

RAPPORT LNR 4463-2002

Miljøgifter i blåskjell
(*Mytilus edulis*) fra
grunnområdene rundt et
planlagt dypvannsdeponi
ved Malmøykalven,
indre Oslofjord

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 Miljøgifter i blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>) fra grunnområdene rundt et planlagt dypvannsdeponi ved Malmøykalven, indre Oslofjord | Løpenr. (for bestilling) 4463-2001 | Dato 26.02.02 |
| | Prosjektnr. Undernr. O-21061 | Sider Pris 23 |
| Forfatter(e) John Arthur Berge | Fagområde Miljøgifter | Distribusjon Fri |
| | Geografisk område Oslo | Trykket NIVA |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Oppdragsgiver(e) Oslo havnevesen | Oppdragsreferanse Bestilling nr.10486 |
|-------------------------------------|--|

Sammendrag

Oslo havnevesen har planer om kontrollert deponering av forurensede masser fra Oslo havn i et anoksisk basseng på ca 70 m dyp ved Malmøykalven i indre Oslofjord. Dersom forurensede partikler skulle spres til eller i overflatelaget, vil dette kunne detekteres som en økning i konsentrasjonen av miljøgift i blåskjell. Målsetningen for denne undersøkelsen har vært å dokumentere innholdet av miljøgifter i blåskjell fra grunnområdene rundt bassenget ved Malmøykalven før eventuell deponering finner sted. Innsamling av blåskjell ble foretatt på 4 stasjoner (Malmøykalven, Langøya, Husbergøya og Skjælholmen). Skjellinnmaten ble analysert for metaller, tinnorganiske forbindelser, klororganiske forbindelser og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Undersøkelsen tyder på at skjell fra områder som omkranser det planlagte deponiområdet er ubetydelig til moderat forurenset med metaller, klororganiske forbindelser og polysykliske aromatiske hydrokarboner. Skjellene var imidlertid markert til sterkt forurenset med det begroingshindrende midlet tributyltinn (TBT). Med unntak av for TBT er de nivåer som er observert et godt utgangspunkt for å kunne påvise en mulig konsentrasjonsøkning forårsaket av en eventuell spredning av miljøgifter til overflatevannet.

| | |
|---|--|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Oslo havn Mudring Miljøgifter Blåskjell | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Oslo harbour Dredging Contaminants Mussels |
|---|--|



John Arthur Berge
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Jens Skei
Forskningsdirektør

O-21061

**Miljøgifter i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra
grunnområdene rundt et planlagt dypvannsdeponi
ved Malmøykalven, indre Oslofjord**

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ble bedt av Oslo havnevesen om å foreta analyser av miljøgifter i skjell fra et område ved Malmøykalven i indre Oslofjord. Oslo havnevesen har planer om kontrollert deponering av forurensede masser fra Oslo havn i området.

Prøver er innsamlet av John Arthur Berge og Leif Lien. De kjemiske analysene er utført ved NIVA.

Oslo, 26.02.02

John Arthur Berge

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 7 |
| 1. Innledning | 8 |
| 2. Materiale og metode | 9 |
| 2.1 Innsamling av skjell | 9 |
| 2.2 Analyser | 10 |
| 3. Resultater og diskusjon | 11 |
| 3.1 Metaller | 11 |
| 3.2 Tinnorganiske forbindelser | 12 |
| 3.3 PCB og andre klororganiske forbindelser | 14 |
| 3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) | 15 |
| 4. Sammenfattende vurdering. | 16 |
| 5. Referanser | 17 |
| Vedlegg A. En oversikt over analysemetodene | 18 |
| Vedlegg B. Analyser av klororganiske forbindelser | 20 |
| Vedlegg C. Analyser av PAH | 22 |

Sammendrag

Oslo havnevesen har planer om kontrollert deponering av forurensede masser fra Oslo havn i et område på ca 70 m dyp med anoksisk vann ved Malmøykalven i Bekkelagsbassenget i indre Oslofjord.

Blåskjell (*Mytilus edulis*) lever i de øvre vannlag og filtrerer ut partikler fra vannet og er godt egnet til å overvåke forekomst av miljøgifter. Dersom forurensede partikler mot formodning skulle spres til eller i overflatelaget, vil dette kunne detekteres som en økning i miljøgiftkonsentrasjonen i skjell. En forutsetning for kunne påvise en slik økning er at en kjenner "normalsituasjonen" for området.

Målsetningen for denne undersøkelse har vært å dokumentere innholdet av miljøgifter i blåskjell fra grunnområdene rundt bassenget ved Malmøykalven før eventuell deponering finner sted.

Innsamling av blåskjell ble foretatt i mars og september på 4 stasjoner (Malmøykalven, Langøya, Husbergøya og Skjælholmen). Skjellinnmat ble analysert for metaller (kvikksølv, kadmium, bly, kobber), tinnorganiske forbindelser (butyltinn og fenyltinnforbindelser), polyklorerte bifenyler (PCB) (og andre utvalgte industri- og landbruksrelaterte klororganiskeforbindelser) og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Analyseresultatene er klassifisert ifølge SFTs tilstandskriterier for blåskjell i fjord og kystfarvann.

Hovedkonklusjoner er:

Undersøkelsen tyder på at i skjell fra områder som omkranser det planlagt deponiområdet er ubetydelig til moderat forurenset med de fleste miljøgifter (metaller, klororganiskeforbindelser og polisykliske aromatiske hydrokarboner). Skjellene var imidlertid markert til sterkt forurenset med det begroingshindrende midlet tributyltinn (TBT)

Med unntak for TBT er de nivåene som er observert, et godt utgangspunkt for å kunne påvise en mulig konsentrasjonsøkning forårsaket av en eventuell spredning av miljøgifter til overflatevannet som følge av deponeringen av forurensede masser på ca 70 m dyp ved Malmøykalven.

