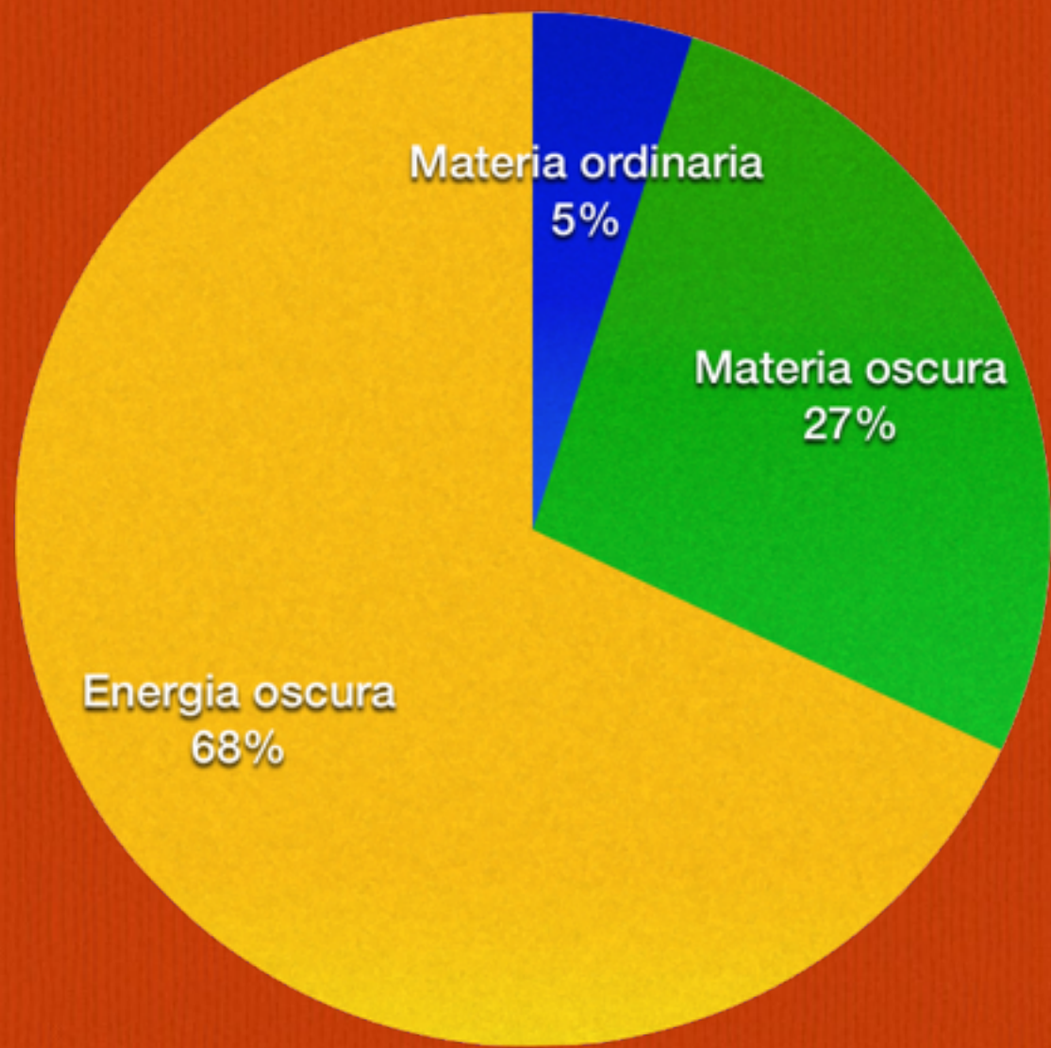
L’esperimento DarkSide

Bianca Bottino
a nome della collaborazione DarkSide

IFAE 2016

La Materia Oscura

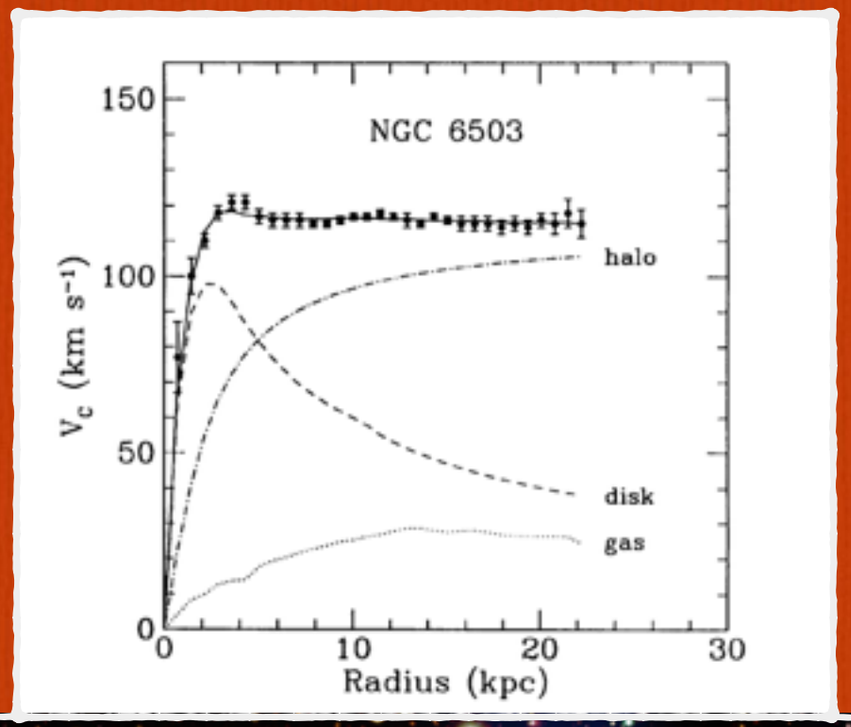


Solide evidenze astrofisiche indicano che nell'Universo esiste materia di natura sconosciuta e non prevista dal Modello Standard

Quali evidenze?

Evidenze di materia oscura:

- Curve di rotazione delle galassie
- Ammassi galattici
- Lenti gravitazionali
- Emissione X da gas intergalattici
- CMB



Cosa sappiamo della materia oscura?

Proprietà delle particelle di materia oscura:

- sono stabili (o con vita media cosmologica)
- risentono della forza gravitazionale
- sono elettricamente neutre
- non hanno carica di colore
- si ipotizza interagiscano debole

Un'**ipotesi plausibile** è quella di una particella neutra massiva genericamente detta:

