

106° Congresso Nazionale SIF, 14-18 settembre 2020

Ricerca di Materia Oscura in associazione con un fotone energetico in collisioni protone-protone a 13 TeV con il rivelatore ATLAS

Federica Piazza
Università degli studi e INFN, Milano

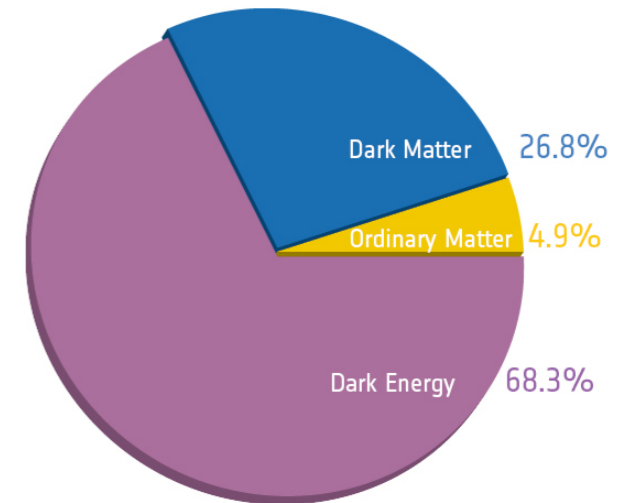


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

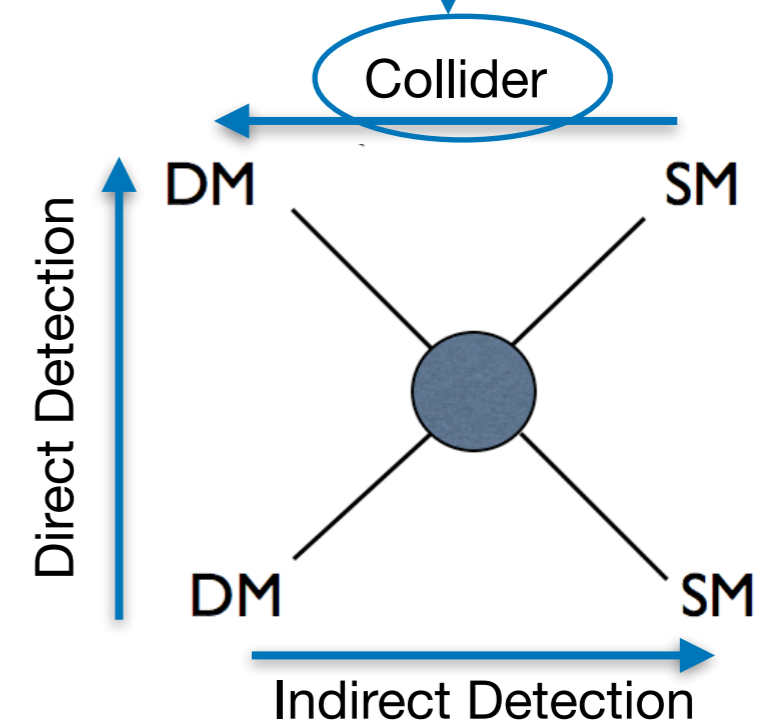
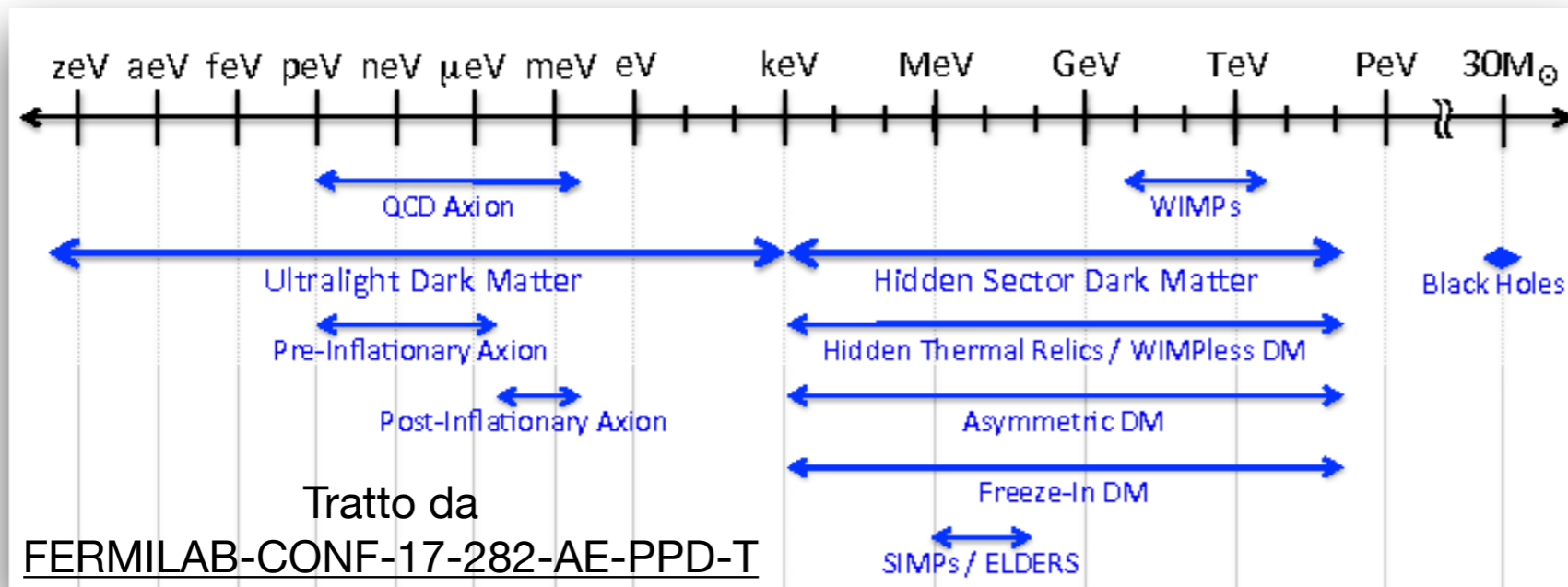


La Materia Oscura

- In base alle più recenti misure di Radiazione Cosmica di Fondo (CMB) fornite dall'esperimento Planck, circa il 27% dell'Universo è composto da Materia Oscura (DM), la cui esistenza è supportata da numerose osservazioni astrofisiche e cosmologiche.

