

Rozmieszczenie aktywności w zatoce Tvären, w pobliżu szwedzkiego obiektu jądrowego Studsvik

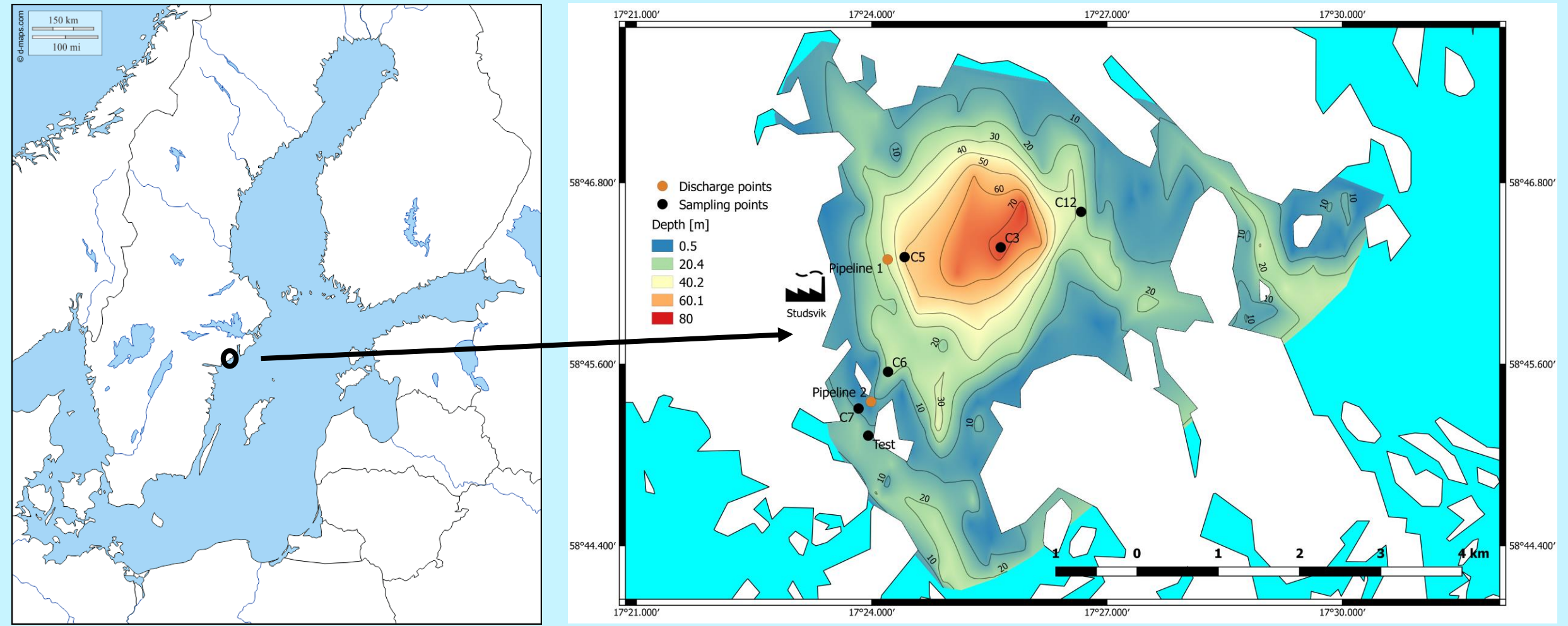
Grzegorz Olszewski^{a,b}, Per Törnquist^a, Håkan Pettersson^a, Mats Eriksson^a

^a Linköping University, Department of Health, Medicine and Caring Sciences, Division of Diagnostics and Specialist Medicine, Linköping, Szwecja