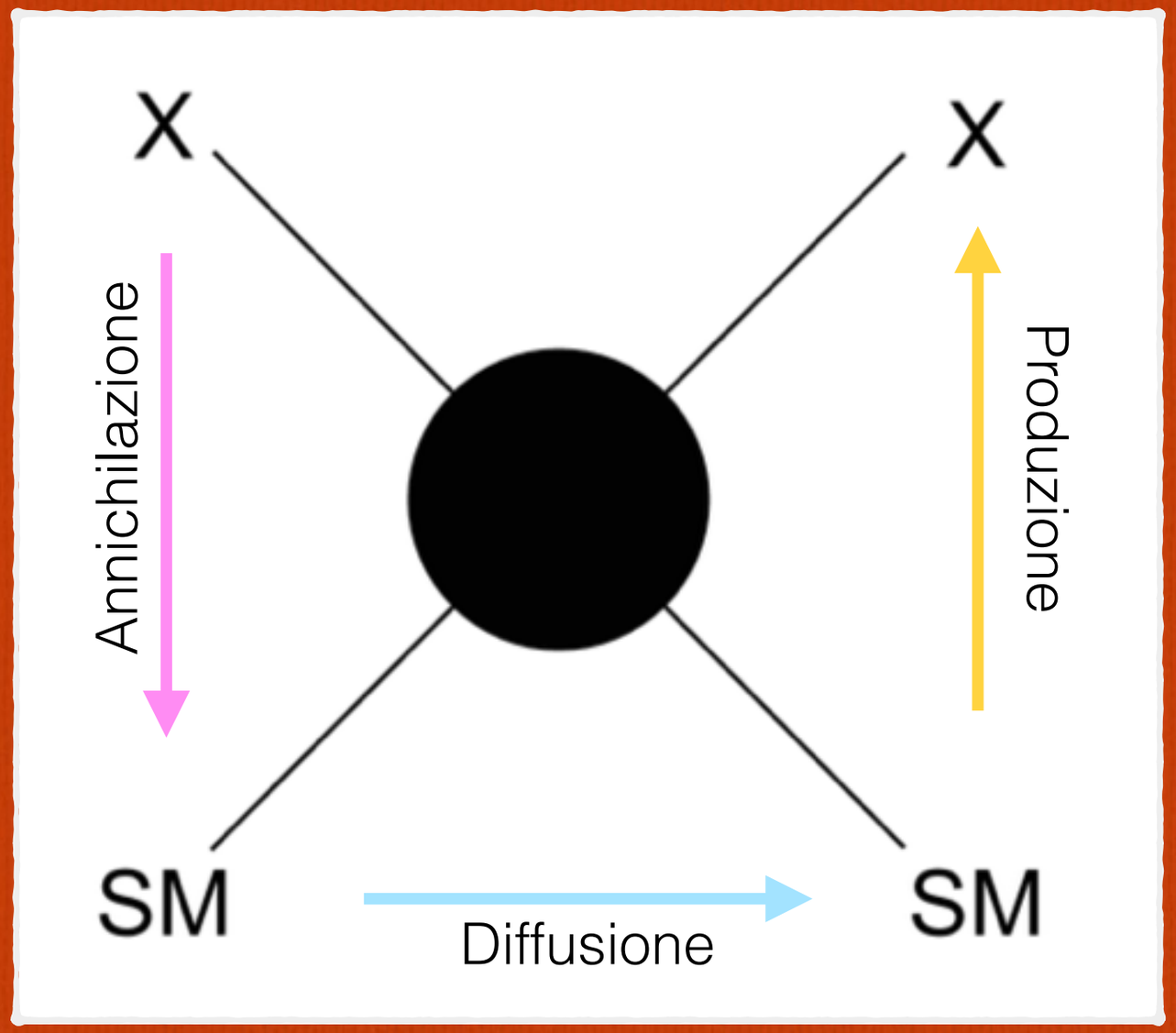
WIMP
Weakly **I**nteracting **M**assive **P**article

Come rivelare particelle di materia oscura?

Produzione: rivelazione di una coppia di particelle di materia oscura, prodotte a partire da particelle del Modello Standard.

Ricerca **indiretta**: rivelazione dei prodotti di annichilazione di una coppia di particelle di materia oscura.

Ricerca **diretta**: rivelazione dell'interazione di una particella di materia oscura con una particella del Modello Standard.

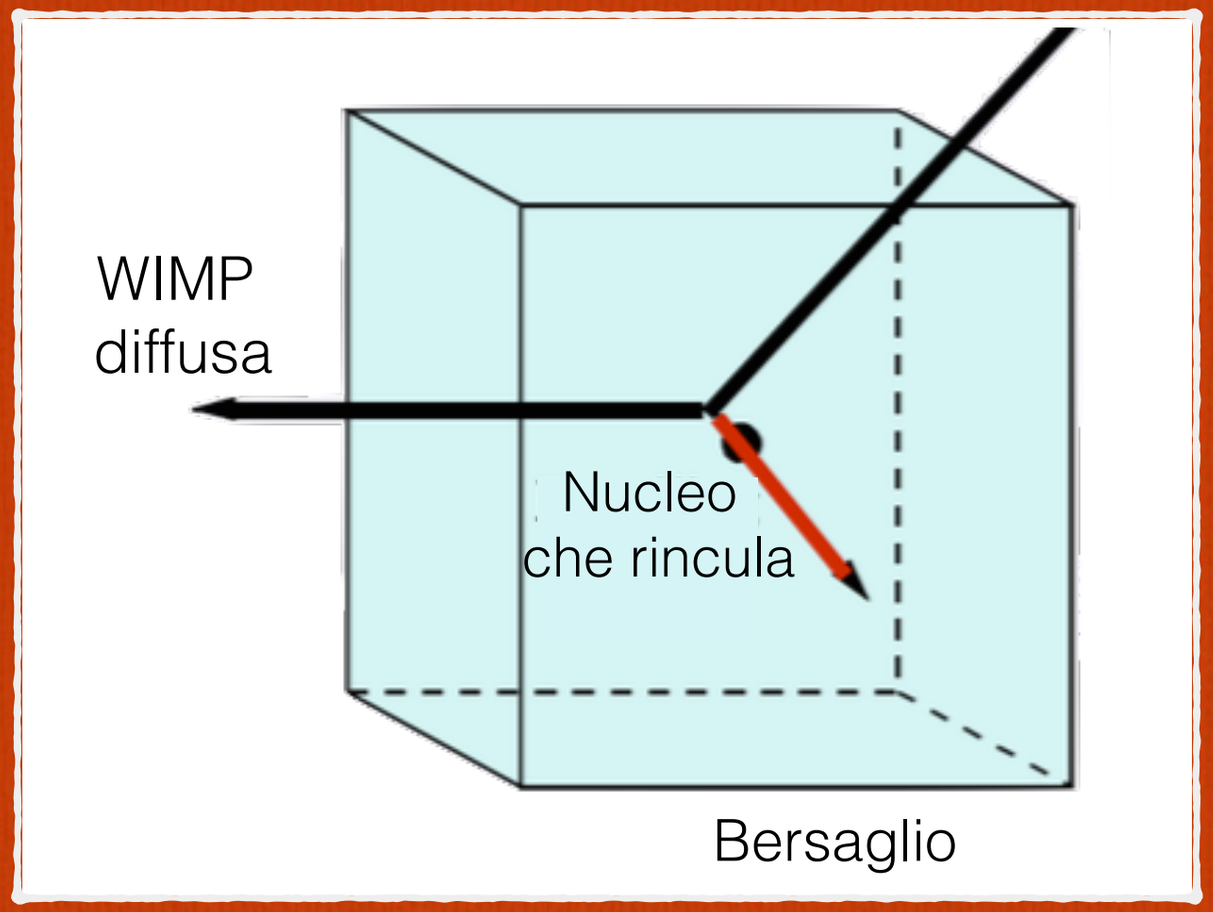


Rivelazione diretta

Misura dell'energia depositata su un bersaglio

- ***Carica*** di ionizzazione
- ***Luce*** di scintillazione
- Calore

Diverse quantità simultaneamente per discriminare WIMP da possibili fondi



Perché l'Argon liquido?

