µg/kg	NPD µg/kg	Tørr- stoff %	sum PAH µg/kg	B(a)P µg/kg	KPAH µg/kg	
85		Y. Tjuvholm	Strandsnegl								71300	770	8700
86		Y. Tjuvholm	Strandsnegl								43000	2200	5900
87		Y. Tjuvholm	Strandsnegl	30663	4500	15	342			20	155650	1700	22800
87(R)		Y. Tjuvholm	Strandsnegl	31629	3025	10	466			20	162200	2400	15500
88		Y. Tjuvholm	Strandsnegl	66607	3238	5	134			24	276378	560	13400
88(R)		Y. Tjuvholm	Strandsnegl	70711	3174	4	650			24	293407	2700	13200
89		Y. Tjuvholm	Strandsnegl	17144	1608	9	49			21	81251	1150	7600
90		Y. Tjuvholm	Strandsnegl	27184	2711	10	154			23	119753	680	11900
95	6	Y. Tjuvholm	Strandsnegl	12513	1440	12	174	4075		18	69905	972	8045
95	8	Y. Tjuvholm	Strandsnegl	10586	1972	19	221	1717		24	43564	909	8115
95	11	Y. Tjuvholm	Strandsnegl	13436	2189	17	327	1894		23	57419	1397	9355
95	snitt	Y. Tjuvholm	Strandsnegl	12178	1867	16	241	2562		22	56963	1093	8505
95	6	Haugestr.	Strandsnegl	4967	631	13	79	1316		18	28222	449	3585
95	8	Haugestr.	Strandsnegl	6870	1230	18	126	1021		27	25257	463	4522
95	11	Haugestr.	Strandsnegl	14167	1249	9	161	3595		24	60030	682	5292
95	snitt	Haugestr.	Strandsnegl	8668	1037	13	122	1977		23	37836	531	4467
85		Havik	Strandsnegl								1100	12	140
86		Havik	Strandsnegl								800	30	160
87		Havik	Strandsnegl										
88		Havik	Strandsnegl								4100		540
95	6	Havik	Strandsnegl	157	22	14	1	58		22	717	5	100
95	8	Havik	Strandsnegl	64	12	19	2	59		28	233	7	44
95	11	Havik	Strandsnegl	243	54	22	5	61		23	1080	22	240
95	snitt	Havik	Strandsnegl	155	29	18	3	59		24	677	11	128
85		Litlerauna	Strandsnegl								800		50
86		Litlerauna	Strandsnegl								3600	25	330
87		Litlerauna	Strandsnegl								550		70
88		Litlerauna	Strandsnegl								1200	9	70
89		Litlerauna	Strandsnegl	78	17	22				22	356	5	80
90		Litlerauna	Strandsnegl	398	24	6	1			22	1851	6	50
90(R)		Litlerauna	Strandsnegl	50	10	20	1			22	222	5	43
90(R)		Litlerauna	Strandsnegl	89	12	14	1			22	397	6	54
95	6	Litlerauna	Strandsnegl	52	12	23	1	57		23	229	4	53
95	8	Litlerauna	Strandsnegl	22	2	9	1	12		21	104	5	9
95	11	Litlerauna	Strandsnegl	57	6	12	1	32		23	246	4	26
95	snitt	Litlerauna	Strandsnegl	44	7	15	1	34		22	193	4	29

Vedlegg E.

GRUNTVANNSUNDERSØKELSE

Tabell E1. Strandsonestasjoner
Prosjektnummer: O-95136 Fylke: Vest-Agder Dato: 30.- 31. august 1995
Prosjektnavn: LISTA Kommune: Farsund

Stasjonsnummer	1	3	4	6
Stasjonsnavn	I.Tjuvholm	Y. Tjuvholm	Storskjær	Haugestranda
Nordlig koordinat	58°4.00	58°3.95	58°4.20	58°4.05
Østlig koordinat	6°46.60	6°46.60	6.46.50	6.46.05
Eksponeringsgrad*	1	3	2	2
Bunntype**	F, SS	F	F	F, SS
Helningsvinkel, < 30, 30-70, > 70	30-70	30-70	30-70	30-70
Himmelretning (N, Ø, S, V)	N	S	S	Ø

