

Havvandsundersøgelser ved Maarmorilik

September 1993

Teknisk Rapport

**Udarbejdet af:
Gert Asmund**

Reference:

**Asmund, G. 1994: Havvandsundersøgelser ved Maarmorilik,
september 1993, Grønlands Miljøundersøgelser, 18 pp., marts 1994**

Grønlands Miljøundersøgelser, marts 1994

Tryk: Grønlands Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4. sal
2200 København N.

Søgeord: Bly, Zink, Cadmium, Havvand, Minedrift, Grønland

INDHOLDSFORTEGNELSE

RESUMÉ	3
SUMMARY	4
1. INDLEDNING	5
2. INDSAMLING OG ANALYSEMETODE	6
3. RESULTATER	9
3.1 Affarlikassaa	9
3.2 Qaamarujuk	10
3.2.1 Zink	11
3.2.2 Cadmium	11
3.2.3 Bly	11
3.3 Referencestationen	11
4. MÆNGDERNE AF BLY, ZINK OG CADMIUM	12
FIGURER	16
Figur 1. Oversigtskort over Uummannaq området	16
Figur 2. Stationskort over Maarmorilik området	17

RESUMÉ

Forureningen med zink, cadmium og især bly af havvandet omkring Maarmorilik har været konstant faldende siden minedriften indstilledes i juli 1990. Undersøgelsen i september 1993 gav de laveste niveauer nogensinde efter minedriftens start for cadmium og bly, medens zinkniveauet var af samme størrelsesorden som i 1992.

I september 1993 havde Affarlikassaa et indhold af opløst bly på kun 22,5 kg, mod 89 kg året før. I juli 1990 var blyindholdet i Affarlikassaa oppe på 13 365 kg. Zinkindholdet er ikke faldet tilsvarende. Det var i juli 1990 oppe på 7913 kg. I september 1992 var det faldet til 1289 kg, medens det i september 1993 var 1715 kg. Cadmiumindholdet i Affarlikassaa, der i årene 1975-1978 som regel var over 100 kg, var i september 1993 nede på 7,9 kg.

SUMMARY

The pollution of the sea water near the abandoned zinc/lead mine "The Black Angel" at Maarmorilik has steadily decreased since the closedown in July 1990.

In September 1993 the content of dissolved lead in the fiord Affarlikassaa was only 22.5 kg. In July 1990 it reached a peak of 13 365 kg. The zinc content has not decreased at the same rate. In July 1990 it was 7913 kg and in August and September slightly higher due to release of zinc during dumping of waste rock in the fiord. In September 1993 the zinc content of Affarlikassaa was 1715 kg. The content of cadmium in Affarlikassaa was in September 1993 7,9 kg.

Table 1 is the results of the chemical analyses of sea water.(SPM=Suspended particulate matter)

Table 2 and 3 are mean concentrations, in table 2 of bottom water.

Table 4 is the amount of dissolved metals in Affarlikassaa.

Table 5 is total amounts of Zn, Cd and Pb in Affarlikassaa.

Table 6 is total amounts of Zn, Cd and Pb in Qaamarujuk.

Table 7 is total amounts of Zn, Cd and Pb in Affarlikassaa and Qaamarujuk.

1. INDLEDNING

Zink- og blyminen "Den sorte Engel" ved Maarmorilik i Nordvestgrønland startede produktionen i efteråret 1973 og sluttede i juli 1990. Hvert halve år siden produktionens start er der foretaget indsamling og analyse af havvandsprøver fra de omkringliggende fjorde, dog ikke i foråret 1992 og 1993.

Medens produktion fandt sted, udledtes tailings fra flotationsværket i ca. 30 m's dybde i Affarlikassaa. Indholdet af opløselige metalforbindelser i tailings bevirkede en kraftig forurening af bundvandet (dybere end 25 m) i Affarlikassaa. Fra bundvandet spredtes forureningen med metal (Zn, Cd og Pb) sig videre ud i de nærmest liggende fjorde. I sommeren 1990 blev 320 000 tons gråbjerg indeholdende 0,8% bly og 2,5% zink dumpet på ca. 70 m vand i Affarlikassaa. Efter minedriftens ophør styres tungmetalforureningen af Affarlikassaa dels af hvor hurtigt den "gamle forurening" skylles ud, og dels af hvor meget der opløses fra og adsorberes på sedimenter og gråbjerg på fjordens bund.

