MILJØMINISTERIET

Departementet

Folketingets Grønlandsudvalg
Christiansborg
1240 København K

MODTAGET
- 5 OKT. 2005 9 35

Den Centrale Indlevering

J.nr. M1034-0688
Den
- 5 OKT. 2005

Miljø- og Planlægningsudvalget
MPU alm. del - Bilag 12
Udvalget vedrørende Grønlandske Forhold
UGF alm del – Bilag 2
Offentligt

Grønlands Hjemmestyres Direktorat for Miljø og Natur har på Kontaktudvalgsmøde med Miljøstyrelsen den 9. september 2005 spurgt til Risøs projekt "Thule 2003 – Undersøgelse af radioaktiv forurening", som Miljøstyrelsen i juni 2003 gav tilsagn om støtte til med midler fra Miljøstøtten til Arktis, FL05 §23.26.13.

./. Vedlagt følger til udvalgets orientering kopi af statusrapport af 15. august 2005 fra Risø vedrørende projektet samt kopi af Miljøstyrelsens brev af 4. oktober 2005 til Direktoratet for Miljø og Natur i Nuuk, hvoraf det fremgår at Risøs statusrapport er videresendt til Indenrigs- og Sundhedsministeriet.

Connie Hedegaard

OLE CHRISTIANSEN

Miljøministeriet
Departementet
Højbro Plads 4
1200 København K

Tlf. 33 92 76 00
Fax 33 32 22 27
CVR-nr.: 12-85-43-58
EAN-nr.: 5798000862005
mim@mim.dk
www.mim.dk

MILJØMINISTERIET

Miljøstyrelsen

Direktoratet for Miljø og Natur
Postboks 1614
3900 Nuuk

att. Direktør Alfred Jacobsen

Klima og Miljøstøtte
Journalnr. bedes anført ved besvarelse.
J.nr.M 127/001-0070
113-0091
Ref.: FMS/
Den 4. oktober 2005

Risø-undersøgelsen ved Thulebasen

Kære Alfred,

På vores kontaktudvalgsmøde i august rejste du spørgsmålet om betydningen af de foreløbige resultater af Risø's undersøgelse: "Thule-2003 - Undersøgelse af radioaktiv forurening", som projektets følgegruppe herunder Hjemmestyret har modtaget fra Risø.

På baggrund af Risøs statusrapport kan jeg oplyse, at projektet forløber planmæssigt. Men der mangler stadig en del laboratoriearbejde, rapportskrivning og endelige konklusioner, før projektet er endeligt færdigt. Vi forventer, at projektet kan endeligt afsluttes ultimo 2005 / primo 2006. Vi er naturligvis forinden parate til at arrangere et møde med Hjemmestyret og relevante danske myndigheder, såfremt der er et grønlandsk ønske herom.

I statusrapportens foreløbige konklusioner anfører Risø bl.a.: "Plutonium i havmiljøet ved Thule udgør således kun en ubetydelig risiko for mennesker." Og endvidere anfører Risø, at: "Koncentrationer af plutonium i havvand og havdyr er lave og kan ikke give anledning til strålingsmæssig risiko for mennesker selv ikke ved indtag af muslinger med de højeste koncentrationer. Derimod kan man ikke se bort fra, at plutoniumforureningen på landjorden ved Narssarssuk kan udgøre en risiko for mennesker, der færdes i området."

Vi har videresendt Risøs statusrapport til Indenrigs- og sundhedsministeriet / Statens institut for Strålehygiejne. Indenrigs- og sundhedsministeriet / Statens institut for Strålehygiejne er som den fagligt kompetente instans indstillet på nærmere at vurdere de sundhedsmæssige aspekter af undersøgelsen.

Kopi af dette brev samt statusrapporten er sendt til Folketingets Grønlandsudvalg.

Med venlig hilsen

Astrid Jacobsen

Cc:
Statsministeriet
Indenrigs og Sundhedsministeriet
Statens Institut for Strålehygiejne
Risø

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

Tlf.: +45 32 66 01 00
Fax: +45 32 66 04 79
Telex: 31209 miljoe dk
CVR-nr.: 25 79 83 76
EAN-nr.: 5798000863002(Drift)
EAN-nr.: 5798000863019(Tilskud)
Mst@mst.dk
www.mst.dk

Thule-2003 – Undersøgelse af radioaktiv forurening

DANCEA projekt støttet af Miljøstyrelsen

Status august 2005

Baggrund

Miljøstyrelsen gav i juni 2003 tilsagn om at støtte ovennævnte projekt, som løber til udgangen af 2005. For projektet er der nedsat en følgegruppe, som sikrer inddragelse af en videnskabelig person og information til Qaanaaq Kommune, Thulebasen og Grønlands Hjemmestyre. Baggrunden for projektet er nævnt i det følgende.

