

Sammenstilling av tungmetallinnhold i resipientene til norske aluminiumsverk



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

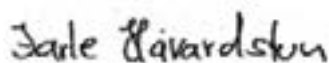
Tittel Sammenstilling av tungmetallinnhold i resipientene til norske aluminiumsverk.	Løpenr. (for bestilling) 5907-2010	Dato 13/04/2010
	Prosjektnr. Undernr. O-29439	Sider Pris 47
Forfatter(e) Jarle Håvardstun, Kristoffer Næs og Sigurd Rognerud	Fagområde Miljøgifter, marint	Distribusjon fri
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk Hydro, på vegne av hele aluminiumsbransjen.	Oppdragsreferanse Dag Øymo
---	-------------------------------

Sammendrag

Påvirkning av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) har vært hovedproblemstillingen i de vanddige resipientene til aluminiumsverkene. I den senere tiden har det imidlertid blitt en økt oppmerksomhet på utslipp av metaller. Selv om metallforurensning ikke har vært prioritert i overvåkingsprogrammene for resipientene til aluminiumsverkene, er slike målinger ofte inkludert. Aluminiumsbransjen har derfor ønsket en sammenstilling av eksisterende data over metallkonsentrasjoner i resipientene til verkene. Som en overordnet konklusjon, er det generelle bildet at forurensningsnivået av tungmetaller i resipientene til aluminiumsverkene er lavt, med konsentrasjoner ofte svarende til Klifs tilstandsklasser "I, Bakgrunn" til "II, God" miljøtilstand. I enkelte resipienter er imidlertid påvirkningen slik at miljøtilstanden må karakteriseres som "moderat" til "Dårlig" (også "Svært dårlig") for enkelte metaller.

Fire norske emneord 1. Aluminiumsverk 2. Metaller 3. Sedimenter 4. Organismer	Fire engelske emneord 1. Aluminium smelters 2. Metals 3. Sediments 4. Organisms
---	---



Jarle Håvardstun
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Sammenstilling av tungmetallinnhold i resipientene til norske aluminiumsverk

Forord

Denne sammenstillingen av metallforurensning i resipientene til aluminiumsverkene er gjort på vegne av Aluminiumsbransjen. Dag Øymo ved Norsk Hydro har vært kontaktperson. Prosjektleder og hovedforfatter har vært Jarle Håvardstun, mens Kristoffer Næs har hatt det overordnede ansvaret.

Grimstad, 13. april 2010

Jarle Håvardstun

Innhold

Sammendrag	6
Summary	8
1. Bakgrunn og formål	9
2. Miljøstatus i de enkelte resipientene	10
2.1 Vefsnfjorden	11
2.1.1 Datagrunnlag	11
2.1.2 Metaller i sedimenter	13
2.1.3 Metaller i blåskjell og o-skjell	14
2.2 Sunndalsfjorden	16
2.2.1 Datagrunnlag	16
2.2.2 Metaller i sedimenter	16
2.2.3 Metallinnhold i krabbeinnmat og krabbeklør	17
2.2.4 Utslipp til luft, og metaller i ferskvannssedimenter og ferskvann	19
2.3 Årdalsfjorden	19
2.3.1 Datagrunnlag	19
2.3.2 Metaller i sedimenter	20
2.3.3 Metaller i o-skjell	22
2.3.4 Metaller i blæretang	23
2.4 Høyangsfjorden	24
2.4.1 Datagrunnlag	25
2.4.2 Metaller i sedimenter	25
2.4.3 Metaller i fisk og krabbe	27
2.4.4 Metaller i blåskjell og o-skjell	27
2.4.5 Metaller i vann	30
2.5 Husnes	31
2.5.1 Datagrunnlag	31
2.5.2 Metaller i sedimenter	32
2.5.3 Metaller i vannprøver	33
2.6 Karmsund	33
2.6.1 Datagrunnlag	34
2.6.2 Metaller i sedimenter	34
2.6.3 Metaller i biota	37
2.6.4 Metaller i blåskjell	39
2.6.5 Metaller i fisk, strandsnegl og grisetang	39
2.6.6 Utslipp til luft, og metaller i ferskvannssedimenter og organismer	40
2.7 Lista	41
2.7.1 Datagrunnlag	41
2.7.2 Metaller i krabbe	42
2.7.3 Metaller i strandsnegl	43

3. Konklusjoner **44**

4. Referanser **46**

Sammendrag

Påvirkning av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) har vært hovedproblemstillingen i resipientene til vann fra aluminiumsverkene. I den senere tiden har det imidlertid blitt en økt oppmerksomhet på utslipp av metaller. Selv om metallforurensning ikke har vært prioritert i overvåkingsprogrammene for resipientene til aluminiumsverkene, er slike målinger ofte inkludert. Aluminiumsbransjen har derfor ønsket en sammenstilling av eksisterende data over metallkonsentrasjoner i resipientene til verkene.

Som en overordnet konklusjon, er det generelle bildet at forurensningsnivået av tungmetaller i resipientene til aluminiumsverkene er lavt, med konsentrasjoner ofte svarende til Klifs tilstandsklasser "I, Bakgrunn" til "II, God" miljøtilstand. I enkelte resipienter er imidlertid påvirkningen slik at miljøtilstanden må karakteriseres som "Moderat" til "Dårlig" (også "Svært dårlig") for enkelte metaller.

Oppsummert gjelder følgende for resipienten til det enkelte aluminiumsverk:

Alcoa Mosjøen:

Det var lave verdier av metaller i sedimentene (tilstandsklasse I). Konsentrasjonene i blåskjell/o-skjell lå typisk i tilstandsklasse I-II (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand) med tilstandsklasse III (*Moderat* miljøtilstand) for kadmium fra enkelte lokaliteter.

Hydro Sunndal:

Det var lave verdier av metaller i sedimentene (tilstandsklasse I-II, *Bakgrunn* til *God* miljøtilstand). Det var lave konsentrasjoner i skallinnmat av krabbe.

Hydro Årdal:

Konsentrasjonene av metaller i sedimentene varierte fra tilstandsklasse I til tilstandsklasse III (*Bakgrunn* til *Moderat* miljøtilstand) og med kobber opp til tilstandsklasse IV (*Dårlig* miljøtilstand). Verdiene i blæretang tilsvarte også tilstandsklasse I til tilstandsklasse IV (*Bakgrunn* til *Sterkt forurensset* miljøtilstand). Metallinnholdet i o-skjell var til dels høyt sammenlignet med referanseverdier for blåskjell.

Hydro Høyanger:

Konsentrasjonene av metaller i sedimentene var lave (tilstandsklasse I-II, *Bakgrunn* til *God* miljøtilstand), mens det var tildels høye konsentrasjoner i blåskjell/-o-skjell og i vannprøver. Man skal i den sammenheng merke seg at nyere undersøkelser tyder på tilførsler til indre Høyangsfjorden som ikke kan relateres til aluminiumsverket.

Sør-Norge Aluminium, Husnes:

Det var lave metallkonsentrasjoner i sedimentene, tilstandsklasse I-II, (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand). Konsentrasjonene i vannprøver varierte fra tilstandsklasse I (*Bakgrunn*) opptil tilstandsklasse IV (*Dårlig*) for enkelte metaller på noen lokaliteter. Noen av vannprøvene kan også være preget av påvirkning fra en båthavn.

Hydro Karmøy:

Nyere data tilsier at metallinnholdet i sedimentene var lavt og svarende til tilstandsklasse I-II (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand). Tidligere undersøkelser har imidlertid påvist påvirkning fra enkelte metaller svarende til tilstandsklasse IV (*Dårlig* miljøtilstand). Man skal for denne resipienten være oppmerksom på at Karmsundet er sterkt trafikkert, og med betydelig aktivitet. Det kan derfor være

flere kilder til påvirkning enn aluminiumsverket. Konsentrasjonene i blåskjell var lave og svarende til tilstandsklasse I-II (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand).

Alcoa Lista:

Det har i hovedsak kun vært gjennomført undersøkelser av metaller i strandsnegl fra denne resipienten. Konsentrasjonene var lave for de fleste metallene og svarende til tilstandsklasse I (*Bakgrunn* miljøtilstand) og tilstandsklasse II (*Moderat* miljøtilstand). Enkelte stasjoner ble klassifisert til tilstandsklasse III (*Markert* forurenset).

Summary

Title: Metal concentrations in recipients of effluents from aluminium smelters
Year: 2010

Author: Jarle Håvardstun, Kristoffer Næs and Sigurd Rognerud.
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5642-0

Metal discharges from the Norwegian aluminium smelters to the aquatic recipients have received increasing interest. Although not the primary focus area, analyses of metals have often been included in the environmental monitoring programmes. This document gives an overview of existing data, mainly for marine sediments, but also for biota, from the different recipients. The overall conclusion is that metal concentrations generally are low, however, for some metals and in some recipients elevated concentrations are observed.

1. Bakgrunn og formål

Aluminiumsindustrien har utslipp til både luft og vann. På grunn av verkenes beliggenhet er tilførsler dominert av utslipp til sjø. Det har derfor blitt fokusert på virkningene av PAH i resipientene. I den senere tiden har det blitt en økt fokus også på metallutslipp fra aluminiumsverkene. Selv om metallforurensning ikke har vært prioritert i overvåkingsprogrammene for resipientene til aluminiumsverkene, er slike målinger ofte inkludert. Aluminiumsbransjen har derfor ønsket en sammenstilling av eksisterende data over metallkonsentrasjonene i resipientene til aluminiumsverkene. Dette kan gi et verdifullt bidrag til forståelsen av omfanget av eventuell metallforurensning. Oppsummeringen har lagt vekt på de nyeste og viktigste undersøkelsene, men har nødvendigvis ikke inkludert absolutt alle undersøkelser som er gjennomført.

2. Miljøstatus i de enkelte resipientene

For bedømming av miljøtilstand har Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) utarbeidet veiledere for klassifisering av miljøkvalitet basert på sedimenter og organismers innhold av miljøgifter. For sedimenter og vann ble veilederen av 1997 (Molvær mfl. 1997) revidert i 2007, ”Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter” (Bakke mfl. 2007) brukt. I denne reviderte veilederen er klassifiseringssystemet endret fra å være et system basert på overkonsentrasjoner i forhold til et bakgrunnsnivå, til å være et system basert på biologiske effekter. Klassegrensene fra ”Tilstandsklasse I, *Bakgrunn*” til ”Tilstandsklasse V, *Svært dårlig*” representerer en forventet økende grad av skade på organismsamfunn. Alle sediment- og vanndata oppsummert i denne undersøkelsen er klassifisert etter den nye veilederen. Det kan derfor forekomme enkelte avvik mellom oppgitt tilstandsklasse i originalrapport og tilstandsklasse oppgitt i denne rapporten når datagrunnlaget er hentet fra rapporter eldre enn 2007. For organismer er det ikke kommet nye veiledere og det vil derfor være identisk klassifisering i eldre og nyere rapporter. For tributyltinn (TBT) er det oppgitt både effektbaserte og forvaltningsmessige klassegrenser. I denne rapporten er klassifiseringen for TBT gjort ut i fra de forvaltningsmessige grenseverdiene.

Aluminiumsverkenes resipienter er ulike når det gjelder morfologi. Aluminiumsverkene i Mosjøen, på Sunndalsøra og i Årdal ligger i bunnen av lange fjordsystemer. Aluminiumsverket på Karmøy ligger ved et strømrøkt sund som strekker seg fra Haugesund i nord til sør for Kopervik. Aluminiumsverket på Husnes ligger ytterst i Hardangerfjorden, mens aluminiumsverket på Lista ligger ved en eksponert bukt ut mot Skagerrak.

2.1 Vefsnfjorden

Aluminiumsverket i Mosjøen ligger innerst i Vefsnfjorden og har avløpsvann til fjorden. Det har tidligere vært kostholdsråd knyttet til skjell, fisk og krabbe i Vefsnfjorden. Dette kostholdsrådet ble opphevet i 2005 for områdene Vefsnfjorden, Sundet og Indre Leirfjorden.

2.1.1 Datagrunnlag

I Vefsnfjorden er det benyttet data fra perioden 2000 - 2009 (Næs mfl. 2001, Næs mfl. 2007 og Næs mfl. 2010). Disse rapportene inneholder data for metallinnhold i sedimenter, blåskjell og o-skjell.

