

Ricerca di produzione elettrodebole di chargini e sleptoni con decadimenti in stati finali a due leptoni e momento trasverso mancante in dati di collisioni pp a $\sqrt{s} = 13$ TeV raccolti con il rivelatore ATLAS durante il Run 2

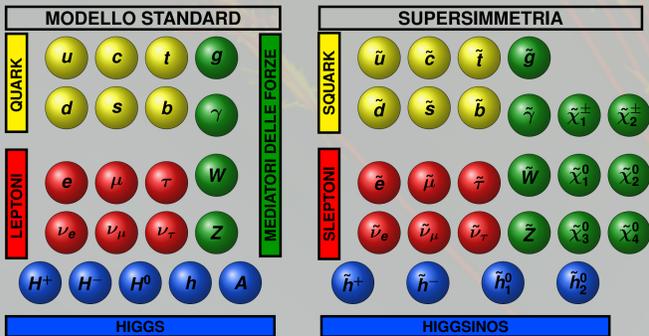
FRANCESCO GIUSEPPE GRAVILI - INFN Lecce e Dipartimento di Matematica e Fisica E. De Giorgi, Università del Salento



Abstract

La Supersimmetria (SUSY) è una delle estensioni più accreditate del Modello Standard (MS) delle particelle elementari. Ipotizzando che le particelle supersimmetriche abbiano massa dell'ordine del TeV, l'energia disponibile nel centro di massa e la natura degli oggetti collidenti (protoni) fanno di LHC il terreno ideale per la ricerca elettrodebole di particelle SUSY prive di carica di colore

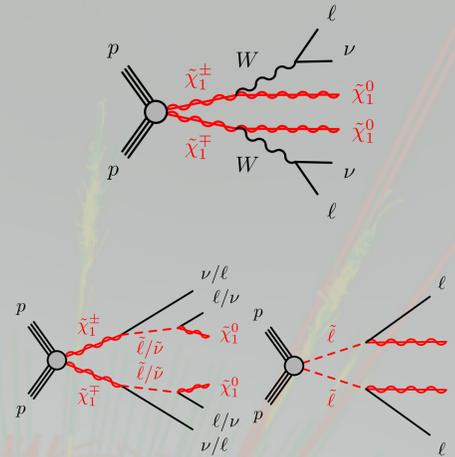
Modello Standard Superimmetrico Minimale



• Neutralini ($\tilde{\chi}_{i=1, \dots, 4}^0$) e Chargini ($\tilde{\chi}_{j=1, 2}^\pm$): autostati di massa, elencati in ordine crescente di massa per le due categorie, combinazione di gaugini ed higgsini, rispettivamente neutri e carichi

- Estensione del MS attraverso una simmetria tra bosoni e fermioni
- Per ogni particella del MS si prevede l'esistenza di un superpartner il cui spin differisce di 1/2
- Conserva la R-parità $R = (-1)^{3(B-L)+2S}$, con B ed L numeri barionico e leptonico, S spin
- Per rottura spontanea di simmetria, si prevedono particelle SUSY a massa diversa dei partner del MS con autostati di massa combinazione di quelli di sapore

Decadimenti ed interpretazioni



- Modelli semplificati di decadimento [1]
- Piccola sezione d'urto attesa: 58.6 ± 4.7 fb per $m(\tilde{\chi}_1^\pm) = 400$ GeV
- Contributo rilevante al fondo dal processo di produzione di WW nel MS
- Segnatura: due leptoni di carica opposta (OS) ed energia trasversa mancante
- Analisi reinterpretata nel modello di produzione diretta di chargini che decadono via sleptoni supposti degeneri in massa, assunta a metà tra quella del chargino e quella del primo neutralino
- Analisi reinterpretata nel modello di produzione diretta di sleptoni: sono stati considerati soltanto \tilde{e} ed $\tilde{\mu}$, con $\tilde{e}_L, \tilde{e}_R, \tilde{\mu}_L, \tilde{\mu}_R$ supposti degeneri in massa

Strategia di Analisi

- Principali contributi di background: $t\bar{t}$ e Dibosoni ($VV, V = W, Z$), suddivisi in eventi *Different Flavour* (DF - $e\mu$) e *Same Flavour* (SF - $ee, \mu\mu$) questi ultimi con un veto sulla massa del bosone Z
- Gli eventi $Z + jets$ ulteriormente rigettati mediante tagli su energia trasversa mancante (E_T^{miss}) ed E_T^{miss} significance [2], utilizzata per valutare la probabilità di produzione di particelle invisibili
- Analisi basata sulla variabile cinematica

$$m_{T2}(\mathbf{p}_T^{\ell_1}, \mathbf{p}_T^{\ell_2}, \mathbf{q}_T) = \min_{\mathbf{q}_T^{\ell_1} + \mathbf{q}_T^{\ell_2} = \mathbf{q}_T} \left[\max \left(m_T(\mathbf{p}_T^{\ell_1}, \mathbf{q}_T^{\ell_1}), m_T(\mathbf{p}_T^{\ell_2}, \mathbf{q}_T^{\ell_2}) \right) \right] \quad \text{con} \quad m_T(\mathbf{p}_T, \mathbf{q}_T) = \sqrt{m_p^2 + m_q^2 + 2(\mathbf{p}_T \cdot \mathbf{q}_T)}$$

utilizzata per vincolare la massa di una coppia di particelle con decadimenti semi-invisibili. Tale variabile ha un endpoint cinematico alla massa del W per eventi $t\bar{t}$ e WW di MS, ma più alto per segnali SUSY