Den 21. januar 1968 styrtede et B52 fly med fire kernevåben ned på havisen 14 km sydvest for den amerikanske luftbase i Pituffik, Thule Air Base. I forbindelse med styrtet skete der ikke-nukleare eksplosioner i mindst et af kernevåbnene. Efter ulykken blev vraget og våbenresterne bjerget, og ca. 3 kg plutonium blev fjernet fra havisen. Efter oprydningen og havisens afsmeltning den følgende sommer forblev en mindre mængde fint fordelt plutonium i havmiljøet – primært i sedimentet under nedstyrtningsstedet.

Ved den offentlige Thule-høring, der blev afholdt oktober 1995 i København, anbefalede en Thule-følgegruppe en fortsat miljøovervågning af den radioaktive forurening ved Thule af videnskabelige årsager og med henblik på fortsat dokumentation af området. Desuden fandt Thule-følgegruppen den fortsatte overvågning væsentlig af hensyn til information af lokalbefolkningen.

Bunddyrene i havmiljøet afstedkommer en kraftig opblanding af de øverste sedimentlag. Dette betyder, at den deponerede plutonium ikke bliver begravet under det nydannede sediment, men stadig forekommer i overfladen i kontakt med bunddyrene og de nedre vandlag. Kontakten til biosfæren og dermed muligheden for en transport til mennesker er derfor ikke reduceret så hurtigt, som man regnede med umiddelbart efter ulykken.

Sidste gang forureningen blev undersøgt var i 1997. Resultater herfra antyder, at tidligere beregninger af den samlede mængde af plutonium på havbunden muligvis ikke har taget tilstrækkelig hensyn til radioaktive partikler. Foreløbige resultater fra undersøgelsen i 1997 antyder en større plutoniummængde end tidligere antaget. Der er dog påhæftet stor usikkerhed ved disse resultater. Det var derfor vigtigt at gennemføre en undersøgelse med central vægt på partikelproblematikken for at få en bedre vurdering af hvor meget plutonium, der ligger på havbunden ved Thule. Derudover var det vigtigt at undersøge spredning af plutonium fra ulykkesstedet og optag i biota med henblik på at vurdere overførsel til mennesker.

Formålet med projektet var således at foretage en fornyet undersøgelse af plutonium forureningen efter flyulykken ved Pituffik (Thule Air Base) januar 1968 specielt med henblik på at revurdere plutoniummængden på havbunden. Projektets væsentligste aktiviteter har været følgende:

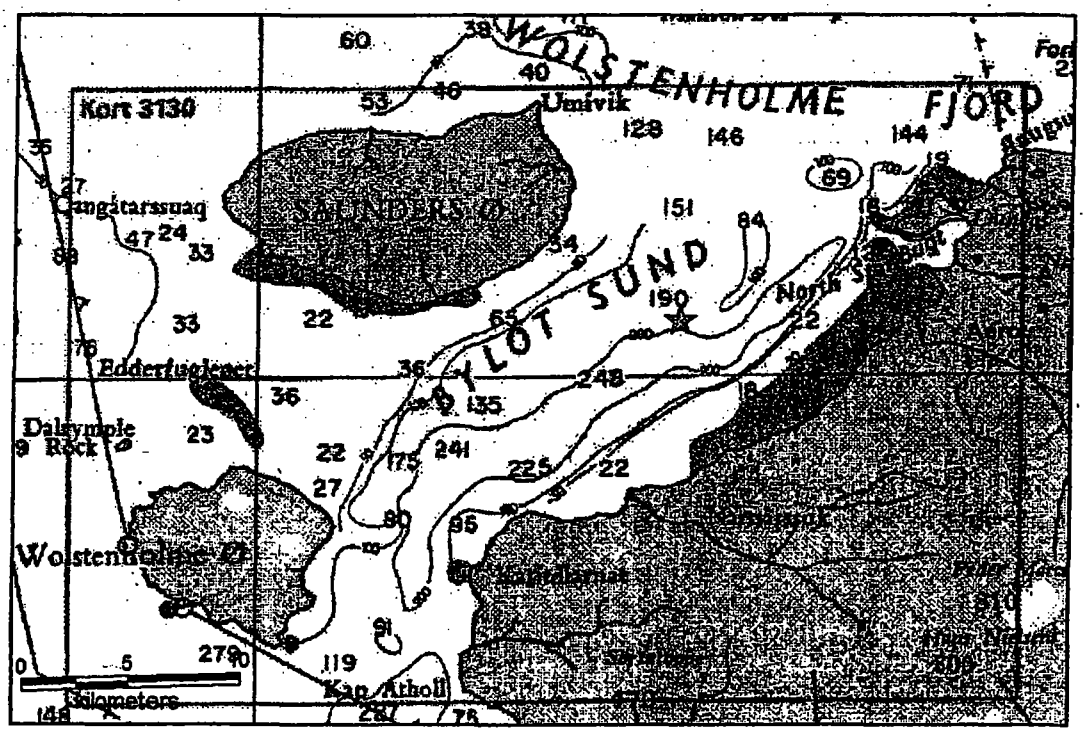
1. Undersøge indhold af plutonium i sedimenter med særlig vægt på en kvantitativ vurdering af radioaktive partikler
2. Sediment prøvetagning i Wolstenholme Fjord nord for ulykkesstedet med henblik på vurdering af relokalisering af plutonium efter ulykken

