

RAPPORT LNR 4549-2002

**O**vervåking av sjø-  
området utenfor  
Elkem Aluminium, Lista

PAH og metaller i strandsnegl,  
1999-2001



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium, Lista. PAH og metaller i strandsnegl, 1999-2001	Løpenr. (for bestilling) 4549-2002	Dato 25.06.2002
	Prosjektnr. Undernr. O-21041	Sider Pris 24
Forfatter(e) Moy, Frithjof og Kroglund, Tone	Fagområde Miljøgifter i sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Elkem Aluminium ANS Lista	Oppdragsreferanse S.H. Samuelson
---	-------------------------------------

**Sammendrag**

Rapporten omfatter undersøkelser av metaller og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) i strandsnegl (*Littorina littorea*) i sjøresipienten til Elkem Aluminium ANS Lista.

Nærområdet til bedriftens utslipp (st. 1 Ytre Tjuvholmen) var ubetydelig til lite forurenset (tilstandsklasse I) mht. konsentrasjoner av arsen, bly, kadmium, kobber og kvikksølv i strandsnegl og moderat forurenset (tilstandsklasse II) mht. krom.

Nærområdet til bedriftens utslipp (st. 1 Ytre Tjuvholmen og st. 2 Haugestrand) var fremdeles meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V) mht. PAH. Konsentrasjonene av PAH i strandsneglen varierer signifikant med årstiden med 5-10x høyere konsentrasjoner om høsten (oktober -november) enn om sommeren (juni-august).

Stasjon 3 Havik (3 km unna) var moderat til markert forurenset. Stasjon 4 Litlerauna (referansestasjon 10 km unna) var ubetydelig-lite forurenset dvs. at strandsneglene inneholdt konsentrasjoner under grenseverdien satt for antatt høyt naturlig bakgrunnsnivå.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PAH</li> <li>2. Metaller</li> <li>3. Marin overvåking</li> <li>4. Aluminiumsverk</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PAH</li> <li>2. Metals</li> <li>3. Marine monitoring</li> <li>4. Aluminium smelter</li> </ol>
--	--

  
Frithjof Moy  
Prosjektleder

  
Kristoffer Næs  
Forskningsleder

  
Kari Nygaard  
Fung. Forskningsjef

**Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem  
Aluminium, Lista**

PAH og metaller i strandsnegl 1999-2001

## Forord

*Den foreliggende rapporten er utført av NIVA på oppdrag fra Elkem Aluminium ANS Lista. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Svein Harry Samuelsen.*

*Rapporten er en oppfølging av tidligere undersøkelser av miljøforholdene i Husebybukta som er resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista.*

*Feltinnsamlinger av snegl ble foretatt av Kjell Tønnesen og Atle Olsvik (Elkem Aluminium ANS Lista). Tone Kroglund har vært prosjektansvarlig, mens undertegnede er ansvarlig for denne rapporten under hennes barnepermisjonsperiode.*

*Strandsneglene ble opparbeidet av Mette C. Lie og analysert på NIVAs laboratorium i Oslo.*

Grimstad, 15. april 2001

*Frithjof Moy*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	6
1.2 Forurensningstilførsler	6
1.3 Tidligere undersøkelser	7
<b>2. Resultater</b>	<b>8</b>
2.1 Oppsummering	8
2.2 Metaller i strandsnegl	10
2.3 PAH i strandsnegl	10
2.3.1 Dagens nivå	10
2.3.2 Årstidsvariasjoner	11
2.3.3 Tidsutvikling	12
<b>3. Referanser</b>	<b>14</b>
<b>4. VEDLEGG</b>	<b>15</b>

---

## Sammendrag

Den foreliggende undersøkelsen ble gjennomført for å gi en oppdatering av tilstanden i resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista og eventuelt dokumentere endringer fra tidligere undersøkelser.

Rapporten omfatter:

- Analyse av metallene arsen, bly, kadmium, kobber, krom og kvikksølv i strandsnegl (*Littorina littorea*) innsamlet fra Ytre Tjuvholmen i Husebybukta i august og november 2001.
- Analyse av PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*) innsamlet fra Ytre Tjuvholmen og Haugestranda i Husebybukta samt referansestasjonene Havik (3 km fra utslippet) og Litlerauna (10 km fra utslippet) i perioden i juli, august, oktober og november 1999, 2000 og 2001.

### Metaller

Ytre Tjuvholmen var ubetydelig til lite forurenset (tilstandsklasse I) mht. konsentrasjoner av arsen, bly, kadmium, kobber og kvikksølv i strandsnegl og moderat forurenset (tilstandsklasse II) mht. krom. Grenseverdien for tilstandsklasse I for krom er satt til 3 mg/kg tørrvekt og det ble målt 6,5 og 3,3 mg/kg strandsnegl i hhv. august og november. Metallforurensning i strandsnegl er tidligere ikke blitt undersøkt. Tilstandsklasse er oppgitt iht. SFTs klassifikasjonssystem (Molvær et al. 1997).

### PAH

Resultatet av PAH-analyser av strandsnegl viser at Husebybukta fremdeles er meget sterkt forurenset mht. PAH (tilstandsklasse V). Konsentrasjonene av PAH varierer signifikant med årstiden med 5 – 10x høyere konsentrasjoner om høsten (oktober – november) enn om sommeren (juni – august). Variasjonen har sin forklaring i biologiske forhold (gyting og vekstfase). Ved sammenligning med andre målinger og i overvåkingssammenheng, er følgelig innsamlingstidspunktet viktig, samtidig som flere (4) innsamlingstidspunkt gir et variasjonsbilde som er avgjørende for tolkning av måleverdiene.

Forurensningen avtar raskt med avstand fra Husebybukta og stasjon 3 Havik (3 km unna) var moderat til markert forurenset (tilstandsklasse II-III). Stasjon 4 Litlerauna (referansestasjonen 10 km unna) var ubetydelig-lite forurenset, dvs. at strandsneglene inneholdt konsentrasjoner under grenseverdien satt for antatt høyt naturlig bakgrunnsnivå.

Med hensyn til den foretatte klassifisering av forureningsgrad skal det bemerkes at det ikke er utarbeidet en egen klassifiseringstabell for organiske miljøgifter i snegler. Klassifiseringen er basert på SFTs klassifiseringstabell for blåskjell. Ut fra eksisterende kunnskap er dette akseptabel anvendelse av tilstandsklassebegrepene. Med bakgrunn i den store årstidsvariasjonen er klassifiseringen basert på gjennomsnitt av 2 – 4 årlige innsamlinger de 3 siste årene (1999-2001).

Strandsnegl fra Haugestranda hadde et overraskende høyt innhold av PAH i oktober 2000 (over 50 000 µg/kg v.v.). Det er dobbelt av hva som ble funnet i 1999 og 2001 med maksimalkonsentrasjon på ca 25 000 µg/kg v.v. En vurdering av fordelingen av enkeltkomponenter viser kun små variasjoner som tyder på samme forureningskilde og stor grad av overensstemmelse med PAH-profilen i avløpsvannet.

# 1. Innledning

## 1.1 BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN

Avløpsvann fra Elkem Aluminium ANS Lista inneholder bl.a. polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Avløpsvannet har fra starten av bedriften i 1971 og fram til 1995 blitt ført ut i strandkanten i Husebybukta, nærmere bestemt ved Storskjær. I desember 1995 ble utslippsledningen forlenget noe slik at utslippet i dag blir ført ca. 30-40 meter ut fra Storskjær i sørvestlig retning (jfr Figur 2).

Utslippene av PAH har vært anslagsvis 0,5-3 tonn pr. år på 1980-tallet (Knutzen 1991), men har blitt betydelig redusert. Bedriften har gjennomført utslippsreduksjonene gjennom installering av nytt utstyr, ombygginger og prosessforbedringer. Utslippstall fra 1981 til 1998 er vist i kap. 1.2.

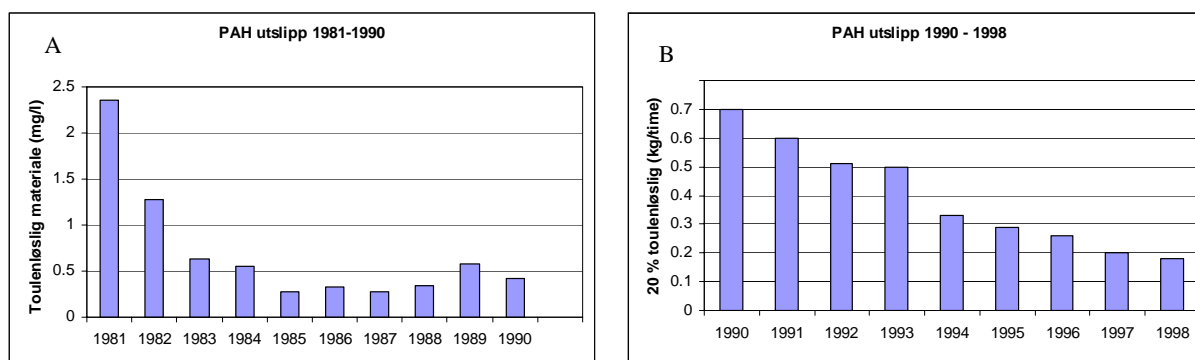
Elkem Aluminium ANS Lista er pålagt av SFT (Statens forurensningstilsyn) å overvåke resipienten. Denne undersøkelsen er et ledd i overvåkingen og en oppfølging av tidligere undersøkelser. Undersøkelsen har hatt som formål å:

- *Gi en oppdatering av tilstanden i området*
- *Sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser for å dokumentere eventuelle endringer*
- *Spesielt dokumentere tilstanden mht. metallforurensning som tidligere ikke er undersøkt.*

## 1.2 FORURENSNINGSTILFØRSLER

**Figur 1** viser utslippsmengder av PAH til Husebybukta beregnet som 20% av toluenløselig materiale. Verdier fra 1981 –1990 er oppgitt i mg/l og er hentet fra Knutzen 1991. Utslippsverdier fra 1990-1998 er oppgitt i kg/time og er innhentet fra bedriften (Kroglund, 2000).

