

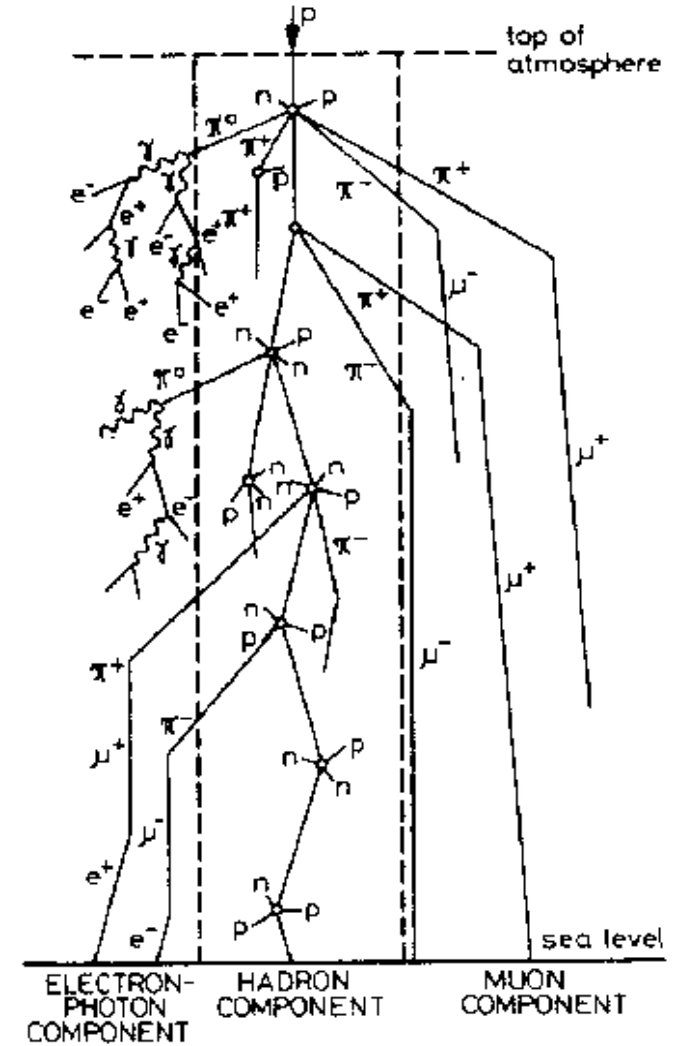
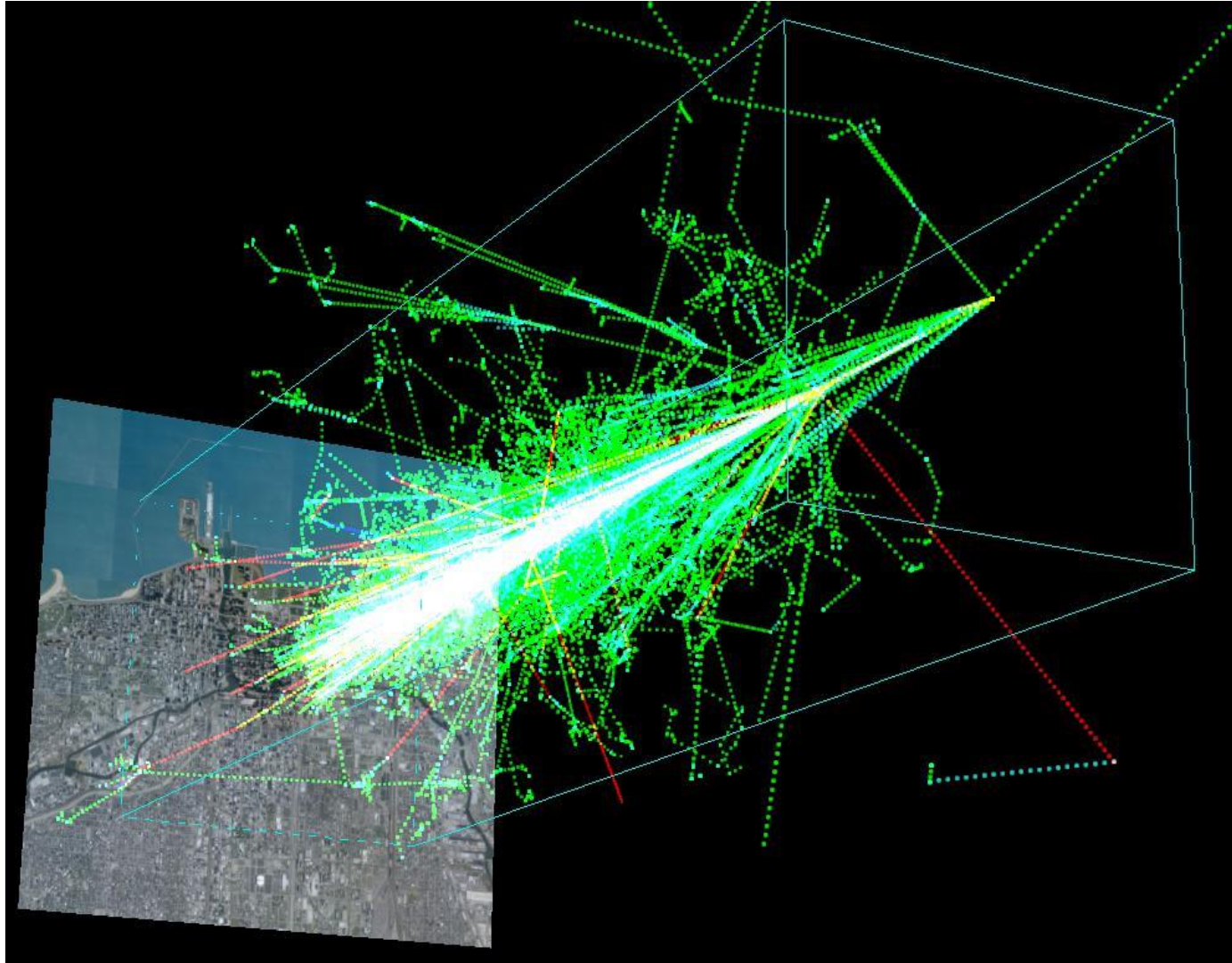


ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ МЮОННОЇ ТОМОГРАФІЇ для неруйнівного контролю стану ядерного палива в контейнерах HI-STORM

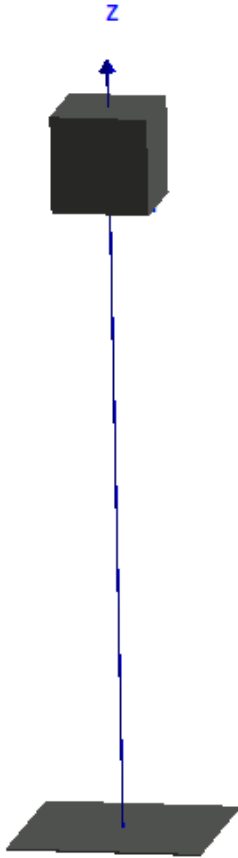
П. М. Куцин, Х. В. Грицюк, А. В. Носовський, В. І. Гулік

Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, м. Київ, Україна

Первинні космічні промені утворюють вторинні частки та утворюють мюоний потік



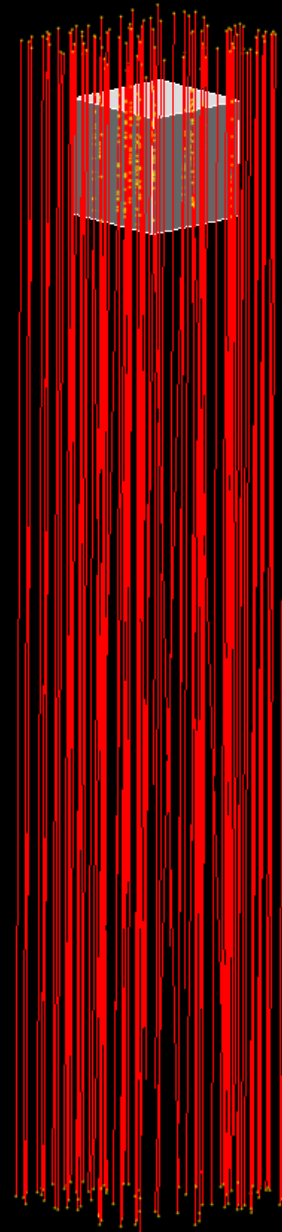
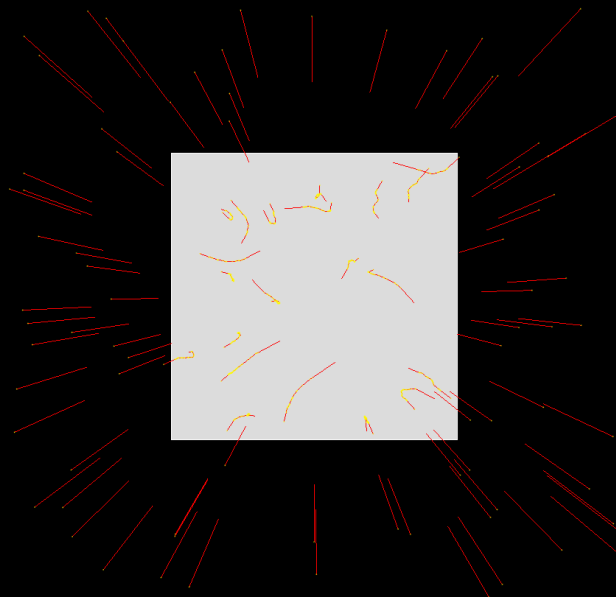
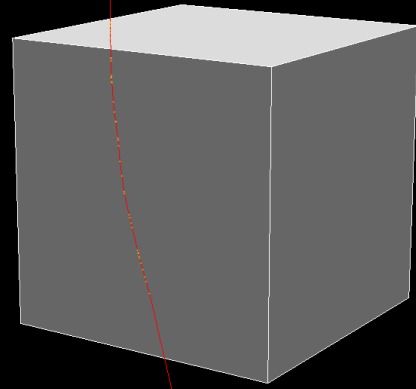
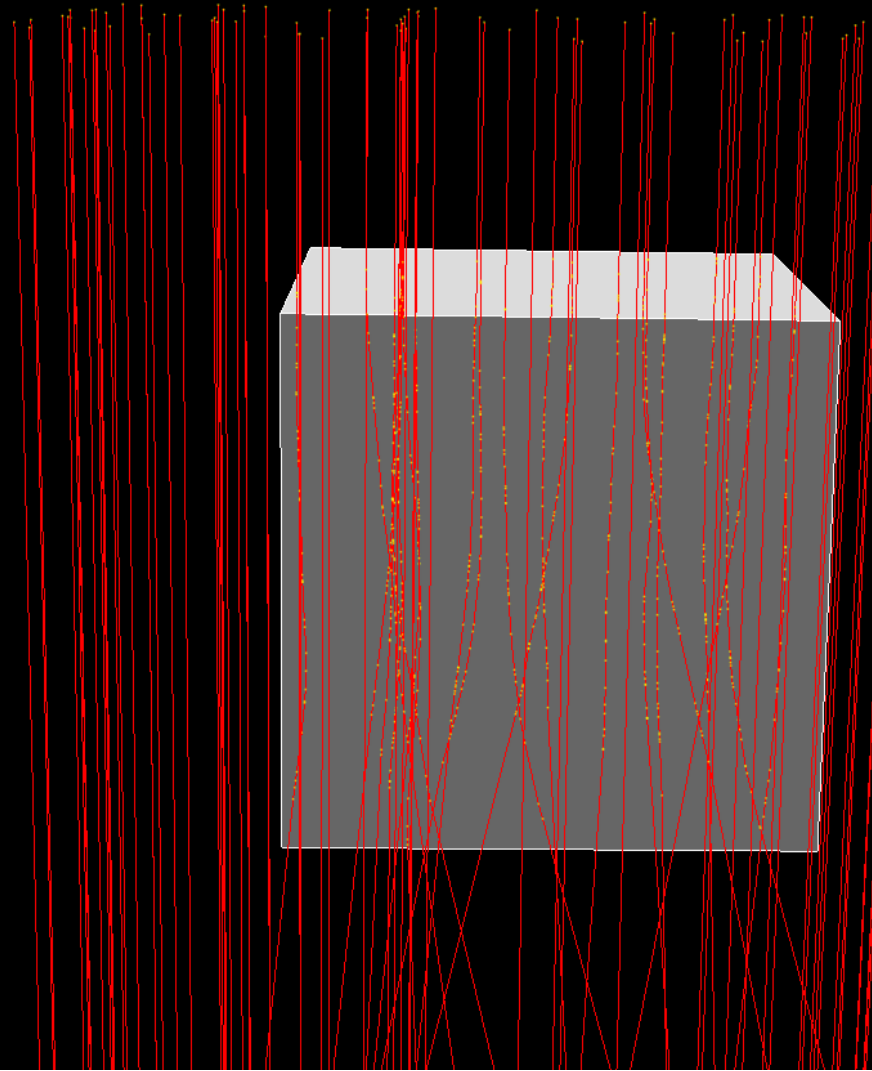
Проста дослідна модель створена у GEANT4 та MCNP для проведення кросверіфікації