Metaller. Generelt ble det observert relativt lave konsentrasjoner av metaller på alle fire stasjonene. Skjell fra Malmøykalven og Skjælholmen kunne karakteriseres som ubetydelig til lite forurenset med alle de analyserte metallene. Tilsvarende ble også observert på de øvrige stasjoner for kadmium, og kvikksølv mens konsentrasjonen av kobber i skjell fra Langøya og Husbergøya lå noe høyere og kvalifiserte for betegnelsen moderat forurenset på begge innsamlingstidspunktene.

Tinnorganiske forbindelser. Konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) var relativt høy (markert til sterkt forurenset). Det var gjennomgående høyere konsentrasjoner i september enn i mars. Det antas at en betydelig del av den observerte TBT er tilført relativt nylig, sannsynligvis fra bunnstoff på skip. Det ble også observert noe trifenylytinn.

Klororganiske forbindelser. Skjellene på alle stasjonene var moderat forurenset med polyklorerte bifenyler (ΣPCB_7) og ubetydelig til lite forurenset med heksaklorbensen (HCB). Også konsentrasjonene av heksaklosykloheksan (HCH) og nedbrytningsproduktene av DDT (dvs DDE og DDD) var relativt lave.

PAH. De observerte konsentrasjonsnivåene var generelt lave (ubetydelig til moderat forurenset). I mars kunne skjellene på alle stasjoner med unntak av de fra Malmøykalven karakteriseres som moderat forurenset med PAH. Skjell fra Malmøykalven i mars og fra alle 4 stasjoner i september kunne imidlertid karakteriseres ubetydelig til lite forurenset med PAH.

Summary

Title: Contaminants in blue mussels (*Mytilus edulis*) from an area surrounding a basin in the inner Oslofjord for potential deposition of dredged material.

Year:2001

Author: John Arthur Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-4110-8

The Oslo Harbour Authorities have plans for the deposition of polluted sediments from the Oslo Harbour in an anoxic basin (70 m depth) near Malmøykalven in the inner Oslo Fjord.

The suspension feeding blue mussel (*Mytilus edulis*) is found in the surface waters and can be used for monitoring of water accommodated contaminants. An increase in mussel concentration will be detected if contaminated deep water from the deposition area should reach the surface. A prerequisite for detecting such an increase is, however, that the "normal" concentration in the mussels from the area is known.

The objective of this investigation is to document the concentration of selected contaminants in the blue mussels from the shallow water area surrounding the basin where controlled deposition of dredged material is planned. The analytical results are classified according to the classification system established by The Norwegian State Pollution Control Authority.

Mussels were collected in March and September at 4 sites (Malmøykalven, Langøya, Husbergøya and Skjælholmen) in the inner Oslo Fjord. The soft tissue from the mussels was analysed for metals (mercury, cadmium, lead, copper), organotins, organochlorines and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH).

The results show that the mussels from the area are insignificantly to moderately polluted with metals, organochlorines and PAH. The concentrations of TBT were however high (markedly to severely polluted). The relatively low concentrations of metals, organochlorines and PAH are a good basis for detecting possible concentration increase caused by the dispersion of contaminants during the dredging and deposition operation.

The relatively high and varying concentration of TBT in the mussels indicate that the probability for detecting an increase is less than for the other contaminants.

1. Innledning

Oslo havnevesen har planer om kontrollert deponering av forurensede masser (ca 780000 m³) fra Oslo havn i et anoksisk basseng på ca 70 m dyp ved Malmøykalven i Bekkelagsbassenget i indre Oslofjord. Det er krav om at risikoen for spredning av miljøgifter under arbeidets ulike faser skal overvåkes.

Oppvirvling av forurensede deponeringsmasser er en potensiell mekanisme for spredning av miljøgifter fra deponeringsområdet. Deponering vil medføre en øket partikkelkonsentrasjon i et lag nær bunnen i den perioden som deponering pågår. Beregninger tyder på at en økning i partikkelkonsentrasjonen i hovedsak vil være avgrenset til intermediære vannlag og det er lite sannsynlig at vesentlige mengder forurensede partikler fra deponeringen vil nå vanddyp grunnere enn 30-40 m (Schaanning og Bjerkeng, 2001). I tillegg vil spredning blant annet også kunne skje i forbindelse med mudring, transport, utpumping, og uhell. I konsekvensutredning for det planlagte tiltaket (Oslo Havnevesen, 2001) er de ulike risikofaktorer utredet nærmere.

