Statlig program for forurensningsovervåking 799/00

# Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998

PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer

TA-1728/2000
ISBN 82-577-3854-9

Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

**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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**
9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

| Tittel | Løpenr. (for bestilling) | Dato |
|---|---|---|
| Miljøgiftundersøkelse i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. TA-nr. 1728/2000 | 4232-2000 | 2000.08.16 |
| | Prosjektnr. Undernr.<br>O-97231 | Sider Pris<br>139 |
| Forfatter(e)<br>Kristoffer Næs<br>Jon Knutzen<br>Jarle Håvardstun<br>Tone Kroglund<br>Mette Cecilie Lie<br>Jan Atle Knutsen (HFF)<br>Marie Louise Wiborg (SNT) | Fagområde<br>Miljøgifter i sjøvann | Distribusjon |
| | Geografisk område<br>Agder | Trykket<br>NIVA |

| Oppdragsgiver(e) | Oppdragsreferanse |
|---|---|
| Statens forurensningstilsyn, Statens næringsmiddeltilsyn, Fylkesmennenes miljøvernavdelinger i Aust-Agder og Vest-Agder, Risør kommune, Tvedestrand kommune, Grimstad kommune, Lillesand kommune, Kristiansand kommune, Farsund kommune og Kristiansand havnevesen. | |

Sammendrag

I flere av havnene i Vest-Agder og Aust-Agder er det funnet betydelig forurensning med PCB i lever av torsk, med overkonsentrasjoner jevnført med kl. 1 i SFTs klassifiseringssystem (= antatt "høyt bakgrunnsnivå") på opp til 8-10 ganger (mest 3-5 ganger). Dette gjaldt også dioksinlignende PCB. Årsaken må antas vesentlig å skyldes gamle synder, som dokumentert ved registrering av PCB-forurenset sediment de samme stedene. Registreringene aktualiserer at det settes i gang arbeid med å finne og eliminere/redusere PCB-kildene. Det ble også registrert flere tilfeller av sterk/meget sterk forurensning med PAH (gruppe av tjærestoffer) og TBT (tributyltinn, antibegroingsstoff i skipsmaling) i sedimentene. Metallforurensningen i sediment var mer moderat. Øvrige registreringer viser enkelte tilfeller av høye konsentrasjoner av potensielt kreftfremkallende PAH i blåskjell, men generelt lå forurensningen med PAH og metaller i organismer på et moderat nivå.

| Fire norske emneord | Fire engelske emneord |
|---|---|
| 1. PCB | 1. PCBs |
| 2. PAH | 2. PAHs |
| 3. Metaller | 3. Metals |
| 4. Overvåking | 4. Monitoring |

Prosjektleder Forskningsleder Forskningssjef

ISBN 82-577-3854-9

# Forord

Dette prosjektet er gjennomført på oppdrag av og finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT), Statens næringsmiddeltilsyn (SNT), Fylkesmennenes miljøvernavdelinger i Aust-Agder og Vest-Agder, Risør kommune, Tvedestrand kommune, Grimstad kommune, Lillesand kommune, Kristiansand kommune, Farsund kommune og Kristiansand havnevesen.

Prosjektet har hatt en styringskomitè bestående av Per Erik Iversen (Statens forurensningstilsyn), Gunnar Eriksen, senere Marie Louise Wiborg (Statens næringsmiddeltilsyn), Eva Boman (Fylkesmannens miljøvernavdeling i Aust-Agder), Rolf Olav Stene og Jon Egil Vinje (Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder), Bjørn Kristian Pedersen (Grimstad kommune) og Øystein Holvik (Kristiansand kommune). I starten av prosjektet deltok også Jan Atle Knutsen (da Fylkesmannens miljøvernavdeling i Aust-Agder) i styringskomitèen. I løpet av prosjektet har han imidlertid skiftet arbeidssted til Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen og har med dette deltatt i prosjektet som medarbeider.

Halvor Knutsen og Jan Atle Knutsen har hatt ansvaret for innsamling av de biologiske prøvene i Aust-Agder, mens Arne Skaar gjennomførte innsamlingen i Vest-Agder.

Bestemmelse av organiske miljøgifter i sedimentet er gjennomført av Unilab Analyse a.s. ved Linda Hansen og Anita Pettersen.

Analyse av non-orto PCB i organismer er gjort av Livsmedelsverket, Uppsala ved Samuel Atuma.

Ved NIVA har Kristoffer Næs vært prosjektleder. Jarle Håvardstun har, sammen med Mette Cecilie Lie, opparbeidet de biologiske prøvene. Han har også vært ansvarlig for tilretteleggelsen av data og for produksjon av figurer. De kjemiske analysene av biologisk materiale, bortsett fra non-orto PCB, samt metallanalyser av sedimentet er utført av NIVAs laboratorium ved Einar Brevik, Norunn Følsvik og Bente Lauritzen. Tone Kroglund har sammen med Kristoffer Næs vært ansvarlig for de statistiske analysene og for utarbeidelsen av rapporten, som også Jon Knutzen har bidratt til.

Flere personer har bidratt med opplysninger om aktiviteter i havneområdene som kan ha vært eller er en kilde til miljøgiftpåvirkning: Thomas Axelsen (Risør), driftssjef Jonny Hommefoss (Risør kommune), miljøvernrådgiver Asbjørn Aanonsen (Tvedestrand kommune), Øyvind Rosenvinge (Arendal Historielag), museumsbestyrer Jarle Bjørklund (Grimstad), plan- og utviklingssjef Bjørn Kristian Pedersen (Grimstad kommune), avd.ing. Per Olav Aasbø og enhetsleder Tor Malvin Bakke

(Lillesand kommune), konsulent Gunnar Ersdal (Farsund kommune), Jan Aase (Farsund), avd.leder Geir Olav Vikøren (Flekkefjord kommune) og Flekkefjord Museum.

Alle takkes for innsatsen.

Grimstad, 16. august 2000

*Kristoffer Næs*

# Innhold

**1 Sammendrag** **8**
Summary 11

**2 Innledning** **13**
2.1 Organisering av rapporten 13
2.2 Bakgrunn for undersøkelsen 13
2.3 Målsetning 14
2.4 Generelt om miljøgifter og deres kilder 14
2.5 Tidligere og igangværende miljøgiftundersøkelser på Agder 16

**3 Materiale og metoder** **18**
3.1 Undersøkelsesprogram 18
3.1.1 Hovedundersøkelsen 18
3.1.2 Tilleggsundersøkelse i Arendal 19
3.2 Stasjonsplassering 19
3.3 Innsamling og opparbeidelse av prøver 20
3.4 Utvalg av prioriterte miljøgifter 21
3.5 Analyselaboratorier og -prinsipper 22
3.6 Klassifisering av miljøtilstand 22

**4 RISØR** **25**
4.1 Områdebeskrivelse 25
4.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 25
4.3 Undersøkte stasjoner 25
4.4 Potensielle kilder til miljøgifter 26
4.5 Resultater 29

**5 TVEDESTRAND** **32**
5.1 Områdebeskrivelse 32
5.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 32
5.3 Undersøkte stasjoner 32
5.4 Potensielle kilder til miljøgifter 32
5.5 Resultater 35

**6 ARENDAL** **39**
6.1 Områdebeskrivelse 39
6.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 39
6.3 Undersøkte stasjoner 39
6.4 Potensielle kilder til miljøgifter 40
6.5 Resultater 43
6.5.1 Sedimenter og blandprøver av organismer 43
6.5.2 Variasjon innenfor området og innenfor typer av torsk 46

**7 GRIMSTAD** **50**
7.1 Områdebeskrivelse 50
7.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 50
7.3 Undersøkte stasjoner 50
7.4 Potensielle kilder til miljøgifter 50
7.5 Resultater 53

**8 LILLESAND** **56**
8.1 Områdebeskrivelse 56
8.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 56
8.3 Undersøkte stasjoner 56
8.4 Potensielle kilder til miljøgifter 56
8.5 Resultater 59

**9 TOPDALSFJORDEN, KRISTIANSAND** **62**
9.1 Områdebeskrivelse 62
9.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 62
9.3 Undersøkte stasjoner 62
9.4 Potensielle kilder til miljøgifter 62
9.5 Resultater 64

**10 FARSUND** **68**
10.1 Områdebeskrivelse 68
10.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 68
10.3 Undersøkte stasjoner 68
10.4 Potensielle kilder til miljøgifter 68
10.5 Resultater 71

**11 FLEKKEFJORD** **76**
11.1 Områdebeskrivelse 76
11.2 Tidligere målinger og miljøtilstand 76
11.3 Undersøkte stasjoner 76
11.4 Potensielle kilder til miljøgifter 76
11.5 Resultater 79

**12 Sammenligning mellom områdene** **82**
12.1 Blåskjell 82
12.2 Krabbe 83
12.3 Torsk 85
12.4 Sedimenter 87

**13 Sammenheng mellom forurenset sediment og nivå i organismer** **90**

**14 Likheter og forskjeller i prøvenes relative innhold av PAH og PCB (profiler)** **93**

**15 Mulige helsemessige effekter av konsum av fisk og skalldyr 97**
15.1 Toksikologi 97
15.1.1 Bly 97
15.1.2 Kadmium 97
15.1.3 Kvikksølv 97
15.1.4 Dioksiner 98
15.1.5 PCB (Polyklorerte bifenyler) 98
15.1.6 PAH (polysykliske hydrokarboner - tjærestoffer) 98
15.1.7 TBT 98
15.2 Konsum av saltvannsfisk og skalldyr i Norge 99
15.3 Risikovurdering av fisk og skalldyr 100
15.3.1 Risør 100
15.3.2 Tvedestrand 100
15.3.3 Arendal 101
15.3.4 Grimstad 101
15.3.5 Lillesand 102
15.3.6 Topdalsfjorden, Kristiansand 102
15.3.7 Farsund 102
15.3.8 Flekkefjord 103
15.4 Konklusjon/Kostholdsråd 104

**16 Litteraturliste 105**

**Vedlegg A. Oversikt over innsamlingsteder og analysevariable for hver havn 109**

**Vedlegg B. Sedimentstasjoner 113**

**Vedlegg C. Analysemetoder 114**

**Vedlegg D. Rådata 120**

# 1 Sammendrag

I I samsvar med prioriteringer fra Statens forurensningstilsyn (SFT) og Statens næringsmiddeltilsyn (SNT), samt ønsker fra de involverte kommuner, er det gjennomført undersøkelser av miljøgifter i sedimenter og spiselige organismer (fisk (hovedsakelig lever av torsk), skallinnmat av krabbe og blåskjell) fra havner i Agder-kommunene Risør, Tvedestrand, Arendal, Grimstad, Lillesand, Kristiansand, Farsund og Flekkefjord. Sedimentene er analysert på innhold av klororganiske stoffer (PCB, etc.), PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), metallene kadmium, kobber, bly og kvikksølv samt tinnorganiske forbindelser (TBT (tributyltinn) og TPhT (trifenyltinn) med nedbrytningsprodukter. Organismene er likeledes analysert på klororganiske stoffer, metallene kvikksølv, kadmium og bly, tinnorganiske forbindelser (sistnevnte bare i et par prøver av blåskjell) og stoffskifteprodukter av PAH (bare i galle av torsk). I et utvalg av prøvene av fisk og krabbe er det også analysert på innhold av de såkalte non-orto PCB for å kunne beregne sum av toksisitetsekvivalenter (TE) fra dioksinlignende PCB, som er særlig viktige stoffer for bedømmelse av spiselighet.

II På grunnlag av resultatene har SNT gitt følgende anbefalinger vedrørende konsum av fisk og skalldyr fra de aktuelle fjordene:

**Tvedestrand:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Tvedestrandsfjorden på innsiden av Sagesund frarådes.*

**Arendal:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Arendal havneområde avgrenset av Strømbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund frarådes.*

**Topdalsfjorden, Kristiansand:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Marvika frarådes. Tidligere kostholdsråd gitt for fiskelever i Kristiansandsfjorden gjelder fortsatt. (Konsum av fiskelever fanget innenfor Dvergsøya – Flekkerøy frarådes).*

**Farsund:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Framvaren, Åptafjorden, Lyngdalsfjorden, Lundevågen og Byfjorden frarådes. Området avgrenses i sørøst av en linje mellom odden øst for Skjoldnes og odden sydvest for Havik i Spind.*

**Skjellmat**: *Konsum av skjell fanget innenfor samme område som fiskelever frarådes.*

**Flekkefjord:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Flekkefjord avgrenset i Straumsundet og Pollsundet ved Kjeøya og Torsøya frarådes.*

Alle resultatene er dokumentert i vedlegg, mens kommentarene i det vesentlige begrenser seg til de stoffer som har størst interesse i relasjon til spiselighet eller som opptrer i konsentrasjoner betydelig over det man finner i områder langt fra punktkilder/byer/større tettsteder. I det følgende oppsummeres resultatene etter stoffgrupper i rekkefølgen PCB, PAH, metaller, tinnorganiske forbindelser (TBT). Resultatene er, der hvor det er mulig, bedømt etter SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet i fjorder. Her tilsvarer Kl. I et antatt høyt bakgrunnsnivå forårsaket av bare diffus påvirkning (dvs. langt fra sporbare punktkilder eller annen lokal påvirkning slik som byer og større tettsteder). Nivåer høyere enn dette betegnes overkonsentrasjoner og angis ved en faktor som uttrykker antall ganger over høyt bakgrunnsnivå.

III Konsentrasjoner av PCB (summen av syv enkeltforbindelser) i torskelever ble registrert i intervallet ca. 200-4800 µg $\Sigma PCB_7$/kg våtvekt, mens antatt høyt bakgrunnsnivå er 500 µg/kg. Den høyeste konsentrasjonen var fra torsk fanget ved Kolbjørnsvik i Arendal havneområde, der det ellers ble funnet store variasjoner i torskens PCB-innhold. Betydelige overkonsentrasjoner fant man også i torsk fra Marvika ved Kristiansand (vel 8 x), nordsiden av Farsund (nær 6 x), Tvedestrand havn og Tjørsvågbukta/Flekkefjord (begge vel 3 x). Mindre overkonsentrasjoner ble ellers konstatert bl.a. i Vikkilen ved Grimstad.

Antas et høyt bakgrunnsnivå for sum av dioksinlignende PCB ($TE_{PCB}$) i torskelever på 50-70 ng/kg våtvekt (ikke inkludert i SFTs klassifiseringssystem), ble det på en av understasjonene ved Arendal funnet en overkonsentrasjon på ca 10 ganger (ellers innen dette havneområdet varierende fra det "normale" til en 4-dobling). Blant de øvrige prøvene varierte $TE_{PCB}$ i området ca. 70-300 ng/kg, m.a.o overkonsentrasjoner opp mot 5 ganger; mest i Marvika/Kristiansand, dernest ved Tvedestrand (ca. 4 x) og ved Farsund (3 x).

I skallinnmat av krabbe var overkonsentrasjonene av PCB mer moderate. Med antatt høye bakgrunnsnivåer på ca 40 µg $\Sigma PCB_7$/kg våtvekt og ca 7 ng $TE_{PCB}$/kg våtvekt (variablene er ikke med i SFTs klassifiseringssystem) ble det funnet overkonsentrasjoner på henholdsvis <1("normalt")-3 x og ca. 1->3 x. Høyest lå krabber fra indre Lundevågen/Farsund og Grimstad.

PCB i blåskjell ble bare analysert i et mindre utvalg av prøver. I området Kongsgårdbukta/ Torsvika/Marvika ved Kristiansand var det indikasjoner på nåtidig belastning på overflatelaget, særlig i Kongsgårdbukta med overkonsentrasjoner i forhold til Kl. I i klassifiseringssystemet på 7-8 ganger.

Overskridelse av grensen for Kl. I i overflatesedimenter (0-2 cm) ble konstatert i 12 av 17 prøver. I 7 av prøvene var det markert forurensning med $PCB_7$, dvs. overkonsentrasjoner på mer enn 5 ganger. De høyeste konsentrasjonene (med overkonsentrasjoner på 8-9 x) ble funnet i en av prøvene fra Farsundområdet og i to prøver fra Flekkefjordområdet.

IV Analysene av PAH i blåskjell viste for det meste moderat grad av forurensning (mindre enn 4 ganger grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem) eller bare svakt over dette. I fem av prøvene fra Farsundområdet var det imidlertid overkonsentrasjoner i intervallet 7-20 ganger. Blåskjell gjenspeiler i hovedsaken nåtidig påvirkning i overflatelaget.

Overflatesedimentet var flere steder sterkt eller meget sterkt forurenset med PAH. Meget sterk grad av kontaminering (mer enn 70 x grensen for Kl. I) ble konstatert ved Tvedestrand, Arendal, Fevik og en stasjon til i Grimstadområdet samt ved Farsund. Høyest lå de to Grimstad-lokalitetene med overskridelse av Kl. I på ca 200/ca. 1000 ganger. Av 17 prøver lå bare 2 under antatt høyt bakgrunnsnivå.

Nivåene av PAH-nedbrytningsprodukter i galle av torsk viste betydelige individuelle variasjoner på den enkelte lokalitet, men ingen spesielt høye verdier og heller ingen tydelige indikasjoner på markante forskjeller mellom havneområdene.

V Kvikksølv i torskefilet forekom bare i lave konsentrasjoner. Det samme gjaldt kvikksølv, kadmium og bly i skallinnmat av krabbe og bly og kadmium i torskelever.

Metallforurensning i blåskjell ble påvist ved overkonsentrasjoner av bly på 6-8 ganger på to Farsundstasjoner og ca. 6 ganger i skjell fra Tjørsvågbukta/Flekkefjord, ellers bare moderat grad av forurensning. Lokalt forhøyet belastning med kadmium ble registrert i bare 2 av 11 prøver (2-4 x grensen for Kl. I), begge ved Farsund.

Moderat eller markert forurensning (Kl.II/III) med metaller i sediment ble observert i alle undersøkelsesområdene unntatt ved Kjevik/Topdalsfjorden. Hyppigst forekommende i overkonsentrasjoner var bly og kvikksølv.

VI TBT-målingene i sediment viste sterk til meget sterk forurensning (Kl. IV/V) på 13 av 14 prøvesteder. Over 100 ganger grensen for Kl. I på 1 µg/kg tørrv. ble observert på en stasjon i Arendalsområdet, i Vikkilen/Grimstadområdet (overkonsentrasjon på mer enn 2500 ganger), ved Fevik og ved Torskeholmen/Grimstad. Den ekstremt høye konsentrasjonen av TBT i Vikkilen antas å skyldes prøvestedets nærhet til et skipsverft.

TPhT (trifenyltinn) i sediment lå i de fleste tilfeller under 5 µg/kg tørrvekt og ellers med klart lavere konsentrasjoner enn TBT, mens et par blåskjellprøver viste tydelig påvirkning også med denne tinnorganiske forbindelsen.

VII Statistiske analyser av resultatene for PAH i blåskjell og for PCB i torskelever og sediment viste til dels karakteristiske trekk i mønsteret for sammensetningen av de to gruppene av forbindelser. Slike mønstre kan belyse hvor forurensningene har sitt opphav og være til hjelp ved sporing av kilder.

VIII Tilfellene av høye verdier av PCB i torskelever (se ovenfor) aktualiserer at man forsøker å finne årsaken, med henblikk på å eliminere eller i hvert fall delvis nøytralisere denne. Dette krever ytterligere analyser, utover det som har vært mulig i denne undersøkelsen, av tilgjengelige informasjoner om tidligere bruk og skjebne for PCB-holdig materiale i det aktuelle området, mulige indikasjoner fra blåskjellanalysene på nåtidig tilførsel fra land (eksempelvis Kongsgårdbukta/Marvika/Torsvika ved Kristiansand) eventuelt også ytterligere kartlegging av PCB i sediment, i mistenkte deponier eller forurenset grunn.

På grunn av usikkerheten ved utslaget som store individuelle variasjoner kan gi på analyseresultatene for blandprøver basert på mindre enn 20-25 individer, bør det også vurderes gjentatte registreringer av PCB i torskelever en del av stedene (i første rekke ved Arendal, dernest Marvika/Kristiansand, Tvedestrand og Farsund). Det samme kan gjelde krabbe.

IX Ut fra de til dels høye verdiene av TBT i sediment og blåskjell (inklusiv eldre data) tilrås orienterende analyser av tinnorganiske forbindelser i et utvalg av de innsamlede prøver.

X Høye verdier av særlig PAH, men også PCB, i en båthavn (Fevik) uten kjente nåtidige punktkilder, aktualiserer undersøkelser for å avgjøre om dette er verdier som er representative for slike områder.

# Summary

Title: Investigations of micro-pollutants in harbours in Vest-Agder and Aust-Agder 1997-1998. PAHs, PCBs, heavy metals and TBT in sediments and organisms
Year: 2000
Authors: K. Næs, J. Knutzen, J. Håvardstun, T. Kroglund, M.C. Lie, J.A. Knutsen, M.L. Wiborg
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3854-9

High concentrations of micro-pollutants in many harbours in the counties of Vest-Agder and Aust-Agder have resulted in advices against consumption of cod liver caught in the areas of Flekkefjord, Farsund, Kristiansand, Arendal and Tvedestrand. In addition consumption of mussels from the area of Farsund should be avoided.

In more detail, the results showed:

I High concentrations of PCB were in several cases detected in liver of cod (*Gadus morhua*) caught in the harbour areas in the counties Vest-Agder and Aust-Agder on the coast of Skagerrak. Compared with Class I in the classification system of the Norwegian Pollution Control Authority the concentration of $\Sigma PCB_7$ was up to ten times higher. (Limit of Cl. I in this system is set at the "assumed high background" of contaminants, corresponding to the 75-90 percentile of observations at reference localities, i.e. far from the traceable influence from point sources or urban centres). Estimated exceedance values for dioxin-like PCBs calculated as toxicity equivalents ( $TE_{PCB}$, not included in the classification system) were about the same as for $\Sigma PCB_7$.

More moderate PCB concentrations were recorded in the whole carapace contentent of the edible crab (*Cancer pagurus*), with concentrations exceeding the "high background value" of up to 3 times.

Relatively moderate exceedance of the "high background value" of PCB were also found in surface sediments (0-2 cm): up to 8-9 times, mostly 5 times or less.

II Tributyltin (TBT) exceeded the Cl. I limit (1 µg TBT/kg d.w.) in all sediment samples, mostly less than 100 times, but in one extreme case (in the vicinity of a shipbuilding yard) 2500 times. Also triphenyltin were detected at several localities, but in lower concentrations. A few supplementary analyses of organotins in the common mussel (*Mytilus edulis*) confirmed previous results which documented widespread TBT-contamination in Norwegian harbours.

III PAH-contamination in mussels were mostly moderate (exceeding the reference value of Cl. I (50 µg/kg wet weight) with less than 5 times). At two sites, however, the levels were about 20 times higher. Specific point sources are not known in either of the two localities.

As expected in harbour areas the sediments were strongly PAH contaminated at many of the sampling stations, with levels corresponding to Cl. IV-V of the classification system, and exceeding the assumed high background caused by merely diffuse long-range transport with more than 20 times in 12 of 17 samples.

Analysis of PAH-metabolites in the gall bladder of cod, showed considerable individual, (n site variation, but in total only moderate indications of exposure and insignificant difference between localities.

IV Analysis of metals in sediments showed moderate to marked contamination by mercury and lead in most of the sub-areas, with concentrations exceeding the background value up to 15 (Hg) and 8 (Pb) times. Contamination levels of cadmium and copper were generally lower.

Excepting moderate to marked increased levels of Pb in mussels, there were no significant metal contamination in organisms.

# 2 Innledning

## 2.1 Organisering av rapporten

Denne rapporten har som hovedmål å gi informasjon til miljø- og næringsmiddelmyndighetene om forurensningssituasjonen på bunnen og i utvalgte organismer fra havneområder på Agderkysten. I behandlingen av data er det lagt vekt på de miljøgifter og marine organismer som Statens forurensningstilsyn (SFT) har utarbeidet miljøkriterier for. Likeledes er det lagt vekt på forbindelser og organismer som Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) oppgir de trenger kunnskap om for å vurdere eventuelle råd om konsum av sjømat. Disse resultatene er i stor grad presentert i oversiktstabeller og figurer. Analysene av de utvalgte miljøgiftene gir også rutinemessig resultater om enkelte andre forbindelser som det ikke eksisterer kvalitetskriterier for, eller som ikke direkte inngår i næringsmiddelmyndighetenes vurderingsgrunnlag. Disse resultatene er i liten grad behandlet. Foruten resultater om de utvalgte miljøgiftene inneholder rapporten således også data av generell forurensningsmessig interesse, som det i denne omgang ikke er funnet formålstjenlig å vurdere nærmere.

For hvert havneområde er det gjort en beskrivelse av aktiviteter som kan ha påvirket forurensningsbildet i det aktuelle området. Denne informasjonen er fremkommet ved å kontakte kommuner, bymuseer, lokalhistorikere, osv. Selv om undersøkelsen om miljøgifttilstanden i havnene i hovedsak skal speile nåtidig påvirkning, spenner beskrivelsen av aktivitetene i havneområdet over en periode på 100 år. Dette er gjort fordi utbygging av havneområder, mudring, graving på land osv, kan mobilisere forurensninger som var avskåret fra å influere på dagens tilstand. Det viste seg videre at det var et vidt spekter av aktiviteter, selv i disse relativt små havneområdene, som potensielt kan være relevante i miljøgiftsammenheng. Det var imidlertid ikke mulig innenfor de midlene som var avsatt, til å være særlig presis om påvirkningstype eller mengde. Det understrekes derfor at aktivitetene som er listet opp kan være relevante i en miljøgiftsammenheng, men ikke nødvendigvis er det. Der hvor det har fremkommet at en aktivitet har stor sannsynlighet for å gi en påvirkning, er dette kommentert.

I slutten av rapporten har SNT ved Marie Louise Wiborg skrevet et kapittel som omhandler generell bakgrunn for fastsettelse av kostholdsråd. Her fremkommer det også konkrete råd basert på resultatene fra de enkelte undersøkelsesområdene.

Det er vår tro at en undersøkelse av denne art burde ha en betydelig interesse for allmennheten. For å lette tilgjengeligheten er det derfor utarbeidet en brosjyre som i korthet gjengir bakgrunn, formål og resultater fra undersøkelsene.

## 2.2 Bakgrunn for undersøkelsen

Sonderende miljøundersøkelser gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 1993-94 for SFT, påviste høye konsentrasjoner av miljøgifter i sedimenter og organismer i flere havner på kysten av Aust- og Vest-Agder (Knutzen 1995; Knutzen m.fl. 1995; Konieczny og Juliussen 1995). Forurensingen var spesielt knyttet til polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tributyltinn (TBT). Enkelte av havnene var også påvirket av tungmetallforurensning (kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu)). Flere av havnene hadde konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentene som medførte at området ble plassert i den mest påvirkede klassen i SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).

De sonderende undersøkelsene inkluderte kun et begrenset antall prøvetakingssteder og organismer. De sentrale forurensnings- og næringsmiddelmyndighetene har ønsket oppfølgende undersøkelser i havneområdene for en nøyere kartlegging av miljøtilstanden. Spesielt har det vært et ønske om

dokumentasjon for å avgjøre om konsum av spiselige organismer fra de aktuelle områdene kan ha helsemessige konsekvenser og om innføring av kostholdsråd eller omsetningsrestriksjoner er påkrevd. I den sammenheng har SNT og SFT utarbeidet et dokument med forslag til strategi for dette (Berg m.fl. 1997). Første prioritering har vært områder som har konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentene i tilstandsklasse V (*meget sterkt forurenset*) i SFTs klassifiseringssystem. På Agder gjelder dette områdene Arendal/Tromøy, Grimstad, Farsund og Framvaren.

I tillegg har Fylkesmennenes miljøvernavdelinger i Aust- og Vest-Agder ønsket at de nye undersøkelsene også skulle ivareta lokale forvaltningsinteresser. De har derfor ønsket undersøkelser i Risør, Tvedestrand, Lillesand, Topdalsfjorden, Flekkefjord og området Marvika-Kongsgårdbukta ved Kristiansand. I Risør og Lillesand er det tidligere påvist PAH-innhold i sedimentene i tilstandsklasse IV (*sterkt forurenset*, Konieczny og Juliussen 1995), mens det i Marvika-Kongsgårdbukta er funnet PAH- og PCB-konsentrasjoner i sedimentene svarende til tilstandsklasse IV (Knutzen m.fl. 1998). Fjordområdet ved Tvedestrand og Flekkefjord er ikke tidligere undersøkt med hensyn på miljøgifter (bortsett fra for krom i Flekkefjord, Magnusson m.fl. 1988). For Topdalsfjorden var det ønskelig med en sonderende prøve nær Kristiansand Lufthavn, Kjevik. Kristiansand havn er imidlertid allerede dekket med egne, lokale undersøkelser (Knutzen m.fl. 1998), og ble ikke inkludert i programmet.

## 2.3 Målsetting

Målsetningen med undersøkelsen har derfor vært å :

1. Dekke *sentrale* myndigheters behov for informasjon om miljøgiftinnhold i spiselige organismer som nedfelt i SNTs og SFTs strategi (Berg m. fl. 1997).

2. Dekke *lokale* forurensningsmyndigheters behov for informasjon om miljøgiftinnhold i spiselige organismer som ikke er dekket i SNTs prioriteringer (både arter og lokaliteter).

3. Supplere de sonderende analysene av miljøgiftinnhold i havnesedimenter.

## 2.4 Generelt om miljøgifter og deres kilder

Med miljøgifter menes stoffer med en eller flere av følgende egenskaper: høy akutt giftighet, kronisk giftighet, markert tendens til bioakkumulering (oppkonsentrering i en organisme) eller biomagnifikasjon (oppkonsentrering gjennom næringskjeder), utpreget bestandighet mot nedbrytingsprossesser (Molvær m.fl. 1997). Miljøgifter omfatter både metaller og organiske miljøgifter. De mest aktuelle metallene omfatter kvikksølv, bly, kobber og kadmium samt metallorganiske forbindelser som tributyltinn. De organiske stoffene omfatter en rekke tildels komplekse forbindelser. De deles gjerne i tjærestoffer (PAH) og klororganiske forbindelser (PCB, dioksiner etc).

De største miljøgiftproblemene i norske kystfarvann er forårsaket av industriutslipp. Resipienter med utslipp fra industri er derfor de områder hvor man finner de høyeste konsentrasjonene. De fleste miljøgifter vil imidlertid også kunne påvises i områder uten punktkilder. Generelt lave konsentrasjoner som kan finnes i områder langt unna punktkilder, kan tilskrives langtransportert spredning eller som følge av at forbindelsene også forekommer naturlig. I klassifiseringen er det derfor nødvendig å definere en øvre grense for konsentrasjoner av miljøgiftene i disse områdene. Dette betegnes som "antatt høyt bakgrunnsnivå" eller kun "bakgrunn" senere i rapporten. Det er imidlertid ikke uten videre enkelt å fastsette grenseverdier for hva som er "bakgrunnsnivået" for de ulike komponentene, dels fordi datagrunnlaget kan være utilstrekkelig og dels fordi kunnskapen om spredning og omsetning i miljøet ikke er god nok.

***PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner)***
PAH, populært kalt tjærestoffer, dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Kildene kan være oljerelatert virksomhet og smelteverksindustri (f.eks. aluminiumsindustri), men også bruk av produkter som tjære, drivstoff til kjøretøy og kull. Skogbrann er en betydelig naturlig kilde. PAH består av en rekke enkeltforbindelser, hvorav enkelte kan være kreftfremkallende. Forbindelsene er fettløslige og kan akkumulere til høye nivåer i enkelte grupper av organismer, men virveldyr, deriblant fisk, har god evne til å bryte ned og skille ut PAH. Det er derfor ikke noen sterk tendens til oppkonsentrasjon i næringskjeder. Informasjon om fisk som har vært eksponert for PAH kan man få gjennom å analysere nedbrytingsproduktene (metabolitter) i gallen.

***PCB (polyklorerte bifenyler)***
PCB er syntetiske organiske forbindelser og har vært brukt siden 1930 til mange ulike industrielle formål, f.eks. i elektriske transformatorer og kondensatorer, i tilsetningsstoffer i maling, i fugemasse for isolerglass i vinduer, etc. Ny bruk av PCB ble forbudt i 1980. Som for PAH består PCB av en rekke enkeltforbindelser med ulik giftighet (teoretisk mulig med 209 enkeltforbindelser (kongenerer) avhengig av antall og plassering av kloratomene i molekylet). Ved analyse kvantifiseres kun et mindre antall av forbindelsene, f.eks. gruppen "Seven Dutch" som betegnes $PCB_7$ og består av 7 utvalgte forbindelser blant de mest vanlige i omgivelsene. PCB er sterkt fettløslig og oppkonsentreres i næringskjeden. Forbindelsene kan være akutt giftige, påvirke immunforsvaret og hormonbalansen og gi kreftutvikling og nerveskader.

PCB-forbindelsene kan ha klor plassert i tre posisjoner i molekylet: orto, meta og para. Forbindelser som ikke har klor i såkalt orto-posisjon kalles "non-orto PCB" (n.o. PCB). Selv om de mengdemessig utgjør et lite bidrag til det totale PCB-innholdet, kan forbindelsene være så giftige at de er avgjørende for PCB-påvirkningen på en organisme.

Ulike grupper av PCB-forbindelser har forskjellige virkningsmekanismer. Non-orto PCB sammen med enkelte mono-orto forbindelser har dioksinlignende virkning, men i ulik styrke. For å gjøre resultatene praktisk mulig å håndtere i en risikovurdering, er det laget modeller for å omregne konsentrasjonen av de ulike forbindelsene med slike effekter til såkalte toksiske ekvivalenter (TE). Antall toksiske ekvivalenter i en prøve er et mål for det totale skadelighetspotensialet mht. dioksinlignende virkning. I rapporten er et samlet toksitetsbidrag beregnet som summen av bidraget fra non-orto og mono-orto PCB (m.o. PCB) etter nordisk modell som gitt i SNT-rapport 4, 1997 (Becher m.fl. 1997) (se også Ahlborg m.fl. (1992) sitert av Becher m.fl. 1997). Andre PCBer som ikke har dioksinlignende giftighetsmekanismer, virker særlig på sentralnervesystemet.

Nylig er det kommet en rapport fra en WHO-ekspertgruppe med enkelte revisjoner av toksisitetsekvivalentfaktorer (TEF) for beregning av TE-verdier (Van den Berg m.fl. 1998) delvis revisjoner av TE-verdier. Forskjellen fra toksisitetsekvivalentfaktorene i Ahlborg m.fl. (1992) er imidlertid få og gir i praktisk sammenheng ubetydelige utslag.

***TBT (tri-butyl-tinn)***
Tributyltinn er, og har vært benyttet som antibegroingsmiddel i skips- og båtmaling. I 1989 - 90 ble bruk av TBT i bunnstoff/maling på båter mindre enn 25m forbudt i Norge, men er fremdeles tillatt i bruk på større skip. TBT er svært giftig for enkelte organismer, og har medført kjønnsforstyrrelser hos purpursnegl og beslektede arter i globalt omfang. Kjønnsforstyrrelser hos purpursnegl (utvikling av hannlige organer hos hunner) er registrert langs hele Norskekysten unntatt i Finnmark (Walday m.fl. 1997).

***Kvikksølv (Hg)***
Kvikksølv er et tungmetall. Utslipp fra industrien kom tidligere primært fra kloralkalifabrikker og treforedlingsindustri/tresliperier, men også fra produksjon av kunstgjødsel, maling, plantevernmidler og annen kjemisk industri. Betydelige mengder ble inntil for 30 år siden spredd som følge av kvikksølvbeising av såkorn. Tilførslene er nå betydelig redusert, men bl.a. kullfyrte kraftverk bidrar til en fortsatt regional/global overbelastning. Kvikksølv kan danne meget giftige organiske forbindelser, f.eks. metylkvikksølv. Forbindelsen er akutt giftig for mange organismer og pattedyr, og har også kroniske giftvirkninger, selv i svært små konsentrasjoner. Kvikksølv hoper seg opp i fisk og pattedyr, særlig i nyrene og i hjernen. Kvikksølv virker på sentralnervesystemet (motoriske og mentale forstyrrelser), og kan føre til nyreskader.

***Bly (Pb)***
Som mange andre tungmetaller, har industriutslipp vært betydelige kilder, men viktigst for den globale forurensning med bly har vært tilsetningen i bensin. Skadeeffektene er bl.a. anemi (hemmer dannelsen av hemoglobin) og forstyrrelse av sentralnervesystemet.

***Kadmium (Cd)***
Kadmium er et tungmetall hvor viktige kilder er forbrenning av kull og olje, og enkelte typer kunstgjødsel. Kadmiumforgiftning medfører bl.a. nyresvikt.

***Kobber (Cu)***
Også kobber er et tungmetall. Det er et livsviktig element for mange organismer (som oksygenbærer og oksygenkatalysator), men er akutt giftig i større doser. Ømfintlige organismesamfunn er planteplankton og bløtbunnsfauna. Kobber brukes både i dyrefôr, gjødsel, som antibegroingsmiddel i båtmalinger og som soppdreper i landbruket.

En summarisk liste over ulike typer av kilder til miljøgiftforurensning i havneområdene på Agder er gitt i **Tabell 1**.

**Tabell 1.** Mulige kilder til miljøgiftforurensning i havneområder på Agder.

| Forbindelse | Mulig kilde |
|---|---|
| PAH | Oljesøl, eksos (gateavrenning), smelteverk |
| PCB | Mekanisk industri, div. fyllinger |
| TBT | Skipsverft, skips- og båttrafikk |
| Tungmetaller | Mekanisk industri, div. fyllinger |

## 2.5 Tidligere og igangværende miljøgiftundersøkelser på Agder

Det er tidligere foretatt flere målinger av miljøgifter i sedimenter og organismer i lokale og regionale undersøkelser langs Sørlandskysten. De viktigste lokale undersøkelsene er kommentert under hvert havneområde. I tillegg er det gjennomført landsomfattende undersøkelser som danner et viktig grunnlag for denne undersøkelsen. Det er spesielt:

*JAMP*
"Joint Assessment and Monitoring Programme" er et felles nordatlantisk overvåkingsprogram med fokus på marine forurensninger. Undersøkelsene langs Norskekysten startet i 1980 og omfatter undersøkelser av miljøgifter i sedimenter og organismer. Utvalgte områder på Agder (mest på strekningen Risør-Arendal og ved Lista) inngår i prøvetakingsprogrammet (Green 1997, Green m.fl. 2000) .

*Miljøgiftnivået i norske havner.*
I 1993 og 1994 ble det tatt prøver av sedimenter, blåskjell (*Mytilus edulis*) og purpursnegl (*Nucella lapillus*) fra havnebassenger langs hele Norskekysten som en sonderende undersøkelse (Konieczny 1996, Konieczny og Juliussen 1995, Knutzen m.fl. 1995). Prøvene ble analysert for PCB (polyklorerte bifenyler), PAH (tjærestoffer), tungmetaller (kvikksølv, kadmium, bly, kobber, sink, nikkel, krom arsen), THC (olje) og TBT (tributyltinn). Med unntak av Tvedestrand og Flekkefjord ble det tatt prøver i alle havnebassengene på Agder (Konieczny og Juliussen 1995).

# 3 Materiale og metoder

## 3.1 Undersøkelsesprogram

### 3.1.1 Hovedundersøkelsen

En tabellarisk oversikt over undersøkelsesprogrammet er gitt i **Tabell 2** (kfr. **Figur 1**). Strategien for prøveinnsamlingen har vært:

- For å dekke sentrale myndigheters behov for informasjon om miljøgiftinnhold i spiselige organismer (målsetting 1), ble det tatt prøver av blåskjell fra områdene Arendal/Tromøy, Grimstad, Farsund og Framvaren.
- For å dekke lokale forurensningsmyndigheters behov for informasjon om miljøgiftinnhold i spiselige organismer som ikke er dekket i SNTs prioriteringer (målsetning 2), ble det tatt:
  - Blåskjellprøver fra områdene: Risør, Tvedestrand, Lillesand, Kongsgårdbukta/Marvika og Flekkefjord.
  - Blandprøve av torsk (lever/muskel) og blandprøve av skallinnmat av taskekrabbe fra Risør, Tvedestrand, Arendal, Grimstad, Lillesand, Farsund (Byfjord- og Lundevågenområdet) og Flekkefjord (to underområder).
  - En blandprøve av ål og en blandprøve av sjøørret fra Arendalsområdet og en fra Lundevågen.
- For å supplere de sonderende analysene av havnesedimentene (målsetning 3) ble sedimentprøver samlet fra Flekkefjord, Farsund, Topdalsfjorden, Lillesand, Grimstad, Arendal, Tvedestrand og Risør. Prøveantallet var ikke ment å skulle være omfattende nok for å spore kilder eller danne grunnlag for tiltak.

Alle prøvene av fisk er basert på blandprøver. Informasjon om varians innen en gitt havn kan derfor ikke framkomme. For torsks vedkommende kan heller ikke forskjeller mellom stedegen torsk, mere vandrende torsk og kysttorsk synliggjøres ved at kun blandprøver analyseres. For å belyse denne variasjonen ble det lagt opp til å gjøre separate analyser av tre typer av torsk samt separate analyser av blandprøver fra tre forskjellige steder i Arendalsområdet.

**Tabell 2.** Oversikt over undersøkelsesprogrammet. Tallene angir antall prøver.

| Havn | Blåskjell | Torsk (lever eller muskel) | Taske-krabbe | Ål | Sjøørret | Sedi-ment |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Risør | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Tvedestrand | 3 | 1 | 1 | | | 3 |
| Arendal | 5 | 6* | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Grimstad | 5 | 2 | 2 | | | 4 |
| Lillesand | 3 | 1 | 1 | | | 1 |
| Kongsgårdbukta/ Marvika | 3 | 1 | | | | |
| Topdalsfjorden | | | | | | 1 |
| Farsund | 6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| Framvaren | 2 | | | | | |
| Flekkefjord | 3 | 2 | 2 | | | 3 |
| Sum | 33 | 16 | 11 | 2 | 2 | 17 |

*Inkluderer 3 forskjellige typer av torsk samlet fra et av prøvestedene.

### 3.1.2 Tilleggsundersøkelse i Arendal

For å avdekke hvorvidt det innen samme havn kunne spores helt lokale variasjoner i miljøgiftinnhold i lever og filet av torsk, ble Arendal havn valgt som forsøkshavn. Havna ble delt inn i tre distinkte underområder: a) Kolbjørnsvik-Nordodden, b) Knubben-Skilsø, c) Galten/Galtesund (**Tabell 3**). Innen hvert av de tre underområdene ble det fanget inn et representativt utvalg av torsk til en blandprøve som så ble analysert.

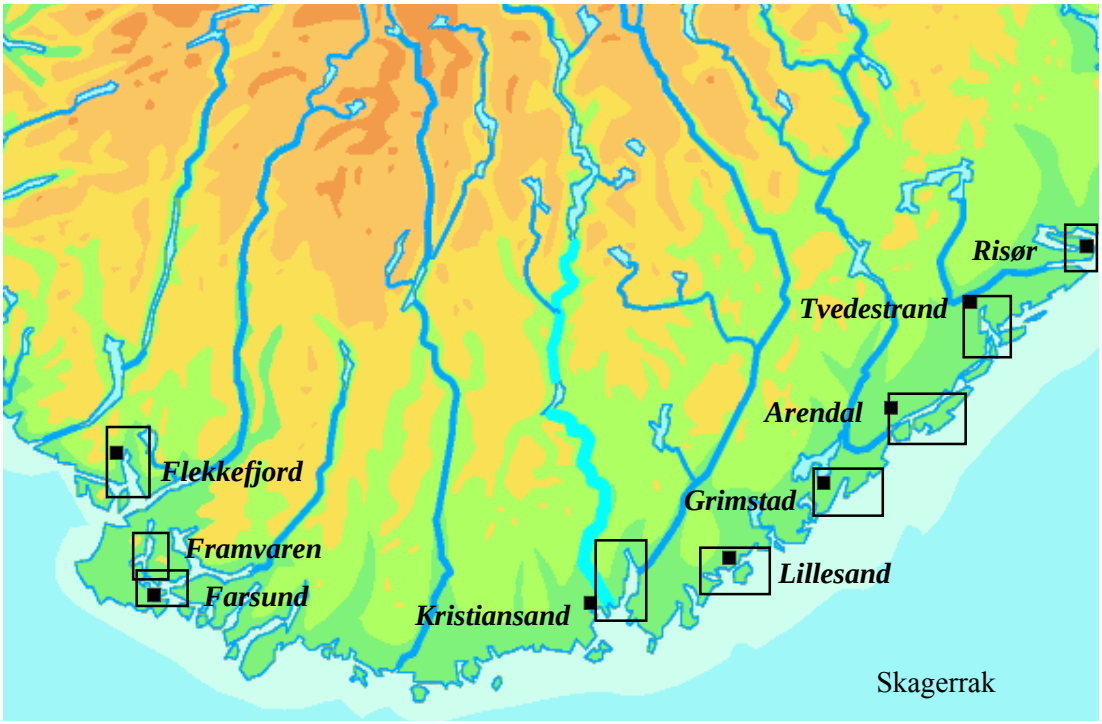
Likeledes ble det undersøkt om det kunne observeres variasjoner i miljøgiftinnhold hos ulike varianter av torsk. De ulike torsketypene som ble undersøkt var: a) fjordtorsk - kjennetegnet med å være karakteristisk gråfarget og vanligvis sterkt infisert med sortprikksyke (*Cryptocotyle lingua*), b) kysttorsk - rødpigmentert vanlig taretorsk, og c) dypvannstorsk som utseendemessig er lett å skille fra de to andre typene ved at den er lys grå og i tillegg fanges på langt dypere vann. En blandprøve av de tre typene av torsk ble samlet fra underområdet Galten.

**Tabell 3.** Oversikt over undersøkelsesprogrammet i Arendal

| Havneområde | Fjordtorsk | Kysttorsk (rød-) | Dypvannstorsk |
|---|---|---|---|
| Hovedområde: Arendal havn | x | | |
| Underområde: Kolbjørnsvik-Nordodden | x | | |
| Knubben-Skilsø | x | | |
| Galten/Galtesund | x | x | x |

## 3.2 Stasjonsplassering

Oversiktskart over innsamlingsområdene er vist i **Figur 1**. Detaljkart er vist under de enkelte havnene.




**Figur 1.** Oversiktskart for undersøkelsesområdene med innsamlingssteder.

## 3.3 Innsamling og opparbeidelse av prøver

Feltarbeidet er gjennomført etter de retningslinjer, der de finnes, som er gitt av Oslo/Pariskommisjonen. Det betyr at organismene er innsamlet i en fysiologisk stabil fase (utenom gytesesongen).

