

# Miljøovervåking av området rundt Herøya Industripark i Frierfjorden. Overvåking for Yara Norge AS Porsgrunn



# RAPPORT

**Hovedkontor**

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

**NIVA Region Sør**

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

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**NIVA Region Vest**

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

Tittel Miljøovervåking av området rundt Herøya Industripark i Frierfjorden. Overvåking for Yara Norge AS Porsgrunn	Løpenr. (for bestilling) 6994-2016	Dato 23.2.2016
	Prosjektnr. Undernr. O-14360	Sider Pris 16
Forfatter(e) Camilla With Fagerli	Fagområde Marin Biologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Porsgrunn, Telemark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Yara Norge AS Porsgrunn	Oppdragsreferanse 1510/14
---	------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har gjennomført miljøovervåking av området rundt Herøya Industripark i Frierfjorden 2015 på oppdrag fra Yara Norge AS Porsgrunn. Programmet er utformet på bakgrunn av bedriftens utslipp av radioaktive nuklider til Frierfjorden. Overvåkingen inkluderer undersøkelse av nivåer av de radioaktive elementene U-nat, Th-nat og K-40 i sjøvann, sediment og blåskjell.</p> <p>Det finnes ikke stedsegne blåskjell ved Herøya. Blåskjell ble derfor transplantert til kaianlegg der lossing av råstoff foregår. Blåskjellene overlevde ikke eksponeringsperioden, og analyse av blåskjell kunne ikke gjennomføres.</p> <p>Konsentrasjonsnivåene av radionuklidene K-40, U-nat og Th-nat som ble målt i undersøkelsen er å betrakte som normale, og ingen oppkonsentrering av radionuklider ble funnet i sjøvann eller sediment.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Naturlige radionuklider</li> <li>Miljøovervåking</li> <li>Frierfjorden</li> <li>Fosfat industri</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Naturally occurring radionuclides</li> <li>Environmental monitoring</li> <li>Frierfjorden</li> <li>Phosphate industry</li> </ol>
--	--



Camilla With Fagerli  
Prosjektleder



Mats Walday  
Forskningsleder

Miljøovervåking av området rundt Herøya Industripark i  
Frierfjorden.

Overvåking for Yara Norge AS Porsgrunn

## Forord

Undersøkelsene i den foreliggende rapport er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag for Yara Norge AS Porsgrunn i forlengelsen av Statens Stråleverns krav til miljøovervåking. Camilla With Fagerli har vært prosjektleder på NIVA og har hatt kontakt mot oppdragsgiver. Kontaktperson hos bedriften har vært Annette Kuhn.

Hensikten med overvåkingen har vært å identifisere hvorvidt bedriftens utslipp av de naturlige radionuklidene U-nat, TH-nat og K-40 påvirker resipientens marine miljø.

En stor takk rettes til Institutt for Energiteknikk (IFE) for godt samarbeid. IFE har vært NIVAs underleverandør for oppdraget og har analysert og vurdert konsentrasjonsnivåer av radionuklider i prøvene. Kontaktperson ved IFE har vært Elisabeth Strålberg.

Utsetting av blåskjell ble utført av Janne Gitmark og Camilla With Fagerli (NIVA) og Annette Kuhn (Yara) 25.8.2015. Prøvetaking av sediment ble utført av Maia Røst Kile og Camilla With Fagerli (NIVA) 5.10.2015. Sjøvann ble prøvetatt 14.7.2016 og 19.10.2016 av personell på Yara.

Oslo, 23.2.2016

*Camilla With Fagerli*

---

# Innhold

	<b>1</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 Tilførsler av radioaktive stoffer fra Yara Porsgrunn AS til resipienten	7
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>9</b>
2.1 Stasjonsvalg	9
2.2 Prøvetakingsmetodikk	9
2.2.1 Undersøkelse av radionuklider i sjøvann	10
2.2.2 Undersøkelse av radionuklider i blåskjell	10
2.2.3 Undersøkelse av radionuklider i sediment	11
2.3 Analysemetoder	12
2.3.1 Radioaktive nuklider i sjøvann	12
2.3.2 Radiaktive nuklider i sediment	12
<b>3. Resultater</b>	<b>13</b>
3.1 Radioaktivitet i sjøvann	13
3.2 Radioaktivitet i blåskjell	13
3.3 Radioaktivitet i sediment	13
<b>4. Konklusjon</b>	<b>15</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>16</b>

