



Badania statutowe:

Badanie dryftu
temperaturowego
spektrometru promieniowania
gamma LaBr_3 (Ce) podczas
monitoringu radiacyjnego
środowiska i jego rozłożenie

ŁUKASZ MODZELEWSKI

Rola monitoringu radiacyjnego w ochronie środowiska wobec rozwoju energetyki jądrowej

Monitoring radiacyjny środowiska w Polsce jest prowadzony w celu oceny sytuacji radiacyjnej w przypadku awarii obiektów jądrowych oraz w celu oceny sytuacji wyjściowej wobec projektowanego rozwoju energetyki jądrowej w Polsce.

Monitoring radiacyjny środowiska obejmuje:

- permanentne badanie zawartości radionuklidów w powietrzu i na powierzchni Ziemi, wokół (stacjonarnego, autonomicznego) stanowiska pomiarowego,
- pomiary i ocenę wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ w jednostce [$\mu\text{Sv/h}$].

Monitoring radiacyjny wybranych elementów środowiska:

- badanie zawartości radionuklidów w glebie, żywności, wodzie pitnej, paszy dla zwierząt.

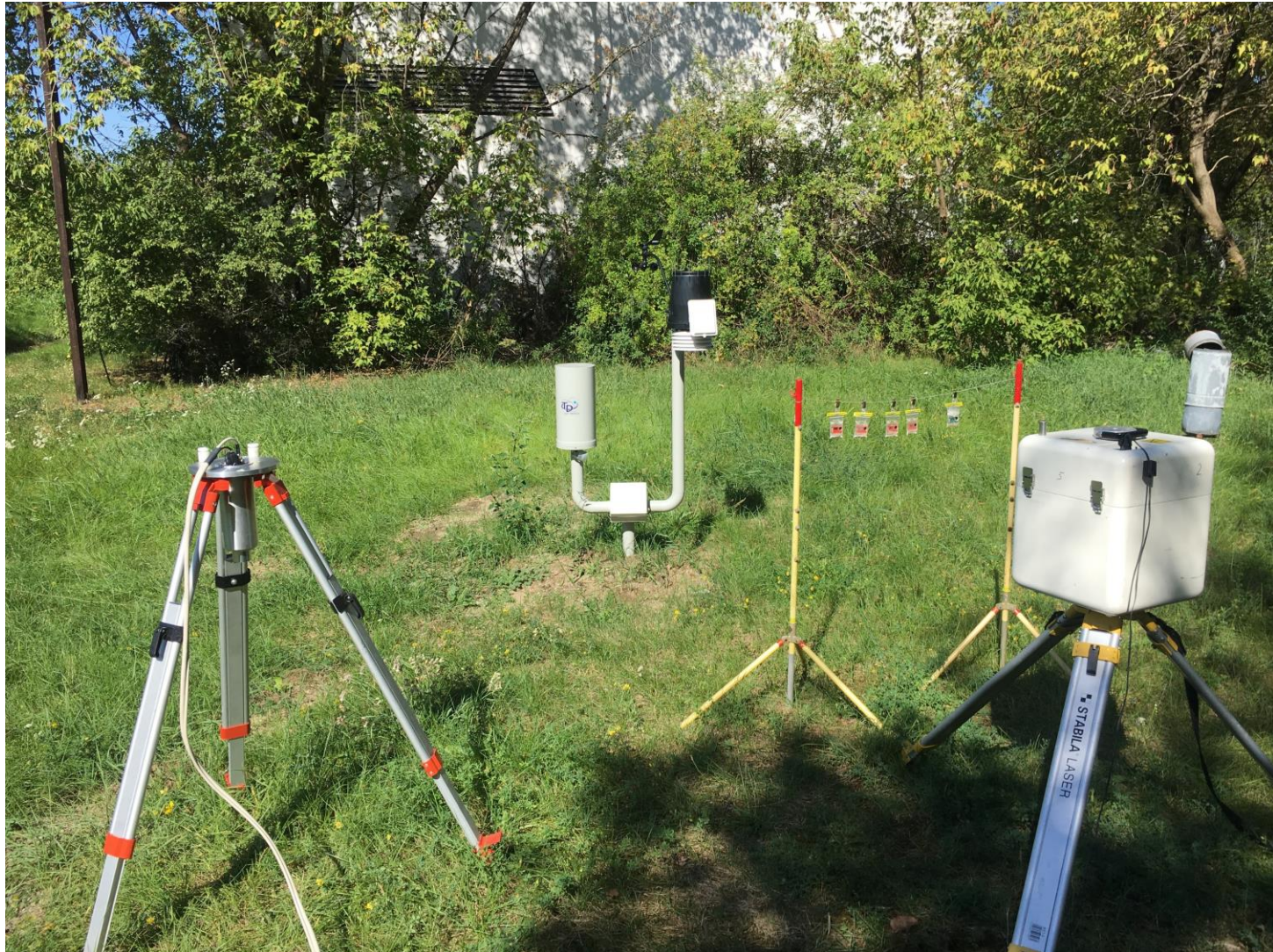
Rola monitoringu radiacyjnego w ochronie środowiska

Monitoring radiacyjny środowiska powinien dostarczyć wiarygodne dane do CEZAR dla Krajowego Punktu Kontaktowego MAEA o działalności zaradczej (interwencyjnej) takiej jak:

- ewakuacja (w ciągu 7 dni dawka skuteczna 100 mSv) i stałe (w ciągu całego życia dawka skuteczna 1 Sv) lub czasowe (w ciągu 30 dni dawka skuteczna 30 mSv) przesiedlenie ludności,
- nakaz pozostania w pomieszczeniach zamkniętych (gdy w ciągu 2 dni dawka skuteczna co najmniej 10 mSv),
- podawanie tabletek ze stabilnym jodem (gdy dawka pochłonięta na tarczycę co najmniej 100 mGy),
- zakaz lub ograniczenie spożywania skażonej żywności i wody pitnej (środki spożywcze do karmienia niemowląt, zboża, mleka, grzybów, warzyw, ryb, itd.),
- zakaz lub ograniczenie żywienia zwierząt skażonymi środkami oraz wypasu.

Stacje monitorujące środowisko powinny zapewnić działalność autonomiczną o wysokiej czułości, niezależną od poziomu radiacji i warunków środowiskowych.