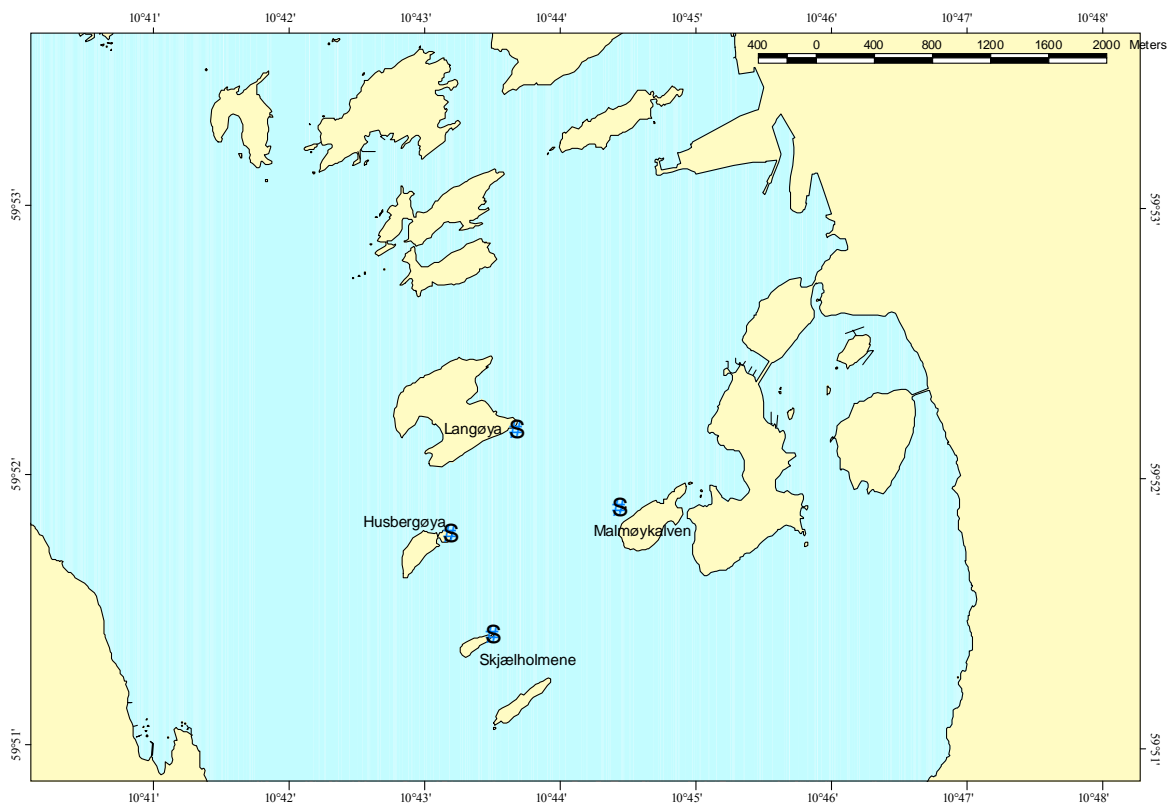
Blåskjell (*Mytilus edulis*) lever i de øvre vannlag og filtrerer ut partikler fra vannet. De er derfor godt egnet og mye brukt til å overvåke tilstanden i overflatelaget med hensyn til forekomst av miljøgifter. Dersom vesentlige mengder forurensede partikler mot formodning skulle nå overflatelaget, vil dette kunne detekteres som en økning av konsentrasjonen av miljøgifter i blåskjell. En forutsetning for å kunne påvise en slik økning er at en kjenner "normalsituasjonen" for området.

Målsetningen for denne undersøkelsen er å beskrive "normalsituasjonen" når det gjelder forekomst av miljøgifter i blåskjell fra grunnområdene rundt bassenget ved Malmøykalven før en eventuell deponering av masser i de dypere deler finner sted.

2. Materiale og metode

2.1 Innsamling av skjell

Innsamling av blåskjell ble foretatt 27/3 01 og 5/9-01 på 4 stasjoner rundt det planlagte deponiområdet ved Malmøykalven (Figur 1).



Figur 1. Stasjoner der det ble innsamlet blåskjell for analyse av miljøgift.

En oversikt over skjellene i prøvene ses i Tabell 1. Skjellprøvene som ble analysert bestod av innmat fra skjell med tilnærmet samme midlere skallengde. Midlere bløtdelsvekt varierte noe mer.

På alle stasjoner lå midlere bløtdelsvekt lavere i september enn i mars.

Tabell 1. Blåskjell brukt til analyse av miljøgifter.

| Stasjon | Dato | Antall skjell | Skall lengde (mm) | Midlere skall-lengde (mm) | Midlere bløtdelsvekt (g) |
|---------------|---------|---------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|
| Malmøykalven* | 27/3-01 | 50 | 30-49 | 41,14 | 2,40 |
| Malmøykalven* | 05/9-01 | 50 | 32-49 | 41,78 | 1,87 |
| Langøya | 27/3-01 | 50 | 33-49 | 41,58 | 2,85 |
| Langøya | 05/9-01 | 50 | 34-49 | 41,72 | 1,83 |
| Husbergøya | 27/3-01 | 50 | 32-49 | 41,92 | 3,19 |
| Husbergøya | 05/9-01 | 50 | 33-49 | 42,42 | 2,12 |
| Skjælholmen | 27/3-01 | 50 | 30-49 | 41,96 | 4,01 |
| Skjælholmen | 05/9-01 | 50 | 35-49 | 41,48 | 1,67 |

*Skjellene ble tatt på Hertugskjær NV for Malmøykalven

2.2 Analyser

Følgende forbindelser ble analysert i innmat av blåskjell:

- Kvikksølv (Hg)
- Kadmium (Cd),
- Bly (Pb)
- Kobber (Cu)
- Tinnorganiske forbindelser (tributyltinn=TBT, dibutyltinn=DBT, monobutyltinn=MBT, trifenylyltinn=TPhT, difenylyltinn= DPhT, monofenylyltinn=MPhT)
- Polyklorete bifenyler (PCB) (og andre utvalgte industri- og landbruksrelaterte klororganiske forbindelser som rutinemessig inngår i PCB analysen).
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Alle analyser ble foretatt på NIVA. En oversikt over analysemetodene ses i vedlegg A.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Metaller

Generelt ble det observert relativt lave konsentrasjoner av metaller på alle de fire stasjonene (Tabell 2).






Skjell fra Malmøykalven og Skjælholmen kunne karakteriseres som ubetydelig til lite forurenset med hensyn på alle de analyserte metallene. Tilsvarende ble også observert på de øvrige stasjonene for kadmium og kvikksølv mens kobberkonsentrasjonen i skjell fra Langøya og Husbergøya lå noe høyere og kvalifiserte for betegnelsen moderat forurenset på begge innsamlingstidspunktene (Tabell 2B).

I skjell fra Langøya var konsentrasjonen av bly noe høyere enn på de øvrige stasjonene. Det var imidlertid kun i mars at konsentrasjonen var høyere enn det som er antatt bakgrunn i diffust påvirkede områder uten punktkilder.