---

## Sammendrag

NIVA har gjennomført miljøovervåking av området rundt Herøya Industripark i Frierfjorden 2015 på oppdrag fra Yara Norge AS Porsgrunn. Overvåkingsprogrammet er godkjent av Statens Strålevern og utarbeidet i henhold til norsk og internasjonal (IAEA) standard der det foreligger. Programmet er utformet på bakgrunn av bedriftenes utslipp av radioaktive nuklider til Frierfjorden. Overvåkingen inkluderer undersøkelse av de radioaktive elementene U-nat, Th-nat og K-40 i sjøvann, sediment og blåskjell.

Det finnes ikke stedegne blåskjell ved Herøya. Blåskjell ble derfor satt ut i nett fra kaiaregg der lossing av råstoff foregår. Ingen blåskjell overlevde eksponeringsperioden og analyse av blåskjell kunne ikke gjennomføres.

Vurdert mot generelle bakgrunnsnivåer ligger konsentrasjonene av de undersøkte radioaktive elementene U-nat, Th-nat og K-40 innenfor det normale i matriksene sjøvann og sediment.

## Summary

Title: Environmental monitoring of the area surrounding Herøya Industrial Park in the Frierfjord.

Monitoring on behalf of Yara Norway AS Porsgrunn

Year: 2016

Author: Camilla With Fagerli

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6729-7

NIVA has conducted environmental monitoring of the fjord area surrounding Herøya Industrial Park on behalf of Yara Norway AS Porsgrunn. The monitoring program is designed in accordance with Norwegian and international (IAEA) standards and approved by Statens Stålevern. Elements included in the survey are selected on the basis of Yaras' emission of naturally occurring radionuclides to the Frierfjord. The monitoring includes analysis of levels of the radioactive elements U-nat, Th-nat and K-40 in seawater, sediments and blue mussels.

There are no indigenous blue mussels in the fjord area near Herøya. Nets with blue mussels were therefore transplanted to sea water at 4, 6 and 10 meter depth at the docks where the raw material containing the radionuclides is handled. No blue mussels survived throughout the period of exposure, hence analysis of blue mussels could not be performed.

Based on general background levels, the concentrations of the radioactive elements U -nat, Th-nat and K-40 measured from seawater and sediment samples are considered normal.

# 1. Innledning

Yara Norge AS Porsgrunn tilhører sektoren landbasert industri og bransjen "Produksjon av gjødsel, nitrogenforbindelser og vekstjord". Anlegget holder til på Herøya i Porsgrunn kommune i Telemark. Radioaktive elementer er naturlig forekommende i råstoff som inngår i Yaras produksjon av mineralgjødsel og kalksalpeter. Yaras aktivitet bidrar derfor til at naturlige radioaktive stoffer «flyttes på» og potensielt oppkonsentreres i det marine miljøet rundt anlegget på Herøya.

Yara har utslippstillatelse fra Statens Strålevern for nuklidene U-nat, K-40 og Th-nat. Iht. vilkårene i utslippstillatelsen skal Yara gjennomføre miljøovervåking for å klarlegge om støvutslipp og spylevann som inneholder naturlig radioaktive råstoffer påvirker miljøet i sjøen i området rundt Herøya i Frierfjorden.

Overvåkingen omfatter undersøkelse av radionuklider i sjøvann, blåskjell og sediment.

## 1.1 Tilførsler av radioaktive stoffer fra Yara Porsgrunn AS til resipienten

Fosfater og kalialter kommer med båtlaster fra ulike lokaliteter i utlandet og blir losset til kai ved bruk av kran med grabb. Deretter transporteres råstoffene på transportbånd til silo. Oversikt over produksjons- og kaianlegg som benyttes under lossing er vist på **Figur 1**. Ca 2/3 av lossingen foregår ved dypvannskai og ca 1/3 ved hovedkai.

