

DOSIMETRO A FIBRE SCINTILLANTI PER FASCI RADIOTERAPICI LETTO DA SiPM

Chiara Novati,

A. Berra, V. Conti, D. Lietti, A. Ostinelli, M. Prest,
E. Vallazza

101° Congresso Nazionale Società di Fisica Italiana
21-25 settembre 2015



OUTLINE

- I requisiti di un dosimetro per RT
- Dosimetri in uso vs fibre ottiche: vantaggi e svantaggi
- Il prototipo
- Il setup sperimentale e il sistema di acquisizione
- Caratterizzazione del dosimetro: test e risultati
- Conclusioni e prospettive future

I REQUISITI DI UN DOSIMETRO PER RT

La scelta del dosimetro adeguato deve essere fatta con accuratezza.

Il dosimetro deve essere:

- Di **dimensione non troppo elevata**, per mantenere l'equilibrio elettronico ed evitare perturbazioni locali della fluenza fotonica;
- **Semplice** da utilizzare, considerando la routine dell'U.O. di Radioterapia;
- **Real time e acqua-equivalente**, così da poter essere sfruttato anche per dosimetria in vivo;
- **Lineare** rispetto alle variazioni di dose rate



PERCHÉ UN DOSIMETRO A SCINTILLAZIONE?!

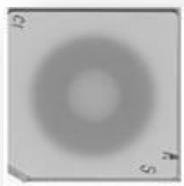
Dosimetri tradizionali:

○ Camere a ionizzazione e diodi:



- ✓ Real time e accurati
- ✗ Non tessuto equivalenti
- ✗ Dipendenti da p e T
- ✗ Limitata risoluzione spaziale

○ Pellicole radiografiche:



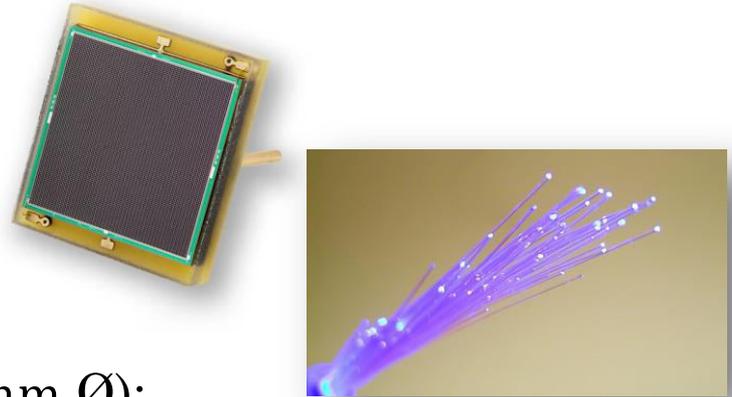
- ✓ Ottima risoluzione spaziale
- ✗ Non tessuto equivalenti
- ✗ Non real time

○ Dosimetri a termoluminescenza:

- ✓ Ottima risoluzione spaziale
- ✗ Non real time
- ✗ Richiedono particolare attenzione nell'utilizzo

Dosimetro a fibre scintillanti lette da SiPM

- ✓ Buona **risposta temporale** (~ 10 ns);
- ✓ **Semplice** da utilizzare e **low cost**;
- ✓ **Resistente** alla radiazione e **flessibile**;
- ✓ **Acqua-equivalente**;
- ✓ Ottima **risoluzione spaziale** (fibre da 1 mm \varnothing);
- ✓ **Basso voltaggio** richiesto dai SiPM \rightarrow ok per dosimetria in vivo.



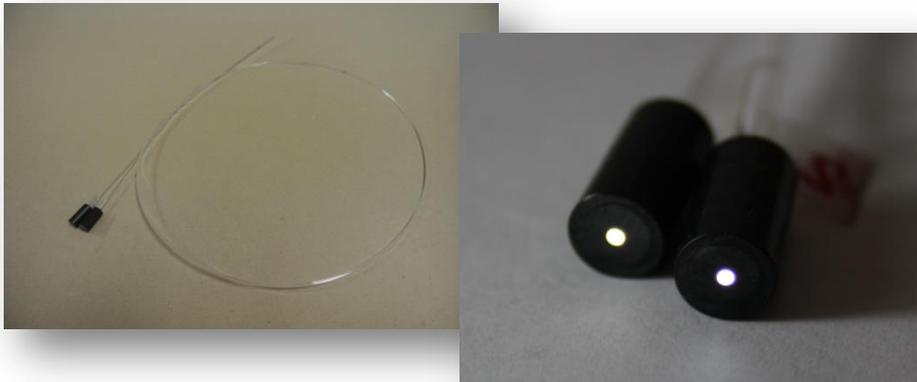
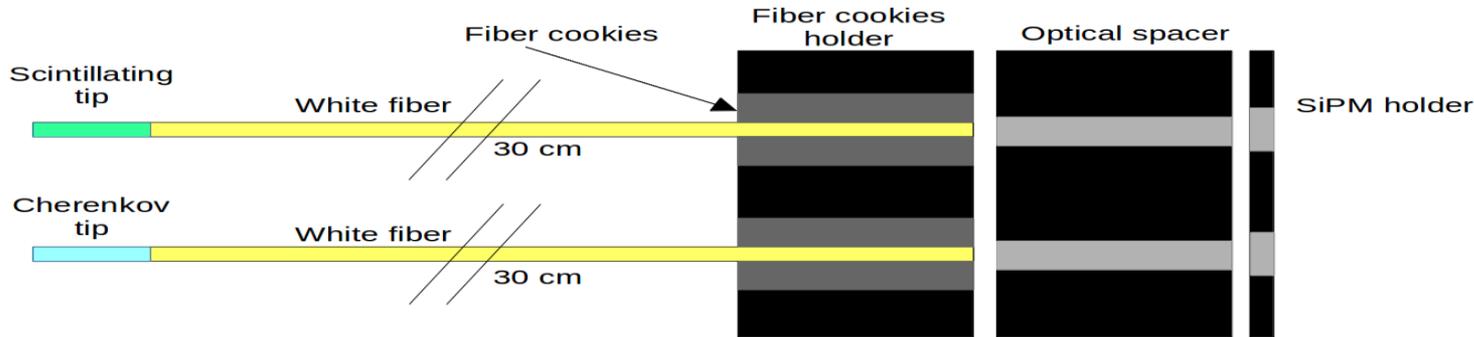
- ✗ **Problema: RADIAZIONE CHERENKOV** = radiazione emessa quando una particella carica viaggia in un mezzo a velocità maggiore di quella della luce nello stesso mezzo. L'intensità della radiazione è **proporzionale a λ^{-3}** , ma non all'energia assorbita ...



BISOGNA TENERNE CONTO:

fibra bianca accoppiata a quella scintillante,
per equalizzare e togliere questa componente.

IL PROTOTIPO



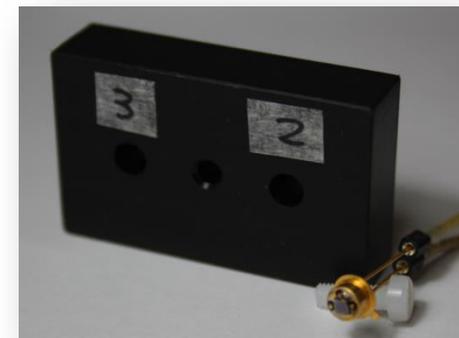
Proprietà dei SiPM RGB-HD:

Active area	2.2x2.2 mm ²
Cell area	15x15 μm ²
# cells	~21300
Fill factor	48%
Breakdown voltage	25.5 V – 25.7 V

Proprietà fibre scintillanti:

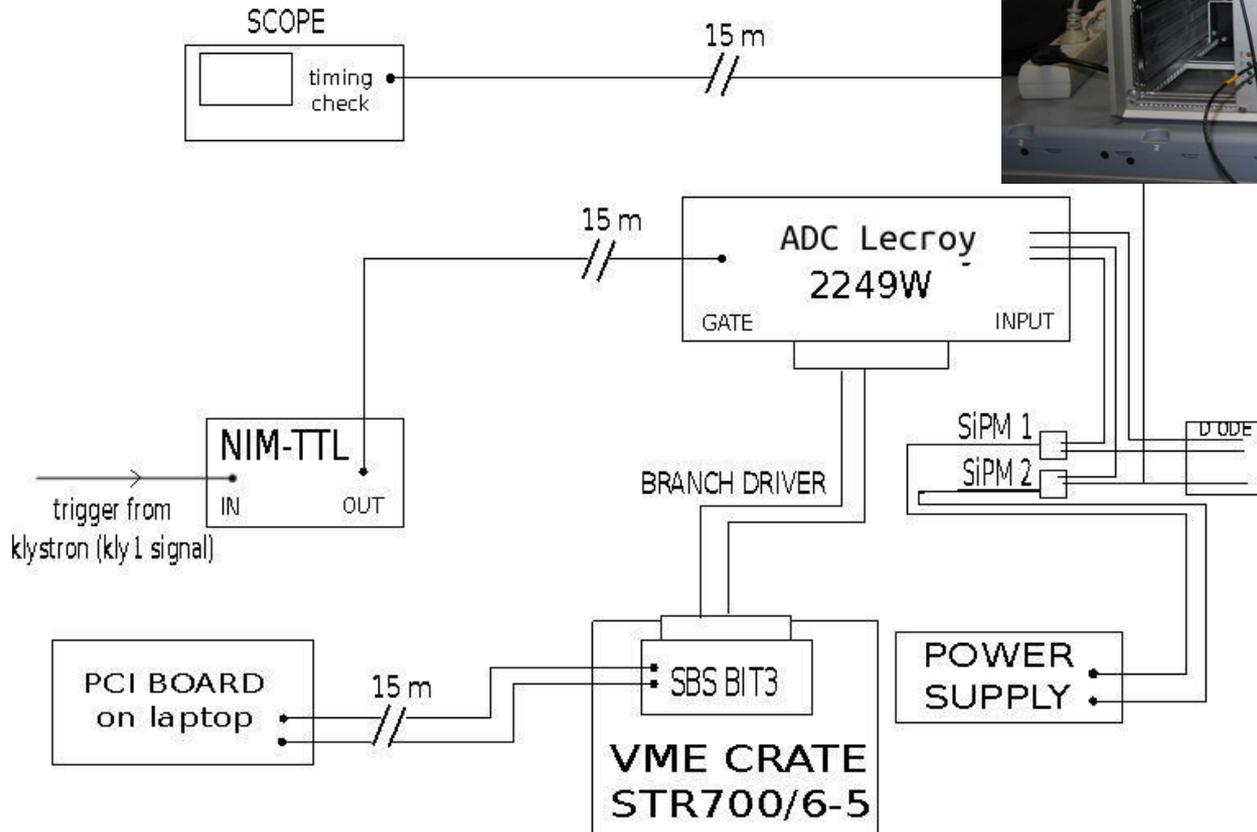
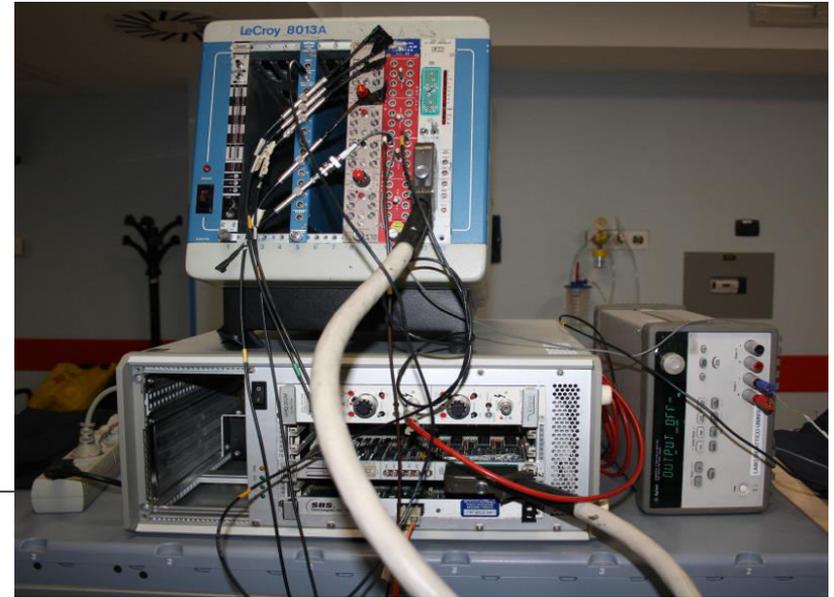
Fiber	Emission peak (nm)	Decay time (ns)	Attenuation Length (m)	Photons per MeV	Emission color
BCF-10	432	2.7	2.2	~8000	Blue

Double-clad fiber properties	Core	First Cladding	Second Cladding
Material	Polystyrene	Acrylic	Fluor-acrylic
Index of Refraction	1.6	1.49	1.42
Density (g/cm ³)	1.05	1.185	
Thickness		3% of diameter	1% of diameter

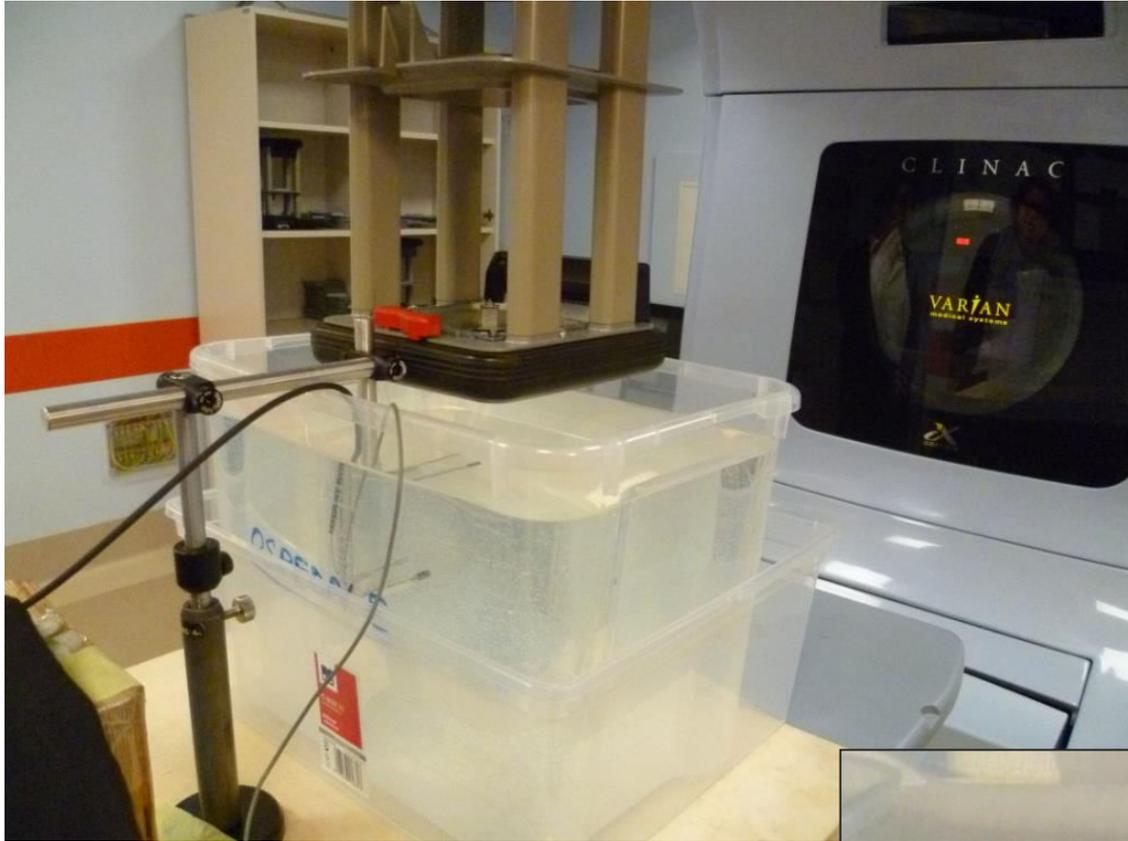


IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE

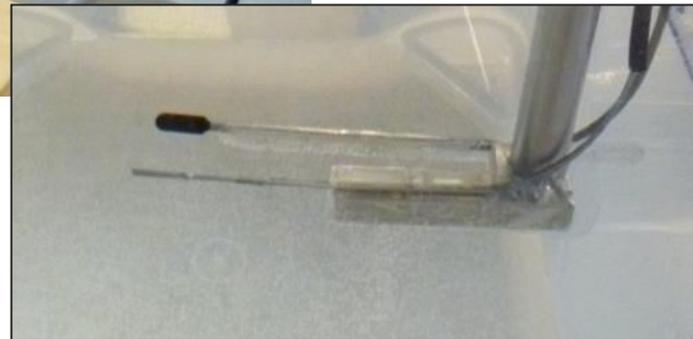
L'apparato di readout si basa su un **ADC** (Lecroy 2249W) a 12 canali. Il segnale del trigger viene prodotto dal **Crate NIM**, partendo dal segnale del klystron del LINAC (di $\sim 7 \mu\text{s}$).



IL SETUP SPERIMENTALE



- Varian Clinac iX
- Vasca con ~25 cm di acqua
- Sostegno graduato per fibre
- Diodo (DEB101, Scanditronix-Wellhöfer) per misure di riferimento
- SiPM a 26.8 V

