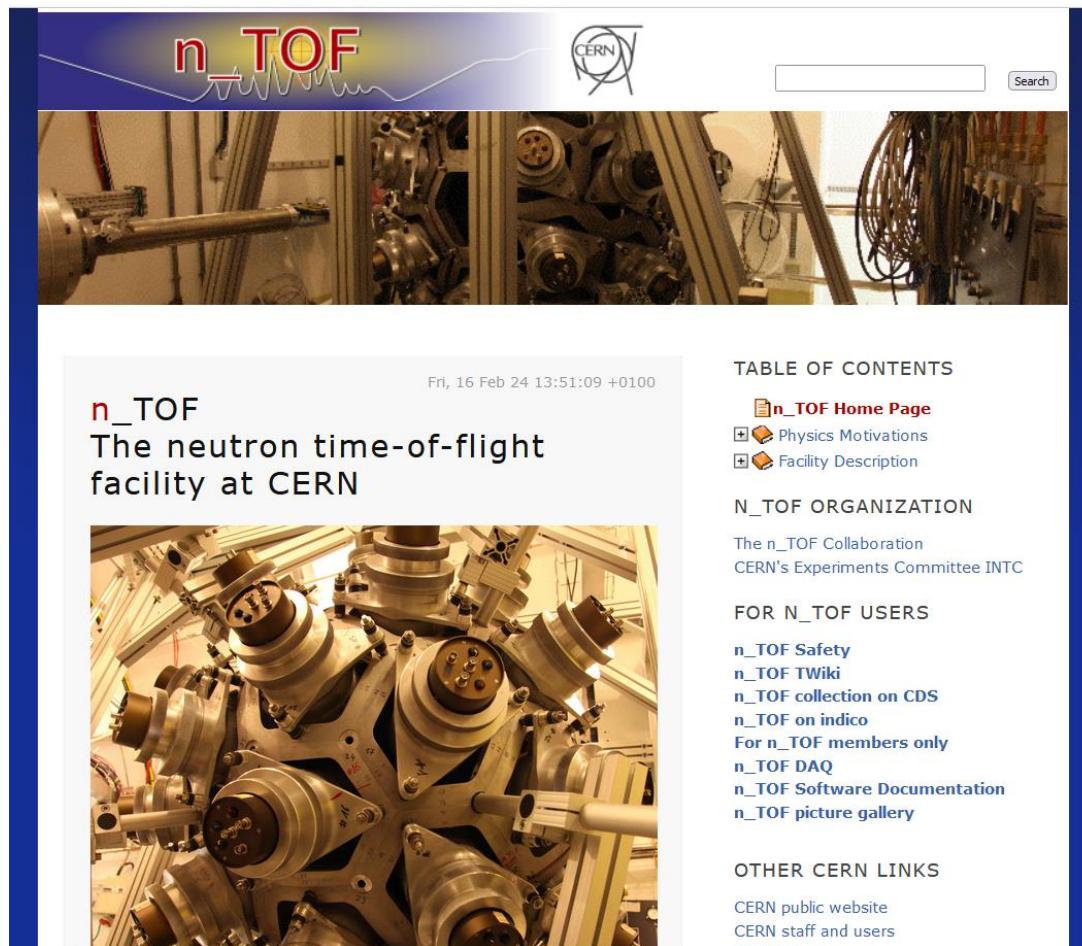


POMIARY PRZEKROJU CZYNNEGO NA REAKCJĘ WYCHWYTU RADIACYJNEGO NA IZOTOPIE ^{239}Pu PRZEPROWADZONE PRZY SPALACYJNYM ŹRÓDLE NEUTRONÓW W CERN



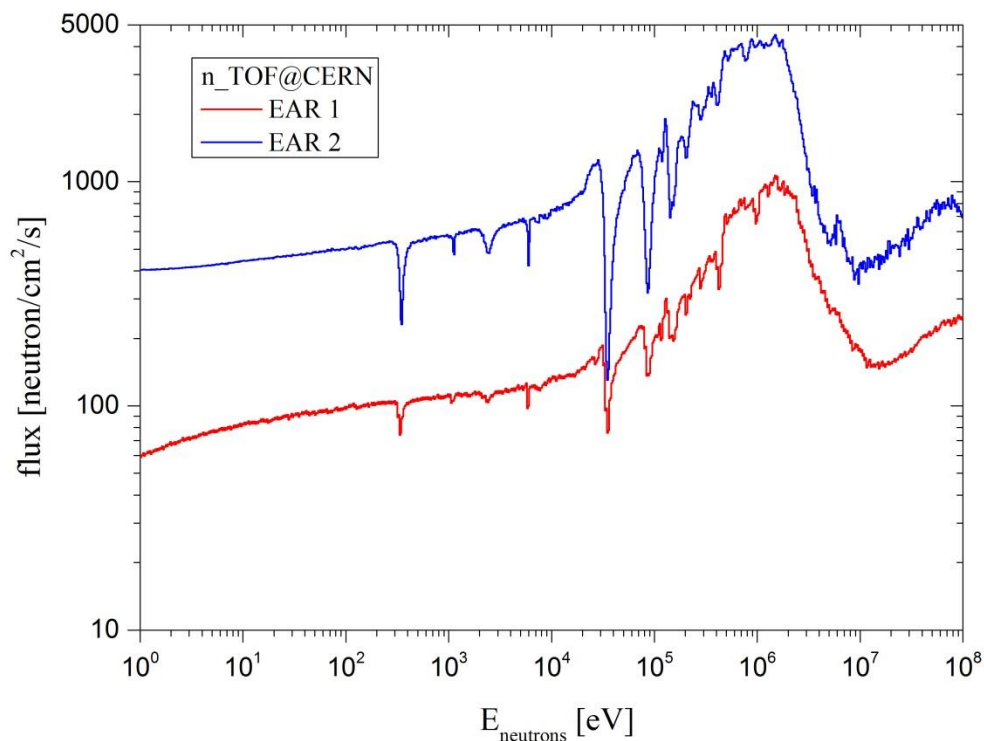
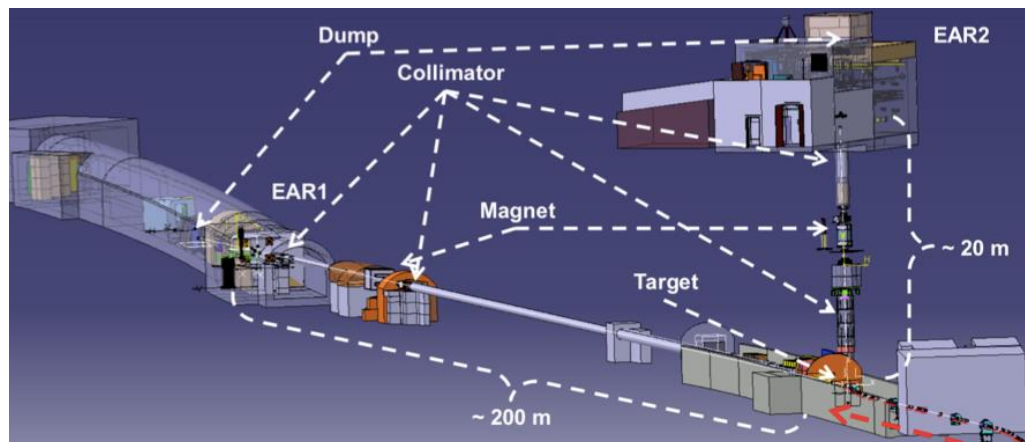
The screenshot displays the n_TOF website interface. At the top, there is a header with the n_TOF logo, the CERN logo, and a search bar. Below the header is a large image of the n_TOF facility. The main content area features a title 'n_TOF The neutron time-of-flight facility at CERN' and a date 'Fri, 16 Feb 24 13:51:09 +0100'. To the right of the title is a 'TABLE OF CONTENTS' section with links to 'n_TOF Home Page', 'Physics Motivations', and 'Facility Description'. Below this is an 'N_TOF ORGANIZATION' section with links to 'The n_TOF Collaboration' and 'CERN's Experiments Committee INTC'. Further down is a 'FOR N_TOF USERS' section with links to 'n_TOF Safety', 'n_TOF TWiki', 'n_TOF collection on CDS', 'n_TOF on indico', 'For n_TOF members only', 'n_TOF DAQ', 'n_TOF Software Documentation', and 'n_TOF picture gallery'. At the bottom is an 'OTHER CERN LINKS' section with links to 'CERN public website' and 'CERN staff and users'.

JAROSŁAW PERKOWSKI
UNIwersytet ŁÓDZKI

Plan wystąpienia

1. Źródło spalacyjne neutronów (n_TOF) w CERN
2. Motywacja badań
3. Aspekty fizyczne eksperymentu
4. Idea pomiaru i projekt nowego detektora
5. Montaż tarcz z ^{239}Pu w JRC w Belgii
6. Eksperyment w CERN
7. Podsumowanie

Źródło spalacyjne
międzynarodowej współpracy
n_TOF w CERN



Energia wiązki protonowej: **20 GeV**

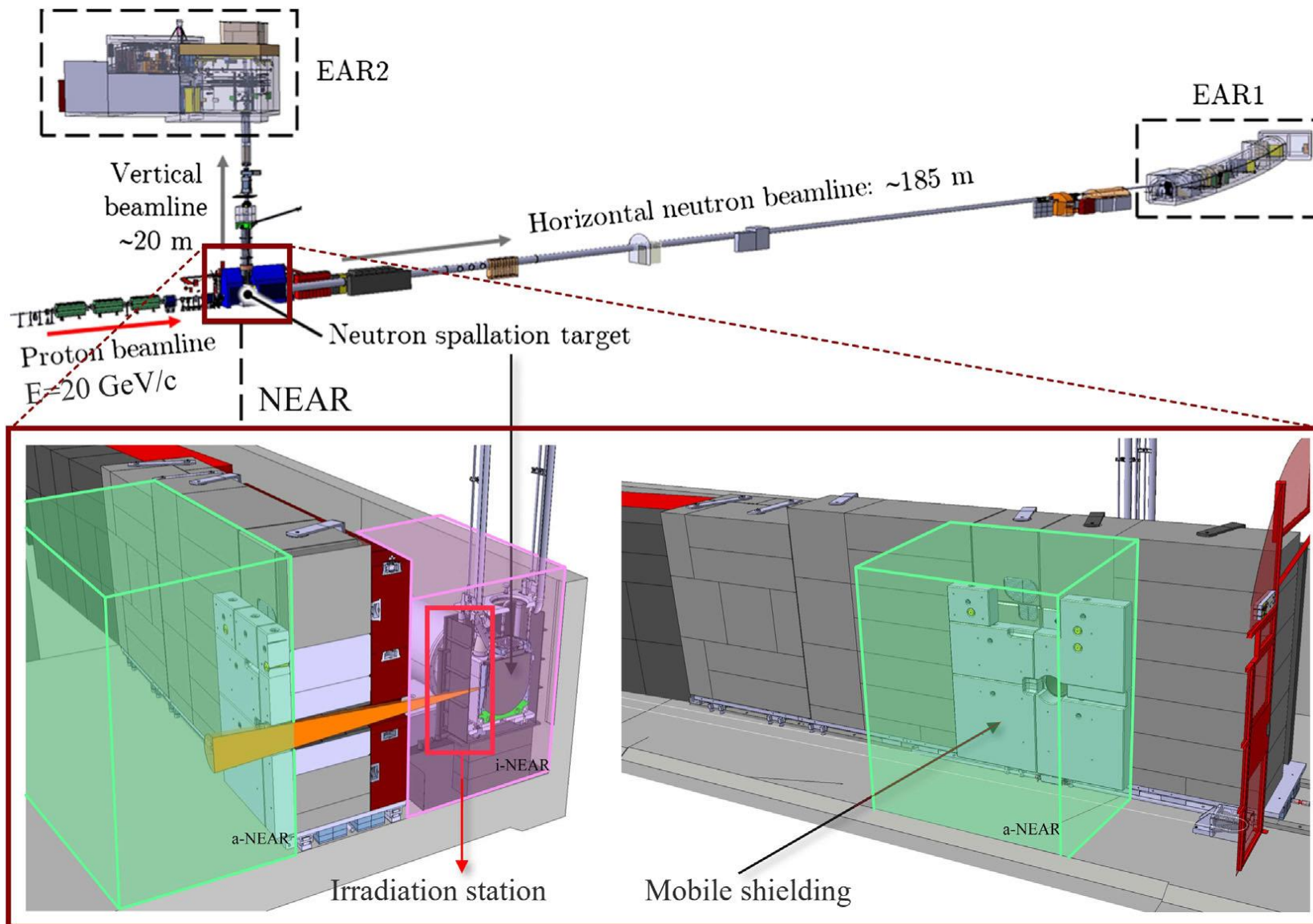
Intensywność wiązki:

$\sim 7 \times 10^{12}$ protonów / puls

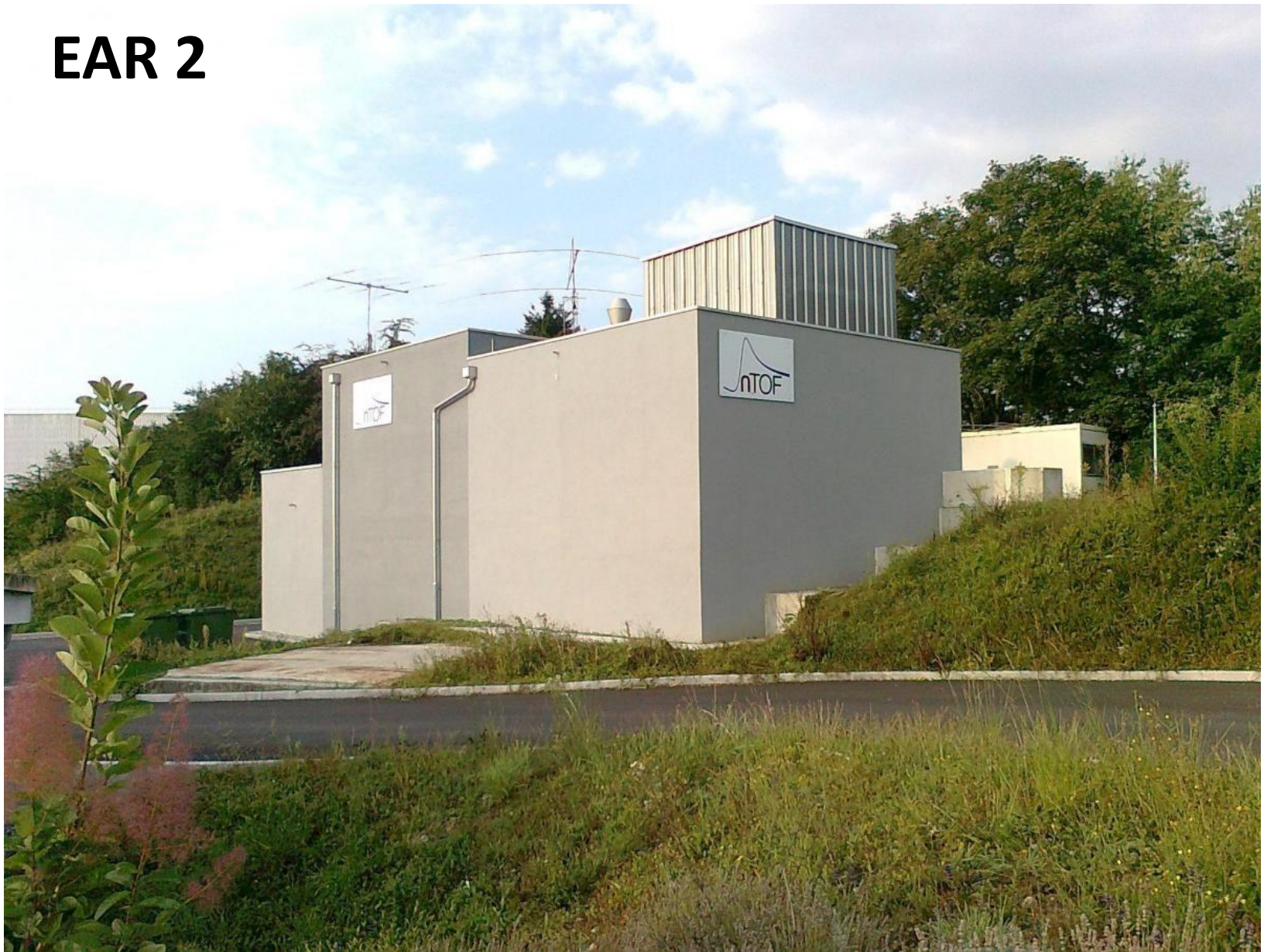
(1 puls / 2.4 s)

Liczba neutronów wytwarzanych

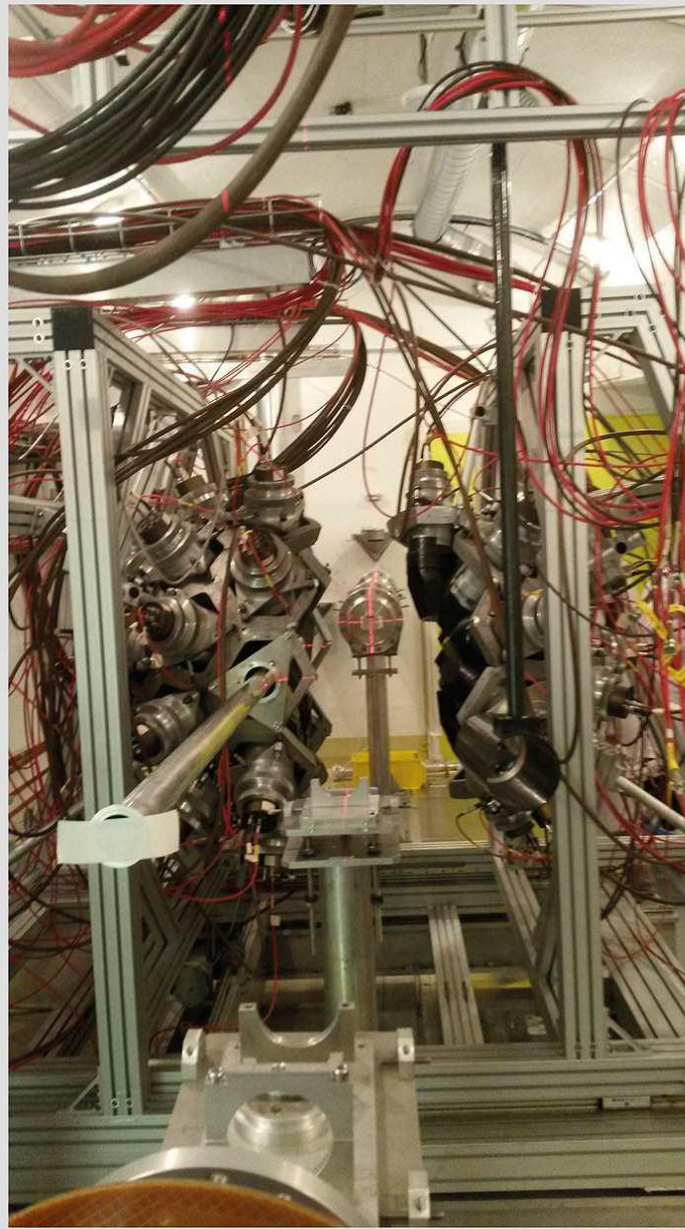
w czasie reakcji spalacji: **300 n/p**



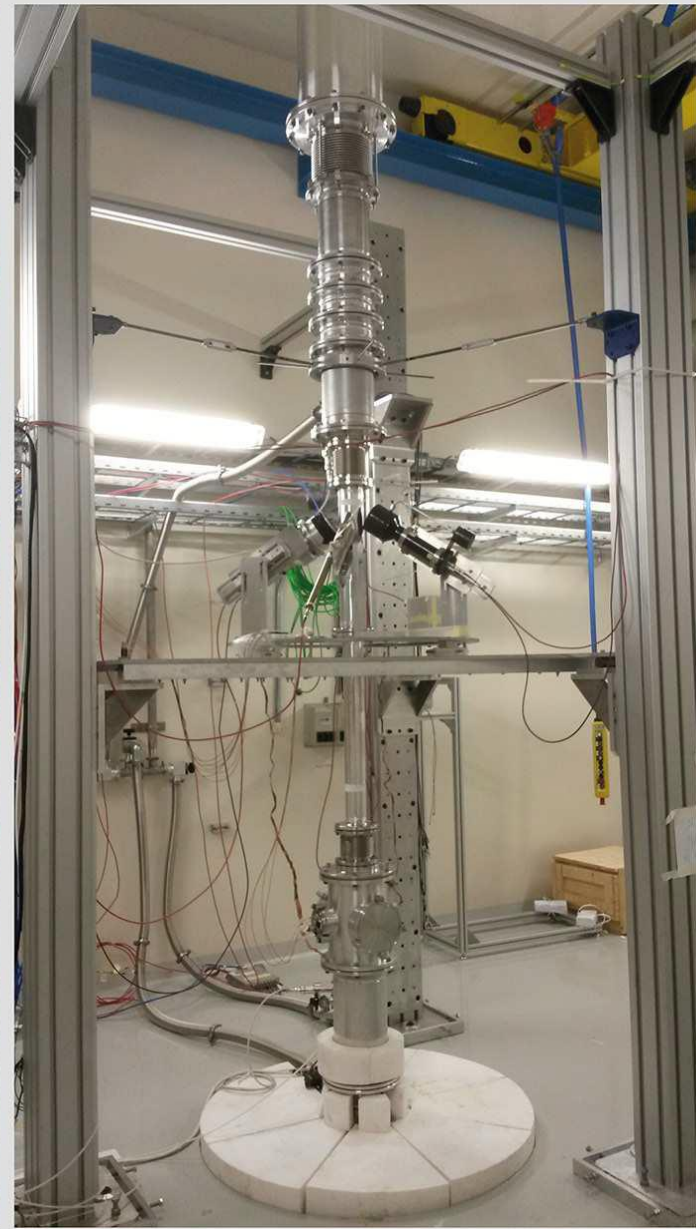
EAR 2

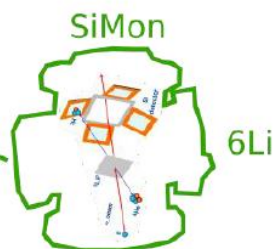
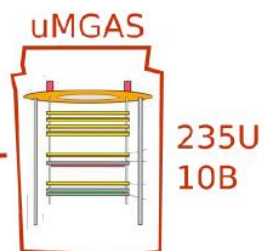
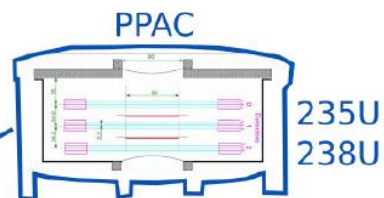


