

Studio di algoritmi per ottimizzazione di TPS in adroterapia

A. Rotondi, A. Fontana, V.E. Bellinzona, A. Embriaco

Il **successo** dell' adroterapia si fonda sull' **accurata modellizzazione** della dose fisica e biologica depositata nei tessuti. Strumenti software sofisticati, denominati **Treatment Planning Systems** (TPS), vengono sviluppati a questo scopo, con l' obiettivo di produrre set di fasci ottimizzati per ogni paziente.

- Vista la possibilità di gradienti di dose elevati, in particolare ai margini dei volumi irraggiati, la tecnica è estremamente sensibile all' **accuratezza** della dose calcolata e depositata.
- La richiesta di eseguire il calcolo nel **minor tempo possibile** è essenziale per la verifica dei piani attualmente svolta con codici Monte Carlo.

Diversi approcci per il calcolo della dose fisica e diverse tecniche di calcolo sono presenti in letteratura:

- **Parametrizzazioni fenomenologiche**, basate su approssimazioni multi-gaussiane:
veloci, approssimate, elevato numero di parametri
- **Modelli analitici** fondati su assunzioni fisiche:
veloci, accurate, set minimale di parametri
- Simulazioni **Monte Carlo**:
esatte, fattore tempo con il presente hardware

Attività del gruppo

Si intende dare un **contributo** all'**ottimizzazione** degli attuali piani di trattamento mediante la implementazione di un data base e di tecniche di calcolo (Monte Carlo e analitiche) che descrivano il **profilo di dose fisica** (deviazione laterale, profondità e perdita di energia) in acqua e in diversi altri materiali biologici, sia per protoni sia per ioni carbonio alle energie di interesse per l'adroterapia.

L'ottimizzazione viene ottenuta attraverso il **calcolo diretto** (forward calculation) invece che con la tecnica inversa attualmente in uso (unfolding).

Questo richiede lo sviluppo di codici di calcolo, basati su metodi Monte Carlo (**FLUKA** come riferimento, ma anche MCNPX, GEANT4 e PHITS) e calcoli analitici, particolarmente veloci, eseguibili anche su processori grafici (GPU).