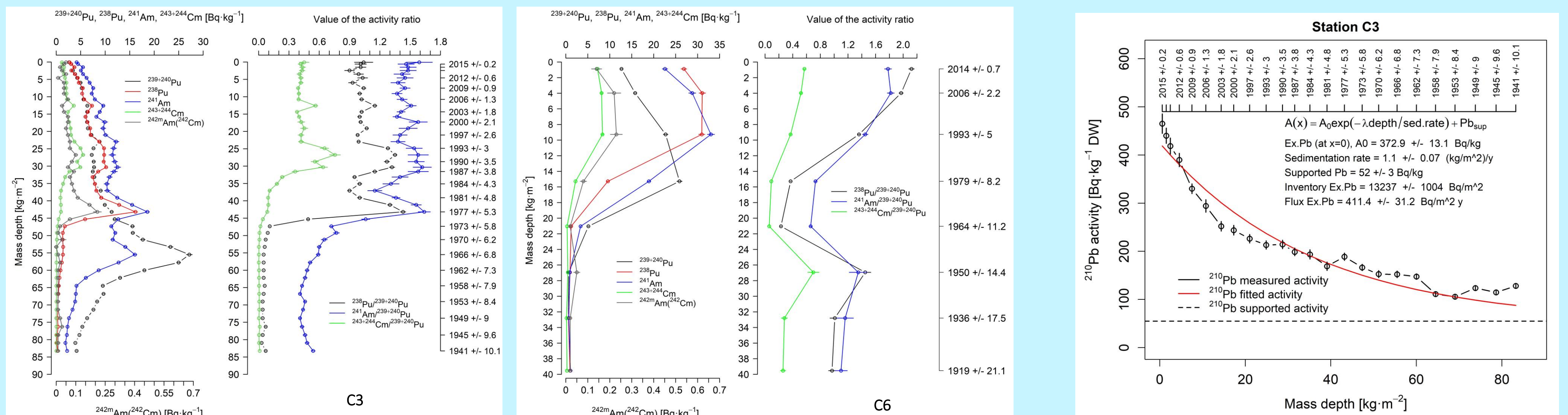
^b Uniwersytet Gdański, Wydział Chemii, Katedra Chemii i Radiochemii Środowiska, Zespół Toksykologii i Ochrony Radiologicznej, Gdańsk, Polska

Wstęp

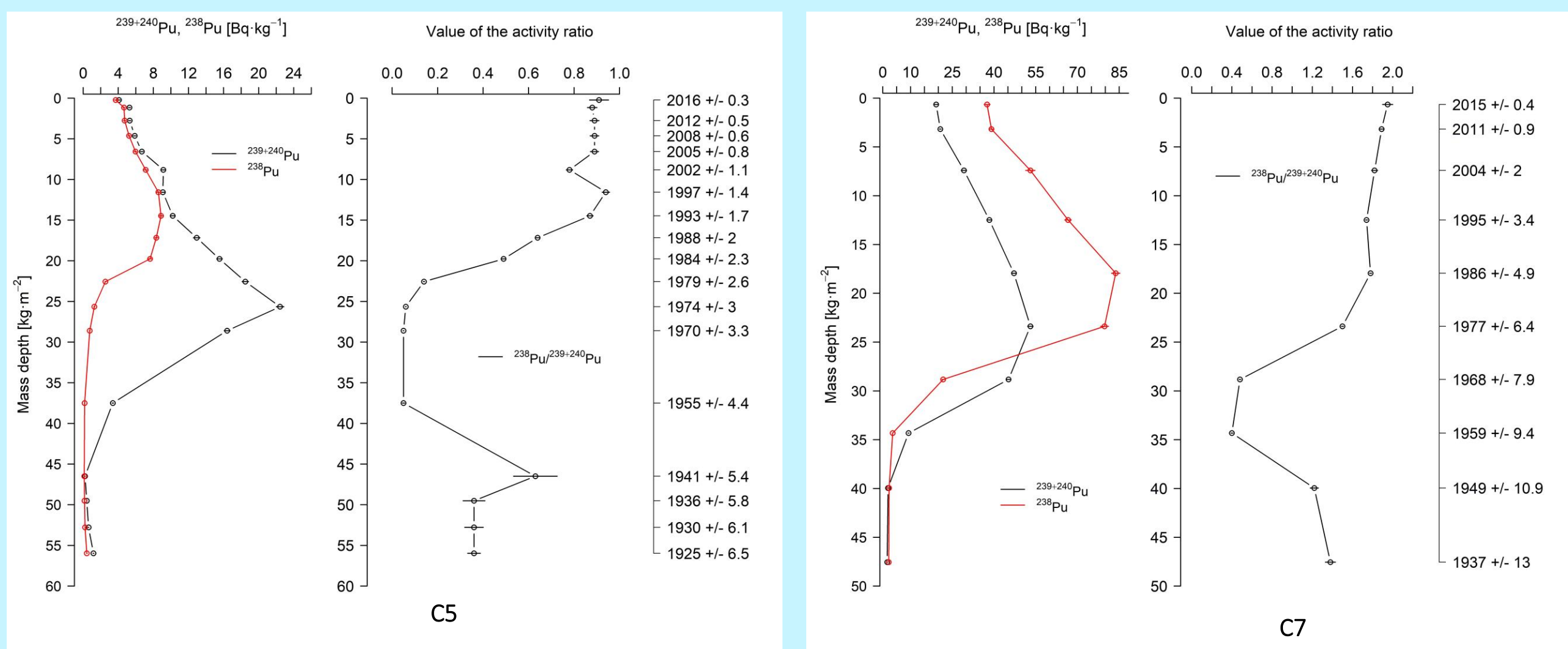
Obiekt jądrowy Studsvik znajduje się na brzegu częściowo zamkniętej zatoki Tvären o maksymalnej głębokości 80 m, powstałej około 450 milionów lat temu w wyniku uderzenia meteorytu (rys. 1). Pobrane rdzenie osadów z Tvären datowano na podstawie modeli ^{210}Pb i analizowano pod kątem pionowych rozkładów aktywności (Pu, Am, Cm). Stężenie aktywności ^{210}Pb , analizowane przez ^{210}Po , umożliwiło obliczenie dat dla poszczególnych warstw osadów (rys. 2), masowych współczynników akumulacji i rocznych ładunków ^{210}Pb (tab. 1) dla rdzeni zebranych w różnych lokalizacjach zatoki Tvären. Wartości te potwierdziły, że w środkowej, głębokiej części zatoki Tvären występuje dno sedimentacyjne, natomiast w płytszych, zewnętrznych częściach zatoki dno erozyjne.