Regioni di Segnale (SRs)

Regione	SR-DF-0J	SR-DF-1J	SR-SF-0J	SR-SF-1J
$n_{\text{non-b-tagged jets}}$	= 0	= 1	= 0	= 1
$p_{T1/2}^{\ell}$ [GeV]	> 25	> 25	> 121.2	> 25
$m_{T1/2}$ [GeV]	> 100	> 110	> 121.2	> 100
E_T^{miss} [GeV]	> 110	> 10	> 110	> 10
E_T^{miss} significance	> 10	> 10	> 10	> 10
$n_{b\text{-tagged jets}}$	= 0	= 0	= 0	= 0
m_{T2} [GeV]	Binned SRs		Inclusive SRs	
	<ul style="list-style-type: none"> $\in [100, 105)$ $\in [105, 110)$ $\in [110, 120)$ $\in [120, 140)$ $\in [140, 160)$ $\in [160, 180)$ $\in [180, 220)$ $\in [220, 260)$ $\in [260, \infty)$ 		<ul style="list-style-type: none"> $\in [100, \infty)$ $\in [100, 120)$ $\in [120, 160)$ $\in [160, \infty)$ 	

Regioni di Controllo (CRs)

Regione	CR-WW	CR-VZ	CR-top
$p_{T1/2}^{\ell}$ [GeV]	> 25	> 25	> 25
Lepton Flavour	DF	SF	DF
$n_{b\text{-tagged jets}}$	= 0	= 0	= 1
$n_{\text{non-b-tagged jets}}$	= 0	= 0	= 0
m_{T2} [GeV]	$\in [60, 65]$	> 120	> 80
E_T^{miss} [GeV]	$\in [60, 100]$	> 110	> 110
E_T^{miss} significance	$\in [5, 10]$	> 10	> 10
$m_{T1/2}$ [GeV]	> 100	$\in [61.2, 121.2]$	> 100

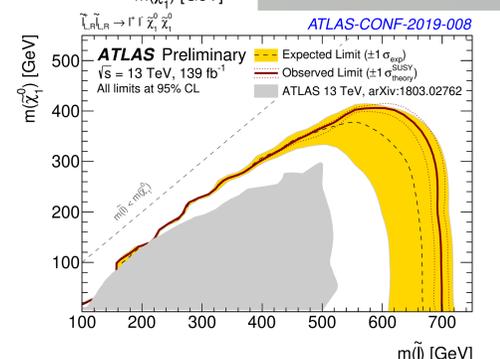
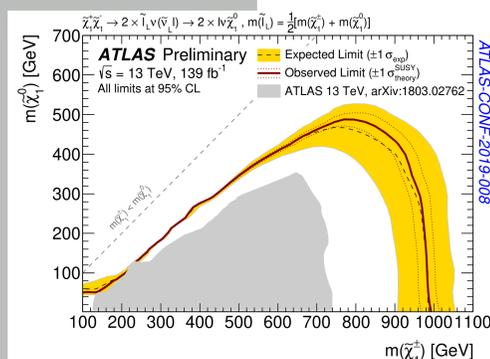
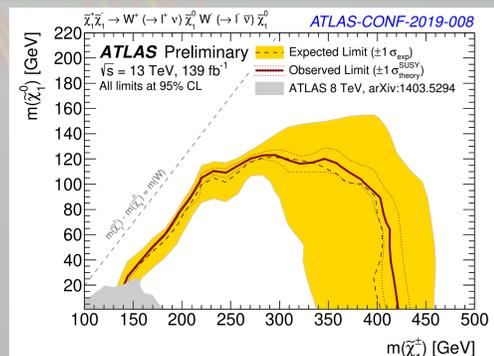
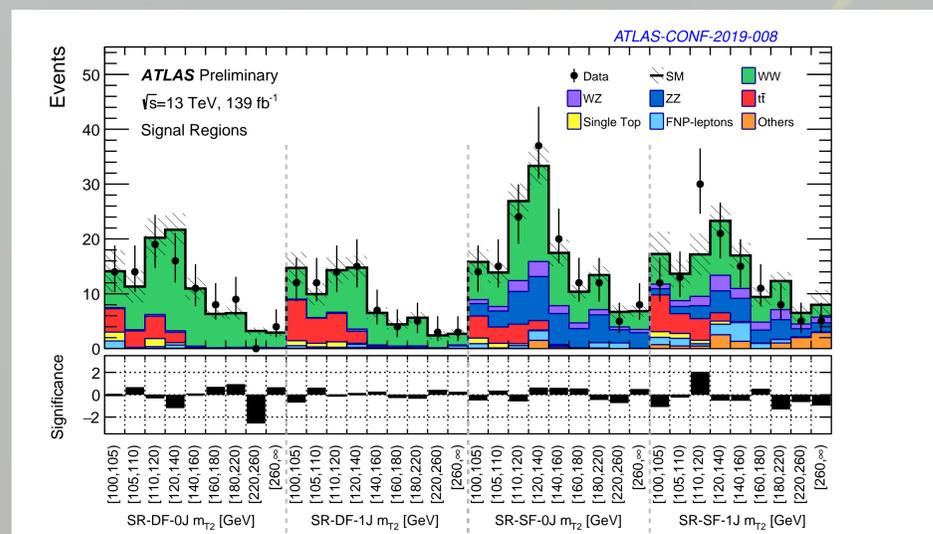
Regioni di Validatione (VRs)