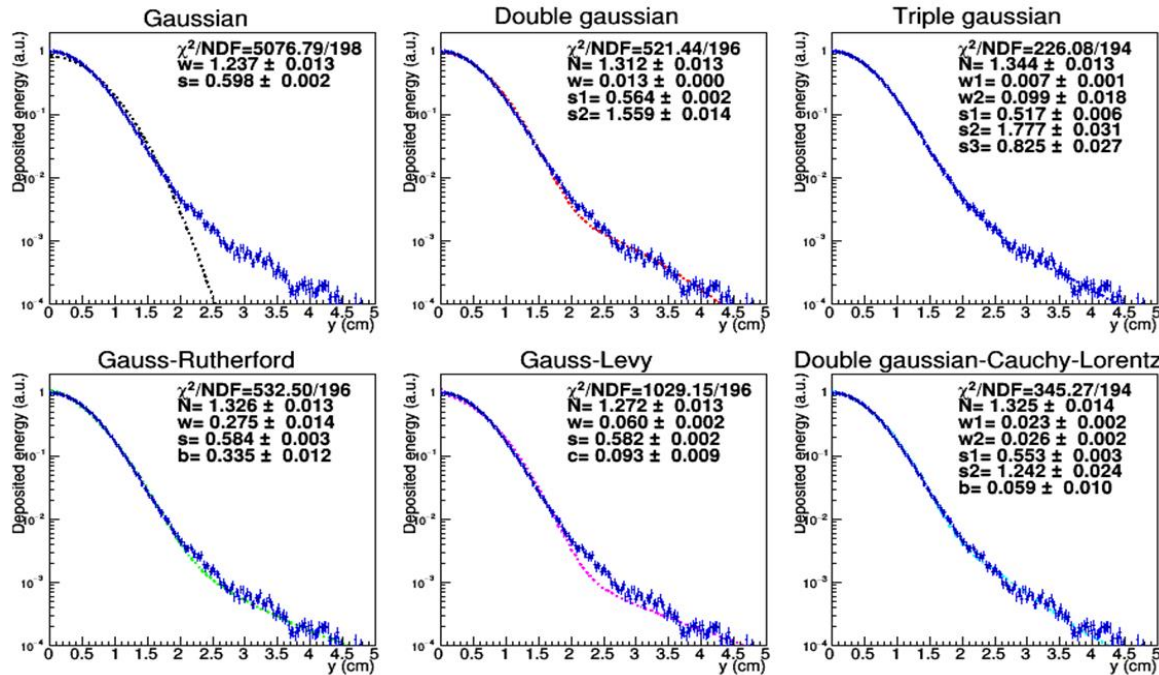
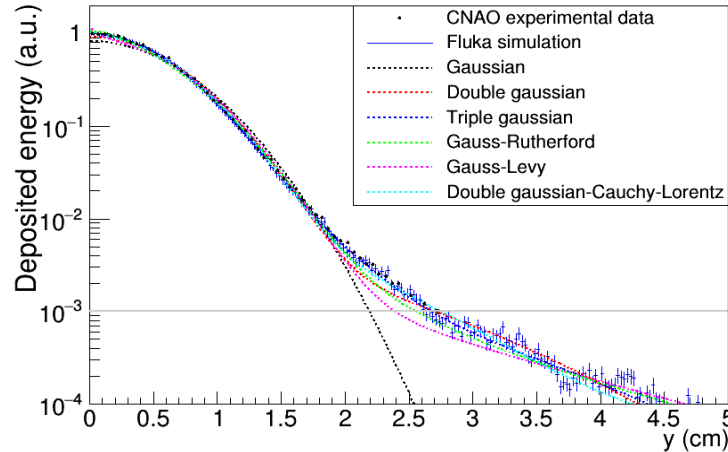
La ricerca è condotta in **collaborazione** con lo staff CNAO del gruppo di Fisica Medica (M. Ciocca, A. Mairani, G. Magro), con il gruppo di HIT/LMU (K. Parodi) e con il gruppo FLUKA del CERN (A. Ferrari, P. Sala).

Linee di ricerca:

- Studio parametrizzazioni alternative alla doppia gaussiana;
- Sviluppo di modello per il calcolo di profili laterali;
- Estensione del modello a un calcolo tridimensionale completo della dose fisica.