Pro

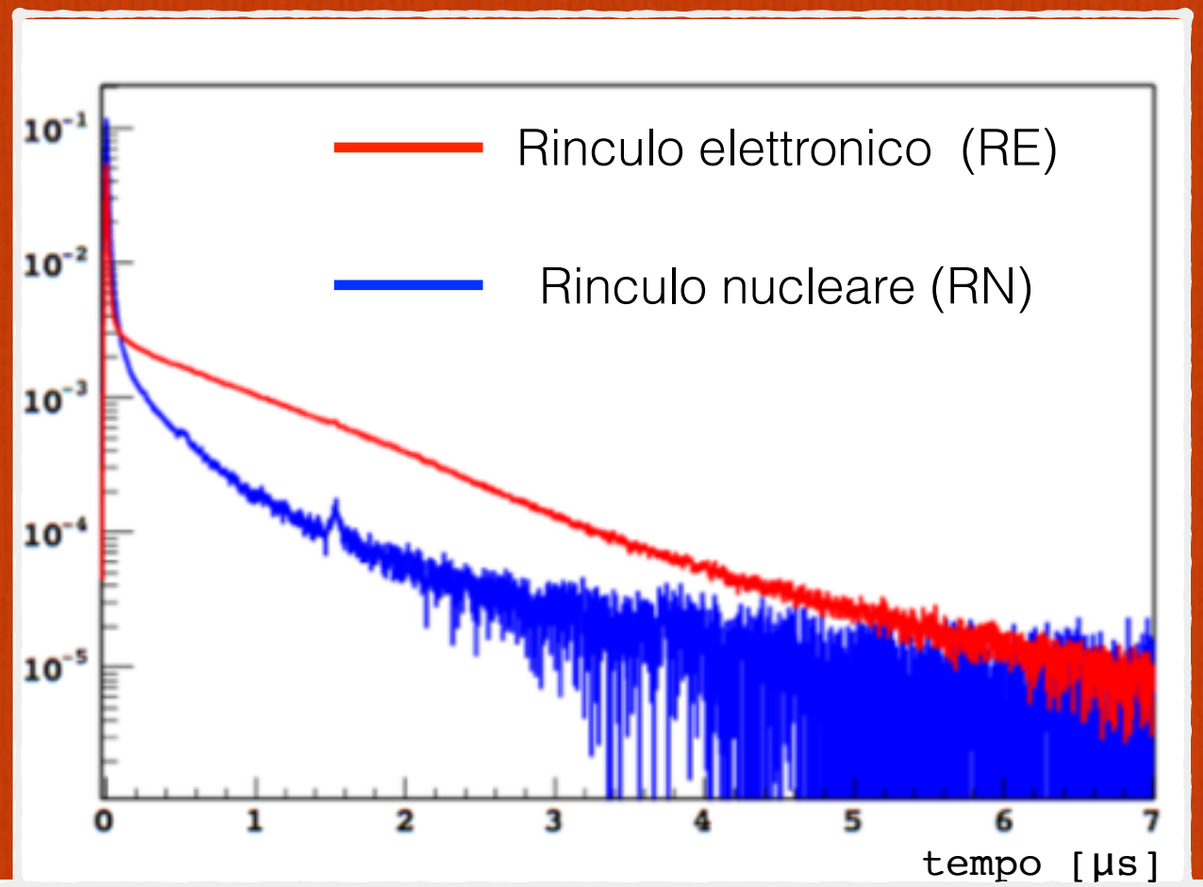
- Economico e denso
- Freddo e facile da purificare
- Elevata ionizzazione e mobilità elettronica
- Fotoni di scintillazione:
  Alto tasso di scintillazione (~40,000 pe/MeV) e trasparenza alla propria luce
- Eccezionale potere discriminante:
  - luce (S1)/carica(S2)
  - forma del segnale nel tempo

Contro

- Contaminazione da ^{39}Ar radioattivo, prodotto per attivazione cosmogenica :
  → ^{39}Ar emette β con τ=269 anni e Q-valore=565 keV

Discriminazione dei segnali

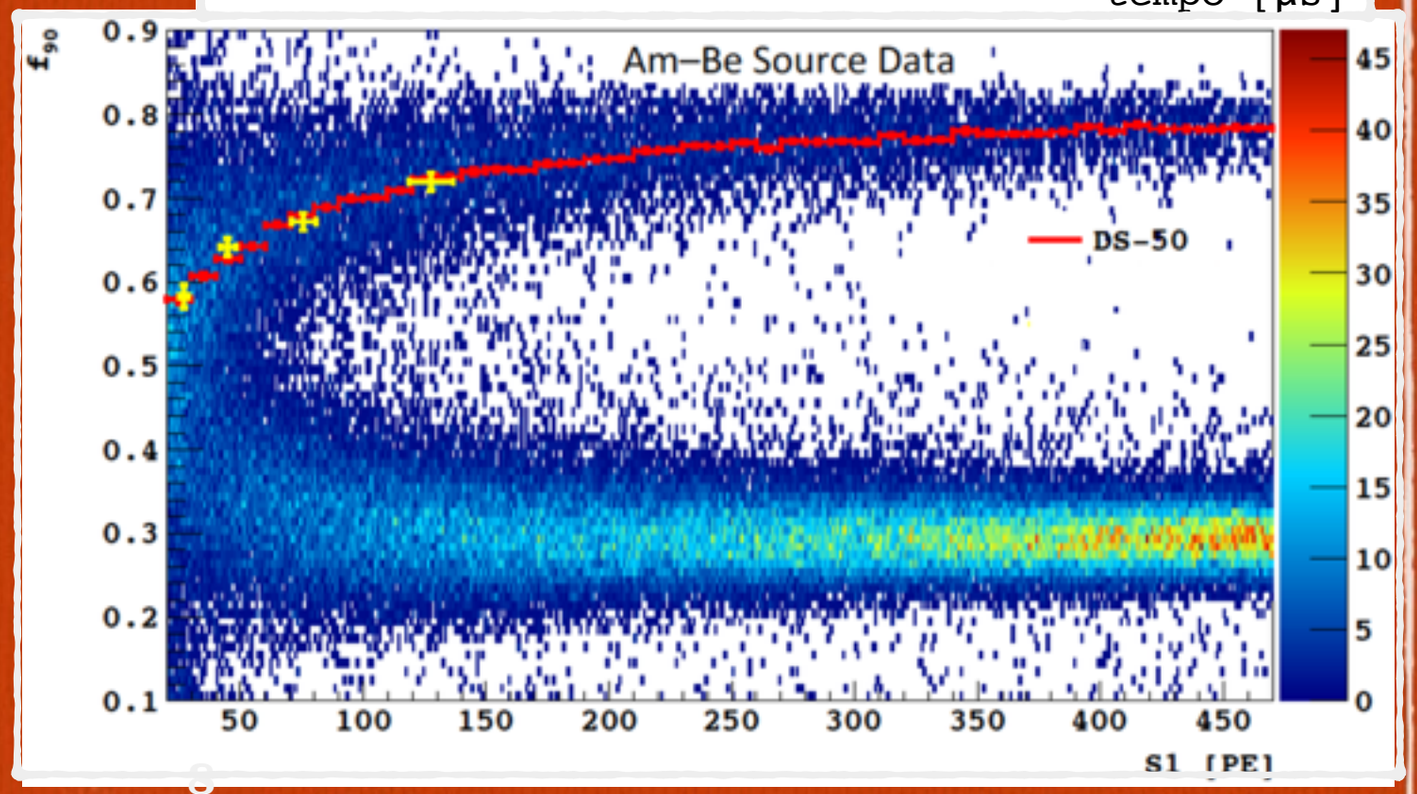
- Analisi della forma del segnale in funzione del tempo
- Possibilità di distinguere un rinculo nucleare (RN) da un rinculo elettronico (RE)