Innsamling av torsk (*Gadus morhua)*, krabbe (*Cancer pagurus*) og blåskjell (*Mytilus edulis*) ble foretatt i november-desember 1997, mens sjøørret (*Salmo trutta*) og ål (*Anguilla anguilla*) ble samlet inn i april og mai 1998. Det ble hovedsakelig benyttet trollgarn til innsamling av torsk (2 x 114 meter, 14 omfars garn). I enkelte områder var det imidlertid så mye skrot på bunnen at det ble benyttet line (150 krok). Krabbe ble fanget med teiner og ved garnfiske. Det ble hovedsakelig fisket etter torsk og krabbe fra 10-40 meters dyp.

Ål ble fanget på grunt vann med åleruser, og sjøørret ble fanget med settegarn på de nærmeste mudderflater til havnene. Blåskjell ble hentet fra bryggestolper og flytebøyer i selve havnene.
For torsk og krabbe ble det samlet 5-30 individer fra hvert område, for blåskjell 30 individer, mens for ål og sjøørret ble det fanget inn 5-10 individer av hver art.

Sedimenter ble samlet 9-10/3 1998 fra "O/F Munin" tilhørende Fiskeridirektoratet/Region Skagerrakkysten. Prøvene ble samlet med en Van-Veen grabb og de øverste 2 cm av sedimentlaget ble skrapet av for senere analyse.

Uttak av vev til analyser ble foretatt på laboratoriet fra frossent materiale. Det ble benyttet utstyr av rustfritt stål og engangs kirurgiske hansker ved behandling av prøvematerialet. Alt vev ble deretter lagt på glass som etter vanlig rengjøring var glødet til 500°C.

Fisk ble veid og lengdemålt før prøveuttak. Ved uttak av lever og filetprøver fra torsk, ål og sjøørret ble det dissekert ut tilnærmet lik mengde vev fra hvert individ som inngikk i blandprøvene.

For krabbe ble skallbredden målt, deretter ble paven fjernet og all innmaten brukt i blandprøven. De ulike individene har derfor p.g.a. størrelsesforskjeller og ulik fyllningsgrad bidratt med ulik mengde i blandprøvene.

Blåskjell, primært av størrelse 2-5 cm, ble lengdemålt og deretter tint slik at vanninnholdet fikk renne av før bløtdelene ble fjernet og lagt på glødet glass.

## 3.4 Utvalg av prioriterte miljøgifter

Prøvene ble analysert for en eller flere av forbindelsene PAH, PCB, TBT, kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu) og litium (Li, bare sediment). For utvalgte organismeprøver inkluderte analysene også non-orto PCB.

Fisk har et enzymsystem som muliggjør nedbrytning av PAH. Det kan derfor ikke forventes å finne høye PAH-verdier i fisk fra PAH-belastede områder. En slik eksponering kan imidlertid påvises ved analyse av gallemetabolitter av PAH.

**Tabell 4.** Prioriterte miljøgifter. Variable som SFT har utviklet kriteriegrenser for (Molvær m. fl. 1997) er understreket.

| **Analysemateriale** | **Variabel** |
|---|---|
| **Biota** | |
| Blåskjell | PAH, Pb, Cd*, TBT |
| Lever av torsk | PCB, $TE_{PCB,}$ Pb, Cd |
| Filet av torsk | Hg |
| Galle av torsk | PAH-metabolitter |
| Skallinnmat av taskekrabbe | PCB, Pb, Cd, Hg, PAH |
| Filet av ål | PCB, Pb, Cd, Hg |
| Filet av sjøørret | PCB, Pb, Cd, Hg |
| **Sediment** | PAH, PCB, Pb, Cd, Hg, Cu, Li, TBT |

*Blåskjell samlet fra Marvika-Kongsgårdområdet ble i tillegg analysert for andre metaller og PCB.

Analysene av bly og kadmium i blåskjell ble gjennomført på et redusert stasjonsutvalg

I rådataene finnes også konsentrasjoner av pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren, α-HCH, γ-HCH, DDT, DDE og DDD, men ikke ansett nødvendig å behandle i teksten (bare lave/moderate verdier). Som nevnt fremkommer resultatene for disse stoffene rutinemessig ved analyse av PCB.

## 3.5 Analyselaboratorier og -prinsipper

**Tabell 5.** Oversikt over hvilke laboratorier analysene ble gjennomført ved.

| Analysetype | Laboratorium |
|---|---|
| Organiske miljøgifter i organismer (unntatt non-orto PCB) | NIVA |
| Metaller i sedimenter og organismer | NIVA |
| Non-orto PCB i organismer | Livsmedelsverket, Uppsala |
| Organiske miljøgifter i sedimenter | Unilab Analyse a.s. |

Kort oppsummert er følgende analyseprinsipper anvendt: Organiske miljøgifter i sedimenter og organismer analyseres ved å tilsette indre standarder og ekstrahere med organiske løsningsmidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf med masseselektiv detektor (for PAH), elektroninnfangingsdetektor (for klorerte forbindelser) og atomemisjonsdetektor (for TBT). Metaller i sediment er analysert etter totaloppslutning i flussyre og bestemt ved atomabsorpsjon spektroskopi i grafittovn (salpertersyreoppslutning og gullfelle for Hg). Metaller i organismer er bestemt etter oppslutning i salpetersyre.

Organisk karbon i sedimentene er bestemt ved hjelp av en CHN-analysator etter at karbonater er fjernet i syredamp.

Ytterligere informasjon om analysemetodene ved NIVA og Unilab Analyse a.s. er gitt i **Vedlegg C**. Metoden for analyse av non-orto PCB er beskrevet av Atuma m.fl. (1996; 1998).

## 3.6 Klassifisering av miljøtilstand

Det eksisterer ikke kvalitetskriterier for alle arter og variable som er analysert i denne undersøkelsen. Bedømming av miljøtilstand er derfor gjort på to måter. Der hvor kvalitetskriterier eksisterer, er tilstanden karakterisert i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl. 1997). Klassifiseringen foretas med hensyn på metaller og organiske miljøgifter i sedimenter og organismer. Systemet opererer med et sett av fem tilstandsklasser som går fra klasse I (*ubetydelig-lite forurenset)* til klasse V (*meget sterkt forurenset)*. Det fremgår av **Tabell 6** hvilke organismer og forbindelser som inngår i systemet. Grensen for kl. I er satt ved et antatt høyt bakgrunnsnivå fra bare diffus belastning (dvs. uten sporbar innflytelse fra punktkilder). Grensen er fortrinnsvis definert som 75-90 prosentilen av et observasjonsmateriale fra referansestasjoner (se bl.a. Knutzen og Green 1995)

**Tabell 6.** SFTs klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske miljøgifter i sedimenter og organismer (Molvær m.fl. 1997).

| Variable | | Tilstandsklasser | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I Ubetydelig – Lite forurenset | II Moderat forurenset | III Markert forurenset | IV Sterkt forurenset | V Meget sterkt forurenset |
| **Sedimenter** (tørrvekt) | Bly (mg Pb/kg)<br>Kadmium (mg Cd/kg)<br>Kobber (mg Cu/kg)<br>Kvikksølv (mg Hg/kg)<br>TBT (µg/kg)<br>Σ PAH (µg/kg)<br>Σ $PCB_7$ (µg/kg) | < 30<br>< 0,25<br>< 35<br>< 0,15<br>< 1<br>< 300<br>< 5 | 30 – 120<br>0,25 – 1<br>35 – 150<br>0,15 – 0,6<br>1 – 5<br>300 – 2000<br>5 – 25 | 120 – 600<br>1 – 5<br>150 – 700<br>0,6 - 3<br>5 – 20<br>2000 – 6000<br>25 - 100 | 600 – 1500<br>5 – 10<br>700 – 1500<br>3 – 5<br>20 – 100<br>6000 – 20000<br>100 - 300 | > 1500<br>> 10<br>> 1500<br>> 5<br>> 100<br>> 20000<br>> 300 |
| **Blåskjell** (tørrvekt) | Bly (mg Pb/kg)<br>Kadmium (mg Cd/kg)<br>Kobber (mg Cu/kg)<br>Kvikksølv (mg Hg/kg)<br>TBT (mg/kg) | < 3<br>< 2<br>< 10<br>< 0,2<br>< 0,1 | 3 – 15<br>2 – 5<br>10 – 30<br>0,2 – 0,5<br>0,1 –0, 5 | 15 – 40<br>5 – 20<br>30 – 100<br>0,5 – 1,5<br>0,5 – 2 | 40 – 100<br>20 – 40<br>100 – 200<br>1,5 – 4<br>2 – 5 | > 100<br>> 40<br>> 200<br>> 4<br>> 5 |
| **Blåskjell** (friskvekt) | Σ PAH (µg/kg)<br>Σ $PCB_7$ (µg/kg) | < 50<br>< 4 | 50 – 200<br>4 – 15 | 200 – 2000<br>15 – 40 | 2000 – 5000<br>40 - 100 | > 5000<br>> 100 |
| **Torsk** lever (friskvekt) | Σ $PCB_7$ (µg/kg) | < 500 | 500 – 1500 | 1500 – 4000 | 4000 – 10000 | > 10000 |
| **Torsk** filet (friskvekt) | Hg (mg/kg) | < 0,1 | 0,1 – 0,3 | 0,3 – 0,5 | 0,5 – 1 | > 1 |

Der hvor kriteriegrenser ikke er etablert, er miljøtilstanden bedømt ved hjelp av overkonsentrasjoner. Med overkonsentrasjoner menes observert konsentrasjon dividert med antatt høy bakgrunnsverdi. En overkonsentrasjon på f.eks. 2 medfører derfor at den observerte konsentrasjonen er dobbelt så høy som antatt bakgrunnsnivå. Som bakgrunnsnivå er konsentrasjonene i **Tabell 7** anvendt. Det presiseres at for mange av forbindelsene er datagrunnlaget for fastsettelse av en bakgrunnsverdi spinkelt. Overkonsentrasjonene som gis i de havnemessige oversiktene må derfor betraktes som indikasjon på størrelsesorden.

**Tabell 7.** Antydningsvis høyt bakgrunnsnivå i krabbe, sjøørret og ål for analyserte forbindelser hvor det ikke er gitt kvalitetskriterier. v.v. = våtvekt.

| **Organisme** | **PAH**[1)] µg/kg v.v. | **$PCB_7$** µg/kg v.v | **$TE_{PCB}$** ng/kg v.v. | **Hg** mg/kg v.v. | **Pb** mg/kg v.v. | **Cd** mg/kg v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Torsk, lever | | | 50-70[2)] | | ≈0,2[3)] | ≈0,2[3)] |
| Krabbe, skallinnmat | 15[4)] | 40[4)] | 7[4)] | 0,15[5)] | 0,15[5)] | 3(5?)[5)] |
| Sjøørret, filet | | 10(20?)[6)] | ? | 0,05[7)] | 0,05[7)] | 0,01[7)] |
| Ål, filet | | 30(50?)[8)] | ? | 0,1[9)] | 0,05[9)] | 0,01[9)] |

1) Antall enkeltforbindelser svarende til de som inngår i SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl. 1997).
2) Kfr. Knutzen m.fl. (1999a) med henvisninger.
3) Kfr. Knutzen og Green (1995) og henvisninger i Knutzen m.fl. (1999b).
4) Kfr. Knutzen m.fl. (1999c); for PCB og $TE_{PCB}$ estimert til ca. halvparten av nivået i krabbesmør (hepatopancreas, fordøyelseskjertelen).
5) Kfr. Barland m.fl. (1996).
6) Særlig usikker verdi (10), som er basert på resultater fra få prøver med fettprosent under 1 (kfr. Knutzen m.fl. (1999a) med henvisninger. Data fra egentlige referansestasjoner mangler.
7) Usikre verdier basert på få prøver (kfr. data for sjø-ørret og laks i Knutzen m.fl. (1999b).
8) Usikker verdi pga. manglende data fra egentlige referansestasjoner (kfr. henv. i Knutzen m.fl. 1999b), dessuten Knutzen m. fl. (1999a,d).
9) Usikre verdier pga. få referansedata (kfr. henvisninger i Knutzen m.fl. 1999b).

# 4 RISØR

## 4.1 Områdebeskrivelse

Kystområdene i Risør består av både åpen kyst og relativt store fjordområder, inkludert flere isolerte poller og kiler (**Figur 2** og **Figur 3**). Nord for Risør by ligger Søndeledfjorden, et relativt komplekst fjordsystem som kan deles inn i Østerfjorden, Nordfjorden, Rødsfjorden, Søndeledkilen og Sørfjorden. De ytre deler, Østerfjorden, er skjermet mot den åpne kysten med en øyrekke med mange sund. Terskelområdet har en største dybde på 28 meter, mens største dyp er 185 m. Videre innover i Søndeledfjorden er det flere bassenger, men ikke på langt nær så dype som Østerfjorden. Største dyp i Sørfjorden er 80 m, og terskeldypet er 21 m. De dypere deler av Østerfjorden har periodevis svært lavt oksygeninnhold (> 1 ml/l) og i Sørfjorden er det registrert hydrogensulfid i vannmassene (Kroglund m.fl. 1998a).

Umiddelbart nord for byen ligger Kranfjorden. Kranfjorden har forbindelse med Sørfjorden gjennom Sundet, og har største dyp på 29 m og terskeldyp på 20 m.

Risør by ligger midt i skjærgårdsbremmen og er skjermet mot den åpne kysten med en øyrekke med mange sund. Største dyp i bassenget utenfor byen er omkring 80 m, mens terskelområdet innimellom øyene er 48 m.

## 4.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Sedimentene i Risør havn og Kranfjorden ble analysert for miljøgifter i 1993 under den sonderende miljøgiftundersøkelsen langs Norskekysten (Konieczny og Juliussen 1995). Sedimentene i Kranfjorden var *markert forurenset* av kadmium, kvikksølv og PCB (tilstandsklasse III) mens sedimentene i Risør havn var *markert forurenset* av bly og *sterkt forurenset* av PAH (tilstandsklasse IV).

Sedimentene i Kranfjorden ble også undersøkt i 1985. Da var sedimentene *markert-sterkt forurenset* av kvikksølv fra et tidligere tresliperi (Næs 1985). Produksjonen ved tresliperiet opphørte i 1975.

Det er registrert høye konsentrasjoner av kvikksølv (*moderat til markert forurenset*) og kobber (*moderat forurenset*) innerst i Søndeledkilen (Jacobsen og Næs 1992). Både kvikksølv og kobber ble tidligere brukt som begroingshindrende midler i treforedlingsindustrien.

En lokalitet ved Risøy utenfor Risør inngår i JAMP-programmet og blir undersøkt for miljøgiftinnhold i blåskjell (Hg, Cd, Cu, Pb, Zn, PCB) (Green 1997). Her er det bare sporadisk registrert forhøyede miljøgiftverdier (Green m. fl. 2000).

## 4.3 Undersøkte stasjoner

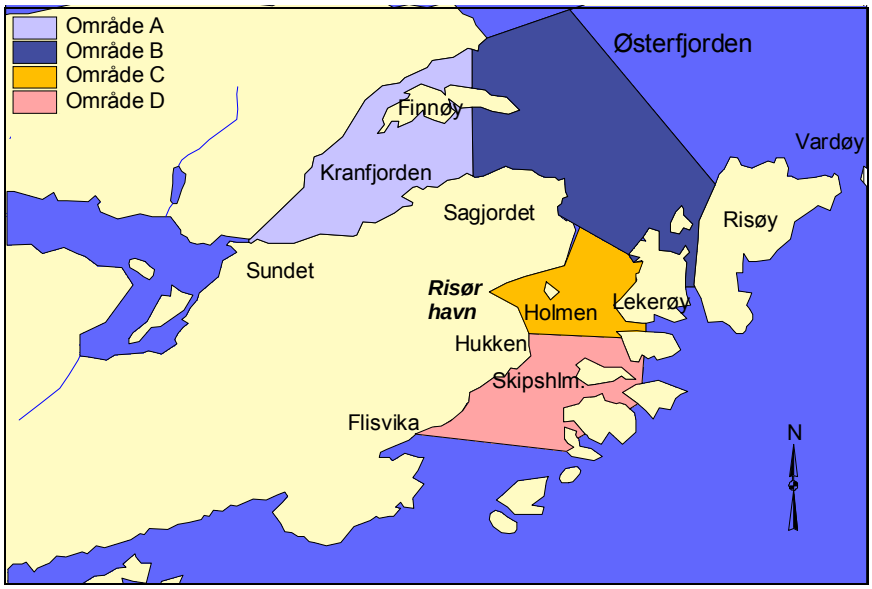
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A.** Undersøkelsesområdet er avgrenset av Kranfjorden – Risøy – Flisvika (**Figur 3**).

## 4.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Risør har, som andre havner, flere potensielle forurensningskilder. I tillegg til nåværende aktiviteter er det lange tradisjoner innen skipsfart i området. I rapporten "Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder" (Konieczny og Juliussen 1995) oppgis følgende kilder: Skipsverft, mekaniske verksteder, bunkrings-/tankanlegg, tresliperi samt fyllinger og forurenset industrigrunn. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 8** og **Figur 2**.

**Tabell 8.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Risør havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kartreferanse | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjoner for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A: Kranfjorden fra Sundet til Sagjordet | | | Fisk: Risør havn<br>Blåskjell: St.1 | |
| | Skipsbyggerier | 1880-1920 | | |
| | Sagbruk/tresliperi | 1920-1975 | | Kvikksølvforurensning fra beiset virke påvist i tidligere sedimentprøver |
| | Barkeplass for garn (med tjære) | ?-1920 | | |
| | Diverse mindre kloakkutslipp | ?-1985 | | |
| B:Sagjordet til Holmen | | | Fisk: Risør havn<br>Blåskjell: St. 2 og 3<br>Sediment: St.1 | |
| | Båtbyggeri | Pågår | | |
| | Bedrift for produksjon av stålstoler | 1950-1970 | | Mulig kilde for metaller |
| | Skomakerskjær slipp- og mekanisk verksted | 1900-dd | | Mulig kilde for PAH, PCB, metaller og tinnorganiske forbindelsr |
| | Bedrift for produksjon av elektriske ovner | 1960-1970 | | Mulig kilde for PCB? |
| C: Holmen og havnebassenget | | | Fisk: Risør havn<br>Blåskjell: St. 3 | |
| | Mekanisk industri/skipsverft | 1900-dd | | Mulig kilde for PAH, PCB, metaller og tinnorganiske forbindelsr |
| | Flytedokk | 1947-1970 | | Mulig kilde for PAH, PCB, metaller og tinnorganiske forbindelsr |
| | Kull-lager | 1900-1970 | | Mulig kilde for PAH |
| | Fiskemottak | 1930-dd | | |
| | Bensinstasjon | 1930-dd | | Mulig kilde for PAH |
| | Kloakk | ?-1980 | | |
| | Avrenning fra søppelfyllplass | 1950-1965 | | |
| D: Hukken til Flisvika | | | Fisk: Risør havn<br>Blåskjell: St.3 | |
| | Bilverksted | 1920-1980 | | |
| | Finèrfabrikk | 1955-dd | | |
| | Diverse mindre kloakkutslipp | ?-1995 (pågår) | | |
| | Hovedkloakk | Pågår | | Skal nå overføres til renseanlegg med utslipp i samme område |
| E: Finnøy, Varøy, Lekerøy. Skipsholmen | | | Fisk: Risør havn<br>Blåskjell: St. 2 og 3<br>Sediment: St.1 | |
| | Båtbyggerier | 1890?-dd (Lekerøy) | | Små bedrifter, neppe aktuelle i kildesammenhang |



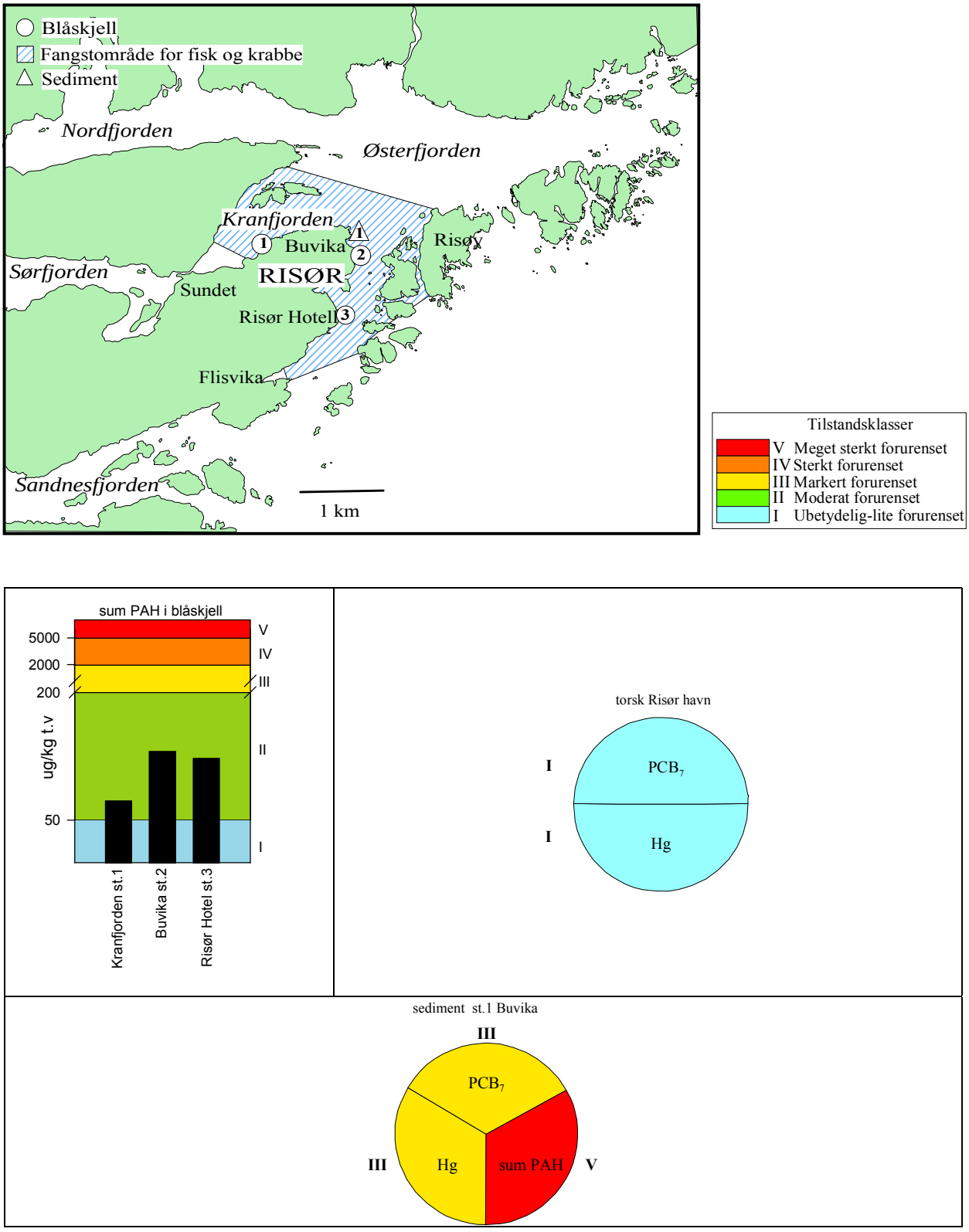

**Figur 2.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Risør havneområde

## 4.5 Resultater

En oppsummering av hovedresultatene er gitt i **Figur 3**, **Tabell 9** og **Tabell 10**. Resultatene for PAH-metabolitter er omtalt i Kapittel 13. Rådata for analysene finnes i **Vedlegg D.**

Det ble kun analysert en sedimentprøve samlet i Buvika. Den hadde et normalt utseende, finkornig, grått slam, men med høyt innhold av organisk materiale. Sedimentet var betydelig påvirket av PAH, PCB, TBT og kvikksølv svarende til markert til meget sterkt forurenset i SFTs klassifiseringssystem for miljøtilstand. Konsentrasjonene av PAH og kvikksølv var i samme størrelsesområde som verdiene fra havna, som ble undersøkt i 1993 (Konieczny og Juliussen 1995). Dog var PAH-konsentrasjonene noe lavere i havna enn i Buvika. Det er vanskelig å sammenligne PCB-konsentrasjonen på de to stasjonene på grunn av uoverensstemmelser mellom tekst og rådata for PCB i sedimenter fra Risør i 1993-undersøkelsen.

Miljøgiftbelastningen på organismene var imidlertid liten, bortsett fra at blåskjellene var markert forurenset med TBT, mens moderat grad av forurensning ble påvist for PAH i blåskjell og $\Sigma PCB_7$ i krabbe.




**Figur 3.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Risør havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 9.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra Risørområdet. Der hvor kvalitetskriterier foreligger er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuelt overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høyt bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **An-tall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$\sum TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **TBT**<br>µg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | | |
| St. 1 Kranfjorden | 26 | 16,4 | | 73 (**II**) | | | | | |
| St. 2 Buvika | 25 | 16,2 | | 131 (**II**) | | | | | |
| St. 3 Risør Hotel | 29 | 15,6 | 1,6 | 123 (**II**) | 3,9 (**I**) | | 0,2 | | 1635 (**III**) |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | | |
| Risør havn | 20 | 63 | 25 | | 250 (**I**) | | 15 | | |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | | |
| Risør havn | 20 | 21 | | | | | | | |
| **Krabbe:** | | | | | | | | | |
| Risør havn | 6 | 29 | 12 | | 85 (2) | | 4,9 | | |

**Tabell 9, forts**.

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Kranfjorden | 26 | 16,4 | | | | |
| St. 2 Buvika | 25 | 16,2 | | | | |
| St. 3 Risør Hotel | 29 | 15,6 | 1,6 | | 4,5 (**II**) | 1,11 (**I**) |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Risør havn | 20 | 63 | 25 | | < 0,06 | 0,04 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Risør havn | 20 | 21 | | 0,05 (**I**) | | |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| Risør havn | 6 | 29 | 12 | 0,06 (**1**) | 0,3 | 4,8 |

**Tabell 10.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Risørområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>% <63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **TBT**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | | |
| Buvika (tørrvekt) | 83 | 77 (**V**) | 20100 (**V**) | 29 (**III**) | 49 (**IV**) | 1,57 (**III**) | 91 (**II**) | 75 (**II**) | 0,34 (**II**) |

# 5 TVEDESTRAND

## 5.1 Områdebeskrivelse

Tvedestrandsfjorden er en ca. 8 km lang terskelfjord med flere terskler og bassenger (**Figur 4** og **Figur 5**). Det innerste bassenget, ved Tvedestrand by, er det dypeste med 85 meter. Bassenget er avgrenset av en terskel på 15 meter i midtre del av fjorden. I ytre del av fjorden er det et basseng på 65 meter.

Indre del av fjorden er organisk belastet og har dårlige oksygenforhold. Lave oksygenverdier (< 1.5 ml/l) er registrert fra 30-40 meters dyp, og fra ca. 60 –70 meter er det hydrogensulfidholdige vannmasser (Kroglund m.fl. 1998b).

## 5.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Det er ikke funnet tidligere undersøkelser som omfatter miljøgifter i Tvedestrandsfjorden.

## 5.3 Undersøkte stasjoner

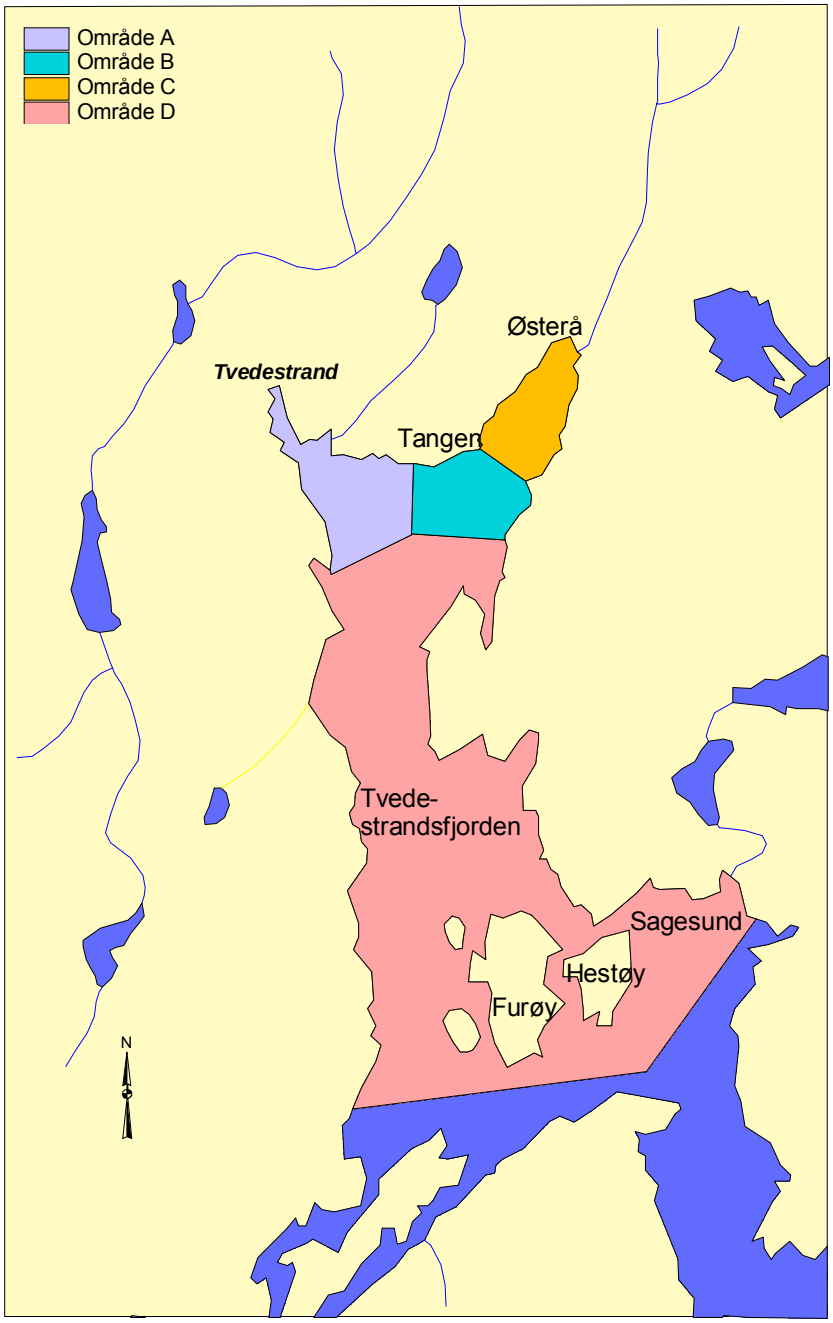
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt **Vedlegg A.** Undersøkelsesområdet strekker seg fra havnebassenget og til Sagesund (**Figur 5**).

## 5.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Potensielle kilder til miljøgifter i Tvedestrandsfjorden inkluderer kommunale utslipp, småbåthavn, metallurgisk industri og sagbruk. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 11** og **Figur 4**.

**Tabell 11.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Tvedestrand havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kartreferanse | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjoner for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A: Indre havneområde til Tangen | | | Fisk: Tvedestrand havn<br>Blåskjell: St.2<br>Sediment: St. 1 | |
| | Utløp urenset hovedkloakk | -1998 | | |
| | Båtverksted | 1920-dd | | Kilde for PAH? |
| | Båtverksted med drivstoffanlegg | Pågår | | Kilde for PAH? |
| | Utskipningskai for tremasse | -1965 | | |
| B:Tangen | | | Fisk: Tvedestrand havn<br>Blåskjell: St. 1<br>Sediment: St. 1 | Tangenområdet har vært et industriområde over lang tid. |
| | Industriområde | 1850-dd | | |
| | Seilskuteveft | →1900 | | |
| | Jernstøperi | →1970 | | Mulig kilde for metaller, PAH og PCB |
| | Produksjon av båtvinduer | 1970-1990 | | |
| | Vindusfabrikk | 1930-1985 | | PCB i fugemasse? |
| | Trevarefabrikk | Pågår | | |
| C: Østerå | | | Fisk: Tvedestrand havn<br>Blåskjell: St. 1<br>Sediment: St. 1 | |
| | Sagbrug (også dampdrevet) | 1600-1970 | | |
| | Båthavn/båtopplag | Pågår | | Mulig kilde for metaller og tinnorganiske forbindelser? |
| | Utløp urenset hovedkloakk | ?-1997 | | |
| D: Tvedestrandsfjorden-Sagesund | | | Fisk: Tvedestrand havn<br>Blåskjell: St. 3<br>Sediment: St. 2 og 3 | |
| | Diverse båtbyggerier | | | |
| | Sagbruk | 1850-1950 | | |
| | Forniklingsverksted | 1950-1960 | | Muilg kilde for metaller |



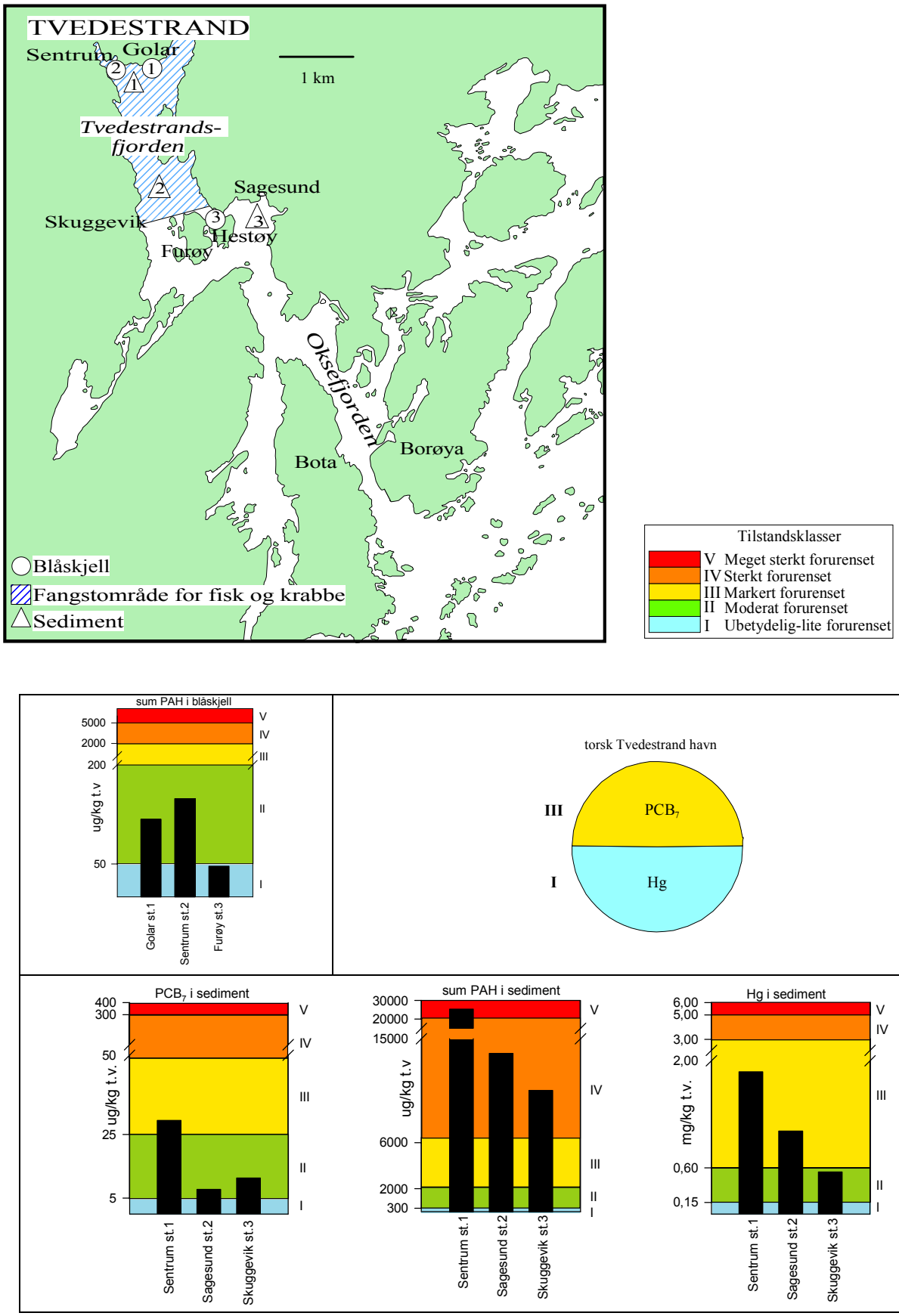

**Figur 4.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Tvedestrand havneområde.

## 5.5 Resultater

En oppsummering av hovedresultatene er gitt i **Figur 5**, **Tabell 12** og **Tabell 13**. Resultatene for PAH-metabolitter i fisk er omtalt i Kapittel 13. Rådata for analysene finnes i **Vedlegg D.**

Tvedestrand inngikk ikke i de sonderende havneundersøkelsene i 1993, mens det i 1998 ble samlet sedimentprøver fra havneområdet ved Tvedestrand sentrum, ved Skuggevik og ved Sagesund. Sedimenttypen varierte fra sort, anoksisk mudder ved sentrum til grått, mere normalt utseende på de to andre stasjonene. Sedimentet var finkornet med høyt organisk innhold på alle stasjonene. Resultatene viste at prøvene fra alle tre områdene var sterkt påvirket av PAH (meget sterkt i det sentrumsnære havneområdet) og TBT og moderat til markert forurenset av PCB, kvikksølv, bly og kadmium.

Forurensningen har gitt seg utslag i at leveren av torsk samlet fra området var markert forurenset av PCB. Omregnet til toksisitetsekvivalenter var påvirkningen med PCB i størrelsesorden 4 ganger høyere enn et antatt høyt bakgrunnsnivå.




**Figur 5.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Tvedestrand havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 12.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra Tvedestrandområdet. Der hvor kvalitetskriterier foreligger er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuelt overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høyt bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **An-tall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$\sum TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **TBT**<br>µg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | | |
| St. 1 Golar | 31 | 17 | | 118 (**II**) | | | | | |
| St. 2 Sentrum | 32 | 16 | | 149 (**II**) | | | | | 232 (**II**) |
| St. 3 Furøy/Hestøy | 28 | 14 | | 47 (**I**) | | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | | |
| Tvedestrand havn | 18 | 51 | 38 | | 1549 (**III**) | 145 | 109 | 253(4) | |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | | |
| Tvedestrand havn | 18 | 20 | | | | | | | |
| **Krabbe:** | | | | | | | | | |
| Tvedestrand havn | 2 | 26 | 8,4 | | 32 | | 1,8 | | |

**Tabell 12, forts.**

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Golar | 31 | 17 | | | | |
| St. 2 Sentrum | 32 | 16 | | | 2,3 (**I**) | 0,65 (**I**) |
| St. 3 Furøy/Hestøy | 28 | 14 | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Tvedestrand havn | 18 | 51 | 38 | | | |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Tvedestrand havn | 18 | 20 | | 0,16 (**II**) | | |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| Tvedestrand havn | 2 | 26 | 8,4 | 0,04 (**1**) | 0,34 | 3,95 |

**Tabell 13.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Tvedestrandområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **TBT**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | | |
| Sentrum | 69 | 95 (**V**) | 25298 (**V**) | 29 (**III**) | 32 (**IV**) | 1,85 (**III**) | 196 (**III**) | 459 (**III**) | 0,8 (**II**) |
| Skuggevik | 93 | 109 (**V**) | 13271(**IV**) | 7,7 (**II**) | 32 (**IV**) | 1,08 (**III**) | 139 (**III**) | 80 (**II**) | 0,72 (**II**) |
| Sagesund | 96 | 82 (**V**) | 10503 (**IV**) | 11,3 (**II**) | 46 (**IV**) | 0,55 (**II**) | 89 (**II**) | 61 (**II**) | 0,42 (**II**) |

# 6 ARENDAL

## 6.1 Områdebeskrivelse

Tromøysund og Galtesund utgjør innseilingsledene til Arendal by fra henholdsvis nordøst og sør-sørøst (**Figur 6** og **Figur 7**). Tromøysund er ca. 17 km lang og strekker seg fra Arendal by til nordøstpynten av Tromøy. Langs sundet er det flere bassenger med dyp på 30-50 m og mellomliggende terskler på omkring 20 m. Galtesund ligger mellom Tromøy og Hisøy. Galtesund har en terskel på ca. 25 m omtrent midtveis i sundet. Innenfor terskelen er det et dypbasseng på 57 meter ved Jomfruholmen og utenfor terskelen er det en dyprenne på 50-60 m. I vest har sjøområdet ved Arendal by forbindelse på innsiden av Hisøy over Hølen til utløpet av Nidelva.

Generelt er det god utskiftning av vannmassene i Tromøysund og Galtesund, men i dypbassengene er det stagnerende forhold og periodevis nedsatte oksygenkonsentrasjoner (Dahl og Danielssen 1986). Overflatestrømmen går i hovedsak fra øst mot vest i Tromøysund og mot sør utover Galtesund.

## 6.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

I 1989, 1990, 1992 og 1994 ble det foretatt omfattende miljøgiftundersøkelser i Tromøysund for å kartlegge omfanget av eventuelle forurensninger fra Det Norske Nitridaksjeselskap (Nitriden) og Arendal Smelteverk A/S (Næs m.fl. 1991, Helland 1993, Helland m.fl. 1995). Undersøkelsene omfattet sedimenter, utsetting av blåskjell, og analyse i ulike organismer (skrubbe, sandflyndre, taskekrabbe og blåskjell). Resultatene viste at sedimentene i Tromøysund hadde forhøyde verdier av miljøgifter. Sedimentene ved Nitriden og Heggedalsbukta var *moderat – markert forurenset* av kvikksølv, bly, kadmium og kobber, og *sterkt forurenset* av PAH og PCB. PAH-konsentrasjonene var opptil 2500 ganger høyere enn antatt bakgrunnsnivå (Helland 1993). Midt i Tromøysund, rett ut for Buesund og Nitriden ble det målt noe lavere overkonsentrasjoner, men sedimentene var fortsatt *sterkt forurenset* av PAH og PCB. På stasjoner nærmere Arendal var sedimentene *moderat - markert forurenset* av PAH og PCB (Næs m.fl. 1991). Miljøgiftinnholdet i skjell, fisk og krabbe var lavt, med unntak av sterk forurensning med PAH i krabbe fra Heggedalsbukta og i oskjell fra Nitriden.

Gjennom en sonderende havneundersøkelse langs norskekysten i 1993 (Konieczny og Juliussen 1995, Knutzen m. fl. 1995) og JAMP-programmet (Green 1997) foreligger det også analyser av miljøgifter fra Arendal havn, Narestø, utsiden av Flosta og ved Gjervoldsøy. I Arendal havn var sedimenter *sterkt – meget sterkt forurenset* av PAH, og *moderat - markert forurenset* av PCB, bly og kvikksølv. Blåskjell var *sterkt forurenset* av TBT.

Det foreligger også enkelte målinger fra Utnes og Ærøy fra 1981 (Boman og Wikander 1983) og fra 1994 (Jacobsen m.fl. 1996a). Resultatene fra 1994 viste at det stort sett var lave miljøgiftverdier, men at sedimentene var *moderat forurenset* av PAH både ved Ærøy og Utnes. Ved Utnes var sedimentene dessuten *moderat forurenset* av kvikksølv og bly.

## 6.3 Undersøkte stasjoner

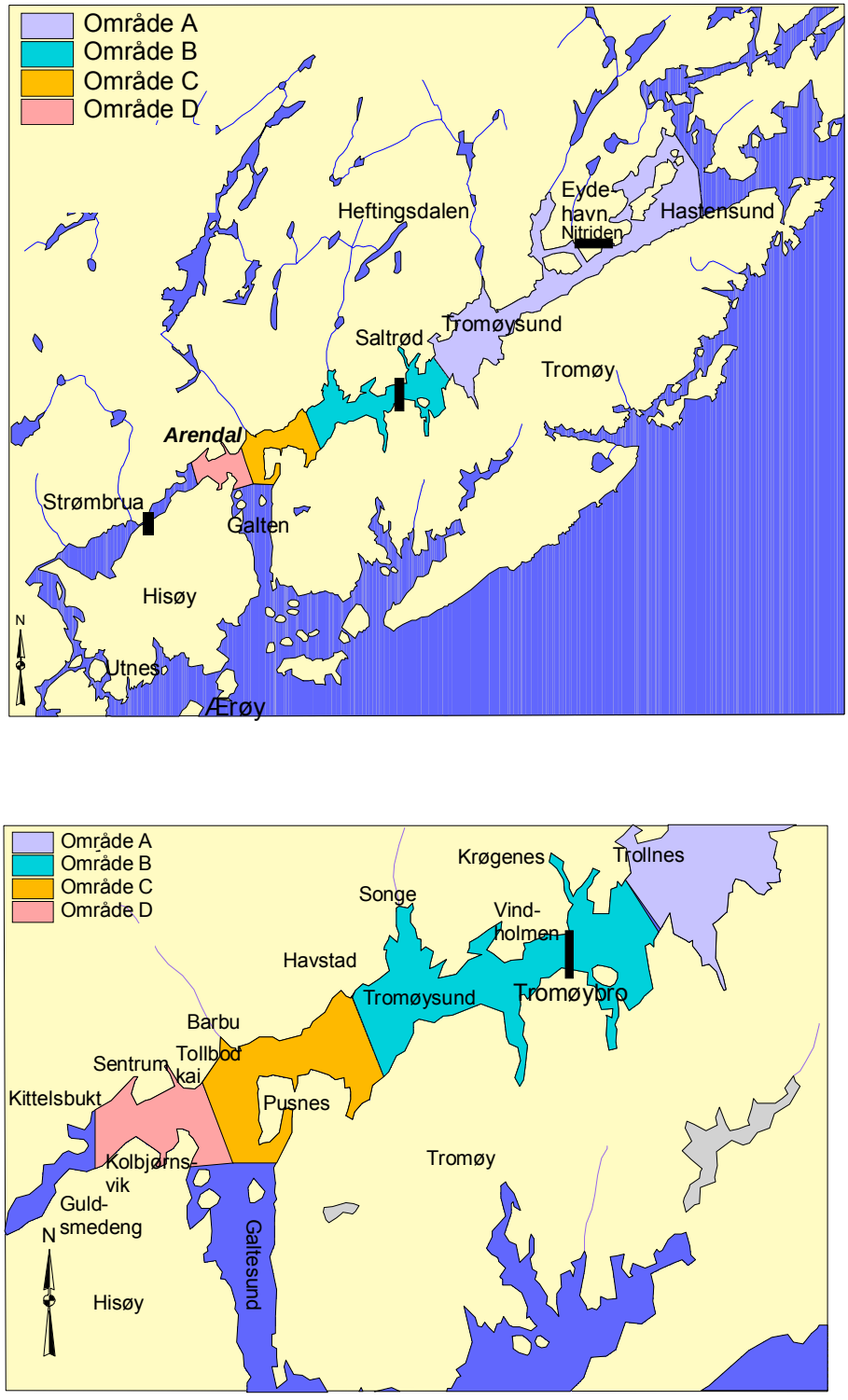
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A**. Undersøkelsesområdet er avgrenset av Jomfruholmen –Skilsø –Barbubukt –Terneholmen (**Figur 7**).

