

PROSPETTIVE DI SCOPERTA DELLO SQUARK TOP NELL'ESPERIMENTO ATLAS AD HL-LHC

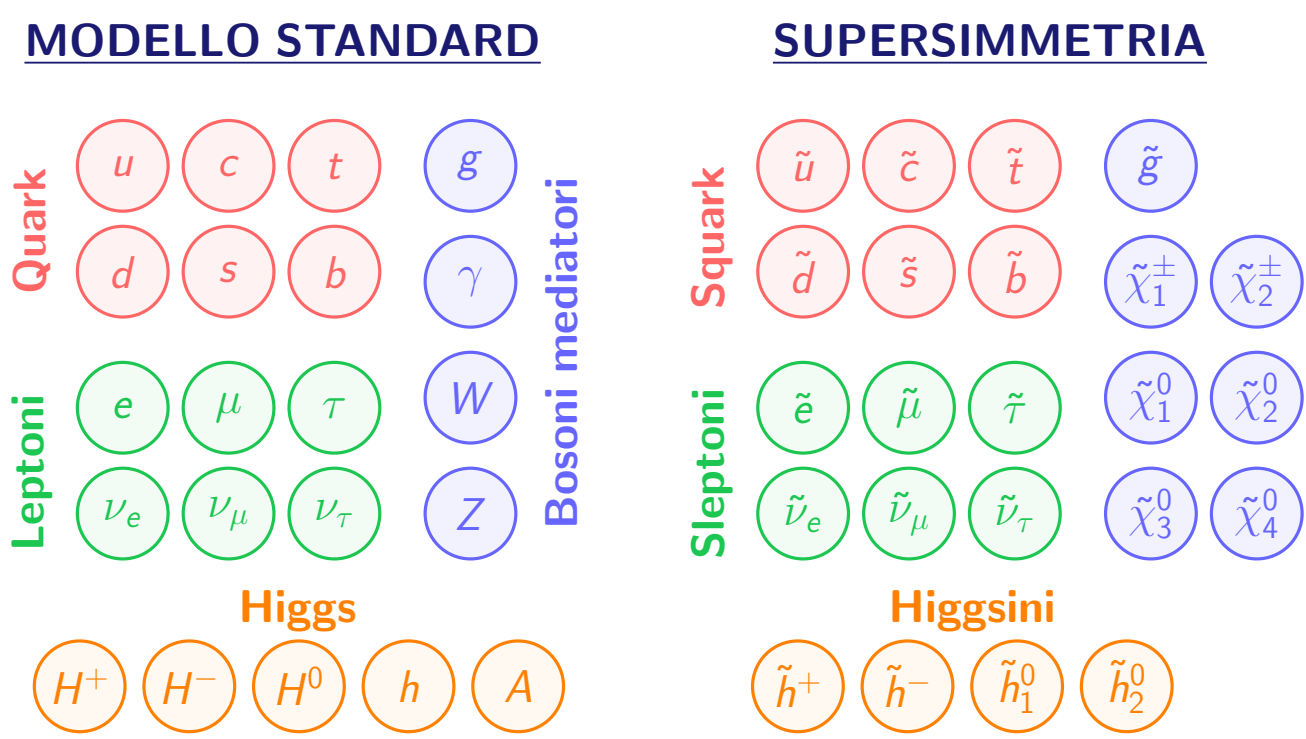
IFAE 2023

Incontri di Fisica delle Alte Energie

Abstract

La produzione diretta di coppie di squark top è uno dei processi previsti dalla **Supersimmetria (SUSY)** a LHC. Uno dei canali di ricerca per questo processo punta a scoprire il decadimento dello squark top in stati finali con due leptoni di carica opposta (elettroni o muoni), jets adronici e momento trasverso mancante, già oggetto di ricerche precedenti che hanno utilizzato i dati del Run2. Questo contributo riguarda le prospettive di scoperta dello squark top in questo canale con l'Esperimento ATLAS nella fase ad alta luminosità dell'acceleratore (*High Luminosity LHC, HL-LHC*), quando si prevede che LHC raggiungerà un'energia nel centro di massa di 14 TeV e raccoglierà una luminosità integrata fino a 3000 fb^{-1} .