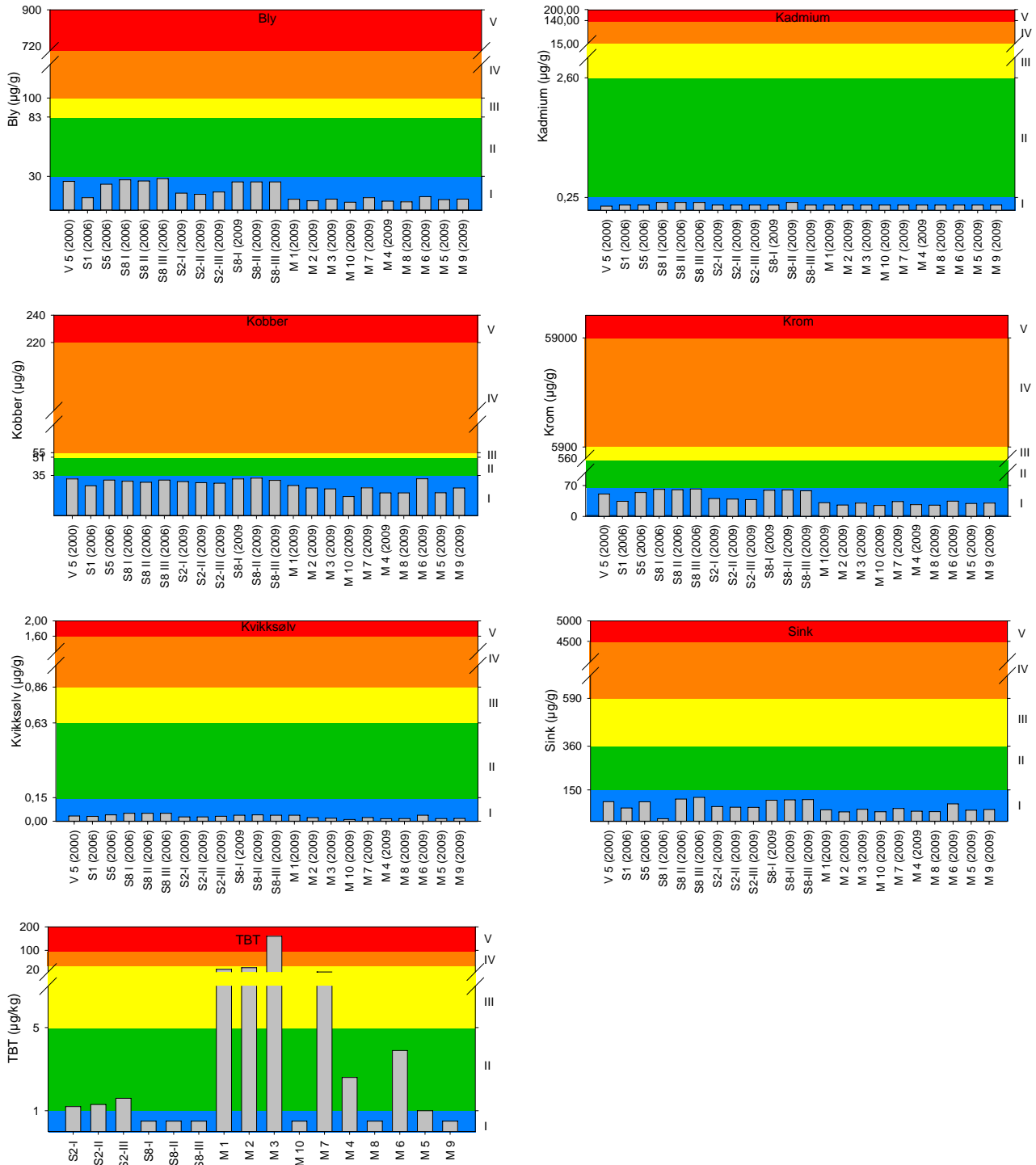
Stasjonsplassering for sedimenter, blåskjell og o-skjell er vist på kart i **Figur 1**.



Figur 1. Oversiktskart med stasjonsnavn og plasseringen av stasjoner for sedimenter (hvite sirkler) og skjell, (svarte sirkler). Årstall for innsamlingene står i parentes bak stasjonsnavnet.

2.1.2 Metaller i sedimenter

En oppsummering av metallinnholdet i sedimenter med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 2**.

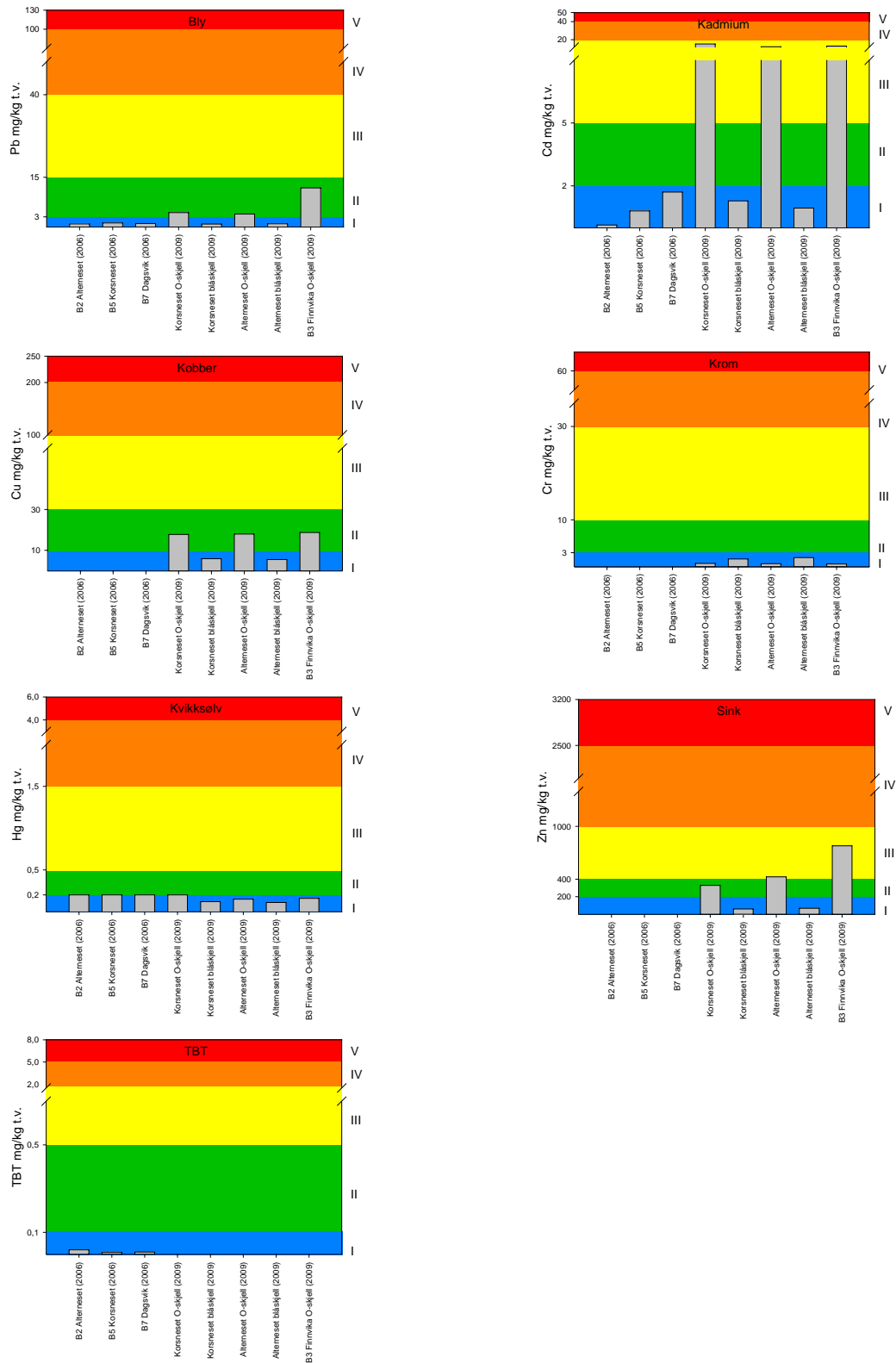


Figur 2. Metallinnhold i sedimenter fra Vefsnesfjorden. Årstall for sedimentprøvetakingen står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Resultatene viser at for samtlige stasjoner og metaller, med unntak for tributyltinn (TBT), blir miljøtilstanden klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn". For tributyltinn varierer klassifiseringen fra "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" til "Tilstandsklasse V, Svært dårlig". De høyeste verdiene er på stasjonene innerst i Vefsnfjorden.

2.1.3 Metaller i blåskjell og o-skjell

Analyser av metallinnhold i blåskjell er gjennomført i 2006 (Næs mfl. 2007) og i 2009 (Næs mfl. 2010). I 2009 ble det i tillegg analysert på metallinnhold i o-skjell. En oppsummering av metalldataene med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 3**.



Figur 3. Metallinnhold i blåskjell og o-skjell fra Vefsnfjorden. Årstall for prøvetakingene står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser. Det foreligger ikke tilstandsklasser for o-skjell, men de er plottet i samme graf for å kunne sammenlignes med blåskjellverdiene.

Resultatene for blåskjell viser lavt innhold av metaller. Alle blåskjellstasjonene blir klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn". For o-skjell finnes det ikke tilstandsklasser, de er likevel vist i figuren for å kunne sammenlignes med blåskjellene. En ser at o-skjell systematisk ser ut til å ha et høyere metallinnhold enn blåskjell.

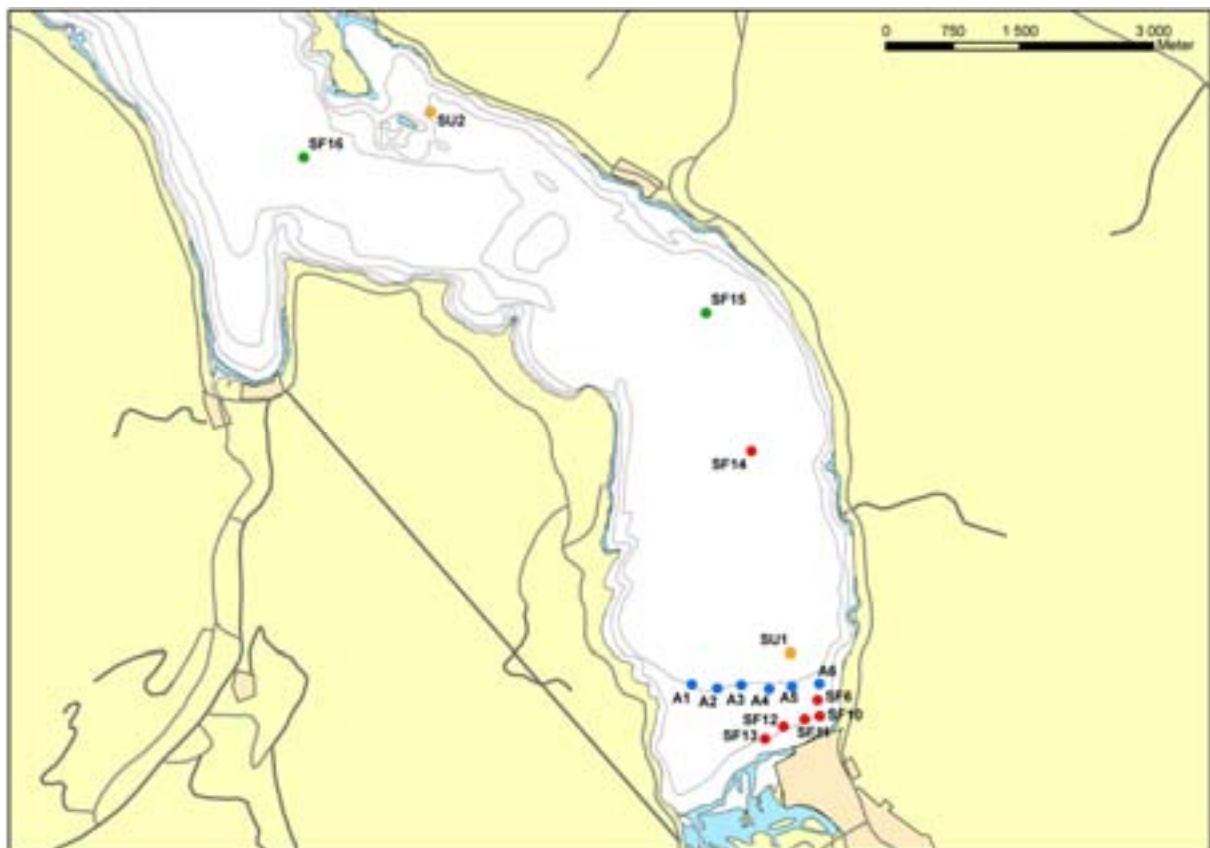
2.2 Sunndalsfjorden

Aluminiumverket på Sunndalsøra ligger innerst i Sunndalsfjorden og har utslipp av avløpsvann til sjøen. Det er innført kostholdsråd i Sunndalsfjorden og helsemyndighetene fraråder konsum av skjell og fiskelever fanget i indre Sunndalsfjord innenfor Korsneset/Horvvika.

2.2.1 Datagrunnlag

I Sunndalsfjorden er det gjort undersøkelser av metallinnhold i sedimenter i 2000 (Næs mfl. 2001). En mer omfattende undersøkelse ble gjennomført i 2008 (Næs mfl. 2010). Disse rapportene inneholder data for metallinnhold i sedimenter, krabbeinnmat og krabbeklør. I tillegg er det gjort undersøkelser av bla. metallinnhold i ferskvannsedimenter og vann fra mange innsjøer i området rundt Sunndalsøra i 2005-2006 (Rognerud mfl. 2007).

