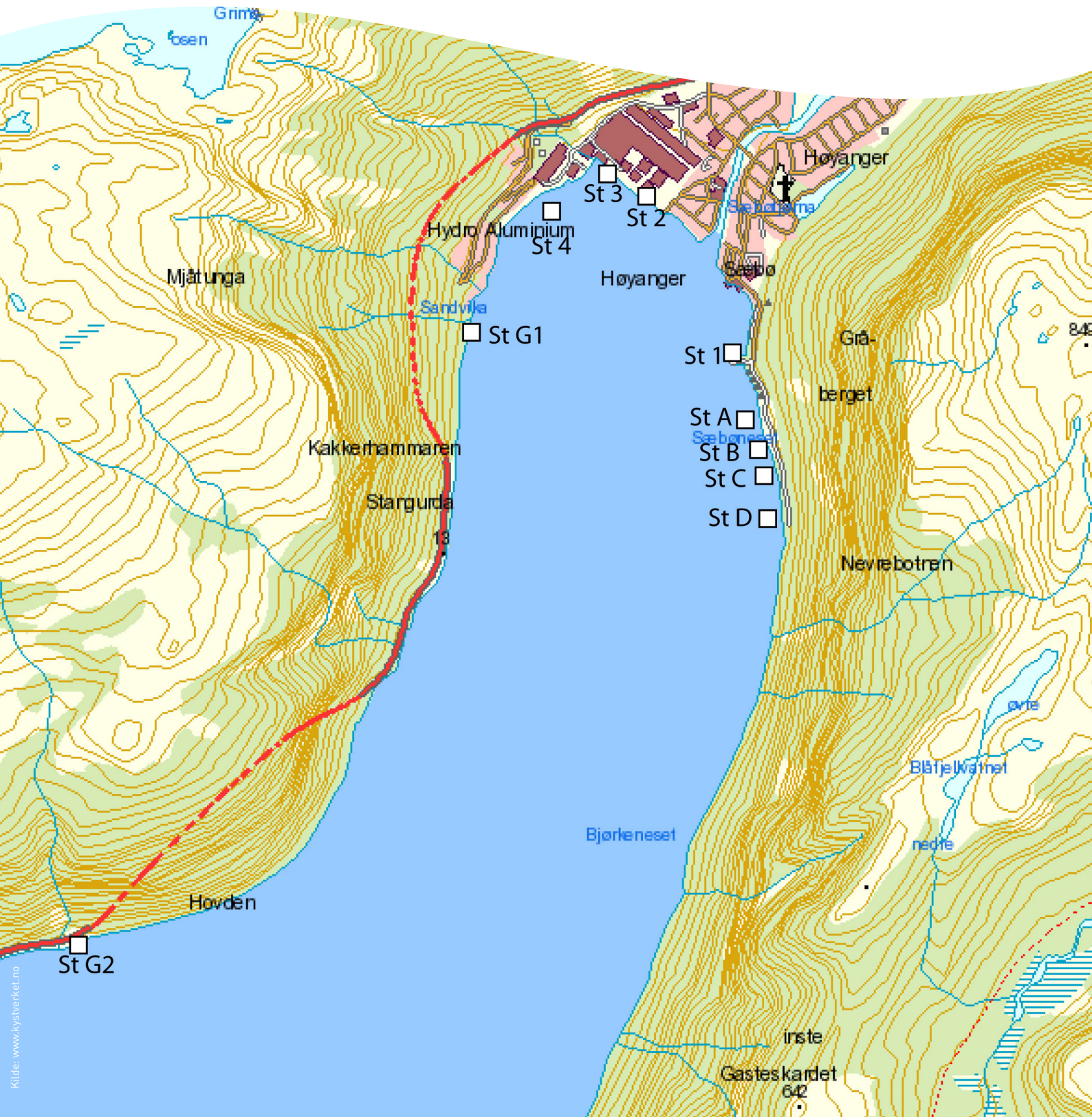


Miljøundersøkelser i Høyangsfjorden 2009

Statusrapport om metaller
i vannmasser og blåskjell



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

Nordnesboder 5
Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Miljøundersøkelser i Høyangsfjorden 2009. Statusrapport om metaller i vannmasser og blåskjell.	Løpenr. (for bestilling) 5783-2009	Dato 20. april 2009
	Prosjektnr. Udemnr. O-29019	Sider Pris 22
Forfatter(e) Kristoffer Næs og Jarle Håvardstun	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Hydro Aluminium a.s., Høyanger Metallverk	Oppdragsreferanse Einar Rysjedal
---	-------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Konsentrasjonen av metaller i vannmassene i indre Høyangsfjord er beregnet ut fra innhold i passive prøvetakere, såkalte DGTer. Likeledes er konsentrasjonen av metaller samt PAH i blåskjell fra to stasjoner bestemt.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Høyangsfjorden Metaller PAH Aluminiumverk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Høyangsfjord Metals PAH Aluminium plant
---	---

Jarle Håvardstun

Jarle Håvardstun
Prosjektleder

Kristoffer Næs

Kristoffer Næs
Forskningsleder

Jarle Nygard

Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

O-29019

Miljøundersøkelser i Høyangsfjorden 2009

Statusrapport om metaller i vannmasser og blåskjell

Forord

Denne statusrapporten er laget på oppdrag fra Hydro Aluminium as., Høyanger Metallverk. Kontaktpersonen ved bedriften har vært Einar Rysjedal.

Jarle Håvardstun og Bjørnar Beylich har gjennomført feltarbeidet og Jarle Håvardstun har også forfattet rapporten sammen med Kristoffer Næs.

Oslo, 20. april 2009

Jarle Håvardstun

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Bakgrunn og undersøkelser i Høyangsfjorden	7
3. Undersøkellesmetodikk	9
3.1.1 Vannmasser	9
3.1.2 Blåskjell	10
4. Resultater	11
4.1 Saltholdighet og temperatur i vannmassene	11
4.2 Metaller i vannmassene	12
4.3 Metaller i blåskjell	18
4.4 PAH i blåskjell	19
5. Referanser	20
Vedlegg A.	21

Sammendrag

Innhold av metaller i vannmassene i indre Høyangsfjord er beregnet med utgangspunkt i opptak i passive prøvetakere, såkalte DGTer. I tillegg er metaller og PAH målt i blåskjell fra to stasjoner. Hovedkonklusjonene er:

- Generelt var det en tendens til at konsentrasjonene i den innerste delen av prøvetakingsområdet, dvs. i det indre fjordbassengs nordre del nær kaiområdene, hadde de høyeste konsentrasjonene.
- Konsentrasjonene nær Sæbønesdeponiet var med noen unntak, generelt lavere. Unntaket gjelder for en stasjon (av 4 totalt) hvor det var forhøyede konsentrasjoner for metallene kadmium, krom, kobolt, nikkel, sink, kobber og jern. For disse metallene var det også noe høyere verdier for overflateprøven i forhold til prøven fra 4 m dyp fra denne stasjonen.
- En stasjon rett nord for deponiet samt to stasjoner utover langs fjordens vestside, hadde de laveste metallkonsentrasjonene.
- Konsentrasjonene av bly og kadmium i blåskjell var høye, svarende til markert til sterkt forurenset. Konsentrasjonene av andre metaller var lave.
- Konsentrasjonene av PAH i blåskjell tilsvarte moderat til markert forurensing

1. Innledning

Dette arbeidet er utført av Norsk institutt for vannforskning, NIVA, ved Jarle Håvardstun og Kristoffer Næs på grunnlag av forespørsel fra og tilbud til Hydro Aluminium Høyanger ved Einar Rysjedal. Bakgrunnen for oppdraget er et pålegg fra SFT av 1/9-2008 om gjennomføringer av miljøtekniske grunnundersøkelser i deponiet på Sæbøneset og overvåking av Høyangsfjorden.

2. Bakgrunn og undersøkelser i Høyangsfjorden

Høyangsfjorden har vært resipient for industrielt avløpsvann i mange år. Høyanger Verk, nå Hydro Aluminium 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. Elektolyseseriene har hatt tørrrensaneanlegg og sjøvannsvasking. Tilførsler til Høyangsfjorden fra verket antas i hovedsak å være tilførsler av PAH fra Søderbergserien. Utslippet skjer innerst i fjorden ved hovedkai. Verket har hatt produksjon av anoder frem til slutten av 70-årene, men kjøper nå ferdige anoder. Bedriften har hatt flere mindre landdeponier og har deponert fra 1957 til 2001 katodeavfall og prosessavfall i et sjøkantdeponi innerst i fjorden.

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

Havforskningsinstituttet gjennomførte en undersøkelse av enkelte PAH-forbindelser i bunnsedimentene i Høyangsfjorden i 1973 (Palmork og Wilhelmsen 1974). Det ble påvist høye konsentrasjoner i midtre og indre deler av fjorden.

En basisundersøkelse av Høyangsfjorden ble gjennomført 1987-88 (Olsgard 1989). Den konkluderte med at Høyangsfjorden var moderat forurenset. Påvirkningen kunne i hovedsak knyttes til forhøyede verdier av PAH i bunnsedimenter, skjell og fisk. Det ble også konkludert med at bløtbunnsfaunaen i hele fjordområdet var forurensningspåvirket.

NIVA gjennomførte undersøkelser knyttet til PAH, metaller og klorerte forbindelser i sedimenter og o-skjell samt sammensetningen av bløtbunnsfaunaen i 1997 (Næs og Rygg 1998). Analysene viste at sedimentene var sterkt forurenset av PAH, men ikke av klorerte forbindelser eller av metaller i særlig grad. Konsentrasjonen av PAH i o-skjell var moderate, mens innholdet av metaller var lavt.

Unifob (2007) analyserte sedimenter og blåskjell fra indre del av Høyangsfjorden i 2006 etter et uhellsutslipp fra ERAS Metall AS. De rapporterte om konsentrasjoner tilsvarende SFTs tilstandsklasse I- III med hensyn til metallinnhold i blåskjell.

Det Norske Veritas gjennomførte en fjordundersøkelse i 2007 (Glette 2008). Hovedfunnene var høye verdier av PAH, men lave metallverdier i sedimentene, klart forhøyede konsentrasjoner av metaller i blåskjell og generelt lave verdier av metaller i torsk og krabbe.

På grunnlag av forurensningssituasjonen i Høyangsfjorden med hensyn på kadmium og bly har Mattilsynet gitt råd om kosthold. Kostholdsrådet sier at man advarer mot konsum av blåskjell, fiskelever og brun krabbeinnmat fanget fra innerst i Høyangsfjorden og ut til en rett linje fra Austreimneset til Furuset. Det er viktig å merke seg at ved kontakt med Mattilsynet (Mette Kristin Lorentzen) opplyses det at rådet om ikke konsum av fiskelever ikke er på grunnlag av metallproblematikk, men er et råd som gjelder for hele landet på grunn av leverens innhold av PCB-forbindelser generelt.

Med bakgrunn i disse opplysningene ble det laget ett forslag til en overvåking av Høyangsfjorden i tre deler:

Del 1 omfatter målinger i vannmasser i indre del av Høyangsfjorden. Denne delen av programmet er knyttet direkte til de miljøtekniske målingene av deponiet på Sæbøneset. Formålet er å fremskaffe

informasjon som skal belyse om og hvor stor spredningen av utvalgte miljøgifter eventuelt er fra deponiet.

Del 2 er knyttet til SFTs pålegg om utarbeidelse av overvåkingsplan for Høyangsfjorden.

Del 3 av programmet er knyttet til det eksisterende kostholdsrådet som gjelder for Høyangsfjorden.

En avgjørelse om eventuell gjennomføring og omfang av del 2 og 3 tas etter at resultater fra del 1 er rapportert og diskutert.