Sprawowanie monitoringu radiacyjnego w Polsce i na Świecie obecny stan wiedzy

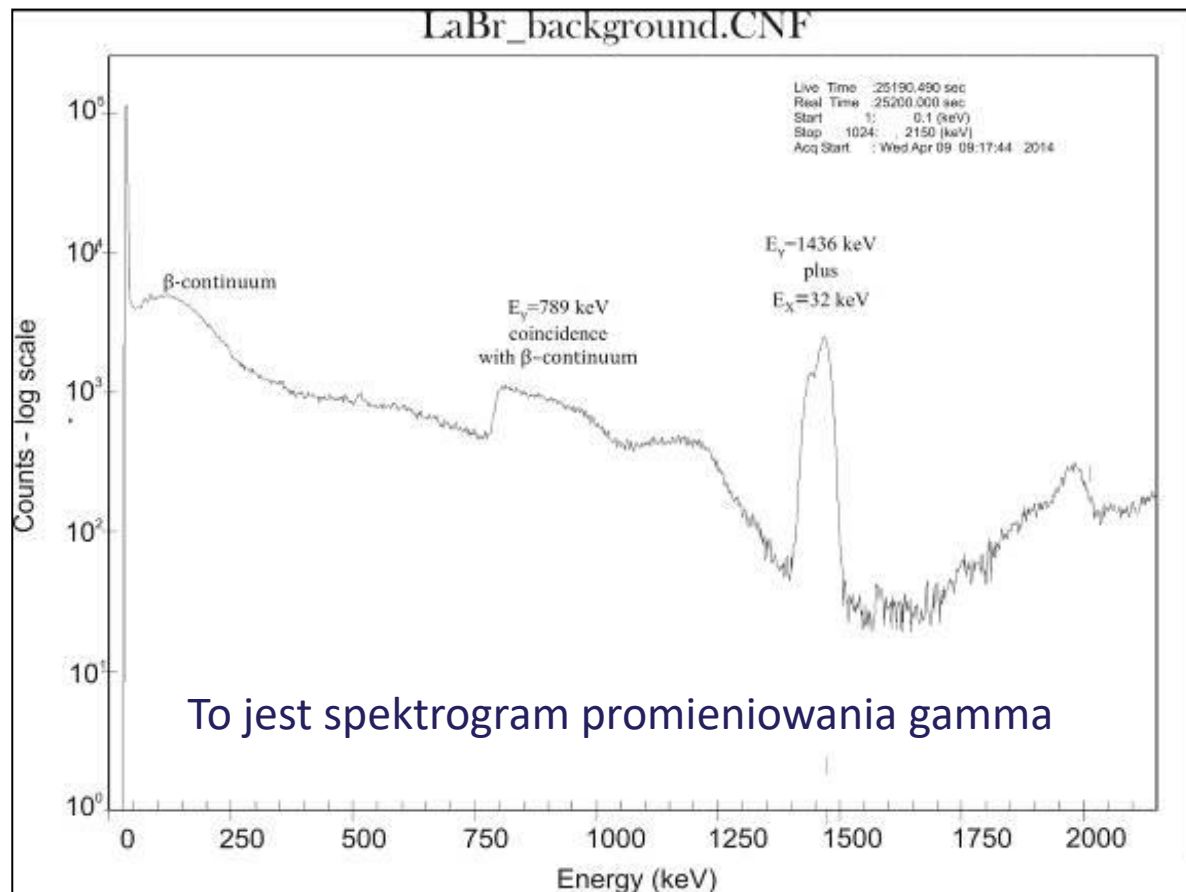
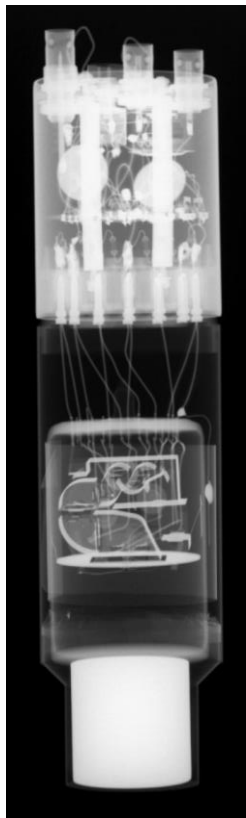


Źródła promieniowania jonizującego w środowisku

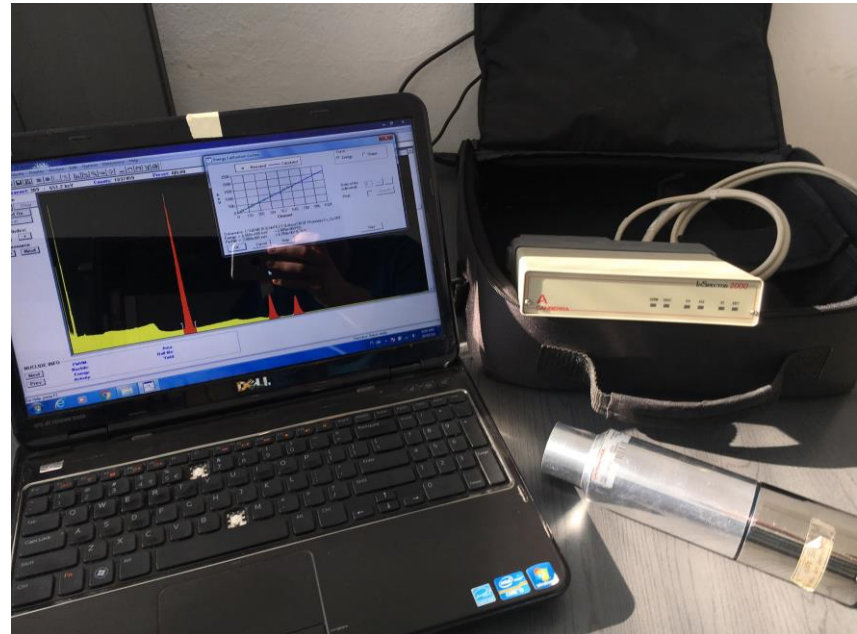
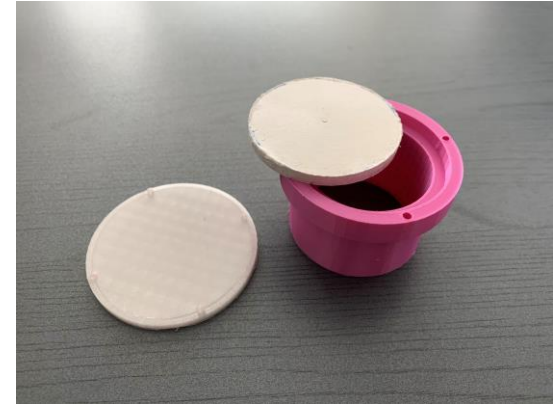
Ziemskie tło promieniowania naturalnego:

- **Pochodzenia naturalnego (pierwotne)** – pierwiastki tworzące naturalne szeregi promieniotwórcze: U-238, U-235, Th-232 oraz K-40,
- **Pochodzenia kosmicznego** – pierwiastki tworzące się w sposób ciągły w atmosferze w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego na zawarte w niej pierwiastki: H-3, C-14, Be-7,
- **Pochodzenia sztucznego (antropogenicznego)** – pierwiastki wprowadzone do środowiska w wyniku działalności człowieka przez wybuchy jądrowe i próby z bronią jądrową, awarię elektrowni jądrowych (np. Windscale, Three Mile Island-2, Czarnobyl, Fukushima): Cs-137, I-131, Sr-90, Kr-85, Xe-135.

Charakterystyka sondy scyntylacyjnej z detektorem $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ – bieg własny



Materiał



Materiał



**Narodowe Centrum Badań Jądrowych
Ośrodek Radioizotopów POLATOM
Laboratorium Wzorców Radioaktywności**

ul. Andrzeja Soltana 7, 05-400 Otwock
tel: 22 273 1941 fax: 22 718 0350 e-mail: metrologia@polatom.pl



AP 120



Laboratorium wzorujące akredytowane przez
Polskie Centrum Akredytacji, sygnatariusza porozumień EA MLA i ILAC MRA
dotyczących wzajemnego uznawania świadectw wzorowania.
Nr akredytacji AP 120

ŚWIADECTWO POMIARU

Data wydania: 26 stycznia 2021 Nr świadectwa: BW/Z-62/06/21 Strona: 1/2

OBIEKT POMIARU	Materiał odniesienia – źródło promieniotwórcze
TYP ŹRÓDŁA	Filtr Petrianowa
PODSTAWOWY RADIONUKLID	Mieszanka radionuklidów
NUMER ŹRÓDŁA	03/21
ZGŁASZAJĄCY	Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej Zakład Dozymetrii ul. Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa
METODA POMIAROWA	Procedura Pomiarowa BW-PP-4 „Pomiar aktywności promieniotwórczej radionuklidów w układach spektrometrycznych z detektorami HPGe”, wyd. 8 z dn. 02.10.2019 r.
WARUNKI ŚRODOWISKOWE	Temperatura (23,1 ± 23,5) °C Ciśnienie atmosferyczne (982,4 ± 984,4) hPa
DATA WYKONANIA POMIARU	22 stycznia 2021
SPÓJNOŚĆ POMIAROWA	Świadectwo jest wydane w ramach porozumienia EA MLA w zakresie wzorowania i potwierdza spójność wyników pomiarów z jednostkami miar Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI).
WYNIKI POMIARU	Podano na stronie 2 niniejszego świadectwa wraz z wartościami niepewności pomiaru.
NIEPEWNOŚĆ POMIARU	Niepewność pomiaru została określona zgodnie z dokumentem EA-4/02 M:2013. Podane wartości niepewności stanowią niepewności rozszerzone przy prawdopodobieństwie rozszerzenia ok. 95 % i współczynniku rozszerzenia k=2.

KIEROWNNIK LABORATORIUM
WZORCÓW RADIOAKTYWNOŚCI

A. Makowska
mgr inż. Anna Listowska

Wyniki przedstawione w niniejszym świadectwie dotyczą wyłącznie obiektu pomiaru.
Świadectwo może być okazywane lub kopiowane tylko w całości

ŚWIADECTWO POMIARU wydane przez LABORATORIUM AKREDYTOWANE Nr AP 120

Data wydania: 26 stycznia 2021 Nr świadectwa: BW/Z-62/06/21 Strona: 2/2

WYNIKI POMIARU Wyniki przeprowadzonego pomiaru przedstawiono poniżej:

Radionuklid	Aktywność [kBq]	Data referencyjna
²⁴¹ Am	5,44 ± 0,16	22 stycznia 2021 godz. 12:00 CSE
¹⁰⁹ Cd	18,53 ± 0,56	
⁵⁷ Co	0,689 ± 0,021	
⁵¹ Cr	18,22 ± 0,55	
¹¹³ Sn	2,73 ± 0,08	
⁸⁵ Sr	3,62 ± 0,11	
¹³⁷ Cs	4,31 ± 0,13	
⁵⁴ Mn	4,75 ± 0,14	
⁶⁵ Zn	8,89 ± 0,27	
⁶⁰ Co	5,59 ± 0,17	
⁸⁸ Y	9,38 ± 0,28	

INFORMACJE DODATKOWE

Wymiary części wysokości: ok. 4,1-4,5 mm
aktywnej średnica: ok. 51 mm
Charakterystyka roztwór promieniotwórczy naniesiony na filtr Petrianowa
części aktywnej

DANE JĄDROWE

radionuklid	okres półrozpadu	emitowane fotony	
		energia [keV]	intensywność [%]
²⁴¹ Am	432,6 ± 0,6 lat	26,3	2,31
		59,5	35,92
¹⁰⁹ Cd	461,9 ± 0,4 dni	88,0	3,66
		14,4	9,18
⁵⁷ Co	271,81 ± 0,04 dni	122,1	85,49
		136,5	10,71
⁵¹ Cr	27,704 ± 0,004 dni	320,1	9,89
		255,1	2,11
¹¹³ Sn	115,09 ± 0,03 dni	391,7	64,97
		514,0	98,50
⁸⁵ Sr	64,850 ± 0,007 dni	661,7	84,99
		30,05 ± 0,08 lat	99,98
¹³⁷ Cs	30,05 ± 0,08 lat	834,8	50,22
		312,19 ± 0,03 dni	99,85
⁵⁴ Mn	312,19 ± 0,03 dni	1115,5	99,98
		244,01 ± 0,09 dni	99,85
⁶⁵ Zn	244,01 ± 0,09 dni	1173,2	93,70
		1332,5	99,98
⁶⁰ Co	5,2711 ± 0,0008 lat	898,0	93,70
		1836,1	99,35
⁸⁸ Y	106,63 ± 0,05 dni	1836,1	99,35