De relativt lave metallkonsentrasjonene som er observert, er et godt utgangspunkt for å kunne påvise en eventuell konsentrasjonsøkning forårsaket av spredning av metaller i overflatevannet som følge av planlagt deponering av forurensete masser i området.

Tabell 2. Metaller i blåskjell innsamlet i området ved Malmøykalven. Data fra de enkelte stasjonene er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al., 1997). Kadmium=Cd, kvikksølv=Hg, bly=Pb, kobber =Cu, sink=Zn, nikkel=Ni, krom=Cr, TS=tørrestoffinnhold.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

| | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|---|----------------------------|--|--------------------------|
|  | I. Ubetydelig- lite forurenset |  | II. Moderat forurenset |  | III. Markert forurenset |  | IV. Sterkt forurenset |
|  | V. Meget sterkt forurenset |  | Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres | | | | |

A:våtektsbasis

| Stasjon | TS mars | TS sept. | Cd mars | Cd sept. | Cu mars | Cu sept. | Hg mars | Hg sept. | Pb mars | Pb sept. |
|--------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Malmøykalven | 12,2 | 11 | 0,098 | 0,092 | 1,1 | 1,06 | 0,011 | 0,009 | 0,14 | 0,15 |
| Langøya | 15,4 | 12 | 0,1 | 0,126 | 1,59 | 1,24 | 0,012 | 0,01 | 0,73 | 0,34 |
| Husbergøya | 16,7 | 14 | 0,064 | 0,094 | 1,78 | 2,4 | 0,013 | 0,007 | 0,19 | 0,21 |
| Skjælholmen | 18,5 | 12 | 0,054 | 0,116 | 1,39 | 1,07 | 0,012 | 0,01 | 0,12 | 0,19 |
| Enhet | % | | µg/g v.v. | | | | | | | |

Tabell 2 (fortsettelse)

B:tørrvektsbasis

| Stasjon | Cd mars | Cd sept. | Cu mars | Cu sept. | Hg mars | Hg sept. | Pb mars | Pb sept. |
|--------------------------|-----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| Malmøykalven | 0,80 | 0,84 | 9,02 | 9,64 | 0,090 | 0,082 | 1,15 | 1,36 |
| Langøya | 0,65 | 1,05 | 10,32 | 10,33 | 0,078 | 0,083 | 4,74 | 2,83 |
| Husbergøya | 0,38 | 0,67 | 10,66 | 17,14 | 0,078 | 0,050 | 1,14 | 1,50 |
| Skjælholmen | 0,29 | 0,97 | 7,51 | 8,92 | 0,065 | 0,083 | 0,65 | 1,58 |
| Øvre grense for klasse I | 2 | 2 | 10 | 10 | 0,2 | 0,2 | 3 | 3 |
| Enhet | µg/g t.v. | | | | | | | |

3.2 Tinnorganiske forbindelser

Tributyltinn (TBT) benyttes som begroingshindrende middel på skip og er blant de giftigste stoffene som er introdusert til det marine miljø. I en rekke norske kystområder og spesielt i havner inneholder bunnsedimenter og blåskjell høye konsentrasjoner av TBT. Videre er det langs store deler av norskekysten og i indre Oslofjord påvist forstyrrelse av formeringsorganene hos hunner av enkelte sneglearter (Følsvik et al., 1998).

Konsentrasjonen av TBT i de analyserte skjellene var relativt høyt (markert -sterkt forurenset) (Tabell 3). Det var gjennomgående høyere konsentrasjoner i september enn i mars. TBT var den dominerende butyltinnforbindelsen (Tabell 3). Dette kan tyde på at en betydelig del av den observerte TBT er tilført relativt nylig. Hadde tilførselene vært av eldre dato antar en at nedbrytnings produktene (MBT, DBT) ville ha vært mer fremtredende. Det ble også observert noe trifenylytinn. Også for denne forbindelse var konsentrasjonen høyere i mars enn i september.

Ut fra de observerte konsentrasjonene av TBT i skjellene kan en beregne antatte konsentrasjoner i vann (Følsvik et al., 2002). Beregnede vannkonsentrasjoner av TBT ligger fra godt under 1 ng tinn (Sn)/L til ca 9 ng Sn/L.

Terskelkonsentrasjonen for giftvirkninger av TBT overfor de mest ømfintlige marine organismer er ~1-2 ng TBT/l (Bryan et al., 1986, 1987). Med unntak av noen steder i Finnmark er følsomme organismer (purpursnegl) påvirket av TBT på de fleste undersøkte stasjoner langs norskekysten (Følsvik et al., 1998). Purpursnegl opptrer ikke i området ved Malmøykalven. Vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) er derimot tilstede og som også kan påvirkes av TBT. Denne arten er imidlertid langt mindre følsom enn purpursnegl (dvs. terskelverdi i område 15 ng Sn/l, Bauer et al., 1995). De vannkonsentrasjonene av TBT som er beregnet ligger i hovedsak over det som er antatt å gi skadelige effekter på de mest følsomme organismer. Undersøkelser av vanlig strandsnegl i indre Oslofjord tyder ikke på at denne arten er påvirket i ved Rambergøy, derimot er den sterkt påvirket i enkelte småbåthavner.