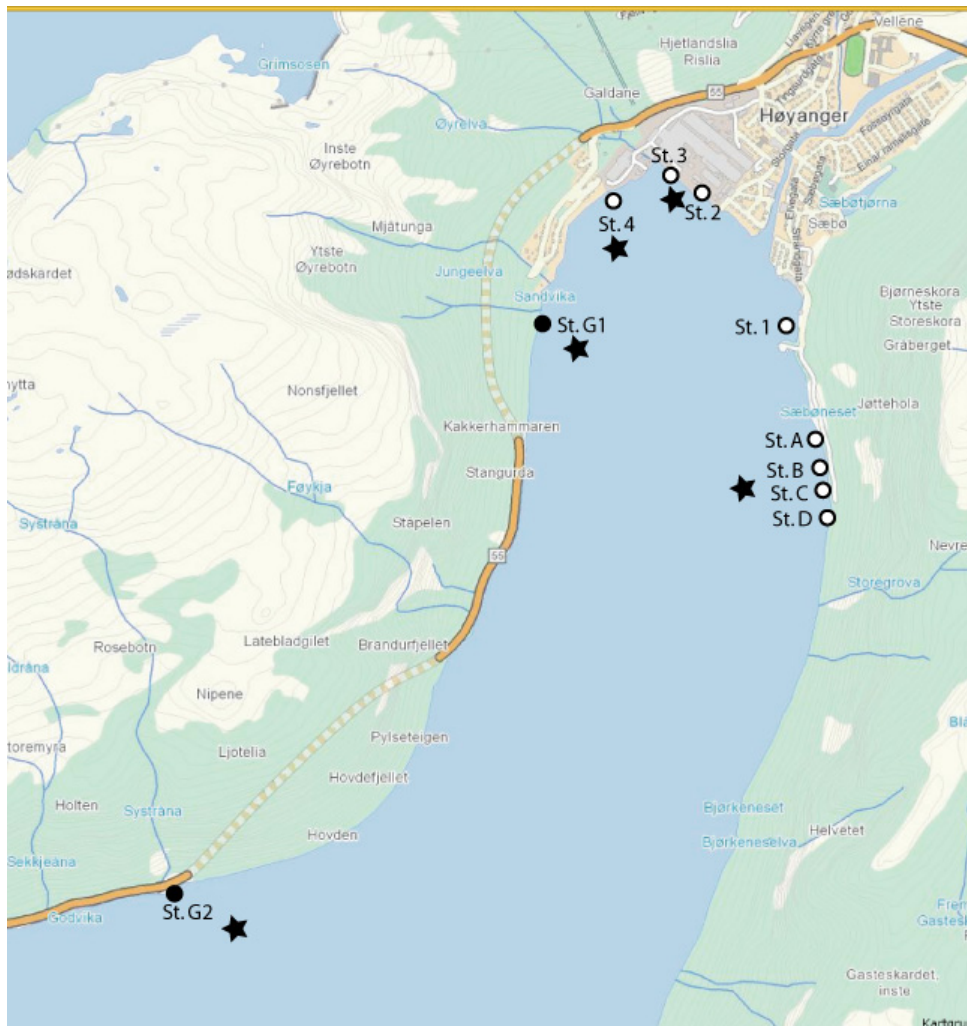
Foreliggende rapport gir en status etter at undersøkelser under del 1 er gjennomført og fokuserer på konsentrasjoner og fordeling av metaller i vannmassene i indre deler av Høyangsfjorden.

3. Undersøkellesmetodikk

3.1.1 Vannmasser

Metaller i Høyangsfjorden vil forekomme både knyttet til en partikulær og oppløst fase hvor dette forholdet søker mot en likevekt i systemet. En eventuell utlekking av miljøgifter fra deponiet ved Sæbøneset vil trolig i hovedsak foreligge i oppløst form. Vi har derfor valgt å beskrive konsentrasjoner og fordeling av metaller på grunnlag av målinger med passive prøvetakere, såkalte DGTer (Diffusive Gradients in Thin films). Disse prøvetakerne fanger opp den oppløste (ioniske) formen av metallene samtidig som de integrerer konsentrasjoner over tid.

Langs deponikanten ble det plassert ut DGT på to vanddyp, 0,3 m og 4 m. På de andre stasjonene ble det kun plassert ut DGT er på 0,3 m dyp. Måleperioden var 20. januar til 6. februar 2009. Ved utsetting av prøvetakerne ble det også målt temperatur- og saltholdighetsprofiler på 5 stasjoner i Høyangsfjorden. Plassering og merking av prøvetakingsstasjonene er vist i **Figur 1**.



Figur 1. Prøvetakingsstasjoner i Høyangsfjorden. Passive prøvetakere: hvite sirkler; Blåskjellstasjoner: fylte sirkler; Temperatur- og saltholdighetsprofiler: stjerne.

Tabell 1. Stasjonsposisjoner (WGS 84).

Stasjon	Pos N	Pos Ø
St. A	61°12.566	6° 04.725
St. B	61°12.494	6° 04.789
St. C	61°12.461	6° 04.796
St. D	61°12.403	6° 04.840
St. 1	61°12.783	6° 04.563
St. 2	61°13.032	6° 04.095
St. 3	61°13.063	6° 03.978
St. 4	61°13.000	6° 04.725
St. G1	61°12.725	6° 03.515
St. G2	61°11.452	6° 02.273

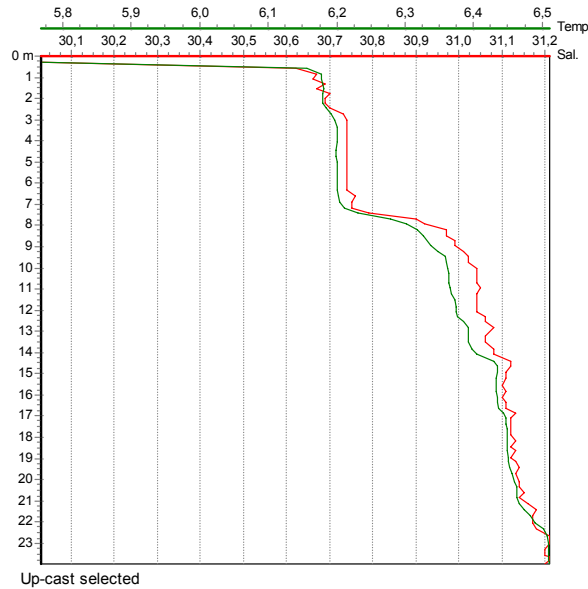
3.1.2 Blåskjell

Det ble samlet inn blåskjell den 20. januar 2009 fra to stasjoner, nemlig stasjon G1 og G2. Disse stasjonene er de samme som ble innhentet av Det Norske Veritas i 2007. Det ble analysert på de samme metallene som i vannmassene, og i tillegg ble det analysert på de organiske miljøgiftene PAH₁₆.

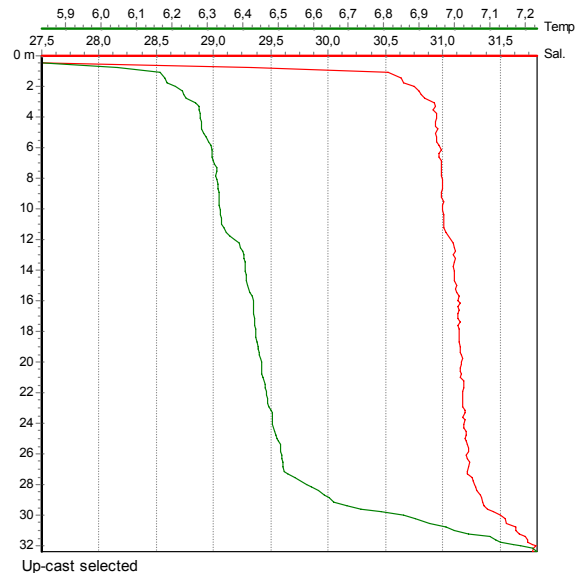
4. Resultater

4.1 Saltholdighet og temperatur i vannmassene

Vannmassene var preget av et fersk og kaldt overflatelag i de øvre par meter og med økende temperatur og saltholdighet nedover i vannmassen (**Figur 2** og **Figur 3**).



