

O-skjell fra Årdalsfjorden

Polysykliske aromatiske
hydrokarboner (PAH) i o-skjell
fra Årdalsfjorden 2006 og 2007



Foto: Are Pedersen, NIVA.

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

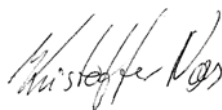
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel O-skjell fra Årdalsfjorden. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 2006 og 2007	Løpenr. (for bestilling) 5553-2008	Dato 7.3.2008
	Prosjektnr. Undernr. O-26363	Sider Pris 26
Forfatter(e) Merete Schøyen Kristoffer Næs	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Årdal, Sogn og Fjordane, Norge	Trykket CopyCat

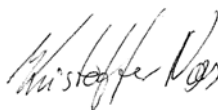
Oppdragsgiver(e) Hydro Aluminium AS Årdal Metallverk	Oppdragsreferanse Steinar Frosta
---------------------------------------------------------	-------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Årdalsfjorden er forurenset av avløpsvann fra karbonfabrikken til Hydro i Årdal hvor hovedproblemet har vært høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). O-skjell fra fjordområdet var moderat forurenset (tilstandsklasse II) til sterkt forurenset (tilstandsklasse IV) av PAH i 2006 og 2007. Det er vanskelig å påvise systematiske forandringer fra 2000 til 2006/2007 for stasjoner i ytre deler av Årdalsfjorden. På stasjonen i den innerste delen av Årdalsfjorden var det imidlertid stor variasjon og uventede høye PAH-verdier på to stasjoner i 2006. Det er ikke mulig å samle skjell fra eksakt samme posisjon hver gang. Siden det ikke har skjedd vesentlige utslippsendringer i perioden, jamfør opplysninger fra bedriften, er det derfor sannsynlig at disse variasjonene i stor grad skyldes flekkvis fordeling i konsentrasjoner over små avstander. Konsentrasjonene i ytre deler av Årdalsfjorden hvor det nå er kostholdsråd, ligger i grenseområdet. Det anbefales å gjennomføre en ytterligere dokumentasjon av konsentrasjonene av PAH i skjell fra dette området slik at arealet omfattet av kostholdsråd eventuelt kan reduseres.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåking av PAH 2. O-skjell 3. Årdal 4. Smelteverksfjord 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring of PAH 2. Horse mussel 3. Årdal 4. Norwegian smelter affected fjord
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Kristoffer Næs
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

O-26363

O-skjell fra Årdalsfjorden

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell
fra Årdalsfjorden 2006 og 2007

Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført på oppdrag av Hydro Aluminium AS Årdal Metallverk og kontaktperson har vært Steinar Frosta. Vidar Trettenes ved HSF Akvastasjonen har stått for innsamlingen av o-skjell.

Arbeidet er en oppfølging av tidligere undersøkelser av PAH-innholdet i o-skjell fra 1983, 1990, 1992, 1994 og 2000.

Programutarbeidelse og kontaktperson ved NIVA har vært Kristoffer Næs. Ved NIVA har opparbeidelse av prøver blitt gjort av Lise Tveiten og Merete Schøyen. Analysene er foretatt ved NIVAs laboratorium. Merete Schøyen har hatt ansvaret for rapporteringen. Alle takkes for innsatsen.

Oslo, mars 2008

Kristoffer Næs

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn og formål	7
2. Prøvetaking og vurderingsgrunnlag	8
3. Resultater	11
4. Referanser	16
5. Vedlegg	17

Sammendrag

Årdalsfjorden er forurenset av avløpsvann fra karbonfabrikken til Hydro i Årdal. Hovedproblemet har vært høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Undersøkelsene av o-skjell i 2006 og 2007 ble foretatt ved de samme stasjonene som ved forrige undersøkelse i 2000 og konsentrasjonene er sammenliknet med disse.

Resultatene for PAH-konsentrasjonene er bedømt i henhold til SFTs klassifiseringssystem. O-skjellene var moderat forurenset (tilstandsklasse II) til sterkt forurenset (tilstandsklasse IV) av PAH i Årdalsfjorden i 2006 og 2007.

Det er vanskelig å påvise systematiske forandringer i PAH-innholdet i o-skjell fra Årdalsfjorden fra 2000 til 2006/2007 for de ytre stasjonene G4, G5 og G6. På de innerste stasjonene er det imidlertid stor variasjon og uventede høye PAH-verdier ved G1 og G2 i 2006. Det er ikke mulig å samle skjell fra eksakt samme posisjon hver gang. Siden det ikke har skjedd vesentlige utslippsendringer i perioden, jamfør opplysninger fra bedriften, er det derfor sannsynlig at disse variasjonene i stor grad skyldes flekkvis fordeling i konsentrasjoner over små avstander.

Skjellene samlet fra området Kollnosi til Paradisjuvet, som i dag omfattes av kostholdsrådet, ligger omtrent på den "grenseverdien" man opererer med ved innføring av kostholdsråd. Det anbefales derfor å fremskaffe ytterligere data fra dette området for å ha et bedre datagrunnlag for å diskutere muligheten for endring av rådet.

Summary

Title: Horse mussels from Årdalsfjorden. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in horse mussels from the Årdalsfjord in 2006 and 2007.

Year: 2008

Author: Schøyen M., Næs K.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5288-0

Årdalsfjorden is polluted from discharges of effluent wastewater from Hydro aluminium smelters in Årdal. High levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are the main problem in the fjord. Studies conducted in 2006 and 2007 included the assessment of PAH levels in horse mussel at the same stations as in 2000, and these are compared.