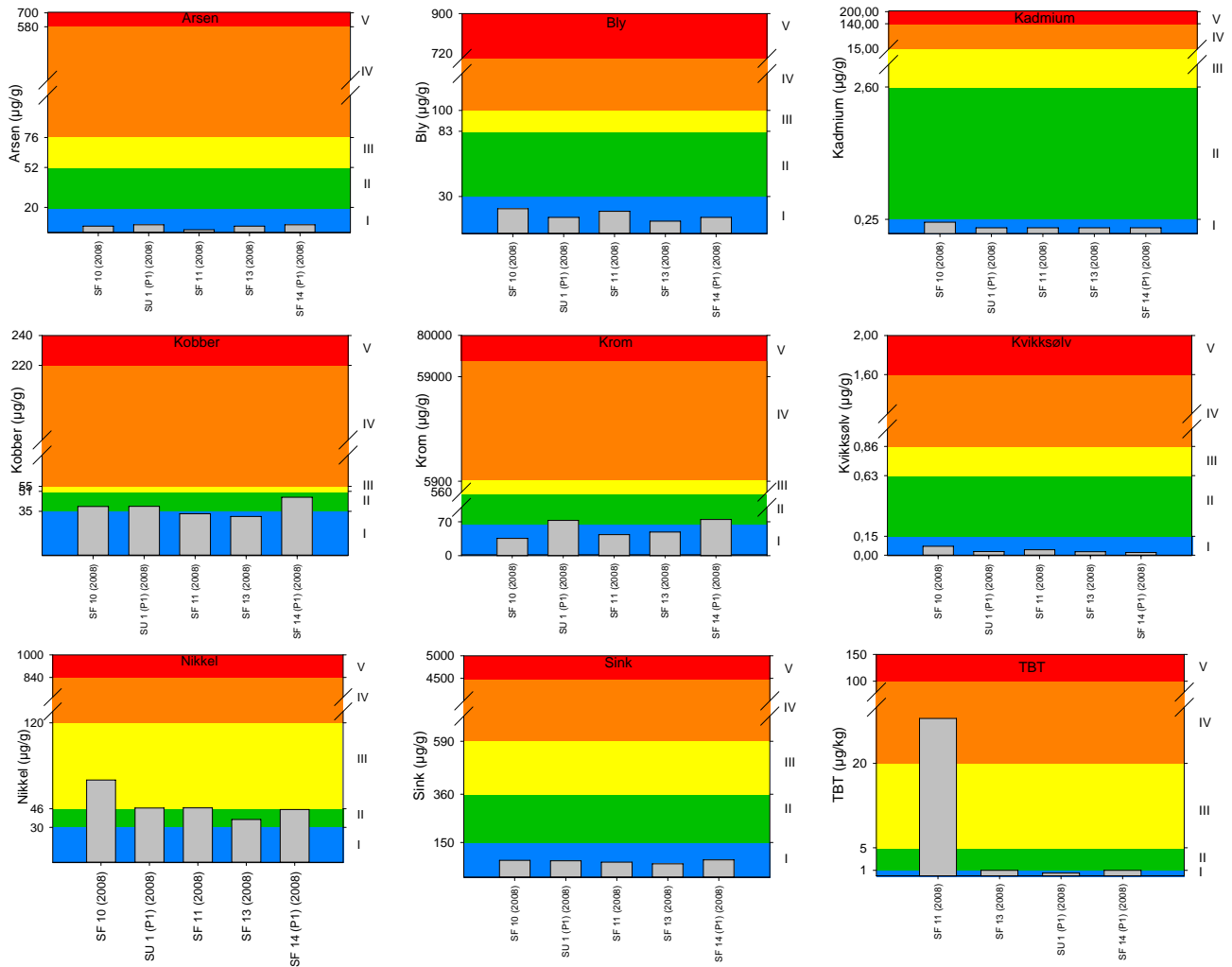
Stasjonsplassering for sedimenter i Sunndalsfjorden er vist på kart i **Figur 4**.



Figur 4. Oversiktskart med stasjonsnavn og plassering av sedimentstasjoner i Sunndalsfjorden i 2008. Det er ikke analysert for metaller på alle stasjoner som er vist på kartet.

2.2.2 Metaller i sedimenter

Metallinnholdet i sedimenter fra Sunndalsfjorden prøvetatt i 2008, er klassifisert i henhold til Klifs klassifiseringssystem, og vist i **Figur 5**.



Figur 5. Metallinnhold i sedimenter fra Sunndalsfjorden. Årstall for sedimentprøvetakingen står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Resultatene for metallinnhold i sedimenter viser at for bly (Pb), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), sink (Zn) og arsen (As) blir miljøtilstanden klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" på alle stasjonene. For kobber (Cu) og krom (Cr) varierer klassifiseringen mellom "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" og "Tilstandsklasse II, God". For tributyltinn (TBT) blir miljøtilstanden på en stasjon innerst ved Sunndalsøra (SF 11) klassifisert til "Tilstandsklasse IV, dårlig", mens resten av stasjonene blir klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn".

2.2.3 Metallinnhold i krabbeinnmat og krabbeklør

I 2009 ble det analysert på metallinnhold i krabbeinnmat fra to stasjoner (Næs mfl. 2010). Stasjonsplasseringen for innsamling av krabber er vist på kart i **Figur 6**.



Figur 6. Lokalteter for innsamling av krabber i 2009.

Resultatene for metallinnhold i krabbeinnmat er vist i **Tabell 1** og for krabbeklør i **Tabell 2**.

Tabell 1. Metallinnhold i krabbeinnmat oppgitt både på tørrvekt og friskvektbasis.

Krabbeinnmat	TS %	Ag µg/g	As µg/g	Cd µg/g	Co µg/g	Cr µg/g	Cu µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/g
<i>Tørrvektbasis:</i>										
Flå	41	0,744	12,3	5,15	0,0859	<0,3	15	0,032	0,0409	31,9
Jordalsneset	37	0,62	11,9	2,28	0,0908	<0,3	16,2	0,06	0,0349	38,9
<i>Friskvektbasis:</i>										
Flå		0,31	5,04	2,11	0,04	<0,1	6,15	0,01	0,02	13,08
Jordalsneset		0,23	4,40	0,84	0,03	<0,1	5,99	0,02	0,01	14,39

Det foreligger ikke tilstandsklasser for metaller i krabbeinnmat. En sammenstilling gjort av Barland mfl., (1996) over forventet variasjonsbredde i metallinnhold viser at verdiene fra Sunndalsfjorden ligger godt under disse verdiene.

Tabell 2. Kvikksølv i klokjøtt av krabbe, oppgitt både som tørrvekt og friskvektbasis.

Stasjon	TS %	Hg µg/g t.v.	Hg µg/g f.v.
Flå	22,6	0,03	0,007
Jordalsneset	21,7	0,05	0,01

Det foreligger heller ikke tilstandsklasser fra Klifs veiledere for kvikksølvinnhold i klokjøtt av krabbe. EU har imidlertid satt en grenseverdi på $0,5\mu\text{g/g}$ friskvekt. Verdiene fra stasjonene i Sunndalsfjorden (Tabell 2) var godt under disse grenseverdiene.

2.2.4 Utslipp til luft, og metaller i ferskvannssedimenter og ferskvann

NIVA har undersøkt metaller i vann og sedimenter i 24 innsjøer fra kysten, via Sunndal-området og inn i Trollheimen i 2005-2006 (Rognerud mfl. 2007). Stasjonsplasseringen er vist på kart i Figur 7.



Figur 7. Lokaliteter for innsamling av sedimenter i innsjøer. (Fra Rognerud mfl. 2007).

Hovedhensikten med undersøkelsen var å dokumentere betydningen av PAH og metallavsetninger i regionen som følge av luftutslipp fra aluminiumverket, dernest å vurdere betydningen av denne lokale forurensningen i forhold til bidrag fra langtransporterte forurensninger i regionen.

Konsentrasjonen av bly (Pb) i overflatesedimentene var dominert av antropogent bly fra langtransporterte forurensninger. Lokale utslipp av bly til luft forurenset ikke innsjøene nevneverdig. Det er tidligere vist at landmoser i Sunndalen hadde konsentrasjoner av aluminium (Al), nikkel (Ni), gallium (Ga), antimon (Sb), arsen (As), vismut (Bi), vanadium (V), tungsten (W), molybden (Mo) og kobolt (Co) godt over bakgrunnsnivå (Klif 2001). Blant disse metallene var det bare Mo i utslippene som hadde forurenset innsjøsedimenter nærmest verket, mens for de andre var enten langtransporterte forurensninger hovedkilden (Sb, Bi, As) eller så var betydningen av utslippene små i forhold til de lokale geokjemiske konsentrasjonene (Al, Ni, Ga, V, W og Co). Konsentrasjonene av metaller i vannfasen var lave og kunne ikke knyttes til utslipp fra verket. Innsjøene var ionefattige og hadde lave konsentrasjoner av kalsium, alkalitet og totalt organisk karbon. De var noe sjøsaltpåvirket, men lite til ubetydelig påvirket av ”sur nedbør” fra langtransporterte forurensninger. Vannkvaliteten var typisk for innsjøer i høyfjellet i Sør-Norge.

2.3 Årdalsfjorden

Aluminiumverket i Årdal ligger innerst i Årdalsfjorden og har utslipp av avløpsvann til sjø. Det foreligger kostholdsråd i Årdalsfjorden. Helsemyndighetene fraråder konsum av skjell fanget innenfor Resnes/Kollnosi.

2.3.1 Datagrunnlag

I Årdalsfjorden er det gjort undersøkelser av metallinnhold i sedimenter og blæretang i 1983 (Baalsrud mfl. 1985) og sedimenter og o-skjell i 2000 (Næs mfl. 2001).

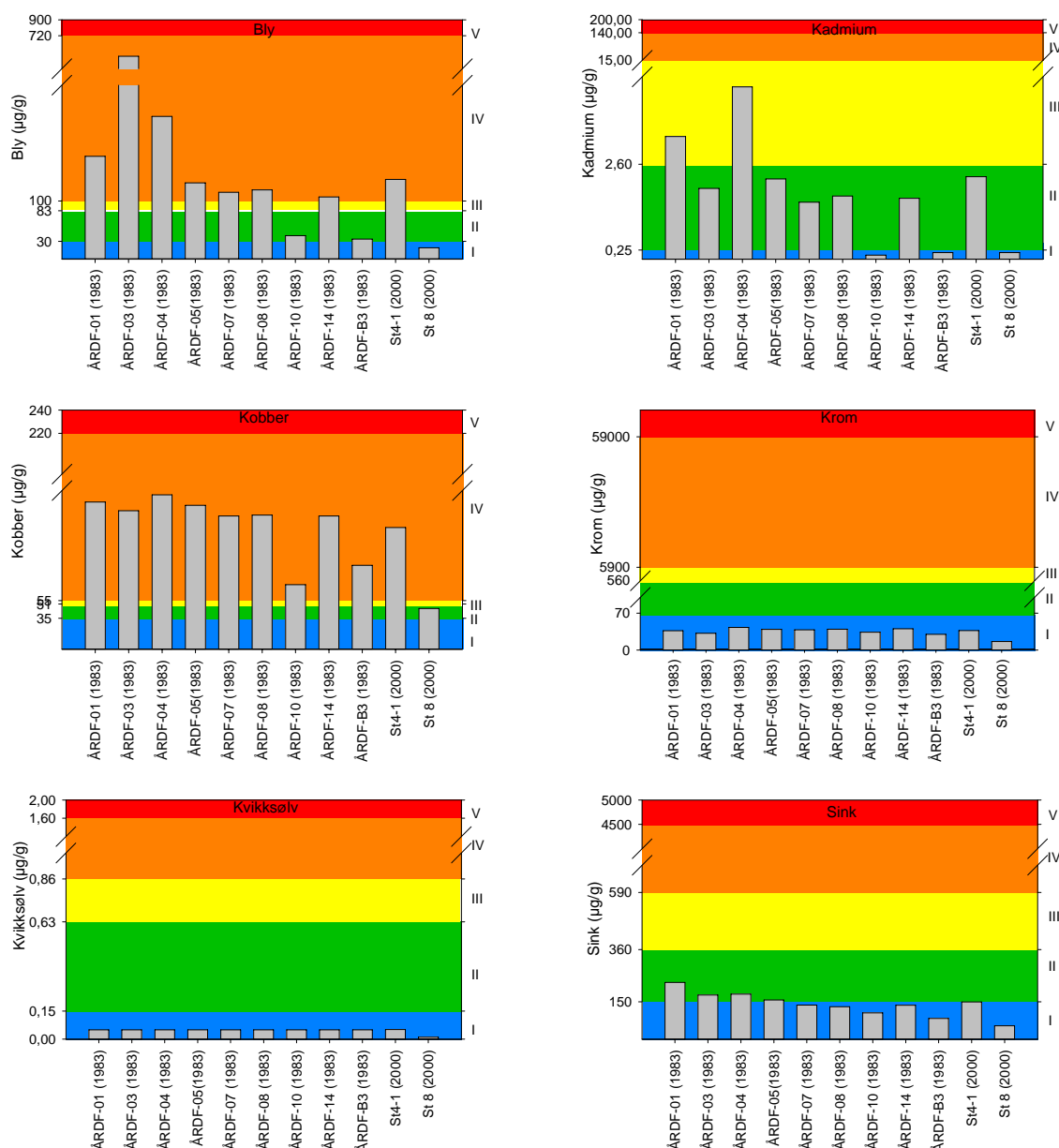
2.3.2 Metaller i sedimenter

Stasjonsplassering for sedimenter og o-skjell er vist på kart i **Figur 8**.



Figur 8. Oversiktskart med stasjonsnavn og plassering av stasjoner for sedimenter (hvite sirkler) og skjell, (svarte sirkler). Årstall for innsamlingene står i parentes bak stasjonsnavnet.

En oppsummering av metallinnholdet i sedimenter fra Årdalsfjorden, med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 9**.