Tabell 3. Tinnorganiske forbindelser i blåskjell fra området ved Malmøykalven. Data fra de enkelte stasjonene er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Merk at konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) er oppgitt både på tinnbasis (vekten av tinnatomet alene) og som TBT molekyl (vekten av tinn+butylgrupper). Det er konsentrasjonen av molekylet (dvs med enheten $\mu\text{g TBT/kg t.v.}$) som inngår i klassifiseringen. TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, $\Sigma\text{BT}=\text{TBT}+\text{DBT}+\text{MBT}$, TPhT=trifenyltinn, DPhT=difenyltinn, MPhT=monofenyltinn.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser for TBT i tabellen:

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|----------------|---------------------------|--|----------------------------|------------------|--------------------------|
| <100 | I. Ubetydelig- lite forurenset | 100-500 | II. Moderat forurenset | 500-2000 | III. Markert forurenset | 2000-5000 | IV. Sterkt forurenset |
| >5000 | V. Meget sterkt forurenset | | | Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres | | | |

| Komponenter tidspunkt/ Stasjoner | TBT | | TBT | | DBT | | MBT | |
|--|--------------------------------|-------|--------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | mars | sept. | mars | sept. | mars | sept. | mars | sept. |
| Malmøykalven | 620 | 2129 | 31 | 96 | 7,5 | 44 | 5,1 | 24 |
| Langøya | 808 | 2847 | 51 | 140 | 17 | 50 | 18 | 23 |
| Husbergøya | 570 | 1551 | 39 | 89 | 11 | 41 | 9,4 | 16 |
| Skjælholmen | 791 | 1647 | 60 | 81 | 20 | 35 | 23 | 22 |
| Øvre grense for klasse I | 100 $\mu\text{g TBT /kg t.v.}$ | | | | | | | |
| Enhet | $\mu\text{g TBT/kg t.v.}$ | | $\mu\text{g Sn/kg v.v.}$ | | | | | |

| Komponenter/ Stasjoner | TPhT | | DPhT | | MPhT | |
|---------------------------|--------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | mars | sept. | mars | sept. | mars | sept. |
| Malmøykalven | 4,5 | 11 | 1,1 | <0.50 | 0,48 | <0.50 |
| Langøya | 3,1 | 11 | 0,94 | <0.50 | 0,96 | 2 |
| Husbergøya | 4 | 10 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | <0.50 |
| Skjælholmen | 1,2 | 16 | <0,5 | 0,92 | 1,6 | <0.50 |
| Enhet | $\mu\text{g Sn/kg v.v.}$ | | | | | |

3.3 PCB og andre klororganiske forbindelser







Fettinnholdet i skjellene var lavere i september enn i mars (Tabell 4). Dette kan ha sammenheng med at gyting finner sted mellom disse tidspunktene.

Alle analyseresultater for klororganiske forbindelser ses i Vedlegg B. Skjellene var på alle stasjoner moderat forurenset med polyklorerte bifenyler (ΣPCB_7) og ubetydelig - lite forurenset med heksaklorbensen (HCB) (Tabell 4). Også konsentrasjonene av heksaklosykloheksan (HCH) og nedbrytningsproduktene av DDT (dvs DDE og DDD) var relativt lave (Tabell 4).

På bakgrunn av resultatene kan en konkludere med at skjellene er ubetydelig til moderat forurenset med klororganiske forbindelser (Tabell 4). Lave til moderate nivåene som er observert, er et godt utgangspunkt for å kunne påvise en mulig konsentrasjonsøkning forårsaket av en eventuell spredning av slike forbindelser til overflatevannet som følge av den planlagte deponeringen av forurensete masser i området.

Tabell 4. Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler (ΣPCB_7), heksaklorbensen (HCB) og to nedbrytningsprodukter (diklordifenyldikloretan=DDE, diklordifenyldikloretan=DDD) av diklordifenyiltrikloretan (DDT) i blåskjell fra området ved Malmøykalven. Enheter: $\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v..

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

| | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---|--|--|----------------------------|---|--------------------------|--|
|  | I. Ubetydelig- lite forurenset |  | II. Moderat forurenset |  | III. Markert forurenset |  | IV. Sterkt forurenset | |
|  | V. Meget sterkt forurenset |  | Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres | | | | | |

| Stasjon | % fett | | $\Sigma\text{PCB}_7^{1)}$ | | HCB | |
|--------------------------|--------|-------|---------------------------|-----------|-------|-------|
| | mars | sept. | mars | sept. | mars | sept. |
| Malmøykalven | 1,3 | 1,1 | 4,5-6 | 4,67-4,77 | <0,25 | <0,05 |
| Langøya | 1,71 | 1,3 | 7,61 | 6,55 | 0,07 | <0,05 |
| Husbergøya | 2,24 | 1,2 | 7,78 | 4,68-4,78 | 0,08 | <0,05 |
| Skjælholmen | 2,67 | 1 | 7,83 | 4,07-4,17 | 0,09 | <0,05 |
| Øvre grense for klasse I | | | 4 | | 1 | |

| Stasjon | $\alpha\text{-HCH}$ + $\gamma\text{-HCH}$ | | DDE+DDD | |
|--------------------------|---|-----------|------------------|-------|
| | mars | sept. | mars | sept. |
| Malmøykalven | <0,5 | <0,32 | 0,77-1,77 | 0,42 |
| Langøya | 0,18-0,28 | 0,16-0,36 | 1,84 | 0,75 |
| Husbergøya | 0,19-0,29 | <0,32 | 2,01 | 0,38 |
| Skjælholmen | 0,22-0,32 | <0,32 | 2,07 | 0,42 |
| Øvre grense for klasse I | 1 ²⁾ | | <2 ³⁾ | |

¹⁾ ΣPCB_7 = summen av 7 enkeltforbindelser (nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

²⁾ Grenseverdi gjelder for sum α -, β - og γ -isomerene

³⁾ Grenseverdi gjelder for ΣDDE , DDD, DDT

3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Konsentrasjonsnivåene var generelt lave til å være i et bynært område med relativt stor båttrafikk. Konsentrasjonen av Σ PAH (summen av 18 enkeltkomponenter av PAH) og KPAH (summen av 5 enkeltkomponenter av PAH som potensielt har kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker) var klart høyere i mars enn i september (Tabell 5). Benzo(a)pyren viste samme tendens.