EAR 1



EAR 2

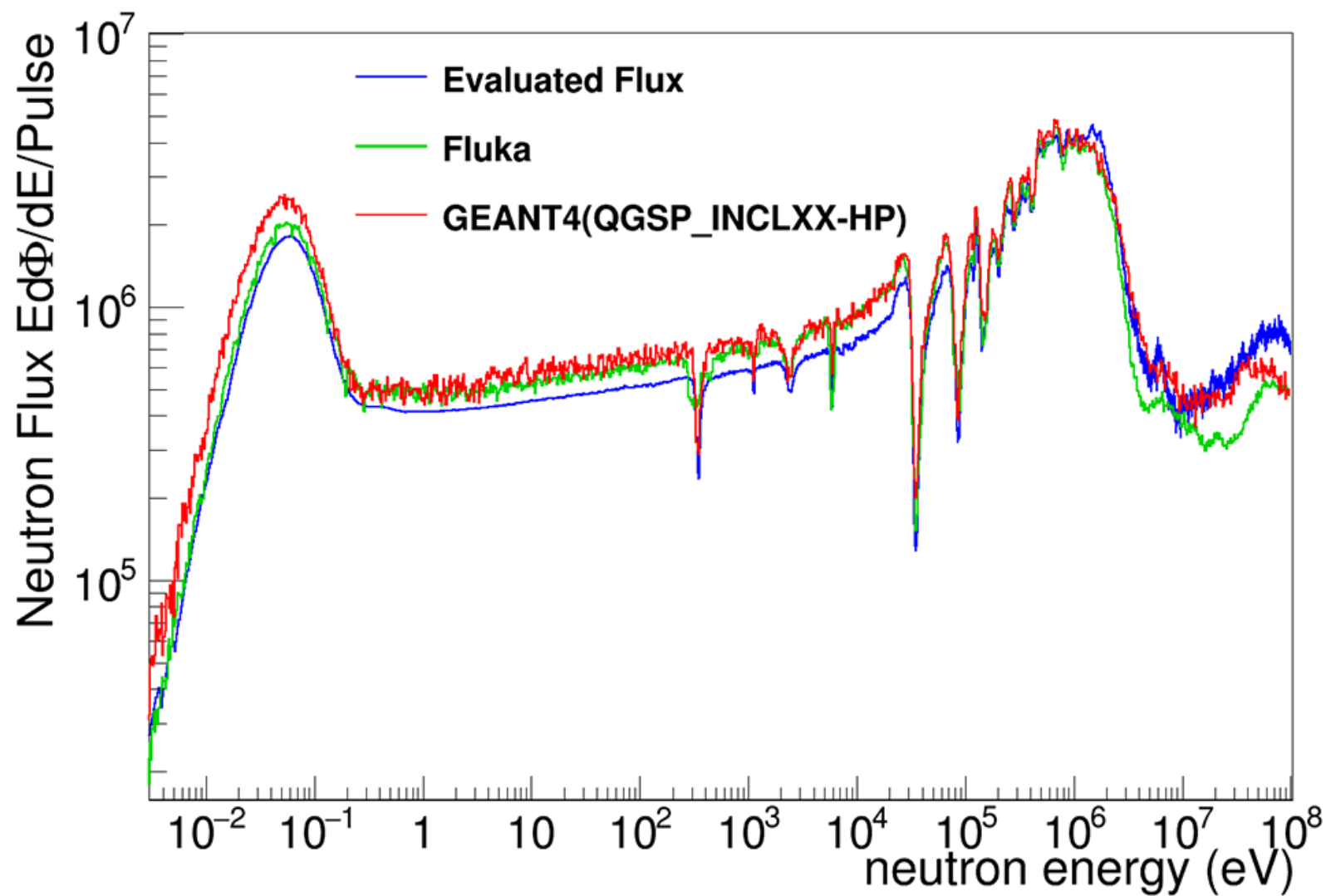


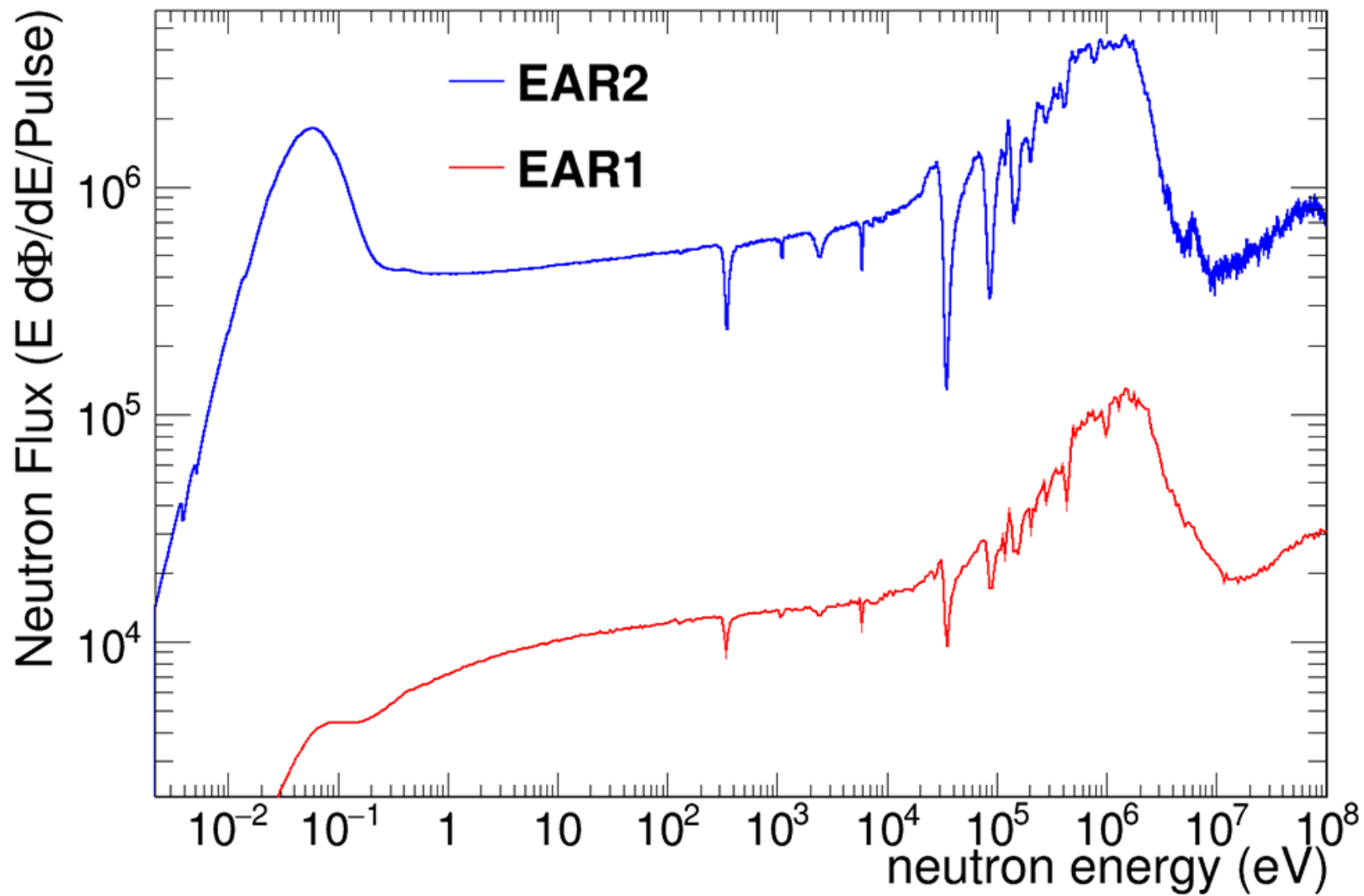


Samples used for each energy range of the final evaluation:

Energy range [eV]	SiMon	μMGAS		PPAC	
	⁶ Li	¹⁰ B	²³⁵ U	²³⁵ U	²³⁸ U
$1 \times 10^{-3} - 3 \times 10^4$	✓	✓	✗	✗	✗
$3 \times 10^4 - 2 \times 10^5$	✓	✗	✓	✓	✗
$2 \times 10^5 - 3 \times 10^6$	✗	✗	✓	✓	✗
$3 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	✗	✗	✓	✓	✓
$5 \times 10^6 - 2 \times 10^8$	✗	✗	✗	✓	✓

All data sets have been normalised to the integral of PPAC ²³⁵U data between 7.8 eV and 11 eV.





Eksperyment, czyli pomiar przekroju czynnego na reakcję $^{239}\text{Pu}(n,\gamma)$ był zrealizowany w ramach projektu **SANDA** (*Supplying Accurate Nuclear Data for energy and non-energy Applications*) dotyczy eksperymentalnego uzyskiwania nowych lub polepszonych jakościowo danych jądrowych dotyczących reakcji wywołanych przez neutrony, ich oceny, uzasadnienia i rozpowszechnienia, w celu wzbogacenia bibliotek danych.

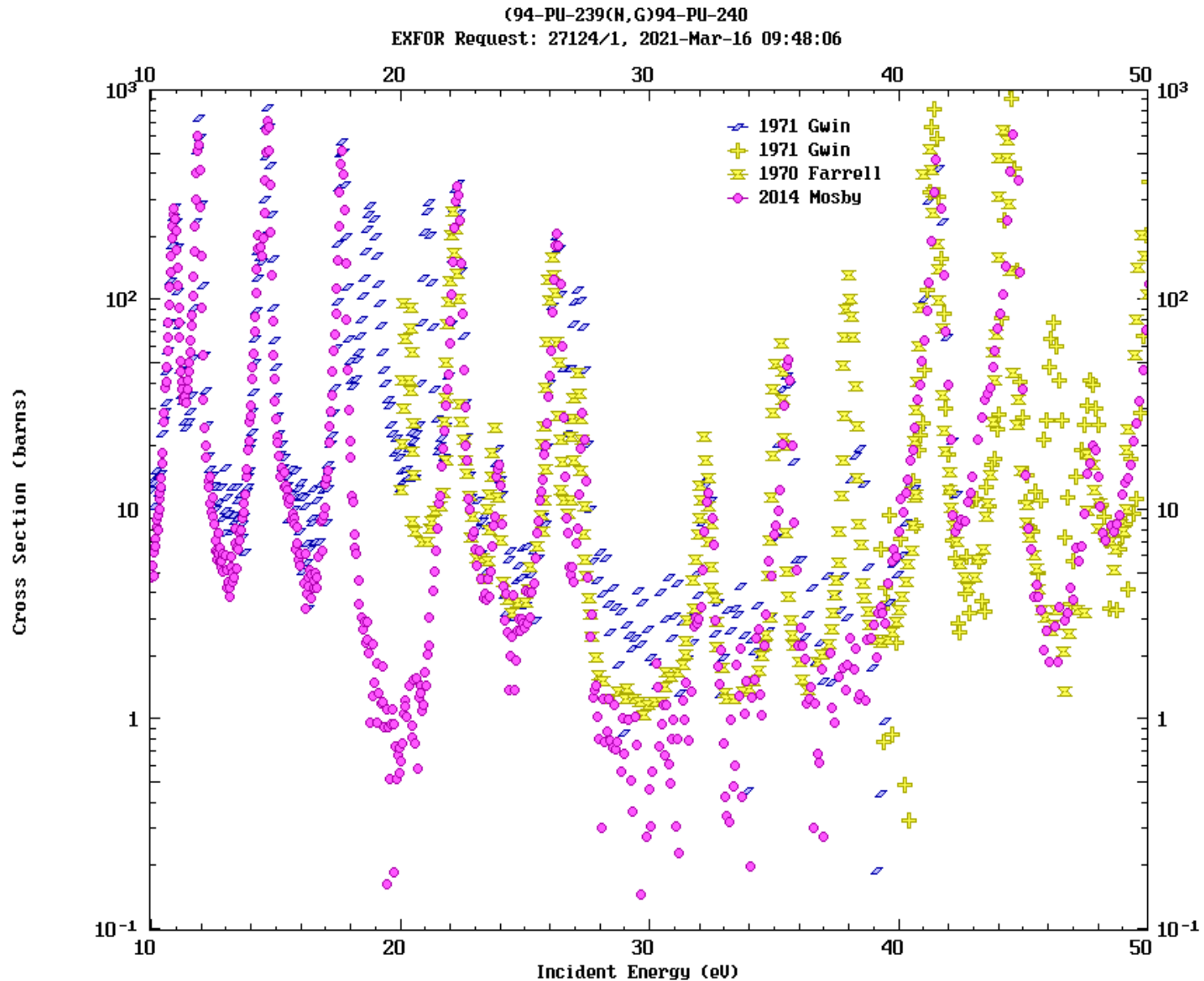
The screenshot shows the CORDIS website interface. The search bar contains the text 'SANDA'. Below the search bar, there are filters for 'Collection: Projects', 'Programme: Horizon 2020 framework programme', and 'Programme: Science with and for Society'. The search results show two entries for 'SANDA'. The first entry is 'SANDA Supplying Accurate Nuclear Data for energy and non-energy Applications' with ID: 847552, from 1 September 2019 to 31 August 2023. The second entry is 'ARIEL Accelerator and Research reactor Infrastructures for Education and Learning' with ID: 847594.



Motywacja fizyczna badania przekroju czynnego dla reakcji $^{239}\text{Pu}(n,\gamma)$:

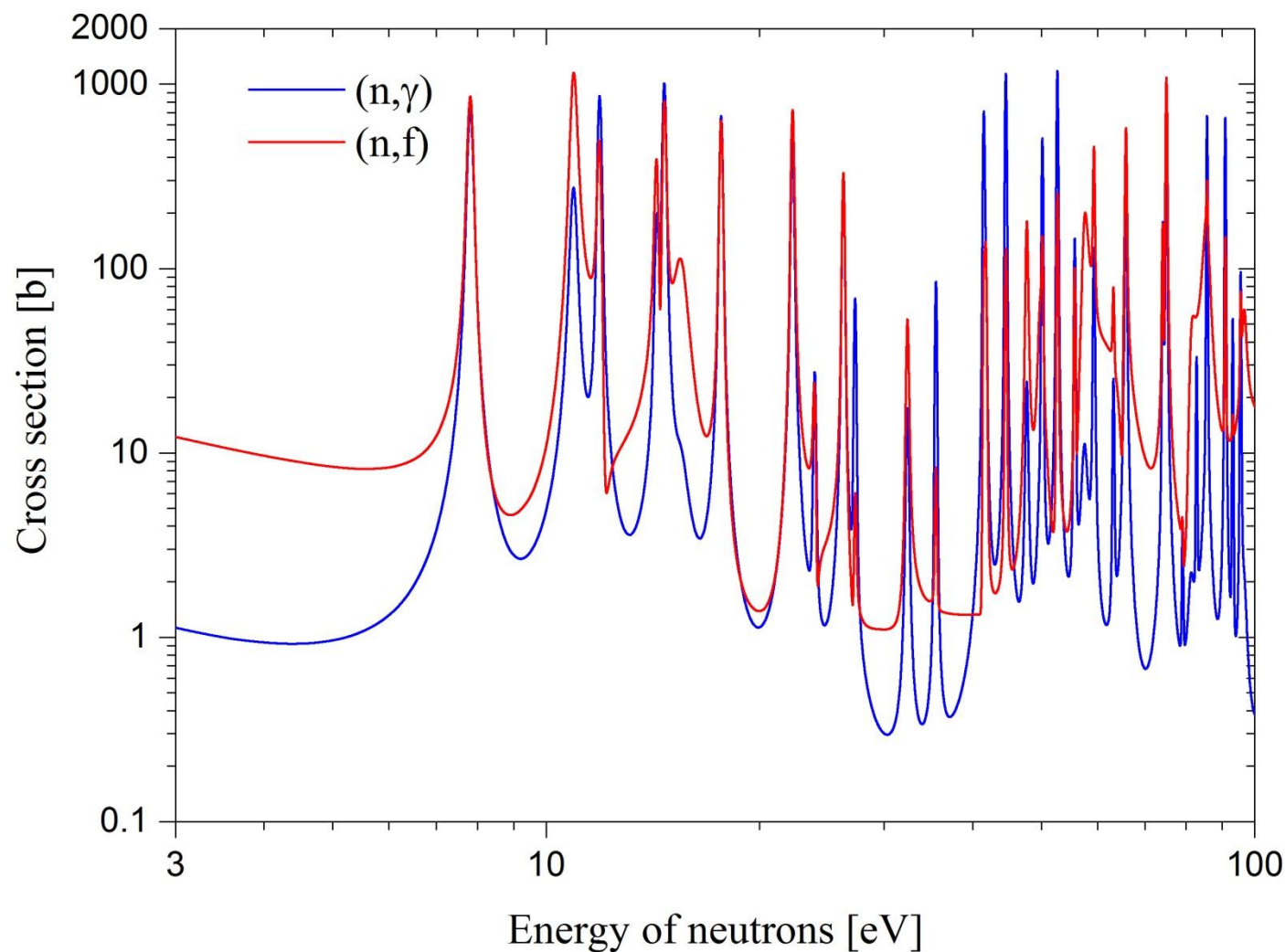
- Izotop (^{239}Pu) powstaje w wypalonym paliwie typowych elektrowni jądrowych (PWR, BWR). Ponieważ jest on rozszczepialny może również on posłużyć jako paliwo (MOX).
- Dokładny pomiar przekrojów czynnych na rozszczepienie i wychwyty radiacyjny jest niezwykle istotny przy projektowaniu nowych typów reaktorów z IV generacji i ADS (Accelerator Driven Systems).
- Nowe typy reaktorów mogą być zaprojektowane, aby pracować z neutronami o wyższych energiach w porównaniu z standardowymi konstrukcjami. Stąd konieczność poznania dokładnie wszelkich przekrojów czynnych na reakcje z neutronami do znacznie wyższych energii.