Modello Standard Supersimmetrico Minimale (MSSM)



- SUSY: estensione del Modello Standard (MS) che introduce una simmetria tra bosoni e fermioni e prevede per ogni particella l'esistenza di un superpartner il cui spin differisce di $1/2$
- MSSM: conserva R-parità: $R = (-1)^{3(B-L)+2S}$ e quindi prevede l'esistenza di una LSP (*Lightest Supersymmetrical Particle*) stabile
- Il neutralino più leggero, $\tilde{\chi}_1^0$ è una possibile LSP neutra e quindi un candidato di materia oscura

- Neutralini ($\tilde{\chi}_{i=1,2,3,4}^0$) e chargini ($\tilde{\chi}_{j=1,2}^\pm$) sono autostati di massa ottenuti tramite combinazione lineare di higgsini e gaugini neutri o carichi.)

Strategia di analisi

- Per i segnali supersimmetrici sono stati usati campioni di eventi simulati Montecarlo a livello *Truth* sottoposti a una procedura di *smearing*.
- Per i fondi di MS sono stati usati gli stessi campioni di eventi simulati Montecarlo con la ricostruzione completa del rivelatore usati per l'articolo.
- Le definizioni delle Regioni di Segnale (SR) utilizzate nell'analisi pubblicata sono state ottimizzate alle condizioni di HL, ottenute riscaldando i campioni secondo la luminosità integrata e la sezione d'urto previste, osservando le distribuzioni N-1 nelle variabili considerate e confrontando la significanza statistica di alcuni segnali rappresentativi rispetto a modifiche sempre più stringenti delle soglie dei tagli praticati.

- La significanza statistica è calcolata con la seguente formula:

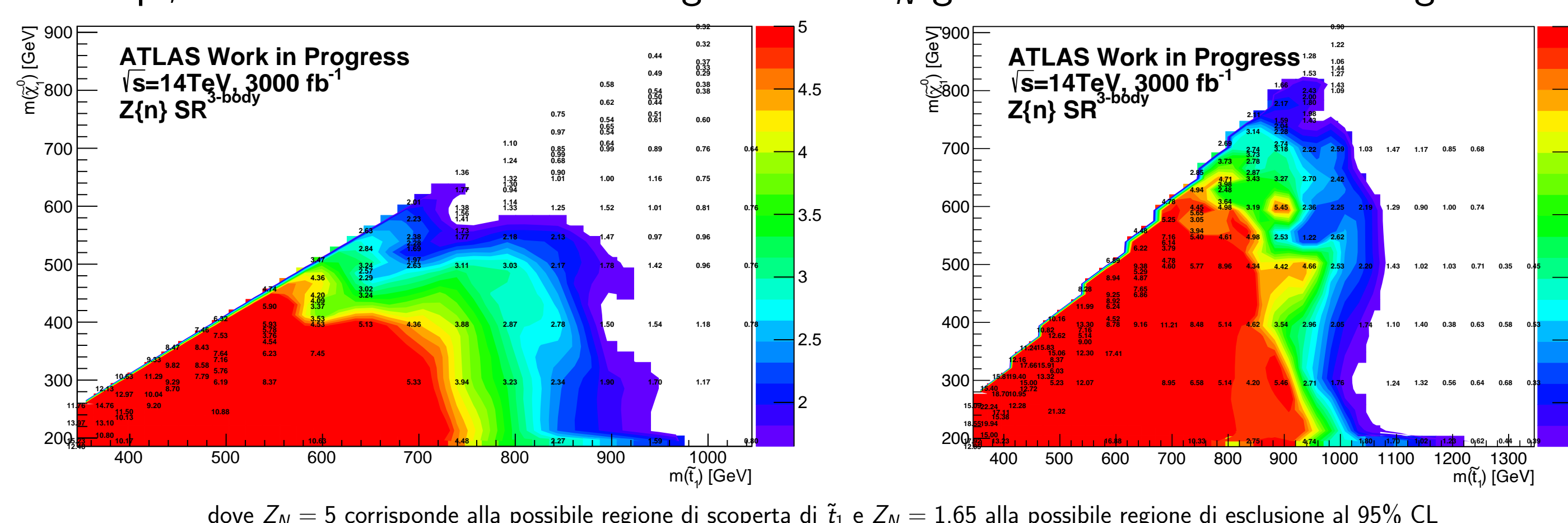
$$Z_N = \sqrt{2 \left(n \log \left[\frac{n(b + \sigma^2)}{b^2 + n\sigma^2} \right] - \frac{b^2}{\sigma^2} \log \left[1 + \frac{\sigma^2(n - b)}{b(b + \sigma^2)} \right] \right)}$$