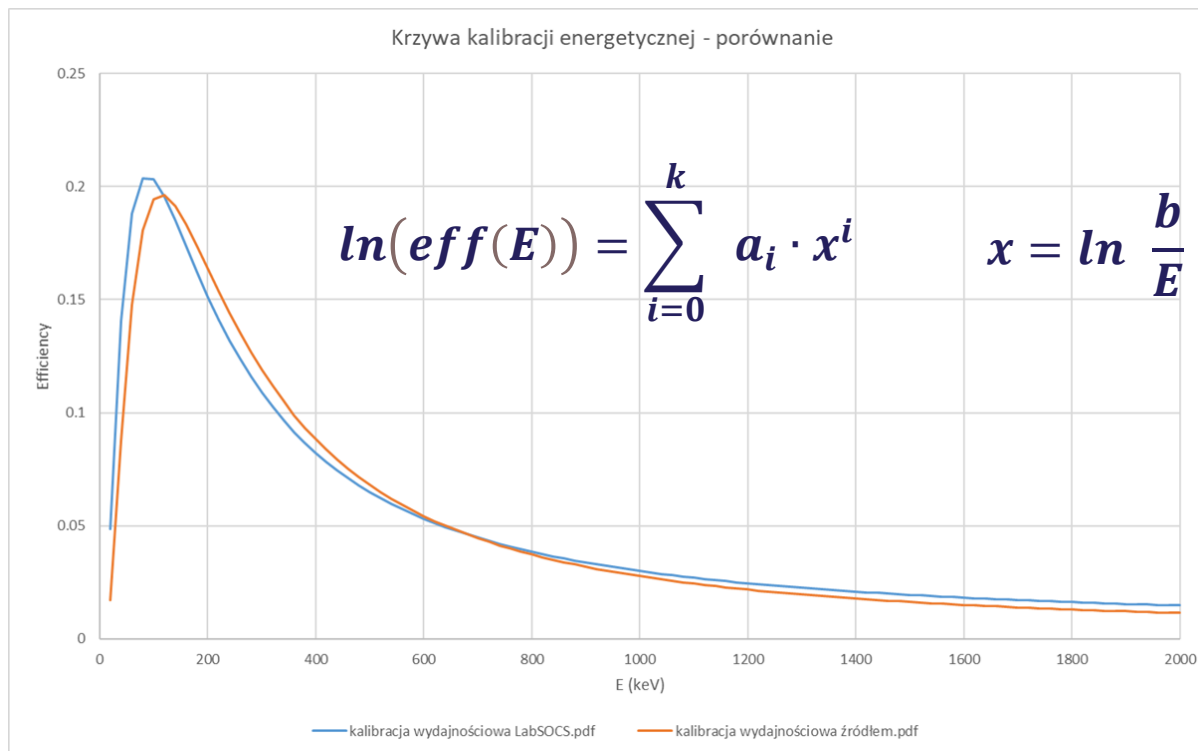
Źródło danych: Monographie BIPM-5, Vol. 1-8 (2004-2016).

Autoryzował(a):

A. Listowska

Wyniki przedstawione w niniejszym świadectwie dotyczą wyłącznie obiektu pomiaru.
Świadectwo może być okazywane lub kopiowane tylko w całości

Kalibracja wydajnościowa: eksperymentalna (źródło) i numeryczna (ISOCS)



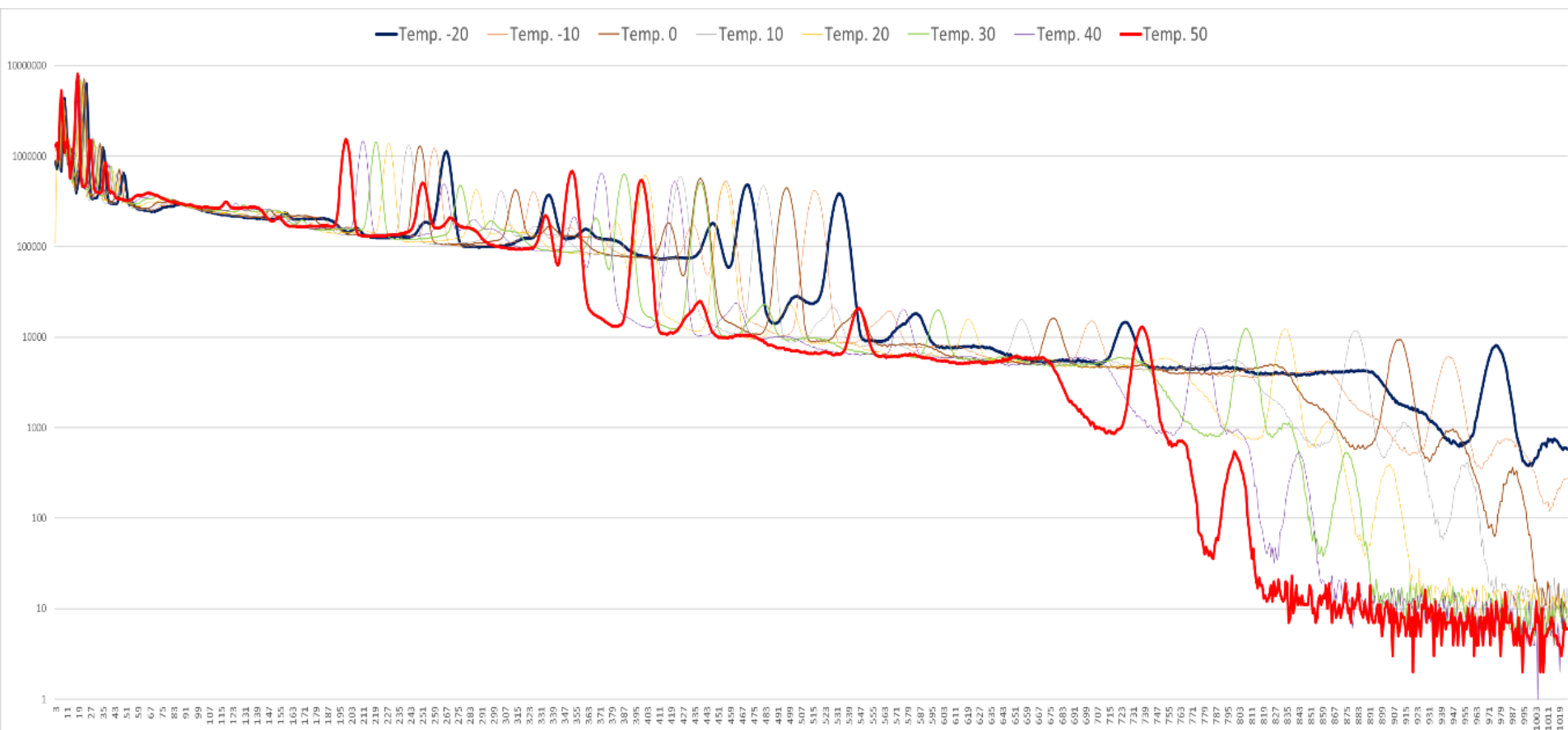
Współczesne metody symulacji numerycznych oparte na Monte Carlo N-Particles transport code są tak precyzyjne, że na wielkich eksperymentach np. Zderzacz Hadronów, Tokamak JET stosuje się je do kalibracji diagnostyk promieniowania zamiast nieosiągalnych źródeł np. neutronów lub neutronów.

