



Oppfølging av miljøundersøkelsen i vannforekomsten Finnfjord Indre

Forfattere:
Nerea Aalto

Dato: 08.06.2017

Antall sider: 26

Oppdragsgivers referanse: Bente Hjerkin

Distribusjon: Gjennom oppdragsgiver

Sammendrag: I 2014 påla Miljødirektorat Finnfjord AS først å utarbeide et program for vannovervåking, og deretter gjennomføre dette, i vannforekomsten Finnfjord Indre. Endelig rapport ble sendt inn 29 februar 2016, og i en foreløpig tilbakemelding fra Miljødirektoratet i brev datert 4 april 2016 konkluderer de med at det er behov for en ny undersøkelse som kartlegger omfang og spredning av PAH-forurensingen i sedimentene utenfor kaiområdet. Denne rapporten er følgelig en fortsettelse av undersøkelsen i 2015. Formålet var å fokusere på PAH-forbindelser og tungmetaller i nærheten av kaiområdet til Finnfjord AS, samt å få bedre oversikt over de potensielt forurensede sjøbunnområdene.

PAH-innholdet varierte mye mellom stasjonene. Forskjellen var størst fra like utenfor kaien til lengst borte fra kaien, hvor det oppnås tilstandsklassene "Bakgrunn" og "God". Det finnes svak forurensning for noen typer av PAH med tilstandsklasse "Moderat" ved tre stasjoner. Stasjonen på venstre side av kaiområdet viste 2–4 ganger høyere verdier av PAH sammenlignet med andre stasjoner og får tilstandsklasse "Moderat". Sammenlignet med tidligere undersøkelser (2008, 2015) har PAH-innholdet gått ned og tilstandsklassen har bedret seg.

Analysene av tungmetaller (As, Cd, Cr, Cr, Ni, Pb, Zn) i sedimentene viste utelukkende lave verdier ved alle stasjoner, med tilstandsklasse "Bakgrunn" for alle utenom Cr, som fikk tilstandsklasse "God". Miljøtilstanden mhp tungmetaller har endret seg lite siden målingene i 2008.

De hydrografiske målingene viste normale sjøverdier for temperatur, klorofyll *a*, saltholdighet og CO₂-nivå for årstiden.

Det ble tatt nye sedimentprøver i april 2017, som er til analysing nå. Ifbm med algeprosjektet vil det bli tatt ytterligere nye prøver.

1	Innledning	2
2	Gjeldende grenseverdier for utvalgte kontaminanter	3
3	Materiale og metoder	3
3.1	Fysisk oseanografi og <i>in vivo</i> Chl <i>a</i> (klorofyll <i>a</i>)	3
3.2	pH og vannets bufferkapasitet	4
3.3	Prøvetaking av sediment	5
4	Resultater	7
4.1	Metaller og PAH i sedimenter	7
4.2	pH og CO ₂ -innhold	8
4.3	Fysisk oseanografi og <i>in vivo</i> fluorescens (FL, Chl <i>a</i>) i Finnfjord Indre	9
4.4	Sammenligning i PAH og metaller med tidligere målinger	12
5	Konklusjoner og vurdering av videre overvåkning	13
6	Referanser	14
7	Vedlegg	16
7.1	Prøvetakingspunkt for sedimentsanalyser gjennomført av Multiconsult (2008, rapport nr. 710756-1)	16
7.2	Analyserapporter fra Prague Metrological and Testing Laboratory	17

1 Innledning

Etter at Finnfjord AS gjennomførte og rapporterte den pålagte miljøundersøkelsen (publisert i rapporten *Miljøundersøkelse i vannforekomsten Finnfjord Indre i Lenvik Kommune, Troms fylke*. Svenning, J.B., 25.02.2016.) ble bedriften i brev fra Miljødirektoratet datert 4 april 2016 varslet om pålegg om ny undersøkelse. Direktoratet mente det var behov for å gjennomføre en ny undersøkelse av vannforekomsten for å kartlegge omfang og spredning av PAH-forurensingen i sedimentene utenfor kaien. Bedriften svarte i brev datert 12 mai at det vil bli tatt nye prøver sommer/høst 2016, med første prøvetaking juni 2016. Prøvetakingen i juni 2016 kunne imidlertid ikke fullføres da prøvetakingsgrabben falt av. Ny grabb ble kjøpt inn, og prøvene ble tatt i august 2016.

Denne miljøundersøkelsen i Finnfjord Indre er en fortsettelse av undersøkelsen i 2015. Det må forventes at vannmassenes strømningsmønster og vannutskifting er den samme som beskrevet i rapporten fra 2016. Forøvrig har det ikke vært endringer i utslippskomponenter fra Finnfjord AS, som beskrevet av Akvaplan-niva i det foreslåtte overvåkningsprogrammet (Rapport nr. 7386-02).

Pålegget om vannovervåking kom samtidig som Finnfjord AS og forskere fra UiT Norges Arktiske universitet startet et samarbeidsprosjekt hvor produksjonsrøyk fra smelteverket skulle brukes til å dyrke mikroalger (kiselalger). Dette initierte løpende prøvetaking av relevante miljøparametere, dette som en "baselineundersøkelse" for å dokumentere fysisk, kjemisk og biologisk referansetilstand i havområdet utenfor Finnfjord AS.

Samarbeidsprosjektet mellom UiT og Finnfjord AS har vist seg å være vellykket, og forsøkene med massedyrking av mikroalger (og miljøprøvetakingen) fortsatte i 2016.

2 Gjeldende grenseverdier for utvalgte kontaminanter

Miljødirektoratet publiserte i 2016 en revidert veiledning for klassifisering av miljøtilstand i vann. Den inneholder nye grenseverdier for metaller og miljøgifter i vann, sediment og biota. Grenseverdiene for tungmetaller og PAH er sammenfattet i Tabell 1 nedenfor.

Tabell 1: Gjeldende klassifisering for miljøtilstand fra innhold av metaller og PAH i sedimenter. Alle verdier er oppgitt på tørrvektbasis (M-808, 2016).

Parametre:	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Metaller					
As (Arsen, mg/kg)	< 15	15–18	18–71	71–580	> 580
Cd (Kadmium, mg/kg)	< 0,2	0,2–2,5	2,5–16	16–157	> 157
Cr (Krom, mg/kg)	< 60	60–660	660–6000	6000–15000	> 15000
Cu (Kobber, mg/kg)	< 20	20–84	84	84–147	> 147
Ni, (Nikkel, mg/kg)	< 30	30–42	42–271	271–533	> 533
Pb (Bly, mg/kg)	< 25	25–150	150–1480	1480–2000	2000–2500
Zn (Sink, mg/kg)	< 90	90–139	139–750	750–6690	> 6690
PAH					
Antracen (µg/kg)	< 2,4	2,4–96	96–195	195–19500	> 19500
Benzo[a]antracen (µg/kg)	< 3,6	3,6–60	60–501	501–50100	> 50100
Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	< 90	90–140	140	140–10600	> 10600
Benzo[k]fluoranten (µg/kg)	< 90	90–135	135	135–7400	> 7400
Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	< 18	18–84	84	84–1400	> 1400
Benzo[a]pyren (µg/kg)	< 6	6–183	183–230	230–13100	> 13100
Dibenzo[ah]antrace (µg/kg)	< 12	12–27	27–273	273–2730	> 2730
Fenantren (µg/kg)	< 6,8	6,8–780	780–2500	2500–25000	> 25000
Fluoranten (µg/kg)	< 8	8–400	400	400–2000	> 2000
Indeno[1,2,3-cd]pyren (µg/kg)	< 20	20–63	63	63–2300	> 2300
Krysen (µg/kg)	< 4,4	4,4–280	280	280–2800	> 2800
Pyren (µg/kg)	< 5,2	5,2–84	84–840	840–8400	> 8400