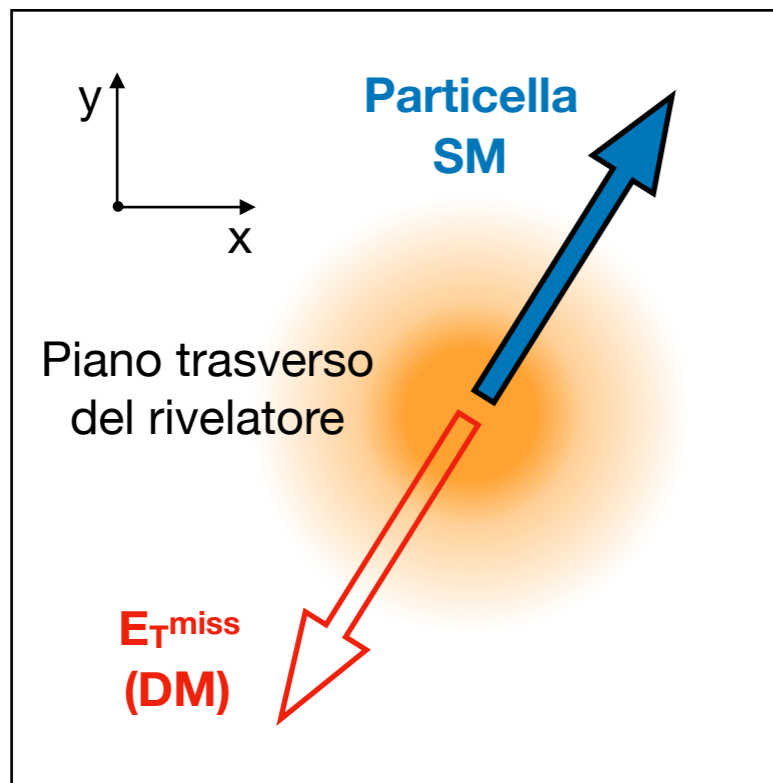
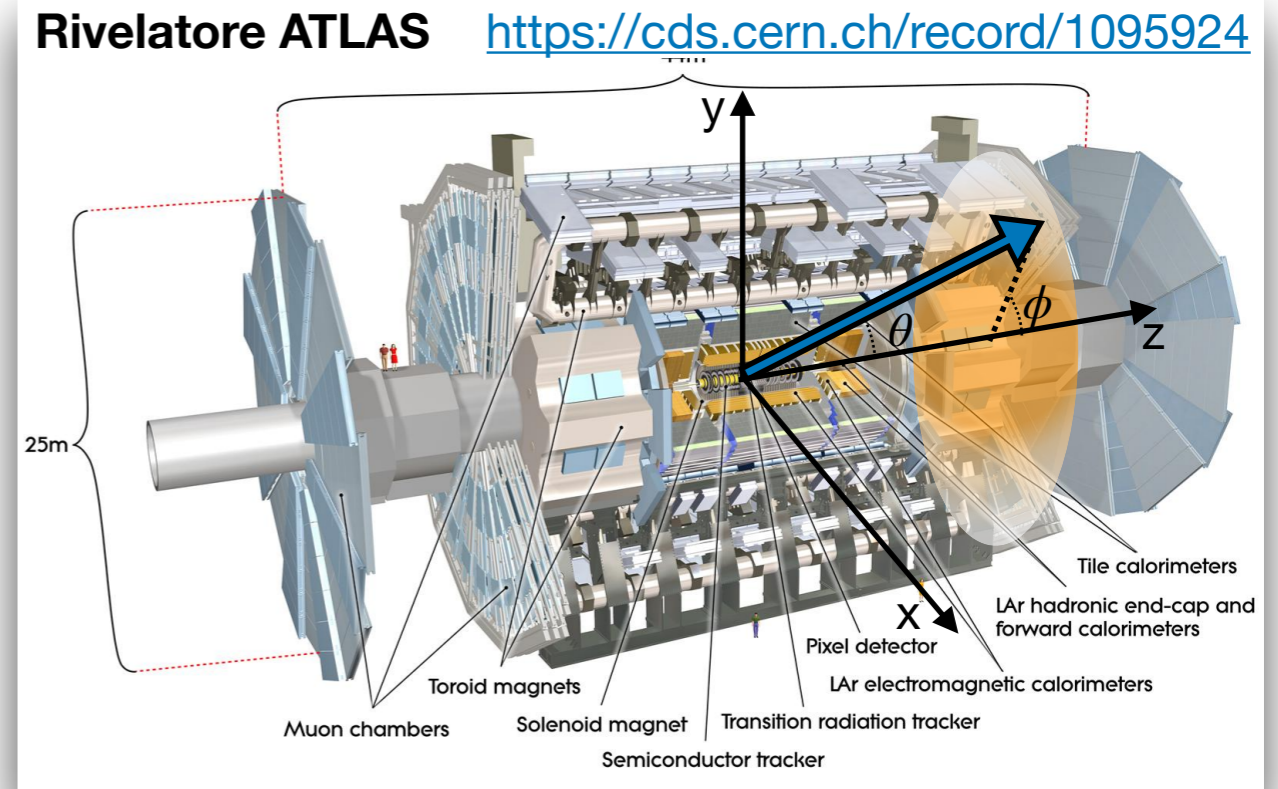


- Ad oggi, non sono state confermate osservazioni di interazioni non gravitazionali della DM con materia ordinaria:
 - ▶ La sua natura è ancora sconosciuta
 - ▶ Molteplici possibili candidati, in un vastissimo range di masse
 - ▶ Necessità di approcci complementari allo studio di DM