Rozłożenie dryftu temperaturowego (unfolding)



Dryft temperaturowy detektora $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$

Dryft spektrogramu

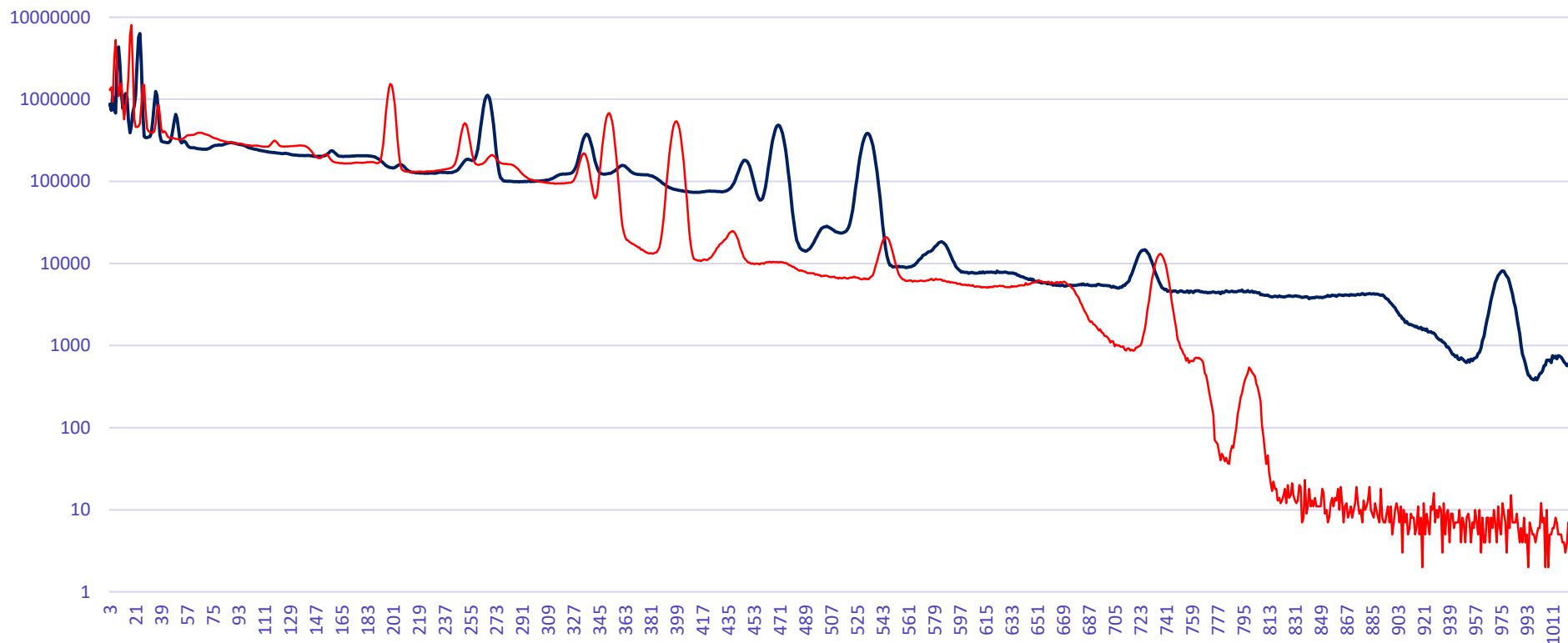


Pomiary widma spektrometrycznego w temperaturach: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Dryft temperaturowy detektora $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$