3. Plutonium analyse af vandprøver og algeprøver med henblik på vurdering af resuspension.
4. Undersøge overførsel af plutonium til udvalgte bunddyr
5. Opmåle et sedimentkort med sidescan sonar i det mest kontaminerede område med henblik på forbedret prøvetagning og efterfølgende forbedret integration af plutonium inventorier
6. Undersøge plutoniums forekomst i det terrestriske miljø, hvor tidligere undersøgelser har vist tilstedeværelse af plutonium fra ulykken, med prøvetagning af tørveprofiler.

Status

Indsamling af terrestriske og marine prøver blev gennemført i området omkring Bylot Sund i august 2003 (Figur 1). De terrestriske prøver omfatter 24 jordsøjler fra 8 lokaliteter ved Narssarssuk. De marine prøver omfatter 65 sedimentsøjler med ca. 500 enkeltprøver, 17 vandprøver og 60 biotaprøver (makroalger, sæl, fisk, muslinger, snegle, blæksprutter og slangestjerner). Indsamlingen af sedimentprøver var meget vellykket, idet lokaliteter blev udvalgt ud fra information om bundforhold opmålt med sidescan sonar.

I 2004 er der foretaget screening-analyser af ^{241}Am i jordprøver fra Narssarssuk som indikator for indhold af plutonium. Disse har indikeret indhold betydeligt over baggrundsniveau, hvilket er bekræftet ved plutoniumanalyser. Havvandsprøver er analyseret og viser lave koncentrationer. Plutoniumanalyser af biologiske prøver viser ligeledes lave niveauer på nær enkelte tilfælde med koncentrationer i muslinger på op til ca. 4 Bq kg^{-1}, hvilket skyldes plutoniumholdige partikler.



Figur 1. Kort over Bylot Sund. Stedet for nedstyrtning af B52-flyet er markeret med en stjerne.

Der er udviklet en ny analyseprocedure for plutonium, som giver bedre oprensning og kemisk udbytte end den tidligere. Kvaliteten af den ny procedure er kontrolleret og fundet god, og det er konstateret, at resultaterne fra den ny og den tidligere analyseprocedure stemmer overens. Ny metoder er afprøvet til at bestemme plutoniumindholdet i partikler. Sedimentprøver er vådsigtet i størrelsesfraktioner fra 60 µm til 1 mm med henblik på at bestemme fordelingen af plutonium i disse fraktioner.

Analysearbejdet er fortsat i 2005 med hovedvægt på radiokemiske analyser af plutoniumisotoper i sedimentsøjler samt screening-analyser af ^{241}Am som indikator for indhold af plutonium. Screening-analyserne belyser forekomsten af radioaktive partikler og resultaterne herfra bidrager til en ny opgørelse af plutonium i sedimenterne.

Den resterende indsats på projektet omfatter færdiggørelse af analysearbejde af radioaktive partikler i sedimentprøver, fortolkning af resultaterne samt rapportering.

Prøveindsamling og resultater

Havvand

Prøver af havvand blev indsamlet fra en lokalitet syd for Wolstenholme Ø uden for det forurenede område, en lokalitet nord for Saunders Ø og to lokaliteter i det forurenede område i Bylot Sund. På hver lokalitet blev der taget en prøve i overfladen og to prøver ved bunden i forskellig højde over denne.

Resultaterne viser koncentrationer på 0.01 Bq ^{239,240}Pu m^{-3} og derunder ved Wolstenholme Ø og i overfladen i Bylot Sund, mens der er fundet højere koncentrationer, op til 0.04 Bq ^{239,240}Pu m^{-3} i de øvrige prøver. De højere koncentrationer af plutonium er i alle tilfælde knyttet til partikler i vandet. Resultaterne viser, at plutonium på partikler remobiliseres fra havbunden i Bylot Sund og transporteres nordpå og ud af Wolstenholme Fjord.

Makroalger

Prøver af blæretang blev indsamlet fra kysten ved Narssarssuk syd for stedet, hvor flyet styrtede ned, ved Dundas fjeldet, ved nordkysten på Wolstenholme Ø og fra Edderfugleøerne.