Parametro discriminante

$$f90 = \frac{\text{luce di scintillazione primi 90ns}}{\text{luce di scintillazione totale}}$$

f90 ≈ 0.7 → RN
f90 ≈ 0.3 → RE



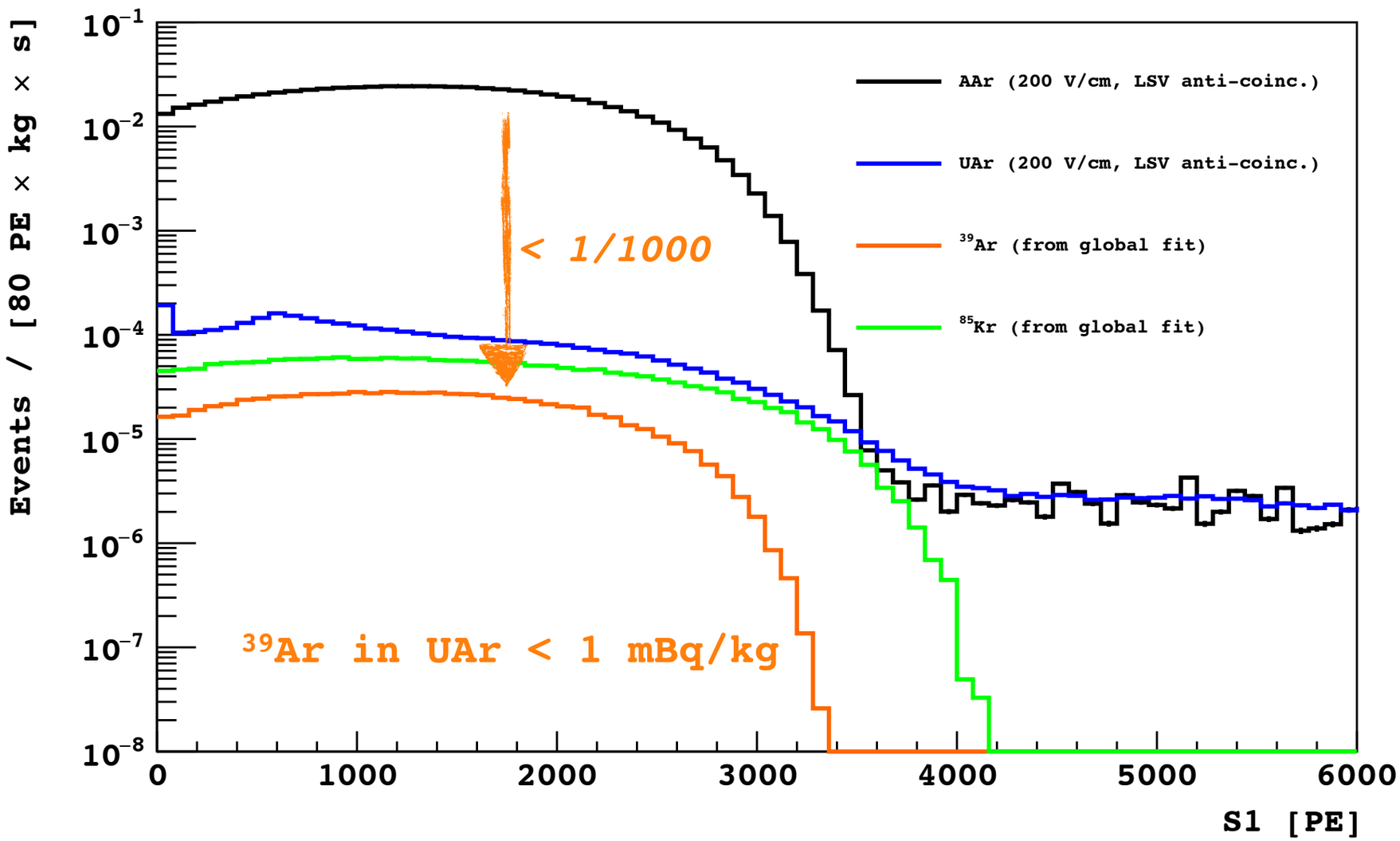
Perché Argon sotterraneo?

Problema: contaminazione dell'argon atmosferico (AAr) da ^{39}Ar (1 Bq/kg)

^{39}Ar aumenta il fondo e limita la sensibilità

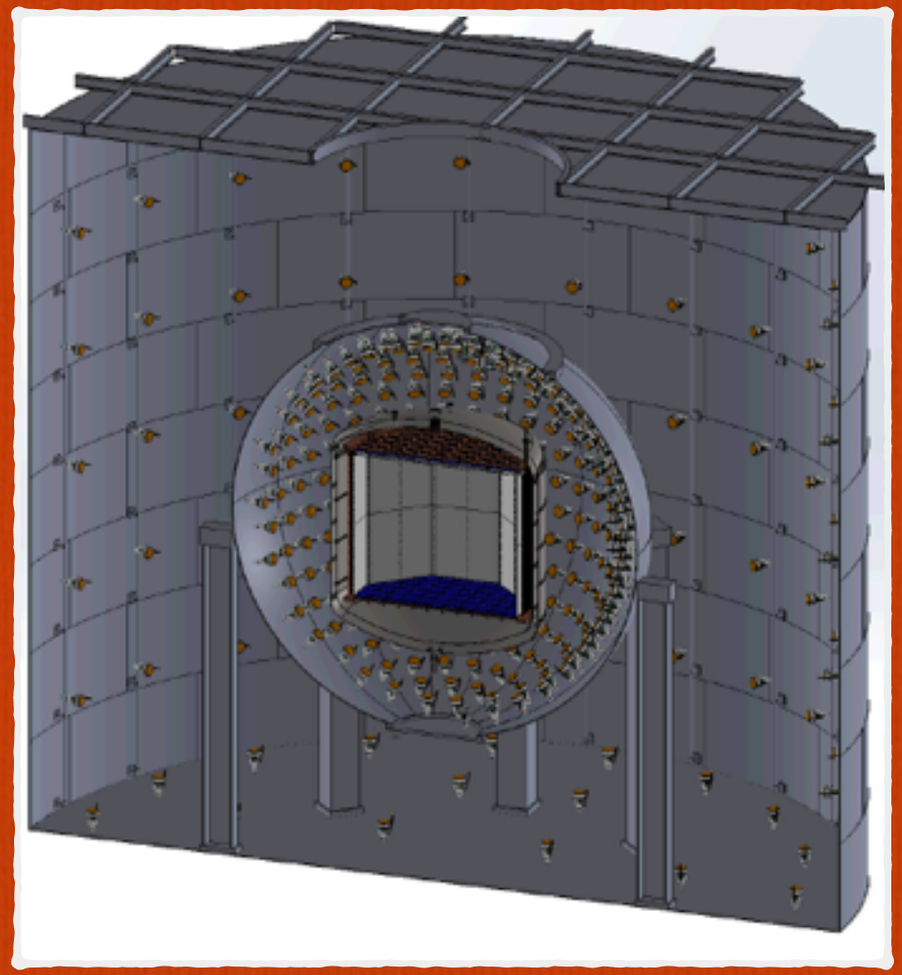
Soluzione: Argon estratto da sorgenti sotterranee profonde (UAr) ha un contenuto di ^{39}Ar >1000 volte inferiore al AAr

Qualità dell' Argon sotterraneo



Il fattore di purificazione effettivo rispetto all'argon atmosferico : $(1.4 \pm 0.2) \times 10^3$

