



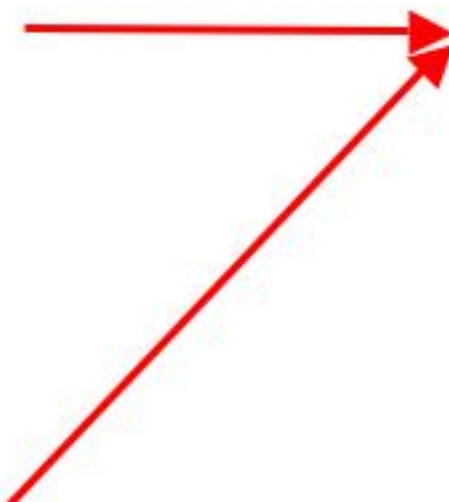
Rivelazione di Gamma per il monitoraggio di scorie radioattive

Vincenzo Febbraro

***Università Degli Studi Di Catania
Dipartimento Di Fisica E Astronomia***

***relatori:
chiar.mo Vincenzo Bellini
Dott. Marco Capogni
Dott. Paolo finocchiaro***

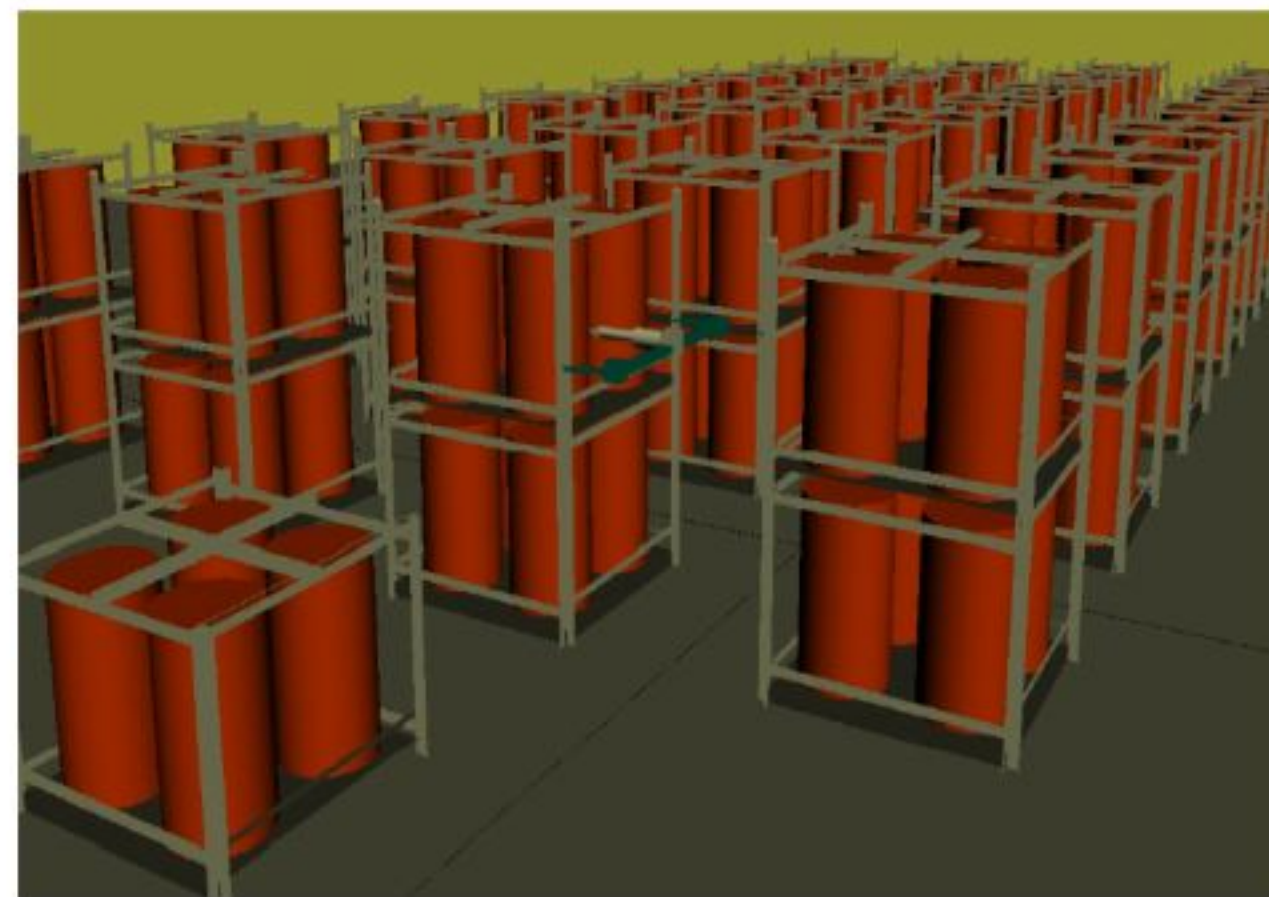
10 Dicembre 2009



RIACE
Rivelatori e Acceleratori
per L'Energia



DMNR
Detector Mesh for
Nuclear repositories

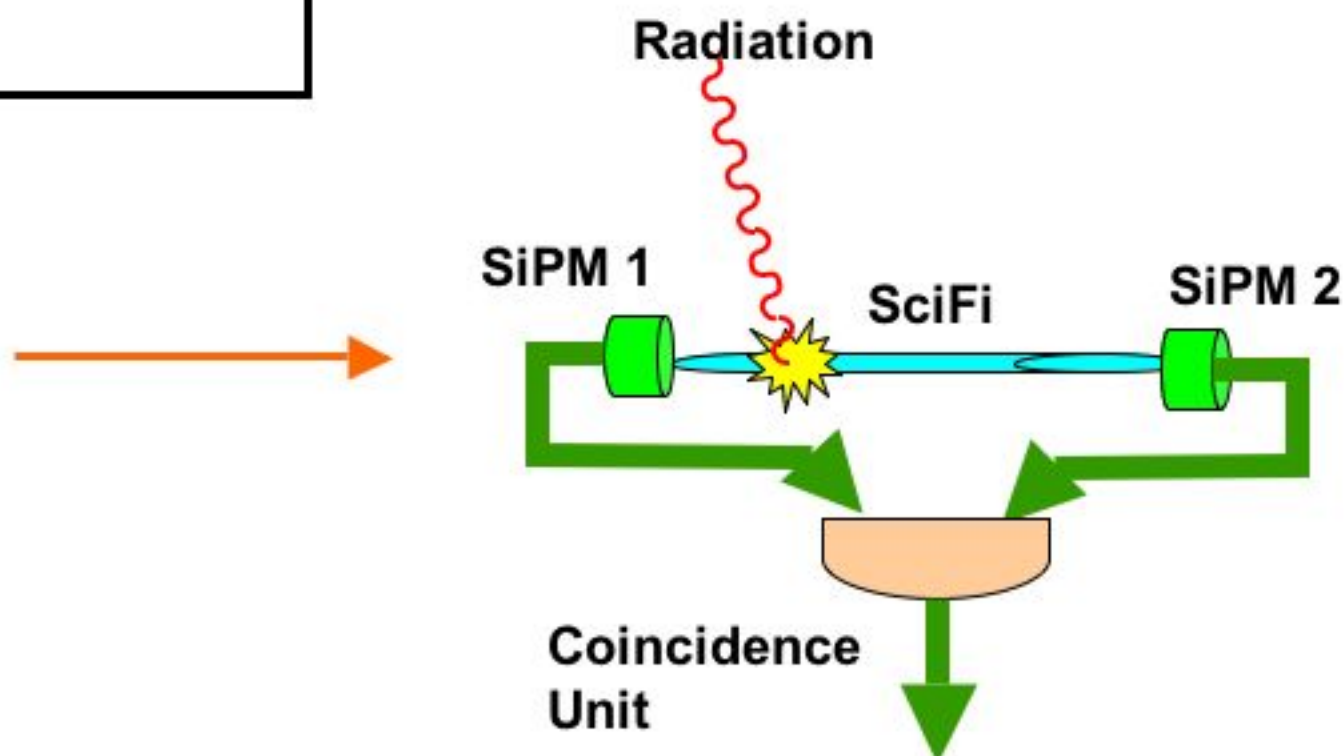


Sviluppo di un sistema di rivelazione con le seguenti caratteristiche:

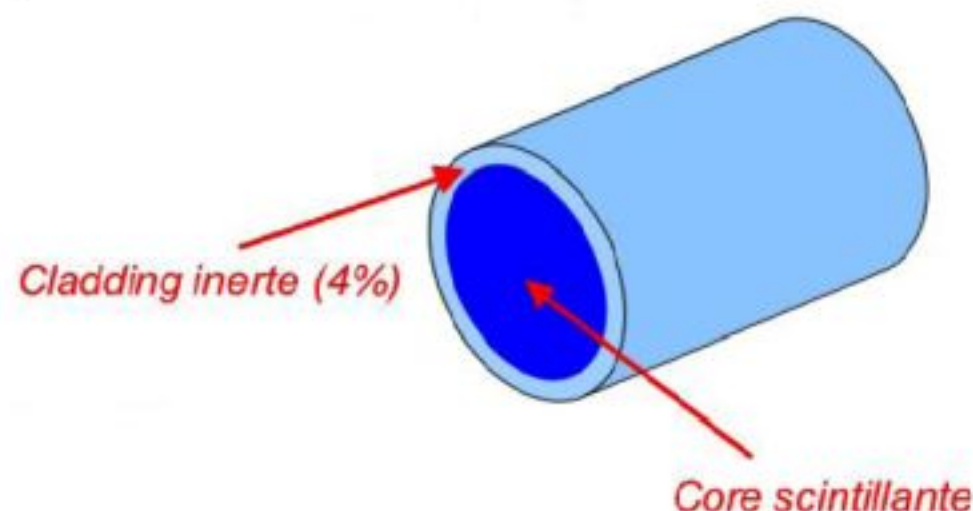
- economico***
- facile da usare***
- resistente alle radiazioni***
- monitoraggio on-line a distanza***
- individuazione del fusto danneggiato***



il sensore che potrebbe prestarsi a tale scopo



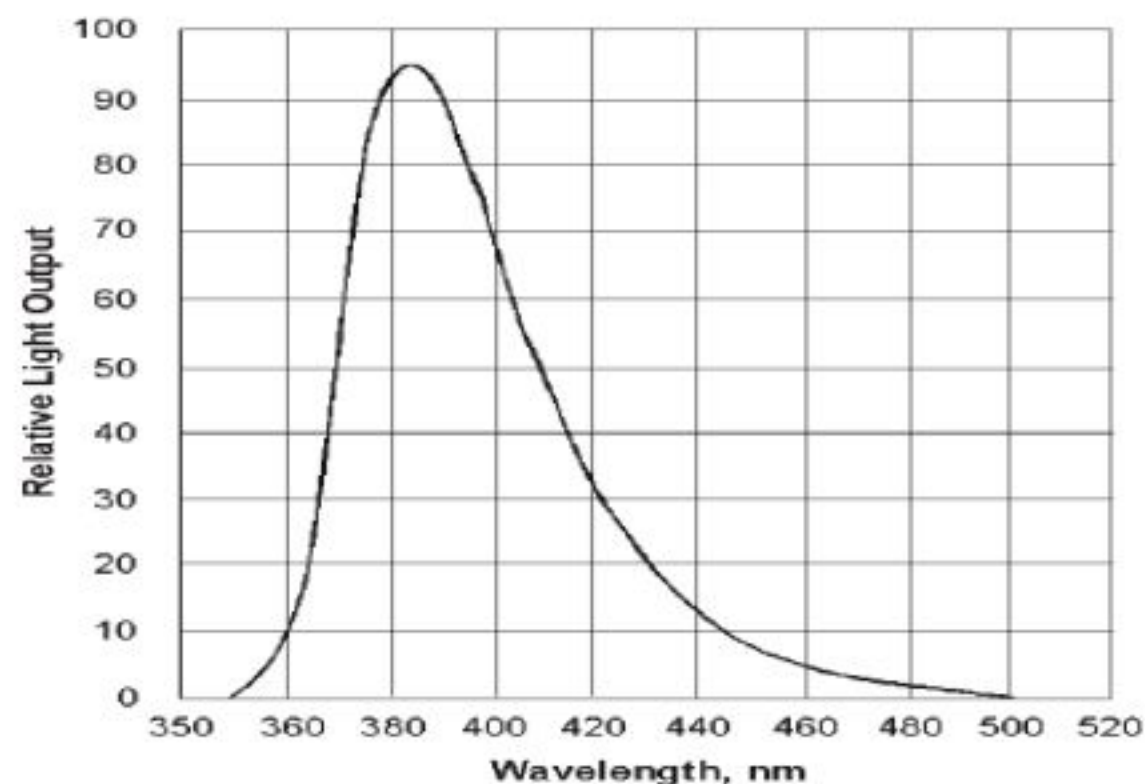
Fibra scintillante



Caratteristiche principali della fibra usata

Produttore	Pol.Hi.Tec
Modello	BC-408
Forma	cylindrical
Lunghezza	120 cm
Diametro	1 mm
Densità	1.032 g/cc
Indice di rifrazione core	1.58
Indice di rifrazione cladding	1.49
Lunghezza d'onda di emissione massima	425 nm
Lunghezza di attenuazione della luce (λ_{att})	330 cm
Resa di scintillazione	10 fotoni/keV
tempi di emissione	<10ns