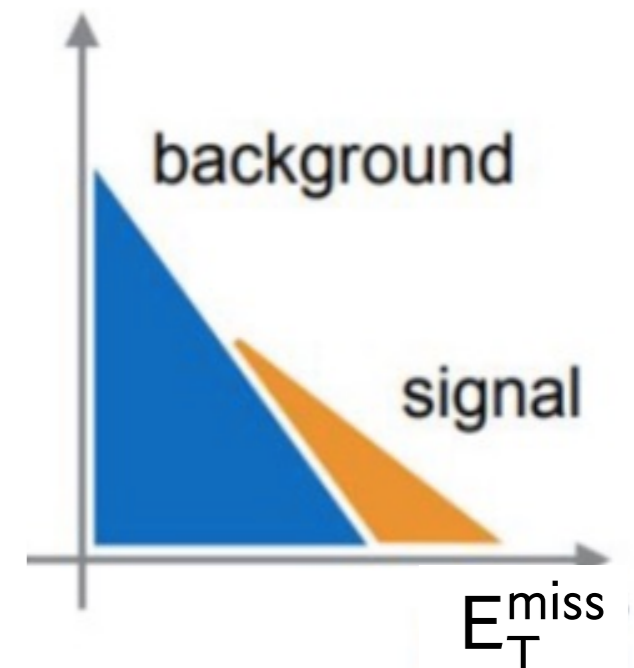


Ricerca di Materia Oscura con l'esperimento ATLAS

- Se la DM interagisce con particelle del Modello Standard (SM), può essere prodotta nelle collisioni protone-protone a $\sqrt{s} = 13$ TeV al Large Hadron Collider (LHC) presso il CERN.
- Vasto programma di ricerca di DM nell'esperimento ATLAS: analisi in diverse segnature, sensibili a candidati di DM **stabili e debolmente interagenti** (\Rightarrow non osservabili dal rivelatore)



- Candidati di DM prodotti in associazione con particelle visibili SM (W/Z , jet, fotone, Higgs boson), producono **momento trasverso mancante** (E_T^{miss}) \Rightarrow sbilanciamento nel momento trasverso totale dello stato finale
- Ricerca di un eccesso di eventi ad alta E_T^{miss} rispetto alle predizioni di SM



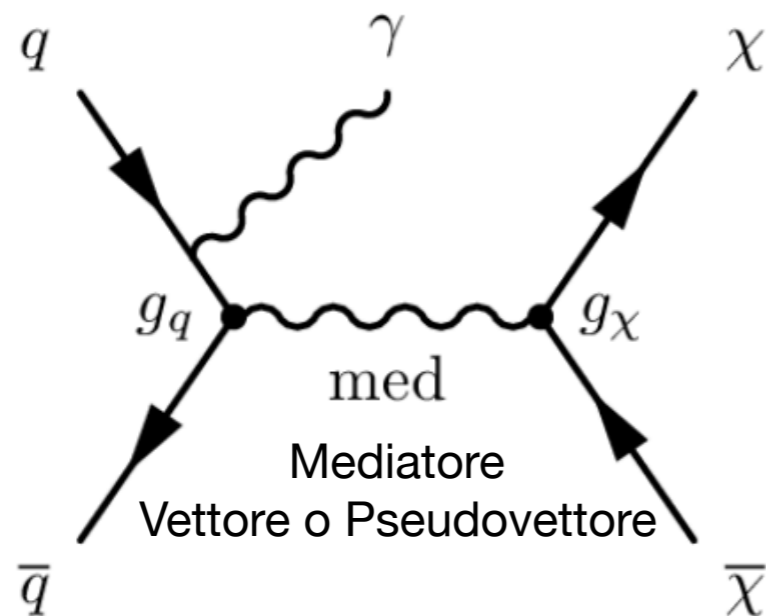
Ricerca di Materia Oscura in associazione con un fotone ([ATLAS-CONF-2020-020](#))

L'analisi è stata condotta sui dati raccolti nel periodo 2015-2018 (Run-2 di LHC), corrispondente ad una luminosità integrata totale di 139 fb^{-1} (analisi precedente a 36 fb^{-1} [Eur. Phys. J. C \(2017\) 77: 393](#))

Sensibile a diversi modelli di fisica oltre il modello standard (BSM).

Risultati interpretati in termini di produzione di due possibili candidati di DM:

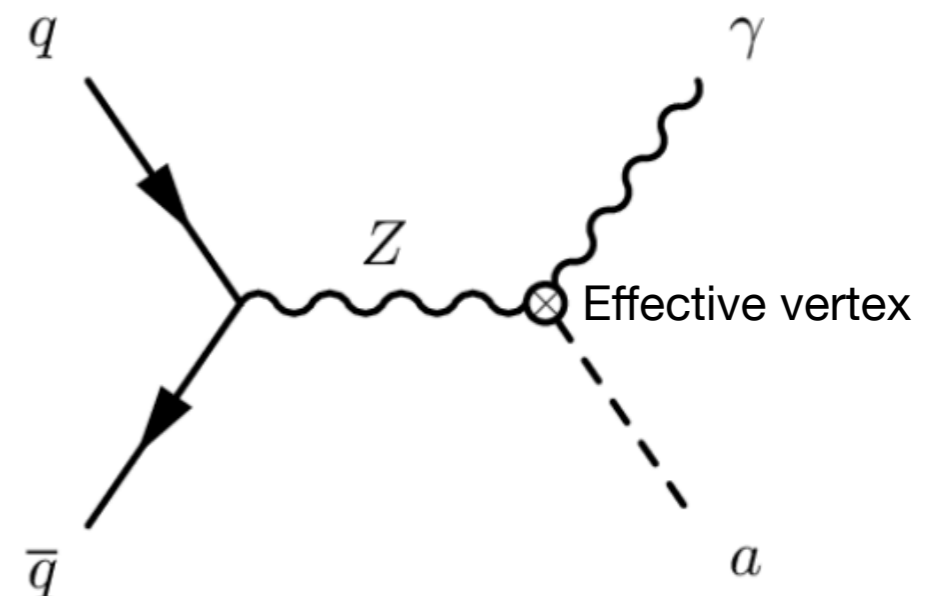
**Produzione di WIMPs
(Weakly Interacting Massive Particles)**



Simplified DM model con parametri liberi:

- Masse della DM (m_χ) e del mediatore (m_{med})
- Costanti di accoppiamento con SM (g_q) e DM (g_χ)

