

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Lecce

INFN/TC-95/30
12 Ottobre 1995

R. Perrino, A. Leone:

**CARATTERIZZAZIONE DI UN FOTOMOLTIPLICATORE ATTRAVERSO
LA MISURA DEL PICCO DI SINGOLO FOTOELETTRONE**

PACS: 29.40.Mc

**CARATTERIZZAZIONE DI UN FOTOMOLTIPLICATORE ATTRAVERSO LA
MISURA DEL PICCO DI SINGOLO FOTOELETTRONE**

R. Perrino, A. Leone

INFN - Sezione di Lecce - via per Arnesano, 73100 Lecce

(per la Collaborazione ELETTRON¹)

Misure di conteggio di pochi fotoni sono state fatte con i fotomoltiplicatori adottati per i contatori Cherenkov della Hall A del CEBAF. Il guadagno e la stabilità della risposta sono controllati utilizzando una descrizione parametrica degli spettri misurati.

¹E. Cisbani, S. Frullani, G. Garibaldi, M. Jodice, G.M. Urciuoli, INFN - Sezione di Sanita' - Roma;
R. De Leo, INFN - Sez. di Bari e Dipartimento di Fisica dell'Universita' - Bari

Nella Hall A del Continuous Electron Beam Accelerator Facility (CEBAF) verterà studiata la struttura del nucleo attraverso la misura di knock-out di adroni indotta da fascio di elettroni con energia incidente fino a 6 GeV [1]. Per tali misure gli spettrometri magnetici ad alta risoluzione in impulso per elettroni ed adroni, sono completati da contatori atti a discriminare con alta efficienza l'identità delle particelle rivelate. In particolare contatori Cherenkov ad aerogel di silice per la discriminazione di pioni da protoni, ed a gas CO₂ per la discriminazione di elettroni da pioni nell'intervallo di impulso di interesse, sono stati sviluppati dalla collaborazione ELETTRON (Sezioni INFN di Sanità, Lecce e Bari) con l'Università di Regina (Canada) e Saclay. Tali rivelatori sono in via di installazione presso il CEBAF.

I rivelatori Cherenkov sono equipaggiati con fotomoltiplicatori BURLE 8854 Quantacon [2], del diametro di 12.9 cm, a 14 stadi. Questi fotomoltiplicatori sono stati adottati per le loro caratteristiche di alta efficienza quantica (22.5% a 385 nm), risposta piccata nell'ultravioletto, segnali veloci ed alta amplificazione. Alcuni aspetti delle prestazioni di questo fotomoltiplicatore, come l'ottimizzazione del partitore di alimentazione, sono già stati investigati nel corso di test sotto fascio dei rivelatori [3]. Per una ulteriore caratterizzazione della risposta del fotomoltiplicatore per un piccolo numero di fotoelettroni rivelati, ed allo scopo di provare un metodo per la determinazione del loro numero medio, sono state effettuate alcune misure dello spettro di segnale. In particolare è importante valutare la risoluzione del picco di risposta del singolo fotoelettrone. Un picco di singolo fotoelettrone ben risolto permette infatti di controllare il guadagno del fotomoltiplicatore in lunghi intervalli di funzionamento, quali quelli tipici in cui i fotomoltiplicatori debbono operare durante l'uso dei rivelatori in esperimento.

Le misure sono state realizzate seguendo una procedura sperimentale molto semplice. Un diodo a emissione luminosa (LED) verde è usato come sorgente di fotoni per illuminare il fotocatodo del fotomoltiplicatore da provare. Il tutto è posto in una scatola nera a tenuta di luce. Il LED è eccitato da un alimentatore impulsato, con una lunghezza d'impulso di 12 ns, alla frequenza di ripetizione di 1 kHz. L'altezza dell'impulso viene variata allo scopo di regolare il numero di fotoelettroni emessi dal fotocatodo in risposta alla diversa intensità di luce incidente. Il segnale del fotomoltiplicatore, discriminato in un discriminatore del tipo *leading edge*, è usato, in coincidenza con l'impulsore che eccita il LED, per generare un trigger. In tal modo il rumore non correlato all'impulso luminoso emesso dal LED viene sottratto dalla misura. Il trigger, così formato, fornisce la *gate* ad un ADC LeCroy 2249W per la integrazione del segnale analogico del fotomoltiplicatore. Lo schema logico della misura è rappresentato nella Fig. 1. I dati in uscita dall'ADC sono acquisiti con un sistema basato su computer MacIntosh.

