

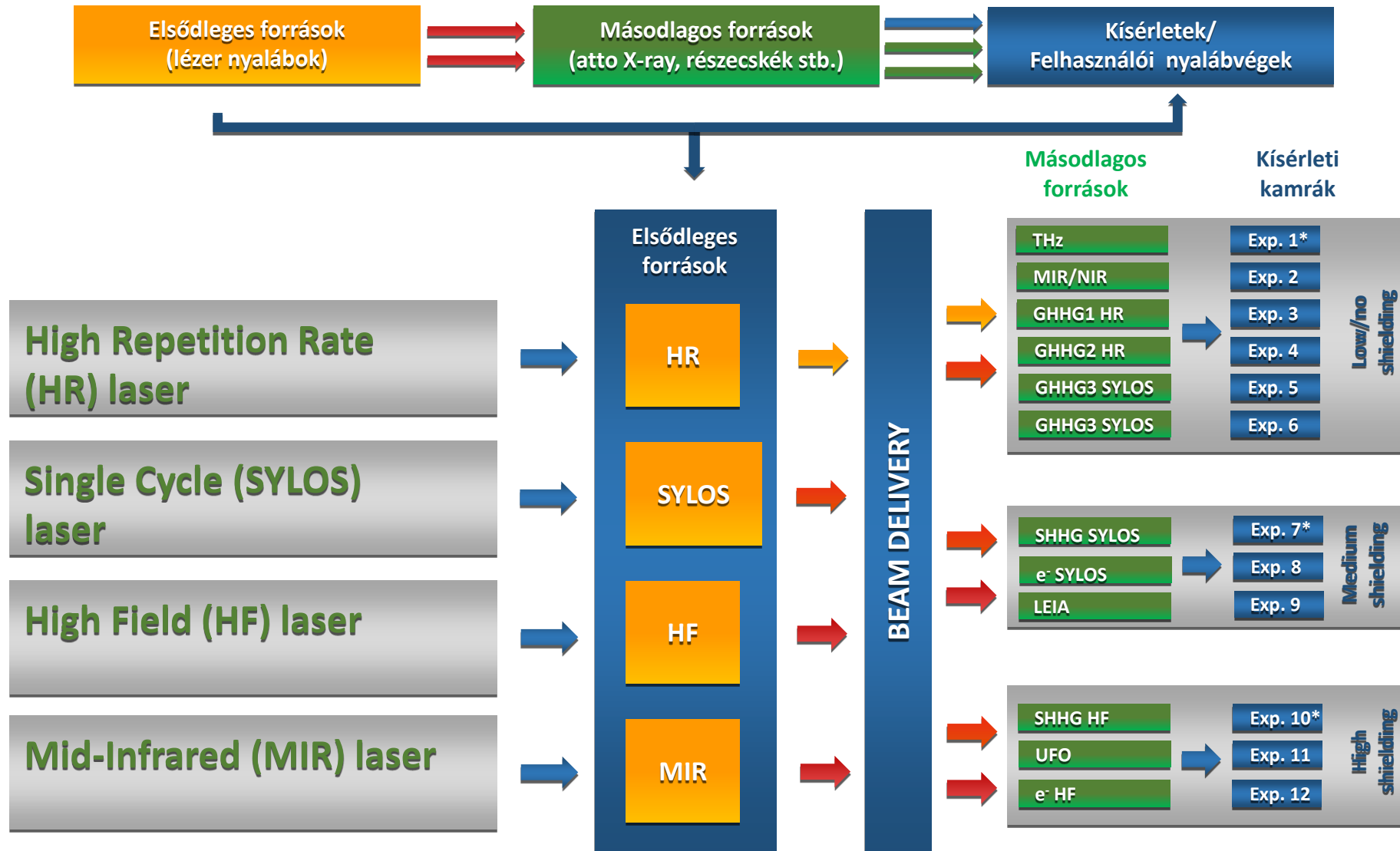


A LÉZERES RÉSZECSEGYORSÍTÁS SAJÁTOSSÁGAI ÉS SUGÁRVÉDELMI KÉRDÉSEI

Polanek Róbert, Kecskés Tamara, Zagyvai Péter

2023.04.18., Gyula



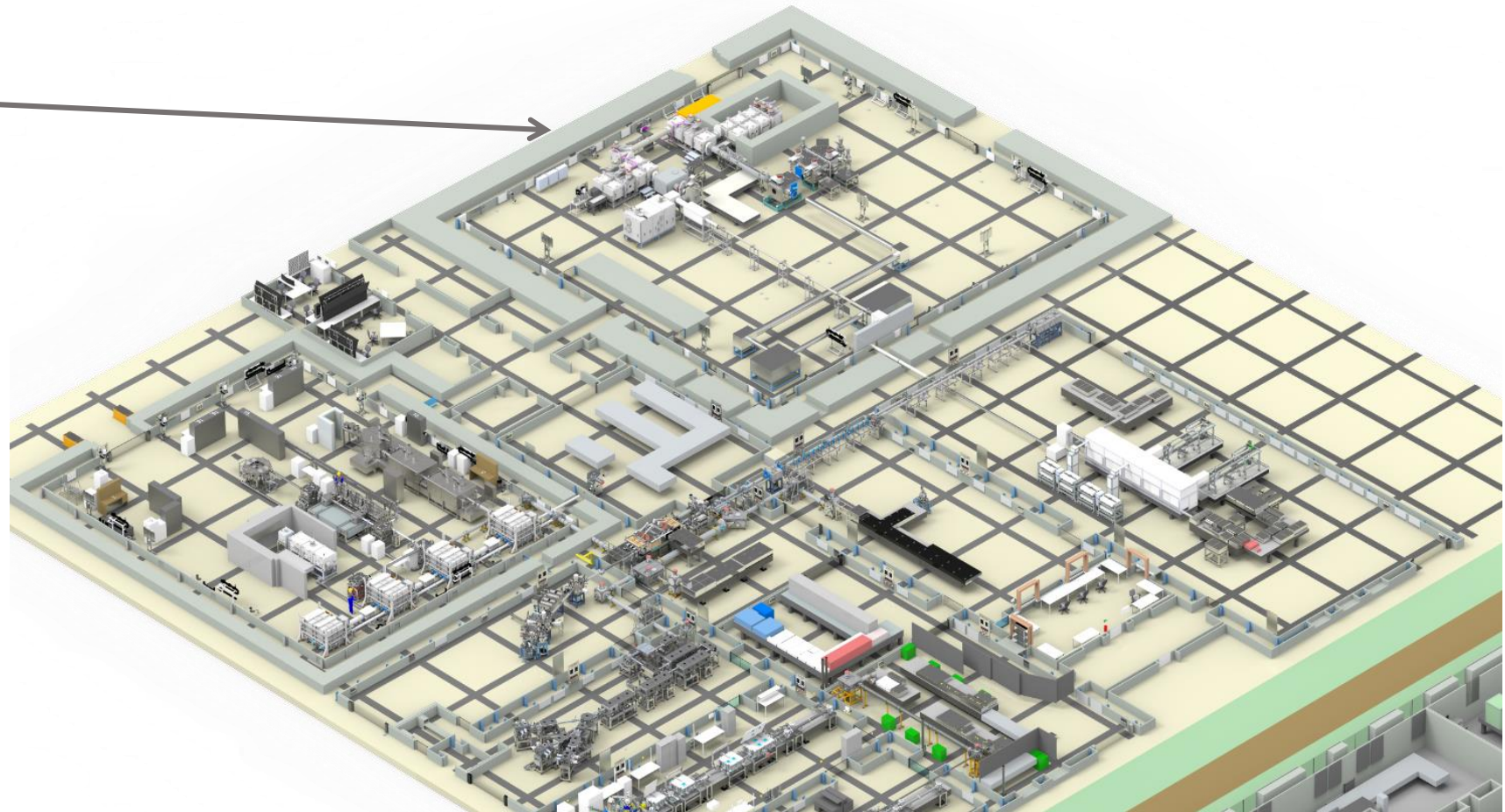


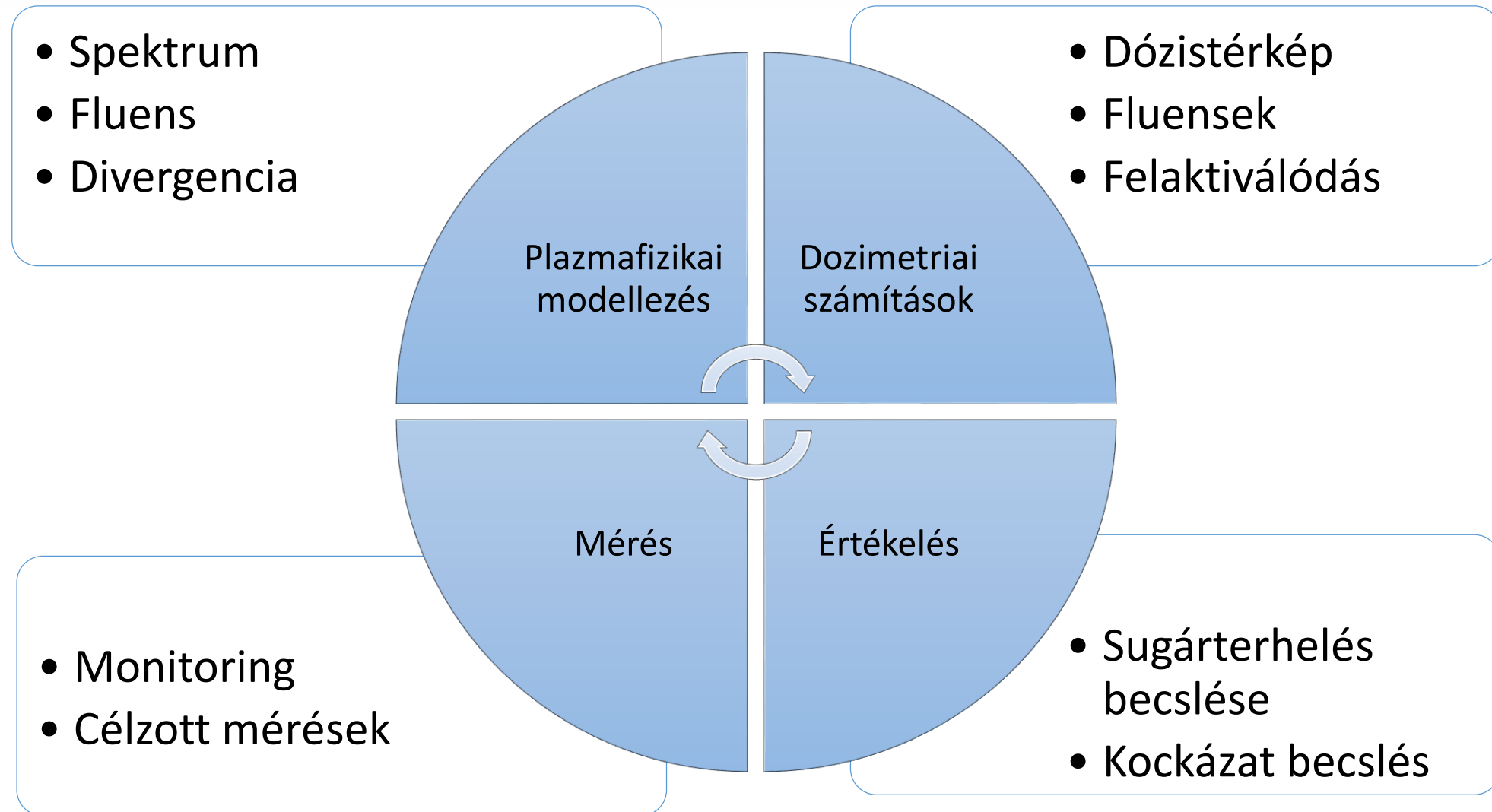
ELI-ALPS sugárforrásai



HTA
High Shielded Target
Area

MTA
Medium Shielded Target
Area





- Spektrum
- Fluens
- Divergencia

Plazmafizikai
modellezés

Dozimetriai
számítások

- Dózistérkép
- Fluensek
- Felaktiválódás

Mérés

Értékelés

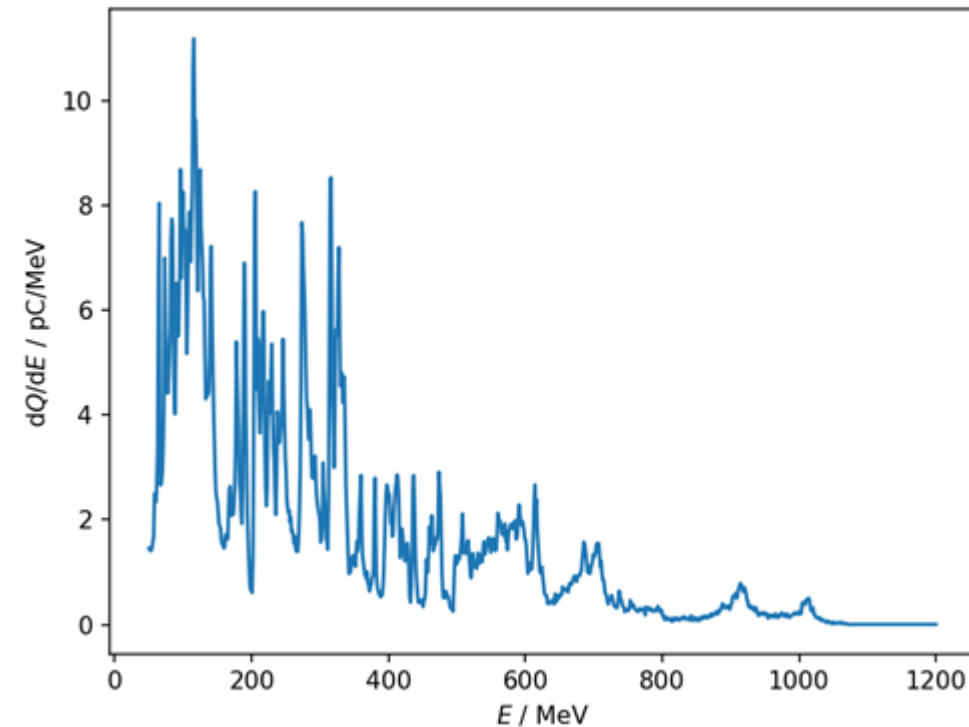
- Monitoring
- Célzott mérések

- Sugárterhelés
becslése
- Kockázat becslés

- A kutatói adatszolgáltatás része
- Plazmafizikai folyamatok modellezése → töltött részecskék mozgása a lézerimpulzus jelenlétében
- Általában Particle in Cell (PIC) típusú szimulációk
- Kimeneti adatok: a töltött részecskék
 - energiaspektruma
 - fluense
 - divergenciája vagy szögeloszlása
- Eredményei egy ideális kísérleti feltételekre vonatkozik → a legtöbb esetben felülbecsüli a kísérleti eredményeket

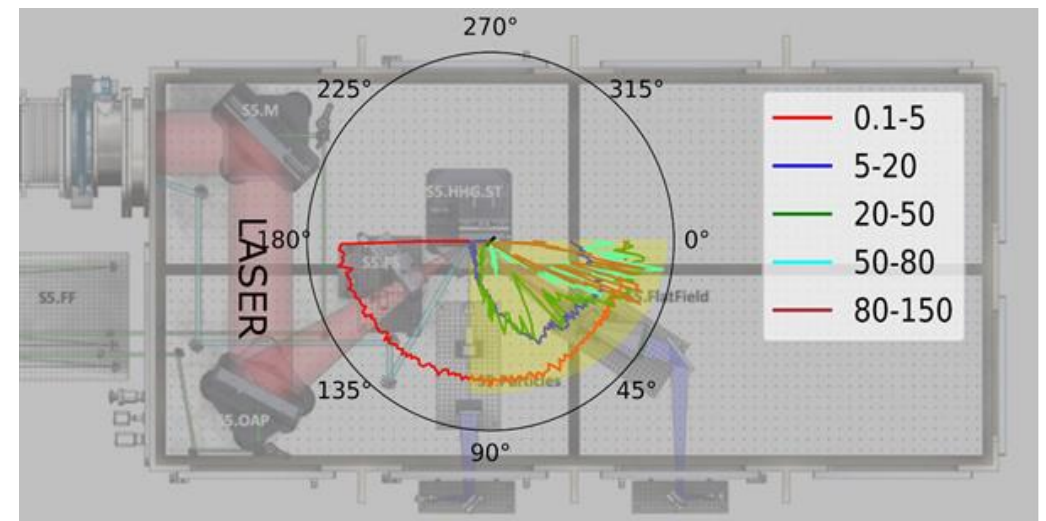
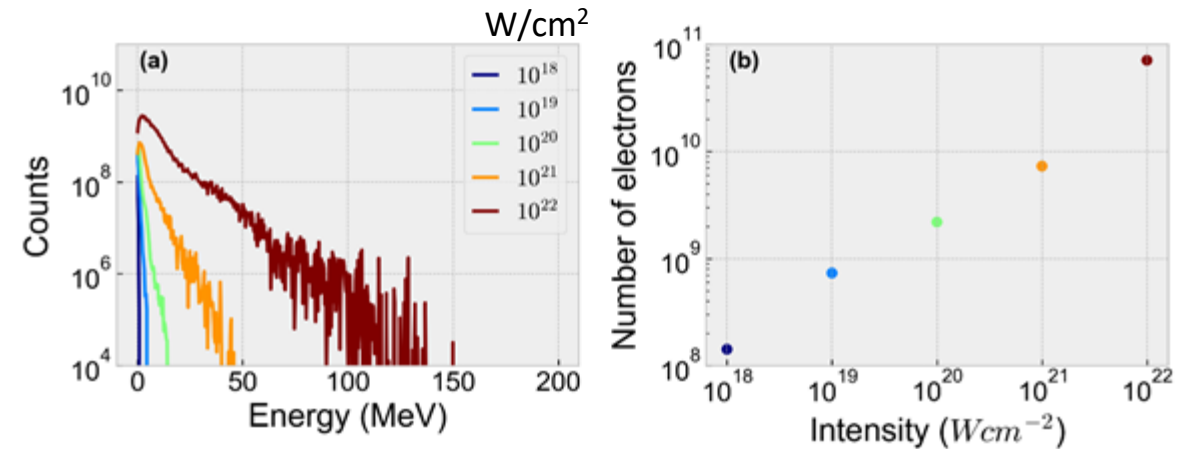
Az ePW nyalábvonal elektronspektruma

- Csökkentett lézere energiára vonatkozik
- 200 mbar He gáz target
- 26.6 μm átmérőjű fókuszpont
- Maximális kinetikus energia 1.2 GeV
- Elektron fluens $1.28 \cdot 10^8$ elektron lövésenként
- 8 mrad divergencia
- 10 keV betatron sugárzás
- 100 keV röntgen sugárzás



Az SHHG-PW nyalábvonal esetében

- Attoszekundumos XUV impulzusok
- Melléktermékként keletkezik még
 - Max. 150MeV elektron sugárzás
 - Max. 100keV röntgensugárzás
- Az elektronok átlagenergiája 24 MeV
- Fluense 10^{11} elektron lövésenként
- Terjedése:
 - A kis energiákon izotróp
 - Az energia növekedésével egyre nyalábszerű



- Spektrum
- Fluens
- Divergencia

Plazmafizikai
modellezés

Dozimetriai
számítások

- Dózistérkép
- Fluensek
- Felaktiválódás

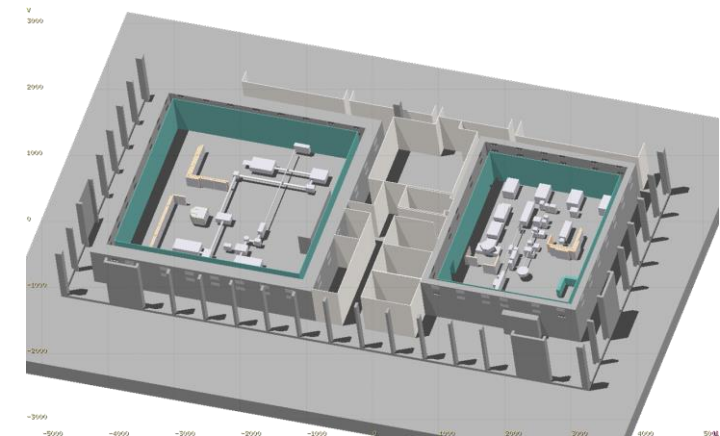
Mérés

Értékelés

- Monitoring
- Célzott mérések

- Sugárterhelés
becslése
- Kockázat becslés

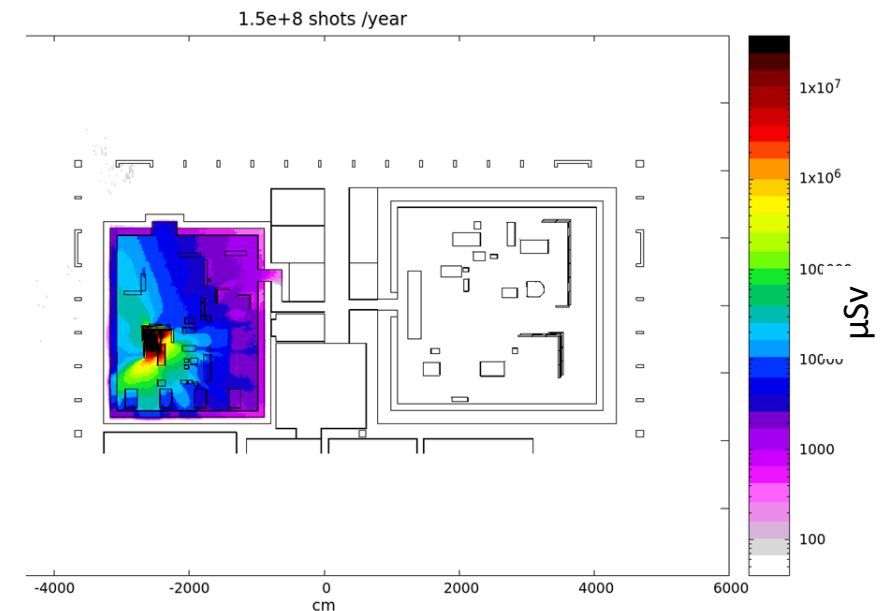
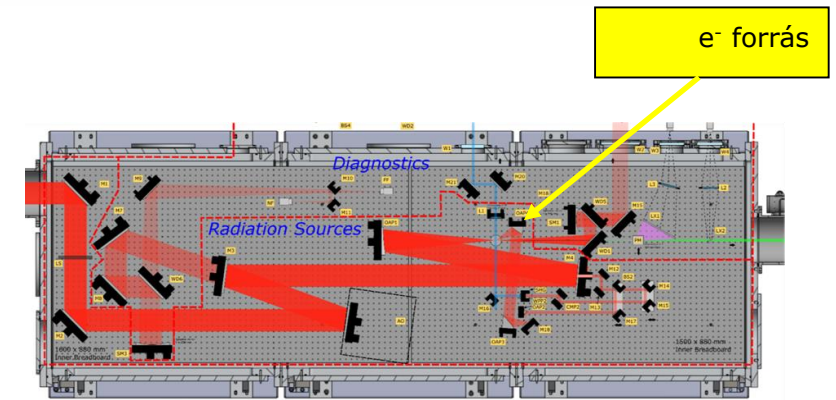
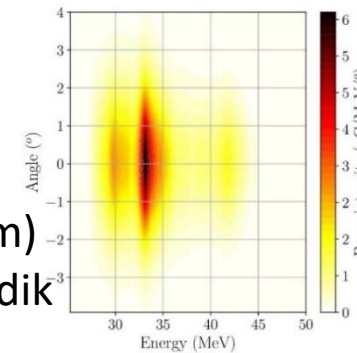
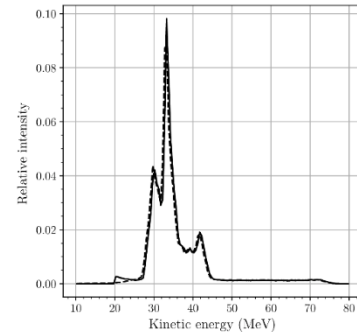
- Elsődleges forrástagok:
 - Primér sugárzás (elektron, ion)
 - Szekunder sugárzás: a gyorsítás folyamat során keletkező sugárzások (electron, foton)
- Geometria:
 - A primer és szekunder sugárforrás pontszerűnek tekinthető
 - Vákuumkamra, geometriája meghatározza a másodlagos forrástagok méretét
 - Terepi tárgyak
 - Árnyékoló elemek: falak, lokális árnyékolók
- Releváns fizikai folyamatok:
 - Elektromágneses kölcsönhatások
 - Hadron folyamatok
 - Aktivációs folyamatok
- Üzem módok:
 - Egy lövéses üzem mód
 - Folyamatos üzem mód (1 – 10 Hz, 1kHz)
- Üzem idő (lövések száma)
- Tartozkodási helyek:
 - Sugaras munkahelyek (1mSv/év dózismegszorítás)
 - Nem sugaras munkahelyi területek (50 μ Sv /év dózismegszorítás)



ELI-ALPS sugaras területek FLUKA modellje

eSYLOS nyalábvonal

- 8fs, $2 \cdot 10^{19}$ W/ cm² csúcshintenzitású lézerpulzus
- $4 \cdot 10^{19}$ cm⁻³ elektronsűrűségű He gáz céltárgy
- 3 – 10 pC impulzustöltés
- 36 MeV átlagenergia
- 2° divergencia
- 6 Gy/perc/pC dózisteljesítmény
- $4 \cdot 10^6$ Gy/s / pC pillanatnyi dózisteljesítmény (SSD=1m)
- A mélydózisgörbe maximuma 1.9cm mélységben adódik
- Terápiás mélység 5cm



Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 987 (2021) 164841

Contents lists available at ScienceDirect

Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/nima

Technical Notes

1 kHz laser accelerated electron beam feasible for radiotherapy uses: A PIC–Monte Carlo based study

R. Polanek^{a,*}, Nasr A.M. Hafz^{a,b,c}, Zs. Léczi^a, D. Papp^a, C. Kamperidis^a, Sz. Brunner^a, E.R. Szabó^a, T. Tökés^a, K. Hideghéty^{a,d}

^a ELI ALPS, ELI HU Non-Profit Ltd, Wolfgang Sandner u. 3, H-6728 Szeged, Hungary

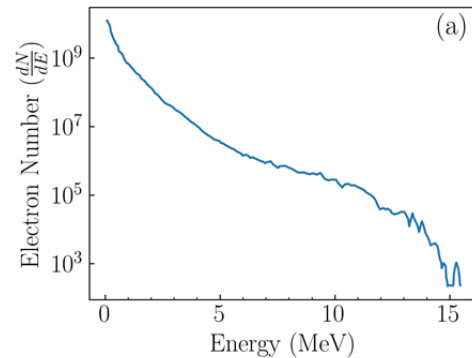
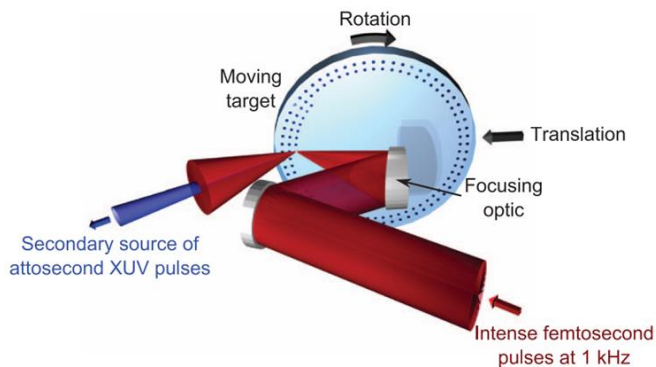
^b National Laboratory on High Power Laser and Physics, SGM, CAS, Shanghai 201800, China

^c Department of Plasma and Nuclear Fusion, Nuclear Research Center, Atomic Energy Authority, Abu-Zabal 13759, Egypt

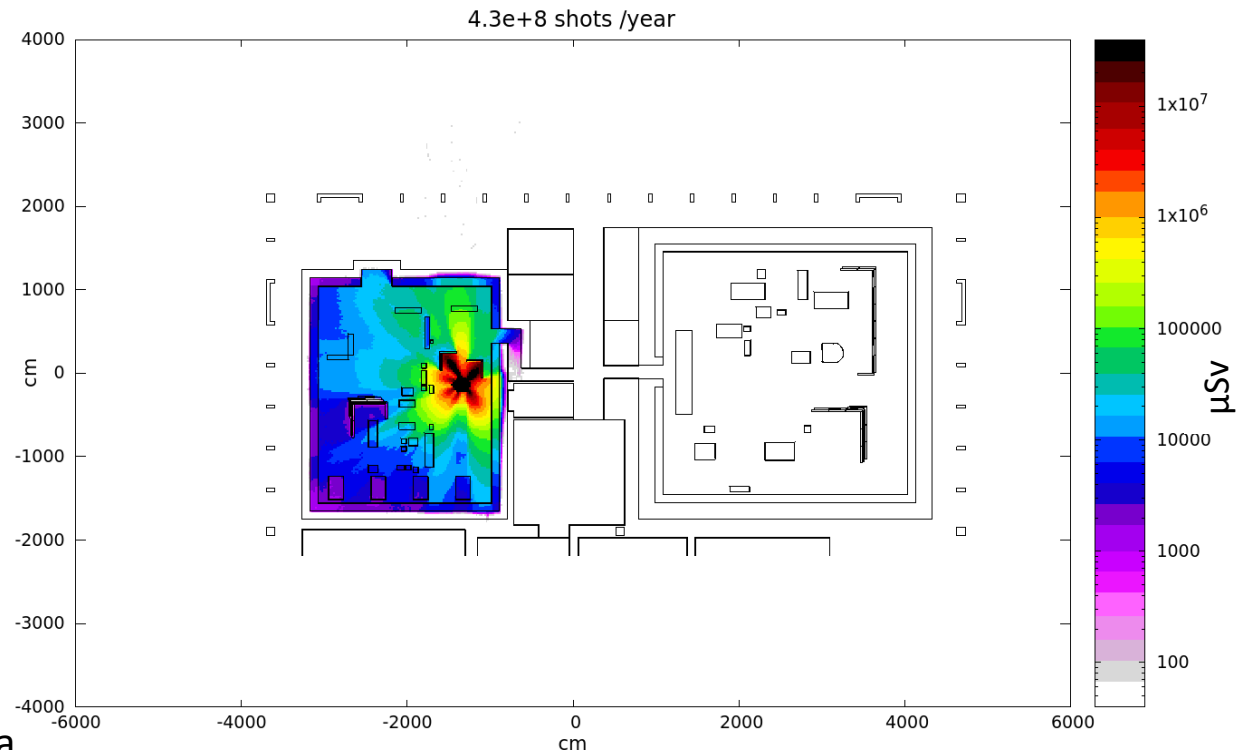
^d University of Szeged, Faculty of Medicine, Department of Oncotherapy, Korlósy János 12, H-6720, Szeged, Hungary

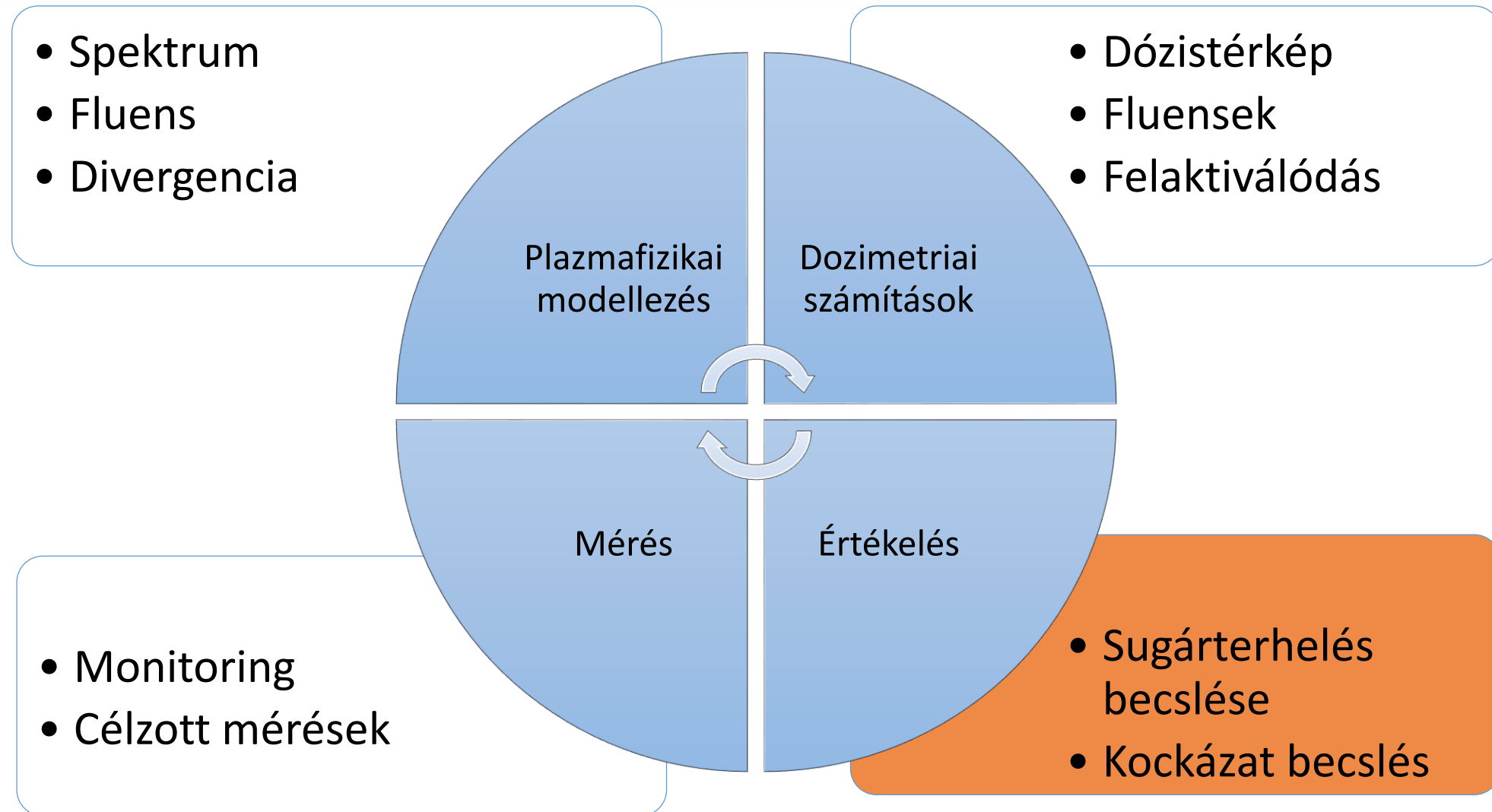
SHHG - SYLOS nyalábvonal

- Attoszekundumos eXtrém UV (XUV)
- Max. 20MeV e^- sugárzás
- Kis intenzitású max. 100keV röntgen sugárzás



A folyamat során keletkező elektronsugárzás energia spektruma





- Spektrum
- Fluens
- Divergencia

Plazmafizikai
modellezés

Dozimetriai
számítások

- Dózistérkép
- Fluensek
- Felaktiválódás

Mérés

Értékelés

- Monitoring
- Célzott mérések

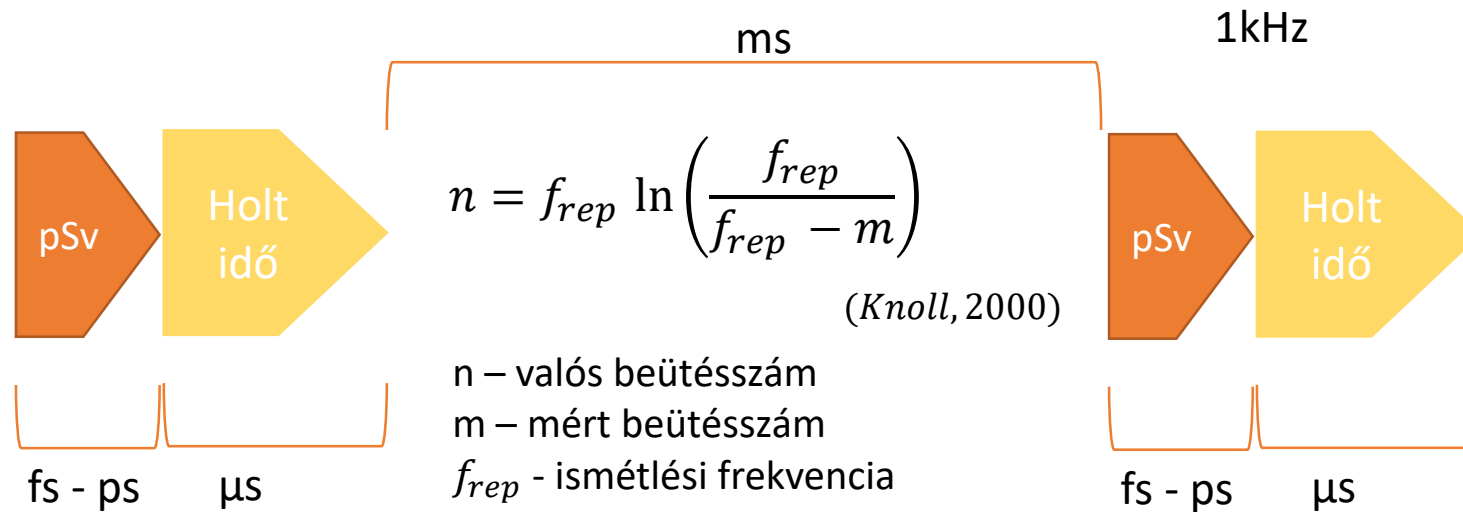
- Sugárterhelés
becslése
- Kockázat becslés

A sugárvédelmi monitoring rendszer elemei

- neutron, tranziens és alacsony gamma dózisteljesítmény mérők
- neutron, tranziens gamma dózisteljesítmény mérők
- tranziens gamma dózisteljesítmény mérők
- tranziens és alacsony gamma dózisteljesítmény mérők
- alacsony gamma dózisteljesítmény mérők



Lézerindukált részecskenyaláb impulzuszerkezete

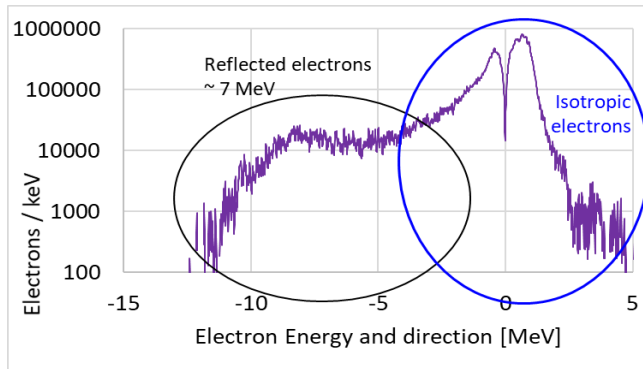


- Dózismérővel szemben támasztott követelmények (DIN IEC/TS 62743 (DIN, 2013))
- Az integrálási idő < 30s, legyen ismert és állítható
- Mutassa a beütésszámot
- $\dot{H}_{imp,max} > \dot{H}_{imp}$ és $\tau_{holt} < t_{imp}$

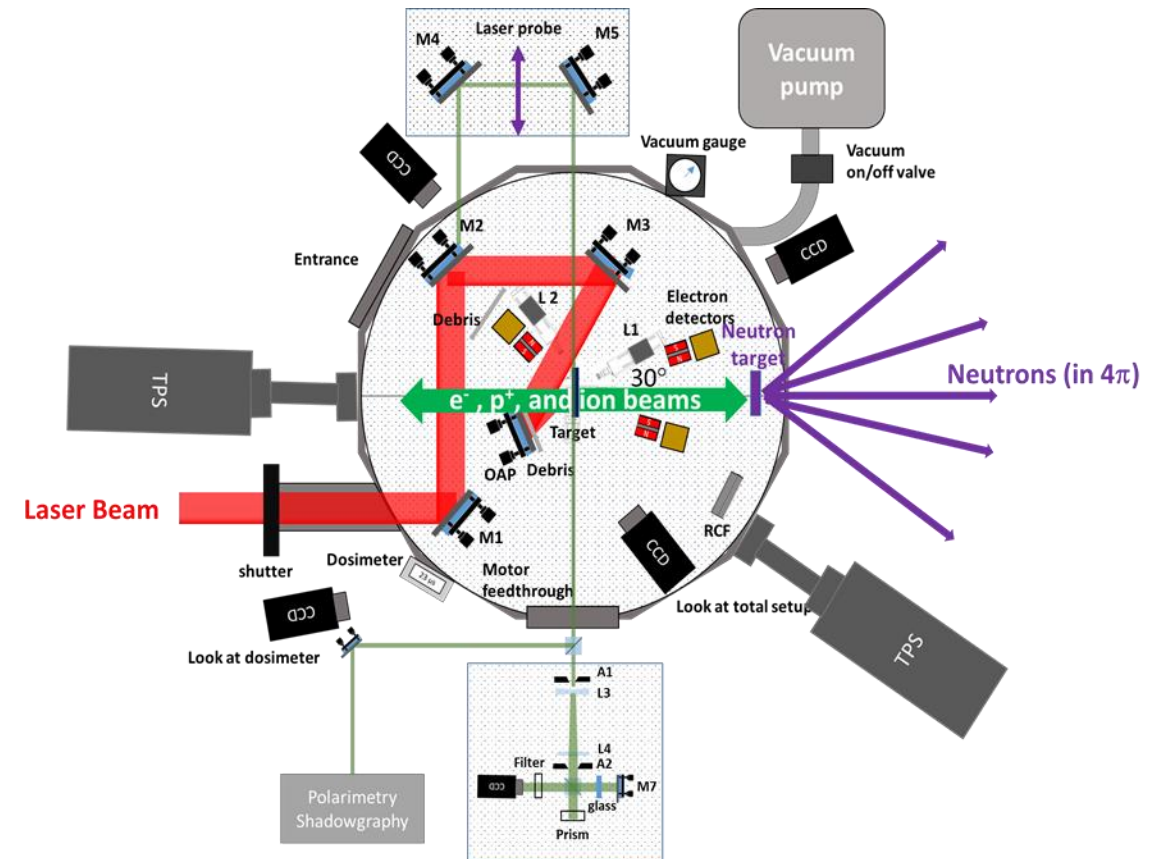
$$\dot{H}_{imp,max} = \frac{0.25 \cdot G_{cal}}{\tau_{holt}}$$

Maximális impulzus- dózisteljesítmény
 G_{cal} - kalibrációs faktor (egy beütéshez rendelt dózis)
 τ_{holt} - holtidő

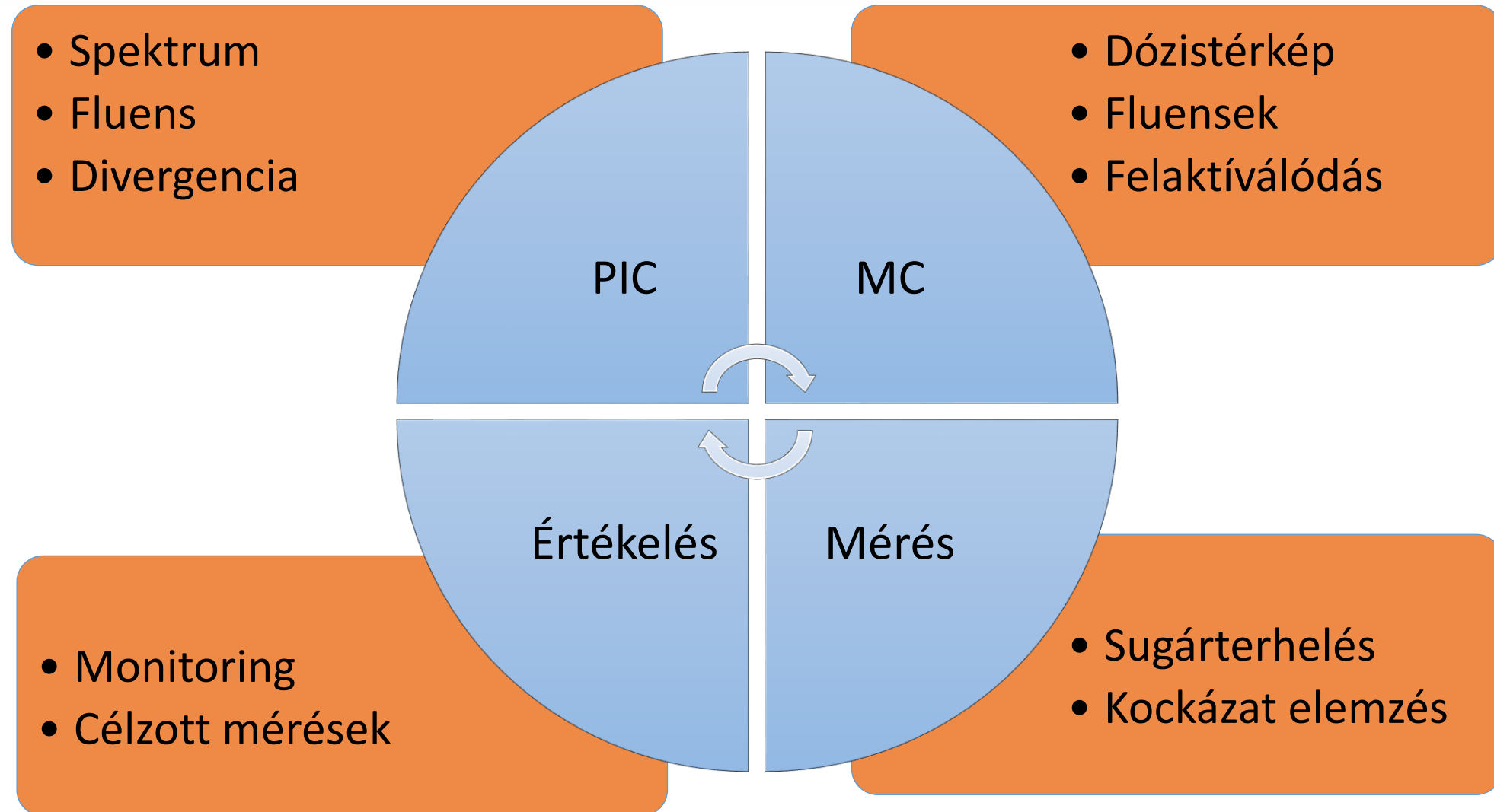
A LEIA nyálábvégénél végzett célzott mérések



- Folyamatos megfigyelés a telepített sugárvédelmi rendszerrel
- TL mérések kihelyezett PorTL patronokkal
- Célzott mérések StepOD2 típusú dózismérővel
- A mérési eredményeket időben összevetettük a kutatói adatokkal



HÁTTÉRSUGÁRZÁSNAK MEGFELELŐ MÉRÉSI EREDMÉNYEK



KÖSZÖNJÜK A FIGYELMÜKET!