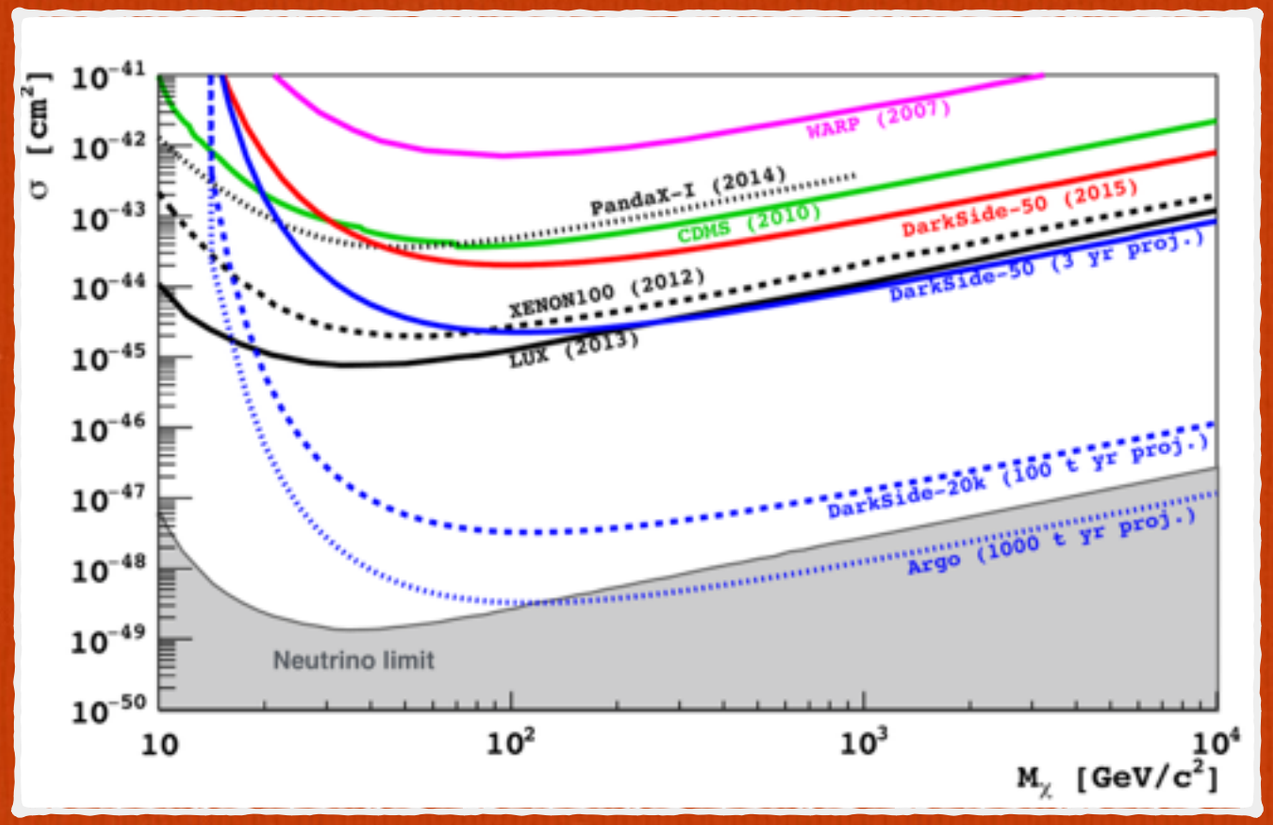
DarkSide 20k



Principali caratteristiche:

- Volume fiduciale di 20 tonnellate
- Esposizione : 100ton x anno senza fondo
- Camera a proiezione temporale su larga scala
- Uso di fotomoltiplicatori al silicio (SiPM) per i segnali in argon

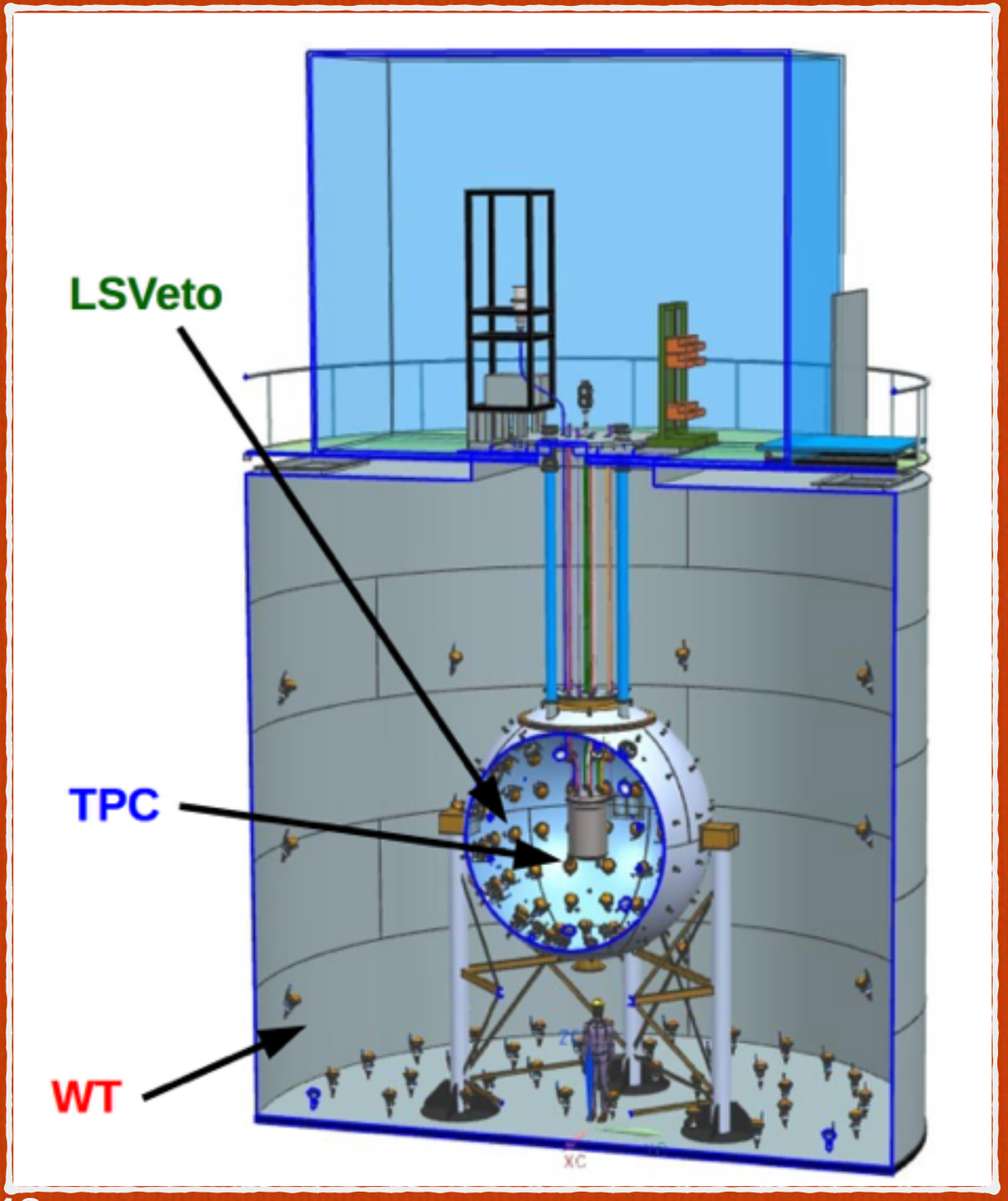
Progetto **Aria**
Costruzione di una colonna di distillazione in Sardegna per ottenere
la quantità necessaria di Argon purificato.