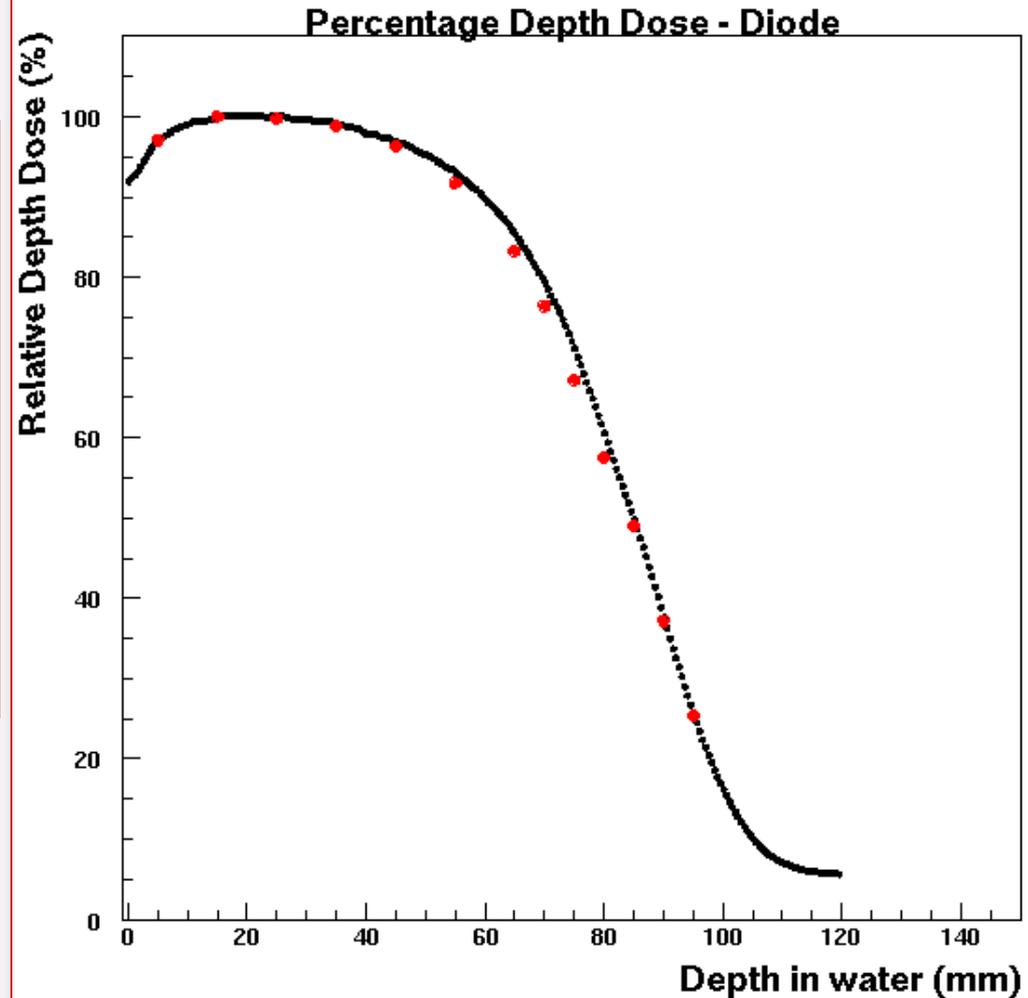


DDC PER FASCI DI e^- E γ

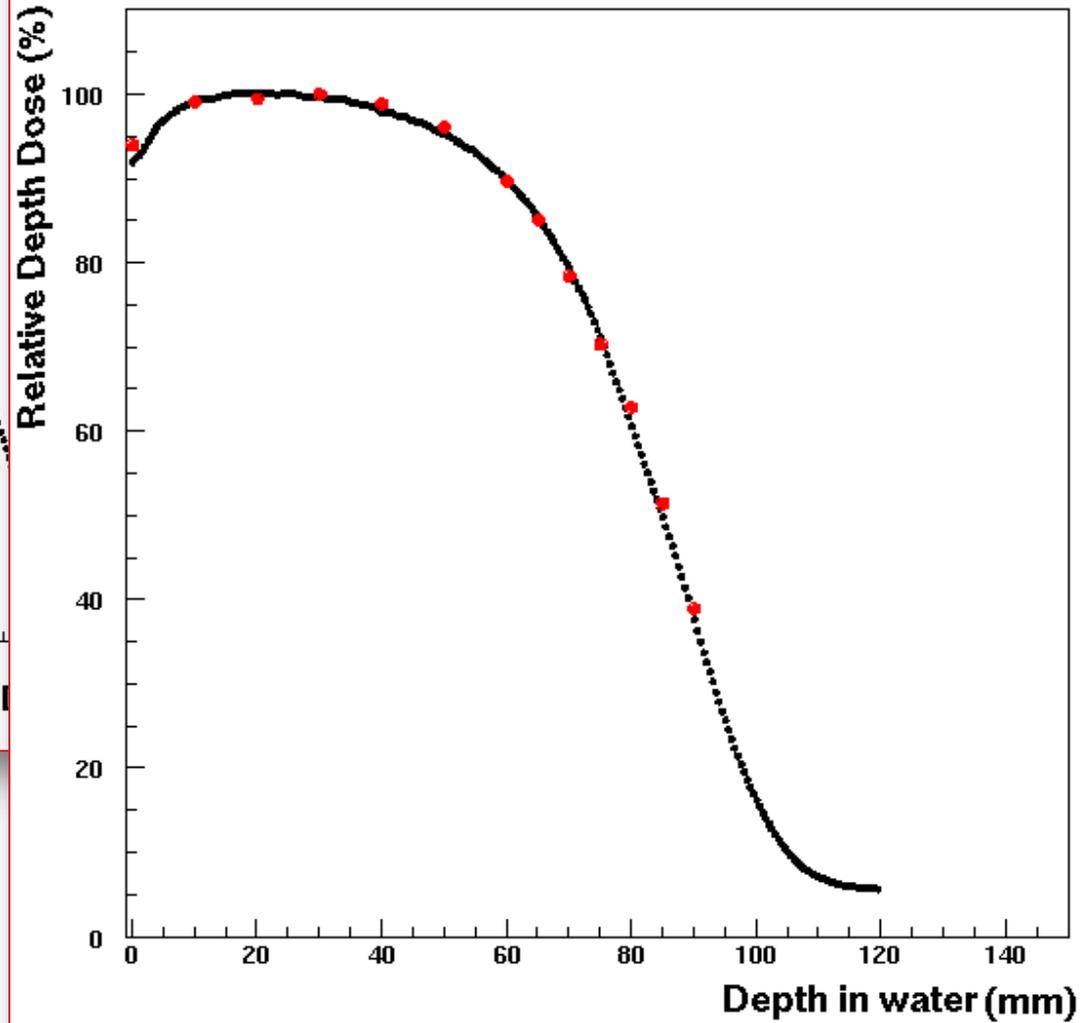
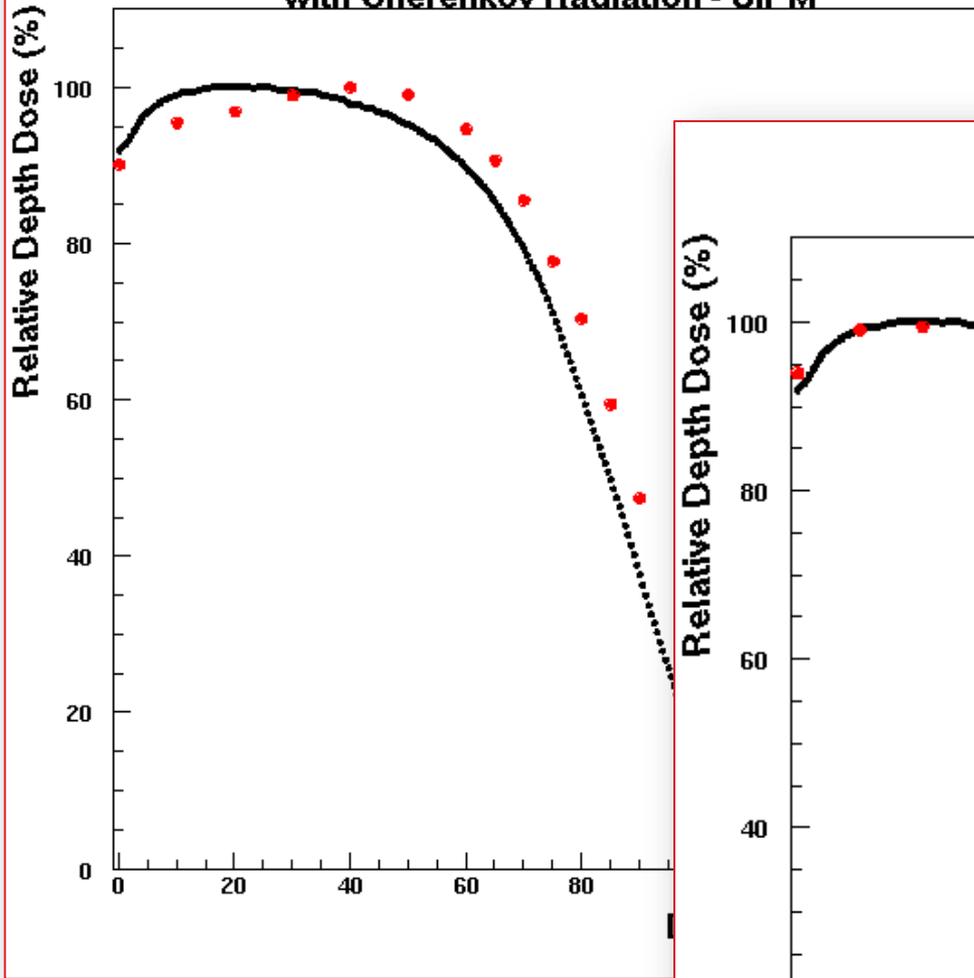
Elettroni da