The results of PAH have been evaluated according to the Norwegian criteria for environmental quality (Norwegian Pollution Control Authority (SFT) classification system). Horse mussels were moderate polluted (class II) to strongly polluted (class IV) by PAHs in the Årdalsfjord in 2006 and 2007.

It is difficult to show systematical variations at the outer stations G4, G5 and G6 from 2000 to 2006/2007. Meanwhile, variations were high at the inner stations and unexpected high PAH-concentrations were observed at G1 and G2. It is difficult to collect mussels at the exact same position every time. Since we were informed by the industrial company that no essential changes in effluents happened in the same periode, these variations can be caused by spotted distribution at small distances. Except from G5, a small gradient of decreasing PAH-concentrations is observed from the inner part of the Årdalsfjord to the outer part.

Mussels sampled from the Kollnosi area to Paradisjuvet are close to the limit value due to dietetically advice. Obtaining more data from this area that includes the dietetically advice is recommended.

1. Bakgrunn og formål

Karbonfabrikken til Hydro i Årdal har utslipp av avløpsvann til Årdalsfjorden. Avløpsvannet er blant annet forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og utslippene er i de senere 15–20 årene blitt betydelig redusert ved rensiltak og innføring av endrede produksjonsprosesser. Etter 2000 er PAH-utslippene til vann redusert som følge av innføring av nye renselanlegg ved anodebrennanlegget og produksjon av Søderbergmasse er stoppet (sistnevnte medio 2007) jamfør opplysninger fra bedriften.

For å overvåke påvirkningen av de øvre vannlag i fjorden, er PAH-innhold i o-skjell blitt anvendt. Tradisjonelt brukes mest blåskjell til dette formålet, men manglende forekomster har gjort dette vanskelig. Blåskjell responderer forholdsvis raskt på endringer av PAH i miljøet. Generelt kan man gå ut fra at skjellene når en likevekt med PAH og omgivelsene i løpet av uker. Tilsvarende vil konsentrasjonen i forurensete skjell reduseres til omtrent det halve på samme tid i friskt vann. De samme mekanismene antas å gjelde for o-skjell.

Aluminiumsverket ligger innerst i Sognefjorden og i bunnen av Årdalsfjorden. PAH-forurensningen har tidligere vært sterkest nær verket og har avtatt utover i Årdalsfjorden. Hvordan spredningen utover foregår, hvor store områder som blir influert, og hvor sterke forurensningsgradientene er, avhenger av forhold som topografi, vannutskiftning og biologiske prosesser som vekselvis kan binde opp eller frigjøre forurensninger. Forurensningene har medført at det er gitt kostholdsråd for området, Figur 1.



Figur 1. Kostholdsråd for Årdalsfjorden: "Myndighetene råar folk ifrå å konsumere skjell fanga i Årdalsfjorden innfor ei linje mellom Bermål og Asalneset". Rådet skyldes PAH og ble sist oppdatert i 2002.

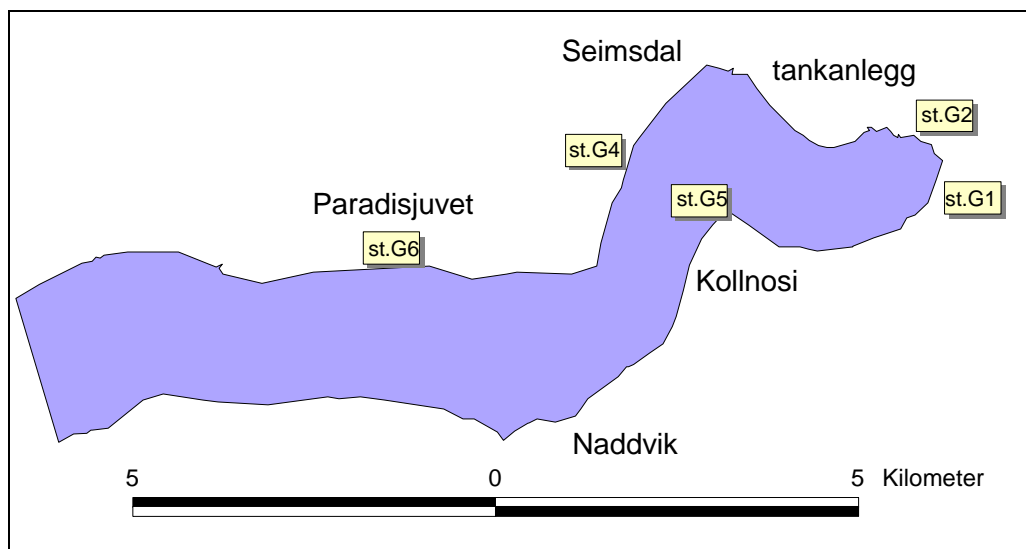
Oppdateringen av PAH-nivået i o-skjell for 2006 og 2007 er en oppfølging av tidligere undersøkelser fra 1983, 1990, 1992, 1994 og 2000.

2. Prøvetaking og vurderingsgrunnlag

2.1 Generelt om prøvetaking

Forurensningssituasjonen i de øvre vannlag av Årdalsfjorden med hovedvekt på PAH har vært belyst ved analyser av o-skjell (*Modiolus modiolus*) samlet fra fem stasjoner, se Figur 2 og Tabell 1. Prøvestasjonenes avstand fra utslippsstedet er i ovenstående rekkefølge cirka 0,3, 1, 4, 3 og 8 km.