Decadimento in 2 e 3 corpi

L'analisi del decadimento in 3 corpi prevede due SR, ottimizzate rispettivamente per segnali con $\Delta m(\tilde{t}_1, \tilde{\chi}_1^0) \sim m(W)$ e $\Delta m(\tilde{t}_1, \tilde{\chi}_1^0) \sim m(t)$

	SR _W ^{3-body}		SR _t ^{3-body}	
	DF	SF	DF	SF
Lepton flavour				
$p_T(\ell_1)$ [GeV]	> 25		> 25	
$p_T(\ell_2)$ [GeV]	> 20		> 20	
$m_{\ell\ell}$ [GeV]	> 20		> 20	
$ m_{\ell\ell} - m_Z $ [GeV]	-	> 20	-	> 20
n_{b-jets}	= 0		≥ 1	
$\Delta\phi_{\beta}^R$ [rad]	> 2.3		> 2.3	
E_T^{miss} significance	> 12 → 15		> 12 → 15	
$1/\gamma_{R+1}$	> 0.7 → 0.85		> 0.7 → 0.85	
R_{pT}	> 0.78 → 0.80		> 0.70 → 0.78	
M_{Δ}^R [GeV]	> 105 → 115		> 120 → 140	

Queste selezioni sono state estese anche alla regione cinematica interessata dal decadimento a 2 corpi, mostrando un aumento di significanza Z_N grazie all'ottimizzazione eseguita



dove $Z_N = 5$ corrisponde alla possibile regione di scoperta di \tilde{t}_1 e $Z_N = 1.65$ alla possibile regione di esclusione al 95% CL