I denne rapport beskrives resultatet af havvandsundersøgelsen i september 1993.

2. INDSAMLING OG ANALYSEMETODE

Prøverne blev indsamlet fra havforskningsskibet "Adolf Jensen" med en 2½ liter Hydrobios vandhenter. Samme dag filtreredes prøverne gennem et 0.45 μm nucleopore filter. For at konservere prøverne tilsattes dernæst 1 ml superren salpetersyre pr. liter. Prøverne blev analyseret ved GM i København for indhold af metallerne Zn, Cd og Pb ved metoden anodisk stripping voltammetri. Samtidig med prøvetagningen bestemtes temperaturen ved hjælp af et vendetermometer. Ved vejning af nucleoporefiltrene er mængden af suspenderet stof (SPM) i havvandet bestemt. Stationernes beliggenhed fremgår af kortene figur 1 og 2.

Analyseresultaterne fremgår af tabel 1. (I denne udgave af rapporten mangler temperaturmålingerne, salinitetsmålingerne og SPM-målingerne).

Tabel 1. Analyse af vandprøver fra Maarmorilik, September 1993 (I denne udgave af rapporten mangler temperaturmålingerne, salinitetsmålingerne og SPM-målingerne)

St	Dybde m	Dato	Zn $\mu\text{g/kg}$	Cd $\mu\text{g/kg}$	Pb $\mu\text{g/kg}$	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Salinitet o/oo	SPM mg/kg
1	0	1/9	4.9	0.029	0.179			
"	10		5.4	0.029	0.166			
"	20		4.4	0.039	0.223			
"	30		49.4	0.229	0.62			
"	40		58.8	0.265	0.62			
"	50		52.6	0.244	0.50			
3	0	1/9	3.8	0.034	0.169			
"	10		11.0	0.050	0.129			
"	20		9.7	0.033	0.263			
"	30		22.5	0.122	0.399			
"	40		45.4	0.239	0.511			
"	50		55.0	0.261	0.336			
"	60		89.8	0.242	0.554			
10	0	1/9	5.0	0.031	0.141			
"	10		1.29	0.023	0.073			
"	20		1.80	0.025	0.091			
"	30		3.00	0.029	0.206			
"	40		1.53	0.023	0.105			
"	50		1.81	0.024	0.113			
"	75		2.76	0.038	0.194			
"	100		3.18	0.041	0.138			
"	bund		1.77	0.031	0.074			

Tabel 1. Analyse af vandprøver fra Maarmorilik, September 1993, fortsat

St	Dybde m	Dato	Zn $\mu\text{g}/\text{kg}$	Cd $\mu\text{g}/\text{kg}$	Pb $\mu\text{g}/\text{kg}$	Temp. $^{\circ}\text{C}$	Salinitet o/oo	SPM mg/kg
12	0	3/9	3.27	0.030	0.127			
"	10		1.35	0.016	0.056			
"	20		1.19	0.019	0.112			
"	30		5.2	0.029	0.141			
"	50		3.7	0.034	0.188			
"	75		2.73	0.036	0.165			
"	100		2.36	0.039	0.079			
"	150		1.70	0.043	0.065			
"	bund		2.28	0.047	0.352			
16	0	9/9	2.50	0.023	0.086			
"	10		1.89	0.015	0.022			
"	20		1.82	0.022	0.052			
"	30		3.47	0.026	0.094			
"	50		2.59	0.020	0.061			
"	75		3.23	0.024	0.187			
"	100		3.18	0.041	0.081			
"	150		3.04	0.044	0.091			
"	bund		3.6	0.041	0.081			
R	0	7/9	5.3	0.031	0.111			
"	10		2.01	0.018	0.034			
"	20		2.74	0.018	0.033			
"	30		1.79	0.021	0.037			
"	50		4.7	0.027	0.107			
Bundvand, Qaamarujuk			3.3	0.033	0.219			
Nass-4			0.121	0.013	0.020			
Nass-4 certifikat			0.115	0.016	0.013			
95% standardafvigelse			0.018	0.003	0.005			