Dryft spektrogramu

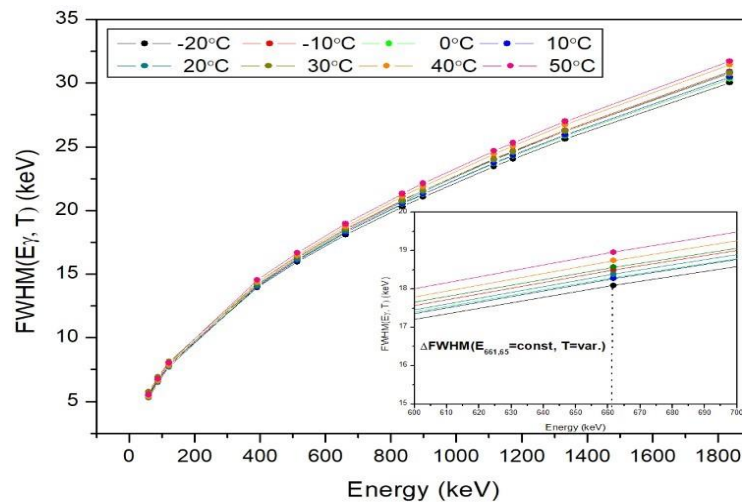
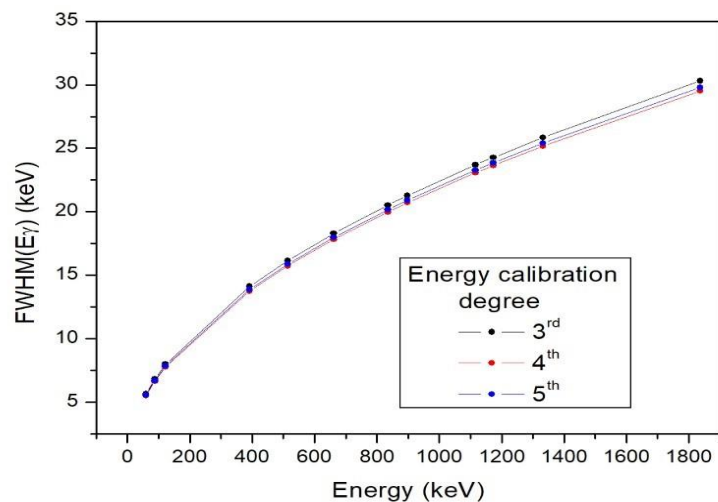
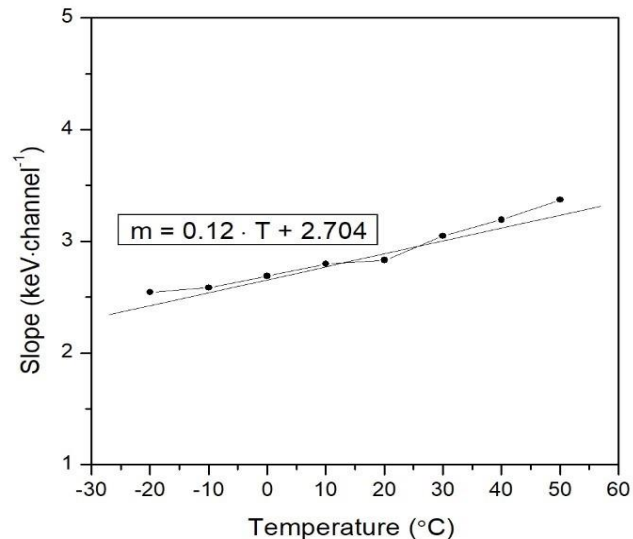
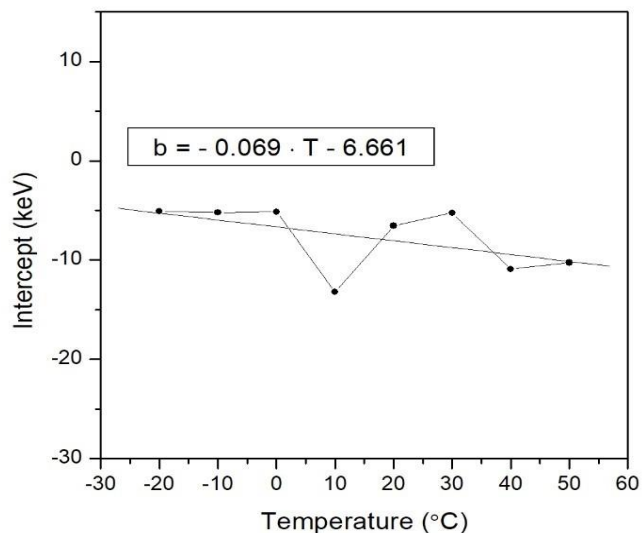
—Temp. -20 —Temp. 50



Widmo spektrometryczne dla 2 skrajnych temperaturach: -20 °C i 50 °C

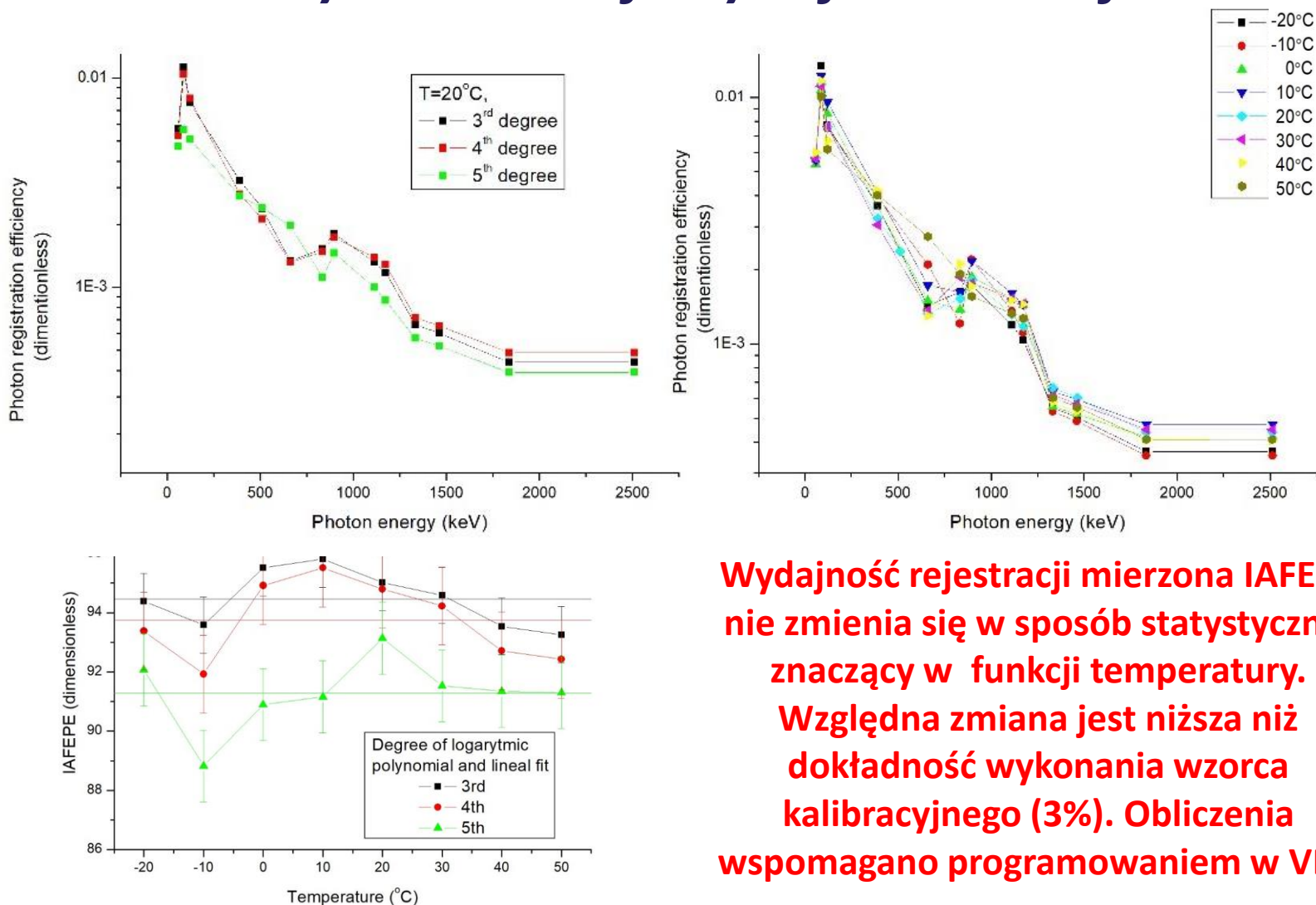
Dryft temperaturowy detektora $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$