Il rivelatore DarkSide-50

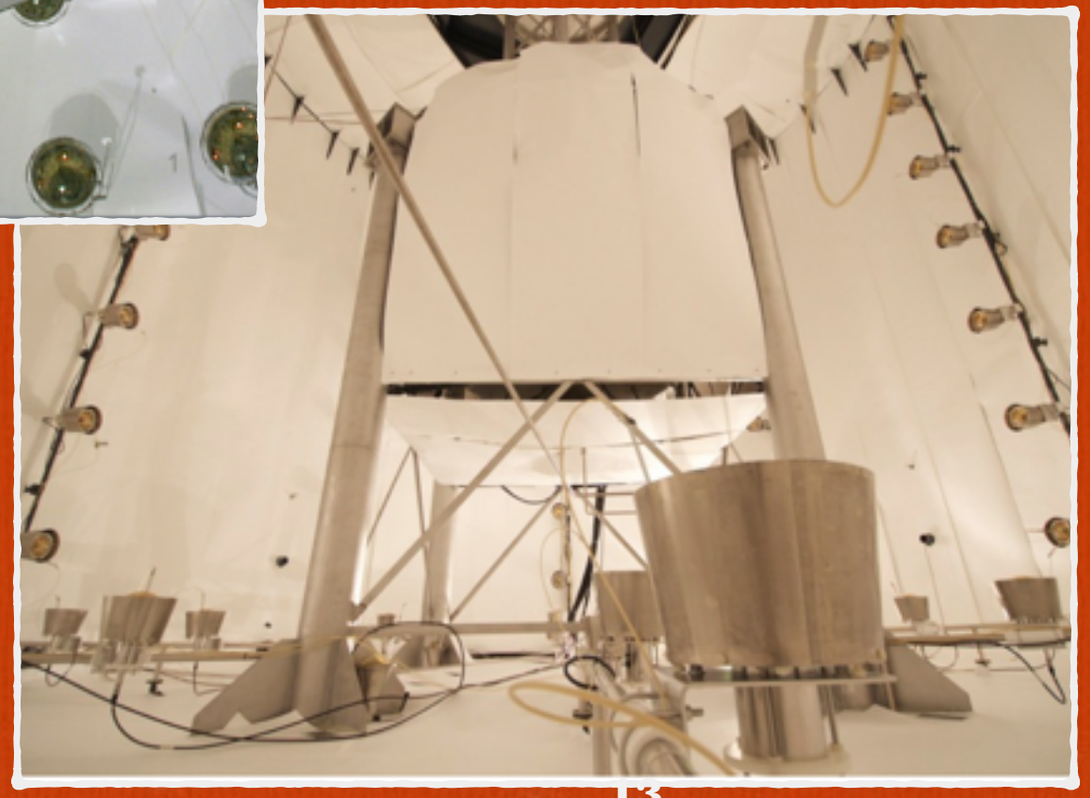
Tre rivelatori concentrici:

- Camera a proiezione temporale (TPC)
- Rivelatore di neutroni (LSVeto)
- Rivelatore di muoni (WT)