Regione	VR-WW-0J	VR-WW-1J	VR-VZ	VR-top-low	VR-top-high	VR-top-WW
$p_{T1/2}^{\ell}$ [GeV]	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25	> 25
Lepton flavour	DF	DF	SF	DF	DF	DF
$n_{b\text{-tagged jets}}$	= 0	= 0	= 0	= 1	= 1	= 1
$n_{\text{non-b-tagged jets}}$	= 0	= 1	= 0	= 0	= 1	= 1
m_{T2} [GeV]	$\in [65, 100]$	$\in [65, 100]$	$\in [100, 120]$	$\in [80, 100]$	> 100	$\in [60, 65]$
E_T^{miss} [GeV]	> 60	> 60	> 110	> 110	> 110	$\in [60, 100]$
E_T^{miss} significance	> 5	> 5	> 10	$\in [5, 10]$	> 10	$\in [5, 10]$
$m_{T1/2}$ [GeV]	> 100	> 100	$\in [61.2, 121.2]$	> 100	> 100	> 100

- Principali contributi al fondo irriducibile del MS valutati in dedicate CRs, normalizzandoli ai dati mediante un likelihood fit: CR-WW per WW, CR-VZ per WZ e ZZ e CR-top per $t\bar{t}$ e singolo top-quark
- Il fondo riducibile di leptoni fake e non-prompt (FNP) stimato utilizzando il Metodo Matrix [3]
- Validazione della modellizzazione con il Monte-Carlo di WW ad alta m_{T2} effettuata attraverso una procedura a partire da eventi con tre leptoni: dato il buon accordo tra dati e simulazioni Monte-Carlo, nessuna incertezza sistemica aggiuntiva è stata applicata
- Incertezze sistematiche dominanti: teoriche sulla modellizzazione Monte-Carlo, di scala (*jet energy scale* - JES) e risoluzione (*jet energy resolution* - JER)

Risultati

Non avendo osservato nelle SRs nessun eccesso significativo [4] rispetto alle previsioni del MS, il risultato [5] può essere interpretato sia assegnando, con il metodo dei CLs [6], un limite superiore alla sezione d'urto visibile dei processi di nuova fisica, sia derivando i limiti di esclusione sulle masse delle particelle supersimmetriche considerate nei tre modelli semplificati: chargino, neutralino e sleptoni



Referenze

[1] J. Alwall, P. Schuster and N. Toro, *Simplified Models for a First Characterization of New Physics at the LHC*, Phys. Rev. D **79** (2009) 075020, arXiv: 0810.3921 [hep-ph]

[2] ATLAS Collaboration, *Object-based missing transverse momentum significance in the ATLAS Detector*, ATLAS-CONF-2018-038, 2018, URL: <https://cds.cern.ch/record/2630948>

[3] ATLAS Collaboration, *Measurement of the top quark-pair production cross section with ATLAS in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1577, arXiv: 1012.1792 [hep-ex]

[4] R. D. Cousins, J. T. Linnemann and J. Tucker, *Evaluation of three methods for calculating statistical significance when incorporating a systematic uncertainty into a test of the background-only hypothesis for a Poisson process*, Nucl. Instrum. Meth. A **595** (2008) 480, arXiv: physics/0702156 [physics.data-en]

[5] ATLAS Collaboration, *Search for electroweak production of charginos and sleptons decaying in final states with two leptons and missing transverse momentum in $\sqrt{s} = 13$ TeV pp collisions using the ATLAS detector*, ATLAS-CONF-2019-008, 2019, URL: <http://cds.cern.ch/record/2668387>

[6] A. L. Read, *Presentation of search results: the CLs technique*, J. Phys. G **28** (2002) 2693