3. RESULTATER

3.1 Affarlikassaa

Station 1 og 3 ligger i Affarlikassaa, som er den fjord, hvor tailings for 18 års udledning og hovedparten af "Gammel Gråbjergsdump" er deponeret på bunden. Temperaturmålingerne viser, at der i Affarlikassaa på indsamlingstidspunktet er et springlag i ca. 25 til 30 meters dybde, hvilket altid ses på denne årstid. Over springlaget er forureningsniveauet lavt og næsten ikke måleligt. Sammenlignet med referencestationen (station R i tabel 1) er zinkkoncentrationen på samme niveau, blykoncentrationen dobbelt så høj, og cadmiumkoncentrationen 1.5 gange så høj. Under springlaget er der konstant temperatur og metalkoncentrationer. Middelværdierne af målingerne under springlaget er i den efterfølgende tabel sammenlignet med tilsvarende middelværdier fra de seneste 5 års undersøgelser i september. Tabel 2 indeholder desuden standardafvigelserne for enkeltmålingerne. Stor relativ standardafvigelse betyder, at vandet under 30 m er mindre homogent.

Tabel 2. Middeldkoncentrationer, $\mu\text{g}/\text{kg}$, i bundvandet (30-60 m) fra Affarlikassaa i september.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993
zink	206 ± 20	139 ± 15	259 ± 37	83 ± 13	43 ± 10	53 ± 20
cadm.	1.88 ± 0.23	2.44 ± 0.15	1.48 ± 0.25	0.46 ± 0.04	0.36 ± 0.13	0.23 ± 0.05
bly	225 ± 41	232 ± 22	94 ± 19	2.8 ± 0.3	2.6 ± 0.7	0.51 ± 0.11

Det er altså især blykoncentrationen, der er faldet efter minedriftens indstilling, medens zinkkoncentrationen kun er faldet til en femtedel fra 1990 til 1993. Dette skyldes, at tailings og gråbjerg på bunden af Affarlikassaa afgiver mere zink end bly.

3.2 Qaamarujuk

Forureningen med opløst zink, cadmium og bly er nu så lav, at den er vanskelig at måle. Det kræver en samtidig indsamling og efterfølgende analyse af vand fra en referencestation, som vurderes at være af samme karakter som Qaamarujuk. Kun hvis analysen af Qaamarujuk-stationerne er signifikant højere end den samtidigt undersøgte referencestation, kan man med sikkerhed hævde at have påvist en forurening af Qaamarujuk. I tabel 3 er de seneste 4 års undersøgelser af Qaamarujuk resumeret i form af middelkoncentrationer \bar{x} og disses standard usikkerhed, $s/\sqrt{n-1}$ ved de enkelte stationer. Ud fra denne tabel kan følgende konkluderes.

Tabel 3. Middelkoncentrationer, \bar{x} , og disses standardusikkerhed $su = s/\sqrt{n-1}$.

Station	Zn $\mu\text{g}/\text{kg}$		Cd $\mu\text{g}/\text{kg}$		Pb $\mu\text{g}/\text{kg}$		tidspunkt
	\bar{x}	su	\bar{x}	su	\bar{x}	su	
10	2.46	0.41	0.029	0.002	0.126	0.017	sept. 93
12	2.64	0.45	0.033	0.004	0.143	0.032	"
16	2.81	0.23	0.028	0.004	0.084	0.016	"
R	3.31	0.80	0.023	0.003	0.064	0.020	"
10	3.96	0.93	0.083	0.014	0.402	0.068	sept. 92
12	2.24	0.43	0.078	0.011	0.331	0.070	"
16	1.56	0.13	0.048	0.004	0.236	0.037	"
R	0.53	0.16	0.026	0.006	0.078	0.021	"
10	4.17	0.75	0.045	0.006	0.556	0.071	sept. 91
12	2.71	0.21	0.036	0.002	0.353	0.085	"
16	2.70	0.66	0.033	0.004	0.232	0.045	"
R	0.50	0.09	0.021	0.005	<0.1		"
10	6.71	0.89	0.045	0.004	4.48	0.72	sept. 90
12	4.07	0.71	0.026	0.003	1.86	0.28	"
16	2.31	0.24	0.024	0.002	1.31	0.15	"
R	2.51	1.13	0.031	0.007	0.57	0.14	"

3.2.1 Zink

Referencestationen placeredes i 1990, 1991 og 1992 i det åbne vand vest for Qeqertat, det vil sige midt i Uummannaq bugten. I 1993 placeredes den i Amitsuatsiait, det vil sige i det indre af Uummannaq distriktet i en mindre fjord af nogenlunde samme afstand til det åbne hav som Qaamarujuk. Om det er placeringsskiftet eller andre forhold, der gør sig gældende vides ikke, men zinkkoncentrationen var i Amitsuatsiait i 1993 højere end nogensinde ved andre referencestationer, og underligt nok også højere end ved de tre stationer i Qaamarujuk.