spettro di emissione della fibra



$$A_{att} = N f o t^{-\frac{d}{L_{at}}}$$

$$F = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) \approx 0.03$$

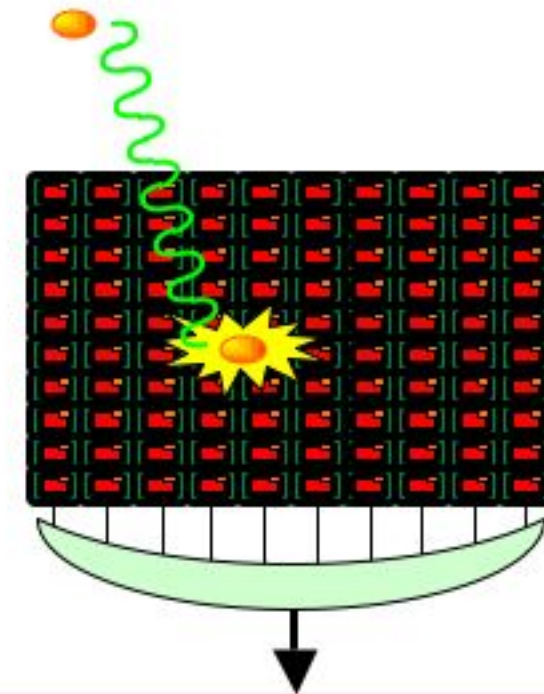


Il SiPM

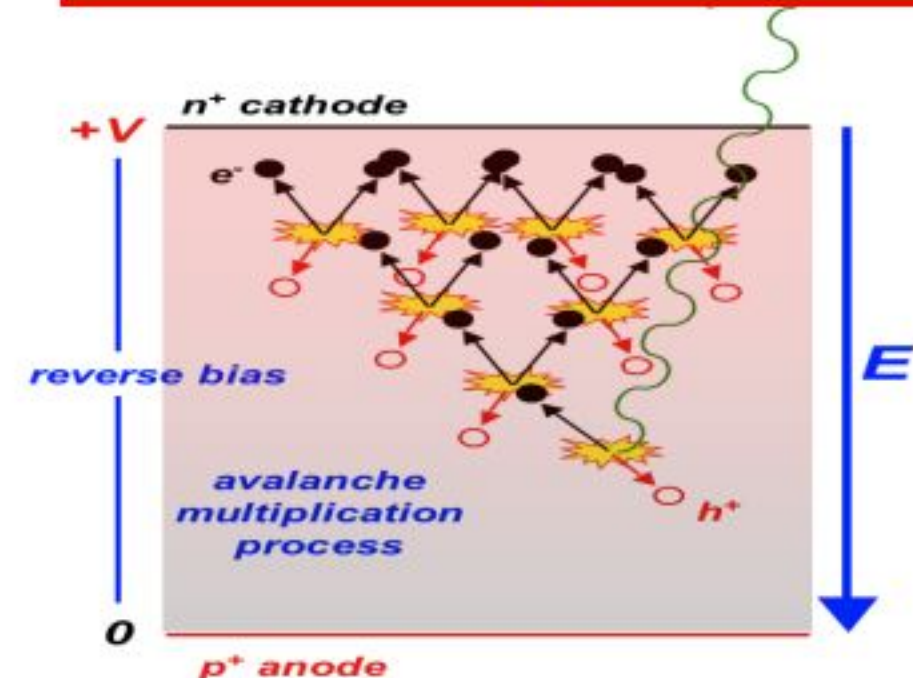


Caratteristiche del fotosensore

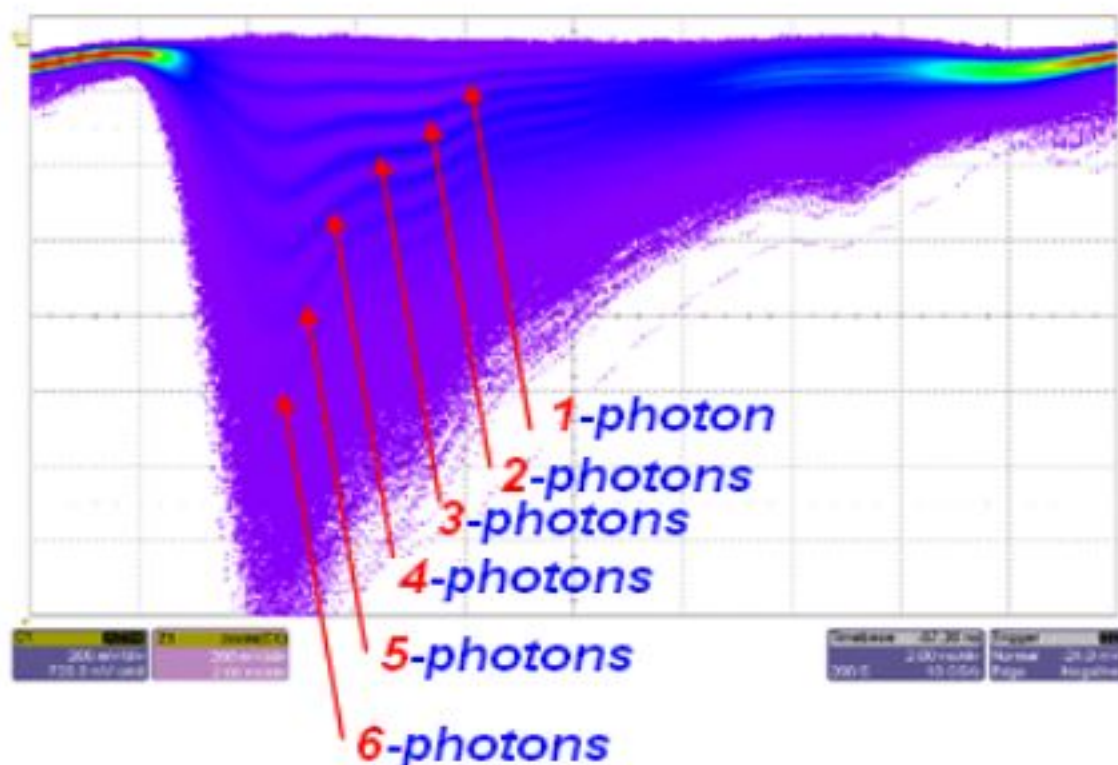
- alti guadagni (10^5 - 10^6)
- insensibilità ai campi magnetici
- bassa tensione di lavoro (~ 70 V)
- tempo di risposta dell'ordine del ns
- buona risoluzione temporale (~ 100 ps)
- tempo morto inferiore a 1μ s
- risposta spettrale in ~ 350 - 700 nm
- dimensioni ridotte 1mm^2