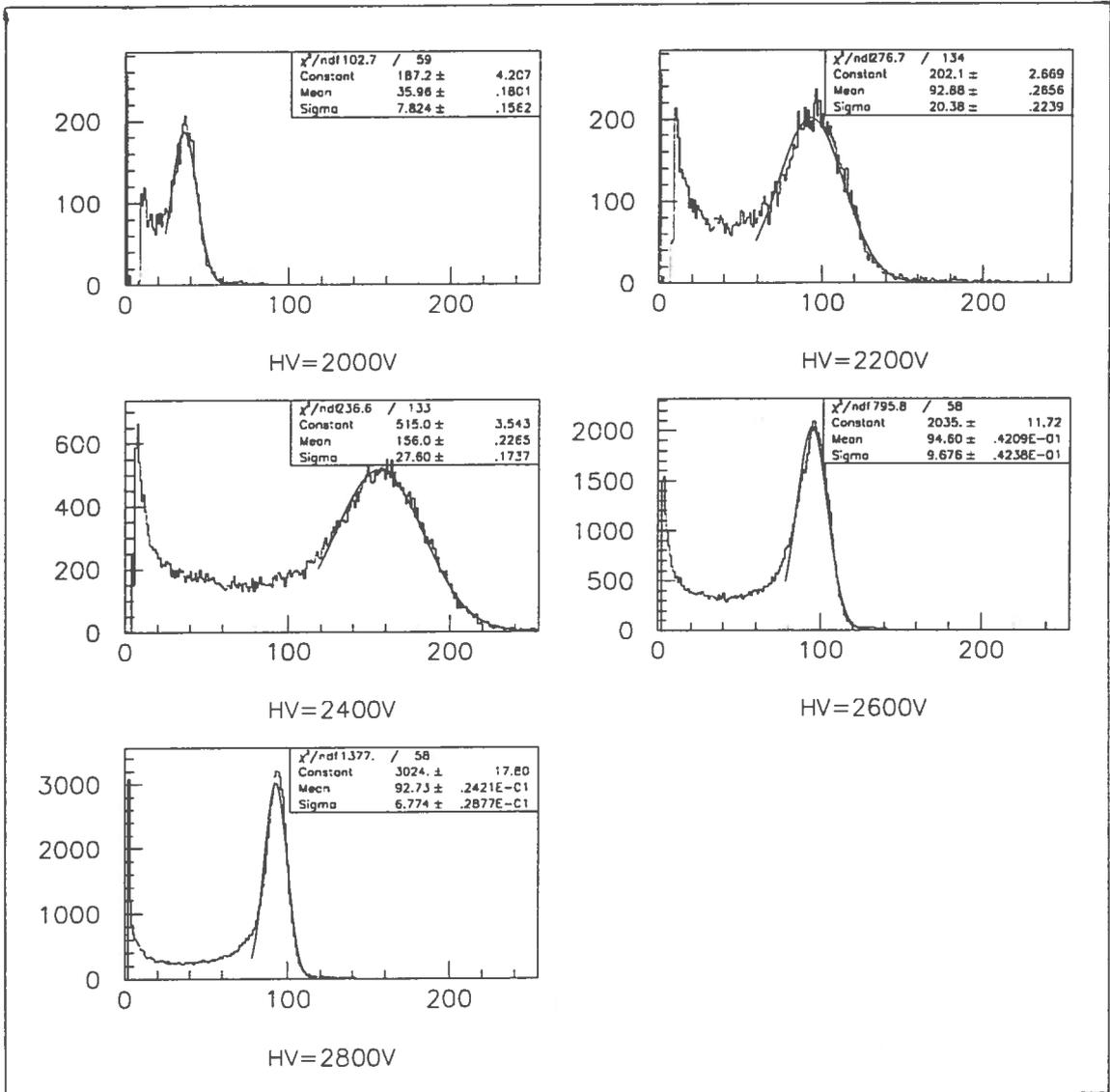


Fig. 2 Spettri di singolo fotoelettrone misurati a diverse tensioni di alimentazione del fotomoltiplicatore. Gli spettri a 2600 V e 2800 V sono attenuati rispettivamente di un fattore 1/8 e di un fattore 1/32.