**Produzione di ALPs
(Axion-Like Particles)**

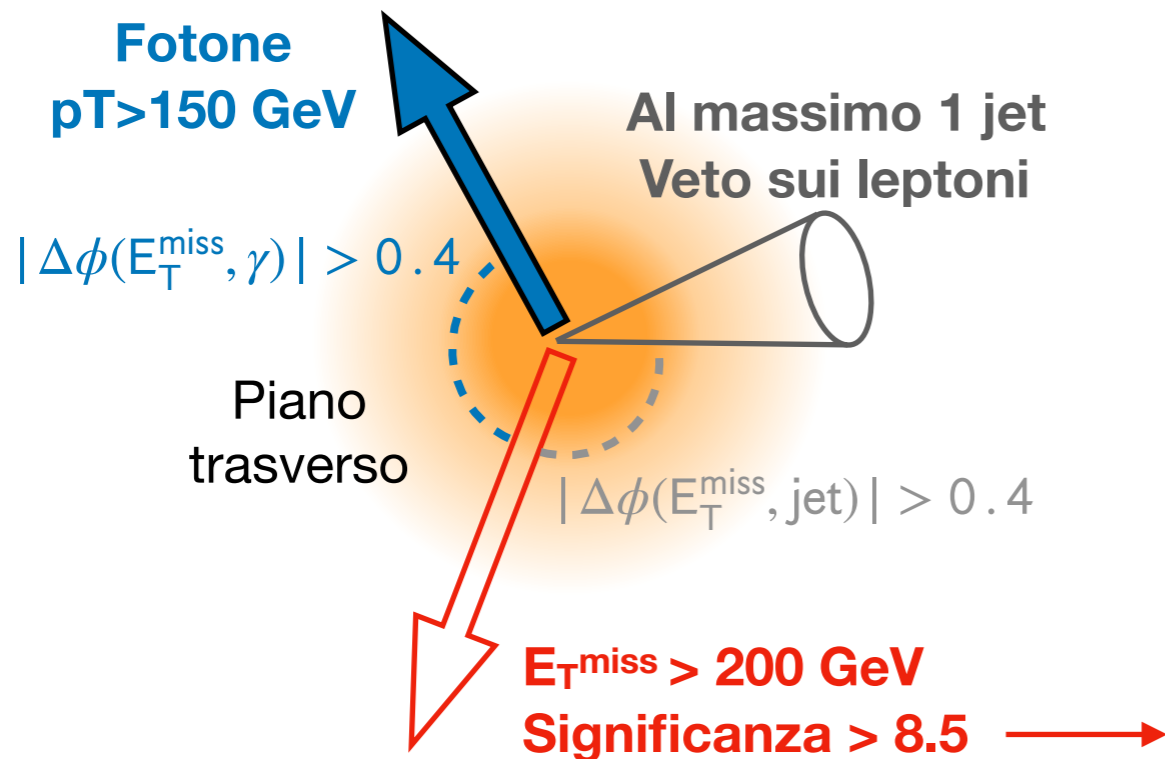


Effective Field Theory

- Da constraints sperimentali: $g_{a\gamma\gamma} = 0 \rightarrow c_{\tilde{B}} = -t_\theta^2 c_{\tilde{W}}$
- Unici parametri liberi: scala f_a e $c_{\tilde{W}}$

[$g_{a\gamma\gamma}$, $c_{\tilde{W}}$ e $c_{\tilde{B}}$ accoppiamenti ai fotoni e bosoni \tilde{W}/\tilde{B}]
[Eur. Phys. J. C \(2017\) 77:572](#)

Selezioni cinematiche e processi di fondo



7 regioni di segnale (SR) in bin di E_T^{miss}
(definizione dei bin e soglia ottimizzati rispetto ad analisi a 36 fb^{-1}):

- 4 inclusive:

	SRI1	SRI2	SRI3	SRI4
$E_T^{\text{miss}} [\text{GeV}] >$	200	250	300	375

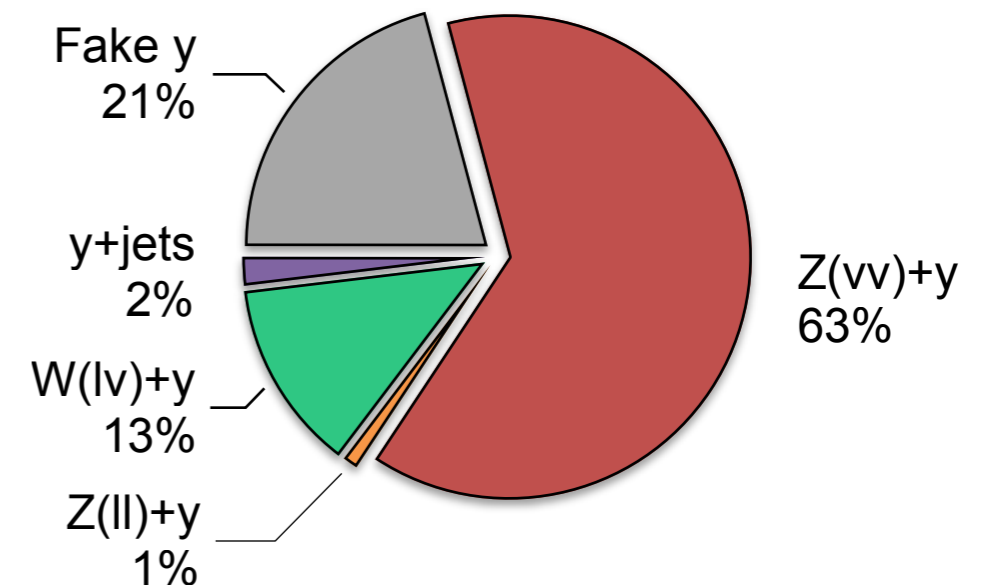
- 3 esclusive:

	SRE1	SRE2	SRE3
$E_T^{\text{miss}} [\text{GeV}]$	200-250	250-300	300-375

Riduce fondo da eventi con E_T^{miss} dovuta ad errata ricostruzione degli oggetti fisici.
(Nuova definizione e ottimizzazione della selezione rispetto ad analisi a 36 fb^{-1})