I mars kunne skjellene på alle stasjoner med unntak av de fra Malmøykalven karakteriseres som moderat forurenset. Skjell fra Malmøykalven i mars og fra alle 4 stasjoner i september kunne imidlertid karakteriseres ubetydelig-lite forurenset med PAH.







De antatt kreftfremkallende PAH forbindelser (KPAH) og enkeltforbindelsen benzo(a)pyren ble i hovedsak observert i lave konsentrasjoner i alle skjellprøvene (Tabell 5). Alle resultater fra PAH analyseer ses i Vedlegg C.

På bakgrunn av resultatene kan en konkludere med at skjellene er ubetydelig til moderat forurenset med PAH forbindelser. De nivåer som er observert er et godt utgangspunkt for å kunne påvise en mulig konsentrasjonsøkning forårsaket av en eventuell spredning av slike forbindelser til overflatevannet som følge av den planlagt deponeringen av forurensete masser i området.

Tabell 5. Polysykliske aromatiske hydrokarboner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.) i blåskjell fra stasjoner i området ved Malmøykalven. Data fra de enkelte stasjoner er klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs klassifiseringssystem (Molvær, et al., 1997).

Σ PAH=summen av 24 enkeltforbindelser, KPAH=summen av komponenter med potensielt kreftfremkallende egenskaper.

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

| | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|---|---|-------------------------|--|-----------------------|
|  | I. Ubetydelig-lite forurenset |  | II. Moderat forurenset |  | III. Markert forurenset |  | IV. Sterkt forurenset |
|  | V. Meget sterkt forurenset |  | Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres | | | | |

| Stasjon | Σ PAH ¹⁾ | Σ PAH ¹⁾ | KPAH ²⁾ | KPAH ²⁾ | Benzo(a)pyren | Benzo(a)pyren |
|--|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | mars | sept. | mars | sept. | mars | sept. |
| Malmøykalven | 45,9-49,4 | 15,3-19,8 | 5,3-6,8 | 3-4,5 | <0,5 | <0,5 |
| Langøya | 117,6-118,1 | 31,2-34,2 | 11,1-11,6 | 4,2-5,2 | 0,8 | <0,5 |
| Husbergøya | 75,2-77,7 | 28,8-31,8 | 6,4-6,9 | 4,9-5,9 | <0,5 | <0,5 |
| Skjælholmen | 95,6-97,6 | 21,4-25,4 | 7,9-8,9 | 3,4-4,9 | 0,5 | <0,5 |
| Øvre grense for klasse I ³⁾ ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.) | 50 | | 10 | | 1 | |

¹⁾ Innbefatter analyse av følgende komponenter: Acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, 1-metylfenantren, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, trifenylen, benzo(b+j,k)fluoranten, benzo(e)pyren, benzo(a)pyren, perylen, indeno(1,2,3cd)pyren, dibenz(a,c/a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

²⁾ 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)antracen. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene).

³⁾ Øvre grense for klasse I (ubetydelig-lite forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

4. Sammenfattende vurdering.

Den planlagte opprydding av forurensede sedimenter i Oslo Havn med påfølgende deponering kan potensielt føre til oppvirvling og spredning av partikler og utløsning av miljøgifter i deponiområdet ved Malmøykalven. Miljøgiftene kan igjen tas opp av organismer. I den sammenheng er den naturlige lagdeling av vannmassene i deponiområdet av vesentlig betydning i forhold til vertikal spredning fra de deponerte masser. En utredning om sannsynligheten for spredning av partikler fra deponeringen (Schaanning og Bjerkeng, 2001) anslår at det er overveiende sannsynlig at lagdelingen i overflatelaget er tilstrekkelig til å unngå oppadrettet spredning av partikler til overflatevannet der blåskjellene befinner seg.

Denne undersøkelsen har vist at skjell fra områder som omkranser det planlagte deponiområdet er ubetydelig til moderat forurenset med de fleste miljøgifter (metaller, klororganiskeforbindelser og polysykliske aromatiske hydrokarboner). Skjellene er imidlertid markert til sterkt forurenset med det begroingshindrende midlet tributyltinn (TBT).

De relativt lave nivåene danner dermed et godt grunnlag for å overvåke og påvise om en spredning av miljøgifter til overflatelaget allikevel skulle finne sted. Unntaket er TBT. Denne forbindelse ble observert i relativt høye konsentrasjoner som også varierte over tid. Utgangspunktet for å kunne påviser en mulig konsentrasjonsøkning fra deponering eller andre aktiviteter i løpet av operasjonene er derfor dårligere enn for de øvrige forbindelser.

5. Referanser

Bauer, B., Fiorini, P., Ide, I., Liebe, S., Oehlmann, J., 1995. TBT effects on the female genital system of *Littorina littorea*: a possible indicator of tributyltin pollution. Hydrobiol., 309, 15-27.

Bryan, G.W., Gibbs, P.E. and Hummerstone, L.G. and Burt, G.R., 1986. The decline of the gastropod *Nucella lapillus* around South-West England: Evidence from the effect of tributyltin from antifouling paints. J.mar. biol. Ass. U.K., 66, 611-640.

Bryan, G.W., Gibbs, P.E. and Burt, G.R. and Hummerstone 1987. The effects of tributyltin (TBT) accumulation on adult dog-whelks, *Nucella lapillus*: Long-term field and laboratory experiments. J.mar. biol. Ass. U.K., 67, 525-544.

Følsvik, N., Berge, J.A., Brevik, E-M., and Walday, M., 1998. Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (*Nucella lapillus*) from Norway. Chemosphere, 38, 681-691.