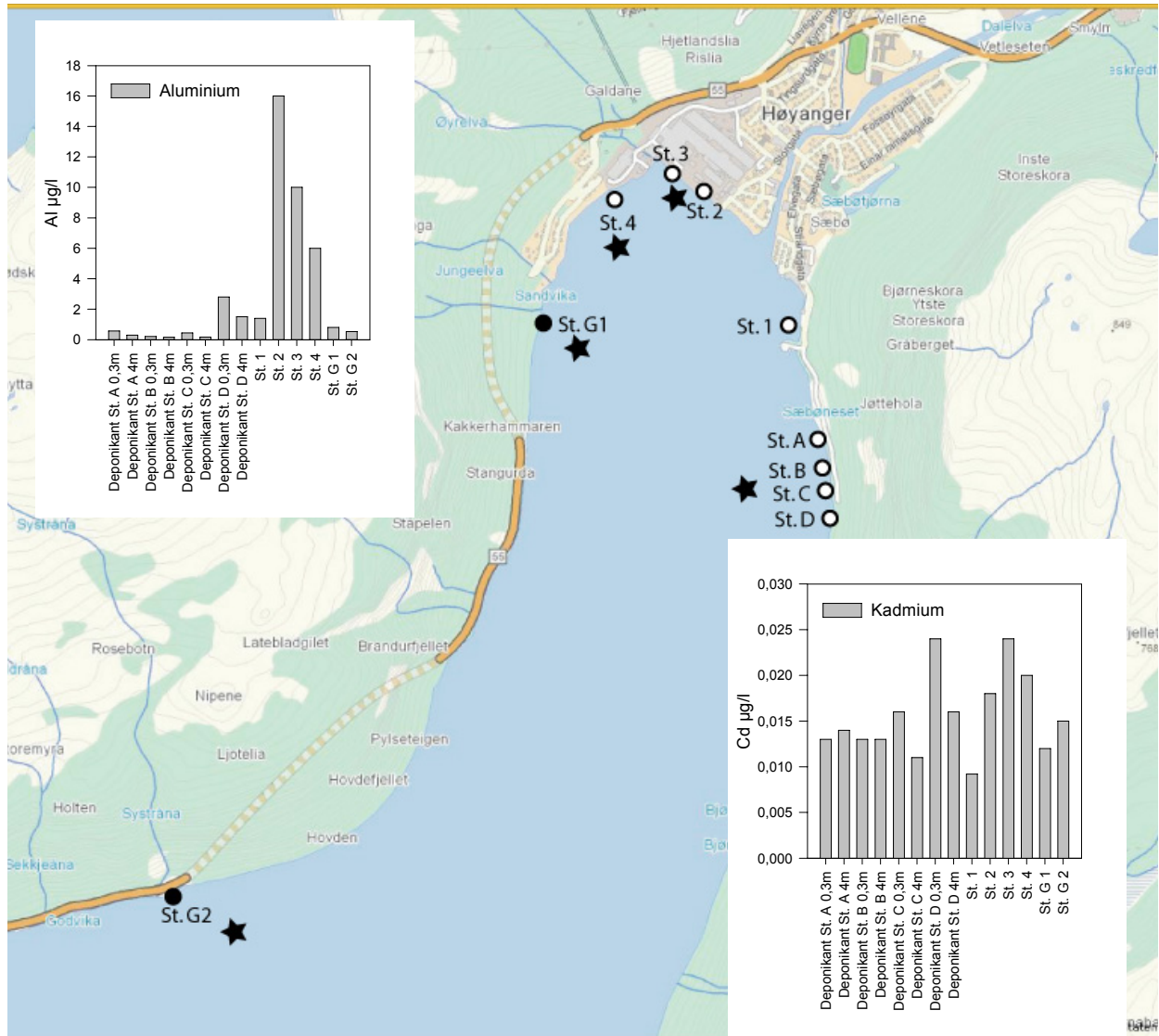
Figur 2. Saltholdighet- og temperaturprofil nær stasjon A.



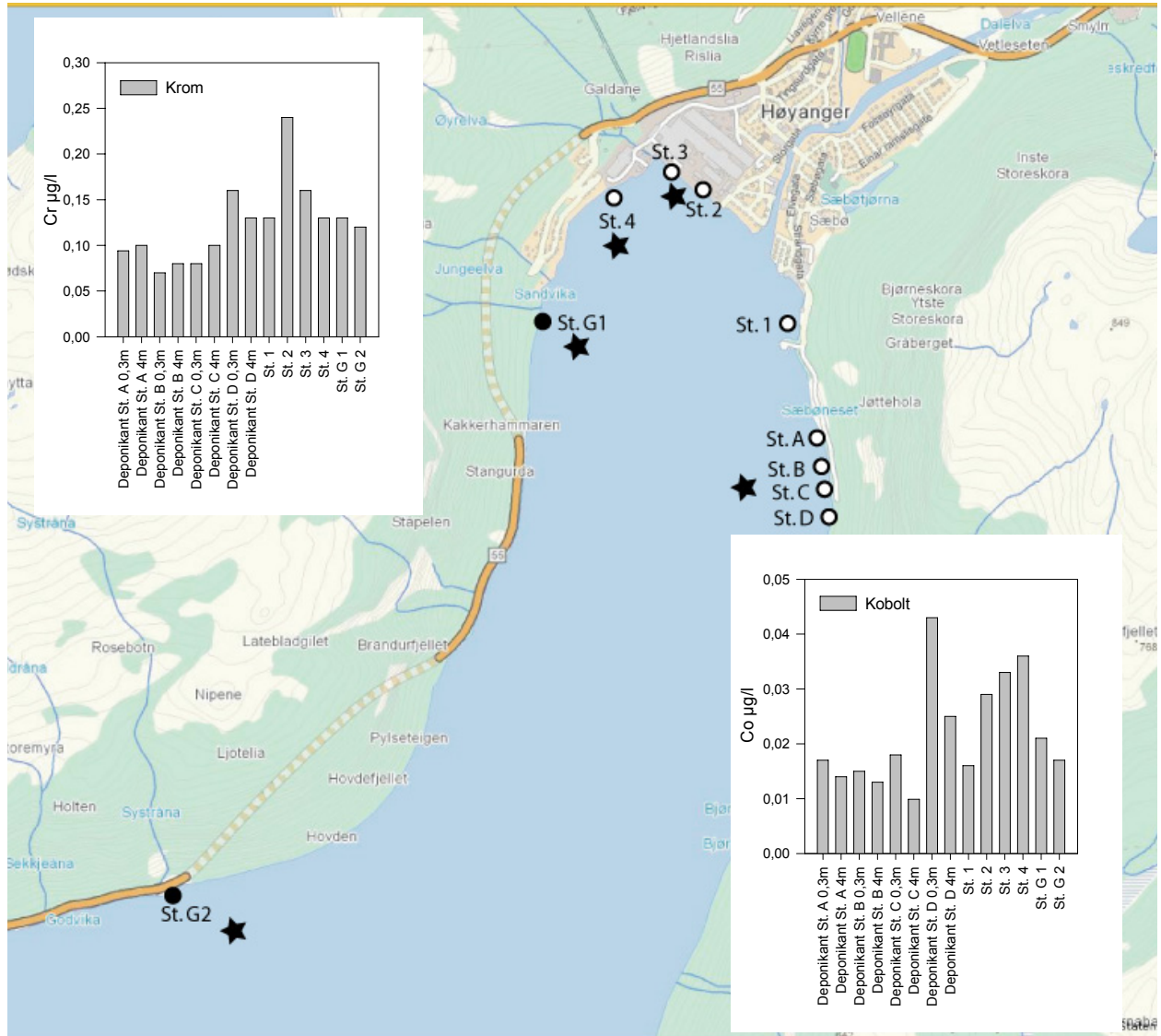
Figur 3. Saltholdighet- og temperaturprofil nær Hydros Aluminium Høyangers kai mellom stasjon 2 og 3.

