

# PIHENTETŐ MEDENCE BURKOLATÁT ÉRŐ DÓZISTERHELÉS BECSLÉSE

CSURGAI JÓZSEF<sup>1</sup>, SOLYMOSI JÓZSEF<sup>1</sup>, SOLYMOSI MÁTÉ<sup>1</sup>,  
NAGY GÁBOR<sup>1</sup>, BUJTÁS TIBOR<sup>2</sup>, MARUSA ANDOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SOMOS KFT.

<sup>2</sup>MVM PAKSI ATOMERŐMŰ ZRT.

**MVM** Paksi  
Atomerőmű



LI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam  
Balatonalmádi, 2026. április 14-16.

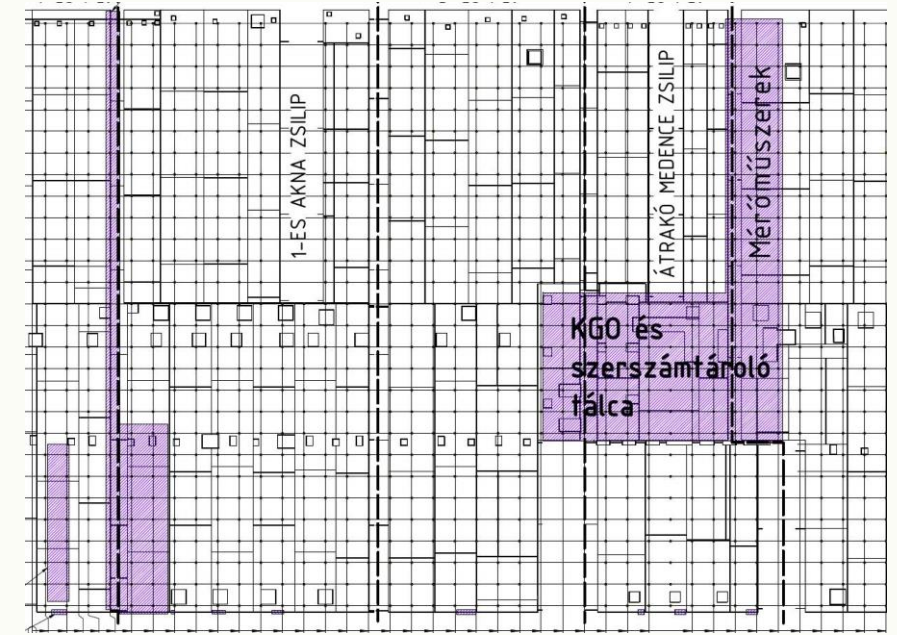
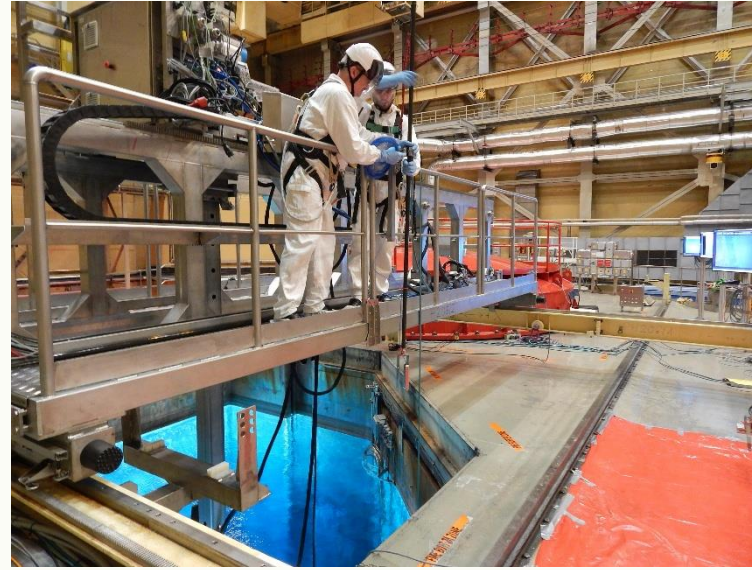
# FELADAT:

Méréssel meghatározni a pihentető medence falának dózisterhelését

Részfeladatok:

- Elméleti számítások a fal terhelésének megbecslésére;
- Megfelelő mérőeszköz beszerzése;
- A mérőeszköz tokozása, illesztése;
- Mérési eljárás kidolgozása;
- Tesztmérés végrehajtása.

# Színhely: 2. blokk, pihentető medence

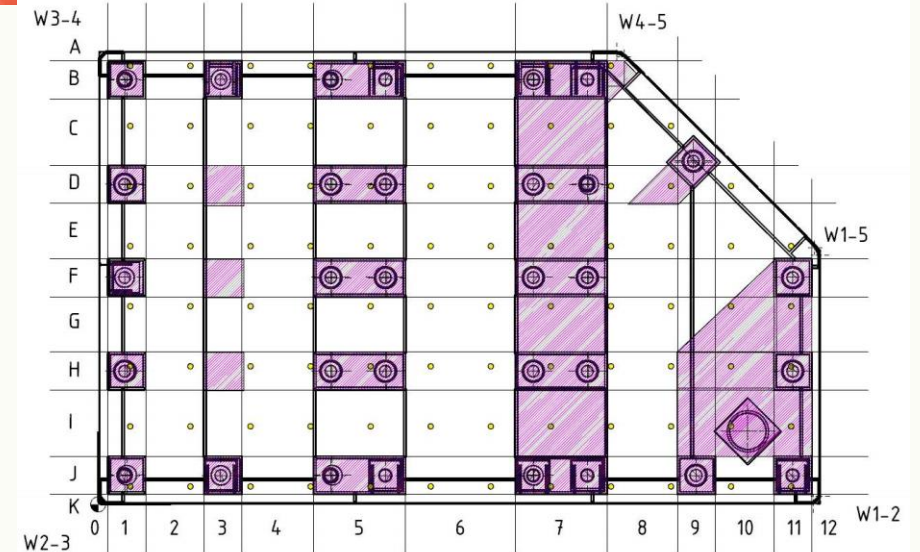


A feladat: Fali dózisterhelés meghatározása

- nem fémes technika esetén;
- ragasztásos technika;
- anyagszerkezet állapota dózisfüggő.

Együttműködő: HEPENIX Kft.

- A Hepenix Nuclear Pool Robot a PIHMED projekt tisztítási és NDT feladatait hajtja végre.
- Hepenix berendezésének bázisán telepítjük a műszerünket.
- Az illesztést, szerelést főként a Hepenix végzi.



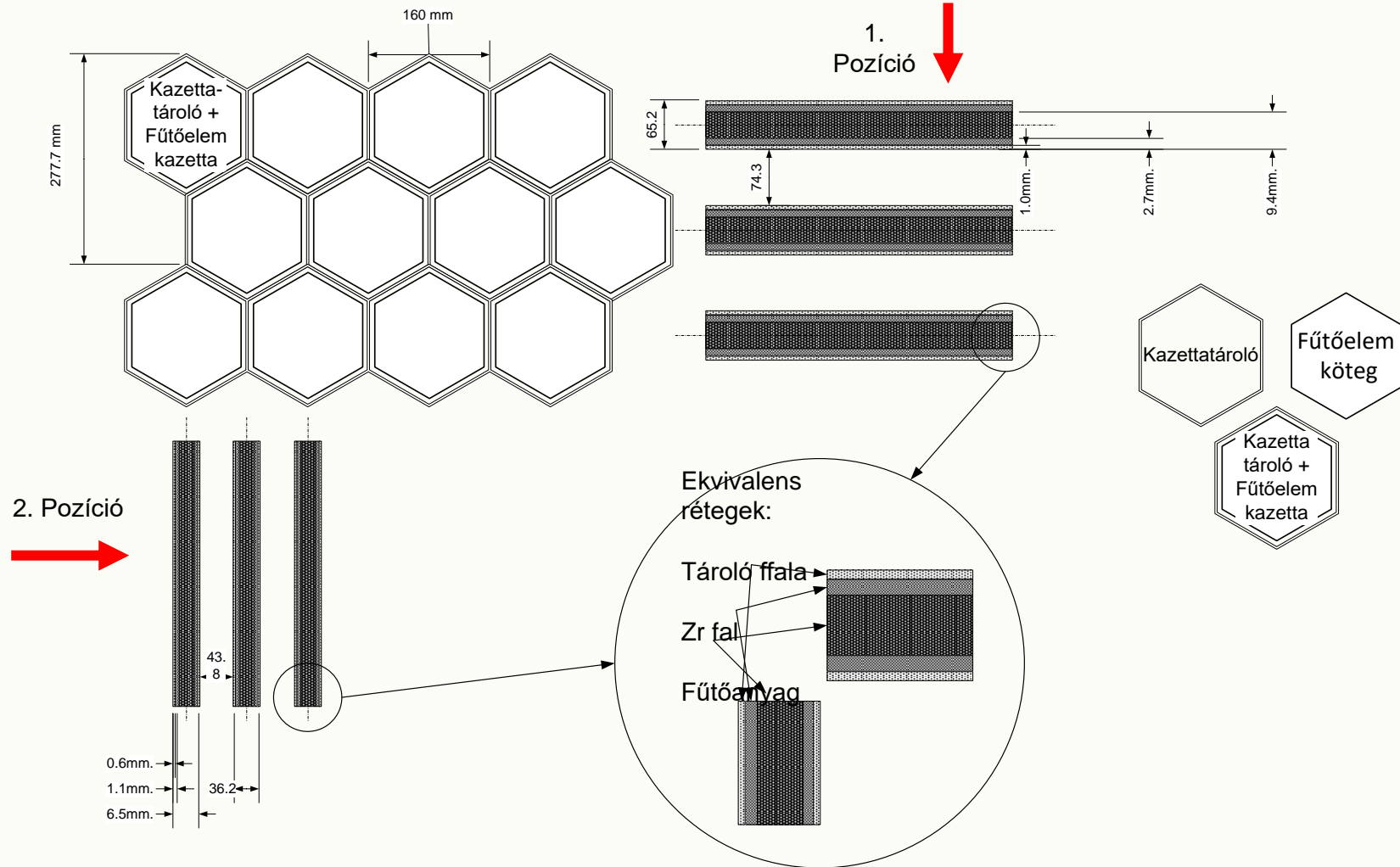
# Elméleti számítások, matematikai-fizikai modell felépítése

- Szerkezeti modell (gyengítés, buildup)
- Forrástag, izotópleltár (gammásugárzó izotópok, egyensúlyok)
- Aktivitás – Dózisteljesítmény konverzió (MicroShield<sup>®</sup>)
- Dózisteljesítmény – idő függvény

Megszorítások, közelítések, elhanyagolások:

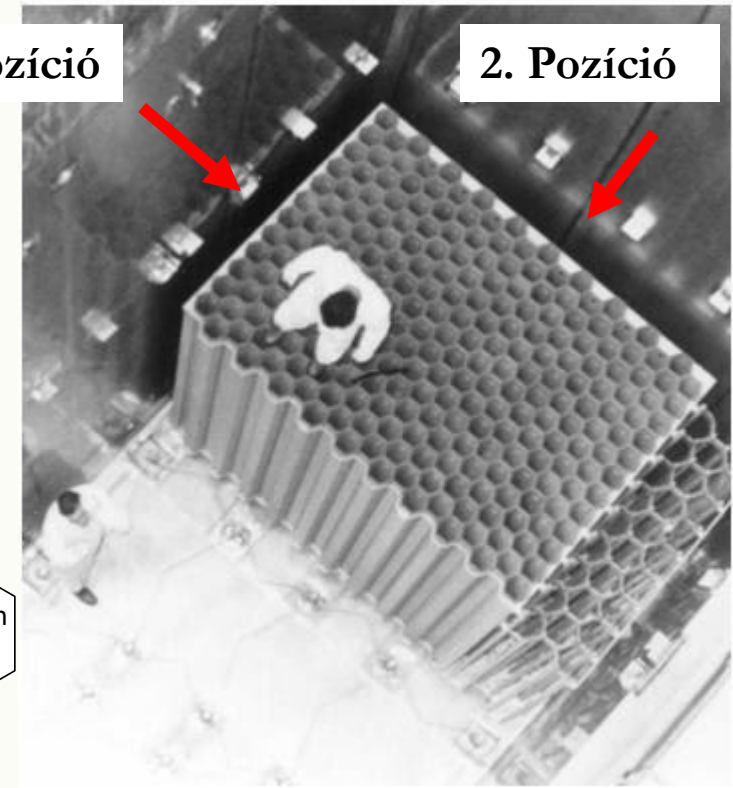
- a számítások konzervatívak;
- a fűtőanyagban az izotópok eloszlása egyenletes;
- a fűtőelem-kötegek identikusak és nedves pihentetésre lettek kirakva;
- a számítások a leállást követő 5. naptól történnek;
- a dózisterhelés számítása 3 és 5 évre történik.

# Szerkezeti modell: ekvivalens keresztmetszetek



1. Pozíció

2. Pozíció



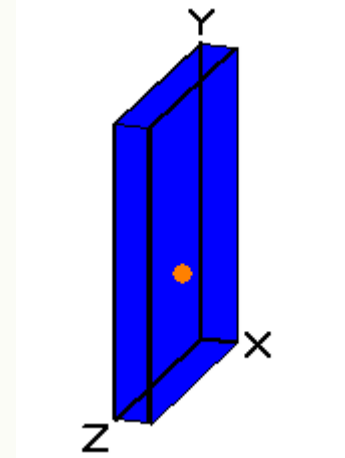
# Forrástag, izotópleltár

- $\Sigma$  kb. 520 izotóp (leállás pillanatában - fikció);
- Az összes egyensúly: ideális, tranziens, szekuláris;
- Leállás utáni 5. nap: 100 gamma-sugárzó izotóp (5 év múlva 28);
- Manuálisan végigértékelve: egyensúly, hozam, VBA makrókóddal időfüggést számítva;
- Eredmény: gamma-sugárzó izotópok számítása 5. naptól 5 év időtartamban;

Sorszám	Izotóp	Aktivitás az U fűtőanyag rétegben	Sorszám	Izotóp	Aktivitás az U fűtőanyag rétegben	Sorszám	Izotóp	Aktivitás az U fűtőanyag rétegben
1	Ag-108m	1.16E+07	34	I-132	2.49E+16	67	Sb-124	1.26E+13
2	Ag-110	1.84E+14	35	I-133	1.97E+15	68	Sb-126	1.34E+13
3	Ag-110m	1.84E+14	36	In-114	1.14E+09	69	Sb-127	1.8E+15
4	Ag-111	1.97E+15	37	In-114m1	1.14E+09	70	Sb-129	73265058
5	As-76	4.91E+10	38	In-115m	3.79E+06	71	Sm-153	3.64E+15
6	As-77	1.30E+13	39	La-140	7.23E+16	72	Sn-117m	3.85E+11
7	Ba-135m	5.27E+11	40	La-141	5.82E+07	73	Sn-119m	4.02E+12
8	Ba-140	6.93E+16	41	Mo-99	2.69E+16	74	Sn-123	2.51E+13
9	Br-82	1.38E+13	42	Nb-94	4.66E+06	75	Sn-125	3.68E+14
10	Cd-115	9.06E+13	43	Nb-95	7.59E+16	76	Sn-126	2.89E+10
11	Cd-115m	2.63E+13	44	Nb-95m	1.94E+14	77	Sr-91	9.35E+12
12	Ce-141	7.65E+16	45	Nb-96	4.10E+12	78	Tb-158	11803143
13	Ce-143	6.29E+15	46	Nb-97	1.32E+09	79	Tb-160	3.34E+13
14	Ce-144	6.30E+16	47	Nb-97m	2.35E+10	80	Tb-161	3.21E+13
15	Cs-132	1.93E+09	48	Nd-147	2.46E+16	81	Tc-99m	7.76E+12
16	Cs-134	7.66E+15	49	Pd-109	3.57E+13	82	Te-123m	7.87E+11
17	Cs-136	1.53E+15	50	Pm-146	3.20E+07	83	Te-125m	6.39E+13
18	Cs-137	5.74E+15	51	Pm-147	9.90E+15	84	Te-127	6.68E+14
19	Eu-152	4.54E+11	52	Pm-148	5.05E+15	85	Te-127m	6.84E+14
20	Eu-152m1	9.26E+08	53	Pm-148m	2.12E+15	86	Te-129	1.74E+15
21	Eu-154	5.35E+14	54	Pm-149	6.13E+15	87	Te-129m	2.73E+15
22	Eu-155	3.53E+14	55	Pm-151	5.48E+14	88	Te-131m	6.28E+14
23	Eu-156	6.11E+15	56	Pr-142	3.54E+13	89	Te-132	2.49E+16
24	Eu-157	4.30E+12	57	Pr-143	6.64E+16	90	Xe-129m	5.21E+08
25	Ga-72	2.52E+09	58	Pr-144	6.30E+16	91	Xe-131m	4.2E+14
26	Gd-159	2.66E+12	59	Rb-84	2.69E+08	92	Xe-133	6.39E+16
27	Ge-77	2.83E+10	60	Rb-86	6.28E+13	93	Xe-133m	3.6E+14
28	Ho-166	1.00E+11	61	Rh-105	6.15E+15	94	Xe-135	3.2E+12
29	Ho-166m	3.31E+06	62	Rh-106	2.73E+16	95	Y-88	4.69E+08
30	I-126	1.21E+07	63	Ru-103	7.37E+16	96	Y-91	5.85E+16
31	I-129	1.78E+09	64	Ru-105	4.08E+08	97	Y-92	4098186
32	I-130	1.77E+09	65	Ru-106	2.73E+16	98	Y-93	1.27E+13
33	I-131	3.45E+16	66	Sb-122	2.18E+13	99	Zr-95	7.97E+16
						100	Zr-97	6.32E+14

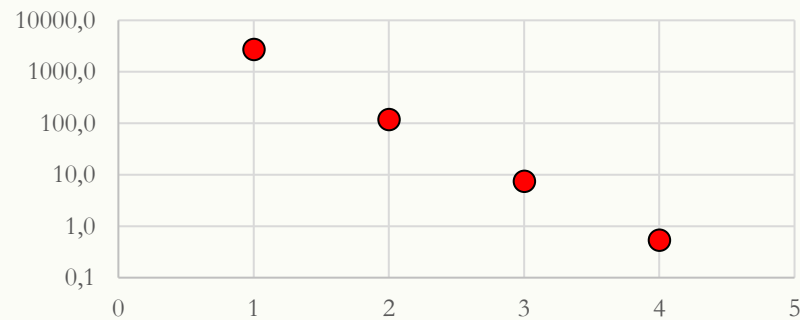
# Aktivitás - Dózisteljesítmény konverzió (MicroShield<sup>®</sup>)

Receptorpont koordinátái a forrástag geometriai középpontjával szemben					
X	Y	Z			
#	100	125			
	Mértékegység	Réteg No., Buildup faktorral számított értékek			
		1	2	3	4
X Pozíció	cm	30.2	44.2	58.1	72.05
Foton fluensteljesítmény (fluxus)	Photons/cm <sup>2</sup> /sec	1.61E+11	5.61E+09	3.24E+08	2.21E+07
Foton energia fluensteljesítmény	MeV/cm <sup>2</sup> /sec	1.78E+11	8.17E+09	5.33E+08	3.91E+07
Levegőben elnyelt dózisteljesítmény	Gy/h	<b>2724.0</b>	<b>118.6</b>	<b>7.5</b>	<b>0.5</b>
<b>Kumulatív dózisteljesítmény</b>	<b>Gy/h</b>	<b>2724.0</b>	<b>2842.6</b>	<b>2850.1</b>	<b>2850.7</b>

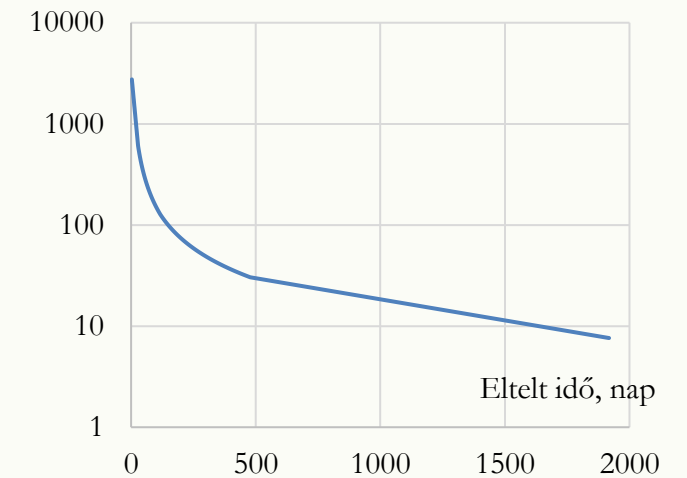
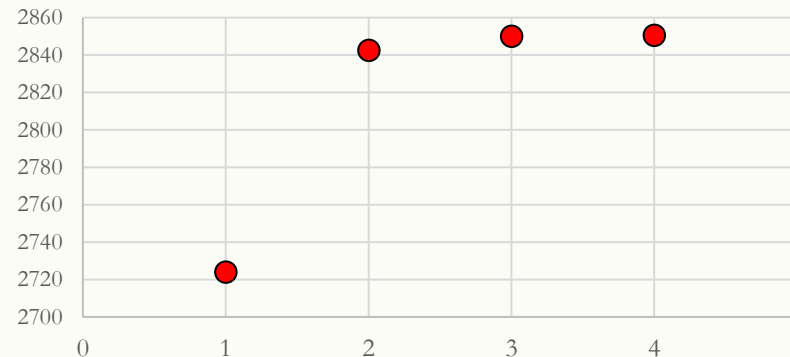


Gy/h Dózisteljesítmény – időfüggvény az 1. pozíció maximumhelyére

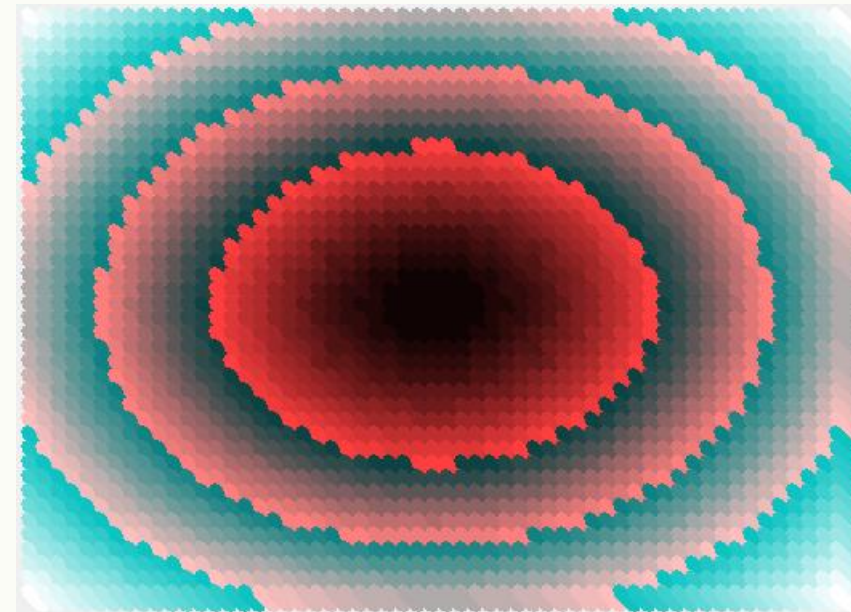
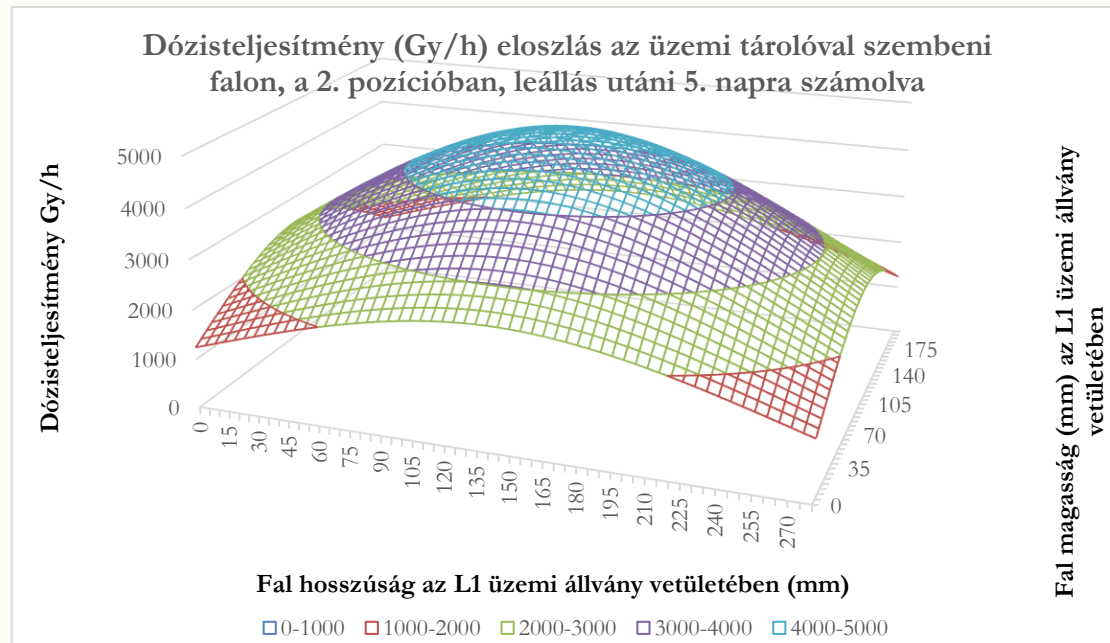
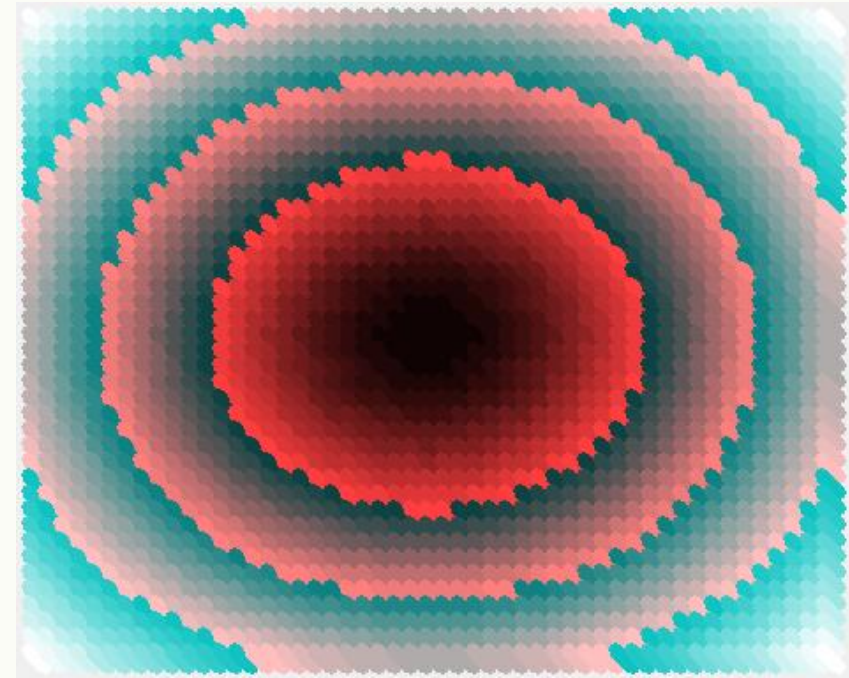
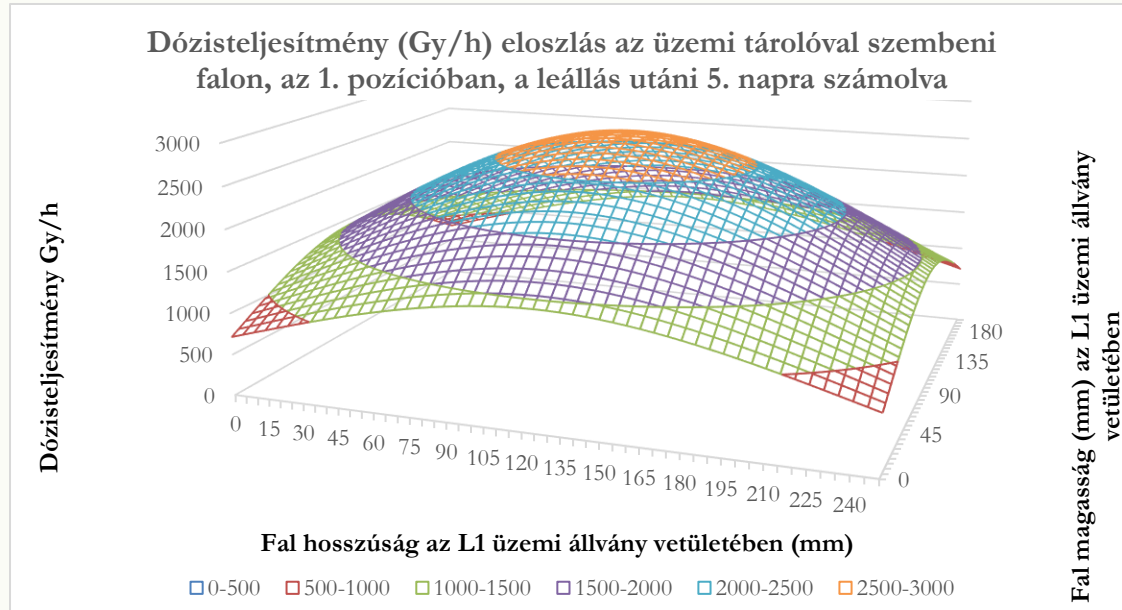
Rétegek szerinti differenciális dózisteljesítmény Gy/h (log skála)



Rétegek szerinti kumulatív dózisteljesítmény (lineáris skála)



# Dózisteljesítmény eloszlás a két vizsgált pozícióban



# A konzervatív számítások eredménye a maximális dózisterhelés receptorpontjára

## 1. Pozíció

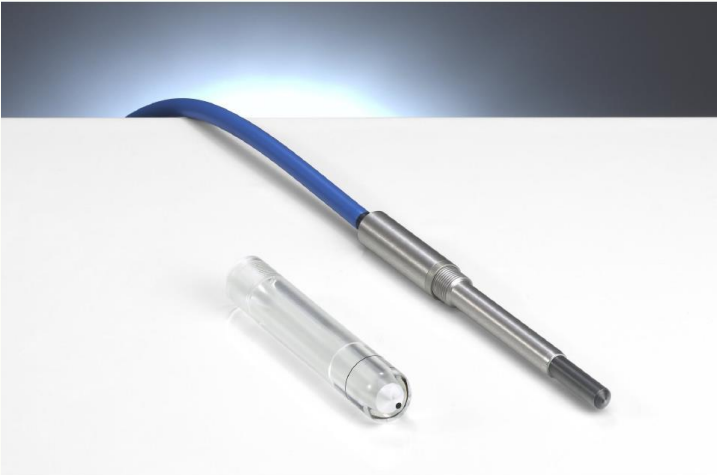
- 5 – 15 nap: 496.000 Gy
- 3 év: 2.240.000 Gy
- 5 év: 2.450.000 Gy

## 2. Pozíció

- 5 – 15 nap: 837.400 Gy
- 3 év: 3.780.000 Gy
- 5 év: 4.140.000 Gy

# Mérőeszköz: PTW gyártmány

**Detektor:** Ionizációs kamra  
“Farmer Chamber” (Tx30013)  
0,6 cm<sup>3</sup>, vízálló, de betokoztuk



**Elektrométer:**  
“UNIDOS Tango” (Tx10052)



## Dózisteljesítmény

A dózisteljesítmény vagy áram mérése a feszültségesés ellenálláson keresztüli mérése által. A mérési tartományokhoz (*LOW*, *MEDIUM* és *HIGH*) három ellenállás áll rendelkezésre. A *VERY LOW* tartomány ugyanaz, mint a *LOW*, csak a felbontás ebben az üzemmódban a *LOW*-nak tízszerese, vagyis 0,1 fA.

Mérési tartományok:

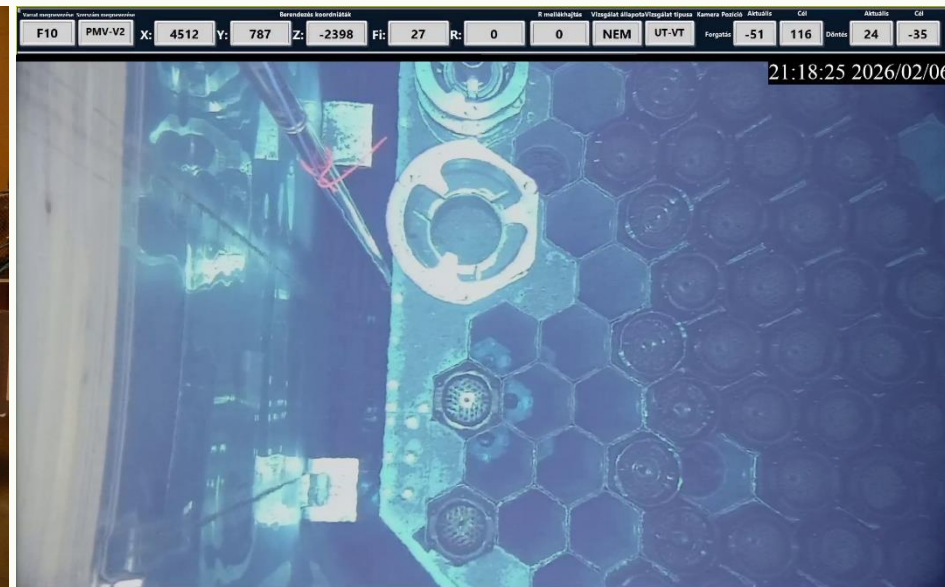
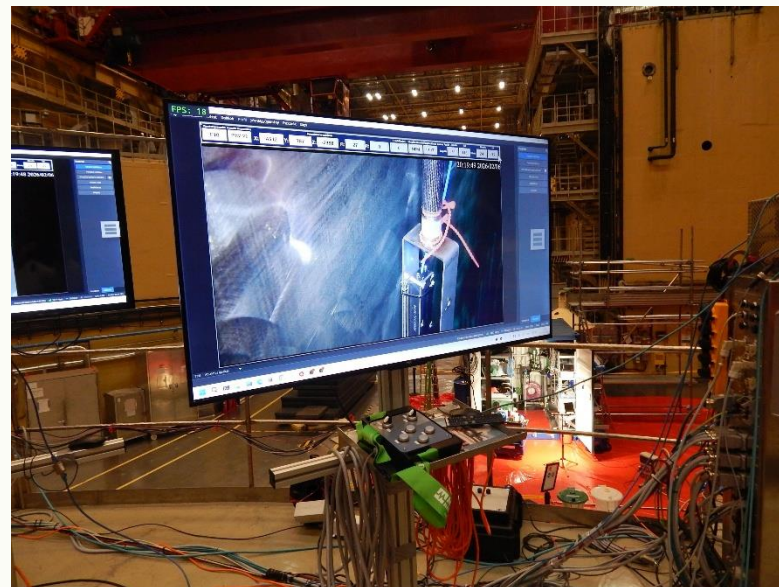
	Min.	Max.	Digitális felbontás
VERY LOW	5 μGy/s	12 mGy/s	0,1 fA
LOW	5 μGy/s	12 mGy/s	1 fA
MEDIUM	250 μGy/s	1,2 Gy/s	50 fA
HIGH	25 mGy/s	130 kGy/s	5 pA

# Tesztmérések a 2. blokkon, HEPENIX Kft. berendezésének bázisán

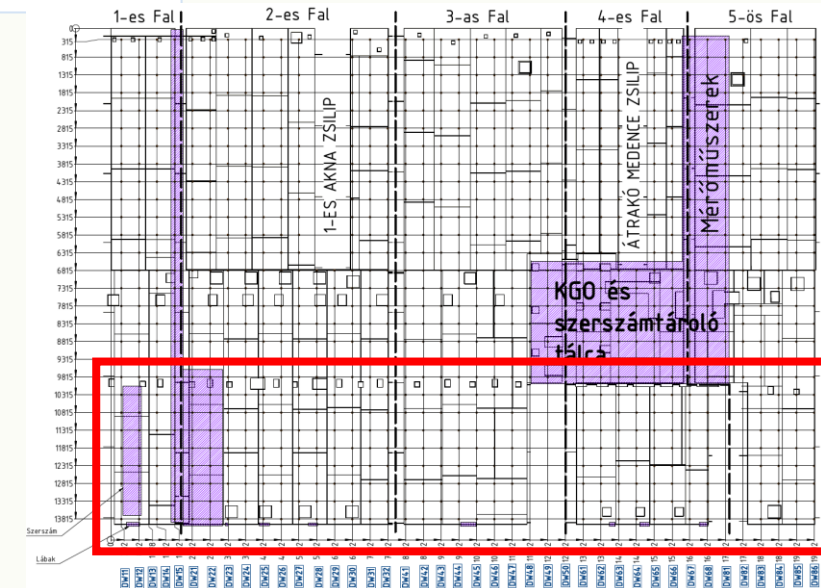
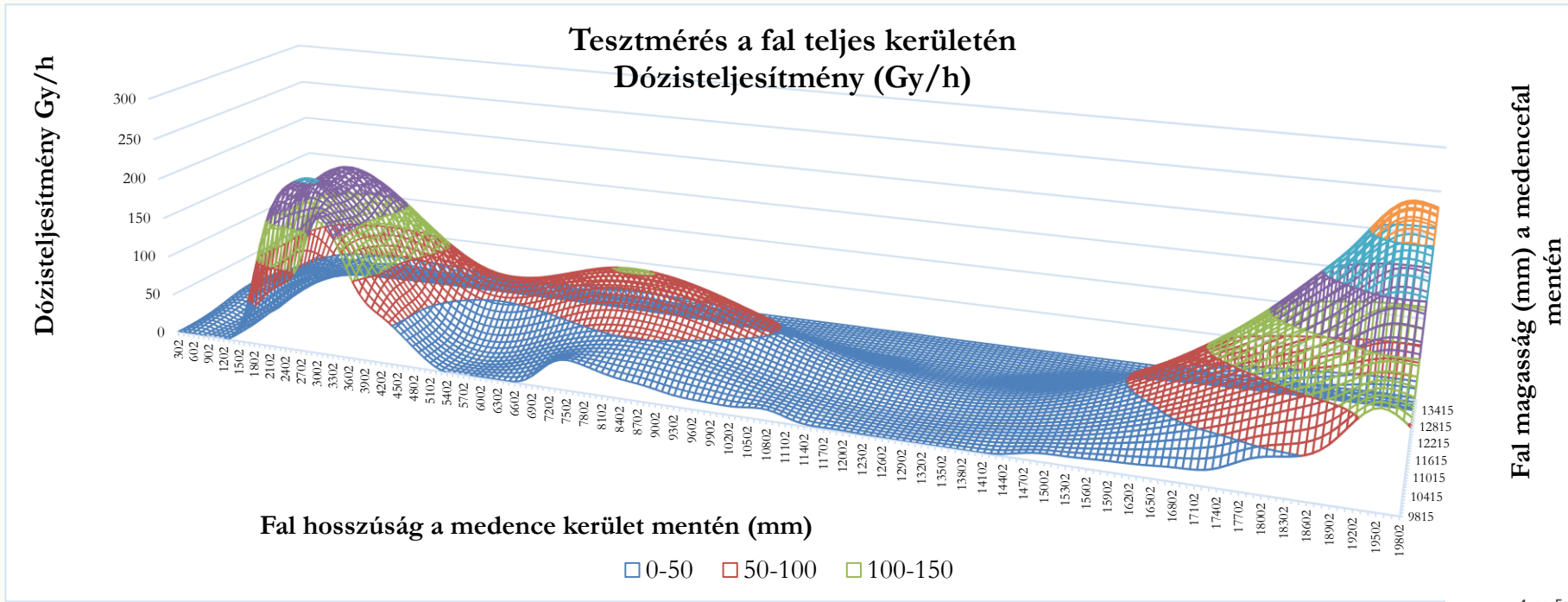
Szerszámra szerelik,  
karbonszálás rúdra illesztik

