Estrazione mediante STRIPPER FOIL dal Ciclotrone Superconduttivo dei LNS

A. Calanna

L. Calabretta, G, D'Agostino, D. Rifuggiato

SIF2016 Settembre 2016 Padova

INFN-LNS
Superconducting Cyclotron (CS)

N° cavità acceleranti	**3**
Armonica	2
Frequenza RF delle cavità	15-48 MHz
Campo magnetico	2.2-4.8 T
Raggio del polo	90 cm
Raggio esterno del giogo	190.3 cm
Altezza totale del giogo	286 cm
K bending	800
K focusing	200
Intensità di corrente	0.04 nA-decine di μA

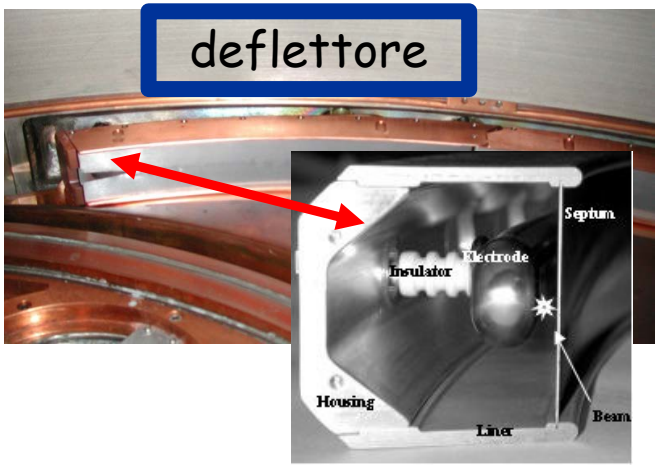
Capace di accelerare
da ^{2}H up a ^{238}U
Energy range 10÷80 AMeV

Uno svantaggio della compattezza→ orbite non separate all'estrazione
Massima potenza di fascio estratta ≈100 W

CS upgrade

Dettagli nella presentazione del dott. D.Rifuggiato

deflettore



OBIETTIVO

Potenza di fascio estratta
2÷10 kW ^{12}C, ^{18}O, ^{20}Ne
30÷70 AMeV

Il Sistema di estrazione per deflettore verrà mantenuto per garantire continuità con la situazione attuale

Per gli ioni e energie di interesse, l'efficienza di estrazione può essere 99%

Atomic Data and Nuclear Data Tables, Vol. 51, No. 2, July 1992, Table 2 pag.187

Serve:

- **Nuovo criostato e bobine**
- **Canale di estrazione più largo e alto**
- **Nuovi canali magnetici**

Esperimenti interessati NUMEN & FRIBS e altri su

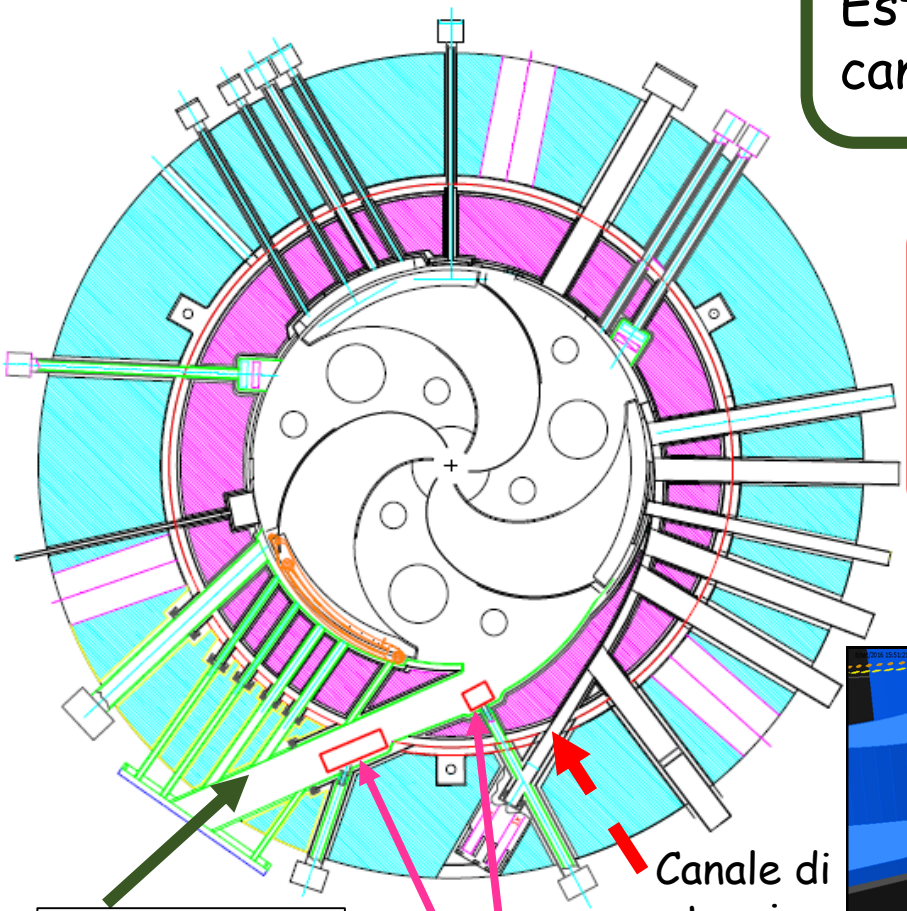
https://agenda.infn.it/conferenceOtherViews.py?view=standard&confId=10053