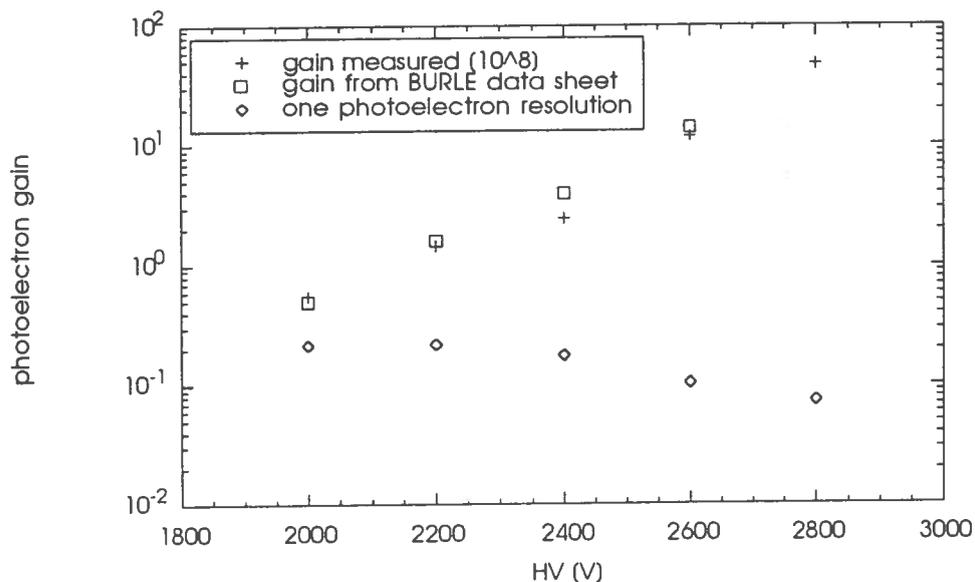


Fig. 3 Coefficiente di guadagno e risoluzione del picco di singolo fotoelettrone in funzione della tensione di alimentazione del fototubo.

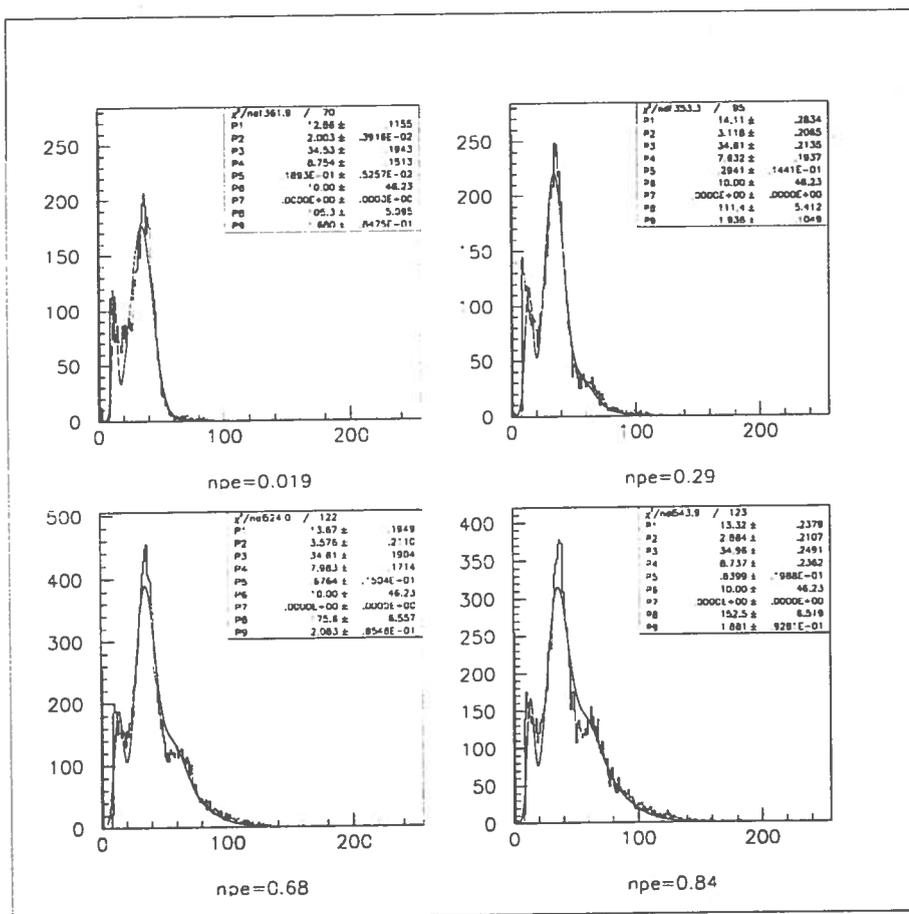


Fig. 4a Spettri di eccitazione di pochi fotoelettroni alla tensione di alimentazione di 2000 V. Le curve rappresentano i risultati della procedura di fit descritta nel testo.