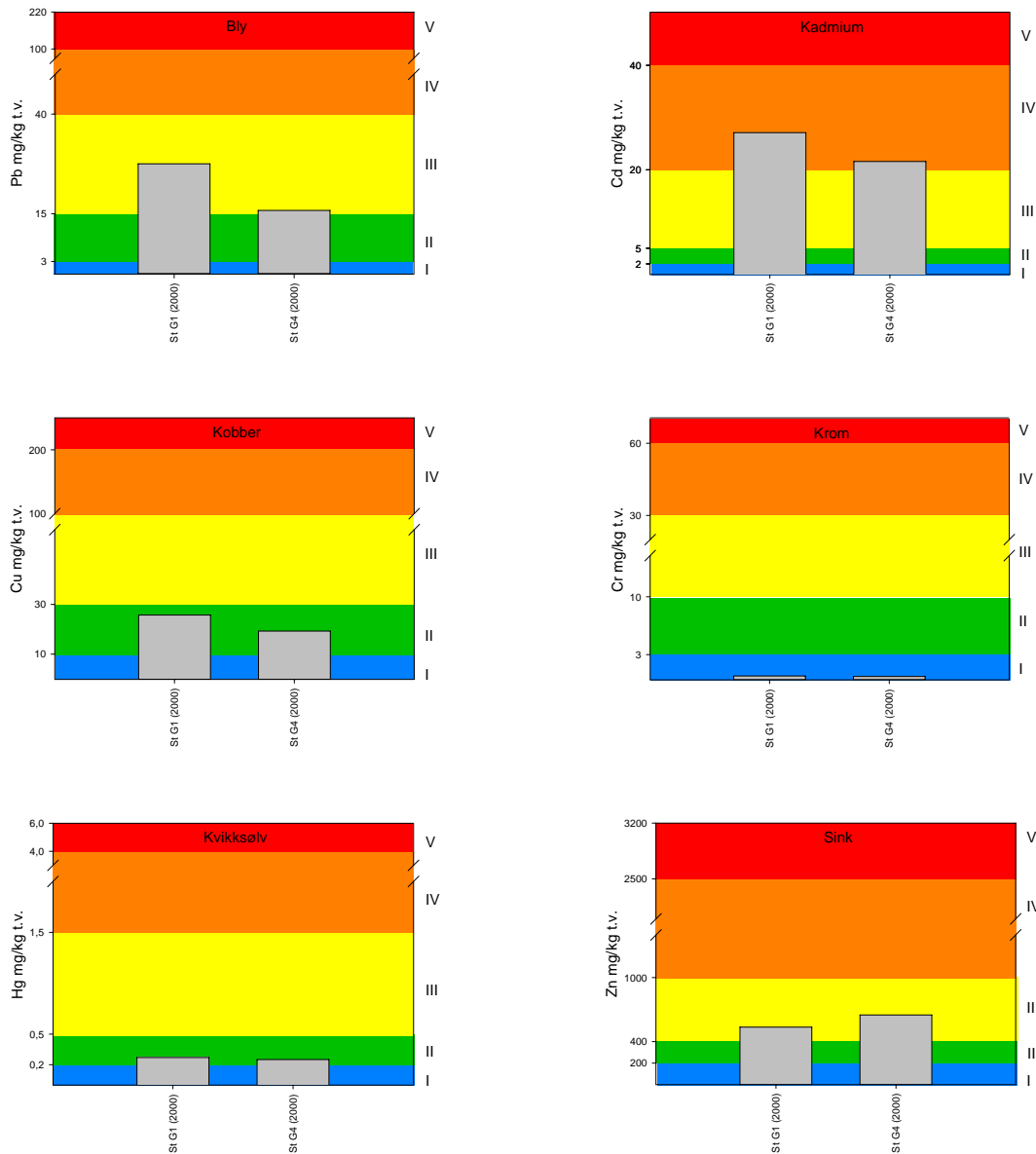


Figur 9. Metallinnhold i sedimenter fra Årdalsfjorden. Årstall for sedimentprøvetakingen står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Resultatene for metaller i sedimenter viser at for krom (Cr) og kvikksølv (Hg), blir miljøtilstanden klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" på alle stasjonene. For sink (Zn) er det også lave verdier og klassifiseringen varierer mellom "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" og "Tilstandsklasse II, God". For kadmium (Cd) er det to stasjoner fra 1983 som blir klassifisert til "Tilstandsklasse III, Moderat", mens de andre stasjonene fra 1983 og stasjonene prøvetatt i 2000 blir klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn", eller "Tilstandsklasse II, God". For metallene bly (Pb) og kobber (Cu) er det høyere nivåer og klassifiseringen varierer mellom "Tilstandsklasse II, God" og "Tilstandsklasse IV, Dårlig" for disse to metallene.

2.3.3 Metaller i o-skjell

Analysen av metallinnhold i o-skjell ble gjennomført i 2000 (Næs mfl. 2001). Ettersom det ikke finnes tilstandsklasser for o-skjell er det gitt en oppsummering av metallkonsentrasjonene og gjort en klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem for blåskjell som vist i **Figur 10**.



Figur 10. Metallinnhold i o-skjell fra Årdalsfjorden. Årstall for prøvetaking står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser for blåskjell. Det finnes ikke klassegrenser for o-skjell, og verdiene er derfor plottet mot klassegrensene til blåskjell i figuren.

Det var lave verdier av metallinnhold i o-skjellene for krom (Cr), kvikksølv (Hg) og kobber (Cu) på begge de to undersøkte stasjonene. For kadmiem (Cd), bly (Pb) og sink (Zn) var det forhøyede verdier i forhold til de andre undersøkte metallene. Det er imidlertid kjent at o-skjell ofte har høyere konsentrasjon av disse metallene (Julshamn 1981), og referanseverdiene for blåskjell kan ikke brukes direkte. Sammenlignet med områder med diffus bakgrunnsbelastning (Julshamn 1981), synes ikke metallinnholde i o-skjellene å være unormalt høye.

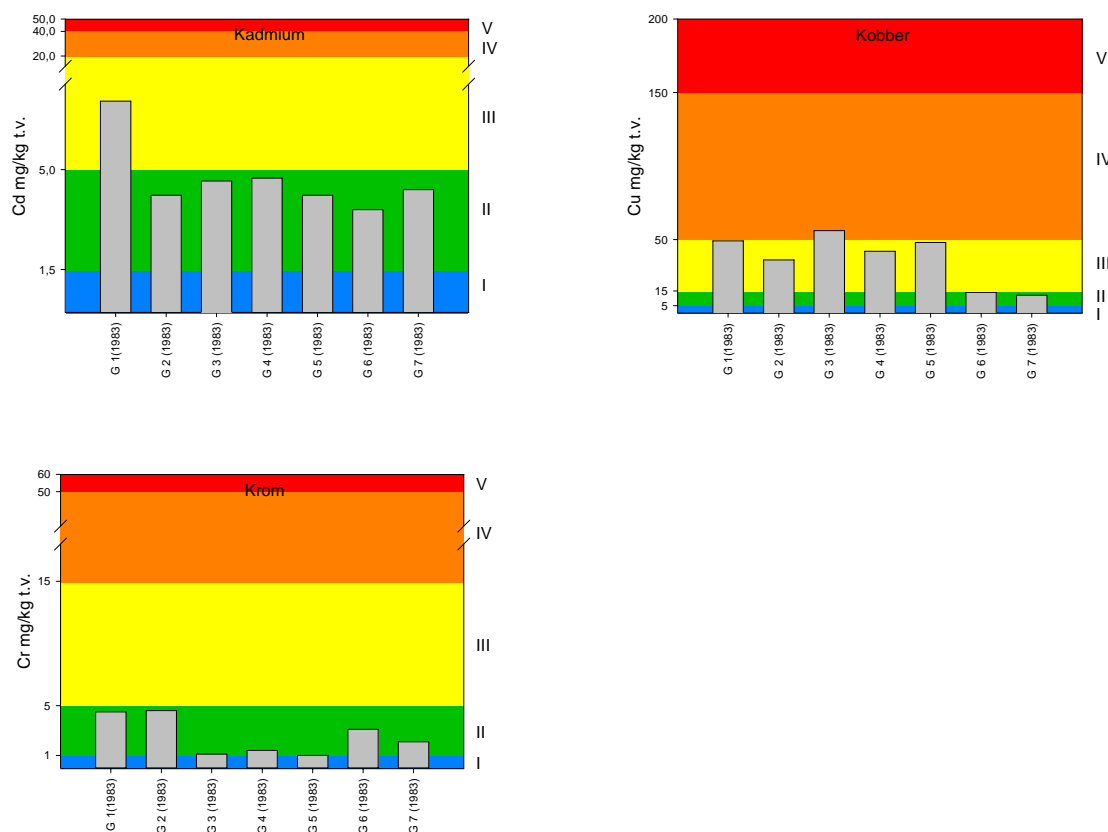
2.3.4 Metaller i blæretang

I Årdalsfjorden er det gjort undersøkelser av metallinnhold i blæretang i 1983 (Baalsrud mfl. 1985). Stasjonsplassering for tang er vist på kart i **Figur 11**.



Figur 11. Oversiktskart med stasjonsnavn og plassering av stasjoner for innsamling av tang (trekanter). Årstall for innsamling står i parentes bak stasjonsnavnet.

En oppsummering av metallinnholdet i blæretang med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 12**.



Figur 12. Metallinnhold i blæretang fra Årdalsfjorden. Årstall for prøvetaking står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klif's tilstandsklasser for blæretang og grisetang.

Kadmiuminnholdet (Cd) i blæretang var lavt på de fleste stasjonene og ble klassifisert til "Tilstandsklasse II, God" på alle stasjonene unntatt på stasjon G1 hvor kadmiuminnholdet ble klassifisert til "Tilstandsklasse III, Markert forurenset". For kobber (Cu) var det generelt noe høyere verdier for de innerste stasjonene som ble klassifisert til "Tilstandsklasse III, Markert forurenset" eller "Tilstandsklasse IV, Sterkt forurenset". De to ytterste stasjonene ble klassifisert til "Tilstandsklasse II, God". Det var generelt lave verdier av krom (Cr) i tang og alle stasjoner ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" eller "Tilstandsklasse II, God".

2.4 Høyangsfjorden

Høyangsfjorden har vært resipient for industrielt avløpsvann i mange år. Høyanger Verk, nå Hydro Aluminium as. Høyanger, startet med karbidproduksjon i 1916 og med aluminiumsproduksjon fra 1918. Verket har produsert aluminium basert på både Prebake og Søderbergteknologi. Søderbergserien ble nedlagt i februar 2006 og verket produserer i dag kun etter Prebake. Elektrolyseseriene har hatt tørr-rensenanlegg og sjøvannsvasking.

Høyangsfjorden mottar også forurensning i form av utslipp av metallholdig avløpsvann fra ERAS Metall AS.

Det er utstedt kostholdsråd for Høyangsfjorden, og helsemyndighetene fraråder konsum av blåskjell, fiskelever og brun krabbeinnmat fra innerst i Høyangsfjorden.

2.4.1 Datagrunnlag

I Høyangsfjorden er det gjort undersøkelser av metallinnhold i sedimenter i 1997 (Næs og Ryg 1998), 2007 (Glette 2008) og 2009 (Håvardstun og Næs 2009, Næs og Håvardstun 2009, Håvardstun 2009).

Det er analysert på metallinnhold i både blåskjell og o-skjell fra Høyangsfjorden i 1988 (Olsgard 1989), blåskjell i 2006 (Heggøy 2007) og både blåskjell og o-skjell i 2007 (Glette 2008). I 2009 (Håvardstun og Næs 2009, Håvardstun 2009) er det analysert på metallinnhold i blåskjell.

I Høyangsfjorden er det også gjort undersøkelser av metallinnhold i torsk og krabbe i 2007 (Glette 2008).

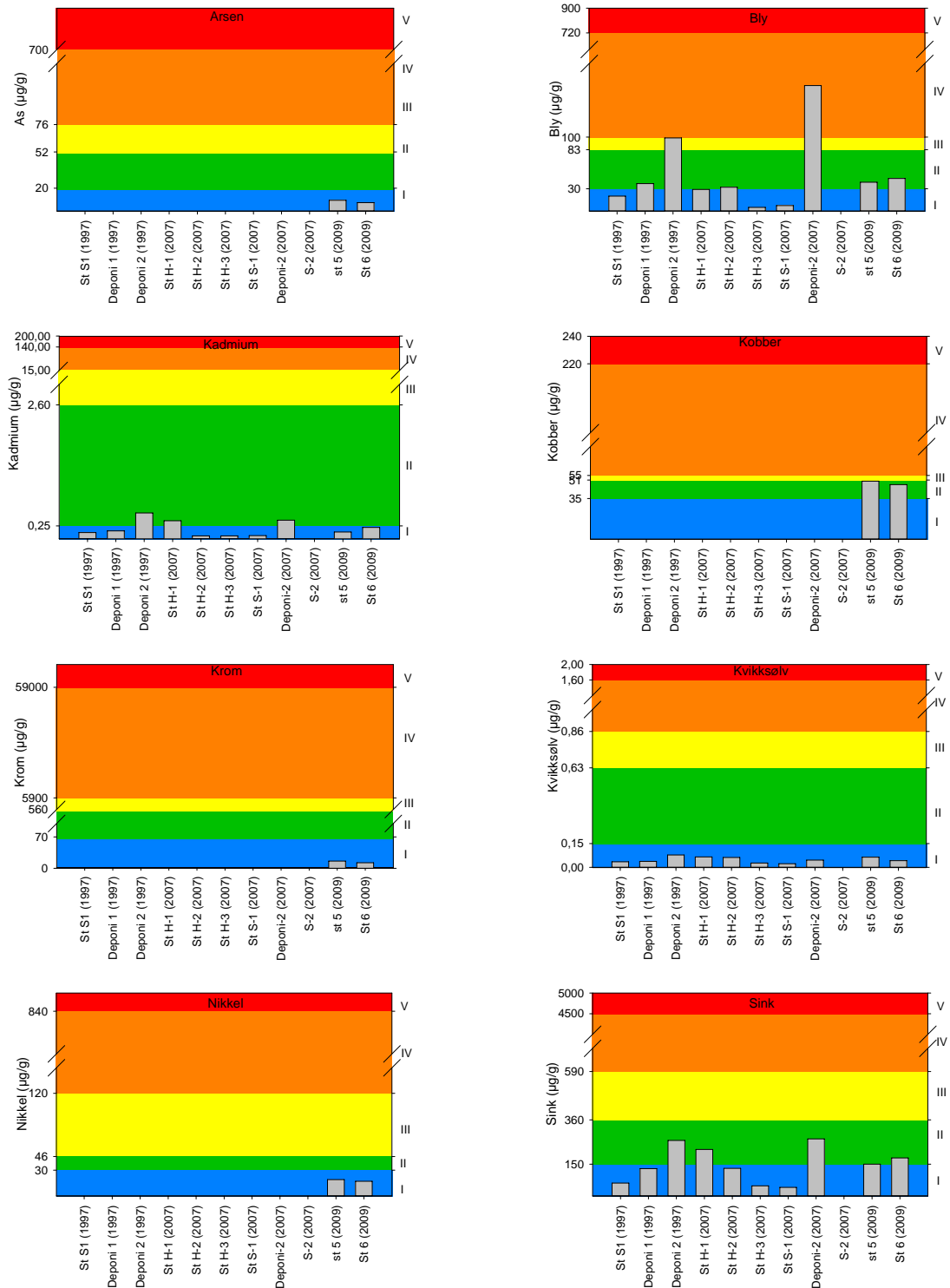
2.4.2 Metaller i sedimenter

Stasjonsplassering og årstall for innsamling av sedimenter i Høyangsfjorden er vist på kart i **Figur 13**.