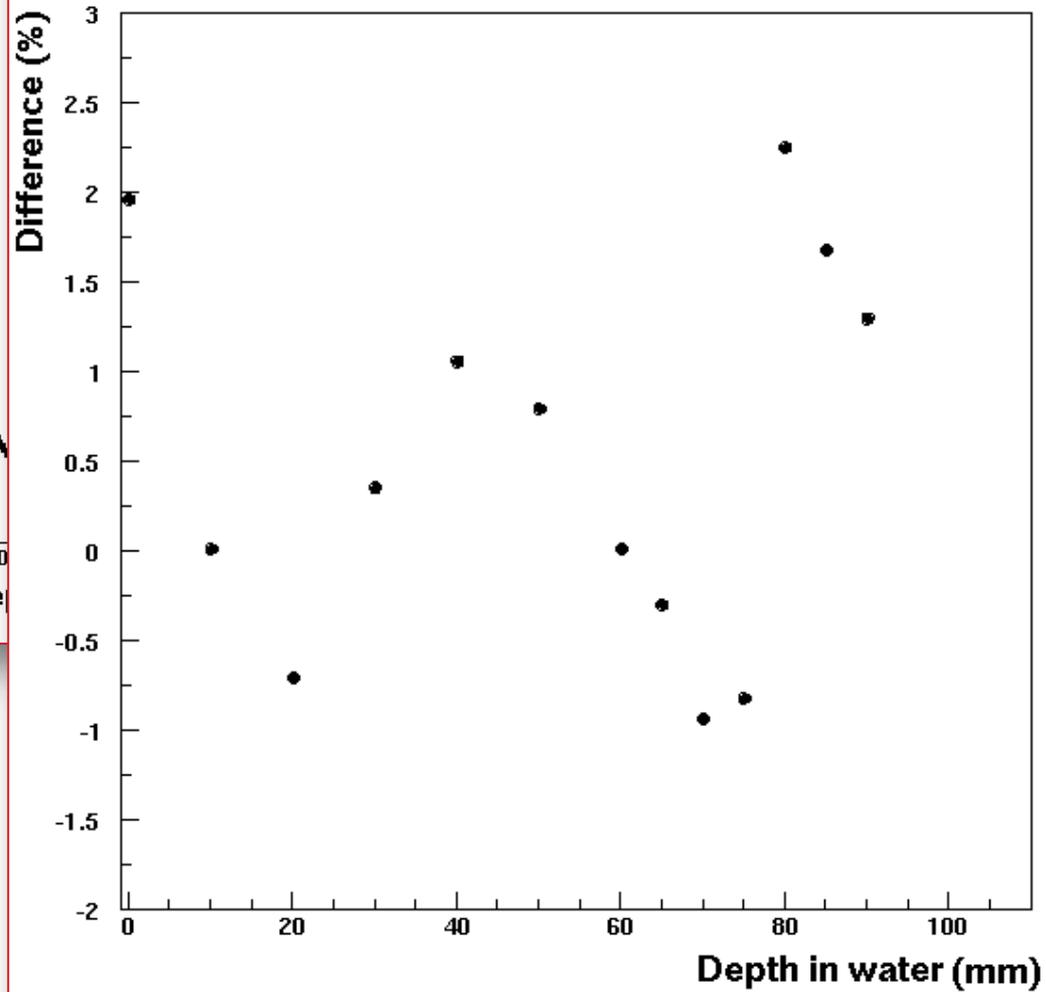
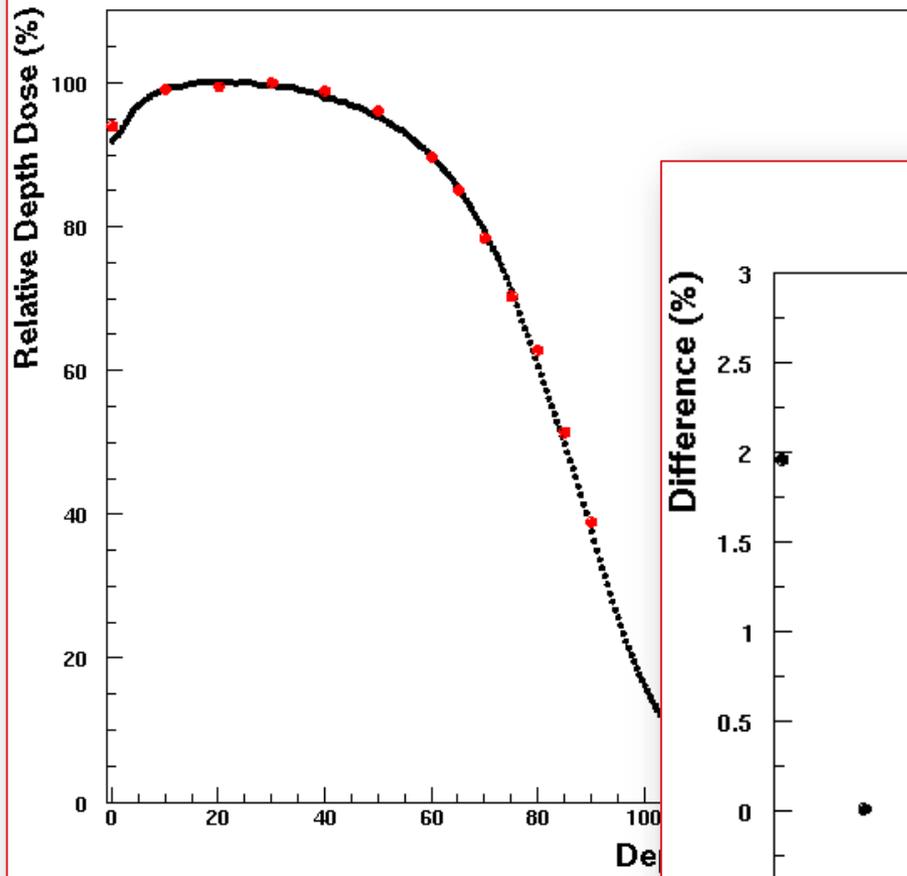
Per tutte le energie:

- SSD 100 cm
- Campo (o applicatore per elettroni) $10 \times 10 \text{ cm}^2$
- Rate 300 MU/min
- 5000 eventi

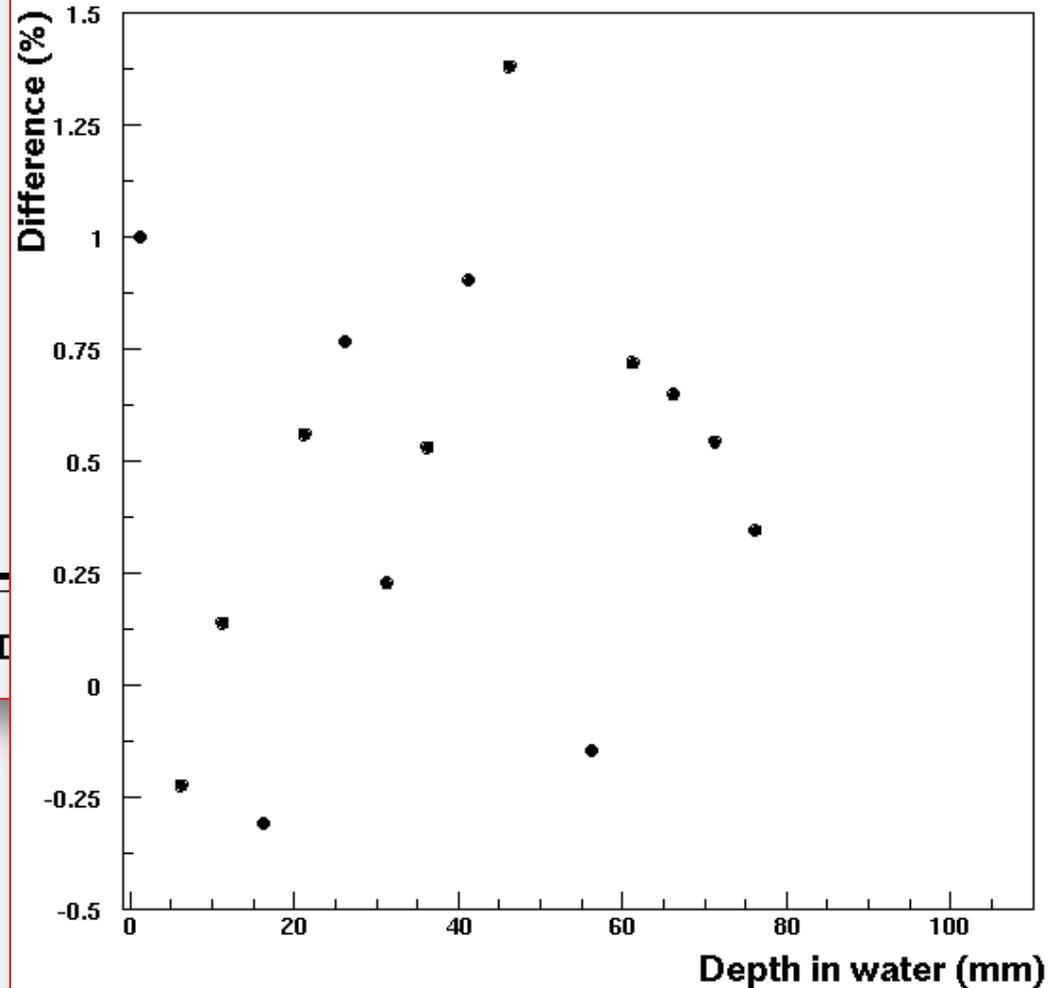
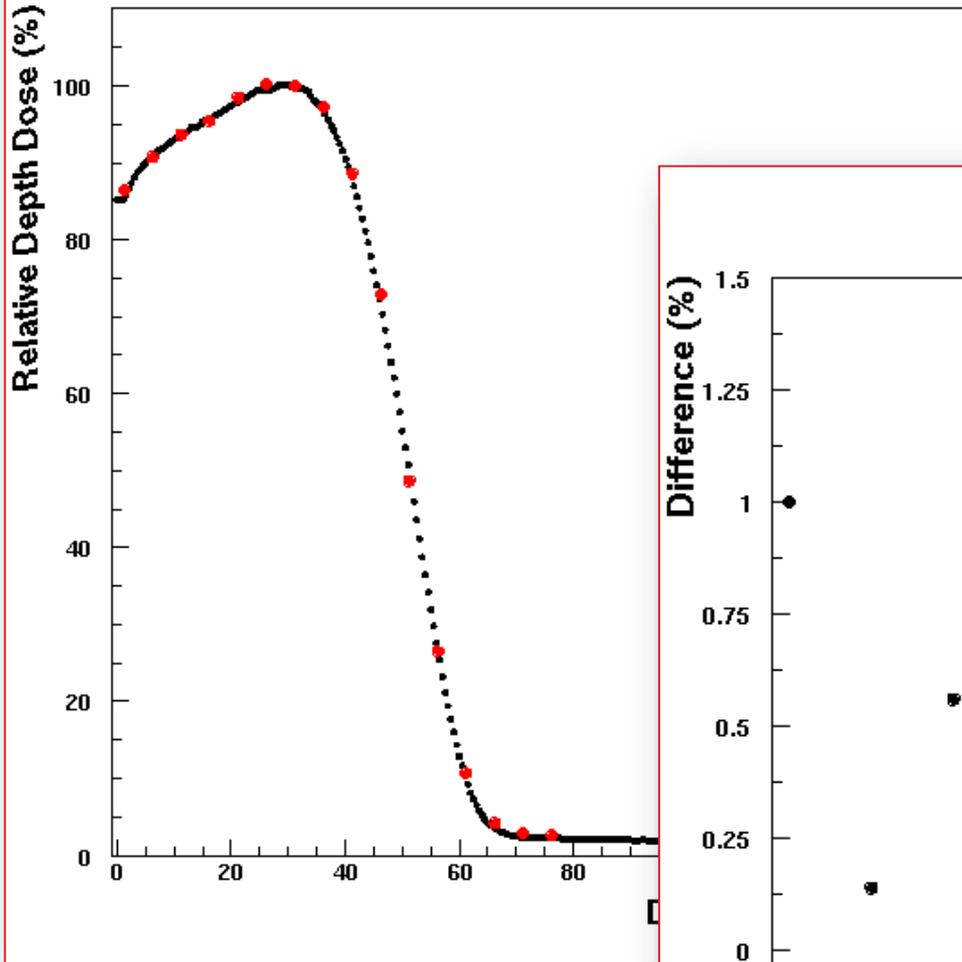