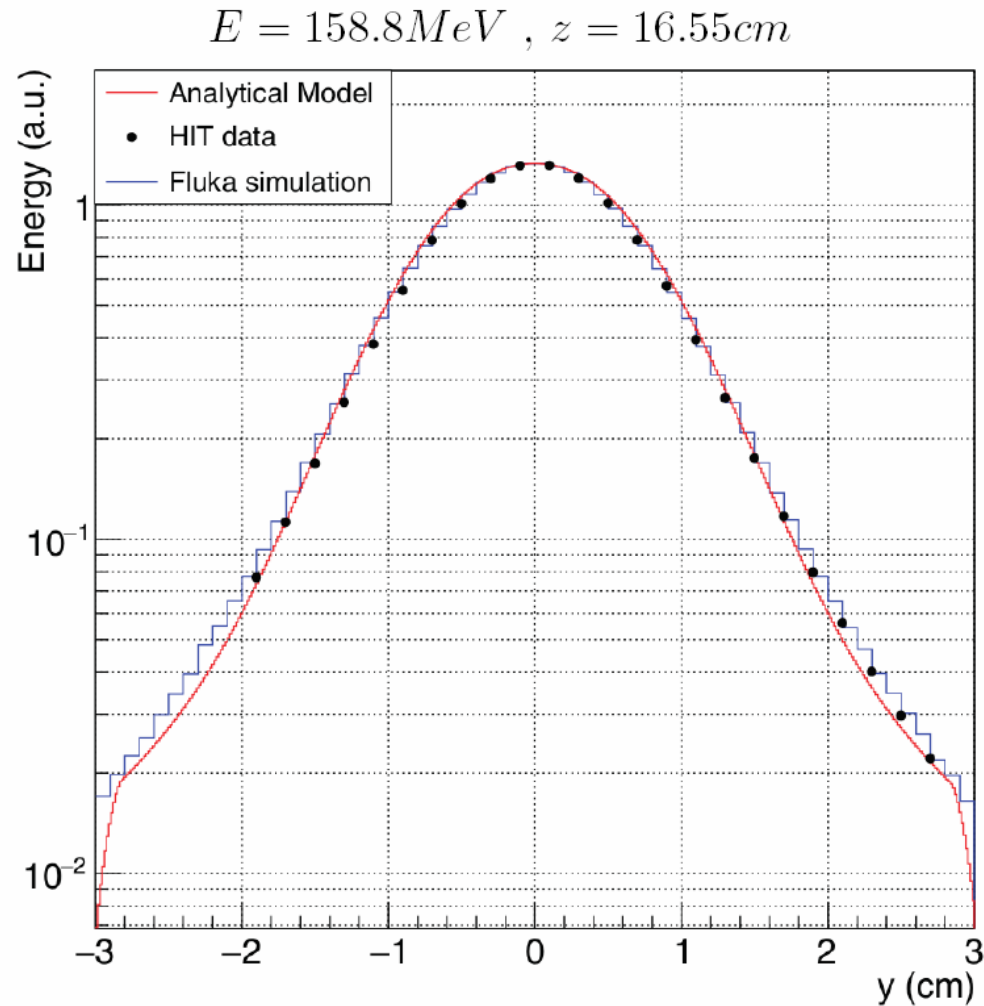
Studio parametrizzazioni alternative

V. E. Bellinzona et al., On the parametrization of lateral dose profiles in proton radiation therapy, Physica Medica 31 (2015) 484





Sviluppo di modello per profili laterali

V. E. Bellinzona et al., [A model for the accurate computation of the lateral scattering of protons in water](#), Phys. Med. Biol. 61 (2016) N102



Sviluppo di modello per profili laterali

- Fattorizzazione della dose fisica in contributo **laterale** e **longitudinale**.
- Contributo **laterale** dato da 2 termini:
 - **Elettromagnetico**, basato sulla **teoria completa di Molière** dello scattering multiplo  0 parametri liberi
 - **Nucleare**, basato su parametrizzazione Lorentz-Cauchy delle code  2 parametri liberi
- Contributo **longitudinale** dato da energy loss secondo **formula di Bethe-Bloch**, inclusi straggling e riduzione intensità per interazioni nucleari.

Obiettivi:

- Calcolo accurato e veloce della dose fisica in mesh 3D, confrontabile entro 1% con previsioni MC e dati sperimentali.
- Creazione di una **look-up table** per diversi fasci, energie e materiali per successiva interpolazione.

Vantaggi:

- Semplicità
- Accuratezza
- Tempi di calcolo

Attività previste

- **Integrazione** del modello laterale nel TPS di ricerca **CERR**, basato su Matlab e utilizzato a LMU: progetto PhD Elettra Bellinzona @HIT/LMU Munich (K. Parodi)
- Proposto **PRIN FASDEPT** (FASt Dose Engine for Proton Therapy)
Collaborazione tra UniPV, Uni Sapienza, INFN (PV-MI) e CNAO.
 - **Integrazione** del modello completo in codice Fast MC **FRED** (sviluppato a Uni Sapienza) per esecuzione su GPU
 - Inclusione **RBE** (F. Ballarini)
- Applicazione a **diversi materiali** e **altri adroni**.

Contatto

alberto.rotondi@pv.infn.it
www.pv.infn.it/~rotondi

andrea.fontana@pv.infn.it
www.pv.infn.it/~fontana