3 Materiale og metoder

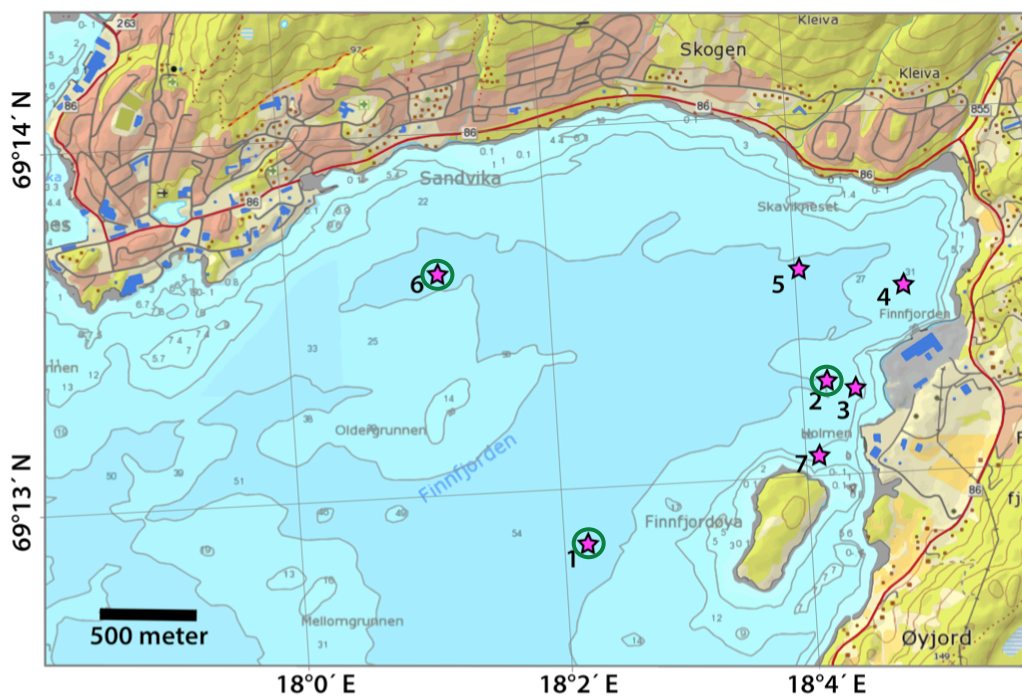
3.1 Fysisk oseanografi og *in vivo* Chl *a* (klorofyll *a*)

Til målinger av temperatur (°C), saltholdighet (ppt) og tetthet (sigma-t) ble det brukt en Seabird 9-11 electronic CTD. Et fluorometer (Seapoint sensor) festet til CTDen ble brukt til å måle *in vivo* fluoresens (FL) som et relativt mål på Chl *a* konsentrasjon. FL er kalibrert mot *in vitro* målinger. CTD sonden ble senket og hevet med kran på hver stasjon. Stasjonene i 2016

var de samme som ble anvendt i 2015, se Figur 1. Målingene ble utført i August 2016, med forskningsfartøyet Johan Ruud.

3.2 pH og vannets bufferkapasitet

Et håndholdt pH-meter (WWV Multi 3320), med en nøyaktighet på $\pm 0,001$, ble brukt til å måle pH og temperatur på tre stasjoner i tre forskjellige dyp: 0 m, 10 m, bunn (Figur 1). En to-punkts kalibrering ved pH 4,01 og 7,00 ble utført før målingene. Målingene foregikk ved å utføre en "fixed-point titration", hvor pH først ble målt i en 100 ml prøve for pH og temperatur. Deretter tilsettes 25 ml 0,01 N HCl og pH og temperatur måles igjen. Disse målingene brukes til å beregne alkalitet, karbonat alkalitet og til slutt totalt innhold av CO_2 , oppgitt som milimol per liter, etter metoden beskrevet av Strickland & Parsons (1972). Denne metoden benytter seg av tabeller gitt i metodekilden som ikke gjengis her. pH og vannets bufferkapasitet ble målt i mars 2016 og i februar 2017 med forskningsfartøyet *Hyas*.

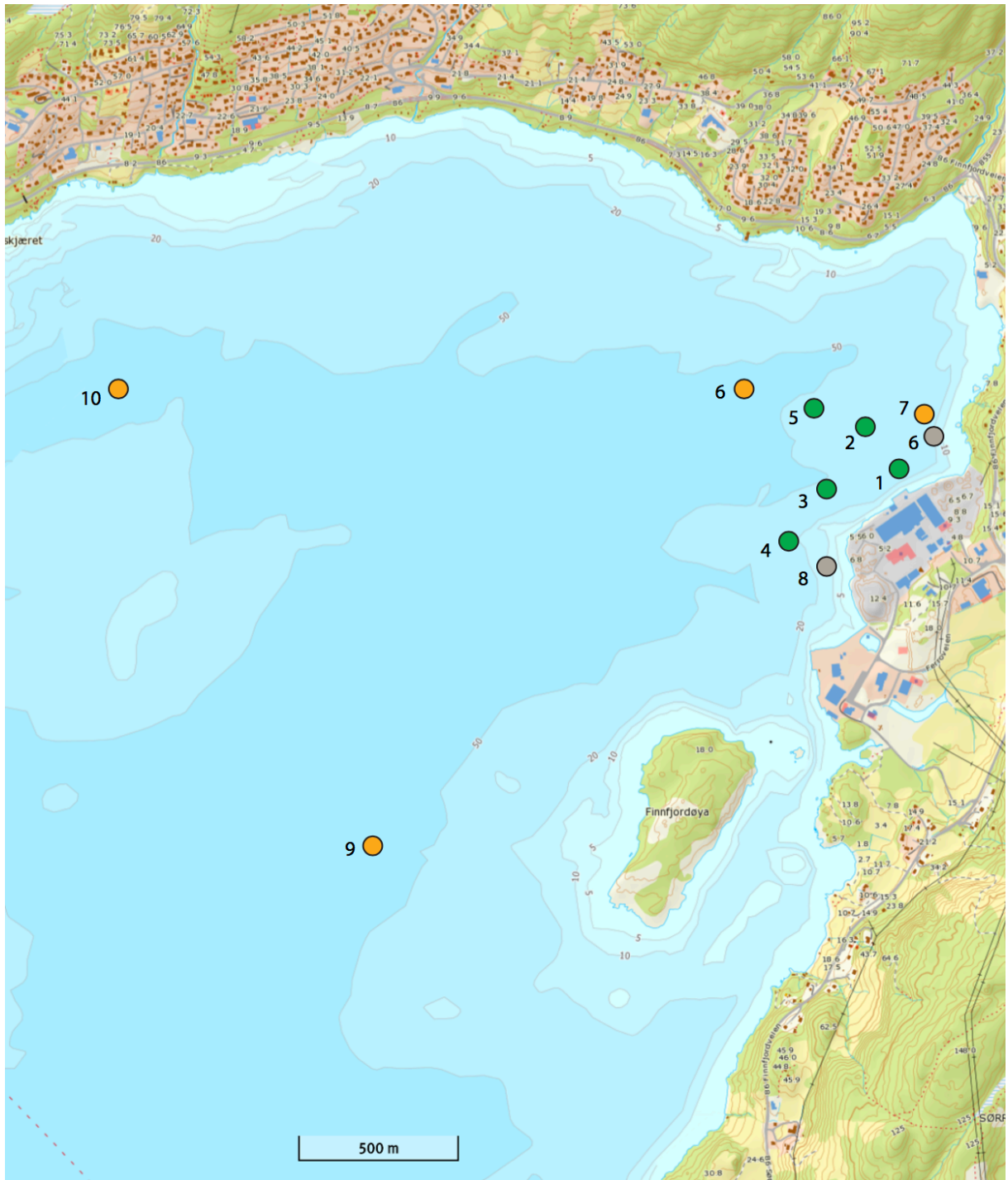


Figur 1: Utvalgte stasjoner (1-7) i Finnfjord Indre for fysisk oseanografi (CTD) målinger. Grønne sirkler angir stasjoner (1, 2, 6) for vannprøver fra tre forskjellige dyp. Kartet er hentet og modifisert fra Svenning (2016).