with Cherenkov Radiation - SiPM

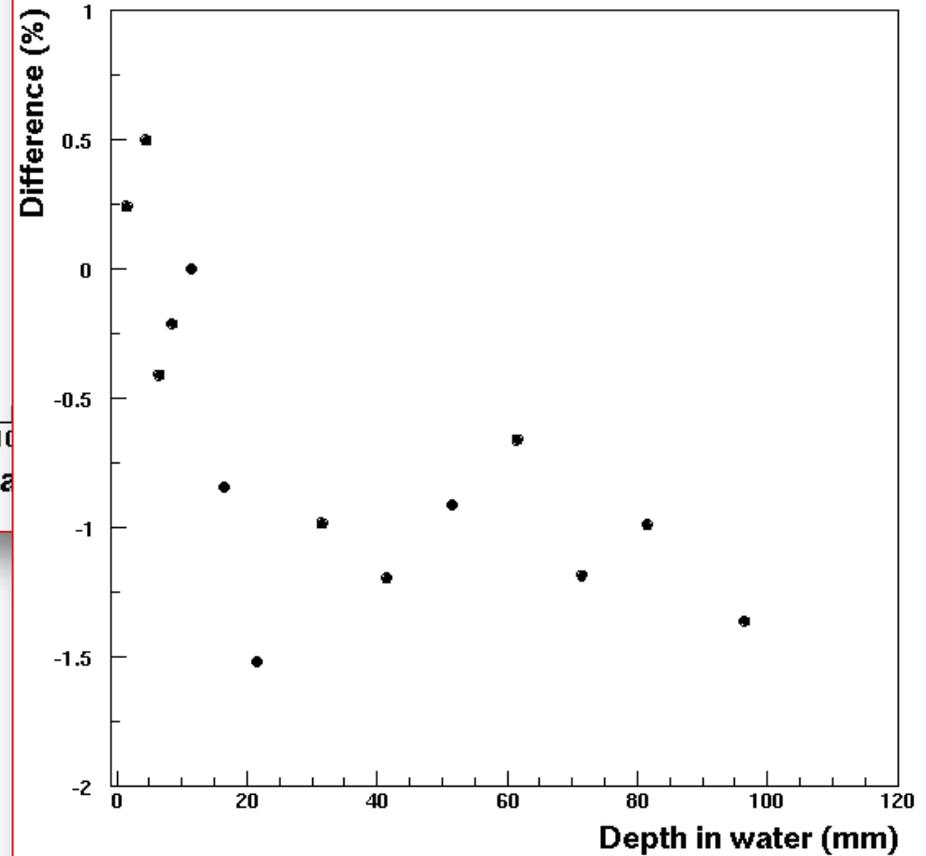
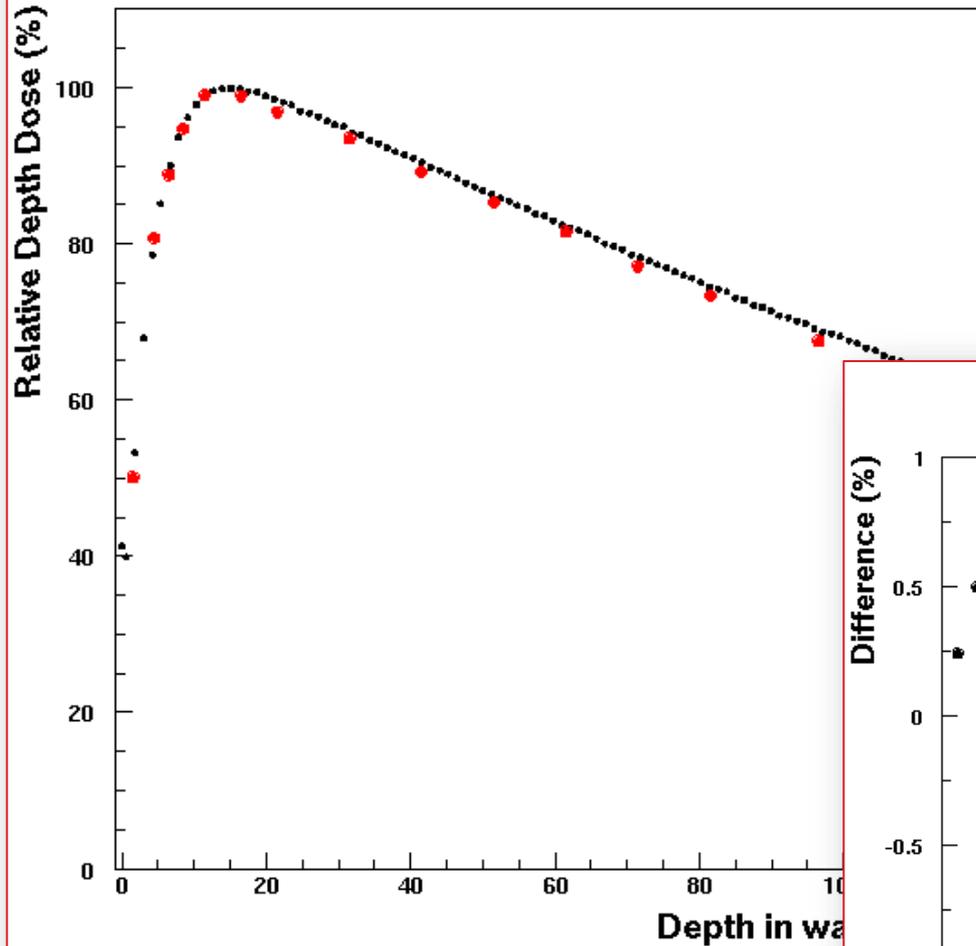