Cel eksperymentu: pomiar σ dla reakcji $^{239}\text{Pu}(n,\gamma)$

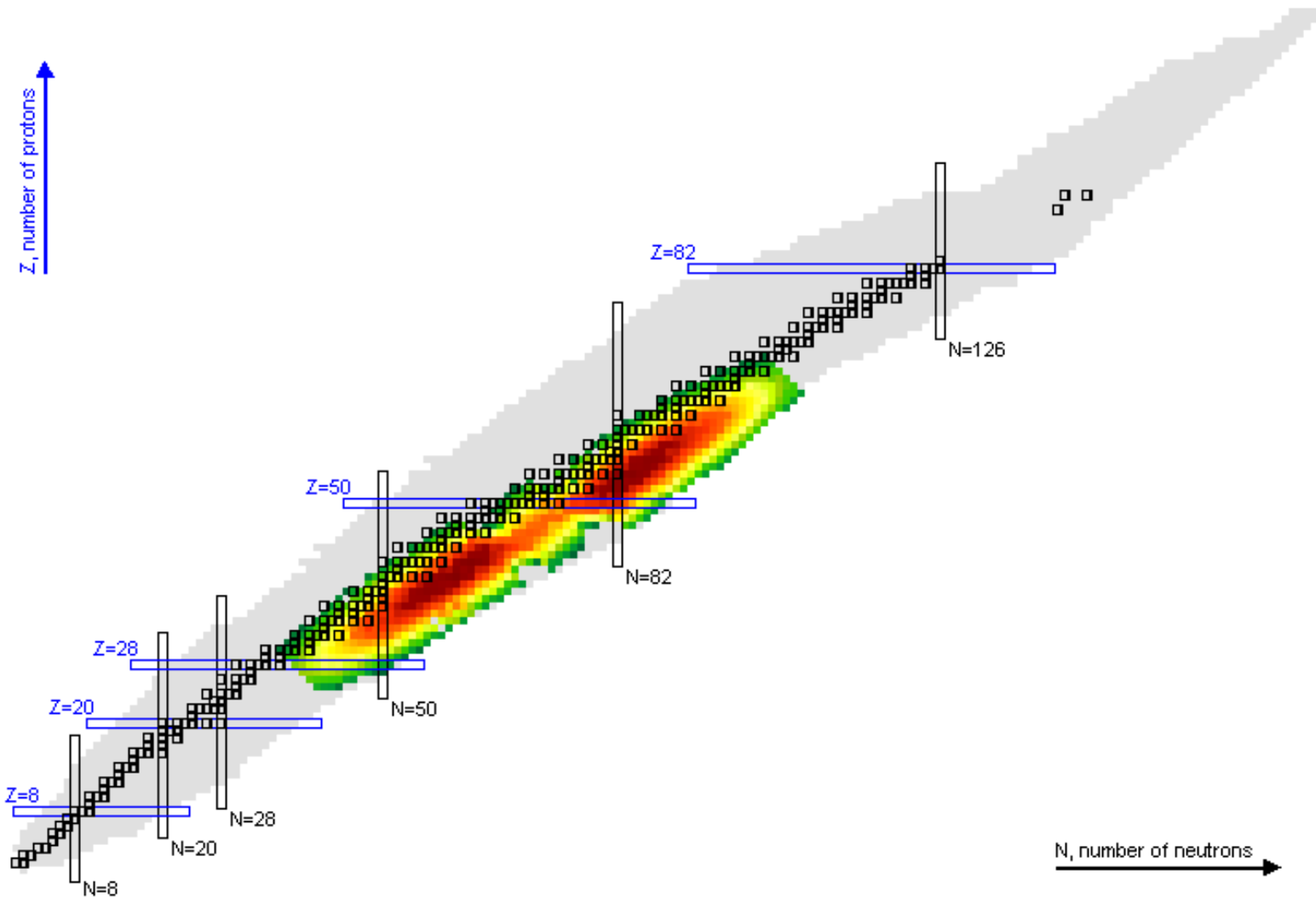


Przekroje czynne na reakcje: $^{239}\text{Pu}(n,\gamma)$ i $^{239}\text{Pu}(n,f)$

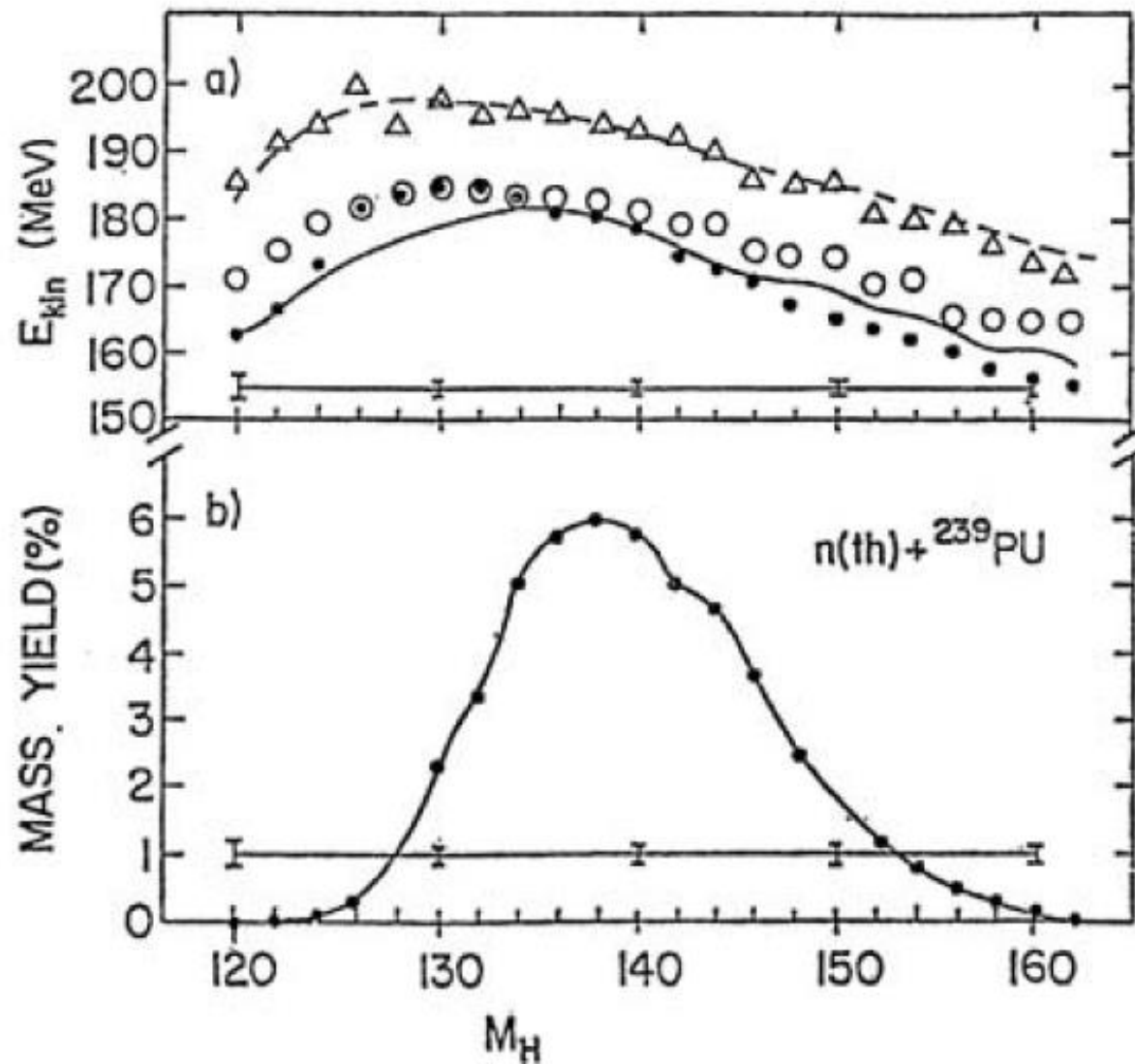
na podstawie danych ENDF



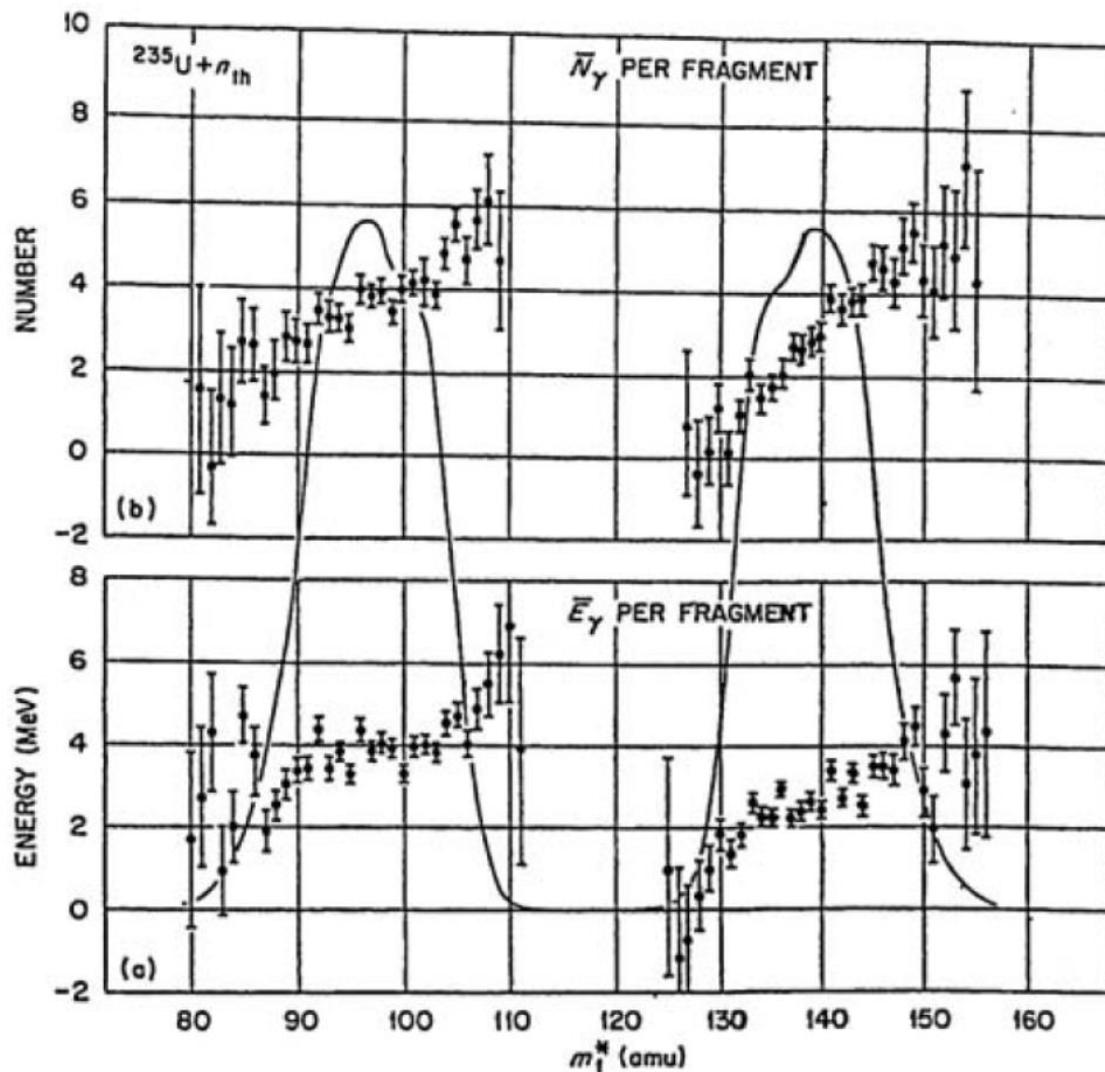
Rozkład mas fragmentów rozszczepienia z reakcji $^{239}\text{Pu}(n,f)$.



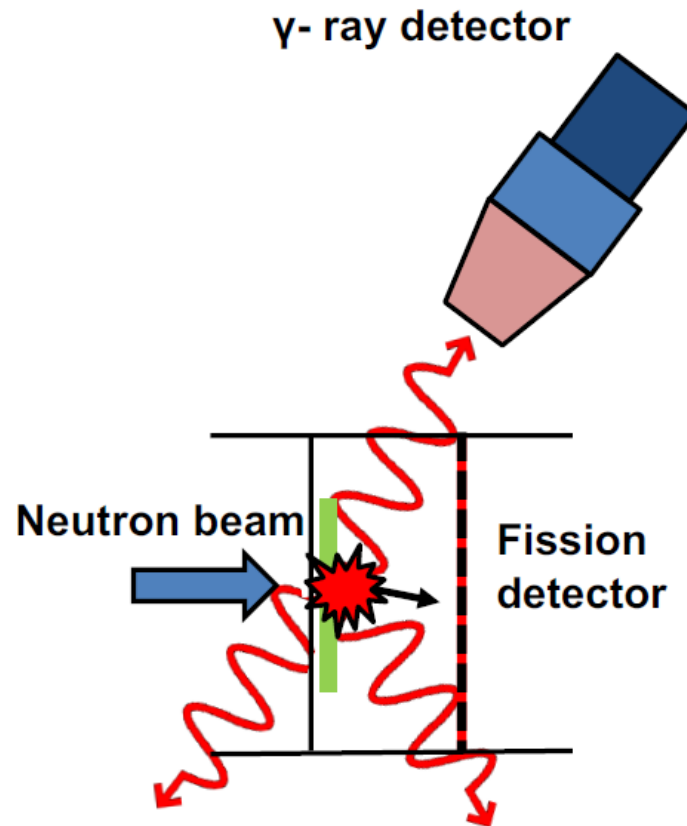
Energie fragmentów rozszczepienia z reakcji $^{239}\text{Pu}(n,f)$



Energie i ilość kwantów γ wyemitowanych z fragmentów z reakcji rozszczepienia.



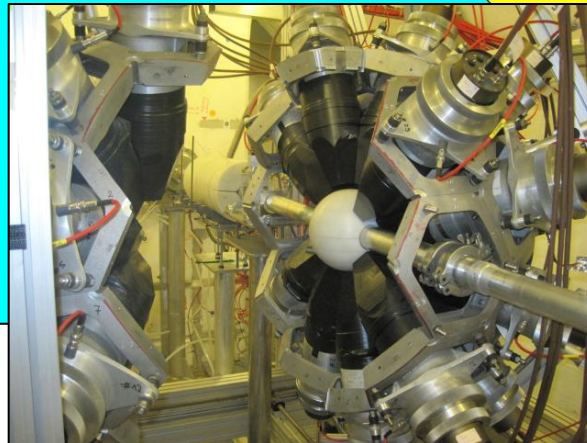
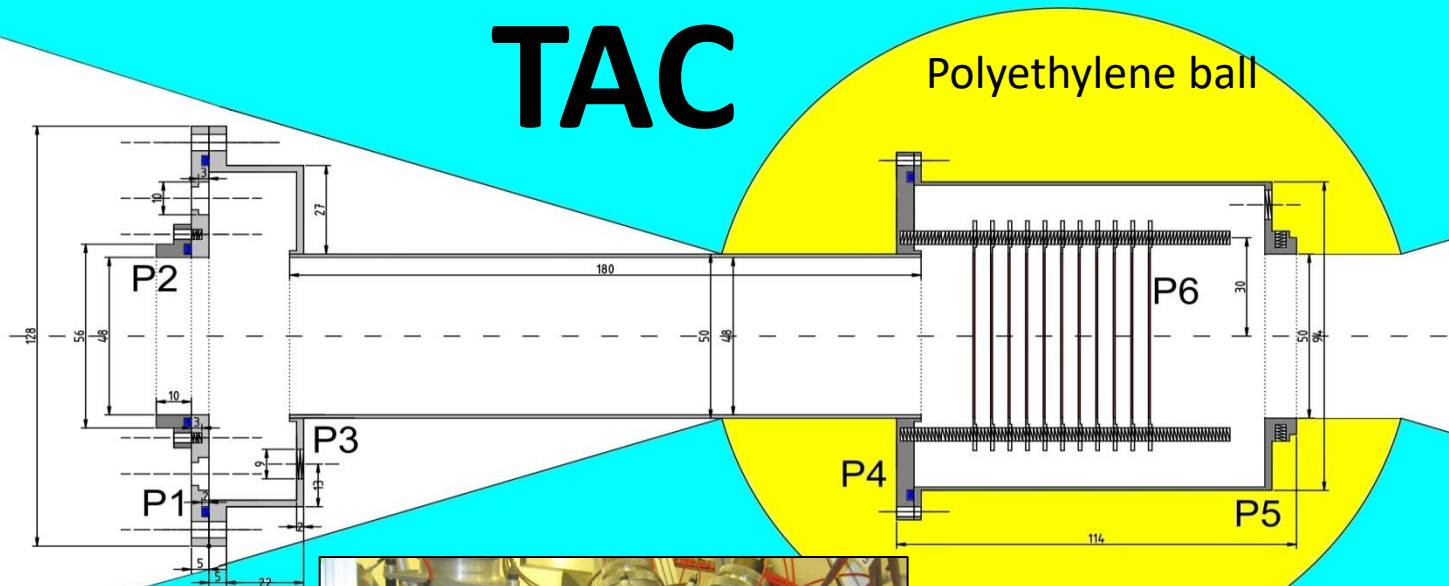
Metoda pomiaru przekrojów czynnych na reakcję (n,γ) , jeżeli dominującym kanałem jest (n,f) opiera się na wykorzystaniu detektora fragmentów rozszczepienia, który pracuje w antykoincydencji do detektora γ (**tagging method**).



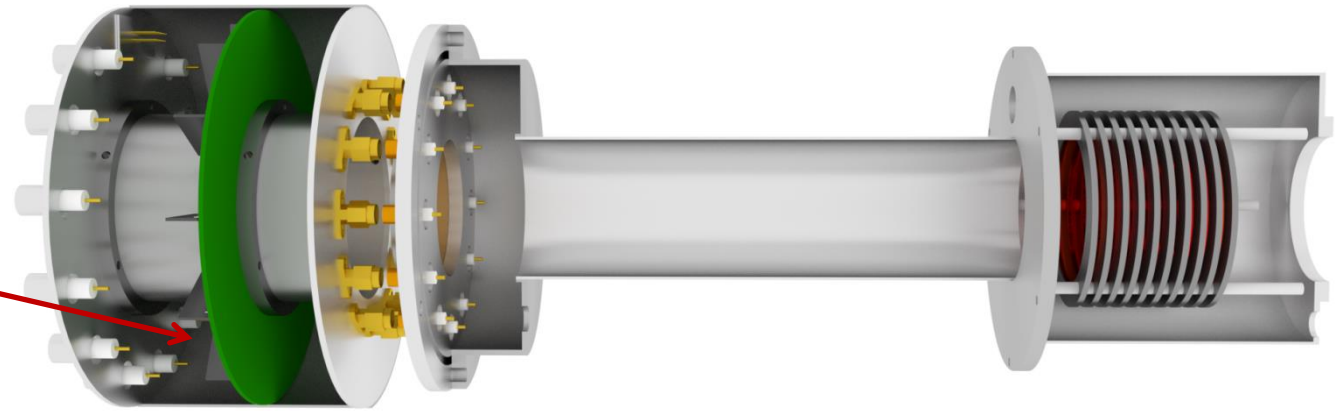
Wielosekcyjna komora jonizacyjna do pomiaru fragmentów rozszczepień.