Første innsamlingsrunde ble gjennomført 23.8.2006. Resultatene fra denne innsamlingen viste uventede/ uforklarlige høye konsentrasjoner særlig på de innerste stasjonene G1 og G2. En ny innsamlingsrunde ble derfor gjennomført 14.9.2007.



Figur 2. Stasjoner for innsamling av o-skjell i Årdalsfjorden i 2006 og 2007. Stasjonene og stasjonsnumrene er de samme som ved tidligere undersøkelser i fjorden.

Tabell 1. Posisjonangivelser fra overflaten ved de ulike stasjonene samt dybde som skjellene ble hentet fra i 2006 og 2007 (oppgitt av Vidar Trettenes).

Stasjon	Koordinater	Dyp (m)
G1 ved ras	61° 13,789'N, 7° 42,741'E	14-16
G2 ved tankanlegg	61° 14,112'N, 7° 41,706'E	ca 15-16
G4 Seimdalstrondi	61° 13,660'N, 7° 37,973'E	ca 10
G5 Kollnosi	61° 13,358'N, 7° 39,835'E	15
G6 Paradisjuvet	61° 12,681'N, 7° 34,472'E	ca 20

O-skjellene ble innsamlet på mellom 10 og 20 meters dyp ved hjelp av dykker. Det ble ikke funnet o-skjell ved G1 i 2007, derimot ble blåskjell (*Mytilus edulis*) benyttet. I forbindelse med uventede høye konsentrasjoner på særlig G1 og G2 ved innsamlingsrunden i 2006, ble det i 2007 også samlet ekstra o-skjell fra stasjon G2 og G6. Disse ekstra o-skjellene ble lagt i rent vann i ett døgn for å tømme tarmen for partikler. Hensikten med dette var å vurdere hvorledes partikkelinnholdet i tarmen påvirket de målte konsentrasjonene.

2.2 Måleparametre og prøvetaking

O-skjellene ble oppbevart nedfrost og fraktet frosset til NIVA. Skjellene hadde normalt utseende innvendig og utvendig. Etter tining ble det opparbeidet en blandprøve fra hver stasjon av ca 10 individer. Fra stasjon G1 i 2007 ble det opparbeidet blåskjell med 20 individer i blandprøven. Skjellene ble analysert for innhold av PAH, samt tørrvekt og fettinnhold ved NIVAs laboratorium.

2.3 Analysemetoder

NIVAs laboratorium gjennomførte analysene av PAH etter følgende analysemetode: Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol, deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsens molekyllioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder. Benyttet instrumentering: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970B masseselektiv detektor, og kolonne HP-5 MS 30 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm.

2.4 Bedømming av miljøtilstand

Statens forurensningstilsyn (SFT) har utviklet kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensede forbindelser i blant annet blåskjell (Molvær og medarbeidere 1997). Det er ikke utviklet kriterier for o-skjell, men tilstandskriteriene for blåskjell er lagt til grunn for vurderingene fordi erfaring tilsier at artene har nogenlunde samme akkumuleringsegenskaper for PAH (jamfør tidligere rapporter). Klassifiseringssystemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra ubetydelig – lite forurenset (klasse I) til meget sterkt forurenset (klasse V) (Tabell 2).

Tabell 2. SFTs klassifisering av tilstand ut fra innhold av PAH-forbindelser (utvalgte forbindelser) i blåskjell (Molvær og medarbeidere 1997).

		Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Blåskjell (friskvekt) våttvekt	Σ PAH (µg/kg)	< 50	50 – 200	200 – 2000	2000 – 5000	> 5000
	Σ KPAH (µg/kg)	< 10	10 – 30	30 – 100	100 – 300	> 300
	Σ B(a)P (µg/kg)	< 1	1 – 3	3 – 10	10 – 30	> 30

2.5 Tidligere undersøkelser

Det ble foretatt undersøkelser av PAH-innhold i o-skjell i Årdalsfjorden i 1983 (Baalsrud og medarbeidere 1986), 1990 (Knutzen 1991), 1992 (Knutzen og Berglind 1992), 1994 (Knutzen 1995), 2000 (Næs og medarbeidere 2001).

Det ble registrert en betydelig nedgang av PAH-konsentrasjoner fra 1983 til 1990. O-skjell fra indre Årdalsfjord i 1990 inneholdt opp til 100 ganger ”bakgrunnsnivået” (øvre grense klasse I) av PAH, men konsentrasjonene var hurtig avtagende til 5–10 ganger overkonsentrasjon ca 4 km fra utslippet til Årdal verk, og var knapt sporbar i skjell fra munningen mot Sognefjorden. Den oppfølgende undersøkelsen i 1992 viste videre markante nedganger av PAH-nivået i o-skjell i forhold til i 1990 som resultat av en betydelig utslippsreduksjon fra aluminiumsverket. PAH-innholdet i o-skjell avtok