## 6.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Arendal havn er en relativt stor og sentral havn med betydelig skipstrafikk og flere potensielle forurensningskilder. I tillegg kan havneområdet påvirkes av utslipp fra industri i Eydehavnområdet. Tidligere undersøkelser (Konieczny og Juliussen 1995, Natur og Miljø 1998, NGU 1990a) har påpekt følgende hovedkilder: Tankanlegg, skipsverft, båtproduksjon, tidligere kullager, mekaniske verksted, Det Norske Nitridaksjeselskap (nedlagt), fyllinger, Norton, Eydehavn (Arendal Smelteverk A/S) og skipstrafikk inklusive skipsopplag. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 14** og **Figur 6**.

**Tabell 14.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Arendal havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kartreferanse | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjoner for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A:Tromøysund øst for Eyde-havn til Trollnes | | | Blåskjell: St.1 og 2 | |
| | Arendal Smelteverk (Norton A/S) | 1913-dd | | Undersøkelser har ikke knyttet miljøgifttilførsler til bedriften |
| | Det Norske Nitridaksjeselskap (Nitriden) | 1920 – 1980 | | Påvist forurensning i grunn og sjø i ved Nitridenområdet. Tiltak under planlegging/gjennomføring. |
| | Tankanlegg | 1950-dd | | |
| | Sigevann kommunal fyllplass | 1986-1990 | | Trolig ikke vesentlig siden tilførseler over så kort tid |
| B: Trollnes til Havstad | | | Blåskjell: St.2 | |
| | Tankanlegg | 1920 – 1980 | | |
| | Skipsverft, offshore industri | 1965 – dd | | Mulig kilde for metaller og tinnorganiske forbindelser |
| | Tømmeropplag, tremasselager | 1985 – dd | | |
| | Songe mek. Verksted,(lite) | 1930? – dd | | |
| | Gjerdefabrikk, lite mek. verksted | 1930 – dd | | |
| | Havstad jernstøperi | 1850 – 1930 | | Mulig kilde for PAH, PCB og metaller |
| | Betongblanderi | 1960 – dd | | |
| | Kull-lager | 1900? – 1960 | | Mulig kilde for PAH |
| | Skipsverft, båtbyggeri | Fra før 1900 – 1920 | | |
| | Dyvig brug, dampsag, senere sagbruk | Fra før 1900 – 1970 | | |
| | Skofabrikk | 1960 – årene | | |
| | Småbåtbyggeri (først tre, siden plast) | 1920? – dd? | | |
| C:Havstad til Tollbodkai | | | Fisk: Arendal havn, samt spesialfangst av torsk ved Knubben<br>Blåskjell: St.3<br>Sediment: St.1 | |
| | Skipsverft | Før 1900 | | |
| | Komfyrfabrikk | 1930 – 1965 | | Mulig kilde for PCB? |
| | Siloer for jernmalm | 1955 – 1975 | | |
| | Smie | 1950? –1970? | | |
| | Bilverksted, batterielektro | 1980? – dd | | |
| | Arendal fryseri, kjølelager, fiskemottak | 1955 – dd | | |
| | Kull-lager for NSB | 1910 – 1960? | | Mulig kilde for PAH |
| | Jernbaneverksted | 1908 – dd | | Mulig kilde for PAH, metaller og PCB |
| | Lyspærefabrikk | 1930 – 1945 | | |
| | Smykkefabrikk | 1960? – 2000 | | |
| | Kjemisk renseri | 1920 – dd | | |
| | Skipsverft, jernstøperi, prod av vinsjer Siste sjøsetting ca 1960 | 1700 – dd | | Mulig kilde for PCB, PAH og metaller |
| | Arendals skibsophugnings kompani | 1920? – 1970 | | Mulig kilde for PCB, PAH og metaller |
| | Mindre verkstedsvirksomhet | 1922 – 1980 | | |
| | Opplag av skip | 1950 og 1980-årene | | |
| | Arendal Møbelfabrikk | Fra før 1900 – 1960 | | |
| D:Tollbodkai, Kolbjørnsvik til Kittelsbukt | | | Fisk: Torsk fanget i havneområdet, samt spesialfangst av torsk i Kolbjørnsvik<br>Blåskjell: St.4 og 5<br>Sediment: St. 2 | |
| | Kloakk med avløp fra vaskemask.fabr. | 1950 – 1960 | | |
| | Kloakk med avløp fra sentralsykehus | 1920 – 1980? | | |
| | Arendals gassverk | 1867 – 1956 | | PAH-forurenset grunn. Oppryddet |
| | Arendals bryggeri | 1839 – 1972 | | |
| | Kull-lager | 1900 – 1960? | | Mulig kilde for PCB, PAH og metaller |
| | Colbiørnsvigens jernstøberi | 1840 – 1886 | | |
| | Arendals mek. Verksted, | 1880 – 1960 | | Mulig kilde for PCB, PAH og metaller |
| | Trebåtbyggeri | Fra før 1900–1998 | | |
| | Båtmotorverksted | 1940 – 1970 | | Mulig kilde for PCB, PAH og metaller |
| | Strømsbu møbelfabrikk | 1930?–1950? | | |
| | Vindusfabrikk | 1970? – 1985 | | PCB i fugemasse? |
| | Strømsbu dampsag og høvleri | 1880 – 1960 | | |
| | Hisøen trevarefabrikk | 1920? – 1980 | | |
| | Båtopplag, lite motorverksted | ? – 1970 | | |




**Figur 6.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Arendal havneområde.

## 6.5 Resultater

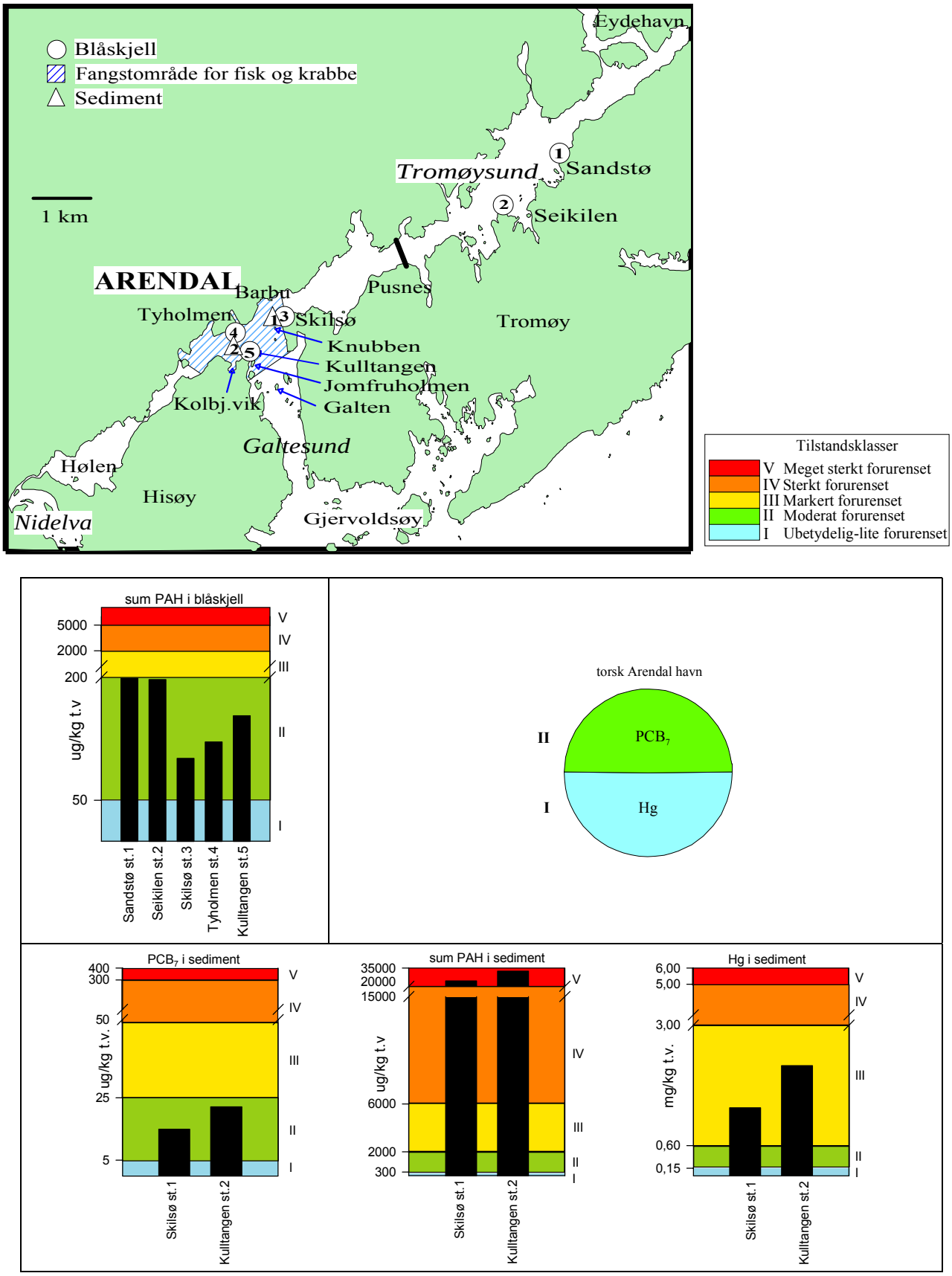
### 6.5.1 Sedimenter og blandprøver av organismer

En oppsummering av hovedresultatene er gitt i **Figur 7**, **Tabell 15** og **Tabell 16**. Resultatene for PAH-metabolitter i fisk er omtalt i Kapittel 13. Rådata for analysene finnes i **Vedlegg D.**

Den sonderende havneundersøkelsen fra 1993 konkluderte med sterk til meget sterk forurensning av sedimentene med hensyn på PCB og PAH. For å supplere dette ble sedimenter nær Skilsø og fra området mellom Kolbjørnsvik og Tyholmen prøvetatt og analysert. Begge stasjonene hadde et naturlig utseende, finkornig sediment med høyt organisk innhold. Miljøgiftanalysene bekreftet det som ble funnet i 1993 nemlig at sedimentet var sterkt til meget sterkt forurenset av PAH. PCB-innholdet på de to stasjonene var lavere enn på stasjonene som ble undersøkt i 1993. Imidlertid var sedimentet sterkt forurenset av TBT, markert forurenset av kvikksølv og bly, moderat forurenset av kobber mens sedimentet var bare ubetydelig påvirket av kadmium.

Blåskjell fra alle stasjonene var moderat forurenset av PAH, men med de høyeste verdiene på stasjonene 1-2, dessuten et relativt høyt innslag av potensielt kreftfremkallende PAH (markert forurenset for denne gruppen). PAH-forurensningen nordøst i Tromøysundet speiler trolig påvirkning fra Nitriden-området og Arendal Smelteverk A/S.

Blandprøvene av torskelever og skallinnmat av krabbe fra havneområdet var moderat påvirket med $PCB_7$ og $TE_{PCB,}$ dvs. vel en fordobling av antatt høyt bakgrunnsnivå. Konsentrasjonene av metaller i torsk samt av metaller og PAH i skallinnmat av krabbe var lave.




**Figur 7.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Arendal havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 15.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra Arendalsområdet. Der hvor kvalitetskriterier foreligger er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuell overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høyt bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg<br>v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg<br>v.v. | **$TE_{n.o.PCB}$**<br>ng/kg<br>v.v. | **$TE_{m.o.PCB}$**<br>ng/kg<br>v.v. | **$\sum TE_{PCB}$**<br>ng/kg<br>v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | |
| St. 1 Sandstø | 30 | 15 | | 199 (**III**) | | | | |
| St. 2 Seikilen | 32 | 14 | | 197 (**II**) | | | | |
| St. 3 Skilsø | 29 | 11 | | 101 (**II**) | | | | |
| St. 4 Tyholmen | 25 | 14 | 1,6 | 121 (**II**) | 4,1 (**II**) | | 0,33 | |
| St. 5 Kulltangen | 28 | 13 | | 153 (**II**) | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | |
| Arendal havn* | 17 | 47 | 36 | | 1208 (**II**) | 91 | 73 | 164 (2) |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | |
| Arendal havn | 17 | 20 | | | | | | |
| **Ål filet:** | | | | | | | | |
| Arendal havn | 5 | 30 | 8,4 | | 22,7 | 2,2 | 1,4 | 3,6 |
| **Sjøørret, filet:** | | | | | | | | |
| Arendal havn | 11 | 24 | 0,14 | | 2,9) | 0,5 | 0,16 | 0,7 |
| **Krabbe:** | | | | | | | | |
| Arendal havn | 10 | 33 | 10 | 15 (**1**) | 85 (2) | 8,2 | 4,4 | 12,6.(2) |

* Se også spesialfangst kap. 5.5.1.

**Tabell 15, forts.**

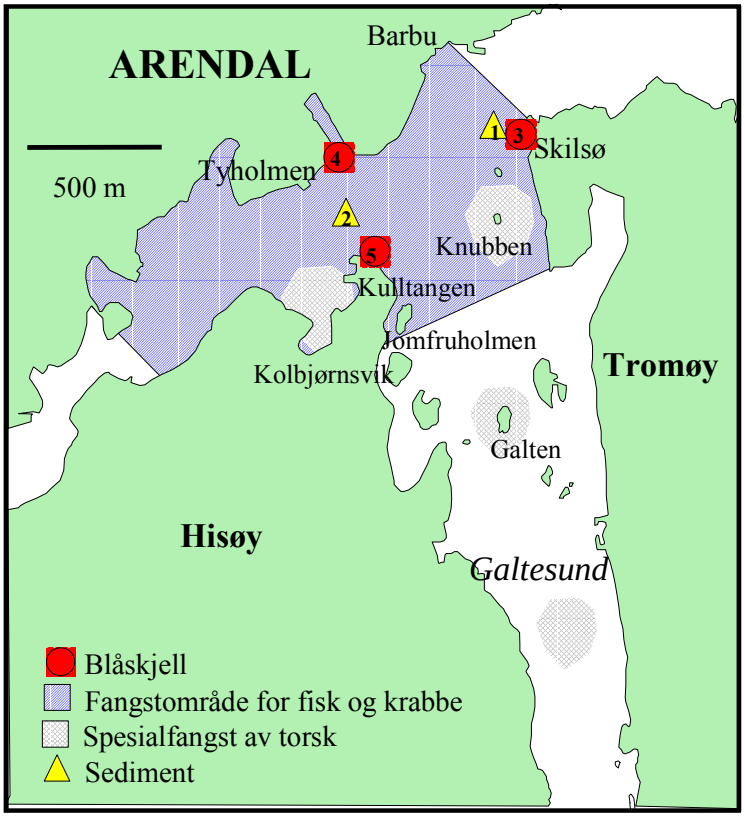
| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg<br>v.v. | **Pb**<br>mg/kg<br>t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Sandstø | 30 | 15 | | | | |
| St. 2 Seikilen | 32 | 14 | | | | |
| St. 3 Skilsø | 29 | 11 | | | | |
| St. 4 Tyholmen | 25 | 14 | 1,6 | | 6,14 (**II**) | 1,19 (**I**) |
| St. 5 Kulltangen | 28 | 13 | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Arendal havn* | 17 | 47 | 36 | | | |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Arendal havn | 17 | 20 | | 0,07 (**I**) | | |
| **Ål, filet:** | | | | | | |
| Arendal havn | 5 | 30 | 8,4 | 0,08 | <0,07 | <0,02 |
| **Sjøørret, filet:** | | | | | | |
| Arendal havn | 11 | 24 | 0,14 | 0,07 | <0,08 | <0,02 |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| Arendal havn | 10 | 33 | 10 | 0,05 | 0,4 | 3,4 |

**Tabell 16.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Arendalsområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **TBT**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | | |
| Skilsø | 90 | 61 (**V**) | 20795 (**IV**) | 14,9 (**II**) | 134 (**V**) | 1,35 (**III**) | 131 (**III**) | 77 (**II**) | 0,14 (**I**) |
| Kulltangen-Tyholmen | 90 | 75 (**V**) | 31478 (**V**) | 22 (**II**) | 63 (**IV**) | 2,19 (**III**) | 237 (**III**) | 133 (**II**) | 0,24 (**I**) |

### 6.5.2 Variasjon innenfor området og innenfor typer av torsk

Siden de fleste prøvene fra havnene representerer blandprøver, ble det fra Arendal samlet inn ekstra prøver av torsk for å belyse både variasjon i konsentrasjon innenfor et område, og variasjon mellom ulike varianter av torsk fra samme område. Fra Arendal ble således torsk samlet ved Galten/Galtesund, Knubben og Kolbjørnsvik og analysert i tillegg til blandprøver fra havneområdet (se **Figur 8**). Det viste seg å være store variasjoner innenfor havneområdet. Leveren av torsk fra Kolbjørnsvikområdet var sterkt forurenset av PCB. Regnet som toksisitetsekvivalenter av PCB var konsentrasjonene i størrelsesorden 9 ganger høyere enn et antatt høyt bakgrunnsnivå (**Tabell 17**). Lavest innhold av PCB ble funnet i torsk fra Galten med bare moderate overkonsentrasjoner av både $PCB_7$ og $TE_{PCB}$.




**Figur 8.** Kart over området for spesialfangst av torsk i Arendal.

**Tabell 17.** $\Sigma PCB_7$ og $TE_{PCB}$ i lever av torsk samlet fra forskjellige steder innenfor Arendal havn. Stasjon Arendal havn representerer et større område sentralt i havna (skravert i **Figur 7** og med mørk skravur i **Figur 8**).

| Stasjon | Antall | Fett, % | $PCB_7$ µg/kg v.v. | $TE_{n.o.PCB}$ ng/kg v.v. | $TE_{m.o.PCB}$ ng/kg v.v. | $\sum TE_{PCB}$ ng/kg v.v. | $PCB_7$ på nærmeste Sedimentstasjon µg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Galten | 11 | 54 | 588 | 53 | 36 | 89 | 22 [1)] |
| Knubben | 8 | 34 | 1085 | 165 | 64 | 228 | 15 |
| Kolbjørnsvik | 4 | 42 | 4784 | 255 | 355 | 610 | 64 [1)] |
| Arendal havn | 17 | 36 | 1208 | 91 | 73 | 164 | 22 |

1) Data fra 1993 (Konieczny og Juliussen 1995)

Tabellen viser at det er nær en faktor 10 forskjell i $PCB_7$-konsentrasjonen i leveren til torsk fanget ved Galten og ved Kolbjørnsvik, og forskjellen er enda større på fettbasis.
For metallene var det kun små forskjeller i konsentrasjonen i torsk samlet fra forskjellige områder, men det var svakt forhøyet kvikksølvinnhold i torsk fra Knubben (**Tabell 18**).

**Tabell 18.** Bly og kadmium i lever og kvikksølv i filet av torsk samlet fra forskjellige steder innenfor Arendal havn. Stasjon Arendal havn representerer et større område sentralt i havna (skravert i **Figur 7**).

| Stasjon | Antall | Fett, lever % | Cd µg/g v.v | Pb µg/g v.v | Hg (filet) µg/g v.v |
|---|---|---|---|---|---|
| Galten | 11 | 54 | 0,03 | <0,04 | 0,04 |
| Knubben | 8 | 34 | 0,047 | <0,04 | 0,12 |
| Kolbjørnsvik | 4 | 42 | 0,03 | 0,09 | 0,08 |
| Arendal havn | 17 | 36 | 0,033 | <0,04 | 0,07 |

Ved Galten ble det også samlet inn tre typer torsk, nemlig vanlig fjordtorsk, dypvannstorsk og kysttorsk (rødtorsk). Resultatene viste betydelige forskjeller i miljøgiftkonsentrasjonene mellom de forskjellige typene.

**Tabell 19.** PCB og metaller i lever og kvikksølv i filet av forskjellige typer av torsk samlet ved Galten.

| Type | Antall (i bl.pr.) | Fett, lever % | $PCB_7$ µg/kg v.v. | $TE_{n.o.PCB}$ ng/kg v.v. | $TE_{m.o.PCB}$ ng/kg v.v. | $\sum TE_{PCB}$ ng/kg v.v. | Cd µg/g v.v | Pb µg/g v.v | Hg (filet) µg/g v.v |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fjordtorsk | 11 | 54 | 588 | 53 | 36 | 89 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| Dypvannstorsk | 5 | 30 | 662 | 96 | 39 | 135 | 0,09 | 0,05 | 0,12 |
| Kysttorsk | 5 | 57 | 167 | 24 | 9 | 33 | 0,02 | <0,05 | 0,03 |

Mens konsentrasjonen av $PCB_7$ var relativ lik i fjordtorsk og dypvannstorsk, var den ca. fire ganger lavere i kysttorsk. Man skulle kanskje ha forventet et annet resultat siden dypvannstorsken vandrer inn

for å gyte, mens de to andre er mere stasjonære typer. Under opparbeidelsen av prøvene ble det notert at leveren fra dypvannstorsken var liten og rød, og av tabellen ses at fettprosenten var lavere enn i de to andre torsketypene. Omregning til fettbasis gir derfor ingen utjevning av forskjellen i PCB-belastning, men derimot relativt sett enda høyere grad av forurensning i dypvannstorsk. Det ses at dypvannstorsk også inneholdt mer kvikksølv enn de to øvrige kategoriene. Gjennomsnitt og størrelse (alder) av fisken i de tre blandprøvene var ikke så forskjellig at det gir grunnlag for noen forklaring på forskjellene i innhold av PCB og kvikksølv. Derimot kan det skyldes individuelle variasjoner. Innenfor den internasjonale overvåkingen under Oslo-/Pariskommisjonene er det påvist at dette ofte går over en størrelsesorden eller mer (se Green og Severinsen 1999).

# 7 GRIMSTAD

## 7.1 Områdebeskrivelse

Groosefjorden og Vikkilen er en ca. 7 km lang terskelfjord som er avgrenset fra Skagerrak av skjærgårdsbremmen mot S og SØ (**Figur 9** og **Figur 10**). Terskelen mot Skagerrak er 22 m (vest for Håøya). En dyprenne på 60-70 meter fra Indre Maløya og sørover til midten på Håøya utgjør fjordens dypområde. Like syd for Ytre Maløya er det imidlertid et lite, avgrenset dypsøkk på ca. 85 m.

Groosefjorden er organisk belastet og har stagnerende vannmasser i dypområdene. Det har resultert i lave oksygenkonsentrasjoner i dypvannet.

## 7.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Gjennom en sonderende havneundersøkelse langs norskekysten i 1993 foreligger det målinger av miljøgiftinnholdet fra Grimstad havn (Konieczny og Juliussen 1995). To stasjoner i Vikkilen (indre og ytre del) og en stasjon i Grimstad havn ble undersøkt.

I indre del av Vikkilen var sedimentene *lite – moderat forurenset* av tungmetaller og PCB, og *markert forurenset* av PAH. I ytre del av Vikkilen var sedimentene *lite – moderat forurenset* av tungmetaller, *markert forurenset* av PCB og *sterkt forurenset* av PAH. PAH-profilene tydet på forbrenningsprodukter eller gamle forvitrede tilførsler. I Grimstad havn var sedimentene *moderat – markert forurenset* av TBT. Det ble ikke gjort øvrige målinger av miljøgifter i Grimstad havn.

## 7.3 Undersøkte stasjoner

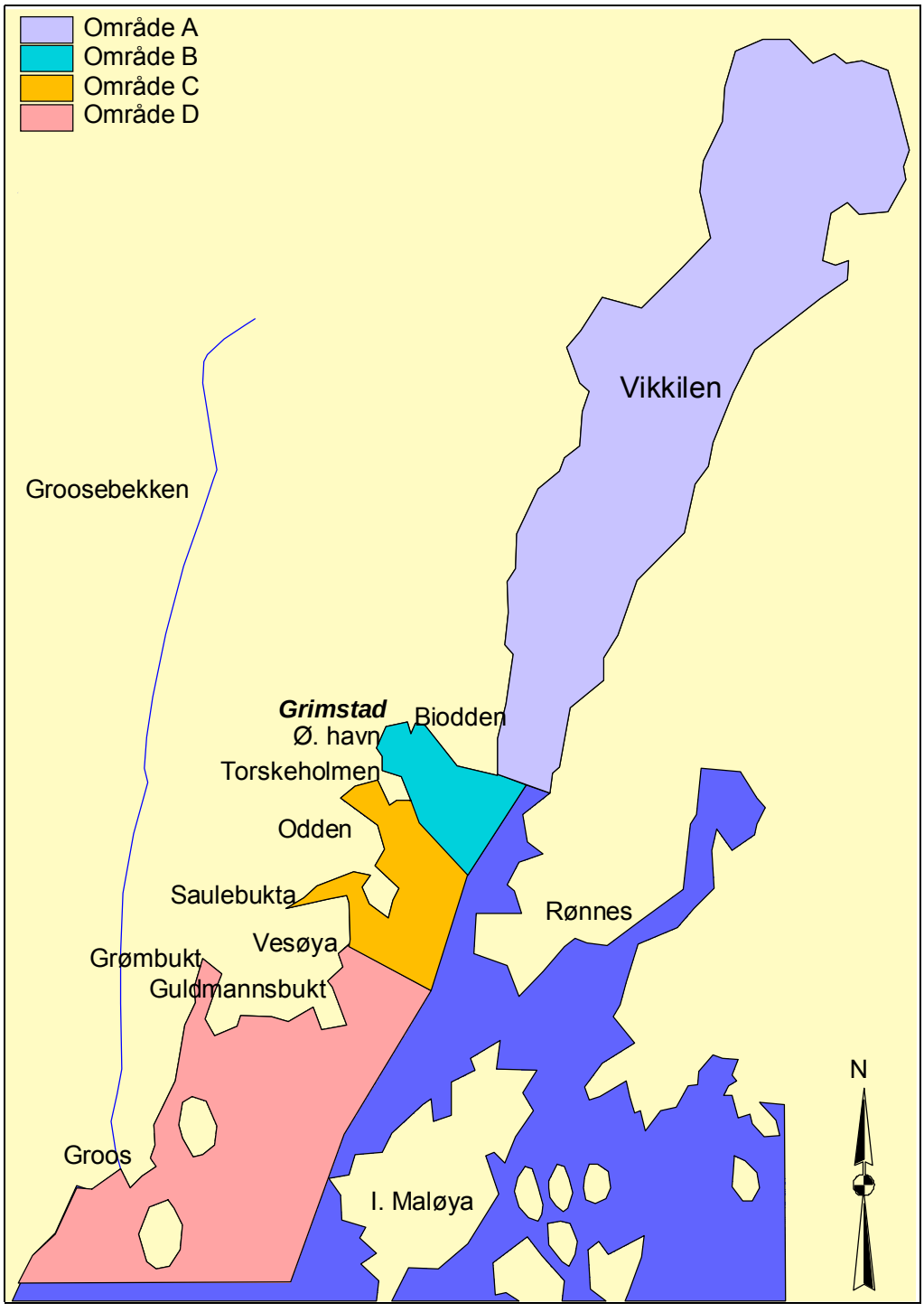
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A**. Undersøkelsesområdet er avgrenset av innerst i Vikkilen, Maløya til Holvika (**Figur 10**).

## 7.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Grimstad og Vikkilen er omgitt av flere potensielle forurensningskilder, særlig knyttet til båtproduksjon og skipsvirksomhet. Tidligere undersøkelser (Konieczny og Juliussen 1995, Natur og Miljø 1998, NGU 1990a) har oppgitt følgende hovedkilder: Mekaniske verksted (skipsverft) i Vikkilen, Norsk Skipsopphugging (nedlagt), plastbåtproduksjon, fyllinger og bunkrings-/tankanlegg. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 20** og **Figur 9**.

**Tabell 20.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Grimstad havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kartreferanse | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjoner for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A: Vikkilen fra Biodden til innerst i kilen | | | Fisk: Vikkilen<br>Blåskjell: St.1 og 2<br>Sediment: St.1 | |
| | Skipsbyggerier | 1880-1905 | | |
| | Lyst- og livbåtproduksjon | 1905-1990 | | |
| | Dokk og mekanisk verksted | 1965-pågår | | Viktig kilde til TBT. |
| | Kommunal og privat kloakk | →2000 | | All kloakk saneres i løpet av 2000. |
| B:Biodden og østre havn til Torskeholmen | | | Fisk: Grimstad havn<br>Blåskjell: St.3<br>Sediment: St.2 og3 | |
| | Mekanisk verksted/rørleggerbedrift | 1900-1970 | | Liten bedrift |
| | Bekker som dreinerer nordre og østre deler av byen | Pågår | | Kloakktilførsler sanert mot slutten av 80-tallet |
| | Laste-/lossekai på Torskeholmen | 1905→ | | |
| C: Torskeholmen-Odden-Saulebukta | | | Fisk: Grimstad havn<br>Blåskjell: St.3<br>Sediment: St.2 og 3 | |
| | Fiskemottak | 1950→dd | | |
| | Rekefabrikk | 1960-1970 | | |
| | Mekanisk verksted | 1970-1990 | | Liten bedrift |
| | Tre-/jernskipsbyggeri | 1880-1920 | | |
| | Norsk Skipsopphugging | 1930-1965 | | Høye konsentrasjoner av Hg og PCB er påvist i grunnen på land |
| | Småbåthavn | Pågår | | Mulig kilde til PAH og tinnorganiske forbindelser |
| | Avfallsplass for industri og befolkning | 1900-1960 | | |
| | Bekk som dreinerer vestre deler av byen (kloakktilførsler) | Sanert 1975 | | |
| D:Groosefjorden fra Guldmannsbukt til skjærgårdsbremmen | | | Blåskjell: St.4 og 5 | Aktivitetene som ikke er kommentert, har neppe miljøgiftpåvirkning på fjorden |
| | Garveri, deretter veveri | 1914-1950 til 1980 | | |
| | Egra Sanatorium | 1930-1960 | | |
| | Grimstad Sykehus | 1890-1970 | | |
| | Gartneri, vin- og eddikkproduksjon | Nedl. | | |
| | Konservesfabrikk | Nedl. | | |
| | Vulkaniserings-bedrift | Pågår | | |
| | Galvaniseringsverksted | 1960-1985 | | |
| | Avrenning fra jordbruksarealer | Pågår | | Fiskedød i Groosebekken påvist, sannsynligvis som følge av tilførsler fra jordbruksarealer |
| | Kommunal kloakk | | | Hovedkloakk både som strandsone- og dyputslipp. Idag avrenning fra renseanlegg for hele byen |
| Fevik | | | Sediment: Fevik | |
| | Båthavn | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Skipsbyggeri | 1880-1910 | | |
| | Mekanisk industri | 1900-1970 | | Mulig kilde for PAH, PCB og metaller |
| | Småbåtproduksjon (tre og plast) | 1900-dd | | Neppe vesentlig i forurensningssammenheng |




**Figur 9.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Grimstad havneområde.

## 7.5 Resultater

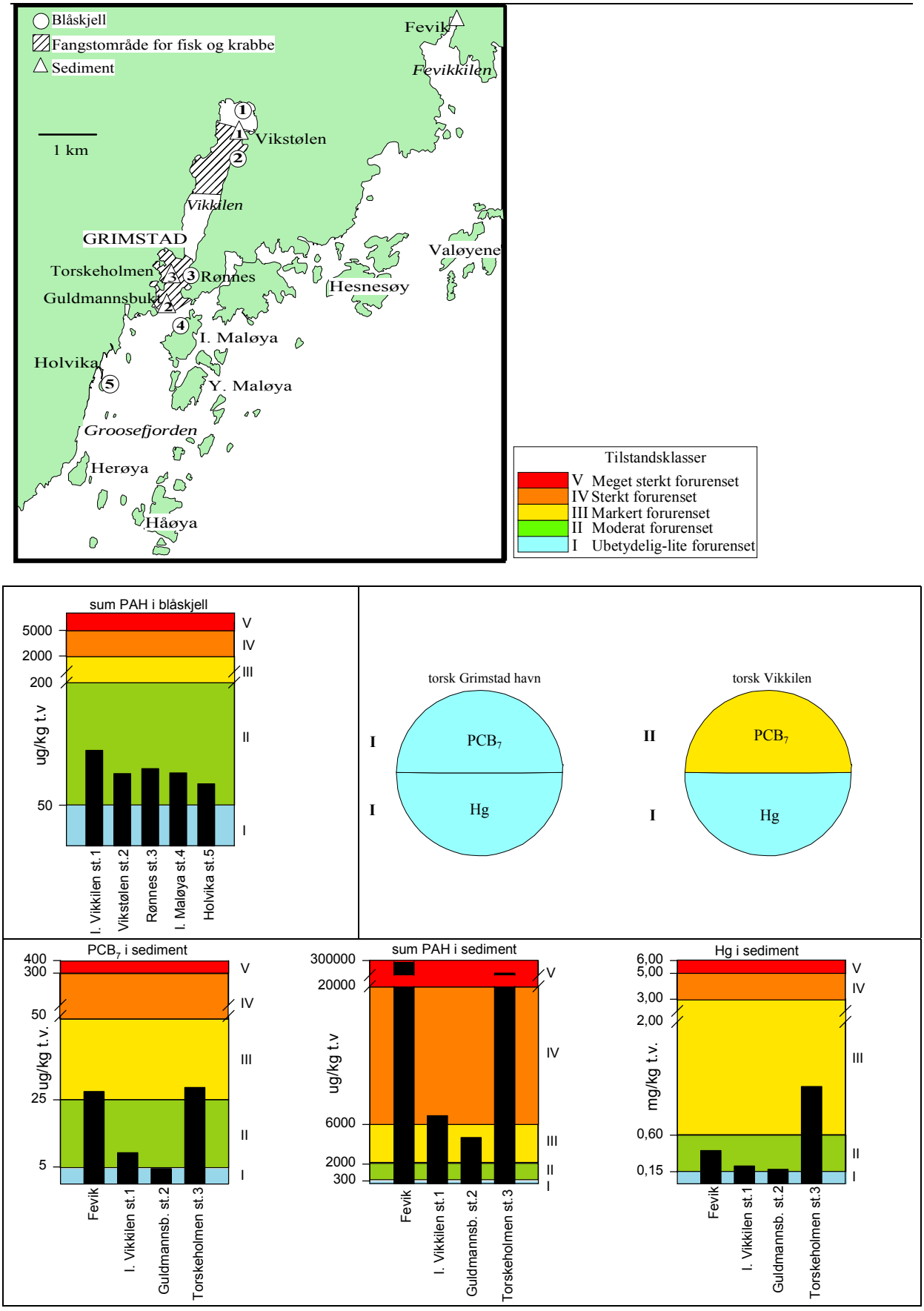
I Grimstadområdet ble sedimentprøver både fra havneområdet, Vikkilen og Fevik havn analysert. Ved Torskeholmen og Fevik var sedimentet meget sterkt forurenset av PAH (**Figur 10**, **Tabell 22**). Verdien fra Fevik var den høyeste som ble påvist i alle prøvene. Likeledes var sedimentet begge plasser markert forurenset av PCB. På Fevik var det tidligere mekanisk industri og det er en større småbåthavn nær prøvetakingsstedet. Prøven fra området ved Torskeholmen ligger nær den gamle, nedlagte skipsopphuggningen. Det er også fiskerihavn og småbåthavn nær stasjonen. En studentoppgave ved Høyskolen i Agder, avd. Grimstad, har påvist høye PCB- og kvikksølvverdier i grunnen ved den tidligere skipsopphuggningen. Også ved den foreliggende undersøkelsen ble det ved Torskeholmen funnet markert forurensning med PCB (**Tabell 22**).

Sedimenter fra Vikkilen var markert forurenset av PAH, moderat forurenset av kvikksølv, bly og kobber og ubetydelig forurenset av kadmium.

Alle stasjonene var meget sterkt forurenset av TBT med en særlig høy verdi innerst i Vikkilen. Konsentrasjonen her var den høyeste som ble målt i alle prøvene, og skyldes trolig påvirkning fra skipsverftet innerst i Vikkilen (**Tabell 22**).

Blåskjellprøvene var moderat forurenset med PAH (**Figur 10**, **Tabell 21**) og vitner om tilsvarende begrenset tilførsel til overflatelaget forut for prøveinnsamling. PAH-belastningen i havne- og tettstedsnære områder vil imidlertid kunne variere betydelig med belastning fra veiavrenning og med båttrafikk.

Lever av torsk fra Vikkilen hadde omlag en fordobling av antatt høy bakgrunn for $PCB_7$ (**Tabell 21**), men ikke fullt tilsvarende forhøyelse når det gjaldt $TE_{PCB}$. PCB-innholdet i lever av torsk fra Grimstad havn var normalt. Målingene i krabbe viste det omvendte forhold mellom de to prøvestedene: 2-3 ganger antatt høy bakgrunn av PCB i krabbene fra havneområdet, lavere kontaminering i materialet fra Vikkilen (**Tabell 21**).




**Figur 10.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Grimstad havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 21.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra Grimstadområdet. Der hvor det foreligger kvalitetskriterier er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger, er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuell overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høyt bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | |
| St. 1 Indre Vikkilen | 30 | 21 | | 117 (**II**) | | | | |
| St. 2 Vikstølen | 25 | 19 | | 87 (**II**) | | | | |
| St. 3 Rønnes | 30 | 18 | | 95 (**II**) | | | | |
| St. 4 Indre Maløy | 30 | 19 | | 89 (**II**) | | | | |
| St. 5 Holvika | 30 | 17 | | 76 (**II**) | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | |
| Grimstad havn | 20 | 59 | 52 | | 395 (**I**) | 43 | 25 | 67 |
| Vikkilen | 9 | 53 | 41 | | 1113 (**II**) | 15 | 56 | 71 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | |
| Grimstad havn | 20 | 20 | | | | | | |
| Vikkilen | 9 | 20 | | | | | | |
| **Krabbe:** | | | | | | | | |
| Grimstad havn | 18 | 20 | 8,7 | | 111 (3) | 9,0 | 5,8 | 14,8 (2) |
| Vikkilen | 9 | 24 | 8,3 | | 62 (2) | | 3,1 | |

**Tabell 21, forts.**

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Indre Vikkilen | 30 | 21 | | | | |
| St. 2 Vikstølen | 25 | 19 | | | | |
| St. 3 Rønnes | 30 | 18 | | | 1,64 (**I**) | 0,67 (**I**) |
| St. 4 Indre Maløy | 30 | 19 | | | | |
| St. 5 Holvika | 30 | 17 | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Grimstad havn | 20 | 59 | 52 | | <0,07 | 0,03 |
| Vikkilen | 9 | 53 | 41 | | <0,08 | 0,08 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Grimstad havn | 20 | 20 | | 0,06 (**I**) | | |
| Vikkilen | 9 | 20 | | 0,06 (**I**) | | |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| Grimstad havn | 18 | 20 | 8,7 | 0,04 (**1**) | 0,4 | 3,8 |
| Vikkilen | 9 | 24 | 8,3 | | 0,3 | 3,8 |

**Tabell 22.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Grimstadområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **TBT**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | | |
| Indre Vikkilen | 92 | 41 (**IV**) | 6894 (**IV**) | 9,3 (**II**) | 2562 (**V**) | 0,22 (**II**) | 85 (**II**) | 150 (**II**) | 0,21 (**I**) |
| Gullmannsbukta | 45 | 28 (**III**) | 4682 (**III**) | 4,5 (**I**) | 95 (**IV**) | 0,18 (**II**) | 39 (**II**) | 27 (**I**) | 0,16 (**I**) |
| Torskeholmen | 85 | 64 (**V**) | 58675 (**V**) | 28,6 (**III**) | 210 (**V**) | 1,20 (**III**) | 185 (**III**) | 112 (**II**) | 0,55 (**II**) |
| Fevik | 39 | 98 (**V**) | 299280 (**V**) | 27,5 (**III**) | 115 (**V**) | 0,41 (**II**) | 77 (**II**) | 115(**II**) | 0,56 (**II**) |

# 8 LILLESAND

## 8.1 Områdebeskrivelse

Fjordområdet rundt Lillesand består av flere sammenhengende fjorder med relativt åpen forbindelse til sjøområdet utenfor (**Figur 11** og **Figur 12**). Tingsakerfjorden ("byfjorden") som er hovedresipient for kommunalt avløpsvann, har et største dyp på 83 meter like nord for Skauerøya og en terskel på ca 50 meter mot kysten utenfor. Skallefjorden har forbindelse med både Tingsakerfjorden, Blindleia og med kysten utenfor. Største dybde er 73 meter, og terskeldypet mot Tingsakerfjorden og kysten er ca. 20 meter.

## 8.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Gjennom en sonderende havneundersøkelse langs norskekysten i 1993 foreligger det målinger av miljøgiftinnholdet i sedimenter og blåskjell fra Lillesand havn (Konieczny og Juliussen 1995, Knutzen m. fl. 1995). Tilsammen tre stasjoner ble undersøkt.

Sedimentene i Lillesand havn var *markert forurenset* av kvikksølv og TBT, og *markert - sterkt forurenset* av PAH. Innholdet av PCB var lavt (*moderat forurenset*). Verdiene av TBT og PCB i blåskjell var henholdsvis *moderate* og *lave.*

## 8.3 Undersøkte stasjoner

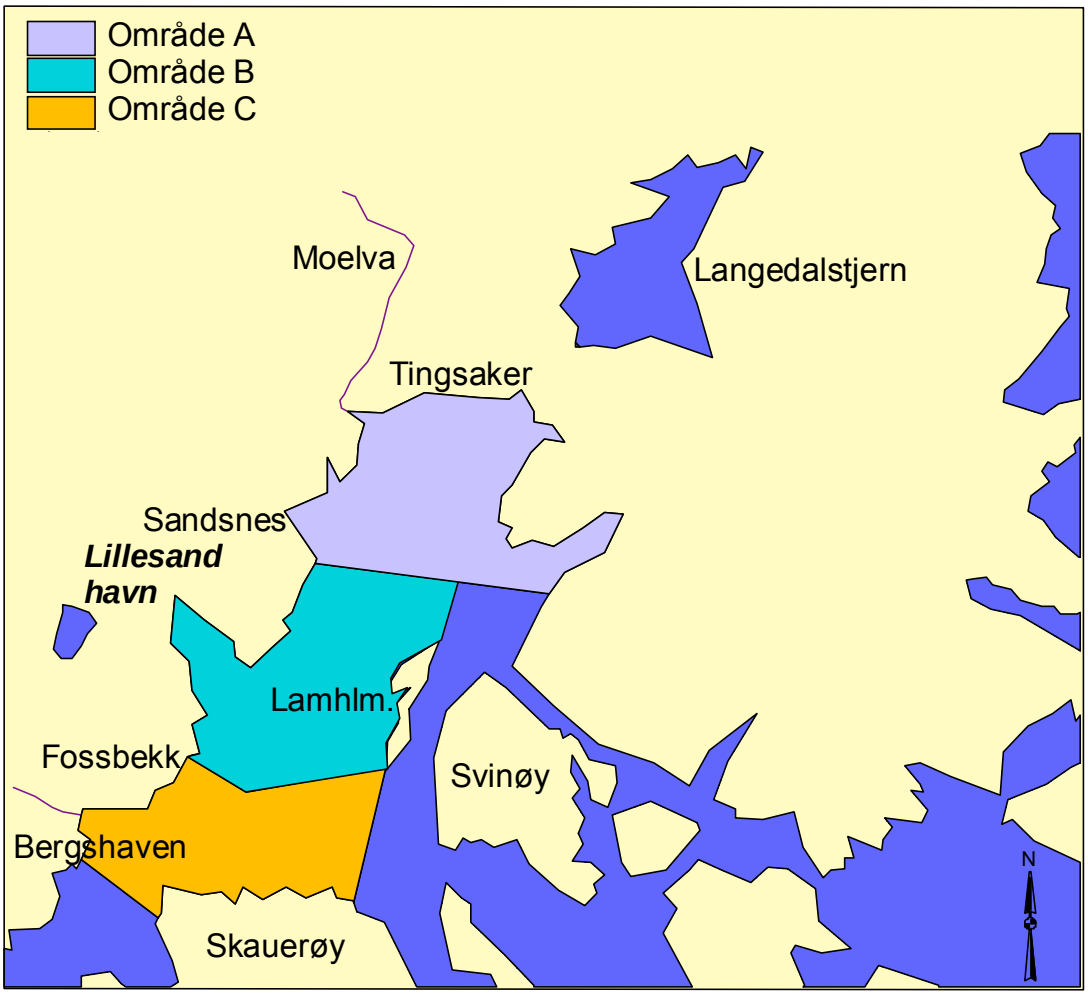
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A**. Undersøkelsesområdet omfatter Tingsakerfjorden og havnebassenget til Skauerøya (**Figur 12**).

## 8.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Potensielle hovedkilder til forurensning i Lillesand er ifølge Konieczny og Juliussen (1995) og NGU (1990a) knyttet til båtproduksjon og industrivirksomhet. De oppgir også mekaniske verksteder/slipper, tankanlegg og båtbyggerier som mulige kilder. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 23** og **Figur 11**.