Losseprosessen medfører støvutslipp hvor hovedmengden av støv og tapt råstoff tilføres Skienselven/Frierfjorden under lossingen og ved spyling av transportutstyr og kai etter lossing. Estimert mengde råstoff spylt til sjø loggføres i egen «spylebok». Yara Porsgrunn har estimert sine utslipp til sjø per nuklide i **Tabell 1**. Totalutslippet var innenfor konsesjonsgrensene i 2014 og 2015 (se **Tabell 2**).





**Figur 1.** Oversiktskart som viser Dypvannskai og Hovedkai som benyttes ved lossing av råstoff. Prøvetakingsstasjoner er vist på kartet. Utsettelse av blåskjell og prøvetaking av sjøvann er foretatt ved stasjon Y2 og Y1b. Sediment er prøvetatt fra stasjon Y1, Y2, Y3 og YK.

**Tabell 1.** Beregnet mengde totalutslipp av radioaktivitet til sjø per nuklide i 2014 og 2015. Tallene er oppgitt av Yara.

Nuklide	Totalutslipp til miljø (mBq/år)	
	2014	2015
U-nat	2,64	2,58
Th-nat	0,33	0,39
K-40	41,01	62,45

**Tabell 2.** Tillatt årlig utslippsmengde av de radioaktive stoffene U-nat, Th-nat og K-40 til miljøet. Revidert tillatelse gitt 27.5.2014 av Statens Strålevern.

Radionuklide	Utslippsgrense (mBq/år)
U-nat	13
Th-nat	1
K-40	125

## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Stasjonsvalg

Stasjon Y1b og Y2 er etablert i tilknytning til Yaras kaianlegg der råstoff losses og der effektene av utslippene potensielt vil være størst. Blåskjell ble satt ut og sjøvann prøvetatt fra stasjon Y1b og Y2. Prøver av sediment er tatt fra stasjon Y1 og Y2, nær kaianlegg, og fra stasjonene Y3 og YK, lokalisert i større avstand fra kaianlegg. Stasjon Y3 ligger i Porsgrunnselva nær boligområde, YK er valgt som referanse-/kontroll-stasjon og ligger ca. 3 km sør for Herøya. Alle prøvetakingsstasjonene fra miljøundersøkelsen i 2015 er vist i **Figur 1**, stasjonenes posisjoner er gitt i **Tabell 3**

**Tabell 3.** Stasjonsnavn, prøvetaking/undersøkelsestype og posisjoner (WGS84) til stasjoner prøvetatt i området rundt Herøya Industripark i 2015.

Stasjon	Prøvetaking/undersøkelse	Latitude	Longitude	Dyp (m)
Y2	Radionuklider i blåskjell, sjøvann	N 59.11721	E 9.62162	-
Y1b	Radionuklider i blåskjell, sjøvann	N 59.12568	E 9.61610	-
Y1	Radionuklider i sediment	N 59.12184	E 9.61414	19
Y2	Radionuklider i sediment	N 59.11677	E 9.62189	39
Y3	Radionuklider i sediment	N 59.13343	E 9.62533	3
YK	Radionuklider i sediment	N 59.08819	E 9.64225	10

### 2.2 Prøvetakingsmetodikk

Under følger en beskrivelse av prøvetakingen som ble gjennomført i forbindelse med miljøovervåkingen

### 2.2.1 Undersøkelse av radionuklider i sjøvann

Prøver av overflatevann ble samlet av personale fra Yara. 25-30 liter sjøvann, tilstrekkelig til 3 parallelle replikater, ble samlet med vannhenter fra Dypvannskai (stasjon Y1b) og Hovedkai (stasjon Y2). Sjøvann ble prøvetatt i juli og oktober 2015.

Prøver ble tatt fra Yaras beredskapsbåt under ilandføringsprosess av fosfat fra skip til hovedkai (Y2) 14.7.2015. Det var vindstille og ingen merkbar støving fra råstoffet under vannprøvetakingen. 3 parallelle prøver fra Y2 (hvor lossing pågikk) og 1 parallell prøve fra stasjon Y1b (ingen losseaktivitet) ble sendt til IFE for analyse. Restvolumer ble fryst med mulighet for senere analyse.