Det er knyttet usikkerhet til utslippstallene, men det synes å være en nedadgående trend i utslippene av PAH. Fra 1990 til i dag har utslippene blitt redusert med ca. 75 %.



**Figur 1.** Utslipp av PAH, beregnet som 20 % av toluenløselig materiale. A: Utslipp fra 1981 – 1989 er oppgitt som mg pr. liter (data fra Knutzen 1991). B: Utslipp fra 1990-1999 er oppgitt som kg pr. time (data fra Elkem Aluminium Lista –fax 22/02/99).

### 1.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Det foreligger mange kontrollundersøkelser av Husebybukta fra bedriftens oppstart i 1971 og fram til i dag. Det ble også foretatt en undersøkelse i 1970, året før bedriftens oppstart. I starten inngikk kun organismesamfunn i strandsonen i kontrollundersøkelsene.

I perioden 1970 - 1974 og 1979 - 1990 ble det gjennomført årlige kontrollundersøkelser av organismesamfunnet i strandsonen (Knutzen og Rueness 1972, Knutzen 1973, Knutzen og Arnesen 1975, Knutzen 1979, 1981, 1983, 1985, 1987a, b, 1989, 1991). Opprinnelig ble innsamlingen av alger og dyr foretatt med skrape fra land, men fra og med 1980 ble snorkeldykking benyttet. Etter 1990 ble undersøkelsesfrekvensen redusert slik at det nå er flere års opphold mellom undersøkelsene. Siste undersøkelse ble gjennomført i 1995 (Jacobsen *et al.* 1996).

Fra 1978 –1990 ble analyser av PAH og fluorid inkludert i de årlige kontrollundersøkelsene av resipienten. PAH ble målt i albuesnegl (*Patella vulgata*) fra 1978 til 1985. Etter 1985 ble albuesnegl erstattet av strandsnegl (*Littorina littorea*) som indikatororganisme på grunn av stadig minkende forekomst av albusnegl på stasjonene. Strandsnegl/albuesnegl ble samlet inn en gang i året (september) fra tre faste stasjoner med ulik avstand til utslippet (Ytre Tjuvholmen, Havik og Litlerauna). Det foreligger også enkelte analyser av PAH i blåskjell (1986, 1989, 1995) og i krabber (1988). Etter 1990 ble det som for strandsoneundersøkelsene et opphold i PAH-analysene frem til 1995. Fluorid ble primært målt i tang/tare fra 1978 til 1990 (*Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* og *Laminaria digitata*), men det foreligger også enkelte analyser av fluorid i rødalgene vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) og krasing (*Corallina officinalis*) samt i albusnegl (*Patella vulgata*).

I 1995 ble det gjennomført PAH-målinger i strandsnegl fra fire ulike stasjoner i juni, august og november. I tillegg til de tre stasjonene som var prøvetatt tidligere, ble en stasjon ved Haugestranda i Husebybukta inkludert i analysene. Det ble også analysert for PAH i blåskjell og sediment i 1995 (Jacobsen *et al.* 1996).

I årene 1996, 1997 og 1998 ble det foretatt PAH-analyser i strandsnegl gjennom hele året fra stasjonen på Ytre Tjuvholmen. Undersøkelsen i 1996 omfattet 5 analyser, mens undersøkelsene i 1997 og 1998 omfattet 10 analyser fordelt gjennom hele året. Resultatene er kun rapportert i brev form til Elkem Aluminum Lista.

I 1999 ble det i tillegg til miljøgiftprogrammet også gjennomført en biologisk undersøkelse av strandsonen i Husebybukta og gitt en utførlig beskrivelse av artssammensetningen i fjæresonen (Kroglund, 2000).

I denne rapporten er det spesielt resultatet av metallanalyser av strandsnegl (innsamlet i 2001) som rapporteres i tillegg til rutineovervåking av PAH av strandsnegl (data fra 1999, 2000 og 2001). PAH-analyser fra 1999 er tidligere rapportert i Kroglund 2000 og resultater fra 2000 er tidligere rapportert i brev til bedriften.

Prøveinnsamlingen er foretatt av verket, mens opparbeiding og analyser er utført av NIVA.



## 2. Resultater

I resultatkapittelet gis det først en oppsummering av analyseresultatene før en mer detaljert resultatgjennomgang av hhv. metaller og PAH i strandsnegl gis i egne underkapitler.

### 2.1 OPPSUMMERING

#### Metaller

Strandsnegl (*Littorina littorea*) til metallanalyser ble samlet inn i august og november 2001 fra stasjon 1 ytre Tjuvholmen (ca. 500m fra bedriftens utslippspunkt). Strandsnegl fra Tjuvholmen var ubetydelig til lite forurenset (tilstandsklasse I) mht. arsen, bly, kadmium, kobber og kvikksølv (**Figur 2** øverst). Strandsneglene var moderat forurenset (tilstandsklasse II) mht. krom. Grenseverdien for tilstandsklasse I for krom er satt til 3 mg/kg t.v. og det ble målt hhv. 6,5 og 3,3 mg/kg i august og november.

**Figur 2** (øverst) viser konsentrasjoner i strandsnegl av de 6 metallene innsamlet i august og november (2001) fra stasjon 1 Tjuvholmen. Merk at det er ulik skala for de ulike metallene, men at skalaens høyeste verdi satt lik med øvre grense for tilstandsklasse I, med unntak for arsen og krom. Tilstandsklasse iht. SFTs klassifikasjonssystem er angitt med romertall på figurenes høyre side.

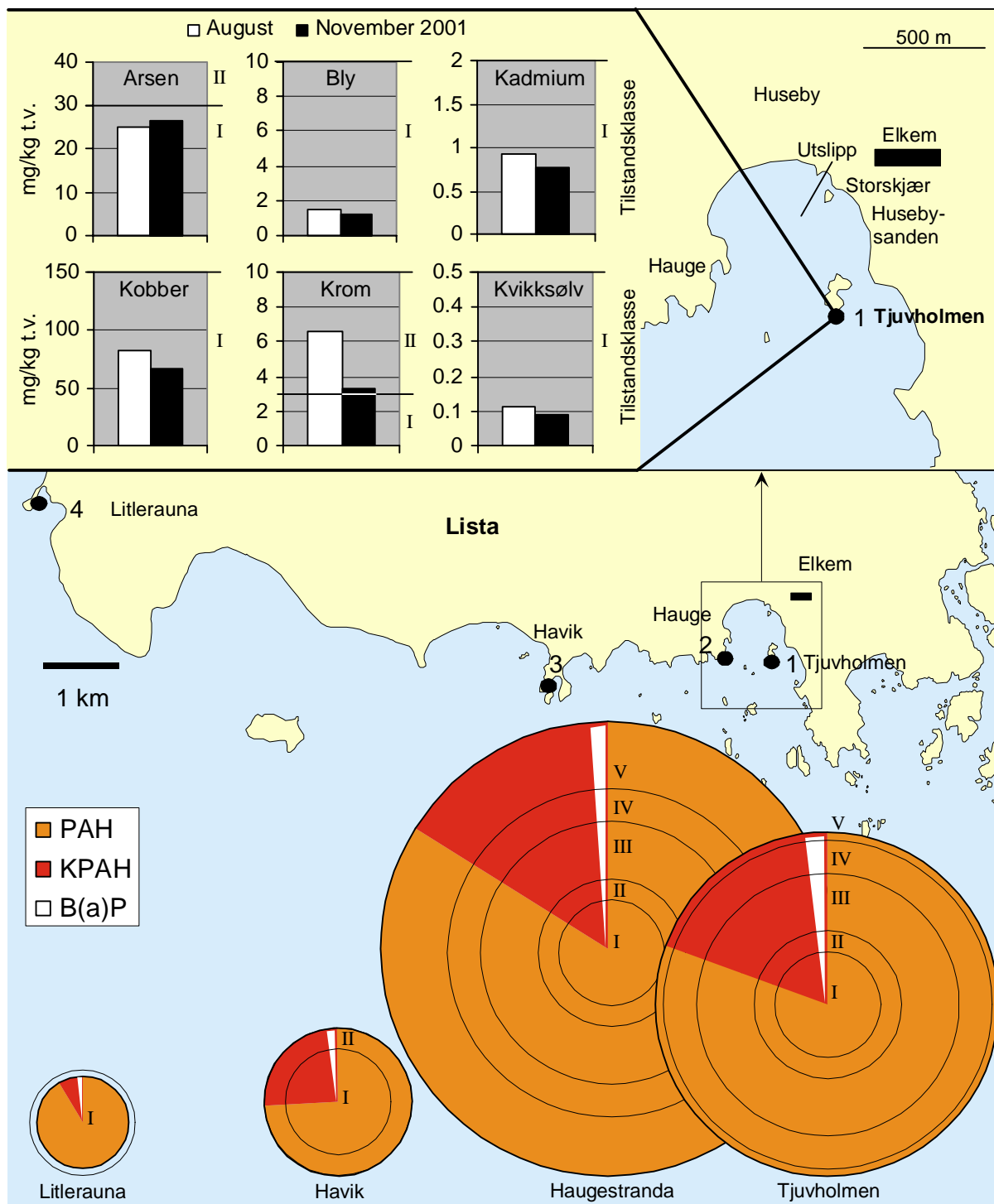
#### PAH

Strandsnegl til PAH-analyser ble innsamlet fra 4 stasjoner, hhv. 0,5, 0,75, 3 og 10 km fra bedriftens utslippspunkt. Strandsnegl fra bedriftens nærområde (Tjuvholmen og Haugestranda), var sterkt forurenset mht. PAH og potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH og B(a)P (IARC 1987)). Klassifisert i henhold til referansestasjonen og tilstandsklasser laget for blåskjell (da egne tilstandsklassetabeller for strandsnegl ikke er utarbeidet) var stasjon 1 Tjuvholmen og 2 Haugestranda meget sterkt forurenset (SumPAH, KPAH, BaP), mens stasjon 3 Havik var moderat til markert forurenset (**Figur 2**, nederst). Denne klassifiseringen er basert på gjennomsnitt av 2-4 årlige innsamlinger de 3 siste årene (1999-2001). PAH-konsentrasjonene i strandsnegl på referansestasjonen 4 Litlerauna var lave (Knutzen et al. 1999) og under de grenseverdier som er satt for tilstandsklasse I (ubetydelig-lite forurenset) for blåskjell.