fra indre del av Årdalsfjorden med ca 70 % fra 1990 til 1992. De høyeste målte konsentrasjonene representerte fremdeles i 1992 ca 25 ganger et antatt høyt "normalnivå" (øvre grense klasse I). Det ble påvist en avstandsgradient med høyeste konsentrasjoner innerst i fjorden nær utslippet og reduserte konsentrasjoner utover fjorden. 1994-undersøkelsen viste om lag samme forurensningsnivå som i 1992. I 2000 ble det registrert en markant økning innerst i fjorden i forhold til 1992 og 1994 og det var store PAH-variasjoner i o-skjell tatt på forskjellige tider av året. Skjellene var markert til sterkt forurenset av PAH (tilstandsklasse III til IV) i indre fjord og skjellene viste her en overkonsentrasjon fra 2 til 90 ganger i forhold til antatt høyt bakgrunnsnivå (øvre grense klasse I). Gradientene utover fjorden i 2000 var bratte slik at skjell samlet ved stasjon G6 Paradisjuvet ble karakterisert som moderat forurenset (tilstandsklasse II). Det var i 2000 markert økning i PAH-innholdet på en stasjon i indre fjord (ved stasjon G2 tankanlegg) i forhold til 1992 og 1994, mens det på de andre lokalitetene var omtrent samme eller litt økte verdier. Det kan nevnes at det i 2000 var forholdsvis lavt innhold av tungmetaller (kvikksølv, kadmium, bly, sink, krom, kobber).






På grunn av forurensningene av PAH har næringsmiddelmyndighetene fra juli 2002 frarådet konsum av skjell innsamlet i Årdalsfjorden innenfor en linje trukket mellom Bermål og Asalneset.

3. Resultater

3.1 Resultater av o-skjell i 2006 og 2007

Hovedresultatene for PAH-konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i o-skjell (og en blåskjellstasjon G1) fra 5 stasjoner i Årdalsfjorden er fremstilt i Tabell 3 og viser variasjonene i PAH-innholdet mellom paralleller fra samme lokalitet (G2 og G6 med tømt/ ikke tømt tarm) og mellom stasjoner på ulike dato (23.8.2006 og 14.9.2007). Rådata for analyser av PAH i o-skjell finnes i vedlegg A, B og C.

Tabell 3. PAH i o-skjell (*Modiolus modiolus*) og blåskjell (*Mytilus edulis*) fra 5 stasjoner i Årdalsfjorden i 2006 og 2007. Data fra de enkelte stasjonene er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær og medarbeidere 1997) hvor ΣPAH er basert på ΣPAH_{16} minus naftalen. ΣPAH , summen av komponenter med potensielt kreftfremkallende egenskaper (ΣKPAH) og enkeltforbindelsen benzo(a)pyren (B(a)P) er oppgitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. Fargekodene brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen henviser til SFTs tilstandsklasser.

	I. Ubetydelig- lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset						

Stasjoner	Dato	ΣPAH^1	ΣKPAH^2	B(a)P ³⁾
St. G1 o-skjell	23.8.2006	4207,2	3340	380
St. G1 blåskjell	14.9.2007	1371,56	748	77
St. G2 o-skjell	23.8.2006	3285,2	2517	230
St. G2 o-skjell	14.9.2007	744,08	582	42
St. G2 o-skjell tømt tarm	14.9.2007	803,51	616	44
St. G4 o-skjell	23.8.2006	116,74	84,9	3,7
St. G4 o-skjell	14.9.2007	100,99	74,5	2,4
St. G5 o-skjell	23.8.2006	152,48	118,4	5,6
St. G5 o-skjell	14.9.2007	268,67	203	11
St. G6 o-skjell	23.8.2006	197,78	152,7	7,8
St. G6 o-skjell	14.9.2007	79,79	60,4	2,9
St. G6 o-skjell tømt tarm	14.9.2007	111,58	87,7	3,9

¹⁾ ΣPAH omfatter følgende forbindelser: acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a, c+a, h)antracen, benzo(g, h, i)perylene. Verdier for enkeltforbindelser som ligger under

deteksjonsgrensen er ikke tatt med i summene. I følge SFT skal naftalen ikke medregnes ved klassifisering av Σ PAH-konsentrasjon.

²⁾ Σ KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, og dibenz(a, c+a, h)antracen. Disse har potesielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene). Verdier for enkeltforbindelser som ligger under deteksjonsgrensen er ikke tatt med i summene.

³⁾ B(a)P, benzo(a)pyren – en av KPAH.

Σ PAH varierer innenfor moderat forurenset til sterkt forurenset (hhv klasse II og IV). Σ KPAH ligger mellom markert forurenset til meget sterkt forurenset (hhv klasse III og V). B(a)P varierer innenfor moderat forurenset til meget sterkt forurenset (hhv klasse II og V).

Σ PAH-konsentrasjonen på G2 i 2007 var betydelig lavere enn i 2006 (ca en fjerdedel). Ved G1 var o-skjellene sterkt forurenset i 2006, mens blåskjellene var markert forurenset i 2007. Ved alle stasjonene bortsett fra G5 har Σ PAH-konsentrasjonene sunket fra 23.8.2006 til 14.9.2007. Det observeres en avstandsgradient fra innerst til ytterst i fjorden hvor Σ PAH-konsentrasjonen grovt sett avtar utover fjorden.

O-skjell med tømt tarm hadde tilsvarende konsentrasjon av Σ PAH som de hvor tarmen ikke ble tømt. På stasjon G2 hadde begge prøvene Σ PAH-konsentrasjoner innenfor markert forurenset (klasse III). På stasjon G6 tilsvarte Σ PAH-konsentrasjonen i begge prøvene moderat forurenset (klasse II). Det tyder altså på at eventuelt partikkelinnhold i tarmen, har lite å si for totalkonsentrasjonen i o-skjellene.