Dryft kalibracji energetycznej i kształtu



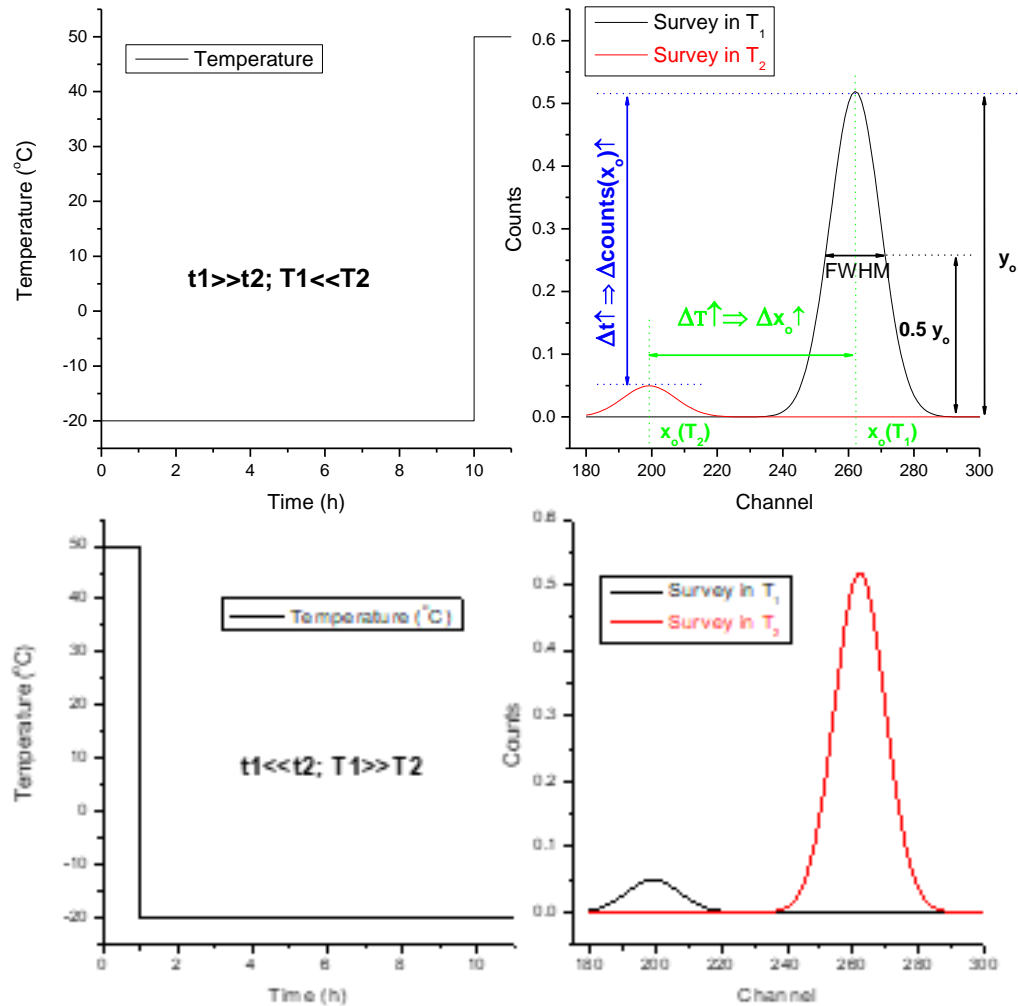
Dryft temperaturowy detektora $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$

Dryft kalibracji wydajnościowej

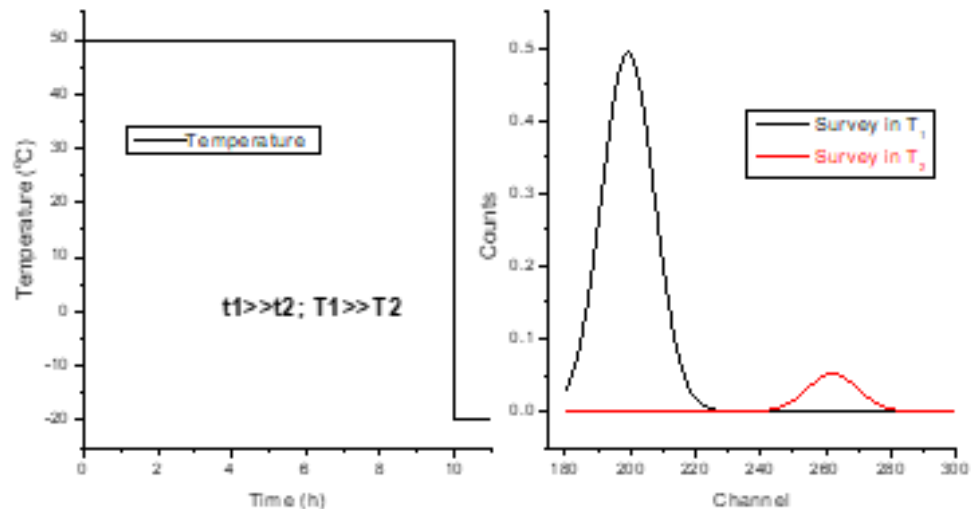
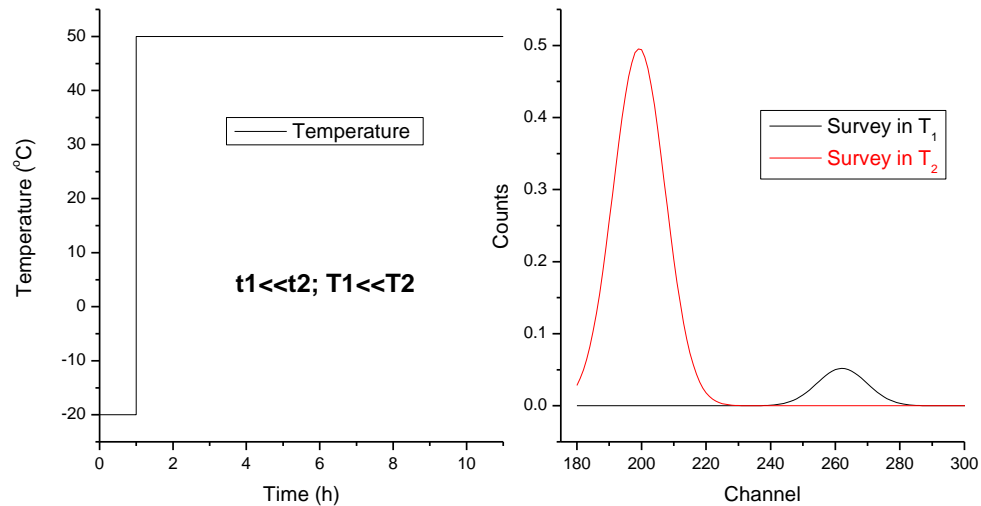