4.2 Metaller i vannmassene

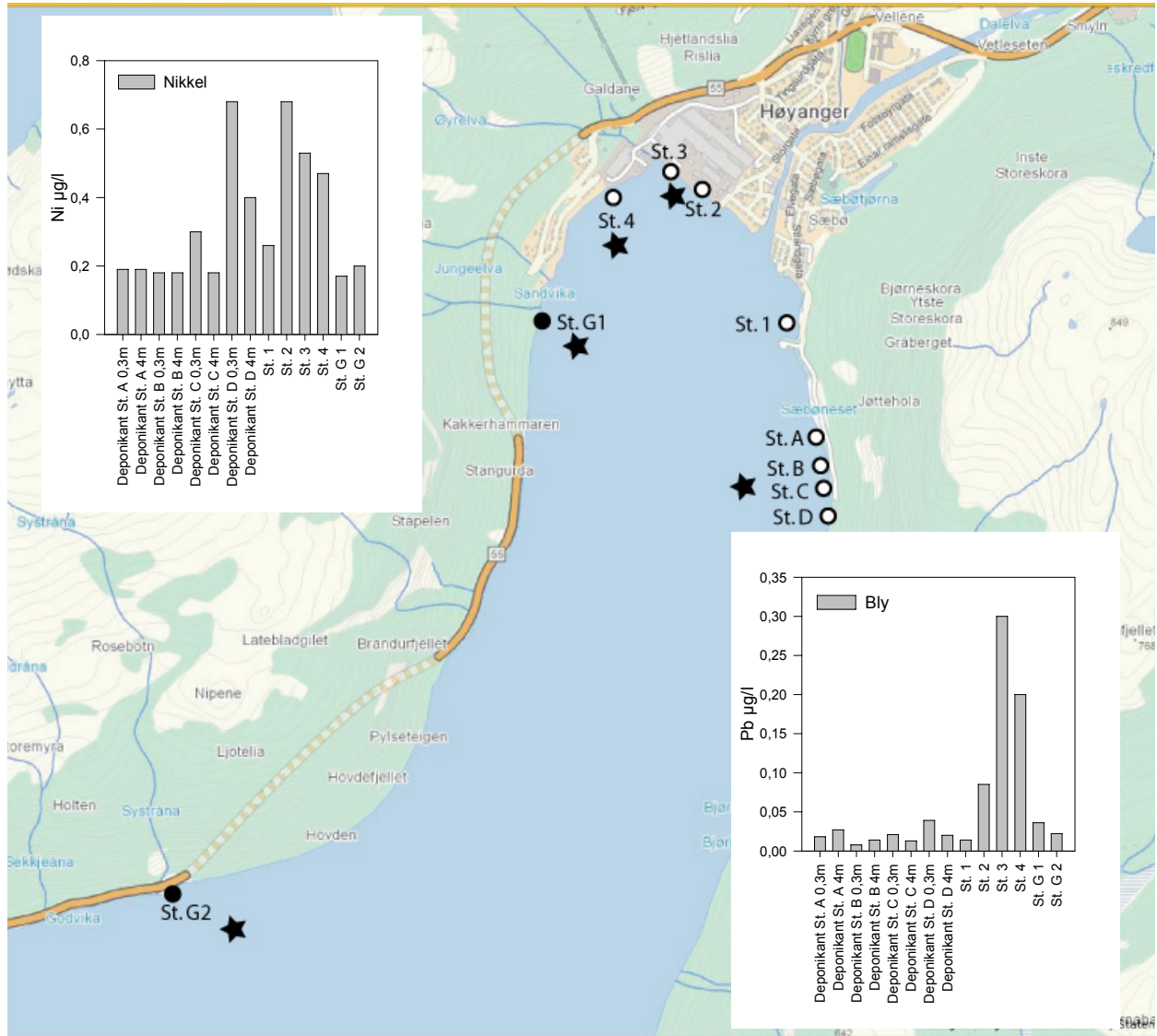
Metallinnhold i vannmassene i indre Høyangsfjord beregnet ut fra innholdet i de passive prøvetakerne er gitt i **Figur 4** til **Figur 8**.