Опис:

- плоске джерело мюонів розмірами 100 x 100 см;
- центр джерела мюонів розташований у центрі системи координат;
- об'єкт дослідження - це куб з розмірами ребер 50 см;
- куб розташований на відстані 25 см від центра джерела та 325 см від центра детектора;
- плоский детектор з розмірами 100 x 100 см містить 100 вокселей, які в свою чергу реєструють мюони, що влучають у них

Модель куба



Крос-верифікація даних, отриманих з датчика, за допомогою GEANT4 та MCNP при опроміненні оксиду урана

9,99E-03	1,00E-02	9,99E-03	1,00E-02	1,01E-02	9,93E-03	9,87E-03	9,94E-03	1,01E-02	9,92E-03
1,02E-02	9,94E-03	9,97E-03	9,95E-03	1,00E-02	1,03E-02	9,80E-03	9,97E-03	9,92E-03	9,97E-03
1,01E-02	9,96E-03	7,44E-03	4,95E-03	5,05E-03	4,95E-03	4,98E-03	7,42E-03	1,01E-02	1,00E-02
1,01E-02	9,88E-03	5,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,06E-03	9,84E-03	9,88E-03
9,91E-03	1,01E-02	4,93E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,16E-03	9,96E-03	9,92E-03
1,01E-02	4,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,83E-03	9,93E-03	9,78E-03	9,89E-03
9,89E-03	9,97E-03	4,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,00E-03	9,93E-03	1,01E-02
1,02E-02	1,00E-02	7,43E-03	5,00E-03	5,07E-03	4,91E-03	4,98E-03	7,57E-03	9,88E-03	9,94E-03
1,00E-02	9,93E-03	9,88E-03	1,01E-02	1,02E-02	1,02E-02	1,00E-02	9,97E-03	9,98E-03	9,84E-03
1,01E-02	1,01E-02	1,01E-02	9,91E-03	9,97E-03	9,88E-03	1,01E-02	1,00E-02	9,92E-03	1,01E-02

GEANT4

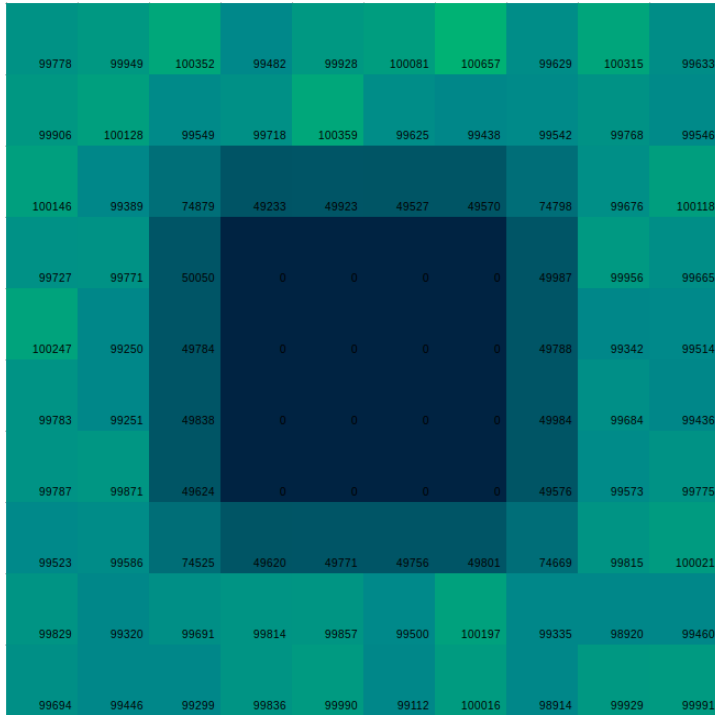
1,03E-02	9,98E-03	1,00E-02	9,99E-03	1,01E-02	9,78E-03	1,00E-02	1,00E-02	9,89E-03	1,01E-02
9,82E-03	9,82E-03	1,01E-02	9,97E-03	9,95E-03	1,02E-02	1,00E-02	9,98E-03	1,01E-02	9,91E-03
9,86E-03	9,95E-03	7,68E-03	4,96E-03	4,90E-03	4,94E-03	5,04E-03	7,42E-03	9,96E-03	9,85E-03
1,01E-02	1,01E-02	4,99E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,97E-03	9,84E-03	1,01E-02
9,88E-03	9,78E-03	4,98E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,12E-03	1,00E-02	9,97E-03
1,01E-02	1,00E-02	4,91E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,03E-03	9,90E-03	9,89E-03
9,85E-03	9,86E-03	5,00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,02E-03	9,82E-03	1,01E-02
1,02E-02	1,02E-02	7,46E-03	4,93E-03	5,08E-03	4,95E-03	4,87E-03	7,42E-03	9,90E-03	1,01E-02
9,82E-03	1,01E-02	1,01E-02	9,91E-03	9,86E-03	9,95E-03	9,97E-03	1,01E-02	1,01E-02	1,01E-02
1,00E-02	1,00E-02	9,97E-03	9,82E-03	9,89E-03	9,82E-03	9,94E-03	1,01E-02	9,91E-03	9,98E-03

MCNP

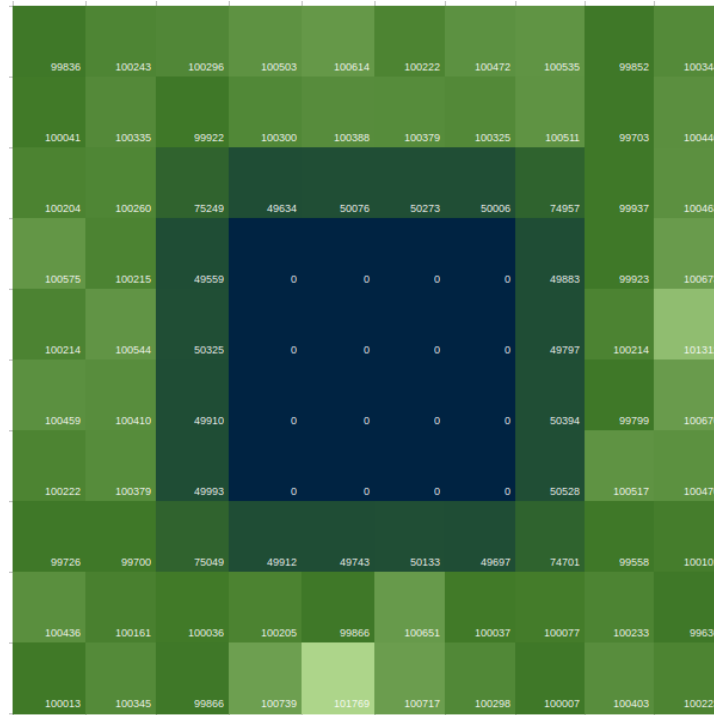
2,81	-0,17	0,18	-0,45	0,12	-1,48	1,58	0,89	-1,96	1,89
-3,40	-1,22	0,95	0,16	-0,59	-0,85	2,07	0,14	1,37	-0,59
-2,82	-0,06	3,24	0,10	-2,97	-0,08	1,10	0,03	-1,32	-1,94
0,05	1,89	-1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,92	0,04	1,77
-0,30	-3,45	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,78	0,51	0,53
0,12	104,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-49,31	1,26	-0,05
-0,42	-1,11	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	-1,14	0,02
0,35	1,59	0,34	-1,34	0,16	0,69	-2,27	-1,98	0,22	1,53
-1,94	1,83	1,83	-2,25	-3,63	-2,17	-0,33	1,35	1,02	2,31
-0,94	-0,51	-1,72	-0,89	-0,75	-0,56	-1,37	1,25	-0,19	-0,77