Følsvik, N., Brevik, E.M. og Berge, J.A. 2002 (in press). Organotin Compounds in a Norwegian fjord. A comparison of concentration levels in Semipermeable Membrane Devices (SPMD's), Blue Mussels (*Mytilus edulis*) and Water Samples. JEM 2002.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, K. (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT, TA1467/1997, 36 s.

Oslo Havnevesen, 2001. Konsekvensutredning. Dypvannsdeponi for forurenset bunnsediment ved Malmøykalven, Oslo havnedistrikt, 68s.

Schaanning og Bjerkgeng, 2001. Opprydding av forurensete sedimenter i Oslo Havn. Etablering av dypvannsdeponi ved Malmøykaven. Modell og estimater for spredning av miljøgifter. NIVA rapport nr. 4438-2001, 49.

Vedlegg A. En oversikt over analysemetodene

| Forbindelse/ element | Oppslutningsmetode etc. | Analysemetode |
|--|---|--|
| Kadmium (Cd), Kobber (Cu) og Bly (Pb) | 10 - 60 µl prøve konserverert med salpetersyre, overføres til et grafittør som oppvarmes elektrotermisk. Ved trinnvis øking av temperaturen etter et program tilpasset for hvert enkelt metall, gjennomføres tørking, foraskning og atomisering. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en elektrodøs lampe (EDL). Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Lyset absorberes selektivt av dette elementets atomer når det passerer gjennom den atomiserte prøven. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorptans med kjente kalibreringsløsningers absorptans. | Atomabsorpsjon grafittovn ¹⁾ |
| Kvikksølv (Hg) | Oppslutning i salpetersyre. Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddampmeknikk skal kunne benyttes. Når reduksjonsmiddelet (SnCl ₂) blandes med prøven blir det ioniske kvikksølvet omformet til metallisk kvikksølv (Hg). En inert bæregass (argon) transporterer kvikksølvet til spektrofotometeret. En fordel med denne teknikken er den gode separasjonen av analytten fra matrisen, slik at ikke-spesifikk bakgrunnsabsorpsjon og matriseinterferenser er minimale. Kvikksølvet oppkonsentreres i et amalgameringsystem. | Atomabsorpsjon ²⁾ |
| Tinnorganiske forbindelser | Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden. | Gasskromatografi med atomemisjonsdeteksjon, GC-AED ³⁾ |
| PCB | Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard. | Gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD ⁴⁾ |
| PAH | 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 forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder. | Gasskromatograf med masseselektiv detektor (GC/MSD) ⁵⁾ . |
| % tørrstoff | En kjent mengde prøve tørkes til tørrhet (konstant vekt) ved 105 ° C, og den gjenværende rest veies. | Gravimetri |

Fortsettelse av vedlegg A

1) Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer atomaabsorpsjonsspektrometer 4100 ZL, tilkoblet P-E autosamplere AS 40 og Epson LX-850 printer. ED-lampene brukes sammen med et P-E EDL power supply (NIVA interne analysemetode E 2-2).

²⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosamplere og P-E amalgamsystem (NIVA interne analysemetode E 4-3).

³⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard 5890 Series II gasskromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor (NIVA interne analysemetode H 14-2).

⁴⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangingsdetektor (ECD) (NIVA interne analysemetode H 3-4)..

⁵⁾ Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosamplere 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 (NIVA interne analysemetode H 2-4).

Vedlegg B. Analyser av klororganiske forbindelser

Innhold av klororganiske forbindelser i blåskjell fra området ved Malmøykalven mars 2000.

Enhet: µg/g v.v.

| | Malmøy-kalven | Langøya | Husebergøya | Skjælholmen |
|-----------------------|---------------|---------|-------------|-------------|
| PCB28* | <0,50 | 0,3 | 0,35 | 0,38 |
| PCB52* | <0,50 | 0,86 | 1,2 | 1,2 |
| PCB101* | 0,86 | 1,2 | 1,3 | 1,3 |
| PCB118* | 0,94 | 1,3 | 1,5 | 1,4 |
| PCB105 | <0,50 | 0,54 | 0,73 | 0,64 |
| PCB153* | 1,5 | 2 | 1,7 | 1,8 |
| PCB138* | 1,2 | 1,8 | 1,6 | 1,6 |
| PCB156 | <0,50 | 0,14 | 0,13 | 0,13 |
| PCB180* | <0,50 | 0,15 | 0,13 | 0,15 |
| PCB209 | <0,50 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Sum PCB | 4,5 | 8,29 | 8,64 | 8,6 |
| Σ PCB ₇ | 4,5 | 7,61 | 7,78 | 7,83 |
| Penta-klorbenzen | <0,25 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Alfa-hexakl.cyclohex | <0,50 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Hexa-klorbenzen | <0,25 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
| Gamma-hexakl.cyclohex | <0,50 | 0,18 | 0,19 | 0,22 |
| Oktaklorstyren | <0,50 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| 4,4-DDE | 0,77 | 1,1 | 1,3 | 1,3 |
| 4,4-DDD | <1,0 | 0,74 | 0,71 | 0,77 |

*Komponenter som inngår i beregning av PCB₇.