1-cell $\Rightarrow$ **charge = k**
 n -cells $\Rightarrow$ **charge = nk**

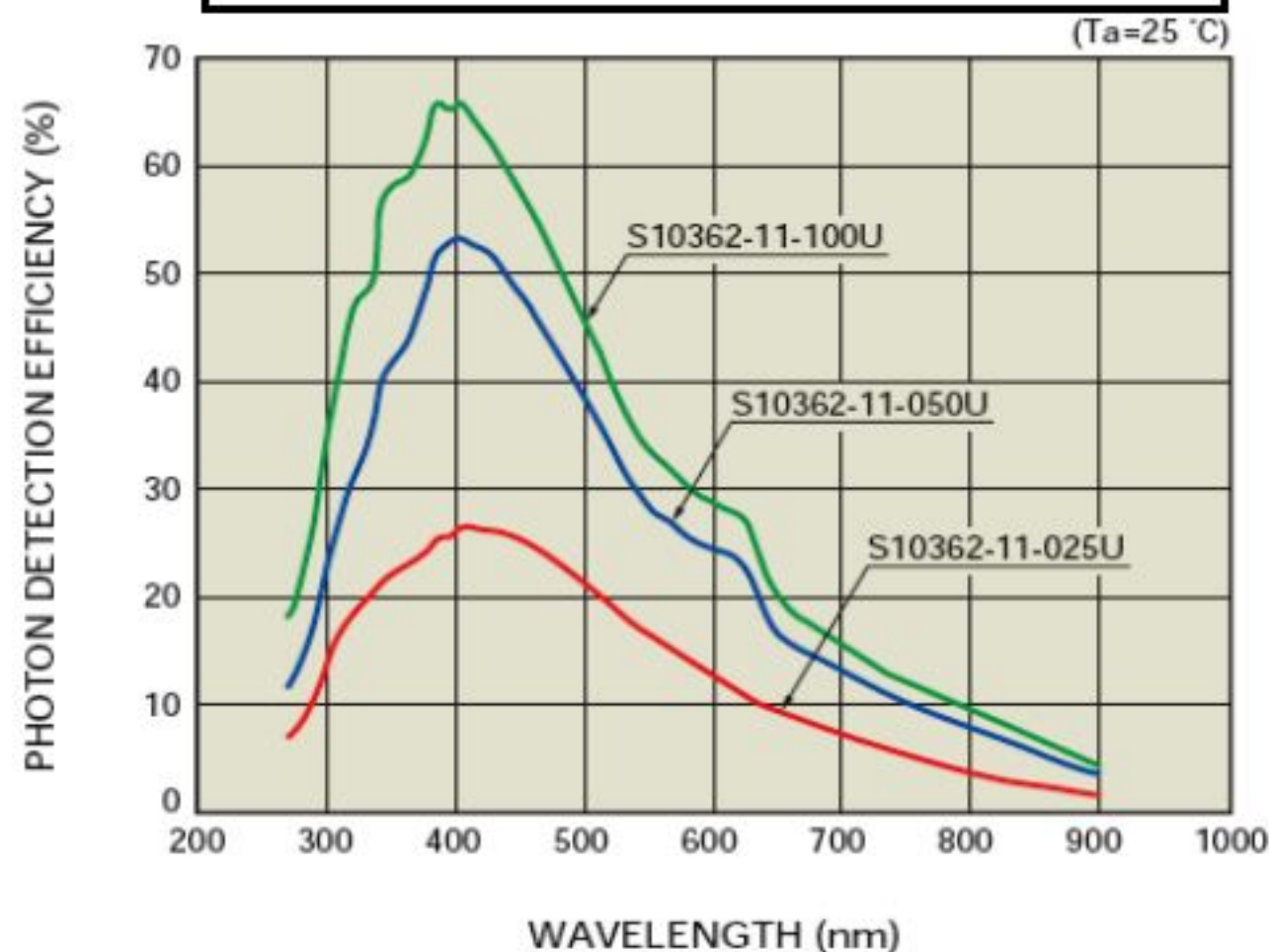


segnale d'uscita del SiPM



$$G = \frac{Q}{e} \rightarrow out = N_{celle_eccitate} * Q_{cella}$$

Risposta spettrale del SiPM



$$PDE = \varepsilon_{geom} * QE * P_{AV}$$

Il rumore del SiPM

after-pulsing

*un portatore viene
catturato durante
una valanga e
successivamente
rilasciato*

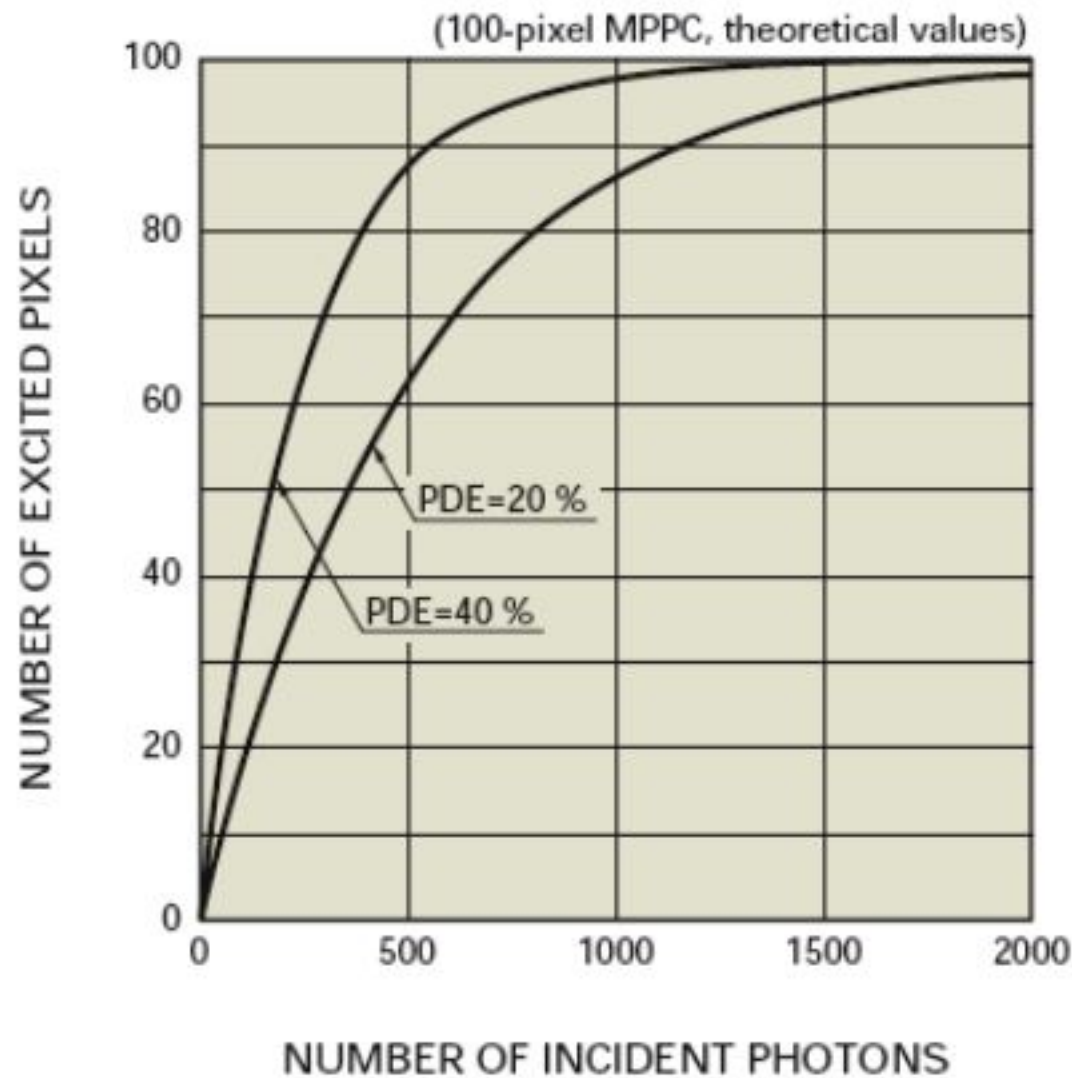
dark-counts

*impulsi causati
da elettroni
termici*

cross-talk

*un pixel
eccitato può
eccitare un
pixel adiacente*

Range dinamico e linearità del SiPM

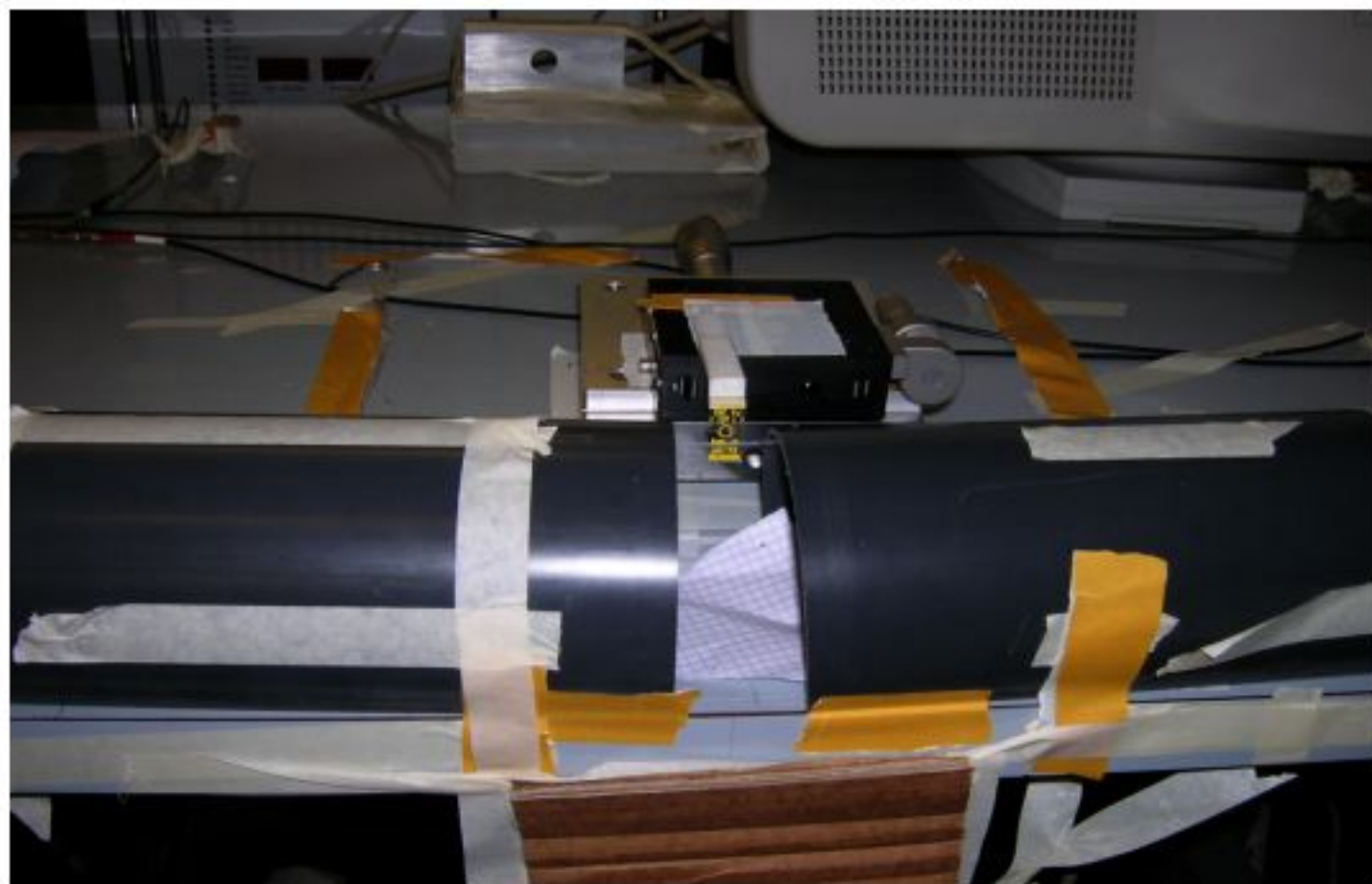
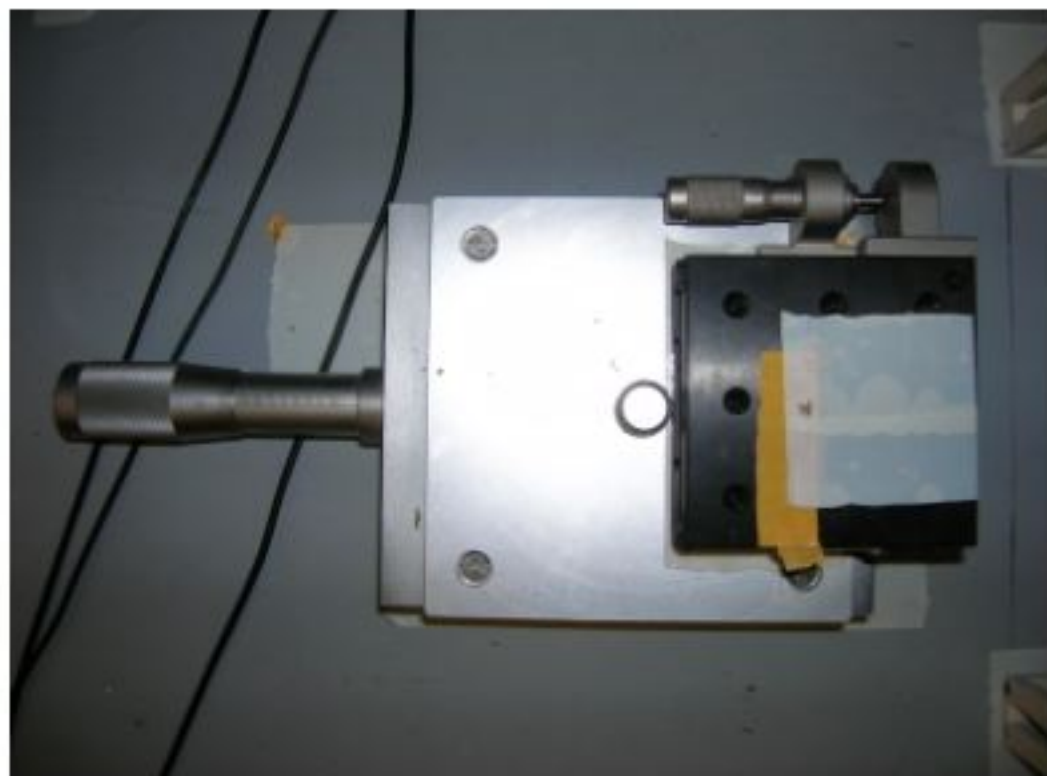