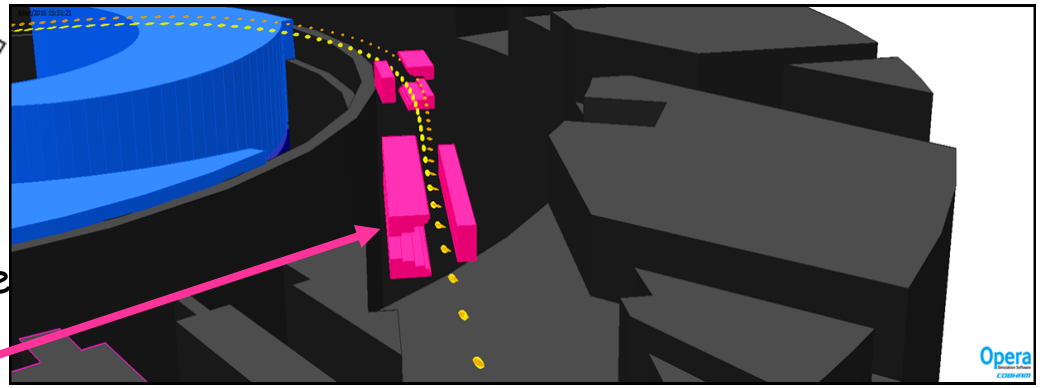
Studio di fattabilità (2014):

Estrazione più semplice se si disegna un canale apposito spostato di circa 30°

Risultati 2016:

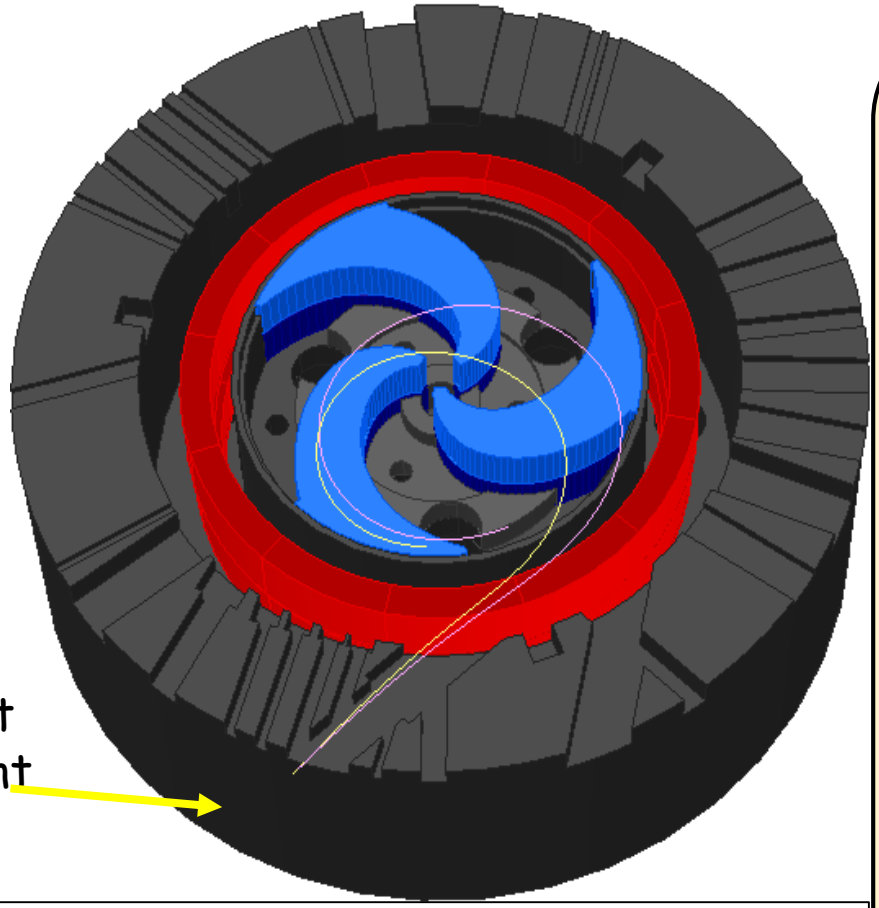
Solo 2 canali magnetici possono essere utilizzati per TUTTI gli ioni di riferimento





Come abbiamo definito gli stripper

$^{+12}C^{4+}$, $^{18}O^{6+}$, $^{20}Ne^{7+}$ 30÷70 AMeV.
Gli ioni sono fully stripped dopo l'attraversamento dello stripper foil