Neste prøvetaking fant sted 19.10.2015. Vannprøver av overflatevann ble tatt med vannhenter fra kaikanten under lossing av fosfat til dypvannskai (Y1b). Prøver ble også tatt fra kaikant på hovedkai (Y2). 3 parallelle prøver fra Y1b og én parallell fra Y2 ble oversendt IFE for videre analyse, restvolum ble fryst med mulighet for senere analyse. Alle vannprøver ble surgjort i forkant av videre analyser.

### 2.2.2 Undersøkelse av radionuklider i blåskjell

Artssamfunnet i Frierfjorden er preget av ferskvannstilførselen fra Skienselva og det finnes ikke stedege populasjoner av blåskjell (*Mytilus edulis*) rundt Herøya. Blåskjell (skaffet fra oppdrettsanlegg for skjell ved Eide i Grimstad) ble derfor utplassert på hovedkai og dypvannskai (**Figur 2**). Oppdrettsskjellene har blitt benyttet for utsetting i et internt forskningsprosjekt og har tidligere vist god overlevelse. Utsetting av blåskjell ble gjennomført 25.8.2015 og Annette Kuhn ved Yara Porsgrunn var med under utsettelsen. 150 blåskjell av en lengde på 3-5 cm ble plassert i hver av tre grovmaskede nett og nettene ble festet i tau fra kai på hhv 4, 6 og 10 m dyp. En nullprøve av blåskjell ble frosset for senere analyse av bakgrunnsverdier av naturlig forekommende radionuklider i blåskjellene før utsetting. Utplasserte blåskjell ble eksponert i 4 uker.

Samtlige skjell fra 4 og 6 m dyp var døde, nettene fra 10 m dyp var tomme da personell fra Yara tok opp riggene 2.9.2015. Tomme nett tyder på at blåskjellene ble liggende på bunnen og antagelig har blitt spist av bunnlevende dyr, f. eks krabber eller sjøstjerner. Hvis undersøkelsen skal gjentas bør blåskjellene henges i et dypere område.



**Figur 2.** Blåskjell fordelt mellom tre nett ble hengt i tau fra Hovedkai og Dypvannskai på hhv. 4, 6 og 10 meters dyp. En tykk kjetting var festet i enden av tauet som lodd mot bunn.

### **2.2.3 Undersøkelse av radionuklider i sediment**

Det ble foretatt prøvetaking av bunnsedimenter 5.10. 2015 ved stasjon Y1, Y2, Y3 og YK. Sediment ble prøvetatt med en liten van Veen-grabb (0,025 m<sup>2</sup>) som ble operert fra NIVAs lettboat (**Figur 3**). Posisjoner for prøvetaking ble koordinatfestet med håndholdt GPS (**Tabell 3**). Det ble tatt ut 3 parallelle prøver fra overflatesedimentene (0-2 cm) ved hver stasjon. Samtlige 3 parallelle prøver fra stasjon Y1 samt en prøve fra hver av de resterende stasjonene ble sendt til IFE for analyse av naturlige radioaktive stoffer. Resterende prøvemateriale ble fryst med mulighet for senere analyse.



Figur 3. Prøvetaking av sediment med liten Van-Veen grabb.

## 2.3 Analysemetoder

Under følger informasjon om analysemetoder som er benyttet for å analysere nivåer av radionuklider i sjøvann og sediment. Alle analyser er foretatt ved IFEs analyselaboratorium.

### 2.3.1 Radioaktive nuklider i sjøvann

For analyse av innhold av  $^{40}\text{K}$  i sjøvann ble et uttak av prøven målt direkte (uten forbehandling/oppkonsentrering), ved hjelp av høyopløselig gammaspektrometri.

For analyse for innhold av  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  og  $^{238}\text{U}$  i sjøvann ble et separat uttak av prøven tilsatt utbyttebestemmere. Th- og U-isotoper i prøven ble så analysert med alfaspektrometri etter oppkonsentrering og radiokjemisk separasjon ved hjelp av UTEVA-Resin.