$$\longleftrightarrow N_{\text{celle_eccitate}} = N_{\text{celle_totali}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{N_{\text{fotoni_incidenti}} \cdot \text{PDE}}{N_{\text{celle_totali}}}} \right)$$

$$\frac{N_{\text{fotoni_incidenti}} \cdot \text{PDE}}{N_{\text{celle_totali}}} \ll 1$$

$$N_{\text{celle_eccitate}} \approx \text{PDE} * N_{\text{fotoni_incidenti}}$$

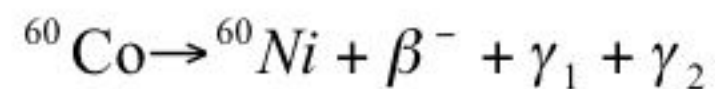
supporto micrometrico e sorgenti radioattive



Sorgenti:

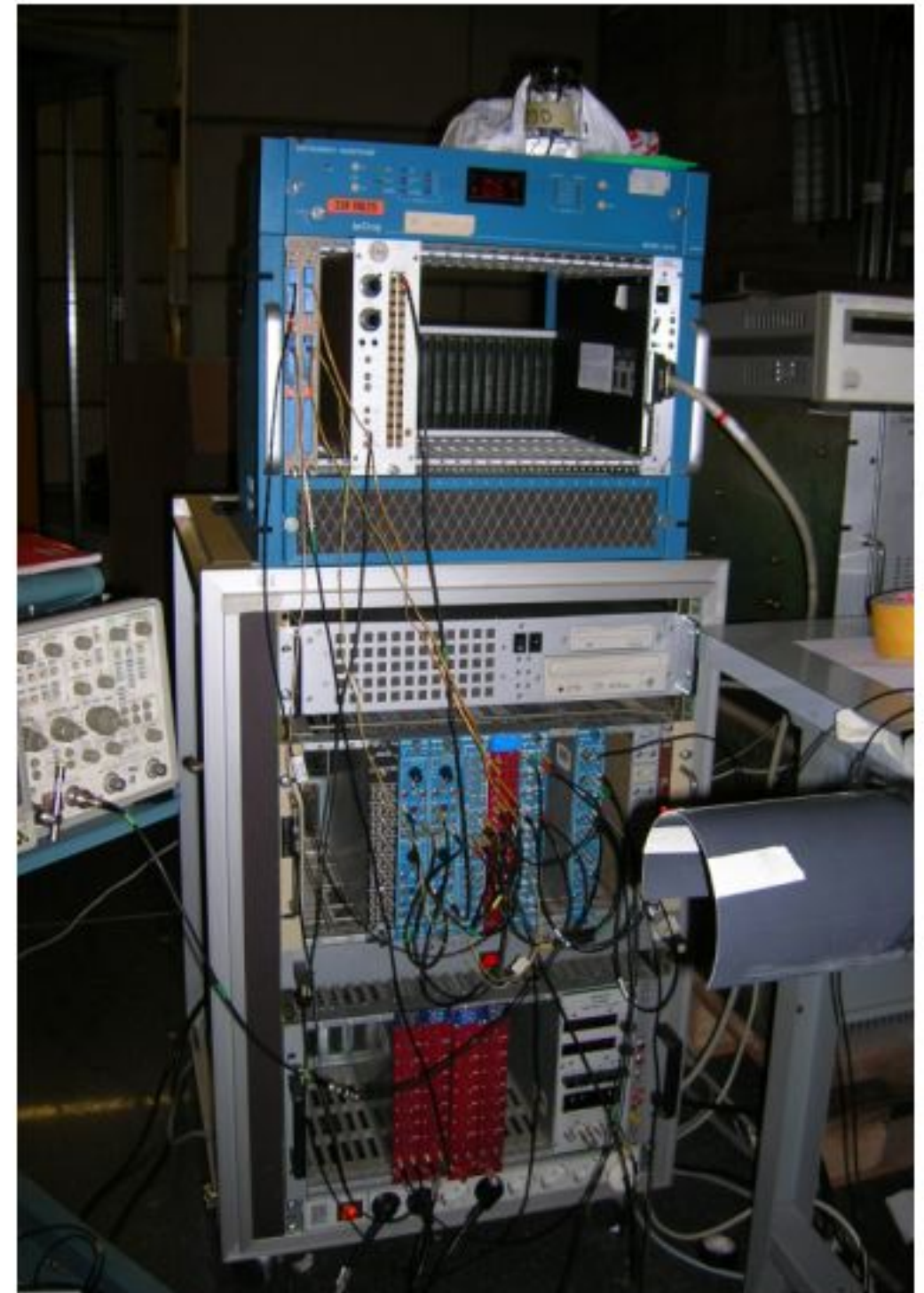
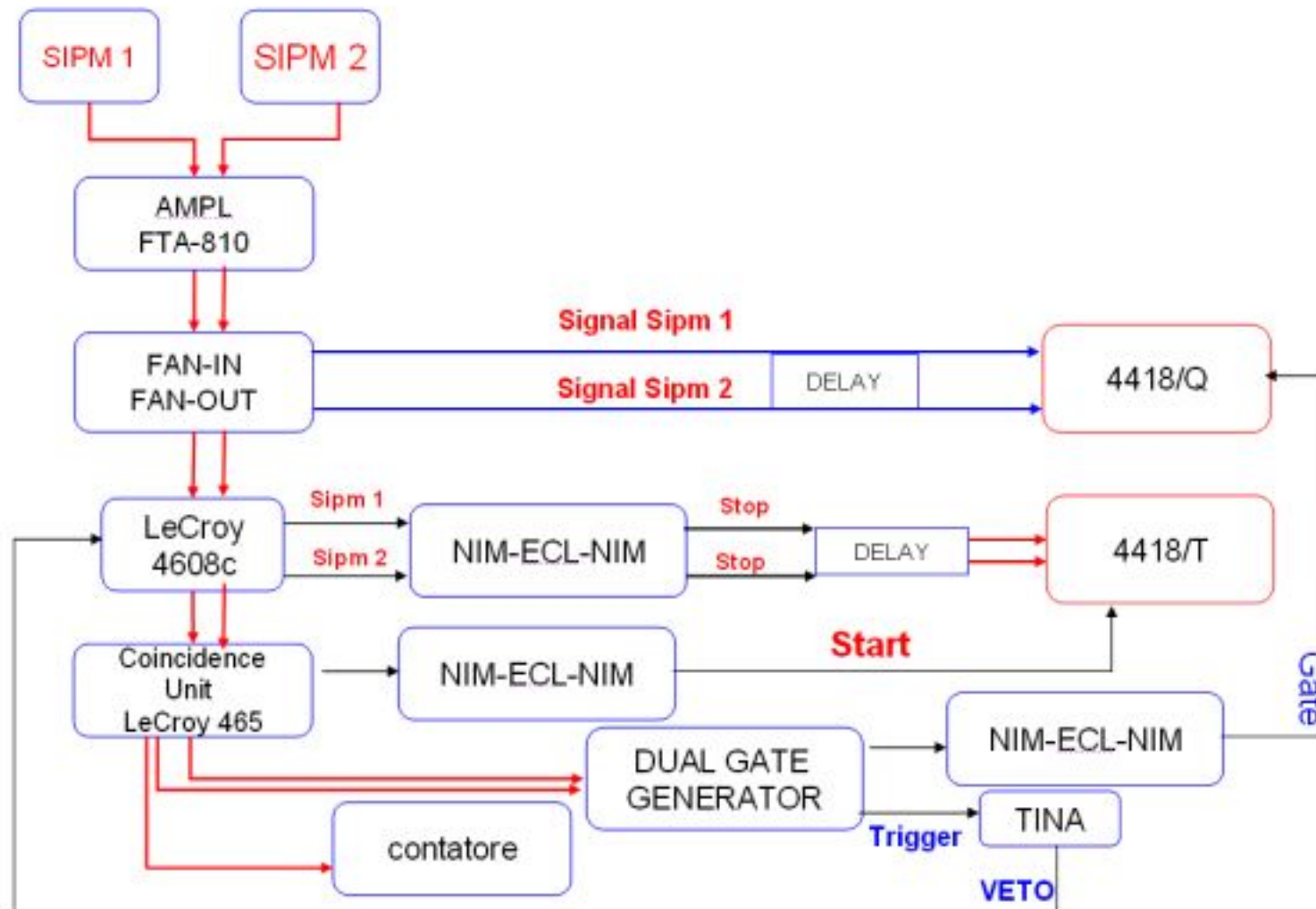
^{60}Co – $A=39.2 \pm 0.4$ kBq 01/06/09