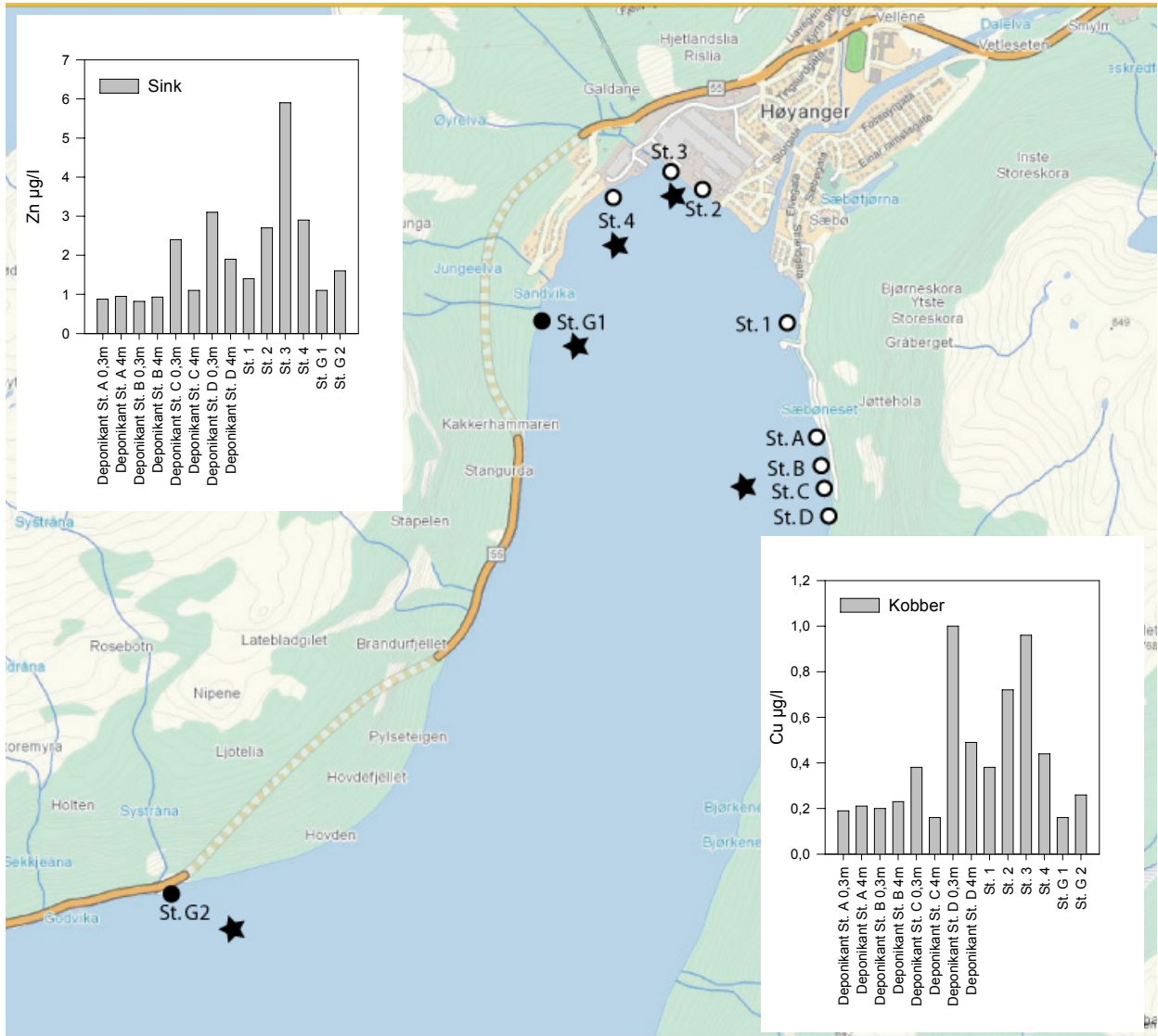
Figur 4. Aluminium og kadmium i vannmasser i Høyangsfjorden beregnet ut fra innhold i passive prøvetakere (DGT).



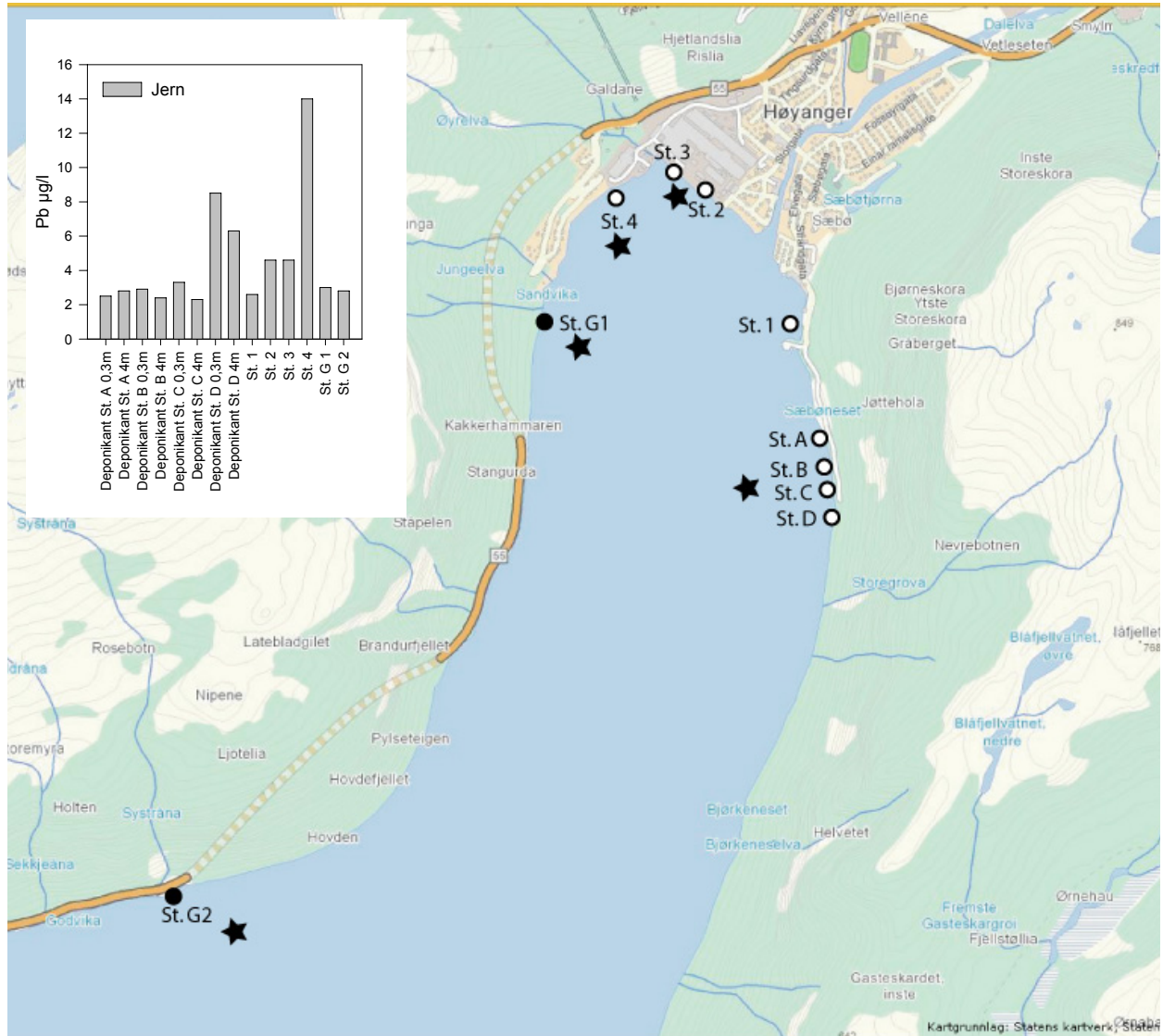
Figur 5. Krom og kobolt i vannmasser i Høyangsfjorden beregnet ut fra innhold i passive prøvetakere (DGT).