Med hensyn til den foretatte klassifisering av forureningsgrad er det som bemerket, ikke utarbeidet en egen klassifiseringstabell for organiske miljøgifter i snegl. Ut fra eksisterende kunnskap (Knutzen et al. 1999) er det funnet akseptabelt å anvende SFTs klassifiseringstabell for blåskjell til klassifisering av tilstand også for indikatororganismen strandsnegl.

Konsentrasjonene av PAH i strandsnegl varierte signifikant med årstiden med 5 – 10x høyere konsentrasjoner om høsten (oktober – november) enn om sommeren (juni – august). Denne variasjonen har sin forklaring i biologiske forhold (som gyting og vekstfase). Ved sammenligning med andre målinger og i overvåkingssammenheng, er derfor innsamlingstidspunktet og bruk av gjennomsnittsverdier, viktig.

Strandsnegl fra Haugestranda hadde et overraskende høyt innhold av PAH i oktober 2000 (over 50 000 µg/kg våtvekt) som er det dobbelte av hva som ble funnet i 1999 og 2001 (maksimal-konsentrasjoner på ca 25 000 µg/kg våtvekt, jfr. kap. 2.3.2). En vurdering av fordelingen av enkeltkomponenter viser kun små variasjoner som tyder på samme forureningskilde og stor grad av overensstemmelse med PAH-profilen i avløpsvannet.



**Figur 2.** Øverst: Innhold av metallene arsen, bly, kadmium, kobber, krom og kvikksølv i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra stasjon 1 Tjuvholmen utenfor Elkem Aluminium, Lista, innsamlet i august og november 2001. t.v.; tørrvekt.

Nederst: Innhold av Sum PAH, KPAH, B(a)P i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista, basert på gjennomsnitt av innsamlinger i 1999, 2000 og 2001 (n=6-12). Arealet av flatene gjenspeiler konsentrasjonene. Tilstandsklasser iht. SFTs klassifiseringssystem er markert med sirkler og romertall.

## 2.2 METALLER I STRANDSNEGL

Undersøkelser av metallforurensning er ikke tidligere utført i bedriftens resipientområde. Prøver av indikatororganismen vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) innsamlet i august og november 2001, ble i tillegg til PAH-analyser også analysert mht. metallene arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr) og kvikksølv (Hg).

Resultatet av analysene (**Tabell 1** og **Figur 2**) viser moderat til ubetydelig forurensning av metaller. Konsentrasjonene lå under antatt høyt naturlig bakgrunnsnivå for metaller i strandsnegl, med unntak av krom hvor konsentrasjonen indikerte en moderat forurensning (klassifisert iht. SFTs klassifikasjonssystem, Molvær *et al.* 1997).

Konsentrasjonen av krom i augustprøven var 2x over antatt bakgrunnsnivå, mens den var ned mot et bakgrunnsnivå i novemberprøven.

**Tabell 1.** Metaller i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra ytre Tjuvholmen innsamlet i august og november 2001. Konsentrasjonene er gitt i mg/kg tørrvekt. Antatt grenseverdi for naturlig (høyt) bakgrunnsnivå er gitt iht. SFTs klassifiseringssystem (Molvær *et al.* 1997), samt deteksjonsgrense for anvendt analysemetode.

	Arsen As mg/kg t.v.	Krom Cr mg/kg t.v.	Kadmium Cd mg/kg t.v.	Kobber Cu mg/kg t.v.	Kvikksølv Hg mg/kg t.v.	Bly Pb mg/kg t.v.	Tørrstoff TTS %
August	24.8	6.6	0.93	81	0.11	1.5	25.8
November	26.5	3.3	0.77	66	0.09	1.2	27.2
Bakgrunnsnivå (øvre grense)	30.0	3.0	2.00	150	0.50	10.0	
Deteksjonsgrense	0,03	0,1	0,003	0,1	0,005	0,03	

## 2.3 PAH I STRANDSNEGL

### 2.3.1 Dagens nivå

**Figur 2**, følgende figurer og **Tabell 2** viser konsentrasjoner av PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Lista i 1999, 2000 og 2001. De fire prøvetakingsstasjonene ligger i en avstand fra 500m til 10km fra utslippspunktet til Elkem Aluminium i Husebybukta, Lista. Innsamling av snegl ble foretatt i juni, august, oktober og november for de to stasjonene i nærområdet og i august og november for de to stasjonene hhv. 3 og 10 km fra utslippsresipienten. Tallene fra 1999 er rapportert tidligere (NIVA-rapport 4228-00), men er tatt med her for beregning av gjennomsnittsverdier basert på de tre siste år.

De høyeste konsentrasjonene ble målt ved Haugestranda i oktober og november i 2000.

Konsentrasjonene var 700-1000x over antatt bakgrunnsnivå (=referansestasjon 4 Litlerauna).

Ytre Tjuvholmen hadde også høye overkonsentrasjoner (50-130x bakgrunnsnivå) og området må karakteriseres som meget sterkt forurenset mht. PAH, potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH) og deriblant B(a)P (benzo(a)pyren) (IARC 1987). Spesielt i 2000 var PAH-belastningen på Haugestranda (st. 2) meget sterk (over 50 000 µg PAH/kg v.v. snegl ble målt i oktober). Ved st. 3 Havik, 3km fra utslippet, var nivået 3-4x høyere enn det som kan forventes som bakgrunnsnivå (ca.50 µg/kg). Av **Figur 2** framgår det også at andelen KPAH var noe høyere (>25%) ved denne stasjonen enn de andre stasjonene. Referansestasjonen Litlerauna hadde som forventet lavt innhold av PAH, gjennomsnittlig 36 µg/kg v.v. (±27 std. avvik).

Det er ikke utarbeidet egne tilstandsklasser for strandsnegl, men det antas at de kan sammenlignes med klassene for blåskjell (Næs *et al.* 1995). Grenseverdien for naturlig høyt bakgrunnsnivå av PAH i blåskjell er satt til 50 µg/kg v.v. (tilstandsklasse I) og er i overensstemmelse med hva som er målt i strandsnegl på referansestasjonen (st. 4 Litlerauna).

Ut fra SFTs klassifiseringssystem for blåskjell og basert på gjennomsnittlig innhold i strandsnegl fra de 3 siste år, klassifiseres tilstanden som følgende:

- Ytre Tjuvholmen meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V)
- Haugestranda meget sterkt forurenset (tilstandsklasse V)
- Havik moderat (tilstandsklasse II for sumPAH) til markert forurenset (tilstandsklasse III for KPAH)
- Litlerauna (referansestasjon) ubetydelig forurenset (tilstandsklasse I)

Konsentrasjonen i strandsnegl i utslippsområdet gjennom siste år (2001) varierer rundt den beregnede middelvei. På Stasjon Havik og Litlerauna var konsentrasjonene i 2001 lavere enn i 1999 og 2000.

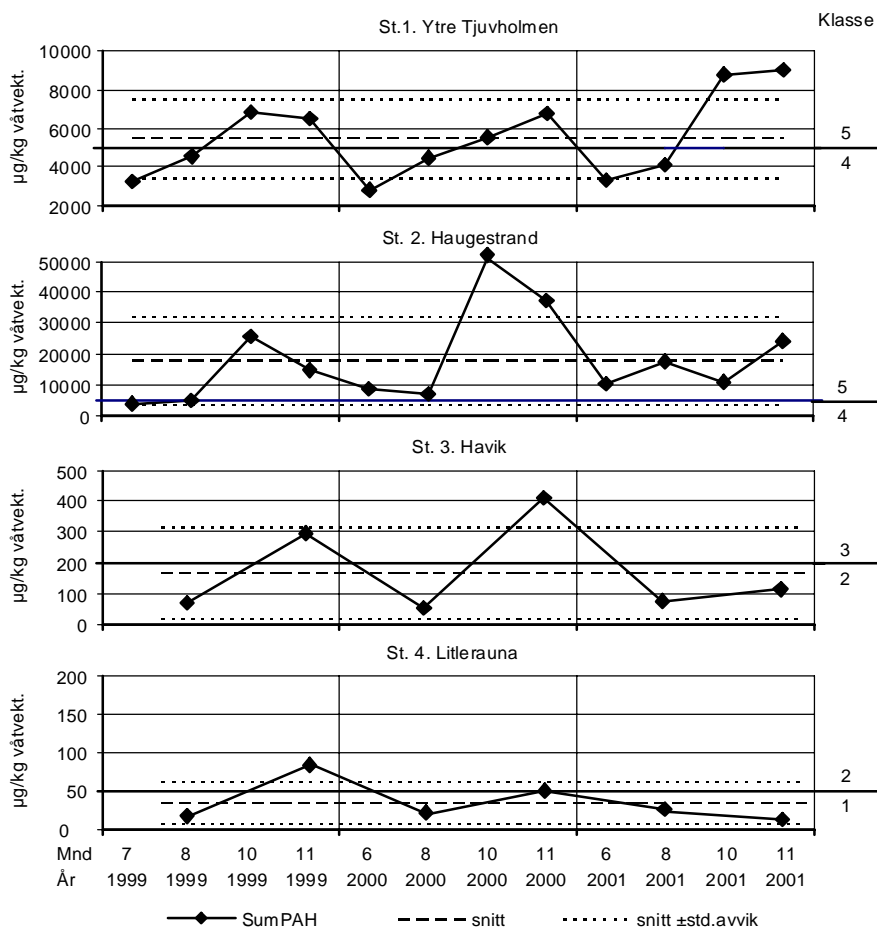
**Tabell 2.** Gjennomsnittlig innhold av sum-PAH, KPAH, B(a)P i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra 4 stasjoner på Lista. Verdiene er gjennomsnitt av innsamlinger i 1999 til 2001 i µg/kg våtvekt ( $\pm$ std. avvik, N=6-12). Deteksjonsgrense er 0,5 µg/kg. Presisjon  $\pm$  10%.