For Σ KPAH og andre blant de tyngre løselige og sannsynligvis mindre nedbrytbare forbindelsene, er det ved jevnførbare observasjoner en tendens til relativt høyere grad av akkumulering i o-skjell enn i blåskjell (Næs og medarbeidere 1995). Det antas imidlertid at grensene for klasse I for Σ KPAH og B(a)P i blåskjell også er anvendbare for o-skjell (Næs og medarbeidere 2001). Verdiene av Σ KPAH viser overkonsentrasjoner i intervallet 6 til 334 ganger og verdiene av B(a)P viser omtrent det samme med overkonsentrasjoner i intervallet 2,4 til 380 ganger.

3.2 Sammenlikning med forrige prøvetaking i 2000

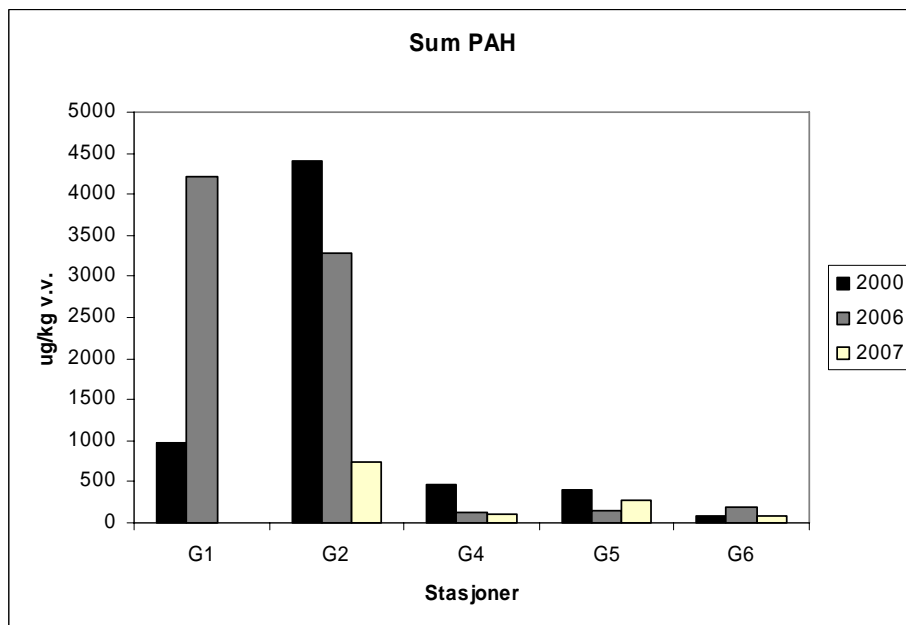
Hovedresultatene for PAH-konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i o-skjell fra 5 stasjoner i Årdalsfjorden hvor verdiene for 2000 er fremstilt sammen med 2006 og 2007 i Tabell 4. Rådata for analyser av PAH i o-skjell for 2000 finnes i vedlegg 7.6 i Næs og medarbeidere 2001.

Tabell 4. PAH i o-skjell fra fem stasjoner i Årdalsfjorden som sammenlikner undersøkelsene i 2000, 2006 og 2007 (blåskjell ved G1 2007). Det er for 2000-verdiene satt inn en ny kolonne som er omregnet til Σ PAH (fra vedlegg 7.6 i Næs med medarbeidere 2001). * angir beregnet middelværdi fra understasjonene a, b og c, og dette er gjort for å kunne sammenlikne 2000-undersøkelsen direkte med resultatene fra 2006 og 2007. Fargekodene henviser til SFTs-tilstandsklasser jmfør Tabell 3.

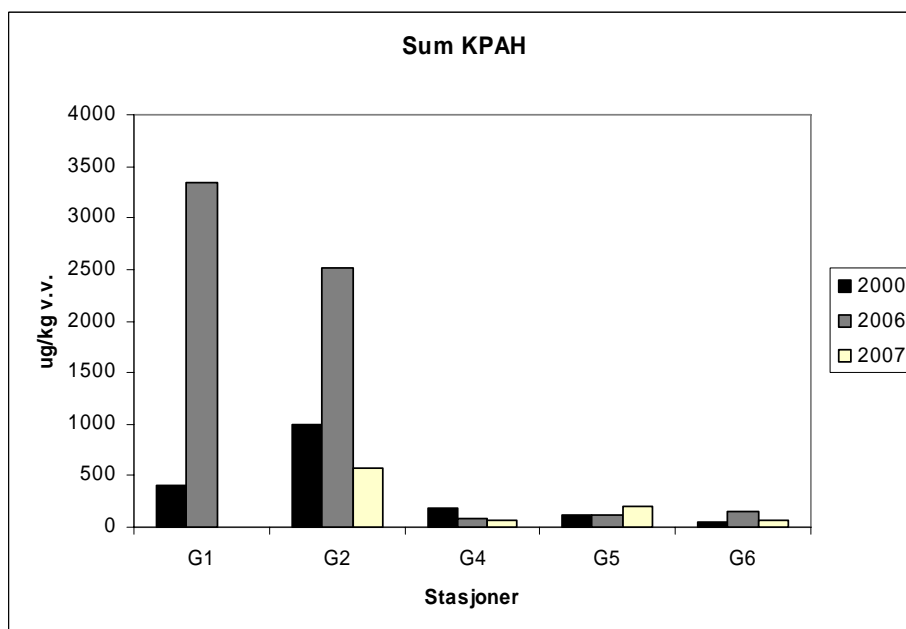
Stasjoner	Dato	Σ PAH ¹⁾	Σ KPAH ²⁾	B(a)P ³⁾
St. G1 o-skjell	31.10.2000	970	398	33
St. G1 o-skjell	23.8.2006	4207,2	3340	380
St. G1 blåskjell	14.9.2007	1371,56	748	77
St. G2/a,b,c o-skjell	13.7.2000	1745,67*	445*	56*
St. G2b o-skjell	18.9.2000	4414	999	109
St. G2b o-skjell	31.10.2000	3003	634	84
St. G2 o-skjell	23.8.2006	3285,2	2517	230
St. G2 o-skjell	14.9.2007	744,08	582	42
St. G2 o-skjell tømt tarm	14.9.2007	803,51	616	44
St. G4 o-skjell	13.7.2000	471	191	15
St. G4 o-skjell	31.10.2000	278	107	10
St. G4 o-skjell	23.8.2006	116,74	84,9	3,7
St. G4 o-skjell	14.9.2007	100,99	74,5	2,4
St. G5/a,b,c o-skjell	13.7.2000	412,6*	122,6*	13,33*
St. G5 o-skjell	23.8.2006	152,48	118,4	5,6
St. G5 o-skjell	14.9.2007	268,67	203	11
St. G6 o-skjell	13.7.2000	89	43	4
St. G6 o-skjell	23.8.2006	197,78	152,7	7,8
St. G6 o-skjell	14.9.2007	79,79	60,4	2,9
St. G6 o-skjell tømt tarm	14.9.2007	111,58	87,7	3,9