### 2.3.2 Radioaktive nuklider i sediment

Sedimentprøvene ble målt for innhold av  $^{40}\text{K}$  ved hjelp av høyopløselig gammaspektrometri.

Et separat uttak av sedimentprøvene ble løst opp ved hjelp av flussyre i mikrobølgeovn, tilsatt utbyttebestemmere, og Th- og U-isotoper i prøven ble så analysert med alfaspektrometri etter oppkonsentrering og radiokjemisk separasjon ved hjelp av UTEVA-Resin.

## 3. Resultater

### 3.1 Radioaktivitet i sjøvann

Resultatene fra undersøkelse av nivåer av radioaktive nuklider (K-40, U-nat og Th-nat) i sjøvann er gitt i **Tabell 4**. Alle analyser er foretatt på IFE.

$^{40}\text{K}$  er en konstant andel av alt naturlig kalium og utgjør ca. 0,012 % av den naturlige kaliummengden. Konsentrasjonen av  $^{40}\text{K}$  i sjøvann vil variere mye. Gjennomsnittlig bakgrunnsnivå for  $^{40}\text{K}$  i sjøvann utgjør ca. 11 000 mBq/liter. Deteksjonsgrensene for  $^{40}\text{K}$  i enkelte av vannprøvene (stasjon Y2 replikat II fra juli 2015 og stasjon Y1b replikat I og III fra oktober 2015) ligger over gjennomsnittlig bakgrunnsnivå og det lar seg derfor ikke bestemme om den reelle aktivitetskonsentrasjonen av  $^{40}\text{K}$  i vannprøvene overstiger gjennomsnittlig bakgrunnsnivå.

Konsentrasjon av uran- og thoriumisotoper i sjøvann er mindre enn konsentrasjonen av  $^{40}\text{K}$ . Konsentrasjonen antas å være høyere langs kyst og i fjorder enn i åpent hav. Det var ikke målbare forskjeller i nivåene av uran- og thoriumisotoper mellom stasjonene der lossing pågikk og der det ikke foregikk losseaktivitet.

Nivåene som ble målt av kalium-, uran- og thoriumisotoper i prøvene av sjøvann var innenfor det normale (E. Strålberg, IFE, pers. medd.).

**Tabell 4.** Måleresultater fra bestemmelse av naturlig radioaktivitet i sjøvann fra stasjon Y1b og Y2, juli og oktober 2015 (mBq/liter sjøvann). Rapportert analyseusikkerhet er en utvidet usikkerhet basert på en standard usikkerhet multiplisert med en dekningsfaktor på 2, som gir et dekningsnivå på tilnærmet 95 %.

Tid	Stasjon	Målt aktivitet (mBq/liter) sjøvann						
		$^{40}\text{K}$	$^{228}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}$	$^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{238}\text{U}$
14.7.2015	Y1b - I	6000±4000	6,2±2,7	2,0±0,5	≤0,4	5,4±1,6	≤0,5	4,0±1,2
	Y2 - I	≤4000	3,0±2,3	1,8±0,5	0,26±0,15	7,8±2,1	≤0,5	5,5±1,6
	Y2 - II	≤14000	3,2±2,3	0,7±0,3	≤0,5	7,1±1,9	≤0,5	1,1
	Y2 - III	≤5000	3,7±2,3	2,1±0,5	0,58±0,26	9,6±2,6	≤0,5	6,4±1,9
19.10.2015	Y1b - I	≤15000	2,9±2,4	1,1±0,4	0,26±0,18	7,0±1,5	0,39±0,22	6,0±1,3
	Y1b - II	≤5000	2,2±2,2	1,1±0,4	0,34±0,21	7,4±1,5	0,38±0,16	5,3±1,1
	Y1b - III	≤14000	3,9±2,4	0,8±0,3	0,49±0,23	7,2±1,6	1,1±0,4	6,3±1,5
	Y2 - I	3600±2200	4,7±2,4	1,7±0,5	0,41±0,19	8,9±1,8	0,29±0,13	6,6±1,3

### 3.2 Radioaktivitet i blåskjell

Ingen av blåskjellene som ble satt ut ved stasjon Y1b og stasjon Y2 overlevde eksponeringsperioden. Svært høy vannføring i Skienselven under deler av eksponeringsperioden kan ha medvirket til 100 % dødelighet blant skjellene som hang i vannsøylen ved 4 og 6 m dyp.