Engedik lefelé, pozícióba

Mérési pozícióban



# Tesztmérés-sorozat eredménye

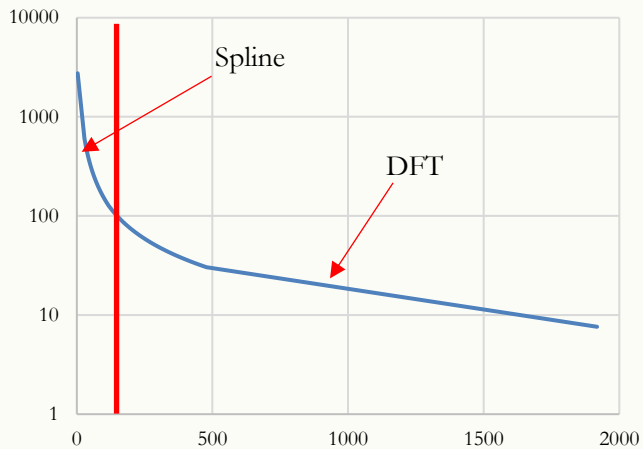




# Az adatfeldolgozásban és a kiértékelés során alkalmazott matematikai eljárások

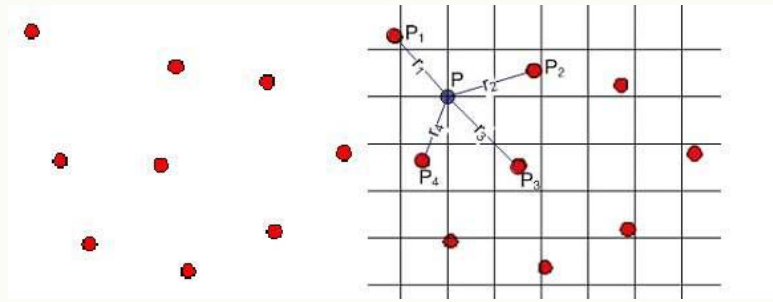
Dózisteljesítmény-időfüggvény:

- Monoton köbös spline interpoláció;
- Diszkrét Fourier interpoláció (DFT-vel);
- EXCEL VBA kóddal/makróval.



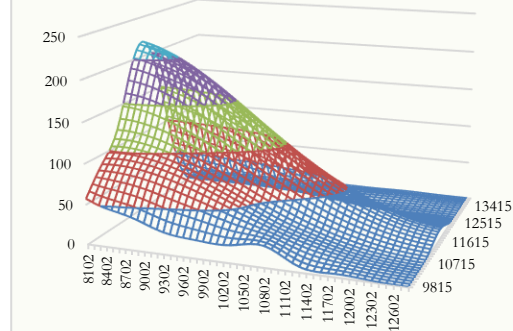
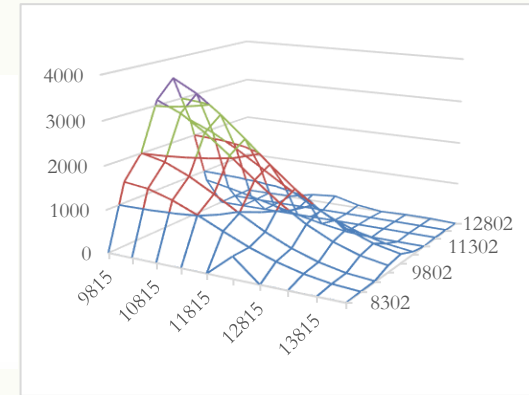
Irregularis ponntalmaz-raszter konverzió:

- Köbös B-spline approximáció;
- Saját, C++ alkalmazással (légi-sugárfelderítésben alkalmazott).



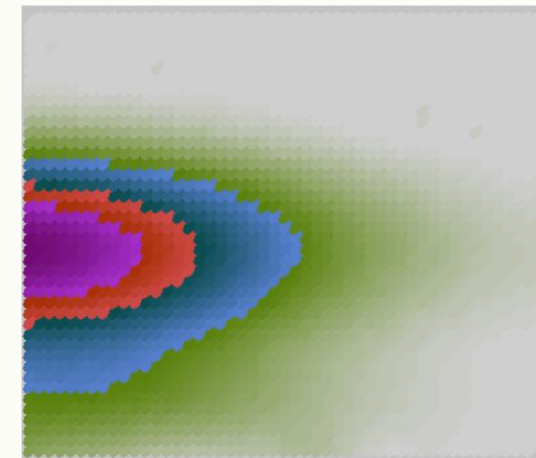
Raszter-raszter konverzió:

- Monoton köbös spline approximáció;
- EXCEL VBA kóddal/makróval.



Színkódolás:

- Saját, C++ alkalmazással (légi-sugárfelderítésben alkalmazott);
- Raszter-képfeldolgozó/térinformatikai program (QGIS).



# Köszönöm a figyelmet!

(Esetleg kérdés?)



*LI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam  
Balatonalmádi, 2026. április 14-16.*