¹⁾, ²⁾ og ³⁾ se fotnote Tabell 3.

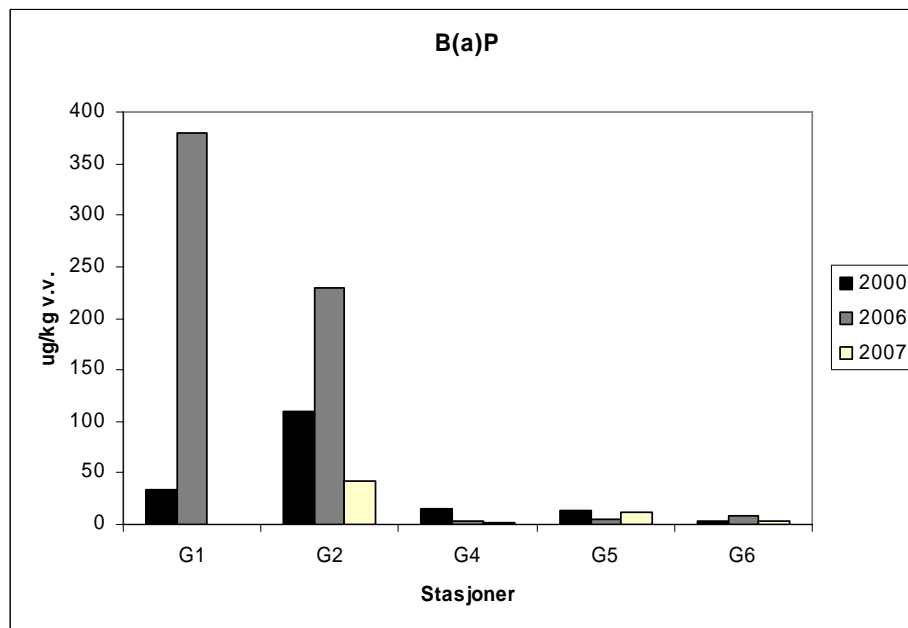
Tidsutviklingen for Σ PAH, Σ KPAH og B(a)P fra 2000 til 2006 og 2007 er også vist i Figur 3, 4 og 5.



Figur 3. Tidsutviklingen for Σ PAH for 2000, 23.8.2006 og 14.9.2007 for o-skjell. Grunnlaget i 2000 for G1 er 31.10.2000, G2B fra 18.9.2000 som var høyeste verdi av prøver tatt på forskjellig tid på året, G4 fra 13.7.2000 som også er høyeste verdi av prøver tatt på forskjellig tid på året, G5 fra et gjennomsnitt for understasjonene G5A, G5B og G5C fra 13.7.2000 og G6 fra 13.7.2000, alt utregnet fra Vedlegg 7.6 i Næs og medarbeidere 2001. Blåskjellene på stasjon G1 i 2007 er ikke tatt med i figuren. For G2 og G6 i 2007 er den ordinære prøven benyttet (med full tarm).



Figur 4. Tidsutviklingen for Σ KPAH for 2000, 23.8.2006 og 14.9.2007 for o-skjell. Grunnlaget i 2000 for G1 er 31.10.2000, G2B fra 18.9.2000 som var høyeste verdi av prøver tatt på forskjellig tid på året, G4 fra 13.7.2000 som også er høyeste verdi av prøver tatt på forskjellig tid på året, G5 fra et gjennomsnitt for understasjonene G5A, G5B og G5C fra 13.7.2000 og G6 fra 13.7.2000, alt utregnet fra Vedlegg 7.6 i Næs og medarbeidere 2001. Blåskjellene på stasjon G1 i 2007 er ikke tatt med i figuren. For G2 og G6 i 2007 er den ordinære prøven benyttet (med full tarm).