Medens man for 1991 og 1993 kunne konkludere, at zinkkoncentrationerne var højere i Qaamarujuk end i det åbne vand 50 km vest for Qaamarujuk, så må man for 1993 konkludere, at zinkniveauet i Qaamarujuk ikke er højere end i en tilsvarende referencefjord i Uummannaq området.

3.2.2 Cadmium

Cadmiumkoncentrationerne i Qaamarujuk er nu næsten nede på referencestationens niveau.

3.2.3 Bly

Blykoncentrationerne i Qaamarujuk var i 1993 væsentlig lavere end i de foregående år, men ca. dobbelt så høje som ved referencestationen.

3.3 Referencestationen

Det er tænkeligt, at referencestationen i 1990, vest for Qeqertat, var svagt påvirket af metalforureningen fra Maarmorilik, da både zink, cadmium og bly var højere end målt i 1991 og 1992.

4. MÆNGDERNE AF BLY, ZINK OG CADMIUM

Ved hjælp af Greenex A/S' opmåling af Affarlikassaa og søkortet over Qaamarujuk er det muligt at tilskrive hver vandprøve et volumen vand, som den er repræsentativ for. Ganges det volumen, målt i millioner m³ med metalkoncentrationen målt i ug/kg, fås tonnagen i kg for det enkelte volumen. Adderes disse tal, fås et estimat for hele fjordens metalindhold. Beregningsresultaterne er vist i tabel 5, 6 og 7 sammen med tilsvarende beregninger for hele perioden, hvor pålidelige analyseresultater foreligger.

I sommeren og efteråret 1990 var prøvetagningshyppigheden øget på grund af nedlukningsaktiviteterne og flytningen af Gammel Gråbjergsdump. Omregnes de mange måleresultater fra Affarlikassaa som ovenfor beskrevet fås følgende resultater for 1990 til 1993. Beregningsmetoden er nærmere optalt i "Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1972-1987", Grønlands Miljøundersøgelser og Grønlands Geologiske Undersøgelse, November 1977, side 35-37.

Tabel 4. Tonnager af opløst metal i Affarlikassaa

Dato	Kg Zink	Kg Cadmium	Kg Bly
15. marts 90	1400	13.4	1500
5. juli 90	6235	40.7	13365
25. juli 90	7913	59.6	9834
25. aug. 90	8087	49.1	2986
5.-12. sept. 90	8075	45.6	2982
29. sept. 90	7017	39.8	2632
14.-17. marts 91	2833	21.1	452
Sept. 91	2505	15.9	104
Sept. 92	1289	11.4	89
Sept. 93	1715	7.9	22.5

Tabel 4 viser klart, hvorledes havvandsforureningen i Affarlikassaa nåede et maximum i juli 1990 for derefter at falde. Bly falder væsentligt hurtigere end zink.