Prøverne fra Edderfugleøerne, Wolstenholme Ø og Dundas fjeldet har koncentrationer af plutonium på 0.1-0.2 Bq kg^{-1} tørvægt, mens prøverne fra Narssarssuk har noget højere koncentrationer på 0.2-0.4 Bq kg^{-1} tørvægt. Disse resultater viser, at plutonium fra ulykken transporteres fra havbunden til overfladevand i Bylot Sund.

Andre biologiske prøver

Prøver af snegle, rejer og muslinger blev indsamlet fra havbunden ved fire lokaliteter, tre i Bylot Sund og en nord for Saunders Ø. Desuden blev en sæl nedlagt midt i Bylot Sund.

Prøverne indsamlet nord for Saunders Ø har i gennemsnit koncentrationer af plutonium på 0.07 Bq kg^{-1} i snegle, 0.004 Bq kg^{-1} i rejer og 0.1 Bq kg^{-1} i muslinger. Prøverne fra Bylot sund har i gennemsnit koncentrationer på 0.3 Bq kg^{-1} i snegle, 0.04 Bq

kg^{-1} i rejer og 0.6 Bq kg^{-1} i muslinger og har således højere koncentrationer end prøverne fra Saunders Ø. De højeste koncentrationer af plutonium findes i muslinger fra Bylot Sund, hvor en prøve af 24 hjertemuslinger har en koncentration på 3.5 Bq kg^{-1}.

Plutoniumanalyser af sælprøverne viste niveauer i lever på 0.002 Bq kg^{-1} og i kød under detektionsgrænsen på 0.0002 Bq kg^{-1}.

Sedimenter

Der blev indsamlet sedimentprøver fra 31 lokaliteter med to sedimentsøjler fra hver lokalitet. Ti af disse lokaliteter er stationer, hvorfra der med held er indsamlet sedimentsøjler ved tidligere ekspeditioner. De 21 nye lokaliteter blev udvalgt på baggrund af oplysninger om bundforhold indhentet ved sidescan sonar. Den vellykkede indsamling af prøver fra disse nye lokaliteter viser, at sedimentopmålingen med sidescan sonar var særdeles nyttig i betragtning af de betydelige problemer man har haft med sedimentprøvetagning ved tidligere ekspeditioner på grund af vanskelige bundforhold.

Foreløbige resultater for plutonium i sedimenter viser en fordeling svarende til den, som er observeret fra tidligere ekspeditioner. De højeste niveauer i sedimenter findes tæt på positionen for flystyrtet med koncentrationer pr. areal på op til 40 000 Bq m^{-2} og koncentrationer pr. vægt på op til 1200 Bq kg^{-1}. Niveauerne aftager med afstanden fra ulykkesstedet til baggrundsniveau med koncentrationer pr. areal på 50 Bq m^{-2} og pr. vægt på 2 Bq kg^{-1} fundet i Baffin bugten 20 km sydvest for Wolstenholme Ø.

Det igangværende analysearbejde er koncentreret om at lokalisere radioaktive partikler i sedimentprøverne og bestemme den samlede radioaktivitetsmængde i partiklerne, i sedimentsøjlerne og i havsedimentet i Bylot Sund.

Jord

Jordprøver blev indsamlet fra 8 lokaliteter ved Narssarssuk med 3 jordprofiler fra hvert sted. I foråret 1968 blev der fundet forhøjede niveauer af alfa-radioaktivitet i Narssarssuk-området. men det blev dengang ikke afgjort, om dette skyldtes naturligt forekommende radioaktivitet eller plutonium fra flyulykken.

Plutoniumanalyserne af jordprøverne viser koncentrationer fra 20 til 900 Bq m^{-2}. De laveste niveauer på 20-50 Bq m^{-2} fundet ved to af lokaliteterne skyldes hovedsageligt nedfald fra stormagterne atomprøvesprængninger, mens de højere værdier stammer fra nedfald efter den brand, der fulgte flystyrtet på havisen i 1968. Plutonium er knyttet til partikler og forekommer meget ujævnt fordelt i jordprøverne. Ved analyserne er der fundet partikler med aktiviteter på op til ca. 30 Bq plutonium. Der er fundet koncentrationer af plutonium i overfladejord på op til 90 Bq/kg.

Foreløbige konklusioner

Analyser af prøver indsamlet i Bylot Sund i august 2003 viser, at plutonium fra kernevåben i det amerikanske B52-fly, der i januar 1968 styrtede ned på havisen og brød i brand, stadig kan påvises i havmiljøet og på landjorden. De højeste koncentrationer findes i havsedimenterne under det sted, hvor flyet styrtede ned. Fordelingen af plutonium i havsedimentet er forholdsvis stabil, men bunddyrenes opblanding af sedi-

mentet medfører, at der fortsat er høje koncentrationer af plutonium i kontakt med havvandet, hvilket medfører resuspension af plutoniumholdige partikler fra sedimentet til vandsøjlen og videre transport væk fra området. Koncentrationerne af plutonium i havvand og havdyr er dog ganske lave.