Processi SM di fondo

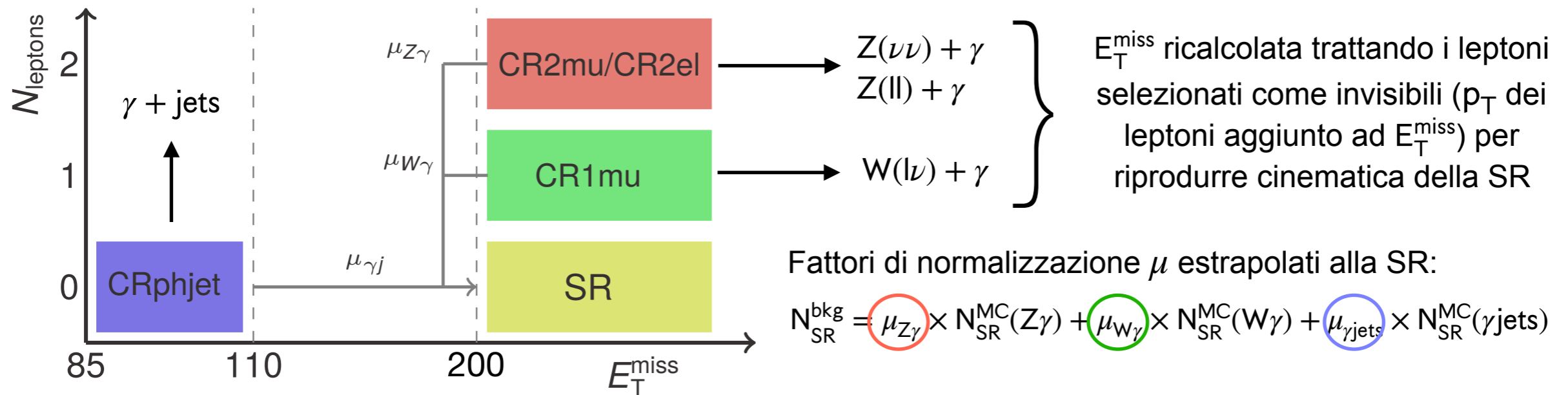
- $Z(\nu\nu) + \gamma \Rightarrow$ irriducibile
- $Z(\text{ll}) + \gamma$
- $W(\text{l}\nu) + \gamma$ } leptoni non rivelati
- $\gamma + \text{jets} \Rightarrow$ jets non rivelati, o E_T^{miss} da imprecisa ricostruzione dell'energia di γ/jet . Soppresso da selezioni su significanza di E_T^{miss} e $|\Delta\phi(E_T^{\text{miss}}, \gamma/\text{jet})| > 0.4$
- $e/\text{jet} \rightarrow \gamma \Rightarrow$ jets/e erroneamente ricostruiti come γ ("Fake" γ)
Prevalentemente in eventi Z/W+jets.
Contributo da multi-jet soppresso da veto sui jet.



Stima dei contributi dovuti a processi di fondo

Stima del fondo:

- Processi con fotone vero ($W/z + \gamma$, $\gamma + \text{jets}$): ogni processo viene stimato tramite simulazioni MC normalizzate ai dati tramite *likelihood* fit simultaneo in regioni di controllo (CR) arricchite del processo considerato



- Fondi dovuti ad elettroni o jets erroneamente ricostruiti come fotoni ($e/\text{jet} \rightarrow \gamma$), stimati tramite metodi “data-driven” (e inclusi nella *likelihood*)

Incertezze sistematiche, teoriche e sperimentali, incluse come *nuisance parameters* della *likelihood*, con constraint gaussiano

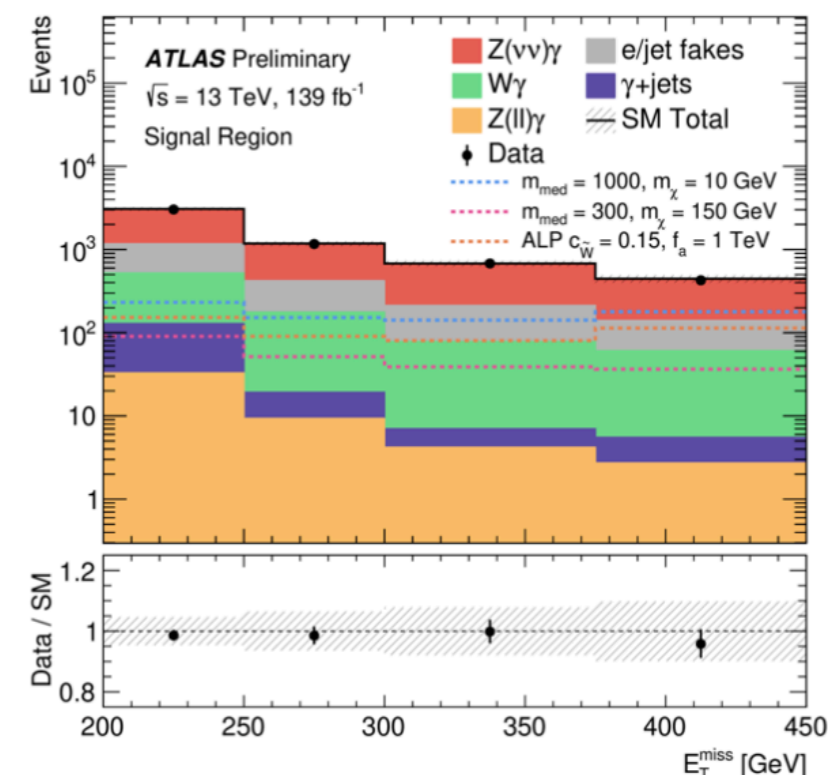
Confronto tra dati e previsioni del Modello Standard