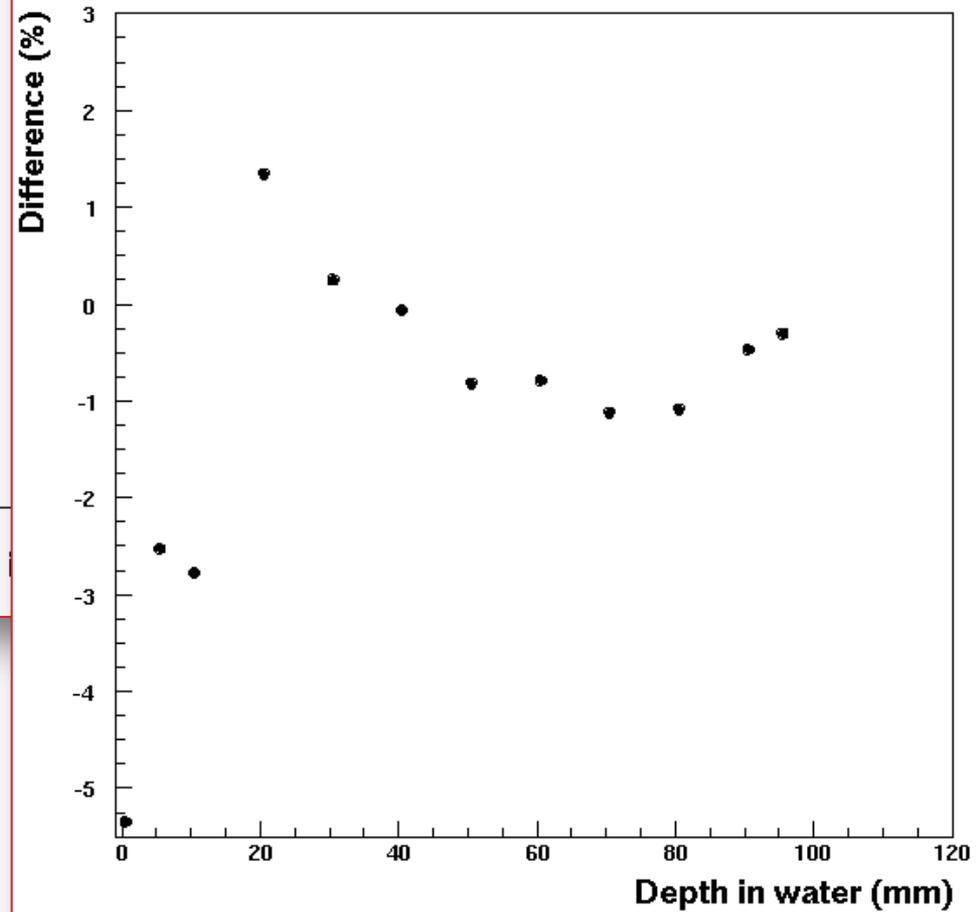
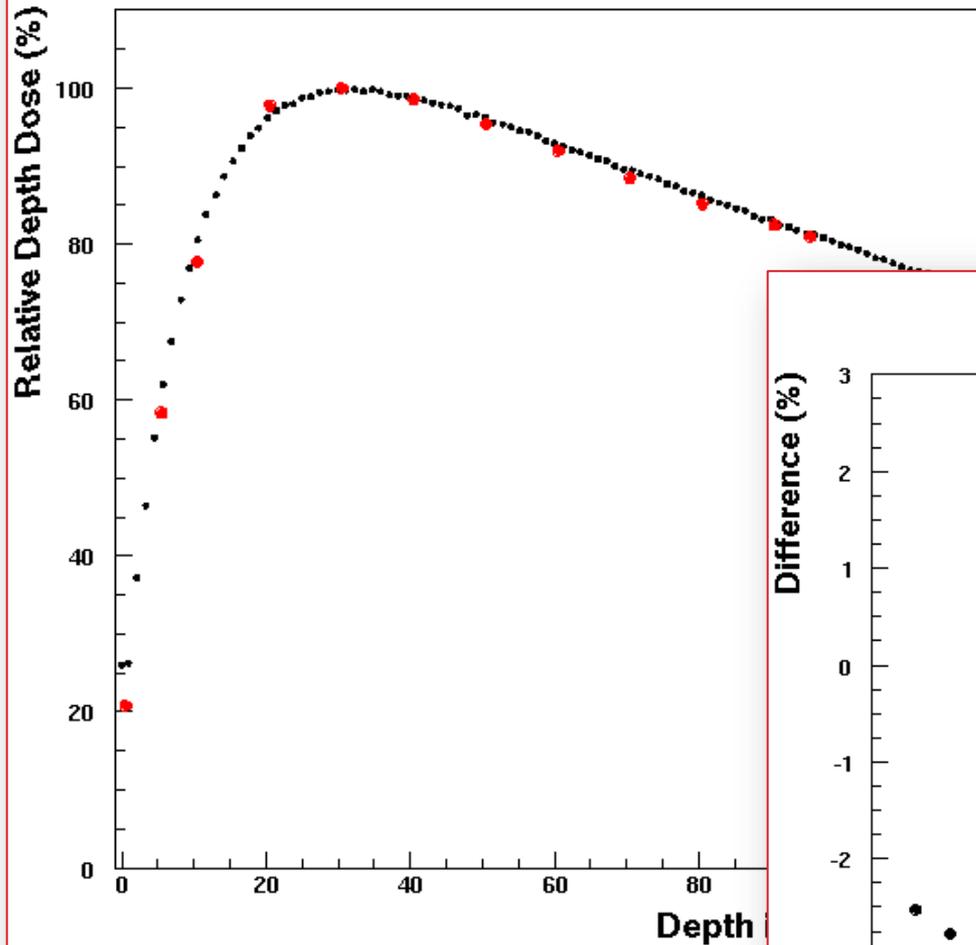
Elettroni da 12 MeV



Fotoni da 6 MV



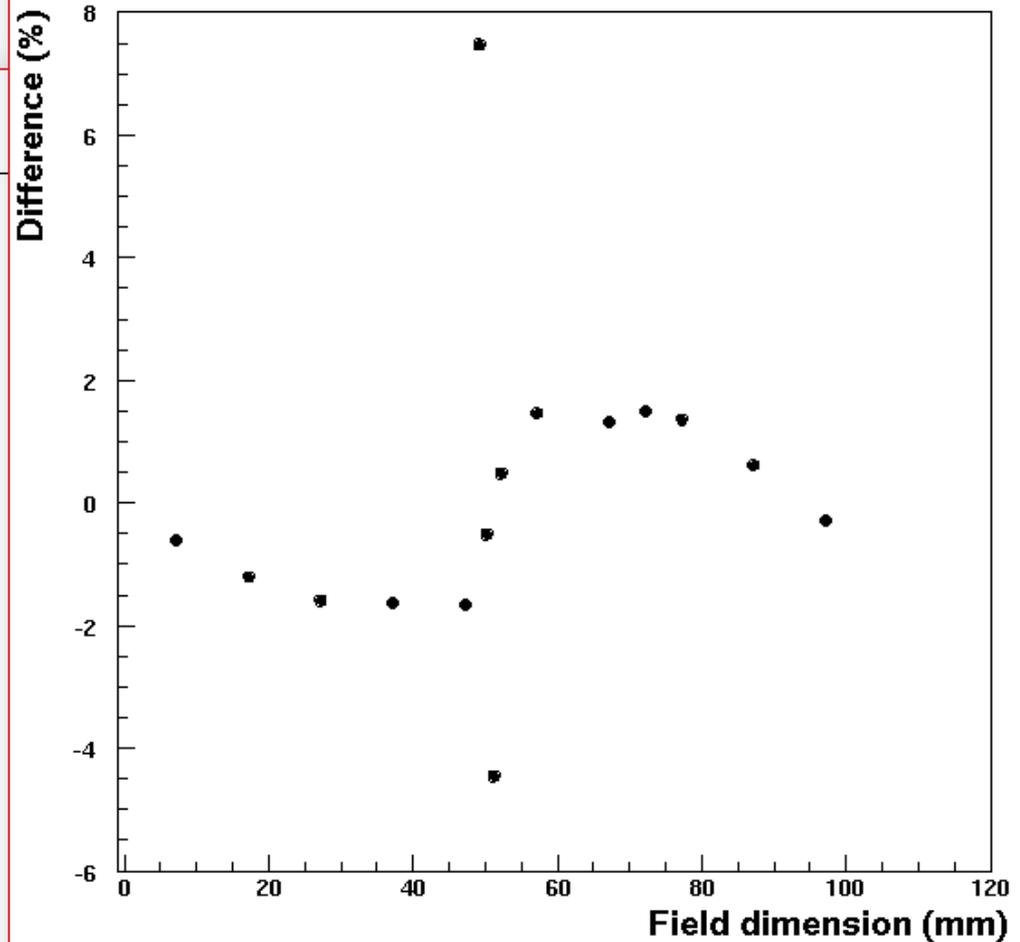
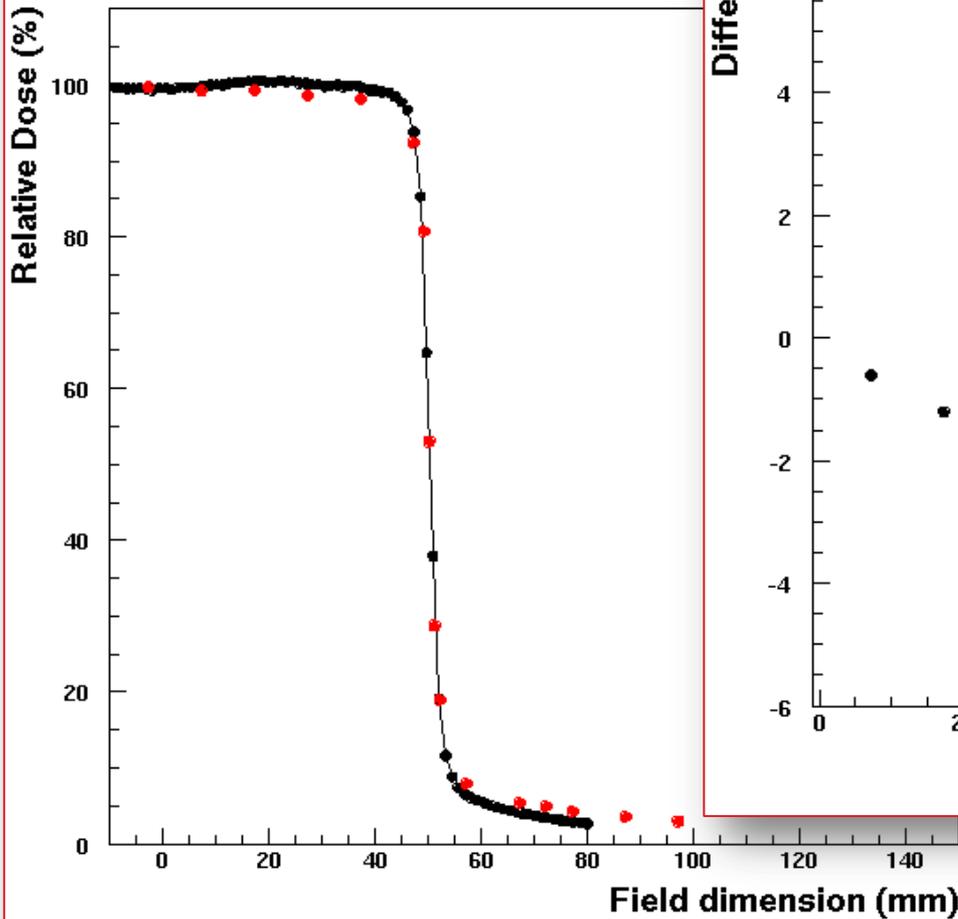
Fotoni da 18 MV