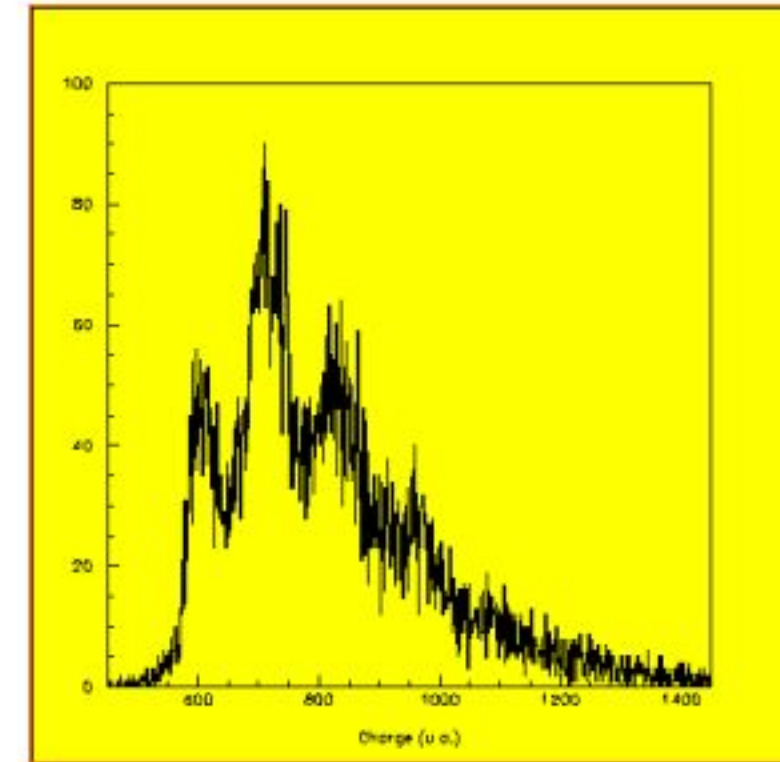
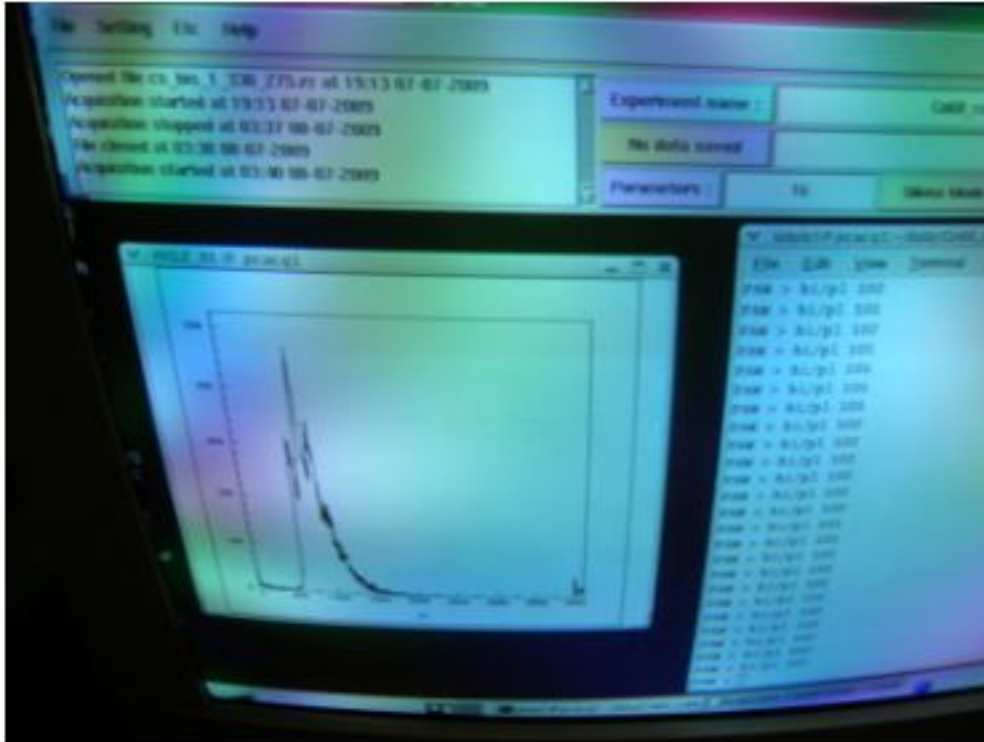
^{137}Cs – $A=26.5 \pm 0.3$ kBq 01/06/09