Tabel 5. Totalmængder opløst zink, cadmium og bly i Affarlikassaa

År	Måned	Zink (tons)	Cadmium (kg)	Bly (tons)
1975	Sep	10.6	82	7.6
1976	Mar	16.9	107	14.9
1976	Sep	16.5	74	14.2
1977	Mar	10.9	99	10.1
1977	Sep	14.1	139	10.6
1978	Feb	21.6	131	7.2
1978	Okt	21.5	130	4.9
1979	Mar	11.3	83	2.9
1979	Okt	8.9	66	4.2
1980	Mar	5.5	34	5.9
1980	Sep	8.3	98	3.5
1981	Apr	6.6	74	6.3
1981	Sep	3.2	59	3.7
1982	Apr	2.5	25	2.2
1982	Sep	2.6	56	2.1
1983	Apr	2.7	78	1.6
1983	Sep	5.9	40	2.3
1984	Mar/Apr	3.5	19.1	1.2
1984	Sep	10.3	51.3	4.5
1985	Mar	6.3	30	4.6
1985	Sep	5.8	60	3.2
1986	Mar	5.8	34	2.9
1986	Sep	7.2	59	2.5
1987	Mar	5.8	44	2.7
1987	Sep	8.7	57	6.8
1988	Mar	6.5	53	4.8
1988	Sep	6.5	59	7.4
1989	Feb	1.7	17	1.8
1989	Maj	1.46	11.8	1.24
1989	Sep	4.3	75	6.9
1990	Mar	1.4	13.4	1.5
1990	Jul (5.)	6.2	41	13.4
1990	Jul (25.)	7.9	60	9.8
1990	Sep (9.)	8.1	46	3.0
1991	Mar (15.)	2.8	21	0.45
1991	Sep	2.5	16	0.104
1992	Sep	1.29	11.4	0.089
1993	Sep	1.72	7.9	0.0225

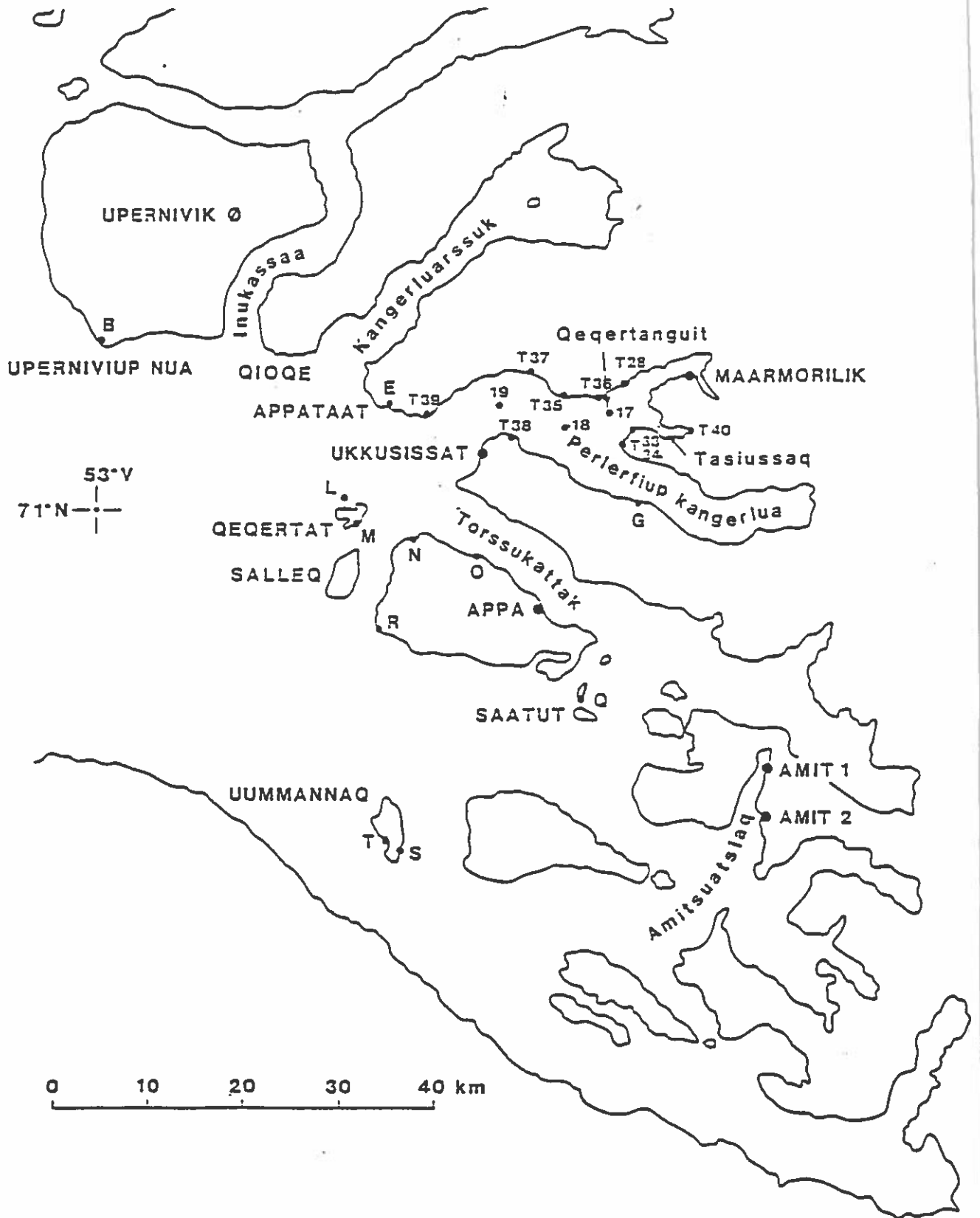
Tabel 6. Totalmængder opløst zink, cadmium og bly i Qaamarujuk