Верифікація GEANT та MCNP

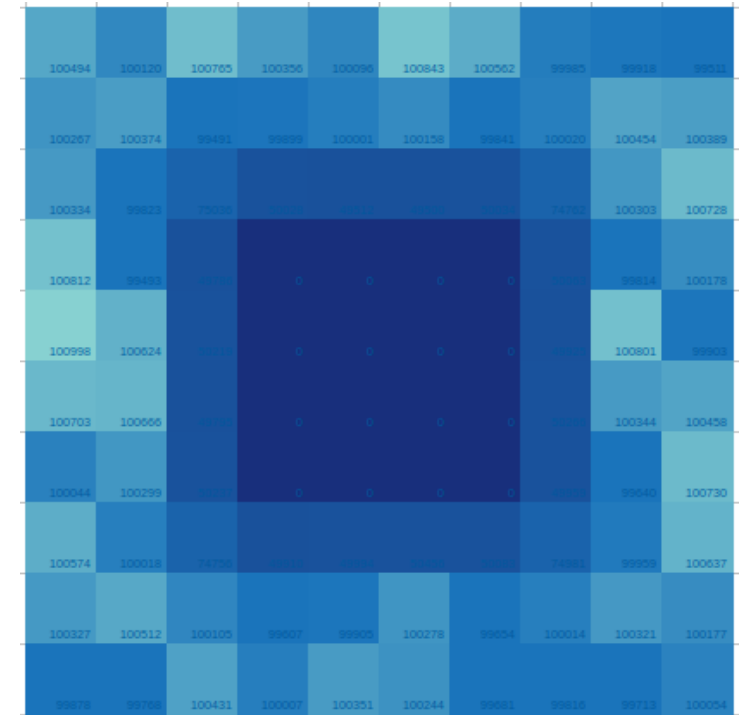
Дані з датчика, змодельовані в GEANT4, при опроміненні сталі, дерева, води