	år	St. 1 Tjuvholm snitt µg/kg (std. avvik)	St. 2 Haugestr. snitt µg/kg (std. avvik)	St. 3 Havik snitt µg/kg (std. avvik)	St. 4 Litlerauna snitt µg/kg (std. avvik)
Σ-PAH	1999	5272 (1711)	12345 (10309)	185 (158)	50.5 (47.4)
	2000	4870 (1685)	26001 (21752)	235 (252)	37.0 (19.8)
	2001	6297 (2989)	15765 (6503)	96 (30)	19.3 (10.0)
	1999-2001	5480 (2098)	18037 (14362)	172 (148)	35.6 (27.3)
KPAH	1999	1006 (319)	1982 (1406)	37 (34)	5.6 (6.2)
	2000	957 (323)	3532 (3077)	81 (103)	2.0 (2.8)
	2001	1245 (528)	3184 (963)	16 (11)	1.2 (1.6)
	1999-2001	1069 (387)	2899 (1963)	45 (57)	2.9 (3.8)
B(a)P	1999	84 (39)	107 (73)	2 (2)	0.5 (0.0)
	2000	82 (37)	263 (263)	6 (7)	0.5 (0.0)
	2001	100 (52)	234 (111)	1 (1)	0.0 (0.0)
	1999-2001	89 (40)	202 (169)	3 (4)	0.6 (0.5)

### 2.3.2 Årstidsvariasjoner

Konsentrasjonene av PAH varierer signifikant med årstiden, med 5 – 10x høyere konsentrasjoner om høsten (oktober – november) enn om sommeren (juni – august). **Figur 3** viser den markerte økningen fra sommer til høst alle tre årene, spesielt for snegl innsamlet fra stasjon 1 og 2. Dette fenomenet kan forklares på bakgrunn av biologiske prosesser som gyting og aktiv spise- og vekstfase med oppkonsentrering av organiske miljøgifter. Med så markert sesongvariasjon er innsamlingstidspunktet spesielt i overvåkingssammenheng, viktig for bedømmingen av tilstanden, samtidig som flere (4) innsamlingstidspunkt anbefales fordi variasjonsbilde er avgjørende for tolkning av måleverdiene. I **Figur 3** er middelvei for alle målingene markert med lang stipling og variasjonen med kort stipling. Det er middelveien som er lagt til grunn for vurdering av tilstandsklasse.

Stasjonen utenfor båthavna ved Haugestranda hadde et overraskende høyt innhold av PAH i strandsnegl i oktober 2000 (over 50 000 µg/kg v.v., **Figur 3**) som er det dobbelte av hva som ble funnet i 1999 og 2001 (maksimalkonsentrasjoner på ca 25 000 µg/kg våtvekt). En vurdering av fordelingen av



**Figur 3.** Variasjon i konsentrasjonen av PAH i strandsnegl gjennom sommer og høst de 3 siste år på 4 stasjoner. Gjennomsnitt og std.avvik for hele perioden er markert med stiplede linjer. Tilstandsklasser er vist i henhold til SFTs klassifisering angitt for blåskjell (Molvær et al. 1997) .

enkeltkomponenter viser kun små variasjoner som tyder på samme forurensningskilde (**Figur 7** i vedlegg) og stor grad av overensstemmelse med PAH-profilen i avløpsvannet (Næs *et al.* 1998).

PAH forurensningen i 1999 og 2000 kan også spores i strandsnegl fra Havik, 3 km unna. Spesielt i 2000 var sneglene ved Havik *markert* forurenset. I 2001 ble det ikke påvist slike overkonsentrasjoner av PAH ved Haugestranda og tilstanden ved Havik tilsvarte *moderat* forurenset (II).

Konsentrasjoner av potensielt kreftfremkallende PAH og deriblant benzo-a-pyren er vist i **Figur 5** og **Figur 6** bak i vedlegg.

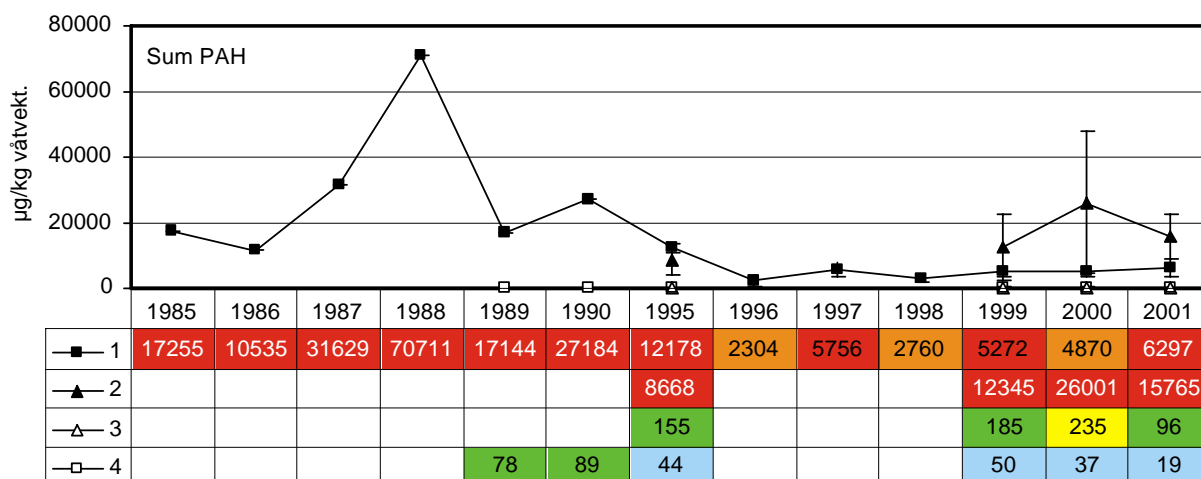
### 2.3.3 Tidsutvikling

Utviklingen over tid av PAH i strandsnegl siden overvåking med strandsnegl som indikatororganisme startet i 1985, er vist i **Figur 4**. (Fra 1978-1985 ble albusnegl (*Patella vulgata*) benyttet som indikatororganisme. Skiftet ble begrunnet i nedgang i albusnegl-populasjonen.) Den lengste serien er fra stasjon 1 Tjuvholmen (stasjonen nærmest til utslippspunktet). Endringer i konsentrasjonene av potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH) og deriblant benzo-a-pyren (B(a)P) er vist i **Figur 8** bak i vedlegg.

Det ble målt store variasjoner i PAH-konsentrasjonene i perioden 1985 til 1990. Fram til 1996 har det vært en markert nedgang i belastningen. Fra 1996 til i dag har det bare vært små endringer, men det kan synes som om konsentrasjonene er noe høyere mot slutten av perioden 1999-2001. Til tross for markert nedgang er den nære sjøresipienten fremdeles meget sterkt forurensset. Målinger i 1999-2000 tyder på at belastningen er høyere på vestsiden (Haugestrand, 750 m fra utslippspunktet) enn på østsiden (Tjuvholmen, 500m fra utslippspunktet).

Nivåene i strandsnegl fra stasjon 3 Havik og 4 Litlerauna er så lave at de med den valgte skala i **Figur 4** blir liggende på 0-aksen. I tabellen under figuren er gjennomsnittet for det enkelte år angitt i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og fargen indikerer tilstandsklasse iht. SFTs klassifiseringssystem for blåskjell (Molvær *et al.* 1997. Blåskjell benyttes da det ikke er utarbeidet klasser for strandsnegl.). Tilstanden på Havik, st. 3, 3 km unna, har ikke endret seg gjennom perioden med unntak av 2000 (og 1999, jfr. **Figur 3**) hvor den høye belastningen medførte en *markert* forurensing også av Havik.

Siden 1995 har konsentrasjonene i strandsnegl fra Litlerauna, referansestasjonene 10 km unna, tilsvart et antatt bakgrunnsnivå for strandsnegl (klasse I). Konsentrasjonene i 1989 og 1990 indikerte en moderat belastning (klasse II) også på denne stasjonen som følge av tidligere høy utlipp.



**Figur 4.** Innholdet av PAH i strandsnegl (middelverdi og std. avvik) fra 4 stasjoner på Lista siden 1985. (Ikke alle stasjoner er prøvetatt alle år). I tabelldelen til figuren er årsgjennomsnitt angitt i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Farge angir tilstandsklasse iht. SFTs klassifikasjonssystem. 1 = st. 1 ytre Tjuvholmen, 2 = st. 2 Haugestrand, 3 = st. 3 Havik og 4 = st. 4 Litlerauna (referansestasjon). Merk at stasjon 3 og 4 (åpen trekant og firkant) med valgte skala ligger på 0-aksen.