200 mm (Ar) \approx 100 μ m (Al) – biorąc pod uwagę przekrój czynny na reakcje (n,n) i (n,n').

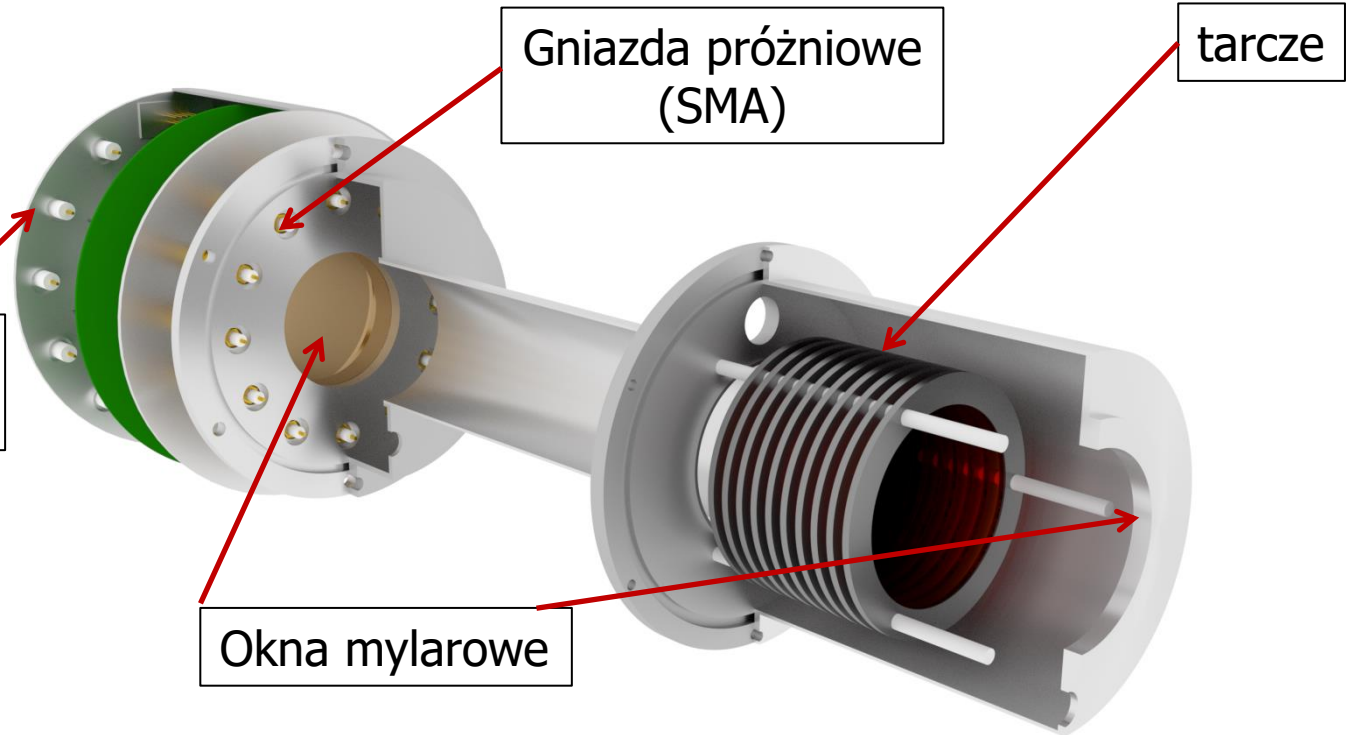
TAC



Projekt nowego detektora



Płytką drukowaną z przedwzmacnia-czami



Gniazda wyjściowe (BNC)

Gniazda próżniowe (SMA)

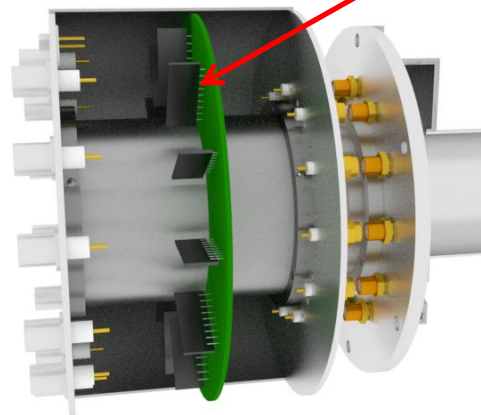
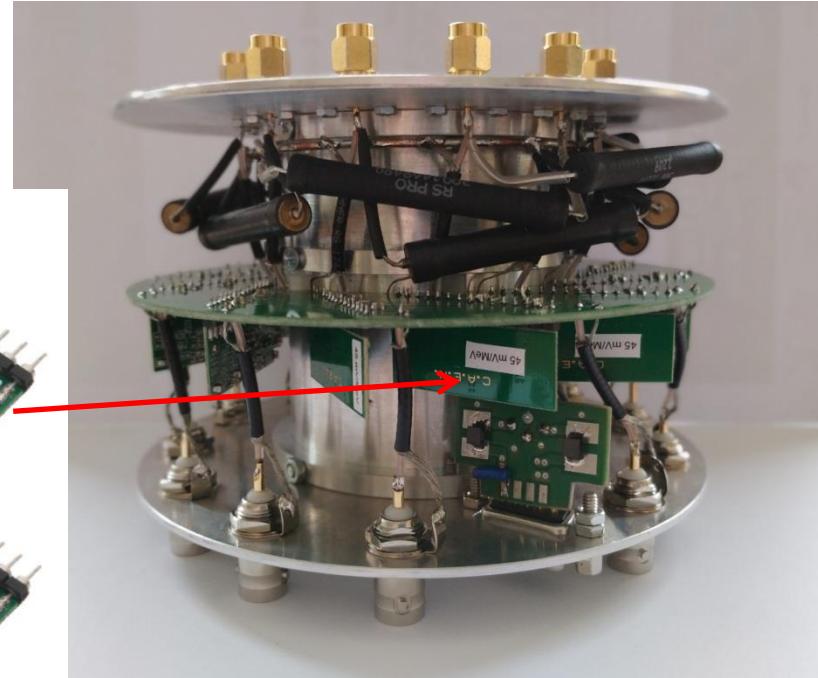
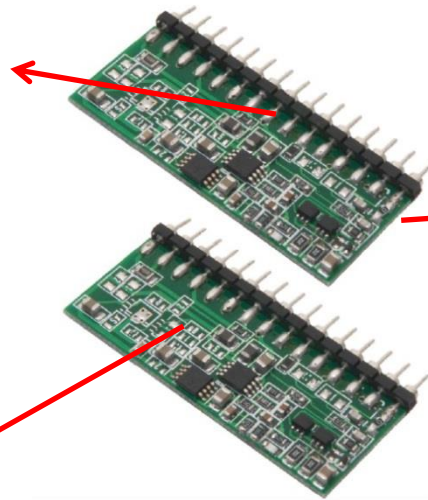
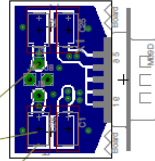
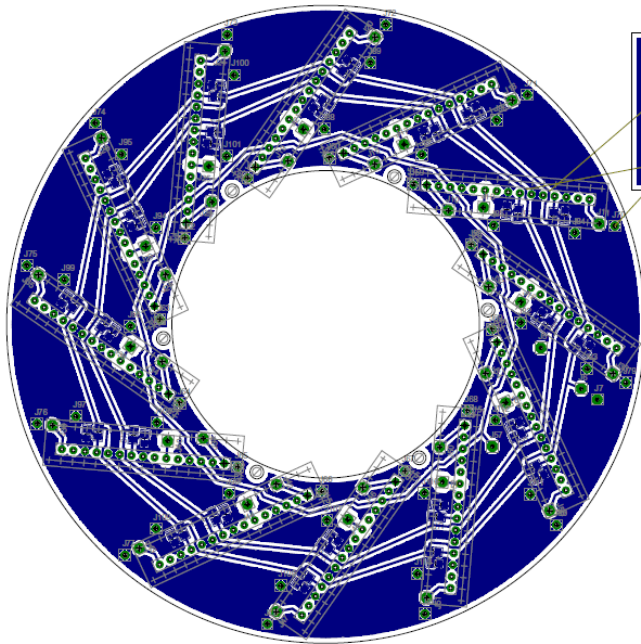
tarcze

Okna mylarowe

Projekt nowego detektora

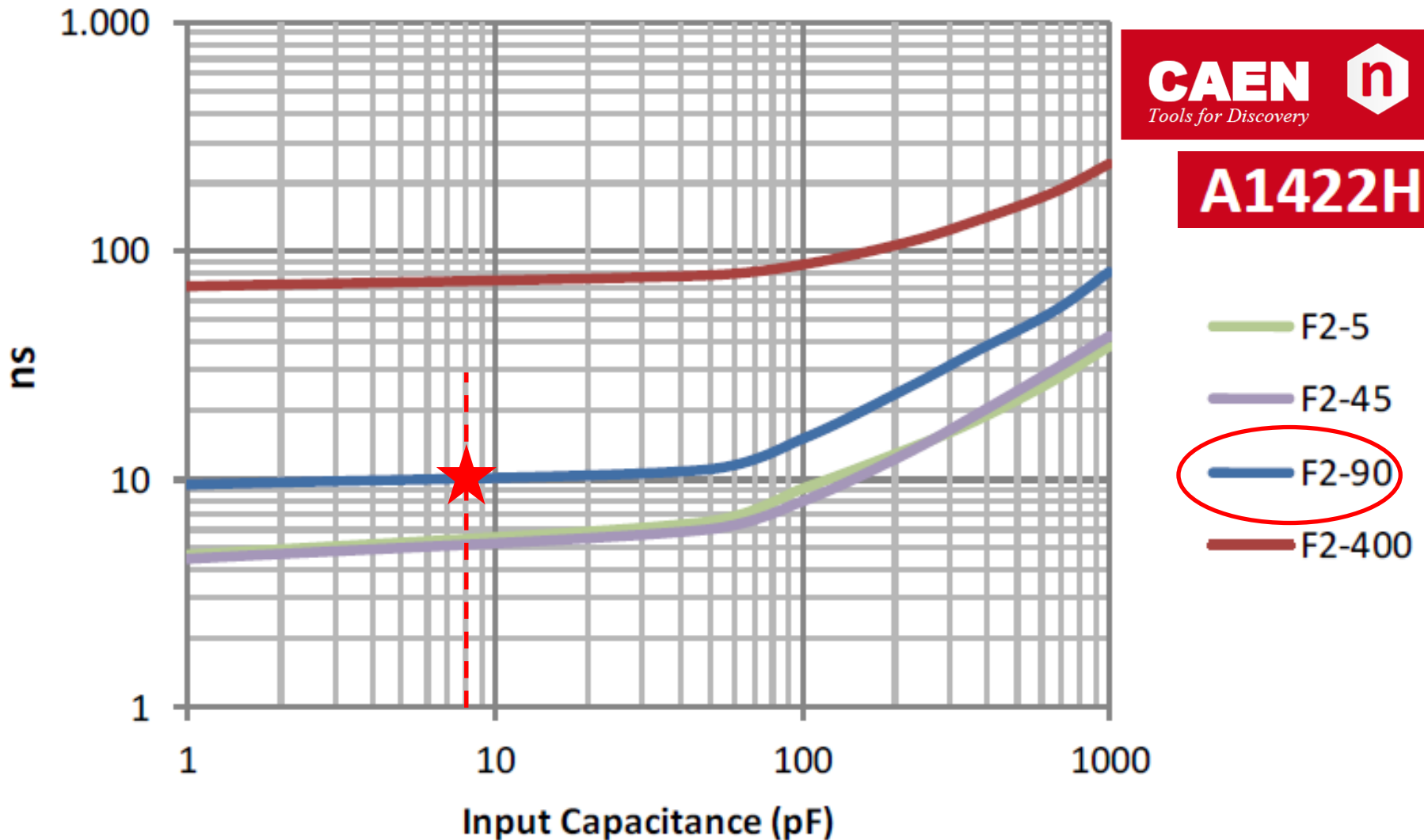


Przedwzmacniacz



Przedwzmacniacz

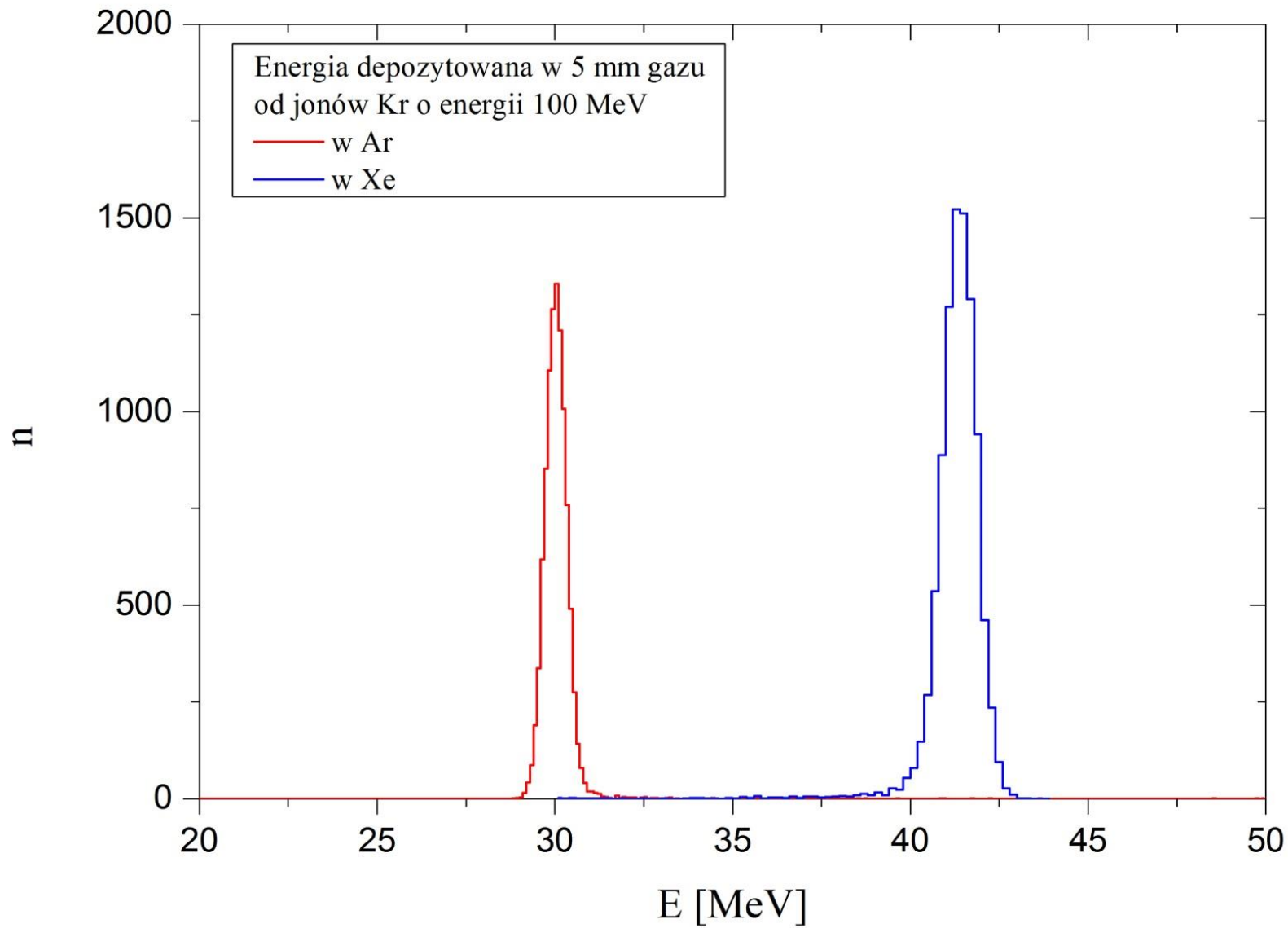
Rise Time (F2 type)