Et antal jordprøver indsamlet ved Narssarssuk viser desuden indhold af plutonium fra ulykken i 1968 med niveauer over baggrundsniveau. Plutonium er knyttet til partikler i jorden og meget ujævnt fordelt.

Helbredsrisikoen fra plutonium kan vurderes ud fra den internationalt anbefalede dosisgrænse for enkeltpersoner i befolkningen, som er 1 mSv år^{-1}. Denne grænse svarer til, at man årligt spiser 4000 Bq plutonium eller inhalerer 8 Bq plutonium. Spisning af plutonium giver betydelig mindre strålingsdosis end inhalation, da plutonium kun i ringe grad optages fra fordøjelseskanalen, men kan fæstnes i lungerne.

Plutonium i havmiljøet ved Thule udgør således kun en ubetydelig risiko for mennesker. De største mængder plutonium ligger forholdsvis stabilt bevaret i havsedimentet på bunden af Bylot Sund fjernt fra mennesker. Koncentrationer af plutonium i havvand og havdyr er lave og kan ikke give anledning til strålingsmæssig risiko for mennesker selv ikke ved indtag af muslinger med de højeste koncentrationer. Derimod kan man ikke se bort fra, at plutoniumforureningen på landjorden ved Narssarssuk kan udgøre en risiko for mennesker, der færdes i området. Inhalation af radioaktive partikler kan forårsage strålingsdoser, der overskrider dosisgrænsen for enkeltpersoner i befolkningen.

Foreløbige anbefalinger

- Forekomsten af plutonium på landjorden ved Narssarssuk bør kortlægges systematisk, og tilstedeværelsen af radioaktive partikler i luften undersøges ved kontinuert luftprøvetagning. Urinprøver kan indsamles fra personer, der har opholdt sig i området, og analyseres for indhold af plutonium.
- Undersøgelse af forureningen af havmiljøet bør fortsættes af videnskabelige årsager og med henblik på fortsat dokumentation af den radioaktive forurening i området samt til information af lokalbefolkningen.

Bilag

Plutonium in the environment at Thule, Greenland, from sampling in 2003 (konferencebidrag om Thule-2003 projektet til præsentation ved nordisk møde i Rättvik, 27-31. august 2005 og international konference i Nice, 3-7. oktober 2005)

Plutonium in the environment at Thule, Greenland, from sampling in 2003

Sven P. Nielsen and Henning Dahlgaard

Radiation Research Department, Risø National Laboratory, DK-4000 Roskilde, Denmark

Abstract: The plutonium contamination of the Thule environment in Greenland resulting from an airplane crash in 1968 was investigated from samples collected in August 2003. Sediment sampling was based on information from acoustic sonar investigations of the seabed. Additional marine samples covered seawater, seaweed and benthic animals. Terrestrial samples were taken of soil profiles near Narssarssuk some 25 km south-west of the Thule airbase. Analyses of plutonium focus on the occurrence of hot particles and their importance for evaluating the total inventory of plutonium in the marine sediments.

Introduction

On January 21, 1968, an American B52 bomber carrying four nuclear weapons crashed on the sea ice 15 km west of the American air base at Pituffik, Thule Air Base. Both the aircraft and the weapons disintegrated on impact. The wreckage and the remains of the weapons were cleaned up after the accident. About 6 kg plutonium was dispersed at the accident according to American information. The plutonium distributed on the sea ice, about 3 kg, was removed. After the clean up operation and the melting of the ice the following summer, finely dispersed plutonium remained in the marine environment, primarily on the seabed under the point of impact. Since 1968 several sampling campaigns have been carried out resulting in estimates of the seabed inventory of plutonium (^{239}Pu and ^{240}Pu) of about 1.4 TBq corresponding to about 0.5 kg (Dahlgaard 2001). However, a re-evaluation focusing on hot particles in the sediments indicates that the inventory could be significantly underestimated (Eriksson, 2002).

The present investigation of the plutonium contamination at Thule is based on a sampling campaign carried out in August 2003. The scope of this investigation includes an estimate of the inventory of plutonium in marine sediments with special focus on radioactive particles, a mapping of bottom sediments in the most contaminated area based on acoustic sonar, an investigation of the transfer of plutonium to marine biota, and an investigation of plutonium in the terrestrial environment. Bylot Sound and surrounding areas are shown in Fig. 1. This work is supported by the Danish Environmental Protection Agency.