Wydajność rejestracji mierzona IAFEPE nie zmienia się w sposób statystycznie znaczący w funkcji temperatury. Względna zmiana jest niższa niż dokładność wykonania wzorca kalibracyjnego (3%). Obliczenia wspomagano programowaniem w VBA

Binarne zmiany temperatury rozwiązanie numeryczne

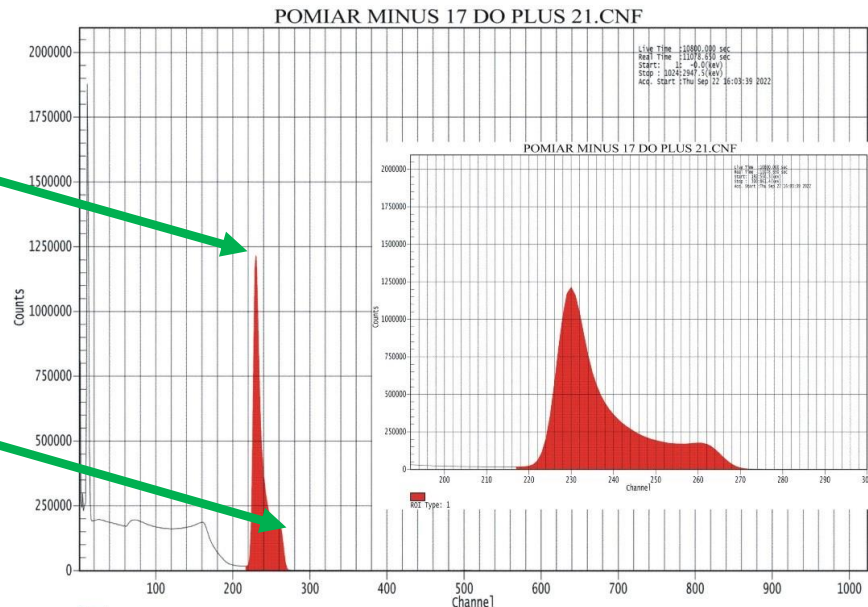
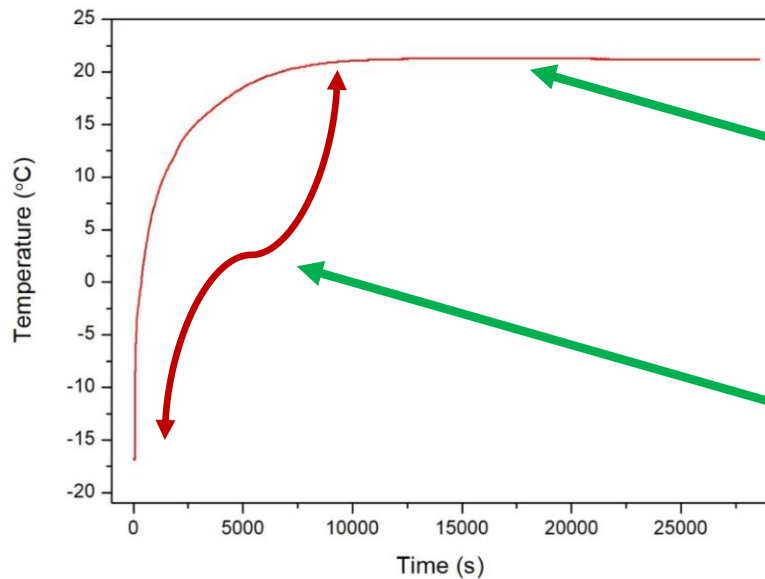


Binarne zmiany temperatury rozwiązanie numeryczne



Rzeczywiste zmiany temperatury unfolding dryftu

doświadczenie przeprowadzono dla ^{241}Am , ^{60}Co , ^{88}Y oraz 4 profili temperatury



Za 1-pik odpowiada długi okres w temp.+21°C
Energia (analiza jakościowa) metodą
 5-kanałową z dokładnością $\pm 17\text{keV}$ ($\sim 3\%$).
Aktywność (analiza ilościowa) na podstawie
 pola pod pikiem metoda maszynową.

Aktywność źródła testowego obliczona na podstawie badania dryftu temperatury	$\sim 37.5 \text{ kBq}$
Aktywność źródła na podstawie deklaracji jego producenta (dokładność $\pm 20\%$)	$29.4 \pm 6 \text{ kBq}$
Niepewność wyznaczania aktywności metodą dekonwolucji dryftu	45%

Publikacja przeprowadzonych badań:

Artykuł opublikowany

Czasopismo: Applied Radiation and Isotopes, Volume 206, April 2024

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2024.111210>

Impact factor: 1,513 **CiteScore:** 2,6 **Punkty ministerialne:** 70

Tytuł: „Temperature drift during environmental radiation monitoring and its unfolding”

Autorzy: Łukasz Modzelewski, Bartłomiej Kliś, Łukasz Mazur, Joanna Lemańska, Kamila Kempny, Maciej Norenberg, Alicja Jakubowska, Anna Kawalec, Karol Wiatr, Paweł Krajewski, Sławomir Jednoróg



Wnioski

- ❑ Wykonano analizę dryftu temperaturowego co pozwala na analizę jakościową i ilościową w warunkach rzeczywistych (lato-zima), a metody numeryczne na automatyzację procesu rozłożenia (unfoldingu)
- ❑ Dryft temperaturowy ma wpływ na kalibrację energetyczną
- ❑ Dryft temperaturowy ma wpływu na kalibrację kształtu (rozdzielczość)
- ❑ Dryft temperaturowy nie wpływa istotnie na kalibrację wydajnościową
- ❑ Dryft temperaturowy nie wpływa istotnie na IAFEPE

Dziękuję za uwagę