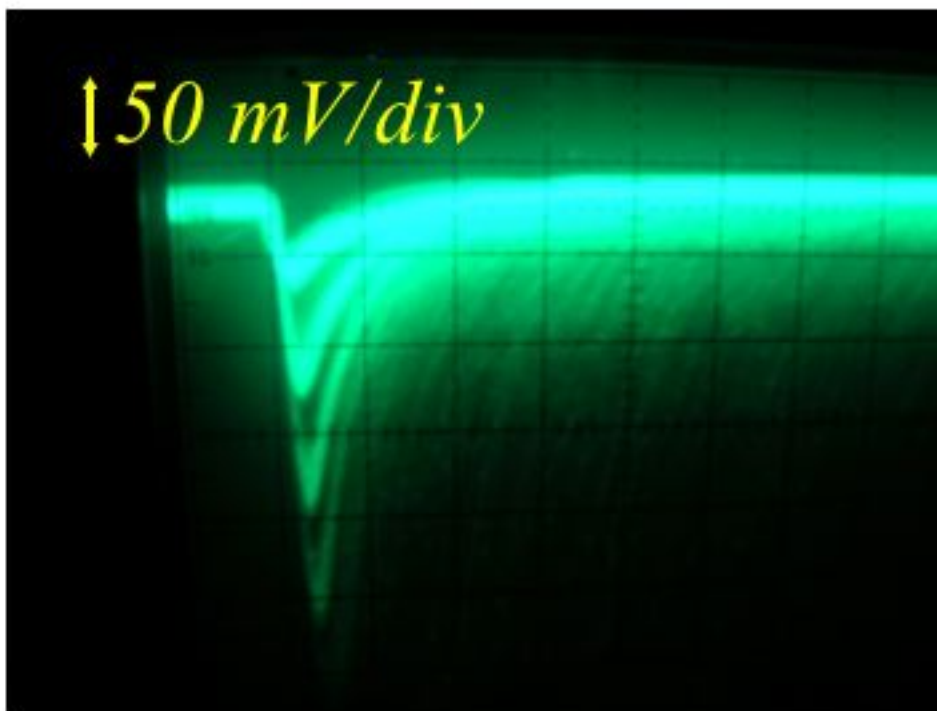
Elettronica di acquisizione

MISURE COINCIDENZE





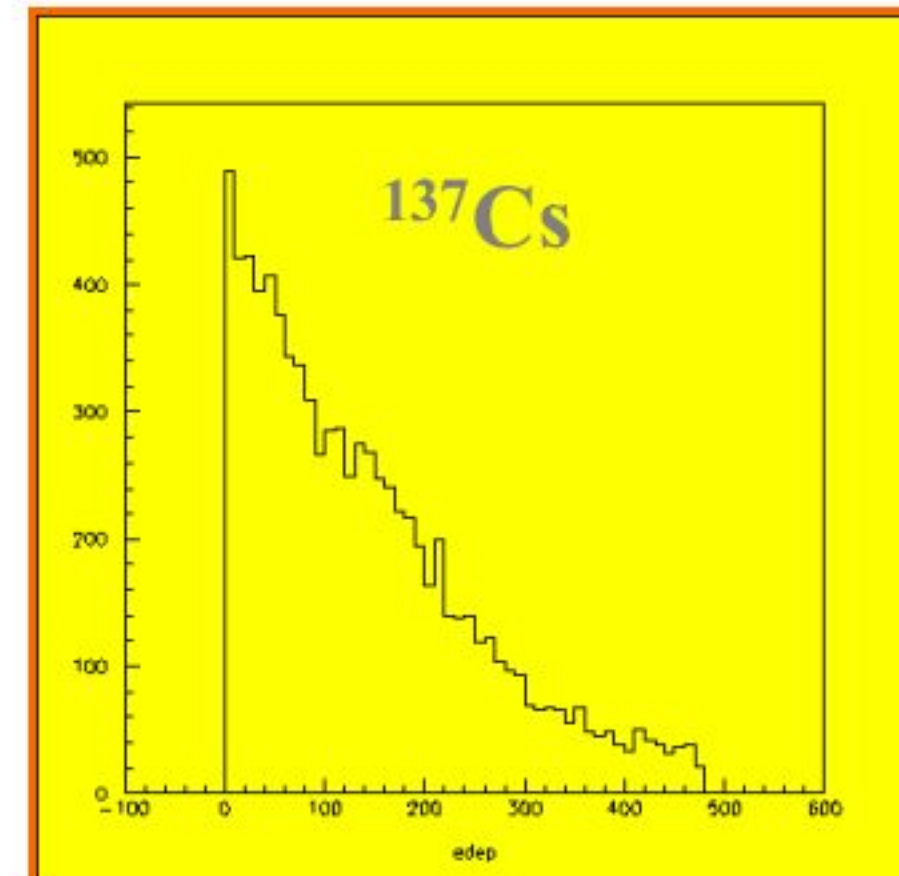
*tipico spettro in carica del
SiPM acquisito con il QDC*



*segnale dei SiPM osservati
all'oscilloscopio*

Simulazioni

- Geant3.21, con il programma *sch2for* fornito dall'INMRI-ENEA , è stato usato per simulare la risposta della fibra scintillante alla radiazione gamma proveniente da una sorgente radioattiva.
- Gli eventi generati dalla routine *sch2for* vengono processati in GEANT per mezzo del quale è possibile descrivere il passaggio delle particelle elementari attraverso la fibra scintillante e l'energia rilasciata nella parte sensibile del rivelatore.
- Nella Figura viene mostrato lo spettro dell'energia depositata nella fibra scintillante per una sorgente di ^{137}Cs .



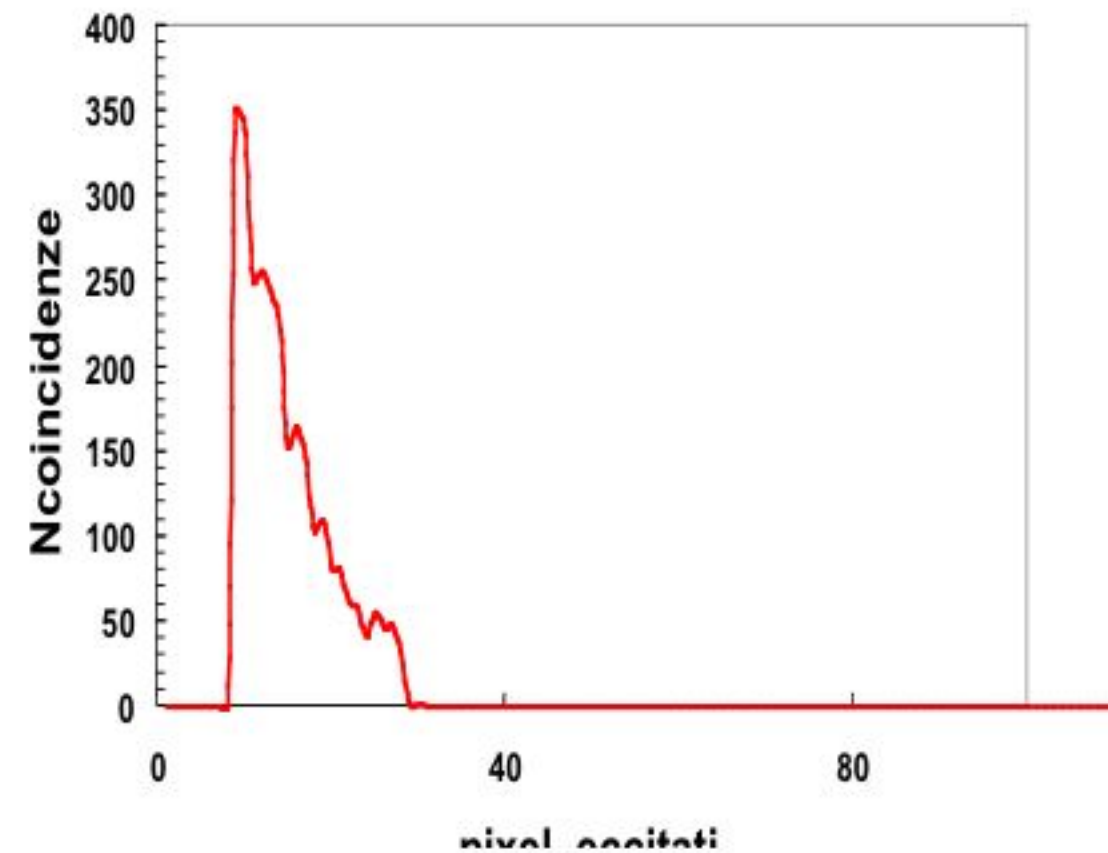
Numero dei pixel eccitati ottenuto con le simulazioni

Nelle simulazioni abbiamo seguito i seguenti passi:

1. calcolo dello spettro di energia depositata $E_{dep}(KeV)$
2. calcolo dei fotoni prodotti per scintillazione $N_{fot}=10 \cdot E_{dep}$
3. calcolo del numero di fotoni che raggiungono le estremità della fibra e quindi i SiPM $N_f=0.03 \cdot N_{fot} \cdot e^{-x/L}$
4. Calcolo del numero di pixel eccitati