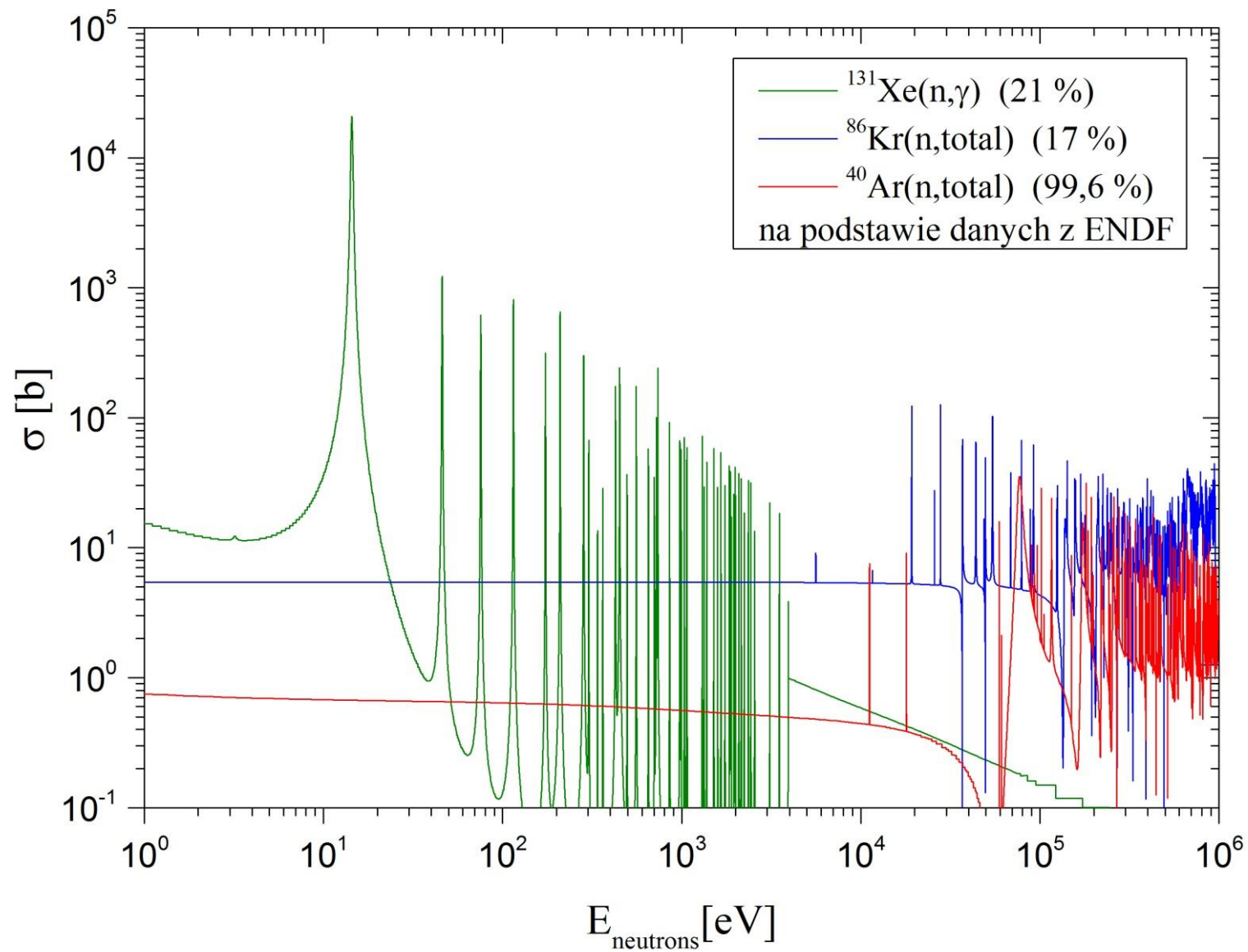


Wybór mieszanki gazowej

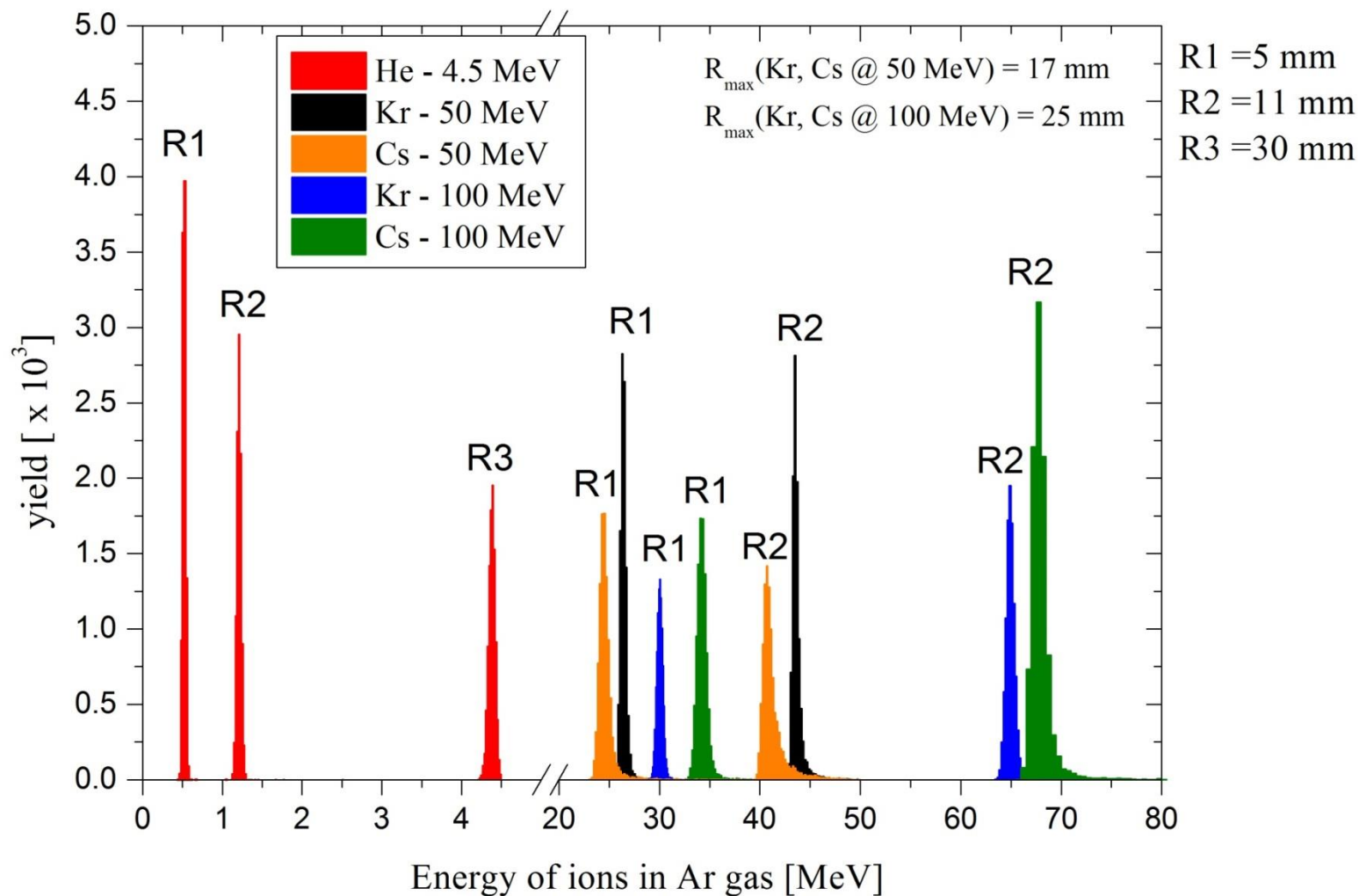
Podstawowe wymagania dotyczące zastosowanego gazu w komorze jonizacyjnej:

- gaz powinien efektywnie zatrzymywać cząstki naładowane (wysokie dE/dx),
- izotopy wchodzące w skład gazu powinny słabo oddziaływać z neutronami,
- powinien się charakteryzować małymi czasami narastania impulsów.

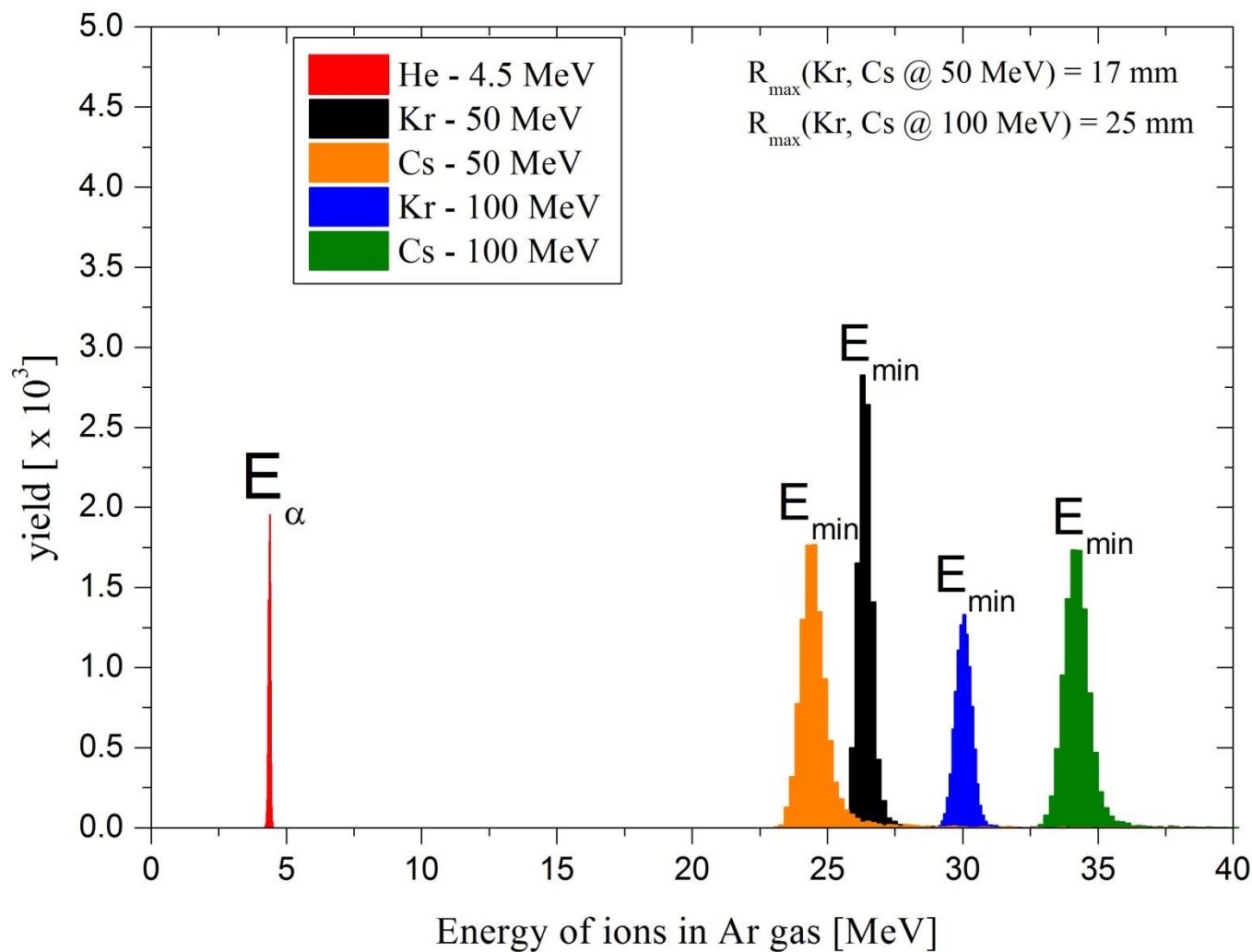


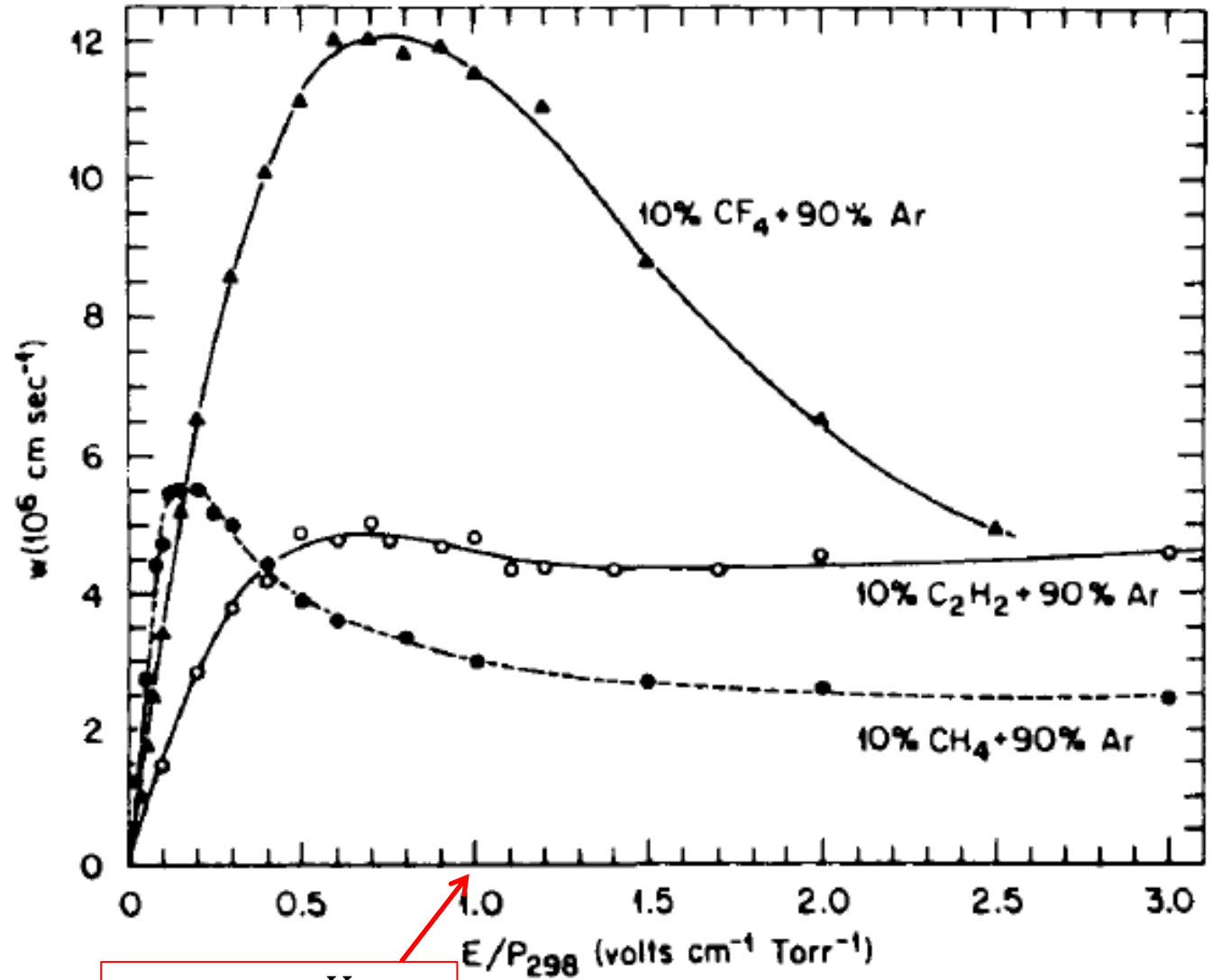


Symulacja rozkładu energii α oraz wybranych fragmentów rozszczepienia (Kr,Cs) w gazie (Ar) pod normalnym ciśnieniem.

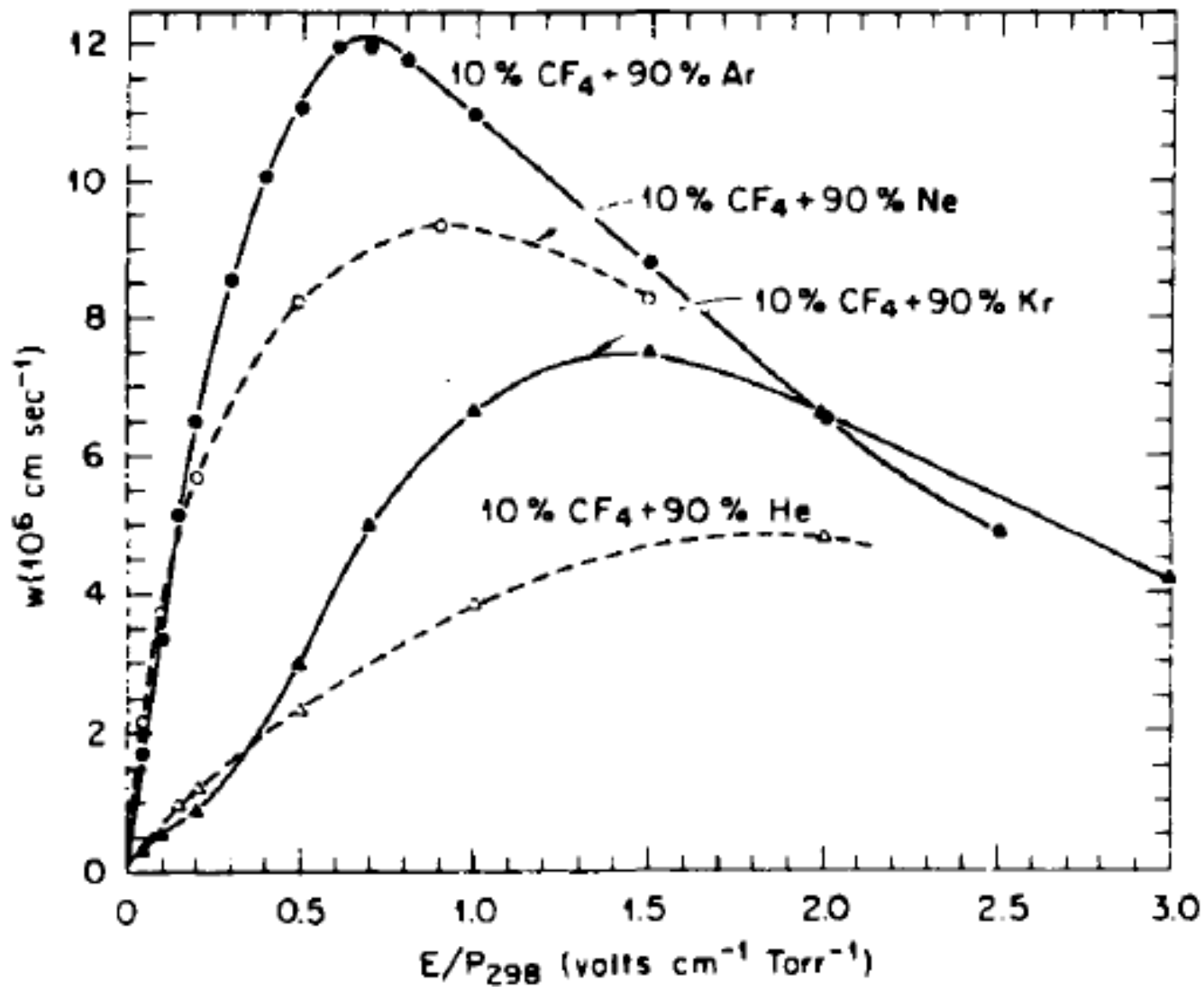


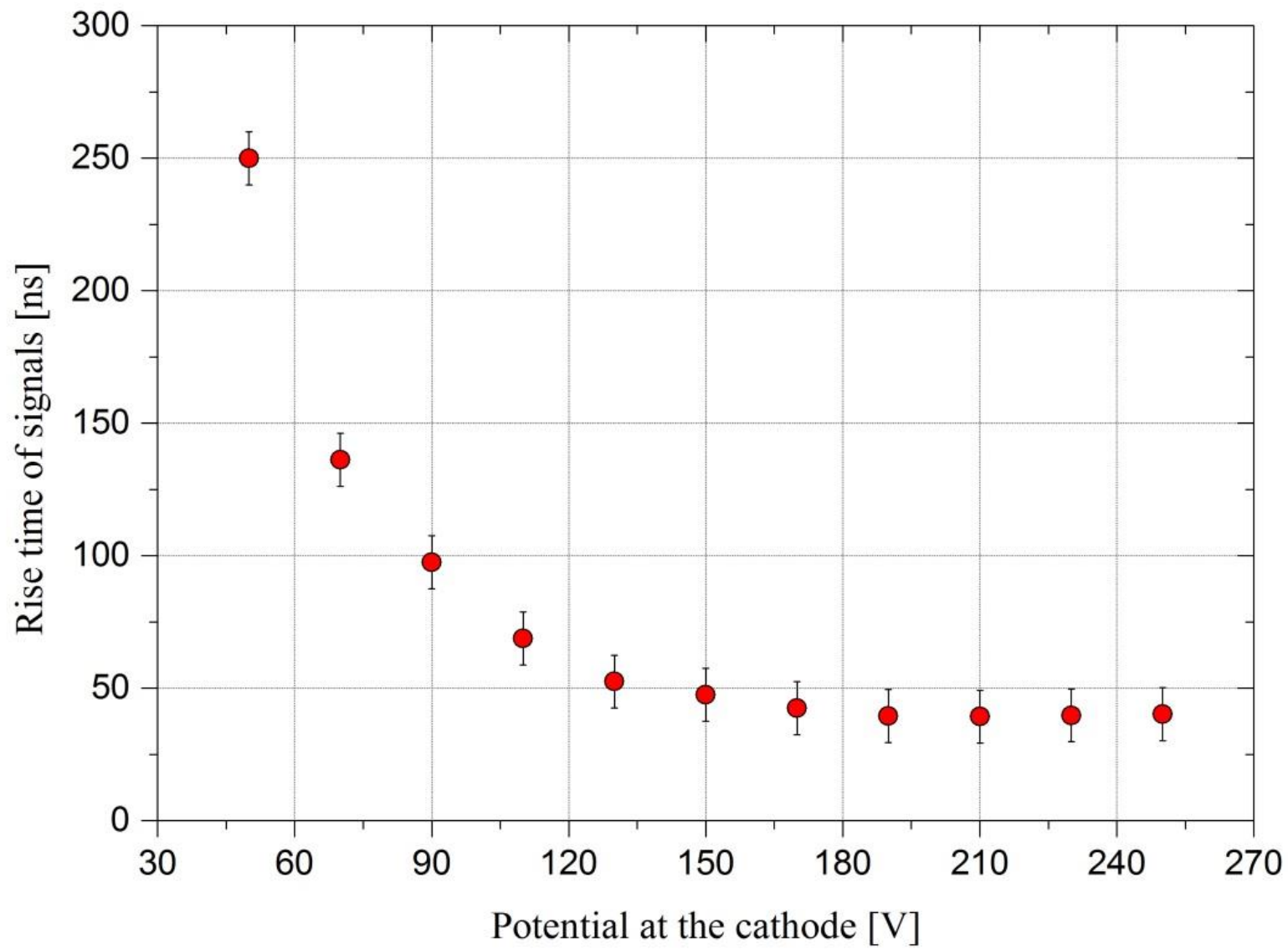
Symulacja rozkładu energii α oraz wybranych fragmentów rozszczepienia (Kr,Cs) w gazie (Ar) pod normalnym ciśnieniem.