3.3 Prøvetaking av sediment

Det ble tatt sedimentprøver med grabb ved stasjonene 1-5 angitt i Figur 2. I motsetning til forrige undersøkelse ble nå alle prøvetakingspunkt lagt i nærheten av, men spredt rundt, Finnfjords utslippspunkter. Hensikten var å kartlegge området utenfor kaien enda grundigere, som foreslått i brevet fra Miljødirektoratet 4 april 2016. For hver sediment-stasjon ble det tatt en prøve på ca 1 kg som ble plassert i en plast-prøveboks. Prøveboksene ble lagret ved 4 °C i mørke til de ble pakket i isoporkasse med fryseelementer og sendt til analyselaboratoriet. Sedimentprøvene ble tatt i august i 2016 med Van Veen grabb fra forskningsfartøyet *Johan Ruud*.

Sedimentprøvene ble deretter sendt til Meteorological and Testing laboratory, University of Chemistry and Technology i Prague (EU akkreditert lab). Sedimentprøvene ble analysert for innhold av PAH (12 EPA) og metaller (As, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Tl, U, Zn). I denne undersøkelsen fokuseres det metaller som har fått grenseverdier i M-806 veiledning (Tabell 1).



Figur 2: Prøvetakingspunkter for sedimentanalysene i Finn fjord Indre. Sediment-stasjoner (1–5) benyttet i denne undersøkelsen er markert med grønn sirkel og stasjonene benyttet i forrige undersøkelse er markert med oransje sirkel. Grå sirkler marker hardbunn-stasjoner (stasjon 6 i 2016 og stasjon 8 i 2015) som ikke kunne benyttes i disse undersøkelsene.

4 Resultater

4.1 Metaller og PAH i sedimenter

Målingene viser ikke noen metallforurensinger ved sediment-stasjonene. Alle tungmetallene utenom krom oppnår miljøtilstand "Bakgrunn" og krom oppnår tilstandsklassen "God" (Tabell 2).

PAH-innholdet varierte mye mellom stasjonene. Stasjon 5 lengst fra kaien oppnår tilstandsklassene "Bakgrunn" og "God". Det finnes svak forurensning for noen typer av PAH ved stasjonene 2, 3 og 4 (Tabell 3). Målingene ved stasjon 4, venstre side av kaia, viser for enkelte PAH'er dobbelt så høye verdier sammenlignet med stasjon 2 og 3. Bentzo[a]antracen og pyren er PAH forbindelsene som oppnår tilstandsklassen "Moderat" ved alle disse stasjonene. I tillegg oppnår pyren (Stasjon 2 og 4), bentzo[b]fluoranten og bentzo[ghi]perylene (Stasjon 4) samme miljøtilstandsklassen (Tabell 3).

Tabell 2: Konsentrasjon av metaller i sedimentprøver fra Finnfjord Indre. Resultatene er oppgitt i mg/kg. Fargene viser miljøtilstand iht M-608 klassifiseringssystem (blå "Bakgrunn", grønn "God"). Alle verdier er oppgitt på tørrvektsbasis.

Stasjon	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
Metaller (mg/kg)					
As (Arsen)	5,22	5,71	5	5,13	4,96
Cd (Kadmium)	0,17	0,15	0,18	0,16	0,17
Cr (Krom)	62,5	64,6	68,3	70,5	60,4
Cu (Kobber)	13	14,9	14,2	14,9	12,3
Ni (Nikkel)	24,8	24,6	23,9	25,8	22,4
Pb (Bly)	15,7	16	15,9	14,5	16
Zn (Sink)	63,7	66,1	68	62,4	62

Tabell 3: Konsentrasjon av PAH i sedimentprøvene fra Finnfjord Indre. Resultatene er gitt i µg/kg. Fargene viser miljøtilstand iht M-608 klassifiseringssystem (blå ”Bakgrunn”, grønn ”God”, gul ”Moderat”). Alle verdier er oppgitt på tørrvektbasis.

Stasjon	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
PAH (µg/kg)					
Antracen	10,1	23,4	20,6	41,5	13,6
Benzo[a]antracen	36,8	78,5	71,1	154	49
Benzo[b]fluoranten	34,4	70	63,7	126	46,6
Benzo[k]fluoranten	18,7	38	34,6	49,6	24,3
Benzo[ghi]perylen	36	69	62,8	122	48,7
Benzo[a]pyren	37,2	78	70,9	128	49,7
Dibenzo[ah]antrace	3,65	7,4	7,04	15,1	4,2
Fenantren	48,4	103	93,2	209	65
Fluoranten	74,9	160	145	321	104
Krysen	32,1	66	59,3	126	41,2
Indeno[1,2,3-cd]pyren	35,8	70	63	124	47
Pyren	52,3	113	102	226	73,4

4.2 pH og CO₂-innhold

Temperaturmålingene varierte ganske mye, selv om vannprøvene ble tatt på samme årstid. I februar 2017 var det nesten dobbelt så varmt (6,3–8,3 °C) som i mars 2016 (3,8–5,2 °C) (Tabell 4). Dette er dog normalt for området, dvs. temperaturene kan variere mye. (Eilertsen & Skardhamar, 2006). Temperaturen påvirker CO₂-innholdet i sjøvann; varmere sjøvann kan binde mindre CO₂ enn kaldere vann (Riley & Skirrow, 1975) og det kom også klart til uttrykk i resultatene. Lav pH indikerer økt CO₂-innhold og pH over ca. 8,1 betyr lavere CO₂ innhold. Det ble ikke observert stor forskjell i temperatur mellom stasjonene innenfor samme år. Temperaturene på stasjon 6, som ligger lengst fra kaien, er litt lavere (ca. 0,5 grader) enn ved de andre stasjonene begge år. Larsen et. al. (2011) har påvist at temperaturen på utslippsområde er påvirket av oppvarmet sjøvann (kjølevann), som pumpes ut like utenfor kaien, cirka + 1 °C men i disse undersøkelsen kan det ikke observeres så stor påvirkning.

pH varierte i mars 2016 mellom 8,113–8,223 samt i februar 2017 mellom 8,133–8,180 (Tabell 4). Disse pH verdiene er ”normale” og innenfor gjennomsnitt av pH i sjøvann som er 8,1-8,2 (Riley & Skirrow, 1975). Det ble målt lavere (under pH 8) pH i Finnfjord Indre om høsten 2015 (Svenning, 2016). Årstidene påvirker pH; f.eks. om våren, når produksjon av planteplankton begynner, så øker pH (Riley & Skirrow, 1975).