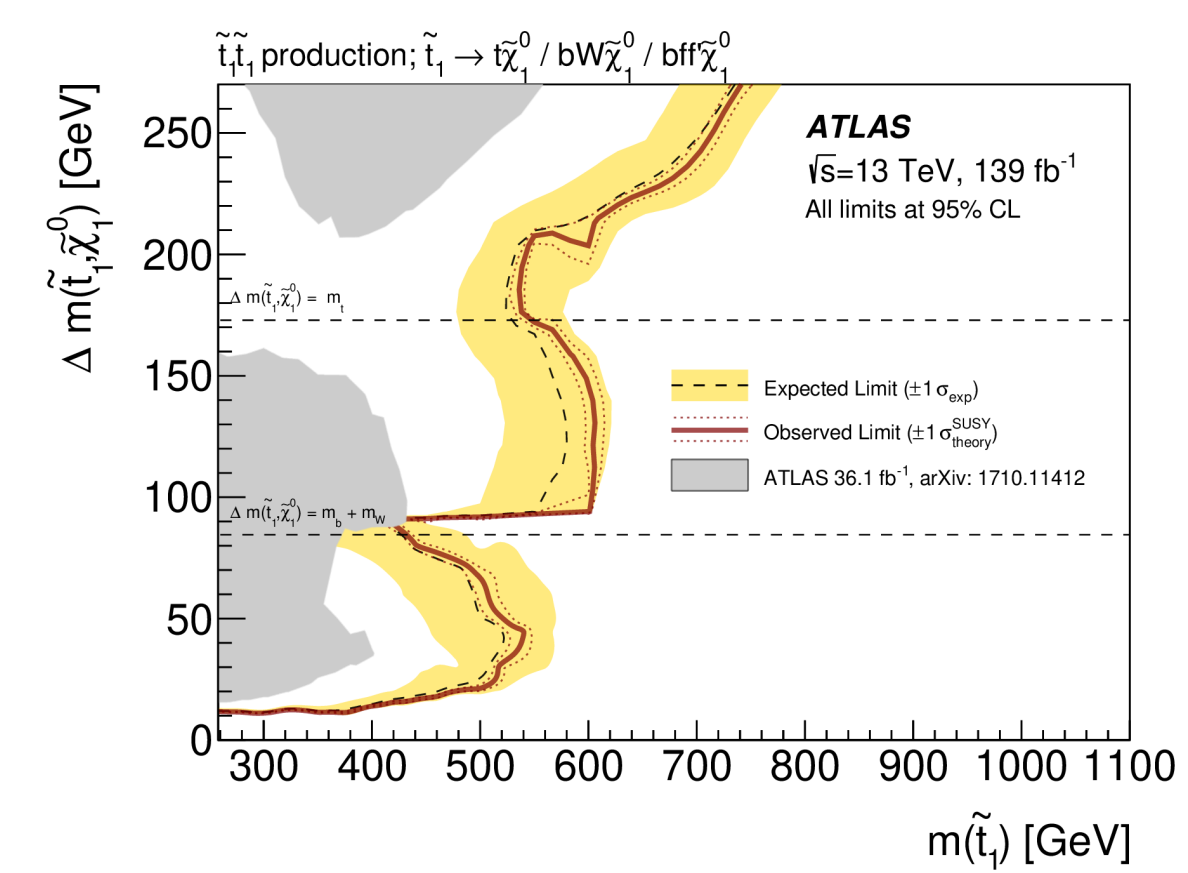
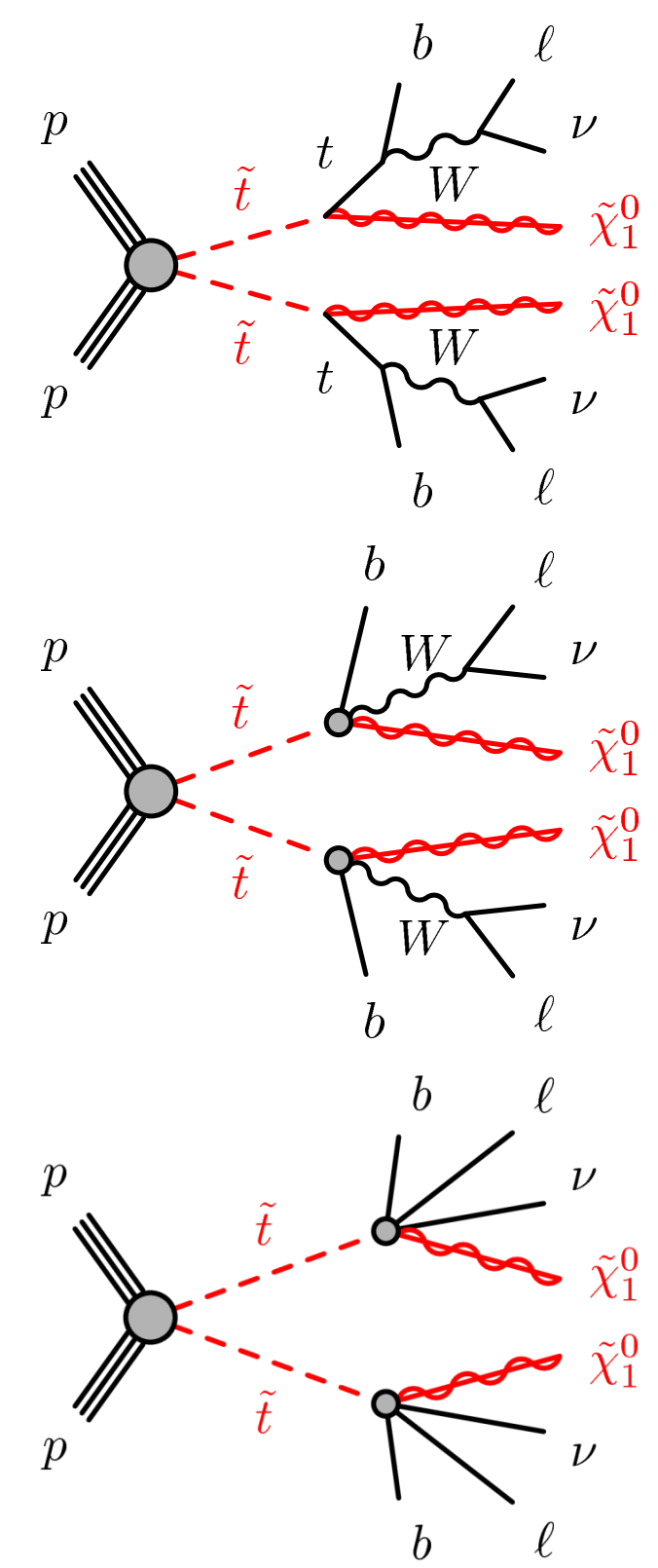
Obiettivo dell'analisi