### 3. Referanser

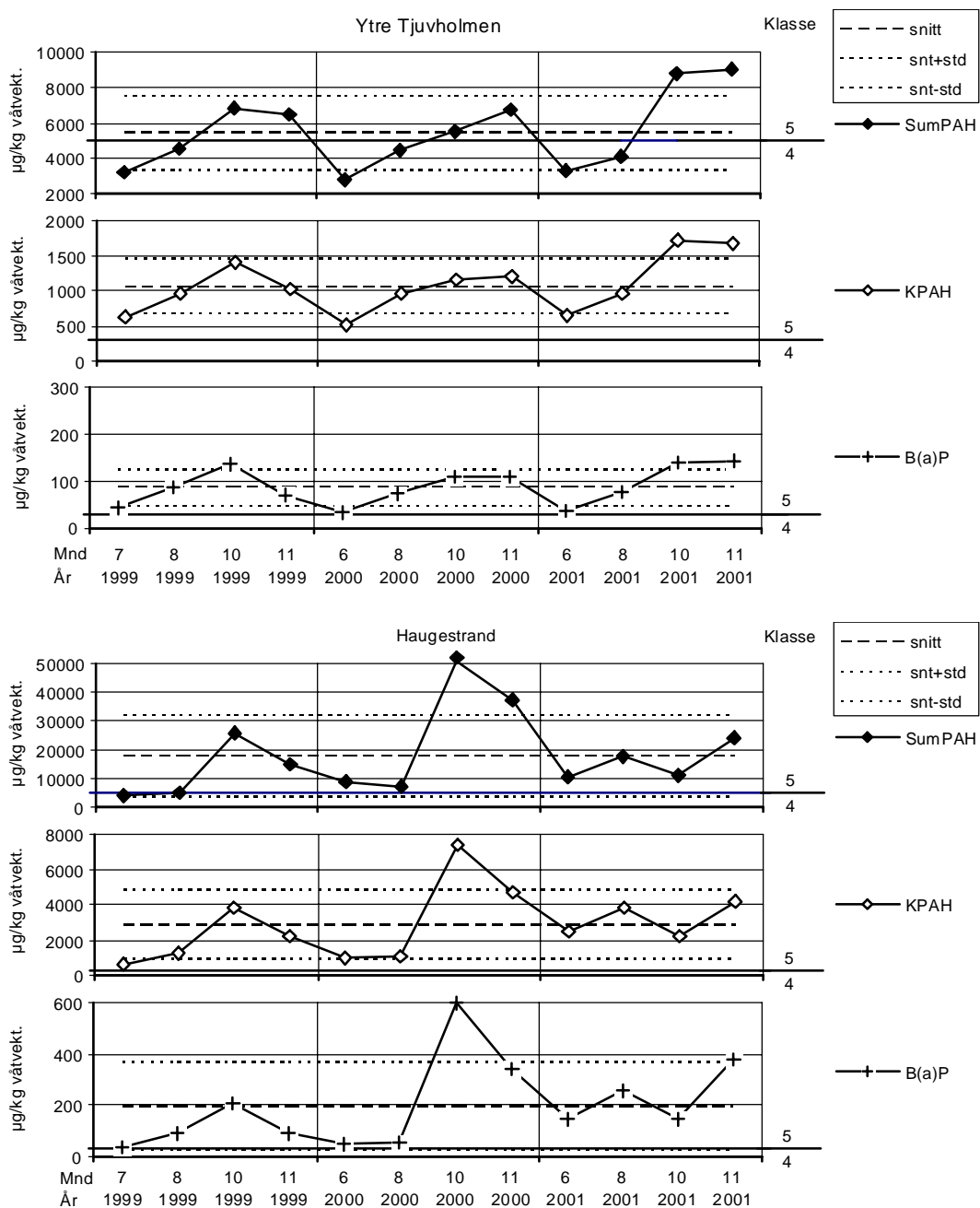
- IARC 1987. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monograph Volumes 1-42. Supp. 7. International Agency for Research on Cancer, Lyon, Frankrike.
- Jacobsen, T., Næs, K.; Opdal, K. (Teknometri as). 1996. Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium Lista ANS. 1995. NIVA-rapport OR-3474. 40 sider.
- 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. 1991. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelse 1989-1990. NIVA rapport O - 68019. L.nr.2615.
- 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, J., E.Fjeld, K.Hylland, B.Killie, L.Kleivane, E.Lie, T.Nygård, T.Savinova, J.U.Skåre og K.J.Aanes, 1999. Miljøgifter og radioaktivitet i norsk fauna – inkludert Arktis og Antaktis. DN-utredning 1999-5. 235s.
- Kroglund, T., 2000. Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista 1999. NIVA-rapport 4228-00. 37s.
- Molvær, J., J.Knutzen, J.Magnusson, B.Rygg, J.Skei og J.Sørensen, 1987. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/97. ISBN 82-7655-367-2. 36 s.
- Næs, K., J. Knutzen, L. Berglind 1995. Occurrence of PAH in marine organisms and sediments from smelter discharge in Norway. *Sci. Total Environ.* 163, 93-106.
- Næs, K., J. Axelman, C. Näf, D. Broman 1998. Role of soot carbon and other carbon matrices in the distribution of PAH among particles, DOC, and the dissolved phase in the effluent and recipient waters of an aluminium reduction plant. *Environ. Sci. Technol.* 32, 1786-1792.

## 4. VEDLEGG

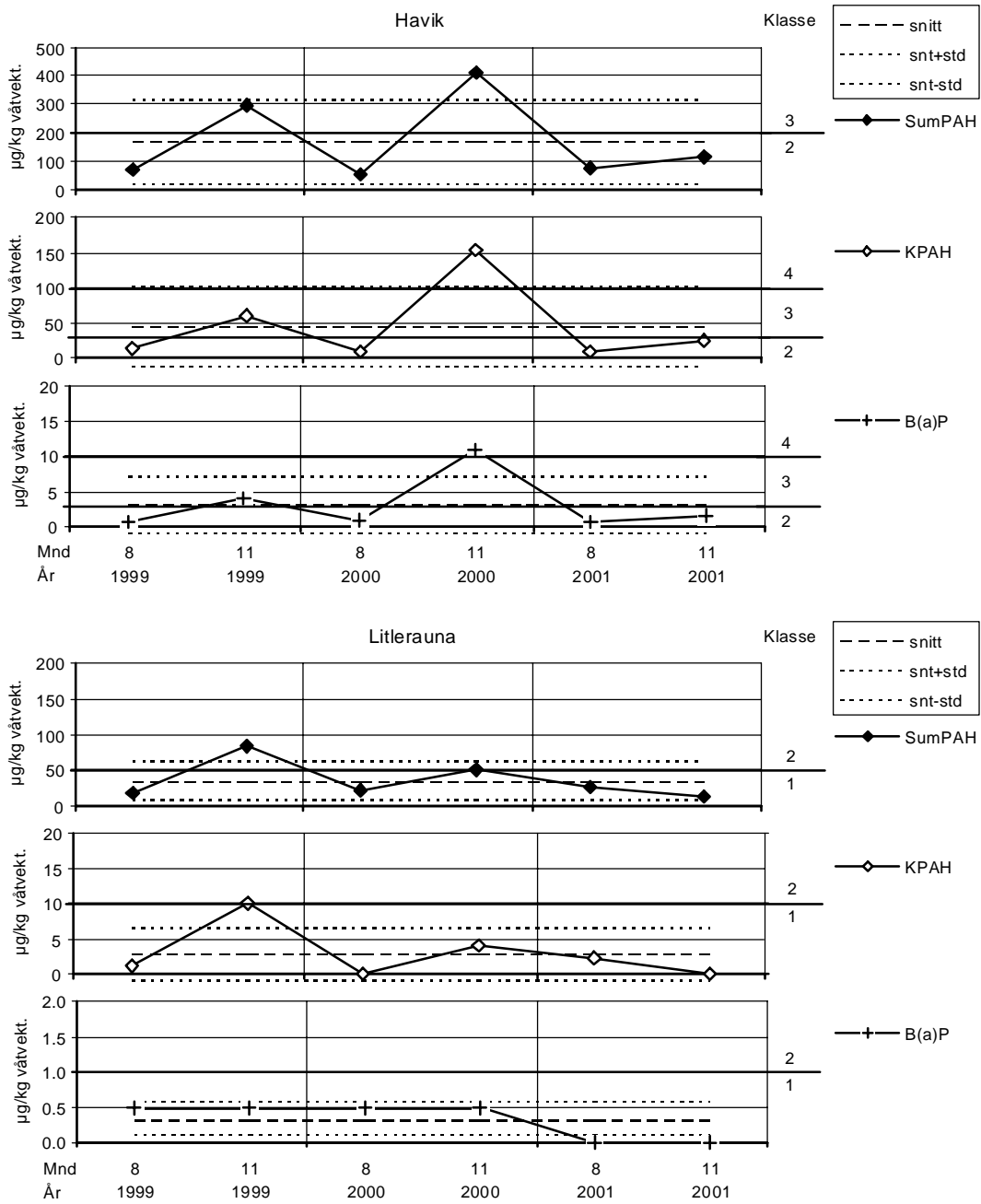
Innhold av figurer og tabeller i vedlegg:

<b>Figur 5.</b> Variasjon i konsentrasjonen av sum-PAH, KPAH og B(a)P i strandsnegl gjennom året de 3 siste år på stasjon 1 ytre Tjuvholmen og stasjon 2 Haugestranda. ....	16
<b>Figur 6.</b> Variasjon i konsentrasjonen av sum-PAH, KPAH og B(a)P i strandsnegl gjennom året de 3 siste år på stasjon 3 Havik og referansestasjon 4 Litlerauna. ....	17
<b>Figur 7.</b> PAH-profiler viser enkeltkomponentenes %-andel av totalsammensetningen. ....	18
<b>Figur 8.</b> Endring over tid i konsentrasjonen (årgjennomsnitt) av potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH) og deriblant benzo-a-pyren (B(a)P) i strandsnegl fra 4 stasjoner: st. 1 ytre Tjuvholmen, st. 2 Hagestrand, st. 3 Havik og st. 4 Litlerauna. ....	19
<b>Tabell 3.</b> Analyseresultater. Metaller i strandsnegl fra ytre Tjuvholmen august og november 2001..	20
<b>Tabell 4.</b> Analyseresultater. PAH i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista i 1999. ....	20
<b>Tabell 5.</b> Analyseresultater. PAH i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista i 2000. ....	21
<b>Tabell 6.</b> Analyseresultater. PAH i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista i 2001. ....	22
<b>Tabell 7.</b> Analysemetoder . ....	23
<b>Tabell 8.</b> Norske og engelske navn på kjemiske forkortelser i tekst og tabeller. ....	24

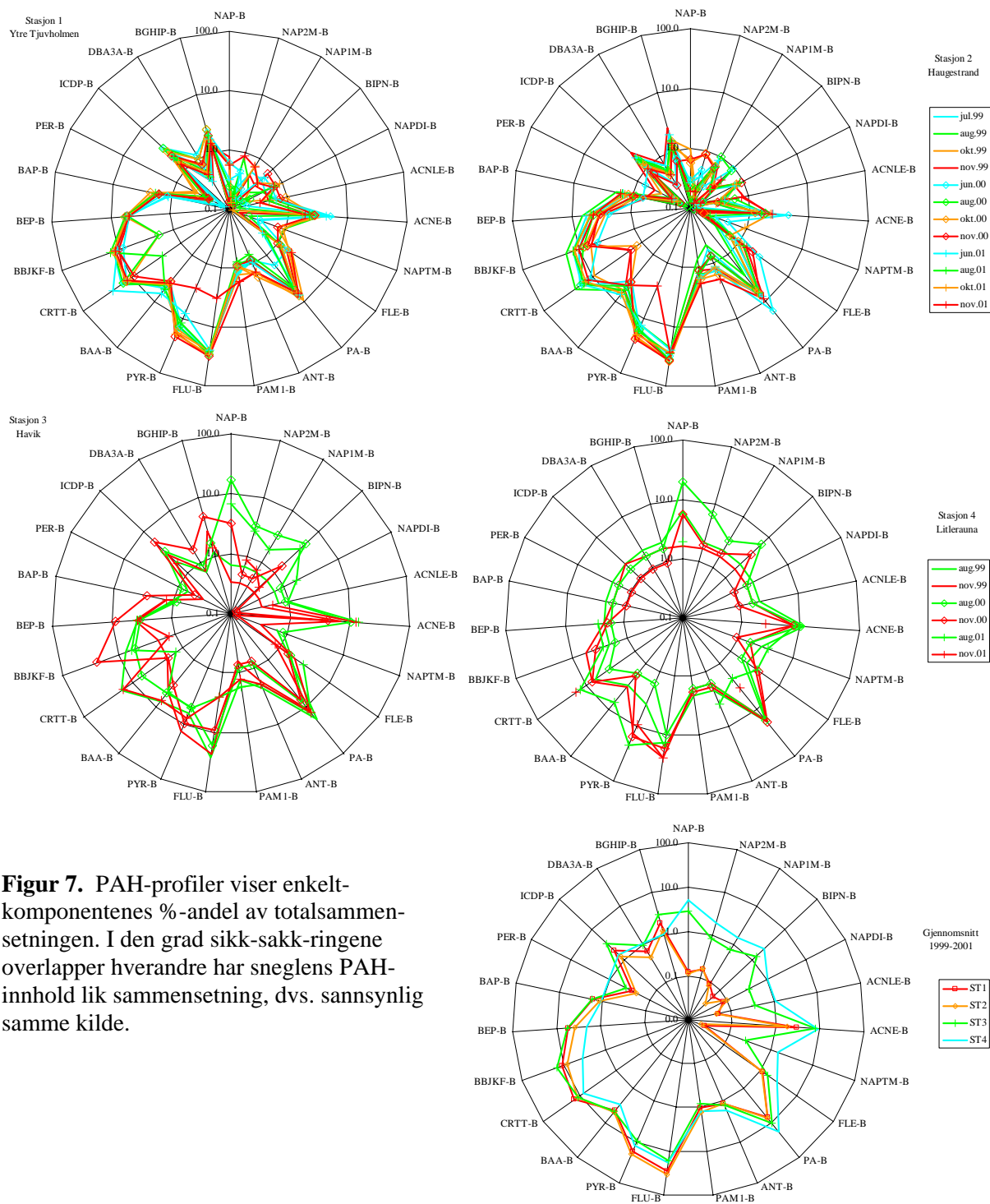




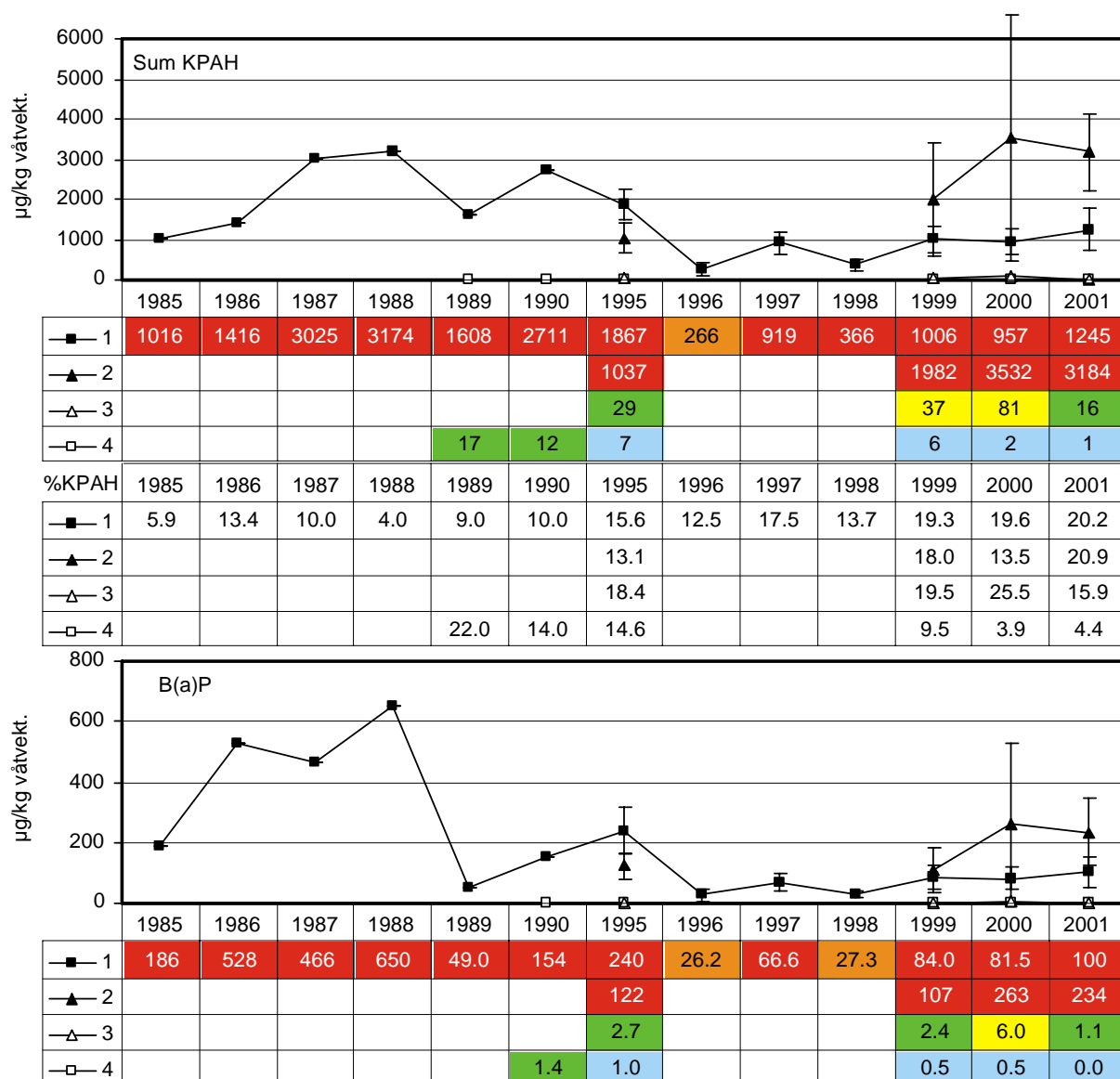
**Figur 5.** Variasjon i konsentrasjonen av sum-PAH, KPAH og B(a)P i strandsnegl gjennom året de 3 siste år på stasjon 1 ytre Tjuvholmen og stasjon 2 Haugestrand. Gjennomsnitt og std.avvik er markert med stiplede linjer. Tilstandsklasser iht SFTs klassifiseringssystem for blåskjell er markert.



**Figur 6.** Variasjon i konsentrasjonen av sum-PAH, KPAH og B(a)P i strandsnegl gjennom året de 3 siste år på stasjon 3 Havik og referansestasjon 4 Litlerauna. Gjennomsnitt og std.avvik er markert med stiplede linjer. Tilstandsklasser iht SFTs klassifiseringssystem for blåskjell er markert.



**Figur 7.** PAH-profiler viser enkeltkomponentenes %-andel av totalsammensetningen. I den grad sikk-sakk-ringene overlapper hverandre har sneglens PAH-innhold lik sammensetning, dvs. sannsynlig samme kilde.