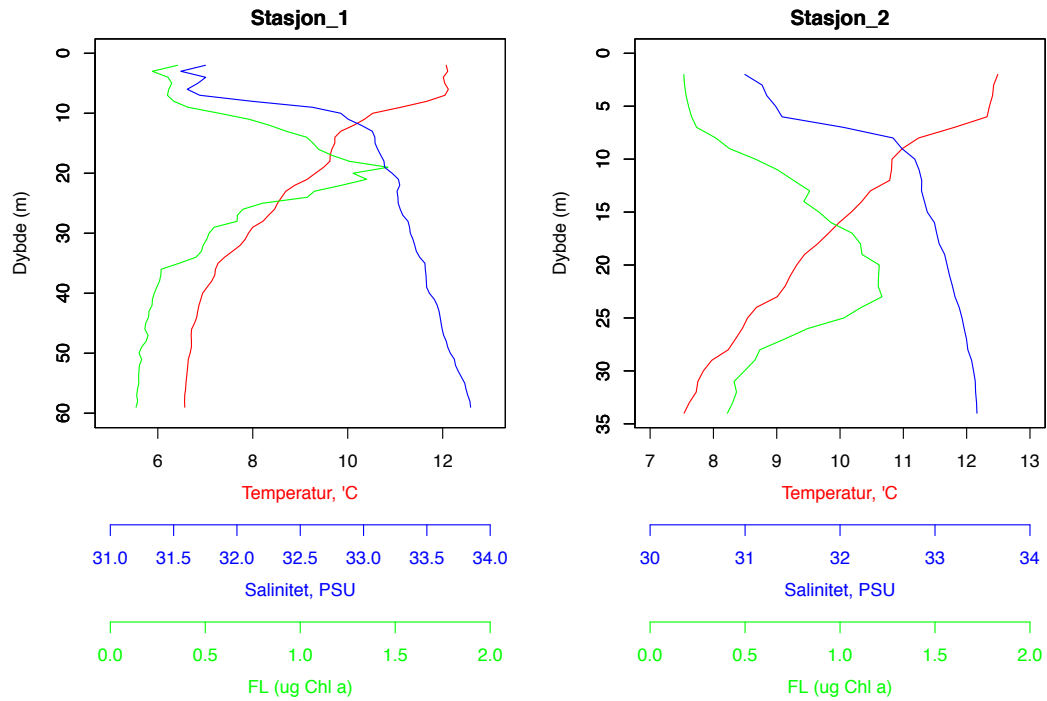
Tabell 4: pH-målinger og total CO₂-innhold oppgitt som milimol/l i Finnfjord Indre. Målinger ble tatt ved stasjon 1, 2 og 6 fra Figur 1.

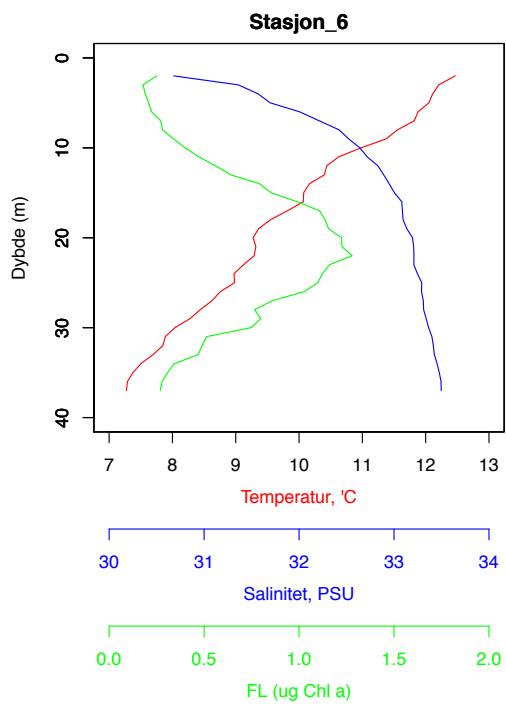
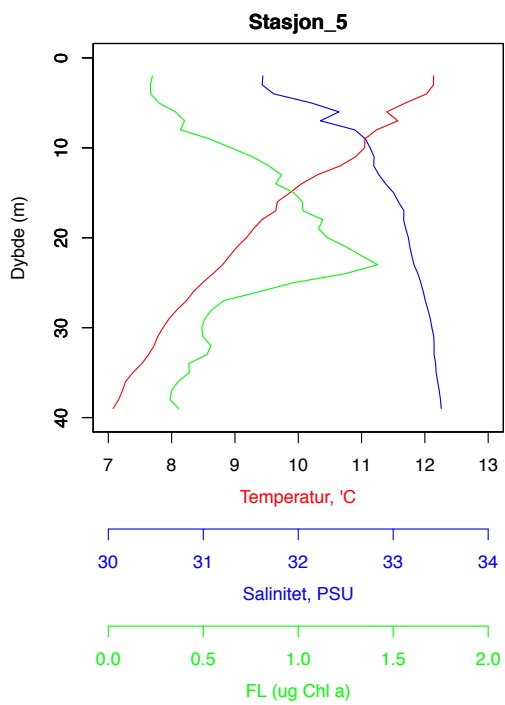
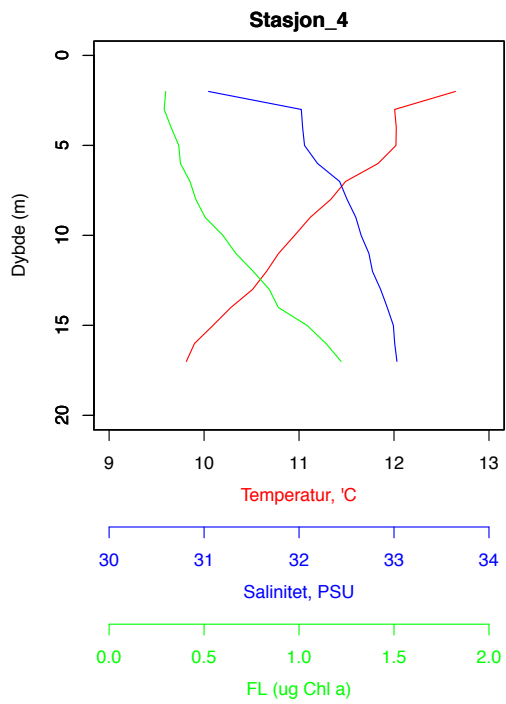
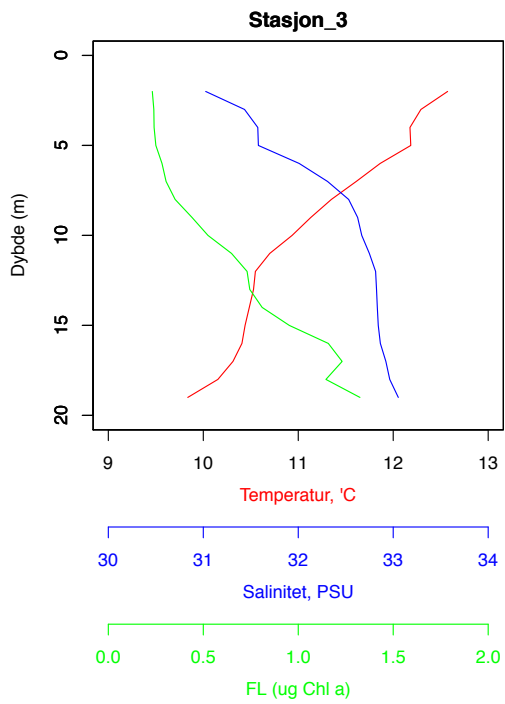
Dato	Stasjon	Dyp	Temp (°C)	pH	Total CO ₂
16.03.2016	1	0	4,6	8,117	2,1757
16.03.2016	1	10	4,3	8,156	2,1341
16.03.2016	1	Bunn	5,2	8,113	2,2021
16.03.2016	2	0	4,2	8,130	2,1524
16.03.2016	2	10	4,2	8,144	2,1665
16.03.2016	2	Bunn	4,2	8,139	2,1665
16.03.2016	6	0	3,7	8,223	2,1282
16.03.2016	6	10	3,9	8,181	2,1085
16.03.2016	6	Bunn	3,8	8,200	2,1502
18.02.2017	1	0	7,7	8,145	1,7302
18.02.2017	1	10	7,2	8,149	1,6777
18.02.2017	1	Bunn	8,3	8,161	1,6784
18.02.2017	2	0	7,8	8,141	1,7408
18.02.2017	2	10	7,3	8,177	1,7026
18.02.2017	2	Bunn	7,3	8,180	1,7091
18.02.2017	6	0	6,9	8,133	1,6838
18.02.2017	6	10	6,3	8,168	1,6210
18.02.2017	6	Bunn	7,8	8,172	1,6507

4.3 Fysisk oseanografi og in vivo fluorescens (FL, Chl a) i Finnfjord Indre

Det ble observert (tetthet) stratifisering i august i alle CTD-profiler bortsett fra stasjon 7 som hadde homogen vannsøyle (Figur 2). Termoklin (temperaturgradient) og haloklin (salinitetsgradient) var ved 5-10 meters dyp. Temperaturmålingene viste en temperatur på 12-13 °C i overflaten (0-10 m) som avtok til 9-10 °C ved 20 meters dypt på stasjoner 1-6. Saltholdighet var lavest i overflaten (0-10 m) 31-32 (ppt) på stasjoner 1-5, 7 og stasjon 6 hvor det var lavere saltholdighet, 30-32 (ppt). Under haloklinen økte salinitetene jevnt til 33 PSU på alle stasjoner unntak stasjon 7 (Figure 2). Stratifisering av vannsøyle er typisk tidlig på høsten når hav-vann er oppvarmet i overflaten etter sommeren og hvor avrenning har pågått en stund.