*Eksponeringsgrad: 1 (svak) - 3 (sterk)

**Bunntype: F= fjell, SS=stein store, SM =stein små, SA= sand/skjell

Tabell E2. Liste over arter som ble registrert i august 1995. Mengdeangivelser: 5= dominerende, 4= hyppig, 3= vanlig, 2= sparsom, 1= sjelden, += forekommer

	St. 1	St. 3	St. 4	St. 6
Lichenes (lav)				
<i>Caloplaca cf. marina</i>	2	3	2	2
<i>Lecanora cf. atra</i>		2		
<i>Ramulina siliquosa</i>	3	3		
<i>Verrucaria maura</i>	2	4	4	2
<i>Xanthoria parietina</i>	2	2		3
Cyanophyceae (blågrønnalger)				
<i>Calothrix.</i>	3-4	4	5	4
<i>Lyngbya</i>	2-3		4	
Rhodophyceae (rødalger)				
<i>Ahnfeltia plicata</i>	2	2		4
<i>Audouiniella sp.</i>		2	2	2
<i>Bonnemaisonia hamifera: sporp.</i>	3			
<i>Callithamnion corymbosum</i>				2
<i>Ceramium rubrum</i>	3-4	3-4	1	2
<i>Chondrus crispus</i>	3			4

Tabell 2 forts

	St. 1	St. 3	St. 4	St. 6
<i>Corallina officinalis</i>		2		
Corallinaceae		5		3-4
<i>Hildenbrandia rubra</i>		4	2	2
<i>Mastocarpus stellata</i>	2	3-4	3	4
<i>Phyllophora pseudoceranooides</i>				2
<i>Polyides rotundus</i>	1			
<i>Porpyra umbilicalis</i>	3	3		3
Phaeophyceae (Brunalger)				
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	0-1	2	0-1	
<i>Ectocarpus sp.</i>	4		3	4
<i>Elachista fucicola</i>		2		
<i>Fucus serratus</i>	2	4-5		2
<i>Fucus spiralis</i>		2		
<i>Fucus vesiculosus</i>	2	3		
<i>Giffordia sandriana</i>	4-5			
<i>Halidrys siliquosa</i>		1		
<i>Laminaria digitata</i>	3	5		5
<i>Ralfsia verrucosa</i>			1	
Chlorophyceae (Grønnalger)				
<i>Blidingia minima</i>		2	2	2
<i>Chaetomorpha melagonium</i>				1
<i>Cladophora rupestris</i>	4	3	2	4
<i>Cladophora sp.</i>	0-1			
<i>Enteromorpha intestinalis f. compressa</i>	4	3	4	3
<i>Ulva lactuca</i>	4	2	3	3
Fauna (Fjæredyr)				
<i>Alcyonidium hirsutum</i>		2		
<i>Cancer pagurus</i>		1		
<i>Carcinus maenas</i>			1	
<i>Electra pilosa</i>	2	2		
<i>Flustra foliacea</i>		2		
Hydroider på tang - <i>Clava</i>		2		
Hydroider på tang - <i>Dynamena</i>	2	3		
<i>Littorina littorea</i>		2		
<i>Littorina saxatilis</i>	2	4	2	
<i>Membranipora membranacea</i>	2	3		2
<i>Spirorbis sp.</i>		2		
Bacillariophyceae				
<i>Licmophora sp.</i>		0-1		

Vedlegg F.

FOREKOMST AV UTVALGTE ARTER OG ORGANISMEGRUPPER FRA HUSEBYBUKTA, LISTA, FRA 1970 TIL 1995

Tabell Forekomst av utvalgte arter/artsgrupper i perioden 1970-1995.