**Figur 8.** Endring over tid i konsentrasjonen (årgjennomsnitt  $\pm$  std. avvik) av potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH) og deriblant benzo-a-pyren (B(a)P) i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista: st. 1 ytre Tjuvholmen, st. 2 Haugestrand, st. 3 Havik og st. 4 Litlerauna. Merk at stasjon 3 og 4 (åpen trekant og firkant) med valgte skala ligger på 0-aksen. I tabelldelen under figurene er årgjennomsnitt angitt i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og tilstandsklasse iht. SFTs klassifisering av tilstand mht. blåskjell er markert med farge. %KPAH er %-andel KPAH av sum-PAH.

**Tabell 3.** Analyseresultater. Metaller i strandsnegl fra ytre Tjuvholmen august og november 2001. mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) våtvekt. (Forkortelser er forklart i **Tabell 8**).

Parameter	Enhet	Merket	St. 1 Ytre Tjuvholmen	St. 1 Ytre Tjuvholmen	Deteksjons-grense
		Prøvedato: Kode	2001.08.21	2001.11.13	
TTS/%	%	B 3	25.8	27.2	
As/MS-B	$\mu\text{g/g}$ v.v.	E 8-2	6.4	7.2	0,03
Cr/MS-B	$\mu\text{g/g}$ v.v.	E 8-2	1.7	0.9	0,1
Cd/MS-B	$\mu\text{g/g}$ v.v.	E 8-2	0.239	0.21	0,003
Cu/MS-B	$\mu\text{g/g}$ v.v.	E 8-2	21	18	0,1
Hg-B	$\mu\text{g/g}$ v.v.	E 4-3	0.029	0.025	0,005
Pb/MS-B	$\mu\text{g/g}$ v.v.	E 8-2	0.38	0.33	0,03

**Tabell 4.** Analyseresultater. PAH i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista i 1999.  $\mu\text{g/kg}$  friskvekt. Deteksjonsgrense er 0,5  $\mu\text{g/kg}$ . Presisjon  $\pm 10\%$ . (Forkortelser er forklart i **Tabell 8**).

Parameter	Enhet	Kode	Stasjon Y.Tjuv-		Y.Tjuv-		Hauge		Hauge		Havik		Litte-	
			Y.Tjuv-		Y.Tjuv-		Hauge		Hauge		Havik		Litte-	
			hlm	hlm	hlm	hlm	strand	strand	strand	strand	3	3	4	4
			St.nr	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4
Prøve	kode:	ST1-07	ST1-08	ST1-10	ST1-11	ST2-07	ST2-08	ST2-10	ST2-11	ST3-08	ST3-11	ST4-08	ST4-11	
Dato:	1999-07-16	1999-08-30	1999-10	1999-11	1999-07-16	1999-08-30	1999-10	1999-11	1999-08-30	1999-11	1999-08-30	1999-11		
TTS	%	B 3	23.8	27.1	24.5	25.8	22.9	25.5	24	23.8	25.4	24.5	24.4	24.9
NAP-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	<0.5	<0.5	8	5	<0.5	<0.5	25	18	<0.5	1	1.5	1
NAP2M-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	6.5	3.2	12	8	<0.5	<0.5	50	30	0.5	1	<0.5	1
NAP1M-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	1.7	1.8	8	3	<0.5	<0.5	23	12	<0.5	1	<0.5	1
BIPN-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	1.8	1.2	2	2	<0.5	<0.5	6	5	<0.5	1	<0.5	1
NAPDI-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	1.5	2	13	3	<0.5	<0.5	30	10	<0.5	1	<0.5	1
ACNLE-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	2	2.8	5	3	1	1.2	9	12	<0.5	1	<0.5	1
ACNE-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	181	159	212	150	29	40	346	325	m	20	2.6	7
NAPTM-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	<0.5	4.2	5	1	<0.5	<0.5	4	2	<0.5	1	0.6	1
FLE-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	18	44	134	68	16	15	232	180	1.1	6	0.5	3
PA-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	202	241	641	430	248	133	1800	1100	14	36	4.3	16
ANT-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	29	42	99	90	21	22	307	190	1.7	5	<0.5	1
PAM1-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	39	43	90	65	49	35	353	170	1	2	<0.5	1
FLU-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	913	1330	1760	2140	1365	1130	9730	5350	20	70	3.8	23
PYR-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	404	657	1078	1200	581	618	5500	2830	4.8	40	0.9	13
BAA-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	128	195	354	270	145	276	1530	850	5.7	14	0.7	3
CRTT-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	522	686	793	900	696	1090	2400	1600	12.8	33	1.5	7
BBJKF-B **	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	357	534	740	600	370	760	1600	850	5.6	33	0.5	5
BEP-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	182	241	385	300	189	312	690	450	2.8	12	<0.5	2
BAP-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	44	86	136	70	39	90	210	90	0.7	4	<0.5	1
PER-B	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	6.2	13	31	13	5.6	11	90	60	<0.5	1	<0.5	1
ICDP-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	84	112	131	71	38	92	370	350	1.4	8	<0.5	2
DBA3A-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	20	24	47	22	11	27	120	110	<0.5	2	<0.5	1
BGHIP-B *	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	H 2-4	74	101	170	81	39	86	400	380	0.9	8	<0.5	1
Sum PAH	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	Beregnet	3216.7	4523.2	6854	6494	3842.6	4738.2	25825	14974	73	296	16.9	84
sum KPAH	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	Beregnet	633	951	1408	1033	603	1245	3830	2550	13.4	61	1.2	10
SUM NPD	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	Beregnet	250.7	295.2	777	514	297	168	2285	1342	15.5	40	6.4	18
Sum PAH16	$\mu\text{g/kg}$ v.v.	*Beregnet	2978	4214	6308	6100	3599	4380	24579	14235	m	281	17	85

m merknad: Analyseresultat mangler pga. Maskert topp.

**Tabell 5.** Analyseresultater. PAH i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista i 2000. µg/kg friskvekt. Deteksjonsgrense er 0,5 µg/kg. Presisjon ± 10%. (Forkortelser er forklart i **Tabell 8**).

Parameter	Enhet	St.nr Merket	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4
			St. 1 Ytre Tjuv- hlm Juni- 00	St. 1 Ytre Tjuv- hlm Aug- 00	St. 1 Ytre Tjuv- hlm Okt-00	St. 1 Ytre Tjuv- hlm Nov- 00	St. 2 Hauge strand Juni- 00	St. 2 Hauge strand Aug- 00	St. 2 Hauge strand Okt-00	St. 2 Hauge strand Nov- 00	St. 3 Havik Aug- 00	St. 3 Havik Nov- 00	St. 4 Litle- rauna Aug- 00	St. 4 Litle- rauna Nov- 00
Prøvedat	o:	06-01	08-01	10-01	11-01	06-01	08-01	10-01	11-01	08-01	11-01	08-01	11-01	
Kode														
TTS	%	B 3	22.8	24.5	24.1	23.2	21.9	23.4	25.1	23.7	21.8	23.1	23.2	23.8
NAP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	17	11	m	9	25	17	26	24	10	13	6	3
NAP2M-B	µg/kg v.v.	H 2-4	13	10	m	7	40	15	47	30	2	2	2	1
NAP1M-B	µg/kg v.v.	H 2-4	7	6	m	8	22	7	31	23	2	2	1	1
BIPN-B	µg/kg v.v.	H 2-4	5	8	m	<1	8	6	17	11	3	6	2	2
NAPDI-B	µg/kg v.v.	H 2-4	5	9	m	<1	15	12	38	34	<1	<1	<1	<1
ACNLE-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	3	6	<1	<1	10	4	20	11	<1	<1	<1	<1
ACNE-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	136	112	153	182	382	121	629	584	6	17	3	4
NAPTM-B	µg/kg v.v.	H 2-4	1	1	<1	<1	4	8	9	6	<1	<1	<1	<1
FLE-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	29	50	91	66	224	45	471	403	1	6	<1	2
PA-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	292	272	415	445	1360	383	3115	2485	5	29	5	10
ANT-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	23	36	59	57	117	52	542	274	<1	3	<1	1
PAM1-B	µg/kg v.v.	H 2-4	32	40	53	61	119	79	542	424	<1	3	<1	1
FLU-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	729	1349	1437	2110	2670	2485	19600	13900	10	37	3	9
PYR-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	402	621	948	1450	1356	1116	11140	8800	3	40	<1	8
BAA-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	138	198	212	248	426	327	2045	1410	3	14	<1	1
CRTT-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	354	670	704	620	986	1253	5240	3960	4	45	1	4
BBJKF-B **	µg/kg v.v.	H 2-4	218	486	642	658	393	576	3900	2590	3	98	<1	2
BEP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	133	225	308	365	199	298	1720	1200	2	35	<1	1
BAP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	32	74	110	110	52	57	600	343	<1	11	<1	<1
PER-B	µg/kg v.v.	H 2-4	4	11	21	17	6	8	99	57	<1	2	<1	<1
ICDP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	87	149	146	142	82	102	576	255	2	23	<1	1
DBA3A-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	28	43	53	52	25	35	230	102	<1	7	<1	<1
BGHIP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	62	112	139	134	61	78	533	240	1	20	<1	<1
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet	2750	4499	5491	6741	8582	7084	51170	37166	57	413	23	51
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet	503	950	1163	1210	978	1097	7351	4700	8	153	0	4
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet	367	349	468	530	1585	521	3808	3026	19	49	14	16
Sum PAH16	µg/kg v.v.	*Bereg.	2550	4189	5119	6284	8169	6651	48667	35381	50	363	< 28	< 49

m merknad: Analyseresultat mangler pga. Tapt under opparbeiding.

**Tabell 6.** Analyseresultater. PAH i strandsnegl fra 4 stasjoner på Lista i 2001. µg/kg friskvekt. Deteksjonsgrense er 0,5 µg/kg. Presisjon ± 10%. (Forkortelser er forklart i **Tabell 8**).