Innhold av klororganiske forbindelser i blåskjell fra området ved Malmøykalven september 2000.
 Enhet: µg/g v.v.

| | Malmøykalven | Langøya | Husbergøya | Skjælholmen |
|-----------------------|--------------|---------|------------|-------------|
| PCB28* | 0,11 | 0,17 | 0,13 | 0,1 |
| PCB52* | 0,48 | 0,67 | 0,59 | 0,34 |
| PCB101* | 0,73 | 1,1 | 0,76 | 0,58 |
| PCB118* | 0,85 | 1,1 | 0,9 | 0,75 |
| PCB105 | 0,35 | 0,46 | 0,38 | 0,3 |
| PCB153* | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 1,2 |
| PCB138* | 1,2 | 1,6 | 1,1 | 1,1 |
| PCB156 | <0,10 | 0,1 | <0,10 | <0,10 |
| PCB180* | <0,10 | 0,11 | <0,10 | <0,10 |
| PCB209 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Sum PCB | 5,02 | 7,11 | 5,06 | 4,37 |
| ∑ PCB ₇ | 4,67 | 6,55 | 4,68 | 4,07 |
| Penta-klorbenzen | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Alfa-hexakl.cyclohex | <0,12 | 0,16 | <0,12 | <0,12 |
| Hexa-klorbenzen | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Gamma-hexakl.cyclohex | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Oktaklorstyren | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| 4,4-DDE | 0,26 | 0,36 | 0,26 | 0,28 |
| 4,4-DDD | 0,16 | 0,39 | 0,12 | 0,14 |

*Komponenter som inngår i beregning av PCB₇.

Vedlegg C. Analyser av PAH

A: Innhold av PAH forbindelser i blåskjell fra området ved Malmøykalven mars 2000.

Enhet: µg/g v.v.

| | Malmøykalven | Langøya | Husebergøya | Skjælholmen |
|---------------------------|--------------|---------|-------------|-------------|
| Naftalen | <0,5 | 0,6 | 0,9 | 1,1 |
| 2-Metylnaftalen | 1,2 | 4,2 | 3 | 3,3 |
| 1-Metylnaftalen | 1 | 3,2 | 2,6 | 2,9 |
| Bifenyl | 1,1 | 0,6 | 2,4 | 0,7 |
| 2,6-Dimetylnaftalen | 2,2 | 9,3 | 4,7 | 6,4 |
| Acenaftyl*# | 0,8 | 2,5 | 1,5 | 3 |
| Acenaften* | <0,5 | 0,5 | <0,5 | <0,5 |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen | 0,9 | 9 | 1,6 | 2,1 |
| Fluoren* | 0,7 | 1,7 | 1,2 | 1,6 |
| Fenantren* | 3 | 9 | 4,8 | 5,7 |
| Antracen* | <0,5 | 1,3 | 0,6 | 0,7 |
| 1-Metylfenantren* | 2,1 | 6,5 | 3,4 | 4,3 |
| Fluoranten* | 9,8 | 22 | 15 | 20 |
| Pyren* | 7,4 | 18 | 12 | 17 |
| Benzo(a)antracen*# | 2,3 | 4 | 2,6 | 2,6 |
| Chrysen+trifenyl*# | 5,9 | 11 | 9 | 12 |
| Benzo(b+j,k)fluoranten*# | 3 | 5,6 | 3,8 | 4,8 |
| Benzo(e)pyren* | 4,5 | 5,6 | 5,4 | 6,2 |
| Benzo(a)pyren*# | <0,5 | 0,8 | <0,5 | 0,5 |
| Perylen* | <0,5 | 0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Indeno(1,2,3cd)pyren*# | <0,5 | 0,7 | <0,5 | <0,5 |
| Dibenz(a,c/a,h)antracen*# | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Benzo(ghi)perylene* | <0,5 | 1 | 0,7 | 0,7 |
| Sum PAH | 45,9 | 117,6 | 75,2 | 95,6 |
| Sum KPAH | 5,3 | 11,1 | 6,4 | 7,9 |
| Sum NPD | 10,4 | 41,8 | 21 | 25,8 |

* Forbindelser som inngår i Sum PAH

Forbindelser som inngår i Sum KPAH

Vedlegg C (fortsettelse)

B: Innhold av PAH forbindelser i blåskjell fra området ved Malmøykalven september 2000.
Enhet: µg/g v.v.

| | Malmøykalven | Langøya | Husbergøya | Skjælholmen |
|---------------------------|--------------|---------|------------|-------------|
| Naftalen | <0,5 | <0,5 | 4,1 | 4,8 |
| 2-Metylnaftalen | <0,5 | 1 | 1,6 | 1,2 |
| 1-Metylnaftalen | <0,5 | 0,6 | 1,3 | 1 |
| Bifenyl | 0,6 | 1,5 | 2,1 | 2,2 |
| 2,6-Dimetylnaftalen | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Acenaftylen* | <0,5 | 1 | <0,5 | <0,5 |
| Acenaften* | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen | 0,5 | 0,6 | 0,5 | <0,5 |
| Fluoren* | <0,5 | <0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Fenantren* | 0,6 | 1 | 0,7 | 0,6 |
| Antracen* | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| 1-Metylfenantren* | 0,6 | 0,9 | 0,5 | <0,5 |
| Fluoranten* | 4,4 | 7,5 | 4,3 | 2,7 |
| Pyren* | 3,1 | 5,9 | 3,5 | 1,9 |
| Benz(a)antracen*# | 2,2 | 2,9 | 2,2 | 2,3 |
| Chrysen+trifenylen* | 1,3 | 2,5 | 1,8 | 1,1 |
| Benzo(b+j,k)fluoranten*# | 0,8 | 1,8 | 2,1 | 1,1 |
| Benzo(e)pyren* | 0,8 | 2,1 | 1,7 | 1 |
| Benzo(a)pyren*# | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Perylen* | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Indeno(1,2,3cd)pyren*# | <0,5 | 0,5 | 0,6 | <0,5 |
| Dibenz(a,c/a,h)antracen*# | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Benzo(ghi)perylene* | 0,7 | 1,4 | 1,2 | 0,9 |
| Sum PAH | 15,6 | 31,2 | 28,8 | 21,4 |
| Sum KPAH | 3 | 5,2 | 4,9 | 3,4 |
| Sum NPD | 1,7 | 4,1 | 8,7 | 7,6 |

* Forbindelser som inngår i Sum PAH

Forbindelser som inngår i Sum KPAH