Definiti posizione e dimesione del canale di estrazione

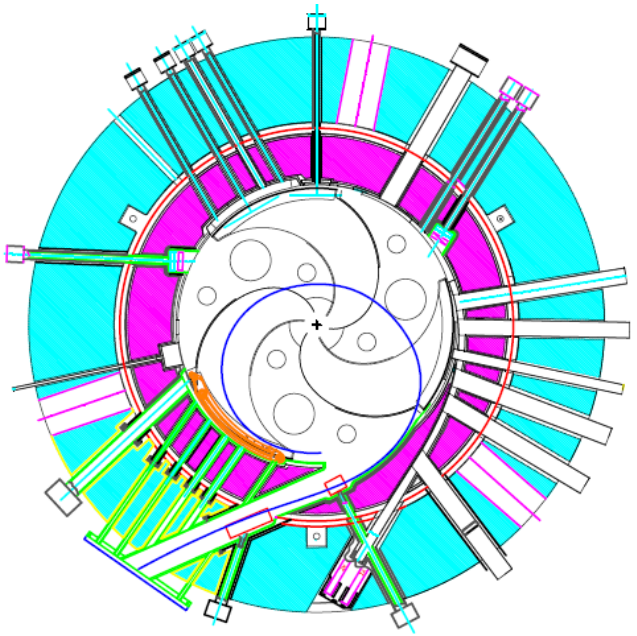
Requisiti di accettabilità

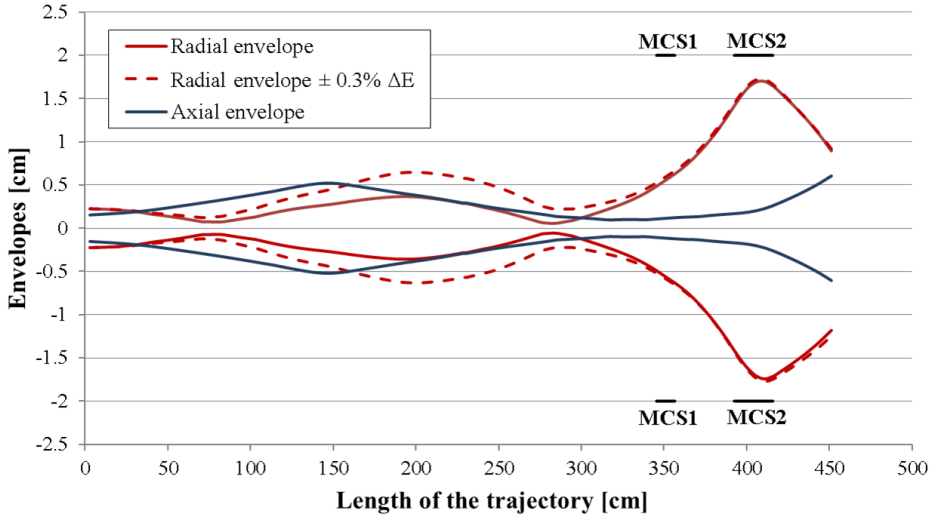
- La traiettoria di estrazione deve passare quanto più vicino possibile al punto di uscita dal ciclotrone
- La traiettoria deve stare almeno 6 cm dal centro macchina
- Scelta la posizione di stripper con inviluppi radiali e assiali lungo la traiettoria di estrazione minimi. Inviluppo assiale massimo +/-1.5 cm dentro il ciclotrone

Come abbiamo calcolato gli inviluppi

- Partendo da mappe reali abbiamo calcolato l'ultima orbita di equilibrio
- Abbiamo studiato il comportamento degli ioni dopo l'attraversamento dello stripper quando lo stato di carica cambia
- Gli inviluppi (X,X') e (Z,Z'), sono stati calcolati tenendo conto dell'effetto di eventuali canali magnetici