De høyeste verdier av klorofyll *a* (1,0–1,5 µg/l) var under termo- og haloklinene, på ca. 20-25 meters på stasjoner 1, 2, 5, 6. Stasjoner 3 og 4 klorofyll *a* verdiene økte jevnt mot bunnen (Figur 2). Det finnes mer næringssalter for primære produsenter under enn over termo- og haloklin på slutten av sommeren, dette fører til maksimumsverdier av klorofyll *a* i dypere lag.





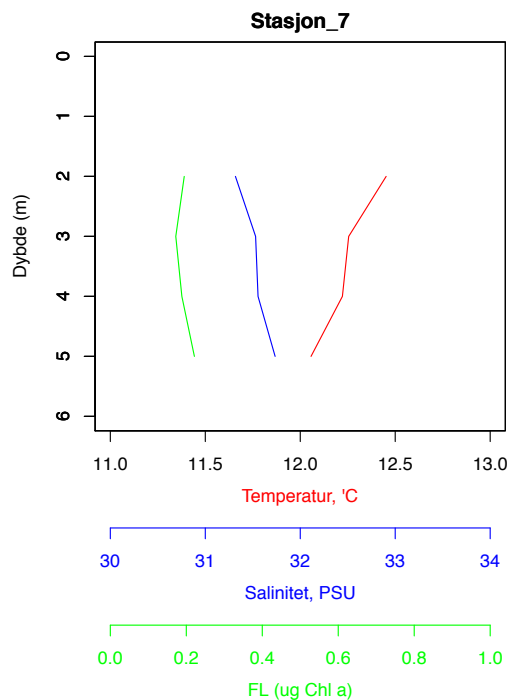


Figure 3: CTD-profiler fra stasjon 1-7 (Figure 1), gjennomført 18.08.2016. y-aksen viser dypet ved hver stasjon, og x-akse viser de målte parameteren temperatur, salinitet og *in vivo* fluorescens.

4.4 Sammenligning av resultatene fra denne undersøkelsen med tidligere målinger

I 2008 ble det gjennomført grunn- og sedimentanalyser i industriområdet til Finnfjord smelteverket (Multiconsult rapport nr. 710756-1) og prøvepunkt ble plassert like utenfor kaien (se vedlegg 1). I 2015 ble det fokusert på å undersøke forholdene i nærheten av kaien (stasjon 6 og 7) med referanseområder (stasjon 9 og 10, se Svenning, 2016). Resultatene fra alle undersøkelser er langt på vei sammenlignbare; høyeste PAH verdier ble analysert rundt kaiområdet med unntak av stasjon 1 i 2016 undersøkelsen (Tabell 5.). PAH₁₂ innhold var 7.376–30.773 µg/kg ved siden av kaien i 2008. I 2015 var høyest verdi av PAH₁₂ 12.317 µg/kg på stasjon 7 mens i 2016 var høyest verdi nesten en tiendedel av dette, 1.624,2 µg/kg stasjon 4 (Tabell 5).

I 2008 fikk stasjonene 1 og 4 tilstandsklasse ”Dårlig” og stasjonene 2 og 3 ”Svært dårlig”. I 2015 fikk stasjon 6 tilstandsklasse ”Moderat” og stasjon 7 ”Dårlig”. I denne rapporten får

stasjon 4 tilstandsklasse ”Moderat”. Generelt kan det sies at høyere konsentrasjoner av PAH er lokalisert på venstre side av kaien. Det ble ikke funnet store endringer i tungmetallinnholdet i de ulike undesøkelsene. Verdiene har holdt seg lave, med tilstandsklasse ”Bakgrunn”. Det er derfor i sum grunnlag for å si at tilstanden har forbedret seg noe, dette på bakgrunn av tallverdiene på kontaminantene (jfr tabell 5 nedenfor). For å ytterligere å øke datagrunnlaget ble det tatt nye sedimentprøver i april 2017, og disse er nå (juni 2017) til analysering.

Tabell 5: Resultater av PAH-målinger fra to tidligere undersøkelser (2008, 2015) samt denne målingen, i Finnfjord Indre. Totale mengde av PAH₁₂ ble brukt som referanseverdier mellom årene. Skraverte stasjoner befinner seg like utenfor eller nærheter av kaien. De ble brukt samme stasjonnummer i 2008 og 2016 men stasjonsplasseringene er ikke de samme (se vedlegg 1 og Figure 1). Målingene er gitt i µg/kg tørrvektbasert.

		Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	
2008	PAH ₁₂ (µg/kg)	18700	30773	26342	7376	
		Stasjon 6	Stasjon 7	Stasjon 9	Stasjon 10	
2015	PAH ₁₂ (µg/kg)	848	12317	140	240	
		Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5
2016	PAH ₁₂ (µg/kg)	420,35	876,3	793,24	1642,2	566,7

5 Konklusjoner og vurdering av videre overvåkning

Denne miljøundersøkelsen komplementerer den forrige som ble gjort i 2015 ved å dekke utslippsområdet bedre og mer detaljert med sedimentprøvetakingspunktene. Nivået av metaller er lave og resultatene er sammenlignet med de tidligere undersøkelsene (Svenning, 2016; Multiconsult, 2008). Det ble observert svak (”Moderat”) forurensning av noen PAH forbindelser ved tre stasjoner som befinner seg ca. 200-300 m fra kaien, men med lavere konsentrasjoner sammenlignet med tidligere undersøkelser. Man kan med det anta at kaiområdet har forbedret seg m.h.t. nivået på kontaminanter. PAH-innholdet er ikke jevnt fordelt foran kaiområdet, og mer forurensede områder kan muligens forekomme. Som nevnt i

en tidligere rapport (Svenning, 2016) er kilden til forurensningene trolig kull og koks på havbunnen utenfor kaien, hvilket er gammelt søl fra lossing av skip ved kaia. Tilstandsklassene til sedimentene er bedre sammenlignet med dataene fra 2008 og 2015. Rutinene under lossing er innskjerpet for å redusere søl, og det er nærliggende å tro at årsaken til bedringen i tilstandsklassen skyldes disse innskjerpede rutiner.

De hydrografiske målingene viste normale sjøverdier for temperatur, klorofyll, saltholdighet og CO₂-nivå for årstiden. Det ble ikke observert påvirkning av kjølevann eller ferskvann som pumpes ut utenfor kaien på pH eller hydrografi i Finnfjord Indre. Temperatur, salinitet og fluorescens profiler like utenfor kaien var i samsvar med målinger utenfor utslippsområdet.

Som nevnt er det tatt nye sedimentprøver som er til analysering nå. Når resultatene av disse foreligger, vil bedriften samrå seg med Miljødirektoratet mhp eventuell plan for videre overvåking. Miljøundersøkelsene av vannforekomsten Finnfjord Indre vil uansett fortsette ifbm algeprosjektet, og det vil bli tatt flere prøver fremover som skal analyseres.

6 Referanser

Eilertsen, H.C. & Skardhamar, J. 2006. Temperatures of the Norwegian fjords and coastal waters: variability, significance of local processes and air-sea heat exchange. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67:530–538.