Scopo dello studio è indagare la sensibilità alla scoperta del decadimento dello squark top in 2, 3 e 4 corpi con 2 leptoni carichi negli stati finali.

$$\Delta m(\tilde{t}_1, \tilde{\chi}_1^0) > m(t) \Rightarrow \tilde{t}_1 \rightarrow t\tilde{\chi}_1^0 \quad (2 \text{ corpi})$$

$$m_b + m_W < \Delta m(\tilde{t}_1, \tilde{\chi}_1^0) < m(t) \Rightarrow \tilde{t}_1 \rightarrow bW\tilde{\chi}_1^0 \quad (3 \text{ corpi})$$

$$\Delta m(\tilde{t}_1, \tilde{\chi}_1^0) < m(b) + m(W) \Rightarrow \tilde{t}_1 \rightarrow bff'\tilde{\chi}_1^0 \quad (4 \text{ corpi})$$



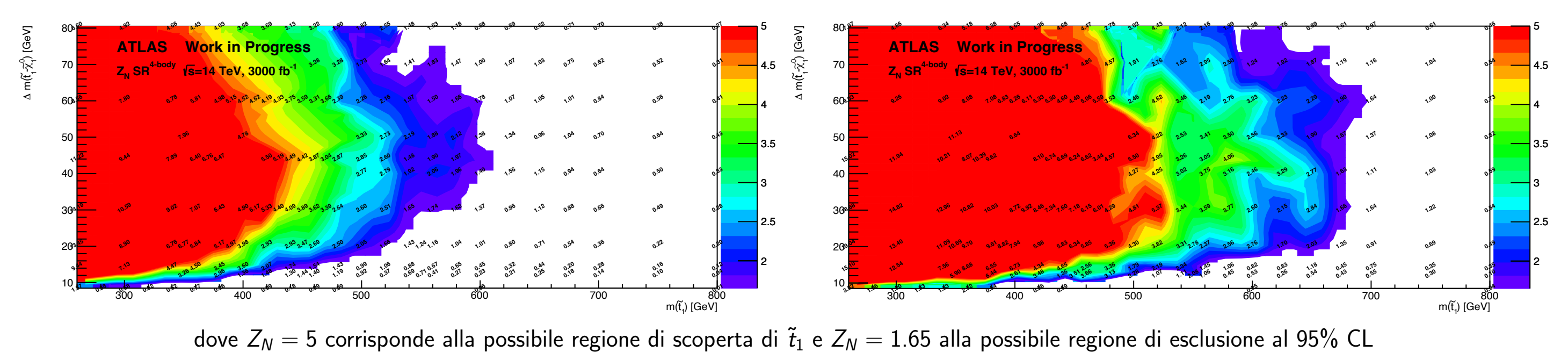
La strategia di selezione è basata su una precedente analisi pubblicata sui dati del Run2 [1], che ha prodotto un contorno di esclusione al 95% CL per bassi valori di $m_{\tilde{t}_1}$

Decadimento in 4 corpi

L'analisi del decadimento in 4 corpi prevede due SR, ottimizzate rispettivamente per segnali con piccola o grande $\Delta m(\tilde{t}_1, \tilde{\chi}_1^0)$