Figur 5. Tidsutviklingen for B(a)P for 2000, 23.8.2006 og 14.9.2007 for o-skjell. Grunnlaget i 2000 for G1 er 31.10.2000, G2B fra 18.9.2000 som var høyeste verdi av prøver tatt på forskjellig tid på året, G4 fra 13.7.2000 som også er høyeste verdi av prøver tatt på forskjellig tid på året, G5 fra et gjennomsnitt for understasjonene G5A, G5B og G5C fra 13.7.2000 og G6 fra 13.7.2000, alt utregnet fra Vedlegg 7.6 i Næs og medarbeidere 2001. Blåskjellene på stasjon G1 i 2007 er ikke tatt med i figuren. For G2 og G6 i 2007 er den ordinære prøven benyttet (med full tarm).

3.3 Konklusjon

Det er vanskelig å påvise systematiske forandringer i PAH-innholdet i o-skjell i Årdalsfjorden fra 2000 til 2006/2007 for de ytre stasjonene G4, G5 og G6. På de innerste stasjonene er det imidlertid stor variasjon og uventede høye PAH-verdier ved G1 og G2 i 2006. Det er ikke mulig å samle skjell fra eksakt samme posisjon hver gang. Siden det ikke har skjedd vesentlige utslippsendringer i perioden, jamfør opplysninger fra bedriften, er det derfor sannsynlig at disse variasjonene i stor grad skyldes flekkvis fordeling i konsentrasjoner over små avstander.

3.4 Forslag til videreføring

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) opererer med en "grenseverdi" for utstedelse av kostholdsråd på 250 µg/kg våtvekt for PAH₁₆ og 5 µg/kg for B(a)P. Konsentrasjonene på stasjonene G4, G5 og G6 ligger rundt denne grenseverdien. Det anbefales derfor at det gjøres en mer systematisk prøvetaking i dette området, supplert med en stasjon i indre område, for å fremskaffe bedre data for mulig flytting av grensen for kostholdsråd.

4. Referanser

Baalsrud, K., N. Green, J. Knutzen, K. Næs og B. Rygg, 1986. Overvåking av Årdalsfjorden 1983. En tiltaksorientert undersøkelse av forurensninger fra aluminiumsindustri og befolkning. Rapport 228/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA Rapport l. nr. 1870, 133 s.

IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volume 1 to 42. Suppl. 7, Lyon, Frankrike.

Knutzen, J., 1991. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 1990. NIVA Rapport F-529, 15 s.

Knutzen, J., L. Berglind, 1992. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 1992. NIVA Rapport l. nr. 2811, 14 s.

Knutzen, J., 1995. Overvåking av PAH i o-skjell fra Årdalsfjorden 1994 med orienterende analyser av dioksiner og non-orto PCB. NIVA Rapport l. nr. 3248.18 s.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. SFT-veiledning 97:03.

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. Knutzen, E. Oug, B. Rygg, J. Håvardstun, L. Tveiten, M. Lie, 2001. Overvåking av Vefsnfjorden, Sunndalsfjorden og Årdalsfjorden 2000. PAH, klorerte forbindelser og metaller i organismer og sedimenter, sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA Rapport l. nr. 4440, 117 s.

5. Vedlegg

Rådata for:

Vedlegg A: PAH i o-skjell fra 2006

Vedlegg B: PAH i o-skjell fra 2007

Vedlegg C: PAH i blåskjell fra 2007

Vedlegg A.

Side nr.18/27

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

Gaustadalléen 21
 0349 Oslo
 Tel: 22 18 51 00
 Fax: 22 18 52 00

**ANALYSE
 RAPPORT**

Navn **Årdalskjell**
 Adresse

Deres referanse:
 MSC

Vår referanse:
 Rekv.nr. 2006-2846
 O.nr. O 26363

Dato
 07.03.2008

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	G1	2006.08.23	2006.11.17	2006.12.01-2007.01.11
2	G2	2006.08.23	2006.11.17	2006.12.01-2007.01.11
3	G4	2006.08.23	2006.11.17	2006.12.01-2007.01.11
4	G5	2006.08.23	2006.11.17	2006.12.01-2007.01.11
5	G6	2006.08.23	2006.11.17	2006.12.01-2007.01.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
Tørrstoff	%	B 3	18	14	16	18	14
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	2,6	1,8	2,0	2,4	1,7
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	8,7	3,5	3,1	4,9	<0,5
Acenaftylen	µg/kg v.v.	H 2-4	2,0	6,5	<0,5	<0,5	1,2
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	9,2	1,7	0,55	<0,5	0,84
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	20	17	0,67	0,54	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	3,4	5,0	<0,5	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	55	89	1,7	1,9	2,7
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	25	30	1,0	0,65	2,3
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	130	92	11	8,0	13
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	66	32	0,72	0,69	0,54
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	280	330	5,2	7,8	8,9
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	s560	s460	28	31	45
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	380	270	22	16	37
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	380	230	3,7	5,6	7,8
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	58	27	0,64	0,54	2,2
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	280	120	11	13	21
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	H 2-4	140	77	9,0	9,0	12
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v.	H 2-4	280	130	7,4	8,3	11
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	s4657,3	s3590,7	142,48	173,92	237,48
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet*	s4215,9	s3288,7	119,84	157,38	198,28
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	s3340	s2517	84,9	118,4	152,7

Sum NPD	µg/kg v.v. Beregnet*	67,1	97,5	4,8	6,8	2,7
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v. H 2-4	s1700	s1300	28	52	58
Chrysen	µg/kg v.v. H 2-4	280	370	8,8	14	14

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

- 1 Et referansemateriale ble opparbeidet parallelt med prøvene. PAH:Resultatene for naftalen, acenaften, chrysen, Benzo(a)-pyren og perylen var mer enn 30% over oppsatt verdi. Resten av komponentene lå innenfor +/-30% av oppsatt verdi. s= Konsentrasjonen av forbindelsen i prøven overstiger kalibreringskurvens dekningsområde. Det er derfor knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Norsk institutt for vannforskning

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2006-2846

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM NPD er summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen, C₁-C₃-naftalener, C₁-C₃-fenantrener og C₁-C₃-dibenzotiofener.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenz(a,c+a,h)antracen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Vedlegg B.