**Tabell 23.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Lillesand havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kartreferanse | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjoner for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A:Tingsaker til Sandsnes | | | Blåskjell: St. 1 | Få aktiviteter i hele området som kan ha hatt vesentlig miljøgiftpåvirkning på fjorden |
| | Utløp bekk | Pågår | | |
| | Utløp Moelva med overløp fra Norton | Pågår | | |
| | Spillvann/ overvann fra campingplass | Pågår | | |
| | Utløp fra Langedalsvann | Pågår | | Surt avrenningsvann med metaller utløst fra berggrunn |
| | Småbåthavn m/slipp | Pågår | | |
| B:Sandsnes til Fossbekk | | | Fisk: Lillesand havn<br>Blåskjell: St. 2 og 3<br>Sediment: St. 1 | |
| | Overløp pumpestasjon | Pågår | | |
| | Fiskeforedlingsfabrikk | Nedl. | | |
| | Overløp pumpestasjon | Pågår | | |
| | Utløp overvann | Pågår | | |
| | Utløp bekk | Pågår | | |
| | Utløp Sandsbekken m/overløp fra Norton | Pågår | | |
| | Div. småbåthavner m/slipp | Pågår | | |
| | Motorverksted | Pågår | | |
| | Teglsteinsstøperi | Nedl. | | |
| | Gamle Stransefabrikken | 1947-1973 | | |
| | Plastbåtstøperi | Nedl. | | |
| | Marina | Pågår | | |
| | Lite båtverksted m/slipp | Pågår | | |
| | Dypvannskai (tidl. lossing av bl.a. koks) | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Div. skipsverft | 1840-1920 | | |
| C: Fossbekk til Bergshaven | | | Fisk: Lillesand havn<br>Blåskjell: St. 2 og 3<br>Sediment: St. 1 | |
| | Utløp bekk | Pågår | | |
| | Utløp overvann | Pågår | | |
| | Overløp pumpestasjon | Pågår | | |
| | Utslipp fra Fossbekk renseanlegg | Pågår | | |
| | Sagbruk. Fossbekk brug | Nedl. | | |
| | Utskipingskai for stein | Pågår | | |

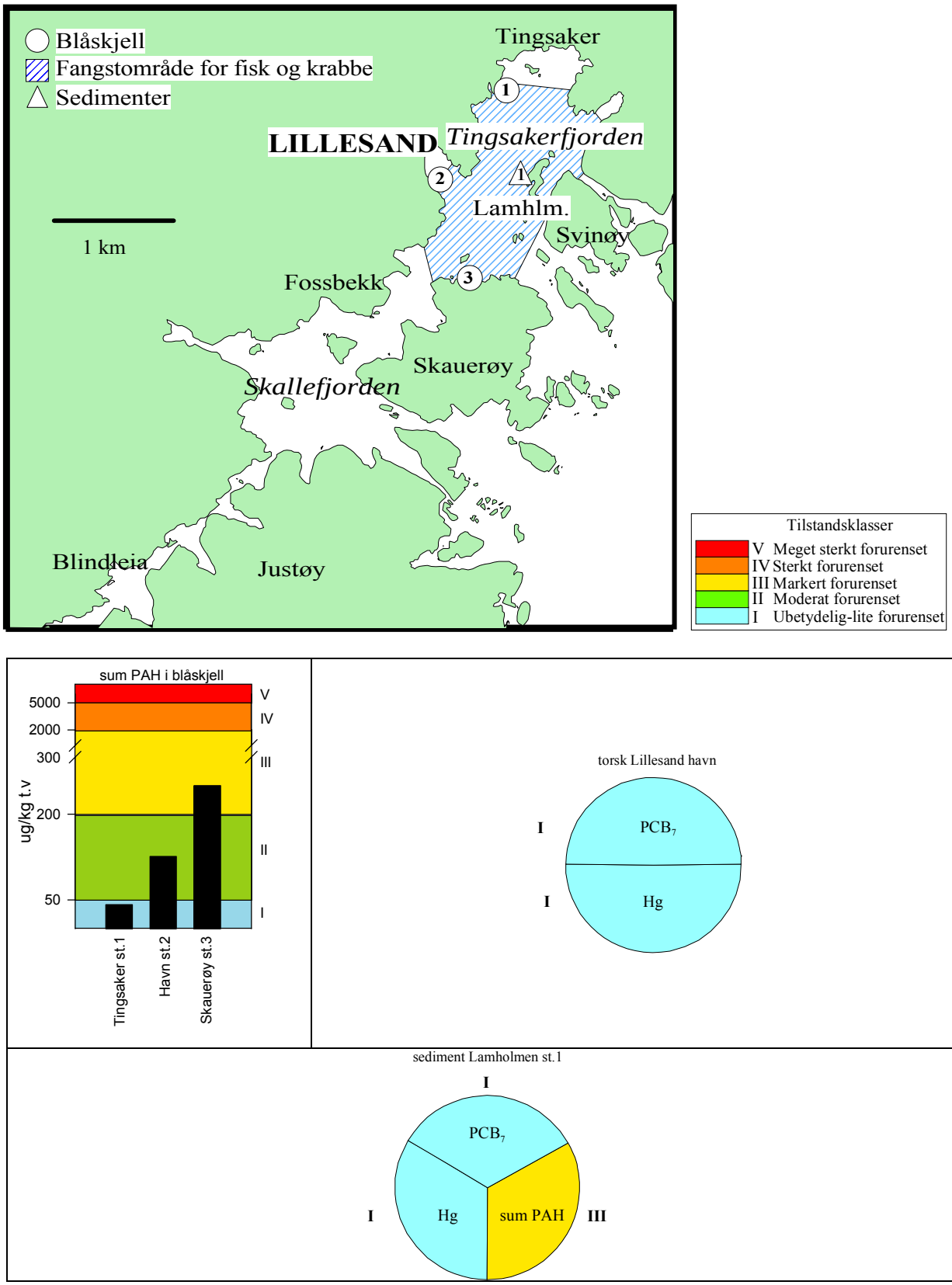



**Figur 11.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Lillesand havneområde.

## 8.5 Resultater

Lillesand var det havneområdet som generelt var minst påvirket. Sedimentet var imidlertid markert forurenset med PAH (**Figur 12**, **Tabell 25**), men ubetydelig for de andre stoffene (moderat forurenset med kvikksølv).

Blåskjell var ubetydelig til markert forurenset med PAH; sistnevnte i skjell samlet på nordsiden av Skauerøya (**Tabell 24**, **Figur 12**). Både torsk og krabbe fra havneområdet var lite påvirket.




**Figur 12.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Lillesand havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 24.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra Lillesandområdet. Der hvor kvalitetskriterier foreligger er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuell overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høy bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$\sum TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | |
| St. 1 Tingsaker | 30 | 13 | | 42 (**I**) | | | | |
| St. 2 Lillesand havn | 32 | 18 | | 127 (**II**) | | | | |
| St. 3 Skauerøy N | 32 | 15 | | 250 (**III**) | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | |
| Lillesand havn | 20 | 67 | | | 171 (**I**) | | 10 | |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | |
| Lillesand havn | 20 | 21 | | | | | | |
| **Krabbe:** | | | | | | | | |
| Lillesand havn | 20 | 22 | 8,1 | | 23,5 | | 1,2 | |

**Tabell 24, forts.**

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Tingsaker | 30 | 13 | | | 4,14 (**II**) | 1,49 (**I**) |
| St. 2 Lillesand havn | 32 | 18 | | | | |
| St. 3 Skauerøy N | 32 | 15 | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Lillesand havn | 20 | 67 | | | <0,06 | 0,02 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Lillesand havn | 20 | 21 | | 0,03 (**I**) | | |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| Lillesand havn | 20 | 22 | 8,1 | 0,04 | 0,2 | 3,8 |

**Tabell 25.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Lillesandområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | |
| Lamholmen | 72 | 25 (**II**) | 3683 (**III**) | 2,6 (**I**) | 0,11 (**I**) | 43 (**II**) | 21 (**I**) | 0,11 (**I**) |

# 9 TOPDALSFJORDEN, KRISTIANSAND

## 9.1 Områdebeskrivelse

Topdalsfjorden har sitt utløp til Kristiansandsfjorden i sør (**Figur 13** og **Figur 14**). Fjorden er ca. 10 km lang, og har flere bassenger og terskler. Det innerste bassenget er ca. 60 m dypt, med en terskel på 30 meter. Kjevik Lufthavn grenser til dette bassenget. Det midterste og dypeste bassenget er 74 m og er avgrenset fra det ytterste bassenget med en terskel på 41 meter. Største dyp i det ytterste bassenget er 52 m, og terskelområdet mot Kristiansandsfjorden er fra 20-44 m. Kongsgårdbukta og Marvika ligger i dette bassenget. De sentrale deler av Kristiansandsfjorden er dyp, med en dyprenne på 170 – 260 m.

## 9.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Det er gjort omfattende målinger av miljøgifter i Kristiansandsfjorden siden tidlig på 1980-tallet, og enkelte av undersøkelsene har også omfattet Kongsgårdbukta i ytre del av Topdalsfjorden (se Knutzen m.fl. 1986, Knutzen og Martinsen 1986, Knutzen m.fl. 1998).

Undersøkelser fra 1996 (Knutzen m.fl. 1998) viste at sedimentene i Marvika var *sterkt forurenset* av miljøgiftene PAH og PCB. Kongsgårdbukta var *sterkt forurenset* av PAH og *moderat forurenset* av PCB. Undersøkelsen viste videre at det trolig er lokale kilder til miljøgiftene. Blåskjell var *lite-ubetydelig forurenset* av PCB, *moderat forurenset* av PAH, og *markert forurenset* av TBT. Nylig gjennomførte undersøkelser bekrefter dette (Bakke m.fl. 2000).

Tidligere er det målt moderate konsentrasjoner av metaller i strandsnegl og blæretang fra Kongsgårdbukta (Knutzen m.fl. 1986, Knutzen og Martinsen 1986). I 1982 var strandsnegl *moderat forurenset* av kobber og bly og *sterkt forurenset* av krom, mens blæretang var *moderat forurenset* av kadmium og kobber, men *meget sterkt forurenset* av krom og *sterkt forurenset* av bly. Nye analyser i 1985 viste generelt noe lavere verdier.

## 9.3 Undersøkte stasjoner

Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A**. Undersøkelsesområdet omfatter Kongsgårdbukta – Marvika samt en lokalitet ved Kjevik (**Figur 14**).

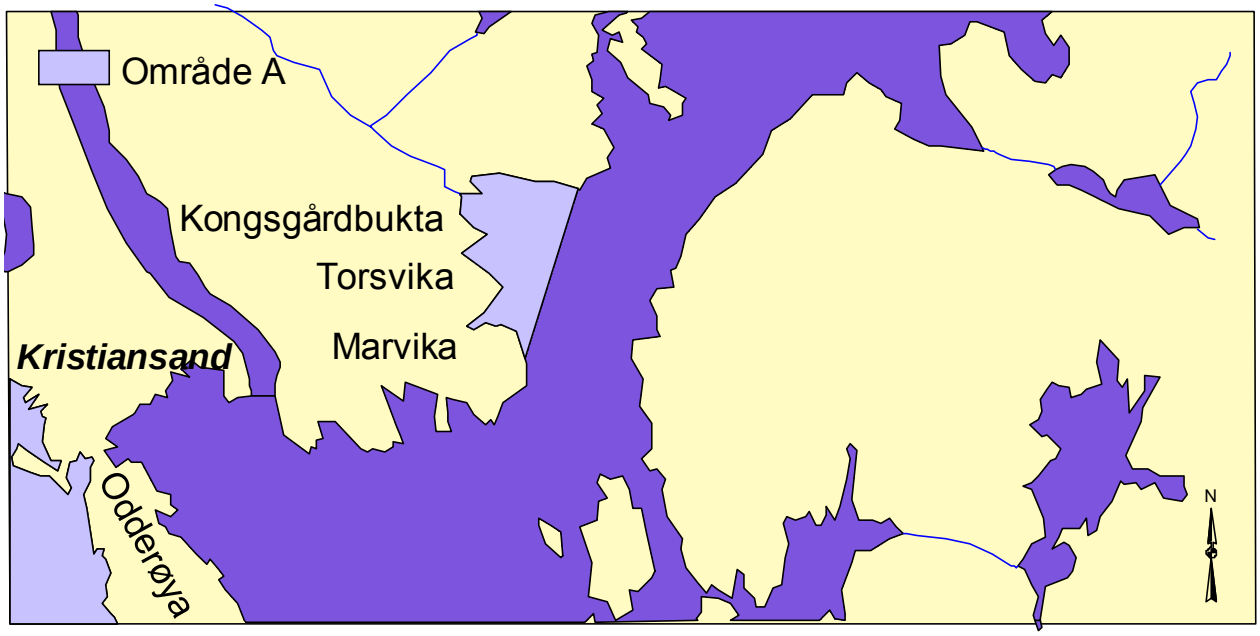
## 9.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Prøver er samlet både fra indre del av Topdalsfjorden ved Kjevik flyplass (bare sediment) og fra området ved Marvika-Kongsgårdbukta (blåskjell og fisk). Potensielle forurensningskilder i indre fjordområde kan være avrenning fra Kjevik flyplass hvor også Luftforsvaret har et teknisk skolesenter, mens Kongsgårdbukta kommunale fylling samt småbåthavn og marinehavna i Marvika er mulige kilder i ytre fjordområde.

I tillegg til de lokale kilder kan det være påvirkning fra særlig industrikilder i Vesterhavnområdet. Tidligere hadde Kristiansandsfjorden store tilførsler av klororganiske forbindelser og metaller fra Falconbridge Nikkelverk A/S og PAH fra Elkem Carbon. Utslippene er redusert, men sedimentene er fortsatt svært forurenset. Høye nivåer av klororganiske forbindelser har medført at kostholdsråd er innført i indre del av fjorden.

**Tabell 26.** Tidligere og nåværende aktiviteter i ytre Topdalsfjorden som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kartreferanse | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjon | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A: Kongsgårdbukta til Marvika | | | Fisk: Marvika<br>Blåskjell: St.1,2 og 3 | |
| | Marvika marinebase | Pågår | | Forurensning påvist i grunn og sjø både ved marinebase og kommunal fylling |
| | Sigevann fra kommunal fylling | ca.1950-1974 | | Mulig kilde for PCB og metaller. Tiltak under planlegging. |
| | Småbåthavn | Pågår | | Mulig kilde for PAH, metaller og tinnorganiske forbindelser |
| | Båtopplag | Pågår | | |
| | Garveri | 1700-tallet-1985 | | Tilførsler av metaller |



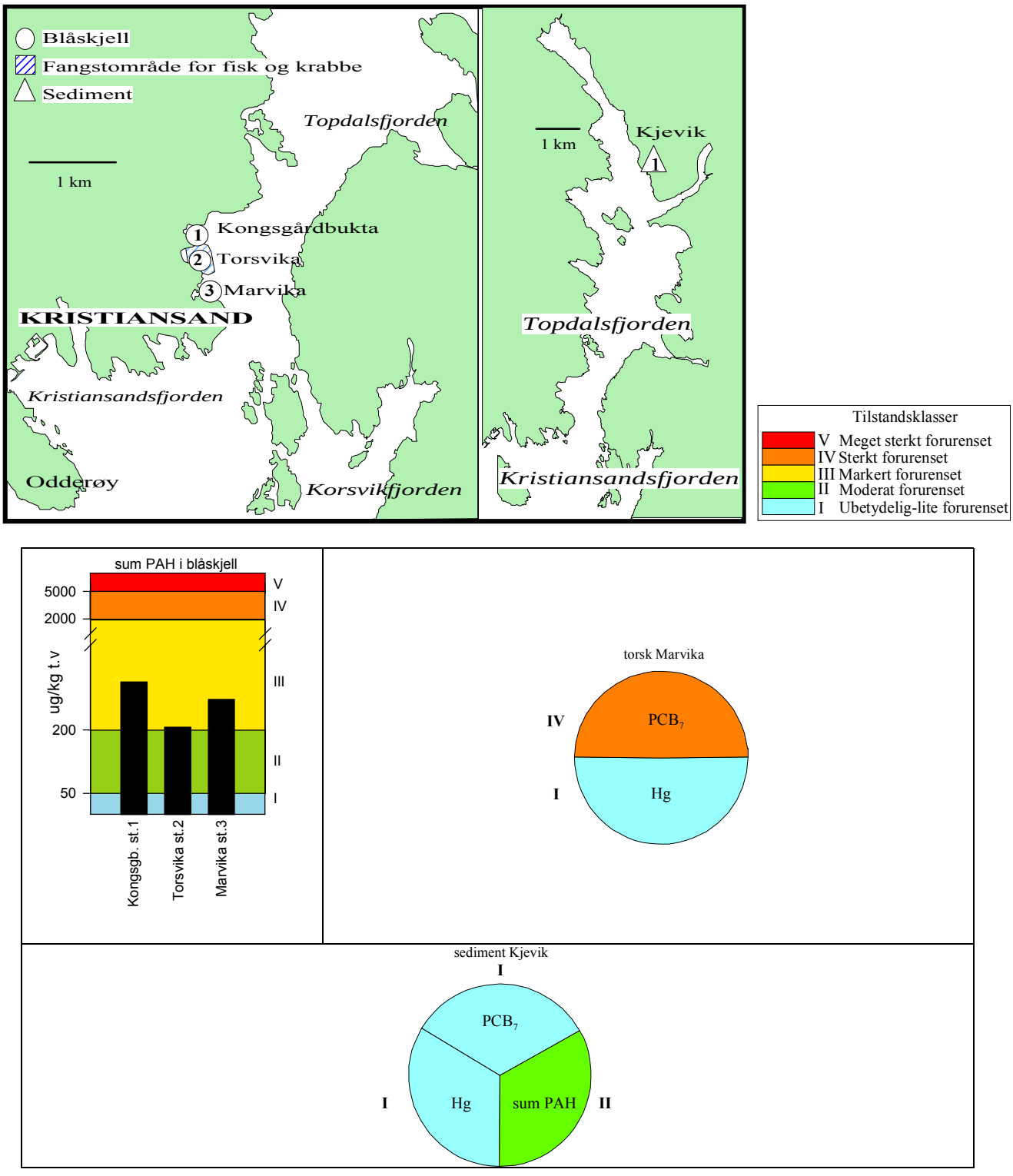

**Figur 13.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i ytre Topdalsfjorden.

## 9.5 Resultater

I Topdalsfjorden ble en sedimentprøve samlet vest av Kjevik, ved overgangen til Ålefjærfjorden. Sedimentet var ubetydelig forurenset (**Tabell 28**).

I forbindelse med tidligere undersøkelser i Kristiansand havneområde (Knutzen m.fl. 1998) er sedimentprøver blitt samlet fra Marvika/Kongsgårdbukta. Analysene viste at sedimentet var sterkt forurenset av PCB og PAH.

Analyse av miljøgiftinnhold i organismer samlet under foreliggende undersøkelse, viste at blåskjell fra området var markert forurenset av PAH og moderat til markert forurenset av PCB. Lever av torsk fra området var sterkt forurenset av PCB med overkonsentrasjoner av $PCB_7$ opp mot 10 ganger og 4-5 ganger for $TE_{PCB}$ (**Tabell 27**, **Figur 14**). Det forhøyede PCB-innholdet i blåskjell viser nåtidig belastning på overflatelaget og tyder på en eller flere aktive kilder, spesielt i Kongsgårdbukta.




**Figur 14.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Marvika og ved Kjevik (kun sediment). Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 27.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra ytre Topdalsfjorden. Der hvor kvalitetskriterier foreligger er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert
Der hvor kvalitetskriterier ikke forekommer er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og med overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høyt bakgrunnsnivå) i parentes.

| **Variabel**<br>Enhet | **An-tall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | |
| St. 1 Kongsgårdbukta | 30 | 12 | 1,0 | 313 (**III**) | 31,8 (**III**) | | 1,7 | |
| St. 2 Torsvika | 30 | 16 | 1,6 | 206 (**III**) | 9,3 (**II**) | | 0,5 | |
| St. 3 Marvika | 30 | 13 | 1,5 | 272 (**III**) | 11,3 (**II**) | | 0,6 | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | |
| Marvika | 8 | 55 | 45 | | 4401 (**IV**) | 65 | 225 | 290 (4) |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | |
| Marvika | 8 | 20 | | | | | | |

**Tabell 27, forts.**

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Kongsgårdbukta | 30 | 12 | 1,0 | | 7,6 (**II**) | 1,43 (**I**) |
| St. 2 Torsvika | 30 | 16 | 1,6 | | 3,5 (**II**) | 0,8 (**I**) |
| St. 3 Marvika | 30 | 13 | 1,5 | | 10,8 (**II**) | 1,8 (**I**) |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Marvika | 8 | 55 | 45 | | <0,04) | 0,01 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Marvika | 8 | 20 | | 0,06 (**I**) | | |

**Tabell 28.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Topdalsfjorden ved Kjevik. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | |
| Kjevik | 32 | 9 (**I**) | 510 (**II**) | 1,10 (**I**) | 0,02 (**I**) | 29 (**I**) | 12 (**I**) | 0,06 (**I**) |

# 10 FARSUND

## 10.1 Områdebeskrivelse

***Farsund havn***
Farsund by vender mot Byfjorden i sydøst og Ytre Lyngdalsfjorden i nord (**Figur 15** og **Figur 16**) Mellom byfjorden og Lyngdalsfjorden er en terskel på 18 m mellom Farøy og Spindslandet. Byfjorden har største dyp på 105 m, og er avgrenset fra kystvannet utenfor av en terskel på 25 m.

***Lundevågen***
Lundevågen er en sidearm til byfjorden, like syd for Farsund by. Lundevågen består av to bassenger, en innenfor Smalsundet med største dybde på 27 m, og et ytre basseng på ca. 40 m. Det ytre bassenget har ingen terskel mot byfjorden utenfor.

***Framvaren***
Framvaren har forbindelse med Helvikfjorden og dermed Lyngdalsfjorden via et trangt sund og en grunn terskel. Kjemien i Framvaren er spesiell med oksygenfritt, sulfidholdig vann fra ca. 20 m og til bunnen på ca. 180 m dyp.

## 10.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Gjennom en sonderende havneundersøkelse langs norskekysten i 1993 foreligger det målinger av miljøgiftinnholdet i sedimenter og blåskjell fra Farsund havn og Lundevågen (Konieczny og Juliussen 1995). Undersøkelsen viste at sedimentene var *markert forurenset* av kvikksølv og TBT og *meget sterkt forurenset* av PAH. Lundevågen var i tillegg *sterkt forurenset* av PCB, mens Farsund havn var *moderat forurenset* av PCB. Data fra den ene blåskjellstasjonen viste *moderat forurensning* med TBT og *lavt* innhold av PCB.

Under "Den store giftjakta" i 1998 gjorde Naturvernforbundet oppfølgende målinger av PCB i sedimenter langs Norskekysten, deriblant en stasjon ved Tyskerkaia i Lundevågen. De fant at sedimentene var *sterkt forurenset* (tilstandsklasse IV) av PCB (Schulze m. fl. 1999)

Det foreligger også undersøkelser av miljøgiftinnholdet i sedimenter i forbindelse med industriutbygginger (Myhrvold 1996, Cripps m.fl. 1997).

Sedimentene i Framvaren har naturlig høyt nivå av en del metaller (Skei m.fl. 1988).

## 10.3 Undersøkte stasjoner

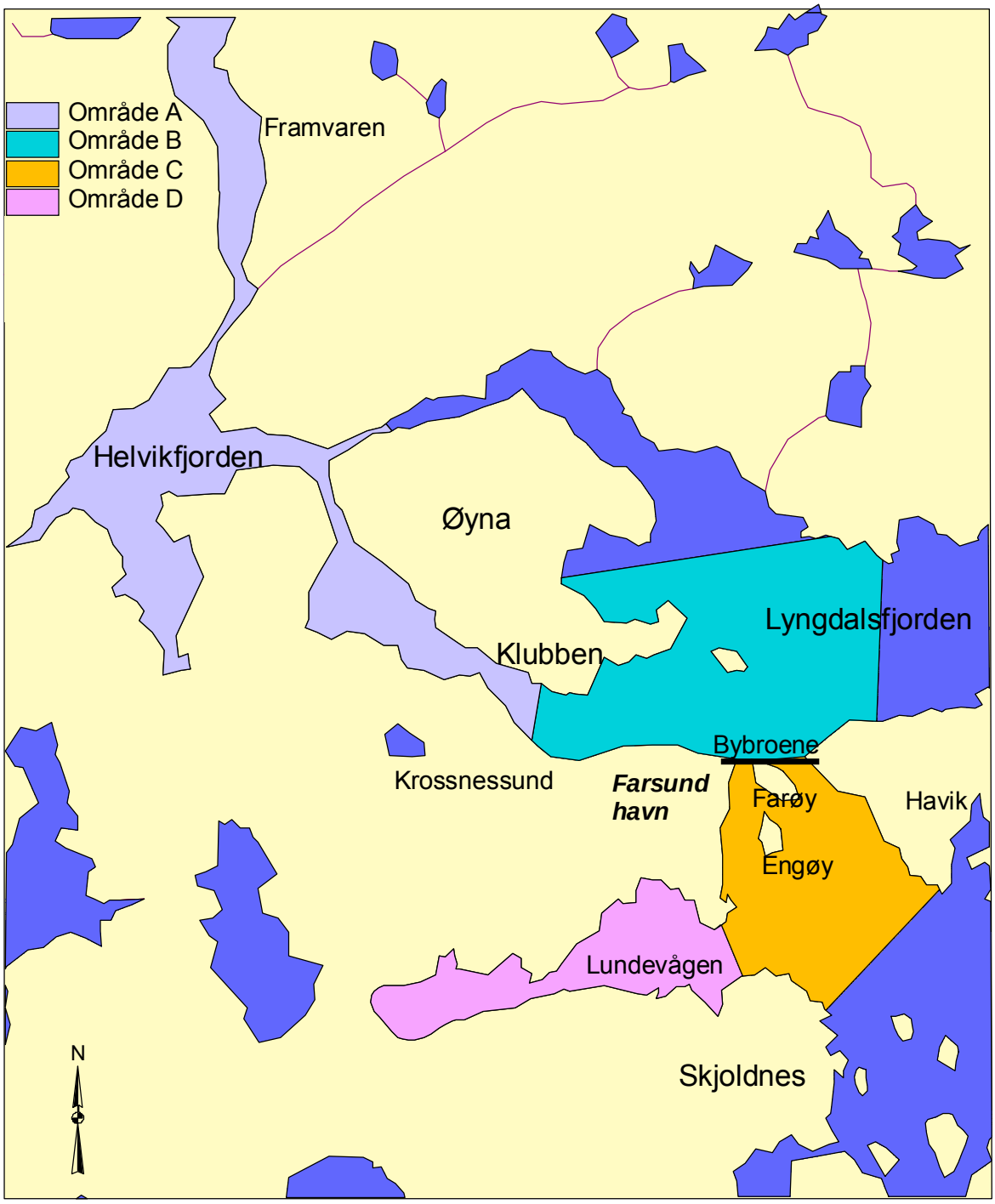
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A**. Undersøkelsesområdet strekker seg fra Skjoldnes/Havik – ytre del av Lyngdalsfjorden til Frestadbukta i Framvaren (**Figur 16**).

## 10.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Viktige potensielle kilder til forurensningsbelastning i Farsund havneområde kan i henhold til Konieczny og Juliussen 1995, Knutzen m. fl. 1995, Natur og Miljø 1998 og NGU 1990b være: Bunkrings-/tankanlegg, mekanisk verksted (Farøy), skipstrafikk, Bredero Price Norway, Elkem Aluminium ANS Lista samt kommunale fyllinger. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 29** og **Figur 15**.

**Tabell 29.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Farsund havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kart-ref. | Aktivitet | Tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjon for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A: Lundevågen | | | Fisk: Ytre Lundevågen<br>Blåskjell: St.1,2,3 og 4 | Påvist betydelig forurensning av PAH og PCB av bunnslam i Lundevågen |
| | Opplagsplass for store skip | fram til ca 1980 | | Mulig kilde for metaller og tinnorganiske forbindelser |
| | Bedrift for rustbeskyttelse og betongstøping av stålrør | 1992-dd | | Stor skipstrafikk i forbindelse med utskiping. Mulg kilde for PAH fra eksos |
| | Kommunalt kaianlegg | 1992-dd | | |
| | Blikkenslagerverksted | ca 1980-dd | | |
| | Hermetikkfabrikk | ca.1970-1980 | | |
| | Teppefabrikk | ca. 1975-80 | | |
| | Ålefarm | ca. 1980-91 | | |
| | Lagringsplass for impregnerte master | 1980-dd | | |
| | Mekanisk verksted | 1971-dd | | Mulig kilder for PAH, PCB og metaller |
| | Hermetikkfabrikk | til ca. 1961 | | |
| | "Tyskerkaia". Brukt av tyskerne under krigen (bl.a. til all transport til flyplassen). Nå kommunalt kaianlegg. | 1942-dd | | |
| | Torpedert tankskip ble slept inn ved kaia Lundevågen. (Stort oljeutslipp i området). | 1942 | | Mulig kilde for PAH |
| | Tankanlegg | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Marina | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Silo for anodemasse til aluminiumsverk | 1970-dd | | Mulig kilde for PAH |
| | Søppelfyllplass | 1985-dd | | Mulig kilde for PCB og metaller |
| B: Bybro til Lundevågen | | | Fisk: Ytre Lundevågen<br>Blåskjell: St.5<br>Sediment: St.2 | |
| | Div. kaianlegg | Pågår | | |
| | Kull- og kokslager/lossested | 1930-1960 | | Mulig kilde for PAH |
| | Bygging av ferrosementbåter, slipp | 1927 - | | |
| | Slipp | Pågår | | Mulig kilde for PAH, PCB, metaller og tinnorganiske forbindelser |
| | Opplagsplass for tank- og frakteskip | 1920-1970 | | |
| | Tankanlegg | 1950-dd | | |
| | Søppelfyllplass | 1930-1970 | | Mulig kilde for metaller og PCB |
| | Bekhus (revet ca. 1930) | 1757-1930 | | |
| | Opphugging av skip | 1890-1915 | | |
| C: Innenfor Bybro til Krossnes-sund | | | Fisk: Farsund N<br>Sediment: St.1 | |
| | Hermetikkfabrikk | 1920-*1980?* | | |
| | Småbåthavn | Pågår | | |
| | Bilverksted | ca. 1940–1985 | | |
| | Møbelfabrikk | ca. 1950-1970 | | |
| D:Innenfor Krossnes-sund til Framvaren | | | Blåskjell: St.6,7 og 8 | Naturlig høye verdier av metaller i Framvaren |
| | Småbåthavn m/slipp | 1970-dd | | Mulig kilde for PAH, metaller og tinnorganiske forbindelser |
| | Asfaltverk | 1947- ca 1960 | | Mulig kilde for PAH |
| | Lagringsplass for impregnerte master | ?- ca 1980 | | |
| | "Parafinbua" (gml. lagring av parafin/olje/bensin). | 1905 - ca 1950 | | |




**Figur 15.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Farsund havneområde.

## 10.5 Resultater

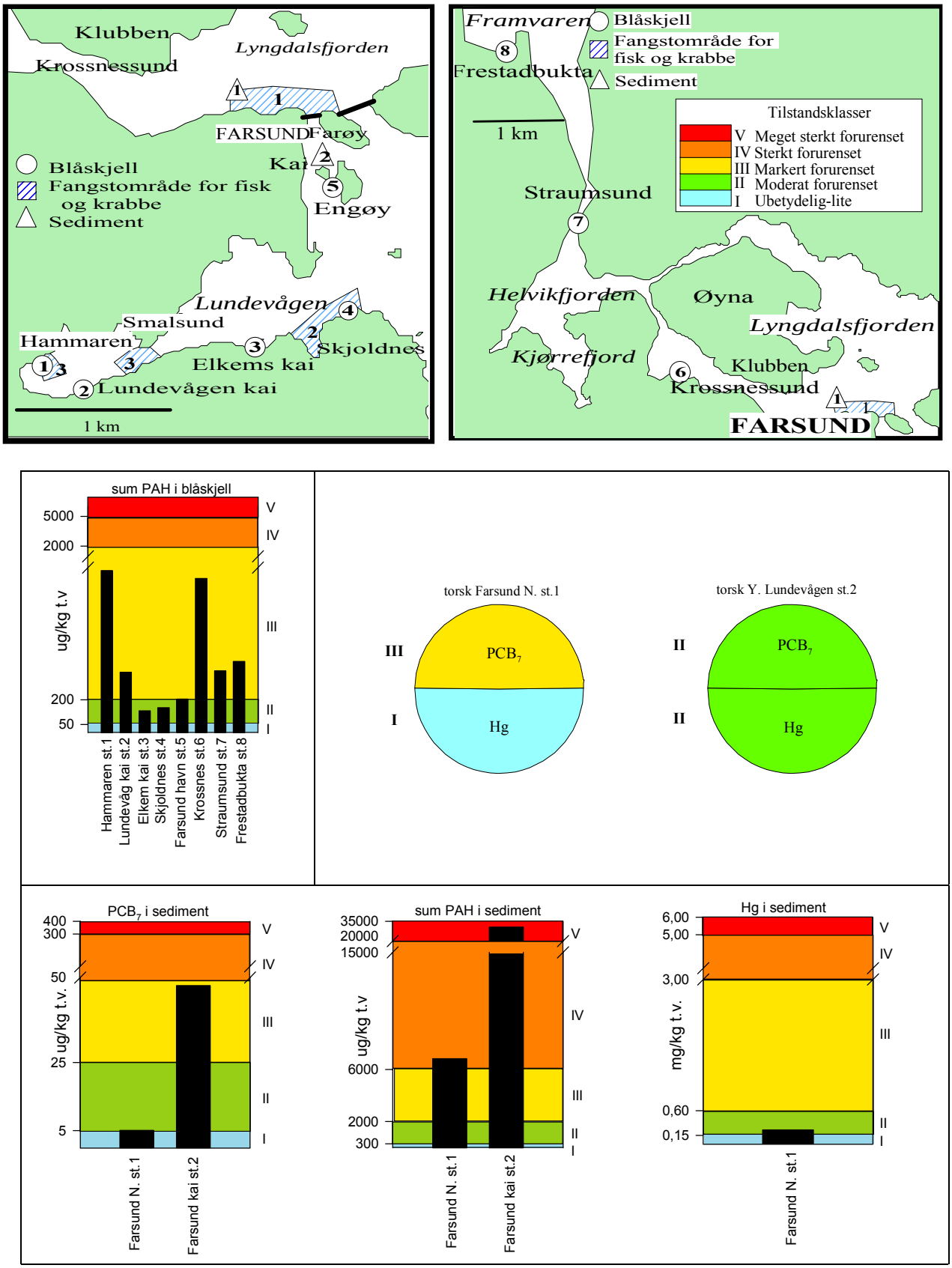
Undersøkelsen av sedimentene i Farsundsområdet (**Figur 16**) bekreftet målinger fra de sonderende havneundersøkelsene i 1993 at sedimentet var markert til sterkt forurenset av PAH og moderat til sterkt forurenset av PCB (**Tabell 31**, **Figur 16**). Sedimentene ved Farsund N (st. 2 i **Figur 16**) var også markert belastet med TBT. For metaller var påvirkningen betydelig mindre.

Blåskjell ble samlet fra åtte stasjoner fra innerst i Lundevågen til Frestadbukta i Framvaren. På alle stasjonene var skjellene moderat til markert forurenset av PAH (**Tabell 30**). En såpass høy forurensningsgrad i Framvaren som ikke har direkte kilder, kan vanskelig forklares utenom nedfall av PAH transportert med luft. Det var også høye konsentrasjoner av særlig bly, men også kadmium i skjell fra Framvaren.

Lever av torsk samlet fra nordsiden av byen og fra ytre delen av Lundevågen var moderat til markert forurenset av PCB. Regnet som toksisitetsekvivalenter overskred konsentrasjonene et antatt høyt bakgrunnsnivå med omkring 3 ganger.

Det ble funnet lavt innhold av metaller og PAH i krabbe, mens PCB-verdiene i materialet fra Lundevågen viste overkonsentrasjoner på 2-3 ganger (**Tabell 30**).

Miljøgiftinnholdet i ål og sjø-ørret lå lavt.




**Figur 16.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Farsund havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFT's klassifiseringssystem.

**Tabell 30.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselige organismer fra Farsundsområdet. Der hvor kvalitetskriterier foreligger er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes. Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuell overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høy bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **An-tall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | |
| St. 1 Hammaren | 30 | 15 | | 981 (**III**) | | | | |
| St. 2 Lundevågen kai | 30 | 15 | | 365 (**III**) | | | | |
| St. 3 Elkem kai | 30 | 15 | | 133 (**II**) | | | | |
| St. 4 Skjoldnes | 30 | 12 | | 151 (**II**) | | | | |
| St. 5 Engøy Vest | 30 | 10 | | 204 (**III**) | | | | |
| St. 6 Krossnes | 30 | 15 | | 934 (**III**) | | | | |
| St. 7 Straumsund | 32 | 13 | | 375 (**III**) | | | | |
| St. 8 Frestadbukta | 51 | 11 | | 432 (**III**) | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | |
| St.1 Farsund N | 11 | 49 | 36 | | 2846 (**III**) | 34 | 149 | 183 |
| St.2 Ytre Lundevågen | 7 | 37 | 23 | | 1126 (**II**) | 98 | 71 | 169 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | |
| St.1 Farsund N | 11 | 20 | | | | | | |
| St.2 Ytre Lundevågen | 7 | 19 | | | | | | |
| **Ål, filet:** | | | | | | | | |
| Farsund havn | | | | | 19,1 | 3,0 | 4,0 | 7,0 |
| **Sjøørret, filet:** | | | | | | | | |
| Farsund havn | 11 | 22 | 0,6 | | 12,9 | 0,7 | 0,6 | 1,3 |
| **Krabbe:** | | | | | | | | |
| St.1 Farsund N | 19 | 23 | 6,4 | 17 | 51,5 | 6,2 | 2,5 | 9,6 |
| St.2 Y. Lundevågen | 20 | 27 | 10,8 | | 81,3 (2) | 9,1 | 4,9 | 14 (2) |
| St.3 I. Lundevågen | 20 | 29 | 12,2 | | 119,6 (3) | 11,2 | 7,1 | 18,3 (3) |

**Tabell 30, forts.**

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St. 1 Hammaren | 30 | 15 | | | | |
| St. 2 Lundevågen kai | 30 | 15 | | | | |
| St. 3 Elkem kai | 30 | 15 | | | | |
| St. 4 Skjoldnes | 30 | 12 | | | | |
| St. 5 Engøy Vest | 30 | 10 | | | 23,1 (**III**) | 4,5 (**II**) |
| St. 6 Krossnes | 30 | 15 | | | | |
| St. 7 Straumsund | 32 | 13 | | | | |
| St. 8 Frestadbukta | 51 | 11 | | | 18,0 (**III**) | 7,7 (**III**) |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| St.1 Farsund N | 11 | 49 | 36 | | <0,08 | 0,1 |
| St.2 Ytre Lundevågen | 7 | 37 | 23 | | <0,1 | 0,2 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| St.1 Farsund N | 11 | 20 | | 0,09 (**I**) | | |
| St.2 Ytre Lundevågen | 7 | 19 | | 0,16 (**II**) | | |
| **Ål, filet:** | | | | | | |
| Farsund havn | | | | 0,16 (**2**) | 0,02 | 0,002 |
| **Sjøørret, filet:** | | | | | | |
| Farsund havn | 11 | 22 | 0,6 | 0,08 | 0,05 | <0,005 |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| St.1 Farsund N | 19 | 23 | 6,4 | 0,06 | 0,4 | 1,27 |
| St.2 Y. Lundevågen | 20 | 27 | 10,8 | 0,04 | 0,3 | 1,13 |
| St.3 I. Lundevågen | 20 | 29 | 12,2 | 0,04 | 0,3 | 1,19 |

**Tabell 31.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Farsundsområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem (tilstandsklasse markert med romertall). Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **TBT**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | | |
| Farsund N | 42,2 | 98 (**V**) | 6840 (**IV**) | 5,1 (**II**) | 15 (**III**) | 0,25 (**I**) | 64 (**II**) | 29 (**I**) | 0,23 (**I**) |
| Farsund kai | | - | 29157 (**V**) | 47,6 (**III**) | | | | | |

# 11 FLEKKEFJORD

## 11.1 Områdebeskrivelse

Fjordområdet ved Flekkefjord består av et ca. 18 km langt fjordsystem som strekker seg fra Grisefjorden via Tjørsvågbukta, Lafjorden (**Figur 17** og **Figur 18**) og videre i Stolsfjorden og Listafjorden til havgapet. Området omfatter en serie bassenger med mellomliggende terskler. Grisefjorden har et største dyp på 32 m og er avgrenset fra Tjørsvågbukta av en 400 meter lang og 3 m dyp kanal som går gjennom Flekkefjord sentrum. Tjørsvågbukta har et dypbasseng på 38 m og en terskel mot Lafjorden på 8,5 m. Lafjorden er noe dypere, ca.109 m, mens Stolsfjorden er over 400 m dyp.

## 11.2 Tidligere målinger og miljøtilstand

Det er foretatt flere resipientundersøkelser i Flekkefjordene, de siste i 1986/87 (Magnusson m.fl. 1988) og 1995 (Jacobsen m.fl. 1996b). I undersøkelsene inngikk måling av krominnhold i blåskjell.

I 1986/87 ble det funnet meget høye kromverdier i sedimenter og blåskjell i Grisefjorden og Tjørsvågbukta. I 1995, etter innføring av renseanlegg og påkobling av utslippene fra garveriet, var innholdet i blåskjell redusert til bakgrunnsverdier.

## 11.3 Undersøkte stasjoner

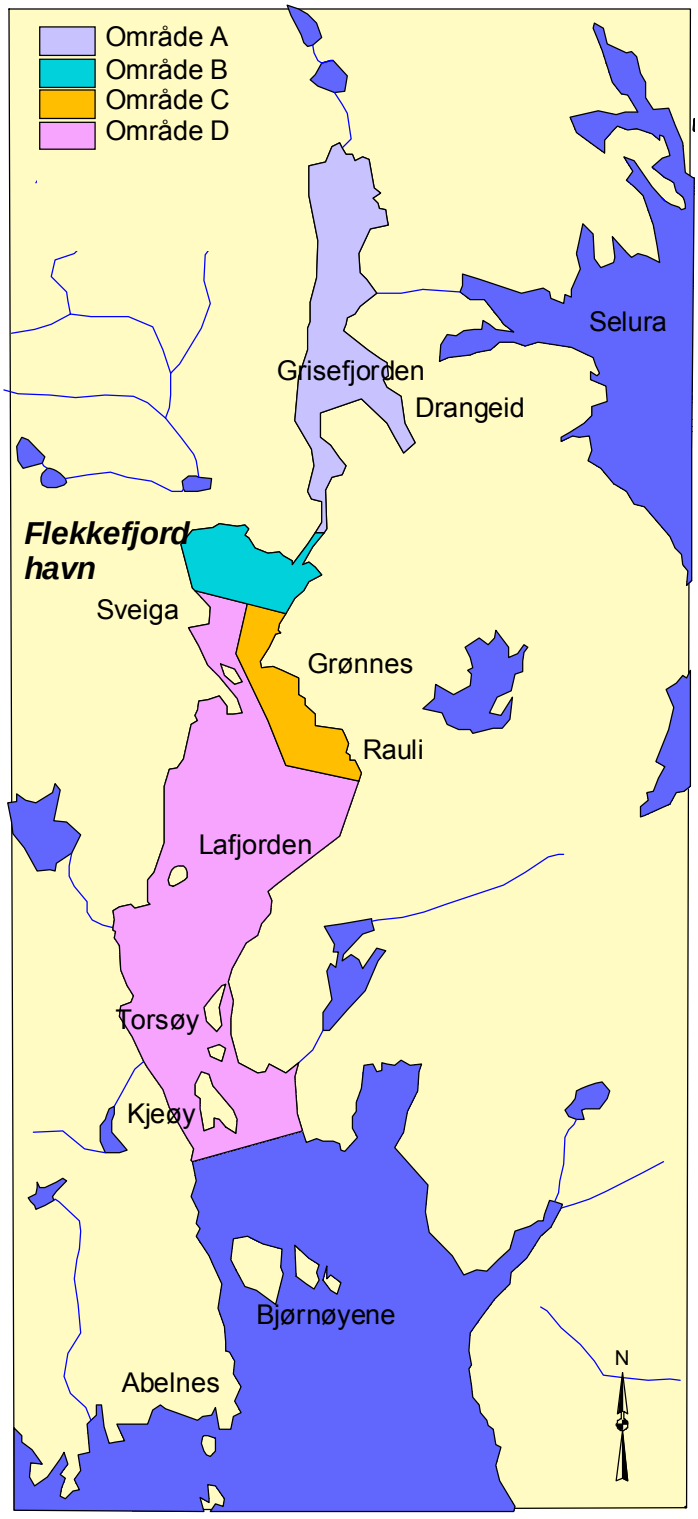
Oversikt over innsamling av organismer og sediment samt analysevariable er gitt i **Vedlegg A**. Undersøkelsesområdet omfatter Tjørsvågbukta og Lafjorden til Fjellse (**Figur 18**).

## 11.4 Potensielle kilder til miljøgifter

Potensielle kilder til forurensning i Flekkefjord havneområde innbefatter særlig garveri, kommunale avløp og skipsverft. En mere detaljert gjennomgang av tidligere og nåværende potensielle kilder er gitt i **Tabell 32** og **Figur 17**.