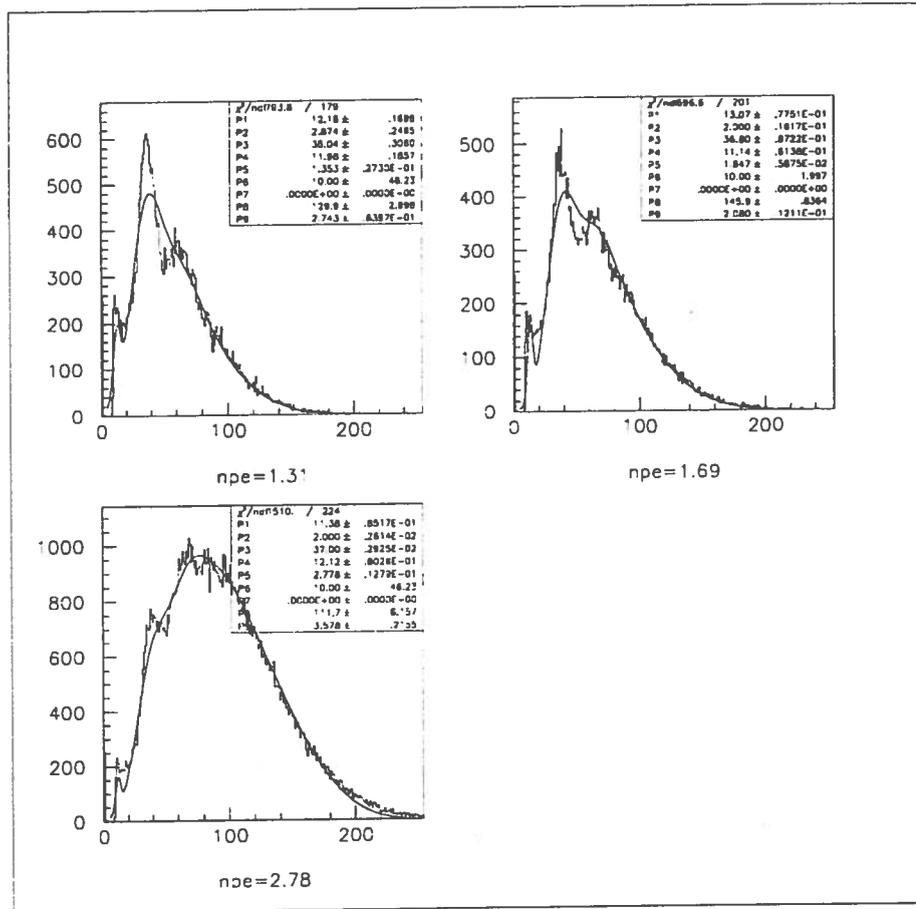


Fig. 4b (come Fig.4a)

Per riprodurre con un modello la struttura di tali spettri, si è fatto uso di alcune assunzioni fenomenologiche, e si è adottata una forma funzionale per descrivere l'involuppo di più picchi gaussiani corrispondenti alla eccitazione di $N=1,2,3,4,\dots$ fotoelettroni. Tale formula tiene conto che il fenomeno di eccitazione di N fotoelettroni è regolato dalla statistica di Poisson, per cui la probabilità $P(N;\mu)$ di eccitare N fotoelettroni con media μ è data da:

$$P(N;\mu) = \frac{1}{N!} \mu^N e^{-\mu} \quad (1)$$

Se assumiamo che le posizioni dei picchi siano individuate sulla scala di conversione dell'ADC dalla formula lineare $Q_k = Q_0 + k(Q_1 - Q_0)$ con $k=0,1,2,\dots$, dove Q_0 è la posizione del picco di zero fotoelettroni (pedestal) e Q_1 è la posizione del picco di un singolo fotoelettrone; se assumiamo che l'evento multi-elettrone sia distribuito normalmente con deviazione standard $\sigma_k = \sqrt{k} \sigma_1$; se descriviamo anche il pedestal con una gaussiana di centro Q_0 e deviazione standard σ_0 ; se ammettiamo che le probabilità di eccitazione di $N=0,1,2,\dots$ fotoelettroni siano di Poisson; allora la forma funzionale scelta a riprodurre lo spettro misurato è scritta nel modo seguente:

$$f(Q) = A \left[e^{-\frac{(Q-Q_0)^2}{2\sigma_0^2}} + R \sum_{k=1}^N \frac{1}{k!} \mu^{k-1} e^{-\frac{(Q-[kQ_1-(k-1)Q_0])^2}{2k\sigma_1^2}} \right] \quad (2)$$