Figur 13. Oversiktskart med plassering av sedimentstasjoner i Høyangsfjorden. Årstall for innsamling står i parentes bak stasjonsnavnet.

En oppsummering av metallinnholdet i sedimenter med klassifisering i henhold til Klif's klassifiseringssystem er vist i **Figur 14**.



Figur 14. Metallinnhold i sedimenter fra Høyangsfjorden. Årstall for sedimentprøvetakingen står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klif's tilstandsklasser.

Det var generelt lave verdier av metallinnhold i sedimenter ved alle undersøkelsene og metallinnholdet ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" eller "Tilstandsklasse II, God" for alle metaller unntatt for bly (Pb) på en stasjon. På stasjon Deponi 2 ble blyinnholdet klassifisert til "Tilstandsklasse III, Moderat" i 1997, og til "Tilstandsklasse IV, Dårlig" i 2007.

2.4.3 Metaller i fisk og krabbe

Resultatene fra undersøkelsene av metallinnhold i torsk er vist i **Tabell 3** og for krabbe i **Tabell 4**. Det finnes bare tilstandsklasser for kvikksølv (Hg) i filet av torsk. For de andre metallene kan verdiene sammenlignes med bakgrunnsverdier fra CEMP 2006. Disse verdiene antyder metallinnhold i torskefilet for fisk samlet fra lokaliteter med ubetydelig forurensning av metaller.

Det finnes heller ikke tilstandsklasser for metallinnhold i krabbe, og verdiene sammenlignes med bakgrunnsverdier fra Knutzen 1999.

Tabell 3. Metallinnhold i torsk fra Høyangsfjorden i 2007 (Glette 2008) sammenlignet med bakgrunnsverdier fra CEMP 2006. Verdi i parentes tilsvarende tilstandsklasse i henhold til Klif's klassifiseringssystem.

Torsk mg/kg v.v.	Indre Høyangsfjord 2007 (Veritas)	CEMP 2006 "Bakgrunn"	Indre Høyangsfjord 2007 (Veritas)	CEMP 2006 "Bakgrunn"
	Filet		Lever	
Bly (Pb)	0,043		0,044	0,1
Kadmium (Cd)	0,068		0,22	0,3
Kvikksølv (Hg)	0,04 (I)	0,1	0,033	
Sink (Zn)	67		26	30

Tabell 4. Metallinnhold i krabbe fra Høyangsfjorden i 2007 (Glette 2008) sammenlignet med bakgrunnsverdier fra Knutzen 1999.

Krabbe mg/kg v.v.	Indre Høyangsfjord 2007 (Glette 2008)	Indre Høyangsfjord 2007 (Glette 2008)	Knutzen 1999 "Bakgrunn"	Knutzen 1999 "Bakgrunn"
	klør/kjøtt	Brun innmat	klør/kjøtt	Brun innmat
Bly (Pb)	0,043	0,18	0,01-0,12	0,03-0,28
Kadmium (Cd)	0,068	9	0,01-0,17	0,34-5
Kvikksølv (Hg)	0,04	0,037	0,09-0,65	0,02-0,4
Sink (Zn)	67	60	45-88	27-63

Resultatene viser at det for metallinnhold i torskefilet, krabbeklør og innmat er verdier på bakgrunnsnivåer. For kvikksølv (Hg) der det finnes tilstandsklasser for torsk, blir fisken fra indre Høyangsfjord klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn".

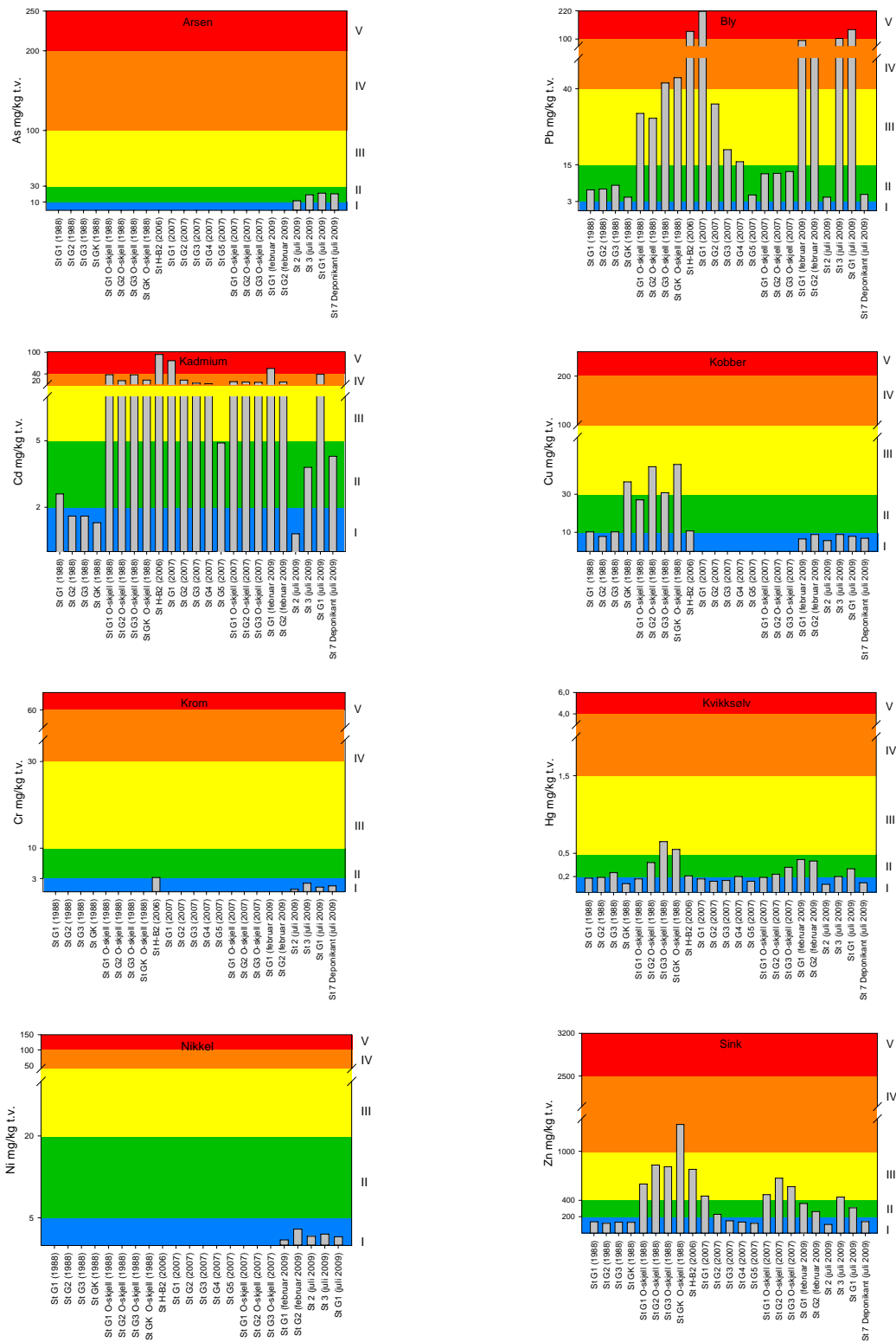
2.4.4 Metaller i blåskjell og o-skjell

Stasjonsplassering og årstall for innsamling av blåskjell og o-skjell i Høyangsfjorden er vist på kart i **Figur 15**.



Figur 15. Oversiktskart med stasjonsnavn og plassering av stasjoner for innsamling av skjell i Høyangsfjorden. Årstall for innsamling står i parentes bak stasjonsnavnet.

Resultatene for metallinnhold i skjell er vist i **Figur 16**.



Figur 16. Metallinnhold i blåskjell og o-skjell fra Høyangsfjorden. Årstall for prøvetaking står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klif's tilstandsklasser for blåskjell. Det finnes ikke klassegrenser for o-skjell, og verdiene er derfor plottet mot klassegrensene til blåskjell i figuren.

For blåskjell er det i undersøkelsene før 2009 funnet forhøyede verdier av kadmium (Cd), kobber (Cu) og bly (Pb) med klassifisering av skjellene til ”Tilstandsklasse V, Meget sterkt forurenset” og ”Tilstandsklasse IV, Sterkt forurenset”. Resultatene viser at det har vært en reduksjon i metallinnholdet i blåskjell fra 1988 til 2009. Metallinnholdet i blåskjellene i 2009 ble klassifisert til ”Tilstandsklasse III, Markert forurenset ” eller lavere for samtlige metaller.

O-skjell ble ikke innsamlet i 2009, men har i de tidligere undersøkelsene vist forhøyede verdier for de samme metallene som i blåskjell.

2.4.5 Metaller i vann

Det er analysert på metallinnhold i vannprøver fra Høyangsfjorden i 2009 (Håvardstun og Næs 2009). Stasjonsplassering for vannprøver er vist på kart i **Figur 17**.



Figur 17. Oversiktskart med stasjonsnavn og plassering for innsamling av vannprøver i Høyangsfjorden i 2009.

Resultatene for metallinnhold i vannprøver er vist i **Tabell 5**.

Tabell 5. Konsentrasjoner av kadmium og bly i vannprøver fra Høyangsfjorden innsamlet i juli 2009. Romertall i parentes tilsvarer Klifs tilstandsklasse.

	Cd µg/l 06.07.2009	Cd µg/l 22.07.2009	Pb µg/l 06.07.2009	Pb µg/l 22.07.2009
Stasjon 2 0,5m	0,007 (I)	0,008 (I)	0,356 (II)	0,261 (II)
Stasjon 3 0,5m	0,007 (I)	0,008 (I)	0,902 (II)	0,313 (II)
Stasjon 4 0,5m	0,006 (I)	0,009 (I)	0,505 (II)	0,534 (II)
Stasjon B 0,5m	0,006 (I)	0,015 (I)	0,331 (II)	1,33 (II)

Metallinnholdet i vannprøvene ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" for kadmium (Cd) og "Tilstandsklasse II, God" for bly (Pb) på de undersøkte stasjonene.

2.5 Husnes

Sør-Norge Aluminium AS ligger ved Husnesvågen i Kvinnherad ytterst i Hardangerfjorden. Verket har utslipp til sjø til Husnesvågen.

2.5.1 Datagrunnlag

Ved Husnes er det gjort undersøkelser av metaller i sedimenter i 1986 (Næs 1986), 1990 (Bakke mfl. 1991) og 2008 (Håvardstun og Næs 2009). Ved Husnes er det også analysert på metallinnhold i vannprøver i 2008 (Håvardstun og Næs 2009).