År	Måned	Zink (tons)	Cadmium (kg)	Bly (tons)
1975	Sep	4.9	188	5.2
1976	Mar*	20.9	180	17.5
1976	Sep	15.1	114	10.9
1977	Mar*	25.6	215	17.9
1977	Sep	7.8	86	5.1
1978	Feb*	29.2	239	8.2
1978	Okt	9.6	109	4.4
1979	Mar	8.9	105	1.2
1979	Okt	4.5	81	1.0
1980	Mar*	8.3	130	4.1
1980	Sep	5.1	108	1.0
1981	Apr*	9.7	165	6.8
1981	Sep	2.9	90	4.4
1982	Apr	6.2	72	2.5
1982	Sep	3.9	88	2.0
1983	Apr	3.1	50	0.62
1983	Sep	2.9	66	1.1
1984	Mar*	11.3	107	3.8
1984	Sep	4.1	49	0.9
1985	Mar*	10.2	65	4.9
1985	Sep	4.8	49	1.3
1986	Mar*	4.5	48	0.92
1986	Sep	11.8	73	1.8
1987	Mar*	11.5	139	2.6
1987	Sep	6.1	60	2.4
1988	Mar*	9.5	110	6.6
1988	Sep	8.5	68	2.2
1989	Feb*	10.0	123	8.9
1989	Maj	3.7	67	3.8
1989	Sep	3.0	41	0.76
1990	Mar	5.4	98	5.8
1990	Jul (5.)	3.3	41	2.6
1990	Jul (25.)	3.9	69	3.5
1990	Sep (9.)	4.9	40	2.7
1991	Mar (15.)*	6.2	70	1.2
1991	Sep	3.8	49	0.418
1992	Sep	3.0	91	0.407
1993	Sep	3.6	43	0.155