Rys. 1. Miejsca poboru osadów, ujścia rurociągów odprowadzających chłodziwo reaktora oraz batymetria zatoki Tvären



Rys. 2. Rozkład pionowy ^{210}Pb w rdzeniu C3 oraz datowanie emodelem CF/CS



Rys. 3. Rozkłady pionowe analizowanych radionuklidów Pu, Am i Cm w pobranych rdzeniach osadów dennych

Tab. 1. Tempo akumulacji osadów i głębokość wody w miejscu poboru rdzenia

Rdzeń	Głębokość [m]	MAR [kg m ⁻² y ⁻¹]	Ładunek [Bq·m ⁻² ·y ⁻¹]
C3	76	1.10±0.07	401±28
C5	45	0.62±0.03	183±9
C6	28	0.26±0.04	71±13
C7	15	0.64±0.06	181±18
C12	33	0.24±0.02	66±7

Tab. 2. Zawartości aktywności oraz produktów rozpadu jądrowego w osadach z Tvären

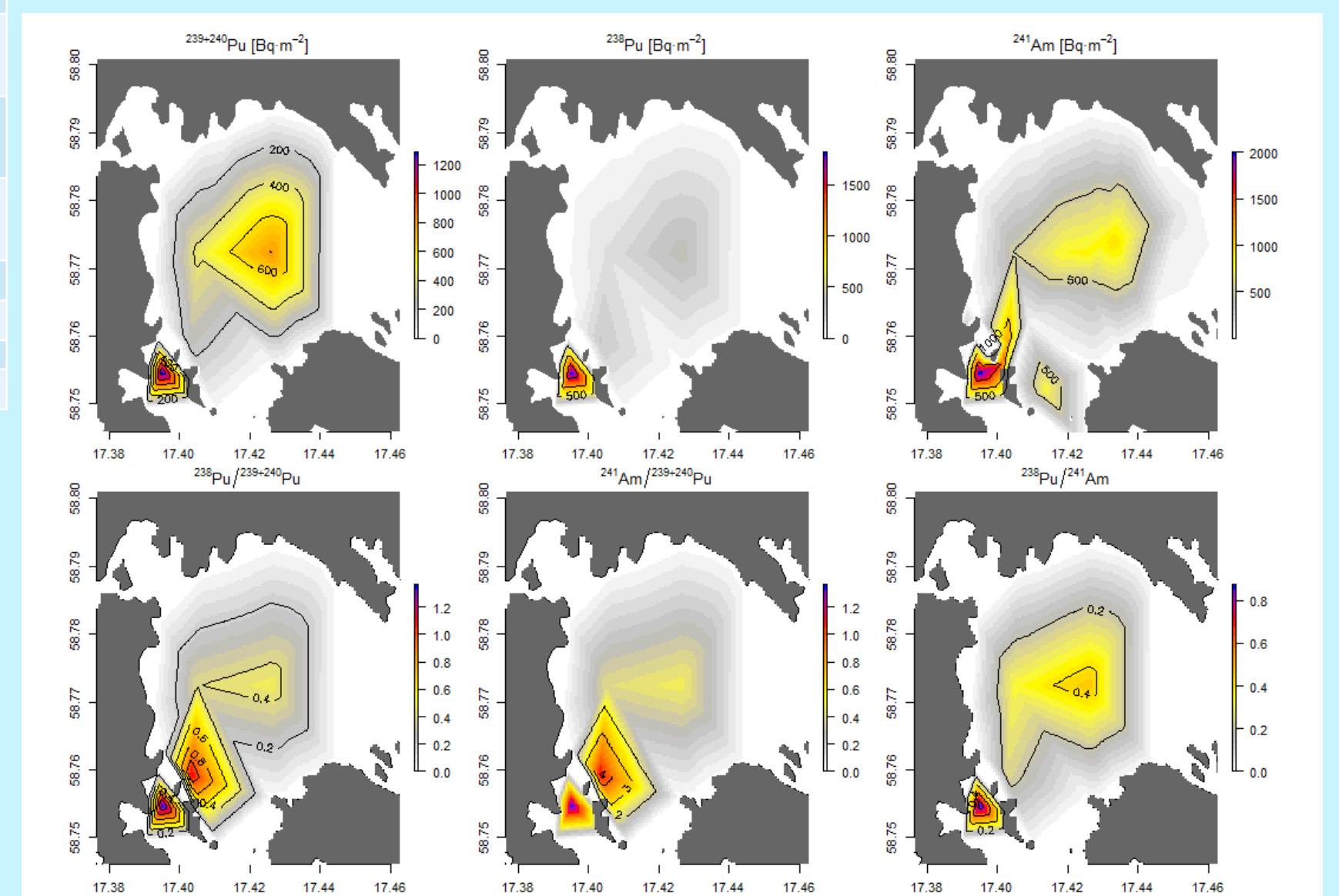
Radionuklid	C3 [Bq/m ²]	C5 [Bq/m ²]	C6 [Bq/m ²]	C7 [Bq/m ²]
^{60}Co	1040±120	500±140	740±80	1830±150
^{137}Cs	16460±200	7800±160	7880±150	22010±200
^{152}Eu	548±65	383±82	1270±130	3110±105
^{238}Pu	384±6	171±6	293±12	1904±24
$^{239+240}\text{Pu}$	808±9	433±9	259±9	1343±15
^{241}Am	739±12	-	325±12	2100±180
$^{243+244}\text{Cm}$	114±6	-	78±5	-
^{242}Cm (^{242m}Am)	4.0±0.3	-	2.0±0.6	-