Figur 6. Nikkel og bly i vannmasser i Høyangsfjorden beregnet ut fra innhold i passive prøvetakere (DGT).



Figur 7. Sink og kobber i vannmasser i Høyangsfjorden beregnet ut fra innhold i passive prøvetakere (DGT).



Figur 8. Jern i vannmasser i Høyangsfjorden beregnet ut fra innhold i passive prøvetakere (DGT).

Ut fra resultatene gitt i **Figur 4** fremkommer noen hovedkonklusjoner:

- Datasettet virker konsistent.
- Generelt er det en tendens til at konsentrasjonene i den innerste delen av prøvetakingsområdet, nemlig stasjonene 2, 3 og 4 har de høyeste konsentrasjonene.
- Konsentrasjonene nær Sæbønesdeponiet er med noen unntak, generelt lavest. Unntaket gjelder for stasjon D hvor det var høyere konsentrasjoner for metallene kadmium, krom, kobolt, nikkel, sink, kobber og jern. For disse metallene var det også noe høyere verdier for overflateprøven i forhold til prøven fra 4 m dyp fra denne stasjonen.
- Stasjon 1 som ligger rett nord for deponiet samt stasjonene G1 og G2, hadde de laveste metallkonsentrasjonene.

Som påpekt tidligere, måler de passive prøvetakerne kun den oppløste fraksjonen av metallene. SFTs tilstandsklasser for miljøkvalitet baserer seg på totalinnholdet i en vannprøve. Man kan derfor ikke sammenligne vannmassekonsentrasjonene fremregnet fra de passive prøvetakerne direkte med SFTs

klassifiseringssystem. En sammenligning vil imidlertid allikevel gi noe generell informasjon idet konsentrasjonen i den oppløste fasen alltid vil være lavere enn totalinnholdet i vannprøven.

SFT gir følgende klassifisering for metaller i vann (**Tabell 2**):

Tabell 2. SFTs klassifisering av tilstand ut fra innhold ($\mu\text{g/l}$) av metaller i vann

Metall	Klasse I - Bakgrunn	Klasse II - God	Klasse III - Moderat	Klasse IV - Dårlig	Klasse V - Svært dårlig
Bly	<0,05	0,05-2,2	2,2-2,9	2,9-28	>28
Kadmium	<0,03	0,03-0,24	0,24-1,5	1,5-15	>15
Kobber	<0,3	0,3-0,64	0,64-0,8	0,8-7,7	>7,7
Krom	<0,2	0,2-3,4	3,4-36	36-360	>360
Nikkel	<0,5	0,5-2,2	2,2-12	12-120	>120
Sink	<1,5	1,5-2,9	2,9-6	6-60	>60

Ut fra dette, ligger den løste konsentrasjonen av bly og kadmium i området for bakgrunnskonsentrasjon for totalinnholdet av bly i en vannprøve.

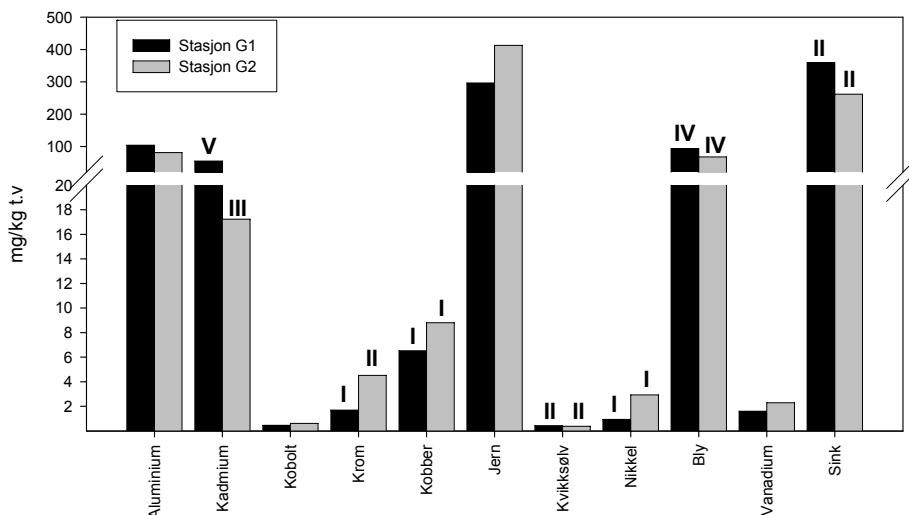
Den løste konsentrasjonen av krom og nikkel kommer opp i Klasse II - God for totalinnholdet av krom i en vannprøve.

Den løste konsentrasjonen av sink kommer opp i Klasse III - Moderat for totalinnholdet av sink i en vannprøve.

Den løste konsentrasjonen av kobber kommer opp i Klasse IV - Dårlig for totalinnholdet av kobber i en vannprøve.

4.3 Metaller i blåskjell

Det ble analysert på to blåskjellprøver fra Høyangsfjorden. Metallresultatene er vist i **Figur 9**.



Figur 9. Metallinnhold i blåskjell fra Høyangsfjorden. Romertall over søylene angir SFTs tilstandsklasse der disse er definert: Klasse I=ubetydelig forurenset, Klasse II=moderat forurenset, Klasse III=markert forurenset, Klasse IV=sterkt forurenset, Klasse V=svært forurenset.

Konsentrasjonene var lave, svarende til ubetydelig til moderat forurenset, for krom, kobber, kvikksølv og sink. De var imidlertid høye for kadmium og bly svarende til sterkt til meget sterkt forurenset. For metallene nær bakgrunn (krom, kobber, nikkel) var konsentrasjonene på G2 noe høyere enn på G1. Det er vanskelig å forklare dette annet enn med naturlige forskjeller.

En sammenligning med tidligere målinger av metallinnhold i blåskjell fra stasjon G1 i indre Høyangsfjord er vist i **Tabell 3**.