Rivelatore di neutroni dall'interno

Camera a proiezione temporale



Criostato appeso nel rivelatore di neutroni

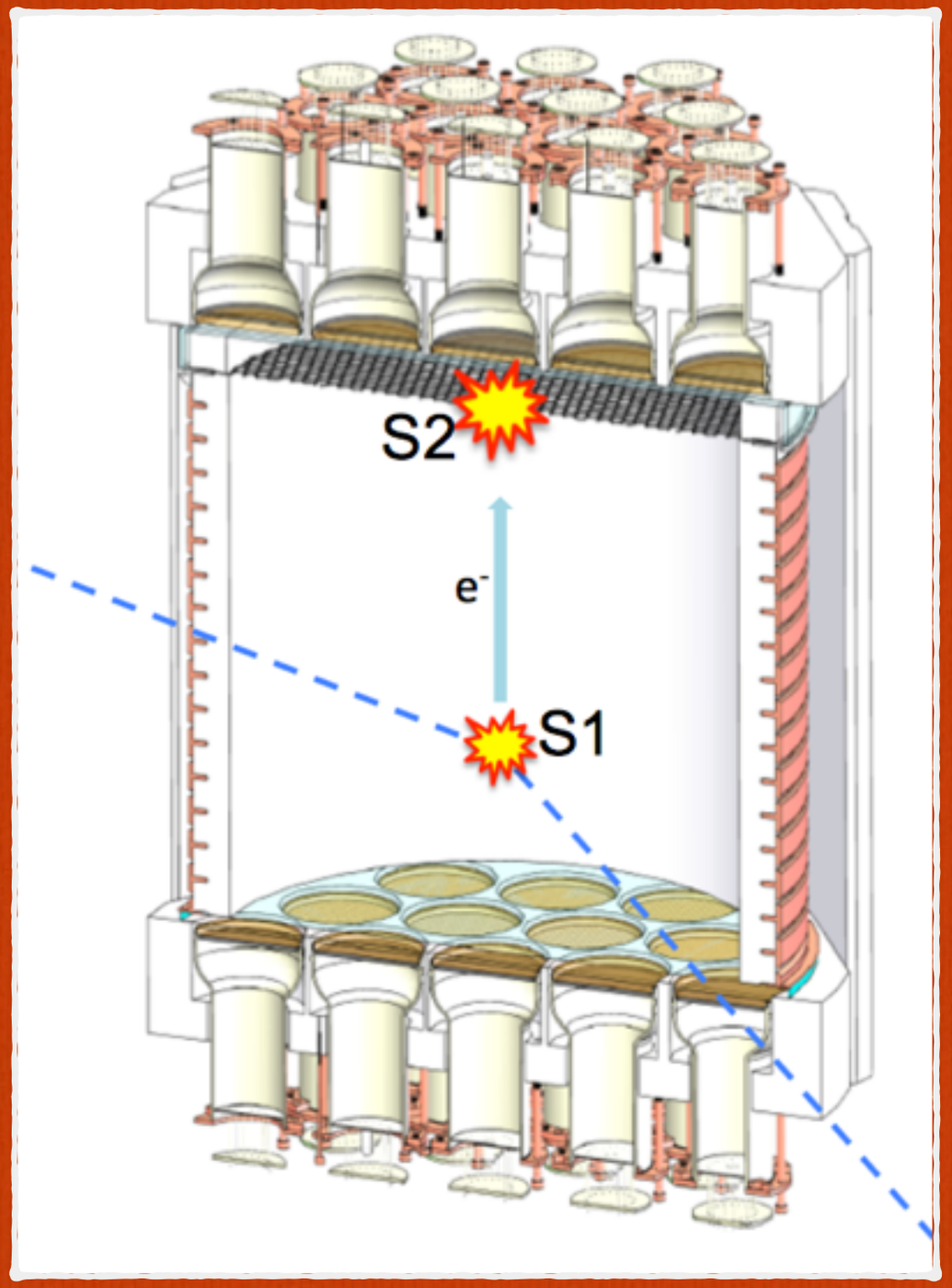
Rivelatore di neutroni dall'esterno

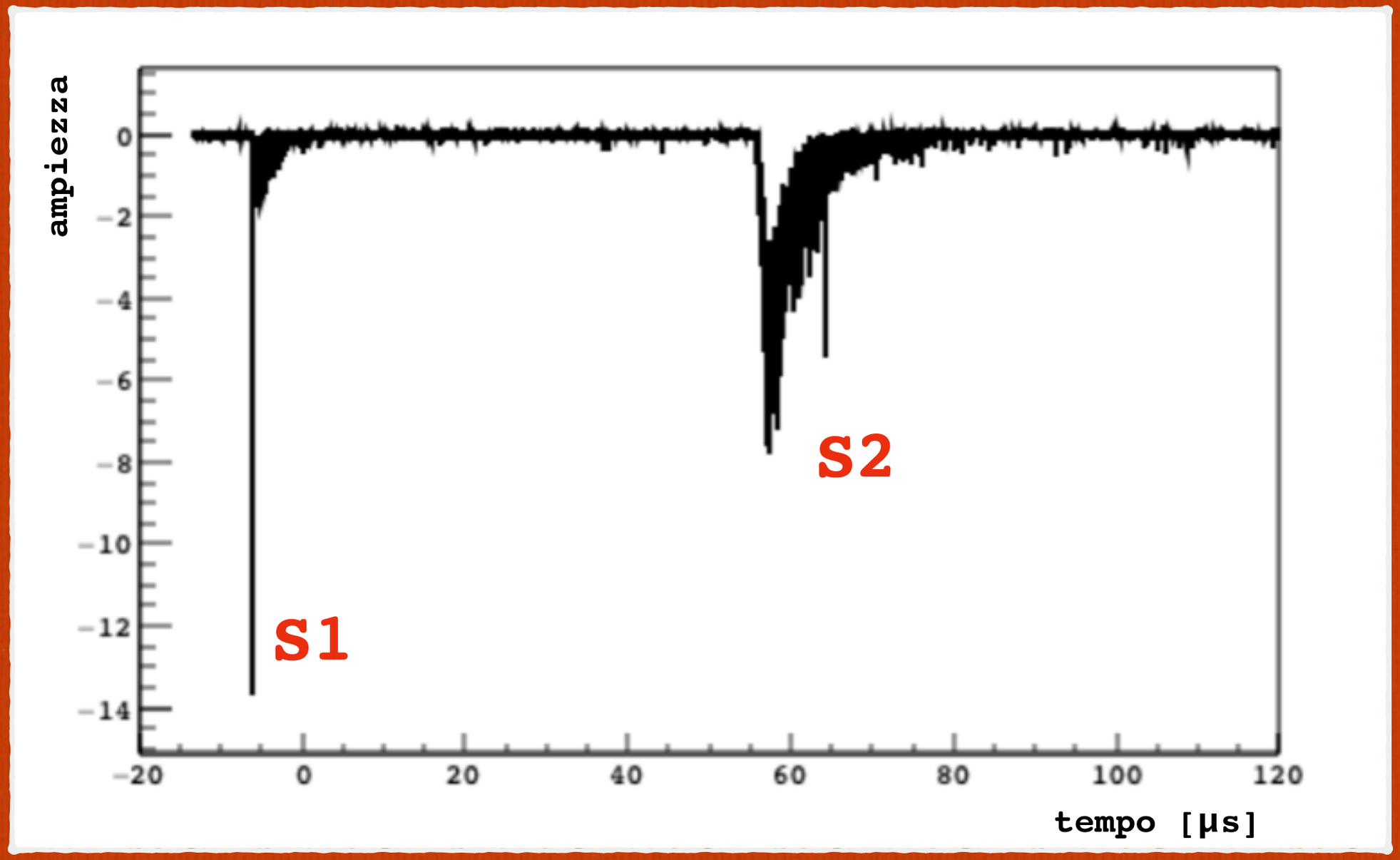
Il cuore del rivelatore

Rivelazione di due segnali di scintillazione:

- **S1** segnale prodotto nel liquido dalla luce di scintillazione dovuta sia ai dimeri di Ar eccitati, sia alla ricombinazione degli atomi ionizzati dalla particella incidente

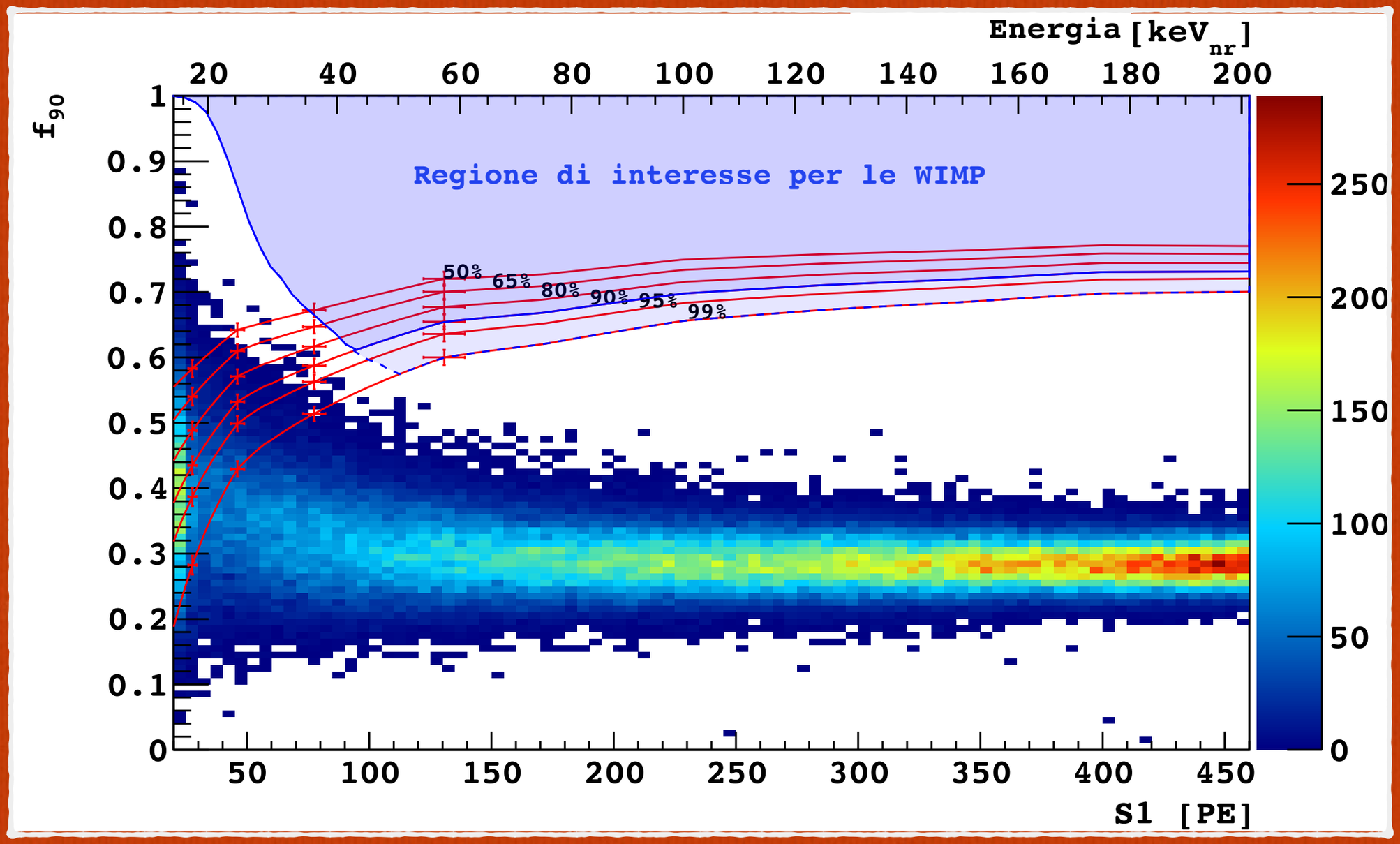
- **S2** segnale prodotto nel gas dagli elettroni liberi sfuggiti alla ricombinazione





Forma d'onda di un segnale standard all'interno della TPC formato dal picco di scintillazione nel liquido (S1) e da quello della scintillazione secondaria nella fase gassosa (S2)