### 3.3 Radioaktivitet i sediment

Analyse av radionuklider i sediment krever fullstendig løsning av sedimentet, fullstendig løsning er utfordrende og svært små prøvevolumer (30-100 mg) benyttes derfor i analysen. Inhomogenitet i materialet kan dermed forklare variasjon i resultatene for de ulike replikatene. Vurdert mot generelle

bakgrunnsnivåer ligger måleverdiene innenfor det normale for K-40, U-nat og Th-nat i sediment (E. Strålberg, IFE, pers. medd.). De høyeste konsentrasjonsnivåene for isotoper av U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K ble målt ved kontrollstasjon YK.

**Tabell 5.** Måleresultater fra bestemmelse av naturlig radioaktivitet i sediment (Bq/kg tørrvekt) fra stasjon Y1, replikat I, II og III og replikat I fra stasjon Y3 og YK prøvetatt oktober 2015. Rapportert usikkerhet er en utvidet usikkerhet basert på en standard usikkerhet multiplisert med en dekningsfaktor på 2, som gir et dekningsnivå på tilnærmet 95 %.

Nuklide	St. Y1			St. Y2	St. Y3	St. YK
	Repl. I	Repl. II	Repl. III	Repl. I	Repl. I	Repl. I
<sup>40</sup> K	113±9	102±16	75±21	251±25	490±40	510±40
<sup>228</sup> Th	30±11	*	11±5	57±18	34±8	180±90
<sup>230</sup> Th	73±19	*	44±11	97±27	58±12	180±40
<sup>232</sup> Th	15±7	*	10±5	32±12	44±10	150±40
<sup>234</sup> U	90±40	68±25	77±22	77±20	75±20	140±40
<sup>235</sup> U	≤15	≤15	≤6	≤4	≤10	≤11
<sup>238</sup> U	100±40	68±25	81±23	71±19	65±19	120±40

\*Sedimentet var vanskelig å løse og analysen lot seg ikke gjennomføre.

## 4. Konklusjon

Havet inneholder betydelige mengder naturlige radionuklider som har vært på jorden siden dens opprinnelse. Radionuklidene har sin opprinnelse i litosfæren og tilføres det marine miljø via naturlige prosesser som erosjon, elvtransport, oppløsning og diffusjon (Strålberg m. fl. 2003).

Det er foretatt mange undersøkelser av forekomst av naturlige radionuklider marint, men lite nasjonale data eksisterer og datagrunnlag fra fjordområder er svært begrenset. Vurderingen av de målte konsentrasjonsnivåene baserer seg hovedsakelig på ekspertvurderinger fra IFE (ved Elisabeth Strålberg). De høyeste konsentrasjonene av radionuklider ble funnet i sediment fra kontrollstasjon YK. Overflatestrømmen i Frierfjorden preges av hurtig utstrømmende vannmasser (se Molvær 1976) og det er lite sannsynlig at isotoper transporteres fra Herøya til sedimenter ved kontrollstasjonen. Konsentrasjonsnivåene av radionuklidene K-40, U-nat og Th-nat som ble målt i undersøkelsen er å betrakte som normale ved alle stasjoner og ingen oppkonsentrering av radionuklider ble funnet i sjøvann eller sediment. IFE baserer sine vurderinger på konsentrasjonsfaktorer fra litteraturen samt sammenligning med analyseresultater som har fremkommet fra tilsvarende undersøkelser for andre kunder.



## 5. Referanser

Molvær, J. (1976) Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 4. Fremdriftsrapport fra undersøkelser av vannutskiftningen i fjordområdene mars 1974- desember 1975. NIVA-rapport O-70111. Oslo

Strålberg, E. Smith Varskog, A. T. Raaum, A. Varskog, P. (2003) Naturlige radionuklider i det marine miljø – en oversikt over eksisterende kunnskap med vekt på Nordsjø-området. NORSEDECOM ND/E-17-03

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)