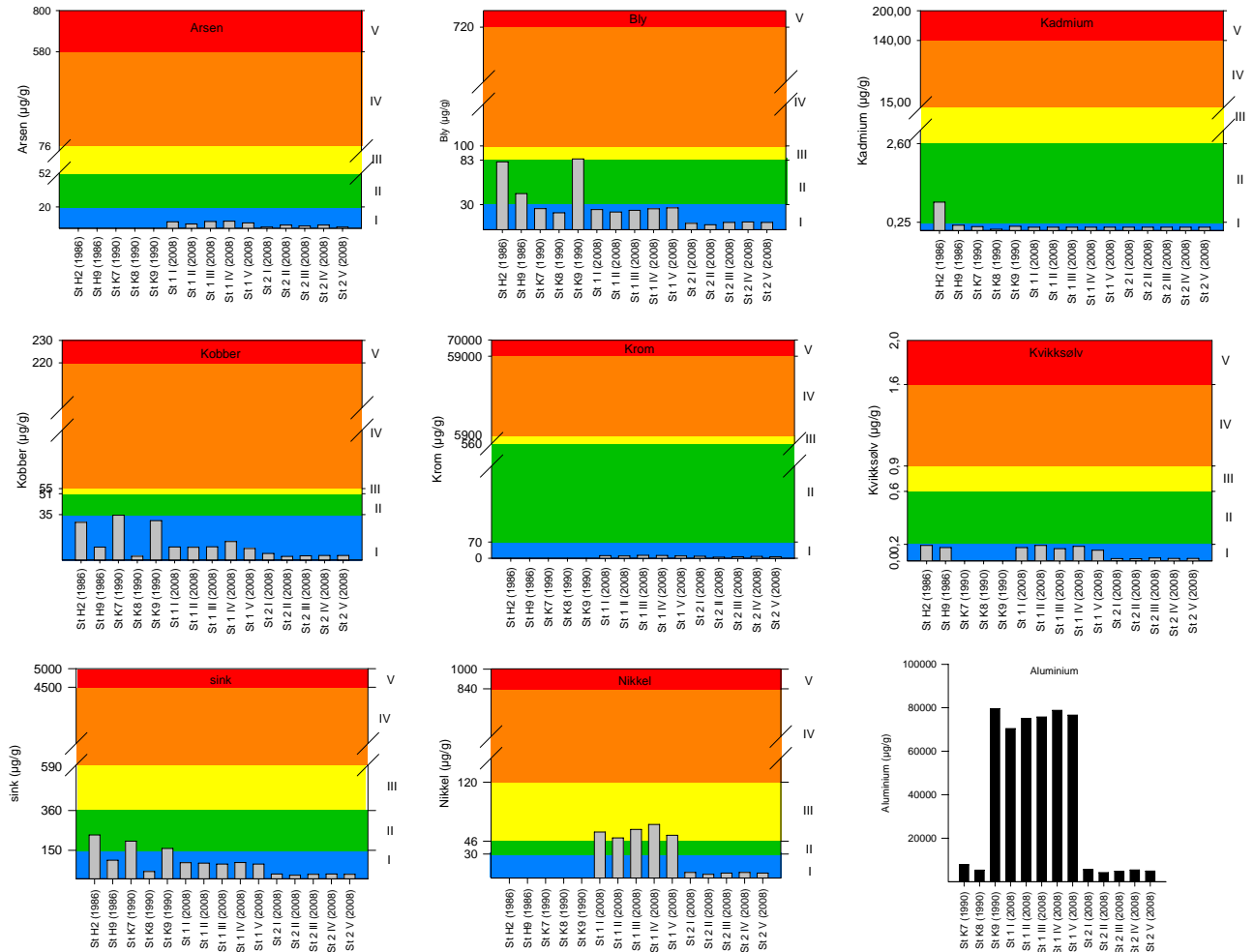
Kart med oversikt over stasjonsplasseringene for vannprøver og sedimentprøver er vist på kart i **Figur 18**.



Figur 18. Oversiktskart med stasjoner for innsamling av sedimentprøver (hvite sirkler) og vannprøver (svarte firkanter) fra Husnesvågen. Årstall for innsamling står i parentes bak stasjonsnavnet.

2.5.2 Metaller i sedimenter

En oppsummering av metallinnholdet i sedimenter med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 19**.

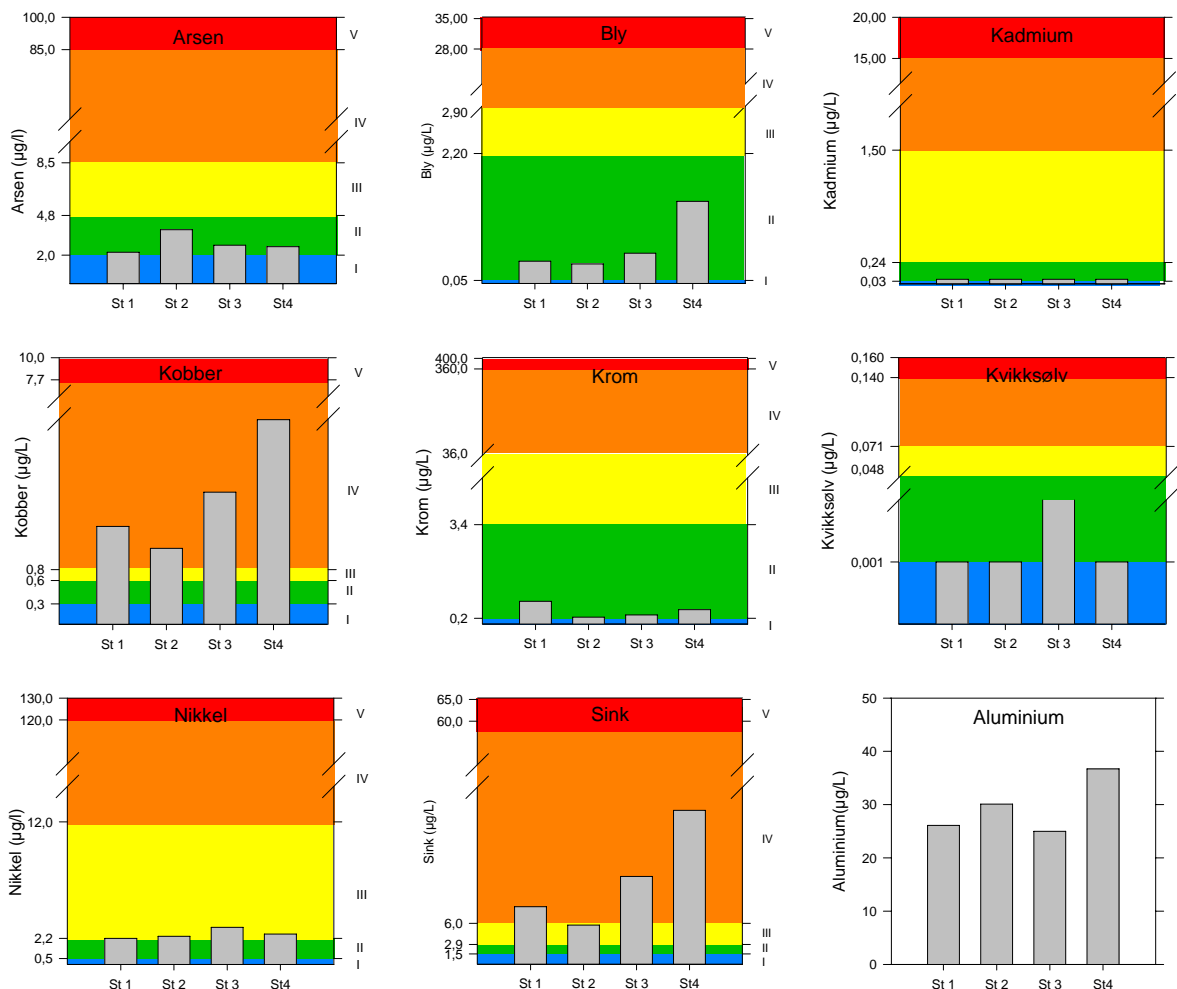


Figur 19. Metallinnhold i sedimenter fra Husnesvågen. Årstall for sedimentprøvetakingen står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Det er generelt lave verdier for metallinnhold i sedimentene i Husnesvågen og de fleste ligger i "Tilstandsklasse I, Bakgrunn". Nikkelinnholdet (Ni) blir på en stasjon klassifisert til "Tilstandsklasse III, Moderat". Det finnes ikke klassegrenser for aluminium, men en ser at stasjon 1 har 10-15 ganger høyere aluminiumsinnhold enn stasjon 2. Det er også en tendens til at metallinnholdet i prøvene fra 2008 viser lavere verdier enn i de tidligere undersøkelsene.

2.5.3 Metaller i vannprøver

En oppsummering av metallinnholdet i vannprøver med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 20**.



Figur 20. Metallinnhold i vannprøver fra Husnes i 2008. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Metallene bly (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr) og kvikksølv (Hg) blir alle klassifisert til "Tilstandsklasse I, Bakgrunn" eller "Tilstandsklasse II, God" på de 4 stasjonene. For kobber (Cu) blir de 4 stasjonene klassifisert til "Tilstandsklasse IV, Dårlig". Sink (Zn) blir klassifisert til "Tilstandsklasse IV, Dårlig" på stasjonene 1, 3 og 4 og "Tilstandsklasse III, Moderat" på stasjon 2. For nikkel (Ni) blir stasjon 1 klassifisert til "Tilstandsklasse II, God" og "Tilstandsklasse III, Moderat" på stasjon 2, 3 og 4. Det finnes ikke tilstandsklasser for aluminium, men konsentrasjonene varierer mellom 25-37µg Al/l.

2.6 Karmsund

Hydro Aluminium Karmøy er en av flere som påvirker miljøsituasjonen i Karmsundet. Det er derfor utført flere undersøkelser for å oppdatere forurensningssituasjonen i området. Siden Hydro Aluminium Karmøys påvirkning særlig er knyttet til utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er

dette vektlagt i de fleste undersøkelsene. Imidlertid, siden kostholdsrådet for Karmsundet også omfatter metaller foreligger det også en del undersøkelser der metaller er analysert på sedimenter og biota.

2.6.1 Datagrunnlag

I Karmsundet er det gjort undersøkelser av metaller i sedimenter i 1988 (Knutzen mfl. 1989) og 2008 (Næs mfl. 2009). Undersøkelse av metaller i blåskjell er gjennomført i 2003 (Tvedten 2004). Det er undersøkt metallinnhold i fisk, strandsnegl og grisetang fra Karmsundet i 1989 (Knutzen mfl. 1989).

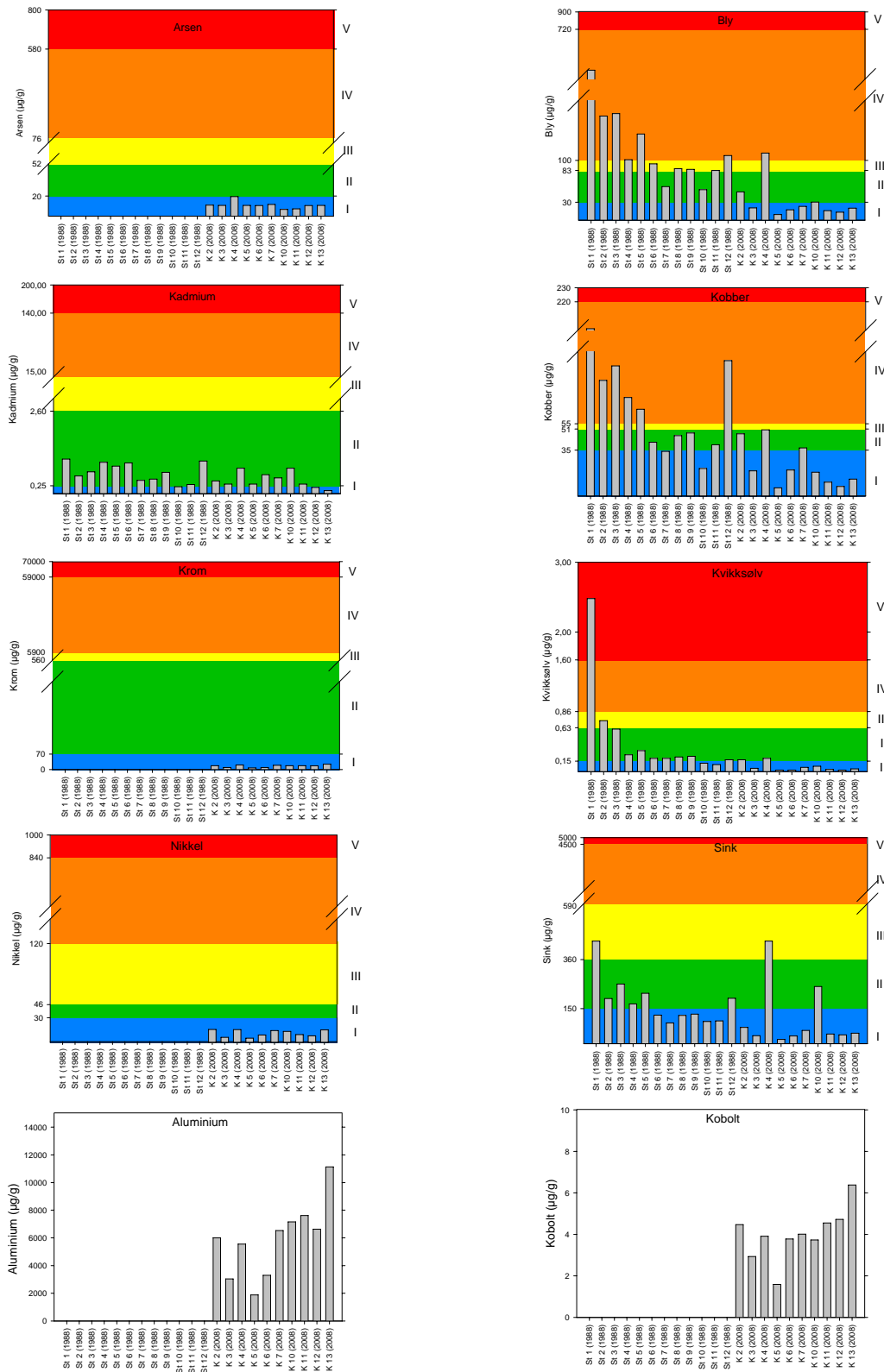
2.6.2 Metaller i sedimenter

Kart med oversikt over stasjonsplasseringene for sedimenter er vist på kart i **Figur 21**.



Figur 21. Oversiktskart med stasjonsnavn og plassering av stasjoner for innsamling av sedimentprøver i Karmsundet. Årstall for innsamling står i parentes bak stasjonsnavnet.

En oppsummering av metallinnholdet i sedimenter med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 22**.



Figur 22. Metallinnhold i sedimenter fra Karmsundet. Årstall for sedimentprøvetakingen står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser. For figurene der det mangler bakgrunnsfarge finnes det ikke tilstandsklasser.