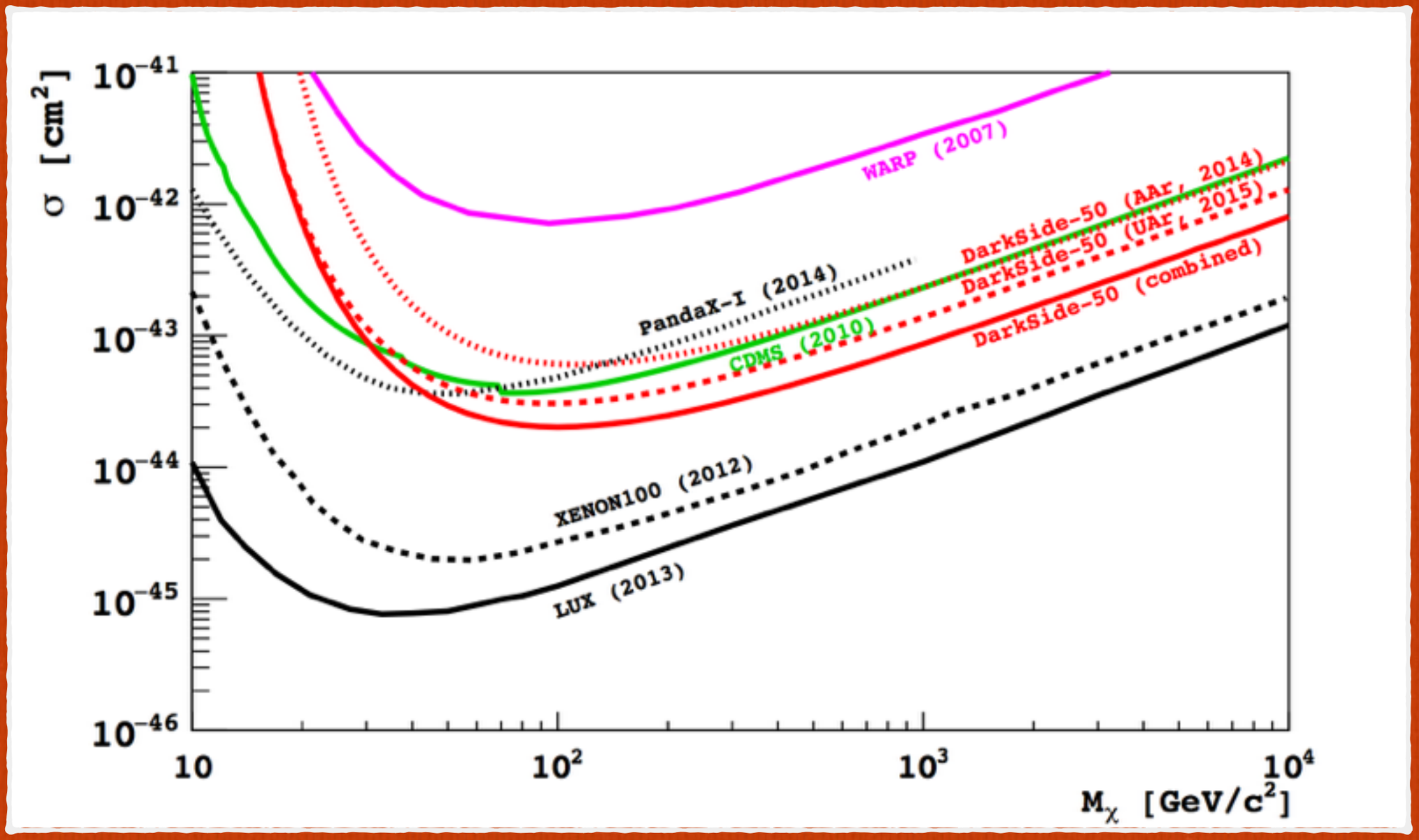
Primi risultati con Argon sotterraneo



Zero eventi nella regione di interesse per la ricerca di materia oscura in 70 giorni

(arXiv:1510.00702 accettato su PRD)

Curve di esclusione

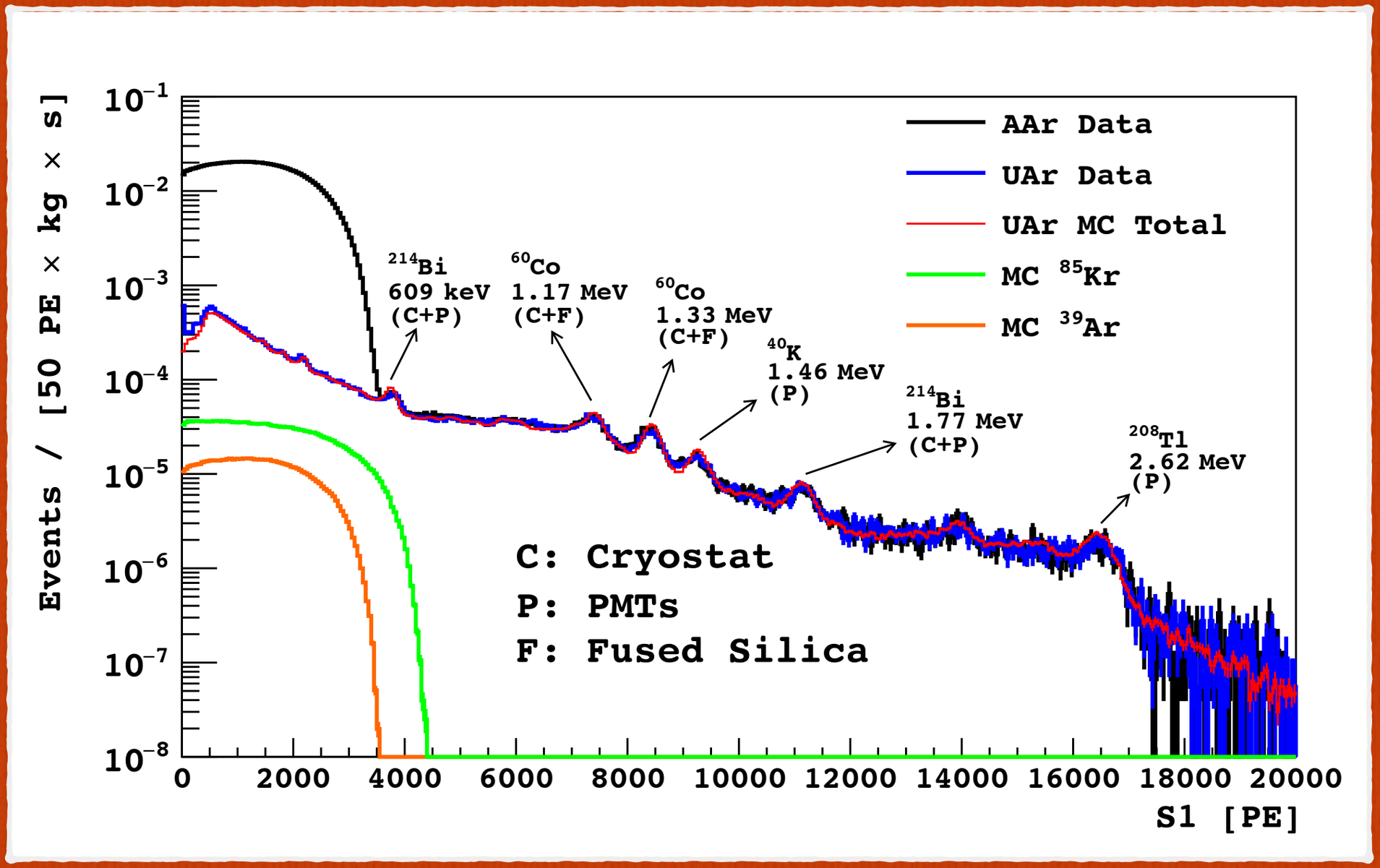


Interazione WIMP- nucleo indipendente dallo spin

Grazie per l’attenzione!

Backup

Qualità dell' Argon sotterraneo



Il fattore di purificazione effettivo rispetto all'argon atmosferico : $(1.4 \pm 0.2) \times 10^3$