**Tabell 32.** Tidligere og nåværende aktiviteter i Flekkefjord havneområde som kan ha medført forurensningspåvirkning. Der hvor det eksisterer informasjon om forurensningstilførsler, er det anmerket, ellers er vurderingene subjektive, jfr. kapittel 2.1.

| Kart-ref. | Aktivitet | Ca. tidsrom | Mest relevante undersøkelsesstasjoner for området | Vurdering |
|---|---|---|---|---|
| A: Grisefjorden | | | | |
| | Stansefabrikk | 1980-dd | | |
| | Antirustbedrift | ca 1995-dd | | |
| | Garverier | Pågår | | Påvist betydelig forurensning med krom fra garverivirksomhet |
| | Karosserifabrikk | 1950 -dd | | Mulig kilde for metaller og PCB? |
| | Tankanlegg | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Overløp pumpestasjon | Pågår | | |
| | Søppelplass | Nedl. 1975 | | Mulig kilde for metaller og PCB |
| | Kloakkutslipp (inkl. overløp pumpestasjon) | Pågår | | |
| | Kloakkutslipp | ?-1989 | | |
| B: Flekkefjord. Indre havnebasseng | | | Fisk: Tjørsvåg<br>Blåskjell: St.3<br>Sediment: St.1 | |
| | Hermetikkfabrikk | 1909 - 1922 | | |
| | Maskinverksted | 1960 - 1977 | | Mulig kilde for metaller og PCB |
| | Oljelager | - 1990 | | Mulig kilde for PAH |
| | Møbelfabrikk | - 1965 | | |
| | Båtbyggeri | 1948 - nedl. | | |
| | Kaianlegg | Pågår | | |
| | Skipsverft | 1968 - 1972 | | Mulig kilde for metaller, PCB, PAH og tinnorganiske forbindeler |
| | Marina | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Mekanisk bedrift | - 1947 | | |
| | Mindre kloakkutslipp | Sanerte/pågår | | |
| C: Grønnes-Rauli | | | Fisk: Tjørsvåg og Lafjord<br>Blåskjell: St.3<br>Sediment: St.1 | |
| | Maskinfabrikk/mek. versted og slipp | 1911 -dd | | Mulig kilde for metaller, PCB, PAH og tinnorganiske forbindeler |
| | Marina | Pågår | | Mulig kilde for PAH |
| | Kaianlegg | Pågår | | |
| | Mindre kloakkutslipp | Pågår | | |
| D: Lafjorden. Fra Sveiga til Kjeøy | | | Fisk: Lafjord<br>Blåskjell: St.1 og 2<br>Sediment: St.2 og 3 | |
| | Kaianlegg | Pågår | | |
| | Tankanlegg | | | Mulig kilde for PAH |
| | Mekaniske verksteder og skipsbyggeri (inkl. sandblåsing og maling) | 1972 - dd | | Mulige kilder for metaller, PCB, PAH og tinnorganiske forbindeler |
| | Mindre kloakkutslipp | Pågår | | |
| | Utslipp kommunalt renseanlegg | Pågår | | |




**Figur 17.** Kart over områder ved potensielle forurensningskilder i Flekkefjord havneområde.

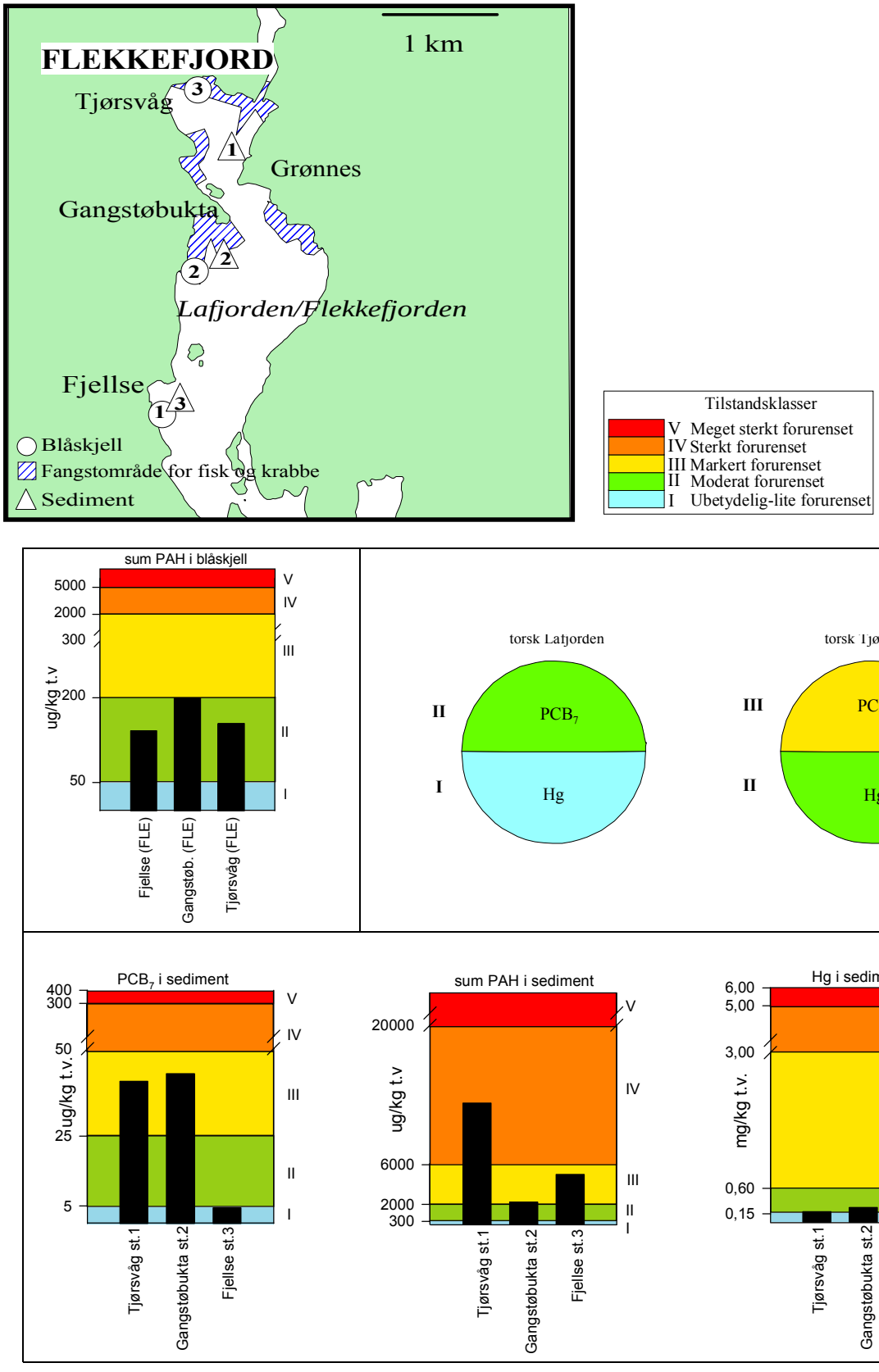
## 11.5 Resultater

Sedimentene på de undersøkte stasjonene i Tjørsvågbukta og Lafjorden var betydelig påvirket av miljøgifter (**Tabell 34**, **Figur 18**). Sterkest var påvirkningen med PAH, PCB (unntatt ved Fjellse) og TBT. For metallene kvikksølv, bly og kadmium varierte miljøtilstanden fra uforurenset til markert forurenset (kvikksølv og bly ved Fjellse). Flekkefjord inngikk ikke i de sonderende havneundersøkelsene i 1993.

Blåskjell var moderat til markert forurenset med PAH, det samme gjaldt bly i skjell fra Tjørsvåg. (**Tabell 33**, **Figur 18**).

Regnet som toksisitetsekvivalenter var PCB-påvirkningen i torsk 2-3 ganger over et antatt høyt bakgrunnsnivå. Relativt sett lavere PCB-verdier ble funnet i krabbe, men også i denne arten var det tydelige overkonsentrasjoner (kfr. **Tabell 33** mot **Tabell 7**).

Innholdet av PAH i krabbe var nær det dobbelte av antatt høy bakgrunn, men med et lavt innhold av de potensielt kreftfremkallende forbindelsene.




**Figur 18.** Miljøtilstand med hensyn på utvalgte miljøgifter i Flekkefjord havn. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem.

**Tabell 33.** Klassifisering av miljøtilstand for spiselig organismer fra Flekkefjordområdet. Der hvor det foreligger kvalitetskriterier er tilstanden bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem ved tilstandsklasse markert med romertall i parentes). Der hvor kvalitetskriterier ikke foreligger er tilstanden gitt som observert konsentrasjon og eventuell overkonsentrasjon (dvs. hvor mange ganger observert konsentrasjon overskrider antatt høy bakgrunnsnivå) i parentes. Overkonsentrasjoner mindre enn 1,5 er ikke markert.

| **Variabel**<br>Enhet | **An-tall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **PAH**<br>µg/kg v.v. | **$PCB_7$**<br>µg/kg v.v. | **$TE_{n.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{m.o.\ PCB}$**<br>ng/kg v.v. | **$TE_{PCB}$**<br>ng/kg v.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | | | |
| St.1 Fjellse | 30 | 16 | | 141 (**II**) | | | | |
| St.2 Gangstøbukta | 30 | 17 | | 203 (**III**) | | | | |
| St.3 Tjørsvåg | 30 | 17 | | 154 (**II**) | | | | |
| **Torsk, lever:** | | | | | | | | |
| Tjørsvåg | 10 | 65,1 | 61,1 | | 1618 (**III**) | 87 | 82 | 169 (2) |
| Lafjord | 4 | 59,8 | 51,3 | | 909 (**II**) | 84 | 48 | 132 (2) |
| **Torsk, filet:** | | | | | | | | |
| Tjørsvåg | 10 | 18,9 | | | | | | |
| Lafjord | 4 | 20,8 | | | | | | |
| **Krabbe:** | | | | | | | | |
| Tjørsvåg | 14 | 33 | 9,8 | 29 | 61,4 (2) | 7,0 | 4,1 | 11 (2) |
| Lafjord | 20 | 19 | 8,1 | | 94,4 (2) | 5,8 | 2,8 | 8,6 |

**Tabell 33, forts.**

| **Variabel**<br>Enhet | **Antall** | **TS**<br>% | **Fett**<br>% | **Hg**<br>mg/kg v.v. | **Pb**<br>mg/kg t.v. | **Cd**<br>mg/kg t.v. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Blåskjell:** | | | | | | |
| St.1 Fjellse | 30 | 16 | | | | |
| St.2 Gangstøbukta | 30 | 17 | | | | |
| St.3 Tjørsvåg | 30 | 17 | | | 17,2 (**III**) | 1,68 (**I**) |
| **Torsk, lever:** | | | | | | |
| Tjørsvåg | 10 | 65,1 | 61,1 | | <0,07 | 0,01 |
| Lafjord | 4 | 59,8 | 51,3 | | <0,06 | 0,03 |
| **Torsk, filet:** | | | | | | |
| Tjørsvåg | 10 | 18,9 | | 0,19 (**II**) | | |
| Lafjord | 4 | 20,8 | | 0,08 (**I**) | | |
| **Krabbe:** | | | | | | |
| Tjørsvåg | 14 | 33 | 9,8 | 0,06 | 0,2 | 1,5 |
| Lafjord | 20 | 19 | 8,1 | 0,06 | 0,4 | 4,6 |

**Tabell 34.** Karakterisering av miljøtilstand i sedimenter fra Flekkefjordområdet. Tilstanden er bedømt ut fra SFTs klassifiseringssystem (tilstandsklasser markert med romertall i parentes) Konsentrasjoner på tørrvektsbasis.

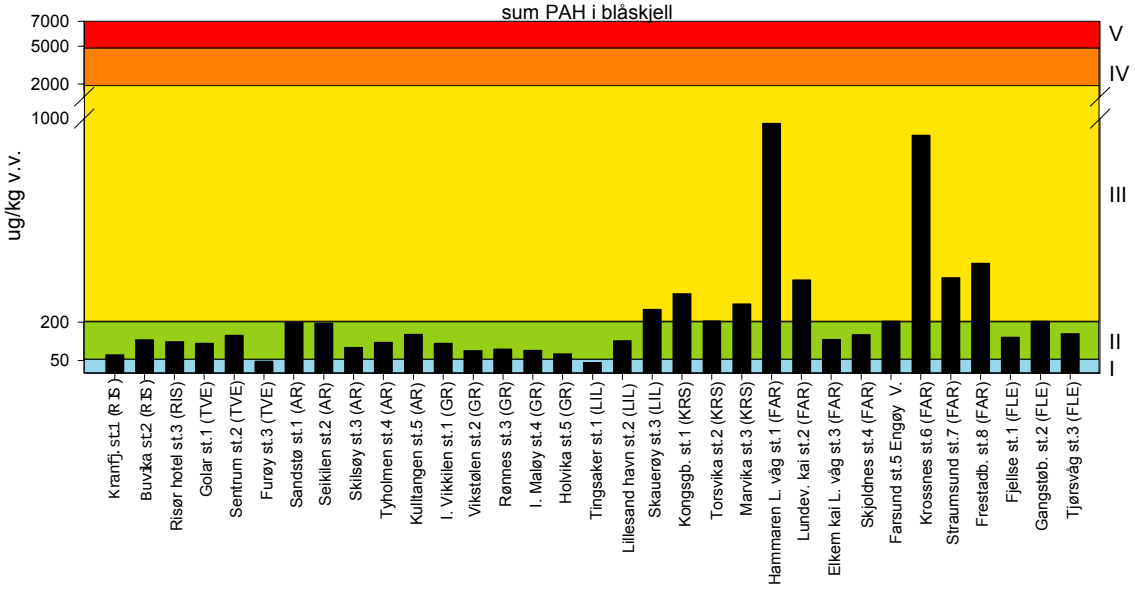
| **Variabel**<br>Enhet | **Finstoff**<br>%<63µm | **TOC**<br>mg/g | **PAH**<br>µg/kg | **$PCB_7$**<br>µg/kg | **TBT**<br>µg/kg | **Hg**<br>mg/kg | **Pb**<br>mg/kg | **Cu**<br>mg/kg | **Cd**<br>mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sedimenter:** | | | | | | | | | |
| Tjørsvåg | 62 | 19 (**I**) | 12174 (**IV**) | 40,7 (**III**) | 24 (**IV**) | 0,18 (**II**) | 52 (**II**) | 28 (**I**) | 0,11 (**I**) |
| Gangstøbukta | 71 | 29 (**III**) | 2229 (**II**) | 42,8 (**III**) | 34 (**IV**) | 0,26 (**II**) | 57 (**II**) | 32 (**I**) | 0,13 (**I**) |
| Fjellse | 37 | 69 (**V**) | 5023 (**III**) | 4,49 (**I**) | 24 (**IV**) | 1,39 (**III**) | 87 (**II**) | 53 (**II**) | 2,5 (**III**) |

# 12 Sammenligning mellom områdene

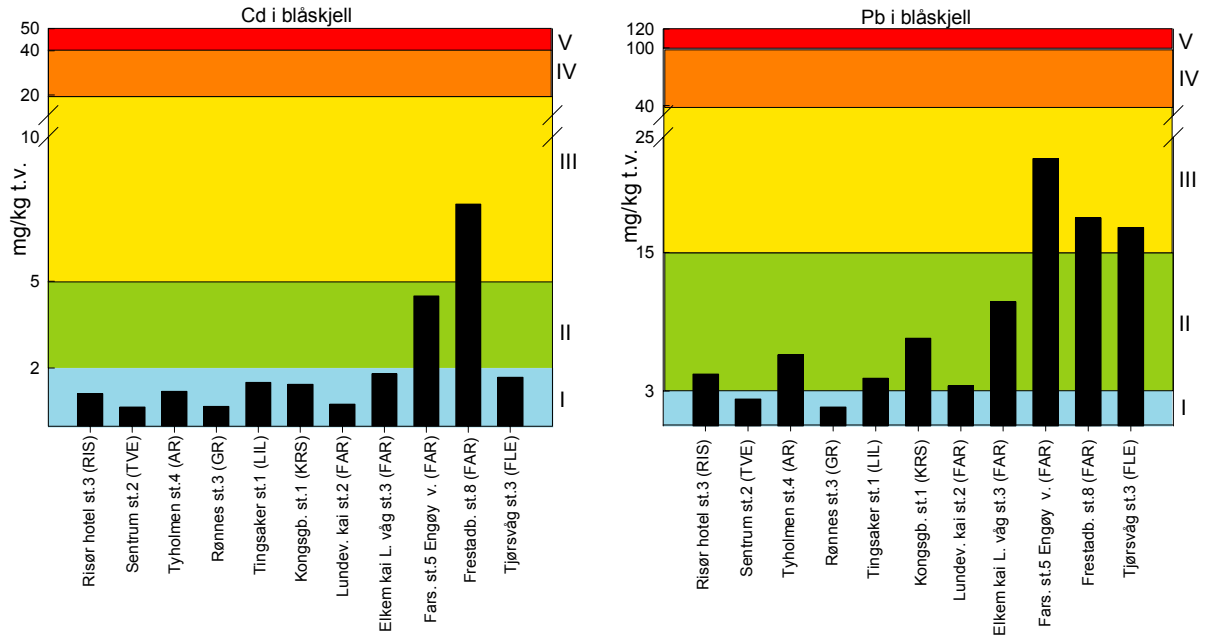
En sammenligning av konsentrasjoner av miljøgifter i organismer og sedimenter i de forskjellige havneområdene er gjort i **Figurene 19-32**. I figurene er konsentrasjonsnivåene er sett i relasjon til SFTs klassifiseringssystem (kfr **Tabell 6**).

## 12.1 Blåskjell

PAH-innholdet i blåskjell varierte relativt lite mellom havneområdene bortsett fra at konsentrasjonene i prøvene fra Farsundsområdet skilte seg ut med generelt høyere verdier enn de andre. Det samme gjaldt også for innholdet av kadmium og bly.




**Figur 19.** Innhold av PAH i blåskjell fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).

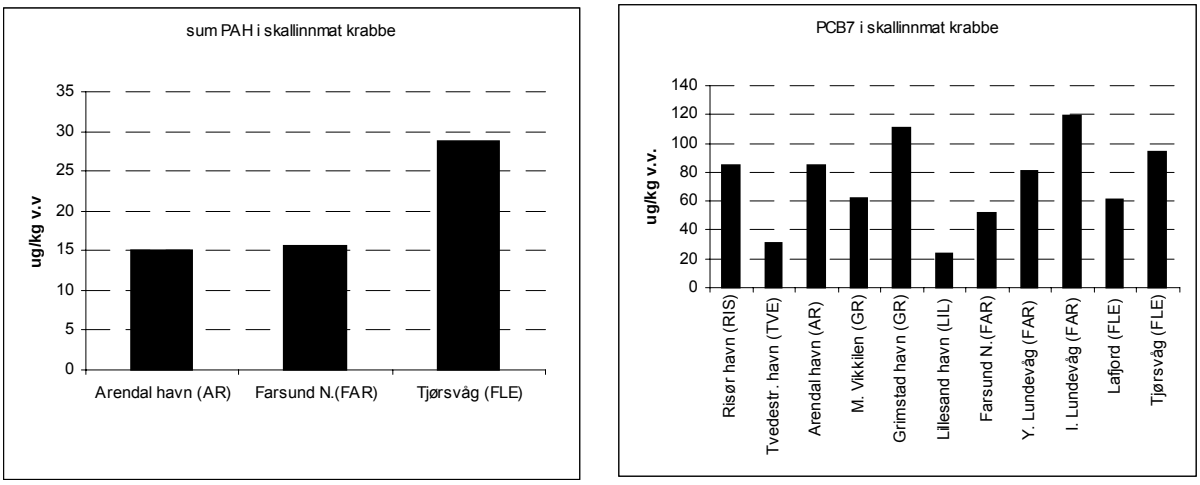



**Figur 20.** Innhold av kadmium (Cd) og bly (Pb) i blåskjell fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).

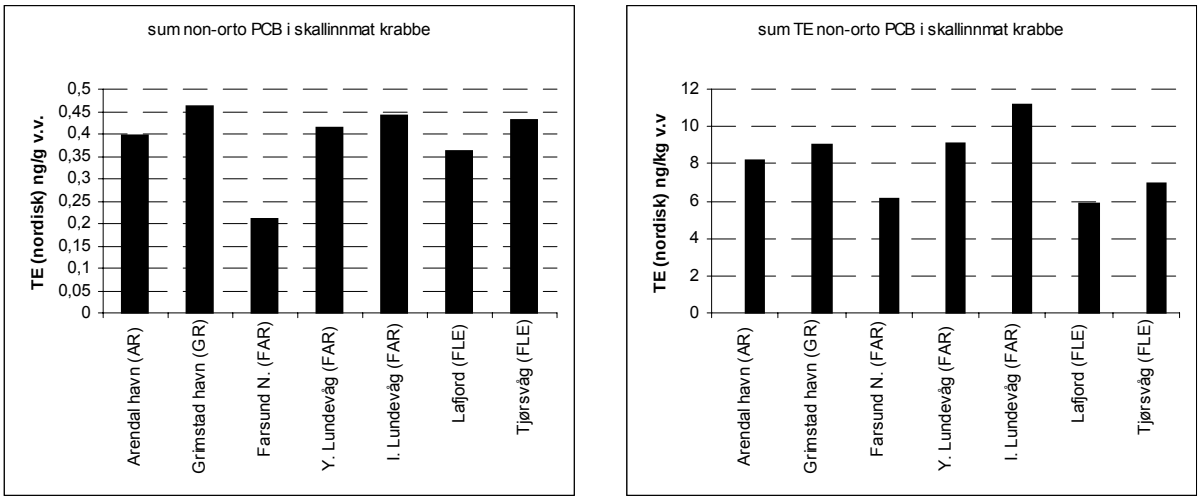
## 12.2 Krabbe

Innhold av PAH i skallinnmat av krabbe ble bare analysert på tre stasjoner, nemlig Arendal havn, Farsund havn og Tjørsvågbukta i Flekkefjord. Konsentrasjonene i krabbene fra Arendal og Farsund var like, mens krabbene fra Tjørsvågbukta hadde dobbelt så høyt innhold. PCB ble analysert i betydelig flere krabbeprøver. Laveste verdi ble målt i Lillesand, mens de høyeste verdiene forekom i krabber fra Grimstad havn og Lundevågen ved Farsund. Det var en faktor på ca. 6 mellom PCB-konsentrasjonen i krabbene fra Lillesand og de fra Lundevågen.

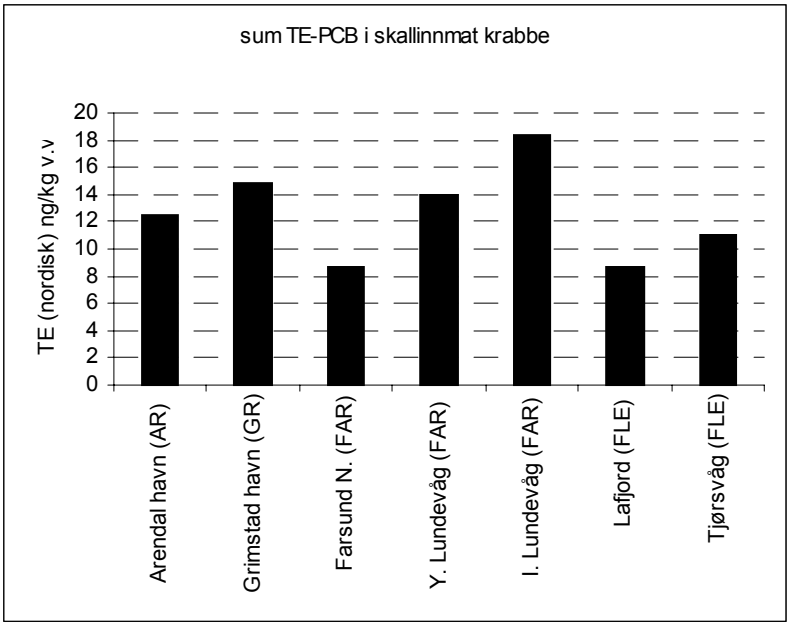
Av de utvalgte krabbeprøvene hvor innholdet av non-orto PCB ble bestemt, var verdiene relativt like, bortsett fra lavere konsentrasjoner i krabbene fanget i Lyngdalsfjorden rett nord av Farsund. Årsaken til dette er avvikende lavt innhold av CB77. For sum TE fra non-orto PCB er det imidlertid forekomsten av CB126 som har vært avgjørende i alle prøvene, med et relativt bidrag på mer enn 95 %. Avviket gir derfor mindre utslag på sum $TE_{PCB}$ (**Figur 22**, **Figur 23**). Det var kun små forskjeller i innhold av kadmium, kvikksølv og bly i krabber fra de forskjellige havneområdene. Et høyere innhold av kadmium i forhold til de to andre metallene, er noe som observeres naturlig.



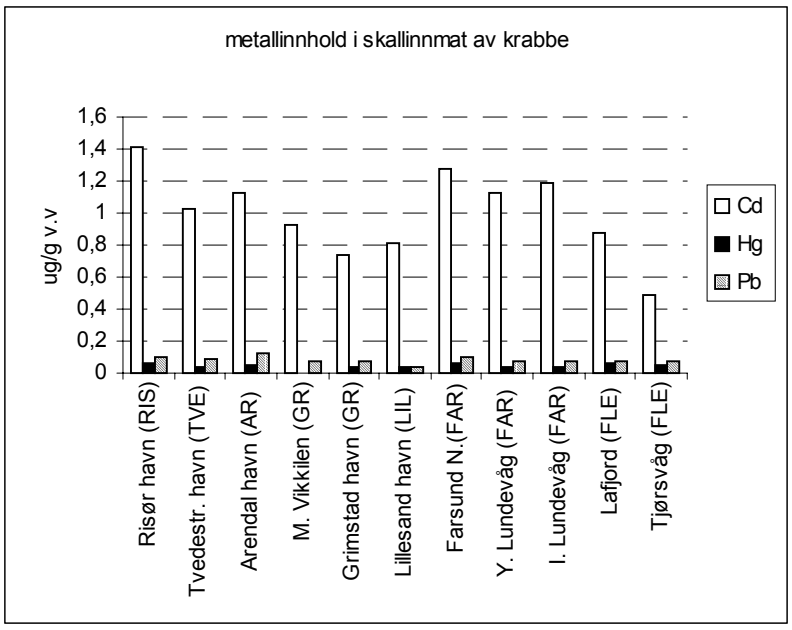

**Figur 21**. Innhold av PAH og PCB i skallinnmat av krabbe fra havneområder på Agder.




**Figur 22.** Innhold av non-orto PCB og av toksisitetsekvivalenter av non-orto PCB i skallinnmat av krabbe fra havneområder på Agder.




**Figur 23.** Innhold toksisitetsekvivalenter av PCB i skallinnmat av krabbe fra havneområder på Agder.

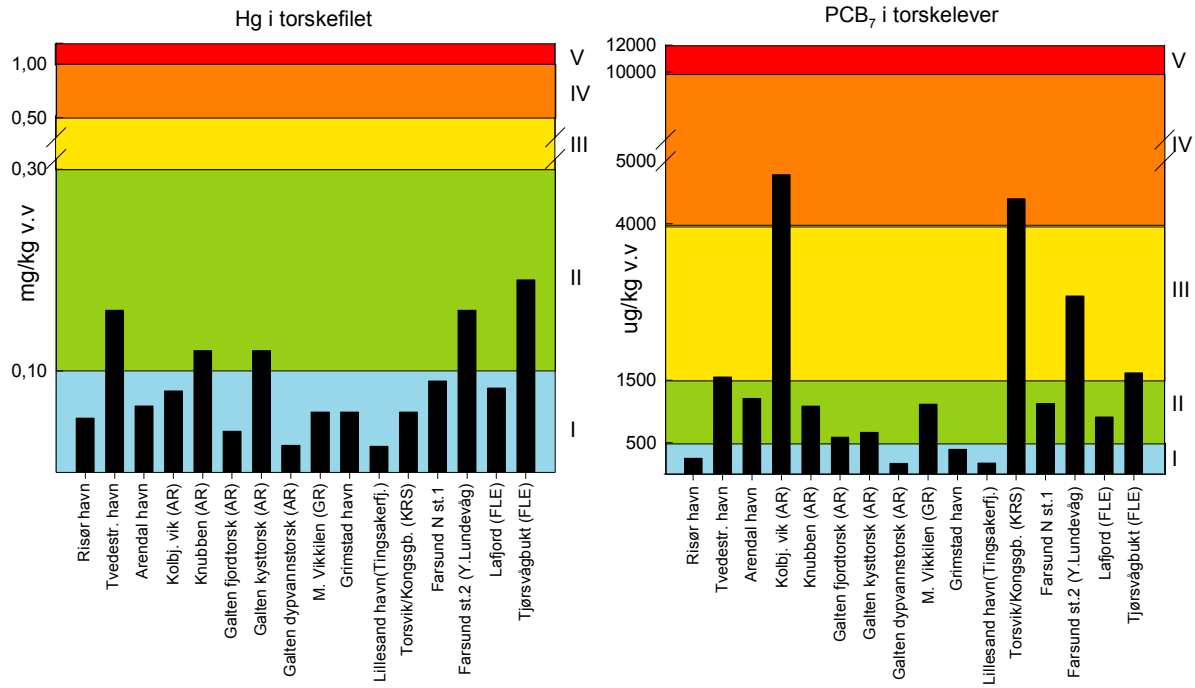



**Figur 24.** Innhold av kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) i skallinnmat av krabbe fra havneområder på Agder.

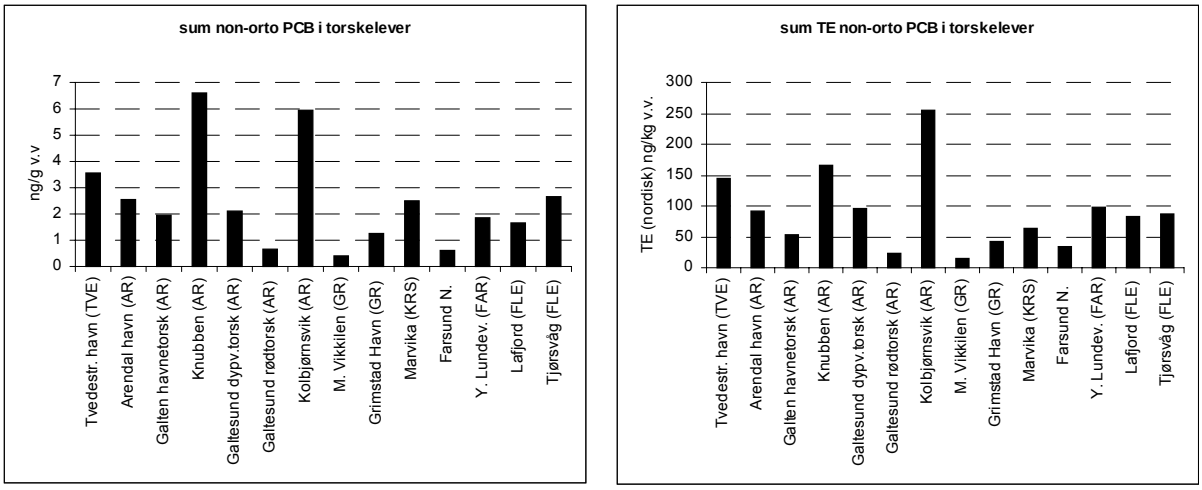
## 12.3 Torsk

I leverprøvene fremkom det at i torsk fanget i området ved Kolbjørnsvik i Arendal, Marvika/Kongsgårdbukta i Kristiansand og tildels Farsund hadde høye til meget høye konsentrasjoner av PCB. I prøvene fra Kolbjørnsvik gjaldt dette også non-orto PCB. I tillegg var det også høye non-orto PCB-konsentrasjoner i leveren av torsk fanget ved Knubben (Arendal). Ved sammenligningen mellom stasjonene må man være oppmerksom på det moment av tilfeldighet som skyldes mulig utslag av store individuelle variasjoner. Som nevnt er det vanlig at man i et utvalg av 25 fisk fra samme sted finner en forskjell mellom høyeste og laveste konsentrasjon av PCB i torskelever på mer enn 10 ganger. Dette gjelder selv på referanselokaliteter (se eksempler i Green og Severinsen 1999) og antagelig mer enn i påvirkede områder. Ved blandprøver fra bare 5-10 individer blir usikkerheten ved sammenligning mellom stasjoner betydelig. Mer representative data for det enkelte sted kan bare fås ved gjentatte observasjoner over flere år. I mellomtiden er det for praktiske formål nødvendig å anta at tilfellene av påviste høye kontamineringsnivåer gjenspeiler en realitet som det må tas hensyn til. Det var kun mindre forskjeller i bly (Pb)-innholdet i torskelever fra de forskjellige områdene, bortsett fra i fisken fra Tvedestrand som skilte seg noe ut. Den høyeste verdien av kadmium (Cd) forekom også i torskelever fra Tvedestrand. Dernest var konsentrasjonene av kadmium i torsk samlet i Farsund og Lundevågen høyere enn i de andre havnene.

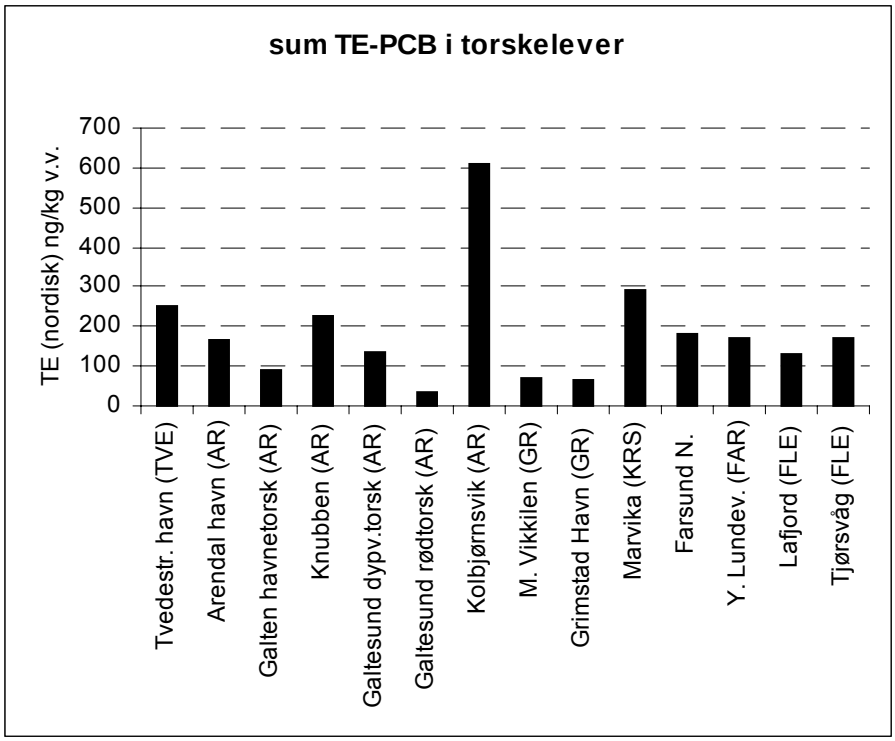
Det var relativt små forskjeller i kvikksølvinnholdet i torskefilet mellom de forskjellige innsamlingsområdene. Selv om torsk fanget i Tvedestrand, Lundevågen i Farsund og Tjørsvågbukta i Flekkefjord hadde konsentrasjoner som var omlag fire ganger høyere enn det som ble målt i Lillesand var det bare ubetydelige overskridelser av antatt høyt bakgrunnsnivå.



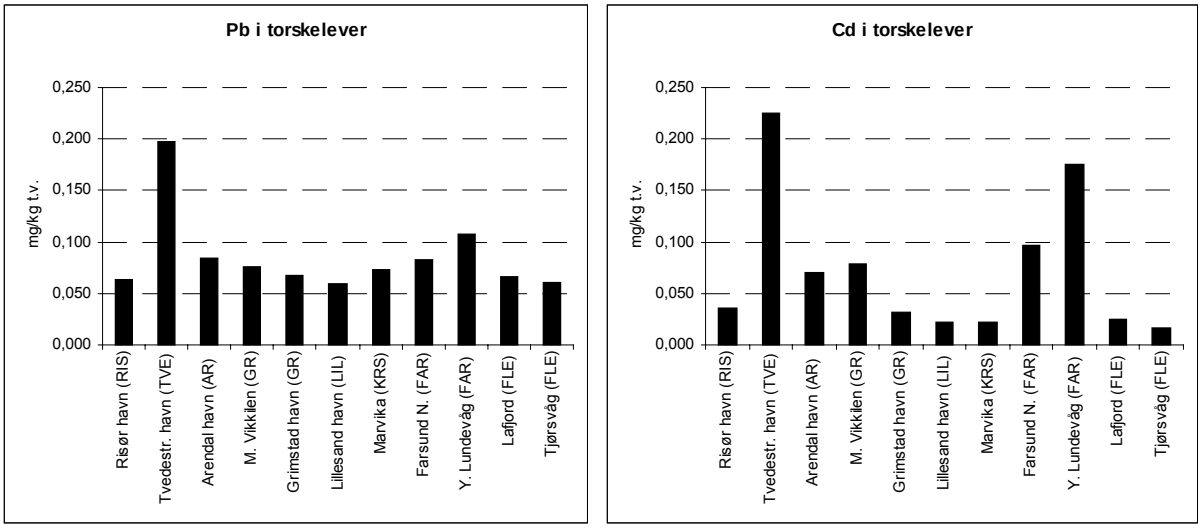

**Figur 25.** Innhold av kvikksølv (Hg) i torskefilet, og $PCB_7$ i torskelever fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).




**Figur 26.** Innhold av non-orto PCB og av toksisitetsekvivalenter av non-orto PCB i torskelever fra havneområder på Agder.




**Figur 27.** Innhold toksisitetsekvivalenter av PCB i torskelever fra havneområder på Agder.




**Figur 28.** Innhold av kadmium (Cd) og bly (Pb) i torskelever fra havneområder på Agder.

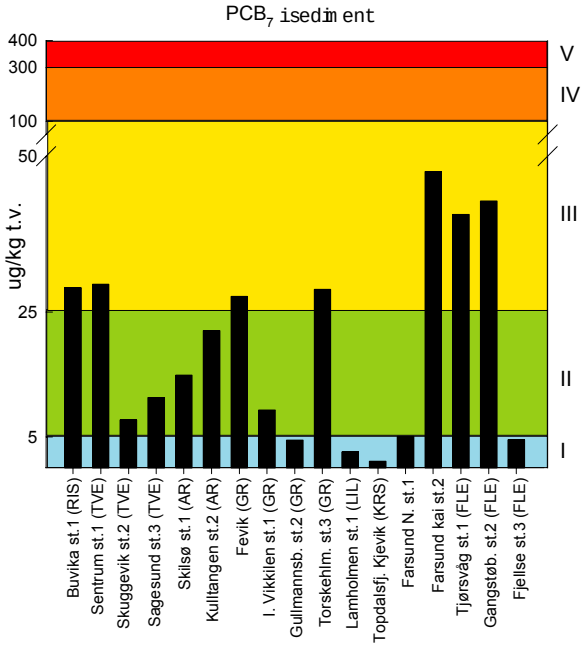
## 12.4 Sedimenter

Det var betydelige forskjeller i konsentrasjonene av både PCB, TBT og PAH mellom de forskjellige havneområdene. Sedimentstasjonene i Farsund- og Flekkefjordområdet skilte seg ut med de høyeste verdiene av PCB. Prøvene fra Risør, Tvedestrand sentrum, Kulltangen i Arendal, Fevik havn og Torskeholmen i Grimstad hadde lavere verdier, men høyere enn f.eks. sedimenter fra Lillesand, Gullmannsbukta i Grimstad, Kjevik, Lyngdalsfjorden nord av Farsund og Fjellse i Lafjorden, Flekkefjord. Alle disse var ubetydelig forurenset. Det er imidlertid få stasjoner som er prøvetatt i hver havn. Sedimentforholdene innenfor et havneområde kan variere betydelig både med hensyn på kornfordeling og flekkvis fordeling av forurensningene. Disse forholdene må man ta i betrakting når man sammenligner miljøtilstanden mellom de forskjellige områdene.

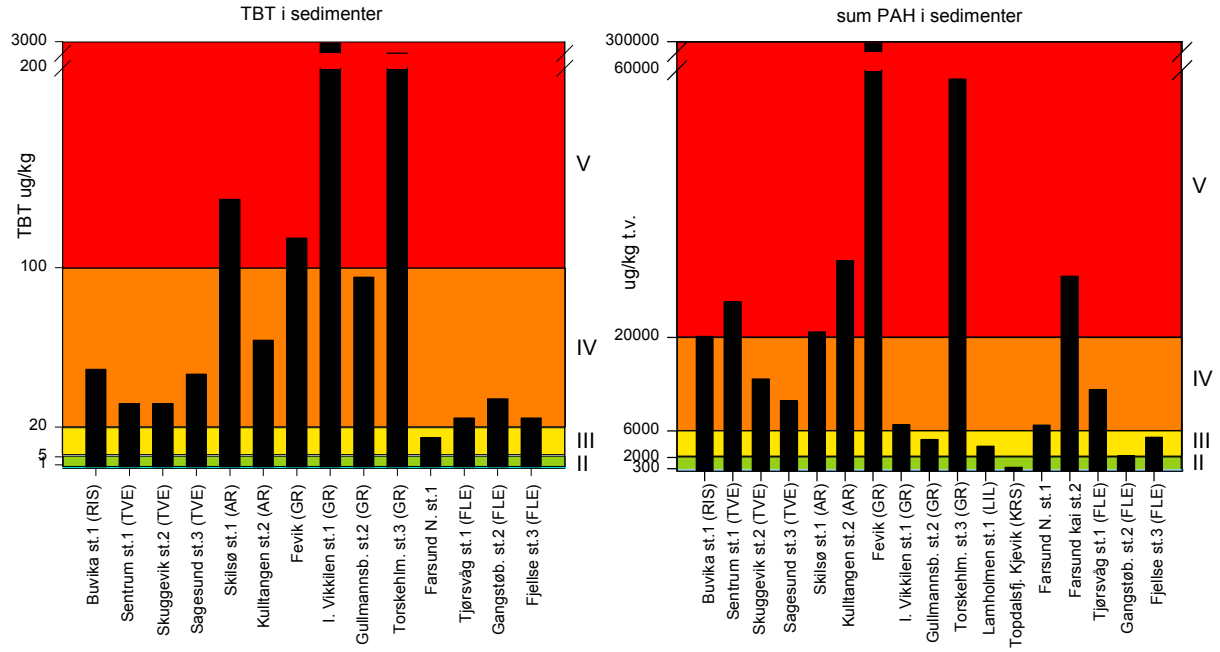
Med hensyn på TBT skilte Vikkilen i Grimstad seg særlig ut med en meget høy verdi i en prøve samlet nær et skipsverft. Det var imidlertid også høye verdier i prøvene ved Skilsø i Arendal, Torskeholmen i Grimstad og på Fevik. Tidligere orienterende observasjoner fra indre Oslofjord (Knutzen et al. 1999a) har dokumentert at TBT kan forekomme i betenkelig høye konsentrasjoner i lever av torsk fra områder forurenset ved skipstrafikk og verftsvirksomhet. Det tilrås derfor at innsamlede fiskeprøver fra de her mest TBT-forurensede områdene også analyseres på tinnorganiske forbindelser.

PAH-konsentrasjonen var særlig høy i prøven fra Fevik havn. Den ble samlet nær et området hvor det tidligere var mekanisk industri og som nå er anvendt til boligformål. Det er også gjort utfyllinger og det er en småbåthavn i området. Likeledes var det en meget høy verdi i prøven fra Torskeholmen i Grimstad. Her var det tidligere skipsopphugging, i dag er der fiskeri-, trafikk- og småbåthavn.

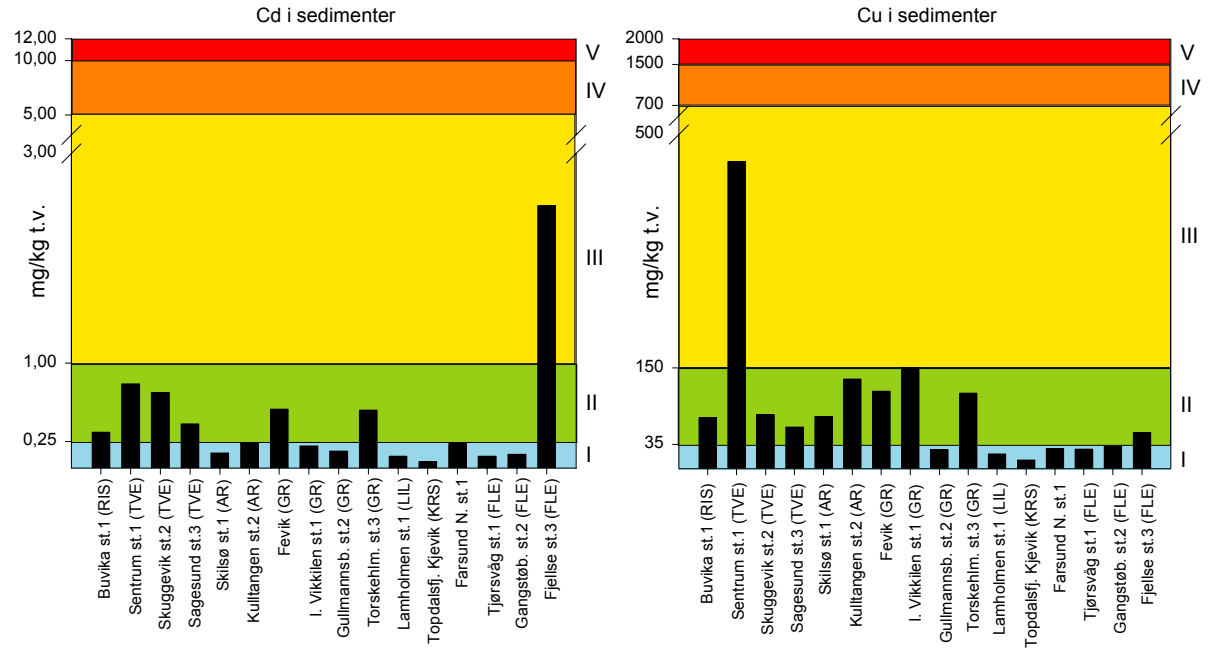
Innholdet av kadmium og kobber i sedimentene var relativt lavt. Bare prøven fra Fjellse ved Flekkefjord og den fra sentrum i Tvedestrand hadde konsentrasjoner svarende til markert forurenset. For bly og kvikksølv var det noen flere målinger som tilsa konsentrasjoner i klassen markert forurenset.



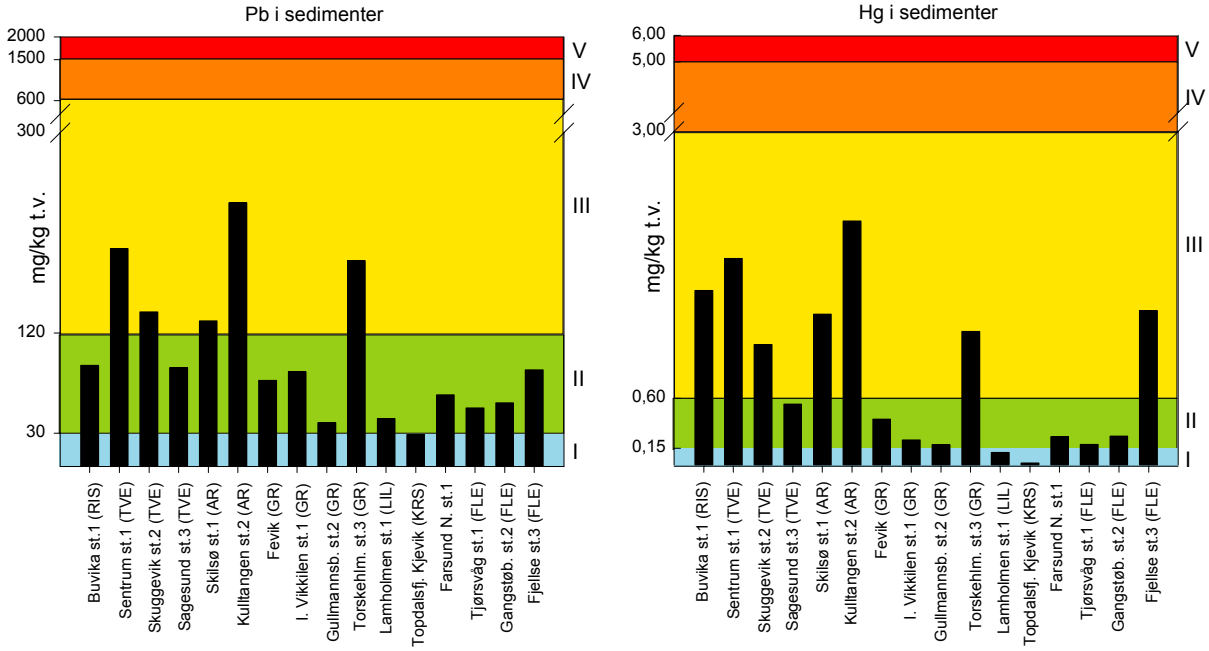

**Figur 29.** Innhold av $PCB_7$ i overflatesedimenter (0-2 cm) fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).




**Figur 30.** Innhold av TBT og PAH i overflatesedimenter (0-2 cm) fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).