UNIFORMITÀ DEL CAMPO - FOTONI DA 6 MV

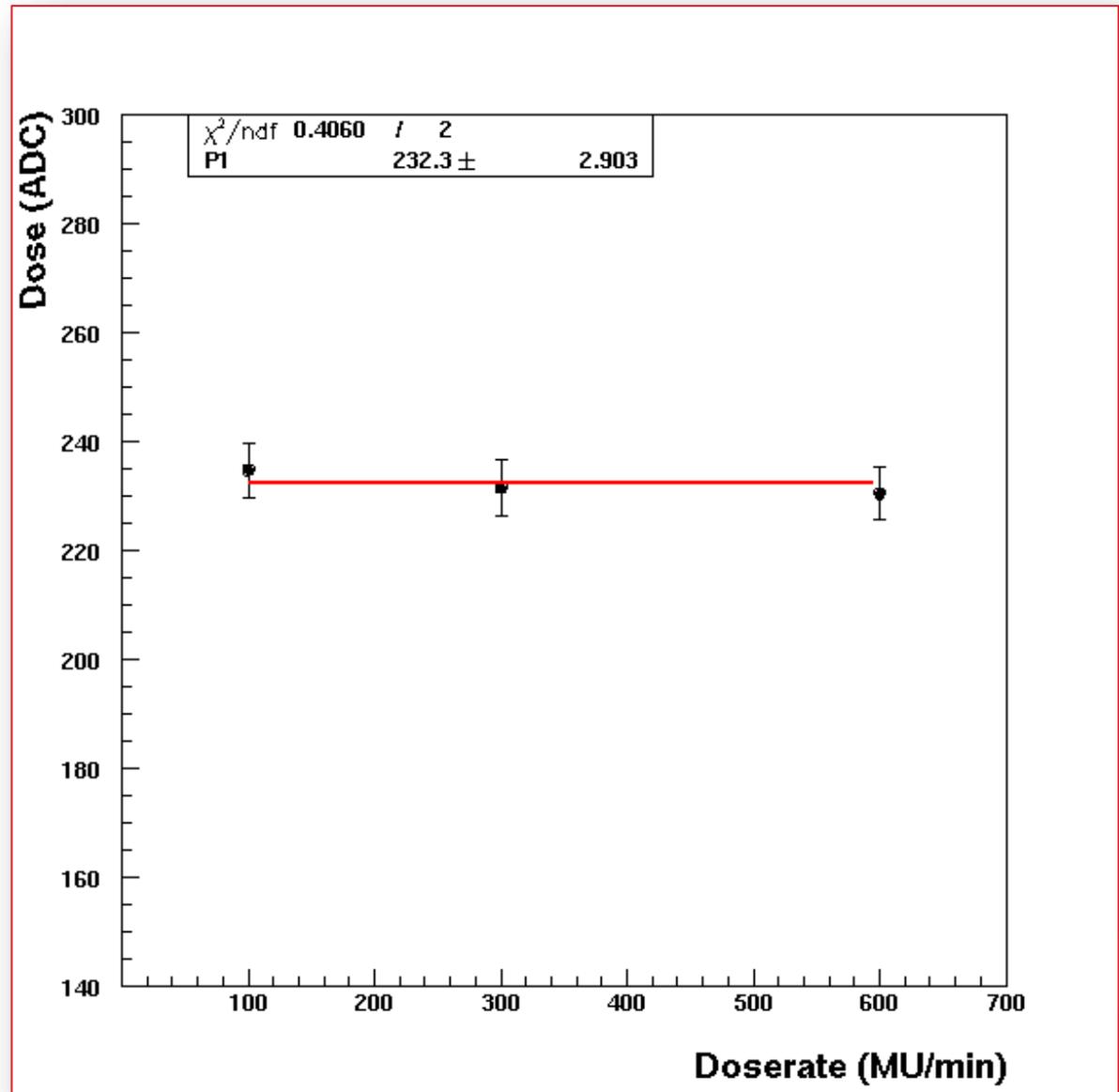
Campo: 10x10 cm²

Profondità: 15 mm



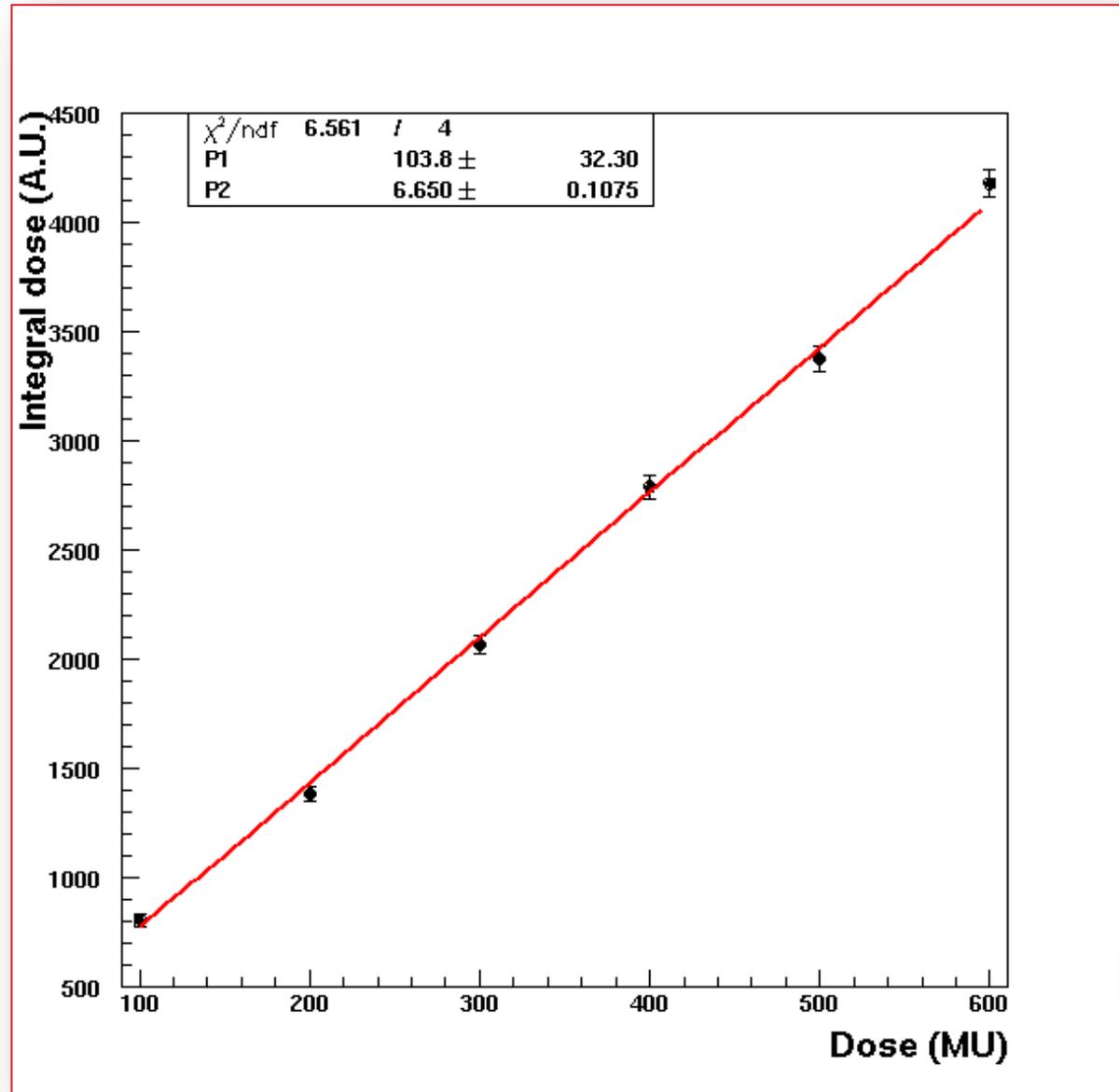
RISPOSTA IN FUNZIONE DELLA VARIAZIONE DI DOSE RATE

- Fotoni da 6 MV
- Campo: 10x10 cm²
- Profondità: 15 mm
- Test per 100, 300, 600 MU/min