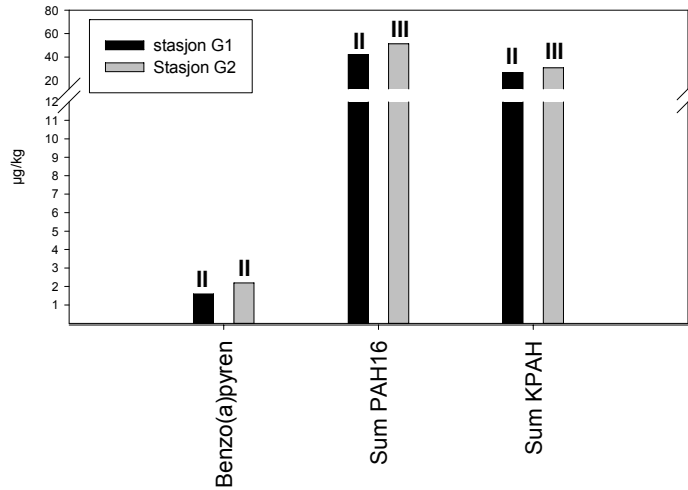
Tabell 3. Sammenligninger av metallkonsentrasjoner (mg/kg tørrvekt) i blåskjell i indre Høyangsfjord.

Metall/stasjon	H-B2 (Unifob 2006)	G1 (Veritas 2007)	NIVA (2009)
Bly	134	217	93
Kadmium	94	77	55
Sink	773	452	359

Sammenligningen indikerer at det er en reduksjon i metallinnholdet. Innsamlingstidspunktene varierer noe i tid (Veritas i september, Unifob i november og NIVA i januar).

4.4 PAH i blåskjell

Blåskjellene ble også analysert for innhold av PAH (Figur 10).



Figur 10. Innhold av PAH i blåskjell ($\mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt) i Høyangsfjorden. Romertall angir tilstandsklasse iht.SFTs klassifiseringssystem.

Konsentrasjonene var relativt lave og svarende til moderat forurenset. Mattilsynet opererer ofte med en grenseverdi for benzo(a)pyren i skjell på $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ friskvekt. Verdiene var godt under denne grensen.

5. Referanser

- Glette, T., 2008. PAH og metaller i Høyangsfjorden 2007. Det Norske Veritas, rapp. Nr. 2007-1754.
- Næs, K. og B. Rygg, 1998. Undersøkelser i Høyangsfjorden 1997. Miljøgifter i sedimenter og o-skjell. Sammensetningen av bløtbunnsfaunaen. NIVA-rapport L.nr. 3807.
- Olsgaard, F., 1989. Basisundersøkelse i Høyangsfjorden. A/S Miljøplan.
- Palmork, K.H. og S. Wilhelmsen, 1974. Rapport vedrørende analyser av PAH i slam og avløpsvann fra ÅSVs bedrifter, samt analyser av fjordsedimenter. Rapport fra FHI, Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt.
- UNIFOB, 2007. Resultat fra forundersøkelse etter utslipp av sinkoksyd ”slurry” til Høyangerfjorden.

Vedlegg A.

Kjemiske analyseresultater av metaller i vann DGTer:

	Al µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
St. A 0,3m	0,56	0,013	0,017	0,094	0,19	2,5	0,19	0,018	0,88
St. A 4m	0,29	0,014	0,014	0,1	0,21	2,8	0,19	0,027	0,95
St. B 0,3m	0,21	0,013	0,015	0,07	0,2	2,9	0,18	0,0078	0,82
St. B 4 m	0,16	0,013	0,013	0,08	0,23	2,4	0,18	0,014	0,93
St. C 0,3m	0,44	0,016	0,018	0,08	0,38	3,3	0,3	0,021	2,4
St. C 4 m	0,17	0,011	0,0099	0,1	0,16	2,3	0,18	0,013	1,1
St. D 0,3m	2,8	0,024	0,043	0,16	1	8,5	0,68	0,039	3,1
St. D 4m	1,5	0,016	0,025	0,13	0,49	6,3	0,4	0,02	1,9
St. 1	1,4	0,0092	0,016	0,13	0,38	2,6	0,26	0,014	1,4
St. 2	16	0,018	0,029	0,24	0,72	4,6	0,68	0,085	2,7
St. 3	10	0,024	0,033	0,16	0,96	4,6	0,53	0,3	5,9
St. 4	6	0,02	0,036	0,13	0,44	14	0,47	0,2	2,9
St. G 1	0,8	0,012	0,021	0,13	0,16	3	0,17	0,036	1,1
St. G 2	0,52	0,015	0,017	0,12	0,26	2,8	0,2	0,022	1,6

Kjemiske analyseresultater av PAH forbindelser i blåskjell:

		G1	G2
NAP	µg/kg v.v.	0,9	0,5
ACNLE	µg/kg v.v.	0,5	0,5
ACNE	µg/kg v.v.	0,5	0,5
FLE	µg/kg v.v.	0,5	0,53
DBTHI	µg/kg v.v.	0,5	0,5
PA	µg/kg v.v.	3,6	4,9
ANT	µg/kg v.v.	0,65	0,73
FLU	µg/kg v.v.	4,9	7
PYR	µg/kg v.v.	3	4,7
BAA	µg/kg v.v.	6,2	5,8
CHR	µg/kg v.v.	5,4	7,7
BBJF	µg/kg v.v.	9	10
BKF	µg/kg v.v.	2,1	2,9
BEP	µg/kg v.v.	4,5	5,6
BAP	µg/kg v.v.	1,6	2,2
PER	µg/kg v.v.	0,85	0,92
ICDP	µg/kg v.v.	1,6	1,8
DBA3A	µg/kg v.v.	0,5	0,54
BGHIP	µg/kg v.v.	3,1	2,5
Sum PAH	µg/kg v.v.	47,4	57,82
Sum PAH16	µg/kg v.v.	42,05	51,3
Sum KPAH	µg/kg v.v.	26,8	30,94
Sum NPD	µg/kg v.v.	4,5	4,9

Kjemiske analyseresultater av metaller i blåskjell:

		G1	G 2
TTS	TTS %	11,8	12,6
Fett	Fett-%	1,18	1,05
Aluminium (Al)	µg/g v.v	12,3	10,2
Kadmium (Cd)	µg/g v.v	6,48	2,17
Kobolt (Co)	µg/g v.v	0,054	0,077
Kobber (Cu)	µg/g v.v	0,77	1,11
Jern (Fe)	µg/g v.v	35	52
Kvikksølv (Hg)	µg/g v.v	0,05	0,048
Nikkel (Ni)	µg/g v.v	0,11	0,37
Bly (Pb)	µg/g v.v	11	8,57
Vanadium (V)	µg/g v.v	0,19	0,29
Sink (Zn)	µg/g v.v	42,4	33

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