**Figur 31.** Innhold av kadmium (Cd) og kobber (Cu) i overflatesedimenter (0-2 cm) fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).




**Figur 32.** Innhold av bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i overflatesedimenter (0-2 cm) fra havneområder på Agder vurdert etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær m.fl.1997).

# 13 Sammenheng mellom forurenset sediment og nivå i organismer

De fleste av miljøgiftene som er bestemt i denne undersøkelsen, har generelt en utpreget tendens til å bindes til partikler. I områder med liten vannbevegelse vil partiklene synke til bunns og danne forurensede sedimenter. Imidlertid, selv om forbindelsene i hovedsak er knyttet til partikler, spenner de over et bredt spekter av fysisk/kjemiske egenskaper. I varierende grad vil det derfor også være miljøgifter tilstede i vannfasen og som ikke er bundet til partikler. Akkumulering av miljøgiftene i organismene kan skje via opptak fra vannfasen, via partikler og via forurensede byttedyr. Akkumuleringen vil være bestemt av forbindelsenes fysisk/kjemiske egenskaper (særlig fettløsligheten) og bindingsform (f.eks. om PAH er bundet til sot), organismenes levested og fødevalg samt organismenes mulighet for å bryte ned forbindelsene (slik som for PAH i fisk). Det eksisterer derfor ingen enkle koplinger mellom forurenset sediment og nivå i organismer. Dette skyldes også at noen av de benyttede indikatorartene har liten kontakt med sediment på dypere vann (blåskjell), eller de vandrer inn og ut av områder med ulike grader av forurensning i sedimentet (torsk, krabbe). Ovenpå dette kommer utslagene av individuelle opptaks- og utskillelsesegenskaper, som kan gi vekslende nivåer ved uttak av prøver fra bestanden innen et område, selv ved lite varierende miljøgiftnivå i sedimentet.

En illustrasjon av miljøtilstanden i sedimenter og organismer for utvalgte forbindelser er vist i **Tabell 35**. I sammenligningen er tilstandsklassene for sedimentet beregnet som et gjennomsnitt av resultatene fra denne undersøkelsen og de fra den orienterende undersøkelsen i 1993 (Konieczny og Juliussen 1995).

**Tabell 35.** Sammenligning av miljøtilstand (i h.h.t. SFTs klassifiseringssystem) i organismer og sedimenter fra de undersøkte områdene. Tilstandsklasser : I = Lite/Ubetydelig forurenset, II = Moderat forurenset, III = Markert forurenset, IV = Sterkt forurenset, V = Meget sterkt forurenset. Det gjøres oppmerksom på at tilstandsklassene for sedimentene er beregnet som et gjennomsnitt av resultatene fra denne undersøkelsen og de fra den orienterende undersøkelsen i 1993 (Konieczny og Juliussen 1995).

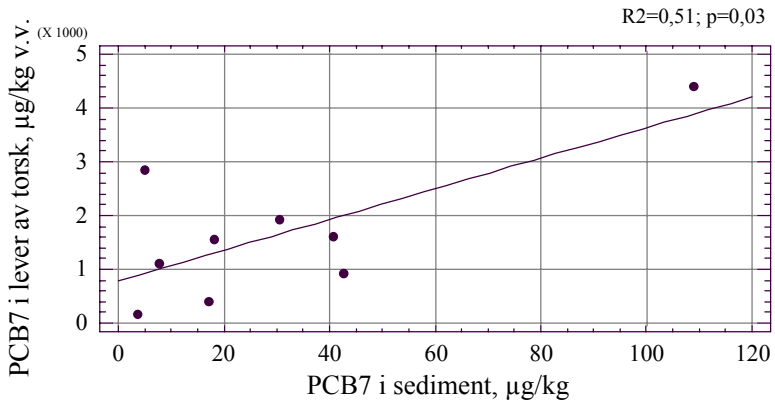
| | PAH | | Kvikksølv (Hg) | | PCB | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Blåskjell | Sediment | Filet | Sediment | Lever | Sediment |
| Havn | | | av torsk | | av torsk | |
| Risør | II | IV | I | II | I | II |
| Tvedestrand | II | IV | II | III | III | II |
| Arendal | II | IV | I | III | III | III |
| Grimstad havn | II | V | I | III | I | II |
| Vikkilen | II | III | I | II | II | II |
| Lillesand | II | III | I | II | I | I |
| Kongsgårdbukta/ Marvika | III | IV | I | - | IV | IV |
| Farsund N | III | IV | I | I | III | III |
| Flekkefjord: Tjørsvåg | II | IV | II | II | III | III |
| Flekkefjord: Lafjord | II | II | I | II | II | III |

Det er tydeligvis en dårlig sammenheng mellom PAH i blåskjell og i sedimentet. Blåskjellene lever imidlertid i overflatelaget og vil i stor grad være påvirket av dagens tilførsler. På sedimentoverflaten

akkumuleres det noen millimeter med nytt materiale årlig. Siden analysene er gjort på det øverste 2 cm tykke sedimentlaget vil konsentrasjonen i sedimentene representere påvirkningen som har skjedd over de siste årene.

Det var heller ingen sammenheng mellom kvikksølvpåvirkningen av sedimentet og de konsentrasjonene man finner i torskefilet.

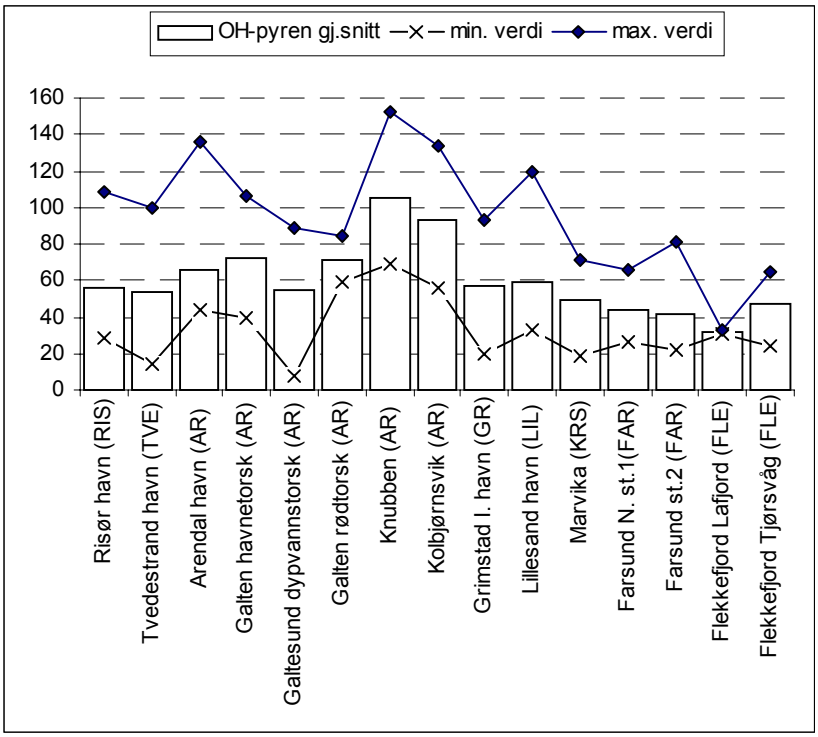
Tabellen kan tyde på en viss sammenheng mellom PCB-nivået i sedimentet og konsentrasjonene i leveren fra torsk. For å undersøke dette nærmere ble det gjort en enkel regresjon av konsentrasjonen av $PCB_7$ i leveren mot konsentrasjonen av $PCB_7$ i sedimentet i innsamlingsområdet for fisk, **Figur 33**. Som konsentrasjon i sedimentet, er det brukt et gjennomsnitt av verdiene fra denne undersøkelsen og det som ble funnet i de orienterende havneundersøkelsene i 1993 (Konieczny og Juliussen 1995).




**Figur 33.** Regresjon av $PCB_7$ i torskelever (µg/kg v.v.) mot $PCB_7$ i sedimentet (µg/kg t.v.) fra havneområder på Agder.

Analysen viser at det er en signifikant sammenheng ($R^2$=0,51; p=0,03). Sammenhengen er imidlertid sterkt styrt av datapunktet med de høyeste verdiene (observasjoner fra Kongsgårdbukta/Marvika). Hovedkonklusjonen blir dermed at det er en tendens til at i områder med høyt innhold av PCB i sedimentet også observeres et høyt innhold av PCB i leveren fra torsk.

Fisk har et enzymsystem som muliggjør nedbrytning av PAH. Det er derfor lite hensiktsmessig å måle PAH-innholdet i torskeprøvene. Imidlertid kan PAH-eksponering måles ved å bestemme innholdet av nedbrytningsprodukter av PAH i gallen (gallemetabolitter), **Figur 34**.




**Figur 34.** Relativt innhold av gallemetabolitter av PAH (OH-pyren) i torsk fra havneområder på Agder. Figuren gir gjennomsnitt (stolper) og min. og maks.verdi).

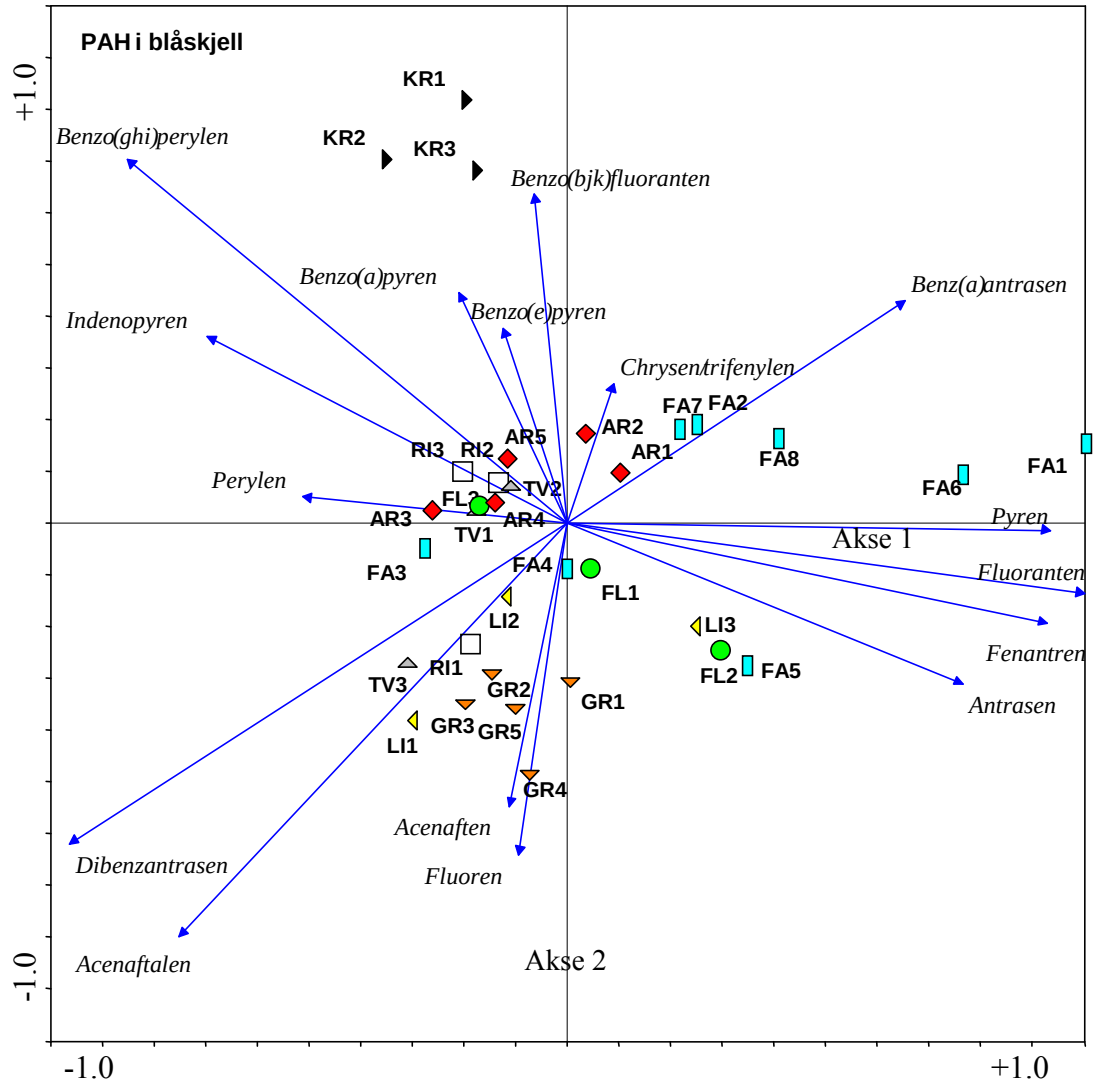
Det fremgår av figuren at det var stor variabilitet mellom enkeltindivider fra samme området. Det fremtrer derfor ingen signifikante forskjeller mellom områdene. Imidlertid var det en tendens til at de høyeste verdiene ble målt i organismer samlet i Arendals havneområde. Generelt lå nivåene ikke mye over registreringene av OH-pyren i lever av torsk fra åpen kyst og under det man har registrert fra andre havneområder (forbehold om spinkelt sammenligningsmateriale, kfr. Green m. fl. 2000).

# 14 Likheter og forskjeller i prøvenes relative innhold av PAH og PCB (profiler)

PAH og PCB er sekkebetegnelser på mange enkeltforbindelser som er bestemt i hver prøve. Den relative mengden av enkeltforbindelsene kalles henholdsvis PAH- og PCB-profilen. Likheter i påvirkningstype mellom de forskjellige prøvene kan da belyses ved å sammenligne profilene. Når PAH- og PCB-innholdet er bestemt på et stort antall prøver, blir det imidlertid stor kompleksitet i tallmaterialet som vanskeliggjør en slik sammenligning. Dette kan avhjelpes ved å anvende en statistisk analyse kalt prinsipal komponentanalyse (PCA). Forenklet sagt søker metoden å finne hovedtrendene i tallmaterialet. Dette representeres ved uavhengige akser. Akse 1 (PC1) angir dermed hovedtrenden i datamaterialet, akse 2 (PC2) den nest viktigste trenden, osv. I analyseplottet representeres variablene med piler og prøvene ved punkter. Variabelpiler som ligger nær hverandre er positivt korrelert. Variabelpiler som danner $90^{o}$ er ukorrelerte, mens variabelpiler som peker motsatt vei er negativt korrelerte. Lengden på variabelpilene representerer forbindelsens variansbidrag: jo lengere pil, jo sterkere bidrag. Prøvepunkter som plasseres nær hverandre har stor innbyrdes likhet. Ved å samholde hvor prøvene plasseres i forhold til variablene i plottet, kan man få informasjon om hvilke variable som relativt sett er "særlig fremtredende" for en prøve. Ytterligere beskrivelse av metoden kan finnes hos Næs and Oug (1997), Næs m.fl. (1998) og Nortvedt (1999a,b).

En PCA-analyse av PAH-profilen (eksklusive naftalener og bifenyl) i blåskjellprøvene er vist i **Figur 35**. Plottet viser at hovedtrenden i materialet (akse 1) er en separasjon av PAH-forbindelser med mellomliggende molekylvekt (fenantren, antrasen, pyren, fluoranten) og tyngre forbindelser (dibenzoantracen, indenopyren, benzoperylen). De førstnevnte er særlig representert ved Farsundsprøvene (spesielt FA1=Hammaren i Lundevågen og FA6=Krossnes). Akse 2 (den nest sterkeste trenden) separerer de letteste PAH-forbindelsene (acenaften, acenaftylen, fluoren) fra tyngre forbindelser (benzopyrener, benzofluorantener). Sistnevnte er særlig representert i prøvene fra Kongsgårdbukta/Marvika. Tilsammen representerer de to aksene 70 % av variasjonen i datamaterialet. Hvis kilden til PAH-forurensningen er forbrenning (f.eks. eksos, utslipp fra smelteverk, osv.) vil det i stor grad dannes tyngre PAH-forbindelser. Hvis kilden derimot er oljesøl osv. vil PAH-profilen være dominert av lettere forbindelser. Ser vi dette mot PCA-plottet, tyder det på at prøvene fra Kongsgårdbukta/Marvika i sterkere grad enn de andre er påvirket og forbrenningsavledet PAH. I Grimstad, Lillesand og Sagesund ved Tvedestrand (TV3) kan prøvene være mere påvirket av oljerelaterte PAH-forbindelser. Prøvene fra Arendalsområdet har ingen utpreget dominans av noen av forbindelsene som kan tyde på en blandet påvirkning. Prøvene fra Farsundsområdet skiller seg ut, spesielt prøvene fra Hammaren (FA1) og Krossnes (FA6). Plasseringen i plottet kan indikere at prøvene er påvirket av en kilde hvor fenantren, antrasen, fluoranten og pyren er fremtredende komponenter.

En tilsvarende PCA-analyse ble gjort for PAH i sedimentene. Det var mindre klare trender enn for blåskjellprøvene og plottet er ikke vist.

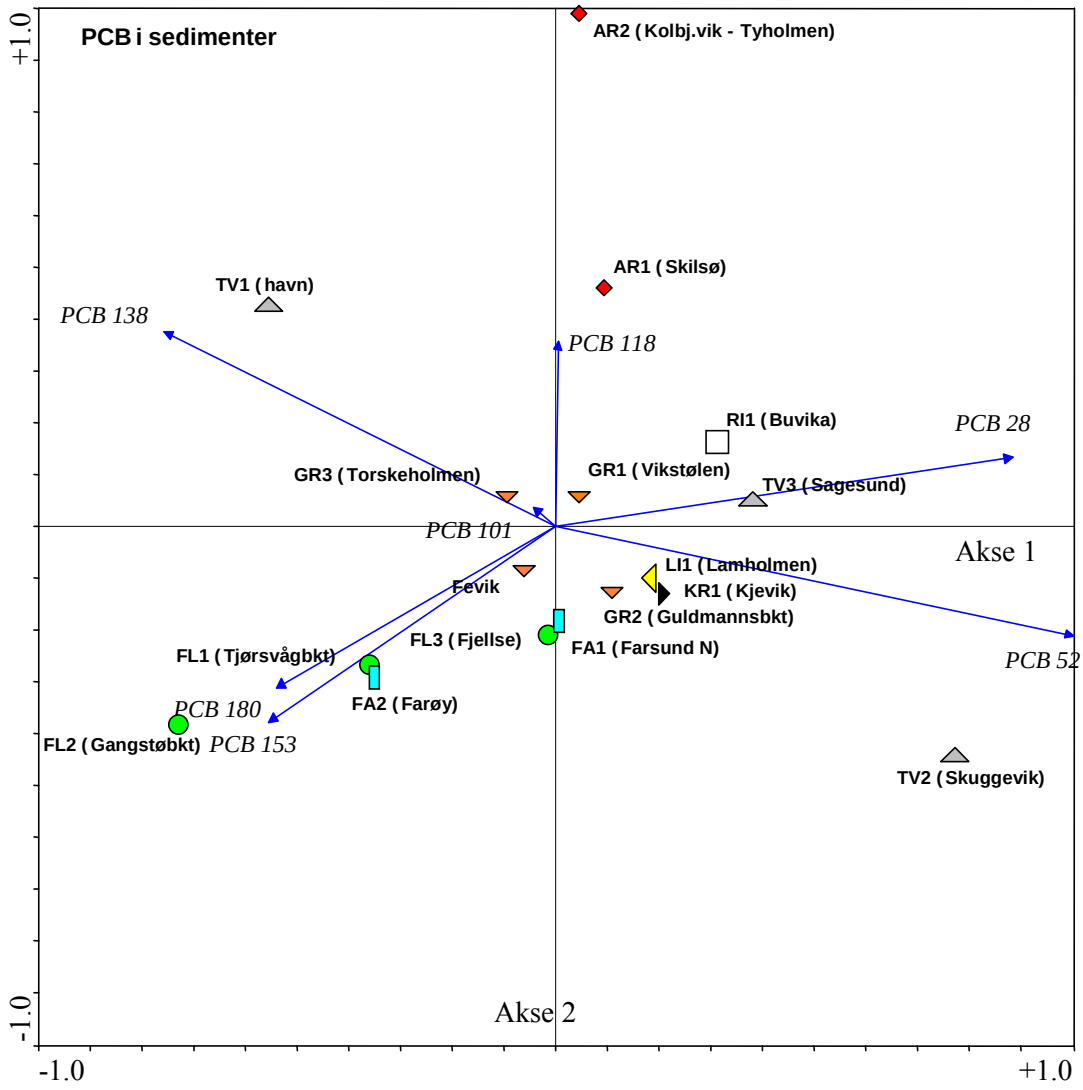



**Figur 35.** PCA-analyse av PAH-profilen (eksklusive naftalener og bifenyl) i blåskjellprøver fra havner på Agder. Piler representerer ulike PAH-forbindelser, mens punktene representerer stasjonene. Ulike symboler er benyttet for de forskjellige områdene: RI = Risør, TV = Tvedestrand, AR = Arendal, GR = Grimstad, LI = Lillesand, KR = Kristiansand, FA = Farsund, FL = Flekkefjord.

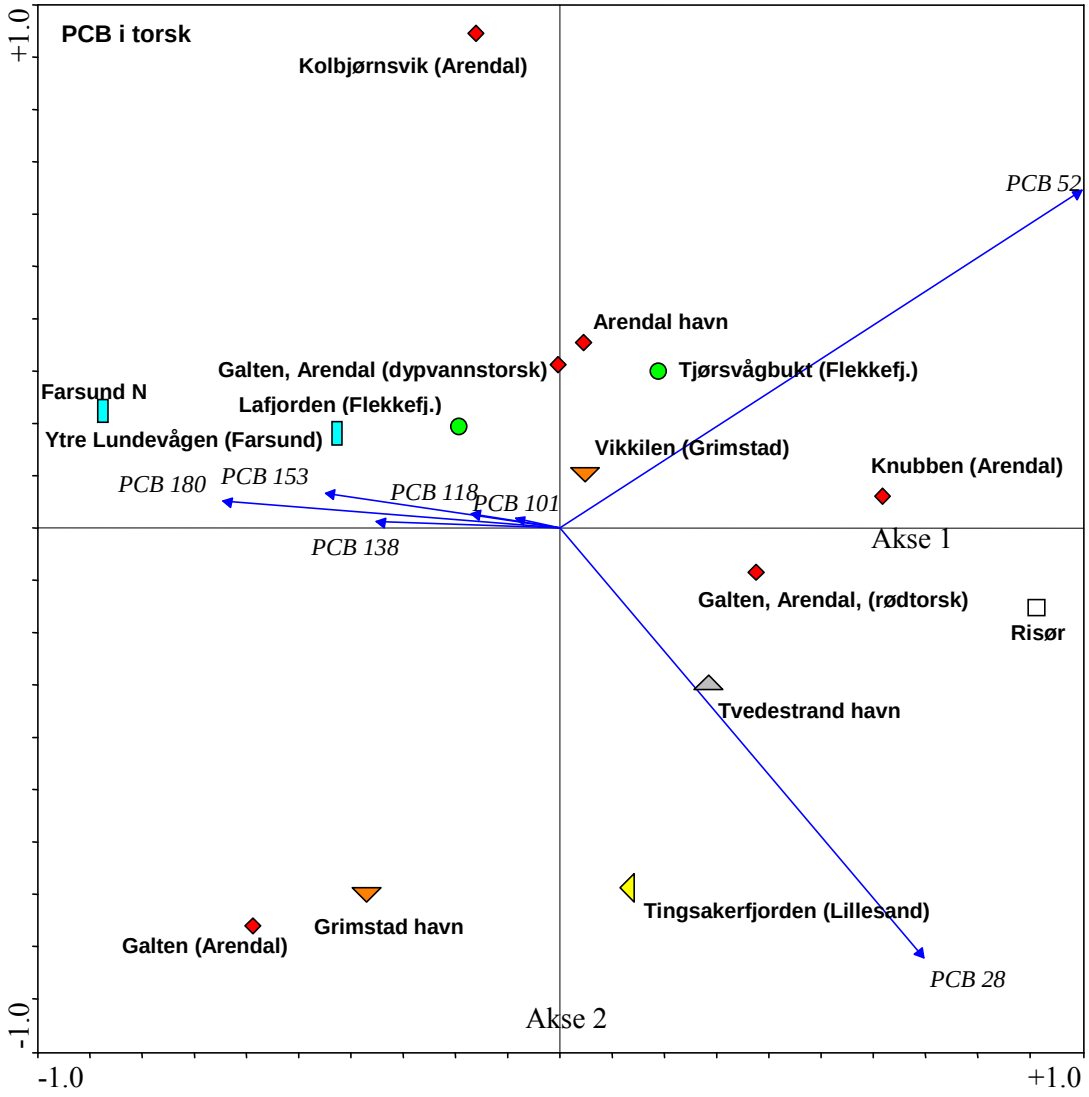
En PCA-analyse av PCB-profilen i sedimentene og i leveren av torsk er vist i **Figur 36** og **Figur 37**. Plottet over fordelingen i sedimentet viser at hovedtrenden (akse 1) skyldes at særlig prøvene fra Skuggevik og Sagesund ved Tvedestrand og tildels Buvika i Risør hadde relativt sett mere av de lavklorerte PCB-forbindelsene (PCB 28 og PCB 52) enn prøvene fra Farsund-/Flekkefjordområdet samt Tvedestrand havn (TV1). De sistnevnte prøvene hadde relativt sett mere av høyklorerte forbindelser som PCB 138, PCB 153 og PCB 180. Prøvene fra Arendal og da spesielt den som ble samlet mellom Kolbjørnsvik og Tyholmen skilte seg ut på akse 2. Sistnevnte hadde også den høyeste totalkonsentrasjonen. Det er verd å merke seg at det også var tydelig profilforskjeller i Tvedestrand hvor stasjonen i havna (TV1) hadde en annen sammensetning enn de to andre.

Mye av de samme trendene som ble observert i sedimentene ble også gjenfunnet i leverprøvene fra torsk (**Figur 37**). Fisk samlet fra Risør, Tvedestrand og Lillesand hadde tydeligvis en PCB-sammensetning med relativt mere av de lavklorerte forbindelsene enn fisk fra Farsund og Flekkefjord.

Hvis vi sammenholder informasjonen fra PCA-plottene om forskjeller i PCB-profilen i enkelte havner (f.eks. Tvedestrand og Arendal), med de betydelige forskjellene i totalkonsentrasjon i leveren av torsk fra underområder i Arendal havn, framkommer to konklusjoner. For det første tyder resultatene på forskjellige kilder til PCB-påvirkningen innenfor det enkelte havneområdet. For det andre tyder resultatene på at torsken er relativ stasjonær.




**Figur 36.** PCA-analyse av PCB-profilen i sedimentprøver fra havner på Agder. Piler representerer PCB-forbindelsene mens punktene representerer stasjonene. Ulike symboler er benyttet for de forskjellige områdene. RI = Risør, TV = Tvedestrand, AR = Arendal, GR = Grimstad, LI = Lillesand, KR = Kristiansand, FA = Farsund, FL = Flekkefjord.




**Figur 37.** PCA-analyse av PCB-profilen i prøver av torskelever fra havner på Agder. Piler representerer PCB-forbindelsene mens punktene representerer stasjonene. Ulike symboler er benyttet for de forskjellige områdene.

# 15 Mulige helsemessige effekter av konsum av fisk og skalldyr

## 15.1 Toksikologi

En ekspertkomité Joint Expert Committee on Food Additives and Contaminants (JECFA) nedsatt av FAO og WHO fastsetter tolerabelt ukentlig inntak (PTWI) for ulike miljøgifter basert på eksperimentelle resultater fra forsøksdyr og andre vitenskapelige studier. Det tolerable ukeinntaket skal en person kunne få i seg hver uke gjennom hele livet uten at det medfører helseskader. Det er langtidsvirkningene av akkumulering av miljøgiftene som er bekymringsfullt. Om inntaket av miljøgifter er større enn anbefalt i perioder antas det ikke å være forbundet med noen helserisiko bare man ellers spiser mindre.

For de miljøgiftene som JECFA har fastsatt PTWI, kan man regne seg frem til hvor mange gram som kan spises av en matvare med et målt miljøgiftinnhold før ukeinntaket overskrides. For miljøgifter hvor det ikke foreligger noen PTWI, slik som PAH og TBT, har underarbeidsgruppen for miljøgifter i SNTs vitenskapelige komité fastsatt retningslinjer for akseptabelt nivå av miljøgifter i matvarer.

### 15.1.1 Bly

Bly akkumuleres i kroppen i flere ulike vev og organer og tilstrekkelig store mengder kan gi mange ulike toksiske virkninger. De viktigste virkningene av lang tids eksponering for lave doser av bly er anemi og virkninger på nervesystemet som kan medføre irritabilitet, adferdsendringer og nedsatt læreevne, særlig hos barn og unge. PTWI er av JECFA fastsatt til 25 µg/kg kroppsvekt eller 1,5 mg bly per uke for en person på 60 kg.

### 15.1.2 Kadmium

Kadmium akkumulerer i lever og særlig nyre. Metallet akkumuleres med alderen. Størst konsentrasjoner får en i nyrebarken. Nyreskade er det mest typiske tegnet på kronisk kadmiumforgiftning. Andre effekter av kadmium er forstyrrelser i kalsiummetabolismen, fosterskader, nedsatt reproduksjonsevne og skader på arveegenskapene. I tillegg er kadmium mistenkt for å være kreftframkallende. PTWI er av JECFA beregnet til 7 µg/kg kroppsvekt eller 0,42 mg pr. uke for en person på 60 kg.

### 15.1.3 Kvikksølv

Kvikksølv i fisk og skalldyr foreligger hovedsakelig som metylkvikksølv som er mer toksisk enn uorganisk kvikksølv. Etter opptak vil kvikksølv kunne finnes i de fleste deler av kroppen. De viktigste virkningene av organisk kvikksølv er på sentralnervesystemet. De første effektene etter lang tids eksponering for små mengder metylkvikksølv vil blant annet være tretthet, anoreksi og forstyrrelser i mage og tarm. Ved større mengder vil en kunne få skjelvninger og adferdsendringer. Kvikksølv har effekter på fostre og kan medføre nedsatt læreevne og motoriske forstyrrelser hos barn. Det tolerable ukentlige inntaket for kvikksølv er av JECFA satt til 5 µg/kg kroppsvekt, hvorav høyst 3,3 µg må være organisk kvikksølv. Et tolerabelt ukentlig inntak på 3,3 µg organisk Hg/kg kroppsvekt tilsvarer for en voksen person (60 kg) om lag 200 µg organisk kvikksølv hver uke.

For kvikksølv er det fastsatt en norsk grenseverdi der det gjennomsnittlige kvikksølvinnholdet i spiselige deler av fiskeprodukter ikke skal overskride 0,5 mg/kg. For noen spesielle navngitte fiskearter skal kvikksølvinnholdet i spiselige deler ikke overstige 1,0 mg/kg. Samme grense gjelder i EU og internasjonalt.

### 15.1.4 Dioksiner

Dioksiner brukes som en fellesbetegnelse på stoffer av typene polyklorerte dibenzo-p-dioksiner og polyklorerte dibenzofuraner. Til sammen finnes det 210 forskjellige forbindelser som inngår i betegnelsen dioksiner. Av de 210 forbindelsene er det 17 som er mer toksiske og stabile enn de andre, og prøver analyseres derfor for disse. Giftigheten av disse 17 forbindelsene kan omregnes ved bruk av TEF-verdier (toksisk ekvivalensfaktorer) til toksiske ekvivalenter (TE) som er et mål på hvor mye av den giftigste dioksinforbindelsen (2,3,7,8-TCDD) som ville hatt samme virkning. TEF-verdier er oppgitt både i en Nordisk modell (Ahlborg et al., 1988) og en internasjonal modell som ble revurdert i 1998 (Van den Berg et al., 1998).

Dioksiner er fettløslige og finnes hovedsakelig i fett fra fisk og pattedyr. Dioksiner kan ha flere forskjellige virkninger i kroppen. De viktigste virkningene etter lang tids eksponering for små mengder er endringer i immunforsvaret, endringer i forplantningsevnen, utvikling av kreft og endringer i hormonbalansen. En nordisk ekspertgruppe har fastsatt et tolerabelt ukentlig inntak på 0-35 pg TE/kg kroppsvekt, eller 2100 pg TE/uke for en voksen person (60 kg) (Ahlborg et al., 1988. Oppretthold etter revurdering i 1999).

### 15.1.5 PCB (Polyklorerte bifenyler)

Det finnes 209 teoretiske PCB-forbindelser. En del av PCB-forbindelsene gir effekter som ligner på de man ser for dioksin. På samme måte som for de 17 dioksinene, omregnes mengden av dioksinliknende PCB til toksiske ekvivalenter. De toksiske ekvivalenter fra denne typen PCB-forbindelser inngår i det tolerable ukentlige inntaket for dioksiner som er nevnt over.

Andre PCB-forbindelser gir ikke virkninger som ligner på dioksin. Dette betyr likevel ikke at de ikke kan være giftige. Slike PCB-forbindelser har gitt skade på utviklingen av hjernen hos forsøksdyr. For stor eksponering for disse stoffene vil kunne medføre endret adferd og nedsatt læreevne også hos mennesker. Noen PCB-forbindelser kan ha begge virkningstypene.

### 15.1.6 PAH (polysykliske hydrokarboner - tjærestoffer)

PAH består av en rekke enkeltforbindelser, hvorav noen er påvist å være kreftfremkallende. De kreftfremkallende PAH-forbindelsene (KPAH) regnes for å være gentoksiske karsinogener. All forekomst er da i utgangspunktet uønsket. PAH er fettløslig, med mulighet for oppkonsentrasjon i blant annet blåskjell. Mange dyregrupper, inkludert fisk, har evne til å bryte ned og skille ut PAH. Det er derfor ikke noen sterk tendens til oppkonsentrasjon i næringskjeden. Benzo(a)pyren (B(a)P) har vært mye brukt som indikatorsubstans for PAH. B(a)P er kjent som en av de mest karsinogene PAH-forbindelsene. Den forekommer alltid i komplekse prøver av PAH, og det er relativt enkelt å analysere B(a)P med høy følsomhet. Undersøkelser i Norge (8 lokaliteter i området Risør - Flekkefjord) tyder på at B(a)P utgjør ca. 2 prosent av total PAH i blåskjell.

Underarbeidsgruppen for miljøgifter har foretatt en risikovurdering på bakgrunn av nye nederlandske forsøk med PAH på rotter. Med et tolerabelt risikonivå tilsvarende en livstidsrisiko på $10^{-5}$ (1 krefttilfelle per 100 000) og forutsatt et blåskjellinntak på 6,8 g/dag bør ikke B(a)P-innholdet i skjell overstige 10 µg B(a)P/kg. Siden B(a)P antas å utgjøre ca 2 % av total PAH, ble det satt en øvre «grense» på 500 µg/kg total PAH i blåskjell for når tiltak/anbefalinger bør iverksettes/vurderes.

### 15.1.7 TBT

Bis-[Tri-n-butyltin]-oksid (TBTO) spaltes raskt til di- og tri-n-butyltin$^{++}$ (som kalles TBT og DBT) etter absorpsjon i organismer. Disse forbindelsene er like toksiske. I motsetning til fisk har skjell dårlig evne til å bryte ned TBT og DBT. Dette gjør at stoffene oppkonsentreres i skjellmat, noe som kan ha betydning ved konsum av blåskjell og oskjell langs Norskekysten. Den kritiske effekten av

TBTO målt i rotter er hemming av immunsystemet. U.S Environmental Protection Agency (EPA) fastsatte i 1997 et tolerabelt daglig inntak på 0,0003 mg TBTO/kg kroppsvekt/dag.

Ved å legge inntaket hos storkonsumenter til grunn kan renset skjellmat inneholde opptil 3 mg TBTO/kg før det vil være nødvendig med kostholdsrestriksjoner.

## 15.2 Konsum av saltvannsfisk og skalldyr i Norge

De data som i dag er tilgjengelig for konsum av fisk og skalldyr kommer fra den nasjonale kostholdsundersøkelsen NORKOST som ble gjennomført i 1993/94 og 1997. I undersøkelsen som ble gjennomført 1997 besvarte 2 672 personer i alder 16 til 79 år et kvantitativt frekvensspørreskjema. Skjemaet tar sikte på å beskrive hvordan deltakernes vanlige kosthold har vært det seneste året.

I spørreskjemaet inngikk det 12 spørsmål angående konsum av fisk, hvorav ett gikk på konsum av ferskvannsfisk og tre gikk på bearbeidede fiskeprodukter (fiskekaker, fiskeboller, etc). Fiskeslagene ble gruppert sammen basert på fettinnholdet og konsum av reker og krabbe ble slått sammen i ett spørsmål.

**Tabell 36.** Konsum av fisk og skalldyr i Norge. Dataene hentet fra den nasjonale kostholdsundersøkelsen NORKOST som ble gjennomført i 1993/94 og 1997.

| **Matvare** | **Gjennomsnittlig konsum g/person/dag** | **Høyt konsum (97,5-perc.) g/person/dag** |
|---|---|---|
| | | |
| Torsk, sei, hyse | 30 | 111 |
| Laks, ørret, makrell, sild | 20 | 68 |
| Flyndre | 1 | 14 |
| Fiskelever | 2 | 7 |
| Fiskeprodukter | 15 | 47 |
| Fiskepålegg | 14 | 47 |
| Ferskvannsfisk | 1 | 9 |
| Reker, krabbe | 7 | 32 |

Resultatene viste at det ble spist i gjennomsnitt 60 g fisk/dag, mens høyt konsum (97,5-percentilen) lå på 184 g fisk/dag. Det ble i gjennomsnitt spist ca 20 g fet fisk/dag, mens høyt konsum av fet fisk var 68 g/dag. Tallene baserer seg kun på de som oppga å konsumere de aktuelle matvarene.

Kun et lite antall deltakere opplyste at de spiste fiskelever. Gjennomsnittlig og høyt konsum lå på 2 g/dag respektive 7 g/dag.

Det foreligger ingen tall for konsum av skjell i NORDKOST. For å kunne utføre risikovurderinger har miljøgiftgruppa til SNT på basis av produksjonstall for skjell og estimert import av skjell i Norge, beregnet konsum av skjell hos antatt storkonsumenter til å være 6,8 g skjell/dag.

Da konsum av visse fiskeslag og skalldyr sannsynlighet er ujevnt fordelt i befolkningen, er det usikkert om storkonsumenter av disse matvarene er fanget opp i det utvalget som inngikk i NORKOST. Spesielt stor usikkerhet er knyttet til dataene for konsum av fiskelever, reker og krabbe.

SNT gjennomfører derfor i samarbeid med Folkehelsa, en kostholdsundersøkelse for å kartlegge hvor mye befolkningen spiser av matvarer som kan ha betydning for inntak av bestemte typer miljøgifter (Hg, Cd, dioksiner og PCB). Detaljerte spørsmål om bl a konsum av fisk og skalldyr er inkludert i undersøkelsen. For å fange opp høykonsumenter av slike såkalte risikomatvarer består utvalget av 10 000 personer. Dessuten vil en spesiell kostholdsundersøkelse bli foretatt i deler av landet hvor man på forhånd vet at det er vanlig å spise slike matvarer, f eks i de kystkommuner som har et høyt fiske- og skalldyrforbruk.

## 15.3 Risikovurdering av fisk og skalldyr

Inntaket av miljøgifter bør være så lavt som mulig. Der det finnes data på hvor mye befolkningen får i seg av en miljøgift i et gjennomsnittlig kosthold, et såkalt bakgrunnsnivå, blir disse verdiene trukket fra PTWI før man beregner maksimalt tolerabelt inntak fra den aktuelle analyserte matvaren. For dioksiner og PCB er dette bakgrunnsnivået beregnet til å være ca halvparten av PTWI (Becher m.fl. 1997). For andre miljøgifter har vi ikke slike inntaksberegninger. Også i slike tilfeller må det tas hensyn til at det allerede finnes et bakgrunnsnivå slik at ikke hele PTWI fylles opp av f.eks. et fiskemåltid.

Det er stort sett den høyeste målte verdien fra hver havn som er brukt for å vurdere konsum av de ulike organismene. I tillegg omtales kun de indikatorartene/organene som kan være aktuelle for kostholdsråd for hver enkelt miljøgift.

### 15.3.1 Risør

**Torskefilet**
Torsk fra Risør havn hadde et **kvikksølv**innhold på 0,05 mg/kg. For å overskride PTWI må en person spise 4 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
Det er ikke målt planare **PCB**-kongener i torskelever fra Risør havn. Det målte nivået av $PCB_7$ tilsvarer funn i fisk fra steder uten kjente kilder til forurensning.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Risør havn hadde et **kadmium**innhold på 1,4 mg/kg våtvekt. Dette nivået tilsvarer det som er funnet i krabber andre steder langs norskekysten.

### 15.3.2 Tvedestrand

**Torskefilet**
Torsk fra Risør havn hadde et **kvikksølv**innhold på 0,16 mg/kg. For å overskride PTWI må en person spise 1,25 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
For dioksinliknende **PCB** ble det målt 253 pg TE/g lever i fisk fra Tvedestrand havn. Ved å spise 8,3 g fiskelever per uke vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI. For dioksiner og dioksinliknende PCB får befolkningen i seg rundt halvparten av PTWI i et gjennomsnittlig kosthold. Konsum av rundt 4 g fiskelever per uke fanget i Tvedestrand havn vil derfor kunne føre til overskridelser av PTWI.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Tvedestrand havn hadde et **kadmium**innhold på 1,03 mg/kg våtvekt. Dette nivået tilsvarer det som er funnet i krabber andre steder langs norskekysten.

### 15.3.3 Arendal

**Torskefilet**
Torsk fra Arendal havn hadde et **kvikksølv**innhold på 0,07 mg/kg, mens torsk fra Galten og Knubben hadde et kvikksølvinnhold på 0,12 mg/kg. For å overskride PTWI må en person spise henholdsvis 2,9 kg og 1,7 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
For dioksinliknende **PCB** ble det målt 164 pg TE/g lever i fisk fra Arendal havn, 228 pg TE/g ved Knubben og 610 pg TE/g ved Kolbjørnsvik. Ved å spise henholdsvis 12,8 g, 9,2 g og 3,4 g fiskelever per uke fra de ulike prøvestasjonen vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI. For dioksiner og dioksinliknende PCB får befolkningen i seg rundt halvparten av PTWI i et gjennomsnittlig kosthold. Konsum av mellom 1,7 og 6,4 g fiskelever per uke fanget i havneområdet i Arendal vil derfor kunne føre til overskridelser av PTWI.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Arendal havn hadde et **kadmium**innhold på 1,1 mg/kg våtvekt. Dette nivået tilsvarer det som er funnet i krabber andre steder langs norskekysten.

I en krabbeprøve fra Arendal havn er det målt et innhold av **dioksinliknende PCB** på 12,6 pg TE/g. Prøvene er ikke målt for innhold av dioksiner som kan bidra betydelig til giftigheten målt som toksiske ekvivalenter (TE) i krabbeinnmat. Ved å spise 166 g krabbeinnmat (gjelder ikke klør) per uke vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI.

### 15.3.4 Grimstad

**Torskefilet**
Torsk fra Grimstad havn og Vikkilen hadde et **kvikksølv**innhold på 0,06 mg/kg. For å overskride PTWI må en voksen person spise 3,3 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
For dioksinliknende **PCB** ble det målt 67 pg TE/g lever i fisk fra Grimstad havn og 71 pg TE/g lever i Vikkilen. Ved å spise henholdsvis 31,3 g og 29,6 g fiskelever per uke fra disse områdene vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI. Ved å ta hensyn til bakgrunnsbelastningen i et gjennomsnittlig kosthold vil TWI overskrides med et konsum på ca 15 g torskelever. I kostholdsundersøkelse (Nordkost) er det beregnet at høykonsumenter spiser ca 7 g fiskelever i uken.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Grimstad havn og Vikkilen hadde et **kadmium**innhold på 0,8 –0,9 mg/kg våtvekt. Dette nivået tilsvarer det som er funnet i krabber andre steder langs norskekysten.
I en krabbeprøve fra Grimstad havn er det målt et innhold av **dioksinliknende PCB** på 14,8 pg TE/g. Prøvene er ikke målt for innhold av dioksiner som kan bidra betydelig til giftigheten målt som toksiske ekvivalenter (TE) i krabbeinnmat. Ved å spise 142 g krabbeinnmat (gjelder ikke klør) per uke vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI.

### 15.3.5 Lillesand

**Torskefilet**
Torsk fra Risør havn hadde et **kvikksølv**innhold på 0,03 mg/kg. For å overskride PTWI må en person spise 6,7 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
Det er ikke målt planare **PCB**-kongener i torskelever fra Risør havn. Det målte nivået av $PCB_7$ tilsvarer funn i fisk fra steder uten kjente kilder til forurensning.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Lillesand havn hadde et lavt **kadmium**innhold.

### 15.3.6 Topdalsfjorden, Kristiansand

**Torskefilet**
Torsk fra Marvika hadde et **kvikksølv**innhold på 0,06 mg/kg. For å overskride PTWI må en voksen person spise 3,3 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
For dioksinliknende **PCB** ble det målt 290 pg TE/g lever i fisk fra Marvika. Ved å spise 7,2 g fiskelever per uke fra disse områdene vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI. Ved å ta hensyn til bakgrunnsbelastningen i et gjennomsnittlig kosthold vil TWI overskrides med et konsum på 3,6 g torskelever.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

### 15.3.7 Farsund

**Torskefilet**
Torsk fra Farsund N og fra Ytre Lundevågen hadde et **kvikksølv**innhold på henholdsvis 0,09 og 0,16 mg/kg. For å overskride PTWI må en voksen person spise mellom 2,2 og 1,25 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
For dioksinliknende **PCB** ble det målt 183 pg TE/g lever i fisk fra Farsund N og 169 pg TE/g lever fra Y. Lundevågen. Ved å spise henholdsvis 11,5 g og 12,4 g fiskelever per uke fra disse områdene vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI. Ved å ta hensyn til bakgrunnsbelastningen i et gjennomsnittlig kosthold vil TWI overskrides med et konsum på mellom 5,7 og 6,2 g torskelever fra disse områdene. I kostholdsundersøkelse (NORDKOST) er det beregnet at høykonsumenter spiser ca 7 g fiskelever i uken.

**Blåskjell**
Flere av de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **Benzo(a)pyren** over 10 µg/kg skjellmat og sum PAH over 500 µg/kg skjellmat. Det er noe variasjon mellom de ulike prøvepunktene og de høyeste funnene er inne ved Hammaren og ved Krossnessundet. Noen av prøvestasjonen har nivåer under anbefalte maksimumsverdier, men totalt sett kan det synes som at sjøområdet rundt Farsund er forurenset med PAH.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Farsund N, Y. Lundevågen og I. Lundevågen hadde et lavt **kadmium**innhold.
I krabbeprøvene fra Farsund N, Y. Lundevågen og I. Lundevågen ble det målt et innhold av **dioksinliknende PCB** på henholdsvis 9,6, 14 og 18,3 pg TE/g. Prøvene er ikke målt for innhold av dioksiner som kan bidra betydelig til giftigheten målt som toksiske ekvivalenter (TE) i krabbeinnmat. Ved å spise mellom 114-219 g krabbeinnmat (gjelder ikke klør) per uke vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI.