Larsen, L.H. 2015. Program for miljøundersøkelse i vannforekomsten Finnfjors Indre i Lenvik kommune, Troms fylke. Akvaplan-niva rapport nr. 7386-02.

Larsen, L.H, Gaardsted, F. & Leikvin, Ø. 2011. Nytt utslippsunkt for kjølevann fra Finnfjord AS; beregning av spredning og konsekvenser for marint miljø. Akvaplan-niva rapport nr. 412.5312

Multiconsult, 2008. Miljøundersøkelse av sjøbunnsedimenter. Rapport nr. 710756-1.

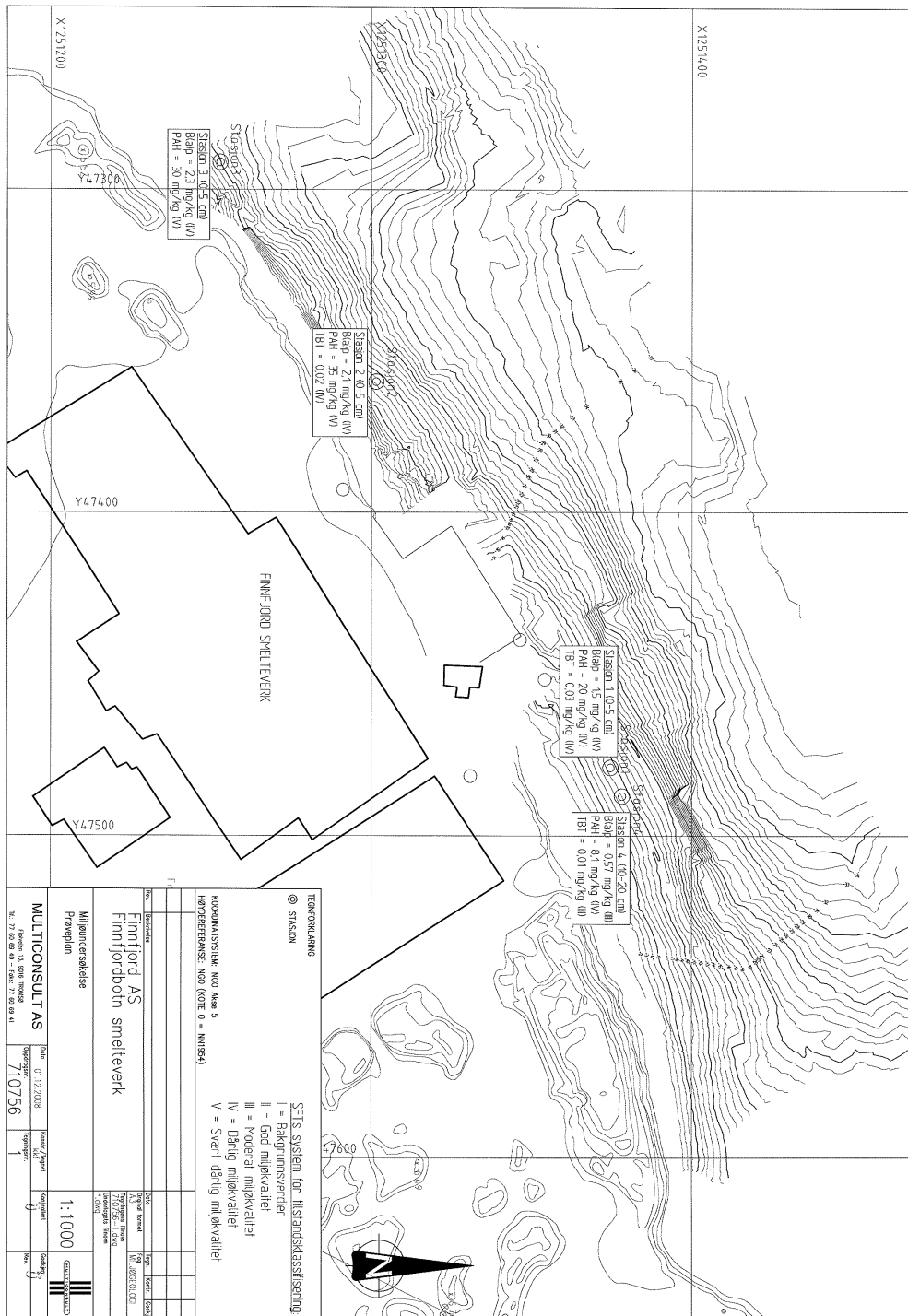
Riley, J.P. & Skirrow, G. 1975. "The Dissolved Gases – Carbon Dioxide". In: *Chemical Oceanography*, pp. 647. Academic Press inc. (London) ltd.

Strickland, J.D.H & Parsons, T.R. 1972. "Determination of carbonate, bicarbonate, and free carbon dioxide: from pH and alkalinity measurements". In: A practical handbook of seawater analysis, pp. 310. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada.

Svenning, J.B. 2015. Miljøundersøkelse i vannforekomsten Finnfjord Indre i Lenvik Kommune, Troms fylke.

7 Vedlegg

7.1 Prøvetakingspunkt for sedimentsanalyser gjennomført av Multiconsult (2008, rapport nr. 710756-1)



7.2 Analyserapporter fra Prague Metrological and Testing Laboratory

Stasjon 1

ML 341/17

page: 1 from 2



University of Chemistry and Technology, Prague
Metrological and Testing Laboratory
 Testing laboratory 1316.2 accredited by the Czech Accreditation Institute



Address: VSCHT Praha, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic (tel.: +420 220 443 185; 220443184)

Test certificate ML 341/17

Client: Martina Uradnikova
 Research technician
 The Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics
 UiT The Arctic University of Norway

Sample received on: 24.02.2017
 Sample description (client's): Seabottom sediments FIN B
 Order no.: 31.03.2017

Laboratory code: **ML 341/17**
 Product / packaging / quantity: **sediment** / plastic bottle / approx. 400 g
 Start / end of analysis: 24.02.2017- 31.03.2017
 Test(s) performed by: L. Drabova, Ph.D.; D. Revenco, MSc.
 Testing methods used: KM 08: HPLC/FLD; ICP-MS

TEST RESULTS:

PAH:

Analyte	Concentration µg/kg	Expanded uncertainty µg/kg	Testing method	Assessment of results**	Limit µg/kg	Specification / Notice
Phenanthrene	48.4	5.8	KM 08	X	-	-
Anthracene	10.1	1.2	KM 08	X	-	-
Fluoranthene	74.9	7.5	KM 08	X	-	-
Pyrene	52.3	6.3	KM 08	X	-	-
Benz[a]anthracene	36.8	5.9	KM 08	X	-	-
Chrysene	32.1	3.85	KM 08	X	-	-
Benzo[b]fluoranthene	34.4	3.4	KM 08	X	-	-
Benzo[k]fluoranthene	18.7	2.2	KM 08	X	-	-
Benzo[a]pyrene	37.2	4.5	KM 08	X	-	-
Dibenzo[ah]anthracene	3.65	0.66	KM 08	X	-	-
Benzo[ghi]perylene	36.0	5.8	KM 08	X	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	35.8	4.3	KM 08	X	-	-
Sum of benzo[a]pyrene, benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene and chrysene	141	17	KM 08	X	-	-

Heavy metals:

Analyte	Concentration mg/kg dry matter	Expanded uncertainty mg/kg dry matter	Testing method	Assessment of results**	Limit mg/kg dry matter	Specification / Notice
<i>Cr</i>	62.5	8.8	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Mn</i>	424	59.4	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Fe</i>	26492	3709	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Co</i>	8.9	1.2	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Ni</i>	24.8	3.5	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Cu</i>	13	1.8	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Zn</i>	63.7	8.9	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>As</i>	5.22	0.7	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Mo</i>	1.3	0.2	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Cd</i>	0.17	0.02	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Tl</i>	0.37	0.05	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Pb</i>	15.7	2.2	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>U</i>	1.98	0.3	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>

* Analyte not quantified at the indicated limit of quantitation (LOQ)

** Compliance with respective limit is marked as C (Compliance), N (Non-compliance) or X (not assessed).

Specification used for the expression of test results:

-

Expanded uncertainty was calculated using coverage factor $k = 2$ corresponding to a coverage probability of approximately 95%. Uncertainty was calculated and stated according to the EA-4/16 and manual Kvalimetrie 11 (issued by EURACHEM CZ). Uncertainty of sampling is not covered. Compliance is evaluated with respect to the uncertainty of test result according to the Guide ILAC-G8.