Side nr.21/27

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

Gaustadalléen 21
 0349 Oslo
 Tel: 22 18 51 00
 Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Årdalskjell**
 Adresse

Deres referanse:
 MSC

Vår referanse:
 Rekv.nr. 2007-2220
 O.nr. O 26363

Dato
 07.03.2008

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	G2 ordinær prøve	2007.09.14	2007.10.04	2007.10.18-2007.10.26
2	G2 tømd tarm	2007.09.14	2007.10.04	2007.10.18-2007.10.26
3	G4	2007.09.14	2007.10.04	2007.10.18-2007.10.26
4	G5	2007.09.14	2007.10.04	2007.10.18-2007.10.26
5	G6 ordinær prøve	2007.09.14	2007.10.04	2007.10.18-2007.10.26
6	G6 tømd tarm	2007.09.14	2007.10.04	2007.10.18-2007.10.26

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6
	Tørrstoff	% B 3	12	11	13	13	13	15
	Fett	% pr.v.v. H 3-	1,1	1,2	1,5	1,3	1,5	2,3
	Naftalen	µg/kg v.v. H 2-	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	Acenaftylen	µg/kg v.v. H 2-	1,2	0,91	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Acenaften	µg/kg v.v. H 2-	0,88	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Fluoren	µg/kg v.v. H 2-	7,0	10	1,1	0,87	0,66	0,73
	Dibenzotiofen	µg/kg v.v. H 2-	<0,5	0,61	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Fenantren	µg/kg v.v. H 2-	7,7	10	1,0	1,5	0,73	0,95
	Antracen	µg/kg v.v. H 2-	7,0	7,0	0,79	1,3	<0,5	<0,5
	Fluoranten	µg/kg v.v. H 2-	32	33	12	19	7,2	8,0

4								
Pyren	µg/kg v.v. H 2-4	3,3	5,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Benz(a)antracen	µg/kg v.v. H 2-4	51	54	3,5	16	4,0	4,8	
Benzo(k) fluoranten	µg/kg v.v. H 2-4	98	100	22	43	17	22	
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v. H 2-4	70	85	25	57	16	19	
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v. H 2-4	42	44	2,4	11	2,9	3,9	
Perylen	µg/kg v.v. H 2-4	5,2	5,5	<0,5	1,5	<0,5	<0,5	
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v. H 2-4	49	56	11	25	7,2	11	
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v. H 2-4	22	22	6,6	12	4,3	7,0	
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v. H 2-4	36	43	7,2	15	6,1	7,2	
Sum PAH Beregnet*	µg/kg v.v.	821,28	896,62	127,99	329,17	97,79	132,58	
Sum PAH16 Beregnet*	µg/kg v.v.	746,08	805,51	102,99	270,67	81,79	113,58	
Sum KPAH Beregnet*	µg/kg v.v.	582	616	74,5	203	60,4	87,7	
Sum NPD Beregnet*	µg/kg v.v.	7,7	10,61	1	1,5	0,73	0,95	
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v. H 2-4	320	340	29	96	25	39	
Chrysen	µg/kg v.v. H 2-4	69	79	6,4	30	6,7	9,0	

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2220

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM NPD er summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen, C₁-C₃-naftalener, C₁-C₃-fenantrener og C₁-C₃-dibenzotiofener.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenz(a,c+a,h)antracen². Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

² Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Vedlegg C.

Side nr.24/27

Norsk
 Institutt
 for
 Vannforskning

Gaustadalléen 21
 0349 Oslo
 Tel: 22 18 51 00
 Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Årdalskjell**
 Adresse

Deres referanse:
 MSC

Vår referanse:
 Rekv.nr. 2007-2315
 O.nr. O 26363

Dato
 07.03.2008

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	G 1 Blåskjell	2007.09.14	2007.10.12	2007.11.07-2007.12.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1
Tørrstoff	%	B 3	24
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	2,2
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	8,3
Acenaftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	0,56
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	21
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	18
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	4,0
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	56
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	11
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	180
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	110
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	110
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	83
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	350
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	77
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	32
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	58
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	H 2-4	20
Benzo(ghi)perylene	µg/kg v.v.	H 2-4	77
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	1765,86
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet*	1379,86
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet*	748
Sum NPD	µg/kg v.v.	Beregnet*	68,3
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	400
Chrysen	µg/kg v.v.	H 2-4	150

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

- 1 RET: Blåskjellprøver i retur til kunden
PAH= Et sertifisert referansemateriale ble analysert parallelt med prøvene. Resultatet for acenaftalen var lavere enn nedre aksjonsgrense.

Norsk institutt for vannforskning

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2007-2315

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM NPD er summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen, C₁-C₃-naftalener, C₁-C₃-fenantrener og C₁-C₃-dibenzotiofener.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenz(a,c+a,h)antracen³. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

³ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper