

I-ви Атестационен семинар
за дисертация на тема:
**„Методи за контрол на
въздействието на йонизиращи
лъчения върху жива материя.“**

от Иван Михайлов Цанев
след I-вата година от редовно
обучение като докторант в
направление Биофизика

\approx 100,000 Ionizations
(\approx 2,000 in the DNA)

\approx 1,000 DNA ssb

\approx 40 DNA dsb

\approx 0.5 -1 "complex lesions"

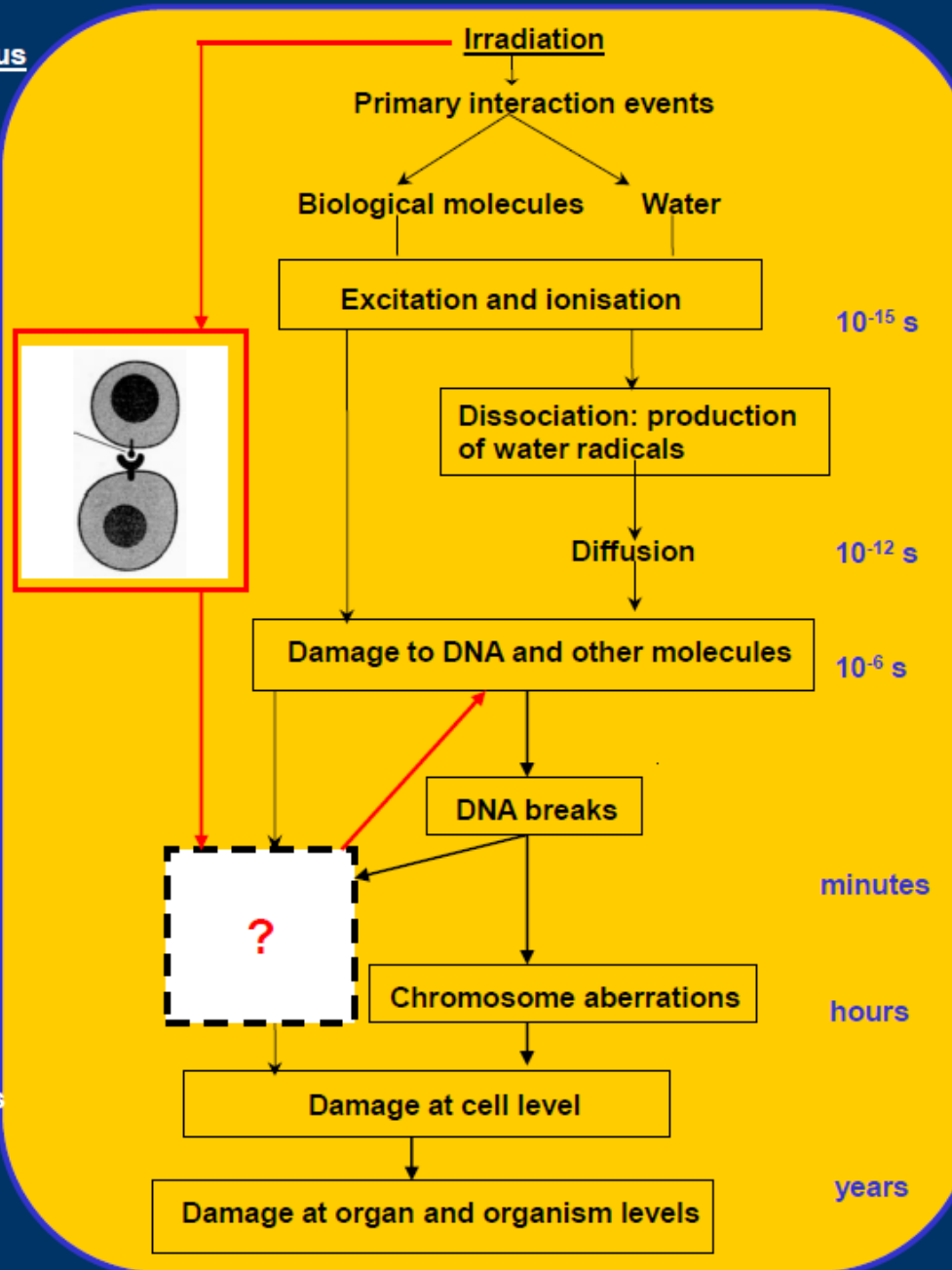
\approx 0.5-1 Chromosome Aberrations

\approx 0.5-1 Lethal lesions

\approx 10^{-5} HPRT mutations

\approx 10^{-5} neoplastic transformations

\ll 10^{-5} cancers



Cross sections

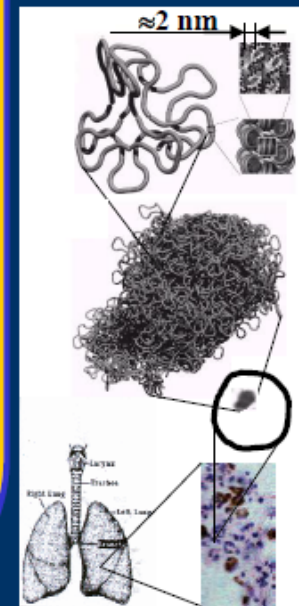
Physics

Physics & chemistry

Dissociation schemes

Diffusion coefficients
Reaction rate constants

Chemistry



Biochemistry

Biology

Medicine

„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

CRUCIAL QUESTIONS FOR MODELLING: RADIATION DAMAGE TO DNA

- 1) **Role of radiation characteristics**
 - radiation quality
 - dose range
 -

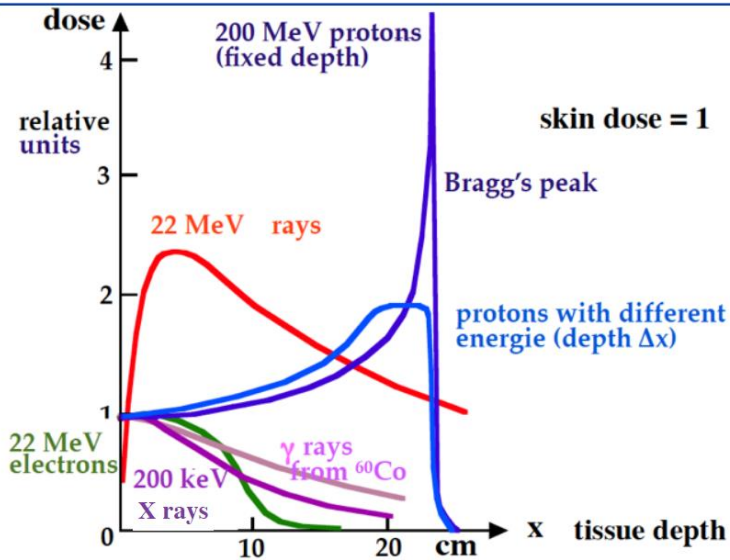
- 2) **Role of DNA conformation and environment**
 - higher order organisation:
 - naked DNA
 - chromatin fibre
 - chromosome territories
 -
 - hydration degree
 - oxygenation degree
 - presence of scavengers
 - features of the repair machinery
 -

- 3) **Role of specific experimental conditions**
 - dose rate
 - temperature
 -

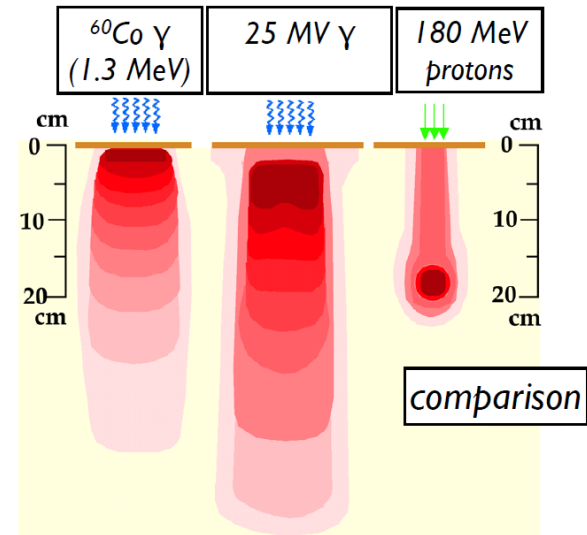
- 4) **Role of specific experimental techniques**
 - techniques for DNA damage (ssb, dsb etc.) measurements
 - techniques for target manipulation (e.g. DNA extraction)
 -

ЙЛ в Терапията

Comparison of depth - dose curves



Dose distributions



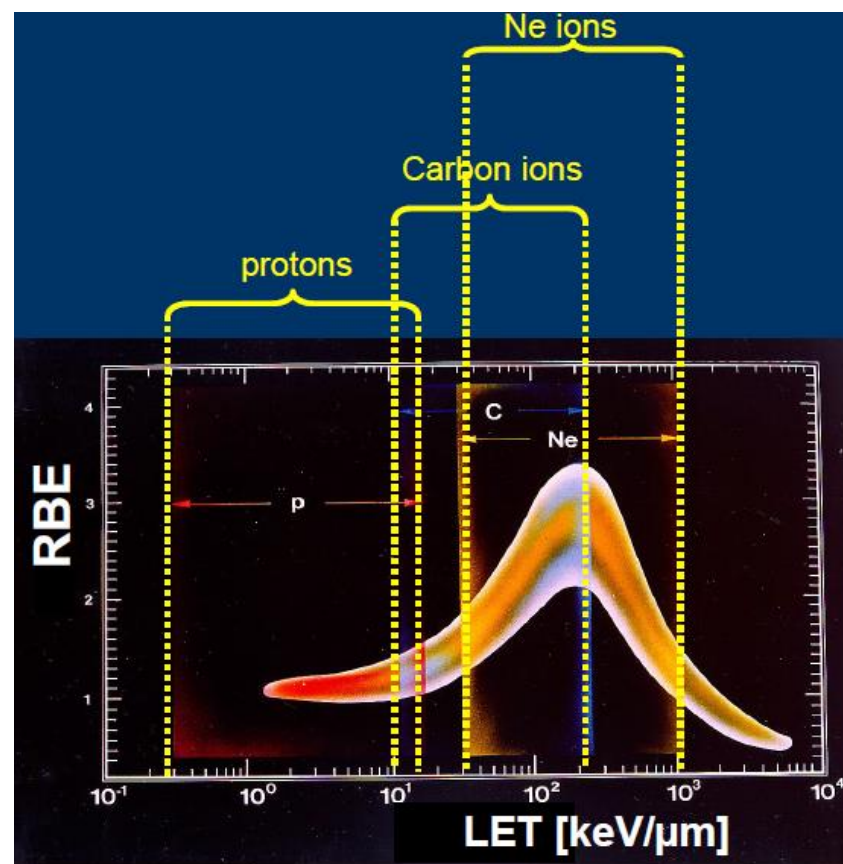
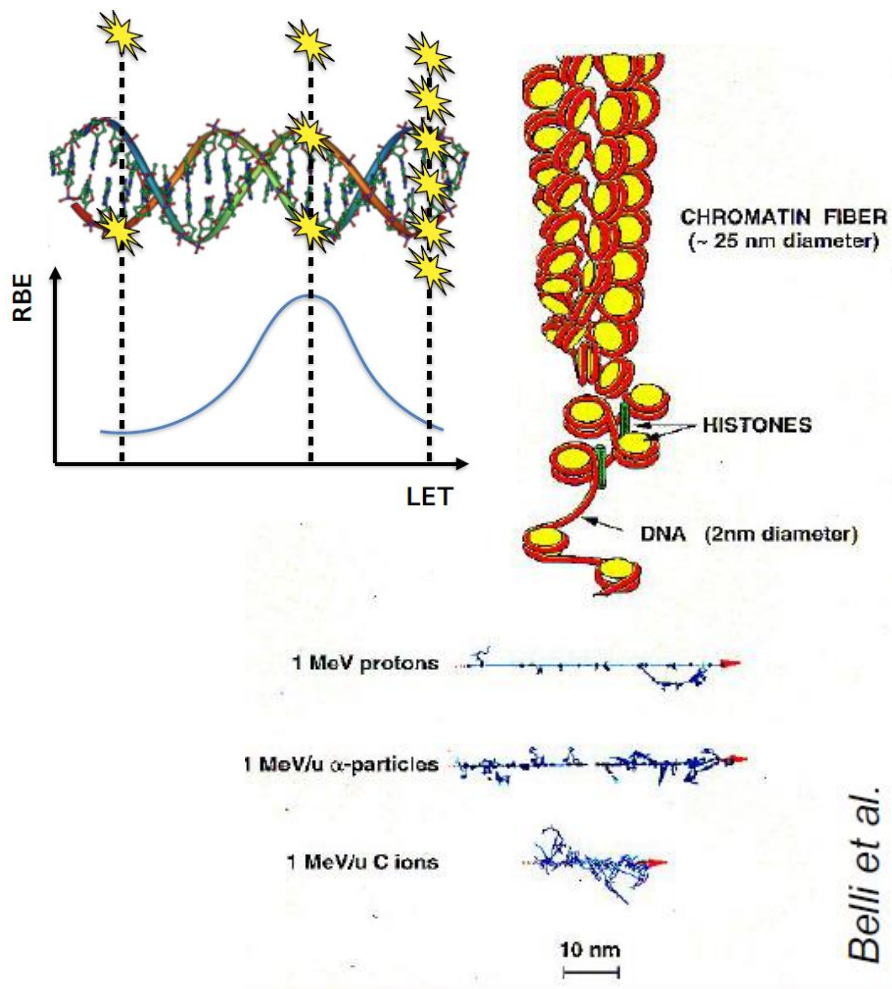
RBE =
$$\frac{\text{dose of the reference radiation (e.g.: X rays)}}{\text{dose of the radiation studied (e.g.: carbon ions)}} \text{ (for the same level of radiobiological damage)}$$

The RBE depends on:

- Biological endpoint
- LET
- Level of damage, (dose)
- Particle type
- cell, tissue
- dose rate, fractionation
-

„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

RBE (LET)



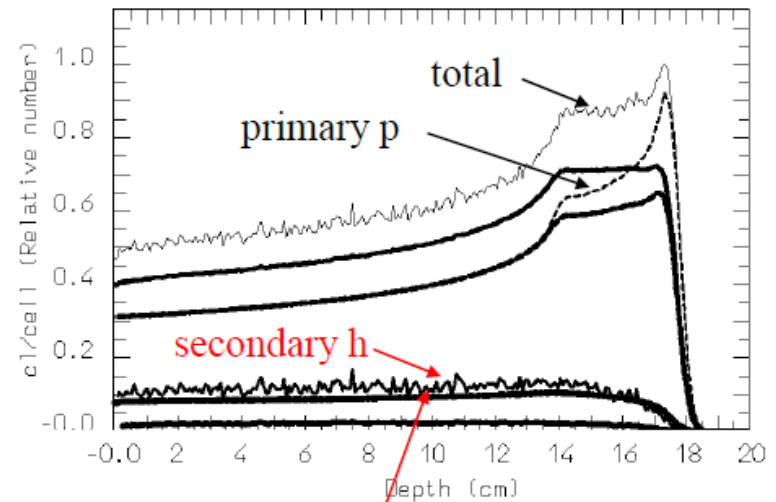
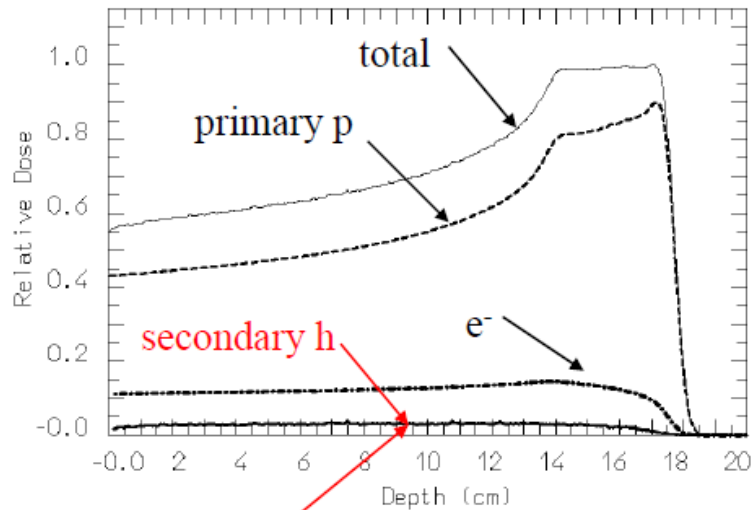
„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Физична доза от смесени полета

160 MeV proton beam

absorbed dose

“biological” dose



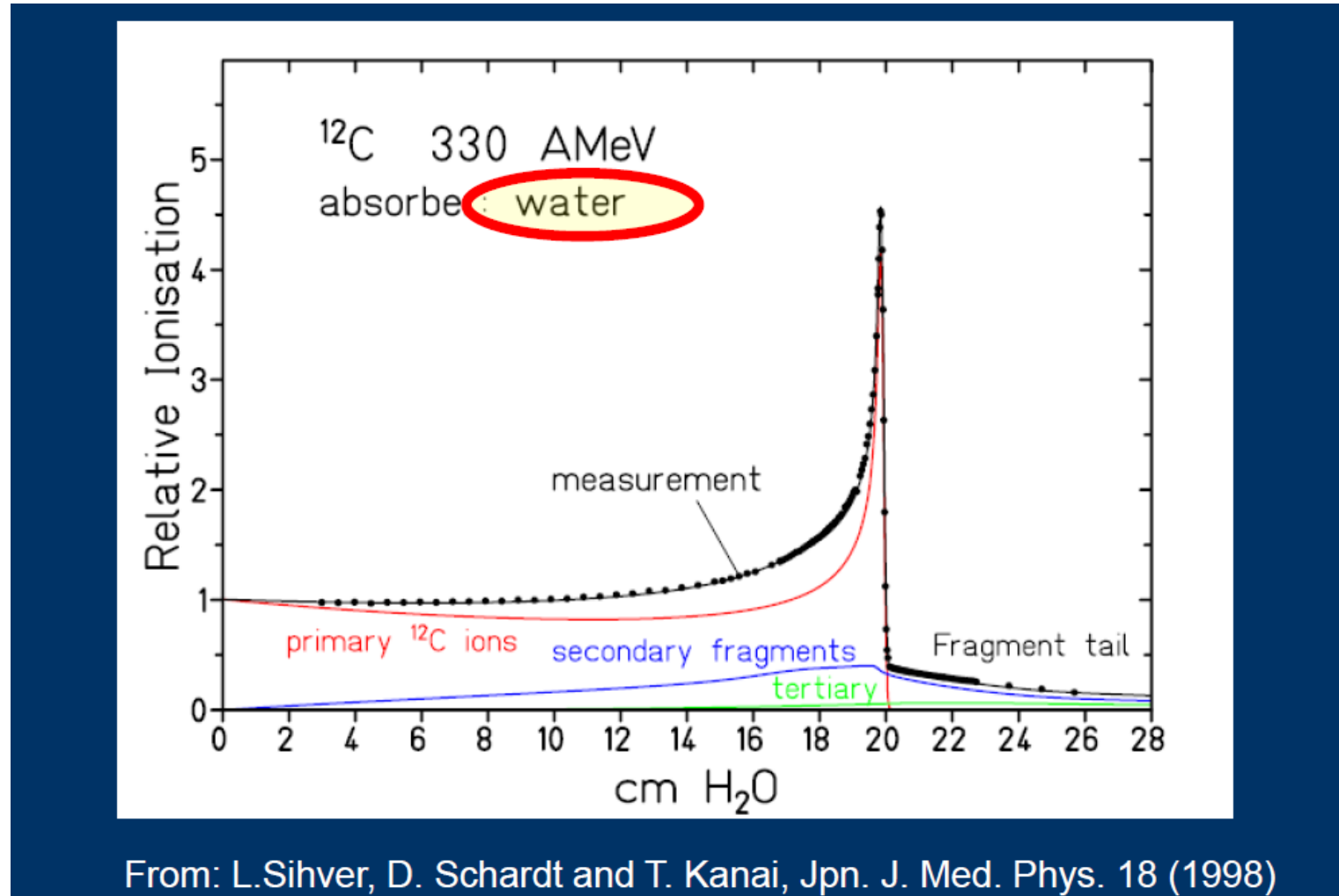
3%

15%

Biaggi et al. 2001 Phys. Med.

„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

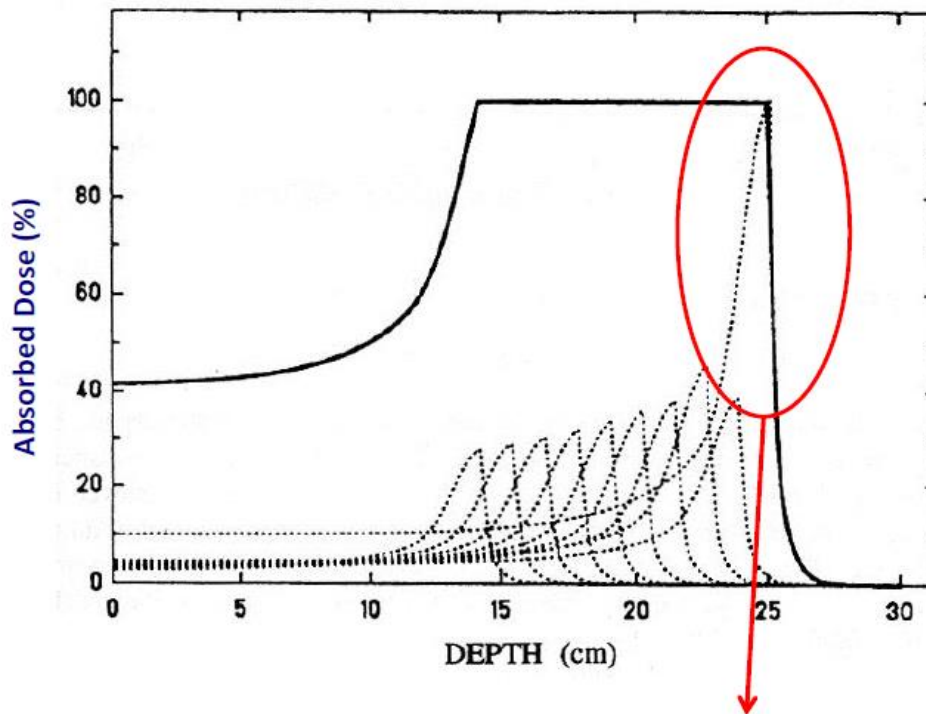
Физична доза от смесени полета



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

SOBP

Carbon ions



→ higher biological effect whichever endpoint you choose

„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Local Effect Model

All clinical systems are based on a very simple concept

→ Less dose where there is higher LET

How much less? - How much more?

All clinical results from
Japan are based on
Kanai/MKM Model

All clinical results from
Europe are based on LEM I
with an idealized chordoma
cell line

But they do it since 1994 ...

Carbon ions Gy (RBE) – Radiobiological Model

Same absorbed dose



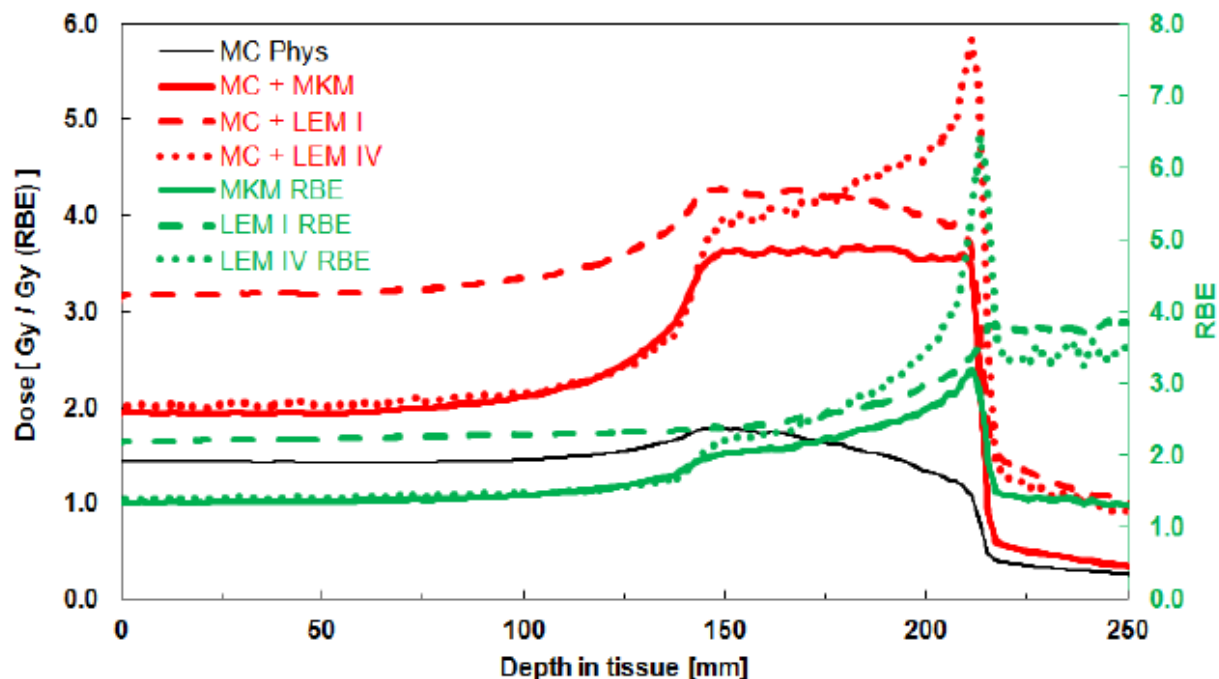
Different RBE model

- Kanai model
- MKM
- LEM I/IV



Different
RBE-weighted dose

MC simulation of a prostate treatment field



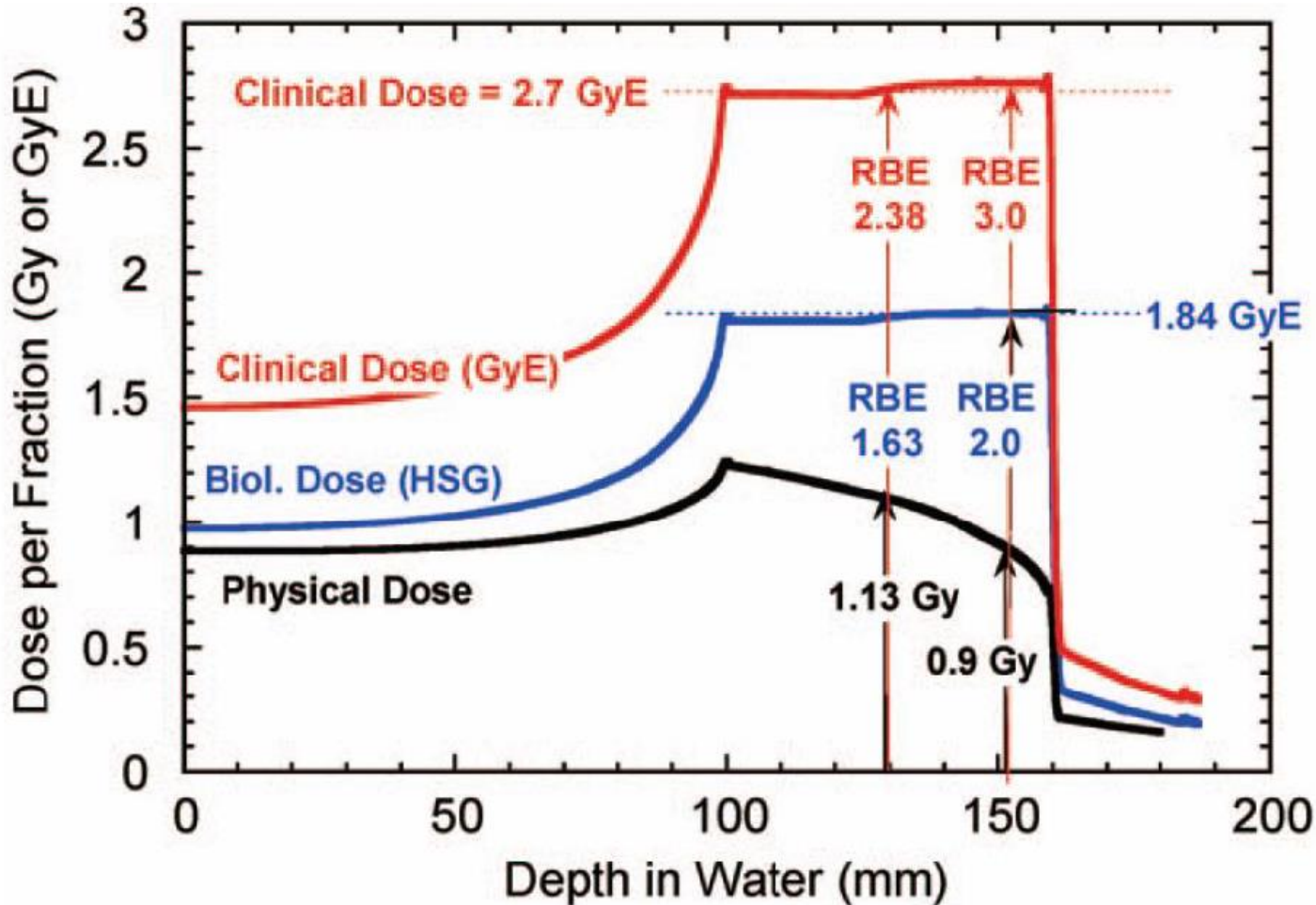
Phys. Med. Biol. 62 (2017) 3814–3827

<https://doi.org/10.1088/1361-6560/aa642b>

The FLUKA Monte Carlo code coupled with the NIRS approach for clinical dose calculations in carbon ion therapy

G Magro¹, T J Dahle², S Molinelli¹, M Ciocca¹, P Fossati^{1,3},
A Ferrari⁴, T Inaniwa⁵, N Matsufuji⁵, K S Ytre-Hauge²
and A Mairani^{1,6}

Клинична доза от смесени полета

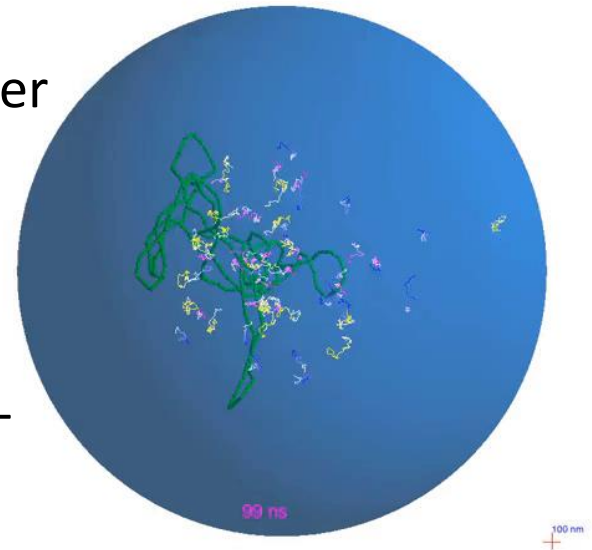


Matsufuji et al J. Radiata Res, 48S (2007)

„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Материали и Методи

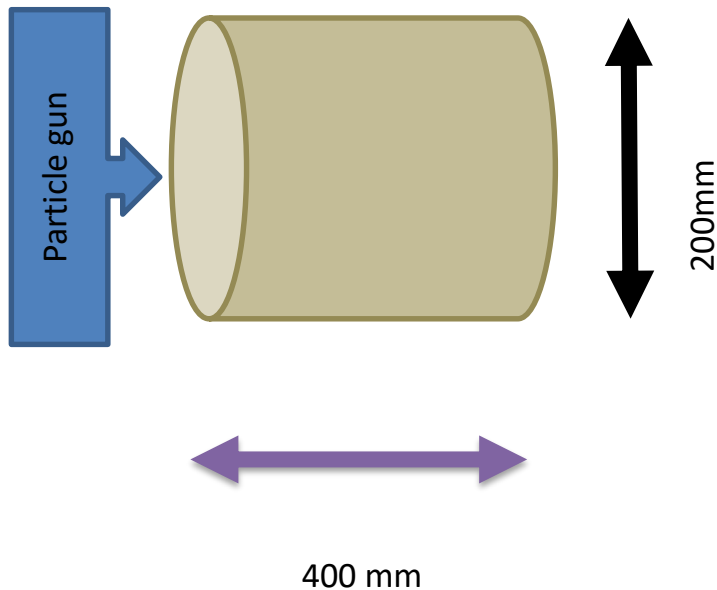
- G4
 - Rad Transport
- G4-DNA
 - [Physics](#) processes in liquid water and other biological materials
 - [Physico-chemistry and chemistry](#) processes for water radiolysis
 - Molecular [geometries](#)
 - Quantification of **damage** (such as single-strand, double-strand breaks, base oxidation...)
- DNA Damage
 - RBE



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Geometry of Simulations

Simple geometry

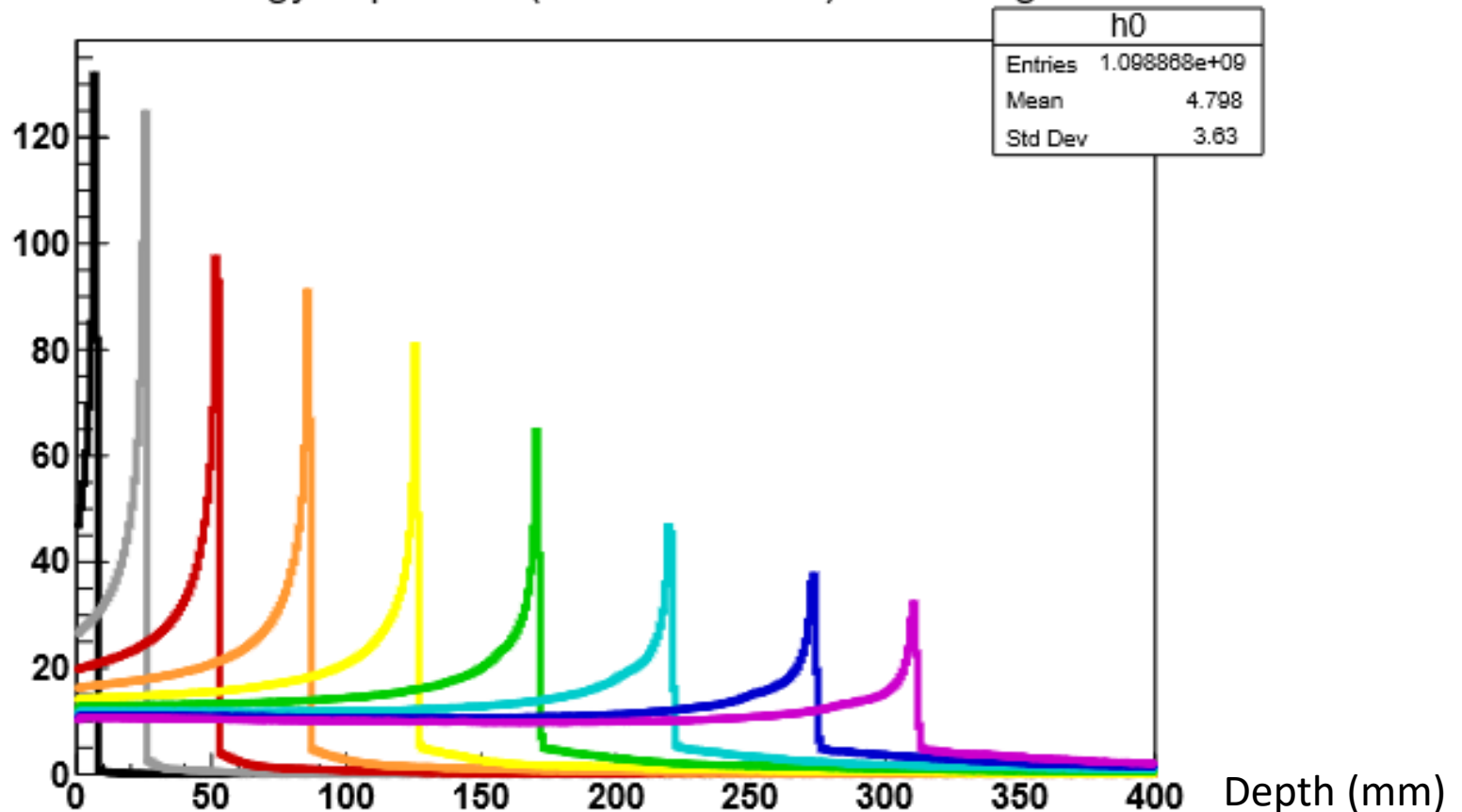


- GEANT4 – Version 10.4
- Physic List – FTF; QGSP
- Particle Gun – ^{12}C
- Phantom – H_2O

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

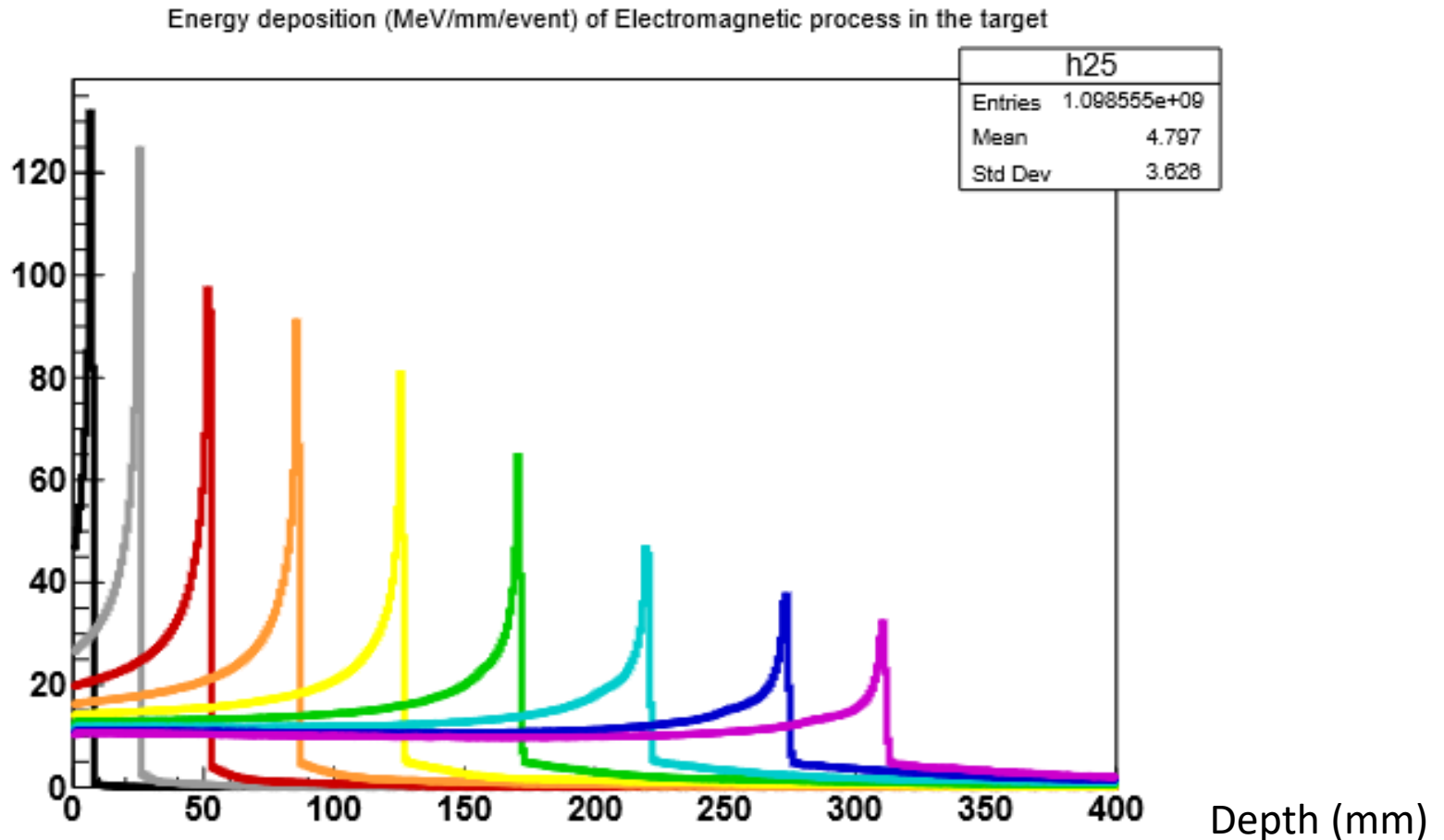
Energy deposition (MeV/mm/event) in the target



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

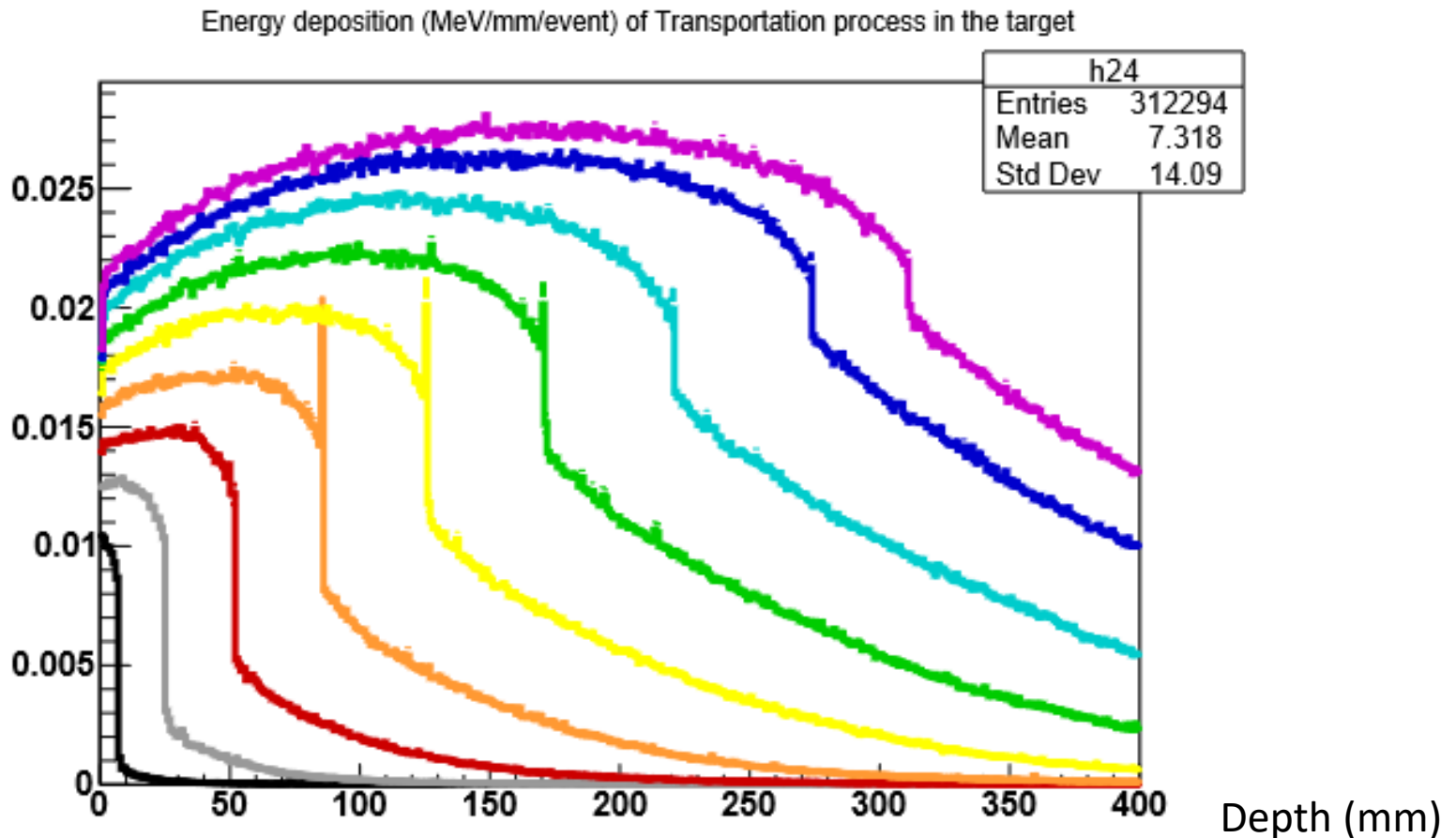
50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

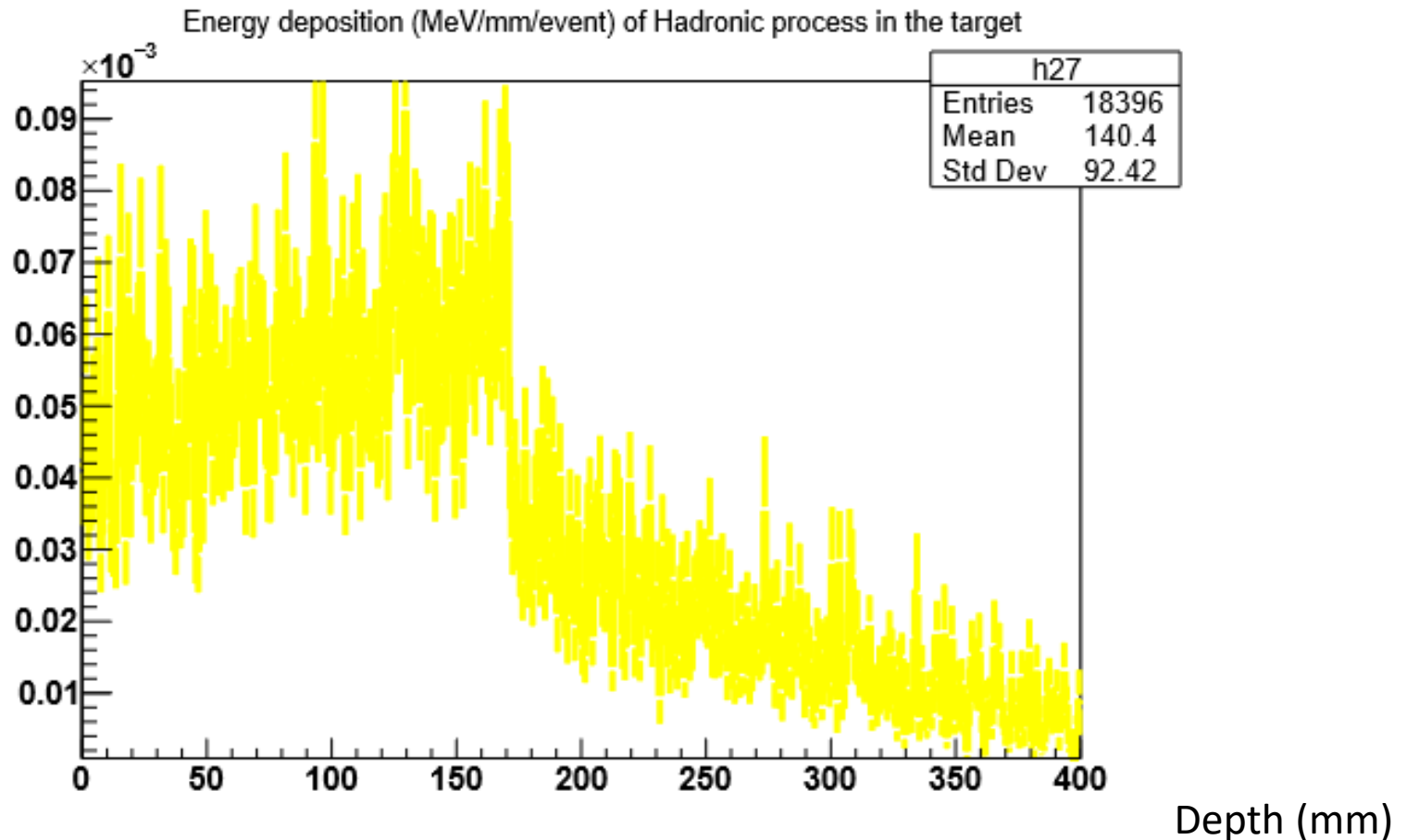
50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

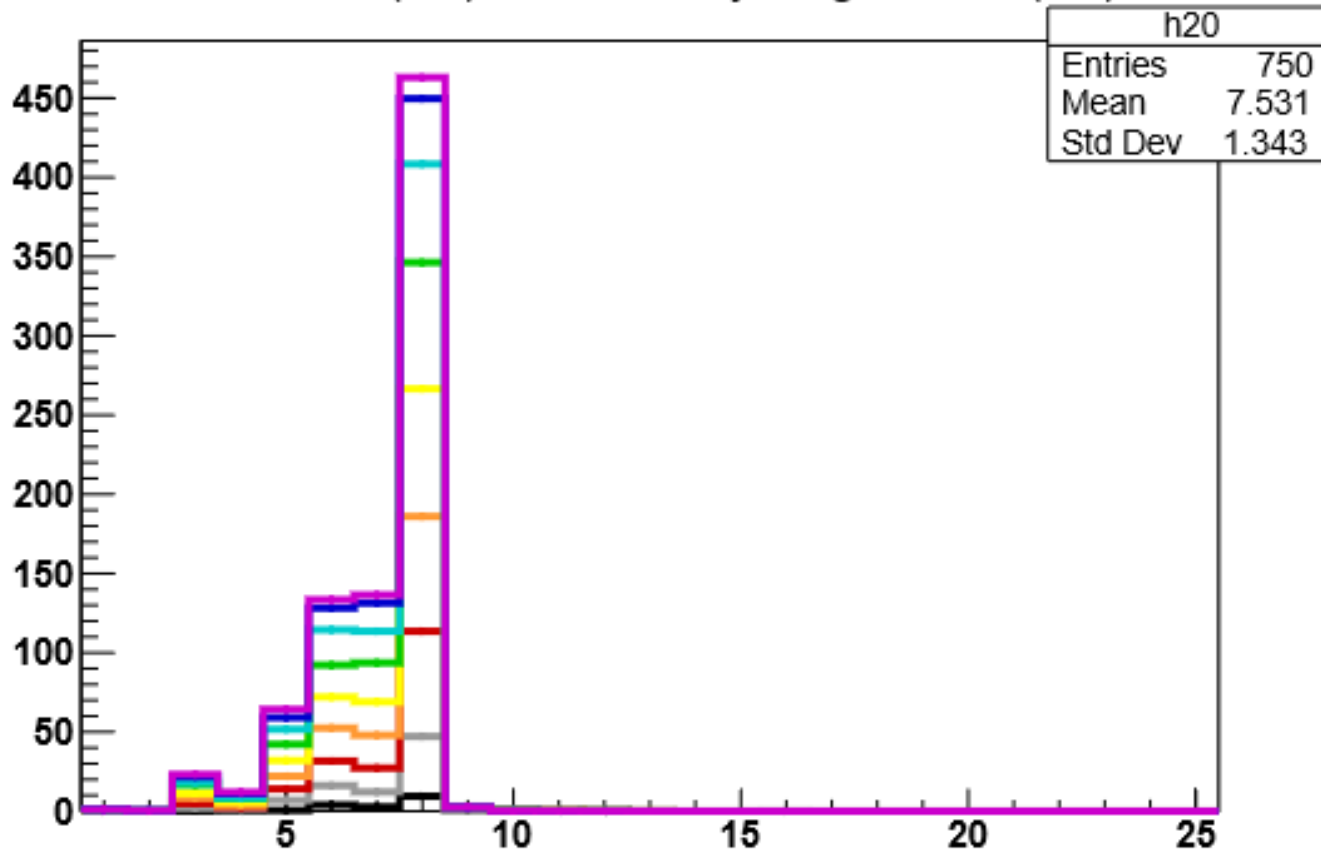


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

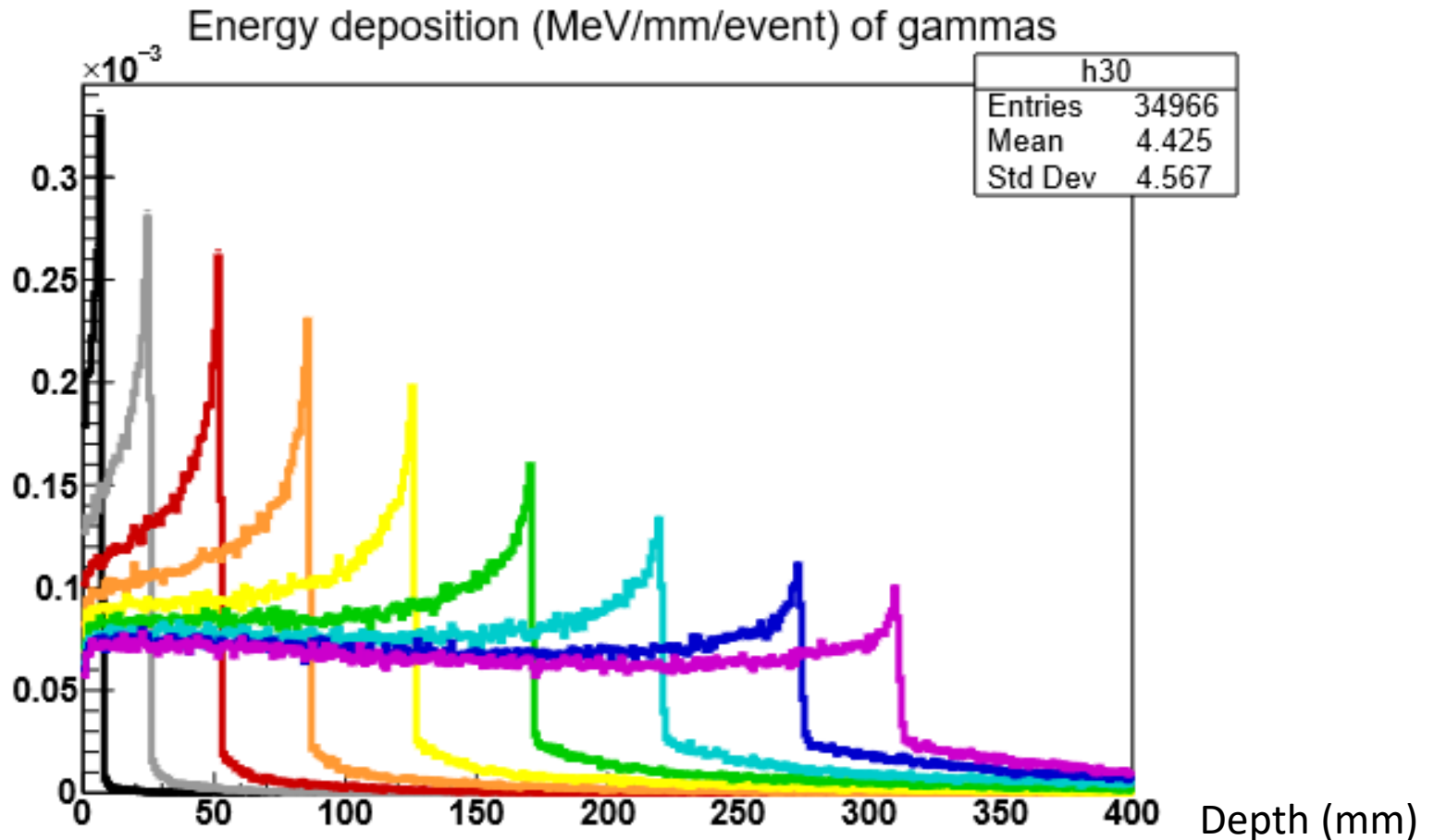
X Section (mb) of Secondary Fragments Z (mb)



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u



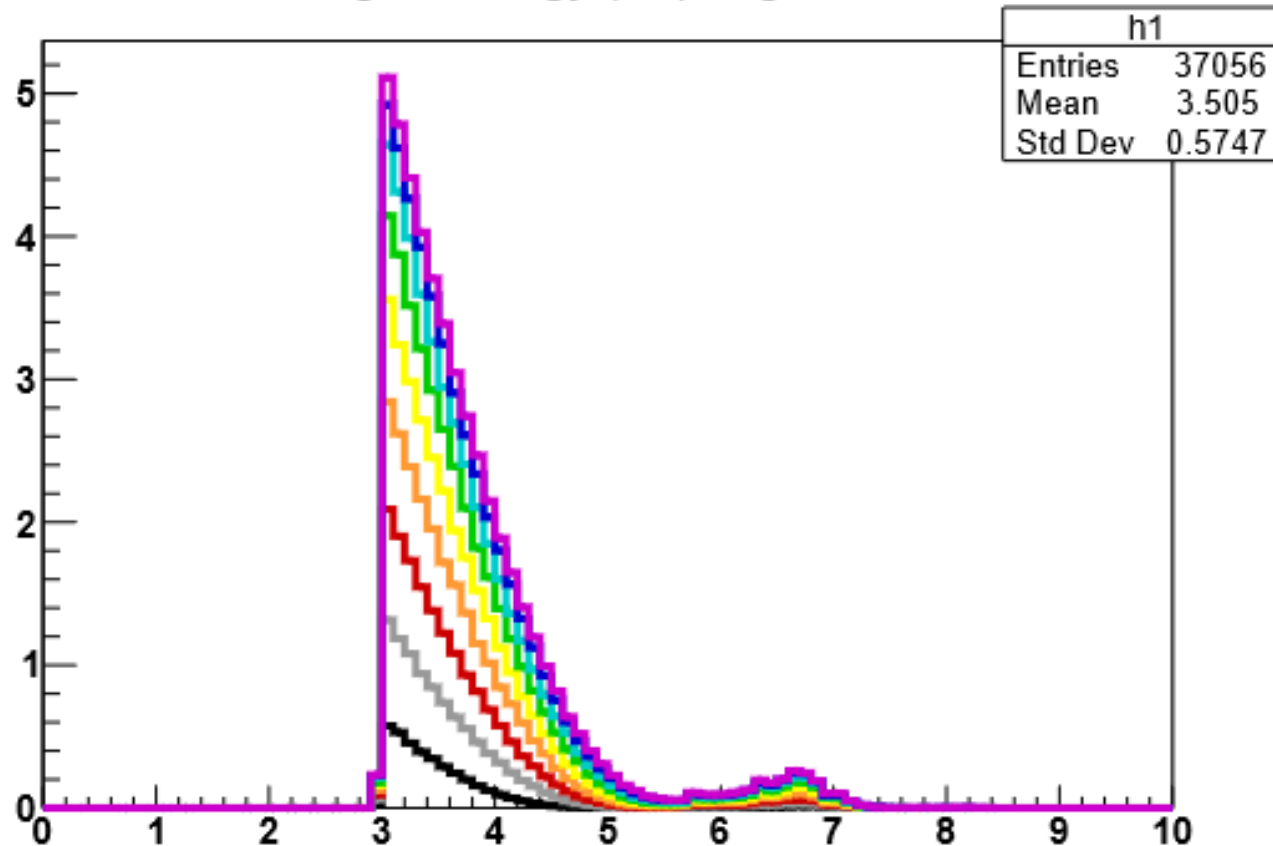
„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Log10 Energy (eV) of gammas

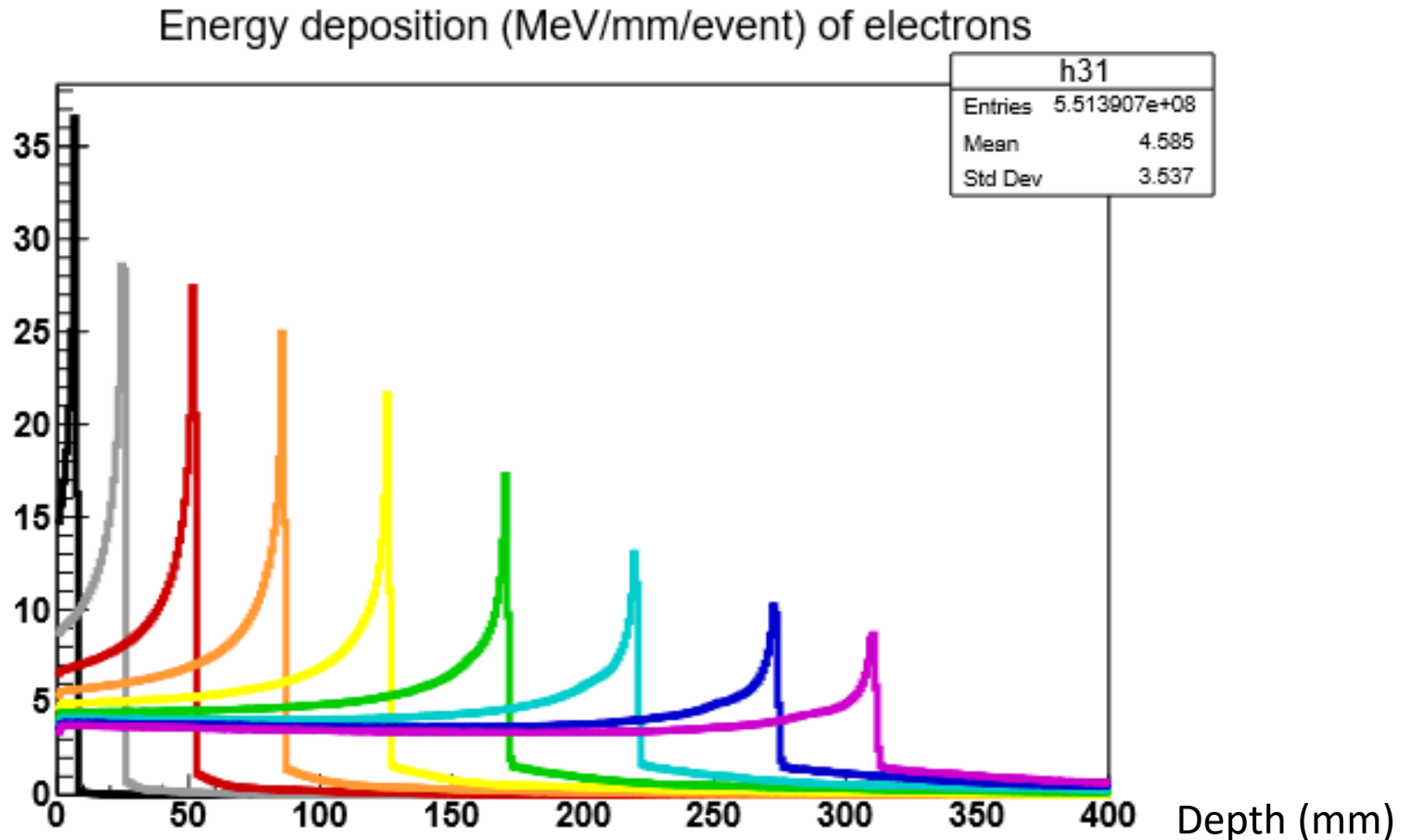
Брой взаимодействия
за едно първично събитие



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

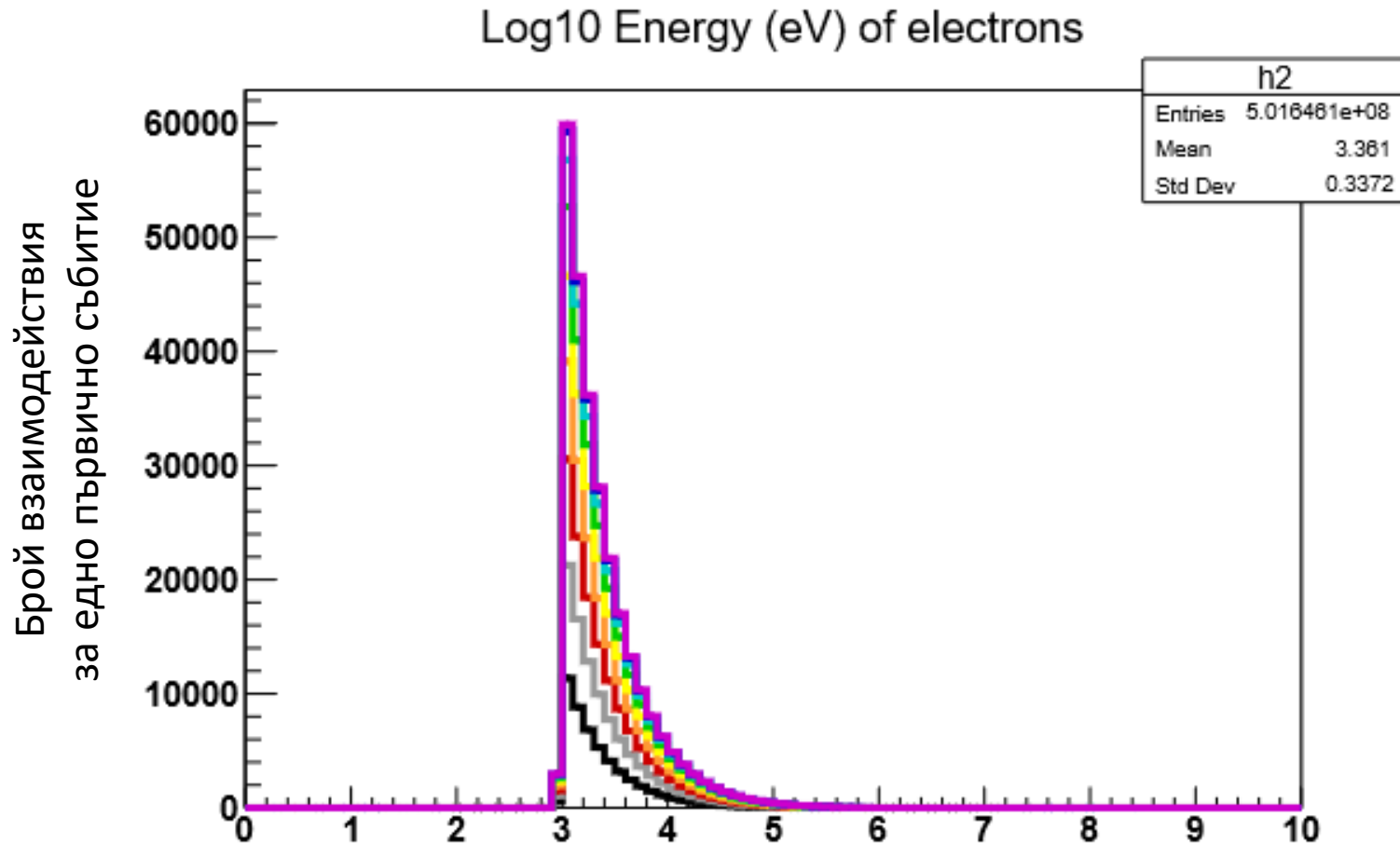
50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

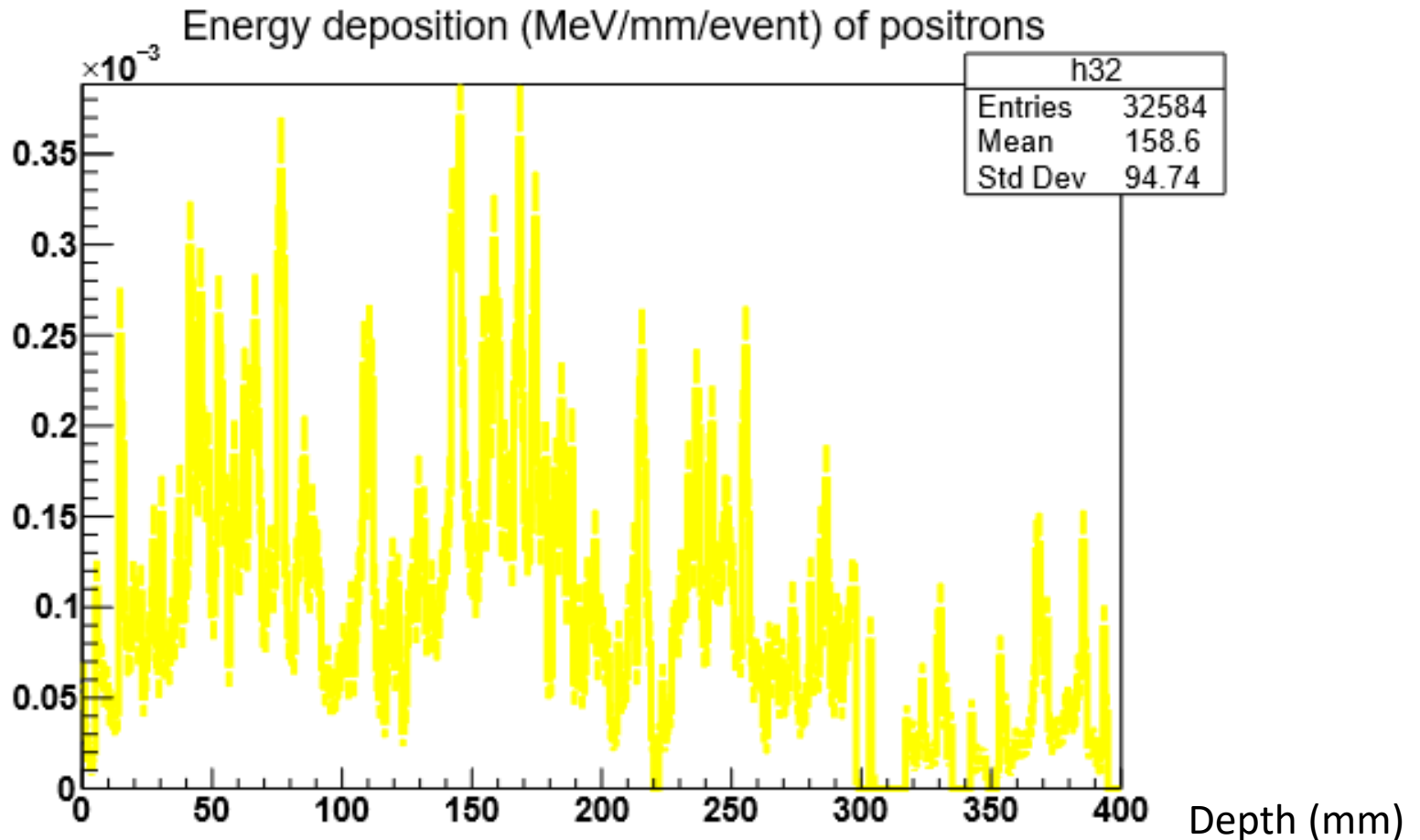
50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

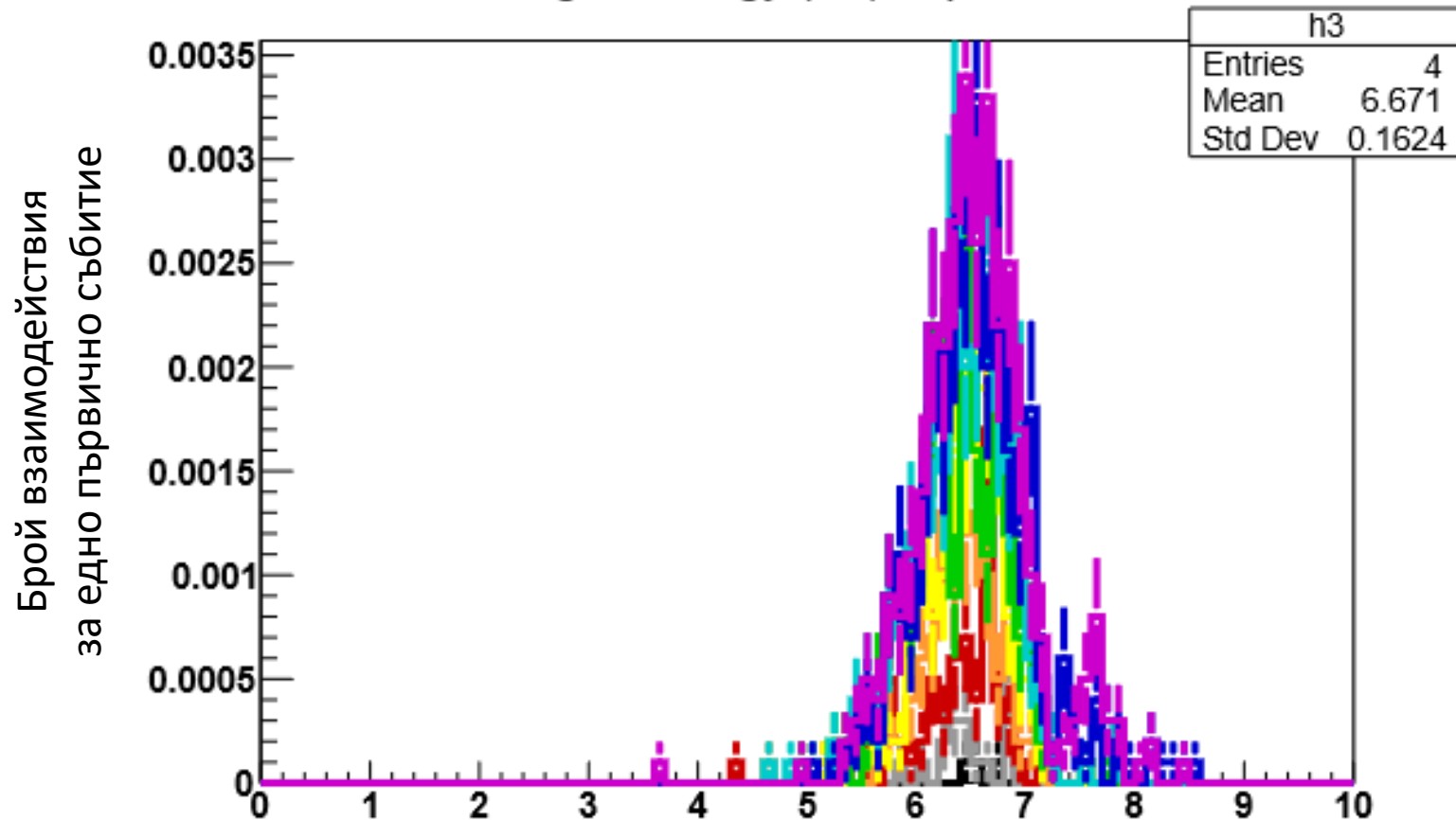


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

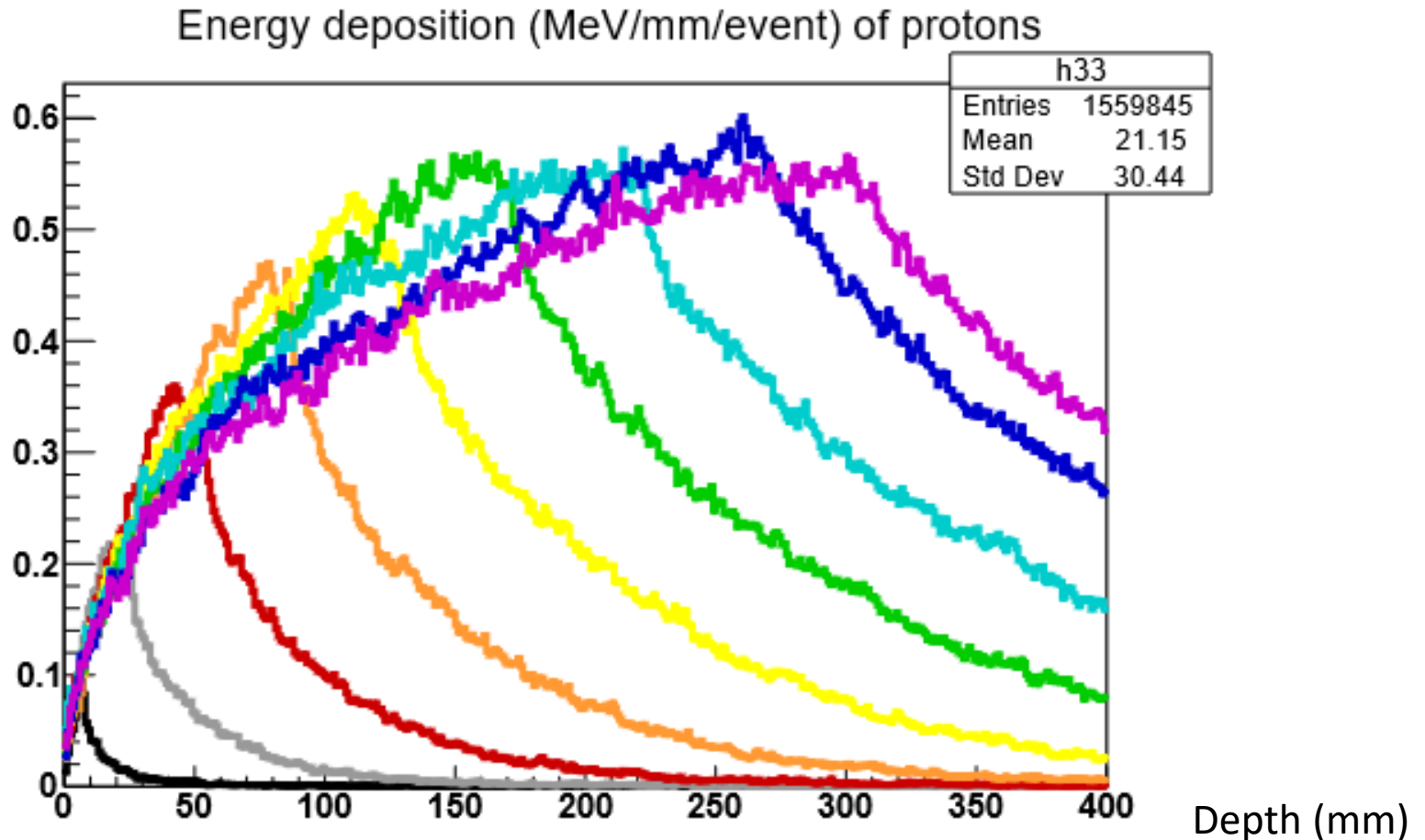
Log10 Energy (eV) of positrons



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

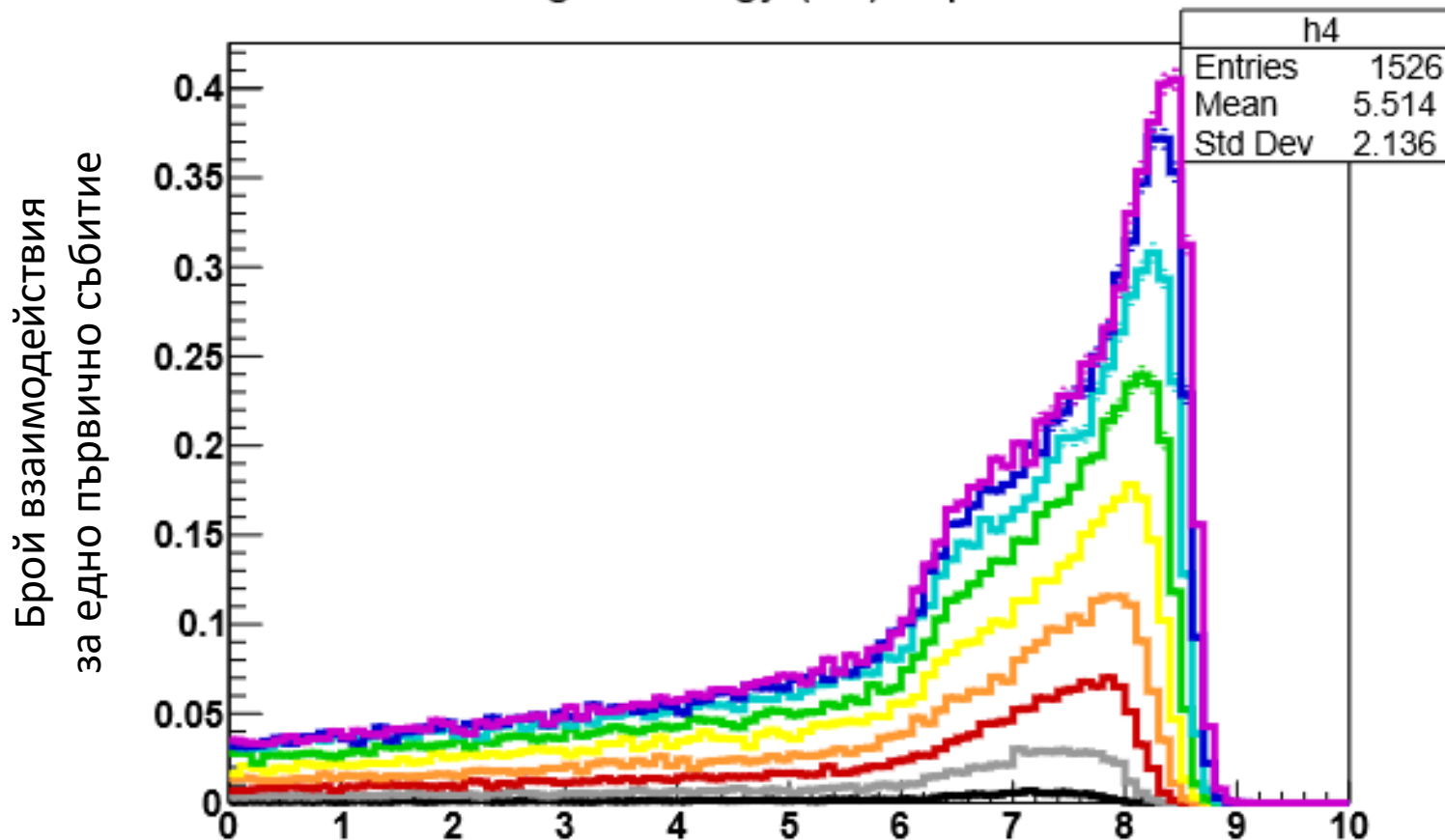


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

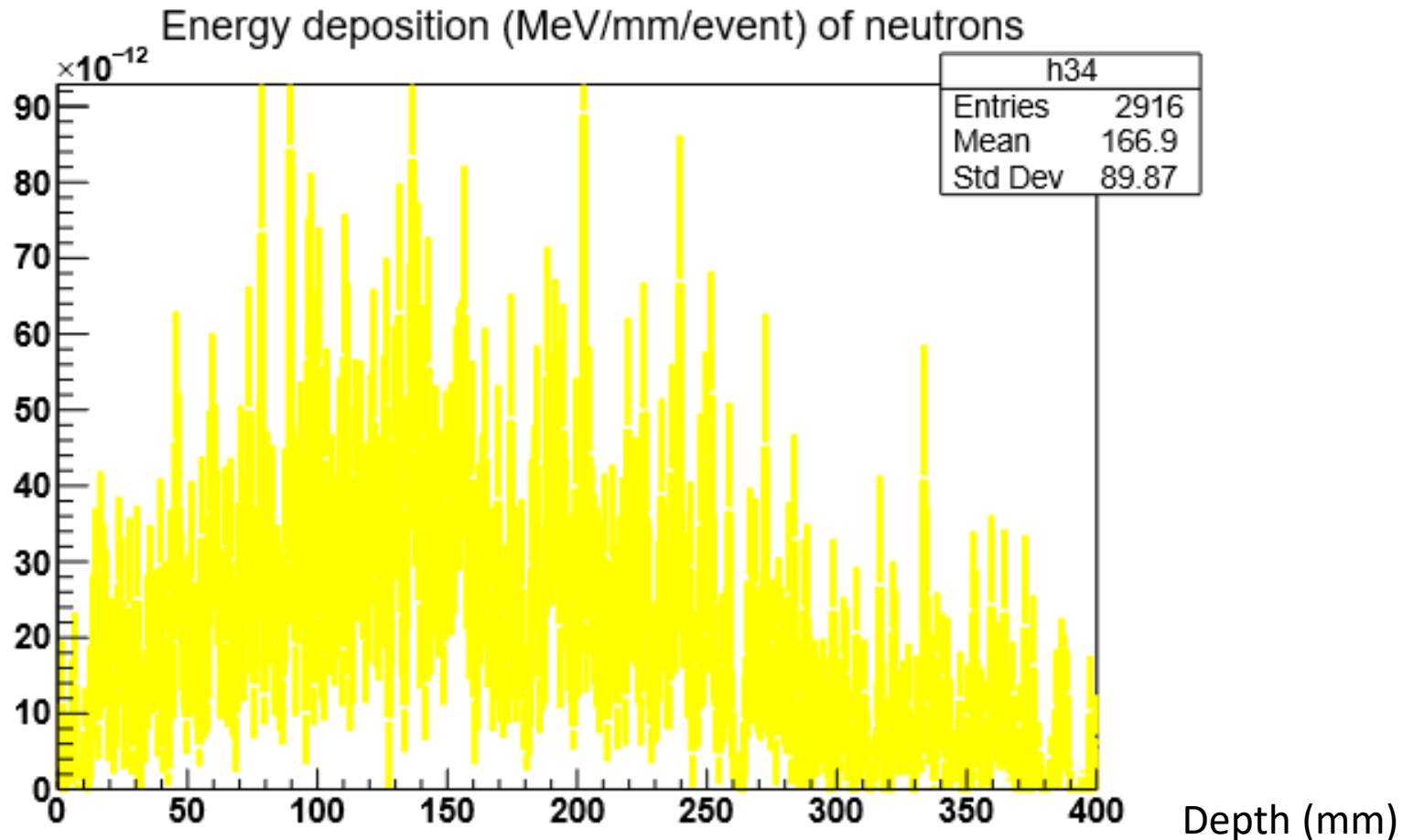
Log10 Energy (eV) of protons



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

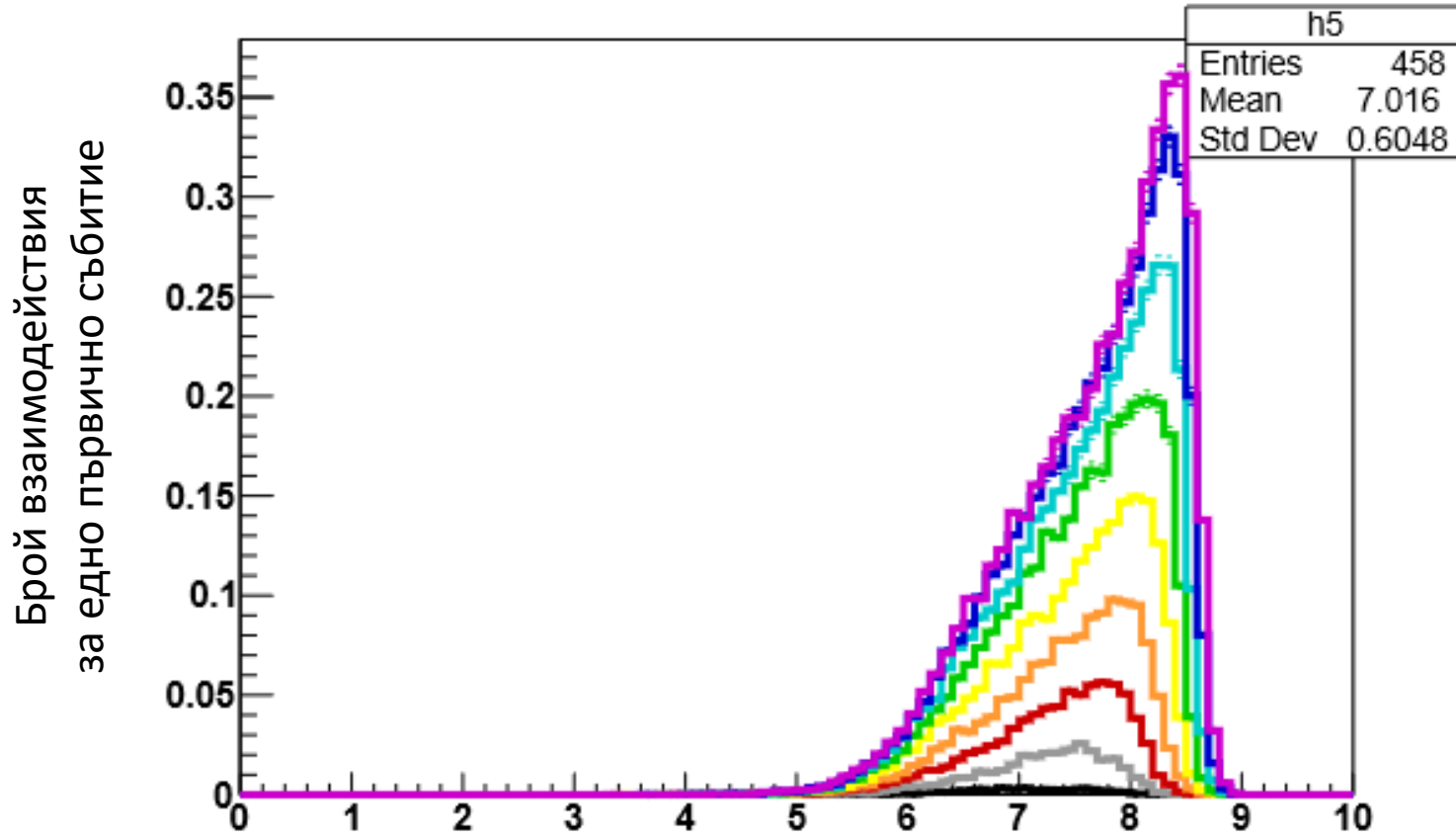


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Log10 Energy (eV) of neutrons

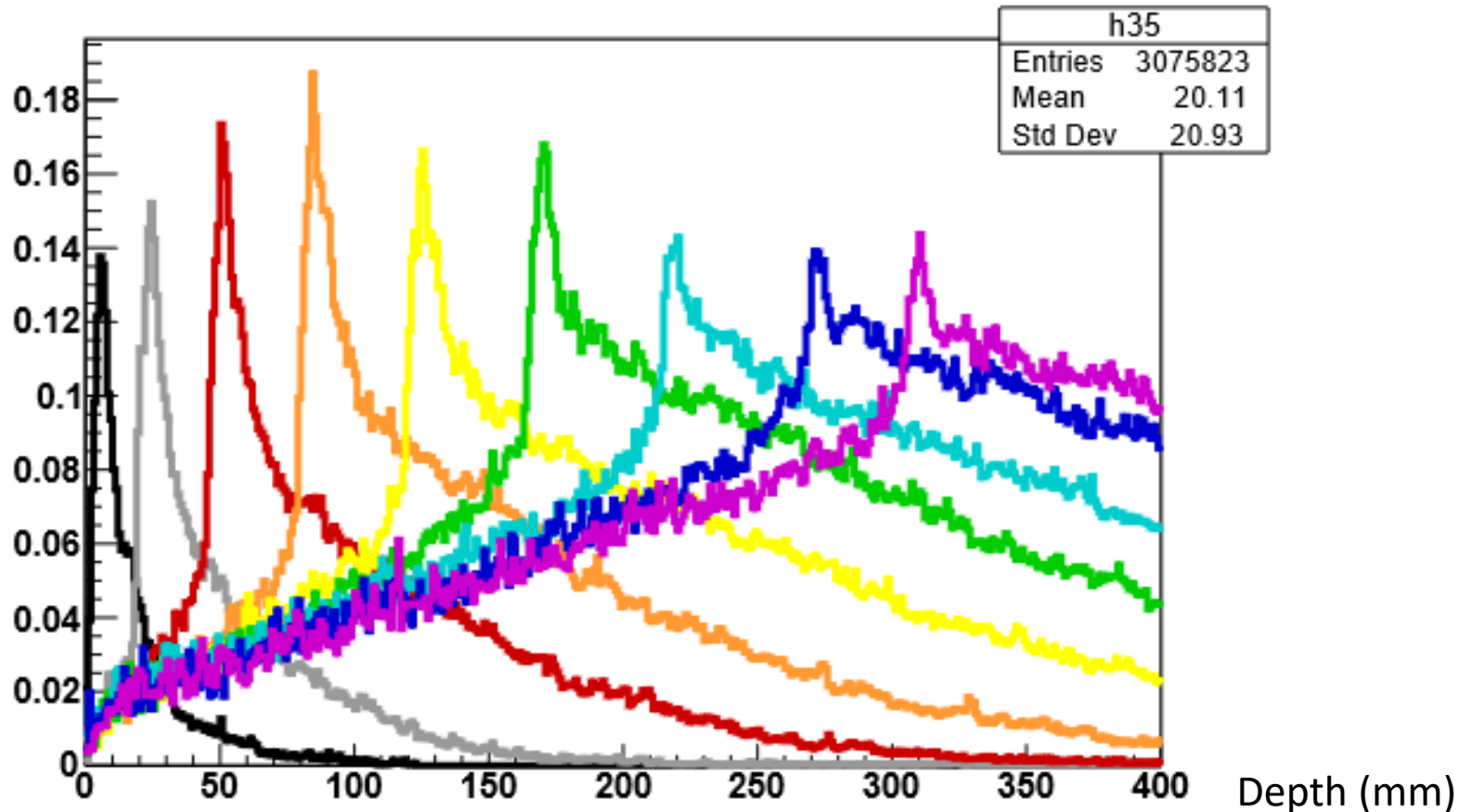


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Energy deposition (MeV/mm/event) of deuterons and tritons