$^{18}O_8^{4+}$
$\theta_{stripper}$=88°
$E_{stripper}$=65AMeV



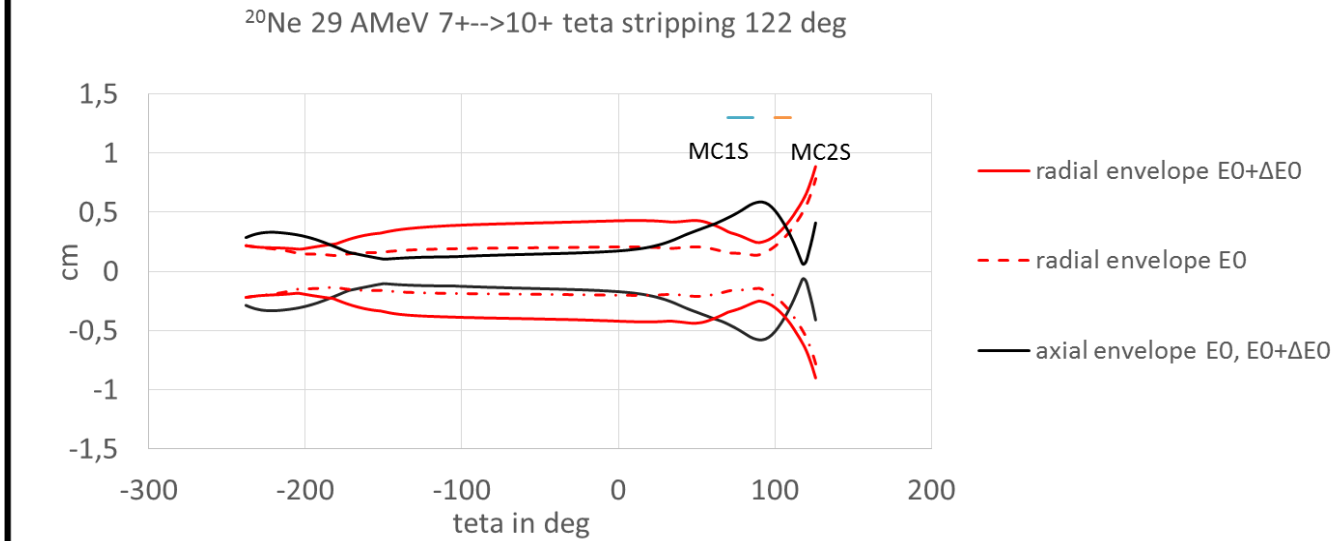


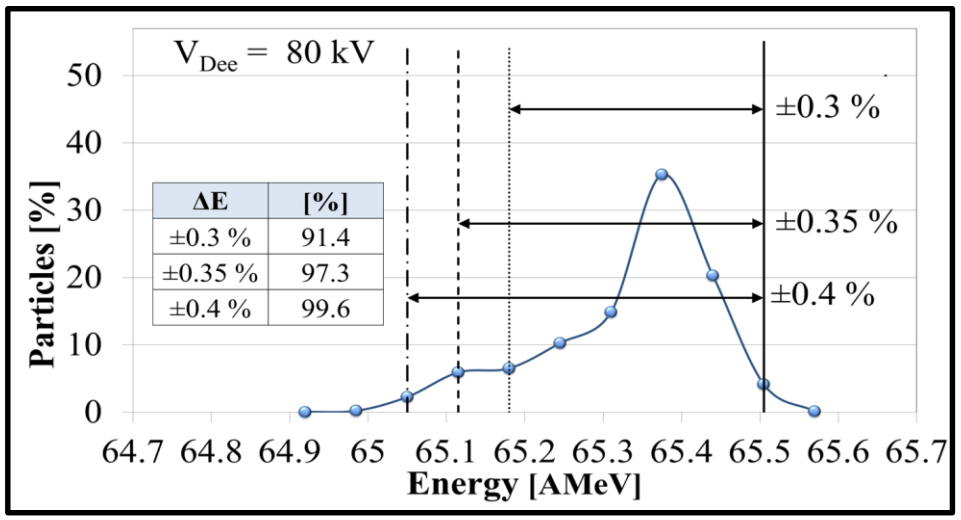
Codici: GENSPE & ESTRAZ
Norm. Emittance 1 π mm.mrad

Double check di tutti i risultati sono stati con OPERA 3D

L'estrazione per stripper è multi-turn→ ENERGY SPREAD

Abbiamo considerato un' Energy spread di ±0.3 % per tutte gli ioni e tutte le energie





Abbiamo visto che la tensione applicata ai dee può influenzare il numero di particelle dentro lo 0,3%, ma non quello dentro lo 0,35%, che resta il 97,3%

nel peggiore caso quando la potenza estratta è di 10 kW, si perderebbero **300 W dentro la macchina.**

Accettabile.

È possibile migliorare ancora?