Incertezze

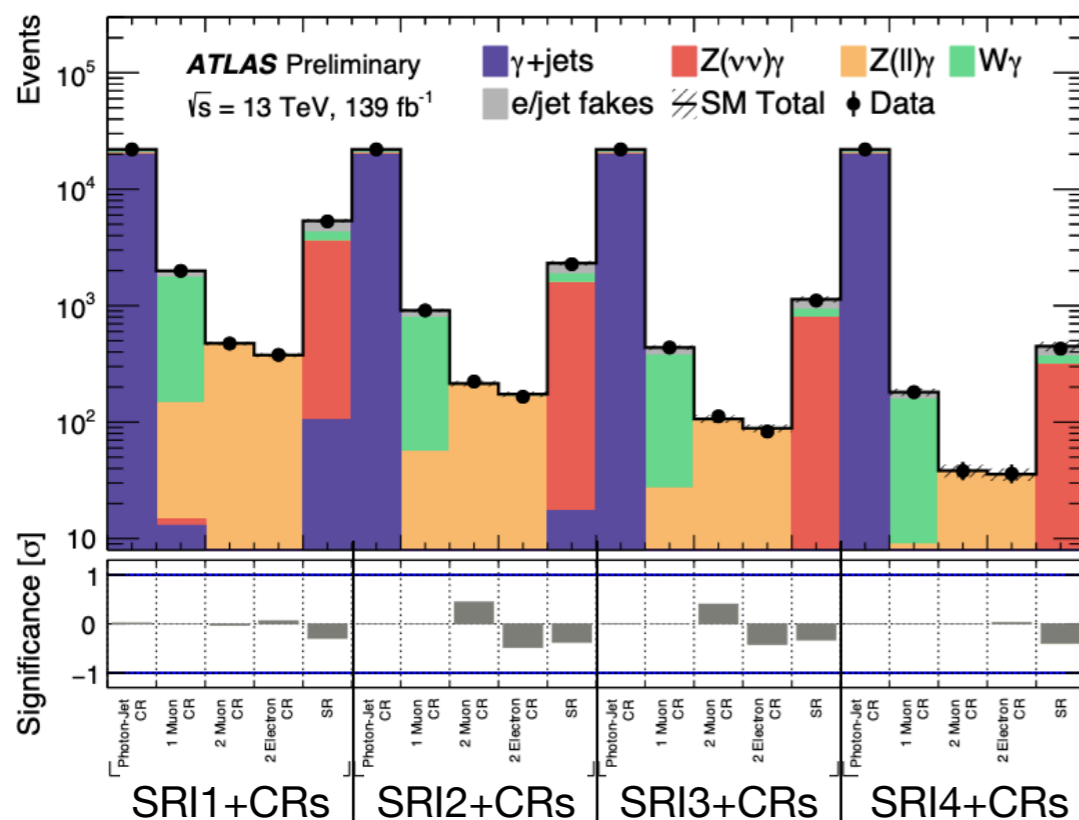
	SRI1	SRI2	SRI3	SRI4	SRE1	SRE2	SRE3
Stat+Syst [%]	3.5	4.8	6.3	9.8	4.5	6.4	7.8
Statistical [%]	2.4	3.6	5.3	8.5	3.3	5.0	6.7

Sistematiche dominanti da stime di $e/\text{jet} \rightarrow \gamma$ e calibrazione/risoluzione dei jets

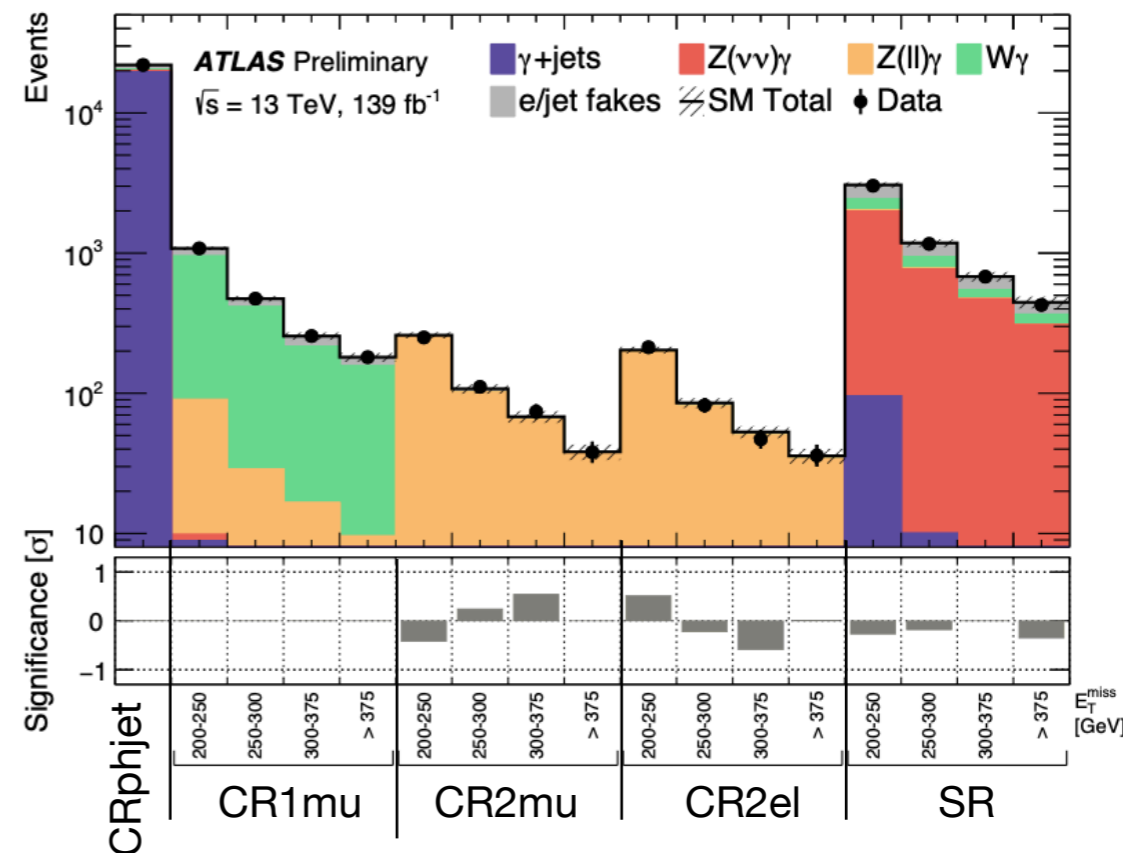
► Nessun eccesso osservato rispetto alle previsioni SM