Parameter	Enhet	St.nr.: Merket Prøvedat o Kode	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4
			St. 1 Ytre Tjuvhl 2001- 06-18	St. 1 Ytre Tjuvhl 2001- 08-21	St. 1 Ytre Tjuvhl 2001- 10-31	St. 1 Ytre Tjuvhl 2001- 11-13	St. 2 Hauge strand 2001- 06-18	St. 2 Hauge strand 2001- 08-27	St. 2 Hauge strand 2001- 10-31	St. 2 Hauge strand 2001- 11-14	St. 3 Havik 2001- 08-27	St. 3 Havik 2001- 11-14	St. 4 Little- rauna 2001- 08-27	St. 4 Little- rauna 2001- 11-14
TTS	%	B 3	24.9	25.8	27.7	27.2	23.5	26.3	24.6	27.7	24	21.5	23	22.6
NAP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	10	10	5	5	28	18	7	46	5 <0.5	0.5	<0.5	
NAP2M-B	µg/kg v.v.	H 2-4	14	7	9	8	36	29	17	47	2	1 <0.5	<0.5	
NAP1M-B	µg/kg v.v.	H 2-4	5	5	6	6	9	11	5	30	1.3	0.8 <0.5	<0.5	
BIPN-B	µg/kg v.v.	H 2-4	2	6	4	4	3	5 <1		12	2.3	0.5 <0.5	<0.5	
NAPDI-B	µg/kg v.v.	H 2-4	2	3	7	6	7	15	8	37	1.2 <0.5	<0.5	<0.5	
ACNLE-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	2	2	3	3	4	6	3	18	0.7	0.6 <0.5	<0.5	
ACNE-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	141	91	150	169	259	269	227	561	10	14	2.1	2.5
NAPTM-B	µg/kg v.v.	H 2-4	1 <1		1 <1		3	4	1	3 <0.5	<0.5	0.9	<0.5	
FLE-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	16	24	89	90	90	180	65	352	2.2	0.9	0.8	<0.5
PA-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	242	195	558	601	833	1149	677	2142	10	15	5.3	3.7
ANT-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	31	28	123	125	122	128	126	469	1.4	2.2	1	<0.5
PAM1-B	µg/kg v.v.	H 2-4	31	33	83	96	161	222	172	450	0.8	1.2 <0.5	<0.5	
FLU-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	842	1106	2560	2718	2635	4920	2939	6642	15	24	3.5	3
PYR-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	270	507	1661	1805	1428	2923	2124	4996	3.9	9.1	5.7	1.1
BAA-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	213	222	384	357	771	1022	647	1108	3.5	8.4	1.6	<0.5
CRTT-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	818	842	1151	1106	1696	2692	1493	2922	7.7	18	3.5	1.9
BBJKF-B **	µg/kg v.v.	H 2-4	329	556	1023	1003	1306	2186	1268	2355	4.4	12	0.7	<0.5
BEP-B	µg/kg v.v.	H 2-4	175	238	458	431	532	823	516	1018	2.7	4.2	0.7	<0.5
BAP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	38	77	140	145	150	258	147	382	0.7	1.5 <0.5	<0.5	
PER-B	µg/kg v.v.	H 2-4	4	12	21	22	21	30	19	56 <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
ICDP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	60	77	123	117	187	277	131	230 <0.5	1.9 <0.5	<0.5	<0.5	
DBA3A-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	12	17	44	44	64	96	53	97 <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
BGHIP-B *	µg/kg v.v.	H 2-4	57	80	140	131	195	262	125	250 <0.5	1.6 <0.5	<0.5	<0.5	
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet	3315	4138	8743	8992	10540	17525	10770	24223	74.8	116.9	26.3	12.2
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet	652	949	1714	1666	2478	3839	2246	4172	8.6	23.8	2.3	0
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet	305	253	669	722	1077	1448	887	2755	20.3	18	6.7	3.7
Sum PAH16	µg/kg v.v.	*Beregn.	3081	3834	8154	8419	9768	16386	10032	22570	<66	<110	<27	<17

Tabell 7. Analysemetoder .

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>H 2-4</b>	<b>Polyaromatiske hydrokarboner</b>	µg/kg	<b>PAH-B</b>
<b>Tittel:</b> Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i biologisk materiale fra det vandige miljø som fisk, muslinger og krabbe. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden.			
<b>Prinsipp:</b> Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrende 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.			
<b>Instrument(er):</b> Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm.			
<b>Måleusikkerhet:</b> Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b> Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			



**Tabell 8.** Norske og engelske navn på kjemiske forkortelser i tekst og tabeller.

<b>Forkortelser</b>	<b>Engelsk</b>	<b>Norsk</b>
<b>As</b>	arsenic	<i>arsen</i>
<b>Cd</b>	cadmium	<i>kadmium</i>
<b>Cr</b>	chromium	<i>krom</i>
<b>Cu</b>	copper	<i>kobber</i>
<b>Hg</b>	mercury	<i>kvikksølv</i>
<b>Pb</b>	lead	<i>bly</i>
<b>PAH</b>	polycyclic aromatic hydrocarbons	<i>polysykliske aromatiske hydrokarboner</i>
<b>ACNE</b>	acenaphthene	<i>acenaften</i>
<b>ACNLE</b>	acenaphthylene	<i>acenaftylen</i>
<b>ANT</b>	anthracene	<i>antracen</i>
<b>BAA</b>	benzo[a]anthracene	<i>benzo[a]antracen</i>
<b>BAP</b>	benzo[a]pyrene	<i>benzo[a]pyren</i>
<b>BBF</b>	benzo[b]fluoranthene	<i>benzo[b]fluoranten (inkl. i BBJKF)</i>
<b>BBJKF</b>	benzo[b,j,k]fluoranthene	<i>benzo[b,j,k]fluoranten</i>
<b>BBKF</b>	benzo[b+k]fluoranthene	<i>benzo[b+k]fluoranten</i>
<b>BEP</b>	benzo[e]pyrene	<i>benzo[e]pyren</i>
<b>BGHIP</b>	benzo[ghi]perylene	<i>benzo[ghi]perylen</i>
<b>BIPN</b>	biphenyl	<i>bifenyl</i>
<b>BJKF</b>	benzo[j,k]fluoranthene	<i>benzo[j,k]fluorantren (inkl. i BBJKF)</i>
<b>BKF</b>	benzo[k]fluoranthene	<i>benzo[k]fluorantren (inkl. i BBJKF)</i>
<b>CHR</b>	chrysene	<i>chrysen</i>
<b>CHRTR</b>	chrysene+triphenylene	<i>chrysen+trifenylen</i>
<b>COR</b>	coronene	<i>coronen</i>
<b>DBAHA</b>	dibenz[a,h]anthracene	<i>dibenz[a,h]antracen</i>
<b>DBA3A</b>	dibenz[a,c/a,h]anthracene	<i>dibenz[a,c/a,h]antracen</i>
<b>DBP</b>	dibenzopyrenes	<i>dibenzopyren</i>
<b>DBT</b>	dibenzothiophene	<i>dibenzothiofen</i>
<b>FLE</b>	fluorene	<i>fluoren</i>
<b>FLU</b>	fluoranthene	<i>fluoranten</i>
<b>ICDP</b>	indeno[1,2,3-cd]pyrene	<i>indeno[1,2,3-cd]pyren</i>
<b>NAP</b>	naphthalene	<i>naftalen</i>
<b>NAP1M</b>	1-methylnaphthalene	<i>1-metylnaftalen</i>
<b>NAP2M</b>	2-methylnaphthalene	<i>2-metylnaftalen</i>
<b>NAPD2</b>	1,6-dimethylnaphthalene	<i>1,6-dimetylnaftalen</i>
<b>NAPD3</b>	1,5-dimethylnaphthalene	<i>1,5-dimetylnaftalen</i>
<b>NAPDI</b>	2,6-dimethylnaphthalene	<i>2,6-dimetylnaftalen</i>
<b>NAPT2</b>	2,3,6-trimethylnaphthalene	<i>2,3,6-trimetylnaftalen</i>
<b>NAPT3</b>	1,2,4-trimethylnaphthalene	<i>1,2,4-trimetylnaftalen</i>
<b>NAPT4</b>	1,2,3-trimethylnaphthalene	<i>1,2,3-trimetylnaftalen</i>
<b>NAPTM</b>	2,3,5-trimethylnaphthalene	<i>2,3,5-trimetylnaftalen</i>
<b>NPD</b>	Collective term for naphthalenes, phenanthrenes and dibenzothiophenes	<i>Sammebetegnelse for naftalen, fenantren og dibenzotiofens</i>
<b>PA</b>	phenanthrene	<i>fenantren</i>
<b>PAM1</b>	1-methylphenanthrene	<i>1-metylphenantren</i>
<b>PAM2</b>	2-methylphenanthrene	<i>2-metylphenantren</i>
<b>PAMD1</b>	3,6-dimethylphenanthrene	<i>3,6-dimetylphenantren</i>
<b>PAMD2</b>	9,10-dimethylphenanthrene	<i>9,10-dimetylphenantren</i>
<b>PER</b>	perylene	<i>perylen</i>
<b>PYR</b>	pyrene	<i>pyren</i>
<b>Sum PAH</b>	"total" PAH, calculated or outdated analytical method	<i>"total" PAH, beregnet eller foreldet metode</i>
<b>Sum KPAH</b>	sum carcinogen PAH's (footnote 3)	<i>sum kreftfremkallende PAH (fotnote 3)</i>
<b>Sum PAH16</b>	sum "16" PAH	<i>sum "16" PAH jfr Norsk standard</i>
<b>Sum NP</b>	sum naphthalenes, phenanthrenes and dibenzothiophenes	<i>sum naftalen, fenantren og dibenzotiofens</i>