Nella funzione $f(Q)$ i parametri $A, R, Q_0, \sigma_0, Q_1, \sigma_1, \mu, \lambda$ sono da determinare con una procedura di *best-fit*. Il significato dei parametri $Q_0, \sigma_0, Q_1, \sigma_1$ è stato già descritto. Gli altri parametri hanno la seguente giustificazione: μ è il numero medio di fotoelettroni ed è proporzionale alla intensità luminosa incidente; R rappresenta la normalizzazione dello spettro per $k>0$ relativa al pedestal ($k=0$); A è un fattore di normalizzazione globale.

Nelle Figg. 4a-4b sono visibili le curve risultanti dal *best-fit* degli spettri sperimentali e sono indicati i valori dei parametri così ottenuti. La procedura si rivela affidabile, in quanto i valori dei parametri, per diversi spettri con diverso numero medio di fotoelettroni, risultano stabili (Fig. 5).

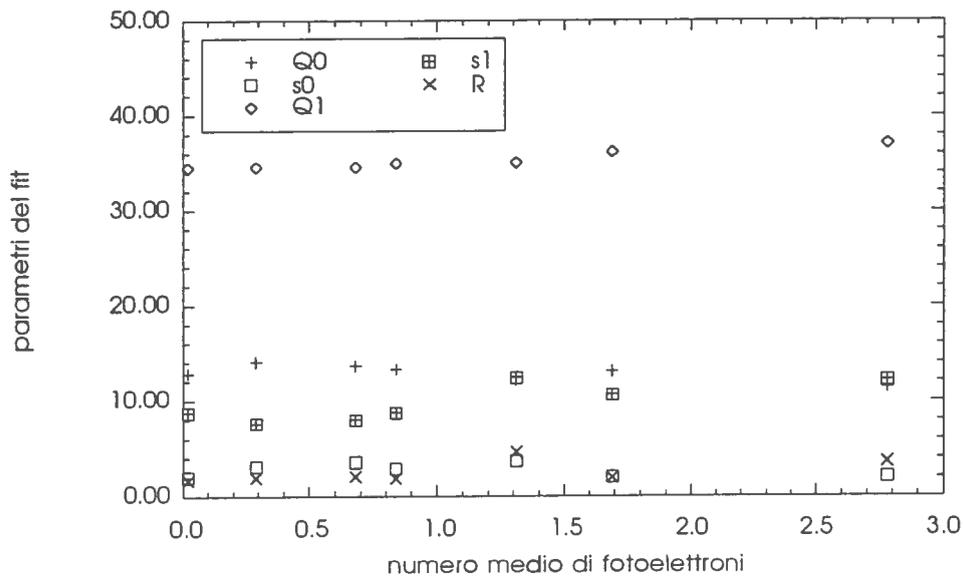


Fig. 5 Stabilità dei parametri di fit degli spettri al variare del numero medio di fotoelettroni eccitati, per piccoli valori.

In conclusione, sono stati misurati spettri di risposta di un fotomoltiplicatore in grado di risolvere il picco di singolo fotoelettrone. E' stato verificato un metodo per la determinazione dei parametri caratteristici di tali spettri, atti a caratterizzare le prestazioni del fotomoltiplicatore: il coefficiente di guadagno, controllato dal parametro Q_1 (centroide del picco di singolo fotoelettrone); la risoluzione di rivelazione del singolo fotoelettrone, controllata dal parametro σ_1 (deviazione standard del picco); la stabilità del segnale fotoelettronico è infine controllata dal valore medio di fotoelettroni μ .

References

- [1] Conceptual Design Report CEBAF Basic Experimental Equipment, 1990
- [2] BURLE 8854 Photomultiplier Data Sheet
- [3] L. Alexa et al., submitted for publication to Nucl. Instr. Meth. A, 1995