Sampling

The sampling was carried out during 14-27 August 2003 from the research vessel FS Adolf Jensen. The expedition was headed by research specialist Henning Dahlgaard; additional participants were laboratory technician Svend K. Olsen from Risø National Laboratory, scientist Mats Eriksson from Institute for Transuranium Elements in Karlsruhe, senior geologist Jørn Bo Jensen and senior engineer Peter Trøst Jørgensen both from the Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), and the crew of Adolf Jensen headed by skipper Flemming Heinrich.

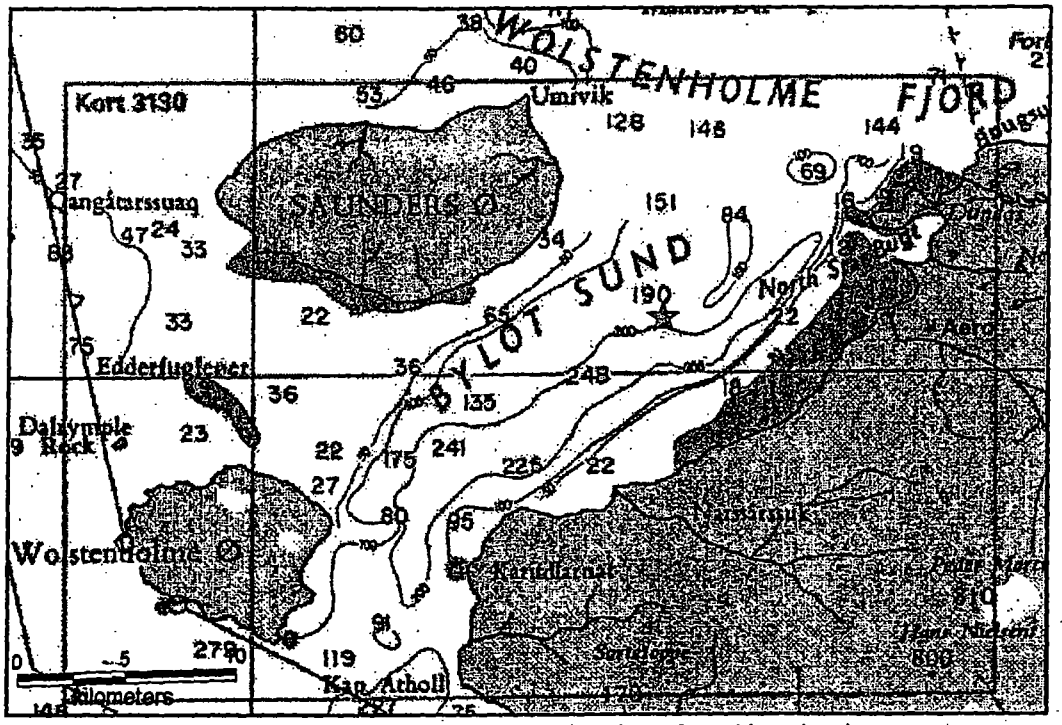


Fig. 1. Map of Bylot Sound showing the site of the aircraft accident (star).

Sediment mapping: The sediment mapping was carried out by GEUS from FS Adolf Jensen and included recording of bathymetri and characterisation of the seabed. Bathymetri, sediment profiles and surface seabed mosaic were mapped by chirp and side-scan sonar. Classification of sediments included identification of soft and hard bottoms and surface irregularities due to large objects and iceberg scour. The bathymetri of Bylot Sound is characterised by a north-south going ridge with water depths less than 100 m and a southern channel partitioned in a northern and southern basin with water depths of up to 250 m. The seismic grid used for the sediment mapping is shown in Fig. 2.

Sediments: Sediment samples were collected from 31 locations. Ten of these locations are stations from which sediment samples were obtained successfully at previous campaigns. The 21 new locations were selected based on the sediment mapping carried out by GEUS. The high success rate of this sampling demonstrates that the information obtained from the sediment mapping was extremely valuable considering the considerable problems from previous sampling campaigns to obtain useful sediment cores due to hard bottom conditions.

Biota: Benthic biota samples were collected by pulling a Sigsbee trawl along four 500 m transects. Three transects were in the contaminated area in Bylot Sound at 200-250 m depth, and the fourth transect north of Saunders Island in Wolstenholme Fjord at 135 m depth. Samples from a seal shot in Bylot Sound were collected of flesh and liver.

Seawater: Seawater samples were collected from the water column at three depths: 5 m under the surface, and 35 m and 15 m above the seabed. The samples were collected from four locations: one outside the contaminated area south of Wolstenholme Island serving as a background reference, one from north of Saunders Island as a low-level station, and two from near the accident site. The samples were filtered (Millipore 0.45 μm). Expectations were to find accident-related plutonium in the deep water near the accident site, but not in surface water or at the two other locations.