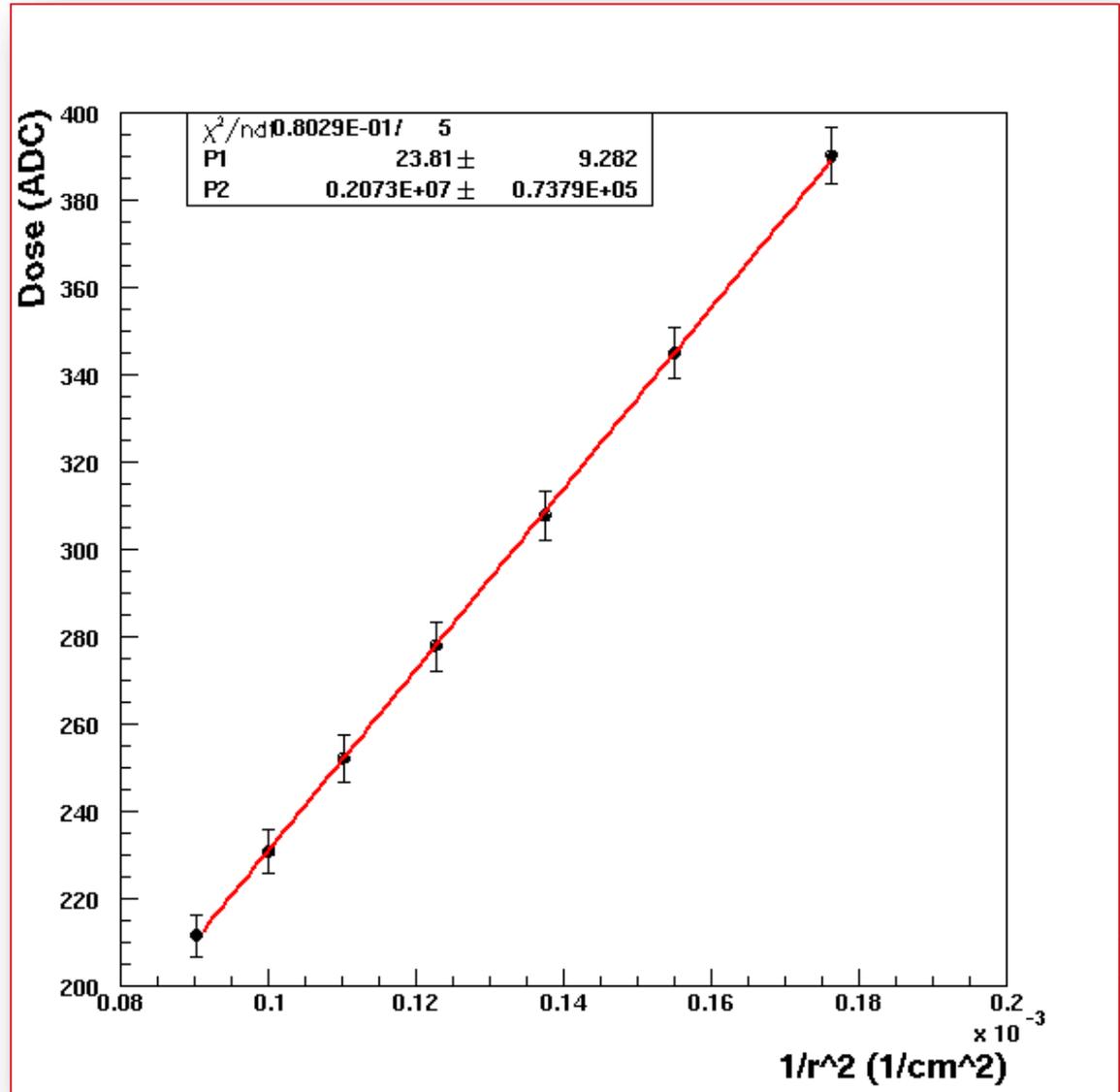
RISPOSTA IN FUNZIONE DELLA VARIAZIONE DI DOSE

- Fotoni da 6 MV
- Campo: 10x10 cm²
- Profondità: 15 mm
- 12 secondi
- Test per 100, 200, 300, 400, 500, 600 MU



RISPOSTA IN FUNZIONE DELLA VARIAZIONE DELLA DISTANZA DALLA TESTATA DEL LINAC

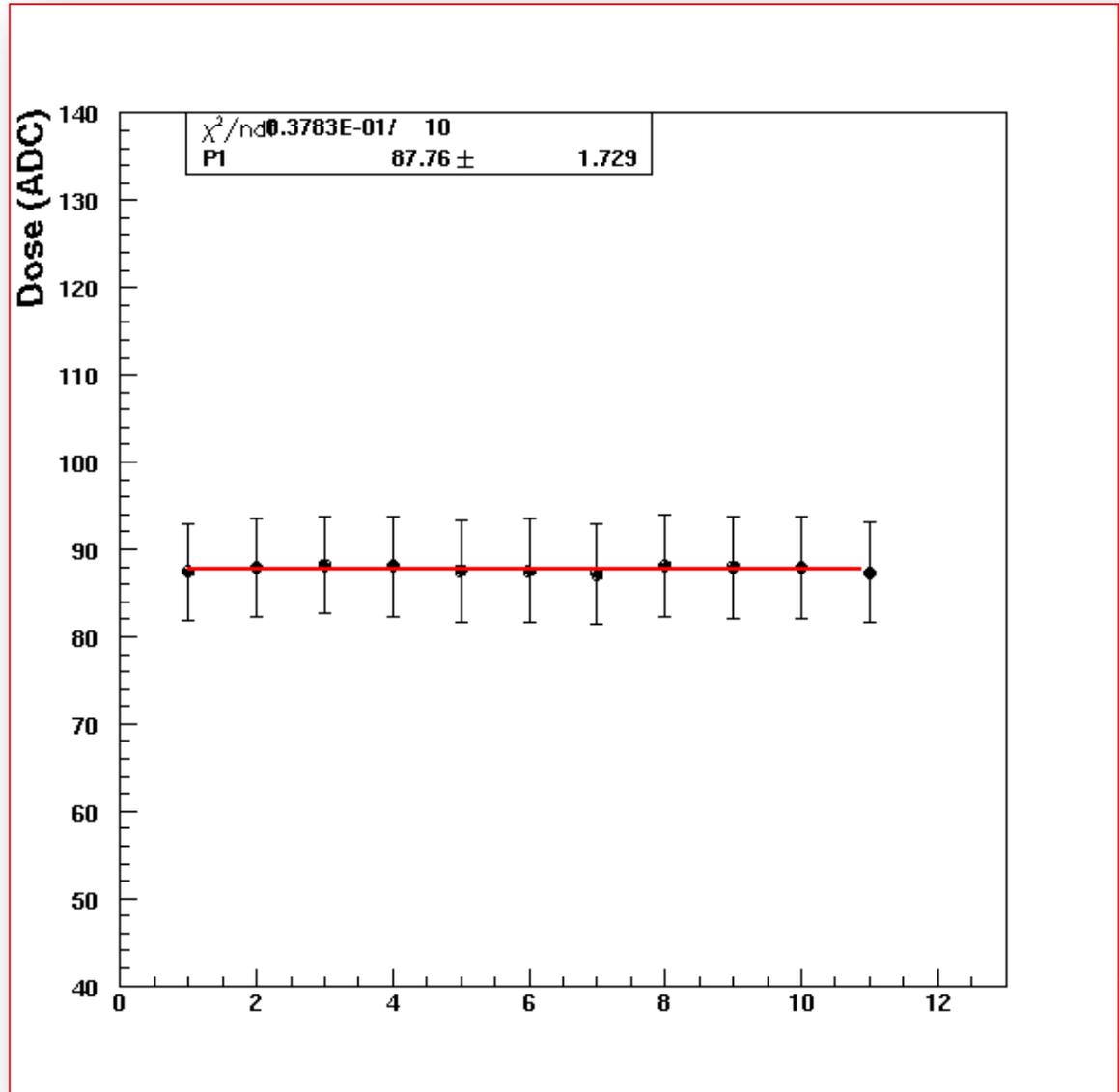
- Fotoni da 6 MV
- Campo: 10x10 cm²
- Profondità: 15 mm
- Rate: 300 MU/min
- Distanze: da 75 cm a 105 cm a passi di 5 cm



TEST DI RIPETIBILITÀ

11 misure in
condizioni identiche:

- Fotoni da 6 MV
- Campo: 10x10 cm²
- Profondità: 15 mm
- Rate: 300 MU/min



CONCLUSIONI

I test eseguiti hanno fornito **risultati soddisfacenti**.

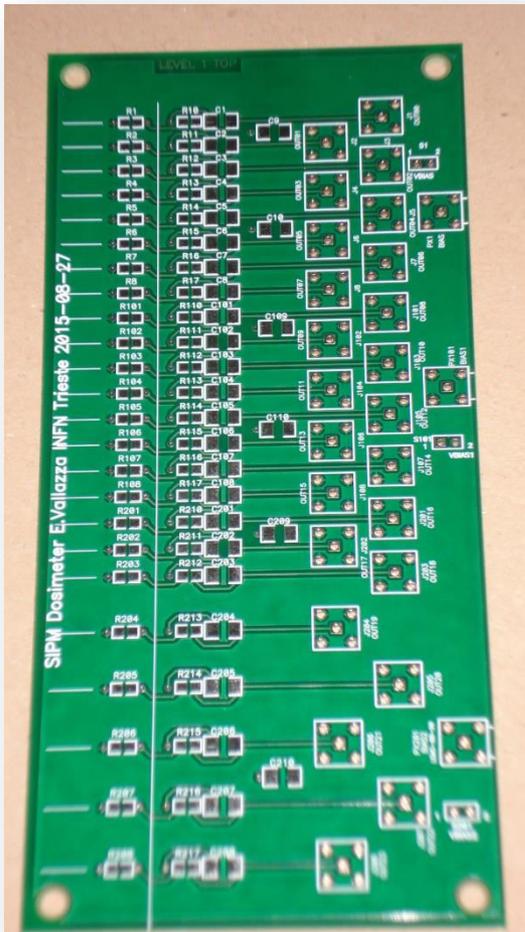
Un dosimetro a fibre scintillanti lette da SiPM risulterebbe dunque adatto per la routine clinica, perché:

- ✓ con **buona risoluzione spaziale**,
- ✓ **semplice da utilizzare**,
- ✓ **real time** e **acqua-equivalente**,
- ✓ con buona risposta a differenti intensità di radiazione,
- ✓ con **ottima ripetibilità** e **lineare rispetto alle variazioni di dose rate**



E PROSPETTIVE FUTURE!

Realizzazione di un **dosimetro multifibra**, adatto ad acquisire DDC “one shot”.



Già in fase di
realizzazione!

GRAZIE DELL'ATTENZIONE! 😊