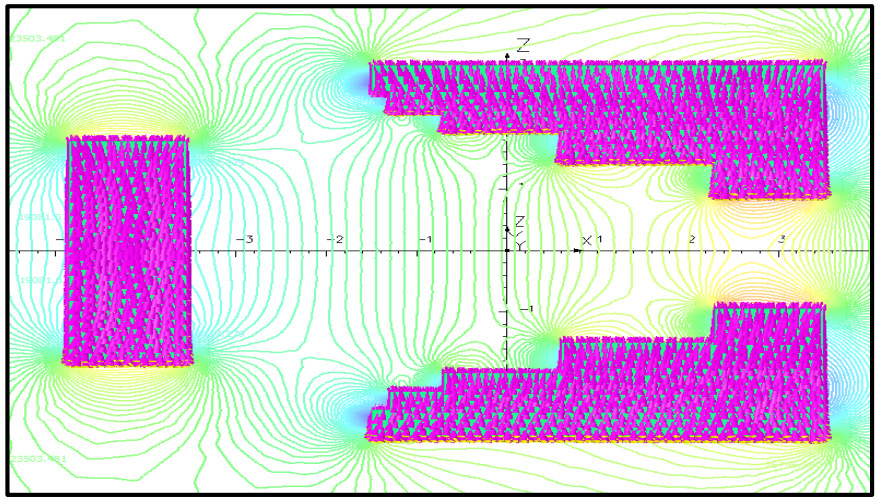
calanna@lns.infn.it

Come abbiamo definito i profili dei canali magnetici

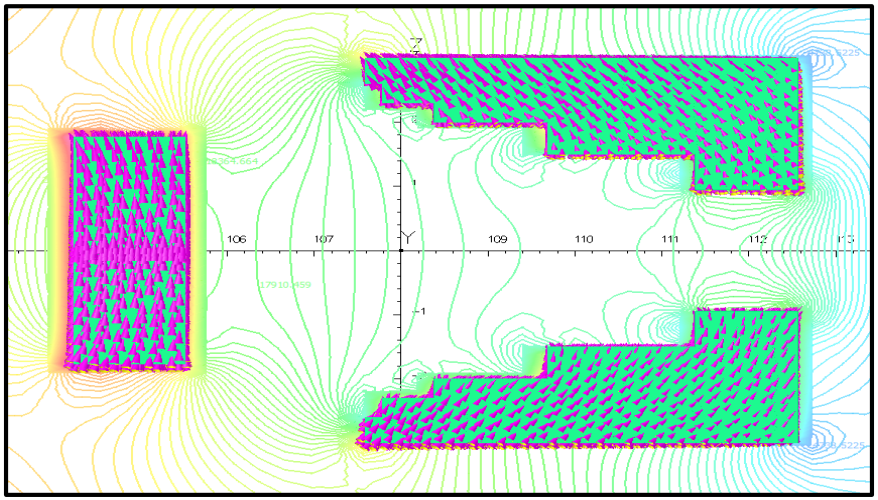
Requisiti:

- Grandi dimensioni radiali e trasverse per i fasci di alta intensità
- Il gradiente di campo deve essere costante in una zona di 4 cm
- La posizione dei canali è in una zona di grandi gradienti di campo

Canali magnetici esistenti → Tecnica delle tre barre Current sheet approximation (B>0.5 T) → NON UTILIZZABILE