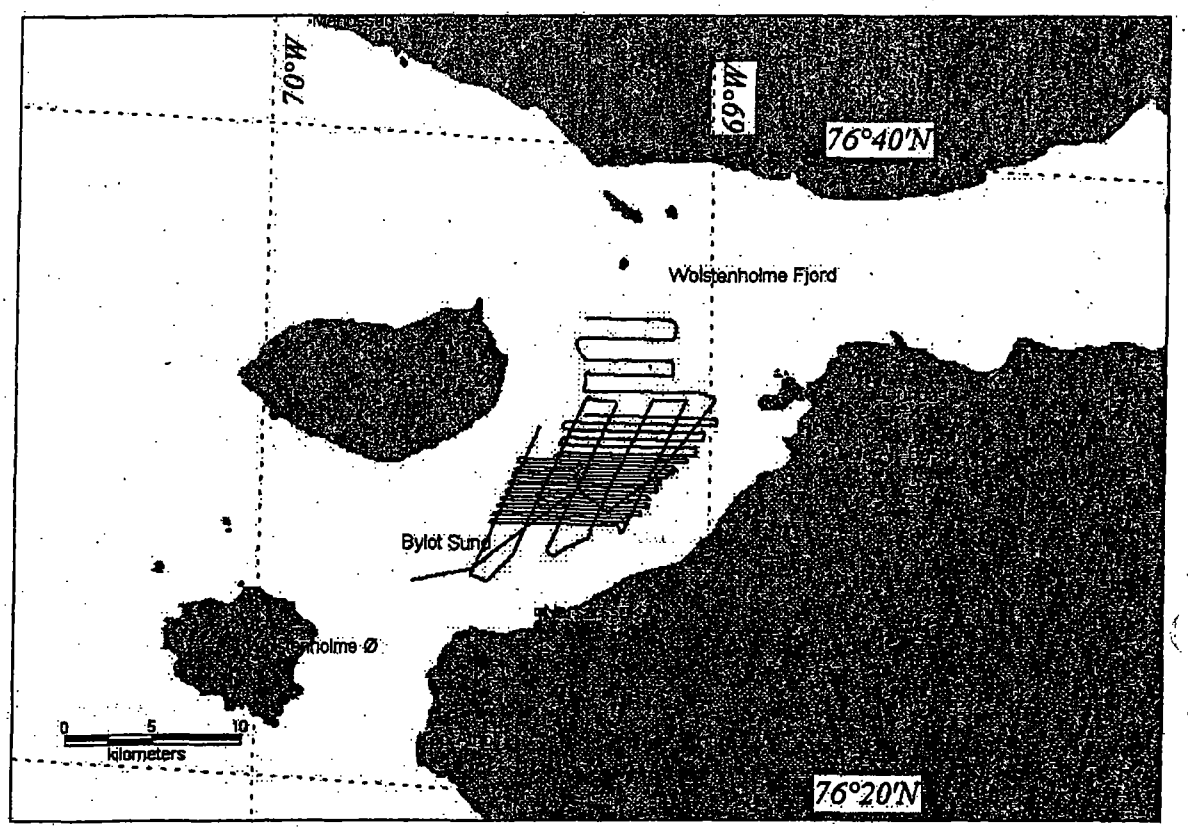


Fig 2. Seismic grid for the sediment mapping in the central part of Bylot Sound.

Seaweed: Twelve samples of seaweed were collected from coastlines at Narssarssuk south of the accident site, at Dundas Mountain, at the north coast of Wolstenholme Island and at the Eider Islands.

Soil: Soil samples were collected in the Narssarssuk area. Within small areas of one square metre 3 separate soil profiles were collected from eight locations, i.e. 24 profiles in total. Elevated levels of alpha radioactivity were found in the Narssarssuk area in spring 1968, but at that time it was not determined if this radioactivity was caused by local naturally occurring radioactivity, i.e. thorium or uranium isotopes, or due to uranium or plutonium from the aircraft accident.

Results

Seawater: Results on plutonium in seawater are given in Fig. 3, which shows concentrations of 10 mBq $^{239,240}Pu$ m^{-3} and below at the reference site south west of Bylot Sound. Concentrations in Bylot Sound are significantly higher in near bottom waters, up to 40 mBq m^{-3} and mainly associated with particles. However, the samples of surface water in Bylot Sound show little or no influence from accident plutonium. Accident plutonium was identified by an isotopic ratio between ^{238}Pu and $^{239,240}Pu$ lower than that of fallout plutonium. The location in Wolstenholme Fjord north of Saunders Island is influenced by accident plutonium from Bylot Sound with concentrations higher throughout the water column than at the reference site and showing high fractions of plutonium on particles. The seawater data illustrate that plutonium is remobilised from the seabed in Bylot Sound on particles and transported to the north out of Wolstenholme Fjord into Baffin Bay.