$$N_{celle_eccitate} = N_f \cdot PDE$$

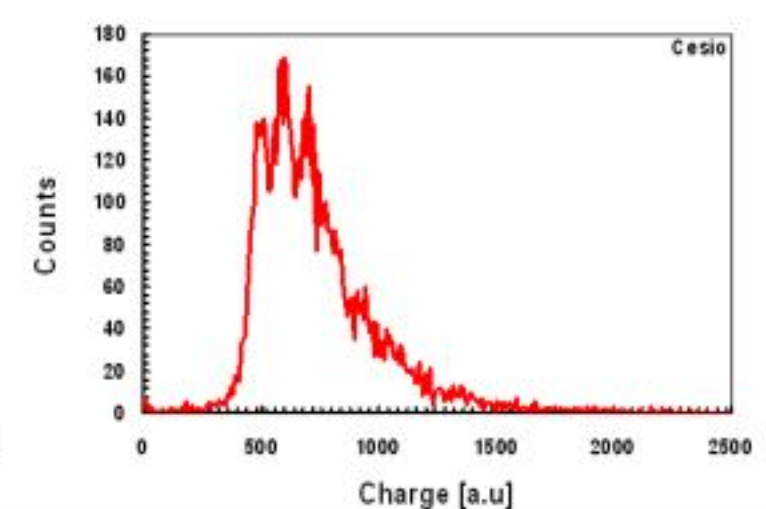
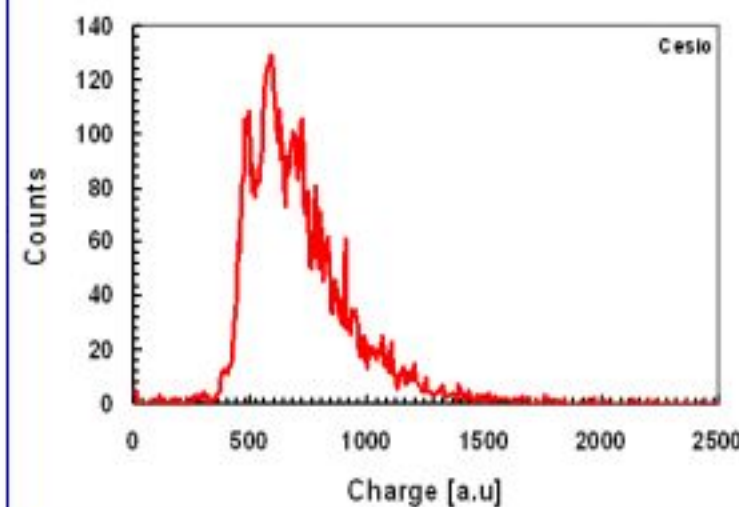
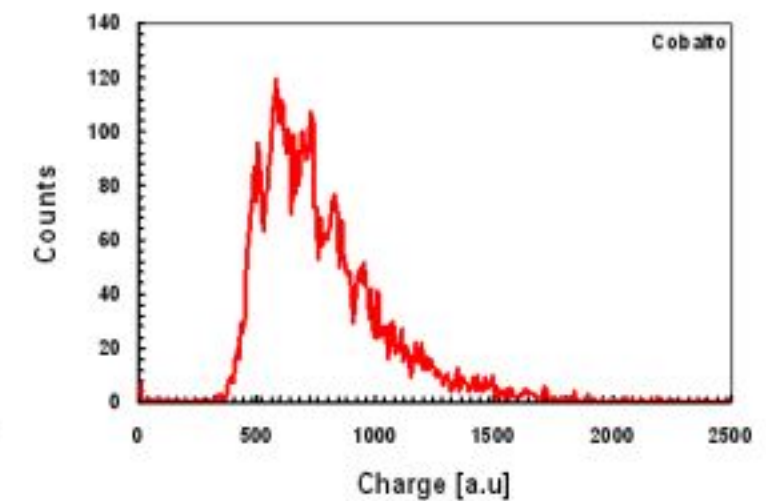
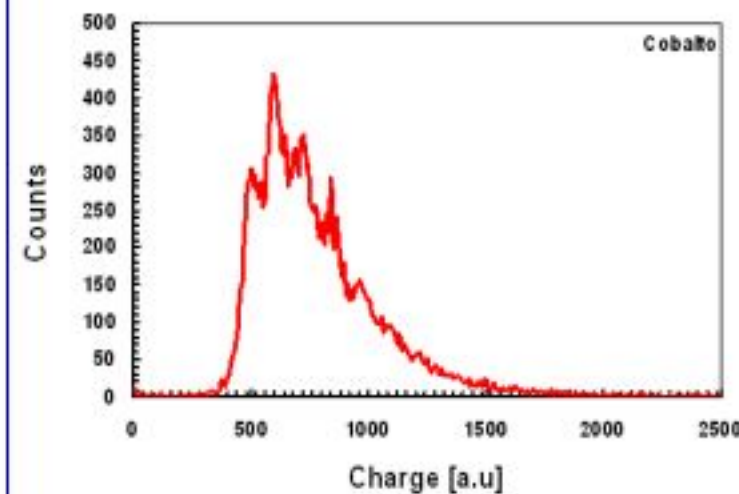
Soglie a 6 e 8 pixel eccitati ad entrambi gli estremi



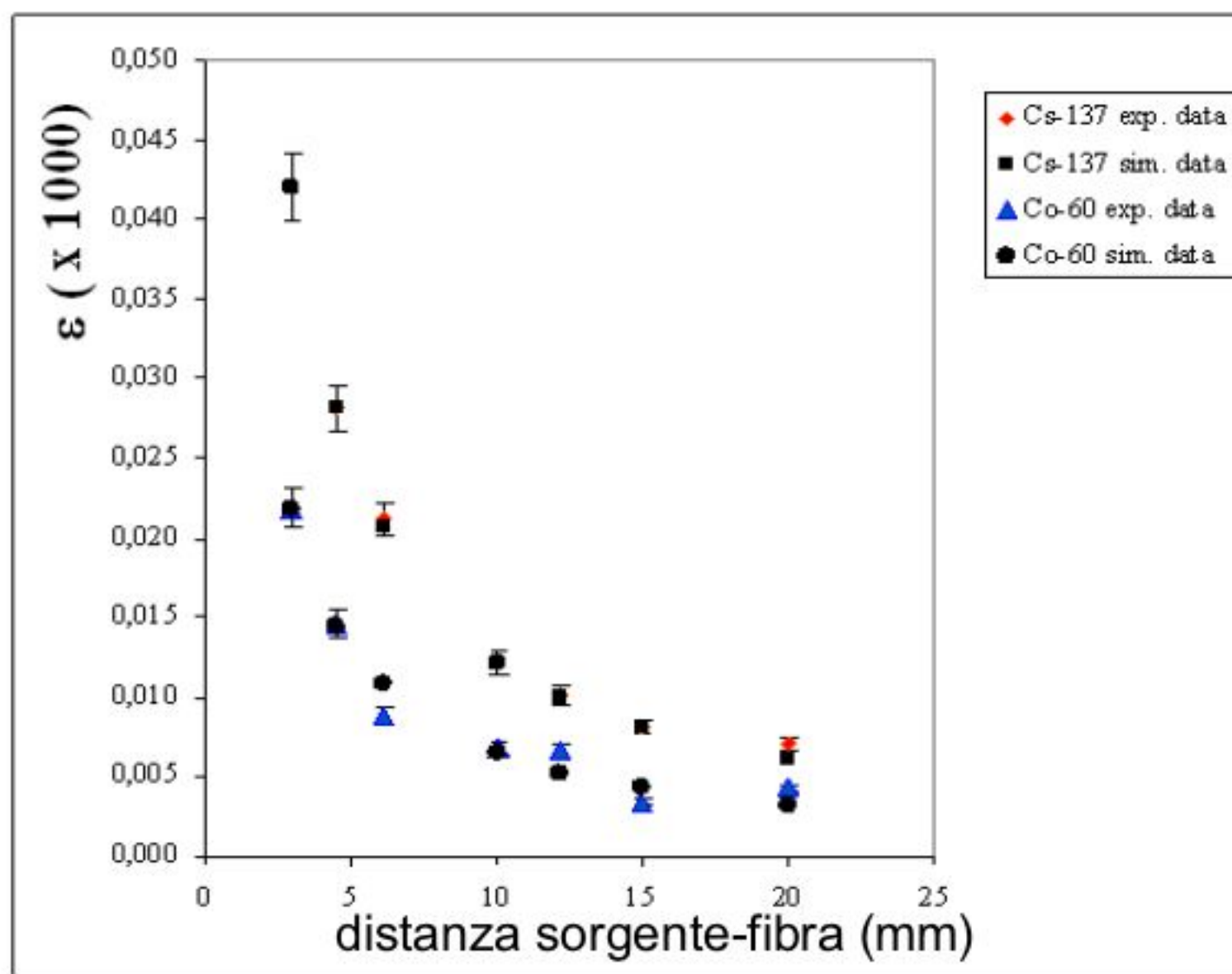
Misure

- Temperatura ambiente
- Sette differenti distanze d fibra sorgente (^{60}Co , ^{137}Cs)
- Tensione di alimentazione ($\sim 69.7\text{ V}$)
- Le uscite dei SiPM sono messe in coincidenza
- Soglie del discriminatore impostate a 8 pixel eccitati

Spettri in carica per le sorgenti di ^{137}Cs e ^{60}Co , per due diverse distanze sorgente-fibra rispettivamente 6.1 e 12.3 mm.



efficienze sperimentali ottenute utilizzando le due sorgenti di ^{137}Cs e ^{60}Co e quelli simulate, in funzione della distanza sorgente-fibra, condizionate da una soglia a 8 pixel eccitati.



- L'andamento simulato è ottenuto riscaldando l'efficienza simulata con un fattore di scala (circa 10) determinato dal rapporto tra le efficienze simulate e quelle misurate per ogni sorgente gamma utilizzata

- Il livello di accordo tra i dati sperimentali e i dati simulati riscaldati è risultato migliore anche dell'1%

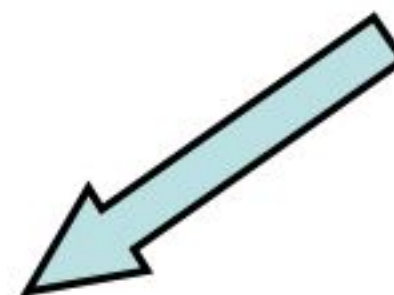
Conclusioni

Scopo

sviluppare un nuovo dispositivo per il monitoraggio, *on-line* a distanza, delle scorie radioattive contenute nei fusti di un sito di stoccaggio.



Il dispositivo studiato si presta bene a tale scopo, proprio per le sue caratteristiche.



Conclusioni

Caratteristiche

costi ridotti

Informazioni
tridimensionali

Elevati *rate* di
conteggio