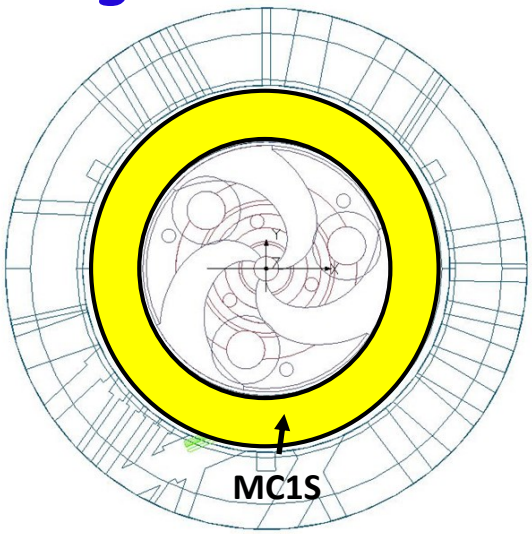


Canale magnetico in un campo uniforme

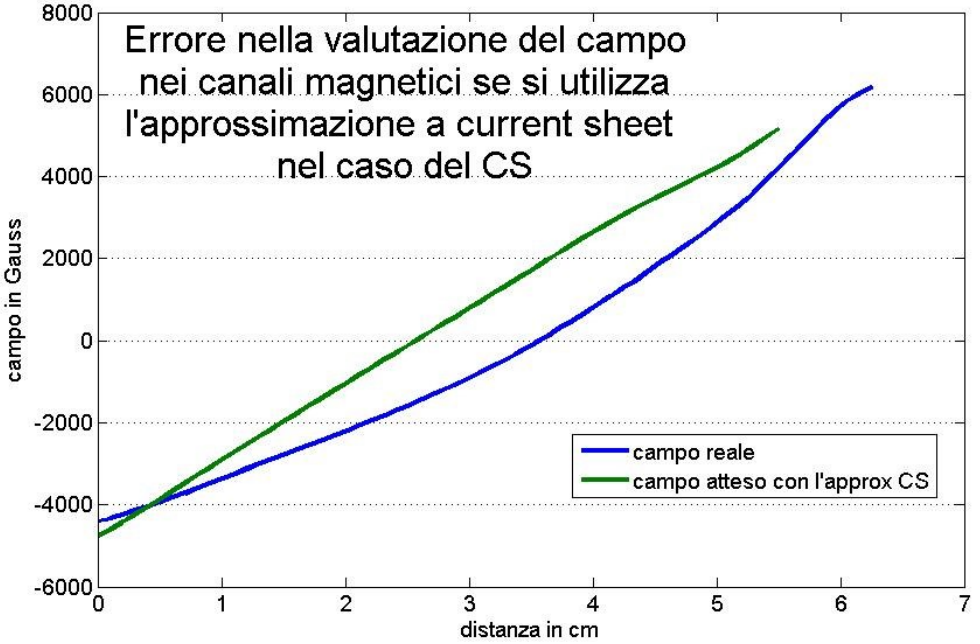


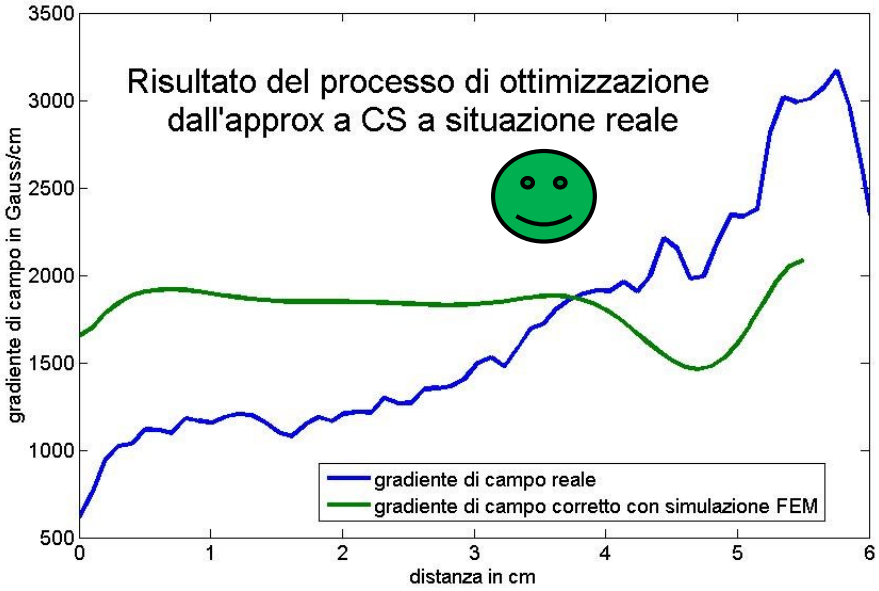
Canale magnetico posto nello spazio tra la bobine superiore e inferiore dove le linee di campo dentro i MC non sono perpendicolari al piano mediano (PM)