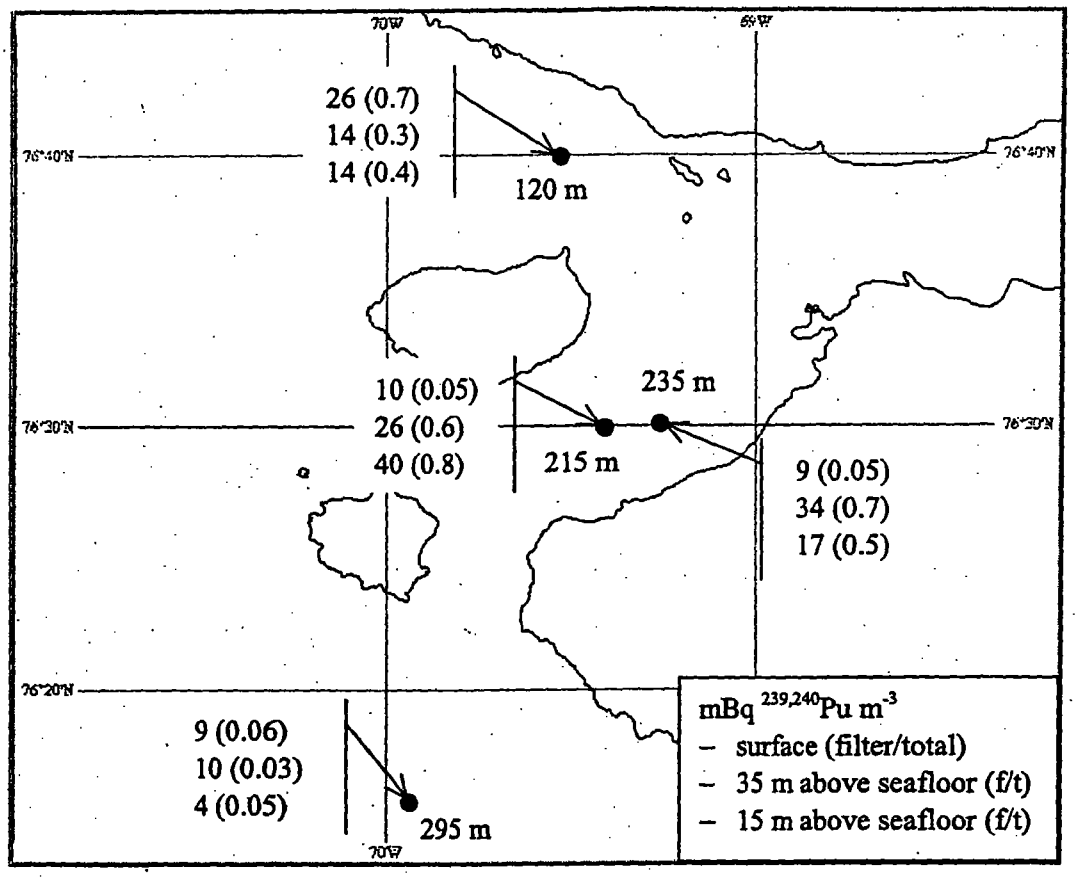


Fig.3. Plutonium in seawater at four locations sampled during 19-21 August 2003. Samples were taken at three depths for each location. Concentrations are given in mBq $^{239,240}Pu\ m^{-3}$; ratios of Pu on particulate to total are given in brackets.

Seaweed: Plutonium concentrations in seaweed were found in the range 0.1-0.4 Bq $^{239,240}Pu\ kg^{-1}$ dw. The concentrations at Eider and Wolstenholme Islands and at Dundas were in the range 0.1-0.2 Bq kg^{-1} dw while concentrations at Narssarssuk were consistently higher, 0.2-0.4 Bq kg^{-1} dw. This shows that accident plutonium is transported to seaweed in surface waters of Bylot Sound.

Soil: Plutonium in soil at 8 locations around Narssarssuk showed depth-integrated concentrations from 20 to 900 Bq m^{-2}. The lower range of 20-50 Bq m^{-2} found at one location represents mainly fallout from atmospheric nuclear weapons tests, whereas the higher values are due to accident plutonium. Accident plutonium is inhomogeneously distributed in the soil samples and clearly associated with particles. Single particles were identified in the soil with activities up to about 30 Bq $^{239,240}Pu$.

References

Eriksson, M. On weapons plutonium in the arctic environment (Thule, Greenland). Risø-R-1321 (EN) (2002). Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.

Dahlgaard, H, Eriksson, M., Ilus, E., Ryan, T. McMahon, C.A. and Nielsen, S.P.. Plutonium in the marine environment at Thule, NW-Greenland after a nuclear weapons accident. In: Plutonium in the environment. Edited proceedings. 2. Invited international symposium, Osaka (JP), 9-12 Nov 1999. Kudo, A (ed.), (Elsevier Science Ltd., Oxford, 2001) (Radioactivity in the environment, vol. 1) p. 15-30