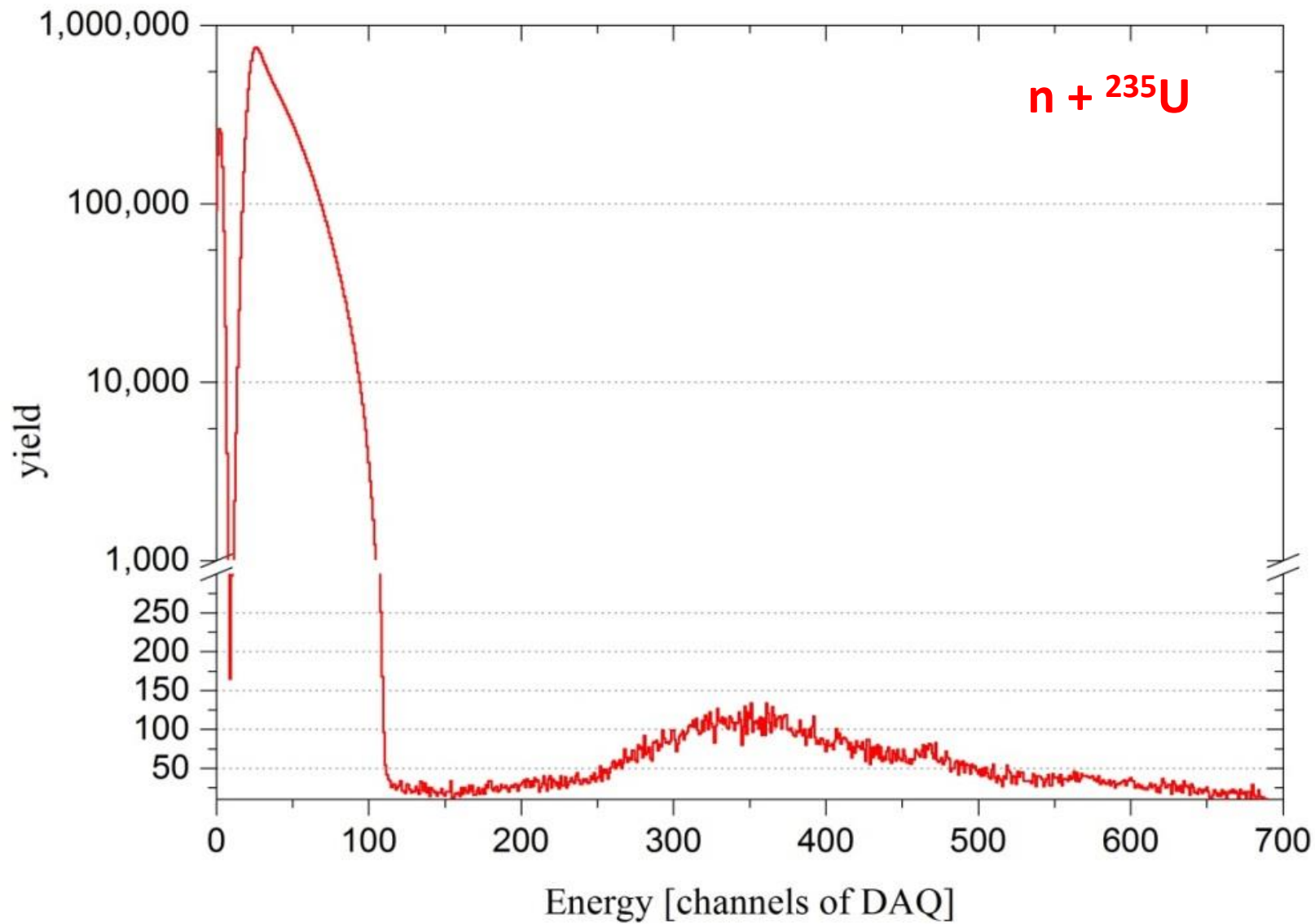


$$\sim 750 \frac{V}{\text{cm} * \text{Atm}}$$

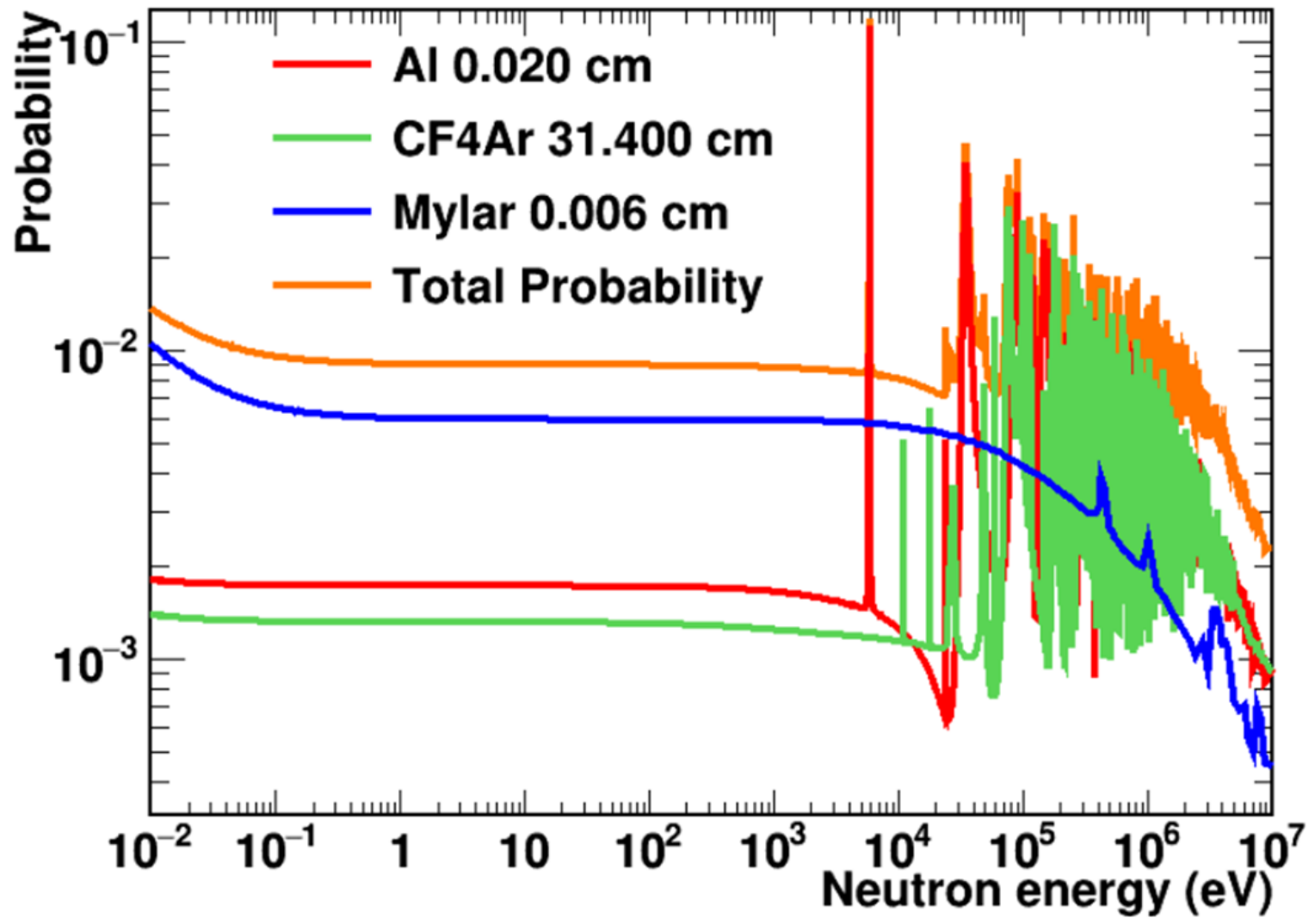




Widmo energetyczne otrzymane z jednej sekcji detektora.

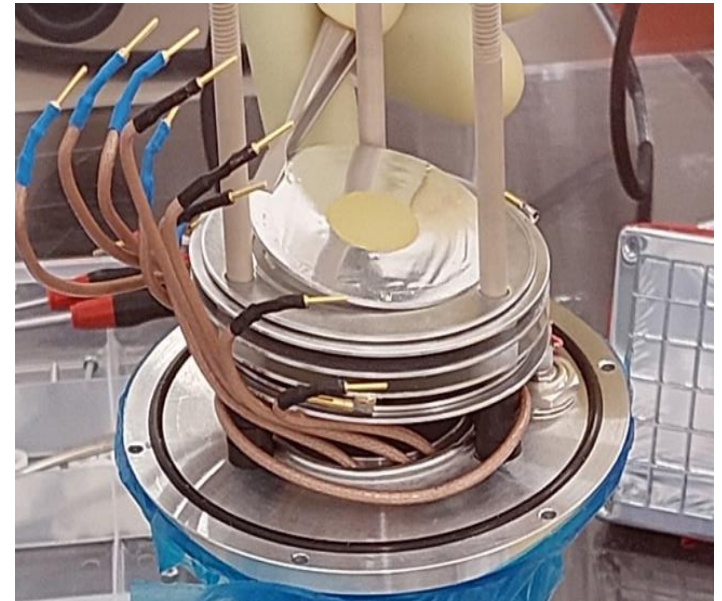
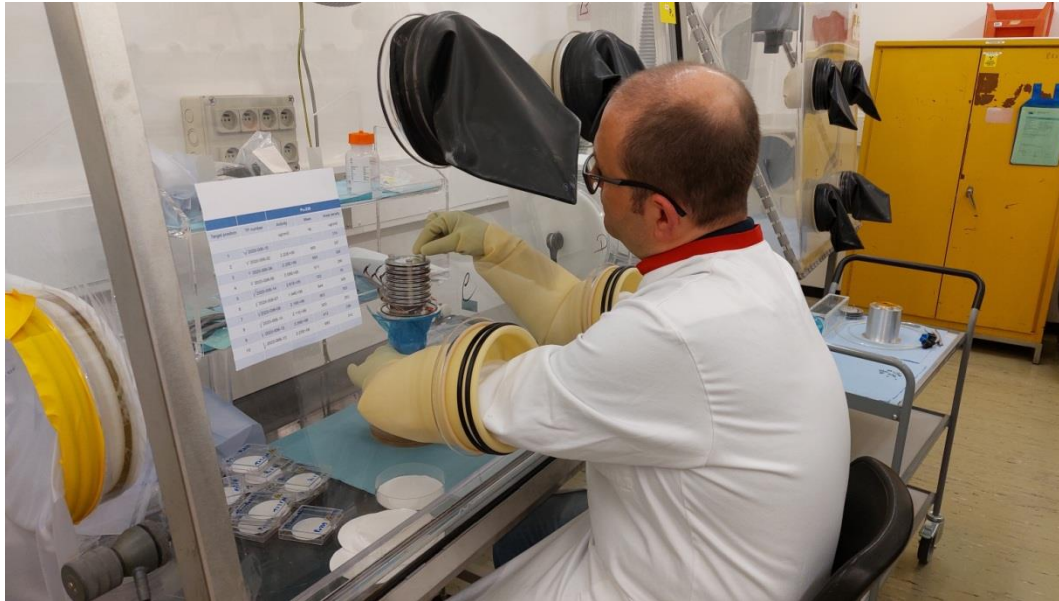


Pu239 probability to elastic scattering



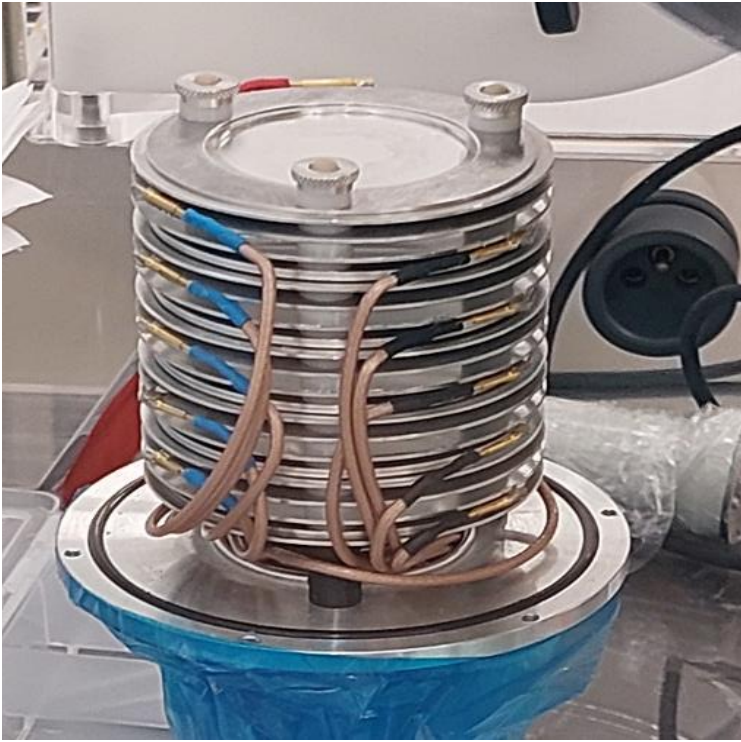
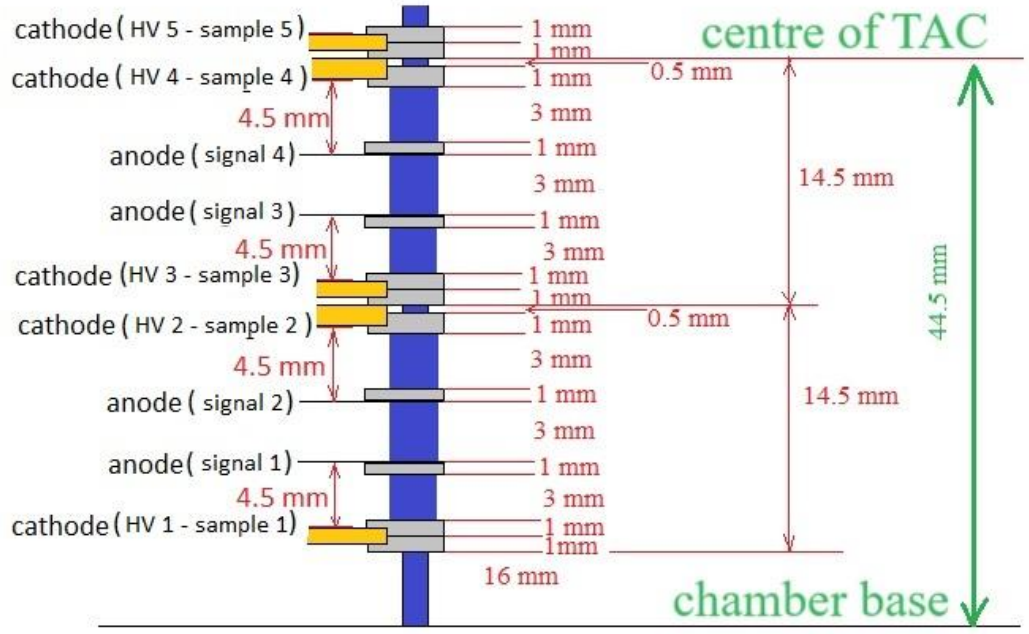
Montaż tarcz z ^{239}Pu w JRC w Belgii

Tarcze z ^{239}Pu zostały wykonane i zamontowane w detektorze w European Commission Joint Research Centre (JRC) w Geel w Belgii.

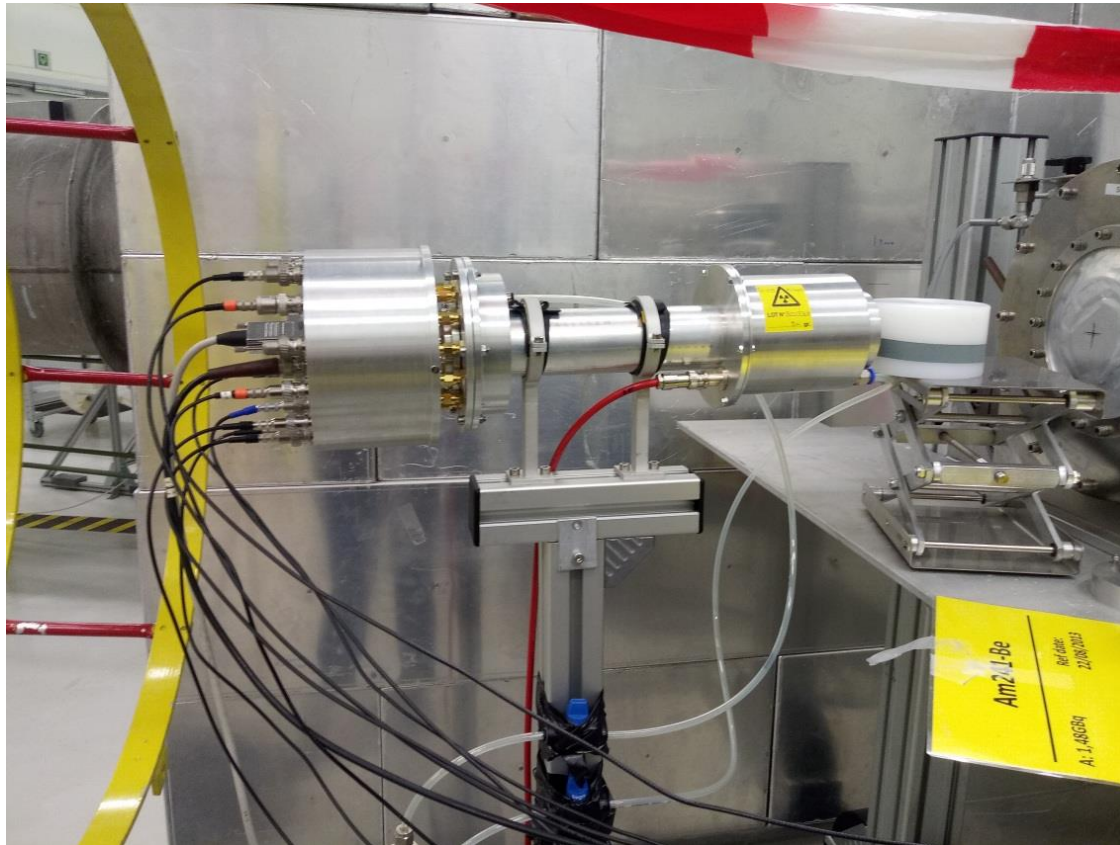


Montaż tarcz z ^{239}Pu w JRC w Belgii

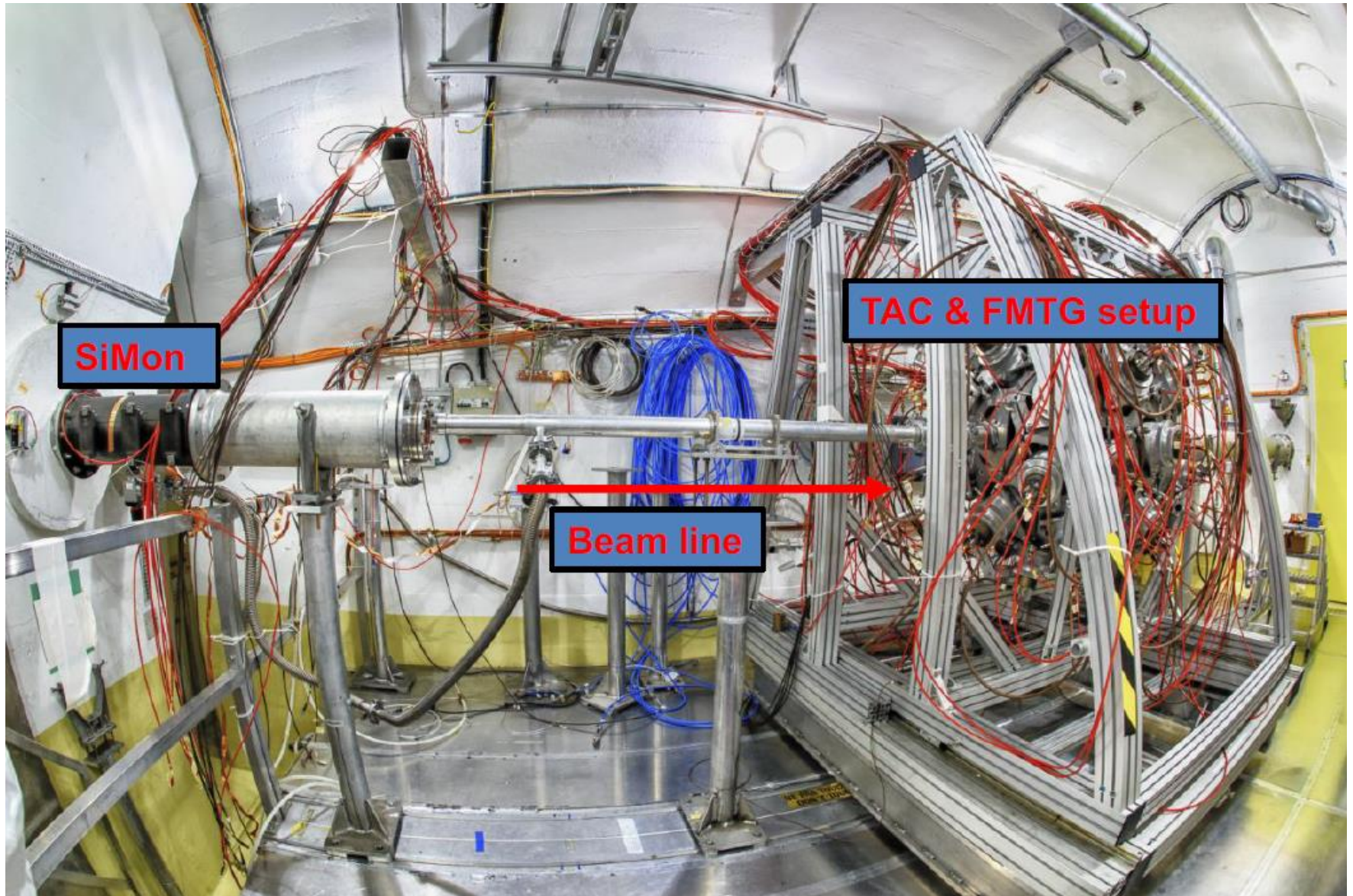
Każda z tarcz z ^{239}Pu miała masę ~ 1 mg i charakteryzowała się aktywnością około 10^6 Bq w połowę kąta bryłowego.