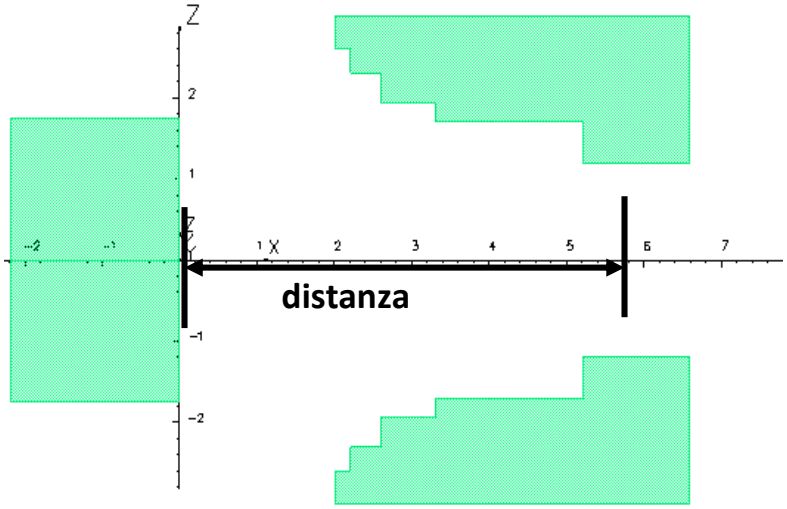
Caso del primo canale magnetico MC1S



In giallo l'area occupata dalle bobine che sono distanti +/- 9 cm dal PM

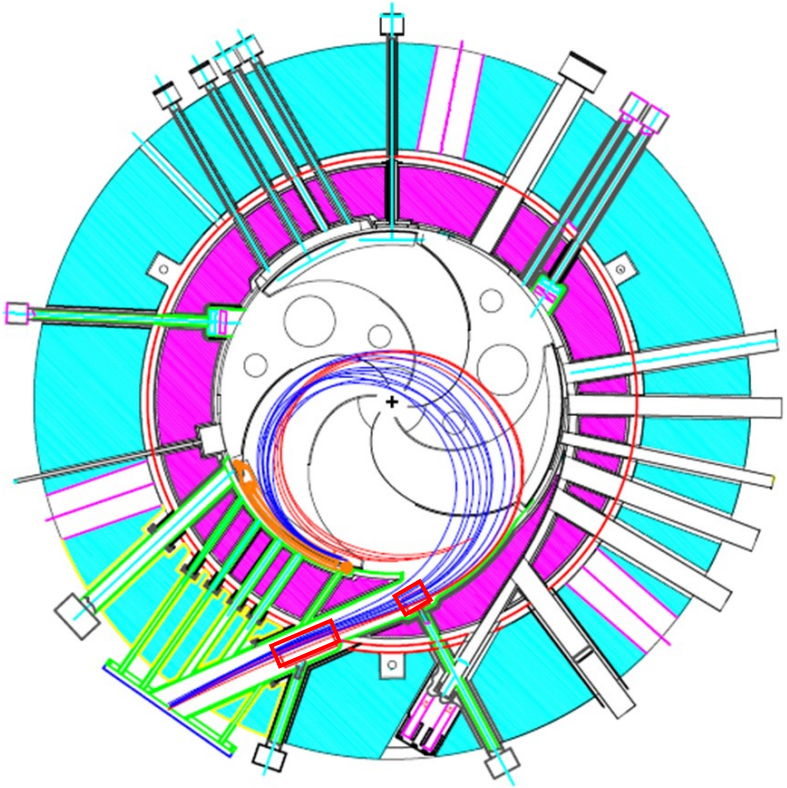


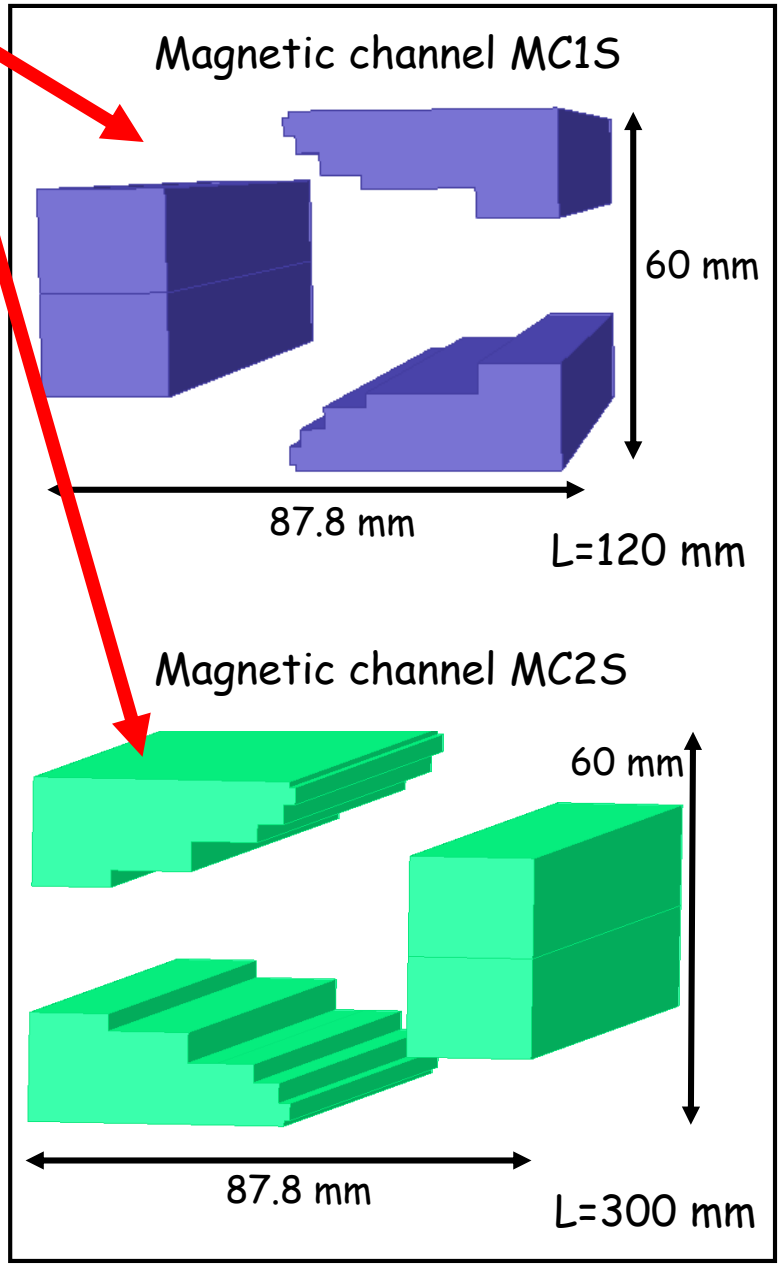




I canali magnetici sono solo 2

I fasci $^{+12}C^{4+}$, $^{18}O^{6+}$, $^{20}Ne^{7+}$ 30÷70 AMeV





È necessario spostare i canali magnetici in modo che ogni fascio li incontri esattamente nel punto in cui l'effetto di dipolo è quello necessario per accompagnarlo verso l'exit point.