### 15.3.8 Flekkefjord

**Torskefilet**
Torsk fra Tjørsvåg og Lafjord hadde et **kvikksølv**innhold på henholdsvis 0,19 og 0,08 mg/kg. For å overskride PTWI må en voksen person spise mellom 1 og 2,5 kg torsk per uke.

**Fiskelever**
For dioksinliknende **PCB** ble det målt 169 pg TE/g lever i fisk fra Tjørsvåg og 132 pg TE/g lever fra Lafjord. Ved å spise henholdsvis 12,4 g og 16 g fiskelever per uke fra disse områdene vil en voksen person på 60 kg fylle hele PTWI. Ved å ta hensyn til bakgrunnsbelastningen i et gjennomsnittlig kosthold vil TWI overskrides med et konsum på mellom 6,2 og 8 g torskelever. I kostholdsundersøkelse (NORDKOST) er det beregnet at høykonsumenter spiser ca 7 g fiskelever i uken.

**Blåskjell**
Alle de analyserte blåskjellprøvene hadde sum **PAH** under 500 µg/kg skjell.
Verdiene for **TBT** i blåskjell lå under 3 mg TBTO/kg skjell.
De målte verdiene for **kvikksølv, kadmium** og **bly** er lave og utgjør ikke noe helsemessig problem.

**Krabbe**
Skallinnmaten i krabbe fra Tjørsvåg og Lafjorden hadde et lavt **kadmium**innhold.

## 15.4 Konklusjon/Kostholdsråd

Resultatene fra undersøkelsen har vært vurdert av SNTs rådgivere for miljøgifter. På bakgrunn av deres vurderinger gir SNT følgende anbefalinger vedrørende konsum av fisk og skalldyr fra de aktuelle fjordene:

**Tvedestrand:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Tvedestrandsfjorden på innsiden av Sagesund frarådes.*

**Arendal:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Arendal havneområde avgrenset av Strømbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund frarådes.*

**Topdalsfjorden, Kristiansand:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Marvika frarådes. Tidligere kostholdsråd gitt for fiskelever i Kristiansandsfjorden gjelder fortsatt. (Konsum av fiskelever fanget innenfor Dvergsøya – Flekkerøy frarådes).*

**Farsund:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Framvaren, Åptafjorden, Lyngdalsfjorden, Lundevågen og Byfjorden frarådes. Området avgrenses i sørøst av en linje mellom odden øst for Skjoldnes og odden sydvest for Havik i Spind.*

**Skjellmat**: *Konsum av skjell fanget innenfor samme område som fiskelever frarådes.*

**Flekkefjord:**
**Fiskelever:** *Konsum av lever fra fisk fanget i Flekkefjord avgrenset i Straumsundet og Pollsundet ved Kjeøya og Torsøya frarådes.*

*Forkortelser:*
*TE: Toksiske ekvivalenter*
*TEF-verdier: Toksisk ekvivalents faktorer*
*FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations*
*WHO: World Health Organization*
*JECFA: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminants*
*PTWI: Tolerabelt ukentlig inntak (Provisional Tolerable Weekly Intake)*
*NORKOST: Landsomfattende kostholdsundersøkelse*

# 16 Litteraturliste

Ahlborg,U.G., H. Håkansson, F. Wærn, A. Hanberg, 1988. «Nordisk dioxinrisk bedömning», Nordisk Ministerråd. *Rapport Nord 1988:49.*

Ahlborg, U. G., A. Hanberg og K. Kenne, 1992. Risk assessment of polychorinated biphenyls (PCBs). Nordisk Ministerråd, København. *Rapport Nord 1992:26.*

Atuma, S., C.-E. Linder, A. Bergh, A. Wicklund-Glynn, Ö. Andersson and H. Johnsen, 1996. Levels of selected coplanar PCBs in fish from the Swedish water environment. Dioxin '96 - Proceedings of the 16th international symposium on chlorinated dioxins, PCbs and related compounds, Amsterdam, 28: 187-190.

Atuma, S., A. Bergh, L. Hansson, A. Wicklund-Glynn and H. Johnsen, 1998. Non-ortho PCB levels in various fish species from Easst and West coast of Sweden. *Chemosphere, 37: 2451-2457.*

Bakke, T., K.Næs, F. Moy, B. Rygg, J. Hårvardstun og L. Tveiten, 2000. Kartlegging av sjøsedimentene ved Marvika marinebase. *NIVA rapport l.nr. 4260, 50 s.*

Barland, K., H. Berg og G. S. Eriksen, 1996. Tungmetaller i skalldyr. Statens næringsmiddeltilsyn, Oslo. *SNT-rapport 9, 1996. 24 s. + vedlegg.*

Becher, G., J. U. Skaare, G. S. Eriksen og K. Lund-Larsen, 1997. Dioksiner og dioksinlignende PCB i næringsmidler i Norge. *Statens Næringsmiddeltilsyn, Oslo. SNT-rapport 9, 1997. 36 s. + vedlegg.*

Berg, V., G. S. Eriksen og P. E. Iversen, 1997. Forslag til strategi for kartlegging av miljøgifter i marine organismer i norske havner og fjorder. *Statens Næringsmiddeltilsyn, Oslo. SNT-rapport 10, 1997, 25 s.*

Boman, E. og P.B. Wikander 1983. Overvåkning av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 2. Dypvann og sedimenter i perioden juni 1981 - november 1982. *NIVA rapport l.nr. 1529, 29 s.*

Cripps, S.J., R.K. Bechmann og A. Myhrvold 1997. Miljøundersøkelse ved utfylling i Lundevågen, Farsund. *Rogalandsforskning RF-97/225, 47 s.*

Dahl, F.E. og D.S. Danielsen 1986. Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-79. *Flødevigen Meldinger nr. 5-1986, 68 s.*

Green, N. 1997. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National Comments to the Norwegian Data for 1996. *SFT overvåkingsrapport nr. 716/97. NIVA rapport l.nr. 3730, 129 s.*

Green, N. W. og G. Severinsen, 1999. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). Contaminants in fish 1993-1997. Norwegian biota data. *SFT overvåkingsrapport 776/99. NIVA rapport l.nr. 4084, 393 s.*

Green, N. W., B. Bjerkeng, A. Helland, K. Hylland, J. Knutzen og M. Walday, 2000. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National comments regarding the Norwegian data for 1998 and supplementary investigations on cod (1996) and sediments (1996-1997*). SFT overvåkingsrapport nr. 788/00. NIVA rapport l.nr. 4171, 206 s.*

Helland, A. 1993. Nitriden-industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. *NIVA rapport l.nr. 2846. 73 s.*

Helland, A., T. Bakke, T. Jacobsen og J. Magnusson 1995. Nitriden. Utvidete undersøkelser av den marine resipient. Heggedalsbukta, Buesund og Tromøysund. *NIVA rapport l.nr. 3315. 44 s + vedl.*

Jacobsen, T. og K. Næs 1992. Forprosjekt: Forurensning og miljøstatus i Søndeledfjorden. *Notat. NIVA Sørlandsavdelingen*.

Jacobsen, T., E. Oug og J. Magnusson 1996a. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal 1992-1994. *NIVA rapport l.nr. 3378, 100 s.*

Jacobsen, T., L.G. Golmen, K. Nygaard og F. Moy 1996b. Resipientundersøkelse i fjordene ved Flekkefjord 1994 - 1995. Hydrografi, strandsoneundersøkelse, krom i blåskjell. *NIVA rapport l.nr. 3456. 53 s.*

Knutzen, J. 1995. Summary report on levels of polychlorinated dibenzofuranes/dibenxo-p- dioxins and non-ortho polychlorinated biphenyls in marine organisms and sediments in Norway. *SFT overvåkingsrapportnr. 618/95. NIVA rapport l.nr. 3317, 19 s.*

Knutzen, J. og N. W. Green, 1995. "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk, blåskjell og reker. Data fra utvalgte norske prøvesteder innen den felles overvåking under Oslo-Paris-kommisjonene (Joint Monitoring Programme – JMP) 1990-1993. *SFT overvåkingsrapprt nr. 594/95. NIVA rapport l.nr. 3302, 106 s.*

Knutzen, J. og K. Martinsen 1986. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i fisk og andre organismer fra Kristiansandsfjorden 1986. *SFT overvåkingsrapport nr. 262/86. NIVA rapport l.nr. 1940, 62 s.*

Knutzen, J., B. Enger og K. Martinsen 1986. Basisundersøkelse i Kristiansandsfjorden. Delrapport 4. Miljøgifter i fisk og andre organismer 1982-1984. *SFT overvåkningsrapport nr. 220/86. NIVA rapport l.nr. 1848, 115 s.*

Knutzen, J., L. Berglind og E. Brevik 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Klororganiske stoffer og tributyltinn (TBT) i blåskjell 1993-1994. *SFT overvåkingsrapport nr.610/95. NIVA rapport l.nr. 3296, 79 s.*

Knutzen, J., K. Næs, L. Berglind, A. Biseth, E. Brevik, N. Følsvik og M. Schlabach 1998. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden. *SFT overvåkningsrapport nr. 729/98. NIVA rapport l.nr. 3833, 181 s.*

Knutzen, J., E. M. Brevik, N. Følsvik og M. Schlabach, 1999a. Overvåking i indre Oslofjord. Miljøgifter i fisk og blåskjell 1997-1998. *SFT overvåkingsrapport nr. 784/99. NIVA rapport l.nr.4126, 89 s.*

Knutzen, J. (red.), E. Fjeld, K. Hylland, B. Killie, L. Kleivane, E. Lie, T. Nygård, T. Savinova, J. U. Skåre og K. J. Aanes, 1999b. Miljøgifter og radioaktivitet norsk fauna – inkludert Arktis og Antarktis. *Utredning for DN Nr. 1999-5, 235 s.*

Knutzen, J., G. Becher, L. Berglind, E. M. Brevik, M. Schlabach og J. U. Skåre, 1999c. Organiske miljøgifter i taskekrabbe (*Cancer pagurus*) fra norske referanselokaliteter. Undersøkelse av polyklorerte dibenzofuraner/dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD), andre persistent klororganiske stoffer og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). *SFT overvåkingsrapport nr. 773/99. NIVA rapport l.nr. 4068, 110 s.*

Knutzen, J., G. Becher, Aa. Biseth, B. Bjerkeng, E. M. Brevik, N. W. Green, M. Schlabach og J. U. Skåre, 1999d. Overvåking av miljøgifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 1997. *SFT overvåkingsrapport nr. 772/99. NIVA rapport l.nr. 4065, 195 s.*

Konieczny, R.M. 1996. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Fase 3: Miljøgifter i sedimenter på strekningen Ramsund-Kirkenes. *SFT overvåkingsrapport nr. 608/95. NIVA rapport l.nr. 34231, 117 s.*

Konieczny, R.M. og A. Juliussen 1995. Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder. Fase I. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. *SFT overvåkingsrapport nr. 587/94. NIVA rapport l.nr. 3275, 185 s.*

Kroglund,T., E. Dahl og E. Oug 1998a. Miljøtilstanden i Risørs kystområder før igangsetting av nytt renseanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna. *NIVA rapport l.nr. 3908, 58 s.*

Kroglund,T., E. Dahl og E. Oug 1998b. Miljøtilstanden i Tvedestrands kystområder før igangsetting av nytt biologisk renseanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna. *NIVA rapport l.nr. 3907, 57 s.*

Magnusson, J., K. Næs og K. Tangen 1988. Resipientundersøkelser av fjordområdet ved Flekkefjord 1986/87. Vannkvalitet, planteplankton, krom i sedimenter og blåskjell. *NIVA rapport l.nr. 2071, 102 s.*

Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfavann. *SFT's veiledning 97:03. TA nr.1467/1997. 36 s.*

Myhrvold, A. 1996. Miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund. Tilleggsrapport. *Rogalandsforskning RF96/287 15s + vedlegg.*

Natur og Miljø nr. 1. 1998. PCB i Norge.

NGU 1990a. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Aust-Agder fylke. *NGU rapport nr. 90.123, 156 s.*

NGU 1990b. Kartlegging av spesialavtall i deponier og forurenset grunn i Vest-Agder fylke. *NGU rapport nr. 90.124, 148 s.*

Nortvedt, R. 1999a. Infometri i Akvakultur. Del 1: Latent informasjon. *Norsk Fiskeoppdrett 4:38-39.*

Nortvedt, R. 1999b. Infometri i Akvakultur. Del II. Den latente variabel. *Norsk Fiskeoppdrett 5:30-32.*

Næs, K. 1985. Sedimentundersøkelser i Kranfjorden/Nordfjorden. *NIVA Sørlandsavdelingen. Notat, 7s.*

Næs, K., E. Oug, J. Knutzen og F. Moy 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. *NIVA rapport l.nr. 2645, 104 s.*

Næs, K. and E. Oug 1997. Multivariate Approach to Distribution Patterns and Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments from Smelter-Affected Norwegian Fjords and Coastal Waters. *Environ. Sci. Technol. 31(5):1254-1258.*

Næs, K., E. Oug and J. Knutzen 1998. Source and species-dependent accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH's) in littoral indicator organisms from Norwegian smelter-affected marine waters. *Mar. Environ. Res. 45(2):193-207.*

Schulze, P.-E., M. L. Wiborg, R. Konieczny og Ø. Østberg, 1999. Den store giftjakta 1998. PCB forbudt, men fortsatt en del av livet kysten Kristiansund – Oslo – Fredrikstad. *Norges Naturvernforbund, Rapport, juni 1999. Oslo, 45 s.*

Skei, J., D.H. Loring and R.T.T. Rantala, 1988. Partitioning and enrichment of trace metals in a sediment core from Framvaren, South Norway. *Mar. Chem., 23: 269-281.*

Van den Berg, M.L. Birnbaum, A.T.C. Bosveld, B. Brunström, P. Cook, M. Feeley, J.P. Giesy, A. Hanberg, R. Hasegawa, S.W. Kennedy, T. Kubiak, J.C. Larsen, F.X. Rolaf fan Leeuwen, A.K. Djien Liem, C. Nolt, R.E. Peterson, L. Poellinger, S. Safe, D. Schrenk, D. Tillitt, M. Tysklind, M. Younes, F. Wærn, and T. Zacharewsski 1998. «Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife». *Environ. Hlth Perspect., Vol. 106, nr 12*, December 1998.

Walday, M., J.A. Berge og N. Følsvik 1997. Imposex og nivåer av organotinn hos populasjoner av purpursnegl (*Nucella lapillus)* i Norge. *SFT overvåkingsrapport nr 694/97. NIVA rapport l.nr. 3665, 28 s.*

# Vedlegg A. Oversikt over innsamlingssteder og analysevariable for hver havn

**Risør**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Kranfjorden | PAH |
| St. 2 Buvika | PAH |
| St. 3 Risør Hotel | PAH, PCB, TBT, Pb, Cd |
| Torsk: | |
| Risør havn | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| Krabbe: | |
| Risør havn | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sediment: | |
| St.1: Buvika | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |

**Tvedestrand**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Golar | PAH |
| St. 2 Sentrum | PAH, TBT, Pb, Cd |
| St. 3 Furøy/Hestøy | PAH |
| Torsk: | |
| Tvedestrand havn | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| Krabbe: | |
| Tvedestrand havn | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sediment | |
| St.1 Sentrum | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.2 Skuggevik | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.3 Sagesund | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |

**Arendal**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Sandstø, KK.Lien | PAH |
| St. 2 Seikilen | PAH |
| St. 3 Skilsø | PAH |
| St. 4 Tyholmen | PAH, Pb, Cd |

| | |
|---|---|
| St. 5 Kulltangen, Hisøy | PAH |
| Torsk: | |
| Arendal havn | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| Krabbe: | |
| Arendal havn | PAH, PCB, Hg, Pb, Cd |
| Ål: | |
| Arendal havn | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sjøørret: | |
| Arendal havn | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sediment: | |
| St.1 Skilsø | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.2 Kulltangen-Tyholmen | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |

Oversikt over spesialfangst av torsk innenfor området "Arendal havn" (Jomfruholmen –Skilsø –Barbubukt – Terneholmen)

| **Stasjon** | **Organisme** | **Analysevariable** |
|---|---|---|
| Arendal havn (hele området) | Torsk (fjordtorsk) | PCB, Cd, Pb, Hg |
| Knubben | Torsk (fjordtorsk) | PCB, Cd, Pb, Hg |
| Kolbjørnsvik | Torsk (fjordtorsk) | PCB, Cd, Pb, Hg |
| Galten | Fjordtorsk, kysttorsk | PCB, Cd, Pb, Hg |
| Galtesund | Dypvannstorsk | PCB, Cd, Pb, Hg |

**Grimstad**

| **Organisme/stasjon** | **Analysevariable** |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Indre Vikkilen | PAH |
| St. 2 Vikstølen | PAH |
| St. 3 Rønnes | PAH, Pb, Cd |
| St. 4 Indre Maløy | PAH |
| St. 5 Holvika | PAH |
| Torsk: | |
| A. Vikkilen | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| B. Grimstad havn | |
| Krabbe: | |
| A. Vikkilen | PCB, Hg, Pb, Cd |
| B. Grimstad havn | |
| Sediment: | |
| St.1 Indre Vikkilen | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.2 Guldmannsbukta | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.3 Torskeholmen | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.4 Fevik | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |

**Lillesand**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Tingsaker | PAH, Pb, Cd |
| St. 2 Lillesand havn | PAH |
| St. 3 Skauerøy N | PAH |
| Torsk: | |
| Lillesand havn | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| Krabbe: | |
| Lillesand havn | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sediment: | |
| St.1 Lamholmen | PAH, PCB, Hg, Pb, Cu, Cd |

**Topdalsfjorden**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Kongsgårdbukta | PAH, Pb, Cd |
| St. 2 Torsvika | PAH, Pb, Cd |
| St. 3 Marvika | PAH, Pb, Cd |
| Torsk: | |
| Torsvika-Kongsgårdbukta | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| Krabbe: | |
| Torsvika-Kongsgårdbukta | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sediment: | |
| Kjevik | PAH, PCB, Hg, Pb, Cu, Cd |

**Farsund**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St. 1 Hammaren, Lundevågen | PAH |
| St. 2 Lundevågen kai | PAH |
| St. 3 Elkem kai, Lundevågen | PAH |
| St. 4 Skjoldnes | PAH |
| St. 5 Farsund havn: Engøy Vest | PAH, Pb, Cd |
| St. 6 Lyngdalsfjorden: Krossnes | PAH |
| St. 7 Framvaren: Straumsund | PAH |
| St. 8 Framvaren: Frestadbukta | PAH, Pb, Cd |
| Torsk: | |
| St. 1 Farsund N | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| St. 2 Ytre Lundevågen | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| Krabbe: | |
| St. 1 Farsund N | PCB, Hg, Pb, Cd |
| St. 2 Ytre Lundevågen | PCB, Hg, Pb, Cd |
| St. 3 Indre Lundevågen | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Ål: | |
| Innenfor bybro | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sjøørret: | |
| Innenfor bybro | PCB, Hg, Pb, Cd |
| Sediment: | |
| St.1 Farsund N | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.2 Farsund kai | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |

**Flekkefjord**

| Organisme/stasjon | Analysevariable |
|---|---|
| Blåskjell: | |
| St.1 Fjellse | PAH |
| St.2 Gangstøbukta | PAH |
| St.3 Tjørsvåg | PAH, Pb, Cd |
| Torsk: | |
| A. Tjørsvåg | PCB, Hg, Pb, Cd, PAH-metabolitter |
| B. Lafjorden | |
| Krabbe: | |
| A. Tjørsvåg | PAH, PCB, Hg, Pb, Cd |
| B. Lafjorden | |
| Sediment: | |
| St.1 Tjørsvåg | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.2 Gangstøbukta | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |
| St.3 Fjellse | PAH, PCB, TBT, Hg, Pb, Cu, Cd |

# Vedlegg B. Sedimentstasjoner

Oversikt over sedimentstasjoner.

| Område | | Posisjon | Vanndyp | Kommentar |
|---|---|---|---|---|
| Risør | Stasjon 1 | 58 43,616 N<br>09 14,706 Ø | 42 | Grått mudder |
| Tvedestrand | Stasjon 1 | 58 37,060 N<br>08 56,410 Ø | 25 | Sort, anoksisk mudder. Skallrester. Ikke lukt av sulfid |
| | Stasjon 2 | 58 36,358 N<br>08 36,358 Ø | 40 | Mørkt grått mudder. Ikke lukt av sulfid |
| | Stasjon 3 | 58 36,132 N<br>08 58,176 Ø | 37 | Mørkt grått, oksisk mudder. Børstemark |
| Arendal | Stasjon 1 | 58 27,580 N<br>08 46,695 Ø | 30 | Grått, oksisk mudder |
| | Stasjon 2 | 58 27,393 N<br>08 46,148 Ø | 30 | Som st.1 |
| Grimstad | Stasjon 1 | 58 21,539 N<br>08 36,926 Ø | 18 | Grått, oksisk mudder |
| | Stasjon 2 | 58 19,968N<br>08 35,711Ø | 30 | Brungrå, oksisk silt |
| | Stasjon 3 | 58 20,271N<br>08 35,752Ø | 28 | Brungrå, oksisk mudder |
| | Stasjon 4 | 58 22,425N<br>08 40,585Ø | 9 | Brungrå, oksisk silt |
| Lillesand | Stasjon 1 | 58 14,785 N<br>08 23,370 Ø | 45 | Lys, grå leire |
| Kjevik | Stasjon 1 | 58 12,356 N<br>08 03,879 Ø | 25 | Lys, siltig leire |
| Farsund | Stasjon 1 | 58 05,877 N<br>06 48,005 Ø | 40 | Mørk grå, sandig silt |
| | Stasjon 2 | 58 05,660 N<br>06 48,421 Ø | 9 | Mørk silt. Ikke lukt av sulfid |
| Flekkefjord | Stasjon 1 | 58 17,536 N<br>06 39,392 Ø | 25 | Sort, anoksisk mudder. Lukt av sulfid |
| | Stasjon 2 | 58 16,966 N<br>06 39,311 Ø | 40 | Gulbrunt mudder. Ikke lukt av sulfid. Børstemark. |
| | Stasjon 3 | 58 16,166 N<br>06 38,847 Ø | 45 | Gulbrun, sandig silt |

# Vedlegg C. Analysemetoder

| NIVA-metode nr. | Analysevariabel: | Måleenhet: | Labdatakode: |
|---|---|---|---|
| **H 2-1** | **Polyaromatiske hydrokarboner** | µg/l, µg/kg | **PAH** |

**Tittel:**

Gasskromatografisk bestemmelse av polyaromatiske hydrokarboner i sedimenter, vann og biologisk materiale, generell del.

**Anvendelsesområde:**

Metoden benyttes for bestemmelse av polyaromatiske hydrokarboner i sedimenter og slam, renvann og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø.

**Prinsipp:**

Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organisk løsemiddel. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med masseselektiv detektor (GC/MSD). De polyaromatiske hydorkarbonene identifiseres med GC/MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standarder.

**Instrument(er):**

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.

**Måleusikkerhet:**

Se NIVA-dokument nr. Y - 3.

**Referanser:**

Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.

| NIVA-metode nr. | Analysevariabel: | Måleenhet: | Labdatakode: |
|---|---|---|---|
| **H 3-1** | **Polyklorerte bifenyler** | µg/l, µg/kg | **PCB** |

**Tittel:**

Gasskromatografisk bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter, vann og biologisk materiale, generell del.

**Anvendelsesområde:**

Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam, renvann (ferskvann og sjøvann) og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).

**Prinsipp:**

Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.

**Instrument(er):**

Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangingsdetektor (ECD).

**Måleusikkerhet:**

Se NIVA-dokument nr. Y – 3.

**Referanser:**

Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere **21**, 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. **19**, 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. **15**, 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem **72**, 593 - 602, (1989).

| NIVA-metode nr. | Analysevariabel: | Måleenhet: | Labdatakode: |
|---|---|---|---|
| **H 14-1 *** | **Tinnorganiske forbind.** | ng/g (tørrvekt) | **SnOrg-Sm** |

**Tittel:**

Opparbeidelse og analyse av tinnorganiske forbindelser i sedimenter.

**Anvendelsesområde:**

Metoden benyttes til bestemmelse av tinnorganiske forbindelser i sedimenter, de forbindelsene som bestemmes rutinemessig er butyl- og fenyl-tinnforbindelser.

**Prinsipp:**

Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsnings-midler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon, GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden.

**Instrument(er):**

Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor.

**Måleusikkerhet:**

Se referanse.

**Referanser:**

Metoden er beskrevet i hovedoppgave av N. Følsvik, Determination and speciation of organotin compounds in environmental samples by gas-chromatography – microwave induced plasma atomic emission spectrometry. Levels and efforts of organotin compounds in environmental samples from Norway and the Faroe Islands. Dept. of Chemistry, University of Oslo, and Norwegian Institute for Water Research, July 1997.

| NIVA-metode nr. | Analysevariabel: | Måleenhet: | Labdatakode: |
|---|---|---|---|
| **E 10-2** | Oppslutning med HF | - | **OPP-FL** |

**Tittel:**

Bestemmelse av metaller – Totaloppslutning av sedimenter med flussyre i mikrobølgeovn.

**Anvendelsesområde:**

Denne metoden skal anvendes ved totaloppslutning av slam og sedimenter som skal analyseres med hensyn på metaller. Metoden brukes for følgende metaller: Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb og Zn. V og Mo bestemmes etter en ikke akkreditert metode.

**Prinsipp:**

Maksimum 200 mg frysetørket, homogenisert prøve veies inn i en teflonbombe og tilsettes kongevann og flussyre. Beholderen lukkes og prøven oppsluttes i mikrobølgeovn, lukket system. Etter avkjøling overføres innholdet til en 100 ml målekolbe som på forhånd er tilsatt et overskudd av borsyre. Prøven fortynnes med avionisert vann og rystes på rystemaskin til borsyren er løst. Bestemmelsen av metaller foretas på den klare væskefasen ved atom-absorpsjon i flamme eller med grafittovn.

**Instrument(er):**

Mikrobølgeovn Whirlpool AWM 215, 1000 W, med Nordic Ware trykkoker for mikrobølgeovn. Teflonbomber LORRAN 20 PTFE, volum 20 ml.

**Måleusikkerhet:**

Se NIVA-dokument Y-3.

**Referanser:**

D.H. Loring, R.T.T. Rantala: Anal. Chim. Acta 1989, **220**, 263-7.

| NIVA-metode nr. | Analysevariabel: | Måleenhet: | Labdatakode: |
|---|---|---|---|
| **E 4-3** | **Kvikksølv** | ng/l, µg/g | **Hg/L, Hg-Sm, Hg-B** |

**Tittel:**

Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam og sedimenter og biologisk materiale med Perkin-Elmer FIMS-400.

**Anvendelsesområde:**

Metoden omfatter bestemmelse av kvikksølv i renvann, samt avløpsvann, biologisk materiale slam og sedimenter oppsluttet i salpetersyre. Biologiske prøver, slam og sediment frysetørres fortrinnsvis. Ved tørking av prøver i varmeskap må ikke temperaturen overstige 80°C. Nedre grense er for renvann 1.0 ng/l, oppsluttet renvann 10 ng/l, avløpsvann 0.1 µg/l, faste prøver 0.005 µg/g.

**Prinsipp:**

Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddampteknikk 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 amalgameringssystem.

**Instrument(er):**

Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosampler og P-E amalgamsystem.

**Måleusikkerhet:**

6 målinger av Drøbaksjøvann tilsatt 20 ng/l Hg ga middelverdi 21.1 og standardavvik 0.52 ng/l. Tilsvarende for faste materialer: 10 målinger av DORM-1 (fiskemuskel) 0.798 ± 0.074 µg/g, ga 0.835 og 0.054 µg/g, 7 målinger av MESS-2 (sediment) 0.092 ± 0.009 µg/g, ga 0.086 og 0.003 µg/g.

**Referanser:**

B. Welz, M. Melcher, H.W. Sinemus, D. Maier: Pico-trace determination of mercury using the amalgamation technique. Norsk Standard, NS 4768. Vannundersøkelse. Bestemmelse av kvikksølv ved kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri Oksidasjon med salpetersyre. 1. Utg. 1989.

| NIVA-metode nr. | Analysevariabel: | Måleenhet: | Labdatakode: |
|---|---|---|---|
| **E 10-4** | **Oppslutning med $HNO_3$** | - | **OPP-SA** |

**Tittel:**

Oppslutning av biologiske prøver med salpetersyre i mikrobølgeovn til analyse av tungmetaller.

**Anvendelsesområde:**

Denne metode skal anvendes ved oppslutning av biologisk materiale med salpetersyre i mikrobølgeovn. Metoden brukes til oppslutning av prøver til bestemmelse av alle aktuelle metaller unntatt titan. Oppslutning til bestemmelse av kalsium og magnesium utføres ikke akkreditert, og skal anmerkes i rapporten.

**Prinsipp:**

En innveid prøve tilsatt salpetersyre oppsluttes i lukket beholder (teflonbombe) i mikrobølgeovn. Bestemmelsen utføres på den klare væskefasen ved atom-absorpsjon i flamme, eller med grafittovn. Kvikksølv bestemmes med kalddampteknikk.

**Instrument(er):**

Mikrobølgeovn Milestone MLS 1200. High purity TFM (tetrafluormethoxil) volum 100 ml. Bombene tåler et trykk på 100 bar.

**Måleusikkerhet:**

Se NIVA-dokument Y-3.

**Referanser:**

Norsk Standard, NS 4770. Vannundersøkelse. Metaller i vann, slam og sedimenter. Bestemmelse ved atomabsorpsjonsspektrometri i flamme. Generelle prinsipper og retningslinjer. 2. Utg. 1994. Norsk Standard, NS 4783. Vannundersøkelse. Metaller i biologisk materiale. Bestemmelse med AAS. Oppslutning. 1. Utg. 1988.

# Vedlegg D. Rådata

| Sedimenter | | Risør | Tvedestrand | Tvedestrand 2 | Tvedestrand | Arendal | Arendal | Grimstad | Grimstad | Grimstad | Fevik | Lillesand | Topdal | Farsund | Farsund | Flekkefjord | Flekkefjord | Flekkefjord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | enhet | St.1 Buvika | St.1 Sentrum | St.2 Skuggevik | St.3 Sagesund | St.1 Skilsø | St.2 Kulltangen | St.1 I. Vikkilen | St.2 Gullmannsb. | St.3 Torskehlm. | St.4 Fevik | St.1 Lamholmen | Kjevik | St.1 Farsund N | St.2 Farsund kai | St.1 Tjørsvåg | St.2 Gangstøbukta | St.3 Fjellse |
| **kornfordeling** | %<63um | 83,3 | 68,68 | 93,24 | 95,85 | 89,95 | 90,11 | 92,16 | 45,21 | 84,9 | 39,44 | 72,27 | 31,8 | 42,17 | | 61,52 | 71,28 | 36,71 |
| **TTS** | % | 25,4 | 21,9 | 23,0 | 24,1 | 32,6 | 28,4 | 32,5 | 45,0 | 29,2 | 35,8 | 43,1 | 74,6 | 42,8 | | 52,2 | 47,4 | 23,9 |
| **TOC** | mg/kg | 76,9 | 94,6 | 109,0 | 81,8 | 61,3 | 75,0 | 40,8 | 28,4 | 64,8 | 98,0 | 24,7 | 9,0 | 31,5 | | 19,3 | 29,2 | 69,2 |
| **TN** | mg/kg | 5,7 | 7,7 | 10,4 | 8,2 | 4,1 | 5,2 | 3,7 | 2,1 | 5,1 | 3,8 | 1,7 | <1 | 2,4 | | 1,4 | 1,5 | 4,7 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Naphthalene** | ug/kg | 603 | 136 | 82 | 70 | 140 | 164 | 31 | 18 | 184 | 1085 | 21 | 12 | 51 | 140 | 74 | 14 | 16 |
| **C1-naphthalene** | ug/kg | 327 | 97 | 64 | 92 | 144 | 122 | 47 | 18 | 179 | 1367 | 25 | 2 | 40 | 149 | 47 | 12 | 18 |
| **C2-naphthalene** | ug/kg | 282 | 195 | 103 | 114 | 242 | 236 | 57 | 34 | 276 | 2949 | 40 | 4 | 45 | 257 | 112 | 18 | 29 |
| **C3-naphthalene** | ug/kg | 168 | 152 | 64 | 96 | 215 | 240 | 28 | 29 | 217 | 3196 | 30 | 2 | 40 | 332 | 65 | 13 | 32 |
| **Phenanthrene** | ug/kg | 1448 | 2300 | 395 | 519 | 2200 | 1848 | 349 | 277 | 2652 | 17485 | 156 | 28 | 398 | 1764 | 514 | 90 | 191 |
| **Anthracene** | ug/kg | 321 | 623 | 114 | 185 | 548 | 547 | 79 | 72 | 683 | 7047 | 38 | 5 | 89 | 556 | 154 | 24 | 48 |
| **C1-phenantrene/anthr.** | ug/kg | 592 | 730 | 213 | 268 | 861 | 1102 | 149 | 164 | 1507 | 18297 | 106 | 8 | 167 | 1370 | 312 | 51 | 96 |
| **C2-phenantrene/anthr.** | ug/kg | 636 | 641 | 279 | 312 | 863 | 1143 | 196 | 179 | 3866 | 16268 | 151 | 16 | 190 | 1091 | 346 | 66 | 111 |
| **C3-phenantrene/anthr.** | ug/kg | 374 | 354 | 182 | 172 | 444 | 685 | 146 | 118 | 2694 | 16853 | 122 | 12 | 123 | 1144 | 305 | 45 | 80 |
| **Dibenzothiophene** | ug/kg | 86 | 131 | 31 | 38 | 129 | 124 | 23 | 17 | 174 | 1274 | 11 | 1 | 21 | 105 | 35 | 7 | 10 |
| **C1-dibenzothiophene** | ug/kg | 139 | 187 | 76 | 71 | 195 | 268 | 58 | 42 | 351 | 2916 | 25 | 2 | 38 | 220 | 103 | 16 | 24 |
| **C2-dibenzothiophene** | ug/kg | 125 | 117 | 61 | 63 | 150 | 207 | 78 | 32 | 678 | 2552 | 26 | 4 | 33 | 204 | 56 | 14 | 28 |
| **C3-dibenzothiophene** | ug/kg | 67 | 83 | 48 | 29 | 79 | 124 | 66 | 22 | 477 | 1507 | 17 | 3 | 17 | 186 | 68 | 12 | 20 |
| **Sum NPD** | **ug/kg** | **5169** | **5746** | **1712** | **2029** | **6209** | **6810** | **1306** | **1021** | **13938** | **92798** | **768** | **99** | **1252** | **7517** | **2193** | **381** | **701** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Acenaphthylene** | ug/kg | 51 | 114 | 33 | 40 | 63 | 85 | 16 | 15 | 75 | 1166 | 12 | 10 | 16 | 133 | 40 | 8 | 13 |
| **Acenaphthene** | ug/kg | 157 | 71 | 16 | 17 | 155 | 69 | 63 | 14 | 165 | 1529 | 7 | 1 | 34 | 217 | 20 | 8 | 10 |
| **Fluorene** | ug/kg | 307 | 339 | 68 | 106 | 347 | 237 | 84 | 41 | 446 | 1832 | 29 | 5 | 68 | 163 | 100 | 22 | 23 |
| **Fluoranthene** | ug/kg | 3341 | 4740 | 1229 | 1307 | 4592 | 5623 | 855 | 601 | 16650 | 35120 | 437 | 60 | 960 | 2900 | 1225 | 249 | 760 |
| **Pyrene** | ug/kg | 2490 | 3623 | 1043 | 960 | 3527 | 4428 | 706 | 523 | 13172 | 33810 | 342 | 50 | 674 | 2591 | 1672 | 191 | 558 |
| **Benzo(a)anthracene*** | ug/kg | 1381 | 1677 | 702 | 623 | 1527 | 2096 | 442 | 324 | 2653 | 24599 | 232 | 24 | 460 | 2145 | 649 | 137 | 371 |
| **Chrysene** | ug/kg | 1077 | 1321 | 644 | 514 | 1266 | 1733 | 437 | 259 | 1894 | 22159 | 196 | 25 | 362 | 2511 | 668 | 102 | 281 |
| **Benzo(b+k)fluoranthene*** | ug/kg | 1910 | 2148 | 2246 | 1449 | 2200 | 3007 | 947 | 556 | 2982 | 39442 | 431 | 66 | 761 | 4594 | 1618 | 269 | 585 |
| **Benzo(e)pyrene** | ug/kg | 973 | 1197 | 1063 | 602 | 110 | 1654 | 421 | 253 | 1744 | 11804 | 211 | 30 | 321 | 1597 | 808 | 138 | 276 |
| **Benzo(a)pyrene*** | ug/kg | 1560 | 1636 | 1255 | 951 | 1745 | 2421 | 725 | 450 | 2579 | 23910 | 349 | 41 | 579 | 2273 | 1201 | 182 | 417 |
| **Perylene** | ug/kg | 374 | 428 | 260 | 178 | 41 | 607 | 209 | 99 | 660 | 4310 | 82 | 13 | 119 | 482 | 245 | 46 | 104 |
| **Benzo(ghi)perylene** | ug/kg | 1398 | 1526 | 1637 | 1072 | 133 | 1856 | 440 | 333 | 1720 | 8606 | 363 | 62 | 707 | 1665 | 1049 | 287 | 479 |
| **Indeno(1,2,3-cd)pyrene*** | ug/kg | 1196 | 1289 | 1361 | 916 | 116 | 1583 | 457 | 283 | 1658 | 10862 | 299 | 42 | 591 | 1520 | 886 | 234 | 459 |
| **Dibenzo(a,h)anthracene*** | ug/kg | 513 | 542 | 532 | 314 | 58 | 752 | 173 | 122 | 875 | 4179 | 121 | 13 | 220 | 442 | 362 | 80 | 163 |
| **Sum PAH** | **ug/kg** | **20100** | **25298** | **13271** | **10503** | **20795** | **31478** | **6894** | **4682** | **58675** | **299280** | **3683** | **510** | **6840** | **29157** | **12174** | **2229** | **5023** |
| **Sum KPAH** | **ug/kg** | **6560** | **7291** | **6096** | **4252** | **5645** | **9859** | **2745** | **1734** | **10747** | **102992** | **1432** | **185** | **2611** | **10973** | **4715** | **902** | **1995** |
| **%KPAH** | **%** | **32,6** | **28,8** | **45,9** | **40,5** | **27,1** | **31,3** | **39,8** | **37,0** | **18,3** | **34,4** | **38,9** | **36,3** | **38,2** | **37,6** | **38,7** | **40,5** | **39,7** |

| **Sedimenter** | | Risør | Tvedestrand | Tvedestrand 2 | Tvedestrand | Arendal | Arendal | Grimstad | Grimstad | Grimstad | Fevik | Lillesand | Topdal | Farsund | Farsund | Flekkefjord | Flekkefjord | Flekkefjord |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | enhet | St.1 Buvika | St.1 Sentrum | St.2 Skuggevik | St.3 Sagesund | St.1 Skilsø | St.2 Kulltangen | St.1 I. Vikkilen | St.2 Gullmannsb. | St.3 Torskehlm. | St.4 Fevik | St.1 Lamholmen | Kjevik | St.1 Farsund N | St.2 Farsund kai | St.1 Tjørsvåg | St.2 Gangstøbukta | St.3 Fjellse |
| **5-CB** | ug/kg | 0,53 | 0,99 | 1,11 | 0,61 | 0,41 | 0,91 | 1,16 | 0,14 | 0,28 | 1,29 | 0,17 | 0,11 | 0,66 | 0,34 | 0,45 | 0,15 | 0,28 |
| **HCB** | ug/kg | 1,83 | 3,38 | 3,88 | 1,91 | 1,18 | 2,55 | 1,34 | 0,55 | 0,95 | 1,85 | 0,52 | 0,40 | 1,62 | 1,20 | 0,85 | 0,20 | 0,50 |
| **OCS** | ug/kg | n.d. | 0,21 | n.d. | 0,19 | 0,07 | 0,15 | 0,11 | n.d. | 0,07 | 0,32 | 0,07 | 0,03 | n.d. | 0,07 | n.d. | n.d. | n.d. |
| **a-HCH** | ug/kg | 0,19 | 0,31 | 0,18 | 0,14 | 0,08 | 0,12 | 0,07 | 0,03 | 0,10 | 0,16 | 0,03 | n.d. | 0,04 | 0,11 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| **g-HCH** | ug/kg | 0,58 | 0,27 | 4,03 | 0,25 | 0,14 | 0,22 | 0,19 | 0,07 | 0,31 | 0,21 | 0,05 | 0,03 | 0,08 | 0,17 | 0,98 | 0,07 | 0,07 |
| **DDT** | ug/kg | n.d. | 0,90 | 0,39 | 6,99 | 0,73 | 1,18 | 1,02 | 0,17 | 0,87 | 0,90 | 0,08 | 0,08 | 0,24 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,23 |
| **DDE** | ug/kg | 0,93 | 1,70 | n.d. | 2,45 | 1,29 | 2,42 | 1,18 | 0,33 | 2,42 | 3,91 | 0,20 | 0,06 | 0,40 | 1,08 | 4,00 | n.d. | 0,35 |
| **DDD** | ug/kg | 0,73 | 1,03 | n.d. | 2,65 | 1,44 | 3,62 | 0,83 | 0,18 | 0,12 | 3,83 | 0,20 | 0,06 | 0,29 | 1,27 | 23,29 | 1,31 | 0,45 |
| **PCB 28** | ug/kg | 3,66 | 1,27 | 1,95 | 1,43 | 1,19 | 1,60 | 0,59 | 0,22 | 1,83 | 1,96 | 0,27 | n.d. | 0,26 | 1,54 | 1,29 | 0,15 | 0,11 |
| **PCB 31** | ug/kg | 3,11 | 3,04 | 1,70 | 1,31 | 1,52 | 1,66 | 0,66 | 0,24 | 2,93 | 1,77 | 0,27 | 0,10 | 0,24 | 1,68 | 5,61 | 0,24 | 0,23 |
| **PCB 52** | ug/kg | 4,74 | n.d. | 3,55 | 2,69 | 1,28 | 1,63 | 0,82 | 0,51 | 2,30 | 2,49 | 0,30 | 0,15 | 0,31 | 3,09 | 2,31 | 0,99 | 0,25 |
| **PCB 101** | ug/kg | 5,32 | 3,34 | 1,28 | 1,73 | 2,54 | 3,68 | 1,32 | 0,66 | 4,66 | 4,11 | 0,38 | 0,21 | 0,73 | 7,09 | 6,41 | 6,39 | 0,53 |
| **PCB 105** | ug/kg | 2,77 | 1,74 | 0,77 | 0,98 | 1,45 | 2,58 | 0,97 | 0,43 | 2,33 | 2,29 | 0,19 | 0,05 | 0,37 | 2,82 | 2,50 | 3,94 | 0,23 |
| **PCB 118** | ug/kg | 4,98 | 3,34 | 0,28 | 1,77 | 2,83 | 4,83 | 1,82 | 0,76 | 4,37 | 3,98 | 0,40 | 0,20 | 0,54 | 5,33 | 4,68 | 3,44 | 0,51 |
| **PCB 138** | ug/kg | 4,51 | 12,15 | n.d. | 1,75 | 3,85 | 7,63 | 2,06 | 0,93 | 6,88 | 6,04 | 0,50 | 0,24 | 1,30 | 11,86 | 9,90 | 12,79 | 1,19 |
| **PCB 153** | ug/kg | 3,69 | 4,97 | 0,20 | 1,41 | 3,07 | 0,57 | 1,91 | 0,81 | 5,63 | 5,17 | 0,47 | 0,23 | 1,15 | 9,96 | 8,54 | 10,88 | 1,41 |
| **PCB 156** | ug/kg | 0,78 | 5,41 | n.d. | 0,32 | 2,34 | 5,48 | 0,34 | 0,16 | 1,19 | 1,49 | 0,07 | 0,05 | 0,21 | 2,44 | 2,39 | 2,53 | 0,19 |
| **PCB 180** | ug/kg | 2,02 | 4,37 | 0,43 | 0,53 | 0,13 | 2,11 | 0,74 | 0,59 | 2,97 | 3,76 | 0,23 | 0,08 | 0,79 | 8,70 | 7,54 | 8,16 | 0,49 |
| **PCB 209** | ug/kg | 4,03 | 1,38 | 1,35 | 1,79 | 1,44 | 2,55 | 0,36 | 0,28 | 0,77 | 2,40 | 0,22 | 0,10 | 0,33 | 0,61 | 0,39 | 0,14 | 0,09 |
| **sum PCB** | **ug/kg** | **39,60** | **41,01** | **11,51** | **15,71** | **21,65** | **34,31** | **11,60** | **5,59** | **35,87** | **35,46** | **3,32** | **1,41** | **6,23** | **55,13** | **51,56** | **49,65** | **5,24** |
| **sum $PCB_7$** | **ug/kg** | **28,92** | **29,44** | **7,69** | **11,30** | **14,89** | **22,05** | **9,26** | **4,48** | **28,64** | **27,51** | **2,55** | **1,10** | **5,08** | **47,56** | **40,67** | **42,80** | **4,49** |

| | | Risør St.1 | Risør St.2 | Risør St.3 | Risør havn | Risør havn | Risør havn | Risør havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | torsk | torsk | torsk | krabbe |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle | innmat |
| **antall** | | 26 | 25 | 29 | 20 | 20 | 15 | 6 |
| **TTS%** | | 16,4 | 16,2 | 15,6 | 21 | 62,9 | | 29,2 |
| **fett%** | | | | 1,6 | | 25 | | 12 |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | 55,9 | |
| | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | | | 0,173 | | 0,023 | | 1,41 |
| **Cd mg/kg t.v** | | | | 1,109 | | 0,037 | | 4,829 |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | 0,053 | | | 0,060 |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | 0,252 | | | 0,205 |
| **Pb ug/g v.v** | | | | 0,700 | | <0,04 | | 0,100 |
| **Pb mg/kg t.v** | | | | 4,487 | | <0,06 | | 0,342 |
| **TBT ug/kg t.v (NB! Molekylet)** | | | | 1635 | | | | |
| **DBT ugSn/kg t.v** | | | | 235 | | | | |
| **DPhT ugSn/kg t.v** | | | | <5 | | | | |
| **MBT ugSn/kg t.v** | | | | 150 | | | | |
| **MPhT ugSn/kg t.v** | | | | <5 | | | | |
| **TPhT ugSn/kg t.v** | | | | 146 | | | | |
| | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | <0,1 | | 0,5 | | 0,3 |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | <0,1 | | 2,6 | | 1,2 |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | <0,1 | | 0,6 | | <0,2 |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | 0,1 | | 2 | | 1 |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | 0,2 | | 4,9 | | 0,4 |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | 0,4 | | 16,3 | | 6,6 |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | 0,2 | | 3,6 | | 0,2 |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | 0,3 | | 11,4 | | 2,3 |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | 0,1 | | 11,4 | | <0,2 |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | 0,7 | | 27,7 | | 5,1 |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | 0,4 | | 26 | | 8,7 |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | 0,7 | | 52,7 | | 19,1 |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | 1 | | 56,5 | | 25,9 |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | 1 | | 72,3 | | 27,6 |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | 0,1 | | 7,2 | | 2,1 |