Mengdeangivelse er gitt etter skalaen: 16= dominerende, 8 = vanlig, 4= spredt, 2= enk
1= ident. i mikroskop

		St. 1. Indre Tjuvholmen																		
		1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995
Ceramium spp.		2	8	8	2	2		6	4			4	1	16	12	12	12	12	16	12
Corallinaceae (Phymatolithon)										6	4									
Mastocarpus stellata		16		16				6	4	4	1	1	1	1	4		2	1	6	4
Ascophyllum nodosum		16	16	16	8	8		2	2		4									
Ectocarpales indet.								1		16		8	16	12	16	16	16	12	12	16
Fucus vesiculosus		8	8	8	2	8											1	2	2	4
Blidingia minima																				
Cladophora rupestris								8	16	16	8	16	16	8	6	12	12	4	12	16
Enteromorpha spp.								16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	16
Ulva lactuca								16	16	16	8	8	16	12	6	16	16	16	16	16
Littorina spp.		12	8	8	8	8		4	1	6	4	12	12	8	12	12	8	4	4	4
Patella vulgata		4	2	2		2														

		Stasjon 3. Ytre Tjuvholmen																		
		1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995
Ceramium spp.			8	2	8	16	8	1	8	8	8	16	8	12	16	8	12	12	8	12
Corallinaceae (Phymatolithon)		8	2		8	8			1			6	6	6	2	8	4	1	1	12
Mastocarpus stellata									4	8	1		4	8	6		4			12
Ascophyllum nodosum			8	16	8	16	8	6	6	4		6	4	4	4	4	4	6	2	
Ectocarpales indet.							1	8		12		8	8	8	8	16	8	12	12	4
Fucus spiralis								8	2							6		2		4
Fucus vesiculosus		2	8	8	8	2	8			8	6	8	8	12	12	16	12	16	12	8
Cladophora rupestris							6	12	16	16	8	8	8	12	8	16	6	12	8	8
Enteromorpha spp.		2	2	8	16	8	8	12	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8	16	8
Ulva lactuca			16	2	16			12	16	16	16	8	12	16	8	16	6	8	8	4
Littorina spp.		6	6	8	8	8	12	8	16	16	8	12	12	16	16	8	8	4	8	16
Patella vulgata		16	16	16	16	8	8	12	8	8	4	4	1	2	4	2				12

Stasjon 4. Storeskjær

	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995
Ceramium spp.	8	8		16								1	6	6	8	4	4	4	2
Corallinaceae (Phymatolithon)	8	8	8	8	8				8	6									
Mastocarpus stellata	16	8	16	16	16	8	8	6	8	5		6	4	6	8	8	6	8	8
Ascophyllum nodosum																			
Ectocarpales indet.								1	4	1		1	6	16	4	6			8
Fucus vesiculosus																			
Cladophora rupestris						4	6	1	8	4		2	6	2	8	1	4		4
Enteromorpha spp.	8	16	16	16	8	16	16	6	8	16	6	16	16	16	12	16	16	8	16
Ulva lactuca	8	16	16	16	8	8	8	6	8	16		16	24	12	8	6		4	8
Littorina spp.	8	8	2	2								1		4	2	6			4
Patella vulgata	16	8	8	8	8														

Stasjon 6. Haugestranda

	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995
Ceramium spp.		8		8	16	4	1	8	16	8	8	12	8	12	16	16	16	8	4
Corallinaceae (Phymatolithon)				8	8						8	8	8	8	1	6	8	8	12
Mastocarpus stellata	2	8	16	16	16	8	12	6	8	1	4	6	12	12	4	6	6	2	16
Ascophyllum nodosum						6													
Ectocarpales indet.						8	1		8	8	1	1	12	8	16	16	8	16	16
Fucus vesiculosus	8	8	2	2	2	6					1								
Cladophora rupestris						4	4	16	16	8	16	8	16	12	12	8	16	8	16
Enteromorpha spp.	2	16	16	8	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12	8
Ulva lactuca	8	16	4	8	2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8
Littorina spp.	2	8	2	8	16		6		8	4	12	1	12	8	12	4	12	8	4
Spirorbis sp.																			1

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3474-96

ISBN 82-577-3013-0