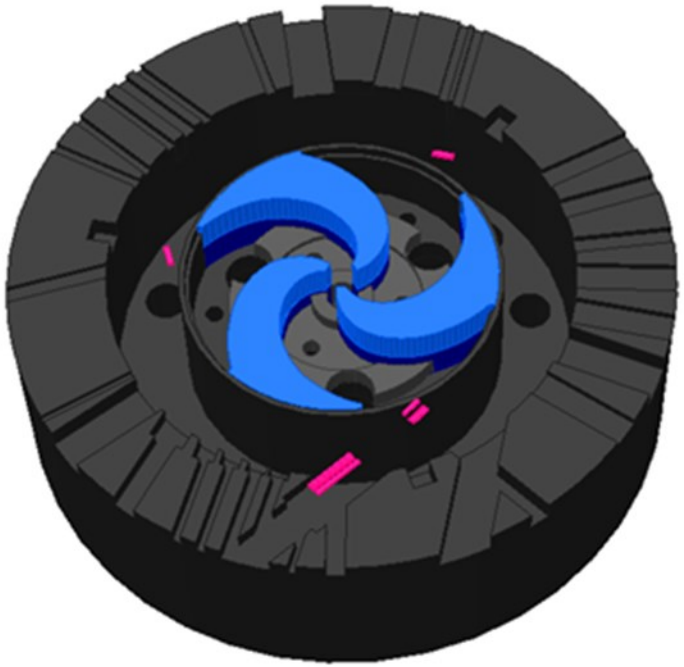
Per entrambi il massimo spostamento lineare è 6cm

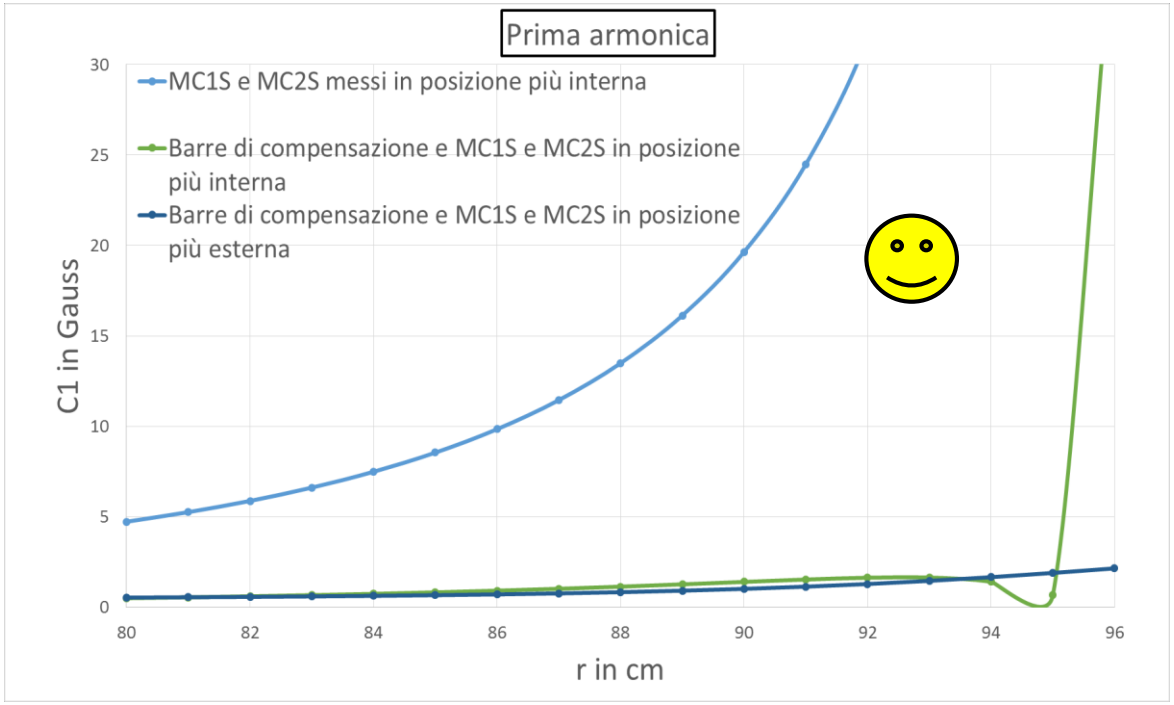
Come abbiamo compensato la prima armonica

2 barre di compensazione sono previste per annullare la prima armonica create dalla presenza dei canali e poter così ripristinare la simmetria 3

- Dimensioni 120x30x35 mm
- A ±120° da MC1S a R= 950÷990 mm.
- Si devono muovere come i canali magnetici (max 60 mm)

Con la compensazione C1 passa da 15 Gauss a circa 2 Gauss.





Conclusioni

- Come abbiamo definito gli stripper
- Come abbiamo calcolato gli inviluppi tenendo conto anche dell'energy spread al 0,3%
- Come abbiamo definito i profili dei canali magnetici dal caso teorico al caso reale
- Come abbiamo compensato la prima armonica e scelto le barre di compensazione

Prossimi studi

- Tracking degli inviluppi competi in OPERA con l'accelerazione per valutare l'energy spread
- Ottimizzazione dei parametri al fine di diminuire l'energy spread
- Calcolo di tutti gli inviluppi con energy spread del 0,35% e 0,4%

Grazie