The results given herein apply to the submitted sample only. This certificate shall not be reproduced except in full without written approval of the Laboratory. The certificate does not substitute any other legal document.

Appendix:

Date of issue: 03.04.2017

Prof. Dr. Jana Hajšlová
head of the laboratory

Prof. Dr. Vladimír Kocourek
quality manager

The end of Certificate

Stasjon 2

ML 344/17

page: 1 from 2

 **University of Chemistry and Technology, Prague**
Metrological and Testing Laboratory
 Testing laboratory 1316.2 accredited by the Czech Accreditation Institute



Address: VSCHT Praha, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic (tel.: +420 220 443 185; 220443184)

Test certificate ML 344/17

Client: Martina Uradnikova
 Research technician
 The Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics
 UiT The Arctic University of Norway

Sample received on: 24.02.2017
 Sample description (client's): Seabottom sediments FIN E
 Order no.: 31.03.2017

Laboratory code: **ML 344/17**
 Product / packaging / quantity: **sediment** / plastic bottle / approx. 300 g
 Start / end of analysis: 24.02.2017- 31.03.2017
 Test(s) performed by: L. Drabova, Ph.D.; D. Revenco, MSc.
 Testing methods used: KM 08: HPLC/FLD; ICP-MS

TEST RESULTS:

PAH:

Analyte	Concentration $\mu\text{g}/\text{kg}$	Expanded uncertainty $\mu\text{g}/\text{kg}$	Testing method	Assessment of results**	Limit $\mu\text{g}/\text{kg}$	Specification / Notice
Phenanthrene	103	12.4	KM 08	X	-	-
Anthracene	23.4	2.8	KM 08	X	-	-
Fluoranthene	160	16	KM 08	X	-	-
Pyrene	113	13.5	KM 08	X	-	-
Benz[a]anthracene	78.5	12.6	KM 08	X	-	-
Chrysene	66	8.0	KM 08	X	-	-
Benzo[b]fluoranthene	70	7.0	KM 08	X	-	-
Benzo[k]fluoranthene	38	4.5	KM 08	X	-	-
Benzo[a]pyrene	78	9.4	KM 08	X	-	-
Dibenzo[ah]anthracene	7.4	1.3	KM 08	X	-	-
Benzo[ghi]perylene	69	11	KM 08	X	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	70	8.4	KM 08	X	-	-
Sum of benzo[a]pyrene, benzo[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene and chrysene	292	35	KM 08	X	-	-

Heavy metals:

Analyte	Concentration mg/kg dry matter	Expanded uncertainty mg/kg dry matter	Testing method	Assessment of results**	Limit mg/kg dry matter	Specification / Notice
<i>Cr</i>	64,6	9.0	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Mn</i>	346	48.4	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Fe</i>	24674	3454	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Co</i>	8,8	1.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Ni</i>	24,6	3.4	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Cu</i>	14,9	2.1	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Zn</i>	66,1	9.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>As</i>	5,71	0.8	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Mo</i>	1,4	0.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Cd</i>	0,15	0.02	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Tl</i>	0,38	0.05	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Pb</i>	16	2.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>U</i>	2,06	0.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope

* Analyte not quantified at the indicated limit of quantitation (LOQ)

** Compliance with respective limit is marked as C (Compliance), N (Non-compliance) or X (not assessed).

Specification used for the expression of test results:

-

Expanded uncertainty was calculated using coverage factor $k = 2$ corresponding to a coverage probability of approximately 95%.
Uncertainty was calculated and stated according to the EA-4/16 and manual Kvalimetrie 11 (issued by EURACHEM CZ). Uncertainty of sampling is not covered. Compliance is evaluated with respect to the uncertainty of test result according to the Guide ILAC-G8.

The results given herein apply to the submitted sample only. This certificate shall not be reproduced except in full without written approval of the Laboratory. The certificate does not substitute any other legal document.

Appendix:

Date of issue: 03.04.2017

Prof. Dr. Jana Hajšlová
head of the laboratory

Prof. Dr. Vladimír Kocourek
quality manager

The end of Certificate

Stasjon 3

ML 340/17

page: 1 from 2



University of Chemistry and Technology, Prague
Metrological and Testing Laboratory
 Testing laboratory 1316.2 accredited by the Czech Accreditation Institute



Address: VSCHT Praha, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic (tel.: +420 220 443 185; 220443184)

Test certificate ML 340/17

Client: Martina Uradnikova
 Research technician
 The Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics
 UiT The Arctic University of Norway

Sample received on: 24.02.2017
 Sample description (client's): Seabottom sediments FIN A
 Order no.: 31.03.2017

Laboratory code: **ML 340/17**
 Product / packaging / quantity: **sediment** / plastic bottle / approx. 350 g
 Start / end of analysis: 24.02.2017- 31.03.2017
 Test(s) performed by: L. Drabova, Ph.D.; D. Revenco, MSc.
 Testing methods used: KM 08: HPLC/FLD; *ICP-MS*

TEST RESULTS:

PAH:

Analyte	Concentration <i>µg/kg</i>	Expanded uncertainty <i>µg/kg</i>	Testing method	Assessment of results**	Limit <i>µg/kg</i>	Specification / Notice
Phenanthrene	93.2	11.2	KM 08	X	-	-
Anthracene	20.6	2.5	KM 08	X	-	-
Fluoranthene	145	14.5	KM 08	X	-	-
Pyrene	102	12.2	KM 08	X	-	-
Benz[a]anthracene	71.1	11.4	KM 08	X	-	-
Chrysene	59.3	7.1	KM 08	X	-	-
Benzo[b]fluoranthene	63.7	6.4	KM 08	X	-	-
Benzo[k]fluoranthene	34.6	4.15	KM 08	X	-	-
Benzo[a]pyrene	70.9	8.5	KM 08	X	-	-
Dibenzo[ah]anthracene	7.04	1.3	KM 08	X	-	-
Benzo[ghi]perylene	62.8	10.0	KM 08	X	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	63.0	7.6	KM 08	X	-	-
Sum of benzo[a]pyrene, benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene and chrysene	265	31.8	KM 08	X	-	-

Heavy metals:

Analyte	Concentration mg/kg dry matter	Expanded uncertainty mg/kg dry matter	Testing method	Assessment of results**	Limit mg/kg dry matter	Specification / Notice
<i>Cr</i>	68.3	9.6	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Mn</i>	359	50.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Fe</i>	25041	3506	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Co</i>	8.8	1.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Ni</i>	23.9	3.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Cu</i>	14.2	2.0	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Zn</i>	68	9.5	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>As</i>	5	0.7	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Mo</i>	1.9	0.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Cd</i>	0.18	0.03	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Tl</i>	0.39	0.05	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Pb</i>	15.9	2.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>U</i>	2.04	0.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope

* Analyte not quantified at the indicated limit of quantitation (LOQ)

** Compliance with respective limit is marked as **C** (Compliance), **N** (Non-compliance) or **X** (not assessed).

Specification used for the expression of test results:

-

Expanded uncertainty was calculated using coverage factor $k = 2$ corresponding to a coverage probability of approximately 95%.
Uncertainty was calculated and stated according to the EA-4/16 and manual Kvalimetrie 11 (issued by EURACHEM CZ). Uncertainty of sampling is not covered. Compliance is evaluated with respect to the uncertainty of test result according to the Guide ILAC-G8.