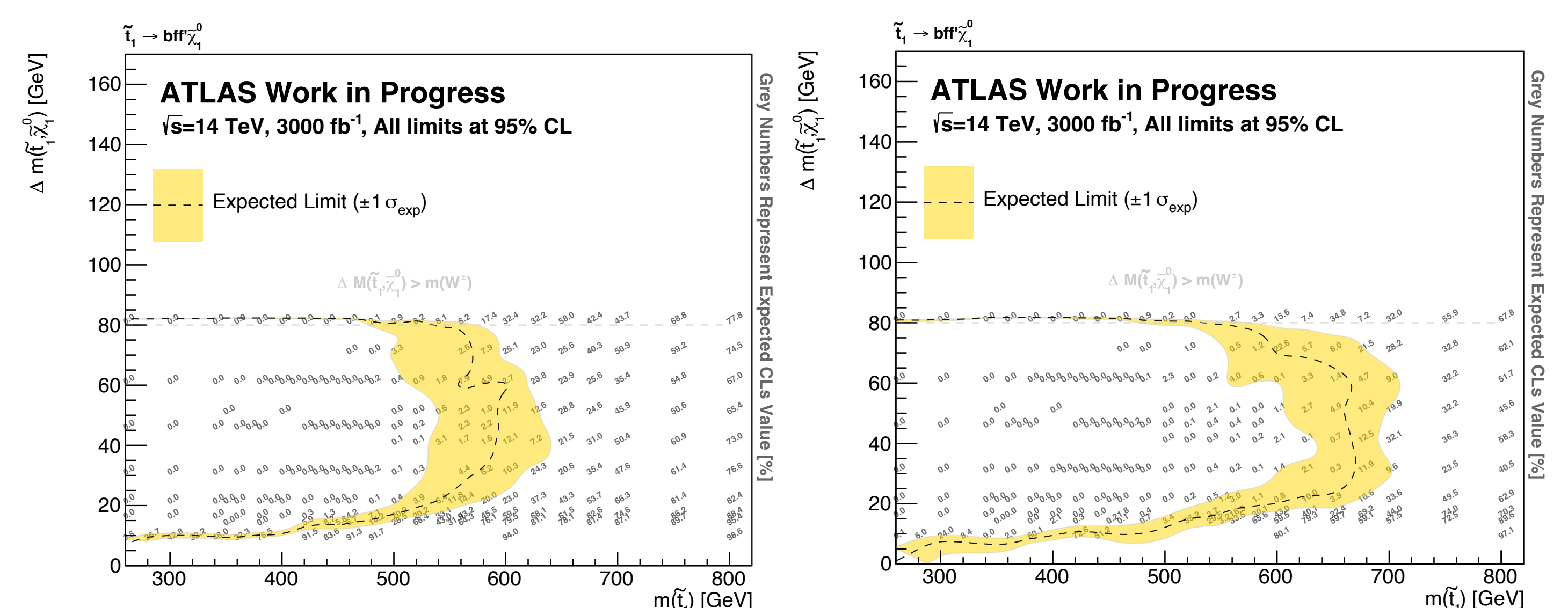
	SR _{SmallDelta m} ^{4-body}	SR _{LargeDelta m} ^{4-body}
$p_T(\ell_1)$ [GeV]	< 25	< 100
$p_T(\ell_2)$ [GeV]	< 10	[10, 50]
$m_{\ell\ell}$ [GeV]		> 10
$p_T(j_1)$ [GeV]		> 150
$\min \Delta R_{\ell_2 j_i}$		> 1
E_T^{miss} significance	> 10	> 10 → 18
$p_{T,boost}^{\ell\ell}$ [GeV]		> 280 → 450
E_T^{miss} [GeV]		> 400 → 500
$R_{2\ell}$	> 25	> 13
$R_{2\ell 4j}$	> 0.44 → 0.45	> 0.38 → 0.44

L'ottimizzazione eseguita sulle SR a 4 corpi produce un sensibile aumento di significanza Z_N nella regione cinematica interessata



dove $Z_N = 5$ corrisponde alla possibile regione di scoperta di \tilde{t}_1 e $Z_N = 1.65$ alla possibile regione di esclusione al 95% CL

Anche i contorni di esclusione *expected* presentano un analogo miglioramento utilizzando le definizioni ottimizzate delle SR



Bibliografia

- [1] ATLAS Collaboration, *Search for new phenomena in events with two opposite-charge leptons, jets and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector*, J. High Energ. Phys. 2021, 165 (2021), DOI:10.1007/JHEP04(2021)165, arXiv:2102.01444