Wnioski

Ujawniono wysoki poziom radioaktywnego zanieczyszczenia w osadach, który jest głównie zależny od odległości od ujść rurociągów, ale także od poziomu akumulacji osadów, zwłaszcza w głębokiej środkowej części zatoki. Porównując znaną historię emisji radionuklidów wraz z usuniętą wodą chłodzącą reaktor, w stosunku do datowanych profili plutonu, udało się zrekonstruować całkowitą emisję ^{238}Pu i $^{239+240}\text{Pu}$ do zatoki Tvären i oszacować je na około od 160 do 230 MBq dla $^{239+240}\text{Pu}$ i od 210 do 270 MBq dla ^{238}Pu . Patrząc na historię emisji radionuklidów Pu z reaktora Studsvik oraz wartości zmierzone w osadach, można zidentyfikować pewne rozbieżności, głównie ze względu na zbyt wysokie zgłaszane wartości stosunków aktywności $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, których nie obserwuje się nigdzie w Tvären. Przyczyną tych różnic może być przeszacowanie ^{238}Pu w usuniętych wodach chłodzących lub silny wpływ plutonu z globalnego opadu jądrowego.

Dyskusja

Obliczone daty pozwoliły na przygotowanie profili rozkładu pionowego aktywności dla każdego punktu poboru próbek (rys. 3). Maksymalne stężenia aktywności (do 90 Bq·kg⁻¹ dla ^{238}Pu) przy najwyższych obliczonych wartościach stosunku aktywności $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ (do wartości równej 2) obliczono dla rdzeni pobranych w pobliżu ujścia rurociągu odprowadzającego wodę chłodzącą reaktor jądrowy. W warstwach datowanych na lata 1960 i 1970 zauważono spadek wartości wszystkich obliczonych wartości stosunków aktywności, co prawdopodobnie można przypisać wpływowi globalnego opadu z powietrznych prób jądrowych. Dla wszystkich rdzeni zaobserwowano wzrost wartości stosunków aktywności w najgłębszych warstwach osadów, osiągających wartości zbliżone do tych w warstwach wierzchnich, co sugeruje możliwy proces migracji aktywności w głąb osadu. W porównaniu z Morzem Bałtyckim, obliczono wysokie zawartości aktywności w osadach dennych przy maksymalnej wartości 2 kBq·m⁻² dla ^{238}Pu i 1,3 kBq·m⁻² dla $^{239+240}\text{Pu}$ w pobliżu ujścia rurociągu odprowadzającego chłodziwo reaktora (Rys. 4).



Rys. 4. Rozkład przestrzenny zawartości Pu i Am oraz stosunków aktywności w zatoce Tvären