The results given herein apply to the submitted sample only. This certificate shall not be reproduced except in full without written approval of the Laboratory. The certificate does not substitute any other legal document.

Appendix:

Date of issue: 03.04.2017

Prof. Dr. Jana Hajšlová
head of the laboratory

Prof. Dr. Vladimír Kocourek
quality manager

The end of Certificate

Stasjon 4

ML 342/17

page: 1 from 2



University of Chemistry and Technology, Prague
Metrological and Testing Laboratory
 Testing laboratory 1316.2 accredited by the Czech Accreditation Institute



Address: VSCHT Praha, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic (tel.: +420 220 443 185; 220443184)

Test certificate ML 342/17

Client: Martina Uradnikova
 Research technician
 The Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics
 UiT The Arctic University of Norway

Sample received on: 24.02.2017
 Sample description (client's): Seabottom sediments FIN C
 Order no.: 31.03.2017

Laboratory code: **ML 342/17**
 Product / packaging / quantity: **sediment** / plastic bottle / approx. 370 g
 Start / end of analysis: 24.02.2017- 31.03.2017
 Test(s) performed by: L. Drabova, Ph.D.; D. Revenco, MSc.
 Testing methods used: KM 08: HPLC/FLD; *ICP-MS*

TEST RESULTS:

PAH:

Analyte	Concentration <i>µg/kg</i>	Expanded uncertainty <i>µg/kg</i>	Testing method	Assessment of results**	Limit <i>µg/kg</i>	Specification / Notice
Phenanthrene	209	25	KM 08	X	-	-
Anthracene	41.5	5.0	KM 08	X	-	-
Fluoranthene	321	32	KM 08	X	-	-
Pyrene	226	27	KM 08	X	-	-
Benz[a]anthracene	154	25	KM 08	X	-	-
Chrysene	126	15	KM 08	X	-	-
Benzo[b]fluoranthene	126	13	KM 08	X	-	-
Benzo[k]fluoranthene	49.6	5.95	KM 08	X	-	-
Benzo[a]pyrene	128	15	KM 08	X	-	-
Dibenzo[ah]anthracene	15.1	2.7	KM 08	X	-	-
Benzo[ghi]perylene	122	19.5	KM 08	X	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	124	15	KM 08	X	-	-
Sum of benzo[a]pyrene, benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene and chrysene	535	64	KM 08	X	-	-

Heavy metals:

Analyte	Concentration mg/kg dry matter	Expanded uncertainty mg/kg dry matter	Testing method	Assessment of results**	Limit mg/kg dry matter	Specification / Notice
<i>Cr</i>	70.5	9.9	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Mn</i>	379	53.1	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Fe</i>	27274	3818	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Co</i>	9.4	1.3	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Ni</i>	25.8	3.6	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Cu</i>	14.9	2.1	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Zn</i>	62.4	8.7	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>As</i>	5.13	0.7	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Mo</i>	1.2	0.2	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Cd</i>	0.16	0.02	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Tl</i>	0.35	0.05	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>Pb</i>	14.5	2.0	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>
<i>U</i>	1.82	0.3	<i>ICP-MS</i>	X	-	<i>out of the accreditation scope</i>

* Analyte not quantified at the indicated limit of quantitation (LOQ)

** Compliance with respective limit is marked as C (Compliance), N (Non-compliance) or X (not assessed).

Specification used for the expression of test results:

-

Expanded uncertainty was calculated using coverage factor $k = 2$ corresponding to a coverage probability of approximately 95%. Uncertainty was calculated and stated according to the EA-4/16 and manual Kvalimetrie 11 (issued by EURACHEM CZ). Uncertainty of sampling is not covered. Compliance is evaluated with respect to the uncertainty of test result according to the Guide ILAC-G8.

The results given herein apply to the submitted sample only. This certificate shall not be reproduced except in full without written approval of the Laboratory. The certificate does not substitute any other legal document.

Appendix:

Date of issue: 03.04.2017

Prof. Dr. Jana Hajšlová
head of the laboratory

Prof. Dr. Vladimír Kocourek
quality manager

The end of Certificate

Stasjon 5

ML 343/17

page: 1 from 2



University of Chemistry and Technology, Prague
Metrological and Testing Laboratory
 Testing laboratory 1316.2 accredited by the Czech Accreditation Institute



Address: VSCHT Praha, Technická 5, 166 28 Prague 6, Czech Republic (tel.: +420 220 443 185; 220443184)

Test certificate ML 343/17

Client: Martina Uradnikova
 Research technician
 The Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics
 UiT The Arctic University of Norway

Sample received on: 24.02.2017
 Sample description (client's): FIN D
 Order no.: e - mail from 14.12.2016

Laboratory code: **ML 343/17**
 Product / packaging / quantity: **sediment** / plastic bottle / approx. 420 g
 Start / end of analysis: 24.02.2017- 31.03.2017
 Test(s) performed by: L. Drabova, Ph.D.; D. Revenco, MSc.
 Testing methods used: KM 08: HPLC/FLD; *ICP-MS*

TEST RESULTS:

PAH:

Analyte	Concentration $\mu\text{g}/\text{kg}$	Expanded uncertainty $\mu\text{g}/\text{kg}$	Testing method	Assessment of results**	Limit $\mu\text{g}/\text{kg}$	Specification / Notice
Phenanthrene	65.0	8.0	KM 08	X	-	-
Anthracene	13.6	1.6	KM 08	X	-	-
Fluoranthene	104	10.5	KM 08	X	-	-
Pyrene	73.4	8.8	KM 08	X	-	-
Benz[a]anthracene	49.0	7.8	KM 08	X	-	-
Chrysene	41.2	5.0	KM 08	X	-	-
Benzo[b]fluoranthene	46.6	4.7	KM 08	X	-	-
Benzo[k]fluoranthene	24.3	3.0	KM 08	X	-	-
Benzo[a]pyrene	49.7	6.0	KM 08	X	-	-
Dibenzo[ah]anthracene	4.2	0.8	KM 08	X	-	-
Benzo[ghi]perylene	48.7	7.8	KM 08	X	-	-
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	47.0	5.6	KM 08	X	-	-
Sum of benzo[a]pyrene, benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene and chrysene	186	22	KM 08	X	-	-

Heavy metals:

Analyte	Concentration mg/kg dry matter	Expanded uncertainty mg/kg dry matter	Testing method	Assessment of results**	Limit mg/kg dry matter	Specification / Notice
<i>Cr</i>	60.4	8.5	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Mn</i>	372	52.1	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Fe</i>	23769	3328	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Co</i>	8.8	1.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Ni</i>	22.4	3.1	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Cu</i>	12.3	1.7	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Zn</i>	62	8.7	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>As</i>	4.96	0.7	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Mo</i>	1.5	0.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Cd</i>	0.17	0.02	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Tl</i>	0.35	0.05	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>Pb</i>	16	2.2	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope
<i>U</i>	2.06	0.3	ICP-MS	X	-	out of the accreditation scope

* Analyte not quantified at the indicated limit of quantitation (LOQ)

** Compliance with respective limit is marked as C (Compliance), N (Non-compliance) or X (not assessed).

Specification used for the expression of test results:

-

Expanded uncertainty was calculated using coverage factor $k = 2$ corresponding to a coverage probability of approximately 95%. Uncertainty was calculated and stated according to the EA-4/16 and manual Kvalimetrie 11 (issued by EURACHEM CZ). Uncertainty of sampling is not covered. Compliance is evaluated with respect to the uncertainty of test result according to the Guide ILAC-G8.

The results given herein apply to the submitted sample only. This certificate shall not be reproduced except in full without written approval of the Laboratory. The certificate does not substitute any other legal document.

Appendix:

Date of issue: 03.04.2017

Prof. Dr. Jana Hajšlová
head of the laboratory

Prof. Dr. Vladimír Kocourek
quality manager

The end of Certificate