| | | Risør St.1 | Risør St.2 | Risør St.3 | Risør havn | Risør havn | Risør havn | Risør havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | torsk | torsk | torsk | krabbe |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle | innmat |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | 0,1 | | 17,8 | | 5,4 |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | <0,1 | | 0,6 | | 0,4 |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | **3,9** | | **249,8** | | **85,4** |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | **ng/kg v.v** | | | | | | | |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | **ng/kg v.v** | | | **0,21** | | **15,07** | | **4,88** |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | **ng/kg v.v** | | | **0,21** | | **15,07** | | **4,88** |
| | | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | <0,5 | <0,5 | 2,3 | | | | |
| **2-M-Naf** | | 3,4 | 2,8 | 7,5 | | | | |
| **1-M-Naf** | | 2,6 | 1,9 | 6,3 | | | | |
| **Bifenyl** | | 2 | 3 | 5,3 | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 6,9 | 7 | 14 | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 8,8 | 14 | 15 | | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 5,5 | 10 | 9,2 | | | | |
| **Fenantren** | | 6,5 | 11 | 8,7 | | | | |
| **Antracen** | | 0,5 | 0,7 | 0,8 | | | | |
| **Acenaftalen** | | 0,4 | 1,5 | 1,6 | | | | |
| **Acenaften** | | 0,8 | 1 | 1 | | | | |
| **Fluoren** | | 3,4 | 1,6 | 1,5 | | | | |
| **Fluoranten** | | 13 | 20 | 16 | | | | |
| **Pyren** | | 10 | 20 | 21 | | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 4,1 | 8 | 6,7 | | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 9,3 | 20 | 18 | | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 12 | 23 | 22 | | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 6,6 | 11 | 11 | | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 1 | 3,6 | 4,5 | | | | |
| **Perylen** | | <0,5 | 1,4 | 1,1 | | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 2,3 | 3,8 | 4,1 | | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 2,2 | 3,3 | 3,9 | | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | 0,5 | 0,7 | 0,7 | | | | |
| **sum PAH** | | **72,6** | **130,6** | **122,6** | | | | |
| **sum KPAH** | | **19,8** | **38,6** | **37,8** | | | | |
| **%KPAH** | | **27,3** | **29,6** | **30,8** | | | | |

| | | Tvedestr. St.1 | Tvedestr. St.2 | Tvedestr. St.3 | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle |
| **antall** | | 31 | 32 | 28 | 2 | 18 | 18 | 14 |
| **TTS%** | | 17,4 | 15,9 | 13,5 | 26,1 | 20,3 | 50,5 | |
| **fett%** | | | | | 8,4 | | 37,7 | |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | | 53,7 |
| | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | | 0,10 | | 1,03 | | 0,11 | |
| **Cd mg/kg t.v** | | | 0,65 | | 3,95 | | 0,23 | |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | 0,04 | 0,16 | | |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | 0,16 | 0,79 | | |
| **Pb ug/g v.v** | | | 0,37 | | 0,09 | | 0,10 | |
| **Pb mg/kg t.v** | | | 2,33 | | 0,34 | | 0,20 | |
| **TBT ug/kg t.v (NB! Molekylet)** | | | 232 | | | | | |
| **DBT ugSn/kg t.v** | | | 43 | | | | | |
| **DPhT ugSn/kg t.v** | | | <5 | | | | | |
| **MBT ugSn/kg t.v** | | | 18 | | | | | |
| **MPhT ugSn/kg t.v** | | | <5 | | | | | |
| **TPhT ugSn/kg t.v** | | | 48 | | | | | |
| | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | | 0,3 | | 1,2 | |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | | 1,4 | | 4,3 | |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | | 2,6 | |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | | 1,1 | | 3,1 | |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | | 0,3 | | 7,9 | |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | | 3,8 | | 170 | |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | | 27,8 | |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | | 0,6 | | 36,4 | |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | | 20,8 | |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | | 2,3 | | 102 | |

| | | Tvedestr. St.1 | Tvedestr. St.2 | Tvedestr. St.3 | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 3,4 | | 165 | |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 7,2 | | 394 | |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | | 9,2 | | 404 | |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | | 10,5 | | 479 | |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | 0,7 | | 52,6 | |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | | 1,7 | | 113 | |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | | 0,2 | | 7,2 | |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | | **31,5** | | **1549,2** | |
| | | | | | | | | |
| **non-orto PCB** | | | | | | | | |
| **PCB 77 ug/kg v.v** | 0,0005 | | | | | | 1,944 | |
| **PCB 126 ug/kg v.v** | 0,1 | | | | | | 1,418 | |
| **PCB 169 ug/kg v.v** | 0,01 | | | | | | 0,174 | |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | | | **144,5** | |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **1,8** | | **108,5** | |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **1,8** | | **253,0** | |
| | | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 1,7 | 11 | 1,3 | | | | |
| **2-M-Naf** | | 1,3 | 4,4 | 0,9 | | | | |
| **1-M-Naf** | | <0,5 | 2,4 | 0,7 | | | | |
| **Bifenyl** | | 1,6 | 3,2 | 1 | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 1,1 | 1,7 | 0,6 | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 1,8 | 0,9 | 2,1 | | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 1,1 | 4,2 | <0,5 | | | | |
| **Fenantren** | | 6,8 | 9,4 | 3,4 | | | | |

| | | Tvedestr. St.1 | Tvedestr. St.2 | Tvedestr. St.3 | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn | Tvedestrand havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle |
| **Antracen** | | 0,6 | 0,9 | 0,6 | | | | |
| **Acenaftalen** | | 0,9 | 0,6 | <0,5 | | | | |
| **Acenaften** | | 0,9 | 1,4 | 0,6 | | | | |
| **Fluoren** | | 2,7 | 3,5 | 1,3 | | | | |
| **Fluoranten** | | 21 | 22 | 8,9 | | | | |
| **Pyren** | | 15 | 23 | 5,5 | | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 6,6 | 10 | 3,1 | | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 16 | 26 | 6,6 | | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 23 | 21 | 8,2 | | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 14 | 17 | 4,5 | | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 1,5 | 4 | 1 | | | | |
| **Perylen** | | 0,5 | 1,4 | <0,5 | | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 3,5 | 3,5 | 1,8 | | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 3,8 | 3,6 | 1,3 | | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | 0,8 | 1,4 | <0,5 | | | | |
| **sum PAH** | | **117,6** | **148,7** | **46,8** | | | | |
| **sum KPAH** | | **35,7** | **40** | **13,6** | | | | |
| **%KPAH** | | **30,4** | **26,9** | **29,1** | | | | |

| | | Arendal St.1 | Arendal St.2 | Arendal St.3 | Arendal St.4 | Arendal St.5 | Arendal havn | Arendal Galten havne torsk | Arendal Galten havne torsk | Arendal Galten dypvanns-torsk | Arendal Galten rød-torsk | Arendal Galten dypvanns-torsk | Arendal Galten rød-torsk | Arendal Knubben torsk | Arendal Knubben torsk | Arendal Kolbjv. torsk | Arendal Kolbjv. torsk | Arendal havn torsk | Arendal havn torsk | Arendal havn torsk | Arendal havn ål | Arendal havn krabbe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | filet | lever | filet | filet | lever | lever | filet | lever | lever | filet | filet | lever | galle | filet | innmat |
| **antall** | | 30 | 32 | 29 | 25 | 28 | 11 | 11 | 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 4 | 4 | 17 | 17 | 15 | 5 | 10 |
| **TTS%** | | 14,5 | 13,9 | 10,6 | 14 | 13,4 | 23,7 | 19,6 | 61,8 | 18,4 | 19,7 | 43,3 | 65,1 | 18,7 | 47,4 | 54,1 | 19,1 | 20,2 | 47,3 | | 29,9 | 32,9 |
| **fett%** | | | | | 1,6 | | 0,14 | | 53,6 | | | 29,8 | 56,8 | | 33,8 | 41,7 | | | 35,7 | | 8,4 | 9,94 |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 66,1 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | | | | 0,17 | | <0,005 | | 0,03 | | | 0,09 | 0,02 | | 0,05 | 0,03 | | | 0,03 | | <0,005 | 1,12 |
| **Cd mg/kg t.v** | | | | | 1,19 | | <0,02 | | 0,05 | | | 0,20 | 0,03 | | 0,10 | 0,06 | | | 0,07 | | <0,017 | 3,40 |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | | | 0,07 | 0,04 | | 0,12 | 0,03 | | | 0,12 | | | 0,08 | 0,07 | | | 0,08 | 0,05 |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | | | 0,29 | 0,20 | | 0,65 | 0,13 | | | 0,64 | | | 0,42 | 0,32 | | | 0,27 | 0,16 |
| **Pb ug/g v.v** | | | | | 0,86 | | <0,02 | | <0,04 | | | 0,05 | <0,05 | | <0,04 | 0,09 | | | <0,04 | | <0,02 | 0,12 |
| **Pb mg/kg t.v** | | | | | 6,14 | | <0,08 | | <0,06 | | | 0,12 | <0,08 | | <0,08 | 0,17 | | | <0,09 | | <0,07 | 0,36 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | | <0,1 | | <0,05 | | 1,8 | | | 1 | 1,4 | | 1,7 | 1,6 | | | 0,9 | | <0,1 | 0,5 |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | | 0,1 | | 0,06 | | 8,9 | | | 5 | 8,4 | | 8,8 | 11,8 | | | 5,6 | | 0,9 | 1,9 |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | | <0,1 | | <0,05 | | 0,8 | | | 0,7 | 2,5 | | 2,4 | 4 | | | 1,5 | | <0,1 | <0,2 |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | | 0,1 | | <0,05 | | 7 | | | 2,9 | 6,7 | | 5 | 5,2 | | | 2,9 | | 0,8 | 1,1 |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | | 0,3 | | 0,1 | | 14,7 | | | 6 | 13,6 | | 9,7 | 10,2 | | | 6,7 | | 2,1 | 0,3 |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | | 0,9 | | 0,74 | | 52,3 | | | 47,1 | 26,3 | | 73,5 | 210 | | | 11 | | 0,3 | 1 |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | | 0,7 | | 0,14 | | 27,7 | | | 11,9 | 8,6 | | 31,6 | 90,3 | | | 50,5 | | 2,6 | 0,4 |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | | 0,1 | | <0,05 | | 7,3 | | | 5,3 | 3 | | 29,4 | 14,9 | | | 21,2 | | <0,1 | <0,2 |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | | <0,1 | | <0,05 | | m | | | 9,6 | 2,7 | | 39,2 | 79,2 | | | 72,7 | | 0,9 | 4,7 |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | | 0,8 | | 0,32 | | 36,8 | | | 34 | 14,3 | | 105 | 452 | | | 103 | | 4,7 | 7,6 |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 0,5 | | 0,23 | | 46,5 | | | 52,9 | 14,6 | | 109 | 527 | | | 100 | | 1,9 | 6,9 |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 0,8 | | 0,55 | | 95,7 | | | 118 | 28,2 | | 215 | 1143 | | | 211 | | 4,4 | 16,1 |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | | 1,1 | | 0,92 | | 153 | | | 172 | 45 | | 242 | 1193 | | | 438 | | 7,7 | 30 |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | | 1,2 | | 0,93 | | 211 | | | 246 | 59,6 | | 354 | 1517 | | | 302 | | 7,2 | 28 |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | 0,2 | | 0,08 | | 21,7 | | | 21,9 | 4,6 | | 31,3 | 188 | | | 42,3 | | 0,8 | 2,1 |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | | 0,1 | | 0,21 | | 84,1 | | | 77,1 | 14,1 | | 100 | 385 | | | 152 | | 2,2 | 5,2 |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | | <0,1 | | <0,05 | | 5,1 | | | 2,4 | <0.5 | | 3,2 | 8 | | | 6,2 | | <0,1 | 0,3 |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | | **4,10** | | **2,93** | | **587,90** | | | **662,00** | **166,90** | | **1084,60** | **4784,10** | | | **1207,90** | | **22,70** | **85,00** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **non orto PCB** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **PCB 77 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | | | 0,010 | | 1,381 | | | 1,016 | 0,374 | | 4,860 | 3,256 | | | 1,577 | | 0,006 | 0,306 |
| **PCB 126 ug/kg v.v** | 0,100 | | | | | | 0,005 | | 0,522 | | | 0,940 | 0,238 | | 1,615 | 2,521 | | | 0,888 | | 0,021 | 0,079 |
| **PCB 169 ug/kg v.v** | 0,010 | | | | | | <0,004 | | 0,051 | | | 0,161 | 0,033 | | 0,118 | 0,172 | | | 0,094 | | 0,006 | 0,010 |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | | | **0,5** | | **53,4** | | | **96,1** | **24,3** | | **165,1** | **255,4** | | | **90,5** | | **2,2** | **8,2** |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **0,3** | | **0,2** | | **35,9** | | | **39,0** | **8,9** | | **63,7** | **355,0** | | | **73,4** | | **1,4** | **4,4** |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **0,3** | | **0,7** | | **89,3** | | | **135,1** | **33,2** | | **228,8** | **610,4** | | | **163,9** | | **3,6** | **12,6** |

| | | Arendal St.1 | Arendal St.2 | Arendal St.3 | Arendal St.4 | Arendal St.5 | Arendal havn | Arendal Galten havne torsk | Arendal Galten havne torsk | Arendal Galten dypvanns-torsk | Arendal Galten rød-torsk | Arendal Galten dypvanns-torsk | Arendal Galten rød-torsk | Arendal Knubben torsk | Arendal Knubben torsk | Arendal Kolbjv. torsk | Arendal Kolbjv. torsk | Arendal havn torsk | Arendal havn torsk | Arendal havn torsk | Arendal havn ål | Arendal havn krabbe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | filet | lever | filet | filet | lever | lever | filet | lever | lever | filet | filet | lever | galle | filet | innmat |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 42 | 2,7 | 2,9 | 3,3 | 3,7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **2-M-Naf** | | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 1,6 | 2,7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1-M-Naf** | | 1,3 | 1,7 | 1,4 | <0,5 | 2,2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Bifenyl** | | 4,7 | 4,2 | 4,2 | 6,1 | 5,2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 2,6 | 1,9 | 2,1 | 2,6 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 15 | 2,9 | 9,1 | 9,4 | 8,7 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,7 |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 1,8 | 2,1 | 2 | 2,4 | 2,6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Fenantren** | | 12 | 15 | 5,6 | 7 | 7,7 | | | | | | | | | | | | | | | | 2,6 |
| **Antracen** | | 1,6 | <0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,9 |
| **Acenaftalen** | | 2,5 | 1,8 | 1,2 | <0,5 | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Acenaften** | | 1 | 1,1 | 1,3 | 2,4 | 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Fluoren** | | 2,9 | 3 | 2,1 | 2,8 | 3,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Fluoranten** | | 36 | 35 | 13 | 18 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | 2,7 |
| **Pyren** | | 30 | 31 | 11 | 14 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | 3,7 |
| **Benz(a)antracen*** | | 18 | 15 | 6,4 | 9,1 | 9,5 | | | | | | | | | | | | | | | | 2,2 |
| **Crysen/trifenylen** | | 33 | 38 | 17 | 20 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 34 | 29 | 24 | 24 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| **Benzo(e)pyren** | | 16 | 15 | 9,3 | 11 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,7 |
| **Benzo(a)pyren*** | | 4,8 | 3,9 | 3,6 | 4 | 5,2 | | | | | | | | | | | | | | | | <0,5 |
| **Perylen** | | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 3,6 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | <0,5 |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 3,9 | 5,2 | 3,2 | 3,1 | 4,2 | | | | | | | | | | | | | | | | <0,5 |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 1,6 | 2,7 | 1,6 | 1,3 | 1,9 | | | | | | | | | | | | | | | | <0,5 |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | <0,5 |
| **sum PAH** | | **198,6** | **196,9** | **101,1** | **121,1** | **153,2** | | | | | | | | | | | | | | | | **15,0** |
| **sum KPAH** | | **58,4** | **50,6** | **35,6** | **38,4** | **46,6** | | | | | | | | | | | | | | | | **3,2** |
| **%KPAH** | | **29,4** | **25,7** | **35,2** | **31,7** | **30,4** | | | | | | | | | | | | | | | | **21,3** |

| | | Grimstad St.1 | Grimstad St.2 | Grimstad St.3 | Grimstad St.4 | Grimstad St.5 | Grimstad havn | Grimstad havn | Grimstad Vikkilen | Grimstad Vikkilen | Grimstad Vikkilen | Grimstad Vikkilen | Grimstad havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | krabbe | krabbe |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | filet | lever | galle | innmat | innmat |
| **antall** | | 30 | 25 | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 | 9 | 9 | 18 | 9 | 18 |
| **TTS%** | | 21,3 | 19,1 | 17,7 | 18,8 | 16,7 | 20,2 | 59,1 | 20,4 | 53 | | 24,2 | 19,6 |
| **fett%** | | | | | | | | 51,9 | | 41,2 | | 8,3 | 8,69 |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | | | | | 56,81 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | | | 0,119 | | | | 0,019 | | 0,042 | | 0,920 | 0,74 |
| **Cd mg/kg t.v** | | | | 0,672 | | | | 0,032 | | 0,079 | | 3,802 | 3,781 |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | | | 0,059 | | 0,059 | | | | 0,041 |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | | | 0,292 | | 0,289 | | | | 0,209 |
| **Pb ug/g v.v** | | | | 0,290 | | | | <0,04 | | <0,04 | | 0,080 | 0,070 |
| **Pb mg/kg t.v** | | | | 1,638 | | | | <0,07 | | <0,08 | | 0,331 | 0,357 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | | | | | 1,4 | | 2 | | 0,5 | 6,7 |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | | | | | 6,8 | | 4 | | 1,1 | 1,1 |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | | | | | 0,6 | | <1 | | <0,5 | 0,2 |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | | | | | 5 | | 3 | | 1,5 | 3 |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | | | | | 12,4 | | 9 | | 0,5 | 0,4 |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | | | | | 54,6 | | 136 | | 12 | 10 |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | | | | | 15,4 | | 36 | | 0,9 | 0,8 |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | | | | | 5,7 | | 11 | | 0,6 | 1,1 |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | | | | | m | | 13 | | <0,5 | 0,7 |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | | | | | 25,2 | | 88 | | 3,6 | 5 |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | | | | 37,6 | | 85 | | 4,9 | 9,2 |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | | | | 73,2 | | 220 | | 12 | 22,6 |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | | | | | 99 | | 314 | | 22 | 36,3 |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | | | | | 146 | | 392 | | 21 | 38,6 |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | | | | 13,5 | | 25 | | 1,4 | 2,6 |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | | | | | 46,2 | | 75 | | 3 | 7 |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | | | | | <0.5 | | 3 | | <0,5 | 0,6 |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | | | | | **395,3** | | **1113** | | **62,2** | **111,3** |

| | | Grimstad St.1 | Grimstad St.2 | Grimstad St.3 | Grimstad St.4 | Grimstad St.5 | Grimstad havn | Grimstad havn | Grimstad Vikkilen | Grimstad Vikkilen | Grimstad Vikkilen | Grimstad Vikkilen | Grimstad havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | krabbe | krabbe |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | filet | lever | galle | innmat | innmat |
| **non orto PCB** | | | | | | | | | | | | | |
| **PCB 77 ug/kg v.v** | 0,0005 | | | | | | | 0,753 | | 0,215 | | | 0,364 |
| **PCB 126 ug/kg v.v** | 0,1 | | | | | | | 0,42 | | 0,149 | | | 0,087 |
| **PCB 169 ug/kg v.v** | 0,01 | | | | | | | 0,053 | | 0,021 | | | 0,01 |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | | | | **42,91** | | **15,22** | | | **9,00** |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | | | | **24,58** | | **55,50** | | **3,09** | **5,78** |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | | | | **67,49** | | **70,72** | | **3,09** | **14,78** |
| | | | | | | | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 2,5 | 3,5 | 5,3 | 0,5 | <0,5 | | | | | | | |
| **2-M-Naf** | | 3,6 | 2,7 | 3,7 | 3 | 2 | | | | | | | |
| **1-M-Naf** | | 2,7 | 2,2 | 2,8 | 2,2 | 1,4 | | | | | | | |
| **Bifenyl** | | 4,9 | 4 | 4,3 | 2,8 | 1,2 | | | | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 10 | 3,7 | 6,8 | 6,9 | 3,7 | | | | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 2,4 | 5,6 | 3,5 | 18 | 7,4 | | | | | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 9,7 | 3 | 5 | 6,4 | 5 | | | | | | | |
| **Fenantren** | | 15 | 8,4 | 8 | 7,6 | 5,6 | | | | | | | |
| **Antracen** | | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | | | | | | | |
| **Acenaftalen** | | 0,8 | 1,2 | 2 | 1,5 | 0,7 | | | | | | | |
| **Acenaften** | | 1,2 | 1,4 | 0,8 | 1,3 | 0,9 | | | | | | | |
| **Fluoren** | | 5,5 | 2,9 | 3,5 | 3,8 | 3,3 | | | | | | | |
| **Fluoranten** | | 23 | 18 | 17 | 22 | 17 | | | | | | | |
| **Pyren** | | 18 | 12 | 14 | 14 | 11 | | | | | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 5,9 | 4,9 | 3,3 | 4,4 | 5,3 | | | | | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 16 | 12 | 17 | 13 | 12 | | | | | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 14 | 12 | 13 | 9,5 | 9,8 | | | | | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 9 | 7,5 | 8,2 | 6,6 | 5,8 | | | | | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 1,5 | 1,7 | 1,7 | 0,9 | 0,9 | | | | | | | |
| **Perylen** | | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | <0,5 | | | | | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 1,9 | 1,6 | | | | | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 2,2 | 2,2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | | | | | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | 0,6 | 0,5 | 0,7 | <0,5 | <0,5 | | | | | | | |
| **sum PAH** | | 116,9 | 88,6 | 94,5 | 89,4 | 75,9 | | | | | | | |
| **sum KPAH** | | 24,2 | 21,3 | 20,5 | 16,4 | 17,4 | | | | | | | |
| **%KPAH** | | 20,7 | 24,0 | 21,7 | 18,3 | 22,9 | | | | | | | |

| | | Lillesand St.1 | Lillesand St.2 | Lillesand St.3 | Lillesand havn | Lillesand havn | Lillesand havn | Lillesand havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle |
| **antall** | | 30 | 32 | 32 | 20 | 20 | 20 | 18 |
| **TTS%** | | 12,8 | 15,2 | 14,8 | 21,7 | 21,2 | 66,7 | |
| **fett%** | | | | | 8,05 | | 94,6 | |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | | 59,2 |
| | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | 0,191 | | | 0,817 | | 0,015 | |
| **Cd mg/kg t.v** | | 1,492 | | | 3,765 | | 0,022 | |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | 0,036 | 0,025 | | |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | 0,166 | 0,118 | | |
| **Pb ug/g v.v** | | 0,53 | | | 0,04 | | <0,04 | |
| **Pb mg/kg t.v** | | 4,141 | | | 0,184 | | <0,06 | |
| | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | | 0,2 | | 2,5 | |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | | 1,1 | | 11,7 | |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | | m | |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | | 1,2 | | 10,3 | |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | | 0,4 | | 22,8 | |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | | 3,1 | | 30 | |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | | 10,8 | |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | | 0,5 | | 4,5 | |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | | m | |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | | 0,8 | | 17,2 | |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 1,9 | | 20,1 | |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 3,9 | | 32,5 | |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | | 7,9 | | 46 | |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | | 8,8 | | 57,3 | |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | 0,6 | | 4,3 | |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | | 1,6 | | 13,4 | |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | | 0,3 | | <0.5 | |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | | **23,5** | | **170,9** | |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | | | | |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **1,18** | | **9,56** | |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **1,18** | | **9,56** | |

| | | Lillesand St.1 | Lillesand St.2 | Lillesand St.3 | Lillesand havn | Lillesand havn | Lillesand havn | Lillesand havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | galle |
| | | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 1,3 | 4,1 | 2,2 | | | | |
| **2-M-Naf** | | <0,5 | 3,9 | 4 | | | | |
| **1-M-Naf** | | <0,5 | 2,7 | 1,9 | | | | |
| **Bifenyl** | | <0,5 | 4,7 | 2,3 | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | <0,5 | 4,9 | 1,9 | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 2,4 | 4,4 | 7,7 | | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | <0,5 | 3,5 | 0,7 | | | | |
| **Fenantren** | | 3 | 7,7 | 30 | | | | |
| **Antracen** | | <0,5 | 0,8 | 5,1 | | | | |
| **Acenaftalen** | | <0,5 | 1 | 1,3 | | | | |
| **Acenaften** | | 0,9 | 1,6 | 2,2 | | | | |
| **Fluoren** | | 1,1 | 4,1 | 7 | | | | |
| **Fluoranten** | | 7,6 | 24 | 50 | | | | |
| **Pyren** | | 6,2 | 21 | 43 | | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 3,2 | 7 | 20 | | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 7,3 | 18 | 33 | | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 6,1 | 19 | 25 | | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 3,4 | 12 | 17 | | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 0,8 | 2,7 | 5,2 | | | | |
| **Perylen** | | <0,5 | 1,1 | 0,5 | | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 1,2 | 3,4 | 4,6 | | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 1,1 | 2,1 | 3,5 | | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | <0,5 | 1 | 2,6 | | | | |
| **sum PAH** | | **41,9** | **126,5** | **250** | | | | |
| **sum KPAH** | | **11,2** | **31,8** | **56,3** | | | | |
| **%KPAH** | | **26,7** | **25,1** | **22,5** | | | | |

| | | Kr.sand St.1 | Kr.sand St.2 | Kr.sand St.3 | Kristiansand - Mar | Kristiansand - Mar. | Kristiansand - Mar. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | lever | filet | galle |
| **antall** | | 30 | 30 | 29 | 8 | 8 | 6 |
| **TTS%** | | 12 | 16,4 | 13,3 | 55,1 | 19,8 | |
| **fett%** | | 1 | 1,6 | 1,5 | 45,2 | | |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | 49,04 |
| | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | 0,171 | 0,123 | 0,239 | 0,012 | | |
| **Cd mg/kg t.v** | | 1,425 | 0,750 | 1,797 | 0,022 | | |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | | 0,059 | |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | | 0,298 | |
| **Pb ug/g v.v** | | 0,910 | 0,570 | 1,430 | 0,040 | | |
| **Pb mg/kg t.v** | | 7,583 | 3,476 | 10,752 | 0,073 | | |
| | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 5,5 | | |
| **HCB ug/kg v.v** | | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 43,8 | | |
| **OCS ug/kg v.v** | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 6,6 | | |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 4,1 | | |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 9,1 | | |
| **DDE ug/kg v.v** | | 1 | 0,9 | 0,7 | 157 | | |
| **DDD ug/kg v.v** | | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 217 | | |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | 0,9 | 0,2 | <0,1 | 16,6 | | |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | 1,6 | 0,2 | <0,1 | 23,2 | | |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | 4,1 | 1,5 | 1,7 | 236 | | |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | 2,1 | 0,9 | 1 | 160 | | |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | 3,3 | 0,9 | 1,2 | 441 | | |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | 7,9 | 3 | 3,9 | 1175 | | |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | 13 | 3,1 | 4 | 1769 | | |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | 1,2 | 0,3 | 0,4 | 165 | | |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | 1 | 0,4 | 0,5 | 740 | | |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 3,1 | | |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | **31,8** | **9,3** | **11,3** | **4400,8** | | |

| | | Kr.sand St.1 | Kr.sand St.2 | Kr.sand St.3 | Kristiansand - Mar | Kristiansand - Mar. | Kristiansand - Mar. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | lever | filet | galle |
| | | | | | | | |
| **non orto PCB** | | | | | | | |
| **PCB 77 ug/kg v.v** | 0,0005 | | | | 1,695 | | |
| **PCB 126 ug/kg v.v** | 0,1 | | | | 0,622 | | |
| **PCB 169 ug/kg v.v** | 0,01 | | | | 0,177 | | |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | **64,82** | | |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | **1,74** | **0,48** | **0,62** | **225,10** | | |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | **1,74** | **0,48** | **0,62** | **289,92** | | |
| | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 4,2 | <0,5 | 0,5 | | | |
| **2-M-Naf** | | 3,6 | <0,5 | 1,1 | | | |
| **1-M-Naf** | | 1,9 | <0,5 | 0,6 | | | |
| **Bifenyl** | | <0,5 | <0,5 | 0,7 | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 1,9 | <0,5 | 0,7 | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 7,3 | 5,8 | 7,2 | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 1 | 1,1 | 1,2 | | | |
| **Fenantren** | | 12 | 7,5 | 16 | | | |
| **Antracen** | | 1,4 | 0,9 | 1,2 | | | |
| **Acenaftalen** | | <0,5 | <0,5 | <0,5 | | | |
| **Acenaften** | | 2 | 0,5 | 2,3 | | | |
| **Fluoren** | | 3,4 | 1,9 | 4,5 | | | |
| **Fluoranten** | | 35 | 27 | 33 | | | |
| **Pyren** | | 29 | 22 | 26 | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 26 | 15 | 16 | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 53 | 27 | 37 | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 68 | 44 | 54 | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 38 | 21 | 22 | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 11 | 7,5 | 3,6 | | | |
| **Perylen** | | 4,9 | 2,6 | 1,5 | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 14 | 14 | 49 | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 14 | 13 | 5,8 | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | 1 | 1,9 | <0,5 | | | |
| **sum PAH** | | **312,7** | **205,8** | **271,9** | | | |
| **sum KPAH** | | **120** | **81,4** | **79,4** | | | |
| **%KPAH** | | **38,4** | **39,6** | **29,2** | | | |

| | | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund St.3 | Farsund St.4 | Farsund St.5 | Farsund St.6 | Farsund St.7 | Farsund St.8 | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund St.3 | Farsund St.1 | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund St.2 | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund havn | Farsund havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | krabbe | krabbe | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | sjøørret | ål |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | filet | lever | galle | galle | filet | filet |
| **antall** | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 32 | 51 | 19 | 20 | 20 | 11 | 11 | 7 | 7 | 4 | 5 | 11 | 5 |
| **TTS%** | | 15 | 14,9 | 14,9 | 12,3 | 10,2 | 15,2 | 12,8 | 10,5 | 22,5 | 27,4 | 29,1 | 19,6 | 48,5 | 19,2 | 37 | | | 22,2 | 40,6 |
| **fett%** | | | | | | | | | | 6,37 | 10,8 | 12,2 | | 36,2 | | 22,6 | | | 0,62 | 15,1 |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | | | | | | | | | | | 44,24 | 41,92 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | | | | | 0,458 | | | 0,805 | 1,27 | 1,13 | 1,19 | | 0,047 | | 0,065 | | | <0,005 | <0,002 |
| **Cd mg/kg t.v** | | | | | | 4,490 | | | 7,670 | 5,644 | 4,124 | 4,089 | | 0,097 | | 0,176 | | | <0,023 | <0,005 |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | | | | | | 0,062 | 0,042 | 0,041 | 0,092 | | 0,160 | | | | 0,083 | 0,159 |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | | | | | | 0,276 | 0,153 | 0,141 | 0,469 | | 0,833 | | | | 0,374 | 0,392 |
| **Pb ug/g v.v** | | | | | | 2,360 | | | 1,890 | 0,100 | 0,080 | 0,080 | | <0,04 | | <0,04 | | | <0,02 | 0,020 |
| **Pb mg/kg t.v** | | | | | | 23,137 | | | 18 | 0,444 | 0,292 | 0,275 | | <0,08 | | <0,11 | | | <0,09 | 0,049 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 0,4 | 0,3 | 0,4 | | 1,6 | | 1,1 | | | <0,05 | <0,5 |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 1,5 | 0,9 | 1,1 | | 8,9 | | 3,9 | | | 0,2 | 1,3 |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | | | | | | | <0,2 | <0,2 | <0,2 | | 1,3 | | 0,8 | | | <0,05 | <0,5 |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 0,9 | 1 | 1,1 | | 3,7 | | 2,2 | | | 0,05 | <1 |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | | 8,4 | | 4,7 | | | 0,2 | 2,8 |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 5 | 4,2 | 6,3 | | 172 | | 68,8 | | | 3,5 | 6,8 |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | | | | | | | <0,2 | <0,2 | 0,2 | | 38,6 | | 9,1 | | | 0,54 | <3 |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 0,5 | 1,2 | 0,7 | | 8,1 | | 5,8 | | | 0,07 | <1 |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | <0,2 | <0,2 | <0,2 | | 8,2 | | 6,5 | | | 0,08 | |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 0,9 | 5,9 | 7,2 | | 192 | | 66 | | | 1,6 | 1,2 |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | | | | | | 3,1 | 7,7 | 11,7 | | 143 | | 81,6 | | | 0,71 | 1,2 |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | | | | | | 7,6 | 18,1 | 26,6 | | 371 | | 195 | | | 1,7 | 1,4 |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 17,1 | 26 | 38,7 | | 715 | | 250 | | | 3,8 | 7,1 |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 20,6 | 25,9 | 40 | | 1115 | | 464 | | | 4 | 7,5 |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | | | | | | 1,4 | 2,3 | 3,3 | | 97,9 | | 43 | | | 0,31 | 3,7 |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | 4,8 | 4,2 | 6,4 | | 437 | | 139 | | | 0,89 | 1,9 |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | | | | | | | <0,2 | <0,2 | <0,2 | | 3,2 | | 1,7 | | | <0,05 | <1 |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | | | | | | | **51,5** | **81,3** | **119,6** | | **2846,3** | | **1126,3** | | | **12,14** | **19,1** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **non orto PCB** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **PCB 77 ug/kg v.v** | 0,0005 | | | | | | | | | 0,141 | 0,317 | 0,323 | | 0,25 | | 0,771 | | | 0,01 | 0,013 |
| **PCB 126 ug/kg v.v** | 0,1 | | | | | | | | | 0,06 | 0,089 | 0,109 | | 0,331 | | 0,972 | | | 0,007 | 0,029 |
| **PCB 169 ug/kg v.v** | 0,01 | | | | | | | | | 0,009 | 0,008 | 0,01 | | 0,031 | | 0,087 | | | <0,004 | 0,007 |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | | | | | | **6,16** | **9,14** | **11,16** | | **33,54** | | **98,46** | | | **0,71** | **2,98** |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | | | | | | **2,47** | **4,88** | **7,13** | | **149,30** | | **70,66** | | | **0,55** | **3,96** |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | | | | | | **8,63** | **14,02** | **18,29** | | **182,84** | | **169,12** | | | **1,26** | **6,94** |

| | | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund St.3 | Farsund St.4 | Farsund St.5 | Farsund St.6 | Farsund St.7 | Farsund St.8 | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund St.3 | Farsund St.1 | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund St.2 | Farsund St.1 | Farsund St.2 | Farsund havn | Farsund havn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | krabbe | krabbe | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | sjøørret | ål |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | filet | lever | filet | lever | galle | galle | filet | filet |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 1,4 | 2,3 | 2,4 | 2,2 | 2,5 | 1,4 | 2,3 | 1,7 | | | | | | | | | | | |
| **2-M-Naf** | | 2,7 | 3,5 | 7,5 | 1,7 | 3,4 | 2,8 | 3,7 | 3,2 | | | | | | | | | | | |
| **1-M-Naf** | | 2,3 | 3,7 | 6 | 1 | 2,4 | 2 | 3,7 | 2,4 | | | | | | | | | | | |
| **Bifenyl** | | 3,5 | 4,6 | 5,1 | 1,5 | 3,1 | 3,5 | 4,5 | 5,3 | | | | | | | | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 7,4 | 4,2 | 14 | 1 | 6,2 | 7,3 | 4,2 | 9 | | | | | | | | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 80 | 18 | 19 | 23 | 11 | 83 | 37 | 53 | 1,2 | | | | | | | | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 5,3 | 2,5 | 8 | 0,9 | 2,2 | 4,9 | 2,9 | 9,1 | | | | | | | | | | | |
| **Fenantren** | | 156 | 30 | 8,7 | 9,3 | 17 | 83 | 30 | 37 | 3,3 | | | | | | | | | | |
| **Antracen** | | 27 | 6,3 | 0,7 | 1,3 | 1,6 | 18 | 6 | 5 | <0,5 | | | | | | | | | | |
| **Acenaftalen** | | 1,1 | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 0,9 | 1,8 | 2,4 | 2 | | | | | | | | | | | |
| **Acenaften** | | 6,4 | 3,8 | 1,3 | 3,5 | 2,3 | 6 | 4 | 3,3 | | | | | | | | | | | |
| **Fluoren** | | 11 | 6,9 | 4,3 | 4,1 | 3,5 | 10 | 8,1 | 8,7 | | | | | | | | | | | |
| **Fluoranten** | | 263 | 68 | 17 | 30 | 65 | 278 | 68 | 89 | 5,5 | | | | | | | | | | |
| **Pyren** | | 213 | 57 | 23 | 25 | 46 | 224 | 54 | 77 | 1,2 | | | | | | | | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 81 | 30 | 7,1 | 9,7 | 11 | 86 | 30 | 30 | 1 | | | | | | | | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 75 | 47 | 18 | 21 | 22 | 78 | 50 | 62 | 1,3 | | | | | | | | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 79 | 58 | 23 | 22 | 17 | 81 | 62 | 63 | 0,9 | | | | | | | | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 39 | 29 | 11 | 12 | 11 | 34 | 31 | 33 | 1 | | | | | | | | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 12 | 9,6 | 3,9 | 2,7 | 1,3 | 12 | 10 | 7,9 | 1 | | | | | | | | | | |
| **Perylen** | | 3,5 | 4,6 | 3,2 | 3 | 0,9 | 5 | 5,2 | 2,9 | <0,5 | | | | | | | | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 6,8 | 6,3 | 4,5 | 3 | 2,3 | 7,7 | 6,8 | 5,4 | <0,5 | | | | | | | | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 6,3 | 7,3 | 4,2 | 2,9 | 1,8 | 6,9 | 7 | 5,1 | 0,5 | | | | | | | | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 2,1 | 0,6 | 0,4 | <0,5 | | | | | | | | | | |
| **sum PAH** | | **980,6** | **366,5** | **132,8** | **150,6** | **204,1** | **933,5** | **375,1** | **431,7** | **15,7** | | | | | | | | | | |
| **sum KPAH** | | **178,8** | **105,5** | **39** | **37,9** | **31,6** | **188** | **109,6** | **106,4** | **3,4** | | | | | | | | | | |
| **%KPAH** | | **18,2** | **28,8** | **29,4** | **25,2** | **15,5** | **20,1** | **29,2** | **24,6** | **21,7** | | | | | | | | | | |

| | | Flekkefj. St.1 | Flekkefj. St.2 | Flekkefj. St.3 | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | krabbe | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | lever | lever | filet | filet | galle | galle |
| **antall** | | 30 | 30 | 30 | 20 | 14 | 4 | 10 | 4 | 10 | 2 | 9 |
| **TTS%** | | 15,8 | 16,7 | 17,3 | 19 | 32,9 | 59,8 | 65,1 | 20,8 | 18,9 | | |
| **fett%** | | | | | 8,1 | 9,8 | 51,3 | 61,1 | | | | |
| **OH-pyren (relativ verdi)** | | | | | | | | | | | 32,27 | 46,59 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **metaller** | | | | | | | | | | | | |
| **Cd ug/g v.v** | | | | 0,290 | 0,872 | 0,482 | 0,015 | 0,011 | | | | |
| **Cd mg/kg t.v** | | | | 1,676 | 4,589 | 1,465 | 0,025 | 0,017 | | | | |
| **Hg ug/g v.v** | | | | | 0,061 | 0,056 | | | 0,083 | 0,190 | | |
| **Hg mg/kg t.v** | | | | | 0,321 | 0,170 | | | 0,399 | 1,005 | | |
| **Pb ug/g v.v** | | | | 2,970 | 0,080 | 0,080 | <0,04 | <0,04 | | | | |
| **Pb mg/kg t.v** | | | | 17,168 | 0,421 | 0,243 | <0,07 | <0,06 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **klorerte** | | | | | | | | | | | | |
| **5CB ug/kg v.v** | | | | | 0,4 | 0,4 | 1,5 | 2,3 | | | | |
| **HCB ug/kg v.v** | | | | | 1,5 | 2,1 | 7,5 | 15,7 | | | | |
| **OCS ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | <0,2 | 0,8 | 1,8 | | | | |
| **HCH-a ug/kg v.v** | | | | | 1,1 | 1,1 | 4,3 | 4,9 | | | | |
| **HCH-g ug/kg v.v** | | | | | 0,3 | 0,2 | 10,1 | 11,9 | | | | |
| **DDE ug/kg v.v** | | | | | 4,7 | 5,9 | 101 | 146 | | | | |
| **DDD ug/kg v.v** | | | | | 0,4 | 0,2 | 22,4 | 49,9 | | | | |
| **PCB 28 ug/kg v.v** | | | | | 0,9 | 1,8 | 6,7 | 20 | | | | |
| **PCB 52 ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | <0,2 | 8,6 | 36 | | | | |
| **PCB 101 ug/kg v.v** | | | | | 3,1 | 5,1 | 57,9 | 120 | | | | |
| **PCB 105 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 4,2 | 6,2 | 54,7 | 95 | | | | |
| **PCB 118 ug/kg v.v** | 0,0001 | | | | 9,5 | 15 | 123 | 228 | | | | |
| **PCB 138 ug/kg v.v** | | | | | 20,2 | 28,9 | 220 | 384 | | | | |
| **PCB 153 ug/kg v.v** | | | | | 23,5 | 35,9 | 376 | 623 | | | | |
| **PCB 156 ug/kg v.v** | 0,001 | | | | 1,4 | 2 | 30,7 | 49,4 | | | | |
| **PCB 180 ug/kg v.v** | | | | | 4,2 | 7,7 | 117 | 207 | | | | |
| **PCB 209 ug/kg v.v** | | | | | <0,2 | <0,2 | 1,6 | 1,8 | | | | |
| **$PCB_7$ ug/kg v.v** | | | | | **61,4** | **94,4** | **909,2** | **1618** | | | | |

| | | Flekkefj. St.1 | Flekkefj. St.2 | Flekkefj. St.3 | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. | Flekkefj Lafj. | Flekkefj. Tjørsvb. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | blåskjell | blåskjell | blåskjell | krabbe | krabbe | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk | torsk |
| | N-TEF | innmat | innmat | innmat | innmat | innmat | lever | lever | filet | filet | galle | galle |
| | | | | | | | | | | | | |
| **non orto PCB** | | | | | | | | | | | | |
| **PCB 77 ug/kg v.v** | 0,0005 | | | | 0,298 | 0,355 | 0,749 | 1,709 | | | | |
| **PCB 126 ug/kg v.v** | 0,1 | | | | 0,056 | 0,067 | 0,825 | 0,856 | | | | |
| **PCB 169 ug/kg v.v** | 0,01 | | | | 0,009 | 0,008 | 0,093 | 0,081 | | | | |
| **sum TE non-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v.** | | | | | **5,84** | **6,96** | **83,80** | **87,26** | | | | |
| **sum TE mono-orto PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **2,77** | **4,12** | **48,47** | **81,70** | | | | |
| **sum TE PCB (nordisk) ng/kg v.v** | | | | | **8,61** | **11,08** | **132,27** | **168,96** | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| **PAH ug/kg v.v** | | | | | | | | | | | | |
| **Naftalen** | | 2,2 | 2,3 | 2,5 | | | | | | | | |
| **2-M-Naf** | | 1,7 | 3,4 | 2 | | | | | | | | |
| **1-M-Naf** | | 1,1 | 2,5 | 1,4 | | | | | | | | |
| **Bifenyl** | | 1,5 | 2,8 | 2,1 | | | | | | | | |
| **2,6-Dimetylnaftalen** | | 0,9 | 6,1 | 1,7 | | | | | | | | |
| **1-Metylnaftalen** | | 7,2 | 8,5 | 29 | | 2,2 | | | | | | |
| **2,3,5-Trimetylnaftalen** | | 1,2 | 2,8 | 4,2 | | | | | | | | |
| **Fenantren** | | 9,3 | 17 | 12 | | 5,9 | | | | | | |
| **Antracen** | | 1,2 | 0,8 | 0,8 | | 0,7 | | | | | | |
| **Acenaftalen** | | 0,4 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| **Acenaften** | | 3,2 | 2,1 | 2,1 | | | | | | | | |
| **Fluoren** | | 3,6 | 3,6 | 3,9 | | | | | | | | |
| **Fluoranten** | | 30 | 67 | 28 | | 10,6 | | | | | | |
| **Pyren** | | 22 | 47 | 25 | | 6,2 | | | | | | |
| **Benz(a)antracen*** | | 9,8 | 11 | 9,7 | | 0,9 | | | | | | |
| **Crysen/trifenylen** | | 20 | 20 | 23 | | 1 | | | | | | |
| **Benzo(b,j,k)fluoranten*** | | 21 | 16 | 18 | | 0,6 | | | | | | |
| **Benzo(e)pyren** | | 11 | 10 | 11 | | 0,9 | | | | | | |
| **Benzo(a)pyren*** | | 2,6 | 1,9 | 3 | | <0,5 | | | | | | |
| **Perylen** | | 1 | 1,3 | 2 | | <0,5 | | | | | | |
| **Benzo(ghi)perylen** | | 2,8 | 2,3 | 7,5 | | 2 | | | | | | |
| **Ind.(1,2,3cd)pyren*** | | 2,7 | 1,9 | 6,1 | | <0,5 | | | | | | |
| **Dibenz.(a,c/a,h)ant.*** | | 0,6 | 0,5 | 1,1 | | <0,5 | | | | | | |
| **sum PAH** | | **141,2** | **203,4** | **154,2** | | **28,8** | | | | | | |
| **sum KPAH** | | **36,7** | **31,3** | **37,9** | | **1,5** | | | | | | |
| **%KPAH** | | **26,0** | **15,4** | **24,6** | | **5,2** | | | | | | |