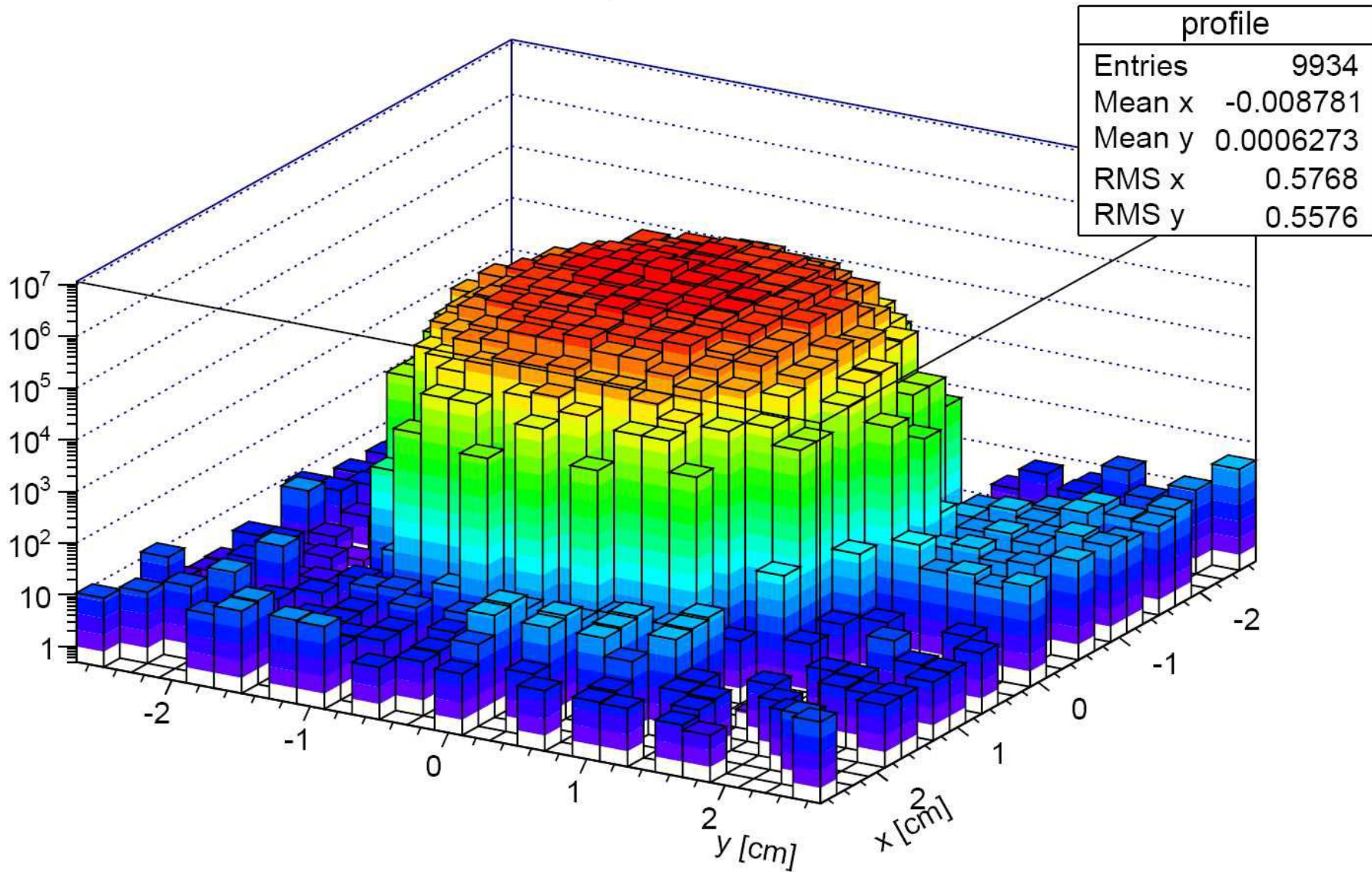
W European Commission Joint Research Centre (JRC) w Geel w Belgii wykonano też pierwsze testy z wykorzystaniem impulsowej wiązki neutronów (GELINA).



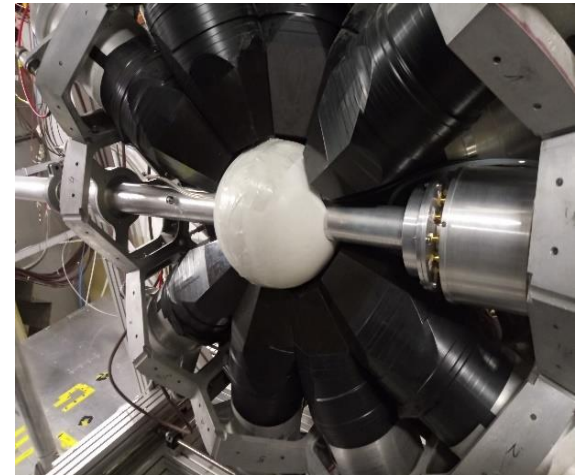
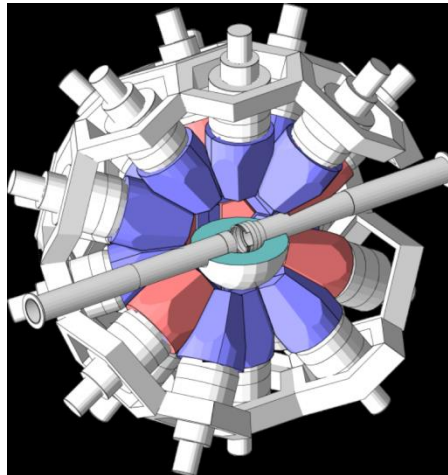
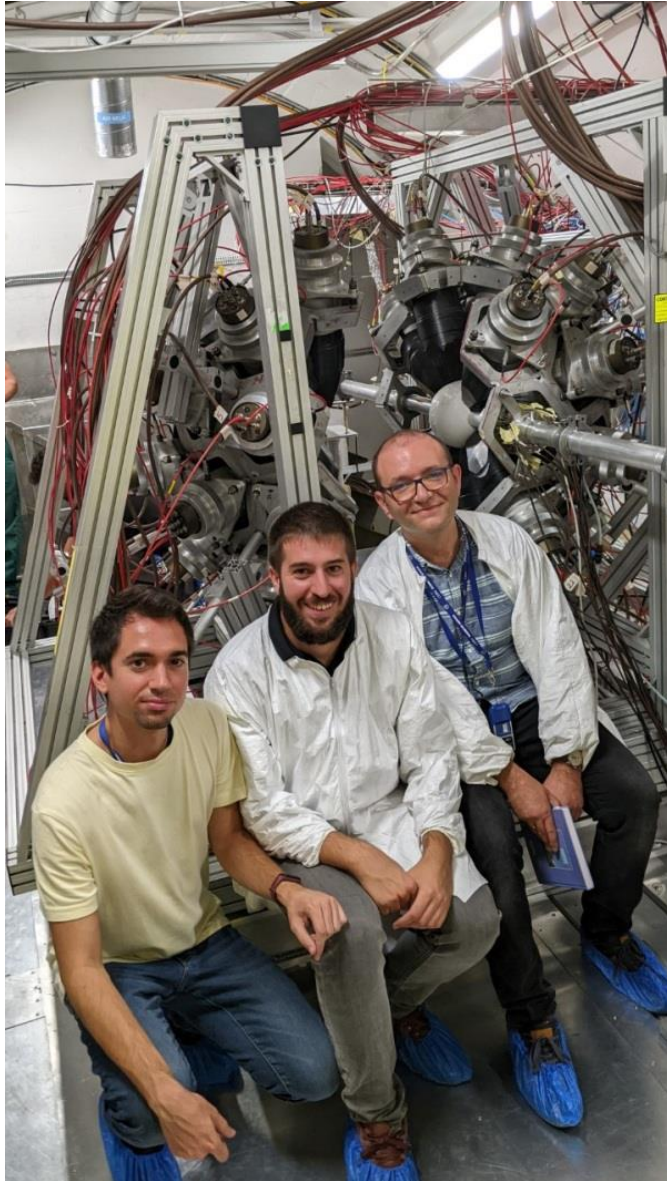
EAR1 (~180 m od tarczy spalacyjnej)