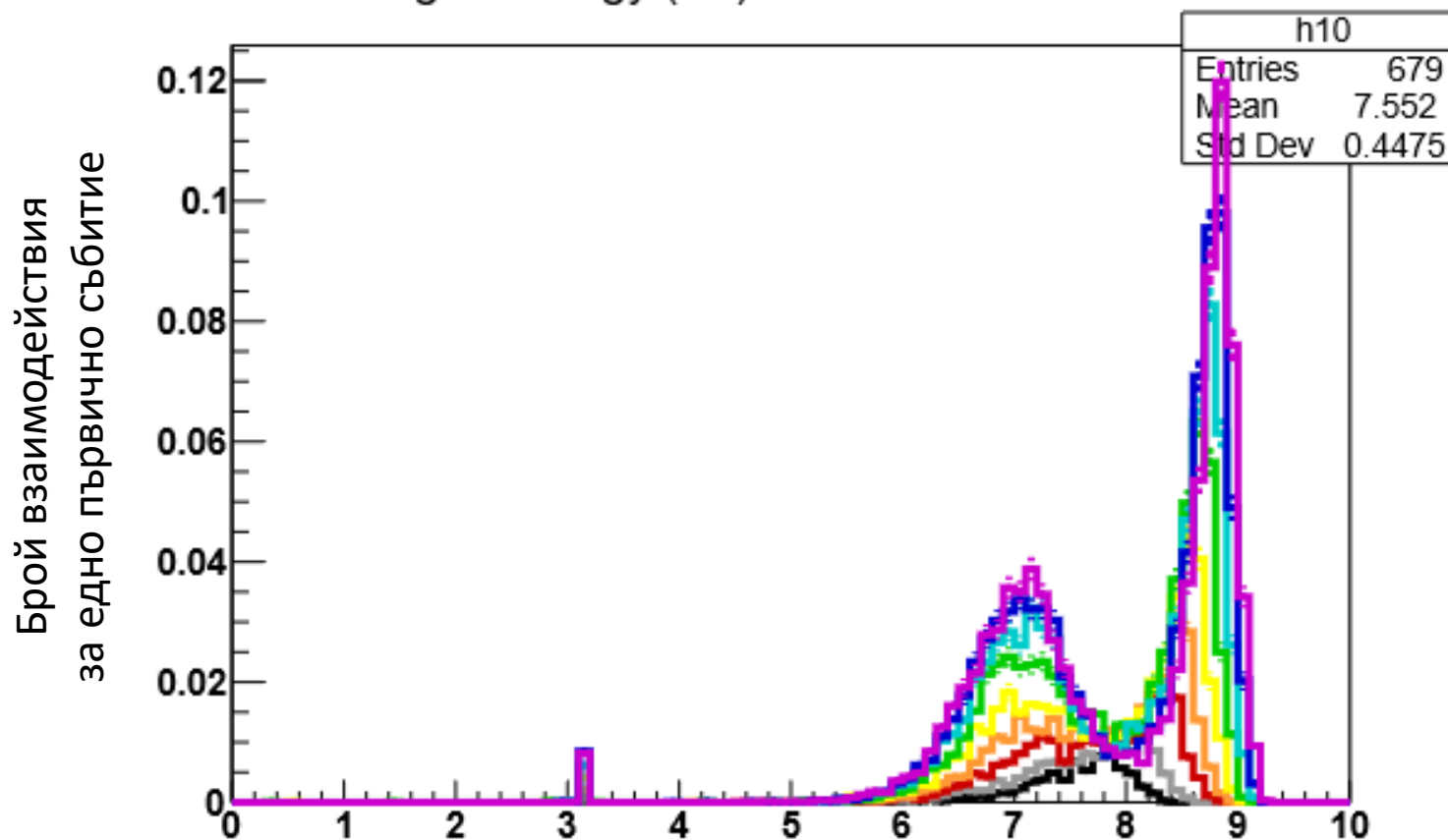


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Log10 Energy (eV) of deuterons and tritons

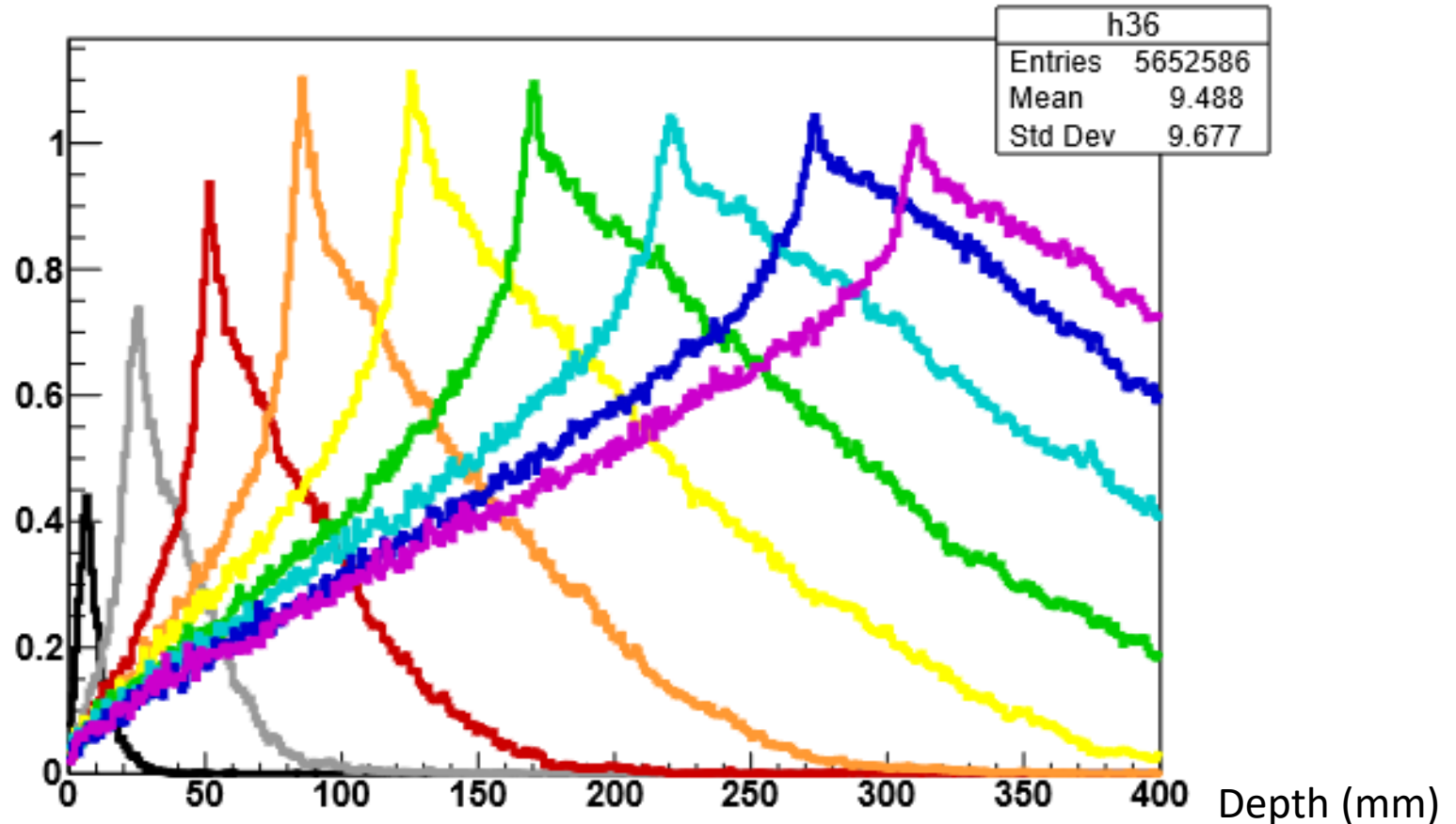


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Energy deposition (MeV/mm/event) of He3 and alpha

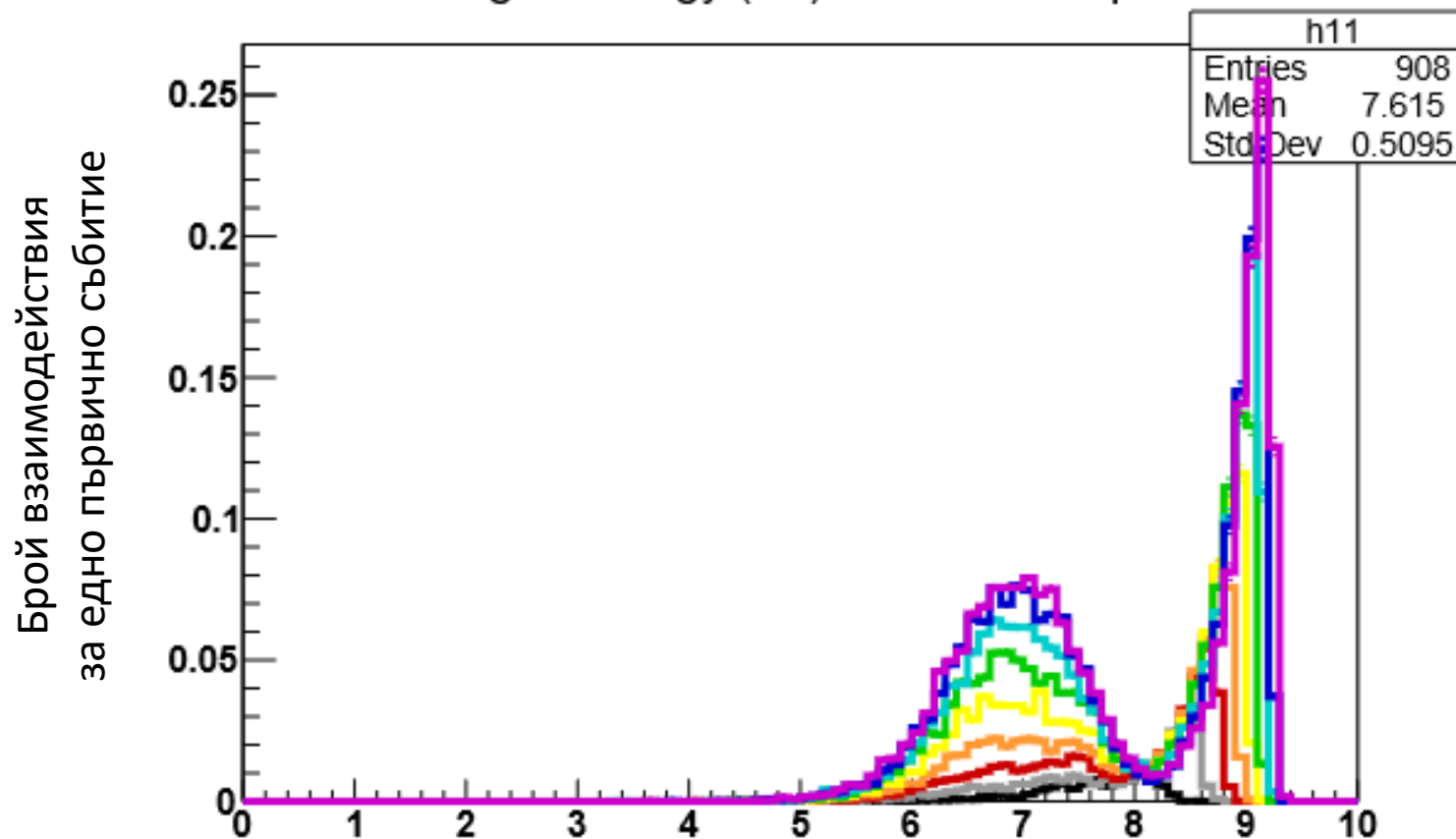


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Log10 Energy (eV) of He3 and alpha

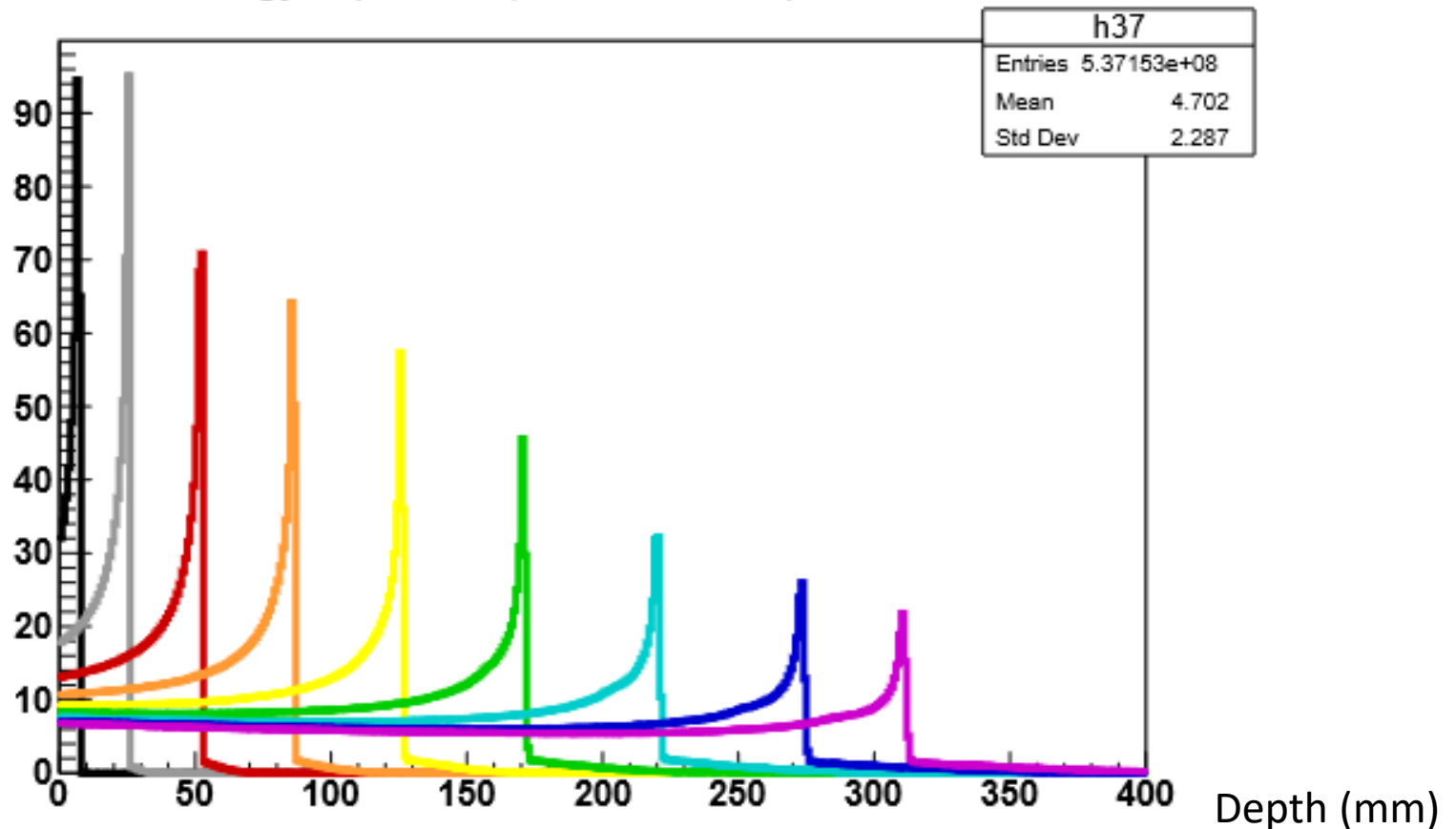


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Energy deposition (MeV/mm/event) of Generic Ions