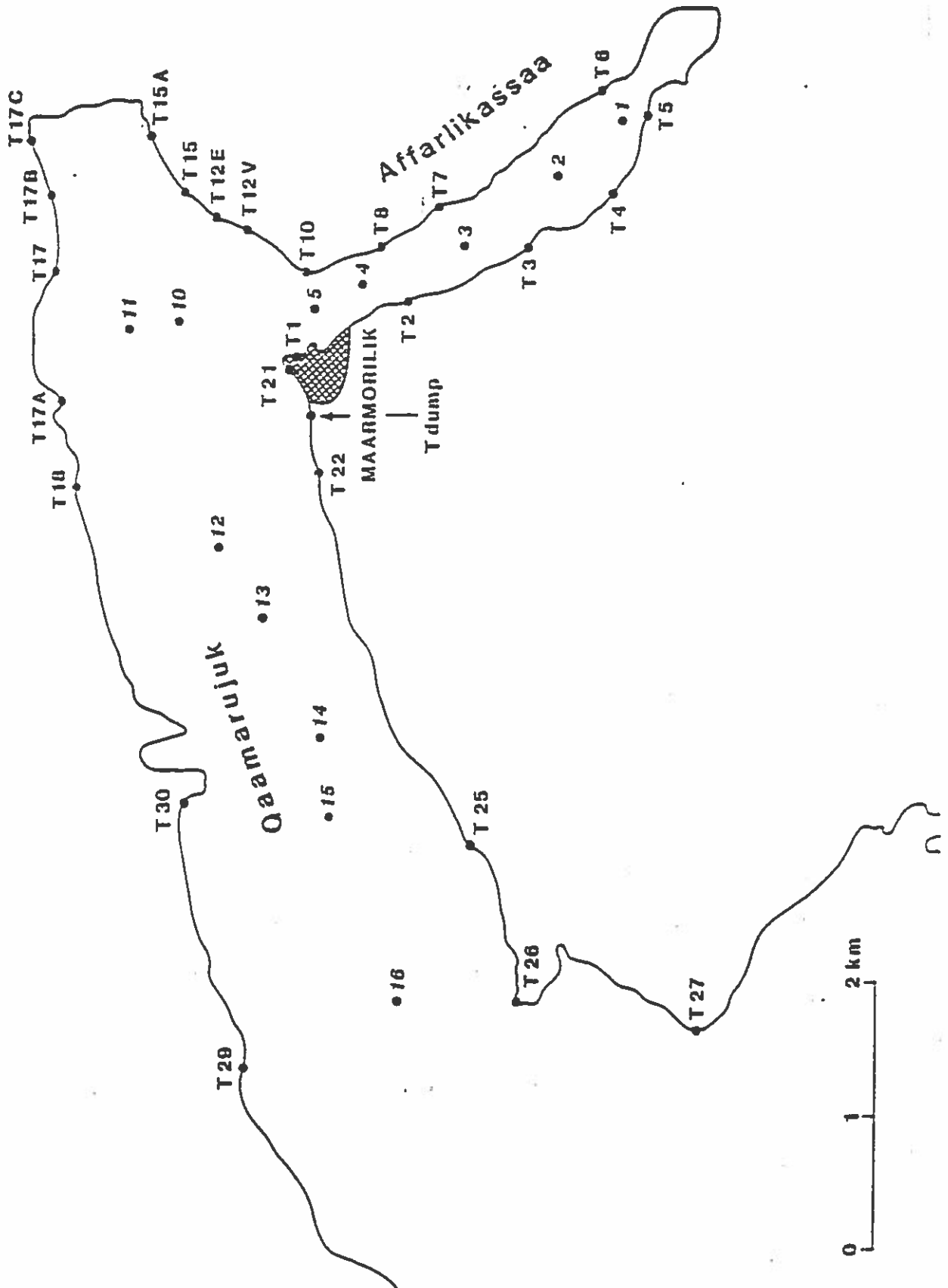
* total opblanding af Affarlikassaa

Tabel 7. Totalmængder opløst zink, cadmium og bly i Affarlikassaa og Qaamarujuk tilsammen

År	Måned	Zink (tons)	Cadmium (kg)	Bly (tons)
1975	Sep	15.5	270	12.8
1976	Mar	37.8	287	32.4
1977	Mar	36.5	314	28.0
1977	Sep	21.9	225	15.7
1978	Feb	51.1	370	15.4
1978	Okt	31.1	239	9.3
1979	Mar	21.1	188	4.1
1979	Okt	13.4	247	5.3
1980	Mar	13.8	164	10.0
1980	Sep	13.4	206	4.5
1981	Apr	16.3	239	13.1
1981	Sep	6.1	147	8.1
1982	Apr	8.7	97	4.47
1982	Sep	8.8	144	4.1
1983	Apr	5.8	128	2.2
1983	Sep	8.8	106	3.4
1984	Mar/Apr	13.7	126	5.0
1984	Sep	14.4	100	5.4
1985	Mar	16.5	95	9.5
1985	Sep	10.6	109	4.5
1986	Mar	10.3	82	3.8
1986	Sep	19.0	132	4.3
1987	Mar	17.3	182	5.2
1987	Sep	14.75	117	9.2
1988	Mar	16.0	163	11.4
1988	Sep	15.1	127	9.7
1989	Feb	11.7	140	10.7
1989	Maj	5.2	79	5.0
1989	Sep	7.3	116	7.6
1990	Mar	6.8	111	7.3
1990	Jul (5.)	9.5	82	15.9
1990	Jul (25.)	11.8	129	13.3
1990	Sep (9.)	12.9	86	5.7
1991	Mar (15.)	9.1	91	1.6
1991	Sep	6.4	65	0.52
1992	Sep	4.3	102	0.50
1993	Sep	5.3	51	0.18



Figur 1. Oversigtskort over Uummannaq området. Tal angiver lokaliteter for indsamling af vandprøver.



Figur 2. Stationskort over Maarmorilik området. Tal angiver stationer for indsamling af vandprøver.