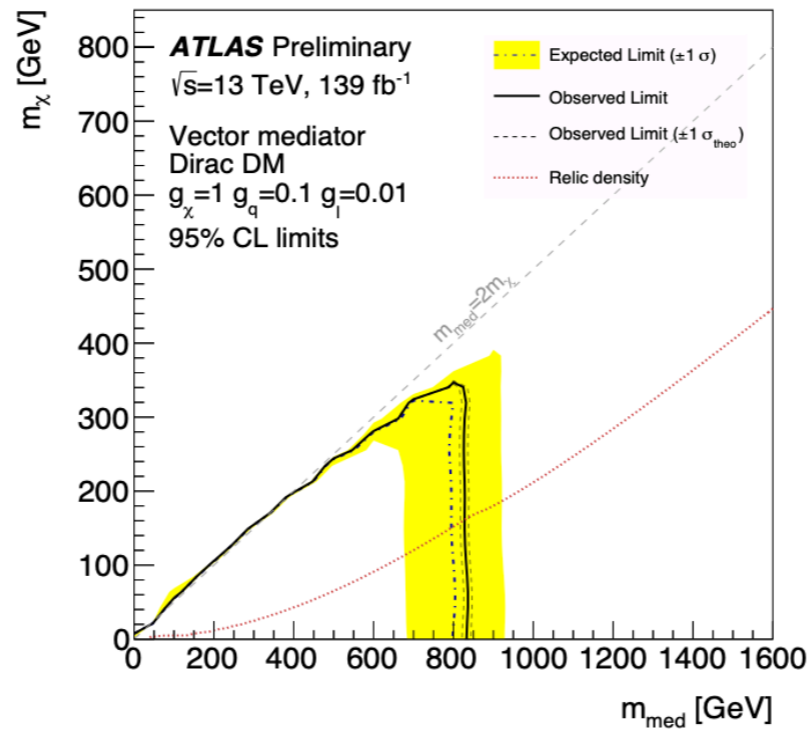
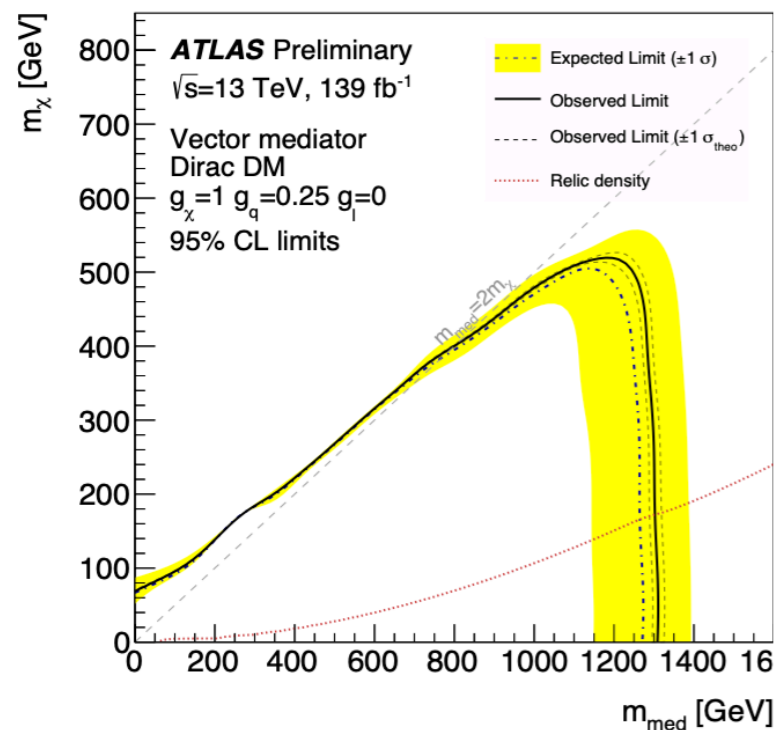
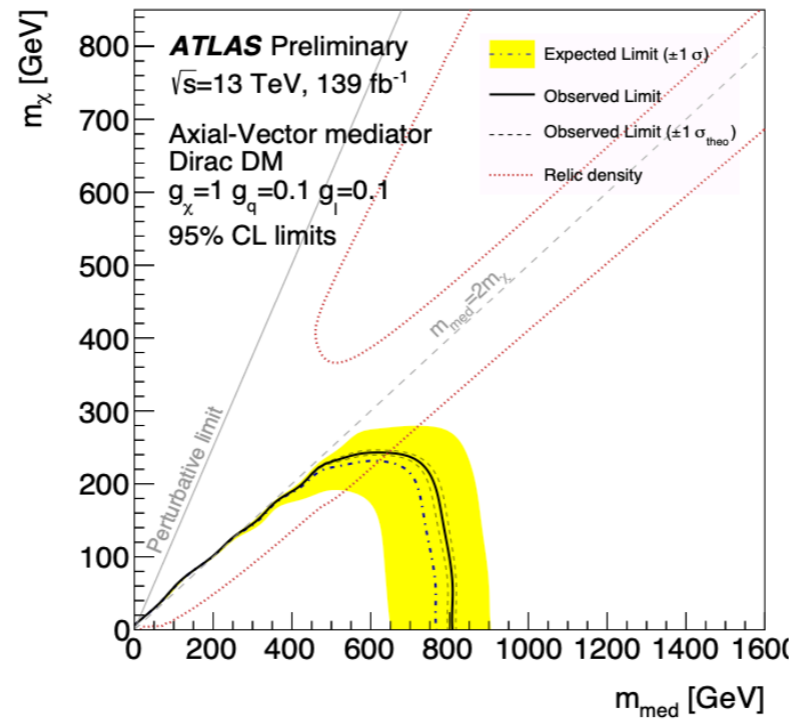
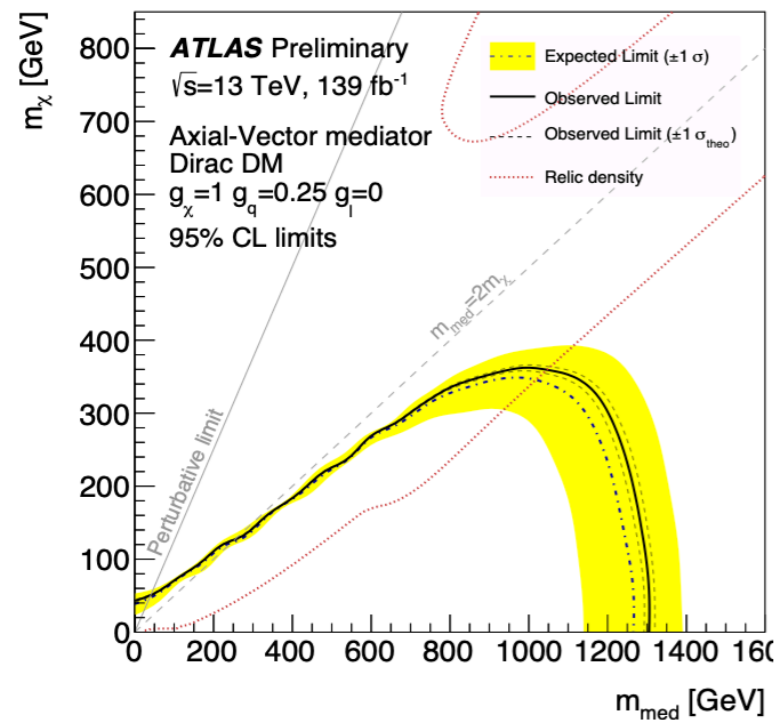
Bin inclusivi