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Regionális
Fejlesztési Alap



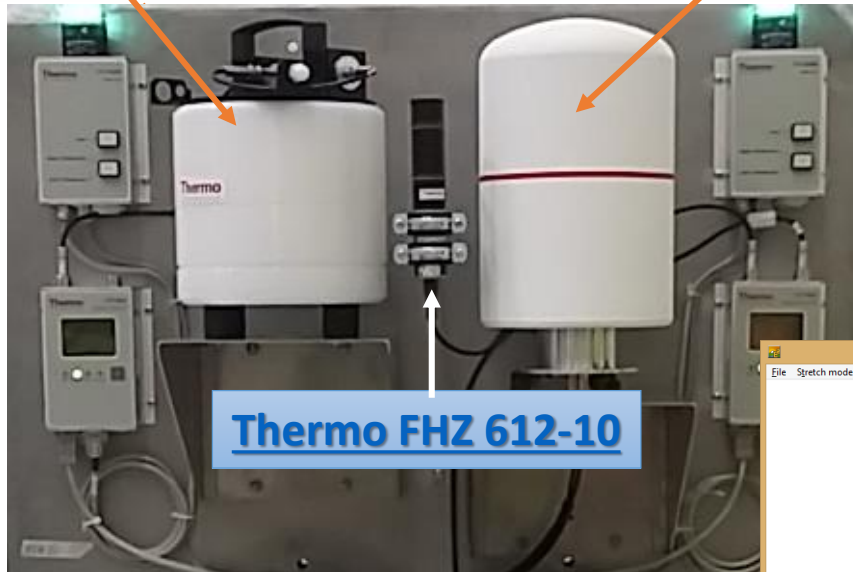
BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



Lézeres részecskegyorsítás sugárvédelme a gyakorlatban

Thermo FHT 762 Wendi-2

Thermo FHT 190-10



Thermo FHZ 612-10

Telepített sugárvédelmi monitoring rendszer elemei

Mérőállomások

DosMon monitoring alkalmazás

HTA mérési hely

HTA2

GT: 0,40 μ Sv/h
GL: 0,26 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA1

GT: 0,35 μ Sv/h
GL: 0,34 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA3

GT: 0,38 μ Sv/h
GL: 0,34 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA4

GT: 0,22 μ Sv/h
GL: 0,26 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA5

GT: 0,22 μ Sv/h
GL: 0,26 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA7

GT: 0,39 μ Sv/h
GL: 0,22 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA8

GT: 0,21 μ Sv/h
GL: 0,40 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA9

GT: 0,22 μ Sv/h
GL: 0,40 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

HTA6

GT: 0,21 μ Sv/h
GL: 0,34 μ Sv/h
N: 0,40 μ Sv/h

Címke	Dátum	Idő	Érték	Kiszó	Dimenzió
HTA5 N Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	0	μ Sv/h
MTA3 GT Figyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0,5	μ Sv/h
F4 GT Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	1	μ Sv/h
F3 GL Figyelmeztetés	2016.06.03	12:47:34.622	0.381	0,5	μ Sv/h
G1 GL Figyelmeztetés	2016.06.03	12:46:58.374	0.342	0,5	μ Sv/h
MTA2 GL Figyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0,5	μ Sv/h
MTA1 GL Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	0	μ Sv/h
MTA1 GL Figyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0	μ Sv/h
MTA2 N Figyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0,5	μ Sv/h
MTA2 N Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	1	μ Sv/h

Dátum	Idő	Zóna	Címke	Állapot	Operator
2016.06.04	14:07:16.353	MTA1	MTA1 BAL Hiba	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Hiba	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB RAM	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Eszköz újrandítva	Igen	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB PROM	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Konfiguráció	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Figyelmeztetés	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Riasztás	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Régi mérések törölve	Nem	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB Híhetőség határ al	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB EEPROM	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB NBR riasztás	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB RAM	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB Felső mérés határ s	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB Alsó mérés határ s	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB Híhetőség határ a	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB EEPROM	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB NBR riasztás	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB RAM	Rendben	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB Felső mérés határ	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB Alsó mérés határ s	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GL JOBB Híhetőség határ a	Nincs	

Környezetellenőrzés Kibocsátás ellenőrzés Kimutatások

MTA HTA Folyosói és CR

HTA Séma megjelenítése

Lézeres részecskegyorsítás sugárvédelme a gyakorlatban



Nuclide-specific monitoring of activated materials in the air

- Gamma low dose rate meter
- Nuclide-specific activity concentration monitor
- Continuous tritium monitor [Thermo FHZ 612-10](#)
- Alpha and beta aerosol monitor: [Thermo FHT 59 Si](#)
- Isokinetic sampling



ELI DOSMON

Kibocsátás ellenőrzés

Címke	Dátum	Idő	Érték	Kiszóbb	Dimenzió
MTA7-N Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	1	µSv/h
MTA7-GT Fogyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0,5	µSv/h
F4 GT Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	1	µSv/h
F3 GL Fogyelmeztetés	2016.05.03	12:47:34.822	0,281	0,5	µSv/h
G1 GL Fogyelmeztetés	2016.05.03	12:48:36.574	0,342	0,5	µSv/h
MTA7-GL Fogyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0,5	µSv/h
MTA7-GL Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	0	µSv/h
MTA7-N Fogyelmeztetés	1970.01.01	01:00:00.000	0	0,5	µSv/h
MTA7-N Riasztás	1970.01.01	01:00:00.000	0	1	µSv/h

Időpont	Idő	Zóna	Címke	Állapot	Operátor
2016.05.04	14:07:16.363	MTA1	MTA1 BAL Hiba	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Hiba	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB RAM	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Eszköz újraindítva	Igen	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB PROM	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Konfiguráció	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Fogyelmeztetés	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Riasztás	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 JOBB Régi mérések törlése	Nem	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB Hiba	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB EEPROM	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB NBR használt	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB RAM	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB Felső mérésihatár s	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 N JOBB Alsó mérésihatár s	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB EEPROM	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB NBR használt	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB RAM	Fennél	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB Felső mérésihatár	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GT JOBB Alsó mérésihatár s	Nincs	
1970.01.01	01:00:00.000	MTA7	MTA7 GL JOBB Hiba	Fennél	

MTAK		HTAK	
GL	0,00 µSv/h	GL	0,00 µSv/h
aAM	0,00 Bq/m³	aAM	0,00 Bq/m³
βAM	0,00 Bq/m³	βAM	0,00 Bq/m³
14C	0,00 Bq/m³	14C	0,00 Bq/m³
3H	0,00 Bq/m³	3H	0,00 Bq/m³
aNM	0,00 Bq/m³	aNM	0,00 Bq/m³
aAC	0,00 Bq/m³	aAC	0,00 Bq/m³
aNC	0,00 Bq/m³	aNC	0,00 Bq/m³
βAC	0,00 Bq/m³	βAC	0,00 Bq/m³

Környezetellenőrzés Kibocsátás ellenőrzés Kimutatások

MTA HTA Folyósít és CR