

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).

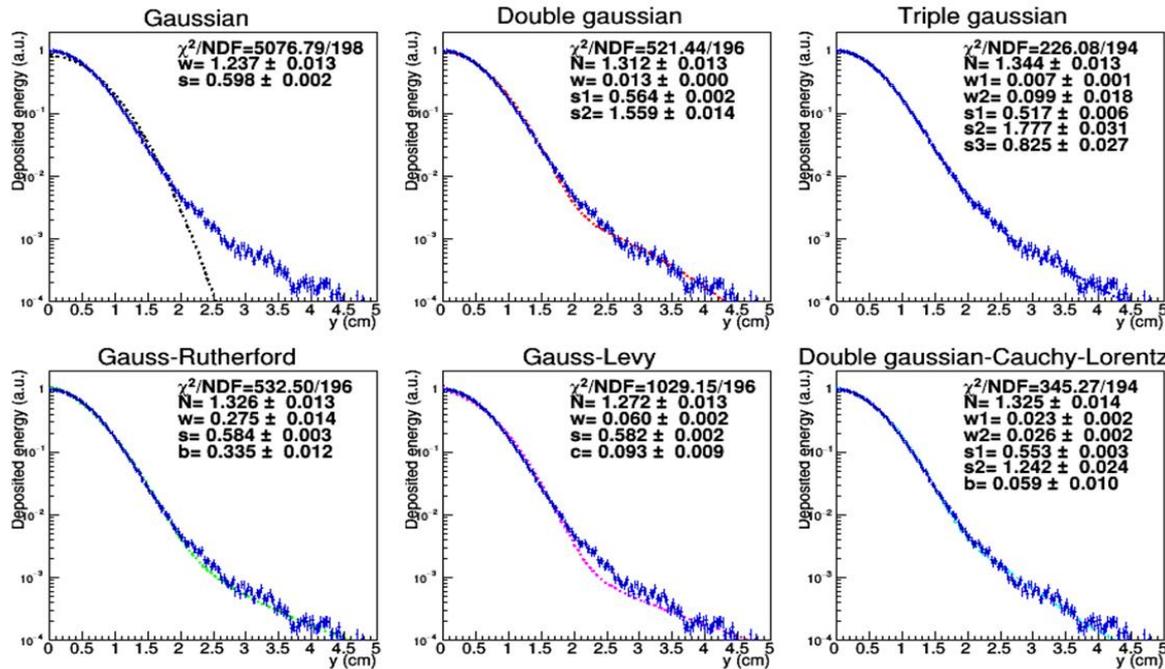
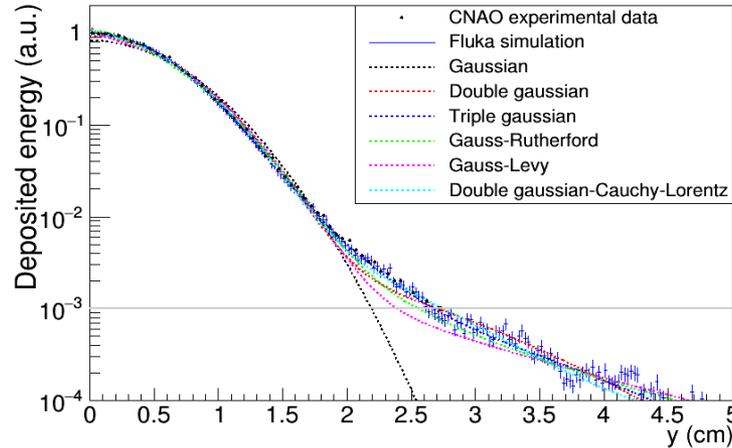
La ricerca è condotta in **collaborazione** con lo staff CNAO del gruppo di Fisica Medica (M. Ciocca, A. Mairani, G. Magro), con il gruppo di HIT/LMU (K. Parodi) e con il gruppo FLUKA del CERN (A. Ferrari, P. Sala).

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.

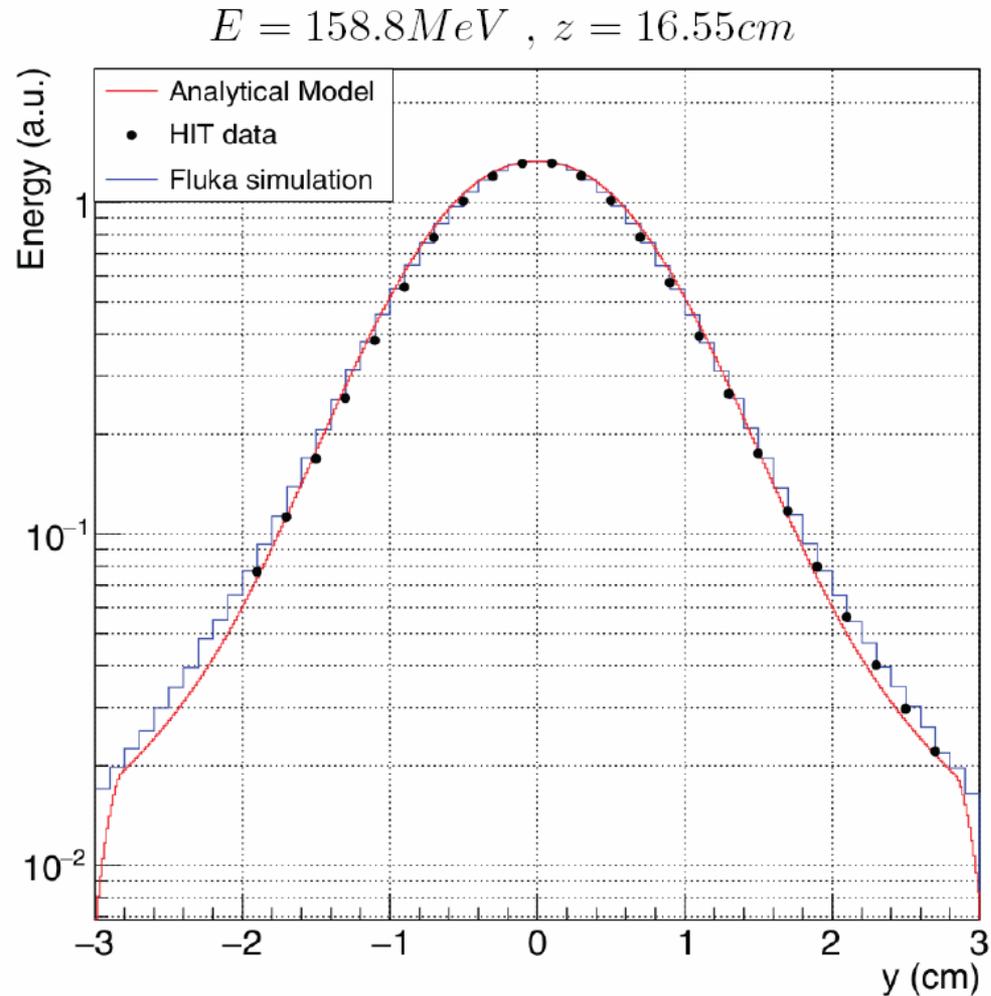
Studio parametrizzazioni alternative

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