Bin esclusivi



Interpretazione: produzione di WIMP



Area racchiusa dalle curve esclusa al 95% CL.

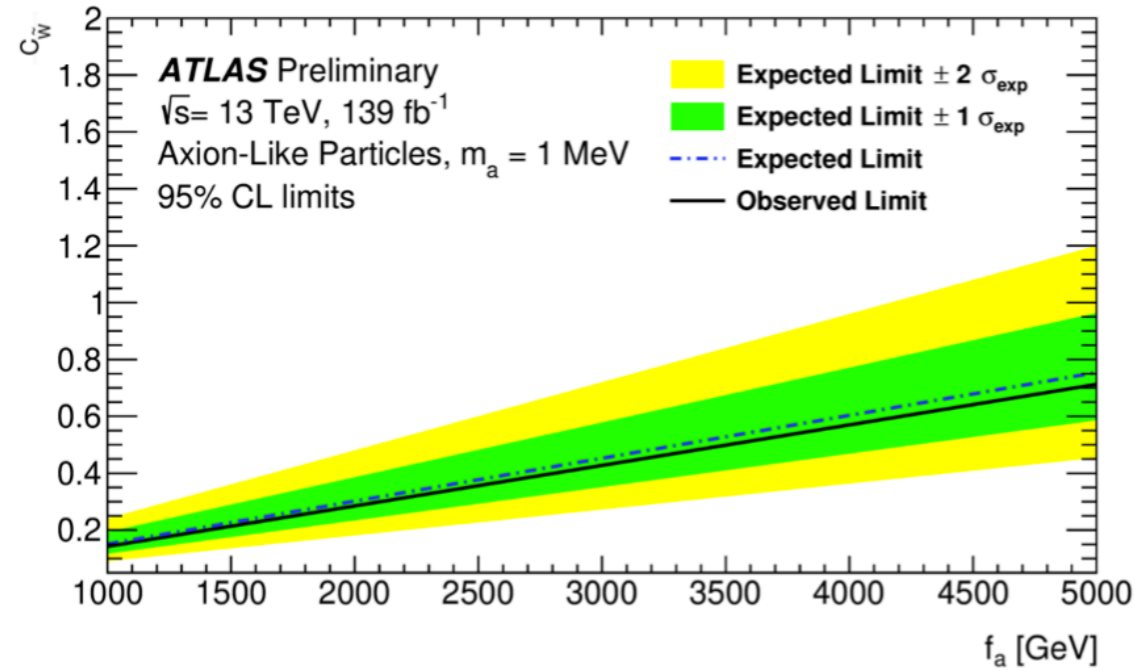
Massimi valori esclusi per m_{med} ed m_χ nei diversi modelli:

Mediatore	g_q	g_x	g_l	m_{med} [GeV]	m_χ [GeV]
AV	0.25	1	0	1305	360
AV	0.1	1	0.1	810	255
V	0.25	1	0	1310	520
V	0.1	1	0.01	840	350

AV: pseudovettore

V : vettore

Interpretazione: produzione di ALPs



Valori $c_{\tilde{w}}/f_a > 1.4 \times 10^{-4} \text{ GeV}^{-1}$ esclusi al 95% CL.

Interpretazione: model-independent

Limiti di esclusione al 95% CL sulla sezione d'urto visibile di nuova fisica.

Utili per reinterpretazioni in modelli non studiati in questa analisi

A: accettazione fiduciale

ϵ : efficienza di ricostruzione

Signal region	$(\sigma \times A \times \epsilon)_{\text{obs}}^{95} [\text{fb}]$	$(\sigma \times A \times \epsilon)_{\text{exp}}^{95} [\text{fb}]$	N_{obs}^{95}	ϵ [%]
SRI1	2.54	$2.79^{+1.06}_{-0.77}$	353	76
SRI2	1.48	$1.67^{+0.63}_{-0.46}$	205	74
SRI3	0.96	$1.07^{+0.40}_{-0.29}$	133	72
SRI4	0.57	$0.65^{+0.26}_{-0.18}$	80	67
SRE1	2.18	$2.17^{+0.87}_{-0.60}$	304	75
SRE2	1.07	$1.15^{+0.43}_{-0.31}$	149	75
SRE3	0.80	$0.81^{+0.30}_{-0.22}$	112	71

Conclusioni

- La ricerca di Materia Oscura in stati finali con un fotone di alta energia ed E_T^{miss} è stata condotta sui dati raccolti durante il Run2 di LHC
 - Luminosità integrata di circa 140 fb^{-1} => statistica quasi quadruplicata rispetto ai risultati precedentemente pubblicati
 - Ottimizzazione di alcuni criteri di selezione (bin di E_T^{miss} e significanza di E_T^{miss})
- Nessun eccesso di dati osservato rispetto alle previsioni del Modello Standard => limiti di esclusione
 - Simplified DM model: masse del mediatore minori di 810-1310 GeV e masse della DM minori di 255-520 GeV (a seconda della scelta degli accoppiamenti e della natura del mediatore) sono escluse al 95% CL
 - Produzione di ALPs (nuova interpretazione): Valori $c_{\tilde{w}}/f_a > 1.4 \times 10^{-4} \text{ GeV}^{-1}$ esclusi al 95% CL
 - Processi di fisica BSM con sezione d'urto visibile maggiore di 0.57-2.54 fb (a seconda del bin di E_T^{miss}) esclusi al 95% CL