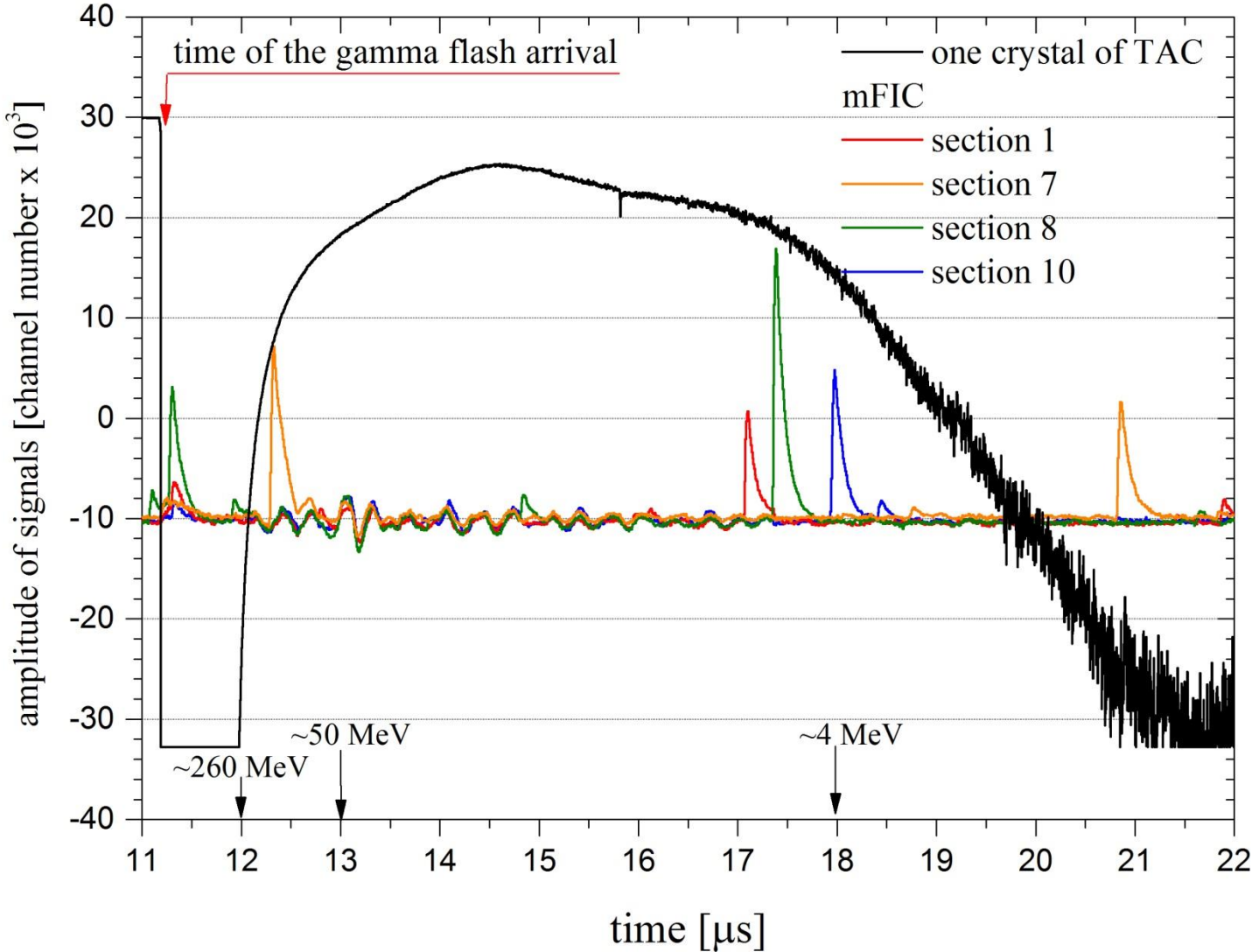


profile



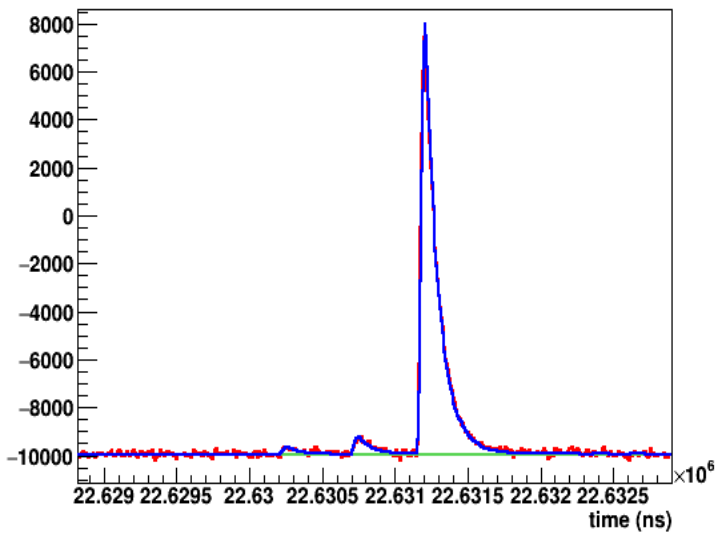
Eksperyment w CERN



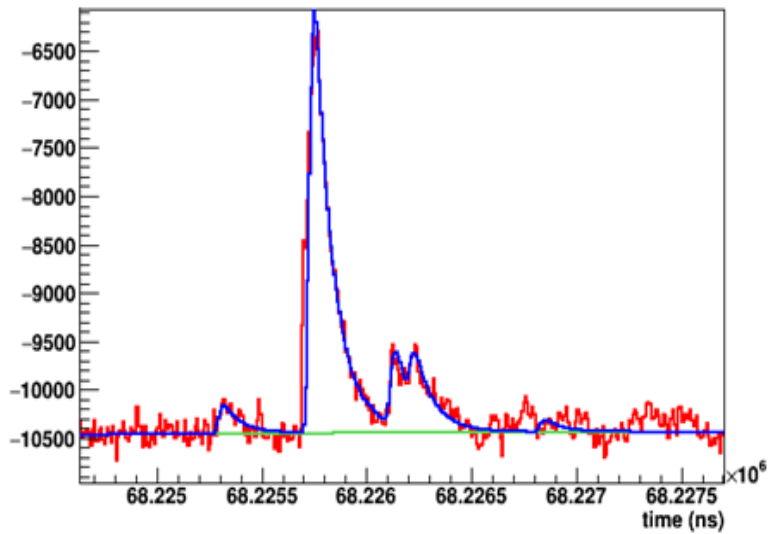


Eksperyment w CERN

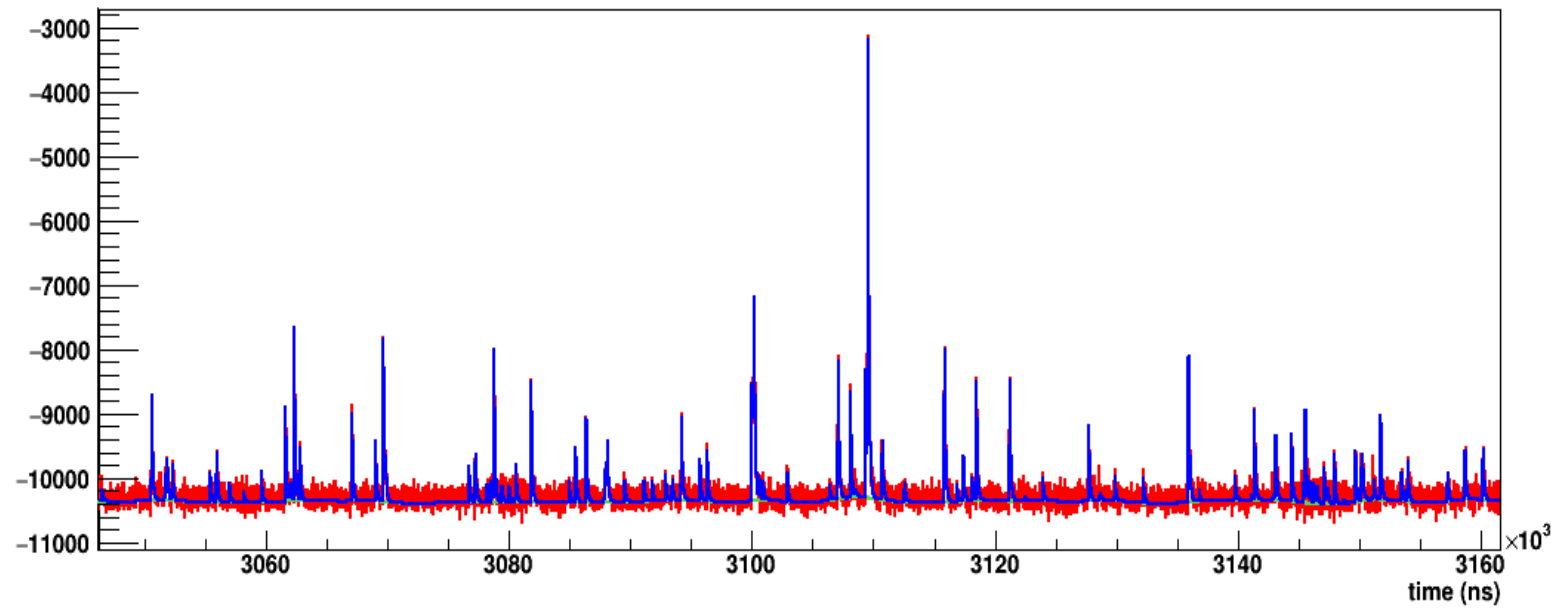
Run 114250 FICH_01 Event 2 Signal 1

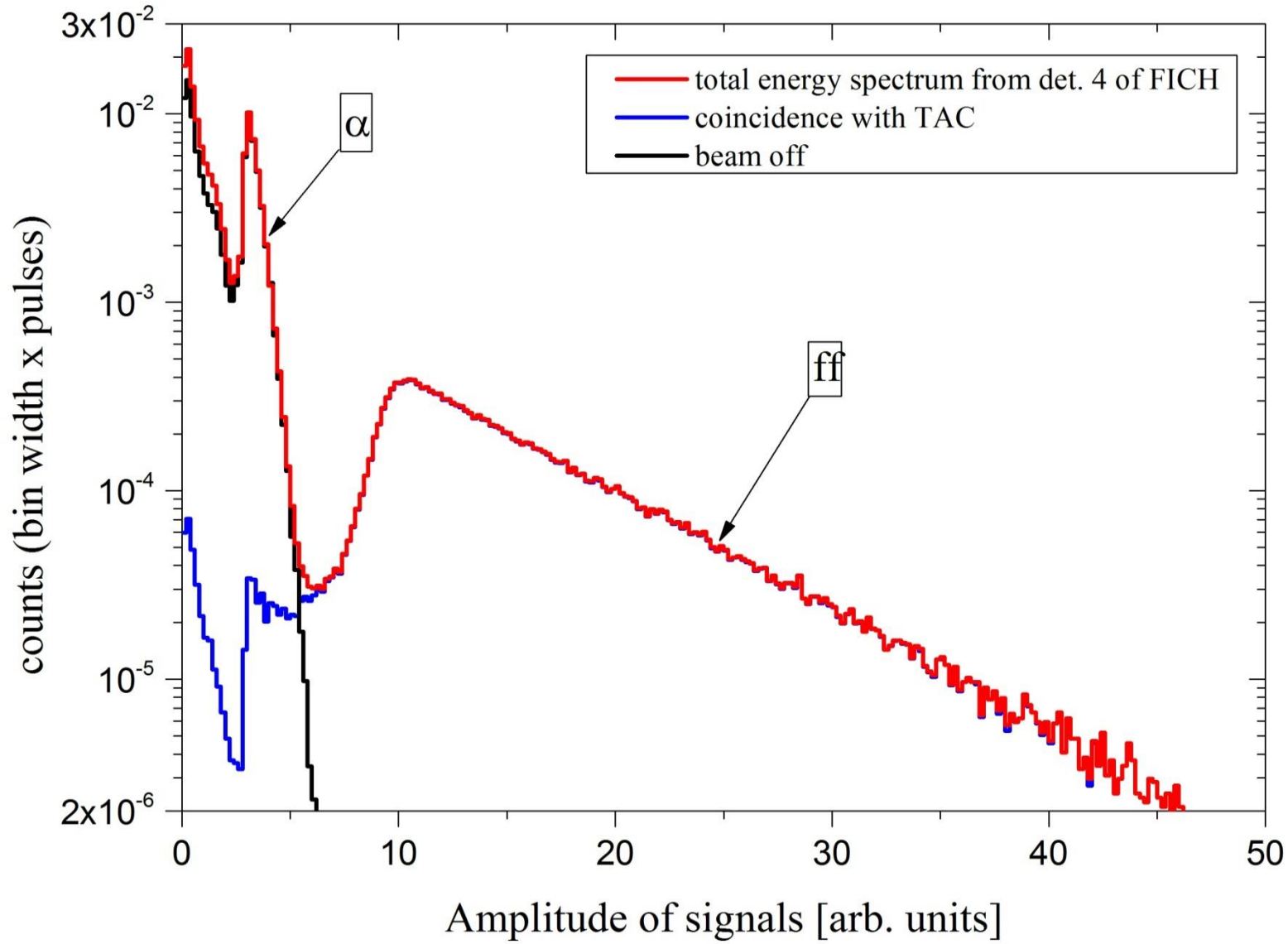


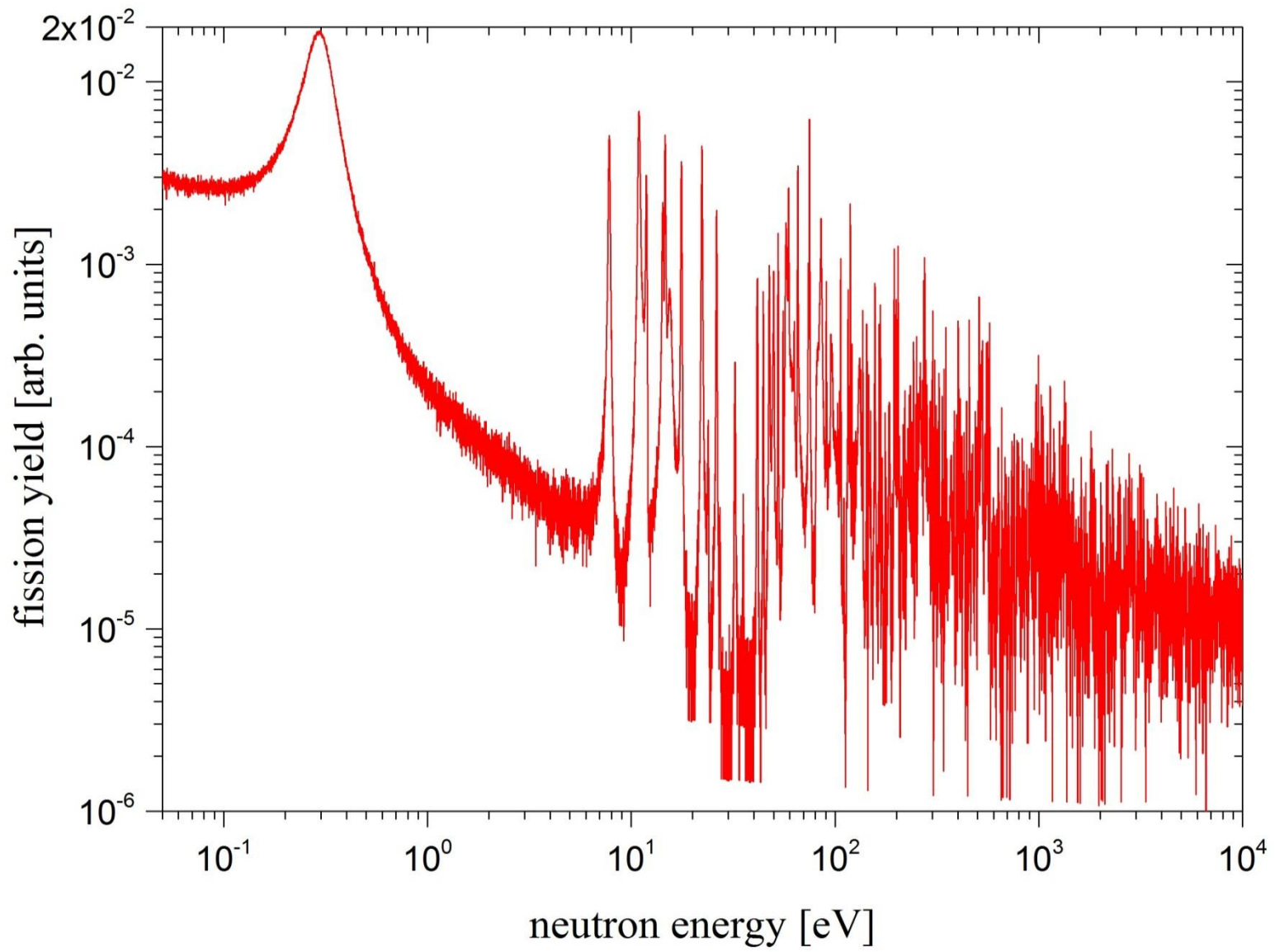
Run 114250 FICH_08 Event 1 Signal 1

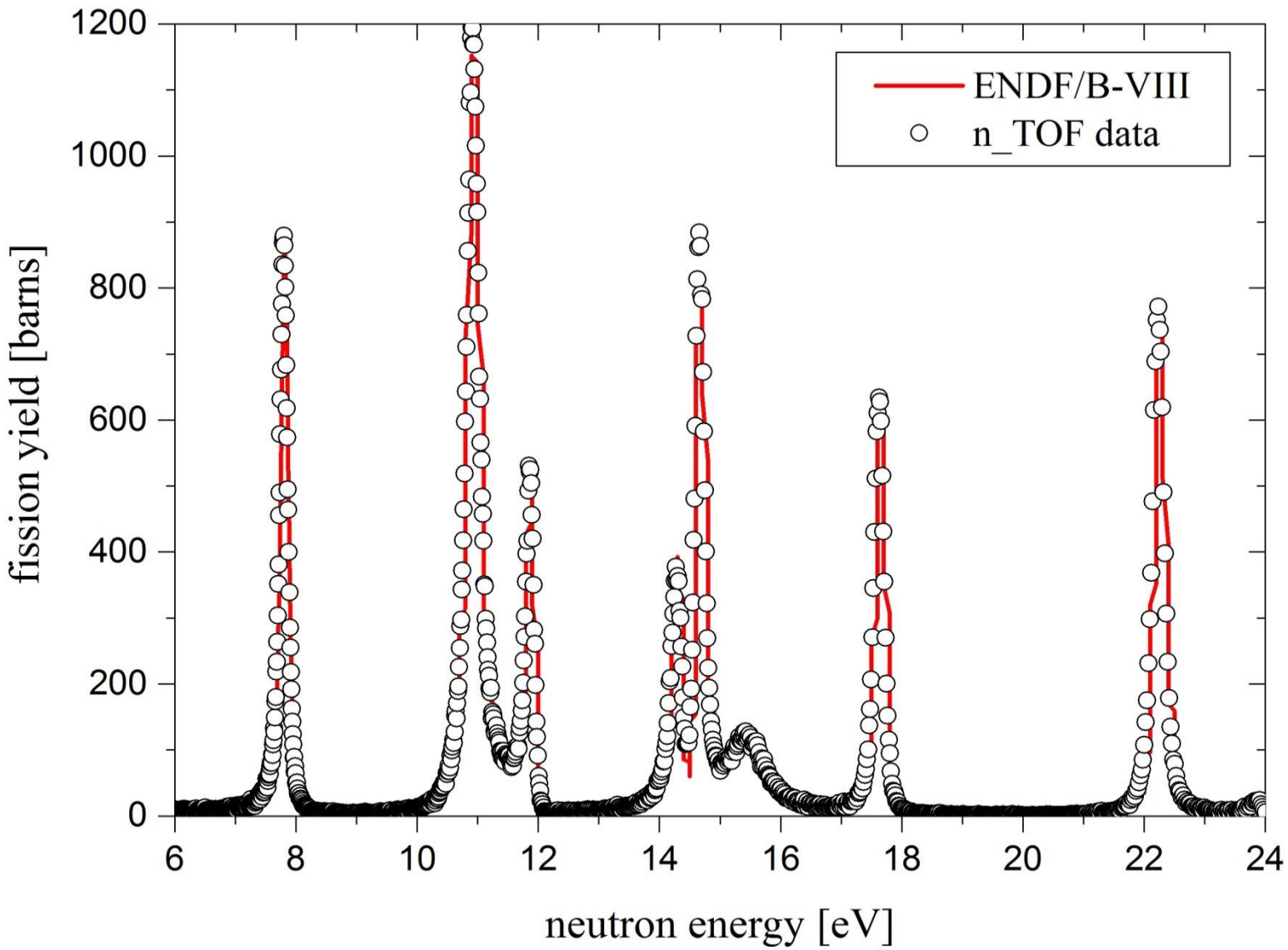


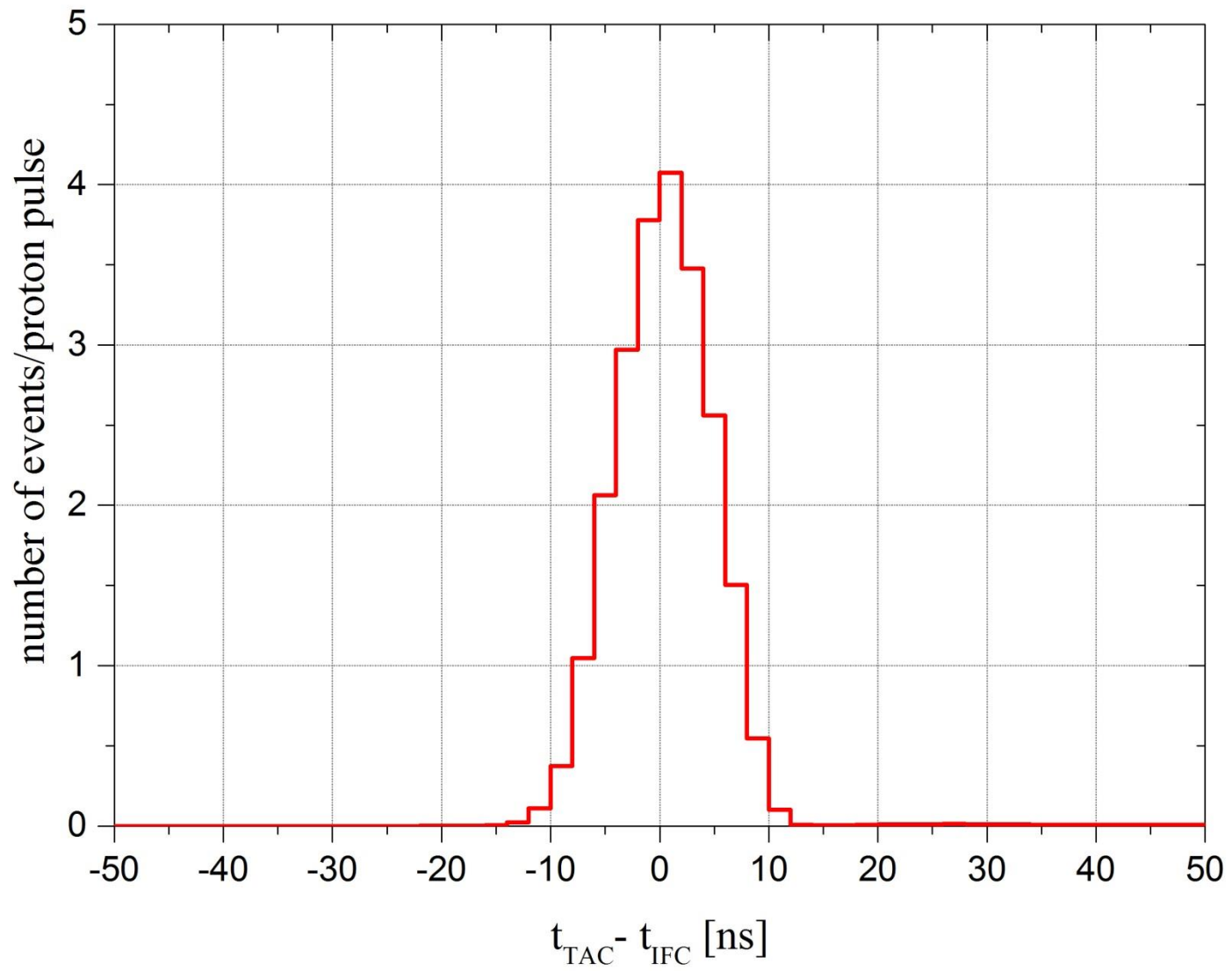
Run 114250 FICH_10 Event 1 Signal 1

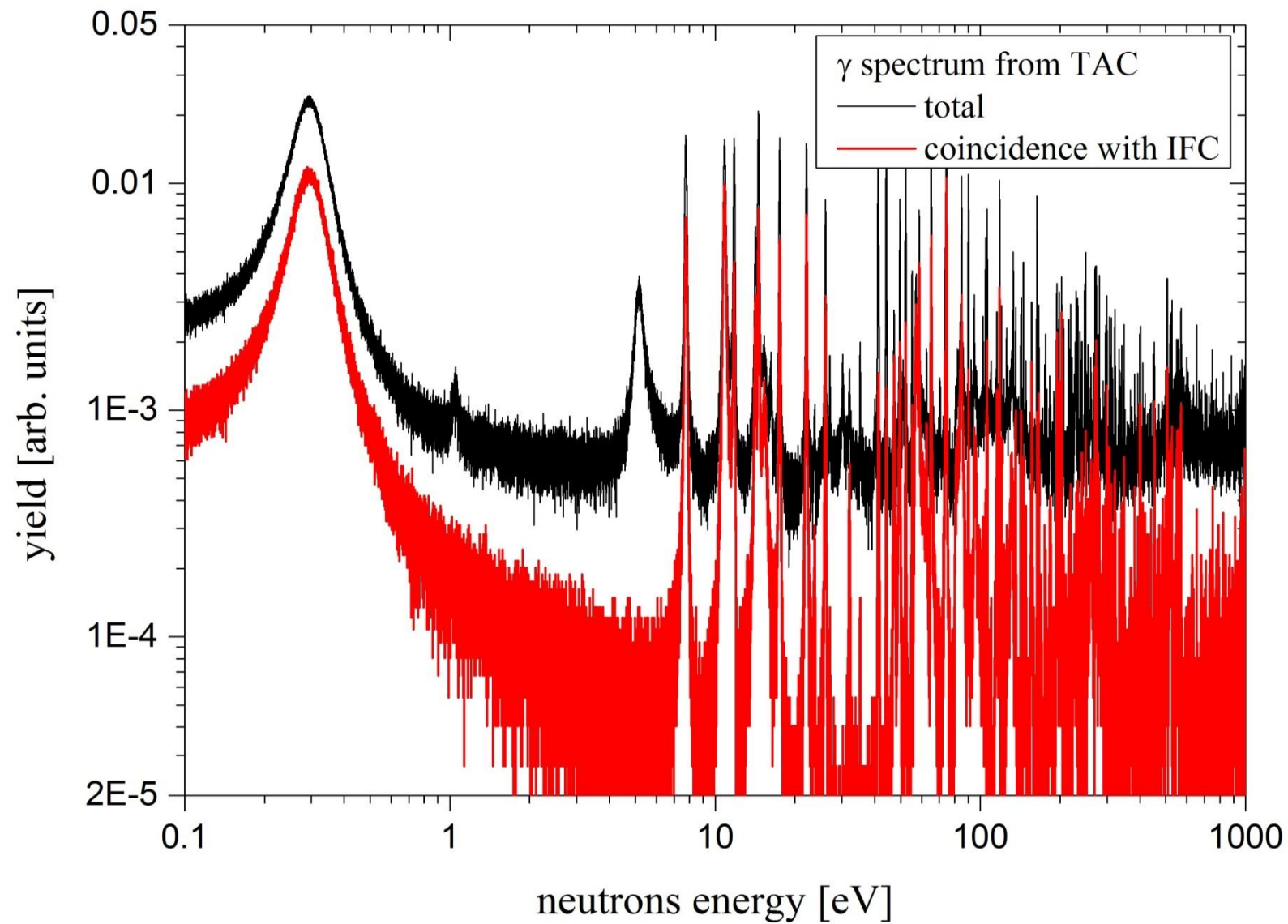












- Wielosekcyjna komora jonizacyjna zbudowana przez nas zespół została wykorzystana w eksperymencie przeprowadzonym w CERN przy spalacyjnym źródle neutronów.
- Celem tego eksperymentu był precyzyjny pomiar przekroju czynnego na reakcję $^{239}\text{Pu}(n,\gamma)$.
- Zbudowany detektor charakteryzuje się wysoką efektywnością blisko 90% i na tyle dobrą energetyczną zdolnością rozdzielczością, aby odróżnić cząstki alfa od fragmentów rozszczepienia.
- Czas narastania impulsów z komory jonizacyjnej wynosi około 40 ns, dzięki zastosowanej mieszance gazowej (90% Ar +10% CF₄, V_D ~ 10 cm/μs).

- Detektor charakteryzuje się również znaczącą odpornością na sygnał „gamma flash” obecny w trakcie pomiarów przy spalacyjnym źródle neutronów w CERN.
- Budowa tego detektor fragmentów rozszczepień była jednym z celów międzynarodowego projektu SANDA nr 847552 w ramach programu Horyzont 2020, którego jako Uł jesteśmy współwykonawcami oraz projektu NCN o numerze UMO-2021/41/B/ST2/00326 .
- W trakcie eksperymentu trwającego 2 miesiące w CERN zebrano około ~PB surowych danych i trwa nadal ich analiza.