Сталь

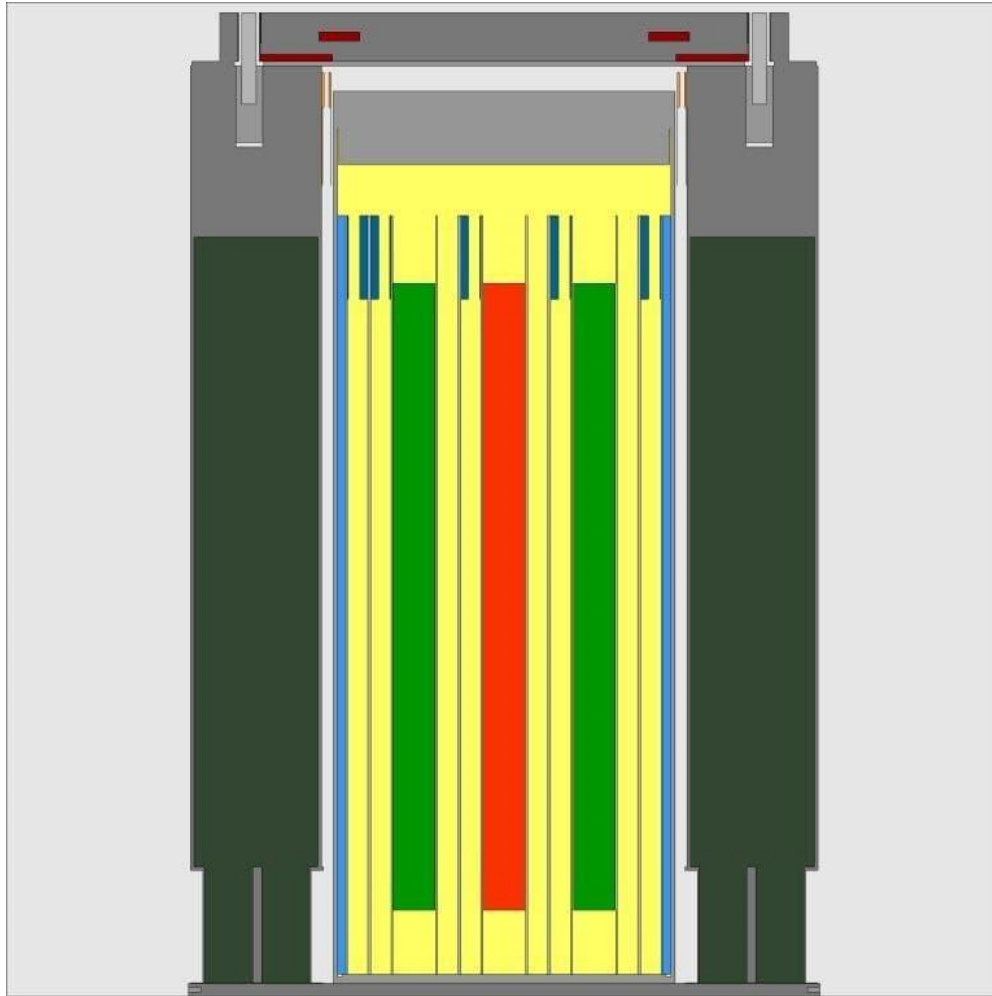


Дерево

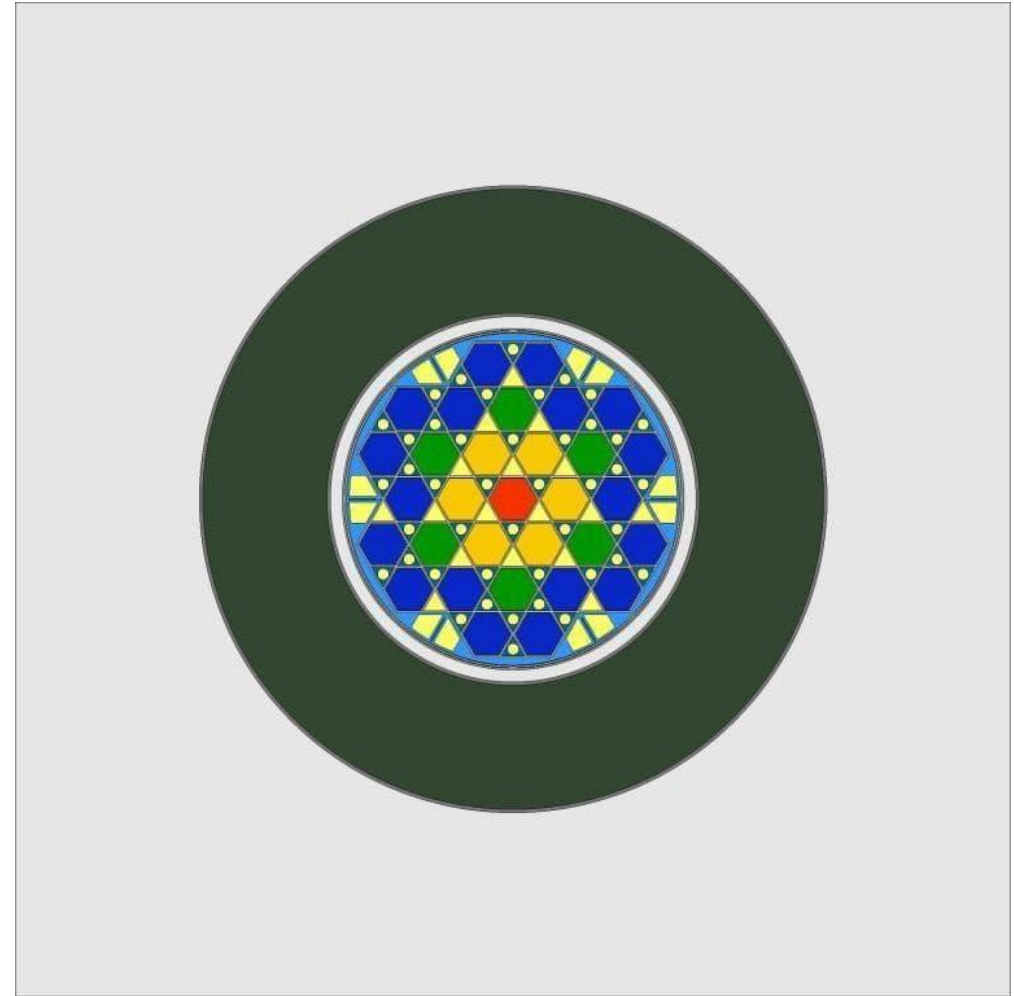


Вода

Модель HI-STORM, створена у MCNP



Контейнер HI-STORM,
розріз



Контейнер HI-STORM,
вид зверху

Мюонна томографія - новітній безпечний спосіб:

- неруйнівного контролю цілісності відпрацьованого ядерного палива,
- моніторингу матеріалів, що знаходяться всередині сховища.