Sedimentene i Karmsundet hadde generelt lave verdier av metaller. Blyinnholdet på stasjon K4 i Bøvågen var imidlertid høyere, og ble klassifisert til "Tilstandsklasse IV, Dårlig". Det er en tydelig trend med redusert metallinnhold i sedimentene fra undersøkelsen i 1988 til 2008.

2.6.3 Metaller i biota

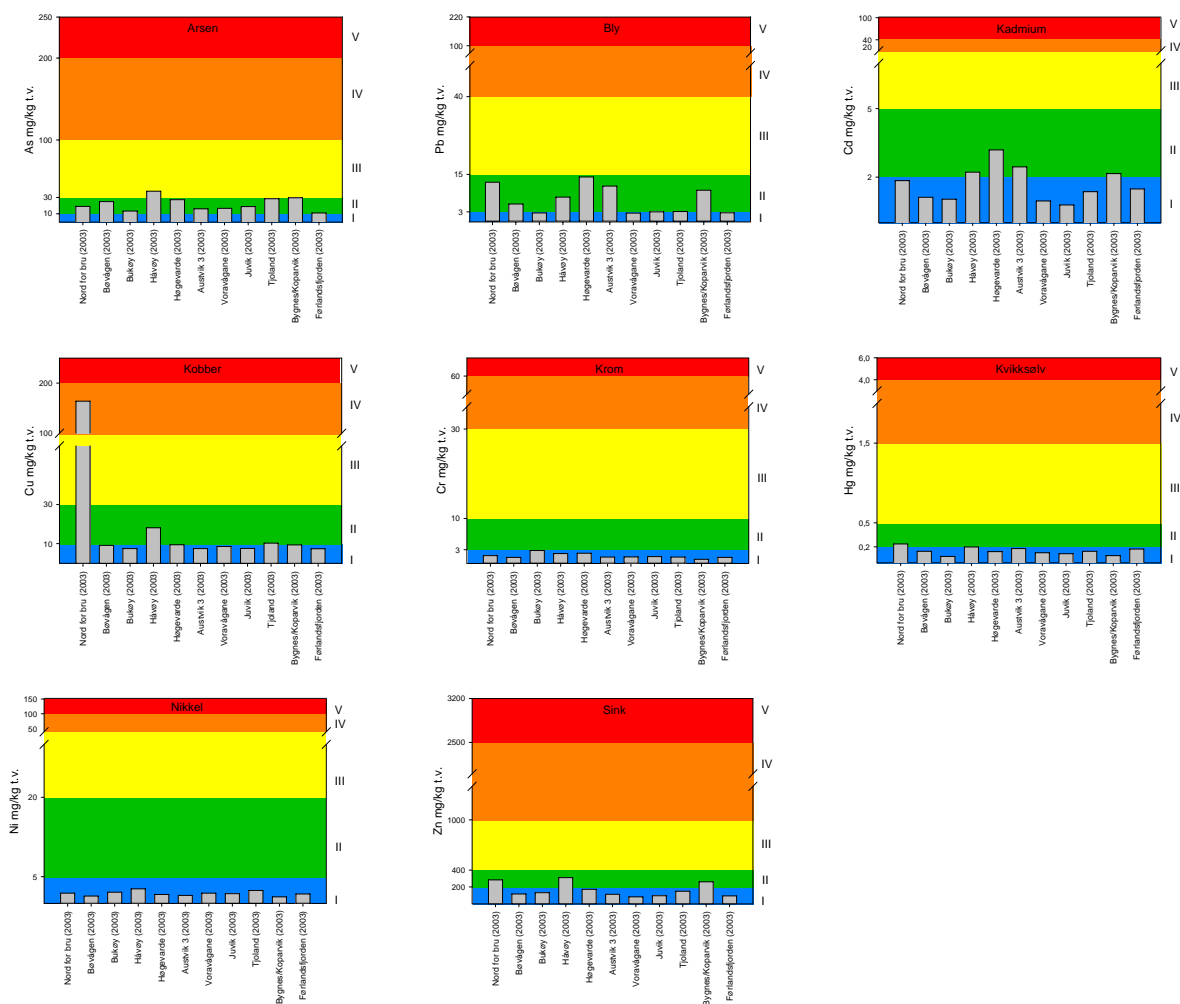
Kart som viser plassering av stasjoner for innsamling av blåskjell, fisk, tang og strandsnegl er vist på kart i **Figur 23**.



Figur 23. Kart som viser stasjonsplassering for innsamling av blåskjell (stjerne), tang og snegl (trekant) og fisk (femkant). Årstall for innsamling er gitt bak stasjonsnavnet.

2.6.4 Metaller i blåskjell

En oppsummering av metallinnholdet i blåskjell med klassifisering i henhold til Klifs klassifiseringssystem er vist i **Figur 24**.



Figur 24. Metallinnhold i blåskjell fra Karmsundet. Årstill for prøvetaking står i parentes bak stasjonsbetegnelsen. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasse for blåskjell.

Generelt er innholdet av metallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), bly (Pb), arsen (As), nikkel (Ni) og kvikksølv (Hg) var lavt og kan klassifiseres til ”Tilstandsklasse I, Ubetydelig forurenset” til ”Tilstandsklasse II, Moderat forurenset”. En stasjon ”Nord for bro” skiller seg ut med et høyt kobberinnhold.

2.6.5 Metaller i fisk, strandsnegl og grisetang

Kart med oversikt over stasjonene som er prøvetatt er gitt i **Figur 23**. Resultatene for metallinnhold i fisk, snegl og grisetang er oppsummert i **Tabell 6** og **Tabell 7**.

Tabell 6. Metaller i torsk (*Gadhus morua*) og skrubbe (*Platyichthus flesus*) fra Karmsundet 1988, (Knutzen mfl. 1989).

Organisme	Mnd/År	Stasjon	Hg (mg/kg v.v)	Pb (mg/kg v.v)	Cd (mg/kg v.v)	As (mg/kg v.v)	Zn (mg/kg v.v)	Cu (mg/kg v.v)
Torsk (filet)	Des. 1988	Austvik	0,07 (I)					
Torsk (filet)	Des. 1988	Håviksbukt	0,05 (I)					
Torsk (filet)	Sept. 1988	Håviksbukt, Austvik og Sakkestad (blandprøve)	0,04 (I)					
Skrubbe (filet)	Des. 1988	Austvik og Sakkestad (blandprøve)	0,06					
Skrubbe (lever)	Des. 1988	Håviksbukt, Austvik og Sakkestad (blandprøve)		0,28	0,04	<0,2	34,9	8,7

Tabell 7. Metaller i strandsnegl (*Littorina littorea*) og grisetang (*Ascophyllum nodosum*) fra Karmsundet august 1988 (Knutzen mfl.1989). Romertall tilsvarende Klifs tilstandsklasser for strandsnegl og grisetang. Alle verdier er oppgitt i mg/kg t.v.

Organisme	Stasjon	Hg	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Fe	Co	Zn	Ti	V
Strandsnegl	St 1 Storesundflu	0,06 (I)	0,65 (I)	2,3 (I)	102 (I)	2,3 (I)	0,8 (I)	606	<5	77 (I)		
	St 3 Eidsknappen	0,08 (I)	0,50 (I)	1,8 (I)	112 (I)	5,6 (I)	1,4 (I)	817	<5	83 (I)		
	St 4 Håviksbukta		0,50 (I)	1,5 (I)	144 (I)	2,1 (I)	0,5 (I)	403	<5	78 (I)		
	St 7a Hestvika	0,06 (I)	0,63 (I)	1,4 (I)	100 (I)	3,6 (I)	0,7 (I)	270	<5	74 (I)		
Grisetang	St 1 Storesundflu	<0,04 (I)	0,24 (I)	1,0 (I-II)	2,7 (I)			70		51 (I)	<0,5	1
	St 3 Eidsknappen	<0,04 (I)	0,15 (I)	0,4 (I)	1,7 (I)			53		28 (I)	<0,5	0,5
	St 4 Håviksbukta		0,18 (I)	1,4 (II)	5,9 (II)			141		45 (I)	0,8	1,0
	St 7b Blikshamn		0,29 (I)	2,0 (II)	4,2 (I)			30		33 (I)	0,4	1,3

Resultatene i **Tabell 6** og **Tabell 7** viser at det er lave verdier for metallinnhold i fisk, tang og strandsnegl. For metallene det finnes tilstandsklasser for, blir metallinnholdet klassifisert til ”Tilstandsklasse I, Bakgrunn”.

2.6.6 Utslipp til luft, og metaller i ferskvannssedimenter og organismer

Forurensningsgraden av metaller i ble undersøkt sedimenter fra 29 innsjøer i regionen rundt verket i 2008 (Rognerud og Fjeld 2008). Lokalitetene er vist på kart i **Figur 25**.



Figur 25. Lokalteter for innsamling av sedimenter fra innsjøer i regionen rundt verket på karmøy (røde sirkler). Fra (Rognerud og Fjeld) 2008.

De lokale luftutslippene av metaller fra verket bidro ikke til nevneverdig forurensninger av overflatesedimenter i områdene rundt verket på Karmøy. Årsakene kan være at naturlige geokjemiske konsentrasjoner er så høye, at et lite bidrag fra lokale luftavsetninger blir ubetydelig, og at metaller knyttet til støv fra råvarene i hovedsak avsettes nær verket eller i sjøen utenfor. Atmosfæriske avsetninger av langtransporterte forurensninger har forurenset overflatesedimentene betydelig i hele regionen særlig for bly, vismut, antimon, arsen og kvikksølv. I mindre grad for gallium og vanadium.

2.7 Lista

Avløpsvann fra Alcoa Lista blir tilført til Husebybukta på Lista.

2.7.1 Datagrunnlag

I resipienten til Alcoa Lista er det gjort mange undersøkelser gjennom flere år av PAH forbindelser. Det er imidlertid bare funnet tre undersøkelser som inkluderer metaller.

Det er analysert på metallinnhold i krabbe fra tre stasjoner ved Lista i 1986 (Knutzen 1987), og det er undersøkt innhold av metaller i strandsnegl i 2001 (Moy og Kroglund 2002), og i 2009 (Kroglund 2010).

Stasjonsplassering for innsamling av krabbe og strandsnegl er vist på kart i **Figur 26**.



Figur 26. Kart som viser stasjonsplassering for innsamling av strandsnegl (svarte sirkler) og krabbe (skravert område) utenfor Alcoa Lista. St 4 er ikke avmerket på kartet, men ligger ca 10km nord vest for Alcoa Lista.

2.7.2 Metaller i krabbe

Resultatene for metallinnhold i taskekrabbe er oppsummert i **Tabell 8**. Tabellen inneholder også resultater for krabbe innsamlet i Lundevågen nord for Alcoa Lista og fra Spind/Skarvøyområdet lengre øst.

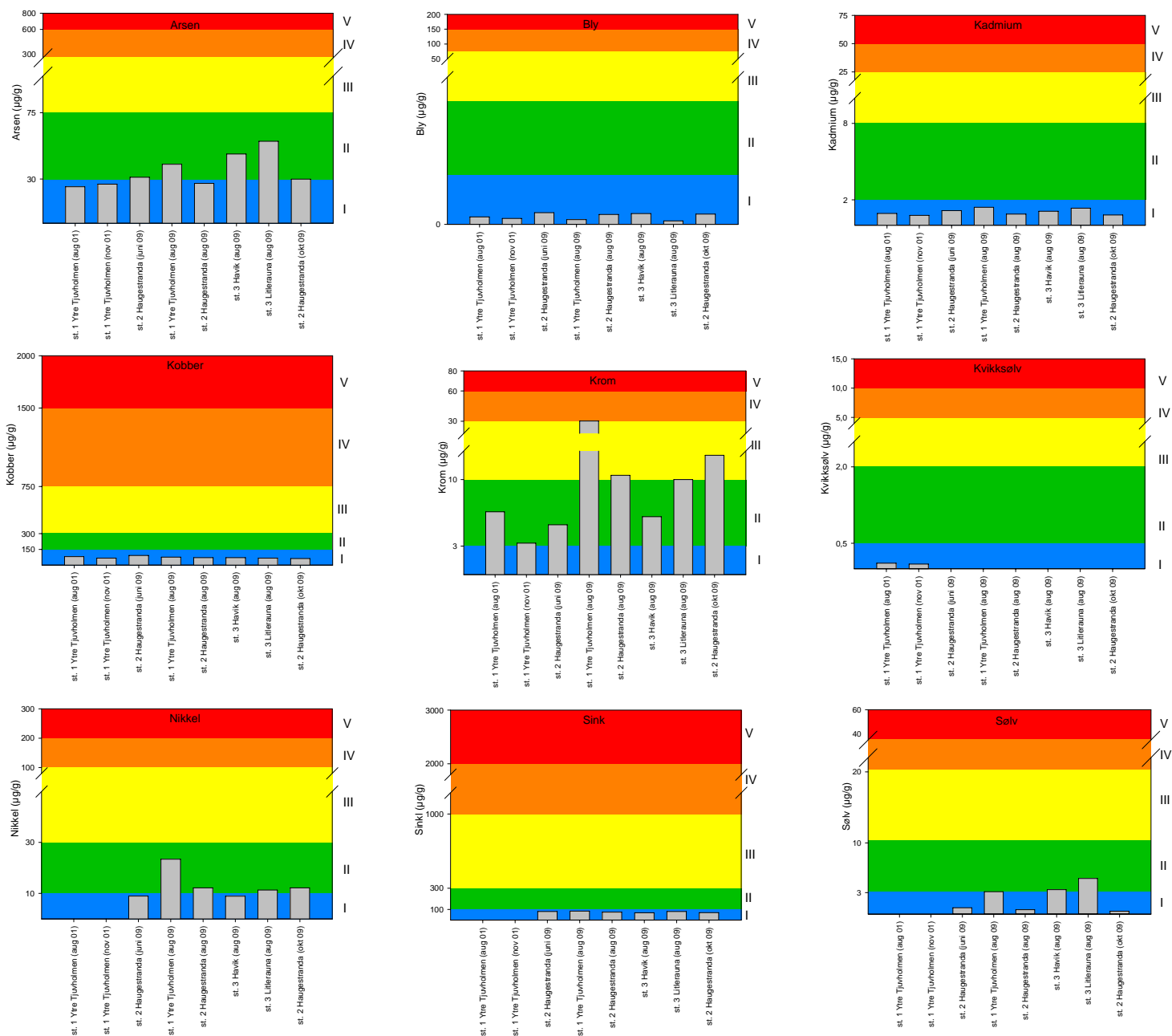
Tabell 8. Metaller i taskekrabbe (*Cancer pagurus*) fra Lista sept-okt 1986, mg/kg tørrvekt

Metaller	Husebybukta	Lundevågen	Spind/skarvøy
Kvikksølv	0,06	0,10	0,11
Bly	0,65	0,58	0,61
Kadmium	3,91	4,02	4,29
Kobber	55,9	48	51,7
Sink	98,9	113	90,2
Nikkel	1,12	0,91	1,98
Krom	0,08	<0,06	0,15
Kobolt	<1	<1	<1
Vanadium	<1	<1	1,4
Mangan	14,4	15,6	29,7
Jern	155	80,4	159,6

Det finnes ikke tilstandsklasser for metallinnhold i krabbeinnmat. Generelt var det imidlertid lave konsentrasjoner av metaller i krabbeinnmat. Det var også forholdsvis liten forskjell i metallinnhold mellom de ulike stasjonene for de viktigste miljøgiftmetallene kvikksølv, kadmium og bly. Dette tyder på at det ikke synes å være punktkilder av betydning som belaster resipientene på de undersøkte lokalitetene.