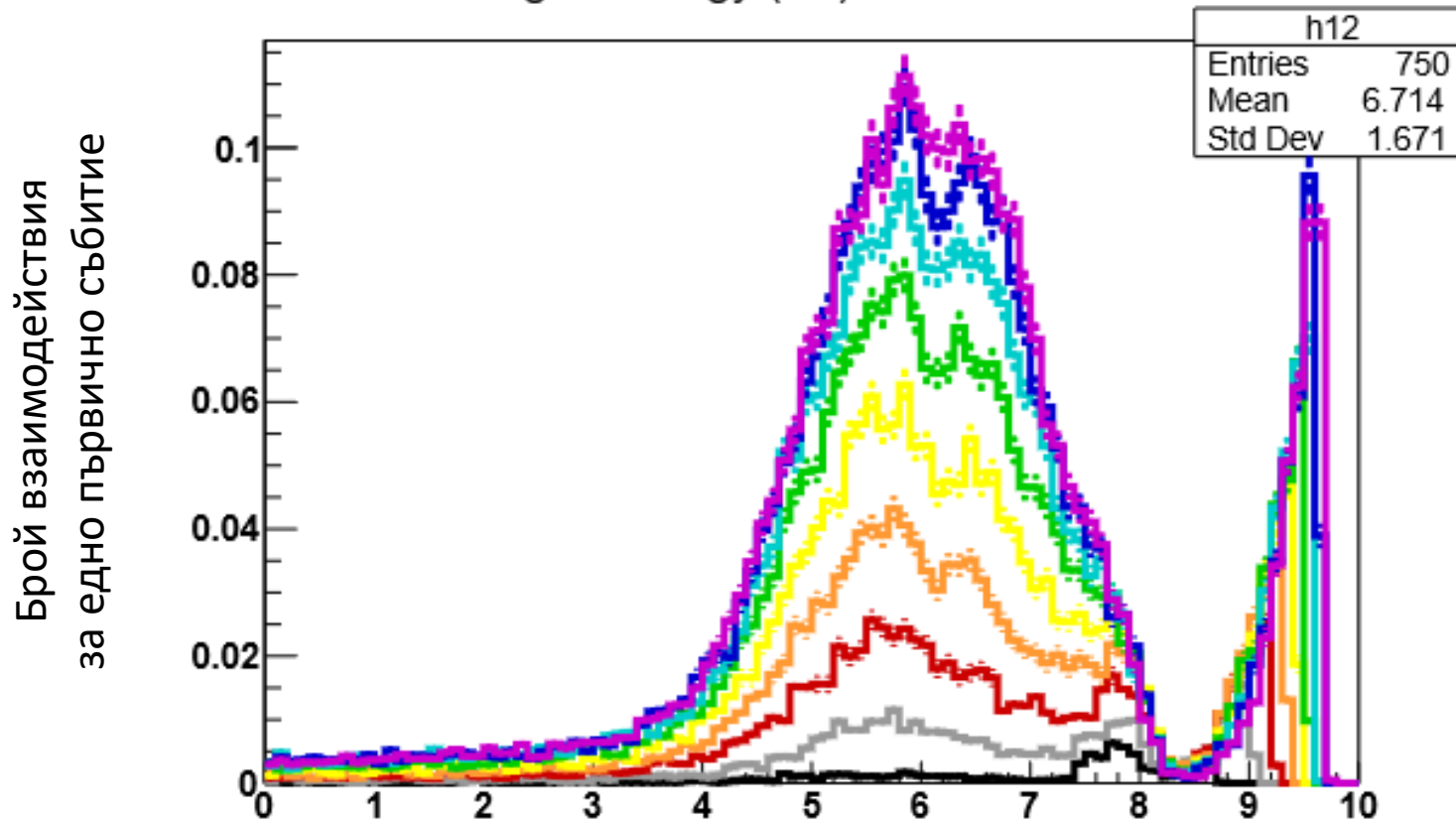


„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

Log10 Energy (eV) of Generic Ions



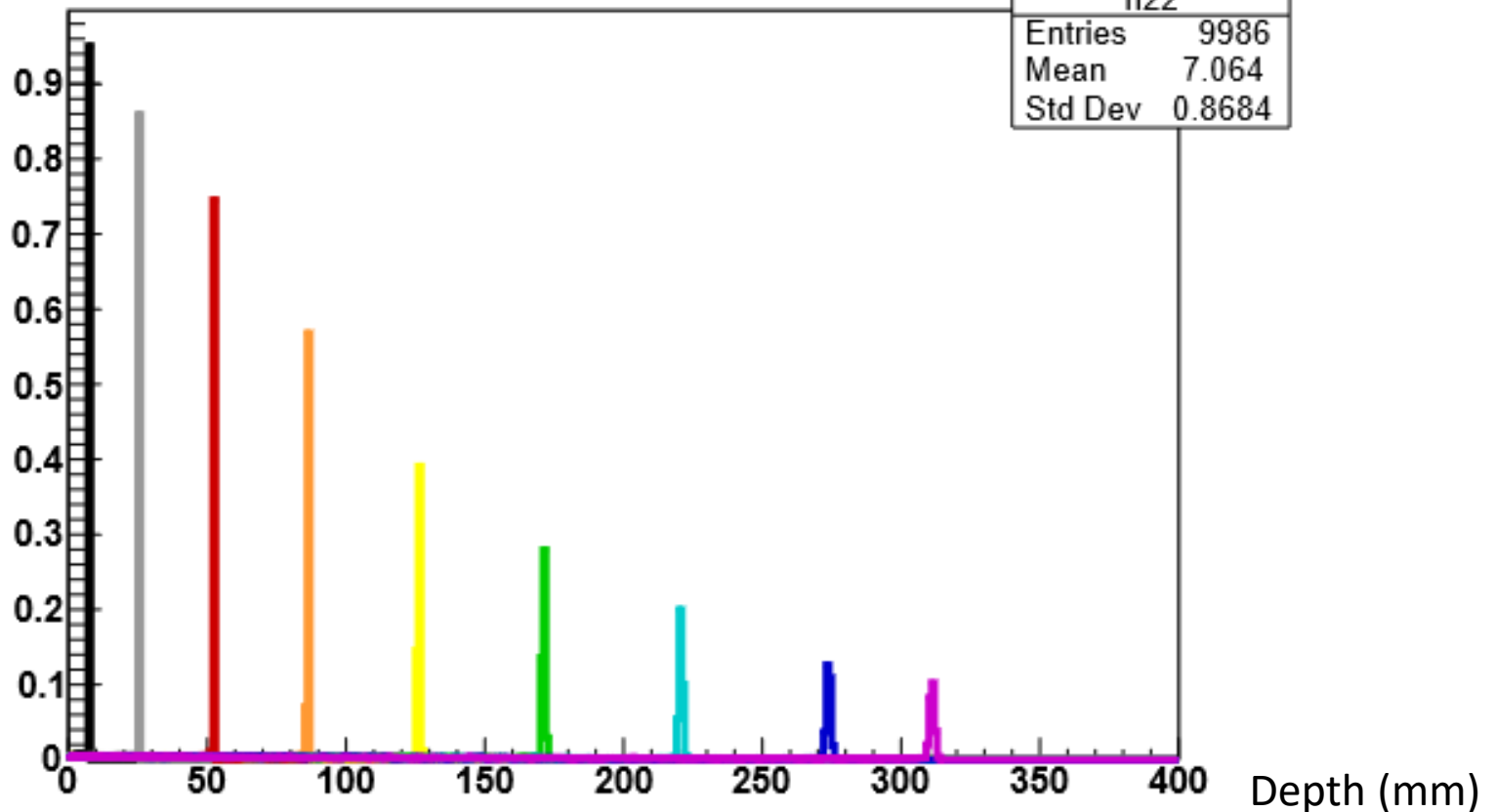
„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Резултати

50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 MeV/u

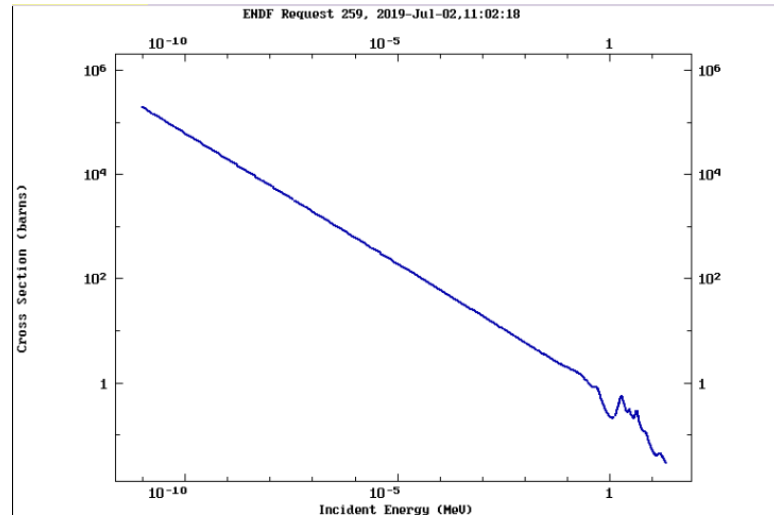
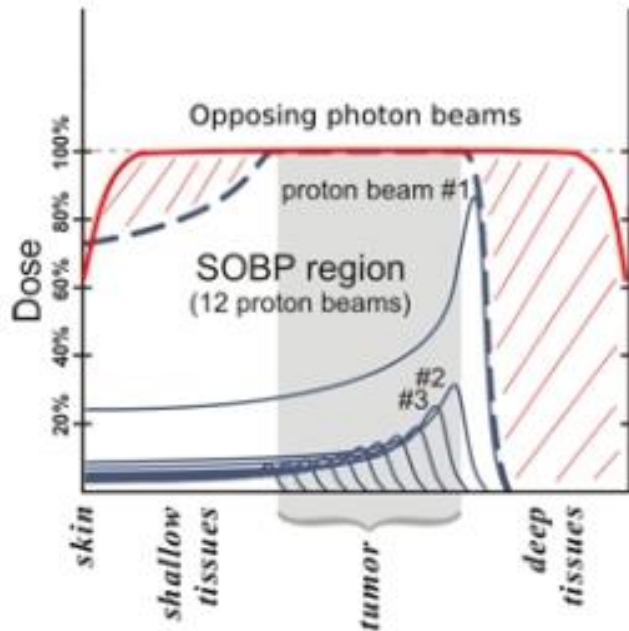
Range of primery particles (mm) into the target

Брой спрели ($E_{kin} = 0$) първични
Частици от едно първично събитие



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Оптимизация на Физичната Доза



$$-\frac{dE}{dx} = 4\pi N_e r_e^2 m_e c^2 \frac{z^2}{\beta^2} \left(\ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{I} - \beta^2 - \frac{\delta(\gamma)}{2} \right)$$

B-10(N,A),SIG

E=20MeV

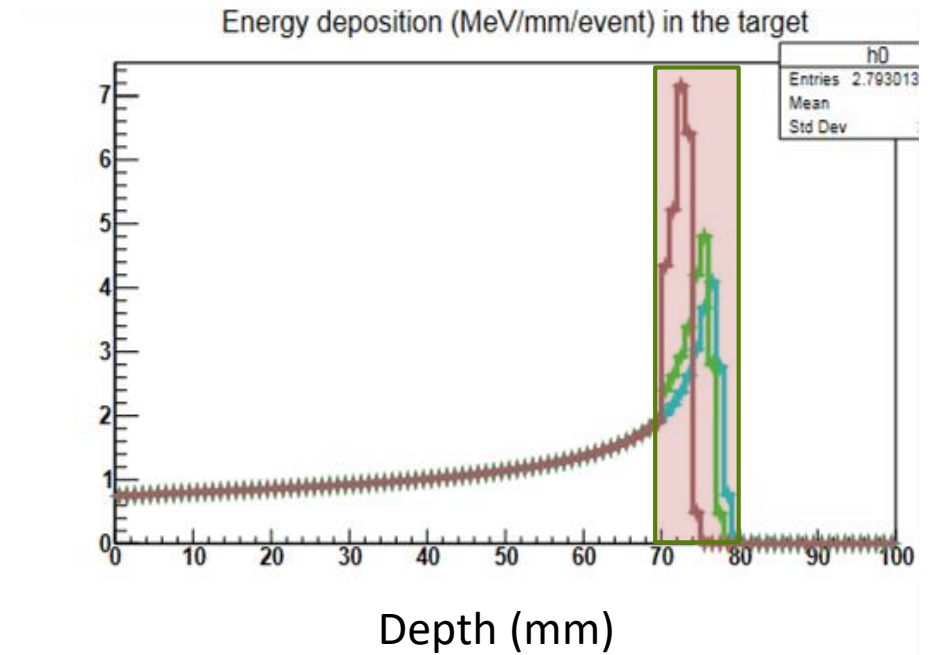
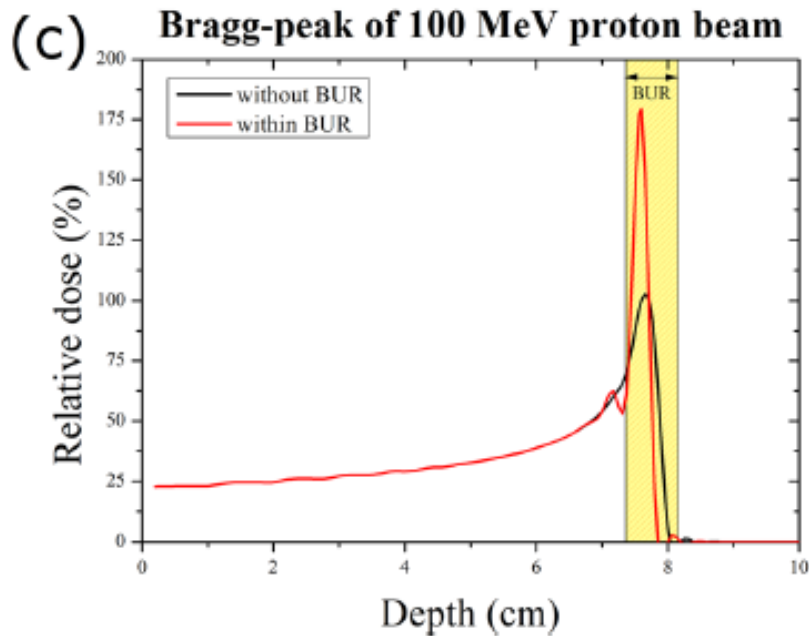
Lab=LANL G.M.Hale

Date=20240202

„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

Comparison of results from simulations with another interesting simulations

Do-Kun Yoon, Joo-Young Jung, and Tae Suk Suh



„Методи за контрол на въздействието на йонизиращи лъчения върху жива материя.“

TANKS FOR YOUR ATTENTION