2.7.3 Metaller i strandsnegl

En oppsummering av metallinnhold i strandsnegl innsamlet i 2001 og 2009 er gitt i **Figur 27**.



Figur 27. Metallinnhold i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra området ved Alcoa Lista, Årstall for innsamlingene står i parentes bak stasjonsnavnet. Konsentrasjonene er gitt i µg/g tørrvekt. Romertall og bakgrunnsfarger tilsvarer Klifs tilstandsklasser.

Resultatene viser at strandsnegl ble klassifisert til "Tilstandsklasse I, Ubetydelig-lite forurenset" av metallene arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), kvikksølv (Hg) og sink (Zn). Strandsneglene ble klassifisert til "Tilstandsklasse II, Moderat forurenset" og "Tilstandsklasse III, Markert forurenset" for krom, og til "Tilstandsklasse I, Ubetydelig-lite forurenset" og "Tilstandsklasse II, Moderat forurenset" for metallene nikkel (Ni) og sølv (Ag).

3. Konklusjoner

Overvåkingsprogrammene for resipientene til aluminiumsverkene har ofte inkludert analyser av tungmetaller. Metallproblematikken har imidlertid ikke vært hovedfokuset i overvåkingen, og dataomfanget er derfor varierende og til dels usystematisk mellom de forskjellige resipientene. Imidlertid, selv med disse begrensningene gir dataene et rimelig bra inntrykk av den generelle miljøtilstanden knyttet til påvirkning fra tungmetaller.

Som en overordnet konklusjon, er det generelle bildet at forurensningsnivået av tungmetaller i resipientene til aluminiumsverkene er lavt, med konsentrasjoner ofte svarende til Klifs tilstandsklasser "I, Bakgrunn" til "II, God" miljøtilstand. I enkelte resipienter er påvirkningen slik at miljøtilstanden må karakteriseres som moderat til dårlig (også svært dårlig) for enkelte metaller.

Oppsummert gjelder følgende for resipienten for det enkelte aluminiumsverk:

Alcoa Mosjøen:

Det var lave verdier av metaller i sedimentene (tilstandsklasse I). Konsentrasjonene i blåskjell/o-skjell lå typisk i tilstandsklasse I-II (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand) med tilstandsklasse III (*Moderat* miljøtilstand) for kadmium fra enkelte lokaliteter.

Hydro Sunndal:

Det var lave verdier av metaller i sedimentene (tilstandsklasse I-II, *Bakgrunn* til *God* miljøtilstand). Det var lave konsentrasjoner i skallinnmat av krabbe.

Hydro Årdal:

Konsentrasjonene av metaller i sedimentene varierte fra tilstandsklasse I til tilstandsklasse III (*Bakgrunn* til *Moderat* miljøtilstand) og med kobber opp til tilstandsklasse IV (*Dårlig* miljøtilstand). Verdiene i blæretang tilsvarte også tilstandsklasse I til tilstandsklasse IV (*Bakgrunn* til *Sterkt forurensset* miljøtilstand). Metallinnholdet i o-skjell var til dels høyt sammenlignet med referanseverdier for blåskjell.

Hydro Høyanger:

Konsentrasjonene av metaller i sedimentene var lave (tilstandsklasse I-II, *Bakgrunn* til *God* miljøtilstand), mens det var tildels høye konsentrasjoner i blåskjell/-o-skjell og i vannprøver. Man skal i den sammenheng merke seg at nyere undersøkelser tyder på tilførsler til indre Høyangsfjorden som ikke kan relateres til aluminiumsverket.

Sør-Norge Aluminium, Husnes:

Det var lave metallkonsentrasjoner i sedimentene, tilstandsklasse I-II, (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand). Konsentrasjonene i vannprøver varierte fra tilstandsklasse I (*Bakgrunn*) opptil tilstandsklasse IV (*Dårlig*) for enkelte metaller på noen lokaliteter. Noen av vannprøvene kan også være preget av påvirkning fra en båthavn.

Hydro Karmøy:

Nyere data tilsier at metallinnholdet i sedimentene var lavt og svarende til tilstandsklasse I-II (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand). Tidligere undersøkelser har imidlertid påvist påvirkning fra enkelte metaller svarende til tilstandsklasse IV (*Dårlig* miljøtilstand). Man skal for denne resipienten være oppmerksom på at Karmsundet er et sterkt trafikkert sund og med betydelig aktivitet. Det kan derfor være flere kilder til påvirkning enn aluminiumsverket. Konsentrasjonene i blåskjell var lave og svarende til tilstandsklasse I-II (*Bakgrunn* til *God* miljøtilstand).

Alcoa Lista:

Det har i hovedsak kun vært gjennomført undersøkelser av metaller i strandsnegl fra denne resipienten. Konsentrasjonene var lave for de fleste metallene og svarende til tilstandsklasse I (*Bakgrunn* miljøtilstand) og tilstandsklasse II (*Moderat* miljøtilstand). Enkelte stasjoner klassifisert til tilstandsklasse III (Markert forurenset).

4. Referanser

- Baalsrud, K., N. Green., J. Knutzen., K. Næs og B. Rygg 1985. Overvåking av Årdalsfjorden 1983. En tiltaksorientert undersøkelse av forurensninger fra aluminiumindustri og befolkning. Klif Overvåkingsrapport nr. 228/86. NIVA-rapport L.nr. 1870.
- Bakke, H. B, Rygg, L.G. Golmen. 1991. Resipientundersøking i Kvinnherad 1990. NIVA rapport l. nr. 2565-1991.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensningstilsyn, TA-2229/2007. 12s
- Barland, K., H. Berg og G.S. Eriksen, 1996. Tungmetaller i skalldyr, SNT-rapport 2:98.
- Glette, T., 2008. PAH og metaller i Høyangsfjorden 2007. Det Norske Veritas, rapp. Nr. 2007-1754.
- Heggøy, E. 2007. Resultat fra forundersøkelse etter utslipp av sinkoksid "slurry" til Høyangerfjorden. UNIFOB J.nr.: SAM-03/07-EH
- Håvardstun, J., K. Næs og I. Allan 2009. Miljøundersøkelser ved Sør-Norge aluminium AS. Etterundersøkelse etter lukking av deponi. 2009. NIVA-rapport L.nr. 5740.23s.
- Håvardstun, J., og K., Næs 2009. Miljøundersøkelser i Høyangsfjorden 2009. statusrapport II: Metaller i vannmasser, blåskjell og sedimenter. NIVA-rapport L.nr. 5847. 18s.
- Håvardstun, J. 2009. Avfallsprøver av fast stoff, vannprøver og blåskjell fra Høyangsfjorden. NIVA notat. j.nr.: 1995/09.
- Julshamn, K., 1981. Studies on major and minor elements in molluscs in western Norway. IV. The distribution of 17 elements in different tissues of oyster (*Ostrea edulis*), common mussel (*Mytilus edulis*) and horse mussel (*Modiolus modiolus*) taken from unpolluted waters. Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernæring 1(5): 215-234
- Klif 2001. Nedfall av tungmetaller rundt utvalgte norske industrier. Studier ved analyse av mose. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 831/01. TA-1819/2001. 16s.
- Knutzen, J. 1987. Orienterende undersøkelser 1986 av PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre og taskekrabbe fra resipientområdet til Lista Aluminiumverk og referansestasjoner. NIVA-rapport. L.nr. 2007. 21s.
- Knutzen, J., K. Næs og B. Rygg 1989. Tiltaksorientert overvåking av Karmsundet. Undersøkelse av sedimenter, bløtbunnsfauna og miljøgifter i organismer. Klif Overvåkingsrapport nr. 371/89. NIVA rapport l.nr. 2284. SFT Overvåkingsrapport nr. 371/89. 75s.
- Knutzen, J., E. Fjeld, K., Hylland, B., Killie, L., Kleivane, E., Lie, T., Nygård, T., Savinova, J., U., Skåre og K., J., Aanes. 1999. Miljøgifter og radioaktivitet i norsk fauna- inkludert Arktis og Antarktis. Utredning for DN. Nr. 1999-5. L. nr.: SR-99/003.
- Kroglund, T. 2010. Overvåking av sjøområdet utenfor Alcoa Aluminium, Lista. PAH og metaller i strandsnegl 2009. NIVA Notat O-26362.

- Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Klifs veiledning 97:03. TA-1467/1997. 36s.
- Moy, Frithjof, og T. Kroglund. 2002. Overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Aluminium, Lista. PAH og metaller i strandsnegl, 1999-2001. NIVA Rapport l.nr. 4549. 24s.
- Næs, K. 1986. Sedimentundersøkelse ved Husnes. NIVA notat. O-86005. 3s.
- Næs, K. og B. Rygg, 1998. Undersøkelser i Høyangsfjorden 1997. Miljøgifter i sedimenter og o-skjell. Sammensetningen av bløtbunnsfaunaen. NIVA-rapport L.nr. 3807.
- Næs, K., E. Fjeld, J. Håvardstun, I. Allan, 2009. Forurensningssituasjonen i Karmsundet i 2008 med vekt på påvirkning fra Hydro Aluminium Karmøy. Metaller, PAH og klorerte forbindelser i vannmasser, blåskjell, torsk, krabbe og sedimenter. NIVA Rapport l.nr. 5881.
- Næs, K., J. Knutsen, E. Oug, B. Rygg, J. Håvardstun, L. Tveiten og M.C. Lie, 2001. Overvåking av Vefsnfjorden, Sunndalsfjorden og Årdalsfjorden 2000. PAH, klorerte forbindelser og metaller i organismer og sedimenter, sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA Rapport l.nr. 4440.
- Næs, K., I. Allan, J. Molvær, M. Schøyen, 2010. Overvåking av Vefsnfjorden 2009. Vannmasser, sediment og organismer. NIVA Rapport l.nr. 5940.
- Næs, K., H.C. Nilsson, E. Oug, M. Schøyen, T. Kroglund, og M.C. Lie, 2007. Overvåking av Vefsnfjorden, 2006. PAH, metaller og klororganiske forbindelser i organismer og sedimenter, bunnfauna i sedimenter. NIVA Rapport l.nr. 5329-2007.57s
- Næs, K., I. Allan, E. Oug, H. Chr, Nilsson, J. Håvardstun. 2010. Oppdatering av miljøstatus for Sunndalsfjorden i 2008. Vannmasser, sediment og organismer. NIVA Rapport l.nr. 5941. 92s
- Næs, K., I. Allan, E. Oug, H. Chr, Nilsson, J. Håvardstun. 2010. Oppdatering av miljøstatus for Sunndalsfjorden i 2008. Vannmasser, sediment og organismer. NIVA Rapport l.nr. 5941. 92s
- Næs, K. og Håvardstun, J 2009. Miljøundersøkelser i Høyangsfjorden 2009. Statusrapport om metaller i vannmasser og blåskjell. NIVA-rapport L.nr. 5783.
- Olsgaard, F., 1989. Basisundersøkelse i Høyangsfjorden. A/S Miljøplan. Oppdragsnr.: P87-096. 82s +appendix.
- Rognerud, S., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Røyset, O. 2007. Hydro Aluminium Sunndal. PAH, metaller og vannkvalitet i innsjøer i regionen rundt aluminiumsverket. NIVA rapport 5339. 33 s. + vedlegg.
- Rognerud, S. og Fjeld, E. 2008. Hydro Karmøy. PAH og metaller i innsjøer i regionen rundt aluminiumsverket. NIVA-rapport 5681-2008. 31s. + vedlegg.
- Tvedten, Ø.F. 2004. PAH og metallinnhold i blåskjell, torsk og krabbe fra Karmsundet, 2003. Rogalandsforskning. Rapport RF- 2003/274. 19s + vedlegg.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no